

NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和5年7月1日発行 毎月1回1日発行 第35巻第7号(通巻412号)

技術ジャーナル

7 JULY
2023
Vol.35 No.7

IOWN

特集

APN IOWN1.0サービス開始

つくばフォーラム2023に見るIOWNと アクセスネットワーク技術

トップインタビュー

星野 理彰
NTT東日本 代表取締役副社長

新コーナー登場!!

For the Future

世界中が熱い！半導体政策・動向を紐解くー前編ー

グループ企業探訪

NTT Risk Manager

from NTT東日本

ローコード×オフショア活用による“強みの掛け算”により、安価でスピーディなソフトウェア開発をめざす



6 トップインタビュー

**しつこく追う。最後の最後まで手を抜かない。
社会の役に立つ、お客さまに一番近い企業をめざしたい**

星野 理彰

NTT東日本 代表取締役副社長



4 お知らせ

**読みやすい誌面に刷新, 新体制を機に新たなコーナー「For the Future」も
スタート**

10 For the Future

世界中が熱い！半導体政策・動向を紐解く 一前編一

新コーナー“For the Future”の掲載を開始しました。NTTグループが取り組むさまざまな技術には国内外の政治的背景やマーケット、産業構造等が大きく複雑に絡み合っています。未来を切り拓く技術について最新トレンドを分かりやすく解説します。

16 特集1

APN IOWN1.0サービス開始

18 APNサービス提供に向けた取り組み

21 NTT東日本におけるIOWN構想の実現に向けた取り組み

24 NTT西日本におけるAPNサービス提供に向けた取り組み

28 APN IOWN1.0を支える遅延マネージドネットワーク技術



32 特集2

**つくばフォーラム2023に見るIOWNと
アクセスネットワーク技術**

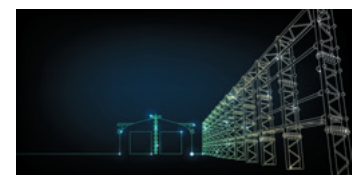
34 新たな価値の創造とグローバルサステナブル社会を支えるNTTへ

37 総合エンジニアリングに向けて

40 アクセス設備の運用高度化におけるこれまでと将来の展望

44 低遅延・省電力に資する新たな光アクセスシステム技術

47 大容量伝送, 低消費電力, 適用領域拡大を加速するワイヤレス技術の展開



51 挑戦する研究者たち

原田 登

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員

「世の中の役に立つこと」をめざして、
基礎研究と国際標準化活動の両輪でそれを実現



特集

55 挑戦する研究開発者たち

神山 和憲

NTT東日本 デジタル革新本部 デジタルデザイン部
ソフトウェア内製化推進PT長

広い視野と高い視座を持った異文化コミュニケーションで
グローバル展開



For the Future

特別企画

58 明日のトップランナー

松井 隆

NTTアクセスサービスシステム研究所 特別研究員

通信容量の限界を越え、新世代の高速・大容量通信を支える
「空間多重光ファイバ伝送路技術」



挑戦する研究者たち

62 グループ企業探訪

株式会社NTT Risk Manager

専門性の高い「リスクマネジメント」対策を行う会社



挑戦する研究開発者たち

66 from NTT東日本

ローコード×オフショア活用による“強みの掛け算”により、
安価でスピーディなソフトウェア開発をめざす

明日のトップランナー

68 Webサイト オリジナル記事の紹介

8月号予定
編集後記

グループ企業探訪

本誌掲載内容についてのご意見、ご要望、お問い合わせ先

日本電信電話株式会社 NTT技術ジャーナル事務局
E-mail journal@ml.ntt.com

本誌ご購入のお申し込み、お問い合わせ先

日本電信電話株式会社 一般社団法人電気通信協会 ブックセンター
TEL (03)3288-0611 FAX (03)3288-0615
ホームページ http://www.tta.or.jp/

NTT技術ジャーナルは
Webで閲覧できます。

<https://journal.ntt.co.jp/>



from NTT東日本

読みやすい誌面に刷新，新体制を機に新たなコーナー「For the Future」もスタート

2023年5月、NTTは新中期経営戦略を発表しました。そこでは基本的な考え方として、「NTTは挑戦し続けます 新たな価値創造と地球のサステナビリティのために」を宣言しました。NTTグループは、これまで以上に新たな価値創造と、お客さま体験の高度化などに取り組みます。そこで、NTT技術ジャーナルにおいても、この具体化に向けて、各種営みを開始します。第一弾として、読者の皆様にとっての読みやすさ・分かりやすさを追求すべく、2023年7月号より誌面を刷新、新コーナーも開設します。本稿においては、その概要をご紹介します。

なぜ誌面をリニューアル？

NTT技術ジャーナルにおいては、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の実現に向けた研究開発等、さまざま研究成果や今後のNTTグループの取り組みを特集記事など通じてお届けしています。さらにトップインタビューでは、NTTグループのCEOやCTOなどから、事業環境や外部環境を見据えた戦略を発信し、社内外の技術者に向けた期待なども掲載しています。このほかにも研究者や開発者等に焦点を当てたコーナーや、NTTグループ企業の取り組みなど、NTTの技術を中心に魅力ある記事として、毎月読者の皆様にお届けしています。

このたびNTTでは、研究開発体制・組織の見直しを行い、これまでの研究開発推進機能に加えてグローバルを含めたマーケティングやアライアンスを融合する機能強化を目的に、研究開発マーケティング本部を新たに設置し、その組織の中に研究企画部門を設置しました。サービスの普及や発展には、それぞれの技術の歴史の積み重ねにとどまらず、政治的背景や国内外のマーケットが深く関連しています。そこで、後述のとおり、世の中の動向を理解して研究開発を進めるマーケティング活動の一環として、新たなコーナー「For the Future」を企画・スタートしました。

ところで、NTT技術ジャーナルは、「通研月報」と「NTT施設」（さらにその前身は「電気通信施設」という2つの誌面を統合して1989年にスタートしました。「通

研月報」は研究成果を理解しやすく取り上げ、また、「NTT施設」はサービスや技術の導入を含む最新動向をその解説とともに誌面に取り上げ発信してきました。なお、これらは国立国会図書館のデジタルアーカイブで閲覧可能ですので、機会がありましたら是非ご覧ください。

さて、NTT技術ジャーナルの編集部では、今後「NTT施設」の内容継承をより深めて、2023年3月にNTT東日本・NTT西日本よりサービスを開始したAPN IOWN1.0に代表されるように、研究開発段階のみにとどまらず、実用化される技術や注目されるサービス・ソリューションに関するNTTグループの取り組みについてもより広くご紹介していきます。

新コーナー「For the Future」のスタート

書店の理科学書やコンピュータ関連の書籍を扱うコーナーには、「はじめての〇〇技術」や「よくわかる△△技術」といったタイトルの、技術がやさしく教科書のように解説された出版物をよく見かけます。一方、新コーナー「For the Future」では、いわゆる技術解説だけではなく、ニュースで取り上げられるような、国内外の技術動向や市場動向など、多様な視点で技術をフォーカスし、掲載していきます（図1）。NTTが取り組む技術領域がどのような市場・情勢にあるのかご理解いただき、毎月特集などで取り上げる技術の研究開発・実用化やサービス等への展開の取り組みを、より具体的に詳細な内容で掲載しています

NTT技術ジャーナル 事務局

ので、ぜひご覧ください。

■7月号と8月号で取り上げるテーマ

初回を飾るテーマとして、半導体を取り上げました。半導体をめぐる国際情勢の変化はめまぐるしく、研究開発競争のみならず経済安全保障にも大きく影響しています。本稿を企画している最中にも時々刻々と新たなニュースが飛び込んできています。NTTではIOWN構想実現に向けた光電融合デバイスの研究開発を進めていますが、新コーナーでは、まず皆様の生活にも直結している半導体の市場・産業構造全般を広く取り上げ、それを取り巻く関連各国政府の対応等を含む全体像をご理解いただける誌面構成としています。

■今後掲載予定のテーマ

次回に予定しているテーマとしては、ネットワークを予定しています。NTTグループは電電公社時代より電報や電話サービスに始まり、データ通信からインターネット、モバイル通信等さまざまなサービスを提供してきました。これらのサービスの基盤として、有線や無線のネットワークが構成されていますが、それらがどのような歴史をたどって現在に至り、未来に向けてどのように発展していくのかを取り上げます。

さらにそれ以降は、メタバースや量子技術など、次世代の社会的価値創造につながる技術に着目するテーマを予定しているので、ぜひご期待ください。

今は忙しいから時間があるときに続きを読みやすく

NTT技術ジャーナルは紙誌面による提



図1 新コーナー「For the Future」

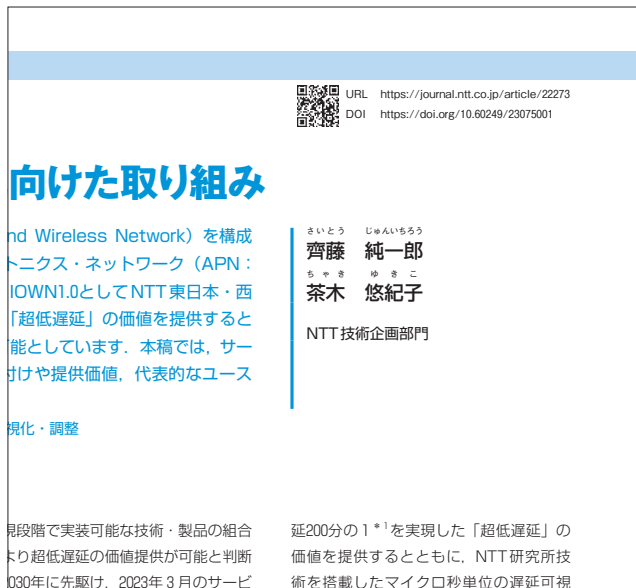


図2 DOI・二次元バーコードを掲載

トピックインタビュー	
挑戦する研究者たち	特集
原田 登 NTTコミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員 「世の中の役に立つこと」をめざして、 基礎研究と国際標準化活動の両輪でそれを実現	
挑戦する研究開発者たち	For the Future
神山 和憲 NTT東日本 デジタル革新本部 企画部 ソフトウェア内製化推進プロジェクト 担当課長 広い視野と高い視座を持った異文化コミュニケーションで グローバル展開	
明日のトップランナー	特別企画
松井 隆 NTTアクセスサービスシステム研究所 特別研究員 通信容量の限界を越え、新世代の高速・大容量通信を支える 「空間多重光ファイバ伝送路技術」	
グループ企業探訪	挑戦する研究者たち

図3 コーナー名の見出しタブ

供に加えて、Webの媒体でも併せて掲載しています。リニューアルに合わせて、各誌面の中には読者の皆様にとりまして、より読みやすい環境を提供する仕組みを盛り込みました。

■DOIとは？

DOI (Digital Object Identifier) とは、Web掲載されるコンテンツへの永続的アクセスを保証する仕組みです。DOIを知っていれば、コンテンツのURLが変更になっても、DOIを指定することでコンテンツにアクセスすることができます。学会や論文の引用などに利用が進んでおり、NTT技

術ジャーナルでもご利用いただけるようになりました(図2)。特に研究開発者の皆様は、NTT技術ジャーナルの記事を引用する際に、参考文献の表示についてはDOIに切り替えて掲載していただくようになります。

■二次元バーコード

各コーナーの記事の冒頭に、記事のURLにつながる二次元バーコードを掲載しています。今は紙の誌面で読んでいるが後でスマートフォンやタブレットで続きを読みたい、ブックマークをして別の時間に読み返したい等、さまざまなシーンでご利用

用ください(図2)。

■誌面レイアウトの刷新

本誌面の右をご覧くださいと、読みたいコーナーにすぐにとりつけるように各コーナー名の見出しを記載したタブが表示されています(図3)。

また、目次や各コーナーのタイトル等のデザインや誌面レイアウトについても、誌面全体のコンセプトを統一しつつコーナーの特徴を印象付けるように刷新しました。

NTT技術ジャーナルは、今後も進化を続けるNTT技術の最新状況をお届けします。誌面へのご要望がございましたら下記までお知らせください。

NTT技術ジャーナルお問い合わせ先：
journal@ml.ntt.com

■参考文献

- (1) 新中期経営戦略の公表について <https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/05/12/230512h.html>
- (2) 国立国会図書館デジタルコレクション <https://dl.ndl.go.jp/>



(左から) 森 俊介/ 横井 裕也/
玉田 妙子

◆問い合わせ先

NTT 広報部門
(NTT技術ジャーナル 事務局)
E-mail journal@ml.ntt.com



NTT東日本
代表取締役副社長

星野理彰 Riaki Hoshino

PROFILE

1990年日本電信電話株式会社入社。

2018年NTT東日本 取締役，2020年NTT-ME代表取締役社長，

2022年NTT東日本ネットワーク事業推進本部長，

NTT e-Drone Technology代表取締役社長を経て，2022年6月より現職。



しつこく追う。最後の最後まで手を抜かない。 社会の役に立つ，お客さまに一番近い企業をめざしたい

地域を見つめ，ともに歩んできたNTT東日本グループ。持続的に発展できる地域の循環型ミライをめざしています。災害の甚大化や高度化するサイバー攻撃等，新たな脅威に対抗するべく通信ネットワークのレジリエンスをさらに強化し，危機管理能力と機動力を磨き，高品質で安定した通信インフラの提供に努め「つなぐ使命」を遂行する星野理彰NTT東日本代表取締役副社長に新たな取り組みとトップとしての信条を伺いました。

地域の未来を支えるソーシャルイノベーション企業，NTT東日本

副社長に就任され，まもなく1年です。どのような時間でいらっしゃいましたか。

私たちのすべきことはまだまだたくさんあると確信し，社員の情熱を行動するエネルギーへと昇華させ，さらに挑み続けてお客さまのご要望におこたえしていきたいと決意を新たに仕事に向き合った1年でした。

私は持株会社に在籍していた一時期を除き，再編成後はNTT東日本とともに歩んできました。NTT東日本の副社長という立場となり，改めてこの会社の力，技術力や社会貢献にける社員の情熱を見つめてみると，私が思っている以上にその力は大きく，お客さまから私たちに寄せていただく期待の範囲も，私の想像よりも広く大きなものであると実感しました。

NTT東日本のエリアは東京を中心とした首都圏域と地方圏域の両方が存在しています。多くの住民を抱える首都圏域や人口

減少が進む地方圏域といった地域ごとの課題を踏まえて，NTT東日本は通信インフラの整備や災害対策の取り組みに加え，文化や農業分野で新たな可能性のために事業を興す等，さまざまな取り組みを始めています。さらには，こうした取り組みをとおり，お客さまから「職員や社員にデジタルトランスフォーメーション(DX)の意義を十分に理解させ，DXで課題解決に臨みたいので力を貸してほしい」等のお声も多数お寄せいただいています。

この1年，私はこうしたお客さまのご要望を伺いながら確信しました。通信をつなぐ会社として出発した私たちの使命はさらに広がり，人をつなぎ，地域を次の世代へつなぎ発展させていく役割を担うことだと。期待していただいていることにこたえています。

人や地域を「つなぐ」のですね。NTT東日本のめざす方向を具体的に教えていただけますでしょうか。

一般的に企業の主な経営目的は利益の最

大化ともいわれていましたが，昨今では，企業にはさらなる社会貢献も求められるようになってきました。私たちNTT東日本は，単なる課題解決にとどまることなく，持続可能な新たな価値を創造する「地域の未来を支えるソーシャルイノベーション企業」をめざし，「地域の価値の再発見」と「地域循環型への変革」のため，「共感型DXコンサルティングの実現」と「フィールド実践型エンジニアリング力の強化」を図っていきます。

「共感型DXコンサルティング」では，従来型の課題分析，提案，実行というアプローチとは異なり，地域のお客さまと向き合い，地域そのものに飛び込み，ともに考えることで地域に共感し寄り添います。そして，お客さまとともに試行錯誤しながらも実行に移すことで課題解決をめざします。これにより，地域密着企業であるNTT東日本ならではの経営スタイルを磨いていきます。

「フィールド実践型エンジニアリング力の強化」では，地域の価値創造のために必

要となる産業の醸成、文化の継承、エコな街づくりなどの取り組みにおいて必要となる、実フィールドで価値を実現できる総合エンジニアリング力を、情報通信で培った技術力をベースに広げ、強化していきます。

さらに、今後、地域活性化を加速させるため、地域の資産や魅力（文化・食・自然）を活かした新たな価値創造を行っていきます。2023年1月には、地域が持続的に発展し夢や希望が感じられる社会を創ることを目的に「地域循環型ミライ研究所」を設置し、地域の持つ価値の創造や循環型社会の構築に取り組んでいます。

これらの活動を一言で表現するならば、「もっとお客さまのそばに行く」ことではないかと思えます。

IOWNとREIWAで分散型ネットワーク社会を実現したい

光ブロードバンドサービスの拡大やデジタルソリューション等、これまで地域が抱える課題解決で培った知見がさらに発揮されるのですね。

日本の未来を考えると、やはり、私たちの強みである通信ネットワークの視点を活かしていきたいと考えています。例えば、都市部への集中による効率性の重視だけではなく、地域へも分散しながら多様性と効率を両立させたいです。この実現には



NTTグループで挑んでいるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想と、NTT東日本のREIWAプロジェクトがカギを握ると思えます。

IOWNについては、IoT (Internet of Things) の広がりやサービスの多様化により訪れるデータ容量・消費電力量の大幅な増加や通信遅延などの課題解決のため、フォトニクス（光）ベースの技術を活用し、従来のエレクトロニクスベースの通信ネットワークと比較して、伝送容量を125倍、エンド・ツー・エンドの遅延を200分の1、電力効率を100倍にするオールフォトニクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) の実現を目標にさまざまな研究開発に取り組んでおり、2023年3月にはAPNサービスの第一弾として、「APN IOWN1.0」の提供を開始しました。APN IOWN1.0は遠隔合奏や遠隔レッスン、eスポーツ、リモートプロダクションや実験計測機など機器の遠隔操作、データセンタ間の緊密な連携など、超低遅延が要求されるシーンでの活用を中心に、お客さまとともに利用シーンの創出を進めています。

さらに、NTT東日本の取り組みであるREIWAプロジェクトでは、新たな価値の創出を目的として、営業地域の17都道府県にある約3000カ所の通信局舎のうち、1000カ所程度をデータセンタとして活用できます。その一部を地域のエッジコンピューティングポイントとしてクラウドサービス「地域エッジクラウド」の提供を開始していきます。私たちのあらゆるアセットを活用して地域のエッジコンピューティングポイントをネットワークにより広域に接続された状態にすることでクラウドベースのICT基盤を構築し、映像解析AI（人工知能）プラットフォーム、IoTプラットフォーム、地方創生クラウド、データレイク等によって、シェア型でさまざまな機能を提供しています。

このICT環境を広くご利用いただくために実証実験環境として、東京・北海道・宮城にスマートイノベーションラボを開設して、産学官一体で新しいサービスやビジネスの創出に取り組んでいます。

このように通信技術、アセット、ノウハウを地域社会のために活用し、エネルギーや人材を循環させる取り組みを通じて社会を支援していきたいと考えています。

他にもさまざまな変革やチャレンジに臨まれていると伺いました。

これまでの事業の磨き上げと新たな事業



への挑戦を進めています。具体的取り組み例を少しあげると、①通信分野における効率性の推進と設備・サービス品質の向上の両立をめざす取り組みや、②ソフトウェア事業の立ち上げなどがあります。

より便利なサービスを安定的に利用したいという社会的要請にこれからもこたえていくため、PSTN網のIP網化へのマイグレーションやIOWNにつなげていくためのネットワークの機能高度化や現設備からの移行を、第三者によるチェックも加えながら着実に前に進めています。また、構築・運用業務にDX技術を積極的に活用し、調整業務の省力化や作業の自動化等を実現させています。これらの取り組みは大幅な稼働削減の実現にとどまらず、人の関与を減らし人為ミスの要因を減らすことで信頼性向上にも大いに寄与しています。さらには、Web技術を用いたカスタマーセルフ化の促進や、リモート環境を活用したオペレーションの実現は、CS向上や効率化の促進とともに、これまでとは異なる手段の確保



が災害時における緊急対応力の強化にもつながっています。

ソフトウェア事業の立ち上げについては、非通信分野における新たなビジネス展開をめざしたもので、システム開発の内製化によりソフトウェア開発技術の社内蓄積と、DX推進によるDX人材の育成を図ります。もちろん、システム開発コストの低減もめざします。この取り組みの中で、高度で専門的なスキルを必要としないローコード開発に着目し、2022年4月にソフトウェア内製化推進プロジェクトを立ち上げ、ローコード開発に加えてローコードによるオフショア開発も実現しています。現在では、社内の業務システムの更改や新規開発ですでにいくつかの実績も出ており、今後のビジネス展開に向けた準備を進めています。また、こうしたものの基盤においても、仮想化を活用したプライベートクラウドを立ち上げ、パブリッククラウドとのハイブリッド環境を整え、社内外での利用拡大をめざしています。

挑戦をできる範囲にとどめておく限り、成長はその範囲にとどまってしまう

お仕事において、大切にされていることを教えていただけますでしょうか。

大切にしているのは挑む姿勢や目標に向かう気持ちです。目の前のことを処理するだけでは次につながっていきません。この仕事で何を得て、それをどう活かしていきたいのかを自分に問うています。

社員の皆さんにも同じように問いかけ、彼らの話を聞きながら学ばせていただいています。社員の熱い思いを聞きますとそれだけですごくエネルギーをもらいます。そして、今度はその思いを他の人に伝えるよう努めています。良いエネルギーを循環させることは副社長という立場に就かせていただいた者の責任だと思っています。

私は入社してすぐに現場で通信設備の保全を担当して以来、多くの職場で現場の熱い思いを体験してきました。災害対策においては東日本大震災の復旧の取り組みを経験し、先の見えない中でも必死に取り組むメンバのためにも、先の見通しが立つように指示を出していくことの大切さを実感しました。こうした多くの経験をとおして、できることではなくやるべきことを目標にセットし、挑まなければならないことや、



変わらなければならない理由をしっかりと伝え、めざすべき目標を示していくことの大切さを実感しました。

挑むことは怖いときもあります。それでも、挑戦をその人のできる範囲にとどめておく限り、その人の成長はその範囲にとどまってしまう。リスクがあるならそれも示したうえで、本人に変化しなくてはならないと伝えることで潜在的な能力を引き出すことができると思うのです。挑むきっかけとなる上の目標をセットすることはトップとして大切だと思っています。

自分では思ってもみなかった力を発揮できそうな期待が湧いてきます。最後に研究者、技術者の皆さんやお客さまやパートナーの皆さんへ一言お願いいたします。

渡した仕事思った以上に重くなってしまう、あるいは軽すぎることもあります。また、負荷がかかりすぎて仕事を渡された人が想定外の行動をとる、サポートの有無等、その人自身の特性や取り巻く環境の影響は仕事を渡した時点では予測のたたないこともあります。しかも、それは十人十色、千差万別です。だからこそ、言い渡して終わりにするのではなく、状況を見て、必要に応じて環境を整えることもトップの仕事だと思っています。他の仕事もそうですが、

しつこく追う、環境の調整を疎かにしないことが大事です。

ソーシャルイノベーション企業としてチャレンジしていこうとすると、今の私たちの技術では担えないこともあります。私は研究所やグループ各社の力を結集して、持続可能な世の中を実現したいと思っています。私たちは社会の役に立つ、お客さまに一番近い企業をめざしていきますので、ぜひ力をお貸しいただきたいと思っています。

私たちのお客さまには、直接のお客さまに加えて、回線の卸先の事業者や接続事業者等とさまざまなお客さまがいらっしゃいます。こうした方々のご要望を真摯に受け止めておこたえていくとともに、現段階で、おこたえていけないサービスについては、コストを勘案し、品質の改善や新技術の導入等により、適切なサービスとしてつくり上げていきたいと考えています。お客さまの声をしっかり伺える企業をめざしていきたいと考えています。よろしくお願いいたします。

(インタビュー：外川智恵/撮影：大野真也)

インタビューを終えて

昼食時も執務室でお弁当を召し上がりながら仕事に向き合うという星野副社長。インタビュー当日も直前まで会議に出席されていたりしていました。インタビュー中、膝におかれた両手は固く握られ、言葉の1つひとつを丁寧に届けてくださいます。そんな副社長を社員の方々は「どんなに苦しい状況でも前を向かせてくださる方です」と評されました。また、「人間味あふれる方」と評される星野副社長のあたたかさを実感したのは東日本大震災の災害対策時のエピソードをお話しされたときのこと。「被災現地入りしたときは真っ暗でした。その間

にポツンと自家発電で灯したオレンジ色の裸電球が見えました。社員や協力会社の皆さんが復旧作業をしていたのです。…使命感を感じました。(NTT東日本で)仕事をしてよかったと…」それまで、明瞭にお話されていた星野副社長が言葉に詰まってしまったのです。「まいったなあ」とうつむかれるお姿に思わずもらい泣きをいたしました。一呼吸おいて、「社会の求めていることが腹に落ちればもっといける(できる)という確信が私にはあります」と星野副社長。この言葉にご自身の使命を全うしようとなさる決意と社会貢献に臨まれる心強さを感じたひと時でした。





世界中が熱い! 半導体政策・動向を紐解く ー前編ー

本稿では、近年、急速に進展する社会経済のデジタル化を支える基盤製品であり、また経済安全保障の観点からも重要な戦略物資となっている半導体について、その業界構造や製造工程、ビジネスモデルについて解説します。そのうえで、半導体の製造能力強化に向けた主要各国の産業政策の直近動向、および先端半導体の製造に向けた技術トレンドを展望します。

デジタル社会基盤へと変貌する半導体

ここ最近、「半導体」という用語が世の中のキーワードとなっています。従来、半導体は工業製品や家電製品などに組み込まれている1つの部材としてとらえられてきました。ところが、近年では私たちの社会生活や、あらゆる業界ビジネスを支える基盤製品としての意味を持つように変貌しています。

例えば、自動車業界では、2021年初頭、半導体をめぐる米中対立などの地政学的要因や、新型コロナウイルス感染症の拡大によるサプライチェーンの寸断などを契機に、世界的な半導体不足が引き起こされ、自動車の生産ラインが滞ったり、新車の納期が大幅に遅延したりするなど、私たちの実生活も大きな影響を被りました。

自動車などの製造業界に限らず、小売、流通、交通業界などのあらゆる業界において、ビジネス業務のデジタル化・デジタルトランスフォーメーション(DX)化が喫緊の課題となる中、近年では、AI(人工知能)や、スーパーコンピュータ、ロボットなどの新たな機械や先端テクノロジーの導入・活用が、ビジネス競争力を左右する時代となっていますが、それらのロボットや先端テクノロジーを支える基盤となっているのも半導体です。半導体がなければ、接客ロボットなどのロボティクス技術や、AIを活用した高度なデータ解析を活用したビジネス展開を行うことも不可能です。さらに最近では、現実世界と仮想世界とが融合したデジタルツインやメタバースにも注目が集まっていますが、それらの社会実装を背後

から支えるのも半導体です。

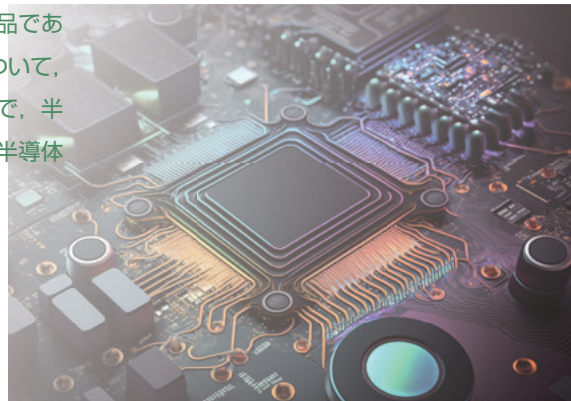
このように近年、半導体は、単なる工業製品の部材ではなく、あらゆる業界のビジネス活動を行う際の必要不可欠な基盤製品としての意味を持つようになっており、半導体業界の動向が、あらゆる業界ビジネスに多大なる影響を及ぼす時代となっています。

国家安全保障上の戦略物資としての半導体

半導体が21世紀の社会生活や、あらゆるビジネス業務において不可欠な基盤製品となる中、国家安全保障の観点からも、重要な戦略物資としてとらえられるようになっています。

とりわけ、半導体をめぐる米中対立が激化しており、2015年に中国が半導体などの産業政策「中国製造2025」を公表して以来、米国は、事実上の禁輸措置を科す貿易上の取引制限リスト(エンティティ・リスト)に中国の半導体関連企業を追加してきました。2018年に中国の半導体メモリのDRAM(Dynamic Random Access Memory)メーカーである福建省晋華集成电路(JHICC)をエンティティリストに追加したことを皮切りに、2019年には華為技術(ファーウェイ)、2020年には半導体受託生産の中芯国際集成电路製造(SMIC)も同リストに追加しています。

さらに米国は、2022年10月、スーパーコンピュータやAIに使われるおそれのある先端半導体や、その製造に必要な装置や技術についても、中国への輸出を事実上禁止にするという追加的な規制を導入



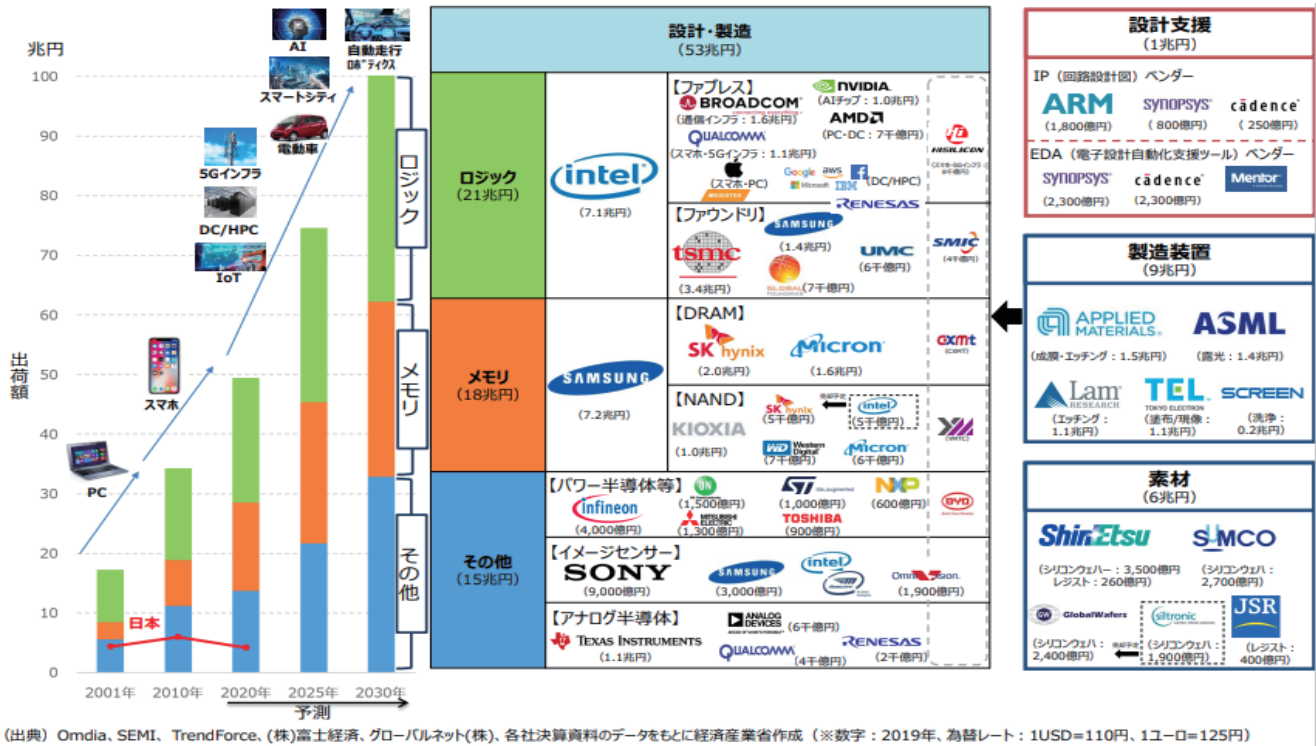
しました*1。

具体的には、中国のスーパーコンピュータやAIに使われる可能性の高い米国製の先端半導体のみならず、半導体の部材や材料、設計ツール用のソフトウェアなども禁輸対象としたほか、(米国以外の)第3国を経由した中国への先端半導体輸出も事実上禁止するという規制を導入しました。この規制は中国に進出している外資系半導体メーカー(台湾のTSMC、韓国のサムスン電子、SKハイニックス)にも適用されています。

米国による対中半導体規制の強化に歩調を合わせ、日本も先端半導体の製造装置などの23品目を、輸出管理の対象に追加する方針を示すなど、先端半導体の製造装置の輸出規制に踏み出しています。さらに、オランダも規制品目を増やす方針を明らかにしており、2023年夏前にも導入する構えです。

このように、米国は、対中半導体規制を継続的に強化し、対中包囲網を張り巡らせていますが、その理由は、米国が軍事技術に転用されるおそれのある先端半導体の技

*1 米国の2022年対中半導体規制の原文は、"Implementation of Additional Export Controls: Certain Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items; Supercomputer and Semiconductor End Use; Entity List Modification", FEDERAL REGISTER, The Daily Journal of the United States Government. 本規制の詳細な解説については、湯之上『半導体有事』、文藝春秋、2023年を参照。



出典：経済産業省資料 (https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0001/05.pdf)

図1 世界の半導体市場と主要なプレイヤー

術を、中国が蓄積することなどを警戒し、国家安全保障の観点からも非常に重要な戦略物資としてとらえているからです。

半導体市場の規模とビジネス構造

半導体がデジタル社会やあらゆる業界ビジネスを支える基盤製品になっていること、また国家安全保障の観点からも重要な戦略物資となっていることを述べましたが、ここからは半導体業界のエコシステムや、市場規模、ビジネスモデルについて概説します。

■半導体市場のエコシステム

半導体市場のエコシステムは、実際に半導体を製造する半導体メーカーのほかに、さまざまな関連企業（半導体関連企業）によって形成されています。半導体メーカーについては後述しますので、最終製品としての半導体が、どのような半導体関連企業の協力のもとで製造されているのかをみてみましょう（図1）。

代表的な半導体関連企業としては、「設計支援メーカー」「半導体製造装置メーカー」

「素材メーカー」が挙げられます。

「設計支援メーカー」は、半導体メーカーに対して、回路設計データ（IP：Intellectual Property）や、電子設計自動化支援ツール（EDA：Electronic Design Automation）などの半導体の設計を支援するためのソリューションを提供するメーカーです。代表的な設計支援メーカーには、アーム（英国）、シノプシス（米国）、ケイデンス・デザイン・システム（米国）などがあります。

「半導体製造装置メーカー」は、半導体を製造するための装置を提供するメーカーで、代表的な製造装置メーカーには、アプライドマテリアルズ（米国）、ラムリサーチ（米国）、ASML（オランダ）、東京エレクトロン（日本）などがあります。

「素材メーカー」は、シリコンウエハなどの半導体向けの材料を提供するメーカーで、代表的な素材メーカーには、信越化学工業（日本）、SUMCO（日本）などがあります。日本はこの素材分野で相対的に高い世界シェアを持っています。

このように、半導体業界のエコシステムは、半導体メーカーのほか、（半導体メー

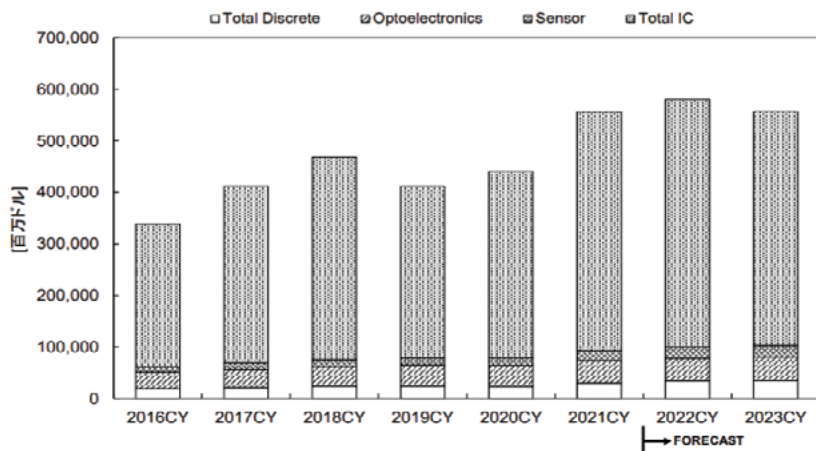
カーに対して）半導体を製造するための製造装置や素材などを提供する半導体関連企業によって形成されています。

■半導体市場の市場規模

次に、グローバルレベルにおける半導体市場の規模感についてみてみましょう。

半導体は、「ディスクリート」（ダイオード、トランジスタなど）、「オプト」（表示器、イメージセンサなど）、「センサ」、「集積回路（IC：Integrated Circuit）」の4種類に分類されます。このうち、ICは、さらに、電気、音、光、温度、圧力などを処理する「アナログ半導体」、コンピュータ内で基本的な演算処理を行う「マイクロ半導体」（MPU、MCUなど）、制御や加工、それを実現する専用の演算処理などを行う「ロジック半導体」（GPU、FPGAなど）、データを保存する「メモリ」（DRAM、NANDなど）の4つに細分類されます。

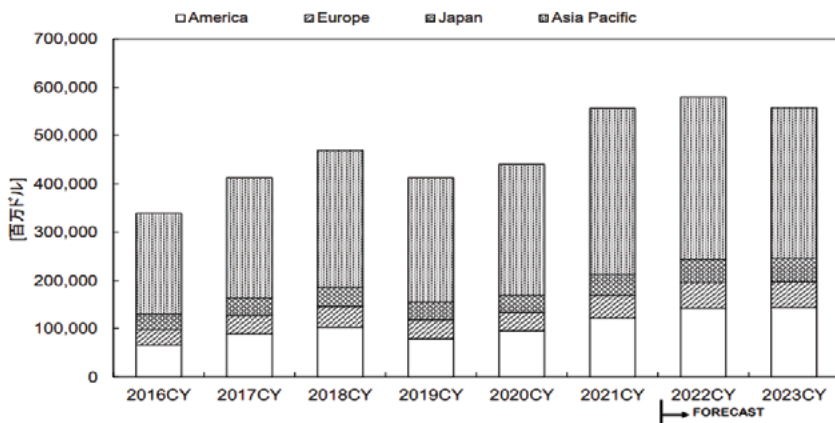
世界半導体市場統計（WSTS:WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS）によると、世界半導体市場の市場規模（ディクリート、オプト、センサ、ICの合計、出荷額ベース）は、2021年時点で、約5559億ドルとなっています（図2）。



	2016CY	2017CY	2018CY	2019CY	2020CY	2021CY	2022CY	2023CY
Total Semiconductor(M\$)	338,931	412,221	468,778	412,307	440,389	555,893	580,126	556,568
Total Discrete	19,419	21,661	24,102	23,881	23,804	30,337	34,098	35,060
Optoelectronics	31,994	34,813	38,032	41,561	40,397	43,404	43,777	45,381
Sensor	10,821	12,571	13,356	13,511	14,962	19,149	22,262	23,086
Total IC	276,698	343,186	393,288	333,354	361,226	463,002	479,988	453,041

出典: WSTS日本協議会資料 (<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/wsts/docs/20221129WSTS.pdf>)

図2 半導体市場の市場規模 (製品別)



	2016CY	2017CY	2018CY	2019CY	2020CY	2021CY	2022CY	2023CY
Worldwide(M\$)	338,931	412,221	468,778	412,307	440,389	555,893	580,126	556,568
America	65,537	88,494	102,997	78,619	95,366	121,481	142,138	143,278
Europe	32,707	38,311	42,957	39,816	37,520	47,757	53,774	54,006
Japan	32,292	36,595	39,951	35,993	36,471	43,687	48,064	48,280
Asia Pacific	208,395	248,821	282,863	257,879	271,032	342,967	336,151	311,005
Japan(円ベース) 億円	35,068	41,041	44,126	39,187	38,934	48,038	62,785	66,684

出典: WSTS日本協議会資料 (<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/wsts/docs/20221129WSTS.pdf>)

図3 半導体市場の市場規模 (国別)

国別にみると、(日本を除く)アジア・太平洋地域が3430億ドル、米国が1215億ドル、欧州が476億ドル、日本が437億ドルで、米国とアジア・太平洋地域が世界の半導体市場をけん引していることがみてとれます(図3)。

また、世界半導体市場統計によると、製

品別では、2021年時点で、IC半導体の市場規模は4630億ドル(図2)で、内訳は、ロジック半導体が1548億ドル、メモリが1539億ドル、マイクロ半導体が802億ドル、アナログ半導体が741億ドルとなっており、ロジック半導体とメモリがIC半導体で大きなウエイトを占めています。

■半導体の製造工程とビジネスモデル

半導体は、「設計」「前工程」「後工程」の3段階を経て製造されます。具体的には、ロジック半導体を例にとると、まずファブレスと呼ばれる半導体メーカーが、つくりたい製品に合わせて半導体を設計します。ファブレスメーカーは、自社では製造工場を持たずに設計のみを行い、製造は他社に委託しています。代表的なメーカーとしては、BROADCOM(米国)、NVIDIA(米国)、AMD(米国)が挙げられます。

その次は、ファブレスが設計した設計データを基に、シリコンウエハ上に半導体を複数つくり込みます。これが「前工程」と呼ばれる工程です。この前工程に特化して専門に行っている半導体メーカーのことを、半導体受託生産メーカー(ファウンドリ)と呼びます。TSMC、サムスン電子、UMC(台湾)、グローバルファウンドリーズ(米国)、SMIC(中国)などが代表的なメーカーで、現代の半導体製造工程におけるもっとも重要なプレイヤーといえます。

前工程でシリコンウエハ上に半導体が形成された後は、ウエハを切断してチップにしたうえで、研磨(グラインディング)やパッケージング、動作テストなどを行う「後工程」に移ります。この後工程を専門に行う半導体メーカーを、アセンブリメーカー、またはOSAT(Outsourced Semiconductor Assembly and Test)と呼びます。ASE(台湾)、Amkor(米国)などがOSATの主要プレイヤーです。

このように、半導体は、ファブレスによる「設計」、ファウンドリによる「前工程」、アセンブリメーカー(OSAT)による「後工程」の3工程でつくられますが、この3つの製造工程のうち、どの部分をどの程度、自社内で完結させるのかに応じて、半導体製造のビジネスモデルは、垂直統合型(IDM: Integrated Device Manufacturer)と、水平分業型に分類されます(図4)。

IDMは、半導体の3つの製造工程のすべてを自社内で手掛ける方式です。代表的企業には、米国のインテルや韓国のサムスン電子のほか、キオクシアなどの日本のメモリメーカーもほとんどがIDMです。IDMは、半導体の研究開発や製造に関する知的所有権やノウハウを自社内に留保できることや、代替製品が開発されるまでは、ほぼ1社の

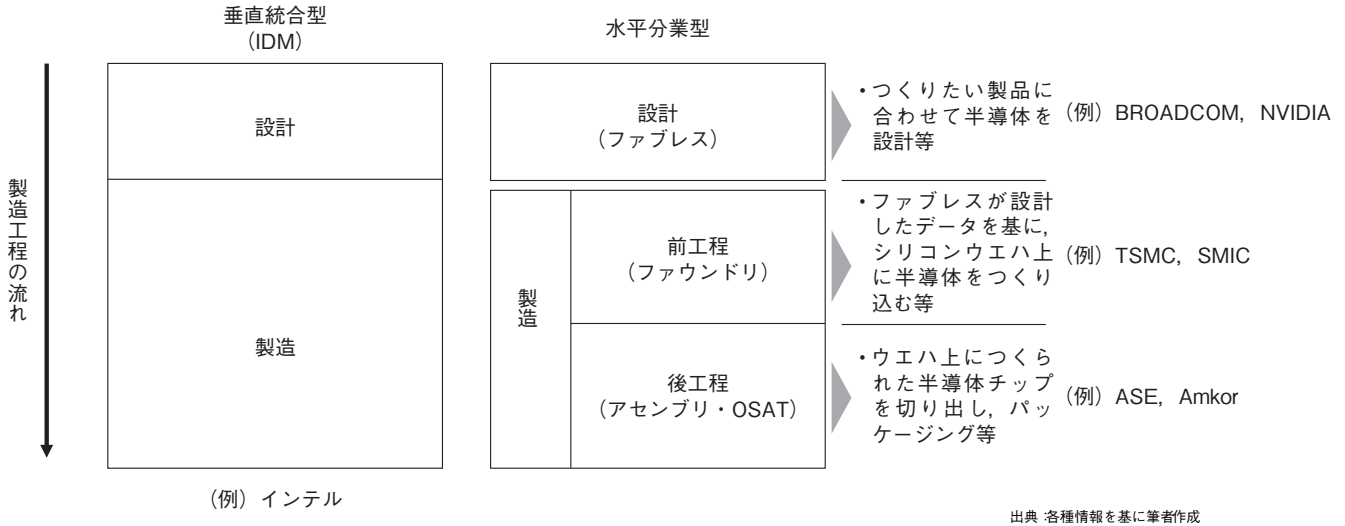


図4 半導体の製造工程

独占状態となり企業の安定的な利益が見込めるなどのメリットがある一方、設備投資や運用維持などに多大な費用が必要となることや、景気変動による影響を受けやすいなどのデメリットがあります。

他方、水平分業型は、それぞれの工程を専門とするメーカーが独立して生産工程を分業しながら半導体を製造していく方式です。

水平分業型は、各企業がそれぞれの工程に専業することで、企業の独自性が発揮されやすくなることや、市場ニーズの変化に対応しやすくスケールメリットを享受しやすいというメリットがある反面、他企業とのビジネス連携や技術連携などの交渉コストも必要になるというデメリットがあります。従来、日本の半導体メーカーは垂直統合型モデルを中心にグローバル市場において高いシェアを獲得してきましたが、世界的に半導体のビジネスモデルが垂直統合型から水平分業型へとシフトしたことで、グローバル市場における日本の半導体メーカーの存在感が急速に低下しました^{*2}。

実際に、それぞれの製造工程における世界

* 2 Gartnerが公表している半導体メーカーの世界上位10社ランキングをみると、1990年には上位10社中に6社の日本企業（NEC、東芝、日立、富士通、三菱電機、松下電器）がラインアップしていました。ところが、2020年になるとほとんどが海外メーカーで占められ、日本企業としてランクインしたのはキオクシアのみとなっています。

表1 半導体の製造工程別世界シェア

	米国	台湾	欧州	日本	中国	韓国
半導体チップ（最終製品）	51%	6%	10%	10%	5%	18%
設計ソフト	96%					
要素回線ライセンス	52%		43%		2%	
半導体製造装置	46%		22%	31%		
ファウンドリ	10%	71%			7%	9%
製造後工程	19%	54%			24%	
ウエハ		17%	13%	57%		12%

出典：太田：“2030半導体の地政学”，日本経済新聞出版，p.26，図表1-2，2021。を基に筆者作成

シェアをみても、設計や半導体チップ（最終製品）のほとんどの分野で米国が覇権を握っていることがみてとれます。また、ファウンドリと製造後工程では、台湾のシェアが突出して大きくなっています。日本は半導体製造装置とウエハなどの素材分野で比較的高いシェアとなっていますが、それでも半導体製造装置では米国に負けている状況です（表1）。

半導体をめぐる国家戦略・政策動向

半導体がデジタル経済・社会を支える重要基盤となっていることや、国家安全保障の観点からも重要な戦略物資となっていることなどを踏まえ、世界各国において、国内での半導体の製造能力の構築・強化や、安定供給の確保に向けて、これまでになら

異次元の補助金政策などが推進されています（表2）。

海外諸国における国家戦略の動向

半導体市場で覇権を握っている米国では、現下の地政学的リスクを踏まえ、国内での半導体製造能力のさらなる強化に向けて大規模な補助金政策が導入されています。

米国では、バイデン大統領が2022年8月9日に、半導体の国内製造を促進する法律「CHIPS and Science Act」（CHIPS法）に署名しました。CHIPS法では、米国における半導体製造や研究開発に対して、527億ドル（約7兆円）に及ぶ補助金が拠出されることが盛り込まれ、2022～2027年度までの5年間、国内に半導体工場を誘致するための補助金として390億ドルが投じられることになっています。この補助金を活用して、これまでのところ、米国メーカーのインテル、マイクロソフのほか、TSMC、



表2 海外諸国における主な半導体関連政策

国・地域	主な動向
米国	<ul style="list-style-type: none"> 最大3000億円/件の補助金や「多国間半導体セキュリティ基金」設置等を含む国防授權法(NDAA2021)を可決。[2020年7月] バイデン大統領が、半導体の国内製造を促進する法律「CHIPS and Science Act」(CHIPS法)に署名。米国における半導体製造や研究開発に対して、527億ドル(約7兆円)に及ぶ補助金が拠出されることが盛り込まれ、2022~2027年度までの5年間、国内に半導体工場を誘致するための補助金として390億ドルを拠出。[2022年8月]
中国	<ul style="list-style-type: none"> 「国家集積回路産業投資基金」を設定(2014年, 2019年)。半導体関連技術に対し、計5兆円を超える大規模投資。 これに加えて、地方政府レベルでも計5兆円を超える半導体産業向けの基金が存在(合計10兆円超)。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> 2030年に向けたデジタル戦略(「2030 Digital Compass」)を公表。デジタル移行(ロジック半導体, HPC・量子コンピュータ, 量子通信インフラ等)に1345億€(約17.5兆円)投資等。[2021年3月] 半導体の域内生産拡大に向けた支援策を盛り込んだ「欧州半導体法案」に合意。同法案では、官民で430億ユーロ(約6兆3000億円)を投じ、域内の半導体産業に対する財政支援や、有力ファウンドリの国内誘致などを実施方針。[2023年4月]
台湾	<ul style="list-style-type: none"> 台湾への投資回帰を促す補助金等の優遇策を始動。ハイテク分野を中心に累計で2.7兆円の投資申請を受理。[2019年1月] 半導体分野に、2020~2021年に計300億円の補助金を投入する計画を発表。[2020年7月]
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 「AI半導体」の技術開発投資に1000億円を計上。[2019年12月] 半導体を含む素材・部品・装置産業の技術開発に2022年までに5000億円以上を集中投資する計画を発表。[2020年7月] 総合半導体大国実現のための「K-半導体戦略」を策定。[2021年5月] 「半導体超強大国達成戦略」(達成戦略)を発表。半導体産業団地の拡大に向け、2026年までの5年間で340兆ウォン(約35兆3600億円)の投資を計画。[2022年7月]

出典：経済産業省資料等、各種情報を基に筆者作成

サムスン電子の海外メーカーも、米国に先端半導体の工場を建設することを表明しており、すでに一部は建設が始まっています。また、同法には、補助金を受け取った企業が10年間、中国に投資しないと米政府に確約する条項が取り入れられており、中国への対抗姿勢がみてとれます。米国が大規模な補助金を拠出してファウンドリの国内誘致を進める背景には、半導体をめぐる国家間競争が激化する中、アジア諸国などへの依存度が高く、ミッシングピースとなっているファウンドリ分野を自国内で強化しつつ、半導体の設計から製造までのすべての工程を自国内で完結させ、米国内での半導体の製造能力を強化しようとするねらいがあるからです。

欧州連合(EU)は、2023年4月18日、半導体の域内生産拡大に向けた支援策を盛り込んだ「欧州半導体法案」に合意したと発表しました。同法案では、官民で430億ユーロ(約6兆3000億円)を投じ、域内の半導体産業に対する財政支援や、有力ファウンドリの国内誘致などを実施することで、現状10%程度である半導体の域内生産の世界シェアを2030年までに倍増させ、少なくとも20%をめざすとしています。

中国では、中央政府が2014年から基金を設置し、半導体関連技術へ合計5兆円を超える大規模な投資を行っているほか、地方政府レベルでも、合計5兆円を超える半導

体産業向けの基金が設けられています。

韓国は、2022年7月21日「半導体超強大国達成戦略」(達成戦略)を発表しました。達成戦略では、半導体産業団地の拡大に向け、2026年までの5年間で340兆ウォン(約35兆3600億円)の投資が計画されています。半導体開発分野では、パワー半導体技術の高度化に4500億ウォン、車載半導体に5000億ウォン、AI半導体に1兆2500億ウォンを投じ、2030年のシステム半導体の市場シェアを現在の3%から10%まで引き上げる方針が掲げられています。

このように海外諸国においては、国内の半導体メーカーに対する大規模な財政支援や、海外ファウンドリの国内誘致に向けた大規模な施策が矢継ぎ早に実施されており、半導体の製造能力の強化に向けた動きが活発化しています。

■日本における国家戦略の動向

日本においても、2021年6月に経済産業省が「半導体・デジタル産業戦略」を策定しました。同戦略においては、①海外の先端ファウンドリの国内誘致や、②先端ロジック半導体の量産化を見据えた国内の量産製造拠点の立ち上げ、③研究開発拠点の立ち上げなどの施策が掲げられています。

このうち、①海外の先端ファウンドリの国内誘致については、2021年10月にTSMCが、日本国内で初めてとなる新工場を建設し、2024年の稼働開始をめざす方針を発表

しました。TSMCの半導体工場は、熊本県内にソニーグループ、デンソーと共同で建設し、画像センサ用の半導体や車載用半導体などを生産する予定となっています。

②先端ロジック半導体の量産化を見据えた国内の量産製造拠点については、2022年に8月に、次世代半導体の国産化を見据え、トヨタ自動車、デンソー、ソニーグループ、NTT、NEC、ソフトバンク、キオクシア、三菱UFJ銀行の8社の出資と、国の支援を受けた新会社Rapidus(ラピダス)が設立されました。ラピダスは、ベルギーの研究開発機関「imec(アイメック)」と米国のIBMとの技術提携をしつつ、スーパーコンピュータなどに使われる2nm(nは10億分の1)の線幅の次世代半導体の生産拠点を設立し、2020年代後半の量産化を予定しています。この計画に対し、日本政府はすでに、工場建設地の選定やimecとの連携合意を促進のために、ラピダスに対して700億円の支援を実施していますが、それに加え、2023年4月、具体的な開発基盤の整備のために、新たに2600億円を追加支援する旨を発表しました。この追加支援措置により、ラピダスへの支援額は累計で3300億円となります。

③研究開発拠点の立ち上げについては、先端半導体の設計、製造装置、素材といった要素技術にかかわるオープンな研究開発拠点「日本版NSTC(米国立半導体技術セ

ンター)」である「技術研究組合最先端半導体技術センター」(LSTC: Leading-edge Semiconductor Technology Center)が、2022年12月に立ち上げられています。なお、LSTCでの研究開発にはラピダスも参画し、国内外の研究機関や企業などとの連携も掲げられており、今後、LSTCとラピダスの2本柱で先端半導体の開発と生産を進め、日本の半導体産業の再復活をめざしていく方針です。

さらに、経済安全保障の観点からも、外国為替及び外国貿易法(外為法)に基づく輸出管理に加え、経済安全保障推進法に基づき、国民の生存に必要不可欠であり、広く国民生活・経済活動が依拠している重要な物資である「特定重要物資」として半導体が指定され、半導体サプライチェーンの強靱化に向けた措置が講じられています。また、経済安全保障上の国際戦略としては、世界の半導体エコシステムを支えるうえでのチョークポイントとなる日本の素材・製造装置技術の磨き上げや、海外諸国・地域との連携による半導体サプライチェーンに関する情報共有、研究開発に関する国際連携などの産業政策の協調の推進が掲げられています。

次世代半導体の技術トレンド

ここ数年で、自動運転やロボティクス、スマートシティなど、あらゆる業界ビジネスにおいて、自動化やデジタル化を見据えた動きが加速しています。同時に、世の中に流通・蓄積されるデータ量も飛躍的に増加しており、半導体にもより高度な計算・情報処理能力が求められるようになっていきます。

また、我が国においても、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」の実現が掲げられており、半導体においても省エネ化・グリーン化への対応は必要不可欠となって

います。

ここでは、半導体の計算・情報処理の能力の高度化や、省エネ化・グリーン化などの諸課題の解決に向けた最先端の技術の事例を3点紹介します。

まず第1は、半導体の微細化技術の革新です。半導体の分類の1つであるICはトランジスタ(電気の流れをコントロールする部品)を集積して電子回路を形成したのですが、回路の線幅が細くなるほどに処理速度や電力効率が上がり高性能化するという特徴があります。したがって、例えばスーパーコンピュータや、自動運転といった、より高速な演算処理が必要とされる技術を社会実装する場合には、それらの基盤となる半導体を微細加工する必要があります。半導体業界においては、半導体チップに搭載するトランジスタの集積度が2年で倍増するという「ムーアの法則」がよく知られていますが、半導体の微細加工をめぐっては、半導体メーカー間で激しい開発競争が繰り広げられています。現在、量産段階にある最先端品の回路線幅は3nmで、TSMCやサムスン電子が量産技術を確立しています。とりわけ線幅が7nmの以降のロジック半導体の微細加工技術については、TSMCが同半導体の90%以上を占めており、微細化の最先端を独走しています*3。直近では、次世代品開発の主戦場は2ナノ半導体に移っており、ラピダスも、2027年までに2nmの先端半導体を量産する計画を掲げています*4。

第2のトレンドは、「AI半導体チップ」です。AI半導体チップは、現在のAIの主流である機械学習やディープラーニングで行われる演算処理を高速化できるように設計された半導体チップで、膨大な量のデータ処理に対応でき、高速でかつ消費電力の少ない半導体チップです。「AI半導体チップ」は、データセンタやスマートフォン、自動車などの処理能力向上と消費電力低減への貢献が期待されています。我が国においても、東京大学と産業技術総合研究所が、2023年4月に、中小企業やベンチャーのAI半導体開発を支援する「AIチップ設計拠点」を本格稼働させています。

現在、さまざまな領域でAIの導入が進む中、AIの性能を最大限に発揮できる「AI半導体チップ」の開発競争が加速しており、

GAFA〔Google, Apple, Meta(旧Facebook), Amazon)や、NVIDIAなどの大手テック企業が続々と開発に乗り出しています。

第3のトレンドは、NTTが研究開発を行っている「光電融合」です。通常の半導体では、電子回路が、計算処理や、情報のやり取りを担っていますが、光電融合は、電子によるデータ処理と「光」による通信伝送をそれぞれ担う機能を接合させる世界初の先端技術です。

この光電融合技術を半導体に適用したものが「光の半導体」(正式には光電融合デバイス)で、「光の半導体」では、通常の半導体と比べて、飛躍的に高速かつ低消費電力な処理を行うことが可能になります。「光の半導体」については、2026年3月には半導体と半導体の間、2031年3月には半導体内部の情報処理に光を活用するロードマップが描かれています。

超高速・低消費電力な「光の半導体」の登場によって、現在よりもクリーンで計算能力の高いデータセンタの構築が可能となることや、電気自動車(EV)や家電など身近な製品にも組み込まれることで、グローバル課題ともいえる、脱炭素やカーボンニュートラルの実現への貢献が期待されています。

このように、直近では、世界各国において、半導体の処理能力の高度化や、省エネ化に向けた次世代半導体技術をめぐる熾烈な開発競争が行われています。

参考文献

- (1) 太田:「2030半導体の地政学」, 日本経済新聞出版, 2021.
- (2) 経済産業省:「半導体・デジタル産業戦略(概要)」, 2021.
- (3) 湯之上:「半導体有事」, 文藝春秋, 2023.
- (4) 牧本:「日本半導体復権への道」, ちくま新書, 2022.



株式会社 情報通信総合研究所
ICTリサーチ・コンサルティング部
IOWN推進室
主任研究員 山崎将太

* 3 TSMCは、2020年から世界最先端の5nmの半導体の量産を開始し、2022年には3nmの量産を立ち上げています。さらに2025年には2nmの量産を行う計画です。

* 4 日本が現在、国内で製造できる半導体は、40ナノ世代までの半導体です。

APN IOWN1.0 サービス開始

本特集では、IOWN(Innovative Optical and Wireless Network)構想におけるAPN(All-Photonics Network)の位置付けや、IOWNサービス第一弾であるAPN IOWN1.0が提供する価値、ユースケース、社会実装に向けた実証、および遅延の見える化と調整を実現した遅延マネージドネットワーク技術等について紹介する。

APNサービス提供に向けた取り組み

18

2023年3月にサービス開始したAPN IOWN1.0について、IOWN構想における位置付けや提供価値、代表的なユースケース、サービス概要について紹介する。



超低遅延

IOWN

APN

リアルタイム遠隔制御

遅延マネージドネットワーク技術

NTT東日本におけるIOWN構想の実現に向けた取り組み — 21

NTT東日本がIOWNに取り組む意義やサービス提供に向けた「低遅延性」を活かした実証の取り組み、APN IOWN1.0の活用例について紹介するとともに、ユースケースの拡大に向けた取り組みや今後の展望について紹介する。

NTT西日本におけるAPNサービス提供に向けた取り組み — 24

NTT西日本におけるIOWN構想の具現化と地域社会の課題解決に対する具体的な取り組みの実例として、低消費電力・大容量通信・低遅延通信を可能とするAPNを用いた、さまざまなパートナーとの共創の取り組みについて紹介する。

APN IOWN1.0 を支える遅延マネージドネットワーク技術 — 28

APN IOWN1.0において付加価値を提供するために、通信遅延を自在に操る遅延マネージドネットワークというコンセプトを創出した。そのコンセプトを具現化する「OTN Anywhere」装置の開発について紹介する。



APNサービス提供に向けた取り組み

2023年3月、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) を構成する主要な技術分野の1つである、オールフォトンクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) のサービスをAPN IOWN1.0としてNTT東日本・西日本より提供開始しました。APN IOWN1.0は「超低遅延」の価値を提供するとともに、マイクロ秒単位の遅延可視化・調整を可能としています。本稿では、サービス開始したAPNのIOWN構想における位置付けや提供価値、代表的なユースケース、サービス概要について紹介します。

キーワード: #APN IOWN1.0, #超低遅延, #遅延可視化・調整

さいとう じゅんいちろう
齊藤 純一郎
ちやき ゆきこ
茶木 悠紀子

NTT技術企画部門

はじめに

2023年3月16日、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) オールフォトンクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) サービス第一弾として、NTT東日本・西日本からAPN IOWN1.0の提供を開始しました^{(1), (2)}。

APNは、IOWNを構成する主要な技術分野の1つとして、端末からネットワークまで、すべてにフォトンクス (光) ベースの技術を導入し、エンド・ツー・エンドでの光波長パスを提供する波長ネットワークにより、圧倒的な低消費電力、高品質・大容量、低遅延伝送をめざすものです。

これにより、通信量のさらなる増大やネットワークの複雑化、輻輳などによる遅延の増加といったネットワークの課題、データセンタの電力消費量の増加といったエネルギー消費の課題解決に加え、ライフスタイルの変容に対応したリアルとオンラインの融合など、新たな体験・価値の提供を実現します。

2030年の実現をめざすIOWN構想です

が、現段階で実装可能な技術・製品の組合せにより超低遅延の価値提供が可能と判断し、2030年に先駆け、2023年3月のサービス提供をターゲットに検討を進めてきました。また、早期にサービスを提供することにより、お客さまとの新たなユースケースの創造や価値創出も加速すると考えました。

APNの早期サービス化は、NTT東日本・西日本が中心となり、IOWN関連技術の事業化をミッションとするNTT技術企画部門 (技術革新推進室)、IOWN関連技術の研究開発を推進するNTT研究企画部門 (IOWN推進室)、またIOWN APN関連技術の研究やプロダクトを開発するNTT研究所 (NTT IOWNプロダクトデザインセンタ、NTT未来ねっと研究所、NTTネットワークイノベーションセンタ) が連携することで、APN IOWN1.0のサービス提供に至りました (表)。

APN IOWN1.0が提供する超低遅延

APNが掲げる3つの目標性能⁽³⁾のうち、APN IOWN1.0はエンド・ツー・エンド遅

延200分の1^{*1}を実現した「超低遅延」の価値を提供するとともに、NTT研究所技術を搭載したマイクロ秒単位の遅延可視化・調整が可能な端末装置「OTN Anywhere」を商品化しました。

2030年に向けたAPNの目標性能を下記に示します。

- ① 電力効率100倍: ネットワークから端末まで光のまま伝送する技術や、光電融合技術の実装による低消費電力の実現をめざします。
- ② 伝送容量125倍: マルチコアファイバなどの新たな光ファイバの活用や大容量トランシーバの実装、また大容量光伝送システム技術により実現をめざします。
- ③ エンド・ツー・エンド遅延200分の1: 情報を波長単位で伝送することにより、エンコード・圧縮処理等を不要とするなど、超低遅延の実現をめざします。

映像の送受信を例とすると、現在主流のIPネットワークでは、カメラで撮像した映像をIP等で伝送するためにエンコード・圧縮し、伝送した先で圧縮データを解凍・デコードしたうえでモニタへ投影する手順が一般的です。APNは、レイヤ1の高速な通信パスとしてOTN (Optical Transport Network) ^{*2}プロトコルを用い、エンド・ツー・エンドを光波長パスで専有し

表 APN IOWN1.0の検討体制

検討組織	役割
NTT東日本・西日本	設備導入・サービス提供
NTT技術企画部門	IOWN技術の事業化推進
NTT研究企画部門	IOWN技術の研究開発推進
NTT IOWNプロダクトデザインセンタ	IOWN技術のプロダクト化推進
NTT未来ねっと研究所	APN関連研究開発
NTTネットワークイノベーションセンタ	APN関連製品開発

*1 同一県内で圧縮処理が不要となる映像トラフィックでの遅延の目標値。

*2 国際標準化機関ITU-Tで規定される光伝達網に関する通信規格。

ています。これにより、途中の経路においてルータやスイッチによるパケット等のキューイングを削減でき、超低遅延かつ揺らぎのない通信を実現しています。また、大容量であることから、映像をエンコード・圧縮処理せずに伝送できるようになり、エンコード・圧縮処理による遅延や処理時間の変動による揺らぎを削減できます。加えて、低遅延カメラ・モニタ等を用いることで、システムトータルとしての超低遅延を実現することができます。

これら、APN IOWN1.0が実現する超低遅延の価値に加えて、NTT 研究所が開発した「OTN Anywhere」を接続することで、マイクロ秒単位の遅延可視化と調整が可能となります(図1)。これにより、複数拠点間の異なる遅延を合わせることが可能となり、eスポーツのような遠隔拠点間の公平性を求めるユースケースにおいて効能・価値を発揮することができます。

■手術支援ロボットを使った遠隔医療

現在、地方の外科医不足や専門医・指導医の都市部偏在などが課題となっており、遠隔医療分野への期待が高まっています。手術支援ロボットと遠隔地の操作者との間をAPNで接続することにより、低遅延かつ揺らぎなく情報を伝送することができ、安定したロボットの遠隔操作による高品質な遠隔手術支援が可能となります。加えて、医療従事者は遠隔においても、あたかも同

じ部屋にいるかのような環境が重要であり、APNを使った遠隔操作では患者さんの状態や手術室、また操作者の状況を8Kなどの高精細映像を見ながら手術ができる双方向性が特徴となります。遠隔医療支援の実現により、地域医療の発展をめざしています。

■スマートファクトリ

化学プラントや精密機器の製造工場など、広大な環境における多岐にわたる作業やメ

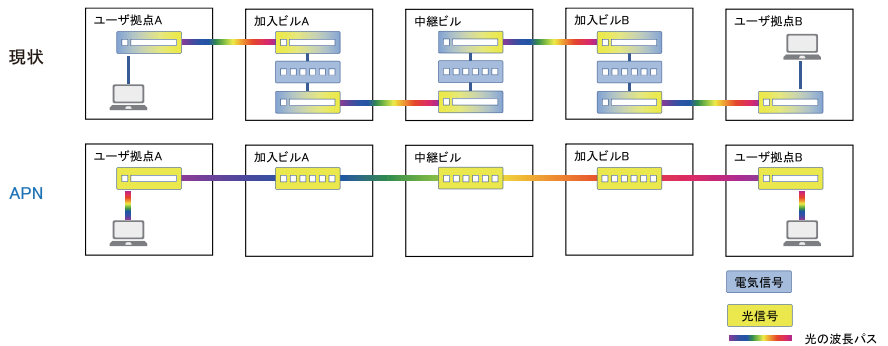


図1 超低遅延を実現するAPN

APN IOWN1.0のユースケース

APN IOWN1.0が提供する超低遅延の価値は、eスポーツだけでなく、医師が不足する地域における手術支援ロボットの遠隔操作や、広大な工場における機器・高所設備の遠隔操作、また放送業界における映像のリアルタイム伝送によるリモートプロダクションなど、これまでのネットワークでは実現困難であったユースケースを実現可能とします。

また、大容量かつ超低遅延なネットワークを実現したことにより、これまでオンプレミスで処理をしてきたさまざまな業務分野のアプリケーションをネットワーク越しに処理することで、従来の常識を覆すような課題解決に寄与できると考えています(図2)。

超低遅延の代表的な効用は、遠隔においても精緻な操作・作業が可能となることであり(図3)、これを発揮する代表的なユースケースをいくつか紹介します。

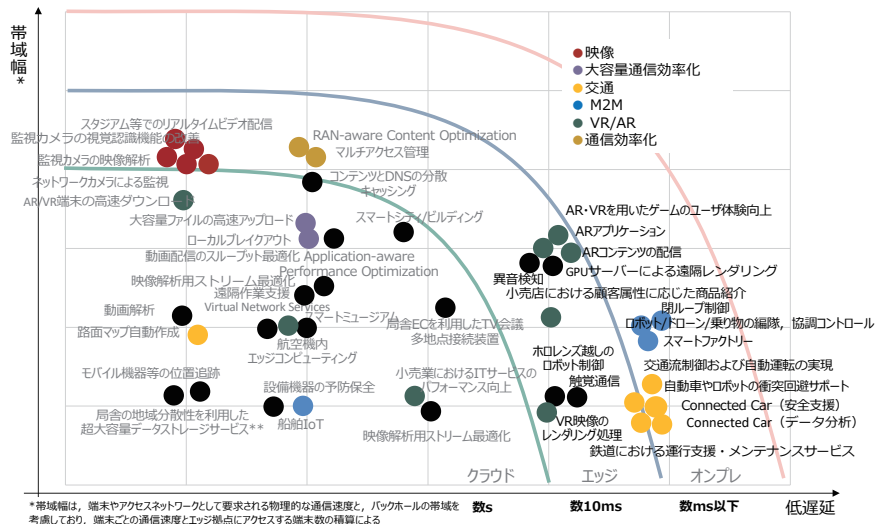


図2 低遅延の効用が期待される領域

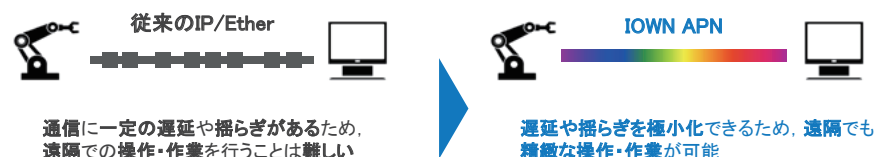


図3 超低遅延を活かしたイメージ



図4 APN IOWN1.0サービスの概要

メンテナンスについても、低遅延かつ揺らぎのないAPNを活用することで遠隔操作等が可能となります。遠隔から、高所や防爆エリアでの設備確認やバルブの微調整などの細かい作業を実施することで、スキル者の集約や危険度の高い作業を安全に行うことが可能となります。また、複数の拠点で機械やシステムをIoT (Internet of Things) 化し、APNで接続し連携させることで、遠隔での一元的な出荷品の検品自動化など、製造ラインの自動化が可能となります。

■リモートプロダクション

放送業界では、新たなライブ番組制作の手法として、中継現場から番組作成拠点等へ撮影映像をリアルタイムに伝送し、遠隔地で番組制作を行うリモートプロダクションが注目されています。大容量・低遅延回線であるAPNを用いて中継現場と番組制作拠点を接続することで、番組素材の非圧縮伝送が可能となります。通常は中継現場に機材を持ち込み、現地で番組を制作して各放送局へ配信していますが、リモートプロダクションによって各種機材や人員の現地配備を抑制することが可能となります。

これらユースケースに加え、データセンタ間を大容量・低遅延で結ぶことによる光ディスクアグリゲータッドコンピューティン

グ^{*3}の実現や、モバイルフロントホールへの適用によるBeyond 5G (第5世代移動通信システム) /6G (第6世代移動通信システム) の迅速なエリア化など、今後も他のIOWN技術との組合せやさらなるAPNの進化により、適用ユースケースを拡大していきます。

APN IOWN1.0の概要

APN IOWN1.0は、通信ネットワークの全区間で光波長を専有し、インタフェースに光伝送網の多重収容を実現するOTU4^{*2}を採用することで「高速・大容量」「低遅延・揺らぎゼロ」を実現しています。また、APN端末装置である「OTN Anywhere」と組み合わせることで、「遅延の可視化・調整」を実現しました(図4)。

(1) APN IOWN1.0の特徴

- ① 高速・大容量：Point to Pointの専有型100 Gbit/s回線
 - ② 低遅延・揺らぎゼロ：従来比200分の1の低遅延、揺らぎゼロ^{*4}、光波長専有により、他ユーザのトラフィックの影響ゼロ
- #### (2) 端末装置(「OTN Anywhere」)の特徴
- ① 光信号の受信・変換機能：お客さま装置等から10 GbE、100 GbEの信号を受信し、OTU4に変換し出力
 - ② 遅延の可視化・調整：拠点の遅延測定結果を「OTN Anywhere」のログとして出力し可視化、1マイクロ秒単位(8 μs~20 ms)での遅延調整

*3 コンピュータをネットワークで接続する従来のサーバオリエンテッドな概念に対し、CPUやメモリ等のコンピュータリソースを直接光で接続することで光の伝送特性を活かし、データセンタスケールの1つのコンピュータとして扱う概念。

*4 時分割多重方式(送信する時間を固定化して情報を区別)を採用することで、トラフィック状況による遅延やパケットロス抑制。

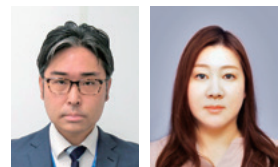
おわりに

APN IOWN1.0は、IOWNの第一弾サービスとして、サービス提供を開始しました。APNを早期に提供開始したことで、外部パートナーとの連携による新たなサービス創造や、お客さまとの新たなユースケース、価値創造が加速していくことを期待しています。

APNは、光電融合技術による低消費電力や、マルチコアファイバなどの新たな光ファイバを用いた大容量光伝送システム技術による高品質・大容量に向けた高度化を引き続き進めていくとともに、さまざまなお客さまからの要望におこたえしながら、新たな価値提供を進めていきます。

■参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230302_01.html
- (2) <https://www.ntt-west.co.jp/news/2303/230302a.html>
- (3) <https://www.rd.ntt/iown/0002.html>



(左から) 齊藤 純一郎 / 茶木 悠紀子

NTT技術企画部門はIOWN構想の実現に向け、事業会社とともにお客さまの声をお聞きしながらIOWN技術の事業化を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTT技術企画部門
技術革新推進室
E-mail giki-gikaku-p@ntt.com



NTT 東日本における IOWN 構想の実現に向けた取り組み

NTT東日本は、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けた初めての商用サービスとして、APN IOWN1.0を2023年3月16日から提供を開始しました。本稿では、NTT東日本がIOWNに取り組む意義やサービス提供に向けて「低遅延性」を活かした実証の取り組み、APN IOWN1.0の活用例について紹介するとともに、ユースケースの拡大に向けた取り組みや今後の展望についてお伝えします。

キーワード：#IOWN, #オールフォトンクス・ネットワーク, #低遅延

い が ら し た か ひ ろ

五十嵐 貴大

た き の ゆ う た

瀧野 祐太

NTT東日本

NTT東日本がIOWNに取り組む意義

NTT東日本グループでは、地域循環型社会の実現に向け、地域の未来を支えるソーシャルイノベーション企業をめざして、現場第一線で活動する社員の高い地域密着力とエンジニアリング力を活かし、さまざまな取り組みを開始しています。地域循環型社会とは、地域の持つ特色ある文化や多様性をICTやデジタル技術により拡張し、地域のトラフィックは地域で完結、エネルギーは地産地消、データは地域分散させることで、人口だけでなく経済活動や情報を都市集中から地域へ分散し、新たな産業や雇用を生み出す循環型の仕組みが整った社会です。

この社会の実現に向けた取り組みの1つが「REIWAプロジェクト⁽¹⁾」であり、これはNTT東日本グループがそれぞれ地域で保有するアセット（通信局舎・通信設備等）を最大限に活かし、地域のお客さまの課題解決につなげていくプロジェクトです。それぞれの地域に設置したエッジクラウド上で、データは安全なかたちで保管され、課題解決に資するさまざまなアプリケーションも展開、クラウド接続のためのアクセスサービスも充実させてNTT東日本グループがワンストップで提供します。

この地域を支える「REIWAプロジェクト」をさらに推進させるもの、それが「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)」であると私たちは考えています。地域のエッジクラウド間を低遅延、大容量

に接続可能なオールフォトンクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) で相互に接続し、あたかも一体であるかのようなシームレスなエコシステムを社会に実装していくことで、サステナブルな地域社会をめざしていきたい考えです。

これまでの実証の取り組み

IOWNの社会実装に向け、NTT東日本グループはIOWNの技術要素であるAPNの持つ低遅延性、大容量性を活用したユースケース創出の一例として、リモート協奏の実証を通じ、その実用性を検証してきました。

新型コロナウイルス感染症拡大に伴う社会情勢の変化によって、遠隔コミュニケーションへの心理的ハードルが下がり、コンサートのオンライン配信やリモートレッスンなど音楽の新しい共創・鑑賞形式が広がりをみせています。しかし、リモート協奏

(図1)の実現には、演出者どうしの音や動きによるコミュニケーションを低遅延かつ双方向で実現することが必要であることから、従来のインターネットを用いたネットワークでは困難とされてきました。

これらの課題に対して、APNの要素技術にかかわる、「低遅延伝送技術」に「低遅延映像処理技術⁽²⁾」を組み込むことによって解決をめざしたものが、これまでの一連の取り組みです。「低遅延伝送技術」とは、電気処理を主体とする通信装置（ルータ、レイヤ2スイッチなど）を使用せず、非IP方式のレイヤ1通信パスをエンド-エンドに設定することで物理的極限に迫る低遅延化を実現する技術です。「低遅延映像処理技術」とは、各拠点からの映像を縮小し、1つのモニタの画面を分割して表示させる処理について、伝送される映像を入力された順に画面配置を制御しながら表示することで、処理装置への映像入力から出力までの処理遅延を10ms程度以下で実現す

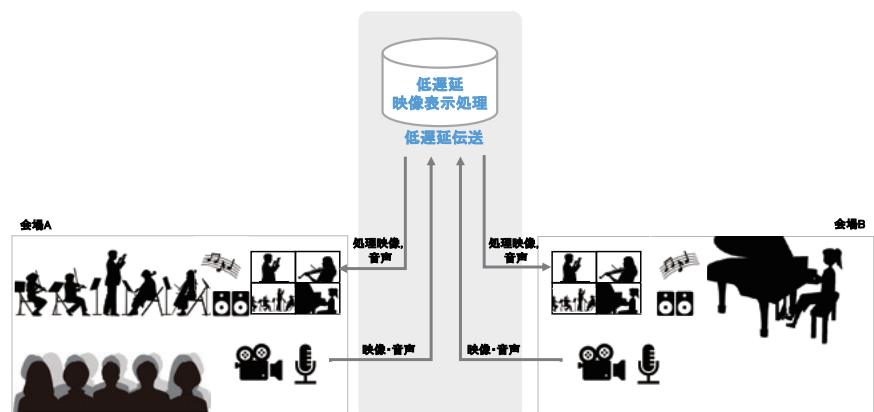


図1 リモート協奏の概念図

る技術です。

第一弾は、Bunkamuraオーチャードホール（東京都渋谷区）とNTTインターコミュニケーション・センター（東京都新宿区）をつなぎ、コンサート会場でのAPN関連技術を活用した2地点間協奏としては日本初となる「Innovation × Imagination 距離をこえて響きあう 未来の音楽会⁽³⁾」を2022年3月に開催しました。「低遅延伝送技術」と「低遅延映像処理技術」の技術を活用し通信の遅延を短縮することで、プロの演奏者でも違和感を感じずにリモート協奏が可能であることが検証できました。

第二弾は、2022年11月開催「第179回NTT東日本N響コンサート⁽⁴⁾」の中で、東京オペラシティ（東京都新宿区）とドルトン東京学園（東京都調布市）をつなぎ、演奏者の演奏と両会場の観客の手拍子を低遅延かつ双方向で配信を行う実証に取り組むことで、コンサートとしての一体感を醸成することに挑戦しました。アンコール曲である『ラデツキー行進曲』を、東京オペラシティにいるオーケストラとドルトン東京学園にいるスナードラマ奏者の演奏を双方向で伝送しリモート演奏を成立させました。さらに音楽に合わせ、両会場の観客に

よる手拍子を低遅延かつ双方向で配信することで、約10 km離れた会場が1つになったような新しい音楽共創・鑑賞体験を実現することができました。

第三弾は、多地点かつ遠距離での実現に向け、東京-大阪-神奈川-千葉の4拠点を接続した「Innovation × Imagination 距離をこえて響きあう 未来の音楽会Ⅱ⁽⁵⁾」を2023年2月に開催しました。東京と大阪では演奏者と観客、神奈川では演奏者、千葉では観客に参加いただき、地点間での双方向性のある音楽体験を提供するコンサートを開催し、将来的なAPN技術の社会実装を視野に入れ、オープン規格に則った機器の相互接続によるマルチベンダ構成でのネットワーク構成の実現性を検証しました（図2）。

このような実証を通じて、離れた会場どうしでも一体感を得られる新しいリモートコンサートが開催可能であることが確かめられました。今後は実証を通じて得られたデータ・知見を活用し、文化芸術領域における新しい共創・鑑賞モデルの1つとして、音楽公演やイベント会場、教育現場などにおける事業化を検討しています。

APN IOWN1.0を活用したユースケース創出に向けた取り組み

NTT東日本は、IOWN構想の実現に向けた初めての商用サービスとして、APN IOWN1.0を2023年3月16日から提供を開始しました。このAPN IOWN1.0は、同日販売を開始した端末装置「OTN Anywhere」と組み合わせることで、低遅延かつ遅延揺らぎのない通信の提供が可能であり、従来のサービスにはない遅延の可視化・調整機能が提供可能です。

この遅延に関する訴求点に対しては、従来eスポーツ分野や映像・音声のリアルタイム伝送での活用が有効とされてきたことから、NTTe-Sports主催によるイベント「Open New Gate for esports 2023 ~ IOWNが創るeスポーツのミライ〜⁽⁶⁾」を開催し、実演しました。

わずかな応答速度の違いで勝敗が決まるeスポーツにおいては、大会で活躍するにはプレイヤーの能力はもちろんのこと、プレイ環境も十分整っている必要があります。通信環境はプレイヤーがもっとも重視するプレイ環境の1つであり、実際、オンライン大会にて遅延等のプレイ環境懸念による大会参加見送りや参加を迷われた経験を持つプレイヤーは多く、プレイ環境が改善された場合は、オンライン大会に積極的に参加したいという意見も存在しています。

今回のイベントでは、これらプレイヤーが感じる遅延に対して、APN IOWN1.0を活用しMIYASHITA PARK（東京都渋谷区：ミヤシタ）とeXeFelid Akiba（東京都千代田区：アキバ）の2拠点をつなぎ、eスポーツのエキシビジョンマッチを行いました。ミヤシタ側にはPCを設置せず、アキバ側のPCをAPN IOWN1.0経由で遠隔操作し、アキバ側のPCもミヤシタ～アキバ間を伝送した場合と同等の遅延量を付加して操作をする構成（図3）とすることで、ミヤシタ～アキバ間の物理距離があっても、ミヤシタのプレイヤーとアキバのプレイヤーとで遅延差のないプレイ環境を実現しました。

また、映像・音声のリアルタイム伝送に関しては、NTTe-Sportsが力を入れている地域活性化、部活動の地域移行において

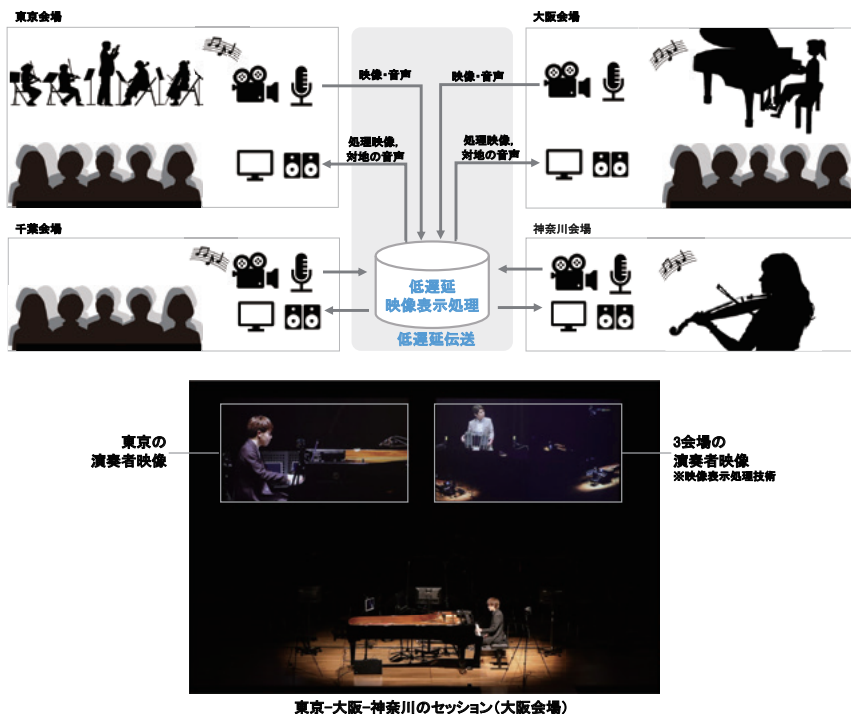


図2 「Innovation × Imagination 距離をこえて響きあう 未来の音楽会Ⅱ」概要

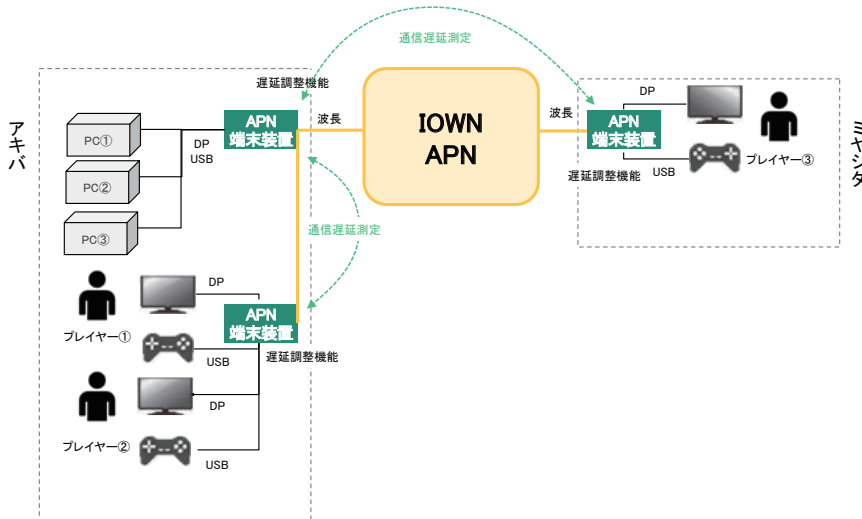


図3 ミヤシタ～アキバ間構成概要

4K/8Kの映像信号を圧縮・復元なく伝送可能

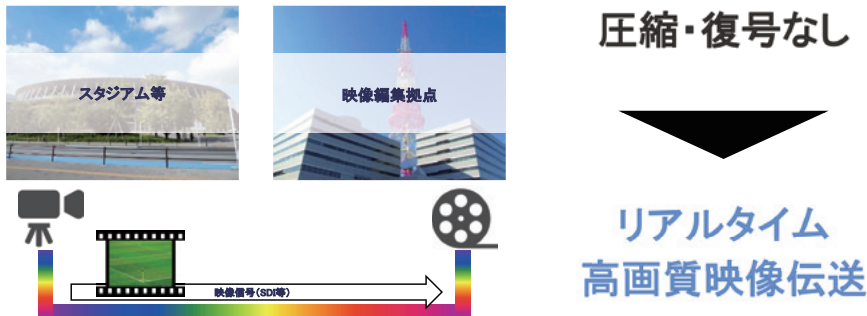


図4 リモートプロダクションへのAPNの活用

ニーズが高まっている遠隔ダンスレッスンの実演をしました。ミヤシタにいる生徒に対し、アキバにいるダンスコーチが遠隔でダンス指導を行い、アキバ側からコーチが流すBGMに合わせ、ミヤシタ側の生徒が問題なくダンスが可能か、を実演しました。

結果、eスポーツにおいても遠隔ダンスレッスンにおいても、参加したプレイヤー、コーチ、生徒のいずれからも、全く違和感がなかったとの評価があり、同じ場所にいるかのような感覚を体感いただけました。

この結果は、APN IOWN1.0の今後の活用の発展性を示すものであり、eスポーツ分野においては都市部・地方部をつないだ複数拠点での大会の開催やゲーミングPCを現地設置しないeスポーツ施設拡大の推進、映像・音声のリアルタイム伝送については、芸術やスポーツの分野での遠隔指導などに提供可能であると考えられます。

ユースケースのさらなる拡大に向けた取り組みと今後の展望

IOWN構想の実現に向けては、APN IOWN1.0を用いたユースケースのさらなる拡大を通じてプロモーションを図っていきます。

例えば、スポーツが開催されるスタジアムなどの中継先の現場から、遠隔地にある映像編集拠点に撮影した映像ソースを伝送したうえで映像のスイッチングなどを行う、リモートプロダクションの営みにも、APNを活かすことができます(図4)。撮影した映像ソースは容量が非常に大きく、撮影先で映像データを圧縮、変換したものを伝送して、受け取った映像編集拠点側で復号する必要がありましたが、APNではそういった圧縮、復号を行う必要がなくなります。これにより、リアルタイムでの高

画質映像伝送が可能となります。

また、課題となっているデータセンタの一極集中化による土地、電力の確保の問題を解消するため、中小規模のデータセンタをAPNで接続し、あたかも1つのデータセンタであるかのようにコンピュータを動作させることで、データセンタの分散化への貢献や、低遅延かつ揺らぎゼロの特徴を活かした、遠隔からの精密機械操作などにも適用可能性があります。

これらはほんの一例で、私たちが気が付いていない価値がAPN IOWN1.0にはまだまだ存在していると考えています。今回のサービスリリースを契機に、お客さまとともに、ユースケースのさらなる拡大に向けて取り組んでいきます。

参考文献

- (1) <https://business.ntt-east.co.jp/content/reiwa/>
- (2) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2022/03/04/220304a.html>
- (3) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20220324_02.html
- (4) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20221107_01.html
- (5) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20221222_01.html
- (6) https://www.ntt-east.co.jp/newsrelease_20230302.html



(左から) 五十嵐 貴大/ 瀧野 祐太

2023年3月、NTT東日本はIOWN構想の実現に向けた第一歩として、APN IOWN1.0をリリースいたしました。皆様とともに、APN IOWN1.0を活用した新しい価値を創出していきたく考えています。

◆問い合わせ先

NTT東日本
経営企画部 IOWN推進室
TEL 03-5359-6340
E-mail info-iown-ml@east.ntt.co.jp



NTT西日本における APNサービス提供に向けた取り組み

NTT西日本は、『「つなぐ」その先に「ひらく」あたらしい世界のトビラを』をパーパスとして掲げ、社会を取り巻く環境変化がもたらすさまざまな課題に対し、技術と知恵を磨き、新たな価値共創によって地域社会のさらなる発展に貢献することをめざしています。本稿ではNTTグループ全体で推進するIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けた取り組みとして、特にオールフォトニクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) に関して、ユースケースの創出およびAPN IOWN1.0としてのAPN商用サービスの提供に関する取り組みを紹介します。

キーワード: #光トランスポートネットワーク, #リアルタイム遠隔制御, #リモートライブ

はじめに

社会を取り巻く環境が大きく変化していく中において、NTT西日本は地域が抱えるさまざまな課題と向き合い、NTT西日本グループが持つネットワーク、サービス、ソリューションを活用し、地域のお客さまやパートナーの皆様との共創を通じて、地域の活性化や新たな価値の創造に貢献することをめざしています。

しかし、少子高齢化の進展による地域産業の担い手不足や地域の移動手段となる交通機関の持続的な維持など、地域を取り巻く課題は複雑化しており、経済の発展と社会的課題の解決を両立するためには、ICTやさまざまなデータ、AI (人工知能)・IoT (Internet of Things) 等のデジタル技術をさまざまな生活シーンに取り入れながら、人々のライフスタイルを従来のものからより大きく変革していくことが求められていくと予想されます。

このような社会変革を支えていく技術基盤として、NTTグループではIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の検討・具体化を進めており、NTT西日本においても、このような革新的な技術をさまざまな社会課題の解決へと結びつけるためのユースケースの実証や、先行して実用化が進むIOWN技術を活用したサービス開発に現在取り組んでいます。

以降では、NTT西日本におけるIOWN構想の具現化と地域社会の課題解決に対す

る具体的な取り組みの実例として、特に低消費電力・大容量通信・低遅延通信を可能とするオールフォトニクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) を用いた、さまざまなパートナーとの共創の取り組みについて紹介をします。また、IOWN構想における社会実装の第一弾として2023年3月に発表しました、APN IOWN1.0におけるAPNサービスの特徴と本サービスを用いたパートナーとの協業事例についても紹介をします。

APN関連技術を活用した リモートライブの実現

ライブ・エンタテインメント分野において、無観客ライブやバーチャルフェスなど、リアルとオンラインの融合を取り入れた新たなイベントのあり方が模索されています。NTTグループにおいても、大容量・低遅延を実現するIOWN APNの関連技術開発を通じて、複数の拠点を接続し、1つの空間として体感することができる技術として、ライブ・エンタテインメント分野を含めたさまざまな分野における事例創出をめざしています。

このような背景においてNTT西日本では、大阪城ホールにて、株式会社毎日放送主催で1983年から毎年開催されている合唱コンサート、「サントリー1万人の第九」の第40回記念公演において、東京-大阪間をIOWN構想の構成要素であるAPN関連

お	あ	に	ま
お	あ	に	ま
太	敦	西	雅
田	志	木	幸
き	む	ら	ひ
き	む	ら	ひ
木	英	松	賢
村	明	本	治
た	な	べ	か
た	な	べ	か
田	克	米	真
邊	洋	坂	司

NTT西日本

技術でつないだリアルタイム遠隔合唱の実証実験を実施しました (図1)。本実証実験では、大阪城ホール、QUINTBRIDGE (大阪・京橋)、さらに光ファイバ長として約700 km離れたOPEN HUB Park (東京)の計3拠点をつなぎ、リアルタイム遠隔合唱を実施しました。指揮者、演奏者 (オーケストラ)、合唱者が離れた会場においてもAPN関連技術を用いて、映像の遅延量を片道15 ms (60 fpsで1映像フレーム未満の伝搬時間) に抑え、映像の遅れを感じさせない体験を実現できました。また音声の遅延量は片道約4 msとなり、これは同じ空間の3 m程度離れた距離から届く音声と遠隔地から届く音声が同時に届くということになり、まさに距離を超えた新たな体験を実現することができました。

この遅延量は、通信によって発生する遅延量だけでなく、特に映像伝送においてはカメラやディスプレイ等の内部処理によって発生する遅延量も大きく影響するため、できる限り内部処理時間が短い機器を選定することも、低遅延で実現するうえで重要になります。一方で、離れた会場とも各地の盛り上がりや臨場感等を共有していくためには、メイン会場で得られるような体験を遠隔拠点でも充実させる必要があり、まだまだ豊かな体験を提供するために検討できる余地は大きいと考えられます。

また今回の実証内容に限らず、離れていてもそばにいるかのような体験が実現できることで、社会課題の解決に寄与できる

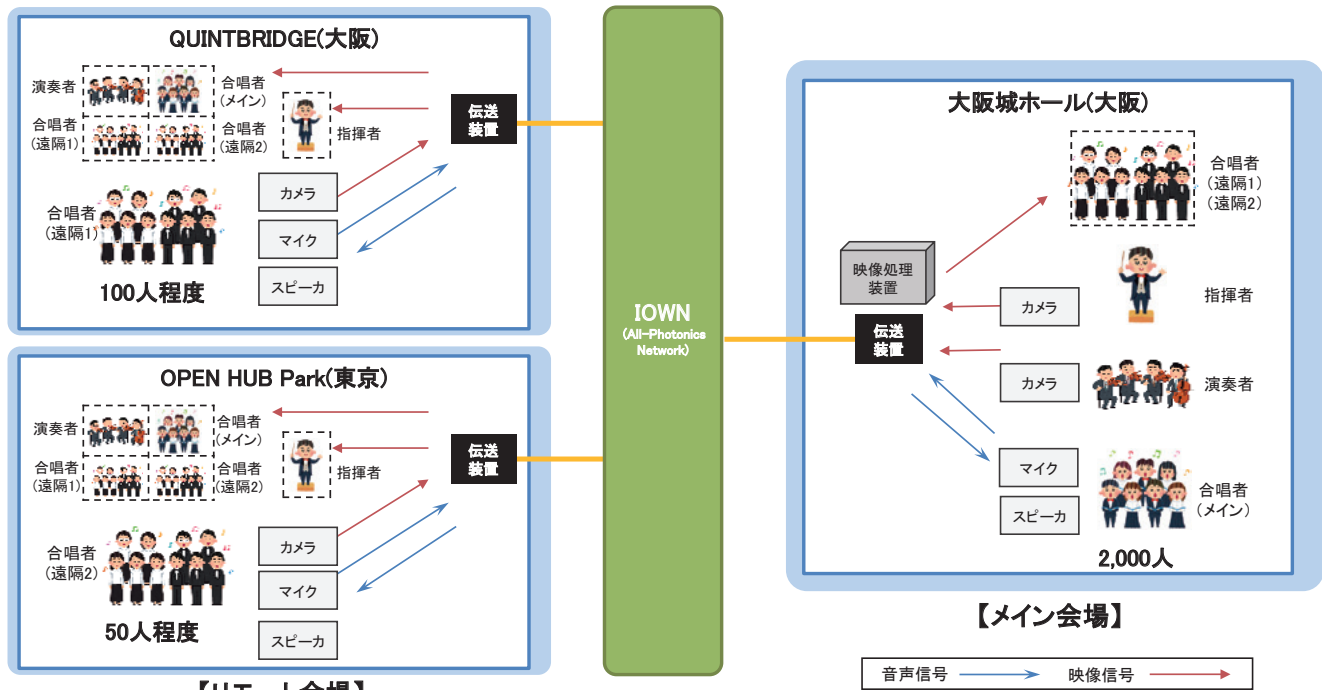


図1 リアルタイム遠隔合唱の実証実験

ケースも存在すると考えられることから、今回の取り組みで得られた知見を活かし、IOWN APNの利用シーンの開拓を行っていく予定です。

APNと高周波数帯無線を活用した遠隔ロボット制御の実現

少子高齢化が進展する地域社会において、労働者人口の減少は今後の地域経済維持において大きな課題となってきました。これに対して物理的な場所や身体的な特性にとらわれず、どこからでも必要な作業を実現できる遠隔操作ロボットの実現は、このような課題の解決に有効な手段になり得る一方、遠隔制御には高精細な映像通信やリアルタイムな信号のやり取りが求められるなど、十分な通信帯域や低遅延通信の確保という課題が存在します。このような背景を踏まえ、NTT西日本では、ロボット群の遠隔操作プラットフォームを提供するア

ダワーブジャパン株式会社と連携し、リアルタイムな遠隔ロボット制御の実証に取り組みました(図2)。

本実証では、QUINTBRIDGEに設置したサービスロボットを、NTT西日本兵庫支店内の施設であるeSPARKLe KOBEから、APN回線を通じてロボットに取り付けた複数のカメラ映像を確認しながら、細やかな操作が必要となるボタン操作やドアの開閉などのタスクを遠隔から実施しました。

QUINTBRIDGEは通常から多数の施設会員が交流を行う場所であり、ロボット接続に2.4 GHzや5 GHz帯の無線LANを利用すると、施設の混雑に伴いスループット低下を招くなど遠隔操作に影響を及ぼすことが考えられるため、それら帯域と干渉しない60 GHz帯無線LAN(WiGig: Wireless Gigabit)を用いました。60 GHz帯のような高周波数帯無線は人や壁・柱などでも電波が遮蔽されるため、エリア内で見

通しを確保する基地局の置局設計や、ロボットの移動・回転時でも瞬時に見通し基地局へ切り替える技術が必要です。前者はエリア端に複数基地局を設置する方向ダイバーシチ構成により実現し、後者はNTTアクセスサービスシステム研究所のサイトダイバーシチ制御技術を用いました。具体的には、ロボットにWiGig無線端末を2台搭載して各々が異なる無線基地局と接続し、2つの異なる無線伝送路を常時確保します。そして、データパケットごとに無線品質の良い無線端末を選択して伝送することにより、遮蔽環境でも通信断することなく、無線品質の動的モニタリングに基づく通信経路の切り替えを実現しました。これによりロボットが施設内を移動するケースにおいても無線干渉や基地局切り替えの影響で通信が途切れることなく、4K品質のカメラ映像と制御信号を配信し、タスクが実現できることを確認しました。また、4K映像をAV1コーデックで圧縮した条件でも

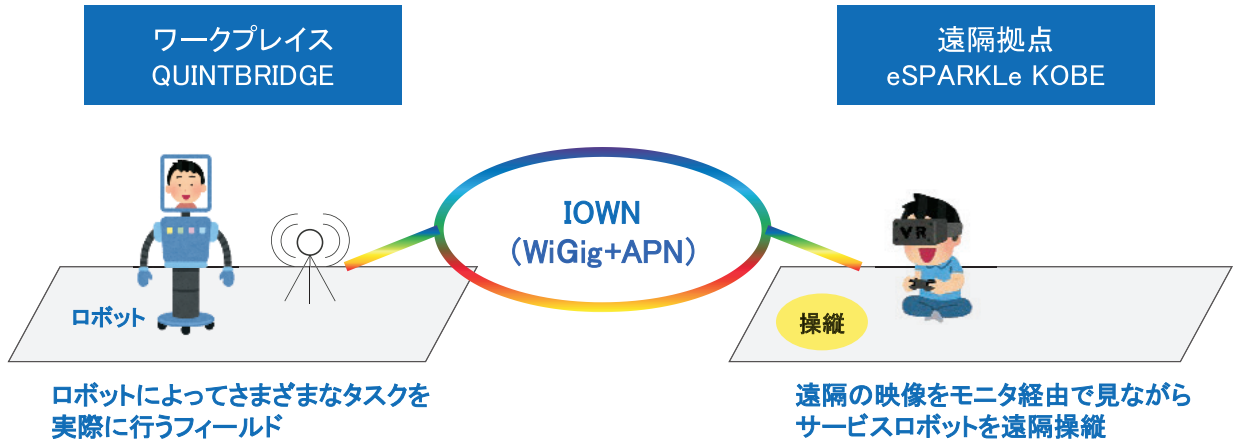


図2 リアルタイムな遠隔ロボット制御

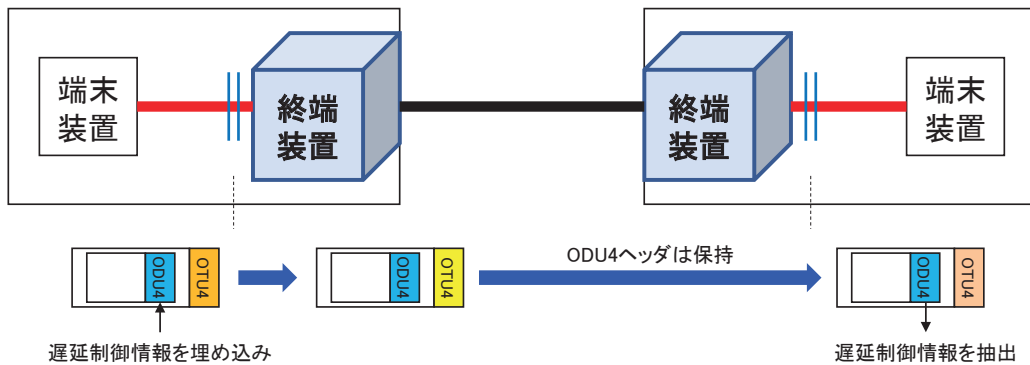


図3 ネットワークサービス

エンド・ツー・エンドで約56 msと一般に遅延を認識できるしきい値である100 ms 以内で映像配信を実現できていることから⁽¹⁾、複数台のカメラ、ロボットを混在する環境でも実用的な遅延量で十分な通信キャパシティを提供できる見通しも確認できました。

APN IOWN1.0サービスの提供

APN IOWN1.0サービスはネットワークサービス（高速広帯域アクセスサービス powered by IOWN）と端末装置（「OTN Anywhere」 powered by IOWN）により実現しています。

■ネットワークサービス

APN IOWN1.0のネットワークサービスでは、データの待ち合わせ（キューイング）や信号変換をなくすことで、低遅延と揺らぎゼロを実現しています。また、OTU4インタフェースを採用することにより、100 Gbit/s相当のイーサネット信号を透過的に転送可能なネットワークを提供します（図3）。

APN IOWN1.0のネットワークサービスでは、UNIからUNIまでの全区間においてOTN（Optical Transport Network）を採用しています。OTNは占有型の光パスを提供する技術であり、クライアント信号に対して保守オーバーヘッドや誤り訂正符号を付与したユニット単位でデータの送受信

を行います。ネットワークサービスの全区間でOTNに対応したことで、パス監視やパフォーマンスモニタを実現する監視制御信号をエンド・ツー・エンドで疎通させることが可能になりました。

■端末装置

遅延の可視化と遅延調整機能を備えた端末装置として、「OTN Anywhere」⁽²⁾を用います。「OTN Anywhere」が遅延調整に関する制御信号を保守オーバーヘッド領域に付与し、ネットワークサービスで途切れることなく疎通させることで、エンド・ツー・エンドで遅延調整を実現する特徴的な機能を実現しています。

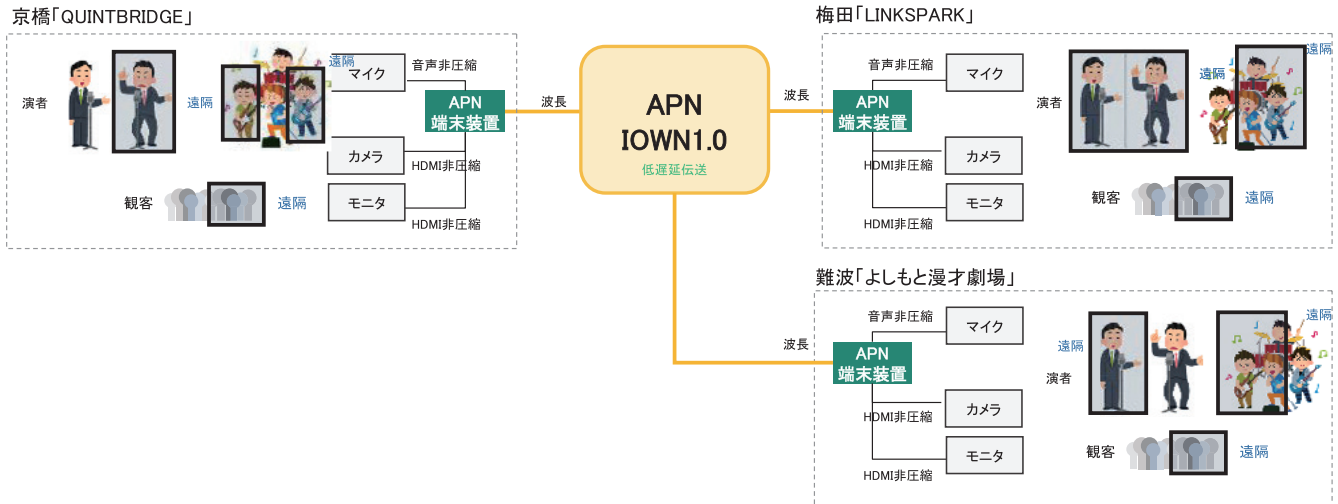


図4 商用版 APN (APN IOWN1.0) を用いた西日本初のユースケース

社会実装を通じたパートナーとのユースケース創出

商用版 APN (APN IOWN1.0) を用いた西日本初のユースケースとして、2023年3月20日に吉本興業株式会社と「未来のお笑いブ」と題し、大阪市内3拠点〔京橋 (QUINTBRIDGE)、梅田 (LINKSPARK)、難波 (よしもと漫才劇場)〕を接続し、遠隔漫才・遠隔バンド演奏のリモートエンタテインメントを実施しました (図4)。

APN IOWN1.0を用いて会場間を接続することにより、低遅延な映像伝送を実現していることに加え、今回のイベントでは、QUINTBRIDGEとよしもと漫才劇場の2拠点に複数台の大型等身大低遅延ディスプレイを使用し、各拠点のリアルな芸人と等身大ディスプレイを通じて遠隔拠点から届くバーチャルな芸人があたかも同じ場所にいるようなかたちで掛け合いをする様子を2会場で同時に鑑賞できるようにしました。

このように、遠隔の拠点においても臨場感のある体験を来場者に提供することができた結果、QUINTBRIDGE、よしもと漫才劇場にご来場いただいた観客の皆様からの評価も97.3%が“遅延を全く感じなかった”、94.5%が“イベントに満足”と回答い

ただき、今回の取り組みを通じて新たなエンタテインメントのかたちを提示することができました。

おわりに

本稿ではIOWNが実現する革新的な技術をさまざまな社会課題の解決へと結びつけるためのAPNを活用したユースケース実証の実例として、リモートライブや遠隔ロボット制御の取り組みについて紹介しました。また、2023年3月より、IOWNサービスの第一弾として提供を開始するAPNサービスについて、パートナーとの共創事例とともにその概要について紹介しました。

今後は商用サービスのリリースを皮切りに、さまざまなパートナーとのユースケース創出に弾みをつけるとともに、より幅広い分野の社会インフラとしての活用が期待されるモバイルフロントホールや、データセンター間接続などの分野への適用性についても検討に取り組んでいきたいと考えています。そして大阪・関西万博が開催される2025年には、より多くのお客さま、パートナーの皆様との協業を通じてIOWNが提供する価値を体験いただけるよう、今後もサービス・技術開発に取り組んでいきます。

参考文献

- (1) https://tachilab.org/content/files/publication/study_on_teleexistence/te063.pdf
- (2) 大原・小田・犬塚・新宅・武智・臼井・島崎・大西：“APN IOWN1.0を支える遅延マネージドネットワーク技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 35, No. 7, pp. 28-30, 2023.



(左から) 松本 賢治 / 田邊 克洋 / 西木 雅幸 / 米坂 真司 / 太田 敦志 / 木村 英明

地域社会の課題解決とIOWN構想の具現化に向けて、今後もさまざまなパートナーとの共創を通じて、新たな価値の創出と社会実装の推進に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTT西日本
技術革新部 IOWN推進室
E-mail all-iown@west.ntt.co.jp



APN IOWN1.0を支える 遅延マネージドネットワーク技術

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) オールフォトンクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) のサービスとして、通信遅延を自在に操る遅延マネージドネットワークというコンセプトを創出し、それらを具現化する「OTN Anywhere」装置の開発を進め、APN IOWN1.0を世にリリースしました。物理的な極限に迫る低遅延化を図ったうえで、ユーザの手元まで遅延揺らぎゼロのエンド・ツー・エンドの通信パスを設定、そして遅延の見える化、さらに、遅延の調整を可能としました。遅延マネージドネットワークによりさまざまなユースケースにおけるUX (User eXperience: ユーザ体験) を変革していきます。

キーワード: #IOWN, #オールフォトンクス・ネットワーク (APN), #遅延マネージドネットワーク

通信遅延の重要性の高まり

通信サービスの高度化に伴い、通信技術を駆使したリモートアクティビティが増加しています。さらに、新型コロナウイルス感染症の広がりにより生活スタイルの一変が余儀なくされ、この流れは一層加速しました。従来の映像配信のような単方向の通信に加え、双方向に映像や音声を通ずるようなインタラクティブなアクティビティが出現してきています。例えば、図1に示すような全国規模の遠隔eスポーツ対戦などが考えられます。即時的な応答の良し悪しがUX (User eXperience: ユーザ体験) の満足度に直結するため、通信遅延が極めて重要な性能指標となります。通常のインターネットでは、物理的な距離に依存して通信遅延が異なり、またネットワークの混雑状況により遅延が変動してしまいます。そのため、複数の都市にまたがった遠隔eスポーツ対戦、特に一瞬の遅延が勝敗を決

するようなプロフェッショナルな対戦では不公平な通信環境がクリティカルな問題となります。このようなユースケースにおいては通信の低遅延化、そして、いかに公平な通信環境を提供するかが重要になってきます。

低遅延できめ細やかな遅延制御が可能な通信サービスは、双方向のやり取りが求められるライブエンタテインメントや遠隔コラボレーション、さらには、今後急速な発展が予想されるXR (Extended Reality) やメタバースなどの領域においても重要な役割を演ずるものと考えられます。

以上のような背景を踏まえ、通信遅延を自由自在に操れるようなネットワークを実現すべく検討を進めてきました。

遅延マネージドネットワーク

私たちは先進の光ネットワーク技術によりUX変革を実現することを強く念頭に置き、遅延マネージドネットワークのコンセ

おおはら	たくや ^{†1,2}	おだ	たくや ^{†1,2}
大原	拓也	/小田	拓哉
いぬづか	ふみかず ^{†1,2}	しんたく	けんご ^{†1}
犬塚	史一	/新宅	健吾
たけち	ひろと ^{†2}	うすい	そういちろう ^{†2}
武智	宏人	/臼井	宗一郎
しまぎき	だいさく ^{†2}	おおにし	ひろゆき ^{†2}
島崎	大作	/大西	浩行

NTT未来ねっと研究所^{†1}
NTTネットワークイノベーションセンタ^{†2}

プトを創出しました。その特徴は次の3点です (図2)。

- (1) ユーザの手元への通信パス提供
インターネットは日常生活に不可欠なものとなって久しいですが、今後もその重要性は増すに違いありません。ただし、ベストエフォートという特徴から混雑時には通信遅延が増大し、通信容量が低下し、場合によっては信号が欠損してしまいます。こういった特性が一部のユースケースにおいてはUXを著しく低下させます。そこで、これを補完するような特徴を持つ通信、つまり、通信遅延の変動がなく、どれだけ大容量でも、どれだけ混雑していても、影響を受けることのない通信、すなわち、いつでもどこにでも必要な通信パス*1をユーザ

*1 通信パス: 回線交換方式によりユーザに提供する通信回線。電話回線のように、通信を行う際にはあらかじめ回線設定を必要とするコネクションオリエンテッド型の通信のこと。OTNにおける通信パスはODUパスと呼ばれます。

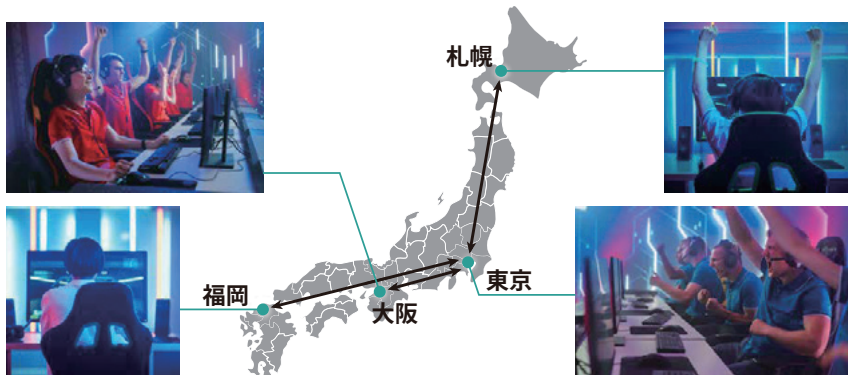


図1 全国規模の遠隔eスポーツ対戦 (リモートアクティビティの一例)

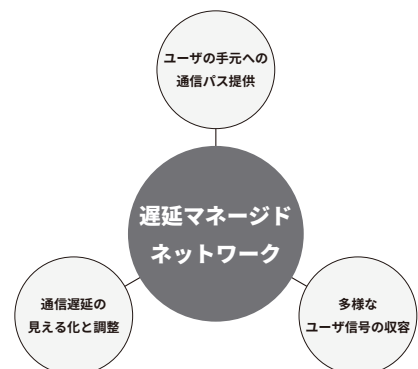


図2 遅延マネージドネットワークのコンセプト

の手元に提供できるようなネットワークを実現したいと考えました。

(2) 通信遅延の見える化と調整

通信遅延に対する要求の高まりから、できる限り低遅延を実現することはもちろんですが、通信遅延の見える化し、さらに必要に応じて通信遅延を調整することで優れたUXを実現できるのではないかと考えました。その際、通信経路上の一部の区間だけ遅延測定しても意味はなく、エンドユーザの通信遅延をエンド・ツー・エンドで測定する必要があります。その観点でも、1点目に挙げたユーザの手元への通信パス提供というのは重要です。また、通信遅延が時々刻々と変動するような通信方式では、通信遅延を測定したとしても次の瞬間には遅延が変動してしまうため、あまり意味がありません。したがって、通信遅延が変動しないような通信方式を採用することが重要となります。

(3) 多様なユーザ信号の収容

さまざまなユースケースに対応するためには、ユーザからの多様な信号に対応する必要があります。世の中に広く普及しているイーサネットはもとより、さまざまな映像信号や音声信号などを通信パスに収容

することで、将来の多様なトラフィックを支える通信基盤になり得ます。

IOWN1.0を支える技術

遅延マネージドネットワークを具現化するための装置として、以下の特徴を持つ「OTN Anywhere」の開発を進めました(図3)。

「OTN Anywhere」はオールフォトニクス・ネットワーク(APN: All-Photonics Network)の末端に接続される装置であり、長距離光伝送装置と組み合わせて使用します。国際標準 OTN (Optical Transport Network) *2の標準インタフェースである OTU4をネットワーク側インタフェースとして具備することで、市場に存在するさまざまな長距離光伝送装置との接続を可能としています。「OTN Anywhere」間に設定される通信パス(ODUパス)は長距離光伝送装置をそのまま透過するため、接続する長距離光伝送装置の種類を問わず「OTN Anywhere」の機能を享受できます。また、「OTN Anywhere」はユーザとの接点になる装置であり、ユーザ拠点に設置し、通信パスをユーザの手元に提供、そしてユーザ信号を OTN に直接収容することを可能にし

ます。さらに、「OTN Anywhere」はこれまでの光伝送装置が具備することのない新しい機能性を提供します。今回の開発では通信遅延の測定と調整を可能にしました。表に概略仕様を、図4に外観写真を示します。

次に、「OTN Anywhere」に実装している主要な要素技術を前述した3つのコンセプトに対応付けて説明します。

(1) ユーザの手元への通信パス提供

幹線系の長距離光伝送においてグローバルで使用されている OTN プロトコルを採用しています。OTN を用いることで100%帯域保証、物理的な極限に迫る低遅延、遅延揺らぎゼロという特徴を持たせています。一般エンドユーザの目に触れることの少ないプロトコルですが、ユーザの手元に通信パス(ODUパス)を提供するために、ユーザ拠点に設置可能な1ラックユニットの小型装置として実現しています。図3に示すようにユーザ向け通信パスをエンド・ツー・エンドで設定することができ、当該ユーザ専用の通信路として占有して使用することができます。また ODUパスは他のトラフィックに影響を与えることなく多重することができ、1ユーザが一波長の容量を使い切らないような場合でも効率的な信号収容を可能にします。

(2) 通信遅延の見える化と調整

エンド・ツー・エンドで設定された ODUパスに対して、遅延測定機能と遅延調整機能を具備しています。

遅延測定機能は ODUパスの通信遅延をマイクロ秒精度で測定します。ODUパスの端点において遅延測定用信号を主信号に影響を与えずに挿入し、その後、伝送されて ODUパスのもう一方の端点に到着、ループバックされ、また元の端点に戻ってきま

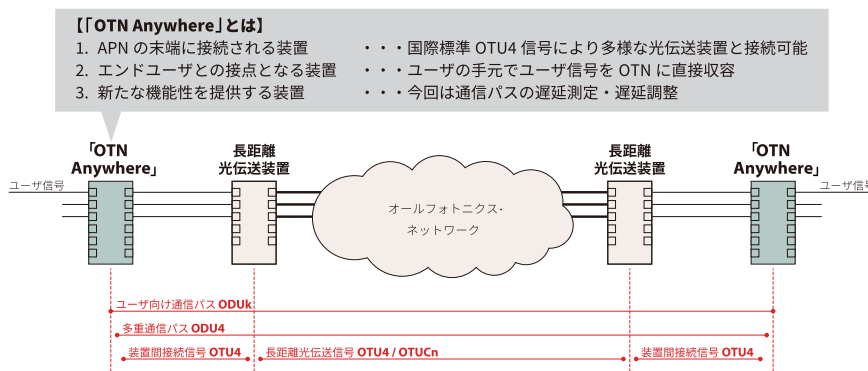


図3 「OTN Anywhere」の特徴と基本的なネットワーク構成

表 「OTN Anywhere」の概略仕様

項目	仕様	
ネットワークインタフェース	OTU4	
クライアントインタフェース	10GbE 100GbE	
ODU遅延測定機能	対象ODU	ODU4
	遅延測定精度	1.2 μ s
ODU遅延調整機能	対象ODU	ODU4
	最大遅延調整量	20 ms

*2 OTN: 国際電気通信連合 電気通信標準化部門 (ITU-T) で規定されるレイヤ1プロトコルの一種。幹線系の長距離光伝送装置においてグローバルに広く使用されています。



図4 「OTN Anywhere」の外観

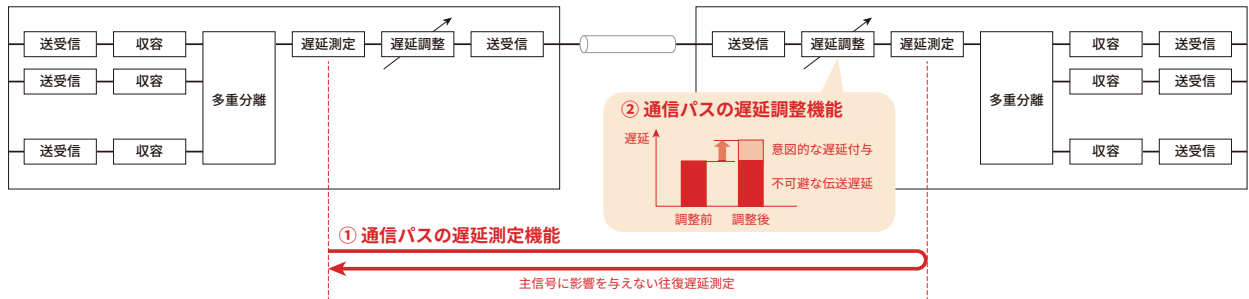


図5 「OTN Anywhere」の機能ブロックと通信遅延の測定機能・調整機能

す。その往復時間を測定します(図5①)。これはITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)勧告G.709に規定されるODU遅延測定機能に準拠しています。従来OTNプロトコルは幹線系の長距離光伝送装置で使用されていたため、エンドユーザの視点ではエンド・ツー・エンドの通信遅延を取得することは難しく、一部区間を測定できるだけでした。今回、「OTN Anywhere」ではユーザの手元までエンド・ツー・エンドのODUパスを設定できることから、遅延測定機能がより意味を持つものになります。

続いて遅延調整機能について説明します。エンド・ツー・エンドのODUパスにより遅延揺らぎゼロの確定的な遅延を持つ通信回線をユーザに提供可能となりますが、必要に応じて遅延を付与し、所望の通信遅延に調整する機能を今回新たに開発しました(図5②)。遅延調整には即時遅延調整モードと無瞬断遅延調整モードという2つの動作モードがあります。即時遅延調整モードは信号の瞬断を伴いODUパスの遅延を即時に調整する動作モードです。ODUパスの使用開始前などに大きな遅延を付与する場合に適した動作モードです。一方、無瞬断遅延調整モードは信号断を伴うことなくODUパスの遅延を徐々に調整する動作モードです。遅延調整時においてもODUパスの信号断が許されないようなユースケースやODUパス使用中に遅延を微調整するような場合に有用な動作モードです。

前述の2つの機能によりエンド・ツー・エンドのODUパスを設定後、通信遅延を測定して調整するという自在に遅延を操る機能を実現しました。レイヤ1のOTNで当該機能を実現しており上位レイヤのユーザ信号種別に依存しないため、さまざまな

用途への応用が可能となっています。

(3) 多様なユーザ信号の収容

今回、「OTN Anywhere」ではもっともメジャーなユーザ信号であるイーサネット(10 GbE / 100 GbE)に対応させました。単にイーサネットの長距離転送を可能にするだけではなく、市販のさまざまな機器を併用することで、例えば、映像や音声などの長距離転送が可能となります。このとき、便宜的にイーサネット信号を介してOTNに信号を収容することになりますが、ODUパスの経路上にはレイヤ2やレイヤ3のパケットスイッチングは存在しないため、遅延の極端な増大や遅延揺らぎが発生することはありません。

上記のような要素技術を実装した「OTN Anywhere」を用いることで、通信パスの遅延を測定したり、必要に応じて調整したりすることが可能になります。例えば、「OTN Anywhere」で測定した通信遅延を他のシステムや計算機、あるいはオペレータに通知することで、通信遅延を考慮したリアルタイム処理や計算機処理あるいは遅延にセンシティブなオペレーションが可能となります。また、冒頭でリモートアクティビティの一例として掲げた遠隔eスポーツ対戦においては、まず各拠点間の通信遅延を測定し、その後、それらの通信遅延をそろえることで公平な通信環境を実現することが可能となります。

今後の展望

APN IOWN1.0は今回開発した「OTN Anywhere」により最初の一步を踏み出したに過ぎません。さらなる機能拡充や技術革新によりAPNを持続的に発展させていきたいと考えています。今後の「OTN Anywhere」の発展の方向性として、コン

シューマ系やレガシー系を含むユーザ信号のさらなる多様化への対応、通信パス冗長機能や多拠点通信機能など新規機能の追加、APNへの経済的な接続方法などの検討を進めています。お客さまの要望を踏まえ、そして、ニーズや効果を見極めて、実現を図っていきたくと考えています。

継続的な技術創出とタイムリーな具現化によってユースケースの拡大を図り、UX変革によりエンドユーザに驚きを与えられるようなAPNにすべく邁進していきます。

参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230302_01.html
- (2) <https://www.ntt-west.co.jp/news/2303/230302a.html>
- (3) <https://www.rd.ntt/iown/0002.html>



(上段左から) 大原 拓也/ 犬塚 史一/
小田 拓哉/ 新宅 健吾
(下段左から) 武智 宏人/ 臼井 宗一郎/
島崎 大作/ 大西 浩行

IOWNにより実現されるこれまでにないUXを早期にお届けできるよう、さまざまな領域の皆様とのコラボレーションを通じて新たな世界を切り拓いていきます。今後の展開にご期待ください。

◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター
光トランスポートシステムプロジェクト
高速リンクシステムグループ
E-mail info-link@ntt.com

つくばフォーラム2023に見る IOWNとアクセスネットワーク技術

本特集では、2023年5月17～18日に「つながり続ける今と未来へ 変革に挑戦するアクセスネットワーク」をテーマに開催された「つくばフォーラム2023」で発表された IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) と アクセスネットワーク技術について紹介する。

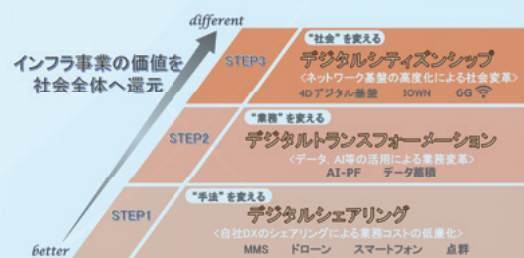
新たな価値の創造と グローバルサステナブル社会を支えるNTTへ 34

2023年3月に商用サービスを開始したIOWN1.0の成果と、それに続くIOWN2.0, 3.0, その先の未来について川添雄彦NTT代表取締役副社長の基調講演を基に紹介する。



総合エンジニアリングに向けて 37

NTT西日本が取り組むオンサイト業務のデジタル化, 総合エンジニアリングに向けて社会に提供するNTTならではの世界観, およびおもてなしを確立しデジタルシティズンシップの獲得に向けたロードマップについて紹介する。



IOWN

デジタルシェアリング

アクセス設備

低遅延 FDN

高速大容量

特集

アクセス設備の運用高度化におけるこれまでと将来の展望 — 40

アクセス系業務のデジタルトランスフォーメーションによる運用イノベーションをめざすためのスマートエンジニアリング（設計・施工）、およびスマートメンテナンス（保守・運用）技術について紹介する。

低遅延・省電力に資する新たな光アクセスシステム技術 — 44

NTTアクセスサービスシステム研究所で取り組んでいる、データ量の増加、消費電力の増加、ネットワーク遅延抑制といった課題を克服するための技術について紹介する。

大容量伝送、低消費電力、適用領域拡大を加速する ワイヤレス技術の展開 — 47

NTTアクセスサービスシステム研究所で取り組んでいる、光無線融合による高速大容量化、衛星通信を活用した上空方向でのカバレッジ拡大、無線アクセス技術の新たな適用領域拡大、および共通的な課題である低消費電力化について紹介する。



新たな価値の創造と グローバルサステナブル社会を支えるNTTへ

本稿では、今年3月に商用サービスを開始したIOWN1.0の成果と、それに続くIOWN2.0, 3.0, その先への未来について紹介します。本記事は、2023年5月17~18日に開催された「つくばフォーラム2023」における、川添雄彦NTT代表取締役副社長の基調講演を基に構成したものです。

キーワード：#IOWN, #光電融合, #オールフォトニクス・ネットワーク

かわぞえ かつひこ
川添 雄彦

NTT代表取締役副社長

新中期経営戦略：IOWNによる 新たな価値創造（構想から実現へ）

2019年5月にIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を発表してから4年が経ち、IOWNの知名度も高まりました。新しい中期戦略の核となっているのは、まさにこのIOWNです。

中期経営戦略の基本的な考え方は、「NTTは挑戦し続けます。新たな価値創造と地球のサステナビリティのために。」であり、ポイントの1つは「地球」を意識していることです。これはもはやNTTグループだけの話ではなく、私たちは地球とともに持続可能な事業を展開していかなければなりません。発表した当時はIOWNのサービス開始を2030年と考えていましたが、大阪・関西万博が2025年に決まったことで5年前倒して2025年にしました。しかし、それでもまだ遅いという意見もあり2023年3月に商用サービスを開始しました。

ゲームチェンジをめざして

かつて日本が世界の中で大きな役割を果たしていた時代は、「質の論理」が中心でした。現実世界にあるものが価値を提供する中で、質が問われた時代でした。

その後起きた変化が「数の論理」の時代です。まさにインターネットがそのものを示しています。たくさんのデータを集めてマーケティングデータにし、さらにその市場を大きくして数を集める時代、これが今も続いている数の論理の世界です。

この数の論理から次に続くのは「価値の論理」の時代であろうと思います。世界に散在するさまざまな価値観、幸福、いろい

ろなものを認め合い本当にリスペクトできるものになるからこそ、我々人類が幸せに暮らせるというところに振り返り、単に数だけではない時代にしていくべきと考えます。その際、技術として何が必要かを考えると、可能な限りそのベースとなるもの、それが光です。

例えばインターネットに代表される、人間が意図的につくったような考え方をいったん全部忘れ、もう一度基礎的なところに戻ることが求められています。まさにこれを担うのがIOWNで、このIOWNを使って次の時代5G（第5世代移動通信システム）から6G（第6世代移動通信システム）をめざしたいと考えています（図1）。

効率化のためのデジタル化 →価値を生み出すデジタル化

デジタル化が重要だとよく言われますが、このデジタル化には2種類あると思います。1つは効率を高めるためのデジタル化です。しかし、それだけでは私たちが直面している課題を解決し、限界を打破するようなイノベーションにつなげるのはなかなか難し

く、新しい価値を生み出すようなデジタル化をめざさなくてはなりません。

データセンタ事業はNTTグループにとって非常に重要な領域ですが、ここで使っているデータ量あるいは消費電力も爆発的に伸びています。汎用AI（人工知能）、生成AIといったAIの出現はさらにこれを加速しています。ChatGPTをはじめとする生成AIは、汎用的であっても専門的なところに対して非常に良い精度で対応できることを証明しました。これは本当に脅威で、データ量は爆発的に増えてしまいます（図2）。

NTTが長年考えていたのは、光の技術、光のポテンシャルです。電気と光を比較した際の違いですが、例えば情報をa地点からb地点に伝えるために距離を伸ばしたとき、当然電気の場合は必要とするエネルギーがかかります。動作周波数を上げててもそれに伴い電気の場合はエネルギーが増えますが、光の場合はほとんど消費電力が増えず必要とするエネルギーは変わりません。そこで、情報伝送における伝送の部分に光技術を適用します。この技術は、まさに「つくば」がその発信の拠点となって世界に広まり、日本は世界一の光ファイバ普及国に



図1 ゲームチェンジをめざして

なりました。NTTの研究所がこの光に注目したのは1960年代ですが、もう1つめざしたのはデータ処理にも光を使うというアプローチです。NTTが世界で初めて光トランジスタの発明に成功し、データ処理にも光を使うことの可能性からIOWN構想の発表に至りました。

IOWNの利点

IOWNは、低消費電力化100分の1、大容量・高品質といった125倍の伝送容量、低遅延200分の1という非常に夢と将来性のある技術ですので、すべて完成させてから提供するのではなく、どんどん成熟する中身に従ってその都度の成果を出していくことに方針を変えました。そして、まさに構想から実現へ、2023年3月16日にAPN IOWN1.0サービスを開始しました(図3)。

APN IOWN1.0 サービス開始

オールフォトニクス・ネットワーク(APN)は、エンド・ツー・エンドで光接続していくものです。すべて光でつなぐことにより、低遅延の実現だけでなく「OTN Anywhere」という端末装置によって遅延時間をコントロールすることもでき、遅延レベルを確定できる機能が付きました(図4)。

また、このAPNのサービス提供に先駆けていくつかの実証実験を行いました。未来のエンタテインメントサービスとして音楽やeスポーツ、お笑いライブというかたちでこのIOWNの効用を多くの方々を感じていただくイベントが開催され、エンタテインメント系のユースケースが紹介されました。APNが提供する低遅延の内容について2月に行われた未来の音楽会で実証した例を紹介します。東京と大阪を結ぶでのクラシックのコンサートは、ファイバで700 kmもの遅延時間が、コンサートを行っている舞台上の楽器間3 mの遅延時間と一緒にでした。これは先ほど説明した遅延時間を確定できることにより、アプリケーション側での待ち合わせやバッファも不要となることから200分の1の遅延を達成できパフォーマンスが発揮できたということになります。

APN IOWN1.0のサービスをご利用いた

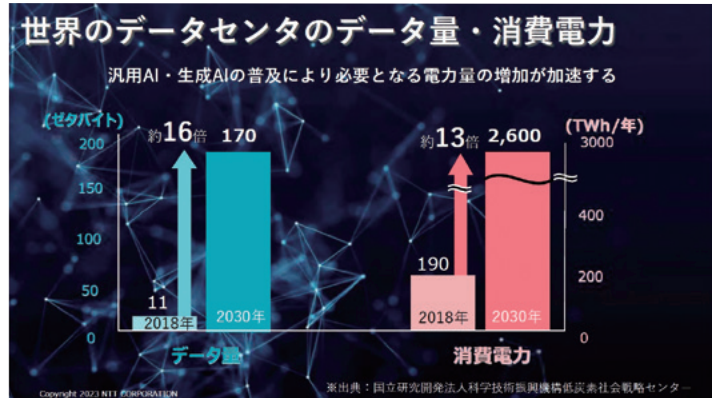


図2 世界のデータセンターのデータ量・消費電力



図3 IOWNの利点



図4 IOWN1.0 オールフォトニクス・ネットワーク (APN)

だき一緒に新しいビジネスを切り拓くことを前提に進めている企業・団体の皆様を紹介しします(図5)。

データセンターにおいて、NTTグループは現在グローバルマーケットシェアで第3位です。この事業をさらに発展させていくために、IOWNの技術によってまさに2030年からカーボンニュートラルを実現する営みを続け、エネルギーを減らす取り組みを同時に進めていきたいと考えています。

IOWN2.0 その先へ

IOWN2.0は、ネットワークとコンピュータの2つの領域にかかわっていきます。

■ネットワーク

今回IOWN1.0 APNサービスを開始し、ステップ2では県間通信をはじめ電力効率を13倍に向上、さらにステップ3では電力効率を100倍にすることをめざしています。

2024年度以降は主要都市間を結び、2026年度以降は日本中の必要な所にはどこにで



図5 さまざまな分野のパートナーとの協創



図6 APNの展開：サービス



図7 データ・ドリブンによる新たな価値創造（スマートワールド）

も、ご要望がある場所に対してビジネスベースで提供して行く予定です。併せて、このつくばで今進めている「多段光ループアクセス」という技術をAPNの展開の中でぜひ実現していきたいと思っています(図6)。

■コンピュータ

2023年6月にIOWNの技術の代表格である光電融合技術を担う新会社「NTTインベティブデバイス株式会社」を設立します。この会社がめざしているのは、実際に私たち自身が使うネットワークの中だけではなく、コンピュータ全般に対して使える以下の光電融合技術を提供していくことを

計画しています。

- ・IOWN2.0 ボード接続用光電融合デバイス：IOWN2.0ではボード間の光接続を実現することにより、装置の低消費電力化・パフォーマンス向上を図ります。
- ・IOWN3.0 チップ間接続用光電融合デバイス：IOWN3.0ではチップ間の接続にまで光電融合デバイスを導入していくことでさらなる低消費電力化が可能となります。
- ・IOWN4.0 チップ内（ダイ間）接続用光電融合デバイス：IOWN4.0はチップ

内の導波路も光でつなぎ消費電力100分の1という消費電力の向上が見込めます。

この技術によりコンピュータのアーキテクチャは、まずディスクアグリゲータッドコンピューティング、次にメモリセントリックと大きく変わっていき、AIやロボットを動かすうえでも非常に重要な基盤となっていきます。IOWNというベースとなる技術をつくるとともに、その上のさまざまなサービス、アプリケーション、プラットフォームを含め今後5年間で3兆円の投資をしていきたいと思っています(図7)。

IOWN Global Forum

IOWNは、2020年1月にGlobal Forumをつくり、現時点で120組織・団体に加盟していただいています。デファクトとデジュールの両立をめざし、世界にもう一度日本が大きく貢献できる存在になるよう努力して、新しいかたちの経済安全保障につながらばと考えています。競争や争いではなくお互いに必要な役割を果たし、特定の国の技術だけに依存するのではなく世界の複数の企業と連携して大きなビジョンを共有し、一緒にエコシステムとして成り立たせたいと思っています。



川添 雄彦

IOWN構想は大変大きな構想で、決してNTTグループ単独ではできません。皆様にもより一層のご協力、ご理解をいただき、NTTグループとともに地球全体が幸福につながるよう、IOWNを進めたいと思っています。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL 029-868-6020
FAX 029-868-6037
E-mail aslab-ml@ntt.com

総合エンジニアリングに向けて

NTT西日本が取り組むオンサイト業務のデジタル化、街・社会のデジタル化の取り組みを通じて、総合エンジニアリングに向けて社会に提供するNTTならではの世界観、おもてなしを確立しデジタルシティズンシップの獲得に向けたロードマップを紹介します。

キーワード：#デジタルシェアリング、#デジタルトランスフォーメーション、#デジタルシティズンシップ

いのまた たかし
猪俣 貴志*

NTT西日本 常務取締役

NTT西日本の新たな取り組み

NTT西日本がホテル事業を始めることをご存じでしょうか。2024年1月に開業予定ですが、福井県坂井市三国湊エリアで、11社で共同設立した「株式会社Actibaseふくい」という会社で、サステナブルな地域観光の実現に向けて「観光流通プラットフォーム*1」を中心に、地域への観光誘客やストレスフリーな観光の実現、観光DX（デジタルトランスフォーメーション）等に取り組んでいきます。その中では、三国湊エリアの歴史的・文化的観光資源を活用し、ホテル、レストランは当時の三国湊の伝統的な建築方式「かぐら建て」の町家を改修し、分散型ホテル、町家レストランとしてお客さまをお出迎えします。また、ホテルフロントはNTT局舎を活用し、地産地消に取り組んでいきます。このホテル事業から学ぶことは、Actibaseふくいのサービスは、地域住民も含めたサービススタッフが提供するおもてなし、世界観に対してお客さまが期待して観光に来られる、つま

りはお客さまと対等な立場にいる形態となっています。また比較して、普通のホテルはお金を払えば、サービススタッフがお客さまの要望にこたえる縦の関係となっています。したがって、日本のおもてなしは、より良いものをつくる“better”ではなく、他とは違うものを提供する“different”の世界こそがおもてなしだと思っています（図1）。私たちが総合エンジニアリング会社をつくる目的としては、おもてなしの世界、“different”の世界をどのように提供していくのが鍵となります。

今後インフラ事業の価値を社会全体へ還元していくには世界観をどのように見せていくのが非常に重要となります。NTT西日本が総合エンジニアリングにより提供する世界観について、3つのSTEPが考えられます。STEP1は稼働のシェアリング、データのシェアリングによる業務コストの効率化である「デジタルシェアリング（手法）を変える」、STEP2はそのデータをAI（人工知能）等と連携させ業務改革を実行する「デジタルトランスフォーメーション（業務）を変える」、そして最終的なSTEP3として、世界観を提供するためには市民権をどう得るかを実現する「デジタルシティズンシップ（社会）を変える」*2）を達成していくこととなります（図2）。

オンサイト業務のデジタル化

2017年から導入している「フィールド・アシスタント*3（FA）」でオンサイト業務のデジタル化についてみていきます。元々は社員の生産性を向上させるために導入しました。地図のダッシュボードは災害対策の支援で見知らぬ場所に行く際に、オンサイト技術者を視える化により支援しています。また、スキル管理については、技術者の経験値、資格の取得状況を把握し案件レベルに応じた技術者アサインを実現しています。加えて、技術がない社員に対してもFAをハブとしてリモートサポートを提供することで技術的サポートを実現しています。これにより、ネットワーク、アクセス、宅内、ビジネス、個々にしか対応できなかった故障修理を複合化し、スキルのシェアリ

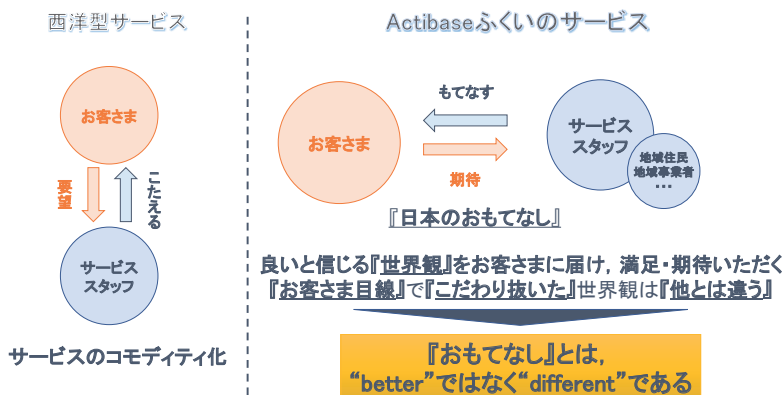


図1 Actibaseふくいから学ぶ「おもてなしの世界観」

※ 現、サクサ株式会社
*1 観光流通プラットフォーム：NTTビジネスソリューションズが提供する観光事業者向けサービス。施設入場券等の観光商品と、多数のオンライン販売チャンネルを接続するもの。
*2 デジタルシティズンシップ：デジタルツールとして利用者に認められ、一般的なものとして根付くこと。
*3 フィールド・アシスタント：さまざまな案件、および作業者の位置を地図画面上に表示し、統制担当者によるリアルタイムかつ直感的な手配を実現。発生した案件の近くにいる作業者の位置や状況、各自のスキルや装備等の調整に必要なすべての情報をダッシュボードに集約。

ングを実施することでSTEP1のデジタルシェアリングを実施しています。

次にSTEP2のデジタルトランスフォーメーションとしては、2019年にNTT東日本、通信建設会社の皆様にも導入させていただいていること、さらなる利用拡大に向けてヒアブルデバイスを活用したリモート支援強化、2022年には現地作業の自動化、安全・見守りの機能を拡張しています。しかし、今のままではNTT西日本社内を含む導入会社の皆様も、最大限の有効活用ができていない状態かと思えます。まさに市民権を得られていない状態です。今後、オンサイト業務をお持ちのお客さまにFAを提案し活用していただくためには、それぞれの会社に合わせた個別サポートが必要となります。当然、各会社は独自のDX施策を進めており、独自のシステムを保有して

います。FAを導入した際に、それぞれのシステムと連携が必要不可欠となりますが、それをNTT西日本が提供するビジネスチャットelgana^{*4}をハブとして各システムと連携させることで、個別別のサポートを実現していき、STEP3のデジタルシティズンシップ、市民権を獲得していきたいと思っています。

街・社会のデジタル化

インフラ設備のデジタルシェアリングとして、MMS (Mobile Mapping System)^{*5}の走行で、道路構造物をはじめとしたさまざまな空間情報を収集し、ドローンでは、点検が困難な橋梁添架設備や鉄塔など従来は特殊車両を活用してきた個所の点検を効率的に実現しています。またス

マートフォンでは、社員がカメラを活用して情報収集を実施し、インフラ設備のシェアリングを開始しています。ただし、点検に関しては人が見て判断している状況であり、点検フェーズをDXしていく必要があります。今後はAIプラットフォームを構築しAPI (Application Programming Interface) 連携することで、自社で収集したデータとSaaS (Software as a Service) にて他事業者も利用できる環境とすることをめざしていきたいと思っています(図3)。例えば、MMSでデータを収集するにあたり、自社の電柱だけを情報収集するというわけにはいきません。電力柱、防犯灯、信号柱などさまざまな情報が手に入ります。加えて、走行していれば、ガードレール、道路の陥没状況も撮影されます。ドローンによる橋梁撮影においても、自社の管路設備だけではなく、電力、水道、ガス等の管路の撮影もされます。これを私たちが錆の点検等の解析をしてプラットフォーム上でレポートしていくことで、DXを進めたいと考えています。ただし、これもインフラ事業者に関じたトランスフォーメーションとなってしまっています。



図2 NTT西日本グループがめざす総合エンジニアリングへのロードマップ

*4 ビジネスチャットelgana : NTTグループ公
 式のビジネスチャット。
 *5 MMS : NTTインフラネットが提供する車両
 に各種の計測機器を組み合わせて搭載し、
 地形・地物等を移動しながら計測を行い3次
 元データを作成します。

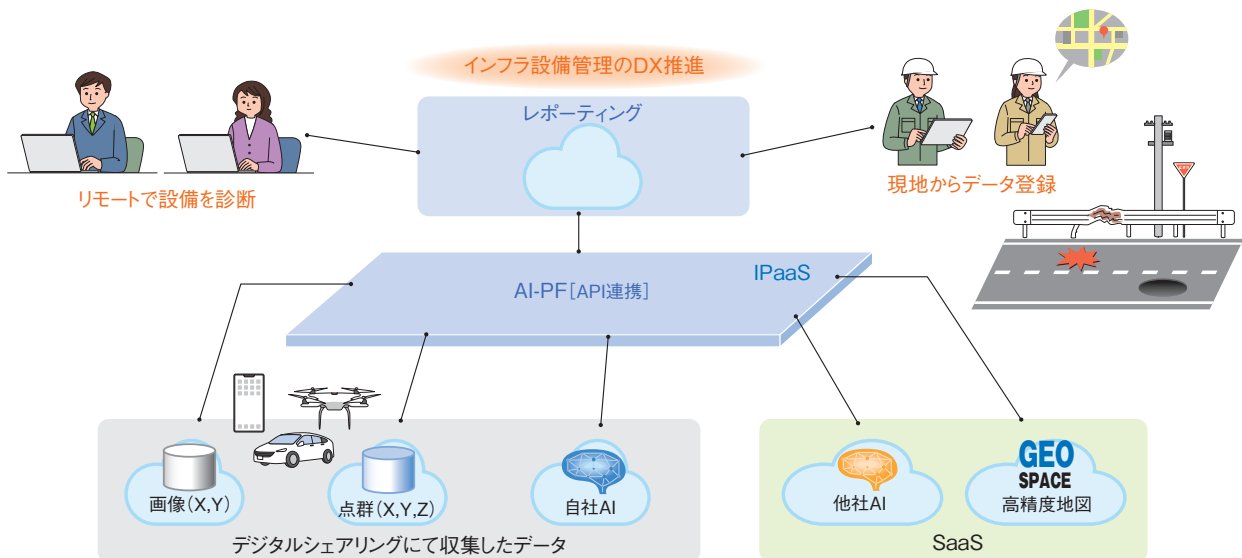


図3 街・社会のデジタル化に向けたトランスフォーメーション

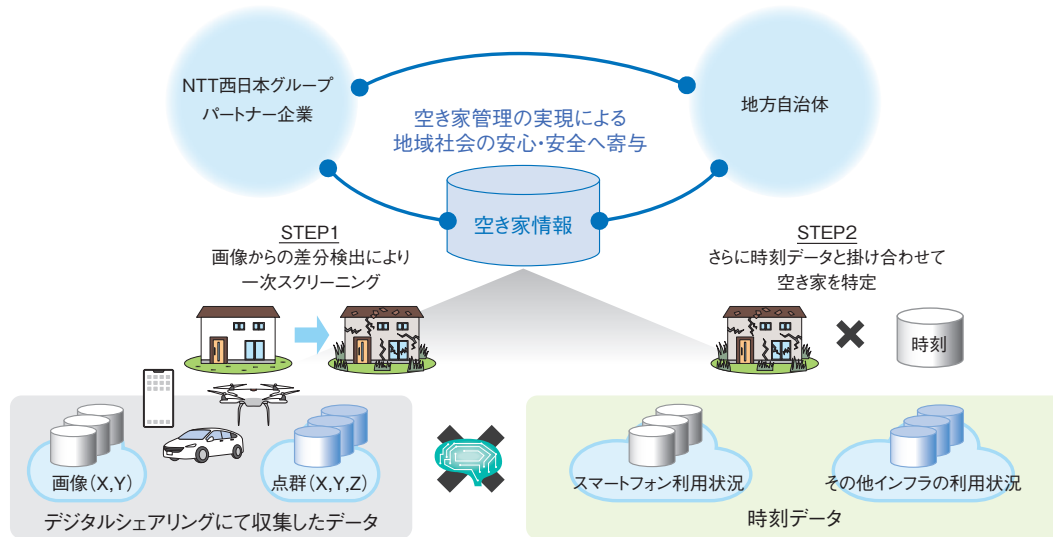


図4 時刻データを活用した空き家問題の解決

今後 IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) の先に4Dデジタル基盤^{*6}の導入があると思っています。これは「緯度・経度・高度」のみならず、「時刻」の情報を用いて未来予測を実現させていくものです。例えば、社会インフラの協調保全、道路交通の整流化、都市アセットの活用、環境・防災に向けたデータができる予定です。そこで時刻データを活用した事例として、NTT西日本が運営するQUINT-BRIDGE^{*7}でオープンイノベーションを実施した際に、スタートアップの会社から提案を受けたものを紹介します。空き家情報を世間に販売していきたいというものです。デジタルシェアリングで家の情報を収集しますが、屋根が朽ちている、庭が雑草まみれという状況は確認できますが、それ

だけでは本当に空き家であるか判断できません。そのデータに加えて、スマートフォンの利用状況、その他のインフラ設備の利用状況を時間軸で活用できれば空き家の特定率が向上すると想定されます。空き家の特定率が上がれば、地方自治体が使用できるようなデータになってくるはず（図4）。地方自治体に利用していただくことで、市民権を得ることができると思っています。もう1つの事例として、住民参加アプリ「みんスマ^{*8}」で収集した情報を4Dデジタル基盤と連携することにより、より付加価値の高い情報を生み出し提供することで市民権を得られる機会になっていくと思っています。

ではなく“different”の世界観を総合エンジニアリング会社で提供できるかが大切となります。今回、紹介した事例は一例にすぎません。今後皆で“different”の世界観をつくっていければと思っています。

総合エンジニアリングに向けて

今回、「総合エンジニアリングに向けて」というタイトルで本稿を作成していますが、NTTフィールドテクノの社員には総合エンジニアリング会社になろうと伝えていません。NTT西日本、NTT東日本の設備系組織は今後どのように総合エンジニアリング会社になっていくかが非常に重要となります。ただし、私たちが一方的にデータをシェアリングする、私たちの稼働をシェアリングするだけではなく、各社が実施しているDXといかに連携していき、さらにNTTならではのシティズンシップ、世界観をどのように提供していくか、“better”



猪俣 貴志

総合エンジニアリングに向けて、NTTならではの世界観を提供していくことが非常に大切となります。この「ならではの世界観」を生み出すために、NTTグループ全体で素晴らしい価値創造をしていきましょう。

◆問い合わせ先

NTTフィールドテクノ
ネットワークデザイン部 企画部門 企画担当
TEL 06-6490-1109
E-mail nw-kikaku-soukatsu@west.ntt.co.jp

- *6 4Dデジタル基盤：ヒト・モノ・コトのさまざまなセンシングデータをリアルタイムに収集し、「緯度・経度・高度・時刻」の4次元の情報を用いて未来予測を実現させていくものです。例えば、社会インフラの協調保全、道路交通の整流化、都市アセットの活用、環境・防災に向けたデータができる予定です。そこで時刻データを活用した事例として、NTT西日本が運営するQUINT-BRIDGE^{*7}でオープンイノベーションを実施した際に、スタートアップの会社から提案を受けたものを紹介します。空き家情報を世間に販売していきたいというものです。デジタルシェアリングで家の情報を収集しますが、屋根が朽ちている、庭が雑草まみれという状況は確認できますが、それ
- *7 QUINTBRIDGE：NTT西日本が大阪・京橋で企業・スタートアップ・自治体・大学などとの架け橋となり、幾多（100以上）の新規事業の共創や地域課題の解決をめざすオープンイノベーションの場。
- *8 みんスマ：NTTデータが提供する住民参加型アプリ「みんなスマートシティ」の略。まちで撮った写真をその場に残すことで、まちのみんなとシェアすることができ、まちの「良いところ」を教えあったり、暮らしの「困った」を相談し合ったり、あなたのまちがもっと楽しくなっていく、まちを楽しくする新しい仕組みの1つ。



アクセス設備の運用高度化におけるこれまでと将来の展望

NTTは、メタルケーブルによる固定電話から、光ファイバを活用した通信に至るまで、アクセス設備の構築・保守を担いながらさまざまなサービスを提供してきました。その中で、NTTアクセスサービスシステム研究所では、それらアクセス系業務のデジタルトランスフォーメーションによる運用イノベーションをめざし、スマートエンジニアリング（設計・施工）やスマートメンテナンス（保守・運用）技術を研究開発しています。また、通信設備のアセット活用により、通信以外の分野も含めた新たな価値創造にもチャレンジしています。

キーワード：#アクセス設備、#運用イノベーション、#運用高度化

えびね たかし
海老根 崇[※]

NTTアクセスサービスシステム研究所

アクセス系業務における運用イノベーション

NTTにおいては、これまで、メタルケーブルによる固定電話から、光ファイバを活用したデータ通信に至るまで、アクセス設備の構築・保守を担いながら、さまざまなサービスを提供してきました。そのような中、特に、メタルから光への大きな変革を迎えたFTTH（Fiber To The Home）においては、運用イノベーションが大きく進みました。これから迎えるIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）時代の到来に向けても、サービスの大きな変革に伴い、運用イノベーションの変革も併せて期待されています。

かつてのFTTH黎明期においては、1985年の通信自由化を背景に電電公社からNTTへと民営化し、1990年代では新しい電気通信事業者の増加、光化に対する設備開放議論などにより、アクセス設備構築において大きな変革を迎えた時代でした。また、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）のような競争サービスの登場もあり、光需要の予測が難しく、ケーブルの架空設置エリアで何度も追加の施工が発生する可能性もあるなど、アクセス設備の構築・保守といったアクセス系業務においてもさまざまな試行錯誤が繰り返された時代でした。そのような時代において、主

に外的要因から検討がスタートした「架空ケーブル束化技術」は、既設設備や空間の徹底活用により運用高度化を実現できた事例です。

ケーブル束化の当初課題は、「ケーブルへの風圧荷重・ケーブル重量および張力を考慮した設計の複雑さ」、「ハンガ、ケーブル（スパン間のリング掛け）の施工の複雑さ」、「らせん状ハンガ内でのケーブル通しの絡まり」等がありましたが、既設設備・ハンガ・新設ケーブル情報に基づく簡易設計判定による設計効率化、ハンガ中通し工法の確立による効率的な施工、支持体強化による保守稼働削減等、課題を解決し実フィールドへの展開を可能としました。加えて、実フィールド導入に向けては、振動疲労試験、風洞実験、高低温実験、暴露実験等の各種検証・評価を行い、長期的な環境変化に対する設置設備や通信に対する信頼性を確認しました。現在、日本全国において光ケーブル敷設の基本的な施工方法となっています。

IOWN時代の到来に向けた現在においても、通信インフラに対する社会的要望を受けて、NTTとして、研究開発等による技術蓄積やフィールド展開に向けた準備を進めているところです。私たちNTTアクセスサービスシステム研究所においても、運用イノベーションという観点でアクセス設備の運用高度化を進めています。本稿では、すでに実フィールドへの展開が進んでいる取り組み、および今後展開が見込まれる取り組み2例について紹介します。

現実世界のデジタル化による設備の高度化

すでに実フィールドへの展開が進んでいる運用イノベーションの取り組みとして、MMS（Mobile Mapping System）といわれる車両を活用した「現実世界のデジタル化による設備の高度化」があります。

現実世界をデジタル化しシミュレーション等を行うDTC（Digital Twin Computing）はIOWNの柱の1つです。通信サービスを支える電柱などの所外設備は、今後も不断な維持管理・運用が必要です。特に、所外設備の点検などの業務の多くは、目視かつ人の経験・ノウハウにより実施されていますが、労働人口の減少によりさらなる効率化が求められています。私たちは、MMSで取得した点群データから電柱などの通信設備を自動的に抽出し、たわみなどの設備状態を数値化する技術の研究開発を行い、構造劣化判定システムとして点検業務の効率化に寄与してきました。たわみの大きい電柱ほど横びびが発生し不安全である可能性が高いのです。MMS車両を面的に走行させ、たわみの大きい電柱を自動で抽出し、それらの電柱のみ目視点検を行うことにより、大きく稼働を削減することを可能としています。また、点群データをシステムに入力するだけで自動的にたわみが算出されるため、スキルレスにも貢献できます。現在は、建柱工事等の施工の遠隔化・自動化を視野に、点群データからリアルタイムに設備や重機、周辺環境を自動認識す

※ 現、NTTアクセスサービスシステム研究所 所長

る技術や、ケーブルなどの極細径物の構造状態を数値化する精度の極限追求を進めています（図1）。

昨今、点群データは自動運転や測量などさまざまな業界で活用され、測定機器の精度向上、価格の低廉化も進んでいます。一方で、NTTグループ各社で活用されているMMSは、仕様が異なっており、取得したデータに合わせて処理・解析ソフトを変える必要があり、集約・展開には非効率となっていることを課題ととらえています。今後、自動認識技術、設備状態の数値化技術に加え、通信設備から漏れなく安価に高精度に点群データを取得するための機器条

件やNTTグループのMMS仕様統一についても検討を行う予定です。

IOWN構想を支える多段ループ型光アクセス網構成法の研究開発

今後展開が見込まれる運用イノベーションの取り組みについて、大きく2つの取り組みを紹介します。1つは、多段ループ型光アクセス網構成法です。

FTTHを支える光アクセス網について、これまでは経済性を最優先に設計されたスター型光アクセス網が用いられてきました。一方、IOWN時代の光アクセス網では、高

周波モバイル等のキャリア需要を含めて多様な事業者のビジネス系需要が中心になると想定されます。こうした需要は従来のメタル需要を光化してきたFTTHと異なり、需要の数や発生場所が不確実であるため、従来の光アクセス網のままでは非効率であったり、高信頼・柔軟なサービスに対応できないといった問題が今後想定されます。

私たちはこのような背景に基づき、複数のループ配線を多段に組み合わせた多段ループ型光アクセス網構成法を技術確立し、より高い信頼性や需要発生位置や量に対する変動耐力等を最適化した新たな配線方法を提案しています（図2）。ループ配線は、信頼性や柔軟性に優れた配線トポロジーとして、FTTH黎明期より考えられていましたが、本構成法はこれを多段構成とすることで、収容局近辺だけでなく、収容局から遠く離れたエリアにおいても信頼性・柔軟性を高め、新たに光経路選択の機能も備えています。IOWN時代の光アクセス網では、この多段ループ型構成を既存のFTTH網にオーバーレイさせて、既存網との共存を図っていくことを考えています。

一方、新しい配線方法の導入・展開に向けては、今後の需要を予測したうえで、設備投資や構築量等のシミュレーションが必

※そのまま使用

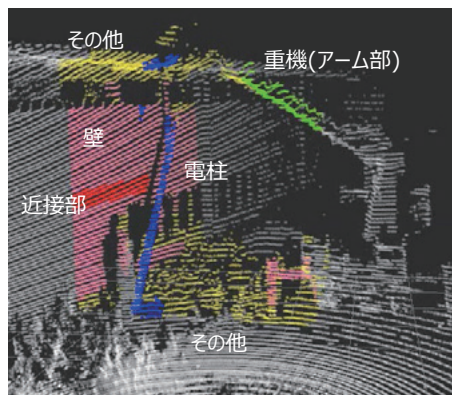


図1 リアルタイム自動認識例

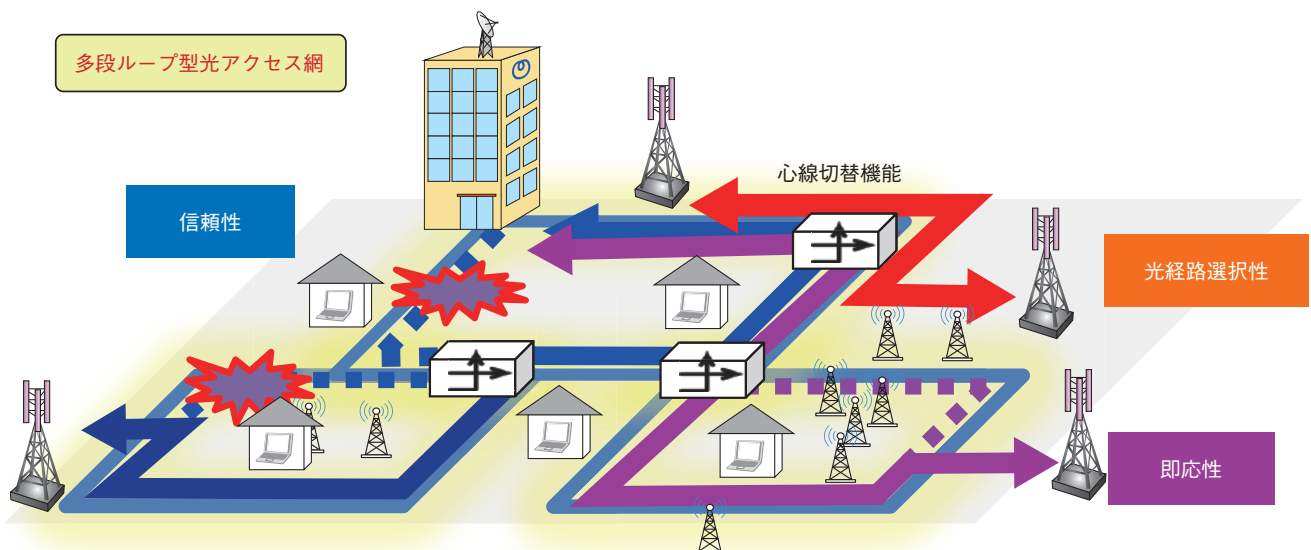


図2 多段ループ型光アクセス構成法

要不可欠です。この場合、既存設備（管路、電柱、引上げ点や既設光ケーブルの空き状況等）に基づく設備設計がなされますが、これを人手で行う場合、設計稼働が膨大になり、また、設計者により設計品質が異なるといった問題があります。そこで、必要な情報を入力することで、自動的に適切な配線ルート案を生成し設計者の業務支援を行う「設計アシスト技術」の研究開発を進めています（図3）。本技術を用いると、おおむね収容局ごとに人手で2週間～1カ月を要する設計稼働を大幅に削減（1～2日程度）できるようになるため、需要予測やエリア特性に応じたさまざまな導入パターンの検証が容易になると期待されます。

今後は、多段ループ型構成をスマートシティなどグリーンフィールドへの導入を進めながら光アクセス網への実フィールド展開をめざしていきます。さらに、本配線方法における運用等も並行して整備し、周辺技術開発も併せてIOWN構想の実現に向けた研究開発を推進していきます。

既設通信ケーブルの活用と高度なセンシングによる光ファイバ環境モニタリング

今後展開が見込まれる運用イノベーションの取り組みのもう1つは、光ファイバ環境モニタリングです。

NTTグループが所有する最大の資産である通信用の既設光ファイバケーブルをセンサとして活用することで、光ファイバケーブル周辺で起こるさまざまな事象が発する振動を独自の高精度なDAS（Distributed Acoustic Sensing）*で観測し、得られた振動データを解析・解釈して、ケーブル周辺で生じた事象を推定する光ファイバ環境モニタリングの研究開発を進めています（図4）。

実現に向けた技術ポイントは、光ファイバに加わる振動の分布を高精度に測定できること、測定した大量データをリアルタイムに処理して振動の状態を可視化できること、データを解析解釈して事象を特定できることなどがあります。これまでNTTでは振動測定の高精度化に向け、位相を観測する光時間領域反射測定法（OTDR：Optical Time Domain Reflectometry）をベースに、光周波数多重（FDM：Frequency Division Multiplexing）パルスと独自の雑音低減アルゴリズムによって、従来よりも低雑音な振動波形の取得を可能

* DAS：光ファイバに沿って振動を分布的に測定する技術。

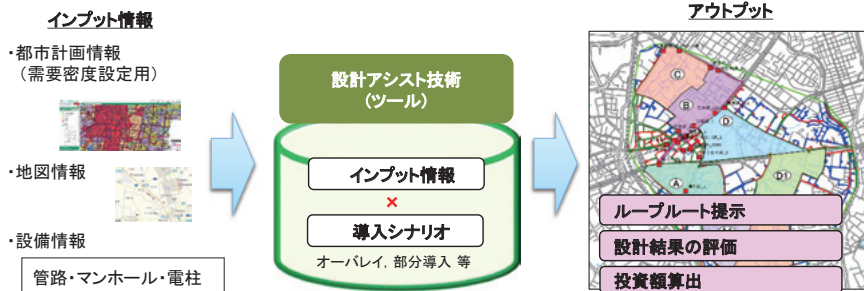


図3 設計アシスト技術の概要

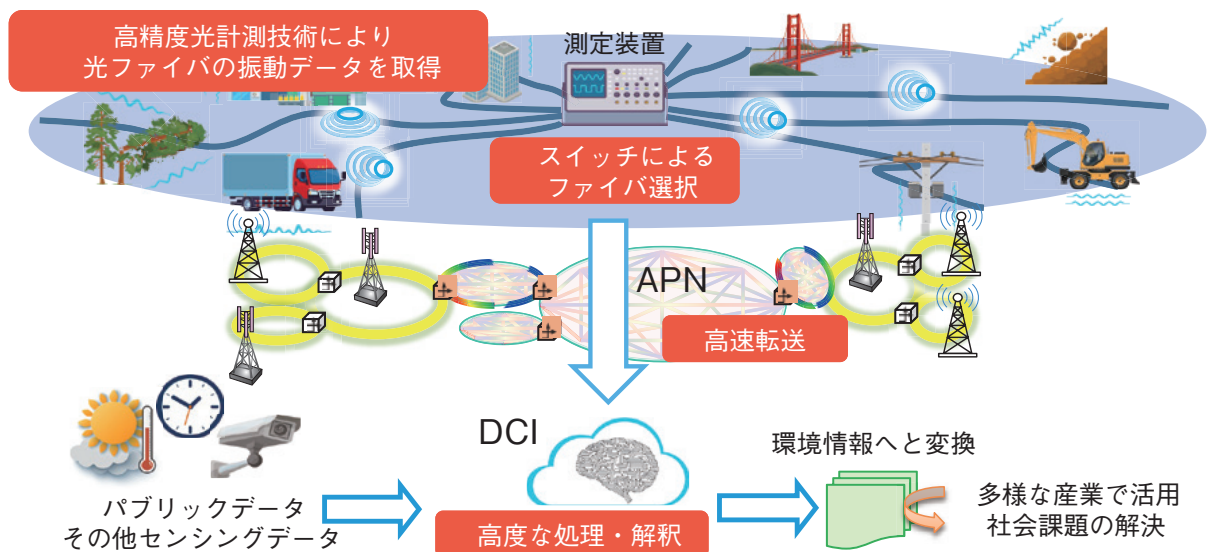


図4 光ファイバ環境モニタリング

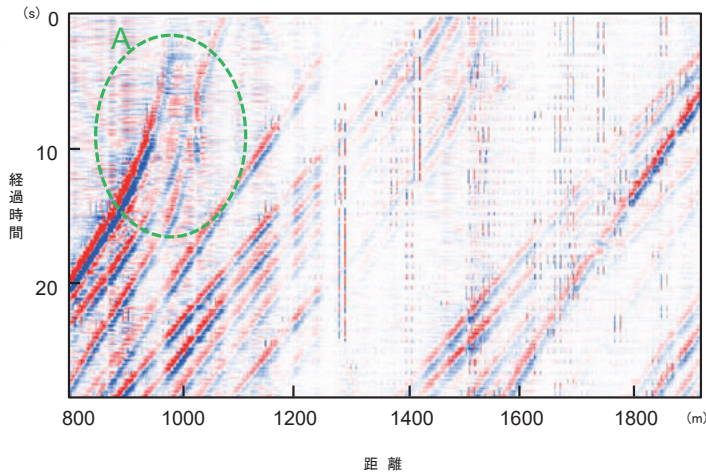


図5 実フィールドに敷設した光ファイバケーブルでの車両交通測定結果

にしたFDM位相OTDRによるDASを提案しています。また、得られた大容量データの処理が大きな課題となりますが、計算アルゴリズムの工夫とFPGA (Field Programmable Gate Array) の利用によりリアルタイムでのデータ処理も実現しています。実フィールドの車道に沿って地下管路内に敷設された通信用光ファイバケーブルを用いたFDM位相OTDRによる車両通行の測定例を図5に示します。横軸は測定装置からの距離、縦軸は経過時間を示しています。赤と青のカラーバーは測定された光信号の位相回転量であり、光ファイバに加わっている振動の振幅に相当します。したがって、赤・青線のペアが車両1台の道路通行の様子を示しており、本数が車両の台数、傾きが車両の速度を表しています。また、本測定はリアルタイムに実施可能です。図中のAの辺りでは、直線の傾きが大きくなっており、これは信号が赤になり車両が減速し停止したことを示しており、スマートシティなどでの交通流モニタリングへの応用などが期待できます。このように高精度に取得した振動情報は光ファイバケーブルの周辺状況を把握するための利用が期待でき、その活用が進みつつあります。

光ファイバ環境モニタリングはIOWNとの組合せによりさらに高度なセンシングの実現も志向しています。オールフォトリ

ス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) の経路スイッチ機能を活用し、センシングする光ファイバを自由に選択して面的な測定を実現することや、同じくAPNの高速伝送機能による大量な測定データの転送とDCI (Data Centric Infrastructure) の潤沢なコンピューティングリソースの活用により高度かつ高速に測定データを解析・解釈し、環境情報を生成することなどを検討しています。現時点ではセンシング装置とAPNのスイッチ機能との接続構成の検討を中心に議論を進めています。

このように光ファイバ環境モニタリングは光ファイバケーブル網にセンシングインフラという新しい価値を与えるものであり、今後は、適用領域の拡大をめざし、より高精度・広範囲に振動測定可能な測定方式創出とそれを装置として実装するノウハウの蓄積およびシステム化とユースケースの開拓に取り組んでいきます。

今後の取り組みの方向性

米国では、Googleをはじめさまざまな企業において、ビジネスチャンスとして「路肩」に着目し、スマートシティ構想や自動運転に向けた権利の争奪戦が行われているといわれています。さらに、既存のアセッ

トや技術を用いたイノベーションも同時に起こっており、NTTとしても、例として挙げた架空ケーブル束化による空間の活用や、光ファイバ環境モニタリングのような既存アセットの有効活用をイノベーションにつなげるのが非常に重要であると考えています。電柱やケーブルといったNTTが保有する膨大な量の既存アセットに関して、過去の優良事例を参考にしながら、有効活用はもちろん、その他通信以外の分野も含めた新たな価値創造について、継続的にチャレンジしていきたいと思っています。



海老根 崇

IOWN時代の到来を見据え、アクセス系業務における運用イノベーションを推進しています。イノベーションは、新しい技術においてのみ起こるものではなく、既存の技術やアセットの活用が非常に重要になっています。イノベーションにつながるような研究開発を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセス運用プロジェクト
TEL 029-868-6300
FAX 029-868-6400
E-mail aunp-contact@ntt.com



低遅延・省電力に資する新たな光アクセスシステム技術

NTT 研究所ではデータ量の増加、消費電力の増加、ネットワーク遅延抑制といった課題を克服する技術開発に取り組んでいます。今回、そのために必要となる光アクセス基盤の研究開発を行う NTT アクセスサービスシステム研究所 (AS 研) 光アクセス基盤プロジェクトから、ネットワークの低遅延・省電力化に資する研究開発技術を紹介します。

キーワード：#光アクセス、#低遅延FDN、#APN

よしだ ともあき

吉田 智暁

NTT アクセスサービスシステム研究所

低遅延化に対する高い期待

光を中心とした革新的技術を活用した高速大容量通信、膨大な計算リソース等を提供可能とするネットワーク・情報処理基盤の構想である IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けて、さまざまな企業が集まり議論を行う IOWN Global Forum (IOWN GF) が中心となって活動を行っています。IOWN GF では、非常に高精細な映像や知覚表示、伝達を可能にする「人の認知を超えた能力をナチュラルに提供する」ことをめざし、そのために必要となるネットワークや計算資源、デバイスについてのユースケースや技術を議論しています。IOWN GF では、大量のカメラやセンサから得られるデータをリアルタイムに収集し、未来予測や自律制御を行うサイバーフィジカルシステムや、労働人口減少への対応という観点からも期待が高い遠隔操作や XR (Extended Reality) ナビゲーションなど、没入感を高め人の認知を拡張するユースケースが例示されています。

こうしたユースケースで重要となるのが低遅延かつ安定したネットワークです。例えば日本外科学会が策定した遠隔手術のガイドライン⁽¹⁾では、通信環境の低遅延性と安定性の双方が要件として示されています。また、今後減少していく生産年齢人口に対応するために、生産性の向上や危険作業の撲滅は喫緊の課題となっており、精緻な遠隔操作を実現するための低遅延かつ安定したネットワークへの期待は年々高まっています。

低遅延を実現するネットワーク技術

IOWN の 1 構成要素として議論されているオールフォトニクス・ネットワーク (APN : All-Photonics Network) は、光ファイバ通信の特性を活かした安定した低遅延性を提供できると期待されています。しかし、実際にユーザが必要とする精度の高い遠隔操作を実現するには、情報の伝達における遅延の抑制だけでなく、情報の入力・処理・出力に要する時間やそのサイクル全体を低遅延化すること、またそのサイクルのさまざまな個所で障害が発生しても、冗長化による経路切り替え等で円滑にユーザ操作を継続できる仕組みが必要となります。

そこで NTT アクセスサービスシステム研究所 (AS 研) 光アクセス基盤プロジェクトでは、低遅延 FDN (Functional Dedicated Network) というネットワーク構成技術を提案し、研究開発に取り組んでいます。低遅延 FDN は現在「ネットワーク・サービスに生じる変化に即応する機能」「エッジ処理用の計算資源の高速な割当てや入れ替えを行う機能」の具体化を進めています (図 1)。これにより、光区間、エッジ処理を含め、遠隔操作システム全体で低遅延・低ジッタのネットワークを安定して提供することが可能になります。特に、遠隔制御の実用化や普及には、クラウド技術、特にエッジコンピューティングのメリットを活かし、画像処理や AI (人工知能) 処理の高信頼化を果たす「ネットワーク&コンピュータ高速クローズドループ制御技術」の研究開発を進めています (図 2)。ネッ

トワークとエッジサーバの双方の状態をタイムリーに情報収集して品質監視を行い、品質劣化時にネットワークとサーバを同時に切り替えて安定性を確保します。つくばフォーラム2023では、このネットワーク&コンピュータ高速クローズドループ制御技術を用いて、遠隔のロボットを画面越しに操作するアプリケーションと、エッジサーバの背景負荷が増大し遠隔操作環境が悪化しても経路とサーバの切替制御を行って操作が継続できる高い安定性のデモを実施しました。

もう 1 つの低遅延技術として、工場内の複数のロボットを安定かつ低遅延に制御する用途を想定した技術を研究開発しています。ユーザの近傍に配置する MEC (Multi-access Edge Computing) と多数の端末との間のミッションクリティカルなデータ転送に TAS (Time Aware Shaper) 技術⁽²⁾を活用します。TAS は元々非常に厳しい遅延要件の通信を調停、多重するためのトラフィック制御技術ですが、これを複数のスイッチ間、すなわちネットワーク全体で連携制御を行う仕組みに応用します。この技術によって工場内のあらゆる端末と MEC 間の各制御メッセージの低遅延性を確保することができ、繊細なロボットアームを複数同時に制御することが可能となるデモを実施しました。

光給電 Optical Network Unit (ONU)

山岳や海などでの観測、またダムなどの設備の監視といった、ルーラルエリア、無

人環境でのデータ収集をIoT (Internet of Things) が担うというユースケースは有望と考えられています。しかし、そうしたエリアでは電力線による電力供給が難しい

ケースがあります。これまで太陽電池や、エナジーハーベスティング技術、LPWA (Low Power Wide Area) などを活用するIoT機器が提案されてきましたが、安定

した電力供給や電波伝搬距離に課題も多い状況です。例えば、これらの厳しい設置環境においては、地形や気象、植生などの条件により、太陽電池やエナジーハーベスティング技術は電力源としての安定性に欠け、LPWAも伝搬距離に制限、変化が生じるため、より安定した電源によるアクセスポイントの確保が求められています。そこでAS研では、光ファイバ中を伝搬するエネルギーを電力として利用しIoT通信を可能にする「光給電ONU」の研究開発に取り組んでいます⁽³⁾。

今回、低消費電力で動作する光トランシーバを試作し、通信が不要なときにはONUをスリープさせて平均消費電力を徹底的に抑制し、その間に光電変換ユニットで受信した光からの電力で充電する仕組みを搭載して(図3)実証を行いました。つくばフォーラム2023においてこの光給電ONUのデモを行いました。

Photonic Gateway (Ph-GW) の研究開発動向

AS研は、従来より端末をフルメッシュかつエンド・ツー・エンドで接続し、中継に電気処理を極力用いない光パスによる大

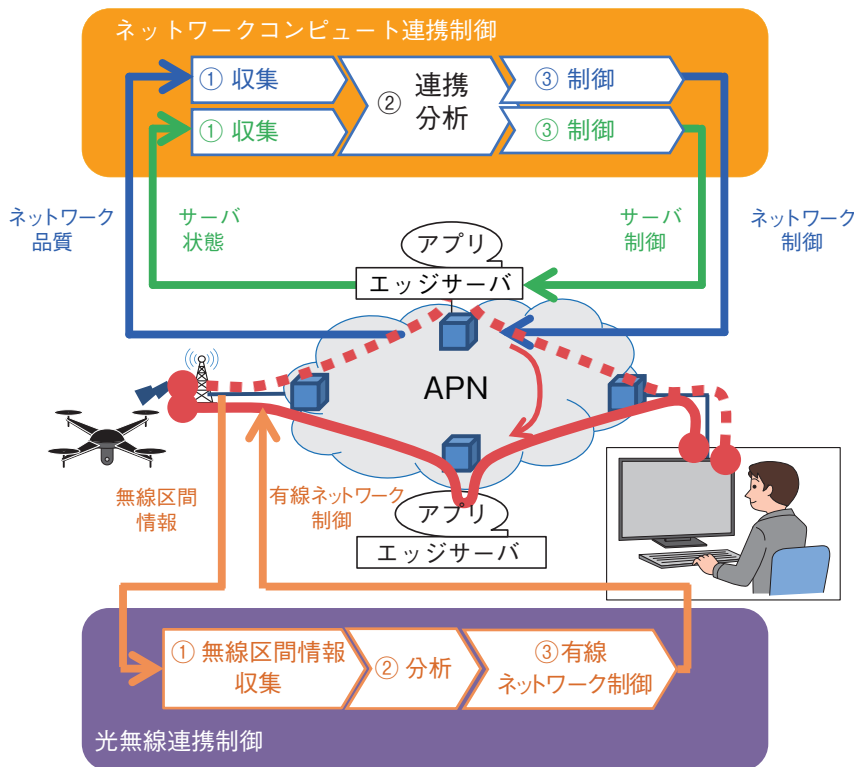


図1 低遅延FDN

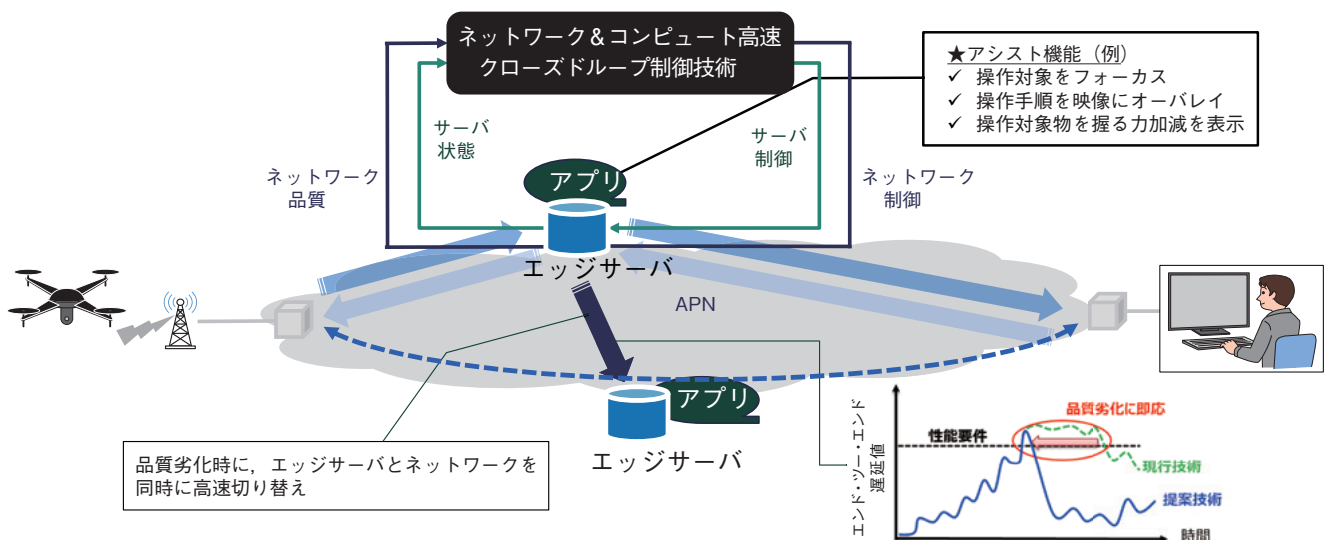


図2 ネットワーク&コンピュータ高速クローズドループ制御技術

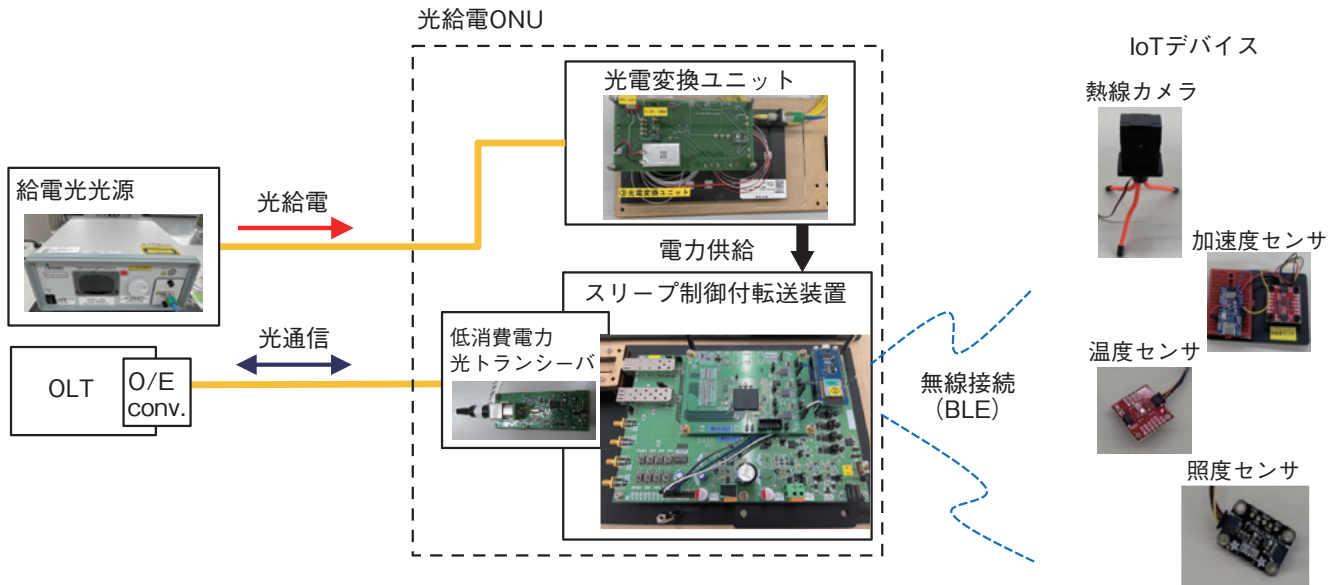


図3 光給電ONUのデモ展示

容量、低遅延の伝送を可能にするAPNにおいて、アクセスノードに配備してユーザ装置を收容する際に必要な機能を提供するPhotonic Gateway (Ph-GW) を提唱・研究開発しています。Ph-GWは、光技術を活用した①遠隔波長設定、②集線・分配、③通過・停止、④折返し、⑤取り出し・挿入、の各機能で構成され、ユーザが通信プロトコルを意識せずにエンド・ツー・エンドの通信の開通・停止を提供します。AS研では、この5つの機能を実現可能であることを実証しています^{(4), (5)}。また、Ph-GWを構成するこれらの機能ブロック群をIOWN GFにおいて提案し、APN-Gとして記載されています⁽⁶⁾。特に、②、③、⑤の機能については既存の光伝送装置であるROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) の機能を拡張して実現することが可能であり、OpenROADM MSAにおいても検討が開始されました。ほかにも、実現途上である遠隔監視制御やAPN端末の小型化、低コスト化など課題はまだあり、Ph-GWの研究開発とともに継続して取り組んでいきます。APNは、まずその良さを知っていただくために、使える技術をいち早く体験いただきつつ、研究開発を続けて順次機能拡充を

提案、実現していきたいと考えています。

■参考文献

- (1) <https://jp.jssoc.or.jp/uploads/files/info/info/20220622.pdf>
- (2) IEEE : "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Bridges and Bridged Networks - Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic," IEEE Std 802.1Qbv-2015, March 2016.
- (3) H. Katsurai, Y. Fukuda, R. Miyatake, H. Nagoshi, M. Sekiguchi, and T. Yoshida : "Sleep/Active operation of optical-power-supplied ONU without electricity for rural IoT," ICETC2022, O2-2, Nov. 2022.
- (4) Y. Senoo, S. Kaneko, T. Kanai, N. Shibata, J. Kani, and T. Yoshida : "Demonstration of in-service protocol-independent end-to-end optical path control and restoration in All-Photonics Network," OFC2022, W3G.4, March 2022.
- (5) M. Yoshino, S. Kaneko, N. Shibata, R. Igarashi, J. -I. Kani, and T. Yoshida : "New Photonic Gateway to Handle Digital-Coherent and IM-DD User Terminals and Enable Turn-back Connections in Metro/Access-Integrated All-Photonics Network," OFC2023, W3F.5, San Diego, U.S.A., March 2023.
- (6) <https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-Open-APN-Functional-Architecture-1.0-1.pdf>.



吉田 智暁

従来の高速大容量とは異なる、低遅延や低消費電力を光アクセスの新しい価値、品質として提供できるよう、研究開発を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
光アクセス基盤プロジェクト
TEL 046-859-4958
FAX 046-859-5513
E-mail akip-as-ml@ntt.com

大容量伝送，低消費電力，適用領域拡大を加速するワイヤレス技術の展開

6G（第6世代移動通信システム）/IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の実現に向けて、NTTアクセスサービスシステム研究所が検討を進めている無線技術を紹介し、私たちは、IOWN構想と6Gは同じ方向感であるととらえて、6G/IOWN構想の実現に向けた無線技術の研究開発を進めています。特に、光無線融合による高速大容量化、衛星通信を活用した上空方向でのカバレッジ拡大、無線技術の新たな適用領域拡大、さらには、共通的な課題である低消費電力化の観点からも検討を進めています。本稿では、これらの方向性に関する各技術とその展望について述べます。

キーワード：#6G，#IOWN，#高速大容量

おにざわ たけし
 鬼沢 武

NTTアクセスサービスシステム研究所

特集

はじめに

NTTでは、2019年5月にIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想⁽¹⁾を発表しました。IOWN構想では、オールフォトニクス・ネットワーク（APN：All-Photonics Network）として光伝送技術のさらなる発展に取り組んでいます。光伝送装置、デバイス技術の革新的な進展を構想に盛り込み、2030年代のネットワーク将来像を描いています。

一方、無線分野では、移動通信ネットワーク技術を中心に、6G（第6世代移動通信システム）の2030年代の実現をめざしてきました。高速大容量、カバレッジ拡張、低消費電力をねらうネットワーク構想が世界中で立ち上がり、ホワイトペーパーも多く発行されています⁽²⁾。国内においても、NTTドコモから2020年1月に6Gに向けたホワイトペーパーが発行され、現在は第5版⁽³⁾までの改訂が進んでいます。

NTTアクセスサービスシステム研究所では、IOWN構想と6Gは同じ方向感であるととらえて、6G/IOWN構想に向けた光と無線分野の融合技術の検討を進めています。この6Gの実現には世界的な方向感の合意も必須です。私たちも、NTTドコモをはじめ、国内外の各社と6Gに関する技術実証実験を協力して進めています⁽⁴⁾。

無線分野において高速大容量化には、周波数リソースが潤沢なミリ波帯、サブテラヘルツ帯の利用が効果的ですが、伝搬損失

が大きくなるため無線装置を高密度に展開する必要があります。したがって、従来のセルラー構成に加えて、図1に示すように、柔軟に無線エリアを構築できる空間領域での分散ネットワークのトポロジー（New Radio Network Topology）⁽³⁾が必要になります。

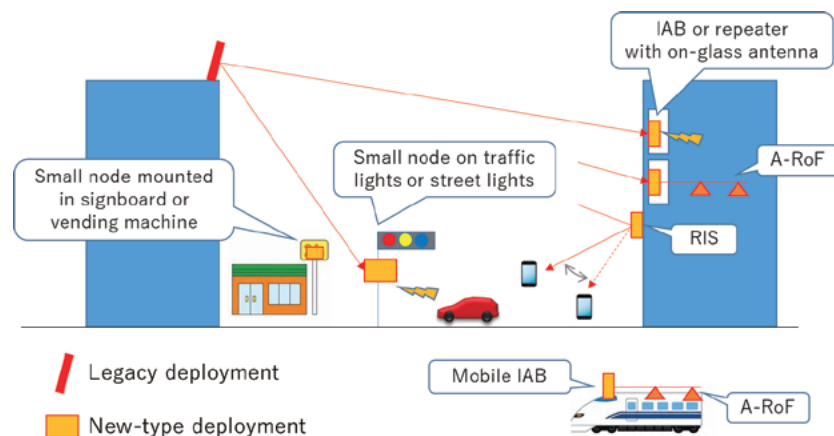
この実現には、無線信号を送信する張出局（無線装置やアンテナ）を多く設置する分散MIMO（Multiple-Input and Multiple-Output）技術の適用が考えられます。また、集約局から多くの張出局への配線には、損失が少ない光ファイバを用いることが望ましいです。私たちは、アナログRoF（A-RoF）技術と分散MIMO技術を融合させた技術検討を重ねてきました。さらに、この空間領域での分散ネットワークは、無

線伝送路を確保するために柔軟なネットワークトポロジーを形成しやすいため、上空方向へのカバレッジ拡大や新たな適用領域拡大にも相性が良いのです。

本稿では、私たちが6G/IOWN構想の実現に向けて検討を進めている高速大容量化、上空方向でのカバレッジ拡大、無線技術の新たな適用領域拡大、さらには、共通的な課題である低消費電力化の観点から、各技術の紹介とその展望⁽⁵⁾について述べます。

高速大容量化

高速大容量化に向けて、私たちが考える、高周波数帯分散MIMOシステムを図2に示します。集約局と張出局の光区間はアナログRoF技術を適用します。



出典：NTTドコモ：“ホワイトペーパー「5Gの高度化と6G」”，2022年11月（5.0版）。

図1 New Radio Network Topologyの具体例⁽³⁾

■アナログRoF技術

図2に示したように、アナログRoFのネットワークポロジとしてはスター型が一般的です。これに対して、カスケード型のネットワークポロジが検討されています。この構成では、各張出局において光スプリッタと光合分波器を用いており、そこを通過することによる光損失が大きく、接続可能な張出局数が制限される課題があります。この課題に対して、私たちは光薄膜フィルタを用いた構成を検討しています⁽⁵⁾。光薄膜フィルタは、特定の波長を低損失で透過し、それ以外の波長の光を反射させることで分岐することが可能です。この特長を活用してカスケード型のネットワークポロジを構成します。

また、アナログRoF技術では、無線基地局の信号処理機能を集約局に集約することで、高密度に設置する張出局の簡易化、低消費電力化を実現できます。高周波数帯では、利得を稼ぐために必須となるビームフォーミング技術を遠隔で行う遠隔ビームフォーミング制御手法について検討を進めてきました⁽⁶⁾。この中で、ビームテーブルを用いた遠隔ビーム制御手法を適用し、5G NR (New Radio) の物理仕様に準拠した信号を上下回線の無線信号として用いて、上下同時に双方向で4K映像伝送を実証しました。

また、集約局から張出局まで20 kmのSMFを適用した際のEVM (Error Vector Magnitude) も計測しています。図3にSA (Spectrum Analyzer) で測定した各計測点でのEVMおよびコンスタレーションを示します。OTA (Over The Air) におけるEVMは約3.36%となっており、3GPP (3rd Generation Partnership Project) が規定する256QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 信号のEVM要求条件である3.5%以下を満たす結果が得られています⁽⁵⁾。

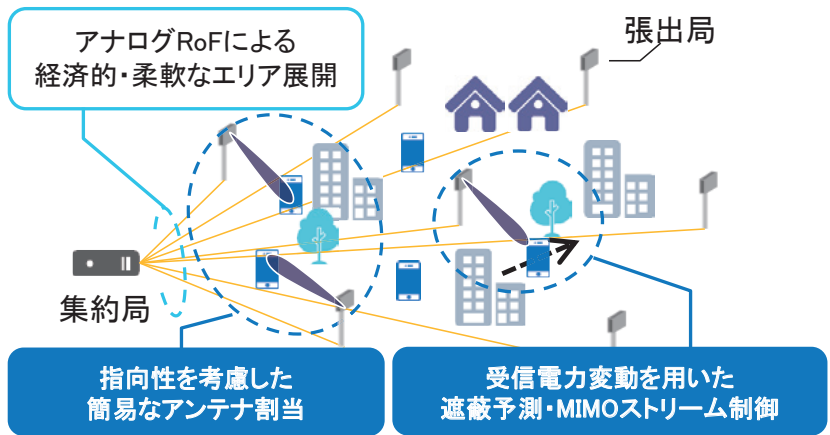


図2 高周波数帯分散MIMOシステム

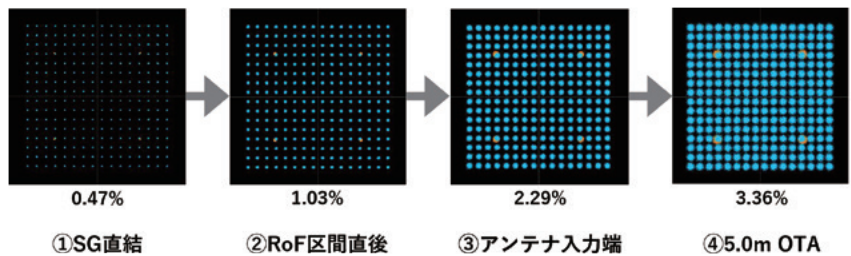


図3 測定EVMとコンスタレーション

■分散MIMO技術

分散MIMO⁽⁹⁾を実現するためには、いくつかの検討課題があります。前述したように、私たちは分散アンテナ展開にはアナログRoFを適用する手段を検討しています。ここでは、分散伝搬路制御技術⁽³⁾を中心に紹介します。

多くの張出局を効率的に運用するときには、高密度な張出局の配置に伴いビームサーチ数が増加する課題があります。この課題に対しては、複数の張出局が同時に一周波数リソースでビームサーチを行うことで、オーバーヘッドが張出局数に依存しない同時ビームサーチ手法の実証検討を行っています⁽⁵⁾。

さらには、NEC、NTTドコモと協力し、28 GHz帯を用いた分散MIMOにおいて、エリア内の無線伝搬状況や移動端末の位置

などの環境情報をシステム自身が把握し、環境に応じて集中局（基地局）から張出局（分散アンテナ）を動的に切り替える技術の実証を行いました⁽⁷⁾。実験エリアと実験系の概観を図4に示します。また、集約局からアナログRoFを介して2本の張出局に接続し、アナログRoFと分散MIMOを融合させた上下双方向無線伝送の実証も実施しました。アナログRoF適用時も同軸ケーブルとほぼ同じスループ特性が実証の結果として得られています。

カバレッジ拡大

私たちは地上と宇宙の多層接続により、地上や上空のカバー率100%の高速大容量化を図り、宇宙統合コンピューティング・ネットワーク⁽⁸⁾の実現をめざしています。

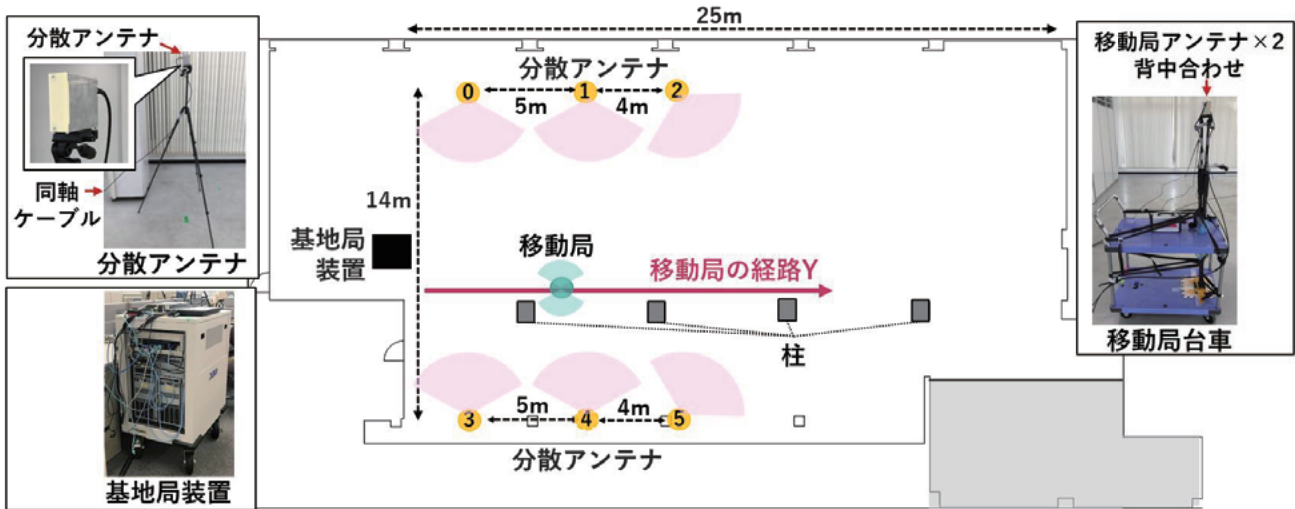


図4 実験エリアと実験系の概観

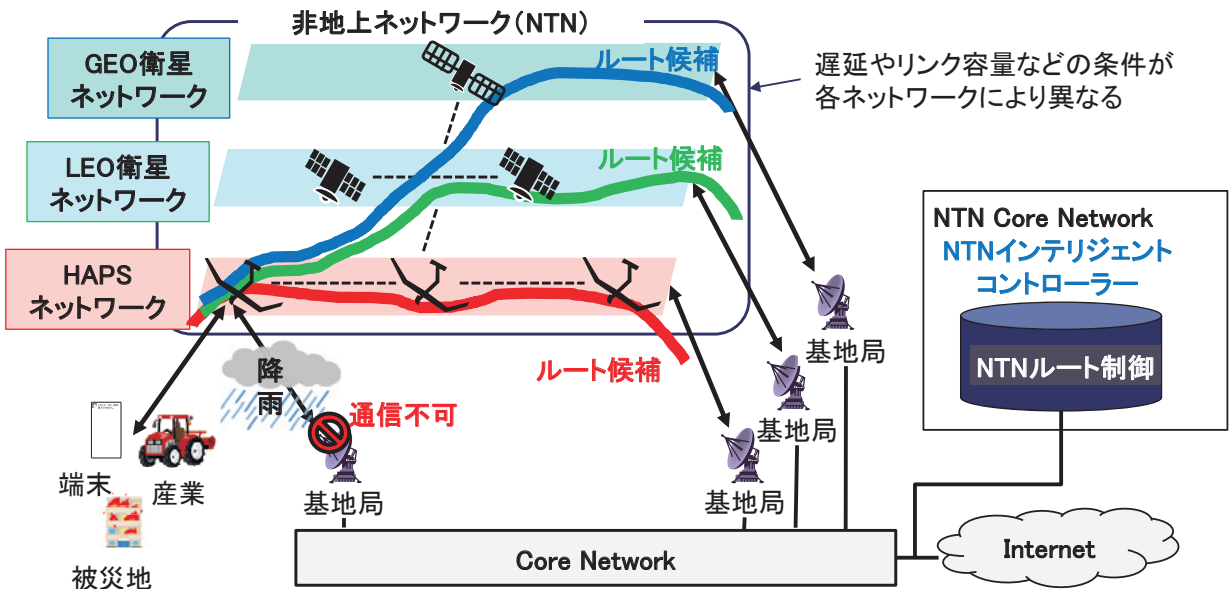


図5 上空方向のネットワークでのルート制御技術

図5に示すように、GEO (GEOstationary orbit satellite) /LEO (Low Earth Orbit satellite) /HAPS (High Altitude Platform Station) による通信を連携する多層ネットワークにより、伝搬特性やパスの通信容量など異なる条件を考慮した通信ルートから、そのときの状況に応じて最

適なルートを選定できる通信サービスを実現します。例えば、上空方向の無線伝送路は降雨の影響を受けやすく減衰するため、降雨が無いルートを選択して通信を行うといった制御を活用することで、通信速度の向上を図るルート制御技術の検討を進めています⁽⁵⁾。

また、衛星通信では複数端末の情報を衛星から基地局に伝送するフィードリンクの大容量化が重要です。これを可能にする衛星MIMO技術の装置化にも取り組んでいます⁽⁵⁾。衛星MIMO技術を衛星軌道上で実証を行うための送受信機能を盛り込んだ衛星搭載用コンポーネントの装置化も進めま

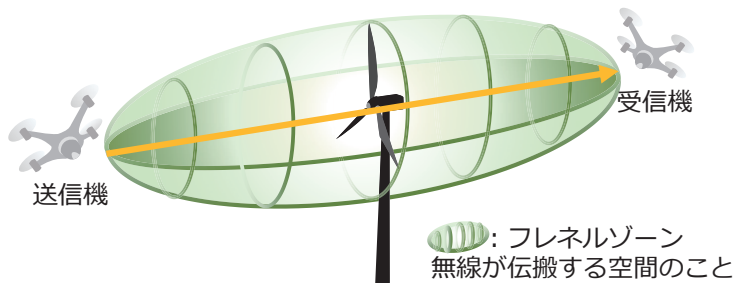


図6 非接触破損点検技術の活用イメージ

した。

現在は、衛星MIMO技術の低軌道衛星を用いた実証に向けて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と連携し、革新的衛星技術実証3号機に続いて革新的衛星技術実証4号機⁽⁵⁾を活用した実証検討を進めています。

適用領域の拡大

高速大容量、カバレッジ拡大の特長を活用するために無線技術の適用領域を拡大する検討を進めています。この中で、実証まで進みつつある事例を2つ紹介します。

1つは、通信電波を用いた測位情報に基づいた基地局切替制御技術です。6Gにおいても測位技術は重要視されています。従来と異なり、本技術ではエリアの識別に通信電波自体による端末測位手法を活用することで、より高精度な切替制御を可能にします。GPSなどの外部測位システムを適用しないことも重要な点です。免許が不要である60 GHz帯無線LAN (WiGig) を活用し、時速300 kmのフォーミュラカーに搭載し技術の実証を行いました。現在は、端末の接近を検知した基地局（張出局）のみアクティブ状態にし、残りの基地局（張出局）はスリープ状態にする低消費電力化の実証も進めています⁽⁹⁾。時速260 km以上の環境で実験を行い、スリープ制御なしの場合と比較してスループットの劣化なく、基地局の動作時間を約6割削減できること

を実証しました。

次に、大型構造物の非接触破損点検技術を紹介し⁽¹⁰⁾、将来のカーボンニュートラルに貢献する風力発電風車の無停止点検をめざす技術の実証実験を開始しました。特に規模が大きい洋上風力発電装置とは、カバレッジ拡大と組み合わせることで大きな効果が期待できます。

図6に示すように、本技術では、点検対象構造物を挟み込むかたちで飛行させた2機のドローン間において、免許不要な微弱無線の送受信を行います。電波の変動を検知、解析することで、大型構造物の異常等を検知します。従来の目視や画像による設備点検では運転停止が必須でしたが、この事前確認として本技術を活用した点検を併用することで、インフラ設備の利用停止時間を短縮化することをめざしています。

おわりに

本稿では、私たちが6G/IOWNの実現に向けた無線技術の最近の研究開発について紹介し、その展望を述べました。特に、高速大容量、カバレッジ拡大、低消費電力、これらの特長を活用した無線技術の新たな適用領域拡大は今後ますます重要になると考えています。

参考文献

- (1) NTT: "NTT Technology Report for Smart World 2021," 2021.

- (2) https://www.soumu.go.jp/main_content/000702111.pdf
- (3) https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperJP_20221116.pdf
- (4) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/02/27/230227a.html>
- (5) 鬼沢・北・宮城・山下: "6G/IOWN構想の実現に向けた無線技術の展開," 信学技報, CS2023-14, pp.34-40, 2023.
- (6) 白戸・伊藤・菅・新井・高橋・山本・北: "高周波数帯PoF システムの実現に向けてー遠隔ビームフォーミングからPoC までー," 信学技報, MWP2021-31, pp.6-11, 2021.
- (7) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2022/10/31/221031a.html>
- (8) 山下・堀: "宇宙統合コンピューティング・ネットワーク構想の実現に向けた基盤技術の研究開発," 信学誌, Vol.106, pp.376-381, 2023.
- (9) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/03/31/230331a.html>
- (10) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/05/15/230515a.html>



鬼沢 武

6G/IOWNの実現に向けて、無線分野における、高速大容量・カバレッジ拡大・適用領域拡大、さらには低消費電力への検討は必須です。NTTアクセスサービスシステム研究所では、これらの技術課題に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
無線エントランスプロジェクト
TEL 046-859-8021
E-mail hiroki.shibayama@ntt.com



NTTコミュニケーション科学基礎研究所
 上席特別研究員

原田 登 Noboru Harada

「世の中の役に立つこと」をめざして、基礎研究と国際標準化活動の両輪でそれを実現

リモート会議の普及やメタバースという言葉がメディアを賑わせるようになってくると共に、映像と音声を活用したコミュニケーションに社会の注目が集まるようになってきました。こうしたコミュニケーションにおいては、映像に関心が高まる傾向にありますが、臨場感をはじめとして音声が必要な役割を果たしています。音声・音響コミュニケーションの研究に長期にわたり取り組み、「伝えたい音・聴きたい音」を選択的に伝える等、「自然で高機能な音響コミュニケーション技術の研究と標準化」を新テーマに研究を行っているNTTコミュニケーション科学基礎研究所 原田登上席特別研究員に研究のめざす方向、研究成果、国際標準化活動と研究者としての姿勢・考え方を伺いました。



音声・音響コミュニケーションに関する研究と国際標準化で世の中に貢献

現在、手掛けていらっしゃる研究について教えていただけますでしょうか。

2022年に「自然で高機能な音響コミュニケーション技術の研究と標準化」という新しいテーマを設定し、人にとって自然な多地点会議や、伝えたい音・聴きたい音だけを選択的に伝える、高機能イマーシブ通信と、個人や状況に合わせて、自然かつ自動的に体感品質（QoE：Quality of Experience）が改善される音響コミュニケーション環境の実現をめざしています。

人どうしが対面で会話をしているとき、周囲の雑音がある中でも、話し相手の声を選択的に聞き分けています。これが在宅のリモート会議の場合、参加者に聞かれたくない周囲の生活音までマイクが忠実に拾い、それが相手のスピーカから流れることで、対面と異なり好むと好まざるとにかかわらず生活音まで意識せざるを得なくなります。逆に遠く離れて暮らす家族や孫とのリモートコミュニケーションでは、この生活音によりコミュニケーションの親密度が高まります。このようにコミュニケーションにおいては、伝えたい音・聴きたい音があります。

また、資料のプレゼンテーションの場合を例にとると、リモート環境においてはリモート環境としてのコミュニケーション手法があり、対面のリアル環境においてはリアル環境としてのコミュ

ニケーション手法があります。リモート環境はコロナ禍により普及が加速しましたが、コロナ禍の終息に伴い、リモート環境とリアル環境が混在するような場面も数多く登場しています。このようなハイブリッドな場としては、ハイブリッドな環境としてのコミュニケーションの手法の実現が課題になります。

さて、目的や状況に応じて、伝えたい音・聴きたい音だけを選択的に伝えることで、こうした課題へ対応することができます。高機能イマーシブ通信の実現に向けては、音響イベント検知、音源方向推定などの音環境理解技術を応用し、入力される音響信号の意味的構造を理解して、メタデータを含む音響オブジェクトを抽出することが必要となり、さらにこのような抽出を行うための表現をデータから自動的に獲得することが新しいテーマのキーテクノロジーとなります。

そして、抽出された音響オブジェクトを再構成し、伝送やVR（Virtual Reality）・AR（Augmented Reality）再生などへの応用の検討を行います。AR・VR通信への応用の場合、複数の音が混在する入力の中から、音の意味的な塊である音響オブジェクトを分離し、クラス情報・空間情報とともに出力する技術であるSemantic segmentationを実現します（図1）。それに加えて、ユースケースにより必ずしも高品質を必要としない、あるいはすべての音響オブジェクトを抽出する必要のない場合もあるため、人の聴感品質評価基準のモデル化によりユースケースに応じたQoEを推定し、それに合うように品質や抽出対象音響オブジェクトを自動改善・チューンすることで、高機能イマーシブ通信が実

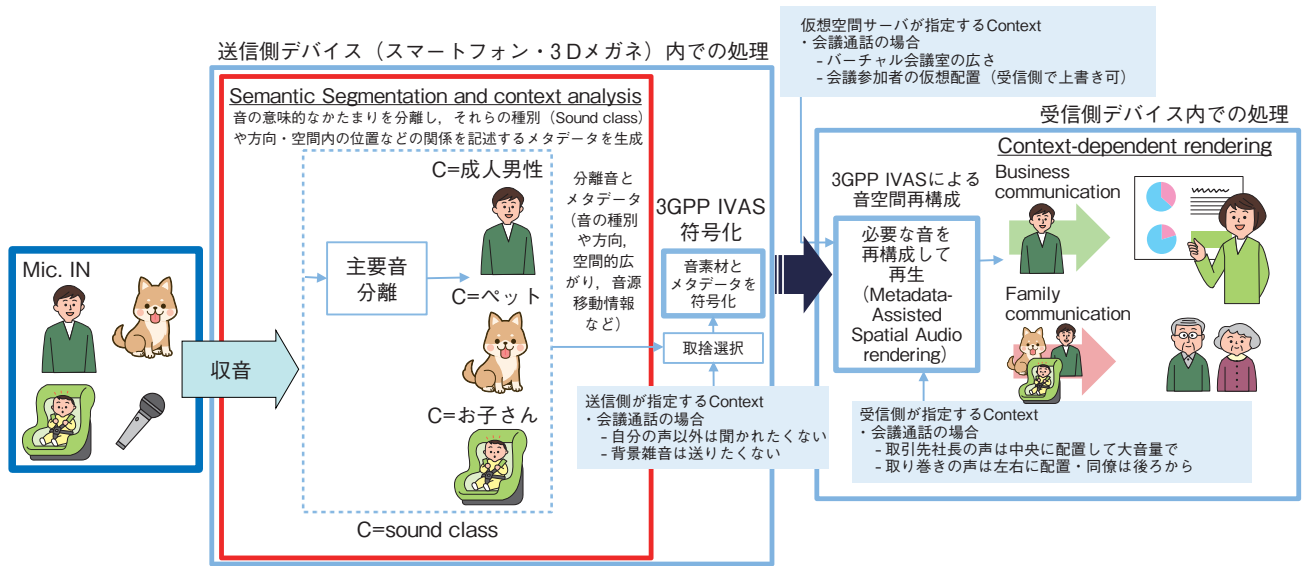


図1 Semantic segmentation技術のイマーシブ通信への応用例

現されます。

これらの技術は、会議通話に限らず、遠隔診療・見守り、重機の遠隔操縦など、遠隔で音を聞くさまざまな利用シーンで活用できると考えており、こうしたユースケースを意識しつつ、国際標準化などを通じて、世界を巻き込んだ実用化をめざします。

新しいテーマということですが、これまでどのような研究をされてきたのでしょうか。

私は、1997年にNTTに入社したのですが、それ以降、事業会社での開発業務や研究マネージメントの仕事をしていた時期を除き、音響音響信号処理、符号化とその国際標準化に取り組み、近年では自己教師あり学習などを用いた表現学習と、それらを応用した音響イベント検知や異常音検知などの音環境理解も専門分野として研究を行ってきました。

その中で代表的な成果として、音響信号のロスレス符号化方式であるMPEG (Moving Picture Experts Group)-4 ALS (Audio Lossless Coding) *への技術提案と標準化などを行ってきました。この技術はNTTエレクトロニクス社製エンコーダ装置に実装され、ハイレゾ音楽配信などに使われています。2018年には、機械等が発する音から異常を検知する技術をNTTデータなどの事業会社と協力して実用化し、地上で収録する列車の走行音

* MPEG-4 ALS : MPEGにおいて、MPEG-4オーディオの一部として規格化された。圧縮前のデータと、圧縮・展開の処理を経たデータが完全に等しくなるデータ圧縮方法であるロスレス圧縮方式。

を解析して車両の異常を検知する車両異常の監視や、発電設備など、機器の損傷や劣化を判別・検知する技術として活用されています。

国際標準化においては、ISO/IEC (International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission) MPEGではMPEG-AのAd Hoc Group議長として音声符号化におけるMPEGアーカイブフォーマット、エディターとしてMPEG-4ロスレス符号化技術の標準化、IECではプロジェクトリーダー・エディターとしてIEC61937-10伝送標準規格、ITU-T (International Telecommunications Union -Telecommunication Standardization Sector) ではエディターとして音声符号化に関する標準規格G.711.0、IETF (Internet Engineering Task Force) ではエディターとしてリアルタイム通信プロトコルにおけるペイロードに関する標準規格RFC 7655等の国際標準化に貢献してきました。

また、2014年に移動体通信に関する国際標準化団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project) において、すべてのスマートフォンに実装され、NTTドコモのVoLTE HD+ (Voice over LTE High Definition+) サービスに採用されている高品質音声符号化技術EVS (Enhanced Voice Services) の国際標準化にも貢献し、現在では、双方向イマーシブ通信を想定したオブジェクトオーディオ符号化技術で高品質多対地電話を実現するIVAS (Codec for Immersive Voice and Audio Services) 規格の国際標準化にも取り組んでいます (図2)。

さらに、2020年には音環境理解の主要国際会議DCASE (Detection and Classification of Acoustic Scenes and

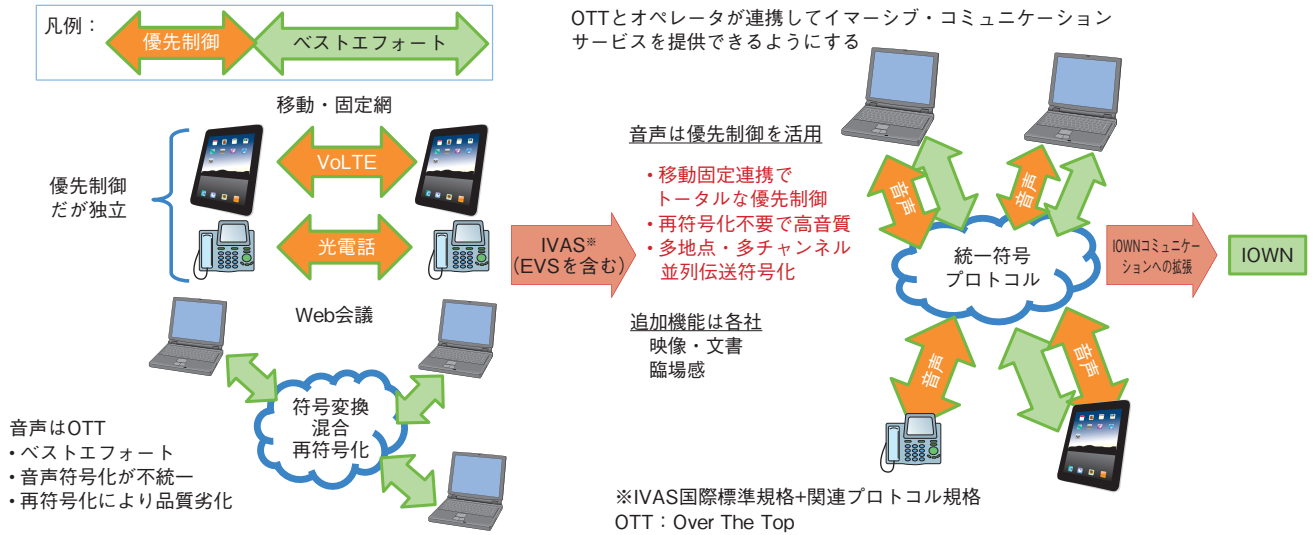


図2 NTTにおける3GPP IVAS標準化のねらい

Events) においてジェネラルチェアを務め、言語と音の距離モデルを提案するとともに、併催の音説明文生成コンテスト(DCASE Challenge) において世界一を獲得しました。

基礎研究の成果を国際標準化をとおして実用化

基礎技術の研究から国際標準化まで幅広くご活躍されてきたのですね。こうした中で研究者として大切にしていることや、それを教えていただけますでしょうか。

私の研究では、実応用を想定して研究課題を見つけ、要求される制約条件や事象をよく観察し、物理的観点、心理的観点、数理・情動的観点から総合的に検討して理に適った仮説モデルを作成します。このモデルを活用することで、実用化に向けて役に立つために必要な機能や、それを実現するための解法を考案し、国際標準化の会議などへの提案を通じて実際に使われるところまでを研究のゴールとして取り組んでいます。このモデルは、状況に応じて精密で複雑なモデルとしても、簡単で、シンプルなモデルとしてもつくることのできることで、ユースケースに応じて実用上必要とされる精度等の要求条件を考慮して適切なモデル表現を探します。

実用面からの要求条件を検討する際、例えば異音検知の場合は発想の転換も図りました。一般的には、音楽や音声は信号で、背景雑音等が不要なノイズとなりますが、異音検知の場合は機械の発する異音(ノイズ)を信号としてとらまえ、正常な機械音をノイズとしてとらえることで、これまで信号と思っていたものをノ

イズとして扱い、ノイズだと思っていたものを信号と見なしてモデル化を行う必要があります。

着目する事象をどのようにモデル化するかという観点において、ロスレス符号化やEVSで用いられている技術とベースとなる考え方は共通なのです。

さて、私たちは企業の研究所として基礎研究から実用化まで取り組んでおり、世の中の役に立つ研究を行い、最終的に何らかのかたちで人類に貢献したいという思いを持っています。そのため、ニーズと新技術の交点にあるテーマ、もしくはその交点を模索していくようなテーマを設定しているのですが、一方で、基礎研究である以上は、他の研究者たちとの競争的な要素も意識しなければなりません。そのためには、1人でできることは限られているので、全部を1人でやろうとはせず、自分たちでなければならないことにフォーカスするということが重要だと思っています。そのうえで、チームとして有機的な役割分担で取り組む、あるいは外部の人とコミュニケーションをとりながら共同で取り組むといったことが大切になります。

参加者の合意で成立する国際標準化の世界はこれとは趣を異にするものなのでしょうか。

国際標準化の世界では、世の中の役に立つということが最重要です。そうでなければ国際標準を制定する意义がありません。したがって、参加者はこれをめざして提案し、議論を進める中で合意形成します。議論の中では、場合によっては意見の対立も起こりますが、それをまとめて賛同者を増やして合意形成していくのが、基本的に選挙で決まる議長やラポータ等の役割で、合意を得

るための要件として参加者からの信頼とその分野に対する広く、深い技術力が求められます。

さて、私がテーマとしている技術は国際標準化の場の中ではほんの一部の領域でしかないのですが、それでも自分の技術が採用されないというのは悔しいところもあるので、採用されるための努力はします。しかし、必ずしも自分の技術が採用されなくても、対抗馬を示すことで、より使いやすく価値のある技術が採用されるように誘導できれば、結果として人類に貢献できると考えています。

研究においては、研究者それぞれが得意な分野、テーマ設定から実用化に向けた各フェーズの中で得意とするフェーズがあり、仮にテーマやゴールが近いところであってもそれぞれ異なったアプローチにより、時間軸に差が出てきます。これが研究における競争の1つではないかと思えます。

私には研究者としての立場と、国際標準化への貢献者としての立場の両方があるのですが、実用化して世の中に役立てることをめざして研究に取り組んでいるので、立場、役割は異なりますが、それぞれが別なものという意識はありません。先述のとおり、ニーズと新技術の交点を常に意識しているので、国際標準化における課題やリクワイヤメントがニーズになり、それを実現するための世の中にない新技術・基礎技術という点でそれが研究テーマになります。逆に研究の結果としての新技術を応用して国際標準化の場へ提案し、そこにおける議論をとおして新技術の応用手法を形成していくこともあります。

最近の活動を例に挙げると、例えばDCASEにおいて、私が主催している異常音検知チャレンジではコミュニティを醸成しており、これをとおして異常音検知に関する研究者の数を増やし、そこから生まれてきた新たな技術を参考にして、私たちも最終的にはビジネスに使えるようなヒントを得るという仕組みもつくりました。もちろんコミュニティへの参加者もこの仕組みを活用して研究を進めており、国際標準化とは異なりますが、世の中の役に立つという流れを大きく加速するものだと思っています。

葉がありますが、どのような目標を達成するために、何をやるのか、なぜそれが重要なのか、どのように解決するのかを説明し、そしてそれらをサポートする証拠・エビデンスを示すことが重要です。ただし、このエビデンスを示すべき相手であるスポンサー、お客さま、パートナー、事業会社、上司、同僚、ライバルの研究者等といった方々は、専門家ばかりではなく、また研究者や技術者でもない人もいます。さまざまな立場の人たちに研究の価値をご理解いただき、共感を得られるような説明をしていただきたいと思います。そのためにも研究を取り巻く周囲の環境に対しても意識を向けていくことが必要ではないでしょうか。

しかし一方で、基礎研究の分野では、先進的過ぎて誰もついてこれないような、破壊的なHowが突然生まれてしまうことがあります。このような場合には、ほかの人の言うことなどに紛らわされず、信じた道を突き進んでください。

そして研究を進めた結果、誰も文句を言えない強烈なEvidenceを示すことができれば、まわりもいつかは理解せざるを得なくなります。もちろん、どんなすごい技術であっても、共感を得る努力もするほうが良いとは思いますが・・・

研究の価値を理解・共感してもらう

後進の研究者へのメッセージをお願いします。

一般的に研究者は、自分の興味をテーマとして研究することが多いと思います。また、興味のあるテーマの研究は楽しいことであると思います。こうした研究は、スポンサー、お客さま、パートナー、事業会社、上司、同僚、ライバルの研究者等、周囲の方々にその価値を理解してもらうことで取り掛かることができます。価値を理解してもらうためには、エビデンスを示していくこととなります。「for What, What, Why, How, Evidence」という言

NTT東日本 デジタル革新本部 デジタルデザイン部
ソフトウェア内製化推進PT長

神山和憲 Kazunori Kamiyama

広い視野と高い視座を持った 異文化コミュニケーションで グローバル展開

社会や産業のDX（デジタルトランスフォーメーション）が加速する現代、それに対応していくためのIT人材不足が社会課題となっています。こうした状況の中、ローコードによるソフトウェア開発が注目されています。NTT東日本 デジタル革新本部の神山和憲氏にローコードによるソフトウェア内製開発の概要とその背景、そして、開発者としての姿勢を伺いました。



ローコードプラットフォームにより ソフトウェア内製開発にチャレンジ

現在、手掛けている開発の概要をお聞かせいただけますか。

いわゆるローコードプラットフォーム（LCP）を活用した業務ソフトウェアの内製開発を行っています。


これまで業務用のアプリケーションを開発するには、専門的で高度なITスキル・プログラミングスキルが必要となるため、多くの日本企業がアウトソーシングによる開発を選択してきました。


昨今、IT人材不足がある意味社会課題化する中で、専門的で高度なスキルがなくてもソフトウェアの開発を可能とするために、事前に用意されている基本的な各機能を用いて、それらの結合やカスタマイズをするときにコーディングを行うことで、従来よりも少ないコードでアプリケーション開発を可能とする手法としてローコードが登場しました。私たちは、このローコードによるソフトウェアの内製開発を推進しております。

どのような経緯でローコードに着目し、開発推進されているのでしょうか。

NTT東日本は、非通信分野の新たな事業を指向していく中で、ソフトウェア内製化を促進し、内製化によって得た技術を基にソフトウェア事業を新たな事業の1つの柱としていくことに注力しています。NTT東日本にとってソフトウェアの内製開発は前例がなく、アウトソース依存だったため、社内には技術もリソースも乏しい状態でした。このような状況の中で、ソフトウェア開発内製化の対象システムを検討するにあたり、基幹系のシステムは

そのミッションクリティカル性や場合によってはリアルタイム性により高度な専門スキルを必要とすることから対象とはならないが、それ以外のシステムが数多くあり、ミッションクリティカル性やリアルタイム性が要件とならないシステムも多くあることに気がきました。そこで専門的なスキルを必要としないローコードに着目して、基幹系以外のシステムにLCPを活用した開発を行うこととしました。

2020年に私を含む3名の社員により「LCPタスクフォース」が立ち上がり、プログラミングやローコードに関するスキル取得と並行して、SaaS（Software as a Service）として提供されているローコードツールをいくつか試しに利用しながら比較検討する中で、OutSystemsをベースとしたLCP環境を構築しました。このLCPは、必要スキルや体制規模を抑制しつつ、柔軟性の高い開発ができるプロ用のLAPに位置付けされており、上流工程における画面プロトタイプ、ソースコード生成後のデプロイなど、従来の自動化ツールよりも広範囲のライフサイクルを自動化し、高い生産性を実現するといった特長があり、 1に示す要素により構成されています。

LCPを中心に、かつ市中のSaaS/パッケージ（PKG）等も積極的に活用したソフトウェア内製開発を進めていく領域として、①これまで外注していた業務システム、②共通系業務等のこれまでシステム対応してこなかった新たな社内業務向けシステム、③営業部門等と連携した地域ビジネス向けシステム開発の3領域を対象として、迅速で安価なソフトウェアを提供していきます。併せてそれらを支えるリソース充実の取り組みとして、DXファクトリー、オフショア、人財充実を進めることによりソフトウェア製造力の強化を図ることをめざしています（ 2）。

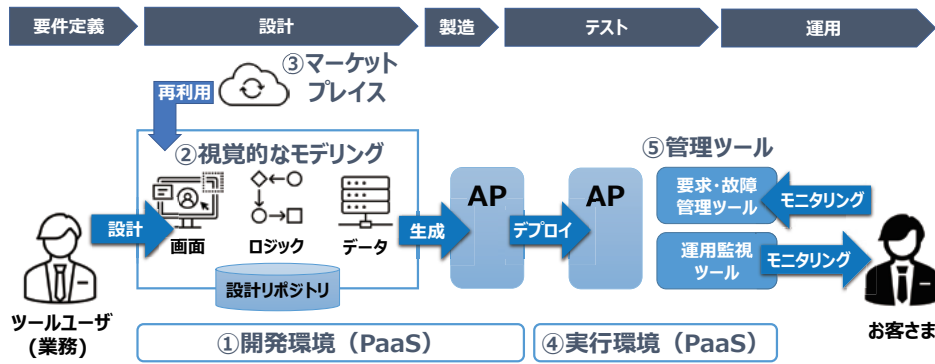


図1 LCPの機能と構成要素

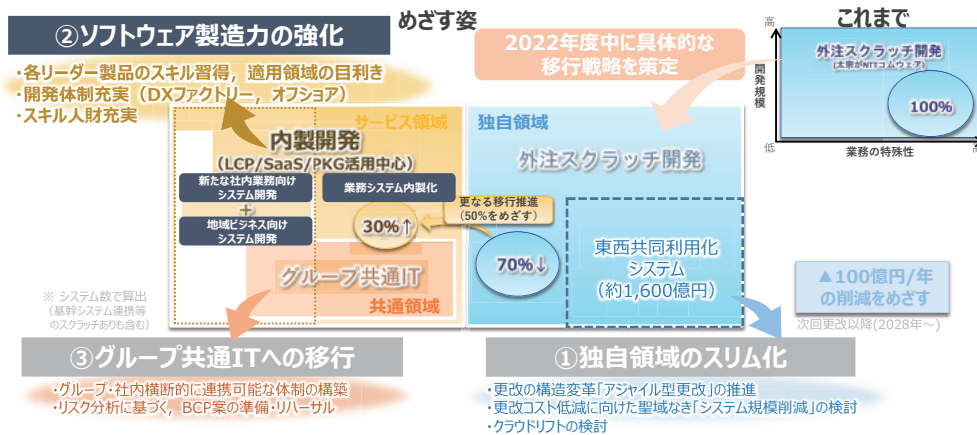


図2 ソフトウェア製造力の強化

経験から得たスキルをブラッシュアップし、ローコード内製開発で事業貢献

これまでのソフトウェア内製開発の成果を教えてくださいませんか。

代表的な開発事例として、約1000あるNTT東日本グループ各社の情報システムに関する、業務概要、システム主管、システム構成・機器、ネットワーク機器等の情報を一元管理する「情報基本台帳システム更改」と、NTT東日本グループ各社の緊急情報連絡の発生登録、リスクアセスメント、幹部報告を迅速に行うための業務支援システム「緊急情報連絡GRC (Governance, Risk management, and Compliance) ツール」があります。

「情報基本台帳システム更改」については、サーバ、OS、ミドルウェアがEoL (End of Life) を迎えることで更改が必要になったものの、開発の経緯、機能等を知る開発者の退職に伴いシステムがブラックボックス化しているため、スクラッチで再開発する必要が出てきました。これを内製でリバースエンジニアリングを行い、約120 Kline、200を超える機能群からなるソフトウェアを、ローコードを活用し、開発未経験者3名（途中2名追加）により8カ月で内製開発し（2021年11月リリース）、これにより想定2500万円のキャッシュアウトが抑制（ソフトウェア部分のみ）されました。

表 ローコード開発事例

開発プロジェクト	規模※	開発要員	開発期間
Winactorライセンス管理システム	10KLine	1名	2週間
緊急情報連絡GRCツール	30KLine	2名	1カ月
産学連携情報管理システム	20KLine	1名	1カ月
情報基本台帳システム更改	120KLine	5名	8カ月
BO管理ツール（神奈川・東京）	50KLine	3名	5カ月
IPASSシステム	50KLine	3名	8カ月

※規模はローコード開発ではない場合の推定規模

「緊急情報連絡GRCツール」については、緊急情報連絡のアセスメント強化等の施策に併せ、総務人事部との連携により業務設計段階から参画し、スクラッチ開発で推定約30 Kline規模のソフトウェアを、2名により1カ月でローコード内製開発し（2021年10月リリース）、これにより想定1000万円のキャッシュアウトが抑制されました。

これら2件を含むローコード開発事例を表に示します。

当初は「LCPタスクフォース」から立ち上がったチームで、自らがローコード内製開発を行っていましたが、2021年12月から開発コスト（人件費）削減と海外展開を目的に、ベトナムに開発拠

点を設立してオフショア開発を行っています。先に紹介したとおりOutSystemsは、LCPの中でもスクラッチの汎用性を持ちつつ、アプリケーションレイヤより下部レイヤを効率的に隠ぺいでき、必要スキル、体制を価値創造に注力することができる優れた側面があります。このため、オフショア拠点はアプリケーションレイヤに専門的なスキルを持つ人材で構成しております。2022年4月にはNTT東日本として本格的に内製開発を進めることを目的に、「ソフトウェア内製化推進プロジェクト」を組織化し、ローコード開発チームとしては国内で主として要件定義等の上流工程を、オフショア（約80名）でコーディング以降の工程を担当しています。この流れの中で私も、ローコード開発の当事者からローコード開発を含むチームの統括マネージャとして、LCPのプロモーションや各プロジェクト全体を統括するマネージャ、開発システムのNTTグループ各社への展開やベトナムを中心とした東南アジアへの展開といった役割にシフトしていきました。

開発者としてスキルの維持、スキルアップはどのようにしていますか。

私は1997年にNTT東日本に入社後、ネットワークエンジニアとしてフレッツVPNサービスの設計・運用等を10年間担当してきました。ネットワークの運用監視を行う中で、サーバやネットワークで発生するインシデント等を自動収集し、自動的に復旧させる仕組みやツール類をつくりました。また、お客さまからの申し込みに連動して、ネットワークノードに設定が入り、お客さまへサービス提供開始ができるオーダフロールーの設計・実装・運用を行いました。

この経験で得たスキルをベースに、2007年にNGN（New Generation Network）のオペレーションシステム、特にフレッツ系の基幹システムの開発を担当し、開発パートナーであるNTTコムウェアやNTTデータと連携して、主として要件定義から外部設計を中心とした上流工程と試験工程、およびプロジェクトマネジメントのスキルを得ました。このスキルを活かして2020年からソフトウェア内製化事業を推進しています。

ただ、これまでの経験から得たスキルは、発注側IT組織の立場としての上流工程や、大規模な複数システムをつなぎ合わせて、ミッションクリティカルな業務品質を担保するための試験工程等と、プロジェクトマネジメントであり、コーディングをはじめとしたソフトウェア製造に関するスキル、ローコード開発のスキルはありません。そこで、最初にOutSystemsをはじめとするSaaSの国内系ベンダが提供しているセミナーを受講し、併せて資格取得も行いました。

とはいえ、この先のビジネスを見据えた場合、単にローコードを使えるといったレベルでは不十分で、PoC（Proof of Concept）を超えて、ビジネスに活用可能なほど使いこなせるスキルと経験が必要になります。そこで、NTTデータ社と連携し、実案件の開発を行いながら開発のフレームワークや、実際にローコードにフィットする上流工程とは何か、といった命題に悩みながら勉強してきました。こうした経験を積んだ人財を核として、私た

ち自身がCoE（Center of Excellence）的な役割となり、後進やベトナムのオフショアメンバーへのスキル展開を図っています。

異文化コミュニケーションにより グローバルなビジネス展開を体現

事業会社は異動がありますが、こうしたスキルを活かして将来的に何を経験したいのでしょうか。

NTT東日本の中で得たさまざまな経験を基に、できればベトナム現地のローコード開発のマネージャをやってみる、さらにNTTグループではなくてベトナムや他の東南アジアのお客さまに対してビジネスを行う、といったビジョンを実現し、そこに挑戦するのも面白いと思っています。

現在、CoEとしてベトナムにスキル展開を図っているところで、私も何度もハノイへ行って現地の人たち、特にコアメンバーとディスカッションしているのですが、幸いなことにその中に日本語が堪能な人が何人かいます。ディスカッションの中で、ローコード開発の基本的なところやLCPの規約に依存するようなところはうまく意識が合うのですが、それを要件に結び付けていく段階でプロジェクトマネージャの個性が出てきます。日本であれば、開発標準に沿うかたちで一定のレベルを保つことができるのですが、これはまさに文化の違いなのです。ビジネスとして成立させていくためには、品質を含め一定のレベルを保つのは必須であることから、コミュニケーションを取りつつ、文化の壁を乗り越えて同じ目標に向かって進んでいるという実感があります。せっかくここまで築き上げてきたところでもあり、プロジェクトとしての最終目標であるビジネス展開に直接携わり、貢献していきたいと感じています。

後進へのメッセージをお願いします。

常々プロジェクトのメンバーに言っていることですが、社内を中心として活動してきた人間が急にグローバルの立ち位置になり、さらに環境の変化も激しくなることが予想される中で活躍していくためには、広い視野と高い視座を持ってコミュニケーションを大事にしてほしいと思います。社内であっても部署が異なると話がかみ合わないことがあり、ベトナム人との間でも共通の技術でさえも通じないこともあり、これはある意味異文化におけるコミュニケーションなのではないかと思っています。こうした異文化コミュニケーションにおいては、広い視野と高い視座で眺めると、相手の文化を理解することもでき、それによりさまざまな可能性を自分でつかんでいけるのではないかと考えています。

技術は世界共通言語という話を聞いたことがありますが、それこそ開発者のコミュニケーションは最初からグローバルなのです。たまたま、お客さまが国内に限定されていただけなのかもしれませんし、そのお客さまもこの先グローバル化していくことも十分にあり得ます。そういう中に身を置くためには、特に技術の世界では、グローバルな技術動向・業界動向を広い視野と高い視座から眺めて、異文化コミュニケーションをとっていただきたいと思っています。



NTTアクセスサービスシステム研究所
特別研究員

松井 隆 Takashi Matsui

通信容量の限界を越え、新世代の高速・大容量通信を支える「空間多重光ファイバ伝送路技術」

近年のICTの発展はめざましく、通信トラフィック量は飛躍的に増加しています。こうした通信を支える既存の光ファイバの容量限界は1本当り100 Tbit/s程度であり、これを用いた伝送システムにはやがて限界に達することが予測されています。今回は「空間多重光ファイバ伝送路技術」を用いて光伝送容量を大幅に拡大させ、通信容量問題の研究に取り組む松井隆特別研究員にお話を聞きました。

◆PROFILE: 2003年北海道大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修了(博士前期課程)。同年、日本電信電話株式会社入社。2008年北海道大学大学院博士(工学)を取得。2022年より特別研究員。空間・波長リソースの飛躍的拡大に向けた空間多重光ファイバ伝送路技術の研究に従事。令和3年度経済産業省産業標準化貢献者賞、SPIE Photonics West2021 Best Technical Paper Award, OECC/PS2019 Best Paper Award等を受賞。2022年より茨城大学大学院客員教授。



マルチペタビット級の伝送基盤を実現する「空間多重光ファイバ伝送路技術」

■通信容量問題を解決する「空間多重光ファイバ伝送路技術」とはどのような技術でしょうか。

「空間多重光ファイバ伝送路技術」とは、通信を行う光ファイバ中に光の通り道(パス)を複数用意し、従来よりもはるかに多くの伝送容量を実現する技術です。昨今ではICT(Information and Communication Technology)の利用シーンが非常に多様化しており、通信容量の増加に対する需要が急激に高まっています。例えば通信信号を束ねて都道府県間などの長距離に送る「コアネットワーク」では、現在光ファイバ1本当り16 Tbit/sの光伝送システムが導入されており、通信容量は直近20年で1000倍程増加しています。現在普及している光ファイバの容量限界は1本当り100 Tbit/s程度と予測されているため、急速な通信需要の増大により2030年ごろに現在の光伝送システムは限界に達すると予測されています。

こうした次世代の通信容量に関する問題を解決するのが「空間多重光ファイバ伝送路技術」です。現在の光通信システムで用いられている光ファイバは、シングルモードファイバと呼ばれる1本の光ファイバにパスを1つだけ通すものが主流ですが、それに対して「空間多重光ファイバ伝送路技術」では1本の光ファイバに複数の独立したパスを通してきます。パスの本数をn倍に増やすことによって通信容量は約n倍に増えるため、従来とは比較にならないほど飛躍的に通信容量を拡大させることが可能になり

ます。

「空間多重光ファイバ伝送路技術」では1本の光ファイバに通す光のパスを増やすために、光の通る部分(コア)とその中の光の進み方(モード)の2つの観点から主に研究を行っています。具体的なアプローチとして、複数のコアを配置したマルチコアファイバ、1つのコアに複数のモードを設定したマルチモードファイバ、そしてそれらを掛け合わせるマルチモード・マルチコアファイバという3つです。マルチコアファイバで今の光ファイバと同じ細さとする場合、シングルモードのコア数は4つが限界であり、それに対してマルチモード・マルチコアファイバはコアごとに複数の空間モードを伝搬でき、拡張性に優れているという特徴があります。そのため例えば4コアの中に3つのモードを通すことができれば $3 \times 4 = 12$ のパス(空間チャンネル)を通すことができるため、より多くの通信容量を拡大できる可能性を持っています。またそれだけではなく、光ファイバの波長帯域拡大の技術と組み合わせることによって、従来では成し得なかった大幅な通信容量の拡大が見込めます(図1)。

■「空間多重光ファイバ伝送路技術」で苦労されているのはどのような点でしょうか。

マルチコアファイバでは1本の光ファイバに複数のコアを通すときに、クロストークと呼ばれる「光が隣のコアに漏れ出してしまい干渉する」という現象が発生します。このクロストークにより通信容量は大幅に低減してしまうため、パスの本数をn倍にすることによって通信容量をn倍に増加していくことは不可能になっ

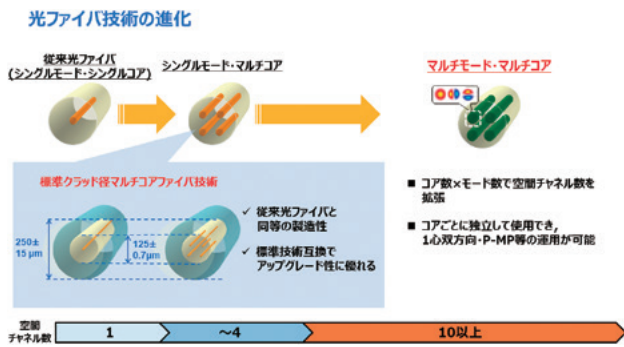


図1 光ファイバ技術の進化

てまいります。NTTではこの問題の解決に向けて、コアどうしの距離をクロストークが発生しない程度まで離しながら、1本の光ファイバに本数を可能な限り多く通していくという試みを現在行っています。もちろん光ファイバの径を大きくすれば、通すコアを増やすことは可能です。しかし光ファイバが太くなるほど、敷設時にファイバを曲げづらく扱いが難しくなるなど物性面で問題が発生します。それに加えて光ファイバの径が大きくなるほど使用素材であるガラス材料も多くなり、製造性を大幅に劣化させてまいります。実際に光ファイバを設備に導入していく際には、これらの物性面での扱いやすさや製造コストといった問題は非常に重要であり、それを考慮せずに研究を行ってしまうと「誰も使ってもらえない」という結果を招いてまいります。そのため光ファイバの径は従来と同じまま、最適なコア数を探索していくことが重要な研究課題となっています。

またNTTではこうした研究と並行して、光ファイバの波長帯域の拡大に向けた研究を行っています。現在の光ファイバでは、1.5 μm帯のCバンド帯と呼ばれる波長幅35 nm程度の限られた領域の中に信号を詰め込んでシステムを構成しています。この波長帯域を拡大して広範囲の波長を使うことができるようになれば、通信容量の大幅な拡大が可能になるため、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想をはじめとして1.6 μm帯などへの波長帯域の拡大をめざし研究が進められています。光ファイバの設計ではガラスの屈折率や光特性の変化を制御することで、十分な通信品質が得られる波長帯域を見極めるのですが、空間多重光ファイバの大きな技術的課題として「波長上限を拡大(長波長化)するほどクロストークが増大してしまう」「波長下限を拡大(短波長化)すると光が漏れやすくなる」といった点があります。これまでの光ファイバ構造では波長下限の長波長化と波長上限の長波長化がトレードオフの関係であり、利用できる波長帯域を見極めつつ飛躍的な通信容量の拡大が可能な新たな光ファイバ構造・製造方法をめざしています。

■現在までの「空間多重光ファイバ伝送路技術」の成果を教えてください。

「空間多重光ファイバ伝送路技術」の成果として私たちの研究グループでは、2017年には複数メーカーの4コアのマルチコアファイバを相互接続した伝送路を用いて光ファイバ1心当たり100 Tbit/sを超える有中継伝送実験を産学官連携により実現しています。また「光ファイバの破断率が十分許容される太さの中でどれだけコアとモードを詰め込むことができるか」という研究も行い、2018年には10モード・12コアのマルチモード・マルチコアファイバを実証し、世界最高の120の空間チャンネル数を実現しています。

これまでの空間多重光ファイバの研究報告では、コアの数や配置・光ファイバの太さなど非常に多岐にわたる構造が提案されています。しかし実際に光ファイバが製品化されて通信設備に利用される際には、光ファイバどうしの接続や他デバイス・設備との互換性を持たせる必要があります。そのためNTTでは、光ファイバの太さを従来のシングルマルチモードファイバと同じ0.125 mmに維持し、マルチコアファイバでの伝送では4コアが最適であることを世界に先駆けて提案しています。

こうした研究は、多くの専門家や事業会社の方々との連携を得ながら進めております。光ファイバの実装の段階では、接続のみならず入出力の方法や伝送装置・システム構成や運用方法など、光通信システム全体を構成するさまざまな技術について検討しなければならないため、多くの方々からフィードバックをいただくことでうまく研究を進めることができています。

今後の研究目標としては、IOWN構想で掲げられている目標の1つである、オールフォトリクス・ネットワーク (APN: All-Photonics Network) の伝送容量125倍を見据え、光ファイバ伝送路として10倍以上の伝送容量ポテンシャルをめざしています。この目標達成に向けた「空間多重光ファイバ伝送路技術」の研究計画の最初のステップとして、既存の光技術と親和性の高い4コアのマルチコアファイバの技術確立に注力していきます。さらに4コアのマルチコアファイバ技術を軸として、1方路当りの空間チャンネルを10以上に拡張できる技術の確立方法を模索し、光ファイバ伝送路における10倍以上の伝送容量ポテンシャルを実現します。

そして現在の容量需要を考えると、2040年以降にはマルチペタビット級まで伝送容量需要が拡大する予想されます。そのため、IOWNのさらに先の未来を支える技術確立にも取り組んでいきたいと考えています。またマルチモード・マルチコアファイバをはじめとした高密度な空間多重光ファイバに加え、波長特性の制御技術も組み合わせることで、現行50倍の伝送容量を達成しマルチペタビット級の伝送容量をサポートする、新たな光ファイバ伝送路技術の確立をめざします (図2)。



研究目標

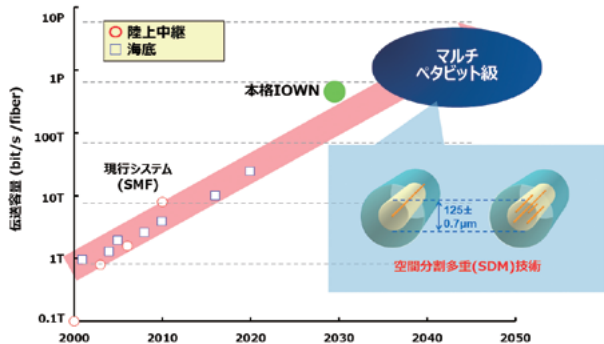


図2 新たな伝送基盤の確立に向けた研究目標

「使う人視点の意見」を大切に、柔軟な思考が新たな未来を築く

■研究を進めるうえで、大切にされている考え方を教えてください。

長年研究を行っている、従来とは一線を画す全く新しい概念を用いた光ファイバ・デバイスなどの登場に立ち会う瞬間が幾度もあります。そうしたものは研究段階でとても盛り上がる一方で、いざ実装となると全く使いどころがないということに陥ってしまふことがあります。もちろん目先の研究だけを追って新しい価値は生み出せません。ある程度は将来の研究の使い道を意識しながら並行して新たな研究に挑戦するというバランスを取り、テーマ設定や優先順位付けをすることが非常に重要だと思います。しかしどれほど研究で高い関心を得られるものであっても、やはりどこかで使われなければ意味がないと私は考えています。自分自身も何度かそういった失敗を経験したのですが、同じ轍を踏まないように心掛け、他組織・他分野の専門家や製造メーカ等の「多様な視点の意見」をヒアリングや意見交換をして、視野を広げながら研究を進めています。

実際に私が所属しているNTTアクセスサービスシステム研究所では、お客さまと通信局舎をつなぐネットワークに必要なあらゆる技術を所掌しており、土木設備・光設備・無線設備からオペレーション・サービスなど非常に幅広い技術分野を持っています。全国に設備を備えているため、その仕様や構築・運用について研究開発から導入・運用まで一貫して高い技術力を持ち目利きができることは、大きな強みだと思います。また事業会社とのつながりも強く、要望などをヒアリングして議論を行いながら開発・導入を実施することができることは、研究者にとっても非常に心強いものであると感じています。諸先輩方のご尽力の成果もあり、標準化や学会などでは社外の方からお声がけいただく機会も多く、さまざまな方と意見交換をしながら研究を進めることができます。

多くの場面で人とのつながりに非常に恵まれており、こうした環境は研究をうまく進めるうえで非常に重要であると感じています。

■最後に、研究者・学生・ビジネスパートナーの方々へ向けてメッセージをお願いします。

現在ではテクノロジーが進歩し、私を含め多くの方々はその恩恵を感じられる時代になりました。技術は進化を続け、身近な通信は無線技術によってさらに利便性を増し、またVR (Virtual Reality) やAI (人工知能) などのソフトウェアでは先進的サービスや社会革新が進んでいます。しかしそうした高速通信や新たな社会の発展を支えるためには、この先も光通信設備は必要不可欠です。確かに通信インフラに関する技術は近年ではフォーカスされづらく、デジタル空間を使うソフトウェアベースの技術分野に隠れ、目立ちにくい分野かもしれませんが、新技術を世に出すことができれば、それを契機に既存産業や既存会社を変革できる大きな可能性を秘めていると思います。私自身もこれから世界トップレベルの研究成果をアピールしつつ、実用展開に供するかたちで標準化も含め、新たな光通信設備の実現に貢献したいと考えていますので、ご支援をお願いできれば幸いです。

そしてこれから光通信分野の研究に携わる方の希望になればいいですが、この分野をどのように持続的に発展させていくのか、どのように新しい技術を組み込んでいくのか、議論と研究の余地は存分に残されています。もし他の技術の融合など柔軟な発想を組み込んでいくことができれば、分野全体が活発になり、通信インフラの未来はきっと明るいものになると信じています。これから柔軟なアイデアの種を蒔いていける方や、この記事を読んで興味を持ってくださる方がいらっしゃれば、ぜひ一緒に光通信の新しい未来を築いていきましょう。



(今回はリモートにてインタビューを実施しました)

株式会社NTT Risk Manager

<https://ntt-rm.co.jp/>



専門性の高い「リスクマネジメント」対策を行う会社

NTT Risk Managerは、情報事故や災害により企業や地域コミュニティのリスク要因が増加傾向にある中、リスク対策プランの立案・運用支援や人材育成、事故発生時の補償までを含めたトータルなリスクマネジメントをワンストップで提供している。リスクマネジメント事業を通じて地域社会発展への貢献をめざす考えを白石涼子代表取締役副社長に伺った。



NTT Risk Manager 白石涼子代表取締役副社長

リスクマネジメントプランの立案や人材育成、保険によるリスクの移転等を含むトータルなリスク対策支援をワンストップで提供

■設立の背景と会社の概要について教えてください。

ESG経営の進展や個人情報保護法の改正、サイバー空間における攻撃の高度化・多様化等、経済・社会活動を取り巻く脅威はより複雑化しています。一方で地域の中小企業やコミュニティを中心に、こうした脅威への対策の検討や実行に対して、情報不足、有スキル人材不足等の理由から、十分取り組めていないという状況があります。このような背景を踏まえ、これまでICTを通じて地域の課題解決を進めてきたNTT東日本、損害保険の分野で広範囲にリスク対策に取り組んでいる東京海上日動火災保険、サイバーセキュリティ分野を中心に卓越した技術を有するトレンドマイクロの3社の共同出資により、リスクマネジメントプランの立案やプランの実行・運用に必要な不可欠となる人材の育成、保険による情報事故発生時のリスク移転を含むトータルなリスク対策支援等、専門性の高いリスクマネジメント対策を行う新会社としてNTT Risk Managerを2022年7月に設立しました。

NTT Risk Managerは、リスクマネジメント事業を通じて地域社会の自助・公助の支援と共助の仕組み構築など、地域社会の安定した経済活動、生産性の向上、価値創造等に効果を波及させ、持続可能なよりよい社会づくりおよび地域コミュニティ（職場・学校・家庭等）の活性化に貢献することをめざしています。

■具体的にどのような事業展開をしているのでしょうか。

地域社会の安心・安全な社会活動の実現に向けて、「コンサルティング事業」「損害保険販売事業」「リスク対策サービス開発」の3つを柱として事業展開しています（図1）。

「コンサルティング事業」では、情報セキュリティを中心としたリスクへの対策に関するコンサルティングを実施し、その結果を具体的な対応につなげていくための「情報セキュリティポリシーの策定・運用」「リスクマネジメント分野における人材育成」「ISMS

（情報セキュリティマネジメントシステム）認証取得支援・監査点検」等を実施しています。

「損害保険販売事業」では、サイバー保険の販売に力を入れています。サイバー保険は、サイバー攻撃を受けた時だけではなく、従業員のミス等により情報漏えい事故を起こしてしまった際の損害賠償やシステム復旧費用等の補償に対応することができる損害保険ですので、情報セキュリティコンサルティングのスキル・ノウハウを活かし、サイバーリスクに対する対策の一環としてサイバー保険の加入までをワンストップで提供しています。またサイバー保険の加入だけではなく、新規ビジネスに潜在する新たなリスクに対する補償として損害保険を付帯したり、新サービス等に保険要素を組み入れることによりサービス自体への付加価値を高め、競争力を向上させるといった提案も行っています。

「リスク対策サービス開発」は、企業・自治体等に限らず一般家庭も含めた地域のお客さま全体に対し、リアル空間・サイバー空間両面にかかわるリスク対策サービスの開発・事業化をめざしています。

現時点ではコンサルティング事業による収益が9割以上で、それに保険販売が付随し、サービス開発については具体的なサービスの開発・事業化に向けた情報収集・準備・検討をしている段階です。

会社設立から約1年経過しましたが、コンサルティング事業の活動として、地域の中小企業に対するサイバー攻撃演習やWeb脆弱性診断、情報事故発生時の対策支援等の情報セキュリティコンサルティングや、ネットワーク環境・セキュリティアセスメントの事前調査等の案件に取り組み、各企業から感謝の言葉をいただいています。また行政機関や自治体からの要望におこたえし、地域の中小企業におけるセキュリティ対策の実態を調査分析しレポートする業務も受託しており、高い評価をいただきました。さらに、昨今重大な情報事故の発生が報道されている医療・自動車等の業界のお客さまにおいては、監督官庁等からの情報セキュリティガイドライン遵守の通達等が出されていることから、情報セ



図1 NTT Risk Managerの事業展開

セキュリティ対策に関する関心や優先度が急激に高まっており、多くの問い合わせをいただいています。また情報セキュリティに関するレクチャーの依頼をいただくことも多く、個々の企業における社員向け情報セキュリティ研修の実施や、地域のコミュニティや企業が企画・開催している情報セキュリティ関連イベント等への参加・共同開催といったかたちで講演活動も行っています。

情報セキュリティを含むすべてのリスクに対するマネジメントで地域社会に貢献

■事業を取り巻く環境はどのような状況でしょうか。

情報セキュリティに関するインシデントの報道件数は、2020年の537件から2021年の769件と、1年間で1.4倍にも増えており（独立行政法人 情報処理推進機構（IPA）「情報セキュリティ白書2022」より）、その手口も、標的型メール攻撃、ランサムウェア等の「特定のターゲットへの攻撃」、フィッシング、キーロガー等の「不特定多数に向けた攻撃」、DDoS（Distributed Denial of Service）攻撃等の「負荷をかける攻撃」、セッションハイジャック、ドメイン名ハイジャック攻撃等の「脆弱性（セキュリティホール）への攻撃」、パスワードリスト攻撃等の「パスワードに関する攻撃」と多様化しています。このようなサイバー攻撃以外に、企業からの個人情報漏えい等のニュースもマスコミを賑わせています。

こうした現状に対して、各企業が具体的な対策を実行していくためのスキルおよび人材が、大企業においても不足しており、中小企業ではさらに深刻な課題となっています。同様に、インシデント後のレジリエンス（回復力・復旧力）やマスコミ対応をはじめとする各種対応にも相当な費用が必要となり、中小企業にとってはこれが事業継続をも揺るがす深刻な問題となり得ます。

こうしたリスクに備えるために、IT企業、IT系コンサルタント、

損害保険会社等が、人材育成、体系的なセキュリティや認証等のオペレーション強化といった対応や、ISMSやPマークといった認証取得による社内教育・セキュリティ対策の運用、費用を補償する損害保険等をサービスとして提供しています。しかしこれらのほとんどが比較的規模の大きな企業を対象にしているもので、さらに多くの場合サービス提供各社の得意分野に絞ったサービス提供が行われています。

一方でNTT Risk Managerは、情報セキュリティ対策として運用ルールの策定から監査・点検、社員・職員等のリテラシー向上を目的とした研修等の人的セキュリティ対策に加え、情報事故発生時の補償としての損害保険販売までを、中小企業の皆さまのニーズにもマッチしたかたちでトータルにワンストップで提供しているところが大きな特長です。情報セキュリティ対策をどんなに手厚く実施しても、事故発生のリスクを「ゼロ」にすることはできないため、一定の対策を講じたうえで、それでも万一情報セキュリティ事故が発生してしまった場合の金銭的な補償を準備しておくところまでを提案させていただいていることに、お客さまからの評価をいただいています。

■今後の展望についてお聞かせください。

現時点では情報セキュリティに関するリスク対策が主な事業分野となっていますが、社名の「Risk Manager」は情報セキュリティを含むすべてのリスクに対するマネジメントを行う、という思いを込めたものです。それを現実のものとしていくために、今後は情報セキュリティ以外の分野（例えば、財務やコンプライアンスに関する分野、地域コミュニティの課題解決等）におけるリスクマネジメントについてもコンサルティングを実施できる企業となり、地域の安心・安全の実現に貢献できる企業になることをめざします。

コンサルティング事業の知見をベースにNTT東日本グループ新会社群のハブをめざす

企画総務部 担当部長

久保 英夫 さん


■担当されている業務について教えてください。

NTT Risk Managerは、地域コミュニティのリスク対策全般を担う企業となるべく、事業拡大をめざしています。その中で、損害保険販売代理店としての立場を活かし、企業等が営むさまざまな事業が直面する可能性のあるリスクに対する下支えや事業継続の手段として、「サイバー保険」等の損害保険サービスの販売を行っています（図2）。




リスクへの対処方法は、損害の規模と発生頻度に応じて「回避」「低減」「移転」「容認」の4つに分類されますが、このうち損害の規模が大きいかつ発生頻度が低いものに対してはリスクを第三者へ「移転」というのがリスクマネジメントの考え方です。具体的なリスク「移転」の手法として損害保険サービスをご提案しています（図3）。

情報セキュリティ対策における「リスク移転」手段としてご提案するサイバー保険は、「サイバー攻撃を受けたときのみ補償される保険」というイメージをお持ちの方が多くいます。数ある企業・団体等の中から自組織がサイバー攻撃の標的になる確率はそう高くないだろうとの考え方から、保険加入の必要性を感じていただけないケースが多くあります。しかし実際には外部からの攻撃だけではなく、従業員が起こしてしまったミス等自社起因の情報セキュリティ事故も補償の対象となります。またエンドユーザ様から損害賠償請求を受けたときの費用に加え、事故復旧のためにかかる費用や事故期間の逸失利益まで補償することが可能です。




サイバー保険のご案内

メール誤送信、データ紛失、サイバー攻撃などの情報事故に対し、発生する様々なコストを補償します。




損害賠償請求金額

コールセンター
弁護士
調査
データ復旧
見舞金



事業中断に伴う営業利益の損失



事故対応にかかる費用

セキュリティ対策専門企業だから
事故発生時の対応もまかせて安心

～DX推進とセキュリティ対策は両輪～
あらゆる業務処理がサイバー上で行われる時代に
備えましょう

サイバー保険の見積に必要な情報

- ✓ 事業内容
- ✓ 1年間の売上高
- ✓ 過去の情報漏えい事故の有無
- ✓ セキュリティ対策状況（質問票を準備しております）

質問票の内容（一部）

- ・情報セキュリティポリシーを策定していますか。
- ・情報漏えい発生時に対応する体制を定めていますか。
- ・自社の保有する個人情報情報を把握していますか。
- ・従業員に対するセキュリティ教育を実施していますか。
- ...等

※回答の作成はNTT Risk Managerが支援致します。

NTT Risk Managerは、セキュリティ対策のコンサルティング会社です。事故発生時の対応だけでなく、発生自体を防止するためのルール作成・運用支援、社員・職員教育等についても実施しておりますのでご相談ください。

<問い合わせ先>
 株式会社NTT Risk Manager
 〒163-8019 東京都新宿区西新宿3-19-2 NTT東日本本社ビル27階
 Mail : risk-manager-info-ml@east.ntt.co.jp
 Tel : 03-5359-7771
代理申請会社 東京海上日動火災保険（株）

図2 サイバー保険



図3 リスクへの対処

これらの点を丁寧に説明し、お客さまにご理解を深めていただけるよう努めています。

また、サイバー保険の提案・販売に加え、企業・団体等お客さまの営む各種事業に応じた新規保険サービスの企画・組成・販売や、企業等が提供する商品・サービスに情報事故等発生時の補償機能を組み込むことで商材・サービスとしての付加価値を高め、

販売の拡大につなげる提案も実施するなど、お客さまの営む事業全体にかかわる課題の解決に向けた提案にも取り組んでいます。

お客さまの事業が抱える課題はさまざま、リスクの所在も異なりますが、情報セキュリティ対策のコンサルティング業務で培った、「お客さま自身もまだ気付いていない潜在的な問題点や課題を洗い出し、顕在化させるノウハウ」を活用することでそれぞれの事業を深く理解し、リスクの所在を明確化して的確な補償プランの企画・提案を行っています。

■今後の展望について教えてください。

現在、NTT東日本グループは非通信分野も含めた新規事業の開拓や新会社の設立に積極的に取り組んでいます。NTT Risk Managerはどの分野にも共通する「情報セキュリティ対策」や「事故発生時の補償」といったテーマを扱う会社であるという立ち位置と、これまでの提案をとおして得たノウハウを活かし、新会社間の「ハブ」的な存在となることで新たな事業を創り、成立させていく役割も担っていきたいと考えています。

NTT Risk Manager ア・ラ・カ・ル・ト

■オフィスは元役員室

NTT東日本本社ビルの中にオフィスがあるのですが、何とこの部屋は元役員室なのだそう。社員一同、役員になった気持ちで業務に取り組んでいるので、経営に関するさまざまな数字が目がいくようになりました。その中で、NTT Risk Managerの社員になる前はあまり気にすることもなかった、家賃等の費用が固定費として意外と大きな割合を占めていることが分かり、こういったコストも踏まえつつ最終的に企業としての利益目標をどのように達成していくか、といった経営的視点に磨きがかかったようです。経営者の目線・観点をコンサルティング業務にも活かし、業務品質を高めていくというサイクルを回すべく奮闘努力中とのことです。

■「戦隊ヒーロー」登場！

NTT Risk Managerの情報セキュリティに関する取り組みを、企業・自治体・団体等の社員・職員から小中学生まで広く理解していただくための短編動画を制作中とのことです。その中で、情報事故の場面を再現するシーンでは、「戦隊ヒーロー」に扮した社員が登場するそうです（写真）。

通常業務の合間に社員が制作していることもあり、手づくり感が満載なのですが、今年の夏ごろより、各種講演や研修等における活用のほか、NTT東日本の運営する実証フィールド「NTTe-cityLabo」内のリスクマネジメントブースにおいても常時放映される予定だそうです。もしかしたら、「NTTe-cityLabo」に本物の「戦隊ヒーロー」が登場して、情報セキュリティに関する取り組みを説明する日が来るかもしれませんね。



写真

ローコード×オフショア活用による“強みの掛け算”により、安価でスピーディなソフトウェア開発をめざす

NTT 東日本は、業務システム開発やデータ分析の内製力強化に向け、関連会社であるベトナムの OCG Technology JSC (OCG) の体制確立に取り組んできました。OCGは、ローコード開発プラットフォームの OutSystems を用いたソフトウェア開発を強みとし、安価でスピーディな開発を行っています。日本語能力も兼ね備えており、国内外問わず、お客さまの課題に柔軟に対応できる企業です。ここでは、NTT 東日本・NTT イーアジアと OCG のこれまでの取り組みについて紹介します。

ベトナムのソフトウェア開発企業 OCG

OCG は、ベトナムの国営通信キャリア VNPT 社と、NTT 東日本の子会社である NTT イーアジアとの合併会社として、2016 年にベトナム・ハノイにて設立されました。現在は、オフショア拠点として、ソフトウェア開発に加え、データ分析や管理指標の見える化などのサービスを提供しています。案件の急拡大に伴い、積極的にエンジニア採用を行っており、現在 100 人近い従業員が在籍しています（写真 1）。また、日本語でシステム要件のヒアリングが可能な優秀なベトナム人スタッフが多数在籍していることから、日本国内のお客さまとスムーズな開発が実施できることも強みの一つです。

ソフトウェア開発では、ローコード開発プラットフォームのマーケットリーダーである OutSystems をはじめとして、Microsoft Power Platform 等による開発実績を積み重ねており、社外のお客さまへの提供実績もあります。

ベトナムでのオフショア開発には、セキュリティ上の懸念を持たれる方もいらっしゃるかもしれませんが、OCG には NTT 東日本と同水準の情報セキュリティ運用体制を確立しました。認証装置などのハード面の充実だけでなく、従業員に対する教育も徹底し、日々情報セキュリティリスクの低減に努めています。2023 年 5 月には、ISMS 認証 (ISO/IEC27001) を取得しましたので、安心して開発や IT アウトソーシング (ITO) をしていただける環

境にあります。

開発実績と人材育成

OCG は、緊急情報連絡システム、調達 RFP (Request For Proposal) 管理システム、設備工事進捗管理システムなどをリリースしてきました。業務主管からは、これまでのシステム開発よりも、安価かつ短期間で実現でき、驚くほど品質も高いとの声をいただいています。データ集計・分析業務については、勤務管理データ等を用いた集計分析業務などを行っています。業務主管は、維持管理稼働に悩んでいた業務を OCG が肩代わりしてくれることで、データドリブン経営を推進するための新たな課題に取り組めるようになったと喜びの声をあげています。

また OCG は、貴重な育成の場にもなっています。昨年、ベトナムに滞在し、OCG の社員と実開発案件と一緒に取り組んだ NTT 東日本の若手社員は、ソフトウェア開発の技術を各段に進歩させただけでなく、異文化理解力や語学力を鍛えることができました。真面目で自己成長に意欲的なベトナム人社員から、大いに刺激を受けることができるため、デジタル&グローバル人材の育成の場としても、是非 OCG をご活用いただきたいと考えています（写真 2）。



写真 1 OCG 社員（2023 年旧正月パーティーにて）



写真2 グローバル人材育成研修の様子



図 設備工事進捗管理システムの画面イメージ（データは一部マスキング）

ローコード開発プラットフォーム OutSystemsを用いたソフトウェア開発

NTT東日本は、ソフトウェア開発手段として OutSystems に着目してきました。OCGの優秀なソフトウェア技術者が OutSystemsを使った開発を実施することにより、開発スピードの向上とコスト削減を実現しています。

ローコード開発プラットフォームでは、あらかじめ用意された部品を組み合わせる手法で、機能設計の段階から GUI (Graphical User Interface) による視覚的な操作で開発を進めることができます。コーディング作業が減り、テスト工程を削減できるため、開発期間を大幅に削減しつつ品質も高くなるというメリットが証明されています。

NTT東日本の設備系システム更改案件では、設備業務特有の複雑な管理項目や、複数の他システムとのAPI連携という要件に対しても、OutSystemsを用いることによって柔軟かつスピーディに開発することができました。

開発過程においては、OCGのエンジニアが来日し、システム利用者と顔を合わせた集中議論を行いました。エンジニアが実業務を深く理解することで、真の目的に沿ってユーザインタフェースを改善するなど、提案型のシステム構築を行いました(図)。

OCGは、日本だけでなく、ベトナムのお客さまに対してもシステム開発および技術者育成を行っています。例えば、顧客情報や折衝記録などをファイルベースで管理しており、情報が個人に

偏ってしまっているというお客さまの課題に対しては、OutSystemsを用いて営業情報のデータベース化を行い、簡易なプロトタイプを作成したうえで、機能追加や改善を行う手法を提案しました。将来的には、お客さまが自身で追加開発を実施できるよう、OutSystemsの技術者の育成も併せて行っており、日々変化する課題に対し、一緒に解決できる開発手法を提供しています。

お客さまと価値を共創する企業をめざして

NTT東日本は、ソーシャルイノベーション企業としての新たな価値提供に取り組んでいます。この推進のためには、お客さまの要望を聞き、スムーズかつ安価にICTで要望を実現する内製力が不可欠です。また、お客さま自身が開発力を身に付けることを手助けすることも、NTT東日本の果たすべき役割だと考えています。今後NTT東日本とOCGは、地域のお客さまのために、カスタマサクセス型の伴走開発を行い、開発力育成の場を提供し、お客さまと価値を共創する企業となることをめざしていきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
デジタル革新本部 国際室
TEL 03-5359-8691
E-mail kikaku_all@east.ntt.co.jp