

2025 年度 高度通信・放送研究開発委託研究

課題 243

超広帯域光信号計測・実装技術の研究開発

研究計画書



1. 研究開発課題

『超広帯域光信号計測・実装技術の研究開発』

2. 目的

情報通信技術は、社会インフラを支える中核として進化を遂げている。近年、生成 AI の普及などと共にデータ通信量の急激な増大に伴い、光通信およびワイヤレス通信技術における大容量化と高速化の必要性が急速に高まっている。光ファイバデータ伝送においては、10Tbps 級の超大容量通信を実現するため、1 レーン当たり 200Gbps 超級（帯域 100GHz 超級）をターゲットとした研究開発が進められている。一方で、ワイヤレスデータ伝送においても、100GHz 以上の高周波信号を利用した次世代の大容量通信技術の開発が求められている。これらの通信技術を支えるためには、光と電波の両方で、低速から 200GHz に及ぶ非常に広帯域な信号を正確に計測し、効率的に利用することを可能にする技術の確立が不可欠である。このような技術が確立された社会では次世代通信技術の基盤がより強固に整備され、社会や国民に新たな便益がもたらされることが期待される。例えば、さらなる高速・大容量ネットワークの実現により、リモートワークやオンライン教育、遠隔医療の普及がさらに進むと同時に、IoT デバイスや 6G ネットワークを含む次世代通信インフラの構築が可能となる。これにより、膨大なデータ処理やリアルタイム通信が必要な産業分野における新たなイノベーション創出が期待される。また、社会インフラの高度化として、高精度かつ広帯域な通信技術を導入することで、自動運転車やスマートシティ、AI を活用したリアルタイムモニタリングなど、社会インフラの高度化が実現すると予想され、社会の安全性や利便性の向上が期待できる。さらには環境負荷の低減として、効率的な通信技術を導入することにより、エネルギー消費の削減やリソースの最適活用を可能とすることで持続可能な社会の実現に貢献できる。国立研究開発法人情報通信研究機構（以下、「機構」という。）ではこれまでに光と電波をシームレスに接続するための超高速光電変換デバイスとして 200GHz 超で動作可能な光変調器、光検出器の研究開発を行い、これを実現してきた。しかしながらこれらを高効率に評価する測定技術および高効率に実装・接続する技術は皆無で、光・電波の大容量伝送技術普及のボトルネックとなる。高周波のデバイスや実装、接続部品を評価する技術の確立には、高速応答可能な光変調器、光検出器が必要であり、NICT が開発した高速光デバイス技術を用いることにより、これが可能になる可能性が極めて高い。このような背景のもと、本研究開発課題は、次世代通信の基盤を支えるための超広帯域光信号計測技術および実装技術の構築を目指す。

3. 内容

機構が有する高周波数光変調器技術、高周波光検出器技術等¹との密な連携の下で、超広帯域光信号計測技術、実装技術の研究開発を実施し、要素技術およびシステム技術の PoC 開発を通じてプロトタイプ実装を目指した研究開発を行う。以下実現に寄与しうる研究開発項目令を挙げるが、4. アウトプット目標を実現する提案であればこれを妨げない。

研究開発項目 1 超高速・広帯域信号計測技術の研究開発

¹ 機構が有する技術・知見等については、必要に応じて「応募要領」の「14 問い合わせ先」まで問い合わせること。

(1) 200GHz 級 (145GHz 以上) 光電変換デバイス技術とそれを用いた計測技術

現在市販されている測定機器では 110GHz 以上の光電変換デバイス特性を評価することは難しい。これは広帯域信号計測に対応し、低速～110GHz 超で動作する安定した光電変換デバイスが存在しないためである。そのため、低速～110GHz 超で動作する安定した光電変換デバイスを開発し、それを用いて 110GHz 超の超高速・広帯域信号を評価する基盤技術を開発する必要がある。また、これをパッケージ化、装置化するためには研究開発項目2のワイヤリング技術、熱設計、電磁ノイズ耐性の課題とも連携する必要がある。この点でも、測定技術、評価技術は重要であるため、110GHz 超の超高速・広帯域信号を評価する基盤技術の確立は必要である。また、持続的な動作周波数引き上げのためには周波数帯域の分割・合成技術の検討も必要である。

(2) マルチコアファイバに対応したアレイ型光電変換デバイス技術

空間多重大容量データ伝送のため近年実用化が始まったマルチコアファイバでも信号の高速化は進むと考えられる。複数のコアが 1 本のファイバに収まるマルチコアファイバの利点を活かしたパッケージを考えた場合、光源や検出器もアレイ化することが必要となる。このため、アレイ型光電変換デバイスについても高速化を検討する必要がある。アレイ型デバイスについては隣接するデバイス間および配線間のクロストークが問題になる可能性があり、これを解決するために(1)と同様、ワイヤリング技術、高電磁ノイズ耐性技術と連携して、アレイ型デバイスの高速化に関する研究開発を行う。

研究開発項目2 超高速・広帯域実装・リンク技術の研究開発

(1) チップ間、パッケージ内／外のワイヤリング技術

研究開発項目1で示すような超高速・広帯域光電変換デバイスが実現した際、同時に発生する課題として、素子間の接続をどのように行うかという問題がある。110GHz 未満の信号についてはある程度の高周波部品が揃っているが、110GHz を超えた領域では特に電気信号に対する損失の少ない部品がほとんどないのが現状である。データ伝送においては単一のデバイスで信号処理が完了することはないため、個々のデバイスで生じる信号を歪なく、低損失で接続する技術は極めて重要である。また、接続するための距離もチップ間、パッケージ内、パッケージ外と様々である。このような観点から高周波信号を接続するためのワイヤリング技術の研究開発を行う。

(2) 熱設計・高電磁ノイズ耐性技術

高周波光デバイス、電子デバイスの傾向として、デバイスサイズが小型化されるというものがある。また、なるべく低損失に接続可能とするため、デバイス間隔が狭くなる。すなわちパッケージ内ではデバイスの高集積化が進む傾向がある。このような状況では個々のデバイスが発する熱をどのように散逸させるかによりモジュール特性が大きく変化する。また、接続のための配線が集積されることにより電磁ノイズの影響も大きくなる。このような観点から熱設計・高電磁ノイズ耐性を実現するための構造の研究開発を行う。

4. アウトプット目標

研究開発期間終了時までには達成すべき目標は下記のとおりとする。

研究開発項目1 超高速・広帯域信号計測技術の研究開発

- (1) 200GHz 級光電変換デバイス技術とそれを用いた計測技術
 - 200GHz 級光電変換デバイス技術を確立すること
 - 200GHz 級光・電気信号の精密測定、評価技術を確立すること
 - 周波数帯域の分割・合成技術の検討を行うこと
- (2) マルチコアファイバに対応したアレイ型光電変換デバイス技術
 - マルチコアファイバに対応したアレイ型光電変換デバイス技術を確立すること

研究開発項目2 超高速・広帯域実装・リンク技術の研究開発

- (1) チップ間、パッケージ内／外のワイヤリング技術
 - 200GHz 級のチップ間、パッケージ内／外のワイヤリング技術を確立すること
- (2) 熱設計・高電磁ノイズ耐性技術
 - 高効率な熱散逸構造の作製手法を確立し、超高速・広帯域信号の安定動作を実現すること
 - 高密度配線における高電磁ノイズ耐性構造作製手法を確立すること

5. アウトカム目標

- 2028 年 145GHz までの広帯域信号測定技術の確立と実装モジュールプロトタイプを実現
- 2030 年 200GHz までの広帯域信号測定技術の確立と実装モジュールプロトタイプを実現
- 2035 年 240GHz までの広帯域信号測定技術の確立と実装モジュールプロトタイプを実現

6. 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採択件数 : 1 件

研究開発期間: 2025 年度（契約締結日）から 2027 年度

研究開発予算: 各年度、総額 100 百万円（税込）を上限とする。広帯域動作光デバイス、高周波部品の試作、プロセス装置の試作、評価装置の試作、その他の必要な費用などを想定する。

研究開発体制: 単独の提案も可能であるが、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制とすることを推奨する。その際、社会実装を考慮した体制とすること。

7. 提案に当たっての留意点

- 具体的目標に関しては、定量的に提案書に記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。
- 本委託研究の遂行過程で得られる科学的なデータがあれば、広くオープンにするのが望ましい。公開の見込みがある科学的なデータについて記載し、その研究データの取扱いについてデータマネジメントプラン（DMP）の様式に記載すること。

- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。

8. 運営管理

- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、プロジェクトオフィサーの指示に基づき定期的に連絡調整会議を開催すること。
- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的に行うこと。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、プロジェクトオフィサーが研究計画書を変更する必要があるため、留意すること。

9. 評価

- 機構は、2026 年度に中間評価を実施する。本評価結果により、当該年度で本委託研究を終了する場合がある。
- 機構は、2027 年度に終了評価を実施する。また、機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

10. 成果の社会実装等に向けた取組

- 実用化、事業化、社会実装に向けた出口戦略を明確とすること（委託研究後の事業化等の内容を明確にする）。
- 上記の出口戦略を実現するため、本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）を行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。
- 産学官連携体制の構築、研究開発の成果を参加企業等が実用化・事業化につなげる仕組みをビルトインすること。
- 委託研究終了後には製品化の目途を立てていること。

11. プロジェクトオフィサー

ネットワーク研究所フォトニック ICT 研究センター光アクセス研究室
ネットワーク研究所フォトニック ICT 研究センター

赤羽浩一
山本直克

参考

国際的な検討として Ethernet alliance ではリンクスピードなどの 2030 年までのロードマップを公表しており、アクセス系の通信速度の高速化が示唆されている。

<https://ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2024/03/2024-Ethernet-Roadmap-Digital-Version-March-2024.pdf>