

論点整理骨子（案）

令和6年5月13日

事 務 局

1. 検討の背景

2. 開発に向けての基本的な考え方

- (1) 想定ユースケース及びオール光ネットワークの発展イメージ
- (2) 技術開発の基本的な考え方

3. 具体的な取組の方向性

(1) オール光ネットワークの全体的なアーキテクチャの策定

- (2) 業界共通的に取り組むべき個別の課題
及び**開発項目**
- (3) 技術開発と並行した普及方策について

追加部分



1. 検討の背景

- 2030年代の導入が見込まれる次世代情報通信インフラBeyond 5G（6G）の重点技術分野の一つとして位置づけられるオール光ネットワークは、環境負荷軽減や信頼性・強靱性を実現する上での鍵となる技術であり、また、AI時代において分散化された計算機資源を連携して利用可能とするゲームチェンジャーとしても期待されている。
- その実現に向けて、我が国では、主要な通信事業者が順次、オール光ネットワークの導入を開始するとともに、ユーザー側でも官民関係者がその利用を検討している。また、2023年3月には、KDDIが新たにIOWN Global Forumに参画するなど、オール光ネットワークに係る取組が進展しているほか、同年3月に創設された基金（情報通信研究開発基金）などを通じて、通信事業者や通信機器ベンダーによって、通信ネットワークを構成する個別技術の研究開発が開始・進捗している。
- さらには、オール光ネットワークを早期に社会実装し、その普及拡大を図る観点から、令和5年度補正予算において、単独事業者の事業利益に繋がらない開発領域として、事業者間連携のための共通基盤技術の開発等を目的に、本基金が拡充され、その技術開発の方向性や成果の普及方策等を検討するために、技術戦略委員会の下に本WGが設置された。
- 同委員会が4月に意見募集を開始した報告書（案）においては、共通基盤技術について、
 - ・ 本WGでの検討結果を踏まえて、研究開発に早期に着手することとし、2028年頃を目処に技術を確立するとともに、2030年頃の社会実装・海外展開を目指すべきであり、
 - ・ 民間事業者においては、上記の共通基盤技術の研究開発を進めながら、普及方策として、例えば、研究開発成果を早期に商品展開やネットワーク実装に繋げるとともに、海外事業者との連携を図る等により、並行して国内外のエコシステムの拡大を目指していくべき
 - ・ その際、総務省においては、国内実装に必要な制度整備やテストベッド整備といった各種支援、海外展開に向けての相手国政府への働きかけ等、必要な支援を積極的に行うべきとされている。

- また、最近のAIの爆発的な普及を踏まえ、与党においてAI政策について積極的な提言を行っているプロジェクトチームにおいても、AIを活用した日本の競争力強化のための戦略の柱の一つである「インフラの高度化」において、今後の強靱なデジタル産業基盤の構築に向けて、分散化するインフラ機能やAI間の連携を支える基盤として期待される超大容量・高信頼・低遅延な情報通信ネットワークの実現等、通信基盤の高度化が求められる見込みとの認識の下、省電力化・高度化を目指す新たなネットワークシステム的设计・開発運用に関する研究開発の支援等の必要性が提言されている。
- 本WGにおいては、上記のような背景及び経緯の下、オール光ネットワークを早期に社会実装し、その普及拡大を図る上で必要となる共通基盤技術の開発に当たっての**基本的な考え方について整理し、開発の方向性や普及方策について、とりまとめを行った**ものである。

- 本WGにおいては、共通基盤技術としての技術開発の方向性や、普及を図るための方策を検討するに当たり、既に検討を進めている関係事業者（以下、単に「関係事業者」という。）から、共通基盤技術として必要となる具体的な開発の内容及びその実現方法（以下「実現方式」という。）についての具体的な提案を聴取し、同提案に基づき、他の潜在的なユーザとしての可能性が想定される通信事業者やデータセンター事業者などの関係者からのヒアリング（以下、「関係者ヒアリング」という。）を行うとともに、意見交換を重ねてきた。
- 関係事業者からは、通信事業者、データセンター事業者、無線タワー事業者、研究・学術機関、オフィス・商業ビルなど、**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ありえない高品質通信を実現すべきとの提案**があった。
- 本WGとしても、**本提案の実現に向けて開発された技術が、実際に広く利用されることが極めて重要**であるとの考えの下、技術開発の方向性を検討するため、**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ユースケース（以下、「想定ユースケース」という。）及びこれらの実現などを通じて進むオール光ネットワークの発展イメージについて検討を行い、次頁の図のとおり整理した。**

1

現在

(インターネット、専用線・ダークファイバ)

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

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

【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)

2

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】

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TRL 7 *程度を想定)

- ・低遅延・低消費電力
- ・品質保証
- ・柔軟性、低コスト (マルチドメイン接続技術
の確立)
- ・通信速度に対するニーズ：

【想定ユースケース】※提案の詳細は別紙参照

- ①利用拠点・複数DC間
10~100Gbps程度を想定
- ②モバイルフロントホール
25Gbpsのリンク速度を想定

※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~ 1 Tbps超の伝送技術等) に
も留意が必要

提供エリア：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)

主な利用拠点：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
ワ事業者、DC事業者 等

想定拠点数：数百程度~数千程度？

3

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】

技術革新や普及拡大を通じ、左記 [2] 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。

- ・低消費電力
- ・低コスト
- ・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))
- ・通信速度に対するニーズ：~1Tbps？
- ・伝送距離が延び、距離当たりコストが大
幅圧縮
- ・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)

提供エリア：全国縦断？ (APNの
ある主要都市間を結ぶ？)

主な利用拠点：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？

想定拠点数：数万~数十万？

<想定ユースケースについて>

- 関係事業者からは、想定ユースケースとして次頁の2つが示された。いずれのユースケースも、AI開発需要等の急速な増加、モバイル事業者における高周波帯に対応する基地局も含めたネットワーク整備の効率化等の観点から、それぞれ合理性のあるものと認められる。
- この他、本WGの議論においては、データセンタ間接続等の高速大容量通信に対するニーズの高まりを背景に、光トランシーバーによる高速伝送技術の標準化が進み、エコシステムが形成されつつある*との指摘もあった。開発にあたっては、想定ユースケースの実現を前提としつつ、こうした技術に対応した製品との相互運用性についても考慮していくべきではないか。

* 大容量伝送が可能なトランシーバーの技術の進展状況

中距離（80～120 Km程度）向けに400Gbpsの伝送が可能なトランシーバー（OIF規格対応）が量産化されており、また、800Gbps向けの標準化が進んでいる。更には1.6Tbpsの標準化に向けた議論も進みつつある。

【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へのアクセス

研究開発機関や企業等においては、機密性の高いデータをデータセンタやクラウドに渡さずに手元に保管したい一方で、計算機を自ら設置することは大きな負担となるため、遠隔地にある複数のデータセンタの計算資源を目的に応じて利用し、機動的なAI開発を行いたいとする潜在ニーズがある。

オール光ネットワークが以下の性能要件を満たし、RDMA等を活用し、ユーザー拠点（リサーチパーク等）から遠隔地にある複数のデータセンタの計算機に直接接続する環境を提供することで、こうした潜在ニーズに応えるユースケースを実現できると想定される。

＜求められる性能要件（RDMAをサポートするための性能要件）＞

- ・距離由来遅延（往復遅延10 μ sec/km程度）以外の伝送機器等での処理遅延を考慮した往復遅延は50～100マイクロ秒程度であること
- ・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ロスがなく、パケット廃棄率をランダム発生のみで10⁻⁶以下であること

【想定ユースケース②】モバイルフロントホールへの適用

モバイル事業者等においては、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ついて、運用コストの低廉化を図りたいという潜在ニーズがあり、また、基地局ネットワークのインフラシェアリングを行うタワー事業者等にとっては、インフラシェアのできる設備範囲を拡大し、設備の相対的な運用コストを低廉化したいといった潜在ニーズがある。

オール光ネットワークが以下の性能要件を満たし、モバイルフロントホールに適用することで、

- ・センター設備（DU/CU）と基地局間を長距離化（現行10km水準を30km水準に）し、センター設備の集約化
- ・フロントホール回線を複数事業者で共有することによる割勘効果
- ・センター設備（DU/CU）と基地局（RU）の接続割当てに自由度を与え、トラフィック増減に応じた効率的な運用を実現

などが可能となり、こうした潜在ニーズに応えるユースケースを実現できると想定される。

＜求められる性能要件（潜在ニーズを満たすための性能要件）＞

モバイルフロントホールでの長距離化や設備共有を図るため、オール光ネットワークで上にある基地局とセンター設備（DU）との間の遅延時間について、装置遅延を含めて、160 μ sec以内であること

● (1) で述べたとおり、開発した技術が実際に広く利用されることを重視する観点からは、以下の2点を基本的な考え方として設定すべきである。

<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) 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、開発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プレイヤーとのオープンイノベーションを意識**すること。

- ①一部の事業者だけが用いるような技術開発としないこと
- ②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
- ③**多くの利用者が使いやすいもの**とすること

特に、上記③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**)
- ・多様なプレイヤーが機器・システムを提供できるようにすること (**オープン化**)

<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、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みが不可欠、かつ、極めて重要**。

- 前回WGにおいて、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観点から、全体的なアーキテクチャに係る検討の必要性について議論したところ、その他にも、次のような観点からも全体的なアーキテクチャの検討が必要かつ有用と考えられるのではないか。
 - 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
 - 各機能の検討・開発に当たって、重複や無駄を避けること
 - 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
 - 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
- 上記で示した観点に立ち、全体的なアーキテクチャとして、基本的に次に示すような事項について整理等を求めることが必要と考えられるのではないか。
 1. 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 等具体的に整理を求めるべき事項の詳細については、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ではないか。
- また、全体的なアーキテクチャについては、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・検証を進めることが適当ではないか。

- 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、多岐にわたる技術開発が必要であり、業界共通的に取り組むべき課題についても、今後、(1)で示した全体アーキテクチャにおいて、検討・整理が必要となる。
- その上で、関係事業者からは、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**3つの課題が次頁の左図の通り示された**。これらの課題については、いずれも、オール光ネットワークとしての価値を提供しつつ、多様な事業者に広く普及させる上で**解決が必要であり、かつ、特定事業者の利益に繋がらない課題と考えられる**。
- その上で、**これら3つの課題を解決するためには、それぞれ右図にあるような項目について開発が必要と考えられるのではないか**。
- **これらの項目については、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、その開発の内容・方向性について更に精査をすることが必要**ではないか。

業界共通的に取り組むべき課題

課題①

ユーザーが、異なる事業者の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

- ・ユーザー側の要求（通信品質など）に応じて
- ・事業者間のネットワークをシームレスに繋ぐ仕組みがなく、
- ・また、障害発生時における早期復旧ができない



課題②

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

- 多数の通信利用者を収容しようとする場合に、
- ・低廉な装置コスト・運用コストで
- ・それぞれの利用者の通信品質を事業者間を意識せずエンド・エンドで確保することができるシステムが存在しない



課題③

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

- ・光パスを制御する現行のROADMは、大規模通信事業者向けの装置であるため、
- ・大型・高価格かつ、
- ・運用に専門性が必要であり、
- ・小規模な拠点への機能配備、及びその収容が困難



共通基盤技術として開発すべき項目

開発項目①

- ユーザー側の要求を受け入れるためのAPI機能
- ユーザー側の要求（送信先・通信品質など）に応じて、事業者間で確実かつ安定的にAPN間の相互接続を行うための機能
- 通信障害発生時に、異なる事業者のAPNと連携し、早期に復旧するための機能

開発項目②

- 多数の通信利用者を収容する場合において、各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・エンドで確保することができる機能

開発項目③

- 現行のROADMが搭載する主要な機能の一部（波長挿入・分岐機能）のみを備えた装置
- 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
- 同装置の設置を前提とした主要な機能を備えた装置との間の連携機能

- 今後、関係事業者における更なる検討や、総務省・NICTにおける公募に向けた検討、NICTによる公募・採択プロセスの中で、2.2において設定した「**技術開発の基本的な考え方**」における**3つの開発方針**を前提に、本WGでの議論や有識者・関係者との意見交換も踏まえ、既に検討されている様々な実現方式との比較も含め、**引き続き、最適な実現方式についての検討が深められるべきである。**

「共通基盤技術の開発に当たっての基本的考え方」

1. 「技術開発の内容・方向性」

新たなネットワークを実現しつつ、次の開発方針に沿うこと。

- ①一部の事業者だけが用いるような技術開発としないこと
- ②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
- ③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）

2. 「技術開発と並行した普及方策」

開発の内容・方向性

普及方策

- 1、テストベッドの整備
相互接続性の検証やアプリケーションの運用性等のユースケース検証などを想定
- 2、標準化の取組
- 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全体的なアーキテクチャ

- APNとして実現が必要な機能の整理等
- 想定される装置構成パターンの整理等
- 想定パターン毎における機能開発状況の調査
- 各機能間の相互依存関係等の整理
- 全体としての最適性の確認・検証（各機能の開発状況等（今後の進捗等を含む）を踏まえて順次実施）

オール光ネットワークの構築に必要な機能

業界横断的に取り組むべき課題

開発中や今後開発が期待されるものなど、解決が見込まれている課題

①ユーザーが、異なる事業者の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。

②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

③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

...

個別技術開発
(助成事業等)

既存技術

今後開発が期待出来る技術

個別開発項目①

個別開発項目②

個別開発項目③

?

3 技術開発と並行した普及方策について

- 2.2において設定した「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」については、以下に示す「検証環境の整備」、「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である。

<検証環境（テストベッド）の整備>

- 事業者ヒアリング等においては、開発成果に係る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た。
- 特に開発者以外の多様な主体による共通基盤技術の活用を促す観点からは、潜在的な利用者が実際に技術の開発成果を確認・検証できる環境を整備することが重要である。
- また、その整備に当たっては、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できるだけ早い段階からその成果に触れられるようにすることが重要である。こうした点も含めて、国による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である。
- 更に、事業者ヒアリング等においては、テストベッドに求められる機能として、
 - ・ 試作段階において開発された機能の確認・検証や実際の操作性等を試験するための機能
 - ・ 開発した機器やオーケストレータ等のシステムの相互接続性を検証するための機能
 - ・ オール光ネットワークを活用したユースケースの検証や新たなニーズを発掘するための機能など多くの機能が挙げられており、テストベッド整備の検討に当たっては、それぞれの目的に応じた検証しやすい環境が整備されるよう、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となる。

<標準化の取組>

- 「基本的考え方」においても示したとおり、共通基盤技術の利用を増やす観点からは、国際標準化を通じて関連する技術に係る市場を拡大していく取組が重要となる。また、国際標準化活動を通じて、海外も含めた市場の拡大に加えて、オール光ネットワークを世界的なトレンドとしていく上では、IOWN Global Forumでの活動に止まらず、その成果を並行してTIPなど他のフォーラム標準化団体やデジュール標準化機関であるITUでの活動に繋げていくことが重要となる。
- また、幅広い利用主体にオール光ネットワークの価値を訴求していく観点からは、光技術に関係する標準化団体等での標準化活動に加えて、それぞれの想定ユースケースとの関係が深いと考えられる他の分野の標準化団体（Open Compute Project、O-RAN Allianceなど）の活動とも連携を図ることが効果的である。

<国内外へのプロモーション活動>

- 国内外での仲間作りや利用者拡大を図るため、共通基盤技術の開発成果のプロモーション活動を効果的に行うためには、想定ユースケースを中心に、技術開発成果の導入効果を可能な限り可視化していくことが必要となる。
- その際には、ネットワーク技術・業界の動向を常時把握できる通信事業者や大手ベンダーだけでなく、ベンチャーやスタートアップ、新たに起業を目指す学生層などにも広く伝えることを意識することも重要である。
- 更には、産業界に加えて、関連するアカデミアとの情報交換・意見交換等の機会を設けることも重要である。
- また、これらの取組みについては、委託研究開発の条件として開発者に一定の取組みを求めるとともに、総務省においても積極的な広報や関係者を巻き込むための旗振り・調整の役割の発揮が求められる。
- その上で、総務省・NICTにおいて事業者の取組み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である。