

課題番号 243

超広帯域光信号計測・実装技術の研究開発

2025年 8月 19日

概要：超広帯域光信号計測・実装技術の研究開発

背景と課題

- ✓ 光ファイバデータ伝送の大容量化では、将来のデータ伝送大容量化(図1)のために1レーン当たり200Gbps超級(利用帯域幅: 100GHz超級)をターゲットとした研究開発が推進されている。
- ✓ ワイヤレスデータ伝送の大容量化では、100GHz以上の高周波信号の利用が検討され、伝送技術の研究開発が推進されている。
- ✓ 光・電波ともに、100GHzを超え、DCから最大200GHzにおよぶ非常に広帯域な信号を利用することが検討されている。

【課題】光・電波の大容量伝送のために、送受信の周波数帯域がDC~200GHz級を目指す上で、その周波数帯域でのデバイス等の測定・計測手段および高効率な実装・接続手段が不可欠だが、現状存在していない。

研究開発の目的

将来の10Tbps級光ファイバ伝送等の光・電波融合領域の超大容量伝送の実現と、サステナブルな伝送大容量化の基盤技術の構築・発展をめざし、100GHzを超えDC~200GHz級の超広帯域信号の計測技術およびデバイス等の高周波・広帯域実装技術の確立を目的とする

研究開発の内容

①超高速・広帯域信号計測技術

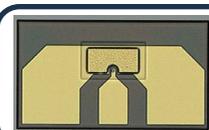
- 200GHz級(145GHz以上)の超広帯域に対応した高変換効率かつ高線形な光電変換デバイス技術、および帯域分割等の広帯域計測システム技術
- マルチコア(例:4コアなど)や光無線に対応したアレイ型超高速光電変換技術
- OE/EO変換モジュール技術(早期社会実装へ)

②超高速・広帯域実装・リンク技術

- チップ間、パッケージ内/外(数10cm程度)の接続・実装技術(200GHz級)
- 光・電波融合コネクタ、信号増幅技術
- 低ノイズ計測のための熱設計、高電磁ノイズ耐性化技術

【NICTの先行研究】

- ✓ 200GHz級の光電変換デバイス技術



200GHz級動作の光受信デバイスを実現

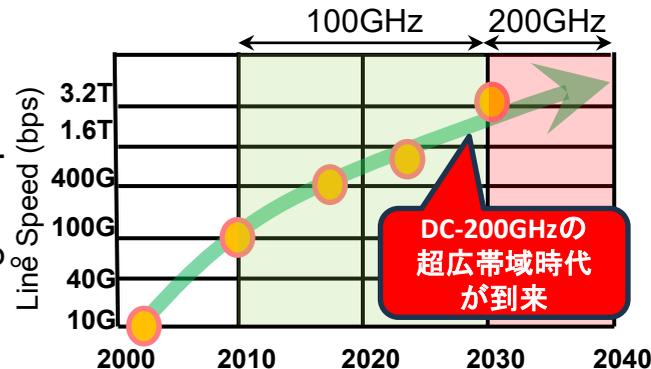
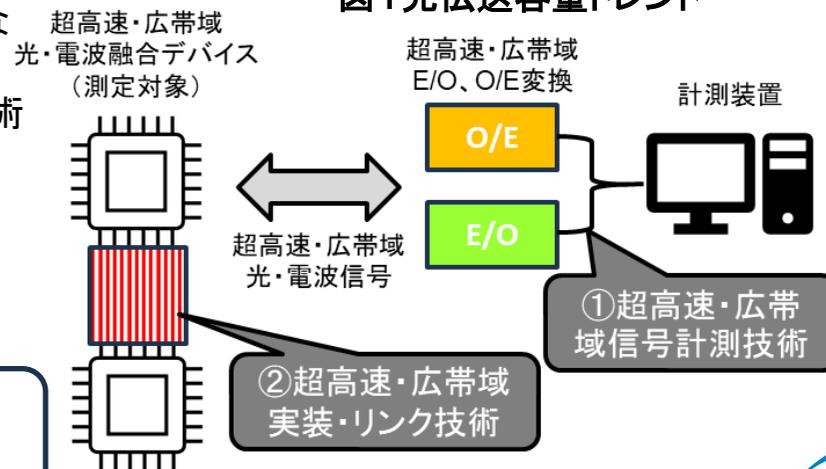
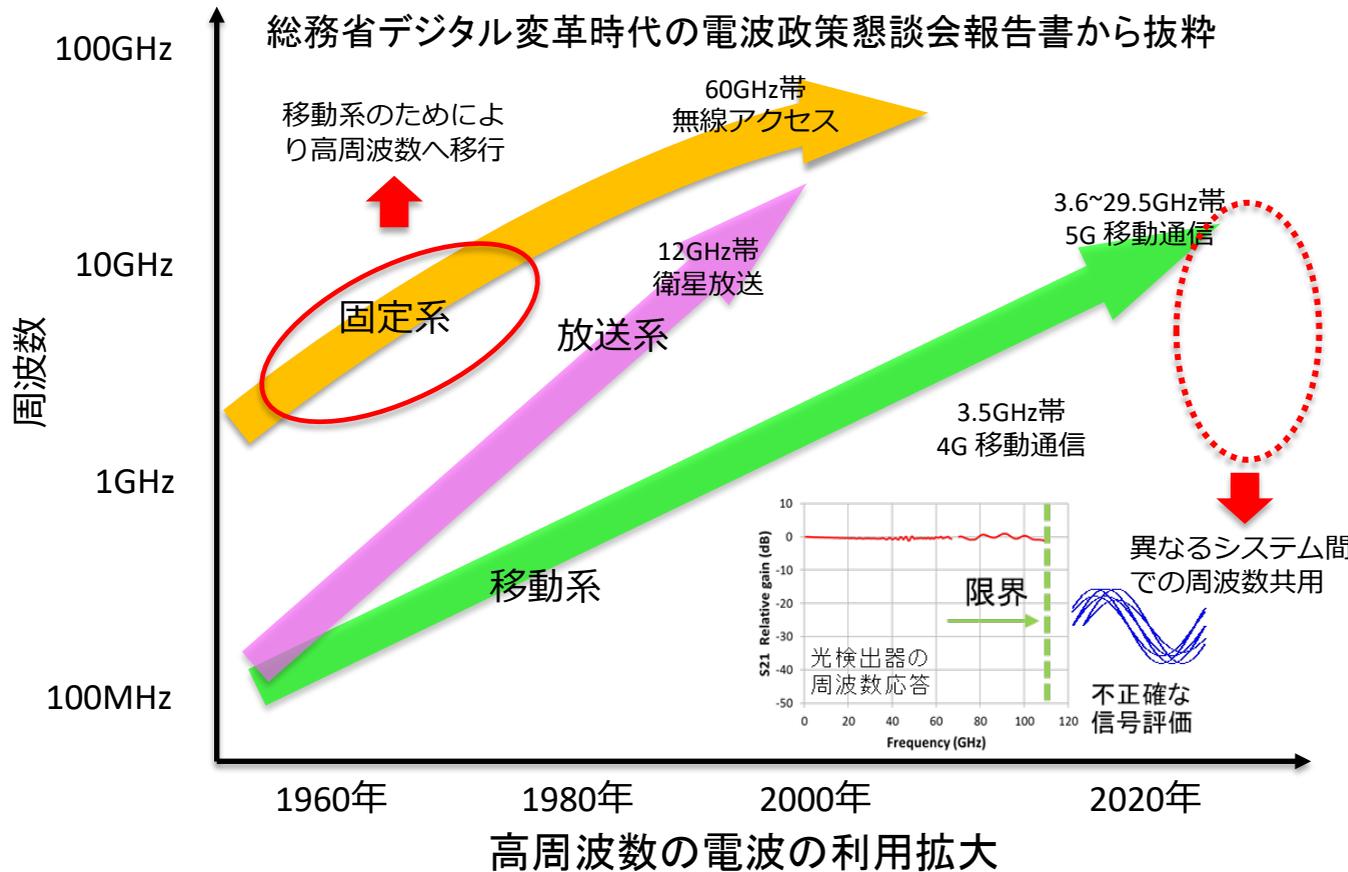


図1 光伝送容量トレンド



背景：高周波数電波の利用拡大と光信号の高速化



OFC2023から抜粋

年	Baud rate
2013年	32G
2015年	~48G
2018年	~64G
2021年	~96G
2023年	~128G

光信号の高速化
(10年で約4倍のペース)

- 高周波数の電波の利用拡大 (50GHzを超え、100GHzへ迫る)
- 光信号の高速化 (100G→200G、400G baud)

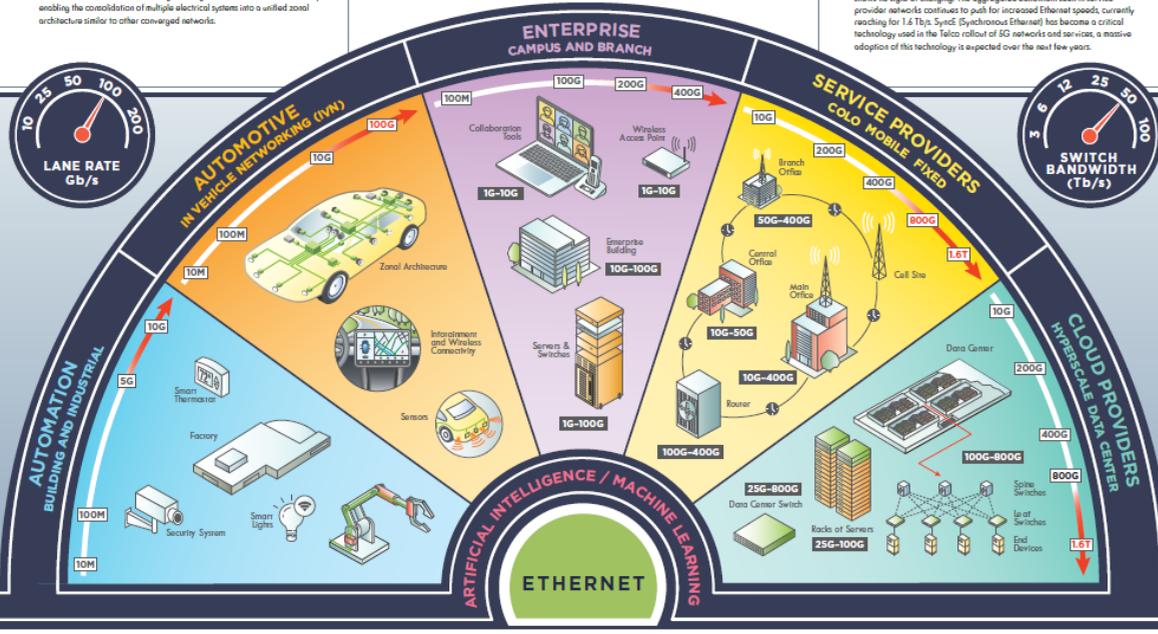
背景：Ethernetの高速化

ETHERNET APPLICATIONS

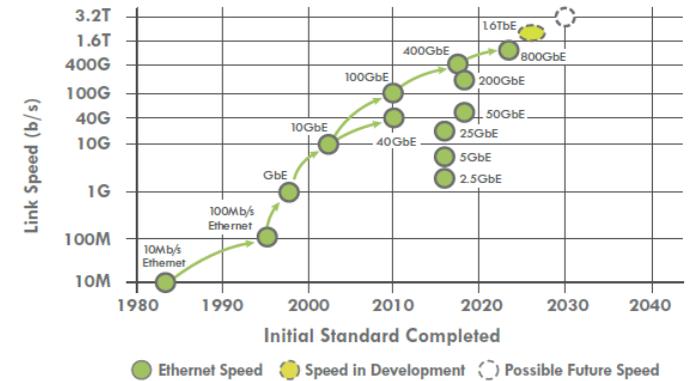
AUTOMOTIVE is one of Ethernet's latest success stories. Ethernet lets within cars provide data using Single-Pair Ethernet (SPE) to reduce the cost while providing economies of scale and interoperability. Richer multimedia experience, autonomous driver assistance systems (ADAS), roll-out of autonomous vehicle and convergence of legacy in-vehicle networking (IVN) technologies towards Ethernet are the big drivers for Ethernet adoption in cars. Meanwhile, Ethernet is reducing the weight of the vehicle of tomorrow by enabling the consolidation of multiple electrical systems into a unified zonal architecture similar to other converged networks.

ENTERPRISE and Campus applications are a huge market for Ethernet with over a billion ports shipping per year. Most of these ports are BASE-T of the access layer, with both multi-mode and single-mode fiber links (MMF/SMF) further into the network. The changing needs of Wi-Fi access points and Enterprise class client devices are driving technology transitions. BASE-T ports are making the transition from 1000BASE-T to 2.5G/5G/10GBASE-T and optical ports are moving from 10G/40G to 25/100G.

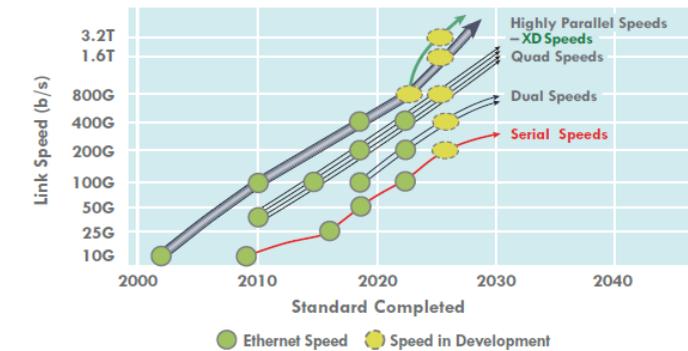
SERVICE PROVIDERS have driven higher speed Ethernet solutions for decades, including router connections, EPON, client side optics for optical transport network (OTN) equipment, and wired and wireless backhaul. In particular, the 5G mobile deployment is driving dramatic increases in both front-haul and back-haul applications and continues to push Ethernet to higher rates and longer distances. With global demand by consumers for video, this shows no signs of changing. The aggregated bandwidth seen in service provider networks continues to push for increased Ethernet speeds, currently reaching for 1.6 Tbps. Synchronous Ethernet has become a critical technology used in the falco rollout of 5G networks and services, a massive adoption of this technology is expected over the next few years.



ETHERNET SPEEDS



PATH TO SINGLE LANE



Ethernetアプリケーションの拡大
 →高速化も同時進行
 2030年にはリンクスピードが3.2Tbpsに
 (8レーンとして、1レーン当たり400Gbps)

背景：光デバイス的高速化

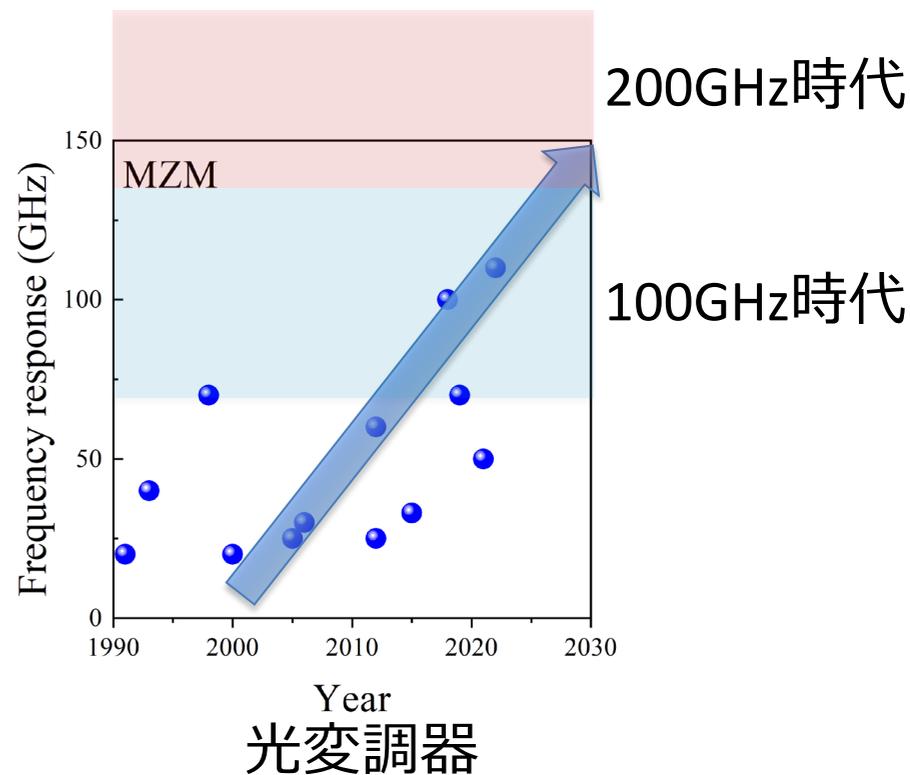
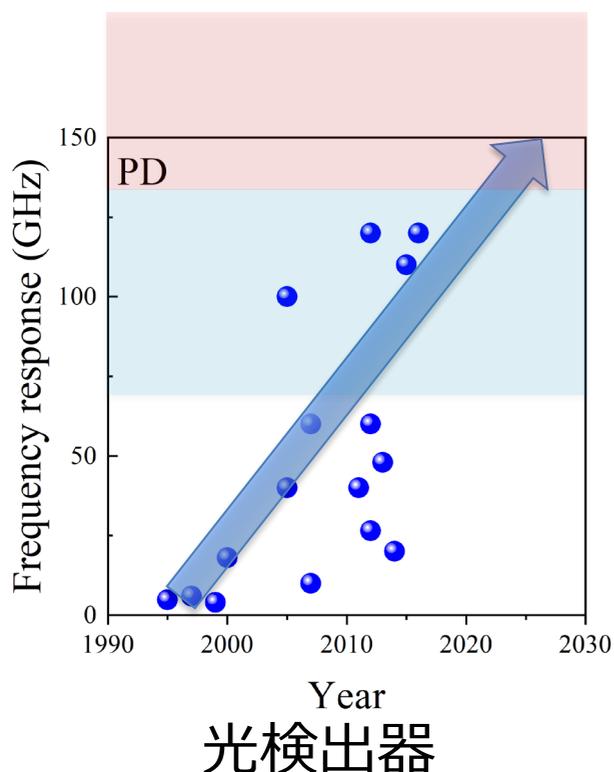
光デバイスのベンチマーク（動作周波数）：

光ファイバ通信のさらなる大容量化の要求に従い、各デバイスとも高周波数化が進んでいる。

2030年以降に200GHz級（145GHz以上）時代に突入することが予想



DC～200GHz級（145GHz以上）の超広帯域に対応した計測技術および実装・コネクタ技術を世界に先駆け研究推進



背景：計測装置の課題

- 高周波数の電波、光を利用した応用技術普及のためには、それを測定する計測装置が不可欠
- 現状の測定機器は100GHz程度までの測定しかできない。
(将来的な200GHz級のデバイス開発に支障)

 KEYSIGHT



MS2850A
スペクトラムアナライザ/
シグナルアナライザ

9 kHz — 32
GHz
9 kHz —
44.5 GHz



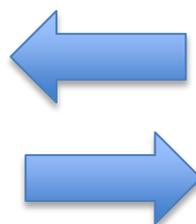


研究開発の目的

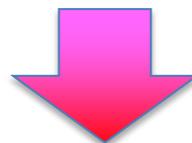
将来の10Tbps級光ファイバ伝送等の光・電波融合領域の超大容量伝送の実現と、サステナブルな伝送大容量化の基盤技術の構築・発展をめざし、100GHzを超えDC~200GHz級の超広帯域信号の計測技術およびデバイス等の高周波・広帯域実装技術の確立を目的とする。

現状

110GHz超動作の光電変換デバイスが無い。



110GHz超動作のデバイス評価装置が無い。



本研究開発により解決

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（145GHz 以上）光電変換デバイス技術とそれを用いた計測技術

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。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。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。マルチコアファイバに合わせて光デバイスをアレイ化する場合、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、素子間の接続をどのように行うかという問題を解決する。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。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

デバイスサイズ小型化、低損失化のための集積化が進んだ場合、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。

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（145GHz 以上）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

200GHz 級光・電気信号の精密測定、評価技術を確立する

周波数帯域の分割・合成技術の検討を行う

(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

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

(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
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

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

採択件数、研究開発期間及び研究開発予算

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。

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。

運営管理、評価

- 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開催すること。
- 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場合があるので、留意すること。

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 赤羽浩一

ネットワーク研究所フォトニックICT研究センター 山本直克

- 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。

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。

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。