

IOWN グローバルフォーラムの概況と今後の方向性

Overview and Future Direction of IOWN Global Forum

寺 嶋 浩 信

要 約 IOWN とは Innovative Optical and Wireless Network の略であり、NTT の IOWN 構想とは、光をベースとする革新的技術を活用した高速大容量通信や膨大な計算リソース等を提供可能な、次世代ネットワーク・情報処理基盤の構想で、2030 年頃の実現を目指している。この構想の実現・普及を促進するために設立された国際的なフォーラムが「IOWN グローバルフォーラム」であり、世界各国の企業や学術団体等が参画している。そこでは、既存のインフラでは実現できない社会課題を解決したり、これからのサイバーフィジカルシステムやデジタルツインコンピューティングの時代に即した価値を提供したりするべく、研究開発が進められている。

Abstract IOWN stands for Innovative Optical and Wireless Network, and NTT's IOWN concept is an initiative for a next-generation network and information processing infrastructure that utilizes innovative technologies based on optics. It aims to provide high-speed, high-capacity communication and vast computing resources, with the goal of realizing this vision around 2030. The international forum established to promote the realization and dissemination of this concept is called the "IOWN Global Forum," in which companies and academic organizations from around the world participate. Research and development are being conducted to solve social issues that cannot be achieved with existing infrastructure and to provide value that is in line with the era of cyber-physical systems and digital twin computing.

1. は じ め に

クラウド化、リモートワークの普及、SNS やネットコンテンツの進展等により、通信トラフィック量は依然増加傾向にあり、これからの生成 AI の本格普及に伴い爆発的なトラフィック増加が見込まれている。そのためネットワークの高速大容量化は勿論のこと、データの処理を受け持つコンピューティングインフラの拡充も必要不可欠になっている。とりわけハイパースケーラーのデータセンター（DC）への投資は、Google の印西のデータセンター開設（2023 年 4 月）を始め、AWS の東阪クラウドインフラへの 2 兆円超規模の投資（2023 年～2027 年）、Microsoft の AI/クラウドへの 4400 億円の投資（2024 年～2025 年）等、近年盛んな状況が続いている。モバイルに関しては、5G の産業利用が当初の想定通りに立ち上がらない状況ではあるものの、ようやく SA（Stand Alone）^{*1} 方式の基地局展開が進み始めて、近い将来に新しい 5G 仕様の環境実装が整備されれば、IoT（Internet of Things）や XR（Extended Reality）、V2X（Vehicle to Everything）等での本格利用で 5G のアプリケーションが真価を発揮する時代が到来する。中長期的な観点で、そもそものインフラの在り方の変革に注力すべき時が来ている。また、サイバーフィジカルシステム（CPS）^{*2} を活用したリアルタイム性を求めるアプリケーションはインターネットのベストエフォートの通信では限界があり、エッジコン

ピューティングの実現に足る低遅延を担保するインフラが求められる。日本電信電話株式会社（以降、NTT）は革新的な光技術を利用して既存の障壁を乗り越えるべく、2019年5月に IOWN（Innovative Optical and Wireless Network の略、アイオンと読む）構想を立ち上げ、デファクトスタンダード化に導く活動の場である「IOWN グローバルフォーラム」を2020年1月に米国にてインテル コーポレーション（以降、Intel）、ソニー株式会社（以降、SONY）とともに設立している。ユニアデックス株式会社は2021年7月に IOWN グローバルフォーラムに加入しており、ワーキンググループにて通信事業者や各種メーカー主導で進められている技術の標準化やユースケースの検討の動向を調査している。

本稿では、本格化してきている IOWN グローバルフォーラムの活動概況と今後の方向性を紹介する。2章で NTT の IOWN 構想と IOWN グローバルフォーラムの概要について、3章で IOWN を活用した社会課題に向けた取り組みについて、4章で IOWN を活用した新しい価値創造の取り組みについて、5章で国際標準化への取り組みや政府機関との連動について解説する。

2. IOWN 構想と IOWN グローバルフォーラム

本章では、ネットワーク・コンピューティングの世界で「インターネットの次」のインフラを目指す NTT の IOWN 構想のターゲット、そして実現に向け推進のために設立された IOWN グローバルフォーラムについて概観する。

2.1 IOWN 構想のターゲット

ハイパースケーラーが ICT 業界を牽引する現在のクラウド全盛期において、依然インターネット関連技術は北米主導、モバイル関連技術は欧州主導で国際標準化が進められている。NTT は得意とする光電融合技術をもって、グローバルマーケットにおけるゲームチェンジを狙い、IOWN 構想を立ち上げた。光電融合技術とは、電気信号を扱う回路と光信号を扱う回路を融合してプロセッサの内部回路を可能な限り電気を使わず光で処理することで省電力且つ低遅延を実現する技術である^[1]。NTT が IOWN 構想で 2032 年度までに実現したいとする三つのターゲット、すなわち「電力効率 100 倍」「伝送容量 125 倍」「エンドツーエンド遅延 200 分の 1」は、いずれも光電融合技術でアプローチできる性能要素である。図 1 と以下 1) 2) に説明する。

1) IOWN 構想の機能構成イメージ

IOWN 構想の主な機能要素は、性能目標を支える光通信インフラである「オールフォトリクス・ネットワーク（APN）」、そのインフラで実現される新しいサービスやアプリケーションである「デジタルツインコンピューティング」、IOWN で提供される ICT リソースのオーケストレーションを実現する「コグニティブ・ファウンデーション（CF）」の三つである。全ての広域通信は APN を介して行われる。データセンターには利用するサービスやアプリケーション用のインフラが形成され、各々のシステム機能に加えてデジタルツインのフレームワークも実装できるようになる。それらを運用するには、顧客サイトの関連リソースを含めて、一元的な制御や管理の機能が不可欠である。

2) APN の構成と省電力化への動き

APN は光伝送装置である ROADM (Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer) により構成される。標準化団体である Open ROADM MSA (Multi-Source Agreement) で進められているオープン化仕様に従って ROADM の機能 (光トランスポンダ^{*3}, WDM フィルタ^{*4}, WSS^{*5}, 光アンプ^{*6}) を分割/分離し, マルチベンダでの組み合わせを前提として, IOWN では主として三つの要素に再形成している。一つ目は APN-T (Transceiver) で DC やモバイル基地局, 顧客サイト等に設置する光トランスポンダ機能を有するアクセス部 (光波長パスの端点), 二つ目は APN-G (Gateway) で光波長パスのゲートウェイであり, 収容する APN-T に対する制御チャンネルの設定, 光波長の多重 (逆多重) 化, 光波長の合分波, 光信号の通信帯域制御を担っている。三つ目は APN-I (Interconnect) で光波長パスの中継機能部であり, 光クロスコネクト^{*7} やインタフェース間の各種調整/適用機能を有する。特に APN-T は筐体型以外に既設機器に実装できる省電力のデジタルコヒーレント^{*8} 対応のブラガブル (着脱式) 光モジュールの形態で提供でき, 伝送装置 (APN-G) 側での光電変換が不要となるため, APN-G の電力消費を大幅に抑制できる。アクセス機器の種類は利用用途/形態毎に異なり, マルチベンダとならざるを得ず, 管理制御面での仕様の統一化が重要なので, コントローラー (APN-C) にて APN の制御 (光波長パスの設定/管理), 運用管理, 伝送遅延管理等を一元的に実施する。

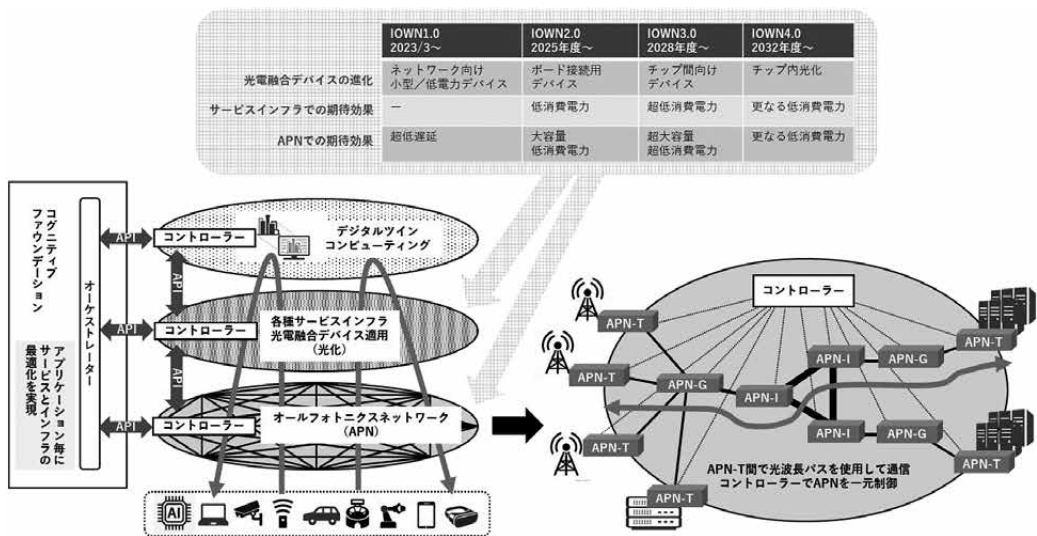


図1 IOWN 構想の機能構成イメージと APN 概要構成

2.2 IOWN グローバルフォーラムの活動概要

NTT, SONY, Intel の3社により設立された「IOWN グローバルフォーラム」の会員法人数は, 2024 年 7 月現在で 150 に上る。米国のハイパースケーラーである Microsoft や Google を始め, 各国の通信事業者 (日本, 欧州, 台湾, 韓国), 半導体メーカー, 主要 ICT メーカー, 各種業界企業 (金融, 製造, 放送, 建設, 電力, 広告, コンサルティング, ICT サービス等), 国内外の学術研究機関や大学等, 強力且つグローバルな推進メンバーが結集している。活動主体であるワーキンググループは図2左に示すように三つある。以下, 順不同で説明する。

一つ目は IOWN の技術仕様の策定を進めるテクノロジー・ワーキンググループで、配下に図 2 中央に示す技術要素に応じた七つのタスクフォース (TF) が存在する。それらは APN の技術仕様を検討する OAA (Open APN Architecture) TF, APN の光波長サービスリソースを検討する OAW (Open APN Wavelength availability) TF, 光ファイバーによるセンサー利用を検討する OAF (Open APN Fiber sensing) TF, DC 等のコンピューティングインフラを検討する DCI (Data Centric Infrastructure) TF, モバイルネットワークへの適用を検討する IMN (IOWN for Mobile Network) TF, データベースの実装配備等を検討する IDH (IOWN Data Hub) TF, APN での暗号化通信を検討する IOWN Security TF である。現在フェーズ 3 の仕様検討に入っており、各 TF のアーキテクチャの技術文書はフェーズ毎に IOWN グローバルフォーラム内で承認された後に一般公開される。

二つ目はユースケース・ワーキンググループであり、デジタルツインのアーキテクチャを検討する DTF (Digital Twin Framework) TF を配下に置き、主として各業界で抱える課題を抽出して IOWN を利用することで解決できるモデルを検討する RIM (Reference Implementation Model) TF を主体に活動している (技術面はテクノロジー・ワークグループが協同で検討を支えている)。現状は 2030 年を目指して、スマートシティ向け、エンターテインメント向け、産業管理面での活用向けといったモデルの検討が続いている。検討結果は PoC (Proof of Concept) リファレンス等の技術文書にまとめられて一般公開されている。直近ではより近い将来に活用したい DC 間や DC と顧客拠点間の APN や DCI の利用形態も同時に複数検討されており、2025 年から 2026 年にかけて、その成果が公示される予定である。

三つ目はリエゾン・ワーキンググループであり、IOWN グローバルフォーラムで策定された技術仕様を各々対象とする国際標準化団体の仕様に組み込むことをミッションとしている。IOWN の独自色を一掃してグローバルスタンダードの位置づけを確立するようアプローチすることで、市場での利用普及に伴いビジネスエコシステムの仕組みも形成しやすくなることを目指している。

2024 年の時点では APN が製品化や技術仕様の標準化で先行しており、今後も国際標準化に向けて仕様の充足を継続して、最終的に策定された仕様は通信事業者のネットワークに実装さ

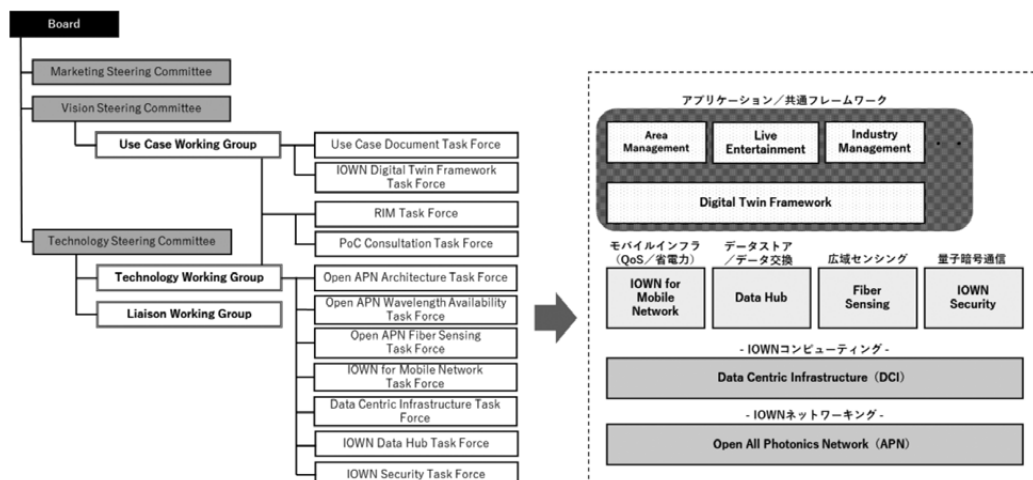


図 2 IOWN グローバルフォーラム組織構成と対応する技術要素

れていくことになる。また、DC のコンピューティング基盤 (DCI) は光電融合技術を適用して製品実装の試行が始まっており、2025 年よりオープンな仕様として標準化が本格的に進められていく。更には DCI 上で稼働するデジタルツインや AI/LLM 基盤の在り方についても仕様検討 (標準化団体との連携) の動きが始まっている。モバイルネットワークへの適用は 2030 年に向けて基地局ネットワークのオープン化 (APN との API 連携) が鍵となっている。

3. IOWN による社会課題の解決

国内の DC サービスの市場規模 (売上) は 2022 年の 2 兆円超から 2027 年の 4 兆円超へと 2 倍近く伸びると予想されており^[2]、事業者各社による DC の増設は今後も継続される状況である。一方、モバイル通信の基地局についても世代の進化に伴い、大量の設備敷設と更新が欠かせなくなってくる。この双方に共通の課題が電力消費である。本章では、これからの ICT の発展を支えるために解決が不可避である電力供給に対して、IOWN が果たし得る役割を述べる。

3.1 DC 増設需要への対応

国内の DC は東京 (近郊) の大手町、多摩、印西、大阪の堂島に集中している。地域での電力供給量は限界を迎えつつあり、大規模 DC 増設ともなれば何年も待たされる状況に直面している。郊外への建設を想定した場合、住民等の周辺環境への電力供給を考慮すれば、新たな大規模 DC 増設は困難である。小規模の DC を分散配備して再生可能エネルギーにて電力を賄う想定も検討されたが、既存の広域ネットワークを介して接続する場合、各々のコンピューティング環境間の通信制約や実装上の設備重複によるコスト高のため実現しなかった。

IOWN では「デイスアグリゲートッドコンピューティング」^[3]という新しいアーキテクチャを採用して、DC における消費電力の大幅な低減を図り、且つ APN を介して DC を分散化し機能分担させる形でコンピューティング環境の最適構成を目指している (図 3)。DC 内は CPU に依存していた通信処理等を Smart NIC (Network Interface Connector) にオフロードし、ラック内で CXL^{*9}等のモジュールインターコネクトを利用して、CPU、アクセラレータ、シェアードメモリ等を相互接続することで、低遅延、低消費電力、設備コスト低減の実現が可能となる。ラックスケール化したコンピューティング環境を IOWN では DCI (Data Centric Infrastructure) ノードと定義しており、複数の DCI ノード間をスイッチにて接続し、APN との接続部となる DCI ゲートウェイ (APN-T 外付、あるいは機能含有) も加えて、DCI クラスタを形成している。これまでの複数サーバ筐体の LAN 収容と比べてトップオブブラックスイッチの通信負荷は大きくなるため、スイッチに光電融合デバイスを実装して内部の光電変換処理を省くことで電力消費を抑制する。実際にラック内の DCI ノードの搭載機能選択により、郊外に都心部の DC を拡張する形で DC を増設したり、地方で大容量の再生可能エネルギーを確保して AI 対応の GPU 主体の大規模 DC を構築したりすることが、APN での相互接続で可能となる。また、従来 DC 内で 10 メートル程度の HPC (High Performance Computing) ノード間での利用を前提に策定された RDMA^{*10}を DC 間、DC と顧客サイト間といった遠隔接続で利用することも検討されている。RDMA が実装された Smart NIC と各種アクセラレータ間において、途中メモリによるバッファをせず直接データを転送する形態をとる。分散 DC 上のコンピューティングリソースをシームレスに活用できる環境の構築には、APN や DCI クラスタ内で高品質、高信頼の通信が維持されるべく制御を行う仕様の考慮が不可欠である。

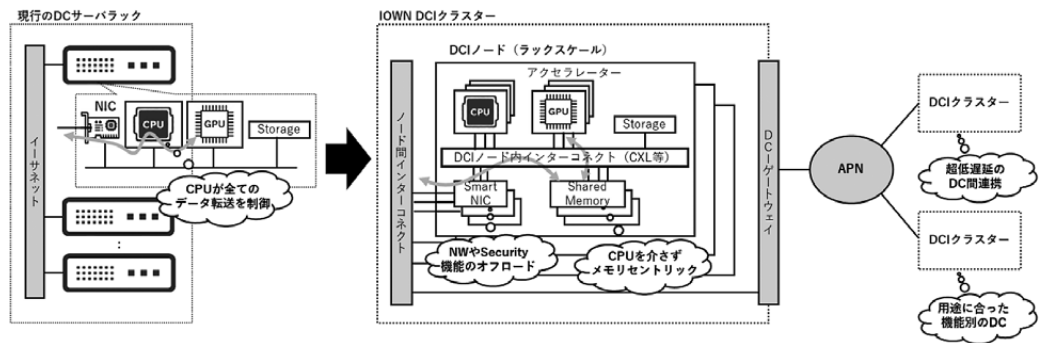


図3 ディスアグリゲイテッドコンピューティングと分散データセンター

3.2 次世代モバイルの基地局配備に向けて

最近のモバイル通信の基地局では、高周波数帯（高速/高出力）の利用が増え、それに伴い使用する電力も増えている。更に電波特性を考慮するとセル（基地局が電波を送受信できる範囲）を小さく設計しなければならないため、配備する基地局の数は多くなり、それに伴い収容する伝送装置も配備しなければならない。APNはこうした多数分散収容のニーズに応じるためにポイントツーポイント接続以外にポイントツーマルチポイント接続の高集約ソリューションも検討されている。モバイル通信のフロントホール（基地局周り）はRAN（Radio Access Network）というネットワークで構成される。基地局側の機器（RU：Remote Unit）と中継局側の機器（DU：Distribution Unit）間を手始めに、ネットワーク構成機器をAPNに収容して光伝送を行うことを想定しており、RANをデジタルコヒーレント対応にすることでAPNでの光電変換を減らして消費電力を低減できる。

モバイル通信の基地局設備については、消費電力の課題に加えて、設備コスト面も通信事業者にとって大きな負荷となっている。APNでの高集約収容に加えて、通信事業者各社が全国に配備されたAPNやDCI等を共用化することで、設備コストの低減につなげられる。更にはAPNであるメリットを活かして、RANの論理構成の動的可変や通信品質維持のためのAPNとRANの連携等も検討されている。元々モバイル通信と伝送ネットワークは別々のインフラであり、伝送ネットワークの土管の中をモバイルのデータが通っているという関係であった。光伝送とモバイル通信が連動して最適なネットワークを実現する形態が、IOWNの「O」と「W」（OpticalとWireless）が示すところでもある。モバイル通信サービスについては、商用5Gが2020年3月に開始されて4年が経過しているものの、ローバンドでのエリアカバレッジやエリア限定的な速度の向上を優先したNSA（Non Stand Alone）^{*1}での展開が先行して、個人ユーザは実際にメリットを享受できていない状況が続いている。しかしながら、3GPP^{*11}での仕様開発は着実に進んでおり、2024年6月に初の5G Advanced仕様であるリリース18の標準化が完了している。5Gはスマートフォン以外の端末での利用も視野に実用化に近づいており、新機能を使えるSAでの基地局展開（図4）が必須となってきている。将来的な高性能且つ効率的な基地局配備のためにIOWNが有効であり、IOWNグローバルフォーラムに参加している通信事業者が特に注力している技術要素である。

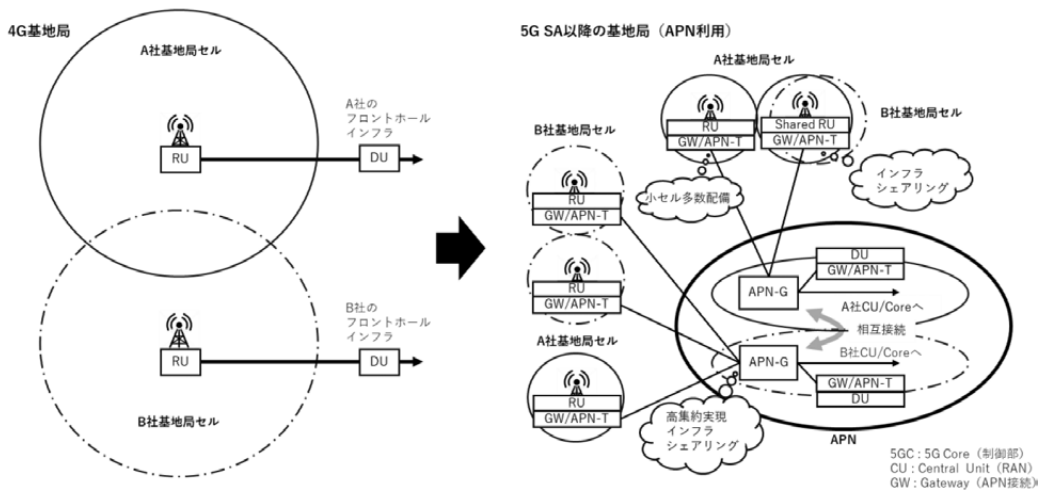


図4 APNによる基地局収容例

4. IOWN による新たな価値の創造に向けて

2023年12月に歌舞伎座で開催された「超歌舞伎（中村獅童と初音ミク〈リモートサイトの演者の動作をデジタルマッピング〉の舞台共演）」、同月にShibuya Sakura Stageで開催された「IOWN Week（リモートラップバトルやリモート掛け合い漫才等）」等、エンターテインメントの世界でIOWN1.0（100Gbpsの光波長パス）による光通信の超低遅延を体感できるイベントが多く開催されている。本章では、通信の遅延を一定に担保できることで生まれる、これまでのインターネット技術では困難であった新たな利用価値について述べる。

4.1 確定遅延によるサービス提供

IOWNを利用する際にAPNだけではエンドツーエンドの接続はできず、各アプリケーションに合わせたアクセスネットワークを用いる。IOWNグローバルフォーラムではこれを機能別専用ネットワーク（FDN：Function Dedicated Network）と名付けており、DCサイトや顧客サイトよりDCI Gateway（APN-T）やFDN Gateway（APN-T）にてAPNに接続する。利用するアプリケーション毎にサイト内ネットワークを含めた構成が定義されることで、エンドツーエンドの接続時の「確定遅延」を明示することが可能となる。市場における確定遅延のニーズと求められるインフラについて本節で説明する。

1) 市場におけるニーズ

生成AI、CPS、ロボット等の遠隔制御、映像処理等、リアルタイム性が要求されるアプリケーションでは、GPU（Graphics Processing Unit）等のプロセッサの高速処理がもたらすシステム品質に対して、ネットワークの遅延や揺らぎが大きな影響を与えることから、IOWNではAPNや光電融合技術を駆使して、遅延や揺らぎを抑えることを目指している。従来はエッジコンピューティングとして個々の顧客サイト内に重装備の環境を構築していたが、IOWNで超低遅延通信を実現することでエッジコンピューティング用のDC内に環境を構築してリモートで利用できるようになる。また、APNでは広帯域の光伝送によって大容量データを圧縮せずに通信できるため、揺らぎを防止できる効果もある。

確定遅延の活用について、実際に各業界での検討が始まっている^[4]。金融サービスインフラの複数 DC 間のアプリケーション実装/移行やバックアップ/回復等の運用強化、放送メディアのリモート制作（高スキル者の遠隔参画や現場リソースの軽減/拠点集約実装等）の実現、スマートシティでのセンシングデータの活用（CPS によるフィードバック）、仮想空間でのインタラクティブなライブエンターテインメントの開催、遠隔手術や各種重機/産業用ロボットの遠隔制御等、ICT の世界に新たな価値を創り出すことが期待されており、優先度をつけて各々の RIM TF での検討が進んでいる。エッジ DC（AI 利用を含む）の活用により、これまでの DC やクラウドでは実現できなかったソリューションにて広範囲の ICT 関連企業が関与する市場が生まれる可能性がある。RIM TF では 2030 年までに実現できるモデルと 2030 年代に普及するモデルの二段階で検討している。前者は金融や放送、AI/LLM 向け DC 接続等で APN の超低遅延や柔軟な構成といった特徴を活かせるモデルに焦点を絞り、後者はエンターテインメント、エリアマネジメント（スマートシティ）、産業マネジメント等、これから充実していく CPS（デジタルツイン）や AI 基盤、DX/IoT を活用したモデルであり、関連技術の進化に合わせて熟成させていくことになる。IOWN グローバルフォーラムとは直接的な関連は無いものの、トヨタ自動車と NTT が交通事故ゼロ社会を目指して構築を進めるモビリティ AI 基盤（IOWN を活用）や、防衛省の国防領域における IOWN（モバイル通信連携）活用に向けた技術調査（CPS/AI 基盤活用、無人機利用、超低遅延/量子暗号通信等）といった社会基盤への実装の取り組みも始まっている。

2) 求められるインフラ全体の制御

IOWN では構成する一連のインフラを各々のコントローラーから集中的に一元管理する。APN では APN コントローラーをオープンソースベースで検討中であり、DCI も FDN も各コントローラーから管理制御することを想定している。IOWN 構想の機能要素の一つである CF を実現するには、これらのコントローラーを協調管理できるマルチオーケストレーター（図 5 左）が必須であり、それによりエンドツーエンドの確定遅延を担保して通信品質を維持することが可能となる。更には RIM TF でモデル化されたアプリケーションの運営システム（図 5 右）とマルチオーケストレーターが連携することで、IOWN 上でユーザ向

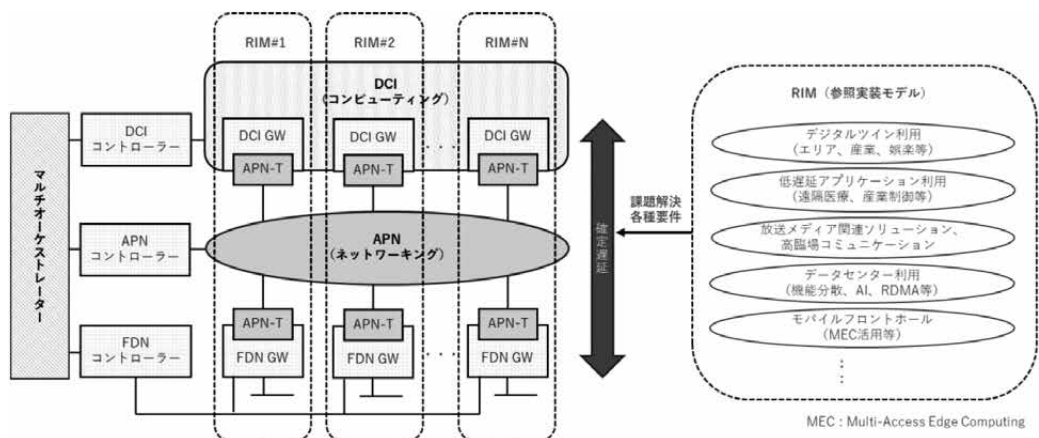


図 5 IOWN のインフラ全体概要図

けのサービス環境のセットアップや設定の変更を簡易に行うことができるようになり、IOWN の実運用上の最終的なゴールとなる。

4.2 光波長サービスリソースの確保

DC やモバイル設備に加えて IOWN を汎用的に利用するアプリケーションが増加するにつれて、広域ネットワークで拠点間を接続する光波長のリソースの数が不足することが考えられる。この事態に対処するべく、一般的には二つの方策の検討が進められている。一つはシングルコア光ファイバーで商用利用している光波長帯を増やすマルチバンド対応である（図6左）。現在の ROADM は光信号の損失が少なく長距離/大容量伝送に適している C 帯（1530～1565 ナノメートル）を使用している。かつては特殊な光ファイバー（分散シフトファイバー）の利用が制約となり、光信号の損失条件をクリアできる L 帯（1565～1625 ナノメートル）を使用するケースもあったが、最近ではこの C 帯と L 帯を同時に商用利用することに対応できる製品が増えてきている。更には光ファイバーで使用対象となる光波長帯（1260～1675 ナノメートル）の内、C 帯と L 帯以外の各光波長帯（O 帯、E 帯、S 帯、U 帯）の商用利用研究も進んでいる。短/中距離だけでなく長距離での通信に使用できることが製品化において望まれる条件の下、C 帯と L 帯に隣接する S 帯や U 帯が有力候補とみられており、実用化に向けて各光波長帯に合った光アンプの開発が鍵となっている。

もう一つの方策が SDM（Space Division Multiplexing）伝送と言われるマルチコア光ファイバー（MCF）を利用した空間多重技術の適用である（図6右）。現在の光ファイバーは1本に一つのコア（光伝送路）、一つのモード（光屈折の経路、パターン）で主として使用されているが、SDM 伝送では1本の光ファイバーに複数のコアを持たせて、コア毎に完全に光信号を分離して伝送を行う非結合型と、光信号の漏れを許容してデジタル信号処理を介して元の光信号を復元する結合型の2種類の MCF の研究が進んでいる^{*12}。先に開発が始まった非結合型は、コアの間隔が詰めにくく標準外径で12コアが限界と言われており、光信号の漏れをなくすために送信パワーが制限されるという条件もあるため、将来的には結合型の研究開発に期待がかかる。

MCF に関しては、Google が2025年から運用を開始する太平洋横断海底ケーブル「TPU ケーブルシステム」の一部区間に2コアの光ファイバーを採用して（台湾-フィリピン-米国を接続）、

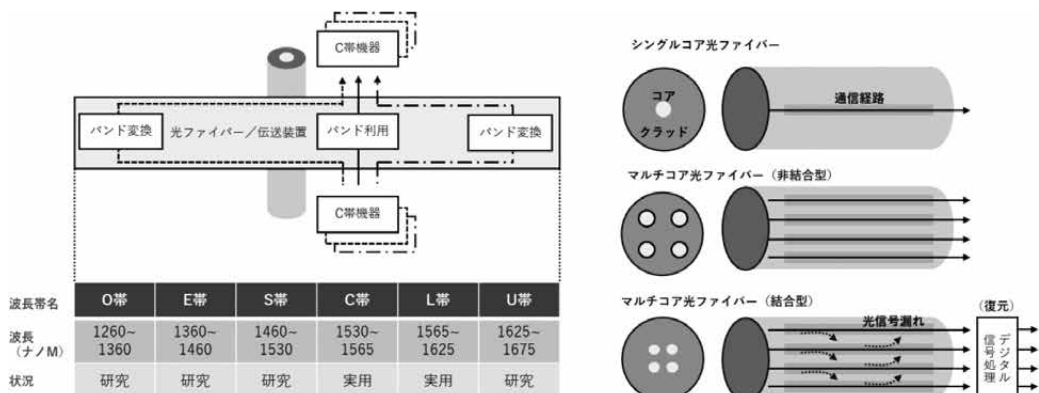


図6 マルチバンドの活用とマルチコアファイバーの標準化

世界初の実用化に入る予定であり、今後他の海底ケーブルや大規模 DC 間接続、更には光の幹線網へと適用が広がっていくと考えられている。ITU-T^{*13}では2023年12月のStudy Group15（伝送領域の標準化グループ）の会合でMCFの国際標準の制定に向けたロードマップについて議論を開始することが合意されており、IOWN グローバルフォーラムにおいても将来的なMCFの実用を目指して検討が始まっている。

5. IOWN の国際標準化と政府機関との連動

IOWN グローバルフォーラムでは、最終的に国際標準に沿ったオープンな仕様策定を目指している。IOWN のガラパゴス化を避けるべく、不足している機能は連携した各国際標準化推進団体の承認を受けて追加で仕様に組み込んでいる。また、IOWN が国際標準として世界に認知されることで技術がグローバルに展開され、市場におけるビジネスエコシステムの形成につながることを目指している。本章で詳しく述べる。

5.1 国際標準化への取り組み

IOWN グローバルフォーラムは2023年6月にLinuxやKubernetesを始めとする数多くのオープンソースプロジェクトを促進するLinux Foundation (LF) とパートナーシップの覚書を締結した。生成 AI ベースの通信やCPSといった利用形態でIOWNの参照実装モデルを提供することを共通の目的としており、技術協力に関しては、これまでSDN (Software Defined Network) を推進してきたOPEN DAYLIGHT が属する「LF Networking Projects」、エッジコンピューティングのためのオープンで相互運用可能なフレームワークを確立することを目的とする「LF Edge Projects」、今後DCやクラウドで有望とされるDPU^{*14}やIPU^{*15}の技術ベースの各種インフラの利用でオープンエコシステムを推進（APIの簡素化の促進等）することを目的とする「Open Programmable Infrastructure Project」等と主に連携している。直近ではAPNコントローラーとして、OPEN DAYLIGHT のオープンソースを検討しており、今後もDCIのインフラやデジタルツインコンピューティングのフレームワークを検討していく中で、2016年にKubernetesの知的所有権をGoogleから譲渡された「Cloud Native Computing Foundation（コンテナ技術の推進がミッション）」との提携も加え、LFとの協力関係は強化されていくと考えられる。APNの光伝送の仕様に関しては、Open ROADM MSA (Multi-Source Agreement) に対して、APN実装上で機能不足部分を仕様に付け加える動きをしており、APN-GでのAPN-Tへの折り返し通信（ターンバック）や遠隔トランスポンダ（APN-T）の制御の仕様追加を実現している。今後も多彩なトポロジーやサービス等の詳細の仕様策定に従って順次対応していくと考えられる。IOWNに関しては、MWC^{*16}やOFC^{*17}といった通信業界における世界最大級のイベントで講演やデモ/展示を実施して認知度を上げる努力をしており、今後モバイル通信連携や量子暗号通信等に関して、国際標準化には避けて通れないITUとの連携も模索していくことを想定している。

5.2 政府機関における動き

総務省は2020年6月に策定した「Beyond 5G 推進戦略」^[5]に対し、国内外の動向やこれまでの取り組み状況等をふまえて、研究開発や国際標準化、社会実装、海外展開をより効果的/実効的に推進していくための新たな「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」^[6]を2024

年6月に提言した。研究開発戦略としては、世界市場のゲームチェンジを目指したネットワークの姿を明確化し、強みのある「オール光ネットワーク技術」, 「非地上系ネットワーク技術」, 「セキュアな仮想化・統合ネットワーク技術」に集中的に投資する方針を立てている^[7]。この投資を運営するために「革新的情報通信技術 (Beyond 5G (6G)) 基金事業」を立ち上げ、NICT が総務省からの助成金を基に基金の実運用を委託されている。ちなみに2024年度の研究(要素技術・シーズ創出型プログラム)でIOWNの光伝送技術に関連するものでは、「高速大容量データ転送を実現する革新的ハードウェア技術の研究開発 (MCF を利用した SDM 技術の研究)」, 「Beyond 5G 大容量無線通信を支える空間多重光ネットワーク・ノード技術の研究開発 (MCF に関わる光アンプや光スイッチ, 配線/接続の技術の研究)」, 「Beyond 5G 通信インフラを高効率に構成するメトロアクセス光技術の研究開発 (モバイルフロントホール構成手法および小型光デバイス技術, RAN のデータ転送向けの仮想光チャネル技術等の研究)」等が含まれている。また、2024年5月に情報通信関連の技術戦略委員会のワーキンググループにて「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」という検討報告がなされ、IOWN グローバルフォーラムでのユースケースや課題/要開発事項、発展に向けてのイメージ (タイムライン) が公示されている。さらに、経済産業省所管の新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業/先端半導体製造技術の開発」の助成金において、IOWN の光電融合デバイス開発 (光チップレット実装技術, 光電融合インターフェースメモリモジュール技術, 確定遅延コンピューティング基盤技術) は2024年度より452億円 (期間は5年) の支援を受けている。各政府機関においては、最終的に海外主要メーカーとも協調して海外の通信事業者等へ開発した技術の普及展開を目指している。

6. お わ り に

2025年4月に開催される大阪・関西万国博覧会にて、NTT は光電融合技術の次のフェーズであるIOWN2.0を発表すると想定される。これによりデータセンター内への適用も明示されるため、インフラ全体での様々な利用検討がより一層盛んになってくると思われる。次世代コミュニケーション基盤として期待されているIOWNが市場で真価を発揮できるかは「確定遅延」を活かしたサービスやアプリケーションへの適用を市場にて普及展開できるか否かにかかっている。当初思い描いたシナリオ通りに進み、経済的合理性を含めた着地点を見いだせば、IOWN グローバルフォーラム仕様準拠といったビジネス前提も生まれる可能性を秘めている。ユニアデックス株式会社としても関与できる参照実装モデルを探求して、将来的にIOWNを利用した顧客や社会のインフラへのインテグレーションやソリューション提供に寄与できるようにIOWN グローバルフォーラムへの取り組みを進めていきたい。

-
- * 1 SA方式とは、5Gの制御部である5GC (Core) と5G基地局を組み合わせて通信する方式で、5Gの新機能が利用できる。NSA方式とは、4Gの制御部と4G/5G基地局を組み合わせて通信する方式で、基地局回りのみを5G化することができる。
 - * 2 サイバーフィジカルシステムとは、現実世界 (フィジカル) で収集した様々なデータや情報を仮想空間 (サイバー) で融合させて分析や解析を行い、現実世界へフィードバックすることで最適化を図る仕組みのことである。

- * 3 光トランスポンダとは、受信した光信号を最初に電気信号に変換し、次に再形成/リタイミング/再送信を行うことで予め定義された光波長に変換し、最後に電気信号でレーザーを駆動して光信号を生成する機器/モジュールのことである。
- * 4 WDM (Wavelength Division Multiplexing) フィルタとは、複数の光波長を合波したり分波したりする機器/モジュールのことである。
- * 5 WSS (Wavelength Selectable Switch) は、入力された多重波長を分波し任意の経路へ伝送する機能を持った波長選択光スイッチである。
- * 6 光アンプとは、光信号を電気信号に変換することなく増幅する機器/モジュールで、長距離伝送では光信号の減衰をカバーするために必須とされる。
- * 7 光クロスコネクタは、光波長毎に分離や挿入を行い、行き先に応じて経路の切り替えを行う、メッシュ網を実現するために不可欠な光中継技術である。
- * 8 デジタルコヒーレントとは、従来の光の強弱による信号伝達方法に対して光の位相や偏波を使用して信号を送る通信方式で、信号劣化が少ないため長距離で大容量の信号を送るのに最適とされる。
- * 9 CXL (Compute Express Link) は、高性能な DC コンピューティング環境向けのデバイス等を接続するためのオープンなインタコネクタ (内部バス) の規格である、PCI Express (PCIe) の後継技術として期待されている。
- * 10 RDMA (Remote Direct Memory Access) は、CPU を介さずにサーバから別のサーバのメモリデータを高速で読み書きする技術である。RDMA API を使用しメモリアドレスを指定してデータの送受信を実現している。
- * 11 3GPP (Third Generation Partnership Project) とは、3G 以降のモバイル通信の仕様の検討/作成を行う標準化プロジェクトである。
- * 12 伝送容量を増やすためには、もう一つマルチモード (一つのコアに複数の通信経路を設定) というアプローチもあるが、光ファイバーのデザインが非常に難しく実証データも僅少で適用はかなり先になると想定されている。
- * 13 ITU (International Telecommunication Union) とは、国際電気通信連合 (国際連合の専門機関の一つ) のことである。電気通信標準化部門である ITU-T (Telecommunication standardization sector) と、無線通信標準化部門である ITU-R (Radio communication standardization sector)、電気通信開発部門である ITU-D (telecommunication Development sector) の3組織からなる。
- * 14 DPU (Data Processing Unit) は、2020 年に NVIDIA が発表したインフラ処理 (ネットワーク、セキュリティ等) に特化したシステムオンチップ (SoC) であり、Smart NIC に組み込まれることでエッジ DC でのエコ効果が期待できる。
- * 15 IPU (Infrastructure Processing Unit) は、2021 年に Intel が発表したインフラ処理 (ネットワーク、セキュリティ等) に特化したシステムオンチップ (SoC) であり、Smart NIC に組み込まれることでエッジ DC でのエコ効果が期待できる。
- * 16 MWC (Mobile World Congress) は、毎年スペインのバルセロナで開催される世界最大のモバイル通信の展示会である。
- * 17 OFC (Optical Fiber Communication Conference and Exposition) は、毎年米国のサンディエゴで開催される世界最大の光通信の展示会である。

- 参考文献**
- [1] IOWN Technology Report 2023 ～Acceleration to the Future～, NTT, 2023 年 11 月 <https://www.rd.ntt/research/RDNTT20231122.html>
 - [2] 情報通信白書令和 6 年版, 総務省, 2024 年 7 月 <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/r06.html>
 - [3] 川島正久 (NTT), 「IOWN による新たな情報通信と社会の変化」, 電気通信 2024 年 1 月号, 一般社団法人電気通信協会 https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=202402246333859104
 - [4] 工藤晶子 (NTT), 「デジタル化の新たな価値を創造する IOWN 構想」, 第 26 回 FMMC 研究会講演資料, 一般財団法人マルチメディア振興センター, 2023 年 9 月 https://www.fmmc.or.jp/Portals/0/resources/ann/pdf/news/fmmcseminar_26w.pdf
 - [5] Beyond5G 推進戦略, 総務省, 2020 年 6 月 https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf
 - [6] Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方, 総務省 国際戦略局技術政策課, 2024 年 6 月 https://www.soumu.go.jp/main_content/000952936.pdf
 - [7] 「革新的情報通信技術 (Beyond 5G (6G)) 基金事業」令和 5 年度社会実装・海外展開志向型戦略的プログラムの公募 (第 1 回) の結果, 国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT), 2023 年 11 月 <https://www.nict.go.jp/press/2023/11/06-1.html>

※ 上記参考文献に示した URL のリンク先は、2024 年 10 月 10 日時点での存在を確認。

執筆者紹介 寺 嶋 浩 信 (Hironobu Terajima)

1986 年日本ユニバック(株)入社。ネットワーク関連の商品企画、UC 関連のソリューション開発、FMC 関連の事業推進、企業やデータセンターのネットワーク構築運用等に従事。2013 年より通信事業者向けのネットワーク運用構築、データセンターのネットワークや無線 LAN 関連のソリューション開発を担当。IOWN Global Forum Technology & Use Case Working Group に参加。

