

## オール光ネットワーク共通基盤技術WG

# 日本のDXのための社会インフラとなる 複数ドメイン連携型 光ネットワーク

2024/2/28

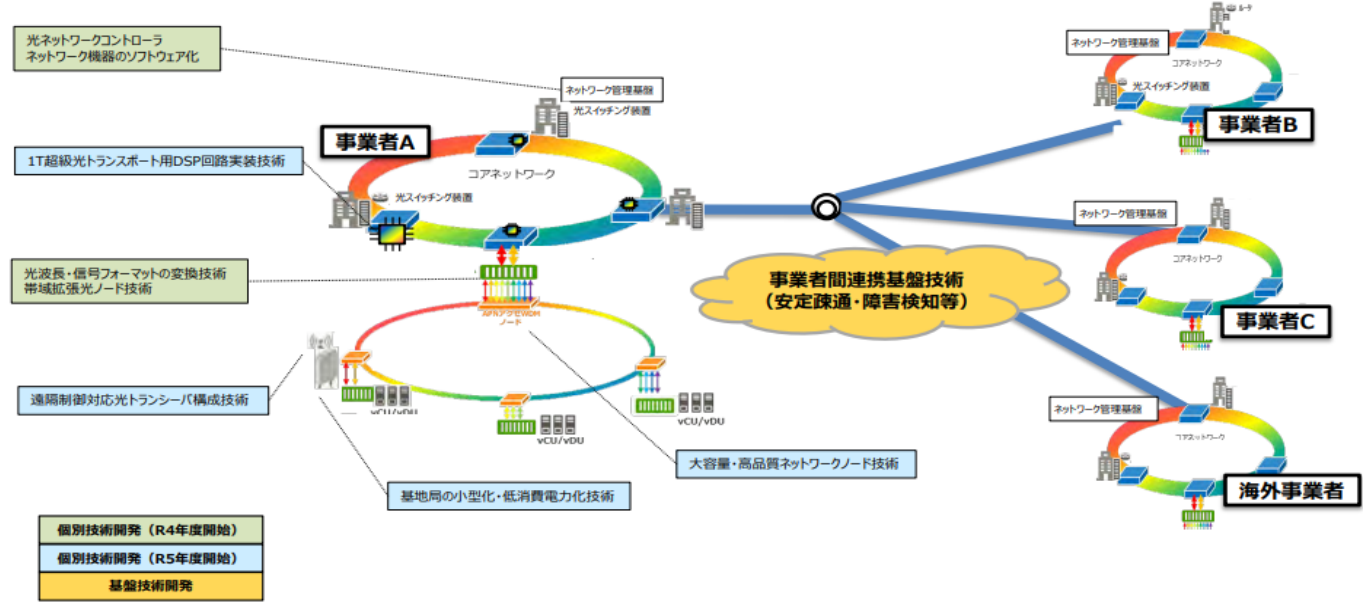
日本電信電話株式会社、KDDI株式会社、株式会社KDDI総合研究所、富士通株式会社

# 共通基盤技術の確立に向けた取り組み

情報通信の将来的な消費電力の増大に対し、これまでオール光ネットワーク技術による通信インフラの超高速化と省電力化に取り組んできた。

この取り組みをさらに発展させて、通信キャリアのみならずデータセンター事業者、無線タワー事業者、学術機関、都市ビル開発者等、多くの事業者がオール光ネットワークを運用できるようにして、異なる運用者による多数のオール光ネットワークを相互に接続するための共通基盤技術の確立に取り組む。

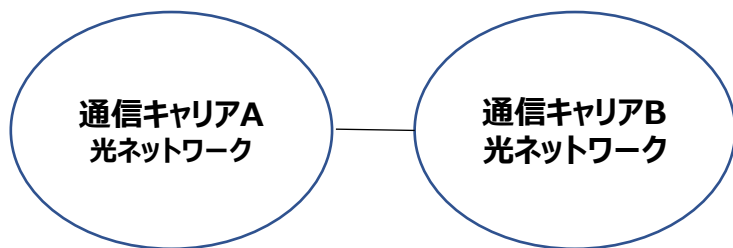
本技術により、多様なサービスの品質要件を満足し、オープンで高い柔軟性と可用性のある安全・安心な大きなネットワーク空間を実現し、デジタル化による産業成長を促進できる新たなネットワークインフラの実現を目指す。



# 複数ドメイン連携型光ネットワーク（大義）

## これまで

光ネットワーク（光伝送インフラ）は、主に通信キャリアのバックボーンとして構築、運用される前提で方式設計、標準化がされてきた



## 新たな変化と課題

クラウド事業者や大規模なDC事業者は、光ネットワークを内部インフラとして構築、運用している。

また、**光伝送装置や光トランシーバの小型化、低廉化**が進展し、中小規模の事業者も光ネットワークを構築することが可能となってきている。

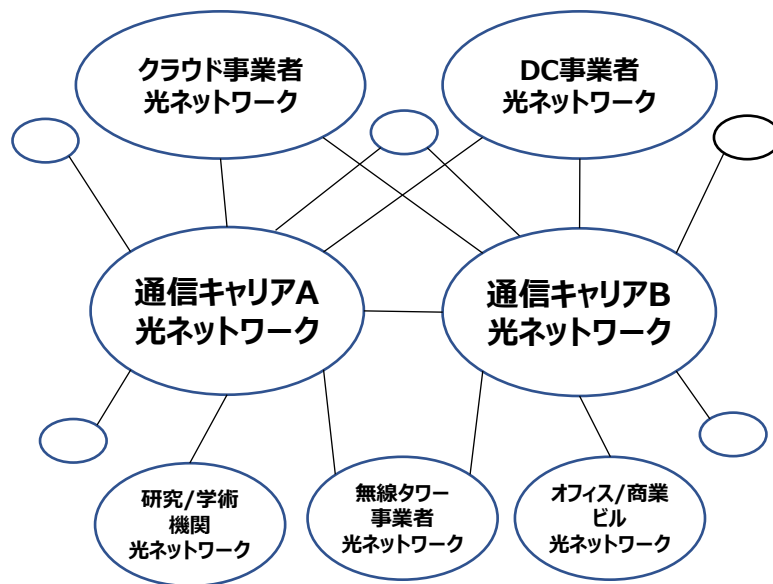
しかし、各事業者の光ネットワークは事業者の**内部のインフラとして存在**しており、事業者間の相互接続はIPルータを介して行われるので、**光伝送の特性を活かした大きなNW空間**はできていない。

## 実現する世界

通信事業者に限らず、大から小の様々な組織が光ネットワークを構築、運用する。さらに、これらの光ネットワークを相互につなげて大きなNW空間を作る。

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**を実現する。

これにより、日本社会のDXの基盤となるとともに、インフラのレジリエンスを向上させる。



# 複数ドメイン連携型光ネットワークに関する研究開発①

## 目的

通信キャリア、データセンタ事業者、無線タワー事業者、研究・学術機関、オフィス・商業ビルなど、様々な事業者・組織が運用する光ネットワークの連携により、大容量低遅延通信も実行可能な大きなネットワーク空間を、サイバーフィジカル社会の社会インフラとして実現することを目的とする。

複数のネットワークの連携により、災害耐性を確保することも目的とする。

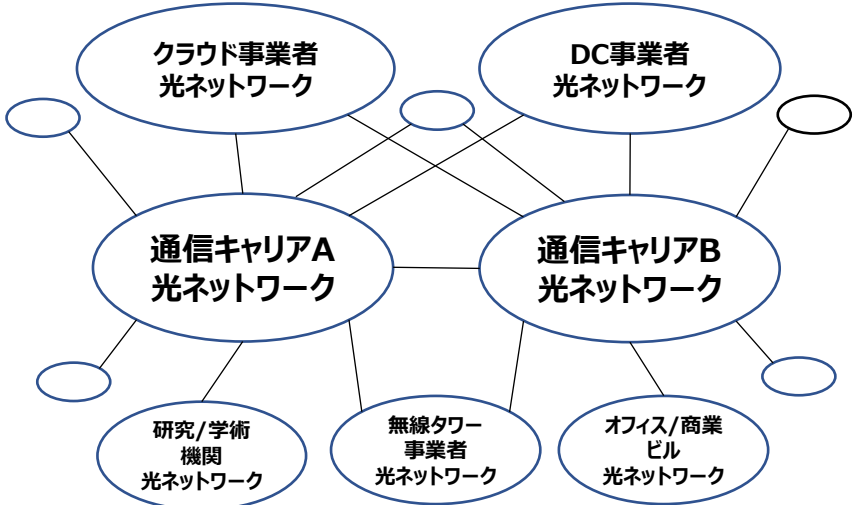
**アウトカム（案）**：2030年までに通信キャリアを含めて6以上の組織が本研究成果に基づきNW連携を実現し、多くの拠点間で大容量低遅延通信を実行可能とすることを目指す

## 背景

光波長の単位で回線交換を実現するROADMは主に通信キャリアの中継局に用いられることを想定して標準化、装置化が行われてきた。

一方で、光トランシーバの小型化、低廉化に伴い、今後は様々な事業者・組織が光ネットワークを構築、運用することが可能となる。

そこで、様々な組織が運用する光ネットワークを相互接続すれば、大容量低遅延の大きなネットワーク空間が形成されサイバーフィジカル社会の促進が期待できるが、次の問題点がある。



図：複数事業者のネットワーク連携イメージ

# 複数ドメイン連携型光ネットワークに関する研究開発②

## 問題点

### ① 組織間の相互接続に関する方式上の問題点

異組織の光トランシーバの信号を自網に混在させた場合、サービス品質マネジメントが困難になる。

オール光での相互接続は、各組織による責任分界点での伝送品質の確認が困難であり、また自網の防御のためのアクセス制御の負担が高くなる。

現状では、組織をまたがった経路情報交換、経路冗長化の仕組みがIPレイヤに依存している。このため、各組織が光ネットワークを構築しても組織間の相互接続は通常のIP接続方式となり、ベストエフォート通信しか実現できない問題がある。

### ② 膨大な光波長パス生成、及び電力・コストに関する問題点

必要な拠点間のコネクション毎に光波長パスを生成したのでは、膨大な数の光トランシーバが必要となり、コストや消費電力が増えすぎてしまう。

光波長パスの論理回線多重のレイヤの上で、回線交換を行う技術があるが、大容量・低遅延性を棄損しないように、回線交換の段数を極力おさえる必要がある。また、論理回線多重をした場合でも、インフラ全体で装置コスト、電力消費が増えすぎないような実現方式の検討が必要。

### ③ 小規模拠点、およびそれらを収容する大規模拠点へ設置する装置に関する問題点

ROADMは通信キャリアの中継局での利用を想定されてきたため、小規模な拠点に配置するには機能が過剰となり、装置コストが高すぎる問題がある。

また、既存のROADMでは、隣接された大規模拠点間での方路収容のみが想定されているため、小規模APN拠点を含めた多方路接続・収容には不向きである。

# 複数ドメイン連携型光ネットワークに関する研究開発③

## 検討内容

### ① 光ネットワークフェデレーション

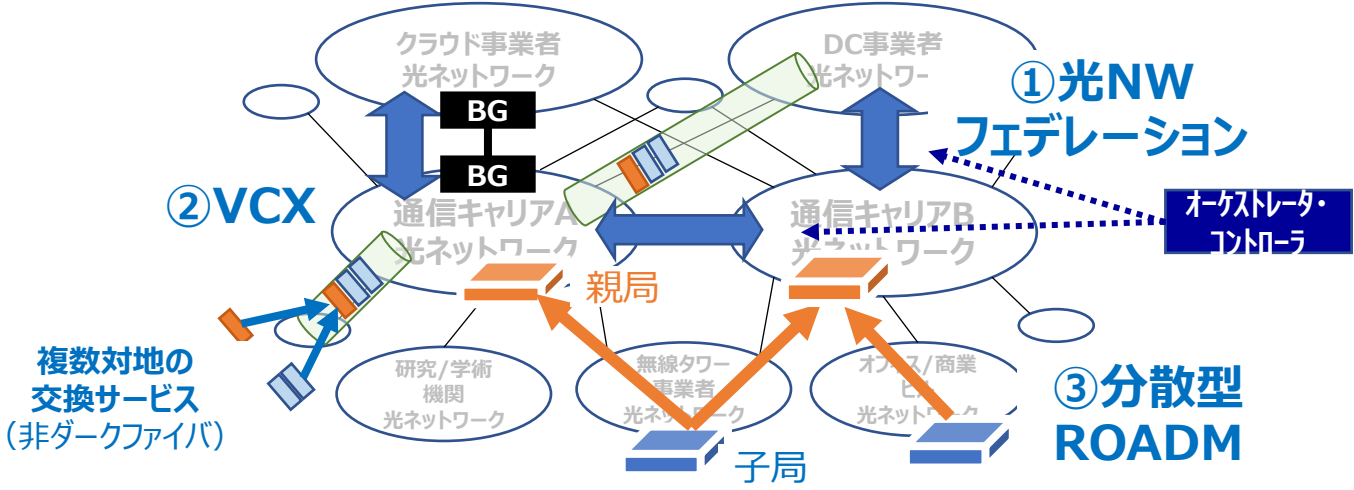
光ネットワークを運用する組織間の相互接続方式の検討。コントローラ、オーケストレータ、BG (Border Gateway) 装置の検討。オール光接続以外の形態も選択肢。

### ② Virtual Circuit Exchange (VCX)

光波長パスの上で論理回線多重のレイヤを作り、回線多重、回線交換を行う実現方式の検討。複数対地の交換サービス (非ダークファイバ) の実現。

### ③ 分散型ROADM

小規模拠点用の「子局装置」と多数のそれらを収容する「親局装置」によって構成される分散型ROADMに関する検討。



図：検討課題の位置づけイメージ

## 標準化

研究開発成果が広く適用されるよう、IOWN Global Forumを製品実装者、インフラ運用者のグローバルコミュニティとして基本アーキテクチャを策定し、Open ROADM等も活用しながら要素技術のデファクト仕様を策定したうえで、国内外の支持者とともにITU-T等でデジュール標準化を検討する。

# ①光ネットワーク フェデレーションに関する検討

# 1. 目的と課題

## 光ネットワークフェデレーション技術

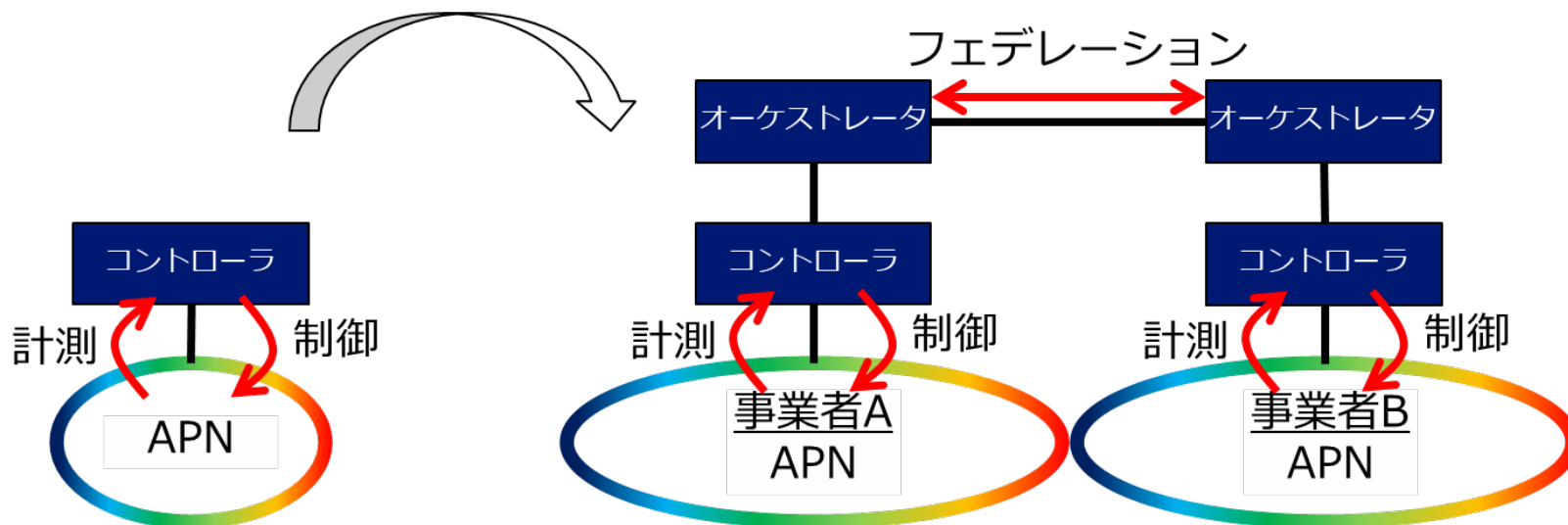
### 「目的」

- 単一の事業者だけでなく、複数事業者のAll-Photonic Network (APN)を横断する高品質な光ネットワークの構築を可能とし、未来社会のDX基盤となるネットワークを実現

### 「取り組み課題」

- APNでは、Disaggregateな光機器で構成されるネットワークをSDNライクにAPIで制御可能であり、APNが有する特徴を生かし、複数事業者の異なるAPNを調停・接続(フェデレーション)の実現に向けた取り組みを行う。
  - ✓ 事業者間APN接続のアーキテクチャ策定(標準構成、APIなど)
  - ✓ アーキテクチャを構成するノードの機能(U/C/M-プレーン含む)
  - ✓ マルチベンダ環境で動作

本研究開発による発展





# 2. 取組概要 (1/3)

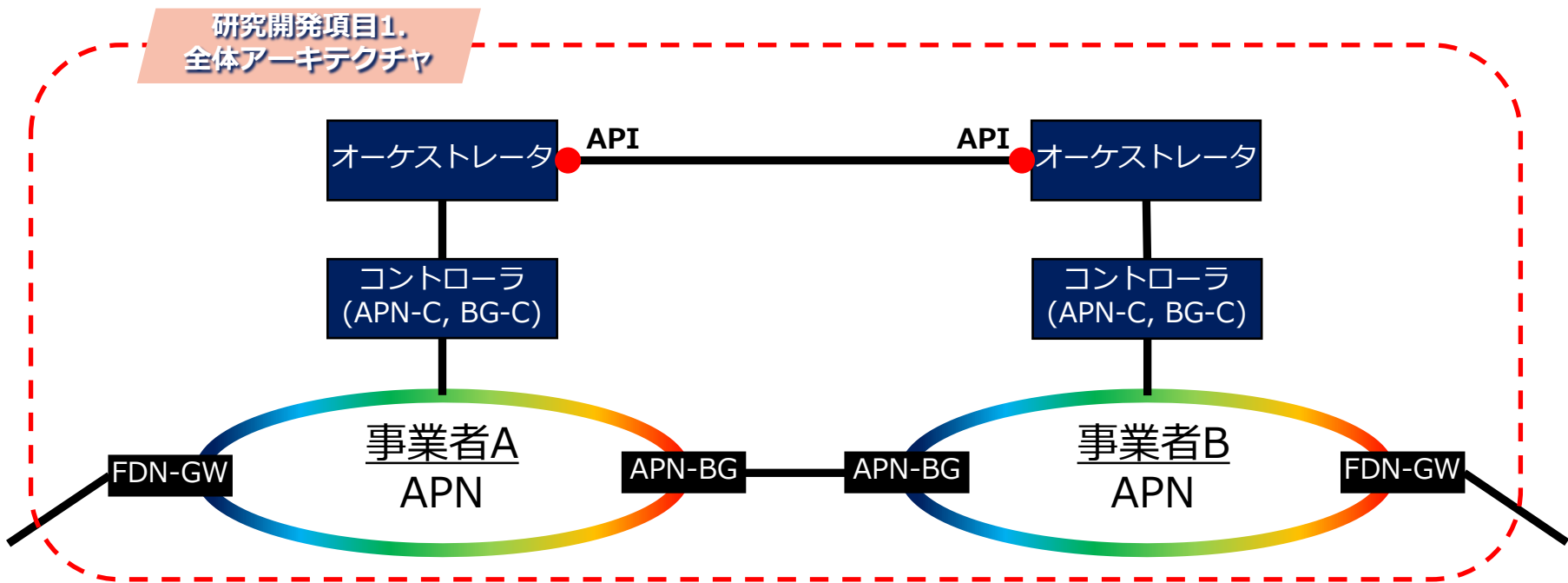
## 光ネットワークフェデレーション技術 (全体アーキテクチャ)

### 「検討概要」

- 異なる事業者のAPNを接続するために必要となる、全体アーキテクチャを検討する

### 「検討項目 (案)」

- アーキテクチャ検討
- API策定



# 2. 取組概要 (2/3)

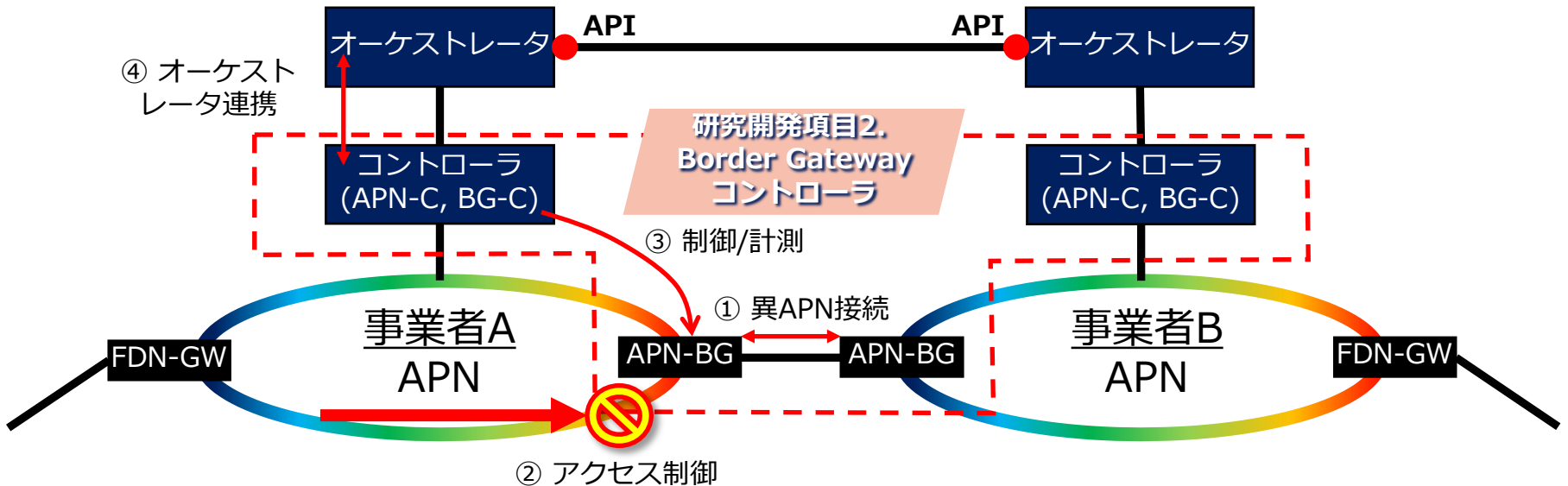
## 光ネットワークフェデレーション技術 (Border Gateway)

### 「検討概要」

- 異なる事業者のAPNを接続するために必要となる、以下のような機能を提供するBorder Gateway(BG)を検討する

### 「検討項目 (案)」

- 異なるAPNの動的接続 (光接続、Ethernet, IP…)
- アクセス制御 (通過/遮断/制限)
- APN-BGを制御/計測するBorder Gateway Controller (BG-C)
- BG-Cとオーケストレータの連携



# 2. 取組概要 (3/3)

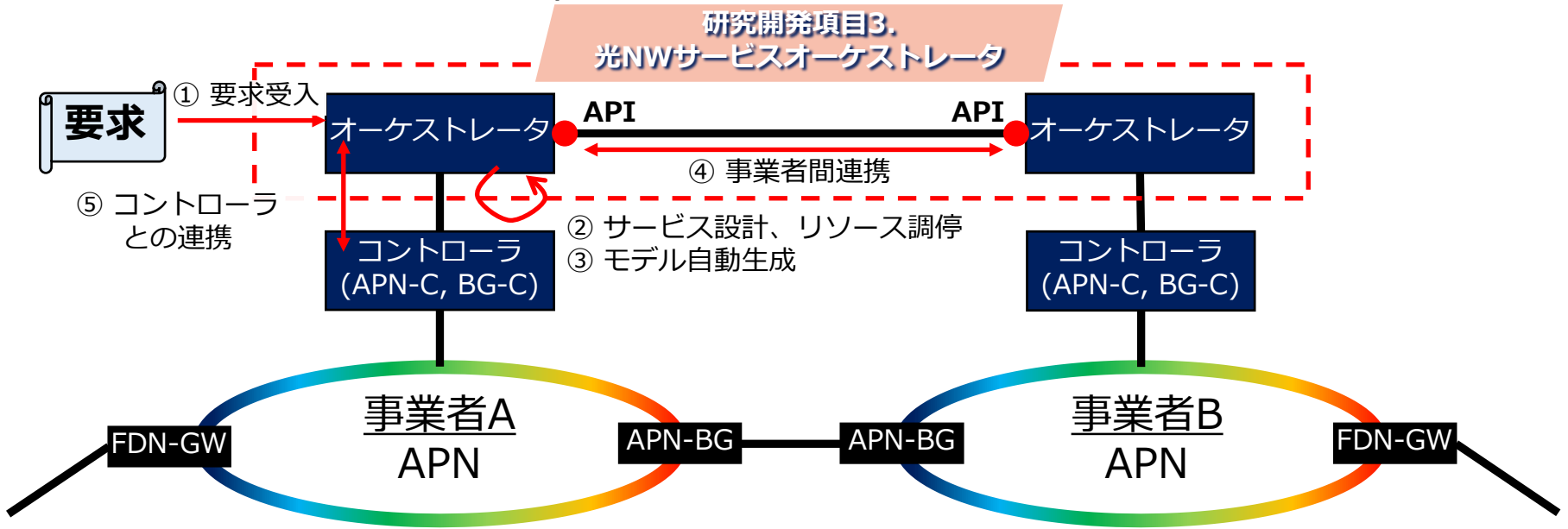
## 光ネットワークフェデレーション技術 (サービスオーケストレータ)

### 「検討概要」

- 異なる事業者のAPNを接続するために必要となる、以下のような機能を提供する光ネットワークサービスオーケストレータを検討する

### 「検討項目 (案)」

- ユーザーからの要求受入、解釈 (Intent含む)
- ユーザーの要求をもとにした、サービス設計・リソース調停
- サービス設計に必要な知識モデルの自動生成
- 他組織のオーケストレータとの連携 (サービス要求・調停)
- APN-C/BG-Cとの連携 (制御/計測)



## ②VCXに関する検討

# 1. 目的と課題

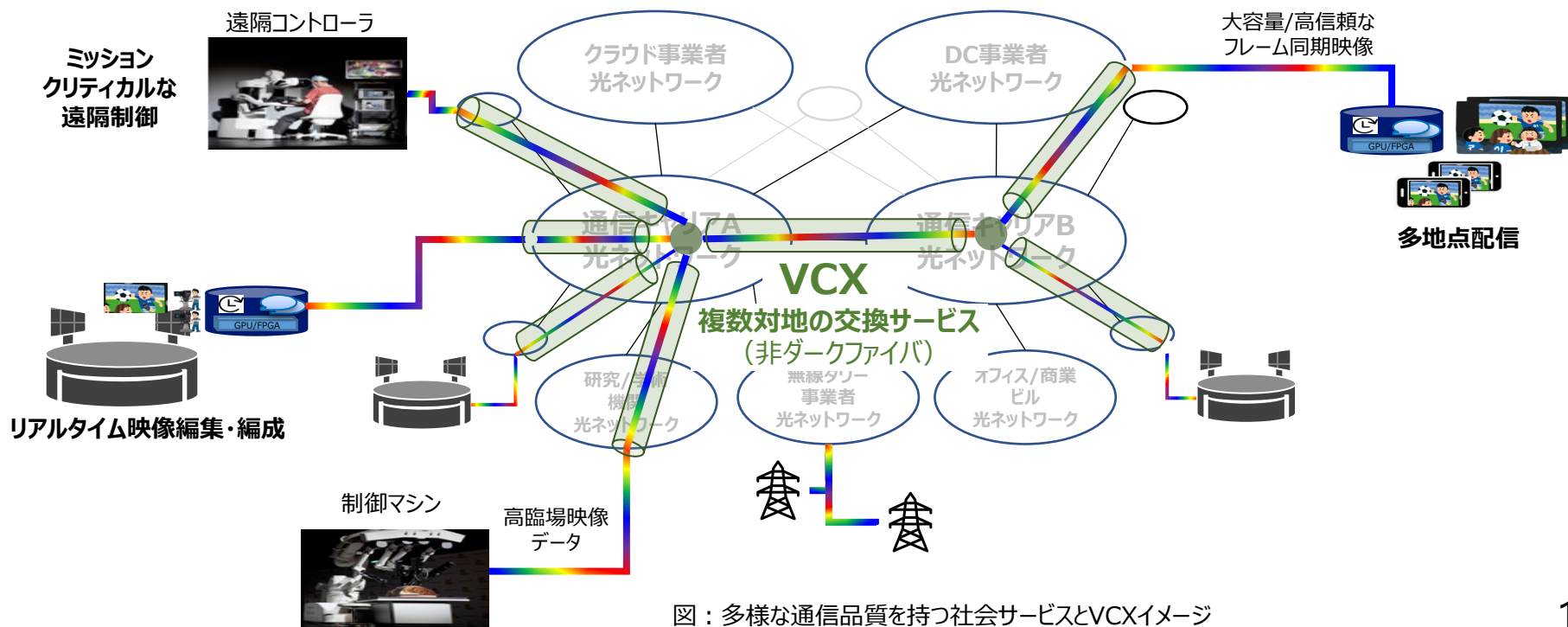
## Virtual Circuit Exchange (VCX)

### 「目的」

- 複数事業者が連携したオール光のネットワーク上で多種多様な社会サービスを同一インフラ上で実現（現行サービスからB5G/6G時代で必要になるもの等、プレミアム価値のあるものからベストエフォートまで）
- 単純に拠点やアプリケーション毎に光波長パスを生成したのではインフラコストが膨大となる。全体コスト・電力を抑制できる方式の実現を目指す。

### 「取り組み課題」

- 光波長パス上に論理回線多重のレイヤを作成した接続サービス（Virtual Circuit Exchange）の実現に向けた取り組みを行う。品質要件（帯域、遅延、ジッタ等）を満足する複数のサービスレベルを提供する。



図：多様な通信品質を持つ社会サービスとVCXイメージ

# 2. 取組概要

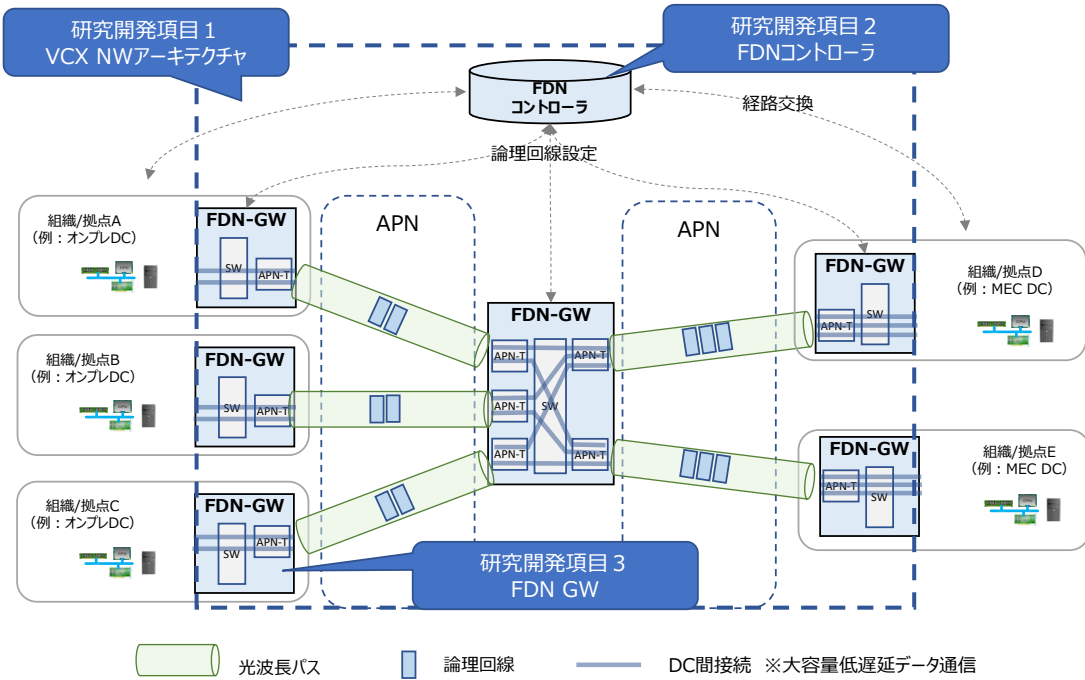
## Virtual Circuit Exchange (VCX)

### 「概要」

- 光波長パス上の論理回線レイヤでの回線多重やドメインをまたがったデータ交流を可能とする回線交換を行うNWアーキテクチャや方式の検討
- 品質要件に応じたサービスを提供するためのFDN (Function Dedicated Network) コントローラ、及びゲートウェイ実現に向けた検討や試作開発

### 「検討項目 (案)」

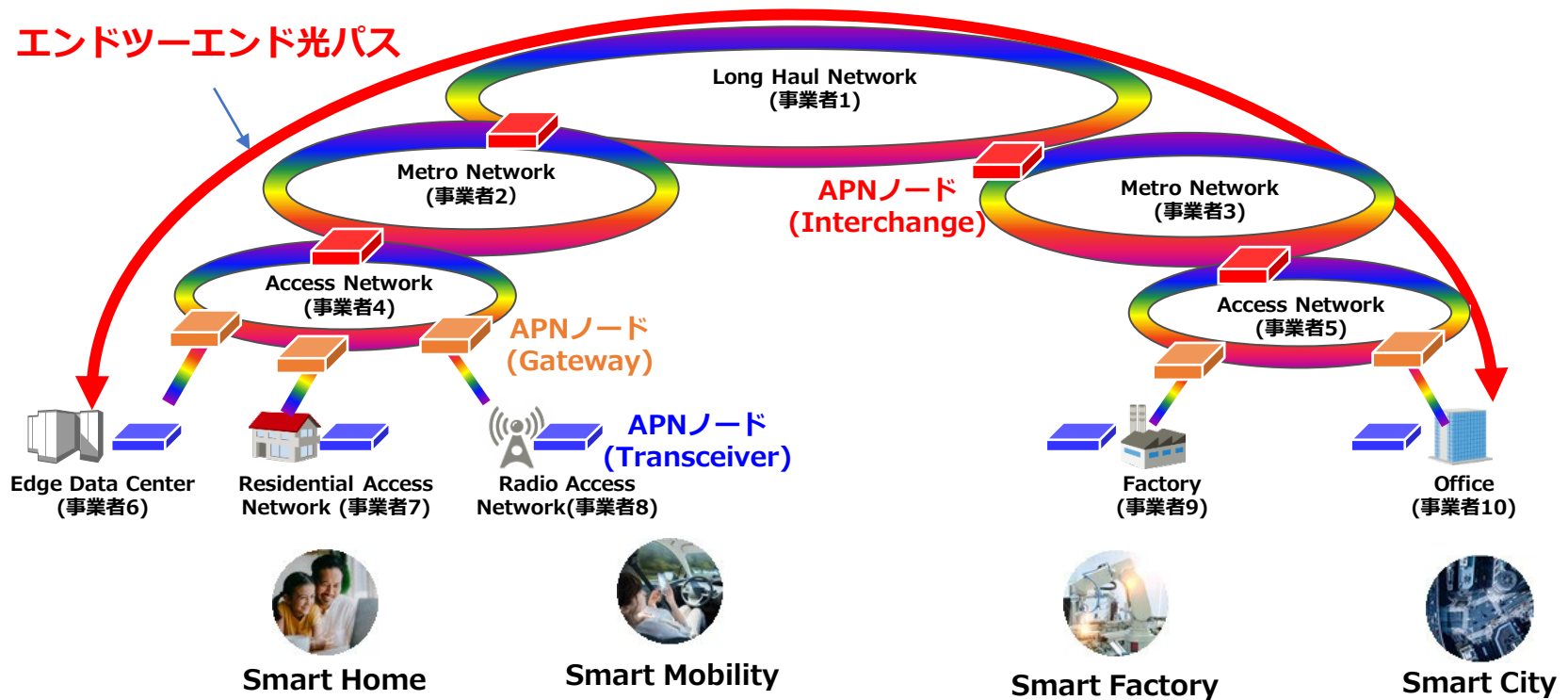
- 論理回線での多重、交換処理のトラヒック分布に応じた経路を最適化
- 品質要件 (帯域、最大遅延、最大ジッタ量) を満たした通信の実現
- 論理回線多重を行わない場合に比べて、全体のコスト/電力が削減 (多重・端末装置のコスト/電力の増加の抑制)



# ③分散型ROADMに関する検討

# 事業者(通信キャリア以外の事業者含む)でのAPN接続による 様々なサービス提供とAPNノードの位置づけ

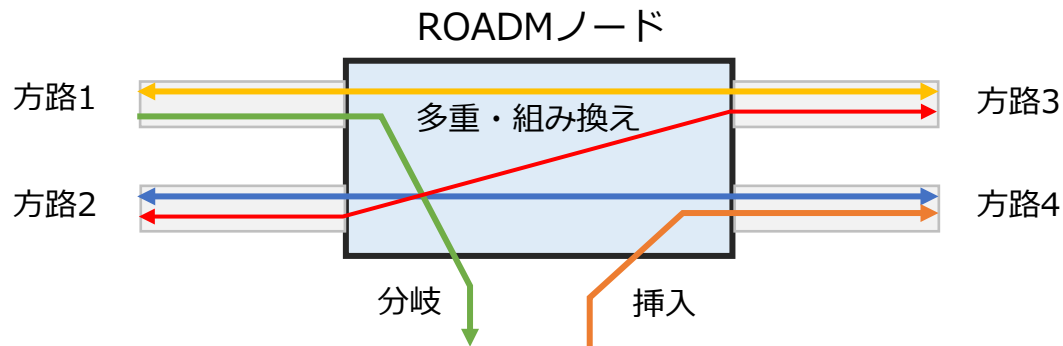
エンドツーエンドでの光パス接続を、APNノードにより、  
不要となる電気処理をカットスルーすることで、大容量・低遅延サービスを提供





# APNの事業者(通信キャリア以外の事業者含む)間連携におけるノード技術の課題

- 現在の幹線網APN装置:ROADM(Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexing)装置
  - 光信号の交換点(光ノード)で、任意の光波長の挿入(Add)・分岐(Drop)、および多重化・組み換え(Multiplexing)を遠隔操作で自在に行える(Reconfigurable)ノード装置



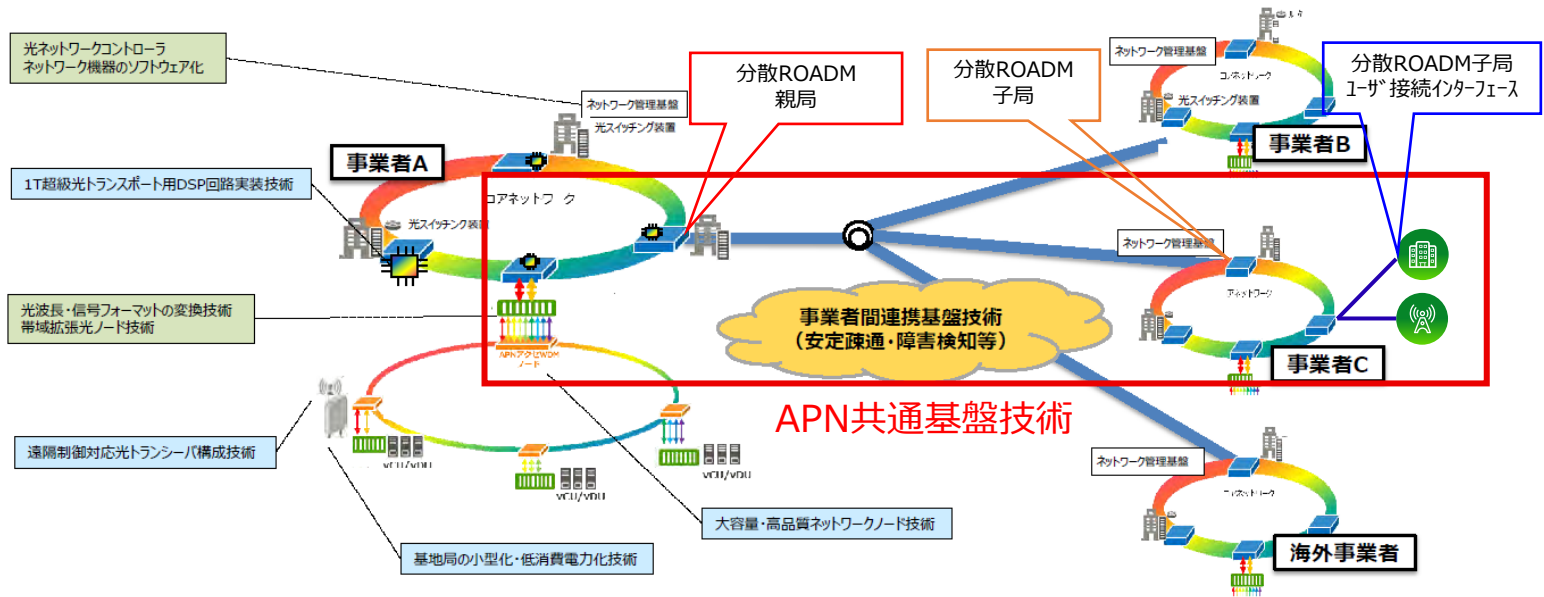
弊社製品例 1FINITY L900  
最大伝送容量：76.8 Tbps(方路毎)  
最大：16方路

- APNを地域網・データセンター事業者網などに拡大しつつ、複数の（通信キャリア以外も含む）事業者間の相互接続を実現する際の課題・要件
  - 課題
    - 多数のAPN事業者・ユーザを収容するための方路収容技術、ROADMの小型低廉化構成
  - 要件
    - 通信網の規模やROADMノードの設置条件(方路数、波長多重数、ユーザインターフェース等)
    - APNを用いるユースケースやサービスの形態（データセンタ間・事業者-DC間オンデマンド接続、RANシェアリング、等）
    - ネットワーク運用管理システムの相互接続(事業者間でのROADMノードのオープン環境での運用)

# 研究開発検討項目(案)の概要

## ● 研究開発の方向性

- 事業者間連携・様々なユーザへ適用可能な分散型ROADMネットワークアーキやユーザ接続インターフェース、各種要素デバイスに関する研究開発が必要
- 検討項目(案)
  - 分散型ROADMアーキテクチャ、ユーザ接続インターフェース
  - 分散型ROADM向け要素デバイス
  - 分散型ROADM向け高密度実装・低消費電力化技術
  - 分散型ROADMノード・システム(子局・親局・ユーザ接続インターフェース)



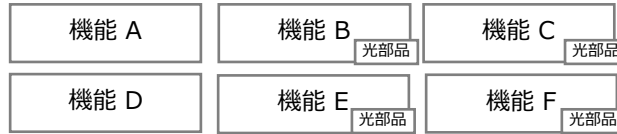
総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 (第41回) 資料  
Beyond 5G基金に係る令和5年度補正予算の概要 を基に作成

# 検討項目(案)の概要

## ROADMの機能分割、ユースケースに応じた再構成方式

### 分散型ROADMアーキテクチャ、ユーザ接続インターフェース

分散型ROADM

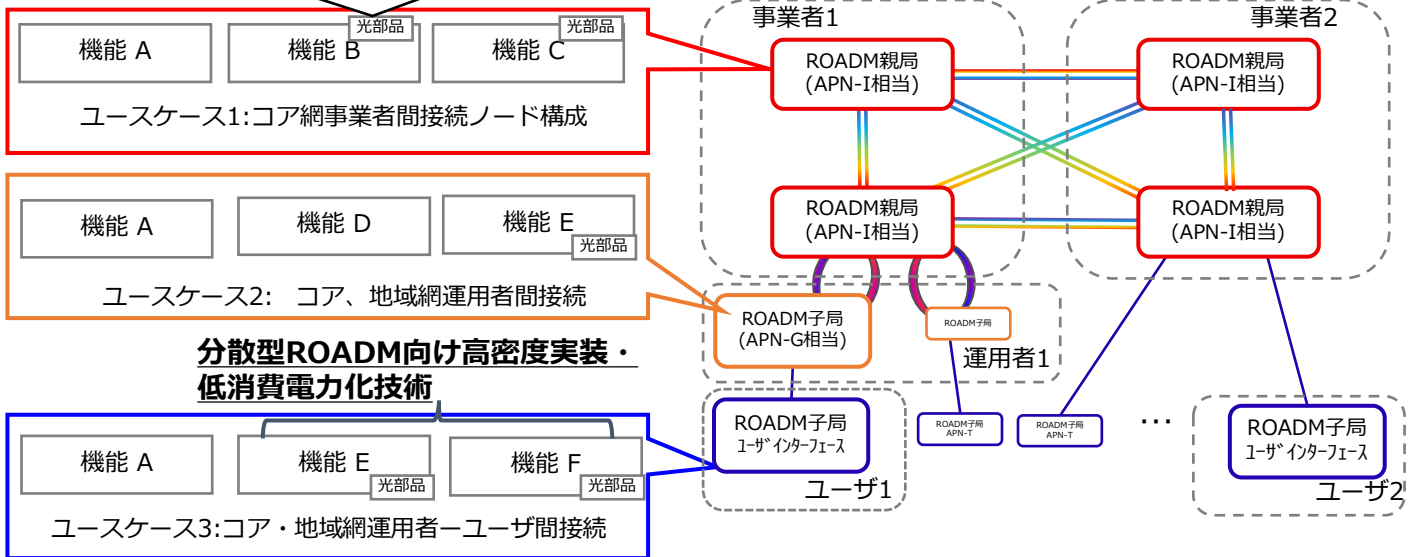


ROADMノードの機能ブロック分割

(例：方路切替、多重分離、ユーザ収容、制御監視部、等)

- ・ 様々なユースケースへの適用を考慮し、ROADMノードを各機能に分割しブロック化
- ・ 適用するユースケースに応じて、機能ブロックを組み合わせて最適なノード構成を構築し、かつ、APN上でこれらの機能の分散配備を実現

### 分散型ROADM向け要素デバイス



分散型ROADMノード・システム  
(子局・親局・ユーザ接続インターフェース)

### 分散型ROADM向け高密度実装・低消費電力化技術

# 分散ROADMの導入シナリオ・ユースケース候補

## 分散ROADM(親局)の導入シナリオ

- ・ ROADM子局の普及による基幹網での光接続数の増加
  - ・ 親局での方路・接続ノード数が子局の広がりにより増加
  - ・ 事業者間による接続方路数の増加

## 分散ROADM(子局)の導入シナリオ

- ・ エンドユーザ・中/小規模APN運用者へのAPN機器の普及
  - ・ 低廉・小型のROADM子局による遠隔サイトでのユーザインターフェースの収容

ユースケース1:コア網事業者間接続

