

**米国におけるワイヤレス技術に関する研究開発動向
および**

連邦政府における ICT 研究開発動向に関する調査

2011 年 3 月

NICT ワシントン事務所

目次

1	米国における情報通信技術に関する予算と政策	1
1.1	序論.....	1
1.2	NITRD プログラム管理.....	7
1.3	2012 年度連邦 R&D 予算概要	9
1.3.1	継続する 2011 年度予算を巡る戦い.....	10
1.3.2	政権の見解.....	10
1.3.3	予算の歴史的分析.....	12
1.3.4	2012 年度 大統領の R&D 予算要求.....	14
1.4	2010～2011 年度の連邦 ICT R&D 予算の分析	16
1.4.1	2010～2011 年度の機関別 NITRD 予算.....	16
1.4.2	2010～2011 年度の構成機能分野別 NITRD 予算.....	19
1.5	NITRD2010-2011 年度予算における機関別優先事項	21
1.5.1	国防総省 (DOD).....	21
1.5.2	エネルギー省 (DOE).....	22
1.5.3	全米科学財団 (NSF).....	23
1.5.4	国立標準規格技術院 (NIST).....	24
1.6	ICT R&D に対する連邦議会の影響	24
1.6.1	ICT R&D に関する連邦議会の姿勢.....	24
1.6.2	ヘルスケア改革 (Health Care Reform).....	25
1.6.3	連邦議会における主要 IT R&D 関連プレイヤー概要.....	25
1.7	総論.....	30
2	連邦政府におけるワイヤレス・コミュニケーション R&D の概観	31
2.1	ワイヤレス・コミュニケーション R&D に対する連邦支援.....	35
2.1.1	全米ブロードバンド計画.....	35

2.1.2	ワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブ	37
2.2	連邦政府機関プロフィール.....	38
2.2.1	国防高等研究事業局 (DARPA)	39
2.2.2	全米科学財団 (NSF).....	45
2.2.3	国立標準規格技術院 (NIST)	52
2.2.4	国防総省 (DOD).....	54
2.2.5	国土安全保障省 (DHS).....	58
2.2.6	米航空宇宙局 (NASA)	61
2.3	大学研究機関プロフィール.....	62
2.3.1	スタンフォード大学 - ワイヤレス通信研究グループ	63
2.3.2	カリフォルニア大学—バークレーワイヤレス研究センター	64
2.3.3	Wireless @ Virginia Tech.....	65
2.3.4	クレムソン大学—ワイヤレス通信研究センター	66
2.4	産業界およびその他の研究活動.....	67
2.4.1	エネルギー省国立研究所.....	67
2.4.2	SRI デイビッド・サーノフ研究所 (SRI David Sarnoff Laboratory) —ビデオ、コミュニケーション、 ネットワーキング R&D サービス (Video, Communications and Networking R&D Services)	70
2.4.3	ベル研究所 (Bell Laboratories)	70
2.4.4	クアルコム—研究開発.....	71
2.5	新ワイヤレス・サービス関連の標準化の動き.....	72
2.5.1	IEEE におけるワイヤレス・ネットワーキング標準.....	73
2.5.2	ワイヤレス医療デバイス向け標準と基準	74
2.5.3	ワイヤレス車載型テレマティクスの標準と規制	75
2.5.4	ワイヤレス航空機搭載テレマティクスの標準と規制	76
2.5.5	ICT とネットワーキングに関するエネルギー効率のための標準.....	77
2.6	米国におけるワイヤレス技術に関する研究開発の今後の動向	78

1 米国における情報通信技術に関する予算と政策

1.1 序論

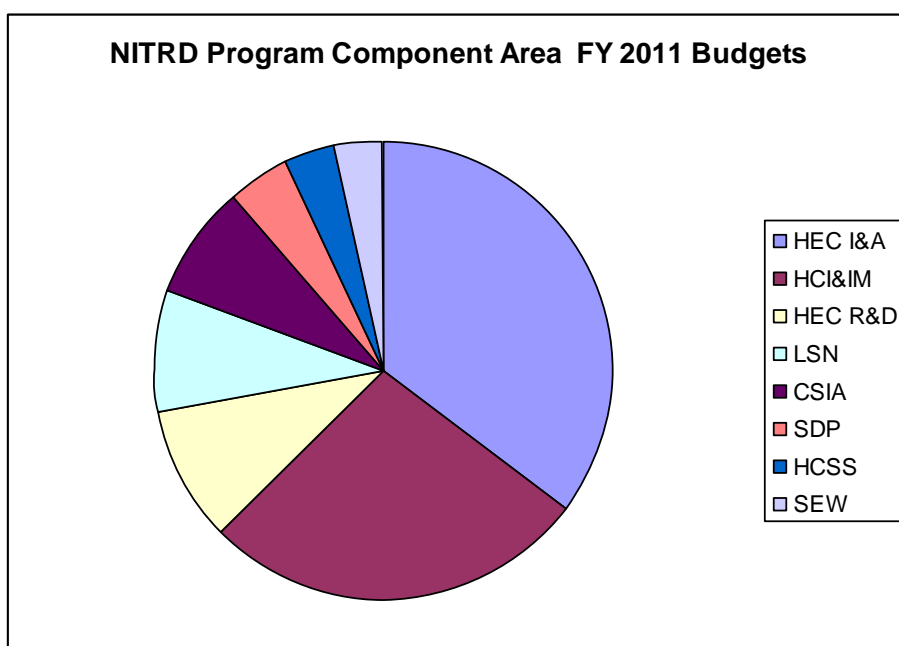
米国でネットワーキングおよび情報技術 R&D 計画 (NITRD: Networking and Information Technology Research and Development) として知られる情報通信技術 R&D (ICT R&D) プログラムは、いくつかある米国連邦政府における大規模かつ生産的な省庁横断型研究調整 (リサーチ・コーディネーション) の中で、最も長い歴史をもつプログラムのひとつである。これは 1980 年代末、4 機関間の非公式な調整プログラムとしてスタートし、1991 年に 8 つの参加機関と予算約 6 億ドルを得て正式なものとなった。2011 年度の正式プログラムには 14 の参加機関に対し、総予算約 43 億ドルが割り当てられ、さらに関連国防活動 (embedded defense activities) に対して多額の資金が拠出されている。当初、このプログラムの対象は高性能コンピューティングのみだったが、すぐにネットワーク・コミュニケーションが追加された。その後、コンピュータ・サイエンスの領域が広がり重要性も高まるのに伴い、プログラムの対象も拡大した。現在、NITRD は、8 つのプログラム・コンポーネント・エリア (PCA: Program Component area) を対象としている。以下、それらを予算規模順に列挙する。

1. ハイエンド・コンピューティングのインフラとアプリケーション (HEC I&A: High End Computing Infrastructure & Applications)
2. ヒューマン-コンピュータ・インタラクションと情報管理 (HCI&IM: Human-Computer Interaction and Information Management)
3. ハイエンド・コンピューティング R&D (HEC R&D: High End Computing Research & Development)
4. 大規模ネットワーキング (LSN: Large Scale Networking)
5. サイバーセキュリティと情報保証 (CSIA: Cyber Security & Information Assurance)
6. ソフトウェア設計と生産性 (SD: Software Design & Productivity)
7. ハイコンフィデンス・ソフトウェアとシステム (HCSS: High Confidence Software & Systems)
8. IT に関する社会・経済・労働力問題 (SEW: Social, Economic, & Workforce Implications of IT)

これらの PCA とその監督委員会その他、NITRD プログラムは、ICT R&D の成果を自らのビジネスに応用する行政官グループである「科学・技術教育と研究促進管理会」(Faster Administration of Science and Technology Education and Research)を召集する。

図 1 は、8 つの PCA の相対的予算規模を示したものである。後続の項で、これら PCA における活動内容を解説する。

図1：NITRD における各 PCA の相対的予算規模

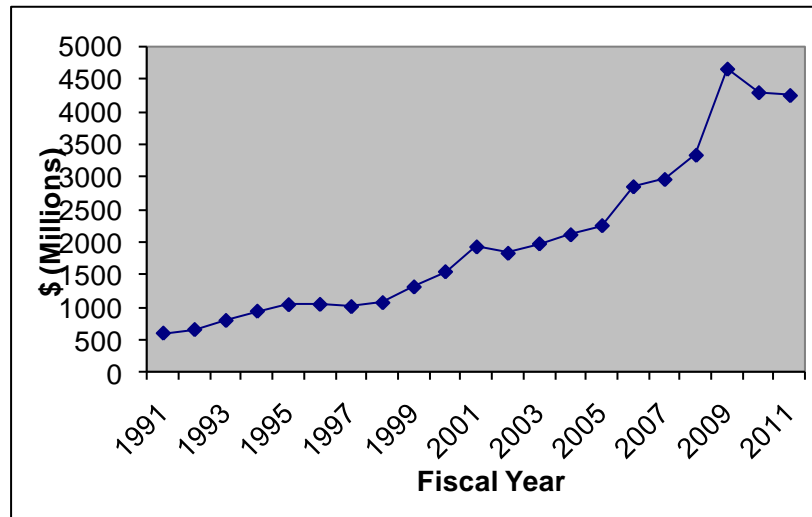


ICT R&D は、行政予算管理局 (OMB: Office of Management and Budget) と科学技術政策室 (OSTP: Office of Science and Technology Policy) 共通の 2012 年度予算指針書¹ にある通り、政権の優先事項である。

図 2 は、NITRD とその先行プログラムの年間予算額の推移を示したものである。

¹ [Science and Technology Priorities for the FY 2012 Budget](#), Executive Office of the President, July 2010

図 2: 1991～2011 年度 NITRD およびその先行プログラムの年間予算額推移



出典: National Coordination Office for Networking and Information Technology. 金額は、大統領予算要求額である 2011 年度を除き、現在ドルによる政府歳出予算推定値。2009 年度は、米国再生・再投資法 (American Recovery and Reinvestment Act) による拠出 8 億 6,100 万ドルを含む。

過去 20 年間で年間予算は 10 倍近くに増えている。これは基礎研究プログラムに対する予算としては異例の推移で、プログラムの強みとそれに対するサポートの証と言える。

最近のいくつかの政策・計画文書には、NITRD プログラムに関する指針が盛り込まれている：

1. デジタル化された将来の設計: 連邦政府資金によるネットワーキングと情報技術の研究開発 (Federally Funded Research and Development in Networking and Information Technology)² は、大統領科学技術諮問委員会 (PCAST: President's Council of Advisors on Science and Technology) による 2010 年度 NITRD プログラム・レビューである。NITRD プログラムは、1991 年高性能コンピューティング改正法 (High Performance Computing Act of 1991) により定期的レビューが義務付けられている。このレビューおよび 2007 年に実施されたレビューは、大統領に任命された民間専門家による機関 PCAST によって実施されてきた。このレビューによりプログラムの価値と生産

² [Report to the President and Congress, Designing a Digital Future: Federally Funded Research and Development in Networking and Information Technology](#), Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology, 2010

性が承認されたが、NITRD の予算を分野横断的に見ると、実際の連邦による NIT R&D 投資がかなり誇張して記載されていることが指摘された。これは、他分野での R&D に使われるコンピュータ・インフラに、かなりの予算が費やされるためである。この点は、図 1 で HEC インフラとアプリケーションが最大の PCA とされていることによっても裏付けられている³。レビューでは、調整機能に比べ、プログラム全体に対する戦略的リーダーシップが欠けている点も明らかにされた。PCAST は、いくつかの重要な変更を提言している：

- a. 連邦政府は、電子カルテ対応を目的とした現在の国家プログラムの域をはるかに越える、医療のための国家的、長期的、そして複数機関にわたるネットワーキングおよび IT (NIT) 研究イニシアチブに投資すべきである。
 - b. 連邦政府は、エネルギーと運輸のための国家的、長期的、そして複数機関にわたる、多角的な NIT 研究イニシアチブに投資すべきである。
 - c. 連邦政府は、サイバー・インフラのセキュリティと構造的安定性を共に保証するような国家的、長期的、そして複数の機関にわたる NIT 研究イニシアチブに投資すべきである。
 - d. 連邦政府は、広範な優先課題にわたる進歩を促進するような NIT 基礎先端研究に対する投資を拡大すべきである。そこには、プライバシーと機密性、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション、大規模なデータ収集と分析、NIT と物理的システムのインタラクションなどが含まれるべきである。
 - e. 連邦政府は、NITRD プログラムの調整機能より、リーダーシップを強化させるべきである。
2. *米国民のヘルスケア改善へ向けた、医療情報技術がもつ全潜在力の実現：前進への道筋 (Realizing the Full Potential of Health Information Technology to Improve*

³ 補足：NITRD プログラムは初めからハイエンドの ICT インフラとアプリケーションを含むことを明確にしているため、これは、目新しい調査結果ではない。

Healthcare for Americans: The Path Forward)⁴は NITRD プログラムの直接的なレビューではないが、医療情報技術研究開発シニア運営会 (Health Information Technology Research and Development Senior Steering Group) にインパクトを与えるような技術改善ニーズに関する提案が含まれている。この研究論文は、電子カルテ、その他、ヘルスケアのデータ集約的側面を対象としたものである。ここでは、医療関連用語のやり取りのための共通言語を規定することで、統一した方法によるデータ交換を可能にする技術力にフォーカスすることが求められている。ここでは、コンピュータが明確にテキストを理解できるようにするため、テキストからセマンティックな意味の抽出や、オンソロジーやその他の手法の価値に関して論じられる。

3. *NITRD 戦略プランのドラフト(Draft NITRD Strategic Plan)*は、2010 年 9 月に NITRD プログラムが出版したものだが、以後、回収され明らかに入手不可能になっていた。このドラフトは、2007 年の PCAST レビューの提言に応える形で作成されたものである⁵。
4. *サイバーセキュリティにおける根本的変化に関する研究開発への提言(Cybersecurity Game-Change Research & Development Recommendations)*⁶ は、NITRD サイバーセキュリティと情報保証のための省庁横断型作業部会 (NITRD Cyber Security and Information Assurance Interagency Working Group) のレポートである。この短いレポートは大統領サイバースペース政策レビュー (President's Cyberspace Policy Review) の内容に応えるものとして作成され、サイバースペースのセキュリティを高めるために

⁴ [Report to the President, Realizing the Full Potential of Health Information Technology to Improve healthcare for Americans: The Path Forward](#), Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology, 2010

⁵ 補足: このドラフトはプランというより、NIT R&D が国家のためにいくつかの分野で実行できるであろう事柄に関するビジョンや楽観的予測であり、述べられているビジョン実施に必要な一貫性と信頼性ある実践計画に欠ける。NITRD 国家調整事務局の George Strawn 局長によると、現在ドラフトは、「かなり曖昧で不十分」という一般コメントを反映して、部分的に大幅改訂され、OSTP の承認を待っている状況である。近いうちに承認され、最終版として一般公開される予定ではあるが、具体的な時期に関しては未定とのこと。

⁶ [NITRD CSIA IWG Cybersecurity Game-Change Research & Development Recommendations](#), NITRD, 2010

2012 年度に始まる追加研究で扱うべき 3 つの分野が提言されている。最初の分野は移動標的技術で、これは、インターネット上での外観をランダム化したり隠蔽したりすることで標的の可視性を低下させる手法である。二番目の分野は、インターネットの特定部分に活用できる信頼性の高いサイバースペース・モデルの構築を対象としており、これは、セキュリティのレベルを画期的に高め、侵入検知を容易にすることを目的とする。三番目の分野は、安全な手法実践に対し報酬を与える一方、安全でない手法の実践を阻止するための、金銭的インセンティブの枠組みづくりに関するものである。

全体的な政策面では、NITRD プログラムは、近年集中してきた NIT R&D 分野の中で若干の修正を行っている。例えば、集中分野に高い注意を向け、NITRD プログラムの成果の早期実用化を促すために、以下の 2 つのシニア運営会が組織された：

- a) サイバーセキュリティと情報保証 R&D シニア運営会 (CSIA R&D SSG: Cyber Security Information Assurance Research and Development Senior Steering Group)⁷: サイバーセキュリティ R&D 情報を政府の政策、財政、研究の各部署に周知させると共に、R&D の優先事項を総合国家サイバーセキュリティ・イニシアチブ (Comprehensive National Cybersecurity Initiative) の他の優先事項と確実、かつ密接に連結させるために結成された運営会で、国防総省 (DOD: Department of Defence)、国家情報長官室 (ODNI: Office of the Director of National Intelligence)、国土安全保障省 (DHS: Department of Homeland Security)、国家安全保障局 (NSA: National Security Agency)、全米科学財団 (NSF: National Science Foundation)、国立標準規格技術院 (NIST: National Institute for Standards and Technology)、OSTP、OMB など、国家サイバーセキュリティの指導的立場にある諸機関のシニア・レベルのメンバーから成る。

⁷ [Cyber Security Information Assurance Research and Development Senior Steering Group \(CSIA R&D SSG\)](#), NITRD Program, 2010

- b) 医療情報技術 R&D シニア運営会 (Health IT R&D SSG: Health Information Technology Research and Development Senior Steering Group)⁸:ヘルス関連 IT やそれに必要な R&D が、ヘルスケア改善とコスト抑制実現の鍵となるとの認識に基づいて結成された運営会で、医療 IT R&D (Health IT R&D) のためにプログラム、予算、政策提言を調整する。

また、PCA の中で特に重要であるとの認識に基づき、以下の 2 つの調整グループが省庁横断型作業部会に格上げされた。

- a) サイバーセキュリティと情報保証に関する省庁横断型作業部会 (CSIA IWG: Interagency Working Group on Cyber Security and Information Assurance): コンピュータとネットワークに基づくシステムの稼動状況、整合性、機密性を低下させる、あるいは低下させる恐れがある行動に対する予防、耐久、探知、対応、あるいは回復を目的とする R&D に集中する部会で、CSIA R&D SSG⁹と密接な関係のもと運営される。
- b) ハイエンド・コンピューティングに関する省庁横断型作業部会 (HEC IWG: Interagency Working Group on High End Computing): HEC インフラとアプリケーション PCA と、HEC R&D PCA における活動¹⁰の相互調整を行う部会で、他の PCA は、調整グループ (Coordinating Groups) が監督する。

1.2 NITRD プログラム管理

NITRD プログラム(およびその前身)は、ICT R&D に従事する連邦政府機関間の計画立案と協力を奨励し、不必要な重複を最小限にする目的で設立された。

プログラム全体は、図 3 に示すとおり、全米科学技術評議会 (National Science and Technology Council) の NITRD 小委員会によって統括されており、同評議会は、OSTP によ

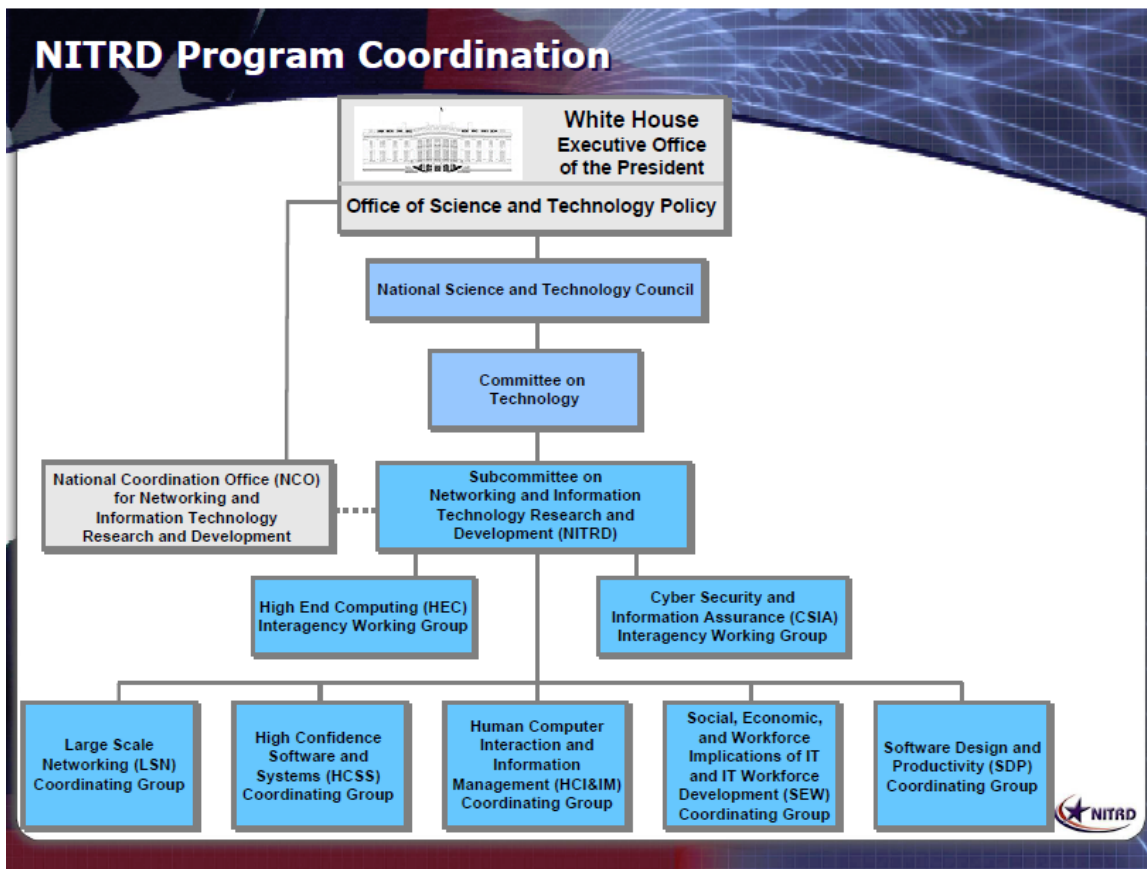
⁸ [Health Information Technology Research and Development Senior Steering Group \(Health IT R&D SSG\)](#), NITRD Program, 2010

⁹ [Interagency Working Group on Cyber Security and Information Assurance \(CSIA IWG\)](#), NITRD Program, 2011

¹⁰ [Interagency Working Group on High End Computing \(HEC IWG\)](#), NITRD Program, 2011

て監督される。NITRD の小委員会には、プログラムの日常業務の大半を手がける、7 つの省庁横断型作業部会と調整グループが含まれている。なお、前述した 2 つのシニア運営会は、同図には記されていない。小委員会は、国家調整事務局 (National Coordination Office) 常勤職員によってサポートされており、同事務局長 (Director) と、NSF のコンピュータ・情報科学・エンジニアリング局 (Computer and Information Science and Engineering) の副局長 (Assistant Director) が、小委員会の共同議長を務める。

図 3: NITRD プログラム組織図



出典: National Coordination Office for NITRD

小委員会が予算に関する直接的権限を持たないことは特筆に価する。そのため小委員会はプログラムを管理するというより、むしろ調整機能を果たしている。予算権限は、ほとんどの連邦プロ

グラムの場合と同様、連邦議会から(行政予算管理局を通して)関連機関に直接譲渡される。2010 年の PCAST レビューでは、中心となるリーダーシップの欠如が指摘され、外部の諮問委員会が戦略的リーダーシップを持つべきと提案されている。しかし、中心的リーダーシップの発揮には、予算権限フローで、NITRD 小委員会または国家調整事務局を介すことが必要になる。このようなアプローチは、これまで承認されたことはない。つまり、不必要な重複の回避、あるいは必要でありながら十分に資金が拠出されていない研究領域に資源を充当するための正式な手段がないことを意味する。

しかしながら、NITRD プログラムに関与する機関は、プログラムが長寿であることや図 2 に示される予算増加に見られるように、長期に渡って協調関係を成功させてきた。このようなコラボレーションは、様々な委員会会合やワークショップにおける各機関プログラムに関する討議、現行プログラムに照らし合わせた研究ニーズの検討を含む、複数機関によって頻繁に実施・作成される計画立案研究や文書、そして共通プロジェクト提案要請や提案レビュー者の共有を伴う複数機関プロジェクトの開発などによって推進される。多くの場合、参加機関のプログラム管理者は、数十年と言わないまでも互いに数年来の仲であり、緊密に協力し合うことに慣れている。

このように、NITRD プログラムは、計画書類、ワークショップ概要、年次 NITRD 予算追補、連邦議会公聴会、および PCAST による定期的レビューによって常に精査されることで、プログラムの成功が明確になる一方、計画が悪い、あるいは不十分であった研究も明らかになる¹¹。

1.3 2012 年度連邦 R&D 予算概要

2010 年の議会選挙で共和党が勝利したため、下院は共和党の支配下におかれ、上院における民主党の力も弱化した。下院で新たに選出された「茶会党」支持者たちは、2011 年度の残りの期間に使われる軍事関連以外の裁量支出を即 610 億ドル削減するよう声高に要求している。下院は 2011 年 2 月 11 日、2012 年度の軍事関連以外の裁量支出を 2008 年度水準かそれ以下に抑えよとの決議を採決した。2012 年度の予算案で大統領は、軍事関連以外の全裁量支出を向こう 5 年間、2010 年度水準で凍結するとともに、他の分野での削減で相殺することにより優先分野の予算を若干増大する方針を示している。

¹¹ 補足: それにも係らず、プログラムの戦略的リーダーシップが弱いという PCAST の指摘は的を得たものであるが、PCAST の提言に従って別の諮問委員会を設置しても、同問題の直接的解決にはならないと見られる。

2011 年度と 2012 年度に見られる興味深い新たな動きは、議会も政権も共に、議会でのいわゆる「資金割当」(earmark)廃止を求めていることである。これまで議会では、この資金割当によって、議員たちが通常の管理手順を踏まずに自分が支持するプロジェクトに資金調達してきた。2010 年度における資金割当額はわずか 160 億ドルに過ぎないが、それが廃止されれば、特に国防省、農務省などにおいて R&D 予算を縮小する機関が出てくるものとみられる。

1.3.1 継続する 2011 年度予算を巡る戦い

2011 年度の議会では、年度予算案の取りまとめ協議が難航しており、2011 年 3 月末時点でまだ成立していない。大方の予測では、議会は今年度が終るまで、大幅な削減を伴う継続決議により政府の資金調達を続けてゆくと見られている(通常、予算継続決議では前年度の予算額が延長されるが、近年は大幅な変更がなされるケースが見られる)。

最大の争点は全体の予算規模に関するものと見られる。下院の予算継続決議法案である H.R.1 は 2011 年 2 月 19 日に採択され、大統領の 2011 年度における軍事関連以外の裁量支出要求額を 1,000 億ドル削減している(施行された 2010 年度からの 610 億ドル削減に相当)。民主党が支配する上院は、年度途中まではこれほど大幅な予算削減に反対している。下院、上院、政権で見解が大きく分かれるため、妥協は非常に困難であろう。

議会の下部組織である連邦議会予算局(Congressional Budget Office)が、2011 年度の財政赤字が国内総生産の約 10%に当たる 1.5 兆ドルに上り、過去最悪となりそうだとの予測を出し、さらに 2011 年 2 月 14 日、ホワイトハウスが同年度の赤字額は 1.65 兆ドルに達する可能性があることと予測したこと。このことで、政府予算に関する議論はさらに激化している。大統領と共和党幹部間の税妥協案として、ブッシュ前政権時代の減税措置の大半が 2011 年末まで延長されたことで当初予測より税収入が減ったため、財政赤字の規模はさらに増大した。

1.3.2 政権の見解

一般教書演説でオバマ大統領は、2012 年度予算案で R&D 予算を引き上げることを改めて明言し、特に情報技術(IT)が優先分野であるとの見解を示した。大統領の 2012 年度予算案では、ICT R&D の重要な参加機関である NSF、エネルギー省(DOE)科学局、NIST の基礎研究予算を倍増させる意向を引続き維持し、予算の中で言及されたサイバーセキュリティを優先分野と指摘している。しかし大統領は、以前に掲げていた国家 R&D 投資を国内総生産の 3%に引き上げ

るとの目標を繰り返し述べることはなかった。それでも、大統領が政権の上級職に優秀な科学者を任命してきたことで、大統領が研究の重要性を理解し、支援に本腰を入れているとの一般認識は強まっている。厳密には R&D ではないが、大統領はブロードバンド・インターネットを国民の 98% に普及させるため、それを農村部にまで拡大するよう求めた。

オバマ大統領が一般教書演説で、金融危機と、その後の景気後退に対応する中で積みあがった膨大な財政赤字削減を促進するため、向こう 3 年間の裁量支出を現水準で維持すると公約したことで、予算審議はさらに複雑なものとなっている。予算面で R&D は国防、教育、運輸と住宅など他の優先事項と競合するため、R&D 予算を維持してゆくことは困難であると見られる。

政権の優先項目を支援するため、OMB と OSTP の幹部は、2012 年度の R&D 優先事項に関する覚書¹²の中で、関連機関に対し、以下の 6 つの課題への取り組みを踏まえた予算案作成を求めている。

1. 持続性ある経済成長と雇用創出を促進する
2. 最も危険な疾病に打ち勝ち、すべての人の健康促進を実現すると同時に、ヘルスケアのコスト削減を図る
3. エネルギー輸入への依存度を低下させるためクリーン・エネルギーへ移行すると同時に、温室効果ガスの排出量を抑制する
4. 地球の気候変動を理解し、それに適応し、さらにそのインパクトを緩和する
5. 持続性、生物学的多様性を踏まえ、食糧、繊維、バイオ燃料の製造と生態系サービスに必要な土地、淡水、海洋を巡る相競合する要求を管理する
6. 我々の軍隊、国民、国家利益を護る技術を開発する

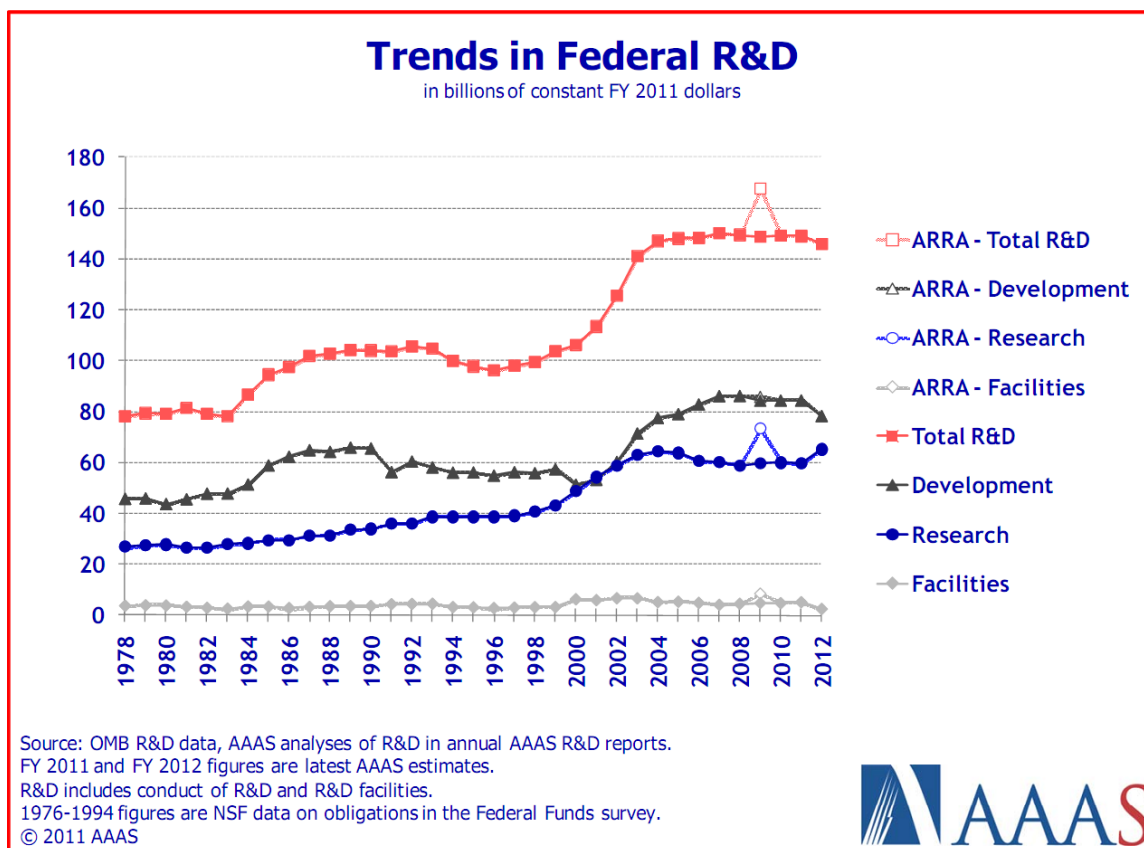
覚書では、これら 6 つの課題解決を達成するうえで NITRD が掲げる「膨大なデータから価値や科学的推論を引き出す能力を向上させる研究への注力」と、「信頼性の高いサイバースペース設計と開発に向けた革新的手法追究のためのサイバーセキュリティ R&D」に関する活動の重要性が強調されている。

¹² [Science and Technology Priorities for the FY 2012 Budget](#), op. cit.

1.3.3 予算の歴史的分析

1978～2012年度の連邦R&D総予算における全体的傾向を図4に示す。数字は実質金額、つまりインフレ調整後のものである。2009年度のピークは、米国再生・再投資法（ARRA: American Recovery and Reinvestment Act）に盛り込まれた追加予算を反映したものである。同法による影響を別にすれば、米国のR&D予算総額は2004年以降ほとんど変化していない。しかし、予算全体の中では研究予算が若干増加した一方、主にDODにおける開発予算の減少が見られる。

図 4: 1978～2012 年度 連邦 R&D 予算総額の推移¹³

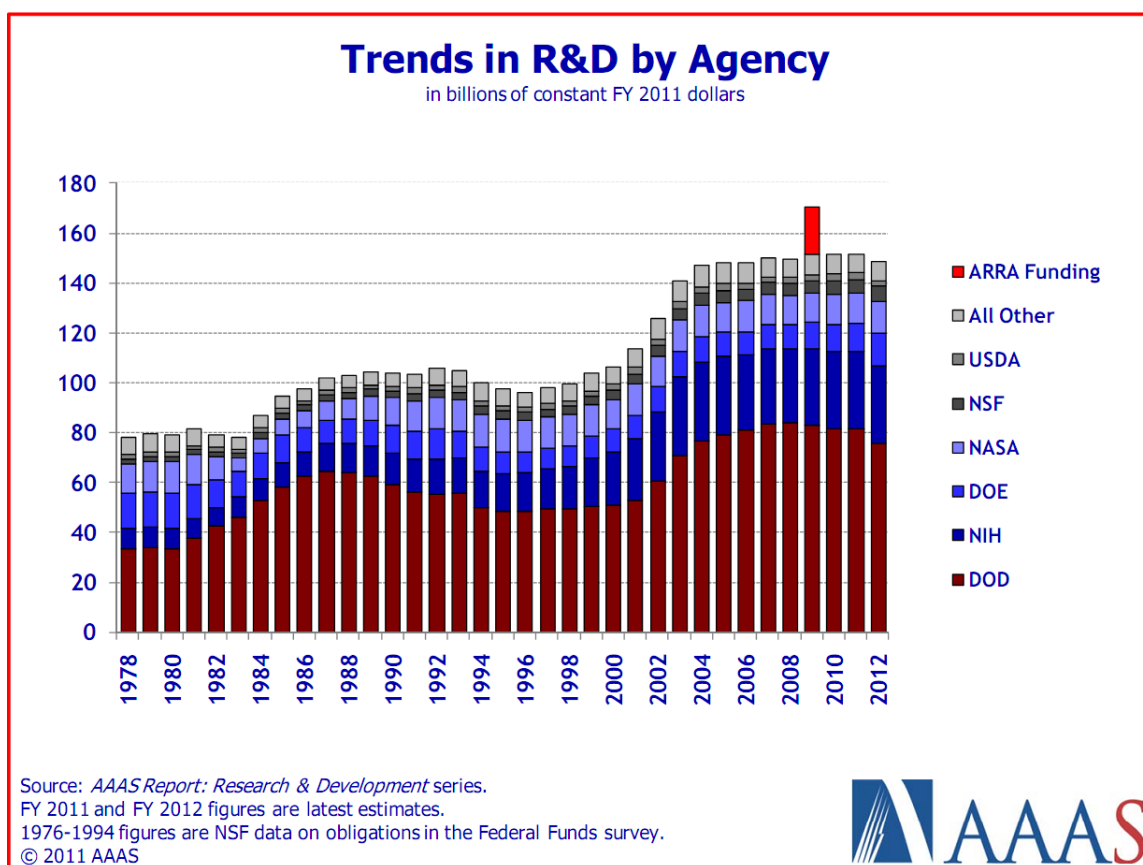


出典: AAAS, February 2011

¹³ [Research and Development in the FY 2011 and FY 2012 Federal Budgets](#), AAAS, February 2011

次に、最大手研究機関に対する連邦 R&D 予算の歴史的変遷を図 5 に示す。数字は実質金額、つまりインフレ調整後のものである。これを詳細に検討すると、近年の非軍事 R&D、特に国立衛生研究所 (NIH: National Institute of Health)、DOE、NSF、そして米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) が、軍事と農業関連 R&D 予算削減を代償としたものであることが分かる。

図 5: 1978 ~2012 年度 省庁機関別連邦政府 R&D 予算推移¹⁴



出典: AAAS, February 2011

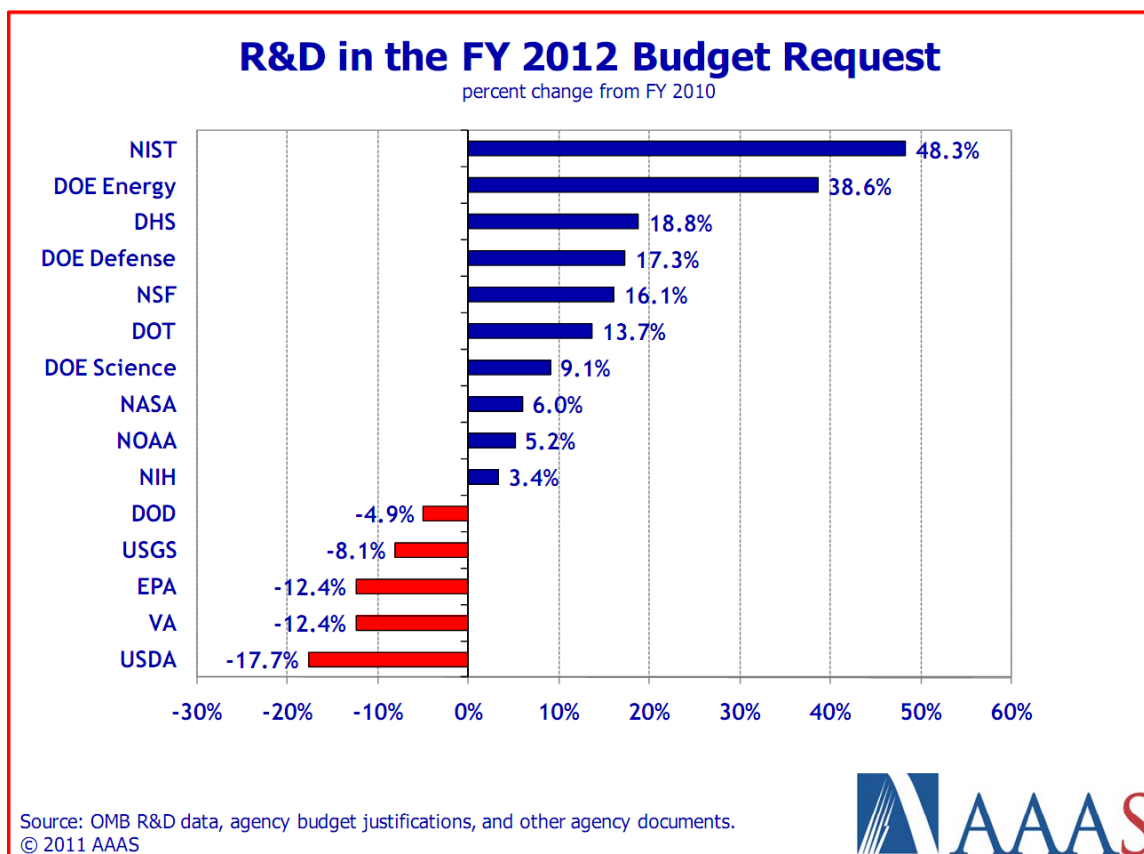
¹⁴ [Research and Development in the FY 2011 and FY 2012 Federal Budget](#), AAAS, February 2011

1.3.4 2012 年度 大統領の R&D 予算要求

2012 年度の連邦政府 R&D 予算要求額は 2010 年度比 0.5% 増の 1,479 億ドルであり、2011 年度の要求額を若干下回る(ただし、2011 年度予算はまだ施行されていない)。R&D の優先傾向のひとつは、基礎研究と民間研究へのシフトである。全予算の中における基礎および応用研究予算は増加するだろうが、その変化の大半は NASA の宇宙ステーション予算を設備カテゴリーから研究カテゴリーに移行させたことによるものである(設備予算の減少は図 4 参照のこと)。軍事関連 R&D 予算は 5% 減少し、非軍事関連予算は 6% の増加が見込まれる。DOD 内では、予算は応用研究や開発から先端研究にシフトすることが予想される。

2010 年から 2011 年における主要研究機関の R&D 予算比率を示した図 6 は、この傾向の詳細データを示したものである。

図 6: 2012 年度 省庁機関別連邦 R&D 予算¹⁵



出典: AAAS, February 2011

特に NIST、DOE、DHS、NSF で順調な予算増加が期待される一方、農務省 (USDA: United States Department of Agriculture)、環境保護庁 (EPA: Environmental Protection Agency)、DOD は予算を削られることになろう。

大統領の 2012 年度の R&D 予算要求と、2011 年度の予算継続決議を提案している H.R.1 との間に見られる違いは大きい。図 7 は、NITRD プログラムに参加しているいくつかの主要機関に関し、2010 年度の推定予算、2011 年の下院法案、大統領の 2012 年度予算要求、および大統領の要求と下院法案の差異をパーセントで示したものである。

¹⁵ [Research and Development in the FY 2011 and FY 2012 Federal Budget](#), AAAS, February 2011

図 7: 特定機関における 2012 年度大統領 R&D 予算要求と 2011 年度 H.R.1 法案の比較¹⁶

	FY 2010 estimate	FY 2011 House (H.R.1)	FY 2012 President	% Change President from House
TOTAL R&D (Conduct of R&D and R&D Facilities) \$ million				
DoD	80,602	79,340	76,633	-3.4%
NIH	30,155	28,736	31,174	8.5%
DOE Office of Science	4,528	3,642	4,940	35.7%
DOE Atomic Energy Defense	3,854	4,147	4,522	9.0%
NASA	9,262	9,258	9,821	6.1%
NSF	5,445	4,955	6,320	27.6%
NOAA	692	782	728	-6.9%
NIST	588	547	872	59.5%
DHS	887	1,028	1,054	2.5%
EPA	590	567	579	2.2%
TOTAL	136,603	133,002	136,643	2.7%

出典: AAAS, February 2011

総額にあまり違いはないが、NITRD の重要な参加機関である DOE 科学局、NSF、NIST に見られるパーセンテージの差異は非常に大きい。

1.4 2010～2011 年度の連邦 ICT R&D 予算の分析

1.4.1 2010～2011 年度の機関別 NITRD 予算

表 1 は、2010 年度の NITRD 予算推定額と 2011 年度の大統領予算要求額を機関別に示したものである。軍事関連以上に民間研究を優先する政権の R&D 優先項目を反映し、2010 年度から 2011 年度への伸長率変化からは、軍事研究費を削減し代わりに非軍事指向の ICT 研究予

¹⁶ [R&D in the FY 2011 and FY 2012 Budgets by Agency](#), AAAS, February 2011

算を増額するという偏向が明らかに伺える。また、NSF、DOE 科学局、NIST の研究予算倍増を掲げた公約に対する大統領のコミットメントも確認できる。

表 1: 2010~2011 年度 機関別 NITRD 予算¹⁷

NITRD 参加機関	2010 年度 推定 (100 万ドル)	2011 年度 要求額 (100 万ドル)	2010~2011 伸長率 (%)
国立衛生研究所 (National Institutes of Health)	1200.9	1234.8	3
全米科学財団 (National Science Foundation)	1090.5	1170.1	7
国防長官官房 (Office of Secretary of Defense and Services)	583.2	516.0	-11
エネルギー省 (Department of Energy) (科学と核エネルギー)	482.4	510.1	6
国防高等研究事業局 (Defense Advanced Research Project Agency)	554.7	500.8	-10
国立標準規格技術院 (National Institute for Standards and Technology)	77.4	92.4	19
米航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration)	82.0	81.7	0
国家安全保障局 (National Security Agency)	155.8	72.2	-54
医療研究・クオリティ局 (Agency for Health Research and Quality)	27.6	31.5	14
米海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration)	26.3	26.3	0
DOE 国家核安全保障局 (National Nuclear	13.0	14.0	8

¹⁷ FY 2011 Networking and Information Technology Research and Development: Supplement to the President's Budget, op.cit.

Security Administration)			
環境保護庁 (Environmental Protection Agency)	6.3	6.3	0
国立公文書図書館 (National Archives and Records Administration)	4.5	4.5	0
合計	4304.6	4260.7	-1

出典: *President's FY 2011 Budget Request, February 2010*

2009 年 ARRA には、約 215 億ドルの R&D 追加予算が盛り込まれ、そのうち NITRD プログラムには、8 億 6,130 万ドルが分配された(表 2 参照)。これら資金は、①ネットワークとハイエンド・コンピューティング・インフラと、高度科学研究施設の近代化、拡張、およびアップグレード、②サイバーセキュリティ、ヒューマン-コンピュータ・インタラクションと情報管理、信頼性の高いソフトウェアとシステム、およびソフトウェア設計分野の R&D 拡張、③多様かつ高度に熟練した IT 労働力の教育と訓練に対する 投資の増加、に利用されている¹⁸。

NITRD の諸機関は、それぞれ異なる戦略に基づき ARRA ICT 予算を配分した。NIH と NSF は主に、レビューの結果は良好だったが、通常予算の分配対象になるほどではなかった案件を助成するためにこの予算を使用した。NIST はその僅かな増額分を、機関内の研究増強に充てた。一方、DOE、NASA、米海洋大気庁 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) は、ARRA 予算を主に実質的なコンピューティングとネットワーク・インフラ・プロジェクトのために使用した。

表 2: 2009 年米国再生・再投資法 (ARRA) 割当て予算の NITRD 分配額¹⁶

機関	100 万ドル
国立衛生研究所 (National Institutes of Health)	167.8
全米科学財団 (National Science Foundation)	347.2
エネルギー省 (Department of Energy)	161.8

¹⁸ *FY 2011 Networking and Information Technology Research and Development: Supplement to the President's st, op. cit.*

国立標準規格技術院 (National Institute for Standards and Technology)	1.5
米航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration)	18.0
米海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration)	165.0
合計	861.3

出典: American Recovery & Reinvestment Act of 2009

1.4.2 2010～2011 年度の構成機能分野別 NITRD 予算

先述のとおり、NITRD プログラムにおいて、機能分野はプログラム・コンポーネント・エリア (PCA)と呼ばれている。表 3 は、各 PCA における 2010 年度の予算推定額と 2011 年度の大統領予算要求額を伸長率と共に示したものである。

表 3: 2010～2011 年度 PCA 別 NITRD 予算¹⁹

PCA	2010 年度 推定 (100 万ドル)	2011 年度 要求 (100 万ドル)	2010～2011 伸長率 (%)
ハイエンド・コンピューティング・インフラとアプリケーション (HEC I&A: High End Computing Infrastructure & Applications)	1469.4	1502.3	2

¹⁹ FY 2011 Networking and Information Technology Research and Development: Supplement to the President's FY 2011 Budget, op. cit.

ハイエンド・コンピューティング R&D (HEC R&D: High End Computing Research & Development)	480.6	401.2	-17
サイバーセキュリティと情報保証 (CSIA: Cyber Security & Information Assurance)	371.5	349.0	-6
ヒューマン-コンピュータ・インタラクションと情報管理(HCI & IM: Human-Computer Interaction & Information Management)	1149.3	1156.2	1
大規模ネットワーキング(LSN: Large Scale Networking)	385.6	368.7	-4
ソフトウェア設計と生産性(SDP: Software Design & Productivity)	168.4	190.7	13
ハイコンフィデンス・ソフトウェアとシステム(HCSS: High Confidence Software & Systems)	137.6	147.4	7
IT に関する社会・経済・労働力問題(SEW: Social, Economic, & Workforce Implications of IT)	142.2	145.2	2
合計	4304.6	4260.7	-1

出典: President's FY 2008 and FY 2009 Budget Requests

表 3 で示す HEC I&A PCA 予算は主に、NSF、DOD、DOE、NASA を含む省庁機関による、ペタスケール、およびその他大型コンピュータ調達のためである。他にも、システムの管理および測定のためのソフトウェア開発、および大型コンピュータにおけるアプリケーション開発環境のために予算が分配される。HEC I&A における僅かな増額(2%)には、オークリッジ国立研究所(Oak Ridge National Laboratory)のジャガー(Jaguar)(2.3 ペタフロップス)をはじめ、テネシー大学(University of Tennessee)のクラーク(Kraken)(1.1 ペタフロップス)、NASA エイムズ研究所(NASA Ames Research Center)のプレアデス(Pleiades)(0.67 ペタフロップス)などのスパコンを対象にした、ARRA 予算の多大な影響は反映されていない。これらの調達は、HEC R&D コンポーネント予算を使って実施された国防高等研究事業局(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)の高生産性コンピューティング・システム(HPCS: High Productivity Computing Systems)プログラム傘下の R&D の成果の恩恵も受けている。

HEC R&D は、ハイエンド・コンピューティング・アーキテクチャ、ハードウェア、およびソフトウェア開発研究を目的としている。本領域の予算は前年比 17%減となったが、減額分の大半は NSA で実施される研究予算の削減を反映したものである。非軍事研究機関と DARPA は、*連邦政府ハイエンド・コンピューティング計画* (Federal Plan for High-End Computing)²⁰ に記された要求を受ける形で、引続き本領域における研究の建て直しに取り組んでいる。同 PCA の優先項目には、コンピュータ・システム・プロトタイプ、アーキテクチャ、プログラミング、ペタスケール・コンピューティングに関する課題、およびムーアの法則を打破するコンピューティングが含まれる。

CISA には、コンピュータ・システムとネットワークにおけるセキュリティ、保証、および信頼性向上のために必要とされる技術研究が含まれる。本領域の予算は、軍事関連機関の予算削減が影響し、全体で 6%減となった。優先項目は、サイバーセキュリティ基盤、情報インフラをセキュアにするための応用研究、使命保証 (mission assurance)、そしてサイバーセキュリティ・テストベッドなどである。

SDP では、ソフトウェア集約的システムを設計、構築、および維持するための方法の向上を目指す。13%の予算増額分は、主に NSF の研究予算増額を反映したものである。NSF では、コンピュータとネットワークのソフトウェアによる省エネ化、ソフトウェアの信頼性を証明するための正式な手法、オープン・ソース・ソフトウェア・コミュニティ、そしてソフトウェア設計基盤に焦点を置く研究を実施している。

それ以外の PAC 予算に関する変動は比較的小規模であるため、大統領予算要求を参照とし、ここでの説明は割愛とする。

1.5 NITRD2010・2011 年度予算における機関別優先事項

1.5.1 国防総省(DOD)

DOD は、コミュニケーションと知的ネットワークのサポート、軍事システムにおけるソフトウェアの改良、サイバーセキュリティと情報保証の改善、エンジニアリング・シミュレーションのサポート、そして軍事ニーズに資するための新規コンピュータの開発を目的に、ICT R&D 投資を行なっている。その特徴的プログラムとしては、①防衛を目的としたハイエンド・コンピューティング・ファシリ

²⁰ [Federal Plan for High-End Computing: Report of the High-End Computing Revitalization Task Force](#), May 2004

ティを提供する高性能コンピューティングの近代化 (High Performance Computing Modernization) プログラム、②大学やコンピュータ・メーカーと協力し、ハイエンド・コンピュータのユーザビリティ向上を目指す DARPA の高生産性コンピューティング・システム (High Productivity Computing Systems) プログラム、③国家サイバーセキュリティ・イニシアチブ (National Cyber Security Initiative) に対する DAPRA の貢献である国家仮想領域 (National Cyber Range)、④光ネットワークとモバイル・ネットワーク研究プロジェクト、そして⑤高度コンピュータ・アーキテクチャとサイバーセキュリティに関する NSA の研究などが挙げられる。DARPA 新局長の Regina Dugan 氏は、前 DAPRA 局長の Anthony Tether 氏指揮下でもつれた研究大学との関係修復に取り組んでいる²¹。DARPA を機密性の高い短期研究の強化へと向かわせた Tether 氏の方針は、大学のオープンかつ基本的アプローチとは相容れないものだった。一方、Dugan 氏は基礎研究志向のアプローチをとっているため、大学ベース ICT R&D において DARPA が歴史的に果たしてきた主導的役割を復活できる可能性がある。

DOD の ICT R&D 予算総額は、2010 年度に推定 12 億 9,370 万ドル、2011 年度請求額は 16% 減の 10 億 8,900 万ドルとなっている。

1.5.2 エネルギー省 (DOE)

DOE の科学局 (SC: Office of Science) は、主に高度科学コンピューティング研究 (ASCR: Advanced Scientific Computing Research) 室を通じ、ICT R&D の主要な役割を担っている。当局はコンピュータ・モデリングとシミュレーション推進派の主要メンバーであり、独自の SciDAC と INCITE プログラムを通して、研究におけるシミュレーションの利用拡大を目的に DOE 内部の局や産業界と提携関係にある。SC は複数の科学的コンピューティング・センターと ESnet データ・ネットワークの管理に携わっている。ARRA 資金も一部使って開発が進められる ESnet は、今や世界最大容量のネットワークの一つとなっている。オークリッジ国立研究所に設置されたクレイ (Cray) ベースのリーダーシップ (Leadership) システムであるジャガー (Jaguar) は、ARRA 資金を使ってアップグレードが実施されており、トップ 500 リスト (TOP 500 list)²² によると、現在これは世界最高能力を備えたコンピュータとなっている。SC は、ジャガー関連で DARPA の HPCS プログラムと協力関係にある。ASCR 室は、重要な応用数学およびコンピュータ科学プロ

²¹ [Pentagon Research Director Visits Universities in Bid to Re-energize Partnerships](#), New York Times, October 2009

²² [Top 500 Supercomputer Sites](#)

グラムを支援しており、グリッド・コンピューティングとその他のデータ集約的アプリケーションの開発を促すため、ネットワーキング研究にも従事する。

DOE の国家核安全保障局 (National Nuclear Security Administration) は、その活動のほとんどが機密扱いであるが、ICT R&D 分野における重要なプレイヤーである。というのも、核実験全面禁止条約 (Comprehensive Test Ban Treat) の結果、今やシミュレーションは、核保有量を維持するための主要ツールとなっているからである。戦略コンピューティング促進イニシアチブ (ASCI: Accelerated Strategic Computing Initiative) は、核実験を膨大な計算で置き換えるという目標を掲げており、ASCI とその後継プログラムである、高度シミュレーションとコンピューティング (Advanced Simulation and Computing) は、IBMをはじめ、SGI、HP といった企業に資金を提供し、世界最強コンピュータの開発を支援している。これらの活動と平行して、「完全な物理的」シミュレーションに必要とされる 3D コードの開発を目指す、複数年のソフトウェア・プロジェクトが進められている。

DOE の ICT R&D 予算総額は、2010 年度に推定 4 億 9,540 万ドル、2011 年度要求額は 6% 増の 5 億 2,410 万ドルである。

1.5.3 全米科学財団 (NSF)

NSF は、連邦政府内で最大かつ最も多角的な IT プログラムの一つを支援している。その投資対象は、ハイエンド・コンピューティング・ハードウェアとソフトウェア研究にはじまり、複数のハイエンド・コンピューティング・センターへの資金拠出や、中核的コンピュータ科学とコンピュータ・エンジニアリング研究、科学エンジニアリング分野での ICT 利用に関する広範な研究に至る。2011 年度の ICT R&D 予算要求は、従来の中核的研究領域へのサポート継続に加え、省庁横断型の包括的国家サイバーセキュリティ・イニシアチブ (Comprehensive National Cybersecurity Initiative)、サイバー-フィジカル・システム (Cyber-Physical Systems)、サイバーラーニング・トランスフォーミング教育 (Cyberlearning Transforming Education)、ムーアの法則を打破する科学・エンジニアリング、そしてサイバー対応ディスカバリーとイノベーション (Cyber-enabled Discovery and Innovation) などの高優先度領域に焦点を置いている。

NSF のハイエンド・コンピューティング分野における新たな主カプロジェクトは、ブルー・ウォーター・システム (Blue Water System) であり、IBM によって構築され、2011 年中にイリノイ大学に設置されることになる。同システムは、ペタフロップ級の性能を恒常的に提供することを目的としている。また、NSF のサイバーセキュリティ・イニシアチブへの貢献は、セキュリティとプライバシーのための新コンピューティングとネットワーキング・アーキテクチャに注力する、信頼度の高いコ

ンピューティング(Trustworthy Computing)プログラムである。その中の、サイバー対応ディスカバーとイノベーション・イニシアチブ(Cyber-enabled Discovery and Innovation initiative)は、NSF 全体で取り組む 5 年計画のプロジェクトであり、コンピュータによる思考分野でのイノベーションを通じ、画期的な科学とエンジニアリング研究成果を生むことを目指して 2008 年に開始された。サイバー・フィジカル・システムでは、医療用、運送用、製造用など物理的システムに組み込まれたコンピューティングなどが研究対象となる。そして、ムーアの法則を打破する科学とエンジニアリングでは、ナノテク、コンピュータ科学、マテリアル科学、そして物理学の進歩を推進することにより、ムーアの法則の究極の限界を打ち破るコンピューティング能力を実現する方法を模索する。

NSF の ICT R&D 予算は、2010 年度推定額が 12 億 90 万ドル、2011 年度要求額は 3%増の 12 億 3,480 万ドルである。

1.5.4 国立標準規格技術院(NIST)

NIST では、主に 2 つの研究所が IT R&D に関与している。そのうちの一つ、IT 研究所(ITL: Information Technology Laboratory)は、数学/コンピューショナル科学をはじめ、コンピュータ・セキュリティ、ソフトウェア診断と適合試験、高度ネットワーク、情報アクセス、そして統計エンジニアリングの各分野でプログラムを展開する。NIST はこの ITL の活動を通じ、サイバーセキュリティに関する汎連邦政府標準規格の開発、発布、維持をすることで、政府全体にとって重要な役割を担っている。もう一方の電気電子工学研究所(EEEL: Electronics and Electrical Engineering Laboratory)では、マイクロエレクトロニクス、オプトエレクトロニクス、半導体、そして電磁気学を含む、高度 IT 機器開発に寄与する技術の研究が行われている。

NIST の ICT R&D 予算は、2010 年度推定額が 7,740 万ドル、2011 年度要求額は 19%増の 9,240 万ドルである。

1.6 ICT R&D に対する連邦議会の影響

1.6.1 ICT R&D に関する連邦議会の姿勢

2010 年度歳出予算では、ICT R&D 予算は 2009 年度比 11%増だった。これは同分野に対する議会のサポートを示す、好ましい結果である。仮に ARRA 予算を 2010 年度歳出予算に盛り込んで試算すると、2009 年度比増加率は 33%以上となり、膨大な財政赤字を抱える現時点に

あって驚異的な上昇となっている。

R&D の税額控除: H.R.4583 2010 年減税、失業保険期限延長および雇用創出法 (Tax Relief, Unemployment Insurance Reauthorization, and Job Creation Act of 2010) により、R&D の税額控除 (R&D Tax Credit) の有効期限は 2011 年 12 月 31 日まで延長された。これは 2010 年 12 月 17 日、P.L.111-312 として大統領が署名した。オバマ大統領はこの税額控除を恒久化させたいとの意向を示していたが、今回の妥協を余儀なくされた。税額控除の政策意図は、新しい ICT プロダクトやサービス開発も含め、企業が行う R&D 活動を拡大させることにある。

1.6.2 ヘルスケア改革 (Health Care Reform)

米国のヘルスケア改革は、患者保護と支払可能な医療法 (Patient Protection and Affordable Care Act) と、ヘルスケアと教育融和法 (Health Care and Education Reconciliation Act) が共に 2010 年 3 月に署名され成立に至った。異なる立場の妥協の結果であるこの法律は国民皆保険を実現するものではなく、むしろ民間医療を官民双方の資金を使ってつなぎ合わせようというものである。同法は電子カルテ (EHR: Electronic Health Record) を義務付けてはいないが、医療の質の向上とコスト削減を目指す諸条項によって EHR 導入が促進されるであろう。

しかし 2009 年 ARRA には、EHR 導入を促進するため 2011 年からインセンティブの支払を開始し、数年後には導入しない場合、逆にメディケア支払分の何パーセントかを差し引くとの諸条項が盛り込まれた。過去数年、政府は EHR の様々な機能のテストと標準化を目的とするいくつかのパイロット・プロジェクトに資金を出している。ICT R&D 関連の機関や専門家が、電子カルテに必要な事柄を特定するためにヘルスケア提供者たちと協働する一方で、NITRD プログラムは必要な R&D を実践することによって支援を行っている。

1.6.3 連邦議会における主要 IT R&D 関連プレイヤー概要

2010 年の議会選挙で 2008 年に民主党が獲得した議席の大半は元に戻り、下院は再び共和党が圧倒的支配力を握るようになる一方、上院における民主党の勢力が弱まった。現在、下院は共和党 241 議席に対し民主党 193 議席と、共和党が安定多数を占めている (空席はない)。上院は民主党 51 議席、共和党 47 議席、無所属 2 議席 (民主党幹部会に参加) の構成となっている。このような議席構成の急転換については様々な理由が挙げられている。おそらく最大の理由は、10%以上の失業率をもたらした 2008 年から 2009 年にかけての経済崩壊に対する選挙民の不満であろうが、国の財政赤字の急増や、民主党による急速な支出増加は持続不可能との認識なども理由とされる。

共和党の中では選挙の前から「茶会党運動」(1773 年のボストン茶会事件から採った名称)と呼ばれる新しい動向が見られるようになっていた。これは、政府の規模を縮小し、共和党の「アメリカ国民への公約」(Pledge to America)で概説されている憲法の原則 (Constitutional principle) に立ち戻ろうという動きである。この運動のメンバーたちが推薦する候補者数人が議会に当選し、彼らの主義主張をより穏健なものにしようとする共和党指導部からの圧力に抵抗し続けている。

1.6.4 議員委員会指導部

第 111 期議会から第 112 期議会にかけて、下院の委員会メンバーに大きな入れ替わりがあった。下院の重要な委員会の一つであるエネルギー・商業委員会 (House Energy and Commerce Committee) の新委員長である Fred Upton 議員 (共和党、ミシガン州選出) は、政権が導入した諸規制を押し戻すことを優先事項に掲げている。現在のところ、ICT R&D に特別な関心を示してはいないが、一般的に予算削減を推進するものと見られる。下院の科学、宇宙、技術委員会 (House Science, Space, and Technology Committee) の新委員長である Ralph Hall 議員 (共和党、テキサス州選出) は同委員会の最古参メンバーで、これまでは少数党幹部メンバー (Ranking Minority Member) を務めてきた。彼は穏健派で、政府拠出資金による R&D の価値を支持している。ただ残念なことに、この委員会は実際の歳出予算に関してはアドバイザーとしての影響力しかもたず、予算は絶大な力をもつ歳出委員会で決定される。

下院歳出委員会の新委員長である Harold Rogers 議員 (共和党、ケンタッキー州選出) は、元々次の予算継続決議でオバマ大統領の 2011 年度予算要求額を 740 億ドル削減することを提案していたが、茶会党議員たちは Rogers 議員に 1,000 億ドルの削減をするよう迫っている。元の削減案で ICT R&D に関連するのは、今のところ DOE 科学局予算から 11 億ドル、NIST から 1 億 8,600 万ドル、NASA から 3 億 7,900 万ドル、NSF から 1 億 3,900 万ドル、NIH から 10 億ドルの削減案である。

多くの議会組織が連邦政府の R&D 活動を監督するが、それらのすべてが米国の競争力やイノベーションに関するビジョンを設定し実践してゆく上で本当のリーダーシップを発揮するわけではない。以下の表は、現在の ICT R&D におけるリーダーたちと、それぞれの所属委員会、小委員会と監督領域、および 2012 年に任期満了に伴う改選の必要性の有無を示したものである。

	連邦議会議員	委員会	2012 年任期満了に伴う改選有無
上院	Daniel K. Inouye (民主党-ハワイ州) 委員長(Chairman)	歳出委員会 (Appropriations)	無
	Thad Cochran (共和党-ミシシッピ州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	歳出委員会 (Appropriations)	無
	Barbara Mikulski (民主党-メリーランド州) 委員長(Chairman)	歳出委員会 (Appropriations) — 商業・司法・科学および関連機 関小委員会 (Commerce, Justice, Science, and Related Agencies)	無
	Kay Bailey Hutchison (共和党-テキサス州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	歳出委員会 (Appropriations) — 商業・司法・科学および関連機 関小委員会 (Commerce, Justice, Science, and Related Agencies)	引退
	John D. (Jay) Rockefeller, IV (民主党-ウェストバージニ ア州) 委員長(Chairman)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation)	無
	Kay Bailey Hutchison (共和党-テキサス州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation)	引退
	Bill Nelson (民主党-フロリダ州) 委員長(Chairman)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation) — 科学・宇宙小委員会 (Science and Space)	有

	連邦議会議員	委員会	2012 年任期満了に伴う改選有無
	David Vitter (共和党-ルイジアナ州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation) — 科学・宇宙小委員会 (Science and Space)	無
	John Kerry (民主党-マサチューセッツ州) 委員長(Chairman)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation) — コミュニケーション・技術・インターネット小委員会 (Communications, Technology, and the Internet)	無
	John Ensign (共和党-ネバダ州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	商業科学・運輸委員会 (Commerce Science, and Transportation) — コミュニケーション・技術・インターネット小委員会 (Communications, Technology, and the Internet)	無
House	Harold Rogers (共和党-ケンタッキー州) 委員長(Chairman)	歳出委員会 (Appropriations)	有
	Norm Dicks (民主党-ワシントン州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	歳出委員会 (Appropriations)	有
	空席 委員長(Chairman)	歳出委員会 (Appropriations) — 商業・司法・科学および関連機関小委員会 (Commerce, Justice, Science, and Related Agencies)	有
	Chaka Fattah (民主党-ペンシルバニア州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	歳出委員会 (Appropriations) — 商業・司法・科学および関連機関小委員会 (Commerce, Justice, Science, and Related Agencies)	有

	連邦議会議員	委員会	2012 年任期満了に伴う改選有無
	空席 委員長(Chairman)	歳出委員会 (Appropriations) －エネルギー・水小委員会 (Energy and Water)	有
	Peter Visclosky (民主党-インディアナ州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	歳出委員会 (Appropriations) －エネルギー・水小委員会 (Energy and Water)	有
	Fred Upton (共和党-ミシガン州) 委員長(Chairman)	エネルギー・商業委員会 (Energy and Commerce)	有
	Henry A. Waxman (民主党-カリフォルニア州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	エネルギー・商業委員会 (Energy and Commerce)	有
	Greg Walden (共和党-オレゴン州) 委員長(Chairman)	エネルギー・商業委員会 (Energy and Commerce) －コミュニケーション・技術小委員会 (Communications, Technology)	有
	Anna G. Eshoo (民主党-カリフォルニア州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	エネルギー・商業委員会 (Energy and Commerce) －コミュニケーション・技術小委員会 (Communications, Technology)	有
	Ralph M. Hall (共和党-テキサス州) 委員長(Chairman)	科学・宇宙・技術委員会 (Science, Space and Technology)	有
	Eddie Bernice Johnson (民主党-テキサス州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	科学・宇宙・技術委員会 (Science, Space and Technology)	有
	Mo Brooks (共和党-アラバマ州) 委員長(Chairman)	科学・宇宙・技術委員会 (Science, Space and Technology) －研究科学教育小委員会 (Research and Science Education)	有

	連邦議会議員	委員会	2012 年任期満了に伴う改選有無
	Daniel Lipinski (民主党-イリノイ州) ランキング・メンバー (Ranking Member)	科学・宇宙・技術委員会 (Science, Space and Technology) — 研究科学教育小委員会 (Research and Science Education)	有

1.7 総論

議会における民主党と共和党の激しい分裂の影響で、2012 年度 NIT R&D の展望の雲行きは怪しい状況である。基本的に、共和党は、特に非軍事分野における自由裁量予算の大幅削減を求め、一方、大統領を含め、民主党は、循環的というよりむしろ体系的な不況から回復するための鍵として、R&D への政府投資を促進している。産業労働者の失業が主な理由で、米国の中流層の購買力が低減する中、オバマ政権は、よりよい教育、R&D、民間企業への技術支援を通じて、製造業の復活させようと努力している。しかし、4 回目の短期継続決議の最中である 2011 年度予算に関する議論は、2012 年度予算に関する議論を悪化させている上、2012 年度は、大統領選挙の年に当たることから、政治的関心も非常に高まっている。

このように先行き不透明であるものの、米国における ICTR&D は依然、活気に満ちた分野であり、科学的シミュレーション、大規模データコンピューティング、クラウドコンピューティング、グリッドコンピューティング、サイバーセキュリティ、高度無線・有線通信、人工知能などの分野の進展により、現状を相殺できる可能性はある。一方、IT は国家の電力需要の大部分を消費することから、これらの分野すべてにおけるエネルギー利用の削減は、包括的な R&D テーマにもなっている。また、電力網などのサイバー・物理システムのセキュリティ、プライバシー、信頼性のニーズも包括的な R&D テーマのひとつである。

これらの ICT R&D に関する課題と機会を考慮すると、NITRD プログラムが米国の R&D ポートフォリオの重要要素であり続けることが予期できる。

2 連邦政府におけるワイヤレス・コミュニケーション R&D の概観

米国では近年、ネットワーク化されたモバイル・コミュニケーションとコンピューティングに対する関心の高まりを背景に、ワイヤレス・コミュニケーションに関する研究開発が急増している。目覚ましい進展をみせるこの分野は、最先端の科学・技術と、新しい用途に合わせて変化と適応を遂げてきた既存技術とのコンバージェンスと重なりを象徴するものである。

多数のワイヤレス技術が広範囲に導入されているにもかかわらず、ワイヤレス R&D を一手に引き受けて推進する特定の業界や政府機関は存在しない。技術が無数にあることを反映して R&D の資金源は分散しており、またワイヤレス機能やアプリケーションを含むその他技術の開発への資金も考えると、ワイヤレス R&D だけの資金源を特定するのは難しい。

技術が成熟するのに伴い、インターネットへのブロードバンド・アクセスをワイヤレスで提供することへの関心が高まっている。実現すれば、最寄りのコーヒーショップや公共の広場などからインターネットへログオンし、コミュニケーションが行えるようになる。そのためのルーター・システムは高額な地下ケーブルを必要とせず、電柱やその他の公共建造物の上に設置される。²³

「ワイヤレス」という言葉は意味が紛らわしく、さまざまな技術やシステムを指すことがある。例えば、異種ネットワーク間での情報のシームレスな流れや、同じネットワークへの異なるデバイスからの接続を可能にする、標準アーキテクチャ周りのコンバージェンスを意味する場合もあれば、単に、一人の人またはデバイスから、別の人またはデバイスに送られるシグナルを指すこともある。

それでも、現在、ワイヤレスといえば、赤外線、超高速光、マイクロ波を利用する通信やその他のスペクトラム、そしてワイヤレス・パワー・トランスミッション上で伝送される、ラジオ、セルラーとデジタル・テレコミュニケーション(4G など)、ワイヤレス LAN や WiFi、GPS とリアルタイム位置決定システム、放送とその他メディアにも及ぶ、衛星や地上システムからの情報のあらゆる無線送信や操作に関連したものの幅広く指している。

ワイヤレス・コミュニケーション関連の研究資金は、多くの場合、軍用ラジオやワイヤレス・センサー・ネットワークのような特定のアプリケーション用のネットワーキング・システムに焦点を当てた、様々なプログラム間で分配される。このような研究活動は広範に渡っていることから、米国政

²³ <http://www.aaas.org/news/releases/2008/0605wireless.shtml>

府やその他の有力研究スポンサーが助成するワイヤレス・コミュニケーション研究の全体像を、包括的かつ一貫性をもって把握するのは難しい。

そういった分析の複雑さを軽減するために、本稿では、ワイヤレス R&D 活動の代表例と、米国内の関連イニシアチブに関する情報に焦点を絞った。従って、すべてのワイヤレス・プログラムの包括的かつ詳細な分析は本稿のスコープを超えるため、連邦政府や大学、産業セクターにおける大型研究助成分野の一部を、重要な研究対象を示すワイヤレス・コミュニケーションの例として取り上げた。また、主要調査員とその連絡先や、プログラムの現状、その他詳細も可能な限り盛り込んだ。

本報告の構成

連邦プログラム、大学の研究、または業界イニシアチブの各プロフィールに関しては、将来的に環境スキャンニングを行うことを視野に入れ、一貫性のある形式で情報提供することに留意した。そのため、本報告の範囲内で可能な限りの全体像を提示するために、今回調査した各 R&D 活動につき、誰が、何を、どこで、いつ、なぜ、どのように、といった点に注目した。また、各機関の R&D 活動について、可能な限り、目的、目標、ワイヤレス R&D 構成要素の詳細説明、キーパーソン、スポンサーまたはパートナー、報告書作成時点の最新状況、マイルストーン、達成事項などを含むことを試みた。

2.1 では、連邦政府によるワイヤレス・コミュニケーション R&D 投資全般に関する情報を提供し、他の優先事項に照らしてその投資を位置付けた。

2.2 では、連邦政府機関のワイヤレス・コミュニケーション R&D 関連プログラムを取り上げた。全体的な R&D 予算の概算を示すとともに、予算の機関別内訳を紹介し、優先投資事項に関する全体的傾向についても触れた。

2.3 では、大学におけるいくつかの重要なワイヤレス・コミュニケーション R&D プログラムを分析した。これらのプログラムは通常、連邦政府から資金提供を受けており、さらに／または連邦資金によって実施されている。

2.4 では、ワイヤレス・コミュニケーション R&D に関する企業のイニシアチブを記述した。企業の研究所をはじめ、連邦助成研究開発センター(Federally Funded Research and Development Centers)、非営利団体を含む民間セクターによるワイヤレス研究の概要と、本稿作成段階で特定された、研究者と研究第一人者にとって潜在的関心のある傾向やコミュニティ、リソースについても情報を追加した。

2.5 では、新しいワイヤレス技術に関する最近の様々な標準化動向を取り上げた。

また、アップデート情報や詳細をオンラインで即入手できるように、適時、関連ウェブサイトへのリンクを本文に掲載した。例えば、科学技術政策室 (Office of Science and Technology Policy) は、政府による基礎研究投資を誰でも追跡できるように R&D ダッシュボード (R&D Dashboard) (本稿作成時点では、ベータ版) を公開している。

米国におけるワイヤレス・コミュニケーション R&D の背景

米国における科学・技術分野の革新に関する体制は、絶えず増え続けるチャンスに順応する可能性がある一方で、不完全なままである。ワイヤレス研究に対する政府の投資額は、全体的にみて IT の他の領域への投資額に比べて少なく、特に新しいワイヤレス技術に対する市場の需要と比べると少なさが目立つ。こうした投資不足は、民間セクターが市場需要に応じて技術開発をけん引しており、あえて政府が資金を補充しなければならない理由が少ない、という認識も影響しているようである。特に、過去の研究を振り返ると、ラジオ・コミュニケーションや CDMA などのプロトコル開発に関わる初期研究は別として、携帯電話技術の開発において連邦政府が果たした役割は比較的少ないことが見て取れる。

しかし、この状況は変わりつつあるように見受けられ、政府の研究機関は、将来的に各種プログラムを通じて、ワイヤレス技術革新の促進に資することに明らかに関心を示している。この方針の変化には、現在のいくつかの状況が関係している。

第一に、ワイヤレス技術は、全体としては進歩を続けているが、研究の多くは欧州や、特にアジアで行われている印象があり、米国はこの分野のリーダーとして遅れをとっている。かつては全米のワイヤレス技術最大手だったモトローラ (Motorola) の経営不振は、この衰退を明らかに物語っている。従って連邦政府機関は、競争力強化に貢献できる可能性がある。

第二に、ワイヤレス・コミュニケーションは、国家と本土防衛、そして公共安全の重要な手段になりつつあり、国家のニーズに見合う、より高度なワイヤレス技術が明らかに求められている。このことは、この分野への政府による資金拠出と関与を正当化する論理的根拠となる。

第三に、米国では多くの小規模新興企業がワイヤレス R&D を活発に行っているが、これらの企業は成功しても、市場ニーズに応える規模拡大に苦しむ場合が多い。政府による研究とその他の公的資金援助は、企業の立ち上げ期から成長期の間にある「死の谷」と言われる財務面の危機において、谷にかかる橋となって企業を救える可能性がある。

最後に、有線・無線コミュニケーションと汎用コンピューティング技術の融合により、他の ICT R&D 活動においてワイヤレスが次第に不可欠になってきた。米国内で販売されるラップトップコンピュータのほぼ全てに Wi-Fi チップが内蔵されているという事実は、各種の新技术は、有線・無線の両ネットワークに対応して機能できなければならないことを示している。

業界アナリストらは、米国がこの分野で競争力を高めるためには、研究資金と並んで取り組むべき重要な課題が他にもあることを認識している。例えば、周波数政策は、米国経済政策の柱でなくてはならない。国内総生産(GDP)に占めるワイヤレス・サービスの貢献は、1992 年から 2007 年までの期間中に年間 16%以上も増大した。同じ時期のその他の経済成長率は年間 3%未満だった。このような成長率を見ても、ワイヤレス・コミュニケーション、そして特にモバイルブロードバンドは、今後 10 年間で米国経済の成長に大きく貢献するものと期待される。一部アナリストは、今後 5 年以内には、デスクトップ・パソコン(PC)よりもモバイル・デバイスからインターネットに接続するユーザーの方が多くなると予測している。

高速で遅延の少ないワイヤレス・パケット・データ・ネットワークによって実現した、ユビキタス接続を利用する「スマート」デバイスが増えるに伴い、専門家らは、マシンベースのワイヤレス・ブロードバンド・コミュニケーションが今後数年間で大幅に増加すると予想する。これらのデバイスの多く、例えばスマート・メーターなどは、比較的小さい通信帯域を使うにすぎないと予測され、一方でその他のデバイス、例えばワイヤレス対応カメラなどは、埋め込みビデオやその他のメディアを利用して、ワイヤレス通信帯域需要を大幅に引き上げると予測される。アナリストらは、一人につきデバイス1個の時代から、「スマート」接続デバイスが人間の数をはるかに上回る世界にシフトすると予想する。これらのデバイスがワイヤレス・ブロードバンド・ネットワークに与える相対的インパクトは、莫大になる可能性がある。

新バージョンの LTE と WiMAX 技術を利用する最新 4G ネットワークの登場も、モバイル・ブロードバンド・ネットワークへのインパクトを増大させるとされる。次世代のモバイル・ブロードバンド・ネットワークは、データスループット率の向上、待ち時間の短縮、そしてセルサイトを通じたより一貫性のあるネットワーク性能をサポートする。それにより、モバイル・ブロードバンド接続の恩恵を受けるアプリケーションとデバイスの範囲が広がり、消費者や企業をはじめ、公安、ヘルスケア、教育、エネルギー、その他の公的セクター利用者によるモバイル・ブロードバンド・サービス需要は拡大するだろう。大手ワイヤレス事業者のほとんどは、4G 技術対応ネットワークを構築中、あるいは 4G 技術へのアップグレードを計画中である。

2.1 ワイヤレス・コミュニケーション R&D に対する連邦支援

連邦政府によるワイヤレス研究への実際の投資は、少数の小規模な戦略的プログラムに集中して実施されている。一般的な通信技術研究は、基本的に国防高等研究事業局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency) と全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) の 2 機関に限定される。米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) や国防総省 (DOD: Department of Defense) 傘下のような機関は、特定の任務を果たすためにワイヤレス・ネットワーク開発に資金を投じているが、これらの機関が集中しているのは、純粋な研究ではなく、むしろシステムの調達や開発である。

連邦政府の R&D 予算の分析は、連邦議会による直接支出が予算要求から除外されていることや、各機関からの報告が一貫性に欠けることなど、いくつかの要因によって複雑なものになっている。また、本稿作成時点では、2011 年度予算はまだ連邦議会を通過していない。

2009 年 2 月 17 日、連邦議会は低迷する経済に刺激を与えるために、予算 7,890 億ドルの米国再生・再投資法 (American Recovery and Reinvestment Act (P.L. 111-5)) を通過した。この通称、景気対策法には R&D 予算として 187 億ドルが盛り込まれており、すでに成立していた 2009 年度 R&D 予算が結果的に 12.9% 上乗せされた。景気対策法による R&D 実施企業への資金追加は、即座に膨大なインパクトをもたらし、今後の予算サイクルにも引き続き影響を与えられとされる。しかしながら、景気対策法による資金のほとんどは、2010 年度末までに消化することが定められている。

R&D 分野に安定した予算が確保できているわけではないが、オバマ大統領はブロードバンドアクセスを全米に拡大するためには、ワイヤレス通信がその鍵を握ると認識している。2011 年 1 月の一般教書演説において、オバマ大統領は 2016 年までに高速ワイヤレス通信サービスを米国民の 98% に提供する環境を整えることを目標に掲げていることを発表した。米国政府は、周波数の改正とともにオバマ大統領の掲げた目標は実現可能であると見ているが、その一方で費用対効果を高めるための新たな技術に投資することの必要性を認識している。

2.1.1 全米ブロードバンド計画

全米ブロードバンド計画²⁴では、「連邦政府は引き続き、ブロードバンド・ネットワーク、設備、そしてサービスとアプリケーションにフォーカスした明確な R&D 助成アジェンダを通じて、研究ネット

²⁴ <http://www.broadband.gov/plan/>

ワークとワイヤレス・テストベッドの開発を促進するという役割を果たさなければならない」と言及されている。

今後 10 年間に渡り、ワイヤレス・ブロードバンドは米国における革新の主要プラットフォームになると予期される。その結果、米国の周波数政策は、業界の新しいワイヤレス・サービス提供に対応するために、改定される必要がある。改定項目には、無免許の日和見的使用に対しても、より柔軟に、より多くの周波数を確保することなどが含まれる。周波数再分配プロセスには長時間を要することを考えると、これらの改定には、10 年後にワイヤレス世界がどのようになっているかの予測が反映されるべきである。また改定は、今後の需要増加と技術の進化に対応するため、十分かつ柔軟な周波数を確保するものでなければならない。

全米ブロードバンド計画は、ワイヤレス R&D について以下に示すイニシアチブを推進している²⁵。

- 政府のブロードバンド R&D 助成は、短期および長期プロジェクト(例えば期間 5 年以上のものなど)を含む、さまざまなリスク・リターン・プロファイルを持つプログラムに集中すべきである。
- 連邦議会はブロードバンド R&D を奨励するために、研究実験(R&E: Research and Experimentation)による税控除を、長期の税控除にすることを検討すべきである。
- 次世代のブロードバンド・アプリケーション開発を可能にするために、連邦政府は、厳選された国防省軍事施設に超高速ブロードバンド接続を設けるべきである。
- 米国科学アカデミー(The National Academy of Sciences)と全米技術アカデミー(National Academy of Engineering)(これら合わせて全米アカデミーズ: National Academies)は、連邦 R&D 助成の優先項目を示す研究ロードマップを作成するべきである。
- 全米科学財団(NSF: National Science Foundation)は、技術と政策、経済に言及し、オープンかつ複数の拠点を持つ、ブロードバンドのための学際的研究センターを設けるべきである。研究所の優先事項は、全米アカデミーズの研究ロードマップに特定されるアジェンダによって判断されるべきである。

²⁵ <http://www.broadband.gov/plan/7-research-and-development/>

- NSF は、連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) と協議し、周波数政策策定の基礎となる科学の推進を目的としたワイヤレス・テストベッドと、セキュアなブロードバンド・インフラを提供するために必要なネットワーク・セキュリティを評価するためのテストベッドへの助成を検討するべきである。
- FCC は、より柔軟性のある周波数の実験的ライセンス規則を策定するプロセスを開始し、研究者による周波数利用を推進するべきである。

2.1.2 ワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブ

オバマ大統領が 2011 年 2 月 10 日に北ミシガン大学 (Northern Michigan University) で行った演説で明らかにしたワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブ (Wireless Innovation and Infrastructure Initiative) から、ワイヤレス R&D に対するサポートの大幅な拡大が期待される。イニシアチブは、大統領が 2011 年の一般教書演説で示した、2016 年までに米国人口の 98% に 4G ワイヤレスのカバレッジを拡大するという公約を実行するための指針を、連邦政府に示すものである。

2012 年度の大統領予算要求によると、ワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブでは、98% のカバレッジ達成にかかる費用を約 180 億ドルと推定している。また、イニシアチブでは未使用の政府と民間の周波数のうち、500MHz を特定してバンドルし、民間サービス事業者へ競売方式で免許を与える計画である。ホワイトハウスは競売収入を 278 億ドルと見込んでいる。この収入は 2012 年度から 2016 年度の期間中に以下のように使われる：

- ① 赤字削減のため、約 100 億ドルを国庫に分配。
- ② 消防隊員、警察官、そして救急応答要員を含む第一次応答者のための、全米規模の統合コミュニケーション・ネットワーク構築に約 100 億ドルを分配。同システムは、連邦、州、地方機関による使用を想定し、4G 技術を採用、スマートフォンやタブレット・コンピュータを使う緊急時通信を実現する。
- ③ ユニバーサル・サービス基金 (Universal Service Fund) に約 50 億ドルを分配。地方およびサービスが行き渡っていない地域へのワイヤレス・ブロードバンド・ネットワーク拡張の支援に利用する。

- ④ ワイヤレス・イノベーション基金に約 30 億ドルを分配。資金は複数機関に割り当てられ、ワイヤレス・ブロードバンドの費用削減と性能向上に寄与する研究と技術の商業化展開を支援する。ワイヤレス・イノベーション基金の 2012 年度の分配先は以下の通り:
- NSF: 1 億 5,000 万ドル。さらに 2013 年度から 2016 年度にかけて追加を行い、合計 10 億ドルとする。
 - NIST: 公共セクターのブロードバンド・ネットワーク開発に注力する R&D のための公共セクター・イノベーション基金(Public Sector Innovation Fund for R&D)へ、1 億ドル。さらにその後 2016 年度まで毎年 1 億ドルを追加(合計 5 億ドル)。
 - DARPA: 1 億ドル。初期はスペクトラム移行(spectrum migration)を促進する技術に集中する(下記参照)。
 - ARPA-E: エネルギーに集中したワイヤレス R&D に 1 億ドル。
 - ARPA-ED: 教育に集中したワイヤレス R&D に 4,000 万ドル。
 - EDA: ワイヤレス技術関連の「地方イノベーション・クラスター(regional innovation clusters)」開発に資金を分配するため、ワイヤレス・イノベーション・ネットワーク・チャレンジ(Wireless Innovation Network Challenge)に 2,000 万ドル。これらクラスターは、地理的に特定の場所に位置する大学と企業間で調整されたネットワークである。参加大学と企業は、技術ベースの産業に関する地元の教育と研究、人材増強のために協力する。

以上のうち、ワイヤレス R&D に最も大きな影響力を持つのはワイヤレス・イノベーション基金である。周波数競売収入を見込むオバマ政権は、この基金の下で行われる投資を「義務化」したい考えである。資金が税金以外の収入源から分配されることから、議会にはこれら資金を削減、あるいは再分配する権限に限られる。しかし、政権のこの戦略は、競売を承認する法案を議会が可決するかどうかにかかっている。競売はまだ実施されていない。

2.2 連邦政府機関プロフィール

2.1 では、米国のワイヤレス R&D を理解するために予算面から説明した。本項では、ワイヤレス研究と開発に関して連邦政府が資金を拠出、または実施する主要な R&D プログラムを紹介す

る。先述のとおり、R&D 予算が分散しているという性質上、本プロフィールは包括的ではないため、追加情報が必要な場合、各省庁のウェブサイト参照のこと。

本章では以下に示す機関を取り上げた：

- 国防高等研究事業局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)
- 全米科学財団 (NSF: National Science Foundation)
- 国立標準規格技術院 (NIST: National Institute of Standards and Technology)
- 国防総省 (DOD: Department of Defense)
- 国土安全保障省 (DHS: Department of Homeland Security)
- 米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration)

2.2.1 国防高等研究事業局 (DARPA)

DARPA は、米軍の技術的優位を維持し、「技術的奇襲 (technological surprise)」から国家の安全を守ることをミッションとする国防総省の研究開発機関である。米国の敵に対し、技術的奇襲を仕掛けることもある。

DARPA は、政府研究機関はもとより、民間セクター、大学、およびその他の非営利組織を通じて、独特の革新的研究に資金を拠出している。その研究は、研究所での科学的な調査から軍部システムの本格的なプロトタイプ構築に至るまで、広範囲に及ぶ。生物学、医療、コンピュータサイエンス、化学、物理学、エンジニアリング、数学、材料科学、社会科学、神経科学などの分野の研究を助成する。

新たな機会に対して前向きに、かつそれに関連して敏感に対応する体制を維持するため、DARPA の各部門は適宜創設されて解体される。現在、以下の部門がワイヤレス研究に関するプログラムに取り組んでいる。

適応実行室 (AEO: Adaptive Execution Office)—エンド・ファンクションと開発プロセスの双方において適応可能な画期的技術とシステム開発を立案して実行する。組織全体で DARPA プログラムの移行価値を高める。

防衛科学研究室(DSO:Defense Sciences Office)－科学およびエンジニアリング研究コミュニティ内で最も有望なアイデアを特定、追及することにより、基礎科学と応用の間のギャップを埋める。また、それらのアイデアを国防総省の新たな能力へと展開させることに尽力する。

情報革新室(I2O:Information Innovation Office)－情報が戦力多重増強フォースとして利用され、さらに軍事上の決定的強みをもたらすような全ての領域において、米国の技術的優勢を確保する。

マイクロシステム技術研究室(MTO:Microsystems Technology Office)－「プラットフォーム・オン・チップ(platforms-on-a-chip)」としての統合マイクロシステムにおける先駆的研究を主導し、未来の国防総省システムの革新的な性能と機能性を確保する。

戦略技術室(STO:Strategic Technology Office)－世界的かつ広域に影響を持ち、複数の省庁に関わる技術に焦点をあてる。

戦術研究室(TTO:Tactical Technology Office)－軍部システムの高リスク高リターンな先端技術開発に従事し、航空宇宙システム開発に対しては「システム」と「サブシステム」アプローチを重視する。

中でも、STO、I2O、そして MTO の 3 機関は、他の研究室よりもワイヤレス R&D に注力していると見られる。

➤ **戦略技術室(STO)**

STO は、研究、開発、設計、そしてテストのパフォーマンスの向上に寄与させるための画期的な提案を求めている。これにはコミュニケーション・ネットワーク・電子兵器(Communications, Networks and Electronic Warfare)、サイバー(Cyber)、エネルギー・自立型軍事行動(Energy and Self-Sufficient Operations)、困難なターゲットの発見(Finding Difficult Targets)、奇襲回復(Recapturing Surprise)、コア戦略技術(Core Strategic Technologies)が含まれる。そのうちワイヤレス通信に最も関連があるのは最初のコミュニケーション・ネットワーク・電子兵器分野だが、他の分野でもワイヤレスの適用は含まれる。

コミュニケーション・ネットワーク・電子兵器を推進する目的は、米軍に効果的な通信手段を提供する一方で、敵には同様の能力を与えない技術を開発し、実証することである。目的達成の方法としては、ネットワーク容量の増強と拡張、周波数過密状態における周波数効率の向上、ネットワーク劣化時の耐性、人工また天然の電磁干渉軽減、ネットワーク偵察や監視の無効化、DoS 攻

撃やその他サイバーセキュリティ脅威への反撃がある。その中で、コミュニケーション、ネットワーク、電子兵器、サイバーおよびインテリジェンス・監視・偵察 (ISR) 技術を相乗的に統合することにより、高度機能を創造することに注力している。

その推進に際しては、モバイル・ワイヤレス通信システムとネットワークに焦点を当て、安定したインフラがない厳しいモバイル環境においても、国防総省の固定有線インフラの性能と適応性を提供することを目標とする。利用可能であれば民間インフラを活用し、一般的な携帯機器とアプリケーションを使用する手法をとる。これらの手法においては、軍事環境における民間インフラ、機器、アプリケーションの信頼性、堅牢性およびセキュリティを考慮する必要がある。

電子兵器 (EW) 分野では、過密した動的なトランスミッション環境において、付随的な影響を抑えつつ、堅牢な性能を提供する緻密なオペレーションに焦点を当てている。多機能機器への EW 技術、コミュニケーション、サイバー機能の統合は今後の研究課題である。

➤ **情報革新室 (I2O)**

I2O は、情報が軍事上の決定的優位をもたらすようなすべての分野における、米国の技術的優位の確保を活動目的としている。該当分野には、インテリジェンス、監視、偵察、命令、制御、コミュニケーション、コンピューティング、ネットワーキング、意思決定、プランニング、訓練、ミッション試演、作戦支援など、情報によって軍事改革がすでに促進されている従来の防衛任務分野が含まれる。

➤ **マイクロシステム技術研究室 (MTO)**

統合マイクロシステム (Integrated Microsystems) の主要機能は、米兵士に圧倒的な優位性を与えられるよう、戦場においてデータを直感的に理解して処理し、作動することである。国防総省の要請を満たしつつもこうしたシステムを開発するため、MTO のプログラムは、①化学、生物学、直流／光 (DC-to-optical) からの電磁波スペクトル探知、②アナログ、デジタルおよび混合シグナル回路のフロントエンドとバックエンドセンサー両方での信号処理、③新規デバイスおよび回路によるデータ通信、④システム需要に合わせた発電と変電を含む、数々の技術的課題に取り組んでいる。MTO プログラムは 5 つの中核技術分野 (エレクトロニクス、フォトニクス、マイクロエレクトロメカニカルシステム、アーキテクチャ、アルゴリズム) に及ぶが、これらの分野のインタフェースにおける技術的シナジーによって、最も革新的な機能の多くが生まれている。

➤ **DARPA ワイヤレス関連プログラムの例**

プログラム名	無線応用カーボン・エレクトロニクス (CERA: Carbon Electronics for RF Applications)
プログラム担当室	マイクロシステム技術研究室 (MTO)
プログラム・マネージャー	Dr. John Albrecht

同プログラムでは、超高速かつ、低力のグラフェンチャンネル電界効果トランジスタの実現に焦点を当てたウエハスケールのグラフェン合成方法の開発を目指す。画期的グラフェン薄膜の優れた素材性質としては、超高速モビリティ、高飽和速度、高電流容量、優れた熱伝導性、超薄型の形状、既存のシーモス (CMOS) プロセスとの統合可能性などがあり、それによって開発が期待されるグラフェン・トランジスタは、高性能かつ高集積 RF システム・オン・チップ・アプリケーションを実現することが大変有望視されている。そのため CERA プログラムでは、材料科学、エピタキシャル成長、トランジスタ開発、そして無線回路設計分野の画期的前進を可能にする革新的手法の開発に焦点をあてている。同プログラムの最終目標は、直径 8 インチ以下ウエハによるグラフェン・トランジスタを利用する、高性能 W バンド (90GHz 以上) 低ノイズ増幅器 (NF が 1dB 以下) のデモンストレーションである。

プログラム名	フィードバック・リニアライズド・アンプリファイア・フォー RF エレクトロニクス (FLARE: Feedback Linearized Amplifiers for RF Electronics)
プログラム担当室	マイクロシステム技術研究室 (MTO)
プログラム・マネージャー	Dr. Sanjay Raman

国防総省には、感度が高くかつ比較的消費電力で、超高リニアリティな低ノイズ増幅器 (LNA) が貢献するであろうアプリケーションが、レーダー、通信、電子兵器システムなど、幅広く存在する。無線周波数 (RF) スペクトラムの活用と過密化は、より友好的あるいは敵対的な信号干渉問題をもたらしており、システム感度 (雑音指数) を上げずに、より高いダイナミックレンジ RF フロントエンドを開発することを余儀なくさせている。また多くのアプリケーションおよび (あるいは) システムは消費電力 (PDC) に敏感であり、例えばフェーズドアレイの場合、1 配列に数百個ものフロントエンドのマイクロ波増幅器が並ぶ。FLARE プログラムの最終目標は、消費電力やノイズを増やさずに、最先端の出力 3 次インターセプトポイント (OIP3) の 100 倍増を実現する、超高リニアリティな LNA を開発することである。

プログラム名	極 RF スペクトラム下における通信
プログラム担当室	戦略技術室 (STO)
プログラム・マネージャー	Dr. Bruce Fette

極 RF スペクトラム下における通信 (CommEX: Communications Under Extreme RF Spectrum Conditions) プログラムは、DARPA の次世代通信 (Next Generation Communication) プログラムに付随するプログラムとして設置され、深刻な通信妨害や様々な妨害や干渉の要因が混在する状況下で通信を可能とする技術や技能の開発に焦点を当てる。つまり、CommEX プログラムの目的は、通信妨害や干渉を抑制するために利用可能なドメインを最大限活用するための革新的な技術を開発することである。本プログラムで先述の技術を開発する過程では、多様なプラットフォームにおける制約やミッションに適切な他の関連した技術を生み出す。本プログラムには、2011 年度で 650 万ドルの予算が当てられており、さらに来年度は 2,500 万ドルの予算を要求している。

プログラム名	モバイル・アドホック相互運用ネットワーク・ゲートウェイ (MAINGATE: Mobile Ad hoc Interoperability Network GATEway)
プログラム担当室	戦略技術室 (STO)
プログラム・マネージャー	Dr. Larry Stotts

モバイル・アドホック相互運用ネットワーク・ゲートウェイ (MAINGATE: Mobile Ad hoc Interoperability Network GATEway) プログラムでは、追加機能を備え、かつ、エンドユーザーに手が届く価格の次世代ネットワーク中心型無線システム (NCRS: Network Centric Radio System) を開発することになる。具体的には、従来のアナログおよびデジタル通信システムを、高レイテンシとパケット・ロスに耐性のある異種ネットワークと相互接続して統合するラジオ・ゲートウェイを構築する。このプログラムのために開発される技術は、低価格、戦術的、リアルタイム、ハイファイ動画、データ、そして音声の各種サービスによるネットワーク環境での展開を可能にし、移動中あるいは停止中の視程・視程外コミュニケーションに関する戦術オペレーションを支援する。同プログラムのユニークな特徴は、「デフォルト」の IP 無線ネットワークをゲートウェイの一部として統合している点である。またネットワークでは、適用可能コミュニケーション・アーキテクチャをはじめ、柔軟なルーティング・アーキテクチャや異種アプリケーション・サービスが統合される。

プログラム名	コグニティブネットワーキング (Cognitive Networking)
プログラム担当室	戦略技術室 (STO)
プログラム・マネージャー	Dr. Bruce Fette

コグニティブネットワーキング・プログラムは、システムやネットワークの持つ機能や信頼性、生存性を自らメンテナンスまた最適化することが可能な情報システムや通信ネットワークの基盤となる技術を開発することを目的として設置されており、戦時下においてより柔軟に対応することができるフィールドネットワークを構築するために用いられるソフトウェア無線技術に基づいて、技術開発を推進する。本プログラムは、以下の 3 つのプログラムに区分される。

- SAPIENT (Situation Aware Protocols In Edge Network Technologies) : RF 環境の変化に応じてプロトコルを自動的に選択、適用、変更することのできるネットワークの開発を目的とする。
- LANDroids (Local Area Network Droids) : 戦闘部隊において利用することのできる小型可動式ロボットのフリートのプロタイプを開発した。ロボットのフリートでは、ワイヤレスネットワークを構築し、部隊の戦場での動きに応じながら、常時最良のワイヤレス接続環境を確保するために物理的かつ RF の受信範囲を自動的に変更できるようになっている。
- BOSS (Brood of Spectrum Supremacy) : 特定エリアの RF 環境を分析し、戦闘部隊に RF 環境の詳細な情報を提供する目的で、コグニティブ無線にインストールしたソフトウェアパッケージである。

コグニティブネットワーキング・プログラムの予算には、2010 年度で 1,650 万ドル、2011 年度は 500 万ドルが当てられている。本プロジェクトは、2011 年度末で完了予定である。

図 8: LANDroid フリート・プロトタイプ



プログラム名	クイントネットワーキング技術 (QNT : Quint Networking Technology)
プログラム担当室	戦術研究室 (TTO)
プログラム・マネージャー	Dr. Steven Waller

QNT プロジェクトは、有人航空機、攻撃システム、無人航空機、無人航空機の地上管制ステーション間のワイヤレスデータ通信を行う装置のプロトタイプを開発するために設置された。この装置により、ネットワーク内の 4 つのノード間における円滑な情報通信を可能とするリンクを構築することができる。本プロジェクトは、DARPA の 2010 年度予算のうち 700 万ドルがあてられたが、今年度予算より米空軍管轄のプロジェクトに移動された。

2.2.2 全米科学財団 (NSF)

全米科学財団 (NSF : National Science Foundation) は、「科学の発達の促進、国家の保健衛生・繁栄・福利厚生の上昇、国家防衛の保証」を目的に、議会によって 1950 年に設立された独立政府機関である。2010 年度の予算は約 69 億ドルであり、連邦政府が支援し、米国の大学が実施する全ての基礎研究の約 20% に資金を提供している。NSF は数学、コンピュータ・サイエンス、社会科学などの多くの分野において、連邦政府による主要な資金源となっている。

NSF は、厳格かつ客観的な価値評価によって最も有望と判断された研究提案に対し、期間限定で資金を提供することにより(現在は年間約 1 万件の新規案件に助成しており、助成期間は平均 3 年)、主にそのミッションを達成している。助成金の大半は、個人または小規模の研究グループに与えられる。他にも、ナレッジの最外部に位置する未研究分野で研究を行う科学者やエンジニア、学生を支援する目的で、さまざまな研究センターや機器、施設にも資金を拠出している。

NSF は、ワイヤレスおよび衛星ネットワーキング関連の基礎研究開発にとって重要な資金源となっている。先述のとおり、大統領のワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブ(WI3: Wireless Innovation and Infrastructure Initiative)の下、ワイヤレス・イノベーション(WIN: Wireless Innovation)基金から NSF に新たに資金が分配されることによって、ワイヤレス関連の基礎研究開発における NSF の役割は、さらに強化される見通しである。以下に示すように、向こう 5 年間にわたり、WIN 基金約 30 億ドルのうち 10 億ドルが NSF に分配される。

会計年度	FY12	FY13	FY14	FY15	FY16
年間拠出額	1 億 5,000 万ドル	2 億 2,000 万ドル	2 億 6,000 万ドル	2 億 2,000 万ドル	1 億 5,000 万ドル

10 億ドルのうち、5 億ドルはワイヤレス・コミュニケーション・テストベッド・ネットワークの新築に充てられる。これらのテストベッドは、ワイヤレス・ネットワーキング関連の新概念の試作品製造や、新技術の拡張性実現のための使用が想定されている。残り 5 億ドルは、以下に示す 2 つのプログラム下で実施される新たな基礎研究プロジェクトに分配される:

- 無線スペクトラムへのアクセス強化(EARS: Enhancing Access to the Radio Spectrum)プログラム: 分野横断的イニシアチブであり、その助成金は NSF 傘下の複数の局から出資される可能性がある。EARS プログラムは、2010 年に開催されたワークショップ²⁶を受けて創設された。周波数分配の効率を改善するとともに、周波数のよりダイナミックな利用を目指す学際的研究に資金を提供する。これは、サービスのために利用可能な周波数を拡張し、特に地方コミュニティにおける周波数アクセスを向上させると見られる。EARS 助成金コンペ申し込みの最初の締め切りは 2011 年 9 月 30 日である。

²⁶ http://www.nsf.gov/mps/ast/nsf_ears_workshop_2010_final_report.pdf

- サイバー物理システム (CPS: Cyber-Physical Systems) プログラム: 電子インフラの物理的オブジェクトとアセット、そしてインフラの共通部分に注力したプログラムで、ワイヤレス関連の取り組みには、コミュニケーションとモバイル・ロボットの制御、自立車両ナビゲーション (autonomous vehicle navigation)、大規模センサー・ネットワークのコーディネーション、ヒューマン・オーグメンテーション (human augmentation: バイオニック・システムやユビキタス・ヘルス・モニタリングなど) が含まれる。

WIN 基金の資金は、決して保証されているとはいえない。先述のとおり、連邦通信委員会 (FCC: Federal Communications Commission) が周波数ユーザーである連邦政府機関 (主に軍部) から周波数を成功裏に確保できるか、また、その周波数を競売する権限を問題なく獲得できるかにかかっているからである。さらに、競売収入が予想通りに集まるかどうかという問題もある。しかし、NSF のワイヤレス研究投資は、顕著に上昇することになると見られる。2011 年度の NSF のワイヤレス研究予算は、この分野のグラントの数を考慮すると 5,000 万ドル以下と推定できる。

現在、ワイヤレス R&D に最も関連した研究を手掛けている局は、コンピュータ情報科学工学局 (CISE: Directorate for Computer and Information Science and Engineering) とエンジニアリング局 (ENG: Directorate for Engineering) である。大学で実施される助成研究については後述する。

➤ コンピュータ情報科学工学局 (CISE)

コンピューティング、コミュニケーション、そして情報科学とエンジニアリングにおける米国の世界的リーダーシップを維持することをミッションとする NSF における主要組織のひとつは、コンピュータ情報科学工学局 (CISE: Directorate for Computer and Information Science and Engineering) である。CISE は、①コンピューティング・コミュニケーション基盤部 (CCF: Division of Computing & Communication Foundations)、②コンピュータとネットワーク・システム部 (CNS: Division of Computer and Network Systems)、③インテリジェント・システム部 (IIS: Division of Information and Intelligent Systems) の 3 部門から構成される。各部は少数のクラスターに分割され、それぞれ広範な研究および教育分野における助成金と提案申請のポートフォリオを管理している。

CISE の 2011 年度予算要求は 6 億 1,800 万ドルで、これは 2010 年から 10.6% 増加した。CISE の 2011 年度予算要求は、コンピューティングの中核分野への実行可能なサポートレベルを維持する一方で、複数省庁による包括的国家サイバーセキュリティ・イニシアチブ (Comprehensive National Cybersecurity Initiative) (2011 年度予算は 5,500 万ドル)、サイバ

ー物理システム (Cyber-Physical Systems)、ムーアの法則を超えるサイバーラーニング・トランスフォーミング教育・科学・エンジニアリング (Cyberlearning Transforming Education, Science and Engineering Beyond Moore's Law)、そしてサイバー対応ディスカバリーとイノベーション (Cyber-enabled Discovery and Innovation) といった新興高優先領域における“変化力のある研究” (transformative research) を活性化することに焦点を当てている²⁷。2012 年度予算については、CISE は 7 億 2,800 万ドルを要求している。

関連主要イニシアチブは、CCF のサイバー-物理システム (Cyber-Physical Systems) プログラムや、CNS の無線スペクトラムへのアクセス強化 (EARS: Enhancing Access to the Radio Spectrum) プログラムなどである。CNS はユビキタス・コンピュータ・セキュリティ研究もサポートしており、それにはワイヤレス・セキュリティ研究の要素も多く含まれる。CISE は、NSF、NASA、NIH、そして農務省の共同プロジェクトである全米ロボット工学イニシアチブ (National Robotics Initiative) においても役割を持つ。CISE はこのイニシアチブ関連予算として 1,750 万ドルを、EARS 予算として 1,500 万ドルを要求している。先述のとおり、仮に政権が周波数競売を通じて WIN 基金の資金集めに成功した場合、EARS 予算は格段に増える可能性がある。

また、以下の 2 件の既存プログラムも、ワイヤレス・コミュニケーション関連の実質的研究に予算を投じている。

- CNS ネットワーキング技術・システム (NeTS: Networking Technology and Systems)
- CISE ネットワーク科学・エンジニアリング (NetSE: Network Science and Engineering)

CNS ネットワーキング技術・システム (NeTS)

NeTS プログラムは、基礎科学に関するトランスフォーマティブ研究と、新世代の高性能ネットワーク開発へとつながる技術的前進をサポートする。

プログラムのスコープは、エンタープライズ、コアおよび光ネットワーク、ピア・ツー・ピアとアプリケーション・レベル・ネットワーク、ワイヤレス、そしてモバイルとセンサー・ネットワークなどである。革新的かつ急進的なネットワーク・アーキテクチャ、アルゴリズム、プロトコル、また有線とワイヤ

²⁷ http://www.nsf.gov/about/budget/fy2011/pdf/06-CISE_fy2011.pdf

レス環境で運用される既存の、もしくは未開発の技術やサービス、アプリケーションの刻々と変化する要件に応える技術に焦点が当てられている。

ワイヤレス・ネットワーク領域に関して NeTS は、堅牢で信頼性の高いセルラー、そしてハイブリッドな、モバイル・アドホック、車両、メッシュ、センサー、そしてボディアリアネットワーク(body area networks)を設計・分析、展開、運用・管理するための、画期的フレームワーク、アーキテクチャ、プロトコル、方法論、およびツールに関する研究プロジェクトを求めている。ここで必要とされるのは、ネットワーク機能間の動的な相互作用により適し、かつネットワーク運用に関する適応性をサポートし、さらにシステム全体のエネルギー・トレードオフを活用し、長期的なネットワーク持続可能性を改善できるような、アーキテクチャのクロスレイヤ設計のための体系的理論と方法論である。

効率的な動的周波数割当、使用、共有をサポートし、異なる無線技術とネットワーク・プロトコルで稼働する複数の共同設置ネットワークの共存をサポートするための、総合的なアプローチも求められている。また、今後は、物理層の基本的特性に関する理解を促進する、新たなネットワークの抽象化やモデル、そしてアルゴリズムの研究もサポートする。さらに、マルチアンテナや認知無線など、ネットワーク性能の向上や、ネットワーク全体の干渉管理の効率化に貢献する振興技術の可能性を利用するため、情報論理における最近の進展もサポートする。

ネットワーク・センサー・システムに関しては、アクセス制御、ルーティング、モニタリング、そしてイベント検出の枠を超える主な研究課題として、不確実な状況下で検出した情報の質を上げ、さらにコンテキストと状況認識を活用するような、マルチモデル検出のための新たなパラダイムやフレームワーク、および方法論の開発が挙げられる。こうした研究は、リアルタイム制御とアクション、ナレッジ発見、そして個人、および社会的環境や応用場面におけるインテリジェントな意思決定を可能にするだろう。

CISE ネットワーク科学・エンジニアリング(NetSE)

NetSE プログラムでは、ソシオテクニカル(socio-technical)ネットワークに関する科学およびエンジニアリング的ナレッジの開発を迫り、その複雑性についての新たな科学的理解を発掘し、将来設計に生かすことを目指している。中でも本プログラムは、異なる視点を持ち、専門分野も異なる個人とチームを収集し、前掲の理解を深めることに注力している。

また NetSE は、ネットワーク・アーキテクチャ革新について「クリーンスレート(clean slate、白紙の状態)」的アプローチの活用に関心をもち、2011 年度の未来のインター

ネット・アーキテクチャ(Future Internet Architectures)の助成先ポートフォリオを補完している²⁸。このようなグラントは、将来のネットワークアーキテクチャの一部としてのワイヤレスネットワークに関する考察を含むと期待されている。

➤ エンジニアリング局(ENG)

NSF は、国家の遂行能力を可能にするため、米国におけるエンジニアリングの進歩を推進している。エンジニアリング研究と教育に関する投資は、新たな富の共有と生活の質向上を長期的にもたらすであろうイノベーションを育む国家の能力を構築し、さらにそれを強化することを目的に行われる。ワイヤレスに関するプログラムは、サイバー・物理システム(CPS)やセンサーネットワークに関する研究を含む。ENG は、ナショナル・ロボティクス・イニシアチブ(National Robotics Initiatives)(2012 会計年度 1,250 万ドル予算申請)や EARS プログラム(同年会計年度 400 万ドル予算申請)などの横断型イニシアチブに関与している。

ENG 内の、電気・通信とサイバー・システム部(ECCS:Electrical, Communications and Cyber Systems)は、デバイスとコンポーネント技術、電力、制御、コンピューテーション、ネットワーキング、コミュニケーション、そしてサイバー技術の根本に関わる基礎研究課題に取り組んでいる。ECCS 部では、デバイスとコンポーネント技術、ネットワークとコンピューショナル技術、そしてシステム・エンジニアリングの研究と教育的課題に焦点を当てている以下 2 つのプログラムに取り組んでいる:

- 電子・フォトンクス・磁気デバイス(EPMD:Electronics, Photonics and Magnetic Devices)
- コミュニケーション・回路・検出システム(CCSS:Communications, Circuits, and Sensing-Systems)

電子・フォトンクス・磁気デバイス(EPMD)

EPMD プログラムは、マイクロおよびナノエレクトロニクス、フォトンクス、磁気学、オプトエレクトロニクス、電気機械技術、電磁気学、そして関連物理現象の原理に基づくデバイスとコンポーネントの基本的理解を向上させることを目的とする。このプログラムによって、最先端ナノエレクトロニクス、スピン・エレクトロニクス、分子と有機エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス、非シリコン・エ

²⁸ http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503325&org=CNS

レクトロニクス、フレキシブル・エレクトロニクス、マイクロ波フォトニクス、マイクロ／ナノ電気機械システム (MEMS／NEMS)、センサーと作動装置、パワー・エレクトロニクス、そしてミクスド・シグナル・デバイスを進歩させる発見とイノベーションが実現される。同プログラムの対象には、コミュニケーションとテレメディシン、その他ワイヤレス・アプリケーションの実現に必要なとされる、量子エンジニアリングと画期的な電磁気マテリアル・ベースの高周波デバイス・ソリューションをはじめ、無線周波数 (RF) 集積回路、そして再設定可能アンテナが含まれる。また、シリコン技術のスケールリング (比例縮小化) の限界を超える新しいナノエレクトロニクスの概念について、半導体業界との協同活動を支援する。さらに、新興領域の診断型、かつ装着可能で埋め込みも可能なデバイスに力を入れるとともに、極端紫外線 (extreme ultraviolet) 計測の新たなアプローチによるナノスケール精度での操作と計測をサポートする。

コミュニケーション・回路・検出システム (CCSS)

CCSS プログラムは、協業的、分野横断的、そして統合的な研究における、先見的なシステム指向型活動の促進を目的とし、コンピューテーション、コミュニケーション、そして物理ドメインと統合されたアルゴリズムを活用する、次世代サイバー・システム (CPS) を実現するハードウェア、信号処理技術、およびアーキテクチャに関連するシステム研究をサポートする。また、将来の社会的ニーズに取り組むため、システム・インテグレーションのあらゆる段階における新たな課題も提供している。また、マイクロおよびナノシステム、コミュニケーション・システム、そしてサイバー・システムにおける、革新的な研究と統合教育活動もサポートしている。その目標は、ナノ、マイクロ、マクロを含む、あらゆるスケールでの新しい複雑かつハイブリッドなシステムを設計、開発、実装し、ヘルスケア、医療、環境監視、コミュニケーション、災害軽減、国土安全、輸送、製造、エネルギー、そしてスマート建築を含む (以上は例であり、それらに限定されない)、多様なアプリケーション・ドメインの革新的なエンジニアリング原理やソリューションに導くことである。さらに、イントラチップおよびインターチップ段階での技術統合や、新しい高度無線周波数 (RF)、ミリ波・光ワイヤレスとハイブリッド・コミュニケーション・システム・アーキテクチャ、テラヘルツ (THz) 周波数での検出とイメージングもサポートしている²⁹。

²⁹ http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=13381

2.2.3 国立標準規格技術院(NIST)

NIST は、米商務省管轄組織であり、経済の安定を推進し生活の質を向上させるような方法で、計測科学、標準、および技術を前進させることにより、米国のイノベーションと業界の競争力を促進することをミッションとする。

NIST は NIST ラボラトリー(NIST Laboratories)を通じて研究ミッションを遂行しており、国家の技術インフラを進歩させ、産業界による継続的な製品とサービスの向上に必要とされる研究を実施している。そのため、科学者、エンジニア、技術者、そして業務補助員として約 2,900 人を雇用しているほか、学界、業界、その他政府機関から約 2600 人のアソシエイトと設備利用者が参加している。

2011 年 2 月 14 日に発表されたオバマ大統領の 2012 年度予算案によると、NIST の予算は 10 億 100 万ドルであり、2011 年度の大統領予算要求に比べて 8.9%増、2010 年度の予算割当額からは 16.9%の増加となっている。

さらにオバマ政権は、周波数免許の競売により、2021 年までに推定 270 億ドルの収入を容認する法案を提出する予定である。そのうち 5 億ドルは、公共安全性革新基金(PSIF: Public Safety Innovation Fund)を通じ、2012~2016 年の期間中に NIST に再分配することが提案されている。PSIF は、先述の大統領のワイヤレス・イノベーションとインフラ・イニシアチブ(WI3)によって設置されたワイヤレス・イノベーション(WIN)基金のコンポーネントのひとつとして NIST が運用する。同イニシアチブは、ワイヤレス広帯域コミュニケーションへのアクセスを増やすため、連邦政府機関が所有する、または商用目的で使われる周波数帯のうち、向こう 10 年間で合計 500 メガヘルツを再分配することを提案している。

NIST におけるワイヤレス関連主要組織には、情報技術ラボラトリー(ITL: Information Technology Laboratory)が挙げられる。

➤ 情報技術ラボラトリー(ITL)

ITL は、情報技術、数学、統計学分野の研究開発を通じ、計測科学、標準、および技術を前進させることにより、米国における革新と業界競争力を促進するという幅広いミッションを持つ。

ITL におけるワイヤレス関連プログラムの例を以下に示す：

ワイヤレス・システム計測学(Wireless Systems Metrology)

ワイヤレス・システム計測学プログラムでは、業界、公共安全(レスキュー隊員)、そして政府が使用する、複雑な通信信号を計測する方法を開発する。具体的には、コミュニケーションとデータ信号を測定し、受信の安定性が問題となるような複雑な環境を再現する方法を開発する。アプリケーションとしては、ロボット制御のために工場で使用されるワイヤレス・コミュニケーションに及ぶ干渉の影響を評価する試験や、携帯電話フィールドを測定する方法、捜索とレスキュー・コミュニケーションを評価する試験施設、そしてロボット・コミュニケーションの開発が挙げられる。

シームレスかつセキュアなモビリティ(Seamless and Secure Mobility)

ユビキタスな接続と異種ネットワーク間のシームレスで安全なローミングを実現するために、有線・無線ネットワークを含む多様な異種・非互換ネットワークを、いかに相互接続するかという問題を考慮し、スリーブパイプと異種ネットワーク技術間に横たわる技術と計測面のギャップを埋め、より優れた相互接続性とシームレスな相互運用性、そしてネットワーク接続とモビリティ・サービスのためのより良いサポートを実現することを目標としている。

ワイヤレス・センサー・ネットワークを利用した製造プロセス監視と制御 (Manufacturing Process Monitoring and Control Using Wireless Sensor Networks)

このプロジェクトでは、センサーの反応を理解し予測するモデルと性能指標を開発し、製造環境のための新世代高度センサーとセンサー・ネットワークの標準を設定することになる。また、製造プロセスの効率的な測定と制御のために必要とされる、堅牢なフィルタリングとパラメータ推定のためのセンサー融合とインテリジェントなデータ処理を実現する画期的手法も創造することになる。ワイヤレス・センサーとセンサー・ネットワークの進歩をプロジェクトの成果に組み入れることにより、システム・コンポーネント間のセキュアなワイヤレス接続に対する米製造業者の需要増に対応することを目指す。

産業ネットワーク・セキュリティ・テストベッドと性能テスト法 (Industrial Network Security Testbeds and Performance Test Methods)

このプロジェクトでは、ユーザーに標準コンプライアンスを決める方法を提供し、さらにその標準が技術的に堅牢かつ実現可能であることを保証して標準導入を改善するために、産業ネットワーク・セキュリティと性能のテスト方法を開発することになる。性能テストでは、機器の相互運用性と、複数メーカーによる機器がプラグ・アンド・プレイ対応であるかを検査する。このテスト法は、半年ごとに開催されるプラグ・フェスト(Plug-Fests)中に実行されることになる。また、プログラムのスタッフは ISA100 自動化ワイヤレス・システム委員会 (ISA100 Wireless Systems for

Automation Committee)と協力し、将来のワイヤレス製品開発に使われる性能要件を規定すると同時に技術の進歩を促進し、さらに新しい ISA ワイヤレス・コンプライアンス機関 (ISA Wireless Compliance Institute)の下でこれら製品の認可を目指す。

2.2.4 国防総省(DOD)

DOD の下部組織には、陸軍、海軍、空軍の研究グループと、情報システムとコミュニケーションを担当する省庁横断機関がある。国防総省の下、数多くの連邦研究機関がワイヤレス・コミュニケーション R&D を実行している。

オバマ大統領は 2011 年 1 月 7 日、国防総省における複数の役職の再指名を定めた国防予算法 (National Defense Authorization Act) に署名した。この変更により、従来の国防研究技術部ディレクター (Director, Defense Research and Engineering) は、国防研究技術部次官補 (Assistant Secretary of Defense for Research and Engineering: ASD (R&E)) とされた。ASD (R&E) という肩書きのもと、Zachary J. Lemnios 氏は、産業界、学界、政府の S&T 組織、すなわち、産学官を意味するリサーチ・トリプル (Research Triple) と協業および協力する形で機能し、国家安全をサポートする新たな科学と技術概念を発見し、開発、展開する³⁰。

➤ ASD (R&E) 研究局

ASD (R&E) 研究局 (Research Directorate) は、基礎研究、応用研究、先進開発、そして先進コンポーネントとプロトタイプに関する国防総省プログラムの政策と監督責任を持つ。研究局の権限が及ぶ範囲には、国防総省研究所、科学とエンジニアリング要員、そして科学・エンジニアリング・数学教育を促進する取り組みが含まれる³¹。

省庁研究所と国防組織全体では、コミュニケーション関連の研究にかなりの資金を投じており、中でも、ワイヤレス・コミュニケーション開発に対して優に数億ドルを投じている。しかし、これらプログラムの詳細はほとんど公開されておらず、その多くは公文書でタイトルが記述されているだ

³⁰ <http://www.acq.osd.mil/ddre/>

³¹ <http://www.acq.osd.mil/rd/>

けで、研究内容についての詳しい情報はない。その結果、国防総省は政府助成ワイヤレス R&D の柱であるという事実にもかかわらず、国防セクターのプログラムの輪郭を描くのは難しい。

➤ **空軍研究ラボラトリー(AFRL)**

AFRL(Air Force Research Laboratory)の一部門である空軍科学研究所(AFOSR:Air Force Office of Scientific Research)は、空軍の基礎研究プログラムの管理を担っている。研究の約 75 パーセントは学界と産業界で実施され、残る 25 パーセントが AFRL 内で実施される。AFOSR の基礎研究プログラム投資は、約 230 の大学機関、産業界との 230 件の契約、および 230 以上の AFRL 内部研究の間で分配される。

地上、空中、そして宇宙でのシームレスな通信により、兵士の情報が常にどこからでも利用可能なものとなる。ワイヤレス接続は、グローバルで相互運用可能な、保護されたコミュニケーションを提供し、タイムリーな情報アクセスと動的な帯域幅割り当てを可能にする。AFRL における関連プロジェクト例には以下が含まれる。

エアボーン・ネットワークのためのインテリジェント情報ルーティング (I2RAN : Intelligent Information Routing for Airborne Networks)

I2RAN は、エアボーン・ネットワークのミッションおよびシナリオ・モデリング機能の創出を目指すシステム・アプローチ志向プログラムとして、2006 年度に発足した。

AFRL のシニア・エレクトロニクス・エンジニアであり、I2RAN のプログラム・マネージャーの Fred Hall 氏は、同プログラムによって、ユーザーは、アドホック・ネットワークのより効率的な設計と構築し、オペレーション構想を確立することができるようになる」と述べている。ユーザーはトップダウンの観点でミッションを見て、そのミッションやシナリオ、そしてプラットフォームのタイプを調べることができる。また、必要な無線や波形、機器のタイプといったボトムアップの観点も提供されており、ポイント間の接続を可能にする技術や、エンタープライズ管理のための計画策定を支援することになる。

エアボーン・ネットワーク技術

AFRL のローマ研究所は、空軍コミュニケーションをサポートする新しい画期的手法に関連する概念開発、実験、実演の白書を募っており、それらは将来のエアボーン・ネットワーク(AN: Airborne Network)に資するためのモデリングとシミュレーション(Modeling and Simulation)、エンタープライズ管理(Enterprise Management)、ネットワークとコミュニケーション・リンク

(Networking and Communication Links)に応用される。AN の主要技術分野はモデリングとシミュレーションだが、公募要領(BAA: Broad Agency Announcement)では、AN 実現技術分野を対象に広く提案を募っている。

AN は、飛行能力のあるプラットフォーム上の最低 1 つのノードを使い、コミュニケーション・トランスポート・サービスを提供するインフラと定義される。これは、グローバル情報グリッド(GIG)がサービスを提供する運用ドメインと関連付けた場合に最も分かりやすい。変換型通信衛星システム(TSAT: Transformational Communications Satellite System)ネットワークは宇宙におけるコネクティビティを提供し、一方、GIG 帯域拡張(GIG-BE: GIG-Bandwidth Expansion)ネットワークと、戦闘情報トランスポート・システム(Combat Information Transport System)や戦域配備コミュニケーション(Theater Deployable Communications)下で提供されるネットワークは、それらを併用することにより水上コネクティビティを提供する。GIG 内のエアボーン・コネクティビティは AN によって提供されることになる。AN は、宇宙と水上の両ネットワークに接続することにより、GIG のコミュニケーション基礎構造に不可欠な存在となるだろう。

➤ 陸軍研究ラボラトリー(ARL)

ARL(Army Research Laboratory)は、陸軍の統合基礎・応用研究所であり、革新的科学と技術、分析を提供し、あらゆる軍事行動を可能にすることをミッションとしている。ARL は、外部研究に資金を拠出する陸軍研究室(ARO: Army Research Office)と、①兵器と機材(Weapons and Materials)、②センサーと電子デバイス(Sensors and Electron Devices)、③ヒューマン・リサーチとエンジニアリング(Human Research and Engineering)、④コンピューショナル・情報科学(Computational and Information Sciences)、⑤車両技術(Vehicle Technology)、そして⑥生存性と致死性分析(Survivability and Lethality Analysis)の 6 つの理事会によって構成される。ARL におけるワイヤレス関連の取り組みには以下が含まれる。

MANET のためのネットワーク分析、モデリングおよび設計(Network Analysis, Modeling & Design for MANETs)

ARL は、異なるジャンルのネットワークが相互作用することによって発生する、複雑なダイナミクスの研究に取り組んでおり、具体的には社会的認知(social-cognitive)と情報とコミュニケーションである。新たな洞察を得ることにより、それらを多様なネットワークの設計や構成、予測、制御に役立て、複雑かつ動的な敵対的状況下における陸軍のミッション遂行の効率を向上させることを目指す。例えば、モバイル・アドホック・ネットワーク(MANETs: Mobile Ad Hoc Networks)向けのワイヤレス・エミュレーション開発は、十分に信用できるレベルで、かつネットワーク中心戦争

技術(network-centric warfare technologies)の行動を迅速に理解できるようなスピードを備えた、セキュアなネットワークの設計と試験を可能にしている。また、ARL はエミュレーション・テストベッドを利用することにより、性能予測が可能で、かつ安全で拡張性のあるアーキテクチャとプロトコルにつながる、トポロジー、粒度、異質性、複雑性、希薄性、レイテンシ、資源利用、そしてネットワーク性能または行動の間の基本的なトレードオフを確立している。

コミュニケーションのための信号処理(Signal Processing for Communications)

ARL は、戦場デジタル通信と信号処理関連の基礎および応用研究を行うことにより、革新的な分野横断的ネットワーク信号処理アルゴリズムをはじめ、性能分析、基本的限界、プロセッシング・アーキテクチャおよび回路の開発を目指している。この研究は、セキュリティ、検出、モビリティ、そして制御の統合を支援するネットワークの設計と展開をサポートするもので、それにはセキュアなモバイル戦術ワイヤレス・アドホック・ネットワークのための適応型分散ルーティングとモビリティ管理技法が含まれる。ARL はまた、無線センサー、モデム、そして関連コミュニケーションと処理デバイスを含む、新世代センサー・ネットワークの設計に必要な基礎科学と技術の構築にも取り組んでいる。

➤ 海軍研究所(ONR)

ONR(Office of Naval Research)は、米国海軍の科学技術プログラムを、大学などの学術機関や政府機関の研究所、営利/非営利組織などを通して調整、実行、促進する役割を担う。また、ONR は、海軍に関連した科学研究や技術開発などの幅広いプログラムを実施する海軍研究所(NRL:Naval Research Laboratory)を有している。

ONR のコミュニケーションとネットワーキング・プログラム(Communications and Networking Program)は、海軍のアプリケーションに関連するアンテナや無線コミュニケーション、そしてワイヤレス・ネットワーキングの基礎および応用研究と開発を支援している。アンテナ技術の関心領域には、電氣的小型アンテナ、広帯域多機能アンテナ、海軍プラットフォームおよび海上環境と位相配列アンテナの互換性、指向性ビーム形成/ステアリング技法、特殊目的潜水艦コミュニケーション・アンテナ・システムが含まれる。無線コミュニケーションの関心領域には、耐妨害・低迎撃可能性技法、SATCOM 性能の向上、干渉軽減、適応等化、効率的な帯域変調、動的スペクトル管理のための認知無線、そして、(潜水艦用)高速かつ高深度コミュニケーションを含む高データ・レート戦術コミュニケーション技法などが含まれている。そして、ワイヤレス・ネットワークの関心領域には、モバイル・アドホック・ワイヤレス・ネットワーキングのアルゴリズム/プロトコル、エンド・ツー・エンドのクオリティ・オブ・サービス、結合/連携相互運用性、サービス志向戦術ネット

ワーキング、ミッションベース・ポリシー、そしてネットワーク制御と管理が含まれている。NRL における関連プロジェクト例は以下の通り。

モバイル・アドホック・ネットワーク(MANET)におけるマルチエージェント・システム(MAS: Multi-Agent Systems)

NRL は、動的なネットワーク中心問題シナリオ内での MANET および MAS 技術の設計と性能を向上させるための応用研究を実施している。技術的目標の一部は以下の通り。

- ストレスのあるモバイル・ネットワーク環境における MAS 設計の堅牢性の調査。
- MANET ネットワーク・プロトコル強化のための開発と、必要に応じてそのビヘイビアを研究するためのモデリングの改良。
- 一体化ソリューションを研究することによる、設計トレードオフに対する理解の向上(現時点ではあまり研究が進んでいない)。
- 移行が容易な動作モデルとソフトウェアの開発。

この研究の主な技術的課題は、動的ネットワーク・プロトコルとマルチエージェント・システム設計に関する学際的問題を解決することである。

空間光通信機(FOT: Free Space Optical Terminal)の開発

NRL では、RF 通信の代わりとしてレーザー光空間通信の開発を支援している。光空間は、レーザー信号を送信するケーブルなしに光ファイバーネットワークの通信媒体と同様の機能を果たす。FOT の開発は、2006 年および 2007 年は NRL の空間光通信局(Free Space Photonic Communication Office)が管轄していたが、現在は海軍の先進技術開発部に移動されている。NRL が開発した空間光モジュレーターは、現在 2 つのネットワークのエンドポイントをレーザーで結ぶ FOT の要素として試験が実施されている。

2.2.5 国土安全保障省(DHS)

DHS の科学技術局(S&T: Science and Technology Directorate)は、国土安全エンタープライズ(Homeland Security Enterprise)向けにナレッジ製品と革新的な技術ソリューションを提供す

ることにより、国家の安全とレジリエンシーの強化に取り組んでいる。S&T は、同省の 22 部門、また連邦、および全米の州、郡、市、部族、地域レベル、そして民間セクターの初動要員らのミッション遂行能力を向上させるため、新しい革新的な技術の開発につながる科学研究に投資する。

➤ **命令・制御・相互運用性部 (CID)**

米国土安全保障省科学技術局内の命令・制御・相互運用部 (CID: Command, Control and Interoperability Division) は、実践主導アプローチを採用し、国土安全の利害関係者間のシームレスでセキュアな相互作用 (インタラクション) を可能にする情報リソースを構築し配備する。

CID は次に示す 5 つのプログラム領域に分かれて組織されている: 基礎/未来研究 (Basic/Futures Research)、サイバー・セキュリティ (Cyber Security)、ナレッジ管理ツール (Knowledge Management Tools)、相互運用性・互換性室 (Office for Interoperability and Compatibility)、偵察・監視・捜査技術 (Reconnaissance, Surveillance, and Investigative Technologies)。

CID の相互運用性・互換性室 (Office for Interoperability and Compatibility) は、相互運用可能なワイヤレス・コミュニケーションを強化し、標準、報告書、ガイドラインなどのツール、および技術の開発により情報共有の効率を向上させ、政府のあらゆるレベルにおける計画立案と調整の強化を目指す。CID における関連プロジェクト例は、以下の通り。

プログラム名	国土安全保障省セキュア・ワイヤレス・アクセス・プロトタイプ (DSWAP: Department of Homeland Security Secure Wireless Access Prototype)
プログラム・マネージャー	Dr. Douglas Maughan

S&T 局の最高情報責任者 (CIO) と協力し、国土安全保障省セキュア・ワイヤレス・アクセス・プロトタイプ (DSWAP: Department of Homeland Security Secure Wireless Access Prototype) の試験を行う。DSWAP はセキュアなワイヤレス・アクセス・ソリューションであり、モバイル・ワイヤレス・ユーザーに始まり保護されたネットワークに至るまで、強化された層状の防御を提供する。S&T 局の CIO は DSWAP を配備し、公共ネットワーク経由で同省ネットワークに接続する際のリスクを最小化する。

プログラム名	ワイヤレス・ブロードバンド無線 (ROW-B: Radio over Wireless Broadband) プロジェクト
プログラム・マネージャー	Cuong Luu

ワイヤレス無線とブロードバンド・システムは特定の異なるニーズに対応しているため、相互に通信できるように設計されていないという課題のもと、ROW-B プロジェクトを通じて、CID は緊急対応機関および産業界のパートナーと協同し、既存の陸上移動無線システムと高度ワイヤレス・ブロードバンド技術を接続する方法を研究している。CID は地方政府機関と共に、ROW-B 技術をテストする予定である。

プログラム名	マルチバンド無線 (MBR: Multi-Band Radio) プロジェクト
プログラム・マネージャー	Thomas Chirhart

史上初の携行型マルチバンド無線 (MBR) の試作品を実演しており、これによって、緊急対応要員である警察官や消防士、緊急医療サービス要員が、各自使用する無線帯域が何であるかに関わらず、連携する他機関との通信ができることとされている。既存の小型携帯ラジオとほぼ同じサイズと重さの MBR は、緊急対応要員に最新鋭の通信機能を提供することになる。

プログラム名	ワイヤレス連合クエリ (Wireless Federated Query) プロジェクト
プログラム・マネージャー	Bruce Baicar

カリフォルニア陸運局が所有するデジタル写真をハンドヘルド・デバイスを使って引き出すことができるようにするための、ワイヤレス連合クエリの開発に資金を拠出した。この新たなアプリケーションにより、警察官は警察署や警察車両から離れていても、様々な携帯型デジタル・デバイスを使ってカリフォルニア州運転免許証の写真を即座に問い合わせ、検索、閲覧することができ、現場でリアルタイムに個人を識別する能力を飛躍的に向上させると期待される。新たなハンドヘルド・アプリケーションは、カリフォルニア州法務省によって認可され、現在、南カリフォルニア全体で約 300 名の地方、州、そして連邦政府の警察官や取り締まり機関職員が運用テストに参加している。同プロジェクトは、ナレッジ管理ツール (Knowledge Management Tools) プログラムの一環として実施されている。

2.2.6 米航空宇宙局 (NASA)

NASA は、同局の研究センター間に分散した R&D 活動を調整する必要性に駆られていることから、ネットワーキング研究分野における連邦政府機関のリーダーといえる。特にワイヤレス研究に関しては、NASA は非常に厳しい環境、特に宇宙におけるコミュニケーションの実現に注力してきている。宇宙コミュニケーションとナビゲーション (SCaN: Space Communications and Navigation) プログラムにおいて、この分野の研究の大部分、特に深宇宙コミュニケーション関連研究が調整されている。

➤ SCaN 深宇宙ネットワーク

深宇宙ネットワーク (Deep Space Network) は、太陽系とその先に浮かぶ宇宙探査機とのコミュニケーションを維持するためのプロトコル開発を目指す、NASA の取り組みである。この状態でのコミュニケーションは極めて困難で、例えば宇宙の天気干渉されるといった脅威や、パケット送信と受信間の大幅遅延などの影響を受ける。

この取り組みにおける主要プロジェクトは、遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Network) である。DTN では、断続的なリンク接続を補うためにネットワーク内で「蓄積交換 (store-and-forward)」技術を使っている。DTN における基本的概念は、インターネットに依存しないミドルウェアベースのアーキテクチャであり、新しいオーバーレイ・ネットワーク・プロトコル (バンドル・プロトコル) がアプリケーションと、ローカルで最適化されたコミュニケーション・スタックの間に挿入され、各環境においてオペレーションに最も適したプロトコルが全レイヤーにおいて使用されるというものである。DTN プロトコル・スイートは、現在も活発に開発が行われている。ネットワーク・セキュリティの他にも、DTN の研究目標は、ネーミングとアドレッシング、時刻同期、ルーティング、ネットワーク管理、そして CoS (class of service) を含む、重要なネットワーク・サービスのテストと発展に集中することである。現在は、DTN アーキテクチャをスマート・モバイルフォンベースのモバイル・アドホック・ネットワーク (MANETs) へ拡張する研究が進められている。複数のコミュニケーション・リンクとネットワークをユビキタスな方法で利用できるように、スマートフォンのアプリケーションを効果的に設定することに DTN を利用できる可能性もある。

DTN は、2009 年に始まった第 18 次長期滞在 (Expedition 18) 中に国際宇宙ステーション (International Space Station) へ導入され、今日も DTN プロトコルの試験的利用が続いている。DTN プロジェクトの主要研究員は、コロラド大学バファロー校の Dr. Kevin Gifford である³²。

2.3 大学研究機関プロフィール

本章では、大学機関における主要なワイヤレス通信の研究センターと各研究センターにおける研究概要を紹介する。米国では、大学機関の研究センターが、プロジェクト運営費や諸経費にあてる継続的資金と、特定のプロジェクト用のグラントや契約の両方を受け取るのが通例である。連邦政府は、これらの研究センターに対し、プロジェクト初年度にまとまった資金を援助し、その後それぞれの研究センターが政府の資金に頼らずともプロジェクトを実施できるよう徐々に資金額を減らすという政策をとることが多い。そうすることで、研究センターが多様なスポンサーの要求に応え、研究機関として維持できるようにすることが目的である。

本セクションでは、ワイヤレス技術研究分野で活発なプログラムを有する、以下の 4 つの大学研究センターを紹介する。

- スタンフォード大学 - ワイヤレス通信研究グループ
- カリフォルニア大学 - バークレーワイヤレス研究センター
- クレムソン大学 - ワイヤレス通信研究センター
- バージニア工科大学 - クリティカル技術・応用科学研究所

³² http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/DTN.html for details

2.3.1 スタンフォード大学 - ワイヤレス通信研究グループ³³

大学名	スタンフォード大学(カリフォルニア州、パロアルト)
センター名	ワイヤレス通信研究グループ(Wireless Communications Research Group)
センター代表	Donald C. Cox 教授(電気工学部)
設立年	1993 年
研究分野	<ul style="list-style-type: none"> ➤ チャンネルモデリング: 屋内 MIMO 広帯域データシステム伝搬用チャンネルモデリング ➤ ワイヤレスメッシュネットワーク: プロトコル設計およびパフォーマンス測定 ➤ システム: ワイヤレス MIMO システムの速度変換

スタンフォード大学(Stanford University)のワイヤレス・コミュニケーション研究グループ(Wireless Communications Research Group)は、Donald Cox 教授の指導の下、ワイヤレス・コミュニケーションに関する様々な種類の問題に取り組んでいる。このプログラムでは、教員と大学院生が、新しいワイヤレス・アクセス技術をはじめ、アクセス技術を導入するための新信号処理技術、大規模ネットワークのための新モビリティ管理技術の研究に取り組んでいる。新技術の実用可能性を実演するために、大規模コンピュータ・シミュレーションが構築され、利用されており、ワイヤレス・システムとアーキテクチャが総合され、分析されている。また、回路の試作品が作成され、ラボテストも実施されている。さらに、伝播測定をもとに、チャンネル・モデルが構築され、改良が進められている。

研究の牽引力となっているのは、ワイヤレス・コミュニケーションに関する多くの市場が拡大し、新しい機会が生まれていることである。これらの機会には、新ネットワークへのワイヤレス・アクセスや、ワイヤレス・ローカル・エリア・データ・ネットワーク、セルラー・モバイル無線が含まれる。ワイヤレス・コミュニケーションの急速な拡張は、システムの能力の限界をはじめ、データ・レート機能の限界、そして小型軽量電池に依存する携帯型ワイヤレス・トランシーバーの電池寿命が短いことによって妨害され続けている。性能を最大化する一方で消費電力を最小化するという、しばしば衝突する目的の最適化に際しては、信号処理アルゴリズムと回路アーキテクチャの複雑さ、そしてシステム全体の性能という、これら 2 つの間の関係が検討される。

³³ <http://wireless.stanford.edu/>

2.3.2 カリフォルニア大学—バークレーワイヤレス研究センター³⁴

大学名	カリフォルニア大学バークレー校
センター名	ワイヤレス研究センター (Wireless Research Center)
センター代表	Jan Rabaey、Paul K. Wright (共同センター長)
設立年	1999 年 1 月
研究分野	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 先進的なスペクトラム利用 ➤ RF およびミリ波 ➤ 省エネワイヤレスシステム ➤ 最先端サーキット技術 ➤ 変換システム

設立から 10 年を超えたバークレー・ワイヤレス研究センター (BWRC: Berkeley Wireless Research Center) は、最先端シーモス (CMOS) およびその関連技術を活用する次世代統合ワイヤレス・システムの設計と構想、実現に取り組んでいる。注力分野は、真にユビキタスなワイヤレスというビジョンの実現に必要な統合回路とシステム改良であり、具体的には、①先端スペクトラム利用技術を通じた常時接続型の信頼できるネットワークの実現、②エネルギー効率の高い 60GHz 以上の高データ転送リンクの設計、③超低電力ワイヤレス・ネットワークの境界の調査、④これらシステムを可能にする先端回路技術とコンポーネントの調査などが含まれる。

このビジョンを追求するために BWRC は、強力な産官パートナーシップに基づき、新技術の産業界への迅速な移行を可能にするとともに、大学の研究者に対しては、産業界の体験と長期ニーズという恩恵を与えている。同センターのメンバーシップは、コミュニケーション理論に関する BWRC とのコラボレーション、バークレー・センサー・作動装置センター (BSAC: Berkeley Sensor and Actuator Center) との MEMS 技術に関するコラボレーション、社会の関心事に関する情報技術研究センター (CITRIS: Center for Information Technology Research in the Interest of Society) とのバイオ医療と環境エンジニアリング向けアプリケーションに関するコラボレーションなどを含む、大型の学際的研究に参加する教員と大学院生へのアクセスを提供している。このような UC バークレーの研究者、そして政府助成機関と大手企業との本格的連携は、真

³⁴ <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/>

に重要な進歩を実現するというその潜在性をすでに証明しており、これは、ミリ波無線、認知無線、そして超広帯域・超低電力ワイヤレス・システムの各領域におけるセンターの影響を考えれば明らかである。現在、産業界メンバーには、Intel、Agilent、Qualcomm、富士通、パナソニック、Samsung が含まれる。

2.3.3 Wireless @ Virginia Tech³⁵

大学名	バージニア工科大学 (Virginia Tech) (バージニア州ブラックスバーグ)
センター名	ワイヤレス@Virginia Tech (Wireless @ Virginia Tech)
センター代表	Dr. Jeffrey Reed (センター長)
設立年	2004 年
研究分野	<ul style="list-style-type: none"> ➤ アンテナと伝播 ➤ セキュアなコミュニケーション ➤ ワイヤレスとソーシャル・ネットワーキング ➤ 信号処理 ➤ RF/VLSI 回路設計 ➤ 認知無線とネットワーク

大学のワイヤレス研究グループとしては米国最大規模の一つであるワイヤレス@バージニア・テック (W@VT: Wireless @ Virginia Tech) は、世界的に知られるモバイル・ポータブル無線研究グループ (MPRG: Mobile and Portable Radio Research Group) をはじめ、ワイヤレス・テレコミュニケーション・センター (CWT: Center for Wireless Telecommunications)、そしてバージニア・テック・アンテナ・グループ (VTAG: Virginia Tech Antenna Group) を含む複数のセンターやグループを包含する。VTAG は、1997 年、バージニア工科大学の Institute for Critical Technology & Applied Science (ICTAS) 下に、同大学の研究機関の技術移転を促進するために設置された。

研究グループには、コミュニケーションからネットワークに至る技術的専門知識を持つ 25 名強の教員や、ワイヤレスに注力する 100 名強の大学院生が参加する。アンテナ設計、ワイヤレス・ネ

³⁵ <http://wireless.vt.edu/>

ットワーキング、コミュニケーション・システム、マイクロエレクトロニクス、RF エレクトロニクス、そしてシステム統合など、専門知識は電気エンジニアリング関連が中心だが、それ以外のコンピュータ・サイエンス、数学、経済、そしてビジネスといった分野の人材もワイヤレス@バージニア・テック構成要員には含まれる。

2.3.4 クレムソン大学—ワイヤレス通信研究センター³⁶

大学名	クレムソン大学(サウスカロライナ州クレムソン)
センター名	ワイヤレス通信研究センター(Center for Research in Wireless Communications)
センター代表	L. Wilson Pearson 教授
設立年	1993 年
研究分野	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ワイヤレス通信システムとネットワーク ➤ パケット無線ネットワークプロトコル ➤ フェーディングチャネルにおけるモジュレーション、コーディング、レシーバープロセッシング ➤ 拡散スペクトラム通信システム

ワイヤレス・コミュニケーション研究センター(CRWC: Center for Research in Wireless Communications)は、セルラーおよびワイヤレス・コミュニケーション業界の新興ニーズに焦点を当てた学際的研究・教育プログラムを提供している。ますます高度かつユビキタスなワイヤレス通信システムの需要によって、通信理論における基礎問題や、高度なワイヤレスシステムの設計における電磁場の関係をよりよく理解するニーズが出てきていることから、同センターの目的は、「個人と大学キャンパスの間、そして、産業界コミュニケーションにおけるコラボレーションを助成し、進化するワイヤレス通信に関する理解と教育を推進すること」と定義されている。

1999 年、国防総省は、モバイル・ワイヤレス・ネットワークのための適応プロトコル(Adaptive Protocols for Mobile Wireless Networks)に関する学際的大学研究イニシアチブ(MURI: Multidisciplinary University Research Initiative)として知られる新プログラムを発表した。これには 60 を超す大学から提案が寄せられ、クレムソンからもワイヤレス・コミュニケーション・プログラム(Wireless Communications Program)の教員数人が提案を提出した。審査の結果、クレ

³⁶ <http://www.clemson.edu/crwc/>

ムソンの研究班は、国防総省が出したワイヤレス・コミュニケーション関連研究の MURI 助成金 2 件のうち 1 件を獲得した。MURI プロジェクトでは、クレムソンのワイヤレス・コミュニケーション・システムとネットワーク・プログラム (Wireless Communication Systems and Networks Program) は、ITT インダストリーズ (ITT Industries) との共同学際的研究の形で実施された。この研究の対象は、ワイヤレスでモバイルな分散型マルチメディア・コミュニケーション・ネットワークのための、新モジュレーション・スキーム、コーディング技術、レシーバー処理方法、ネットワーク・プロトコル、そしてアンテナ設計であった。

ワイヤレス・コミュニケーション・プログラムは、MURI 助成金の他にも陸軍研究局 (Army Research Office)、ITT インダストリーズ、空軍科学研究所、シュルンベルジェ (Schlumberger)、海軍研究局、そして全米科学財団から複数の研究助成金を受け取っている。クレムソンは産業界とも提携し、民間と軍部アプリケーションの両方を想定した新モバイル無線システムとネットワークに注力した多くの研究開発プロジェクトを手掛けている。また、大学院生の研究アシスタントシップとフェローシップを対象に、民間および全米科学財団から追加資金を受け取っている。

2.4 産業界およびその他の研究活動

本章では、ワイヤレス技術の先進的 R&D を実施する民間セクターの組織、そして研究センターや機関、協会、研究コミュニケーション団体やそれらのネットワークといった準民間組織を取り上げた。

2.4.1 エネルギー省国立研究所

エネルギー省 (DOE: Department of Energy) は、政府が所有し、大学や準学術的組織によって運営される研究施設を数多く設立した。これらの施設は集合的に、DOE 国立研究所システム (DOE National Laboratories System) として知られている。それら研究所における研究の大半は DOE の重要ミッション領域 (エネルギー研究、環境保護、米国の保有核兵器のメンテナンス) を中心としているが、ネットワーキング、特にワイヤレス・ネットワーキングを研究ポートフォリオのひとつとしている研究所もいくつかある。以下、そのような研究所の例を紹介する。

➤ **アイダホ国立研究所 (INL) — コミュニケーション・テストベッド³⁷**

アイダホ国立研究所 (INL: Idaho National Laboratory) は、オハイオ州バテル記念研究所 (Battelle Memorial Institute) 率いるコンソーシアムによって運営されている。1949 年設立の INL は、主に原子炉技術と原子力発電所関連の研究開発に注力している。広大な敷地 (890 平方マイル) かつ都心部から遠隔地にあることから、INL は内部に独自の光ファイバーとワイヤレス・ネットワークを敷設している。地理的に孤立しているということは、無線妨害が最小限ということであり、様々なワイヤレス・コミュニケーション技術の試験にとって理想的な環境となっている。

INL は、連邦政府と民間セクターの両ユーザーにテストベッドを解放している。テストベッドのスタッフは、セキュリティ、信頼性、耐久性、性能、相互運用性、そしてアプリケーションの一貫性 (application integrity) に関して技術評価を行うことができる。以下に INL で試験された技術の一部を紹介する：

- セルラー・テストベッド (Cellular test bed) (複数システム)
- ワイヤレス・パーソナル・エリア・ネットワーク (Wireless Personal Area Networks) (Bluetooth、Zigbee など)
- ワイヤレス LAN (Wi-Fi、802.11)
- ワイヤレス・メトロポリタン・エリア・ネットワーク (WiMax: Wireless Metropolitan Area Networks)
- ワイヤレス・ローカル・ループ (Wireless Local Loop)
- スマート・アンテナ (Smart Antennas) (適応ソフトウェア)
- 緊急対応要員のオペレーション / 優先サービス (Emergency responder operations/ priority services)
- ソフトウェア無線 (Software-defined radios)

³⁷ See <http://www.inl.gov/research/communications-test-bed/>

- アドホック・メッシュ・自己組織ネットワーク (Ad Hoc, Mesh, and Self Forming Networks)
- 空中コミュニケーション・リンク (Aerial Communications Links)
- 衛星システム (Satellite Systems)
- NARDA RF 安全証明と計測 (NARDA RF safety certifications and measurements)

➤ **ロスアラモス国立研究所 (LANL) – 量子研究所 (Quantum Institute)**

ロスアラモス国立研究所 (LANL: Los Alamos National Laboratory) は、高エネルギー物理学と兵器指向型核活動研究のサポートに特化した 3 つの DOE 国立研究所の一つである。研究所自体は、量子力学と物理学関連のその他の先端トピックを理解した研究者のための主要センターとなっている。2002 年、同研究所は、量子情報科学と技術 (コンピューティングとデータ操作関連問題に対する量子物理学の応用) 分野の専門知識を集めるために、量子研究所 (Quantum Institute) を設立した。同研究所では、同研究所による量子情報科学分野への投資額は、国家の同分野関連支出の 10% を占めると推定している。

量子情報科学のアプリケーションの一つは暗号であり、量子スケールの物質の特性を利用することにより、非常に長い計算もほぼ瞬時に実行するデバイスが可能になる。ロスアラモスの研究者は、量子鍵配送 (QKD: quantum key distribution) に対するオペレーショナル・アプローチの開発に注力している。QKD は、2 つのコミュニケーション・エンドポイントが身元を認証し、唯一の数学的「鍵」を使ってデータの暗号化と解読を行うといった暗号化の公開鍵方式を実行する。QKD は、無作為に偏光させた一連の光量子を利用して鍵を作り、バイナリーコードを提示することから、特に光コミュニケーションにおいて有用となっている。

同研究所は、「フリー・スペース・オプティクス (free space optic)」通信システムの中に、ある特定のフォームの QKD を導入している。これによって、最大 10 マイルのワイヤレス光リンクを利用するセキュアな暗号化された通信が可能となる。同研究所の研究者は現在、衛星と地上局を結び、距離にして何百マイルのリンクへこの技術を拡張する研究を進めている。

2.4.2 SRI デイビッド・サーノフ研究所(SRI David Sarnoff Laboratory)—ビデオ、コミュニケーション、ネットワーキング R&D サービス(Video, Communications and Networking R&D Services)

サーノフ・コーポレーション(Sarnoff Corporation)は、政府と世界の民間クライアントを対象に、新製品やサービスを成功裏に創造する電子、ビデオ、そしてビジョン技術における革新を生んできた。

RCA ラボラトリーズ(RCA Laboratories)として 1942 年に創立されたサーノフは、①IC、レーザー、イメージングと検出デバイス、②バイオ医療診断、③セキュリティ・監視・娯楽用デジタル TV とビデオ、④高性能ネットワーキング、⑤ワイヤレス・コミュニケーションなどの分野において継続的に躍進している。サーノフは、SRI インターナショナル(SRI International)の子会社である³⁸。

コミュニケーションとネットワーキング分野で、サーノフが特に注力する領域には以下が含まれる:

- モバイル・アドホック・ネットワーキング・プロトコル(Mobile Ad-Hoc networking protocols)
- GPS ディナイド・ナビゲーション(GPS Denied Navigation)
- マルチメディア・コミュニケーション・ソリューション(Multi-media communications solutions)
- モデル誘導検索、発見、学習(Model-guided search, discovery and learning)

2.4.3 ベル研究所(Bell Laboratories)

ベル研究所は、現在、アルカテル・ルーセント(Alcatel-Lucent)(2007 年にアルカテルがルーセントを買収して発足)の研究部門となっているが、もともとは電話業界を独占した AT&T の一部として何十年も経てきたという歴史をもつ。その時代に比べ、現在、ベル研究所の研究は本質的に大きく変わった。2000 年 5 月以降の通信業界の低迷とビジネス上の優先課題を背景に、ベル研

³⁸ <http://www.sarnoff.com/>

究所は製品開発への傾注を格段に進めるとともに、2、3 年以内に売上げを出すことが期待される研究トピックスだけを追求するようになった。これらトピックの一部は、ベル研究所の科学的フォーカスの中ではまだ比較的「基礎的」なものであるが、それらにおいても、かなり高度な応用目標を持つプロジェクトの中で研究されている。

2008 年 8 月 28 日、アルカテル・ルーセントは、基礎科学、材料物理学、そして半導体研究から撤退し、代わりにネットワークング、高速エレクトロニクス、ワイヤレス・ネットワーク、ナノテクノロジー、そしてソフトウェアといった、より早く売上げにつながる分野に集中すると発表した。ベル研究所では現在、アプリケーション領域を中心に焦点を当てている。ワイヤレス技術関連では、以下に示す 3 テーマにおいて活発な研究が行われている：

- **集中型無線・有線アクセス (Converged Wireless & Wireline Access)：** アンビエント・ネットワーク (ambient networks—相互運用性と複数無線アクセス技術の統合を可能にするため、ダイナミック認識を備えたネットワーク)、3G アクセス技術の展開 (環境状態を検出して適応するソフトウェア・ラジオ)、そしてブロードバンド・ワイヤレス・コミュニケーションの QoS (quality of service) を含む。
- **無線技術 (Radio Technology)：** このテーマの研究は、「ユニバーサル基地局 (universal base station)」（多様な仕様のあらゆるエア・インターフェース・プロトコルを利用し、全周波数で作動するようにプログラムできる基地局）の開発を目的に、複数のプロジェクトで実施される。
- **ワイヤレスおよびブロードバンド・アクセス (Wireless and Broadband Access)：** ベル研究所では、マルチホップ (multihop) ネットワークに関する複数のプロジェクトを実施している。マルチホップ・ネットワークとは、短距離無線リンクを利用して構築される堅牢なバックホール・ネットワークで、ブロードバンド LAN と統合できる。この研究には、次世代固定ワイヤレス・システム、特に MIMO 技術を利用するシステムの開発が含まれる。

2.4.4 クアルコム—研究開発

モトローラ (Motorola) が財政難に陥ったことを受け、クアルコム (Qualcomm) はワイヤレス通信・関連研究に従事する最も積極的なハードウェア・ベンダーの一社に浮上した。クアルコムの成功のほとんどは、その強力な知的財産ポートフォリオに由来しており、それはさらなる研究と展開によって強化されている。クアルコムは現在、米国、欧州、中国、そして韓国に合計 8 つの R&D 施

設(英国ケンブリッジの最新研究所を含む)を保有している。以下では、最も革新的な R&D プロジェクトの例を紹介する。

- **拡張現実(AR: Augmented Reality)**: AR は、現実世界の画像の上に仮想コンテンツ(グラフやテキストのメタデータなど)を重ねるという概念である。クアルコムは、AR 関連の活発な研究プログラムを有しており、サンディエゴ、ウィーン、ソウルの研究開発拠点において、ジョージア工科大学(Georgia Institute of Technology)などのパートナーと協力して実施されている。クアルコムは、同社のプラットフォーム上で稼働する、グラフィクスや GPS 情報、ビジュアル分析などを統合した AR アプリケーションを作成するための独自のソフトウェア開発キット(SDK: Software Development Kit)をリリースしている。2010 年、クアルコムは開発業者を招待して新 AP アプリケーションを競わせるオープンコンペを開催しており、そこから AR 機能を利用する多くの新しいゲームが誕生した。
- **3G パーソナル・リピーター(3G Personal Repeater)**: フェムトセル(femtocells)研究を補完する形でクアルコムは、特に 3G データ・サービスのためのシグナルの質と接続性を、低コストで向上させる、パーソナルな屋内 3G トランスミッション・リピーターの開発に取り組んでいる。
- **Wi-Fi/3G スマート・モビリティ(Wi-Fi/3G Smart Mobility)**: クアルコムは、利用者が 3G ネットワークから Wi-Fi ワイヤレス LAN ネットワークへ移動する際の、サービスとデータ・セッションの連続性を確保する新プロトコルとシステムの開発に取り組んでいる。このプログラムでは、ハンドオーバー性能(handover performance)を最大化しつつネットワークを横断する IP アドレスの移動性(transferability)といった問題に対処するとともに、ネットワークの複雑性の軽減を目指す。この研究は、第 3 世代の高速ワイヤレスネットワーク環境下で、マルチメディアを作成・配信・再生する新しい標準規格を作る国際プロジェクトである 3GPP(Third Generation Partnership Project)が発行した DSMIP(Dual Stack Mobile IP)標準に基づいて実施される。

2.5 新ワイヤレス・サービス関連の標準化の動き

新しいワイヤレス・サービスの登場は、設定、運用、そしてこれらサービスの利用に関する業界標準を策定する必要から、しばしば遅れることがある。利用可能な周波数が一層混雑し、干渉とソフトウェア衝突問題がますます一般化するに従い、このことは特に明らかとなる。一方、異なるサ

ービス事業者や加入者に機器を提供するハードウェア・メーカーが規模の経済を達成するためにも、標準は重要である。

この章では、以下 5 つの分野における標準化の取組み状況を紹介する：

- IEEE におけるワイヤレス・ネットワーキング標準(グループ 802) (Wireless networking standards at the IEEE) (Group 802)
- ワイヤレス医療デバイス向け標準と規制 (Standards and regulations for wireless medical devices)
- ワイヤレス車載型テレマティクスの標準と規制 (Standards and regulations for wireless in-vehicle automotive telematics)
- ワイヤレス航空機搭載テレマティクスの標準と規制 (Standards and regulations for wireless on-board aircraft telematics)
- グリーンタッチ・コンソーシアム (GreenTouch consortium) における ICT とネットワーキングに関するエネルギー効率のための標準 (Standards for energy efficiency in ICT and networking)

2.5.1 IEEE におけるワイヤレス・ネットワーキング標準

IEEE は、ネットワーキング業界のための自主標準策定団体 (SDO) である。IEEE において、LAN とメトロポリタン・エリア・ネットワーク向け標準開発を主導するのは、IEEE 802 LAN/MAN 標準委員会 (IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee) である。この委員会が管理する主な標準には、802.11 (Wi-Fi)、802.15 (Bluetooth、Zigbee)、そして 802.16 (WiMAX) が含まれる。

グループ 802 のプロジェクト承認要請 (PAR: Project Authorization Request) から、同グループの現在の関心事である課題が読み取れる。最近提案されたいくつかの主な PAR には以下が含まれている：

- **802.15.8: パーソナル・スペース・コミュニケーション・ネットワーキングのための PAR (PAR for Personal Space Communications networking)**

この標準は、不免許帯域を利用する、超短距離の最大速度 50Mbps の通信に関するもので、主な特徴は、デバイス・ユーザー間のアドホック・グループ・コミュニケーション用な

ど、大量のデバイスの迅速な発見と同期である。想定されるアプリケーションの一つはワイヤレス・ツアーガイドであり、ミュージアムの展示物から特定範囲内にいるすべての来館者に向けて、情報を同時に送信することを想定している。

- **802.22: 地域ネットワーク CPE のための PAR (PAR for Regional Area Network CPE)**

54MHz と 862MHz 間(DTV 移行にともない放棄されたテレビ用周波数帯)のホワイトスペース(White Space)で作動し、また地方での利用に最適化された、ブロードバンド固定ワイヤレス・コミュニケーション・システムの標準策定に関する提案改訂である。

- **802.23: 緊急サービス実行委員会研究班のための PAR (PAR for Emergency Services Executive Committee Study Group)**

ここで提案された研究班は、WLAN を使う VOIP 通話に関連する緊急通話(米国の E911)に関する問題と、緊急通話標準と規制コンプライアンスを強化する方法について調査することになる。

2.5.2 ワイヤレス医療デバイス向け標準と基準

2007 年、米食品医薬品局(FDA: Food and Drug Administration)の科学・エンジニアリング研究室(Office of Scientific and Engineering Laboratories)は、RF ワイヤレス医療デバイス(RF Wireless Medical Devices)の安全性と潜在的干渉といった問題に対処するために、RF ワイヤレス医療デバイスに関するガイダンス案を発行した。このガイダンスは正式に採用されなかったが、そのようなデバイスに関する、主要政府標準として現在も認識されている。

2010 年、FCC は全米ブロードバンド計画の一環として、主に 2360MHz - 2400MHz 帯(Bluetooth が使用する帯域に隣接する)で作動する新「メディカル・ボディ・エリア・ネットワーク(MBAN: Medical Body Area Network)」の創造を提案した。この提案は、医療デバイス・メーカーの幅広い支持を得たが、同じ周波数帯を現在利用する航空テレメトリー(aeronautical telemetry)とリレー機器のメーカーが反対した。しかし 2011 年初めの段階で航空業界は、(a) MBAN デバイスは超低電力かつ超短距離トランスミッターである、(b) 空港に隣接しない病院内で作動する、という再保証が得られたことを理由にその懸念を取り下げている。

MBAN 無線周波数はワイヤレス・ボディ・センサー・ネットワークを構築し、重症または慢性疾患患者を、小型ワイヤレス・デバイスを使って遠隔地からモニターし、医療従事者が患者の身体状

態を追跡し、緊急時に速やかに対処することを可能とする。MBAN 周波数帯を利用するサービスは Bluetooth や Zigbee に似ているが、センサーによって収集される医療情報の転送のために最適化されることになる。

FCC のエンジニアリング・技術室 (Office of Engineering and Technology) では、MBAN 構築を目指し規則制定作業を活発に進めているが、最終規則の発行にはまだ至っていない。

2.5.3 ワイヤレス車載型テレマティクス標準と規制

自動車メーカーは、車載用テレマティクスまたはデータ・サービスの投入を活発化させている。BMW は、BMW コネクテッドドライブ (BMW ConnectedDrive) と呼ばれる最先端テレマティクス・システムの一つを開発した。BMW アシスト (BMW Assist—緊急時コミュニケーション)、BMW オンライン (BMW Online—位置ベースのサービスと情報)、BMW トラッキング (BMW Tracking—盗難車両の追跡)、BMW テレサービス (BMW TeleServices—オンボード診断・サービス・コミュニケーション)、そして車内インターネット接続を統合したものである。2000 年以降、自動車技術者協会 (SAE : Society of Automotive Engineers) や米自動車工業会 (AAM : Alliance of Automotive Manufacturers) などの団体が車載用テレマティクス標準を策定している。

IEEE グループ 802 は 2010 年、車両環境向けワイヤレス・アクセス (WAVE : Wireless Access for the Vehicular Environment) 標準を定義した新標準 IEEE 802.1p を発行した。さらに IEEE グループ 1609 は、WAVE に関連するネットワーク・スタック高層に関する標準を発行している³⁹。WAVE は、車両と路側のデバイス間のワイヤレス・データ交換、セキュリティ、サービス広告、そしてテレマティクス・アプリケーションが車両と通信する際にアクセスを要求する層の適切なプロトコルを定義することになる。また WAVE は、インテリジェント運輸システムの車載要素に適用されるデジタル短距離通信 (DSRC : Digital Short Range Communications) 標準⁴⁰と並んで、米運輸省 (Department of Transportation) で開発中の標準セットの基礎でもある。FCC では DSRC に関して、「自動料金収集などのアプリケーションを想定した、路側サービス・ユニット

³⁹ http://vii.path.berkeley.edu/1609_wave/

⁴⁰ <http://www.sae.org/standardsdev/dsrc/>

(RSU: Roadside Service Units)と車両間コミュニケーションのために 5.9GHz 帯を利用するサービス」と定義している⁴¹。

最近では、自動車メーカー、IT ハードウェア・ベンダー、規制当局、および保険会社などが協力し、車載用インターネット・ベース・テレマティクスの推進を目的とした業界コンソーシアムとして、ネットワーク車両協会 (NVA: Networked Vehicle Association) も新設されている⁴²。

2.5.4 ワイヤレス航空機搭載テレマティクスの標準と規制

機内で Wi-Fi ベースのインターネット・アクセスを提供する民間航空会社が増えている⁴³。これらのサービスは通常、地上の携帯電話用タワー（陸上飛行使用）、または衛星リンクへの Wi-Fi 接続のいずれかを利用して提供している。地上ベースのシステムは、米国ではエアセル (Aircell) が提供している。エアセルは、ゴーゴー・インターネット (Gogo Internet) サービスを航空会社にライセンスし、航空会社はそれを利用して機内 Wi-Fi を提供している⁴⁴。エアセルのサービスは、2008 年に FAA から承認された。

FAA では、機内ワイヤレス・インターネット・サービス承認のための標準プロセスをいくつか制定している。それによると、ベンダーは、①機器を航空機内に設置するための追加型式設計承認 (STC: Supplemental Type Certificate)、②製造プロセスの正当性を証明する部品製造承認 (PMA: Parts Manufacture Approval) の 2 種類の承認を取得しなければならない。それらに加えて FAA は、それら 2 種類の承認を取得したベンダーに対し、以下の手順に従い電磁波妨害 (EMI) 検査を実施することを求めている：

- 1) 携帯型ワイヤレス・トランスミッター・エミュレーターを利用する航空機の地上テストの実施。信号生成器、増幅器、そして送信アンテナから構成されるエミュレーターを使うテスト手順は、RTCA/DO-294B で定義されている。

⁴¹ http://wireless.fcc.gov/services/index.htm?job=service_home&id=dedicated_src

⁴² <http://www.networkedvehicle.org/>

⁴³ <http://www.airportwifiguide.com/airlines-in-flight-wifi-access-fees-table/>

⁴⁴ <http://www.gogoinflight.com/gogo/cms/work.do>

- 2) エミュレーター・アンテナは、操縦室、アクセス・ポイント・アンテナが設置される機内キャビン、そして WLAN 対応 PED の作動点を含む各場所に設置しなければならない。
- 3) 壊滅的状態、有害な状態、および重大な障害が発生した航空機のシステム全てと、証明 (certification) または運用規則によって要求されたシステムをモニターする。
- 4) 検査は、機内 WLAN 設置で利用される WLAN 作動帯それぞれにおける 3 つの異なるチャンネルで行うこと。

一部メディアは、FAA が現在、飛行機の機内 Wi-Fi システムがセキュリティ・リスクとなり得るかを調査中であると報じている。例として、攻撃者が強力な RF 信号をコックピットに向かって発射することにより、航空電子システムが混乱することを挙げている。今のところ、現行標準は引き続き有効となっている。

2.5.5 ICT とネットワーキングに関するエネルギー効率のための標準

気候変動に関する懸念が業界内で高まる中、ICT セクターでは現在、ICT が環境に与える影響を軽減する方法に注目している。懸念される領域の一つは、ICT デバイスとシステムによるエネルギー消費量が非常に大きいことである。ICT のエネルギー効率の改善を図るため、欧州のベンダーと大学のグループは、グリーンタッチ (GreenTouch) と呼ばれるコンソーシアムを設立し、業界ガイドラインと標準の策定を目指している。

グリーンタッチはそのミッションとして、2015 年までに ICT のエネルギー効率を 1000 倍またはそれ以上に高めることを掲げている。グリーンタッチのメンバーには、通信サービス事業者 (AT&T、China Mobile、France Telecom、Swisscom など) をはじめ、機器ベンダー (Bell Labs、Huawei、富士通、サムソン)、大学・研究グループ (Carnegie Mellon University、Columbia University、Fraunhofer-Gesellschaft、IMEC、Seoul National University など) が含まれる。2011 年 2 月、グリーンタッチはその第一弾となる大型プロジェクトを実演した。それは、多入力多出力 (MIMO: multiple-input, multiple-output) なトランスミッションを利用する大型アンテナ・アレーを用い、モバイル基地局から、範囲内の全デバイスに高出力信号をブロードキャストするのではなく、その

地域のデバイスを対象に低電力だが、非常に標的の絞られたコミュニケーション・リンクを実現するものである⁴⁵。

2.6 米国におけるワイヤレス技術に関する研究開発の今後の動向

「ワイヤレス・イノベーション・インフラ・イニシアティブ」(Wireless Innovation and Infrastructure Initiative)に向けた提案書の中で強調されているように、オバマ政権は、ワイヤレス技術が全米ブロードバンド計画(National Broadband Plan)において重要な役割を担うと位置付けている。米国政府は、ワイヤレス技術を、ケーブルネットワークよりもコストを抑えて米国の全人口に対しブロードバンドアクセスを提供することを可能にする破壊的技術であると見ており、この政府の見方を象徴するようにネットワーク技術に関して米政府最大の資金援助機関である国防総省のワイヤレス技術研究開発部門の投資額は年々増加している。ワイヤレス技術は、軍にとってネットワークを中心とした攻撃に変換できるだけでなく、将来の軍事用ロボットや無人機の発展にも貢献するものである。ワイヤレス技術のイノベーションは、米国にとって経済成長および国家安全保障の両面から必要不可欠であると考えられている。

ワイヤレス技術においてオバマ政権の戦略を実現するために、今後米国が対処しなければならない問題として、国防総省やその他機関によって開発されたワイヤレス技術を民間セクターのワイヤレス事業者がサポートするような体制を整える必要がある。ワイヤレス技術の研究開発の大部分を占めるのは、中央のネットワーク管理を必要とせず、個々の装置間で接続が構築される MANET である。米国政府は、インターネットの新たなアーキテクチャを開発しようとする試みの中で、新たな技術は、サービスプロバイダが既存の技術を新技術に置き換える何かしらのインセンティブがなければ導入されないということを認識した。ホワイトハウスは、周波数競売から、公共のブロードバンドワイヤレスネットワークを発展させるだけの資金を確保できるとする一方で、ワイヤレスブロードバンドをワイヤレスネットワークに統合には、AT&T や Verizon といった大手通信事業者の協力が必要であると考えている。

さらに、現在米国政府の研究開発費は、連邦政府の財政赤字と研究開発機関を含めて予算の大幅な削減に対する保守的な声に押されて、縮小されつつある。全体的な研究開発費が縮小さ

⁴⁵ <http://www.screenplaysmag.com/2011/02/26/telecom%E2%80%99s-greentouch-project-unveils-efficiency-innovations/>

れる中、ワイヤレス研究プロジェクトにおいては、再度ケーブルに勝るワイヤレス技術の将来性および重要性を訴えていく必要がある。