

**オール光ネットワーク共通基盤技術の  
開発の方向性及び普及方策について**  
(オール光ネットワーク共通基盤技術WGとりまとめ) <概要>

**令和6年5月29日**

**事 務 局**

# オール光ネットワーク共通基盤技術WGとりまとめの概要

- 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会にオール光ネットワーク共通基盤技術WGを設置し、下記の計6回のWG開催を経て、「オール光ネットワーク共通基盤技術の開発の方向性及び普及方策について」を令和6年5月29日にとりまとめ。

## <WG構成員>

- 山中 直明** 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授 【主任】  
**大柴 小枝子** 京都工芸繊維大学 電気電子工学系 教授 【主任代理】  
**石井 紀代** 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 上級主任研究員  
**立本 博文** 筑波大学 ビジネスサイエンス系 教授  
**長谷川 浩** 名古屋大学 大学院 工学研究科 情報・通信工学専攻 教授  
**原井 洋明** 国立研究開発法人 情報通信研究機構 ネットワーク研究所 研究所長

## <WGの開催概要>

	開催日	議題等
第1回WG	令和6年2月28日(水)	○ 関係者ヒアリング (日本電信電話株式会社、KDDI株式会社、富士通株式会社からの連名による具体的な提案)
第2回WG	令和6年3月8日(金)	○ 関係者ヒアリング (ソフトバンク株式会社、楽天モバイル株式会社、株式会社オプテージ、株式会社インターネットイニシアティブ)
第3回WG	令和6年3月29日(金)	○ 関係者ヒアリング (株式会社アット東京、株式会社JTOWER)
第4回WG	令和6年4月24日(水)	○ 論点整理に向けた基本的方向性等 ○ 潜在ニーズが見込まれるユースケースについてのヒアリング(日本電信電話株式会社、KDDI株式会社)
第5回WG	令和6年5月13日(月)	○ 論点整理骨子(案)について
第6回WG	令和6年5月27日(月)	○ WGとりまとめ(案)について

# 共通基盤技術の開発内容の検討に当たって想定する2つのユースケース

- 本WGにおいて、関係事業者より、**多様な主体が光ネットワークを構築し、これらが相互に接続し、大きなネットワーク空間をつくる、つまり、インターネットのようなネットワーク空間で、インターネットでは困難な高品質通信を実現すべきとの提案**があった。
- また、2030年頃に向けて具体的に想定される潜在ニーズを踏まえた下記の2つのユースケース（①利用拠点・複数データセンター間、②モバイルフロントホール）について、提案がなされた。

【想定ユースケース①】ユーザー拠点からの複数データセンターへのアクセス  
遠隔地にある複数のデータセンターの計算資源を目的に応じて利用し、機動的なAI開発を実現

## AI開発の現状

- ・ 計算機を自ら設置することは大きな負担

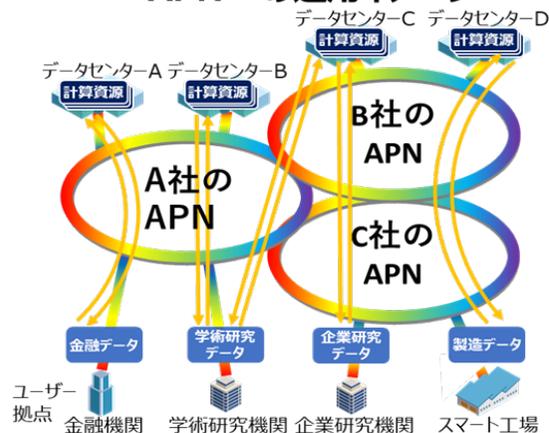


- ・ 機密性の高いデータをデータセンターやクラウドに渡すことは不安



ユーザー拠点から遠隔地にある複数のデータセンターの計算機に直接接続する環境を提供

## APN※1の適用イメージ

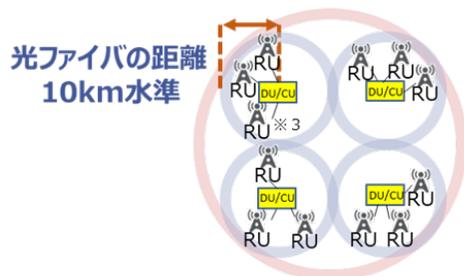


< 求められる性能要件 (RDMA※2をサポートするための性能要件) >

- ・ 距離由来遅延以外の、伝送機器等での処理遅延がトータルで100μsec以下
- ・ RDMAを利用するエンドツーエンドのサーバ区間において、輻輳によるパケット廃棄がなく、パケット廃棄はランダム発生のみで発生率10<sup>-6</sup>以下

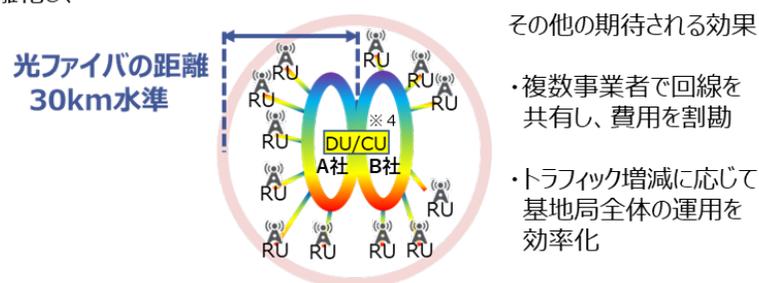
【想定ユースケース②】モバイルフロントホールへの適用  
モバイル通信に対する需要拡大に対応した基地局ネットワークの運用におけるコストの低廉化を実現

## モバイルフロントホール現状



センター設備と基地局を長距離化し、センター設備を集約化

## APNの適用イメージ



< 求められる性能要件 (センター設備と基地局間を長距離化するための性能要件) >

オール光ネットワーク上にある基地局とセンター設備との間の遅延時間について、装置遅延を含めて、160μsec以内 (O-RAN Allianceにおいて規格化されている数値)

※1 オール光ネットワーク (All-Photonic Network)

※2 コンピュータのメモリから異なるコンピュータのメモリへ、CPUやOS等を介さず直接データを転送する仕組み (Remote Direct Memory Access)

※3 基地局 (Radio Unit)

※4 センター設備 (Central Unit/Distributed Unit)

# 共通基盤技術の開発内容の検討に当たって想定するオール光ネットワークの発展イメージ

- 共通基盤技術の開発の方向性について検討するため、2つの想定ユースケース（①利用拠点・複数DC間、②モバイルフロントホール）も念頭に、想定する今後のオール光ネットワークの一つの発展イメージを以下に示す。

	現在 (インターネット、専用線・ダークファイバ)	2030年頃 (オール光ネットワーク実装期) 【柔軟なAI開発等をサポートするAPN】	2040年頃？ (オール光ネットワーク社会の成熟期？) 【産業・社会のデジタル基盤としてのAPN？】
利用可能なサービス特性	<p>インターネット： 利点：柔軟性（マルチドメイン接続）、低コスト 欠点：ルータ/スイッチ、OE変換を多数経由することによる遅延・電力増、品質はベストエフォート</p> <p>専用線・ダークファイバ： 利点：低遅延、低消費電力、品質保証 欠点：柔軟性がない、高額、マルチドメインでの接続技術が現時点で確立していない</p>	<p>インターネットと専用線の利点を併せ持つ技術を確立（2028年頃にTRL7*1程度を想定）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低遅延・低消費電力</li> <li>品質保証</li> <li>柔軟性、低コスト（マルチドメイン接続技術の確立）</li> <li>通信速度に対するニーズ：</li> </ul> <p>【2つの想定ユースケース】</p> <p>①利用拠点・複数DC*2間 10～100Gbps程度を想定</p> <p>②モバイルフロントホール 25Gbpsのリンク速度を想定</p> <p>※上記の他、DC間接続等の通信速度ニーズに対応した技術動向（400Gbps～1Tbps超の伝送技術等）にも留意が必要</p>	<p>技術革新や普及拡大を通じ、左記が更に向上する可能性あり。特に、以下の特性・技術の向上が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低消費電力 ※オール光ネットワークの利用拡大や個別技術の向上等により消費電力が増加する場合においても、カーボンニュートラルの達成が可能となるよう、恒常的に効率化に向けた取組みが求められる。</li> <li>低コスト</li> <li>柔軟性（多対多のオーケストレーション技術による柔軟性の向上（インターネットレベルまで向上））</li> <li>通信速度に対するニーズ：～1Tbps？</li> <li>伝送距離が延び、距離当たりコストが大幅圧縮</li> <li>利用拠点の大幅増加に対応した拡張性（波長数の拡大、マルチコアファイバ等）</li> </ul>
APN発展状況	<p>【参考】 専用線：22.4万回線程度 (情報通信統計DBより、2022年度末時点)</p>	<p><b>提供エリア</b> 多くの利用拠点とDC拠点が集積する大都市圏域をカバーする範囲（概ね半径100km程度を想定）</p> <p><b>主な利用拠点</b> 大企業オフィス（大規模研究所等）、大学、リサーチパーク、大規模複合ビル、携帯電話事業者、無線タワー事業者、DC事業者等</p> <p><b>想定拠点数</b> 数百程度～数千程度</p>	<p><b>提供エリア</b> 全国縦断？ (APNのある主要都市間を結ぶ？)</p> <p><b>主な利用拠点</b> 左記から裾野が拡大？ 従業員数百人前後の事業所？ 政府機関？ 都道府県・政令市？</p> <p><b>想定拠点数</b> 数万～数十万？</p>

\*1 開発したシステムについての運用環境でのプロトタイプ実証（例：テストベッド環境でのプロトタイプによるテスト） 「革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業 基金運用方針 別表」より

\*2 データセンター（Data Center）の略

# 技術開発の基本的な考え方

- 開発の具体的な内容や普及方策の検討に当たり、開発した技術が**早期に利用でき、かつ、実際に広く活用されることを実現**するため、I 及び II の2点を共通基盤技術の開発に当たっての「基本的な考え方」として整理。

## I. 技術開発の内容・方向性

技術開発の内容・方向性について、次の2点を両立させること。

- ① 2つの想定ユースケースの実現を念頭に、**低遅延・低消費電力や品質保証といったこれまでの専用線やダークファイバの持つ価値を提供しつつ、インターネットのように柔軟性を兼ね備えたネットワーク**として実現すること
- ② 当該技術が**広く活用され、普及することでエコシステムが拡大し、我が国のデジタル関連業界及びAI等のデジタル基盤を活用した様々な産業分野や科学技術分野等における競争力強化や経済安全保障の確保につながるよう、次の3点に沿った開発方針**とすること。また、**開発に当たっては、技術開発の実施者だけに留まるのではなく、関連技術に詳しい産学官の様々な関係者とのオープンイノベーションを意識**すること。
  - i. 一部の事業者だけが用いるような技術開発としないこと
  - ii. 技術自身の新規性や先進性に必ずしも固執せず、実態として広まることを優先すること
  - iii. **多くの利用者が使いやすいもの**とすること
    - 特に、**上記 iii については**、伝統的な大手通信事業者だけが利用するようなものではなく、インターネットのように多様な主体に使われるものとなることを優先し、**次の各点を基本**とすること。
      - 低廉に導入できる装置・システムかつ運用に人手がかからないものを目指すこと（**低コストでの導入・運用**）
      - 低消費電力、小型化を意識したものを目指すこと（**低消費電力、小型化・省スペース化**）
      - 多様な通信機器ベンダーやシステム開発者等が機器・システムを提供できるようにすること（**オープン化**）

## II. 技術開発と並行した普及方策

**上記 I の技術開発と並行して**、早期に開発成果の実用を進めるとともに、標準化や、開発成果・実用事例に関する情報発信・プロモーション活動を積極的に行うなど、**国内外の仲間作りや利用者の拡大を図るための取組が不可欠かつ極めて重要**。

# 具体的な取組の方向性①（全体的なアーキテクチャの策定）

- 2つの想定ユースケースへの対応を含むオール光ネットワークの実現に向けては、既に基金事業等により進められている技術開発を含めて多岐にわたる技術開発が必要。
- 前頁の「基本的な考え方」を踏まえ、適切に技術開発を進めるためには、**全体的なアーキテクチャを策定することが必要かつ有用。**

## 全体的なアーキテクチャの必要性

- － 想定ユースケースに対応したオール光ネットワークを実現する上で必要な機能を過不足なく把握すること
- － 個別の課題毎に別々に検討・開発が進み、部分最適な機能となることを避けること
- － 各機能の検討・開発に当たって、重複や無駄を避けること
- － 開発項目等に変更の必要性が生じた場合の対応の容易性を確保すること
- － 関係者間での全体像についての共通理解を確保すること



## 全体的なアーキテクチャにおいて整理が必要な事項

- ① 2つの想定ユースケースを実現するために必要な機能の整理や性能要件を満たす構成となっているかの確認
- ② 異なる多様な導入主体（通信事業者、データセンター事業者など）を想定した装置構成パターン・構成要素等の提示
- ③ ②の想定パターンに対応する機能・装置等の開発状況の調査
- ④ 各機能間の相互依存関係等の整理
- ⑤ 全体としての最適性の確認・検証 等

※詳細については、総務省・NICTにおける公募に向けた検討の中で、更に検討を進めるべき。

▶ 技術開発者には、**開発の初期段階においてできるだけ速やかに初版を整理するとともに、その後も、個別技術の開発の進捗状況などを踏まえながら、随時、確認・検証を進めていくことを求めることが適当である。**

- オール光ネットワークの実現・普及に当たり、不可欠な課題であり、かつ、そのための**開発が個別の企業の利益には直結せず、業界共通的に取り組むべき課題として、課題①～③（下表左欄）を整理。**
- これらの解決と2つの想定ユースケースの実現のため、それぞれの開発項目（下表右欄）について、「**基本的な考え方**」の3つの**開発方針を前提に、早期に開発を進めていくことが適当。**
- 開発項目については、**並行して進める「全体的なアーキテクチャ」の検討を踏まえ、その開発内容等について、更に精査が必要。**

業界共通的に取り組むべき課題	共通基盤技術として開発すべき項目
<p><b>課題①</b></p> <p>通信利用者が、異なる通信事業者を含めた多様な主体のAPNを意識せずシームレスに利用できる仕組みが存在しない</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信利用者側の要求（通信品質など）に応じて</li> <li>・多様な主体間のネットワークをシームレスに繋ぐ仕組みがなく、</li> <li>・また、障害発生時における早期復旧ができない</li> </ul>	<p><b>開発項目①</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 通信利用者側の要求を受け入れるためのAPI機能</li> <li>● 通信利用者側の要求（送信先・通信品質など）に応じて、多様な主体のAPN間で確実かつ安定的に相互接続を行うための機能</li> <li>● 通信障害発生時に、異なる通信事業者のAPNと連携し、早期に復旧するための機能</li> </ul>
<p><b>課題②</b></p> <p>通信利用者が増加する場合にそれぞれの通信品質を確保するためのコストが過大</p> <p>多数の通信利用者を収容しようとする場合に、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低廉な装置コスト・運用コストで</li> <li>・それぞれの通信利用者の通信品質を多様な主体のAPN間を意識せずエンドツーエンドで確保することができるシステムが存在しない</li> </ul>	<p><b>開発項目②</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 多数の通信利用者を収容する場合において、各通信利用者の要求に応じて、通信品質（必要帯域・遅延・揺らぎ）をエンドツーエンドで確保することができる機能</li> </ul>
<p><b>課題③</b></p> <p>多様な主体がAPNを実装することを想定した光パス制御装置が存在しない</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光パスを制御する現行のROADM※（Reconfigurable optical add-drop multiplexer）は、大手通信事業者向けの装置であるため、</li> <li>・大型・高価格かつ、</li> <li>・運用に専門性が必要であり、</li> <li>・小規模な拠点への機能配備、及びその収容が困難</li> </ul>	<p><b>開発項目③</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 現行のROADMが搭載する主要な機能（以下、「ROADM主要機能」という。）の一部（波長挿入・分岐機能）のみを備えた装置</li> <li>● 同装置の簡易な運用を可能とするインターフェース機能</li> <li>● 同装置とROADM主要機能を備えた装置との間の連携機能</li> </ul>

※ 光ネットワークにおいて、光信号を電気信号に変換せずに複数の波長を組み合わせることで通信を行うための装置であり、遠隔から光信号の行き先を設定可能な通信事業者のコアネットワーク向けのもの。

# 具体的な取組の方向性③（技術開発と並行した普及方策）

- 「技術開発の基本的な考え方」における「技術開発と並行した普及方策」として、「検証環境（テストベッド）の整備」、「標準化の取組」、「国内外へのプロモーション活動」の3点の取組を中心に進めることが重要。

## ① 検証環境（テストベッド）の整備

- 関係者ヒアリング等において、テストベッドの必要性及び整備を求める意見が多く示されており、多様な主体による利用を促す観点から、**潜在的な利用者が開発成果を確認・検証できる環境を整備**することが重要。
- 開発成果が全て揃うことを待つことなく、**一定の成果が得られたものについては、できるだけ早期に確認・検証できる環境を整備**することで、**より多くの潜在的な利用者が早い段階からその成果に触れられるようにすることも重要**であり、こうした点も含め、**国のプロジェクトとしてのテストベッド整備に向けた検討を早期に開始すべき**。
- テストベッドに求められる機能として、試作段階の確認・検証や開発機器等のシステムの相互接続性の検証、ユースケースの検証等、関係事業者から幅広い要望が挙げられており、**関係者の意見を踏まえた基本設計や整備計画を策定することが重要**。

## ② 標準化の推進

- 国際標準化活動を通じ、関連する技術に係る市場の拡大、オール光ネットワークを世界的な技術トレンドとしていくことが重要。
- 開発成果を並行して**オール光ネットワーク関係の団体（TIP, OpenROADM など）やITUでの活動に繋げていくとともに、想定ユースケースと関係する団体（Open Compute Project, O-RAN Alliance等）の活動とも連携**することが効果的。

## ③ 国内外へのプロモーション活動

- オール光ネットワークのエコシステムを形成し、開発技術が実際に広く活用されるためには、市場拡大の仲間作り、**潜在ニーズを持つ多くの利用者の関心を惹きつけるプロモーション活動が極めて重要**であり、以下の点を踏まえた取組とすべき。
  - **通信事業者や大手通信機器ベンダー**に加え、イノベーション創出など起爆剤の役割を期待して、**ベンチャーやスタートアップ**、起業を目指す**学生層などの巻き込み**を意識すること
  - 関連の技術者・研究者との情報交換・意見交換等の機会を設けることなどを通じて、技術開発・研究コミュニティを強化すること
  - 技術開発成果の**導入効果を可能な限り可視化**し、分かりやすく伝えていくこと
- 共通基盤技術の技術開発者についても、共通基盤技術の研究開発実施要件として一定の取組を求めるとともに、総務省においても、開発者との連携の下、積極的な広報や関係者を巻き込むための旗振り、調整及び必要な体制作りといった役割を果たすことが必要。
- その上で、**総務省・NICTにおいて開発者の取組についてフォローアップを行うとともに、本WGにおいても、開発者以外の関係者から幅広く意見を聴くなどしつつ、その進捗を確認することが重要**。

## 共通基盤技術の開発に当たっての基本的な考え方【2(2)】

### I. 「技術開発の内容・方向性」: 以下の(1)・(2)を両立すること。

- ①これまでの専用線やダークファイバの持つ価値（低遅延・低消費電力、品質保証等）を提供しつつ、インターネットのように柔軟性を兼ね備えたネットワークとして実現すること
- ②当該技術の普及によりエコシステムが拡大し、様々な分野の競争力強化や経済安全保障の確保につながるよう、次の開発方針に沿うこと
  - i. 一部の事業者だけが用いるような技術開発としないこと
  - ii. 技術自身の新規性や先進性に必ずしも固執せず、実態として広まることを優先すること
  - iii. 多くの利用者が使いやすいものとする（低コスト、低消費電力・省スペース化、オープン化）

### II. 「技術開発と並行した普及方策」

上記の技術開発と並行して早期に実用を進めるとともに、検証環境の整備や標準化、開発成果のプロモーション活動など、国内外の仲間作りや利用者の拡大を図る取組が不可欠かつ極めて重要

## 開発の内容・方向性【3(1)・(2)】

### オール光ネットワークの全体的なアーキテクチャ【3(1)】

- ① 2つの想定ユースケースの実現に必要な機能の整理、性能要件を満たす構成かの確認
- ② 多様な導入主体（DC事業者など）を想定した装置構成パターン・構成要素等の提示
- ③ ②の想定パターンに対応する機能・装置等の開発状況の調査
- ④ 各機能間の相互依存関係等の整理
- ⑤ 全体としての最適性の確認・検証 等

オール光ネットワークの構築に必要な機能

業界共通的に取り組むべき課題

課題①、②、③ …

個別の課題

開発項目

①

開発項目

②

開発項目

③

【3(2)】

…

個別技術開発

(既存技術、助成事業、今後開発が期待出来る技術)

## 普及方策【3(3)】

### ① 検証環境（テストベッド）の整備

- ・国のプロジェクトとして、テストベッド整備に向け、検討を早期に開始
- ・潜在的な利用者が開発成果をできるだけ早期に触れられるよう、一定の成果が得られたものから確認・検証できることが重要

### ② 標準化の推進

- 関連技術の団体やITUでの活動に繋げるとともに、想定ユースケースと関係する団体との活動とも連携

### ③ 国内外へのプロモーション活動

- ・潜在ニーズを持つ多くの利用者の関心を惹きつけるプロモーション活動とするため、通信事業者や大手通信ベンダーに加え、ベンチャーやスタートアップ、起業を目指す学生層などの巻き込みを意識するとともに、開発成果の導入効果を可能な限り可視化
- ・総務省・NICTにおいて開発者の取組をフォローし、WGにおいても進捗を確認