

国立研究開発法人情報通信研究機構

第3期中長期目標期間の

業務実績に関する項目別自己評価書

国立研究開発法人 情報通信研究機構



= 目次 =

自己評価書 No	中期計画の該当項目	ページ	
1	I 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置	1	
2	II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置	1 我が国の活力強化に貢献する研究開発の重点化	
3		2 ニーズを適切に踏まえた研究支援業務・事業振興業務の実施	
		3 その他	
4	III 予算(人件費の見積りを含む)、収支計画及び資金計画 IV 短期借入金の限度額 V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画 VII 剰余金の使途	89	
5	VIII その他主務省令で定める業務運営に関する事項	102	
6	別添 研究開発課題	(1) 新世代ネットワーク技術	
7		(2) 光ネットワーク技術	
8		(3) テストベッド技術	
9		(4) ワイヤレスネットワーク技術	
10		(5) 宇宙通信システム技術	
11		(6) ネットワークセキュリティ技術	
12		(1) 多言語コミュニケーション技術	
13			(2) コンテンツ・サービス基盤技術
14			(3) 超臨場感コミュニケーション技術
15		(1) 脳・バイオICT	
16			(2) ナノICT
17			(3) 量子ICT
18			(4) 超高周波ICT
19		(1) 電磁波センシング・可視化技術	
20			(2) 時空標準技術
21			(3) 電磁環境技術



## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 1

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	I 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ									
評価対象となる指標	達成目標	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値等)	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	(参考情報) 当該年度までの累積値等、必要な情報	
一般管理費	年度平均3%以上削減を達成		3.1% (0.7)	5.9% (1.3)	3.2% (0.7)	3.0% (0.6)	3.0% (0.6)	括弧内は削減額(億円)	
事業費	年度平均1%以上削減を達成		1.9% (5.5)	2.8% (7.8)	2.2% (6.3)	2.0% (5.4)	5.5% (14.6)	括弧内は削減額(億円)	

3. 中長期目標、中長期計画、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
II 業務運営の効率化に関する事項	
1 効率化目標の設定等	
(1) 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度平均で3%以上、事業費は毎年度平均で1%以上の効率化を達成する。	
(2) 人件費については、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006」(平成18年7月7日閣議決定)に基づき、人件費改革の取り組みを平成23年度まで継続するとともに、政府における総人件費削減の取り組みを踏まえ、適切に対応する。	
(3) 給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、その適正化に計画的に取り組む。	
2 地域連携・国際連携の重点化	
(1) 地方拠点(リサーチセンター)については、研究開発における地域連携の重要性も踏まえ、ネットワークからアプリケーションまでを統合的に実証していくための情報通信実証基盤として真に必要な機能に重点化した推進を行う。	

- (2) 海外拠点については、研究開発における国際連携の重要性がますます高まっていることを踏まえつつ、アジア研究連携センター、ワシントン事務所及びパリ事務所については、事務所スペースの縮減、他法人等の事務所との共用化を検討するなど、経費の削減を図る。
- (3) タイ自然言語ラボ、シンガポール無線通信ラボについては、現在実施中のプロジェクトが終了するときに廃止する。

### 3 契約の点検・見直し

公正かつ透明な調達手続きによる適切で、迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、機構が策定した「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

### 4 保有資産の見直し

「IV 財務内容の改善に関する事項」に示すとおり、民間基盤技術研究促進業務、出資業務及び通信・放送承継業務に係る保有資産の評価を行い、不要資産を国庫返納する。

### 5 自己収入の拡大

保有する知的財産について、保有コストの削減を図るとともに、技術移転活動の活性化により、更なる実施許諾収入の増加を図る

### 6 内部統制の強化

- (1) 平成 20 年 7 月に設置された「リスク管理委員会」において、引き続き、機構の業務に係るリスクを組織横断的に管理し、年度計画である「コンプライアンス推進行動計画」を策定して職員のコンプライアンス意識醸成のための取り組み（講習会等）を進めるとともに、公益通報制度を活用したリスクの早期発見及び早期対応に取り組む。
- (2) 内部評価を実施し、業務上の問題点を把握するとともに、職員の問題意識を把握できる機会を継続的に確保する。

## 中長期計画

### I 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置

#### 1 業務運営の一層の効率化

##### (1) 一般管理費及び事業費の効率化

運営費交付金事業のうち新規に追加されるもの、拡充分等を除き、一般管理費について、毎年度平均で 3%以上の削減を行う。また、事業費について、毎年度平均で 1%以上の効率化を達成する。

##### (2) 人件費に係る指標

「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2006」（平成 18 年 7 月 7 日閣議決定）に基づき、国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みを平成 23 年度においても継続するとともに、各年度において国家公務員の給与改定を踏まえ、適切に対応する。

給与水準については、国家公務員の給与水準を考慮しつつ、研究機構全体の給与水準の検証を行った上で適正化に取り組むとともに、検証結果や取り組み状況を公表する。

#### 2 地域連携・国際連携の重点化

地域連携や国際連携に係る活動については、効率的かつ効果的な業務の推進に配慮し、必要となる機能について重点化を図る。

**(1) 地方拠点の重点化**

第2期中期目標期間中において、所期の目的を達成したと認められる地方拠点を大幅に整理し、廃止したところであるが、本中期目標期間においても、研究開発における地域連携の重要性を踏まえ、ネットワークからアプリケーションまでを総合的に実証していくための情報通信基盤として真に必要な機能に重点化して業務を推進する。

**(2) 海外拠点の運営の効率化**

海外拠点について、研究機構が行う国際連携及び研究開発の海外活動展開に対する支援機能の重点化を図るとともに、他法人等の事務所との共用化を行うなどにより経費の削減を図るものとする。

**3 契約の点検・見直し**

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）に基づき定められた、「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成27年5月25日総務大臣決定）を踏まえて策定した「調達等合理化計画」を着実に実施し、公正かつ透明な調達手続きによる適切で、迅速かつ効果的な調達の実現を図る。

**4 保有財産の見直し**

V 記載のとおり。

**5 自己収入の拡大**

研究機構の知的財産等の研究開発成果について、社会で活用される可能性や研究機構のミッションにおける重要性を勘案して特許取得・維持に関する判断をより適切に行い、保有コストの削減を図るとともに、技術移転活動をより効果的に実施することにより、実施許諾収入の増加を図る。

**6 内部統制の強化****(1) 内部統制の充実・強化**

中期計画を有効かつ効率的に達成するため、職員に研究機構のミッションの重要性と自らの役割を再認識させ、中期計画の達成を阻害するリスクを組織全体で管理し、対応していく。また、コンプライアンス推進のための体制を整備するほか、年度計画である「コンプライアンス推進行動計画」を策定し、研修や講演会等の役職員の意識向上を図る取り組みを通じて内部統制の強化を図る。

**(2) リスク管理の向上**

各種の啓発活動を通じて職員のリスク管理に関する意識向上を図る。また、公益通報制度や研究機構内に設置されたリスク管理委員会を活用し、リスクの早期発見・排除に向けた施策を推進する。

**(3) 研究費の不正使用防止**

研究費の不正使用防止の観点から、職員の意識の向上を図る取り組みを実施する。

主な評価指標

<p>&lt;主な定量的指標&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般管理費の年度平均 3%以上削減</li> <li>・事業費の年度平均 1%以上削減</li> </ul> <p>&lt;評価の視点&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中長期計画に定められた各項目の達成度</li> </ul>		
中長期目標	中長期計画	法人の業務実績等
<p>II 業務運営の効率化に関する事項</p> <p>1 効率化目標の設定等</p> <p>(1) 運営費交付金を充当して行う事業については、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度平均で 3%以上、事業費は毎年度平均で 1%以上の効率化を達成する。</p>	<p>I 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとすべき措置</p> <p>1 業務運営の一層の効率化</p> <p>(1) 一般管理費及び事業費の効率化</p> <p>運営費交付金事業のうち新規に追加されるもの、拡充分等を除き、一般管理費について、毎年度平均で 3%以上の削減を行う。また、事業費について、毎年度平均で 1%以上の効率化を達成する。</p> <p>(管理部門の職員が占める割合を抑制することで、非管理部門の人的リソースの重点配分を行うことは重要である。)</p> <p>(業務運営の効率化が研究活動や国際連携に支障を生じないか適宜チェックを行っているか。)</p> <p>(より柔軟な財政マネジメントの構築に向けた検討がなされているか。)</p>	<p>&lt;主要な業務実績&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ &lt;中長期計画期間における予算措置状況&gt; 対前中長期末比較においては、35.1 億円減 : 11.4%減。 なお、中長期期間中の予算額は、平成 23 年度は 302.8 億円 (前年比 6.2 億減 : 2.0%減)、平成 24 年度は 293.7 億円 (前年比 9.1 億円 : 3.0%減)、平成 25 年度は 286.7 億円 (前年比 7.0 億円減 : 2.4%減)、平成 26 年度は 280.7 億円 (前年比 6.0 億円減 : 2.1%減)、平成 27 年度は 273.9 億円 (前年比 6.8 億円減 : 2.4%減)。</li> <li>・ &lt;中長期期間における実施結果&gt; 各年度予算実施計画策定時において、中長期計画に示された削減率を勘案し計画を策定。 第 3 期中長期計画の達成状況については、平成 22 年度比で全体で 43.5 億円 : 14.1%、うち、一般管理費については 5 力年で 15%以上 (3.9 億円 : 17.3%)、事業費については 5 力年で 5%以上 (39.6 億円 : 13.8%) の効率化を達成。</li> <li>・ 管理部門業務のアウトソーシング等を進め、人的リソースの重点化配分に努めた。</li> <li>・ 研究者の意見集約の仕組みを設け、問題点の早期発見・早期解決を図った。</li> <li>・ 効率的・効果的予算とするため、経費の徹底した見直しを行うとともに、研究プロジェクトの評価を反映させた実施計画を策定。また、適時、執行状況を精査し、配分調整を実施。</li> </ul>



(2) 人件費については、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2006」（平成18年7月7日閣議決定）に基づき、人件費改革の取り組みを平成23年度まで継続するとともに、政府における総人件費削減の取り組みを踏まえ、適切に対応する。

(3) 給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、その適正化に計画的に取り組む。

## (2) 人件費に係る指標

「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2006」（平成18年7月7日閣議決定）に基づき、国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みを平成23年度においても継続するとともに、各年度において国家公務員の給与改定を踏まえ、適切に対応する。

給与水準については、国家公務員の給与水準を考慮しつつ、研究機構全体の給与水準の検証を行った上で適正化に取り組むとともに、検証結果や取り組み状況を公表する。

（人件費については、平成23年度においては目標が達成されておらず、引き続き削減努力を行ったか。）

（給与水準について、国家公務員と比べて高い理由及び講ずる措置について説明されているか。）

（福利厚生費について必要な見直しが行われているか。）

（国と異なる諸手当及び法人独自の諸手当を支給する理由やその適切性について検証したか。）

- ・第2中期目標期間に引き続き、国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みを継続し、平成24年度において平成17年度人件費の決算額比△6%の目標を達成した。
- ・平成24年度以降においても厳格な人件費管理を行い、目標達成時の水準を維持している。
- ・各年度において、人事院勧告に基づく国家公務員の給与改定を踏まえた給与制度の改正を行い、国家公務員の給与に準拠した制度を維持した。

- ・平成27年度における機構の給与の対国家公務員指数（ラスパイレス指数）は、事務・技術職員が104.3（98人）、研究職員が93.1（249人）であり、法人全体としては96.3と国家公務員の給与水準を下回るものとなっている。
- ・給与水準（対国家公務員指数）について検証を行い、その適切性を機構のホームページにおいて公表した。（後述）。

- ・人件費の削減目標については、平成24年度に達成。その後も厳格な人件費管理を継続し、目標を達成した平成24年度と同水準を維持した。なお、平成27年度における人件費の対平成17年度決算額比は△5.9%である（人事院勧告を踏まえた給与改定分を除いた補正後の値）。

- ・事務・技術職員の指数が100を超えていることについては、大部分の職員が都市部（東京都小金井市）を勤務地としているため、地域手当の平均支給率が国家公務員全体の平均と比較して高くなることによると考えられ、その旨を給与水準の適切性の検証結果として公表した。

- ・第2中期目標期間中に、その支出が国民の理解を得られるかという観点でその適切性についての検証を行い、必要な見直し（個人旅行の補助、職員の家族の葬儀の際の生花の贈与、永年勤続表彰の副賞品の見直し、食堂の委託の廃止・契約方法の変更）を実施してきたところであり、引き続き国民の理解が得られない可能性のある法定外福利費の支出は厳にこれを行わないこととした。

- ・第2中期目標期間中において、国と異なる諸手当及び法人独自の諸手当について、給与水準の適正化の観点から支給理由やその適切性の検証を行い、職責手当の上限額の引下げ、出向手当の廃止に取り組んできたところであり、第3中長期目標期間中においても各年度において国の給与改定に準拠した給与制度の改正を実施し、引き続き国に準拠した給与制度を維持した。

## 2 地域連携・国際連携の重点化

(1) 地方拠点（リサ

## 2 地域連携・国際連携の重点化

地域連携や国際連携に係る活動については、効率的かつ効果的な業務の

一センター)については、研究開発における地域連携の重要性も踏まえ、ネットワークからアプリケーションまでを統合的に実証していくための情報通信実証基盤として真に必要な機能に重点化した推進を行う。

推進に配慮し、必要となる機能について重点化を図る。

### (1) 地方拠点の重点化

第2期中期目標期間中において、所期の目的を達成したと認められる地方拠点を大幅に整理し、廃止したところであるが、本中長期目標期間においても、研究開発における地域連携の重要性を踏まえ、ネットワークからアプリケーションまでを総合的に実証していくための情報通信基盤として真に必要な機能に重点化して業務を推進する。

・情報通信実証基盤としての機能に重点化を図り、4 地方拠点(テストベッド研究開発推進センター(東京都千代田区)、北陸 StarBED 技術センター(石川県能美市)、つくば連携実験施設(茨城県つくば市)、白山ネットワーク実験施設(東京都文京区))において、以下の通り、地域連携等を図りより一層効率的かつ効果的に業務を推進した。

・新世代ネットワークの実現に向け、テストベッド研究開発推進センターにおいては、大規模な試験ネットワーク(JGN-X)を、また、北陸 StarBED 技術センターにおいては、大規模エミュレーション環境(StarBED)を構築・運用・高度化し、地域、産学官、テストベッド間の有機的連携を図って研究開発及び実証実験を実施した。各センターにおいては、ネットワーク関連の研究開発を実施している大学等との共同研究や、研究機構内での連携プロジェクトを推進し、効率化を図りながら研究開発力を強化してきた。近隣地域の大学等から、高度な知識や経験を有する研究者を招へいし、研究の高度化・効率化に関しての助言、支援及び研究開発活動を行っていただく等、地域リソースを有効に活用した。

・つくば連携実験施設では、JGN-X を活用し、地震、火災等の災害時に自治体の行政情報システムが損傷した場合にも、クラウド技術を用いて、行政情報の消滅を防ぎ、住民への迅速な災害関連情報の提供を可能にする研究開発を近隣の自治体、大学との共同研究により推進した。今期末で研究開発が終了したことから当該実験施設を廃止した。白山ネットワーク実験施設では、JGN-X を活用し、近隣の大学、企業とネットワーク仮想化に関する研究を連携して実施したほか、平成 24 年度から日米連携(平成 26 年度には欧州も参加)によるネットワーク仮想化統合実験の日本側拠点として機能した。平成 27 年度は、無線を含むネットワーク仮想化実証実験の日本側拠点として、実験を実施した。今年度末に実験が終了したため、同施設を閉鎖し処分する準備を行った。

(2) 海外拠点については、研究開発における国際連携の重要性がますます高まっていることを踏まえつつ、アジア研究連携センター、ワシントン事務所及びパリ事務所については、事務所スペースの縮減、他法人等の

### (2) 海外拠点の運営の効率化

海外拠点について、研究機構が行う国際連携及び研究開発の海外活動展開に対する支援機能の重点化を図るとともに、他法人等の事務所との共用化を行うなどにより経費の削減を図るものとする。

(海外拠点について、勧告の方向性や見直しの基本方針における廃止、共用化等の、またはそれに向けた検討の必要性についての指摘に沿った取組

・各海外連携センター(北米連携センター、欧州連携センター、アジア連携センター)では、各地域の政府機関、研究機関、大学等との信頼関係の構築、NICT のプレゼンス向上に係る情報発信、NICT と各地域の研究機関との連携の推進、国際標準化のための業務、共同研究の推進、NICT が保有する研究成果の国際展開等に係る調整業務を実施。現地情報の随時収集の他、研究機構内の要望に基づき、最新の研究開発情報をグローバルな視点から収集・分析し、研究機構内関係者に対しフィードバックした。

・欧州連携センター(パリ)は、平成 23 年 4 月から、パリに事務所を置く日本原子力研究開発機構と事務所の共用を開始した。その後、日本原子力研究開発機構、科学技術振興機構及び宇宙航空研究開発機構とさらなる共用について合意し、平成 25 年 7 月に、同市内の別の場所にて 4 法人での事務所の共用を開始した。これらの共用化により経費を削減した。また、アジア連携センターについては、平成 27

事務所との共用化を検討するなど、経費の削減を図る。

(3) タイ自然言語ラボ、シンガポール無線通信ラボについては、現在実施中のプロジェクトが終了するときに廃止する。

### 3 契約の点検・見直し

公正かつ透明な調達手続きによる適切で、迅速かつ効果的な調達を実現する観点から、機構が策定した「調達等合理化計画」に基づく取組を着実に実施する。

が適時適切に実施されているか)

### 3 契約の点検・見直し

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」(平成 25 年 12 月 24 日閣議決定)に基づき定められた、「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」(平成 27 年 5 月 25 日総務大臣決定)を踏まえて策定した「調達等合理化計画」を着実に実施し、公正かつ透明な調達手続きによる適切で、迅速かつ効果的な調達の実現を図る。

年 1 月にバンコク市内のチュラロンコン大学構内に移転した際、事務所スペースの縮減等により経費を削減した。

- ・「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」(平成 27 年 5 月 25 日総務大臣決定)を踏まえて当機構が策定した「調達等合理化計画」(平成 27 年 7 月 19 日)に基づき、新規に随意契約となる案件を含め、規程に定める随意契約によることができる事由に合致しているかについて契約担当者により適切に審査を行い、効率的に調達事務手続きを実施した。また、内部統制のため、随意契約案件全てについて財務部に設置した「随意契約検証チーム」により、規程に定める事由との整合性の点検を適切に実施した。
- ・一者応札・応募の改善のため引き続き「入札参加者拡大のためのアンケート」をインターネット活用により実施した。今後回答の内容を分析し、一者応札・応募の改善に努めた。
- ・調達に係るルールを周知徹底することによる調達の円滑処理並びに不祥事の発生未然防止のため全職員を対象とした「調達説明会」及び「調達に係る e ラーニング」を実施し、意識の向上を図った。
- ・平成 23 年度から平成 26 年度までにおいては、当機構が策定した「随意契約等見直し計画」(平成 22 年 4 月 30 日)に基づき、競争性のない随意契約や一者応札・応募に関する点検・検証を継続的に行い、計画の目的を概ね達成した。
  - ①随意契約等見直し計画について、予定されていた契約の移行は全て完了した。
  - ②競争性のない随意契約について、必要最小限の件数を維持した。
  - ③調達研修会等の定期的な実施による、調達契約におけるルール等の遵守及び公平性、競争性の確保に係る取組を徹底した。平成 26 年度には、定期的な研修に加え地方拠点(けいはんな、吹田)との意見交換会を実施し、地方拠点における課題の確認と、ルール遵守の徹底のための個別説明を実施した。
  - ④仕様書チェックの専任担当者により仕様・評価基準内容等のチェックを実施し、公平性、競争性及び透明性の確保を行った。(平成 25 年度から専任担当者二名を雇用、平成 26 年度において手順の見直しを行いこれまで以上の適正化を行った。)
  - ⑤新規参入、応札機会拡大のため、機構独自の入札参加資格の付与、仕様書等の Web 掲載、調達情

(会計検査院による現場購買に関する指摘事項に対する再発防止等適切な対応を行う。)

(契約方式、契約事務手続き、公表事項等、契約にかかる規程類について、必要な改正を行ったか。また、その整備内容の適切性について検討を行ったか。)

(契約事務に係る執行体制について、下記事項の検証を行ったか。

- ・ 執行体制の適切性。

報のメール配信サービス、公告期間延長・業務準備期間の確保により、一者応札・応募の改善に取り組んだ。

- ⑥入札参加者の拡大に向けたアンケートの取組を継続的に実施し、アンケートの結果を調達契約に反映した。
- ⑦平成 25 年度から工事全案件及び物品・役務の一定額以上の案件について、電子入札システムの導入運用を実施し、応札機会の拡大、競争性の確保を行った。

- ・平成 26 年度会計検査院決算検査報告において、当機構における現場購買制度に関し、不適切な処理が行われているとの指摘を受け、当機構から同院へ再発防止のための改善策について報告。その結果、「改善の処置済事項」として平成 27 年 11 月に会計検査院から国会へ報告された。  
なお、平成 27 年度においては、以下のような不祥事の発生未然防止、再発防止に取り組んだ。

<再発防止のための改善策>

現場購買について、次の対策を実施し、不適切な処理の発生を防止する。

- ①調達説明会、e ラーニングによりルールの遵守について周知徹底を図る。②室長等による契約原簿の整備。③契約原簿記載内容の財務部および監査室における定期的な確認。④支払時における財務部の点検。⑤不適切な事例に関する監査室による内部監査。⑥検査の結果、不適切な処理を行っている判断された研究室等に対する契約締結前の契約担当者以外による事前点検。

- ・「随意契約等見直し計画」に基づき、契約方式、契約事務手続き、公表事項等に関する規程類(契約事務細則等)について業務運営の適正性・透明性を確保し、国と同様の基準とするために必要な改正を平成 21 年度に実施している。これにより規程類は、独立行政法人における契約の適正化により講ずる措置を満たすものとなっている。

- ・上限付概算契約については、平成 25 年 3 月に原価監査等の専任職員を配置するとともに、平成 25 年 6 月に原価監査実施要領を整備し、原価監査・制度調査を実施した。

- ・「独立行政法人改革等に関する基本的な方針(平成 25 年 12 月 24 日閣議決定)」を受け、総務省から「独立行政法人の随意契約に係る事務について(総官査 284 号平成 26 年 10 月 1 日)」により、研究開発型法人への随意契約によることができる具体的ケースが例示されたことに伴い、当該例示を踏まえ、情報通信研究機構契約事務細則の改正について契約監視委員会の審議を経て、随意契約によることができる規定を整備した。

- ・随意契約の見直しによる競争契約への移行に伴い、事務手続量が増加したため、平成 19 年 10 月に組織を見直し、再編を行った。

- ・平成 21 年度から毎年、契約における一者応札の改善、仕様内容の明確化を目的とした仕様書作成に関する説明を含む調達説明会(春秋 2 回)を効果的に実施した。

- ・平成 23 年 4 月の組織改正にあわせて調達契約の執行管理、契約の適正性及び合理性確保に係る指導・調整に関することを所掌とする「契約管理グループ」を立ち上げた。

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・内部審査体制や第三者による審査体制の整備方針(整備していない場合は整備しないこととした方針)。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」(平成 21 年 11 月 17 日閣議決定)に基づき、平成 21 年 12 月 18 日に監事及び外部有識者により構成される「契約監視委員会」を設置した。</li> <li>・平成 24 年度における契約監視委員会の意見「外部の目を入れることで、仕様内容の公正性・公平性を確保する。」を踏まえ、民間での調達経験者を有期雇用職員として採用し、調達仕様の内容確認作業等にあたらせ競争性・公平性・透明性を確保した。</li> <li>・平成 27 年度においても契約監視委員会による点検・見直しを実施するとともに、監査室・監事・会計監査人による監査を受けた。</li> </ul>                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・契約事務の一連のプロセス。・執行</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般競争入札における一者応札の改善のため、仕様要件が過度の制約とならないよう、仕様書作成に関する説明を含めた調達説明会を定期的(年 2 回)に実施し、仕様内容の適正化を図った。</li> <li>・また、平成 21 年度から入札公告の期間を 10 日間以上から 15 日間以上(総合評価落札方式にあつては 20 日間以上)に延長したほか、平成 22 年 10 月から入札公告のメール配信サービスを開始した。</li> <li>・平成 24 年度から、公募公告の期間についても従来の 10 日間以上から 15 日間以上に延長し、参入業者の拡大に努めた。</li> <li>・平成 25 年 10 月から電子入札システムを用いた電子入札を導入し、応札者の利便性向上を図った。</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・審査の担当者(機関)の相互けん制。</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・審査機関としては、契約手続きの決裁過程において財務部及び契約担当理事が入札・契約条件の適正性の審査を行い、事後においては監査室及び監事が監査を行うことにより、執行機関に対してけん制している。</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・審査機関から法人の長に対する報告書等整備された体制の実効性確保の考え方。</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・監事には、求めに応じて上記体制の整備状況を説明した。</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・監事による監査は、これらの体制の整備状況を踏まえた上で行ったか。</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 21 年度の契約監視委員会において、随意契約事由の妥当性を検証し、競争性のある契約への移行について点検・見直しを行い「随意契約等見直し計画」を策定した。平成 26 年度においては、「随意契約等見直し計画」に基づき取り組みを進めるとともに、平成 25 年度の契約監視委員会の点検結果を踏まえ改善に取り組んだ。</li> <li>・継続的な建物の賃貸借契約や当該建物に付随する光熱水料、信書に係る郵便料金の後納及び安全の確保等を除き、競争性のない随意契約案件は、一般競争入札等に移行している。</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(随意契約の金額、件数及びこれらの</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 27 年度における競争性のない随意契約は 112 件で、件数としては前年同時期実績から 68 件増加</li> </ul>   |

割合の対前年比の増減。増加している場合は要因分析を行ったか。）

（契約の第三者委託の必要性について、契約の競争性・透明性の確保の観点から検証を行ったか。）

（一般競争入札における一者応札について、その原因を検証するとともに、改善策の検討を行ったか。）

（関連公益法人との間で随意契約、落札率が高いもの、応札者が1者のみであるものなどについて、契約における競争性・透明性の確保の観点から、監事によるこの契約の合規性等に係るチェックプロセスが適切に実施されているか。）

（公益法人等に対する会費の支出について、「独立行政法人が支出する会費の見直しについて」(平成24年3月23日行政改革実行本部決定)で示された観点を踏まえた見直しを促しているか)

#### 4 保有資産の見直し

「IV 財務内容の改善に関する事項」に示すとおり、民間基盤技術研究

#### 4 保有財産の見直し V 記載のとおり。

（保有資産について利用実態を把握するとともに、その必要性や規模の適切性等についての検証が適切に実施

している。随意契約が増えたのは、契約事務細則等の改正を行い、従来の土地、建物の賃貸借に加え、特殊で専門的な機器の調達であって相手方が特定される場合など、随意契約によることができる事由の範囲を明確化し、当該事由に合致するものについて新規に随意契約としたことによるものである。

・第三者に再委託された例はない。

・平成27年度の契約監視委員会においても、一般競争入札における一者応札の原因について、契約方式、仕様書、応募資格要件、公告期間等の適切性・妥当性を検証するとともに、改善策について点検・見直しを実施した。  
 ・契約監視委員会による点検・見直し結果を反映した「随意契約等見直し計画」（平成22年4月30日）として、外部向けWebサイトに掲載して公表した。  
 ・競争契約の適正化に向けた取り組みを機構内に周知のうえ、仕様内容の適正化、一般競争入札における質の確保、調達情報の充実、契約事務の適正化を実施した。

・関連する公益法人はない。

・個々の会費支出について、行政改革実行本部決定の見直し方針の趣旨を踏まえ、監事に対し、事前精査を依頼した。

・定期的な資産の現物確認及び減損の兆候調査を実施することにより保有資産の利用状況を把握し、必要性や規模の適正等について確認をした。  
 ・保有資産については、減損兆候調査により、業務実績、使用範囲、業務環境の変化を確認した。なお、

促進業務、出資業務及び通信・放送承継業務に係る保有資産の評価を行い、不要資産を国庫返納する。

されているか)

(実物資産の活用状況が不十分な場合は原因が明らかにされているか。)  
(資産管理の効率化に係る取組がなされているか。)

(以下の観点に沿い、保有の必要性について検証したか

- i) 法人の任務・設置目的との整合性、任務を遂行する手段としての有用性・有効性等、
- ii) 事務・事業の目的及び内容に照らした資産規模の適切性
- iii) 現在の場所に立地する業務上の必要性等
- iv) 資産の利用度等
- v) 経済合理性

また、上記検証結果を踏まえ、有効活用可能性や効果的な処分について検討し、取組を行ったか。)

(基本方針において既に個別に措置を講ずべきとされた施設等以外の建物、土地等における、以下の事項について検証を行ったか。

- i) 利用実態の把握状況
- ii) 利用実態を踏まえた保有の必要性等)

(利用率が低調な施設等について、勧告の方向性や見直しの基本方針で示された廃止、国庫納付、共用化等の方針に沿った取組を行ったか。)

(「独立行政法人の職員宿舎の見直しに関する実施計画」(平成24年12月14

現状において実物資産の活用状況が不十分な事例はない。

- ・効率的な現物確認を実施するためにQRコード付きの資産管理ラベルをハンディターミナルで読み込む方法で現物確認を実施した。
- ・有用性、資産規模の適切性、立地の妥当性、利用度等の観点から、第3中長期計画全体にわたる維持・更新計画を策定し、当該計画に基づき維持・更新を行った。
- ・保有資産について上記のとおり検証している。

・検証を実施済み。

・利用率が低調な施設等はない。

・宿舎を有していない。

日行政改革担当大臣決定。以下「見直し実施計画」という。)を踏まえた見直しを促しているか)

## 5 自己収入の拡大

保有する知的財産について、保有コストの削減を図るとともに、技術移転活動の活性化により、更なる実施許諾収入の増加を図る。

## 5 自己収入の拡大

研究機構の知的財産等の研究開発成果について、社会で活用される可能性や研究機構のミッションにおける重要性を勘案して特許取得・維持に関する判断をより適切に行い、保有コストの削減を図るとともに、技術移転活動をより効果的に実施することにより、実施許諾収入の増加を図る。

(知財戦略について、支出超過改善の観点から不断の見直しを行っているか。)

(自己収入の拡大について、引き続き産業界への技術移転を通じ、イノベーションの実現に貢献しているか。)

## 6 内部統制の強化

(1)平成20年7月に設置された「リスク管理委員会」において、引き続き、機構の業務に係るリスクを組織横断的に管理し、年度計画である「コン

## 6 内部統制の強化

### (1) 内部統制の充実・強化

中期計画を有効かつ効率的に達成するため、職員に研究機構のミッションの重要性と自らの役割を再認識させ、中期計画の達成を阻害するリスクを組織全体で管理し、対応していく。また、コンプライアンス推進のための体制を整備するほか、年度計画である

- ・平成23年度、知的財産ポリシーを改定し、知的財産を権利化する目的を明確化した。
- ・知的財産ポリシーの基本的考え方に基づいた特許取得・維持の判断をより適切に行い、保有コストの適正化を図るため、特許検討会を設置し、発明から権利維持までのすべての段階で、一貫した要否判断を可能とする審議体制を整えた。これによって、特許のすべての段階で、知的財産の活用を意識した適切な判断が可能となった。
- ・平成23年度、技術移転(TL0)機能を内製化するとともに、知的財産業務に係る組織改編を行い、技術移転業務の効率化を図った。また、研究所毎に担当技術移転コーディネーターを配置し、研究所と一体となった技術移転推進体制を整えた。
- ・展示会や交流会等の効果的なイベントに参加して、研究開発成果アピールや、実用化に近い技術の戦略的支援、個々の研究活動を通して引き合いのあった企業に対する研究者と連携した売り込み等を進め、研究開発成果の技術移転活動をより効果的に実施し、自己収入の拡大を図った。

- ・これらの取り組みを通じて実施許諾収入の増加を図った結果、第3期中長期計画の平均年間実施許諾収入は、約7,818万円となり、第2期中期計画における平均額(3,413万円)の2倍以上を達成し、自己収入の大幅な拡大を実現した。
- ・特許検討会の審議対象の段階的拡大等による支出の抑制と、戦略的な技術移転活動の推進等による収入の増加により、支出超過改善に向けた取り組みを進めた。この結果、第3期中長期計画の支出と比較し、約20%以上の支出を削減した。

- ・実用化が見込まれる技術に対し、重点的・組織的に支援することで実用化促進を図り、研究者と密に連携して技術移転を進めた。

- ・全職員に対し、中長期計画、年度計画の周知徹底を行い、研究機構のミッションの認識を図るとともに、職員個人が業務達成に向け策定する目標を、個人の業績評価のみならず組織のミッションの重要性や自らの役割を再認識させるものとして位置づけ、職員の意識の向上を図った。
- ・機構幹部が評価する内部評価を通じて、毎年度、業務運営の実施状況の把握、課題の洗い出し等を行い評価し、必要な事項について指示を徹底するとともに、評価結果等を翌年度の計画や予算配分に反映させることにより、組織全体のミッションの達成を図った。
- ・監事監査で、改善を要する事項と指摘されたこと(例えば、安全衛生診断の実施及び診断結果の取扱



プライアンス推進行動計画」を策定して職員のコンプライアンス意識醸成のための取り組み（講習会等）を進めるとともに、公益通報制度を活用したリスクの早期発見及び早期対応に取り組む。

(2) 内部評価を実施し、業務上の問題点を把握するとともに、職員の問題意識を把握できる機会を継続的に確保する。

「コンプライアンス推進行動計画」を策定し、研修や講演会等の役職員の意識向上を図る取り組みを通じて内部統制の強化を図る。

い等の明確化) について改善を図ることで、内部統制の向上を図った。

・機構の適正な業務の実施を阻害するリスクを管理・対応しつつ、コンプライアンスを推進するため、平成 23 年度に専担の組織として総務部内に「コンプライアンス推進室」を設置し、効果的な施策を検討・実施することにより、内部統制の充実・強化を図った。

・各年度において、研究機構のミッション達成を阻害するリスクのうち、重点的に取り組むべき事項を「コンプライアンス推進行動計画」として理事長を長とするリスク管理委員会で定め、研修や講演会等の役職員の意識向上を図る取り組み等を通じて内部統制の強化を図った。

○各年度におけるコンプライアンス推進行動計画の実施状況

(平成 23 年度)

①コンプライアンス意識の向上（「コンプライアンスガイドブック」の追補版の作成及び英文化、全職員対象の e-learning 研修の実施、講演会の開催）

②安全衛生管理体制の強化（衛生管理者による職場巡視の実施など安全衛生管理体制の構築、外部安全衛生診断の実施等）

③メンタルヘルス対策の着実な実施（外部相談窓口の常設、メンタルヘルスカウンセラーによる相談の毎月の実施、メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施）

(平成 24 年度)

①コンプライアンス意識の浸透（全職員対象の e-learning 研修の実施、外部有識者(弁護士)による講演会の開催）

②適正な会計処理の確保（コンプライアンス推進室による契約事務、委託・助成事業に関する監査の支援、適正な派遣・請負契約のための講演会の開催、契約事務に関する説明会の開催）

③メンタルヘルス対策の着実な実施（外部相談窓口の常設、メンタルヘルスカウンセラーによる相談の毎月の実施、メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）

(平成 25 年度)

①適正な会計処理の確保（各部署調達担当者向けの説明会の実施、公的研究費の適正な使用に関する講習会の実施、研究助成金・受託研究等に関する e-learning 研修の実施、適正な派遣/請負契約のための講演会の開催）

②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learning による情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施、情報システムの調達等における契約の仕様書に記載する情報セキュリティ対策要件のひな形の整備）

③安全衛生対策の充実・強化（職場巡視により把握した実験室の状況や研究者との意見交換を踏まえた「化学薬品取扱いマニュアル」、「高圧ガス取扱いマニュアル」の作成）

④メンタルヘルス対策の着実な実施（外部相談窓口の常設、メンタルヘルスカウンセラーによる相談の毎月の実施、メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）

⑤コンプライアンスに関する研修等の見直し（新規採用者・転入者を受講必須対象者とした e-learning 研修の実施、「コンプライアンスガイドブック」の改訂、顧問弁護士による講演会の実施）

(平成 26 年度)

- ①適正な会計処理の確保（講習会の実施、現場購買の点検等）
- ②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learning による情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施、インシデントに対する新基準の導入）
- ③安全衛生対策の充実・強化（外部安全衛生診断の活用及びフォローアップの着実な推進、平成 25 年度に作成・公開したマニュアルの周知及びマニュアルに基づく助言、化学薬品・高圧ガス等の取扱いに関する講習会の開催）
- ④メンタルヘルス対策の着実な実施（外部相談窓口の常設、メンタルヘルスカウンセラーによる相談の毎月の実施、メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）
- ⑤コンプライアンス意識の浸透（全役職員対象の e-learning 研修の実施、外部有識者（弁護士による講演会の実施、「コンプライアンスガイドブック」の周知等活用促進）

(平成 27 年度)

- ①適正な会計処理の確保（講習会の実施、現場購買のチェック体制等の確立）
- ②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learning による情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施、可搬型記録媒体の管理等の強化）
- ③研究不正に対するガイドラインの作成等（研究不正防止、不正発生時の対応等に係る規程の改正、研究資料等の保存・管理に関するガイドラインを整備）
- ④パーソナルデータを取扱う研究開発の環境整備（研究の計画・実施の過程でパーソナルデータが適切に取り扱われているか確認するための規程整備、マニュアル作成）
- ⑤安全保障輸出管理の着実な実施（必要な手続きの着実な実施の推進。審査会を開催し慎重な判断を有する案件に関し講ずべき措置等を審査。職員の意識向上のため、説明会の開催、e-learning 研修の実施）
- ⑥コンプライアンス意識の浸透（全職員対象の e-learning 研修の実施、外部有識者による各種講習会の実施（社会保険労務士による改正労働者派遣法講習会、監査法人による内部統制講習会、監査法人によるコンプライアンス講演会を実施）
- ⑦メンタルヘルス対策の着実な実施（外部相談窓口の常設、メンタルヘルスカウンセラーによる相談の毎月の実施、メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）

（法人の長のマネジメント  
法人の長がリーダーシップを発揮できる環境は整備されているか。

内部統制の充実・強化に向け、法人の長はどのような取組を行っているか。

- ・ 理事長がリーダーシップを発揮できる環境として、業務運営に関する重要な事項については理事会を、理事会での決定事項を含め職員が共有すべき情報については推進会議を定期開催した。
- ・ 内部評価においても理事長自らが研究所長等のヒアリングを実施し、状況の把握や必要な指示を行うとともに、評価結果を次年度の予算や年度計画等に反映させた。

- ・ 第 3 期中長期計画の作成とともに、理事長主導のもとに NICT 憲章を新たに制定し、法人の長のビジョンについて全職員に周知・徹底を図った。

法人のミッションを役職員に対し、具体的に周知徹底しているか。

法人のミッション達成を阻害する課題（リスク）のうち、組織全体として取り組むべき重要なものについて把握し、対応しているか。また、それを可能とするための仕組みを適切に構築しているか。

法人の長は、内部統制の現状を適切に把握しているか。また、内部統制の充実・強化に関する課題がある場合には、当該課題に対応するための計画が適切に作成されているか。）

（内部統制：法人の長のマネジメントに係る推奨的な取組  
マネジメントの単位ごとのアクションプランを設定しているか（評価指標の設定を含む）。

アクションプランの実施に係るプロセス及び結果について、適切にモニタリングを行い、その結果を次のアクションプランや予算等に反映させているか。）

- ・ 内部評価において、理事長自らが研究所長等から業務の実施状況についてヒアリングを行い、中長期計画・年度計画の達成状況、課題、リスクを把握した上で評価をするとともに必要な事項を指示し、評価結果を次年度の予算、計画等に反映させた。
- ・ リスク管理委員会において、「コンプライアンス推進行動計画」を定め、法人として重点的に取り組むべき事項を明らかにした上で、コンプライアンスの推進に向けた取り組みを進め、その実施状況についてフォローアップを行った。
- ・ 中長期計画及び年度計画のほか、NICT 憲章及び NICT 行動規範を定め、研究機構のミッションを理事長から役職員へ周知徹底した。
- ・ 各年度において、理事長を長とするリスク管理委員会で策定した年度計画「コンプライアンス推進行動計画」により、組織全体として優先的に取り組むべき事項を明らかにした上で各種リスクの排除に向けた取り組みを実施した。
- ・ 災害等の緊急事態へのリスク対応として、平成 23 年度に電子メールや Web を活用した安否確認システムを導入、毎年度当該システムを活用した訓練を実施しているほか、平成 24 年度に業務継続計画（BCP）を策定した。その後も人事異動に対応して、BCP 発動の際の初動対応・重要業務対応要員の体制を見直しており、実効性を担保した。
- ・ 研究機構のリスク管理に関する基本方針や重要事項を審議する「リスク管理委員会」の長を理事長とすることで、「コンプライアンス推進行動計画」の策定やフォローアップ、内部通報に係る調査の実施を含め、内部統制の現状や課題を適切に把握する仕組みが構築されている。
- ・ 平成 27 年度に設置した、理事長を長とする内部統制委員会において、業務方法書の記載事項について、概ね体制整備できていることを確認した。改善の余地があった「リスクの評価と対応」部分については、平成 27 年度末に「リスクマネジメント規程」を策定する中で整備に努めた。
- ・ 研究所・部門・研究室等ごとに、次年度の計画を策定し、内部評価で評価を受けるとともに、研究機構としての年度計画にも反映した。評価に当たっては、研究を重点化・継続・縮減したり、予算を増減させる等の判断を行うための評価指標を設定した。
- ・ 業務の実施状況について、秋から冬頃に外部評価委員会を開催し、研究の実施計画・進捗状況・成果を、外部の専門家・有識者によるヒアリングの実施を通じてモニタリングした。また、年度末（2～3月）に内部評価を実施し、次年度の予算配分や組織見直し等に反映させた。
- ・ 重要案件については、幹部が直接該当部署と意見交換する場を随時設けた。

内部統制：監事の活動  
監事監査において、前述の法人の長のマネジメントについて留意したか。

監事監査において把握した改善点等については、必要に応じ、法人の長、関係役員に対し報告しているか。（報告のみならず、対応状況まで）

（内部統制の充実・強化に向けた法人・監事・評価委員会の積極的な取組状況）

（業務改善のための具体的なイニシアティブが効果的に行われているか。）

## (2) リスク管理の向上

各種の啓発活動を通じて職員のリスク管理に関する意識向上を図る。また、公益通報制度や研究機構内に設置されたリスク管理委員会を活用し、リスクの早期発見・排除に向けた施策を推進する。

・ 監事監査においては、法人の長によるマネジメントについても説明した。また、各種会議については監事にも開催案内を行うとともに、発言の機会を設けた。

・ 監事から指摘された要改善点は、役職員で共有した。また、監事の指摘への対応状況についても役職員で共有した。

・ 内部統制委員会を開催（平成 27 年 7 月）し、内部統制システムの整備方針、整備の進捗状況について審議した。機構の業務方法書の記載事項に照らし、内部統制に関する規程類の整備状況について審議し、概ね体制整備できていることを確認した。また、外部コンサルタントを活用し、内部統制の整備状況・運用状況について把握し、改善の余地があった「リスクの評価と対応」部分について、年度内に規程を整備することを決定した。

・ 研究所長、部門長等は担当理事と密接に情報共有を図り、業務の問題点の洗い出しと改善に常に努めた。

・ 年度末に、役員が参加する内部評価・予算実施計画ヒアリングを行い、その結果を次年度予算の配算、業務体制などに反映し、効果的な研究開発に努めた。

・ 各年度において、職員の意識向上を図るため、研修会等を開催した。主なものは以下のとおり。（平成 23 年度）

①コンプライアンス意識の向上（コンプライアンス研修（e-learning）実施、外部有識者（弁護士）によるコンプライアンス講演会の開催）

②安全衛生管理体制の強化（採用時の労働安全衛生教育講習会開催）

③メンタルヘルス対策の着実な実施（メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施）

（平成 24 年度）

①コンプライアンス意識の向上（コンプライアンス研修（e-learning）実施、外部有識者（弁護士）によるコンプライアンス講演会の開催）

②適正な会計処理の確保（調達説明会の実施、公的研究費の適正な使用に関する講習会の開催、競争的資金に関する e-learning 研修の実施、適正な派遣・請負契約のための講演会の開催）

③メンタルヘルス対策の着実な実施（メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）

（平成 25 年度）

①適正な会計処理の確保（調達説明会の実施、公的研究費の適正な使用に関する講習会の実施、研究助成金・受託研究等に関する e-learning 研修の実施、適正な派遣・請負契約のための講演会の開催）

- ②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learningによる情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施）
- ③安全衛生対策の充実・強化（化学薬品・高圧ガス等の取扱いの講習会の検討）
- ④メンタルヘルス対策の着実な実施（メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）
- ⑤コンプライアンスに関する研修等の見直し（新規採用者・転入者を受講必須対象者としたコンプライアンス研修（e-learning）の実施、顧問弁護士によるコンプライアンス講演会の実施）

（平成 26 年度）

- ①適正な会計処理の確保（調達説明会の実施、公的研究費の適正な執行に関する講習会の実施、競争的資金等に関するコンプライアンス研修（e-learning）の実施）
- ②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learningによる情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施）
- ③安全衛生対策の充実・強化（化学薬品・高圧ガス等の取扱いに関する講習会の開催）
- ④メンタルヘルス対策の着実な実施（メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施）
- ⑤コンプライアンス意識の浸透（全役職員を受講必須対象者としたコンプライアンス研修（e-learning）の実施、外部有識者（弁護士）によるコンプライアンス講演会の実施）

・公益通報制度に基づく窓口を常設し、リスクの早期発見・早期対応に努めるとともに、各年度において、機構のミッション達成を阻害するリスクのうち、重点的に取り組むべき事項を、理事長を長とするリスク管理委員会で定めた年度計画「コンプライアンス推進行動計画」において明確にし、計画的・効率的に施策を推進した。

（平成 27 年度）

- ①適正な会計処理の確保（講習会の実施、現場購買のチェック体制等の確立）
- ②情報セキュリティレベルの向上（情報セキュリティセミナーの実施、e-learningによる情報セキュリティ研修の実施、標的型メール攻撃対策訓練の実施、可搬型記録媒体の管理等の強化）
- ③安全衛生対策の充実・強化（全職員を対象とした化学物質リスクアセスメント講習会の開催）
- ④メンタルヘルス対策の着実な実施（メンタルヘルス及びハラスメント防止講演会の実施、ハラスメント相談員向け研修の実施、ストレスチェック実施方法の検討）
- ⑤研究不正に対するガイドラインの作成等（研究不正防止、不正発生時の対応等に係る規程の改正、研究資料等の保存・管理に関するガイドラインを整備）
- ⑥パーソナルデータを取扱う研究開発の環境整備（研究の計画・実施の過程でパーソナルデータが適切に取り扱われているか確認するための規程整備、マニュアル作成）
- ⑦安全保障輸出管理の着実な実施（必要な手続きの着実な実施の推進。審査会を開催し慎重な判断を有する案件に関し講ずべき措置等を審査。職員の意識向上のため、説明会の開催、e-learning 研修の実施）
- ⑧コンプライアンス意識の浸透（全職員対象の e-learning 研修の実施、外部有識者による各種講習会の実施（社会保険労務士による改正労働者派遣法講習会、監査法人による内部統制講習会、監査法

	<p>(自然災害等に関係するリスクへの対応について、法令や国等からの指示・要請に基づくもののほか、法人独自でどのような取組を行っているか)</p> <p><b>(3) 研究費の不正使用防止</b> 研究費の不正使用防止の観点から、職員の意識の向上を図る取り組みを実施する。</p>	<p>人によるコンプライアンス講演会を実施)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模災害時における情報伝達手段として、メールや Web を活用した安否確認システムを平成 23 年度に導入、その後も毎年春と秋の年 2 回、当該システムを用いた訓練を実施した。</li> <li>・自然災害やサイバーテロ等により研究機構の業務遂行能力が低下した場合に、必要な業務資源を速やかに確保し、重要な業務の継続・実施、システムの復旧をするための業務継続計画 (BCP) を平成 24 年度に策定した。その後も人事異動に対応して、BCP 発動の際の初動対応・重要業務対応要員の体制を見直しており、実効性を担保している。</li> <li>・非常時用の備蓄品の見直し整備を行った (平成 24 年度及び平成 25 年度)。</li> <li>・勤務時間中に大規模震災等に襲われた際の被害軽減に資するため、救助工具等を備えたベンチを各号館の全フロアに配備 (平成 26 年度)。また、保護帽子等を含むデスクサイド防災セットを本部に勤務する全職員に配布した (平成 27 年度)。</li> <li>・非常時に備蓄品を確実に使用することができるように、防災倉庫を設置した (平成 27 年度)。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「情報通信研究機構における研究費不正防止計画」(平成 21 年 10 月 30 日)、「情報通信研究機構における研究費の運営・管理に関する規程」等を踏まえて、競争的資金等に関する e ラーニング研修 (平成 24 年度から毎年度)、研究費の適正使用に関する説明会 (平成 23 年度から毎年度) を実施し、研究機構職員の研究費の不正防止に対する意識向上に努めた。また、文部科学省等「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン」改正への対応作業を実施した。その対応の周知のため、文科省ガイドライン等対応説明会 (平成 27 年 4 月 20 日) に実施した。さらに、研究費の使用ルールに関する相談窓口の設置、事務処理手続き情報のホームページでの公開など研究費の不正使用防止に努めた。</li> <li>・文部科学省による「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン (実施基準) (平成 19 年 2 月 15 日文部科学大臣決定、平成 26 年 2 月 18 日改正)」及び「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン (平成 26 年 8 月 26 日文部科学大臣決定)」を受け、機構としての対応を明確化し、「外部機関からの競争的資金等に係る対応について (平成 27 年 3 月 31 日 (経営企画部・産学連携部門通知))」を策定し、周知した。</li> <li>・研究活動に係る不正行為の発生の防止等に関しても、総務省による「情報通信分野における研究上の不正行為への対応指針 (第 3 版) (平成 27 年 4 月 21 日)」等を受け、「研究活動に係る不正行為への対応に関する規程 (06 規程第 13 号)」の改正 (平成 27 年 7 月 28 日)、及び「研究資料等の保存及び管理に関するガイドライン (15 細則第 2 号)」の制定 (平成 27 年 8 月 3 日) を行い、周知したほか、平成 24 年度から毎年度「研究不正防止講習会 (研究倫理教育講習会)」の実施等を行った。</li> </ul>
自己評価		
評価	B	

## 【評価結果の説明】

第3期中長期計画に沿って以下のように業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

- ・ 国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みを継続し、人件費の削減目標を達成した。
- ・ 国家公務員に準拠した給与制度を維持するとともに、法人の給与水準の検証を行い、その適切性について公表するという計画を着実に実施した。
- ・ 内部統制の強化、リスク管理に関する施策を推進するため、「コンプライアンス推進行動計画」を毎年度定め、計画的・効率的に施策を推進した。
- ・ 業務運営の効率化については、各年度予算実施計画において、一般管理費及び事業費を圧縮して配賦するとともに、予算執行状況の詳細を会計システムにより把握するよう指導したことや、費用認識と節約意識の向上を図る等の取り組みを行った結果、一般管理費及び事業費の効率化目標を達成した。
- ・ 契約については、「調達等合理化計画」に基づき、規程に定める随意契約によることができる事由に合致しているかについて審査、点検を適切に実施し、随意契約によることができる事由に合致しているものについて随意契約とすることにより調達事務の効率化を図った。アンケートの実施による一者応募・応札の改善並びに調達説明会等の実施による不祥事の発生未然防止等に取り組んだ。
- ・ 自己収入の拡大については、第3期中長期計画の平均年間実施許諾収入が約7,818万円となり、第2期中期計画における平均額(3,413万円)の2倍以上を達成し、自己収入の大幅な拡大を実現した。
- ・ テストベッド研究開発推進センター(東京都大手町)を核とした大規模な試験ネットワーク(JGN-X)及び北陸 StarBED 技術センター(石川県能美市)の大規模エミュレーション環境(StarBED)を構築・運用・高度化・統合し、地域、産学官、テストベッド間の有機的連携を図って研究開発及び実証実験を実施し、新世代ネットワークの実現に向けての地方拠点として十分に機能している。
- ・ 競争的資金等に関するeラーニング研修(平成24年度から毎年)、研究費の適正使用に関する説明会(平成23年度から毎年)を実施し、研究機構職員の研究費の不正防止に対する意識向上に努めた。また、文科省「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン」改正への対応作業を実施した。その対応の周知のため、文科省ガイドライン等対応説明会(平成27年4月20日)を実施した。さらに、研究費の使用ルールに関する相談窓口の設置、事務処理手続き情報のホームページでの公開など研究費の不正使用防止に努めた。
- ・ 中長期計画では海外拠点について、研究機構が行う国際連携及び研究開発の海外活動展開に対する支援機能の重点化を図るとともに、他法人等の事務所との共用化を行うなどにより経費の削減を図ることを目標としていたが、実績として各海外連携センター(北米連携センター、欧州連携センター、アジア連携センター)では、現地情報の随時収集の他、研究機構内の要望に基づき、最新の研究開発情報をグローバルな視点から収集・分析し、これらをいち早く研究機構内関係者に対し情報提供を行い、また、欧州連携センター(パリ)は、平成23年4月から国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との事務所の共用化を実施した後、平成25年7月から国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、国立研究開発法人科学技術振興機構及び国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構との事務所の共用化を実施し、経費を削減、またアジア連携センター(バンコク)は、今後のNICTの研究開発の方向性、アジアの拠点としての利便性等から、平成27年1月にバンコク市内のチュラロンコン大学構内に移転させることで経費を削減することが達成でき目標に向けて着実な成果をあげた。

「必要性」

- ・政府の方針に基づき、国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みを実施することは、独立行政法人として必要な対応である。
- ・給与水準の適切性について検証し、公表することは、研究機構が社会に対して説明責任を果たしていくうえで必要である。
- ・内部統制を強化し、リスクを低減させることは法人の健全な運営に必要な事項である。
- ・一般管理費、事業費の効率化目標の達成は、節約意識の醸成等のため、今後も継続していく必要がある。
- ・また、「独立行政法人における調達等合理化の取組の推進について」（平成 27 年 5 月 25 日総務大臣決定）を踏まえ、内部評価、契約監視委員会による点検及び主務大臣による行化を受け「調達等合理化計画」を策定し、引き続き、公正性・透明性を確保しつつ、継続的に調達等の合理化に取り組む必要がある。
- ・国の財政事情等も鑑み、自己収入を拡大することは必要であり、このためには各研究所/研究センターと連携して、技術シーズの発掘・成果展開を促進し、研究成果の社会還元に関与することが重要である。
- ・テストベッド研究開発推進センター（大手町）及び北陸 StarBED 技術センター（石川県能美市）では、大学等との共同研究や近隣大学等から研究者を招へいするなど、地域リソースを有効に活用して研究開発や実証実験を進めており、地方拠点の研究開発は地域連携に必要である。
- ・公的研究費、特に外部資金では、制度により様々なルールが設けられていることから、当該ルールを正しく理解し適正に使用するためには、定期的に制度の変更に対応した講習会の実施等による不正使用防止に対する意識や知識向上の施策展開が必要である。
- ・現地でなければ対応が困難な、政策、研究開発関連情報の収集・調査を実施、研究開発における拠点主導型の国際連携機能を強化、現地の利を活かした情報を発信、人材を発掘、国際共同研究を支援する等、NICT がグローバルな競争、協調等、国際戦略に基づく研究開発を行う上で、海外連携センターは必要である。

#### 「効率性」

- ・法人の給与水準を国家公務員の給与を踏まえた適切なものとすることや、厳格な人件費管理を行っていくことは、予算執行、人事管理の両面の効率化に資するものである。
- ・各年度においてリスク管理委員会で策定した「コンプライアンス推進行動計画」に基づき、各種施策を効率的に推進した。
- ・一般管理費及び事業費の効率化目標の達成、調達の合理化及び保有資産の見直しにより、業務運営の一層の効率化が図られる。
- ・自己収入の効率的獲得のため、あと一歩で実用化が見込める技術の発掘により一層注力し、重点的・組織的に支援・連携することで実用化の促進を図り、技術移転を効率的に進めた。
- ・テストベッド研究開発推進センターは、国内外の研究ネットワークが集積する大手町を核に、それらと相互に接続し、JGN-X を含む国内外の研究ネットワークを柔軟に活用可能な環境にあることで、国内外及び地域の研究機関との研究連携が促進され、新世代に向けたネットワーク運用技術等の研究が、効率的かつ効果的に進展する。また、北陸 StarBED 技術センターが地方拠点として北陸地区に位置していることで、北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）との連携研究が促進されるとともに、北陸地区の ICT 企業等による協議会との連携やこれによる StarBED 利用が効果的に促進されており、研究の進展や、研究機構と北陸地区との連携が極めて効率的かつ効果的に実現できる。
- ・講習会方式や e ラーニング研修は、一度で多くの職員に対し公的研究費の不正使用防止に対する意識向上が図られ効率的であった。



- ・欧州連携センター(パリ)は、平成23年4月から国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との事務所の共用化を実施した後、平成25年7月から国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、国立研究開発法人科学技術振興機構及び国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構との事務所の共用化を実施し、経費を削減、アジア連携センターについては、研究開発の方向性、アジアの拠点としての利便性等から平成27年1月にバンコク市内のチュラロンコン大学構内に移転し、経費を削減した。

#### 「有効性」

- ・適切な人件費の管理は、研究機構の予算管理、人事管理の両面に有効であるほか、国家公務員の人件費改革を踏まえた取り組みの実施や給与水準の適切性を検証し公表していくことは、社会からの理解を得る上で有効である。
- ・内部統制の強化・リスク管理の推進は、役職員が組織及び自らのミッションを自覚しつつ適正に業務を遂行していく上で有効である。
- ・コンプライアンスの推進に関する各種の取組みを着実に実施していくことは、健全な組織運営のほか、研究機構の社会的地位の維持・向上に有効である。
- ・業務運営の効率化目標を達成することは、独立行政法人としての評価に有効である。
- ・また、競争性のない随意契約や一者応札・応募に関する点検・検証を継続的に行うことは、契約の一層の適正化に有効である。
- ・自己収入の拡大は予算負担の軽減の観点からも有効である。展示会や交流会等の主要なイベントの機会やWebサイトの活用等、社会還元が期待される研究開発成果を研究者と連携してアピールするとともに、成果の社会還元活動をより効果的に実施し、実施許諾契約件数・実施許諾収入の増加を図った。
- ・北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)との間で、ネットワーク検証技術、サイバーフィジカルシステムの検証技術等の共同研究を推進中であり、研究連携の具体化が進んだ。
- ・白山ネットワーク実験施設では、国内の連携だけでなく、日米欧連携によるネットワーク仮想化統合実験の日本側拠点として機能するなど顕著な成果が得られた。平成27年度には無線を含むネットワーク仮想化実証実験の日本側拠点として実験を実施し、中長期目標を十二分に達成した。
- ・多くの職員に一定レベルの知識を得てもらうには、一堂に会して受講する講習会形式や各自の空いた時間に同じ教材で学べるeラーニング研修が有効であった。また、eラーニング研修では、理解度の低い設問の抽出が容易で、これにより効率的な研修実施に活用できる。
- ・現在有する北米(ワシントン)、欧州(パリ)、アジア(バンコク)の各海外連携センターを維持し、国際連携支援機能及び研究開発の海外展開支援拠点として位置付ける。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 2

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置 1 我が国の活力強化に貢献する研究開発の重点化		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	年間論文総数1000以上の掲載を目指す	1,423	1,454	1,418	1,637	1,509	事業費用 (億円)※内数	44.8	57.2	81	74	64.7
報道関係	中長期目標期間中200回以上を目指す	70	58	68	61	64						
保有している知的財産の件数に対する、実施契約された知的財産ののべ件数の割合	中長期目標期間終了時点で10%以上を目指す	11.9%	17.4%	21.5%	25.6%	30.0%						
共同研究数	中長期目標期間中に250件以上の外部研究機関との実施を目指す	283件	328件	363件	433件	464件						
外部研究者受入数	年間平均250名程度受け入れる	236名	267名	357名	387名	469名						

## 3. 中長期目標、中長期計画、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価

## 中長期目標

## III 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

## 1 研究開発業務

研究開発業務については、研究成果の社会還元促進、我が国の国際競争力の強化、他の研究機関との連携・協力による相乗効果や無駄な重複排除の観点から踏まえ、機構が持つ強みを活かすことで、社会的課題解決やイノベーションの創出への貢献が期待されるテーマに重点化を図る。

また、委託研究については、自主研究との一体的な実施により効率化が図られる場合に限定し、テーマの一層の重点化を図り実施する。

## (1) 効率的・効果的な研究開発の推進

## ア 研究開発の重点化

平成27年度までの第3期中長期目標期間においては、「グリーン」「ライフ」「未来革新技術」の3分野に重点化し、以下のような重点プロジェクト（概要は別添のとおり）を推進する。

- ・ 脳活動の統合的活用による情報通信技術、脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発
- ・ 新世代ネットワーク基盤技術
- ・ いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術
- ・ フォトニックネットワーク技術
- ・ 革新的な3次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術
- ・ 最先端ネットワークセキュリティ技術
- ・ 防災・減災対策に貢献する衛星通信技術
- ・ 革新機能創成技術
- ・ ユニバーサル音声・言語コミュニケーション技術

## イ 研究開発業務の効果の最大化

機構の強みを生かした研究開発推進のため、技術的親和性の高さを重視した研究開発体制に見直すとともに、特定の課題に対して組織横断的かつ機動的に取り組む仕組み（連携プロジェクト）を活用することで分野横断的な成果創出の促進を図る。

共同研究等による相乗効果を期待し、外部の研究機関との積極的な連携によるリソースの有効利用を図る。

## ウ 客観的・定量的な目標の設定

機構が取り組む研究開発の実施に当たり、客観的・定量的指標による管理を推進するため、その研究内容を踏まえた適切な指標を設定する。また、アウトプットを中心とした目標に加え、国民に分かりやすい成果を上げるという観点から、費用対効果や実現されるべき成果といった視点による目標を設定する。

## エ 効率的・効果的な評価システムの運営

内部評価及び外部評価（部外の専門家及び有識者による評価）の実施に当たっては、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日内閣総理大臣決定）に準じ、評価が戦略的な意思決定を助ける重要な手段であることを念頭に置きつつ、活用され変革を促す評価となるよう、だれがどのよう

に評価結果を活用するかについてあらかじめ明確にした上で、当該研究開発に係る政策目標を踏まえた評価項目・評価基準の明確かつ具体的な設定に努めるとともに、成果の社会還元の意識を高め、優れた成果創出に繋ぐことに主眼を置いた効果的な研究評価の実施を図る。

また、評価の結果については、個々の研究開発課題の取組及び成果に対する評価に加え、その成果の普及及び実用化の状況、他の研究機関における取組の状況等を把握・分析し、研究開発の見直しに活用する。

あわせて、評価制度を活用することにより、研究開発期間中においても、重点化を図る3分野との関連が明確ではない研究開発課題、所期の目標を達成できる見込みである研究開発課題、又は、社会環境の変化等から必要性がなくなったと認められる研究開発課題については、廃止又は縮小する方向で不断の見直しを行う。

## (2) 国民のニーズを意識した成果の発信・展開

我が国が強みを持つ技術を持続的に創出し、着実にその社会還元や国際展開を図っていくため、社会的ニーズを踏まえて、研究成果の利活用や社会還元の意識を強くもって研究開発を進めるとともに、研究環境のグローバル化を進め、研究開発の早い段階から、産学官連携、海外の研究機関等との連携・協力を推進するなど、技術マネジメントの面にも注力する。

### ア 成果の積極的な発信

個々の研究成果について、その科学的・技術的知見や意義などを知的財産権の実施許諾、民間企業等への技術移転、学術論文の公表、広報活動などの方法により、広く社会に公表することや情報通信政策に反映させることなどによって、社会経済のニーズに対応した成果を意識した分かりやすい情報の積極的な発信に努めるため、広報戦略の策定を検討し、研究開発成果のみならず、機構の活動全体が効果的に社会に認知される仕組みの強化を図る。

また、研究開発で得られた各種データ等の研究成果については、機構の重要な財産であるとの認識の下、これまでの研究成果の蓄積による知的財産や知的共通基盤を産学官で有効活用するための機能強化を図る。

### イ 国際標準化への寄与

我が国発の情報通信関係の国際標準を積極的に獲得するため、技術的優位にある分野における国際標準化活動について主導性を発揮するとともに、標準化活動に的確に対応できる人材の育成を行う。

### ウ 知的財産の活用促進

知的財産権の適切な確保と、確保した知的財産権の有効活用により、機構の研究成果の社会への移転を推進する。  
特に、技術移転事務については、関係する部署間の連携強化を図り、より効果的な技術移転を推進する。

### エ 産学官連携強化及び研究環境のグローバル化

将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインを提示するとともに、その具現化を図る研究開発を、産学官でビジョンを共有して推進する機能の強化を図る。

機構が有するテストベッド等の実証プラットフォームのより一層の有効活用を図る。  
国際展開の促進のために、国際的な人材交流、共同研究等の強化を図る。

## (3) 職員の能力発揮のための環境整備

### ア 戦略的な人材獲得等による業務運営の高度化

**(ア) 戦略的な人材獲得**

国家公務員法等にとられない採用制度により、研究開発戦略に即した機動的な人材獲得を行う。また、若手、女性、外国人研究者の採用を積極的に進める。

**(イ) 人材の交流と育成**

柔軟な人事制度を活用し、職員の能力向上を目的に、産業界や海外の有力研究機関等との間で優れた人材の派遣や招へいなどの人事交流を積極的に行う。

**(ウ) 弾力的な兼業制度の活用**

民間企業等への技術移転などに積極的に取り組むため、弾力的な兼業制度の活用を推進する。

**(エ) 弾力的な勤務形態の利用促進**

多様な職務とライフスタイルに応じたより弾力的な勤務形態の利用を促進し、より自主性・自律性の高い業務・組織運営を図る。

**イ 職員の養成、資質の向上****(ア) 能力主義に基づく公正で透明性の高い人事制度の確立**

創意工夫により新たな価値を生み出すためには、人事における健全な競争の促進と公正さの担保が必要であり、能力主義に基づく公正で透明性の高い人事システムを確立する。また、研究者の採用において、公募等の開かれた形で幅広く候補者を求め、性別、年齢、国籍等を問わない競争的な選考を行う。さらに、職員の処遇において、能力や業績を的確にかつ多面的に評価し、優れた業績に対して積極的に報いる。

**(イ) 人材の効果的な活用**

職員の適性と能力に合わせた多様なキャリアパスを設定し、様々な能力を有する人材の効果的な活用を図る。また、男女共同参画に配慮した職場環境の整備を進めていくとともに、意欲と能力のある女性職員の活用に積極的に取り組む。

また、研究活動の活性化を維持するため、有期雇用の積極的な活用に努めるとともに、更新可能な有期雇用を行うことなどにより人材の流動性を高める。

さらに、知的財産を戦略的に活用できる人材や研究開発を効果的に市場価値に結実させることができる人材など、我が国のイノベーション創出を支える人材、プログラムオフィサー等研究開発のマネジメントを効率的・効果的に実施する人材、研究者・技術者と社会との間のコミュニケーションを促進する役割を担う人材等の育成を行う。

**ウ 総合的な人材育成戦略の検討**

人材の獲得・育成や、多方面で活躍できるキャリアの構築等を含めた総合的な人材育成戦略を検討する。

**中長期計画****II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置****1 我が国の活力強化に貢献する研究開発の重点化****(1) 社会ニーズに応え、イノベーション創出を図る研究推進****ア 研究開発の重点化と効果の最大化**

現代社会の様々な場面でクローズアップされている環境問題などの地球規模の課題、医療・教育の高度化、生活の安心・安全等の国民生活の向上のための課題及び中長期的取り組みによるイノベーション創出等による国際競争力強化のための課題を重視し、研究機構が自ら行う研究及びそれと連携した委託研究によって、これら課題の改善、解決に着実に貢献することを基本とした研究開発を推進する。研究課題の設定においては、中期目標で示された「グリ

ーン」、「ライフ」及び「未来革新技術」の重点3分野における重点プロジェクトの考え方を反映し、現在のネットワークやコミュニケーションに顕在化している諸課題の解決に確実な貢献をしていくための戦略的視点、研究機構が長年培ってきた基盤的研究開発を着実に成長させていく視点及び未来の情報通信の糧を創出する革新的視点を重視する。また、東日本大震災が明らかにしたICTにおける種々の課題を克服し、震災からの復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するため、災害に強いICTインフラ構築技術や被災したICTインフラを補完する技術、被災状況を速やかに把握し被災地域の支援・復旧に多面的な貢献を行うための技術の研究開発を推進する。

以上の考え方をもとに、研究機構が持つ強みや、第2期中期目標期間までに達成した研究成果及び技術の蓄積、今後さらに向上が求められる技術レベルなどを考慮し、本中期目標期間におけるチャレンジとして、別添に示す個別研究課題を設定する。

これらの個別研究課題の推進に当たっては、各研究開発において世界水準を確保していく研究開発力強化のため、技術的親和性の高い課題をまとめた効率的な研究マネジメントとそれによる体系的な成果創出を重視した体制を構築するとともに、社会の高度化に伴って複雑化する諸課題に適時かつ適切に対応するため、個別研究課題を社会的課題に応じて最適に組み合わせた成果創出を行っていくための組織横断連携を促進する仕組みを構築する。

このような考え方から、別添の個別研究課題を、以下の4つの領域に集約の上、効率的・効果的に研究開発を推進する。

#### (ア) ネットワーク基盤技術

現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。

これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

#### (イ) ユニバーサルコミュニケーション基盤技術

真に人との親和性の高いコミュニケーション技術を創造し、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して研究機構が培ってきた音声・言語・知識に係る研究成果や映像・音響に係る研究成果を踏まえて、多言語コミュニケーション、コンテンツ・サービス基盤、超臨場感コミュニケーションの個別研究課題を集結し、それらを融合的にとらえたユニバーサルコミュニケーション技術の研究開発を推進する。

これにより、ネットワーク上に構築される膨大な情報資源や高度な臨場感を伴う遠隔医療などを平時・災害時を問わず活用可能な、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現を目指す。

#### (ウ) 未来ICT基盤技術

未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイムの創出を目指す脳・バイオICT及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノICT、量子ICT、超高周波ICTの個別研究課題を設定、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。

#### (エ) 電磁波センシング基盤技術

研究機構が逡信省電気試験所、郵政省電波研究所時代から長年にわたり蓄積し、発展させてきた電磁波計測の技術と知見を活かして、時空標準、電磁環境、電磁波センシングの個別研究課題における革新機能創成を目指すとともに、社会を支える基盤技術としての高度化・高信頼化及び災害対応の強化を図っていく。

これにより、高度なネットワーク技術やコミュニケーション技術の進展とともに成長し、複雑化していく社会を未来に亘って高精度に支えていくとともに、安心で安全な社会の構築に不可欠な、電磁波を安全に利用するための計測技術及び災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等を創出し、利用促進を図っていく。

また、社会的課題への対応のために組織横断連携が必要な研究開発の推進においては、社会的課題に応じて、必要な研究開発領域の個別研究課題を連携させて効果的かつ効率的な研究開発を推進する連携プロジェクトによる柔軟な研究開発を行うことにより、実用技術の創出を加速し、成果の社会還元を促進する。特に、防災・減災技術の発展や災害復旧・復興に貢献することが期待される研究開発課題については、連携プロジェクトの仕組みをも活用して実用化プロセスを加速する。さらに、外部機関が持つ実績や知見を活用し、研究機構自らの研究と一体的な実施を行うことで効率化が図られる場合には、委託研究や共同研究の促進によって外部の研究能力等のリソースを有効活用する等、効果的かつ効率的な研究開発を推進する。

## イ 客観的・定量的な目標の設定

研究開発の実施に当たっては、客観的・定量的指標による管理を推進するため、その研究内容を踏まえた適切な指標を設定する。また、アウトプットを中心とした目標に加え、国民に分かりやすい成果を上げるという観点から、費用対効果や実現されるべき成果といった視点による目標を設定する。

## ウ 効果的な研究評価の実施

評価が戦略的な意思決定を助ける重要な手段であることを念頭に置きつつ、活用され変革を促す評価となるよう、誰がどのように評価結果を活用するかについてあらかじめ明確にした上で、当該研究開発に係る政策目標を踏まえた評価項目・評価基準の明確かつ具体的な設定に努めるとともに、成果の社会還元の意識を高め、優れた成果創出に繋ぐことに主眼を置いて、内部評価システム及び外部評価システムの活用を図る。

また、評価の結果については、個々の研究開発課題の取組及び成果に対する評価に加え、その成果の普及及び実用化の状況、他の研究機関における取組の状況等を把握・分析し、研究開発の見直しに活用する。

これらの評価結果を有効に活用しつつ、社会的課題の変化等に柔軟に対応した研究開発課題の見直しを行い、毎年度効果的・効率的な研究資源配分を実施することを通じて、より優れた研究開発を行うための環境作りに努めるとともに、研究開発期間中においても、4つの領域との関連が明確ではない研究開発課題、所期の目標を達成できる見込みである研究開発課題、又は、社会環境の変化等から必要性がなくなったと認められる研究開発課題については、廃止又は縮小する方向で不断の見直しを行う。

## (2) 社会的ニーズを踏まえた研究開発成果の社会還元の強化

研究機構の研究開発成果を着実に社会へ還元し、国際的にも展開していくため、研究開発成果の利活用や社会還元の意識を強くもって研究開発を進めるとともに、研究環境のグローバル化を進め、研究開発の早い段階から産学官連携、海外の研究機関等との連携・協力を推進する。

## ア 成果の積極的な発信

### (ア) 学術的成果の社会への発信

ICTにおける世界トップレベルの研究開発機関を目指すべく、研究開発成果を質の高い論文としてまとめ、年間論文総数 1000 報以上の掲載を目指す。

### (イ) 広報活動の強化

国民に対する説明責任をこれまで以上に果たし、研究機構の活動実態や成果に対する関心や理解を促進するとともに、研究機構の活動全体が社会的に認知されるようにするために、広報活動を戦略的に見直し、強化する。

- ・ 社会・国民に理解されるようにわかりやすく情報発信し、最新の研究開発成果等に関する報道発表については第3期中期目標期間中 200 回以上行うことを目指す。
- ・ 研究機構の活動を深く認知してもらうため、動画配信サイト等の国民が身近に利用する双方向性、即時性に優れたメディアの活用や、研究発表会の開催により、情報提供機会を充実する。
- ・ 次世代を担う研究開発の人材育成に寄与するよう、講演会、出張講座、施設一般公開等、情報通信分野への興味を喚起する機会を積極的に提供する。

### (ウ) 中立的・公共的立場による知的共通基盤の整備・提供

過去からの知的・技術的蓄積及び研究機構の中立性・公共性を活かし、国民の社会・経済活動を支える業務を着実に実施するとともに、知的共通基盤の整備・提供及びそれらを構築・高度化するための研究開発を引き続き推進する。具体的には、周波数標準値の設定・標準時通報・標準電波発射業務、電波の人体への影響分析モデルの整備・提供、多言語翻訳用辞書データベースの整備・提供、電磁波計測関連データベースの整備・提供及びそれらの構築・高度化を進めるための研究開発を行う。

(エ) 研究開発施設・機器等の外部への共用

我が国における科学技術の水準の向上及びイノベーションの創出、産学との研究連携を促進するため、施設・機器等の外部に対する共用を推進する。

## イ 標準への反映

(ア) 標準への反映を念頭においた研究開発を推進し、その成果を国際標準化機関や各種フォーラムへ寄与文書として積極的に提案する。

(イ) 専門的な知見を有する中立的な立場という観点から、標準化に係る各種委員会への委員の派遣等を積極的に行うとともに、標準化活動をより効果的に推進するために必要な人材の育成を行う。

(ウ) 研究開発成果の国際標準への反映を通じた我が国の国際競争力の強化に向け、標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の開催を支援する。

## ウ 知的財産の活用促進

研究開発成果が確実に社会で役立つよう、知的財産等の研究開発成果の技術移転活動をより効果的に実施して、成果の民間での実利用の促進等を通じた社会への還元を推進・強化する。

- ・ 社会で活用される可能性や研究機構のミッションにおける重要性を検討して特許取得・維持を適切に行う。
- ・ 保有している知的財産の件数に対する、実施契約された知的財産ののべ件数の割合が、第3期中期目標期間終了時点で10%以上となることを目指し、成果の社会への還元の強化を図る。

## エ 産学官連携における中核的役割の強化及び研究環境のグローバル展開

産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となり、委託研究、共同研究等の多面的な研究開発スキームにより戦略的に研究開発を促進するとともに、国際共同研究や海外との人材交流を通じて研究開発環境のグローバル化、国際市場を見据えた標準化戦略等を推進する。また、東日本大震災の被災地域等を中心として官民の関連研究機関が集積し形成される研究開発イノベーション拠点においては、産学と連携し、ICT領域における研究開発イノベーションの推進を通じて、被災地域の復興、再生や新たな産業の創生に貢献する。

(ア) 統合的テストベッドの活用による横断的成果創出機能の強化

- ・ 研究機構の各研究領域における研究開発及び産学官連携による研究開発に共通的な基盤として、エミュレーションから実装による実験までを統合的に実施するテストベッドを構築する。これにより、組織横断的実証実験を推進し、研究開発へのフィードバックによる技術の高度化のサイクルを強化するとともに、実証された研究開発成果を導入し、テストベッドを更に高度化・機能強化していくことで、新世代ネットワークのプロトタイプとしての機能・構造を確立する。
- ・ テストベッド等を効果的に構築・活用する体制を構築し、新規技術開発やアプリケーション検証等を通じて研究成果の展開を加速化するとともに、国際連携の強化を図る。

(イ) 産学官連携の推進

産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となつて研究開発を戦略的に実施し、あわせて研究開発人材を育成するため、産学官連携の推進に積極的に取り組む。

- ・ 将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインの具現化を図るため、産学官でビジョンを共有し、連携して研究開発を実施する。
- ・ 外部の研究リソースの有効利用による効率的・効果的な研究開発を推進するため、第3期中期目標期間中に250件以上の外部研究機関との共同研究の



実施を目指す。

- ・ 連携大学院制度に基づく大学との連携協定を活用することにより、大学院生等が研究経験を得る機会を確保するとともに、研究機構の研究者を大学へ派遣することにより、学界との研究交流を促進させる。
- ・ 外部研究者や大学院生等を年間平均 250 名程度受け入れ、研究機構の研究開発への参画を通じて経験を積ませることで、研究開発のリーダーとして育成する。
- ・ 研究機構が実施する研究開発に関する情報や各種の産学連携制度に関する情報を外部に対してわかりやすく周知することを目的に、ホームページや各種情報媒体を通じた情報発信を行う。

#### (ウ) 研究開発環境のグローバル化の推進

海外の研究機関等との連携を一層推進することにより情報通信分野における我が国の国際競争力を強化していくため、海外にある拠点をも活用しつつ研究開発環境のグローバル化を積極的に推進する。

- ・ 国際的な研究協力体制を構築するため、海外の研究機関との研究協力覚書等のもとの国際共同研究を実施する。
- ・ 海外の研究機関から専門的な研究者やインターンシップ研修生を受け入れるなど、海外との研究交流及び研究活動の連携を促進させる。
- ・ 研究機構の研究者を海外の研究機関等に長期的に派遣することにより、グローバルな視点を有する研究人材の育成を図る。
- ・ 研究機構の国際的な認知度の向上及び研究開発成果の理解の促進のため、効果的・効率的な運営に配慮しつつ、国際広報活動に積極的に取り組む。
- ・ 海外拠点において海外の研究開発に関する情報を収集・分析し、研究機構の研究開発の推進に資する。

### (3) 職員の能力発揮のための環境整備

#### ア 人材の確保と職務遂行能力の向上

研究機構が達成すべきミッションの遂行に必要となる人材の確保及び研究マネジメント能力などの職務遂行能力の向上に努める。

##### (ア) 戦略的な人材獲得

- ・ 将来の研究機構を牽引する人材を確保するため、若手、女性、外国人の優秀な研究者の採用に努める。
- ・ 研究者の採用において、公募により幅広く候補者を求め、競争的な選考を行う。

##### (イ) 人材の育成

- ・ イノベーションを創出し、成果を確実に社会に還元していくため、研究マネジメントや知財・産学連携業務において、OJT などの活用により継続的な人材の育成に努める。また、若手研究員がグローバルに活躍できるよう、育成に努める。さらに、大学等への長期派遣等を活用し、研究人材の育成に務める。
- ・ 研修制度を効果的に運用するとともに、より一層効果的なものとするための改善や充実について検討する。また、職務を遂行する上で必要な資格の取得や知識・技能の向上を奨励・支援する。

##### (ウ) 多様な人材が活躍できるようにするための環境整備

- ・ 男女・国籍の別なく職員の能力を発揮できる環境を実現するため、共同参画を推進する。
- ・ 外国人研究者が働きやすい生活環境を整備するための方策を検討し、実施する。
- ・ より効果的に研究成果の社会還元活動に取り組めるようにするため、弾力的に兼業制度を活用する。
- ・ 多様な職務とライフスタイルに応じ、より弾力的に勤務形態の利用を促進する。

#### イ 職員の能力発揮に資する人事制度の構築

イノベーションの創出を指向する研究活動、研究成果の社会還元の加速につながる研究活動、研究マネジメント活動等に対する職員の能力発揮を目的とした能力主義に基づく公正で透明性の高い人事制度を構築する。

(ア)業績評価の実施

業務の更なる実績向上に向けて職員の意欲を高め、優れた業績を生み出すことを目的として、個人業績評価を実施する。その際、能力や業績を的確にかつ多面的に評価するとともに、各職員に対する目標達成へのフォローアップ等を通じて、当該評価の効果的な活用を図る。

(イ)評価結果の適切な反映

- ・ 直接的な研究活動のみならず、研究成果の社会還元活動など研究機構が達成すべきミッションへの貢献や、研究マネジメント業務や知的財産関連業務など専門的な業務に対する貢献をより適切に評価する。
- ・ 職員が携わる業務の性格等を勘案した上で、個人業績評価を勤勉手当、昇格等へより適切に反映させるよう、人事制度の見直しを行うとともに、職員の能力や実績をこれまで以上に給与に適切に反映するよう検討する。

(ウ)人材の効果的な活用

- ・ 意欲と能力のある職員の活用に積極的に取り組む。
- ・ 研究活動の活性化を維持するため、有期雇用職員の積極的な活用に努める。

ウ 総合的な人材育成戦略の検討

職員が自らの能力を最大に発揮できるよう、人材の獲得・育成や多方面で活躍できるキャリアの構築等を含めた総合的な人材育成戦略を検討する。

主な評価指標

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度

中長期目標	中長期計画	法人の業務実績等
<p>III 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項</p> <p>1 研究開発業務</p> <p>研究開発業務については、研究成果の社会還元の促進、我が国の国際競争力の強化、他の研究機関との連携・協力による相乗効果や無駄な重複排除の観点を踏まえ、機構が持つ強みを活かすことで、社会的課題解決やイノベーションの創出への貢献が期待されるテーマに重点化を図る。</p> <p>また、委託研究については、自主研究との一体的な実施により効率化が図られる場</p>	<p>1 我が国の活力強化に貢献する研究開発の重点化</p> <p>(1) 社会ニーズに応え、イノベーション創出を図る研究推進</p> <p>ア 研究開発の重点化と効果の最大化</p> <p>現代社会の様々な場面でクローズアップされている環境問題などの地球規模の課題、医療・教育の高度化、生活の安心・安全等の国民生活の向上のための課題及び中長期的取り組みによるイノベーション創出等による国際競争力強化のための課題を重視し、研究機構が自ら行う研究及びそれと連携した委託研究によって、これら課題の改善、解決に着実に貢献することを基本とした研究開発を推進する。研究課題の設定においては、中期目標で示された「グリーン」、</p>	<p>&lt;主要な業務実績&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究課題を中長期計画において4つの技術領域に集約し、それぞれ計画を進め、成果を創出した。(詳細は後述)</li> <li>・ 個別研究課題を社会的課題に応じて最適に組み合わせることで成果創出を行って行くものでは、戦略的観点からトップダウンに課題を設定し研究を実施する案件(タイプI 連携プロジェクト)と自発的にボトムアップで提案され幹部審査を経て採択された案件(タイプII 連携プロジェクト)を連携プロジェクトとして実施。タイプIについては、「新世代ネットワーク戦略プロジェクト」、「脳情報通信融合研究プロジェクト」、「耐災害ICT研究プロジェクト」、「テラヘルツプロジェクト」、「サイバーセキュリティ総合対策研究プロジェクト」、「ソーシャルICT研究プロジェクト」、「先進的音声翻訳研究開発推進プロジェクト」の7課題が成立し、戦略的に推進し、成果を挙げた。</li> <li>・ また、総務大臣によって設定された「グローバルコミュニケーション計画」をオープンイノベーション的に推し進めるための体制として「先進的音声翻訳研究開発推進センター」を設置し、活動を開始した。</li> </ul>

<p>合に限定し、テーマの一層の重点化を図り実施する。</p> <p><b>(1) 効率的・効果的な研究開発の推進</b></p> <p><b>ア 研究開発の重点化</b></p> <p>平成27年度までの第3期中期目標期間においては、「グリーン」「ライフ」「未来革新技術」の3分野に重点化し、以下のような重点プロジェクト（概要は別添のとおり）を推進する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脳活動の統合的活用による情報通信技術、脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発</li> <li>・ 新世代ネットワーク基盤技術</li> <li>・ いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術</li> <li>・ フォトニックネットワーク技術</li> <li>・ 革新的な3次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術</li> <li>・ 最先端ネットワークセキュリティ技術</li> <li>・ 防災・減災対策に貢献する衛星通信技術・革新機能創成技術・ユニバーサル音声・言語コミュニケーション技術</li> </ul> <p><b>イ 研究開発業務の効果の最大化</b></p> <p>機構の強みを生かした研究開発推進のため、技術的親和性の高さを重視した研究開発体制に</p>	<p>「ライフ」及び「未来革新技術」の重点3分野における重点プロジェクトの考え方を反映し、現在のネットワークやコミュニケーションに顕在化している諸課題の解決に確実な貢献をしていくための戦略的視点、研究機構が長年培ってきた基盤的研究開発を着実に成長させていく視点及び未来の情報通信の糧を創出する革新的視点を重視する。</p> <p>また、東日本大震災が明らかにしたICTにおける種々の課題を克服し、震災からの復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するため、災害に強いICTインフラ構築技術や被災したICTインフラを補完する技術、被災状況を速やかに把握し被災地域の支援・復旧に多面的な貢献を行うための技術の研究開発を推進する。</p> <p>以上の考え方をもとに、研究機構が持つ強みや、第2期中期目標期間までに達成した研究成果及び技術の蓄積、今後さらに向上が求められる技術レベルなどを考慮し、本中期目標期間におけるチャレンジとして、別添に示す個別研究課題を設定する。</p> <p>これらの個別研究課題の推進に当たっては、各研究開発において世界水準を確保していく研究開発力強化のため、技術的親和性の高い課題をまとめた効率的な研究マネジメントとそれによる体系的な成果創出を重視した体制を構築するとともに、社会の高度化に伴って複雑化する諸課題に適時かつ適切に対応するため、個別研究課題を社会的課題に応じて最適に組み合わせた成果創出を行っていくための組織横断連携を促進</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ネットワーク基盤技術、ユニバーサルコミュニケーション基盤技術、未来ICT基盤技術、電磁波センシング基盤技術の4分野を俯瞰する視点による評価を行い、横断連携による効果創出を意識した重点化の方向を打ち出した。「ソーシャルICT」の理念のもとで社会貢献型のICTを意識した課題設定とその実施を進めた。</li> <li>・ NICT自らの活動(研究開発や外部との様々な連携)を通じて、災害に強いICTの研究開発を推進するとともに、震災からの復興や再生に積極的に貢献していくことを基本的な考え方とし、平成23年度に変更した中長期計画のもと、災害時のネットワークの信頼性向上や被害状況の迅速な把握への貢献などの研究開発課題を明確化し、推進してきた。具体的には、</li> <li>・ 連携プロジェクトの活用により、防災・減災や災害からの復興に役立つ研究開発を実施した。</li> <li>・ 平成24年度に発足した耐災害ICT研究センターを中心とした耐災害ICT研究を推進した。</li> <li>・ 上記のとおり、東日本大震災を受けて明確化された震災に対応するNICTのミッションを踏まえた体制の強化に努めるとともに研究開発等を実施した。</li> <li>・ さらに、より一般的な災害対応のためのICTを強化していく観点により、センサデータの収集から流通、分析・利活用までを総合的に取り扱う横断的アプローチの在り方を検証し、風水害への対応なども含めた総合的観点による研究開発を「ソーシャルICT」の理念のもとで実践していくための課題設定を行い、推進を開始した。</li> </ul>
---	--	---

<p>見直すとともに、特定の課題に対して組織横断的かつ機動的に取り組む仕組み（連携プロジェクト）を活用することで分野横断的な成果創出の促進を図る。</p> <p>共同研究等による相乗効果を期待し、外部の研究機関との積極的な連携によるリソースの有効利用を図る。</p>	<p>する仕組みを構築する。</p> <p>このような考え方から、別添の個別研究課題を、以下の4つの領域に集約の上、効率的・効果的に研究開発を推進する。</p> <p>（被災者支援及び復旧・復興対応について、法人のミッションに沿って取り組んでいるか）</p> <p>（効率性、生産性等の向上による業績の推進や国民に対するサービスの質の向上を目指し、適切な取り組みを行っているか。）</p> <p>（平成23年12月の中長期計画の変更により、「災害に強いICTインフラ構築技術や被災したICTインフラを補完する技術、被災状況を速やかに把握し被災地域の支援・復旧に多面的な貢献を行うための技術の研究開発を推進する。」とされたところであり、平成24年4月東北大学に設置された耐災害ICT研究センターを中心に行われている耐災害ICT研究プロジェクトの研究開発成果の迅速な社会展開を図るべくマネジメント機能を含む体制強化を検討することが重要である。）</p> <p>（機構は、ICT分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関であり、民間では実施が困難な基礎的な研究開発又は測定や較正等の業務、国の安全・安心の確保に係るセキュリティ等の研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ NICTが実施する業務については、目標を定め、効率化を実施したうえで、国民に対するサービスの質の向上につながる取り組みを行ってきた。</li> <li>・ 耐災害ICT研究プロジェクトでは、震災時の知見を最大限に活用するために東北大学との連携の下で、同大学片平キャンパス内に研究棟を建設（平成25年12月竣工）し、本格的な活動を開始した。</li> <li>・ 庁舎内及びキャンパス内を中心に、耐災害ICT研究のテストベッド環境を整備し、産学官、また機構内複数研究所との共同研究を実施。</li> <li>・ ICTによる地域課題解決に貢献するための実践的活動として、自治体、防災機関、民間等と連携した実証実験を実施し、研究成果の情報発信に積極的に取り組んだ。</li> <li>・ また、成果の早期実用化を目指して、自治体、防災関連機関が行う各種防災訓練・演習に参加し技術の有効性の実証と社会実装を目指した取組を行った。</li> <li>・ 耐災害ICTに関する産学官連携のための協議会「耐災害ICT研究協議会（平成24年度設立）」の活動に貢献。産学官による研究コンソーシアム活動を通じた耐災害ICT研究の推進と社会実装の取組が評価され、産学官連携功労者表彰総務大臣賞を根元代表幹事が受賞した。</li> <li>・ アジア太平洋地域への災害対策の技術展開を推進。具体的には、カンボジアへのワイヤレスメッシュネットワークの展開を行い、同国のデジタルディバイド解消政策に貢献した。</li> <li>・ 新たに導入される固体素子レーダに対応した試験方法を確立するため、スプリアス測定系の改修を行い、実際のチャープレーダにより有効性を実証した。</li> <li>・ 型式検定試験の対象となる無線機器の試験手順書について国際標準等も考慮し、総務省Webサイトにて公開した。</li> <li>・ 省エネ機器等の普及により必要性が生じた30MHz以下の周波数帯における放射妨害波測</li> </ul>
---	---	---

開発は、国立研究開発法人として今後  
も取り組んでもらいたい。)

定に関し、測定に使用するループアンテナの較正法を開発した。国際規格に適合すること  
を示す ISO/IEC17025 認定を取得し、較正業務を開始した。

- ・無線 LAN の普及、無線利用周波数の高周波化に併せて、10W, 9GHz までの電力計較正装置の開発を行い、国際規格に適合することを示す ISO/IEC17025 認定を取得した。また、75Ω 系の電力計の較正装置を開発し較正業務を開始した。
- ・18GHz までのアンテナ較正に必要な測定器の線形性を担保するために用いる減衰器について、10MHz~18GHz の間の任意の周波数で SI 基本単位（国家標準）とトレーサビリティを有した状態で較正が行える手法を開発し、較正業務を開始した。
- ・110~170GHz の電力標準を開発し、電力計較正装置を開発、世界に先がけて較正業務を開始。
- ・500GHz までのアンテナ較正装置を構築し、ホーンアンテナについて 300GHz までの較正基盤技術を確立した。
- ・セキュリティの研究開発として、ダークネット（未使用 IP アドレス）観測規模を中長期計画期間当初の約 14 万アドレスから 30 万アドレス以上に拡大した。さらにセンサ設置範囲を海外にも広げ、総務省 PRACTICE プロジェクトとも連携し、欧米を含めた海外 10 拠点以上にセンサを導入した。平成 25 年から開始した地方自治体向けアラート無償提供は平成 28 年 3 月末現在で参加自治体が 558 まで増加した。
- ・暗号プロトコル評価については認証プロトコルを始めとする 50 個以上の標準化プロトコルの評価結果（脆弱性の有無）を集約し、問題点を洗い出し、技術的に信頼性のある情報の参照をつけた「AKE Protocol Zoo」を整備し Cryptographic Protocol Verification Portal (CPVP) で公開した。

#### (ア)ネットワーク基盤技術

現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集約するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。

ネットワーク基盤技術分野においては、具体的に、以下の成果を達成した。

#### 【新世代ネットワーク】

(新世代ネットワーク基盤技術) :

- ・新世代ネットワークのアーキテクチャ確立を目指し、産学官連携で、データ指向のプラットフォームを内包するネットワークの設計指針を検討し、和文・英文ホワイトペーパーを公開した。
- ・階層型自動ロケータ割当システム HANA のソフトウェア実用性を検証した。
- ・情報指向ネットワーク技術 (ICN/CCN) 研究を推進し、世界初の ICN オープンテストベッドを実現し、16 組織が接続した。電子情報通信学会 ICN 研究会を設立し、日欧共同研究 (GreenICN プロジェクト) を実施した。

(ネットワーク仮想化基盤技術) :

- ・光パスと電気パケットを組み合わせた仮想化ノードを開発・構築し、平成 26 年度までに JGN-X 上で全国展開をし、これまでのインターネットでは実現できない新しいネットワークアーキテクチャの検証を実施した。

これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

- ・無線アクセス仮想ネットワーク構築技術研究として、NW 仮想化対応無線基地局を開発し、仮想化ノードを用いた仮想化コアネットワークと接続することにより、End-to-End で NW 仮想化を実現できる手法を開発し、実証した。
  - ・光パス光パケット統合ノードは Openflow 連携の動作実証が完了し、デモンストレーション (iPOP2014、iPOP2015 等) を実施した。
- (複合サービス収容ネットワーク基盤) :
- ・P2P ベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと分散クラウドおよび SDN を組み合わせた情報処理基盤 (JOSE) を開発完了し、平成 26 年度より運用を行った。
  - ・利活用シーンを想定した実証実験として、27 の産学官連携プロジェクトにおいて、JOSE を用いたスマート ICT サービスの社会実装に向けた様々なフィールド実験を実施した。

#### 【テストベッド】

(研究開発テストベッドネットワークの構築) :

- ・多様なテストベッド環境をまたがる仮想化を管理運用で対応するために、インフラ API を整備し、JGN-X 基幹ネットワーク、SDN 基盤 (RISE)、IoT/M2M 基盤 (JOSE) らの間の連携を実現することで、最先端の光・無線の物理ネットワークと、多様な仮想ネットワーク群からなる論理ネットワークを一体的に稼働できるテストベッドを構築するという目標を達成した。
- ・基幹ネットワークの 100G 化や総務省委託研究成果 (03 プロジェクト) の RISE への組み込みを達成し、個別のネットワークの管理運用機能を仮想化・連結し、統合的に管理運用するためのメタオペレーション技術確立するという目標を上回る成果を達成した。

(大規模エミュレーション技術) :

- ・有線・無線が混在し、様々なアプリケーションが動作するエミュレーション基盤として、いくつかの災害時の ICT 環境を模倣するケーススタディ実験を実施した。
- ・リソースマネージャの拡張や JGN-X や DETER との連携実験を実施し、仮想リソースの管理を可能とすることにより数倍から十数倍の実験環境の構築を可能にした。
- ・検証受け入れユーザインタフェイスを一新するとともに、いくつかの GUI を提供することにより様々なレベルのユーザの受け入れを実現し、最新のネットワークファイルシステムに対応することにより環境構築時間の大幅な削減を実現した。

#### 【光ネットワーク】

- ・世界初のマルチコア伝送・交換技術の実証を、産学との連携により継続的に行い、世界記録を更新し続け、世界を牽引する成果を示した。
- ・高速有無線両用伝送技術を適用した空港監視レーダ実証に成功した。また高速列車用通信システムへの応用技術の開発を開始した。
- ・光信号のまま伝送や交換を行うことができる領域をさらに拡大するための技術の確立するために、要素技術を統合した伝送実験に成功した。さらに成果の一部を総務省直轄委

託研究で進めている 400 ギガデジタル信号処理回路 (DSP) 統合基盤技術の開発に反映し、DSP のサンプル出荷に貢献した。

#### 【ワイヤレスネットワーク】

- ・省電力 SUN 仕様の策定。RAN 技術の総合実証
- ・ミリ波・THz 波要素技術実証
- ・固定翼型の小型無人機を活用した災害時無線中継・映像配信システムについて、大規模災害時の迅速な通信確保をめざした東北テストベッドや全国各地での公開実験により自治体や報道機関等からも強い関心の引き出しに成功。無人機に関する法整備等にも貢献。
- ・IEEE802. 15. 8 で標準化活動を主導的に進めるとともに、東京都や京都府でのフィールド実験により新しい概念に基づく自律分散型通信ネットワークとしてコンセプトを実証。
- ・インパルス型 UWB 技術に基づく高精度屋内即位システムについて、首都圏のショッピングモールや物流倉庫にテストベッドを構築し、高精度測位による動線の可視化と解析によるマーケティング効果や作業の効率化への効果を実証。

#### 【宇宙通信システム】

- ・WINDS 基本実験において、様々なアプリケーション実験を実施し、計画以上に新規に 3 種類の衛星地球局を開発し、世界初の深海探査機の遠隔操作実験等を実施し、計画を上回って実施。
- ・ETS-VIII 後期利用実験において、軌道上各種実験結果について、後期利用実験報告書としてとりまとめ着実に推進。海上ブイに小型地球局を設置し、津波の早期検出が可能なことを実証し、計画を上回って実施。
- ・次期技術試験衛星検討会の新規立ち上げに尽力し、次世代の大容量衛星通信システムの搭載用試作モデルを開発し、世界最高レベルの広帯域チャネライザ・DBF やフェーズドアレー 及び 超高速光通信コンポーネントの試作モデルをそれぞれ開発し、計画を大幅に上回って実施。
- ・SOTA 搭載機器の開発を完了、50kg 級小型衛星で世界初の地上一衛星間光通信実験を成功裏に実施。また、国際共同光通信実験及び世界初の波長  $1.5\mu\text{m}$  での衛星-地上間偏光測定実験に成功し、計画を大幅に上回って実施。
- ・ネットワーク化された 1m 望遠鏡の光地上局を小金井・沖縄・鹿島に設置し、気象センサデータ等を活用する世界初となるサイトダイバーシチを技術実証するテストベッド構築を推進。

#### 【ネットワークセキュリティ】

- ・ダークネット観測規模 30 万アドレスを達成した。
- ・各種センサを統合したマルチモーダル分析に基づく攻撃分析・予防基盤技術を確立した。
- ・IPv6 セキュリティガイドライン国際標準化を完了した。
- ・標的型攻撃対策として NIRVANA 改を開発した。
- ・地方自治体向けに DAEDALUS アラートの無償提供を開始した。平成 28 年 3 月末現在 558 自治体が参加。

	<p>(イ)ユニバーサルコミュニケーション基盤技術</p> <p>真に人との親和性の高いコミュニケーション技術を創造し、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して研究機構が培ってきた音声・言語・知識に係る研究成果や映像・音響に係る研究成果を踏まえて、多言語コミュニケーション、コンテンツ・サービス基盤、超臨場感コミュニケーションの個別研究課題を集結し、それらを融合的にとらえたユニバーサルコミュニケーション技術の研究開発を推進する。</p> <p>これにより、ネットワーク上に構築される膨大な情報資源や高度な臨場感を伴う遠隔医療などを平時・災害時を問わず利活用可能な、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現を目指す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中長期計画期間中に発見された暗号プロトコルの脆弱性の技術的な妥当性と実システムへの影響について「暗号プロトコル評価技術コンソーシアム (CELLS)」で実施した安全性評価活動への技術的な情報を入力した。</li> <li>・標準化されている 50 個以上の暗号プロトコルの評価結果（脆弱性の有無）を集約し、技術的に信頼性のある情報の参照をつけた「AKE Protocol Zoo」を整備し、NICT のホームページにて公開した。</li> <li>・クラウドコンピューティング等でのプライバシー保護機能が期待されている次世代暗号「ペアリング暗号」の安全性を評価し、平成 24 年に解読世界記録を達成した。</li> <li>・923 ビットの離散対数問題を解くことに世界で初めて成功（九州大学、富士通研究所との共同成果）し、ドコモ・モバイル・サイエンス賞などを受賞した。</li> <li>・離散対数問題の解読動向について調査を行い CRYPTREC Report として発行し、電子政府システムの安全性向上に貢献した。</li> </ul> <p>ユニバーサルコミュニケーション基盤技術分野においては、具体的に、以下の成果を達成した。</p> <p>【多言語コミュニケーション】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・合計 8390 時間の音声コーパスを収集。GC10 言語中 8 言語の音声認識システム、8 言語の音声合成システムを開発。</li> <li>・音響モデルの DNN (Deep Neural Network) 化により、日英中韓の主要 4 言語について、実利用ログに対する単語誤り率 15%以下を達成。</li> <li>・WFST (Weighted Finite Transducer) ベースの高速な大語彙音声認識エンジン SprinTra を開発。</li> <li>・評価型国際ワークショップ IWSLT の音声認識タスクで 3 年連続 1 位を獲得。</li> <li>・ユニバーサル音声翻訳先端研究コンソーシアム (U-STAR) を 27 ヶ国、32 機関に拡大し、標準化推進のための国際連携を強化。</li> <li>・現言語の文法解析が存在しない場合でも現言語の文法解析を推定する方法、英語を仲介とする翻訳技術や文法など翻訳に必要な知識の多言語・他分野への援用技術を開発し、高精度テキスト翻訳システム「みんなの自動翻訳 TexTra」に組み込んで一般公開。</li> <li>・各分野の対訳コーパスを予定量以上収集し、目標を達成。</li> <li>・観光分野の音声翻訳の技術移転をうけた民間会社数社が公開サービスとして実用化し、医療についても、倫理審査を経て東大病院で臨床実験を実施・改良中し、目標を達成。</li> <li>・多数の論文発表・特許出願のアルゴリズムを音声翻訳 VoiceTra、テキスト翻訳 TexTra として実装・一般公開し、さらに、翻訳処理のニューラルネット化を進め、目標を達成。</li> </ul> <p>【コンテンツ・サービス基盤】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1000 万個の語、フレーズからなる辞書（言語資源）を構築し、Web10 億ページ（当初公</li> </ul>
--	---	--



	<p>(ウ)未来 ICT 基盤技術領域          未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイムの創出を目指す脳・バイオ ICT 及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノ ICT、量子 ICT、超高周波 ICT の個別研究課題を設定、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全</p>	<p>開時点) を分析対象として、様々な質問に回答し、情報の価値ある組み合わせ、仮説、分類を発見できる大規模 Web 情報分析システム WISDOM X を開発、平成 26 年度に一般公開。平成 27 年度に中長期計画に記載の Web40 億ページを分析可能とした。ドコモ・モバイル・サイエンス賞等受賞。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>平成 27 年度に Twitter 上の災害関連情報をリアルタイムに分析する対災害 SNS 情報分析システム DISAANA の一般公開を開始。自治体との実証実験も実施。D-SUMM についても開発は順調に進捗し、平成 28 年度に一般公開予定。前島密賞等受賞。</li> <li>150 種類・180 万件のオープンデータを登録した大規模情報資産を構築するとともに、相関検索・可視化分析などの情報資産管理技術に加え、異分野センシングデータ統合分析基盤を開発し、目標を超える成果を達成。</li> <li>情報サービス連携要求に応じたネットワーク動的制御技術 SCN を JGN-X テストベッド上に実装するとともに、科学データアーカイブ利活用やゲリラ豪雨対策支援、生気象学分析等への応用実証を行い、目標を超える成果を達成。</li> </ul> <p>【超臨場感コミュニケーション】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高精細立体 (4K3D) 映像の伝送による遠隔作業の操作効率の向上効果を実証。</li> <li>表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の表示を実現。また、そのための撮像技術を開発。</li> <li>単純に各映像を並送した場合に比べて圧縮効率 2 倍を実現。また、処理時間半減を実現</li> <li>立体映像による疲労の大規模評価実験を実施、ITU-R で寄書が採択、光沢感・没入感等の心理物理・脳活動評価手法を開発、MVP 方式による立体音響技術を提案し、音源定位効果を実証。</li> <li>感触と映像等の時空間的不一致の許容度・相乗効果を定量的に実証、遠隔作業の操作性向上効果を実証、香りの制御技術を開発し、他の感覚との相乗効果を実証、新しい嗅覚検査手法を開発。</li> </ul> <p>未来 ICT 基盤技術分野においては、具体的に、以下の成果を達成した。</p> <p>【脳・バイオ ICT】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>7T-MRI の計測において、心拍による脳の動きによって生じるノイズを除去する手法を提案した。日本医学物理学会より、大会長賞を受賞した。</li> <li>劣化画像のわかりのメカニズムを解明、自然動画の概念認知のモデル化に成功。</li> <li>脳内の活動を考慮したりハビリ手法を提案、医療現場で実用された。</li> <li>脳内ネットワーク構造の分析により痛み・統合失調症に関するバイオマーカー等を発見。</li> <li>DNA 構造体によって足場を構築し、生体機能分子の機能を保持したままナノメートル精度で配置する技術を構築。</li> <li>バクテリア細胞からの出力データから、機械学習アルゴリズムによって検出対象を同定するプロトタイプを構築。</li> </ul>
--	---	---

体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。

(定量的評価のできる課題、有名な学術論文誌に採録された課題が比較的高い評価となる傾向がある。「ソーシャル ICT」等のように課題解決型でこれら評価と必ずしも適合しない課題について、研究開発を進めると同時に、評価基準についても明確にできるよう努められたい。)

#### 【ナノ ICT】

- ・有機電気光学 (EO) ポリマーの性能向上に向けた材料開発を行い、従来比 1.5 倍の超分極率を示す新規有機 EO 分子構造の開発に成功、EO 定数で 85pm/V (従来材料の 2.6 倍) を実現した。また、85°Cでの長期保存において 80%に特性が低下するまでの時間が 2.9 万時間 (3.3 年)、10 年間動作後でも 75%以上の性能を維持する高温で長期使用可能な高ガラス転移温度(184°C)の実用材料の開発に成功した。さらに酸化膜被覆により耐光性の向上も実現し、過酷条件化での適用性を実証した。これらの成果を、論文誌や国際会議で発表した。
- ・高速光変調技術の実現に向けて、有機 EO ポリマーをコアとする光位相変調器を光変調器メーカーと共同で試作し、既存材料を用いたデバイスでは困難な 100GHz の位相変調動作を確認した。
- ・光機能性生体分子膜バクテリオロドプシン (bR) 微分応答光センサセルの電極に、テクスチャー構造 FTO 電極を用いて光電変換効率 3.5 倍の高効率化に成功した。また、タンデム構造や導波路構造を用いた光吸収面積増加により、bR 微分応答光センサセルのさらに 10 倍の高効率化を実現した。
- ・遺伝子操作により光応答時定数を大きくした変異体と野生体を組み合わせたバイポーラセルの 8x8 アレーを作製し、2 次元のデバイスレベルのオプティカルフロー検出機能を実証した。
- ・0.1 W GM 冷凍機に実装した 4 ピクセル SSPD アレーおよび SFQ 回路による信号処理回路の動作実証に成功し、従来比 10 倍以上の最大計数率を達成した。この成果は論文誌に掲載された。
- ・超伝導ナノワイアを利用した光・超伝導インタフェースにおいて、0.3 ns の応答時間、入力光パワー 70  $\mu$ W での動作を確認し、既存の消光比 20 dB の光変調器で生成した光信号を用いて、冷凍機に実装した SFQ 回路へのエラーフリーでの光信号入力を実証した。

#### 【量子 ICT】

(量子暗号技術の研究開発) :

- ・量子鍵配送 (QKD) ネットワークの高速化、安定化のために、伝送損失 10dB において 1Mbps の鍵生成に成功し、従来比 10 倍の性能向上に成功するとともに、鍵生成の安定性の向上のためアクティブ制御の開発に成功し、一か月を超える長期間において量子ビット誤り率 3%を下回るシステムの開発に成功した。
- ・都市圏敷設ファイバ環境での暗号化性能の定量的評価技術開発と実運用に必要な安定動作及び安全性評価試験では、データレイヤ上の重要通信を直接、高速暗号化 (100M から 1Gbps) する統合型暗号化システム (QKD-AES ハイブリッドシステム) を実装して、府中～小金井間敷設ファイバで、この QKD 装置の長期安定性を実証した。
- ・都内の NEC のサイバーセキュリティ対策の中核拠点「サイバーセキュリティ・ファクトリー」内で、2015 年 7 月から長期安定性試験を開始し、順調にデータを蓄積して実用化へ大きく前進した(報道発表済み)

- ・企業と連携し、QKD システムの干渉計光路長、偏光、及び検出同期を能動的に安定させ、かつサイドチャネル攻撃対策を組み込んだ QKD 装置（第三世代）を完成。JGNX の小金井～大手町間敷設ファイバで長期安定動作を実証した。
  - ・盗聴検知・自動リルーティングや通信路上での異常診断機能を備えた鍵管理、及び多様なアプリを実現する鍵供給インタフェイスのアーキテクチャを開発し、ドローンの飛行制御通信の安全性強化技術の開発を推進し、地上局間で安全に飛行制御を引き継ぎ、広域飛行誘導するセキュア制御通信技術の実証実験に成功した。
- (量子ノード技術の研究開発) :
- ・基本回路技術である量子受信機の原理実証を行い、従来の光通信理論におけるビット誤り率限界を打破することに世界で初めて成功した。
  - ・光空間通信へのフィールド実装を目指したテストベッドを構築し、伝送効率の向上のみならず秘匿性まで担保し、最適バランスを実現する新方式の理論の実証実験に成功した。以上の成果は論文誌等に発表。
  - ・量子ノード研究開発で必要となる光子や原子の極限的測定技術では、インジウムイオンの波長 230nm の遷移を用いた独自の量子論理分光法の提案と開発に成功した。
  - ・当初計画を超えた高精度化を目指し波長 159nm の遷移を用いた次世代周波数測定手法を提案し、その基盤要素技術である真空紫外光源の開発に成功するとともにインジウムイオン光周波数標準動作を実証した。
  - ・量子ノード基本プロトコルである「量子もつれ交換」の速度を一気に 1000 倍に改善
  - ・量子もつれ中継技術の研究開発では、超伝導量子回路技術、および超伝導ダイアモンド-光のハイブリッド量子系の原理実証に成功。小規模量子プロセッサとして、最終目標の「シングルショット完全ベル測定」技術も実証実験を完了した。
  - ・量子ドットスピン制御技術により世界最高速度の単一量子ゲート動作 (2.5 ピコ秒) を実現した。
- 【超高周波 ICT】
- ・シリコン CMOS 集積回路によって 300 GHz 帯で 100Gbps 超の世界最高伝送性能をもつ送信機フロントエンド回路を実現した。
  - ・超高周波センシングシステムへの適用のため、微細 T 型ゲート InP HEMT を試作、50 GHz の雑音特性が世界最小値 (0.6 dB) を実現、さらに 300~16 K (+27~-257°C) での動作と室温で約 1.2 倍の最大発振周波数の増加を確認した。
  - ・窒化ガリウム系トランジスタ (GaN HEMT) について、MIS 型ゲート構造にて約 1.5 倍、MES 型ゲート構造では約 1.8 倍の相互コンダクタンスの増加と 270GHz を超える最大発振周波数を実現した。
  - ・シリコン CMOS 集積回路について NICT 内に設計設備を整備した。性能を維持しつつ小型化を実現した D 帯 (110~170 GHz) 増幅器の試作に成功した。また、300 GHz 帯送信機フロントエンド回路で 100 Gbps 超の世界最高伝送速度を達成した。
  - ・THz QCL の THz コム参照信号への位相ロックを行い、計測装置の分解能 (1Hz) 程度の線

	<p><b>(エ)電磁波センシング基盤技術領域</b>  研究機構が通信省電気試験所、郵政省電波研究所時代から長年にわたり蓄積し、発展させてきた電磁波計測の技術と知見を活かして、時空標準、電磁環境、電磁波センシングの個別研究課題における革新機能創成を目指すとともに、社会を支える基盤技術としての高度化・高信頼化及び災害対応の強化を図っていく。  これにより、高度なネットワーク技術やコミュニケーション技術の進展とともに成長し、複雑化していく社会を未来に亘って高精度に支えていくとともに、安心で安全な社会の構築に不可欠な、電磁波を安全に利用するための計測技術及び災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等を創出し、利用促進を図っていく。</p>	<p>幅となるよう安定化を実現。これにより、テラヘルツ帯における無線通信や分光計測の源振に適用可能な高安定・狭線幅テラヘルツ光源技術を確立できることを示した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 耐圧 920 V の高耐圧縦型 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ショットキーバリアダイオード と耐圧 750V 横型 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> フィールドプレート MOSFET を実現した。</li> <li>・ 世界に先駆けて THz 分光ユーザーガイドを作成・公開するとともに、再生医療材料の評価、生体組織評価への応用の可能性を実証。また、超高周波帯での誘電特性の連続性を、原理の異なる 2 種の計測法で世界で初めて実証。</li> <li>・ 産学との連携により、被災建造物の内部構造劣化診断のための、高周波電磁波(10~20 GHz)センサの開発を実施した。3 次元画像を短時間で得られる 32 素子で検査幅約 500mm のリニアアレー型レーダの試作機の開発や、THz の周波数領域では世界最大の画素数である 4 倍の画素数の 640×480 アレーセンサの製造技術を実現するなど、非破壊非接触センシング応用技術の研究開発を進めた。</li> </ul> <p>電磁波センシング基盤技術分野においては、具体的に、以下の成果を達成した。</p> <p><b>【電磁波センシング・可視化】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3THz 帯の受信機構成技術では、ホットエレクトロンボロメータの技術により受信機雑音温度として量子限界の約 8 倍であるヘテロダイン受信機を開発し、目標を達成した。</li> <li>・ JEM/SMILES によるサブミリ波の観測データを使用して、大気中の同位体比検出に成功した。さらに宇宙からの成層圏の風分布観測に世界で初めて成功した。</li> <li>・ 高度解析技術の開発（画像処理技術を用いた 3 次元計測、インターフェログラムからの垂直構造物の自動抽出、移動体検出技術等）機上での高速処理技術開発（観測後 10 分で画像提供）。</li> <li>・ 3 次元観測を可能とするフェーズドアレー気象レーダの高速 3 次元観測技術の確立（複数台レーダシステム）および短時間予測技術開発と地デジ放送波による水蒸気推定手法の確立と観測による実証を行った。</li> <li>・ 地上から電離圏高度までを統一的に計算するシミュレーションコード“GAIA”を開発、気象客観解析データを入力し、成層圏突然昇温等の実際の現象を再現することに成功。</li> </ul> <p><b>【時空標準】</b>  (THz 標準技術) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ THz 帯域(3~10THz)における絶対周波数計測に対応できる方式の 1 つとして、ハーモニックミキサを利用した計測システムの開発に着手し、3THz に迫る 2.8THz 帯において目標精度である 5 桁以上の周波数計測に成功した。</li> <li>・ Cs 一次標準器に関しては従来 10<sup>-15</sup>台の確度であったが、改良を組込んだ新方式の 2 号機の開発を進め、各種周波数シフト要因について 16 乗台前半の不確かさで再評価を行い、妥当性を検証した。</li> <li>・ 時系の同期制御技術を改良し、日本標準時と同一の時計データによるシミュレーション</li> </ul>
--	---	---

		<p>で確認した結果、UTC との同期精度（確度）及び安定度の改善に有効であることを実証した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広域時刻同期のために 2 周波受信装置の製作に着手、合わせて遠隔地で日本標準時に同期した時刻・周波数の小型供給装置の開発を開始した。</li> <li>・ 標準電波送信所 2 局の施設更新を年度内に計画通り完了。</li> </ul> <p>（標準時分散化・標準電波）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本部代替局の機能も担う標準時副局を神戸に整備し、計測システム系の動作性能を確認した。日本標準時に同期する試験時系の連続生成を行い、数 ns 程度の優れた同期精度を維持させることに成功した。</li> </ul> <p>（光標準）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Sr 光格子時計により、中長期目標である <math>10^{-16}</math> 台の精度（絶対周波数の不確かさ）と 100 秒平均で 16 乗台の安定度を達成し、国際諮問委員会 CCTF2015 でも承認された。</li> <li>・ In+イオントラップ光時計では、イオン冷却系においては、Ca+イオントラップ技術を活用した In+/Ca+共同冷却法の開発によりイオンの安定かつ効率的な冷却に成功した。これにより新方式の周波数標準器を世界で初めて開発した。</li> <li>・ Ca+イオントラップ光時計の報告値（平成 24 年）が CCTF2015 における絶対周波数値確定の議論に再度貢献した。</li> </ul> <p>（衛星仲介比較）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 搬送波位相 (CP) 方式では、NICT が開発した装置及び解析手法により原理実証に成功し世界トップの成果を達成した。また 16 乗台の精度実現に要する平均時間を一桁短縮（1 日→1 時間強）し、世界最高精度を最短平均時間で実証した。</li> </ul> <p>（VLBI による比較）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高精度化のための広帯域システムと多地点展開のための可搬型アンテナシステムの開発を進めた。その結果、世界初の 8GHz 広帯域実験（平成 26 年、鹿島 34m 鏡-石岡 13m 鏡）の詳細解析により、1 秒平均でサブピコ秒の世界最高の遅延計測精度を実証した。</li> </ul> <p>【電磁環境】</p> <p>（通信 EMC）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽電池パネルに対する配線が雑音放射特性に与える影響を理論的・実験的に明らかにした。</li> <li>・ 複数の干渉源の識別分離法について、統計分析の手法を用いて複数 LED 照明からの放射雑音に対する有効性を実証した。</li> <li>・ 従来の汎用測定器では不可能であった、1GHz までの広帯域伝導妨害波測定を可能とする、TEM セル（内部に均一な電磁的横波を発生する装置）を用いた測定装置の周波数特性改良のため、プロトタイプ的设计、開発及び実証を行った（特許出願）</li> </ul> <p>（生体 EMC）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 様々な姿勢・体型を考慮した数値人体モデルの開発のための理論検討を行い、国際標準数値人体モデルおよび体型変形技術を構築した。</li> </ul>
--	--	---

また、社会的課題への対応のために組織横断連携が必要な研究開発の推進においては、社会的課題に応じて、必要な研究開発領域の個別研究課題を連携させて効果的かつ効率的な研究開発を推進する連携プロジェクトによる柔軟な研究開発を行うことにより、実用技術の創出を加速し、成果の社会還元を促進する。特に、防災・減災技術の発展や災害復旧・復興に貢献することが期待される研究開発課題については、連携プロジェクトの仕組みをも活用して実用化プロセスを加速する。さらに、外部機関が持つ実績や知見を活用し、研究機構自らの研究と一体的な実施を行うことで効率化が図られる場合には、委託研究や共同研究の促進によって外部の研究能力等のリソースを有効活用する等、効果的かつ効率的な研究開発を推進する。

(電源喪失なども含む震災時に発生した様々な事象や体験を十分に踏まえ、研究開発を進めているか。)

- ・ WPT システム等の実利用環境に即したばく露評価を行った。
- (EMC 計測) :
- ・ 30MHz 以下の周波数帯における放射妨害波測定に関し、測定に使用するループアンテナの較正法を開発した。国際規格に適合することを示す ISO/IEC17025 認定を取得し、較正業務を開始した。
- ・ 500GHz までのアンテナ較正装置を構築し、円偏波ホーンアンテナについて 300GHz までの較正基盤技術を確立した。
- ・ 戦略的観点からトップダウンに課題を設定し研究を実施する案件として、平成 23 年度に新世代ネットワーク戦略プロジェクト、脳情報通信融合研究プロジェクトの 2 つのプロジェクトを開始し、その後、平成 26 年度までに、テラヘルツプロジェクト、耐災害 ICT プロジェクト、サイバー攻撃総合対策プロジェクト、ソーシャル ICT 研究プロジェクト、先進的音声翻訳研究開発推進プロジェクトが加わり、7 件のプロジェクトを強化推進した。
- ・ 自発性を重んじボトムアップで提案された案件を年度毎に精査し、中長期目標期間全体で 26 件の課題を実施し、社会的に意義の高い成果の創出に努めた。
- ・ 防災・減災技術の発展や災害復旧・復興に貢献することが期待される研究開発課題について、連携プロジェクトにおいてトップダウンに課題を設定し研究を実施する案件として耐災害 ICT 研究プロジェクトを実施。
- ・ 東北大学との包括協定(平成 24 年 1 月 19 日締結)に基づき、東北大学を拠点として構築した東北テストベッドにおける研究を推進するとともに、大学や企業とも連携し耐災害 ICT 研究を推進した。
- ・ 災害に強い情報通信技術の実現と被災地域の地域経済活動の再生を目指す耐災害 ICT 研究プロジェクトでは、機構内では複数研究所との連携し、さらに震災時の知見を最大限に活用するために東北大学との連携の下で、同大学片平キャンパス内に研究棟を建設(平成 25 年 12 月竣工)し、本格的な活動を開始した。
- ・ 庁舎内及びキャンパス内を中心に、耐災害 ICT 研究のテストベッド機器を整備し、産学官連携による共同研究を進めた。
- ・ 成果の早期実用化を目指して、自治体、防災関連機関が行う各種防災訓練・演習に参加し技術の有効性の実証と社会実装を目指した取組を行った。実証実験においては、省電力、バッテリー駆動システム等も開発した。
- ・ 平成 26 年度より開始された SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、府省連携により災害情報をリアルタイムに共有・利活用する仕組みを構築することを目標に、プログラム内の課題「災害情報の配信技術の研究開発」研究代表機関も務めつつ、研究開発を進めた。
- ・ この他、欧州委員会、米国国立科学財団、フランス国立宇宙研究センター、ドイツ航空宇宙センター、タイ国チェンマイ大学、タイ国チュラロンコン大学等との連携を推進し

### ウ 客観的・定量的な目標の設定

機構が取り組む研究開発の実施に当たり、客観的・定量的指標による管理を推進するため、その研究内容を踏まえた適切な指標を設定する。また、アウトプットを中心とした目標に加え、国民に分かりやすい成果を上げるといった視点による目標を設定する。

### エ 効率的・効果的な評価システムの運営

内部評価及び外部評価（部外の専門家及び有識者による評価）の実施に当たっては、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 20 年 10 月 31 日内閣総理大臣決定）に準じ、評価が戦略的な意思決定を助ける重要な手段であることを念頭に置きつつ、活用され変革を促す評価となるよう、だれがどのように評価結果を活用するかについてあらかじめ明確にした上で、当該研究開発に係る政策目標を踏まえた評価項目・評価基準の明確かつ具体的な設定に努めるとともに、成果の社会還元を意識を高め、優れた成果創出に繋ぐことに主眼を置いた効果的な研究評価の実施を図る。

### イ 客観的・定量的な目標の設定

研究開発の実施に当たっては、客観的・定量的指標による管理を推進するため、その研究内容を踏まえた適切な指標を設定する。また、アウトプットを中心とした目標に加え、国民に分かりやすい成果を上げるといった観点から、費用対効果や実現されるべき成果といった視点による目標を設定する。

### ウ 効果的な研究評価の実施

評価が戦略的な意思決定を助ける重要な手段であることを念頭に置きつつ、活用され変革を促す評価となるよう、誰がどのように評価結果を活用するかについてあらかじめ明確にした上で、当該研究開発に係る政策目標を踏まえた評価項目・評価基準の明確かつ具体的な設定に努めるとともに、成果の社会還元を意識を高め、優れた成果創出に繋ぐことに主眼を置いて、内部評価システム及び外部評価システムの活用を図る。

また、評価の結果については、個々の研究開発課題の取組及び成果に対する評価に加え、その成果の普及及び実用化の状況、他の研究機関における取組の状況等を把握・分析し、研究開発の見直しに活用する。

これらの評価結果を有効に活用しつつ、社会的課題の変化等に柔軟に対応

た。

- ・ネットワーク基盤技術、ユニバーサルコミュニケーション基盤技術、未来 ICT 基盤技術、電磁波センシング基盤技術の 4 分野を俯瞰する視点による評価を行い、横断連携による効果創出を意識した重点化の方向を打ち出した。
- ・平成 25 年度より掲げている「ソーシャル ICT」という理念のもと、センシングから通信、情報利活用までを総合的に扱う活動を強化するなど、社会貢献型の目標意識を強化した研究開発を推進した。
- ・多言語翻訳技術を 2020 年の東京オリンピックに向けて実用化することを目的とした総務省の「グローバルコミュニケーション計画」に呼応し、「先進的音声翻訳研究開発推進プロジェクト」を構築、その推進体制として「先進的音声翻訳研究開発推進センター」を設置し、産学官連携強化による推進を開始した。

- ・研究活動の基本単位である研究室ごとを基本に外部評価（外部の有識者 32 名による評価委員会を NICT 自らが開催し研究の進捗・成果等を評価）及び内部評価（NICT 役員・幹部による研究の進捗・成果等を評価）を毎年度実施し、これらの結果等を踏まえ、研究開発活動の適切な推進や効果的・効率的な予算配分等を実施した。
- ・外部評価の実施に際しては、中長期目標期間の初年度は研究実施計画の適切性等について期首評価、3 年度目においては達成状況確認しその後の計画に資する中間評価、最終年度には期末評価を、また、2 年度目と 4 年度目はその間の状況について進捗ヒヤリングを行い、研究開発が効果的・効率的、かつ適切に進んでいるか等について、研究開発の現場への負担を減らしながら外部評価の実施が効果的・効率的な研究開発の評価を実施した。

なお、外部評価の結果は、毎年報告書として取りまとめを行い、研究機構 Web サイト上に公表した。

- ・内部評価では、外部評価の結果や研究室等が自ら行った自己評価などをもとに、各年度の研究等の実施状況及び次年度の研究計画の評価を実施し、これらに基づく効果的・効率的な資源配分（予算配分等）を行ったところである。予算配分に当たっては、研究の継続性に留意しつつも、優れた評価結果を得た研究室については、重点的に予算配分を行う等のメリハリを付けるなど、内部評価の実施が効果的・効率的な研究開発の実施に寄与した。

- ・なお、各評価においては、研究開発課題ごとに、投入したリソースや、論文・特許・標準化寄与数等の成果に関するファクトデータ及び想定する主な社会還元の見通し等を整

また、評価の結果については、個々の研究開発課題の取組及び成果に対する評価に加え、その成果の普及及び実用化の状況、他の研究機関における取組の状況等を把握・分析し、研究開発の見直しに活用する。

あわせて、評価制度を活用することにより、研究開発期間中においても、重点化を図る分野との関連が明確ではない研究開発課題、所期の目標を達成できる見込みである研究開発課題、又は、社会環境の変化等から必要性がなくなったと認められる研究開発課題については、廃止又は縮小する方向で不断の見直しを行う。

## (2) 国民のニーズを意識した 成果の発信・展開

我が国が強みを持つ技術を持続的に創出し、着実にその社会還元や国際展開を図っていくため、社会的ニーズを踏まえて、研究成果の利活用や社会還元の意識を強くもって研究開発を進めるとともに、研究環境のグローバル化を進め、研究開発の早い段階から、産学官連携、海外の研究機関等との連携・協力を推進するなど、技術マネジメントの面にも注力する。

### ア 成果の積極的な発信

個々の研究成果について、

した研究開発課題の見直しを行い、毎年度効果的・効率的な研究資源配分を実施することを通じて、より優れた研究開発を行うための環境作りに努めるとともに、研究開発期間中においても、4つの領域との関連が明確ではない研究開発課題、所期の目標を達成できる見込みである研究開発課題、又は、社会環境の変化等から必要性がなくなったと認められる研究開発課題については、廃止又は縮小する方向で不断の見直しを行う。

## (1) 社会的ニーズを踏まえた研究開発 成果の社会還元強化

研究機構の研究開発成果を着実に社会へ還元し、国際的にも展開していくため、研究開発成果の利活用や社会還元の意識を強くもって研究開発を進めるとともに、研究環境のグローバル化を進め、研究開発の早い段階から産学官連携、海外の研究機関等との連携・協力を推進する。

### ア 成果の積極的な発信

(ア)学術的成果の社会への発信

理することで、研究成果の創出状況や普及・実用化の状況等について効果的・効率的な評価を実施した。

また、評価においては、各評価で用いる資料の共用化、タブレット端末の利用等を行うことで、作業負担を軽減等し、機動的で効率的な評価を実施した。



その科学的・技術的知見や意義などを知的財産権の実施許諾、民間企業等への技術移転、学術論文の公表、広報活動などの方法により、広く社会に公表することや情報通信政策に反映させることなどによって、社会経済のニーズに対応した成果を意識した分かりやすい情報の積極的な発信に努めるため、広報戦略の策定を検討し、研究開発成果のみならず、機構の活動全体が効果的に社会に認知される仕組みの強化を図る。

また、研究開発で得られた各種データ等の研究成果については、機構の重要な財産であるとの認識の下、これまでの研究成果の蓄積による知的財産や知的共通基盤を産学官で有効活用するための機能強化を図る。

ICTにおける世界トップレベルの研究開発機関を目指すべく、研究開発成果を質の高い論文としてまとめ、年間論文総数 1000 報以上の掲載を目指す

#### (イ) 広報活動の強化

国民に対する説明責任をこれまで以上に果たし、研究機構の活動実態や成果に対する関心や理解を促進するとともに、研究機構の活動全体が社会的に認知されるようにするために、広報活動を戦略的に見直し、強化する。

- ・ 社会・国民に理解されるようにわかりやすく情報発信し、最新の研究開発成果等に関する報道発表については第 3 期中期目標期間中 200 回以上行うことを目指す。
- ・ 研究機構の活動を深く認知してもらうため、動画配信サイト等の国民が身近に利用する双方向性、即時性に優れたメディアの活用や、研究発表会の開催により、情報提供機会を充実する。
- ・ 次世代を担う研究開発の人材育成に寄与するよう、講演会、出張講座、

- ・ 研究開発成果をとりまとめ、著名な論文誌をはじめとする各種学術誌等に積極的に投稿するよう促した。その結果、中長期計画期間の各年度で、掲載論文 1,000 報以上の目標を達成した。  
各年度の機構の総合的な論文報告数は、次のとおりである。

		平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
論文報告数		1,423	1,454	1,418	1,637	1,509
内訳	研究論文	376	384	383	466	413
	小論文	186	42	25	28	18
	収録論文	848	1,012	996	1,119	1,064
	外部機関誌論文	13	16	14	24	14

- ・ また、各年度のインパクトファクタ 5.0 以上の学術雑誌への論文掲載数は、平成 23 年度が 14 報（10 誌）、平成 24 年度が 22 報（18 誌）、平成 25 年度が 24 報（17 誌）、平成 26 年度が 58 報（26 誌）、平成 27 年度が 44 報（21 誌）である。
- ・ 機構の研究開発成果を迅速に外部発信するため、平成 22 年度から外部向け Web サイト上で研究成果管理公開システムを継続運用した。

- ・ 最新の研究開発成果等に関する報道発表を 321 件実施しており、第 3 期中長期計画における目標の 200 件を大きく上回った。
- ・ 専門家ではない一般の方に研究機構の活動に対する理解を深めてもらうよう、報道発表資料や広報誌「NICT ニュース」掲載の個々の研究開発成果について、可能な限りわかりやすい表現となるよう努めるとともに、研究機構の研究成果が国民生活や経済社会活動にどのように役立っているのか、役立つ可能性があるのかについて理解が促進される内容となるように努めた。また、記者への訴求力を高めるため、報道発表について 3 つのポイントで概要を示すようにするとともに、発表案件に応じて記者向け説明会を開催した。海外への発信が効果的な案件については、英文による報道発表を行った。
- ・ 様々な媒体への発信に取り組んだことにより、報道メディアからの取材件数は、平成 23 年度 144 件、24 年度 217 件、25 年度 234 件、26 年度 334 件、平成 27 年度 439 件と増加した。
- ・ 平成 25 年度から新たな施策として、理事長が報道機関との対話を通して、研究機構の研究成果が社会経済に与えるイノベーションや経済発展への貢献などについて、研究成果を基に説明する理事長記者説明会を開始し、11 回実施した。
- ・ 上記の各取組の結果、新聞紙上に平成 23 年度 610 件、24 年度 641 件、25 年度 649 件、26 年度 689 件、平成 27 年度 905 件の記事が掲載され、TV/ラジオ放送等では、平成 23 年度 58 件、24 年度 105 件、25 年度 82 件、平成 26 年度 94 件、平成 27 年度 181 件の報道がなされた。Web ニュースについては、平成 23 年度 3,626 件、24 年度 4,859 件、25

施設一般公開等、情報通信分野への興味を喚起する機会を積極的に提供する。

(「研究成果を国民により分り易く説明する」点について、個々の研究開発成果の専門的知見を、一般社会向けに如何に表現するのかについての工夫をはじめ、経済社会にどのようなイノベーションを起こし、その結果、どのような国造りに貢献しようとしているのかについて、NICT憲章の内容をより分り易く、具体化した表現への取組を行ったか。)

(平成26年度予算執行調査において、「一般公開イベントの開催コストについて」、「1人あたりの開催コストが高額なイベントがあった」との指摘がなされているが、取組を行ったか。)

年度7,243件、26年度5,211件、平成27年度6,122件の掲載があった。雑誌掲載についても、一般業界誌から小中学生向けの雑誌まで幅広い層を対象に掲載があった。

- ・「NICTオープンハウス」を平成24年度から毎年本部において開催し、地方研究拠点や委託研究の成果を含めて研究機構の最新の研究成果を一堂に会し、講演、デモ・展示、見学ツアーにより紹介する研究成果を広く一般向けにアピールした。また、地方研究拠点においても従来の施設一般公開をオープンハウスの地方版として位置づけ、機構全体として統一感を出すように取り組んでいる。
- ・オープンハウスの来場者一人あたりの費用対効果を向上させるため、平成26年度以降については予算の大幅削減を行い開催した。
- ・ネットワーク系の最新技術の展示会である Interop Tokyo において、新世代ネットワーク技術やネットワークセキュリティ技術、テストベッド高度化技術など幅広い展示を行った。その他、ワイヤレス・テクノロジー・パーク、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、震災対策技術展など研究内容に適した展示会に効果的に出展し、研究機構の研究成果をアピールした。
- ・研究機構の活動状況をタイムリーに広く外部に周知するため、研究機構 Web サイトに研究成果やイベント開催情報などの最新情報を掲載し、研究機構の活動状況を広く周知した。
- ・動画配信サイト (YouTube) を活用し、動画で紹介するにふさわしい研究成果を積極的に発信した。YouTube の NICT チャンネルに、動画を随時追加して充実を図り、343本が視聴可能となった。
- ・新たなメディアの一つである twitter を活用して、報道発表、イベント情報、トピックスに掲載した情報などの発信を行った。
- ・定期刊行物について、研究機構の活動をタイムリーに紹介する広報誌「NICT ニュース」を毎月発行 (平成27年度は隔月刊) するとともに、研究成果を研究分野ごとに取りまとめた「研究報告」及び「JOURNAL OF NICT」を発行した。また、研究機構の年間活動報告を取りまとめた年報を発行した。
- ・研究機構設立10周年を機に、「情報通信研究機構10年のあゆみ」を発行した。
- ・NICT ニュースについては、研究活動だけでなく、技術移転業務、国際標準化業務、情報バリアフリー推進業務、校正検定業務など、研究機構全体の活動を紹介するよう内容充実に努めた。また、平成27年度からは、各号を特集号形式として研究テーマを明確にして、研究活動がよりわかりやすく伝わるよう努めた。
- ・本部において、子供向けの「夏休み特別公開」を開催し、研究機構の活動に対する理解を深めてもらえるように努めた。
- ・次世代を担う研究開発の人材育成に寄与する観点から、「子ども霞が関見学デー」、「青少年のための科学の祭典」に出展するとともに、科学技術系高校での特別講義などのアウトリーチ活動を行った。
- ・上記活動のほか、一般の方を対象に、毎週水曜日に本部定期見学ツアーを実施するなど、

**(ウ) 中立的・公共的立場による知的共通基盤の整備・提供**

過去からの知的・技術的蓄積及び研究機構の中立性・公共性を活かし、国民の社会・経済活動を支える業務を着実に実施するとともに、知的共通基盤の整備・提供及びそれらを構築・高度化するための研究開発を引き続き推進する。具体的には、周波数標準値の設定・標準時通報・標準電波発射業務、電波の人体への影響分析モデルの整備・提供、多言語翻訳用辞書データベースの整備・提供、電磁波計測関連データベースの整備・提供及びそれらの構築・高度化を進めるための研究開発を行う。

- 本部を含めた各研究拠点において、学生、社会人の見学者を積極的に受け入れた。
- ・本部展示室について、平成 24 年度にリニューアルを行い、最新の研究成果による展示、体験型の展示など内容の充実を図るとともに、視察・見学先として有効活用努めた。また、英語表記・音声ガイダンスシステムを導入し、外国人来訪者への対応を図った。
  - ・日本標準時の供給関連では、各種供給で安定に運用を実施した。テレホン JJY では平成 24 年度より月間 14 万アクセスを超える状況が続き、公開 NTP サービスは平成 27 年 3 月以降、利用者が急激に増加し、1 日あたり 15 億アクセスを上回った(平成 28 年 3 月現在)。
  - ・標準電波送信に関しては、おたかどや山標準電波送信所において福島第一原発事故の影響により要員退避を余儀なくされ運用を一時停止したが、緊急立入条件を迅速に確立し、平成 23 年 4 月末に送信再開を果たした。その後も落雷による停波等が繰返されたが、都度一時立入を繰り返す体制を確立し、可能な限りの連続運用を行った。並行して無人運用対応のためのシステム緊急改修を行い送信装置の遠隔操作化改修を完了した。加えてバックアップ通信回線の追加もを行い監視・制御系の冗長化も実現した。これらの対応を経て平成 23 年 9 月から本部での 24 時間監視体制を確立することで、半年弱の短期間で無人状態での運用再開を実現し、以後安定に運用を継続している。送信所の老朽化対策としての設備更新工事を開始し(おたかどや山送信所は平成 24 年度、はがね山送信所は平成 25 年度から)、遠隔制御等を含むシステムの整備を進め、両局とも平成 27 年度に設備更新を完了した。
  - ・電離圏定常観測の機器更新を計画的に推進。国内 4 か所の観測点に新機種「VIPIR」を導入した。
  - ・過去の電離圏観測データのデータベース構築として、1957 年以来 50 年以上の国内外イオノグラムのフィルムデータのデジタル化を完了、Web を通じて公開している。
  - ・ICSU/WDS の枠組みのもと WDC (World Data Center) として承認されているほか、WMO のデータセンターである DCPC(Data Collection or Production Center)として承認された。
  - ・平磯太陽観測施設で過去観測を続けてきた太陽観測データをオンラインで利用可能にするための準備を開始した。
  - ・国際科学会議(ICSU: International Council for Science)との覚書に基づき、国際的な知的共通基盤構築の取組である「世界科学データシステム(WDS: World Data System)」事業の国際プログラムオフィスを機構内に設置した。これまでに世界各国の 196 機関から支援表明があり、NASA や国連下データ組織など 95 機関が加盟し、国内外の共通データ基盤構築組織を整備した。地球観測に関する政府間会合 (GEO) 全体会合・閣僚級会合や、国連下海洋データ機関総会、国際資金配分機関会議などに参加して、国際的な科学技術データ基盤構築の準備をすすめた。また 2013 年 G8 サミット等でのオープンデータ推進を受けて内閣府 CSTI、JST、NII 等国内関係機関と協調しながら G8 部会、OECD 部会

	<p>(エ) 研究開発施設・機器等の外部への共用</p>	<p>などに参加・動向調査、内閣府における国内のオープンデータ基本方針検討に寄与して同方針の成立につなげた。また G8 系組織との合同部会を立ち上げ、データ出版、データ引用評価、データ保全ビジネスモデルなどを、大手出版事業者等とともに検討、報告書作成等を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境計測データベースについて、データポータル Web サイト構築や国内関係機関とのメタデータ共有を推進するとともに、オープンデータ推進に資する国内のデータセットへの DOI 付与試験システム開発を京都大学・国立極地研等と共同で実施して国内第 1 号登録を行った。またデータサイテーション利活用検索技術などの研究開発を行い、CODATA 国際会議等で高い評価を得た。</li> <li>・電磁波計測技術を中心とする地球科学・宇宙科学研究基盤として NICT サイエンスクラウドを新たに構築し、100 を超える査読付き論文・国際学会発表の成果を得た。とくにサイエンスクラウドを活用した社会還元システムとして、大阪大学設置の 3 次元降雨レーダのリアルタイム処理システムを構築し、観測から 1 分程度で遠隔地(小金井)から地域降雨状況を 3 次元可視化することが可能となった。</li> <li>・ビッグデータ科学研究基盤としてクラウド技術開発を推進し、基盤となる通信技術として 1%~10%ものパケットロスを伴う高遅延広帯域ネットワークで 10G 超のワイヤーレートを達成する実用性の高いデータ通信プロトコルを開発した。</li> <li>・セキュリティ対応を含めたクラウド安定運用のために、セキュア Web アプリケーション開発手順を確立し、機構の Web で利活用した。また、広域分散ファイルシステムでデータファイルのライフサイクルイベントを追跡できるトレーサブルシステムの開発を行った。</li> <li>・世界規模(アラスカ・赤道域・南極)の 17 観測拠点とサイエンスクラウドサーバ・通信機器 100 台を一元的に監視・データ収集するシステムを開発し、けいはんなコンテナストレージを活用して観測データの管理・保存・公開するシステムの運用を開始した。</li> <li>・年間 150TB 以上となる最新の気象衛星(ひまわり 8 号)のデータを観測から 10 分以内でリアルタイムにスケーラブル可視化するシステム開発を行い、多言語化を行うことで国内外に公開した。</li> <li>・電波の人体への影響分析モデルの姿勢変形ソフトウェアや、可視化・メッシュモデル生成ソフトウェアの公開(それぞれ平成 23 年度、27 年度)を行い、利用者における利便性が大幅に向上した。</li> <li>・第 3 期中長期計画の電波の人体への影響分析モデルのデータ提供は、年間平均で 15.0 件(無償含む 3,494 千円(第 2 期中期計画の平均は 18.6 件 2,782 千円)であった。</li> <li>・第 3 期中長期計画の多言語翻訳用辞書データベースの提供は、年間平均で、12.4 件 8,586 千円(第 2 期中期計画の平均は 24.4 件 9,469 千円)であった。</li> </ul>
--	------------------------------	---

<p><b>イ 国際標準化への寄与</b></p> <p>我が国発の情報通信関係の国際標準を積極的に獲得するため、技術的優位にある分野における国際標準化活動について主導性を発揮するとともに、標準化活動に的確に対応できる人材の育成を行う。</p>	<p>我が国における科学技術の水準の向上及びイノベーションの創出、産学との研究連携を促進するため、施設・機器等の外部に対する共用を推進する。</p> <p><b>イ 標準への反映</b></p> <p>(ア) 標準への反映を念頭においた研究開発を推進し、その成果を国際標準化機関や各種フォーラムへ寄与と文書として積極的に提案する。</p> <p>(イ) 専門的な知見を有する中立的な立場という観点から、標準化に係る各種委員会への委員の派遣等を積極的に行うとともに、標準化活動をより効果的に推進するために必要な人材の育成を行う。</p> <p>(ウ) 研究開発成果の国際標準への反映を通じた我が国の国際競争力の強化に向け、標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の開催を支援する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究機構の保有する研究開発施設・機器等を研究機構の研究開発に支障のない範囲内で外部研究者に有償供与する制度（施設等共用制度）の運用を平成 24 年 1 月より開始し、平成 23 年度 1 件、平成 24 年度 4 件、平成 25 年度 5 件、平成 26 年度 6 件、平成 27 年度 2 件（今中長期計画期間で計 18 件）の申請があり、遅滞なく対応した。</li> <li>・ 共用対象施設は当初 V/UHF 帯 6 面電波暗室、温湿度制御機能付電波暗室及び RFID ワークベンチの 3 施設であったが、平成 25 年 7 月よりフォトニックデバイスラボクリーンルームが追加される一方、平成 26 年度末で電波暗室 2 施設は廃棄となり共用対象施設から除外された。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ (1) 新世代ネットワークの推進に貢献する「将来網に関するビジョン (ITU-T Y. 3001)」、「将来網の網仮想化の仕組み (ITU-T Y. 3011)」、「将来網におけるデータ指向ネットワークの枠組み (ITU-T Y. 3033)」、(2) 無線通信の利用に貢献する「スマートメータに関する標準 (IEEE 802. 15. 4g/e)」、「ボディアエリアネットワークに関する標準 (IEEE 802. 15. 6)」、「コグニティブ無線ネットワークの詳細インタフェース仕様 (IEEE 1900. 4. 1)」、「TV ホワイトスペース共存方法 (IEEE 802. 19. 1)」、(3) 高度なセキュリティの実現に貢献する「サイバーセキュリティに関する情報交換の仕組み (ITU-T X. 1500)」、「IPv6 のセキュリティに関するガイドライン (ITU-T X. 1037)」、「インシデント情報交換のスキーム拡張インタフェース (RFC7203)」、(4) 電波の適切な利用に貢献する「携帯電話基地局からの電磁界ばく露量の評価 (IEC 62232)」、「電磁界の人体ばく露に対するモニタリング及び評価の手引き (ITU-T K. 91)」、「側頭部で用いられる無線機器からの電磁界ばく露評価方法 (IEEE 1528-2013)」、「産業・科学・医療用装置からの不要電磁波の限度値及び測定法 (1~18GHz) (CISPR 11)」等、研究機構の研究開発成果が反映された多数の国際標準が成立した。特に、Wi-SUN 等の標準化を積極的に推進し、寄与文書数増加などに貢献した。</li> <li>・ 標準化に関する各種委員会、ITU、APT、ISO/IEC、IEEE 等の国際標準化機関の標準化会議等に研究機構職員を派遣し、研究開発成果の標準への反映、議長等の役職を務める（第 3 期中長期計画期間 254 名、国内委員会等 276 名）ことなどにより、標準化活動を積極的に推進した。あわせて、標準化動向等について、研究機構内における情報共有を図るために積極的な意見交換、収集情報の内部 Web 掲載等を実施した。</li> <li>・ 無線分野における調査研究、標準化等に関する研究機構職員の活動を一層強化するため、平成 24 年度に一般社団法人電波産業会との間で連携・協力の推進に関する協定を締結、これに基づき、毎年連絡会を開催し、無線分野の標準化等について協議した。</li> <li>・ 研究機構職員の標準化活動への参加・貢献に対して、ITU 協会賞、TTC 会長賞等を受賞した（計 14 名）。</li> <li>・ 日本 ITU 協会等の主催する標準化人材育成セミナーに、研究機構の職員を毎年派遣した（計 11 名）。</li> </ul>
--	---	---

<p><b>ウ 知的財産の活用促進</b>  知的財産権の適切な確保と、確保した知的財産権の有効活用により、機構の研究成果の社会への移転を推進する。</p> <p>特に、技術移転事務については、関係する部署間の連携強化を図り、より効果的な技術移転を推進する。</p>	<p><b>ウ 知的財産の活用促進</b>  研究開発成果が確実に社会で役立つよう、知的財産等の研究開発成果の技術移転活動をより効果的に実施して、成果の民間での実利用の促進等を通じて社会への還元を推進・強化する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・社会で活用される可能性や研究機構のミッションにおける重要性を検討して特許取得・維持を適切に行う。</li> <li>・保有している知的財産の件数に対する、実施契約された知的財産のべ件数の割合が、第3期中期目標期間終了時点で10%以上となることを目指し、成果の社会への還元の強化を図る。</li> </ul> <p>(特許権等の知的財産について、出願・活用の実績及びそれに向けた次の取組を行っているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) 出願に関する方針の策定</li> <li>ii) 出願の是非を審査する体制の整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究機構職員が国際標準化に関する最新の動向を入手するとともに標準化の専門家との情報交換・意見交換を行うため、標準化に関する勉強会を毎年4回開催した。</li> <li>・将来網等の標準化に関するフォーラム活動への支援、国際標準に関連するシンポジウム等(量子情報通信、音声翻訳)の開催支援を行った。</li> <li>・ITU-T FG-Driver Distraction(平成23年8月)、ITU-T 災害対応FG(平成24年2月)、ITU カレイドスコープ(平成25年4月)、ITU-T SG16(平成26年7月)、APT AWG-18(平成27年3月)、ITU 世界電気通信/ICT 指標シンポジウム(平成27年11月)等の日本における開催を支援するとともに、あわせて研究成果に関する展示や講演等を実施した。</li> <li>・ITU 世界テレコム(平成23年10月、平成25年11月、平成27年10月)、光ネットワークワークショップ(平成24年12月)、APT ASTAP(平成25年9月、平成26年8月、平成27年3月、平成27年9月)等、多数のイベントや会合に参加し、展示やワークショップ等での講演を通じて、研究機構の研究成果の紹介を行った。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成23年度、知的財産ポリシーを改定し、知的財産を権利化する目的を明確化した。</li> <li>・知的財産ポリシーの基本的考え方に基づいた特許取得・維持の判断をより適切に行い、保有コストの適正化を図るため、特許検討会を設置し、発明から権利維持までのすべての段階で、一貫した要否判断を可能とする審議体制を整えた。これによって、特許のすべての段階で、知的財産の活用を意識した適切な判断が可能となった。</li> <li>・平成23年度、技術移転(TLO)機能を内製化するとともに、知的財産業務に係る組織改編を行い、技術移転業務の効率化を図った。また、研究所毎に担当技術移転コーディネーターを配置し、研究所と一体となった技術移転推進体制を整えた。</li> <li>・展示会や交流会等の効果的なイベントに参加して、研究開発成果アピールや、実用化に近い技術の戦略的支援、個々の研究活動を通して引き合いのあった企業に対する研究者と連携した売り込み等を進め、研究開発成果の技術移転活動をより効果的に実施し、実施契約の増加を図った。</li> <li>・企業との共有知財問題(不実施補償問題)について、必ずしも不実施補償の確保に限らない対応方針を策定し、産学官連携の円滑化と共有知財の活用を促した。</li> <li>・これらの取り組みを通じて知的財産の実施化率向上を図った結果、平成27年度終了時点の知的財産の実施化率は30.0%となり、目標(10%以上)を大幅に上回って達成した。</li> </ul> <p>i) ~ iv) 平成24年3月に改訂した知的財産ポリシーにおいて特許を保有する目的を明確化するとともに、同ポリシーを実務に反映させるべく、同年7月に知的財産権取扱規程を改正した。</p>
---	--	---

<p><b>エ 産学官連携強化及び研究環境のグローバル化</b></p> <p>将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインを提示するとともに、その具現化を図る研究開発を、産学官でビジョンを共有して推進する機能の強化を図る。</p> <p>機構が有するテストベッド等の実証プラットフォームのより一層の有効活用を図る。</p> <p>国際展開の促進のために、国際的な人材交流、共同研究等の強化を図る。</p>	<p>備</p> <p>iii) 知的財産の活用に関する方針の策定・組織的な活動</p> <p>iv) 知的財産の活用目標の設定</p> <p>v) 知的財産の活用・管理のための組織体制の整備 等)</p> <p>(知的財産を有効かつ効率的に活用する観点から、特許等の保有の必要性についての検討状況や、検討の結果、知的財産の整理を行うこととなった場合の取組状況や進捗状況等を踏まえた法人における特許権等に関する見直しをしているか。)</p> <p>(特許については数を追及することなく、国に必要な特許及び収入の期待できる特許の選定を進めて頂きたい。)</p> <p><b>エ 産学官連携における中核的役割の強化及び研究環境のグローバル展開</b></p> <p>産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となり、委託研究、共同研究等の多面的な研究開発スキームにより戦略的に研究開発を促進するとともに、国際共同研究や海外との人材交流を通じて研究開発環境のグローバル化、国際市場を見据えた標準化戦略等を推進する。また、東日本大震災の被災地域等を中心として官民の関連研究機関が集積し形成される研究開発イノベーション拠点においては、産学と連携し、ICT 領域における研究開発イノベーションの推進を通じて、被災地域の復興、再生や新たな産業の創生に貢献する。</p>	<p>v) 知的財産の活用・管理の業務を効率的に行えるよう、平成 24 年 4 月 1 日付で旧成果知財展開室と旧技術移転推進室を統合し、知的財産推進室を発足させた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知的財産戦略を明確にする目的で、研究機構の知的財産ポリシーを平成 24 年 3 月に改訂して公表するとともに、同ポリシーを実務に反映させるべく、同年 7 月に知的財産権取扱規程を改正した。</li> <li>知的財産ポリシーにおいて示される特許保有の目的に照らし合わせ、特許の要否判断を進めた結果、近年は、特許保有コストが減少傾向にある一方、特許等の実施許諾収入が増加傾向にあり、知的財産の実施化率を向上させることに成功した。</li> <li>産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となり、共同研究を平成 23 年度 283 課題、平成 24 年度 328 課題、平成 25 年度 363 課題、平成 26 年度 433 課題、平成 27 年度 464 課題、委託研究を平成 23 年度 25 課題、平成 24 年度 27 課題、平成 25 年度 28 課題、平成 26 年度 29 課題、平成 27 年度 28 課題、受託研究を平成 23 年度 35 課題、平成 24 年度 40 課題、平成 25 年度 40 課題、平成 26 年度 50 課題、平成 27 年度 55 課題等多面的な研究開発スキームにより戦略的に研究開発を促進した。</li> <li>共同研究の内、委託付共同研究（平成 23 年度創設）は、平成 23 年度 9 課題、平成 24 年度 12 課題、平成 25 年度 11 課題、平成 26 年度 8 課題、平成 27 年度 5 課題、資金受入型共同研究は、平成 23 年度 8 課題、平成 24 年度 8 課題、平成 25 年度 9 課題、平成 26 年度 13 課題、平成 27 年度 20 課題となった。</li> <li>日欧国際共同研究については、欧州委員会と共同で研究開発を推進し、第一弾（平成 25 年度開始、平成 27 年度終了）、第二弾（平成 26 年度開始、研究実施中）に加え、第三弾（平成 28 年度開始）についても公募を実施し、日欧合同評価会合をベルギーで開催し評価を実施した（平成 28 年 2, 3 月）。また、日米国際共同研究については、米国国立科学財団（NSF）と研究協力覚書を締結し（平成 25 年 5 月）、これを踏まえて日米共同の委託研究及び NSF と機構の自主研究部門との共同研究を実施した。このように、日欧と日米の両面の国際共同研究を広く展開実施し、機構ならびに国内研究機関のポテンシャル向</li> </ul>
---	--	--

	<p>(国際標準化活動、諸外国との連携などの活動については、ICT分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関として、リーダーシップを発揮して頂きたい。)</p> <p><b>(ア) 統合的テストベッドの活用による横断的成果創出機能の強化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究機構の各研究領域における研究開発及び産学官連携による研究開発に共通的な基盤として、エミュレーションから実装による実験までを統</li> </ul>	<p>上、研究開発のグローバル化を推進した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発環境のグローバル化を強力に推進し、その成果として、研究協力覚書の締結による研究協力体制の構築、国際共同研究の実施、海外との研究交流がそれぞれ大きく促進された。また、国際広報活動による研究機構の国際的な認知度を向上させるとともに、海外の研究開発動向を研究者にタイムリーに伝えることで研究開発活動に大きく寄与した。</li> <li>災害に強い情報通信技術の実現と被災地域の地域経済活動の再生を目指す耐災害 ICT 研究プロジェクトでは、震災時に発生した様々な事象や体験を十分に踏まえて、産学官連携体制の下でテストベッド利用による共同研究を実施するとともに、ICT による地域課題解決に貢献するための実践的活動として、自治体、防災機関、民間等と連携した実証実験を実施し、研究成果の情報発信に積極的に取り組んだ。</li> <li>耐災害 ICT に関する産学官連携のための協議会「耐災害 ICT 研究協議会（平成 24 年度設立）」の活動に対し、産学官による研究コンソーシアム活動を通じた耐災害 ICT 研究の推進と社会実装の取組が評価され、産学官連携功労者表彰総務大臣賞を根元代表幹事が受賞した。</li> <li>成果の早期実用化を目指して、各種防災訓練・演習に参加し技術の有効性を実証した。</li> <li>平成 26 年度より SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」が産学官連携体制のもとで開始された。府省連携により災害情報をリアルタイムに共有・利活用する仕組みを構築することを目標に、プログラム内の課題「災害情報の配信技術の研究開発」研究代表機関も務めつつ、研究成果の社会実装を実現するための研究開発を進めた。</li> <li>アジア太平洋地域への災害対策の技術展開として、カンボジアへのワイヤレスメッシュネットワークの展開を行い、同国のデジタルディバイド解消政策に貢献した。</li> <li>標準化については、スマートメータ等で活用されている Wi-SUN について、IEEE における国際標準化を主導してきたことに加えて、国内外の企業と連携してアライアンスを設置し、相互接続の確保を図る等、産業界と連携し、国際市場を見据えた標準化活動を推進。</li> <li>国内外の研究ネットワークと相互接続した大規模かつ先端機能を実装する試験ネットワーク(JGN-X)の構築・運用を継続しつつ機能の高度化を図り、NICT 内の研究所間、国内外の研究機関、産学官との連携を図って、新世代に向けたネットワーク技術の研究開発及び実証実験を効率的かつ効果的に実施した。</li> <li>平成 28 年 3 月末時点で、JGN-X を活用したプロジェクトは 147(131)件、参加機関 315(284)</li> </ul>
--	--	--



合的に実施するテストベッドを構築する。これにより、組織横断的実証実験を推進し、研究開発へのフィードバックによる技術の高度化のサイクルを強化するとともに、実証された研究開発成果を導入し、テストベッドを更に高度化・機能強化していくことで、新世代ネットワークのプロトタイプとしての機能・構造を確立する。

- ・テストベッド等を効果的に構築・活用する体制を構築し、新規技術開発やアプリケーション検証等を通じて研究成果の展開を加速化するとともに、国際連携の強化を図る。

機関、参加研究者 1172(1080)人に達しており、JGN-X を核とした、国内外の研究者・研究機関との協同体制や、研究機構の研究所間の連携体制を構築し、新世代ネットワークの実現に向けた関連研究開発・実証実験を促進した。

- ・また、大規模エミュレーション基盤である StarBED<sup>3</sup>を活用し、ネットワークエミュレーション分野の研究も推進しており、平成 27 年 3 月末時点で、実施プロジェクト 179(139)件、参加機関 368(314)機関、参加研究者 862(725)人に達し、エミュレーション基盤の運用・高度化を図りつつ、エミュレーションによる新世代のネットワーク技術のスケラビリティの検証に貢献する等、同基盤の利活用を促進した。
- ・以上のように、JGN-X 及び StarBED<sup>3</sup>を構築・運用・高度化し、エミュレーションから実ネットワークでの検証まで行える新世代ネットワークの実現に向けたネットワーク技術の統合的なテストベッド環境を構築・運用し、NICT 内の研究所間、国内外の研究機関、産学官が連携した利用を促進した。
- ・インフラの管理運用を仮想化対応し、インフラ API を整備、JGN-X 基幹ネットワーク、SDN/NFV 基盤 (RISE)、IoT/M2M 基盤 (JOSE) らの間の連携を実現した。
- ・JGN-X の機能として、物理回線では 100Gbps を提供し、仮想ネットワークとして OpenFlow/SDN(Software Defined Network)、仮想化ノード、DCN (Dynamic Circuit Network)、PIAX テストベッドを提供し、運用においても多種多様な論理および物理リソースを統合的に扱い、かつテストベッドの運用者や利用者といったロールに応じたシステム構築ができる管理システムを開発し、運用を開始した。
- ・StarBED<sup>3</sup>については、有線の特性に加え最近の無線規格である LTE や WiMAX モデルを導入し様々な無線環境のエミュレーションを可能とした。
- ・実験環境構築のためのミドルウェア SpringOS を全体的に更新し、従来よりも適切な実験リソースの割り当てと、仮想リソースの管理による実際に存在する物理リソースの数倍から数十倍の実験環境の構築を可能とし、さらに最短で数分間で OS 環境を構築する仕組みを導入した。SpringOS のユーザインタフェイスの拡充についても積極的に取り組み、GUI による環境設定や利用レベルに応じたインタフェイスを提供することで、SpringOS がもつ各種機能の柔軟な利用を可能とした。
- ・また、StarBED<sup>3</sup>を人材育成するための仮想的な場として活用し、産業界や大学、総務省委託研究と連携し、官民のセキュリティ専門家などの育成に寄与した。さらに、災害時の ICT ネットワーク環境を模倣するためのフレームワークを構築し、災害のインパクトおよび復旧技術の可視化を実現した。
- ・これら JGN-X 及び StarBED<sup>3</sup>の利活用に向けては、「テストベッドネットワーク推進 WG」を核とし、地域の ICT 関連団体や総合通信局とも連携した活動を通じて、産学官の利活用ニーズの発掘と利活用促進を行った。
- ・開発技術の成果展開の加速化に向けては、SC※1、Interop Tokyo 等での各種アプリケーションと連携したデモ等、各種システムの適用性を国内外の様々な場面で実検証し、課題の抽出と開発へのフィードバックを行った。

**(イ)産学官連携の推進**

産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となって研究開発を戦略的に実施し、あわせて研究開発人材を育成するため、産学官連携の推進に積極的に取り組む。

- ・将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインの具現化を図るため、産学官でビジョンを共有し、連携して研究開発を実施する。
- ・外部の研究リソースの有効利用による効率的・効果的な研究開発を推進するため、第3期中期目標期間中に250件以上の外部研究機関との共同研究の実施を目指す。
- ・連携大学院制度に基づく大学との連携協定を活用することにより、大学院生等が研究経験を得る機会を確保するとともに、研究機構の研究者を大学へ派遣することにより、学界との研究交流を促進させる。
- ・外部研究者や大学院生等を年間平均250名程度受け入れ、研究機構の研究開発への参画を通じて経験を積み重ねることで、研究開発のリーダーとして育成する。
- ・研究機構が実施する研究開発に関する

・国際連携強化に向けては、上記の各種デモにおける協同に加え、RISE テストベッドの新機能(トポロジ仮想化)の香港、韓国、タイ、シンガポールへの展開、APAN※2 での FIT ※3 Workshop の開催、海外からの研修生の受け入れ等を通じ、我が国主導による 研究連携・テストベッド連携を推進した。

※1 SC : Supercomputing(The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis)

※2 APAN : Asia-Pacific Advanced Network

※3 FIT : Future Internet Testbed

・産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となって研究開発を戦略的に実施し、あわせて研究開発人材を育成するため、以下のとおり、産学官連携の推進に積極的に取り組んだ。

- ・将来の社会を支える情報基盤のグランドデザインを具現化することを目的として、機構自らの研究と外部の研究リソースとの密接な連携により、委託研究を推進。また、日欧・日米の共同研究開発プロジェクトにより、研究環境のグローバル展開を行った。研究成果については、論文発表、報道発表などを通じ、広くその成果を発信。
- ・外部の研究リソースの有効利用による効率的・効果的な研究開発を推進するため、外部研究機関との共同研究を実施し、中長期計画 250 件に対し大幅に上回る 523 件の契約を締結した。
- ・連携大学院制度に基づき、今中長期に新たに 2 つの大学を加え全部で 18 の大学院と連携協定を締結し、大学院生等が研究経験を得る機会を確保するとともに、研究機構の研究者を大学へ派遣して、学界との研究交流を促進した。
- ・外部研究機関との人員交流や大学院生等を研究開発のリーダーとして育成するため、協力研究員と研修員を 1 年間に平均総数 250 名以上受け入れた。
- ・外部研究者との連携により、競争的資金等による研究を 392 件(平成 23 年度 : 76 件、平成 24 年度 : 75 件、平成 25 年度 : 80 件、平成 26 年度 : 93 件、平成 27 年度 : 68 件)を実施し、外部研究機関との連携を促進した。
- ・産学との連携により実施中の課題の概要・研究計画、委託研究成果や新規課題の公募情報等、研究機構が実施する研究開発に関する情報や委託研究等各種の産学連携制度

る情報や各種の産学連携制度に関する情報を外部に対してわかりやすく周知することを目的に、ホームページや各種情報媒体を通じた情報発信を行う。

#### (ウ) 研究開発環境のグローバル化の推進

海外の研究機関等との連携を一層推進することにより情報通信分野における我が国の国際競争力を強化していくため、海外にある拠点を活用しつつ研究開発環境のグローバル化を積極的に推進する。

- ・国際的な研究協力体制を構築するため、海外の研究機関との研究協力覚書等のもとの国際共同研究を実施する。
- ・海外の研究機関から専門的な研究者やインターンシップ研修生を受け入れるなど、海外との研究交流及び研究活動の連携を促進させる。

に関する情報を外部に対してわかりやすく周知することを目的に、研究機構のホームページで紹介するとともに、当部門の業務概要をまとめたパネル等を作成し NICT オープンハウスで紹介した。また、オープンハウスでは、委託研究への社会・国民の理解及び産学連携による更なる研究開発の促進を目的として、終了課題を中心に研究開発成果についても、研究開発成果の発表、機器展示及びパネル展示を実施し、毎年 200 名～400 名が産学連携部門の展示に会場した。

- ・トップダウン型とボトムアップ型の研究協力覚書の締結を両面から推進・支援した結果、研究協力覚書締結機関は中長期計画期間開始時点の 50 機関から期間中に 93 機関にまで拡大し、国際共同研究が大幅に活発化した。
- ・東南アジアとの連携を重視して期間中にミャンマー、カンボジア、フィリピンの研究機関と初めて研究協力覚書を締結して交流が始まった。また、ASEAN-NICT ICT Roundtable を 2 回開催し、これを契機に東南アジア諸国の研究機関との間での研究連携のプラットフォームとして、平成 27 年 2 月にバーチャルな研究連携組織 ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT (ASEAN IVO) を立ち上げ、多国間の研究連携活動を開始した。
- ・国際標準化と産学官連携を志向する多言語音声翻訳技術、Wi-SUN（超省電力マルチホップ通信）の国際コンソーシアムを組織し、NICT が国際連携におけるリーダーシップをとる体制を確立した。また、着実な社会実装に向けた成果展開を実現するため、東南アジアを中心としたサイバーセキュリティ分野の支援、ミリ波帯光ファイバ無線 (RoF) 技術を核とした東南アジア地域への成果展開、カンボジアのルール地域における地域情報共有ネットワーク (NerveNet) 技術の実証実験の実施、インドネシアにおけるネットワーク時刻サーバ技術の実証運用など多角的に研究成果の展開に向けた取組を実施した。
- ・インターンシップ研修生の奨励と強力な支援を図った結果、インターンシップ研修生数が年々拡大し、前計画期間中の 30 名から第 3 期中長期計画期間には 90 名と 3 倍に増加した。その結果、帰国したインターンシップ研修生を核に海外との研究連携が一層促進された。
- ・政府間の政策対話や研究協力覚書のもとで、海外の主要な研究機関やファンディング機関との確固とした連携関係を構築。この一環として、日欧共同公募 (欧州委員会) と日米共同研究プロジェクト (米 NSF) によって欧米との連携が着実な成果を挙げた。さらに、平成 26 年度には ASEAN 地域の研究機関からなる研究連携体制を構築し、次期中長期計画へとつながる日欧、日米、日 ASEAN の多面的な連携体制が整った。
- ・活発な国際共同研究や海外連携の結果、国際共著論文の件数が増加し、平成 26 年度には

<p>(3) 職員の能力発揮のための環境整備 ア 戦略的な人材獲得等による業務運営の高度化</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究機構の研究者を海外の研究機関等に長期的に派遣することにより、グローバルな視点を有する研究人材の育成を図る。</li> <li>・ 研究機構の国際的な認知度の向上及び研究開発成果の理解の促進のため、効果的・効率的な運営に配慮しつつ、国際広報活動に積極的に取り組む。</li> <li>・ 海外拠点において海外の研究開発に関する情報を収集・分析し、研究機構の研究開発の推進に資する。</li> </ul> <p>(3) 職員の能力発揮のための環境整備 ア 人材の確保と職務遂行能力の向上 研究機構が達成すべきミッションの遂行に必要となる人材の確保及び研究マネジメント能力などの職務遂行能力の向上に努める。</p>	<p>全論文のうち 30%を占めるまでになった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今中長期期間中計 9 名のパーマメント職員を有力な国外の大学、研究機関、標準化機関等へ派遣し、人材のグローバル化及びグローバルな人材ネットワークの構築を図った。</li> <li>・ ITU 世界テレコムなど規模の大きな展示会で積極的に展示を行い、NICT の認知度が着実に浸透した。また、総務省による 2 国間官民合同ミッションなど政府のイニシアティブの機会（年 2～3 回程度）を積極的に活用し、NICT の研究成果を効果的に発信するよう努めた。</li> <li>・ 北米、欧州、アジア、それぞれの海外連携センターにおいて、テーマを定めた動向調査を実施した。第 3 期中長期計画期間中には計 25 編の報告書をまとめ、NICT の研究開発の推進に寄与した。また、我が国がソーシャル ICT 革命を主導するため、ビッグデータ等の世界第一線の研究者等が集う米国シリコンバレーに研究者を派遣し、共同研究等の強化を図る取組みを平成 27 年度より開始した。</li> <li>・ 人件費が制約される環境下において、厳格な人件費管理を行い中長期目標期間中にパーマメント職員 55 名（研究職 49 名、総合職 6 名を採用した。</li> <li>・ 有期雇用職員（研究員等）については、研究プロジェクトの進捗等に応じ公募により毎月採用が行える制度としているほか、民間企業等に在籍する高い専門性を有する人材を「専門研究員」、「専門調査員」として受け入れており、中長期目標期間中の採用（受入）者数は、有期研究員等 584 名、専門研究員 53 名、専門調査員 52 名である（平成 28 年 3 月末現在の在籍者は、有期研究員等 506 名、専門研究員 37 名、専門調査員 38 名）。</li> <li>・ 職員の職務遂行能力向上のため、第 2 中期目標期間に構築した研修制度の枠組みに基づき、研修を実施。</li> <li>・ 具体的には階層別研修として、新規採用者研修、管理監督者研修及び中堅リーダー研修を実施、能力開発研修として英語プレゼンテーション研修及び英語ネゴシエーション研修を実施した。</li> <li>・ 公的研究開発機関の将来の幹部研究職員育成の観点から、行政実務に従事させることによる能力開発として、出向制度（研修出向）を活用し、内閣府等へ職員を継続的に派遣した（中長期目標期間中、延べ 9 人を派遣）。</li> </ul>
---	---	---

<p>(ア) 戦略的な人材獲得</p> <p>国家公務員法等にとらわれない採用制度により、研究開発戦略に即した機動的な人材獲得を行う。また、若手、女性、外国人研究者の採用を積極的に進める。</p>	<p>(ア) 戦略的な人材獲得</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 将来の研究機構を牽引する人材を確保するため、若手、女性、外国人の優秀な研究者の採用に努める。</li> <li>・ 研究者の採用において、公募により幅広く候補者を求め、競争的な選考を行う。</li> </ul> <p>(管理職に占める女性の比率の改善に努めているか。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 若手、女性、外国人を含めた優秀な研究者の確保のため、公募に際しては多様な媒体を利用した。パーマナント職員、有期雇用職員ともに研究機構の Web サイトに加え、科学技術振興機構が提供する「研究者人材データベース」の活用や学会誌（電子情報通信学会、情報処理学会）への掲載を行う等、競争的な選考に努めた。</li> <li>・ 若手、女性、外国人の優秀な研究者の確保に努めた。平成 27 年度末現在、若手研究者 127 名（研究者全体の 23.5%。パーマナント 25 名、有期雇用 102 名）、女性研究者 51 名（研究者全体の 9.4%。パーマナント 29 名、有期雇用 22 名）、外国人研究者 80 名（研究者全体の 14.8%。パーマナント 15 名、有期雇用 65 名）の研究者が在籍している</li> <li>・ 平成 27 年度末現在の女性の管理職（パーマナント職員）は 6 名（中長期目標期間開始時点（平成 23 年度末）4 名）である。今後も女性の登用に努めていく。</li> <li>・ 裁量労働制、フレックスタイム制、在宅勤務制度などの弾力的な勤務形態や育児や介護を行う職員を支援する各種休暇等の制度の利活用の周知、「一般事業主行動計画」に基づく休暇の取得促進や超過勤務の縮減対策などの次世代育成支援対策の推進により、女性職員がその能力を発揮しつつ活躍できるよう、ワークライフバランスに配慮した職場環境の形成に努めた。</li> <li>・ 将来の管理職への登用を含め、女性職員の一層の活用に向け、行政機関（総務省）への出向、経営企画部や研究所の企画室への配置等、研究マネジメント等の業務に関する OJT を通じた女性のマネジメント人材の育成にも取り組んでいる。</li> </ul>
<p>(イ) 人材の交流と育成</p> <p>柔軟な人事制度を活用し、職員の能力向上を目的に、産業界や海外の有力研究機関等との間で優れた人材の派遣や招へいなどの人事交流を積極的に行う。</p>	<p>(イ) 人材の育成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ イノベーションを創出し、成果を確実に社会に還元していくため、研究マネジメントや知財・産学連携業務において、OJT などの活用により継続的な人材の育成に努める。また、若手研究員がグローバルに活躍できるよう、育成に努める。さらに、大学等への長期派遣等を活用し、研究人材の育成に務める。</li> <li>・ 研修制度を効果的に運用するとともに、より一層効果的なものとするための改善や充実について検討する。また、職務を遂行する上で必要な資格の取得や知識・技能の向上を奨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 他機関の業務経験を通じた人材育成の観点から、出向制度及び海外派遣制度を積極的に活用した（中長期目標期間中、企業等への出向 28 名、海外機関への派遣 9 名）。</li> <li>・ 階層別研修、能力開発研修を計画に沿って着実に実施した。能力開発研修について、従前、仮想の内容で行っていた英語プレゼンテーション研修を新たな業務ニーズに対応すべく「英語によるネゴシエーション研修」として、平成 25 年度及び平成 26 年度に実施した。平成 27 年度については、平成 24 年度以前に行っていた英語プレゼンテーション研修の目標を、「グローバルスタンダードなスキルの習得」から「魅力的かつ説得力のある効果的なプレゼンテーションスキルの習得」に変更して実施し、研修の質の向上にも努めた。</li> <li>・ 職員に対する職務遂行上必要又は有益である資格の取得促進として、「資格取得奨励規程」に基づき奨励・支援を行った。中長期目標期間開始時からのべ 83 人が各種資格（知的財産管理技能士、無線従事者、衛生管理者、エネルギー管理員等）を取得した。</li> </ul>

<p>(ウ)弾力的な兼業制度の活用 民間企業等への技術移転などに積極的に取り組むため、弾力的な兼業制度の活用を推進する。</p> <p>(エ)弾力的な勤務形態の利用促進 多様な職務とライフスタイルに応じたより弾力的な勤務形態の利用を促進し、より自主性・自律性の高い業務・組織運営を図る。</p>	<p>励・支援する。</p> <p><b>(ウ)多様な人材が活躍できるようにするための環境整備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・男女・国籍の別なく職員の能力を発揮できる環境を実現するため、共同参画を推進する。</li> <li>・外国人研究者が働きやすい生活環境を整備するための方策を検討し、実施する。</li> <li>・より効果的に研究成果の社会還元活動に取り組めるようにするため、弾力的に兼業制度を活用する。</li> <li>・多様な職務とライフスタイルに応じ、より弾力的に勤務形態の利用を促進する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・男女共同参画に資する各種制度の利活用を促進するため、部内 Web を通じた周知を行うとともに、次世代育成支援対策として定めた、「一般事業主行動計画」に基づき、休暇の取得促進や超過勤務の縮減、職場の環境改善等の施策を推進した。</li> <li>・「一般事業主行動計画」については、平成 26 年度に実施結果の検証及び職員への意見照会を行った上で、新たな計画を策定し、平成 27 年度から当該計画に則り仕事と家庭生活を両立させることができる職場環境を整備するための各種施策に取り組んでいる。なお、新たな計画においては、雇用形態にかかわらず全ての職員が取り組みの対象に含まれることを明確にしつつ、計画の実施状況の点検に当たっては PDCA サイクルを確立した。</li> <li>・高度人材ポイント制による出入国管理上の優遇制度を周知し、中長期目標期間中に 16 名の外国人研究者が当該制度を利用し、在留資格を変更した。</li> <li>・外国人研究者の受け入れを円滑に進めるための施策として、来日する際の事務手続きに必要な情報を充実させるとともに、有期研究員の雇用条件を分かりやすくまとめた概要集を日本語・英語で整備し、Web 上に掲載した。</li> <li>・平成 25 年度からは外国人研究者が研究機構で生活する上で必要な諸手続き等のうち、解説の要望が多いものを中心に Web 上に英語による案内ページを設置し、資料や質疑応答については、常時閲覧できるようにした。</li> <li>・研究機構の研究成果や職員が職務上得た知見を社会に還元することを目的として設けている「成果普及型兼業」の制度を積極的に活用した。中長期目標期間開始時から延べ 378 人が研究機構の業務の成果普及に資する兼業等に従事した（企業等の役員兼業者 14 名、企業等の業務（役員除く）の兼業者 49 名、公共機関、学校等の業務の兼業者 315 名）。</li> <li>・弾力的な勤務形態の下、独創的な研究活動の促進に資するため、パーマナント研究職員には裁量労働制を、有期研究員にはフレックスタイム制を適用している。</li> <li>・職員のライフスタイルに応じた弾力的な勤務をより一層推進するため、平成 23 年度に在宅勤務の制度を導入、平成 24 年度には総合職（パーマナント職員）及び有期技術員もフレックスタイム制による勤務が選択できるよう制度改正を行った。</li> </ul>
<p><b>イ 職員の養成、資質の向上</b></p>	<p><b>イ 職員の能力発揮に資する人事制度の構築</b></p> <p>イノベーションの創出を指向する研究活動、研究成果の社会還元の加速につながる研究活動、研究マネジメント活動等に対する職員の能力発揮を目的とし</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個人業績評価において、直接的な研究開発のみならず、研究成果の社会還元活動や研究マネジメント、知的財産関連業務など専門的な業務に対する貢献を適切に評価するよう、評価者にこれらの観点の評価を加味することについて周知を行った。</li> <li>・優れた研究者が特に顕著な成果をあげ、更にその成果の発展・応用が期待されるケースについて、イノベーションの創出や研究成果の社会還元等を効率的かつ加速的に推進するための研究プロジェクトの設置を行った。</li> </ul>

<p>(ア)能力主義に基づく公正で透明性の高い人事制度の確立          創意工夫により新たな価値を生み出すためには、人事における健全な競争の促進と公正さの担保が必要であり、能力主義に基づく公正で透明性の高い人事システムを確立する。また、研究者の採用において、公募等の開かれた形で幅広く候補者を求め、性別、年齢、国籍等を問わない競争的な選考を行う。さらに、職員の処遇において、能力や業績を的確にかつ多面的に評価し、優れた業績に対して積極的に報いる。</p> <p>(イ)人材の効果的な活用          職員の適性と能力に合わせた多様なキャリアパスを設定し、様々な能力を有する人材の効果的な活用を図る。また、男女共同参画に配慮した職場環境の整備を進めていくとともに、意欲と能力のある女性職員の活用に積極的に取り組む。</p>	<p>た能力主義に基づく公正で透明性の高い人事制度を構築する。</p> <p><b>(ア)業績評価の実施</b>          業務の更なる実績向上に向けて職員の意欲を高め、優れた業績を生み出すことを目的として、個人業績評価を実施する。その際、能力や業績を的確にかつ多面的に評価するとともに、各職員に対する目標達成へのフォローアップ等を通じて、当該評価の効果的な活用を図る。</p> <p><b>(イ)評価結果の適切な反映</b>          ・直接的な研究活動のみならず、研究成果の社会還元活動など研究機構が達成すべきミッションへの貢献や、研究マネジメント業務や知的財産関連業務など専門的な業務に対する貢献をより適切に評価する。          ・職員が携わる業務の性格等を勘案した上で、個人業績評価を勤勉手当、昇格等へより適切に反映させるよう、人事制度の見直しを行うとともに、職員の能力や実績をこれまで以上に給与に適切に反映するよう検討する。</p> <p><b>(ウ)人材の効果的な活用</b>          ・意欲と能力のある職員の活用に積極的に取り組む。          ・研究活動の活性化を維持するため、有期雇用職員の積極的な活用に努める。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・職員の個人業績評価を年2回着実に実施した。</li> <li>・管理監督者研修等の機会を通じて、評価を職員の能力開発や成果向上のための検証活動と捉えるよう、評価者の意識向上を図った。</li> <li>・業務成果の評価において、評価者と被評価者との間で評価結果や翌年度の取組の方向性などについて面談を通じてフィードバックすることにより、さらに意欲を高められるようなフォローアップに努めた。</li> <li>・研究職の昇格（格付）に関する改善の一環として、級別標準職務表を見直した。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・直接的な研究活動のみならず、研究所が達成すべきミッションへの貢献や専門的な業務に対する貢献等もより適切に評価し、勤勉手当や期末手当等に適切に反映した。</li> <li>・被評価者の一層の力量向上につながるよう、評価結果を適切に被評価者にフィードバックした。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・意欲と能力のある職員を重点化した研究プロジェクトのリーダーに登用するなど、職員の積極的な活用に努めた。</li> <li>・優れた資質を持つ有期研究員を研究リーダーに登用するなど有期雇用職員の積極的な活用を行った。</li> </ul>
---	---	--

また、研究活動の活性化を維持するため、有期雇用の積極的な活用に努めるとともに、更新可能な有期雇用を行うことなどにより人材の流動性を高める。

さらに、知的財産を戦略的に活用できる人材や研究開発を効果的に市場価値に結実させることができる人材など、我が国のイノベーション創出を支える人材、プログラムオフィサー等研究開発のマネジメントを効率的・効果的に実施する人材、研究者・技術者と社会との間のコミュニケーションを促進する役割を担う人材等の育成を行う。

#### ウ 総合的な人材育成戦略の検討

人材の獲得・育成や、多方面で活躍できるキャリアの構築等を含めた総合的な人材育成戦略を検討する。

#### ウ 総合的な人材育成戦略の検討

職員が自らの能力を最大に発揮できるよう、人材の獲得・育成や多方面で活躍できるキャリアの構築等を含めた総合的な人材育成戦略を検討する。

(総人件費の抑制等が研究者のモチベーション低下に繋がらないように努力する。)

(一般管理費等は目標以上の効率化、人件費は目標を達成した前年度と同様な水準を維持していることは高く評価できるが、能力の高い研究者の処遇をより適正にできるよう努力いただきたい。同様に特別昇給も含め、優秀な有期雇用職員のモチベーションが上がる

- ・ 職員の志向や適性を確認しつつ人事的な判断を行うため所属長や経営企画部長が個別に面談を行うことなど、職員のキャリア構築を含む総合的な人材育成に向けた検討を進めた。今後、人材活用方針等として取りまとめる予定。
- ・ 人材の獲得・育成については、先進的な研究分野を開拓するような若手研究者の育成を目的として、自立的に研究を行えるよう周りの研究者からの指導を受けながら研究を実施し、審査を経てパーマナント研究職として採用するテニュアトラック制度について整備を進め、本制度を用いて平成 28 年 4 月 1 日付けでの 5 名の採用を内定した。
- ・ 研究支援業務などを行う専門的なスタッフに対して、処遇の改善を行うなどキャリアアップの形成に努めた。
- ・ 特に能力の高い研究者については、上位の職責（主管研究員、上席研究員、総括主任研究員など）として処遇するなど、適正な処遇に努めた。
- ・ 有期雇用職員については、期間中、業績が特に優秀な 16 名について部内表彰を行うと共に特別昇給を実施した。



	ような努力を続けて欲しい。)	
自己評価		
評定		B
<p>【評価結果の説明】</p> <p>第3期中長期計画に沿って以下のように業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人件費が制約される中で、限られた採用枠を最大限生かすため、多方面からの応募を誘引すべく多様な媒体を活用する等、工夫された公募により優秀な職員の確保に努めた。また、若手、女性、外国人研究者の積極的な確保にも努めた。</li> <li>・研修計画に基づく研修の着実な実施のほか、出向制度や派遣制度を活用し、職員の能力開発に取り組んだ。</li> <li>・独創的な研究開発活動や男女共同参画に資する、弾力的な勤務形態の整備、利用促進施策を講じた。</li> <li>・環境整備を通じ、外国人研究者が能力を発揮できるよう各種施策を推進した。</li> <li>・広報活動では、最新の研究成果等の報道発表は、321件実施しており、第3期中長期計画における目標の200件を大きく上回った。報道メディアからの取材も増加した。研究機構の活動を認知してもらうため、動画配信サイト（YouTube）を活用した研究成果の発信等によるWebサイトのコンテンツの充実や、イベントの開催、展示会への出展等による情報提供機会の充実を行った。次世代の人材育成に寄与するため、イベント、一般施設公開、学生・社会人の見学の受け入れ、出張講座などを実施した。</li> <li>・知的財産権の活用については、特許取得・維持の判断を適切に行うため特許検討会において発明から権利維持まで一貫した要否判断の審議体制を整えた。第3期中長期計画の平均年間実施許諾収入は、約7,818万円となり、第2期中期計画における平均額（3,413万円）の2倍以上を達成した。さらに当該期間終了時点における知的財産の実施化率は30.0%（期間年平均21.3%）となり、目標（10%以上）を大幅に上回って達成した。</li> <li>・委託研究を137課題（総額約274億円）、受託研究を220課題（総額約141億円）共同研究を1,871課題を実施。</li> <li>・産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となって研究開発を戦略的に実施し、あわせて研究開発人材を育成するため、以下のとおり、産学官連携の推進に積極的に取り組んだ。</li> <li>・将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインの具現化を図るため、関係省庁、有識者及び委託研究の受託者と会合を持ち、我が国の情報通信基盤構築における研究開発の位置付け、重要性など、ビジョンの共有を促進した。</li> <li>・外部の研究リソースの有効利用による効率的・効果的な研究開発を推進するため、1,871件の共同研究を実施した。このうち、新たに開始した共同研究は523件で、中長期計画の250件を大幅に上回って達成した。</li> <li>・連携大学院制度に基づく大学との連携協定数は18件。協定を締結している大学院から269名の大学院生を受け入れ、研究経験を得る機会を確保するとともに、研究機構の研究者210名を講師として大学院へ派遣することにより、学界との研究交流を促進させた。</li> <li>・研究機構の研究開発への参画を通じて経験を積ませることで、研究開発のリーダーとして育成するため、外部研究者や大学院生等を平均343名受け入れ、中長</li> </ul>		

期計画の平均 250 名程度を大幅に上回って達成した。

- ・外部研究者との連携により、受託研究等による研究を 392 件（平成 23 年度 76 件、平成 24 年度 75 件、平成 25 年度 80 件、平成 26 年度 93 件、平成 27 年度 68 件）を実施し、外部研究機関との連携を促進した。
- ・中長期計画では、国際的な標準化活動の動向把握、標準化活動を推進することを計画していたが、ITU、APT、IEEE 等の標準化に関する会議に参加して動向把握や標準化推進を行った。標準化に関する各種委員会等への専門家の派遣、人材育成を行う計画については、標準化に関連する国の審議会や標準化機関の専門委員会等への専門家の派遣、専門家による標準化に関する勉強会等を実施した。標準化に関するフォーラム活動、国際会議等の我が国での開催支援への支援等の計画については、新世代ネットワーク、次世代 IP ネットワーク等のフォーラム活動の支援のほか、量子情報通信等の国際標準化に関連するシンポジウム等の開催支援を行った。ITU-T 災害対応 FG、ITU カレイドスコープ、ITU-T SG16 会合、APT AWG 会合の日本開催を支援するとともに、NICT 研究成果に関する展示や講演を実施した。また ITU 世界テレコム、APT ASTAP 会合等において、展示やワークショップでの講演により研究開発成果を紹介し、NICT の国際的なプレゼンスの向上を図った。これらの活動により、今年度の研究開発成果を標準へ反映するという目標に向けて着実な成果をあげた。
- ・研究開発環境のグローバル化を強力に推進し、その成果として、研究協力覚書の締結による研究協力体制の構築、国際共同研究の実施、海外との研究交流がそれぞれ大きく促進された。また、国際広報活動による研究機構の国際的な認知度を向上させるとともに、海外の研究開発動向を研究者にタイムリーに伝えることで研究開発活動に大きく寄与した。
- ・JGN-X 及び StarBED<sup>3</sup>は、我が国の競争力強化に貢献可能な先端機能を実装したテストベッド環境として構築・運用されており、新世代に向けたネットワーク技術の研究開発及び実証実験を加速・促進するだけでなく、JGN-X の広域性を生かした、新技術の全国展開、全国からのシーズの発掘、国内外における産学官による研究連携、StarBED 施設の地域性を生かした近隣大学等の地域リソースの有効活用、世界に類のない大規模ネットワークエミュレーション環境であること等、多様な観点から、我が国の活力強化に大きく貢献している。

#### 「必要性」

- ・研究機構が社会のニーズに対応する研究成果を創出し続けるためには、優秀な人材の確保、継続的な能力開発及びそれに資する環境整備が不可欠である。
- ・男女共同参画の推進、外国人研究者に対する各種支援は、職員が働きやすい職場の形成し、組織の健全性を維持する上で必要である。
- ・研究成果や機構全体の活動の社会への発信や還元を促進し、ステークホルダーの理解を得るために、様々な手段・機会を活用して広報活動を行うことが必要である。
- ・知的財産等の権利及び維持の可否を適切に判断しながら有効活用を促進し、実施化率を上げることは必要である。
- ・産学官連携の推進は産業界、大学等の研究ポテンシャルを結集する核となって戦略的な研究開発を実施し、併せて研究開発人材を育成するために必要である。
- ・NICT の研究開発成果の社会・国民への還元を一層推進する観点から、引き続き標準化活動促進・支援業務の実施が必要不可欠である。
- ・イノベーション創出等によって情報通信分野における我が国の国際競争力強化を図るとともに、機構の研究開発成果のグローバル展開を果たすためには、現地のニーズや課題を把握すること、海外の研究機関等との連携を一層推進すること及び研究開発環境のグローバル化を積極的に推進することが必要である。

- ・ JGN-X 及び StarBED<sup>3</sup>は、新世代に向けたネットワーク技術の研究を加速・促進するだけでなく、JGN-X の広域性を生かした、新技術の全国展開、全国からのシーズの発掘、国内外における産学官による研究連携、StarBED 施設の地域性を生かした近隣大学等の地域リソースの有効活用、エミュレーションによる開発コストの効率化等、我が国の活力強化に必要不可欠である。

#### 「効率性」

- ・ 優秀な人材の確保、職員の能力開発及び各種環境整備に関する諸施策は、研究機構の業務の効率化に寄与するものである。
- ・ 弾力的な勤務形態の利用の促進は、職務とライフスタイルに応じた働き方を通じ、効率的な業務の実施が期待できるものである。
- ・ 特許検討会を運営し特許の権利化及び維持の要否を適切に判断するとともに、より効率的な活用を促進した。
- ・ 産学官連携の推進は外部リソースの活用等により効率的な研究開発や研究開発人材育成に資することができた。
- ・ 標準化活動の動向等を部内 Web に分野別に整理して掲載することによる組織内での情報共有、ITU や APT の標準化関連会議の日本開催支援等、NICT 内の横断的な活動を一元的に実施することにより、効率性を考慮しつつ実施した。
- ・ 研究協力関係を構築した主要な研究機関と協力して国際研究集会を開催することで、必要な費用の効率的な運営を図った。大規模な国際展示会の機会を利用した機構の研究成果の広報において、海外連携センターからの支援を提供し、機構全体としての費用低減に寄与した。
- ・ JGN-X を含む国内外の研究ネットワークを柔軟に活用可能な環境にあることで、国内外及び地域の研究機関との研究連携が促進され、新世代に向けたネットワーク運用技術等の研究が、効率的かつ効果的に進展する。また、北陸 StarBED 技術センターが地方拠点として北陸地区に位置していることで、北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）との連携研究が促進されるとともに、北陸地区の ICT 企業等による協議会との連携やこれによる StarBED 利用が効果的に促進されており、研究の進展や、NICT と北陸地域との連携が極めて効率的かつ効果的に実現できる。

#### 「有効性」

- ・ 優秀な人材の確保は、研究機構の研究開発力を強化するとともにプレゼンス向上に有効である。
- ・ 出向や派遣を含め、研修を充実させ、実効あるものにしていくことは、職員の能力開発に有効である。
- ・ 展示会交流等のイベントに参加し、社会還元が期待される研究成果をアピールするとともに、成果の社会還元活動をより効果的に実施したことにより、実施許諾収入が増加した。
- ・ 産学官連携の推進による多面的な研究開発は、戦略的な研究開発や研究開発人材育成に有効であった。  
また、わかりやすく、積極的に情報の提供や産学連携制度の周知を行うことにより、効果的に研究開発の推進を行った。
- ・ 外部の研究リソースの有効利用を図ることで効率的・効果的な研究開発を推進することが有効であった。
- ・ 産学官連携の推進による多面的な研究開発は、戦略的な研究開発や研究開発人材育成に有効である。また、わかりやすく、積極的に情報の提供や産学連携制度の周知を行うことにより、効果的に研究開発の推進を行った。

- ・標準化動向の内部 Web による情報共有、NICT 標準化勉強会の実施、標準化に関する各種委員会や ITU 等の国際標準化機関の標準化会議への参加は、機構内外の標準化活動の一層の推進、及び標準化人材の育成に寄与した。
- ・海外の連携センターを活用して機構の研究に関連の深い情報通信分野における研究開発動向を調査し、その結果を踏まえて各国における主要な研究機関を選定して研究協力覚書の効果的な締結を図った。また、国際研究集会のテーマ選定において、研究機関において国際展開に直結するテーマを選定し、海外の研究者とのスムーズな研究連携を促進した。調査研究においては、研究所と連携して意見交換を行うことで、意識の向上や課題の抽出がスムーズに行われた。
- ・JGN-X を核として、国内外の研究者・研究機関との協働体制や、NICT 内の研究所間の連携体制を構築し、新世代ネットワークに向けた関連研究開発・実証実験の推進や海外機関とのテストベッド連携・研究連携の取組みにつなげることができ、また、StarBED<sup>3</sup>上でのワイヤレスのエミュレーション基盤の研究も行える等、研究の推進、産学官・国際連携、人材育成等、多様な観点から有効である。

**国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 3**

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置 2 ニーズを適切に踏まえた研究支援業務・事業振興業務の実施 3 その他		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第八号から第十一号及び第2項各号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
ベンチャー支援							事業費用（億円）※内数	9.7	6.3	5.7	5.6	5.4
イベント	毎年20件以上開催を目指す	22件	24件	27件	32件	33件	職員数 ※内数	104	84	81	80	82
実施後1年以内に商談に至った割合	50%以上となることを目指す	—	75.0%	87.5%	58.3%	100%						
有益度の評価（上位2段階の得る割合）	7割以上を得ることを目指す	96.1%	96.6%	91.2%	92.0%	97.1%						

3. 中長期目標、中長期計画、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項	
2 研究支援業務・事業振興業務	
<p>研究支援業務・事業振興業務については、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、引き続き効率的かつ効果的に実施していく。</p> <p>また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえた各業務の必要性、業務内容、実施主体等に関する検討結</p>	

果に適切に対応する。

各業務における支援対象の選定に当たっては、第三者委員会の設置など適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努める。

## (1) 高度通信・放送研究開発を行う者に対する支援

### ア 高度通信・放送研究開発に対する助成

高度通信・放送研究開発に対する支援として、当面の間、「国際共同研究助成金」及び「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の交付を行う。

国際共同研究助成金については、助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定めるものとする。

高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金については、助成終了後3年以上経過した案件の通算の事業化率25%以上を目標として、助成先に研究開発成果の事業化に努めるよう働きかけを行う。

### イ 海外研究者の招へい等による研究開発の支援

高度通信・放送研究開発を促進するとともに、我が国の情報通信技術の研究レベルの向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の助成」を行う。

本業務の実施に当たっては、Ⅲ1(1)に示す分野を対象にするものとする。

助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定めるものとする。

海外研究者の招へいについては、ウ(イ)の「国際研究協力ジャパントラスト事業」との運用面での一体的実施を図る。

### ウ 民間における通信・放送基盤技術に関する研究の促進

#### (ア) 基盤技術研究の民間への委託に関する業務

民間のみでは取り組むことが困難なリスクの高い技術テーマについて、民間の能力を活用して機構が資金負担を行うことによりその研究開発を推進するため、財政投融资特別会計からの出資金を原資として実施してきた「民間基盤技術研究促進業務」については、委託研究の継続案件に限り、着実に実施する。

当該業務に係る繰越欠損金の解消に向け、事後評価終了後も定期的に追跡調査を行うとともに、事後評価の結果を踏まえ、事業化の促進を図ることなど、売上(収益)納付に係る業務の着実な実施に努める。

#### (イ) 基盤技術研究者の海外からの招へい業務

民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関する研究レベルの向上を図るため、民間の公益信託の運用益等を原資として、海外から優秀な研究者を招へいする「国際研究協力ジャパントラスト事業」を着実に実施する。

助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定めるものとする。

また、実施に当たっては、イの「海外研究者の招へい」との運用面での一体的実施を図る。

#### (ウ) 通信・放送承継業務

財政投融资特別会計からの出資金等を原資として実施している通信・放送承継業務について、貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成24年度末までの業務の完了に努め、業務が完了したときは、通信・放送承継勘定を廃止する。

## (2) 利便性の高い情報通信サービスの浸透支援

次世代の情報通信サービスのシーズを生み出す情報通信ベンチャー企業の事業化、民間電気通信事業者等による投資が困難な地域におけるブロードバン

ドサービス、チャレンジ向けの情報通信サービスの普及に対する支援等を行う。

これらの業務の実施に当たっては、情報提供の充実や標準処理期間の明示等により利用者に利便性の高い業務となるよう努めるとともに、政策目標に関連した具体的かつ定量的な目標の達成度に応じて、事業の見直しを行いつつ、着実に進めることとする。

#### ア 情報通信ベンチャー企業支援

次世代のより豊かで多様な情報通信サービスを実現するため、独創的な技術のシーズを有し、かつ、資金調達が困難な情報通信ベンチャー企業に対し、情報提供及び交流事業、出資、債務保証等の支援を行う。

情報通信ベンチャーに対する情報提供及び交流事業については、実施の結果、ベンチャーの創業や事業拡大にどの程度の貢献があったかといった成果を明らかにする客観的かつ定量的な指標により成果を把握しつつ行い、この成果を踏まえて廃止を含めて事業の在り方を検討する。

財政投融资特別会計からの出資金を原資として実施してきた出資業務のうち、投資事業組合を通じた出資業務については、平成24年末をもって終了する。

また、当該業務に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な受取に努める。

信用基金の運用益によって実施している債務保証業務については、現在保証中の既往案件を適切に管理するとともに、ニーズ等を踏まえつつ適切に実施する。

#### イ 情報通信インフラ普及支援

ICT を国民生活や経済活動の全般に組み込むことにより、経済社会システムの抜本的効率化やイノベーションを生み出す基盤の構築及び当該基盤の利活用の促進並びに情報格差（デジタル・ディバイド）の是正等に向けて、以下の政策目標の達成に資するため、地域通信・放送開発事業に対する利子補給、情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証等の支援を行う。

(ア) 2011年（平成23年）7月24日の地上アナログテレビ放送終了後は、採算の取れない山間辺地を中心とする難視地域に中継局を整備し、全国どこでも地上デジタルテレビ放送の受信ができるような環境を整備

(イ) 2015年（平成27年）頃を目途に超高速ブロードバンドの全ての世帯での利用を実現

信用基金の運用益によって実施している地域通信・放送開発事業に対する支援（利子補給）業務については、適用利率の適正化を図るとともに、ニーズ等を踏まえつつ適切に実施する。

信用基金の運用益によって実施している情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証業務については、ニーズ等を踏まえつつ適切に実施する。

高度電気通信施設整備基金により実施してきた電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成（利子助成）業務については、既往案件の助成期間終了まで着実に実施する。

#### ウ 情報弱者への支援

誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、次の事業を実施する。

(ア) 国が定める「視聴覚障害者向け放送普及行政の指針」（平成19年10月策定）に規定する普及目標（平成29年度までに、字幕放送については対象の放送番組のすべてに字幕付与、解説放送については対象の放送番組の10%に解説付与する等）を実現すること等により、視聴覚チャレンジの放送を通じた情報アクセス機会の均等化の実現を図るため、国庫補助金を原資として、字幕番組等の制作を行う放送事業者等に対する助成を実施する。

なお、助成については、普及状況を踏まえて番組制作の助成対象を必要最小限とするとともに、放送事業者の規模や財務状況等を踏まえて助成率を必要最小限とするなど助成率の適正化を図るものとする。

(イ) チャレンジの通信・放送役務の利用利便の増進を図るため、国庫補助金を原資として、チャレンジ向け通信・放送役務の提供・開発を行う者に対する助成等を実施する。助成に当たっては、助成終了2年後における継続実施率が70%以上となることを目標とする。

(ウ) 散在化・狭域化しているNHKの地上テレビジョン放送の難視聴地域を減少させるための業務について、国から受託した場合には、適切に実施する。

### 3 その他

電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務、情報収集衛星に関する開発等について、国から受託した場合には、適切に実施する。

## 中長期計画

### II 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

#### 2 ニーズを適切に踏まえた研究支援業務・事業振興業務の実施

研究支援業務・事業振興業務については、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、ニーズを適切に踏まえて効率的かつ効果的に実施する。その際、複数の候補からの選択を要する支援業務の実施に当たっては、第三者委員会の設置など適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努める。また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえた業務の必要性、業務内容、実施主体等に関する検証結果に適切に対応する。

#### (1) 高度通信・放送研究開発を行う者に対する支援

##### ア 高度通信・放送研究開発に対する助成

先進的な情報通信技術の研究開発を支援するため、当面の間、「国際共同研究助成金」及び「高齢者・チャレンジ向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の交付を行う。

(ア) 採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。

(イ) 助成した研究開発の実績について、知的資産（論文、知的財産等）形成等の観点から評価を行い、結果をその後の業務運営の改善に反映させるとともに、助成対象事業終了時の成果の評価（事後評価）を公表する。

(ウ) 研究開発成果については、ホームページによる公表や成果発表会を開催するなど、その周知に努めるとともに、「国際共同研究助成金」は、各助成対象事業における国際共著論文の執筆・投稿を、また、「高齢者・チャレンジ向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」は、事業終了後3年間以上経過した案件の通算の事業化率25%以上を目標として、助成先に研究開発の成果達成に努めるよう働きかけを行う。

##### イ 海外研究者の招へい等による研究開発の支援

高度情報通信・放送研究開発を促進するとともに、我が国の情報通信技術の研究開発レベルの向上やアジア諸国等の研究者との人的なネットワークの強化を図るため、海外の研究者の招へい及び研究集会に対して助成を行う。海外研究者の招へいについては、第三者委員会の設置など適切な方法による評価により支援対象を選定するに際して、当該招へいによる研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定め、さらに基盤技術研究者の海外からの招へい業務と運用面で一体的に実施する。

##### ウ 民間における通信・放送基盤技術に関する研究の促進

###### (ア) 基盤技術研究の民間への委託に関する業務

民間のみでは取り組むことが困難なリスクの高い技術テーマにつき、民間の能力を活用して研究機構が資金負担を行うことにより継続案件に係る研究開発を推進するとともに、終了案件に係る業務を着実かつ効率的に推進する。

・委託研究開発課題の終了後に、外部の有識者によって構成された評価委員会により、数値化された指標に基づく客観的な評価を実施し、その評価結果を公表する。また、事後評価が終了した案件について、事業化により売上が計上される率を100%とすることを目標とし、事後評価終了後も定期的に追



跡調査を行うとともに、事後評価の結果を踏まえ、収益性を最大限確保するため事業化の促進を図る。

- ・ 研究開発の成果の普及状況、実用化状況等を継続的に把握・分析して、適宜公表する。

(イ) 基盤技術研究者の海外からの招へい業務

民間が実施する通信・放送基盤技術の研究を支援するため、海外の通信・放送基盤技術に関する博士相当の研究能力を有する研究者を招へいする。第三者委員会の設置など適切な方法による評価により支援対象を選定するに際して、当該招へいによる研究交流又は共同研究の進展の具体的な内容などを定量的な指標として定め、海外研究者の招へいによる研究開発の支援業務と運用面で一体的に実施する。

(ウ) 通信・放送承継業務

通信・放送承継業務について、貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成 24 年度末までの業務の完了に努め、業務が完了したときは、通信・放送承継勘定を廃止する。

(2) 利便性の高い情報通信サービスの浸透支援

ア 情報通信ベンチャー企業支援

情報通信分野における我が国の中長期的な産業競争力強化を図る政策的観点から、情報通信ベンチャーの起業努力を支援するため、次の事業を実施する。

(ア) 情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供

リアルな対面の場やオンライン・メディアを活用しつつ、情報通信ベンチャーの事業化に役立つ情報及び交流の機会を提供することにより、情報通信ベンチャーの有する有望かつ新規性・波及性のある技術やサービスの事業化などを促進する。その際、次の点に留意する。

- ・ 有識者やサポーター企業による情報の提供、助言・相談の場を提供するとともに、情報通信ベンチャーによるビジネスプランの発表会や商品・サービス紹介などのイベントを通じたマッチングの機会を提供する。
- ・ また、全国のベンチャー支援組織・ベンチャー団体等との連携の強化により、効率的・効果的な情報の提供や交流の機会の提供を図る。
- ・ これらの取り組みにより、イベントを毎年 20 件以上開催し、特に、事業化を促進するマッチングの機会を提供するイベントは、その実施後 1 年以内において具体的なマッチング等商談に至った割合が 50% 以上となることを目指す。
- ・ イベントについて、参加者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4 段階評価において上位 2 段階の評価を得る割合を 7 割以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。
- ・ インターネット上に開設したウェブページ「情報通信ベンチャー支援センター」について、情報内容を含め、そのあり方を検討する。

(イ) 情報通信ベンチャーへの出資

民間と共同出資して設立した投資事業組合を通じた出資について、配当金又は分配金の着実な受取りに努めつつ、組合契約の期限である平成 24 年末をもって終了する。

また、透明性を高める観点から、研究機構のウェブページにおいて、契約期間中の投資事業組合の財務内容（貸借対照表、損益計算書）を毎事業年度公表する。

さらに、過去に旧通信・放送機構が直接出資した会社について、出資目的に沿った事業の状況や経営状況を把握するなど適切に管理して資金回収の最大化に努めることとし、経営改善の見込まれない場合などは、出資会社の経営状況を踏まえ、関係者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。

(ウ) 通信・放送新規事業に対する債務保証

現在債務保証中の案件を適切に管理するとともに、ニーズを踏まえつつ、効率的かつ適切に実施する。

イ 情報通信インフラ普及支援

世界最先端の ICT 国家を目指して我が国における情報通信インフラストラクチャーの充実及び高度化を支援するため、次の事業を実施する。

## (ア) 電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成

過去に助成の決定を行った既往案件について、利子助成期間終了の2018年（平成30年）まで助成金の支払を適切に行う。

## (イ) 地域通信・放送開発事業に対する支援

総務大臣の定める実施方針に照らして、地域的なレベルにおける通信・放送開発事業に対して、適用利率を含め適時適切な利子補給を行う。

## (ウ) 情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証

ウェブページ等を通じて、制度の周知を図るほか、利用者にとってわかりやすい説明に努めるとともに、ニーズを踏まえつつ、効率的かつ適切に実施する。

**ウ 情報弱者への支援**

誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、総務大臣の定める基本方針等を踏まえつつ、次の事業を実施する。

## (ア) 字幕・手話・解説番組制作の促進

チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための字幕や手話が付いた放送番組、チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための解説が付いた放送番組の制作を助成することにより、字幕放送番組等の放映時間数拡充に貢献する。

また、助成に当たっては、普及状況等を勘案して、助成対象や助成率の見直しを行う等、適切に実施する。

## (イ) 手話翻訳映像提供の促進

チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための手話が付いていない放送番組に合成して表示される手話翻訳映像の制作を助成することとし、その際、次の点に留意する。

- ・ 手話翻訳映像提供促進助成金について、ウェブページ等を通じて、制度周知を行い、利用の促進を図る。
- ・ 採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。

## (ウ) チャレンジド向け通信・放送役務の提供及び開発の促進

チャレンジドの利便増進に資する事業を適時適切に助成する観点から、有益性・波及性において優れた事業計画を有する事業に助成金を交付することとし、その際、次の点に留意する。

- ・ チャレンジド向け通信・放送役務提供・開発推進助成金について、ウェブページ等を通じて制度周知を行い、利用の促進を図る。
- ・ 採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。
- ・ 毎年度、採択案件の実績について事後評価を行い、次年度以降の業務運営に反映させる。
- ・ 助成に当たっては、助成終了2年後における継続実施率が70%以上となることを目指す。

## (エ) 情報バリアフリー関係情報の提供

チャレンジドや高齢者を含む誰もがインターネットを利用しやすい情報バリアフリーの実現に資するための情報を提供することとし、その際、次の点に留意する。

- ・ インターネット上に開設したウェブページ「情報バリアフリーのための情報提供サイト」について、チャレンジドや高齢者のウェブ・アクセシビリティに配慮しつつ、チャレンジドや高齢者に直接役立つ情報その他の情報バリアフリーに関する実践的な情報、用語集等の適時適切な掲載・定期更新を行うほか、研究機構の情報バリアフリーの助成金の制度の概要やその成果事例を広く情報提供する。
- ・ 研究機構の情報バリアフリーの助成金の交付を受けた事業者がその事業成果を発表できる機会を設け、成果を広く公表するとともに、チャレンジドや社会福祉に携わる団体等との交流の拡大を図る。
- ・ 「情報バリアフリー関係情報の提供サイト」及び成果発表会について、参加者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4段階評価において上位2段階の評価を得る割合を7割以上得ることを目指すと同時に、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。

(オ)NHKの地上波テレビジョン放送が良好に受信できない地域の難視聴解消の促進

NHKの地上波テレビジョン放送が良好に受信できない地域において、衛星放送の受信設備を設置する者に対して、その経費の一部を助成する事業について、国から受託した場合には、関係機関と協力しつつ、効率的かつ適切に実施する。

**3 その他**

電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務等の業務を国から受託した場合及び情報収集衛星に関する開発等を国から受託した場合には、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施する。

前中期目標期間中に終了した事業のうち、そのフォローアップや管理業務等を行う必要があるものについて、適切にそれらの業務を実施する。

主な評価指標

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度

中長期目標	中長期計画	法人の業務実績等
<p><b>2 研究支援業務・事業振興業務</b></p> <p>研究支援業務・事業振興業務については、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、引き続き効率的かつ効果的に実施していく。</p> <p>また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえた各業務の必要性、業務内容、実施主体等に関する検討結果に適切に対応する。</p> <p>各業務における支援対象の選定に当たっては、第三者委員会の設置など適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努める。</p> <p>(1) 高度通信・放送研究開発を</p>	<p><b>2 ニーズを適切に踏まえた研究支援業務・事業振興業務の実施</b></p> <p>研究支援業務・事業振興業務については、国の政策目的達成のために必要なものに限定しつつ、ニーズを適切に踏まえて効率的かつ効果的に実施する。</p> <p>その際、複数の候補からの選択を要する支援業務の実施に当たっては、第三者委員会の設置など適切な方法により評価を行い、透明性の確保に努める。</p> <p>また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえた業務の必要性、業務内容、実施主体等に関する検証結果に適切に対応する。</p> <p>(1) 高度通信・放送研究開発を行う</p>	<p>&lt;主要な業務実績&gt;</p>

行う者に対する支援	者に対する支援	
<p><b>ア 高度通信・放送研究開発に対する助成</b></p> <p>高度通信・放送研究開発に対する支援として、当面の間、「国際共同研究助成金」及び「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の交付を行う。</p> <p>国際共同研究助成金については、助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定めるものとする。</p> <p>高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金については、助成終了後3年以上経過した案件の通算の事業化率 25%以上を目標として、助成先に研究開発成果の事業化に努めるよう働きかけを行う。</p>	<p><b>ア 高度通信・放送研究開発に対する助成</b></p> <p>先進的な情報通信技術の研究開発を支援するため、当面の間、「国際共同研究助成金」及び「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の交付を行う。</p> <p>(ア) 採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する</p> <p>(「国際共同研究助成金」及び「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の2事業については、国の判断・責任の下で実施する事業として整理・検討しているか)。</p> <p>(本制度の必要性について、我が国の情報通信施策との整合性、国際的な発展などを考慮した特段の議論を行うなど、必要性について検討を行っているか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「国際共同研究助成金」については、平成 23 年度に助成率の見直し、概算払制度の導入、応募資格の見直しを行った結果、応募件数が大幅に増加した。17 件の申請のうちから、6 件の採択を行った。(参考 21 年度：申請 6 件、採択 3 件、22 年度：申請 4 件、採択 2 件) また、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」(平成 22 年 12 月 7 日閣議決定)(以下「基本方針」という。)を踏まえ、平成 24 年度の公募を中止し、平成 24 年度を以って交付業務を終了した。</li> <li>・「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」については、平成 23 年度に採択基準の強化等を見直しを行い、平成 23 年度の 19 件の申請のうちから、7 件の採択を行った。(参考 21 年度 申請 11 件、採択 6 件、22 年度 申請 13 件、採択 8 件)。また、基本方針を踏まえ、平成 24 年度から交付業務を実施していない。</li> <li>・「国際共同研究助成金」については、平成 23 年度の採択案件の選定に関し、申請者へのヒアリングを含む、外部有識者からなる評価委員会での厳正な審査を行い、申請 17 件のうちから 6 件(いずれも平成 23・24 年度の複数年)の採択を行った。また、採択した案件の助成先について、報道発表及び研究機構 Web サイトを通じて公表した。</li> <li>・「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」については、平成 23 年度の採択案件の選定に関し、外部有識者からなる評価委員会での厳正な審査を行い、申請 19 件のうちから 7 件の採択を行った。また、採択した案件の助成先について、報道発表及び研究機構 Web サイトを通じて公表した。なお、平成 23 年度に助成した案件については、平成 24 年度に事後評価を行った。</li> <li>・「国際共同研究助成金」については、基本方針の指摘を踏まえ、平成 24 年度の公募を中止し、平成 24 年度を以って交付業務を終了した。</li> <li>・「高齢者・チャレンジド向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」については、基本方針の指摘等を踏まえて検討を行い、平成 23 年度をもって交付業務を終了し、平成 24 年度以降の交付業務は、国の判断・責任の下で実施することとなった。</li> </ul>

<p><b>イ 海外研究者の招へい等による研究開発の支援</b></p> <p>高度通信・放送研究開発を促進するとともに、我が国の情報通信技術の研究レベルの向上を図るため、「海外研究者の招へい」及び「国際研究集会の助成」を行う。</p> <p>本業務の実施に当たっては、Ⅲ1(1)に示す分野を対象とする。</p> <p>助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定め</p>	<p>(イ) 助成した研究開発の実績について、知的資産（論文、知的財産等）形成等の観点から評価を行い、結果をその後の業務運営の改善に反映させるとともに、助成対象事業終了時の成果の評価（事後評価）を公表する。</p> <p>(ウ) 研究開発成果については、ホームページによる公表や成果発表会を開催するなど、その周知に努めるとともに、「国際共同研究助成金」は、各助成対象事業における国際共著論文の執筆・投稿を、また、「高齢者・チャレンジ向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」は、事業終了後3年間以上経過した案件の通算の事業化率25%以上を目標として、助成先に研究開発の成果達成に努めるよう働きかけを行う。</p> <p><b>イ 海外研究者の招へい等による研究開発の支援</b></p> <p>高度情報通信・放送研究開発を促進するとともに、我が国の情報通信技術の研究開発レベルの向上やアジア諸国等の研究者との人的なネットワークの強化を図るため、海外の研究者の招へい及び研究集会に対して助成を行う。海外研究者の招へいについては、第三者委員会の設置など適切な方法による評価により支援対象を選定するに際して、当該招へいによる研究交流又は共同研究の</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「国際共同研究助成金」については、評価委員会での事後評価を行い、その概要を、平成 20 年度からホームページで公表した。</li> <li>・「国際共同研究助成金」については、平成 24 年度の事業終了後も論文執筆状況等の追跡調査（助成後 5 年間）を継続。平成 27 年度の追跡調査は、過去 4 年間（平成 21 年度から平成 24 年度）に助成を行った案件（11 件）を対象に、平成 26 年度中の論文執筆状況等について調査を行った。その結果、論文（口頭発表を含む）93 件の成果が確認された。</li> <li>・「高齢者・チャレンジ向け通信・放送サービス充実研究開発助成金」の助成終了後 3 年以上経過した案件の第 3 期中長期の事業化率は平均 3 割強であった。</li> <li>・国際交流プログラム海外個別招へい制度により、第 3 中長期計画期間においては、38 名の海外研究者の招へいを行い、研究者の国際交流を促進した。</li> <li>・そのうち、アジア諸国からの招へいは 21 名であり、アジア諸国との人的なネットワークの強化を行った。</li> <li>・国際交流プログラム及び国際研究協カジャパントラスト事業による海外研究者の招へいについては、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成 22 年 12 月 7 日閣議決定）を踏まえ、平成 23 年度に、分かれていた実施部門及び審査委員会をそれぞれ統合し、また合同で公募周知するなど、以降、効率的に運営した。</li> <li>・平成 23 年度から、共著論文、研究発表、共同研究の締結等の研究交流の成果が各招へい毎に 1 件以上得られることを、内容面を表す指標として定めた。第 3 中長期計画期間（平成 28 年 3 月末時点）では、合計 22 件の共著論文の執筆及び 59 件の研究発表が実施された。</li> <li>・国際交流プログラム国際研究集会により、第 3 中長期計画期間においては 43 件を支援し、そ</li> </ul>
--	--	---

<p>るものとする。</p> <p>海外研究者の招へいについては、ウ（イ）の「国際研究協力ジャパントラスト事業」との運用面での一体的実施を図る。</p>	<p>進展の具体的内容などを定量的な指標として定め、さらに基盤技術研究者の海外からの招へい業務と運用面で一体的に実施する。</p> <p>（「国際研究協力ジャパントラスト事業」と運用面での一体的な実施を図り、効率化を図っているか）</p> <p>（海外研究者の招へいについては、海外から参加し易い内容となっているかどうかの再検討が行われているか。）</p> <p>（外国人の研究者に対して情報通信研究機構（NICT）の認知度をアップするための周知方法について、格段の工夫を行っているか。）</p> <p>（海外研究者の招へいに対して、積極的な広報内容の充実や広報体制の早急な見直しを行っているか。）</p> <p>（我が国が戦略上重要視するアジア太平洋地域のニーズを踏まえた国際共同研究・海外研究者招へいなどへの支援、産業の活性化に直接結び付く国際標準化活動への支援など、日本の将来像から生じるニーズに応えるため、既存事業の見直し等の検討をしているか）</p> <p>（国際共同研究の実施、海外研究者の招へいなどは、米・英・フランスなどの同様な制度に比較してどのような水準にあるかの精査したか。</p> <p>アジア太平洋諸国の人材に対し</p>	<p>の円滑な運営に寄与した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 26 年度より、海外研究者招へいと同等に、周知を強化をしたことにより、応募数は、平成 27/28 年度開催分が 26 件、平成 28/29 年度開催分が 32 件と、それ以前に比べ大幅に増加した。</li> <li>・上記のとおり、一体的な実施・効率化を図った。</li> </ul> <p>・海外研究者招へいについては、平成 23 年度の総務省独法評価委員会の指摘を踏まえ、平成 24 年度から、①航空券現物支給を選択可能、②年度またがりの招へいを可能にすると共に、平成 26 年度からは、博士課程在学中の学生の招へいを可能にし、これにより、海外から参加しやすい制度に変更された。</p> <p>・平成 26 年度公募より周知活動を強化した。具体的には、国内の大学、企業等への周知、関係学会及びフォーラム等への周知依頼、海外の大学等への募集案内及び訪問しての説明等を精力的に行った結果、同年より応募数が増加し、平成 27 年度招へい分が 17 件、平成 28 年度招へい分が 15 件と高い水準の件数となった。</p> <p>・これまでに国際交流プログラムを利用したことのある国内の研究機関に対し、制度の改善点や要望についての調査を行い、渡航費の立替払の負担をなくすため航空券現物支給を選択可能とする等の既存事業の見直しに努め、アジア地域からの招へい研究者が増加した。</p> <p>・ICT分野における国際競争力の強化に向け、海外研究機関等との研究協力や国際交流等の国際連携を通じて、機構の国際的な認知度の向上や研究成果の国際展開を図るとともに、我が国産業界・大学等の研究開発のグローバル化を支援。</p> <p>・標準化に関する各種委員会、IEEEやITU、APT等の国際標準化機関の標準化会議等に研究機構職員を派遣し、研究開発成果の国際標準規格への反映、議長等の役職を務めることなどにより、標準化活動を積極的に推進した。また、国際会議日本招致支援や展示等を通じて、研究成果や我が国技術の国際展開を支援した。</p> <p>・海外からの研究者招へいについて、平成24年度にフランス及びイギリスにおける研究者の招へい制度について調査を行った。フランス（情報通信科学技術分野における研究協力プログラム：外務欧州省、フランス国立科学技術研究センター等が主催）では年間2万ユーロ（約250万円）、イギリス（ニュートン国際フェローシップ計画：英国王立アカデミー及び王立協会による共同運営）では年間3.4万ポンド（約500万円）が1研究者に対する支援額の上限であり、国際</p>
--	---	---

<p><b>ウ 民間における通信・放送基盤技術に関する研究の促進</b>  <b>(ア) 基盤技術研究の民間への委託に関する業務</b>  民間のみでは取り組むことが困難なリスクの高い技術テーマについて、民間の能力を活用して機構が資金負担を行うことによりその研究開発を推進するため、財政投融資特別会計からの出資金を原資として実施してきた「民間基盤技術研究促進業務」については、委託研究の継続案件に限り、着実に実施する。</p> <p>当該業務に係る繰越欠損金の解消に向け、事後評価終了後も定期的に追跡調査を行うとともに、事後評価の結果を踏まえ、事業化の促進を図ることなど、売上（収益）納付に係る業務の着実な実施に努める。</p> <p><b>(イ) 基盤技術研究者の海外からの招へい業務</b>  民間の研究機関における通信・放送基盤技術に関する研究</p>	<p>て、より積極的にそれらの地域で必要になる技術の共同研究や研究者の招へいの水準をあげてもよいのではないか。)</p> <p><b>ウ 民間における通信・放送基盤技術に関する研究の促進</b>  <b>(ア) 基盤技術研究の民間への委託に関する業務</b>  民間のみでは取り組むことが困難なリスクの高い技術テーマにつき、民間の能力を活用して研究機構が資金負担を行うことにより継続案件に係る研究開発を推進するとともに、終了案件に係る業務を着実かつ効率的に推進する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・委託研究開発課題の終了後に、外部の有識者によって構成された評価委員会により、数値化された指標に基づく客観的な評価を実施し、その評価結果を公表する。また、事後評価が終了した案件について、事業化により売上が計上される率を100%とすることを目標とし、事後評価終了後も定期的に追跡調査を行うとともに、事後評価の結果を踏まえ、収益性を最大限確保するため事業化の促進を図る。</li> <li>・研究開発の成果の普及状況、実用化状況等を継続的に把握・分析して、適宜公表する。</li> </ul> <p><b>(イ) 基盤技術研究者の海外からの招へい業務</b>  民間が実施する通信・放送基盤技術の研究を支援するため、海外の通</p>	<p>交流プログラムにおいては年間約700万円である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アジア地域からの招へい拡大のため、アジア連携センターから直接タイ国内の研究機関を訪問し説明するなど、周知活動を強化したことにより、第2中期計画期間に比べアジアからの招へいは大幅に拡大した。</li> <li>・委託研究開発課題の終了後に、研究開発の全期間における成果に関し、評価委員会による評価（事後評価）を速やかに実施。評価委員会による評価結果はホームページで公表。なお、平成22年度で新規公募を停止しており、評価委員会による評価は平成23年度で終了。</li> <li>・全59案件について、事業化動向に精通したコンサルタントを活用しつつ実地ヒアリング（追跡調査）等のフォローアップを実施し、調査の結果を踏まえ事業化に向けたアドバイス等を行い、事業化の促進を図った。</li> <li>・事業化により売上が計上された研究開発課題については、平成22年度末現在26課題(44.1%)が平成26年度末現在には36課題(61.0%)に上昇した。</li> <li>・研究開発課題の成果及び成果を活用した製品化事例の全案件について最新情報をとりまとめた成果集(冊子)を作成し、CEATEC JAPAN等において配布し研究開発成果のPRに努めた。また、研究機構のホームページにも掲載し積極的な公表に努めた。</li> <li>・国際研究協力ジャパントラスト事業により、第3中長期計画期間においては、博士号を有する外国人研究者10名の招へいを行った。</li> </ul>
---	---	--

<p>レベルの向上を図るため、民間の公益信託の運用益等を原資として、海外から優秀な研究者を招へいする「国際研究協カジャパントラスト事業」を着実に実施する。</p> <p>助成による研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定めるものとする。</p> <p>また、実施に当たっては、イの「海外研究者の招へい」との運用面での一体的実施を図る。</p> <p><b>(ウ) 通信・放送承継業務</b></p> <p>財政投融资特別会計からの出資金等を原資として実施している通信・放送承継業務について、貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成24年度末までの業務の完了に努め、業務が完了したときは、通信・放送承継勘定を廃止する。</p> <p><b>(2) 利便性の高い情報通信サービスの浸透支援</b></p> <p>次世代の情報通信サービスのシーズを生み出す情報通信ベンチャー企業の事業化、民間電気通信事業者等による投資が困難な地域におけるブロードバンドサービス、チャレンジド向けの情報通信サービスの普及に対する支援等を行う。</p> <p>これらの業務の実施に当たっては、情報提供の充実や標準処理期間の明示等により利用</p>	<p>信・放送基盤技術に関する博士相当の研究能力を有する研究者を招へいする。第三者委員会の設置など適切な方法による評価により支援対象を選定するに際して、当該招へいによる研究交流又は共同研究の進展の具体的内容などを定量的な指標として定め、海外研究者の招へいによる研究開発の支援業務と運用面で一体的に実施する。</p> <p><b>(ウ) 通信・放送承継業務</b></p> <p>通信・放送承継業務について、貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成24年度末までの業務の完了に努め、業務が完了したときは、通信・放送承継勘定を廃止する。</p> <p><b>(2) 利便性の高い情報通信サービスの浸透支援</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際交流プログラム及び国際研究協カジャパントラスト事業による海外研究者の招へいについては、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」(平成22年12月7日閣議決定)を踏まえ、平成23年度から実施部門の統一、両審査委員会の統合並びに合同での公募周知を行うなど、効率的な運営を開始した。</li> <li>・平成23年度から、共著論文、研究発表、共同研究の締結等の研究交流の成果が各招へい毎に1件以上得られることを、内容面を表す指標として定めた。第3期中長期計画中の招へいでは、平成28年3月末において3件の国際共著論文の執筆及び4件の研究発表が実施された。</li> <li>・貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成24年度末をもって通信・放送承継業務を終了し、平成25年4月1日付けで通信・放送承継勘定を廃止した。</li> </ul>
---	---	--



者に利便性の高い業務となるよう努めるとともに、政策目標に関連した具体的かつ定量的な目標の達成度に応じて、事業の見直しを行いつつ、着実に進めることとする。

#### ア 情報通信ベンチャー企業支援

次世代のより豊かで多様な情報通信サービスを実現するため、独創的な技術のシーズを有し、かつ、資金調達が困難な情報通信ベンチャー企業に対し、情報提供及び交流事業、出資、債務保証等の支援を行う。

情報通信ベンチャーに対する情報提供及び交流事業については、実施の結果、ベンチャーの創業や事業拡大にどの程度の貢献があったかといった成果を明らかにする客観的かつ定量的な指標により成果を把握しつつ行き、この成果を踏まえて廃止を含めて事業の在り方を検討する。

財政投融資特別会計からの出資金を原資として実施してきた出資業務のうち、投資事業組合を通じた出資業務については、平成24年末をもって終了する。また、当該業務に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な受取に努める。

信用基金の運用益によって実施している債務保証業務に

#### ア 情報通信ベンチャー企業支援

情報通信分野における我が国の中長期的な産業競争力強化を図る政策的観点から、情報通信ベンチャーの起業努力を支援するため、次の事業を実施する。

##### (ア) 情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供

リアルな対面の場やオンライン・メディアを活用しつつ、情報通信ベンチャーの事業化に役立つ情報及び交流の機会を提供することにより、情報通信ベンチャーの有する有望かつ新規性・波及性のある技術やサービスの事業化などを促進する。その際、次の点に留意する。

- ・有識者やサポーター企業による情報の提供、助言・相談の場を提供するとともに、情報通信ベンチャーによるビジネスプランの発表会や商品・サービス紹介などのイベントを通じたマッチングの機会を提供する。

また、全国のベンチャー支援組織・ベンチャー団体等との連携の強化により、効率的・効果的な情報の提供や交流の機会の提供を図る。

- ・ベンチャー・キャピタル、インキュベーター及び事業会社等、ICTベンチャー業界のプロフェッショナルにより構成している「ICTメンタープラットフォーム」のメンターを平成23年度の設置以降増員（メンター数推移 H23：14人、H24：16人、H25：17人、H26：20人、H27：20人）し、ICTベンチャーへの助言等の体制を強化した。
- ・地域の有望なICTベンチャーの発掘・育成を目的として、大学、地方公共団体及び地域のベンチャー支援組織・団体等との連携を全国的に拡大し、地域におけるICTベンチャー発掘イベントを充実。これらには、「ICTメンタープラットフォーム」のメンターも参画し、発掘したICTベンチャーに対するメンタリング等を実施した。
- ・地域から発掘したICTベンチャーが販路拡大等を目的としてビジネスプランを発表する「起業家万博」を毎年開催、発掘したベンチャーに対する「Interop Tokyo」、「スマートフォン&モバイルEXPO」等の大規模展示会への出展機会（展示会出展：H23：無、H24：1回、H25：2回、H26：2回、H27：2回）の提供等、ビジネスマッチングの機会を提供するイベントを充実した。
- ・「起業家万博」、「起業家甲子園」において、展示内容の充実を図るべきであるという意見を踏まえて、平成27年度においては交流会会場でパネル展示を実施し、充実を図った。
- ・高専に向けに起業家教育をすべきであるとの意見を踏まえて、平成27年度においては全国高等専門学校プログラミングコンテストの特別講演にICTメンターによる講演を組み入れ、充実を図った。

については、現在保証中の既往案件を適切に管理するとともに、ニーズ等を踏まえつつ適切に実施する。

- これらの取り組みにより、イベントを毎年20件以上開催し、特に、事業化を促進するマッチングの機会を提供するイベントは、その実施後1年以内において具体的なマッチング等商談に至った割合が50%以上となることを目指す。

- イベントについて、参加者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4段階評価において上位2段階の評価を得る割合を7割以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等をその後の業務運営に反映させる。

- インターネット上に開設したウェブページ「情報通信ベンチャー支援センター」について、情報内容を含め、そのあり方を検討する。

(情報通信ベンチャーに対する情報提供及び交流に関して、取り組みとその成果の把握を行い、調査結果を踏まえ今後の事業の在り方について検討しているか。)

#### (イ)情報通信ベンチャーへの出資

民間と共同出資して設立した投資事業組合を通じた出資について、配当金又は分配金の着実な受取り

- 「起業家万博」、「起業家甲子園」、地域連携イベント等を含め、講演会・セミナー等、目標(年間20件以上)を上回るイベントを開催(H23:22件、H24:24件、H25:27件、H26:32件、H27:33件)し、充実を図った。

- 平成23年度から平成27年度までに実施した事業化を促進するマッチングの機会を提供するためのイベントにおける実施後1年以内の具体的なマッチング等商談に至る状況については、6か月後、1年後に実施したアンケートの結果により、目標(50%以上)を上回る社(H23:-、H24:75%、H25:87.5%、H26:58.3%、H27:100%)が新規取引先の開拓等につながった。

- イベント毎に行った参加者への「有益度」に関する調査では、目標(70%以上)を大きく上回る回答者(H23:96.1%、H24:96.6%、H25:91.2%、H26:92.0%、H27:97.1%)から4段階評価において上位2段階の評価を得た。アンケートから得られた意見要望に対しては、地域のベンチャー支援組織・ベンチャー団体等と役割分担等を調整し、業務に反映させた。

- 将来のICTベンチャーの担い手となる高専学生、大学生等の若手人材の発掘・育成を目的として、「ICTメンタープラットフォーム」のメンターも参加の上、各地の大学等と連携してビジネスプランコンテスト等の若手人材の発掘イベントを全国各地で実施するとともに、選抜学生による全国コンテストとして「起業家甲子園」を毎年開催。さらに、平成26年度には大学で学生のビジネスコンテストの主催団体を集めた「学生起業サミット」、平成27年度は、北海道、広島、沖縄において学生を対象としたブラッシュアップセミナー等を実施し、若手人材の発掘の土壌の活性化を図った。

- 「情報通信ベンチャー支援センター」において、ICTベンチャーに有益な情報提供の充実を図るべく、読まれる記事へと改善を図りつつ、Facebookページを活用したタイムリーな情報発信(平成23年度から)、起業家万博発表ベンチャーの紹介「注目のベンチャー紹介」(平成24年度から)、メンターの寄稿による「Mentor's Eye」(平成25~26年度)の掲載、起業家甲子園、起業家万博のビデオライブラリ公表(平成25年度から)等を行って情報内容の充実を図った。

- メンターの増員による助言体制の強化、大学、地方公共団体及び地域のベンチャー支援組織・団体等との連携拡大・強化、「起業家万博」、「起業家甲子園」、地域連携イベント等を含め、講演会・セミナー等のイベントの開催、ビジネスマッチングの機会を提供するイベントの充実、ビデオライブラリ公表等の取り組みを通じ各年度の目標を達成した。今後もこれまでに蓄積したノウハウを活用しつつ効率的に事業を実施した。

- テレコム・ベンチャー投資事業組合を通じて、ベンチャー企業の発掘・支援育成に関する状況(出資金額及び既投資先企業の事業状況等)の把握を行うとともに、投資事業組合の業務執行組合員に対し、これまで収益可能性等のある出資を要請してきた結果、平成23年度までに計4社が上場を果たした。一方で、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」(平

<p><b>イ 情報通信インフラ普及支援</b> ICTを国民生活や経済活動の</p>	<p>に努めつつ、組合契約の期限である平成24年末をもって終了する。</p> <p>また、透明性を高める観点から、研究機構のウェブページにおいて、契約期間中の投資事業組合の財務内容（貸借対照表、損益計算書）を毎事業年度公表する。</p> <p>さらに、過去に旧通信・放送機構が直接出資した会社について、出資目的に沿った事業の状況や経営状況を把握するなど適切に管理して資金回収の最大化に努めることとし、経営改善の見込まれない場合などは、出資会社の経営状況を踏まえ、関係者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。</p> <p>（基盤技術研究促進勘定における、追跡調査、広報等の結果として事業化による売上が計上された課題数は増えていること等から、案件管理業務は有効である。出資勘定についても着実な資金回収に努める必要がある。）</p> <p><b>(ウ) 通信・放送新規事業に対する債務保証</b></p> <p>現在債務保証中の案件を適切に管理するとともに、ニーズを踏まえつつ、効率的かつ適切に実施する。（予算規模の縮減や事業の在り方の見直しを行なっているか）</p> <p><b>イ 情報通信インフラ普及支援</b> 世界最先端のICT国家を目指して我が国における情報通信インフラ</p>	<p>成22年12月7日閣議決定）を踏まえ、新規出資は行わず、平成24年末の組合契約終了に向け、最大限の回収努力を求めるとともに出資金以外の保有資産の早期分配を要請した結果、平成23年度72百万円及び平成24年度29百万円の分配が実施された。なお、本組合契約は平成24年12月に終了した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>旧通信・放送機構が直接出資し当研究機構が承継した法人の内、株式保有中の2社については、「中期経営計画、累積解消計画、年度事業計画、長期資金計画及び保守修繕計画」の策定等の指導を行い、また、年度決算、中間決算、月次決算等の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努めた。加えて、出資契約に基づく実地監査を行い、内部管理全般に亘る監督を強化した。</li> <li>第3中長期計画期間を通して2社とも黒字を計上し、着実に累積損失額が縮小し、内1社については、平成26年度に累積損失が解消した。</li> <li>テレコム・ベンチャー投資事業組合の貸借対照表及び損益計算書については、機構ホームページで公表し、透明性の確保に努めた。</li> </ul> <p>・基盤技術研究促進勘定における、追跡調査等の案件管理業務は今後とも着実に実施する。出資勘定については、出資先の経営内容の把握に努め、事業運営の改善を求めるなどの取組を進め着実な資金回収に努めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>債務保証業務の適正な管理の確保のため、「実地調査、保証料率の見直し、債務保証業務規程の改訂、貸付機関に対する管理強化の通知、資産査定マニュアルの制定、引当金管理の明確化」等を行った。</li> <li>債務保証先2件の内1社については、金融機関との調停を経て、平成25年7月末に代位弁済（122.6百万円）を実施した。</li> <li>他の1社については、経営及び財務状況等の実地調査等の管理強化に努め、事業が順調に推移し、平成26年6月に繰上返済し終了した。</li> </ul>
---	--	--

<p>全般に組み込むことにより、経済社会システムの抜本的効率化やイノベーションを生み出す基盤の構築及び当該基盤の利活用の促進並びに情報格差（デジタル・ディバイド）の是正等に向けて、以下の政策目標の達成に資するため、地域通信・放送開発事業に対する利子補給、情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証等の支援を行う。</p> <p>(ア)2011年（平成23年）7月24日の地上アナログテレビ放送終了後は、採算の取れない山間辺地を中心とする難視地域に中継局を整備し、全国どこでも地上デジタルテレビ放送の受信ができるような環境を整備</p> <p>(イ)2015年（平成27年）頃を目途に超高速ブロードバンドの全ての世帯での利用を実現信用基金の運用益によって実施している地域通信・放送開発事業に対する支援（利子補給）業務については、適用利率の適正化を図るとともに、ニーズ等を踏まえつつ適切に実施する。 信用基金の運用益によって実施している情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証業務については、ニーズ等を踏ま</p>	<p>ストラクチャーの充実及び高度化を支援するため、次の事業を実施する。</p> <p><b>(ア)電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成</b> 過去に助成の決定を行った既往案件について、利子助成期間終了の2018年（平成30年）まで助成金の支払を適切に行う。</p> <p><b>(イ)地域通信・放送開発事業に対する支援</b> 総務大臣の定める実施方針に照らして、地域的なレベルにおける通信・放送開発事業に対して、適用利率を含め適時適切な利子補給を行う。</p> <p><b>(ウ)情報通信インフラストラクチャーの高度化のための債務保証</b> ウェブページ等を通じて、制度の周知を図るほか、利用者にとってわかりやすい説明に努めるとともに、</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業仕分けを踏まえ、平成21年度秋以降は、新規利子助成は中止したことから、平成23～27年度は、既往分について、通信事業者16件、CATV事業者13件の計29件（13社）の光ファイバ等ブロードバンド整備事業に対して、利子助成を実施した。</li> <li>・これにより、ブロードバンド整備を促進した。</li> </ul> <p>・平成23～27年度は新規貸付10社、既往分も含めて320件（30社）に対して、総額71,384千円の利子補給（ケーブルテレビの光化、広帯域化、エリア拡大等の整備事業に194件（18社）、地上デジタル放送中継局整備事業に126件（12社））を実施しており、これにより、地方におけるブロードバンドの整備やケーブルテレビの普及に貢献するとともに、ケーブルテレビの地上デジタル対応を含め、地上デジタル放送のカバーエリアの拡大に貢献した。</p> <p>・研究機構 Web サイトにおいて、制度の概要・Q&amp;A等を掲載し、利用者にとってわかりやすい説明に努める等、効率的に実施した。</p>
--	--	---

<p>えつつ適切に実施する。 高度電気通信施設整備基金により実施してきた電気通信基盤充実のための施設整備事業に対する助成(利子助成)業務については、既往案件の助成期間終了まで着実に実施する。</p> <p><b>ウ 情報弱者への支援</b> 誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、次の事業を実施する。</p> <p>(ア)国が定める「視聴覚障害者向け放送普及行政の指針」(平成19年10月策定)に規定する普及目標(平成29年度までに、字幕放送については対象の放送番組のすべてに字幕付与、解説放送については対象の放送番組の10%に解説付与する等)を実現すること等により、視聴覚チャレンジドの放送を通じた情報アクセス機会の均等化の実現を図るため、国庫補助金を原資として、字幕番組等の制作を行う放送事業者等に対する助成を実施する。 なお、助成については、普及状況を踏まえて番組制作の助成対象を必要最小限とするとともに、放送事業者の規模や財務状況等を踏まえて助成率を必要最小限とするなど助成率</p>	<p>ニーズを踏まえつつ、効率的かつ適切に実施する。</p> <p><b>ウ 情報弱者への支援</b> 誰もが等しく通信・放送役務を利用できる情報バリアフリー環境の実現を図るため、総務大臣の定める基本方針等を踏まえつつ、次の事業を実施する。</p> <p><b>(ア)字幕・手話・解説番組制作の促進</b> チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための字幕や手話が付いた放送番組、チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための解説が付いた放送番組の制作を助成することにより、字幕放送番組等の放映時間数拡充に貢献する。 また、助成に当たっては、普及状況等を勘案して、助成対象や助成率の見直しを行う等、適切に実施する。</p> <p><b>(イ)手話翻訳映像提供の促進</b> チャレンジドがテレビジョン放送を視聴するための手話が付いていない放送番組に合成して表示される手話翻訳映像の制作を助成することとし、その際、次の点に留意する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次の(ア)～(エ)の業務は、「身体障害者の利便の増進に資する通信・放送身体障害者利用円滑化事業の推進に関する法律」に基づき、総務省からの「情報通信利用促進支援事業費補助金」を財源に、執行機関として機構が行っているもの(但し、(エ)の成果発表会に係る経費については、運営費交付金により実施)。</li> <li>・第3中長期は、毎年100社を超える放送事業者等に対して、合計約22万番組、総額19億円近い助成を行い、字幕番組等が付与された番組の拡充に貢献した。</li> <li>・普及が遅れている解説番組、手話番組に対して、重点的に予算配分を行うと共に、26年度からは生字幕放送番組及びローカル局が制作する字幕番組に対しても、優先的に予算配分を行い効果的な助成を実施した。</li> <li>・字幕番組の普及状況等を踏まえ、在京キー局の字幕番組(生放送番組を除く)に対する助成を段階的に廃止した他、在阪準キー局に対する助成上限の引き下げを実施した。</li> <li>・第3中長期は、延べ5件に総額46百万円の助成を行い、計8百本を超える番組制作を支援した。</li> <li>・採択に当たっては、有識者により厳正な審査・評価を行い決定し、採択した助成先は公表した。</li> <li>・公募に当たっては報道発表を行うとともに、ウェブページにおいても、制度の紹介、公募の周知を行った。</li> </ul>
---	--	---

<p>の適正化を図るものとする。</p> <p>(イ) チャレンジドの通信・放送役務の利用利便の増進を図るため、国庫補助金を原資として、チャレンジド向け通信・放送役務の提供・開発を行う者に対する助成等を実施する。助成に当たっては、助成終了2年後における継続実施率が70%以上となることを目標とする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手話翻訳映像提供促進助成金について、ウェブページ等を通じて、制度周知を行い、利用の促進を図る。</li> <li>・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。</li> </ul> <p><b>(ウ) チャレンジド向け通信・放送役務の提供及び開発の促進</b></p> <p>チャレンジドの利便増進に資する事業を適時適切に助成する観点から、有益性・波及性において優れた事業計画を有する事業に助成金を交付することとし、その際、次の点に留意する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チャレンジド向け通信・放送役務提供・開発推進助成金について、ウェブページ等を通じて制度周知を行い、利用の促進を図る。</li> <li>・採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表する。</li> <li>・毎年度、採択案件の実績について事後評価を行い、次年度以降の業務運営に反映させる。</li> <li>・助成に当たっては、助成終了2年後における継続実施率が70%以上となることを目指す。</li> </ul> <p><b>(エ) 情報バリアフリー関係情報の提供</b></p> <p>チャレンジドや高齢者を含む誰もがインターネットを利用しやすい情報バリアフリーの実現に資する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公募に当たっては、公募説明会等での説明、「情報バリアフリーのための情報提供サイト」の登録者へのメールによるお知らせや報道発表等により、制度の周知に努めた。</li> <li>・第3中長期は、計53件の申請があり、33案件の採択を行った。</li> <li>・評価委員会では、申請者による申請内容のプレゼンテーションや質疑応答を実施し、採択案件の選定に当たっては、有益性や波及性の観点から厳正な審査・評価を行った。</li> <li>・応募状況及び採択結果についてはウェブサイトで公表した。</li> <li>・助成終了2年後の第3中長期の継続実施率は平均9割弱であった。</li> </ul> <p>・「情報提供サイト」では、障害者や高齢者などに有益な情報を定期的にウェブ・アクセシビリティに配慮した上で提供することにより、本機構の情報バリアフリーに向けた施策と貢献を含め情報発信した。</p>
---	---	---

<p>(ウ) 散在化・狭域化しているNHKの地上テレビジョン放送の難視聴地域を減少させるための業務について、国から受託した場合には、適切に実施する。</p>	<p>ための情報を提供することとし、その際、次の点に留意する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・インターネット上に開設したウェブページ「情報バリアフリーのための情報提供サイト」について、チャレンジドや高齢者のウェブ・アクセシビリティに配慮しつつ、チャレンジドや高齢者に直接役立つ情報その他の情報バリアフリーに関する実践的な情報、用語集等の適時適切な掲載・定期更新を行うほか、研究機構の情報バリアフリーの助成金の制度の概要やその成果事例を広く情報提供する。</li> <li>・研究機構の情報バリアフリーの助成金の交付を受けた事業者がその事業成果を発表できる機会を設け、成果を広く公表するとともに、チャレンジドや社会福祉に携わる団体等との交流の拡大を図る。</li> <li>・「情報バリアフリー関係情報の提供サイト」及び成果発表会について、参加者に対して「有益度」に関する調査を実施し、4段階評価において上位2段階の評価を得る割合を7割以上得ることを目指すとともに、得られた意見要望等その後の業務運営に反映させる。</li> </ul> <p>(オ) NHKの地上波テレビジョン放送が良好に受信できない地域の難視聴解消の促進</p> <p>NHKの地上波テレビジョン放送が良好に受信できない地域において、衛星放送の受信設備を設置する者</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・更新情報については登録者にメールにより周知を行った。</li> <li>・「情報提供サイト」に、助成事業者に対する相談窓口を整備したほか、助成事業者の成果を分かり易く提供するために動画を導入するなど、サイトを通じた有益な情報提供に努めた。</li> <li>・第3中長期、毎年開催される国際福祉機器展に出展し、助成事業者による成果発表やデモ展示を実施、その模様を「情報提供サイト」でも紹介し成果を広くアピールした。</li> <li>・成果発表会についてのアンケートを行い、毎回、回答者の9割近くから4段階評価において上位2段階の評価を得た。</li> <li>・「情報提供サイト」の利用者アンケートでは、毎回9割以上の回答者から肯定的評価を得た。</li> </ul> <p>・第3中長期、平成23年度は国からの受託により実施。関係機関と協力して実施した結果、計2世帯4万円の助成を行った。なお、平成24年度以降は、国の制度廃止に伴い、受託はなかった。</p>
--	---	---

<p>3 その他 電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務、情報収集衛星に関する開発等について、国から受託した場合には、適切に実施する。</p>	<p>に対して、その経費の一部を助成する事業について、国から受託した場合には、関係機関と協力しつつ、効率的かつ適切に実施する。</p> <p>3 その他 電波利用料財源による業務、型式検定に係る試験事務等の業務を国から受託した場合及び情報収集衛星に関する開発等を国から受託した場合には、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施する。</p> <p>（無線設備の機器の試験に係る事業について、総務省が実施する一般競争入札において民間事業者が応札した場合には、当該民間事業者の継続的な受託能力の状況等を踏まえ、次年度以降の入札を取りやめることをしているか。）</p> <p>（無線設備の機器の較正に係る事業について、引き続き民間参入を促進し、指定校正機関の校正用機器を除き、民間実施を図っているか。）</p> <p>（無線設備の機器の試験・較正に係る事業について、民間委託等、業務の効率化に向けた取り組みを行っているか。）</p> <p>（無線設備の機器の試験・較正に係る事業について、標準処理期間の設定、処理日数の縮減、手続きの電子化等、利用者の利便性向上に向けた取り組みを行っているか。）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電波利用料財源による業務として、電波資源拡大のための研究開発など 50 件（平成 23 年度 10 件、平成 24 年度 10 件、平成 25 年度 9 件、平成 26 年度 11 件、平成 27 年度 10 件）を受託し、電波利用技術等の研究開発能力を活用して効率的かつ確実に実施した。</li> <li>・無線機器の型式検定に係る試験について、平成 23 年度 13 件、平成 24 年度 21 件、平成 25 年度 3 件、平成 26 年度 21 件、平成 27 年度 25 件を、それぞれ効率的かつ確実に実施した。</li> <li>・国等から受託した情報収集衛星のミッション系に関する研究開発業務を、これまで蓄積した電波利用技術等の研究開発能力を活用して適切に実施した。</li> <li>・平成 23 年度～27 年度分について総務省の行った公募に対し、NICT 以外の応募は無かったため NICT が受託した。次年度以降、民間事業者等の応募があった場合には、総務省において、当該民間事業者の継続的な受託能力の状況等を踏まえ、NICT は翌年度以降の入札への参加を取りやめることにしている。</li> <li>・民間事業者で実施可能な較正依頼に対しては受理をせず NICT 以外でも可能の旨を回答して民間実施の促進を図った。NICT においては指定較正機関の較正用機器、指定較正機関や民間事業者では取り扱わない機器、極めて高精度な較正を要求する機器の場合に限って較正を実施した。</li> <li>・無線設備の機器の試験は、電波法等に基づき実施している。また、機器の較正については、電波法、計量法等に基づき実施している。船舶搭載レーダや航行用無線機器など、人命の安全等のために極めて高信頼度が要求されるものは、主管庁にて型式検定を行う（NICT は総務省からの請負で試験を実施）。無線機器の点検に用いる法令で定められた測定器の較正は、電波法に基づき NICT が行うほか指定較正機関（現在 3 社）が実施する。指定較正機関が用いる測定器は NICT が較正を実施する。また、計量法に基づく周波数標準器の校正、計量法に基づく登録、及び ISO17025 に基づく認定による校正も実施している。</li> </ul>
--	---	--



	<p>(無線設備の機器の試験・校正に係る事業について、受益者負担の水準やコストに占める割合等を明らかにしているか。)</p> <p>前中期目標期間中に終了した事業のうち、そのフォローアップや管理業務等を行う必要があるものについて、適切にそれらの業務を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手数料は電波法関係手数料令で規定等している。</li> <li>・これら業務の事務フローや手数料については、処理日数の短縮のための作業手順の見直しを行っており、また手続きや手数料を Web により公表するなど利用者の利便の向上を図った。</li> <li>・毎年実施している「通信・放送融合技術開発助成金」(平成 21 年度終了)及び「先進技術型研究開発助成金(テレコム・インキュベーション)」(平成 22 年度終了)のフォローアップについては、第 3 中長期計画期間中、毎年企業化状況について助成対象事業者からの報告を取りまとめた結果、「通信・放送融合技術開発助成金」の事業化率は 56. 0%(28 事業/50 テーマ)を達成した。また、「先進技術型研究開発助成金(テレコム・インキュベーション)」の事業化率も 37. 9%(72 事業 190 テーマ)を達成した。</li> <li>・通信・放送新規事業助成金(平成 21 年度終了)について、第 3 中長期計画期間中に係る助成金交付後 5 年以内の助成対象事業者に対し企業化状況報告を求めたところ、15 事業(14 事業者)のうち 13 事業(12 事業者)が企業化を達成。</li> </ul>
--	--	---

## 自己評価

## 評定

B

## 【評価結果の説明】

第 3 期中長期計画に沿って以下のように業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

- ・電波利用料財源による業務として、電波資源拡大のための研究開発など 50 件(平成 23 年度 10 件、平成 24 年度 10 件、平成 25 年度 9 件、平成 26 年度 11 件、平成 27 年度 10 件)を受託し、効率的かつ確実に実施した。
- ・「通信・放送融合技術開発助成金」(平成 21 年度終了)の企業化状況について助成対象事業者からの報告を取りまとめた結果、通算の事業化率は 56. 0%(28 事業/50 テーマ)を達成した。
- ・「先進技術型研究開発助成金(テレコムインキュベーション)」(平成 22 年度終了)の企業化状況について、助成対象事業者からの報告を取りまとめた結果、通算の事業化率は 37. 9%(72 事業/190 テーマ)を達成した。
- ・中長期計画では、①アジア諸国等の研究者との人的なネットワークの強化に寄与するとともに、研究開発の推進及び国際協力に貢献することを目的として、海外の研究者の招へい及び国際研究集会開催に対する支援を行う②海外研究者の招へいについては、基盤技術研究者の海外からの招へい業務と運用面で一体的に実施する③招へいによる研究交流又は共同研究に関する共著論文の執筆・投稿や外部研究発表等を目標として、具体的な成果の創出に努めるよう招へい者受入先に働きかけを行う、こと等を予定していたが、①第 3 中長期計画期間中、海外研究者招へいについては 38 件招へいし、そのうちアジア諸国から 21 名招へいしたことで、アジア諸国との人的なネットワークの強化を行うとともに国際研究集会については 43 件を支援②基盤技術研究者の海外からの招へい業務と運用面で一体的に実施③共著論文、研究発表、共同研究の締結等の研究交流の成果が各招へい毎に 1 件以上得られることを、内容面を表す指標として定め、招へい期間

中及び終了後の共著論文の執筆・投稿や外部研究発表等について働きかけを行った、ことから目標に向けて着実な成果をあげた。

- ・情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供については、ICTベンチャーへの助言体制強化、地域支援組織・団体や大学等との連携の全国的な拡大（空白ブロックの解消）・強化、若手人材育成のためのイベントの開催、ビジネスマッチング機会の充実などに取り組み、年度計画の目標を上回る成果を達成した。さらにビデオライブラリの活用等の情報提供の充実も図った。
- ・出資業務、債務保証業務、利子補給業務及び利子助成業務とも、中長期計画の目標を達成できた。
- ・出資業務については、平成24年12月末に終了したテレコム・ベンチャー投資事業組合の清算金等約3千万円を平成25年8月末に国庫納付した。
- ・情報弱者への支援について、助成事業、情報提供事業とも、すべての年度で計画目標を達成しており、それぞれの事業が、情報弱者に対する利便性の高い通信・放送サービスを楽しむ情報バリアフリー社会の実現に寄与した。
- ・基盤技術研究促進業務については、外部コンサルタントを活用して追跡調査を実施し、平成26年度末現在で事業化により売上が計上された課題は36課題(61.0%)に上昇した。
- ・通信・放送承継業務については、貸付金の適切な管理及び効率的な回収を行い、平成24年度末をもって通信・放送承継業務を終了し、平成25年4月1日付けで通信・放送承継勘定を廃止した。

#### 「必要性」

- ・研究機構の研究ポテンシャルを有効活用し、国の政策課題解決に貢献し、社会へ還元することが求められている。
- ・助成事業が初期の目的どおり達成されているか判断するため、助成対象期間における研究開発成果の適切な評価、及びその成果を活用した企業化状況の把握が必要である。
- ・国際交流プログラムについて、平成24年度以降海外研究者招へいについては、航空券の現物支給等、海外から応募しやすい制度に変更等したことで、第3中長期計画期間において海外研究者招へいについては61件、国際研究集会については67件の応募があり、社会的ニーズも高いことから、引き続き当該制度は維持する必要がある。
- ・中長期計画では、①博士相当の研究能力を有する外国人研究者を企業に招へいする②海外研究者の招へい業務と運用面で一体的に実施する③招へいによる研究交流又は共同研究に関する共著論文の執筆・投稿や外部研究発表等を目標として、具体的な成果の創出に努める、こと等を予定していたが、①第3中長期計画期間中、博士号を有する外国人研究者10名を招へい②海外研究者の招へい業務と運用面で一体的に実施③共著論文、研究発表、共同研究の締結等の研究交流の成果が各招へい毎に1件以上得られることを、内容面を表す指標として定め、招へい期間中及び終了後の共著論文の執筆・投稿や外部研究発表等について働きかけを行った、ことから目標に向けて着実な成果をあげた。
- ・中長期計画では、①採択案件の選定に当たっては、外部の専門家・有識者による厳正な審査・評価を行う。また、採択した助成先について公表②助成した研究開発の実績について、知的資産（論文、知的財産等）形成等の観点から評価を行い、結果をその後の業務運営の改善に反映させるとともに、助成対象事業終了時の成果の評価（事後評価）を公表する③「国際共同研究助成金」は、各助成対象事業における国際共著論文の執筆・投稿を求める、こと等を予定していたが、

①国際共同研究助成金については、平成 23 年度採択案件に対し、申請者からのヒアリングを踏まえた外部有識者による評価委員会での厳正な審査結果を踏まえ採択を行った。また採択した助成先について報道発表及び研究機構 Web サイトを通じて公表した②③評価委員会での事後評価結果の概要をホームページで公表した。また共同研究者との共著論文の執筆・投稿を募集要項等において要請、また事業終了後も論文執筆状況等の追跡調査（助成後 5 か年）を継続している、ことから目標に向けて着実な成果をあげた。

- ・ 情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供については、公的機関である当機構が実施することにより、幅広い各層からの協力、評価も得られている。特に、各地域のベンチャー支援組織・団体等との連携することにより、地域における ICT ベンチャーのマッチング機会が広がるなど社会的、経済的な意義も大きい。さらに、政府の「起業家精神を創発する IT 関連施策パッケージ」にも記載され、その必要性が認められているところである。
- ・ 出資業務については、本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け着実な資金回収に努める必要がある。また、情報通信インフラストラクチャーの高度化及び情報格差（デジタル・ディバイド）の是正等に向けて引き続き利子補給業務等は必要である。
- ・ 情報弱者への支援について、助成事業では、公募の周知を適切に行うことにより、予算規模を上回る申請が寄せられている。情報提供事業は、安定したアクセス数を維持しており、情報通信分野に係るバリアフリー情報を提供している組織・団体が少ない中、社会的なニーズ・必要性は高い。これらを通じ情報弱者の情報保障に貢献するものであり、社会的意義は大きい。
- ・ 基盤技術研究促進業務については、売上（収益）納付の適正を確保し、受託者における事業化の努力を継続させるため、追跡調査等の案件管理業務は必要である。

#### 「効率性」

- ・ 研究機構が保有する電波利用に関する研究ポテンシャル、研究設備等を活用することにより、電波利用料財源による業務を効率的に実施することができる。
- ・ 事業終了後における事業化等の状況を把握するため、定められた様式等に基づき報告を求めており、現在の方法は効率的なものである。
- ・ 国際交流プログラム及び基盤技術研究者の海外からの招へい業務については、委員会の統合を図るとともに合同での周知活動を図るなど、効率的な運営に努めた。
- ・ 情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供については、地域のベンチャー支援組織・団体等との連携の拡大等によって、コストを抑えつつ集客力や魅力度を高めた上で目標値のイベント数を達成するなど、効率的に事業を実施した。
- ・ 出資業務、債務保証業務、利子補給業務及び利子助成業務とも、各種関係法規等に基づき、適切に業務を執行した。
- ・ 情報弱者の支援について、助成事業は、助成申請数が予算規模を上回る中、毎年度、外部有識者による評価委員会での評価結果等に基づき、予算の範囲内で優先度の高い応募案件を適切かつ効率的に採択した。また、成果発表会の請負事業者（会場設営・発表会運営）の選定に当たっては、プロポーザル方式により決定することにより、効果的に成果公表会の質を保ちつつ、効率的な執行を確保した。また、助成事業者に対する会計監査の一部を監査法人に委託することにより、適切な予算執行を効率的に実施する体制を確保した。
- ・ 基盤技術研究促進業務については、平成 24 年度に不要財産の国庫返納（50 億円）を行った際の業務見直しに沿って効率的に業務を実施した。

#### 「有効性」

- ・ 研究機構が保有する電波利用に関する研究ポテンシャル、研究設備等を適切・有効に活用することができる。
- ・ 事業終了後における事業化等の状況を把握するため、①事業化状況、②事業化時期、③特許件数・論文数などについて報告を求めることは有効である。
- ・ 国際交流プログラムについて、制度改革と併せて、学会への周知、機構内各研究所の協力も得た周知広報活動の強化の結果、海外研究者招へい15件（平成28年度分）及び国際研究集会開催支援32件（平成28年度・29年度分）の応募をいただくなど、社会的ニーズも高く有効に運営されていると考えられる。
- ・ 情報通信ベンチャーに対する情報及び交流機会の提供については、イベントに対するアンケート調査及びマッチング率とも目標値を達成しており、着実な成果が得られた。また、イベントの開催や総務大臣賞の授与等を通じてNICTにおけるベンチャー支援についての認知度も定着しつつあり、有効性は高い。
- ・ 出資業務については、地域情報化に寄与している。また、利子補給等業務については、地域のケーブルテレビの光化・広帯域化に貢献した。
- ・ 情報弱者の支援について、助成事業は、情報弱者のニーズに合致したサービスの開発や多様化、新たな技術によるサービスの提供など、情報バリアフリー社会の実現に貢献しており有効である。国際福祉機器展における成果発表に対するアンケート調査では、同展に来場した福祉関係者等の多くから毎回「有益」と肯定的な評価を受けている。過去の助成案件の事業化率、継続実施率でも、毎年度目標値を上回る成果が出ており、目標に対する達成度の点でも有効性は高い。
- ・ 基盤技術研究促進業務については、追跡調査、広報等の結果として事業化による売上が計上された課題数は増えていること等から、案件管理業務は有効である。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 4

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	III 予算（人件費の見積りを含む）、収支計画及び資金計画 IV 短期借入金の限度額 V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画 VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画 VII 剰余金の使途		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ								
評価対象となる指標	達成目標	基準値等 （前中長期目標期間最終年度値等）	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	（参考情報） 当該年度までの累積値等、必要な情報

3. 中長期目標、中長期計画、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<b>IV 財務内容の改善に関する事項</b>	
<b>1 一般勘定</b> 運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅲ 業務運営の効率化に関する事項」で示した事項について配慮し、特許料収入等の適正な自己収入を見込んだ上で、中期計画の予算及び収支計画を作成し、当該予算及び収支計画による運営を行う。 また、競争的資金等の外部資金の増加に努める。 その他、保有資産について、不断の見直しを行う。	
<b>2 基盤技術研究促進勘定</b> 本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、委託対象事業の事業化計画等に関する進ちょく状況や売上状況等の把握、把握したデータ等に基づく売上納付・収益	

納付に係る業務を着実に実施する。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要資産は国庫納付する。

### 3 債務保証勘定

各業務の実績を踏まえるととも今後のニーズを十分に把握し、基金の規模や運用の適正化を図る。

債務保証業務については、財務内容の健全性を確保するため、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証範囲や保証料率については、リスクを勘案した適切な水準とする。

また、業務の継続的实施のために信用基金を維持する観点から、保証債務の代位弁済及び利子補給金の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。

なお、これらに併せて、信用基金の運用益の最大化を図る

### 4 出資勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な受取に努める。

#### (1) 投資事業組合の財産管理

投資事業組合を通じた出資については、平成 24 年末の組合解散時まで、繰越欠損金の解消に向けて可能な限り財産の最大化を図るべく、株式新規公開の実現や、組合保有株式の適時適切な売却や着実な配当の受け取りを行うよう、業務執行組合員に要請する。

なお、透明性を高める観点から、投資事業組合の財務内容を毎事業年度公表する。

#### (2) その他の出資先法人の財産管理

ア 毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努め、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移を求めるなどより的確に経営状況の把握を行い、経営健全化計画を提出させる等、事業運営の改善を求める。

イ 事業運営の改善が見られず、経営状況の一層の悪化が見込まれる法人については、関係府省及び他の出資者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要資産は国庫納付する。

### 5 通信・放送承継勘定

保有国債などの資産のうち、不要な資産を業務の終了予定年度より前倒して国庫納付する。

## 中長期計画

### III 予算（人件費の見積りを含む）、収支計画及び資金計画

予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画については、次のとおり。

予算の見積りは、運営費交付金の算定ルール等に基づき中期目標を踏まえ試算したものであり、実際の予算は毎年度の予算編成において決定される係数等に基づき決定されるため、これらの計画の額を下回ることや上回ることがあり得る。

予算計画

収支計画

委託研究の受託、内外の競争的資金の獲得、特許実施料の収納等により、自己収入の増加に努める。

資金計画

### 1 一般勘定

運営費交付金を充当して行う事業については、「I 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項に配慮し、特許料収入等の適正な自己収入を見込んで中期計画の予算及び収支計画を作成し、運営を行う。また、競争的資金等の外部資金の増加に努める。

その他、保有資産について、不断の見直しを行う。

### 2 基盤技術研究促進勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、委託対象事業の事業化計画等に関する進ちょく状況や売上状況等について、外部リソース等を活用しつつ適切に把握するとともに、把握したデータ等を分析し、適切にフィードバックすること等により、売上納付・収益納付に係る業務を着実に進行。

また、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除いた資産について、為替レート等市況の状況等を踏まえつつ、不要資産を国庫納付する。

### 3 債務保証勘定

債務保証業務及び利子補給業務の実績及び申請状況等を踏まえつつ、基金の規模や運用の適正化を図る。

債務保証業務については、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証料率等について、リスクを勘案した適切な水準とする。

また、保証債務の代位弁済及び利子補給金の額については同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。

これらに併せて、信用基金の運用益の最大化を図る。

### 4 出資勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な資金回収に努める。

#### (1) 投資事業組合の財産管理

投資事業組合を通じた出資について、平成 24 年末の組合解散時まで、株式新規公開の実現、組合保有株式の適時適切な売却や着実な配当の受取りを行うよう、業務執行組合員に要請する。

なお、透明性を高める観点から、投資事業組合の財務内容を毎事業年度公表する。

#### (2) その他の出資先法人の財産管理

ア 毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努める。

また、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移を求めるとともに、よりの確に経営状況の把握を行い、経営健全化計画を提出させる等、事業運営の改善を求める。

イ 事業運営の改善が見られず、経営状況の一層の悪化が見込まれる法人については、関係者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要財産を国庫納付する。

**5 通信・放送承継勘定**

保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要資産を業務の終了予定年度より前倒しして国庫納付する。

**IV 短期借入金の限度額**

年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大限3カ月遅延した場合における研究機構職員への人件費の遅配及び研究機構の事業費支払い遅延を回避するため、短期借入金を借り入れることができることとし、その限度額を17億円とする。

**V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画**

民間基盤技術研究促進業務、出資業務及び通信・放送承継業務に係る保有財産の評価を行い、国庫納付できる不要財産を算定し、国庫納付を行う。また、稚内電波観測施設跡地等の不要財産を国庫納付する。(別表 4)

**VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画**

なし。

**VII 剰余金の使途**

- 1 重点的に実施すべき研究開発に係る経費
- 2 広報や成果発表、成果展示等に係る経費
- 3 知的財産管理、技術移転促進等に係る経費
- 4 職場環境改善等に係る経費
- 5 施設の新営、増改築及び改修等に係る経費

主な評価指標

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度

中長期目標	中長期計画	法人の業務実績等
<p><b>IV 財務内容の改善に関する事項</b></p>	<p><b>III 予算（人件費の見積もりを含む）、収支計画及び資金計画</b>                      予算（人件費の見積もりを含む。）、収支計画及び資金計画については、次のとおり。                      予算の見積りは、運営費交付</p>	<p>&lt;主要な業務実績&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運営費交付金を充当して行う事業については、特許料収入等の適正な自己収入を見込んで年度の予算及び収支計画を作成し運営した。</li> </ul>



	<p>金の算定ルール等に基づき中期目標を踏まえ試算したものであり、実際の予算は毎年度の予算編成において決定される係数等に基づき決定されるため、これらの計画の額を下回ることや上回ることがあり得る。</p> <p>予算計画</p> <p>収支計画 委託研究の受託、内外の競争的資金の獲得、特許実施料の収納等により、自己収入の増加に努める。</p> <p>資金計画</p> <p>(当期総利益又は当期総損失の発生要因が明らかにされているか。また、その要因分析を行い、当該要因が法人の業務運営に問題等があることによるものかを検証したか。)</p> <p>(繰越欠損金が計上されている場合、妥当な解消計画が策定されているか。また、計画に基づいて解消が進められているか。策定されていない場合、その妥当な理由が述べられているか。)</p> <p>(いわゆる溜まり金の精査におけ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期中長期計画の各年度計画における5年間の収入総予算額は2,584.0億円(決算額:2,562.1億円)、支出総予算額は2,781.1億円(決算額:2,616.0億円)となった。</li> <li>・受託研究等による外部資金の獲得額は、平成23年度:3,084百万円、平成24年度:2,733百万円、平成25年度:2,493百万円、平成26年度:3,476百万円、平成27年度:3,575百万円であった。</li> <li>・第3中長期計画期間総利益(平成23年度から27年度までの5カ年間)は一般勘定(5,075.4百万円)、債務保証勘定(312.1百万円)、出資勘定(53.8百万円)の3勘定において計上した。主な要因は、一般勘定において環境整備引当金戻入益・運営費交付金の収益化及び自己収入で取得した固定資産の残存簿価額を計上したこと、債務保証勘定において業務費が信用基金の運用収入及び保証債務損失引当金の戻入による収入を下回ったこと、出資勘定において業務費が投資事業組合出資益及び運用収入を下回ったこと、通信・放送承継勘定では業務費が勘定の収益を下回ったことである。</li> <li>・第3中長期計画期間総損失(平成23年度から)は基盤技術研究促進勘定(51.7百万円)の1勘定において計上した。主な要因は、研究開発委託による業務費が、事業収入及び運用収入を上回ったことである。</li> <li>・繰越欠損金は基盤技術研究促進勘定(57,380.2百万円)、出資勘定(2,809.8百万円)の2勘定において計上した。主な要因は、基盤技術研究促進勘定において基盤技術円滑化法第7条第1項に掲げる業務に使用した政府出資金と、これまでに収益として納付のあったものとの差額、出資勘定において特定通信・放送開発事業円滑化法第6条第2号に掲げる業務に必要な資金に充てるため、旧通信・放送機構から承継した政府出資金のうち、回収不可能なものがあること等である。</li> <li>・該当するものはない。</li> </ul>
--	---	---

<p><b>1 一般勘定</b>          運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅲ 業務運営の効率化に関する事項」で示した事項について配慮し、特許料収入等の適正な自己収入を見込んだ上で、中期計画の予算及び収支計画を作成し、当該予算及び収支計画による運営を行う。          また、競争的資金等の外部</p>	<p>る、下記のような運営費交付金債務と欠損金等との相殺状況に着目した洗い出し状況          i) 運営費交付金以外の財源で手当てすべき欠損金と運営費交付金債務が相殺されているもの          ii) 当期総利益が資産評価損等キャッシュ・フローを伴わない費用と相殺されているもの)</p> <p>(年金、基金、共済等の事業運営のための資金運用について、法人における運用委託先の選定・管理・監督に関し、下記事項の取組状況          ・事業用金融資金の管理・運用に関する基本方針の策定状況及び委託先の選定・評価に関する規定状況          ・運用委託先の評価の実施状況及び定期的見直しの状況          ・資金管理機関への委託業務に関する管理・監督状況)</p> <p><b>1 一般勘定</b>          運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅰ 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置」で示した事項に配慮し、特許料収入等の適正な自己収入を見込んで中期計画の予算及び収支計画を作成し、運営を行う。また、競争的資金等の外部資金の増加に努める。</p>	<p>・年金、基金、共済等の事業運営のための資金運用はない。</p> <p>・運営費交付金を充当して行う事業については、特許料収入等の適正な自己収入を見込んで年度の予算及び収支計画を作成し運営してきた。          ・外部資金に関する説明会、有識者による実践的講習会の開催及び「外部資金獲得推進制度」の実施など、外部資金増加のための取り組みを行った          ・機構内申請書類の見直し及び手続きの簡略化により、外部資金の公募等に、より応募しやすくなるようにしてきている。          ・施設・設備等保有資産については、常に有効利用に努めている。          ただし、各年、減損兆候調査を実施した結果、当中長期計画期間内で、超高精細空間光変調装置（減損価格：1,093万円）、大型ホログラム再生用リアルタイム駆動装置（減損価格：2,598万円）等、8億8,890万円の減損処理を行った。</p>
--	---	---

資金の増加に努める。

その他、保有資産について、不断の見直しを行う。

## 2 基盤技術研究促進勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、委託対象事業の事業化計画等に関する進捗よく状況や売上状況等の把握、把握したデータ等に基づく売上納付・収益納付に係る業務を着実に実施する。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要資産は国庫納付する。

その他、保有資産について、不断の見直しを行う。

## 2 基盤技術研究促進勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、委託対象事業の事業化計画等に関する進捗よく状況や売上状況等について、外部リソース等を活用しつつ適切に把握するとともに、把握したデータ等を分析し、適切にフィードバックすること等により、売上納付・収益納付に係る業務を着実に実施する。

また、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除いた資産について、為替レート等市況の状況等を踏まえつつ、不要資産を国庫納付する。

(繰越欠損金に関して、更なる効率化を図るための検討がなされているか。)

## 3 債務保証勘定

各業務の実績を踏まえるとともに今後のニーズを十分に把握し、基金の規模や運用の適正化を図る。

債務保証業務については、財務内容の健全性を確保するため、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証範囲や保証料率につい

## 3 債務保証勘定

債務保証業務及び利子補給業務の実績及び申請状況等を踏まえつつ、基金の規模や運用の適正化を図る。

債務保証業務については、債務保証の決定に当たり、資金計画や担保の確保等について多角的な審査・分析を行い、保証料率等について、リスクを勘案した適切な水準とする。

また、保証債務の代位弁済及

・保有資産について、不断の見直しを行っている。

・全 59 案件について、事業化動向に精通したコンサルタントを活用しつつ実地ヒアリング(追跡調査)等のフォローアップを実施し、調査の結果を踏まえ事業化に向けたアドバイス等を行い、事業化の促進を図った。

・事業化により売上が計上された研究開発課題については、平成 26 年度までの間に新たに 10 課題増え 36 課題となり、事業化により売上が計上される率は平成 26 年度末現在 61.0% (平成 22 年度末 44.1%) に上昇した。

・既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、平成 24 年度に不要財産 50 億円を国庫納付した。

・平成 22 年度より新規採択は行っておらず、継続案件については平成 23 年度で終了した。  
・追跡調査を拡充し、受託者の状況を把握して適切なアドバイス等を行い、事業化の促進を図るなど、売上(収益)納付に係る業務を着実に実施した。

・第 3 中長期計画期間中の債務保証業務については、新規案件はなし。

・債務保証先 2 件の内 1 社について、金融機関との調停を経て、平成 25 年 7 月末に代位弁済(122.6 百万円)を実施した。

・他の 1 社については、経営及び財務状況等の実地調査等の管理強化に努め、事業が順調に推移し、平成 26 年 6 月に繰上返済し終了した。

・その結果、利子補給業務に係る補給金の額とあわせ、基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑制した。

・高度テレビジョン放送施設整備促進臨時措置法(平成 11 年法律第 63 号)の廃止に伴い、高度テレビジョン放送施設整備事業に対する債務保証業務を廃止した。

ては、リスクを勘案した適切な水準とする。

また、業務の継続的实施のために信用基金を維持する観点から、保証債務の代位弁済及び利子補給金の額は同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。

なお、これらに併せて、信用基金の運用益の最大化を図る

#### 4 出資勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な受取に努める。

##### (1) 投資事業組合の財産管理

投資事業組合を通じた出資については、平成 24 年末の組合解散時まで、繰越欠損金の解消に向けて可能な限り財産の最大化を図るべく、株式新規公開の実現や、組合保有株式の適時適切な売却や着実な配当の受け取りを行うよう、業務執行組合員に要請する。

なお、透明性を高める観点から、投資事業組合の財務内容を毎事業年度公表する。

び利子補給金の額については同基金の運用益及び剰余金の範囲内に抑えるように努める。

これらに併せて、信用基金の運用益の最大化を図る。

#### 4 出資勘定

本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、配当金又は分配金の着実な資金回収に努める。

##### (1) 投資事業組合の財産管理

投資事業組合を通じた出資について、平成24年組合解散時まで、株式新規公開の実現、組合保有株式の適時適切な売却や着実な配当の受取りを行うよう、業務執行組合員に要請する。

なお、透明性を高める観点から、投資事業組合の財務内容を毎事業年度公表する。

- ・既出資案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、平成 23 年度に不要資産 19.8 億円を国庫納付した。

- ・平成 24 年末の組合契約終了に向け、同組合からの決算報告等において業務執行組合員に対し組合保有株式の適宜適切な売却や、最大限の回収努力を求めるとともに、出資金以外の保有資産の早期分配についても要請した結果、平成 23 年度は 72 百万円、平成 24 年度は 29 百万円の分配が実施された。
- ・また、テレコム・ベンチャー投資事業組合の貸借対照表及び損益計算書については、研究機構ウェブサイトで公表し、透明性を確保した。

## (2) その他の出資先法人の財産管理

ア 毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努め、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移を求めるなどよりの確に経営状況の把握を行い、経営健全化計画を提出させる等、事業運営の改善を求める。

イ 事業運営の改善が見られず、経営状況の一層の悪化が見込まれる法人については、関係府省及び他の出資者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要財産を国庫納付する。

### 5 通信・放送承継勘定

保有国債などの資産のうち、不要な資産を業務の終了予定年度より前倒しして国庫納付する。

## (2) その他の出資先法人の財産管理

ア 毎年度の決算、中間決算の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努める。

また、経営状況に応じて、毎月の収支状況、資金の推移を求めるなど、よりの確に経営状況の把握を行い、経営健全化計画を提出させる等、事業運営の改善を求める。

イ 事業運営の改善が見られず、経営状況の一層の悪化が見込まれる法人については、関係者とも協議しつつ、可能な限り早期の株式処分を図る。

また、保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要財産を国庫納付する。

### 5 通信・放送承継勘定

保有国債などの資産のうち、既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、不要資産を業務の終了予定年度より前倒しして国庫納付する。

### IV 短期借入金の限度額

- ・旧通信・放送機構が直接出資し当研究機構が承継した法人の内、株式保有中の2社については、「中期経営計画、累損解消計画、年度事業計画、長期資金計画及び保守修繕計画」の策定等の指導を行ったほか、取締役会議案等事業経営に重要な影響がある事項の事前協議等を求めるとともに、議事録の提出を要請する等監督強化を行った。また、年度決算、中間決算、月次決算等の報告等を通じて、各出資先法人の経営内容の把握に努めた。
- ・加えて、出資契約に基づく実地監査を行い、内部管理全般に亘る監督を強化した。
- ・第3中長期計画期間中を通して2社とも黒字を計上し、うち1社は累積損失を解消した。

- ・平成24年3月に約1,979百万円、平成25年8月に29百万円を不要財産として国庫納付し、減資した。

- ・業務終了年度（平成24年度末）より前倒しして、平成23年度末に既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、150.6億円を国庫納付するとともに民間払戻し（0.4億円）を行った。
- ・平成25年4月1日に勘定を廃止し、平成25年9月に残余財産分配による38.2億円を国庫納付した。

- ・短期借入金の借り入れはなかった。

年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大限3カ月遅延した場合における研究機構職員への人件費の遅配及び研究機構の事業費支払い遅延を回避するため、短期借入金を借り入れることができることとし、その限度額を17億円とする。

**V 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産がある場合には、当該財産の処分に関する計画**

民間基盤技術研究促進業務、出資業務及び通信・放送承継業務に係る保有財産の評価を行い、国庫納付できる不要財産を算定し、国庫納付を行う。また、稚内電波観測施設跡地等の不要財産を国庫納付する

。

(固定資産等の活用状況等について、検証を行ったか

- ・ 独立行政法人整理合理化計画で処分等することとされた資産について処分等の取組み状況が明らかにされているか
- ・ 保有財産の見直し状況について、主要な固定資産についての固定資産一覧表等を活用した監事による監査などにより適切にチェックされているか
- ・ 減損会計の情報等について適

- ・ 一般勘定は、平成 25 年度に国より承継した旧稚内電波観測施設の土地及び工作物を現物納付した。また、平成 27 年度に与那国遠距離海洋レーダ観測施設の建物等を現物納付した。基盤技術研究促進勘定は、平成 24 年度に旧通信・放送機構から承継した資産 50 億円を国庫納付した。
- ・ 出資勘定は、平成 23 年度に旧通信・放送機構から承継した資産の有価証券の譲渡収入を含む現金及び預金 19.8 億円を国庫納付した。また、平成 25 年度に旧通信・放送機構から承継した資産の現金及び預金 0.3 億円を国庫納付した。通信・放送承継勘定は、平成 23 年度に旧通信・放送機構から承継した資産 150.6 億円を国庫納付した。
- ・ 白山ネットワーク実験施設については、今期末で研究開発期間が終了したことから当該実験施設の売却処分に向けて関係機関と調整を行った。
- ・ 整理合理化計画で処分することとされた資産はない。
- ・ 保有資産の見直しの状況については、監事に減損兆候調査の結果等を提出し、チェックを受けた。
- ・ 毎期、独立行政法人会計基準等に基づき減損状況を調査し、固定資産にかかる減損状況を把握し、

	<p>切な説明が行われたか</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>減損またはその兆候に至った固定資産について、減損等の要因と法人の業務運営の関連の分析)</li> </ul> <p><b>VI 前号に規定する財産以外の重要な財産を譲渡し、又は担保に供しようとするときは、その計画なし。</b></p> <p><b>VII 剰余金の使途</b></p> <p><b>1 重点的に実施すべき研究開発に係る経費</b></p> <p><b>2 広報や成果発表、成果展開等に係る経費</b></p> <p><b>3 知的財産管理、技術移転促進等に係る経費</b></p> <p><b>4 職場環境改善等に係る経費</b></p> <p><b>5 施設の新営、増改築及び改修等に係る経費 等</b></p>	<p>財務諸表において減損処理の概要を公表した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>毎期、今後使用が見込まれなくなった研究用機器について減損処理を行った（なお、研究活動の進展に伴うものであり、研究機構の業務運営に特に影響を及ぼさない）。</li> <li>該当する計画はなし。</li> <li>剰余金を使用した経費は無かった。</li> </ul>
--	--	---

自己評価

<p>評定</p>	<p>B</p>
-----------	----------

【評価結果の説明】

第3期中長期計画に沿って以下のように業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

- ・ ほぼ前年度並みの当期利益又は損失が見込まれ、資金運用についても健全に行われており、平成27年度も大幅な変動は無く適正な財務内容となった。
- ・ 不要財産については適切に国庫納付した。
- ・ 基盤技術研究促進勘定は、新たな研究委託は終了しているため、研究開発委託先への事業化に向けたアドバイス等を通じ売上拡大を促し、繰越欠損金の縮小に努

めた。また、外部コンサルタントを活用して追跡調査を実施し、平成 26 年度までの間に新たに事業化により売上が計上された課題数が 10 課題増え 36 課題となり、売上が計上される率は 61.0%に上昇した。

- ・債務保証勘定については各種関係法規等に基づき、適切に業務を執行している。
- ・出資勘定については中長期計画の目標を達成できている。独法の事務・事業の見直し基本方針（22.12.7 閣議決定）に基づき、平成 24 年 3 月に 1,979 百万円及び平成 25 年 8 月に 29 百万円の国庫納付を行った。また、出資勘定での出資先 2 社は、第 3 中長期計画期間を通して黒字決算を継続し、内 1 社は平成 26 年度決算で累積損失を解消した。
- ・通信・放送承継勘定については、業務終了年度（平成 24 年度末）より前倒しして、平成 23 年度末に既往案件の管理業務等の経費に掛かる必要最小限の資産を除き、150.6 億円を国庫納付するとともに民間払戻し（0.4 億円）を行った。

#### 「必要性」

- ・各勘定及び法人単位の財務諸表等は、独立行政法人会計基準に準拠して財政状態、運営状況、キャッシュ・フローの状況及び行政サービス実施コストの状況、各勘定の損益状態等を適正に表示するものであり、ホームページ等で公開し、情報をディスクローズすることは必要である。
- ・基盤技術研究促進勘定における売上（収益）納付の適正を確保するためには、案件管理業務は必要である。
- ・債務保証勘定については情報通信インフラストラクチャーの高度化及び情報格差（デジタル・デバイド）の是正等に向けて引き続き利子補給業務は必要である。
- ・出資勘定については本勘定に係る繰越欠損金の解消に向け、着実な資金回収に努める必要がある。

#### 「効率性」

- ・平成 27 年度決算が今後確定することとなるが、ほぼ前年度並みの当期利益又は損失が見込まれ、資金運用についても健全に行われており、適正な財務内容となるが見込まれる。
- ・基盤技術研究促進勘定においては、平成 24 年度に不要財産の国庫返納（50 億円）を行った際の業務見直しに沿って効率的に業務を実施した。
- ・債務保証勘定については各種関係法規等に基づき、適切に業務を執行している。
- ・出資勘定については各種関係法規等に基づき、適切に業務を執行している。

#### 「有効性」

- ・各勘定の損益状態を正確に財務諸表に計上し、ホームページ等で公開し、財政状態、運営状況等を国民に開示し、研究開発機関としての事業内容について国民の理解を得ることは有効である。
- ・基盤技術研究促進勘定における、追跡調査、広報等の結果として事業化による売上が計上された課題数は増えていること等から、案件管理業務は有効である。
- ・債務保証勘定については利子補給等業務については、ケーブルテレビの光化・広帯域化に貢献した。



・ 出資勘定については出資業務については、地域情報化に寄与している。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 5

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	VIII その他主務省令で定める業務運営に関する事項		
当該項目の重要度、難易度		関連する政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ								
評価対象となる指標	達成目標	基準値等 (前中長期目標期間最終年度値等)	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	(参考情報) 当該年度までの累積値等、必要な情報

3. 中長期目標、中長期計画、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<b>V その他業務運営に関する重要事項</b>	
<b>1 施設及び設備に関する計画</b>	
安全で良好な研究環境を提供するため、長期的な展望に基づき、アウトソーシングなどを活用しつつ、適切に自主営繕事業を推進し、業務の実施に必要な施設及び設備の計画的かつ効率的な整備に努める。	
<b>2 業務・システムの最適化の推進等</b>	
機構の電子処理システムを高度化すること等により、業務・システムの最適化を進める。 また、政府の情報セキュリティ対策における方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進するとともに、利用者の利便性の向上を図る。	
<b>3 業務運営上の安心・安全の確保</b>	
(1) 事故及び災害の未然防止等の安全確保策を推進する。 (2) 職員の健康増進、女性・外国人研究者にも配慮した適切な職場環境の確保に引き続き努める。 (3) メンタルヘルス、人権等の労務問題への効果的な対応を図る。 (4) 庁舎のセキュリティの確保に引き続き努める。 (5) 災害や緊急事態に即応可能な危機管理体制を構築する。	

**4 省エネルギーの推進と環境への配慮**

研究活動に伴う環境影響に配慮するとともに、環境負荷低減に向けたエネルギーの有効利用促進に引き続き積極的に取り組む。

**5 情報の公開・保護**

公正で民主的な法人運営を実現し、法人に対する国民の信頼を確保するという観点から、情報の公開及び個人情報保護に適正に対処する。

## 中長期計画

**VII その他主務省令で定める業務運営に関する事項****1 施設及び設備に関する計画**

中期目標を達成するために必要な別表5に掲げる施設・設備の更新・更改を適切に実施する。

**2 人事に関する計画**

- ・ 業務の質の向上のため、能力主義に基づく公正かつ透明性の高い人事制度を構築する。
- ・ 研究者の適性に合わせたキャリアパスを設定し、適切な配置、処遇を行う。
- ・ 機動的な研究開発プロジェクトの推進や効率的・効果的な業務の遂行のため、人員配置の重点化に努める。

**3 積立金の使途**

- (1) 中期計画の剰余金の使途に規定されている重点的に実施すべき研究開発に係る経費、広報や成果発表、成果展示等に係る経費、知的財産管理、技術移転促進等に係る経費、職場環境改善等に係る経費、施設の新営、増改築及び改修等に係る経費等に充当する。
- (2) 第2期中期目標期間終了までに自己収入財源で取得し、第3期中期目標期間に繰り越した固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。
- (3) 第3期中期目標期間において債務保証業務における代位弁済費用が生じた場合に必要となる金額に充当する。

**4 業務・システム最適化の推進**

研究機構の情報システム全体を統括する体制の整備を行い、業務の電子化、調達等の事務の効率化、手続きの迅速化等、情報の効率的な利用を推進するとともに、集約された情報を経営戦略立案及び意思決定に活用する。

**(1) 情報基盤の高度化の推進**

研究機構の情報システムの一層の高度化を行い、利用者の利便性の向上を図るとともに、先進的な研究を支えうる情報基盤を整備し、最適化を図る。

**(2) 情報セキュリティの確保**

政府の情報セキュリティ対策における方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進する。また、セキュリティに関する訓練などを通じてセキュリティに関する啓発を行い、組織全体としての情報セキュリティ意識を一層向上させる。

**5 その他研究機構の業務の運営に関し必要な事項****(1) 職場安全の確保**

事故や災害を未然に防止するため、職場の安全点検を実施するほか、安全衛生委員会を活用して計画的に安全対策を推進する。

**(2) 職員の健康増進等、適切な職場環境の確保**

長時間労働者の健康障害防止のためのケア等、必要な対策を講ずるとともに、超過勤務の縮減に努める。  
また、女性・外国人にも配慮した安全衛生教育を通じて職員の安全衛生に対する意識の向上を図り、適切な職場環境の確保に努める。

**(3) メンタルヘルス・人権等の労務問題への対応**

メンタルヘルスカウンセリングの活用等、産業医等の協力のもとに健康管理を実施する。  
また、各種ハラスメントを未然に防止するため、啓発活動を通じて職員の意識向上に努める。

**(4) 施設のセキュリティの確保**

セキュリティ設備の機能を保持し、施設におけるセキュリティの確保に努める。

**(5) 危機管理体制の構築**

災害や緊急事態において迅速かつ適切に対処するため、緊急連絡網を用いた情報伝達訓練の実施等を通じて実効ある危機管理体制を構築する。

**6 省エネルギーの推進と環境への配慮**

研究機構全体としてのエネルギー使用量及び温室効果ガス排出量の把握、分析を行う。

また、分析結果を活用し、エネルギー使用設備等の高効率機器への置き換えや、同機器の導入を行い、省エネルギー化の推進及び温室効果ガス排出量の抑制を図る。

**7 情報の公開・保護**

社会への説明責任を果たし、研究機構に対する国民の信頼を向上させるために必要な情報を適時、適切に公開するとともに、情報の開示請求に対し、適正かつ迅速に対応する。

また、研究機構の保有する個人情報について、適切な取り扱いを徹底する。

主な評価指標

<評価の視点>

・中長期計画に定められた各項目の達成度

中長期目標	中長期計画	法人の業務実績等
<b>V その他業務運営に関する重要事項</b>  <b>1 施設及び設備に関する計画</b> 安全で良好な研究環境を提供するため、長期的な展望に基づき、アウトソーシング	<b>VIII その他主務省令で定める業務運営に関する事項</b>  <b>1 施設及び設備に関する計画</b> 中期目標を達成するために必要な別表 5 に掲げる施設・設備の更新・更改を適切に実施する。	・第 3 中長期計画期間中に計画した施設整備等を完了した。 また、中長期修繕計画に沿った更新・更改を実施した。

<p>などを活用しつつ、適切に自主営繕事業を推進し、業務の実施に必要な施設及び設備の計画的かつ効率的な整備に努める。</p>	<p><b>2 人事に関する計画</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・業務の質の向上のため、能力主義に基づく公正かつ透明性の高い人事制度を構築する。</li> <li>・研究者の適性に合わせたキャリアパスを設定し、適切な配置、処遇を行う。</li> <li>・機動的な研究開発プロジェクトの推進や効率的・効果的な業務の遂行のため、人員配置の重点化に努める。</li> </ul> <p>(人件費の制約の中で、研究・開発力が劣化することのないよう、引き続き努力しているか。)</p> <p>(有期雇用職員の適切な登用と、成果に応じた昇給等のインセンティブ向上につながる制度の検討をしているか。)</p> <p><b>3 積立金の使途</b></p> <p>(1) 中期計画の剰余金の使途に規定されている重点的に実施すべき研究開発に係る経費、広報や成果発表、成果展示等に係る経費、知的財産管理、技術移転促進等に係る経費、職場環境改善等に係る経費、施設の新営、増改築及び改修等に係る経費等に充当する。</p> <p>(2) 第2期中期目標期間終了までに自己収入財源で取得し、第3期中期目標期間に繰り越した固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・優れた業績を上げた有期雇用職員に対する特別昇給の制度を平成 24 年度に整備。平成 27 年度末までに 16 名の有期雇用職員が特別昇給した。</li> <li>・専門性の高い業務に従事する職員の処遇を見直すなどのキャリアアップの形成に努めた。</li> <li>・「技術系パーマネント職員」を明確に定義し、公募・採用した。</li> <li>・新たな研究開発課題に対して、機動的、効率的かつ効果的に研究開発を実施するため、兼務発令や有期雇用職員の活用、産学との人事交流などを含め、効果的・効率的な業務運営に留意した人事配置を行った。</li> <li>・連携することによりプロジェクトのさらなる推進が期待できる研究室間で兼務発令を行うなど、機構全体の運営を通じて研究プロジェクトが効果的・効率的に推進できる運営に努めた。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・組織全体の人件費総額を抑制しつつ、新たな研究センター立ち上げに伴う人的リソースの割り当て等にも柔軟に対応できるよう、有期雇用職員の活用を進めた。</li> <li>・外部資金による有期雇用を活用することで、運営費交付金によらない研究開発への人的リソースの確保を行った。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有期雇用職員のインセンティブ向上に資するため、平成 24 年度に創設した、優れた業績を上げた者に対する特別昇給の制度に基づき、平成 27 年度末までに 16 名の有期雇用職員を特別昇給させた。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・剰余金を使用した経費は無かった。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・第 2 期中期目標期間中までに自己収入財源で取得した固定資産については、その残存簿価を前中期目標期間積立金として第 3 中長期目標期間に繰り越しているものであり、第 3 中長期に発生した当該固定資産の減価償却等に要する費用は、同積立金から取り崩しを行った。</li> </ul>
--	---	--

## 2 業務・システムの最適化の推進等

機構の電子処理システムを高度化すること等により、業務・システムの最適化を進める。

また、政府の情報セキュリティ対策における方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進するとともに、利用者の利便性の向上を図る。

(3) 第3期中期目標期間において債務保証業務における代位弁済費用が生じた場合に必要となる金額に充当する。

## 4 業務・システム最適化の推進

研究機構の情報システム全体を統括する体制の整備を行い、業務の電子化、調達等の事務の効率化、手続きの迅速化等、情報の効率的な利用を推進するとともに、集約された情報を経営戦略立案及び意思決定に活用する。

(機構全体の視点から事務業務間の連携を図り、効率化を推進しているか。)

### (1) 情報基盤の高度化の推進

研究機構の情報システムの一層の高度化を行い、利用者の利便性の向上を図るとともに、先進的な研究を支える情報基盤を整備し、最適化を図る。

・該当事例なし。

・研究機構の情報システム全体を統括する体制を整備し、経営企画部企画戦略室と社会還元促進部門情報システム室で、研究機構全体の業務に係る情報システムを統括し、業務の電子化、調達等の事務の効率化、手続きの迅速化等、情報の効率的な利用を推進した。

・従来各部署で契約していた「情報システムの運用」を本部で一括契約（公共サービス改革対応：内閣府官民競争入札等監理委員会）し、契約の効率化等に加えて、研究機構全体の情報システムを統括する体制強化を行った。

これにより、各部署の地域・業務特性を考慮しつつ、地方拠点の情報システム運用を統一管理することで、コストダウンとサービス向上の両立を実現できた。

・機構内で共通的に使用するソフトウェアを本部で一括契約することにより、効率化に寄与しつつ、最新のソフトウェアの利用を推進することによりセキュリティ確保に努めた。

・業務の効率化、運用コスト削減を実現するため業務系システムの統合化・共通化を進め（仮想環境を活用）、業務系システムはプライベートクラウド化を完了した。

・本部及び地方センターの一部において共用無線 LAN の整備を完了し、ペーパーレス会議等を可能にした。

・重要なデータのバックアップと、一部のサービスを堅牢なデータセンター内に收容し、大規模災害等発生時の業務継続性を高めた。

・様々な研究成果発信が可能なウェブサーバの整備を行い、高いセキュリティレベルを実現しつつ、高度な研究成果を安全に公開することが可能となった。また、共用 Web サーバはリプレイスと共に冗長化が完了し、大規模なメンテナンスを除き、継続的な情報発信が可能となった。

・老朽化した業務系システムの OS やハード・ソフトウェアのサポートが終了する前に、統合化・共通化された仮想計算機上等に移行し、情報セキュリティや機能・性能を向上させつつ、高度な研究活動が継続的に行えるよう、支援した。

・老朽化したネットワークスイッチ群のリプレイスを実施し、維持管理コストを削減しつつ、本部全域を増強した。

・老朽化した機構内共通 PC から順次リプレイスを実施し、快適さと高いセキュリティレベルを両立した（平成 27 年度）。

・リプレイスが必要なサーバ、ストレージについて機能集約（仮想化等で共通化）を行い、資源の効率化をさらに進めた（平成 27 年度）。

**(2) 情報セキュリティの確保**

政府の情報セキュリティ対策における方針を踏まえ、適切な情報セキュリティ対策を推進する。また、セキュリティに関する訓練などを通じてセキュリティに関する啓発を行い、組織全体としての情報セキュリティ意識を一層向上させる。

- ・ 研究機構内に設置した脆弱性診断装置、侵入検知装置や、ファイアウォールから得られた情報を収集・分析し、365日24時間監視体制を維持運用するだけでなく、研究機構のサイバーセキュリティ分野の先進的研究開発成果を試験導入することにより、不正アクセスによる障害発生を防ぎ、また、被害の拡大を食い止めた(平成27年度)。
- ・ 平成25年4月から発足した機構内のセキュリティ対応専門部隊 CSIRT (Computer Security Incident Response Team) により、インシデント発生時に、ネットワーク切断やその対応策などを迅速に実施し、事故の拡大を防ぎ適切な対策を行うとともに、再発防止の対策をとることができた。
- ・ 全職員等を対象としたセキュリティセミナー、セキュリティ自己点検、セキュリティ研修を毎年継続的に実施し、新しい項目を追加するなどして、個々のセキュリティ意識の向上を図った。
- ・ 職員を対象として標的型メール攻撃訓練を実施し、標的型メール攻撃に対する職員の意識向上や実際それが起きたときに対処方法の確認などができ、セキュリティ向上に資した。
- ・ 研究公開(情報発信)で用いるシステムやプログラムについて、脆弱な開発・運用が生じないよう、助言を行うと共に運用支援を行った(平成27年度)。
- ・ 高度化するデバイスのセキュリティ対策のため端末管理のガイドラインや、外部クラウド利用のガイドラインを策定した(平成27年度)。
- ・ 外部から利用するリモートアクセスサーバをリプレースし、アクセスに対し安全性と利便性の強化を行った(平成27年度)。

**3 業務運営上の安心・安全の確保**

(1) 事故及び災害の未然防止等の安全確保策を推進する。

**5 その他研究機構の業務の運営に関し必要な事項****(1) 職場安全の確保**

事故や災害を未然に防止するため、職場の安全点検を実施するほか、安全衛生委員会を活用して計画的に安全対策を推進する。

- ・ 衛生管理者の資格取得を進め、有資格者による職場巡視を毎週実施し、職場安全の確保に努めた。
- ・ 安全点検を毎年2回実施したほか、外部専門家による安全衛生診断も毎年実施した。
- ・ 外部専門家による安全衛生診断における指摘事項に対応するため、平成24年度に対応マニュアルを整備。それ以降はマニュアルに沿った対応を行い、効率的に安全衛生対策の強化を図った。
- ・ 化学物質及び高圧ガス等の危険物に対する管理体制を強化するため、平成25年度に「化学薬品等取扱いマニュアル」及び「高圧ガス取扱いマニュアル」を整備。平成26年度には講習会も開催した。平成27年度は化学物質リスクアセスメントの進め方について講習会を開催した。
- ・ 安全衛生委員会を各年度とも毎月開催し、職場の安全対策について討議し、職場安全の確保等に努めた。

(2) 職員の健康増進、女性・外国人研究者にも配慮した適切な職場環境の確保に引き続き努める。

(3) メンタルヘルス、人権等の労務問題への効果的な対応を図る。

(4) 庁舎のセキュリティの確保に引き続き努める。

(5) 災害や緊急事態に即応可能な危機管理体制を構築する。

### (2) 職員の健康増進等、適切な職場環境の確保

長時間労働者の健康障害防止のためのケア等、必要な対策を講ずるとともに、超過勤務の縮減に努める。

また、女性・外国人にも配慮した安全衛生教育を通じて職員の安全衛生に対する意識の向上を図り、適切な職場環境の確保に努める。

### (3) メンタルヘルス・人権等の労務問題への対応

メンタルヘルスカウンセリングの活用等、産業医等の協力のもとに健康管理を実施する。

また、各種ハラスメントを未然に防止するため、啓発活動を通じて職員の意識向上に努める。

### (4) 施設のセキュリティの確保

セキュリティ設備の機能を保持し、施設におけるセキュリティの確保に努める。

### (5) 危機管理体制の構築

災害や緊急事態において迅速かつ適切に対処するため、緊急連絡網を用いた情報伝達訓練の実施等を通じて実効ある危機管理体制を構築する。

- ・長時間労働対策として、長時間にわたる労働実績がある職員が所属する部署の管理監督者あてに注意喚起を実施するとともに、必要に応じて当該労働者に産業医の面談勧奨を行ったほか、定時退社日の実施を含めた超過勤務の縮減対策を実施した。
- ・採用者及び転入者を対象とした外部専門家による安全衛生教育を各年度とも2回実施した。
- ・平成24年度から、部内Web上に英語版の「新入者のための安全衛生」を掲載し、外国人に対する安全衛生に関する理解増進を図った。
- ・女性に対する健康上の配慮として、平成24年度から希望者に対してマンモグラフィ検査が受けられるようにした。

- ・「外部メンタルヘルス相談窓口」を設置、職員等が相談しやすい方法（電話、対面又はWebいずれでも可）でカウンセリングが受けられるようにするとともに、メンタルヘルスカウンセラーによる相談を毎月実施した。
- ・職員の心の健康保持のため、各年度において講演会を開催した。
- ・各年度において、産業医による「健康相談」を毎月開催し、健康診断における有所見者等との面談を実施した。
- ・各種ハラスメントを防止するため、研究機構内に「NICT セクシュアル・ハラスメント相談員」を配置するとともに、「外部セクハラ・パワハラ相談窓口」を設置しているほか、ハラスメントの防止に関する講演会を毎年開催した。
- ・平成24年度以降は毎年、「NICT セクシュアル・ハラスメント相談員」に対する研修を実施している。なお、これまでに相談事例はあったものの、特段問題となる事例はなかった。

- ・施設におけるセキュリティ強化のため、最新式の監視カメラを導入するなどして必要な設備を更新し、更なるセキュリティレベルの向上を図った。

- ・東日本大震災において、携帯電話等がつながりにくかった経験を踏まえ、平成23年度に電子メールやWebを活用した「安否確認システム」を導入。これを利用した情報伝達訓練を毎年春と秋の2回実施している。
- ・東日本大震災の発生を契機とした危機管理体制の見直しとして、災害発生時における業務の継続的な運営又は被害の拡散防止のため、初動対応、優先的に取り組むべき重要な業務及び業務の継続に必要な資源の方法について業務継続計画（BCP）を平成24年度に策定した。平成



#### 4 省エネルギーの推進と環境への配慮

研究活動に伴う環境影響に配慮するとともに、環境負荷低減に向けたエネルギーの有効利用促進に引き続き積極的に取り組む。

#### 5 情報の公開・保護

公正で民主的な法人運営を実現し、法人に対する国民の信頼を確保するという観点から、情報の公開及び個人情報保護に適正に対処する。

#### 6 省エネルギーの推進と環境への配慮

研究機構全体としてのエネルギー使用量及び温室効果ガス排出量の把握、分析を行う。

また、分析結果を活用し、エネルギー使用設備等の高効率機器への置き換えや、同機器の導入を行い、省エネルギー化の推進及び温室効果ガス排出量の抑制を図る。

#### 7 情報の公開・保護

社会への説明責任を果たし、研究機構に対する国民の信頼を向上させるために必要な情報を適時、適切に公開するとともに、情報の開示請求に対し、適正かつ迅速に対応する。

また、研究機構の保有する個人情報について、適切な取り扱いを徹底する。

((法律、政府方針等を踏まえた取り組みに加えて、) 法人の業務に係る国会審議、会計検査、予算執行調査等の指摘事項等について、適切な取

25年度以降は、初動対応要員等の体制を職員の異動に対応したものとなるよう見直しを行い、実効性を確保した。

- ・平成24年度及び平成25年度においては、災害用の備蓄品の見直しを実施した。
- ・平成26年度には、勤務時間中に大規模震災等に襲われた際の被害軽減に資するため、救助工具等を備えたベンチを本部の各号館の全フロアに配備。また、平成27年度には、保護帽子等を含むデスクサイド防災セットを本部に勤務する全職員に配布した。
- ・平成27年度には、非常時に備蓄品を確実に使用することができるように、防災倉庫を設置した。

- ・省エネ法に準拠した規程やマニュアルを整備し、管理体制の強化及び省エネ機種への更新ルールの統一を図った。
- ・電力使用量の把握について、本部においてクラウドサービスを利用した「電力の見える化」システムを構築し運用を開始し、リアルタイムでの状況分析や累積傾向などから、より具体的な省エネ対策を得られるようになった。
- ・東京都の特定温室効果ガス排出量削減義務については、全体の省エネ意識の向上により、削減義務を達成できた。(排出上限量：30,166tに対し、排出量実績：29,939t)。

- ・中長期目標期間中の法人文書の開示請求(平成23年度：2件、平成24年度：0件、平成25年度：7件、平成26年度：7件、平成27年度：1件、平成26年度案件の異議申し立て：3件)に対しては、独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律に基づき、適切に対応した。
- ・研究機構の保有する個人情報の適切な取扱いを徹底するため、各年度において実施したコンプライアンス研修において個人情報保護に関する出題を行い、正答の解説を行うことで職員の理解増進を図った。また、新規採用研修においても個人情報保護、情報管理等に関する講義を実施した。
- ・行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律(平成25年法律第27号)の施行及び「独立行政法人等の保有する個人情報の適切な管理のための措置に関する指針について」(平成16年総管情第85号総務省行政管理局長通知)の改正を踏まえ関係規程の整備を行った(平成27年度)。

- ・三菱電機による不適切請求問題を受け、機構内に対策本部を立ち上げ、過払い額の算定や再発防止策を策定するとともに、研究開発の遂行に支障が生じないように研究計画の見直しを行う等、適切に対応している。  
なお、過払い額については、三菱電機から返還を受け国庫に返納した。

	<p>組みを行ったか。)</p>	<p>&lt;再発防止策&gt;                  工数付替えによる過大請求を防ぐために、会計検査院の指摘も踏まえ、制度調査及び原価監査に関する実施要領を整備するなどして、次のような処置を講じた。                  ◇制度調査の実施項目、実施方法等を定め、他の調達機関と連携して調査を実施できることとした。また、制度調査を実施する専任の担当者を配置するなど実施体制を整備した。                  ◇工数計上を行った契約相手方の担当者から聴取を行ったり、抜き打ち監査を行ったりするなど原価監査の手法等を見直した。また、原価監査を実施する専任の担当者を配置するなど原価監査の充実及び強化を図った。</p> <p>(再掲)                  ・平成 26 年度会計検査院決算検査報告において、当機構における現場購買制度に関し、不適切な処理が行われているとの指摘を受け、当機構から同院へ再発防止のための改善策について報告。その結果、「改善の処置済事項」として平成 27 年 11 月に会計検査院から国会へ報告された。                  なお、平成 27 年度においては、以下のような不祥事の発生未然防止、再発防止に取り組んだ。                  &lt;再発防止のための改善策&gt;                  現場購買について、次の対策を実施し、不適切な処理の発生を防止する。                  ①調達説明会、eラーニングによりルールの遵守について周知徹底を図る。②室長等による契約原簿の整備。③契約原簿記載内容の財務部および監査室における定期的な確認。④支払時における財務部の点検。⑤不適切な事例に関する監査室による内部監査。⑥検査の結果、不適切な処理を行っている判断された研究室等に対する契約締結前の契約担当者以外による事前点検。</p>
--	------------------	--

自己評価

評価 B

**【評価結果の説明】**  
 第3期中長期計画に沿って以下のように業務を着実に実施し、十分に目標を達成した。

- ・優れた業績を上げた有期雇用職員の特別昇給の制度等、職員の能力発揮に向けた施策に取り組んでいる。
- ・職場の安全確保やメンタルヘルス対策をはじめとする職員の健康安全管理に関する諸施策を、中長期計画に基づき着実に実施した。
- ・業務継続計画（BCP）の策定等、災害発生に備えた実効ある危機管理体制の構築に努めた。
- ・施設及び設備に関する計画は中長期計画に基づき、建物・設備の老朽化対策等が必要な設計、工事等を予定どおり実施した。
- ・省エネルギーの推進については、規程やマニュアルを整備し、管理体制の強化及び高効率型への更新ルール統一が図られた。
- ・機構全体の電力使用量の増加を抑制する対策として、本部においてクラウドサービスを利用した「電力の見える化」システムを構築し運用を開始した。

- ・東京都の条例に基づく温室効果ガスの削減に向けた取り組みにあたり、東京都と必要な調整を行った結果、第1期計画期間の削減義務を達成した。
- ・研究機構の情報システム全体を統括する体制によって、従来各部署で契約していた「情報システムの運用」を小金井で一括契約し、契約の効率化等に加えて、研究機構全体の情報システムを統括する体制強化を行った。また、集約された情報に基づき、機構内で共通的に使用するソフトウェアを一括購入することにより、経費の効率的な運用を行うとともに、最新のソフトウェアの利用を推進することによりセキュリティ確保に努めた。
- ・研究機構内に設置したセキュリティチェック装置及びファイアウォールからの情報を常時監視し、365日24時間監視体制を維持運用することにより、不正アクセスによる障害発生を防ぎ、また、被害の拡大を食い止めた。
- ・平成25年4月に機構内のセキュリティ対応専門部隊 CSIRT (Computer Security Incident Response Team) を発足させ、インシデント発生時に、ネットワーク切断やその対応策などを迅速に実施し、事故の拡大を防ぎ適切な対策を行うとともに、再発防止の対策をとることができた。
- ・業務の効率化、運用コスト削減を実現するため業務系システムの統合設計を進め（仮想環境を活用）、業務系システムのプライベートクラウド化を完了した。
- ・重要なデータのバックアップをデータセンターに保存するシステムの運用を開始し、大規模災害等発生時の業務継続性を高めた。
- ・機構内共通 PC について一部リプレースを実施し、信頼性と性能の向上に寄与した。

#### 「必要性」

- ・人事政策の推進は、組織運営上、当然に必要な事項である。
- ・危機管理体制の向上や適切な情報の公開・保護は組織の健全な運営のために不可欠である。
- ・施設及び設備の適切な維持運用は、研究開発の円滑な継続のために必要である。
- ・情報システムの運用、構築等については研究機構全体としての効率化を推進することが求められる。また、日々巧妙化するサイバー攻撃を防ぎつつ、研究機構内から外部に向けて研究成果を発信することが求められている。

#### 「効率性」

- ・職員が健康かつ安全に働ける環境を構築することは、組織の効率的運営の基盤となるものである。
- ・危機管理体制の向上は、機構の安定的な業務運営の効率化に資するものである。
- ・コンプライアンス研修において、個人情報保護に関連する出題を行うなど、効率的な理解増進に関する施策を講じた。
- ・施設及び設備の計画的な維持運用は、効率的な研究活動の基盤となっている。
- ・情報システムの性能およびセキュリティを改善することによって、業務効率が向上する。また、共通性の高いシステムを情報システム室による一元管理とすることにより、機構全体としての効率が向上する。
- ・事務作業の業務効率化により、機構職員全体の作業負担が軽減できる。また、業務システム更改時に業務設計や業務間連携の見直しを行うことにより、業務改善効果を最大限発揮できるとともに業務システム投資の効率化が行える。

- ・情報システムおよび情報セキュリティ維持に対する需要は急速に増大しているが、その中で、効率性にも留意し、経費等の増加を必要最小限に抑えた。

## 「有効性」

- ・職員がその能力を発揮できる環境を整備することは、最大のリソースである人材の維持において有効である。
- ・実効ある危機管理体制の構築は、機構の安定的業務遂行の面から、情報の公開・保護を適切に実施していくことは研究機構が法令を遵守しつつ社会からの要請に的確に応えるという面から、研究機構の社会的地位の維持・向上に有効である。
- ・施設及び設備の適切な維持運用は、研究実績を発展させるために有効である。
- ・機構内の情報システムの性能を改善することによって、業務効率が向上する。
- ・機構内の情報化推進による業務運用の効率化を図ることにより、ユーザにとっては便利で迅速な、業務担当者にとっては効率的で信頼性の高い業務が実現できる。  
また、情報の有効活用を図ることにより、機構の研究成果を効果的に外部に発信し、PRに寄与することができる。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 6

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(1) 新世代ネットワーク技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	118	190	93	176	114	事業費用（億円）	17.7	16.8	15.8	13.1	9.3
特許出願数	—	14	31	25	24	14	職員数 ※内数	40	43	42	41	40

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価												
中長期目標												
<p>● <b>新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発</b></p> <p>信頼性やセキュリティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんなときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとして、インターネットの次の新たな世代のネットワークを2020年頃を実現することを目指し、産学官の力を結集して基盤技術の研究開発を推進する。</p>												
中長期計画												
<p>1 <b>ネットワーク基盤技術</b></p> <p>現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。</p>												

**(1)新世代ネットワーク技術**

新世代ネットワークの実現に向け、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術や多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術等を実現し、それらの統合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、災害発生時等の情報トラフィックの変化や情報通信インフラの一部機能不全に対してネットワーク構成を柔軟に再構築できるロバスト性をも有する新世代ネットワーク基盤技術を確立する。

**ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発**

新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立する。

また、伝送速度や信頼性、接続端末の規模など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に可能とするため、多様な通信サービスを一つのネットワークで提供可能な仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース（帯域等）分離を容易に実現できるパケット・パス統合ネットワーク上で新たに実現するとともに、仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術を研究開発し、災害救援時を含め、必要となる様々な情報を共用できるシステムを情報に応じて適切な伝送方式により仮想ネットワーク上で構築可能とする仮想ネットワーク基盤技術を確立する。

**イ 複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発**

利用者ごとに異なる必要なリソース（ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等）をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者がそれぞれ求めるネットワークサービスを柔軟に実現可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用シーンを想定した実証実験を行いつつその基盤技術の確立を図る。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発</b> 信頼性やセキュリティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんな</p>	<p>別添 1- (1) <b>新世代ネットワーク技術</b>  新世代ネットワークの実現に向け、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術や多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術等を実現し、</p>	

ときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとして、インターネットの次の新たな世代のネットワークを2020年頃に実現することを目指し、産学官の力を結集して基盤技術の研究開発を推進する

それらの統合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、災害発生時等の情報トラヒックの変化や情報通信インフラの一部機能不全に対してネットワーク構成を柔軟に再構築できるロバスト性をも有する新世代ネットワーク基盤技術を確立する。

#### ア 新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発

新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立する。

- ・新世代ネットワークの基本構造について、平成23年に主要通信事業者2者、主要通信機器製造事業者2者、1大学機関にNICTを加えた計6機関による産学官連携アーキテクチャ設計プロジェクトを編成し、遍在する移動情報源(端末等)が送出する、時々刻々と変化する情報の流通に資するネットワークの設計目標は、次の4点であることを明確化した。
  - ①センサ&ライブデータへの効率的なアクセス
  - ②コンテンツ作成に適したネットワーク内処理
  - ③移動制御の簡素化
  - ④データ流通の効率化
- ・さらに、ネットワークの機能アーキテクチャに関しての詳細設計を実施するとともに、ユースケースを明確にした。これら明確化した設計目標、詳細設計、ユースケースはホワイトペーパーとして平成24年に公開した。一部を英語化して平成25年に公開した。
- ・上記アーキテクチャを支える基盤技術としてセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、ノードIDとロケータを分離し、端末の移動通信等を円滑に行なう機構HIMALIS(Heterogeneity Inclusion and Mobility Adaptation through Locator ID Separation)と階層型自動アドレス割当機構HANA(Hierarchical Automatic Number Allocation)を開発した。
- ・HIMALISの主要なアイデアをITU-T Y.3032およびY.3034として勧告化した。この勧告に適合するHIMALISのID通信を実装し、安全で通信が切れにくい移動型無線センサネットワークを構築した。センサは通信オーバーヘッドの少ない6LowPAN対応で、ネットワークには、IPv4、またはIPv6通信機能のみを有するセンサデータ保存サーバ(シンクサーバ)にセンサのデータを転送できる機構、および、センサが異なるセンサネットワークへ移動しても通信ができ、遠隔地からセンサの設定を変更できる機能を具備し、高い利便性、操作性がある。ここで得られた知見をまとめた「Dynamic Mobile Sensor Network Platform for ID-based Communication」が、ITU-Tが標準化コミュニティと学術コミュニティの橋渡しを目的として開催する国際会議第5回Kaleidoscope Academic Conference(平成26年6月)にてBest Paper Awardを受賞した。さらに、ここで開発した、HIMALIS

プロトコルソフトウェア群をパッケージ化した。本パッケージは成果普及のため、プロトコルの詳しい知識が無くても GUI 操作で簡単にインストールができ、かつ、ID 通信の中継ノードをインターネットに繋ぐだけでアクセスネットワークを構築できるようになっている。機構内に名前解決サーバ等を整備し、機構外の研究開発者が自身のネットワークにパッケージをインストールすることにより、インターネット経由で HIMALIS 技術を利用できるテストベッドを構築し、平成 26 年度より公開した。さらに、研究者等のユーザが容易にスタンドアロンでテストベッド環境を構築できるソフトウェアパッケージを開発した。ユーザサポートを行いつつソフトウェアパッケージをマイナーアップデートすることで安定性を向上させた。中長期計画終了時、11 組織が HIMALIS ソフトウェアパッケージを利用している。

- ・ HIMALIS において、ID とロケータの対応付けをセキュアに端末管理サーバに登録し、かつ、端末のネットワークアクセス時の登録をセキュアする仕様「HIMALIS Architecture Security Specification」をまとめ、通信の信頼性を確保するため、階層型信頼認証構造を用いて、機器情報の登録・削除や、通信相手情報取得を安全にする方式をソフトウェア実装した。これにより、端末が接続するネットワークを頻繁に変更するネットワーク環境における通信の信頼性確保を実現した。一般の論文誌等で示されている従来の関連技術の検証が数 10 ホスト規模であるのに対し、本研究では、機構が持つテストベッド StarBED に開発ソフトウェア群を実装し、マルチホーム構成で、1 ネットワーク 1,000 ホスト規模で HIMALIS ホストのネットワーク接続認証を実施し、大きなネットワークでも確実に動作することを実証した。
- ・ 災害時等にネットワーク管理者が不在でも、自動でアドレス割当を実施するための機構として、階層型自動アドレス割当機構 HANA を実現した。広域災害に対応するために、広域ネットワークに HANA を適用し、BGP が動作し、かつ、100Gbps のラインカードを接続することができる商用ルータに HANA を移植し、DNS へのホスト情報を自動的に登録削除する機能も併せて機能検証した。これにより、広域災害においても、自動でアドレス割当が可能なことを実証した。さらに、HANA と HANA に特化した経路制御を組み合わせることで、災害時に被災地とバックボーンネットワークのノードとの間での回線の断絶や、ノードの機能不全、および、別のノードへの回線の再接続を実施した場合、回線復旧後、概ね 60 秒で新しい IP アドレスを再配布し、かつ通信が復旧できるシステムを実現し、機構の耐災害 ICT 研究テストベッド上で実証した。また、HANA のインターネット規模の 46,000 ネットワークレベルでの可用性を StarBED で実証し、スケーラビリティを確認した。
- ・ JGN-X の IP 仮想ルータ 8 台に、HANA 機能を搭載し、HANA を用いて一部の通信路や機器が機能不全に陥っても別経路で通信ができるネットワークを実現した。また、ネットワーク可視化システムと組み合わせることにより、通信サービスを提供するために不可欠な故障発見システムを実現した。HANA を組込んだ商用 L3SW のプロトタイプを開発した。さらに、HANA と SDN を組み合わせることにより、SDN 網の初期構築と更改を簡便にすることを狙い、LAN スイッチと端末のアドレス割当を一元管理し、自動アドレス割当を実現するととどまらず、ネットワーク保守者が必須としているネットワーク保全のためのシートを自動生成する機構を Ryu, Lagopus を用いそれらの開発関係者と開発した。これにより保守者の人為ミスをなくし、作業時間を大幅に短縮しつつ、従来の保安全管理も可能な LAN の実現が可能となった。本成果の発表は電子情報通信学会の 2015 年度ネットワーク仮想化研究会優秀



講演賞を受賞した。これをさらに推し進め、ICT サービスの迅速な提供のために必要となる、サービスネットワーク(データセンター内のサーバ間ネットワーク)構築の自動化・迅速化について、階層型自動アドレス構成機構 HANA と SDN を組み合わせることにより、複数の拠点に設置された LAN スイッチと端末のアドレス割当を SDN により一元管理することにより、自動的にサービスネットワークを構築する技術を開発した。ICT が運用している大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド上の分散データセンターにあるサーバ群のネットワークと JGN の SDN テストベッド RISE を用い、100 台の仮想サーバを用いて、任意の場所、数の組合せのサービスネットワークを最大でも 80 秒以内の短時間で構築できることを実証した。

- ・ 研究開発成果の国際展開のため、経路制御を従来の位置指示子(ロケータ)で行ない、パケット内に含める識別子には複数のロケータを重畳した ID を用いる LORIF (Locator based Routing and ID based Forwarding) 方式を米国の大学と共同で提唱した。
- ・ ネットワーク上に分散されたルータやノードが自律分散的にコンテンツをキャッシュし、そこからコンテンツの取得を可能とする「情報(コンテンツ)指向ネットワーク(Information Centric Networking/Content Centric Networking 以下 ICN/CCN)技術」の研究において、(1) ネットワーク内キャッシュ機能、(2) 広帯域リアルタイムストリーミング機構、(3) 効率的な多対多のグループ通信、(4) ICN テストベッド、の研究開発を行った。ネットワーク内キャッシュ機能に関しては、ノードとコンテンツの近傍性を考慮してキャッシュ探索する Potential Based Routing (PBR) を設計し論文発表(論文誌 Elsevier Com. Net.、平成 25 年 11 月、および学会誌 IEEE Commun. Mag. (IF: 4.460)) した。また、近傍キャッシュを通信経路に依存せずに探索する技術として、Local Tree Hunting (LTH) を提案し、IEEE ComSoc が主催する通信分野の先進成果が発表されるフラッグシップ国際会議 IEEE ICC および論文誌 IEICE Trans. Inf. & Syst. にて発表した。
- ・ 広帯域リアルタイムストリーミングを実現する「Named Real-Time Streaming (NRTS)」では米国 CCNx を用いたストリーミング帯域の上限に対し(条件によっては)2倍以上引き上げることを可能とし、国際学会(IEEE CCNC、平成 28 年 1 月)にて発表した。ICN の概念を用いた効率的な多対多のグループ通信の実現例として、コミュニティ名やサービス名を識別子とした「Community-Oriented Route Coordination on ICN (CORIN)」システムを設計し、採択率 26.4%のコンピュータネットワークの理論と実践を議論するトップレベルカンファレンスである IEEE LCN、平成 25 年 10 月)にて発表した。
- ・ コンテンツ名管理と経路制御を統合した Aggregatable Name-Based Routing (ANBR) を提案し、論文誌 IEEE Access にて発表した。
- ・ ICN 研究の推進を図るため、ICN 技術実装の評価環境として、Linux コンテナ(LXC)ベースの ICN テストベッドを設計し、プロトタイプ実装(VM)を完了した。その後、安定性を向上させ、平成 26 年 2 月末時点で、機構 とアジアにおける将来インターネットの研究開発を推進する学会 AsiaFI 参加組織を含めた合計 8 組織との接続を完了し、平成 27 年度末では 16 組織に拡大した。ICN 研究を推進するために、このテストベッドを国際的にオープンなテストベッドとして位置づけ、この分野の研究成果を広域で実証できるテストベッドとして世界で初めて実現した。この取り組みは通信業界

- に極めて大きな影響を与える学会誌 IEEE Network (Nov. 2014) (IF: 3.72) に掲載された。更に、ICN の性能解析手法を設計し、Contrace と呼ばれる計測ツールを開発し、IEEE Commun. Mag. (Mar. 2015) (IF: 4.460) に掲載された。
- ・国内での ICN 研究の推進を図るため、電子情報通信学会に情報指向ネットワーク技術時限研究専門委員会を立ち上げ、第一回の WS を平成 27 年 4 月に開催し、平成 27 年度に 3 回の研究会を開催し、この分野の国内におけるプレイグラウンドとして整備した。
  - ・国際標準化として、IETF RFC 2 勧告 (RFC6990 “RTP Control Protocol (RTCP) Extended Report (XR) Block for MPEG-2 Transport Stream (TS) Program Specific Information (PSI) Independent Decodability Statistics Metrics Reporting”、RFC 7244 “RTP Control Protocol (RTCP) Extended Report (XR) Blocks for Synchronization Delay and Offset Metrics Reporting”) と IRTF RFC 1 勧告 (RFC7476 “Information-Centric Networking: Baseline Scenarios”) を発行した。
  - ・災害時における情報共有を実現するために、ネットワーク基盤ならびに端末がスケラブルかつ省電力に通信する GreenICN 技術の研究開発を開始した。大規模ビデオ配信と情報共有の 2 つの応用例を元に GreenICN に対する要求条件を導き出し、災害時のフラッディングベース通信方式の特性の明確化や、ICN のキャッシュ機能を活用した動画配信技術の提案などを行った。低消費電力な ICN を構築するために、ICN ルータにおける電力モデルを構築した。ここでは HW ベース/SW ベース双方の ICN ルータの消費電力量を詳細に実測し、それぞれの機能で消費する電力量をモデル化した。その成果は ICN に関する代表的な国際会議 ACM ICN2014 (採択率 17.5%) で採録された。また、Identity-Based Aggregate Signatures (IBAS) を用いた軽量なユーザ認証の仕組みを国際会議 ACM ICN 2015 で発表した。さらに IRTF ICNRG にて災害時に貢献できる ICN 通信に関するドラフト提案を行った。
  - ・さらにアプリケーションに焦点を当てた GreenICN 研究活動と平行して、大規模数の情報・コンテンツを低エネルギーで流通する経路構成技術として、Energy Efficient and Enhanced-type Data Centric Network (E3-DCN) と呼ばれる消費エネルギー最適化コンテンツ配信システムのプロトタイプ開発を行い、仮想化テストベッド上で、37 台の DCN 中継ノード、320 台の端末、400 種類のデータ ID を用いた検証を実施し、単純な木構造の配信と比較し、データ取得の遅延および DCN 中継ノード負荷をそれぞれ 30%と 75%低減できることを確認した。
  - ・大容量コンテンツの流通において、コンテンツ発見手法の設計として、ネットワーク誘導を利用した “Breadcrumbs” と呼ばれる技術をベースとした階層モデルによるコンテンツ分散配置技術、配信プラットフォーム構築技術等を開発し、上記方式を実現するプラットフォームへの実装 (仮想化テストベッド上で 7 ノードによる動作検証) を完了した。また、より効率的なコンテンツ発見を実現するため、Resource Breadcrumbs (RBC) と呼ばれる方式と En-Route RBC (ERBC) と呼ばれる方式を設計した。シミュレーションの結果では、インターネット上でのコンテンツ配信に比べ、提案するサーバロケーション解決時にキャッシュ予想ロケーション情報も応答する MSRC 方式を用いることによりトラフィック量削減効果 (約 15%) が見込まれる。実証実験はネットワーク仮想化テストベッド上で実施され、50 台程度のユーザ端末を全国に配置して実験した結果、14%程度のホップカウントの削減が可能であることを実証した。
  - ・災害時等を含め、突然のネットワークの構築や変更の要求に対し、人手を介さず、自動的にネット

また、伝送速度や信頼性、接続端末の規模など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に可能とするため、多様な通信サービスを一つのネットワークで提供可能な仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース（帯域等）分離を容易に実現できるパケット・パス統合ネットワーク上で新たに実現するとともに、仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術を研究開発し、災害救援時を含め、必要となる様々な情報を共用できるシステムを情報に応じて適切な伝送方式により仮想ネットワーク上で構築可能とする仮想ネットワーク基盤技術を確立する。

ワークを構成する技術を実現し、将来の移動体通信の実現に必須な ID/LOC 分離をセキュアに実施するための技術を実現するとともに、これまでのインターネットアーキテクチャで必須であったロケーションベースの識別子では実現が困難であった新しいサービスを実現できる新しいコンテンツ指向な情報流通技術を実現することにより、新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立したと考える。さらに、ITU-T の国際標準化勧告および IETF と IRTF の RFC を発行、新しい情報指向通信技術分野で国内での時限研究専門委員会の立ち上げ、欧州委員会との共同プロジェクトの推進等により、中長期目標以上の成果を達成したと考える。

- ・仮想ネットワークの概念設計を実施し、ネットワーク仮想化の技術要件が以下の 5 点であること明確化した。
  - ①資源の抽象化
  - ②資源の独立分離性
  - ③資源の柔軟性
  - ④プログラム可能性
  - ⑤認証
- ・前中期計画で開発したパケットベースのネットワーク仮想化に対し、今中長期では、技術要件の②資源の独立分離をより強固とするため、パケット・パス統合ネットワークを転送基盤とし、より厳密に資源分離を可能とし、テストベッドレベルでのユーザ間分離を保証するための管理制御機構を開発した。これは仮想化ノードとトランスポートネットワークの管理モデルの検討を行い、トランスポートネットワーク制御管理システムを開発し、仮想化ノード管理システムと VLAN および光パスを対象としたトランスポートネットワーク制御管理システムとの連携動作をすることにより、実現した。さらに仮想化ノードにおける資源分離を適切に行うために、階層化資源管理方式の実装および評価を実施するとともに、プログラマ-リダイレクタ間を連携したリソースアイソレーション方式とトランスポートパスの優先度制御方式とを実装し、プログラマ・リダイレクタ・トランスポートネットワークの全体でリソースアイソレーションおよび動的な仮想リンク（リンクスリバ）の帯域変更を実現し、ネットワーク帯域に対する時間的な要求変動に追従するよう実装した。これにより、災害時等で通信要求に大きな変動があった場合でも適切に仮想リンク帯域を増減することが可能である。さらに、運用性および利便性向上として、異常状態スリバー削除、部分メンテナンスモード、スライス操作履歴機能、エラー表示高度化機能等を実装し、テストベッド品質の運用管理性を実現した。ネットワーク仮想化コアノードについて、プログラマ内部の 10GbE 化などネットワーク I/O 性能向上のための検討を行い、試作および検証を完了した。ハードウェアオフロード機構を適用することにより、IA サーバ内の仮想マシンを利用する Slow Path にて 10Gbps ワイヤレートのネットワーク I/O を実現した。インターネットを介して仮想ネットワークに接続するためのゲートウェイ機能について、これまでの UNI インタフェースに以外に、NNI インタフェースを実装し、複数ユーザを同時に仮想ネットワークに接続する機能を実装し、さらにマルチコア CPU によって、フロー分散/連

携処理技術を実装することで、従来モデルより 183%~340%高速化した新型ゲートウェイ装置を 20 台試作した。これら開発した NW 仮想化装置を JGN-X 上に展開し、日本で初めて、ネットワーク仮想化テストベッドを実現し、運用を行った。ネットワーク仮想化エッジノードについて、プログラム性とパフォーマンス性を両立するために、メニーコアプロセッサに仮想化技術を適用した小型・省電力のエッジノードを開発し、ネットワーク仮想化テストベッドを用いて広域ネットワーク実験を実施した。

- ・上記に加え、テストベッド上での実験および国際展開を加速するために、さっぽろ雪祭りにて複数種類の SDN 切替えによる放送配信・運用実験を実施し、アプリケーション実証を行ったほか、仮想化ノードを米国ユタ大学に設置し、米国テストベッドの ProtoGENI プロジェクトとの相互接続に成功し、日米をまたぐ大きな仮想ネットワークが実用レベルで構築できることをデモンストレーションした。これにより、今回開発したネットワーク仮想化技術の上で実現できるアプリケーションをそのまま海外で利用することができるため、ユーザの取り込みが容易となる。さらに、欧州の仮想化基 Fed4FIRE との接続を実施し、日米欧の三仮想化基盤間を日本の技術を用いて統合し、グローバルスケールな仮想ネットワークを構築できることを実証し、報道発表を実施した(平成 27 年 3 月)。
- ・仮想ネットワークを用いた実験を容易にするために、仮想ネットワーク上に展開するサービスを簡単に配置できる技術を実現した。平成 23 年度に検討したトイブロックアーキテクチャに基づく GUI インタフェースの設計ツールを開発、サービスに必要なブロックを多数のノードから成るスライス上に展開し、サービスを実行するためのサービス配置・実行ツールを開発・検証した。また、サービスを利用する端末のスライス利用状況によって、スライス内でサービスを構成する機能ブロックや仮想サーバを切り替える方式を実装、評価した。JGN-X 上の仮想化基盤だけでなく、ProtoGENI・ORCA・PlanetLab など、制御手法の異なる他の仮想化基盤との間での仮想インフラ資源の流通(フェデレーション)を実現し、高度でプログラマブルなサービス流通の範囲を拡大した。
- ・仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術について、データリンク層仮想化の実現手法として、無線アクセスシステムにおける MAC パラメータの動的制御を行うことで無線アクセス仮想ネットワークを構築する方法を提案・検討した。これを実現するための要求条件の整理に基づいたプロトタイプの試作を行い、動作実証を行った。実験の結果、提案したデータリンク層仮想化の方法によって、無線ネットワーク資源を任意の配分比率に分割することが可能となり、これを各仮想ネットワークに割り当てることが可能になることを示した。また無線ネットワーク資源の分割制御に関わる高度な計算資源をネットワーク内にプールする方式(資源プール)の基礎検討を進めた。続いて、複数の物理的な無線インタフェースを用い、サービスの種類に応じたスライスを動的に構成する仮想無線インタフェース技術、および当該技術を実装した仮想化対応 WiFi 基地局を開発した。また、空間的な無線リソース制御として、仮想化対応 WiFi 基地局内にある異なるサービス用のスライス間でハンドオーバーを行う、仮想無線インタフェース間ハンドオーバー技術を開発し、リアルタイム性を有するサービスにおいてもサービス無停止で、無線アクセス資源の切り替え動作が可能であることを実証した。更に、有線ネットワークの仮想化を行うネットワーク仮想化制御サーバとの連動により、移動通信環境においても、特定のサービス専用の

スライスを利用者の近傍に動的かつシームレスに構成し、関連サービスに関わる通信フローの疎通率及び遅延特性を改善できることを明らかにした。

- ・仮想化対応 WiFi 基地局と Information-Centric Networking (ICN) 技術を連携し、特定のサービス専用のスライス上に配置されたコンテンツを利用者の近傍性に基づいて取得する技術を実現した。さらに、特定サービスに専用化された仮想的な基地局を構成する技術と、特定サービストラフィックを仮想基地局にシームレスにハンドオーバーさせる仮想基地局間ハンドオーバー技術の開発に成功した。これにより、無線 LAN が混雑している場合でも、低遅延が要求される VoIP 通信などを優先的につながりやすくする WiFi ネットワーク、「仮想化対応 WiFi ネットワーク」を実現した。VoIP サービス要件である 50ms 以下の片方向無線リンク遅延を達成できることを実証し、混雑時における VoIP の呼接続確立時間が所定の時間 (600ms) を超える確率を 19.7% から 4.6% に低減できることを示し、報道発表 (平成 25 年 6 月 11 日) および論文誌 IEEE Transactions on Network and Service Management での誌上発表 (平成 27 年 6 月) を実施した。大規模リアルタイム CPS への応用を目指し、米国ラトガス大学 WINLAB と共同で、100ms 以下の応答時間及び 1 兆規模のアドレス空間を特徴とする仮想モバイルクラウドネットワーク技術 (以下、vMCN) の基本設計を行った。さらに上述のアクセス、コアネットワークの全経路が仮想化できる新世代ネットワークプロトタイプの構築を、JGN-X 上のネットワーク仮想化テストベッドと仮想化 WiFi システムを統合することにより実現した (平成 27 年 3 月)。クラウド機能を有するネットワーク仮想化基盤を含めたマルチドメイン相互接続機構を開発して、「WiFi とクラウドを複数のネットワークを介してつなぐマルチドメイン仮想ネットワーク」を、JGN-X 及び GENI テストベッドを利用して日米間で構築することに世界で初めて成功し、報道発表 (平成 28 年 3 月) を実施した。ラトガス大学 WINLAB と共同で、構築したネットワーク仮想化実証基盤を、全米科学財団 (NSF) が推進する大規模テストベッド GENI/MobilityFirst と融合させることで vMCN 初期実証システムの開発に成功した (平成 27 年 9 月)。国際共同実験を実施し、WiFi 輻輳かつクラウドサーバ負荷変動環境において、CPS における 100ms 応答時間違反率が、76% から 36% に 50% 以上低減できることを実証した。
- ・セルラー網においてサービスに応じたモバイルコアの仮想化がもたらすシグナリングの削減手法、および接続先仮想 NW 間振り分け機構の処理負荷軽減手法を開発し、シグナリング処理負荷 25% 削減、および振り分け処理負荷 60% 削減を達成した。(特許出願 2 件、論文誌 IEEE Access、国際会議 1 件) また、セルラー網において、複数 IoT 端末で通信回線を時分割利用する回線仮想化方式を提案し、シグナリング処理負荷を 25% 削減、設備投資を 1/100 以下に削減可能であることを実証した。(特許出願 3 件、国際会議発表 1 件 IEEE ComSoc が主催する通信分野の先進成果が発表されるフラッグシップ国際会議 GlobeCom 2015 5G Workshop、採録決定 1 件 (ICC 2016)、学会誌誌採録決定 1 件 (IEEE IoT Journal))
- ・WiFi 基地局の稠密配置環境下でサービスに適した “つながりやすさ” を実現する無線ネットワーク仮想化技術の有効性を実証するための「仮想化対応無線ネットワーク設備」を開発し、機構の小金井本部に設置した (平成 26 年 2 月)。

- ・ネットワークの仮想化について、ITU-TにてY. 3011(網仮想化の枠組み)、Y. 3012(網仮想化の要求条件)、Y. 3015(網仮想化の機能アーキテクチャ)およびY. 3300(SDNの枠組み)を日本主導あるいは強力に推進することにより、国際標準化を実施した(Y. 3015 勧告成立は平成28年4月)。
- ・より高速な光パケット・光パス統合ネットワークとネットワーク仮想化技術の一つであるOpenFlow技術を組み合わせた、光パケット・光パス統合SDN基盤技術を開発した。高速で安価なサービスと低遅延で低データ損失なサービスの提供を可能とする光パケット・光パス統合ネットワークについて、大手町と小金井の間のJGN-X光ファイバを用いてテストベッドネットワークを構築した。10ギガイーサネット12ポートと世界初の100ギガ光パケットインタフェースを持ち、かつ、SDNに対応できるインタフェースを有するレイヤ3スイッチを開発し、光パケット・光パス統合ノード装置に組み込み、アクセスネットワークからの大量データを容易に処理できるようにした。また、32ビット最長一致検索できる100ギガビット光パケットスイッチをテストベッドに組み込み、大数のエンド端末からのパケットを転送できるようにするだけでなく、JGN-XのOpenFlowテストベッドRISEと連動できる仕組みを構築し、かつさまざまなパケット・パス連携実験をできる実証基盤を構築した。サービスのQoS要求に対し、ネットワークの負荷から提供品質を計算し、適切な経路を求める経路計算エンジンを用い、かつ、光パスID/光パケットIDとOpenFlowのフローIDの間での適切なマッピングを行うことにより要求にあった経路を提供することができる、OpenFlowによって制御されるエッジネットワークと光パケット・パス統合ネットワークで構成される基幹ネットワークの連携制御のためのアーキテクチャを設計した。そのうちVLAN IDや宛先IPアドレスをOpenFlowのフローIDとして光パスや光パケットの回線にデータを流すための連携制御のための機構を実装した。光パケット・光パス統合ネットワーク技術を光メトロネットワークに適用し、産学5者(通信事業者、装置事業者、大学、検証装置事業者2者)連携により、光コア・光メトロ・光アクセスの異なるネットワークをSDNコントローラにより統合管理し、コア・メトロ・アクセスに跨がる光ネットワーク内に仮想ネットワークを構築する世界初の光SDNシステムの相互接続実験に成功し、報道発表を実施するとともに、光とSDNに関する標準化関係者と産業界研究者を中心とした国際会議iPOP2014での動態デモを実施した。さらに、産学官連携を、産学7者(通信事業者2者、装置事業者2者、大学、検証装置事業者2者)に拡張し、3箇所のSDN制御ドメインを跨って沖縄と東京を繋ぐ複数SDNコントローラの相互接続による仮想ネットワーク構築を成功し、報道発表、および、国際会議iPOP2015での動態デモを実施した。業界誌OPTCOMや新聞(日経産業新聞4.21等)等で注目された。この成果はOFC2016の招待講演等で取りあげられた。大規模光ネットワーク構築のための拡張として、32ビットの光アドレスを付与できる光パケットを構成する光パケットエッジシステムを開発し、光パケット・光パス統合システムに組み込んだ。一連のSDNの実験では、総務省が実施する戦略的情報通信研究開発推進事業(国際標準獲得型)のプロジェクトの一つであるSTRAUSSの成果の一部も活用し、技術の相互接続性の向上に貢献した。光パケット・光パス統合システムのインターネット接続試行や、仮想化、SDN制御などを紹介する招待論文が2013年インパクトファクタ(IF)2.862のIEEE/OSA JLT誌に掲載された。("Optical Packet and Circuit Integrated Networks and Software Defined Networking Extension," IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, Vol. 32,

No.16, pp. 2751-2759, Aug. 15, 2014 (invited)) (平成26年8月)。また、光パケット・光パス統合ネットワークのSDN化に関し、光通信分野における世界最高の成果を競い合う分野最難関の国際会議 ECOC2013 (平成25年9月) アジア太平洋地区で開催される光通信分野における先進成果が発表される国際会議 OECC2015 (平成27年7月) 等で招待講演した。

- ・光・電気融合ネットワークにおいて、トラヒック変動や故障に耐久性を維持しながらアプリケーションの品質を最大化する動的帯域制御方式の設計と基本実装を行ない、JGN-X、SINET4、Internet2に跨ったネットワークを構築し日米連携での実証実験を実施した。その成果が認められ、国際会議 IEEE Globecom2015 で、「An Analytical Model of Spectrum Fragmentation in a Two-Service Elastic Optical Link」と題した理論モデルの研究が Best Paper Award を受賞した。ほか、国際会議 ICTON2015 (International Conference on Transparent Optical Networks、欧州で開催される欧州委員会の実施する FP7/HORIZON2020 プログラム参加の研究者が多く参加する国際会議) で招待講演を実施した。
- ・電気パケット・光パスネットワークを用いたネットワーク仮想化ノードを中心とするネットワーク仮想化技術と WiFi を中心とした無線仮想化技術、並びに、その先の光パケット光パスネットワークと SDN の組み合わせによる光ネットワーク仮想化技術を実現し、ネットワーク仮想化基盤技術を確立したと考える。さらに、ITU-T における標準化勧告の承認や、日米欧のネットワーク仮想化研究を統合し、世界をつなげるネットワーク仮想化基盤を実現、多くの招待講演と、難易度の高い国際会議での発表等、中長期目標以上の成果を達成したと考える。

## イ 複合サービス収容ネットワーク 基盤技術の研究開発

利用者ごとに異なる必要なリソース（ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等）をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者がそれぞれ求めるネットワークサービスを柔軟に実現可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用シーンを想定した実証実験を行いつつその基盤技術の確立を図る。

- ・将来の新世代ネットワークの利活用シーンを検討するにあたり、2030年ごろのネットワークの利活用法を前提とすると、地理的に広域に散在する超大数かつ様々な種類の情報・コンテンツ等のオブジェクトを用い、リアルな世界をサイバー空間でリアルタイムに処理できる、計算およびネットワーク環境融合型基盤システムが必要となる。その基盤の要求条件を検討した結果、兆単位のオブジェクトに対する拡張性確保のためには自律分散ネットワーク構成技術が必要であること、また様々なデバイス・アクセスネットワークを通じた情報取得と配信を実現するための異種ネットワークアクセス技術の確立が必要であることを明確化した。規模拡張性を持つ分散型のアーキテクチャに基づくサービス基盤の設計を実施した。
- ・自律分散ネットワーク構成技術については、ネットワーク仮想化基盤上でリソース制御とオーバーレイネットワークの構成を行うためのプラットフォームの基礎設計を完了した。また、異種ネットワークアクセス技術については、異種のデバイスを統一的に扱うことが出来るインタフェースの基礎設計を行なった。これら基礎設計に基づいて、広域センサネットワークのプロトタイプシステムを実現し、異なる複数のセンサネットワークのデータを統合したセンサ情報サービス提供が可能となることを JGN-X テストベッド上で確認した。
- ・自律分散型の構造化オーバーレイ NW ミドルウェア (PIAX) に基づく広域センサネットワークプラットフォームを設計・開発しオープンソフトとして公開した (合計約 7000 ダウンロード)。JGN-X 上のテス

- トベッドとして一般向け公開(H25)、運用(のべ40ユーザが利用)した。さらに、平成27年度に開発した、複数のセンサネットワークの相互接続機能を追加し、PIAX 3.0として平成27年6月にオープンソース公開した。
- ・新世代ネットワーク基盤技術の大規模分散環境におけるプロトタイプ実証、ならびに、将来の利活用シーンを想定した実証実験を支えるテストベッドとして、大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド「JOSE」を設計し、実現した。JOSEは、全国5つの分散拠点に、合計1,200台の計算機サーバ、50台のストレージサーバを有し、20,000個の仮想マシンを扱う国内最大規模のICTテストベッドであり、利用者ごとに異なるリソース要求(ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等)を動的に確保し、利用者専用の実験環境として提供する仮想ネットワーク・仮想マシン管理機能をもつサービス基盤を有する。同サービス基盤は、P2Pベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと複数のSDNドメインを統合利用し、多数のセンサおよび仮想マシンを収容するネットワークの構成や、外部の連携ネットワークの構成に対する変更要求へ迅速に対応可能なシステムを実現した。当該テストベッド上で27の実証実験が実施され、細粒度の気象予測、大規模複合施設における人流情報取得、広域エネルギーマネジメント等の新たなアプリケーションが新世代ネットワーク技術を活用した実証実験として実施された。
  - ・多くのユーザに対してICTリソースを割り当てるためのマネージメントシステムを開発して実装した。200の仮想マシンとそれらを接続するためのネットワークの設定を効率的に自動化する仕組みを実装することにより、システムなしでは487分かかっていたが、導入により約13分で設定が可能となり、リソースの追加割り当て等様々なユーザ要求に素早く対応できるシステムを実現し、ユーザに提供した。
  - ・情報サービスによるネットワークの制御技術の研究開発については、異分野センシングデータ収集解析の要求に連動してノード発見やパス生成、網内データ処理等を自動的に行うService-Controlled Networking (SCN)の実証システムをJOSE上に実装しAPIを公開するとともに、SCNをオープンソース化しGithubで公開した。応用実証に向け、降雨レーダーデータと合わせゲリラ豪雨発生時に様々な分野の周辺データ(気象、交通、SNS等)を収集統合するアプリを開発し実証実験を行った。
  - ・理論上、兆単位のオブジェクトを対象であっても概ね1秒以内にデータ配信可能な基盤を実現した。JOSE上で実際に10,000のセンサネットワークを接続する実験を実施し性能を確認した。このプラットフォームを用いて、JOSE上で複数のセンサネットワークを相互接続し、データを横断的に利用可能とする実証環境を構築し、細粒度気象予測アプリケーション等によるフィールド実証実験を行った。
  - ・フィールド実証実験の一つとして、複数の映像センサをネットワーク上で連動させることで大規模複合施設内の人の流れに関する情報を取得する実験を行った。平成26年度、平成27年度に大阪ステーションシティ内において夜間実験を合計6回実施、精度検証、性能検証、ならびに、大規模避難シミュレーションによる有効性検証を行い、効果を確認した。性能検証の成果は、情報処理関連国際会議の中でも最難関のIEEE COMPSAC2016に投稿しfull paperに採択された(採択率18%)。
  - ・セキュリティの向上については、新世代ネットワークにおいて解決すべきセキュリティ課題を「ID/



ロケータ分離の特徴を活用した既存のセキュリティ問題の解決」、「仮想ネットワークの特徴を活用した脆弱性に対する速やかな修復」、「10兆レベルの端末・デバイスに対応する認証・プライバシー保護基盤」と定め、それぞれの課題についてネットワークセキュリティ研究所で研究している「セキュリティ知識ベースや分析エンジン」、「階層型の大規模認証技術」と新世代ネットワークの特長の組み合わせによる実現方法を定めた。中でも、新世代ネットワークにおける膨大な機器数を考慮した場合、使わなくなった機器に関する認証情報の無効化のスケラビリティ向上を達成する必要がある、この要求を達成する認証技術「Revocable IBE/IBS(identity-based encryption/identity-based Signature)」を開発し、これを新世代ネットワークに接続する機器へ容易に組み込むためのライブラリ実装を行った。

- ・日欧共同での新世代ネットワーク技術の研究開発第1弾として、IoTとクラウドの融合によるスマートシティ基盤の研究開発(ClouT)を推進した。平成27年度は、IoTデバイス、レガシーデバイス、さらにはSNSなど様々な情報源からのデータを仮想化し、統一的な管理活用を可能にする基盤(City-IaaS)、およびリアルタイムでの高信頼なアプリケーション処理のためのプラットフォーム(City-PaaS)の参照実装を完了し、日欧のパイロット都市(藤沢、三鷹、サンタンデル、ジェノバ)において、実証実験を行った。また、第2弾として、日欧が連携する都市型スマートシティ実験環境の創出に関する研究開発(FESTIVAL)を推進した。日欧それぞれのスマートシティのユースケースの洗い出し、基本アーキテクチャの設計を行い、日欧共同で日欧それぞれのテストベッド(JOSE、FIWARE)を相互接続した実験環境を構築した。また、いくつかのスマートシティアプリケーション提供技術の動作試験を行った。
- ・利用者ごとに異なるICTリソースを割り当てることが可能なJOSEシステムを、分散クラウドにより実現し、複合サービス収容ネットワーク基盤技術は確立した。さらに、日本のIoT研究を推進するためのテストベッドとして公開し、27のプロジェクトがこのテストベッドを用いて実験等を実施しており、中長期目標以上の成果を達成したと考える。

(JGN-X上に構築する新世代ネットワークのプロトタイプとして仮想ネットワーク基盤技術を確立し、実証実験へと有効につなげることができた。今後は、新中長期目標期間に向けて、これまでの新世代ネットワーク技術の研究開発成果の達成度合い等について総括を行い、今後の研究開発に活かしていくことが重要である。)

- ・第3期中長期計画においては、物理回線(通信路)のみならず、中継ノード内の処理資源(スイッチおよび計算・蓄積デバイス)からなるネットワーク資源を仮想的に複数に分割し、一つの分割された資源を用いて新しい独立したネットワークを構築できる仮想ネットワーク基盤を開発した。仮想ネットワーク基盤では、ネットワーク管理者が各ノードで命令を実行するための定義ファイルを作成して、それを一箇所から自動的に各ノードへ実行命令を送ることで、独立したネットワークをすばやく構築することが可能となった。その仮想ネットワーク基盤技術をベースに、JGN-X上で動作する新世代ネットワークのプロトタイプを創り、複数の新しい概念のネットワークやアプリケーションサービスを同時並行して検証することを可能にした。たとえば、省エネルギーコンテンツ配信、さらには、ICN/CCNというIP技術に拘らない新しい情報流通ネットワークの研究とその実証を産学連携によって推進できた。さらに、仮想ネットワークのプロトタイプとユーザアクセスを仮想化する仮想化対応WiFi基地局とを結合することで、エンドツーエンドの仮想化基盤技術も確立した。仮想ネットワーク基盤は、基盤技術開発と上述のプロトタイプを用いた実証実験、ITU-T等における標準化活動、GENI会合における講演・展示等を通じ、現在のSDN(Software-Defined Networking)や

NFV (Network Function Virtualization) の世界的な潮流形成を先導した。

・ 並行して、将来の IoT 時代やエッジコンピューティングの時代に備え、ネットワーク資源の分割だけでなく、クラウドとネットワークの周辺（エッジ）に配備するサーバ・ストレージ装置の資源を分割できるようにし、それら仮想資源と実フィールドに配備可能な多数のセンサからなるスマート ICT 基盤を構築し、それらを複数の利用者へ提供できるようにした。これは、利用者ごとに異なるリソース要求（ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等）に対して、リソースを動的に確保し、利用者専用の実験環境として提供する仮想ネットワーク・仮想マシン管理機能をもつサービス基盤である。

第 3 期中長期目標期間においては、ネットワーク業界に、データのソフトウェア処理技術と仮想化技術の進化により、従来、専用ハードウェアを用いて構築してきたネットワークを、汎用サーバへのソフトウェアインストールによって代替することが可能、すなわちネットワークのソフトウェア化が実現した。実際、先述の情報（コンテンツ）指向ネットワーク（ICN/CCN）技術実装の評価環境として実装した ICN テストベッドや、総務省プロジェクトで開発されたソフトウェアスイッチ Lagopus を用いた仮想ネットワークも汎用サーバを組合せて構築できるようになった。また、アドレス自動割当て技術を発展させ、SDN ネットワークの自動構築や、保安全管理の簡易化ができるようになった。スマート ICT 基盤も 20,000 の仮想マシンを対象とし、利用者の要求やイベントに応じた仮想ネットワークへの資源割当てを自動実行できるようになった。

今後は、サービス要求に対し、資源の稼働率を高く維持し、いかに迅速に資源を確保しサービス開始のためのネットワークを提供するかが鍵になる時代である。そこで、上述の自動化技術に加えて、空き資源の確保ならびに複数ネットワーク間の資源の自動調停を行う技術や、ネットワークを構築するための定義ファイルを自動的に構築する技術など、ネットワーク運用の自動化とサービス提供の迅速化の促進を図る。こうして、来る IoT 時代に管理するデバイスが膨大になっても運用コストを増やさないための研究開発を推進する。一方、第 3 期中長期目標期間中に開始した情報・コンテンツ指向型のネットワークに関する研究をより高度化し、大容量コンテンツ収集・配信並びにヒト・モノ間及びモノ・モノ間の情報伝達等をターゲットにした情報・コンテンツ指向型のネットワーク技術に関する研究を推進する。これらの研究においても広域のテストベッドを有効活用し、また、自身が開発したシステムを実証に用いながら、研究開発の経済化および技術の深化と安定化を図る。

## 自己評価

### 評価

A

#### 【評価結果の説明】

以下のように目標を十分に達成し、顕著な成果を挙げたことから自己評価を A とした。

新世代ネットワーク基盤技術の確立に向け、国内産学官連携および国際連携を実施しながら、基盤技術の研究開発を進め、その開発成果を実際に使用できる新世代ネットワークのプロトタイプを JGN-X 上に実現することにより、新世代ネットワーク基盤技術を確立した。新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究

開発については、新世代ネットワークの基本構造の明確化とその実現に必要な様々な技術を研究開発するとともに ITU や IETF 等で国際標準化を行った (ITU-T Y. 3000 シリーズとして、20 件 (平成 28 年 3 月末時点)、RFC 2 件)。その中核をなす技術として、ネットワーク仮想化とパケット・パス統合ネットワーク技術があり、ネットワーク仮想化については、電気パケット・光パス統合ネットワークを下層にもつ有線ネットワーク上だけでなく、無線ネットワークの仮想化を実現し、双方組み合わせてエンドトゥエンドのネットワーク仮想化を実現した。これらの研究開発成果は ITU-T にて、Y. 3011, 3012, 3015, Y. 3300 の 4 標準化勧告としてまとめた。確立したネットワーク仮想化技術を JGN-X 上に展開し、現在の IP ネットワークでは実現できない新しいアーキテクチャによるコンテンツ配信実験を実施し、15% のトラフィック量の削減等の成果を実証した。さらにより高速なネットワーク仮想化を目指し、光パケット・光パス統合ネットワーク技術と Openflow 技術を組み合わせたネットワーク仮想化技術の開発を実施し、産学官連携で実証実験を実施した。多くのトップカンファレンスに招待され、招待講演を実施してきたことは、この分野の研究開発でこれまでの成果が大きな注目を浴びたことを示している。複合サービス収容ネットワーク基盤については、P2P ベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと分散クラウドおよび SDN (Software Defined Networking) を組み合わせた情報処理基盤を整備した。さらに、アプリケーションやサービスからネットワークを動的に制御する SCN (Service-Controlled Networking) を組み合わせたデモンストレーションを実施した。複合サービス収容ネットワーク基盤のプロトタイプ JOSE の整備および国内海外を含めた 27 件の実証実験を完了し、その基盤技術を確立し、中長期目標を十分に達成した。

#### 「必要性」

- インターネットは現代社会に欠かせないインフラとなっているが、一方でその将来性、安全性、効率性等に大きな問題を抱えている。新世代ネットワークは持続的発展を可能とするネットワーク仮想化技術を用い、その上でコンテンツ配信サービス等の将来の重要サービスを消費エネルギー観点から効率的に提供可能とするアーキテクチャを実現するものである。従って、新世代ネットワーク技術は重要な社会インフラの研究開発という点で国策として行うべきと考える。今中長期では学術的成果として、平成 23 年度から 27 年度までにおいて、論文数として 686 件の発表を実施した。代表的な成果として、“Design and implementation of ICN-enabled IEEE 802.11 Access Points as Nano Data Centers” Journal of Network and Computer applications [Elsevier] (IF 1.77) や “Container-Based Unified Testbed for Information-Centric Networking” IEEE Network Magazine (IF 3.72) がある。また SIGCOM ACM ICN 2014 (採択率 17.5%) や IEEE COMPSAC2014 (採択率 21.5%)、IEEE COMPSAC2016 (採択率 18%) 等をきわめて難易度の高い国際会議での発表を実施した。このように、学術的に極めて高い評価を得ており、科学的・技術的意義、社会的・経済的意義は高く、研究開発の必要性は高いと考えられる。また、新世代ネットワーク基盤技術の実証手段として、それぞれの要素技術を統合し、機構が運営する JGN-X 上に新世代ネットワーク技術を検証できるテストベッドを構築した。構築にあたっては、新しいネットワーク技術を検証するためのネットワーク仮想化テストベッド、新しい識別子にもとづくコンテンツ配信検証のためのテストベッド、複合サービス収容ネットワーク基盤技術の検証のためのテストベッドの、3 種類のテストベッドを構築し、実証実験を実施した。

#### 「効率性」

- 新世代ネットワークの実現に不可欠なネットワークサービス関連の要素技術をネットワークシステム総合研究室で実施し、各研究所で行われている要素技術を生かした、新世代ネットワーク実現のためのシステム実装・実証は戦略プロジェクトとして実施することで、重複を排除した研究開発投資を実現している。また、推進手段として、自主研究と産学官による研究を有機的に統合するため、産学の自主研究、機構の委託研究、機構との共同研究を推進した。共同研究に関

しては、10 研究テーマ、国内 14 機関との共同研究をまた海外とは 3 研究テーマ、海外 3 機関との国際共同研究を推進した。委託研究に関しては、4 課題 15 研究テーマに関し実施し、機構単独で実施するよりも、産学の英知を結集させ、より実用に近い研究テーマに関しても積極的に推進し、効率化を図った。

#### 「有効性」

- 国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開を推進するために、国際標準化活動を推進した。新世代ネットワークの研究開発の成果を平成 21 年より継続的に ITU-T に提案し、審議に積極的に貢献した。これにより、将来ネットワークの目的と設計目標に関するフレームワーク ITU-T Y.3001、将来ネットワークのためのネットワーク仮想化のフレームワーク ITU-T Y.3011 および将来ネットワークのための低エネルギー消費のフレームワーク ITU-T Y.3021、識別子に関するフレームワーク ITU-T Y.3031（平成 24 年 5 月）の 4 つの勧告が中長期計画の初期に成立し、その後の活動により、将来網に関する国際標準化 Y.3000 シリーズとして、前述の 4 勧告を含め計 20 勧告が成立し、うち 8 件の勧告について、日本人がエディタを務めた。またデファクト標準である IETF/IRTF においても積極的に研究成果に基づく提案を実施し、IETF および IRTF で RFC それぞれ 3 勧告を発行した。国際標準化の推進により、高い国際水準の達成を実現するとともに、国際標準の獲得により我が国発の技術の世界市場への波及が見込まれ、高い有効性があると考えられる。

#### 「国際水準」

- 前中期計画中に研究開発を行ってきた光パケット・光パス統合ネットワークとネットワーク仮想化に関しては国際的に優位な状況にあり、この優位性を生かして、上位のサービス関連研究開発を組み合わせることにより、上位のレイヤまで優位性を発揮できると考えている。光パケット・光パス統合ネットワークに関しては、コアネットワークだけでなく、アクセス、メトロの技術も合わせて運用できる技術を開発し、今後もトータルシステムとして、国際的に優位な状況となるよう研究開発を実施している。またネットワーク仮想化に関しては、わが国主導で、日米欧の仮想化基盤を統合するフレームワークを構築している。また、ITU-T にて標準化された要求条件についても、機構のネットワーク仮想化の研究開発成果を盛り込んだ勧告となっており、引き続き研究開発だけでなく、産業的な点でも優位性を保てるよう活動している。情報指向ネットワーキングについても、RFC の発行や、インパクトファクタの高い IEEE Network, IEEE Communications Magazine への掲載、難易度の高い国際会議（ACM ICN2014）での発表等高い国際水準を有していると考えられる。また、国際競争力の強化と研究成果のグローバル展開を推進するための手段として、欧州、および米国と連携して研究開発するプログラムの枠組みを整備した。欧州との連携については、欧州委員会通信総局と連携し、平成 25 年からは、日欧双方でそれぞれの共同研究開発チームに資金提供し、双方の強みを生かした研究開発を実施するスキーム、日欧共同公募を確立し、今中長期中に 3 回の共同公募を実施した。第一弾の共同公募においては、日欧コンソーシアム作りのためのミニワークショップを 2 回開催し、3 件の採択枠数に対して 3 テーマ合計 13 件の応募を得、平成 25 年 4 月 1 日より研究開発を開始した。第二弾の共同公募については、平成 26 年度に公募を実施し、2 件の採択枠数に対して 14 件の応募を得、平成 26 年 10 月 1 日より研究開発が開始された。第三弾の共同公募については平成 27 年秋に公募を実施し、現在選定作業中である。日米に関しては、全米科学財団（NSF）と連携し、平成 25 年に第 3 回日米将来ネットワークワークショップを主催し、日米共同研究第一弾（7 プロジェクト）を完了し、その後平成 25 年 5 月末に NSF と共同公募に関する MOU を締結し、“Beyond Trillions” をテーマとした共同研究に対する共同公募を実施した。21 件の応募があり 7 件を採択した。欧州委員会との連携については、日欧の産学官が連携する共同研究開発、NSF との連携は日米

の大学と機構が連携することによる共同研究とそれぞれの連携相手の特質に合わせた、スキームと研究フェーズを導入することにより、効率的な研究開発を推進した。この国際間共同研究開発スキームにより、日本の研究者と海外の研究者の連携が促進され、国際間共著論文の著作(平成27年度末時点で26件)が実施された。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 7

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(2) 光ネットワーク技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	274	377	370	425	432	事業費用（億円）	31.7	32.9	36.6	33.1	32.1
特許出願数	—	114	193	196	148	132	職員数 ※内数	69	75	72	77	73

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>フォトニックネットワーク技術の研究開発</b> 各家庭に光通信を低エネルギーで提供する光ネットワーク制御技術、光ファイバの容量を飛躍的に向上させる革新的光多重技術、オール光ルータを実現するための技術、量子情報通信技術などの研究開発を実施する。</p>	
中長期計画	
<p>1 <b>ネットワーク基盤技術</b> 現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。</p>	

## (2)光ネットワーク技術

光パケットと光パスを統合的に扱うことのできる光ネットワークのアーキテクチャを確立し、研究開発テストベッドを活用した実証等を進めつつ、利用者の利便性の向上、省エネルギー化の実現、信頼性や災害時の可用性の向上等を目指して、自律的なネットワーク資源調整技術やネットワーク管理制御技術等を確立する。

また、光ネットワークの物理層における限界を打ち破るフォトニックネットワークシステムの基盤技術を確立するため、物理層の制約を取り払い、機能と効率を最大限伸ばす物理フォーマット無依存ネットワークシステムの要素技術や、マルチコアファイバ等を用い飛躍的な通信容量の増大を可能とする伝送と交換システムの要素技術、光信号のまま伝送や交換を行うことができる領域をさらに拡大するための技術を確立する。

さらに、光ネットワークの持続発展を支える光通信基盤技術を確立するため、チャンネルあたりの伝送速度の高速化技術及び多重化のための新規光帯域を開拓する技術を開発する。また、あらゆる環境でブロードバンド接続を実現しつつ環境への影響も小さい ICT ハードウェアを実現するため、用途が万能で環境に対して循環的、すなわちユニバーサルな光通信基盤技術を確立する。

### ア 光ネットワークアーキテクチャの研究開発

光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャ構成技術について、研究開発テストベッドを用いた実証等を行いつつ、その確立を図る。また、この統合ネットワークにおいてアプリケーションからの要求を満たしつつ大幅な省エネルギー化等を実現するため、光電気変換を行う場合に比べエネルギー消費を 1/10~1/100 程度まで効率化可能な光パケット交換機能を実現するとともに、ネットワークの一部における通信状態等からの推計によりネットワーク資源全体の逼迫回避や災害時の緊急的な通信需要を確保するための資源調整等の制御が可能なネットワーク資源調整技術を確立する。

さらに、通信データの集中による過負荷や機器故障等によるネットワークの通信障害等に備え、信頼性向上のために複数の通信経路を設けるマルチホーム型接続環境を実現するため、経路制御情報を大幅に集約できる構造を持つアドレス体系を構築するとともに、自律的にアドレス割り当てを行う自動アドレス構成技術やマルチホーム対応のためのネットワークの管理制御技術を確立する。

### イ フォトニックネットワークシステムの研究開発

物理信号フォーマットがシステム毎に固定されず、サービスに応じて最適なネットワーク物理層資源を選択し、柔軟かつ効率的に機能提供可能とする物理フォーマット無依存ネットワークシステムの実現に向け、光交換ノードにおいて、データ粒度、データレート、変調方式、帯域、偏波のそれぞれに対する無依存化を図るための個別要素技術を確立し、システムアーキテクチャを確立する。

マルチコアファイバ伝送システムを実現するためのファイバ設計技術と総合評価技術、またマルチコア伝送された光信号をネットワークノードにおいて交換処理するためのマルチコアクロスコネクタ技術とスイッチング技術を確立する。さらに、コア間干渉雑音耐性向上技術等、多値変調と空間多重を複合した超多重伝送方式や、モード制御を実現するための基盤技術を確立する。

光信号を電気信号に変換することなく伝送可能となる領域を従来技術の 10 倍以上に拡大するための光伝送技術を確立する。また、多様化・流動化するトラヒックに柔軟かつ動的に適應できる光ネットワーク技術を確立し、突発的なトラヒックパターンの変動への対応やネットワーク障害などによる生活情報の寸断の回避が可能な、可用性の高い光通信ネットワークを実現する。

### ウ 光通信基盤の研究開発

データ伝送における 400Gbps 級の光変復調と低消費電力化、データ交換におけるテラビット級多重信号切り替え、高速 ICT 計測精度の 1 桁向上、新規波長帯域 (1 $\mu$  帯) の開拓などを実現するための基盤要素技術を確立する。

光波、高周波数領域の併用・両用技術を取り入れた、災害発生時等のファイバ敷設が困難な様々な環境下でも 10Gbps 以上のブロードバンド接続を確保

するための技術、持続発展可能なネットワーク実現のための低消費電力・低環境負荷 ICT ハードウェア技術、高速伝送技術と高速スイッチング技術の融合技術を確立する。

### 主な評価の観点・視点、指標等

#### <評価の視点>

- ・中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>フォトリックネットワーク技術の研究開発</b></p> <p>各家庭に光通信を低エネルギーで提供する光ネットワーク制御技術、光ファイバの容量を飛躍的に向上させる革新的光多重技術、オール光ルータを実現するための技術、量子情報通信技術などの研究開発を実施する。</p>	<p><b>別添 1- (2) 光ネットワーク技術</b></p> <p>光パケットと光パスを統合的に扱うことのできる光ネットワークのアーキテクチャを確立し、研究開発テストベッドを活用した実証等を進めつつ、利用者の利便性の向上、省エネルギー化の実現、信頼性や災害時の可用性の向上等を目指して、自律的なネットワーク資源調整技術やネットワーク管理制御技術等を確立する。</p> <p>また、光ネットワークの物理層における限界を打ち破るフォトリックネットワークシステムの基盤技術を確立するため、物理層の制約を取り払い、機能と効率を最大限伸ばす物理フォーマット無依存ネットワークシステムの要素技術や、マルチコアファイバ等を用い飛躍的な通信容量の増大を可能とする伝送と交換システムの要素技術、光信号のまま伝送や交換を行うことができる領域をさらに拡大するための技術を確立する。</p>	



さらに、光ネットワークの持続発展を支える光通信基盤技術を確立するため、チャンネルあたりの伝送速度の高速化技術及び多重化のための新規光帯域を開拓する技術を開発する。また、あらゆる環境でブロードバンド接続を実現しつつ環境への影響も小さい ICT ハードウェアを実現するため、用途が万能で環境に対して循環的、すなわちユニバーサルな光通信基盤技術を確立する。

#### ア 光ネットワークアーキテクチャの研究開発

光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャ構成技術について、研究開発テストベッドを用いた実証等を行いつつ、その確立を図る。また、この統合ネットワークにおいてアプリケーションからの要求を満たしつつ大幅な省エネルギー化等を実現するため、光電気変換を行う場合に比べエネルギー消費を1/10～1/100程度まで効率化可能な光パケット交換機能を実現するとともに、ネットワークの一部における通信状態等からの推計によりネットワーク資源全体の逼迫回避や災害時の緊急的な通信需要を確保するための資源調整等の制御が可能なネットワーク資源調整技術を確立する。

さらに、通信データの集中による過負荷や機器故障等によるネットワークの通信障害等に備え、信頼性向上のために複数の通信経路を設けるマルチホーム型接続環境を実現するため、経路制御情報を大幅に集約で

○光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャ構成技術について

- ・光パケット・光パス統合ノードを拡張し10Tbpsのスループットを得るよう最適に構成した場合、既存の電気処理ノードと比べて推定消費電力がルータの1/10になることを確認した。平成26年度に、光パケット交換機能自体の1ビットあたりの消費電力については、1端子あたり10Tbps以上において、1/100以下となる見通しを1年前倒しで得た。また、宛先検索機能の消費電力に関して、従来の1/20以下を達成し、階層的自動アドレス構成機構（HANA：Hierarchical Automatic Number Allocation）と組み合わせることにより従来比1/200の消費電力削減の見通しを得た。
- ・100Gbps光パケット7個分の光バッファを光パケット・光パス統合ノードに実装し、パケット長の異なる様々なトラヒックパターンに対してパケット損失率が規格で定められている $10^{-4}$ 以下の良好な光バッファリング動作を世界で初めて実証した。
- ・光パケット交換システムの実用化に向けて、インターネットルータの宛先検索と同じ仕組み、同じビット長での検索を実装した光パケットヘッダ処理装置を開発し、光パケット・光パス統合ノードへの組込みに成功した。すなわち、世界で初めてインターネットのアドレス検索と同じ仕組みでIPパケットのアドレス長と同じ長さのアドレスを含む光パケットを処理する光ノードシステムの実装に成功した。この装置には、産学連携で開発した従来技術LSI（TCAM：Ternary Content Addressable Memory）と同一条件で比較した場合、わずか5%の消費電力で動作する16ビット宛先検索エンジンLSIを実装している。
- ・光パケットバッファに加え、電子パケットバッファを補助的に用いる光・電子混合バッファの研究を進め、提案設計方式により、電子バッファのみと比較し消費電力を最大約30%削減できることを確認し、光ネットワーク分野の著名な国際論文誌Journal of Optical Communication Networks（IEEE/OSA）で発表した。さらに、最適性能を得られるパラメータを簡易に導出できる数値解析モデルを用いた機構を構築し、国際論文誌Optical Switching and Networking（Elsevier）で発表した。
- ・5台の光パケット・光パス統合ノードを50kmの光ファイバで接続し、各ノードを通過する際の光パケットを評価し、10ホップ450km伝送後の符号誤り率は $10^{-9}$ 以下で、安定した伝送を実現した。

きる構造を持つアドレス体系を構築するとともに、自律的にアドレス割り当てを行う自動アドレス構成技術やマルチホーム対応のためのネットワークの管理制御技術を確立する。

- ・光パスの使用状況に適応して光パケットと光パスの波長資源量を動的に調整する自律分散型境界制御ソフトウェアを開発し、光パケット・光パス統合ノードで光ハードウェアの再構成も含めた各リンクの自動境界制御を5分以内に実施し、波長資源の変更が行われることを実証した。
- ・産学連携で開発した管理システムを活用し、任意データの経路やトラヒックの流量、リンク故障の可視化など、光パケット・光パス統合ネットワークとエッジネットワークを連携管理する機構を開発した。
- ・平成23年度にはテストベッドへの接続の第一歩として、光パケット・光パス統合ノードをNICTのテストベッドJGN-Xに接続し、4K非圧縮映像をストレスなく光パケット交換で転送できること、リングネットワークにおいて、光パケット輻輳回避機能無しでも光パケット回線を数100ユーザが同一波長帯域をシェア可能で、品質劣化時には光パスに伝達経路を切替えてアプリケーションの品質を保てることを実証した。平成24年度以降には、ノード装置をNICT機構内のインターネットにアクセスできる実験網内に設置して、ノード装置を介してもネットワーク利用できることを確認するなど安定性の向上を図った。
- ・平成27年度は、光パケット・光パス統合ノードシステムの実用化に向けて、統合ノード装置とデータの経路設定制御、および経路やトラヒックの流量、リンク故障の可視化等ができる統合ネットワークの制御・管理システムを研究開発テストベッドに展開した。

#### ○ネットワークの信頼性向上のための技術について

- ・ID・ロケータ分離機構(HIMALIS :Heterogeneity Inclusion and Mobility Adaptation through Locator ID Separation)の研究を進め、IPv4、IPv6、6LoWPANの異種ネットワーク間通信とリンク故障・端末が移動時の通信継続を実現した。また、マルチホーム接続時にデータ損失なく、4秒程度でアクセス先を切替えることに成功し、端末同士が安全に通信するための認証機能も実装した。
- ・認証機能を応用し、ユーザ端末、ネットワーク機器の組合せの認証を、IDベース暗号・IDベース署名の仕組みを用いて鍵サーバを介さず安全に相互認証する分散認証フレームワークをLinux上とAndroid上に実装し、各モジュールの処理性能が1秒以内に収まることを確認した。
- ・HIMALISのマルチホーム接続環境において、トラヒックの変動や送受信端末の環境変化に影響されない複数経路同時利用通信制御システムを開発した。
- ・当機構がエディタを務めるなどで主導したID・ロケータ分離技術に関するITU-T勧告Y.3032が平成26年1月に成立した。既存のTCP/IPアプリケーションでY.3032準拠のID通信対応を可能とするミドルウェアを開発した。ミドルウェアを介しても通信性能は良好で、Y.3032対応が簡単に実施できる事を示した。さらに、同じくエディタを務めた、異なる種類の通信機構を持つネットワーク間で相互通信をするためのID・ロケータ分離アーキテクチャに関する勧告Y.3034が平成27年6月に成立した。ITU-Tにおいて将来ネットワークにおけるデータアクセスネットワーク領域のラポータ、エディタ、寄書入力等、関連分野の標準化活動に貢献した。
- ・HANAの研究を進め、平成24年度にはJGN-X上の汎用IPルータでHANA機能を動作させマルチホームの実証に成功し、全国規模のHANAテストベッドとして大学等の外部組織がネットワークやサービス

の研究開発で利用できるようにした。また、大規模エミュレーション環境 StarBED<sup>3</sup>においては、平成 24 年度に当時のインターネット規模である 36,000 ネットワークで、平成 26 年度にはその当時のインターネット規模である 46,000 ネットワークで、平成 27 年度には現在のインターネット規模である 50,000 ネットワークで HANA エミュレーションを行い、インターネット全体に適応できる技術であることを実証した。

- ・サーバ 1,000 台規模のネットワークでアドレス設定の手間を 1/100 に削減することができる HANA 対応の省スペースレイヤ 3 スイッチを開発し、NICT 内の構内網および実験網に設置して運用試験を開始しつつ通常利用における不具合に対してソフトウェアを改修し管理制御の安定化を図った。
- ・名前解決システム DNS/DNR の設置場所変更に伴い IP アドレスのリナンバリング時のキャッシュ効率化手法を提案し DNS に実装した。柔軟なネットワーク設計ができ、DNS の管理トラフィックを 20%削減でき、インターネットトップドメイン (.com や .jp 等) への管理トラフィックが削減される。インターネット全体の安定化に寄与するとともに、単純計算で装置コストも 20%削減できる。
- ・HANA、HIMALIS の国際展開を目指し、平成 26 年度から 27 年度にかけて、新世代ネットワーク日米連携プロジェクト JUNO プログラムにおいて米国の大学と共同研究を実施した。この研究成果を、採択率 19% のフラグシップ国際会議 IEEE INFOCOM (International Conference on Computer Communications) 2015 や、他の ACM (Association for Computing Machinery) や IEICE (Institute of Electronics, Information and Communication Engineers : 電子情報通信学会) の国際会議等で公表した。
- ・平成 27 年度は、大規模エミュレーション環境 StarBED<sup>3</sup>において、端末が 1 万台を超える規模のネットワーク実験環境を容易に構築できるツールとして HANA の応用開発を実施し、200 台端末規模のネットワークを対象として、従来のイーサネットベースのネットワークと比べて、データ通信速度を下げることなく、アドレス解決のための制御パケットを 100 分の 1 以下に減らせることを実証した。
- ・可搬型無線基地局とそれを用いたネットワーク技術の研究開発を進め、当機構の耐災害 ICT 研究センターが敷設する無線テストベッドの構築技術として採用された。

## イ フォトニックネットワークシステムの研究開発

物理信号フォーマットがシステム毎に固定されず、サービスに応じて最適なネットワーク物理層資源を選択し、柔軟かつ効率的に機能提供可能とする物理フォーマット無依存ネットワークシステムの実現に向け、光交換ノードにおいて、データ粒度、データレート、変調方式、帯域、偏波のそれぞれに対する無依存化を図

## イ フォトニックネットワークシステムの研究開発

### ○物理フォーマット無依存ネットワークシステムについて

- ・光パケットスイッチにおいて、偏波無依存かつ、ほぼ一様な PDL および SN 特性を有した高速光スイッチを開発し、偏波・フォーマット無依存の光スイッチサブシステムを実現、さらに非同期かつ可変長光スイッチングと光バッファリングも実現した。平成 26 年度には、光パケットスイッチ技術において、世界最速の 1 端子当たり光パケット交換容量 12.8Tbps を、光バッファ、100km のファイバ伝送を含めた形で成功した。光パケット交換機能の 1 ビットあたりの消費電力が、1 端子当たり 10Tbps 以上において、1/10~1/100 以下程度になる見通しを 1 年前倒しで得た。
- ・変調方式無依存とデータレート無依存の原理実証として、16QAM の多値光変調信号と光パイロットキャリアを一括生成可能にする集積型 LN 変調器を開発し、従来困難であると言われていた多値光パケ

るための個別要素技術を確立し、システムアーキテクチャを確立する。

マルチコアファイバ伝送システムを実現するためのファイバ設計技術と総合評価技術、またマルチコア伝送された光信号をネットワークノードにおいて交換処理するためのマルチコアクロスコネクタ技術とスイッチング技術を確立する。さらに、コア間干渉雑音耐性向上技術等、多値変調と空間多重を複合した超多重伝送方式や、モード制御を実現するための基盤技術を確立する。

ット信号の生成とバースト受信に世界で初めて成功した。さらに、変調方式・データレート・偏波無依存光スイッチと、バースト信号のみならず動的トラフィック変動でも適切な増幅を行う新型オールバンド光増幅器を開発し、世界初の多値（16QAM）光パケットスイッチング実験に成功した。これにより、電気パケットスイッチングでは不可能な、変調方式とデータレート無依存の光パケットスイッチングを実証した。

- ・平成 27 年度は、光パケット・光パス統合ノードのデータ粒度や偏波に依存しない柔軟な交換要素技術を高度化し、動的な資源割り当てを可能とするシステムアーキテクチャを確立した。さらに光ネットワーク資源の制御と運用にコグニティブ技術を導入することにより、日欧間のグローバルな光 SDN (Software Defined Network) 実証実験を実施し、大規模な集中制御実験に世界で初めて成功した。この成果は、光通信分野における世界最高の成果を競い合う分野最難関の国際会議 OFC (Optical Fiber Communication Conference) 2016 のポストデッドライン論文(最優秀論文コンペセッション)に採択された。
- ・これまでの光パケット・光パス統合ノード装置の研究開発が評価され、第 47 回市村学術賞功績賞を受賞した。
- ・多層化シートファイバ遅延線を導入した世界初可変長対応 31 パケット光バッファの開発に成功し、位相変調パケットを用いて実験実証した。
- ・100Gbps (8×12.5Gbps) 全光 OFDM 技術に関して、同方式の大きな問題である分散の計測と補償技術を全光 OFDM 用に開発し、実験実証に成功した。また、平成 24 年 10 月から 3 年間の EU FP7 ASTRON (Adaptive Software Defined Terabit Transceiver for Flexible Optical Networks) プロジェクトに参画し、OFDM 技術を用いたテラビットクラスのフレキシブルトランシーバーの研究を実施した。
- ・局舎が損壊するような災害時に、ノードカットスルーで光ネットワークを復旧させる可搬型バーストモードアンプを試作した。堅牢な筐体の実装し、バッテリー駆動、無給電動作で、非定常的なトラヒックについても伝送品質を維持する事が可能である。

#### ○マルチコアファイバ伝送システムの研究開発

- ・マルチコア・マルチモード伝送技術の世界初の実装を続け、産学連携により世界を常に牽引し、光ファイバ通信の新たな分野を開拓した。
- ・平成 23 年度は、19 コアファイバ、レンズ結合型マルチコア結合器を開発し、世界初の 19 コアファイバによるファイバ 1 本あたり 305Tbps 超大容量光ファイバ伝送を実現した。国際会議 OFC2012 のポストデッドライン論文に採択された。
- ・平成 24 年度は、12 コアファイバによる伝送容量世界記録 1 ペタ bps 超、7 コアファイバによる 6,160km 長距離伝送も成功した。これらの成果は、光通信分野における世界最高の成果を競い合う分野最難関の ECOC (European Conference on Optical Communication) 2012 のポストデッドライン論文に採択された。
- ・世界初のマルチコアファイバを用いた空間・時・波長多重光ネットワークを構成し、スイッチング実証実験を行った。ECOC2012 のポストデッドライン論文に採択された。

光信号を電気信号に変換することなく伝送可能となる領域を従来技術の10倍以上に拡大するための光伝送技術を確立する。また、多様化・流動化するトラヒックに柔軟かつ動的に適応できる光ネットワーク技術を確認し、突発的なトラヒックパターンの変動への対応やネットワーク障害などによる生活情報の寸断の回避が可能な、可用性の高い光通信ネットワークを実現する。

- ・平成25年度は、世界で初めてマルチコアファイバネットワーク上でSDN技術による柔軟な帯域リソース制御を実証し、ECOC2013のポストデッドライン論文に採択された。また、世界で初めて、19コア全コア同時励起EDFA(光ファイバアンプ)を開発し、同時に空間光学素子を用いた19コア一括アイソレータも実現し、1,200km長距離伝送に成功した。
- ・平成25年度は、7コアファイバと7コアEDFAにより構成されたマルチコアファイバ伝送路を用いて、光ファイバ1本で140.7Tbps、7,326km伝送に成功、さらに12コアファイバ1本で $2 \times 344$ Tbps、1,500km伝送に成功し、世界初となる1EXAbps $\times$ kmの容量距離積を達成し、ECOC2013のポストデッドライン論文に2件採択された。
- ・平成26年度は、世界最高の総空間多重数(36コア $\times$ 3モード=108、19コア $\times$ 6モード=114)での伝送を実現し、8コアファイバを12本束ねた世界最高密度のマルチコアファイバ(3mm径内に96コア、長さ1.1km)で伝送容量9.6Tbpsを実現した。これらの研究成果は、OFC2015でポストデッドライン論文に3件採択された。
- ・平成27年度は、22コアファイバ、小型FI-FO(FanIn-FanOut:シングルコアファイバとの接続部)、光コム光源等の多くの新技術を開発し、2.15ペタbps伝送を実現し、伝送容量世界記録を更新した。この成果は、ECOC2015のポストデッドライン論文の全てのカテゴリートップスコア論文として「Nature Photonics Best Postdeadline 論文賞」を受賞した。
- ・産学との連携により、平成27年度は、汎用コネクタを用いたマルチベンダ要素技術の相互接続により、100km級の1R中継マルチコアリンクを構築し、国内外の展示会で日本技術をアピールした。また、ペタビット級空間多重光ファイバの実用化・大容量化技術にて、実用化を意識し125 $\mu$ mクラッド径において世界最高密度の8コア12芯マルチコアファイバケーブルを試作し実現可能性を確認するとともに、6モード多重19コアファイバを用いた世界最高伝送容量級2.05ペタbps伝送にも成功した。また、マルチコア光ファイバ技術と標準化指標の策定では、100km超の長尺化と0.19dB/kmの低損失化を実現するとともに、新規製造方法の適用性を実証した。加えて、世界トップの空間多重密度を有する114チャンネル数モード-マルチコアファイバを実証し、更に高次モードの新たな分析・評価方法を提案した。

○光信号のまま(光トランスペアレント)伝送可能な領域を10倍以上にする技術、可用性の高い光通信ネットワーク実現技術

- ・産学との連携により、周波数利用効率とトランスペアレント領域の拡大、消費電力の削減を目指して、適応変復調回路と非線形補償、バースト適応収容技術、誤り訂正技術、適応線形等化技術、大規模スケラブルフォトニックノード技術等の要素技術の開発と装置の試作を行った。平成27年度は、これらの要素技術を統合した400Gbps/チャンネル再構成可能トランスポンダ技術、大規模スケラブルフォトニックノード技術等を用いてJGN-X敷設光ファイバ環境において、400Gbps伝送実証実験に成功するとともに、伝送容量とリンク長の積において4ペタbps $\times$ kmのトランスペアレント領域目標を達成し、トランスペアレント領域を10倍以上に拡大できることを実証した。加えて、これらの成果の一部を総務省直轄委託研究で進めている400Gbpsデジタル信号処理回路(DSP)統

合基盤技術の開発に反映させ、実験環境で光トランスペアレント領域を 100 倍以上に拡大できる実験実証に成功し、400 Gbps チャンネル伝送用 DSP LSI のサンプル出荷に至っている。

- ・産学との連携により、エラスティック光アグリゲーションネットワークの要素技術の内、WDM/TDM-PON 方式によるプログラマブル機能とアグリゲーション機能の検証実験に成功した。平成 27 年度は、エラスティック機能検証実験に向けて、OFDM-PON 方式において各要素技術確立を行った。また、ネットワーク統合設計技術、柔軟性向上技術、高信頼化技術、光リンク構成技術、光ノード構成・制御技術、光エッジシステム構成・制御技術など、エラスティック NW の要素技術の開発を進めるとともに、試作や機能拡張を行った。
- ・産学との連携により、光電子融合型パケットルータ技術として、各サブシステム技術を開発した。プリプロトタイプによる 100Gbps (25Gbps×4) 光パケット動作検証を行い、当初目標を上回る低消費電力化、低遅延化を達成するとともに、光パケット交換/光回線交換/仮想光回線方式を用いた柔軟なデータセンタネットワークの優位性を実証した。
- ・産学との連携により、(A) 超高速光スイッチサブシステムの開発に向けた、小型光スイッチの作製と光バースト伝送実証テストベッドへの実装などを実施した。また、(B) 柔軟な高速可変性を活用する大規模フラットネットワークのため、光ファイバの周波数利用効率の向上の実証、経路設定・変更制御技術、周波数資源帯域の制御方式の設計などを実施した。

#### ウ 光通信基盤の研究開発

データ伝送における 400Gbps 級の光変復調と低消費電力化、データ交換におけるテラビット級多重信号切り替え、高速 ICT 計測精度の 1 桁向上、新規波長帯域 (1 $\mu$  帯) の開拓などを実現するための基盤要素技術確立する。

#### ウ 光通信基盤の研究開発

○400Gbps 級光変復調、テラビット級多重信号切り替え、高速 ICT 計測、新規波長帯域の要素技術

- ・400Gbps 級光変復調に必要な高速動作と多値変調の研究を進め、高速高効率な変復調を実現する光信号合成技術確立し、さらなる高速化に対応可能な光・電気ハイブリッド等化技術や 100Gbaud 級に対応した復調基盤技術の開発に成功した。超高速通信のデータ処理に利用可能な光・電気ハイブリッド等価技術として、単一偏波 56Gbaud16 値多値変調信号での動作実証に成功し、多値・偏波等の多重化技術を基にした 1 波長あたり 400Gbps 超級のための光変調高度化基盤技術の確立を達成した。また、超低消費電力なデジタル位相ロックループ (PLL) 技術を開発し、それを用いた多値信号判定信号処理等の機能集積を行い、4 値以上の多値信号復調を達成した。さらに多値・多重化技術に加え、高効率かつ低消費電力な無バイアス 100Gbaud 級復調デバイスに関する基盤技術確立した。
- ・マルチモード伝送や新規光帯域への適用を目指して、平成 25 年度には 1.5 $\mu$ m 帯量子ドット光アンプの作製に成功し、増幅器やスイッチとしての基本性能の評価により、平成 27 年度には 80Gbps 級に相当する高速光信号に対してデータ歪の少ない良好な信号増幅特性を実証した。
- ・高速 ICT 計測技術として、高消光比変調を用いた 2 トーン基準光源による ICT 計測技術の研究を進め、核となる変調技術では 16 値/36 値/64 値 QAM に対応した可変変調技術開発に成功した。平成 26 年度には、技術移転により高精度光基準信号発生技術を利用した 110-140GHz 帯のワイドレンジ括スペクトラムアナライザの製品化を行った。平成 27 年度には、光変調・検出デバイス評価技術で、従来技術に比べ 10 倍の精度を実証し、さらに、NICT 知財を活用した IEC (International Electric Commission) 国際標準最終ドラフト (FDIS IEC 62803 Ed. 1.0) が発行された。

光波、高周波数領域の併用・両用技術を取り入れた、災害発生時等のファイバ敷設が困難な様々な環境下でも 10Gbps 以上のブロードバンド接続を確保するための技術、持続発展可能なネットワーク実現のための低消費電力・低環境負荷 ICT ハードウェア技術、高速伝送技術と高速スイッチング技術の融合技術を確立する。

- ・新規周波帯域開拓技術において、平成 23 年度には、量子ドットによる超広帯域・高安定可変光源を試作し、 $1\mu\text{m}$  帯(Tバンド)、 $1.3\mu\text{m}$  帯(Oバンド)における伝送実験に成功、新バンドでの高密度伝送の可能性を世界に先駆け示し、技術移転により O バンド 60nm 幅の波長帯域に対応する光源の製品化も行った。平成 27 年度には、T バンドに加えて O バンドも含めた 300nm の波長帯域をカバーする量子ドット波長可変光源の構築に必要な基盤技術を確立し、一部の波長帯域での製品化に成功した。さらに、新規光帯域 T バンド、O バンドを含む広帯域信号に対応したスイッチングデバイスと送受信デバイスの要素技術開発を行い、テラ bps 級信号に対応可能であることを世界に先駆け実証した。
- ・産学との連携により、平成 27 年度には  $\mu\text{m}$  帯で 100nm 以上の帯域を有するゲインチップ及び 300mA 注入時に 80mW 以上の出力が得られるゲインチップを実現した。また、波長 1063nm において最大利得 8.5dB、結合損失 5.6dB 以下の量子ドット光増幅器モジュールを開発した。広帯域、高精度波長可変光源の開発では、単一の波長可変機構を開発し波長可変帯域 100nm を得た。周回性アレイ導波路回折格子 ( $47\times 47$ 、チャンネル間隔 0.2nm) およびアレイ導波路回折格子 ( $1\times 23$ 、チャンネル間隔 15.6nm) を多段接続して  $1081\times 1081$  フルメッシュ波長ルータの一部を構成し、また、デモ用波長ルーティングシステムを構築して、エラーフリー伝送および切り替え時間 500ms 以下による波長ルーティングを達成した。

○様々な環境下で 10Gbps 以上のブロードバンド接続技術、低環境負荷 ICT ハードウェア技術、高速伝送技術と高速スイッチング技術の融合

- ・様々な環境下でのブロードバンド接続実現に向けて、高速有無線両用伝送技術の研究を進め、平成 24 年度には原理実証として当時世界記録である 90GHz 帯 80Gbps 級ミリ波伝送に成功した。平成 27 年度には、目標を 1 桁上回る原理検証として 100Gbps 級無線データ伝送を可能にするマルチ周波数帯域利用のための光・無線両用基礎技術の動作実証に成功した。さらに有無線両用時の高機能化・ネットワークトランスパレンシ向上の要となる技術として、マイクロ波帯無線をミリ波に重畳する RoR(Radio-on-radio) 技術とファイバ無線技術との融合研究を進め、その成果が ITU-T カレイドスコープ 2015 の首席最優秀論文賞を受賞した。
- ・有無線両用伝送技術の応用として、90GHz 帯空港監視レーダシステムでは、これまでに開発した高速高精度光変調技術に加え、ファイバ無線によるミリ波伝送技術、量子ドット等の高性能ナノ結晶構造作製技術による帯域幅 100GHz 以上の無バイアス光検出器の実証を行い、異物検知性能として世界最速 10 秒以内・最高分解能数 cm 以下の性能を達成した。さらに、高速列車通信システムへの応用技術も開発中である。
- ・産学との連携により、災害発生時のファイバ途絶に備えて、平成 25 年度には、可搬で防水かつ設置が容易（位置・方位モニター付き）なミリ波（75-110GHz）送受信機などの有無線両用通信システムのための（100Gbps の光ファイバ回線と 10Gbps の無線回線を切替る）要素技術を個別に検証した。平成 27 年度には無線両用伝送システムでパケットロスなく最大 5 Gbps を伝送可能である装置を開発した。光 2 トーン信号を用いた MIMO 伝送方式において、キャリア成分の位相変調を用いた時空間符号化技術により、受信信号の SN 比を最大 6dB 改善できることを理論的に示し、マルチモードファイバのモード多重光伝送と W 帯 MIMO 無線伝送を融合した 10 Gbps 級の MIMO-RoF (Radio on fiber) 伝

		<p>送を実証した。さらに、世界最高の出力密度 (3 W/mm @ 96 GHz) を有する GaN HEMT と安定動作する W 帯増幅器モジュールを開発した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シリコンやカーボン等のユビキタス材料を活用した ICT デバイス研究を進め、100GHz の高速変調が可能な E0 ポリマー光位相変調器の動作検証に成功した。さらにシリコン材料を活用した ICT ハードウェア技術として、広帯域量子ドット光ゲインとシリコンフォトニクス光回路を組み合わせる技術を確認し、ヘテロジニアス量子ドット光源を世界に先駆け動作実証した。</li> <li>・産学との連携により、高性能有機 E0 ポリマーを用いた超高速・低電力の実用的光デバイス開発を通して、小型・高精度・広帯域用光変調器など次世代デバイスへの適用可能性を確認した。</li> </ul> <p>①高性能 E0 ポリマーの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・E0 ポリマーのガラス転移点向上 (Tg 170°C) や高純度化など、デバイスの耐熱性向上を実現する技術を確認。</li> </ul> <p>②高精度 E0 ポリマー光導波路の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・E0 ポリマー導波路の構造最適化により、低駆動電圧化 (半波長電圧 <math>V_p &lt; 2V</math>、電気光学定数 <math>&gt; 100\text{pm/V}</math>) を実現。</li> <li>・高 Tg、高純度化した E0 ポリマーを光導波路に適用し、電気光学特性の熱劣化抑制 (85°C/2000 時間) に成功。</li> </ul> <p>③デバイス設計・開発技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・サイドチェーン E0 ポリマーによる高速光デバイスのプロトタイプを作製。2V 駆動で 40ps のスイッチング動作に成功。</li> <li>・100GHz 応答、50Gbaud 変調など、E0 ポリマーデバイスの超高速性を実証。</li> </ul>
--	--	---

自己評価	
評価	S
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>本研究開発は、下記の世界初あるいは世界トップに位置づけられる特に顕著な成果の創出など、目標を大幅に上回っていることを評価し、Sとした。</p> <p>○中長期計画「マルチコアファイバ等を用い飛躍的な通信容量の増大を可能とする伝送と交換システムの要素技術を確認する」に対して、産学との連携により、マルチコア・マルチモード光ファイバ通信技術の最先端を走り、既存の光ファイバの限界とされていた 100 テラ bps を打破し、1 ペタ bps 伝送、さらに 2 ペタ bps 伝送実証など数度にわたって世界記録を更新した。加えて、1 本の光ファイバの空間多重数 100 超チャネルを達成して 10 ペタ bps 伝送への可能性を拓くなど、たゆまぬ研究開発の成果発信を通して、世界を常に牽引し光ファイバ通信インフラ研究の新たな分野を開拓した。</p> <p>○中長期計画「光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャ構成技術について、研究開発テストベッドを用いた実証等を行いつつ、その確立を図る」及び「光交換ノードにおいて、データ粒度、データレート、変調方式、帯域、偏波のそれぞれに対する無依存化を図るための個別要素技術を確認し、システムアーキテクチャを確認する。」に対して、世界最速の 1 端子当たりの光パケット交換容量の世界記録を継続して更新し、光パケット交換機能の 1 ビットあたりの消費</p>	



電力が、1端子当たり10テラbps以上において1/10~1/100程度になる見通しを1年前倒しで達成、光バッファ・光パケットヘッダ処理装置等の開発及び実証にも成功し目標を達成した。また、光パケット・光パス統合ノードシステムの実用化に向けて、ノード装置と統合ネットワークの制御・管理システムを研究開発テストベッドに展開し、データ粒度や偏波に依存しない柔軟な交換要素技術の高度化により、動的な資源割り当てを可能とするシステムアーキテクチャを確立した。さらに、光ネットワーク資源の制御と運用にコグニティブ技術を導入することにより、日欧間のグローバルな光SDN(Software Defined Network)実証実験を実施し、大規模な集中制御実験に世界で初めて成功した。この成果は、光通信分野における世界最高の成果を競い合う分野最難関の国際会議 OFC(Optical Fiber Communication Conference)2016のポストデッドライン論文(最優秀論文コンペセッション、採択率17%)に採択された。

○中長期計画「光信号のまま伝送や交換を行うことができる領域をさらに拡大するための技術確立」に対して、光トランスペアレント伝送を実現するための要素技術の研究開発に成功し、光トランスペアレント領域を10倍以上に拡大できることを実証し、さらに、成果の一部を総務省直轄委託研究で進めている400Gbpsデジタル信号処理回路(DSP)統合基盤技術の開発に反映させ、実験室環境で光トランスペアレント領域を100倍以上拡大できる実験実証に成功し、400GbpsDSPサンプル出荷に貢献している。

○中長期計画「チャンネルあたりの伝送速度の高速化技術及び多重化のための新規光帯域を開拓する技術を開発する」及び「光波、高周波数領域の併用・両用技術を取り入れた、10Gbps以上のブロードバンド接続を確保するための技術」に対して、NICT特許技術で開発された基準2トーン光源技術及び世界有数の高密度量子ドット技術等の要素技術の研究開発により目標を達成した。さらに光・ミリ波帯測定器の技術移転と国際標準化を進め製品化し、世界最速・最高分解能の空港監視レーダシステムの実証に成功している。

#### 「必要性」

○情報通信ネットワークは必要不可欠な社会インフラであり、通信容量の増加に対応しつつ、利用者の利便性向上、消費エネルギーの抑制、高信頼性の確保、災害時の可用性確保など多様な課題に対応可能なネットワークが期待されている。特に、このような社会的な期待に応える高速大容量のネットワーク基盤技術である最先端の光ネットワーク技術の研究開発は、民間企業ではリスクが高く困難なことから、国策として積極的に推進、実施すべきである。

#### 「効率性」

○極めて限られた人員および年々厳しくなる予算環境下で、JGN-X、StarBED<sup>3</sup>などを活用して実インターネット環境を模した実証や産学連携、海外研究機関との連携による効率化を図っている。

○伝送容量世界記録のような限界に挑む実験では、研究開発推進ファインドを有効に活用することで、非常に効率的な予算使用の下、アウトソーシングなどでマンパワーを補いつつ、実質的に短期間で達成していること、また先鋭的かつ困難な原理実証実験を当機構が先導し、要素技術のアウトソースや産学連携による研究成果の相互利用で、世界記録を複数実現し大変効果的な研究を行っている。

#### 「有効性」

- 開発成果をネットワークテストベッドとして他ユーザが利用できる方向で成果の還元を進めている。JGN-X テストベッドを用いて構築した全国規模の HANA テストベッドを用意して大学などの外部組織がネットワークやサービスの研究開発に利用できるようにしている。
- 研究成果の実用展開に向けて HANA レイヤ 3 スイッチを小型化・パッケージ化に成功し、さらに商用ネットワーク技術トレンドを見極めて SDN 対応化も進めている。
- 光パケットスイッチ技術では最先端の交換容量世界記録達成に留まらず、要素技術として光パケット・光パス統合ノード装置に組み込み、実運用のため JGN-X ネットワークテストベッドへ設置展開した。
- 可搬型無線基地局技術とそれを用いたネットワーク技術は、当機構の耐災害 ICT 研究センターが敷設する無線テストベッドの構築技術として採用された。
- 光トランスペアレント伝送を実現するための要素技術の研究開発に成功し、さらに成果の一部を総務省直轄委託研究で進めている 400 ギガデジタル信号処理回路 (DSP) 統合基盤技術の開発に反映させており、すでに同様なスキームで商用展開されている 100 ギガ DSP の次世代技術の開発を推進している。
- マルチコアファイバとそのネットワーク応用に関して、大洋横断級の長距離大容量伝送の世界記録更新の成功に加え、19 コア全コア同時励起 EDFA 開発や SDN によるネットワーク制御等世界的に未着手の研究分野で先駆的な実証に成功している。
- NICT 特許技術で開発された基準 2 トーン光源技術及び世界有数の高密度量子ドット技術に関して、光・ミリ波帯測定器の製品化を技術移転と国際標準化を進めて達成し、さらに世界最速・最高分解能の空港監視レーダへの適用に向けて空港での部分実証に成功している。

#### 「国際水準」

- 光パケット・光パス統合ネットワーク開発では、その先進性と安定性で世界をリードしている。これまで注目度が高い国際会議での招待講演（光通信分野における世界最高の成果を競い合う分野最難関の ECOC (European Conference on Optical Communication)、高性能のスイッチング技術分野に関する IEEE のフラッグシップ会議 High Performance Switching and Routing (HPSR) 等)、光ネットワーク分野の著名な国際論文誌 IEEE/OSA JLT への招待論文執筆等、客観的な評価も得られており、組織と研究成果の注目度が高くなっている。
- ID・ロケータ分離機構 (HIMALIS) はデジュール標準をリードし、かつ、その中に自らの成果を反映している。
- 競争の激しい光通信分野で最難関の国際会議の招待講演や多数のポストデッドライン論文採択など当該分野で国際的に極めて高い評価を得ている。また欧米の国家プロジェクトへの参加要請なども非常に多く、高い研究開発力に期待されていると考えられる。特に EU FP7 の大型プロジェクトである ASTRON PJ に唯一 EU 外機関から参画できたことや、日米連携プロジェクトや日欧連携プロジェクトにおいても研究成果が光通信分野最難関国際会議で採択されるなど、当該分野における世界有数の高い国際水準の研究をしている機関であると認められた証左である。
- 伝送容量世界記録のような限界に挑む実験では、3 年ぶりに伝送容量の世界記録を更新するなどブレークスルーとなる先鋭的かつ困難な原理実証実験を産学連携により当機構が先導し、欧米の Nokia (旧ベル研究所 アルカテル・ルーセント) 等の世界トップクラスの研究機関と競いながら光ファイバ通信技術分野の最先端を牽引し続けている。
- 光波制御技術においては圧倒的世界最高水準の成果を輩出している。量子ドット作製技術は世界トップであり、これをテコに国内外研究機関との連携を積極的

に行っている。送受信器における量子ドットの空間密度の重要性といった新規概念の提案も著名学会での招待講演の機会を生かして行っており、他機関の追従の例もある。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 8

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(3) テストベッド技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	14	17	27	14	16	事業費用（億円）	35.0	37.6	34.2	30.2	27.8
特許出願数	—	1	0	0	0	0	職員数 ※内数	26	25	25	26	27

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
III 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項	
1 研究開発業務	
(2) 国民のニーズを意識した成果の発信・展開	
エ 産学官連携強化及び研究環境のグローバル化	
<p>将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインを提示するとともに、その具現化を図る研究開発を、産学官でビジョンを共有して推進する機能の強化を図る。</p> <p>機構が有するテストベッド等の実証プラットフォームのより一層の有効活用を図る。</p> <p>国際展開の促進のために、国際的な人材交流、共同研究等の強化を図る。</p>	
中長期計画	
1 ネットワーク基盤技術	

現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

### (3) テストベッド技術

情報通信分野における基礎研究から応用・実用への円滑な展開を図るため、研究機構において研究開発した各種要素技術を統合する大規模なテストベッドを、研究開発テストベッドネットワークや大規模計算機エミュレータ等を用いて構築するとともに、新たなネットワークの運用管理技術やテストベッドの効率的な管理・運用を行うための管理運用技術を確立する。また、テストベッドを広く産学官に開放し、新しいアプリケーションのタイムリーな開発を促進する。さらに、海外の研究機関等との相互接続により、戦略的国際共同研究・連携を推進する。

#### ア 研究開発テストベッドネットワークの構築

ネットワーク技術を持続進化させるイノベーションを促進するため、最先端の光ネットワークや災害に強く平時にきめの細かいサービスを実現できる無線ネットワークを取り入れた物理ネットワークと、その上位層に仮想化技術等を用いて構成される多様な仮想ネットワーク群からなる論理ネットワークを一体的に稼働できる大規模な研究開発テストベッドネットワークを構築する。さらに、多種多様なネットワークや計算資源が相互接続され、有線・無線、実・仮想が混在したネットワーク環境全体の管理運用の省力化、エネルギー効率の改善、大規模災害時の可用性向上等を実現するため、個別のネットワークの管理運用機能を仮想化・連結し、統合的に管理運用するためのメタオペレーション技術を確立する。

#### イ 大規模エミュレーション技術の研究開発

災害に強く、低消費エネルギーで環境にも優しい新たなネットワーク関連技術のエミュレーションや機能・性能評価に資するため、有線・無線が混在し、データリンク層からアプリケーション層までのネットワーク環境をエミュレーションする技術の研究開発を実施し、災害時を含めてネットワークの実現可能な構成を検討可能とするエミュレーションを実現するとともに、エミュレーション資源の割り当ての高効率化や他のテストベッドとの連携を実現することにより、現状の3倍程度に匹敵するエミュレーションの規模や複雑さを実現することを目指す。

また、様々なネットワーク関連技術の各開発段階における検証を柔軟かつ簡易に受け入れ可能とするため、大規模エミュレーション管理運用技術の研究開発を行い、現状で数十分から数時間程度かかる検証受け入れ処理を、検証受け入れユーザインタフェースの強化と検証環境の半自動割り当てを実現することで、数分のオーダーまで簡易化することを目指す。さらに、この技術を応用し、サーバやネットワークを別の環境に移動する技術を研究開発し、被災したICTシステムを受け入れ可能な基盤としてもテストベッドを利活用可能とすることを目指す。

### 主な評価の観点・視点、指標等

#### <評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
1 研究開発業務	別添1-(3) テストベッド技術	

**(2) 国民のニーズを意識した成果の発信・展開**

**エ 産学官連携強化及び研究環境のグローバル化**

将来の社会を支える情報通信基盤のグランドデザインを提示するとともに、その具現化を図る研究開発を、産学官でビジョンを共有して推進する機能の強化を図る。

機構が有するテストベッド等の実証プラットフォームのより一層の有効活用を図る。

国際展開の促進のために、国際的な人材交流、共同研究等の強化を図る。

情報通信分野における基礎研究から応用・実用への円滑な展開を図るため、研究機構において研究開発した各種要素技術を統合する大規模なテストベッドを、研究開発テストベッドネットワークや大規模計算機エミュレータ等を用いて構築するとともに、新たなネットワークの運用管理技術やテストベッドの効率的な管理・運用を行うための管理運用技術確立する。また、テストベッドを広く産学官に開放し、新しいアプリケーションのタイムリーな開発を促進する。さらに、海外の研究機関等との相互接続により、戦略的国際共同研究・連携を推進する。

**ア 研究開発テストベッドネットワークの構築**

ネットワーク技術を持続進化させるイノベーションを促進するため、最先端の光ネットワークや災害に強く平時にきめの細かいサービスを実現できる無線ネットワークを取り入れた物理ネットワークと、その上位層に仮想化技術等を用いて構成される多様な仮想ネットワーク群からな

- ・インフラの管理運用を仮想化対応し、インフラ API を整備することによりメタオペレーション技術確立し、JGN-X 基幹ネットワーク、SDN/NFV 基盤 (RISE)、IoT/M2M 基盤 (JOSE) 等の相互連携を実現した。
- ・新世代ネットワーク技術を収容可能なテストベッドを実現するため、JGN-X のバックボーンとして、従来の L2 VLAN による仮想ネットワークに加え、より柔軟な設定が可能な MPLS (VPLS) が動作する仮想化ルータによるネットワークも動作させ、多様なネットワーク構成を実現可能にした。
- ・JGN-X の超高速化として、40Gbps、100Gbps 回線を導入し、その上で様々な帯域要求のあるネットワーク利用を共存させる仕組みを開発した。

る論理ネットワークを一体的に稼働できる大規模な研究開発テストベッドネットワークを構築する。さらに、多種多様なネットワークや計算資源が相互接続され、有線・無線、実・仮想が混在したネットワーク環境全体の管理運用の省力化、エネルギー効率の改善、大規模災害時の可用性向上等を実現するため、個別のネットワークの管理運用機能を仮想化・連結し、統合的に管理運用するためのメタオペレーション技術を確認する。

- ・直接的に全てのトラフィックをモニタリングすることが困難な 100G 超高速ネットワーク上で、光スイッチ、高速ネットワークフィルタリング、SDN、高精度通信解析システム等の連携により、選択的に対象トラフィックを抽出することでモニタリングを可能にした。また、100G スイッチと連携可能なプログラマブル基盤を実現した。
- ・広域ネットワーク環境への OpenFlow 技術の展開モデルを確立するため、OpenFlow/SDN テストベッド RISE を構築し、ユーザ受け入れを実施し、SDN 技術に関する研究開発を推進した。
- ・OpenFlow ネットワーク環境のマルチテナント化技術や、メタオペレーションによる下位物理ネットワークとの共存、ユーザネットワーク構成の仮想化、インフラの管理運用を自動化するオーケストレーションシステム、ソフトウェアスイッチの活用によるスケーラビリティの向上技術を開発し、多様なネットワークサービスを担うことができる大規模 SDN/NFV インフラの構築を可能にした。さらに、ソフトウェアスイッチとハードウェアを連携しユーザ収容数の向上を実現した。
- ・ネットワーク仮想化基盤について JGN-X 上での管理運用を確立し、最新版のシステムのインストールを完了、利活用推進のためにテストベッドサービスを開始し、新世代ネットワーク基盤を具体化した (NICT のネットワークシステム総合研究室と共同)。さらに、その上での基盤技術検証、アプリケーション実証のユーザサポートを行った。
- ・光・パケット統合アーキテクチャの検証として、光スイッチとイーサスイッチの統合アーキテクチャの実検証に成功した。
- ・大規模ネットワークにおけるトラフィックエンジニアリングの外部化として、グローバルな仮想回線サービスを実現する DCN (Dynamic Circuit Network) アーキテクチャにおいて、トラフィックエンジニアリングの外部化の仕組みを検討、複数のサービスを収容可能な仮想化の仕組みや、QoS 管理機能の拡張を実現した。
- ・OGF 標準の NSI (Network Service Interface) の相互接続実証実験に協力し、次世代のグローバル仮想回線サービスの構築に成功した。
- ・OpenFlow ネットワークのコントロールプレーンに加えてデータプレーンの双方に変換系を用いることでマルチテナント OpenFlow インフラの規模拡張性を大きく向上する OpenFlow 完全論理仮想化技術を確認し、マルチドメイン環境への適用方式を開発した。また、その応用としてインフラから独立した仮想サービスプロバイダのアーキテクチャを提案すると共に、エンドサービスが SDN 制御する API を開発し、提供した。
- ・JGN-X の運用において、JGN-X ユーザ、JGN-X 事務局、NW 運用、その他インフラ運用の間で連携し、多種多様な論理および物理リソースを統合的に扱い、それぞれのロールに応じたシステム構築ができる管理システムである Testman を開発し、実証実験に成功した。さらに、JGN-X と StarBED<sup>3</sup>との連携フレームワークを確立した。
- ・SDN を活用し複数のアクセス回線を活用することのできる耐災害ネットワーク技術を実展開し、災害対応シナリオに合わせた遠野市でのフィールド検証を実施し、その実用化モデルを検討した。
- ・光パス・パケット統合ノードによるコア網と L2 ベースの OpenFlow 網の SDN 連携の仕組みを開発し、実証実験に成功した (NICT のネットワークアーキテクチャ研究室と共同)。さらに、ID-Locator 分離技術 (HIMALIS)、アドレス管理機構 (HANA) を実ルータ上で開発し、JGN-X への展開モデルを検討した

(NICTのネットワークアーキテクチャ研究室と共同)。

- ・総務省委託研究 03 プロジェクトと連携し、その成果である ODENOS や Lagopus 等のシステムを JGN-X/RISE 上で動作させ、ユーザが試用、検証可能な環境を構築した。さらに、RISE の管理運用システムに組み込み、ユーザとして技術の成熟化に貢献した。
- ・OpenFlow/SDN 技術の HPC (High-Performance Computing) 領域での応用として、ネットワークの状況も考慮して SDN によりネットワーク構成を含めて最適化するクラスタ向けジョブ管理システム、大規模情報可視化のための TDW (Tiled Display Wall) システムにおいてネットワークの状況やユーザの振る舞いに応じて SDN によりネットワーク構成を最適化するシステムを開発し、大学内、大学間連携プログラム等におけるサービス化の取り組みを開始した。
- ・総務省の「戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)」の先進的通信アプリケーション開発型研究開発と密に連携し、JGN-X が先進的な通信アプリケーションの開発環境を提供し、基礎研究からアプリケーション開発までを一体的に推進し、新世代ネットワークの展開や国際標準化を加速し、これらを通じてイノベーションや新市場の創出、国際競争力強化等を図った。
- ・国内では InteropTokyo やさっぽろ雪まつりでの実証実験、海外では SC (Supercomputing Conference) や APAN (Asia-Pacific Advanced Network) 会合等の機会を活用し、積極的にデモを実施し、海外からの研修生の受け入れ等を通じ、我が国主導による海外機関とのテストベッド連携・研究連携に取り組んだ。
- ・第三期中期期間において JGN-X は 315 機関に利用され、884 件の論文発表、100 件の特許出願、32 件の商品化がなされた。さらに、大学等の教育機関による利用 (485 名の学生が利用) による人材育成面での貢献や、海外機関との研究協力やインターンシップ研修員受け入れ (16 名) など国際連携においても成果を挙げた。

## イ 大規模エミュレーション技術の研究開発

災害に強く、低消費エネルギーで環境にも優しい新たなネットワーク関連技術のエミュレーションや機能・性能評価に資するため、有線・無線が混在し、データリンク層からアプリケーション層までのネットワーク環境をエミュレーションする技術の研究開発を実施し、災害時を含めてネットワークの実現可能な構成を検討可能とするエミュレーションを実現するとともに、エミュレーション資源の割り当ての高効率化や他のテストベッドとの連携を実現する

- ・StarBED<sup>3</sup>がそもそも持っている有線の特性に加え、前中期から開発を進めている QOMET に対して、最近の無線規格である 802.11bg, ZigBee, LTE モデルを導入し様々な無線環境のエミュレーションを実現した。これにより無線技術検証のフィールド実験のコストを低減・再現性を確保し、実施コストが高いフィールド実験前の実証実験に活用。無線環境の摸倣対象技術のソフトウェア実装は実環境のものを利用を実現した。
- ・QOMET による無線区間のリンク特性エミュレーションを動的に行うことを可能とし、より柔軟な実験シナリオの実行を実現した。
- ・SpringOS のコアとなるリソースマネージャの再設計を行い、より詳細な物理リソースの管理と仮想リソースの管理を可能とした。これにより従来よりも適切な実験リソースの割り当てと、仮想リソースの管理による実際に存在する物理リソースの数倍から数十倍の実験環境の構築を実現した。
- ・米国のテストベッドである DETER LAB との国際的なテストベッド連携実験を実施した。
- ・JGN-X をはじめとする StarBED<sup>3</sup>以外のテストベッドとの連携を可能とするための Testman フレームワークを開発し、SpringOS に組み込むことで性質の異なるテストベッドとの連携実験を可能にした。従



ことにより、現状の 3 倍程度に匹敵するエミュレーションの規模や複雑さを実現することを目指す。

また、様々なネットワーク関連技術の各開発段階における検証を柔軟かつ簡易に受け入れ可能とするため、大規模エミュレーション管理運用技術の研究開発を行い、現状で数十分から数時間程度かかる検証受け入れ処理を、検証受け入れユーザインタフェースの強化と検証環境の半自動割り当てを実現することで、数分のオーダーまで簡易化することを目指す。さらに、この技術を応用し、サーバやネットワークを別の環境に移動する技術を研究開発し、被災した ICT システムを受け入れ可能な基盤としてもテストベッドを利活用可能とすることを目指す。

- ・ 来の StarBED<sup>3</sup>が持っていない機能の利用、実験環境の大規模化を実現した。
- ・ 実験住宅やホームシミュレータなどと StarBED<sup>3</sup>の連携を容易に実現するための統合管理ソフトウェアを開発した。
- ・ 宅内の動作をシミュレートするホームシミュレータと、StarBED<sup>3</sup>を用いて構成した各家庭が接続するアクセスネットワークおよび ISP 環境を接続できる実プロトコル I/F ライブラリを実装し、ホームシミュレータを構成する各要素をより容易に実環境との接続を実現した。
- ・ ICT 環境に任意の障害を入れた際の影響を確認するためのフレームワークを実装した。
- ・ インターネット上で実際に利用されているソフトウェアを多数実行することによるトラフィックジェネレータを開発した。現実的な背景トラフィックの作成を実現した。
- ・ 実環境の無線特性をシミュレーション環境と接続し、現実世界の無線状況を実験環境にリアルタイムに反映させるための空間伝搬エミュレータを実現した。
- ・ 人間の活動状況を摸倣するエミュレータを実現し、エミュレーション環境内に複数の人間が存在するような実験を可能にした。
- ・ ディスクイメージをマルチキャストで配布する機構を実装し、ノード設定に必要な時間を大幅に短縮した。
- ・ 従来の SpringOS の機能を統一された CLI から利用できる blanketsh を開発するとともに、いくつかの GUI を提供することにより様々なレベルのユーザの受け入れを実現し大幅な環境構築時間の削減、容易な操作を可能にした。
  - 一台のノードの設定を複数のノードに複製することで規模にもよるが設定時間を数十分の 1 程度に軽減した
  - 設定項目を減らし、また作業の効率的な自動化により、多数の設定を行うことによる設定ミス発生率を軽減した
  - 環境構築設定および実験シナリオの自動実行による実行タイミングの再現性を確保した
- ・ SpringOS の機能を C、C++、perl などから呼び出せるライブラリ eggroll を開発した。
- ・ 実験シナリオを perl、ruby などの言語で実施できるような機能を開発した。
- ・ 仮想ノードを効率よく制御するための制御ソフトウェアを開発することで従来の 10 倍以上の規模の実験実施を可能とした。
- ・ 人体の挙動をエミュレートする HOBITS を実装した。
- ・ SpringOS のアーキテクチャおよび提供機能を見直し次世代の SpringOS として Rainy の研究開発を開始、前述のリソースマネージャやスイッチマネージャ、パワーマネージャなど中心的なモジュールについて新アーキテクチャに合致するよう新たに実装を行った。人の挙動や物理情報を取り入れた統合エミュレーションを実施した。
- ・ ICT 環境への災害、ネットワーク障害の影響と、その解決のための新技術の効果を確認するためのプラットフォームを形成した。
- ・ 開発技術の統合実験としてのいくつかのケーススタディを実施した。地形情報に基づいた災害時の ICT 環境への影響とその復旧技術を確認するためのインタラクティブな実験実行フレームワーク NERFV を開発し、車車間通信を補助するための物理的インフラの設置影響をインタラクティブに確認できるケ

	<p>(テストベッドについて、最先端の研究開発成果の実証を図るほか、実社会の課題の解決を目指して異業種とも多様な連携を図り、社会的受容性等の検証を含めた社会実証が可能な環境を実現することについても検討する必要がある。)</p> <p>(テストベッドについては、多様な先進的通信アプリケーションに関連した実証テストベッドの構築など、社会の具体的なニーズについて活用する現場に踏み込んで取り込むことも必要かつ重要であるが、こうした実証的なネットワーク研究開発は、民間企業ではリスクが高く困難なことから、国策として積極的に推進、実施すべきである。)</p>	<p>ースタディを実施した (Interop 2014 ShowNet Award 審査員特別賞受賞)。HEMS 環境のエミュレーションを StarBED<sup>3</sup>上で実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今期中の実績として、外部組織が主催するサイバー人材育成 (ITKeys、Hardening、CYDER) に NICT の CYREC (サイバー攻撃対策総合研究センター: Cybersecurity Research Center) と連携して協力。StarBED<sup>3</sup>環境にリモートから参加者が接続するような環境も構築。社会的なセキュリティ人材不足問題解消に貢献した。</li> <li>・第三期中長期期間において、StarBED<sup>3</sup>は延べ 368 機関に利用され、37 件の論文発表、10 件の商品化がなされた。さらに、北陸先端科学技術大学院大学との連携等による人材育成面での貢献 (4 件が博士号取得に活用) においても成果を挙げた。</li> <li>・第 3 期中長期期間においては、JGN-X、StarBED といったテストベッドの構築を通じて、機構内外における技術実証・社会実証のニーズに応えてきた。さらに第 4 期中長期期間においては、NICT が有する研究開発テストベッドネットワーク、ワイヤレステストベッド、大規模エミュレーション基盤、複合サービス収容基盤等のテストベッドを融合し、IoT の実証テストベッドとしての利用を含め、技術実証と社会実証の一体的推進が可能なテストベッドを実現し、今後運用することとした。</li> <li>・第 3 期中長期期間においては、JGN-X、StarBED といったテストベッドの構築を通じて、実証的なネットワーク研究開発の推進に寄与してきた。第 4 期中長期期間においても、研究開発テストベッドネットワーク等のテストベッドの利活用を促進することにより、産学官によるネットワーク研究開発の実証を積極的に推進していく。</li> </ul>
--	---	--

自己評価	
<p>評定</p>	<p>A</p>
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下に示す通り、中長期目標・中長期計画を上回って達成している。</p> <p>○ JGN-X において、ネットワーク仮想化基盤技術、SDN 技術、グローバル仮想回線サービス等に代表される新世代ネットワーク技術を収容可能なテストベッド</p>	

として 100Gbps の超高速化を実現しており、SDN/OpenFlow テストベッド RISE では、ハードウェアベースのマルチテナント SDN テストベッド環境を実現しており、これらの点は世界の他のテストベッドにはないものであり、目標を上回った成果を実現したと評価できる。

- RISE では、光統合ネットワーク技術との統合的な制御技術を開発し実証実験に成功し、また災害に強いネットワーク技術として、複数の回線をその障害状況に応じて SDN により再構成する技術を開発し実証実験に成功しており、目標を上回った成果を実現したと評価できる。
- インフラの管理運用を仮想化対応し、インフラ API を整備することによりメタオペレーション技術を確立すると共に、各種インフラ技術の管理運用を統合するシステムを開発し、インフラの特性に合わせたマルチレイヤでのネットワーク構築モデルを実現し、従来は 2 週間程度要していたサービス開始時間が 2 日程度にまで大きく短縮され、目標を上回った成果を実現したと評価できる。
- 国内では、Interop Tokyo、雪まつり、海外では、SC、APAN 会合等の機会を活用しつつ、積極的にデモや研究発表を実施し、我が国主導による海外機関とのテストベッド連携・研究連携の取り組みにつなげ、ネットワーク研究成果の実証・アピールの場を提供し、かつ、これら研究の牽引を行った点も目標を上回る成果を創出したと評価できる。
- 新たなユーザインタフェースの開発と SpringOS の機能改善により利用者提供を行い利用者のレベルに従い柔軟な実験実行を可能とし、管理対象となる実験環境の数倍から数十倍への大規模化、さらにその構築と実験実行に必要な時間の削減を実現したことは評価に値する。
- LTE や WiMAX などそれぞれのタイミングで重要な新たな技術に柔軟に対応し基盤技術として提供することで、新たなインフラを対象とした実験を促進し、さらに災害時の ICT 環境の障害状況やその対策技術の検証のための多くのケーススタディを実施したことが評価に値する。
- さらに、StarBED<sup>3</sup>を利用した教育イベントとして IT-Keys、Hardening、CYDER などにリソースおよび技術提供を行い、セキュリティ人材不足を解消する一要素として NICT のリソースを提供できたことが大きく評価できる。
- その他、JGN-X は 315 機関に利用され、884 件の論文発表、100 件の特許出願、32 件の商品化がなされた。さらに、大学等の教育機関による利用（485 名の学生が利用）による人材育成面での貢献や、海外機関との研究協力やインターンシップ研修員受け入れ（16 名）など国際連携においても成果を挙げた。
- また、StarBED<sup>3</sup>は延べ 368 機関に利用され、37 件の論文発表、10 件の商品化がなされた。さらに、北陸先端科学技術大学院大学との連携等による人材育成面での貢献（4 件が博士号取得に活用）においても成果を挙げた。

#### 「必要性」

- 新世代のネットワーク技術の研究開発においてテストベッドの活用は不可欠であり、特に近年、ネットワーク、計算機といった水平的な展開と物理レイヤからアプリケーションレイヤまでの垂直統合による効率化の検討が重要となってきており、JGN-X、StarBED<sup>3</sup>として提供されるテストベッドは我が国の ICT 研究開発にとって重要な実証環境であり、テストベッドが最先端の環境として進化する研究開発の意義は非常に大きい。
- 今後のネットワークでは、ICT プラットフォームとしての機能提供と、それをを用いてサービス・アプリケーション構築を行いやすくするための運用方法が重要となる。運用技術については具体的な環境が必須であり、本テストベッドの存在と、高度運用技術の研究開発は必須である。
- 新たな技術は日々提案され実用化されているがそれぞれの基盤技術に柔軟に対応した実験を遂行するためのプラットフォームは社会的に見て非常に重要で

ある。このような環境を常時開発し常に新たな技術を利用した検証を行うための窓口として提供することが重要である。本テストベッドではこのような社会的貢献を今中長期まで常に提供しており、今後もこのような研究開発と環境の提供は必須である。

#### 「効率性」

- 人的資源の限られた中で、共同研究や委託研究を実施し、連携して研究遂行を行っている点など、効率的な研究開発に努めている。
- JGN-X の海外接続を活用し、複数の他のテストベッドと連携して、より大規模かつ様々なネットワーク条件下での実証実験が効率的に行える環境を提供している。また、StarBED<sup>3</sup>も海外のテストベッドとも連携し、効率的に研究を遂行している。
- 様々なリソースが不足する中で共同研究や機構内の連携により効率的に研究を推し進めている。また、特にセキュリティ分野の人材育成イベントには積極的にに関わり、外部の有識者の意見を取り入れながら参加者への環境提供と我々の研究開発へのフィードバックを効率的に行った。

#### 「有効性」

- ネットワーク仮想化、光パス・光パケット、セキュリティ検証、ネットワークシステム開発など、新世代ネットワークに関わる多くの研究開発において、技術を実証解析するプラットフォームとして、本テストベッド環境は大きな役割を果たしている。
- テストベッド研究開発活動自身も、各研究開発活動のシナジー効果を生み出す統合的な実証実験を企画しており、個々の研究成果を統合して研究成果の付加価値を高めるプラットフォームとしての機能を果たしている点もテストベッドが有効に機能していると評価できる。
- 総務省の SCOPE の「先進的通信アプリケーション開発推進事業」では、JGN-X がこの先進的な通信アプリケーションの開発環境を提供し、基礎研究からアプリケーション開発までを一体的に推進し、新世代ネットワークの展開や国際標準化を加速し、これらを通じてイノベーションや新市場の創出、国際競争力強化等を図っていることは評価できる。
- 多くの技術が大規模なネットワーク環境をその適用分野とする状況であるが、大規模なネットワーク実験環境を構築できるプラットフォームは依然不足している状況である。JGN-X、StarBED<sup>3</sup>ともにこのような要求を受け入れられるための研究開発および施設運用を行っており、多くの成果が NICT のリソースを基盤として社会的に発表されている。

#### 「国際水準」

- 欧州、米国ともに新世代のネットワークのプロトタイプを目指した大規模なネットワークテストベッドを構築しているが、これまでネットワーク層とサービス層、アプリケーション層の技術への適用に限定されていた。これに対し、NICT は 100Gbps の超高速ネットワーク技術、ネットワーク仮想化基盤技術としてハードウェアベースでネットワークとサービスを融合させる技術、マルチテナント SDN 技術などを有し、かつそれらを融合し実展開している点で優れていると同時に、集中型の大規模なエミュレーション環境としては、世界一の規模を誇っている。
- OpenFlow 機能をハードウェアベースで完全にユーザに開放したテストベッドとして RISE を構築、運用しており、RISE は、その規模性、機能性の高さから、

日本のキャリアやサービスプロバイダ企業など産業界からも広く活用され、SDN を用いた新世代ネットワークサービスの創出を大きく推進しており、世界で最も実用化の進んだ SDN テストベッド環境である。

- 日本の研究者による GEC/SC 等国際会議でのデモ展示を JGN-X での接続により支援することで、日本の研究の国際競争力向上に大きく貢献している。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 9

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(4) ワイヤレスネットワーク技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	97	83	89	100	75	事業費用（億円）	7.8	7.2	6.7	7.9	7.5
特許出願数	—	54	62	34	59	29	職員数 ※内数	65	64	72	75	72

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発</b>  屋内外を問わず超高速・大容量接続が可能な光ファイバ級の移動通信システム、コードの要らないワイヤレスブロードバンド家電の実現に向けた超高速移動通信システム技術、超高速近距離無線伝送技術等の基盤技術の研究開発を行うと共に、ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。</p>	
中長期計画	
<p>1 <b>ネットワーク基盤技術</b>  現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求め</p>	

られる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

#### (4) ワイヤレスネットワーク技術

飛躍的に増加する端末を収容し、クラウド系のネットワークと協調しながら、平時・災害時における様々な利用シーンに合わせて無線リソースの制御を行い、無線ネットワークを柔軟に構成可能とするスケラブルワイヤレスネットワーク技術を確立する。

また、ブロードバンドから低速まで柔軟なワイヤレス伝送を実現するため、利用状況や利用条件等に応じて適切に無線パラメータを変更させ、再構築可能な無線機間ネットワークを確立するブロードバンドワイヤレスネットワーク技術を確立する。

さらに、劣悪な伝搬条件下における干渉、遮蔽やマルチパス等の制約、山間部、海上等従来の無線インフラでカバーできない地理的な制約を克服し、環境の変化に対してフレキシブルに対応可能な、インフラに依存しない自律分散ワイヤレスネットワーク技術を確立する。

##### ア スケラブルワイヤレスネットワーク技術の研究開発

環境負荷を低減する社会を実現するための環境の監視や制御をワイヤレスネットワークにより実現するに当たり、数百万オーダの多数の環境モニターから生じるそれぞれ数 100kbps から数 Mbps オーダの速度の膨大な情報を輻輳や遅延がなく伝送するスケラブル無線機構成技術に関する研究開発を行う。この無線機は、VHF や UHF 帯からマイクロ波帯程度までに対応し、かつ利用状況に合わせて拡張可能な構成である無線機ハードウェアと汎用 OS 上で動作する無線機構築に特化したソフトウェアコンポーネントにより構築する。

また、広域に存在する多数の環境モニター等に取り付けられた小型スケラブル無線機からの情報を効率よく収容することを可能とする広域スケラブル無線アクセス技術の研究開発を行う。この無線アクセス技術では、半径 5km 以上の範囲内に存在する各種環境モニターからの情報を数 Mbps から数 10Mbps の範囲内で速度を変化させながら、消費電力等に応じて、通信方式や通信プロトコルを適応的に変化させた無線ネットワークを介してサーバに集約、あるいはサーバから制御可能とすることを旨とする。

##### イ ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術の研究開発

最大数 100m 程度の中域以内に存在する無線機器間において、VHF 帯以上の周波数を利用し数 10Mbps から最大 10Gbps までの伝送速度を達成する無線技術を用い、様々な利用状況や利用条件等に合わせて適応的に無線ネットワークを構築する無線機器間再構築可能ブロードバンド通信ネットワーク技術を確立するとともに、高周波領域のアンテナや各種デバイス、回路の開発を行い、実証システムを構築する。

##### ウ 自律分散ワイヤレスネットワーク技術の研究開発

無線ネットワークにおける低遅延接続や基幹網の負荷軽減、カバーエリアの拡大、回線品質確保、耐災害性などの高機能化を実現するため、特定の基地局、アクセスポイントに依存せず、多数の端末類間同士が自律的かつ多元的に接続し、適応的に通信経路を確立する自律分散ワイヤレスネットワーク技術を確立する。そのために必要なアンテナや各種デバイス、回路の開発、及び実証システムの構築やそれを用いた検証を行い、高効率な通信制御や協調機能を有し、数 10m～数 100km の広域に分布する 10～数 100 の移動端末類（航空機、車両、携帯端末等）間でパケット当たりの通信成功率 90%以上を達成する。また、数 cm～10m 程度の範囲に分布する小型端末類（回路デバイス、センサデバイス等）間でパケット当たりの通信成功率 80%以上を達成する。

#### 主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

<p>・ 中長期計画に定められた各項目の達成度</p> <p>・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価</p>		
中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発</b></p> <p>屋内外を問わず超高速・大容量接続が可能な光ファイバ級の移動通信システム、コードの要らないワイヤレスブロードバンド家電の実現に向けた超高速移動通信システム技術、超高速近距離無線伝送技術等の基盤技術の研究開発を行うと共に、ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。</p>	<p><b>別添 1- (4) ワイヤレスネットワーク技術</b></p> <p>飛躍的に増加する端末を収容し、クラウド系のネットワークと協調しながら、平時・災害時における様々な利用シーンに合わせて無線リソースの制御を行い、無線ネットワークを柔軟に構成可能とするスケラブルワイヤレスネットワーク技術を確立する。</p> <p>また、ブロードバンドから低速まで柔軟なワイヤレス伝送を実現するため、利用状況や利用条件等に応じて適切に無線パラメータを変更させ、再構築可能な無線機間ネットワークを確立するブロードバンドワイヤレスネットワーク技術を確立する。</p> <p>さらに、劣悪な伝搬条件下における干渉、遮蔽やマルチパス等の制約、山間部、海上等従来の無線インフラでカバーできない地理的な制約を克服し、環境の変化に対してフレキシブルに対応可能な、インフラに依存しない自律分散ワイヤレスネットワーク技術を確立する。</p> <p><b>ア スケラブルワイヤレスネットワーク技術の研究開発</b></p> <p>環境負荷を低減する社会を実現するための環境の監視や制御をワイヤレスネットワークにより実現するに</p>	<p>・スマートメータシステム、エネルギー管理システム、農業用センサネットワーク、工業用無線通信ネットワーク、防災無線システム等に有効な狭域メッシュ構造を超省電力で実現可能な SUN システムについて需要に応じた無線機台数、通信エリアに対する無線技術仕様の策定および総合実証を実施する</p>



当たり、数百万オーダの多数の環境モニターから生じるそれぞれ数 100kbps から数 Mbps オーダの速度の膨大な情報を輻輳や遅延がなく伝送するスケラブル無線機構成技術に関する研究開発を行う。この無線機は、VHF や UHF 帯からマイクロ波帯程度までに対応し、かつ利用状況に合わせて拡張可能な構成である無線機ハードウェアと汎用 OS 上で動作する無線機構築に特化したソフトウェアコンポーネントにより構築する。

また、広域に存在する多数の環境モニター等に取り付けられた小型スケラブル無線機からの情報を効率よく収容することを可能とする広域スケラブル無線アクセス技術の研究開発を行う。この無線アクセス技術では、半径 5km 以上の範囲内に存在する各種環境モニターからの情報を数 Mbps から数 10Mbps の範囲内で速度を変化させながら、消費電力等に応じて、通信方式や通信プロトコルを適応的に変化させた無線ネットワークを介してサーバに集約、あるいはサーバから制御可能とすることを旨とする。

#### イ ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術の研究開発

最大数 100m 程度の中域以内に存在する無線機器間において、VHF 帯以上の周波数を利用し数 10Mbps から最大 10Gbps までの伝送速度を達成する無線技術を用い、様々な利用状況や利用条件等に合わせて適応的

とともに、アプリケーションに応じた技術仕様について策定し、NICT が主導的に寄与する Wi-SUN アライアンスが策定する認証規格に反映させた。具体的には、省電力動作モードに対応した HAN (Home Area Network; 宅内ネットワーク) アプリケーションや、輻輳や遅延を低減させる効率的な中継・経路選択技術を可能とする RLMM (Resource Limited Monitoring & Management; リソース制限型監視&管理) アプリケーションのための Wi-SUN 認証規格、すなわち認証用プロファイルへの反映に成功した。本技術は、IEEE 802.15.4g 規格において想定される UHF 帯から 2.4GHz 帯程度まで適用可能であるほか、IEEE 802.15.4m 規格への寄与に示されるとおり、ホワイトスペース等における運用も想定されたものである。さらに、利用状況、すなわち想定アプリケーションに応じた Wi-SUN 認証用技術仕様である Wi-SUN プロファイルに合わせて、拡張可能な構成である無線機ハードウェアと汎用 OS 上で動作する無線機構築に特化したソフトウェアコンポーネントによる無線機実装を実現した。

一方で、VHF 帯や、ホワイトスペース帯の適用を想定しながら、画像等までの大容量通信を可能とする中広域メッシュ構造の構築を可能とする MAN/RAN システムの技術仕様について策定したほか、ダイバーシティ技術等に関する実証を含む総合評価フィールド試験を適切に行った。さらに、前述した SUN システムとの結合動作について検討した。想定アプリケーションとして、山間地等の隔離された狭域エリアにおける無線端末の多数配置による状況モニタリングや制御を実施しながら、当該エリアへの遠隔エリアにおけるサーバ機器等からの中広域アクセスについてひとつのシステムとして構築する SUN-RAN 結合システムの動作実証を行うことに成功した。

・周波数資源の利用状況を管理するデータベース構造を適切に参照しながら、ホワイトスペース帯を動的に活用するブロードバンド通信ネットワークの構築に成功した。通信仕様として、NICT 提案が収録された国際標準規格である IEEE 802.11af や、LTE システムを適用し、効率的な社会展開について考慮した上で、商用化を目指した国際的フィールドトライアルに参加しホワイトスペース LTE 無線機とデータベースを組み合わせた総合評価実証を行うことで寄与した。また、実運用状況を想定した IEEE 802.11af 方式に準拠した無線端末の小型化・省電力化を実現した。さらに、第 5 世代携帯電話方式で

に無線ネットワークを構築する無線機器間再構築可能ブロードバンド通信ネットワーク技術を確立するとともに、高周波領域のアンテナや各種デバイス、回路の開発を行い、実証システムを構築する。

#### ウ 自律分散ワイヤレスネットワーク技術の研究開発

無線ネットワークにおける低遅延接続や基幹網の負荷軽減、カバーエリアの拡大、回線品質確保、耐災害性などの高機能化を実現するため、特定の基地局、アクセスポイントに依存せず、多数の端末類間同士が自律的かつ多角的に接続し、適応的に通信経路を確立する自律分散ワイヤレスネットワーク技術を確立する。そのために必要なアンテナや各種デバイス、回路の開発、及び実証システムの構築やそれを用いた検証を行い、高効率な通信制御や協調機能を有し、数 10m～数 100km の広域に分布する 10～数 100 の移動端末類（航空機、車両、携帯端末等）間でパケット当たりの通信成功率 90%以上を達成する。また、数 cm～10m 程度の範囲に分布する小型端末類（回路デバイス、センサデバイス等）間でパケット当たりの通信成功率 80%以上を達成する。

の周波数共用やリソース共用の実現を目指し、ホワイトスペース通信技術や周波数データベース技術の拡張、及びアーキテクチャ、要素技術の研究開発を実施した結果、複数の事業者が同一の周波数を共用して運用可能な移動通信システムの基地局、および、自営網を含めた複数の無線システムを同時に利用して通信速度や安定性を向上させる方式の開発に成功した。

・さらに、60GHz 帯や、それ以上の高い拡張帯域を用いるミリ波帯を適用する高速無線アクセスについて検討し、NICT が寄与する IEEE 802.11ad 標準規格等に準ずる技術仕様に基づき非圧縮動画伝送に十分な通信レート 3Gbps 以上の高速伝送を実現可能とする広帯域 RF モジュールと、LDPC 符号化技術を適用した実証システムの構築に成功した。また、300GHz 帯広帯域平面アンテナを開発した。さらに、10Gbps 伝送等に有益な複数パスの結合技術等の高速化技術についても伝送制御仕様について検討を行い、成果の特許出願を行った。

・災害対応をテーマの中心に据えたディペンダブルワイヤレスネットワークの実現を目指した自律分散ネットワークに関する研究課題の 1 つとして、基幹網がダメージを受けた場合にも、その基地局やアクセスポイントに依存せずに通信回線の確保とカバーエリアの拡大を図るため、多数の端末類間同士が自律的かつ多角的に接続できる小型無人飛行機を活用した災害時無線中継システム及び分散型の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークを開発した。これらのシステムは、東北大学キャンパス内（仙台）において計 30 局近くのメッシュノード局で構成されるテストベッドとして設置し、平成 25 年 3 月に実施した大規模災害を想定した統合実証実験により、ネットワークの一部が被災しても全体機能を維持する高効率な通信制御や 2 機の無人飛行機を空中でリレーさせて 40 km 以上離れた地上の 2 地点間での通信を可能とするための協調機能を実証した。これらは大震災を教訓とした NICT の取組みとして広く注目を集めた。無人飛行機を活用した災害時無線中継システムについては、平成 28 年 3 月までの間、北海道から四国までの全国 10 か所において 200 回以上、飛行時間にして延べ 100 時間以上の飛行実験や防災訓練等への参加を行い、無人飛行機運用のノウハウ蓄積を図るとともに、各地の自治体と連携し、地元消防、警察、災害時医療関係者（DMAT）、地方行政、中央官庁等への成果普及を行った。それらの中では、無人機による中継回線と耐災害ワイヤレスメッシュネットワーク及び超高速インターネット衛星（WINDS）による衛星回線と効果的に組み合わせた実験も多く実施され、大規模災害で既存の通信インフラが壊滅的な被害を被った事態を想定し、迅速に通信回線を確保し安否確認や音声通話などを提供することに成功した。これらの成果については追加実験と解析を進めた結果、通信成功率 90%以上が達成されていることを確認した。以上の取り組みは、メディアにも大きく取り上げられ、NHK やテレビ東京の全国向けニュースや特集のほか、一般紙を含む多数の新聞や雑誌にも掲載された。また災害時だけでなく平常時での活用に向けた取り組みとして、野生動物の行動モニタリングや広域農場での農地観測やセンサデータ中継などの実験を福島県や農研機構、大学等の協力を得て実施し、その有用性を確認した。さらに、ITU や ICAO で検討が進められている無人航空機向けの周波数分配や ARIB や情報通信審議会が進められた新たなロボット用電波の周波数共用検討とその割当ての動

きに合わせ、実測した伝搬データや災害時活用に向けた取り組みなどの情報を寄与文書として入力しその審議に貢献した。これらの成果は今後予想される「空の産業革命」ともいわれるドローン（無人航空機の別称）の普及と応用、並びに安全運用に向けた技術の進展に大きく貢献できるものと期待される。特に、航空法改正への意見照会や小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会等に参加する機会を得て、本研究開発の経験と実績を生かした寄与が実施できた。

・分散型のアーキテクチャを強化して耐災害性を強化したワイヤレスメッシュネットワークについては、上記平成 25 年 3 月の統合実証実験のあと、平成 26 年 3 月、和歌山県白浜町において地元自治体首長および関係者、消防、警察、商工会等を対象とした公開実証実験を実施し、その後、設備一式とその運用を耐災害 ICT 研究センターワイヤレスメッシュネットワーク研究室に移管し、社会展開活動を続けた結果、白浜町と覚書を交わして実証設備を設置することとなり、平成 27 年度において実証実験を実施することとなった。白浜町では観光と防災への同ネットワーク技術の応用を目指しており、今後の検証に大きな期待が寄せられている。またネットワークインフラが乏しいカンボジアの一部への試験設備設置が決まっており、今後設置作業と主に教育への応用を中心とした実証実験が予定されている。

・耐災害ワイヤレスメッシュネットワークの自律分散の考え方をさらに進め、まったく新しい概念に基づいて通信インフラ（基地局設備等）に依存せず固定型や移動型の通信端末間だけで大きな遅延時間を許容してネットワークを形成する技術「端末間通信 (Peer-Aware Communication) ネットワーク」を開発し、東京港区お台場地区や京都精華町けいはんな地区に地元の自治体（港区と精華町）及びコミュニティバス（レインボーバスとくるりんバス）や周辺施設と連携したテストベッド（それぞれの地区で各 20 台前後の端末で構成、920MHz 帯使用）を設置して実証評価実験を実施し、課題の抽出と稼働率やカバーエリア等のシステム改修を実施した。その結果、面積カバー率で 90%以上の通信成功率を達成し、その成果は地元の放送や一般紙を含む新聞等に報道された。さらに、自治体（精華町）から要望の強い携帯電話に頼らないバスロケーションシステムの一部実装を実現するとともに、自治体（港区）が独自に運用する災害情報ネットワークと接続して自治体側がもつ情報の多様な媒体を通じた流通に貢献することに成功した。またこの技術については、IEEE802.15.8 として国際標準化を目指した活動を TG の Vice Chair として主導的な立場で進めるとともに計数 10 本以上にわたる寄与文書入力を行い、平成 28 年度末ごろの規格承認を目指している。この技術は、既存の携帯電話ネットワークやインターネットとは異なり、リッチコンテンツの流通には適さないが、地域に根差したコミュニティ内での位置情報やグループメンバー情報に紐づいた行政情報、広告情報、交通情報、災害情報、フィールドセンサ情報等のコストをかけないやりとりに適しており、地域社会のまちづくりと安心安全に貢献する技術として期待されている。

・衛星電波の伝搬が困難であることにより GPS 信号の届かない屋内や地下等において、天井等に設置した複数の小型固定局から 30m 程度以内の距離にあるユーザ端末に対してインパルス UWB 技術に基づいて高精度測位を可能とする技術を開発し、ショッピングモールや物流倉庫への実装（1フロア当たり 50~100 台の固定局と 10 台程度のユーザ端末で構成）と評価実験を実施し、専用チップ（約 8mm×8mm）を開発した。その結果、測位精度 30 cm~1m が達成できることを確認した。この位置データを活用することにより、ショッピングモールでは、買い物客のナビゲーション、動線分析、及び位置に連動した

		<p>広告誘導による約 1.3 倍近くの売り上げ増への効果が認められ、物流倉庫では、作業員の動線分析とその作業効率を定量的に示されるとともに最大約 1.5 倍の効率改善の効果が認められ、また屋内における面積カバー率として、80%以上の通信成功率が達成可能であることを確認した。</p> <p>・2次元のシート内に電磁波を閉じ込めて伝送し、所定のカプラによってシートの近接場（1cm以内）において情報信号と電力を入出力するシート媒体通信技術について、高効率なカプラやシート構造（両面メッシュ構造）の技術開発を行い、1m 四方程度のシート媒体を介して最大 5W 程度までの給電が可能なレベルを達成した。さらに布状シートに適用可能なカプラの開発も行き、将来のウェアラブルセンサへの応用の道を開いた。その1つの応用事例として、脳情報通信研究室と連携した非侵襲多点脳波計測システムへの応用を目指した開発を進めた。またその派生技術として、シート上に置くだけでデータ通信と給電を同時に行う 2.5 インチワイヤレスディスプレイの試作を行い、電子情報通信学会の「ワイヤレス給電とんでも応用コンテスト」に出展したところ、「プレグレ賞 1 位」を獲得した。この技術はまだ電力や効率の面で課題があるが、軽量の面接触型の給電・通信方式として期待されており、商店レジの POS 端末メーカーや玩具メーカーから依頼を受け、ケーブルを排除した端末システムや玩具の実用化に向けた開発を実施し、今後の商品化に向けたステップを進めた。今後給電電力をさらに増大できれば、その応用範囲はより広がるものと期待できる。さらに、この技術はワイヤレス給電のための一方式として国内ではブロードバンドワイヤレスフォーラムにて標準化活動が進められ、平成 27 年 12 月に ARIB 規格の 1 つとして承認された（ARIB-STD T113 第 3 編）。</p> <p>・以上の研究開発に関し、今中長期計画が開始された平成 23 年 4 月から平成 27 年 11 月までの間、研究論文（査読付き）41 本、小論文（査読付き）4 本、収録論文（国際会議、研究会等）143 本、国際会議寄与文書（IEEE802、AWG、ICAO、COST-IC）73 本、一般口頭発表 113 本、一般記事 10 本、著書 2 本（チャプター分担）の発表を実施した（外部機関との共著を含む）。</p>
--	--	---

自己評価	
評定	S
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下に示す通り、中長期計画の目標を大幅に上回って特に顕著な成果を収めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ スケーラブルワイヤレスネットワーク技術では、狭域・中広域メッシュ構造、およびそれらの融合を用いる新規無線通信システムの開拓について、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で中期計画の目標を大幅に上回る特に顕著な成果を収めている。</li> <li>○ スマートユーティリティネットワークに代表される狭域メッシュでは、当該構造を活用することが想定されるアプリケーションの多様化に即し、Wi-SUN 認証プロファイルの策定を通じながら、需要に応じた無線機台数、通信エリアに対する無線技術仕様の策定および総合実証を実施した。さらに、大規模メッシュトポロジ構築機能等に関する無線仕様策定、実証、および国際標準化（IEEE P802.15.10）への寄与を成功裏に行った。これは中長期計画の当初目標を大幅に上回る特に顕著な成果である。</li> </ul>	

- 公共ブロードバンドシステム等に代表される中広域メッシュでは、VHF 帯公共ブロードバンドシステムの総合的な評価を行う目的で、広域無線システム装置を開発し、それを用いた総合評価フィールド試験を実施した。さらに、狭域システムと中広域システムの連携（SUN-MAN/RAN 連携）に関して、必要な技術仕様の検討および最適化の後にこれを評価装置として実装し、基本的な接続動作評価実証を成功裏に実施した。これは中長期計画の当初目標を大幅に上回る特に顕著な成果である。
- ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術では、アンテナ高度化や端末装置小型化を考慮した上でのホワイトスペース帯やミリ波帯等の周波数有効利用による既存無線システムの高度化について、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で中期計画の目標を大幅に上回る特に顕著な成果を収めている。
- ホワイトスペース帯を効果的に活用する無線 LAN システムとして、NICT の寄与を含めた上で標準規格として策定された IEEE 802.11af 方式に準拠した無線機の小型化及び省電力化に成功した。これは中長期期計画の当初目標を大幅に上回る特に顕著な成果である。
- 海外における商用化を目指したフィールドトライアルに参加し、NICT が開発したホワイトスペース LTE 無線機、およびホワイトスペースデータベースを組み合わせた総合評価を実施した。
- 第 5 世代携帯電話方式での周波数共有やリソース共有の実現を目指し、ホワイトスペース通信技術や周波数データベース技術の拡張、及びアーキテクチャ、要素技術の研究開発を実施した。
- NICT の寄与を含め、60GHz ミリ波帯を利用する高速無線アクセスシステムとして策定された IEEE 802.11ad 方式に準拠する高速無線アクセス方式の詳細技術仕様について検討することで、通信レートが 3bps 以上のミリ波高速無線通信システムの実現に成功した。
- 300GHz 帯広帯域平面アンテナの開発に成功した。
- 災害対応をテーマの中心に据えたディペンダブルワイヤレスネットワークの実現を目指した自律分散ネットワークに関する研究課題の 1 つとして開発した、小型無人飛行機を活用した災害時無線中継システムの実証実験を前年度に引き続いて自治体などと連携して精力的に実施することにより、災害時には手軽にかついち早く上空から災害状況を把握するとともに通信を迅速に確保する手段として極めて有効であることを実証し、これを効果的に地元自治体関係者、消防関係者、災害時医療関係者（DMAT）等にアピールすることができ、目標を大幅に上回って技術実証を達成した。また人が容易に立ち入れない放射線警戒地域等での野生動物の調査などの分野でも本無線中継技術は極めて有効であることを地元自治体関係者にアピールすることができた。これらは世界的に見ても先進的な取り組みであることが評価され、全国紙、全国放送を含む新聞（産経新聞や高知新聞、自衛隊向け新聞等）、TV 局（NHK ニュースウォッチ 9 やテレビ東京ワールドビジネスサテライト）において多数報道された。さらに加えて、政府によるロボット新戦略の発表などのロボット開発の機運の高まりを背景に活発になってきているロボット（ドローン含む）のための新たな技術基準や周波数の議論、並びに航空法改正への意見照会や小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会等に参加する機会を得て、本研究開発の経験と実績を生かした寄与が実施できたことも、大きな成果である。
- 耐災害ワイヤレスメッシュネットワークの自律分散の考え方をさらに進めたインフラを全く必要としない端末間通信ネットワークについて、東京港区・お台場地区や京都精華町・けいはんな地区に設置したテストベッドでの実証実験とシステム改修が実施され、各地元自治体が希望するシステム（港区は災害情報配信や広告・ニュース配信、精華町はバスロケーション）が実現でき、各地元住民に対し公開できる見込みである。また実証実験と並行して進められている IEEE802 における標準化活動でも、グループのメンバーが Vice Chair、Ad Hoc リーダ、Secretary 等の役職を務めて活動を主導し、中長期計画当初から通算 60 本以上の

技術提案を寄与文書としてインプットしており、平成 28 年度末ごろの NICT 提案技術を含む標準規格承認が達成できる見込みであり、実証実験の成功と合わせて、極めて顕著な成果となる予定である。

- GPS 信号の届かない（すなわち伝搬環境の非常に厳しい）屋内等での UWB 技術による高精度な測位技術について、高精度でなければ把握できない詳細な買い物客や作業員の動線把握と分析が可能になり、かつそれが業務効率の改善と売り上げ増・コスト削減に直結することが実証でき、最終年度（平成 27 年度）ではデータのさらなる蓄積と高精度測位に基づく動線分析の効果検証、人型ロボットへの応用とそれによる人とのインタラクション向上の効果を評価も実現し、目標を大きく上回って技術実証を達成した。
- シート状の媒体によるワイヤレスデータ伝送及び給電技術について、データ通信と給電を同時に行うワイヤレスディスプレイで電子情報通信学会の賞を受賞するなど、目標を上回る成果が得られた。さらに最終年度（平成 27 年度）では、店舗における POS システムの業界大手と連携した端末の給電システムへの応用開発と実装の成果が得られた。また国内・国際での標準化活動（ブロードバンドワイヤレスフォーラムや ITU-R）でも、数あるワイヤレス給電技術の中でも実用に近い技術の 1 つとして、共用条件を含む技術レポート等への入力となされ、ワイヤレス給電の国内標準規格の 1 つとしての地位が確立できたことは顕著な成果であると言える。

#### 「必要性」

- スケーラブルワイヤレスネットワーク技術研究開発の成果である狭域・中広域メッシュ構造は、中心制御局を介さない動作形態を前提とし、近年需要が高まるスマートメータシステムや、防災行政無線システムにそれぞれ必要とされる技術である。狭域メッシュシステムにおけるスマートメータシステムについては、国内における 8000 万台以上のスマートメータの設置が予測されている現状で、膨大な経済波及効果（電気メータに関するものだけで、年間 470 億円の資産効果）が試算されていることだけでなく、見える化等の適切なアプリケーションを通じエネルギー消費形態を改善することにより、二酸化炭素排出量の抑制にも効果が想定されている。このほかに、スマートホーム、スマート農業・漁業、スマート工場等、さらに多様化するアプリケーションへの適用が予想されていて、それぞれのアプリケーションを想定した技術仕様ならびに認証規範の策定に必要性は高い。さらに中広域メッシュシステムについては、画像等の伝送までも可能とする大容量伝送を可能としながら、10km 以上の広域無線リンクを併せて必要とするアプリケーションが公共業務を中心として挙げられているため、当該中広域システムの実運用状況を考慮した実証が必要とされている。一方で、山間地における特定の地域に狭域メッシュシステムを構築しながら、取得データ等を中広域システムを介して別地域におけるインフラ等に接続する動作についても需要の増加が見込まれているため、当該狭域システムと中広域システムを融合動作させるための制御技術も必要だと考えられる。
- ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術研究開発の成果は、ホワイトスペース活用に見られるコグニティブ無線技術や、ミリ波帯、テラヘルツ帯等の高周波数リソースの利活用技術のいずれの側面からも、新たな周波数帯域の拡張利用を示すものであり、現状のように無線周波数資源が逼迫する状況において必須の技術といえる。また、将来の IoT 社会に見られるような、無線端末数が極端に増大するような場合にも、このような周波数資源の有効利用技術の意義は極めて高い。本成果に含まれる 300GHz 帯アンテナ構成技術の検討も、確保された周波数帯域に対しさらに通信の大容量化を可能とする意味でも有意義である。
- 自律分散ワイヤレスネットワーク技術として、無人飛行機を活用した無線中継システムに関しては、既存の通信システムが災害により深刻なダメージを受けて

使用不能に陥った場合に、迅速に被災状況を上空から把握し、臨時の通信手段を確保するための選択肢の1つであり、そうした状況下での迅速な救助活動の立ち上げや住民の安否確認等を可能にし、犠牲者の数を最小限にするためにも極めて必要性の高い技術である。分散型の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークは、ネットワークの一部が被災することにより全体が機能停止してしまうという既存の通信システムで起こりうる事態を回避し、生き残った部分だけでも最低限必要な通信機能を維持するために極めて必要性の高い技術である。端末間通信ネットワークについては、上記に加えて、携帯型から自動車搭載型、さらに屋内・屋上設置型まで様々な端末が自律的にネットワークを形成できるため、あらかじめ構築された通信インフラに依存せず、災害に対して強いという特性をもつ。またインターネットが苦手とする位置情報やコミュニティ情報に紐づいた地域密着型の情報流通や時間遅れを許容する非実時間型の通信を実現する手段としての必要性が高い。

- ショートレンジにおける無線通信技術として、インパルス UWB 技術に基づく屋内測位システムについては、GPS 測位ができない屋内や地下等において、高い精度での測位を可能とするため、そうした場所での人の動線分析やナビゲーションには必要不可欠なもので、他の屋内測位方式（ビーコン方式、IMES 方式、Wi-Fi 測位方式等）で提供される精度では、動線分析やナビゲーションへの応用は難しい。

#### 「効率性」

- スケーラブルワイヤレスネットワーク技術、およびブロードバンドワイヤレスネットワーク技術のいずれの研究開発についても、得られた成果の標準規格への反映を早期に検討することにより、実運用環境、すなわち当該技術の社会展開を想定したシステム詳細仕様の最適化を行っている。当該詳細仕様については、標準化、認証化の過程において、当該仕様を利用するアプリケーションを明確にした上で、物理層、MAC 層等の各制御層で分割された所用仕様をそれぞれ規定することで現実的に検討期間を短縮し、効率化に成功した。
- 規格等の認証仕様については、さらに想定されるアプリケーションの多様化に応じて認証仕様のスタックをそれぞれ規定し進める方針を選択した。これにより、必要度ならびに緊急性の高いアプリケーションに特化した認証仕様がいち早く、なおかつ最適化が行われた上で策定されることになり、研究開発における効率性を非常に高めた。当該認証仕様の策定については、NICT の知見ならびに研究成果だけでなく、認証団体等の参加メンバーである国内産業分野からの需要に関する意見を重視することにより、より有効性の高い認証仕様の効率的な策定が可能である。
- 実用化を想定した国際的トライアル等の実証にあたっては、実験計画から要整備機材、さらには出張計画等について慎重に吟味した上で実施している。
- 自律分散ワイヤレスネットワーク技術として、無人飛行機を活用した無線中継システムに関しては、特に滑走路等は不要で手持ちできる機器のみで簡単にセットアップし、山間部の耕作地から手投げで離陸させて迅速に離れた 2 地点間で無線中継を確立でき、極めて効率的なシステムである。分散型の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークについては、同様に、簡易な装置と太陽電池電源を設置していくことにより、簡単に安定なマルチホップ・メッシュネットワークを構築することができ、効率性は極めて高い。端末間通信ネットワークについても、大きな送信電力を使わずに広域のエリアを屋内に設置された固定局やバスに載せた移動局により実時間・非実時間の混在でカバーでき、高価なインフラ設備は不要のため、効率性が高い。
- ショートレンジにおける無線通信技術として、インパルス UWB 技術に基づく屋内測位システムについては、比較的小型の固定局やユーザ端末で 30 cm オーダの屋内での測位精度が得られ、また、シート媒体による通信・給電技術は、原理的に多数のセンサを給電線なしに配置し、通信と給電を同時に行うことが可能で

あるため、両者とも効率性が高い。

### 「有効性」

- スケーラブルワイヤレスネットワーク技術研究開発の成果である狭域・中広域メッシュ構造は、端末同士による中継等を適用しながら、中心制御局の介在を減じながらデータの収集や、端末の制御を実現するため、中心制御局におけるデータパケット、あるいは制御パケットの衝突を減少させることにより、システム性能を向上させることから、多大なる有効性を呈する。スマートユーティリティネットワークに代表される狭域メッシュ構造では、スマートメータへの適用だけでなく、各種センサへの適用等、アプリケーションが多様化する傾向にあるため、本研究開発では、複数の想定アプリケーションに対して、サービスエリア確保のためのマルチホップ通信技術とそれに伴う高効率中継経路選択技術や、スリープ状態を有効に活用する超省電力動作技術等、それぞれ有効性を呈する技術仕様策定を成功裏に行った。さらに、中広域メッシュ構造では、実運用環境をさらに厳密に想定した実証等に成功した。さらに、山間地域等における狭域メッシュ構造の敷設等に有効と考えられる、狭域システムと中広域システムを結合した動作についても検討し、実証を成功裏に行った。
- ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術研究開発では、ホワイトスペース帯等の空き周波数帯や、ミリ波帯等の新規周波数帯を拡張利用することによりシステムの加入者容量を増大させることを実証できた。さらに、確保された周波数帯域に対し、通信容量をさらに向上させるためのアンテナ構築技術についても成果を収めた。いずれも、無線アクセスシステムにおいて深刻な問題となっている周波数資源の逼迫問題の解消技術として極めて有効性の高い成果だといえる。
- 自律分散ワイヤレスネットワーク技術として、無人飛行機を活用した無線中継システムに関しては、災害等により携帯電話やインターネット等の通信インフラが使用不能になる場合において迅速にシステム展開することで臨時の通信回線を使用可能にすることができ、安否確認や現場の状況把握に極めて有効性の高いシステムである。分散型の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークについては、同様に、ネットワークの一部が被災して使用不能になってもネットワーク全体としては機能を維持するとともに、インターネットとの接続が失われても基本的な通信アプリケーションが分散型で動作し、安否確認や音声通話等を可能にするという点で、災害時での有効性は極めて高い。またこのネットワークは無線 LAN のバックボーンとして動作するため、平常時でも地域の経済活動に活用することができる。端末間通信ネットワークについても、地域に限定した行政情報や広告の配信、バスの接近通知、フィールドセンサ情報の収集などに活用でき、地域に根差した低コストなネットワークとして、またインフラに依存しないことからくる耐災害性などの面でも有効性が高い。
- ショートレンジにおける無線通信技術として、インパルス UWB 技術に基づく屋内測位システムに関しては、30 cm オーダの屋内での測位精度を提供可能なため、ショッピングモールや倉庫内において、端末を所持した人の動線を詳細に見える化することができ、消費行動の分析や経済効率の評価に極めて有効性が高い。シート媒体による通信・給電技術では、オフィスや自宅等での有線ケーブルの排除に向けて有効性が高く、また電波によって空間に信号が拡散せずにシート内に閉じ込めるため、セキュリティの面でも有効性が高い。さらに布状シート媒体は、身体周りのセンサ情報の収集をケーブルレスで行うことを可能とするため、普段の生活で動きながら多数のバイタルデータを収集する用途にも有効になると期待される。

### 「国際水準」

- スケーラブルワイヤレスネットワーク技術研究開発の成果である狭域・中広域メッシュ構造は、それぞれ IEEE 802.15.4g、および IEEE 802.22b 等の国際標準



規格に収録されている。また、さらに、IEEE 802.15.4g 規格準拠の無線機に関しては、NICT が主導的に寄与する Wi-SUN アライアンスによって HAN (Home Area Network; 宅内ネットワーク) や、RLMM (Resource Limited Monitoring & Management; リソース制限型監視&管理) 等の複数のアプリを想定した認証体制がそれぞれ敷かれる等、国際的に活発な社会展開が実施されている。加えて、前記いずれのアプリケーションにも効用が期待できる、大規模メッシュ構造構築技術仕様について検討し、IEEE 802.15.10 ドラフトへの反映に成功した。さらに中広域システムについては、広域無線システムの無線機ならびに評価装置を整備し、総合評価を行った。さらに、狭域・中広域システム結合動作についても基本的な動作実証試験に成功した。

- ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術研究開発においては、ホワイトスペースの活用に関して、実用化を想定した国際トライアル実験に参加し、本研究開発の成果であるホワイトスペースデータベースに対し正式なデータベース認証を取得した。また、本データベースは、フィリピン全国に WiFi を提供する国家プロジェクト (Free WiFi Project) にも利用された。また、ミリ波帯高速無線アクセス技術に関して、国際標準規格に準拠する方式を活用した超高速無線アクセスの実証に成功した。加えて、300GHz 帯等のテラヘルツ帯の利活用についても適切なアンテナの実装手法等を中心とする検討を行い、当該利活用技術の社会展開に必要な適切な国際標準化等を検討している。
- 自律分散ワイヤレスネットワーク技術として、無人飛行機を活用した無線中継システム及び分散型の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークに関しては、大規模災害等を想定したシステム構築と両技術を連携させたシステムとして、また衛星回線やフェムトセル技術とも組み合わせたシステムが実証されており、ここまでの実現例は世界的にみてもまだない。また ITU で分配された新しい周波数帯である 5GHz 帯の試験機器をすでに開発し伝搬データを取得するとともに機体の制御まで成功しており、この面でも世界の先陣を切っている。端末間通信ネットワークについても、現在 IEEE802.15.8 において国際標準化に向けた審議が行われており、NICT はこの活動を主導するメンバーの1つとなっている。この中でこの技術も標準規格の1つとして盛り込む活動を実施しており、実証実験まで実施している NICT は世界でも先端を走っている。
- ショートレンジにおける無線通信技術として、インパルス UWB 技術に基づく屋内測位システムに関しては、規制緩和の面では欧米が日本より先行しているが、日本の法規制に合致した技術は海外にはない。また工場での利用は欧米が先行しているが、大型店舗や倉庫での利用技術は NICT が先行している。シート媒体による通信・給電技術は、布状媒体も含めて海外には開発例がなく、日本の独壇場となっている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 10

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(5) 宇宙通信システム技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号、第二号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	68	46	49	41	55	事業費用（億円）	8.6	11.5	9.4	10.4	14.0
特許出願数	—	6	3	4	1	0	職員数 ※内数	31	28	24	25	24

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
● 防災・減災対策に貢献する衛星通信技術の研究開発	被災地でもブロードバンド通信を利用可能とする災害時等の通信需要の変化に対応できる衛星通信技術、観測画像等の災害情報を迅速に収集、提供する光ワイヤレス技術等の研究開発を行う。
中長期計画	
1 ネットワーク基盤技術	現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

**(5) 宇宙通信システム技術**

海上や宇宙空間までの広い空間に災害時等にも利用可能なネットワーク環境を展開するため、電波による広域利用可能な通信システム、光による広帯域伝送・地球規模の情報安全性を実現する通信システムなどに関する研究開発を推進する。

これらの研究に必要なマイクロ波～光領域のアンテナや各種デバイス、回路の開発、及び実証システムの構築やそれを用いた検証を行う。

**ア ブロードバンド衛星通信システム技術の研究開発**

地上・海洋・上空・宇宙を含む 3 次元空間のどこにいても 1 ユーザあたり数 10Mbps 以上の伝送容量を実現するネットワークを構築するため、衛星あたりの通信容量 Tbps クラスの実現に必要なブロードバンドモバイル衛星通信技術に関する研究開発を行う。これに必要な高速フィーダリンク技術の開発、災害時の被害状況の把握や観測データ伝送のために高速移動体や洋上船舶等との間の過酷な環境においてもブロードバンド通信を可能にするモバイル地球局技術の開発、オンボードプロセッシングの研究、衛星軌道光学観測精度の向上などを行う。

また、日本国内及び排他的経済水域を対象とする通信を確保するための、大型展開アンテナの高機能化技術や干渉軽減技術、通信を阻害する電波の波源推定技術などの研究開発を行う。さらに、同技術を活用して、地上ネットワークや衛星ネットワークの区別を意識することなく災害時等にシームレスに利用可能な小型携帯端末システムを実現するための要素技術の研究開発を行う。

**イ 超大容量光衛星/光空間通信技術の研究開発**

災害時の被災状況の把握にも極めて有効な高精細・大容量の観測衛星のデータを衛星-地上間、及び衛星間で伝送するために、光通信装置の小型化、数 10Gbps 級の大容量化、及び多元接続に関する技術を研究開発する。

また、地球規模の情報安全性を確保するための空間量子鍵配送基礎技術の研究開発を行い、ファイバと連携した空間伝送距離 1km の量子もつれ鍵配送を達成する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● 防災・減災対策に貢献する衛星通信技術の研究開発</p> <p>被災地でもブロードバンド通信を利用可能とする災害時等の通信需要の変化に対応できる衛星通信技術、観測画像等の災害情報を迅速に収集、</p>	<p>別添 1- (5) 宇宙通信システム技術</p> <p>(5) 宇宙通信システム技術</p> <p>海上や宇宙空間までの広い空間に災害時等にも利用可能なネットワーク環境を展開するため、電波による広域利用可能な通信システム、光による広帯域伝送・地球規模の情報安全性を実現する通信システムなどに関する研究開発を推進する。</p> <p>これらの研究に必要なマイクロ波</p>	

提供する光ワイヤレス技術等の研究開発を行う。

～光領域のアンテナや各種デバイス、回路の開発、及び実証システムの構築やそれを用いた検証を行う。

#### ア ブロードバンド衛星通信システム技術の研究開発

地上・海洋・上空・宇宙を含む 3 次元空間のどこにいても 1 ユーザあたり数 10Mbps 以上の伝送容量を実現するネットワークを構築するため、衛星あたりの通信容量 Tbps クラスの実現に必要なブロードバンドモバイル衛星通信技術に関する研究開発を行う。これに必要な高速フィーダリンク技術の開発、災害時の被害状況の把握や観測データ伝送のために高速移動体や洋上船舶等との間の過酷な環境においてもブロードバンド通信を可能にするモバイル地球局技術の開発、オンボードプロセッシングの研究、衛星軌道光学観測精度の向上などを行う。

また、日本国内及び排他的経済水域を対象とする通信を確保するための、大型展開アンテナの高機能化技術や干渉軽減技術、通信を阻害する電波の波源推定技術などの研究開発を行う。さらに、同技術を活用して、地上ネットワークや衛星ネットワークの区別を意識することなく災害時等にシームレスに利用可能な小型携帯端末システムを実現するための要素技術の研究開発を行う。

#### <次期通信衛星、オンボードプロセッシングの研究>

- ・次期通信衛星について、「これからの衛星通信の在り方に関するワーキンググループ」を設置し検討し、産学官を交え意見交換を行い、災害時に役立ち、事業者が使えるミッションを検討した。
- ・次期技術試験衛星の有識者検討会の新規立ち上げに尽力すると共に、ユーザコンソーシアムを立ち上げ、Ka 帯衛星通信におけるユーザニーズは、次期通信衛星では 1 ユーザあたり 100Mbps クラスの通信速度を達成する技術、衛星通信コスト 1/10 程度あるいは通信速度 10 倍であることを明らかにした。
- ・次期通信衛星の実現に必要な衛星搭載コア技術として、世界最高レベルの広帯域チャネライザ・デジタルビームフォーミング (DBF)、および、フェーズドアレー放射部の部分試作を実施し、基本機能・性能を確認し、航空機・海洋ブロードバンドモバイル衛星通信技術に関する研究開発を実施し、目標を大幅に上回って達成した。
- ・衛星搭載コア技術の試作結果から、多値変調 (64QAM 等) を用いてこの技術の延長線上でデバイス性能の向上を期待した場合を試算した結果、衛星あたり Tbps クラスの通信容量を原理的に確認し、実現可能性を明らかにした。

#### <WINDS 基本実験及びモバイル地球局技術の開発>

- ・WINDS 基本実験において、ブロードバンドモバイル衛星通信を実現するため、様々なアプリケーション実験を実施した。例えば、東日本大震災では現地で衛星通信の提供を行い災害対応に活躍することを示し、防衛省、東京消防庁から感謝状が授与された。またこれまで、多くの防災訓練等に参加すると共に、医療分野ともトリアージシステム等で連携を行うなど、衛星通信の非常時への有効性を示した。
- ・中長期目標であるモバイル地球局技術の開発に加え、新規に 3 種類の衛星地球局 (大型車載局、小型車載局、フルオート可搬局) を開発し、計画を上回って実施した。
- ・JAMSTEC 所有海洋調査船「かいよう」に地球局を設置し相模湾にて洋上衛星通信実験を実施し、さらに、世界初となる衛星回線経由で陸上からの深海探査機「おとひめ」の遠隔操作実験を実施し、海洋域からのブロードバンド衛星通信の有効性を実証した。
- ・航空機用地球局を航空機に搭載し、航空機用地球局と同時搭載した Pi-SAR2 観測データ伝送実験等を実施し、次期技術試験衛星につながる Ka 帯における高速な移動体における伝搬データを取得し、ドップラシフトの影響などを含む貴重なデータを取得した。
- ・地上系のメッシュ型ワイヤレスネットワークとの連携実験のため、車～車間通信を有するシステムを開発した。

#### <高速フィーダリンク技術>

- ・WINDS 衛星を用いた超広帯域伝送の実現を目的として、750Mbps16APSK 方式をさらに周波数多重した

16APSK-OFDM 3.2Gbps の多値変調周波数多重による RF 信号ダイレクト変復調装置を開発し、WINDS 衛星回線に通すことに成功し、計画を上回って実施した。また 10GbE インタフェースを介して非圧縮 4K 超高精細映像及び音声を通す WINDS 衛星通信実験に成功した。さらに、UDP/IP をベースにした高信頼高速データ伝送プロトコルである HpFP (High-performance and Flexible Protocol) を用いた WINDS 衛星通信実験に成功した。

- ・再構成通信機技術では、電子情報通信学会衛星通信研究賞を 2 回受賞した。
- ・地上 TT&C 系の検討として、光・ミリ波のハイブリッドフィーダリンク技術について、概念検討を実施し、RF で達成可能な最大伝送速度を見積もり、ミリ波帯で多値変調(64QAM)を用いても現状技術で 16Gbps 程度の伝送が限界であり、それ以上の領域では光通信が必要であるという結果を得た。

#### <衛星軌道光学観測精度の向上>

- ・光学観測による軌道決定に関しては、架台及び制御システムを交換した 35cm 望遠鏡と CCD カメラを用い、低軌道衛星及び静止衛星を対象として、これまで位置検出精度が 3 秒角であったが、センサや画像解析処理の改良を行い、1 秒角の位置検出精度に向上した。この技術に注目した民間企業からの受託研究として、軌道位置移動中及び軌道情報が公表されていない静止衛星の光学観測～軌道決定を実施した。
- ・波長 1.55 $\mu$ m のレーザによる低軌道衛星との光通信及び軌道決定の実験に向けて望遠鏡光学系を改造した。
- ・SLR 技術、キャリア信号を用いた受動測距による軌道決定技術を開発した。
- ・国際宇宙電波監視会合における今後の静止衛星の軌道情報の取り扱いに関する議論で技術的な面からサポートした。
- ・光通信衛星からのレーザ光を用いた衛星の光学観測～軌道決定手法を確立した。
- ・低軌道～静止軌道までの人工衛星の高精度軌道決定～軌道データのデータベース構築を効率よく行う手法を開発した。

#### <ETS-VIII後期利用実験>

- ・ETS-VIII後期利用実験において、大型展開アンテナの軌道上における特性変動測定技術の実証実験、衛星搭載機器の定期性能試験、航空移動衛星通信実験等の各種実験結果について、後期利用実験報告書としてとりまとめるとともに、NICT 機関誌の「研究報告 (ETS-VIII実験特集号)」を発行し着実に推進した。
- ・海上ブイに搭載した GPS 津波計に補正情報を伝送し、ブイ上で精密測位を行うことで、津波の検出が可能なシステムを構築し、ETS-VIIIを用いて基地局に伝送した測位結果から、津波の早期検出に有効であることを実証実験で確認し、計画を上回って実施した。本実験は平成 25 年度宇宙科学技術推進調整委託費に採択され、共同研究の枠組みで実施された。
- ・IWCMC2013 及び GLOBECOM2013 で発表した論文が Best Paper Award を受賞。
- ・大型展開アンテナの軌道上特性変動測定技術の実証実験を ETS-VIIIを用いて実施し、低サイドローブ制御法が実際の軌道上において有効であることを実証した。

<大型展開アンテナの高機能化技術や干渉軽減技術及び小型携帯端末システム>

- ・大型展開アンテナのビーム指向制御に関して、シミュレーションを実施し、鏡面の熱変形を模擬し、サイドローブの上昇を評価し、給電部を構成する DBF のパラメータの適切な制御により、サイドローブを抑え、鏡面変形制御や干渉波除去に有効であることを確認した。また、給電部を構成する DBF のデジタル誤差に関する評価を行い、A/D 変換器のビット数の制限によりビーム形成能力が低下する事を確認した。上記を含む大型展開アンテナの電気性能評価技術の評価結果をもとに、総合的な評価を行い、将来の大型アンテナの設計・評価に資する電気性能評価技術を確立した。
- ・衛星アンテナによる波源推定技術に関して、周波数差と時間差を併用して高速移動体へ適用する方式の開発・評価を行い、有効性を示した。
- ・シームレス小型端末通信システムについては、災害時に端末主導での通信機会の公平性を重視したコールアドミッション規制制御法 (CAC) を提案 (特許化) し、シミュレーションで有効性を実証した。災害時に衛星のチャネル使用効率を高い状態で重要通信を確保する重要通信優先チャネル枠設定法を確立した。
- ・小型の衛星携帯端末アンテナ方式について、端末製造技術を有する台湾工業技術研究院 (ITRI) との共同研究契約を締結し、方式を検討。利用シーンに応じて指向性を可変できる小型高利得の衛星携帯端末アンテナ方式を開発し、有効性を確認した。
- ・S 帯衛星通信の状況については、情報通信審議会で「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」について諮問され一部答申がなされるなどの動きがあり、興味を持っている通信事業者もあり、電波利用料案件として受託した地上衛星共用携帯電話システム (STICS) やマルチビームシステムのビーム安定化の研究開発結果が、次の電波利用料案件獲得につながり、現在 NDA を締結して技術移転を行っている。引き続き、将来の通信衛星で実用化されるよう民間事業者へ働きかける方向である。

<標準化>

- ・国際標準化について、国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) 及びアジア・太平洋電気通信共同体 (APT) における APT Wireless Group (AWG) に寄与文書を提出し標準化に貢献した。(寄与文書 11 件、ITU-R レポート 1 件、APT レポート 2 件)

**イ 超大容量光衛星/光空間通信技術の研究開発**

災害時の被災状況の把握にも極めて有効な高精細・大容量の観測衛星のデータを衛星-地上間、及び衛星間で伝送するために、光通信装置の小型化、数 10Gbps 級の大容量化、及び多元接続に関する技術を研究開発

<数 10Gbps 級の大容量化技術>

- ・中長期計画で進めた衛星-地上間における光通信装置の大容量化の研究開発を実際の衛星搭載計画へ発展させて実証していくため、NICT が衛星搭載超高速光通信コンポーネントの開発を行う衛星計画を、JAXA と連携して新規の衛星搭載ミッション (ひかり) として立ち上げに成功し、計画を大きく上回って実施した。
- ・世界最高レベルの衛星搭載超高速光通信コンポーネントの概念設計を完了し試作モデルを開発し、計画を大幅に上回って実施した。
- ・次期光通信技術の光受信機能の一つとして重要と考えられる低ノイズ光増幅器を用いた自動レベル制

する。

また、地球規模の情報安全性を確保するための空間量子鍵配送基礎技術の研究開発を行い、ファイバと連携した空間伝送距離 1km の量子もつれ鍵配送を達成する。

御装置を試作し、大気ゆらぎを補償する自動レベル制御装置として理論的実験的な評価を推進。

- ・数 10Gbps の高速データ伝送を行う光通信装置を車両に搭載できるよう改造し、走行する車両と地上固定局との間で行う光通信実験を実施した。
- ・AIAA JFSC Excellent Paper Award と AIAA ICSSC Best Student Paper Award を受賞。

#### <光通信装置の小型化及び多元接続に関する技術>

- ・小型光トランスポンダ (SOTA) の開発において、小型衛星搭載用の SOTA のエンジニアリングフライトモデル (EFM) を開発し成功裏に打ち上げられ、50kg 級小型衛星で世界初の地上一衛星間光通信実験を成功裏に実施しフルサクセスレベルを達成し、さらにエクストラサクセスとして、国際共同光通信実験を成功裏に実施するなど、目標を大幅に上回って達成した。
- ・小型光コンポーネント実証ミッション (VSOTA) の開発において、東北大学開発の RISESAT 衛星 (ほどよし 2 号機) 搭載用に NICT 独自の VSOTA (レーザーコリメータと駆動回路) を開発し完成させ、衛星側に引き渡しを行い、小型衛星の打ち上げが平成 29 年度に決定した。
- ・ネットワーク化された 1m 望遠鏡の複数の光地上局を小金井・沖縄・鹿島に設置し、気象センサデータ等を活用する世界初となるサイトダイバーシチを技術実証するテストベッド構築を推進し、計画を大きく上回って実施した。
- ・電子情報通信学会の総合大会及びソサエティ大会両方から学術奨励賞を受賞し、衛星通信研究会から、衛星通信研究賞を受賞。

#### <空間量子鍵配送基礎技術>

- ・空間光通信による量子鍵配送については、量子もつれ光源を空間光通信と組みあわせる光学系の構築し、ビル間を想定した空間伝送用の量子鍵配送用空間伝送システムを整備した。実験室においてファイバ 20km 伝送後の空間一ファイバ量子もつれを確認し、変形 Ekert 91 プロトコルを実装し、鍵生成の原理実証に成功した。
- ・光空間通信における物理レイヤセキュリティ実現に向けた空間伝送距離 7.8km の鍵配送実験のフィールド実験を実施し、10Mbps で伝送した場合に秘密鍵生成レートが 0.44Mbps~4.26Mbps を達成可能であることを実験・評価し、物理レイヤ暗号による高速化の実現可能性を確認でき、目標を大幅に上回り達成した。
- ・小型衛星に搭載した複数の光源を用いて衛星量子鍵配送に必要な宇宙から大気を通過し受信光学系を通した偏光特性を評価する基礎実験データ取得に成功し、世界初となる衛星からの波長 1.5 $\mu$ m 帯の偏光特性を実測し、目標を大幅に上回り達成した。

#### <標準化>

- ・宇宙データシステム諮問委員会 (CCSDS) において、光衛星通信の標準化に関して従来の Observer から Contributor の立場に就任し、標準化文書として “Atmospheric Characterization for Optical Communication Systems” のグリーンブックを、NICT が Editor となり編纂を完了した。

自己評価	
評定	A
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下に示す通り、中長期計画を十二分に達成しており、目標に向けて顕著な成果を上げていることから、総合的にAと評価する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 次期技術試験衛星について、有識者検討会の新規立ち上げに尽力し、次世代の大容量衛星通信システムの概念検討を実施し、ニーズを踏まえた衛星システムの概念検討及び高速化のための技術課題を策定すると共に、次期通信衛星の実現に必要なキーデバイスを試作し、世界最高レベルのチャネライザやデジタルビームフォーミング(DBF)やフェーズドアレー等を開発し、ブロードバンドモバイル衛星通信技術に関する研究開発を実施し目標を大幅に上回ると共に、将来の通信衛星のユーザニーズの把握を行っていくため、ユーザコンソーシアムを立ち上げるなど特に顕著な成果を上げており、目標を大幅に上回って達成した。</li> <li>○ 海上ブイを用いた衛星センサネットワーク実験については、25年度に引き続き ETS-VIIIを用いた実験を実施し、将来の津波早期検出に利用可能なことを示すとともに、みちびき衛星を用いて GPS 補正情報をブイに伝送することで津波検出に必要な精密測位を行い、その結果を伝送する基礎データ取得を実施し顕著な成果を上げており、目標を十分に達成した。</li> <li>○ WINDS においては、衛星通信実験としてフルオート可搬局、大型車載地球局、小型車載地球局を開発し、世界最高性能の 26Mbps で車両や船舶等の移動体とのブロードバンドモバイル衛星通信実験を実施しており、特に海洋域からのブロードバンド衛星通信の実証を目指した、海洋調査船「かいよう」からの洋上衛星通信実験を実施し、世界初となる衛星回線経由で陸上からの無人探査機「おとひめ」の遠隔操作実験を実施し、さらに、WINDS 衛星回線において 16APSK-OFDM 方式で世界最速の 3.2Gbps の通信に成功し特に顕著な成果が得られており、目標を大幅に上回って達成した。</li> <li>○ シームレス小型端末通信システムについては、災害時に端末主導での通信機会の公平性を重視したコールアドミッション規制制御法(CAC)や衛星のチャネル使用効率を高い状態で重要通信を確保する重要通信優先チャネル枠設定法を確立するとともに、利用シーンに応じて指向性を可変できるビーム切替型高利得アンテナ及び送受 2 周波化の小型高利得の衛星携帯端末アンテナ方式を設計・試作し有効性を確認した、目標を十分に達成した。</li> <li>○ 国際標準化について、アジア・太平洋電気通信共同体(APT)における APT Wireless Group(AWG)に衛星地上シームレス小型端末通信システムに関するレポート(APT/AWG/REP-57)の改訂提案(AWG-19/INP-08)を、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)に同システムに関する作業文書の改訂提案(4B/11)を提出し標準化に貢献し顕著な成果を上げ、目標を十二分に達成した。</li> <li>○ 光衛星通信については、中長期計画で進めた衛星-地上間における光通信装置の大容量化の研究開発を実際の衛星搭載計画へ発展させ実証していくため、NICT が衛星搭載超高速光通信コンポーネントの開発を行う衛星計画を、新規の衛星搭載ミッション(ひかり)として立ち上げに成功し、次期技術試験衛星への搭載に向けた世界最高レベルの衛星搭載超高速光通信コンポーネントの試作モデルを開発し、計画を大幅に上回って実施した。また、小型衛星搭載用の小型光トランスポンダ(SOTA)の開発を進め、エンジニアリングフライトモデル(EFM)の開発を完了し衛星バス側へ引き渡しを実施し、H-IIA 相乗りで SOTA を搭載した小型衛星が打ち上げに成功、軌道上で機器の健全性を確認し、50kg 級小型衛星で世界初の地上一衛星間光通信実験を成功裏に実施した。さらに、エクストラサクセスとなる国際共同光通信実験も成功裏に実施すると共に、世界初となる衛星から 1.5<math>\mu</math>m 帯の偏光測定にも成功するなど、特に顕著な成果を上げており、目標を大幅に上回って達成した。また、ネットワーク化された光地上局を小金井・沖縄・鹿島に設置し、気象センサデータ等を活用するサイトダイバーシチを技術</li> </ul>	



実証するテストベッド構築を推進し、光学観測による軌道決定についても、光通信衛星からのレーザ光を用いた衛星の光学観測～軌道決定手法及び低軌道～静止軌道までの人工衛星の高精度軌道決定～軌道データのデータベース構築を効率よく行う手法を開発した。さらに、光空間通信における物理レイヤセキュリティ実現に向けた空間伝送距離 7.8km の鍵配送実験のフィールド実験を実施し、物理レイヤ暗号による高速化の実現可能性を確認でき、特に顕著な成果を上げており、目標を大幅に上回り達成した。

- 光衛星通信の標準化では、宇宙データシステム諮問委員会 (CCSDS) において、光衛星通信の標準化に関して従来の Observer から Contributor の立場に就任し、標準化文書として “Atmospheric Characterization for Optical Communication Systems” のグリーンブックを、NICT が Editor となり編纂を完了し、特に顕著な成果が得られており、目標を大幅に上回って達成した。

### 「必要性」

- 衛星通信は広域性があり災害に強く、固定局のみならず、陸上・海上・上空を移動しながら通信できることは耐災害活動支援の重要な通信手段となる。大災害時には衛星通信の需要は大きく、必要とされるデータ量も大きくなり、通信のブロードバンド化が必要であり、その役割は大きい。
- 衛星センサネットワークシステムは、通信手段や電力の供給の無い場所からでも必要なデータを長期間に渡り伝送することを目指すシステムであり、取得したデータから災害等を早期に検出することで災害の被害を軽減することが可能となり、国民の命と国益を守るために必要な技術である。
- 災害時に直接通信が可能な衛星を用いた携帯電話技術は、災害時に重要な手段である。大型衛星アンテナを利用した携帯型通信技術に必要な技術的課題を解決し、災害時に真に有効な小型端末システムを提案することは、国民を守る技術として必要である。情報通信審議会においても同様のシステムが審議され一部答申がなされ必要性は高い。
- 観測衛星等の高分解能・高性能化に伴い取得されるデータの大容量化に対して、ダウンリンク回線等の大容量化が要求され、数十 Gbps の伝送速度が実現できる光空間通信の必要性はますます増大している。災害時の状況の把握、通信インフラの迅速な復旧、安全保障や保全のためにも、高速大容量の光・ミリ波無線通信技術や精密軌道決定技術は必要不可欠であり、例えば、光データ中継衛星については、観測衛星の大容量通信手段確保に直接的に貢献し、社会的課題解決への必要性は高く、社会に大きく貢献する。
- 光衛星通信は、小型の機器で高速なデータ通信が行えるため、搭載機器リソース（サイズ、質量、電力等）の制約が大きい小型観測衛星にとって、不可欠といっても過言ではない通信システムであり小型衛星分野での必要性は高い。

### 「効率性」

- WINDS の宇宙実証実験に対し耐災害 ICT センターと連携して柔軟に人員を配置するとともに、自らの基本実験と他機関の利用実験の実施をオーバーラップさせ効率的に実験を進めた。また、外部機関と連携し実態に即した実証実験を推進するなど、効率的に行う体制をとった。また、新たな衛星実証ミッションについては、リエゾンのプロジェクトチームを組むなど効率的に進めた。
- 衛星センサネットワーク実験とシームレス小型端末通信システムという 2 つの研究テーマに対し柔軟に人員を配置した。衛星センサネットワーク実験では外部

機関と連携し ETS-VII を用いた実証実験を効率的に推進した。また、外部予算を獲得し人材を確保しつつ研究と国際標準化活動を効率的に進める体制をとった。

- 光衛星通信については、現在の議論では、地上の光通信で用いる波長帯を宇宙においても採用する方向である。NICT は以前よりこの波長帯に着目した研究開発を継続しており、これまでに培った知見を継承して研究開発を進めている。これにより、地上の光ファイバ通信網とのシームレスな接続が可能であり、部品や評価システム等を共通化することにより効率的な技術開発を行っている。また、光衛星通信システムを構築している多岐に渡る技術項目の中から、従来の成果および国内外の動向を踏まえた抽出を行い、効率化を図っている。
- 小型衛星による宇宙実証の頻度の向上は、大型衛星の信頼性向上や最新技術の実用化を早めることができ、効率的な研究開発成果の実用化を企図するものである。特に、50kg 級の小型衛星バスを用いた小型副衛星相乗り打上による宇宙実証を可能にすることで、小型衛星搭載の光通信端末は、従来大きな制約となっていた小型衛星の通信手段を 100 倍のオーダーで改善する技術であり、衛星周波数利用効率を飛躍的に拡大する。
- 光通信衛星の軌道を光学観測により精密に決定できれば、一般的な軌道決定手法の校正も行うことが可能となり、また、地上及び衛星からの光信号を正確かつ迅速に目標に向ける初期捕捉追尾を効率的に行うことができる。

#### 「有効性」

- 衛星通信は広域をカバーできる特徴があり、急速な情報通信ネットワークの拡大や臨時の情報通信ネットワークの構築にも対応可能であり、他の手段では代替できない特徴を有している。災害が発生した場合には、地上が通信不能時にも衛星は通信が可能であり、開発した衛星地球局は耐災害性の観点から非常に有効であるため、南海トラフ地域で災害緊急対応機関との連携を通して当該地域と連携構築を推進しており、衛星通信のアプリケーションとして非常に有効であり、今後の利用展開が期待される。
- 衛星実験では、センサ局の設置環境として過酷な海上のブイからデータ伝送実験を実施し、データ伝送が行えることを実証した。特に海上からのデータは津波の早期に発見に役立ち、人的被害を大きく軽減するために極めて有効であり、その波及効果は大きい。
- 衛星通信は大規模災害時の唯一の通信手段であり、携帯型からの通信については非常に重要である。衛星に関する技術と共に、端末数の増大に関わる問題の解決が重要であり、優先端末の設定など、今後の技術政策へ波及すると考えられる。
- 光衛星通信の分野で今後の利用中心となる波長帯を用いた衛星-地上局間光通信を実施することは、大気の影響を把握する基礎データとして重要である。この成果に基づき国際的な標準化へ貢献することは、NICT の存在意義や日本の技術力を主張し、国内外における研究開発を促進する効果も期待できる。
- 衛星をはじめ、航空機、船舶、車両等の移動体に対して 10Gbps 以上の高速大容量通信を提供するために光通信は、電波の有効利用の観点からも期待される通信手段である。
- 地上からの光学観測による軌道決定は、衛星に搭載する軌道決定用機器を削減することが可能となるため、特に搭載可能な機器リソースに制限がある超小型衛星にとって有効な手法である。

#### 「国際水準」

- 移動体衛星通信ではインマルサットがサービスに向け衛星を打ち上げたが、サービスは 5Mbps である。高速インターネット衛星通信では、世界最速の通信性能を実現している点、また、マルチビームによるメッシュネットワークを世界で初めて実証した点など、世界をリードする技術水準にある。現在検討が始まった次期技術試験衛星では、100Mbps 級のユーザリンクの速度を目指しており、世界トップレベルの課題設定である。
- 衛星センサネットワークは、国内では気象庁が津波検出ブイを陸から 300~400km の地点に設置し、周回衛星（イリジウム）を用いてデータを取得し、平成 24 年 12 月 25 日より津波警報への活用を開始した。NICT では静止衛星を用いたシステムの開発を目指しており、リアルタイム性が強く要求されるデータの収集に対応できる。
- シームレス小型端末通信システムは、NICT では同一周波数帯を利用する地上衛星共用携帯電話サービス方式について電波利用料案件を受託し研究開発を進めた実績があり、アジア諸国に先行するとともに欧米諸国と競合関係にある。
- 米国や欧州においても光衛星通信装置の研究開発が進んでいる。一方、技術標準化の議論では、地上光通信の波長帯を採用する方向であり、この波長帯の大気伝搬特性の取得が求められている。NICT はこの波長帯の光源を搭載した衛星搭載用の光通信装置の開発を進めており、他機関に先駆けて宇宙での動作実証を実施予定である。宇宙機関間会合で始まった技術標準化の議論において、NICT はこれまで世界初の成果を示した実績から、国際的にも認められている存在であり、小型光トランスポンダに関するプロジェクトも技術実証の先駆的な事例として国際的に高い注目を集めており、この立場を維持するためにも研究開発を維持する意義は大きい。新規衛星搭載ミッションである「ひかり」プロジェクトも、光通信で 10Gbps 級の宇宙実証を目指しており、世界トップレベルの課題設定である。また、光通信のための低軌道衛星への精密軌道決定技術を提案している機関は NICT 以外に未だ無く独自の技術である。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 11

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添1-(6) ネットワークセキュリティ技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	82	119	105	130	127	事業費用（億円）	8.6	8.5	8.3	8.0	6.9
特許出願数	—	7	11	3	9	3	職員数 ※内数	58	60	58	67	69

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
● 最先端ネットワークセキュリティ技術に関する研究開発	世界最先端のサイバー攻撃観測・分析・対策・予防技術、セキュアネットワークの設計・評価と最適構成技術、次世代暗号基盤技術等、理論と実践を高度に融合させたネットワークセキュリティ技術の研究開発を行う。
中長期計画	
1 ネットワーク基盤技術	現在のネットワークに顕在化し始めている諸課題の改善、解決に貢献するとともに将来に亘ってネットワークの基盤を支えていくために、研究機構が推進してきた新世代ネットワークの戦略を踏まえて、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、宇宙通信システム、ネットワークセキュリティの個別研究課題を集結するとともに、それらを融合した新世代ネットワーク技術に関する研究開発を推進する。また、その検証手段としてテストベッドを整備し、その上に実装されていく新技術で構成されるシステムによる実証を進める。これにより、環境負荷低減に向けた高効率性や、高度な信頼性・安全性・耐災害性など、真に社会から求められる要素を具備し、様々なアプリケーションを収容しつつ、平時・災害時を問わず社会を支える重要なインフラとなる新世代ネットワークの実現を目指す。

## (6) ネットワークセキュリティ技術

情報通信ネットワークを誰もが安心・安全に利用でき、かつそれを支えるセキュリティ技術の存在を利用者に意識させない世の中の実現を目指し、現在志向の研究と未来志向の研究を両輪で推進する。

現在志向の研究では、日々高度化・巧妙化を続けるサイバー攻撃を日本全国レベルの大局的な視点で捉え対抗するための研究開発に取り組み、即効性のある成果展開を行う。

未来志向の研究では、中長期的な視点に立ち、ネットワーク自身のセキュリティを高め、攻撃に強いネットワークの実現を目指して、セキュリティ設計を根本から見直し、あらゆる人やネットワーク機器に最適なセキュリティ機能を自動選択・自動配備する等のセキュリティアーキテクチャの研究開発や、計算機能力の向上や解読手法の進歩による暗号アルゴリズムの危殆化から脱却し、長期に渡り高度な安全性を担保可能な次世代の暗号・認証技術の研究開発を行う。

また、大規模災害等の社会的危機に際しても迅速な情報収集や情報の信頼性の確保、柔軟かつ簡便な個人認証等を実現するセキュリティ技術の研究開発を行う。

なお、研究開発課題の設定に際しては、中期計画の策定時点で可能な限り普遍的な課題設定を行うとともに、中期目標期間中に新たに生じる世の中の状況変化（例えば、新たなサイバー攻撃手法の出現等）に対しても、柔軟に研究開発課題に取り込む。

### ア サイバーセキュリティ技術の研究開発

進化を続けるサイバー攻撃やマルウェアに能動的・先行的に対抗するため、観測範囲を 30 万アドレス程度に倍加させた世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築するとともに、災害時には当該観測網によって得られた観測情報をネットワーク障害の迅速な把握等に活用するための研究開発を行う。Web や SNS 等を利用した新たな脅威に対する観測技術及び分析技術の研究開発を行い、サイバー攻撃を観測する各種センサからの多角的入力やデータマイニング手法等を用いたサイバー攻撃分析・予防基盤技術を確立する。

また、IPv6 等の新たなネットワークインフラのセキュリティ確保に向けて、IPv6 環境等のセキュリティ検証及び防御技術の研究開発を行う。

さらに、研究機構の中立性・公共性を活かして収集した攻撃トラフィックやマルウェア検体等のセキュリティ情報の安全な利活用を促進し、我が国のネットワークセキュリティ研究の向上に資するため、セキュリティ情報の外部漏洩を防止するフィルタリング技術やサニタイジング技術等を研究開発するとともに、それらの技術を組み込んだサイバーセキュリティ研究基盤を構築し、産学との連携の下で実運用を行う。

### イ セキュリティアーキテクチャ技術の研究開発

クラウドやモバイル等の先進的なネットワーク及びネットワークサービスにおいて適材適所にセキュリティ技術を自動選択し最適に構成するためのセキュリティアーキテクチャの研究開発、モバイル機器やクラウドサービスにおいて新たに必要となるセキュリティ要素技術の研究開発を行う。

また、災害時における情報の信頼性、プライバシーの確保等の情報管理や災害時のネットワーク形態におけるセキュリティ確保をも考慮しつつ、新世代ネットワークにおけるセキュリティを確保するためのアーキテクチャ及びプロトコルの設計・評価技術を確立する。

これらの技術については、我が国の電子政府推奨暗号に対応した、認証プロトコルを始めとする暗号プロトコルの評価、暗号プロトコルの技術ガイドライン策定等にも適用する。

### ウ セキュリティ基盤技術の研究開発

量子技術と現代暗号技術を融合させ実用可能な量子認証技術及び量子プロトコルを開発し、より汎用的で柔軟な量子セキュリティネットワーク構築のための研究開発を行う。

また、長期に渡り強固な安全性を保証するため、長期利用可能な暗号アルゴリズム技術の研究開発を行う。

さらに、現代暗号理論の高度化と攻撃手法など実用的暗号技術の確立等、暗号技術の安全性評価に関する研究開発を行う。

これらの技術については、我が国の電子政府推奨暗号の暗号アルゴリズムの評価及び電子政府推奨暗号リスト改訂、暗号技術の移行に関して必要な検討や

作業等にも適用する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>最先端ネットワークセキュリティ技術に関する研究開発</b></p> <p>世界最先端のサイバー攻撃観測・分析・対策・予防技術、セキュアネットワークの設計・評価と最適構成技術、次世代暗号基盤技術等、理論と実践を高度に融合させたネットワークセキュリティ技術の研究開発を行う。</p>	<p>別添 1-(6) <b>ネットワークセキュリティ技術</b></p> <p><b>(6)ネットワークセキュリティ技術</b>                      情報通信ネットワークを誰もが安心・安全に利用でき、かつそれを支えるセキュリティ技術の存在を利用者に意識させない世の中の実現を目指し、現在志向の研究と未来志向の研究を両輪で推進する。</p> <p>現在志向の研究では、日々高度化・巧妙化を続けるサイバー攻撃を日本全国レベルの大局的な視点で捉え対抗するための研究開発に取り組み、即効性のある成果展開を行う。</p> <p>未来志向の研究では、中長期的な視点に立ち、ネットワーク自身のセキュリティを高め、攻撃に強いネットワークの実現を目指して、セキュリティ設計を根本から見直し、あらゆる人やネットワーク機器に最適なセキュリティ機能を自動選択・自動配備する等のセキュリティアーキテクチャの研究開発や、計算機能力の向上や解読手法の進歩による暗号アルゴリズムの危殆化から脱却し、長期に渡り高度な安全性を担保可能な</p>	

次世代の暗号・認証技術の研究開発を行う。

また、大規模災害等の社会的危機に際しても迅速な情報収集や情報の信頼性の確保、柔軟かつ簡便な個人認証等を実現するセキュリティ技術の研究開発を行う。

なお、研究開発課題の設定に際しては、中期計画の策定時点で可能な限り普遍的な課題設定を行うとともに、中期目標期間中に新たに生じる世の中の状況変化（例えば、新たなサイバー攻撃手法の出現等）に対しても、柔軟に研究開発課題に取り込む。

#### ア サイバーセキュリティ技術の研究開発

進化を続けるサイバー攻撃やマルウェアに能動的・先行的に対抗するため、観測範囲を 30 万アドレス程度に倍加させた世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築するとともに、災害時には当該観測網によって得られた観測情報をネットワーク障害の迅速な把握等に活用するための研究開発を行う。Web や SNS 等を利用した新たな脅威に対する観測技術及び分析技術の研究開発を行い、サイバー攻撃を観測する各種センサからの多角的入力やデータマイニング手法等を用いたサイバー攻撃分析・予防基盤技術を確立する。

また、IPv6 等の新たなネットワークインフラのセキュリティ確保に向けて、IPv6 環境等のセキュリティ検証及び防御技術の研究開発を行う。

- ・国内外の組織にサイバー攻撃観測用センサの設置を進め、ダークネット（未使用の IP アドレス）の観測規模を第 3 期中長期計画当初の 14 万アドレスから 30 万アドレスに拡大した。センサ設置範囲を海外にも広げ、総務省 PRACTICE プロジェクトとも連携し、欧米を含め海外 10 拠点以上にセンサを導入した。ダークネット観測・分析結果については、Telecom-ISAC Japan、JPCERT/CC、IPA 等のセキュリティ関連組織と適宜情報交換するとともに、総務省 ACTIVE（国民のマルウェア対策支援プロジェクト）に提供し、国民への注意喚起等に活用された。
- ・ブラックホールセンサ（無応答型センサ）やハニーポット（低対話型/高対話型センサ）等、異種センサの柔軟かつ動的な配置を実現する能動的サイバー攻撃観測技術 Ghost（Global, Heterogeneous, and Optimized Sensing Technology）Sensor を開発し、大規模ダークネットで試験運用を行った。センサの切替ルールを Lua 言語で記述可能なフレームワークを実装した。
- ・総務省 PRACTICE プロジェクトと連携し、新たに台頭したリフレクション型 DoS 攻撃の攻撃指令を検知可能な DRDoS ハニーポットを稼動。ダークネットと DRDoS ハニーポット（DNS）のマルチモーダル分析を実施した結果、DNS amp 攻撃が始まる数日前から、その前兆である DNS オープンリゾルバ探索のスキャンがダークネットで観測されていることを明らかにし、攻撃予測として有用であることを示した。
- ・ダークネット観測結果を用いて、被災地周辺のネットワークの死活状況推定を行うシステム ACTIVATE（Active Connection Tracer for Internet Vitality AuTo-Estimation）を提案し、地理情報や AS 情報等の活用による障害箇所等の推定方法を検討・プロトタイプ開発を行うとともに、東日本大震災時の観測データ等を用いて有効性の検証を行った。
- ・Web を利用したドライブ・バイ・ダウンロード（以下、DBD）攻撃に対する対策技術を確立するため、Web ブラウザにプラグインする形式のセンサをユーザに大規模展開し、ユーザ群の巨視的な挙動をセ

さらに、研究機構の中立性・公共性を活かして収集した攻撃トラフィックやマルウェア検体等のセキュリティ情報の安全な利活用を促進し、我が国のネットワークセキュリティ研究の向上に資するため、セキュリティ情報の外部漏洩を防止するフィルタリング技術やサニタイジング技術等を研究開発するとともに、それらの技術を組み込んだサイバーセキュリティ研究基盤を構築し、産学との連携の下で実運用を行う。

- ンター側で観測・分析することで、不正サイトを検出するとともに、ユーザの不正サイトへの Web アクセスの先行的なブロックを可能にする DBD 攻撃対策フレームワークを開発し、ユーザ参加型の実証実験を実施した。当初計画を上回る約 1600 名の一般ユーザが実証実験に参加し、対策フレームワークの有効性を検証した。なお、実証実験に先立ち、外部有識者を含めた実証実験実施内容検討会を開催し、個人情報の適切な管理等についての法的・技術的な検討を行った。
- ・ SNS におけるなりすまし等の不正ユーザ対策として、SNS ユーザ同士が連携協力する不正ユーザ検出手法を提案し、Facebook に対応したプロトタイプ実装を行い、実証実験を実施した。
  - ・ ブラックホールセンサや各種ハニーポット、Web クローラ、スパムメール、マルウェアの動的解析結果等からの多角的入力情報を用いて各種のサイバー攻撃間の相関性を明らかにするためのマルチモーダル分析技術を提案し、各種の分析・評価を行った。また、マルチモーダル分析を行うために各種観測情報を統一的に検索・突合可能とする統合フレームワークを開発した。
  - ・ 新たに台頭した DNS amp 攻撃 (DNS クエリの反射を用いた DDoS 攻撃) に関してダークネットと DNS ハニーポットのマルチモーダル分析を実施した。その結果、DNS amp 攻撃が始まる数日前から、その前兆である DNS オープンリゾルバ探索のスキャンがダークネットで観測されていることを明らかにし、攻撃予測として有用であることを示した。
  - ・ アソシエーション分析によるスキャン予測やマルウェアの難読化ツール (パッカー) の高精度な自動判別手法、統一的な難読化解除技術 (ジェネリックアンパッカー) など、データマイニング技術を応用した各種マルウェア分析手法を開発し評価を行った。
  - ・ NICT と OS ベンダ、通信事業者、ネットワーク機器ベンダ等とで IPv6 技術検証協議会を設立し、IPv6 セキュリティ検証環境下で実施した 40 通りの攻撃シナリオと、それらの攻撃シナリオに対する 100 通りの防御策について、IPv6 セキュリティに関するガイドラインとして公開した。また、このガイドラインを基に、ITU-T において国際勧告化 (X. 1037) を実施した。さらに、40 種類の攻撃シナリオのうち、24 種類は NDP (近隣探索プロトコル) に起因した攻撃であることから、NDP の不正使用に対する防御技術 (NDP Guard) を開発した。
  - ・ フィルタリング技術やサニタイジング技術によって、攻撃トラフィックやマルウェア検体等の外部漏洩を防止しつつ、それらセキュリティ情報の安全な利活用を実現するサイバーセキュリティ研究基盤 NONSTOP (NICTER Open Network Security Test-Out Platform) を開発し、産学連携の下で実運用を行った。国内 10 大学の定常利用に加え、国内最大のマルウェア対策研究専門のワークショップであるマルウェア対策研究人材育成ワークショップのデータセットとして、平成 25 年より毎年継続して NONSTOP 経由でダークネットトラフィックを提供し、国内の複数の組織が研究利用した。
  - ・ ダークネット観測網に基づく対サイバー攻撃アラートシステム DAEDALUS (Direct Alert Environment for Darknet And Livenet Unified Security) の外部展開を進め、地方公共団体情報システム機構との連携の下、地方自治体へのアラート提供を行った (550 を超える自治体が参画)。また、総務省の ASEAN 向けサイバーセキュリティ技術協力プロジェクト JASPER (Japan-ASEAN Security Partnership) の一環として、ASEAN 諸国向けの DAEDALUS アラートを提供した。さらに、国内セキュリティ企業に DAEDALUS を技術移転し、商用のアラートサービスとして社会展開された。
  - ・ ネットワークリアルタイム可視化システム NIRVANA (NICTER Real-network Visual Analyzer) を国内



複数社に技術移転し、商用ライセンス販売が開始された。

- ・標的型攻撃対策技術として、ライブネット（使用中の IP アドレス）トラフィックのリアルタイム分析を可能にするライブネット分析プラットフォームおよびスロースキャン検知エンジンなどの各種ライブネット分析エンジンを開発し、実証実験を行った。また、国産アンチウイルスソフトとライブネット観測を連動させる NIDS-HIDS 連携システムを開発した。さらに、ホスト群のプロセス状態監視やセキュリティレベル変更等の集中管理機構に加え、自動防御機構やアラート集約・相関分析機構の開発を行った。これらの技術群を融合したサイバー攻撃統合分析プラットフォーム NIRVANA 改を開発した。さらに、NIRVANA 改を国内複数社に技術移転し、商用販売が開始された。
  - ・各種標的型攻撃対策技術の有効性検証を行うためのセキュリティ検証環境を容易かつ迅速に構築可能とする環境構築自動化技術を開発・実装し、実証実験を行った。また、セキュリティ検証環境と実環境の差異を攻撃者に検知されないための疑似トラフィック生成技術やユーザ挙動の模倣技術、検証環境で発生した大規模トラフィックをリアルタイムかつ柔軟に解析可能なトラフィック解析エンジン等を開発し評価を行った。
  - ・テストベッド研究開発推進センターと連携し、総務省実施の実践的サイバー防御演習（CYDER）や Hardening、enPiT Security 等の各種サイバー演習に協力し、セキュリティ検証環境構築技術を用いた演習環境構築を通じてセキュリティ分野の人材育成に貢献した。
- 以上の通り中期目標を大幅に上回って達成した。

## イ セキュリティアーキテクチャ技術の研究開発

クラウドやモバイル等の先進的なネットワーク及びネットワークサービスにおいて適材適所にセキュリティ技術を自動選択し最適に構成するためのセキュリティアーキテクチャの研究開発、モバイル機器やクラウドサービスにおいて新たに必要となるセキュリティ要素技術の研究開発を行う。

また、災害時における情報の信頼性、プライバシーの確保等の情報管理や災害時のネットワーク形態におけるセキュリティ確保をも考慮しつつ、新世代ネットワークにおけるセキュリティを確保するためのアーキテクチャ及びプロトコルの設計・評価技術を確立する。

- ・セキュリティ分析エンジンが実施する技術的な分析に対して ICT システムの利用者が要求するセキュリティ要件を明示し合意させるため、セキュリティ SLA (Service Level Agreement サービスレベル合意書) を定義するが、当該セキュリティ要件の記述方法や、システム利用者とサービス提供者の間でセキュリティレベルを合意するためのプロトコルを構築した。
- ・スマートフォン向けのリスク評価技術について、Android アプリケーション（以下、Android アプリ）のリスク分析フレームワークにおける「脅威」および「脆弱性」の評価に対して、独自の手法を提案して実装した。「脅威」の評価では、ある Android アプリがマルウェアである可能性を統計及び機械学習に基づき定量化するが、その際、Web から取得した Android アプリのコンテキストに応じて判定を実施している点で特徴がある。「脆弱性」の評価では、コーディングの不備を発見することによりリスクを表示する。平成 26 年度から行ってきた同フレームワークの一連の開発により、Android アプリに対する「脅威」・「脆弱性」の両面からリスクを評価できる技術を確立した。
- ・Android アプリのリスク分析に資するため、約 20 万件の Android アプリの分析結果およびメタ情報を知識ベースとして格納した。格納における情報構造についても定義・評価した。
- ・インシデント情報の交換に必要なスキーマ技術について、従来より IETF (The Internet Engineering Task Force) において国際標準化を先導し RFC 7203 として発行された。本技術を用いたエンタープライズネットワークの脆弱性アラートの自動交換ツールについて、プロトタイプの構築を完了した。
- ・知識ベースを活用して、情報システムにおける IT 資産に存在する脆弱性を管理するシステムのプロ

これらの技術については、我が国の電子政府推奨暗号に対応した、認証プロトコルを始めとする暗号プロトコルの評価、暗号プロトコルの技術ガイドライン策定等にも適用する。

トタイプを構築した。このプロトタイプでは、ネットワーク上の IT 資産に関する情報を自動的に収集し、それらを ID 化する技術、およびその ID を用いて知識ベース内の脆弱性情報を検索して関連する脆弱性情報を管理者にリアルタイムで通知・警告する機能を有する。その際、複数の地方公共団体に対して脆弱性管理の実態をヒアリングし、本技術へのニーズを把握した上で構築の検討を行った。本プロトタイプは七尾市の情報システム上にインストールされ、実証実験を開始した。

- ・IoT 時代を迎えるにあたり、大規模ネットワーク上で多数の利用が想定される RFID タグに対して、セキュリティ・プライバシー要件の理論的な枠組みを構築した。証明可能安全性を有する RFID 認証プロトコルを構築するとともに、安全に所有権の譲渡を行うことが可能なプロトコルを開発した。
- ・RFID タグ利用における認証・プライバシー保護技術において、高速に複数のタグへの読込が行なわれたことに対して証拠を残すプロトコルの研究開発を行い、中間者攻撃に対する高い安全性を証明可能とするプロトコルを提案した。
- ・PUF (Physical Unclonable Function : 物理的複製困難関数) を利用することにより物理的な安全性が確保されている RFID 認証プロトコルを構築した。さらに 100 台の FPGA を用いて SRAM PUF の挙動を分析し、構築した認証プロトコルの回路規模および演算時間を実装により得た。
- ・暗号プロトコルと PUF を融合することにより、省リソース端末における物理的な安全性を確保する仕組みを確立するため、安全性証明を行う上で必要な PUF に対する様々な安全性要件を定義した。
- ・プライバシー保護型の RFID 認証プロトコルを実際の RFID タグの製造プロセスに載せることにより、回路規模や動作性能、通信可能距離等、実用面での性能評価を行った。
- ・RFID のセキュアな通信環境を評価するため、無線通信環境下での暗号プロトコル開発に有益となる RFID 暗号評価ボードを試作開発した。今後、当該分野における内外のハードウェア実装開発者と連携し、当該ボードを次世代 RFID 開発に供していく。
- ・大規模プラットフォームにおける異なるアプリケーション・異なるサービスに求められる異なるセキュリティ要件・異なるプライバシー要件に対し、要件ごとに柔軟な実現を可能とする暗号基盤技術を創出した。これまでにないフレームワークや概念を提唱し、それらを実現する具体的な基盤技術を提案してきた。また、デモシステムを構築し、具体的な利用例を具現化することができた。NICT からの技術提案のみならず、世界各国の主要研究機関から、近年、実際にそれらの基盤技術を用いた暗号アプリケーションやプロトコルの提案等が高いレベルの国際会議で多数提案されるようになってきており、暗号基盤技術としての一つのカテゴリを構築しつつある。フレームワークを提唱したオリジナルの論文は世界最高峰の論文誌と称される Journal of Cryptology に採録・掲載された。より現実的な仮定に基づく効率的な提案方式は Journal of Cryptology に招待採録・掲載され、また暗号分野における世界 3 大国際会議である CRYPTO、Eurocrypt、Asiacrypt、さらに PKC、TCC 等の世界トップレベルの会議に採録された。
- ・プライバシー保護を実現する技術として、双線形写像を前提とした暗号技術は有力なツールとなる。あるタイプの双線形写像上を前提とした暗号方式群については、その安全性が危ぶまれ始めているが、当該方式群を、より安全な環境で利用可能な暗号方式群へと変換する手法を提案した。この提案は、既存方式の救済という意義のほか、新しい方式を創出する際にも効率的な方式を構成するための指標とすることが出来る。本研究成果は CRYPTO に採録された。

- ・暗号技術（ID ベース暗号/グループ署名）と通信技術（Tor）を組み合わせることで、サービスプロバイダがユーザを匿名で認証しつつサービス内容を暗号化することが可能なシステムを提案した。本研究成果は IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing に採録された。
- ・プライバシー保護と情報利活用との両立に向けて、購入履歴等のログの漏洩時には一切の個人情報が漏れることなく、一方で万が一の事態が起こった場合におけるユーザの追跡時には当該ユーザを特定することが可能なシステムを提案した。
- ・中間者と呼ばれるエンティティを導入することで、既存方式と比較して非常に効率的な匿名データ収集方式を提案した。本方式により、中間者には暗号化されたデータがある範囲に入っていることのみを検証を許すため、復号することなしに暗号化データの整理が可能となる。
- ・暗号をシステムに組み込んで長期間使用する際に必要となる機能であるシステム離脱時・鍵紛失時等に対応するための鍵失効機能の研究開発において、これまで考慮されていない安全性を達成する鍵失効機能付き ID ベース暗号を提案し、その成果が IEEE Transactions on Information Forensics and Security に採録された。また、暗号文長が階層の深さに依存せず、かつ内部攻撃者を考慮した階層的鍵失効可能 ID ベース暗号を提案し、その成果が Theoretical Computer Science に採録された。さらに、ユーザ削除時に公開するトークンサイズが削除ユーザ数に非依存なグループ署名方式を提案し、本成果が The Computer Journal に採録された。
- ・検証可能暗号化署名に準同型性を持たせた検証可能暗号化準同型署名を提案し、決済時の通信・計算コストが取引回数に依存しない楽観的公平交換方式を構成した。
- ・利便性を失うことなく強い安全性を持つ暗号システムの構築を目指して、時間に依存した匿名性を利用した路車間通信システムを提案した。その際、廃車にする場合や鍵漏洩なども想定して署名鍵の失効も実現した。また、検索トークンの漏洩対策としてトークンを削除可能な検索機能暗号を提案した。
- ・ISO/IEC 11770-2, 3 において規定されている「鍵管理プロトコル」におけるプロトコル上の脆弱性と修正方法を発見し、ISO/IEC に対して修正提案を行った。その結果、ISO/IEC で規定する鍵管理プロトコルにおける安全性定義の修正を行う議論を開始した。
- ・暗号プロトコルに対する理論的に網羅性をもった安全性評価手法として、あらゆる実行環境における安全性評価が可能な形式手法を確立した。当該手法を用いて、国際会議 Eurocrypt や ACNS で他者が提案した新規の暗号プロトコルを評価したところ、国際会議への提案時には発見できていなかった攻撃を検出できた。
- ・形式手法による暗号プロトコルの安全性評価の過程を可視化するシステムを試作し、安全性評価における理論的な網羅性および攻撃の詳細、脆弱性の直観的理解を可能とした。
- ・暗号プロトコルの安全性評価について、国際的に議論を行い評価結果を社会還元するための「暗号プロトコル評価技術コンソーシアム (CELLOS)」を設立し、活動を開始した。
- ・複数の暗号プロトコル評価ツールを使い、多角的な暗号プロトコル評価を行う「暗号プロトコル評価ポータルシステム」を開発し、CELLOS に提供した。
- ・SSL/TLS において新たに発見された脆弱性の技術的正しさと実システムへの影響を評価し CELLOS に評価結果を入力することで、CELLOS が行う安全性情報の迅速な発信および通信システムにおける暗号の安全な利用の促進に貢献した。

- ・ 認証プロトコルをはじめとする 58 個の標準化された暗号プロトコルについて、脆弱性の有無を評価し、それらを使用する際の問題点や技術的に信頼性のある情報を付した上で集約した「AKE Protocol Zoo」を整備し、機構ホームページ上の「暗号プロトコル評価ポータルサイト：CPVP」において公開し、併せて報道発表した。その結果、1 面記事を含む新聞 4 紙への掲載に加え、朝日新聞出版の「dot.」や TECH Ascii、Impress Watch など、数多くの Web サイトにも掲載された。ポータルサイトへのアクセスは、発表後 1 週間で約 9,200 アクセス、3 月末までに約 35,000 アクセスに達した。
- ・ 組織間の通信における秘匿性確保において、送信先組織での復号権限を必要に応じて柔軟に変更できる「組織暗号」について、具体的な利用シーンを想定して運用面等も含めた実利用に向けた構成方法の検討を進め、複数の方法を提案した。また、組織暗号を利用したシステムを地方自治体等で運用する際の課題を抽出するため、複数の自治体で説明会やシステムの技術紹介等を行った。さらに、そのうちのいくつかの自治体において実際に実証実験を実施することにより、技術面での課題のみならず、ユーザーインターフェースや操作性、マニュアルの記述等、運用面を含め実導入に向けた課題の抽出を行った。また、組織暗号の適切かつ有効な実装のための実践規範（ガイドライン）を作成した。以上の通り中期目標を大幅に上回って達成した。

#### ウ セキュリティ基盤技術の研究開発

量子技術と現代暗号技術を融合させ実用可能な量子認証技術及び量子プロトコルを開発し、より汎用的で柔軟な量子セキュリティネットワーク構築のための研究開発を行う。

また、長期に渡り強固な安全性を保証するため、長期利用可能な暗号アルゴリズム技術の研究開発を行う。

さらに、現代暗号理論の高度化と攻撃手法など実用的暗号技術の確立等、暗号技術の安全性評価に関する研究開発を行う。

これらの技術については、我が国の電子政府推奨暗号の暗号アルゴリズムの評価及び電子政府推奨暗号リスト改訂、暗号技術の移行に関して必要な検討や作業等にも適用する。

- ・ 量子技術と現代暗号技術を融合させ、より汎用的で柔軟な量子セキュリティネットワークの構築に向けた研究開発を行った。クラウド上の複数サーバにデータを分散して保存する際に、パスワードを持たないユーザが複数のサーバ管理者と結託しても、結託者数が決められた閾値以下であれば秘密情報の漏えいがなく、プライバシー保護が実現できることが情報理論的に証明できる認証機能付き秘密分散プロトコルを提案し、量子ネットワーク上で認証機能付き秘密分散機能を備えたセキュアストレージシステムの実装を行った。本システムは量子 ICT 研究室等との連携プロジェクト「量子鍵配送を利用したセキュアネットワークの研究開発」にて実装したもので、秘匿と認証の両方の観点で情報理論的安全性が保証されたシステムの世界初の実装である。また、本認証機能付き秘密分散プロトコルについて、ISO/IEC JTC 1/SC27 での国際標準化に向けた活動を行った。
- ・ 長期に渡り強固な安全性を保証するための長期利用暗号技術については、世界的に最も有望視されている格子理論に基づく方式に重点を置いて、新方式の設計と安全性評価に関する研究開発を行った。格子理論に基づく新方式の設計については、暗号化したままセキュリティレベルを変更でき、かつ暗号化したまま加算と乗算が可能な準同型暗号を世界で初めて実現した。これにより、例えば 100 年以上の長期間の保護が求められる遺伝子データ等を暗号化したまま統計処理を行うなど、プライバシーを保護したデータマイニングが可能になる。具体例としては、暗号化したデータに対する線形回帰計算で従来比 100 倍の高速化を達成したほか、ビッグデータ解析で活用されているロジスティック回帰分析を実用的な時間で計算可能とし、暗号化された 1 億件のデータを 30 分以内で複数グループに分類できることをシミュレーションで確認した。本方式の一連の権利化も進めた。安全性評価については、格子暗号の安全性の根拠である最短ベクトル問題の難しさを評価するアルゴリズムの高速化を達成

し、暗号のトップカンファレンスの一つである Eurocrypt2016 に採録されたほか、ダルムシュタット工科大主催の安全性評価コンテスト“Lattice Challenge”において複数の世界記録を更新した。本研究を進めるに当たって、フランス INRIA や九州大学、東京大学、NEC、日本銀行等の外部研究機関と連携を行った。

- ・ 実用的暗号技術の確立については、多様な利用環境に合わせた安全性を提供する実用的な暗号技術を目指し、さまざまな研究開発を行った。
- ・ 多様なセンサ群で収集したビッグデータをクラウド等で解析するようなシステムのセキュリティ確保を目的として、軽量暗号の性能評価を行い、既存暗号技術に対する優位性を検証した。また、つながる車や ITS、IoT のセキュリティ向上に軽量暗号技術を活用するため、軽量暗号技術を用いたタイヤ空気圧監視システム向けセキュリティプロトコルの試作や関連企業との共同検討を行った。また、軽量暗号に関する国際規格 ISO/IEC 29192-1, 29192-2, 29192-5 の標準化にエディタとして貢献した。
- ・ 車の各種センサ情報や位置情報に関する（ビッグ）データを活用した新たな高度交通システム・サービスの実用化に向け、自動車ビッグデータのセキュリティ・プライバシー確保が急務となっている。機密レベルに応じた処理が可能なプロキシ再暗号化技術を開発し、この技術を活用したセキュアストレージシステム PRINCESS を応用して、クラウドを介したセキュアな自動車情報共有システムを試作した。
- ・ 総務省で実証実験を進めている 700MHz 帯を使った車車間/路車間通信及び、315MHz 帯を使ったタイヤ空気圧センサーシステムによる車両特定可能情報等のプライバシー漏洩の可能性を検討するため、電波伝播シミュレーションによる解析を行った。
- ・ 国際暗号標準 ISO/IEC 18033-2 に採用されている方式よりも安全性、性能ともに優れている新しい公開鍵共有方式“FACE”を開発、ISO/IEC JTC 1/SC27 にて国際標準化に向けた活動を開始。平成 27 年 10 月の会合で、ISO/IEC 18033-2 への追補に記載する規格化作業を開始することで各国の合意を得ることに成功。
- ・ パーソナルデータ利活用におけるプライバシー問題の解決に関する研究を立ち上げ、ワークショップを開催してさまざまな分野の有識者から知見を得るとともに、事例収集を行った。これを発展させてプライバシー検討 WG を発足し、第 4 期中長期計画に向けて連携する体制を整えた。情報処理学会主催第 1 回プライバシーワークショップ(PWS)にて開催された PWS CUP (匿名加工処理や匿名加工データからの再識別処理を競うコンテスト)の運営に参画・貢献を行った。また、ユーザのプライバシー意識を調査するアンケートシステムの構築を開始した。
- ・ 暗号安全性評価の高度化では、クラウドコンピューティング等でのプライバシー保護機能が可能な「ペアリング暗号」の安全性評価を行うために、この暗号の安全性の根拠となっている離散対数問題の困難性を評価した。この結果、九州大学、富士通研究所と共同で 923 ビットの離散対数問題を解くことに世界で初めて成功、秘匿データを利活用できる次世代暗号技術の実用化への道を拓く先駆的研究として、ドコモ・モバイル・サイエンス賞 先端技術部門 優秀賞他 3 つの賞を受賞した。また、この解読を契機に世界的に研究が進展した離散対数問題の解読動向について調査を行い、電子政府推奨暗号

への影響を盛り込んで CRYPTREC (Cryptography Research and Evaluation Committees) Report として発行、電子政府システムの安全性・信頼性向上に貢献した。

- ・インターネット上の公開鍵証明書を収集した SSL Observatory のデータをもとに、RSA 暗号の秘密鍵が複数で共有され、脆弱な状態になっている実態を把握するためのツールを開発、(財)日本情報経済社会推進協会 (JIPDEC) に技術移転し、電子入札、電子申請や電子契約等を支える認定認証業務 (主務省: 総務・法務省・経済産業省) の安全性検証に貢献した。
- ・上述のように公的研究機関として世界最先端の暗号安全性評価技術を維持し、我が国の電子政府推奨暗号の評価結果を技術的根拠として提示するなど、総務省・経済産業省・IPA と連携して平成 25 年 3 月に行われた 10 年ぶりの電子政府推奨暗号リスト改定に学術面・事務局運営面双方から多大な貢献を行った。

以上の通り中長期目標を大幅に上回って達成した。

(サイバーセキュリティ技術、セキュリティアーキテクチャ技術については社会的要請も非常に強く、人材育成も重要であり、機構の研究開発活動の先導的・主導的成果を広く社会に還元することで、2020 年開催のオリンピック・パラリンピックの安全な実施、今後の IoT 機器の莫大な利用増に対する安心・安全対策など、研究成果の展開により社会全体のネットワークセキュリティの耐性を高めることに貢献していくことが重要である。)

・IoT 機器の利用増に応じたセキュリティ課題への対策については、NICTER における大規模サイバー攻撃観測によりルータや Web カメラなどの各種 IoT 機器に対する大規模攻撃活動やマルウェア感染の兆候を捉えており、JPCERT/CC をはじめとした各連携組織との情報共有を実施している。また、IoT 機器向けマルウェアの収集・解析システムの開発・評価を行い、IoT 機器に対する攻撃活動を迅速に把握し原因追及まで可能にするための研究開発を実施した。また、スマートフォン (Android) におけるリスク分析手法や RFID タグの認証機構など IoT 機器の安全性確保に向けた研究開発を実施した。

・研究開発活動の社会還元については、サイバー攻撃の大規模観測データの研究組織への提供、国内外の研究機関・大学等との連携推進や研修生の受け入れ、政府組織・企業・個人へのアラート提供を通じた安全性の向上、技術移転を通じた研究成果の実社会への展開、サイバー演習や CTF 等の人材育成への協力など、多岐にわたる取組みによって積極的な社会還元を推進した。

・2020 年の東京五輪に向けたサイバーセキュリティの取組みについては、DRDoS 攻撃のアラート機構の試験運用を通じて東京五輪組織委員会に対する DRDoS 攻撃を高精度で検知することに成功するなど、今中長期計画で研究開発した各種攻撃観測システムや分析・アラート機構が有効活用できる見通しを得た。各種研究開発成果については技術移転を通じた積極的な実社会への展開を推進しており、社会全体のインターネットの安全性向上に貢献している。

## 自己評価

### 評価

A

### 【評価結果の説明】

#### 《サイバーセキュリティ技術》

- 30 万 IP アドレスを超える世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築するとともに、大規模拡散型マルウェアと標的型攻撃という全く性質の異なるサイバー攻

撃それぞれに対して、最先端の観測技術、分析技術、可視化技術群を開発した。

- 収集した観測データやその分析結果について、政府系プロジェクトやセキュリティ関連組織、学術機関等への提供を適宜行い、一般ユーザのセキュリティ向上や、我が国のセキュリティ研究開発能力の向上に貢献した。
- 研究開発成果（DAEDALUS、NIRVANA、NIRVANA 改）を積極的に技術移転し、実社会で実用化・活用された。

#### 《セキュリティアーキテクチャ研技術》

- ネットワークシステムに潜むセキュリティリスクを分析し、適切な対処方法を提示（可視化）する研究開発では、社会的に喫緊の課題であるスマートフォンアプリケーションのリスク分析・提示技術に焦点を絞って実施し、独自の手法を提案・実装した。また、インシデント情報の交換に必要なスキーマ技術について IETF において国際標準化を先導し、RFC 7203 として発行された。
- IoT 時代を迎えるにあたり、大規模ネットワーク上で多数の利用が想定される RFID タグを対象として、証明可能安全性を有する RFID 認証プロトコルを構築するとともに、安全に所有権の譲渡を行うことが可能なプロトコルを開発した。また、PUF を利用することにより物理的な安全性が確保されている RFID 認証プロトコルを構築し、100 台の FPGA を用いて SRAM PUF の挙動を検証した。
- 大規模プラットフォームにおいて求められる異なるセキュリティ要件・異なるプライバシー要件に対し、要件ごとに柔軟な実現を可能とするこれまでにないフレームワークや概念を提唱し、具体的な基盤技術の提案およびデモシステムを構築して具体的な利用例を具現化した。フレームワークを提唱したオリジナルの論文は世界最高峰のジャーナルに採録された。
- 暗号をシステムに組み込んで長期間使用する際に必要となる機能であるシステム離脱時・鍵紛失時等に対応するため、これまで考慮されていない安全性を達成する鍵失効可能 ID ベース暗号を提案し、さらに、ユーザ削除時に公開するトークンサイズが削除ユーザ数に非依存なグループ署名方式を提案し、それぞれの論文が国際的なジャーナルに採録された。
- 暗号プロトコルの評価技術に関する国際的なコンソーシアム「暗号プロトコル評価技術コンソーシアム（GELLOS）」を設立して活動の中心的な役割（事務局運営を含む）を果たし、国際的な連携体制を主導した。

#### 《セキュリティ基盤技術》

- 量子セキュリティ技術では、量子ネットワーク上でパスワード認証機能付き秘密分散機能を備えたセキュアな外部ストレージシステムの実装を行い、学術論文にまとめた。本実装は秘匿・認証ともに情報理論的安全性が保証された世界初の実装である。また、本方式の国際標準化提案に向けた活動も行っている。
- 長期利用暗号技術では、暗号化したままセキュリティレベルが変更できる格子理論ベースの準同型暗号 SPHERE（スフィア）を世界で初めて実現し、かつこの方式を発展させ、暗号化したまま線形回帰解析やロジスティック回帰分析などのビッグデータ解析を可能とした。また、格子暗号の安全性評価も進め、格子最短ベクトル問題を解く国際的なコンテストにおいていくつか世界記録を更新した。
- 実用セキュリティ技術では、サイバーフィジカルシステムの一例として、自動車/ITS システムで利用されるデータのセキュリティ・プライバシー保護を目的として軽量暗号の性能評価やプロキシ再暗号化技術（特許取得済）を活用したセキュアな自動車情報共有システムを試作、ITS ビッグデータの利活用を促進させる基盤技術開発を行った。また、国際暗号標準 ISO/IEC 18033-2 に採用されている方式よりも安全性、性能ともに優れている新しい鍵共有方式を提案し、

ISO/IEC 18033-2 への追補に記載する規格化作業を開始することに成功した。また、パーソナルデータ利活用におけるプライバシー問題の解決に関する研究を立ち上げ、外部有識者によるプライバシー検討 WG を発足するなど、第 4 期中長期計画に向けて連携する体制を整えた。

- 暗号安全性評価の高度化については、クラウドコンピューティング等でのプライバシー保護機能が可能なペアリング暗号の安全性の根拠となっている離散対数問題の困難性を評価した。この結果、九州大学、富士通研究所と共同で 923 ビットの離散対数問題を解くことに世界で初めて成功、ドコモ・モバイル・サイエンス賞 先端技術部門 優秀賞他 3 つの賞を受賞した。このような研究成果や最新技術動向を継続的に CRYPTREC に報告し、電子政府推奨暗号の安全性・信頼性確保に努めた。また、公開鍵検証システム XPIA を技術移転し、電子入札、電子申請や電子契約等を支える認定認証業務の安全性検証に貢献した。
- 以上のように公的研究機関として世界最先端の暗号安全性評価技術を維持し、総務省・経済産業省・IPA と連携して平成 25 年 3 月に行われた 10 年ぶりの電子政府推奨暗号リスト改定に学術面・事務局運営面双方から多大な貢献を行うなど、中期目標を大幅に上回って達成した。

## 「必要性」

### 《サイバーセキュリティ技術》

- サイバー攻撃は年々、高度化・巧妙化を続けており、今や全世界的な社会問題となっている。したがって、実践的なサイバーセキュリティ技術の必要性も年々高まってきている。さらに、2020 年にオリンピック・パラリンピックが東京で開催されることが決定し、(ロンドンオリンピック等での経験を踏まえて) 大規模なサイバー攻撃が予想されることから、当該技術の必要性は一段と高まっている。

### 《セキュリティアーキテクチャ技術》

- ネットワークシステムに潜むセキュリティリスクを分析し、適切な対処方法を提示(可視化)する仕組みは、システムの脆弱性をついたサイバー攻撃が深刻化する中、企業のエンタープライズシステムや政府システムなどで求められている。当該分析を行う際には既知の脆弱性情報や分析結果を集約した「セキュリティ知識ベース」を活用することが必須であり、その早急な構築および世界的な情報共有の仕組みが求められている。近年、スマートフォンのアプリケーションを安心安全に利用するために、アプリケーションに潜むリスクをユーザに提示する仕組みの構築が社会的に急務であり、我々が構築を進めている上述のシステムはそのニーズに的確に応えることができる。
- 昨今の IoT の進展により RFID タグ等の省リソースデバイスの利用がさらに加速する一方、ハードウェア的なリソースが限られていることから、これらのデバイスの利用においてはセキュリティやプライバシー保護に対応できておらず、今後の IoT 機器の莫大な利用増において安心・安全に利用するための仕組みの導入が求められている。我々が検討を進めている RFID タグ利用における認証・プライバシー保護技術は、このようなニーズに的確に応えることができる。
- 通信の秘匿を目的に暗号を利用して情報のやりとりを行う暗号プロトコルでは、昨年、SSL/TLS を中心として数多くの脆弱性が発見された。これらの脆弱性は、社会ですでに利用されている暗号プロトコルの中に潜んでいたものであり、実社会への影響は大きい。これらの脆弱性を確実に発見し、情報を社会全体で迅速に共有することは世界的にも必要とされている仕組みである。我々が研究開発している暗号プロトコルの安全性評価技術は脆弱性を確実に発見することを目指すものであり、また、国内外の多くの組織とともに活動している「暗号プロトコル評価技術コンソーシアム (CELL0S)」は、暗号プロトコルにおける脆弱性情報を世界全体で迅速に共有するものである。



## 《セキュリティ基盤技術》

- 公的研究機関として世界最先端の暗号安全性評価技術を維持し、電子政府等で使われる暗号技術及び次世代暗号の安全性評価を中立公平な立場から継続的に実施することは、技術的・社会的意義の観点から極めて必要性が高い。

## 「効率性」

## 《サイバーセキュリティ技術》

- 限られた研究リソースの中、実践的なサイバーセキュリティ技術の研究開発に取り組み、国内外での学術成果はもちろん、産学官全方位に向けた成果展開を行っており、非常に高い効率性を有している。

## 《セキュリティアーキテクチャ技術》

- セキュリティリスクの分析・提示に活用するために既知の脆弱性情報や分析結果を集約した「セキュリティ知識ベース」の構築には、他組織との連携および情報交換の標準を定めて効率的に実施することが必須である。我々は、セキュリティ情報交換フレームワーク CYBEX の標準化を主導するとともに、その仕組みを活用して、米国 NIST や欧州の研究機関（タンペレ工科大学、エストニア Cybernitica）と連携して研究を進めている。また、NIST との MoU に基づき、連携して知識ベースの構築をおこなっている。
- 暗号プロトコルにおける脆弱性を正しく評価してその情報を社会全体で迅速に共有するために「暗号プロトコル評価技術コンソーシアム (CELLOS)」を設立し、国際的な連携体制のもとで効率的に情報収集を行う体制を構築している。
- 社会において様々な体制が考えられる「組織」の中で確実に情報交換の機密性を担保するためのセキュリティ技術の研究開発について、委託研究を活用して研究成果および社会展開を実施している（委託研究 No. 172）。

## 《セキュリティ基盤技術》

- 限られたリソースで大学や企業との共同研究を積極的に進め、学術的にも高い価値があり、社会ニーズにも応える研究成果を数多く出している。
- 研究成果を、CRYPTREC 活動等を通じて電子政府システムや公共性の高いシステムの安全性向上に役立てており、研究成果の展開という点で高い効率性を上げている。

## 「有効性」

## 《サイバーセキュリティ技術》

- ダークネット観測結果やマルウェア解析結果など、研究開発の結果得られたデータのほとんどは、セキュリティ関連機関や政府系プロジェクト、学術機関等に適宜提供され、有効に活用されている。
- DAEDALUS や NIRVANA、NIRVANA 改など、開発したセキュリティ技術の多くが、産業界からの要請を受けて技術移転・実用化に至っており、非常に高い有効性を示している。

## 《セキュリティアーキテクチャ技術》

- セキュリティリスクの分析・提示技術について、Android アプリケーションのリスク分析フレームワークにおける「脅威」の評価に対して導入した統計及び機械学習に基づく独自の手法は、実装後に約 10 万件の Android アプリに対して実施した分析結果において、「脅威」の評価の確実性を大幅に改善できる有効な手法である結果を得た。
- プライバシー保護型の RFID 認証プロトコルを実際の RFID タグの製造プロセスに載せることにより、回路規模や動作性能、通信可能距離等、実用面での性能評価を行った。特に動作性能に関しては、各構成要素への消費電力の差のために確率的に不揮発性メモリへの書き込みミスが見られることが分かり、今後の RFID 認証プロトコルの実装面で有効な結果を得た（委託研究 No.162）。

## 《セキュリティ基盤技術》

- セキュリティ基盤研究室で行ってきた安全性評価が、近年民間での活用の萌芽期に入ってきた「ペアリング暗号」や「格子暗号」に対する信頼性醸成につながっており、社会的有効性が高い。
- 公開鍵検証システム XPIA を JIPDEC に技術移転し、我が国の電子入札、電子申請や電子契約等を支える認定認証業務の安全性検証に活用されるなど、研究成果が社会に還元されている。

## 「国際水準」

## 《サイバーセキュリティ技術》

- ダークネット観測網は、分散型のサイバー攻撃観測網として世界最大規模を達成し、また観測期間も 10 年という長期に達しており、世界的に見ても希少な存在となっている。そのため、国際研究協力の要請も多く、海外複数の大学と MoU を締結するなど、国際的な知名度も高まっている。
- 開発した各種の観測・分析技術の中でも特に、リアルタイムの可視化技術群に関しては、世界に類を見ない研究成果を上げており、日本オリジナルなサイバーセキュリティ技術として世界的にも認知されている。

## 《セキュリティアーキテクチャ技術》

- インシデント情報の交換に必要なスキーマ技術について、従来より IETF において我々が国際標準化を先導してきたが、本年度、RFC 7203 として発行された。
- モジュール的な構成を可能とする暗号基盤技術の研究開発では、提案技術が暗号分野の世界トップ 3 国際会議の一つである CRYPTO 2014 に採録されたことから、当該技術では高い国際水準を有しているといえる。
- 双線形写像を前提とした暗号方式群に対して、安全性を確保するために提案した技術の成果が暗号分野の世界トップ 3 国際会議の一つである CRYPTO 2014 に採録されたことから、当該技術では高い国際水準を有しているといえる。
- システム離脱時・鍵紛失時等に対応するための鍵失効機能の研究開発では、提案技術が The Computer Journal に採録されたことから、当該技術では高い国際水準を有しているといえる。
- 暗号プロトコルの評価技術に関する国際的なコンソーシアムの活動の中心的な役割（事務局運営を含む）を果たし、国際的な連携体制を主導した。

## 《セキュリティ基盤技術》

- 量子セキュリティ技術、長期利用暗号技術から実際に利用されている暗号技術まで、理論から実用まで幅広くカバーして取り組んでいる情報セキュリティ基盤技術の研究拠点として国際的に高い競争力を有している。
- 継続的にトップカンファレンスでの論文採録や世界記録の樹立、世界初の新概念を創出できるポテンシャルを有し、国際的に極めて高い水準にある。
- 学術的国際会議の議長やプログラム委員長、プログラム委員、実行委員、国際標準化活動でのエディタなどの役割を務め、暗号技術分野での多大な国際貢献を行っている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 12

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添2-(1) 多言語コミュニケーション技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	80	59	49	40	54	事業費用（億円）	9.3	9.4	8.6	20.2	10.2
特許出願数	—	19	14	18	18	28	職員数 ※内数	67	65	59	76	76

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価												
中長期目標												
<p>● <b>ユニバーサル音声・言語コミュニケーション技術の研究開発</b></p> <p>コミュニケーションのグローバル化が進む中、言語・文化にかかわらず、また、システムの介在を意識することなく、いつでも、どこでも、だれもが必要な情報に容易にアクセスして、その内容を分析し、互いの円滑なコミュニケーションを可能とするため、音声・言語コミュニケーション技術の研究開発及び実証実験を行うとともに、研究開発成果のデモンストレーション（PR）を実施することにより、アジア諸国における成果の活用促進及び言語基盤の強化に貢献する。</p>												
中長期計画												
<p><b>2 ユニバーサルコミュニケーション基盤技術</b></p> <p>真に人との親和性の高いコミュニケーション技術を創造し、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して研究機構が培ってきた音声・言語・知識に係る研究成果や映像・音響に係る研究成果を踏まえて、多言語コミュニケーション、コンテンツ・サービス基盤、超臨場感コミュニケーションの個別研究課題を集結し、それらを融合的にとらえたユニバーサルコミュニケーション技術の研究開発を推進する。</p> <p>これにより、ネットワーク上に構築される膨大な情報資源の平時・災害時を問わない利活用や高度な臨場感を伴う遠隔医療など、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現を目指す。</p>												

**(1)多言語コミュニケーション技術**

日本語と複数の他の言語との間で、話し言葉を自動的に翻訳する「自動音声翻訳技術」の高精度化を行うべく、まずは観光分野において実利用に供することを可能とすることを目標に、音声認識のための音声コーパス、テキスト翻訳のための対訳コーパスの充実・高度化、構文解析技術利用翻訳の高度化及び中間言語を挟んだ翻訳技術の開発などを行うとともに、複数分野での実利用を可能とするための多分野適用技術の高度化と、「文」だけでなく「段落」も考慮した翻訳技術の研究開発に着手する。併せて、文化的背景を踏まえた補足情報を自動的に追加提示するための基本技術開発を行う。

具体的には、インターネット上の情報などを活用しコーパスを自律的に成長させる技術、構文解析技術を利用した翻訳の高品質化、長文への対応技術、英語を仲介とした翻訳技術、翻訳知識の多分野への適応技術、翻訳対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術、観光分野における案内システムの設計自動化技術などの基本技術の研究開発を行う。

**ア 音声コミュニケーション技術の研究開発**

音声コーパスの自律成長的収集技術の高度化を図ることにより、現在 1000 時間レベルの音声コーパスを 5 倍に大規模化する。

日本語とアジアを中心とした 3 つ程度の言語との間で、10 語程度の文について逐語通訳を実現する「自動音声翻訳技術」の研究開発を行い、観光分野における利用については実用可能となるよう高精度化を図るとともに、大規模災害時の復旧・復興のための国際的な協調やビジネス上の会議の場においてもある程度の語学力を有する者の支援に活用可能なレベルへの到達を図る。

また、「同時通訳技術」の基礎として、文化的な背景を踏まえて補足情報を自動的に追加提示するための基本技術の確立を図るべく、観光分野における音声案内システムの設計自動化技術などの基本技術を確立する。

**イ 多言語コンテンツ処理技術の研究開発**

対訳コーパスの自律成長的学習技術の高度化を図ることにより、特定分野の翻訳を高精度化するための対訳コーパスを短期間に収集する方法を確立し、特に観光分野については、現在の 5 倍の特定地域用対訳コーパスを収集し実用レベルの翻訳を実現する。なお、平成 25 年度補正予算（第 1 号）によって追加的に措置された運営費交付金により、災害関連情報（防災・減災）分野、医療分野についても、実用レベルの翻訳を実現することを目指し、対訳コーパスを追加整備する。

また、話し言葉について 10 語程度、正しい文法に基づいて記述された書き言葉については 20 語程度の文であれば逐語訳が可能となるよう、翻訳アルゴリズムの高度化を図る。

また、多言語化・多分野対応化が容易となるよう、多言語処理技術、英語を仲介とする翻訳技術、翻訳知識の多分野への適応技術を開発するとともに、翻訳対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術の研究開発に着手する。

**主な評価の観点・視点、指標等****<評価の視点>**

- ・中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
● ユニバーサル音声・言語コミュニ	別添 2-(1) 多言語コミュニケーション技術	

### ケーション技術の研究開発

コミュニケーションのグローバル化が進む中、言語・文化にかかわらず、また、システムの介在を意識することなく、いつでも、どこでも、だれもが必要な情報に容易にアクセスして、その内容を分析し、互いの円滑なコミュニケーションを可能とするため、音声・言語コミュニケーション技術の研究開発及び実証実験を行うとともに、研究開発成果のデモンストレーション

(PR)を実施することにより、アジア諸国における成果の活用促進及び言語基盤の強化に貢献する。

#### (1) 多言語コミュニケーション技術

日本語と複数の他の言語との間で、話し言葉を自動的に翻訳する「自動音声翻訳技術」の高精度化を行うべく、まずは観光分野において実利用に供することを可能とすることを目標に、音声認識のための音声コーパス、テキスト翻訳のための対訳コーパスの充実・高度化、構文解析技術利用翻訳の高度化及び中間言語を挟んだ翻訳技術の開発などを行うとともに、複数分野での実利用を可能とするための多分野適用技術の高度化と、「文」だけでなく「段落」も考慮した翻訳技術の研究開発に着手する。併せて、文化的背景を踏まえた補足情報を自動的に追加提示するための基本技術開発を行う。

具体的には、インターネット上の情報などを活用しコーパスを自律的に成長させる技術、構文解析技術を利用した翻訳の高品質化、長文への対応技術、英語を仲介とした翻訳技術、翻訳知識の多分野への適応技術、翻訳対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術、観光分野における案内システムの設計自動化技術などの基本技術の研究開発を行う。

#### ア 音声コミュニケーション技術の研究開発

音声コーパスの自律成長的収集技術の高度化を図ることにより、現在1000時間レベルの音声コーパスを5

中長期計画に対して以下の目標を達成し、一部においては目標を上回る成果を上げた(☆印)。

#### 【音声コーパス大規模化】

◇ グローバルコミュニケーション(GC)計画に向けて音声認識技術を多言語化するため、模擬対話等により日本語 2650時間、英語 1830時間、中国語 970時間、韓国語 500時間、タイ語 550時間、ベト

倍に大規模化する。

日本語とアジアを中心とした 3 つ程度の言語との間で、10 語程度の文について逐語通訳を実現する「自動音声翻訳技術」の研究開発を行い、観光分野における利用については実用可能となるよう高精度化を図るとともに、大規模災害時の復旧・復興のための国際的な協調やビジネス上の会議の場においてもある程度の語学力を有する者の支援に活用可能なレベルへの到達を図る。

また、「同時通訳技術」の基礎として、文化的な背景を踏まえて補足情報を自動的に追加提示するための基本技術の確立を図るべく、観光分野における音声案内システムの設計自動化技術などの基本技術を確立する。

**【音声コミュニケーション研究室】**  
委託研究 No. 156、180 を含む

ナム語 850 時間、インドネシア語 540 時間、ミャンマー語 350 時間、ブラジルポルトガル語 150 時間、合計 8390 時間の音声コーパスを収集した。

- ・ WEB クロール等により、英中合計 7991 時間の音声コーパスを収集した。
- ・ 音声認識辞書の語彙数を大幅に拡大した(日本語:6 万語→60 万語、英中韓:4 万語→15 万語)。

#### 【音声認識技術の研究】

- ◇ WFST(Weighted Finite Transducer)ベースの高速な大語彙音声認識エンジン SprinTra を開発した。
- ◇ 世界トップレベルの参加者を集めた評価型国際ワークショップ IWSLT において英語講演 TED(Technology Entertainment Design)の音声認識タスクで 2012 年から 3 年連続 1 位を獲得した。
- ・ 大量の音声コーパスから自律的に音響モデルを学習する方法を開発し、WEB 上の英語ニュースに対する音声認識精度で単語誤り率(WER)を 30%から 20%に改善した。
- ・ スペクトログラム断片に基づく音響イベントモデル化方式を開発し、検出精度を従来法に対して 6%(75%→81%)改善した。
- ・ 日本語と中国語の講話やニュース番組のような雑音の少ない動画コンテンツ中の音声を単語誤り率 10%程度の精度でリアルタイムに認識して字幕を付与するシステムを開発し、一般公開した。
- ◇ 日、英、中、韓、タイ、ベトナム、インドネシア、ミャンマー、ブラジルポルトガルの 9 言語の音声認識システムを開発した。
- ◇ 音響モデルの DNN(Deep Neural Network)化により、日英中韓の主要 4 言語について、実利用ログに対する単語誤り率 15%以下を達成した。
- ◇ 東大病院における音声翻訳システムの臨床試験のために、医療会話向けの単語辞書や言語モデルを構築し、音声認識精度を WER 30%から 10% に改善した。

#### 【音声合成技術の研究開発】

- ◇ 日、英、中、韓、タイ、ベトナム、インドネシア、ミャンマー、ブラジルポルトガル、ロシアの 10 言語の音声合成システムを開発した。
- ・ 緊急放送向けに雑音下でも聞き取り易い音声を合成するため、スペクトル変形に基づく音声明瞭化手法を開発し、明瞭性が既存のどの手法よりも優れていることを客観評価実験により確認した。
- ・ 災害時に発話意図が伝わりやすいメリハリのあるイントネーションの音声を合成する方法を開発し、自然性に基づく選好スコアが従来法と比べて 15.2%から 62.5%へ大幅に改善されることを確認した。

#### 【音声対話技術の研究】

- ◇ 言語の異なる複数の話者と同時に対話を行うクロスリンガル音声対話システムの基本技術を確立し、日英中 3ヶ国語用のクロスリンガル音声対話システムを試作した。このシステムを共同研究先であるホンダの人型ロボット ASIMO に実装し、公開デモを行った。
- ・ 日英中 3 言語の音声を 90%の精度で識別するシステムを開発した。
- ・ 対話制御システムの研究開発を推進し、京都の観光案内を行う音声対話システム“AssisTra”およ

- ・ 英語版 “Kyo-no Hanna” を試作し、実証実験のためスマートフォンアプリを無料で一般公開した。
- ・ 日英 2 言語に対応し、コンテンツデータと言語理解部の入れ替えにより容易に対応観光地を変更できるように設計した東京観光案内システムを開発した。
- ・ 音声対話システムの設計を支援するツールとして 日英中 3 言語に対応した WFSTDM ビルダーを開発し、一般公開した。

#### 【国際連携・標準化推進】

- ◇ ユニバーサル音声翻訳先端研究コンソーシアム(U-STAR)を主導し、当初 23 ヶ国、26 研究機関であった組織を 27 ヶ国、32 機関に成長させた。
- ・ U-STAR の音声翻訳国際共同実験システムとして VoiceTra4U を開発し、無料で一般公開した。
- ・ U-STAR 加盟機関である UCSY (University of Computer Studies, Yangon) と連携して世界初となるミャンマー語の音声翻訳システムを開発し、一般公開するとともに、UCSY において報道発表した。
- ・ 前中期計画期間に ITU-T で機構の提案により標準化されたネットワーク型音声翻訳通信プロトコル MCML に対して、音声対話システムにも適用可能なように拡張を行い、追加標準化するとともに、実装系をオープンソースとして公開した。

#### 【社会還元】

- ・ 音声翻訳アプリ VoiceTra (iOS 版は前中期に公開済み) の Android 版および音声翻訳 SDK を公開し、ダウンロード数 140 万を記録した。
- ・ 音声認識システムが NTT ドコモの『しゃべってコンシェル』、成田空港会社の “NariTra”、KDDI の『お話しアシスタント』に採用された(いずれも商用サービス)。
- ・ 音声認識技術を利用して聴覚障害者と健聴者のコミュニケーションを支援するアプリ『こえとら』、“Koe-Tra” (英語版)、“SpeechCanvas” を無料公開した。『こえとら』は、2015 年 1 月より携帯電話 3 キャリアの費用負担による運用に移行した。
- ・ 京浜急行の駅・案内所の一部に音声翻訳アプリを配備し、2014 年 11 月より実証実験を実施中。
- ・ 東京メトロ各駅のタブレット端末 870 台に音声翻訳アプリを搭載し、2015 年 8 月より実証実験を実施中。
- ・ 音声翻訳技術のアウトリーチ活動として、東京マラソン 2015、自民党本部、国連防災会議、総合科学技術会議、サッカーU-14 大会、東京都多言語対応フォーラム、ジュニアスポーツ交流大会、等において多数の展示・デモンストレーションを実施した。

#### 【委託研究】

- ・ No. 156 「知識・言語グリッドに基づくアジア医療交流支援システムの研究開発」により、17000 文の対訳コーパス、3000 語の医療用語を収集した。
- ・ No. 180 「自治体向け音声翻訳システムに関する研究開発」により、自治体窓口での多言語対応業務の詳細な分析、ブラジルポルトガル語の音声コーパス 200 時間分の収集、日本語—ブラジルポルトガル語対訳コーパス 4 万文の作成、クラウドソース型音声コーパス収集システムの試作、自治体窓



## イ 多言語コンテンツ処理技術の研究開発

対訳コーパスの自律成長的学習技術の高度化を図ることにより、特定分野の翻訳を高精度化するための対訳コーパスを短期間に収集する方法を確立し、特に観光分野については、現在の 5 倍の特定地域用対訳コーパスを収集し実用レベルの翻訳を実現する。なお、平成 25 年度補正予算（第 1 号）によって追加的に措置された運営費交付金により、災害関連情報（防災・減災）分野、医療分野についても、実用レベルの翻訳を実現することを目指し、対訳コーパスを追加整備する。

また、話し言葉について 10 語程度、正しい文法に基づいて記述された書き言葉については 20 語程度の文であれば逐語訳が可能となるよう、翻訳アルゴリズムの高度化を図る。

また、多言語化・多分野対応化が容易となるよう、多言語処理技術、英語を仲介とする翻訳技術、翻訳知識の多分野への適応技術を開発するとともに、翻訳対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術の研究開発に着手する。

### 【多言語翻訳研究室】

### 【先進的音声翻訳研究開発推進センター】

口会話の翻訳精度の改良、ビジネスモデル設計の基礎調査としての全国約 50 自治体でのヒヤリング調査、等多大な成果を得た。

◎中長期計画に対して、以下の通り目標を達成した。

●観光、災害、医療分野の対訳収集と実用化について目標を達成した。

- ・観光分野については、特定地域の地名や全国の駅名などからなる固有名詞対訳については、計画数 20 万（期首の 1 万語×4 言語の 5 倍）を越える 40 万を達成した。文の対訳についても、計画数 200 万（期首の 10 万文×4 言語の 5 倍）を越える 400 万を達成した。これらに基づいて開発された音声翻訳システムが、成田空港、ドコモ、au で採用される等、実用化に成功したことが評価され、前島密賞、総務大臣賞（産学官連携功労者表彰）を受賞した。
- ・災害、医療分野については、実用レベルの翻訳を実現することを目指し、当該 2 分野を含む生活会話の対訳（40 万文～160 万文（GC10 言語））を構築した。医療分野については、東京大学と共同で、実用化を目指して、東京大学付属病院の総合受付において倫理審査を経て臨床実験を実施した。今後 2 年間、改良・実験を繰り返す予定。

●翻訳アルゴリズムを高度化し、実装し、公開や技術移転を行った。

- ・話し言葉については、29 言語の自動翻訳システムを構築し、音声翻訳のスマホアプリ VoiceTra に組み込んで一般公開している（<http://voicetra.nict.go.jp/>）。
- ・書き言葉については、構文解析を利用して、事前語順変更（Pre-ordering）と訳語選択のためのモデルを対訳コーパスから学習する 事前語順変更型統計翻訳 を提案し、大幅に翻訳性能を改善した。JAPIO 等に技術移転を行った実用化の功績が認められて AAMT 長尾賞を受賞した。

●多言語化、多分野化、周辺文脈の利活用のために以下を実施した。

- ・現言語の文法解析が存在しない場合でも現言語の文法解析を推定する方法、英語を仲介とする翻訳技術や文法など翻訳に必要な知識の多言語・他分野への援用技術を開発し、高精度テキスト翻訳システム「みんなの自動翻訳 TexTra」に組み込んで一般公開している（<https://mt-auto-minhon-mlt.ucri.jgn-x.jp/>、利用者数は 950、日英対訳文数は 506406 文に達した。）。
- ・周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術の研究に着手し、初期の結果を発表した。

◎中長期目標を大幅に上回る成果をあげた。

●（平均 35 語で中長期目標の 20 語を越える超長文からなる）特許を翻訳する技術を創出した。

- ・特許庁と連携（<http://www.nict.go.jp/press/2014/07/28-1.html>）して日韓 0.8 億文、日中 1.3 億文、日英 3.5 億文の超大規模コーパスを構築した。
- ・パターン翻訳と 事前語順変更型統計翻訳 を用いて特許請求項を翻訳する手法で大幅に翻訳性能を向上した。

●汎用の書き言葉からなる日英 0.23 億文の大規模コーパスを構築した。

●総務省委託『グローバルコミュニケーション計画の推進 - 多言語音声翻訳技術の研究開発及び社会実証-I. 多言語音声翻訳技術の研究開発』を受託し推進した。

●グローバルコミュニケーション計画を進めるために、アジア言語の言語処理の研究・開発を加速し

	<p>(多言語コミュニケーションについては、音声翻訳技術、自動翻訳技術とも、2020年のオリンピック・パラリンピック開催時のみならず、世界で唯一日本語を使用する我が国にとって必要不可欠な技術であり、今後も取組みを強化する必要がある。)</p>	<p>た。例えば、緬甸語と日本語・英語との間の旅行会話用システムを構築し、約9割の翻訳率を達成した。</p> <p>●年8～12本が難関国際会議に採択された。また、翻訳の全過程のニューラルネット化に推進した。DNN(深層ニューラルネット)を構文解析や自動翻訳の全要素技術への適用を進め、STATE-OF-THE-ARTを上回る成果をあげた。例えば、MSのSKYPE翻訳で採用されているNNJMを高速化するBNNJMを提唱。(例えば、Zhang, Utiyama, Sumita, Neubig, Nakamura: A Binarized Neural Network Joint Model for Machine Translation. EMNLP 2015.)。</p> <p><b>第4期中長期目標期間において、次の取組みを行う計画である。</b>  <b>音声コミュニケーション技術及び多言語翻訳技術に関する研究開発を行い、オリンピック・パラリンピック開催時までにこれらの技術の社会実装を目指すとともに、平成32年以降の世界を見据えた基礎技術の研究開発を進めることで、日本語と他の言語の間の壁を越えた自由なコミュニケーションの実現を目指す。</b></p>
--	---	--

自己評価	
評価	S

### 【評価結果の説明】

#### 《音声コミュニケーション技術》

中長期計画の重点課題である音声コーパス大規模化、現場音声の認識技術、音声対話・音声合成の研究に関して着実に成果を上げた。

その上で、以下の特に顕著な成果を上げた。

- 評価型国際ワークショップ IWSLT における英語講演 TED の音声認識タスクで3年連続の一位を獲得し、機構の技術力の高さを示した。
- 音声認識システムが NTT ドコモの『しゃべってコンシェル』、成田空港会社の“NariTra”、KDDI の『お話アシスタント』に採用された(いずれも商用サービス)。
- 前中期計画において、機構の提案により ITU-T で標準化されたネットワーク型多言語音声翻訳システムの通信規約 MCML の普及促進およびアジア諸国の音声翻訳技術の基盤強化ならびに連携推進を目的として機構が中心となって設立したユニバーサル音声翻訳先端研究コンソーシアム(U-STAR)において、全体会議の開催等活発に活動を主導することにより、新規加盟を促進して当初23ヶ国、26研究機関であった組織を27ヶ国、32機関に成長させた。
- U-STAR の音声翻訳国際共同実験システム VoiceTra4U に関して、その機能のユニークさと性能の高さが各所で高く評価され、グローバルコミュニケーション計画の始動に貢献した。
- 日英中3言語の間でシームレスな対話を実現するクロスリンガル音声対話システムの原型を試作し、公開展示を行った。
- 大規模音声コーパスの収集、多言語音声認識システムの開発、多言語音声合成システムの開発により、グローバルコミュニケーション計画の達成に向けて研究開発を着実に進捗させた。

## 《多言語コンテンツ処理技術》

中長期計画に対して、以下の通り目標を達成した。

- 観光の対訳構築については、計画数（の2倍）を達成した。成田空港、ドコモ、auなどで採用されるなど音声翻訳を実用化し、前島密賞、第11回産学官連携功労者表彰・総務大臣賞を受賞した。（災害、医療を含む）生活 115 万文（日本⇄英語）の対訳を構築した。
- 話し言葉について 10 語程度、書き言葉については 20 語程度の文であれば逐語訳が可能となるよう、翻訳アルゴリズムの高度化し、実装したシステムを公開した。事前語順変更型統計翻訳を軸にして多言語化を提案、実装した。
- また、グローバルコミュニケーション計画の 10 言語の高精度翻訳を実現するために多言語処理技術を研究し、特許や論文などの長文を高精度に翻訳するために、英語を仲介とする翻訳技術や翻訳知識の多分野への適応技術を開発し、さらに、対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術の研究に着手した。

中長期目標を大幅に上回る成果をあげた。

- （平均 35 語で中長期目標の 20 語を越える超長文からなる）特許を翻訳する技術を創出した。日韓 0.8 億文、日中 1.3 億文、日英 3.5 億文の超大規模コーパスを構築し、パターン翻訳と 事前語順変更型統計翻訳を用いて特許請求項を翻訳する手法で大幅に翻訳性能を向上した。
- 汎用の書き言葉からなる日英 0.23 億文の大規模コーパスを構築した。
- 総務省委託『グローバルコミュニケーション計画の推進 - 多言語音声翻訳技術の研究開発及び社会実証- I. 多言語音声翻訳技術の研究開発』を受託し推進した。
- グローバルコミュニケーション計画を進めるために、アジア言語の言語処理の研究・開発を加速した。

## 「必要性」

## 《音声コミュニケーション技術》

- 言語障壁の解消は、多くの課題を解決する研究課題として波及性も高く、日本国として必要性が高い。2014 年に 1300 万人を超えた訪日観光客数を東京オリンピック・パラリンピックが開催される 2020 年に 2000 万人とする目標を達成するためには、観光産業のすそ野における外国語対応能力を高めることは必須であり、多言語音声翻訳技術を実用化する意義は大きい。また、日本企業が東南アジア等に新たな生産拠点・市場を求めて進出する際に、日本人社員やその家族の日常生活を支援する手段としても多言語音声翻訳技術への期待は大きい。
- 音声コーパスおよびテキストコーパスは、民間企業の製品間の差別化要素を生むものではなく、音声技術の研究開発基盤となる共通のリソースであるが、それらの構築には多大な費用を要するため、国費を用いて整備する意義は大きい。
- 音声認識技術は、国民の生活を支える様々な基本サービスの効率化に有用である。音声認識技術を応用したサービスを利用した際のログデータは、音声認識精度をさらに改善するための有用であり、国民共有の資産と言える。したがって、音声認識技術に関する国内企業の競争力を強化することの意義は大きい。
- 音声は、人間にとって自然な情報伝達手段であるため、音声を用いて機械と対話をすることが可能になれば、サービス品質の向上につながるばかりでなく、デジタルデバイドの解消にも有効である。
- 音声認識・音声合成技術は、聴覚や視覚に障害のある人と健常者との間のコミュニケーションの壁を解消する上で有効であるが、そのようなサービスは商業化が困難であるため、国が技術開発を担うことに意義がある。

- 大量の動画・音声データから高速に情報検索を行うため、音声認識を用いた音声インデキシングは必須である。
- 医療交流支援に向けた研究開発は、多数の在日外国人に対する医療機関の課題解消、社会的インパクトの大きい医療観光の実現、および言語コミュニケーションに関わる医療通訳者の負担軽減のために必要である。

#### 《多言語コンテンツ処理技術》

- 日本語と英語は翻訳が難しい言語対であり、この言語対を対象とした技術開発は、より翻訳が容易な言語対も含んだ多言語翻訳にも適用できることから、科学的・技術的意義が大きい。
- 専門分野向け高精度自動翻訳システムを実現できる技術は、社会経済的に日本国にとって不可欠である。例えば、特許の自動翻訳の必要性については、産業構造審議会平成24年6月25日配布資料『知財立国に向けた新たな課題と対応』のP.36「急増する外国語文献への対応」において、特許専用の自動翻訳システムの必要性が明記されている ([http://www.jpo.go.jp/shiryuu/toushin/shingikai/pdf/tizai\\_bukai\\_18\\_paper/siryuu\\_01.pdf](http://www.jpo.go.jp/shiryuu/toushin/shingikai/pdf/tizai_bukai_18_paper/siryuu_01.pdf))。
- 2020年オリンピック・パラリンピック東京大会の開催に向け、多言語対応の強化のため、国の関係行政機関、関係地方公共団体、関係機関、民間団体及び企業等が相互に連携・協働して取り組むことを目的として協議会が設置されたという状況 (<http://www.sporttokyo.metro.tokyo.jp/multilingual/index.html>)。
- 研究の基盤となる対訳コーパスの開発は民間企業ではコスト的に進めがたいことから、国費を用いて整備すべきである。

#### 「効率性」

##### 《音声コミュニケーション技術》

- 業務効率化により、1年という短期間で8390時間というかつてない大規模な音声コーパスを収集できた。
- VoiceTra4Uのログデータを用いてベトナム語音声認識の精度を大幅に改善できた。音声認識を応用した実サービスのログデータは、金銭で買えるものではないため、音声翻訳国際共同実験は、研究手段として非常に有効であった。
- U-STARの枠組みで招聘した研究員等の働きにより、ベトナム、ロシア、ネパール、ミャンマー各言語の音声認識システムを改良・構築することができた。これらの言語は、ネイティブの音声技術専門家が希少であることから、U-STARは効率的な研究手段であった。
- 民間企業から出向者を複数名同時に受け入れて体制を強化したことにより、グローバルコミュニケーション計画の実現に向けた音声認識および音声対話の研究開発が大きく加速された。

##### 《多言語コンテンツ処理技術》

- 基盤となる対訳データの構築コストの削減の要に、翻訳費用の削減がある。このために、翻訳支援技術を開発し、これを翻訳会社にライセンスし、社会全体の翻訳コストの削減、自らの調達コストの削減を実現している。NICTの自動翻訳エンジンのライセンスも同様に効率化に貢献している。
- 東工大、九大、筑波大、NAIST、同志社大、上海交通大等の大学院生をインターンとして受け入れたり、NICTへの出向者がNICT在籍中の成果を基に博士号を取得したりしていることから、人材育成への貢献も大きいと考える。
- NICTへの出向者がNICT在籍中の成果を基に上梓した博士論文が、第2回(2015年)AAMT長尾賞学生奨励賞を受賞したことは、人材育成の質が高いことの証左と思料。
- 個人の特性によって、研究、研究と開発、開発の3通りに役割分担して進めたマネジメントが奏功し、アカデミックな貢献と実用化の両面において順調に成

果をあげつつ、グローバルコミュニケーション計画の実現に向けた研究開発を遅滞なく進めることができた。

#### 《音声コミュニケーション技術・多言語コンテンツ処理技術》

- 外部機関連携のシナジー効果（すなわち、外部機関との予算・リソースの相互利活用効果）によって、NICT 単独の予算・リソースでは達成できない高いゴールを実現してきており、効率性は極めて高い。
- 音声翻訳の実用化を目指してパナソニック社と共同研究を開始するなど、技術移転を停滞することなく進めることができています。
- 音声翻訳の要素技術の活用による聴覚障害者のためのコミュニケーション支援のプロジェクトや分野適用技術による病院向け音声翻訳の共同開発プロジェクトも着実に進んでいることに例示されるように、NICT の音声翻訳技術の社会還元の活発さは比類がない。
- コンペ型ワークショップ NTCIR/PatentMT や IWSLT を主催し、世界の技術を評価・比較し、常に必要な技術を取りこみ世界最高の性能を維持できている（多数の手法を一度に並行して実験し比較出来るので、単独機関ではできない研究加速が可能になっている）。当機構のこれらの活動は、各国政府機関からも注目されている。
- NICT 委託「自治体向け音声翻訳システムに関する研究開発」(No. 180)の活用、および総務省委託研究『グローバルコミュニケーション計画の推進 -多言語音声翻訳技術の研究開発及び社会実証-』における実証担当各社との連携により、自治体窓口、タクシー、防災等様々な分野における課題の抽出・改善・実証フィールドへのフィードバックのループを効率的に回している。

#### 「有効性」

##### 《音声コミュニケーション技術》

- 評価型国際ワークショップ IWSLT において3年間連続で音声認識精度1位を達成する過程により、機構の音声認識技術を飛躍的に高めることができた。
- VoiceTra4U を共同で構築・運用する傍らワークショップを頻繁に開催した結果、U-STAR の国際認知度が上がり、27ヶ国、32機関という非常に大きな組織に成長した。U-STAR により多言語音声翻訳技術の国際的な進展が加速されるとともに、機構が提案した音声翻訳のための通信規約 MCML の普及促進が期待できる。
- 大規模音声コーパスの収集、多言語音声認識システムの開発、多言語音声合成システムの開発により、グローバルコミュニケーション計画の達成に向けて研究開発を着実に進捗させた。

##### 《多言語コンテンツ処理技術》

- 外国語は日本人の外国との社会・経済活動の大きな障害であり、本グループの成果たる専門分野向け自動翻訳システムがその克服に有効である。
- 本グループの成果たる専門分野向け自動翻訳システムは民間事業者に技術移転され、商用化され、実社会で利用されている。また、副産物の聴覚障害者のためのコミュニケーション支援のアプリが公開され、強い支持を得ている。
- 最難関国際会議での採録、各種論文賞の受賞など、学術進展へのインパクトも大きいことが証明されている。

**「国際水準」**

## 《音声コミュニケーション技術》

- 評価型ワークショップ IWSLT には、Google に多くの研究者を輩出している Ney 教授の率いるドイツの RWTH、米国の DARPA でプロジェクトリーダーの常連であり、Facebook の音声翻訳システムを研究開発した Waibel 教授の率いる CMU/KIT が参加している。そのような参加者の中で、機構が 3 年連続首位であったことから、機構の英語音声認識技術が世界水準であることが示された。

## 《多言語コンテンツ処理技術》

- 【論文発表】 トップの国際会議（採択率 25%前後）に年 8 本～12 本採択された（自動翻訳研究の「最高峰」のグループの一つ）。
- 【音声翻訳】 NICT は、平成 22 年にスマホ用の音声翻訳を世界で初めて公開した。NICT の音声翻訳システムは、旅行専用・高品質であり、Google のそれは汎用・低品質である。旅行で翻訳品質を比較した場合、言語を問わず、NICT は大幅に高性能である。他方、対応言語数では、Google が優っている。（Microsoft は SKYPE に音声翻訳を組み込んだが、翻訳が容易な英語とスペイン語間に限定している。）
- 【テキスト翻訳】 Google は、汎用性・言語数最大化を指向。一方、NICT は、日本の需要に合わせて（特許等の）分野や言語を選択しリソースを集中して、専門分野向けの高精度自動翻訳システムを構築。また、NICT 単独での成功に加えて、フォーラムを基盤にして他機関と連携しオールジャパンで複数分野・複数言語の翻訳システムを開発していくことを指向。NICT は、次にあげる優位性を誇る。
  - 選択した分野について、世界最大規模の日英対訳を構築。
  - 選択した分野について、Google の日英翻訳より高品質を実現。
  - 選択した分野について、API を公開するにとどまる Google と異なり、外部（例えば、特許庁、JST、(株)凸版、日本特許情報機構、(株)ATR-TREK、U-STAR メンバー機関、熊本県立聾学校など）連携によって、必要なリソースの補完や利用者のニーズの反映を実施。
- 【国際会議主催】 ① 米国 NIST の MT ワークショップ、② 当機構の IWSLT ワークショップ、③当機構の NTCIR/PatentMT（後継の WAT）の 3 つは、自動翻訳に関する世界的活動であり、①はニュースや WEB の TEXT 翻訳、②は対話や講演等の音声翻訳、③は特許や技術文を中心としたアジア言語の TEXT 翻訳と棲み分けながら、分野の発展へ貢献している。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 13

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添2-(2) コンテンツ・サービス基盤技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	50	35	66	95	155	事業費用（億円）	8.7	7.0	7.5	12.3	12.8
特許出願数	—	18	29	14	19	27	職員数 ※内数	64	64	59	57	54

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
●	<p><b>ユニバーサル音声・言語コミュニケーション技術の研究開発</b></p> <p>コミュニケーションのグローバル化が進む中、言語・文化にかかわらず、また、システムの介在を意識することなく、いつでも、どこでも、だれもが必要な情報に容易にアクセスして、その内容を分析し、互いの円滑なコミュニケーションを可能とするため、音声・言語コミュニケーション技術の研究開発及び実証実験を行うとともに、研究開発成果のデモンストレーション（PR）を実施することにより、アジア諸国における成果の活用促進及び言語基盤の強化に貢献する。</p>
中長期計画	
2	<p><b>ユニバーサルコミュニケーション基盤技術</b></p> <p>真に人との親和性の高いコミュニケーション技術を創造し、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して研究機構が培ってきた音声・言語・知識に係る研究成果や映像・音響に係る研究成果を踏まえて、多言語コミュニケーション、コンテンツ・サービス基盤、超臨場感コミュニケーションの個別研究課題を集結し、それらを融合的にとらえたユニバーサルコミュニケーション技術の研究開発を推進する。</p> <p>これにより、ネットワーク上に構築される膨大な情報資源の平時・災害時を問わない利活用や高度な臨場感を伴う遠隔医療など、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現を目指す。</p>

**(2) コンテンツ・サービス基盤技術**

インターネット上でアクセス可能な膨大なテキスト、音声、画像、センサデータなどの情報コンテンツや、情報コンテンツの一種と見なす事ができる情報サービスを 1000 万個の言語表現、すなわち語、フレーズからなる辞書で扱える範囲において深く意味的に分析し、それらの価値ある組み合わせや分類を発見する情報分析技術を開発する。また、実際に分析対象として、40 億ページ相当の Web サイトを含む情報コンテンツを収集し、それらを管理する技術を開発した上で情報分析技術を適用し、様々な情報サービスも含めた情報コンテンツを組み合わせ、ユーザの要求に対して、広い観点に立った、効率の良い意思決定を支援する情報利活用基盤を開発する。

**ア 情報分析技術の研究開発**

テキスト、音声、画像を対象とした情報分析技術、すなわち、テキスト中の文、フレーズを意味的に分類してそれらの間の意味的關係を認識する意味的言語情報分析技術、多数のコンテンツに分散して書かれた複数の文、フレーズを組み合わせる価値ある仮説を生成する分析仮説生成技術、音声、画像をテキスト中の語、フレーズ、文とリンクする異種メディアリンケージ技術について開発を行う。これにより、災害時においては、災害関連の膨大な情報・風説の分析や生活支援に資する情報の利活用を可能とする。

また、そのためのメディア解析基盤技術（構文解析技術等）、さらに情報分析に必要な 1000 万個の語、フレーズからなる言語資源を含めた基盤的情報資源の開発を行う。

**イ 情報利活用基盤技術の研究開発**

大量かつ多様なテキストやセンシングデータから構築された大規模情報資産の管理技術を開発する。さらに、大規模情報資産を利用する情報サービスの検索や管理を行い、適切な連携をすることでユーザの要求を満たす複数のサービスを発見し、それらのサービスを適切に組み合わせる効果的に実行させる情報利活用基盤技術を開発する

**主な評価の観点・視点、指標等****<評価の視点>**

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<b>● ユニバーサル音声・言語コミュニケーション技術の研究開発</b> コミュニケーションのグローバル化が進む中、言語・文化にかかわらず、また、システムの介在を意識	<b>別添 2- (2) コンテンツ・サービス基盤技術</b>  (2) コンテンツ・サービス基盤技術 インターネット上でアクセス可能な膨大なテキスト、音声、画像、センサデータなどの情報コンテンツや、情報コンテンツの一種と見なす	



することなく、いつでも、どこでも、だれもが必要な情報に容易にアクセスして、その内容を分析し、互いの円滑なコミュニケーションを可能とするため、音声・言語コミュニケーション技術の研究開発及び実証実験を行うとともに、研究開発成果のデモンストレーション（PR）を実施することにより、アジア諸国における成果の活用促進及び言語基盤の強化に貢献する。

事ができる情報サービスを 1000 万個の言語表現、すなわち語、フレーズからなる辞書で扱える範囲において深く意味的に分析し、それらの価値ある組み合わせや分類を発見する情報分析技術を開発する。また、実際に分析対象として、40 億ページ相当の Web サイトを含む情報コンテンツを収集し、それらを管理する技術を開発した上で情報分析技術を適用し、様々な情報サービスも含めた情報コンテンツを組み合わせ、ユーザの要求に対して、広い観点に立った、効率の良い意思決定を支援する情報利活用基盤を開発する。

#### ア 情報分析技術の研究開発

テキスト、音声、画像を対象とした情報分析技術、すなわち、テキスト中の文、フレーズを意味的に分類してそれらの間の意味的関係を認識する意味的言語情報分析技術、多数のコンテンツに分散して書かれた複数の文、フレーズを組み合わせる価値ある仮説を生成する分析仮説生成技術、音声、画像をテキスト中の語、フレーズ、文とリンクする異種メディアリンケージ技術について開発を行う。これにより、災害時においては、災害関連の膨大な情報・風説の分析や生活支援に資する情報の利活用を可能とする。

また、そのためのメディア解析基盤技術（構文解析技術等）、さらに情

- ・ 1,000 万個の語、フレーズをカバーする辞書、知識ベース等の言語資源を実際に構築し、さらに各種のメディア解析基盤技術を開発し、これらを用いて Web 40 億ページから得た様々なタイプの質問の回答や仮説を提示し、さらには与えられたキーワードから回答可能な質問の列挙までを行う、大規模 Web 情報分析システム WISDOM X を開発し、平成 27 年 3 月 31 日に一般に公開した。  
(<http://wisdom-nict.jp>)
- ・ 公開時点での分析対象ページは 10 億ページであったが、平成 27 年 11 月に中長期計画に記載の 40 億ページまで増加させた。なお、著作権等の問題があり、公開版には組み込まれていないが、動画中の音声を認識してテキスト化し、質問への回答等で活用できる機構や、テキストによる回答の表示とともに Wikipedia 中の画像も提示する機構も実現されている。また、SNS の一つである Twitter の投稿、すなわち Tweet にある災害関連情報をリアルタイムに、意味的に深く分析し、その結果を救援活動や被災者の生活支援で活用できる対災害 SNS 情報分析システム DISAANA (DISAster information ANALyzer) も開発し、平成 27 年 4 月 8 日に一般公開した  
(<http://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp>、ただし、東日本大震災時の Tweet を分析する試用版は、<http://disaana.jp/GEJE/search4pc.jsp>にて平成 26 年 11 月 5 日から公開中。)。特に、DISAANA に関しては、開発中から産経新聞（大阪版）の 1 面トップ等で報道され、公開後には朝日新聞、読売新聞、毎日新聞等の一般紙や、テレビ報道、インターネット上の報道がのべ 100 件以上広く行われ、大きな注目を集めた。なお、DISAANA に関しては PC 版の公開と同時にスマートフォン向けのバージョンも公開した。

報分析に必要な 1000 万個の語、フレーズからなる言語資源を含めた基盤的情報資源の開発を行う。

- 詳しくは後述するが、以上の二つのシステムの開発、公開によって中長期目標、計画の記載事項は十分に達成できた。より具体的に述べると、中長期計画に記載のあるように、テキスト情報の意味的な分析に基づき、情報間の意味的關係、価値ある組み合わせや分類、さらには WISDOM X の場合には仮説をも発見することができる。また、DISAANA に関しては、災害時において災害関連の膨大な情報・風説の分析や生活支援に資する情報の利活用を可能とすることが、後述する宮崎県における実証実験や H27 年 9 月の台風 18 号等最近の災害のデータの分析を通して実証されている。これらのシステムの開発にあたっては、既存の並列分散処理の枠組みがシステム開発のニーズに合致しない、もしくは安定稼働が実現できないなどの理由により、プロセス間の高速な通信や分散並列実行の管理を実現するミドルウェア RaSC (Rapid Service Connector) を自ら開発し、これを用いて、様々なテキスト解析モジュールや質問応答モジュールさらには、各種データベースへのアクセスを複数のクラスタ上で分散並列実行させており、WISDOM X の場合、300 台ほどの計算機クラスタを用いて、7000 並列で 1 日あたり Web 1 億ページの意味解析を実行し、また、毎秒 20 問程度の質問に回答が可能となっている。DISAANA は最小構成が 30 台の計算機からなるが、一般公開用にはこのセットを 5 セット並列に稼働させており、これによってリアルタイムに流入してくる Twitter データを処理しつつ、毎秒 400 質問程度に回答することができる。なお、現在は予算の制約から、Twitter データの 10% サンプルを分析しているが、上述のミドルウェア RaSC 等の導入により、100% データを利用した場合でもプリプロセスに 15 台程度のサーバーを割り当てることで十分にリアルタイムの分析が可能である。こうした速度性能は中長期目標、計画には記載はないが、当初の想定を大幅に上回った。また、計算機の故障に備えた処理の冗長化やデータのバックアップも自動的に行われ、また、一部の計算機でデータの更新を行い高負荷な状態が続いている間、他の計算機でユーザとのやりとりをする冗長化機能なども備えている。これにより、安定したサービス提供が可能になっている他、ミドルウェア RaSC もすでにフリーソフトウェアとして一般公開されており、さらには、平成 27 年度には、Amazon EC2 を用いた技術チュートリアルを電子情報通信学会で行っており、普及活動も進めている。なお、WISDOM X および DISAANA のソースコードの総量は 30 万行を超えたが、国内の研究機関がこうした巨大ソフトウェアに、後述するようなトップカンファレンスで採択された最新の研究成果を多数組み込んで安定稼働させ、一般国民に向けてサービスを提供している例は我々の知る限り存在しない。この点も中長期計画には直接記載のない顕著な成果である。

以下では、WISDOM X 及び、DISAANA についてより詳細に述べる。

#### 【大規模 Web 情報分析システム WISDOM X】

- WISDOM X は、単語で回答可能な質問（例：「地球温暖化を防ぐのは何か？」）に答える「なに」型質問応答機能、(複数の) 文で表現される理由や原因を問う質問（例：「なぜ日本はデフレに陥ったか？」）に回答する「なぜ」型質問応答機能、文あるいは文の連鎖で表現される未来シナリオを問う質問（例：「人工知能が進化するとどうなる？」）に回答する「どうなる」型質問応答機能、ものごとの定義を尋ねる「それなに」型質問応答機能等、複数の質問応答機能から構成されている。なお、近年、質問応答システムが一般市民からも高い注目を浴びているが、WISDOM X のように「な

ぜ?」「どうなる?」といった質問に回答する質問応答システムで Web 40 億ページ以上もの大量の文書をもとに回答を与えるシステムは世界的に見ても前例がなく、また、「どうなる」型質問応答機能は世界初の機能である。また、後述するが、「なに」型質問応答に関しても最大で 1,000 件程度の回答を瞬時に与えるが、やはり、40 億件以上の Web ページといった膨大なテキストをもとにそうした動作が可能なシステムで一般公開されているものは我々の知る限り存在しない。さらに、後述するように WISDOM X は自ら回答できる質問をユーザに提案する質問サジェスト機能を持つが、これも世界初の機能である。

- ・ ユーザは上述の質問サジェスト機能を用いることで、情報の価値ある組み合わせを得ることができる。例えば、「地球温暖化が進行するとどうなる?」という質問の回答には、「海水温が高い」といった情報が現れるが、2 回クリックを行うだけでさらに「海水温が高いとどうなる?」という質問をすることができる。こうした質問を繰り返すことで「風が吹けば桶屋が儲かる」式に「地球温暖化の帰結」を得ることができ、そのなかには「地球温暖化が進行して、海水温が上昇し、腸炎ビブリオが増加して、食中毒が増える」というものが実際に含まれていた。この「シナリオ」は異なる Web ページに含まれる断片的な情報の組み合わせによって得られた仮説であるが、実際にシナリオ全体が記載された Web ページは（このシナリオ発見時点では）WISDOM X の処理対象には入っていなかった。ところが、その後、専門誌において「近年、人為的理由によってバルト海の海水温が上昇しており、腸炎ビブリオによる食中毒が実際に増加している」ことが報告された。これはつまり、WISDOM X で発見されたシナリオが（部分的に）事実として認定されたことになる。これはつまり、WISDOM X で価値ある情報の組み合わせ、さらには仮説が発見された一例であると言えるが、他にも例えば、「ビッグデータ」といったキーワードを入力すると、「ビッグデータで何を創る?」といった質問をシステムが提案し、それをクリックして、「映画」といった意外な回答が得られた場合に、その理由、根拠となる情報、例えば「映画製作は巨額な投資であること」「キャストなどの情報から収益を予測する手法がすでに存在すること」などを「なぜ?」型質問応答機能によってワンクリックで得ることなどができ、通常の検索エンジンでは得難い情報の組み合わせを容易に得ることが可能になっている。
- ・ 特に「なに」型質問応答機能では、「A が B を引き起こす」と「A が B の原因である」といったパターン間の同義性も考慮しつつ、大量の回答を分析対象の文書から発見し、最大で 1,000 件程度の回答を瞬時に得ることができる。これによって例えば、特定の IT 企業が開発している技術や、デフレがもたらしている帰結等を単語レベルで最大で 1,000 件程度、瞬時に取得することができるが、ここで取得された結果は「IT 企業が開発している技術」といった詳細な分類に関する単語の意味的分類と見なすこともできる。すなわち、WISDOM X では質問応答機能によって、情報の意味的分類をも可能にしている。
- ・ WISDOM X は、ユーザの検索要求、あるいは抱えている疑問がユーザ自身にとっても常にクリアではない場合に、単語のみを入力として与えると、その単語に関してシステムが回答可能な質問を列挙する「質問サジェスト機能」も備える。例えば「AIIB」という言葉を最近よく聞くが、それがそもそも何なのか、それに関して何を質問するべきなのかわからない、といったユーザが質問を作成する負荷が高いことが、研究開発の歴史が比較的長いにも関わらず、質問応答システムが一般に広

く普及してこなかった大きな原因の一つである。そこで、質問サジェスト機能を新規に開発して WISDOM X に実装した。この機能は、例えば「AIIB」のような単語が入力されると、それに関して WISDOM X が回答可能な一連の質問（例：「AIIB とは何ですか?」、「AIIB に○○が加入する（AIIB に加入するのは何あるいは誰」という質問に相当)」、「AIIB は○○を支援する（AIIB が支援するのは何?）」という質問に相当)、「AIIB が発足するとどうなる」といった質問)をユーザに提示するものである。通常の検索エンジンにおいても、入力されたキーワードに関連の深い検索キーワードをサジェストする機能を備えているものが存在するが、「回答可能な質問」を提案できる機能を備える質問応答システムは我々の知る限り存在せず、また、本中長期目標策定時にはまったく想定されておらず、上述したミドルウェア RaSC 等による高速化の結果初めて実現された機能である。この機能は上述したようにシステムのユーザビリティを向上させると同時に、システムが自らの持つ情報、知識を認識する機能と考えることもでき、今後より高度な知的なシステムを開発する上での出発点となる。

- ・ WISDOM X では、各種の質問応答機能間の連携機能を持つ。これは、ある質問への回答をもとに、そこからユーザがさらに尋ねたいと思われる別の質問を自動生成し、その質問に回答可能な WISDOM X の質問応答機能にワンクリックでユーザを誘導する機能である。上で挙げた、地球温暖化の帰結として、食中毒が増加することを導き出す、あるいは、ビッグデータで映画を作ることの原因、根拠に関する情報を得るといった操作はまさにこの連携機能によって実現されたものであり、価値ある情報の組み合わせを実現したものである。また、ある回答が与えられた時に、それに関する他の質問を列挙させることも可能である。例えば、水産業界の将来を検討する際に「何によって漁獲量が減るか」といった質問を入力し、回答の一つである「地球温暖化」をクリックすると、「地球温暖化に関する質問を列挙」というリンクが現れる。これをクリックすると、地球温暖化に関して回答可能な質問が列挙され、さらに深掘りすることで、例えば、上述した「食中毒が増える」といった回答、仮説を取得することが容易に可能である。例えば、これによって、想定外のビジネスリスクを探すとといった高度に意味的な分析が容易に関東となる。
- ・ 「なぜ」型質問応答に関しては、上記の質問サジェスト機能を利用し、質問と（正解の）回答のペアを本来の質問応答機能とは別の方法で取得することにより、質問応答の学習データを増加させ、質問応答の精度を向上させる一種のブーストラップ法の実現にも成功している。この技術は人手の介在なしで質問応答の精度を改善する一種の自律的な学習技術であり、今後、より複雑な処理を行う際にローコストで高精度な質問応答、仮説生成を実現できる可能性を示唆しており、次期中長期計画において重要な技術要素である。
- ・ 中長期計画に記載はないが、テキスト中の省略の補完等のいわゆる「文脈処理」は言語処理分野において特に難しい課題として位置付けられており、未だ実用化されているとは言い難いが、特に述語の主語の省略に関して、主語が省略されている述語と、明示的な主語を持つ述語のペアに注目することで、既存手法に比べて高精度に省略を補完できる新技術を開発した。次期中長期計画においてはいわゆる文脈の処理を行うことといわゆる「言外の意味」を推論する機構の研究開発も検討しており、開発した省略補完技術はその出発点になるものと期待される。

## 【対災害 SNS 情報分析システム DISAANA】

- ・ 本システムは SNS の一種である Twitter に対して一般市民、行政等から投稿された災害関連情報等を分析するシステムであり、PC、スマートフォンから利用可能である。WISDOM X の「なに」型質問応答機能とほぼ同等の処理を行い、名詞で回答できる質問に回答する他、指定されたエリアにおいて生じていると思われる各種の災害関連被害やトラブルを列挙する機能を持つ。また、質問が「東京のどこに帰宅難民がいるか？」のように場所、位置を訪ねるものである場合には、その回答を地図上に表示する他、場所、地図以外の回答や、指定されたエリアにおける各種のトラブルに関しては、それらに関連の深い地名を特定し、やはり地図上に表示する。例えば、「宮城県で何が発生していますか？」という質問に対して「火災」という回答が得られたとすると、その火災が発生していると思われる地点を、回答が抽出された Twitter の投稿、いわゆる Tweet 中で特定し、地図上にプロットする。なお、本来、Tweet には投稿した地点を示す GPS 情報を付与することができるが、プライバシーへの懸念等もあり、東日本大震災時の Tweet で GPS 情報が付与されているものは 1% 以下であった。また、東日本大震災時には、被災地の被害状況を被災地以外の市民が投稿するケースも多く、この場合、GPS 情報から分かる地点と実際に被害が発生している地点とは対応関係がない。このような点に鑑み、DISAANA では、小学校等のランドマークとその位置情報を含む大規模な地名辞書を構築し、これを用いて Tweet の日本語テキストを解析することで被災地点等を特定している。また、この辞書によって例えば、「名取市」や「気仙沼中学校」が「宮城県」の一部であることを認識し、「気仙沼中学校で飲料水が足りません」といった Tweet から、「宮城県」という文字列が含まれていないにもかかわらず、「宮城県で何が不足しているか？」という質問の回答として「飲料水」を提示することが可能である。なお、Twitter 情報をリアルタイムに分析して、質問に回答するシステムは我々の知る限り世界的にも前例がない。
- ・ また、「宮城県で何が不足しているか？」といった質問への回答は非常に膨大な数になるが、DISAANA では、被災状況の見落としがないよう、そうした回答をロングテールまで含めて提示する。この際、災害、食品、燃料といった災害時に重要になる単語を中心に、437 万語をカバーする意味的分類辞書（災害オントロジと呼ぶ）を半自動で構築し、それによって回答を分類、優先順位をつけて表示する。（災害オントロジに含まれる 437 万語のうち、20 万語は人手で検証済みである。）
- ・ また、東日本大震災時には Twitter 上のデマが非常に大きな問題となった。DISAANA においては、出力した質問の回答の内容や、トラブルの有無等に関して、それらがデマであると指摘していたり、矛盾していたりする Tweet がある場合には、それらもあわせて提示する。例えば、東日本大震災時のデータで「千葉の石油コンビナートで何が発生したか？」といった質問を入力すると「有害物質」「酸性雨」といった回答が表示されるが、同時に「幕張の石油コンビナートで有害物質が出ているというのはデマです。」「千葉の石油コンビナートで酸性雨は降っていません」等の矛盾した内容を含む Tweet を検知し、デマの可能性のあるアラートを回答に付与する。また、同様に検出された災害関連トラブルに関して、それらに対して対策が施されていることが報告されている Tweet（例：「ガソリンを\*町に送りました」）や、トラブルが解決したことを報告している Tweet（「\*町でガスが復旧しました」）が見つかった場合、それらもあわせて提示することで、救援活動の効率化を図る機能を備える。これらは、中長期計画に記載のある、情報の価値ある組み合わせや分類を得る

技術の一種であると考えることができる。つまり、これらの技術は、「デマ」「解決済みのトラブル」をそれ以外の情報から分けるという意味での情報の分類を得る技術、あるいは「デマ」と「そのデマを否定する情報」、「トラブル」と「トラブルの解決策／解決」等の情報の価値ある組み合わせを発見する技術と見なすことができる。こうした機能をリアルタイムで実現した例は世界的にも前例がなく、また、そもそもトラブルの解決策／解決とトラブルを紐づける機能は DISAANA の開発グループが世界に先駆けて提案した機能である。

- ・ また、中長期計画にある異種メディアリンケージ技術の一環として、スマートフォンで DISAANA を利用した場合、そのスマートフォン周辺の自治体名を特定する技術を開発しており、それを利用することで、ユーザはワンタッチで自分の周辺で生じている災害、災害関連のトラブルを表示させることもできる。
- ・ なお、DISAANA は最大で 4 日分の Tweet (ただし、データ取得費用の制約により、全 Tweet の 10% サンプル) を保存し、それらを用いて質問に回答する。Tweet が投稿されてから、DISAANA の回答に反映されるまでのタイムラグは長くても高々一分程度である、このようなリアルタイムで流入する大量のテキストに対して、パターン間の同義性を考慮した質問応答や、前述のデマ検出機能等の高度な意味的処理を適用し、また、実用的な速度で多数のユーザからのリクエスト (毎秒 400 質問程度までは可能) を処理するシステムは世界的に見ても前例がない。
- ・ また、宮崎県、延岡市、宮崎市の防災訓練時にそれら自治体と連携しての DISAANA の実証実験を合計 3 回実施し、自治体での利用についての知見も蓄積している。実験後のアンケート結果からは、参加した市役所担当者の全員から、災害対応に役立つと感じるもしくは強く感じるという評価を受けた。これら実証実験は、宮崎日日新聞、NHK 宮崎放送局による報道があり、宮崎県を中心に、NICT の災害対策関連の情報分析技術の高さを大きくアピールできたと考えている。
- ・ また、DISAANA の発展型として、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム SIP から支援を受けて、ソーシャルメディアを用いた災害状況要約システム D-SUMM の開発を行っているが、これは、大規模災害に関して、災害の発生そのもの、災害によって引き起こされる各種のトラブル、救助要請、物資の不足等を、自治体、あるいはその中のエリア毎、さらには情報の種別毎に、短時間で理解が可能な A4 一枚程度に要約するものである。災害の規模によっては、現状の DISAANA では一目で把握することが困難な量の解析結果が出力されるが、D-SUMM では、類似、あるいは同種の情報を一つにまとめることで要約を行う。平成 27 年 9 月の台風 18 号で鬼怒川の堤防が決壊した際の Twitter データでは、被災住民の救助要請の Tweet を A4 一枚程度の要約から 2 クリックで発見することが可能になった。その時点での対象 Tweet は約 350 万件であったが、その内約 1 万件が「救助」というキーワードを含んでおり、上述の救助要請 Tweet を通常のキーワード検索で発見するためには、その 1 万件の Tweet を読まなければならないという状況であった。これはあくまで一例であるが、D-SUMM の有効性を示すものである。なお、現在公開中の DISAANA であっても「どこで救助を待っているか？」といった質問を入力すればただか数件の回答が提示され、上述の救援要請 Tweet の発見は比較的容易であるが、D-SUMM においてはそもそも質問を入力する必要がない上に、そうした特定の種類の Tweet の発見を可能にすることと、被災状況全体の容易な把握を可能にすることという、相反する二つの要求を同時に満たしているところが特徴である。なお、この

D-SUMM は H28 年度中に一般公開予定である。

最後に、学術的成果としてトップカンファレンスでの論文発表、受賞歴、また、関連技術の社会展開を行っている ALAGIN フォーラムでの活動、今後の研究開発について述べる。

#### 【学術的成果】

- ・ 本中長期計画期間内で、言語処理分野における世界最高峰の会議である ACL、2 番目に位置する EMNLP においてそれぞれ、5 本と 6 本、合計 11 本のフルペーパーを発表している他、AAAI、NAACL、COLING 等においてもフルペーパーの発表を行っている。これらの論文で発表された技術のほとんどは実際に現在一般公開されている WISDOM X、DISAANA に組み込まれている。また、当研究室の主要メンバーは WISDOM X、DISAANA の開発・公開により、ドコモ・モバイル・サイエンス賞先端技術部門優秀賞や、前島密賞、文部科学大臣表彰若手科学者賞、情報処理学会論文賞を受賞した他、DISAANA の開発に際して、Twitter Data Grants を米国 Twitter 社より授与され、東日本大震災直後一月分の Tweet6.5 億件を研究目的で無償提供された。この Twitter Data Grants には全世界から 1,300 件の応募があったが、採択されたのは 6 件のみであり、日本からの採択は NICT のみであった。

#### 【ALAGIN フォーラムにおける技術の社会展開】

- ・ これまでに NICT で開発してきた言語資源および情報分析技術は高度言語情報融合 (ALAGIN) フォーラムなどにおいて民間にも配布されており、民間での活用が開始されている。情報分析関連の言語資源、技術の利用許諾件数は 956 件に達した。会員も正会員 124 社、特別会員 200 名に達し、順調にその数を増やしつつある。
- ・ 分析結果の信頼性に関する情報として DISAANA では、求めている分析結果に矛盾する内容も自動的に検出し、これが見つかった場合に、この矛盾情報の存在を信頼性を判断する材料として提供する。具体的には、「熊本のどこで炊き出しをしているか」との質問の回答として「熊本市の A 体育館で炊き出しをしている」というツイートから「A 体育館」を分析結果として出力するが、同時に「A 体育館では炊き出しはしていません」や「A 体育館で炊き出しが行われるというのはデマです」といったツイートが分析結果である「A 体育館」に矛盾する内容として発見される。このような情報が見つかった場合には、分析結果の信頼性に問題があると考えられるので、矛盾する内容を提供し、注意を促す。
- ・ また、WISDOM においては「なぜ」型質問応答が情報の信頼性を評価する手段を提供している。例えば、「東京オリンピックで何を心配すべきか？」という質問を入力すると意外な回答として「コミケ開催」というものが表示される。(コミケとは漫画ファンの祭典であり、毎年東京の大規模展示場において開催されているきわめて大規模なイベントである。) 一見すると荒唐無稽な回答に思われるが、この回答をクリックすると、「なぜ東京オリンピックでコミケ開催を心配すべきか？」

(情報分析技術については、将来的には分析結果の信頼性を付加したり、分析結果を基に計算機と利用者が協調して問題解決を行う仕組みを検討したり、更に独創的な研究に発展していくことを期待している。)

という質問が提案され、これをクリックすることで、「東京オリンピックの準備のため、コミケの会場となる展示場が2019年より利用できなくなる」という回答の根拠が示される。このような根拠となる情報は、それ自体の信憑性もあるため、最初の回答の信憑性を確実に担保するものではないが、それでも一定程度の根拠とみなすことができ、より信憑性の高い情報の取得に貢献すると考えている。

- 平成28年度以降の研究計画では、Web やソーシャルメディア等での議論を分かりやすく可視化し、利用者あるいは、当事者が起こすべき行動を提案したり、根拠が記されていると考えら得る文献等を提示したりするなど、利用者の情報分析結果活用を支援する研究開発を実施する予定である。この支援を受けて行動した利用者の行動結果が再びシステムで分析され新たな結果として提示されるため、利用者は自らの行動の結果がどのように受け止められているかを確認できる。このような仕組みを検討している。

### イ 情報利活用基盤技術の研究開発

大量かつ多様なテキストやセンシングデータから構築された大規模情報資産の管理技術を開発する。さらに、大規模情報資産を利用する情報サービスの検索や管理を行い、適切な連携をすることでユーザの要求を満たす複数のサービスを発見し、それらのサービスを適切に組み合わせ効果的に実行させる情報利活用基盤技術を開発する

- オープンデータの世界的な潮流の中で、センシングデータ、科学データ、ソーシャルメディアのテキストデータなど、150種類・180万件にのぼる大量かつ多様なオープンデータを情報資産として登録し、これら異分野にまたがる情報資産を統一的に管理するための情報資産リポジトリを構築するとともに、オープンデータ標準(CKAN)に準拠したAPIを公開した。これだけ大規模に異種・異分野のオープンデータを登録したリポジトリは、世界的にも他に類を見ない。この情報資産を種類や分野の違いを超えて横断的に活用できるようにするために、分野横断検索技術 Cross-DB Searchを開発した。オープンデータの横断的利活用への期待が大きい環境問題に関するオープンサイエンスへの応用に向け、Cross-DB Searchは、特に実世界の事象・現象について観測・収集された様々な分野のデータを対象に、時間的、空間(位置)的、オントロジ(概念)的に相関性の高いデータ集合を発見する検索技術である。Cross-DB Searchにより、例えば“森林破壊”というクエリに対し、南米地域では“乾燥化”、アフリカ地域では“土壌劣化”や“砂漠化”、東南アジア地域では“汚染”など地域ごとの特性を協調した相関データを発見することが可能になる。こうした相関検索を実現すべく、キーワードクエリから時空間的に相関の高いデータを発見できるようにする時空間・テキスト疑似適合性フィードバック手法 STT-PRF や、時間・空間・オントロジの複合相関クラスタリングなどの基盤技術を開発し、環境問題に関するクエリを対象に、従来のオープンデータアーカイブで主流であるカタログ検索を上回る検索精度を達成した。Cross-DB Searchは、データ工学系の国際会議(IMMM2012)で最優秀論文賞を受賞するなど、学術的にも高い評価を得ている。一方、分野横断的な相関分析を行う上で情報可視化は有効な手段であり、本研究開発でもセンサデータからソーシャルデータまで実世界を反映した異種・異分野のオープンデータの時空間的な相関関係インタラクティブな操作で視覚的に分析する技術 STICKERを開発した。STICKERにより、例えば、大気汚染の一種であるPM2.5の観測データと渋滞に関するキーワードを含むSNSデータが、気温34度以上なる地域・期間で時空間的に重なっており相関が高くなることが視覚的に分かる。このように、STICKERを用いることで、様々な分野の情報資産の中から相関がありそうなデータの組合せを見つけ出し、かつ相関が見られる時空間範囲や各データの閾値等を調整しながら相関データを絞り込む可視化相



関分析が可能になる。このようなセンサデータからソーシャルデータまで幅広いデータを統合し時空間相関を可視化分析する技術は他に類を見ず、地理情報システム系のトップカンファレンスである ACM GIS 2011 において優秀賞を受賞した。さらに、こうした相関分析をより効率的かつ効果的に  
行い、環境変化と社会の反応の相関を幅広く分析できるようにすることを旨とし、異分野センシングデータの統合分析基盤 Event Data Warehouse の開発に取り組んだ。Event Data Warehouse における複合イベント解析では、様々な社会的影響を及ぼす異常気象の発生など分野横断的なイベントを検出できるようにすべく、異分野センシングデータの変化パターンを記号化し分野をまたがった相関ルールマイニングが行えるようにする技術を開発した。例えば、降雨センサの値が急に变化した地域・時間帯で同じく変化したソーシャルセンサ（トピックごとの SNS 出現頻度を計測）を特定し、様々な豪雨被害を表す複合イベントをスケーラビリティ高く発見することができる。他のセンサを使って SNS のノイズを削減できることから、評価実験では、SNS のみを用いる場合に比べ約 30% の検出精度の改善を達成した。また、Dynamic Recurrent Neural Network (DRNN) に基づく深層学習により様々な時系列データの相関性を学習し未知のセンシングデータを予測する相関データ予測技術を開発し、様々な分野のセンシングデータの間相関を学習し、科学モデルを作らなくてもデータ予測を可能にした。例えば、大気汚染を示す指標である PM2.5 の予測では、過去の PM2.5 データと気象データ（気温、湿度、風速、降雨など）やソーシャルデータ（SNS キーワードの出現頻度）などを入力として、それらの地域ごとの時系列的な相関を学習しその後の PM2.5 データを予測することを行う。評価実験では、従来の科学モデルベースの予測方式を上回る性能を確認した。これらの成果により、大規模情報資産管理技術の研究開発は所期の目標を上回る成果を達成した。

・大規模情報資産の利活用サービス基盤として、JGN-X ネットワーク基盤上に知識・言語グリッドシステムを構築し、上記で開発した Cross-DB Search と STICKER のサービスを実装・公開するとともに、ユーザ独自のサービスを開発できるようにするためのユーザ定義サービス開発基盤を実装した。共通機能をライブラリ化した SDK を提供することで、ユーザによるデータ収集解析サービスの開発コストを約 9 割削減（プログラミングが必要なコード量に基づく）することに成功し、情報資産の作成効率を大幅に向上させた。また、情報サービスを効果的に実行させるための Service-Controlled Networking (SCN) の研究では、異分野センシングデータを収集解析するサービスが要求する処理性能でデータを収集・転送したり網内データ処理を行うオーバーレイネットワークを動的構成するミドルウェアを実装した。評価実験では、SCN を使わない従来のベストエフォート方式で数多くのサービスを実行した際、ネットワークが輻輳しデータ収集に遅延が生じるような場合でも、SCN を使うことで網内データ処理と自動パス選択により無駄なデータの転送や輻輳を回避し、サービスが要求したスループットを維持し安定的にデータ収集が行えるとともに、ネットワーク資源を有効活用することで同時実行可能なサービス数を増加させられることを確認し、サービス連携の効果的な実行に対する有効性を示した。さらに、どの情報サービスがどの情報資産を利用しているのかといった情報資産利活用の provenance（典拠情報）を用いて、情報資産提供者・利用者間での使用権限の違反、データの不整合、不完全な組合せなど、情報資産利用に関する 7 種類・100 項目以上に渡るセキュリティルールに基づき、情報資産利用のセキュリティ違反を自動検出する利活用リスク診断技術を開発した。これにより、情報資産利用におけるセキュリティリスクの“見える化”を可能にし、

従来は事前のライセンス契約に頼っていたセキュリティ管理に対し、情報サービスの開発時や実行時にセキュリティリスクを動的に診断できるようにすることで、情報資産を安心・安全に利活用することができる。この技術は、情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2014 で論文賞を受賞するなど、学術的にも高く評価されている。知識・言語グリッドを、ITU-T スマート・サステイナブル・シティ標準化 (FG-SSC) における異種・異分野の情報コンテンツの構築・統合・検索・配信のためのインフラ技術として寄書にまとめ登録した。これらの成果により、情報利活用のためのサービス基盤技術の研究開発は、所期の目標を上回る成果を達成した。

- ・上記で開発した情報利活用基盤技術の応用実証として、当機構のソーシャル ICT 推進研究センターにおける地域防災対策支援を対象に、ゲリラ豪雨対策支援のための実証システム（ソーシャル×PANDA）を開発し実証実験を実施した。異分野の実空間データを横断的に収集・分析する情報利活用基盤技術をゲリラ豪雨の被害情報収集解析に適用し、降雨レーダ (PANDA) からのゲリラ豪雨早期探知データとソーシャルメディアを通じ被害情報を横断的に収集・分類し、集团的・集中的な被害パトロールを実現した。これらを用いた自治体での実証実験を行い、豪雨被害に対する迅速な対応と行政の負担軽減への有効性を評価し、短時間に発生し職員の派遣が間に合わない豪雨の失見当期短縮に役立てられることをヒアリング等を通じ確認した。また、人々の集散動静に応じたアクティブなハザードマップ作成すべく、パーソントリップデータと SNS を統合した GIS 分析により人々の反応に応じた動的な人口分布推定を行う技術を開発し、500 m<sup>2</sup>グリッドやビル単位の詳細な推定を可能にした。さらに、より積極的な行動支援を目指し、豪雨の影響を避けた安全な経路案内を目的として、時々刻々と変化する豪雨予測分布に基づき動的に重み付けした道路ネットワーク上で経路探索を行う方式を開発し、地図ナビゲーションにおいて最短経路に比べ豪雨に合う可能性の低い経路の推薦を可能にした。一方、気象データとヘルスケアデータを活用したリアルタイムデータ解析（日本気象協会との共同研究）では、気象変化（気温、湿度、気圧、日照等）が及ぼす人間の心理状態への影響を示す生気象学指数の開発を目的とし、気象データと運転集中力の相関関係を示す生気象学指数をリアルタイムに推定する応用システムを開発し、被験者実験を通じ暑熱環境下での注意力低下防止への有効性を検証した。さらに、科学技術データアーカイブ利活用では、環境問題のオープンサイエンス支援を目的に関連検索システム Cross-DB Search 及び相関可視化システム STICKER を組み合わせ、ある気象現象の周辺で観測・調査された分野の科学データを分野横断的に発見する応用システムを開発し、例えば異常多雨を示すデータの周辺から土壌汚染等や毒性に関するデータを発見するなど、環境問題の事例解析を支援できるようにし、JST や WDS を対象に実証を行った。これらによる情報利活用基盤の応用実証により、所期の目標を大幅に上回る成果を達成した。
- ・情報利活用基盤を通じ NICT 内外の各プロジェクトとの連携を行う核として、幅広い研究協力を実施し NICT 重要案件に貢献した。NICT が国際プログラムオフィスを務める世界最大規模の科学データアーカイブ World Data System (WDS) との連携プロジェクトを実施し、Cross-DB Search の応用システムにより 100 万件にのぼる WDS データを対象とした分野横断検索やデータサイテーション相関分析を可能にし、WDS が掲げる科学データの分野横断利活用を技術面からいち早く具現化した。また、WDS と同じ国際科学会議 (ICSU) に所属する科学データ利活用標準化団体 CODATA の Data Citation Task Group (CODATA-ICSTI Task Group on Data Citation Standards and Practices) に参画し、これらの

		<p>研究成果と実践例をデータサイテーションの基盤技術の国際標準化に寄与し、標準化報告書の共同作成などを行った。さらに、国内最大の科学技術データ事業者である科学技術振興機構 (JST) との包括的研究協力協定 (MOU) に基づき、Cross-DB Search を用いて JST 科学技術情報アーカイブの 3,000 万件の分野横断検索を可能にし、JST 内外での研究動向分析などに応用した。これらの成果を、知的財産推進計画 (首相官邸 知的財産戦略本部) の施策項目「アーカイブの利活用促進に向けた整備の加速化」への取組みとして登録し、定期的に成果報告を行った。また、WDS 連携で実施したデータサイテーション分析の研究成果を ICSU CODATA の国際会議及び標準化タスクグループで発表したところ、「データサイテーションを進める上で日本から重要な発表がなされた。皆で拍手を送りたい。」と異例のコメントがあり、日本学術会議にも報告されるなど大きな反響を得た。一方、米国標準技術院 (NIST) との包括的研究協力協定に基づき、Cyber-Physical Cloud Computing (CPC) の共同研究を行った。知識・言語グリッドをベースに、クラウドコンピューティングに基づくセンサ、処理、制御、データの各種サービスから構成される拡張可能なサイバーフィジカルシステムを提案し、CPC のアーキテクチャ設計とイベント情報管理システムなどの基盤技術開発を行った。また、合同ワークショップを定期的実施し、CPC の技術白書を共同で出版するとともに、研究成果を日米インターネットエコノミー政策協力対話で報告し日米政府間で CPC の共同研究開発協力を合意した。さらに、NICT の研究所間連携プロジェクトを実施し、当機構のソーシャル ICT 研究推進センターにおける実証システム (ソーシャル×PANDA) への応用展開や、新世代ネットワークにおけるセンサネットワークテストベッド (JOSE) 上に研究成果を展開し異分野センシングデータ収集解析基盤を構築するなど、NICT の重要課題の推進に大きく貢献し、中長期目標を大幅に上回る成果を達成した。</p>
--	--	--

自己評価し

評価 A

### 【評価結果の説明】

#### 《情報分析技術》

- 以下に示すとおり、着実な成果を挙げており、中長期計画を十分に達成した。世界的に見ても前例のない規模の Web 文書を用いて、世界で初めて回答可能になったタイプの質問を含め、多様なタイプの質問に高速に回答し、また、質問の提案や仮説の生成まで行うシステムである大規模 Web 情報分析システム WISDOM X を開発、安定的に稼働させて一般公開し、質問への回答等で利用できる Web 文書の中長期計画に記載の 40 億ページまで増加させた他、Twitter 情報をリアルタイムで分析し、質問に回答するという機能、デマ等の検出といった機能等を備えるなど、災害関連の膨大な情報・風説の分析や生活支援に資する情報の利活用を可能とする対災害 SNS 情報分析システム DISAANA を公開、一般紙からネット上まで、のべ 100 件以上の報道がなされ、Twitter 等の SNS も含め一般にも大きな注目を集めた。また、これらのシステムでは、中長期計画に記載の総計 1,000 万個以上の語、フレーズをカバーする言語資源 (辞書) を活用し、様々な質問に回答することで情報間の意味的關係、価値ある組み合わせ、仮説、分類を発見できる。さらに著作権法等で問題が生じる可能性があるため、一般公開はされていないが、WISDOM X には、動画中の音声認識し、質問への回答等で利用する機能や、回答とともに画像を提供する機能なども備える。
- さらに、中長期計画を超えた成果としては、以下のようなものがあげられる。既存の並列分散処理の枠組みが特殊なファイルシステムや既存ソフトウェアの大幅

な書き換えを要求するなど使い勝手が悪い、あるいは、安定稼働が実現できないなどの理由により自前の並列分散処理ミドルウェア RaSC を開発し、これら導入によって処理の効率化、高速化を図り、WISDOM X は毎秒 20 質問程度、DISAANA は毎秒 400 質問程度を継続的に処理し、また、分析対象の Web ページを毎日一億ページ以上処理でき、また、Twitter 全データのリアルタイム分析も高々15 台程度のサーバーで実現可能な高い速度を達成した他、自治体の防災訓練と連携した実証実験も複数回実施済みであり、また、最近の災害での分析を通してその有用性は実証されている。また、前述の RaSC の活用によって、今後、WISDOM X や DISAANA へのより高度な機能の付与や頑健性、安定性の担保、今後現れる様々なニーズに合わせたシステムのチューニング等のコストも低下させられる目処がついていることから、本中長期目標をはるかに越えて成果が創出されたと考える。なお、WISDOM X および DISAANA のソースコードの総量は 30 万行を超えたが、国内の研究機関がこうした巨大ソフトウェアにトップカンファレンスで採択されるような最新の研究成果、あるいは世界初の機能を多数組み込んで安定稼働させ、サービスとして一般国民に向け、公開した例は我々の知る限り存在しない。この点も中長期計画には直接記載のない顕著な成果である。さらには、これらの成果は、ドコモ・モバイル・サイエンス賞先端技術部門優秀賞、前島密賞、文部科学大臣表彰若手科学者賞、Twitter Data Grants 等の受賞につながっており、社会的にも高く評価されている。以上に鑑みて、自己評価を A とした。

#### 《情報利活用基盤技術》

- 以下に示す通り、着実な成果を上げており、中長期計画を十分に達成した。世界的なオープンデータの潮流の中で、様々な情報源から公開される異種・異分野のデータを横断的に収集・検索・統合・分析するための基盤技術を世界に先駆けて開発した。センシングデータ、科学データ、ソーシャルメディアのテキストデータなど、150 種類・180 万件にのぼるオープンデータを登録した前例のないほど大規模な異種・異分野情報資産リポジトリを構築するとともに、分野の違いを超えて関連性のあるデータを発見し横断的に利活用するための相関検索システム Cross-DB Search や可視化分析システム STICKER、異分野センシングデータ統合分析基盤 Event Data Warehouse といった他に類を見ないシステムを開発し、数多くの論文賞を受賞するなど学術的にも高い評価を得た。また、これらの基盤技術を JGN-X 上に構築した情報サービス連携基盤（知識・言語グリッド）から公開し、国内外の大学等がこれらを使った異分野データ収集解析やアプリケーション開発を実施できるようにした。さらに、分野横断的な課題解決を指向した応用実証に取り組み、世界最大規模の科学データアーカイブ World Data System (WDS) の横断検索、ソーシャル ICT における地域災害対策支援、気象サービス事業者による生気象学分析・応用システムの開発等を通じ社会還元を実施した。
- さらに、中長期計画を超えた成果としては、以下のようなものがあげられる。新世代ネットワークと連携した情報サービスによるネットワーク制御技術 SCN の開発とモバイルワイヤレステストベッドへの展開や、NICT が国際プログラムオフィスを務める WDS と連携したデータサイテーション利活用技術の開発と標準化活動、米国標準技術院(NIST)との Cyber-Physical Cloud Computing (CPC) の日米共同研究など、NICT 重要案件に対して戦略的な貢献を十分に果たした。また、研究成果を、知的財産推進計画（首相官邸 知的財産戦略本部）の「アーカイブの利活用促進に向けた整備の加速化」施策への取組みに反映したり、日米インターネットエコノミー政策協力対話を通じた日米政府間での共同研究開発協力の合意、ITU-T スマート・サスティナブル・シティ標準化(FG-SSC)への寄書の登録など、我が国の技術政策や国際標準化に戦略的に展開し推進に貢献した。以上に鑑みて、自己評価を A とした。

**「必要性」**

## 《情報分析技術》

- 国民が適切な意思決定を行うため、あるいは与えられた情報の質を判断するためには、まず、その判断材料となる情報を可能な限り偏る事なく取得し、多角的な観点から情報を見る必要があるが、そのためには、例えば、ある情報と矛盾する情報、同義の情報、あるいはそうした情報の帰結、原因として検討すべき情報等を人間の処理能力を越える大量の情報の中から自動的に見つけ出す必要がある。こうした技術の開発には、情報の根幹をなすテキスト中の語、フレーズを含む日本語、英語等に関する大規模言語資源とその言語資源を使いこなす情報分析技術が必要となる。少数者の利益に左右される事なく国民の適切な意思決定を支援するためにこうした資源の構築、技術の研究開発を公的機関が実施し、また、民間等に対してそうした研究開発の成果を還元する事は非常に重要である。また、システムの開発においては分析の根拠となるテキストは常にユーザに提示可能にしており、分析の透明性に関しては留意をしている。

## 《情報利活用基盤技術》

- 実世界を反映した様々なセンサデータや科学データ、ソーシャルデータのオープンデータ化が進む中、これらを情報資産としてメタレベルで集約し異分野のデータを横断的に相関検索したり可視化したりする情報利活用基盤技術の研究開発は、近年のビッグデータ研究の中でも特にデータの多様性を生かし分野を超えたコネクションメリットを生み出すための技術を提供し、環境と社会の複雑な相関性を分析する科学的研究やその対応策を推薦するサービス開発の促進につながる。利害に中立な立場の NICT がこうした研究開発をリードする意義は極めて大きい。また、JGN-X や WDS 連携など NICT の強みを生かし、情報資産利活用のためのテストベッド（知識・言語グリッド）を実際に構築し産学官に広く提供していくことは、学術的にも社会的にも大いにインパクトがあり、必要性が高い。

**「効率性」**

## 《情報分析技術》

- 情報分析研究では、情報分析技術の新規開発や改良を担う研究者と、システム開発を担うプログラマとが緊密に連携するための環境を整えており、それが非常に高い効率性の原動力となっている。具体的には、数十億スケールの Web ページを効率的に扱える計算機環境を整備しているため、研究者は日々の研究の試行錯誤や実装、実験等をそうしたスケールのデータを用いて行うことができ、自分たちの開発した技術が実用システムでの使用に耐えうるものが即座に評価できる。その効果として、WISDOM X や DISAANA といった大規模実用システムへ研究成果をスムーズに反映することが可能で、研究段階とシステム開発段階とのギャップを非常に小さなものにすることに成功している。往々にして、トップカンファレンスで発表される論文は、論文を書くためだけに行われる実験を最終目標として開発された技術、システムをもとに書かれることが多いが、情報分析研究では、それらの技術、システムを WISDOM X や DISAANA のような大規模システムにスピーディに展開するスキームを確立している。これには、上述したミドルウェア RaSC 等が大きく貢献している。また、これは、システム開発時のプログラマの負担を軽減するのに非常に効果的である。その結果プログラマ陣はシステムの基盤的側面のタスクに集中できるため、日々収集されている大規模データや大規模計算環境の利用可能性を常に高いレベルで維持することができる。それにより、研究者サイドはそうした研究以外のタスクに割

く時間を大幅に軽減できている。以上の通り、研究者サイドとプログラマーサイドの緊密な連携が、情報分析研究の学術面、社会展開面の両面における高い生産性の原動力となっている。

#### 《情報利活用基盤技術》

- 多種多様なデータを横断的に統合し利活用するサービス基盤として、NICT 内外の各プロジェクトとの連携を行う核となることが期待される中、新世代ネットワーク、WDS、ネットワークセキュリティ、ソーシャル ICT など NICT 重要案件での研究所を越えた連携を行い、新世代ネットワークのセンサ情報収集解析基盤の開発や国際科学会議 CODATA におけるデータサイテーション標準化などへの成果展開を行った。また、外部のトップレベルの研究機関とも幅広い研究協力体制を構築し、NIST や UCI と Cyber-Physical Cloud Computing に関する共同研究を実施し、インターネットエコノミーに関する日米政策協力対話（第 5 回局長級会合）を通じ同分野の研究開発の日米協力を推進したり、WDS や JST など実際に科学技術情報サービス事業を行っている組織と協力し関連検索技術の応用システムを開発した。こうした連携活動を通じ、研究開発を効率的に実施した。

#### 「有効性」

##### 《情報分析技術》

- これまでに NICT で開発してきた言語資源および情報分析技術は高度言語情報融合 (ALAGIN) フォーラムなどにおいて民間にも配布されており、民間での活用が開始されている。情報分析関連の言語資源、技術の利用許諾件数は 956 件に達した。会員も正会員 124 社、特別会員 200 名に達し、順調にその数を増やしつつある。さらには、WISDOM X と DISAANA の一般公開により、情報分析研究で開発した最先端の情報分析技術が広く一般国民に利用可能となり、多数の報道がなされたが、ビッグデータの高度な利活用を身近なものにすることができたという点でこの意義は非常に大きく、この点においても当研究の活動の有効性の高さが明らかである。

##### 《情報利活用基盤技術》

- これまでに開発した関連検索と可視化分析技術は、ネットに溢れるセンサデータや科学データ、ソーシャルデータなど実世界を反映した様々な分野のデータから時空間的・概念的に関連の高いデータを発見し横断的に組合せる機能を提供し、これらを用いて環境と社会の様々な相関を示すデータを網羅性高く発見できる可能性を実際に示した。こうした利活用では、相関分析のテーマ（気候変動や大気汚染など）に応じて幅広い分野のデータを網羅的に収集し情報資産化することが重要であるが、ユーザ参加型の知識・言語グリッドはテーマを共有するユーザが協調してデータ収集を行い情報資産を効果的に拡充するのに役立つ。豪雨対策支援や生気象学分析、オープンサイエンスにおける事例解析支援等への応用実証を通じその有効性を示した。こうした特徴を兼ね備えた情報利活用基盤は、国際的な環境問題研究やサイバーフィジカルシステム (CPS) への応用が期待されている。

#### 「国際水準」

## 《情報分析技術》

- 規模、速度、対応する質問、分析のタイプの多様性などで世界的に見ても前例のないシステムである WISDOM X、DISAANA を開発、一般公開した他、言語処理分野における世界 1、2 の会議である ACL、EMNLP において合計 11 本のフルペーパーを発表している他、全世界から 1,300 件の応募があり、そのうち 6 件のみが採択された Twitter Data Grants を日本から唯一受賞するなど、世界最先端の研究成果を出していると言える。

## 《情報利活用基盤技術》

- WDS や DIAS などの科学データアーカイブは、科学者によるデータ共有を目的に専門分野に閉じたデータのカタログ化や専門検索を提供しているが、情報利活用基盤では、専門家以外にも科学データの利活用機会を広げるべく、大気汚染や地球気候変動といった分野横断的な課題解決に対し、時空間やオントロジに基づく相関を組み合わせ、様々な分野から相関の高いデータを分野横断的に発見できるようにしている。このようなシステムは他に類を見ず、科学研究だけでなく、環境問題など地域・社会の課題解決へと科学データの利活用を広げている点で優位性がある。また、国際科学会議データ委員会 (ICSU CODATA) におけるデータサイテーションの国際標準化活動を通じ、我が国の国際的な科学データ利活用推進も貢献している。また Data.gov などのオープンデータサイトでは、数 10 万件規模の公共データをカタログ化しデータアクセス用の API を提供しているが、情報利活用基盤は、150 種 180 万件を超える幅広いオープンデータを組合せ、環境問題や災害対策などより複雑な課題解決を対象とした情報サービスを開発できる点に優位性がある。また、NICT が有するモバイルワイヤレステストベッドや、ソーシャビッグデータ基盤、ソーシャル ICT 推進研究センターを活用して、データの収集から統合分析、応用実証まで一貫したオープンデータ利活用の研究を遂行している点でも優位性がある。こうした他に類を見ないオープンデータの横断的利活用技術は、データ工学分野における国際会議で最優秀を含む複数の論文賞を受賞し、学術的にも高い評価を得ている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 14

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添2-(3) 超臨場感コミュニケーション技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	212	117	124	109	93	事業費用（億円）	18.1	14.0	12.0	7.4	6.3
特許出願数	—	60	50	37	40	57	職員数 ※内数	65	66	66	61	60

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>革新的な3次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術</b> 医療等の応用を実現するために必要となる多感覚の情報を統合した応用システム化技術の研究開発、電子ホログラフィ視域角拡大のための狭ピッチなデバイスの開発及びそのデバイスを使用した電子ホログラフィシステム構成技術等の開発を行う。</p>	
中長期計画	
<p>2 <b>ユニバーサルコミュニケーション基盤技術</b> 真に人との親和性の高いコミュニケーション技術を創造し、国民生活の利便性の向上や豊かで安心な社会の構築等に貢献することを目指して研究機構が培ってきた音声・言語・知識に係る研究成果や映像・音響に係る研究成果を踏まえて、多言語コミュニケーション、コンテンツ・サービス基盤、超臨場感コミュニケーションの個別研究課題を集結し、それらを融合的にとらえたユニバーサルコミュニケーション技術の研究開発を推進する。 これにより、ネットワーク上に構築される膨大な情報資源の平時・災害時を問わない利活用や高度な臨場感を伴う遠隔医療など、人と社会にやさしいコミュニケーションの実現を目指す。</p>	



**(3) 超臨場感コミュニケーション技術**

視差を利用した立体映像技術については、同時に提示する視差数に比例して伝送すべき情報量が増加することから、視差間の類似性などに着目した圧縮方式を開発するとともに、多様な提示方式が存在することを念頭に置いた効率的な伝送方式の開発を行う。

また、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。

これに併せ、上記研究開発に必要となる情報取得・提示用装置のうち、市販品が存在しないものについては当該装置の製作も行う。

また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」については、その実現に向け、表示サイズ及び視野角の拡大を図るとともに、撮像技術の研究開発に取り組む。

**ア 超臨場感立体映像の研究開発**

立体映像について、視差間の類似性や奥行き情報に着目した圧縮を行うことで、単純に各映像を並送した場合に比べ、2 倍の圧縮効率を持つ情報源符号化方式を開発する。

また、リアルタイムの立体映像通信の実現を念頭に、符号化・復号化に要する処理時間を半減する情報源符号化方式の開発も行う。

また、多様な立体映像の提示方式が併存していることから、様々な提示装置が、送付された多様なデータを適切に変換し、最適な提示を行うことを可能とするための伝送方式の開発を行う。

さらに、災害時の状況把握等にも活用可能な、遠隔地において多数の視点から撮影した映像を基に立体的に空間を構築する技術の開発を行う。

なお、これらの開発に当たっては、プロトタイプの提示装置を用いた実証実験を通じて、専門家だけでなく、一般利用者からの評価も受けるものとする。

また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」については、2030 年までに A6 サイズ（対角7インチ）据え置き型のホロディスプレイを実現することを目標に、2015 年までに表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の表示の実現を目指すとともに、その撮像技術を開発する。

**イ 多感覚技術・臨場感評価技術の研究開発**

立体映像、音響、触覚、嗅覚により、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、それぞれ単独及び複数の提示により、人がどのような反応を示すのかについて、心理物理的実験及び脳活動計測実験を行い、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。

立体映像については、メガネあり 2 眼式立体映像が人に及ぼす疲労感・違和感の定量評価、裸眼立体映像における運動視差の細やかさによる臨場感向上の定量評価、広視野立体映像が及ぼす没入感に対する定量評価などを行い、人が臨場感を感じるメカニズムの解明を図るとともに、立体映像にかかる安全規格確立に必要なデータを収集する。

音響については、映像上認識される音源位置と、立体音響により再現される音像位置のズレがどの程度許容可能であるかの評価を通じ、人が知覚できる音像精度を評価するとともに、立体音響技術に求められる技術的要件の定義を行う。

触覚については、触覚提示デバイスが示す位置と立体映像が示す位置にズレが生じるなど、空間的・時間的な不一致が生じた際の許容範囲を評価し、触覚情報と他の感覚情報を統合提示することによる相乗効果について定量評価を行うとともに、遠隔教育・診断・訓練・共同作業等において快適な触覚通信を実現するための技術的要件の定義を行う。

嗅覚については、香りの強さや種類を変えつつ、立体映像・音響・触覚と組み合わせ提示することで、香り提示が他の感覚に与える相乗効果について定量評価を行い、香りの提示が他の感覚を補完できる可能性について分析を行う。

**主な評価の観点・視点、指標等****<評価の視点>**

・ 中長期計画に定められた各項目の達成度

・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価		
中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>革新的な3次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術</b></p> <p>医療等の応用を実現するために必要となる多感覚の情報を統合した応用システム化技術の研究開発、電子ホログラフィ視域角拡大のための狭ピッチなデバイスの開発及びそのデバイスを使用した電子ホログラフィシステム構成技術等の開発を行う。</p>	<p><b>別添 2- (3) 超臨場感コミュニケーション技術</b></p> <p>視差を利用した立体映像技術については、同時に提示する視差数に比例して伝送すべき情報量が増加することから、視差間の類似性などに着目した圧縮方式を開発するとともに、多様な提示方式が存在することを念頭に置いた効率的な伝送方式の開発を行う。</p> <p>また、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。</p> <p>これに併せ、上記研究開発に必要な情報取得・提示用装置のうち、市販品が存在しないものについては当該装置の製作も行う。</p> <p>また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」については、その実現に向け、表示サイズ及び視野角の拡大を図るとともに、撮像技術の研究開発に取り組む。</p> <p><b>ア 超臨場感立体映像の研究開発</b></p> <p>立体映像について、視差間の類似性や奥行き情報に着目した圧縮を行うことで、単純に各映像を並送した場合に比べ、2 倍の圧縮効率を持つ情報源符号化方式を開発する。</p> <p>また、リアルタイムの立体映像通信の実現を念頭に、符号化・復号化</p>	<p>・近い視点で撮影した映像は似ていること（視差間の類似性）や被写体の奥行きが特定できれば他視点での映像を推測できることに着目して、独自の圧縮符号化方式である SECOND-MVD 方式を開発した。この方式は、奥行き情報を符号化しているため、様々な映像提示装置に表示できる映像を創り出せるという特徴ももつ。評価により、SECOND-MVD 方式の符号化パラメータを最適化することで、この SECOND-MVD 方式が 2 倍の圧縮効率を持つ情報源符号化方式であることを主観評価実験で明らかにした。評価においては、グランフロント大阪に設置した 200 インチの壁型裸眼立体ディスプレイまたは 100 インチの壁型裸眼立体ディスプレイを用いた主観評価法による実証実験を通じて、専門家だけで</p>

に要する処理時間を半減する情報源符号化方式の開発を行う。

また、多様な立体映像の提示方式が併存していることから、様々な提示装置が、送付された多様なデータを適切に変換し、最適な提示を行うことを可能とするための伝送方式の開発を行う。

さらに、災害時の状況把握等にも活用可能な、遠隔地において多数の視点から撮影した映像を基に立体的に空間を構築する技術の開発を行う。

なお、これらの開発に当たっては、プロトタイプの提示装置を用いた実証実験を通じて、専門家だけでなく、一般利用者からの評価も受けるものとする。

また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」については、2030年までに A6 サイズ（対角 7 インチ）据え置き型のホロディスプレイを実現することを目標に、2015 年までに表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の表示の実現を目指すとともに、その撮像技術を開発する。

なく一般利用者からの評価も受けた。また、SECOND-MVD 方式の処理時間は、SECOND-MVD 方式の符号化パラメータを最適化することで、超多視点映像をそのまま符号化する場合に対して、半分以下であることも明らかにした。これらの研究開発により、2 倍の圧縮効率と処理時間半減を実現した。

- ・従来の AVC 圧縮方式の 2 倍以上の圧縮効率を持つとされる HEVC 方式を立体映像に適用した多視点映像符号化方式である、MV-HEVC 方式に準拠したリアルタイムコーデックを開発し、三次元映像 End-to-End リアルタイム通信・放送システムのプロトタイプを構築した。HDTV 解像度、60FPS のカメラを 3 台用いたシステムで、符号化レート 12Mbps で、End-to-End の遅延時間 0.7 秒を実現した。
- ・200 視点クラスの超多視点立体映像圧縮技術の国際標準化をめざし、動画像の国際標準を決める MPEG 会合において標準化活動を継続した。NICT からは多くの寄与文書を提出するだけでなく、各研究機関が共通で使える超多視点立体映像のテスト映像も提供した。その結果、MPEG 会合において平成 32 年頃に国際標準を作成するスケジュールが合意できた。
- ・SECOND-MVD 方式は、多様な立体映像提示方式に広く対応できる特徴を持つ。そのことを実証するため、壁型裸眼立体ディスプレイだけでなく NICT が開発したテーブル型裸眼立体ディスプレイにも適用して、SECOND-MVD 方式が利用可能であることを確認した。
- ・災害時の状況把握等にも活用可能な、遠隔地において多数の視点から撮影した映像を基に立体的に空間を構築する技術の開発を行った。具体的には、ランダム配置（規則的で密な配置に対して比較的自由的な配置）でカメラ撮影して、撮影した映像をもとにしてカメラ撮影毎に被写体の奥行情報を作成した。これにより、複数位置でのカメラ映像と奥行情報という空間情報を構築した。この空間情報から超多視点映像を生成して、200 インチ壁型裸眼立体ディスプレイおよびテーブル型裸眼立体ディスプレイ fVisiOn で表示して有効性を確認した。
- ・デプスカメラや放送用のカメラ、観客のスマートフォンカメラ、レンジセンサなどの多種多様な映像データを統合処理して、点群データ方式等の三次元モデルを生成して立体的に空間の構築を行い、OpenMV フォーマットに変換してユーザに配信、タブレット端末やヘッドマウントディスプレイにてユーザ視点自由視点映像の表示が可能なプロトタイプシステムを構築、実証実験を行った。
- ・電子ホログラフィについては、大画面と広視域角を同時に実現するのが困難で課題である。NICT では、複数の表示デバイスを用いることで表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の実現を目指した。複数の表示デバイスを使う際には、表示デバイス（表示面積）と表示デバイスの間の隙間（非表示面積）を如何に分らないようにするかが課題である。例えば NICT が利用した素子の場合、表示面積が 1 に対して非表示面積が 15 程度もあり、この 15 程度を隠す技術とも言える。この技術として、拡大光学系と縮小光学系を組み合わせた独自の手法を考案した。また、この光学系と併用できる視域拡大手法を考案した。これらを併用することで、画素間隔が 4 $\mu$ m 以下で 3200 万画素クラスの表示デバイスを 16 素子使う装置により、表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の表示を実現した。
- ・素子の製造や組み付けの際に発生するバラつきに起因して、素子毎に輝度差が発生してしまう。この輝度差を極力小さくするようにハードウェアの組み替えはするものの、バラつきを無くすことはでき

ない。そこで、ホログラムデータの計算で補正する技術を考案し、その有効性を開発した装置で検証した。

- ・電子ホログラフィ用撮像技術として、水平方向に並置した3視点程度の距離画像カメラ情報を統合的に処理する手法を開発した。データを統合した後にマスク処理しながら奥のレイヤから手前のレイヤに順送り計算させる方式で、その際には計算誤差対策のためスイッチバック法(SB法)を適用する手法である。オクルージョン問題とファントム像といった、撮影時に物体の陰になって見えない領域による画質劣化を回避できる。この有効性を実験で確認した。
- ・画素ピッチ  $1\mu\text{m}$  以下を実現する将来のホログラフィ用の素子として、超多画素・狭画素ピッチのアクティブマトリクス動方式のスピン注入型空間光変調器(スピン SLM)の開発を進め、当面の最終モデルとなる超高精細スピン SLM(画素数:  $10\text{K} \times 10\text{K}$ 、画素ピッチ:  $1\mu\text{m}$ 、表示サイズ:  $1\text{cm}$  角)を実現した。さらに、このスピン SLM を用いて、静止画ホログラムの電子的な書き換えによる広視域角動的ホログラフィ表示実験を実施した。

## イ 多感覚技術・臨場感評価技術の研究開発

立体映像、音響、触覚、嗅覚により、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、それぞれ単独及び複数の提示により、人がどのような反応を示すのかについて、心理物理的実験及び脳活動計測実験を行い、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。

- ・多感覚技術・臨場感評価技術の研究開発においては、立体映像・音響・触覚・香り等の多感覚情報を厳密に制御・統合・提示し、臨場感を生起させるための技術を開発するとともに、人がこれらの多感覚情報から感じる臨場感を定量的・客観的に評価するための技術として、心理物理実験・脳活動計測実験に基づく各種手法を開発し、多感覚情報が人に与えるポジティブ・ネガティブ効果を定量的に実証した。また、立体映像、立体音響の公共空間で効果を検証する社会実証実験、臨場感情報の伝達による遠隔作業の効率化を検証する実験等を実施した。
- ・音について、また音と映像などで構成されるマルチモーダル感覚情報環境において、超臨場感とはどのような感覚かを明らかにした。更に、それを踏まえ、超臨場感コミュニケーションで共有すべき臨場感や、それに伴う感動などを解明し、超臨場感の度合いを数値的に示す聴覚的な「超臨場感メータ」を開発した。
- ・「離れていても一緒に仕事をしている感覚のもてるテレワークシステム」の実現を目的に、複数のカメラ・マイク・センサを空間位置に基づいて扱う技術、利用者の状況に応じてマルチメディア情報を加工・強調する技術、大画面ディスプレイで同じ作業オブジェクトを共有しながら会話する技術などを開発した。これら技術が搭載された超臨場感テレワークシステムを実現し、実際のテレワーク環境に適用した実証実験によって有用性を評価した。

立体映像については、メガネあり 2 眼式立体映像が人に及ぼす疲労感・違和感の定量評価、裸眼立体映像における運動視差の細やかさによる臨場感向上の定量評価、広視野立体映像が及ぼす没入感に対する定量

- ・立体映像の知覚認知・評価技術に関しては、メガネあり 2 眼式立体映像が人に及ぼす疲労を評価するために、成人 500 名、未成年者 131 名を対象に大規模な評価実験を実施、実験結果の報告書を公開するとともに、国際標準化を進める ITU-R に寄与文書を提出、その内容が採択されレポートに反映された(国際 3D 協会 Good Practice Award 受賞)。また、疲労要因といわれる目の輻輳・調節の不一致を詳細に評価するとともに、個人の快適視差範囲と視機能(視力・外斜位・両眼融合限界等)の相関関係を特定した。また、立体映像による臨場感向上効果の検証実験を進め、多視点立体映像による光沢

評価などを行い、人が臨場感を感じるメカニズムの解明を図るとともに、立体映像にかかる安全規格確立に必要なデータを収集する。

音響については、映像上認識される音源位置と、立体音響により再現される音像位置のズレがどの程度許容可能であるかの評価を通じ、人が知覚できる音像精度を評価するとともに、立体音響技術に求められる技術的要件の定義を行う。

触覚については、触覚提示デバイスが示す位置と立体映像が示す位置にズレが生じるなど、空間的・時間的な不一致が生じた際の許容範囲を評価し、触覚情報と他の感覚情報を統合提示することによる相乗効果について定量評価を行うとともに、遠隔教育・診断・訓練・共同作業等において快適な触覚通信を実現するための技術的要件の定義を行う。

嗅覚については、香りの強さや種類を変えつつ、立体映像・音響・触覚と組み合わせて提示することで、香り提示が他の感覚に与える相乗効果について定量評価を行い、香りの提示が他の感覚を補完できる可能性について分析を行う。

(超臨場コミュニケーション技術については、電子ホログラフィの研究開発、多視点・多感覚・臨場感技術に関する研究開発があるが、いずれも社会実装の方向性に関する出口戦略を踏まえて、今後の研究開発を推進すべきである。)

感の向上を心理物理実験により実証するとともに、光沢知覚、および広視野立体映像が引き起こす自己運動感覚に関わる脳部位を fMRI 脳活動計測実験により特定した。さらに、多視点立体映像に関する社会実証実験等を進め、立体映像にかかる安全性や質感再現の技術要件等を取りまとめた。

・立体音響の知覚認知・評価技術に関しては、多視点立体映像のための MVP (Multiple-Vertical-Panning) 方式による立体音響技術を開発し、視聴位置によらない音源定位効果を心理物理実験により実証するとともに、公共空間における社会実証実験を実施し、本方式による立体音響効果を実証した。また、立体音の頭外定位効果、聴覚・視覚情報の相互作用（腹話術効果）を fMRI 脳活動計測により実証した（Cerebral Cortex 誌に掲載）。さらに、個人によって異なる音響特性（頭部伝達関数）を耳介形状から推定する個人適応化技術を開発し、立体音響技術に求められる技術要件を取りまとめた。

・触覚の知覚認知・評価技術に関しては、触覚提示デバイスを用いた心理物理実験により、視覚情報と体性感覚情報との間に空間的不一致が生じる際の最適な映像提示条件の特定、異なる接触音が表面の硬さ知覚に与える効果の定量的な実証、触覚フィードバックの最小遅延時間の特定等、人の触覚知覚に関わる重要な知見を得た。また、災害復興時に人が入れない場所で、臨場感情報の伝達により建設機械の遠隔作業の操作性を向上させることを目的に、高精細立体（4K3D）映像の伝送による遠隔作業の作業効率の向上効果を土木研究所の実験場環境および実環境（雲仙の災害復興現場）で実証する（建設ロボットシンポジウム優秀論文賞受賞）とともに、高精細立体映像の光無線伝送技術を開発、伝送遅延が遠隔作業に与え得る影響を定量的に評価し、遠隔操作の快適性に求められる技術要件をとりまとめた。

・香りの知覚認知・評価技術に関しては、6種類の香りを瞬時に切替え可能な機能、かつ香りの濃度調整機能を持つ香り噴射装置を世界で初めて開発した（ベンチャー会社を設立）。また、香りが触覚（表面の硬さ・ざらつき感）に与える効果を心理物理実験により実証するとともに、嗅覚情報と視覚情報の相乗効果を定量的に実証した。さらに、従来のアナログ手法と比較して、より簡便で信頼性の高いデジタル式の嗅覚検査システムを心理物理学的手法に基づき開発し、健常者・嗅覚障害者の嗅覚感知機能を実際に評価し、本手法の有効性を検証した。

・立体の臨場感映像通信や多感覚統合などの超臨場感コミュニケーション技術については、超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム (URCF) などの組織を通じて、関連企業と連携しながら社会実装を進めていく。また、2眼立体映像の安全性ガイドライン、人の知覚認知の評価技術、多視点映像の動画像技術などに関しては、本研究開発で得られた知見・技術の国際標準化を進めることで、超臨場感コミュニケーション技術の基盤整備と社会展開を促進していく。

自己評価	
評価	B
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下に示すとおり、着実な成果を挙げており、中長期目標を十分に達成した。</p> <p>《超臨場感立体映像》</p> <p>○ 電子ホログラフィについては、大画面と広視域角を同時に実現するのが困難で課題である。NICT では複数の表示素子を用いる方針をとり、その際に課題となる表示素子間の隙間による立体像の欠如を解決するため、独自の光学系を考案した。この技術により大画面と広視域角の両立という課題に大きな解決策をもたらした。また、素子の製造や組み付けの際に発生するバラつきに起因して、素子毎に輝度差が発生してしまう問題に対して、ホログラムデータの計算で補正する技術について考案し、立体像の画質改善も行った。多視点映像の圧縮符号化においては、単純に各映像を並送した場合に比べて 2 倍の圧縮効率を実現できる SECOND-MVD 方式を考案した。多数の視点から撮影した映像を基に立体的に空間を構築する技術については、ランダム配置（規則的で密な配置に対して比較的自由的な配置）で撮影したカメラ映像から空間情報を構築する技術を開発し、200 インチ壁型裸眼立体ディスプレイで表示して有効性を確認した。以上のことから、着実な成果の創出が認められる。</p> <p>《多感覚技術・臨場感評価技術》</p> <p>○ 立体映像に関しては、立体映像が人に与える疲労に関する大規模な評価実験を実施し、寄与文書が国際標準化団体 ITU-R のレポートに反映された。また、疲労要因といわれる眼の輻輳・調節の不一致を実証、立体映像が与える不快感の個人差要因を特定するとともに、質感・自己運動感覚に関わる脳部位を特定した。音響に関しては、MVP 方式による立体音響技術を開発し、視聴位置によらない音源定位効果を心理物理実験・社会実証実験により実証するとともに、立体音響の頭外定位効果を fMRI 脳活動計測により実証した。感触に関しては、感触提示デバイスを用いた心理物理実験により、感触と映像の最適な提示条件、接触音が感触に与える効果を実証するとともに、高精細立体（4K3D）映像伝達による遠隔操作の作業効率の向上を実環境において実証した。香りに関しては、香りの瞬時切替え・濃度調整機能を持つ香り噴射装置を世界で初めて開発し、香りと感触・映像との相互作用を定量的に実証するとともに、デジタル式嗅覚検査システムを開発、その有効性を実証した。以上のことから、着実な成果の創出が認められる。</p> <p><b>「必要性」</b></p> <p>《超臨場感立体映像》</p> <p>○ 究極の映像技術である電子ホログラフィ表示装置を実用化するためには、大画面化と視域拡大化が必要不可欠である。この課題に対する研究開発を行い、有効な手法を確立した意義は大きい。また、屋外の被写体を疎なカメラ配列で撮影し、そこから空間情報を構築する技術は様々な映像方式で利用できる有用な技術であり、実用性が高いため、社会においても様々なニーズがあり、研究開発の必要性が高い。</p> <p>《多感覚技術・臨場感評価技術》</p> <p>○ 3D 映像の安全性（疲労・不快感）ガイドライン・国際標準化に向けて定量的な評価データを取得する必要がある。多感覚情報（立体映像・立体音響・感触・</p>	

香り)を統合して、人に快適に提示するために、臨場感の客観的・定量的な評価手法の開発が求められている。また、遠隔操作・遠隔コミュニケーション等への応用に向け、人の知覚認知メカニズムをベースに、人にとって最適な超臨場感システムの設計指針の策定を行う必要がある。

## 「効率性」

### 《超臨場感立体映像》

- 圧縮符号化においては、著名な研究機関と共同研究で連携しながら進めた。また、比較的難易度の低い研究開発については、大学から協力研究員を受け入れて指導しながら進めることで効率的に研究開発を進めた。

### 《多感覚技術・臨場感評価技術》

- 心理・生理評価に取り組む科学者と実験システムの開発に取り組む工学者が協力することで効率的に研究開発を推進してきている。3D 映像評価に関しては、産学官フォーラムと連携し、大規模な評価実験や国際標準化に向けた取り組みを実施している。また、大学や国の研究機関など、外部の研究機関とも連携して共同研究を進めており、遠隔操作における操作性の評価研究など、多感覚技術の社会貢献に向けて、効率的に研究を推進してきている。

## 「有効性」

### 《超臨場感立体映像》

- 電子ホログラフィの研究開発においては、大画面化・視域拡大化が大きな課題であり、その解決手法として表示デバイスの並列化は有効なアプローチである。開発した装置により有効性が確認された。多視点映像においては、ランダムなカメラ配置による空間情報取得・再生技術を屋外に適用した。規則的なカメラ配置からの空間情報構築に比べて簡便で実用的なため有用性は極めて高い。

### 《多感覚技術・臨場感評価技術》

- 人間の知覚特性に基づいて、人に負担を与えず、人に最適な臨場感を伝達する技術の開発は、通信・放送・医療・介護・災害対策・教育・サイネージ・製造業など、さまざまな分野から強い要請を受けており、将来の波及効果も極めて大きい。特に、臨場感の定量的・客観的な評価技術の開発は、人に疲労・不快感を与えない3D映像の安全性ガイドラインや立体音響・感触等を自然かつリアルに伝える技術の設計指針を策定するのに極めて有効である。

## 「国際水準」

### 《超臨場感立体映像》

- 中長期計画終了時の目標としている表示サイズ対角5インチ、視域角20度は画面サイズや品質において世界最大、最高峰である。また、多視点映像に関する技術は200インチ裸眼立体ディスプレイだけでなく、撮影から伝送、各種裸眼立体ディスプレイでの表示まで一貫した技術を有しており、世界最高峰である。

### 《多感覚技術・臨場感評価技術》

- 未成年者を含む631人を対象とした大規模な3D映像評価実験は世界初であり、社会的インパクトが大きい。超広視野3D映像が人に与える効果を定量的・客観

的に評価するための脳活動計測装置を世界で初めて開発し、3D 映像評価技術において世界をリードしている。立体映像・音響・感触・香りの四感を統合提示可能な多感覚の実験システムは世界に類を見ないものであり、心理物理手法・脳活動計測などを用いた多感覚情報の評価・解析技術も世界最高水準にある。



## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 15

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添3-(1) 脳・バイオ ICT		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	83	87	100	147	86	事業費用（億円）	11.9	12.6	14.9	15.1	19.9
特許出願数	—	6	6	2	7	14	職員数 ※内数	90	103	120	135	131

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>脳活動の統合的活用による情報通信技術、脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発</b> NIRS-EEGオンライン脳活動推定アルゴリズムの開発・高度化、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加に際して考えられる利用シーン（例：車いすの動作の制御、タイピングによるコミュニケーション、お手伝いロボットへの指示）等状況に応じたきめ細やかなBMIサービスを実現するため、基盤技術の研究開発を行う。また、脳や生体における情報処理の特徴を解明し、人間の意味理解に関係する脳内プロセスを理解する研究や前提として必要とされる基盤技術の研究開発を行う。</li> <li>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b> 超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</li> </ul>	
中長期計画	

### 3 未来 ICT 基盤技術

未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイムの創出を目指す脳・バイオ ICT 及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノ ICT、量子 ICT、超高周波 ICT の個別研究課題を設定し、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。

#### (1) 脳・バイオ ICT

脳内での情報処理の手法を解明すべく、高次脳情報の利用技術のためのデータベースを構築するとともに、人が「理解」する際の脳内メカニズムの解明に取り組む。

また、脳活動信号を十分な時間分解能をもって計測する技術の開発を行う。極めて複雑な人間の感覚を遠隔地で再現するために必要な入力インターフェイスとして、「生体材料を用いたセンサシステム」の研究開発を行い、そのプロトタイプシステムを提示する。これにより、予期しない状況下においても生体に作用する物質や刺激を検出するための基盤構築を図る。

#### ア 脳情報通信技術の研究開発

将来のテーラーメイド情報提示技術や脳情報インターフェイス技術の実現に向けて、モノや文字に対する視覚理解や言語理解の基礎となる情報の脳内神経表象の解析を fMRI、MEG 等を用いて行い、情報要素間の主観的距離の行動学的調査データと合わせて、将来的な高次脳情報の利用技術のためのデータベース（10 程度のカテゴリーとそこに含まれる概念群で構築され、脳活動データ等の周辺情報とのクロスリファレンスができるもの）を構築する。

また、情報の理解（わかり）が成立するときの脳内処理メカニズム解明に取り組み、理解の成否において意識化される情報と無意識にとどまる情報に関連した神経表象とその活動パターンについて解析を進め、将来の脳情報インターフェイス技術の汎用化に求められる送り手の意図した情報のみを送る技術の科学的基礎を築く。さらに、脳内処理メカニズムの解析をより深めるために、脳内情報処理ネットワークに関する基礎的なモデル構築を進める。高次脳情報と関係する脳活動信号を十分な時空間分解能で計測するために、異なる計測法を統合的に活用する技術や、信号処理・解析手法を開発することにより既存技術と同等の空間分解能を維持しつつリアルタイム（認識機能については数 100msec、運動機能については数 10msec の時間分解能）で脳情報を抽出できる技術を確立する。

#### イ バイオ ICT の研究開発

化学物質や力学刺激など多種多様な情報を検出するセンサシステムのグランドデザインを検討し、それを基に検出対象である化学物質や力学的刺激に反応するように、細胞ないし生体機能分子を操作・調整する技術を創る。さらにこれらの機能を保持したまま微小空間に配置するために、基板上にナノメートルサイズの微小空間を作るナノ加工技術や、ナノメートルの周期で細胞や生体機能分子を配向させて数マイクロメートルに及ぶ規則構造を作るためのナノ構造構築技術確立する。これにより、細胞や生体機能分子を多数配向させた刺激検出部の構築に必要な要素技術を確立する。

微小空間に配置された細胞ないし生体機能分子の、刺激に対する構造変化や機能変化の計測・評価に必要な技術を検討し、生体材料を用いたセンサシステムにおける、検出信号の増幅及び処理、解析に関する基盤技術の開発を行う。

複数の刺激検出部からの信号を処理することで検出対象を同定する信号処理アルゴリズムを生体機能から学び取り、このアルゴリズムを用いた信号処理部を構築する。

### 主な評価の観点・視点、指標等

#### <評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度

・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価		
中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>脳活動の統合的活用による情報通信技術、脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発</b></p> <p>NIRS-EEGオンライン脳活動推定アルゴリズムの開発・高度化、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加に際して考えられる利用シーン（例：車いすの動作の制御、タイピングによるコミュニケーション、お手伝いロボットへの指示）等状況に応じたきめ細やかなBMIサービスを実現するため、基盤技術の研究開発を行う。また、脳や生体における情報処理の特徴を解明し、人間の意味理解に関係する脳内プロセスを理解する研究や前提として必要とされる基盤技術の研究開発を行う。</p> <p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p>	<p>別添 3- (1) 脳・バイオ ICT</p> <p>(1) 脳・バイオ ICT</p> <p>脳内での情報処理の手法を解明すべく、高次脳情報の利用技術のためのデータベースを構築するとともに、人が「理解」する際の脳内メカニズムの解明に取り組む。</p> <p>また、脳活動信号を十分な時間分解能をもって計測する技術の開発を行う。極めて複雑な人間の感覚を遠隔地で再現するために必要な入力インターフェイスとして、「生体材料を用いたセンサシステム」の研究開発を行い、そのプロトタイプシステムを提示する。これにより、予期しない状況下においても生体に作用する物質や刺激を検出するための基盤構築を図る。</p> <p><b>ア 脳情報通信技術の研究開発</b></p> <p>将来のテーラーメイド情報提示技術や脳情報インターフェイス技術の実現に向けて、モノや文字に対する視覚理解や言語理解の基礎となる情報の脳内神経表象の解析を fMRI、MEG 等を用いて行い、情報要素間の主観的距離の行動学的調査データと合わせて、将来的な高次脳情報の利用技術のためのデータベース（10 程度のカテゴリーとそこに含まれる概念群で構築され、脳活動データ等の周辺情報とのクロスリファレンスができるもの）を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>将来のテーラーメイド情報提示技術や脳情報インターフェイス技術の実現に向け、自然動画を視聴している際の脳内表象の解析を進めた。具体的には、fMRI 計測による自然動画を視聴中の脳活動から、自然言語アノテーションを介し手脳活動予測モデルの構築及び脳活動解読が行えることから視聴内容（名詞表現）を推定するだけでなく、人が感じる“かわいい”、“美しい”など情動に関わる認識（形容詞表現、動詞表現）も推定する基盤技術を提案し、CM などの動画の印象評定基盤技術として、企業数社と共同研究を進めた。</li> <li>言語概念は素性の集合で構成されると予想し、哺乳類、鳥類、魚類の 3 カテゴリーに含まれる動物種名の単語について、素性の有無を判断させる行動実験データを用いて、多次元尺度法等の統計解析により言語概念に関する脳内の情報表象を低次元空間で可視化させる手法を構築し、単語間の意味距離を定量化させた。また、脳活動の fMRI 計測を利用した脳内における概念間の距離を可視化し、タスクにより意味距離が歪むことを確認した。これにより、テーラーメイド情報提示に有効な概念距離体系を構築できることを示した。</li> <li>情報の理解（わかり）が成立する時の脳内処理メカニズムを解明するために、劣化画像の認識実験を行</li> </ul>

超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確認する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

また、情報の理解（わかり）が成立するときの脳内処理メカニズム解明に取り組み、理解の成否において意識化される情報と無意識にとどまる情報に関連した神経表象とその活動パターンについて解析を進め、将来の脳情報インターフェイス技術の汎用化に求められる送り手の意図した情報のみを送る技術の科学的基礎を築く。さらに、脳内処理メカニズムの解析をより深めるために、脳内情報処理ネットワークに関する基礎的なモデル構築を進める。高次脳情報と関係する脳活動信号を十分な時間分解能で計測するために、異なる計測法を統合的に活用する技術や、信号処理・解析手法を開発することにより既存技術と同等の空間分解能を維持しつつリアルタイム（認識機能については数 100msec、運動機能については数 10msec の時間分解能）で脳情報を抽出できる技術を確認する。

い、識別までの時間、劣化画像の識別難度、個人の識別能力の関係が、化学反応における、反応速度、活性化エネルギー、温度の関係に相当し、同様に定式化できた。その際に、脳における対象の認識では、1個、2個と数えられる離散的な要素情報の組合せが得られればよいことの証拠を得た。また、個人の識別能力が意識下の自発ゆらぎの活性度として、情報の理解過程を、ゆらぎ制御による確率過程メカニズムとして提案し、脳にとって意味のある要素情報を明らかにすることと、少数の要素を組合せた情報を送信することにより、受信相手が一定時間内に確実に認識できる視覚情報の意味論的圧縮技術を可能とする基盤技術の構築を進めた。

- ・両眼で整合する視覚情報の中で、意識化されるときにのみ特徴的に現れる脳活動成分と視覚情報が無意識下にとどまっている場合でも現れる脳活動成分を特定した。どの指系列運動を行おうとしているのかを、実際に運動が行われる前に、脳の運動関連領域から予測することに成功した。
- ・脳内処理メカニズムの解析をより深めるために、認知・運動情報の複合化の基盤研究を進め、脳内の活動を考慮したりハビリ手法を提案し、実際のリハビリに利用されている。
- ・また、脳内情報処理ネットワークの解析手法として、ダイナミクスに関わる解析手法、機能的ネットワーク解析手法を提案しており、具体的な応用例として、慢性疼痛に対するバイオマーカーとして脳内の痛みに対して活動するネットワーク構造の発見や、モジュール性を有するモデルを用いて、統合失調症患者群と健常者群との分類を比較、統合失調症に特徴的な脳部位ネットワークモジュールを見出した。第 38 回日本神経科学大会で発表し、各発表の中から優れた研究を選び報道発表を学会が行う対象に選定され、客観的な新たな診察手法を導く可能性を示した。
- ・さらに、蓄積されたデータからヒト脳機能データ推定システムの開発に取り組み、脳活動のシミュレートを行うダイナミクスプラットフォームを開発した。このダイナミクスプラットフォームでシミュレートした脳活動を EEG・MEG・fMRI・NIRS それぞれの方法で計測したときのデータをシミュレートするモジュールを開発した。
- ・高精細の 7T-fMRI の計測においては、微少な動きがノイズとなる。心拍による脳の動きも大きなノイズの一因となっており、心拍動と計測タイミングを同期させ、ノイズ推定を実施することにより、計測時のノイズを除去する計測手法を提案した。本提案は、第 107 回日本医学物理学会で発表し、学術大会長賞を受賞した。また、7T-fMRI により、脳内部(扁桃体)の高空間分解能 EPI 撮像を実現した。さらに、小型モバイルワイヤレスドライ脳波計を開発し、企業への技術移転を行い、同脳波計の販売を行っている。
- ・また、低侵襲型の脳活動計測システムの開発を推し進めており、大規模な脳情報を抽出し脳活動の解読、機器制御の実現に向けたシステム開発を行っており、動物において長期留置可能な電極を開発、実験にて有効性を検証した。
- ・リアルタイムでの脳情報の抽出にむけて、既存のオフラインでの脳活動データからの運動機能再構成の 80%程度の空間分解能を維持しながら、時間分解能 30msec で指の運動をオンラインで再構成した。
- ・脳機能ネットワークに着想を得た多様性を持った光パストポロジー候補の選出アルゴリズムにより、80%以上の確率での解発見を実現した。さらに、解発見に要する時間が、最悪値と比較した場合でも従来手法の 1/10 以下であり、環境変化に対する適応性に加えて即応性の大幅な向上を果たした。

### イ バイオ ICT の研究開発

化学物質や力学刺激など多種多様な情報を検出するセンサシステムのグランドデザインを検討し、それを基に検出対象である化学物質や力学的刺激に反応するように、細胞ないし生体機能分子を操作・調整する技術を創る。さらにこれらの機能を保持したまま微小空間に配置するために、基板上にナノメートルサイズの微小空間を作るナノ加工技術や、ナノメートルの周期で細胞や生体機能分子を配向させて数マイクロメートルに及ぶ規則構造を作るためのナノ構造構築技術確立する。これにより、細胞や生体機能分子を多数配向させた刺激検出部の構築に必要な要素技術確立する。

微小空間に配置された細胞ないし生体機能分子の、刺激に対する構造変化や機能変化の計測・評価に必要な技術を検討し、生体材料を用いたセンサシステムにおける、検出信号の増幅及び処理、解析に関する基盤技術の開発を行う。

複数の刺激検出部からの信号を処理することで検出対象を同定する信号処理アルゴリズムを生体機能から学び取り、このアルゴリズムを用いた信号処理部を構築する。

・多種多様な情報を検出するセンサシステムのグランドデザインとして、生体材料の外部刺激認識能とそこから情報を抽出するための機械学習的手法を組み合わせたセンサシステムを提案した。また、刺激検出を担う細胞を操作・調整するための生細胞への外来物質導入技術 (PNAS 誌掲載)、所望のセンシング能を獲得するための遺伝子工学を用いた細胞機能調整技術の基盤を構築した。

・生体材料の機能を保持したまま微小空間に配置する技術として、DNA 構造体を足場として用いて生体機能分子の機能を保持したままナノメートル精度で配置する技術確立 (PNAS 誌、Nature Cell Biol. 誌掲載)。これにより、生体分子が配置されたナノメートルサイズの空間を基板上に構成するナノ加工技術を構築した。また、ナノメートルサイズの生体分子が自己組織的にマクロな構造形成に至るプロセスの解析に成功するとともに (Nature 誌掲載)、ナノメートルサイズの DNA 構造体に、お互いをつなぎ合わせる結合手を導入することで、数マイクロメートルに及ぶ規則構造を形成する技術を構築し、マイクロメートルスケールに及ぶ規則構造を作成する基盤を構築した。これにより、刺激検出部の構築に必要な要素技術確立した。

・微小空間に配置された、刺激に対する細胞の応答を計測・評価する技術として、化学刺激検出能を備えたバクテリア細胞をマイクロメータスケールの微小流路に配置し、入力刺激に対する応答信号として、その回転運動状態を計測・評価する細胞応答顕微鏡検出システムを設計した。これに基づいてシステムを構築し、細胞応答信号を高効率で獲得することを可能とした。また、細胞の注目部位の可視化技術 (Science 誌掲載)、および超分解能顕微計測法 (3D-SIM 法) の多色化技術 (Nature Communications 誌掲載) の開発に成功し、生体材料の構造・機能を既存技術を超える精度で評価することを可能にした。これらにより、生体材料を用いたセンサシステムにおける、検出信号の増幅及び処理、解析に関する基盤技術を開発した。

・化学刺激検出能を備えた複数のバクテリア細胞からの出力信号を処理し、そのアンサンブル平均値の時間発展データを獲得。このデータを、生体の分子認識機能を活かす機械学習アルゴリズムで処理し、検出対象を同定するプロトタイプシステムを構築した。これにより、検出対象である入力刺激の情報を、生体機能の特性を活かして同定することが可能であることを示し、信号処理部の構築を行った。

自己評価

自己評価	A
評価結果の説明	

A

#### 【評価結果の説明】

○ 中長期計画に記載した課題を効率的に実施するため、脳情報通信融合研究センターを、大阪大学吹田キャンパス内に、研究者を集約し、脳科学と情報通信とを融

合する研究体制を整え、7T-MRI 等世界有数の大型脳機能計測設備を整備した。

- 脳内表象に関する研究において、脳内意味空間の可視化、および、タスクによってその意味空間が歪むことを示すと共に、自然動画の視聴時に fMRI により計測された脳活動から、視聴内容(名詞表現)から情動(形容詞、動詞表現)まで推定する基盤技術を確立した。さらに、情動の推定を利用した CM 等の印象評定技術について、企業数社と共同で研究開発を進めることにより、提案した基礎技術を活用した社会展開が進んでおり、中長期目標以上の成果を十分に達成した。
- 脳内表象から情報の距離を定式化するために、言語概念を素性の集合として、その素性の有無を判断させる行動実験データを用いて多次元尺度法等の統計解析により言語概念に関する脳内の情報表象を低次元空間で可視化させる手法を構築した。脳活動から定式化した脳内意味空間の可視化と行動実験データに基づく情報表象の可視化を比較、統合することで、大規模な情報表象に対して、高次脳情報の利活用に有効な情報の可視化を実現し、テーラーメイド情報提示に有効な概念距離体系を構築できることを示し、中長期目標に掲げたデータベースの構築を大幅に上回る目標を十分に達成した。
- 情報の理解(わかり)が成立する時の脳内処理メカニズムを、化学反応速度になぞらえて定式化し、被験者実験によりその検証を進め、ゆらぎ制御による確率過程メカニズムとして提案し、中長期目標におけるわかりのメカニズム解明に取り掛かる以上の成果を達成した。
- 脳内ネットワークの推定により、慢性疼痛患に対するバイオマーカーを発見すると共に、統合失調症の客観的な新たな診断手法を導く可能性を示し、また、脳内ネットワークのモデルを応用した光ネットワークの通信制御においても、効率的な光パストロジー候補の選出アルゴリズムを提案し、80%以上の確率で解を発見し、解発見時間も従来の10分の1以下で実現している。脳ネットワークを実ネットワークに応用する目的を十分に達成した。
- これらの研究開発を支える脳活動計測においても、高精細の7T-MRIにおいて、課題となる自己の心拍に基づくノイズを除去する手法を提案し、十分な改善結果を得ており、目標を十分に達成している。
- バイオ ICT の研究開発では、中長期計画において、多種多様な情報を検出するセンサシステムのグランドデザインの検討と、刺激検出のための生体材料操作・調整技術の創出を予定していた。これに関しては、生体材料の刺激検出能と情報抽出のための機械学習的手法の組合せによるセンサシステムデザインを提案するとともに、生細胞のセンシング能を操作するための細胞改変技術の基盤を創出して目標を達成、さらにセンサシステムの具体的な設計に至るなど顕著な成果をあげており、目標を十二分に達成した。また、生体材料の機能を保持したまま微小空間に配置する技術に関して、DNA 構造体を足場として活用し、生体機能分子の機能を保持したままをナノメートル精度で配置する技術を確立すると共に、DNA 構造体同志をつなぎ合わせてナノメートルスケールの規則構造を持つマイクロメートルスケールの構造を作成可能であることを確認して目標を達成した。さらに生体材料の配置の仕方が機能へ及ぼす影響に関する知見を獲得するなど顕著な成果をあげており、目標を十二分に達成した。
- 微小空間に配置された生体材料の、刺激に対する応答を計測・評価する技術の検討に関し、微小流路に配置したバクテリア細胞の化学刺激に対する応答を、その回転運動状態を応答のプローブとして活用して評価する技術を開発することで目標を達成、さらに高スループットで応答計測することを可能とするなど顕著な成果をあげている。これにより、目標を十二分に達成した。また、複数の刺激検出部からの信号を処理して検出対象を同定する信号処理部の構築に関し、化学刺激検出能を備えた複数のバクテリアの示す出力信号のアンサンブル平均値の時間発展データから、生体の分子認識機能を活かす機械学習アルゴリズムを用いて検出対象を同定するシステムを開発して目標を達成、さらに情報検出プロトタイプを構築するという顕著な成果をあげており、目標を十二分に達成した。

**「必要性」**

- 現在の情報通信技術が抱える課題の一つに、ICTの進展による膨大な情報量の処理が上げられる。人が情報を効果的・効率的に理解することのできる技術を確立させることによって生活の質を向上させる社会を実点させることは重要な施策である。情報を処理するヒトは、脳活動により、情報を送り出し、脳において情報を受け取っているため、脳科学で情報通信の研究開発を推し進めることができる研究装置等の研究資源及び広範囲な分野の国内外産学の研究人材を集約した戦略的研究拠点を構築し維持することが必要である。
- 情報通信の目的である、あらゆる人を包摂する社会の構築や生産性の向上を目指すには、人が情報を容易に理解できるようにする技術、やりとりできる情報の種類を多様化し、臨場感を増す技術の開発が必要とされている。生体が分子情報をセンシングするメカニズムを抽出し、再構築して利活用する技術の創成は、ここに貢献するものであり、本中長期計画におけるバイオ ICT の研究開発はそのための基盤を築くものである。

**「効率性」**

- 大阪大学のキャンパス内で研究活動を推し進めることにより、大学の研究室との融合した研究課題への取り組みが進み、大学院生などの活発な研究活動も活用できており、効率的な研究開発の推進につながっている。実環境で利用可能な脳波計の製品化や一流のスポーツ選手とアマチュア選手の運動制御における意思決定、行動制御などについて、多数のメディア（NHK スペシャル、各種新聞記事）に取り上げられる研究成果があり、密接な共同研究を推進したことが結実している。
- 研究成果が全世界の研究機関、研究者に引用・活用される複数の高インパクト誌（平成 26 年度まで実績：Nature (IF 42.3):2 報, Science (IF 31):2 報, Nature Cell Biol. (IF 20):1 報他、インパクトファクター6 以上の論文誌掲載 20 件）に掲載され、研究論文や研究プロダクトが全世界の研究機関・研究者に引用・活用されるなど、研究活動の効率は高いこと、多数のメディア（各種新聞記事、NHK 科学番組サイエンス ZERO）に取り上げられる研究成果の獲得など、研究活動の効率は高いことが認められる。

**「有効性」**

- 脳情報通信融合センターは、他の国内外の脳科学の研究に比べ、脳科学と情報通信分野との融合を特徴とした研究センターであり、基礎研究と情報通信への応用を目指した実用指向研究を推し進めており、年度計画を着実に達成している。また、脳活動計測技術について、平成 25 年度に導入した 7T-fMRI は世界的にもトップレベルの測定能力を発揮している。
- バイオ ICT 研究室で取り組んでいる、生体材料と機能を活用したセンサシステムの構築原理設計や、生体の情報理解プロセスの解明は、生物である人間を中心とした情報通信技術の構築へとつながり、ユーザーフレンドリーな情報通信技術の実現にとって有効なアプローチである。
- 非常に息の長い基礎的研究ではあるが、要素還元的な視点に加えてシステム構成的な視点での研究の展開も行っており、目標を達成すれば、幅広い応用が考えられる。

**「国際水準」**

- 脳活動の Non-BOLD 計測と神経軸索の活動計測において、信号ノイズ比測定法や多スライス同時撮像による時間分解能の向上などで最先端の研究水準にある。
- MEG, fMRI 統合解析や MEG 活動解析手法の開発、言語に関わる脳活動計測応用において、世界トップレベルの成果を出している。
- 非侵襲による脳情報の抽出技術は、世界的なレベルから見ても抜き出ており、未来型情報通信技術を視野に入れた BMI 研究には独自性がある。
- 医学的観点に立った侵襲型 BMI に取り組む研究機関が多い中で、NICT は低侵襲 BMI の開発にも注力している。超多点無線入出力、液性系情報入出力、生体親和型神経電極、スパイク・位相同期入出力による人工神経接続などを統合したシステム構築を目指し、NICT が蓄積してきた高度なワイヤレス通信技術と脳情報通信研究を融合させることで、他の研究機関にはない優位性を確保しつつ、脳科学研究と臨床応用実現を同時に目指す独自の研究体制となっている。
- 脳情報抽出技術と新しい計測装置を同時に開発している機関は他になく、新しい脳情報抽出技術を開発しつつ、新しい脳波システムの開発をしている点に大きな優位性がある。現在開発中のワイヤレスポータブル脳波計は多電極ドライ脳波システムとしては世界最小、最軽量であり、想定される実環境での利用において大きな優位性があり、脳情報通信融合研究成果の社会還元として期待されている。
- 独自に開発してきた生体機能解析技術は世界各国から共同研究の引き合いを受けるなど高い評価を受けている。
- 遺伝子、タンパク質の細胞内局在情報のデータベース公開、国内外の研究機関への生物試料の供給を通じ、研究のハブとして大きく貢献している。
- 主催国際会議には当該分野の著名な研究者が世界各国から多数集結することから、研究グループが国際的に認められていることを示している。
- 高インパクトな国際科学誌に研究論文が掲載され、国際的に高い評価を得ており、NICT の特色を出したユニークな研究の推進が世界的に競争優位な状況にあることを証明している。



## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 16

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添3-(2) ナノ ICT		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	34	42	56	46	38	事業費用（億円）	3.5	4.0	3.5	4.5	4.7
特許出願数	—	6	7	4	9	13	職員数 ※内数	23	28	27	32	32

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
● 革新機能創成技術の研究開発	超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。
中長期計画	
3 未来ICT基盤技術	未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイムの創出を目指す脳・バイオ ICT 及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノ ICT、量子 ICT、超高周波 ICT の個別研究課題を設定し、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。

**(2) ナノ ICT**

低消費エネルギー化、低コスト化、循環利用可能な汎用資源活用等により環境負荷を抑制しつつ情報通信の高速高効率化を可能とするために、高い光・電子機能性を有する有機分子材料や超伝導材料などの新規材料を用い、ナノ構造構築技術を応用することで光・電子機能を効果的に発現させる研究開発を行い、堅牢で低消費エネルギーのネットワークの構築の基盤となる超高速光変調技術や高効率な単一光子検出技術などの確立を図る。

また、光・電子制御機能をさらに高める新材料の開発やナノスケールの光・電子機能複合化技術、高次ナノ構造作製・応用技術の研究開発により、通信の要素技術である、光検出、光変調/スイッチング、電磁界センシング等に革新をもたらす基礎技術の研究開発を総合的に推進する。

**ア 有機ナノ ICT 基盤技術の研究開発**

環境負荷を抑制しかつネットワークの革新的な高速化を可能にするため、有機化合物の高効率な電気光学機能を利用した光変調技術を開発し、既存技術では達成し得ない 100GHz 以上の高速光変調を実現し実用化に目処をつけるとともに、耐久性向上やオンチップ化など実利用を目指した研究開発に取り組む。また、既存技術を超える超小型光変調器や光スイッチ、高機能電磁界センサなどを実現するために、有機化合物の多様な光・電子機能の高効率化と、ナノ構造や分子配列による電磁場制御機能の高精度化を図ることで、ナノ構造デバイスにおける光制御機能の高効率化効果を実証し、革新的 ICT 基盤技術を構築する。

**イ 超伝導 ICT 基盤技術の研究開発**

安心・安全で低消費エネルギーのネットワークを実現するために、巨視的量子現象である超伝導を利用した高効率な単一光子検出システムや光・超伝導インターフェイスを開発し、半導体技術では達成できない高速・高感度光検出技術と低消費エネルギー情報通信システムの基盤技術を確立する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な</p>	<p>別添 3- (2) ナノ ICT</p> <p>(2) ナノ ICT</p> <p>低消費エネルギー化、低コスト化、循環利用可能な汎用資源活用等により環境負荷を抑制しつつ情報通信の高速高効率化を可能とするために、高い光・電子機能性を有する有機分子材料や超伝導材料などの新規材料を用い、ナノ構造構築技術を応用することで光・電子機能を効果的に発現させる研究開発を行い、堅牢で低</p>	

要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

消費エネルギーのネットワークの構築の基盤となる超高速光変調技術や高効率な単一光子検出技術などの確立を図る。

また、光・電子制御機能をさらに高める新材料の開発やナノスケールの光・電子機能複合化技術、高次ナノ構造作製・応用技術の研究開発により、通信の要素技術である、光検出、光変調/スイッチング、電磁界センシング等に革新をもたらす基礎技術の研究開発を総合的に推進する。

#### ア 有機ナノ ICT 基盤技術の研究開発

環境負荷を抑制しかつネットワークの革新的な高速化を可能にするため、有機化合物の高効率な電気光学機能を利用した光変調技術を開発し、既存技術では達成し得ない100GHz以上の高速光変調を実現し実用化に目処をつけるとともに、耐久性向上やオンチップ化など実利用を目指した研究開発に取り組む。

また、既存技術を超える超小型光変調器や光スイッチ、高機能電磁界センサなどを実現するために、有機化合物の多様な光・電子機能の高効率化と、ナノ構造や分子配列による電磁場制御機能の高精度化を図ることで、ナノ構造デバイスにおける光制御機能の高効率化効果を実証し、革新的 ICT 基盤技術を構築する。

- ・有機電気光学 (E0) ポリマーの性能向上に向けた材料開発を行い、従来比 1.5 倍の超分極率を示す新規有機 E0 分子構造の開発に成功、E0 定数で 85pm/V (従来材料の 2.6 倍) を実現した。これらの成果を、Mater. Chem. Phys. 139, 669, 2013 他 4 件の論文誌と、Photonics West 2013 (H25) 他 4 件の国際会議の招待講演で発表した。また、85°Cでの長期保存において 80%に特性が低下するまでの時間が 2.9 万時間 (3.3 年)、10 年間動作後でも 75%以上の性能を維持する高温で長期使用可能な高ガラス転移温度 (184°C) の実用材料の開発に成功した。これらの成果を、3 件論文誌と、Photonics West 2015 (H27) 他 3 件の国際会議の招待講演で発表した。さらに、酸化膜被覆により耐光性の向上も実現し、過酷条件化での適用性を実証した。これらの成果を、SPIE Optics + Photonics 2015 (H27) 他 2 件の国際会議の招待講演で発表した。
- ・高速光変調技術の実現に向けて、有機 E0 ポリマーをコアとする光位相変調器を光変調器メーカーと共同で試作し、既存材料を用いたデバイスでは困難な 100GHz の位相変調動作を確認した。また、モジュール化しネットワークでの性能評価に着手した。
- ・革新的機能を有する光制御素子技術として、有機 E0 ポリマーと Si-1 次元 PC 導波路のハイブリッドにより従来比 1/100 の E0 変調器を試作し、スローライト効果による高効率光変調動作を確認した。この成果は、Appl. Phys. Lett. 103, 171101, 2013 (H25) 誌に掲載され、2013 年応用物理学会春季学術講演会において Poster Award を受賞した。
- ・光機能性生体分子膜バクテリオロドプシン (bR) 微分応答光センサセルの電極に、テクスチャー構造 FTO 電極を用いて光電変換効率 3.5 倍の高効率化に成功した。この成果は、Chem. Phys. Lett. 616-617, 6-10, 2014 (H26) 誌に掲載された。タンデム構造や導波路構造を用いた光吸収面積増加により、bR 微分応答光センサセルのさらに 10 倍の高効率化を実現した。
- ・また、遺伝子操作により光応答時定数を大きくした変異体と野生体を組み合わせたバイポーラセルの

	<p><b>イ 超伝導 ICT 基盤技術の研究開発</b></p> <p>安心・安全で低消費エネルギーのネットワークを実現するために、巨視的量子現象である超伝導を利用した高効率な単一光子検出システムや光・超伝導インターフェイスを開発し、半導体技術では達成できない高速・高感度光検出技術と低消費エネルギー情報通信システムの基盤技術を確立する。</p> <p>(超伝導技術は電波天文や度量衡標準をはじめとして必要不可欠の技術であり、超伝導単一光子検出器の安定動作を実現しているのは機構のみであり、今後も研究開発の中心を担う必要がある。)</p>	<p>8×8 アレイを作製し、2次元のデバイスレベルのオプティカルフロー検出機能を実証した。この成果を、国際会議 SPIE Optics &amp; Photonics 2013(H25)の招待講演で発表した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・超伝導単一光子検出器 (SSPD) の検出効率向上を目指して、NbN ナノワイアの両側に光反射層を持つダブルサイドキャビティ構造を作製し、暗計数率 40 cps におけるシステム検出効率として、約 67ps の低ジッタを両立しながら、80%の検出効率を達成した。この成果は、<b>Optics Express</b>, <u>21</u>, 10281, 2013 (H25) 誌に掲載された。</li> <li>・0.1 W GM 冷凍機に実装した 4 ピクセル SSPD アレイおよび SFQ 回路による信号処理回路の動作実証に成功し、従来比 10 倍以上の最大計数率を達成した。この成果は、<b>Opt. Lett.</b>, <u>37</u>, 2982, 2012 (H24) 誌に掲載された。</li> <li>・光/磁束量子インターフェイスへの応用を目指して、高周波 (~65GHz) プローブ 16 本+4CH ファイバ導入ポートを配備した 1 W GM 冷凍機システムを試作し、到達温度 4.5K、温度振動 1mK 以下を達成した。また、ジョセフソン接合 30 個を含む小規模 SFQ 回路の正常動作を確認した。</li> <li>・光/磁束量子インターフェイス回路のタイミングジッタを評価し、30 ps 以下であることを確認し、クロック周波数 10 GHz 以上での動作は可能であることを実証した。</li> <li>・超伝導ナノワイアを利用した光・超伝導インターフェイスにおいて、0.3 ns の応答時間、入力光パワー 70 <math>\mu</math>W での動作を確認し、既存の消光比 20 dB の光変調器で生成した光信号を用いて、冷凍機に実装した SFQ 回路へのエラーフリー (エラーレート <math>10^{-6}</math>以下) での光信号入力を実証した。これらの成果は、<b>Opt. Express</b>, <u>20</u>, 20115, 2012 (H24), <b>IEICE Trans. on Electronics</b>, Vol.E98-C, 2015 (H27) 誌に掲載された。</li> <li>・SSPD の高検出効率化、高速化に取り組み、通信波長帯で世界トップレベルの 80%を超える検出効率、100MHz を超える高速動作を達成した。今後、さらに広い波長帯域で高検出効率を実現すると同時に、量子情報通信だけでなくバイオ・医療、深宇宙通信等の分野にも SSPD を応用展開し、より幅広く社会実装を推進していく予定である。</li> </ul>
自己評価		
評定	B	
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <p>以下に示す通り、着実な成果をあげており、中長期目標を十分に達成した。</p> <p>○ 超伝導単一光子検出器 (SSPD) の検出効率向上において、ナノワイアの両側に光反射層を持つダブルサイドキャビティを実現し、システム検出効率として目標の 50%を上回る 80%を達成した。</p>		

- 世界に唯一の技術である SFQ 回路による信号処理を用いた 4 ピクセル SSPD アレイの動作に成功した。これにより、シングルピクセルに比べて 10 倍以上の計数率向上を実現し、中長期計画目標を達成した。
- 光・超伝導インターフェイスの高速動作評価が可能な冷凍機システムを構築することに成功、冷凍機システムでの SFQ 回路の正常動作を確認し、SFQ 回路へのエラーフリー光信号入力の実証に成功している。これは光信号入力を備えた SFQ 信号処理システムのプロトタイプに相当するもので、中長期目標を十分に達成している。
- 従来材料よりも 2.6 倍の高機能化を実現した有機電気光学 (EO) ポリマーの開発に成功し、これをコアとする光位相変調器において既存技術では達成し得ない高速位相変調動作を実現しており、中長期目標である 100GHz の位相変調動作を確認した。また、光通信コンポーネントの試験項目である 85°Cでの長期保存試験において、実用化に十分な特性を示す高ガラス転移温度の有機 EO ポリマーの開発に成功するとともに、酸化膜被覆による耐光性の向上も実現し、実利用に向けて大きく前進する顕著な成果をあげた。
- 革新的機能を有する光制御素子技術の研究においては、有機 EO ポリマーとシリコンナノ構造とのハイブリッド素子を作製し、現在の商用光変調器の 1/100 のサイズで光変調動作を実証した。また、微分応答光センサセルの光電変換効率を 35 倍高効率化することに成功するとともに、8×8 アレイによる 2 次元のデバイスレベルのオプティカルフロー検出機能の実証に成功しており、中長期目標を十分に達成した。

#### 「必要性」

- 光通信システムの省エネルギー化と高速・大容量化、低コスト化の同時実現のため、有機分子フォトンクス材料の開発が激化している中、NICT は国内で唯一高機能有機電気光学材料開発に成功しており、NICT の有する技術は、長距離から短距離まで高速・大容量光通信ネットワークの実現に向けて必要不可欠のものである。
- 超伝導技術は低温環境を必要とするため、汎用的な製品としての開発が難しく公的機関主導の研究開発が必要である。また、超伝導単一光子検出器の安定動作を達成しているのは NICT のみであり、NICT 中心の研究開発が必要である。
- 超伝導エレクトロニクスの応用展開として、量子情報通信応用、深宇宙光通信応用、超高速・低消費電力論理回路の実現などが期待されており、産学官連携、国際的な連携を主導できる立場を確立している。また、通信分野のみでなく、可視光領域へ検出可能範囲を広げることで生物顕微鏡など、バイオ、医療分野への展開も望まれている。

#### 「効率性」

- 情報通信技術の中長期的な技術課題を解決するための基盤技術であるため、ハイリスクを伴い民間主導では効率的・効果的に進めることは困難である。このため、基礎から応用に至る広域の専門技術を要し、これまでも学術的成果の特許化、技術移転などを行ってきた実績を持つ NICT が基礎的な研究を行い、産・学と連携して研究開発を進めることが効率的であると考えられる。
- 開発された超伝導単一光子検出器は、量子暗号通信、量子光学、深宇宙光通信、LIDAR、時空標準やバイオ観察など多岐にわたる応用分野が存在し、実際にすで

にいくつかの応用展開がなされている。

- NICT 内の時空標準研究室と連携し、SSPD、可搬型真空ポンプ、有機 E0 変調器などの活用により、時空標準の分野における測定の高精度化を図っている。
- 論文発表（216 報）・特許（39 件）など成果が出ており効率性は高いと言える。

#### 「有効性」

- 有機電気光学材料とそれを用いた光制御デバイスは、高速性及び省エネルギー性に優れており、継続的に増加する情報通信トラフィックに対応する大容量化と消費電力削減に有効である。高温保存試験において実用性能を示す有機電気光学ポリマーの開発に成功したことは大きな進展であるとともに、無機デバイスでは困難な高速応答を実証し有効性を示した。
- バイオ材料を利用したデバイスについては、素子レベルの演算処理機能を有するオプティカルフロー検出の基本動作を確認しており、バイオデバイスという新しい分野を創出する本研究の意義は大きい。
- 超伝導光子検出器は、深紫外から中赤外に感度を持ち、量子情報通信システムに有効な検出器と考えられる。高検出効率で高速な検出器は他に類を見ず、通信以外の分野への波及効果も大きい。
- 関連研究成果の学術分野での受賞や招待講演など高い研究水準を維持している。

#### 「国際水準」

- 有機電気光学（E0）ポリマー材料やそれを用いた光制御デバイスの研究開発は、近年活性化してきており、新たに参入した機関からの材料開発の成果報告が相次いでいる。しかし、いずれも材料研究の成果であり、実用的なデバイスについてはいずれの研究機関も開発途上である。NICT では、デバイスメーカーやシステムコンポーネントメーカーとの産学官連携により、材料からデバイスまで統合的な研究開発体制を構築しており、材料の優位性を基盤にデバイス化を進めている。小型化集積化においては、シリコンフォトニクス急速な発展に伴い世界的に競争が激化している。サーバーラック間、ラック内などの中短距離通信における競争グループの主な開発対象はシリコンによるモノリシックデバイスであり、特に光変調器はキャリアプラズマ効果を利用するため最大でも数十 GHz 以下の変調速度に制限され、消費電力も大きい。NICT の有機・シリコンハイブリッド光変調器は、有機 E0 材料の超高速応答性を活用し、100GHz 以上の超高速光変調と一桁以上の小型化が可能である。生体素材を用いた光機能素子の研究においても、生体分子の培養精製、遺伝子組換えによる材料生成と機能最適化、薄膜作製、デバイス応用の一連の研究を同一グループで行っているのは、NICT のみである。このように NICT では、材料からデバイスまでの研究を統合的に進めるとともに、国内の競争機関を取り纏め、国外の競争機関に対して競争優位の体制を構築している。
- 現在、世界的に SSPD の高性能化を目指した研究開発が活発に行われているが、NICT の SSPD は通信波長帯で暗計数率 40c/s において 80%の検出効率を達成しており、米国 NIST や MIT リンカーン研究所と並んで世界トップレベルにある。すでに、量子鍵配送システムや量子光学実験等でも広く使用されており、さらにバイオ・医療応用や、宇宙通信、環境計測、光周波数標準への応用を目指した研究連携を進めており、今後も幅広い分野の発展に貢献し得る高いポテンシャルを有している。光・磁束量子インターフェイスの研究では、世界的に Nb 素子を用いた研究開発が主流となっているが、NICT では長年技術を培ってきた NbN 素子を

用いている点に特色がある。NbN を用いることで、4K 動作に比べて冷却損失を大きく低減可能な 10K 動作が可能となるため、NICT の大きな優位性となっている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 17

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添3-(3) 量子 ICT		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	42	70	74	90	76	事業費用（億円）	6.5	7.6	7.1	5.8	5.7
特許出願数	—	5	10	10	9	9	職員数 ※内数	37	44	40	48	48

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</p>	
<p>● <b>フォトリックネットワーク技術の研究開発</b></p> <p>各家庭に光通信を低エネルギーで提供する光ネットワーク制御技術、光ファイバの容量を飛躍的に向上させる革新的光多重技術、オール光ルータを実現するための技術、量子情報通信技術などの研究開発を実施する。</p>	
中長期計画	
<p>3 <b>未来ICT基盤技術</b></p> <p>未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイ</p>	



ムの創出を目指す脳・バイオ ICT 及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノ ICT、量子 ICT、超高周波 ICT の個別研究課題を設定し、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。

**(3) 量子 ICT**

究極の物理法則“量子力学”に基づいて、絶対安全な量子暗号通信や従来理論の容量限界を打破する量子情報通信の開発を推進する。

**ア 量子暗号技術の研究開発**

将来技術でも破れない、いわゆる情報理論的に安全な通信を実現する量子鍵配送ネットワーク技術に関して、将来のユーザ数の増加に伴う暗号鍵の需要増大に対応するために、量子リンクの鍵生成速度を従来比 10 倍に向上させるとともに（損失 10 分の 1 の通信路において 1Mbps 程度）、効率的な鍵リレーやルーティング機能を搭載した量子鍵配送ネットワークを構築する。さらに、量子ビット誤り率を 3%以下に保って安定に鍵生成を行うためのアクティブ制御技術を開発するとともに、都市圏敷設ファイバ環境での暗号化性能の定量的評価技術を開発し、実運用に必要な安定動作及び安全性評価試験を行う。

既存の光ファイバ通信技術と親和性の高い量子暗号ネットワークを低コストで構築する技術として、コヒーレント状態とホモダイン検波を用いた実装技術の研究開発を進め、フィールド環境での動作試験を行う。

これらの量子暗号技術をフォトニックネットワークに組み込んで効率的な鍵管理を行うためのアーキテクチャの研究開発を進め、プロトタイプのフィールド実証試験を行う。

**イ 量子ノード技術の研究開発**

与えられた光送信電力の下で最大容量の通信を実現する技術として、光信号をノード内で量子的に処理し最大情報量を復号する量子デコーダの設計理論と基本回路技術の研究開発を行う。特に、高純度量子光源と、毎秒 100 個以下の暗計数で高感度かつ高速性に優れた光子検出器を組み込んだ光量子回路を開発する。さらに、回路の集積化に向けて、固体素子と光量子状態のインターフェイスやメディア変換技術の研究開発を行う。これらの研究開発で必要となる光子や原子の極限的測定技術も合わせて開発し、計測応用への実証も進める。

量子もつれ相関をネットワーク上で利活用することで、従来の ICT では不可能だった安全で公正な情報通信の新プロトコルと、その実現に必要な基盤技術を開発する。特に、有無線統合の量子リンク上で量子もつれ相関を直接的に使った次世代の量子鍵配送システムと、その実現に必要な光源及び光子検出器の開発を行う。

さらに、量子もつれ相関を壊すことなく中継し、広域ネットワークで利用するための量子もつれ中継技術の研究開発を行う。特に、量子メモリと小規模量子プロセッサを開発して、損失で劣化した複数の量子もつれ状態から理想的な量子もつれ状態を純粋化する操作を実証する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
● 革新機能創成技術の研究開発 超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や	別添 3- (3) 量子 ICT  (3) 量子 ICT 究極の物理法則“量子力学”に基づいて、絶対安全な量子暗号通信や	

最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

### ● フォトニックネットワーク技術の研究開発

各家庭に光通信を低エネルギーで提供する光ネットワーク制御技術、光ファイバの容量を飛躍的に向上させる革新的光多

従来理論の容量限界を打破する量子情報通信の開発を推進する。

### ア 量子暗号技術の研究開発

将来技術でも破れない、いわゆる情報理論的に安全な通信を実現する量子鍵配送ネットワーク技術に関して、将来のユーザ数の増加に伴う暗号鍵の需要増大に対応するために、量子リンクの鍵生成速度を従来比10倍に向上させるとともに（損失10分の1の通信路において1Mbps程度）、効率的な鍵リレーやルーティング機能を搭載した量子鍵配送ネットワークを構築する。さらに、量子ビット誤り率を3%以下に保って安定に鍵生成を行うためのアクティブ制御技術を開発するとともに、都市圏敷設ファイバ環境での暗号化性能の定量的評価技術を開発し、実運用に必要な安定動作及び安全性評価試験を行う。

既存の光ファイバ通信技術と親和性の高い量子暗号ネットワークを低コストで構築する技術として、コヒーレント状態とホモダイン検波を用いた実装技術の研究開発を進め、フィールド環境での動作試験を行う。

これらの量子暗号技術をフォトニックネットワークに組み込んで効率的な鍵管理を行うためのアーキテクチャの研究開発を進め、プロトタイプのフィールド実証試験を行う。

### ア 量子暗号技術の研究開発

量子鍵配送(QKD)ネットワークの高速化、安定化に於いてはH26年度までに世界的にも例がない都市圏敷設ファイバを使用した高速量子鍵配送システムを実現、伝送損失10dBにおいて1Mbpsの鍵生成に成功し、従来比10倍の性能向上に成功するとともに、鍵生成の安定性の向上のためアクティブ制御の開発に成功し、一か月を超える長期間において量子ビット誤り率3%を下回るシステムの開発に成功した。

都市圏敷設ファイバ環境での暗号化性能の定量的評価技術開発と実運用に必要な安定動作及び安全性評価試験では、(a) NECと連携でQKD装置から共通鍵暗号(AES)装置へ暗号鍵を高頻度(最大1秒毎)で供給し、データレイヤ上の重要通信を直接、高速暗号化(100Mから1Gbps)する統合型暗号化システム(QKD-AESハイブリッドシステム)を実装して、府中～小金井間敷設ファイバで、このQKD装置の長期安定性を実証し、中長期目標を達成(K. Yoshino, et. al., QCrypt 2015)。(b) 都内のNECのサイバーセキュリティ対策の中核拠点「サイバーセキュリティ・ファクトリー」内で、2015年7月から長期安定性試験を開始し、順調にデータを蓄積して実用化へ大きく前進(報道発表[http://jpn.nec.com/press/201509/20150928\\_03.html](http://jpn.nec.com/press/201509/20150928_03.html))。(c) 東芝と連携し、QKDシステムの干渉計光路長、偏光、及び検出同期を能動的に安定させ、かつサイドチャネル攻撃対策を組み込んだQKD装置(第三世代)を完成。重要部品の故障モニターと自動スタート機能も導入。JGNXの小金井-大手町間敷設ファイバで長期安定動作を実証し、中長期も強を達成。(d) 仙台市において、ゲノム解析データの暗号通信へ適用(7km)、実証試験を2015年8月から開始し実用化へ大きく前進、等の社会実装に向けた顕著な成果を得た(報道発表[http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015\\_06/pr\\_j1801.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015_06/pr_j1801.htm); A. Dixon, et. al., QCrypt 2015)。

既存の光ファイバ通信技術と親和性の高い量子暗号ネットワークを低コストで構築する技術では、(a) 学習院大学との連携で、光子検出器ではなく光通信用の安価で小型のホモダイン検出器を用いた連続量量子鍵配送技術を開発し、伝送距離10kmでシフト鍵生成速度300kbps(世界トップ級)の安定動作を実証。(b) 東北大学との連携により高速・長距離の秘匿伝送技術として、コヒーレント多値伝送技術を用いた光量子雑音秘匿通信技術を開発し、データ速度が40-60 Gbit/sのシステムをラック収納サイズに小型化、320kmでの伝送試験に成功。(c) 微弱光を扱う連続量量子鍵配送と明光を扱う光量子雑音秘匿通信の同一ファイバ内における多重化伝送に成功し、光ファイバ通信技術と親和性を実証。等の成果により中長期目標を達成した。

量子暗号技術をフォトニックネットワークに組み込んで効率的な鍵管理を行うためのアーキテクチャの研究開発と、プロトタイプのフィールド実証試験では、潜在ユーザとの定期会合を重ね、実運用上の重要課題を把握。その結果に基づき、サービス停止(DoS)攻撃への耐性向上とバックアップ回線の確保に向けた盗聴検知・自動リルーティングや通信路上での異常診断機能を備えた鍵管理、及び多様なアプリを実現する鍵供給インターフェイスのアーキテクチャを開発し、フィールド実証試験を推進することにより、中長期目標を達成した。さらに、目標を上回る成果として、(株)プロドローン、

重技術、オール光ルー  
タを実現するための  
技術、量子情報通信技  
術などの研究開発を  
実施する。

### イ 量子ノード技術の研究開発

与えられた光送信電力の下で最大容量の通信を実現する技術として、光信号をノード内で量子的に処理し最大情報量を復号する量子デコーダの設計理論と基本回路技術の研究開発を行う。特に、高純度量子光源と、毎秒 100 個以下の暗計数で高感度かつ高速性に優れた光子検出器を組み込んだ光量子回路を開発する。さらに、回路の集積化に向けて、固体素子と光量子状態のインターフェイスやメディア変換技術の研究開発を行う。これらの研究開発で必要となる光子や原子の極限的測定技術も合わせて開発し、計測応用への実証を進める。

量子もつれ相関をネットワーク上で利活用することで、従来の ICT では不可能だった安全で公正な情報通信の新プロトコルと、その実現に必要な基盤技術を開発する。特に、有無線統合の量子リンク上で量子もつれ相関を直接的に使った次世代の量子鍵配送システムと、その実現に必要な光源及び光子検出器の開発を行う。

(株) サンエストレディングと連携し、ドローンの飛行制御通信の安全性強化技術（制御信号を物理乱数+ワнтаイムパッドで暗号化）の開発を推進し、複数の暗号鍵をドローンに搭載し、対となる暗号鍵を複数の地上局に QKD プラットフォームで配送し、地上局間で安全に飛行制御を引き継ぎ、広域飛行誘導するセキュア制御通信技術の実証実験に成功した(H27 年 9 月報道発表)。これは量子暗号技術の早期実用化にめどをつける顕著な成果である。

以上の成果により、量子鍵を配送する物理レイヤからサービスレイヤまで総合的に安全性を管理し、実際のネットワークに本格導入可能な量子鍵配送システムの開発と安全性基準の確立に、世界に先駆けて成功した。これらの成果と今後の展望を量子 ICT 研究室が主催した国際会議 UQCC2015, QCrypt2015 にて紹介した。

### イ 量子ノード技術の研究開発

量子デコーダの設計理論と基本回路技術の研究開発では、(a) 基本回路技術である量子受信機の原理実証を行い、従来の光通信理論におけるビット誤り率限界を打破することに世界で初めて成功(Phys. Rev. Lett. 106, 2505031 (2011))。 (b) 量子暗号の長距離化にも応用可能な「量子増幅転送」回路技術を独自に考案、その原理実証に成功(Nature Photonics 7, 439 (2013))。 (c) 光空間通信へのフィールド実装を目指したテストベッド(Tokyo FS0 testbed)を構築し、伝送効率の向上のみならず秘匿性まで担保し、最適バランスを実現する新方式の理論の実証実験に成功(Phys. Rev. A 86, 0423281 (2012)、IEEE Trans. on Inform. Theory 60, 6819 (2014); IEEE Photonics J., 7, 79034181 (2015))、等の成果により中長期目標を達成するとともに、本格的な量子通信のフィールド試験に展開する顕著な成果を得た。

量子もつれ相関の利活用による従来の ICT では不可能だった安全で公正な情報通信の新プロトコル実現に必要な基盤技術の開発では、量子光源及び光子検出器の高度化を軸に、有無線統合リンク技術、シリコン集積化量子光源、光量子回路等の基盤技術を開発に成功して中長期目標を達成するとともに(Opt. Express 22, 10659 (2013); Scientific Report 4, 7468 (2014); Opt. Express 22, 13616 (2014); Opt. Express 23, 1104 (2015); Nature Communications 5, 52351 (2014))、次世代の QKD 技術開発や光量子回路集積化へと展開する顕著な成果を得た(Scientific Reports 5, 9333 (2015), New J. Physics 17, 043030 (2015))。さらに要素技術の実用化に向け、光子検出器のサイズを従来の約半分小型化することにも成功した。

量子ノード研究開発で必要となる光子や原子の極限的測定技術では、インジウムイオンの波長 230nm の遷移を用いた独自の量子論理分光法の提案と開発に成功(Appl. Phys. B 107, 965 (2012); レーザ研究 41, 512, (2013); 日本物理学会誌 69, 493 (2014); Appl. Phys. B 121, 147 (2015))、また、当初計画を超えた高精度化を目指し波長 159nm の遷移を用いた次世代周波数測定法手法を提案し、その基盤要素技術である真空紫外光源の開発に成功するとともに(Appl. Phys. B 117, 957 (2014))、時空標準研究室への技術移転によりインジウムイオン光周波数標準動作を実証し、中長期目標を達成した。

量子もつれ中継技術の研究開発では、材料探索、基礎物理実験により、将来の量子中継実現に向けて、超伝導量子回路技術、および超伝導一ダイヤモンドー光のハイブリッド量子系の原理実証に成功。小規模量子プロセッサとして、最終目標の「シングルショット完全ベル測定」技術も実証実験を完了し、今中長期目標を全て達成した。さらに、量子ドットスピン制御技術により世界最高速度の単一量

	<p>さらに、量子もつれ相関を壊すことなく中継し、広域ネットワークで利用するための量子もつれ中継技術の研究開発を行う。特に、量子メモリと小規模量子プロセッサを開発して、損失で劣化した複数の量子もつれ状態から理想的な量子もつれ状態を純粋化する操作を実証する。</p>	<p>子ゲート動作（2.5 ピコ秒）の実現にも成功した。今後のハイブリッド量子系の本格的な技術開発進展が期待できる成果である。</p>
--	--	---

## 自己評価

## 評価

S

## 【評価結果の説明】

- 量子暗号技術については、量子鍵配送 (QKD) ネットワークの高速化および安定化、都市圏敷設ファイバ環境での暗号化性能の定量的評価技術開発と実運用に必要な安定動作及び安全性評価試験、既存の光ファイバ通信技術と親和性の高い量子暗号ネットワークを低コストで構築する技術、量子暗号技術をフォトニックネットワークに組み込んで効率的な鍵管理を行うためのアーキテクチャの研究開発と、プロトタイプの実証試験の全ての研究開発項目で中長期目標を全て達成した。その中で、フィールド環境等での量子鍵配送装置の動作試験としての Tokyo QKD Network での動作試験、サイバーセキュリティ・ファクトリーでの評価実験、仙台市のゲノム解析データ暗号化通信実験の成功は、実証用テストベッドから実際へのユーザ環境への展開であり、量子暗号技術を社会実装へと大きく前進させる特に顕著な成果である。また、上位アプリケーションとしてのドローンの飛行制御通信の安全性強化技術開発は、計画を上回る成果であり、これまで量子暗号技術の主な対象とされていた光ファイバネットワークを超えて無線通信路での社会展開を大きく前進させる特に顕著な成果である。
- 量子ノード技術については、量子デコーダの設計理論と基本回路技術の研究開発、量子もつれ相関の活用による従来の ICT では不可能だった安全で公正な情報通信の新プロトコル実現に必要な基盤技術の開発、量子もつれ中継技術の研究開発、の全ての研究開発項目について中長期目標を全て達成した。この中で、量子デコーダの設計理論、及びフィールド実証に向け光空間通信テストベッドの構築は、以降の本格的な量子通信のフィールド試験へ展開が期待される特に顕著な成果と考えられる。また、量子光源及び光子検出器の高度化を軸に実施した、有無線統合リンク技術、Si 集積化量子光源、光量子回路等の基盤技術を開発は、次世代 QKD 技術開発や光量子回路集積化への展開が期待できる。中でも「量子もつれ交換」の 1000 倍の速度向上、世界最速量子ゲートの実現等は、量子ノード技術の実現を強く加速化するものであり、特に顕著な成果と考えられる。

## 「必要性」

- 19 世紀に確立された物理法則に基づく現在の情報通信技術は、システムの電力密度限界や暗号解読の危機など、今後次々と物理的限界を迎えてゆく。量子情報通信は究極の物理法則に基づいて、無条件安全な暗号や従来の容量限界を打破する究極の方法であり、その研究開発は時代の必然である。
- 量子暗号技術の研究開発は開発リスクが大きく、専用回線等を用いたテストベッドが必要である等から、産学官での連携を取りながら戦略的に推進すること

が必要な研究開発として国立研究機関が主導的に推進するべきものである。従って、実証システム Tokyo QKD Network テストベッドを推進してきた NICT で行うべき研究である。

### 「効率性」

- 本中長期計画において、All Japan の研究開発体制を整備し、NICT が有する Tokyo QKD Network テストベッドを中核として、産学官連携での研究開発を強力かつ効率的に推進。特に、主要課題ごとに作業部会を開催し、技術ノウハウや問題点に関する情報交換を行うとともに、自ら研究、委託研究、総務省 SCOPE プロジェクトの参加チームが一堂に会する量子 ICT フォーラムを開催し、最新の研究成果発表、今後の推進戦略の検討を行い、研究資源の効率運用を実現している。本フォーラムを核に、さらに国際連携を推進するためのプロジェクト「Project Updating Quantum Cryptography and Communications:先進量子暗号・量子通信プロジェクト」を組織し、相互接続実験や共同研究を効率的に運用したほか、成果発信の枠組みとしても活用している (<http://www.uqcc.org/>)。
- NICT 自ら研究が有する量子信号処理や光子検出技術、量子受信器を軸として、低電力・大容量化に向けた量子ノード技術などの基礎研究を推進するとともに、実利用を目指した量子暗号技術では、産学との連携により外部機関の得意技術を活かした量子鍵配送装置の開発や集積化に向けた量子メモリや量子プロセッサの開発などを効率よく推進し、世界的にもトップクラスの成果を挙げている。

### 「有効性」

- 量子暗号技術は、盗聴を確実に検知することで安全な情報通信を実現する、現在人類が知りうる唯一の技術である。現在の技術レベルは都市圏（約 50km 圏）でのミッションクリティカル用途で動画の秘匿伝送が可能な段階にある。実利用への課題は、鍵生成速度の向上、実際の敷設環境での安定動作化、そして汎用性確保のための上位レイヤでの活用技術の研究開発である。本中長期計画において、産学官連携を強く推進することにより、これらの性能・機能を全て備え、アプリケーションを含めた実際のサービス運用の面において、最も有効と考えられる量子暗号システムを実現した。
- 量子ノード技術は、ネットワークのノード内で光信号を量子的に処理することで、量子通信の長距離化や、シャノン限界を超える通信の実現に資する技術である。本中長期計画での成果は、Nature 誌を始めとする国際的著名論文誌に多数掲載され、学术界で高く評価されると同時に、極限計測技術では量子 ICT 技術を応用した光周波数標準技術を開発し技術移転、量子デコーダ技術では原理実証を超えてテストベッドへの展開を計画前倒しで進めるなど、取り組みの有効性を示している。

### 「国際水準」

- 量子暗号技術の研究開発では、多くの側面で NICT がリードしている状況にある。高速化技術では、NEC-NICT チームと、東芝ケンブリッジ研究所 (TREL) が世界トップ性能を競っている。平成 23 年度から TREL が新たに NICT 委託研究に参加し、世界の技術を牽引する産学官連携体制が日本にできた。平成 26 年度 10 月から、内閣府 ImPACT プログラム内の課題「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」（平成 30 年まで）の下、NICT が量子セキュアネットワークプロジェクトを統括し理論、実験ともに研究開発を加速している。製品化とフィールドネットワークの規模では、海外ベンチャー企業と中国が圧倒

的にリードしているが、暗号機器としての安全性と信頼性にはまだ客観的な保証が欠落している状況。NICT と大手企業が徹底した安全性・信頼性評価を進めており、今後国際規格化をリードすることが期待される。また、量子暗号やその関連技術を用いたアプリケーションの開発ではすでに NICT が世界を大きくリードしている。グローバルワイヤレスネットワーク構築に向けた研究開発では、近年、Google や Facebook などが衛星や無人航空機による構築を目指した研究を立ち上げた。現在はまだ RF 帯、光波長帯での接続性の向上のみが焦点になっているが、NICT では、量子 ICT 研究室と宇宙通信システム研究室が連携して、接続性に加えて安全性まで考慮した研究開発に着手。特に、量子暗号の限界を超えるため新しい物理レイヤ暗号の基礎理論、フィールド実験、アプリケーション開発に着手し、NICT がリードしている状況にある。

- 量子ノード技術の研究開発では、いくつかの側面で NICT がリードしている状況にある。量子デコーダでは NICT が理論実験とも先駆的な成果を上げてきたが、BBN テクノロジー、マサチューセッツ工科大学、NIST も優れた成果を上げるようになり、競争関係に入っている。量子信号処理に関しては、フィレンツェ大学、グリフィス大学、クィーンズランド大学が先駆的な論文を発表しリードしているが、依然、実験室レベルの研究。NICT では、フィールド実験への移行を目指し、第 3 期から徐々にウェイトを光ファイバネットワーク上での量子もつれ制御技術へシフトさせた。その結果、H27 年の最終年度において、量子もつれ交換速度で従来記録を一気に 1000 倍改善することに成功し世界を圧倒的にリードしている。量子計測標準技術では NIST、ドイツ物理工学研究所 (PTB) などがリード。NICT は独自の次世代技術でプレゼンスを向上中で、PTB との共同研究、EU COST プロジェクト参加等で世界的研究協力を牽引している。量子中継に関しては委託研究の受託機関（国立情報学研究所、東京大学、横浜国立大学）及び NICT の連携チームの研究成果は世界トップクラス。海外のライバル機関は量子光学、超伝導技術など、個々の要素技術で世界をリードする機関。一方、デルフト工科大（オランダ）、ウイーン工科大（オーストリア）等とは強く連携を進めている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 18

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添3-(4) 超高周波 ICT		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	73	29	75	35	56	事業費用（億円）	5.2	4.9	4.0	6.3	3.2
特許出願数	—	32	12	24	18	19	職員数 ※内数	65	83	79	83	80

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</p>	
中長期計画	
<p><b>3 未来ICT基盤技術</b></p> <p>未来の情報通信の基礎となる新概念を創出し、情報通信技術の新たな道筋を開拓していくため、脳活動の統合的活用や生体機能の活用により情報通信パラダイムの創出を目指す脳・バイオ ICT 及び革新的機能や原理を応用して情報通信の性能と機能の向上を目指すナノ ICT、量子 ICT、超高周波 ICT の個別研究課題を設定し、それらの革新的機能の実現・実証を通じて、ネットワーク全体のエネルギー効率の改善など、未来の情報通信にイノベーションをもたらす情報通信基盤技術の研究開発を進める。</p>	

**(4) 超高周波 ICT**

超高速無線通信や非破壊非接触計測に重要な未開拓電磁波領域のテラヘルツ・ミリ波等の超高周波領域に関して、欧米との開発競争が始まっている中、その利用技術を確認するため、技術基盤となる光源、検出器、増幅器、変復調器、光電変換器、アンテナなどの制御機器も視野に入れ、2015 年頃までに超高周波領域の基盤技術の研究開発を進める。また、災害時を含む幅広い使用に耐える計測センサシステム、非破壊検査システム、無線通信システム、標準信号源システム等の要素技術、各種システムを統合した超高速無線、超高速信号計測、知的基盤技術（計測に必要な標準（周波数、パワー）、物質の分光特性にかかるデータベース、測定手法の標準化）等の研究開発及び標準化を推進する。

**ア 超高周波基盤技術の研究開発**

100Gbps 級の超高速無線通信やテラヘルツ波を用いた高精度な（現状より 1 桁高い周波数分解能を持つ）非破壊非接触計測を 2020 年頃までに可能にするために、超高周波領域での光源、検出器、増幅器、変復調器、光電変換器、アンテナなどの各要素技術を開発し基盤技術を確認する。

**イ 超高速無線計測技術の研究開発**

超高速無線通信や超高速信号計測を 2020 年頃までに実現するシステム開発に資するため、100Gbps 級無線通信、リアルタイム計測による非破壊非接触センサ技術、及び超高周波帯での計測に必要な標準（周波数、パワー等）を定めるための技術を確認する。

**ウ 超高周波応用センシング技術の研究開発**

有害物質の分析、社会インフラ・建造物等の経年劣化や災害によるダメージ診断等に利用可能であり、被災状況の迅速な把握や救助者の二次被害防止も可能とするテラヘルツ帯近傍の周波数帯によるセンシング技術を確認するとともに、従来からのセンシング技術と併せたセンシングシステムを開発し、従来技術のみでは困難な実時間非破壊非接触センシング応用技術の研究開発を進める。第3期中期目標期間の半ばまでに、様々な非破壊検査用途に応用するためのベースとなる可搬型イメージングシステムを試作し、2020 年頃からの産業応用を目指して、材料・物質の周波数特性にかかるデータベースを 2015 年までに実利用に目処がつくレベルまで整備するとともに、測定手法の標準化を進めるための技術を 2015 年までに確認する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● 革新機能創成技術の研究開発</p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法</p>	<p>別添 3- (4) 超高周波 ICT</p> <p>(4) 超高周波 ICT 超高速無線通信や非破壊非接触計測に重要な未開拓電磁波領域のテラヘルツ・ミリ波等の超高周波領域に</p>	



をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

関して、欧米との開発競争が始まっている中、その利用技術を確立するため、技術基盤となる光源、検出器、増幅器、変復調器、光電変換器、アンテナなどの制御機器も視野に入れ、2015年頃までに超高周波領域の基盤技術の研究開発を進める。また、災害時を含む幅広い使用に耐える計測センサシステム、非破壊検査システム、無線通信システム、標準信号源システム等の要素技術、各種システムを統合した超高速無線、超高速信号計測、知的基盤技術（計測に必要な標準（周波数、パワー）、物質の分光特性にかかるデータベース、測定手法の標準化）等の研究開発及び標準化を推進する。

#### ア 超高周波基盤技術の研究開発

100Gbps 級の超高速無線通信やテラヘルツ波を用いた高精度な（現状より 1 桁高い周波数分解能を持つ）非破壊非接触計測を 2020 年頃までに可能にするために、超高周波領域での光源、検出器、増幅器、変復調器、光電変換器、アンテナなどの各要素技術を開発し基盤技術を確立する。

- ・電子デバイスの高性能化として、窒化ガリウム系、インジウム・リン系、インジウム・アンチモン系、シリコン・ゲルマニウム系、シリコン CMOS 等のトランジスタの作製・設計手法を確立、特性向上を図り、超高速無線通信やテラヘルツ帯の利用に寄与する電子デバイスを創出した。ネットワークアナライザと周波数エクステンダにより 500GHz までの計測環境の構築を完了、化合物半導体およびシリコン CMOS などのデバイスおよびサブシステムのテラヘルツ帯での正確な測定・評価技術を確立した。
- ・窒化ガリウム系トランジスタ (GaN HEMT) について、InAlN バリア層を 5nm から 2nm に薄膜化、最適バリア層厚が 3nm であることを確認、MIS 型ゲート構造にて約 1.5 倍、MES 型ゲート構造では約 1.8 倍の相互コンダクタンスの増加と 270GHz を超える最大発振周波数を実現した。また、GaN 自立基板上にエピ構造を作製、低結晶欠陥なエピ構造を確認するとともにシリコンカーバイド基板上のトランジスタと同等の高周波特性を実現、さらには順方向ゲート電流を 1/10 以下に抑制、より高い電圧印加の可能性を提示した。
- ・インジウム・リン系トランジスタ (InP HEMT) について、モンテカルロ法シミュレーションによる構造設計・特性解析によりゲート電極の埋め込み構造が高速化に有用であることを提示した。また、超高周波センシングシステムへの適用を目指し、微細 T 型ゲート InP HEMT を試作、50 GHz の雑音特性を評価、世界最小値 (0.6 dB) を実現、さらに 300~16 K (+27~-257°C) での動作と室温で約 1.2 倍の最大発振周波数の増加を確認した。
- ・インジウム・アンチモン系トランジスタ (InSb HEMT) について、日本国内の研究グループとしては初めて 300GHz を超える遮断周波数を実現した。
- ・シリコン・ゲルマニウム (SiGe) 系トランジスタについて、従来の CVD 法や MBE 法に替わり半導体界面

の組成急峻性や平坦性が良好になると期待でき環境負荷も少ないスパッタエピタキシ法を開発、直径 2 インチ基板上の HEMT 構造で  $R_a = 0.5\text{nm}$  の平坦な成膜を実現した。さらに、Si のキャリア移動度を  $1490\text{cm}^2/\text{Vs}$  向上、ゲルマニウム組成比 30%以上の SiGe を Si 基板に格子整合成長し、これら技術の特許化した。

- ・ 安価に大量生産でき実用化のための重要技術であるシリコン CMOS 集積回路について、NICT 内に設計設備を整備、回路レイアウトの工夫により、性能を維持しつつ小型化を実現した D 帯 (110~170 GHz) 増幅器の試作に成功し、国際会議の最優秀賞を受賞した。300 GHz 帯送信機フロントエンド回路で 100 Gbps 超の世界最高伝送速度を達成した。
- ・ 超高速信号測定技術の開発として、ネットワークアナライザと周波数エクステンダにより測定上限周波数を 500GHz までに拡張するとともに、アクティブ/パッシブデバイスの S パラメータ計測環境の構築を完了、導波管接続やオンウェハ・プロービングにより化合物半導体およびシリコン CMOS などのデバイスやアンテナおよびサブシステムのテラヘルツ帯での正確な測定・評価技術を確立した。
- ・ 電子デバイスの高性能化と超高速信号測定技術の開発を組み合わせた実績として、増幅器やアンテナ等が作製される同一基板上にインピーダンス標準基板 (モノリシック ISS) を作製、超高周波で S パラメータ測定精度が良いとされる TRL 法を実証するとともに、最先端の 40nm プロセス・シリコン CMOS を用いた 12 段 LNA の S パラメータを周波数 90~220GHz で実測評価、CMOS 動作中心周波数である 160GHz で 14dB を超える利得、かつ 120~195GHz の超広帯域 (帯域幅 75GHz) で 10dB を超える利得を実現した。さらに、最先端の 40nm プロセス・シリコン CMOS を用いた 5 段差動増幅器の S パラメータを周波数 90~220GHz で実測評価し、148GHz で利得 20dB、かつ 22GHz の 3dB 利得幅を実現した。
- ・ 酸化ガリウム ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) という新しい半導体材料に世界に先駆けて着目し、前例の無いそのデバイス応用に関する研究開発をスタートし、これまで産学外部機関と緊密な連携を取りながら推し進めてきた。実際の研究開発においても、本中長期計画当初にスタートし、これまで 5 年足らずの短い期間に、世界初の  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  トランジスタの実現、実用に近い構造を有する高耐圧  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  MOSFET の試作・優れたデバイス特性の実証、耐圧 1 kV に迫る縦型  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  ショットキーバリアダイオードの実現など、重要なマイルストーンとなる成果を順調にあげてきた。H23-27 年度の成果として、学術誌論文 (24 編)、国際会議招待講演 (32 件)、海外大学、企業・公的研究所招待セミナー (10 件)、国内学会招待講演 (39 件)、国内大学、企業・公的研究所招待セミナー (4 件)、特許出願 (23 件)、著書 (分担執筆 5 編)、雑誌記事 (10 編)、受賞 3 件 (フジサンケイ先端技術大賞特別賞、日本学術振興会賞、IWGO Young Researcher Paper Award) などを達成した。近い将来、低電力損失が可能となるパワーデバイスへの応用や、その他無線通信、耐環境デバイス等その優れた材料特性を生かした様々な応用が期待され、社会に向けて環境・産業の両面での大きな波及効果が見込まれる。

#### イ 超高速無線計測技術の研究開発

超高速無線通信や超高速信号計測を 2020 年頃までに実現するシステム開発に資するため、100Gbps 級無

- ・ 超高速無線通信や超高速信号計測の開発の際に必要な標準を定めるための技術開発を行った。本研究開発では、特にテラヘルツ周波数コムに着目し、光周波数コム光源およびテラヘルツ波変換技術について研究開発を行った。通信波長帯半導体レーザを用いた変調器ベースパルス光源については、

線通信、リアルタイム計測による非破壊非接触センサ技術、及び超高周波帯での計測に必要な標準（周波数、パワー等）を定めるための技術を確立する。

#### ウ 超高周波応用センシング技術の研究開発

有害物質の分析、社会インフラ・建造物等の経年劣化や災害によるダメージ診断等に利用可能であり、被災状況の迅速な把握や救助者の二次被害防止も可能とするテラヘルツ帯近傍の周波数帯によるセンシング技術を確立するとともに、従来からのセンシング技術と併せたセンシングシステムを開発し、従来技術のみでは困難な実時間非破壊非接触センシング応用技術の研究開発を進める。第3期中期目標期間の半ばまでに、様々な非破壊検査用途に応用するためのベースとなる可搬型イメージングシステムを試作し、2020年頃からの産業応用を目指して、材料・物質の周波数特性にかかるデータベースを2015年までに実利用に目処がつくレベルまで整備するとともに、測定手法の標準化を進めるための技術を2015年までに確立する。

これとテラヘルツ変換素子により生成したテラヘルツ帯周波数コムを用いて、テラヘルツ帯量子カスケードレーザの安定化を行った。光周波数コムとしては3THz帯域の平坦なコムスペクトルを実現し、これから得られたTHzコム参照信号へのTHz QCLの位相ロックを行い、計測装置の分解能(1Hz)程度の線幅となるような安定化を実現した。これにより、テラヘルツ帯における無線通信や分光計測の源振に適用可能な高安定・狭線幅テラヘルツ光源技術を確立できることを示した。一方、1 $\mu$ m帯ファイバーベースパルスレーザ光源については、高出力化の結果、パルス幅約110 fs、平均出力>3 W(繰返し100 MHz)の1 $\mu$ m帯フェムト秒パルスが得られ、これとGaP結晶から発生させたTHzパルスにより、スペクトル帯域幅4THz程度を実現した。これにより、開発した高強度1 $\mu$ m帯パルス3THz超のスペクトル帯域でも十分な強度を持つことが示され、テラヘルツ帯における広帯域分光計測へ適用可能なテラヘルツ光源技術を確立できることを示した。

- ・テラヘルツ波帯を用いた分光装置のバリデーション法（測定結果の妥当性確認法）を確立するための国内比較試験のための標準サンプルを作製し比較試験、および試験後の誤差要因解析を理化学研究所、産業技術総合研究所の協力を得て実施し、その結果をもとに、テラヘルツ波帯分光器のユーザーガイドを作成し、広く一般への配布を開始するとともに、英国NPLが作製したサンプルを用いた国際比較試験に日本代表として参加した。ミリ波帯からテラヘルツ帯の誘電特性の連続性を原理の異なる2種類の測定法で実証した。さらに、ガイドに沿った測定法で得られたスペクトルを用いて、理化学研究所と共同で開発したスペクトルデータベースを拡充し、ユーザーインターフェースを改良して国内外の研究機関から参加できる環境を整備した。また、測定法の無機有機コンポジット材料の評価への応用の可能性を実証した。国際化に関しては、THz Metrologyのセッションを国際会議に設立し、EUプロジェクトから外部協力機関として招待されるなど、誘電体計測分野で世界をリードした。
- ・産学との連携により、被災建造物の内部構造劣化診断のための、高周波電磁波(10~20 GHz)センサの開発を実施した。予備実験により、石膏ボードの壁面から6 cm奥にある木製柱の間隙1 mmの破断をも検出可能なことを確認した。実地試験に用いるセンサとして3次元画像を短時間で得られる32素子で検査幅約500mmのリニアアレイ型レーダの試作機を完成させ、性能を一般木造住宅や家屋模擬試験体により検証した。赤外線を使用した非破壊診断システムを開発し、壁の表面からは見えないクラックを、3 mの遠隔からでも検出する性能を実証した。
- ・産学との連携により、テラヘルツアレイセンサの新画素構造を開発し、0.5~0.6THz付近において、従来製品比約10倍（現状10nW (@0.6THz) →<500pW）の最小検知パワーの向上を実現した。また、画素数においても4倍の画素数の640×480（現状320×240）アレイセンサ（THzの周波数領域では世界最大の画素数）の製造技術を実現し、同アレイセンサを搭載した走査機構のないリアルタイムのハンディTHzカメラを開発した。THz技術の用途に関するユーザーニーズ調査および実証実験に関するシミュレーションを行い、実証実験環境として模擬セキュリティ現場を選定し、被写体の透過画像と反射画像を同時に取得できる実証実験機を開発した。

自己評価	
評価	B
<p><b>【評価結果の説明】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 中長期計画での超高周波領域での各要素技術開発の目標に対し、様々な材料でのトランジスタの作製・設計手法を確立、特性向上を図り、超高速無線通信やテラヘルツ帯の利用に寄与する電子デバイスを創出することができた。また、酸化ガリウムという新しい半導体材料に世界に先駆けて着目し、前例の無いそのデバイス応用に関する研究開発をスタートし、短期間で重要なマイルストーンとなる画期的な成果を順調にあげた。さらに、超高速信号計測等に資する標準を確立する計画に対し、テラヘルツ帯における無線通信や分光計測の源信に適用可能な高安定・狭線幅テラヘルツ光源技術を確立できることを示すなど、中長期目標を着実に達成した。</li> <li>○ テラヘルツ波帯分光器のユーザーガイドを日本語および英語で作成し、広く一般への配布を開始した。このガイドは、H27年度中に大学、公的研究機関を中心に30機関以上に提供した。またミリ波帯からテラヘルツ帯の誘電特性の連続性を原理の異なる2種類の測定法で実証、スペクトルデータベースを拡充、THz Metrologyのセッションを国際会議に設立するなど、誘電体計測分野で世界をリードした。</li> <li>○ 被災建造物の診断や、耐震診断において、これまで非破壊に検査することのできなかった壁内部の状況を3次元画像化することのできる高周波電磁波センサの開発に成功し、今後の実用化が期待できるレベルに達するなど、中長期計画を着実に達成した。</li> </ul> <p><b>「必要性」</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 超高速無線技術・非破壊検査・ケミカル／バイオセンシング等への応用が期待できる有望な分野であるが、計測技術や個別要素技術が発展途上にあるため、公的研究機関が主体となって開発する必要がある。本分野は欧米においても国家主体が進められており、我が国においても国際標準化・知財も含め、公的研究機関の先導により戦略的に推進することが国際競争力の点からも必要である。テラヘルツ技術を一体的・包括的に研究開発できる組織として、NICTが率先して研究開発を進めるべきである。特にテラヘルツ帯を用いた無線通信は欧米で研究開発が活発化しており、ISSCC、MTT IMSなど著名な国際会議で多数の発表があるほか、DARPA、FP7等で大規模な研究プロジェクトが始まっているため、我が国でも一層研究開発を活発化し競争力を維持強化する必要がある。</li> <li>○ 世界的課題である省エネルギー社会の実現のためには、酸化ガリウムデバイスのような全く新しい高効率パワーデバイスを開発する必要がある。また、高温・放射線下等の極限環境における情報通信デバイスなど、今世の中が必要としていて存在しない半導体デバイスを開発、提供することは重要である。更には、これら半導体デバイス新規応用分野を開拓することで、日本発の新半導体産業の創生を促し、経済面でも我が国に貢献することは強く求められている。</li> <li>○ テラヘルツ分光測定における測定システム間の比較検証や、標準試料・測定プロトコルの確立・公開は、計測結果に対する測定系依存性を解消し、テラヘルツ分光法の応用拡大と標準化を行う上で必要性が高い。</li> <li>○ 被災時の効率よい建造物の診断、また、既存建築物の耐震性を壁などをはがすことなく診断する手法に対して建築物診断関係者からの要望がある。</li> </ul> <p><b>「効率性」</b></p>	

- 高精度・高制御性テラヘルツ技術の確立を目指し、機構内の研究者の連携体制を強化すべく、平成 24 年度にテラヘルツ研究センターが発足した。この体制が有効に活動しており、多数の成果が出せた。産学官との連携も積極的に推進し、論文発表、特許出願、技術移転が活発になされており効率性は高いと言える。超高周波 ICT 技術を中核とし、テラヘルツ波の発生技術・検出技術・計測技術・無線通信技術までを一括・包括的に研究開発できる体制を整え、テラヘルツの要素技術から応用技術まで効率的に研究開発を推進した。
- 酸化ガリウムデバイス開発においては、研究スタート時から産学官連携プロジェクトとして、結晶成長からデバイスプロセスまでを分担して推進してきた。その結果、短期間に多くの優れた研究成果を導出、発表することが出来た点に、その効率性の高さは現れている。また、産業化が見込める分野、および知財が創出される項目に関しては、主に国内企業と積極的に共同開発を進め、早期に技術移転、産業化へと展開できるようにしてきた。
- 国内外の大学・研究機関との共同研究や産学連携を積極的・効果的に進めた。多くの論文発表、特許出願・技術移転がなされ、効率性は高い。
- 建造物非破壊センサの開発においては、センサ技術や土木建築分野の診断技術を有する大学、レーダ開発技術を有する企業との連携により、効率的に推進することができた。

#### 「有効性」

- 高電子移動度トランジスタ (HEMT) の高速化、高性能化により、ミリ波からテラヘルツ波の利用が電子デバイスによって可能になれば、安価で小型な装置によりこれらの周波数帯を利用することが可能となり、未利用の周波数帯による超高速の情報通信や高精度センシング等の目的で活用することが可能となるとともに、既に利用が飽和状態にある周波数資源のひっ迫対策ともなる。テラヘルツ周波数コムによる高精度な周波数標準の確立により、同帯域における無線装置の正確な校正、評価が可能となる。200GHz 超の特性計測技術により様々な計測手法の標準化やパワー標準等への波及効果が見込まれる。テラヘルツミリ波周波数帯における非破壊検査は、構造物、食品パッケージ、文化財などの非破壊検査に活用できる。
- 酸化ガリウムを材料とする低損失パワーデバイスを開発することは、社会に大きな省エネ効果をもたらす。また、高温、放射線下等の極限環境デバイスを新規開発することは、半導体デバイスの適用範囲を更に広げることにつながり、現状以上の安全・安心な社会の構築に貢献する。更に、我が国の半導体産業の発展にもつながるため、経済的な効果も大きい。
- 標準化された試料やプロトコルを用いたテラヘルツ分光装置の検証や、国内外の複数機関による比較試験により得られた誤差要因を解析結果は、成果の社会還元と技術移転促進の観点から有効性が高い。
- 高周波センサによる建造物診断の有効性を建築関係の専門家と協議して進めた。

#### 「国際水準」

- ネットワークアナライザと周波数エクステンダによる 200GHz 超の特性計測技術はこれまで国内外で確立したものはなく、いち早く環境を整備している NICT の優位性は明らかであり、研究を先導すべき立場にある。光通信波長帯におけるテラヘルツ帯周波数コムの実現しているのは、現在のところ NICT の技術のみであり、類似の例は国内外においてない。

- 酸化ガリウムデバイス研究開発に関しては、NICT を中心とするグループがパイオニアであり、現状は唯一無二の存在である。現状、諸外国に比べて少なくとも3~4年程度は技術的に進んでいると考えられる。ただ、欧米で大型プロジェクトがそれぞれ予定されているという情報も入ってきており、今後は世界規模の熾烈な競争になると予想される。
- 可搬型テラヘルツカメラは、性能的に世界トップレベルを有しており、パワー計測の標準機器としての可能性も秘めている。
- 国際会議における THz Metrology セッション設立や、EU プロジェクトからの招待など、テラヘルツ帯の計測技術および標準化に関して世界をリードしている。ミリ波帯からテラヘルツ波帯に至る複素誘電率を完全に連続して計測できる機関は世界で唯一である。また、この周波数領域における材料特性のデータベース構築と、様々な非破壊計測への応用技術の開発・実証に関しては世界トップレベルである。特に電力設備への応用（ガスタービン耐熱コーティングの劣化調査、鉄塔塗装下の錆検出等）は世界に先駆けて実用化段階に達している。
- 建造物診断を目的としたレーダは未開拓分野であり、10 GHz を超えるレーダで画像化は世界で唯一の技術である。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 19

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添4-(1) 電磁波センシング・可視化技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号、第四号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	74	87	53	59	65	事業費用（億円）	9.4	11.9	10.4	10.5	9.9
特許出願数	—	0	1	2	2	2	職員数 ※内数	70	72	70	73	73

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価												
中長期目標												
<p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</p>												
中長期計画												
<p>4 <b>電磁波センシング基盤技術</b></p> <p>研究機構が逡信省電気試験所、郵政省電波研究所時代から長年にわたり蓄積し、発展させてきた電磁波計測の技術と知見を活かして、時空標準、電磁環境、電磁波センシングの個別研究課題における革新機能創成を目指すとともに、社会を支える基盤技術としての高度化・高信頼化及び災害対応の強化を図っていく。</p> <p>これにより、高度なネットワーク技術やコミュニケーション技術の進展とともに成長し、複雑化していく社会を未来に亘って高精度に支えていくとともに、安心で安全な社会の構築に不可欠な、電磁波を安全に利用するための計測技術及び災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等を創出し、利用促進を図っていく。</p>												

## (1) 電磁波センシング・可視化技術

地球温暖化等のグローバルな気候変動問題、風水害や地震等の自然災害、航路上の物体や状況等、様々な空間・時間スケールにおける人間活動を脅かす諸課題に関し、安心と安全の確保をより確実なものにしていくため、太陽や地球近傍の宇宙空間から生活圏までの様々な現象や物質、物体等の状態を高精度に実時間計測するリモートセンシング技術及びデータ伝送、利用等に関する基盤技術の確立を目指す。計測対象の特性や計測装置の運用形態等に応じた柔軟かつ高安定な運用を可能にするため、周波数帯域の開拓及び計測系と情報伝送系の安定融合等のための基盤技術を研究開発するとともに、電離層から大気環境までの様々な観測データを統合的に管理、利用する大規模データベース統合技術や科学情報可視化技術等に基づくセンシング情報利用高度化のための基盤技術を研究開発する。

### ア 高周波電磁波センシング技術の研究開発

将来の地球観測光学衛星等の限られた衛星リソース上において、高精度アクティブセンシングと情報伝送を同一機器で行うことで、衛星軌道上などにおける通信断絶や障害に対応する複数通信手段の確保等が可能な情報通信を実現するための要素技術として、特に近年の地球観測において利用が進みつつある光領域において、計測と通信の品質確保を同一機器で行うための基礎となる光波制御及び出力安定化等の基盤技術を確立する。

また、高周波を用いた  $^{13}\text{CO}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{HDO}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  の同位体比検出等、微量物質や各種パラメータのリモート計測に適した周波数のシステム構成を可能にするとともに、将来の種々の目的に応じた情報伝送に必要な周波数の利用を可能にするため、その両面に応用可能な高周波発振技術、媒質中伝播の解析技術、信号検出技術及び信号処理技術の研究開発を行う。受信機構成技術において量子限界の 10 倍以内の受信機雑音温度を実現する等、ヘテロダイン検波等における高精度化を実現する要素技術を確立する。

### イ リージョナル電波センシング技術の研究開発

同一空間内に存在する豪雨等の現象や航空機等の物体等の超高速 3 次元観測を可能にする技術を確立し、空間内における事故防止等の安心・安全確保の向上に資するため、10km 程度の空間内の物体や大気の状態等を 10 秒以内で 3 次元スキャンする次世代ドップラーレーダ等の先端的レーダシステム構築技術を確立するとともに、その検証等を踏まえたさらに高速なデータ取得・処理基盤技術を確立する。

また、広範囲の地上の状況を上空から瞬時に把握し、災害時等における建物や車等の状態の精密分析を可能にすることで、災害復旧作業の最適化等に資するため、航空機搭載高分解能 SAR（合成開口レーダ）における 30cm 分解能による応用検証を行うとともに、発展的な観測手法の開発を目指して地上や海上の移動体の速度計測技術等の先導的な研究開発を行う。さらに、観測データと実際の地形画像とを迅速に照合し、判読するため、現在数日要している解析作業を半日程度に短縮する技術を確立する。

これらの先進的なレーダ送受信方式及び信号処理技術等の研究開発を行うことにより、100km 程度までのリージョナルスケールにおける空間情報や災害情報等のデータのきめ細かさ（時間・空間分解能等）を飛躍的に向上させ、安全で安心な社会のための的確で迅速な対応に結びつく実用化に向けた基盤技術を確立する。

### ウ グローバル電波センシング技術の研究開発

衛星搭載レーダの確実な開発とドップラー観測などの新しい観測に対応したアルゴリズム開発及び検証活動によって、EarthCARE 衛星の実現による雲情報の新たな知見を取得し、GPM 衛星のレーダによる 0.2mm/h 程度の降水検出性能を確保するための基盤技術の確立及び降水粒子推定手法の研究開発を行う。

これらの先進的な人工衛星搭載の電波センサと検証手法の研究開発によって、地球規模の環境情報を高精度に取得可能とし、地球温暖化や水循環の問題等の国際社会における我が国のイニシアティブの確保に貢献する。

### エ 宇宙・環境インフォマティクス技術の研究開発



人類活動の対象となる地球圏宇宙空間の電磁環境、電波利用等の宇宙・地球環境に関する研究開発を行う。特に、アジア・オセアニア域を中心に構築する国際的で多種多様な宇宙・地球環境の観測及びデータ収集・管理・解析・配信を統合的に行う体制整備し、宇宙環境のみならず地上での災害等対応も視野に入れた広領域・大規模データをリアルタイム収集・処理するためのインフォマティクス技術を確立する。

これらの技術と宇宙・地球環境の基礎的知見を組み合わせることで、①衛星測位等に影響を与える電離圏擾乱を緯度・経度で 0.5 度以下の空間分解能で予測、②静止軌道衛星等の障害原因となる電磁環境及び高エネルギー粒子到来を 1 度以下の空間分解能で予測などの宇宙・地球環境の現況把握と予報の高精度化を達成し、大規模可視化を含むサービスプラットフォームより情報発信を行う。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p><b>● 革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を</p>	<p><b>別添 4- (1) 電磁波センシング・可視化</b></p> <p><b>(1) 電磁波センシング・可視化技術</b> 地球温暖化等のグローバルな気候変動問題、風水害や地震等の自然災害、航路上の物体や状況等、様々な空間・時間スケールにおける人間活動を脅かす諸課題に関し、安心と安全の確保をより確実なものにしていくため、太陽や地球近傍の宇宙空間から生活圏までの様々な現象や物質、物体等の状態を高精度に実時間計測するリモートセンシング技術及びデータ伝送、利用等に関する基盤技術の確立を目指す。計測対象の特性や計測装置の運用形態等に応じた柔軟かつ高安定な運用を可能にするため、周波数帯域の開拓及び計測系と情報伝送系の安定融合等のための基盤技術を研究開発するとともに、電離層から大気環境までの様々な観測データを統合的</p>	

実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

に管理、利用する大規模データベース統合技術や科学情報可視化技術等に基づくセンシング情報利用高度化のための基盤技術を研究開発する。

#### ア 高周波電磁波センシング技術の研究開発

将来の地球観測光学衛星等の限られた衛星リソース上において、高精度アクティブセンシングと情報伝送を同一機器で行うことで、衛星軌道上などにおける通信断絶や障害に対応する複数通信手段の確保等が可能な情報通信を実現するための要素技術として、特に近年の地球観測において利用が進みつつある光領域において、計測と通信の品質確保を同一機器で行うための基礎となる光波制御及び出力安定化等の基盤技術を確立する。

また、高周波を用いた  $^{13}\text{C}$ O、CO、HDO、 $\text{H}_2\text{O}$  の同位体比検出等、微量物質や各種パラメータのリモート計測に適した周波数のシステム構成を可能にするとともに、将来の種々の目的に応じた情報伝送に必要な周波数の利用を可能にするため、その両面に応用可能な高周波発振技術、媒質中伝播の解析技術、信号検出技術及び信号処理技術の研究開発を行う。受信機構成技術において量子限界の 10 倍以内の受信機雑音温度を実現する等、ヘテロダイン検波等における高精度化を実現する要素技術を確立する。

- ・ 光領域における光波制御および出力安定化等の基盤技術として、2 ミクロン帯のレーザ技術とレーザを使用したセンシング技術の高度化を実施し、以下の結果を得た。
- ・ 2 ミクロン帯のレーザによる搭載型ライダーモバイルシステムを開発し、フィールドにて風観測の実証試験を行った。それにより 2 ミクロン帯では世界最高水準の 15 km 遠方の風観測が可能な性能、風観測精度が 0.1 m/s 以下である性能を確認し、開発したシステムの高安定性を実証した。
- ・ 2 ミクロン帯の高繰り返しレーザにおいては、平均出力が従来レーザより 2 倍以上高い、波長制御されたレーザとして完成し、計測システムを構築し風計測の実証試験を行った。これにより、励起方法の違う 2 種類のパルスレーザの基礎技術を確立し、将来の衛星機器実現への選択肢を広げた。
- ・ 光コムによる赤外域超狭線幅光源をライダー装置の波長制御に応用する技術を開発した。
- ・ 高周波を用いた微量物質や各種パラメータのリモート計測に必要とする技術として、3 THz 帯の発振技術、受信機構成技術及び信号検出・処理技術、また、ミリ波サブミリ波帯の解析技術及び受信機構成技術の開発を実施し、以下の結果を得た。
- ・ 3 THz 帯の発振技術では、テラヘルツ量子カスケードレーザ (THz-QCL) を高出力、高温動作化するとともに、THz-QCL の位相ロックによりテラヘルツ帯の高出力の標準周波数源供給の技術を確立した。
- ・ 3 THz 帯の受信機構成技術では、ホットエレクトロンボロメータの技術により受信機雑音温度として量子限界の約 8 倍である 1,200 K のヘテロダイン受信機を開発し、目標を達成した。
- ・ 受信機雑音温度の十分低いテラヘルツ受信機を用いて、ガスセル内  $\text{H}_2\text{O}$  等の分子スペクトル検出を実証し、テラヘルツリモート計測システムの信号検出・処理技術を確立した。
- ・ JEM/SMILES によるサブミリ波の観測データを使用して媒質中伝播の解析技術の高度化を行い、大気中の同位体比検出に成功した。さらに宇宙からの成層圏の風分布観測に世界で初めて成功した。
- ・ ミリ波サブミリ波の受信機構成技術として、衛星搭載機器のアンテナに用いることのできる口径 30 cm で重量 700 g 以下の軽量高精度反射鏡を製作し、さらに軽量のアンテナを実現するカーボン素材を使った反射鏡の環境試験を行うとともに、空間を伝搬する 500 GHz と 650 GHz の電波を分離する周波数分離板の開発を実施し、衛星搭載観測機器開発の基礎技術を確立した。

## イ リージョナル電波センシング技術の研究開発

同一空間内に存在する豪雨等の現象や航空機等の物体等の超高速 3次元観測を可能にする技術確立し、空間内における事故防止等の安心・安全確保の向上に資するため、10km 程度の空間内の物体や大気の状態等を 10 秒以内で 3 次元スキャンする次世代ドップラーレーダ等の先端的レーダシステム構築技術確立するとともに、その検証等を踏まえたさらに高速なデータ取得・処理基盤技術確立する。

また、広範囲の地上の状況を上空から瞬時に把握し、災害時等における建物や車等の状態の精密分析を可能にすることで、災害復旧作業の最適化等に資するため、航空機搭載高分解能 SAR（合成開口レーダ）における 30cm 分解能による応用検証を行うとともに、発展的な観測手法の開発を目指して地上や海上の移動体の速度計測技術等の先導的な研究開発を行う。さらに、観測データと実際の地形画像とを迅速に照合し、判読するため、現在数日要している解析作業を半日程度に短縮する技術確立する。

これらの先進的なレーダ送受信方式及び信号処理技術等の研究開発を行うことにより、100km 程度までのリージョナルスケールにおける空間情報や災害情報等のデータのきめ細かさ（時間・空間分解能等）を飛躍的に向上させ、安全で安心な社会のための的確で迅速な対応に結びつく

- ・ 10 秒で直径 60km の範囲、30 秒で直径 120km の範囲の降水の 3 次元観測を可能とするフェーズドアレイ気象レーダ（PAWR）を委託研究（平成 20-24 年度）により開発し、その性能評価・実証実験を行い良好な結果を得た。その後 PAWR は大阪・神戸・沖縄に整備され、特に神戸と沖縄においてはドップラーライダー等と組み合わせた融合システム（PANDA: Phased Array weather radar and Doppler Lidar Network fusion DATA system）として構築している。
- ・ PAWR は従来の降雨レーダよりも約 100 倍大きなデータ量となることから、JGN-X を用いた高速データ伝送・処理・配信システムも合わせて開発した。また、高速 3 次元データの利点を活かした可視化を行うことによりレーダの専門家でなくても直観的に気象現象を理解できるようなアプリケーションの開発実証を実施した。さらには、ソーシャル ICT 研究室との連携により、大阪と神戸の PAWR による局地的大雨の早期探知技術を活用し都市型浸水への対策を支援するゲリラ豪雨対策支援システムの開発、自治体（神戸市）との連携による実証に取り組むなど、データの利活用の幅が大きく広がっている。
- ・ PAWR による高速 3 次元降雨計測は国内外での学会での注目を集めており、気象学研究の新たな局面を開いた。気象研が国内で 4 台目となる PAWR を導入した他、他の国内メーカーも開発に参入している。また、PAWR の研究開発は、電波利用料による協調制御型レーダ（2 次元フェーズドアレイ）のシステム検討や、内閣府戦略的イノベーションプログラム（SIP）の枠組みによる、より高精度な降雨計測を目指した PAWR の 2 重偏波化（MP-PAWR の開発）へと発展している。
- ・ NICT が開発した航空機搭載高分解能 SAR（Pi-SAR2）のデータを災害時においても有効に利用するために、機上での高速処理システム・衛星伝送システムを開発し、解像度を 1/4 程度に落としたクイックルックデータは観測後 10 分で、フル解像度データについても半日後のデータ提供を実現した。
- ・ Pi-SAR2 を活用し、災害状況把握に貢献した（東日本大震災、御嶽山等）。平成 26 年度の御嶽山噴火時の観測においては、上記の機上高速処理・衛星伝送システムを活用してデータを火山噴火予知連絡会等関係機関に即時提供したほか、分解能を活かした噴火口の大きさ・形状などの詳細確認を行った。
- ・ Pi-SAR2 を用いた応用研究として研究公募を実施し、30cm の分解能をもつ Pi-SAR2 の性能を十分に引き出す研究を実施した。研究範囲は、土地被覆分類、農業関係、流氷研究等に及んだ。
- ・ Pi-SAR2 のアンテナを改良し地上や海上の移動体の速度計測技術の開発を行ったほか、インターフェロメトリによる地形図作成の自動化や、先導的な解析手法として垂直構造物の自動検出アルゴリズムの開発（特許出願済）、ピンポン観測による高精度 3 次元計測、高精度フライト制御による地表面微小変化計測技術等、多くの先導的観測・データ解析技術を開発した。また、これらのデータ解析技術を高精度で適用できる次世代 SAR に関するフィージビリティスタディを実施した。
- ・ 高分解能を活かした可視化ツールの開発、SAR と WebGIS（Web 上で構築された地理情報システム）融合技術によるデータ公開システム構築等を行い、SAR 画像と地形・地図データや光学画像との容易な照合ができるようにした。

実用化に向けた基盤技術を確立する。

(SARなどの優れた技術は、災害時にすぐに利用できる体制がとられているか。)

#### ウ グローバル電波センシング技術の研究開発

衛星搭載レーダの確実な開発とドップラー観測などの新しい観測に対応したアルゴリズム開発及び検証活動によって、EarthCARE衛星の実現による雲情報の新たな知見を取得し、GPM衛星のレーダによる0.2mm/h程度の降水検出性能を確保するための基盤技術の確立及び降水粒子推定手法の研究開発を行う。

これらの先進的な人工衛星搭載の電波センサと検証手法の研究開発によって、地球規模の環境情報を高精度に取得可能とし、地球温暖化や水循環の問題等の国際社会における我が国のイニシアティブの確保に貢献する。

- ・ 先進的なレーダ方式の応用研究として遠距離海洋レーダの分散型受信機の位相同期技術を開発し、対馬・相島（山口県萩市）において観測実験を行い、バイスタティック海流観測に成功した。
- ・ 信号処理技術としては、気象庁のWINDASへの応用を念頭に置いて、1.3GHzのウインドプロファイラに対する周波数ホッピング、オーバーサンプリングによるレンジイメージング技術、およびアダプティブクラッタ抑圧技術の適用に成功し、次期中長期におけるシステム化研究への準備を整えた。
- ・ ゲリラ豪雨等の発生に大きな役割を果たす水蒸気の計測手法として地上デジタル放送波を用いた水蒸気推定手法の開発に取り組んだ。地デジ波の精密受信システムを開発し、近隣のビルの反射を使った水蒸気量の観測に成功した。次期中長期においては、この手法を応用した水蒸気量の多地点高密度観測技術の確立を目指す。

- ・ Pi-SAR2については、機材を航空機の基地である名古屋空港に保管し、また契約の工夫（作業単価にもとづく年度契約）により緊急の飛行観測ができる体制をとっている。また、データの活用についてはSIP（防災）の枠組みにて、他省庁の防災関係機関との連携を強化している。

- ・ 日米共同ミッションであるGPMの主衛星は平成26年2月28日に打ち上げられ、同衛星搭載二周波降水レーダ(DPR: JAXA-NICT共同開発)については、初期の降水量推定アルゴリズムの開発、及び地上観測実験の結果にもとづく降水量推定精度向上に寄与するモデルパラメータの提案を行ない、沖縄Cバンド偏波レーダ(COBRA)等の地上レーダを用いた打ち上げ後の評価・検証実験を実施した。これらにより、DPRで目標としている0.2mm/hよりも高感度な降水検出性能を確保するための基盤技術を確立した。
- ・ また、更なる精度向上を目指した地上検証用装置として、みぞれや雪の状態の降水粒子の密度を直接観測できる地上検証システムGround-based Particle Image and Mass Measurement System (G-PIMMS)を開発し、検証観測を開始している。
- ・ GPM観測データは平成26年9月から一般への公開(JAXA, NASA双方から)が開始されている。その一環として「世界の雨分布速報(GSMaP)」がJAXAによって準リアルタイム公開されており、干ばつのリスク評価など衛星降水観測データの世界各国での利用が進んでいる。
- ・ 日欧共同ミッションであるEarthCARE衛星に搭載される雲プロファイリングレーダ(CPR: JAXA-NICT共同開発)は、世界初のドップラー速度計測機能をもつ雲レーダであり、平成26年までにプロトタイプモデル(PFM)の組み上げが完了し、検証試験等を経て、平成29年3月にESA(欧州宇宙機関)へ引き渡される見込み。なお、EarthCARE衛星の打上げ予定時期は平成30年度となっている。
- ・ 雲量推定アルゴリズムの開発も実施し、レーダの開発に合わせて維持・改訂を行っている。また、EarthCARE総合検証用のレーダの開発として、従来型雲レーダよりも感度を向上させた地上観測用W帯高感度雲レーダを開発し性能評価を行ったほか、CPRのフットプリント内の雲の非一様性を検証す

(衛星による地球観測の研究開発は、他機関との相補的協力関係の発展に留意して進めているか。)

## エ 宇宙・環境インフォマティクス技術の研究開発

人類活動の対象となる地球圏宇宙空間の電磁環境、電波利用等の宇宙・地球環境に関する研究開発を行う。特に、アジア・オセアニア域を中心に構築する国際的で多種多様な宇宙・地球環境の観測及びデータ収集・管理・解析・配信を統合的に行う体制整備し、宇宙環境のみならず地上での災害等対応も視野に入れた広領域・大規模データをリアルタイム収集・処理するためのインフォマティクス技術確立する。

これらの技術と宇宙・地球環境の基礎的知見を組み合わせることで、①衛星測位等に影響を与える電離圏擾乱を緯度・経度で 0.5 度以下の空間分解能で予測、②静止軌道衛星等の障害原因となる電磁環境及び高エネルギー粒子到来を 1 度以下の空間分解能で予測などの宇宙・地球環境の現況把握と予報の高精度化を達成し、大規模可視化を含むサービスプラットフォームより情報発信を行う。

る地上観測用 W 帯電子走査型雲レーダの開発も実施し、試験観測データの取得に成功した。W 帯の電子走査型雲レーダの開発・観測は世界初の成果である。

- ・ 衛星による地球観測センサの研究開発については、国内および海外の関係機関との協力体制のもと、NICT の強みである電磁波計測技術で世界トップレベルの開発を続けている。例えば GPM/DPR は、JAXA・NASA と共同で衛星搭載に向けた開発を進めていたほか、EarthCARE では JAXA・ESA との協力体制で CPR の開発を実施している。
- ・ 太陽・太陽風観測においては、平成 24 年度補正予算により、老朽化していた太陽電波観測設備及び太陽風観測機 ACE のデータ受信設備の整備を完了し、野辺山ヘリオグラフ等国内装置との連携により国内の太陽電波観測設備による太陽早期警戒体制を構築。
- ・ 太陽風シミュレーションの高速化(約 10 倍)および領域の拡大を進め、地球軌道までを含む範囲の計算が可能になり、太陽風予測精度向上に寄与。
- ・ 電離圏観測のためのイオノゾンデについては、現行の 10C 型の後継機に VIP1R2 を選定、国内 4 拠点の配備を進め、新たな観測情報を活用する基盤を整備した。
- ・ 東南アジアでのプラズマバブル等の電離圏観測体制を継続し、太陽活動極大期のデータ取得を進めた。
- ・ 北極域では、放射線帯粒子の加速・消失に寄与するグローバルな ELF・VLF 波動観測ネットワークの構築を名大等他機関との連携のもとに進めた。
- ・ インフォマティクス技術の開発として、ソフトウェア開発環境としてのサイエンスクラウドの構築をすすめた他、広域観測ネットワーク監視システム(Wide-area Observation Network Monitoring system: WONM)を開発し、リモートサイトの監視に活用している。
- ・ 地上から電離圏高度までを統一的に計算するシミュレーションコード“GAIA”を開発、気象客観解析データを入力し、成層圏突然昇温等の実際の現象を再現することに成功。次期中長期計画期間のリアルタイム化を視野に入れた高速化のためのチューンアップを進めた。
- ・ 経験モデルによる日本近傍の TEC(全電子数)予測モデルを開発、24 時間先までを 1 時間ごとに計算し試験的に Web で公開している。また、静止軌道上の衛星のデータを用い、放射線帯粒子の振る舞いを経験的に予測するモデルを開発。Web 上で予測結果を公開している。GAIA との結合を進め、観測との比較によるプラズマバブルの発生に関する知見を高めるとともに、発生予測の可能性を追求。
- ・ 電離圏局所モデルを開発し、赤道域における衛星測位の誤差要因となるプラズマバブルの発生を再現することに成功。今後 GAIA への実装を検討。観測との比較によるプラズマバブルの発生に関する知見を高めた。
- ・ 我が国及び東南アジアでの観測およびシミュレーション・モデルの結果を統合的に表示するコンテンツを開発し、緯度・経度 0.5 度以下の空間分解能で予測可能なシステムを構築した。

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これまで開発してきた磁気圏シミュレーションコードの高精度化・ロバスト化を推進。1000年に1度の“極端現象”の計算も可能なコード開発を進めた。仮想的に極端な太陽風の状態(2012年にSTEREO探査機が観測した極端に強い動圧条件(密度80cc、速度1500km/s) Baker et al. [2012]を参照。)等を与えて、磁気圏変動の応答について調べた。また人工衛星等に障害をもたらしたバスターミネーションの地磁気嵐(2000年7月発生)を計算し、観測と比較をしてシミュレーションコードの評価・改良を行った。</li> <li>・ 静止軌道上の衛星のデータを用い、放射線帯粒子の振る舞いを経験的に予測するモデルを開発、試験運用を開始するとともにWebによる公開を進めた。平成27年度には“Van Allen Probes”衛星のデータを用い、予測領域を静止軌道～GPS衛星の飛行する中軌道まで拡大、1度以下の空間分解能で予測するシステムを構築した。</li> <li>・ 三次元詳細変動モデルとして、現状静止軌道上のみの適用範囲を放射線帯領域全体に広げた。また“バーチャルオーロラ”と呼ぶ可視化ソフトウェアを開発し、太陽風観応実験データベースを構築した。</li> <li>・ 平成24-25年度に宇宙天気情報の潜在的利用者を対象にしたニーズ調査を行い、その結果をもとに情報発信の改定、研修制度の充実を行った。</li> <li>・ アジア・オセアニア域での宇宙天気の枠組み“AOSWA”の事務局として連携活動を推進するとともに、平成27年3月には第3回AOSWA-WSを主催した。</li> <li>・ ICAO等国際情勢における宇宙天気のニーズ調査を継続し、新たな計測技術の検討を行った。</li> <li>・ 国内外での宇宙天気情報の利用の実利用への展開および認知度向上に寄与した。</li> <li>・ 国内研究機関と共に「太陽地球圏環境予測」(PSTEP)を立ち上げ、全日本の宇宙天気研究体制を構築、予報技術開発の中心として活動。</li> </ul>
--	--	---

## 自己評価

評価	B
----	---

## 【評価結果の説明】

- 高周波電磁波センシング技術の中長期計画では、光領域における光波制御および出力安定化等の基盤技術を確立することを目指し、波長2ミクロン帯のレーザーによる、搭載型ライダーモバイルシステムの開発、実証観測による安定化技術の確立、高繰り返しレーザーの高出力化、及び波長制御技術の確立を実現しており、中長期目標を達成した。
- 高周波電磁波センシング技術の中長期計画では、微量物質や各種パラメータのリモート計測に適した周波数における高周波発振技術、伝播解析技術、信号検出技術、信号処理技術の研究開発を行い、受信機高精度化を実現する要素技術を確立することを目指しており、テラヘルツ帯の中でも大気分子の吸収線強度の強いことから上空の観測に適していながらも技術的難易度が高く開拓途上にあった3THz帯において、THz-QCLの位相ロック技術の確立や、量子限界の約8倍の受信機雑音温度を持つ高感度受信機の開発に成功。中長期目標を十分に達成した。
- リージョナルセンシングのうち、高分解能航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR2)では、災害時の即応性を向上させるために機上での高速処理技術を開発し、観

測後 10 分以内で対象領域の画像提供を実現。フル解像度のデータについても半日で提供可能となり、中長期計画における半日程度の処理時間とする目標を十分に上回る性能を達成した。また Pi-SAR2 の性能を最大限に活かすための様々な先導的観測・データ解析技術を研究公募なども実施しながら開発し、中長期計画を着実に達成しているほか、新たな可視化手法やデータ公開システムの開発も行った。

- また、リージョナルセンシングのうち次世代ドップラーレーダ（フェーズドアレイ気象レーダ）開発では、直径 60km 以内の三次元観測を 10 秒で、直径 120km 以内の三次元観測を 30 秒で実施できるシステムを開発し、中長期計画での目標を十分に達成したほか、データ配信システム・可視化技術の開発も行い、実用性の高いシステムを実現した。フェーズドアレイ気象レーダの活用は急速に進み、現在 5 基のレーダが国内で稼働しており、またデータを活用した様々なアプリケーションの開発も進んでいる。
- グローバルセンシングのうち、GPM については、JAXA と共同開発した二周波降水レーダの降水量推定アルゴリズム開発・打上げ前検証を実施したほか、平成 26 年 2 月の打上げ後も校正・検証・アルゴリズム改良を通じて中長期計画の降水観測性能目標を達成している。また、EarthCARE に関しては JAXA と共同開発している雲プロファイリングレーダのフライトモデル開発を実施したほか、雲量推定アルゴリズム開発を行い、中長期計画での目標を着実に達成している。さらに、総合検証用のレーダとして地上観測用 W 帯高感度雲レーダおよび地上観測用 W 帯電子走査型雲レーダを開発し、この周波数帯（95 GHz）での雲レーダ技術を発展させるといった着実な成果をあげており、中長期計画を十分に達成している。
- 宇宙・環境インフォマティクス技術の中長期計画では、アジア・オセアニア域を中心とした観測体制の整備を目指し、太陽・太陽風・磁気圏および電離圏の各領域を監視する観測装置の整備を達成。目標に向けて着実な実績を上げた。
- 宇宙・環境インフォマティクス技術の中長期計画では、広領域・大規模データをリアルタイム収集・処理するためのインフォマティクス技術を確立するとしており、ソフトウェア開発環境としてのサイエンスクラウドの構築、広域観測ネットワーク監視システム(Wide-area Observation Network Monitoring system: WONM)を開発するほか、リモートサイトの監視を実現し、目標に向けて着実な実績を上げた。
- 宇宙・環境インフォマティクス技術の中長期計画では、衛星測位等に影響を与える電離圏擾乱を緯度・経度 0.5 度以下の空間分解能で予測としているところで、地上から電離圏までを統一的に計算するシミュレーションコード“GAIA”の構築、電離圏 TEC および磁気圏放射線帯における経験モデルの構築、電離圏局所モデルの開発を行い、目標に向けて着実な実績を上げた。
- 宇宙・環境インフォマティクス技術の中長期計画では、静止軌道衛星等の障害原因となる電磁環境及び高エネルギー粒子到来を 1 度以下の空間分解能で予測としているところで、磁気圏シミュレーションコードの精緻化・ロバスト化の推進および経験的放射線帯モデルの開発を行い、目標に向けて着実な実績を上げた。

#### 「必要性」

- 気象予測に大きなインパクトを持つ衛星からの全球立体的な風観測は未だ実現しておらず、関連技術の開発は国際競争となっているが、その中でも NICT が保有する波長 2 ミクロン帯のコヒーレントドップラーライダー技術は高精度観測を実現する有望な技術であるため、レーザの高出力化、波長制御、安定動作化の研究開発を進め、衛星搭載実現へと推進することが必要である。
- テラヘルツ帯では多くの大気中分子の回転遷移吸収線強度が最大になるため、テラヘルツ帯の利用は成層圏やさらに上空の分子等の観測に適しており、上空の

大気パラメータ計測による気象予測や宇宙・地球環境把握に必要とされている。テラヘルツ帯でも観測に重要な吸収線が存在しているがこれまで高精度ヘテロダイン受信機の開発の進んでいなかった 1-3 THz 帯において、目的に応じた周波数の観測システム構成を可能にする技術を開発することが必要である。

- 高分解能 SAR、フェーズドアレイレーダ、衛星搭載センサ等は昨今の災害情報の高度化に対する社会的要請に応えるべく開発されてきたものである。また、ゲリラ豪雨等の早期予測に有効な地デジ波を利用した水蒸気量観測技術や、周波数の有効利用に資するパッシブレーダの基礎研究など、利用将来のニーズを見据えた技術開発にも取り組んでいる。
- 今後必ず起こる激甚宇宙天気災害に対して、我が国の ICT 基盤がどのような影響を受けるかを把握し必要な対処を取るためには、当機構の宇宙天気研究が必要。
- 現在 ICAO において検討されている、宇宙天気情報の航空運用への利用の義務化の検討において、日本および東南アジアでの電離圏観測の実績を有する当機構の観測ノウハウは必須となる。

#### 「効率性」

- 波長 2 ミクロンのレーザ開発やライダー観測の実用化については、NICT が総合的に世界最先端の技術を保有している。衛星搭載型システムでは技術の一部を企業へ移転しながらコンパクトで安定なシステムを開発しており、将来の衛星搭載品実現に向けて体制を整えている。衛星搭載性の検討や衛星観測による気象予測へのインパクト評価は、JAXA や気象研究所等と連携して実施している。また、地上からのライダーによる風観測では、次世代ドップラーレーダ等の観測と協調しつつデータの有効利用に向けた研究を実施している。
- 3 THz 帯技術に関する、HEB ミキサ、QCL、周波数コムデバイスは、いずれも NICT 内の未来 ICT 研究所(神戸)や先端 ICT デバイスラボで開発・製作している。研究室の保有する受信機構成技術等と併せて、最先端技術を全て NICT 内で賄うことができ、効率よく研究開発を進めることができた。
- 航空機搭載合成開口レーダやフェーズドアレイレーダ等、今後の災害監視において中心的な役割を担う技術の開発を行った。また、機器開発のみならず解析技術高度化や可視化技術に取り組むことにより、ユーザの利便性を高めるための技術開発も行っている。
- 太陽から地表に至る広大な領域の観測を必要とする宇宙天気研究では、国内外の関係機関と密な連携を取り観測を分担する体制を構築、効率的な観測を実現している。
- 宇宙天気に関する実利用に近いアプリケーション開発については、JAXA 等利用機関と共同研究の枠組みを構築し効率的に実施している。

#### 「有効性」

- 波長 2 ミクロンのレーザによるライダーは、広範囲・高精度の 3 次元的な風測定を可能とする他、衛星搭載ライダーシステムにも応用できる技術である。また将来的には、CO<sub>2</sub>等の温室効果ガス監視ライダーに発展させることも可能である。
- テラヘルツ帯の高感度受信機技術は、成層圏・中間圏・下部熱圏の温度・風・物質濃度等の大気パラメータを高精度に観測する衛星センサの開発に応用可能である。また、テラヘルツ帯の発振技術、信号検出技術は THz 無線通信等に有用である。さらに、ミリ波・サブミリ波の受信機構成技術は衛星観測センサの小型化を可能とする技術である。



- 航空機搭載合成開口レーダやフェーズドアレイレーダ等、今後の災害監視において中心的な役割を担う技術の開発を行った。また、機器開発のみならず解析技術高度化や可視化技術に取り組むことにより、ユーザの利便性を高めるための技術開発も行っている。
- 電離圏局所シミュレーションコードにおいてプラズマバブルの再現に成功したこと、磁気圏シミュレーションコードにおいて極端現象が再現できたことで、それぞれの現象における電波インフラや電力網への影響や衛星への影響等が定量的に検討できる基盤が構築された。
- GEONET による日本上空の TEC の現況把握が可能になったことから、我が国における衛星測位利用状況の空間分布の把握が可能になった。
- 宇宙天気情報の利用者ニーズ調査により、潜在的に宇宙天気情報を必要とする事業者が多数存在することが確認された。

### 「国際水準」

- 波長 2 ミクロンの伝導冷却技術を用いたパルスレーザの高出力化は、世界最先端の技術である。コヒーレントドップラー風ライダーの衛星搭載化は国外においても検討されているものの、その実現に目処の立てられる技術はまだ確立していない。
- テラヘルツ受信機の低雑音化技術では世界一線レベルにある。受信機構成に必要な主要な最先端素子を NICT 内で開発・製作できることが極めて有利である。
- 長期継続運用しているフェーズドアレイレーダは世界に類を見ない。また、Pi-SAR2 は世界的にもユニークなレーダシステムであり、米国 JPL、ドイツ DLR 等と肩を並べている。衛星搭載レーダ技術についても世界をリードしており、他国では米国 JPL が W 帯雲レーダを実現しているのみである。
- 基本的に宇宙環境観測研究について同様の研究を進める機関とは良好な協力関係をもち、広範な領域を分担して観測している。NICT は電離圏定常観測を行っている国内唯一の機関あり、国内外のコミュニティの核として中心的な位置にある。
- 東南アジア電離圏観測ネットワークの枠組みは NICT のイニシアティブのもとにあり、国内及びアジア・オセアニア地域の組織による観測拠点・観測装置の強化が進められており、NICT が大きな存在意義を果たしている。
- NICT は北極域電離圏観測レーダ SuperDARN の一局を担当し、国際協力のもと宇宙天気に必要な観測を続けている。
- NICT は定常宇宙天気発信機関の国際コンソーシアム“ISES”の設立当初からのメンバーとして活動に貢献している。また、WMO や ICAO、UN/COPUOS、CGMS、ITU-R などの関係国際機関において積極的な寄与を果たしている。
- NICT の開発する GAIA や磁気圏シミュレーションコードは世界トップクラスの性能を有するものとして各国からの注目を集めている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 20

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添4-(2) 時空標準技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号、第三号、第六号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	48	21	39	29	14	事業費用（億円）	2.4	3.9	3.4	*15.0	*15.7
特許出願数	—	0	0	2	3	2	職員数 ※内数	35	32	35	38	38

\*標準電波局整備に係る費用を含む。

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● <b>革新機能創成技術の研究開発</b></p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</p>	
中長期計画	
<p>4 <b>電磁波センシング基盤技術</b></p> <p>研究機構が逡信省電気試験所、郵政省電波研究所時代から長年にわたり蓄積し、発展させてきた電磁波計測の技術と知見を活かして、時空標準、電磁環境、電磁波センシングの個別研究課題における革新機能創成を目指すとともに、社会を支える基盤技術としての高度化・高信頼化及び災害対応の強化を図っていく。</p> <p>これにより、高度なネットワーク技術やコミュニケーション技術の進展とともに成長し、複雑化していく社会を未来に亘って高精度に支えていくとともに、安心で安全な社会の構築に不可欠な、電磁波を安全に利用するための計測技術及び災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等を創出し、利用促進を図</p>	

っていく。

**(2) 時空標準技術**

無線通信における利用周波数帯の拡大や、光通信技術の開発と導入による超大容量化等が進む情報通信システムの維持・発展を支えるとともに、時刻の定義や広範な精密物理計測の基盤となっている周波数標準の一層の高精度化、高信頼化等を図り、この分野における国際競争力を一層強化することを目的として、テラヘルツ帯など現在実現されていない新たな領域の周波数標準を確立することなどの高度利用技術、従前のマイクロ波領域に代わる光領域の周波数標準の開発及びその評価のための時空計測技術の高度化等の研究開発を行う。

**ア 時空標準の高度利用技術の研究開発**

テラヘルツ帯の通信システムやセンサの開発の進展を踏まえ、当該周波数帯の測定機器等の較正のために必要とされるものの、現在は実現されていない1THz 前後の較正用周波数標準について、利用者ニーズを踏まえ  $10^{-5}$  程度の精度で実現するための基礎技術を開発する。また、研究機構が運用する日本標準時システムの精度と信頼性・耐災害性の向上のため、時系構築技術の高度化により安定度と確度を改善するとともに、信頼性向上のため、現在小金井で集中管理している時系の分散管理・供給手法の研究開発を行う。さらに、安定的かつ継続的な標準電波の発射及び標準時の通報のため、標準電波送信システムについて、監視・制御系を冗長化するとともに、システムの遠隔操作を可能とする。

**イ 次世代光・時空標準技術の研究開発**

現在広く利用されているセシウム原子時計に代わり、新しい原子種と高安定光源による光領域の周波数標準器を開発することにより、従来の限界を1桁上回る  $10^{-16}$  台の高精度化と、1日程度への平均化時間の短縮を実現する。

**ウ 次世代光・時空計測技術の研究開発**

光領域の周波数標準器の高精度評価を実現するため、従来用いられてきた衛星双方向時刻比較技術や VLBI 時刻比較技術などの更なる高度化により、時空間の標準を一体として高精度に計測することを実現し、大陸間規模の周波数標準の相互比較において、1日程度の平均化時間でこれまでの精度を1桁上回る  $10^{-16}$  台の精度で評価する技術を確立する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● 革新機能創成技術の研究開発</p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性</p>	<p>別添4-(2) 時空標準技術</p> <p>(2) 時空標準技術 無線通信における利用周波数帯の拡大や、光通信技術の開発と導入に</p>	

や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確認する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

よる超大容量化等が進む情報通信システムの維持・発展を支えるとともに、時刻の定義や広範な精密物理計測の基盤となっている周波数標準の一層の高精度化、高信頼化等を図り、この分野における国際競争力を一層強化することを目的として、テラヘルツ帯など現在実現されていない新たな領域の周波数標準を確立することなどの高度利用技術、従前のマイクロ波領域に代わる光領域の周波数標準の開発及びその評価のための時空計測技術の高度化等の研究開発を行う。

#### ア 時空標準の高度利用技術の研究開発

テラヘルツ帯の通信システムやセンサの開発の進展を踏まえ、当該周波数帯の測定機器等の較正のために必要とされるものの、現在は実現されていない 1THz 前後の較正用周波数標準 について、利用者ニーズを踏まえ 10<sup>-5</sup> 程度の精度で実現するための基礎技術を開発 する。

- ・ THz 標準技術開発 に関しては、これまでマイクロ波及び光周波数標準開発で培ってきた高精度周波数計測技術、及び周波数安定化技術を拡大応用することで、未開拓な THz 領域に周波数標準を構築するための基礎技術（安定光源および高精度計測システム）を開発した。
- ・ まず 光源開発 においては、独立した 2 方法（マイクロ波逡倍と光差周波発生）で 0.7THz 光源の信号発生を実現し、この結果をもとに 光差周波技術 により 0.1~3THz における周波数可変な光源を実現 した。
- ・ さらに 高精度周波数計測システムの開発 においては、光伝導アンテナとフェムト秒ファイバレーザを用いて開発した THz コムをメインとする高精度周波数計測システムを構築し、0.3THz で 10<sup>-17</sup> 台の周波数計測精度を達成 した。この結果は H25 年度に 速報論文誌に掲載 された。
- ・ これらの THz 光源 と THz コム周波数計測システム を組み合わせた 総合システムの評価結果 として、0.1~1THz 帯で 1x10<sup>-9</sup> を超える計測精度を実証 し、中長期計画目標を上回る成果を達成 した。
- ・ H27 年度は次期にむけ、より高い THz 帯域 (3~10THz) における絶対周波数計測に対応できる方式の 1 つとして、ハーモニックミキサーを利用した計測システムの開発に着手し、3THz に迫る 2.8THz 帯において目標精度である 10<sup>-5</sup> 以上の周波数計測に成功した。
- ・ バイプロダクト としては、THz コムの応用開発として 世界初の THz 周波数分周器を開発 し、速報論文誌 Opt. Lett 誌に掲載 された。また光源開発技術を応用することにより 新たな THz 基準周波数伝送手法を開発 し、所内ファイバを経由した 3THz 基準信号伝送 実験において、離れた実験棟における 3THz 量子カスケードレーザの絶対周波数測定に成功 した。
- ・ さらに光伝導アンテナを利用した THz コムの応用研究として、THz 帯と光領域を位相コヒーレント

また、研究機構が運用する日本標準時システムの精度と信頼性・耐災害性の向上のため、時系構築技術の高度化により安定度と確度を改善するとともに、信頼性向上のため、現在小金井で集中管理している時系の分散管理・供給手法の研究開発を行う。さらに、安定的かつ継続的な標準電波の発射及び標準時の通報のため、標準電波送信システムについて、監視・制御系を冗長化するとともに、システムの遠隔操作を可能とする。

に可逆リンクするための周波数シンセサイザを新規開発した。また、これを利用することで新方式のTHz周波数基準伝送システムの試験に成功した。

- ・ また可視域からTHz帯でのシームレスな絶対周波数計測に不可欠となる高出力・中赤外コム(3.5mm帯)を光パラメトリック発生で実現した。
- ・ また理論系論文としては、分子イオンの遷移周波数を基とする新たなTHz周波数標準の提案に関して、主要論文誌に5本の論文が採録された。特にJ. Phys. BにH24年度に掲載された論文は同誌のH24年度ハイライト論文に選出される高評価を得た。
- ・ 日本標準時の発生に関しては、期間中一度のダウンタイムもなく安定に定常運用を行った。H25年度には、日本標準時システムとCs一次周波数標準器開発および運用実績が評価され、文部科学大臣技術賞(開発部門)を受賞した。H24年度、H27年度(平日は18年ぶり)の閏秒挿入も供給系含めて着実に実施した。標準時に関連する取材及び見学対応など多数を、所内関係各部と協力連携して実施した。
- ・ 日本標準時の供給関連では、各種供給で安定に運用を実施した。電話回線による時刻供給サービス(テレホンJJY)ではH24年度より月間14万アクセスを超える状況が続き、公開NTPサービスは平成27年3月以降、利用者が急激に増加し、1日あたり15億アクセスを上回った(平成28年3月現在)。
- ・ タイムスタンプに関しては、次世代ネットワーク共有ファイルシステム(Gfarm)においてクラウド上のファイルの信頼性をより高めるため、高速・大容量を対象としたタイムスタンプシステムについて、実用化の目的を見つけ管理用データベースの構築を行い、統合データシステム研究開発室に移管した。標準化の成果としては、日本のタイムスタンプ認定制度における時刻配信・監査方法が日本工業規格JIS X 5094としてH23年5月に認可された。さらに国際標準化機構(ISO)においても、H27年4月に国際規格ISO/IEC 18014 part4として正式に発行された。
- ・ 国際活動としては、国際度量衡局(BIPM)に対して、UTCおよびRapid UTC構築に必要な時計データ及び時刻比較データの提供を定常的に行うとともに、国際度量衡委員会下の技術諮問委員会CCTFにおけるWGのチェア等の委員活動も行った。
- ・ またアジア太平洋計量計画/技術委員会(APMP/TCTF)における活動として、標準校正の国際相互承認に関するプロセスを整理し標準化ドキュメントを初めて作成した。これをもとにH23年度に国際ワークショップを主催して内容を討議し初版を作成、この結果がTCTF技術委員会にて採択された。
- ・ またITU-RのWP7A日本代表としてITU-R総会等に参加した。特に、閏秒対応議論がH27年世界無線通信会議(WRC-15)議題になったことに伴い、WP7Aに年2回及びアジア・オセアニア地域無線通信連合WRC準備委員会(APG-15)にも4回参加する等、日本代表としての対応を強化し、日本の立場の主張及び各国への働きかけを行い、アジア・オセアニア地域としては閏秒廃止に賛成の方向に議論をまとめた。これらを受け11月にジュネーブで開催された2015年世界無線通信会議(WRC-15)に日本代表として参加した。

- ・ 時系構築技術の高度化 に関しては、新型 Cs 一次周波数標準器の開発、時系アルゴリズム研究、計測システムの高度化、標準電波を用いた遠隔周波数校正システムの開発を行った。
- ・ Cs 一次標準器 に関しては従来  $10^{-15}$  台の確度であったが、改良を組込んだ 新方式の 2 号機の開発を進め、各種周波数シフト要因について 16 乗台前半の不確かさで再評価を行い、妥当性を検証した。
- ・ 時系アルゴリズム研究 に関しては、水素メーザ原子時計を用いた時系構築シミュレーション、また分散化において必要となる原子時計の効率的リンクプロトコルの開発等を行った。さらに 時系の同期制御技術を改良し、日本標準時と同一の時計データによるシミュレーションで確認した結果、UTC との同期精度（確度）及び安定度の改善に有効であることを実証した。
- ・ 計測システムの高度化 に関しては、計測精度向上と光標準との橋渡しも視野に入れたシステムの高周波数化を進めた。具体的には現在の 5MHz 系システムを 1GHz 対応可能にするための改良である。まず高周波数時系の核となりうる 冷却サファイア共振器（CSO）の改良により位相トビのない連続運転を可能とし、さらにこの CSO 等を基に生成する高純度な 1GHz 信号を従来の 5MHz 系システムにリンクするダウコンバータ等の装置を開発した。更なる成果として、所内連携 PJ で開発した光通信帯（1.5 $\mu$ m）での狭線幅光源を活用したマイクロ波生成に成功し、従来のマイクロ波リファレンスである水素メーザを二桁上回る短期安定度を実現した。
- ・ 分散管理・供給 に関しては、分散局第一号であり本部代替局の機能も担う標準時副局を神戸（NICT 未来 ICT 研究所）に整備し、計測システム系の動作性能を確認した。まずデータ処理系において分散システム用データベースを構築し実証試験を開始した。また供給系として NTP サーバを準備した。分散局での時系構築に関しては、本部と神戸の時刻リンクを完了。神戸にて日本標準時に同期する 試験時系の連続生成を行い、数 ns 程度の優れた同期精度を維持させることに成功した。副局としての実運用に向けた必要な各種実証実験を実施し、運用マニュアル化などの整備を行った。さらに監視・制御系の整備を行った。これらにより、神戸副局の基本機能整備を完了し、分散化システムの基礎を構築した。
- ・ 標準電波を用いた周波数遠隔校正システム に関しては、普及性を考慮した受信システムを開発してサロベツ、沖縄、金沢大に設置し、受信結果を見ながら改良を重ねた。具体的には、長波 2 周波の遠隔切替え対応、日変や気絶変動に伴う受信状況の変化に対応するためのソフトウェア改良およびアンテナなど 受信系ハードウェアの改良を行い、各地での受信結果を確認したところ、校正の基準信号についてサロベツ、沖縄とも全時間帯で  $2 \times 10^{-10}$  以下の安定度を達成、小金井では全時間帯で  $1 \times 10^{-10}$  以下の安定度を達成した。この成果をもとに、次期課題である広域時刻同期のために 2 周波受信装置の製作に着手、合わせて遠隔地で日本標準時に同期した時刻・周波数の小型供給装置の試作器を開発した。
- ・ 標準電波送信 に関しては、おたかどや山標準電波送信所において 福島第一原発事故の影響に

### イ 次世代光・時空標準技術の研究開発

現在広く利用されているセシウム原子時計に代わり、新しい原子種と高安定光源による 光領域の周波数標準器を開発 することにより、従来の限界を 1 桁上回る  $10^{-16}$  台の高精度化 と、1 日程度への平均化時間の短縮 を実現する。

より要員退避を余儀なくされ 運用を一時停止 したが、緊急立入条件を迅速に確立 し、H23 年 4 月末に 送信再開 を果たした。その後も落雷による停波等が繰返されたが、都度一時立入を繰り返す体制を確立し、可能な限りの連続運用を行った。並行して無人運用対応のためのシステム緊急改修を行い 送信装置の遠隔操作化改修を完了 した。加えてバックアップ通信回線の追加も行い 監視・制御系の冗長化も実現 した。これらの対応を経て H23 年 9 月から 本部での 24 時間監視体制を確立 することで、半年弱の短期間で無人状態での運用再開を実現 し、以後安定に運用を継続している。

- ・ 送信所の老朽化対策 としての 設備更新 工事を開始し（おたかどや山送信所は H24 年度、はがね山送信所は H25 年度から）、遠隔制御等を含むシステムの整備を進め、両局とも平成 27 年度に設備更新を完了 した。
- ・ Cs 原子時計を上回る精度を目指す光周波数標準器の開発においては、Sr による光格子時計方式 および  $\text{In}^+$ によるイオントラップ方式を両輪 で開発を進めた。一般に光格子時計では高い安定度・イオントラップでは高い確度が期待され、国際的に優劣を競ってきた 2 大方式である。
- ・ Sr 光格子時計 は、秒の再定義の有力な候補とみなされる光時計である。目標達成のため、前中期までに基本システムを開発した 1 号機のさらなる精度向上 と、周波数標準器として重要な要素である生成周波数同一性の検証 を進めた。
- ・ 精度向上 に関しては、原子を捕捉するためのレーザ冷却用光源の改良や温度環境の評価をより厳密に行うことによってより安定な運用を実現。絶対周波数値の計測とともに、目標（1 日）をはるかに上回る短い平均時間（100 秒）で 16 乗台に達する安定度 と、Sr 周波数標準の原子系における 17 乗台後半の確度を実現 し、中長期目標を達成 した。さらに 1 万秒程度の運用を長期に渡り安定に行うことで、従来の絶対周波数測定の不確かさにおいて支配的だった 国際原子時リンクによる不確かさを抑制 することに成功。結果として得られた不確かさ 16 乗台（国際原子時を用いた評価法では最高精度）の絶対周波数を CCTF2015 に入力 した結果、計測および評価法の妥当性が承認され 採択される成果 を得た。
- ・ 生成周波数同一性の検証 に関しては、まず国内で 東大 Sr 光格子時計との光ファイバリンク直接比較実験（H23 年 2 月）において、2 機関の 標高差に基づく一般相対論効果のリアルタイム検出に成功 すると共に、光格子時計の普遍性（独立な装置が高い周波数一致を示すこと）を  $10^{-16}$  台の精度で証明 した。この成果は高く評価され、H24 年度に 応用物理学学会論文賞、さらに H26 年度には 市村賞貢献賞を受賞 した。海外との比較では光ファイバリンクが使えないが、衛星を仲介とする高精度周波数比較技術で開発してきた 双方向キャリアフェーズ（TWSTFT-CP）方式にて世界最高の計測精度が実現したことから、TWSTFT-CPを用いて、PTB（独の標準機関）との間で 世界初の Sr 光格子時計の国際比較実験 を行い、不確かさ  $1.6 \times 10^{-15}$  での周波数一致を実証 した。本実験における Sr 光格子時計の評価結果は、NICT が主著となる 国際共著論文 として 速報論文誌（Optics

Letters) に掲載される成果となった。

- 次世代技術の開発においては、Sr 光格子時計の冷却型 2 号機 の開発において 冷却真空チャンバの新方式を考案・設計し 開発 を行った。真空槽内の原子を取り囲む恒温槽をパルスチューブ冷凍機で冷却する機構を組み込み、90K 迄冷却し、10<sup>-17</sup>台の精度を達成可能な温度環境 を確立。H27 年度には冷却の要となる 恒温槽を改良 し、排気・冷却効率改善及び DC Stark シフト抑制を兼備えたプロトタイプをインストールすることで、原子トラップ領域の真空度改善 や より厳密な温度環境の評価が可能な系を実現 した。また 次世代型の超高安定光源の開発 に関しては、新型の極低温型冷却共振器を考案・設計し 2 件の特許 を出願するとともに、熱雑音を一桁抑える可能性を秘めた新技術の試験を行った。
- In<sup>+</sup>イオントラップ光時計 は、80 年代に究極の標準としての可能性を指摘されながら技術的難しさから標準器は未開発というチャレンジングな課題である。研究はサブシステムの開発から開始した。まずイオン冷却系においては、前中期に開発した Ca<sup>+</sup>イオントラップ技術を活用した In<sup>+</sup>/Ca<sup>+</sup>共同冷却法 の開発によりイオンの 安定かつ効率的な冷却に成功 し、結果を論文化 した。また、時計レーザ に関しては、高い技術を要する 二段階第二高調波方式 において 世界最高水準の変換効率を達成 し、十分な狭線化と強度を有する光源の実現 に成功した。時計遷移検出系においては、長時間安定に稼働する検出レーザを開発、検出遷移の絶対周波数計測に成功 した。詳細な検証を行うにつれ、深紫外領域にある検出レーザが引き起こすトラップ不安定化が判明したため トラップを再設計 しシステムを再構築。再設計新型トラップ により イオンの強い閉じ込めを安定に実現 するとともに、In<sup>+</sup>、Ca<sup>+</sup>双方の蛍光強度の同時検出が可能なシステムを構築することで、量子状態蛍光観測の S/N 比を大きく改善。これら各部機能向上により時計遷移の励起及びその検出に成功し、周波数標準器としての最終評価である 時計遷移の絶対周波数値の計測を達成 した。
- またパイロダクトとして、フェムト秒 Ti:S レーザの真空紫外域での効率的な高次高調波発生を実現 し、In<sup>+</sup>において新たな検出遷移 (S<sub>0</sub>-P<sub>1</sub>, 159nm) の利用可能性を実証し 論文化 するとともに、単一イオン光時計の 量子射影雑音限界を打破 する 複数イオン光時計への発展性 を示した。
- 2 方式それぞれの 実機における評価 としては、Ca<sup>+</sup>イオントラップ型・Sr 光格子時計双方 で、絶対周波数および国際的レベルである 10<sup>-15</sup>台の周波数確度を確定 した。加えて超高精度な独立異種の光標準を持つ強みを活かし、この 2 機を 光領域で直接比較 することで Ca<sup>+</sup>/Sr の周波数比を高い信頼度で確定 した。これらの結果は 主要論文誌に掲載 されるとともに、H24 年度には CCTF2012 で評価・承認され、Ca<sup>+</sup>、Sr 双方において CCTF の推奨する原子周波数の更新に反映された。光周波数標準間の周波数比については、以降の国際委員会でも報告が推奨されることとなり、NICT の実験はこの流れのさきがけ となった。
- H27 年度に開催された CCTF2015 においては、Sr 光格子時計の絶対周波数値がより高い確度で報告されるとともに（上記参照）、Ca<sup>+</sup>において、武漢大（中国）が CCTF2012 の報告値（NICT と異なる値であった）を撤回し NICT 値に近い新値を入力した結果、Ca<sup>+</sup>の CCTF 勧告値が NICT の値と誤差



### ウ 次世代光・時空計測技術の研究開発

光領域の周波数標準器の高精度評価を実現するため、従来用いられてきた 衛星双方向時刻比較技術 や VLBI 時刻比較技術 などの更なる 高度化 により、時空間の標準を一体として高精度に計測することを実現し、大陸間規模の周波数標準の相互比較において、1 日程度の平均化時間でこれまでの精度を 1 桁上回る  $10P^{-16}$  台の精度で評価する技術 を確立する。

内で一致する結果 となり、NICT 値の信頼性が国際的に証明される形 となった。

- ・ イオントラップの高精度と光格子時計の高安定度を活かす ハイブリッド光周波数標準 に関しては、Sr 光格子時計で安定化した時計レーザでイオントラップ標準器を動作させるハイブリッド方式の動作実証実験を行うことにより 計測制御系の信頼性を確認 し、この方式の有効性を明らかにした。その後、光格子時計単独でも高精度が実現可能 との論文が出たためハイブリッド化に関しては 注力せず動作実証までで終了 とした。高安定光源（レーザ）開発 における成果として、 $Ca^+$  イオントラップ用 729nm 時計レーザと光コムでリンクすることで安定度を上げた Sr 光格子時計の時計レーザで時計動作を実現 (Applied Physics Express)。この結果は、H23 年度に Nature Photonics 誌の Research Highlight として取り上げられた。
- ・ 衛星双方向比較 (TWSTFT) 技術 においては、受信の効率化を諮る 複疑似雑音時刻比較 (DPN) 方式、および計測精度を迫及する 搬送波位相 (CP) 方式 の研究を行い、それぞれに関して以下の成果を得た。
- ・ まず DPN 方式 は、受信帯域両端の 2 つの狭帯域信号の効率的な合成により、狭い帯域の受信だけでも精度向上 が図れる、NICT 発案の方式 である。研究においては、まず信号処理・解析システムを開発し、小金井-台湾間での実証実験として短期(数秒)・長期(数日)で 100 ps を切る精度を達成した。さらに狭帯域信号で問題となる送信波間の干渉軽減を計り、国内で最長基線 である沖縄との間で精度検証を行った結果、短期で GPS 搬送波方式の 2.5 倍の精度 が得られる事を確認し、方式の実用性を実証 した。
- ・ 次に CP 方式 においては、衛星通信の 搬送波位相情報 を利用することで、従来のコード信号のみによる 周波数比較精度を画期的に向上 させる方式である。NICT が開発した装置及び解析手法 により 原理実証に成功し世界トップの成果を達成 した。
- ・ 具体的には、世界でも最長基線(約 10,000km)となる NICT-PTB (独) 間にて実証実験 を実施し短基線と変わらない測定精度(平均時間 1 秒で 0.2ps)を得た。これは搬送波位相を用いない従来方式での精度を二桁以上上回る精度であり 大陸間比較で現状最高の計測精度 である。さらに同時観測した GPS 計測結果と比較することにより共通信号源である原子時計の変動を差し引いた結果、平均時間 1 日における計測精度として  $5 \times 10^{-16}$  を実証 し、中長期目標の達成を確認 した。
- ・ 本基線を用いてはさらに、TWSTFT-CP 方式 による Sr 光格子時計の国際比較実験を行い、不確かさ  $1.6 \times 10^{-15}$  での周波数一致を実証した(上述を参照)。これは世界初の大陸間の光標準直接比較実験であり、TWSTFT-CP 方式が光標準の国際リンクに有用であることを示した成果 である。本実験における TWSTFT-CP 方式の成果は、主担当者が国際学会での招待講演 を行うと共に、NICT が主著となる国際共著論文 として 主要論文誌 (Metrologia) に発表 した。
- ・ H26 年以降、使用する通信衛星トラブルにより国際実験が凍結となったため、ラボ内で可能なシス

- テム誤差要因の調査と装置改良を行い、システム自体の計測精度を一桁向上し  $10^{-17}$  台を確認した。
- ・ H27 年度には NICT よりシステムを持ち込み一独の標準機関間で実験を行い、より短い平均時間（1日→1時間強）で  $10^{-16}$  台の計測精度 が得られることを実証した。この結果に関して GCTF2015 で報告するとともに、国際主要学会にて複数の招待講演の依頼を受ける成果 となった。
  - ・ 萌芽的応用実験としては、光標準から発生したマイクロ波を評価する比較実験を実施し、マイクロ波基準周波数源として普遍的な 水素メーザ無し でも、同等の高い計測精度を短時間で達成 できることを実証した。
  - ・ 外部連携としては、ニュートリノ速度検証 に関して、関連研究機関と衛星時刻比較に関する技術協力を行った。特に 高エネルギー加速器研究機構(KEK) とは H24 年度に共同研究を締結し、ニュートリノ振動検証を目的とする T2K 実験（東海-神岡間長基線ニュートリノ振動実験）に関連して、神岡、及び東海 において 衛星双方向による周波数・時刻比較実験、及び GPS による校正実験 を H25 年度に実施した。
  - ・ 宇宙通信システム研究室との連携プロジェクトによる「静止衛星を利用した日本標準時配信のための高精度実時間軌道決定」では、独自に構築した廉価な受動測距システム を使用し、小金井、神戸、沖縄で観測した VLBI (Very Long Baseline Interferometry) 観測量を用いて 放送衛星の軌道決定 を行った。得られた決定精度として、解析区間のオーバーラップ比較で 数 10 m の一致 を得た。従来 100 m 以下の軌道決定には、専用の測距信号を用いた衛星運用が必要なため送信設備が不可欠であり、送信設備不要の簡易な受信システムのみで 100 m 以下の軌道決定が可能 となる本方式は画期的である。H27 年度には、構築してきた軌道決定用の装置と組み合わせて小金井本部とはがね山標準電波送信所の間で時刻比較実験を実施した。またスカパーJSAT と機密保持契約を締結し、運用によって決まった軌道と受動測距で決まった軌道との直接比較も実施した。
  - ・ 欧州宇宙機関 ESA が推進する国際宇宙ステーションを用いた 高精度周波数比較実験 ACES 計画 に関して、国内関係機関（東大・産総研）の意見を束ねて参画し、H25 年度には 地上局を配備 する世界 7 機関の一つとして 世界中の候補の中から NICT が選出 され、日本代表機関 として地上局の運用管理を行う予定となった。H29 年初頭の衛星打上げに向け、地上局用プラットフォーム建設およびライセンス取得に必要な技術調査、外部機関との調整を行った。
  - ・ VLBI 周波数比較 に関しては、高精度化のための 広帯域システム と多地点展開のための 可搬型アンテナシステムの開発 を進めた。
  - ・ 広帯域受信システムの開発 としては、まず電波干渉等を考慮して最適な観測周波数配列を確定し、これに適合する広帯域受信フィードを数値シミュレーションを重ねて設計・開発した。大型カセグレンアンテナ（直径 34m）の細いビーム幅にも対応可能な超広帯域（6-14GHz）フィードの実現 は 世界初 である。小型アンテナに関しても 3-14GHz の広帯域化への改良を行った。データ処理・解析処理ソフトウェアでの広帯域化としては、データ記録ソフトの整備や鹿島-小金井間の 10Gbps ネットワーク回線の整備による分散処理システムの基盤整備等を行った。統合解析ソフトウェアに関しては、VLBI+SLR（衛星レーザ測距）+GNSS データ、及び地上測量データを統合解析するソフ

		<p>トウェアを開発した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>開発してきた <u>各システムの評価試験</u> を、H26 年より本格的に開始した。まず広帯域フィードを鹿島 34m アンテナに搭載し、実観測で十分な性能を確認した。また同じく広帯域化を進めつつある国土地理院・石岡局との VLBI 実験において、<u>世界初となる 8GHz 幅の広帯域観測</u> と、そのデータを用いた <u>広帯域バンド幅合成に成功</u> した。さらに <u>米国</u> との間で、<u>広帯域フィード</u> を用いた <u>世界初の国際 VLBI 実験に成功</u> した。また <u>小型 VLBI システム</u> を産業技術総合研究所（つくば）と鹿島に設置し、<u>34m アンテナと組合せた初期実験</u> を実施した結果、<u>従来の帯域幅（1GHz）</u> であっても <u>GPS と同程度の周波数比較精度</u> が得られることを実証できた。</li> <li>H27 年度には、<u>広帯域（8GHz 幅）VLBI 観測システムの総合評価試験</u> として 24 時間観測を行い、鹿島 34m アンテナと国土地理院の広帯域アンテナ（石岡局）の間で、<u>1 秒間の観測でサブピコ秒の遅延計測精度</u> を実証した。これは <u>VLBI 観測において現状世界最高の精度</u> である。この高精度観測により、<u>大気に起因</u> するとみられる <u>10 ピコ秒程度の遅延変動の検出</u> に成功、これが計測システムの主要な誤差 <u>要因</u> になっていることを実証し、<u>更なる高精度化に向けた技術課題および具体的な対策の明確化を達成</u> した。上記の成果は国際的にも高く評価され、<u>2016 年国際 VLBI 事業（IVS）総会</u> における <u>招待講演</u> を行った。</li> <li>対外活動としては、国際 VLBI 事業（IVS）の技術開発センターとしてシンポジウムを開催し（H24、H27）、英文誌 TDC-News No. 35 を発行して世界各国の VLBI 研究機関に配布した。また国内の学術研究会議である VLBI 懇談会の管理運営を実施した。</li> </ul>
--	--	---

自己評価

評定

A

## 【評価結果の説明】

以下に示す通り、中長期計画目標を上回る成果を達成する見込みである。

【時空標準の高度利用技術の研究開発】では、THz 標準技術の開発において、1THz 前後の較正用周波数標準について  $10^{-5}$  程度の精度で実現するための基礎技術開発が中長期目標であったが、0.1~1THz までの帯域で目標を超える  $10^{-9}$  以上の計測精度を達成（関連論文が H25 年度の Nature Photonics の research highlight に選出）しただけでなく、さらなる成果として、THz コム原理を応用した世界初の THz 周波数分周器開発の成功（速報論文誌 Opt. Lett 誌に掲載）、光源開発技術の応用による新たな THz 基準周波数伝送手法の創出、理論論文が H24 年度の J. Phys. B 誌ハイライト論文に選出されるなど、顕著な成果が得られており、中長期目標を上回って達成した。

【次世代光・時空標準技術の研究開発】では、光周波数標準器の開発により  $10^{-16}$  台の高精度化と 1 日程度への平均化時間の短縮を実現することが中長期目標であったが、Sr 光格子時計において、目標（1 日）を上回る短時間（100 秒）平均で 16 乗台に達する安定度と Sr 周波数標準自体として 17 乗台後半の確度を実現に成功し、中長期計画を上回る成果を達成しただけでなく、実証実験においても下記に示す種々の顕著な成果を挙げた。まず東大 Sr 光格子時計との光ファイバリンク実験（実験実施は H23 年 3 月）により  $10^{-16}$  の精度で周波数一致を実証し、Sr 光格子時計の普遍性を世界に証明した。この成果により応用物理学論文賞（H24）、

市村賞貢献賞(H26)を受賞した。さらに衛星双方向搬送波位相比較(TWSTFT-CP)技術と連携して実施した日独 Sr 光格子時計の直接比較実験(下記 TWSTFT-CP 参照)により、NICT および独標準機関 PTB 双方の Sr 光格子時計が不確かさ  $1.6 \times 10^{-15}$  で一致することを実証した。これは世界初の大陸間光標準直接比較実験として顕著な成果である。また国際標準構築への貢献としては、度量衡総会下の技術諮問委員会 CCTF において、Ca<sup>+</sup>イオントラップ標準の周波数絶対値(CCTF2012)および Sr 光格子時計の周波数絶対値(CCTF2012, CCTF2015)がそれぞれ採択された。Ca<sup>+</sup>イオントラップに関しては、NICT と異なる周波数値を出していた武漢大(中国)が CCTF2015 で過去値を撤回・NICT に近い新値を再入力したことで国際推奨値が NICT 値と誤差内で一致する結果となり、NICT の信頼性が国際的に証明される結果となった。

【次世代光・時空計測技術の研究開発】では、衛星双方向時刻比較(TWSTFT)技術や VLBI 時刻比較技術の高度化により、大陸間規模の周波数標準の相互比較において、1日程度の平均化時間で  $10^{-16}$  台の精度で評価する技術を確認することが中長期目標であった。まず衛星双方向搬送波位相比較(TWSTFT-CP)技術を用いて実施した日独 Sr 光格子時計の直接比較実験の結果、目標である1日程度の平均化時間で  $10^{-16}$  台の精度を達成しただけではなく、以下に挙げる顕著な成果を挙げた。まず世界最長レベルとなる約 10000km の日独基線において1秒平均でピコ秒を切る計測精度を達成した。これは搬送波位相を用いない従来方式での精度を二桁以上上回る精度であるとともに、大陸間での高精度周波数比較技術において、現状世界最高の計測精度である。また NICT および独標準機関 PTB 双方の Sr 光格子時計が不確かさ  $1.6 \times 10^{-15}$  で一致することを実証したが、これは TWSTFT-CP 方式が光標準の国際周波数比較に有用であることを示した顕著な成果である。本実験の結果については、主担当者が国際学会での招待講演を行うと共に、TWSTFT-CP の評価論文および Sr 光格子時計の国際周波数比較論文を、それぞれ NICT 主著の国際共著論文として各分野の主要論文誌に発表した。このように、衛星双方向時刻比較技術の開発において顕著な成果を挙げており、中長期目標を上回って達成した。また VLBI 時刻比較技術の開発に関しては、広帯域(8GHz 幅) VLBI 観測システムを世界に先駆けて開発し、1秒平均でサブピコ秒の遅延計測精度を実証した。これは現在の VLBI 観測において世界最高の精度である。この高精度観測により大気に起因する微小な遅延変動の検出に成功、これが主要な誤差要因になっていることを実証し、これをもとに今後の技術課題とその対策を明確化した。上記は世界をリードする観測結果であり、国際 VLBI 事業(IVS)2016年総会における招待講演を受ける等、国際的にも高く評価される成果となった。

### 「必要性」

- 正確な時間・周波数と空間位置を定め供給することは、社会生活から先端的学術研究に至るまで様々な用途を支える極めて重要な基盤である。重さや温度など7つの基本計量単位の中でも時間(秒)は最も高精度な定義が可能であり、光周波数標準などの最先端技術によってその確度と精度を追及することは、あらゆる精密技術の品質向上および計測限界の突破に不可欠である。

### 「効率性」

- 最先端の研究開発と定常業務とが分離せず活動することで、実用を見据えた最先端標準の実機開発、および最先端技術に乗り遅れない標準時業務、の双方を効率的に実現している。また技術分野的にも、周波数標準技術と時刻周波数伝送技術が同一研究室内で連動することで、効果的・効率的に各技術の評価が可能となった。ドイツと実施した世界初の大陸間光標準比較実験の成功は、この効果が現れた結果である。

**「有効性」**

- 標準時供給サービスは広く社会に普及し活用されている。電話回線による時刻供給サービス（テレホン JJY）では月 14 万、NTP サービスでは日に 15 億を超えるアクセス実績があり、利用数は増加の一途である。高精度周波数標準や時刻比較技術の開発も、国際的な標準時の構築や ICT 社会を支える計測制御技術の基盤として、有効に活用されている。

**「国際水準」**

- 各技術に関して世界一線級の実力を有する。周波数標準開発においてはトップクラスの周波数確度を実現しており、標準時においても世界有数の安定度と信頼性で運用を継続している。また VLBI 技術開発センターとして国際的に活動している。アジア・太平洋地域の中核機関としてリーダーシップを発揮するとともに、国際機関や国際学会などで重要な責任を担う研究者を輩出し、その活動は国際的に高く評価されている。

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 第3期中長期目標期間の業務実績に関する項目別自己評価書 No. 21

1. 当事務及び事業に関する基本情報			
中長期計画の当該項目	別添4-(3) 電磁環境技術		
関連する政策・施策	—	当該事業実施に係る根拠（個別法条文など）	国立研究開発法人情報通信研究機構法第14条第1項第一号、第五号、第六号
当該項目の重要度、難易度		関連する研究開発評価、政策評価・行政事業レビュー	行政事業レビュー0060（平成23年度）、0065（平成24年度）、0178（平成25年度）、0169（平成26年度）、0165（平成27年度）

2. 主要な経年データ												
主な参考指標情報							主要なインプット情報（財務情報及び人員に関する情報）					
	基準値等	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度		23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
論文数	—	71	70	45	101	53	事業費用（億円）	1.5	1.8	2.1	1.7	1.6
特許出願数	—	2	2	1	2	0	職員数 ※内数	24	25	25	26	25

3. 中長期目標、中長期計画、主な評価軸、業務実績等、中長期目標期間評価に係る自己評価	
中長期目標	
<p>● 革新機能創成技術の研究開発</p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確認する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。</p>	
中長期計画	
<p>4 電磁波センシング基盤技術</p> <p>研究機構が逡信省電気試験所、郵政省電波研究所時代から長年にわたり蓄積し、発展させてきた電磁波計測の技術と知見を活かして、時空標準、電磁環境、電磁波センシングの個別研究課題における革新機能創成を目指すとともに、社会を支える基盤技術としての高度化・高信頼化及び災害対応の強化を図っていく。</p> <p>これにより、高度なネットワーク技術やコミュニケーション技術の進展とともに成長し、複雑化していく社会を未来に亘って高精度に支えていくとともに、安心で安全な社会の構築に不可欠な、電磁波を安全に利用するための計測技術及び災害や気候変動要因等を高精度にセンシングする技術等を創出し、利用促進を図</p>	

っていく。

**(3) 電磁環境技術**

電子機器、再生可能エネルギー機器、省エネルギー機器等から漏えいする電磁波が情報通信機器・システムに与える影響や、情報通信機器等から発する電磁波が人体や他の電子機器等に与える影響をより正確に測定・評価する技術、ミリ波・テラヘルツ波等の極めて高い周波数の電磁波をより正確に測定する技術、無線機器の試験・較正に関する技術の研究開発を行い、国内外における電磁環境保護に係る規格制定に寄与することにより、国民が継続的に安心・安全に電磁波を利用できる環境の確保に資する。

**ア 通信システムEMC技術の研究開発**

省エネルギー機器や高周波利用設備、無線機器等により引き起こされる電磁干渉障害の発生機構を解明し、干渉の原因となる電磁波の伝搬特性を 50MHz 以上の帯域幅で評価する手法や、複数かつ同時に存在する干渉要因にも対応できる統計的識別評価法を確立する。また、これらに関連した国内技術基準、国際標準の策定に寄与する。

**イ 生体EMC技術の研究開発**

ミリ波帯までの電波曝露評価のための数値人体モデルの開発及び長波からミリ波までの周波数帯における生体組織の電気定数データベースの構築等を行い、電波利用システムに対する電波の安全性評価技術を確立する。また、電波防護指針への適合性を評価する手法等の検討を行い、IEC（国際電気標準会議）等の国際標準化活動への寄与文書提案を通じて、国内技術基準及び国際標準の策定に寄与する。

**ウ EMC計測技術の研究開発**

スプリアス測定の高速度化や簡便化等に向けて、無線機器の新たな試験法を確立する。また、テラヘルツ帯までの電磁波の精密測定技術を確立し、特に 300 GHz までについては、較正の基盤技術を確立する。さらに、18GHz までの EMC 測定用アンテナの較正に対して国際規格に適合した較正業務を実施する。

主な評価の観点・視点、指標等

<評価の視点>

- ・ 中長期計画に定められた各項目の達成度
- ・ 「必要性」、「効率性」、「有効性」、「国際水準」の観点から評価

中長期目標	中長期計画	法人の主な業務実績等
<p>● 革新機能創成技術の研究開発</p> <p>超伝導、機能分子やバイオ材料など新規材料の優れた特性や最先端物理計測手法</p>	<p>別添 4－(3) 電磁環境技術</p> <p>(3) 電磁環境技術</p> <p>電子機器、再生可能エネルギー機器、省エネルギー機器等から漏えいする電磁波が情報通信機器・システ</p>	

をいかすことで、新たな原理・概念に基づく革新的な情報通信技術を創出し、新世代の高度情報通信ネットワークの構築に必要な要素技術を確立する。また、テラヘルツ波無線通信によって、超高速・大容量無線を実現し、大容量情報へのアクセス利便性を格段に向上させるとともに、超高速特性を活かした瞬時接続による低消費電力化を実現する。また、広帯域電磁波による実時間センシングおよび分光分析の実現とバイオ・医療・工業分野等への応用展開により、生活を脅かす災害・犯罪・事故の防止と対処を可能とする。

ムに与える影響や、情報通信機器等から発する電磁波が人体や他の電子機器等に与える影響をより正確に測定・評価する技術、ミリ波・テラヘルツ波等の極めて高い周波数の電磁波をより正確に測定する技術、無線機器の試験・較正に関する技術の研究開発を行い、国内外における電磁環境保護に係る規格制定に寄与することにより、国民が継続的に安心・安全に電磁波を利用できる環境の確保に資する。

#### ア 通信システムEMC技術の研究開発

省エネルギー機器や高周波利用設備、無線機器等により引き起こされる電磁干渉障害の発生機構を解明し、干渉の原因となる電磁波の伝搬特性を 50MHz 以上の帯域幅で評価する手法や、複数かつ同時に存在する干渉要因にも対応できる統計的識別評価法を確立する。また、これらに関連した国内技術基準、国際標準の策定に寄与する。

- ・ 省エネ機器による雑音放射機構やその特徴をモデル化するとともに、雑音統計量を用いてデジタル放送受信に与える影響を定量評価可能であることを示した。また、太陽電池パネルに対する配線が雑音放射特性に与える影響を理論的・実験的に明らかにした。
- ・ 複数の干渉源の識別分離法について、統計分析の手法を用いて複数 LED 照明からの放射雑音に対する有効性を実証した。また、異なる手法として LED の点滅パターンと雑音発生との相関性を利用した雑音識別手法を開発・実証した。
- ・ 50MHz 以上にわたる複数チャネルを連結して伝搬特性を高精度で計測する手法を開発し、映像情報メディア学会丹羽高柳賞を受賞した（平成 26 年度）。さらに到来波の遅延量をリアルタイムに推定することに成功し（平成 26 年度）、センシング技術（大気中の水蒸気遅延量推定）への新たな応用を拓いた。
- ・ 従来の汎用測定器では不可能であった、1GHz までの広帯域伝導妨害波測定を可能とする、TEM セル（Transverse Electromagnetic Mode Cell：内部に均一な電磁的横波を発生する装置）を用いた測定装置の周波数特性改良のため、プロトタイプ的设计、開発及び実証を行った（特許出願）。
- ・ IEC TC77 国際標準化会議に国際エキスパートとして参画し、妨害波測定の不確かさに関する基本規格作成に大きく貢献し、IEC1906 賞（平成 25 年）を受賞した。さらに IEC/TR 61000-4-1（EMC 基本規格概観）改訂への寄与を行い、その成果として本規格の DTR（技術報告草案）が発行・可決され、技術報告となることが決定した。NICT が主導した APD 測定に関する国際規格に準拠した妨害波測定器が、大手測定器メーカーであるローデ・シュワルツ社に続いてアジレント（現キーサイトテクノロジー）社からも市販開始された（平成 26 年度）。また CISPR 国際標準化会議において雑音振幅確率分布（APD）測定法を製品規格へ導入するプロジェクトおよび尖頭値許容値に関する検討を主導し、国際規格として制定された（平成 27 年度）。
- ・ 電磁界プローブ校正法の規格 IEEE Std. 1309:2013（平成 25 年度版）策定に大きく寄与したほか、



	<p><b>イ 生体EMC技術の研究開発</b></p> <p>ミリ波帯までの電波曝露評価のための数値人体モデルの開発及び長波からミリ波までの周波数帯における生体組織の電気定数データベースの構築等を行い、電波利用システムに対する電波の安全性評価技術を確立する。また、電波防護指針への適合性を評価する手法等の検討を行い、IEC（国際電気標準会議）等の国際標準化活動への寄与文書提案を通じて、国内技術基準及び国際標準の策定に寄与する。</p> <p><b>ウ EMC計測技術の研究開発</b></p> <p>スプリアス測定的高速化や簡便化等に向けて、無線機器の新たな試験法を確立する。また、テラヘルツ帯までの電磁波の精密測定技術を確立し、特に 300 GHz までについては、較正の基盤技術を確立する。さらに、18GHz までの EMC 測定用アンテナの</p>	<p>CISPR A, B, H 各小委員会や IEC/TC77 委員会へ、国際エキスパートや国内委員会委員として継続的に貢献した。また IEC における EMC 関連最上位会議である ACEC(電磁両立性諮問委員会)委員に就任した(平成 27 年度)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 成果：査読付論文誌 21 件他、国際標準化寄与文書多数</li> <li>・ 長波からミリ波までの周波数における生体組織の電気定数測定技術の理論検討を行い、電気定数データベースを構築するとともにミリ波帯まで適用可能な数値人体モデルの開発を行った。</li> <li>・ 様々な姿勢・体型を考慮した数値人体モデルの開発のための理論検討および人体ばく露特性の検討を行った</li> <li>・ 日仏国際共同研究プロジェクトを主導し、妊娠周期(20~32 週)を網羅した妊娠女性モデルを 38 体開発し、世界的にも最大規模の数値人体モデルデータベースを構築した。(平成 25 年度までに達成)</li> <li>・ 小児の携帯電話利用と脳腫瘍発がんについての国際疫学調査、THz 波帯非熱作用影響評価等の医学・生物研究(計 6 件)に参画し、複数周波数同時ばく露を可能とする反射箱型ばく露装置等の開発を行った。これらは、総務省・WHO 等における健康リスク評価、我が国の電波防護指針や国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)の国際ガイドライン等の根拠の強化に資するものである。さらに電波の安全性に関する一般向け講演会等のアウトリーチ活動を実施した。</li> <li>・ LTE/MIMO 等の最新無線システムの適合性評価手法の不確かさ評価等に関する理論検討を行った。また、IEC や ITU、IEEE 等の国際標準化活動に対して、国内審議団体委員長・幹事および国際エキスパートやプロジェクトリーダーとして積極的に参画し、関連国際標準規格の策定に貢献した。</li> <li>・ 比吸収率較正業務について、国際相互比較試験や不確かさ評価等の信頼性確認作業を実施し、また拡張した周波数帯(700MHz 帯および 3.5GHz 帯)の較正不確かさ等に関する理論検討を行うことにより、国内電波利用状況の変化に即して、着実に業務を推進した。</li> <li>・ ワイヤレス電力伝送(WPT: Wireless Power Transmission)システムの電波防護指針適合性評価法についての議論を主導し、数値解析や実測検討に基づき世界に先駆けて結合係数を導入した手法を提案するなど、国内技術基準策定に大きく貢献した。</li> <li>・ 成果：査読付論文誌 45 件他、国際標準化寄与文書多数</li> <li>・ 新たに導入される固体素子レーダーに対応した試験方法を確立するため、スプリアス測定系の改修を行い、実際のチャープレーダーにより有効性を実証した。また船上からの海上物標の探知能力試験法の検討、海上試験用ブイの反射特性の改良、外国試験機関におけるレーダー試験設備に関する調査に基づき、海上物標探知能力試験設備および地磁気環境試験設備に反映した。さらにチャープレーダーと従来型レーダーの干渉シミュレーションを実施し、国内技術基準の策定に貢献した。</li> <li>・ 型式検定試験の対象となる無線機器の試験手順書について国際標準等も考慮しつつ見直しを行い、総務省 Web サイトにて公開した。</li> </ul>
--	---	---

	<p>較正に対して国際規格に適合した較正業務を実施する。</p> <p>(電磁環境分野についての国内研究機関としては、機構と同等の成果を期待できる機関は他に無く、機構においては当該分野の人材確保等について検討することが必要である。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 省エネ機器等の普及により必要性が生じた 30MHz 以下の周波数帯における放射妨害波測定に関し、測定に使用するループアンテナの較正法を開発した。SI 基本単位（国家標準）とトレーサビリティを有する高精度な較正法であり、国際規格に適合することを示す ISO/IEC17025 認定を取得し、較正業務を開始した。またこれに関連して、仲介用ループアンテナを開発、製品化した。また、妨害波測定法を考案し、国際規格（CISPR）に提案、国際規格化を主導している。</li> <li>・ 無線 LAN の普及、無線利用周波数の高周波化に併せて、10W, 9GHz までの電力計較正装置の開発を行い、国際規格に適合することを示す ISO/IEC17025 認定を取得した。また、75Ω系の電力計の較正装置を開発し較正業務を開始した。</li> <li>・ 18GHz までのアンテナ較正に必要な測定器の線形性を担保するために用いる減衰器について、10MHz～18GHz の間の任意の周波数で SI 基本単位（国家標準）とトレーサビリティを有した状態で較正が行える手法を開発し、ISO/IEC17025 認定を取得、較正業務を開始した。</li> <li>・ 110～170GHz の電力標準を開発し、電力計較正装置を開発、世界に先がけて較正業務を開始、民間企業に対し較正結果を提供した。また、電力の絶対値を測定する方法として、ミキサの周波数変換損失を決定する方法を提案し、その妥当性・有効性を実験により証明し、周波数を 300GHz まで拡張した。</li> <li>・ 500GHz までのアンテナ較正装置を構築し、ホーンアンテナについて 300GHz までの較正基盤技術を確立した。</li> <li>・ 各種材料の誘電率測定について、レンズアンテナを用いた自由空間法を 330GHz まで可能にし、TDS を用いた測定法による結果と比較、原理が異なる 2 つの測定法による結果が一致することを示した。</li> <li>・ 較正業務を着実に実施した。(NICT が較正すべき指定較正機関は 1 社から 3 社に増え、較正件数が増加)</li> <li>・ 成果：査読付論文誌 14 件他、国際標準化寄与文書多数</li> </ul> <p>平成 27 年度には電磁環境分野のパーマネント研究職員 1 名を採用・配属した。また研究および定常業務において必要な高度な技術を持つ専門職の安定的確保の観点から、平成 27 年度より新たにパーマネント研究技術員の採用を開始し、うち 1 名を電磁環境分野に配属した。</p>
<p>自己評価</p>		
<p>評価</p>	<p>B</p>	
<p><b>【評価結果の説明】</b> 以下に示す通り、各項目について中長期目標を着実に達成した</p>		

- ・省エネルギー機器である LED 照明器具からの広帯域妨害波の発生機構や、雑音統計量によって放送受信への影響を直接予測可能であることを明らかにした。さらに複数の LED による重畳雑音から雑音源を識別する手法を開発・実証し目標を十分に達成した。LED からの電磁雑音は、スイッチング電源を持つ省エネルギー機器に共通の性質を持つことから、上記検討結果は将来のスマートコミュニティの EMC 問題に広く適用可能な重要な成果である。また地上デジタル放送波の高精度伝搬遅延のリアルタイム推定に成功したことは計画を上回る成果と言える。IEC TC77 国際標準化会議における基本規格作成への貢献や、CISPR 国際標準化会議における電磁雑音の妨害波統計量 (APD) 測定法を用いた製品規格導入プロジェクトの主導 (国際規格最終原案 (FDIS) が発行) など、研究成果の社会還元が着実に進められた。
- ・低周波数帯 (100Hz 以下) および高周波数帯 (10GHz 以上) における生体組織電気定数測定手法の改良のための理論的検討を行うとともに、各妊娠周期を網羅した世界最大規模の妊娠女性数値人体モデルデータベースを構築すること等、長波からミリ波帯における電波の安全性評価技術の確立に向けた研究を推進した。電波の安全性に関する医学・生物研究 (6 件) に参画し、ばく露評価やばく露装置開発に貢献した。LTE/MIMO 等の最新無線システムの適合性評価手法を開発するための理論的検討を実施し、当該手法を IEC 国際規格改訂案に反映させるとともに、IEC や ITU 等の国際標準化活動に対して、国内審議団体委員長・幹事および国際エキスパート等として積極的に参画し、関連国際標準規格の策定に貢献した。比吸収率校正業務について、国際相互比較試験や不確かさ評価を実施し、また国内電波利用状況の変化に即して、対応周波数拡張等 (700MHz 帯および 3.5GHz 帯) を着実に進めたことは重要な成果である。

#### 「必要性」

- ・複雑化・高密度化する電波利用環境においては、情報通信機器・システム同士が電磁的相互干渉なく、かつ安全な情報伝達ができる調和のとれた環境の実現を目指す研究開発は世界的に極めて重要である。妨害波測定技術や電波利用システム内・システム間相互の電磁干渉の評価技術の研究開発の必要性は高い。
- ・通信やエネルギー伝送など、電波利用の多様化と周波数拡大が急速に進む中で、電波の人体への影響の評価や規制導入のためのばく露量計測技術に関する研究開発や国際標準化に取り組むことは、電波利用の安全・安心を確保する上で極めて重要であり、継続的な研究開発を必要とする。
- ・無線機器の試験・校正業務と関連する技術開発は、我が国における無線システム運用と電磁環境維持の基盤となるものである。
- ・上記の電磁環境に関連する研究課題は、国内外の電磁波利用技術動向と標準化動向を考慮しつつ国が先導的・継続的に研究を進めるべき分野であり、また NICT として、これまで得られた研究成果を内外の技術基準等に反映するとともに、新たな課題に対する研究開発を行う責務・必要性は高い。

#### 「効率性」

- ・国内外の電磁波利用の技術動向や国際標準化動向を踏まえた適切な研究テーマ、重点化項目、スケジュールが設定されており、計画された研究項目については年次計画に従い、効率よく研究開発が実施されている。成果として、多くの論文発表、特許出願・技術移転がなされ、各種技術基準策定等の社会還元が行われており、効率性は高い。
- ・EMC 分野における NICT 独自の研究成果が関連国際標準化会議で採用されるケースも少なくない (例: CISPR における妨害波測定法やアンテナ校正法、IEC/TC77 における妨害波測定法 (TEM デバイス試験法等)、IEEE における電磁界プローブ校正法、NICT 開発の数値人体モデル等を用いた研究成果に基づく国際非電離放射

線防護委員会（ICNIRP）の国際ガイドライン、IEC や IEEE における比吸収率（SAR）測定法や較正法など）。これらの技術基準が世界中で利用されていることは、高く評価されるべきであり、研究成果の社会還元観点からは非常に効果的と考えられる。

・また、大学等研究機関との共同研究や産学連携を積極的に推進し、我が国の中核的研究所としての役割を十分に果たしている。さらに、我が国の EMC 関連技術の向上に役立てることを目的として、研究成果の社会還元・普及に努めている。

### 「有効性」

- ・以下に記載する有効な成果があげられる。
- ・LED 照明等の省エネルギー家電製品からの電磁雑音放射特性、雑音波形や統計量、通信への影響について有効な知見を得た。これらの成果が国際標準化会議や国際学術会議における省エネ機器の EMC に関する議論の契機となったものも少なくない。また電磁雑音の統計量（APD）測定法や無線通信影響評価技術に関する研究開発を世界に先駆けて行い、CISPR 国際標準化会議において製品規格への導入プロジェクトを主導したことは着実な成果として評価できる。また地上デジタル放送信号の高精度伝搬特性測定法のリアルタイム実証に成功し、新たにセンシング技術への応用可能性も明らかになったことは目標を上回る成果である。
- ・電波による人体への影響評価技術に関しては、数値人体モデルの改良・高精度化のためのアルゴリズム開発や電気定数測定システム開発のための基礎検討を行い、これらの成果に基づき生体組織データベースを構築し、総務省委託研究によりさらにデータベースの規模を拡充する等、世界的にもトップクラスの画期的な成果をあげている。また、国際非電離放射線防護委員会メンバー（14 名）の一員として、国際ガイドラインの策定に貢献する等、電波に対する人体の安全性確保のための国際的に重要な責務を果していることは高く評価される。さらに、新たな電波利用システムであるワイヤレス電力伝送に対してもばく露評価技術の研究開発を通じて、世界で初めて結合係数を用いた国内規制導入を実現し、IEC 国際標準化会議においてワーキンググループ幹事を務める等、着実な成果をあげている。
- ・無線機器の較正について、110GHz までの減衰器及びホーンアンテナの利得の較正の不確かさを半減させる改良を達成しており、世界トップレベルの 110GHz までの較正システムを構築し業務を行っている他、無線機器の試験法についても国際基準に対応するための試験環境・試験法の技術開発を積極的に進めていることは評価できる。さらに、今後のミリ波等の超高周波帯の利用拡大に対応するために 170GHz までの国家標準トレーサブルな電力較正の実現を世界で初めて可能としたことは極めて高く評価すべきである。

### 「国際水準」

- ・妨害波測定法の開発から電磁干渉機構解明・無線システムへの影響評価、さらには国際標準化まで一貫した研究開発を実施している点で国際的に優位性を持つ。電磁干渉評価技術では IEEE EMC 最優秀論文賞受賞や国際シンポジウムへの招待/依頼講演実績（中長期計画期間中 4 件）、論文誌への招待論文掲載などが示すように世界トップレベルである。また IEC/CISPR 等への国際標準化会議への参加・寄与実績も豊富であり、産業界の技術動向や問題の把握、最新研究成果の国際規格へ寄与を行っている。特に IEC における EMC 関連の最上位会議である ACEC（電磁両立性諮問委員会：定員 19 名）委員への就任は、NICT の EMC 分野における実績が高く評価された結果といえる。
- ・電波の人体ばく露量評価のための数値人体モデルや SAR 測定装置等の要素技術の研究開発において世界トップレベルを維持している。数値人体モデルの構築法

や電磁界数値計算手法については国際シンポジウムにおける論文賞や招待講演の実績を有する。国際標準化活動においてはスイス連邦工科大学（ETH）研究所と競合するものの、当該研究所は産業界からの助成があるために、医学・生物研究および健康リスク評価等の国際活動においては中立性の観点から NICT が優位性を維持しており、国際非電離放射線防護委員会の Main Commission メンバー（定員 14 名）にも選出されている。

・我が国の基準試験機関として、60 年以上にわたる無線機の試験・較正業務の実績とノウハウを蓄積しており、110GHz までの較正が可能な世界で数少ない機関の 1 つである。さらに超高周波帯の電力較正技術についても独自の手法も含め世界に先駆けて研究開発を行い、世界で初めて 170GHz までの国家標準準拠の電力較正サービスが可能な体制を構築した。アンテナ較正技術に関しては世界 6 較正機関による巡回比較試験を実施し、国際的にもトップレベルの水準にあることを実証した。世界最高水準の電波暗室等の設備を整備し、基準測定場（サイト）として国際標準を満足する能力を証明している。