

# NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可  
令和2年6月1日発行 毎月1回1日発行 第32巻第6号(通巻375号)

# 6

JUNE 2020  
vol.32 No.6

# 技術ジャーナル

特集

## NTT Technology Report for Smart World

トップインタビュー

川添 雄彦

NTT取締役研究企画部門長

グループ企業探訪

ジャパン・インフラ・ウェイマーク

from NTT東日本

システム開発業務とヘルプデスク業務のDX

——運用と技術の融合



- 4 | **トップインタビュー**  
川添 雄彦 NTT 取締役 研究企画部門長  
危機こそ新たな変革のとき  
世界を理解し未知なる価値を見出す



- 9 | **特集**  
**NTT Technology Report  
for Smart World**  
「NTT Technology Report for Smart World 2020」  
の発表について

- 40 | **from ★NTT DOCOMO テクニカル.. ジャーナル**  
5G商用サービス概要

- 45 | **挑戦する研究者たち**  
納富 雅也  
NTT物性科学基礎研究所 ナノフォトニクスセンタ 上席特別研究員  
心底面白がらなければ、他者を魅了することはできない  
意図的に新しい道を模索しながら成長する



# NTT 技術ジャーナル

- 50 | **グループ企業訪問**  
株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク  
ドローンによる点検サービスでインフラの未来を支えるベンチャー企業
- 54 | **From NTT東日本**  
システム開発業務とヘルプデスク業務のDX——運用と技術の融合
- 58 | **グローバルスタンダード最前線**  
IECにおける光ファイバ・ケーブル技術の国際標準化活動状況



<b>Focus on the News</b>	61
イベント	69
読者の声	70
7月号予定	
編集後記	

本誌掲載内容に  
ご意見、ご要望、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  
TEL (03) 3288-0608  
FAX (03) 3288-0615  
E-mail jimukyoku2008@tta.or.jp

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  
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/>

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。

NTT技術ジャーナルはWebで閲覧できます。  
<https://journal.ntt.co.jp/>

## View from the Top



NTT 取締役 研究企画部門長

### 川添 雄彦

#### PROFILE :

1987年NTTに入社。2008年研究企画部門担当部長、2014年サービスエボリューション研究所長、2016年サービスイノベーション総合研究所長を経て、2018年6月より現職。

2019年4月NTT Research, Inc. Director,  
2020年1月IOWN GLOBAL FORUM  
President and Chairpersonを兼務。  
工学博士。

## 危機こそ新たな変革のとき

## 世界を理解し

## 未知なる価値を見出す

多様な価値を創出するICT基盤をめざしてNTTが掲げた「IOWN構想」。4つの主要技術を軸に2030年の実現を見据えて、研究開発に邁進しています。一方で、未曾有の事態に世界全体が見舞われた今、社会貢献を理念に掲げるNTTの取り組みに期待が高まります。NTTの頭脳ともいべき研究企画部門が危機的状況に挑む姿勢と研究者の価値観について、川添雄彦NTT取締役 研究企画部門長にお話を伺いました。

いかなる事態であろうが、  
成長の言い訳にはしない

研究企画部門長に着任されてから2年余りがたちましたが、当初の計画に新型コロナウイルスのパンデミックはどのような影響を与えていますでしょうか。

研究所をもっと強化し、グローバルに成長させようと、2年余り取り組んできました。こうした中で、絶え間ない技術革新をめざすIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を打ち出すことができたことは大きなマイルストーンになったと実感しています。し

かし、新型コロナウイルスの影響を受け短期間で全世界が未曾有の事態に巻き込まれ、一変してしまうとは全く想像していませんでした。この渦中において、人々の価値観は今までとは大きく変わってきています。新型コロナウイルスのパンデミック前後で変化した社会を見据えて、私たちの計画してきたことはこのままで良いのか、優先すべきことは何かを改めて考えています。社内では「新型コロナウイルスの影響を言い訳にしないようにしよう」と意識を合わせていますが、経済活動は停滞し、人々は自宅にて社会活動に参画するなど、状況は一変してしまいました。その現状において、人々が幸福に暮らす新たな社会の実現に、私たちができる最善の貢献を考えて

いかなくてもなりません。研究開発は、テーマによっては周囲の影響を受けず一途に目標に向かって突き進むものもありますが、多くの研究テーマは人類のための研究ですから、必ずや我々の生きる世界の影響を受けます。

2011年の東日本大震災において、我々は人類の無力さを痛感しましたが、今回の新型コロナウイルスによって、我々は人類が未知なるリスクを背負う存在であると再認識しました。現在、あらゆる産業においてICTは欠かせない基盤となっていることはご承知のとおりですが、現状のICTは決して究極のパフォーマンスを発揮しているわけではありません。医療分野をはじめ、未知なるリスクに立ち向かうアビリティを、ICTでより一層寄与しなくてはなりません。現在、研究所の全研究員に向けて、自身の研究テーマは、この状況下でどのようにすべきか、変えることはあるかと投げかけています。社会の価値観が変わった今、社会は変革を求めますから、各研究テーマの価値を改めて考えるときとらえてほしいと思っています。

1つ例を挙げると、現在、濃厚接触を80%削減してほしいと言われてきましたが、この取り組みにおいて、本当に効果が出ているか、実際に数値として証明評価できるかが重要なポイントです。現在、NTTドコモのモバイル空間統計サービスにより、地域ごとの統計値が提供されています。このサービスで人々の外出状況の日々の変化が観測することができ、一定の評価を受けています。しかし、本来は統計値だけでなく、個々の人の流れや人どうしが密着しているかを判別する必要があります。私たちはナビゲーションに役立つ技術として、クラウド処理により衛星測位システムの精度向上が可能なクラウドGNSS (Global Navigation Satellite System) 技術をすでに開発しています。本技術を用いると、これまでの数メートル程度の誤差を、数10センチレベルに縮小することができますから、人々の接触距離を観測できる可能性があります。このように、技術を社会が必要とする価値に拡張可能が見定める必要があります。ただ、こうした対症療法的な考えのみではいけません。先ほどもお話ししたとおり、アフターコロナは新しい価値観が生まれてくるでしょう。私たちはいかにこの新しい価値観を把握・理解し、対応していくことを考えなくてはならないのです。

**NTTならではの社会貢献も進んでいるのですね。  
こうした厳しい状況でもビジネスを順調に運ぶ使命を担われていると思いますが見通しはいかがですか。**

今までのような事業の進め方では上手くいかない領域も出てくるでしょう。例えば、アサインの領域、つまり、お客さまとかかわりながらその課題を理解して、お客さまのところに向いてサービスの改善や新しいご提案をしていくことも、通常時であってもなかなか機会をつくるのが難しいですから、こうした活動は滞るでしょう。一方で、今まさにお話ししているように、テレワークの領域は非常に多くの方に求められる領域です。ただ、大きな課題としては、緊急事態宣言や自粛要請などで急にテレワークが必要となったがために、トラフィックが急増しています。バックボーンネットワークはこれに十分に耐え得る容量を確保していますが、サーバ処理限界等により一時的に重要な会議の映像・音声の品質が悪くなる事象も発生しています。こうした状況を受けて、映像配信サーバを含めた情報基盤の品質を保証することをめざすことによって、新しい事業領域が見えてくるのだろうと考えています。利便性と経済性の両立の追求を考えると、一番のツールはインターネットであり、新しい領域でもIoT (Internet of Things) を前提としています。これは皆さんも同じ認識であろうかと思いますが、その



品質が均一ではないということもこの状況下で実感された方も多いのではないかと思いますから、この課題をビジネスとしてしっかり取り組んでいく必要性を強く感じています。必ずしも、NTTが儲けるという話ではなく、社会貢献を進めるという姿勢が非常に重要だと考えます。

### IOWN構想の必要性は加速した

こうした社会的状況の中で、中期経営計画はどのように遂行されるのでしょうか。特にIOWN構想、開催延期になったスポーツイベントへの対応についてお聞かせください。

IOWN構想は2019年の5月に、2030年を見据えてそのときにあるべき社会を想像し、その社会を実現するためにNTTの技術開発を進めていくこととしていました。2020年4月に、具体的なロードマップを報道発表させていただきましたが、やはり、社会が急速に変化したことを受けて、それに呼応する技術を要求する声も高まっています。この期待にこたえるためにもより早く具体化しようとする動きが加速しています。最近よく「限界打破のイノベーションをめざそう」とお話ししています。今の技術開発は既存のICTのさらなる高度化を追究していますから、この技術革新にはどうしても限界があります。なぜなら、ベースにしている技術、つまり従来の技術の延長線上の技術に限界があるからです。しかし、研究者はベースの技術に踏み込んで変えていく勇気はなかなか持てず、ベースにしている技術に乗っている部分に対してのみ研究開発を進めているような状況にあります。ここを打破するためにもベースとなっている技術に踏み込んだ研究開発に取り組むのがまさにIOWN構想です。これに伴い、生み出されたたくさんの研究テーマを推し進めていく予定です。

また、開催延期になったスポーツイベントへの対応についても同様に大きな変革が求められます。社会の本イベントに対する思いや期待等、観客のニーズも大きく変化するでしょう。例えば、遠隔地において現場の臨場感を味わうことができる超高臨場感通信技術Kirari!を考えた場合、そもそも競技会場に観客が集わなければその臨場感を伝えるという前提が崩れてしまいます。今はむしろ、人を集めるのではなくどちらかという散らすことが

力がギになるわけですから、離れ離れになっても楽しむことができるようにするにはどうしたら良いかを追究することで、新しい価値創造や技術開発ができるかもしれません。来年の開催時期に外国の方が多く訪れてくれたら良いですが、まだ新型コロナウイルスに対しての恐怖心が来日への抵抗につながるかもしれません。しかし、こうした中でも成功に導かなくてはなりませんから、何をもって成功とするかを間違えてはいけないと考えます。繰り返しますが、従来の価値観で臨むと大きく外してしまうことになるでしょうから十分に気を付けていきたいですね。

ビジネスにおいて、今は自らの価値観に変革をもたらす時期であることがよく分かりました。部門長ご自身は価値観に変革をもたらすようなご経験はおありですか。

もちろん、人生において価値観に大きな影響を与えるような出来事は数多くありました。例えば、幼いころに突然ニューヨークに住むことになり、周りはすべて外国人、というか現地では私が外国人なのですが、こういった全く文化の違う学校へ両親に送り込まれましたが、今振り返れば、全く未知の世界で異文化に触れ、多様性を学び、価値観が一変し、生き抜く術を身につけることが



できました。これは私の一番大きな価値観の変化をもたらした出来事ですが、直近でいえば、まさに今回の新型コロナウイルスのパンデミックです。危機的状況化において、トップのかじ取り1つでその企業や社員がさまざまな方向性を見出すことができたことです。もちろん、研究所にとってのチャンスを見出せたことは大きいと感じています。一方で、相当の覚悟も必要です。チャンスを活かすためには場合によっては今まで持っていたものをすべて捨てる覚悟も必要です。新しいこと始めるには大きなリスクが伴いますから、それに立ち向かう覚悟を持って進んでいかなくてはならないという大きな変革を今まさに経験しています。人は得てして現状に満足し、リスクを背負うことを好まなかったり、恐れたり、避けたりするものかもしれませんが、ひるまずにリスクをチャンスにつなげていくことで新しい変革に追随できるのだらうと考えます。

未来を描ければ、  
過去は書き換えられる

大きな決断を下す際に大切になるのはどんなことでしょうか。

富士山の8合目まで登り詰めたがその先に大きなリスクがあると予見したときに、8合目までの苦労を捨てるのか、リスクを承知で挑むのか、非常に難しい判断の分かれ道になるでしょう。多くの場合、このような事態に直面すると、過去を振り返り、過去から学び、対応策を考えて可能な限りリスクを避けることを考えるでしょう。しかし、こうした考え方だけでは収まらない時代がやってきたと思います。過去、現在、未来のストレートフォワード的な思考には限界があります。新しいインシデントにその都度対応していくという状況が断片的につながっていくので、完全なる未来予測のできていない状況が続いてしまいます。

富士登山の例でいえば、まさにベストな判断ができていない状況で8合目にとどまっているわけです。これを過去、現在、未来というストレートフォワードな対応策から、未来、現在、過去というフィードバックに変換していくのです。未来を想像して、現在を考えて、場合によっては過去を変えるのです。おそらく、人によっては苦労

してたどり着いた8合目から登頂をあきらめて下山したら不幸だ、という想像が根底にあるかもしれません。しかし、下山したからこそ幸せだったかもしれないのです。フィードバックなら、過去への価値判断も変化し得るのです。こういう思考が人々の幸せを醸すかもしれないと私は考えています。

人は幸せを瞬間的なものであると考えがちですが、実は過去から未来へと積み重ねられていくものであって、幸福を実感する瞬間を積み重ねていくことが重要なのではないのでしょうか。そして、私たちは私たちの研究や技術を提供して人々の幸福を醸成することをめざしていきたいと考えています。

NTTグループにおいて、研究企画部門には何が求められているとお考えですか。

私が所轄している研究開発は直接利益を生むものではなくて、明らかにコストにつながる部門です。ただ、研究開発をするからこそ次なる成長を迎えることができる部門でもあります。企業活動は費用対効果や効率が重視されるのが常です。例えば、Googleが何兆円もかけてAI（人工知能）の開発に挑んでいますが、ここにも費用対効果や効率が求められています。NTTグループも同様に、各社、各部署の事業ドメインは違っても、グループ全体で費用対効果を考え、無駄を省き、効率的に企業活動をしていくことが求められています。

そういう意味では、私たち研究企画部門はもっともそれを考え、コストをかけて研究開発した先への期待を背負う部署の1つだと考えます。繰り返しますが、新型コロナウイルスのパンデミックにより、思うように収益が上がらない状況にありながら、グループ全体を鑑みて研究開発を停止することなく挑ませていただいていることに大きな責任を感じています。私でさえ、社会全体の様子を鑑みたときに、今の研究テーマで良いのかと迷うことがあります。しかし、こうした社会的状況をしっかりと研究者が認識し、NTTグループ全体の価値観を踏まえて、真摯に研究を進めていくことが大切だと思うのです。ここをしっかりと理解し、実行すれば、事業会社を通じて社会に貢献できると確信しています。

研究者の皆さんにはこの機会に、なぜ研究者になったのかを思い出し、原点に立ち返ってほしいと考えます。

研究者はある意味で特殊な職業です。駆け出しのころは、研究資本を与えてもらって社会貢献をするのだという覚悟を決めて研究者としての道を歩み始めたはずですが、ここへ立ち返ってほしいのです。近くにあるお金儲けだけを考えている人がいると、もしかしたら誘惑されそうになるかもしれません。しかし、真の研究者であれば、当時の覚悟や志に変わりはないはずですが。

### 濃厚接触80%減であるなら、 「オンライン接触80%増!」をめざせ

どんなことでも部門長はプラスに書き換えてしまうのですね。在宅勤務を通じて見出したプラス面を教えてください。

外出の自粛要請をされている今だからこそ、できることもあると考えます。以前にもお話したとおり、私の趣味の1つは料理です。好きな市場に向いて新鮮な魚を仕入れて料理するのが楽しみですが、なかなか外出もままならないので限られた条件下で工夫をしています。時間は今まで以上に効率良く使えますから、想像力を発揮して楽しんでいます。多くの人の心配はこの状況がいつまで続くか、家の中ではたいていのことはやりつくしてしまうのではないだろうか、ということでしょう。私の

料理と同じように限界を感じ、行き詰ってしまうかもしれません。こうしたときには、次なるものをどうやって見つけるかというように、状況を味方につけ前向きにとらえることが大事です。そこで、濃厚接触80%減であるなら、「オンライン接触80%増!」をめざせば良いと考えたのです。今までなかなか会えなかった方々とこういう機会だからこそ、オンラインで会うことができるのではないかと考えました。会いたい人をたくさん見つけてどんどん会うことで情報交換ができ、つながりを深めていくことができます。これまでは、どうしても対面で会わなくてはならないということが条件化していたこともありましたが、その垣根が取り払われたのです。このチャンスを活かさない手はありませんよね。こんなふうに見方を少し変えていくだけで、可能性は大いに広がりを見せていくのだらうと考えています。(インタビュー：外川 智恵)

※取材はオンラインで行い、写真は過去のものを使用しました。

## インタビューを終えて

今回のインタビューは、全国に発出された緊急事態宣言の下、オンラインにて実施しました。トップインタビューは経営戦略やトップとしてのビジョンを語っていただくこともあり、衣装もスーツにネクタイでご登場いただくことが定例です。しかし、今回はご自宅にいるトップをオンラインで取材するという初めての試みとなりました。当然のことながら、垣間見ることのないトップの日常もスクリーンに映し出されます。中でも気になったのが背もたれだと思っていたハーブです。川添部門長のお嬢様が演奏されると知りました。お嬢様のことを語られる部門長のお顔はいつもの穏やかさに、さらに父親としてのぬくもりが加わります。こうした一面をみることができるとオンライン取材ならではの、未来から現在を紡ぎ、過去へのとらえ方を変化させるという川添部門長。オンラインにてお話を伺ったこの経験も、歴史に残るトップインタビューに立ち合わせていただいたというドラマとなって私たちスタッフに刻まれていくことでしょう。在宅勤務によって捻出した時間を執筆に充てていらっしゃるとのこと、発表を楽しみにしています。凝り固まった思考をほぐしていただき、混んとした現状に希望を見出せたひとときでした。



# 「NTT Technology Report for Smart World 2020」の発表について

NTT研究企画部門では、テクノロジーをナチュラルな存在に変え、世界をスマートにしていくための11のテクノロジーとNTT R&Dの先進的な取り組みについてまとめた「NTT Technology Report for Smart World」を発表しています。このたび、新たな内容を追加した2020年度版を公開しましたので、その概要と更新のポイントについてご紹介します。

まえだ ゆうじ おおにし たかゆき  
前田 裕二 大西 隆之  
むらもと あつゆき  
村元 厚之

NTT研究企画部門

## スマートな世界とナチュラルなテクノロジーのために

2019年5月に初公開しました昨年度版「NTT Technology Report for Smart World」は、おかげさまで多くの冊子配布およびダウンロードをいただき、「スマート」で「ナチュラル」な世界をつくる11のテクノロジーについて広く皆さまにご紹介することができました。このたび、1年間の技術動向の変化や、わたしたちNTT R&Dの取り組みの進展をもとにTechnology Reportの内容を刷新し、2020年度版として新たに公開することとなりました。

いまや実用的なサービスが多数登場しているAIに代表されるように、新しいテクノロジーが無人店舗や自動運転、業務のDX（デジタルトランスフォーメーション）などを通じて身近な環境を大きく変えようとしています。さらに、この数か月で世界にひろがった新型コロナウイルスにより、人類がこれまで築いてきた経済や社会のしくみ、人と人とのつながりそのものが大きな挑戦を受けている

なかで、リモートワークや遠隔授業に代表されるように、ICT技術や通信ネットワークが人類のレジリエンスを支える大きな役割を担っています。さらなる未来をめざすためには、エネルギー問題の解決や革新的な医療・材料・製造技術といったブレイクスルーの実現が不可欠です。テクノロジーの活用はセキュリティやプライバシーの観点を除いて議論することはできません。

そこで今回は、昨年度に選定した11のテクノロジーについてはそのまま踏襲し、近年の技術動向とNTT R&Dの取り組みの進展について新たにとりまとめ、ご紹介しています。さらに、昨年度新たに発表したIOWN（イオン：Innovative Optical and Wireless Network）構想について、その具体的な構成と取り組みロードマップ、また世界的なフォーラムの設立について解説しています。

## スマートな世界を更新する11のテクノロジー

わたしたちは技術をナチュラルな存在に変え、世界をスマートにしていくために11のテ

テクノロジーに注力しています。すでに研究が進みさまざまな領域で実用化に取り組みられているテクノロジーから、これから大幅に伸びることが期待される萌芽期のテクノロジーまで、11のテクノロジーがいかにかスマートな世界をつくり上げるのかご紹介します。

### ■ 01. 人工知能

ディープラーニングの進展で近年もっともホットなワードとなっている人工知能は、大量データの学習によって分類や判断をする領域ではすでに人間を超える性能を発揮しています。今後は、感情を含めた人間のより深い内面の理解に基づいた技術が求められるとともに、その活用には人間の価値観や倫理を含めた提案があわせて必要となることでしょう。わたしたちは京都大学との共創プロジェクトなどの人文科学的考察をふくめて、人間を深く理解し共生する人工知能をめざした研究を進めていきます。

### ■ 02. 仮想現実 / 拡張現実

ゲーム体験へのVR (Virtual Reality : 仮想現実) 導入は歴史が長く、疑似外出体験による高齢者ケアといった新たなアプリケーションも注目されています。今後VR/AR (Augmented Reality : 拡張現実) は人間の生活全体へと溶け込んでいくことでしょう。現実空間とサイバー空間が密接に連携し、両者を分け隔てなく行き来できるようになる未来では、VR/AR技術はより一層重要な役割を果たしていきます。今後は五感を再現して人へフィードバックすること、現実空間のより高度なセンシングや情報収集によって人やモノ、環境をリアルタイムにデジタル化・モデル化し、それを人にフィードバックしていくことも求められます。また、それらをいかにナチュラルに、人への負担なく実現

するかが大きな研究課題となっていくでしょう。

### ■ 03. ヒューマン・マシン・インターフェース

現実空間とサイバー空間が密に連携する環境において、ヒューマン・マシン・インターフェース (HMI) の活用領域は爆発的に広がるといえます。そのなかで今後重要となるのは「アンビエント」という概念でしょう。人にとって無理のないかたちで情報提供を実現する、また、人が感知できない情報を活用し周囲の環境から人の活動を妨げることなく自然に支援する技術にわたしたちは注目しています。現実空間における人々の活動を拡張していく観点から、人間の運動機能を最大限に引き出すといった課題にも取り組んでいきます。

### ■ 04. セキュリティ

サイバー犯罪やサイバーテロなどネットワークセキュリティのリスクは飛躍的に高まっています。現実空間とサイバー空間が密に連携する世界において、サイバー空間への攻撃は現実空間にも大きな影響を及ぼすことでしょう。わたしたちはそうしたリスクに対応すべく、セキュリティ対策で増え続けるオペレーションコストの問題を解決しながらセキュリティ被害を最小限にとどめる技術を開発しています。さらに、技術に即した記述を盛り込むことでよりよい制度や規範を実現する研究や、サイバーセキュリティ分野におけるコミュニティ活動や人材育成活動にも幅広く取り組んでいます。

### ■ 05. 情報処理基盤

映像や各種センサからの情報をもとにしたシステム制御により、さまざまな分野でヒトの能力を超えた最適な行動選択や未来予測の実現が期待されています。しかし、データ処

理要求の急激な変化や膨大な電力消費電力など、持続可能な社会に向けた課題は少なくありません。わたしたちは「フィジカルデータセントリック」をキーワードとし、データ中心の情報処理基盤や光技術の活用により、従来の限界を超え、現実空間の膨大なデータをきわめて低遅延で処理可能とする技術に挑戦していきます。

#### ■ 06. ネットワーク

ネットワークがスマートな世界の基盤となることは言うまでもありません。近年はネットワークの仮想化や非中央集権型のネットワークが注目されていますが、わたしたちは従来の電気処理ベースのネットワークの限界を超えるため、光ベースの技術への転換によって低消費電力・高品質・大容量・低遅延といったすべての課題を解決するネットワークをつくり出そうとしています。加えて、JAXA（宇宙航空研究開発機構）と協働して行なうMIMO（Multiple-Input and Multiple-Output：マイモ）を活用した衛星通信や、海中通信などネットワークがカバーする領域も急速に拡大させていきます。

#### ■ 07. エネルギー

世界中の企業が持続可能な開発目標（SDGs）の達成を目標とし人々の環境意識も大きく変わっている時代にあって、エネルギー分野の研究開発には大きな躍進が求められています。わたしたちは、保有する電力系技術をネットワーク系技術と掛け合わせ、再生可能エネルギーを効率的かつ高信頼に扱うための技術開発を進めるとともに、微小エネルギーで動作できる通信機器の実現といった目標に取り組んでいます。さらには、人類にとって長年の夢であった核融合や宇宙太陽光発電、雷充電といった革新的なエネルギー源

の獲得にも踏み出そうとしています。

#### ■ 08. 量子コンピューティング

従来型のコンピュータを遥かに上回る性能をもつことで知られ、ほぼすべての産業での活用が見込まれている量子コンピューティング。現在は欧米や中国など各国の企業が独自のコンピュータ開発を進めています。わたしたちも革新的なコンピューティング技術の開発を進めるべく、ノイマン型ポストムーアコンピューティング、非ノイマン型ポストムーアコンピューティング、そしてさらに次の時代を見据えた新原理による高速高効率な量子情報処理まで、さまざまな方向から次世代の情報処理技術を探求しています。

#### ■ 09. バイオ・メディカル

バイオ・メディカルテクノロジーは、もはや生物学や化学、医学のなかだけで開発されるものではありません。ICTとAIの技術で実現するプレシジョンメディシン（精密医療・個別化医療）など、現実空間とサイバー空間の融合が進むほどバイオ・メディカルの範囲もまた広がっていきます。わたしたちもデータ駆動型のナチュラルな医療ヘルスケアの実現に向けて、AIによる潜在的な疾病リスク予測や疾病メカニズムの解明、高精度リアルタイムバイオモニタリング技術の開発や生体内に自然に溶け込む新素材の開発など、多角的なアプローチで未来のバイオ・メディカルを創造していきます。

#### ■ 10. 先端素材

先端素材の開発は世界中で各社がしのぎを削る状況にあり、環境に合わせて変化する多機能素材やナノマテリアルのような極小素材へのアプローチ、あるいはバイオテクノロジーや次世代メモリへの注力が進んでいます。わたしたちは「光通信の低消費電力化・低遅延

化に資するデバイス」「ナチュラルな感覚や気付きを提供する素材」「新奇機能の発現」という3つの方向性を定めています。先端素材とその他テクノロジーの開発は、両輪となってこれからも進んでいきます。

### ■ 11. アディティブ・マニファクチュアリング

アディティブ・マニファクチュアリングというと3Dプリンタを思い浮かべますが、その「製造」が意味するところは広範囲へひろがっています。わたしたちは、今後「生体デバイスのパーソナライズ」「光電融合デバイスの進化」「ナノレベルにおける究極の製造技術の実現」という3つの変化が生じると考えています。人工的な身体システムの作製、高度で複雑な光電融合デバイスの製造、原子配列の三次元的制御や原子の直接操作といったナノレベルの製造技術に取り組んでいきます。

### IOWNとは、わたしたちの未来である

昨年発表した新たなコミュニケーション基盤構想であるIOWNについて、エレクトロニクスから「フォトニクス」への転換や、現在のデジタルを超えた「ナチュラル」な技術をめざす取り組みについて解説します。IOWNを形づくるのは、ネットワークから端末まで、すべてにフォトニクスベースの技術を導入した「オールフォトニクス・ネットワーク (APN)」, あらゆるものをつなぎその制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション (CF)」, 実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測などを実現する「デジタルツインコンピューティング (DTC)」の3つです。

さらに2019年10月には、インテル コーポレーションとソニー株式会社とともに新た

な業界フォーラムである「IOWN Global Forum」の設立を発表し、グローバルなパートナーとともに研究開発を進めています。また、IOWNの実現に向けたNTTの技術開発ロードマップについても2020年4月に発表しており、この内容についてもTechnology Reportにて解説しています。

### さいごに

NTT研究企画部門では今後も毎年テクノロジーの動向とNTT R&Dの戦略と取り組みについてまとめて発表していきます。また、今回発表した資料につきましては次頁以降に掲載していますので是非ご覧ください<sup>(1)</sup>。

### ■参考文献

(1) <https://www.rd.ntt/techreport/>



(左から) 前田 裕二 / 大西 隆之 / 村元 厚之

テクノロジートレンドとNTT R&Dの動向をまとめた「Technology Report for Smart World 2020」の冊子とオンラインPDFを発行しています。お客さまとのコミュニケーション等へ活用いただければと思います。

### ◆問い合わせ先

NTT研究企画部門

R&Dビジョン担当

E-mail [technology\\_report-ml@hco.ntt.co.jp](mailto:technology_report-ml@hco.ntt.co.jp)

Technology Report URL: <https://www.rd.ntt/techreport/>



# NTT Technology Report for Smart World 2020

**IOWN: Change the World**

## TABLE OF CONTENTS:

# 目次

- 01 はじめに
- 02 二律背反を解決する未来へ向かって
- 03 環世界で生きていく「われわれ」
- 04 スマートな世界を更新する 11 のテクノロジー
  - 人工知能
  - 仮想現実／拡張現実
  - ヒューマン・マシン・インターフェース
  - セキュリティ
  - 情報処理基盤
  - ネットワーク
  - エネルギー
  - 量子コンピューティング
  - バイオ・メディカル
  - 先端素材
  - アディティブ・マニュファクチュアリング
- 16 IOWN とは、わたしたちの未来である
- 24 おわりに

# INTRODUCTION

## はじめに

いま、世界は大きな転換を迎えようとしています。社会も経済も文化も、これまでのシステムが限界を迎え、世界中の人々が新たなあり方を模索しています。とりわけ新型コロナウイルスの感染拡大によってわずか数カ月で世界は大きく変化し、人々の価値観もこれまでとは大きく異なるものになりました。かつてはペストやコレラなどの疫病によって人々の価値観が変化し、社会や経済システムの変更を求められる歴史もありました。これからは、社会的距離の確保のような新たな要請のなかでもサプライチェーンを保つため、新しい形態で人とモノが移動し流通し、これまで以上に遠隔化したサービスによって新たな社会の仕組みをつくることが求められるはずです。企業も人々もその行動は大きく変容していくでしょう。

こうした変化に応じて ICT の重要性はより一層高まっています。わたしたちはこれまで、ICT を通じて世界を「スマート」に、その世界を支えるテクノロジーを「ナチュラル」なものにすべくさまざまな研究・開発を行ってきました。さらにわたしたちは「**IOWN (アイオン: Innovative Optical and Wireless Network)**」と題した未来のコミュニケーション基盤を構想し、実現に向けて現在多くのパートナー企業とともに議論を重ねています。それは新型コロナウイルスを経て生まれる新たな社会について考えてゆく過程でもあります。

「NTT Technology Report for Smart World 2020」は、これからの世界の変化を考察するうえで重要となる 11 のテクノロジーを紹介しています。それらは現在、世界でさかんに研究が進められているテクノロジーであり、わたしたち自身もたゆまず研究・開発に取り組んでいるものです。もちろんそのなかには IOWN を支える技術もあれば、IOWN によってさらに幅広い活用が見込まれる技術もあるでしょう。

テクノロジーとは、自然に発展し世界をよい方向に導いてくれるものではありません。むしろ近年はいかなる意志をもち、どんな未来を見据えてテクノロジーを開発するのか、それこそが重要な問いとなっています。それゆえ、本レポートもまた、単なる「報告書」ではありえません。本レポートが紹介するテクノロジーやわたしたちの研究事例は、わたしたちが描こうとする未来の「地図」でもあるのです。テクノロジーが環境へナチュラルに溶け込むスマートな世界をつくるために、わたしたちが実現する豊かな未来の地図をつくっていきたくと考えています。

## 二律背反を解決する未来へ向かって Future is “Paraconsistent”

わたしたち人類は、長きにわたり二項対立の世界で生きてきたといえます。20世紀のみを振り返っても、社会主義と民主主義、保護主義と自由貿易主義といった概念の対立が続き、いまなおわたしたちは分断された時代を生きています。グローバル／ローカル、集中／分散、伝統／革新、社会／個人……現代社会を生きるわたしたちはいくつもの二者択一をつねに突きつけられ、どちらかを選ばざるをえないこともあります。

しかし、それらは本当に「二者択一」なのでしょう。世界に蔓延する分断を乗り越えるためには、どちらかひとつを選ぶのではなく、相反する概念をつなぎ合わせる必要があるでしょう。それこそが多様な価値観を認めあう社会の醸成にもつながっていくはずで。

二律背反を乗り越える鍵は、じつはわたしたちが研究・開発を進めるICTのなかにあるのかもしれません。たとえば、コンピュータと通信における分散と集中の関係性を考えてみましょう。中央に巨大なコンピュータだけがあった時代からダウンサイジングによって分散化が始まり、ネットワークの発展によるクラウド化によって再び集中へと戻りました。ここまでは従来の二者択一だといえますが、近年提唱されている概念では、リアルタイム性を求められる処理はエッジコンピューティングで負荷分散を行い、クラウドコンピューティングは全体をコントロールするという、集中と分散が同時に存在し両者

の強みを活かす新たなシステムの実現がめざされています。あるいは、エネルギーについても考えてみましょう。これまではビッグデータの活用による経済発展が見込まれていた一方で、データの処理量が増えるほど消費電力も増加し、環境への影響を懸念する声が高まってきました。経済発展と環境保全是トレードオフにならざるをえなかったのです。しかし、再生可能エネルギーの研究が進めば、経済発展と環境保全を両立させる道が開かれる可能性があります。さらにわたしたちが取り組んでいる光電融合型の情報処理システムによって消費電力を飛躍的に低減させることができれば、両者の対立を根本的に解消できるかもしれません。

「イノベーションの父」と呼ばれる経済学者ヨーゼフ・シュンペーターは自著『経済発展の理論 (Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung)』において、これまでにない新しい組み合わせによる経済発展の可能性を「新結合」と呼びました。そして現在では、この新結合の実行こそが「イノベーション」であると解釈されています。わたしたちがICTの活用によってめざしているのは、一見相反する要素を結合させ両立させることで、まさにこのようなイノベーションを連続的に生み出すことができる世界です。わたしたちはテクノロジーとテクノロジーを、企業と企業を、企業と市民を、これまではなればなれだった存在をつなぎ合わせる“触媒”として、スマートな世界の実現に寄与していきます。

## 環世界で生きていく「われわれ」

## We Live in Umwelt

わたしたちは、多様な価値観をもつ存在がよりよい未来をめざして生きることができる世界を、ICTの活用によって実現したいと考えています。異なる考えをもつ人々が自由に生きられる世界はそれだけでも大きな価値がありますが、ただ共存するだけでなくよりよい未来をともに作りあげられる——そんな世界が実現されたならば、わたしたちがこれまで気づかなかった新たな価値を見つけられるかもしれません。

新たな価値のヒントは、人間以外の生物にあります。言うまでもなくこの地球上で暮らしているのはわたしたち人間だけではありません。しかし、この世界はどんな生物にも同じように見えているわけではないのです。たとえばミツバチは紫外線を知覚できるため、人間が見ている花と同じ色や模様ではなく、人間では目視しづらい花粉や蜜の存在が紫外線によって際立って見えているといいます。あるいは、人間が光を3つの光受容体でとらえているのに対し、シャコは12の光受容体をもつことに加え、円偏波（回転しながら伝わっていく光の波）をとらえることで、エサを即時に見分け捕食する機能をもっているといわれます。人間とミツバチとシャコ、三者は同じ地球上で生きていますが、それぞれの生活環境にあわせたかたちで世界を見ており、そこに異なる意味を見出しています。

生物学者ヤーコプ・フォン・ユクスキュルは、こうした生物種ごとの世界の違いを「環世界」という言葉で表現しました。わたしたちはそれ

ぞれ異なる環世界のなかで生きているのです。しかし、ICTによってその世界を行き来できるとしたら、わたしたちがこれまで気づかなかった価値や意味が見つかるかもしれません。光メタサーフェスを進化させたセンサシステムで人工的にシャコの視覚を実現できるかもしれないし、道路状況を目的に応じて高速かつ適切に解析できれば、これまで取りこぼしてしまっていた情報が浮かび上がるかもしれません。あるいはデジタルツインコンピューティングのような技術によってたくさんの仮想世界を現実と同じスケールで作り出せたならば、いくつもの環世界をシミュレーションすることだって可能でしょう。わたしたちがつくろうとしているIOWNのような高速かつ大容量の情報処理プラットフォームの実現は、未来の人々が異なる環世界を行き来するように生きていける可能性を示唆しています。そんな世界では「われわれ」という言葉が意味するものもいまより多様で豊かになっているでしょう。

人間中心のテクノロジー開発の重要性が説かれることもありますが、いまや人間を中心に据えるのみでは不十分といえるのかもしれません。人間以外のさまざまな生物種に目を向けることが、翻ってわたしたち人間の生を豊かにする可能性も大いにあるのです。異なる生物が異なる“世界”を生きているように、わたしたちは多様な視点からテクノロジーをとらえ、新たなイノベーションを起こしていきます。

# スマートな世界を更新する11のテクノロジー

わたしたちは技術をナチュラルな存在に変え、世界をスマートにしていくために11のテクノロジーに注力しています。すでに研究が進みさまざまな領域で実用化に向かっているテクノロジーから、これから大幅に伸びることが期待される萌芽期のテクノロジーまで、11のテクノロジーがいかにスマートな世界をつくり上げるのかをご紹介します。

1.



## 人工知能

人間を深く理解し、共生する存在へ

2.



## 仮想現実／拡張現実

わたしたちの生活を根底から変える新たな「環境」

3.



## ヒューマン・マシン・インターフェース

サイバーとリアルな身体をシームレスにつなぐ

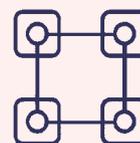
4.



## セキュリティ

価値創造のプロセス全体をセキュアに

5.



## 情報処理基盤

クラウドセントリックからフィジカルデータセントリックへ

6.



## ネットワーク

スマートでナチュラルな社会を支える基盤インフラ

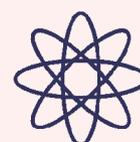
7.



## エネルギー

次世代マイクログリッドと次世代エネルギーによるレジリエンス

8.



## 量子コンピューティング

新しい計算原理による新たな情報処理の可能性

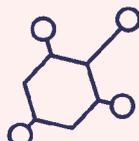
9.



## バイオ・メディカル

ICTとAIを巻き込んだ新たな医療システムのかたち

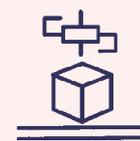
10.



## 先端素材

新たな“感覚”をも実現しうる新奇素材創生

11.



## アディティブ・マニファクチュアリング

異素材を融合し、複雑かつ多様な形状を実現するデバイス



## 人間を深く理解し、共生する存在へ

これまで多くの研究機関が大量の学習データを投入し人工知能（AI）の性能向上に注力してきた結果、さまざまな領域で実用化が進んできており、AIを使ったサービスは日常的な存在になりつつあります。今後、現実空間とサイバー空間がこれまで以上に密接にからみあうようになれば、より一層人間の生活にAIは溶けこんでくるでしょう。

しかし、AIと人間がより密接に関わっていくならば、それは道具のような存在ではなく一人ひとりの人間を深く理解し自然に寄り添ってくれる、共生できる存在へ変わらねばなりません。そのためにはただ人の振る舞いを分析し実現するだけではなく、その背景にある文脈や社会規範、価値観を理解できなければいけません。

こうした変化に対応すべく、わたしたちもさまざまなアプローチで人の心理や価値観、能力を深く理解するAIの研究に取り組んでいます。人と人とのコミュニケーションを深く分析することによる思考や心理のモデル化はもちろん必要ですが、常識や良識として人や社会に潜在する暗黙知を

“集合知”として抽出しなければ人の意思決定を正しく理解することはできないでしょう。あるいは、いずれ人のデジタルツインを生成し現実空間でもサイバー空間でも仕事や運動などさまざまな活動を行う環境が実現されるとすれば、人の行動や能力をモデル化して単に人を再現するだけでなく、さらに能力を拡張しうる技術も求められてくるはずです。

こうした領域の研究を進めるうえで、データの構造化技術や機械学習モデル生成技術の改良が重要なことは言うまでもありませんが、同時により深く「人間」という存在を考えなおしていくアプローチが重要となります。脳科学などを通じて身体や思考のメカニズムを解き明かすことや、人文的・哲学的アプローチによってそもそも「人間」とはいかなる存在なのか、何が人間を人間たらしめるのかを再考しなければ人の可能性を拡張することは難しいでしょう。その先にこそ、人と信頼関係を築ける未来のAIがありうるとわたしたちは考えています。

### 注目のトピック

## 京都大学との 共創プロジェクト

IOWN 構想の実現に向け、人の生きがいや倫理、社会制度などを検討する取り組みを推進していくために、わたしたちは2019年11月から京都大学の出口康夫文学研究科教授を中心としたグループとの共創プロジェクトを実施しています。本プロジェクトは領域横断的な知としての哲学を新たに導入し出口教授が提唱する東洋的自己観にもとづいて、現実世界と仮想世界の分断、また人や社会のさまざまな分断を乗り越えるための新たな価値観の構築をめざしています。



キーワード

思考・心理モデル化技術

価値観処理技術

個性情報処理技術

人の行動・能力モデル化技術



## わたしたちの生活を根底から変える新たな「環境」

仮想現実／拡張現実（VR/AR）はすでに数多くの領域で実用化が進んでおり、さまざまなプロダクトやコンテンツが生まれています。たとえば「Xbox」や「PS VR」などを通じたゲーム体験へのVR導入は歴史が長く、eスポーツ産業の勃興を受けて、今後さらに開発が進むことが予想されます。あるいはゲームのような娯楽やスポーツの領域だけではなく、VRを使った疑似外出体験による高齢者ケアといった新たなアプリケーションも注目されています。

しかし、わたしたちはこうしたプロダクトだけではなく、人間の生活全体へとVR/ARが溶けこんでいくはずだと考えています。とりわけ大きな飛躍となるのは、デジタルツインコンピューティングの進展でしょう。現実空間とサイバー空間を密接に連携させ両者を分け隔てなく行き来できるようにするうえで、VR/AR技術はより一層重要な役割を果たすはずで、現在すでに視覚だけでなく聴覚や触覚、力覚などへのアプローチも進んでいますが、今後は五感を再現して人へフィードバックするだけではなく、現実空間のより

高度なセンシングや情報収集によって人やモノ、環境をリアルタイムにデジタル化・モデル化し、それを人にフィードバックしていくことも求められます。もちろん、それをいかにナチュラルに、人への負担なく実現するかも大きな研究課題となります。

VR/ARとリアルタイムなモデル化との融合は、現実空間とサイバー空間の境界を消失させるだけではありません。たとえばゼロレイテンシメディア技術は、通信による遅延の発生を予測技術でカバーし、時空間を超えたコミュニケーションやインタラクションの実現へとつながります。エンターテインメントの領域においても新たな参加体験が生まれるでしょう。

VR/ARは、わたしたちの生活を根底から変える新たな「環境」をつくるための技術といえます。ICTリテラシーによらず誰もが未来予測の恩恵を受けるためにVR/ARは不可欠だとわたしたちは考えています。

### 注目のトピック 空間創出技術

空間創出技術は、得られたセンシングデータ以上のデータを過去の同様のシーンや人物の形状を考慮することで推定する技術です。わたしたちはこれまで深層学習を用いて2D映像から3D空間情報をリアルタイムに生成する技術を開発してきました。本技術はニコニコ超会議2019で実際に利用されており、今後は、3D空間情報と被写体抽出技術などを組み合わせることで、別の実写映像へと“変容”することにも取り組んでいくことを考えています。



キーワード

ゼロレイテンシメディア技術

5感+α技術

パーソナルツイン基盤技術



## サイバーとリアルな身体をシームレスにつなぐ

ヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）の存在は、デジタルツインコンピューティングのように現実空間とサイバー空間が密に連携する環境においてはその活用領域が爆発的に広がります。現在わたしたちが目にはしているのはスマートフォンやタブレットに代表されるタッチペースのインターフェースですが、今後、急速な発展が予想される自動運転への適用をはじめとして、より広い領域でのインターフェース活用が期待されています。

そのなかで今後重要となるのは「アンビエント」という概念でしょう。人にとって無理のないかたちで情報提供を実現するアンビエントウェア技術や、人が感知できない情報を活用し周囲の環境から人の活動を妨げることなく自然に支援するアンビエントアシスト技術にわたしたちは注目しています。現在は「インターフェース」と呼ばれるように人間が意識的に使用する道具と位置づけられていますが、これからは人間が意識できないレベルへとその存在が溶けこんでいくと考えられます。たとえばわたしたちが定義

づけて現在研究を進めている「Point of Atmosphere」（PoA）は、人間への自然な情報提示と働きかけで、現実空間とサイバー空間をつなぐための新たなインターフェースです。PoA を通じてコミュニケーション／インタラクションを行うことで、人間と環境はよりナチュラルに融合していくと考えられます。

VR/AR が環境や五感のデータをリアルタイムにモデル化し人に働きかけていたとすれば、HMI はロボティクスデバイスなどの助けを得て、より人間の「知覚」や「行動」のアップグレードにフォーカスするものだといえるかもしれません。現在わたしたちが進めているプロジェクトでは、人間の運動機能を最大限に引き出すといった課題にも取り組んでいく予定です。VR/AR がサイバー空間における人々の活動を促進できるように、HMI は現実空間における人々の活動を拡張していきます。HMI はただの道具ではなく「身体」そのものの可能性をアップグレードしていく存在なのです。

### 注目のトピック

#### ダンシングペーパー

本技術は、明滅する背景上に置いた印刷物に動きの錯覚を生じさせる情報提示手法です。電子ペーパーと組み合わせることで、屋外の広告やサインで動きの印象を印刷物に付与できます。電子ペーパーは反射型のディスプレイであるため、陽の当たる場所でもその明滅をくっきりと感じることができます。明るい場所に配置された広告やサインに動きの印象を付与することができ、視覚情報を豊かに、また、目を引く形で表現することができます。



キーワード

Point of Atmosphere

アンビエントアシスト技術

サイバネティクス UX 技術



## 価値創造のプロセス全体をセキュアに

インターネットが社会のあらゆるヒトとモノをつなぐ現在、サイバー犯罪やサイバーテロなどネットワークセキュリティのリスクは飛躍的に高まっています。また、近年は個人のヘルスケアデータや企業の営業情報など、プライバシーに対する懸念や法的な制約からデータの高度な利活用が難しかった分野における、データ利活用の有用性が注目されています。さらに、これらの分野における法制度整備が世界的に進んでいます。この流れは、今後現実空間とサイバー空間が密に連携するスマートな世界においてより一層強まると考えられます。サイバー空間への攻撃は現実空間にも大きな影響を及ぼし、脅威に曝される機会と被害の程度・範囲は指数関数的に増大していくでしょう。

わたしたちはそうしたリスクに対応すべく、セキュリティ対策で増え続けるオペレーションコストの問題を解決しながらセキュリティ被害を最小限にとどめる技術を開発しています。たとえば、被害の極小化においてはセキュリティ対策の自動化・自律化を進めています。信頼できない機器やネッ

トワークが接続するゼロトラストネットワーク上でのサイバーセキュリティ技術や AI の防御技術、人間を狙ったソーシャルアタックへの対応技術も含まれます。また、暗号化したデータを元のデータに戻すことなく計算可能とする「秘密計算技術」やパーソナルデータを特定の個人が識別できないように加工する「匿名化技術」に代表されるデータ流通・利活用技術の確立もめざしています。もちろん、データをより横断的に活用していくためには、新たな法制度や社会規範も整備されねばなりません。わたしたちはプライバシーや法制度も考慮して技術を開発し、技術に即した記述を法律に盛りこむ働きかけをしていくことでよりよい制度や規範を実現する研究も進めていきます。

さらにわたしたちは、サイバーセキュリティ分野におけるコミュニティ活動や人材育成活動、量子コンピューティングが実現しても解読や偽造が困難な暗号理論分野など、「スマートな世界」実現後の次の時代に必要とされる研究活動にも注力しています。

### 注目のトピック

## 匿名加工技術

わたしたちは個人情報保護委員会が規定した匿名加工情報作成の基準に沿って、匿名性と有用性のバランスのとれた匿名加工情報の作成を支援する「匿名加工情報作成ソフトウェア」を開発しました。従来はデータの一般化による情報損失が課題でしたが、攪乱的な手法によりデータの粒度を変えずに匿名性を担保する「PK-匿名化」を導入することで、情報損失が少なくより正確で幅広い分析が可能となる匿名加工情報を作成できるようになります。



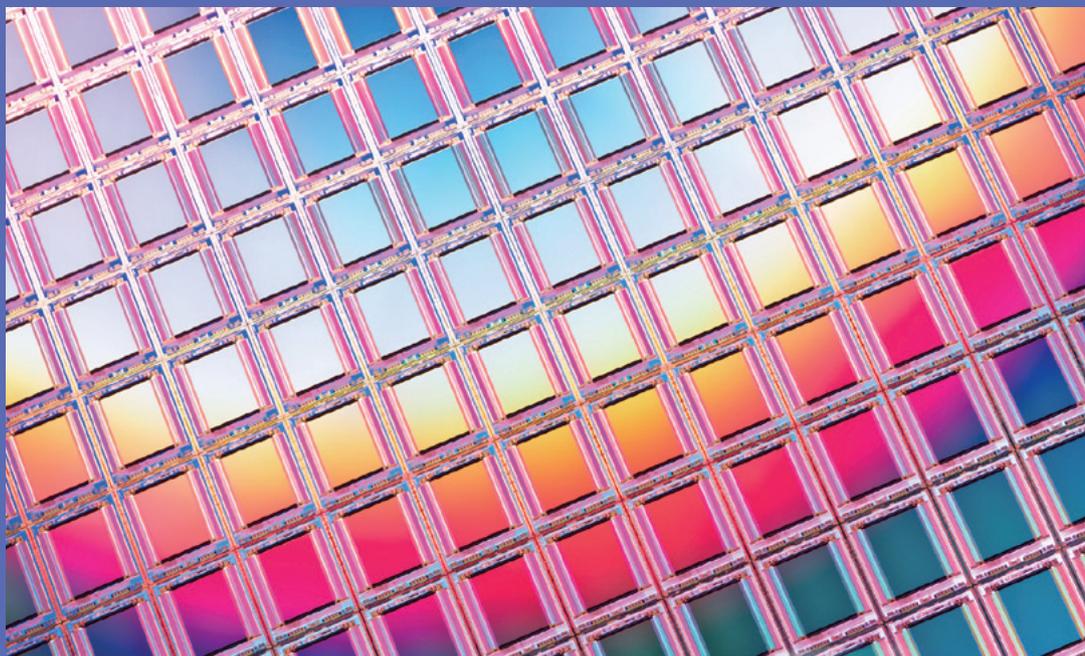
キーワード

秘密計算技術

匿名化技術

サイバーセキュリティ

耐量子計算機暗号



## クラウドセントリックからフィジカルデータセントリックへ

スマートな世界のインフラとなる次世代情報処理基盤の重要性が年々高まっており、映像や各種センサからの情報をもとにしたシステム制御により、さまざまな分野でヒトの能力を超えた最適な行動選択や未来予測の実現が期待されています。しかし、実現のために必要なデータ処理への要求は急激に変化しており、既存の情報処理基盤では実現が難しくなりつつあります。また、これらを支えるインフラの超低消費電力化も持続可能な社会をめざすうえで考慮していかなければなりません。

そこでわたしたちは、従来の情報処理基盤の限界を超え、現実空間の膨大なデータをきわめて低遅延で処理可能な技術に挑戦しています。これまでは分散コンピューティングなどの技術によって高性能化を進めてきましたが、さらに高度な技術の確立に向けて、データ中心の情報処理基盤、それを支える多地点・超高速・低遅延を特徴とする新たなコンピューティング技術、ならびに光通信デバイスの活用によるエネルギー効率向上などから構成される技術ロー

ドマップを描いています。現在進んでいるクラウド中心の次の世界を想定したデータセントリックコンピューティング技術や、さまざまな計算機リソースを低遅延の光デバイス技術で統合的につなぐことにより、柔軟にスケラブルな演算能力を提供するディスアグリゲータッドコンピューティング技術などを IOWN 構想に取りこんでいくことで、ナチュラルなサイバー空間の創造を加速していきます。

将来的には、さまざまなデータを高速低遅延につなぐデータハブを通じて多数の端末やノードの間の連携が加速され、複数の AI サービスを組み合わせる新しいサービスをつくるようなマッシュアップ型開発も可能になるでしょう。多数の AI システムの協調により、社会規模の全体最適化や大規模シミュレーションを通じた未来予測の実現をめざします。

わたしたちがいまめざしているのは、既存のプラットフォーム技術の延長ではありません。複数の AI システムが組み合わせりながら世界をつくりあげていく学習モデルの「エコシステム」なのです。

### 注目のトピック

## フィジカルデータ セントリック コンピューティング

わたしたちは実世界の事象をデータ化した情報を「フィジカルデータ」と呼び、これを生成し流通させ活用するコンピューティングを「フィジカルデータセントリックコンピューティング」と名づけました。実世界のデータ化やその流通や分析など各フローにおける課題はまだ残っているものの、個別最適化から全体最適化への転換や、ビジネスチャンスや災害リスクへのリアルタイムな応答など、その実現によってもたらされる価値創造は非常に大きなものと考えられます。



キーワード

データセントリックコンピューティング技術

ディスアグリゲータッドコンピューティング

散在データ仮想統合技術



## スマートでナチュラルな社会を支える基盤インフラ

ネットワークがスマートな世界の基盤となることは言うまでもありません。近年はネットワークの仮想化や非中央集権型のネットワークが注目されていますが、わたしたちは従来の電気処理ベースのネットワークが早晚限界を迎えると考えています。そして、光ベースの技術への転換により、低消費電力・高品質・大容量・低遅延といったすべての課題を解決するネットワークをつくり出そうとしています。

IOWN の構成要素のひとつでもある「オールフォトニクス・ネットワーク」(APN) はその最たるものだといえるでしょう。APN は光電融合素子を活用した電気変換箇所の極小化、すなわち究極的な光化によって、これまでとまったく異なるネットワークを実現する技術です。端末からサーバまでエンドエンドでオール光の情報伝送を行い、オール光に対応した新たなデータ通信方式が革新的な超大容量・超低遅延通信を可能にします。これにより、データセントリック型の新世代 ICT インフラや、超高速の分散クラウドコンピューティングが現実のものとなります。

さらに、IOWN のもうひとつの構成要素である「コグニティブ・ファウンデーション」は、変化するサービスやビジネスに対して、ネットワーク自体がリソース需要を予測して自律的かつ弾力的に最適化を行う世界をめざしています。これにより、ネットワーク運用の完全自動化が実現する日も来るかもしれません。また、利用者やアプリケーションにとって、利用する無線ネットワークを意識することなくナチュラルに通信が行えるような世界をめざしています。

加えて、JAXA と協働して行う MIMO を活用した衛星通信や、海中通信などネットワークがつながる範囲も急速に拡大しています。これまでのネットワークは、サービスやデータ、ユーザを安定してつなぐことが役割でしたが、今後は地球規模でさまざまな場所にある、人間の感覚を超える精度の環境情報を超大容量・超低遅延につなぐことで、現状をはるかに超える付加価値を連鎖・拡大させることも可能だとわたしたちは考えています。

### 注目のトピック

## 衛星 MIMO 技術

これまで、送受信双方が複数のアンテナを使い同時かつ同一周波数で異なる情報を伝送する MIMO 技術は低軌道衛星での活用が難しいといわれていました。しかし、わたしたちが保有する受信タイミング・周波数誤差が異なる複数信号に対して干渉補償して分離する技術と、JAXA が保有する低軌道衛星システム設計にかかる知見を組み合わせることで、衛星においても MIMO 技術を用いた宇宙大容量通信の時代が近づいてきています。



キーワード

オールフォトニクス・ネットワーク

コグニティブ・ファウンデーション

波長制御技術

低軌道衛星 MIMO 技術



## 次世代マイクログリッドと次世代エネルギーによるレジリエンス

世界中の企業が SDGs の達成を目標とし人々の環境意識も大きく変わっている時代にあって、エネルギー分野の研究開発には大きな躍進が求められています。エネルギーの効率化は多くの企業が取り組む課題であり、再生可能エネルギーの利用率向上を実現すべく各社がしのぎを削っています。こうした状況のなかで、わたしたちはいつでも・どこでも・誰でも・無駄なく・安全に低炭素なエネルギーを利用できる世界の実現をめざしています。

そのために必要なのは、わたしたちが保有する電力系技術をネットワーク系技術と掛け合わせて新たなエネルギー技術を確立することです。たとえば再生可能エネルギーに関しては、仮想エネルギー流通基盤技術の確立によって全国に点在する数十万台レベルの電力リソースを監視・制御することで、極めて大規模な仮想発電所の実現をめざしています。人的要因も考慮したリアルタイムの需給予測によってエネルギーの地産地消と地産他消も可能となるはず。また、次世代マイクログリッド基盤技術の確立は再生

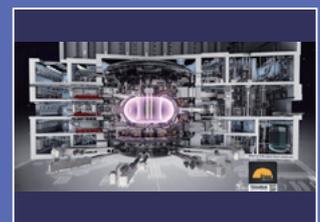
可能エネルギーとも連携し、柔軟かつキャリアグレードの信頼性をもつ直流・交流連携型の電力基盤の実現へとつながっていくでしょう。これらと並行して、どこにでもあるさまざまな微小エネルギーを活用する技術の開発も進めており、停電時でも光のような微小エネルギーで動作できる通信機器の実現も見込んでいます。こうした研究開発によって、わたしたちは各地に再生可能エネルギーを最大活用した災害に強い地産地消エリアを形成できると考えています。

さらに、核融合発電や衛星を活用する宇宙太陽光発電、大きな可能性を秘めている雷充電など、わたしたちはこれまで以上に広範な取り組みを進めていきます。核融合エネルギーについては ITER 国際核融合エネルギー機構（ITER 機構）との「ITER 計画」に関する包括連携により、人類初の実規模での核融合エネルギーの実証に貢献していきます。グローバルでも国内でも、わたしたちの取り組む新たなエネルギーはスマートな世界の原動力となっていくはず。

### 注目のトピック

## ITER 計画

平和目的のための核融合エネルギーが科学技術的に成立することを実証するため、人類初の核融合実験炉（ITER）を実現しようとする、日本・欧州・ロシア・米国・韓国・中国・インドの 7 極が参加している超大型国際プロジェクトで、国際機関である ITER 機構が ITER 計画を実施しています。わたしたちも民間企業として支援しています。南フランスで建設中の ITER（核融合実験炉）は 2025 年の運転開始を予定しており、2035 年には 50 メガワットの入力エネルギーから 500 メガワットの出力エネルギーの生成をめざしています。

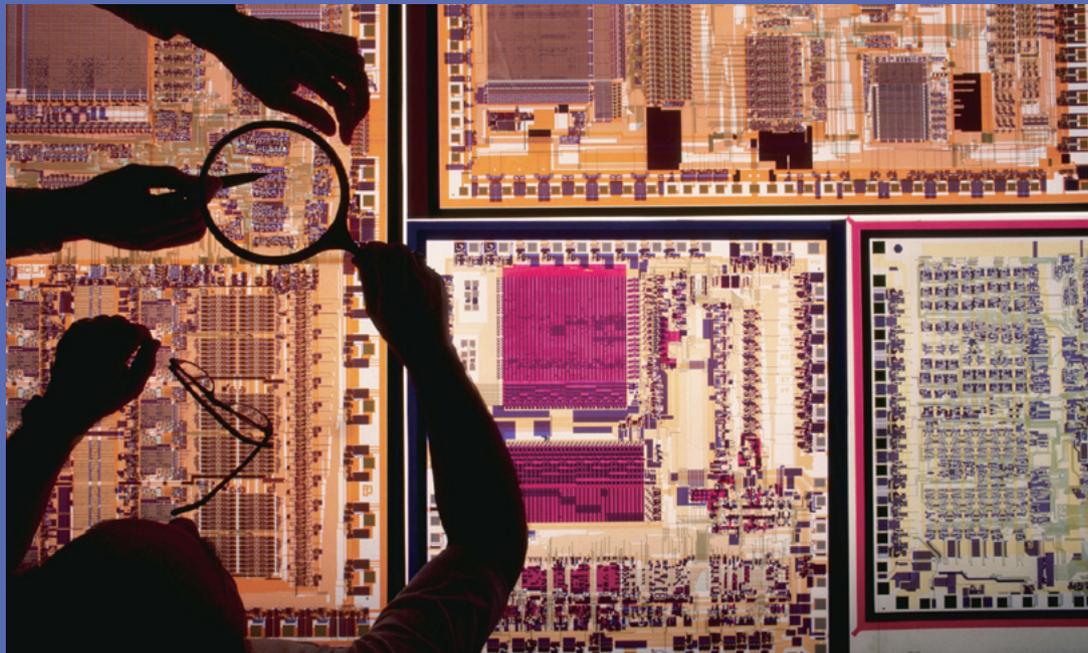


キーワード

次世代マイクログリッド基盤技術

仮想エネルギー流通基盤技術

核融合発電



## 新しい計算原理による新たな情報処理の可能性

従来型のコンピュータを遥かに上回る性能をもつことで知られており、ほぼすべての産業での活用が見込まれている量子コンピューティング。現在は欧米や中国など各国の企業が独自のコンピュータ開発を進めています。わたしたちも同様に革新的なコンピューティング技術の開発を進めています。

大規模かつ複雑なデータ構造をリアルタイムに処理し、現状をはるかに超える利便性を社会へ提供することは、従来の計算技術だけでは極めて困難です。有限の時間とエネルギー制約のなかで IOWN のような次世代コミュニケーション基盤を発展させるうえでも、高速な計算処理技術は極めて重要なものだといえるでしょう。

わたしたちの研究の取り組みは大きく3つに分かれています。まず、現在のコンピュータ（ノイマン型）と同じ構成で、これまで蓄積されたソフトウェア技術を有効活用できる「ノイマン型ポストムーアコンピューティング」。光インターコネクト技術やアクセラレータ技術を活用し、現在の CPU

や GPU の速度や消費電力の限界を超える新しいデバイスの研究を進めています。同時に、現在のコンピュータとまったく構成の異なる「非ノイマン型ポストムーアコンピューティング」にも取り組んでおり、ここでは光の物理的性質を利用して問題を高速に解く「LASOLV」の研究開発を続けています。すでに動作している LASOLV の大規模問題適応と安定化技術や、さまざまな問題を LASOLV へと適応させるミドルウェア技術がこの方向の研究に位置づけられます。

3つめは、これまで挙げたふたつのポストムーアのさらに次の時代を見据えた「新原理による高速高効率な量子情報処理」です。量子力学に特有な量子もつれなど、現在使われていない物理現象を利用した革新的な情報処理技術をわたしたちは探求しています。量子情報処理の理想系から、現実の物理系までをつなぐ量子理論研究を通じて新たな計算技術を確立することで、スマートな世界では「情報」の扱われ方そのものも大きく変わるかもしれません。

### 注目のトピック

## LASOLV

まったく異なる概念に基づき提案されている計算手法「イジング型計算」。多くの最適化問題に適用できるこの計算を実現するため、わたしたちは光を使った新しいイジング計算機である「コヒーレントイジングマシン」を実現しました。通信網や交通網、ソーシャルネットワークなど、社会を構成するさまざまなシステムが大規模化／複雑化する時代にあって、コヒーレントイジングマシンの実現はより高速な最適化問題の解決を意味します。



キーワード

コヒーレントイジングマシン (LASOLV)

トポロジカル量子計算

全光量子中継



## ICTとAIを巻き込んだ新たな医療システムのかたち

バイオ・メディカルテクノロジーとは、もはや生物学や化学、医学のなかだけで開発されるものではありません。現実空間とサイバー空間の融合が進めば進むほど、バイオ・メディカルがかかわる範囲もまた広がっていきます。とくに近年注目されているのは、ICTやAIと融合することで実現するプレジジョンメディシン（精密医療・個別化医療）でしょう。

これからの医療は独立した領域ではなく、さまざまなデータと紐づきながら大きなエコシステムを形成していきます。たとえばプレジジョンメディシンもそれ単体で成立しているのではなく、身体の異常検知・予知を可能にする高精度な常時モニタリングが不可欠ですし、遠隔AI診断や遠隔触診・聴診といったオンライン医療が機能することでその効果が発揮されます。あるいは、リアルタイムに生体情報を解析することで無理なく健康を進進する行動を促すナチュラルケアの技術もまた、プレジジョンメディシンの実現に大きく寄与します。

わたしたちもまた、ICTやAIをバイオ・メディカルテクノロジーと融合させることでデータ駆動型のナチュラルな医療ヘルスケアの実現をめざしています。個人のゲノム情報を解析し潜在的な疾病リスクの予測や疾病メカニズムの解明をAIによって行うほか、日常の行動や日々の生体情報を分析するために、hitoe®心電図計測や非侵襲血糖センサなど高精度リアルタイムバイオモニタリング技術の開発に取り組んでいます。

加えて、よりナチュラルな医療を実現すべく、生体内に自然に溶けこむ新素材の研究開発も行なっています。自然に身体と融合するインプラント材料や生体機能を補完する人工神経ネットワークや人工細胞チップの作製、あるいはタンパク質やウイルスなどの超高感度バイオセンシング技術の研究開発も進めています。このようにICTやAI、生体技術といった多角的なアプローチを試みることで始めて、未来のバイオ・メディカルを創造できるとわたしたちは考えています。

### 注目のトピック

## 東大病院との 共同研究

わたしたちは東大病院 22 世紀医療センターとともに、同病院の保持する大規模コホートデータとわたしたちのデータ分析技術をもとに共同研究を開始しています。本研究では運動器の障害のために要介護リスクが高まる「ロコモティブシンドローム」の影響因子の解明や、生活習慣病・認知症などの疾患との相関性の解明、さらには効果的な介護予防・介入方法の検討とその社会実装をめざしています。

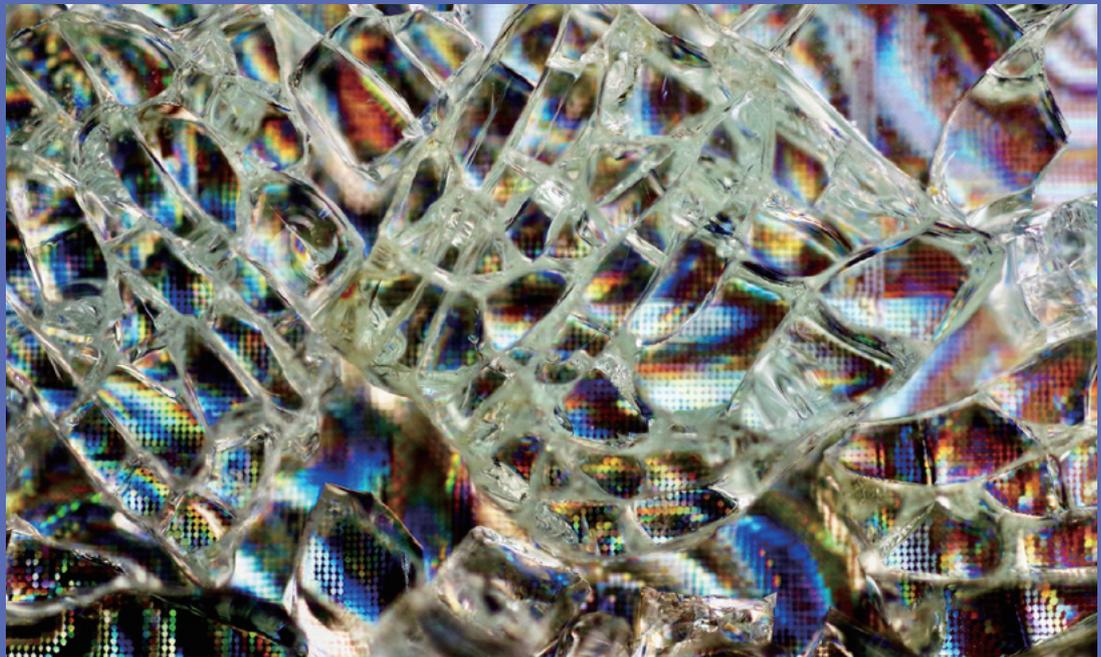


キーワード

個別化医療技術（プレジジョンメディシン）

リアルタイムバイオモニタリング

生体適合性材料



## 新たな“感覚”をも実現しうる新奇素材創生

現在先端素材の開発は世界中で各社がしのぎを削る状況にあり、環境に合わせて変化する多機能素材やナノマテリアルのような極小素材へのアプローチ、あるいはバイオテクノロジーや次世代メモリへの注力が進んでいます。材料開発にかかる時間の短縮など従来の課題を解決する取り組みは増えていますが、一方ではバイオマテリアルのような領域ではまだまだ多くの課題が残されています。

わたしたちも先端素材の研究・開発に取り組んでいます。単に新しい素材や高機能な素材を開発するのではなく、わたしたちの描くスマートな世界の世界観に合わせ、「光通信の低消費電力化・低遅延化に資するデバイス」「ナチュラルな感覚や気づきを提供する素材」「新奇機能の発現」という3つの方向性を定めています。

光通信デバイスの確立においては、たとえば大容量化のためにマルチコアファイバや小型コヒーレント送受信機の開発、長延化のために高出力光源や高感受光素子の開発が進んでいるなど、その目的に応じて新たな素材も求めら

れています。同時にポスト5Gを見据えたテラヘルツ領域の超高周波電子デバイスやメタマテリアルの研究も進んでおり、高速なネットワークを人々が自然に利用するために新たな素材は必要不可欠だといえるでしょう。

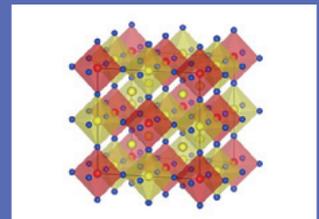
ナチュラルな感覚や気づきの創出においては、デバイスの存在を感じさせないために超小型化・透明化を実現する素材の開発を行なっています。ナチュラルエレクトロニクスと呼ばれる電池の透明化や回収不要化は進んでおり、こうした素材はこれから身近な場所に続々と導入されていくかもしれません。

わたしたちがめざすスマートな世界の可能性をさらに広げうるのが、新奇機能をもつ素材の研究でしょう。究極の薄さと機能をもつ原子・分子層材料や高効率エネルギー変換材料や、生体機能を補完するインプラント素材が実現すれば、さまざまなテクノロジーはよりナチュラルな存在となってわたしたちの生活に溶けこんでいくでしょう。先端素材とその他テクノロジーの開発は、両輪となってこれからも進んでいくのです。

### 注目のトピック

## 新物質 $\text{Sr}_3\text{OsO}_6$

約780°Cという高温まで磁石としての性質をもつ新物質  $\text{Sr}_3\text{OsO}_6$  を世界で初めて合成・発見しました。これは電気を通さない物質（絶縁体）の強磁性転移温度を88年ぶりに更新するものです。また、理論計算の併用により、高い温度で強磁性が発現するメカニズムに関する基礎科学的な知見も得られました。この物質の発見は、室温～250°C程度の実用的な温度で安定に動作する磁気ランダムアクセスメモリなど高機能磁気素子の開発につながると考えられます。



キーワード

機能性原子層材料

光電融合向け先端素材

新奇機能を備えた先端素材

窒化物半導体



## 異素材を融合し、複雑かつ多様な形状を実現するデバイス

アディティブ・マニファクチュアリングという3Dプリンターを活用したパーツや商品の製造を思い浮かべる人も多いかも知れませんが、その「製造」が意味するところはこれまでとは比較にならないほど広い範囲へ広がっています。世界的に見ても新たな素材や製造手法の追求は進んでおり、ナノスケール3Dプリンティングと呼ばれるように極めて小さなものをプリントするなどの技術がつつぎと登場しています。

わたしたちは、アディティブ・マニファクチュアリングの発展によって今後「生体デバイスのパーソナライズ」「光電融合デバイスの進化」「ナノレベルにおける究極の製造技術の実現」という3つの変化が生じるはずだと考えています。生体デバイスにおいては、細胞や生体分子を「インク」として出力し、人工血管や人工関節、人工角膜や人工心臓さえも生成できるようになることが期待されています。ただ臓器や骨をつくるだけでなく人工神経ネットワーク作製技術の開発も進んでおり、身体のシステムそのものを人工的

に再現できる日が近づきつつあります。こうした生体デバイスは今後再生医療のキーテクノロジーとなることが期待されており、一人ひとりに合わせて最適な医療を提供するうえでも重要な存在となるでしょう。

また、さまざまな先端材料を掛け合わせる異種材料融合デバイス製造技術によって、これまでは製造できなかった高度かつ複雑な光電融合型デバイスも製造可能に。「職人」の知見に頼らないデータ駆動型プロセスインフォマティクス／マテリアルズインフォマティクスが組み合わせれば、高度な光デバイスによる消費電力の飛躍的削減も実現し、サステナブルなネットワーク構築へとつながっていくでしょう。

より長期的な視点では、原子の配列を三次元的に制御する技術や原子の直接操作を可能とする製造技術の創成にも取り組んでいきます。複雑かつ多様な形状・材料からなるデバイスを実現することで、「サステナブルなネットワーク」の構築のみならず、わたしたちにとっての「身体」や「医療」の概念も大きく変わっていくかもしれません。

### 注目のトピック

## グラフェンとパリレンによる人工神経ネットワーク

従来人工的な神経ネットワークなどの生体試料の構造物は脆弱で壊れやすく、そのままでは成形やハンドリングなど精密な操作は困難だといわれていました。そこでわたしたちは長年研究してきたナノ材料のグラフェンとパリレンを使って微細な三次元構造を組み立てることに成功。この構造体を「鑄型」として微小な神経組織様構造を人工的に再構成することで、構造体内外にてネットワーク形成を行い、細胞間相互作用を示すことを確認しました。



キーワード

異種材料融合デバイス製造技術

多層化技術

積層高速化技術

4Dプリンティング

## IOWNとは、わたしたちの未来である

わたしたちの未来をつくる新たなコミュニケーション基盤、「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)」。

わたしたちは IOWN 構想のもと、従来のインフラの限界を超えたあらゆる情報を活用し、あらゆる側面で遠隔でのサービスを可能とし、多様性を受容する社会の構築につなげるため、光を中心とした革新的技術で大容量・超低遅延・超低消費電力を特徴とした革新的なネットワーク・情報処理基盤の実現をめざしています。2024 年の仕様確定と 2030 年の実現に向けて、パートナーのみならずともにさまざまな議論を始めています。

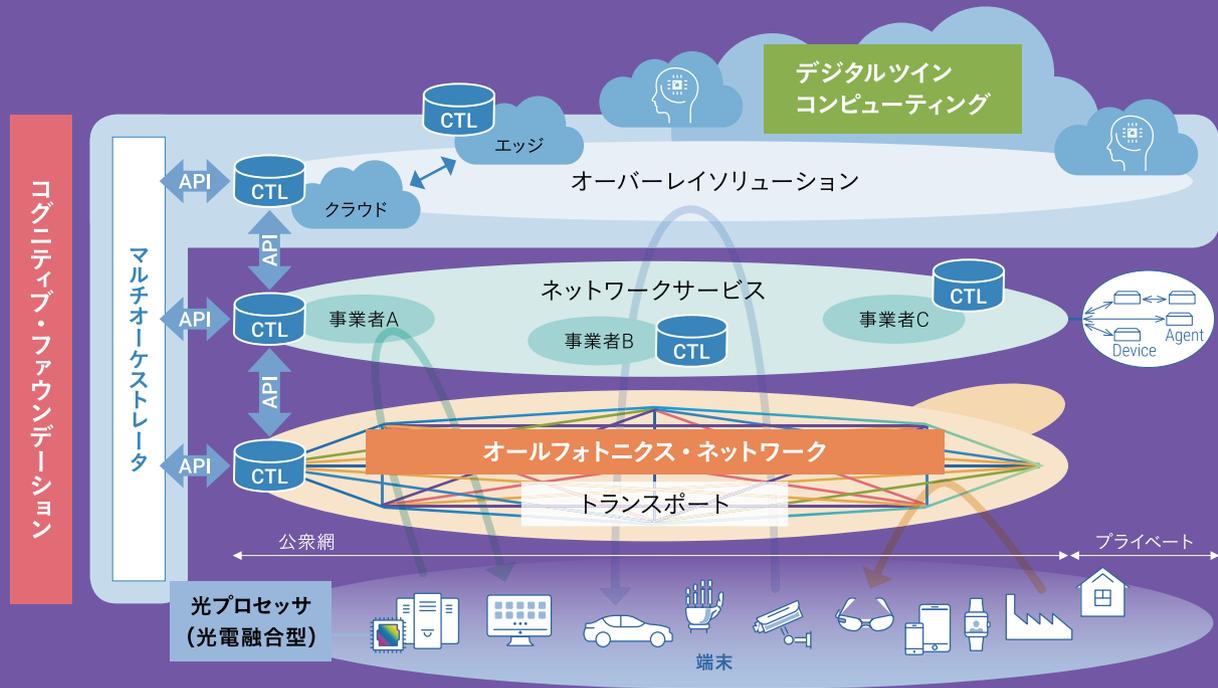
多様性に満ちた新たな世界を可能とするのは、他者への理解であり、理解を深めるためには、自分とは違う他者の立場に立った情報や感覚、他者の目線を通じた情報を得ることが大きな助けになるでしょう。この世界を技術で実現するためには、より高精細で高感度なセンサを開発してより多くの情報を得ることはもちろん、他者の感覚、さらには主観にまでも踏みこんだ情報処理が要求されます。このような技術によって実現した結果を人間がストレスを感じることなく自然に享受し、その結果として得られる心地良い状態を「ナチュラル」、人と環境が調和した世界を「ナチュラルハーモニック」と名づけ、これを追求していきます。

加えて、インターネットの進展やスマートフォンの普及によって、社会のあり方は

大きく変わっています。IoT 機器を含めて身の回りのあらゆるものがつながり、画一的なオフィスだけでなく、自宅やシェアオフィスなど場所にとらわれることのない多様な働き方、実店舗ではなく端末を通じた商品やサービスのオンラインでの注文が当たり前になっていく現在、インターネットはわたしたちの生活にとって必要不可欠の存在となっています。一方で、こうした変化に伴いインターネット上を流れる情報量も爆発的に増大し、既存の情報通信システムの伝送能力や処理能力の限界、IT 関連機器のエネルギー消費量の増大が大きな課題となっています。たとえば日本国内のインターネット内の 1 秒あたりの通信量は 2006 年から約 20 年間で 190 倍になると推計されており、世界全体のデータ流通量は 2010 年時点で 2 ゼタバイトとされていましたが、2025 年には 175 ゼタバイトと実に 90 倍近い増加が予想されています。IT 機器による消費電力も現時点ですでに大きな問題となっていますが、2006 年から 2050 年で約 12 倍増加すると考えられています。ムーアの法則に従って成長してきた LSI など半導体の微細化が困難となりつつあり、情報化社会がこれまでと同じかたちで成長を続けること自体が今後は難しくなっていくかもしれません。

こうした課題を受け、IOWN は現状の ICT 技術の限界を超えた新たな情報通信基盤をめざしています。その大きな特徴は、「エレクトロニクス」から「フォ

## IOWN の構成



トニクス」への転換にあります。長距離伝送は光で、サーバやルータでの情報処理は電気というこれまでの常識を変え、フォトリクス技術を使って情報処理にも光の技術を導入していきます。オール光のネットワークと、光と電気の長所を融合した情報処理によって革新的な大容量・低遅延・低消費電力を実現することにより、環境に優しい持続的な成長、究極の安心・安全の提供、潤沢な演算リソースによる多様性に富んだ個と全体

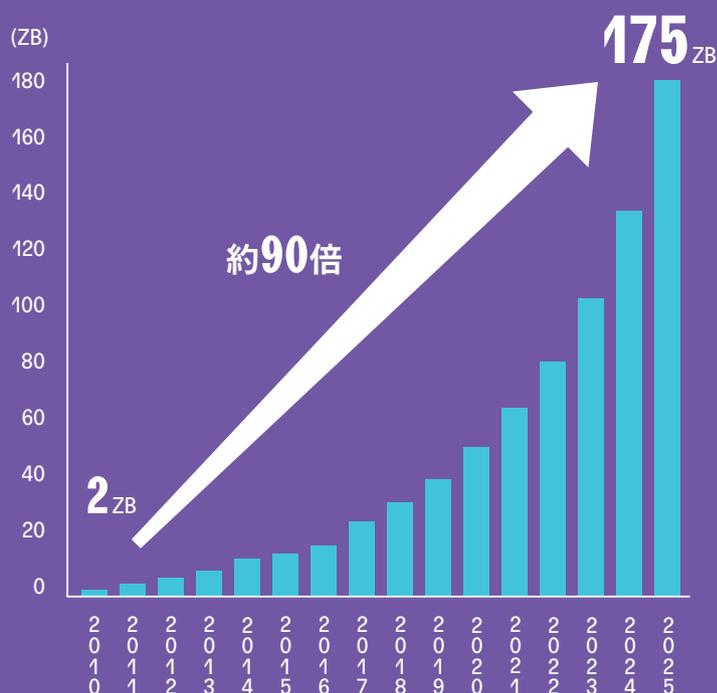
の最適化といった目標をめざしていきます。その先には、リテラシーの有無によらずすべての人がデジタルテクノロジーの恩恵を“ナチュラル”に受けられる世界が待っているはずで

### 基盤をつくる3つのテクノロジー

こうした世界を実現するためには、以下のような課題を解決する必要があります。「消費電力の大幅な削減、通信の広帯域

## データ量の増加の推計

出典: IDC 「The Digitization of the World From Edge to Core」 (2018.11)



化によって、爆発的に増大する計算量にも対応した莫大な処理能力の提供」「通信の大容量化・低遅延化による、さまざまなセンサが収集した五感を超える膨大な情報のリアルタイムな共有」「光波長専有によって機密性や安定性を高度なレベルでの提供」「さまざまなリソースを一元管理するマルチオーケストレーション機能による、業界や地域ドメインを超えたリソース活用」「さまざまなデジタルツインやヒトのモデルを組み合わせることで実世界を再現し拡張するサイバー空間の創造」——これらを解決するために現在構想が進んでいる IOWN は、おもに 3 つの要素から構成さ

れています。

ネットワークから端末まで、すべてにフォトニクススペースの技術を導入した「オールフォトニクス・ネットワーク (APN)」、あらゆるものをつなぎその制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション (CF)」、実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測などを実現する「デジタルツインコンピューティング (DTC)」。それぞれ活用されるレイヤーは異なっていますが、これら 3 つが組み合わせることで大きな力を発揮するのです。

3 つのなかでもとくに大きな基盤となるのは、APN です。ネットワークから端末まですべてにフォトニクススペースの技術を導入し、端末からサーバまでエンドエンドでオール光の情報伝送を実現します。今後 APN をベースに IOWN の無線技術もさらなる進化をめざし、そのフィールドは地上のみならず地上・衛星間通信や海中通信など、技術の活用を地球規模に、そして宇宙空間にも拡げてゆきます。こうした進化によって、ただ高速・大容量だけでなく、どんな環境でも人々がネットワークに接続できるユーザーフレンドリーな通信環境が生まれると考えています。究極的には盗聴不可能な量子暗号を使った通信なども実現するかもしれません。

つづく CF は、有線や無線通信のみならず、コンピューティングや IoT のリソースも含めて全体最適をつくるためのサービス機能を提供します。仮想化された ICT リソ

スをエンドツーエンドでつなげ多様なシステムやネットワークと連携することで、CFは各システムやデータの形式にとらわれることなく分析や予測が可能となる情報処理基盤をつくり出します。たとえば2019年から米ラスベガス市で開始したスマートシティプロジェクトではすでにCFが導入されており、デルテクノロジーズと共同開発によるVMWareの仮想化ソフトウェアをベースに、UBiqubeのソフトウェアを実装したNTTコムウェアのオーケストレーション機能を活用し、映像や音声、センサなどさまざまな情報を分析し事故対応や予測対応を行なっています。さまざまなシステムから形式にとらわれることなくデータを収集して、そこからリアクティブな対応とプロアクティブな予測を実現するソリューションを同市に提供しており、今後は完全自動化、そして自律的・自己進化型のオペレーションへと進化させていく予定です。こうした分析を自動的に行うだけでなく、システムみずからが考えて動ける自己進化型サービスライフサイクルマネジメントになっていくことが期待されています。

3つめのDTCは、いわばIOWNが実現する特徴的なアプリケーションといえます。現在の技術でつくられている「デジタルツイン」は現実世界に存在するモノの正確なコピーとシミュレーションを目的としています。わたしたちが実現するDTCはモノや人も含めた複数のデジタルツインをパーツとして、それらを自由に複製・融合・

交換することで、現実には存在しない世界も現実と同じスケールで演算することでさまざまな環境を検証できます。都市の交通環境の予測においては即時的なインタラクションを行なえますし、疾病拡散の抑制などにおいては高精度な未来予測も可能になるかもしれません。2021年度からの実用化を見据えてわたしたちが現在研究・開発を進めている「4D デジタル基盤™」も、多様なセンシングデータの位置・時刻情報を精緻に統合し、4D（緯度・経度・高さ・時刻）データを提供することで未来予測に資することを目的としています。こ

#### IT 機器の消費電力量の推計

出典：経済産業省「グリーンITイニシアティブ」(2007.12)



の基盤は地図事業のデータ／ノウハウを活かし 4D デジタル基盤™ の位置基点となる高度地理空間情報データベースの整備や位置・時刻が高精度なセンシングデータのリアルタイム収集を通じて、膨大なデータの高速処理と多様なシミュレーションを実現してゆきます。ゼンリンと協業し高精度な地図整備を進め、東京大学が考案した光格子時計などを活用して土地の精緻なセンシングを進めるなど、わたしたちは多くのパートナーとともに研究・開発を進めていきます。

加えて、DTCは人の“心”や“価値観”をもデジタルツインへつなぐことを可能にします。その結果、サイバー空間では人々のデジタルツインが本人の代わりに作業や意思決定を担ってくれるようになるかもしれません。もちろん、その人そのものをデジタルツインにコピーできる世界が来れば、わたしたちの価値観や世界の捉え方も大きく変化することになるでしょう。だからこそ、わたしたちはテクノロジーの開発のみならず IOWN 時代の新たな世界観や価値観を考えるべく、京都大学との共同検討をはじめ、哲学的・人文学的視点を取り入れながら、現実空間でもサイバー空間でも多様な人々を包摂できる世界をつくり出そうとしています。

### 世界的なフォーラムの設立

APN、CF、DTC——3つの技術が

組み合わせあって完成する IOWN 構想は 2030 年を見据えた議論が必要ですが、前述のとおり、3つの技術は順次社会へと実装され、社会を変える原動力となることをめざしています。たとえば APN については、光電融合技術を組み込んだデバイスとして光送受信機の小型化からはじめ、中期的にチップ間光伝送の実現を、長期的にはチップ内光伝送の実現をめざしていきます。

ただし、IOWN 構想はわたしたちだけの力で実現できるものではありません。モビリティ、スポーツ、都市、エネルギー、医療、農業……IOWN がかかわる領域はじつに多種多様であり、さまざまな業界のみならずとも創りあげていく必要があります。そのため、わたしたちは 2019 年 10 月にインテル コーポレーションとソニー株式会社とともに新たな業界フォーラムである「Innovative Optical and Wireless Network (IOWN) Global Forum」の設立を発表しました。グローバルで活動を展開する本フォーラムは、これからの時代のデータや情報処理に対する要求に応えるために、新規技術やフレームワーク、技術仕様、リファレンスデザインの開発を通じ、シリコンフォトニクスを含むオールフォトニクス・ネットワーク、エッジコンピューティング、無線分散コンピューティングから構成される新たなコミュニケーション基盤の実現を促進していくことを目的としています。

## IOWN 技術開発ロードマップ



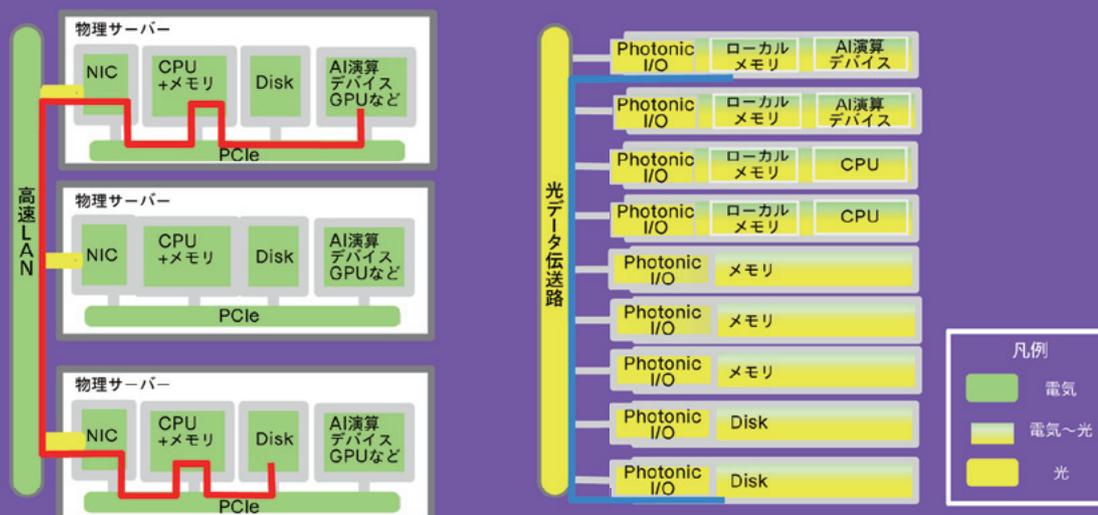
※NTTとしてリファレンス方式を2021年より実現し、技術開発をリードしてIOWN GF活動に提案

## NTTの技術開発ロードマップ

本フォーラムに貢献すべくわたしたちも新たな技術開発に取り組んでおり、今年4月にIOWN技術開発ロードマップを発表しました。このなかでわたしたちは「大容量低遅延データ通信方式の実現」「データ

セントリック型 ICT インフラの実現」「多地点、超高速、低遅延クラウドコンピューティングの実現」「ICT インフラにおけるエネルギー効率の飛躍的向上」という4つを目標に掲げました。これら4つの目標に基づき、わたしたちは2021年から2023年にかけてリファレンス方式（共同技術開発のベースとなる技術方式）をつくって

## 電気ベースから光ベースへの移行



(a) これまで (物理サーバーオリエントド)

(b) ディスアグリゲータッドコンピューティング

きたいと考えています。

このロードマップに従って開発を進めるうえで重要となるおもな技術が「コグニティブファウンデーションデータハブ (CFデータハブ) とデータセントリックアーキテクチャ」、そして「フォトニックディスアグリゲータッドコンピューティング」です。CFデータハブは、広域に分散配備された複数のサーバからなるデータ交換・共有インフラであり、ユーザーノードは最も近いサーバにアクセスすることで、データを高速に転送することが可能となります。さらにCF

データハブはブローカー機能や共有データ領域を提供し、多対多のノード間のデータ共有を効率的に実現します。ユーザーノードからCFデータハブへのアクセスは、IP/非IPを含めて多様な通信方式をサポートすることで、共通レイヤとしてIPを用いる従来のパラダイムから脱却し、データ交換・共有手段を中心としてさまざまなシステムを連携させる「データセントリック」という新しいパラダイムを実現してゆきます。

もうひとつのフォトニックディスアグリゲータッドコンピューティングは、従来の

サーバボックス指向のコンピューティングインフラから、フォトニクスベースのデータ伝送路に基づくサーバボックスレスなコンピューティングインフラへのパラダイムシフトを狙うものです。メモリやAI演算デバイスなどのモジュールそれぞれに光のデータI/O（入出力）をもたせ、これを大容量で高速な光データネットワークにつなげることで、柔軟性の高いコンピューティングインフラを実現します。コンピューティングの要求に応じて動的にモジュールを結合させることにより、飛躍的な性能の向上も可能となります。光電融合技術を用いることで、モジュールの内部についても、パッケージ間やチップ間のデータ伝送を段階的に光に置き換えながら、エネルギー効率の飛躍的な向上をめざします。

## IOWNの世界へ

これらの技術をIOWN構想へと組み込んでいくことで、サイバー空間もより人間にとってナチュラルなものになっていくでしょう。たとえば、大容量データを低遅延に伝達しながらAI制御を行うことにより、ヒトの知覚能力、反射能力を超越したシステム制御が実現しますし、多数のAIシステムの協調により、社会規模の全体最適化や大規模シミュレーションを通じた未来予測も可能となります。また、CFデータハブを通じて多数のノードの間の連携が加速し、複数のAIサービスを組み合わせな

がら新しいAIサービスをつくるようなマッシュアップ型AIサービスが開発されれば、IOWNを基盤とした次世代のソーシャルキャピタルの形成にもつながります。これらを支えるコンピューティングインフラの超低消費電力化による持続可能な社会の実現にも、わたしたちは貢献していきます。

2019年に構想を発表したIOWNは、グローバルフォーラムの設立を経て、実現に向けた技術開発を一步ずつ進めています。グローバル化が進みさまざまな人やモノが国境を超えて密接につながり相互に影響しあう世界では、小さな変化がこれまででは考えられないほど広い範囲へ大きな影響をおよぼしてしまいます。こうした世界の変化に応じて高精度の未来予測を実現することは、予測に沿って人々が対応できるようになること、すなわち「未来を変えること」にもつながっていくはずです。また、さまざまな価値観を包含した多くの情報をリアルタイムに、かつ公平に分け隔てなく流通・処理させることで、他者の視点や体験の共有も容易になっていくでしょう。その結果、他者の理解と共感にもとづく社会行動を促すことができれば、人と人、人と社会の「つながり」の質は高まり、個々人の価値観もアップデートされていくはずです。その先にこそ、多様な価値観をもった人々がつながり誰ひとり疎外されることなく生きてゆける社会が待っていると、わたしたちは信じています。

# AFTERWORD

## おわりに

NTT R&D は、新しいテクノロジーの研究開発に取り組むとともに産業競争力の強化や社会的課題の解決をめざしています。環境問題に食糧危機、新型コロナウイルスの感染拡大に伴う社会や経済システムの変更など多くの課題が山積みです。そのためには、既成概念やリスクにとらわれずさまざまな分野の産業の方々と協力する取り組みが不可欠です。

すべてがつながり現実空間とサイバー空間が融合する世界にあって、企業の振る舞いは社会とこれまで以上に密接につながっていきます。お客様を取り巻く環境の変化に迅速に対応できること、さまざまなデータ分析を通じて企業の業務プロセスを変革するとともに新しい価値を生み出すお手伝いをしていくこと、グローバルに広がるサプライチェーンの変化にダイナミックに対応していくこと、ソーシャルディスタンス（社会的距離）を確保し多様な生き方働き方をサポートするため、あらゆる側面で遠隔でのサービスを可能とすること——。これらを実現することは企業と人々の関わりかたを変えるだけでなく、社会や経済のありようを再考すること、つまり2020年以降のニューノーマル（新常态）を模索することでもあるはずです。

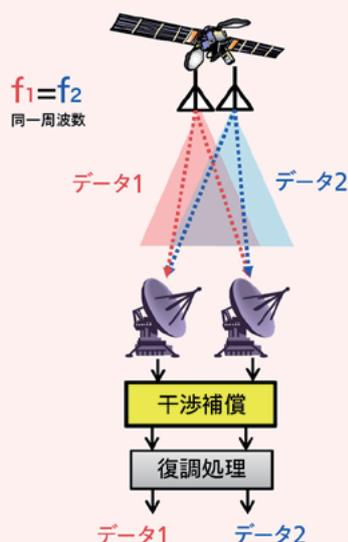
こうした変化を加速させ、産業を超えたコラボレーションを実現するのがIOWNです。IOWNを実現していく過程においても、さまざまなコラボレーションや技術革新が生まれることでしょう。IOWNもスマートな世界も、わたしたちの力だけで実現できるものではありません。多くの社会課題や困難を乗り越え、多くの方々と連帯をつくりだすべくわたしたちはこれからも尽力してまいります。

## IOWN Global Forum が本格始動！

2020年1月にNTT・インテル・ソニーの3社が米国に設立した「Innovative Optical and Wireless Network (IOWN) Global Forum」が、本格始動しました。2020年4月には、同フォーラムの検討スコープやロードマップを示した「Innovative Optical and Wireless Network Global Forum Vision 2030 and Technical Directions」を公表、キックオフミーティングを開催し、ワーキング活動を開始しました。今後、各種ワーキンググループでIOWN構想の実現を共にめざす本フォーラムのみなさまと議論を深め、2030年までに75の技術を確認し、50の実証実験を行なっています。本フォーラムにご関心のある企業や団体のみなさまの参画を広くお待ちしております。

詳しくはこちら

<https://iowngf.org/>



### 表紙解説

### 「衛星 MIMO 技術」とは？

送信機と受信機に複数のアンテナを用いて同時かつ同一周波数で異なる情報を伝送することで通信の大容量化を実現する「MIMO 技術」。この技術は従来携帯電話や無線 LAN などで行われていたものの、それらと異なり、超長距離見通し電波伝搬環境で、かつ、多地点に配置された複数の地球局アンテナ間の同期信号処理が難しい衛星通信に適用することはこれまで困難でした。しかし、わたしたちのもつ受信タイミング・周波数誤差が異なる複数信号に対して干渉補償して分離する技術と、

JAXA の保有する低軌道衛星システム設計技術を組み合わせることで、世界初の低軌道衛星 MIMO 技術を確認し大容量データの超高速伝送の実現を進めています。衛星 MIMO 技術の実現によって、宇宙利用や探査に欠かせない通信の飛躍的な高度化・活性化が進むことが期待されています。こうしたネットワーク技術もまた、IOWN 構想の重要な要素のひとつ。IOWN によって多様な豊かな生を支える世界を実現すべく、わたしたちはこれからも先端テクノロジーの研究・開発を進めていきます。

Technology Reports (速報)

5G

高速・大容量 / 低遅延 / 多数端末接続

商用サービス化

# 5G商用サービス概要

R&amp;D戦略部

こじょう 古城	ゆう 悠	かとう 加藤	たいせい 大世
かわだ 河田	たかひろ 隆弘	おくやま 奥山	すぐる 卓
おおはし 大橋	あき 亜希		

2020年3月、ドコモは5G商用サービスを開始した。5Gは高速・大容量、低遅延、多数端末接続を特長としており、その通信スペックの高さから社会課題解決や産業創出のための手段として産業界からの期待も高い。本稿では5Gの技術的特長、システム概要について解説する。

## 1. まえがき

ドコモは、2020年3月より、第5世代移動通信システム（5G）商用サービスを開始した。これまでドコモは、動画コンテンツの普及によるデータトラフィックの増加に合わせ、第3世代移動通信システム（3G）から第4世代移動通信システム（4G）へ、4GにおいてもLTEからLTE-Advancedへと、ネットワークの高度化を図ってきたが、今後も大容量プランの普及や、動画・サービスなどコンテンツのリッチ化に伴い、データトラフィックの増加傾向の継続が見込まれる。

また、5Gの高速・大容量、低遅延、多数端末接続の特長とAIを組み合わせることにより、従来は困難

だった社会課題の解決や、新たな産業の創出が可能となり、移動通信への期待はますます高まると考えられる（図1）。

ドコモは、5G商用サービス開始に至るまで、2010年の5Gの基礎検討、2014年から高周波数帯の実証実験を開始。世界主要モバイル企業と共同で5Gの3GPP標準規格の早期策定に貢献しつつ、2019年9月からは5Gプレサービス実施し、協創パートナーとともに多くのソリューションを創出してきた。

今後、5Gサービスの提供エリアは、都市部や各地域における主要駅・主要空港、スタジアムのほか、パートナーとの協業を念頭においた施設などから順次5Gエリアを構築し、展開していく。

本稿では5Gの技術的特長、システム概要、提供

©2020 NTT DOCOMO, INC.

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、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

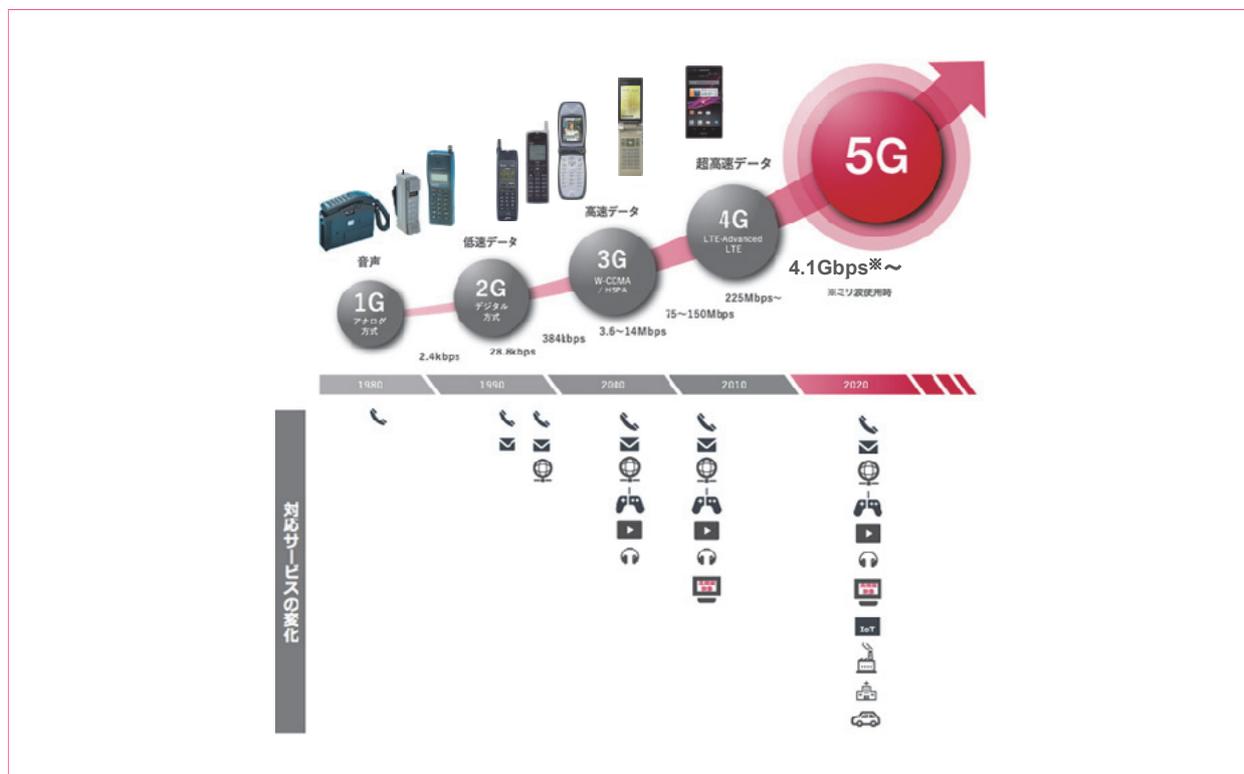


図1 移動通信システムの進化

サービスと端末概要について解説する。

なお、5Gを構成する無線方式やコアネットワーク技術、基地局や装置類、端末とそのプラットフォーム技術については次号以降の特集で扱う予定である。

## 2. 5Gの技術的概要

### 2.1 3つの技術的特長

ドコモは高速・大容量、低遅延、多数端末接続を特長とする5Gにより、今まで経験したことのない新しい世界を創出し、人々の暮らしがもっと便利で、そして快適になることをめざしている。それぞれの技術的特長を以下に解説する。

#### (1)高速・大容量

5Gでは、これまでに比べて高速に、大容量のデー

タを送ることが可能となる。これにより例えばVR (Virtual Reality)\*<sup>1</sup>、AR (Augmented Reality)\*<sup>2</sup>を含む高精細な映像の配信が可能になり、ユーザはより臨場感のある映像やサービスを身近に楽しむことができるようになる。

高次MIMO (Multiple Input Multiple Output)\*<sup>3</sup>の使用やより多くの周波数帯域の組合せを行うなどの機能向上により、最大受信速度は3.4Gbpsとなる。5G商用サービス開始時点では、表1のとおり速度であり、今後も周波数の利用効率の改善をはじめとするさまざまな技術アプローチによって、さらなる高速化に向けて開発を進める。

#### (2)低遅延

5Gでは、遅延がより短くなることで、リアルタイム性の高い制御が可能となる。例えば工場の設備や機械の稼働状況をリアルタイムに把握、制御、運

- \*<sup>1</sup> VR：コンピュータを利用して「仮想現実」を作り出す技術。
- \*<sup>2</sup> AR：現実世界を写した映像に、電子的な情報を実際にそこにあるかのように重ねて、ユーザに提示する技術。
- \*<sup>3</sup> MIMO：複数の送受信アンテナを用いて送信信号の空間多重を行い、伝送速度の高速化、伝送容量の増大を図る信号伝送技術。

表1 最大通信速度

サービス	対応時期	速度		
		受信時	送信時	
LTE商用サービス	2010年12月	受信時	75Mbps	
		送信時	25Mbps	
5Gプレサービス	2019年9月	Sub6	受信時	2.4Gbps
			送信時	107Mbps
		ミリ波	受信時	3.2Gbps
			送信時	202Mbps
5G商用サービス	2020年3月	Sub6	受信時	3.4Gbps
			送信時	182Mbps
	2020年6月以降（予定）	ミリ波	受信時	4.1Gbps
			送信時	480Mbps

※通信速度は、送受信時の技術規格上の最大値

用することでオートメーション化にいつそう寄与することができる。

5Gの無線信号の送信単位は、4Gのそれに比べ周波数帯域によって1/2~1/8ほどに短縮されており、加えて送達確認を行うタイミングをデータ送信の直後にすることも可能であり、これらの技術の組合せにより、従来の4Gに比べ無線区間の低遅延化が期待される。また、MEC（Multi-access Edge Computing）<sup>\*4</sup>の採用により、End-Endでの遅延低減を図っている。

### (3)多数端末接続

5Gでは、スマートフォンだけでなく、センサやデバイスなど、あらゆるモノが同時に多数接続可能となることで、IoTのさらなる普及や、生活の手助けになる情報（例えば、自動販売機内の在庫状況や電気・水道・ガスなどの計量器情報などを人の手を介さず収集し、分析やその後の対応に用いる）の一層の活用が可能となる。

現状では、LTE-M<sup>\*5</sup>とNB（Narrow Band）-IoT<sup>\*6</sup>の2方式が広く使用されている。

## 2.2 主な5Gの無線技術

### (1)高速・大容量を実現する技術

高速・大容量を実現する技術として高周波数・超広帯域<sup>\*7</sup>伝送と、Massive MIMO<sup>\*8</sup>に代表されるアンテナ技術などが挙げられる。

#### (a)高周波数・超広帯域伝送

LTEでは6GHz以下の周波数帯を利用していたが、5Gでは超広帯域化を実現するために6GHz以下の周波数帯だけでなく、高周波数帯として100GHzまでの利用が想定されている。特に5Gプレサービスでも活用した28GHz帯を含む高周波数帯は、従来の周波数帯と比較して電波伝搬特性<sup>\*9</sup>が異なるため、高周波数帯の利用に適した新たな諸元が規定され、400MHzの基本帯域幅が規定されている。

なお、ドコモでは5G向けの新たな周波数帯域だけでなく従来の4Gで使用している周波数帯域を複数組み合わせることで同時に無線伝送に使用することで、高速・大容量を実現している。

\*4 MEC：ユーザに近い位置にサーバを設置したシステムのこと。通常サーバはインターネット上に設置されるが、MECサーバはキャリア網内に設置することで、遅延を減らすことができる。これにより、通信の応答速度（レスポンス）を大幅に向上させる。

\*5 LTE-M：狭い周波数帯を用いてIoT（センサなど）向けに低速

データ通信を行う端末用LTE通信仕様。

\*6 NB-IoT：LTE-Mよりもさらに狭い周波数帯を用いてIoT（センサなど）向けに低速データ通信を行う端末用LTE通信仕様。

\*7 超広帯域：100MHz以上の帯域幅のこと。日本では、28GHz帯において400MHzの帯域幅が5G無線通信用に割り当てられた。

## (b)Massive MIMO

Massive MIMOは多数のアンテナ素子を用いることで、送受信ビームの形状を制御し環境に応じた最適なエリア構成を実現する技術である。各アンテナ素子を合成しエネルギーを一方方向に集中させることでエリアを拡大することや、複数のビームを同時に生成し、同時接続数を増加させることで大容量化を可能とする。

## (2)低遅延化を実現する技術

新たに導入される無線アクセス方式技術であるNR (New Radio) では、無線の最小送信単位を短くすることで、無線区間のさらなる遅延の短縮を実現している。なお、各種サービスの提供において低遅延化を実現するためにはコア装置や伝送遅延などを含めたトータルでの遅延短縮が必要であるため、無線区間に加えて有線区間での遅延短縮を併せて実現することが重要である。具体的には、より端末に近いところにコンピューティングリソースを配備するMECを5Gと組み合わせることにより、End-Endでの遅延短縮が可能となる。ドコモがMECの1つの形態として提供するドコモオープンイノベーションクラウド™\*10を用いることで、低遅延を活かした5G時代のサービスやソリューション創出を推進させる。

## (3)多数端末接続を実現する技術

継続的なLTE/LTE-Advancedの進化であるeLTE (enhanced LTE)\*11規格のIoT技術であり、信号処理の簡易化などを目的に導入されたLTE-M、NB-IoTなどの技術を活用することで、一定のエリア内に設置された、少量のデータを低頻度で送るIoT端末（環境センサや計測器など）の多数端末接続が実現される。

なお、これらの技術は3GPPのRel.13~15で仕様化されたものである。5G NRにおけるIoT方式は、Rel.17での仕様化に向けて3GPPで議論中であり、NRとしての特徴を有しつつIoTに求められる低価

格・低消費電力などの実現が期待されている。

## 3. システム概要

### 3.1 5G導入コンセプト

ドコモでは、幅広い周波数帯を用いて飛躍的な高速・大容量化などの性能改善を実現するNRと、基本的なエリアのカバーやブロードキャストなどのサービスを提供可能なeLTEとの組合せにより5Gの導入を進めている。

### 3.2 5Gシステム構成

ドコモでは、端末がNRとeLTEの両方の無線アクセス方式を介してモバイル網に接続するノンスタンドアロン\*12という形態により、5Gサービスを実現した。特にLTEにおける高度化C-RAN (Centralized Radio Access Network)\*13導入の際に得られたノウハウを活用し、NRとeLTEの両方が利用可能なエリアでは、2つの無線アクセス方式を用いたDC (Dual Connectivity)\*14による高速通信を提供した。5Gサービスのシステム構成図を図2に示す。

### 3.3 基地局装置間のマルチベンダ接続

これまで、基地局装置同士を接続するための仕様（信号の送受信ルール）が十分に国際標準化されておらず、ベンダごとに実装が異なっていた。そのため異なるベンダの基地局装置間の接続は困難であり、通常は同じベンダの基地局装置同士が接続されていた。ところが、5G導入初期では、既存の4Gネットワークを活用しながら5Gエリアを広げていくため、選択できる5G基地局装置のベンダが4G基地局装置のベンダに制限されてしまうことになる。

この課題を解決するため、ドコモが参画しているO-RAN Allianceで基地局装置間の接続仕様の国際標準化を進めた結果、4G・5G基地局における接続仕様が統一され、マルチベンダ接続が可能となった。

\*8 Massive MIMO：非常に多数のアンテナを用いるMIMO伝送技術の総称。MIMOとは同一時間、同一周波数において複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い、通信品質および周波数利用効率の向上を実現する信号技術。

\*9 電波伝搬特性：伝搬損失、電力遅延プロファイル、角度プロファイルなどの特性を指す。

\*10 ドコモオープンイノベーションクラウド™：(株)NTTドコモの商標。

\*11 eLTE：3GPP Rel.15以降に準拠したLTE規格。

\*12 ノンスタンドアロン：NR単独ではエリアを提供せず、LTEのエリアと組み合わせてサービスを提供する運用形態。

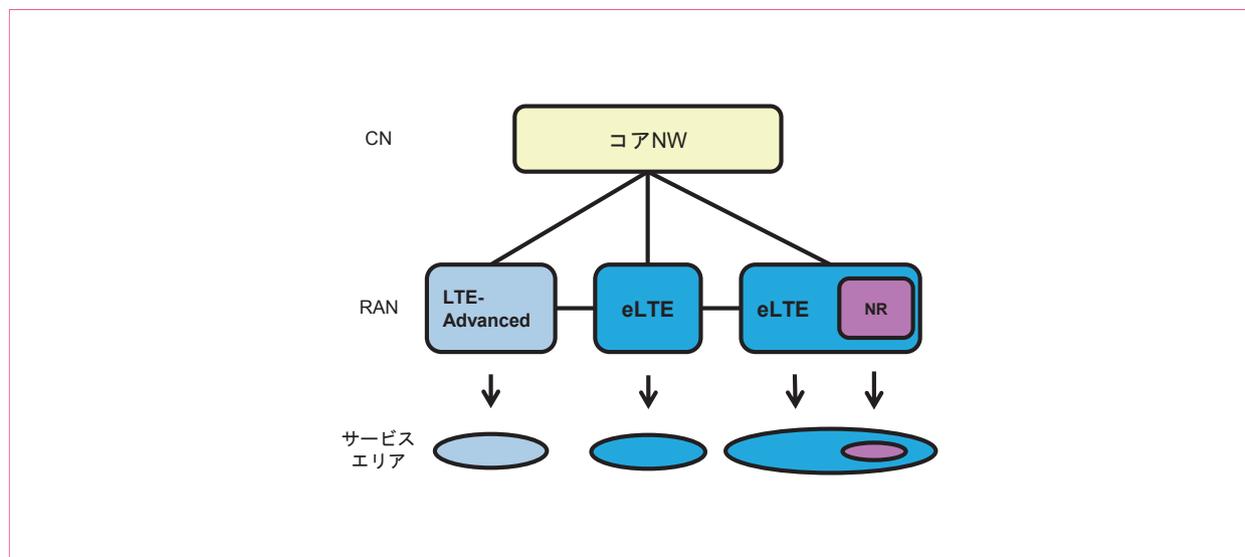


図2 システム構成図

これにより、ドコモでは既存の4G基地局ベンダに依存せず、新たに開発した5G基地局を導入できるようになったため、既存4G資産を活かしつつスピーディーな5G展開が可能である。

#### 4. 提供サービス・ソリューションと端末概要

5G商用サービスにおいては、5Gの特長である高速・大容量を活かした、マルチアングル（多視点）視聴や高臨場パブリックビューイングといった観戦支援サービスを始め、さまざまなサービス・ソリューションを提供している。また今後、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会などのイベントにおいて、さらに新しいサービス・ソリューションを提供していく予定である。

5G商用サービスにおける対応端末は、Sub6といわれる3.7GHz帯／4.5GHz帯の100MHz幅と、ミリ波<sup>\*15</sup>といわれる28GHz帯の400MHz幅の周波数を利用してNR通信を行う。従来にはない広い周波数帯域幅

<sup>\*13</sup> 高度化C-RAN：ドコモが提唱する新しいネットワークアーキテクチャで、LTEAdvancedの主要な技術であるキャリアアグリゲーション技術を活用し、広域エリアをカバーするマクロセルと局所的なエリアをカバーするスモールセルを同一の基地局制御部により高度に連携させる無線アクセスネットワーク。

<sup>\*14</sup> DC：複数の基地局に接続し、それらの基地局でサポートされ

を利用することで5Gの特長である高速・大容量が実現できるが、広い周波数帯域幅であることに加え、高い周波数帯となるため、従来にはない高周波数・超広帯域伝送といった高度なアンテナ技術を備えた無線端末が必要となる。

#### 6. あとがき

本稿では、ドコモにおける5G商用サービスの概要について解説した。

ドコモは5Gにより、今まで経験したことのない新しい世界を創出し、人々の暮らしがもっと便利で、快適になることをめざし、技術開発を進めていく。

#### 文献

- [1] 下条, ほか：“5G時代に向けた将来コアネットワーク,” 本誌, Vol.23, No.4, pp.49-58, Jan. 2016.
- [2] 原田, ほか：“世界主要ベンダとの5G伝送実験,” 本誌, Vol.23, No.4, pp.59-68, Jan. 2016.
- [3] 安部田, ほか：“5G時代を支える無線アクセスネットワーク,” 本誌, 25周年記念号, pp.14-21, Oct. 2018.

る複数のコンポーネントキャリアを用いて送受信すること。  
<sup>\*15</sup> ミリ波：周波数帯域の区分の1つ。30GHzから300GHzの周波数であり、5Gで有望な周波数である28GHz帯を含めて慣習的にミリ波と呼ぶ。

# 挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



## 納富雅也

NTT 物性科学基礎研究所  
ナノフォトニクスセンタ  
上席特別研究員

心底面白がらなければ、  
他者を魅了することは  
できない  
意図的に新しい道を  
模索しながら成長する

NTTは2020年4月、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けて、具体的な技術ロードマップを策定しました。IOWNを構成する4つの主要技術の1つ、フォトニックディスクアグリゲータッドコンピューティングは、従来のサーバボックス指向のコンピューティングインフラからフォトニクスベースのデータ伝送路に基づくサーバボックスレスなコンピューティングインフラへパラダイムシフトさせる新しいアーキテクチャとして、期待が高まります。その基本技術につながる基礎研究を行っている納富雅也NTT 物性科学基礎研究所 ナノフォトニクスセンタ 上席特別研究員に、現在の取り組みと研究者としての姿勢を伺いました。



## 世界中から注目を集める研究成果を 次々と発表

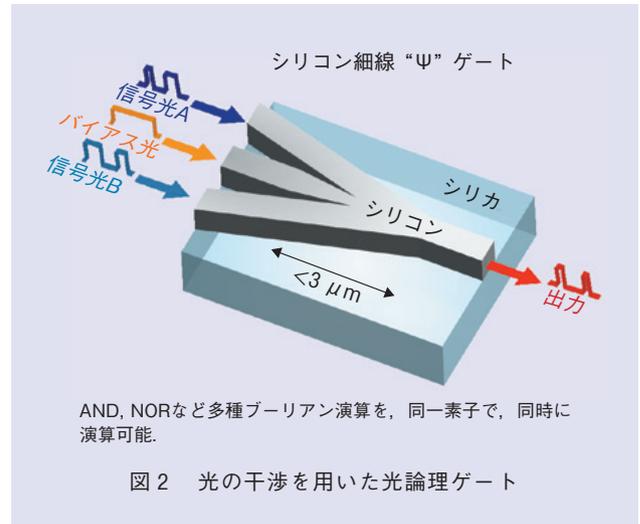
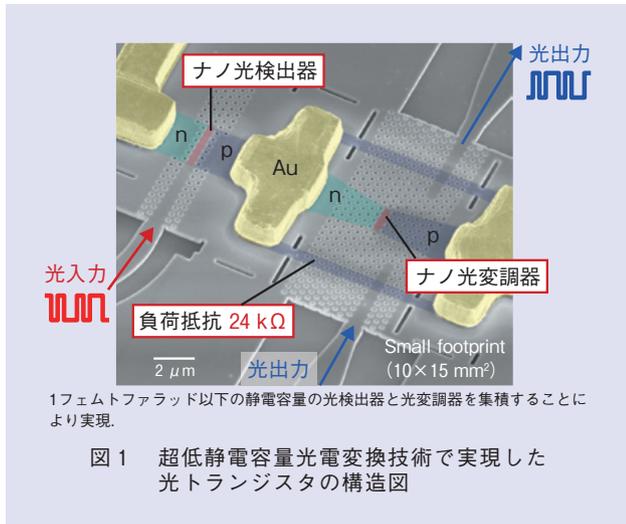
現在手掛けている研究を教えてください。

現在、2つのテーマの研究を手掛けています。1つは、約10年前に実現した世界最小消費エネルギーで動作する一連のフォトニック結晶デバイスの研究をさらに進め、集積ナノフォトニクス\*<sup>1</sup>による光電融合プロセッサに向けた研究です。集積回路のチップの中に光ネットワークを構築

することで、処理能力、遅延、消費電力等において従来の集積回路技術の限界突破に挑戦しています。

私たちはこれまでに培ってきたナノフォトニクス技術を駆使することで、電気消費エネルギーゼロで光・電気変換を行う可能性を持つ「ナノ光検出器」と、従来の記録の17分の1の消費エネルギーで電気・光変換を行う「ナノ光変調器」、そしてこれらの素子を組み合わせて「光トランジスタ」を実現してきました<sup>(1)</sup>(図1)。一般にプロセッサは多数の論理演算回路の組合せで構成されており、論理演算回路は論理ゲートの組合せ、そして論理ゲートはトランジスタの組合せで構成されています。「光トランジスタ」の実現に続き、私たちは「光の干渉」だけで動作する小型な

\*1 ナノフォトニクス：ナノメートルスケールにおける、光の動作や物体と光の間の相互作用。



光論理ゲート“ $\Psi$ （ブサイ）ゲート”の低損失かつ高速な動作に世界で初めて成功し、2020年3月に論文発表しました<sup>(2)</sup> (図2)。この技術によって、単一の $\Psi$ ゲートだけで、代表的な論理演算 (AND/XNOR/NORなど) が、超低遅延かつ波長無依存に実施することができ、高速な光変調器との集積により、波長チャンネルごとに独立した演算を割り当てること (波長分割演算) が可能になります。こうした演算回路をはじめとするさまざまな要素を協調させることで、初めて具体的な機能を持つ低遅延かつ低消費電力な光電融合プロセッサとなります。

そして、もう1つのテーマは、さらに基礎的な研究ですが、「新しい光物性」の研究で、一部で私自身が兼務している東京工業大学の研究室との共同研究も行っています。

近年、カーボンナノチューブをはじめとするナノスケールの新しい材料 (ナノマテリアル) が発見されており、多彩な機能を持つことが判明しています。それに、ナノフォトニクス技術を適用し、光との相互作用を発生させることで、さまざまな新しい現象が発見されています。例えば、シリコンフォトニック結晶<sup>\*2</sup>の近くにInAs/InPナノワイヤを置くだけで、その場所に光共振器が発現します。波長以下のサイズのナノワイヤを用いることでレーザー発振にも成功しました。また、優れた非線形光特性を有するグラフェン<sup>\*3</sup>と、プラズモニクス<sup>\*4</sup>の原理を応用した極めて小さなナノ光導波路とを結合させることで、ピコ秒以下の超高速

速領域で動作する全光スイッチを低消費エネルギーで実現することに成功しました<sup>(3)</sup> (図3)。さらに、固体のトポロジ理論<sup>\*5</sup>を光学に適用した「トポロジカルフォトニクス」は光学の新分野であり、まだ何ができるのか分からないほど新奇な物性が期待されていますが、電流注入により光トポロジカル絶縁体ができることの理論的な発見も行いました。まさに、何が発見されるのか分からない「新しい光物性」という基礎研究です。

私たちのこれらの研究は、2020年4月に発表された「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けた技術開発ロードマップ」の4つの主要な研究開発のうち、「多地点、超高速、低遅延クラウドコンピューティングの実現」の将来像に貢献するもので、複数のデータセンタがシームレスにまたがったクラウドコンピューティングインフラを実現するため、オールフォトニクス・ネットワーク上の通信の高速性、低遅延性を活かす

\*2 フォトニック結晶：物質中の光の波長と同程度の周期で、屈折率が人工的に変調された構造。さまざまな新奇な性質が発現し、光を強く閉じ込めることができます。

\*3 グラフェン：原子1個の厚みで六角形の格子状に並んだ炭素。強度と硬度が高く、室温で他のいかなる物質よりも速く電子を流す特性があります。

\*4 プラズモニクス：プラズマ振動の量子であり、金属中の自由電子が集団的に振動して擬似的な粒子として振る舞っている状態である表面プラズモンを制御して、ナノ回路への光の伝搬や、波長よりもはるかに小さな空間に光を閉じ込めることができます。

\*5 トポロジ理論：トポロジと対称性がもたらす物性。

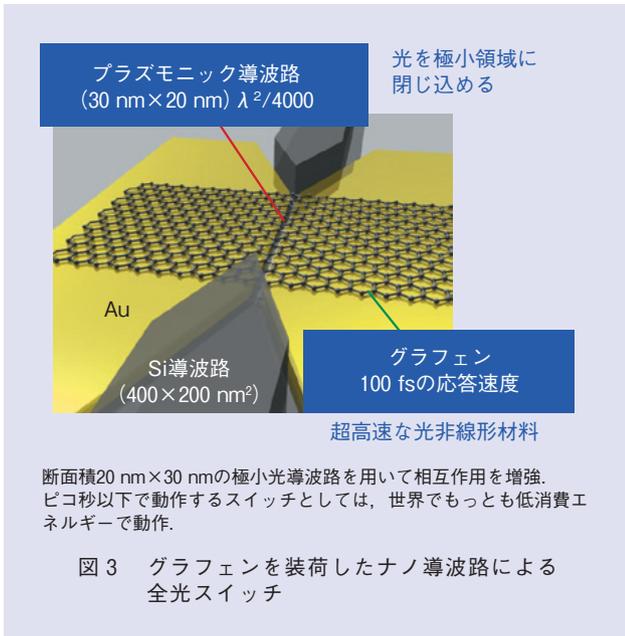


図3 グラフェンを装荷したナノ導波路による全光スイッチ

た高速分散コンピューティング方式にかかわる基礎研究を担っております<sup>(4)</sup>。



## 面白い種を見つけ、面白がる。「本物であるか」にこだわる

研究をする際に大切にしていることを教えてくださいませんか。

私が研究をする際に一番大切にしていることは「面白かどうか」です。例えば、ナノフォトニクスも研究を始めた当時は見えなかったことも、突き詰めていったからこそ応用先も見えてきました。また、チームで取り組んでいることもあり、面白い種が見つければ、それをチームの誰かが実証してくれます。追究した中で成功したものを成果として発表していますから、研究活動のすべてがうまくいっているように見えるかもしれませんが、失敗ももちろんあります。場合によっては失敗することのほうが多いかもしれません。だからこそ、研究者自身が面白いと思っていないと研究活動は続かないのです。また、自らの研究を周囲に面白いと思っただけでなくその価値を社会的に認めてもらいにくいこともあります。学会等で欧米の研究者と

話すことがあります。自分の手掛けている研究のどこが面白いのかを伝えられなければ、共感を得られず興味を持っていただくことはできないと思いますし、それが熱意の源であると実感します。また、追究していくとフェーズもレベルも変化していきます。前回のインタビューから10年余りがたちましたが、前は新しいことが見つかり始めたところで、最初はデバイスと組み合わせることを考えて、次に回路、そしてプロセッサへとフェーズ、レベルが変わっていきました。おおむね5年余りでフォトニクスは使えることが分かり、何が使えるのかが分かったからこそ、また違う面白さに出会いました。螺旋のように物事は進んでいくともいわれますが、研究が一巡して最初から考え直し、組み立てるという過程を繰り返す。ここに面白さが散りばめられているのです。

若いときは研究テーマの幅が狭いからです。コツコツと頑張るフェーズですが、徐々にいくつかのテーマを並行して扱えるようになります。追究することで興味の対象が次々と出てきます。ただ、その興味に任せて研究そのものを発散させてはいけないとも思いますし、チームで取り組むからこそ扱えるものが増えてくると考えています。だから、自分の研究がいかにも魅力的で面白いかを伝える力を備えておく必要があるのです。参加している人が多ければ、その分だけアイデアが増えますからね。

### 研究生活を充実させるためになさってきたことはありますか。

私は新しいテーマには意図的に取り組んできました。特に大きなテーマは意図的に取り組まなければ始まりません。これは研究者として大事な姿勢だと考えています。NTTの研究者の場合、特に基礎研究に携わる者は中長期的な視野に立って臨んでいることもあり、成果に対する短期的なプレッシャーもなく、自分の研究を自分のペースで、NTTに在籍している間はずっと同じテーマで続けられます。ただ、同じテーマの研究を長期にわたって続けていると行き詰まることもあるかと思えます。こうしたときこそ、勇気を持ってテーマを変えるということも必要かと思えます。そして、新しいテーマを探す、分野をまたぐ、移るといった感覚を持っていないと、面白いという気持ちや感性が



薄れてしまうと思います。

さて、現在手掛けている研究は集積ナノフォトニクスによる光電融合プロセッサの実現を目的にしていますが、他の分野の研究者の方々とコラボレーションすることで、新しい成果を生み出すことができました。以前は、自分の研究の中では、電気系、回路系の方々と協働で研究することはないだろうと考えていましたが、最近は自分の研究分野と元々は接点のない研究者の方々と仕事をしているのです。これが不思議というか、非常に面白いのです。例えば分野が違えば使っている言語が違います。だから、最初はお互いが必死に自分の分野の言語で話すので、全く理解できないのですが、何度も話していると分かり合えていくのです。相手の分野の言語を学び、それを使って自分の分野の話をします。次第に共通の単語ができてくるこのプロセスを非常に面白いと感じています。こうした刺激を受けながら研究を続けていくことが重要だと思います。そして、意識していかないと流されてしまい、新しい成果につなげることができませんからね。

**研究者とはどんな存在でしょうか。**

**また、これから研究者にはどのようなことが求められるでしょうか。**

研究者というのは他の職業と随分違うことがあると思います。一般的に、仕事した結果に賃金が支払われることが多いと思いますが、研究者は研究をしていること自体に対しても対価が支払われていると考えています。仮に成果が出なくても、例えば10年間功績をあげることができなくても、その研究（仕事）に意味がないとは評価しづらいところがあります。また、成果に対してのみ報酬が支払われると考えると、特に研究スパンの長い基礎研究のような場合、モチベーションの維持が難しく、面白い研究どころの話ではなくなると思います。こう考えると、研究者自身は研究活動をしていることに報酬が与えられている、と自覚を持って日々研究に臨むことが大切です。結果が世の中に貢献できるかどうか分からなくても、貢献するという気概と信念を持ってチャレンジしていくことが大切です。だからこそ「面白さ」が必要だと思います。

それから、前述のとおり、自分の研究を知っていただく

こともさらに求められるでしょう。社会に役立つ研究であると知っていただくことは大事ですし、それがマスメディアで報じられるのであれば、なお良しです。さらに、その研究の面白さや、日々の研究生活に散りばめられている感動を共感してもらおうとところまで至ることができれば最高ののですが、さすがにそこまでは難しいですね。



**キーワードは他分野、そして世界。  
新しい世界に飛び込もう**

**若い研究者の皆さんに一言お願いします。**

昨今は研究対象、分野はかなり増えましたから、フォローするのも大変ですが、他の分野を意識的に理解することはとても大事だと思います。オンラインでもアクセスしやすいですし、デジタルネイティブとはいわなくても、感覚的に若い人のほうがネットの扱いにも慣れているので、良い環境にはあると思います。しかし、残念ながら、ここ5年余り感じていることですが、日本の若い研究者が新しい研究分野に参入していないように思います。世界中で新しい分野や研究テーマが次々に誕生しているし、その情報も入っているはずなのに、そこに飛び込んでいないのではないのでしょうか。優秀な研究者も数多くいると思うのですが、これではオリジナルな成果を上げることができずに、二番煎じとなってしまいます。新しい流れをよく見て、情報に敏感になって、一生懸命に取り組んでほしいですね。

さて、新しい研究テーマや分野に飛び込むにはどうしたら良いか。1つは、海外の研究機関の門を叩くことです。私は30歳代半ば、研究を始めて10年近くが経ったころ、「何をやってもいいから自分でテーマを見つけなさい」と上司に言われたことをきっかけに、スウェーデンに1年間留学し、これが非常に良い経験となりました。若いときに自らチャンスをつくって海外に行くの良いと思います。かつては、国内の学界に出席すれば世の中の研究動向などが分かりましたが、昨今では研究発表の場もオンラインも含めて状況が変化しています。だからこそ、海外で開催されている国際会議や研究機関に自らが向かい、多くの研究者と直接コミュニケーションを図ることはとても大切だと考え

ます。

それから、論文を書いて成果を発表することも大切です。言うまでもありませんが、発表までの過程における査読は視点を新たにしてくれますし、論文の読者は研究者です。自分の所属する研究所内で発表や報告をするときには曖昧でも良いことが論文を書くときには論旨を考えますから、自らの考えを明確にしてくれる作用もあります。また、論旨を通じてさまざまなことを考えると新しい発見にもつながります。自分の書いた論文の引用数も気になりますが、どのように引用してもらったかということも興味深いところです。論文は出した段階では、その瞬間は「自分が考えた」成果なのですが、引用する人の解釈によってさらに発展し、変化して広がりを持っていくこともあります。私が2000年に出した、「光の屈折率が-（マイナス）になる場合」に関する論文が、多くの論文の中で引用されたことにより、反物質が物理現象に影響することが明らかとなり、その後さらに解釈が広がりました。

論文を年間に何本書くかは研究対象や環境により異なりますから、あえて基準などはなくても良いかもしれません。大学のように論文の数が意味を持つ世界もあれば、企業内研究所のように論文よりも事業導入に視点が向けられるといった、環境や研究スタイルも影響するでしょう。ただ、必ずしも、今いる場所で研究生生活を終えるわけではないでしょうから、どこにいても通用する研究者となるためにも、自らの研究や目的をしっかりと見据えるためにも論文は書いたほうが良いでしょう。

#### ■ 今後はどのように研究活動を進めていきますか。

世界を見回してみても、NTTの研究所は、基礎から応用までを1つの研究所内に有するユニークな存在で、かつては米国のベル研究所など、世界に冠たる研究所が多くありましたが、ご存じのとおり現在ではそのほとんどが存在すらしていません。基礎から応用までが1つの研究所内に有するからこそ大きな研究にも挑戦できます。基礎研究にしっかりと取り組んでいる研究所が少なくなる中で、責任ある存在でありたいですね。ただ、いわゆる一般の大学ができる研究をしているようではいけないと考えます。そし

て、東京工業大学で研究室を持たせていただいていることもありますから、後進を育てていくことにも注力していきたいです。蓄積した知識を伝えて、研究者を育てていければ私の手掛けている分野も充実していくと考えます。自分ですべてを成し遂げることはできませんから、新しい方々に担っていただきたいと思っています。

#### ■ 参考文献

- (1) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1904/190416a.html>
- (2) <https://www.ntt.co.jp/news2020/2003/200306a.html>
- (3) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191126a.html>
- (4) <https://www.ntt.co.jp/news2020/2004/200416a.html>



## ドローンによる点検サービスで インフラの未来を支える ベンチャー企業

ジャパン・インフラ・ウェイマークは、ドローンを活用した、インフラ設備の点検事業を行うベンチャー企業だ。ドローンが通信インフラ点検に活用された経緯、インフラ点検システムのコアとなるAIの今後の展望について、日本におけるAIの共同強化、設備の共同保全を提唱・推進する、柴田巧社長に話を伺った。

### ドローンを活用した、インフラ設備の 点検事業を行うベンチャー企業

#### ◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

ジャパン・インフラ・ウェイマークは、2019年の4月1日に、NTT西日本よりカーブアウトし生まれたドローンを活用した、インフラ設備の点検事業を行うベンチャー企業です。NTTグループは日本で一番多くの通信設備を保有し、150年にわたりその維持管理をしてきました。そこには多くのノウハウが蓄積されており、それを活用した老朽設備の点検サービスを一般市場向けに提供する目的で設立されました。

NTT西日本は従前から、センサを用いてインフラの劣化の予兆確認や、車を走らせてインフラの点検データを収集するなどの取り組みを行ってきましたが、併せてそれ以外の新しい技術の模索もしてきました。その中で、私は事業開発課長として売上数億円規模のドローンを用いた太陽光パネル点検ビジネスを展開していたのですが、「ドローンを通信インフラ点検に使えないか?」という相談があり、新しい通信インフラ点検技術について検討することになりました。

NTTグループには、局舎をはじめ、トンネル、マンホール、電柱、ケーブル、RTボックス（リモート光端局）といった通信インフラ設備などがありますが、それらと、目視点検、計測点検、触診点検といった点検方法の種類を対比検討した結果、「橋梁や鉄塔の点検にドローンを活用でき、業務効率化と生産性向上が見込める」という結論にいた



ジャパン・インフラ・ウェイマーク 柴田巧社長

りました。そこでトライアルにより、コスト削減効果、オペレーション等の検証を行い、鉄塔で約60%、管路で約80%のコスト削減が可能であることが分かりました。同時に、橋梁に管路を添架している、電気、ガス、水道の事業者へのヒアリングを行う中で、NTTグループと同種の課題を抱えていることが分かり、一般市場向けにサービス展開を図ることで、社会全体に貢献していこうと考え、創業にいたりました。

当社の事業は、点検のコンサル・企画からドローンを活用した空撮、AI（人工知能）を活用した点検診断・レポート化等を行う「インフラメンテナンスサービス」、ドローン販売・レンタル、メンテナンス、教育研修、保険取次等を行う「サポートサービス」の2つのサービス提供です。

支える人を支えたいというミッションを抱き、現在関連分野で働く方々や企業と協業し、ドローンや、システム、ノウハウなどを駆使したサービスを提供することで現場の生産性を高めています。

#### ◆ドローンの動向とそれを取り巻く事業環境はどのようになっているのでしょうか。

当社は商材開発の一環で、海外の電力設備点検では世界一とされるエアロデザイン社との提携を2019年7月に、世界で唯一の衝突しないドローンを供給するSkydio社との提携を2020年1月に行ってきました。エアロデザイン社の世界標準の機能とGUI（Graphical User Interface）を活用し、NTTの強みであるIT力により開発された「遠隔点検システム」、Skydio社による世界で唯一の衝突しない、GPSからの電波を受信できない橋梁裏面や内部、また屋内においても点検が可能となる「非GPSドローン」、そし

て、そこに当社が「オペレーショナルエクセレンス」と呼ぶ、インフラ事業者・オペレータとしての現場ノウハウが重ね合わされることで、ドローン点検サービス事業者としては唯一無二の競争力を有する会社となりました。その結果、2019年1年間だけで、1500設備以上の点検業務にかかわり、多くのお客さまからの支持をいただくことができました。

### ◆インフラ系事業者と連携して、日本におけるAIの共同強化、設備の共同保全をめざす

#### ◆今後の事業戦略・事業展開や抱負についてお聞かせください。

現在、点検作業は、現場に技術者を派遣し、ドローンにより設備の不具合を撮影し、その画像や情報を持ち帰って詳細な分析を行うといったプロセスで行われていますが、これらに要する時間を最小化することに注力しています。各プロセスのカイゼンによる効率化で時間短縮を図ることができるのですが、中期的にはAIを活用し、これらの詳細な点検作業の自動化をめざしています。

AIの利用において、機械学習させるためのデータ量がAIの精度を左右することになります。インフラ点検においては、日本でトップクラスの設備量を保有しているNTTの設備点検データを活用しても、人間と同等の品質で結果が出てくるインフラ点検AIの開発には、過去の実績を踏まえて推測すると、NTTの技術力、データ量であっても2年から3年かかると試算しました。

そこで、業界を超えて一緒にAIを育て、AI時代の到来を加速させようと、電力・ガス・建設・高速道路・鉄道、自治体の業務を行う建設コンサルタントに相談した結果、これらの業界各社はそれぞれ自社でAIの開発を行っていることが分かりました。さらに、例えば電力ならば10社、ガスならば約300社が国内のほとんどの関連設備を保有しており、1社当りではそれぞれ全体の10分の1、300分の1のデータ量しか集められないということが課題と

なっていました。

こうした状況の中、インフラの維持管理はもはや競争ポイントではないので、NTTグループが集めたデータに各社のデータをかけ合わせることで、広範囲かつ迅速にインフラ点検を実施し、さらに点検ノウハウの蓄積やそこで獲得したデータを活用したAIの共同強化、設備の共同保全などの実現をめざして、2020年4月20日に、東京電力パワーグリッド様、北陸電力様、大阪ガス様、西部ガス様、東洋エンジニアリング様、ドローンファンド様、NTTデータの7社と業務提携をしました。

さて、戦後、日本は平和・戦力不保持を貫き、その分をインフラに投資してきました。約2000兆円ものインフラ設備が現存しているそうです。鉄塔でいえば、中国は60万鉄塔、日本は25分の1の国土に24万あり、単位面積当り10倍の鉄塔が建設されています。橋梁は、中国が80万橋梁、ほぼ同じ面積の米国が60万橋、25分の1の面積の日本にはほぼ同数の70万橋梁があり、単位面積当り25倍の橋梁が建設されています。しかもこれらに関するデータも管理されており、今回のAI共同強化の取り組みがなされることで、AIに強いとされる米国のGAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) や、中国のBATH (Baidu, Alibaba, Tencent, Huawei) をしのぐようなインフラ点検AIが構築されるのではないかと期待しています。

今後もインフラ事業者の理解を得ながら、ベンチャー企業のスピード感で、そして民間インフラ事業者の工夫により、維持管理コストの削減やFIELD WORK AT HOMEを実現する技術やシステムを開発し、それを日本全国に拡げること、これが当社の使命です。そして、民間の責任により現場における実証結果や、実績・ノウハウを蓄積し、さらに品質の高い技術やシステムを確立することで、高い品質と低コストが要求される「自治体のまちづくり、社会課題の解決」にもしっかりと貢献していきたいと考えています。

## AIを活用したシステムとともに事業が成長 それを支える新たな発想のワークフロー

開発部 AlaaS担当

担当部長

松本 存史さん

### ◆担当されている業務について 教えてください。

インフラ点検における撮影データの分析による点検業務の効率化に向けた、AIの開発・導入を行っています。膨大なドローン空撮データの中から、インフラ設備に発生するサビやヒビなどの変状を抽出し、それをインフラの保有者にレポートするする必要があります。この業務はインフラ設備に関する専門知識を持ったプロの点検者によって行われてきましたが、その知識をAIによって置き換えることをめざしています。そのため、有識者による点検結果をAIの学習データとして蓄積しAIを開発していくのですが、いきなりプロの点検者をAIによって完全に置き換えることは困難です。徐々にAIによって点検できる範囲を広げ、点検の精度を高めていく、AIを賢くしていく、そういったAIの開発方針や、日々のインフラ点検業務の中で自然と蓄積されていくAIの改善に必要なデータを活用して、より賢いAIに置き換えていく、MLopsと呼ばれるAI開発・運用のフレームワークの構築を行っています。

### ◆ご苦労されている点を伺えますか。

AIを用いたインフラ点検に対する期待度はとても高く、いろいろなお客さまと話をさせていただく機会がありますが、皆さんそろって「ここはAIで自動的にできるようにしたい」とおっしゃるのですが、その難易度や実現方法などはさまざまです。例えば非常にレアな事象をAIで検出できるようにするには、そのデータをどのように集めてくるか、また、見つけた変状をもっとも精度高く検出するにはどのような方法で撮影するのが良いか、など多くの検討課題があります。業務の立ち上げフェーズにおいては、そういったデータがいつでもどれくらい収集でき、またそれらを用いてAIの学習を進めていく計算リソースがどの程度必要になるか、またAIエンジニアはいつ何名くらい確保できるのか、などさまざまな状況が不透明な中で、環境の構築やツールの選定などを進めていく必要があります。お客さまは待ってけませんので、そういった環境構築や拡張を行いつつ、新たな点検対象に関するデータの収集方法を検討し、AIの開発方針を立てていく、すべて手探りでやっている状況です。



松本 存史さん

### ◆今後の展望について教えてください。

当社はインフラ点検において、ドローンとAIという2つのキーとなる技術を用いて、この業務を効率化しようとしています。しかしながら、現在提供しているサービスはこれまでの点検業務のワークフローとは大きく変わらず、撮影部分をドローンにより効率化し、点検作業をAIによって効率化しようとしているだけ、つまり点検のワークフローの一部のステップを改善しているに過ぎません。ドローンとAIという2つの技術、またはその組み合わせによって、これまでの全く新しいインフラ点検の進め方ができるのではないかと考えています。例えば、現地に人が出向く必要もなく、また点検結果をリアルタイムに適切な相手に通知するような、そういった新しいワークフローが可能になるのではないかと考えています。すべてを一気に変えることはもちろんできませんが、そういった将来の姿を夢に見ながら、一歩ずつできるところから着実に進めていきたいと考えています。

## ドローンによるインフラ点検の社会実装に向け てスキルレス化、オートメーション化が必須

開発部 SaaS・HW担当

担当部長

大久保 英徹さん

### ◆担当されている業務について 教えてください。

インフラ点検における一連のワークフロー（ドローンによる空撮や、撮影した画像データによる遠隔点検、業務に携わるメンバー間の情報共有等）を効率良く、品質良く実施していくための業務システムや、ドローンによる空撮時に3D写真測量を同時に行い、画像データを用いたバックオフィスでの点検業務を効率良く行うための遠隔目視点検システム等のソフトウェア系の開発・検証・導入、そして、さまざまなインフラ点検ニーズにこたえるためのドローン機体や自律航行を行うための制御システム、さらに、自動充電を実現する周辺装置などハードウェア系の開発・検証・導入を手掛けています。ソフトウェア系についてはインフラ事業者としてのオペレーショナルエクセレンスを、NTTとしてのコアの強みであるIT力で実装し、インフラ点検をDX（デジタルトランスフォーメーション）していくことをミッションとして取り組んでいます。ハードウェア系については、インフラ点検の要件を満たす特色



大久保 英徹さん

あるドローン機体をワールドワイドで調査・選定している他、難易度の高いユースケースに対応するための独自機体の開発を行い、市場競争力のある機体をインテグレーションすることで点検のケイパビリティを高めることをミッションとしています。

#### ◆ご苦労されている点を伺えますか。

インフラ点検と一口に言っても、お客さまや業界、点検対象設備等によって、やるべきこと、求められることはさまざまです。それらを業務システムで吸収しようとする、往々にして複雑怪奇な実装や使い勝手になってしまいがちです。当社はさまざまなインフラ事業者の抱える点検課題を解決する“公器”をめざしているわけですから、決して自社専用の業務システムではなく、いわゆるSaaS (Software as a Service) として広く継続的に使っていただけるようなシンプルで分かりやすいものにしていく必要があります。また、ハードウェア開発についてはこれまでNTTとしては経験が乏しかった領域であり、当初は

机上でのスペック検討や市販品検証のレベルの取り組みにとどまっていたが、ハードウェアエンジニアの経験者採用を通じて、市販品では対応しきれない難易度の高い点検にも対応できる完全オリジナル機体の開発をするところまでようやく漕ぎ着けました。ドローン機体はハードウェアと、自律制御などITがクロスオーバーする領域であり、今後もNTT内外から多様な人材を採用していくことで、機体開発のケイパビリティを高めていきたいと考えています。

#### ◆今後の展望について教えてください。

ドローンを用いたインフラ点検を社会実装していくためには、スキルレス化、オートメーション化が必須になると考えています。特に目視外でのドローンの自律航行の実現はそのキーポイントであり、国内の法整備の動向やグローバルの動向も押さえつつ、一步一步着実に技術開発を進め、NTT西日本や提携各社様とともに安心・安全な仕組みの導入・評価をしていきたいと考えています。

## ジャパン・インフラ・ウェイマーク ア・ラ・カルト

### ■東京・銀座にあるNTT西日本の会社

「お客さまとなる、電力・ガス・鉄道等のインフラ事業者様の事務所ロケーションが集中しており、出張者が利用する新幹線停車駅である東京駅や品川駅から足を運びやすい銀座をオフィスにした（管理部 芝崎拓弥さん）」とのこと（写真1、2）。

銀座という立地上、周辺の食環境は充実しており、帰宅時の一杯が楽しめるお店が多いのも特徴的です。ジャパン・インフラ・ウェイマークという名前には、近い将来に日本のインフラ業界の「道しるべ」となるという意味が込められているのですが、近所に「道しるべ」という居酒屋さんがあり、そこには社員がいつも足しげく通い、まるで社員食堂のようだそうです。

### ■オフサイトミーティング

日ごろの仕事から一度離れて、PCや電子機器のない中で会社の今後の成長について議論をする「オフサイトミーティング」が隔月で開催されているとのこと。ワークプロセス見直しのような議論も多くある中で、2020年1月のミーティングには、ドローン芸人で最近徐々に人気の高まってきた谷+1（谷プラスワン）さんがゲスト出演してくれたそうです。まさにドローン事業をやっている会社らしいイベントだったのですが、谷さんの芸もさることながら、ドローンの知識の広さや撮影技術の高さに参加メンバーも興味津々で、互いに刺激し合えるとても良いイベントとなったそうです。



写真1 銀座のオフィス



写真2 芝崎 拓弥さん

## システム開発業務とヘルプデスク業務のDX ——運用と技術の融合

NTT東日本では、RPA（Robotic Process Automation）を活用した業務の自動化やスマートメンテナンス技術を活用した点検業務の効率化などデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進に取り組んでいます。アクセスオペレーションセンタ（AOC）では、システム開発業務やヘルプデスク業務においてNTTの研究所と連携してDXの取り組みを推進しています。ここでは、その一例を紹介します。

### 背景

NTT東日本はAI（人工知能）やIoT（Internet of Things）などの最新技術を活用した効率的なオンサイト保守\*の仕組みづくりや、アクセス・ネットワーク業務の融合による新オンサイト保守の実現をめざしています。また、建設・保全業務が中心だった設備部門についても収益拡大に貢献するためにビジネス分野へ活動の場を広げており、このような目標を実現するためのさまざまな変革を推進する組織として2019年7月にアクセスオペレーションセンタ（AOC）が発足しました。体制としては、センタ施策を円滑に運営させる業務管理等を行う事業推進部門、遠隔点検や新オンサイト保守の効率的運営を推進する保全系のアクセス運営部門、工事者支援と開通ビジネス業務の技術支援を行う開通・ビジネス系のユーザビジネス運営部門、設計・算定から竣工までの品質向上などを担うエンジニアリング系のアクセスエンジニアリング部門、アクセス系の研修と資格試験運営を通して技術者育成を担うアクセス研修部門、設備系業務システム開発や導入支援、ヘルプデスク業務を担うシステム推進部門の6部門が連携して運営コンセプトをこれまでの「オンサイトサポート」から「集約オペレーション」に変革し、集約運営機能を充実させアクセス業務の運用コントロールタワーをめざしています。

2019年度のセンタ内重点施策項目の1つに新技術等を活用した業務BPR（Business Process Reengineering）推進を掲げ、社外の展示会やNTT R&Dフォーラム等に参加し、業務上の課題解決に活用できる有用な市中技術情報の収集を行っている中で、NTT R&Dフォーラムにて私たちシステム推進部門の主業務であるシステム開発や導入支援、ヘルプデスク業務に活用できる技術情報を探し当てた

ことから、NTTの研究所と連携し業務への適用検討を進めることとなりました。

### システム推進部門における業務のDX

#### ■ケース1：テスト自動化技術の活用

現状、設備の計画～建設～保守といった一連の業務においてさまざまな業務システムを使用しており、新サービスの追加や業務改善などを契機としてシステムの機能追加や変更のためにおよそ四半期に1回というサイクルでシステム開発が行われています。この開発による機能変更などが原因でシステムに不具合が生じると、システムユーザの業務遅延・停止、ひいてはお客さまへのサービス提供などに影響が生じるおそれがあります。これを未然に防ぐため、システム開発後リリースまでの間に、実業務を想定したシステム操作が問題なく実施できるかを確認する「運用試験（OT）」を行っています。

ところが試験対象の業務システム数は年々増加傾向であり、追加機能の開発により機能数も増え続けているためOTの試験項目・稼働が増加するとともに思わぬバグも発生しています。さらにシステム開発からリリースまでの期間が短くなる傾向もあり、試験品質向上・効率化が求められています（図1）。

これに対応するため、NTTソフトウェアイノベーションセンタ（SIC）が開発したテスト自動化技術「Regumo」は試験品質向上・効率化を目的としていることから、OTでの活用を検討しました。

Regumoはシステムのソースコードの解析や画面の自動操作によってシステム画面の構造を明確にすることで、システムの画面遷移と画面上の入力欄の入力値制約を網羅的に抽出し、それをテストするプログラムを自動生成する技術です。さらに、生成したテストプログラムを市中技術のテスト自動化ツールを活用することでシステム開発前後

\* オンサイト保守：通信設備（NTTビル内の通信装置や電柱・通信ケーブル等）やお客さま宅内装置の故障修理・保全業務など現地で実施する業務。

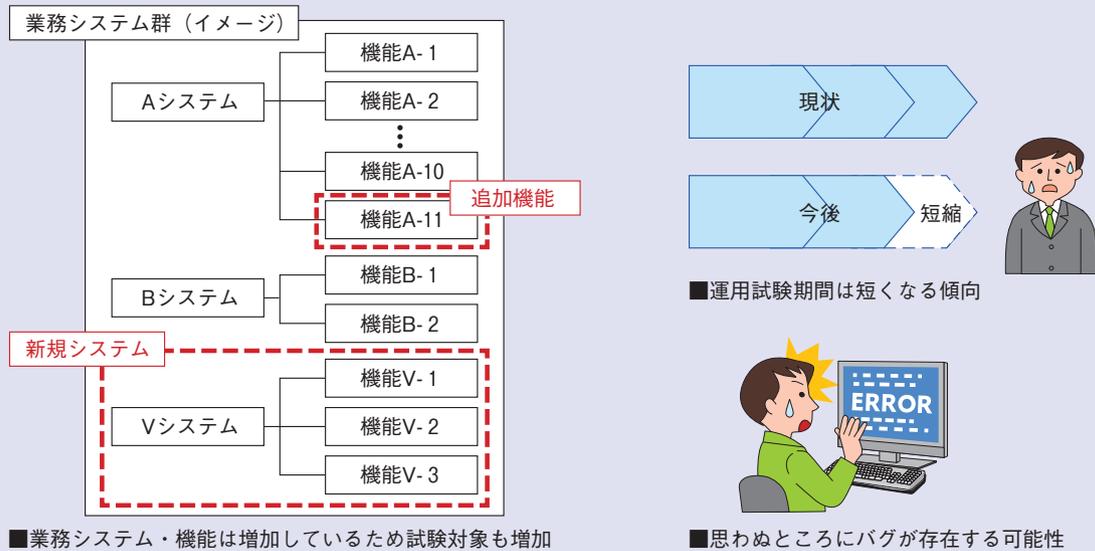


図1 運用試験 (OT) の現状

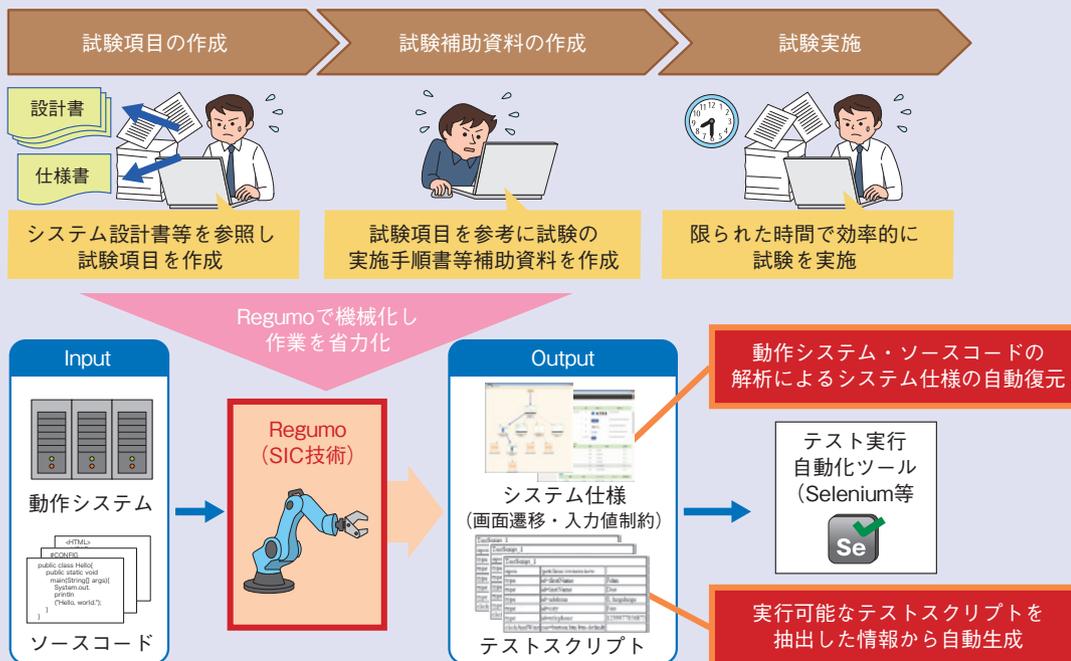


図2 テスト自動化技術「Regumo」の概要

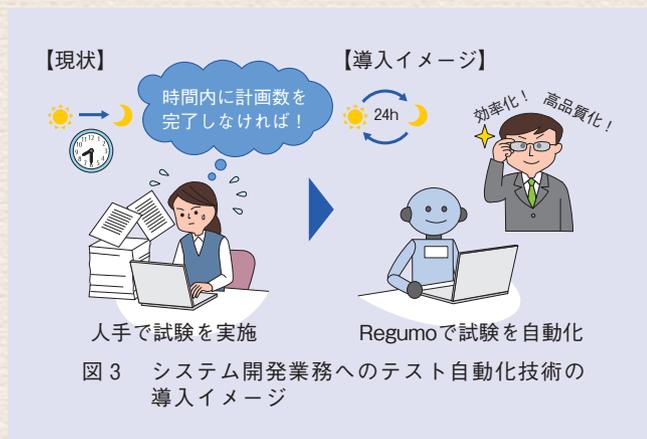
での動作差異を容易に発見し、不具合を効率的に検出することが可能です (図2)。

RegumoをOTに活用することでシステムの全機能を網

羅的かつ自動で試験することが可能であることから試験品質向上・効率化が実現できると考えられます (図3)。

2019年3月末からSICと連携し、開通業務や故障修理

業務で使用されている業務システムの検証環境を使用してRegumoのトライアルを実施しました。当初、Regumoを業務システムへインストールし、解析をスタートさせたところ正常に動作せず原因を調査した結果、業務システムのブラウザInternet Explorer (IE) にRegumoが対応していないことが判明しました。その後、IE対応をした新バージョンのRegumoを使い改めてトライアルを実施した結果、システムの画面遷移をたどることができないという事象が発生しましたが、システムのソースコードに使用されている特定のコードが原因であることが分かり、解析時に使用する補助的なプログラムを変更し問題の解消に努めています。このように地道に対応方法の検討と対処を繰り返しながら業務システムへの適用を進めています。

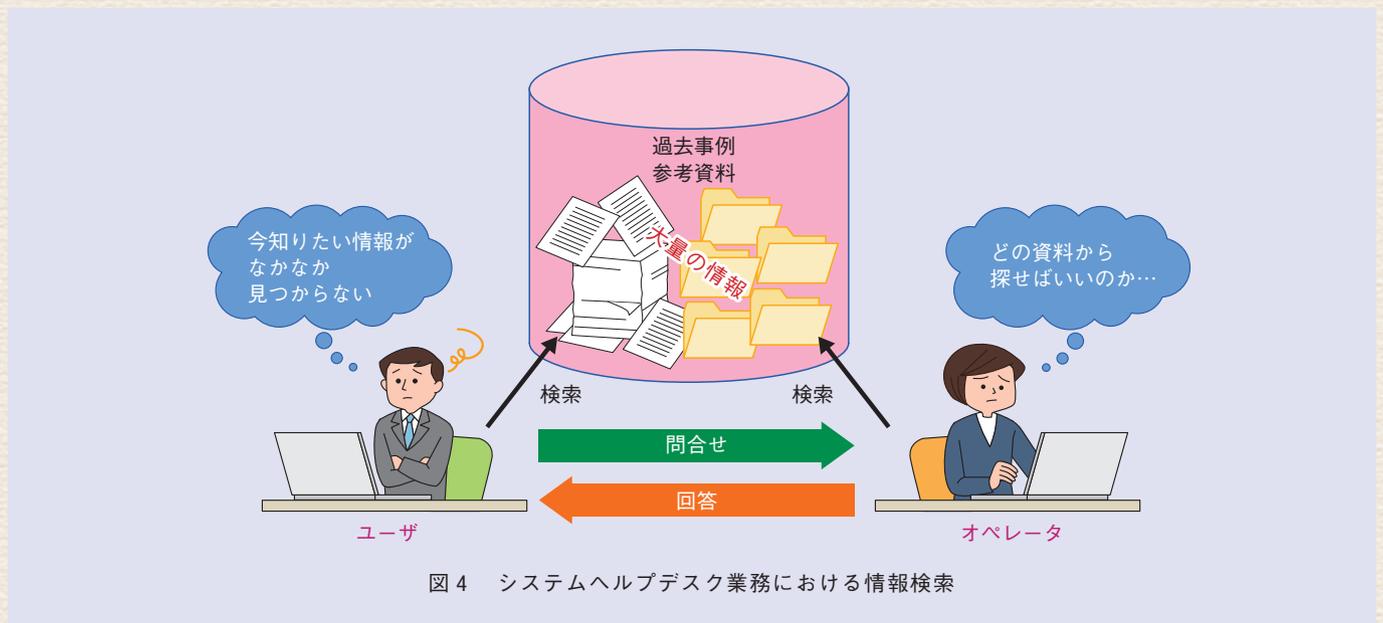


## ■ケース2：業務ドキュメント参照支援技術の活用

システム推進部門では前述したシステム開発業務の支援のほかに、設備系業務システムのユーザから寄せられる問合せの受付・回答を行うヘルプデスク業務も行っています。問合せの受付・回答には専用のWebサイトがあり、ユーザからの問合せに対しオペレータが回答を行い、それをユーザが確認することができます。また同Webサイトでは、ユーザによる自己解決も可能となるよう、過去の問合せ履歴や各種業務に有用となる情報を掲載しています。ところがこのWebサイトを利用し、ユーザおよびオペレータが必要な情報を探し出そうとした場合、大量の情報が検索結果に表示され、それらを一つひとつ確認しながら探し当てなければならないため、多くの時間を費やすケースがあります(図4)。これらのことから、ユーザによる自己解決やオペレータによる回答が迅速に行える仕組みが望まれています。

これに対応するため、NTTアクセスサービスシステム研究所(AS研)が開発中の業務ドキュメント参照支援技術(本技術)は応対品質の維持・効率化を目的としていることから、ヘルプデスク業務への活用を検討しました。

AS研が開発中の本技術は業務システム利用中に発生したユーザの不明点の解消に必要な情報が記載されたドキュメントを自動で検索してユーザに提示してくれる技術です。平常時と不明点発生時の業務システムの画面表示内容を比較し、ユーザの不明点に関連するキーワードを認識します。認識したキーワードを基に文書検索を行うことで、



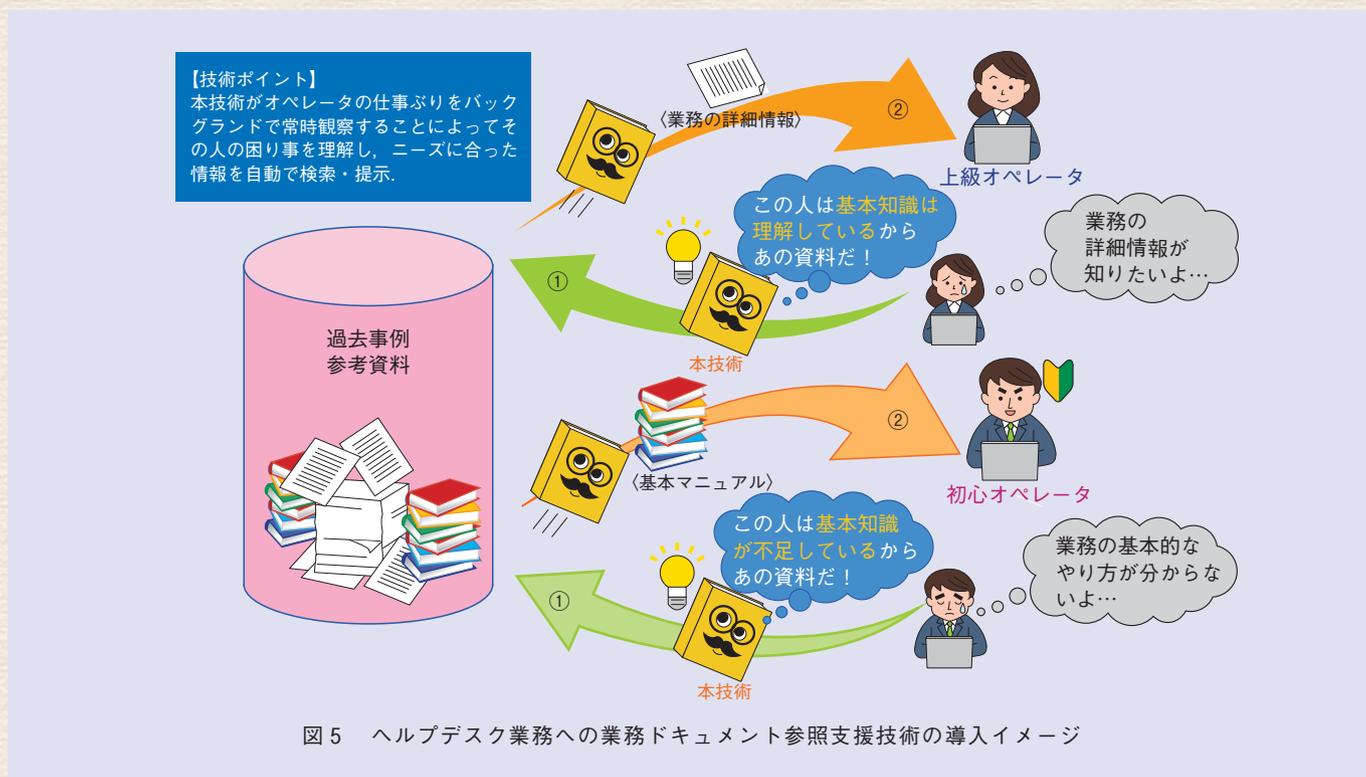


図5 ヘルプデスク業務への業務ドキュメント参照支援技術の導入イメージ

不明点解消に有用なドキュメントを見つけ出しユーザに提示することができます。本技術をヘルプデスク業務に活用することで、オペレータがユーザ対応に有用なドキュメントを誰でも簡単に参照できるようになることから迅速なユーザ対応が可能になることが期待できます。また、ユーザにも本技術を利用してもらうことで、ユーザの自己解決の迅速化、自己解決率の向上にもつながることが期待できます(図5)。

2019年10月からAS研と連携し、問合せ受付・回答の専用Webサイトを使用して本技術のトライアルを実施しました。トライアル環境には社内の業務システム網(業務網)を使用して実施することにしましたが、業務網への適用にはセキュリティ等の規制が多く動作に問題が生じたため、AS研と協力して対応方法の検討と対処を繰り返し取り組みました。

トライアルの結果、ユーザの不明点解消に有用なドキュメントが提示されない場合があることが明らかになりました。本事象について調査したところ、本技術が画面表示内容を取得することができず、不明点に関するキーワードが認識されないことが原因の1つとして分かりました。そこで画面表示内容を常に安定して取得できるように改良したことで、この問題を解決することができました。現在はそ

他の原因についてもAS研と協力し解決に向けて取り組むとともに、提示されるドキュメントの有用性評価を進めています。

## 今後の展開

ここではSIC、AS研と連携したシステム開発業務やヘルプデスク業務におけるDXの取り組みを紹介しました。これらの技術をさらに業務システム上でトライアル実施し、明らかになった課題については今後もSIC、AS研と連携し1日も早い業務への導入に向けて対応していきます。また、本取り組みを通してNTTの研究所と連携して業務効率化を検討できるという事例ができたことから今後も幅広く研究所と交流し、さまざまな先端技術を取り込みながらDXの取り組みを進めていきたいと考えています。

### ◆問い合わせ先

NTT東日本-南関東  
 アクセスオペレーションセンター システム推進部門 第一サポート推進担当  
 TEL 03-5819-6405  
 E-mail aoc-sys-newtech-gm@east.ntt.co.jp



# IECにおける光ファイバ・ケーブル技術の国際標準化活動状況

まつい たかし やまだ ゆうすけ あらき のりゆき  
松井 隆 / 山田 裕介 / 荒木 則幸  
NTTアクセスサービスシステム研究所

IEC TC86 (Technical Committee 86: 第86専門委員会) はIEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) において光ファイバ通信に関する国際規格制定を担う標準化組織です。ここではIEC TC86における標準化活動概要と、特に最近の会合で議論された光ファイバ・ケーブル技術のトピックと今後の展開について紹介します。

## IECにおける光ファイバ・ケーブル標準

IEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) は電気技術に関するすべての分野の国際標準・規格を作成する組織であり、製品仕様にあたる国際規格を開発するとともに、安全性・品質の観点で標準規格

適合保証を提供しています。IECでは技術分野ごとに設立されたTC (Technical Committee: 専門委員会) で国際標準の内容や制定・改訂に関する具体的な議論がなされており、光通信システムにおける光製品の仕様や試験方法はTC86が所掌しています。NTTは光通信システムに関する技術開発や仕様の検討を行っており、また国際標準は設備の調達や接続仕様にも大きく関係することから、IEC TC86における標準化活動に積極的に参画し、日本で利用している通信ネットワークや製品仕様を踏まえその品質や相互接続性が保証できるよう、国際標準化に向けた提案や文書審議への対応を行っています。なお、光ファイバ・ケーブル標準については公衆通信ネットワークシステムにおける要求条件の観点からITU-T (International Telecommu-

nication Union-Telecommunication sector: 国際電気通信連合) のSG15でも国際標準化議論がなされており、積極的に参画しています。IECでは主に光製品における調達仕様と国際標準との整合性の観点で、ITU-Tでは通信システムの相互接続性の担保と要求条件の観点で標準化議論を進めており、お互いに密に連携しながら標準化活動を推進しています。

IECの中でTC86は“ファイバオプティクス”技術を所掌しており、主に光ファイバ・ケーブル、光コネクタや通信装置とともに用いる光ファイバシステム、モジュール、デバイスに関する標準(用語、特性とその試験法、構成方法、インタフェース等の光学的、環境的、機械的要件)を整備することを目的としています。TC86が担う技術分野を図1、TC86の組織構成を図2

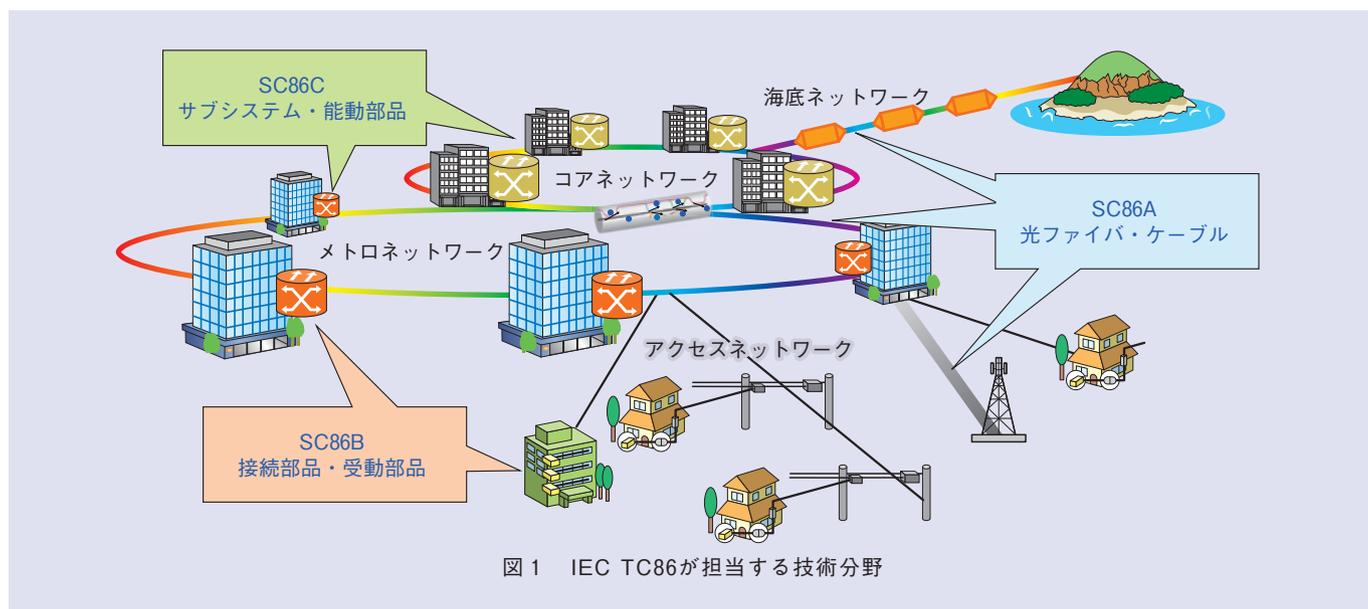


図1 IEC TC86が担当する技術分野



に示します。TC86は技術分野ごとに決定権を有する3つのSC (Sub Committee: 技術分科会) を有し、光ファイバ・ケーブルを主管とするSC86A、光接続部品を主管とするSC86B、光サブシステムと能動部品を主管とするSC86Cがあります。また規格文書の具体的議論を行う12のWG (Working Group: 作業部会) を有します。それぞれのWGにおいて担当する技術分野における標準の新規制定や改訂の提案や文書の作成を実施し、文書の発行や検討計画を各SCで決定します。ここではIECで議論されている光ファイバ・ケーブル標準の最近の動向を説明します。

### IECにおける光ファイバ・ケーブル標準の動向と取り組み

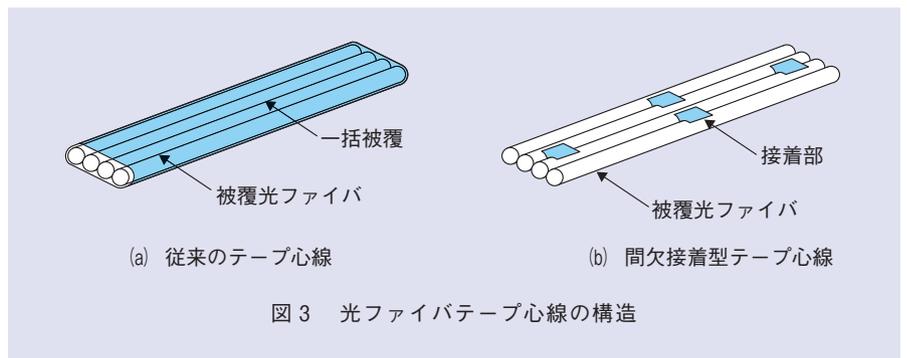
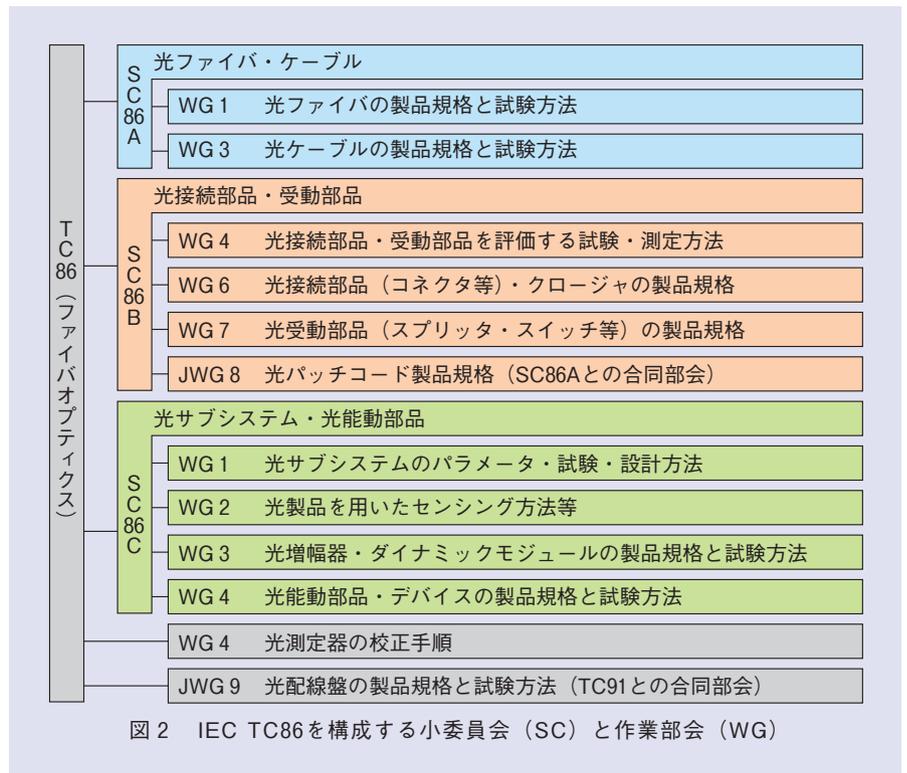
IEC TC86が所掌するファイバオプティクス分野では、特にデータセンタにおける光ファイバ・ケーブル需要の急速な増加や欧州・新興国におけるFTTH (Fiber To The Home) の急速な普及を背景に、アクセスシステム向けの光ケーブルや接続部品の標準化議論が活発に行われています。光ファイバ・ケーブル標準を扱うSC86Aでは、光ケーブルの多心化・高密度化に伴う光ファイバ心線や光ファイバテープ心線標準の改訂や、各国の使用環境を考慮した光ケーブルの多様な試験方法の提案・審議が進められています。

日本からも、日本で開発され導入されている間欠接着型光ファイバテープ心線の標準提案を行い国際標準として制定されるとともに、光ケーブルの摩擦係数や凍結耐性の試験方法の新規標準化を提案し、標準文書として制定することが合意され議論が進められてい

ます。

図3に光ファイバテープ心線の構造例を示します。従来の光ファイバテープ心線は複数の光ファイバを一括で被覆しているため取り扱い上の柔軟性が制限されますが、間欠接着型光ファイバテープ心線では長手方向に離散的に接着することで、丸めたり任意の方向に曲げることができる等柔軟性が向上し、かつ整列による一括接続性

も可能です。ここで従来の光ファイバテープ心線標準では変形しないことを前提に寸法や試験方法が規定されていたため、間欠接着型も考慮できるように標準を改訂し、新たにIEC60794-1-31として標準文書を制定しました。間欠接着型光ファイバテープ心線の実現により、光ケーブル内への光ファイバの実装密度を極限まで高めることができ、日本でも超高密度光ケーブルに用



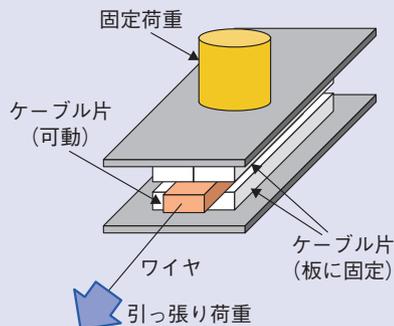


図4 インドアケーブルの摩擦係数試験方法

おり、そこで用いられる光ケーブルは、この試験方法によって評価し、対策に必要な条件を定めています。凍結環境における知見や提案は例が少なく参加国からも高い関心を集め、凍結試験方法として日本提案を新たに加えることで合意されました。

これらの新たな光ファイバ・ケーブル標準は日本の技術を広く海外にも展開するとともに、粗悪な製品を排除しユーザの使用環境における光ケーブルの特性を客観的に保証することができます。

## 今後の展開

日本は光ファイバ・ケーブル技術について世界に先駆けて国内展開を推進し、IEC TC86でも主要国の1つとして高い発言力とプレゼンスを有します。光ファイバ・ケーブル技術に関する多くの導入・運用実績や知見に基づき、国際標準化でも関係するITU-Tとも密に連携しながら、光通信ネットワークの発展に資する国際標準の整備に貢献していきます。また将来のIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に不可欠となる次世代光ファイバ・ケーブル技術についても、研究開発と標準化活動の両輪で技術の確立を推進していきます。

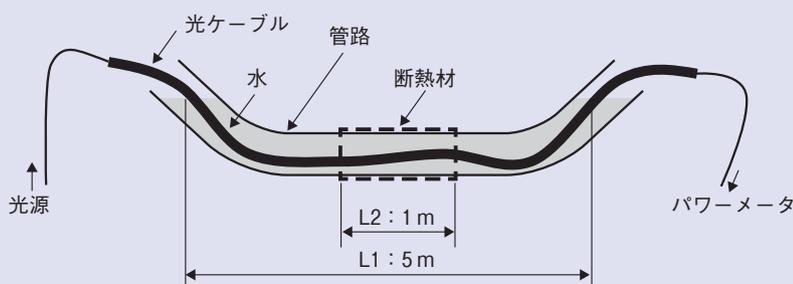


図5 光ケーブルの新たな凍結試験方法

いられ導入されていますが、最近では海外でも多心光ケーブルの高密度化に利用され始めています。

また、光ケーブルの試験方法の標準は光ケーブルの特性を客観的に保証するために必須になります。日本では屋内配線向けに低摩擦のインドアケーブルが開発・導入されていますが、光ケーブルの摩擦係数については標準試験法がなく、類似製品があってもその性能を客観的に判断することが困難でした。図4に日本が提案した光ケーブルの摩擦係数試験方法を示します。複数の光ケーブルを多条敷設することを考慮した光ケーブルどうしの動摩擦係数の試験方法となっており、プラスチックフィルムどうしの摩擦係数の試

験方法をベースにNTTで確立した方法です。国外でも敷設する光ケーブルの増大に伴い光ケーブルの摩擦は高い関心を集め光ケーブルの機械特性試験方法の1つとして新たに標準制定をすることで合意されました。

さらに光ケーブルの寒冷地での敷設を考慮した凍結耐性を評価するための試験方法についても、NTTにおける知見をもとに新たな試験方法として提案しました。提案した試験方法は図5に示すように光ケーブルを水で満たした管路内に設置して冷却し、実際に敷設される管路内での凍結環境を模擬して光ケーブルの特性を試験するものです。NTTでは日本国内の多様な環境下で光ケーブル設備を敷設・運用して

## 世界初、光ケーブル構造により光ファイバ内の伝送特性を制御

NTTは、同一光ファイバ内で複数種類（マルチモード）の光を伝搬するモード多重伝送において、光ケーブルの構造を最適化することにより、マルチモード信号光間の光ケーブル出射端における伝送時間差を低減することに世界で初めて成功しました。

モード多重伝送ではモード数に応じた大容量化が期待できますが、各モードの伝送時間が異なるため、受信器の信号処理が複雑化する問題があります。今回、光ケーブルの設計パラメータ（光ファイバを束ねる強さや間隔など）を最適化することで、曲がりや振れなど光ケーブル内の光ファイバの実装状態を意図的に制御し、マルチモード間の光信号の干渉による伝送時間のばらつきを最大60%低減できることを実証しました。本成果により、モード多重伝送の基盤となる光伝送路技術の実現に向け、光ファイバと光ケーブルの同時最適により伝送特性を制御するという新たな指針を示すことができました。

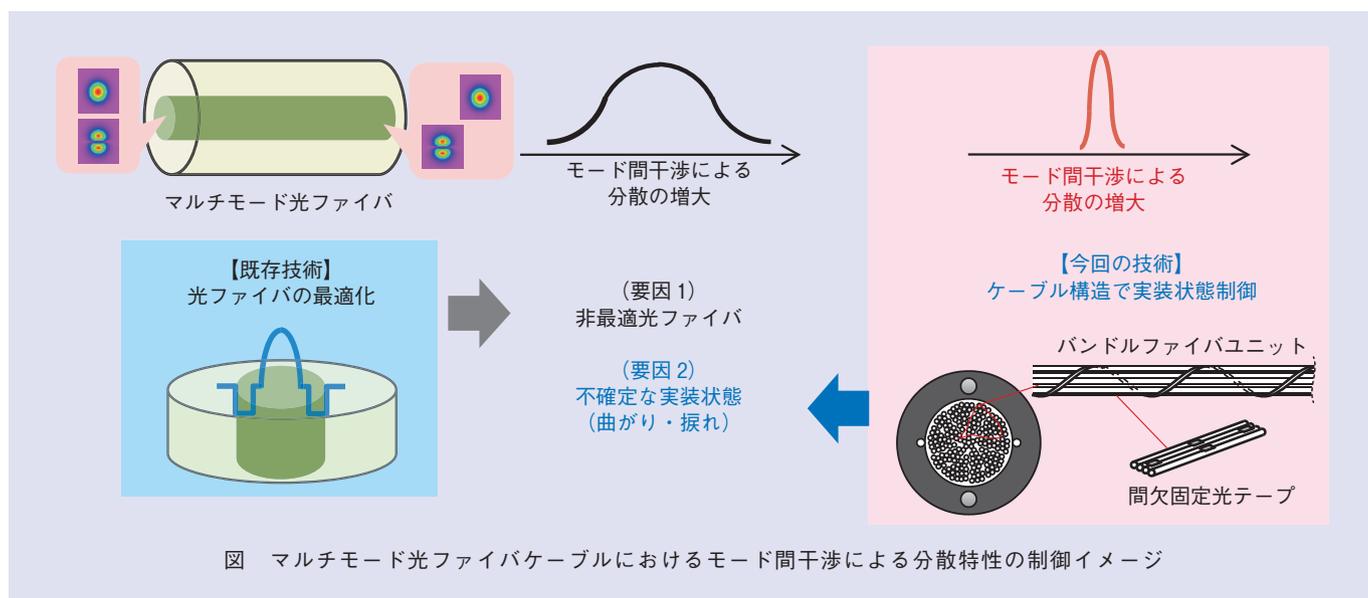
今後、光ファイバおよび光ケーブル技術のさらなる最適化を図ると同時に、モード多重伝送に必要な接続・周辺技術の検討を進め、NTTが提唱するIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を支える大容量光伝送基盤の実現に貢献していきます。

今回の成果は、米国カリフォルニア州サンディエゴで開催された光通信技術に関する国際会議（OFC2020）において、光ファイバケーブル部門で平均スコアがもっとも高かったトップスコア論文として採択され、2020年3月9日に発表しました。

### ■研究の背景

5G（第5世代移動通信システム）やIoT（Internet of Things）技術の本格導入を目前に控え、光通信基盤を行き交うデータ通信容量は指数関数的に増加し続けています。この増え続けるデータ通信需要に持続的に対応すべく、既存光ファイバの伝送容量を拡大する空間分割多重技術が世界的に研究されています。空間分割多重伝送用の光ファイバは、1本の光ファイバ内に複数の独立した光の通り道（コア）を有する「マルチコア光ファイバ」と、共通のコア内を複数種類（マルチモード）の光が伝搬する「マルチモード光ファイバ」の2種類に分類することができます（図）。

これまでNTTのマルチコア光ファイバの研究においては、現在使用されている光ファイバと同じ国際規格に準拠した細さで、既存技術が活用しやすいマルチコア光



ファイバの研究開発などを進め、その長距離・大容量伝送への適用性を明らかにしてきました。

一方、将来にわたり増え続けるデータ通信需要を持続的に支えていくためには、マルチコア技術に加え、マルチモード技術の活用も不可欠になると考えられます。しかし、マルチモード光ファイバでは、伝搬するモード間で伝送速度が異なるため、モード間干渉による時間軸上の分散が増大し、受信側における光信号の処理が煩雑になるといった問題があります。モード間の伝送速度差は、光ファイバの構造条件を最適化することで低減できますが、光ファイバの曲がりや捩れといった設置状態にも依存して変化してしまいます。このため、光ファイバケーブルおよび光伝送路全体でモード間の伝送速度差を制御することは極めて困難でした。

#### ■今回の研究概要とその成果

今回の研究では、NTTが開発した細径高密度光ケーブルにおける設計パラメータを最適化することで、①実装される光ファイバに加わる曲がりや捩れ状態の制御、②低損失性とモード間伝送速度差低減の両立、の2点を可能にし、世界最小のモード間伝送速度差を有する細径高密度マルチモード光ケーブルを実現しました。

本成果は、光ファイバ伝送特性の光ケーブルによる制御性を世界で初めて明らかにしたものであり、モード多重伝送用光伝送基盤の実現に向け、光ファイバと光ケーブルの

同時最適により伝送特性を制御するという新たな指針を示したものといたします。

#### ■今後の展望

今回の研究成果では、光ファイバ構造と光ケーブル構造を同時に最適化することにより、これまで困難だったモード間伝送時間差の制御を長距離光伝送路として実現できることを、世界で初めて示しました。本コラムで併せて掲載されている、モード多重用の光伝送技術および光信号処理技術と組み合わせることで、モード多重伝送によるさらなる大容量化の道を切り拓けるものと期待されます。

今後も、モード多重用光ファイバおよび光ケーブルの最適化を進めると同時に、光伝送路の構成に不可欠な接続等の周辺技術の研究も推進し、光伝送技術の研究開発と連携して、モード多重を用いた長距離・大容量光伝送システムの実現をめざします。

#### ◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所

企画部 広報担当

TEL 0422-59-3663

E-mail inlg-pr-pb-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2003/200309a.html>

## 最先端の研究それぞれが実用化への第一歩

山田 裕介

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

「光ファイバ伝送容量の限界打破」。これは、IOWN構想を支える大容量光伝送基盤の実現に向けて克服すべき1つの課題です。この解決に向けた1つの要素技術が、空間分割多重光ファイバです。今回の研究成果は、数mm程度のケーブル内のスペースに200本の光ファイバを高密度に実装し、それらの光ファイバに意図した曲げと捩じりを加えて、伝送特性を制御するものです。これまで、光ファイバに曲げなどを与えないよう“優しく”ケーブル化することが基本的な考え方でしたが、この研究では、ケーブル内の光ファイバの状態を数千枚ものCT断層画像から把握し、特性を制御のための適切な曲げを与える条件を明らかにしました。これは世界で初めてのアプローチであるとともに、光ファイバが実際に使われるうえで必要となる光ケーブルというかたちで実現性を示した点も大きな成果の1つと考えています。

これまでに私が研究～実用化を進めてきた光ケーブルもまた、今回の研究成果と同様に、世界初・世界最小という1つの実証から始まりました。研究の過程で思うように進まないこともありましたが、より優れたアイデアを取り入れ発展させ、信頼性や取り扱い性を含めた性能を向上させて実用化に至っています。言い換えれば、最先端の研究成果は、それぞれが実用化への第一歩です。この研究も、これからは光ファイバ・ケーブル技術だけでなく、計測や伝送、製造技術と連携して、大容量光伝送基盤の実現に向けて前進させていきます。

研究者  
紹介



NTT筑波研究開発センター内  
光ケーブル実験設備にて

# Focus on the News

## 世界初、モード多重光信号の太平洋横断級長距離伝送実験に成功

NTTは、光ファイバを伝搬する複数の空間モードを利用した、世界初の太平洋横断級長距離光伝送実験に成功しました。

近年、次世代光通信システムを実現する基盤技術として、空間分割多重技術の研究開発が進められています。その有望な一形態であるモード多重光伝送技術では、光ファイバ内の複数の空間モードに信号を多重して送ることができるため多重度の分だけ伝送容量の向上が期待できます。その一方、長距離伝送時には距離に応じて増加する信号波形の歪みが顕在化し、モード多重光伝送の長距離化を実現するうえでボトルネックとなっていました。

このたび、上記課題を解決しモード多重光信号の大幅な長距離伝送を可能にする伝送技術（巡回モード群置換）を新たに研究開発しました。本技術の適用により、既存のファイバの伝送容量を最大6倍に拡大可能な大容量長距離光通信システムの実現可能性を示すとともに、多重度を柔軟に制御することで、9000 kmを超える太平洋横断級の長距離伝送が可能であることを世界に先駆けて実証しました。今後、本技術の応用検討を進めると同時に、関連技術分野と連携し、NTTが提唱するIOWN構

想を支える大容量光伝送基盤の実現に貢献していきます。

今回の成果は、米国カリフォルニア州サンディエゴで開催される光通信技術に関する国際会議（OFC2020）において、伝送部門の平均スコアがもっとも高かったトップスコア論文として採択され2020年3月12日（現地時間）に発表しました。

### ■研究の背景

5G（第5世代移動通信システム）サービスの開始やIoT（Internet of Things）デバイスの普及に伴い、通信需要は継続して増えており、情報通信インフラを支える既存のシングルモード光ファイバ（SMF）を用いた光通信システムが提供できる伝送容量の限界が近年見えてつづあります。キャパシティクラッシュと呼ばれるこの伝送容量の危機を回避するために、次世代の光通信システムを実現する基盤技術として、空間分割多重技術が注目を集めています。空間分割多重技術は、光の通り道となるコアや空間モードを複数利用できる新しい光ファイバを伝送媒体とすることで伝送容量を飛躍的に向上させることができると期待されています。

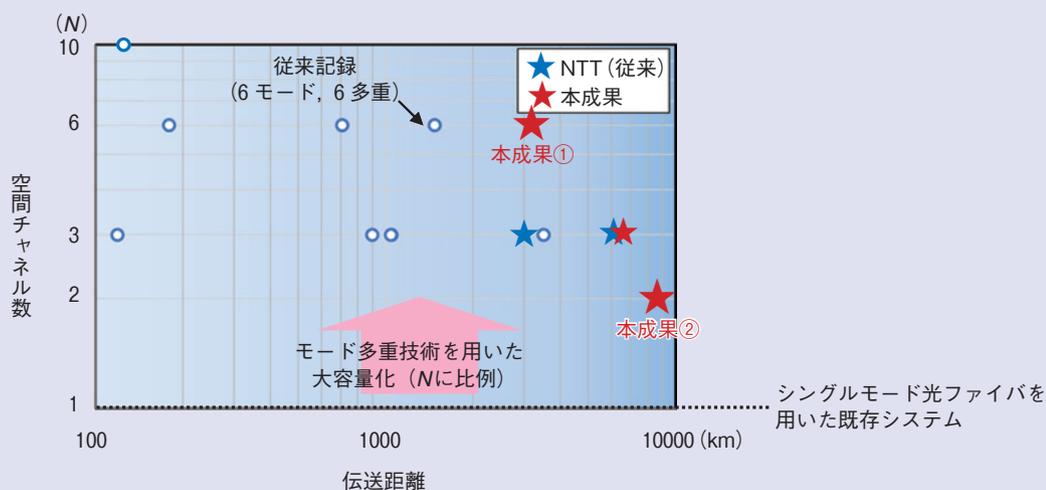


図 マルチモード光ファイバを用いた長距離伝送の動向、および本成果の位置付け

空間分割多重技術の1つの形態として研究開発が進められているマルチモード光ファイバの空間モードを利用するモード多重光伝送技術では、ファイバ設計パラメータの調整によって空間チャンネルの数を増やすことができ、その分だけ伝送容量を高めることができます。その一方で、情報を載せる信号パルスの伝わる速度が光ファイバ内を伝搬中に空間モードごとに異なる性質（この現象をモード分散と呼びます）を持ち信号歪みが発生するため、受信側で信号パルスから正しい情報を取り出す際に、信号処理によってこの歪みを取り除く必要があります。モード分散の総量は距離に比例して累積し、信号処理の負荷を増大させるため、モード多重光伝送の長距離化を困難にする主な要因となっていました。

### ■研究の成果

図に、マルチモード光ファイバを用いた長距離伝送の動向と本成果の位置付けを示します。このたび、NTTは、モード多重光伝送におけるモード分散の累積を大幅に低減する巡回モード群置換技術の研究開発を行いました。本技術を用いることにより、これまで長距離化が困難であったモード多重光伝送において、3250 kmにわたる世界最長の6モード多重光伝送実験の実証に成功しました（図

の本成果①）。これは超長距離陸上伝送システムの距離に相当します。さらに、多重度を柔軟に制御可能な空間モードダイバーシティ光伝送と組み合わせ、9000 kmを超える太平洋横断級のモード多重光信号伝送の長距離化が可能であることを世界に先駆けて初めて実証しました（図の本成果②）。

上記の両成果において、1空間モード当りの周波数利用効率は3.0 bit/s/Hzとなります。特に6モード多重伝送の場合、モード多重光信号としての周波数利用効率は18 bit/s/Hzに達し、光ファイバ1本当りの容量を既存のSMFと比較して6倍に拡大できる可能性を示しました。

### ◆問い合わせ先

NTT先端技術総合研究所

広報担当

TEL 046-240-5157

E-mail science\_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2003/200309b.html>

## 光ファイバの空間モードを駆使して伝送容量限界のその先へ

### 研究者 紹介

芝原 光樹

NTT未来ねっと研究所

フォトニックトランスポートネットワーク研究部 光波処理基盤研究グループ  
研究主任

SNSの流行や5Gサービスの開始などのニュースはよく目にしますが、それを支える情報通信インフラとしての光通信システムを意識する機会はそれほど多くないかもしれません。しかし、国内外を問わず通信の総量は毎年着実に増え続けており、既存のシングルモード光ファイバを用いたシステムが供することのできる伝送容量限界が近年見えつつあります。日常生活を豊かにし、経済活動を活発化し、あるいは災害時において命を守る通信サービスを支えるための研究開発を行うことはNTTとしての責務であると考えています。

新しい形態の光ファイバを用いる空間分割多重技術は、伝送容量限界の問題を克服し得る技術として2000年代後半にNTTをはじめとする日本勢によってその構想が提唱され、2010年代に入ってから世界中で研究開発が本格化しました。マルチモード光ファイバ自体は光伝送技術の黎明期から利用されていますが、その光ファイバ内の空間モードを活用して伝送容量を拡大するモード多重光伝送が研究室レベルで実証可能となったのはごく最近のことです。今回の成果では、モード多重光伝送の「大容量化」と「長距離化」という2つの特性を同時に達成できる可能性を示し、光通信システムへの適用可能性を検討するうえで重要なマイルストーンになったと考えています。今後も関連技術分野と連携して実用化へ向けた検討を推進し、将来の大容量光通信システム実現に貢献していきます。



# Focus on the News

## 日本初、5Gを活用し濃霧の中でも安全に走行できる運転補助システムの確立に向けた実証実験を実施

大分県、NTTコミュニケーションズ（NTT Com）、株式会社オートバックスセブン、大分交通株式会社、NTTドコモ九州支社は、2020年2月12日に大分県で、濃霧の中でも安全に走行できる運転補助システムの確立に向け、運転中の周囲の車両やガードレールなどを画像認識し、5Gでリアルタイムに車内のディスプレイに表示する実証実験を日本で初めて実施しました（図）。

大分県は大分空港と大分市方面を結ぶ主要な移動手段が高速バスであり、中間点にある日出JCTにて濃霧が発生し、交通面・観光面で大きな課題となっていますが、本実証実験により、濃霧の高速道路でも安全に走行できる運転補助システムを確立し課題解決をめざします。

今回の実証実験は、5Gの高速・大容量と低遅延の特徴を活かし、濃霧の中を走行中の車両に搭載したカメラ（サーマルカメラ/4Kカメラ）で撮影した画像を、5Gを用いてドコモオープンイノベーションクラウド™（クラウド）へ送信し、クラウドに実装したドコモの画像認識エンジンで前方を走行する車両、高速道路の白線・ガードレールを認識させます。その結果を車両のヘッドアップディスプレイに表示することで、運転手は視界不明瞭な濃霧の中でも車線や前方の車両などを目視することができます。

### ■各社の役割

- ・大分県：実証フィールド（昭和電工ドーム大分）の提供、地元企業対応 など
- ・NTT Com：プロジェクト管理、システム性能評価 など
- ・オートバックスセブン：カメラおよび高精細地図を用いたソリューションの企画・構築 など
- ・大分交通：高速バス提供、高速バス運転 など
- ・NTTドコモ：5Gエリア、クラウド環境、画像認識エンジンの提供 など

### ■今後の展開

大分県、NTT Com、オートバックスセブン、大分交通、ドコモは、これからも社会課題解決、地域社会活性化、県民サービス向上に向けて取り組んでいきます。

### ◆問い合わせ先

NTTドコモ 九州支社

広報室

E-mail [web-kyushu-ml@nttdocomo.com](mailto:web-kyushu-ml@nttdocomo.com)

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0212.html>

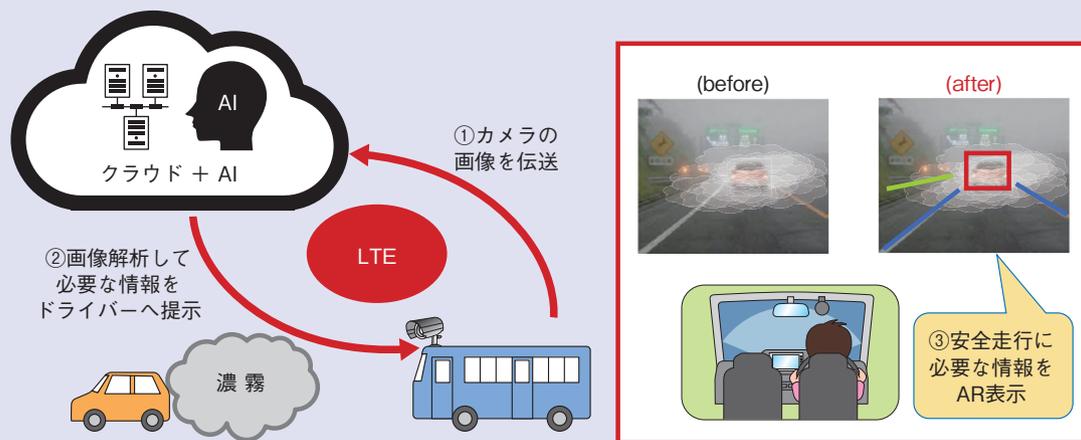


図 高速道路（東九州自動車道：別府IC～速水IC）LTE環境＋高速バスで実施

## 「5Gで視界ゼロの高速運転を可能にしたい」 ～霧による通行止めワースト1位の高速道路をARドライブ～

### 担当者 紹介

武藤 祐治<sup>†1</sup> / 奥村 和明<sup>†2</sup>

大分県 商工観光労働部 情報政策課 地域情報化推進班 主幹（総括）<sup>†1</sup> / 主事<sup>†2</sup>

大分県は九州の東側に位置し、湯布院温泉や別府温泉など県内に多数の温泉地を抱え、「日本一のおんせん県おおいた味力も満載」をキャッチフレーズに観光立県をめざしています。

観光で訪れた皆様が快適な旅を楽しんでいただくために、重要なインフラと位置付けられているのが「高速道路」です。県内の高速道路は東西南北に整備され、これらすべての高速道路が接続する「日出ジャンクション」では、1日約4万台、年間1300万台を超える交通量があり、交通の要衝と位置付けられています。

しかしながら、この「日出ジャンクション」は霧が多発する地域に位置し、これによる通行止めが長年の課題です。

霧は自然の産物であり、人の手でこれを防ぐことはできません。それならば、霧の中でも平常時と変わらず運転できるようにすれば良いと考えました。

そこで着目したのが、5Gが誇る「高速・大容量」です。「5Gを活用することで、濃霧時に視界を失ったドライバーをリアルタイムで補助することができるのではないか」という提案は、NTTドコモ様をはじめとする多くの企業や関係者に支えられることで、大規模な実証実験へと結びつくことができました。

今回の実証で得られた成果が商用化へと結びつくことで、大分県の地域課題である濃霧だけでなく豪雪地のホワイトアウト対策など、全国各地の課題にも広く応用できるものになるよう継続して取り組んでいきたいと考えております。



（左から）武藤 祐治 / 奥村 和明

## 5Gや最新技術を活用した「協創」による社会課題解決へ向けて

### 担当者 紹介

檜木 将司

NTTドコモ 九州支社 法人営業部ICTビジネスデザイン担当 主査

NTTドコモでは、ドコモのサービス、技術、ノウハウ等（以下、アセット）と、パートナー企業のアセットを組み合わせる新たな価値を創造する取り組みを「協創」と名付け、ここ数年力を入れて取り組んでいます。

2019年度は5Gのプレサービス・商用サービス

をスタートした年であり、新たなアセットとして5Gが加わったため、大分県様と締結した連携協定の中で盛り込んでいた「濃霧の高速道路でも安全に走行できる運転補助システムの取り組み」について、5Gを活用して実証実験を含む活動を実施しました。

今年度は取り組みの初年度であったため、まずは「単独の車両を濃霧の中で走行できるように支援する」ことを目標にし、ドコモとして5G、クラウド、画像認識エンジンの3つのアセットを提供し、濃霧の中で白線、ガードレール、前方車両の3つを検知することをめざしました。検証内容としては、そもそも機能が実現できるのか？ LTEと比較して5Gがどれほど優位になるのか？ 等をメインに検証を行いました。

0からのシステム開発であったため、想定外のさまざまなトラブルがありましたが、大分県様やパートナー企業の皆様にご協力いただき、システム構築、実証実験を成功させ、検証項目であった機能の実現性と5G優位性を確認することができました。2020年度以降は、さらに品質を高め商用化に向けて検討を進めていく予定です。

今後も「協創」による社会課題解決をめざして頑張っていきたいと思っております。



檜木 将司（写真左）、九州支社、大分支店のメンバー

## 製造現場におけるローカル5Gの本格検証を開始

NTTコミュニケーションズ（NTT Com）は、製造現場のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進する「Smart Factory」の実現に向け、ローカル5Gの本格検証を開始します。

今回、株式会社ブリヂストンと合意し、ブリヂストン技術センターおよび製造工場における共同実証実験（本実験）を2020年6月から開始します。

本実験では、ブリヂストンの広大な工場敷地内において通信品質実験、大容量データ送受信実験などを行うことで、将来的なセンサ類のワイヤレス化や、高精細カメラによる高スキル者の技能分析など、製造現場のDXにおけるローカル5Gの活用領域を共同で検討します。

### ■NTT Comのローカル5G活用のねらい

NTT Comは「DX Enabler<sup>®</sup>」として従来培ってきたネットワークやクラウドの技術を活かし、お客さまのデータ利活用環境の構築に貢献しています。

その中で、データを価値あるものとして利活用するためのプラットフォーム「Smart Data Platform」における、データ収集・伝送機能として「超高速」「多数同時接続可能」「低遅延・高信頼」などの特性を持つローカル5Gを重要な技術ととらえ、その活用領域を検討しています。

ローカル5Gとデータ蓄積・統合・分析などの機能やセキュリティ機能を組み合わせ、トータルソリューションとして、幅広い活用分野での実用化を進めていきます。

また、今後、ラグビートップリーグに所属するNTT Com「シャイニングアークス」のホームグラウンドであ

る「アークス浦安パーク」において多段エッジコンピューティングとローカル5Gとを組み合わせた実証実験を予定しており、ローカル5Gの実用化に向けたノウハウを蓄積していきます。

### ■本実験の概要

本実験では、4.5 GHz帯および28 GHz帯の実験試験局免許を取得し、NTT Comがブリヂストン技術センターおよび製造工場内にローカル5Gネットワークを構築することで製造現場のDXにおけるローカル5Gの可用性を検証します。

ブリヂストンは社会・お客さま・パートナーとの新たな価値の共創により、「商品」「サービス」「サービスネットワーク」という強みと「デジタル」の組み合わせによって提供されるソリューションを通じて、新たな社会づくりを支える取り組みを推進しています。

その取り組みをサポートするため、NTT Comは本実験を通じ、ブリヂストンのタイヤ製造プロセスにおけるセンサ類のワイヤレス化や、高精細カメラによる高スキル者の技能分析など、さまざまな活用分野を想定した検証を行います。

実験項目（予定）は以下のとおりです。

- ① 電波伝搬試験（測定器・端末にて受信レベルを複数拠点で測定）
- ② 通信性能試験（遅延やスループット性能を複数拠点で測定）
- ③ ローカル5Gを利用した各種アプリケーション試験

### ■今後に向けて

NTT Comは、現在制度化されている28 GHz帯に加えて、壁や柱などの障害物に強いとされる4.5 GHz帯でのローカル5Gが本格導入されることを視野に、製造現場のみならず、幅広い業種・業態のDX実現におけるローカル5Gの可用性の検討を進めていきます。

### ◆問い合わせ先

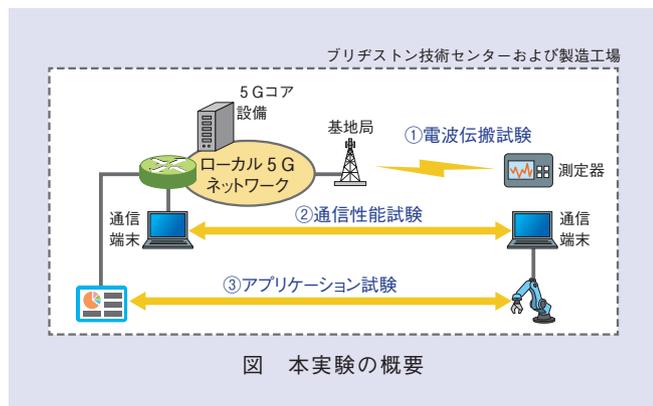
NTTコミュニケーションズ

経営企画部 広報室

TEL 03-6700-4010

E-mail pr-cp@ntt.com

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0326.html>



## 大阪ガスとNTT ComがAI自動音声応対によるコンタクトセンター受付サービスを開始

大阪ガス株式会社は、NTTコミュニケーションズ（NTT Com）が提供する「ボイスDXコンサルティングモデル」（本ソリューション）を活用し、お客さまからの「ガス設備調査 訪問日時の変更」の電話にAIが自動で音声応対する受付サービス（本サービス）を2020年4月より開始しました。

従来のオペレータによる応対に加え、NTT Comの独自技術を用いた本ソリューションを導入することで、大阪ガスのコンタクトセンターにおける電話受付の利便性をさらに高め、お客さま満足度の向上をめざします。

### ■背景

デジタル化の進展に伴い、大阪ガスは、従来のコンタクトセンターでの電話受付に加え、インターネット受付やチャット受付を導入するなど、お客さまサポート窓口の拡充に努めてきました。

NTT Comは、デジタルトランスフォーメーション（DX）によってお客さまとの接点強化を実現する「Smart Customer Experience」を重点領域の1つとして推進しています。

このたび、両社はすべてのお客さまにご満足いただける応対を実現するため、窓口サービスのさらなる利便性向上をめざし、コンタクトセンターにおける電話受付の自動化に取り組みます。

### ■サービス概要と特長

#### (1) サービス概要

従来のオペレータによる電話受付やインターネット受付、チャット受付に加え、AIの自動音声応対による電話受付を開始します。

- ・開始日：2020年4月3日（金）
- ・受付時間：月～土 9：00～19：00  
日・祝 9：00～17：00
- ・電話番号：ガス設備調査の日時変更受付専用ダイヤル：0120-099-209
- ・受付内容：ガス設備調査の訪問日時の変更

#### (2) 特長

- ・複雑な操作に不慣れな方にもやさしい自動音声応対による電話受付を実現：AIとの自然な会話により日時変更の手続きを行うことができ、ダイヤルプッシュ入力操作に不慣れな高齢の方などがご利用しやすい電話受付サービスを提供します。
- ・電話応対から受付内容の手配までの全業務プロセスの自動化を実現：NTT Comの独自技術で最適化した音声認識、AIエンジン、音声合成機能と、大阪ガスの業務手配システムなどを連携させることで、訪問日時の変更に必要な全業務プロセスを自動化します。

### ■今後について

今後も両社は、本サービスの利用状況を分析して継続的な品質改善に取り組むとともに、受付時間の拡大などお客さまの利便性および、満足度のさらなる向上に努めます。

また、本ソリューションを「ガス設備調査 訪問日時の変更」の受付以外にも活用することで、お客さまに一層ご満足いただけるコンタクトセンターの実現をめざします。

### ◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ

経営企画部 広報室

TEL 03-6700-4010

E-mail pr-cp@ntt.com

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0402.html>

