



トップインタビュー

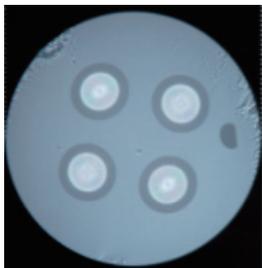


岡 敦子 NTT 取締役技術企画部門長

DXで未開拓分野のコミュニケーションをも促進  
—— MECEな姿勢で物事を多角的にみる …………… 4

特集

# IOWN構想特集—オールフォ トニクス・ネットワーク— …… 8



IOWN構想に基づくオールフォトニクス・ネットワーク  
関連技術の取り組み …………… 10

超大容量光通信技術 …………… 12

アナログRoFを活用した  
多様な高周波数帯無線システムの効率的収容 …………… 15

オールフォトニクス・ネットワークを支える  
光フルメッシュネットワーク構成技術 …………… 18

オールフォトニクス・ネットワークを支える  
ネットワーク設計技術 …………… 22

from ★NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

CDC技術を用いたつながり続ける光伝送ネットワークの実現 …… 25

# NTT技術ジャーナル

## 挑戦する研究者たち



可児 淳一 NTTアクセスサービスシステム研究所 上席特別研究員  
研究は楽しんでするのが基本  
長期的研究でも世の中の役に立つ ..... 33

## グループ企業探訪



NTT DATA Asia Pacific Pte. Ltd. .... 38  
NTTデータグループのグローバル戦略の推進役として  
アジア・パシフィック地域を統括する

## from ◆ NTTデータ

変化に適応できるアジリティの高い組織への変革の取り組み ..... 42

## R&Dホットコーナー

離島衛星通信システムおよび災害対策衛星通信システムにおいて、  
高い保守性と可用性を実現する無線信号処理装置 ..... 46

## Event Reports

「ISNTT2019」開催報告 ..... 50

## グローバルスタンダード最前線

■ ITU世界無線通信会議 (WRC-19) 報告	52
Focus on the News	57
NEWS	65
イベント	67
読者の声	68
4月号予定	
編集後記	

本誌掲載内容についてのご意見、ご要望、お問い合わせ先	本誌ご購入のお申し込み、お問い合わせ先
一般社団法人電気通信協会内 NTT技術誌事務局	一般社団法人電気通信協会 ブックセンター
TEL (03) 3288-0608	TEL (03) 3288-0611
FAX (03) 3288-0615	FAX (03) 3288-0615
E-mail jimukyoku2008@tta.or.jp	ホームページ <a href="http://www.tta.or.jp/">http://www.tta.or.jp/</a>

■企画編集 日本電信電話株式会社  
〒100-8116 東京都千代田区大手町1-5-1  
大手町ファーストスクエア イーストタワー  
NTTホームページ URL <http://www.ntt.co.jp/>

■発行 一般社団法人電気通信協会  
〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋2-1-1  
如水会ビルディング6階  
TEL (03)3288-0608 FAX (03)3288-0615  
URL <http://www.tta.or.jp/>

©日本電信電話株式会社 2020  
●本誌掲載記事の無断転載を禁じます●  
※本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェアなどの名称は、各社の商標または登録商標です。

■表紙デザイン：高橋デザインルーム

# トップインタビュー

岡 敦子 NTT 取締役技術企画部門長



◆PROFILE：1988年日本電信電話に入社。2006年NTTコミュニケーションズ ネットビジネス事業本部IPサービス部担当部長、2010年NTTナビスペース代表取締役社長、2017年NTTレゾナント取締役ソリューション事業部長を経て、2019年6月より現職。

## DXで未開拓分野のコミュニケーションをも促進——MECEな姿勢で物事を多角的にみる

社会問題解決に意欲的に取り組むNTTグループ。環境保全分野において国際イニシアティブEP100、EV100に電気通信事業者として初めて加盟、イノベーション力は8年連続でグローバルなTopイノベータへ選出されるなど、取り組みや対応力を国内外で高く評価されています。安心・安全なICT基盤と運用において高品質・高信頼なサービスを提供するNTTグループの2020年度の展望を岡敦子NTT取締役技術企画部門長に伺いました。

### Your Value Partnerとして具現化する通信環境の「当たり前」

#### ◆2019年はどのような1年でしたでしょうか。

2019年は、台風15号と19号という大きな台風が相次いで日本列島に上陸し、強風や河川の氾濫などにより各方面に大きな災害をもたらしました。被害に遭われた方々には謹んでお見舞い申し上げます。通信回線については約8万の回線が影響を受けました。NTTとして社会インフラである通信の復旧を進める中で、迅速な復旧をはじめとするレジリエンス（災害や故障等からの復旧）の

強化、そしてさらなる情報発信の強化を検討しなければならないと強く感じました。例えば、台風の進路や強度等から、通信設備への影響を予測し、復旧に必要な人や資材などを被害が予測される地域の近くに事前に準備する取り組みを始めています。あくまでも予測ですから無駄に終わってしまうこともあるかもしれませんが、通信事業者である私たちの立場とすれば、やはり迅速な復旧が第一のプライオリティであり、災害が発生してから対応を始めているようでは遅いと考えています。当たり前のインフラをいち早く復旧できるように研究所のAI（人工知能）技術等を駆使して災害の発生を予測し、それに対してプロアクティブに対応しています。

こうした通信設備の災害に関する情報にとどまらず、NTTがどのようなサービスを提供している、そのための設備はどのようなものであるか、そしてそれらがどのような状況にありどんな復旧活動を行っているかというような情報発信をしていくことも必要であると考えました。ワールドカップ、オリンピック・パラリンピックのようなスポーツやサミットのような国際イベントが日本で開催される機会も多くなっており、それらへの参加や観戦等のため、海外からのお客さまも多く訪れています。WebやSNSなども日本語のみならず、英語、および多言語での対応を進めています。さて、こうした国際イベントやナショナルイベントが定常的に行われるようになってくる中、これらが円滑に開催されるため、あるいは企業が通常どおりに活動を行っていくうえで、安定的な通信に加えてセキュリティも重要となります。NTT技術企画部門のセキュリティ戦略チームはいち早い異常検知、分析、対応とセキュリティの脅威への防御に向けた技術検討もミッションとして取り組んでいます。備えあれば憂いなしではありませんが、通信の安定的提供のために何事にも繊細にアンテナを張ってプロアクティブに対応していきたいと考えています。

◆**伺っているだけで心強いですね。2020年度はどのように取り組まれますか。**

NTTはYour Value Partnerという中期経営戦略を2018年11月に掲げています。その戦略の柱として、「自らのデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進」「お客さまのDXをサポート」があります。私たちにとってこれは大きなミッションの1つです。DXはコスト削減や効率化という印象が強いかもしれませんが、それにより時間が創出されることで働き方改革、コミュニケーションの活発化、オープンイノベーションにもつながります。例えばこれまで紙が介在していた業務において、業務プロセス全体をデジタル化し、情報をデータ化し流通させることで全体のスピードが速くなります。すると、お客さまへのサービス提供も早くなりますから、顧客満足度が向上し、顧客体験（CX）の向上が見込まれます。そして、私たちがDXを推進し便利になったという実例を今度はソリューションサービスとして提供していくことで収益アップにつながることもめざしています。

そして、すでに分野ごとにアクティビティを進めています。クラウド型の料金請求プラットフォーム「Smart Billing<sup>®</sup>」を販売開始しています。クラウド型の契約管理プラットフォーム「スマートフルフィルメント」も法人のお客さまに提案中です。

お客さまもかなり積極的にDXを進めていらっしゃる様子で、NTTで推進していることを教えてほしいとご依頼いただくことも多くなりました。お客さまのDXが進めば、働き方改革もそうですが、企業も個人も仕事のスタイルが変化するでしょうし、これまでお話ししなかった方々とのコミュニケーションも活発化するでしょ



う。結果オープンイノベーションも進むのではないのでしょうか。

◆**時間の使い方が変わることで新たな世界が拓けそうですね。**

将来的な話として、2030年ごろの実用化に向けて推進している次世代コミュニケーション基盤の構想、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)があります。IOWN構想を実現するための新たな業界フォーラムであるIOWN Global Forumについては、すでに法人登記を済ませており、初期ボードメンバーとして、Intel、Sony、NTTが就任しました。また、マイクロソフト、ベライゾン、Orange、中華電信など国内外100社以上の企業が関心を示しています。フォーラム設立の反応は、海外からのほうが早かったです。今までNTTが打ち出してきた構想は国内に向けての発信が多かったように思いますが、こうした状況をかんがみますと、昨年、NTT Research, Inc. などの新たな海外研究拠点を立ち上げたこと、IOWN最大の特徴であるネットワークから端末までのエンド・ツー・エンドに光技術を適用する「オールフォトニクス・ネットワーク」への関心度の高さ、現状のままでは限界が訪れるといわれている半導体の省電力化、高速化などの課題に対する解決策としてグローバルで期待されていることを実感しています。

NTT技術企画部門は研究所や外部の新しい技術の事業導入、運用、保守、そして災害対策、セキュリティ、設備の効率的調達などに関する施策立案、実行を推進していきます。IOWNを構成する技術や新たなサービス、事業などが具体的に変わった段階で、IOWNにふさわしいネットワークのグランドデザインや、既存のネットワークからオールフォトニクス・ネットワークへ段階的に移行させていくための、マイグレーションプランも検討していきます。

**迅速に繊細に「継続は力なり」**

◆**岡部門長が任務を遂行する上で大切にしていることを教えてください。**

好きな言葉でもありますが、「継続は力なり」です。

とにかく真面目にコツコツやっていたら何とかかなと  
思っています。また信条として、時間は絶対に守ること  
です。会議に一番乗りしてしまうことも時々あります。  
会議は参加する人の時間を合わせている、その人たちの  
時間を使っているわけですし、皆さん忙しいですから、  
この時間しか取れないという方も多いです。時間が守ら  
れないことによってロスとなるその時間が惜しい。今の  
時代、電化製品を使って家事を削減するなど、お金で買  
える時間もありますが、皆が顔を突き合わせて何かに挑  
む時間はお金では解決できないと思います。貴重な時間  
を無駄にすることは本当にもったいない、という気持ち  
になります。

そして、仕事ではメモをとること、プライベートでは  
日記をつけることです。たいしたことは書いていないし、  
きれいにまとまっているわけでもないですが、振り返っ  
たときに気付きを得ることがあります。記憶だけを頼り  
にはできないと思っています。この習慣のきっかけは大学  
時代にさかのぼります。高校まではエスカレーター式  
だったので、旧知の人ばかりでしたが、大学へ入ると周  
りは初対面の人ばかり。最初は誰も頼れない環境の中で、  
やはり頼れるのは自分という実感を持ちまして、必死に  
ノートを取り始めたのがきっかけです。が、試験前にな  
るとノートを貸してくださいというクラスメートに次々  
と貸していたら、そのノートが学年全体に出回っていま  
した。その後、NTTに入社してから外郭団体等で活動  
していたときですが、チームがメモを取る習慣のない中  
でもメモを取り続け、最終的に私のメモを活用していただ  
いたという経験もあります。自分のためにとったノート  
・メモが、結果的に仕事に貢献できたということです。

それから、MECE（ミーシー：Mutually Exclusive,  
Collectively Exhaustive：互いに漏れがなく、全体に重  
複がない）を意識する姿勢です。仕事集中してしまう  
とどうしても全体感が見えなくなってしまう、漏れはない  
かと不安になります。しかし、一步引いて少し高い視点  
からもう一度全体像をみてもみると、その漏れに気付く



ことがありますので、これを意識しながら仕事をしてい  
ます。日々の仕事において、全体感をとらえるためにフレ  
ームワークを設定し、カテゴライズするという工夫をし無  
駄な検討を減らし、手戻りを減らすことも重要だと考  
えます。この習慣は社会人になってからです。以前、  
NTTコミュニケーションズの経営企画部の仕事に携  
わっていたころからでしょうか。視野が狭かったり、足  
りなかったことによってもう一度何かをお願いすること  
になっては、申し訳ないと感じたからです。

◆何事からも教訓を得て、次へつなげられていくの  
です  
ね！ 転機となったことがあれば教えてください。

NTTに入社したときはソフトウェア研究所に配属に  
なり、インターネットに関係する研究を手掛けてきたの  
ですが、突然、国際部への人事異動となったことは、考  
え方も大きく変化しましたし、今思えば転機だったのか  
もしれません。

1990年代にマレーシアのマハティール首相が、マル  
チメディアスーパーコリドー（MSC）という21世紀に到  
来する本格的な情報社会を世界の先進国に伍して実現し  
ようとするビジョンを掲げました。このプロジェクトが  
立ち上がり、NTTへの協力依頼があり、そこに参画す  
るために国際部への異動を命じられたのです。

当時、帰国子女でもなく英語も十分に話せませんでした  
ので、とても不安でした。学会研究発表の経験はあり  
ましたが、NTTの技術を海外へアピールすることや、  
海外の方々と共同でコンセプトをつくり上げる経験もあ  
りませんでしたから「どうすれば良いのだろう…」とい  
う心境でした。

これをピンチととらえるかチャンスととらえるかと  
いったら、正直最初はピンチです。NTTに入社してか  
らのバイオリズムを描いたら、まるでどん底に落ちたか  
というくらい不安でした。ところが、いざプロジェクト  
に就いてみると、NTTの技術は素晴らしいことが分か  
り、それを提案したい、かたちにしたいという気持ちに  
駆られ、前に前に動いていく自分がありました。そして、  
具体的に示さないと相手には伝わらない、そのためには  
コミュニケーションが重要だと気付き、さらには、ビ  
ジネススクールでは当たり前のように教えているマーケ  
ティングの考え方も必要だと気付きました。いつの間  
にか、ピンチがチャンスになっていました。その後、199  
9年に2度目の転機として、海外留学をさせていただき、  
ビジネスのイロハから技術をビジネスにつなげていく術  
まで学びました。留学先やマレーシアでの経験を通じて、  
多国籍なチームメンバーとともにプロジェクトを遂行す  
ることでダイバーシティな視点や発信力を培い、その先  
のContribution（貢献）の重要性を認識しました。

## 一生懸命働いて得る「やりがい」

◆岡部門長にとって仕事とは何でしょうか。

仕事とは、まず一生懸命働いて対価をいただくことで

あり、同時にその成果により世の中が変わること、そして、私たちの提供するサービスでお客さまが満足してくださる、というやりがいを実感できることではないでしょうか。

先ほどお話ししたとおり、私はこれまで順調に仕事をしてきたわけではありません。例えば、国際部に異動してマレーシアプロジェクトに参画したことは、ことばのハンディを含めるとほぼ挫折に近かったかもしれません。しかし、策はあります。私たちは1人で仕事をしていないのです。NTTに入社して良かったと思うのは、必ず誰かが助けてくれることです。非常にありがたいところです。

また、仕事をするうえで、自分自身のロールモデルをイメージしようとしたのですが、同じようなバックグラウンドで同じようなシチュエーションにいる方というのはなかなかいないので、さまざまな人とかかわりながら、「イイとこ取り」をして自分で組み立てながら自らのロールモデルをつくり上げてきました。私のアクティビティが後輩の女性たちの参考になるのかなというのは時折考えますが、それよりむしろ、管理職の女性も増えてきていますから、逆に彼女たちの仕事のやり方やパフォーマンスをさらに「イイとこ取り」し、私自身もさらにチャレンジを続けたいと思います。

#### ◆社内外の技術者の皆さんに一言お願いします。

私はもともと研究者として技術に携わってきました。技術には即座にビジネスにつながる、かたちになるものばかりではなくて、20年後等、ある程度時間が経過してからかたちになるものもあります。私が留学から戻って



きて最初に手掛けたのは映像配信サービスの立ち上げです。当時はブロード元年といわれていましたが、映像配信は多くは品質64 Kbit/sでした。ところが、さまざまな技術が融合されてきて今では5Gまでたどり着き、スマートフォンで美しい映像をみることができるようになってきました。すぐに成果の出る技術を生み出すことのみが技術開発ではなく、時間の経過とともに市場環境が整い花開く技術開発もあります。そのためには、自らが手掛けている研究、技術をオープンにし、コミュニケーションを図ることが重要です。昔と違って、今ではWebなど発信手段も多くありますし、オープンイノベーション、コワークの重要性も高まってきています。だからこそ、オープンにする、そしてコミュニケーションを図り人とつながっていくときにはやはり誠実さが基本となってきます。

(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

いつものように慌ただしく対談準備を進めていると、ドアの向こうから柔らかなあたたかな「よろしくお願いします」という声が聞こえてきました。岡部門長の登場です。飾り気のない中にも清潔感や品格の漂う装いが会場をパッと明るくしてくださいました。

ご趣味は歌舞伎をご覧になることだとか。「やや宣伝になってしまいますが、京都南座の超歌舞伎。NTTの技術「Kirari!」が使われていてすごくおもしろかったし、盛り上がりました！」と声を弾ませてお話してくださいました。古い作品を時代に合わせて継続的に上演されることにご興味をお持ちで、特に時代の解釈や演技手によって変化することがおもしろいと岡部門長。映画鑑賞もご趣味の1つで『名探偵コナン』や『スター・ウォーズ』などジャンルにこだわらずご覧になるといいます。幅広いなあと感心していると、「最近の映画館って素晴らしい設備じゃないですか！」と着目しているのは作品のみならず、やはり技術かと、お仕事への熱意はお休みの日も健在と思われました。一方で、1日のうちに1人で自分の頭を整理する時間をしっかりと持つことを心掛けていらっしゃるといいます。周囲への協力も呼びかけ、自分の時間を確保する。生き馬の目を抜く最前線での活躍はこうした落ち着きを取り戻す時間によって支えられている。緩急の重要性を再確認したひとときでした。



# IOWN構想特集— ネットワーク—

IOWN

オールフォトニクス・ネットワーク

ネットワーク技術

大容量光伝送

超低遅延

本特集では、これまでの情報通信システムを変革し、現状のICTの限界を超えた新たな情報通信基盤の実現をめざして検討を進めているIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想における「オールフォトニクス・ネットワーク」に関する研究開発の取り組みを紹介する。

なお、「オールフォトニクス・ネットワーク」におけるデバイス関連技術の取り組みについては、今後の特集号で紹介する。



# オールフォトンクス・

## ■ IOWN構想に基づくオールフォトンクス・ネットワーク関連技術の取り組み

10

IOWN構想の3つの構成要素のうち、オールフォトンクス・ネットワークについて、その実現に向けて取り組んでいる関連技術を紹介する。

## ■ 超大容量光通信技術

12

新たな光ファイバ技術と高速光伝送技術の融合により、現在の光ファイバの100倍以上のポテンシャルを有する新たな光伝送基盤の実現に向けた取り組みについて紹介する。

## ■ アナログRoFを活用した多様な高周波数帯無線システムの効率的収容

15

複数の高周波数帯無線システム間で無線設備を共用可能とするシステム構成と、その要素技術である遠隔ビームフォーミング技術について紹介する。

## ■ オールフォトンクス・ネットワークを支える光フルメッシュネットワーク構成技術

18

超高臨場感サービス等の提供を支える多様かつ大容量なコンテンツの超低遅延伝送を実現する光フルメッシュネットワークのコンセプトと、その実現に必要な技術を紹介する。

## ■ オールフォトンクス・ネットワークを支えるネットワーク設計技術

22

光フルメッシュネットワークのネットワークの管理・制御の高度化に向けた要素技術として、膨大な数の光パスを効率的に収容するためのアーキテクチャ、トポロジ設計、波長設計技術について紹介する。

# IOWN構想に基づくオールフォトニクス・ネットワーク関連技術の取り組み

社会のデジタル化の急速な進展に伴い、近い将来さまざまな課題が顕在化してくることが想定されます。その中で、NTTはIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を提唱し、パートナーの方々とともに新たなイノベーションを起こすべく多様な研究開発を進めています。本稿では、IOWN構想の3つの構成要素のうち、オールフォトニクス・ネットワークについて、その実現に向けて取り組んでいる関連技術を紹介し

いとう あらた  
伊藤 新

NTT情報ネットワーク総合研究所 所長

## はじめに

この十数年の間、インターネットの進展やスマートフォンの普及などが社会のあり方を大きく変え、いまや私たちが生活していくうえで必須の存在となっています。インターネットを利用することで生活環境は劇的に変化し、スマートフォン上で展開されるさまざまなサービスにより、プライベートだけでなくビジネスシーンを含めて私たちの生活や働き方は日々進化しています。またIoT (Internet of Things) の進展により、インターネットに接続される各種デバイスは爆発的に増えており、それに伴いインターネット上を流れるデータ量も急激に増加しています。これらに起因して、既存の情報通信システムの伝送能力と処理能力双方の限界や、IT関連機器のエネルギー消費量の増大などが大きな課題となりつつあります。さらに近年、情報処理産業の発展を支えてきたムーアの法則について今後の持続性に関する懸念が指摘されています。ムーアの法則は、「同じ面積当りの集積回路上のトランジスタ数は18カ月ごとに倍になる」というものですが、既存のトランジスタサイズは数 nm (ナノメートル) 単位まで

微細化が進んでおり、発熱の問題や製造上の物理限界が近づいています。

## What's IOWN

このような中、NTTではこれまでの情報通信システムを変革し、従来技術の限界および消費電力の壁を超えてネットワークの大幅なポテンシャル向上をもたらす革新的な情報処理基盤の実現をめざすIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想<sup>(1)</sup>を提唱し、さまざまなパートナーとともに活動を開始しています<sup>(2)</sup>。「エレクトロニクスからフォトニクスへ」そして結果としてもたらされる「デジタルからナチュラルへ」という2つの大きな変革により、環境に優しい持続的な成長、究極の安心・安全の提供、多様性に富んだ個と全体の最適化をめざしています。

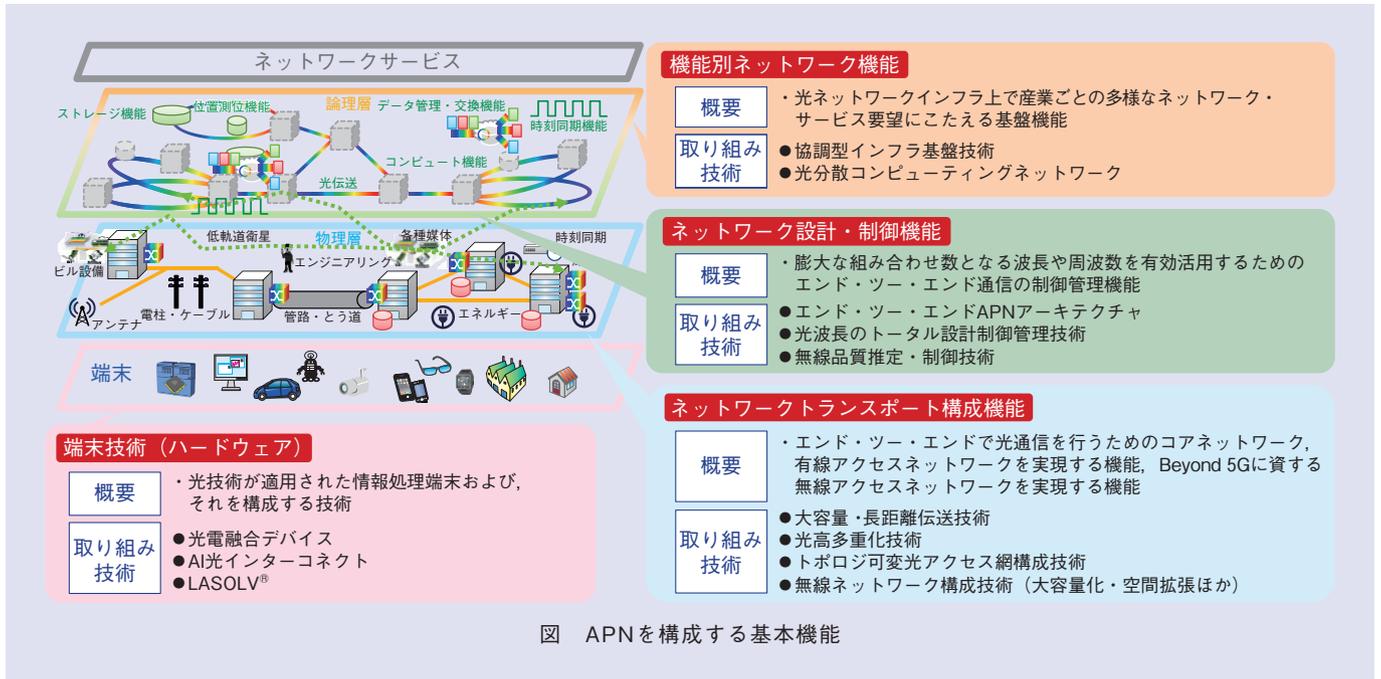
IOWNは、①オールフォトニクス・ネットワーク (APN: All Photonics Network)、②コグニティブ・ファウンデーション (CF: Cognitive Foundation)、③デジタルツインコンピューティング (DTC: Digital Twin Computing) の3つの要素で構成されます。本特集ではそのうち、情報処理基盤のポテンシャルを大幅に向上させる基本

的な要素であるAPNにおけるネットワーク関連技術について主な取り組みを紹介し

## What's APN

APNは、ネットワークに接続されるあらゆるデバイスを対象として、すべての情報伝送と中継処理をフォトニクススペースへ転換することで光の広帯域性・柔軟性を十分に活用し、端末・ユーザ・サービスごとに、多地点間にフルメッシュ接続された光パスを波長単位で提供するネットワークです。現在の通信システムでは、網内において複数回の光信号と電気信号の変換が必要ですが、APNでは電気信号を用いることなく光信号だけで通信を確立することを最終的なターゲットとしています。

APNでは情報ごとに異なる波長を割り当てることから、例えば8K120Pのような高精細なコンテンツを大量に送りながら、自動運転や遠隔手術などミッションクリティカルな通信を同時かつ超低遅延に提供することが可能となります。ベストエフォートのインターネット回線で提供されるサービスとは異なり、IOWNでは大容量かつ帯域保証された超低遅延サービスの提供が実現されます。



APNを構成する基本機能は4つに整理されます(図)。第1は、エンド・ツー・エンドで高速・高品質のデータ転送を行うための光フルメッシュネットワークおよび無線アクセスネットワークを実現する「ネットワークトランスポート構成機能」です。第2は、それらのネットワークを構築・運用する際に必要となる膨大な数の波長や周波数を効率的に収容するための「ネットワーク設計・制御機能」です。そして第3は、ネットワークリソースやコンピューティングリソースなどのICTリソースを最適に組み合わせ、さまざまなサービス要件を満たす専用環境を提供する「機能別ネットワーク機能」です。

また、上記機能を実現する装置・端末を構成するための核となる技術として、データ量あたりの低消費電力化・低遅延化を実現する光電融合デバイスをはじめとする「端末技術」が必須となります。

### APN実現に向けたネットワーク関連技術

APN実現のために、現在NTTではさまざまな研究開発を行っています。本特集では、その中でキー技術となる特徴的な4つのトピックスについて取り組みを紹介します。

新たな光伝送基盤に関する取り組みとして、波長分割多重と空間分割多重を組み合わせることでバックボーンネットワークの大容量化をめざす最先端デバイス・部材に関する超大容量光通信技術(トピック1)を取り上げます。ネットワークトランスポート構成機能に関連する取り組みとしては、無線部分の大容量化や無線エリア展開の自由度向上に向けた検討(トピック2)、およびトランスポート機能の大容量化や低遅延化を実現する光フルメッシュネットワーク構成技術(トピック3)を紹介します。最後に、ネットワーク設計・制御機能に関連する取り組みとして、大量の光パスをAPNに効率的に収容するためのネットワーク設計技

術の検討(トピック4)を紹介します。

#### 参考文献

- 1) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1905/190509b.html>
- 2) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1910/191031a.html>
- 3) 伊藤:“NTT R&Dフォーラム2019特別セッション 2030 (Beyond2020) を見据えた革新的ネットワーク,” NTT技術ジャーナル, Vol.32, No.1, pp.22-25, 2020.



伊藤 新

従来技術の限界や消費電力の壁を超えた革新的な情報処理基盤をめざしたIOWN構想、その構成要素であるオールフォトニクス・ネットワークの実現に向けた取り組みを鋭意進めています。

#### ◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所  
企画部  
TEL 0422-59-2033  
FAX 0422-59-5600  
E-mail injousen-pb@hco.ntt.co.jp

# 超大容量光通信技術

指数関数的に増え続けるデータ通信需要に持続的かつ経済的にこたえていくため、既存光ファイバの容量限界を克服する空間分割多重伝送用の新たな光ファイバ技術、並びに現在の1波長当りのチャンネル速度を1桁以上拡大するテラビット級の高速光伝送技術の研究を進めています。新たな光ファイバ技術と高速光伝送技術の融合により、現在の光ファイバの100倍以上のポテンシャルを有する新たな光伝送基盤の実現をめざします。

なかじま かずひで<sup>†1</sup> みやもと ゆたか<sup>†2</sup>

中島 和秀 / 宮本 裕

のさか ひでゆき<sup>†3</sup> いしかわ みつてる<sup>†4</sup>

野坂 秀之 / 石川 光映

NTTアクセスサービスシステム研究所<sup>†1</sup>

NTT未来ねっと研究所<sup>†2</sup>

NTT先端集積デバイス研究所<sup>†3</sup>

NTTデバイスイノベーションセンタ<sup>†4</sup>

## 背景

データ通信容量は年率数10%の割合で増加し続けており、5G（第5世代移動通信システム）やIoT（Internet of Things）の本格導入に伴い今後も指数関数的に増大していくと考えられます。2020年代の後半には現在利用している光ファイバ（SMF: Single-Mode Fiber）の容量限界が顕在化すると懸念されており、従来の波長分割多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）に加え、新たに空間分割多重（SDM: Space Division Multiplexing）を併用することで、現在の容量限界を克服しようとする研究を推進しています<sup>(1)</sup>。本稿では、SDM伝送用の光ファイバ技術と、毎秒テラ（10<sup>12</sup>）ビットにおよぶ高速光伝送技術を用いた、超大容量伝送技術の研究について紹介します。

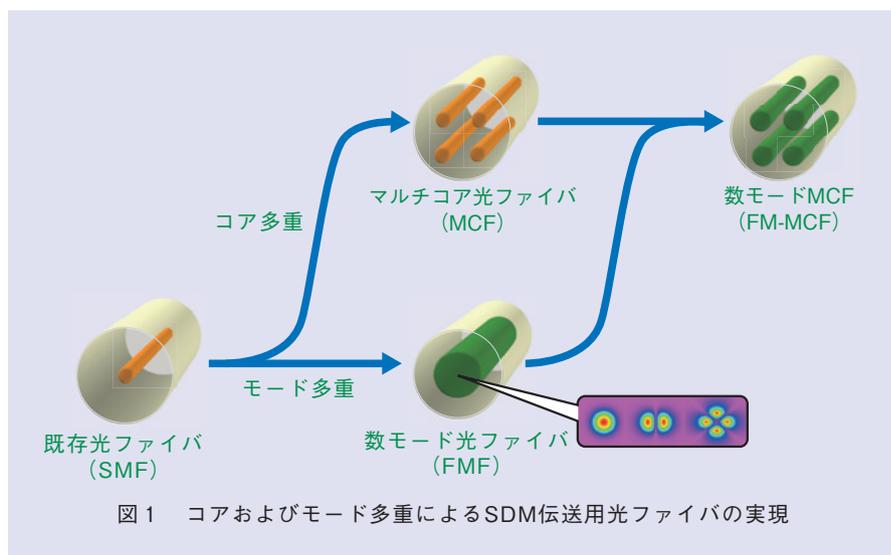
## SDM光ファイバ技術

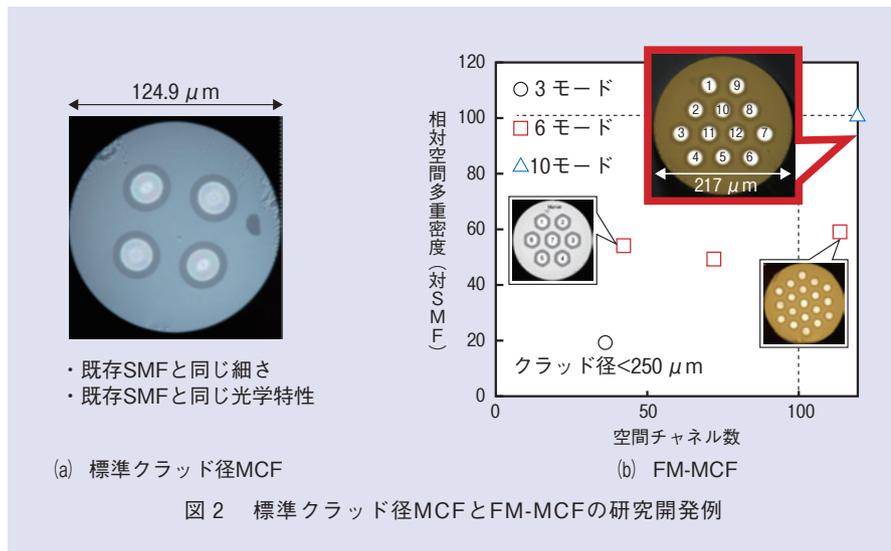
図1に示すように、既存のSMFの容量限界を超えるためのSDM光ファイバは、コアおよびモード（光の種類）数を複数化することで実現でき、一般に、コア多重を用いるタイプをマルチコア光ファイバ（MCF: Multi-Core

Fiber）、モード多重を利用するタイプを数モード光ファイバ（FMF: Few-Mode Fiber）と呼びます。さらに、N個のコアとM個のモードを併用した数モード・マルチコア光ファイバ（FM-MCF）では、光ファイバ1心の伝送容量をN×M倍にまで拡張できると考えられます。

図2(a)の断面写真に示すように、既存SMFと同じ細さ（直径125 μm）で製造可能な標準クラッド径内に4つのコアを持つMCFを実現しました。直径を既存SMFと等しくしたことにより、現在のケーブル・コネクタ技術の流用が容易になるだけでなく、本

MCFの各コアは既存SMFとの完全互換を有するため、現用光伝送システムとの整合性も向上でき、実用的であると考えられます。実際に、各々のコアの光学的な性能を既存のSMFと同一としつつ、コア間の漏れ込み（クロストーク）を十分に低減した100 km長の4コアファイバを共通の仕様でマルチベンダで試作し、毎秒100テラビット以上の伝送容量を300 km以上にわたり光増幅中継伝送する原理実験に成功しています<sup>(2)</sup>。NTT R&Dフォーラム2019では、これらの技術をベースとした4コアファイバを用いた動態展示を行いました。





次に、マルチコアファイバの各コアをマルチモードとしたFM-MCFを伝送路とすることで、将来的に空間多重度を100倍以上に拡大できる可能性についての研究例を図2(b)に示します。横軸がコア数×モード数で得られる空間チャンネル数を、縦軸が既存SMFを基準とした相対的な空間多重密度を表します。図中の丸、四角、および三角のプロットは、各コアで伝搬可能なモード数を表し、それぞれ3、6、および10モードに対応します。これまでに、6モードを使用した検討例として、42(7コア×6モード)、および114(19コア×6モード)の空間チャンネル数を実現しました<sup>(3)</sup>。しかし、これらのFM-MCFにおける相対密度は既存SMFの約50倍強にとどまっていた。そこで私たちは、1コアのモード数を10に拡張し、12コア×10モードで世界最高の120の空間チャンネル数を実現すると同時に、相対密度も100を上回る特性を実現しました<sup>(4)</sup>。これは、コア多重とモード多重のベストミックスにより、空間多重数と空間

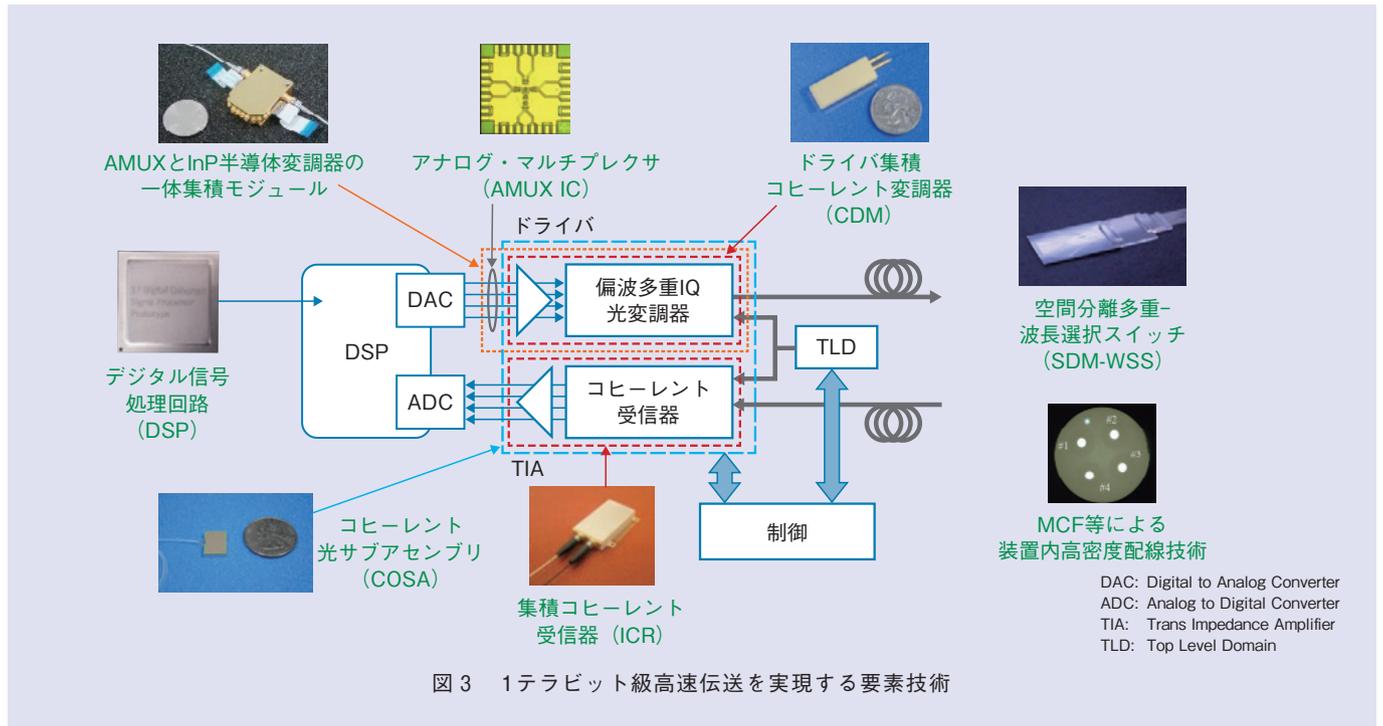
利用効率の両面で、既存SMFの100倍のポテンシャルが実現できることを世界で初めて実証した研究成果です。上述したFM-MCFシステムの実現に向けては、FM-MCFの直径を既存SMFの約1.5倍程度(200 $\mu$ m前後)に拡大する必要があり、太径光ファイバに対応可能な製造性の向上やケーブル化に向けた技術検討が必要です。また、モード多重された信号を受信側で安定にモード分離する大規模デジタル信号処理の技術検討も合わせて進めていきます。

### テラビット級高速光伝送技術

光通信の大容量化を経済的に実現するには、1波長当りのチャンネル容量を拡大することが重要となり、シンボル速度の高速化や高次多値デジタル変復調技術の適用が不可欠となります。1テラビット級光伝送に必要な超高速光送受信部の要素技術を図3に示します。超高速光送受信部は、主として超高速デジタル信号処理回路(DSP-ASIC: Digital Signal Processor-

Application Specific Integrated Circuit)、光信号と電気信号の変換を行う超高速光フロントエンド回路から構成されます。現在、チャンネル容量600 Gbit/sまで動作するデジタル信号処理技術や、ドライバ集積コヒーレント変調器(CDM: Coherent Driver Modulator)と集積コヒーレント受信器(ICR: Integrated Coherent Receiver)から構成される光フロントエンド回路が実用段階にあります。また、最近、これらの要素技術を用いたフィールド環境下での長距離伝送実験に成功しています<sup>(5)</sup>。一方、データセンタインターコネクションやメトロネットワーク等に向けては、光送受信回路の小型化・低電力化が求められています。超高速光フロントエンド回路技術の飛躍的な小型化の実現に向け、波長可変光源を除くすべての光回路を1つのチップに集積したコヒーレント光サブアセンブリ(COSA: Coherent Optical SubAssembly)の研究開発を進めています。

さらに、1波長当り1 Tbit/s容量を超える高速チャンネル伝送の実現に向けての研究開発も進めています<sup>(6)</sup>。最近では、光フロントエンド回路技術の新しい光・電子集積化構成のアプローチをとることで、既存のSMFを用いて、1波長当り1 Tbit/s容量の長距離波長多重伝送実験に世界で初めて成功しています。また100 GHz超の帯域を有するアナログ・マルチプレクサ集積回路(AMUX IC: Analog Multiplexer Integrated Circuit)と広帯域InP半導体変調器を一体モジュールに集積することで、世界最高速のチャンネル容量1.3 Tbit/s伝送にも成功しました。こ



これらの要素技術は、前述したシングルモードのコアを持つMCFにおいても、そのまま伝送することが可能です。

将来の大容量かつ柔軟性の高い光ネットワークのためには、空間および波長領域で多重された信号光の選択切替を実現する、空間多重-波長選択光スイッチ (SDM-WSS: SDM-Wavelength Selective Switch) 集積技術、高効率波長変換技術、およびMCF等を用いた装置内高密度配線技術等の要素技術群のさらなる発展が期待されており、今後も研究開発を加速していきます<sup>(1), (7)</sup>。

### 今後の展望

今後は、標準クラッド径MCFおよびその周辺技術の確立を進めると同時に、テラビット級高速光伝送技術により、既存SMFの100倍超のポテンシャルを有する超大容量光伝送基盤の実現

をめざします。

### 参考文献

- (1) 特集：“将来の大容量光ネットワークを支える空間多重光通信技術の最先端,” NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.3, pp.6-36, 2017.
- (2) <https://www.ntt.co.jp/news2017/1708/170808b.html>
- (3) T. Sakamoto, K. Saitoh, S. Saitoh, K. Shibahara, M. Wada, Y. Abe, A. Urushibara, K. Takenaga, T. Mizuno, T. Matsui, K. Aikawa, Y. Miyamoto, and K. Nakajima: “High Spatial Density Six-mode Seven-core Fibre for Repeated Dense SDM Transmission,” Proc. of ECOC2017, ThPDP.A.6, Copenhagen, Denmark, Sept. 2017.
- (4) T. Sakamoto, K. Saitoh, S. Saitoh, Y. Abe, K. Takenaga, A. Urushibara, M. Wada, T. Matsui, K. Aikawa, and K. Nakajima: “120 Spatial Channel Few-mode Multi-core Fibre with Relative Core Multiplicity Factor Exceeding 100,” Proc. of ECOC2018, We3E.5, Roma, Italy, Sept. 2018.
- (5) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1906/190619a.html>
- (6) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1903/190307a.html>
- (7) 特集：“将来の大容量通信インフラを支える超高速通信技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.31, No.3, pp.10-31, 2019.



(左から) 中島 和秀/ 宮本 裕/  
野坂 秀之/ 石川 光映

既存技術の限界を打破するマルチコア光ファイバ技術と、テラビット級の高速光伝送技術の確立により、現在から将来にわたる社会インフラを持続的に支える超大容量光伝送基盤を実現します。

### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
 アクセス設備プロジェクト  
 先端媒体グループ  
 TEL 029-868-6442  
 FAX 029-868-6440  
 E-mail kazuhide.nakajima.gr@hco.ntt.co.jp

# アナログRoFを活用した 多様な高周波数帯無線システムの効率的収容

高周波数帯無線システムでは大容量無線伝送が可能となりますが、無線基地局を高密度に展開する必要があり、多様化するニーズにこたえるため無線システム数も増加することを想定すると、設置すべき無線基地局数は爆発的に増加すると想定されます。NTTアクセスサービスシステム研究所では、無線基地局数や運用稼働の抜本的な削減のため、アナログRoF (Radio-over-Fiber) を活用し、複数の高周波数帯無線システム間で無線設備を共用可能とするシステム構成を提案しています。本稿では、提案するシステム構成の詳細と、その要素技術である遠隔ビームフォーミング技術について紹介します。

いとう こうた すが みずき  
伊藤 耕大 /菅 瑞紀  
しらと ゆうし きた なおき  
白戸 裕史 /北 直樹  
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

## 背景

無線伝送容量のさらなる拡大のためには、広い帯域幅を確保できるミリ波<sup>\*1</sup>などの高周波数帯の電波を利用することが効果的です。しかし、電波は高周波数になるほど伝搬距離が短くなるため、高周波数帯無線システムで広いエリアをカバーするためには、無線基地局を高密度に設置する必要があります。また、従来は無線システムごとに無線基地局を設置する必要がありました。そのため、多様化するニーズに伴って高周波数帯無線システムが多様化していくと、膨大な数の無線基地局が設置されることになってしまいます。

そこで、設置すべき無線基地局数や運用稼働の抜本削減を目的とし、複数

の無線システムが無線基地局を共用できるようなシステム構成を提案しています。

本稿では、提案するシステム構成と、このシステム構成で高周波数帯無線システムを収容するとき必須となる遠隔ビームフォーミング技術について紹介します。

## アナログRoFによる 機能分離・張出局簡易化

アナログRoF (Radio-over-Fiber)<sup>\*2</sup>とは、光信号を無線信号で強度変調し、無線信号のかたちをした光信号を光ファイバ伝送する技術で、伝送した光信号をO/E (Optical-to-Electrical) 変換<sup>\*3</sup>するのみで元の無線信号を取り出すことができます (図1)。

このアナログRoFを適用することで、従来の無線基地局の機能を集約局 (信号処理部) と張出局 (アンテナ部) に分離することができます (図2)。従来の無線基地局は、アンテナ・増幅器・E/O、O/E変換・信号処理という機能を持っていました。アナログRoFを適用して信号処理機能を集約局

- \*1 ミリ波：波長が1～10 mmと非常に短い電波のことです。周波数は30～300 GHzになります。
- \*2 RoF：無線信号の波形情報を光ファイバ伝送する技術です。アナログRoFは波形をそのままアナログ信号として、デジタルRoFは波形をデジタル信号に変換してから光ファイバ伝送します。アナログRoFは、デジタルRoFに比べ、A/D (Analogue-to-Digital)、D/A (Digital-to-Analogue) 変換が不要で、必要な光伝送帯域も狭くて済むというメリットがあります。
- \*3 O/E変換：光信号を電気信号に変換することで、一般にフォトダイオードが用いられます。

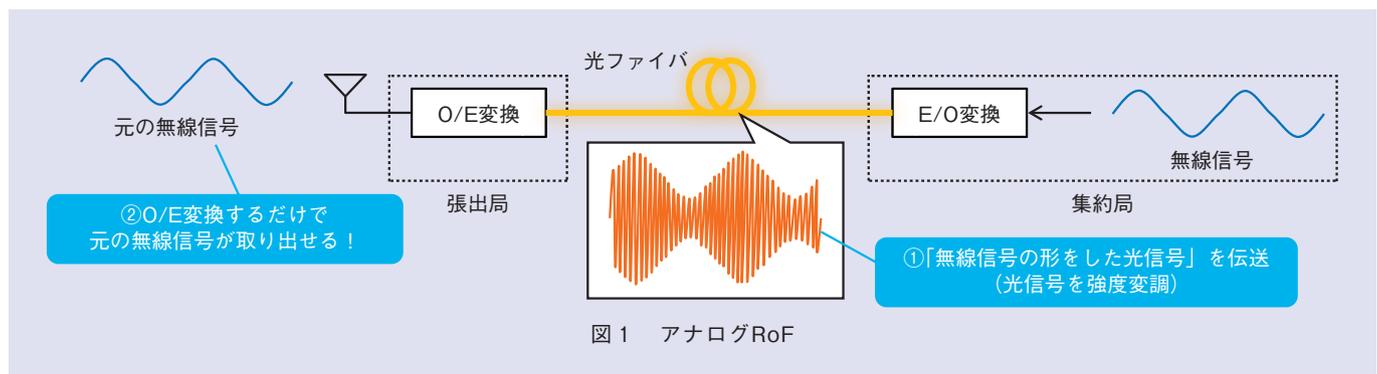


図1 アナログRoF

に集約することで、張出局の機能簡易化が可能になります。これにより、張出局の小型化・低消費電力化による設置性や経済性の向上が期待できます。

また、無線システム依存の信号処理機能を集約局に集約することで、張出局には無線システムに依存しない共通機能のみを残すことができます。そのため、アンテナや増幅器の対応する周波数の範囲であれば、複数の無線システム間で張出局を共用することが可能になります。

さらに、無線システムの新設や更改などの対応も、集約局側のオペレーションのみで行うことができるようになります。効率的な無線システムの展開・

運用が可能になります。

これらにより、無線基地局数や運用稼働・コストの抜本的な削減が期待できます。

### 遠隔ビームフォーミング技術

伝搬距離の短い高周波数帯無線システムでは、ビームフォーミング\*4が必須となります。従来の無線基地局は、信号処理部にこのビームフォーミング機能を持っていました。アナログRoFによる機能分離・張出局簡易化を行った場合、信号処理機能を持たない張出局のビームフォーミングをどう行うかが課題となります。そこで、張出局が形成するビームを集約局で遠隔に制御

することができる遠隔ビームフォーミング技術を提案し<sup>(1),(2)</sup>、検討を進めてきました。

提案する遠隔ビームフォーミング技術について受信側を例に説明します(図3)。複数のアンテナ素子を持つ張出局に無線信号が到来すると、各アンテナ素子は位相差のついた無線信号を受信します。この位相差を保持したまま、各アンテナ素子で受信した無線信

\*4 ビームフォーミング：複数のアンテナ素子を並べたアレイアンテナを利用し、指向性を電氣的に制御する技術です。各アンテナ素子が送受信する電波の位相を制御することで、特定方向に向かう電波を強めて送信したり(送信ビーム)、特定方向から到来する電波を強めて受信したり(受信ビーム)することができます。

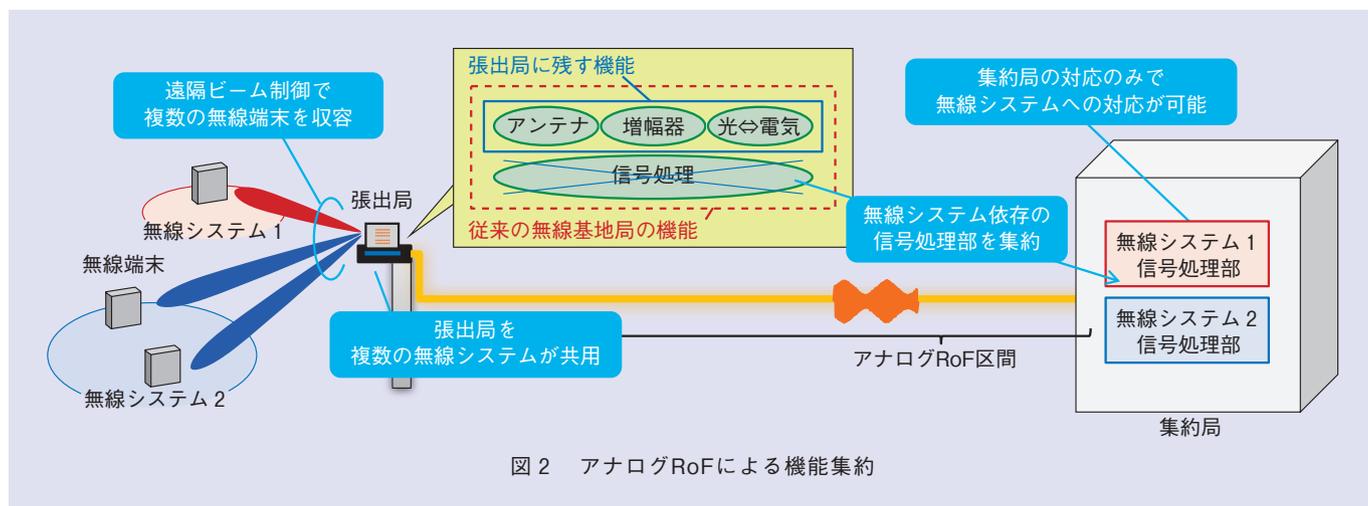


図2 アナログRoFによる機能集約

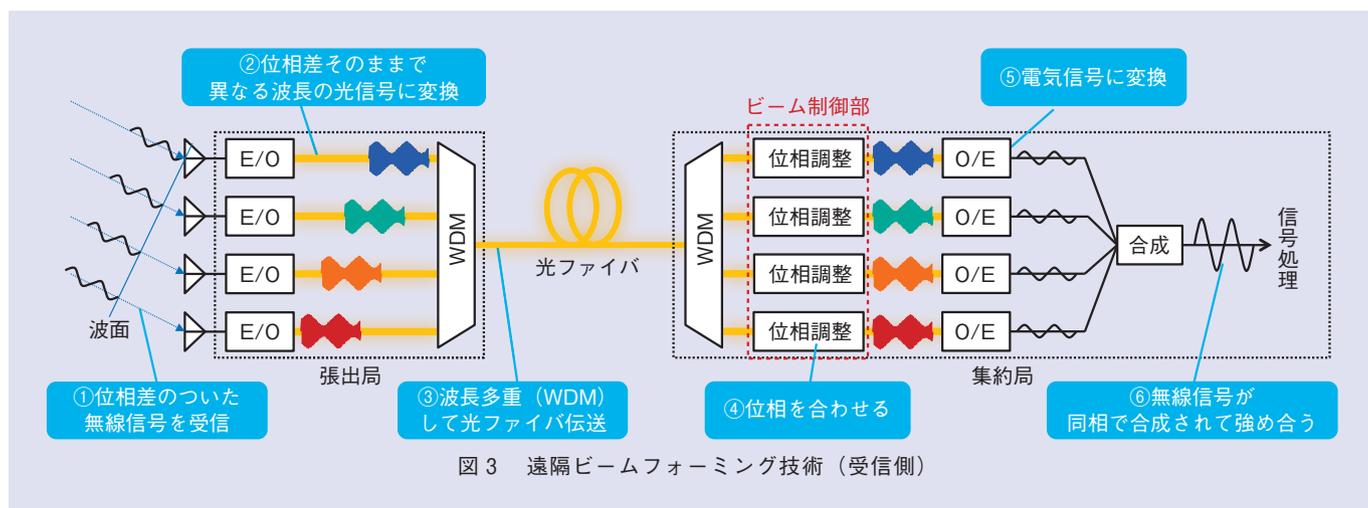


図3 遠隔ビームフォーミング技術(受信側)

携しながら実用化に向けた検討を進めていきます。

■参考文献

- (1) K. Ito, M. Suga, Y. Shirato, N. Kita, and T. Onizawa: "A novel centralized beamforming scheme for radio-over-fiber systems with fixed wavelength allocation," IEICE Communications Express, Vol.8, No.12, pp.584-589, 2019.
- (2) M. Suga, K. Ito, Y. Shirato, N. Kita, and T. Onizawa: "Fiber Length Estimation Method for Beamforming at millimeter Wave Band RoF-FWA System," IEICE Communications Express, Vol.8, No.11, pp.428-433, 2019.
- (3) T. Nagayama, K. Furuya, S. Akiba, J. Hirokawa, and M. Ando: "Millimeter-wave antenna beam forming by radio-over-fiber with 1.3 μm light source and variable delay line," OECC and PGC2017, pp. 1-2, Singapore, July-Aug. 2017.
- (4) M. Tadokoro, T. Taniguchi, and N. Sakurai: "Optically-controlled beam forming technique for 60 GHz-ROF system using dispersion of optical fiber and DFWM," OFC/NFOEC 2007, pp. 1-3, Anaheim, U.S.A., March 2007.
- (5) S. Akiba, M. Oishi, Y. Nishikawa, K. Minoguchi, J. Hirokawa, and M. Ando: "Photonic architecture for beam forming of RF phased array antenna," OFC 2014, pp. 1-3, San Francisco, U.S.A., March, 2014.



(左から) 北 直樹/ 菅 瑞紀/  
伊藤 耕大/ 白戸 裕史/  
鬼沢 武

通信トラフィックの増加に対応するため、高周波数帯無線システムの必要性は高まってくると考えています。その導入を簡単に・低コストで行えるよう、さらなる研究開発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  
基幹方式グループ  
TEL 046-859-3366  
FAX 046-859-4311  
E-mail ekig-p-ml@hco.ntt.co.jp



図4 展示の様子

号をそれぞれ異なる波長の光信号に変換し、波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) して集約局まで光ファイバ伝送します。集約局では、波長多重された信号を波長ごとに分波し、これらの光信号の位相を合わせ、O/E変換して合成します。すると、元の無線信号が位相の合った状態で合成されて強め合い、無線信号の到来方向に受信ビームを形成することができます。図3では光信号に対して位相調整を行っています。O/E変換した後の電気信号に対して位相調整を行い合成することも可能です。また、送信ビームの形成も同じ原理で行うことが可能です。このとき、張出局は受けた信号のO/E, E/O変換をしているだけで、一切の制御を必要としていません。

従来の遠隔ビームフォーミング技術としては、各アンテナ素子に別々の光ファイバ (マルチコアファイバの場合は別々のコア) を割り当てる方式<sup>(3)</sup>や、波長分散<sup>\*5</sup>を利用し、各アンテナ素子に割り当てる波長を変えることでビー

ム方向を切り替える方式<sup>(4),(5)</sup>がありました。提案する遠隔ビームフォーミング技術は、各アンテナ素子に割り当てる波長を固定することで従来技術の課題を克服し、①使用する光ファイバ数 (コア数) は1本のみ、②光ファイバの距離情報が必要でない、③張出局の光フィルタの制御が不要、④高周波数帯・長距離光ファイバを適用しても無線信号の形式に制約がない、といったメリットを持っています。

この遠隔ビームフォーミング技術により、高周波帯無線システムの通信品質確保はもちろん、張出局が複数の無線端末を空間多重 (SDM: Space Division Multiplexing) して同時に收容することも可能になります。さらに、ビーム方向を遠隔で制御できるので、張出局の設置時に物理的にアンテナ方向を調整する必要もありません。

NTT R&Dフォーラム2019では、受信系の遠隔ビームフォーミング技術を動態デモで紹介しました (図4)。

今後の展望

今後は、遠隔ビームフォーミング技術の改良により波長利用率向上をめざすとともに、光通信の研究部とも連

\*5 波長分散: 光ファイバ中で伝搬する光の速度が波長によって異なるため、伝搬時間に差が生じる現象です。光ファイバの屈折率が波長依存性を持つために起こります。

# オールフォトリクス・ネットワークを支える 光フルメッシュネットワーク構成技術

かわはら ひろき<sup>†1</sup> せき たけし<sup>†1</sup> すだ さちお<sup>†1</sup>  
河原 光貴 /関 剛志 /須田 祥生

なかがわ まさひろ<sup>†1</sup> まえだ ひでき<sup>†1</sup> もちだ やすひろ<sup>†2</sup>  
中川 雅弘 /前田 英樹 /持田 康弘

つきしま ゆきお<sup>†2</sup> しらい だいすけ<sup>†2</sup> やまぐち たかひろ<sup>†2</sup>  
築島 幸男 /白井 大介 /山口 高弘

いしづか みか<sup>†3</sup> かねこ やすはる<sup>†3</sup> こしぢ こうじゅん<sup>†3</sup>  
石塚 美加 /金子 康晴 /越地 弘順

ほんだ かづあき<sup>†4</sup> かない たくや<sup>†4</sup> はら かずたか<sup>†4</sup>  
本田 一暁 /金井 拓也 /原 一貴

かねこ しん<sup>†4</sup>  
金子 慎

NTTネットワークサービスシステム研究所<sup>†1</sup>  
NTT未来ねっと研究所<sup>†2</sup>  
NTTネットワーク基盤技術研究所<sup>†3</sup>  
NTTアクセスサービスシステム研究所<sup>†4</sup>

本稿では、超高臨場感サービス等の提供を支える多様かつ大容量なコンテンツの超低遅延な伝送を実現する光フルメッシュネットワークのコンセプトと、その実現に必要な技術を紹介し、また、光フルメッシュネットワークのコンセプトを具現化した、大容量光伝送システムにおける8K非圧縮映像伝送のデモンストラーションを紹介します。

## はじめに

NTT研究所では、超高精細映像情報に加えて、触覚や聴覚といった五感情報を含む多様なコンテンツをリアルタイムに共有し、時空間の壁を越えた超高臨場感サービス<sup>(1)</sup>の提供をめざしています。しかし、このようなサービスを多くの人に利用していただくためには、多様かつ大容量なコンテンツを低遅延で伝送できるネットワークが必要になります。このようなネットワークを提供するため、IOWN構想<sup>(2)</sup>の一環として、フォトリクス技術をベースにした革新的ネットワークであるオールフォトリクス・ネットワーク(APN)の実現をめざしています。NTTネットワークサービスシステム研究所、NTT未来ねっと研究所、NTTネットワーク基盤技術研究所、NTTアクセスサービスシステム研究所では、APNのトランスポート機能の大容量化、低遅延

化を実現する光フルメッシュネットワークの検討に取り組んでいます。

## 光フルメッシュネットワークのコンセプト

従来のネットワークでは、送信したいコンテンツをネットワークに収容する際、通信回線容量による制約でデータ圧縮処理が必要であったり、IPプロトコルによるルーティング制御のためIPパケットに変換したり、多重・スイッチ制御のためイーサネットフレームに収容していました。これにより、データ圧縮による遅延や、パケットの待ち合わせ処理で発生する遅延が発生、従来の端末間通信における遅延の支配的要因となっていました。

一方、図1に示す光フルメッシュネットワークは、光バックボーンネットワークおよび光アクセスネットワークを、パケット変換や多重・スイッチ制御といった電気処理を極小化した

フォトリックゲートウェイ(Photonic GW)と呼ぶ光ノードで中継し、サービスごとに光パスをエンド・ツー・エンドで提供します。これにより、データ圧縮時の遅延やパケットの待ち合わせ処理における遅延が解消され、大容量かつ超低遅延なネットワークを提供できます。

## 光フルメッシュネットワーク構成技術

光フルメッシュネットワークの実現に向け、以下の3つの技術を中心とした光フルメッシュネットワーク構成技術を検討しています。

(1) 1Pbit/s級の超大容量光伝送システム構成技術

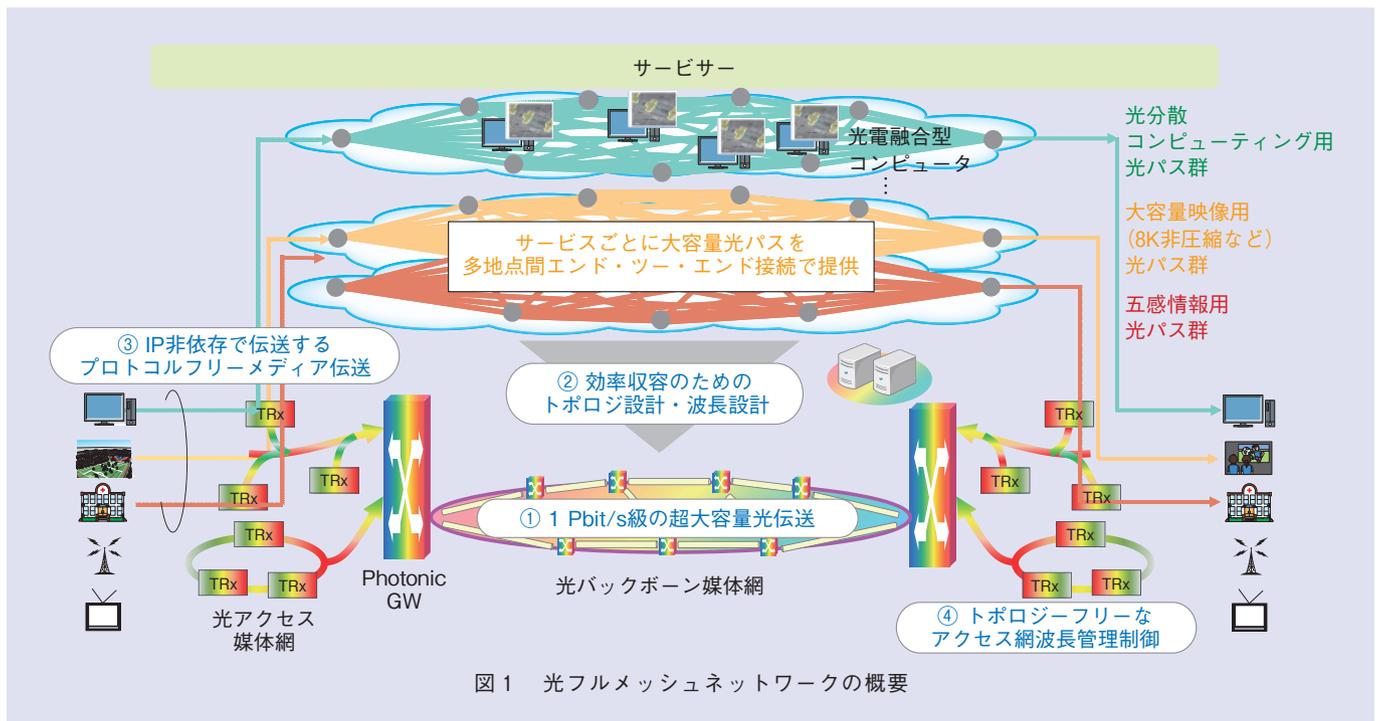
1Pbit/s級のシステム容量を有する超大容量光伝送システムの実現をめざし、光チャネル高速化技術、複数の波長帯における波長多重信号伝送を行うマルチバンド伝送技術、マルチコア

ファイバ等の新規光ファイバ上で光信号伝送させる空間多重伝送技術，を組み合わせたシステム構成技術の検討を進めています。このようなシステム構成技術を支えるデバイス技術の詳細は，本特集記事『超大容量光通信技術』を参照してください。

(2) IP非依存で伝送するプロトコルフリーメディア伝送基盤技術  
非圧縮映像・音声，さらには五感情報や感情に至るあらゆるメディア情報を，プロトコルやインターフェース種別やフォーマットを意識させないエレメ

ンタリーストリームとして，IP非依存で伝送する検討を進めています。SDI (Serial Digital Interface)/HDMI (High-Definition Multimedia Interface) ケーブルを流れる4K/8K高精細映像信号，MADI (Multichannel Audio Digital Interface)/AES (Audio Engineering Society) ケーブルを流れる音声信号，ストレージ/メモリとネットワークインターフェース間を流れるPCI (Peripheral Component Interconnect) バス信号などを光信号に直取し，メディアの伝送路をオール光化して，IP

による経路制御（ルーチング）を必要としない光のパスでエンド・ツー・エンドを直接結ぶことで，大容量かつ超低遅延なメディア伝送を実現します。手始めに，同軸ケーブルを用いて非圧縮映像・音声を送送するSDIを光パスに収容するインターフェース技術の開発を進めています。SDIは放送局内の設備の配線で使用されていますが，本技術ではユーザーに伝送プロトコルや経路制御を意識させることなく，局内の配線を行うような感覚で，遠隔地との接続を提供できるようになると考えてい



ます。現在、スポーツ等のイベントを放送局外から中継する場合には、編集スタッフ・編集機材を積んだOBVAN（中継車）のイベント会場への派遣が必要ですが、本技術によって、イベント会場から放送局までの光の直通パスで素材映像を伝送しながらオンライン編集を行うといったような効率的な制作ワークフロー（リモートプロダクション）の現実味が増すことになるでしょう。そのような、これまでにないアプリケーションの開拓をめざします。

### (3) トポロジフリーなアクセス系 波長管理制御技術

あらゆるユーザ装置にエンド・ツー・エンドで光パスを提供するAPNを実現するために、ユーザ装置が送受信する波長を光パスごとに遠隔管理制御することが必要となります。これに対して、アクセス面とローカルフルメッシュ面を接続するPhotonic GWの主要機能の1つとして、アクセス面の波長管理制御の検討を進めています。伝送媒体を共有する光パス間で波長の重複が生じないように、Photonic GWは、波長の割当を行う上位のシステムと連携して各々のユーザ装置へ波長を払い出し、ユーザ装置に対する波長制御指示、常時波長監視を行います。ユーザ装置は、Photonic

GWから通知される波長制御指示に従って、光トランシーバの波長を設定します。Photonic GWからユーザ装置への波長制御指示の方法として、ユーザ信号と干渉しない低周波数帯に管理制御信号をAMCC（Auxiliary Management and Control Channel）として重畳して同一波長で通知することを検討しています。AMCCを用いることにより、通信プロトコルや光変調方式、さらにはネットワークポロジに依存せずに、どんなユーザ装置でも光ファイバに接続すればすぐにつながる光ネットワークの実現をめざします。

### デモンストレーション：大容量光伝送システムにおける8K非圧縮映像伝送

私たちは、これらの技術に基づき、光フルメッシュネットワークの有効性を示すデモンストレーションを実施しました。まず、光フルメッシュネットワークを支える大容量光伝送システムとして、ファイバ1本当たり0.24 Pbit/sのシステム容量（現行商用システムの約30倍のシステム容量）を有する伝送実験系を構築しました。本システムの実現にあたり、光チャネル高速化技術として600 Gbit/s/λ光信号をリアルタイムに送受信可能な世界最先端のトランスポンダを試作しました。また、図

2に示すように、生成された600 Gbit/s/λ光信号をC帯とL帯という2つの伝送波長帯に最大100波長分を高密度波長多重により配置しました。さらに、4つのコアを有するマルチコアファイバを試作し、すべてのコアを用いて波長多重信号を伝送させる空間多重伝送技術を適用しました。これらのキー技術の組み合わせにより、大容量光伝送システムを実現しています。

この光伝送システム上で、600 Gbit/s/λの光パスに8K映像コンテンツを収容して伝送しました。大容量光パスを利用することにより、8K映像のリアルタイム非圧縮伝送が可能になりました。比較のために同じ光パスに収容した8Kの圧縮映像と比べて、画質劣化なくおよそ30分の1の低遅延性を示しました。非圧縮で伝送された8K映像図3（右）は、圧縮映像よりも高品質・低遅延であることを示しています。IP非依存のメディア伝送技術の研究開発を進めることによってさらなる低遅延化が可能であると考えています。

### 今後の展望

本稿では、多様かつ大容量なコンテンツの超低遅延な伝送を実現する光フルメッシュネットワークのコンセプトと必要な技術を紹介しました。光フルメッシュネットワークは、例えば、金

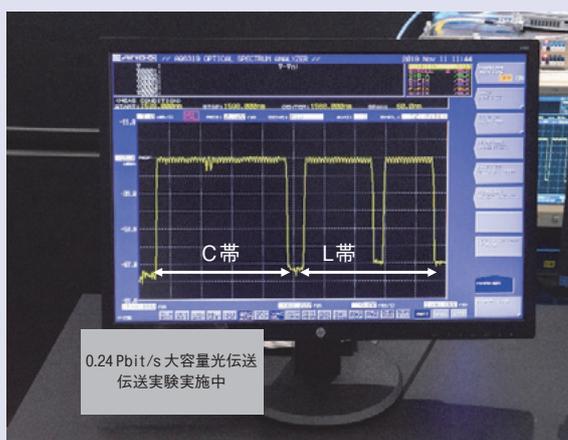


図2 大容量伝送システムの光スペクトル



図3 8K映像コンテンツの伝送結果

技術の早期の確立をめざしています。

■参考文献

- (1) 阿久津・南・日高：“超高臨場感通信技術 Kirari! Beyond 2020,” NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.10, pp.12-15, 2018.
- (2) [https://www.ntt.co.jp/RD/techtrend/pdf/NTT\\_TRFSW\\_D.pdf](https://www.ntt.co.jp/RD/techtrend/pdf/NTT_TRFSW_D.pdf)



(上段左から) 前田/ 河原/ 須田/ 関/ 中川/  
 築島/ 白井/ 山口/ 持田  
 (下段左から) 石塚/ 越地/ 金子/ 金井/  
 原/ 金子/ 本田

光フルメッシュネットワークの実現に必要な要素技術を実用化のレベルまで磨き上げるだけでなく、多くのユーザにどのように新たな価値を提供できるのかも併せて考え続けていきたいと思っています。

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所  
 ネットワーク伝送基盤プロジェクト  
 TEL 0422-59-6721  
 FAX 0422-59-4656  
 E-mail hiroki.kawahara@hco.ntt.co.jp

融系、医療系などの、低遅延性が求められるネットワークに対する適用が考えられ、これにより、帯域や遅延に律

速されないストレスフリーな通信を提供できます。今後、適用領域におけるネットワーク要件を考慮しつつ、要素

# オールフォトニクス・ネットワークを支える ネットワーク設計技術

本稿では、光フルメッシュネットワークのネットワークの管理・制御の高度化に向けた要素技術として、膨大な数の光パスを効率的に収容するためのアーキテクチャ、トポロジ設計、波長設計技術について紹介します。また、これらの技術を適用したシミュレーションのデモンストレーションを紹介します。

いづか み か かね こ やすはる  
石塚 美加 / 金子 康晴  
こしち こうじゅん せ と さぶろう  
越地 弘順 / 瀬戸 三郎  
やすかわ せいしょう  
安川 正祥

NTTネットワーク基盤技術研究所

## はじめに

NTTネットワーク基盤技術研究所では、オールフォトニクス・ネットワーク（APN）の実現に向けたネットワーク設計技術の検討に取り組んでいます。

現状のネットワークでは、複数のユーザやサービスが、1つの光パスを共有しているのに対し、APNでは、ユーザやサービスごとに光パスを割り当てることで高品質・低遅延を実現しています。ユーザやサービスごとに光パスを割り当てるといことは、膨大な数の光パスが波長を要求することを意味しています。しかし、大規模ネットワークにおいて波長を効率的に割り当てるのは難しいことが知られています<sup>(1)</sup>。

そこで、私たちは、さまざまな最適化手法を組み合わせることにより、膨大な数の光パスを効率的にネットワークに収容することを可能にするネットワーク設計技術の検討を進めています。

## 光フルメッシュネットワークの設計の課題

光パスに対して波長を割り当てる際には、エンド・ツー・エンドで同一の波長を割り当てる必要があります。ま

た、同一リンクの中では、1つの波長は1つの光パスにのみ割り当てられます。例えば、図1 (a)において、光パス#3に対して波長を割り当てる際に、リンクAでは波長#1は未使用ですが、リンクBでは使用しているため、リンクAの波長#1は未使用のまま、波長#2を割り当てることになります。このように、光パスに対して波長を逐次割り当てていくと波長のフラグメント化が発生します。しかし、波長の割り当てを図1 (b)のようにする

ことにより、必要となる波長数を減らすことができます。つまり、需要予測技術と組み合わせ、需要を見越した波長割当のルールを決めることにより、光パスを効率的に収容することが可能になります。

## 光フルメッシュネットワークのアーキテクチャ

先述したように、ネットワークの規模が大きくなるにつれて、エンド・ツー・エンドで効率的に波長を割り当

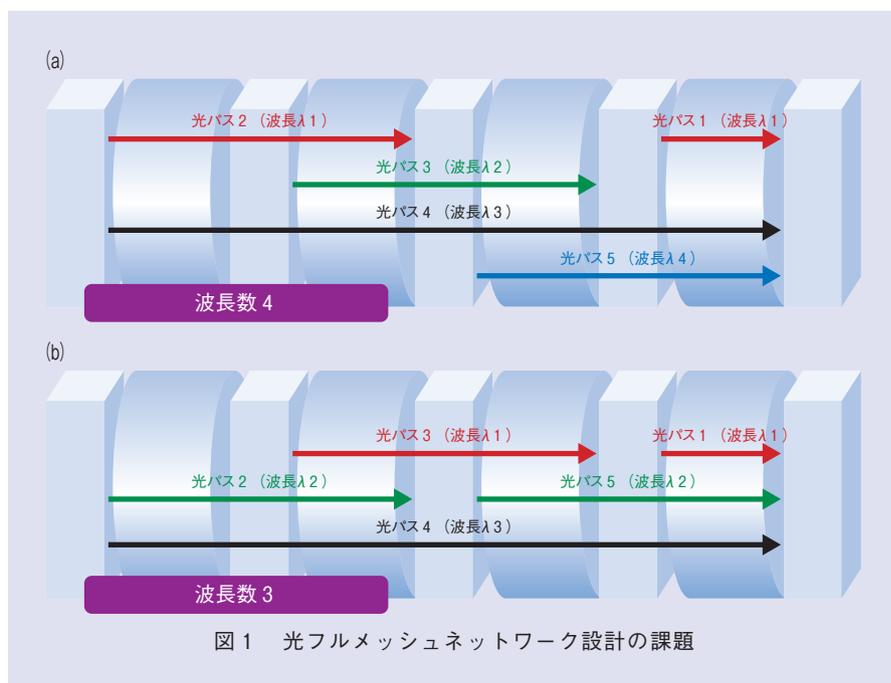
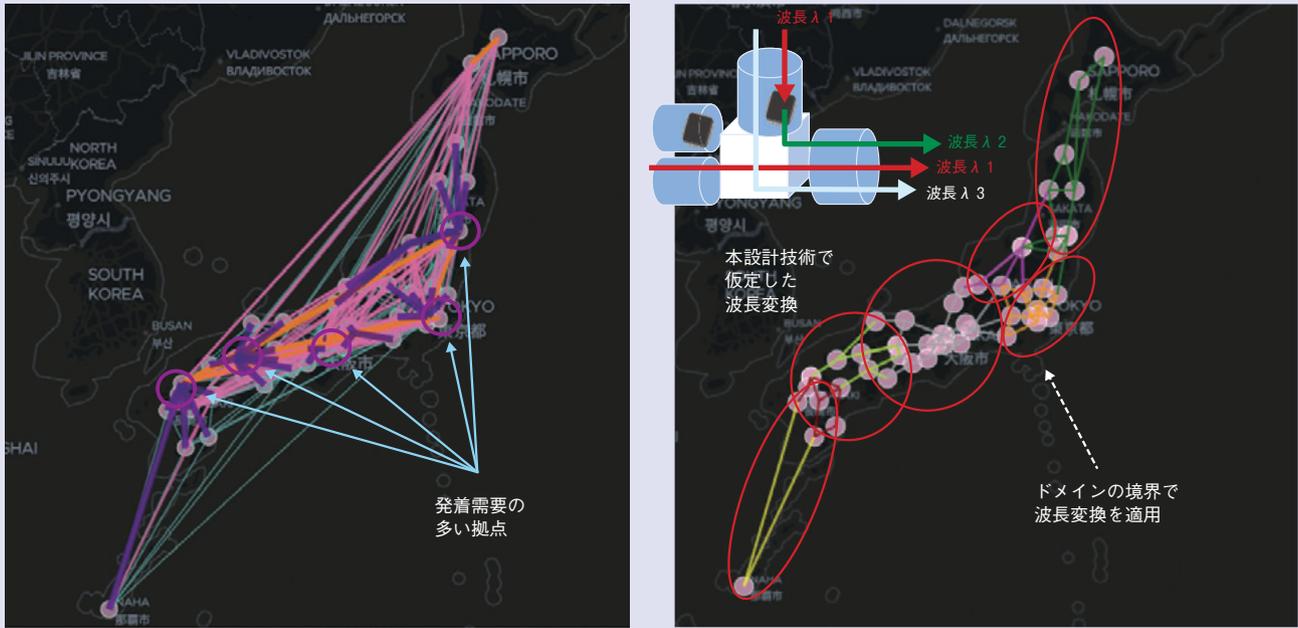


図1 光フルメッシュネットワーク設計の課題



発着需要の多い拠点を中心にドメインを構成

図2 光フルメッシュネットワークのアーキテクチャ

てることが難しくなるとともに計算量が爆発し、最適な波長割当を計算すること自体が困難になります。そこで私たちは、波長を効率的に使用し、かつ問題の規模を削減するために、ネットワークを領域（ドメイン）に分割するアーキテクチャを採用しています（図2）。ドメインの境界では、フォトニックゲートウェイ、フォトニックエクスチェンジを配備し、これらの装置で波長変換を実施します。ドメイン分割により、必要となる波長数を減らすとともに、波長割当最適化技術が適用可能となるように問題の規模を小さくすることができます。ドメインは、需要の

発生分布に応じて、ドメイン間をわたる光パスが極力小さくなるように設定します。

### 光フルメッシュネットワークのトポロジ設計・波長設計

ドメイン内の波長資源を有効に使うためにトポロジ設計、波長最適化技術を適用します。トポロジ設計では、ドメイン内の各ファイバを経由する需要の大きさが極力均等になるような、ルート設計、追張り、新たなファイバルート追加といった手段を、カスタミナムになるように適用していきます。さらに、波長最適化にあたっては、

ドメイン内の始終点の組合せに対して、フレックスグリッド波長割当最適化の手法を適用することにより、最適な波長割当を実現します。この波長割当最適化については、量子コンピューティング（LASOLV<sup>®(2)</sup>）を適用することが可能です。

### シミュレーション結果

JPN48<sup>(3)</sup>を対象に、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 時代のサービスを想定したトラフィックモデル（県に配備されたデータセンタ間の通信、クラウド経由遠隔操作アプリケーション、法人P2P通信）を収容し

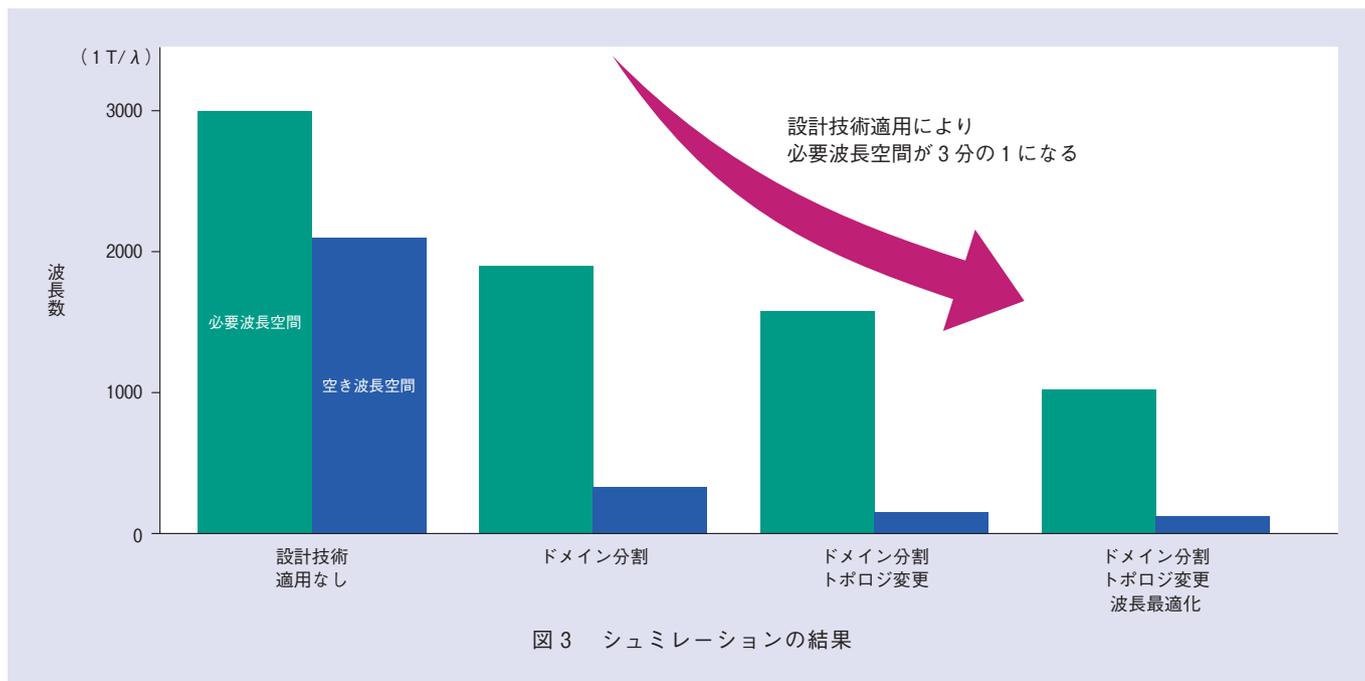


図3 シミュレーションの結果

たシミュレーションの結果を紹介します。研究所技術を適用しない場合はファイバ当たり 3 Pbit/s の容量が必要であるのに対し、研究所技術を適用することにより、ファイバ当たり 1 Pbit/s の容量で、これらのトラフィックを収容することが可能となるとともに、ファイバの利用効率が大幅に向上していることが分かります (図3)。

### 今後の展望

本稿では、多様かつ大量の光パスを効率的に収容するオール光フルメッシュネットワークの実現に向けた、アーキテクチャ、トポロジ設計、波長設計技術について紹介しました。

今後は、本技術をさまざまなネットワークの要件に柔軟に対応するネット

ワーク設計技術へ発展させるとともに、実フィールドへの早期展開をめざします。

#### ■参考文献

- (1) L. Velasco, A. Castro, M. Ruiz, and G. Junyentm: "Solving Routing and Spectrum Allocation Related Optimization Problems: From Off-Line to In-Operation Flexgrid Network Planning," *Journal of Lightwave Technology*, Vol.32, No.6, pp.2780-2795, 2014.
- (2) <https://www.ntt.co.jp/RD/product/case/case-sclab/lasolv.html>
- (3) <https://www.ieice.org/cs/pn/jpn/jpnm.html>



(左から) 瀬戸 三郎/ 石塚 美加/  
金子 康晴/ 越地 弘順/  
安川 正祥

オールフォトニクス・ネットワークを支える設計技術の開発により、IOWNが切り拓く新たな世界に貢献していきます。

#### ◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所  
 コグニティブファウンデーションNWプロジェクト  
 アーキテクチャ技術SEグループ  
 TEL 0422-59-3477  
 FAX 0422-59-6384  
 E-mail [mika.ishizuka.st@hco.ntt.co.jp](mailto:mika.ishizuka.st@hco.ntt.co.jp)



可児 淳一 NTTアクセスサービスシステム研究所 上席特別研究員



### 研究は楽しんでするのが基本 長期的研究でも世の中の役に立つ

政府の掲げるSociety 5.0では日本の未来の姿が描かれています。未来社会では膨大なビッグデータを人間の能力を超えたAIが解析し、その結果がロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまではできなかった新たな価値が産業や社会にもたらされるといいます。こうした未来を支える基盤となるネットワーク技術を研究開発する可児淳一NTTアクセスサービスシステム研究所上席特別研究員に、現在手掛けている研究や研究者のあるべき姿を伺いました。



#### 共通語は「技術」世界中の仲間と 足並みをそろえる

●現在手掛けている研究から教えていただけますでしょうか。

情報通信サービスの進化を加速する、新たな光アクセスネットワークの研究をチームで進めています。

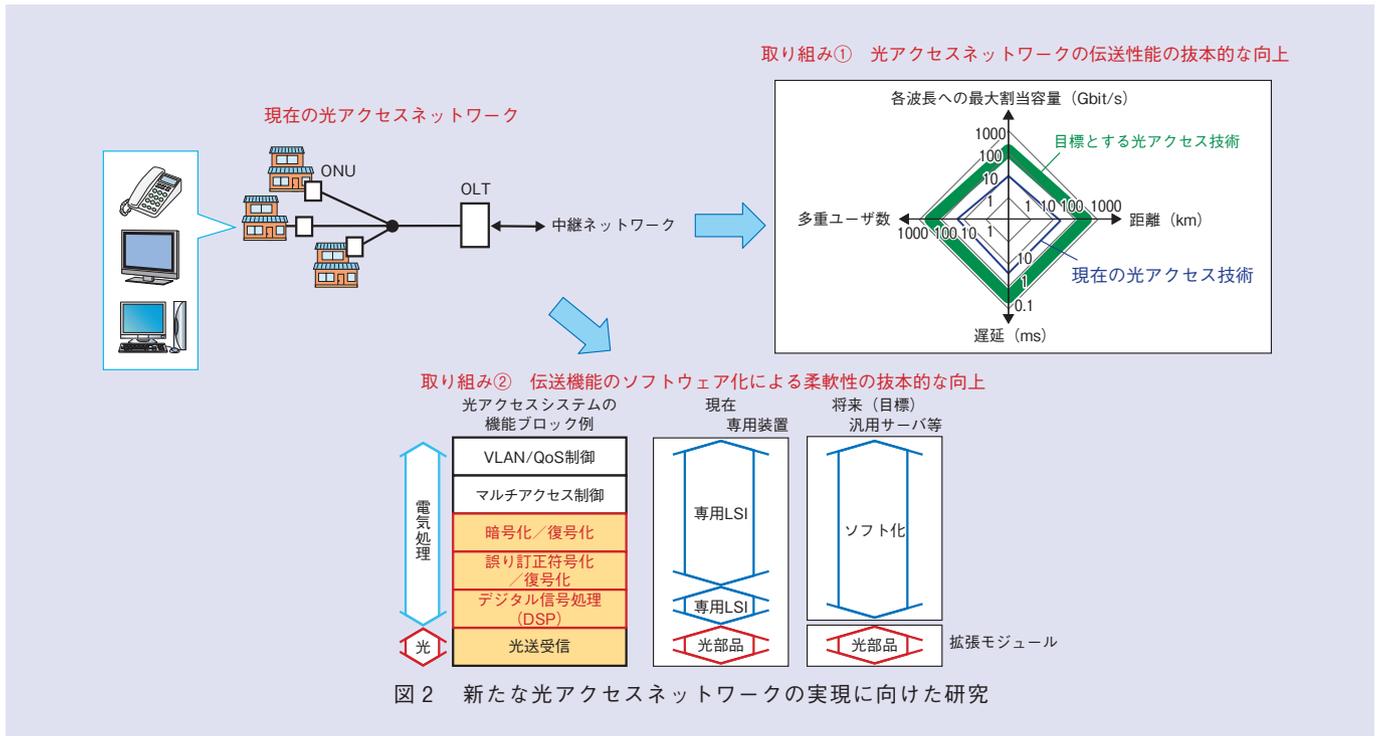
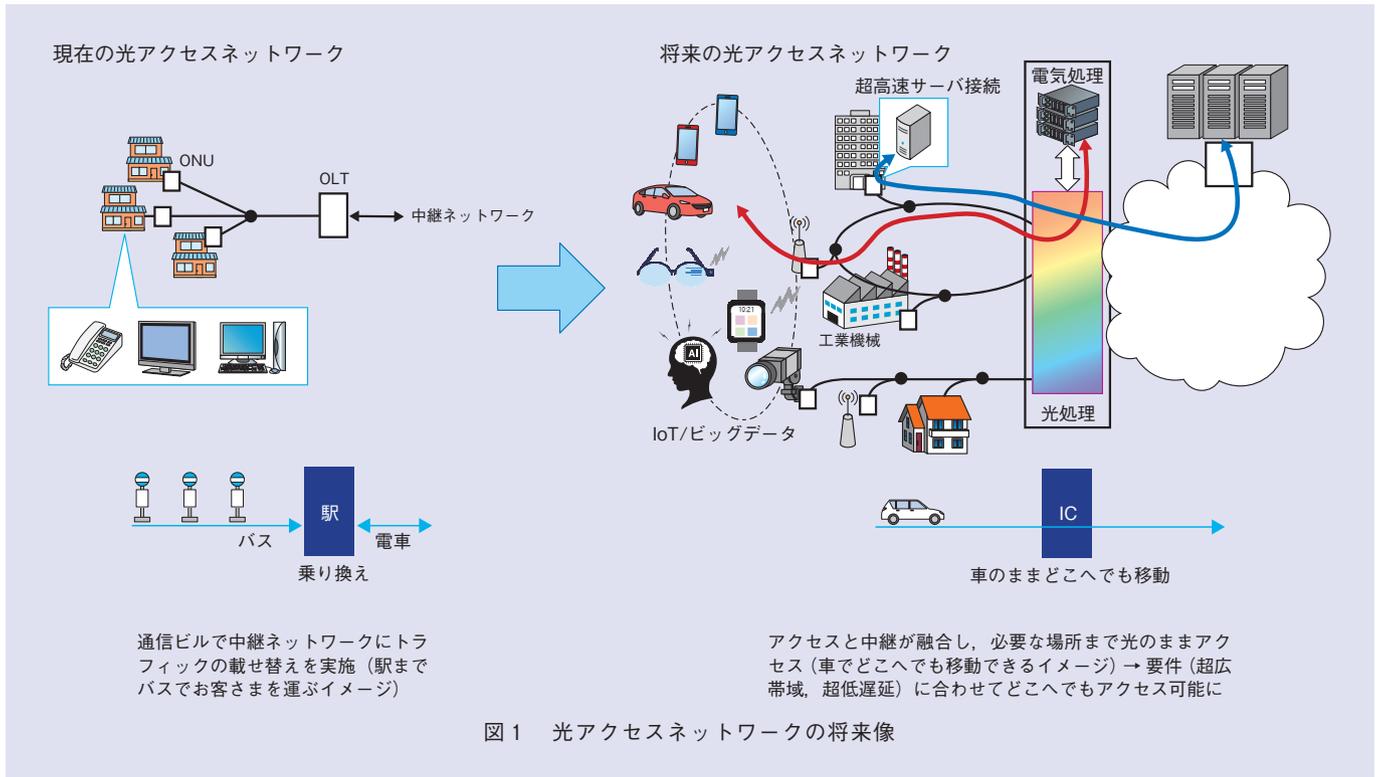
システムの性能や柔軟性を抜本的に高める要素技術、アーキテクチャの研究、そして、グローバル連携の活動を通じて、新たな光アクセスネットワークの実現・普及をめざしています。現在の光アクセスネットワークでは、バスの乗客が駅で電車に乗り換えるように、通信ビルで中継ネットワークにトラフィックの乗せ換えをしています。将来的にアクセスネットワークと中継ネットワークを融合させることで、トラフィックを乗せ換えることなく、必要な場所まで光信号のまま伝送できるようなネットワークをめざしています(図1)。

光アクセスネットワークは、これまで、FTTH (Fiber To The Home) と呼ばれるブロードバンドサービスの発展を支えてきました。モバイルインターネットの時代になり、「有線の光ネットワークはもういらぬ」と思われるかもしれませんが、通信ビル内の設備と、5G (第5世代移動通信システム) のアンテナや次世代の無線LANのアンテナ等はすべて光ファイバのネットワークでつながっていきます。また、工場の機械や各種のセンサ、交通システムや電力システムなど、あらゆるものがネットワークでつ

ながっていくことを考えると、帯域や遅延などの要件はこれまでよりも一層幅広いものになっていくでしょう。このような背景から、光アクセスネットワークは、FTTHの基盤から、多様なサービスやシステムに共通のアクセス基盤になるとの考えのもとに、将来に向けて光アクセスネットワークを進化させるべく研究開発をしています。

具体的な取り組みとして、まず、これまでよりも、広帯域、低遅延といった幅広い要件にこたえていくために、光アクセスネットワークの伝送性能の抜本的な向上にチャレンジしています(図2)。一例として、我々のチームでは、世界初となる光アクセスネットワーク向けのリアルタイムデジタルコヒーレント光送受信回路を実現しました。デジタルコヒーレント受信方式は、バックボーンネットワークの大容量伝送で用いられていますが、アクセスに適用する際には、別々のONU (Optical Network Unit) から送信されたパワー差の大きい間欠的な信号(バースト信号)を受信する必要があります。バースト対応のコヒーレント受信回路に加え、リアルタイム信号処理回路を考案・開発することで、パワー差20 dB (100倍) 以上の20 Gbit/sの信号を誤りなく伝送することができました。光通信関連では世界最大級の国際会議ECOC2016において、アクセスネットワーク分野でトップスコアの評価を得ています。

さらに、ネットワークの柔軟性を抜本的に向上させるために、伝送機能のソフトウェア化に取り組んでいます(図2)。伝送機能をソフトウェア化して汎用サーバやPCといった汎用機器上で動作させることができれば、帯域や距



離のニーズに合わせて伝送機能の入替、組合せ、チューニングといったことが圧倒的にやりやすくなり、最初にお話ししたような、好きなところまで光でアクセスできる新しいネットワークの実現のキーになると考えて、研究を進めています。東京大学と共同研究を行い、画像処理や機械学習で使われるGPUを活用するとともに、新しいアルゴリズムの検討も進め、現行のアクセスシステムではもっとも処理が重い誤り訂正に関して、処理速度10 Gbit/sを達成して、通信関連の基幹国際会議であるGlobecom2016にて伝送/アクセス/光委員会ベストペーパー賞の評価を得ました。さらに、デジタル信号処理(DSP)の高速ソフトウェア処理を実現することで、世界で初めてソフトウェアでデジタルコヒーレント光伝送を実現し、光通信で世界最大の国際会議OFC2018で、アクセスネットワーク分野においてトップスコアの評価を得ています。

#### ●まさにトップランナーとして世界をけん引していらっしゃるのですね。

チームメンバーの頑張りでも良い成果が出ています。光アクセスネットワークの性能向上に関しては、現在のFTTHシステムが導入された2004年ごろから、どうやってアップグレードしていくべきかという議論がありました。私もそのあたりから検討を始めて、10年以上研究しています。この間にモバイルネットワークが台頭しましたが、こうした時代の流れに先んじて、2010年前半には光アクセスネットワークの柔軟性向上に関する研究を開始しました。この間、常に良いチームで研究開発を進めてくることができました。

こうした研究活動の一方で、成果を広く普及させていくことも重要なポイントです。技術は世界の仲間と足並みをそろえて同じ方向へ向かっていかないと普及していきません。そのために、光アクセスネットワークの主要オペレータやベンダが技術についてディスカッションするフォーラムFSAN (Full Service Access Network) で、いろいろと議論して方向性を合わせています。私はそこで2003年から2010年に次世代PON (Passive Optical Network) タスクグループの共同議長 (Co-Chair)、2015年からは議長として技術のグローバル連携を推進しています。

足並みをそろえるといっても、実のところ議論を始めたころはノウハウがなくて困っていた時期もありました。参加者からいろいろな技術検討が出てくるのに、進め方をうまくまとめられない時期があったのです。そこで、2008

年に技術の進化のロードマップをつくらうという話になり、タスクグループの議長どうしで相談してロードマップを作成しました。皆で作成して合意したという過程は大きな意味があり、これにより議論の方向性の足並みがそろい、次世代PONの研究開発が進みました。2016年にはFSANロードマップ2.0を公開しています(図3)。

ただ、議論の足並みがそろい方向性を共有できたとはいえ、やはり時々、意見の衝突はあります。そういうときは、衝突の理由をできるだけ技術面から理解しようと努め、また、新しい技術提案をして一緒にできないだろうかと考えるようにしています。技術的に議論を深めていけば答えがみえてくる。皆さんプロフェッショナルですから、技術という共通語で議論ができるのです。さまざまな苦労はあっても最終的には解決の糸口となるのは技術です。



### 国内外、価値観の違う人との交流で未来を拓く

#### ●研究者としての道を歩んだきっかけと、思い描く研究者像を教えてくださいませんか。

小・中学生のころはパソコン少年で、ゲームのプログラムを組んだりしていました。当時は、バイオテクノロジーなどの分野がどんどん進化していて、PCやバイオテクノロジーに限らず、興味のあることが周囲にたくさんありました。大学では応用物理学科に入ったのですが、たくさんの興味を1つに絞り込めなかったため、とりあえずいろいろなことを勉強してみようと門を叩きました。こうした中で特に興味を引いたのが光の物性で、レーザーを使って何かを調べるといって研究をしていました。同時期に、インターネットのブラウザが登場し、研究室でそれを見たときにすごいと驚きました。当時は光とインターネットは全く別の存在でしたが、両方に関係があって面白そうだと思い、NTTに入社しました。それ以来、光とインターネットが組み合わさってどんどん発展してきましたが、明確にこれを予測できていたわけではなく、単に両方に興味があった、というのがきっかけでした。このように、きっかけというめぐり合わせというのはとても大切だと思います。興味があることに首を突っ込んでおくとさまざまなきっかけやめぐり合わせが訪れて未来が拓けると思います。特に意識しているわけではないですが、知的好奇心に正直に従っていることが功を奏しているのかな、と思います。



# 挑戦する研究者たち

現在行っている研究はシステムの研究ですが、どうしても大きな目標に向かっての分担作業になってしまうこともあります。チームとして成果を出していくためには、知的好奇心等のモチベーションは必要ですから、動機付けを大切にしたいのです。そのため、意識的ではなく、本心から面白いことは面白いと伝えています。実際、私たちの仕事は本当に面白いのですよ。実験でも新しいアイデアを考えるとときでも、それに実験結果を議論するときでも本心から面白いことを共有し、話を進めていくことが重要だと思っています。年齢や立場にかかわらず純粋に認め合えるいいチームで仕事をさせていただいています。

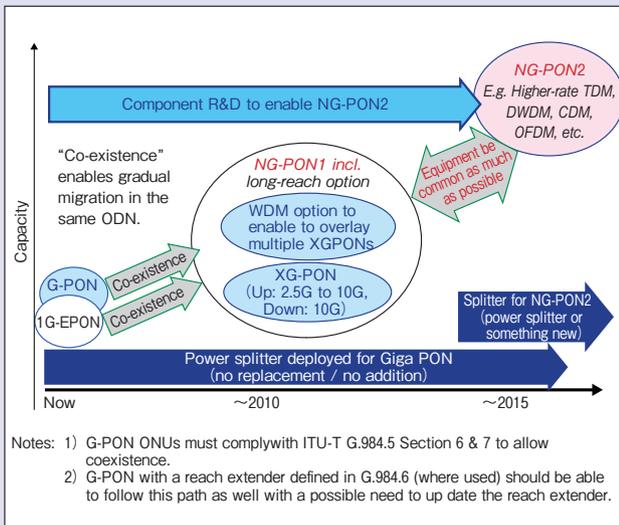
さて、私が新入社員のころ、配属された研究所は開発センターと一体だったこともあり、NTTでの研究とは実用化研究のイメージが強かったのです。実用化研究で社会に役立つことを皆でつくり上げていくというイメージがありました。ですから、私もアイデアを出すことから始めて、新しい技術を立ち上げて社会とつなげていきたいと思っていました。それが研究者の姿かなと思っていましたし、今でも変わらずそれに向けてチャレンジし続けています。しかし、ここで言う「役に立つ」というのが意外に難しく、一時期は、短期間で結果が出るような研究開発のほうが「役

に立つ」研究開発だと思っていました。実際には、遠い未来の社会のための研究だからといって、今の社会では役に立たないということはないのです。具体的な例でいえば、ノーベル賞を受賞された中村修二さんらの青色LED・青色レーザーはものすごく実用的な研究ですよ。青色ができればディスクの記憶容量が倍になるとか、白のLEDができるといったものすごい実用的でありながらもすごい長期のチャレンジです。手に届くことほど役に立ちそうな気がしてしまいがちですが、そうとも限らないと実感しています。

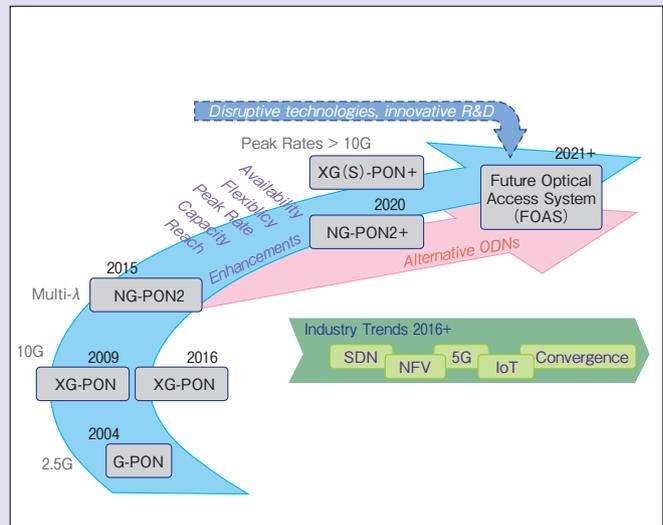
## ●仕事をする際に大切にしていることはありますか。

アマラの法則はご存じでしょうか？ 新技術のインパクトは、しばしば、短期間では過大評価され、長期的には過小評価されるというものです。短期的には「技術トレンド」と称していろいろな技術に期待が寄せられる一方、長期の話になると大胆な予測は避けがちになる。しかし実際には、例えば10年、20年のスパンでみると、予想していたよりいろいろなことが大きく変わっているものです。FSANのロードマップを作成しているときに仲間のドイツ人研究者から聞いて、そのときも大事なことと思いましたが、仕事をしていくとその大事さが身に沁みました。先ほ

FSAN次世代PONロードマップ (2008年)



FSANロードマップ2.0 (2016年)



出典：https://www.fsan.org/roadmap/より作成

図3 FSANの技術ロードマップ

どお話ししたように、一時期は、短期的な検討のほうが役に立つと思っていたことがありましたが、今はそう思っていません。長期的な視点で世界がどう変化していくかを想像することは楽しいことです。いろいろな技術のインパクトを過小評価せずにワクワクしながら研究しようと心掛けています。仕事は楽しくてナンボというのが基本だと思いますが、実際、20年以上研究開発を行ってきて、それが一番楽しい部分だと思っています。それから、いろいろな人と話をしたいです。研究は自分で考える時間も大切ですが、人と話すことでごく刺激をいただけます。研究所内でもそうですが、グローバルなステージでは価値観の違う人からの刺激も得られます。



## 研究プラス $\alpha$ のスタンス。 首を突っ込んだことはいつかつながる

### ●若い研究者の皆さんに一言お願いします。

皆さん、いい意味で尖ったところがあるし、やりたいことがある。そして、チャレンジしたいことがあるでしょう。なるべくその志を伸ばしてもらいたいと思っています。興味のあることを何でもやってみるのは大事だと思います。スティーブジョブスの有名な演説に「Connecting The Dots.」があります。大学の図書館で偶然見つけて興味を持ったカリグラフィー（アートな文字）が、Macの多様なフォント群につながっている。点と点がどうつながるかは分からない、という話ですが、研究にもつながる話で、私も経験した光とインターネットも同様です。興味のあることでも、今の研究につながらないからやめておこうというのはもったいない。後からつながってくることもあると思うので、今の研究プラス $\alpha$ でいろいろなことにチャレンジしていただきたいです。そして、グローバルステージに立ってください。世界の研究者、技術者は純粋にすごいし、考え方のアプローチが全く違う人がいますから刺激の幅は非常に大きいです。言葉の壁は確かにありますが、共通項として技術があります。難しいですが技術でこの壁は乗り越えられると思います。そして、モチベーションも支えになります。技術について語りたという熱意があれば、どこか通じるし、理解してほしいから英語を勉強するという良い循環が生まれます。

### ●今後はどのように進んでいけますか。

科学技術基本計画によって日本がめざすべき未来の姿が

示されています。いわゆるSociety 5.0と呼ばれているものです。簡単にいえばサイバー空間とフィジカル空間の融合とでも表現しましょうか。これらの実現には、一般的にはAI（人工知能）やVR（仮想現実）などに注目が集まりますが、基本的にはこれらを支えるインフラ部分で光通信により情報がスムーズに伝送されることがとても重要になります。光通信は土台の部分を支える技術という意味では裏方ではありますが、情報通信サービスの進化を加速させて社会の役に立つ重要な技術だと思います。私たちはその中でも光アクセスの先端技術を引き続き担っていきたいと思います。

支える立場で世の中の役に立ちたいという気持ちがありますし、純粋に知的好奇心に突き動かされているという部分もあります。NTTは、光ベースの革新的なネットワーク・情報処理基盤の将来像として、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を発表しました。この実現に向けて、我々のチームも、もっと新しい世界、新しいネットワーキングにチャレンジし、新しいICT世界を、2030年あたりを目標に実現したいと考えています。

NTT DATA

Trusted Global Innovator

## NTTデータグループの グローバル戦略の推進役として アジア・パシフィック地域を統括する

NTTデータは、グローバル戦略として「グローバルデジタルオフリングの拡充」「リージョン特性に合わせたお客さまへの価値提供の深化」「グローバル全社員の力を高めた組織力の最大化」の3点を掲げた。NTT DATA Asia Pacific Pte. Ltd. はこの戦略の推進役としてアジア・パシフィック地域（APAC）を統括している。APACにおける戦略展開、事業展開について土橋謙President & CEOに話を伺った。

### APACのお客さまにNTTデータグループの ソリューションを提供するための統括・支援会社

#### ◆設立の背景と目的について教えてください。

NTTデータは、2012年以降、グローバルオペレーションをより一体的・効率的に推進するための運営体制の構築と、顧客への迅速なサービス提供を実現する仕組みの構築、さらには海外地域における「NTT DATAブランド」の強化などを目的としたグループ会社の統合・再編を行ってきました。こうした動きの中アジア・パシフィック地域（APAC）においては、2012年7月にシンガポールに地域統括会社としてNTT DATA Asia Pacific Pte. Ltd. が設立され、その下に NTTデータ設立の現地会社やM&Aなどによりグループの一員となった会社が集結し、「NTT DATAブランド」で事業展開を行うこととなりました。APACでは、シンガポール、タイ、マレーシア、フィリピン、ベトナム、ミャンマー、インドネシア、オーストラリアでITコンサルティング、ビジネスインテリジェンス、アプリケーション開発・運用サービスなど、エンド・ツー・エンドのソリューションを提供しています。

#### ◆事業概要についてお聞かせください。

当社は、APAC統括会社なので、APACにおけるガバナンスがメインの事業となります。グループとしては8カ国に13社があり、その中にはM&Aによりグループ会社となった、決済のような個別のサービスを提供する会社もありますが、各国の事業会社がそれぞれの国においてお客さまにソリューションを提供する、というのがAPACとして



NTT DATA Asia Pacific 土橋謙President & CEO

の事業の柱です。とはいえ、それぞれのエリアにおける事業会社からのレポートをモニタして指導するだけでは、APAC全体のビジネスを拡大していくことはできないので、マーケティングやビジネスコーディネーション等に関してお手伝いをすることも重要な業務です。

市場でデジタルシフトが進む中で、APACの市場としてみると、東南アジア諸国には多くの日系企業の工場が進出しており、それを含んで製造業が大きな産業となっています。しかし、生産管理のような工場独特の要素は、何十年も前から手掛けてきているのである意味出来上がった世界であり、そこにはITに関する需要はそれ程大きくありません。一方で、例えばタイでは最近では日系の流通・小売業の会社が現地向けに商売を行っており、これが活況で投資意欲もあり、このような分野のIT需要は大きい傾向にあります。同様に、東南アジアでは自動車が売れてきている関係から自動車販売系も元気があり、そのほか、ローカルな銀行や保険会社のような金融、公共機関、テレコムといったところも、IT投資が盛んです。こうした元気のある業界をフォーカスインダストリーとして戦略化したうえで、それを各国の事情にチューンしながら、それぞれの国に根を下ろして事業を進めることができるような支援を行っています。

さらに、例えば中国の自動車販売に関するCRMの事例をタイの自動車販売会社にアレンジして持ち込むといったように、日本をはじめ、世界各地のNTTデータグループの事例やAIやビッグデータのような商材を各国の事業会社へ水平展開するような取り組みも支援策として行って

います。

## プロジェクトマネジメントと人材育成で 地域各国でトップ10入りをめざす

### ◆こうした取り組みが開花しつつあるといったところでしょうか。

当社が設立されて間もなく8年になろうとしています。その間の成長率はどうかというと倍々ゲームのように順調に伸びていったわけではありません。これまで各国個別独自に事業を任せてきており、身の丈に合った事業ということで、どうしても会社として何とかやっていけるだけの小規模なものとならざるを得なかったからです。そこから成長していくためにはそれなりの投資も必要で、また、地域統括会社として戦略を立てて、育成していく必要もあるということで、2年前から支援の取り組みを始めました。ただ、リソースにも限りがあるので、タイ、マレーシア、フィリピン、シンガポールを重点国として設定して、そこに対して人材や資金といったリソースを投入して事業基盤をつくっていかうとしています。おかげさまでこれらの国は10~15%くらいトップラインが成長し、人数も増えています。

トップラインを伸ばすためには、最初はセールスを中心に人材育成や各種施策を行い、それを各社にハンズオンして基盤をつくりませんが、次に来るのがデリバリです。重点国はひとまずは軌道に乗ってきたので、次はデリバリに注力しています。プロジェクトの規模も大きくなっていくので、デリバリをしっかりとしたものにしていくためには、プロジェクトマネージャ（PM）の力がその成否を左右するようになります。PMについては人材豊富な日本から派遣します。さらにデリバリチームを当社の中に編成してそこにPMO（Project Management Office）をつくって、ある一定規模以上のプロジェクトを個別にモニタしながら、進捗遅延や予算超過等のアラームを早めに点灯・警告しながら、不足しているスキルやリソースの投入を行っています。各国の会社は体力がないので、統括会社としてこれをきめ細かくやらないとうまくいきません。特にPMについては、経験がものをいう部分も多く、これを繰り返していく中で、各国の事業会社にハンズオンしていきます。

重点国については、間もなく各社それぞれ独り立ちできるようにになるので、並行して2020年からベトナムとインドネシアに範囲を広げようと思います。特にベトナムは、

従来から日本向けのオフショアビジネスをしていましたが、そこはそのまま継続し、新たにローカルマーケットを開拓する方向へシフトしていくつもりです。ベトナムも財閥系の会社を中心にローカルマーケットが育ってきているので、そこをターゲットとしていくつもりです。ただ、これまでの取り組みと異なり、まだ高スキルのIT人材が育っていないので、ある程度ITのコーディングから始めて、少しSEの育成をしていかなければいけないと考えています。

### ◆今後の展開について教えてください。

2019年5月に発表された、NTTデータの中期経営計画では、グローバルの利益率を上げていくというのが1つの目標となっています。APACにおいては、現在各国におけるビジネスが自走できるよう立ち上げを行っている過程なので、しばらくはトップラインを伸ばしていくことを進め、その中でプロジェクトマネジメントをしっかりと行うことで利益率を確保していこうと思います。そのうえで、現在東京からの投資や人材等の支援をしていますが、2025年ごろにはそれらがなくても、マーケットでNTTデータという名前が広まり、IT業界の中でもある程度名の知られた会社として、それぞれの国で大手10本の指に入れる会社になりたいと思います。そこまでくると、アジア全体で中国を入れて1000億円くらいの規模のトップラインになると思いますし、米国市場、欧州市場のように、APAC市場という1つの大きな市場が形成されるのではないかと思います。

### ◆本コーナー初登場の海外の会社です。どのような雰囲気なのでしょう。

当社には約20名のスタッフがおり、日本人をはじめ、シンガポール人、中国人、インド人、スリランカ人と、その出身もさまざまで、それぞれの文化も異なります。一方で、シンガポール人は多数が中国出身の人で構成されており、春節といわれる中国の正月（旧暦の正月）等をはじめ、中国の文化が変化してきた文化となっています。ビジネスのスタイルは欧州に近いところがあるかもしれませんが、社内の雰囲気は中国文化の基盤の上に、世界各地の文化が共存しているかのような感じです。例えば、春節の時期に、社員全員で昼食に行きました。中華料理を前に、中にはベジタリアンの社員もおりましたが、それぞれの文化的背景を越えて、現地の作法で新年を祝いました（ア・ラ・カルト参照）。まさに、中国的な文化の上に多国籍の文化がそれぞれ乗っている感じです。

日本やEMEA, 北米等でNTTデータグループが持つ事例やソリューションをNTT Ltd. との連携でAPACに展開

Chief Digital Officer  
村上 功修さん

◆担当されている業務について教えてください。

私はChief Digital Officer (CDO) として、NTTデータグループがグローバルで手掛ける、AI、ビッグデータ、ブロックチェーンといったデジタル系のソリューションやプロダクトをAPACに持ち込み、域内の各社に展開していくことがミッションです。



村上功修さん

2018年7月に現職に着任したのですが、それまではAPACではどちらかというと、OracleやSAPのようなベンダプロダクトやERPパッケージ、AMO、その他のシステムインテグレーション等一般的にレガシーと呼ばれるビジネスを、インドをはじめとするオフショアリソースを活用して、お客さまに提供するビジネスをしてきました。ところが、APAC単体で従来のレガシーなビジネスを継続することや、既存顧客ベースのビジネスをそのまま継続するだけでは、早晚ビジネスが頭打ちになることが予想されたため、日本や欧州、米国等で持っているNTTデータグループのデジタル系ソリューション、プロダクトをAPACに持ち込むとともに、パートナーとの戦略的連携によりビジネス展開を図るスキームを構築してきました。

パートナーの選択にあたっては、大手ベンダや現地のSlr等とMeetingを繰り返す中で、シンガポールにAPACの本拠を構えるNTT Ltd. に着目し、連携を始めました。NTT Ltd. はマネージドサービス、データセンタファシリティ、サーバ・ネットワークインフラといった基盤系のビジネスを得意とする一方で、当社はその基盤の上で動作するアプリケーションビジネスを得意としており、お客さまに対して両社が補完関係にあること、さらにNTT Ltd. が持つグローバル企業やローカル企業をはじめとする強固な顧客基盤を活用できることは、これまで当社単独ではアプローチできていない顧客に対してもアプローチが可能となるため、非常に良好な関係を築けております。NTTグループは「One NTT」としてグローバル各地域の連携強化をめざしており、海外におけるNTT Ltd. との連携の成功モデルとしてパイロットになればと思っています。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

NTT Ltd. がお客さま案件のリードを取り当社へ照会が来ても、当社側にそれに対応できる商材や体制がなければビジネス連携はうまくいきません。そこで、NTTデータグループがグローバルで手掛ける、AI、ビッグデータ、ブロックチェーンといったデジタル系のソリューション事例や日本の技術開発本部や海外グループ会社のR&D部門等で開発したプロダクト、およびそれらの知見を集約し、案件への対応方針を検討し、各国の事業会社へのセールス、プリセールス支援やPMの派遣・教育、それに付随するお客さまへのヒアリングシートやテンプレートのような標準ツールの作成、デリバリ体制を構築するためのチームであるDigital CoE (Center of Excellence) を2019年に立ち上げ、活動が軌道に乗りつつあります。それに伴い活動規模、活動範囲ともに拡大してきています(図)。

TIG支援のもと、NDAP主導でデジタルビジネスを推進するためのCOEを立ち上げ、MNCやLLE'sなどの大手顧客向けに提案やコンサルを提供するとともに、Deliveryパートナー発掘および少額出資プログラムなどの積極活用による連携強化を実施。

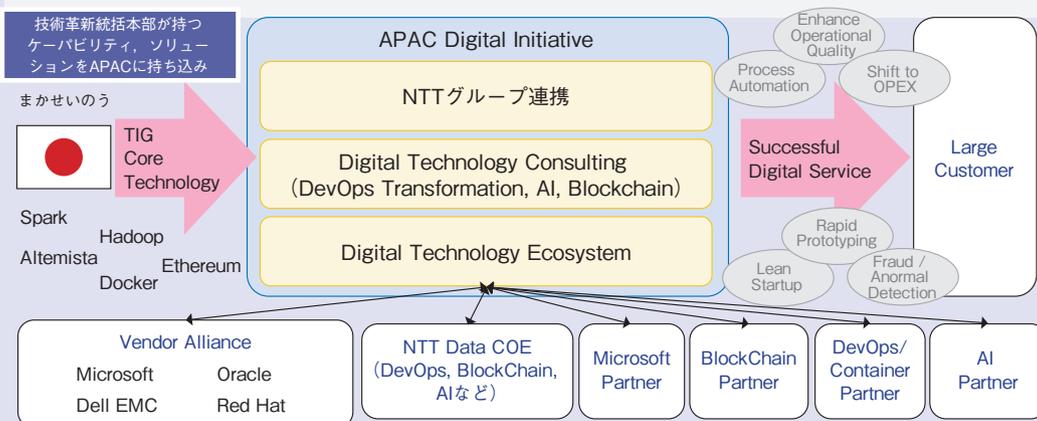


図 APACにおけるDigital CoEの立ち上げとNTT Ltd.連携

NTT Ltd. との連携開始当初は、お互いの企業文化やビジネスの進め方の違い、対象ビジネスの違いによる知識レベルの相違で苦労することはありましたが、お互いに理解を深めていく中で仕組みが出来上がってうまくいくなってきました。一方、連携ビジネスが拡大するに伴い、両社のAPAC地域における対象国等の相違により、連携できないパターンが出てきました。NTT Data Asia PacificのほうがNTT Ltd. APACよりもカバーする国が狭いので、例えばNTT Ltd. からもたらされる中国の案件は、中国のNTTデータの組織へ引き継ぐかたちで対応しています。

また、当社も以前からAPACでビジネスをしており、顧客が両社で重複・競合している場合や、ビジネスの対象領域が異なるとはいえ同じお客さまへの対応が必要となり競合している状態になってしまう場合があります。こうした場合は、両社のうちどちらがプライムを取るのか、双方でマージンをどうシェアするのか、といった調整をDigital CoEが中心となって実施します。

両社の連携は、地域レベル/国レベルでそれぞれ体制を構築し、各国で発生する課題で解決できないものなどは、地域レベルで実施している四半期単位のExecutive Meeting (Quarterly Business Review) の中で解決を協議したり、パイプラインの状況確認、注力国、注力商材の選択などを協議しています。さらにAPAC各国を回っ

て、お互いの得意分野や実績をセールスのメンバに紹介するワークショップを開催しそこから案件リードにつなげる、また、お客さまとの打ち合わせにも同席するなどの活動も行っています。

#### ◆今後の展望について教えてください。

現在のAPACの売上はまだまだレガシーシステムがメインですが、少しずつDigitalに関連する売上也ち始めています。今後はその比率を上げていくことでAPAC全体のビジネス拡大を図っていくために、NTT Ltd. との連携やデジタルCoEによる支援といった取り組みを継続していきます。また、NTT Ltd. だけではなく、各ベンダとも連携を強化してさらなるビジネス拡大も図っていきたいと思います。このDigital CoEの取り組みは着手してからまだ1年ほどと間もないところでもあり、しばらくはこれを続けていきます。ただ、現在は、Digital CoEが主体となって戦略立案、各案件のリードからデリバリまでの仕組みづくりを行っていますが、基本的には各国の事業会社が立てた戦略に則り、そこに対してDigital CoEが事例づくりや紹介、各国のプリセールス要員教育、PMやエンジニアの育成というかたちで支援するような位置付けに変わっていくことが必要だと考えています。そうすることにより、APACのビジネスを今のものから2倍、3倍にすることができると思います。

## NTT DATA Asia Pacific ア・ラ・カルト

### ■旧正月のお祝いランチ

シンガポールは多様性のある社会で、NTT DATA Asia Pacificにもさまざまな国・地域、宗教を持つ人が、お互いを尊重し合いながら一緒に働いています。2020年の旧正月のお祝いとチーム内の交流を兼ねたランチ会(写真1)では、旧正月の定番料理である「魚生(ユースェン)」と呼ばれる縁起の良い食材を集めてサラダのようにした食べ物を、皆で一斉に箸で挿んで高く持ち上げつつ、願い事言い、豪快にかき混ぜられた後は皆で食べる、といった現地の風習で行ったそうです。

### ■チャリティラン

「Run Because We Care」をスローガンに、NTTファシリテーズのグループ会社、PRO-MATRIXが主催するチャリティランイベントが2019年10月に開催されました(写真2)。イベントで集まった寄付金が全額、自閉症の子どもたちの学校に寄付されます。総勢100名以上のシンガポール内のNTTグループ関係者が参加する中、NTTデータからはNTT DATA Asia PacificとNTT DATA Singaporeから合わせて約30名の社員が参加し、シンガポール市内を4kmまたは9km、CSRの一環として走ったとのことですが、チームビルディングやチーム間の交流としても機能したそうです。グローバル企業NTT、国は変われど同じような活動をしていますね。



写真1



写真2

## 変化に適応できるアジリティの高い組織への 変革の取り組み

日本では各企業が競争優位性を確保するためにデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進しています。DXに取り組むためには組織として何をすべきなのか、NTTデータの取り組み例を交えながら重要な考え方や組織運営時のポイントを紹介いたします。

### 背景と課題提起

近年一般消費者のニーズ多様化や従来とは異なる異業種競合の出現、新技術の加速的な進化など、ビジネス環境の変化が激しくなっており、日本でも多くの企業が「デジタルトランスフォーメーション（DX）」の必要性を感じ、取り組み始めています。

DXとは紙帳票などのアナログの情報を電子化する“データ化”や業務“プロセスのデジタル化”（IT化）にとどまりません。デジタル化されたデータや業務プロセスにより、商品開発、マーケティング、セールス、商品・サービス提供の全事業プロセス変革が進んでいきます。これらが進んでいくと企業は顧客のニーズの変化に応じて、サービス・製品・ソリューションを速い時間で提供するように企業活動が変革していくため、企業にとっては顧客ニーズや競合新商品に対応する変更を素早く反映することが競合との差別化要素となります。

### DXに必要な取り組みとは

このような時代背景を受け、経済産業省が発表している「デジタル経営改革のための評価指標」の中で「DX推進指標」が図1のとおり定義され企業のDXを後押ししています<sup>(1)</sup>。

上記はそれぞれ単独で取り組む課題ではなく、相互密連携で取り組むべき大きなテーマですが、ここでは上記指標の観点でどう組織を運営すべきか、について説明します。

\*1 Scrum：アジャイル開発手法の1つでITシステムを反復的に開発するフレームワーク。

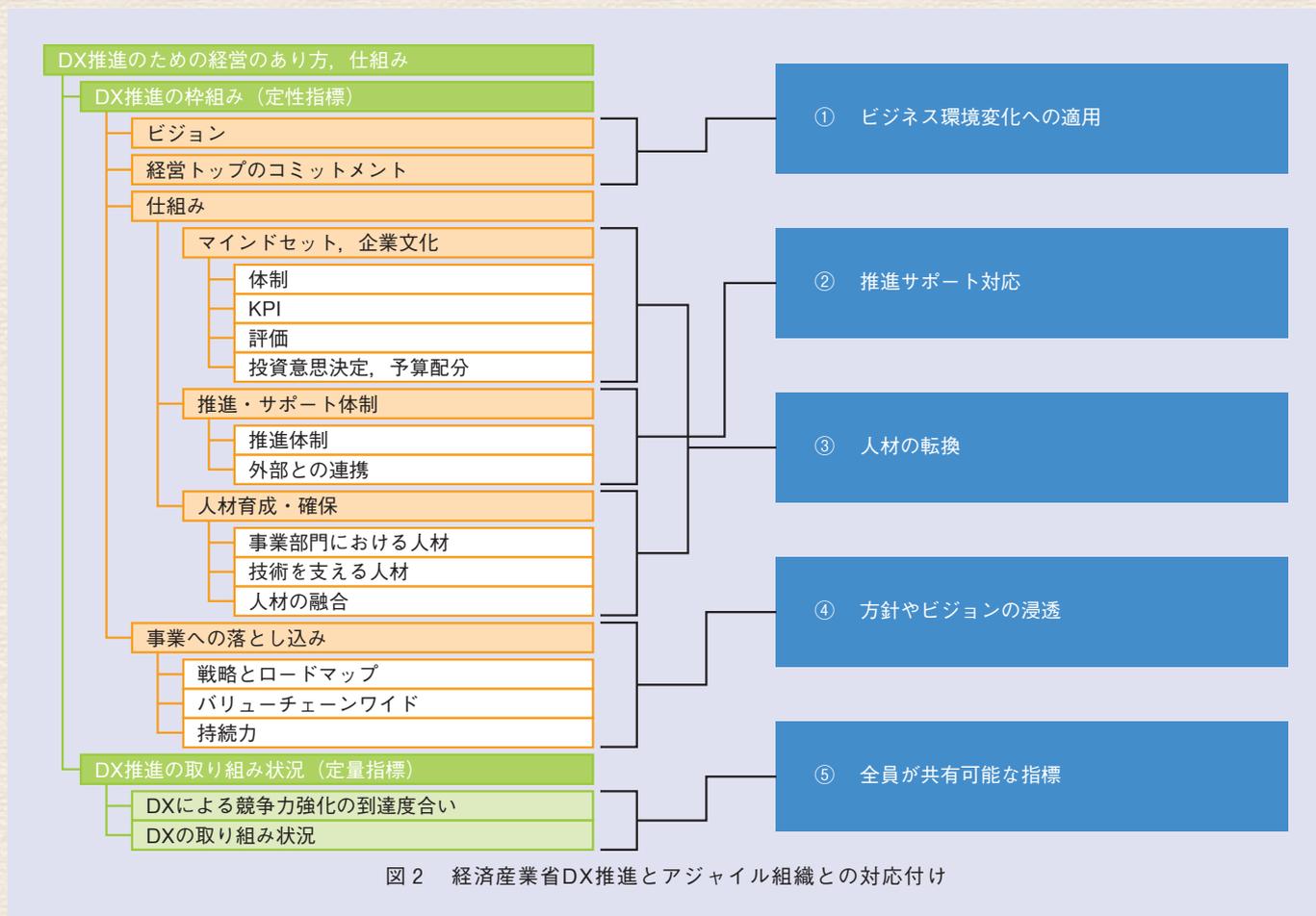
\*2 Cloud Native：クラウドの利点を活用してアプリケーションを構築、実行するアプローチ。

### NTTデータとしての取り組み

アジャイルプロフェッショナルセンタ（APC）ではScrum<sup>\*1</sup>等の方法論やCloud Native<sup>\*2</sup>等の新しいデジタル技術の研究開発とともにお客さま組織のDXを推進しています。Scrumは1チーム10名以下の小さなチームがITの仕組みを構築するものですが、Scrumの適用効果が出



図1 経済産業省DX推進の仕組み



ていくと、他ITチームへのScrum適用、そして最終的にはITチーム以外の組織全体を巻き込んだ変革により組織全体のスピードを向上させることが必要となります。つまり変化に適応する、後発的要件に対応する、といったアジャイルの考え方を組織に適用したい、というニーズが発生します。ではそういった組織が満たすべき要件は何でしょうか？

前述のDX推進の枠組みと対応付けると、**図2**が要件となります。

- ① ビジネス環境変化への適用：組織としてビジネス環境の変化に適応ができること
- ② 推進サポート対応：DXを推進・サポートできるリーダーチームをつくること
- ③ 人材の転換：自社の人材がDXに対応することが可能なスキルセットに変革できること
- ④ 方針やビジョンの浸透：めざすべき方向・ビジョンを現場のメンバ全員に浸透、実行可能な個々のチーム

の計画を組織運営側に集約、という上下方向のコミュニケーションがタイムラグなくできること

- ⑤ 全員が共有可能な指標：自分たちが正しい方向に進んでいるのかどうかを測定可能な指標を全員が理解できること

これら要件への対応を包含した枠組み(フレームワーク)として、大規模アジャイルの導入が欧米ではすでに普及段階に突入しています。大規模アジャイル方法論はいくつか存在しますが、ここではAPCがフォーカスしているScaled Agile Framework<sup>®(2)</sup>(SAFe<sup>®</sup>)\*<sup>3</sup>をベースに説明します。なおSAFe<sup>®</sup>はScaled Agile Inc.が提供しており、NTTデータはGoldパートナーを締結しています。

\*3 Scaled Agile Framework<sup>®</sup>：大規模なアジャイル開発手法の1つ。

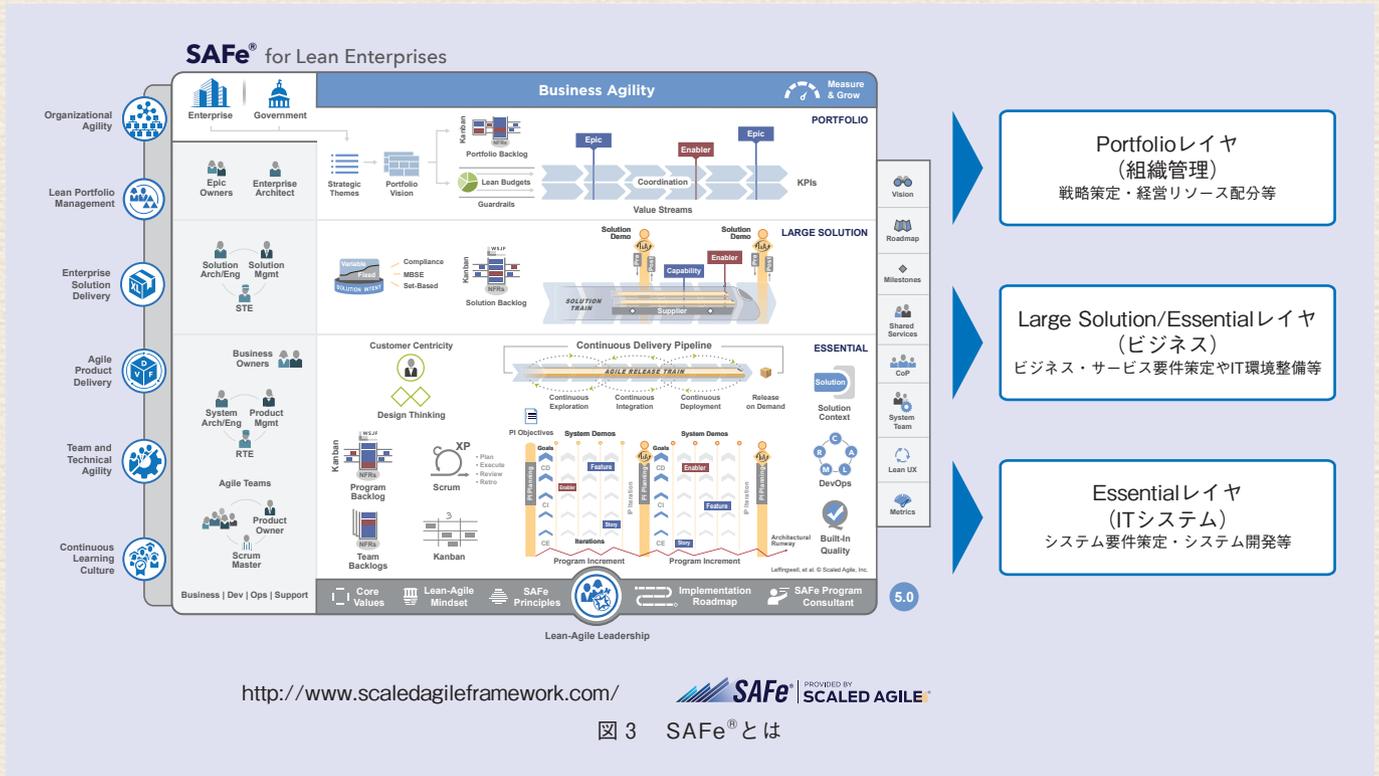


図3 SAFe®とは

## アジャイルを組織に適用する場合のポイント

SAFe®とは図3のとおり、3つのレイヤから構成されています（2020年1月時点）。

それぞれのレイヤにおいて、役割、イベント（会議体）、成果物等が定められており、また導入するためのロードマップもSAFe®のHPで公開されています。

前述の5つの要件と対応付けてSAFe®を適用する場合のポイントを以下に説明します。

### ① ビジネス環境変化への適用の対応

組織に存在するさまざまなチームが定期的な改善を行うために、計画をつくる期間をProgram Increment (PI)<sup>\*4</sup>として定め、PIの最後に振り返りの場を必ず設けます。PIの具体的な期間は、アウトプットの量（期間が短いと量が減るためビジネス価値の判定が難しくなります）と組織としての変更を我慢できる期間（長いと変化を受けにくくなります）の2つのトレードオフで決めていきますが、SAFe®では2カ月半を標準として設定しています。

### ② 推進サポート対応の対応

組織全体の改革を推進するためにLean-Agile Center of Excellence (LACE)<sup>\*5</sup>と呼ばれるリーダを集めたチー

ムを組成します。LACEメンバの教育後LACEチームは顧客にとっての価値は何か、現状と何を変える必要があるのか、などの自社事業の価値とそれを実現する主要要素を定めます。

### ③ 人材の転換の対応

LACEチームが中心となり実行メンバのリスキルのための育成（トレーニング）を行います。この育成後は、トップダウンで“決められた計画”に基づいて現場が実行するのではなく、トップダウンで決められた“ビジョン”や“価値”を実現するために何をしなくてはいけないのか、をメンバ自身が主体的に考え、実行することができるようにLACEメンバが実業務を通して教育を継続して行います。

### ④ 方針やビジョンの浸透の対応

関係するメンバ全員が一堂に会するPI計画会議、というイベントを実施します。イベントを開催するための事前準備として、組織運営者は全員が理解可能な組織がめざす方向やビジョンの検討、ビジネス・業務担当者は顧客ニーズの調査やビジネス要件の検討、IT技術者は必要なIT環境や

\*4 Program Increment : SAFe®で定義されている用語でビジネス価値を実現するためのITシステムを開発する期間のこと。

\*5 Lean-Agile Center of Excellence : SAFe®で定義されている用語でSAFe®を導入するチームのこと。

表1 PI計画のアジェンダ例

#	時間	アジェンダ
1	2.0	イベントの目的や流れ, 成果物説明
2	0.5	ビジネス背景とビジョン説明
3	0.5	システム構成概要説明
4	1.0	ビジネス要件説明
5	4.0	ITシステム開発チームによる計画作成
6	1.0	チーム間の依存関係や課題整理
7	1.0	リスクや対応策の共有
8	0.5	全チームによる計画説明
9	0.5	全体の目標, 依存関係, リスクの説明
10	0.2	全員による投票 (ビジネス価値と実現性の評価)

実現性の検討をそれぞれ行います。PI計画会議では最初に組織運営者が、熱意を込めてビジョンや方針を説明し、ビジネス・業務担当者やIT技術者はビジネス要件やIT環境など全員に共有すべき内容を説明します。その後チームごと、チーム間で議論をしながら計画を作成し、最後に全員に対して各チームの計画説明や価値の定義を行います。

表1は自社で実際に実施した1日半のPI計画のアジェンダです。

このイベントにより組織トップから現場メンバまでの全員が共通のゴール、計画、課題等を効率的に共有することが可能となります。

⑤ 全員が共有可能な指標の対応

経営運営、ビジネス、IT、それぞれの情報をいくつかの指標を用いて可視化し定量データに基づいた判断ができるようにします。SAFe®では例えば表2の指標が定義されています。

## アジャイルを組織に適用した効果

SAFe®の適用は日本でもすでに始めている企業が存在しますが、SAFe®を適用した場合、表3に示す4領域での効果があるといわれています。

具体的な指標値は、データ収集が可能かつ適応効果を測ることができるものを組織ごと、期間ごとに設定します。1つの目標設定でも複数の目標設定でも構いませんが、社員エンゲージメントが向上すると生産性や品質も向上（改善）するなど、相互に関連し合う指標となります。

実際にNTTデータ社内の組織へ適用した結果、複数領域での効果が出ています。

表2 SAFe®で定義されている指標の例

レイヤ	指標名	使い方
組織管理	リーンポートフォリオメトリクス	自社社員や顧客の満足度を測定し組織として健全な方向に向かっているかどうかを測るために利用
ビジネス	PIパフォーマンスレポート	PI期間で創出可能なビジネス価値進捗の予測最適化などのために利用
ITシステム	ベロシティ単体試験自動化カバレッジ率	開発進捗の予測最適化や品質保証のために利用

表3 SAFe®の適用効果

領域	効果
社員エンゲージメント	10-50%向上
リリース速度	30-75%向上
生産性	20-50%向上
品質	25-75%向上

## 今後について

ここでは、DXが必要となる背景から、変化に適応できる組織運営について解説をしました。

SAFe®でも最重要視されていますが、DXを推進するためのもっとも重要な点は経営者の積極的な関与です。仕事の仕方だけでなく外部リソース活用や自社社員の人材スキル転換等、従来の組織として備えている機能を時代に合わせて変化させることが必要なため組織トップの強い変革の意志とそれが実行できる権限が必要となります。

APCではDXを推進するためにSAFe®導入コンサルサーズを提供しています。この導入コンサルサーズをぜひ活用いただき、顧客企業とともに社会課題の解決や組織全体の変革をめざしていききたいと思います。

■参考文献

- (1) <https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003.html>
- (2) <https://www.scaledagileframework.com/>

◆問い合わせ先

NTTデータ  
 技術革新統括本部 システム技術本部デジタル技術部  
 TEL 050-5546-8809  
 FAX 03-3532-7730  
 E-mail apcj@kits.nttdata.co.jp



## 離島衛星通信システムおよび災害対策衛星通信システムにおいて、高い保守性と可用性を実現する無線信号処理装置

NTTアクセスサービスシステム研究所

まつい むねひろ まつした あきら にしの みつる やました ふみひろ  
松井 宗大 / 松下 章 / 西野 満 / 山下 史洋

NTTグループでは、光ファイバなど通信インフラ設備の敷設が困難な離島地域や自然災害などで一時的に避難を余儀なくされる被災地域の通信手段として、衛星通信を利用した通信サービスを提供しています。NTTアクセスサービスシステム研究所は、設備利用の効率化や運用性向上をめざし、衛星通信システムの研究開発を推進しています。ここでは、離島衛星通信および災害対策衛星通信において、高い保守性および可用性の実現を目的として開発した無線信号処理装置 (RF装置) について紹介します。

### 高効率衛星通信システム

現在、NTTグループでは、光ファイバなどの通信インフラ設備の敷設が困難な離島地域や自然災害などで一時的に避難を余儀なくされる被災地域の通信手段として、通信エリアの広域性や通信ネットワーク構築の容易性等の特徴を有した衛星通信を利用しています。NTTアクセスサービスシステム研究所は、一層の設備利用の効率化や運用性向上をめざした「高効率衛星通信シ

テム」の研究開発を推進しています。本システムを使って、NTTグループは「離島衛星通信」「災害対策衛星通信」のサービスを提供しています。高効率衛星通信システムによるサービス提供のイメージを図1に示します。離島衛星通信では、本土局および離島局間で通信が行われ、離島に対して海底光ケーブルの敷設が困難な場合や海底光ケーブルのバックアップ回線として通信サービスを提供します。災害対策衛星通信では、被災地に設置される端末局と基

地局の間で通信が行われ、災害発生時に被災地の避難所等において臨時回線を迅速に確保し、特設公衆電話やインターネット接続のサービスを提供します。

離島衛星通信および災害対策衛星通信の高効率衛星通信システムの構成を図2に示します。高効率衛星通信システムは、高効率グループモデムモジュール (GMM) を搭載した衛星回線終端装置COM-U (Common Unit)、伝送装置とCOM-Uを接続する衛星回線終

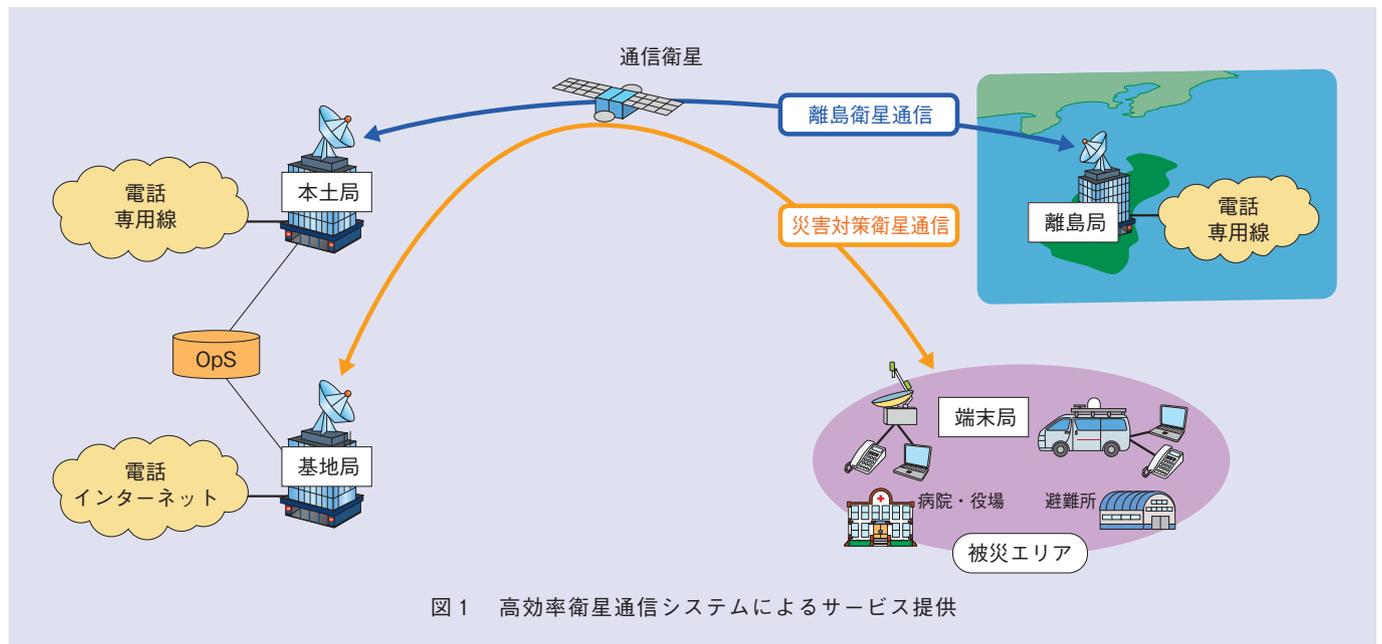
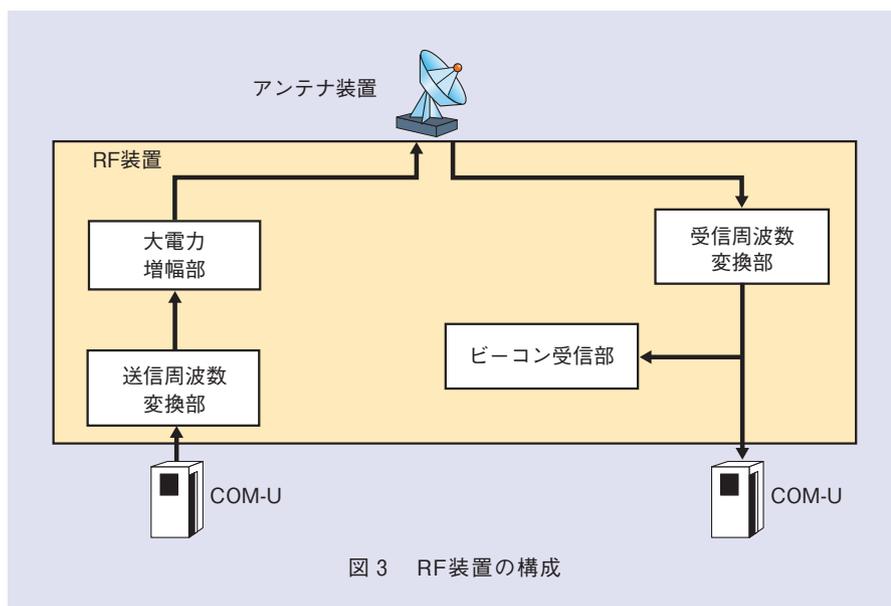
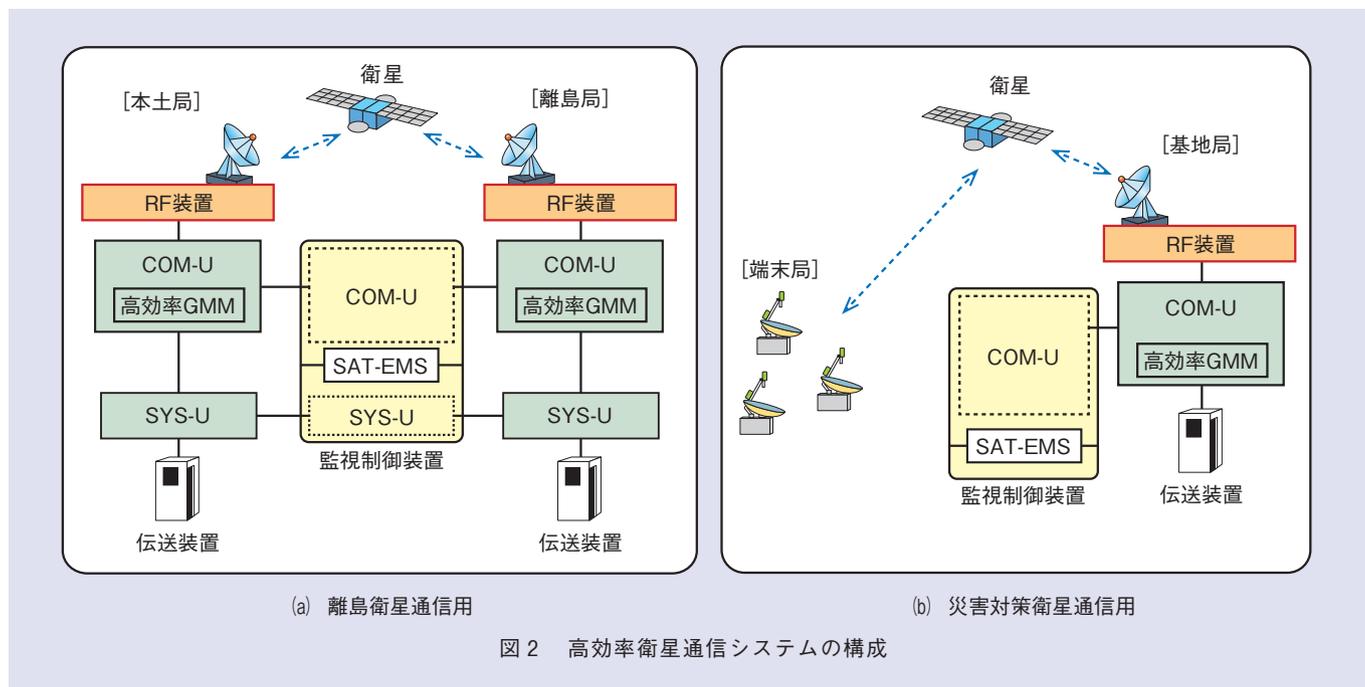


図1 高効率衛星通信システムによるサービス提供



端装置SYS-U (System Unit), それらを監視制御するSAT-EMS (Satellite-Element Management System) および、ここで述べる無線信号処理装置 (RF装置) から構成されています。COM-Uは、高効率GMM搭載によって衛星中継器 (トランスポンダ) の有効利用を行うこ

とが可能な衛星通信モデムです<sup>(1)</sup>。SYS-Uは、離島衛星通信システムにおいて、本土側と離島側の伝送装置と接続し、回線を衛星回線経由で接続する装置です<sup>(2)</sup>。RF装置は、COM-Uが出力した中間周波数信号 (IF信号) を高周波の無線信号 (RF信号) に変換し、ア

ンテナ装置に出力します。また、アンテナ装置で受信したRF信号をIF信号に変換し、COM-Uに出力します。監視制御装置SAT-EMSはSYS-U、COM-UおよびRF装置など衛星通信システムを構成する装置類の監視制御を行う装置です。

## RF装置の開発

開発したRF装置の構成を図3に示します。RF装置は、送信周波数変換部、大電力増幅部、受信周波数変換部、ビーコン受信部より構成されます。送信周波数変換部は、COM-Uから出力されたIF信号をRF信号に変換します。大電力増幅部は、RF信号の電力を増幅し、アンテナ装置に出力します。受信周波数変換部は、アンテナ装置で受信したRF信号をIF信号に変換します。ビーコン受信部は、受信したビーコン信号を基に、送信電力の制御やアンテナの方向制御を行います。この中で、大電力増幅部は、大電力を使うことから故障を予防するための定期メンテナンスが必要となり、高い保守性が要求されます。また、接続

している端末局の数など状況に応じた送信電力制御により、安定した通信品質を常に提供することが求められるため、大電力増幅部には高い可用性が要求されます。そこで、研究所では、離島衛星通信システム用に保守性を向上した大電力増幅部および、災害対策衛星通信システム用に可用性を向上した大電力増幅部を開発しました。

#### (1) 保守性を向上した大電力増幅部

離島衛星通信システムでは、静止軌道上（高度約3万6000 km）の衛星を介して、本土局と離島局間で通信を行います。現在、衛星通信システムにおいてよく使用されている大電力増幅器として、進行波管増幅器（TWTA: Traveling Wave Tube Amplifier）があります。TWTAは、低コストで高出力な増幅器を実現することが可能ですが、進行波管を定期的に変換する必要があり、保守コストが大きくなります。特に、離島局設備のメンテナンスは、作業員の渡航費や部材の運送費等で保守コストがさらに増加します。一方、最近では、定期交換が不要である固体電力増幅器

（SSPA: Solid State Power Amplifier）の技術が発展し、高出力化が進んでいます。

そこで、研究所では、離島衛星通信システム用に、最大200 W出力可能なSSPAを開発しました。開発したSSPA内部の外観を図4に示します。開発したSSPAは、4つの窒化ガリウム電界効果トランジスタ（GaN-FET: Gallium Nitride-Field Effect Transistor）を備えることにより、最大200 Wまでの高出力を行うことができます。また、電力増幅器において非線形領域で信号増幅された際に発生する自帯域外への干渉を抑圧するために、SSPAの前段にリニアライザを実装しています。リニアライザによりSSPAに入力される前の信号に対して信号処理を行うことで、SSPAから出力後に発生する干渉を抑圧します。リニアライザのパラメータは、自信号と自帯域外干渉の電力比が所要値を達成するように、研究所が開発した手法を用いて調整を行っています<sup>(3)</sup>。本来は、サービス運用時に使用する最大約30キャリアのマルチキャリア信号を使ってパラ

メータ調整をする必要がありますが、開発した手法を使うことによって2キャリアの信号のみでパラメータを調整することが可能です。

#### (2) 可用性を向上した大電力増幅部

災害対策衛星通信システムでは、静止軌道上の衛星を介して、地上の基地局と端末局間で通信を行います。マルチキャリア信号の1キャリアで収容する接続端末局数および、1キャリア当りの所要送信電力値は決まっており、端末局の接続数が多い場合は運用するキャリア数が増加するため、基地局は高い送信電力が必要になります。基地局は、災害発生時においても常時通信サービスを提供できるように、冗長構成になっています。基地局は東日本および西日本に1台ずつ設置されており、通常時はそれぞれの基地局が日本全体をカバーし、日本のあらゆる場所で端末局の接続を可能にしています。基地局は互いにバックアップとして機能し、激甚災害等によってどちらかの基地局が運用停止になった場合でも、もう一方の基地局が日本全体をカバーし、端末局との通信を可能にします。上記のような基地局1台での運用においては、基地局1台に接続する端末局の数は多くなるため、通常時に比べて高い送信電力が必要となり、1台の大電力増幅器だけでは送信電力が不足する可能性があります。送信電力が不足すると通信品質が低下し、通信サービスに支障を来すおそれがあります。

そこで研究所では、2台の大電力増幅器を備えた大電力増幅部を開発しました。装置の構成および外観を図5、6に示します。大電力増幅器としてTWTAを用いており、2台のTWTA、スイッチ・電力分配器、電力合成器・位相合成器より構成されます。コントローラは、2台のTWTAおよびスイッチ・電力分配器の動作制御を行うこと

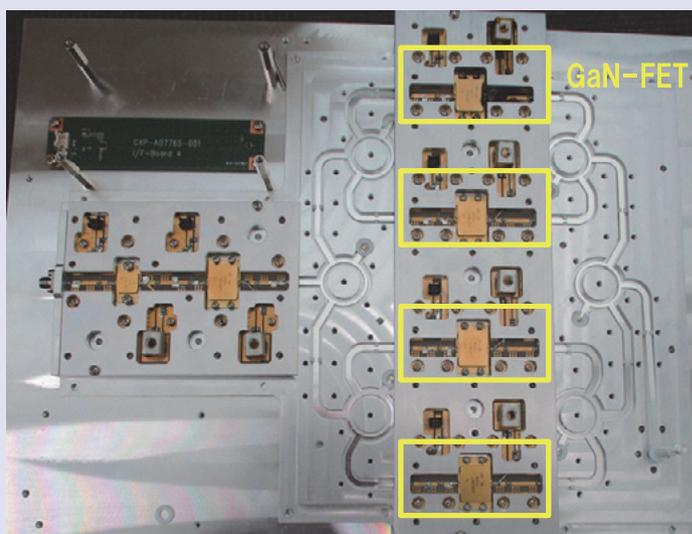
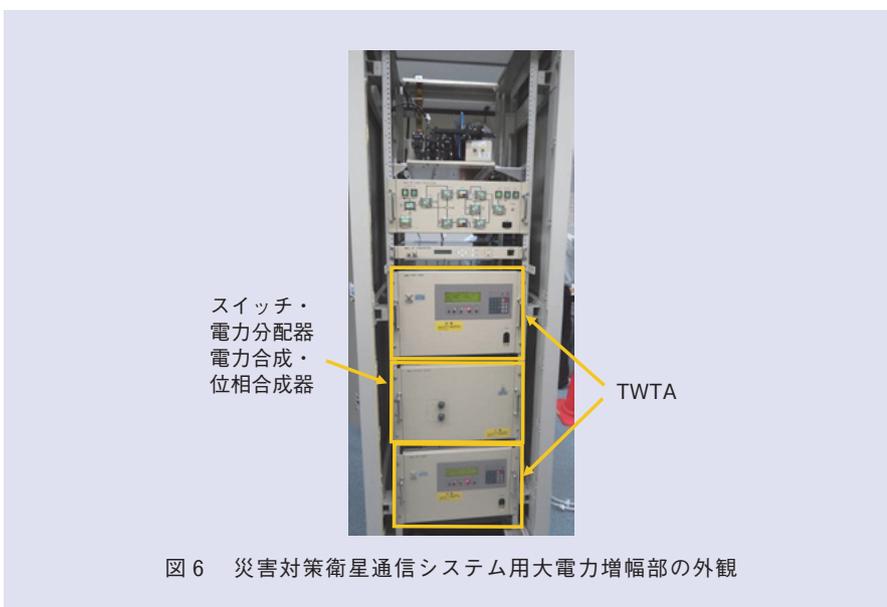
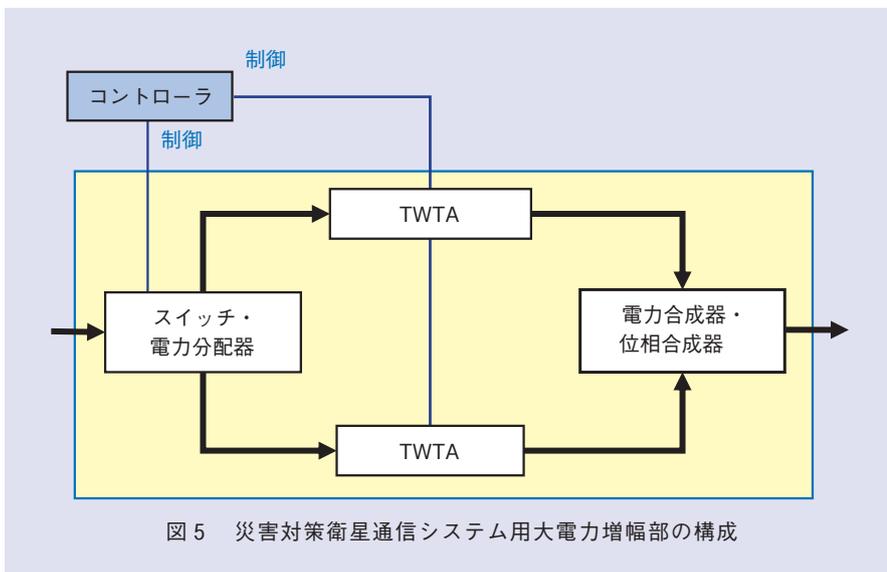


図4 SSPA内部の外観



で、2つのモードを制御します。1つは単体出力モードで、基地局が2台平常運用しているときに用いられます。このとき、大電力増幅部では1台のTWTAのみが動作し、もう1台のTWTAは故障時のバックアップとして動作します。もう1つのモードは合成出力モードで、基地局が1台のみ運用しているときに用いられます。このとき、大電力増幅部ではTWTAが2台ともに動作し、各

TWTAの出力が合成されて出力されます。基地局1台での運用時において多くの端末局が接続しても送信電力が不足することはなくなり、通信品質を保つことができます。

### 今後の予定

今回は、高効率衛星通信システムの一環として開発した、保守性と可用性を向上することが可能なRF装置を紹介

しました。今後は、コスト削減や利便性向上をめざした端末局の開発など、衛星通信システムの研究開発を推進します。

### 参考文献

- (1) 柴山・矢野・浦田・阿部・松下・山下：“離島衛星通信および災害対策衛星通信において衛星中継器利用効率向上と保守運用性向上を実現する「衛星回線終端装置COM-U」,” NTT技術ジャーナル, Vol.30, No.2, pp.53-56, 2018.
- (2) 志鎌・大坂・浦田・佐川・廣瀬・小林：“離島衛星通信においてネットワークシンプル化を実現する「衛星回線終端装置SYS-U」,” NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.10, pp.42-46, 2014.
- (3) 鈴木・須崎・松井・松下・山下：“マルチキャリア増幅時の相互変調歪を低減するリニアライザ調整法の提案,” 2018信学総, B-3-8, 2018.



(後列左から) 松下 章 / 西野 満  
(前列左から) 山下 史洋 / 松井 宗大

災害対策通信を中心に衛星通信の重要性が再認識されている中、NTT研究所では引き続き設備利用の効率化や運用性向上、機能の高度化をめざした研究開発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  
衛星通信グループ  
TEL 046-859-4207  
FAX 046-859-4311  
E-mail eeig-p-ml@hco.ntt.co.jp

# 「ISNTT2019」開催報告

くまだ のりお

熊田 倫雄

NTT物性科学基礎研究所

ナノ構造における電子・光物性に関する国際スクール&シンポジウム「International School and Symposium on Nanoscale Transport and photonics (ISNTT)」はNTT物性科学基礎研究所が隔年で主催しているイベントであり、今回は2019年11月18～22日にNTT厚木研究開発センタにおいて行われました。ここでは、その概要を紹介します。

## ISNTTの概要・目的

NTT物性科学基礎研究所では、ネットワーク技術の壁を越える新原理・新コンセプトの創出と、未来のイノベーションにつながる基礎技術の開拓をミッションとして、日々、研究活動を進めています。特に研究を進めるうえで、NTT内での研究協力はもちろんのこと、世界各国の大学や研究機関とも幅広く共同研究を行い、「世界に開かれた研究所」としての役割を果たしています。1998年からは、研究成果を世界の著名な研究者や学生に向けて発信するとともに、他研究機関での最新の成果を発表してもらうことで議論を深めることを目的に、主に半導体量子物性、超伝導に関する国際シンポジウムを開催してきました。2009年からはシンポジウムの名称を「ISNTT (International School and Symposium on Nanoscale Transport and photonics)」として隔年で開催しており、ISNTT2017からは光物性分野もスコープに含まれるようになりました。また、ISNTTの一環として「BRL (物性科学基礎研究所: Basic Research Laboratories) スクール」を開催しています。BRLスクールでは、博士課程の学生を対象に講義・ラボツアーを行い、NTT物性科学基礎研究所を広く知ってもらうとともに、若手研究者が大きく育つ機会を提供しています。

■国際シンポジウム

11月19日午後から22日までの3日半にわたって、ナノ構造における電子・光物性に関する国際シンポジウムを開催し、世界15カ国から231人が参加しました(図2)。ノーベル物理学賞受賞者であるKlaus von Klitzing教授(Max Planck Institute)による基調講演「Nanoscale Transport and our New International System of Units」から始まり、著名研究者による19件の招待講演を含め48件の口頭発表、87件のポスター発表が行われ、中村泰信教授(東京大学/理化学研究所)による基調講演「Superconducting Circuits for Quantum Technologies」で閉幕となりました。講演のトピックは、超伝導、半導体ナノ構造における量子現象、ナノメカニクス、量子光学およびそれらのハイブリッド系など、

■BRLスクール

BRLスクールは2019年11月18日から19日午前までの1日半にわたって行われ、博士課程学生を中心に約80人が講義、ラボツアーに参加しました(図1)。「Hybrid Quantum Systems」をテーマに、Göran Johansson教授(Chalmers University of Technology), Per Delsing教授(Chalmers University of Technology), 仙場浩一先生(情報通信研究機構)に各2

## ISNTT2019実施内容

### ■BRLスクール

時間の講義を行っていただきました。学生からは活発な質問があり、講師の先生からも「エキサイティングだった」とのコメントがありました。また、ラボツアーでは、NTT物性科学基礎研究所の研究設備を案内しました。スクール参加者は19日午後からのシンポジウムにも引き続き参加しました。



図1 BRLスクール集合写真

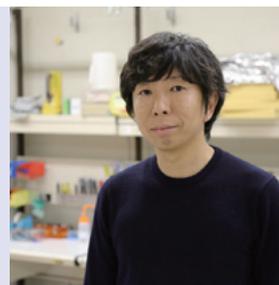


図2 ISNTT集合写真

アワードの発表が行われ、5人の学生に賞状と記念品が贈られました。

### ISNTT2019を終えて

ISNTT期間中は天候にも恵まれ、NTT厚木研究開発センターの紅葉も美しく、リラックスした雰囲気での議論を楽しむことができました。また個人的には、最新の研究成果に関する発表とともに、活発に質問をする学生の姿勢に大いに刺激を受けました。今回のスクール&シンポジウムが、NTT物性科学基礎研究所の研究者だけでなく、すべての参加者にとって、新たな研究テーマの気付きや共同研究のきっかけになればと思います。



熊田 倫雄

ISNTT2019では実行委員長としてイベントの実施に携わりました。2019年度ははじめより準備を開始し、まずは無事にイベントを終えられたことでほっとしています。スクール&シンポジウムで受けた刺激を忘れずに、研究を行っていききたいと思います。

#### ◆問い合わせ先

NTT物性科学基礎研究所  
企画部  
TEL 046-240-3312  
E-mail brl-kensui-pb@hco.ntt.co.jp

NTT物性科学基礎研究所で行われている研究分野と関連しており、最新の研究成果について活発な議論が交わされました。また、21日の夕方

に開催した懇親会では、親交を深めるとともに研究内容についての議論も引き続き行われました。懇親会では学生を対象としたベストポスター



# ITU世界無線通信会議 (WRC-19) 報告

いちかわ たけお†1 さいとう かずよし†1 いわたに じゅんいち†2 おおつき しんや†2  
 市川 武男 / 齋藤 一賢 / 岩谷 純一 / 大槻 信也  
 NTT技術企画部門<sup>†1</sup>/NTTアクセスサービスシステム研究所<sup>†2</sup>

電波は国境を越えて空間を伝わるため、各国が国内の取り決めだけで通信や放送等の無線業務に利用すると、近隣の国どうしで有害な電波干渉が生じるおそれがあります。このため、国連の電気通信に関する専門組織ITU (International Telecommunication Union) において、国際電気通信条約附属無線通信規則 (RR: Radio Regulations) として、電波の周波数ごと、地域ごとの利用ルールを規定しています。このRRを改正するために世界各国から関係者が集まり、約4年ごとに開催される国際会議がITU世界無線通信会議 (WRC: World Radio-communication Conference) です。WRCにより改正されたRRは、日本では電波法等の法令に反映されますから、携帯電話や無線LAN等の無線サービスや無線システムをお客さまに提供し、また固定マイクロ波通信、

離島衛星通信、災対無線等を自社のネットワークに利用するNTTグループにとって極めて重要な会議です。ここでは、2019年ITU世界無線通信会議 (WRC-19) について報告します。



WRC-19は、2019年10月28日～11月22日にエジプト (シャルム・エル・シェイク) にて開催されました。図1はエジプト大統領も臨席したオープニングセレモニーの様相です。世界の約166カ国から約3300人が参加し、表1に示すようなRR改正に関する議題について審議が行われました。日本からは、総務省、通信事業者、放送事業者、メーカ、研究機関等から約90人 (NTTグループからは、NTTアクセスサービスシステム研究所、NTTドコモ、NTTアドバンステクノロジー、NTT

データ経営研究所、NTT技術企画部門) が日本代表団として審議に加わりました。表1の青字で示す議題がNTTグループに主に関係する議題です。無線LANやNTT東日本・西日本の無線利用に関する議題はNTTアクセスサービスシステム研究所とNTT技術企画部門が、携帯電話等のNTTドコモの無線利用に関する議題はNTTドコモが主に担当しました。WRC-19の審議体制を図2に示します。無線LANや携帯電話に関する議題はCOM4において審議されました。RR改正が認められるためには、最終的にすべての参加国が出席する全体会合にて承認を得ることが必要です。

## ■5 GHz帯無線LANの屋外利用周波数の追加

議題1.16として、5 GHz帯 (5.15～5.925 GHz) における無線LANを含む無線アクセスシステムに関する規制措置の検討、つまり5 GHz帯無線LANの利用拡大のためのRRの改正の検討が行われました。その中で日本に強く関係するものとしては、5.2 GHz帯 (5.15～5.25 GHz) において無線LANの屋外利用と高送信出力化を可能とする検討です。RRでは、5.6 GHz帯は無線LANの屋内外での利用が一定の条件の下で認められていましたが、5.2 Hz帯は屋内利用のみに制限されていました。また、最大送信出力については、等価等方輻射電力 (EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power) で、5.6 GHz帯は1 Wまで許されていましたが、5.2 GHz帯は200 mWまでに制



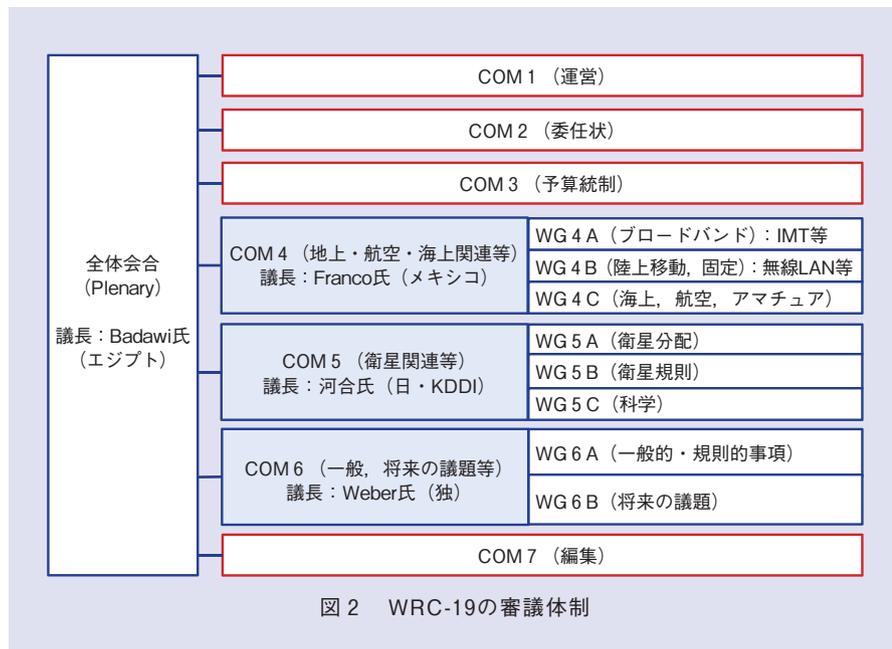
図1 WRC-19会議模様



表1 WRC-19の議題一覧

議題1.1	50-54 MHz帯におけるアマチュア業務への周波数分配（第一地域）
議題1.2	401-403 MHz帯及び399.9-400.05 MHz帯におけるMSS/METSS/EESS用地球局の電力制限の検討
議題1.3	460-470 MHz帯における気象衛星業務への一次分配への格上げ及び地球探査衛星業務への一次分配の検討
議題1.4	Appendix30 Annex7の見直し
議題1.5	固定衛星業務における静止軌道上の宇宙局と通信を行う移動する地球局による17.7-19.7 GHz（宇宙から地球）及び27.5-29.5 GHz（地球から宇宙）帯の利用
議題1.6	37.5-39.5 GHz（宇宙から地球）、39.5-42.5 GHz（宇宙から地球）、47.2-50.2 GHz（地球から宇宙）及び50.4-51.4 GHz（地球から宇宙）帯の非静止軌道FSS衛星システムの技術・運用課題及び規制条項の検討
議題1.7	短期ミッションの非静止軌道衛星のための宇宙運用業務の周波数要求の検討
議題1.8	GMDSSの近代化および新たな衛星プロバイダの検討
議題1.9	①156-162.05 MHzにおいて運用する自律型海上無線装置 ②VHFデータ交換システム（VDES）の衛星での利用及び海上無線通信の高度化のための海上移動衛星業務の周波数分配と規制条項
議題1.10	GADSS（航空における遭難及び安全に関する世界的な制度）の導入
議題1.11	移動業務へ分配済の周波数帯域における列車・線路間の鉄道無線通信システムを支援するため周波数調和の促進
議題1.12	移動業務へ分配済の周波数帯域におけるITSの推進のための世界的あるいは地域的な周波数利用の調和に向けた検討
議題1.13	将来のIMTの開発のためのIMT用周波数特定の検討
議題1.14	固定業務へ分配済みの周波数帯域における高高度プラットフォームステーション（HAPS）への規制措置の検討
議題1.15	275-450 GHzの能動業務への特定に関する検討
議題1.16	5150-5925 MHz帯における無線LANを含む無線アクセスシステムに関する規制措置の検討
議題2	無線通信規制の参照で引用されたITU-R勧告の参照の現行化
議題4	決議・勧告の見直し
議題7	衛星ネットワークに係る周波数割当のための事前公表手続、調整手続、通告手続及び登録手続の見直し
議題8	脚注からの自国の国名削除
議題9	無線通信局長の報告の検討及び承認
議題9.1	WRC-15以降の無線通信部門の活動
議題9.1.1	1885-2025 MHz帯及び2110-2200 MHz帯におけるIMTの実装
議題9.1.2	1452-1492 MHz帯におけるIMTと放送衛星業務との共存性（第一地域および第三地域）
議題9.1.3	固定衛星業務に割り当てられた3700-4200 MHz、4500-4800 MHz、5925-6425 MHz及び6725-7025 MHz帯における新たな非静止衛星軌道システムに関する技術・運用面の課題及び規制条項の検討
議題9.1.4	準軌道飛行体に搭載された局
議題9.1.5	RR Nos. 5.447 F及び5.450 AにおいてITU-R勧告M. 1638-1及びM.1849-1を参照することの技術的及び規制的影響についての考察
議題9.1.6	電気自動車（EV）用ワイヤレス電力伝送（WPT）の研究
議題9.1.7	アップリンク送信の実施を認可済端末に制限するための追加手法の必要性及び領土内の無認可地球局端末の管理のための手法の研究
議題9.1.8	マシンタイプコミュニケーションの導入のための周波数協調を含む、無線ネットワーク及び及びシステムの技術的・運用的側面及び周波数要件の研究
議題9.1.9	51.4-52.4 GHzにおける固定衛星業務（地球から宇宙）の周波数要求及び新規分配の検討
議題9.2	RR適用上の矛盾及び困難に応じた措置に関する検討
議題9.3	決議80（WRC-07改定）の規定に応じた措置に関する検討
議題10	将来の世界無線通信会議の議題

第一地域：アラブ、アフリカ、欧州、旧ソ連 第二地域：南北アメリカ 第三地域：アジア、太平洋



限されていました。5.2 GHz帯は、すでに国際的に衛星通信等の他システムが利用していたため、無線LANを屋外で利用すると有害な電波干渉が生じる懸念があったからです。

日本では、2015年から情報通信審議会において、東京での2020年の国際的な競技大会を見据えて、無線LANをつながりやすくするための検討の一環として、5.2 GHz帯で無線LANを屋外利用しても衛星通信等と共用可能か、NTTアクセスサービスシステム研究所も参加して技術的検討が行われました。その結果、すでに屋外利用可能な5.6 GHz帯と同じ最大送信出力まで高出力化する条件のもと、屋外利用の無線LAN親機の台数制限やアンテナの仰角制限により、互いに干渉することなく共用可能との結論に達しました。2018年には国内関係法令を改正(台数制限するために屋外利用の無線LAN親機を登録制とする等)し、暫定的に

5.2 GHz帯の屋外利用を開始しており、NTTブロードバンドプラットフォーム等が従来の5.6 GHz帯に加えて5.2 GHz帯を屋外利用しています。そこで、WRC-19においては、NTTアクセスサービスシステム研究所が中心となって、日本国内と同等レベル以上の条件での5.2 GHz帯の無線LANの屋外利用と高送信出力化の実現を訴え、衛星通信等に利用している各国との連日の会期末ギリギリまでの協議を経て、RRを改正することに成功しました。これにより、国内で引き続き無線LANは5.6 GHz帯に加えて5.2 GHz帯において、一定の条件の下、屋外利用が可能になります。なお、本件の詳細は本誌2020年4月号に掲載予定です。

■携帯電話の周波数の追加

日本では、2019年4月に3.7/4.5/28 GHz帯が5G(第5世代移動通信システム)向けの周波数として携帯電話事業者に割り当て済みであり、海外で

も5Gの導入が進められています。このような背景のもと、議題1.13として、準ミリ波、ミリ波帯の周波数を対象に、携帯電話(IMT: International Mobile Telecommunications)の将来開発のためのIMT向け周波数の特定の検討、つまり5G等の携帯電話向けの周波数追加のためのRRの改正の検討が行われました。WRC-19では、日本からはNTTドコモをはじめとする携帯電話事業者や、既存無線システムの関係者が議論に参画して、連日の早朝から深夜に及ぶ協議にて地球探査衛星等の既存無線システムの保護に関する条件の詰めを行い、ほぼ日本の要望どおり、24.25~27.5/37~43.5/45.5~47/47.2~48.2/66~71 GHzの計15.75 GHz幅を新たにIMT向けの周波数として追加するRR改正に成功しました(45.5~47 GHzは、日本は対象外)。このうち、26.6~27/39.5~43.5 GHzについては、国内での5G向けの次回割り当てに向けて、情報通信審議会において技術的検討が進められています。なお、本件の詳細はNTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル2020年4月号に掲載予定です。

■その他の議題

その他の議題については、NTTグループに主に関係するものに着目して、RRの改正が既存のNTTグループに関する無線システムに有害な影響を与えないように活動しました。WRC-19で合意されたRRの改正において、NTTグループに関する無線システムに有害な影響を与えるものはありません。

■2023年ITU世界無線通信会議(WRC-23)の議題

WRC-19では、次回のWRC-23の議



表2 WRC-23の議題一覧

議題1.1	4800-4990 MHzにおける国際空域及び公海における航空、海上業務無線局の保護の検討と脚注5.441Bのpfd要件の見直し
議題1.2	3300-3400 MHz, 3600-3800 MHz, 6425-7025 MHz, 7025-7125 MHz及び10.0-10.5 GHz帯における移動業務への一次分配を含むIMT特定の検討
議題1.3	第一地域における3600-3800 MHzの移動業務への一次分配の検討
議題1.4	2.7 GHz以下のIMT特定された周波数帯におけるIMT基地局としての高高度プラットフォームステーション (HIBS) 利用の検討
議題1.5	第一地域における470-960 MHz帯の既存業務の周波数利用と周波数需要の見直しとこれに基づく規制条項の検討
議題1.6	準軌道飛行体の無線通信のための規制条項の検討
議題1.7	117.975-137 MHzにおける地球からの宇宙及び宇宙から地球の双方向への航空移動衛星業務 (AMS(R)S) への新規分配の検討
議題1.8	無人航空システムの制御及び非ペイロード通信による固定衛星業務の利用のための決議155 (WRC-15改) 及びRR5.484Bの見直しと適切な規制条項の検討
議題1.9	航空移動業務に割り当てられたHF帯における民間航空の人命保護のためのデジタル技術の導入とアナログシステムとの共用のためのRR付録27の見直しと規制条項の検討
議題1.10	非人命保護用途の航空移動アプリケーションのための航空移動業務への新規分配のための研究の実施
議題1.11	海上における遭難及び安全に関する世界的な制度 (GMDSS) 近代化及びe-navigation実施のための規制条項の検討
議題1.12	45 MHz帯衛星搭載レーダーサウンダーのための地球探査衛星業務 (能動) への新規二次分配のための検討の実施
議題1.13	14.8-15.35 GHz帯に二次分配されている宇宙探査業務の一次分配への格上げの検討
議題1.14	現代のリモートセンシング観測の要求に則った231.5-252 GHz帯における地球探査衛星業務 (受動) に係る既存分配の見直しと新規分配の検討
議題1.15	固定衛星業務の静止軌道衛星局と通信する航空機及び船舶上の地球局1による2.75-13.25 GHz帯 (地球から宇宙) の利用調和
議題1.16	非静止軌道における固定衛星業務の移動する地球局による17.7-18.6 GHz, 18.8-19.3 GHz及び19.7-20.2 GHz (↓) 並びに27.5-29.1 Hz及び29.5-30 GHz (↑) の使用のための研究及び技術・運用・規則面の手段の検討
議題1.17	特定帯域における衛星間リンクの規則に対する衛星間業務への分配追加による適切な規制条項の決定と実施
議題1.18	狭帯域移動衛星システムの発展のための移動衛星業務の周波数需要及び新規分配の検討
議題1.19	第二地域における17.3-17.7 GHz帯の宇宙から地球方向の固定衛星業務への新規一次分配の検討
議題2	無線通信規則に参照による引用をされたITU-R勧告の参照の現行化
議題4	決議・勧告の見直し
議題7	衛星ネットワークに係る周波数割当のための事前公表手続, 調整手続, 通告手続及び登録手続の見直し
議題8	脚注からの自国の国名削除
議題9	無線通信局長の報告
議題9.1	WRC-19以降のITU-R関連活動に関する無線通信局長報告を検討して承認すること
議題a)	RRにおける適切な認知と保護という観点での宇宙天気センサに関する技術, 運用面の特徴, 周波数要求, 適切な無線業務の研究の見直し
議題b)	同一の周波数で運用されている無線航行衛星業務 (宇宙から地球) の保護を確実にするための追加的手段の必要性の決定のための1240-1300 MHz帯のアマチュア業務及びアマチュア衛星業務の見直し
議題c)	固定業務に一次分配された周波数帯での固定ワイヤレスブロードバンドのためのIMTシステムの利用の研究
議題d)	36-37 GHzにおけるNGSO宇宙局からのEESS保護
議題9.2	RR適用上の矛盾及び困難に応じた措置に関する検討
議題9.3	決議80 (WRC-07改定) の規定に応じた措置に関する検討
議題10	将来の世界無線通信会議の議題



SG 1 (周波数管理) 議長：W. Sayed氏 (エジプト) 副議長：17名
SG 3 (電波伝搬) 議長：C.D. Wilson氏 (オーストラリア) 副議長：10名
SG 4 (衛星業務) 議長：V. Strelets氏 (ロシア) 副議長：河野氏 (スカパー JSAT), 他18名
SG 5 (地上業務) 議長：M. Fenton氏 (英国) 副議長：新氏 (NTTドコモ), 他19名
SG 6 (放送業務) 議長：西田氏 (NHK) 副議長：12名
SG 7 (科学業務) 議長：J. Zuzek氏 (米国) 副議長：12名

図3 2019年～2023年研究会期のITU-R SG体制

されています。なお、各SGでの研究結果は、勧告または報告としてITU-Rから公開され、WRCでの審議において参照されます。

## 今後の予定

今回のWRC-23に向けて、NTTグループに関する無線システムの周波数追加や有害な電波干渉からの保護等を目的に、ITU-Rやアジア・太平洋地域のWRC準備会合、国内の関連会合等において、引き続き活動していく予定です。

題が審議され、表2に示すとおり決定されました。無線LANに関する議題はありません。携帯電話に関しては、議題1.2として、複数の候補周波数帯におけるIMT特定の検討があります。候補周波数帯のうち、7.025～7.125 GHzは全世界でのIMT特定をめざすもので、日本も関係します。その他の候補周波数帯は、アジア・太平洋地域以外の地域でのIMT特定をめざすもので、日本は関係しません。また、議題1.4として、2.7 GHz帯以下のIMT特定された周波数帯におけるIMT基地局としての高高度プラットフォームステーション (HIBS: HAPS as IMT Base Stations, HAPS: High Altitude Platform Station) 利用の検討があります。成層圏等の高高度の飛行体にIMT基地局を搭載し地上をIMTのエリア化することをめざしているものです。

## 2019年ITU無線通信総会 (RA-19)

WRC-19に先立って、RA-19 (Radiocommunication Assembly 2019) が2019年10月21～25日にエジプト (シャルム・エル・シェイク) にて開催されました。RAは、ITU無線通信部門ITU-R (ITU Radiocommunication Sector) の総会であり、WRC同様に約4年ごとに開催され、ITU-Rの研究委員会 (SG: Study Group) の議長・副議長の任命、研究課題の承認等を行います。RA-19では、世界の約88カ国から約511人が参加し、日本からは総務省をはじめ約36人が参加しました。図3に示すように、各SGの議長と副議長が任命され、NTTグループからはNTTドコモの新博行氏が携帯電話を含む地上業務についての研究を担当するSG5の副議長の1人として任命

## スマートヘルスケアに向けた心電、加速度、温度・湿度の計測を可能にする 低電力・小型ウェアラブルセンサを開発

NTTは、機能素材「hitoe<sup>®</sup>」を電極として縫製したウェアに装着して、心拍数・心電波形などの生体情報に加えて、ウェア内の温度や湿度の環境情報を取得・送信するウェアラブル生体・環境センサのプロトタイプを開発しました。

今回、NTTは、3センサ導入（心電、加速度、温度・湿度）とマルチセンサデータ信号処理技術を開発し、暑さ対策などのスマートヘルスケア応用を可能にしました。低電力モードによる長時間動作、メモリ機能と無線機能の搭載による欠損のないデータ収集、人間工学に基づいた筐体形状といった特長により、ユーザの負担を軽減し、生活のさまざまなシーンにおいて生体情報と個人の環境情報を快適かつ簡単に取得できるようになります。

また、NTTは、大学などの専門機関と連携して、リハビリ支援や暑さ対策などのヘルスケア分野で有用性を検証していきます。

### ■開発の背景

これまで、NTTは、機能素材「hitoe<sup>®</sup>」を電極として縫製したウェアラブル生体センサを活用したスポーツ選手のパフォーマンス評価やリハビリ患者のモニタリングに対して有効性を検証してきました。近年の温暖化に対する暑さ対策として暑熱環境が人体へ与える温熱的な負担を可視化する技術が求められており、NTTでは、機能素材「hitoe<sup>®</sup>」で培ったウェアラブルデバイス技術を活かし、環境が生体に対して与える影響を把握するためのウェアラブル生体・環境センサの開発に着手してきました。

### ■開発したウェアラブル生体・環境センサ

今回開発したウェアラブル生体・環境センサは、インナーウェアの前面正中部に装着することで、アウターウェア内の温度や湿度、また上半身の加速度や角速度を計測します（図）。またインナーウェアの肌接触面に機能素材「hitoe<sup>®</sup>」を縫製し、心電位を取得します。取得

外観	
サイズ	64 × 36 × 9 mm
重量	12 g
計測項目	ウェア内温度/湿度 心電 加速度/角速度
解析項目	心拍, RRI 歩数/体動量, 角度
その他	特微量蓄積/一括読出

図 NTTの開発したウェアラブル生体・環境センサのプロトタイプの主な諸元

したデータは、センサに搭載した無線モジュールによりセンサ着用者のスマートフォンやIoT-GWに送信され、リアルタイムにデータをモニタリングすることが可能です。また、計測したデータを基に、ウェアラブル生体・環境センサの内部で心拍数、RRI、歩数、上半身の傾きなどのさまざまな特徴量を解析し、内蔵メモリに蓄積する機能を備えており、これによって、スマートフォン等と常時接続していない場合でも、計測を継続して必要な特徴量を後から一括して読み出すといった使い方も可能になりました。

#### ■開発ポイント

従来、複数のセンサを用いて連続的に計測・解析・通信を行うと、CPUの負荷が高くなって消費電力が増加し、動作時間が短くなって頻繁な充電が必要となったり、大きな電池が必要になることが課題でした。そこで、CPUを休止させた状態で複数のセンサからのデータをバッファに蓄積し、短時間のみCPUを起動させて一括して波形処理や特徴量解析を実行するマルチセンサデータ

信号処理技術を構築し、CPU負荷の低減を達成しました。これにより、小型な電池を用いても100時間以上の連続計測が可能となり、重量12 gの小型・軽量の筐体内に複数のセンサと電池等を収容することに成功しました。さらに、人間工学に基づいて設計された筐体形状によって、屈曲や臥位などの動作を妨げず、快適に装着し続けることが可能なセンサを実現しました。

#### ■今後の展開

暑さ対策への応用をめざし、暑熱環境下のネットワーク設備工事などの作業者に対して実証実験を実施し、有用性を検証していきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT広報室

TEL 03-5205-5550

E-mail [ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp](mailto:ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp)

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191108a.html>

## 着衣型ウェアラブルセンサの新たな展開に向けて

桑原 啓

NTTデバイスイノベーションセンタ  
主任研究員

研究者  
紹介

NTTは、東レ株式会社とのコラボレーションを通じて電気を通す繊維、hitoe<sup>®</sup>を創出し、2014年には、着るだけで心電・心拍等の生体情報を計測可能な着衣型ウェアラブルセンサを提案、他社に先駆けて実用化を行いました。近年では、各社よりさまざまな形態のウェアラブルセンサが提供されるなど技術は広がりを見せており、これらのセンサを活用して、健康や安心・安全の向上を実現するための取り組みが活発になっています。

私たちのチームでは、ウェアラブルセンサを活用したスマートヘルスケアの実現に向けて実証実験を積み重ねる中で、よりゆるやかで快適な着心地のウェアでも生体情報の計測を可能とするための生体信号処理技術や、小型・軽量のセンサでも長時間の計測を可能とするための低消費電力化技術について磨きをかけてきました。また、近年注目されている暑さ対策等への応用においては、生体「内」の情報に加え、着用者近傍の温度や湿度といった生体「外」の情報も重要であるとの認識のもと、着衣型の環境計測技術の研究を進めてきました。

今回開発したセンサは、私たちが蓄積してきたこれらの技術を結集したものとなっています。着衣型ウェアラブルセンサの新たな展開に向けたキーデバイスとして、パートナー企業や大学等との連携を通じて本センサを活用した価値創造に取り組むとともに、技術のさらなる進化に向けたセンサ技術の研究開発に取り組んでいきたいと考えています。



# Focus on the News

## 光ファイバで伝送する微小エネルギーを有効利用して 災害時の通信を確保する研究に着手

NTTは、近年増加傾向にある大規模自然災害に対する通信ネットワークのレジリエンス向上をめざし、光ファイバで伝送する微小エネルギー等を有効利用して災害時の通信を確保する研究に着手しました。

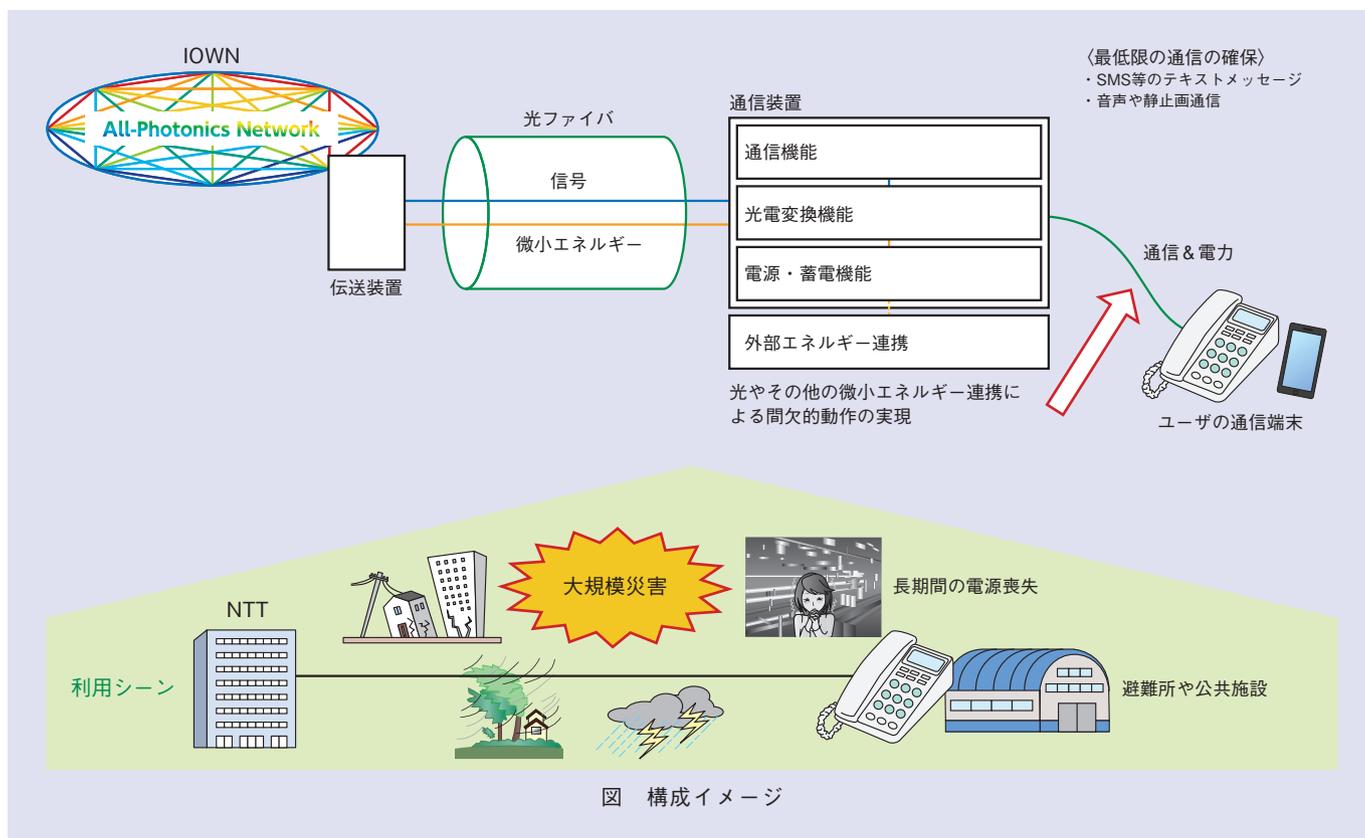
### ■背景および目的

近年、直下型地震や大型で強い台風の頻発により、広域かつ長時間にわたる停電が発生し、復旧まで時間を要する深刻な事態が続発しています。

災害発生時には、被災地域における安否確認など、連絡手段の確保が重要となります。メタル線による公衆交換電話網では、通信ビルから音声通信用の電力をユーザ宅へ供給する局給電によって停電時にも電話することが可能でした。しかしながら光ファイバによる通信ネットワークでは、音声もデータに変換され他の大量の通信

データとともに扱われており、消費電力が過去に比べて増大したことから通信装置を動作させるにはユーザ宅の商用電源を用いる必要があります。そのため、停電時は非常用電源（非常用発電装置や無停電電源装置など）の用意がないユーザ宅では通信装置が利用できない状況となります。また、スマートフォンなどの蓄電池を内蔵するユーザ端末も電池残量がなくなると動作しなくなります。

こうした状況を改善するため、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）の提供価値の1つとして、光ファイバを用いて停電時にもユーザ宅の通信装置が利用できる通信ネットワークを実現することをめざし、光ファイバを通信の伝達手段としてだけでなく微小エネルギーの伝送手段にも用いる技術を研究します（図）。



## ■今後の取り組み

通信用の光ファイバで伝送できる光パワーおよび光・電力変換で取り出せる電力は限られているため、通信ビルから供給する電力のみでユーザ宅の通信装置を動作させるのは困難です。そこで本研究では、光ファイバで伝送する光エネルギーの高効率利用技術に加えて、通信装置の消費電力抑制技術、さらには熱や振動など他の微小エネルギーも取り扱うことのできる発電・蓄電・給電技術に関する検討を進めます。

## ◆問い合わせ先

NTT広報室

TEL 03-5205-5550

E-mail [ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp](mailto:ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp)

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191111b.html>

## 人・街の活動と自然エネルギーの調和を実現する研究開発

### 研究者 紹介

香西 将樹

NTTネットワーク基盤技術研究所  
環境基盤プロジェクト エネルギー最適化技術グループ  
主任研究員

エネルギー研究はIOWNのかかげるスマートな世界をつくる11のテクノロジーの1つであり、私たちは、いつでも、どこでも、誰でも、無駄なく安全にエネルギーを利用できる社会をめざしてエネルギーに関連する研究開発に幅広く取り組んでいます。

「いつでも、どこでも」とあるように、たとえ災害時においても通信を確保するという目的に対する1つの解決策として、光ファイバで伝送される微小エネルギーを有効活用するシステムを構築し、NTT R&Dフォーラムで展示しました。

NTT R&Dフォーラムでは主に災害対策にフォーカスした技術を紹介しましたが、不安定な再生可能エネルギーの主電源化やCO<sub>2</sub>排出量の大幅削減など、エネルギー領域における課題解決への社会的な要請は高まっており、その実現に向けて、エネルギーの地産地消を促進する次世代マイクログリッド技術や、電力事業と通信事業の複合的なデータ利用・アセット活用による全国規模の電力需給調整技術の確立に挑んでいます。

当グループは設立から1年にも満たない組織ですが、革新的な研究成果を創出するためにも、これまでNTTが取り組んできた高度なネットワーク基盤技術をエネルギー領域にも応用することで、他社が追随できない先端的領域を開拓し、エネルギーを賢く流通させるエネルギー最適化基盤を構築し、人・街の活動と自然の動きが調和した脱炭素社会の実現に貢献します。



# Focus on the News

## 時空間の壁を超えて自然に体験を創出・共有できる世界の実現に向けた研究開発の開始

NTTは、遠隔地への通信や、VR/ARなどによる仮想世界とのインタラクションにおいて、伝送や処理等における物理的遅延を極限まで減らすだけでなく、人が感じる遅延による違和感と、脳内予測のメカニズムを解明し、感覚的遅延までもゼロにするゼロレイテンシメディア技術の研究開発を推進していきます。ゼロレイテンシメディア技術のユーザエクスペリエンスの探索に向け、同様にゼロレイテンシ技術の研究に取り組んでいるソニー(株)と研究開発の交流を開始しています。

### ■背景および目的

VR/AR技術の進展はめざましく、実世界をモデル化しサイバー空間で精密に再現された仮想世界と実世界が融合した空間において、リアルを超える体験をすることが可能になってきています。しかしながら、実世界と仮想世界の間には通信による“遅延”という時間の壁が存在し、全く違和感なく、自然なインタラクションで実世界と仮想世界とをシームレスに体感するまでには至っていません。また、仮想世界を介して離れた場所にある実世界間をつなぐことが可能になってきていますが、伝送や

処理等における物理的遅延はユーザ間での自然な体験の共有における大きな課題となっています。

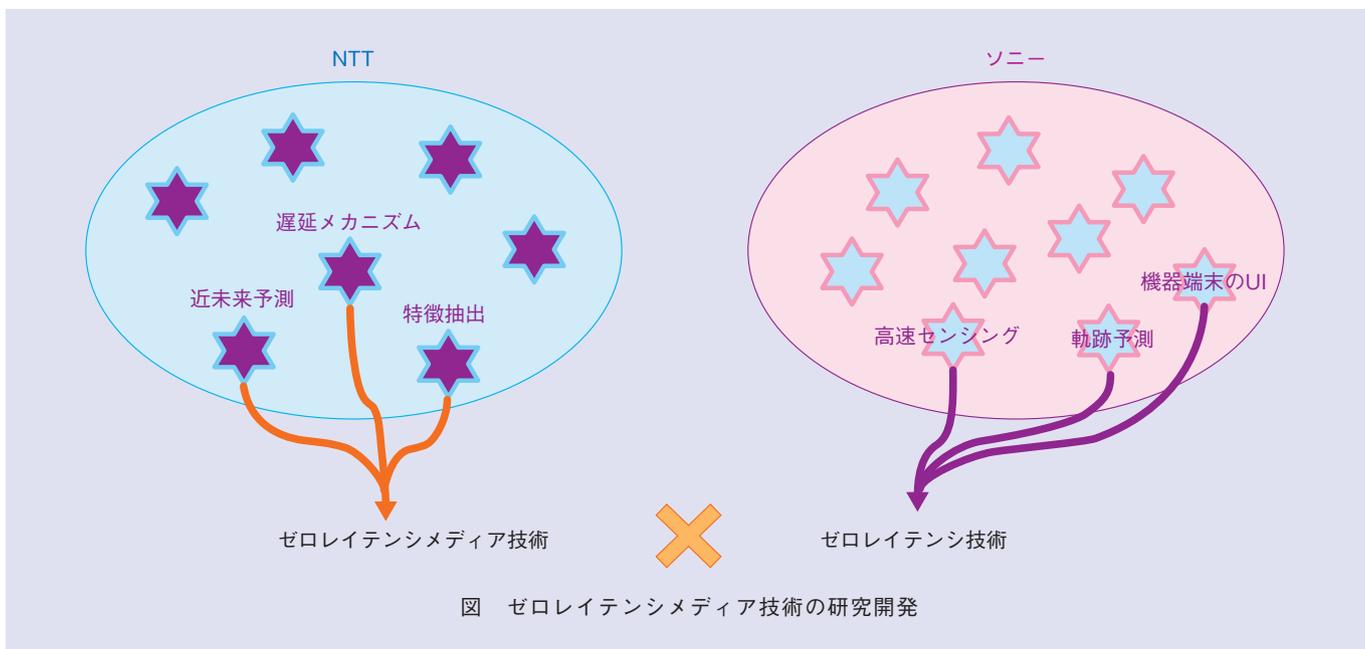
NTTでは、短期的な未来の状態予測技術と生成モデルを用いた特徴抽出技術により、人が感じる遅延による違和感と、自ら行う脳内予測のメカニズムを解明し、そのメカニズムに即した情報提示を行うことで、遅延を感じさせない自然な体験の創出・共有を実現するゼロレイテンシメディア技術の研究開発に取り組んでいます(図)。

### ■ゼロレイテンシメディア技術の概要

#### (1) 感覚的遅延のメカニズムの解明

人の感じる遅延には感覚によってさまざまな時間軸を持つといわれています。私たちの脳は五感を駆使して世界を理解しようとしており、これらの感覚は各々が独立に働いているわけではなく「視覚-触覚」、「聴覚-視覚」などの組み合わせによって遅延の違和感の時間軸も異なることが分かっています。

人は「目に見える」「耳で聞こえる」世界をそのまま知覚できているわけではなく、脳の内部では得られた刺激情報から内部モデルを生成し、現在の運動や行動を使って将来の刺激を予測しています。そこで、単純な物



理モデルのみならず、周囲の状況や行動パターンなど、さまざまな情報から感覚的遅延のメカニズムを解明し、遅延から生じる違和感のない、より自然な予測技術を構築するべく、研究開発を進めています。

#### (2) 脳内の予測モデルの確立

人は脳の内部モデルを用い、外界からの刺激を元に外界世界をシミュレートしており、周囲の状況から次に起こり得る状態を予測しているといわれています。その際には、すべての状況を再現シミュレーションして予測しているのではなく、重要かつ特徴的な情報のみに注目し、必要な情報だけを再現シミュレーションしているといわれます。

このように現実の世界と、人の脳の内部では必ずしも同じ時間軸を持っているわけではありません。そのため、人の脳の内部では現実との遅延がゼロではなく、さらに先読みをした時間との遅延をゼロにする必要があると考えられます。

この予測のメカニズムを追求するべく、人が注視する特徴的な情報を抽出し、人の脳の内部で予測している世界との感覚的遅延の解消に向けた研究開発を進めていきます。

#### ■今後の展開

今後、NTTの研究開発技術を活用し、ゼロレイテンシメディア技術の各技術要素の確立を進めるとともに、実フィールドにおける検証、ビジネス・サービス化に向けた検討をコラボレーションパートナーとともに進めていきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT広報室

TEL 03-5205-5550

E-mail ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191111c.html>

## ゼロレイテンシメディア技術の向かう世界観

松林 達史

NTTサービスエボリューション研究所  
主任研究員

研究者  
紹介

「ゼロレイテンシメディア技術」の研究テーマは2019年の7月に立ち上げ、テーマ発足当初からかかわることになり、私自身、毎日夢の中でもゼロレイテンシメディア技術のめざす世界観を考え悩んでいました。当時、ちょうど小学生の息子と一緒に読んでいた漫画の中で、主人公が時間を止める相手と戦うシーンがあり、相手のモーションから先読みをして戦う様から大きなヒントを得て、真夜中に起きてノートにいろいろと書きとめました。相手が止める時間が分かれば一手先を読めば良いのですが、一方で人は先を読まれたら、さらにその先を読むため、単純な予測は成り立ちません。実際の時間軸と頭の中で考えている時間軸は同じ世界線を持っていないのもヒントになりました。さらにその主人公は、行動すること自体に遅延があるために、究極的には無意識で体が勝手に動くという戦い方をします。ここにも大きなヒントがあり、人間の脳内の信号処理の時間さえも超えようとするわけです。

IOWN構想の中でも、デジタルツインと低遅延化は大きな課題とされていますが、特に「ナチュラル」というキーワードが注目され、人間が人間でありながら人間を超越してゆく世界観として、人間の脳内感覚器を考えた予測や遅延の知覚メカニズムの解明は重要な研究課題だと考えました。

この研究テーマに関しては、ソニー(株)と研究開発の交流を開始しています。漫画からヒントを得た私の話なども真剣に議論させてもらっており、非常に有意義な議論を展開させていただいています。



## NTTグループのAI技術を自動車のAIエージェントに展開

NTTが開発した「インテリジェントマイク」は、現在国内外において、約800万台の自動車に展開しています。このたび、NTTの「インテリジェントマイク」「音声認識」「音声合成」技術と、NTTドコモが開発した「行動先読み」技術を、トヨタ自動車(株)が実施するコンセプトカー「LQ」の試乗会「トヨタYUIプロジェクトTOURS 2020」の車載AIエージェントに展開します。

### ■「LQ」の試乗会「トヨタYUIプロジェクトTOURS 2020」のAIエージェントに技術提供

NTTの「インテリジェントマイク」「音声認識」「音声合成」、NTTドコモの「行動先読み」を、トヨタのお客さま1人ひとりに寄り添い、特別な移動体験を提供するために開発した「LQ」(図)のAIエージェント「YUI」に提供します。

会話を中心とした「YUI」とのコミュニケーションに「インテリジェントマイク」「音声認識」「音声合成」技術、事前に公開されるスマートフォンアプリからお客さま1人ひとりの趣味・嗜好を「YUI」に学習させることに「行動先読み」技術が使用されます。

なお、「LQ」の試乗拠点にはNTTドコモが5G（第5世代移動通信システム）基地局を設置し、高速かつ安定

した通信環境を提供します。

### ■技術の特徴

「インテリジェントマイク」「音声認識」「音声合成」は、NTTが長年培ってきたAI技術を結集し、自動車内における背景音を抑えながら、乗員の音声だけを抜き出し、深層学習を活用したDNN（Deep Neural Network）技術を駆使して、高い音声認識率および人の声に遜色ない合成音声を提供することができます。

「行動先読み」は、NTTグループのAI技術ブランド「corevo<sup>®</sup>」の1つで、NTTドコモが開発した「先読みエンジン」を活用し、日常の行動データからそのユーザーの生活習慣や趣味・嗜好を学習することで行動を予測し、ユーザに合った情報を適切なタイミングで提供することを可能にします。

### ■今後の予定

NTT、NTTドコモは、さまざまなパートナーとのコラボレーションを通じ、コネクテッドカーや自動運転車など将来の自動車がより豊かな体験を提供できるような技術開発に取り組んでいきます。

### ◆問い合わせ先

NTT広報室

TEL 03-5205-5550

E-mail ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191120a.html>

NTTドコモ 第二法人営業部 第五営業

TEL 03-5156-2588

E-mail docomo-5houjin-pr-ml@nttdocomo.com

URL [https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news\\_release/topics\\_191120\\_00.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_191120_00.pdf)



図 コンセプトカー「LQ」（画像提供：トヨタ自動車株式会社2019年10月11日 ニュースリリース）

## お客様のことを深く理解し、行動を支援する先読みエンジンの研究開発

### 担当者 紹介

山田 直治

NTTドコモ R&Dイノベーション本部 サービスイノベーション部 第2サービス開発  
担当課長

私たちは、スマートフォンから得られる行動データを通して、お客様のことを深く理解し、お客様にとって必要な情報やサービスを最適なタイミングで提供する、先読みエンジンの研究開発に取り組んでいます。先読みエンジンは、NTTドコモのAIエージェントサービス「my daiz」や、自動車向けの音声エージェントサービス「AIインフォテイメントサービス」で利用されています。

今回のプロジェクトでは、トヨタ自動車様のAIエージェント「YUI」が、先読みエンジンを活用することで、お客様のことを少しずつ理解し、それに応じてお客様を支援できる内容を増やしていくことで、YUIが成長していく様子を体感いただきたいと思います。

近年、スマートフォンが高機能化し、スマートフォンでできることが増える一方で、スマートフォンを十分に使いこなせないお客様も存在します。また、たとえスマートフォンを使いこなせたとしても、スマートフォンの操作や、「スマートフォンで調べる」という行為自体が面倒に感じることもあります。それに対して、先読みエンジンを搭載したAIエージェントが、お客様の今の状況や気分、さらには潜在的な欲求を理解し、それに応じてお客様が求める情報やサービスを最適なタイミングで提供することで、お客様にとってなくてはならないパートナーとなり、今よりも、便利で、新たな発見に満ちた、豊かな生活を過ごせる世界をめざしています。



## 人とコンピュータのコミュニケーションに向けた研究開発

### 研究者 紹介

小林 和則

NTTメディアインテリジェンス研究所  
主幹研究員

私たちは、長年にわたり音声・音響の研究開発に取り組んできました。近年は、電話やTV会議といった人と人とのコミュニケーションから、人とコンピュータのコミュニケーションへとテーマをシフトし、人と同レベルのコミュニケーションが可能なAIの実現に向け研究開発を進めています。今回、この研究成果である「インテリジェントマイク」「音声認識」「音声合成」を、トヨタYUIプロジェクトのAIエージェントのキーコンポーネントとして提供しました。

「インテリジェントマイク」は、走行音や音楽など音声以外の音を除去し、AIが理解しやすいように音声を抽出します。また、話している人が、どの座席に座っているかを自動判別します。これにより、走行音や音楽のある自動車内においても正確な音声認識と座席に応じた適切な応答を実現します。「音声認識」は大語彙の辞書を用いても素早く正確に音声を文章へ変換することが可能です。これにより、コマンドではない自然に話した音声を瞬時に文章へと変換し、テンポのよい対話を実現します。「音声合成」は肉声に近い音声を合成することができ、感情豊かなコミュニケーションを実現します。

今後は、人の感情や意図の理解や、音声以外も含むあらゆる音の識別や周囲環境の理解、人の温かさを感じられるようなコミュニケーションなど、人とコンピュータのいい関係を実現する研究開発をさらに進めていきます。

