ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和3年2月1日発行　毎月1回1日発行　第33巻第2号（通巻383号）

NTT技術ジャーナル

2 FEBRUARY 2021
Vol.33 No.2

特集

つくばフォーラム2020 ONLINE 基調講演/ワークショップ

トップインタビュー

澁谷 直樹　NTT代表取締役副社長

グループ企業探訪

タワーレコード

from NTTコミュニケーションズ

リアルより気軽に話しかけられるオンラインワークスペース「NeWork™」

特別連載

ムーンショット・エフェクト
――NTT研究所の技術レガシー

CONTENTS

2021年2月号

4 トップインタビュー
澁谷 直樹　NTT代表取締役副社長
Yes we can!!　世界はもっと良くできる
心の経営で未来を切り拓こう !!



特　集
つくばフォーラム2020 ONLINE
基調講演



10 アフターコロナ社会におけるNTTグループの取り組み
澤田 純　NTT代表取締役社長



18 スマートな地域社会の実現に向けて
～ソーシャルICTパイオニアを目指して～
上原 一郎　NTT西日本代表取締役副社長

特　集
つくばフォーラム2020 ONLINE
ワークショップ

26 SmartInfraプラットフォームの取り組みについて
31 次世代光線路技術の研究開発の取り組み
36 APNを支えるPhotonic Gatewayと光アクセス技術

42 特別連載　ムーンショット・エフェクト
――NTT研究所の技術レガシー
第6回　光コンピューティングへの第一歩

NTT技術ジャーナル

46 **from★NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル**
マルチデバイスでの共通のAR/MR体験を提供可能なAR/MRクラウド技術

52 **挑戦する研究者たち**

高村 誠之
NTTメディアインテリジェンス研究所 上席特別研究員
見返りを期待せず，頼まれごとは断らない．損得勘定なしで臨めば，未来が切り拓かれる

58 **明日のトップランナー**

倉島 健
NTTサービスエボリューション研究所 特別研究員
未来予測にとどまらず，その人にとってより良い未来へと導く．「行動モデル」が実現するパーソナルアシスタント

62 **グループ企業探訪**

タワーレコード株式会社
アーティストを応援するファンを応援する会社としてお客さまに付加価値を提供

66 **from NTTコミュニケーションズ**
リアルより気軽に話しかけられるオンラインワークスペース「NeWork™」

70 **Event Reports**
「つくばフォーラム2020 ONLINE」開催報告

76 **グローバルスタンダード最前線**
第4回APT WTSA20準備会合報告

Focus on the News 80
イベント 91
読者の声 92
3月号予定
編集後記

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

本誌掲載内容についてのご意見,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

本誌ご購読のお申し込み,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2021
●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.

/ト/ッ/プ/イ/ン/タ/ビ/ュ/ー/

View from the Top



NTT代表取締役副社長

澁谷　直樹

PROFILE：

1985年日本電信電話株式会社に入社．1999年NTT第一部門 企業オペレーティング担当，2001年NTT東日本　企画部担当部長(ワシントンDC 戦略国際問題研究所客員研究員)，2008年ネットワーク事業推進本部設備部設備計画部門長，2010年福島支店長，2013年経営企画部 中期経営戦略室長，2014年取締役 ネットワーク事業推進本部設備企画部長，2017年東京オリンピック・パラリンピック推進室長兼務，2018年代表取締役副社長，ビジネス開発本部長，NTTベトナム代表取締役社長，2019年デジタル革新本部長兼務，2020年NTTe-Sports代表取締役社長兼務，2020年6月より現職．

Yes we can!!
世界はもっと良くできる
心の経営で未来を切り拓こう!!

社会課題を解決するため，ICTを活用したデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進が重要視されています．こうした中，課題解決に対するNTTグループの対応能力や取り組みはイノベーション力において9年連続でグローバルなTopイノベーターに選出されるなど，国内外で高い評価を得ています．新型コロナウイルスのパンデミックにより，さらに大きく変化した世界においてNTTグループはどのような姿勢で社会課題解決に臨むのか，澁谷直樹NTT代表取締役副社長に現在の取り組みとトップの心構えを伺いました．

高度な技術開発のカギは「継続」

副社長へのご就任おめでとうございます．現在の任務をお聞かせいただけますか．

ありがとうございます．事業会社の立場から，NTTグループ全体を見渡す立場になり，その役割に手ごたえを感じて任務にあたっています．現在，NTTグループはIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を掲げ，2030年の実現をめざしています．また，世界各国から多くの企業が，IOWN構想の実現と普及に向けた「IOWN Global Forum」にご参加いただき，メンバ企業とともにこの先10年のロードマップ策定をはじめ，IOWNの実現に向けて着実に一歩一歩を踏みしめています．

さらに，中期経営戦略「Your Value Partner 2025」の柱となる「ESG経営の推進」の取り組みとして策定された「環境エネルギービジョン」において，IOWN構想の「圧倒的な低消費電力の実現」がテーマとして挙げられており，IOWN構想の実現は，ICTのみならずあらゆる分野においてイノベーションをもたらすものであると，強く実感しています[(1),(2)]．

このような先を見据えた構想において，プロジェクトに携わる人も環境も，社会も時代とともに変化しますから，今だけを見つめて意思決定をするのではなく，中長

期的な視野に立って研究開発を続けていくことが大切であると考えます．

そのようなお考えはどのような経験から導かれたのでしょうか．

この教訓は20年前の光導波路技術AWG（Arrayed waveguide gratings）デバイスの研究開発成果の海外展開にかかわった経験にあります．当時，AWGデバイスは多数の波長を単一の光ファイバで多重化することができ，それにより光ネットワークの伝送容量が大きく増加することからインターネット黎明期の切り札として高い評価を受けていました．研究所は世界をリードするような成果を上げた後も，光の微細加工技術〔PLC（Planar Lightwave Circuit），シリコンフォトニクス，ナノフォトニクス〕を磨き続け，IOWNのキーとなる技術，光電融合技術に進化させることに成功しています．

このように研究所が20数年にわたり，技術を進化させ，世界の最先端の研究を続けていることには敬意を表すとともに，高度な技術開発には継続が大切だと信じています．担当する人が変わっても技術のパイプラインをつなぎ，企業経営の波に左右されない長期的視点での技術開発が大きな成果を生むと考えています．さらに，常にマーケットを循環させる取り組みは重要です．成果を商用化して収益を得て次の研究開発の資金とする，いわゆるエコシステムの構築が重要であると考えます．ほかの先端企業や大学とのオープンイノベーション等を通じて，垂直にも水平にも技術を広げ継承されていく仕組みを大切にしていきたいです．

また，私は長年，交換機のデジタル化における信頼性設計を手掛け，安心で低コスト，効率的なネットワークの構築を追究していました．こうした経験を積んだ後の2000年代になり，光ブロードバンドやひかり電話のサービスが急激に普及しました．これに伴って十分な信頼性設計や性能評価ができないままインターネット接続エリアを急拡大しました．その無理が生じて2007年に何度も全国規模での大規模障害が発生し，NTTの根幹を揺るがすような危機的な状況となってしまいました．当時，迅速にサービスを拡大することが優先されたために，安価で柔軟ではあるが冗長化やリカバリに関する手法が未熟であったIPネットワークに対して，その信頼性アーキテクチャも十分に検討されていないうえに，設計，建設，



保守などほとんどの業務を外注に頼っていました．私は，故障原因の探査やリカバリ策をNTT自ら検討することすらもできないという状況が，大規模故障の長期化を招いたのだと考えました．

そこで，研究所の力も借りて，次世代のIP統合ネットワークである，NGN（Next Generation Network）の検討を一から始め，外注していた設計，建設，保守などの現場業務も内製化に取り組み，２年でNGNを開発，全国に導入しました．NGNはその後，10年以上も大きな障害もなく2000万を超えるお客さまにサービスを提供するまでに拡大しました．さらに，外注に頼っていた業務の内製化を一歩ずつ進めて，現在ではNGNの日常的なオペレーション業務は100%内製化を達成しています．

このような経験から，私は技術戦略担当として，自分たちのコアとなる技術は安易に外注しないことや信頼性設計は何があっても最優先されるべきことを確信しました．今後さらに，デジタル企業に変革するには，AI分析モデルの設計やデジタルデータの解析，サイバー攻撃を考慮したアーキテクチャの検討や不正アクセスへの対応策などについても内製化での対応力強化が最優先されるべきだと考えています．ただ，これらの技術分野でのエンジニア不足はNTTグループ共通の深刻な課題です．AI分野やデジタル分野，サイバーセキュリティ分野におけるさらなる技術者の育成を加速していきたいと考えています．



ストレッチ方式で成功体験を積み重ねる

どんなことにも学ぶことがあり，事業に活かすことができるのですね．

以前のインタビューにおいて，福島支店長として東日本大震災の被害で設備復旧やお客さま支援に奔走したお話をしましたが，本社で想定したとおりには実際の設備はなっていませんでした．海岸近くの水没エリアに設置された設備，崖崩れや落橋の危険性など現地，現場，現物をしっかりと確認する重要性を学びました．被害にあった設備を目の当たりにして，信頼性設計を担当していた私がそのノウハウを基にして事前に現場を確認していたら，被害を最小限に抑えることができたかもしれないと悔やみました．それ以降，泥まみれになろうが，現地，現場，現物をしっかり確認することをスタッフにもお願いしています．私はこれを「フィールド実践力」と呼び，世代を超えて伝えていきたい力であると考えています．この考え方は設備の現場だけではなく，営業の現場も同じだと思います．例えば，農業に関係する仕事をしたいなら農家へ赴き，農家の方と一緒に農業をしてみること．お客さまと同じ目線に立って，お困りごとを理解することが大切です．五感を使った経験を自らの専門分野に活かすことができればより現実に即した提案ができると考えます．そして，何事にも当事者意識をもってお客さまの課題に向き合い，お客さまと一緒にもがきながら並走することが大切だと考えています．

その一方で，技術戦略担当として改めて思うのは，社会でイノベーションを起こしている企業は，自ら技術開発を手掛け，それを実社会で使える技術に育て上げています．これができる企業は「技術ドリブン」であるといえましょう．同様に，NTTの技術を使える技術へと成長させることが大切だと思います.通信だけでは戦えなくなった今，NTTグループ全体のカルチャー変革を図る時期を迎えています．

私は2020年６月に持株会社の副社長に就任したとき，NTTグループの持つ潜在能力を自由に解き放ったときに，どれだけ未来社会を変えるようなインパクトのある貢献ができるのだろうか，その限界をみてみたいと思いました．NTTは民間企業でありながら，これまでの経緯から公共的な意味合いも持ち，通信事業者でありながら基礎的な研究も手掛けるというユニークな存在です．技術力や社会貢献力は社員の想像以上であると思うのですが，正直なところこれを十分に活かしきれていないと思います．



この状況を打破したくて，部下や関連各所にさまざまな課題解決に向けて少々無理を言っています．言われた方々は最初のうちは驚くようですが，繰り返すうちに自らの課題解決力に自信を持ってくれて，挑戦することの面白さを感じているようです．できる範囲のことをできる範囲でやっているとカルチャー変革は起きにくいし，意識は変わりづらいものです．しかし，上長が枠を広げ，ハードルを飛び越える後押しをすることで部下は成功体験を積み重ねることができます．この繰り返しで，やればできるという自信が芽生え，カルチャー変革が進んでいくのです．

社員が自分の能力の高さに気付くこと，そしてトップは社員の力を引き出すことが大切なのですね．

私は従来の枠を徐々に広げていくようにストレッチ方式で課題解決に臨んでいます．枠，すなわちスタンダードを理解していなければ，枠を広げることや確たる目標設定もできませんが，一方で私は枠さえも設けないほうが良いのではないかと思うことがあります．なぜならば，周囲の変化に対応するときにその枠の判断基準ですら変化するからです．例えばNTTは，過去からのサービスや商品の品質にこだわりますから，当然，スタンダードの基準も高くなります．この基準に合わせればサービスを安心・安全に使えるのですが，それにこだわりすぎることでコストや料金が高くなり，提供する時期が遅くなることさえあります．

ところが世の中には少々機能は不十分であっても，活用しながらその製品やサービスを磨いていこうという流れがあります．試作レベルで世に出しマーケットで磨いていくのです．実際に私のNTT東日本での部下だった若い人たちが，コロナ禍で自分たちのスキルを活かして何か社会貢献できないかとの思いで立ち上がり，時間も費用もかけずに新しいセキュリティ技術によるテレワークのためのリモートサービスをたった二週間で生み出し提供開始しました．コロナ禍におけるテレワークにおいて，保証はしないけれど活用してほしいと無償提供したところトラブルもなく大ヒットし，その後，利用者の要望にこたえながらセキュリティや運用機能を磨き続けています．こうした若い方々の挑戦する場があればアイデアも活かすことができてカルチャー変革は進んでいくと考えます．何事もスタンダードだからと金科玉条のごとく守り続けるのではなく，「本当にそうか？」というクリティカルシンキングの目線で見直したいのです．安心・安全は重要ですが，一方で，ソフトに気軽に，誰もが新しい何かに挑戦できる環境も整えていきたいと考えています．



ところで，「The sky is the limit」という言葉をご存じでしょうか？　私が社会人になるときに読んだ本のタイトルです．「可能性は大空のように無限大である」という意味です．私は限界をつくり出しているのは，もしかしたら自分たち自身ではないかと思うのです．私が1985年にNTTに入社してから間もなくバブル崩壊によって日本経済は低迷しました．その失われた20年に加えて，今回の新型コロナウイルスのパンデミックでさらに10年失われたという言い訳をしたくないのです．精一杯やったことの結果について，頑張った当事者は「失われた…」などという表現はしないと思うからです．

「人は頭ではなく心で動きます」．だからこそ，上に立つ者は「やってみよう」のスピリットが大切なのだと思います．特に年長者は，部下が企画や計画を提案する際に，これまでの自らの経験をかんがみて，提案の課題ばかりを指摘することがあるのです．部下にしてみれば，その課題をすべて解決しなければ先に進むことができないと思って躊躇してしまうので，上長等にはそれをぐっとこらえて「ええやん」とまず言ってほしいとお願いしています．しっかりとサポートすることを伝え，どうすると良くなるかを話したうえで，自らが得た教訓を伝えれば，部下のやる気を醸成することにつながります．出鼻をくじいたら，その部下は二度と提案に来なくなりますし，長い目でみたら会社や社会全体の損失になります．NTT



東日本時代からの「ええやん」活動は持株会社に来ても続けています．現在も，執務室に「ええやん」「壁を越える」「インパクト」と3つのスローガンを掲げて，日頃から実践してほしいと言い続けています．

問題点も隠さずにお伝えし，誠実に向き合う姿勢を養うことが重要である

全世界に30万人の社員を抱える企業のトップ集団に求められる資質，視点とは何でしょうか．

まず私は時間軸と守備範囲を広げる力を私自身が持つことが重要であると実感しました．トップ集団には，グローバルな視点に立ち，30年先の世界を見据えて，未来に与えるインパクトやその実現に向けてなすべきこと，そのロードマップを示すことが求められていると思います．澤田社長が掲げられたIOWN構想は分かりやすい事例だと思います．

また，トップ集団の中にも役割があります．社長の戦略を実現するための戦術を副社長が練り，グループ会社のトップと連携して具現化を図るのです．私たちはこれを踏まえて，30万人の社員に熱意とやりがいを伝えていく．そんな地道な草の根の活動が大切なのだと思います．

さらに，両利きの経営という言葉のとおり，既存事業を維持しながら新規事業も立ち上げられる企業でなければ，今は良くても未来はありません．ところが，現場へ行けば行くほど，既存事業に引っ張られてしまいます．おそらく多くのトップは，「予算がない」「人は出せない」「利益を出そうと思ったらこれしかできない」といった現場の声をよく耳にするはずです．こうした状況にあっても未来を見据えたビジネスを展開するには，部下に説得力のある物語を共有し，理解していただき，やる気になっていただき，Explorer（探検）に挑んでいただくことが必要になります．

加えて，トップとして30万人の社員にその指針を示すとき，普遍的な価値観をもって響くメッセージを届けることはとても大切だと思います．心にメッセージが届くためには信頼関係を築くことはとても大変ですが，失うときは一瞬です．トップは社員全員やお客さまに問題点も隠さずにお伝えし，誠実に向き合う姿勢を養うための

行動や発言をし続けていかなければならないと思います．

社内外の技術者の皆さんに一言お願いいたします．

とにかく「勝負は長い」ということです．話は30年前にさかのぼりますが，当時の私は留学先で目の当たりにした米国の自由な社会に大いに触発され，帰国後にISDNのデータ通信を活用してリモートワーク環境を整備，日本で最初のサテライトオフィスの実験に取り組みました．５億円の予算で船橋，上尾，鎌倉にサテライトオフィス，八ヶ岳にはリゾートオフィスを設置しましたが，当時のツールは電話とFAXやFDトランスファー，定点カメラ程度でしたし，コミュニケーションのルール化や業績管理などの制度面も不十分で，残念ながらこの働き方を広く普及することはできませんでした．ただ，この経験を通じて，働き方をもっと自由でクリエイティブにすることが，私のライフワークの１つとなりました．

現在，コロナ禍にあってリモートツールを使いこなす人が増え，会社もジョブ型への移行を真剣に検討し始めています．これまでの30年間にわたる任務を通じて，社会の変革には技術だけではなく，長い時間がかかること，そして，あきらめないで取り組むことが大切だということを学びました．技術者の皆さんも入社当初に抱いた思いを忘れることなく，情熱を燃やし続けていただきたいと思います．それが未来の世界を変えます．志を持った日々の地道な歩みの積み重ねが，デジタル社会を支えるIOWNの世界展開や再生可能エネルギーによるサステイナブルな社会の実現につながるのだと私は信じています．

実現への壁は多く，長い時間はかかるかもしれませんが，もっと良く社会は変えられますし，私たちにはその力があります．自分たちを信じて一歩ずつ前に進んでいきましょう．

（インタビュー：外川智恵/撮影：大野真也）

■参考文献
⑴　https://www.ntt.co.jp/news2020/2011/201116a.html
⑵　https://www.ntt.co.jp/kankyo/management/vision.html

※インタビューは距離を取りながら，アクリル板越しに行いました．

インタビューを終えて

初めて澁谷副社長にお目にかかったのは2019年４月のことです．当時はNTT東日本の副社長で，応援やぬくもりが原動力となるというあたたかなお話をいただきました．いかなるときも朗らかに，懐深く受け入れてくださる澁谷副社長はこの日も健在で，「副社長のお人柄が活きる写真を撮りたいので，いくつかポーズをお願いします」というスタッフから要望にも快く，「ええやん」と大きくスローガンが掲げられた執務室までご案内くださいました．さらに，NTT東日本の都市対抗野球大会優勝の記念ボールを持っての撮影に臨まれた澁谷副社長．撮影前にスタッフに「１つのチームだけではなく，グループすべてのチームを応援する写真にしたい」とお話されていたというのです．コロナ禍による自粛期間中から「家トレ」に励み，少し頑張って壁を越えるトレーニングを自らに課していると言います．冗談を交えて面白おかしく話すお姿にすっかり魅了され，お話が終わるころには私もすっかりやる気になって，課題など軽々と超えられるのではないかという自信に満ちてきました．インタビュアも自然と顔がほころんで取材現場があたたまるという前回同様に，全社員はじめ読者にまでお心遣いをいただいたひと時でした．



アフターコロナ社会における NTTグループの取り組み

澤田（さわだ）　純（じゅん）
NTT代表取締役社長



本稿では，NTTグループのアフターコロナ社会における取り組みについて紹介します．本記事は，2020年10月29～30日に開催された「つくばフォーラム2020 ONLINE」での，澤田純NTT代表取締役社長の講演を基に構成したものです．

私と筑波研究開発センタ

最初に，筑波研究開発センタへの私自身の思い入れについてお話しします．私は昭和53年（1978年）に当時の電電公社にエンジニアとして入社し，線路部門（現在のアクセス部門）に配属されました．最初の配属先では，筑波研究開発センタの隣のエリアである，現在の常総市エリアによく足を運んでいました．３年目から技術局（当時）に配属され，構造物担当になり，当時の建設技術センタ，現アクセスサービスシステム研究所で建設技術の研究開発を推進していました．研究所の土質別実験棟には，当時，最大時速60キロで20トン荷重のトレーラーを走らせることが可能な設備があり，道路荷重をかけてマンホールや管路・ケーブルの挙動等を測定する実験を行っていました．すでにその研究は終わっていましたが，最後にそのトレーラーを走らせたのは私です．また，構造物担当では，災害復旧のために関係者の皆様がご苦労されているのを肌身で感じる経験もしました．

私の手元に残っているこの写真は，当時，布設時にトラブルが発生していた凍結防止用のPEパイプの実験に関するもので，透明のPEパイプを管路に見立てて陸上に引いているところを写したものです（**写真**）．ケーブル心線とPEパイプの挙動や，引張り強度・本数等からどのような歪みが出るか等の相関を取る実験を行っていました．このような地道な実験の積み上げがあるからこそ，気温がマイナス数十度からプラス数十度に至る厳し



写真　筑波研究開発センタとのかかわり

い自然環境の中で，私たちの電気通信設備は安定的に挙動することができているのだと理解しています．後半でIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）について述べますが，きれいに見える技術も地道な研究の積み上げがないと世の中で受け入れられるものにはならないと感じています．

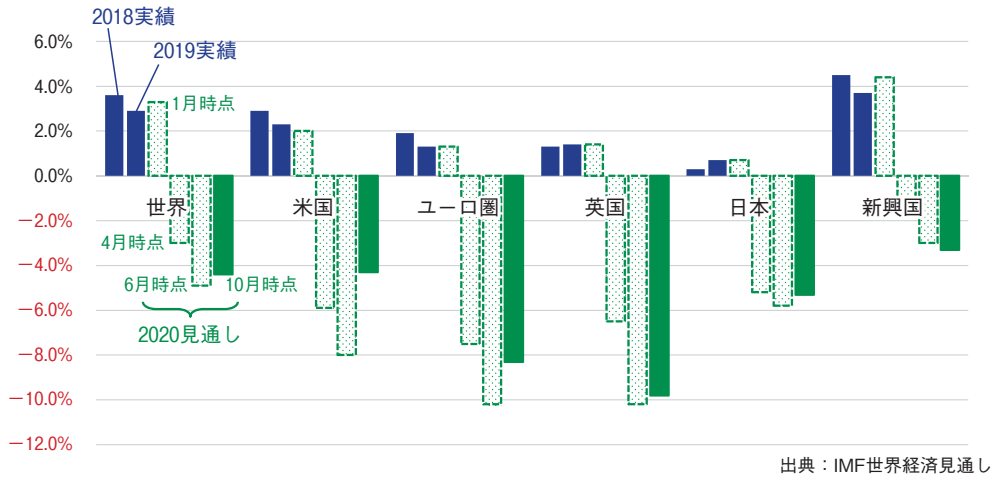
世界の新型コロナウイルス感染状況

新型コロナウイルスの感染拡大がまた進みつつあります．人々がソーシャルディスタンスを確保するようになり，経済も少し戻りつつある気配はありましたが，感染者数の伸びが再び大きくなってきています．新型コロナウイルス感染症は，日本では指定感染症に分類されているため，検査で陽性判定が出ると隔離されることになり，医療にかかる負担も大きくなります．また，発症後１週間くらいまでが一番周囲に感染しやすいという分析結果があるそうですが，では症状が出ない方からは感染しないのかというと，そう断言できないのが現実のようです．日本の新規感染者数は海外と比べると２桁ほど低いです．このファクターXが何かは明確には分かっていませんが，解明に向けた研究がより進むと，ワクチンや治療法以外に感染症というものを変えていける要素を見出せるかもしれません．NTTグループがこの研究をしているわけではありませんが，一般的な話として，地道な研究で社会を変えていく努力が必要だと感じています．

NTTグループの感染者数は現時点（2020年10月29日時点）で約2400名であり，日本国内が約400名，海外が約2000名と海外でかなり増えつつあります．残念ながら亡くなられた方が13名おり，日本で２名，海外で11名というのがNTTグループの状況です．新型コロナウイルスを正しく恐れて正しく対応していくことが必要だと考えています．

新型コロナウイルスの感染者が増加しつつある中で，世界経済にはどのようなインパクトがあるのでしょうか．IMF（国際通貨基金）が発表している各国別GDPの見通しでは，英国や日本は戻りが少し遅い一方，米国やユーロ圏では戻りつつあり，中国だけはプラスになっており，世界全体ではマイナスから戻りつつあります（**図１**）．一方でPMI（購

■ 2020年は全世界的にマイナス成長の見通し．欧米では回復の兆しも



出典：IMF世界経済見通し

図１　世界経済への影響――GDPの見通し

買担当者景気指数）によると，日本で緊急事態宣言が出た時期は各国とも景気が落ち込んでいるとみていましたが，９月時点では日本以外の先進国はプラス側にみているのに対し，日本だけはまだ経済が戻らないという見方をしています．この結果には，日本人の慎重な特性が表れているのかもしれません（**図２**）．

リモートワールドの実現

次に，アフターコロナ社会のトレンドについて見ていきたいと思います．ソーシャルディスタンスを確保しつつ，一方で経済活動を活性化させる．この２つの同時実現，つまり「パラコンシステント」により，リモートワールド（分散型社会）が実現すると考えています．このような状況下でNTTグループとしてICTの面からお手伝いできないか，これが今，私たちの考えている課題の１つです．

ニューグローカリズムの台頭

私たちはこれまで，グローバルでの人・物・金の自由な移動が当然だと思ってきました．ところが，構造が変わりつつあります．今，人は自由に移動できませんし，物もすべてが移動できるわけではありません．そうなると，ローカリズムが強く現れてきます（**図３**）．もともと文化というものもローカルに根付いていますので，グローバリズムとは対極にあ

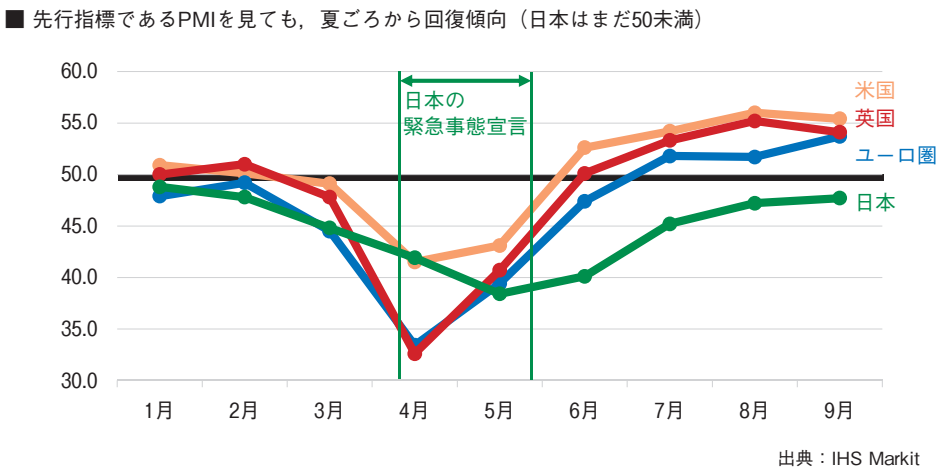


図２　世界経済への影響――PMI

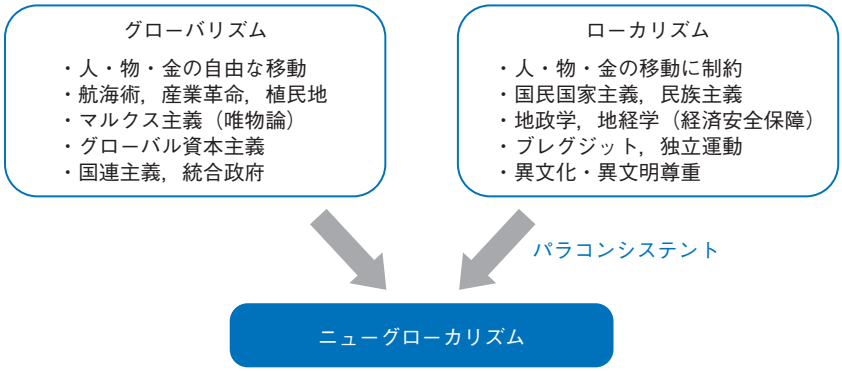


図３　ニューグローカリズムの台頭

る概念です．今後，ローカリズムとグローバリズムの両方が同時実現するような「ニューグローカリズム」の世界になっていくのではないかと考えています．日本国内でも経済安全保障という言葉が使われ始めていますが，ICTの世界はそこにかなり影響を受けるのではないかと思っています．

情報通信市場を取り巻く環境変化

アフターコロナ社会のトレンドとして「リモートワールドの実現」と「ニューグローカリズムの台頭」の2つを挙げましたが，そういった背景の中で情報通信市場に起こりつつある環境の変化を2つほど挙げたいと思います．

1つは，5G（第5世代移動通信システム）サービスの開始と6G（第6世代移動通信システム）に向けた技術開発が進みつつあることです．6Gでは固定通信と移動通信の垣根がより少なくなる，あるいは垣根そのものがなくなってしまうのではないかと考えています．そのため，複合的・融合的サービスを提供していく必要があるのではないかと思います．

もう1つは，通信レイヤを超えた市場競争が激しく起こりつつあることです．OTT（Over The Top）事業者がアプリレイヤからインフラレイヤまで垂直統合でサービスをカバーしていく，あるいは端末メーカがeSIM*1をトリガーに通信サービスを提供するような構造になっていくなど，ボーダーレスな市場競争がより激しくなると思っています．

Road to IOWN（めざす方向性）

2019年私たちは新しい通信インフラストラクチャの構想である「IOWN構想」を掲げました．「Road to IOWN」としまして，「リモートワールドを考慮した新サービスの展開・提供」「リソースの集中化とDXの推進」「世界規模での研究開発の推進」「新規事業の強化」の4つをドライブしていく考えです．本稿では，この中からいくつかピックアップしたいと思います．

■O-RAN+vRANの開発・提供

1番目の「リモートワールドを考慮した新サービスの展開・提供」においては，NECとの共同研究開発のための業務・資本提携を2020年6月に発表しました．この提携に関する方向感を紹介します．

まずは，「O-RAN（Open Radio Access Network）」の加速です．これはNTTドコモが推奨しているモデルで，NECと組んでマルチベンダ対応を加速していきます．特定ベンダに依存する現在の垂直統合モデルから，ホワイトボックスや汎用ソフトウェアをマルチベンダで対応していくO-RAN/vRAN（Virtualized RAN）モデルへの移行を進め，両社でオープンアーキテクチャの普及を牽引していこうというものです（**図4**）．次に，メーカとしての連携です．世界最高レベルの性能と低消費電力化を兼ね備えたDSP（Digital Signal Processor）およびそれを組み込んだ情報通信機器を共同開発していきます．そして長期的には，IOWN構想の実現につなげていきたいと考えています．

■移動固定融合サービスの開発

O-RAN/vRANモデルへの開発を進めた向こうに，プレゼンスを管理するコグニティブな通信を実現していきたいと考えています（**図5**）．つまり，お客さまからすると回線種別（無線・有線）や自分固有の契約，利用場所や料金の違いなどを意識せず，その場にある

*1 eSIM：Embedded SIM，携帯端末への組み込み式のSIMカード．

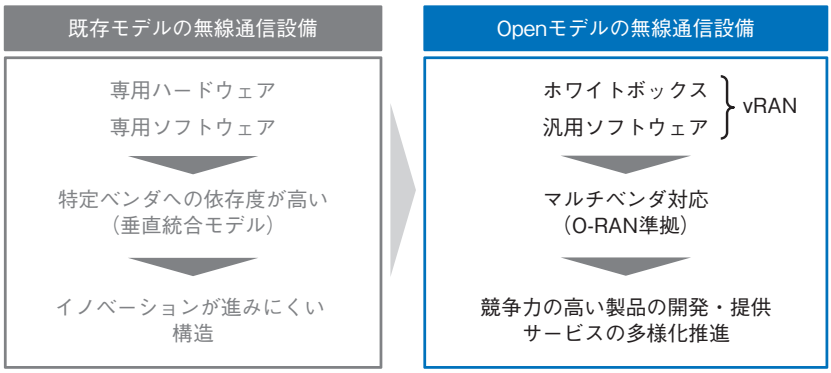


図 4　O-RAN＋vRAN の開発・提供

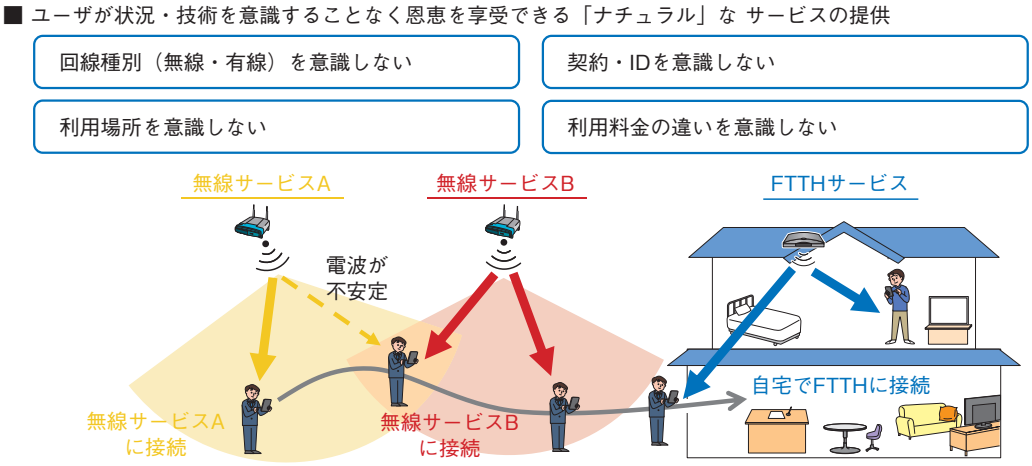


図 5　移動固定融合サービスの開発

最適な通信環境を採用して通信をシームレスに継続させることができるというものです．こうした「ナチュラル」なサービスを実現させていきたいと思います．

■ドコモ完全子会社化の目的

2 番目の「リソースの集中化とDXの推進」においては，ドコモの完全子会社化を発表しました．ドコモの競争力強化と成長を促し，NTT グループ全体の成長を図ることが目的です．NTT コミュニケーションズ，NTT コムウェア等の力を活用して，新たなサービス・ソリューションおよび前述したように6G を見据えた通信基盤整備を移動固定融合型で推進し，上位レイヤビジネスまでを含めた総合ICT 企業へとドコモを進化させたいと考えています．

■IOWN構想

IOWN は 3 層モデルになっています（**図 6**）．真ん中のところがネットワークで，現在では移動と固定は別にありますが，ここが中心になってサービスが構成されていきます．仮に6G では今の5G の10倍以上の容量をハンドリングできるとなれば，その後ろにある光ファイバや固定のネットワークも，当然その能力や容量を上げていかなければなりません．ところが，チップレベルで考えても，熱や効率の問題で厳しい壁があります．それを解決する方法として，光電融合がキーテクノロジとなっているオールフォトニクス・ネットワークが出てくるわけです．一方で，上位

■ オールフォトニクス・ネットワーク，デジタルツイン コンピューティング，
コグニティブファウンデーションで構成されるIOWN構想の実現をめざす

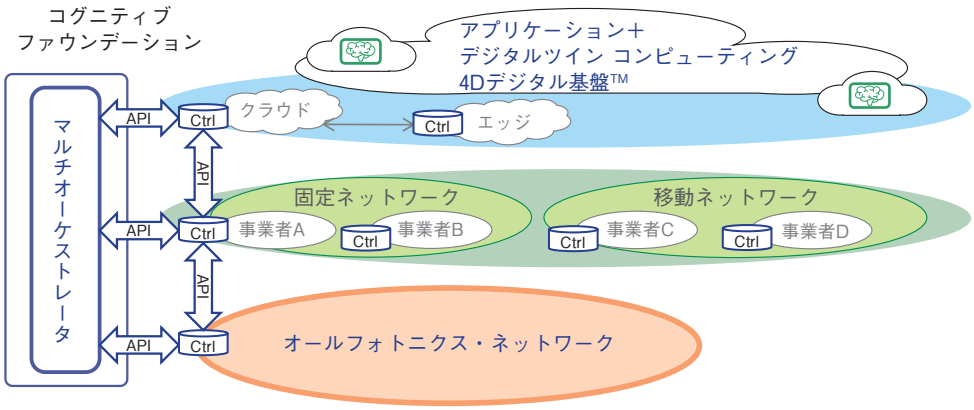


図 6　IOWN 構想

のデジタルツインコンピューティングでは，ビッグデータが流れるサービスが今後たくさん生まれます．このオールフォトニクス・ネットワークとデジタルツインは連動するかたちになります．また，分散したネットワークでは効率が悪いため，それらをつながなければなりません．そこでコグニティブファウンデーションという要素が求められていきます．これらがIOWN構想の基本骨子になっています．

今回開発をより進めていこうと考えているものに，コアネットワークの融合があります．これは，移動と固定をシームレスにつなぐにはコアネットワークの部分は一緒にしていくべきであろうという発想です．しかし，音声通信の議論とデータ通信の議論，それもコンシューマ向けかビジネス向けかで現在たくさんのノード・方式・ネットワークがある中で，それらをどこまで取り込んだかたちにしていくのかといった研究が求められ，そのためにNTT持株研究所とドコモ研究所のより密接な連携が不可欠となってきます．さらに，たくさんのデータをオープンモデルで処理するとなると，ソフトウェアやコンピュータ方式そのものをDisaggregatedモデルにできないか検討する必要があります．つまり，コンピュータサイドにも光電融合の技術を組み込むことでサーバレス化していくということです．また，そのような基盤で非常に大容量高速な処理を行うためには，それを支えるホワイトボックスも必要になると考えています．

米国にNTT Research, Inc.という会社を設立し，3つの研究所を立ち上げています．その中でメディカルも取り扱っていますが，メディカルICTがデジタルツインというかたちで私たち自身のヘルスケアをどうサポートするかという議論もこれから大きくクローズアップされると思います．そうすると，さまざまなウェアラブル，インプランタブルのデバイスをどうしていくかが関係してくるので，これまで述べてきた「メディカルICT戦略」「移動固定融合コア」「Disaggregated Computing/OS」「O-RAN/vRAN」「デバイス」といった分野が，IOWN構想の中から次世代の研究開発のテーマとしてクローズアップされてくると考えています（**図 7**）．

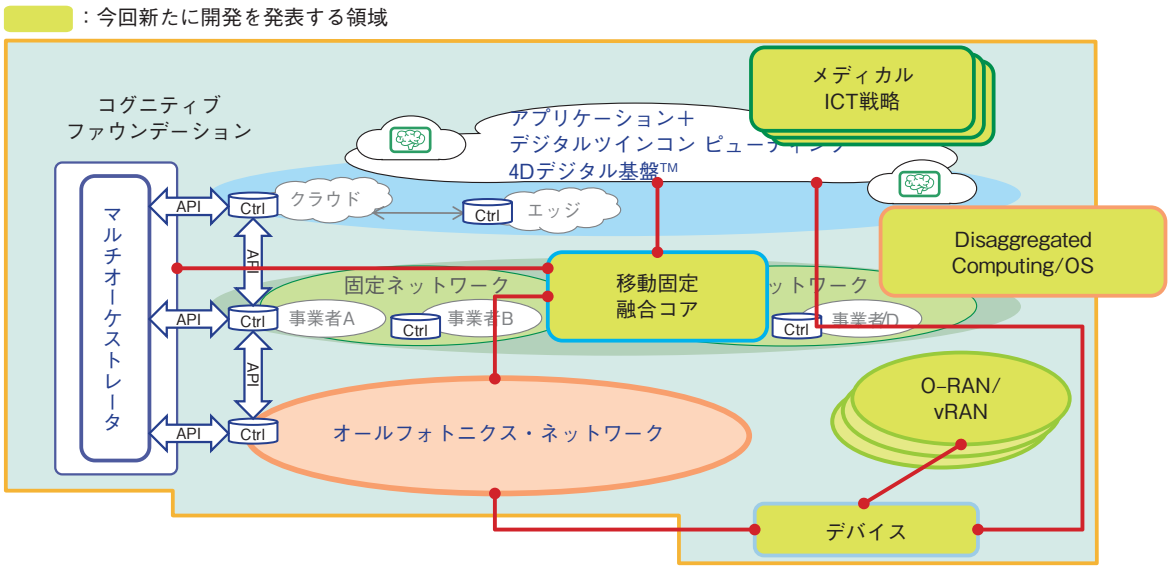


図 7　2030年の情報通信構造（想定）

■オールフォトニクス・ネットワーク ユースケース

NTTはMLB（メジャーリーグ・ベースボール）に協賛しており，「Kirari!」という技術を活用してウルトラ・リアリティ・ビューイングを実施しようとしていましたが，2020年は新型コロナウイルス感染対策の影響で実現できませんでした．最近では，こういった催しはデジタルイベントに変わってきているので，この分散型のリモートワールドに即したイベントを実施できることを期待しています．具体的には，スタジアム内外に分散して観戦する観客の一体感を醸成していきたいと考えています．そのためには，スタジアムの情報を遅滞なく自宅やパブリックビューイングの場に送り，その観客の反応を遅滞なくスタジアムにフィードバックすることが不可欠です．これには，非常に低遅延のオールフォトニクス・ネットワークが必要になってきます（**図 8**）．こういったことをユースケースの１つとして考えています．

また，量子暗号・量子通信というものも大きく取り上げられつつありますが，オールフォトニクス・ネットワークにより光ベースのエンド・ツー・エンド通信に近づけることで，量子暗号をかける範囲を広くします．オールフォトニクス・ネットワークを展開していくということは，量子暗号・量子通信への対応を同時に考えていくということでもあるわけです．

Access Network on IOWN

NTTアクセスサービスシステム研究所には，IOWNに向けてのアクセスネットワークの高度化を図ってほしいと考えています．さまざまな要素・方式を研究開発してもらっていますが，これからは今の研究開発段階を越えて，現在のフィールドにある光ファイバではカバーできないような需要が出るものに対し，どのようにオーバーレイしていくか，あるいは置き換えていくか，この検討を同時に進めていく必要があります．10年先を見たときに，現状のFTTH（Fiber To The Home）で計画経済的に単波や固定配線区画で割り当てているような基本設計モデルではなくなる

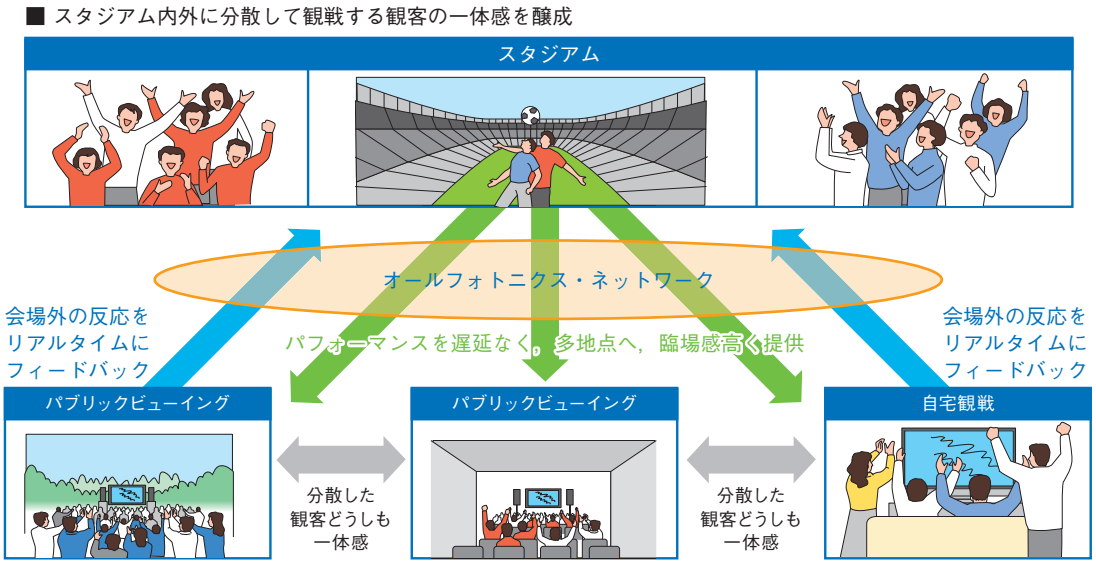


図 8　オールフォトニクス・ネットワークユースケース（分散型Ultra-Reality Viewing）

と思います．需要に応じて，基地局のバックホールやフロントホールであったり，ビル直結であったり，また，波長でサービスをお届けしたり，あるいはFTTHで従来どおりにお届けしたりといったように，アクセスシステムはハイブリッドになるのではないでしょうか．現状のものとこれからの新しいものをどのようにして併存させながら新しいものに吸収していくか，そういった移行の期間と考え方が必要だろうと思います．特に固定のアクセスネットワークは，個人・法人問わずお客さまに提供し続けます．さらに，モバイルやお客さまのローカル5Gのインフラシステムにもお使いいただけるような時代がやってくると思います．そういったものを研究開発し，私たち自身も使いながら，世界中でNTTグループのシステムを提供できるように世界規模で研究開発および事業を進めていきたいと考えています．

おわりに

冒頭で，40年前当時の開発で非常に苦労した話をしました．私が担当していたテーマが現場直結のものが多かったこともあり，日本全国各地に行ってよく怒られました．通常の使用方法とは違う使い方をされて装置がねじ切れたりすることもあり，そういったイレギュラーな事象のケア・対応までしっかりとできるようなシステム・モノをどう開発していくかという中で，「こうあらねばならない」「こうやってきた」という呪縛をどう超えるか常にトライしてきたように思います．私たちNTTグループも，心の中にある呪縛を超えて新しいモノをつくっていけるような世界をパートナーの皆様とご一緒できたらと思っています．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL　029-868-6040
FAX　029-868-6037
E-mail　tforum2020-info-pb-ml @ hco.ntt.co.jp

スマートな地域社会の実現に向けて ～ソーシャルICTパイオニアを目指して～

うえはら　いちろう
上原　一郎
NTT西日本代表取締役副社長



本稿では，「スマートな地域社会」を実現するため，NTT西日本グループがソーシャルICTパイオニアとして，地域社会の課題解決や人と社会のつながり強化をめざし取り組んでいる事例を紹介します．本記事は2020年10月29～30日に開催された「つくばフォーラム2020 ONLINE」での上原一郎NTT西日本代表取締役副社長の講演を基に構成したものです．

スマートな社会とは

スマートな社会Society 5.0（**図1**）では，テクノロジ中心の世界ではなく，人が中心となり経済の発展と社会課題の解決を両立していくことが重要になってきています．一方，今の社会システムは，自然や環境への配慮や，持続可能な世界という視点では時代遅れになっているともいえます．これからは1人ひとりの幸福を中心にした新しい社会システムを考えていくべきであるということです．

世界的な幸福度の調査に持続可能な開発ソリューション・ネットワークが発行する「World　Happiness　Report 2020」があ

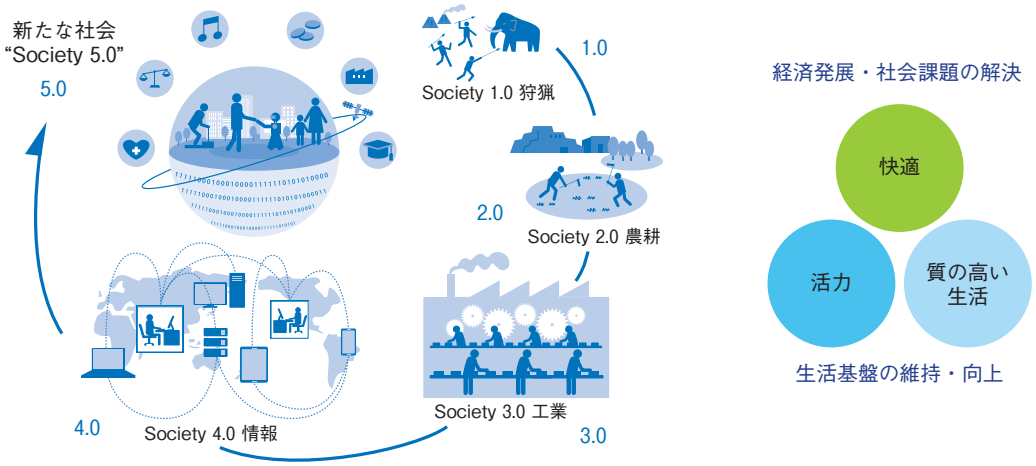


図1　スマートな社会とは（Society 5.0）

り，日本は156カ国のうち62位です．健康寿命やGDPといった数値は上位国と大差ありませんが，他者への寛容度や，国に対する信頼度が低い状況です．別の調査レポートであるレガタム研究所が発行する「LEGATUM PROSPERITY INDEX 2019」の結果では，Social Capitalの順位が低く，社会との関係性，市民参加など社会とのつながりが低い傾向がみられています．一方で約80年間にわたり700名を超える方の人生を調査したハーバード大学のレポートにおいて，幸福と健康には「良好な人間関係をつくっていくことが重要である」という結果が出ています．このことから人や社会とのつながりが希薄な日本において，個人や社会のコミュニティとのつながりを高めていくことが，幸福度向上につながるのではないのかと考えます．

デジタルとリアルを融合した地域課題の解決とつながりの強化

これまでの世の中を人間の消費行動という視点でとらえたとき，Society 1.0-2.0時代の狩猟や農耕の社会では物を，Society 3.0時代の工業社会ではエネルギーを，Society 4.0の情報社会では情報そのものを消費する時代であったといわれています．次世代では，新たにデジタルな空間という概念が加わり，リアル・デジタルの両方の空間における時間の消費，つまり自分自身の幸せな時間をどう確保し，過ごしていくのかということが重要な視点になってきます（**図2**）．

また地域インフラの老朽化や担い手不足等の社会課題，人と社会の関係性の低下などの課題解決を考えるうえでも，リアルとデジタルを組み合わせながら，新しいヒトとヒト，ヒトと社会のつながりをつくり上げることが重要になります．

私たちの強みでもあるデジタルとリアルの高度な融合は，デジタルデータを活用した「生活基盤の維持・向上」やデジタル空間を介した「つながり」を強化していくこと，また融合により付加価値をどうつくっていくかということが，ポイントになってくると思います．

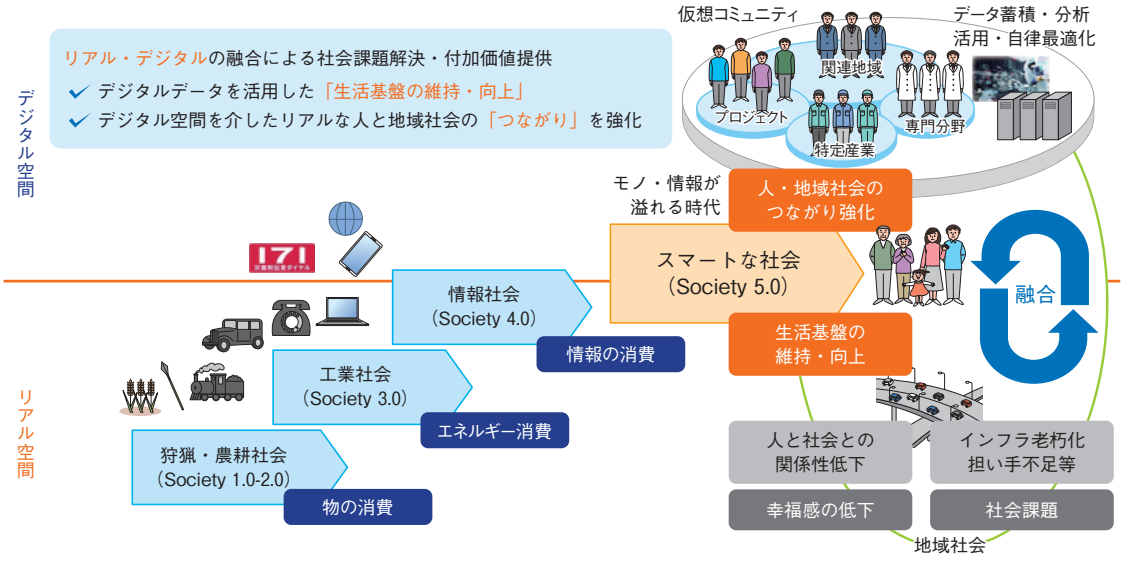


図2　スマートな社会の実現に向けて（リアル・デジタルの融合）

地域社会の現状とソーシャルICTパイオニアをめざした取り組み

コロナ禍の影響もあり，東京都の人口が転出超過になる変化はみられましたが，地域では少子高齢化が進み働き手や後継者不足という問題を抱えています．この問題が続くことで産業の衰退，税収の減少が進み，老朽化したインフラの維持・更新が難しくなった結果，行政サービスの質の低下を招き，さらに人の流出が増えていきます．この「負のスパイラル」を断ち切って，「正のスパイラル」へ持っていくアプローチをしていかなければなりません．

NTT西日本グループは，ICTを活用して社会課題を解決するソーシャルICTパイオニアとして，地域のビタミンの役割を担い社会の発展，持続的成長（SDGs）の貢献に向けて取り組んでいます（**図3**）．現在，30支店の支店長がプロジェクトリーダーとなり，「Smart10x」という10分野のサービスやNTT西日本や地域が有するノウハウやリソース等を使い，地域のパートナーの方々と協力しながら，地域の課題解決に向けて取り組んでいます．次に具体的な事例について紹介します．

地域の特長やつながりを活かした地域パートナーとの地域活性化事例

■持続可能な社会インフラの実現

社会インフラについては，老朽化に伴う更改費やメンテナンス費の増大，インフラを維持する技術者の減少といった課題の解決に向けて，デジタルトランスフォーメーション（DX）を通じてレジリエントで持続可能なインフラの提供や，通信インフラ運用のノウハウを活かした地域のインフラのトータルマネジメントをめざします（**図4**）．



図3　“ソーシャルICTパイオニア”をめざして

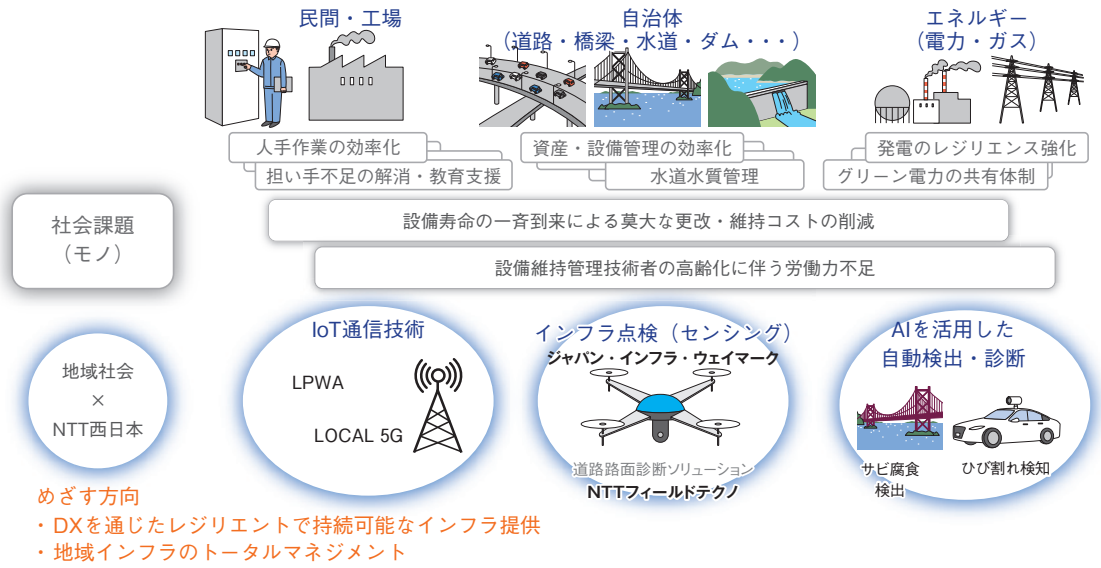


図 4　社会インフラ維持・向上（スマートインフラ・エネルギー）

- **NTT西日本グループの持つ設備管理ノウハウを活かしたドローンインフラ設備点検**

2019年 4 月にジャパン・インフラ・ウェイマークというドローンを使ってインフラ点検サービス等を担う会社を立ち上げました．

電気通信設備だけでなく電気・ガス・太陽光といったさまざまな社会インフラの点検やレポート作成，サポートサービスまでワンストップで提供しています．インフラのサビ腐食の検知では，ドローンが撮影した大量の現場画像を教師データとして学習させることにより，調査対象となる金属を判別し，金属からサビ腐食を特定することが可能です．現時点でサビ腐食の個所を約99.2%の精度で検出することができ，この技術を活用することで，橋梁などのサビ腐食の点検の自動化・効率化を進めています．また，インフラ点検のみならず，室内警備へのドローン活用を推進するため，GPSが届かない商業施設内をドローンで自動巡回させ，AI（人工知能）により人間判別を行う実証実験にも参加するなど，活用の幅を広げています．

■人生100年時代・コロナ禍における生涯学習の実現

少子高齢化，人生100年時代の地域の「ヒト」の課題解決においては，リモートワールド実現による学びの提供，１人ひとりにカスタマイズされたライフデザインと学びの実現をめざします（**図 5**）．

- **教育のデジタル化とリカレント教育の推進**

現在DNP様と一緒に大学の教材や教科書をすべて電子化していく取り組みを進めています．通常の書籍は電子化が進んでいますが，専門書や大学で使われている教材等は，電子化が遅れているといわれています．教材等の電子化と合わせ，個人の習熟度を視える化し，出欠や成績データと組み合わせ１人ひとりに合った学習プログラムを提供するような，教育DXを推進したいと考えています．

リカレント教育の取り組みは，大学と連携した共同利用型の遠隔授業，学習進捗の把握，スキルの可視化などのリカレント教育環境の整備に加え，復職を希望するリカレント

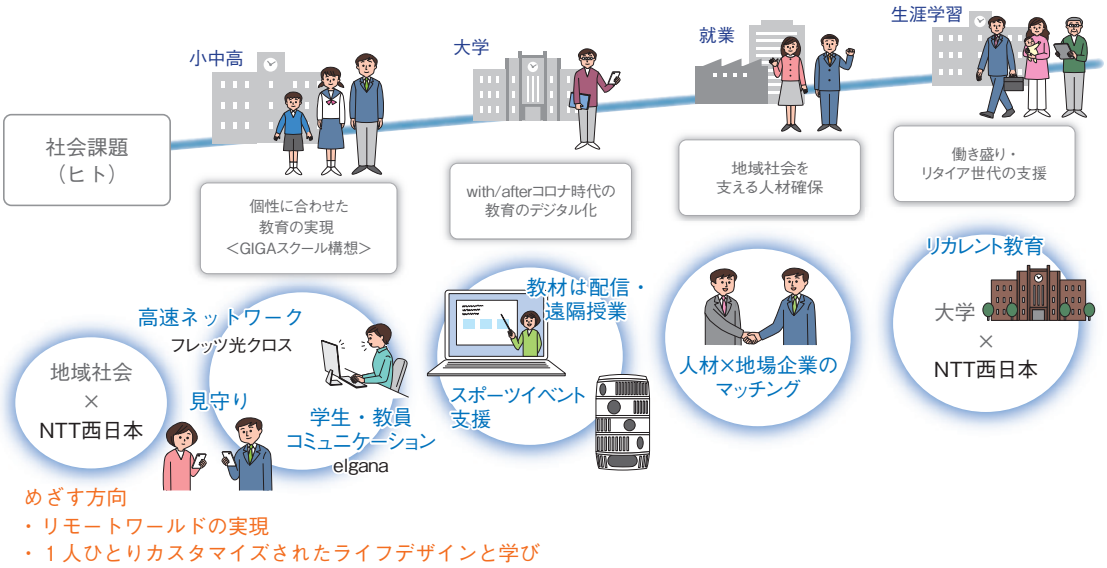


図５　個性に合わせた生涯学習・ライフデザイン＜スマートラーニング・ライフ＞

生に対するAIを活用したカウンセリングの仕組みを検討しています．最終的には地域の地銀等のパートナーと協力し，働き手と企業のマッチングなどお手伝いをさせていただきたいと考えています．

また，24時間365日，コンビニで卒業証明書や成績証明書などが取り出せる証明書発行サービスを提供しています．今までは大学へ行き手続きが必要でしたが，近くのコンビニで発行ができ，就活や転職などの多様な用途にすぐに対応できると好評で，現在40程度の大学様からお申込みをいただいています．

これからは，人生100年時代における生涯学習のニーズの高まりの中で，一貫したIDで学習を管理記録していくことが，重要なポイントになっていくと考えています．

- **AIカメラによるアマチュアスポーツの映像配信がコロナ禍で活躍**

地域活性化の一環として，アマチュアスポーツの活性化をめざし「NTTSportict」という会社を2020年４月１日に設立しました．Pixellot社が開発した無人撮影カメラで撮影し，競技の特性に応じてAIがカメラワークや編集を自動で行い，配信します．

これまでと比べて手軽な映像配信を実現することで，より多くの方々にアマチュアスポーツを観戦いただける環境を提供します．特にコロナ禍では，スポーツ観戦や応援を集合して行えなかったため，学生スポーツを100試合無償で配信するという取り組みを行ったところ，700試合以上の応募をいただき，順次配信をしています．

■地域密着による地域視点に立った一次産業のDX

「スマートアグリs」という，農業・林業・水産業等を含めた一次産業の活性化に対する取り組みです．地域密着を活かし，実際に地域で一次産業に携わられている方々と連携し，リアルとデジタルを融合しながら，バリューチェーンの最適化や，付加価値の提供をめざします（**図６**）．

- **ICTを活用した森林経営管理**

宮崎県では29年間，杉の生産量が全国１位と豊かな森林資源があります．林業は主力の

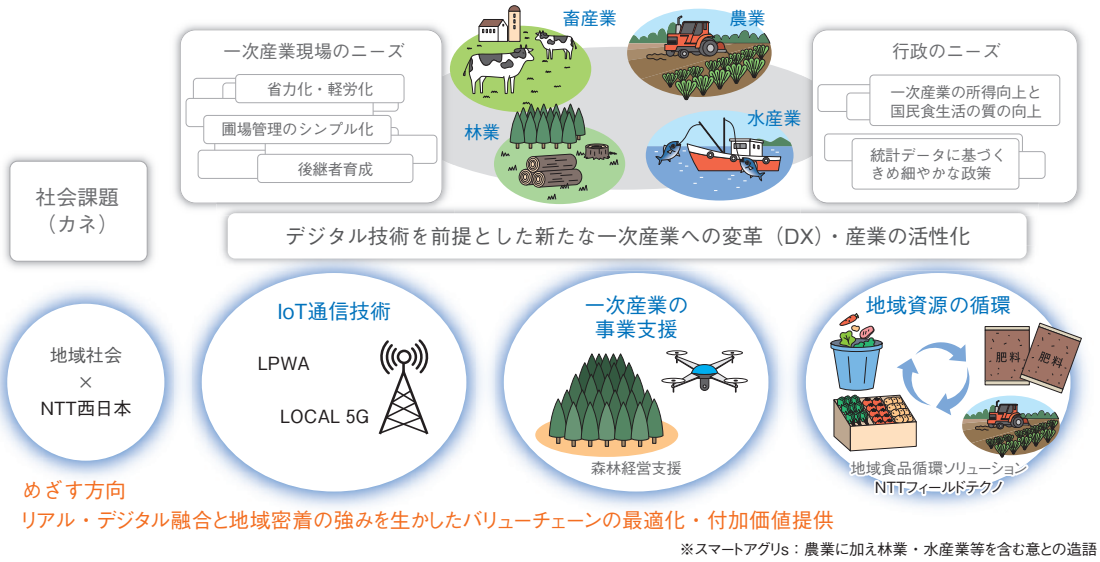


図 6　一次産業の活性化・地域資源の循環＜スマートアグリs ＞

産業ですが，一次産業の中でも相対的に高い死亡率の抑制に向けた安全確保，森林管理の義務化への対応，伐採した木材の流通拡大等の課題を抱えています．サプライチェーンの上流といわれる森林の経営管理モデルとして，ドローンなどを使い対象エリアの「本数」や「高さ」を効率的に計測・データ化し，クラウドへデータ蓄積する仕組みを整え，さらに下流では製材所やハウスメーカーと需要のマッチング等サプライチェーンを確立して流通の活性化へつなげる取り組みを進めています．併せて，未利用のまま林地に残置されている間伐材や枝条をバイオマス発電等で有効活用できるように検討しています．

- **地域特有の廃棄物を有機肥料として循環**

日本の食品廃棄物は年間約2800万トンあるとも言われており，滋賀では琵琶湖のブラックバス等の外来魚や水草などの焼却費用も課題になっています．廃棄物の分解装置を提供し，廃棄物を有機肥料に変えて生産者の方へお配りし，そこから有機野菜をつくっていただき，流通・販売に乗せていくという食品循環をめざし，取り組んでいます．有機肥料の土壌データ，堆肥成分データ等をAI分析することで，最適な野菜や果物とマッチングさせ，生産側に循環していくことを考えています．

- **データを活用した新たな観光体験・移動体験と地域MaaS（Mobility as a Service）の実現**

交通，観光に関するデータ流通による快適な移動，魅力ある観光の提供を通じて，持続可能な地域社会・まちづくりの実現をめざします．

最初のステップとして，ドライバーの安全運転教育におけるデータ活用に取り組んでいます．急発信，急停止，急ハンドルなど個人の癖，交通違反の有無，渋滞・事故情報，天候等の情報を掛け合わせて，１人ひとりに最適な教育支援に取り組んでいます．次のステップでは，顧客のニーズや趣味嗜好をデータ化し，円滑な移動の提供だけでなく，周辺観光地への誘因や購買意欲を向上させることを考えています．現在観光業界は，コロナ禍

で旅行客が減少していますが，旅行前フェーズでいろいろな情報を発信し，興味を持ってもらい，たくさんの方に来ていただくといった仕組みづくりにも取り組んでいきます．

お客さまのDXを推進する共創ラボ LINKSPARK

地域の新たな取り組みを後押しするための場として，共創ラボがあります．LINKSPARKと呼んでいますが，お客さまのDXをサポートするための場として，デジタルデータを活用して，デザインシンキングで課題を解決するとともに，新しい価値を創るため活動しています．2019年の8月に大阪につくり，2020年10月に名古屋に2番目をオープンさせました．名古屋では製造業のお客さまがたくさんいらっしゃいますので，生産・製造の分野のDXをサポートし，新しいものをつくり出していくということに取り組んでいきたいと考えています．2021年には福岡に3番目の共創ラボをつくる予定です（**図7**）．

未来の社会に向けて

2025年の大阪・関西万博に向けた取り組みがスタートしています．「いのち輝く未来の社会デザイン」をテーマに「未来社会を実現する」ための場，SDGsの達成やSociety 5.0実現に貢献する共創の場となることを推し進めています．いろいろな検証を行いながら未来社会のデザインを考えていく，命に対する向き合い方，社会のつくりというものを新しく考えていく，そういうタイミングなのだと思います．

■1970～2020年（直近50年の変化）

2020年からちょうど50年前が1970年で，前回の大阪万博があった年です．そのときのテーマが「人類の進歩と調和」になります．高度成長時代真っ只中ということ，流行語が「光化学スモッグ」という時代でした．そういった時代背景の中で，テクノロジを前面に押し出しながら，経済の発展を志向した前回の万博から，今回は「いのち輝く未来社会のデザイン」がテーマの万博に取り組んでいき



図7　LINKSPARK（共創ラボ）による社会課題解決

ます．また，2019年の流行語は「ワンチーム」ですので，いかに皆がつながっていくのか，しっかり協調していくのか，共創していくのかということがポイントかと思います．そして，ちょうど50年の中間となる1995年が阪神・淡路大震災が起きた年であります．こういった震災はその後もずっと起こっていますし，台風の被害も酷くなる，今回のようなパンデミックですとか，大規模な災害が起きるということを踏まえ，テクノロジがどんどん進展はしているが，自然のコントロールはできない，そういったところにどうやって向き合っていくのかということを，しっかり考えながら取り組んでいかなければいけないと思います．

■時空を超えたナチュラルな万博の実現

万博開催に向けて，リアルとバーチャルの会場を組み合わせて，この２つをどのようにつなぐ，あるいはそれがどのように融合すると皆様に楽しんでいただけるのかということが，万博協会の中で真剣に議論されています．そういった意味で私たちNTTグループに対する期待感が非常に高いということです．

リアルとバーチャルをいかに境目なくナチュラルにつなぐのかということ，あるいはデジタルのところでのさまざまなデータ，デジタルツインコンピューティングによって得られた知見というものを，リアルな領域に持ってきて，それをどのように活用していくのかを実証していくことになると思います．NTTグループとして全体でしっかり取り組んでいき，未来の社会の実験場として，高臨場システムや未来予測によるMaaS（Mobility as a Service）等の具体的なサービスなどを試す，あるいは世の中に提案できればと思っています．

■500年の変化（スマート社会の昔と今）

50年前の万博まで振り返りましたが，500年ほど戻るとトマス・モアというイギリスの思想家が話をしたユートピアという概念があります．その都市や人の生活について，都市は54ほどありますが，１日あれば行き着く距離であること，あるいは勤労の時間を決めているが，それ以外の空いた時間については，それぞれの芸術や科学の研究など好きなことを研究しても良いということ，あるいは旅行についても，何も持たずにいろいろな所に行き，何も不自由なく生活することができること，というようなコンセプトを掲げています．冒頭にてSociety 5.0の話をさせていただきましたが，人間が求める理想社会の本質のようなところは，いかに人や街が密接につながるのかということでありますし，個人個人がいかに豊かな時間を共有できるのかといっているのかもしれません．そのような意味で500年の間にいろいろ技術が変わり，生活も向上してきましたが，500年経っても人間が求める本質的なところは変わらないと思います．

■IOWN構想

最後に，IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想にあるようにICTを活用しながらナチュラルなつながり，幸福感を高めることによって，未来のスマートな社会をつくっていく，地域社会をスマートにしていくことに取り組んでいきたいと考えています．

◆問い合わせ先
NTT西日本
ビジネス営業本部　クラウドソリューション部
E-mail　promotion-cs-ml＠west.ntt.co.jp

SmartInfraプラットフォームの取り組みについて

高木（たかぎ）　洋一郎（よういちろう）
NTTインフラネット　担当部長



SmartInfraプラットフォームはデジタルトランスフォーメーション（DX）によりインフラ設備に関する業務を効率化することを目的に進めているプロジェクトです．インフラ設備の中で地中に埋設されている設備を対象に高精度な位置情報（絶対位置）を付与したデジタルツインの地中版を整備し，インフラ事業者間で情報共有を図ることで，今まで人が実施していた業務をデジタル化して類似業務を一元化するなど，マンパワーもシェアリングできるモデルの実現をめざすとともに，地上のデジタルツインを加えて防災・減災，スマートシティなどの分野へ展開を図りたいと考えています．

取り組みの背景

インフラ設備の老朽化・技術者の減少に加えて，コロナ禍での仕事のあり方などを考慮し，インフラ系業務についてもスマート化による社会構造の変化が必要な状況となっています．

NTTグループのインフラ設備が建設ピークから40～60年経過している状況に加えて，社員の年齢分布をみてもその状況は明らかです（**図1**）．

そうした社会課題に対してインフラ事業のデジタルトランスフォーメーション（DX）を進め，「データのシェアリング」によりさまざまなデジタルデータを活用して業務の効率化を進めるとともに，マンパワーや技術についてもシェアリングするなどさらなる効率化を追求することで対応していけるのではな

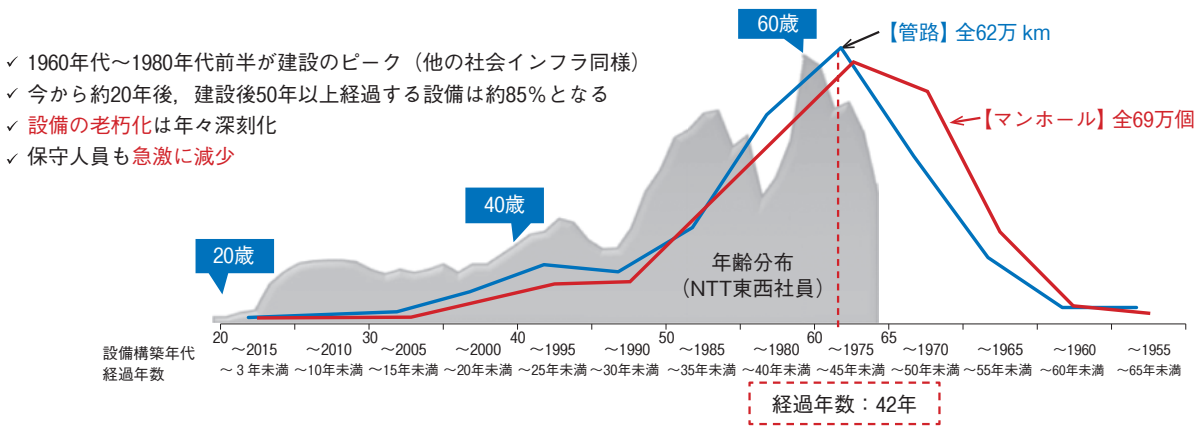


図1　設備年代別分布と社員年齢分布

いかと考えています．

SmartInfra構想

SmartInfra構想（**図2**）として高精度な位置情報を用いて，インフラ設備がどこに，どのような状況で存在するのかをデジタル化して共有できる仕組みを構築するとともに可視化することでスキルレスを推進し，通信・電力・ガスなどのインフラ種別に対応した業務を一元化することが可能になると考えています．

将来的には，地下埋設物の状態を予測し最適なアクションの実施を可能にしたいと考えています．

具体的には，高精度な3次元空間情報をベースに，各インフラ事業者が保有する設備データに高精度な3次元位置を付与し，情報が共有できる仕組みを構築するとともに，今まで担当者が頭の中でイメージしていた情報の3次元化を可視化することで機械的な計算処理を可能とし，設計・施工～メンテナンスまでを効率的に実施できる環境を構築します．

また，高精度に3次元化された設備情報をインフラ事業者間で共有することで業務をシェアリングするなど効率化を推進できると考えています．

この仕組みは地下インフラだけでなく，地上に存在するインフラ設備へも適用領域を拡大できます．

さらに，NTTグループの4Dデジタル基盤™を活用しBIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）データとの流通を通じて街づくり・都市開発などのスマートシティや動的情報と連携させMaaS（Mobility as a Service）などのモビリティ分野など外部データとの連携も推進しNTTグループのビジネス拡大に貢献したいと考えています．

SmartInfraプラットフォームのユースケース

インフラ事業での効率化ユースケースとし



図2　スマートインフラプラットフォームの全体像

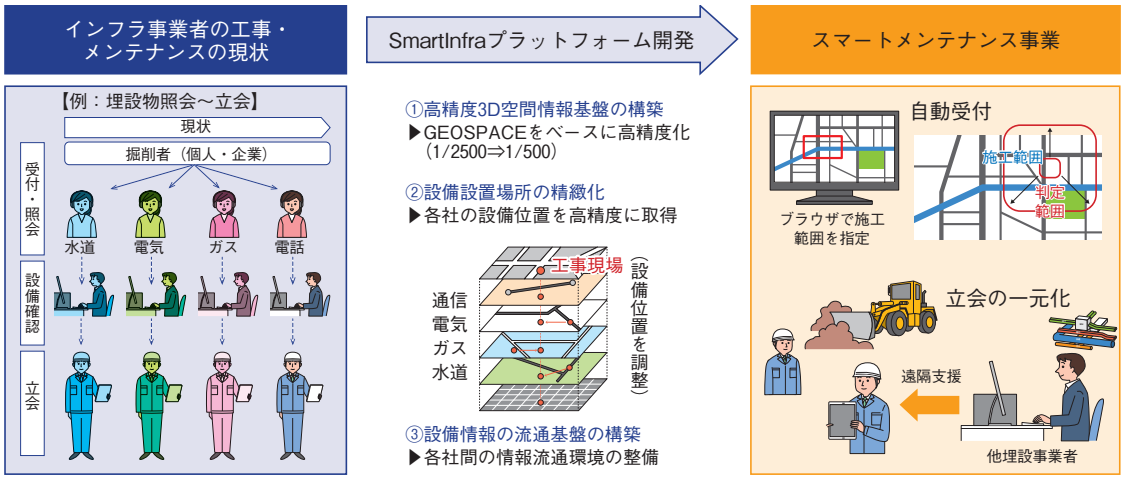


図 3　ユースケース（埋設物照会受付・立会）

ては，当面以下の 4 つをテーマとして取り組むこととしています．

・埋設物照会の一元受付・ 1 次回答
・現地確認・立会時の設備可視化
・共同施工の積極的な提案
・設備劣化予測に基づく計画保全

■最初のユースケースとして

埋設物の照会受付から立会については，現状では各社がバラバラに受け付けて，それぞれの設備状況を確認し影響の有無を判断し必要に応じて現地で立会を行っていますが，SmartInfra プラットフォームを用いて高精度な位置情報を付与し自動判定精度を向上させることで，従来影響ありとしていたものが影響なしと判定できる可能性が高くなり，設備への影響について図面等を確認する作業が省力化できます（**図 3**）．

さらに影響がある場合には申請者に来社してもらい施工協議を実施していますが，将来は 3 次元の仮想空間を活用しリモートでの施工協議が実現できると考えています（**図 4**）．

立会についても，自社の設備だけでも地中の状況を可視化することで危険予知や判断力の向上に寄与でき，さらに電力・ガス・通信

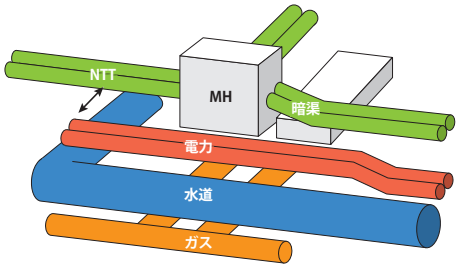


図 4　ユースケース（施工協議）

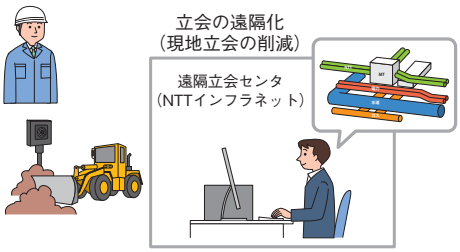
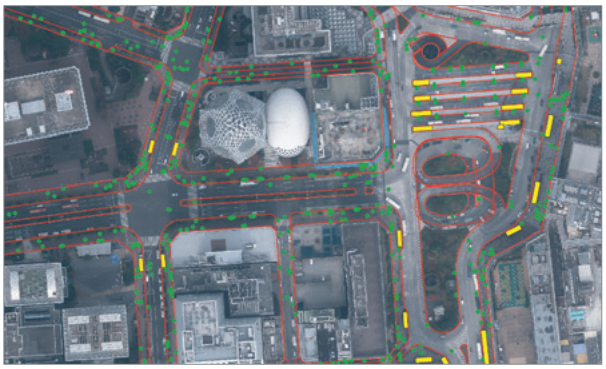


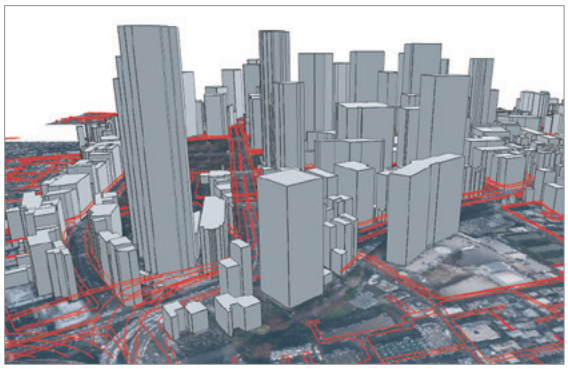
図 5　ユースケース（リモート立会）

をまとめて立会するなど業務の一元化による効果が期待できます．将来はリモート施工協議と同様にリモートでの立会や指示ができるような取り組みにもつなげていきたいと考えています（**図 5**）．

共同施工については，現状でも取り組まれていますが，まだまだ個々の事業者が個別工事として繰返し道路を掘削・埋め戻しを行うケースが多く，工事期間も長期化している状



【2D表示例】
赤線：道路境界（表現はしていないが歩道境界・分離帯境界など細かな属性を持っている）
緑点：マンホール等（道路面上に存在するマンホール類と認識できるもの）
黄枠：地上地下の出入口



【3D表示例】
赤線：道路境界（表現はしていないが歩道境界・分離帯境界など細かな属性を持っている）
建物：GEOSPACE 3D（航空写真から作成した3D建物オブジェクト）

図 6　高精度3D空間情報

況です．これがあらかじめ地下空間の状況を共有できていると共同施工の調整も早期に取り組むことができるため，共同施工の実施率向上につながり，道路を掘削・埋め戻す工程を最小限にできるなど工事費削減および工事期間の短縮化に寄与できると考えています．

最後に，設備劣化予測については今後の取り組みとなりますが，地下に埋設した設備は掘り起こしてみないと状況が確認できないため不具合が発生した段階で保全対応を取らざるを得ませんが，土質や地下水の状況などを考慮して設備状況の将来を予測することで，予防保全が可能となります．こうした設備劣化予測を活用して効率的かつ効果的な保全計画の策定に向けて取り組む予定です．

高精度3D空間情報

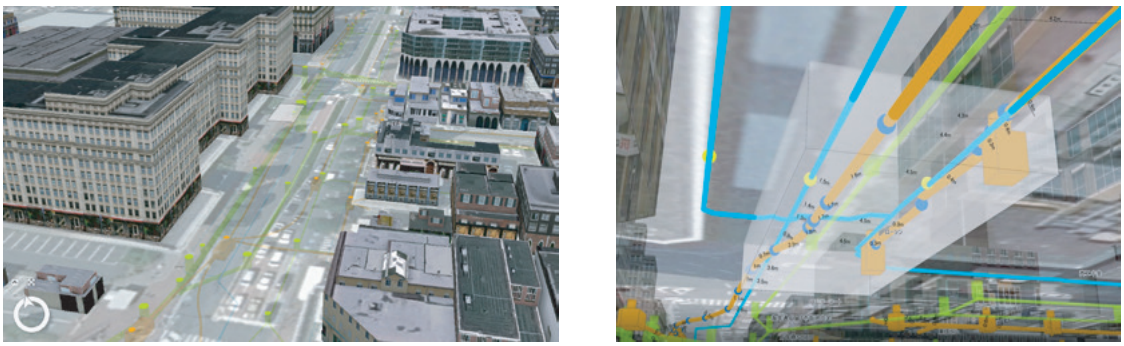
インフラ事業をターゲットとして考えた高精度3D空間情報は，インフラ設備の位置合わせに必要なデータを整備することとし，具体的には「道路縁」「道路と歩道の境界：歩道縁」「中央分離帯などの分離帯」，これにMH（マンホール）/HH（ハンドホール）や地下出入口を整備し，位置情報を持つさまざまなデータに対して正確な位置に補正できるような位置基準データとして整備しています．

整備するデータは位置基準として活用するため高精度な位置情報が必須となりますので地図情報レベル500*の精度基準に基づき（位置情報誤差が標準偏差で±25 cm）整備しています（**図 6**）．

整備手法としては，地上解像度5cmの高分解の航空写真を用いて，前述した道路縁やMH等を取得していきます．今回の東京23区は，航空写真を用いたステレオ図化やデジタイズというオペレータによる手作業で整備してきたところですが，今後は今回整備した東京23区の高精度3D空間情報を教師データとして，AI（人工知能）による自動データ取得についても並行して取り組んでいます．

なかなかハードルの高い取り組みですが，AIによる自動化が実現できると大幅なコスト削減が可能となるため，ベンチャーからグループ会社，研究所などさまざまな方々と実現に向けて取り組んでいます．

＊ 地図情報レベル500：地形図データの位置精度が水平位置の標準偏差0.25 m以内，標高点の標準偏差0.25 m以内．



地上部分の3D化　　地下部分の3D化

図 7　国土交通省（関東地方整備局）実証事業

国土交通省との実証事業

2019年度，国土交通省関東地方整備局の取り組みとして横浜市のみなとみらいから関内の辺りを地上も地下も3D化し，業務の効率化や安全にどのように寄与できるのか，コンサルティングを実施しました（**図 7**）．

地下空間のデータ整備は，東京電力や東京ガス，横浜市水道局から埋設物のデータを提供していただき 3 次元化を行いましたが，各社で管理されている図面はそれぞれの位置情報で管理されているため設備が重なり合ったりすることや，現実には起こり得ない状況が再現されるなど，位置情報を高精度化する重要性について確認できました．

位置情報を高精度化した地下空間の3Dは設備相互の位置関係も明確になり，道路掘削時の影響範囲も明らかにすることができるため，安全で効率的な工事につなげることができるという評価をさせていただきました．

今後の予定

2020年12月から自社DXとして地下に埋設された通信設備を対象とした埋設物受付から影響有無の自動判定，現地立会を支援する地下空間の可視化機能をサービス開始しました．2021年度には高精度3D空間情報の整備を拡大し自社DX範囲を広げるとともに，他社DXとして自社DX向けに提供した機能を電力会社，ガス会社にも提供する予定です．

また，東京23区で整備した高精度3D空間情報は，上空から撮影した航空写真を利用していますので撮影できない高架下の道路などはデータ取得できていません．こうした個所はMMS（Mobile Mapping System）等を用いて地上から高精度な計測を行う必要があります．

さらに，道路が密集しているような都市部では航空写真が有効ですが，郊外など道路の密集度が低いエリアはMMSによるデータ取得がコスト的に優位になりますのでMMSによるデータ取得についてもAI等を活用した効率的なデータ整備，MMS自体についても精度や品質を維持しつつ，低コストな機材へ置き換えることができるような研究開発を，NTT研究所と連携して進めています．

◆問い合わせ先
NTTインフラネット
SmartInfra推進部　プラットフォーム戦略担当
TEL　03-5829-5270
E-mail　si_pf_info＠nttinf.co.jp

次世代光線路技術の研究開発の取り組み

かたやま　かずのり
片山　和典
NTTアクセスサービスシステム研究所
プロジェクトマネージャ



NTTアクセスサービスシステム研究所では通信ネットワークの持続的発展に必要となる安心・安全な光線路技術を継続的に確立すべく，研究開発を推進しています．近年では光アクセス網の経済化・高度化に資する光線路技術の研究開発に加え，2019年NTTが提唱したIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の3本柱の1つである オールフォトニクス・ネットワーク（APN）の実現を見据え，いつでも・どこでもつながる革新的な光線路設備の研究開発に着手しました．本稿ではこれらの取り組みについて概説します．

光アクセス網の経済化・高度化に向けた取り組み

NTTアクセスサービスシステム研究所では，多様化するネットワークサービスを支える光アクセス網の経済化・高度化による情報通信事業の持続的発展に向け，光線路設備全般についてコア研究から実用化開発まで一気通貫で取り組んでいます．光アクセス網を構成する主要な技術群を**図1**に示します．光アクセス網は所内，所外，構内における光ファイバ・ケーブル，光接続部品，架空構造物など多くの物品・技術から構成されており，光アクセス網の高機能化や施工の簡易化，運用性の向上などの観点で多様な研究開発を行い，実設備として導入されています．ここでは光線路設備技術における最近の研究開発成果の一部を紹介します．

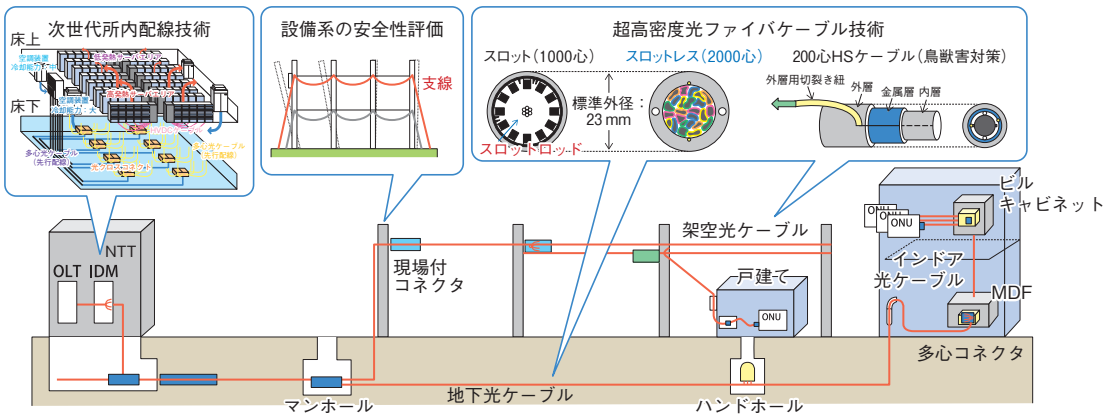


図1　光アクセス網の構成技術と最近の研究開発成果

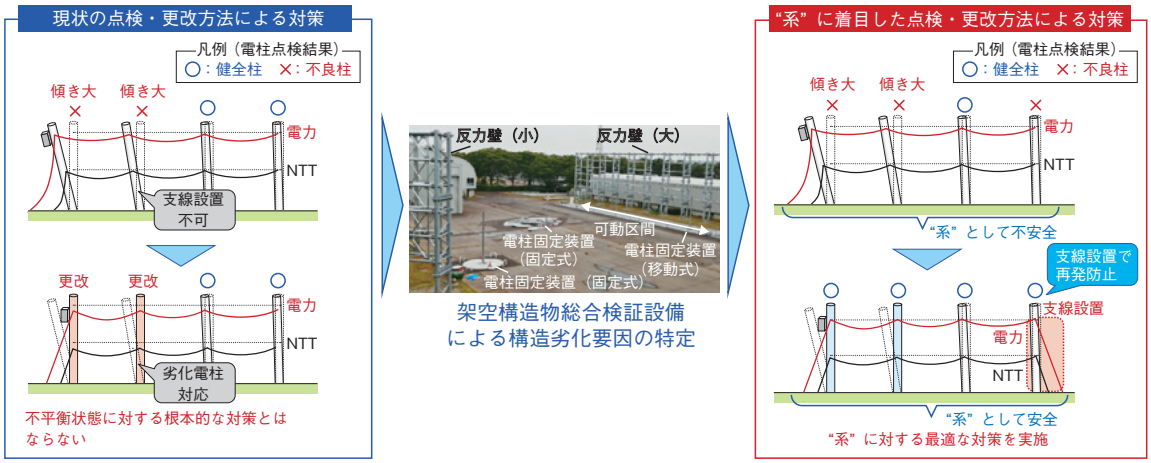


図２　架空構造物総合検証設備

光ファイバ・ケーブルに関しては，限られたスペースに多数の光ファイバを配置するために，光ケーブルにおける光ファイバ実装密度の向上が進められています．NTTでは間欠接着型テープ心線とスロットレス光ケーブル構造を提案，開発し，光ケーブルの極限的な高密度化を実現しました．同技術を最適化することで，従来の1000心光ケーブルと同一外径で2000心の光ファイバを実装した世界最高密度の光ケーブルを実用化しています．さらに細径高密度光ケーブルの適用拡大として，鳥獣害対策用のHS光ケーブルも実用化しています．スロットレス構造の適用とケーブル構造の変更により，従来と比べて細径・軽量化と施工性の向上を実現しました．今後，細径高密度光ケーブル構造は光ネットワークにおける光ケーブルの主流となると考えられます．

また所内・構内光配線では，近年のデータセンタ等における光ファイバ接続需要の増加により，光ケーブルの輻輳による空調効率の低下が課題となっています．特に二重床下配線では，床下空間の配線状況が不明であるケースが多く，輻輳が生じやすくなっています．そこでNTTではケーブル種別や敷設条数などからケーブル積み上げ高を推定する方法を考案し，空調効率を向上し消費電力を低減する新たな所内配線技術を確立しました．

次に架空構造物の点検・補修技術の取り組みについて述べます．取り組みの概要を**図２**に示します．架空構造物を支える電柱や支線等の構造物における安全性評価では，支線・ケーブル等で連なる複数の電柱を１つの“系”ととらえた不平衡荷重を考慮する必要があることが，近年の検討で明らかになっています．しかし，図２左に示すように，従来行われている電柱等の単体の点検，更改では不平衡状態に対する根本的な対策にはなりません．そこでNTTでは，図２中央に示す架空構造物総合検証設備を構築し，架空構造物の“系”としての検証を行っています．実環境を模した検証系で不平衡荷重を引き起こす真因を解明し，図２右のように，最適な対策を考案・実施することで，“系”全体の長期安全利用を実現できます．また本取り組みは，昨今の激甚化する自然災害への対策としても非常に有効です．

以上，光アクセス網の経済化・高度化を実

現する光線路設備の最近の研究開発成果について説明しました．情報通信事業の持続的発展を支えるべく，NTTアクセスサービスシステム研究所では安心・安全な光線路技術を継続して創出していきます．

IOWN構想と光アクセス網の将来像

2019年NTTは，スマート社会における処理限界・消費電力の増大とインターネットの遅延限界をかんがみ，IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を提唱しました．IOWN構想は，ネットワークから端末までフォトニクス技術を活用し大容量・低遅延・低消費電力を実現するオールフォトニクス・ネットワーク（APN），現実空間をデジタル化しサイバー空間で新たな価値を創出するデジタルツインコンピューティング（DTC），これら2つの要素を構成するICTリソースを最適運用するコグニティブファウンデーション（CF），の3つで構成されます．NTTアクセスサービスシステム研究所では，APNの実現に必要となる革新的な光線路技術の確立に向け，研究開発を推進しています．

検討している光アクセス線路設備の将来像を**図3**に示します．光アクセス線路設備は長期的な利用を前提としており，パッシブな設備としての技術的中立性やオープン性の確保が必要となります．さらにスマート社会におけるサービスの多様化・高度化や5G/6G（第5/6世代移動通信システム）等の高速無線通信の展開にも対応する必要があります．このような次世代通信サービスを支える光アクセス線路設備を実現するために，「既存光ファイバ限界の克服」「線の制約を意識しない柔軟な心線リソースの提供」「新たなリーチ先に対する光提供拡大」の3つの方向性を定め，研究開発を推進しています．

まずはじめに，「既存光ファイバ限界の克服」については，伝送容量需要が毎年指数関数的に増大しており，2020年代後半には必要となる伝送システム容量が既存シングルモードファイバ（SMF）の伝送容量限界である約100 Tbit/sを超えると懸念されています．そこで，時間，波長に加え新たな多重軸として空間を加えた空間分割多重（SDM）技術が，近年世界的に高い関心を集めています．SDM伝送では1心に複数の空間チャネルを

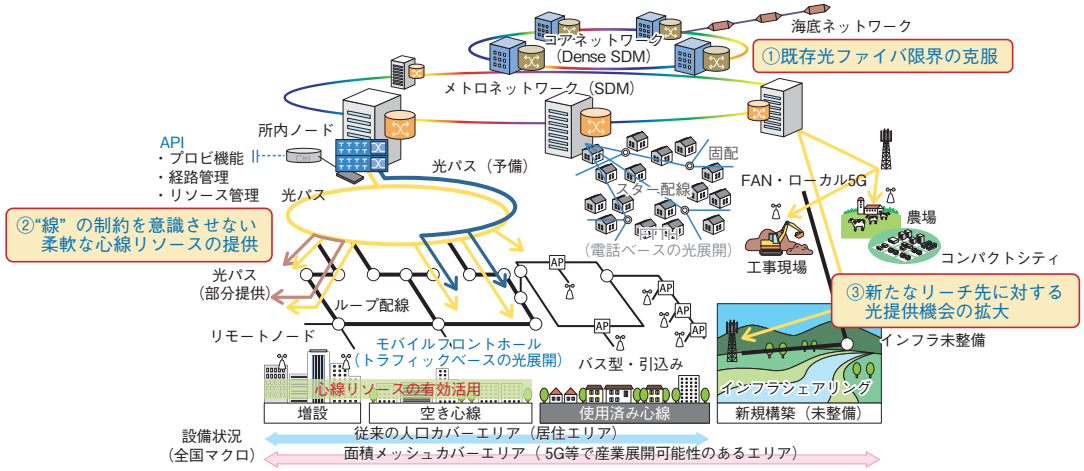


図3　光アクセス網の将来像

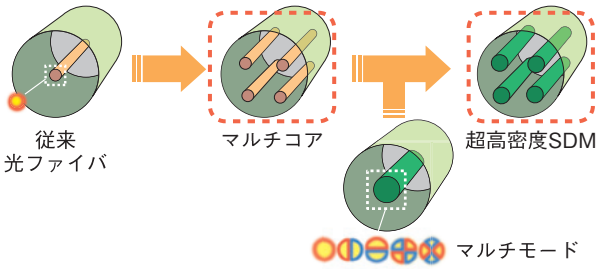


図 4　SDM光ファイバ

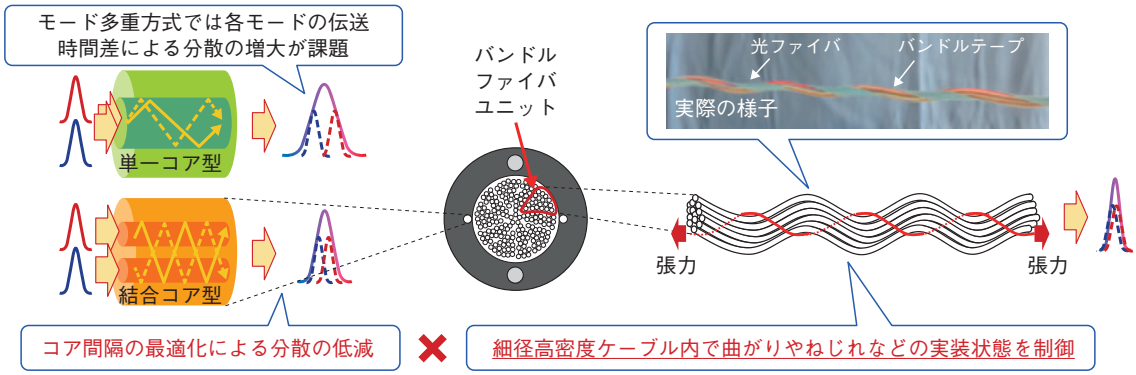


図 5　光ファイバ・ケーブルの同時最適による空間多重特性制御

有するSDMファイバが必要となります．SDMファイバの概要を**図 4** に示します．SDMファイバは，複数のコア領域を有するマルチコア，１つのコアに複数の空間チャネルを有するマルチモード，さらにこれら２つを組み合わせ，超高密度SDMを実現するマルチモード・マルチコアに大別されます．既存SMFと同等の光学特性を複数有するマルチコアファイバについて，近年NTTは既存の光ファイバ標準や光設備との互換性を考慮した光ファイバ・ケーブルを提案し，マルチコアファイバ線路の実用展開加速に向け積極的に検討しています．また，さらなる超高密度化・大容量化をめざし，超高密度SDM光ファイバ・ケーブル技術とその周辺技術についても併せて研究開発を推進しています．

超高密度SDMファイバを実装した光ファイバ・ケーブルを**図 5** に示します．超高密度SDM光ファイバでは一般的に，光信号が空間チャネル間で混ざり合いながら伝送し，受信端の信号処理で復調する方式となり，空間チャネル間の伝送遅延差が伝送特性を劣化することが知られています．ここでは光ファイバ自体の構造設計により伝送遅延差を最小化するとともに，光ケーブル内における光ファイバの曲げやねじれを制御することでも伝送遅延差を制御できることを示し，光ファイバと光ケーブル構造の同時最適で空間チャネル間の特性差を制御できることを世界で初めて実証しました．

次に「線の制約を意識しない柔軟な心線リソース提供」については，特に将来の5G/6G基地局の展開を考慮すると，従来の世帯分布ベースの固定的な心線リソース提供では十分な対応ができない可能性があり，必要なときに必要な量の心線リソースを提供できるネッ

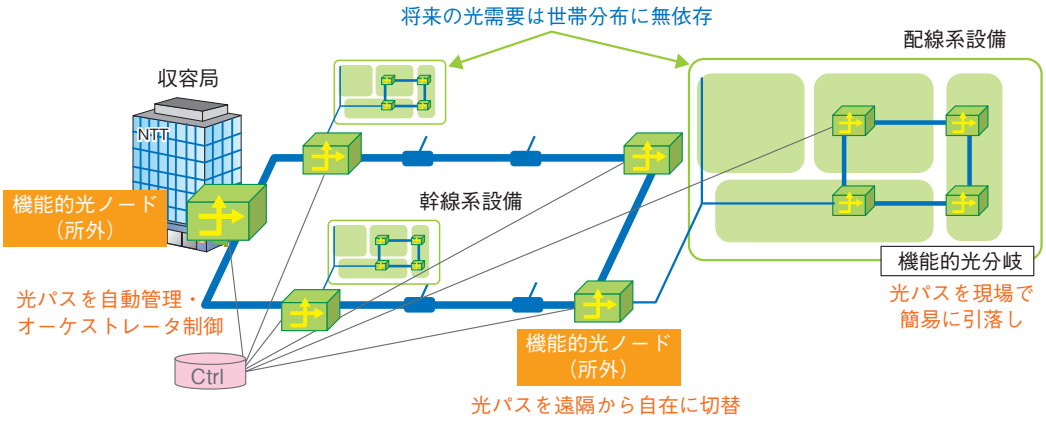


図6　多段ループアクセスネットワークにおける心線切替機能

トワーク構成が必要となります．さらには自動運転などサービス断が許容されないサービス利用も想定すると，ネットワークの信頼性確保も重要となります．そのため，多段ループアクセスネットワーク構成の検討に着手しました（**図6**）．このネットワーク構成は，ループ型の網構成をベースとし，心線レベルで光パスを遠隔から自在に切り替えられる機能的光ノードを新たに備えます．本技術を既存アクセスネットワーク上にオーバレイすることで，空き心線を有効活用できるほか，ネットワークの冗長化による信頼性向上も実現することができます．

最後に「新たなリーチ先に対する光提供機会の拡大」について，5G基地局は都市部に限らず，産業可能性のあるルーラルエリアにおいても配備を実施することとなっています．しかし，ルーラルエリアでは光未提供エリアも存在し，光設備を経済的・効率的に敷設する方法が課題となります．都市・郊外部では基地局の張り出し増加，非居住地域等では心線需要の拡大が想定されますが，特に光未提供エリアでは新たな光設備設置のコスト負担が大きな課題です．そのため，これまで考慮されていなかったエリアに対する経済的かつ効率的な光ファイバ・ケーブルの敷設方法について，新たに検討を進めています．

まとめと今後の方向性

NTTアクセスサービスシステム研究所では，情報通信事情の持続的発展に貢献すべく，安心・安全な光線路技術の研究開発と確立に継続的に努めていきます．特に近年激甚化する自然災害への対策についても考慮する必要があり，前述した内容と併せて取り組みを進めます．またIOWN構想の実現に向けては，いつでも・どこでもつながる光線路設備の実現に向けた研究開発の推進とともに，スマートな設備運用技術の実現にも取り組んでいきます．

また，タイムリーな成果創出に努めながら，IOWN構想実現とのつながりを意識した研究開発を推進していきます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセス設備プロジェクト
TEL　029-868-6443
FAX　029-868-6400
E-mail　takashi.matsui.uh＠hco.ntt.co.jp

APNを支えるPhotonic Gatewayと光アクセス技術

よしだ　ともあき
吉田　智暁
NTTアクセスサービスシステム研究所
プロジェクトマネージャ



NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）の光アクセス基盤プロジェクトでは，IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の実現に向けて，Photonic Gatewayによる低遅延な光アクセスネットワークの研究開発を進めています．本稿では，大容量，低遅延を実現するネットワークに求められる波長管理や集線など光の特性を活かしたシステム技術について紹介します．

光アクセスの周辺状況

光アクセスが提供する通信サービスはこれまで，トリプルプレイ（電話+インターネット+映像）に始まり，モバイルやIoT（Internet of Things）トラフィック収容として発展してきました．これらは主に人の知覚を満たすためのトラフィックを扱ってきたといえます．一方，伝送速度の向上がもたらすビット単価の低下が今後も続くと期待されていることから，さらに多くの情報を瞬時にかつ安価に転送することが可能になると考えられます．これに伴い，クラウドアクセス，AR（Augmented Reality）/VR（Virtual Reality），自動運転，e-sportsといった，人の知覚を超える膨大な情報量や反応速度が求められるシーンでの通信応用が広がり，さらに安全でナチュラルなサービスを享受できる社会が期待されます．したがって，それを支える光アクセスシステムには，さらなる低遅延と多様化する通信サービスの効率的収容が求められます．

一方で，労働力人口は減少し続け2060年には現在から4割減少すると指摘されています[(1)]．特にアクセスネットワークの装置は広域に分散配置されるため，保守者の移動を含めた稼働低減と効率化が大きな課題になります．現在のコロナ禍の影響も考慮すると，これまで以上に人の移動と保守稼働を極力抑える光アクセスシステムの実現も重要になります．

光アクセスシステムのめざす姿

現在の光アクセスシステムは，例えば法人向け，モバイル向け，マス向けと，個別の光アクセスネットワークを有し，それぞれの提供時期やエリア展開に合わせた伝送速度で効率的にサービス展開，提供できる専用装置を用いてきました．しかし今後は，これまでのような大容量化だけではなく，低遅延といっ

た多機能化や，柔軟性を向上させながら運用負荷を低減できる効率的な運用への技術開発が進められると考えます．

そこで今後は，伝送・転送機能と付加機能（サービス）を分離し，できる限り伝送・転送機能を汎用化，共通化する光アクセスシステムをめざすことが重要になります（**図1**）．伝送・転送機能と付加機能（サービス）を分離し，サービスに共通した最低限の伝送・転送機能によるスモールスタートと，さまざまな品質，要件に対して付加機能を選択・付与・削除できるようにすることで迅速なカスタマイズが可能になります．また，装置の種別を減らすことで運用作業が共通化され，保守を簡易かつ安全に行うことが可能になります．伝送・転送機能をシンプルに構成することができれば，接続される光アクセスネットワークのインフラ部分（例えば光ファイバ設備）を共用することも可能となります．NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）ではこのような高い柔軟性と低い運用負荷を実現し，インフラを共用できる光アクセスシステムの実現をめざしています．

大容量，低遅延のネットワークを実現するAPNとPhotonic GW

NTTが2019年に発表したIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想では，オールフォトニクス・ネットワーク（APN），デジタルツインコンピューティング（DTC），コグニティブファウンデーション（CF）の3つの要素でスマートな社会を実現していくことをめざしています[(2)]．その構成要素の1つであるAPNは電力効率100倍，転送容量125倍，エンド・ツー・エンド遅延200分の1のネットワークを実現することを掲げています．具体的には，光デバイス技術や波長分割多重技術を活かし，光のパスをエンド・ツー・エンドかつフルメッシュで提供することによって遅延を極限まで低減し，高速大容量で特定の通信プロトコルに依存しないプロトコルフリーのネットワークをめざします．

光パスをエンド・ツー・エンドで提供するためにAPNは，交換，多重，スイッチングといった電気処理を極小化したPhotonic

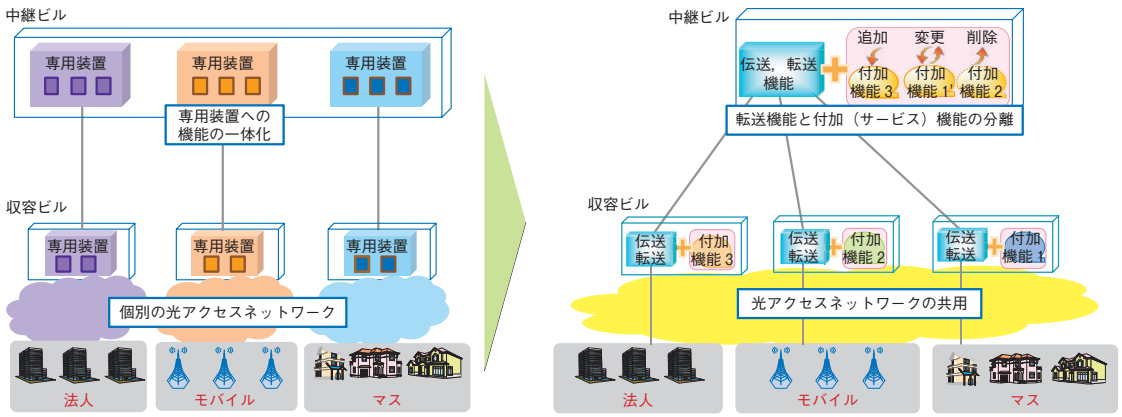


図1　光アクセスシステムのめざす姿

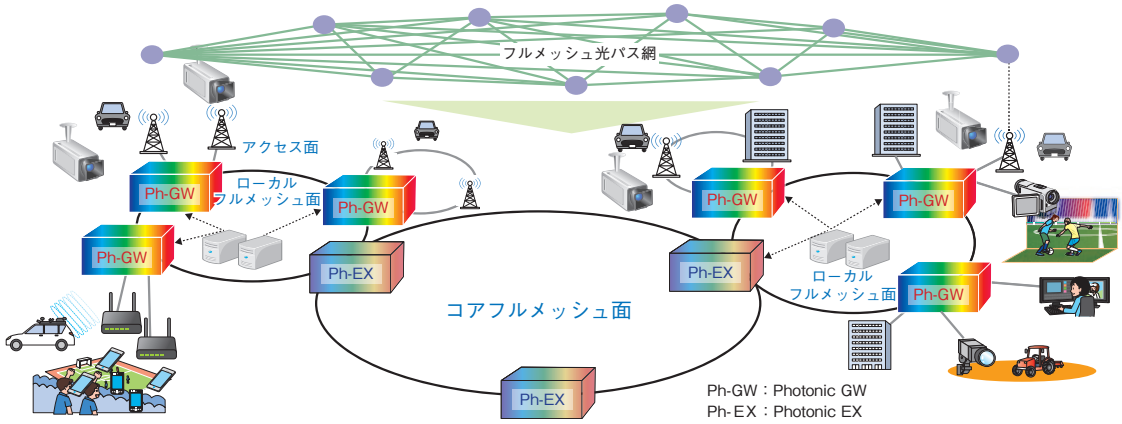


図 2　APNの転送網とPhotonic GW

EX（Exchange）とPhotonic GW（Gateway）で構成されます．Photonic EXは，コアフルメッシュ面で1Pbit/s級の大容量パスをクロスコネクトできる機能を有します．Photonic GW は，ローカルフルメッシュ面で波長の割り当て制御や集線を行う機能を有します（**図 2**）．これにより光の特性を最大限に活用し，特定のプロトコルに依存しない低遅延の伝送が可能になります．AS研はこのPhotonic GWの研究開発を行っています．

Photonic GWによる集線，波長管理

Photonic GWはAPNを実現する光直結集線機能やアドドロップ機能を有する光ノードと，自動構成を司るコントローラで構成されています．光ノードは具体的には以下の５つの機能を果たすことで，電気処理を極力用いない低遅延の集線を可能とします（**図 3**）．

① ユーザがどの波長を使うかを指定，制御し，その信号の波長を監視する波長制御・監視機能

② 回線の開通に合わせて信号を通過させ，不要な信号は停止させる通過・停止機能

③ 各ユーザに割り当てられた波長の光信号を集線し中継ネットワークに転送する機能と，中継ネットワークから転送された光信号をそれぞれの波長ごとに分配する集線・分配機能

④ 最短経路が求められるトラフィックに対し，Photonic EXで折り返すのではなく，入り口であるPhotonic GWで折り返しを可能とする折り返し機能

⑤ 再生，中継および電気的処理を行うために，Photonic GWの位置での処理を可能とする取り出し・挿入機能

①で示した波長制御の機能については，インチャネル制御技術であるAMCC（Auxiliary Management and Control Channel）を用います（**図 4**）．AMCCはPhotonic GWの主要機能となる波長管理制御の１つで，Photonic GWからユーザ装置への波長制御指示信号を，ユーザ信号と干渉しない低周波数帯に重畳します．また，波長制御指示信号は簡易な回路を追加するだけで重畳可能とな

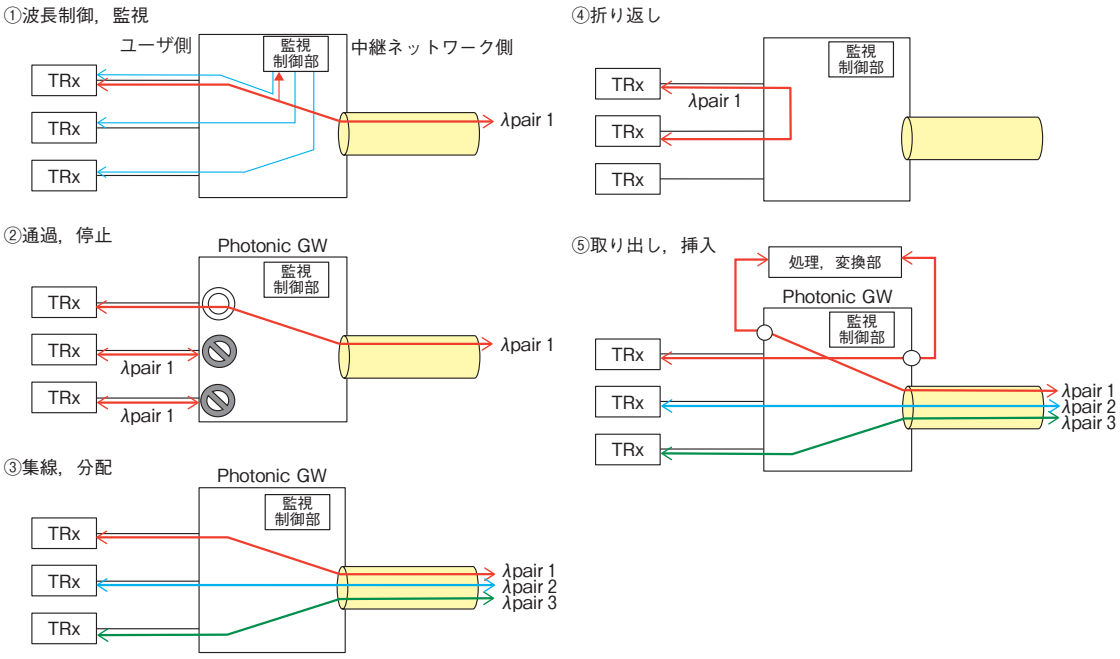
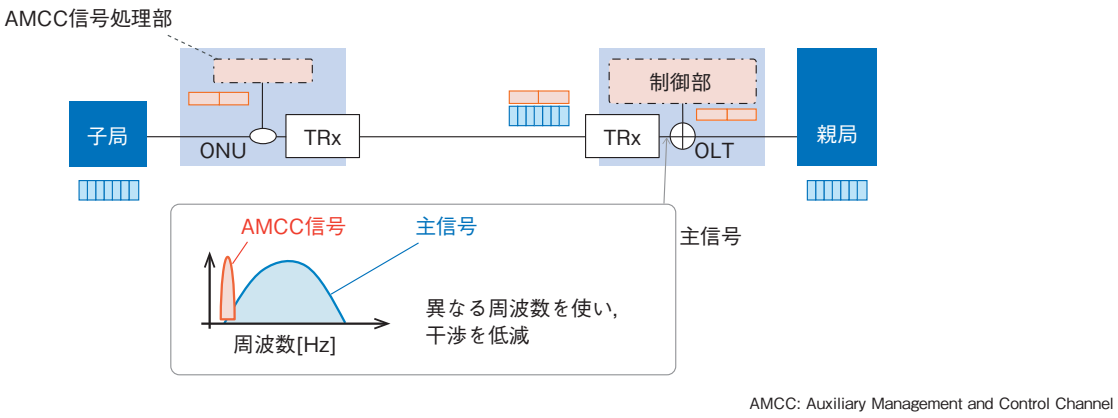


図 3　Photonic GWの 5 つの機能



AMCC: Auxiliary Management and Control Channel

図 4　AMCCの仕組み

るため，経済的に実現できます．このAMCCを用いることにより，主信号の通信プロトコルや光変調方式に依存しない波長の監視制御が可能となるとともに，制御の汎用化，共通化が図れます．

APNによるプロトコルフリーの活用例

従来テレビ信号や無線などのRF信号の伝送においては，それぞれに割り当てられた周波数，信号方式に応じた送受信機器，当該RF信号を中継するための伝送装置を用途ごとに開発してきたため，ネットワークトータ

ルの導入，運用，更改コストが増大していました．AS研では従来よりRF信号を一括してFM信号に変調して長距離伝送するRoF（Radio over Fiber）技術をFM一括変調方式として実用化しています[3]．Photonic GWで構成されるAPNに広帯域化したFM一括変調方式を用いれば，各種帯域の異なるRF信号を一括多重して長距離伝送するプロトコルフリー伝送が可能になります．これは，デジタル信号の信号形式，変調方式を意識せずにRF信号として伝送することができるため，IP（Internet Protocol）やEthernetといったデジタル信号形式や信号速度に依存しない，より幅広い形式の伝送サービスを柔軟に提供できます．

伝送・転送機能と付加機能の機能分離

AS研では，伝送・転送機能と付加（サービス）機能の機能分離技術にも取り組んでいます．具体的には装置の伝送・転送機能はシンプルに構成し，付加機能はソフトウェアや端末として追加，変更，削除を容易にします．

機能分離を実現するための取り組みとして，1つはONF（Open Networking Foundation）にて，アクセスシステムのオープン化開発を推進しています．AT&T，ドイツテレコム，トルコテレコムらとともに，SEBA（SDN-Enabled Broadband Access）プロジェクト[4]に参画し，OLT（Optical Line Terminal）の機能分離アーキテクチャを策定しオープンソースとして開発しました（**図5**）．従来はPtoP（Point-to-Point）やPON（Passive Optical Network）といったさまざまな方式で光アクセスサービスを提供するために，その方式ごとに装置や専用のEMS（Element Management System）が用いられていましたが，SEBAを用いると機能配備や制御を共通ソフトウェアとして実装することや，監視制御を行うManagement Systemを統一化することが可能となります．SEBAはオープンソースであるため，誰でも参照でき，機能の実装や追加，削除は自由に行うことができます．

また，転送機能と付加機能を分離させる別の事例として，経路故障発生時の無瞬断切替を端末側で行う付加機能を開発しました（**図6**）．従来経路故障が発生した際，経路切替に伴い瞬断が発生し映像が乱れていました．

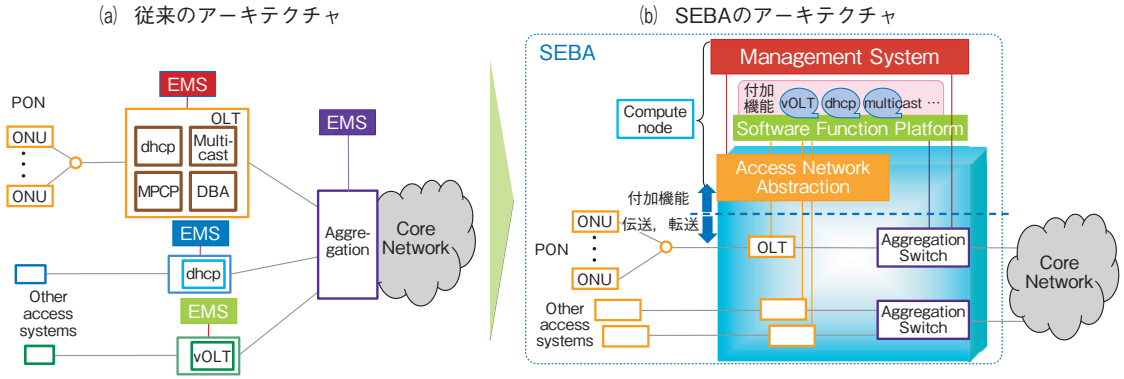


図5　OLTの機能分離アーキテクチャ

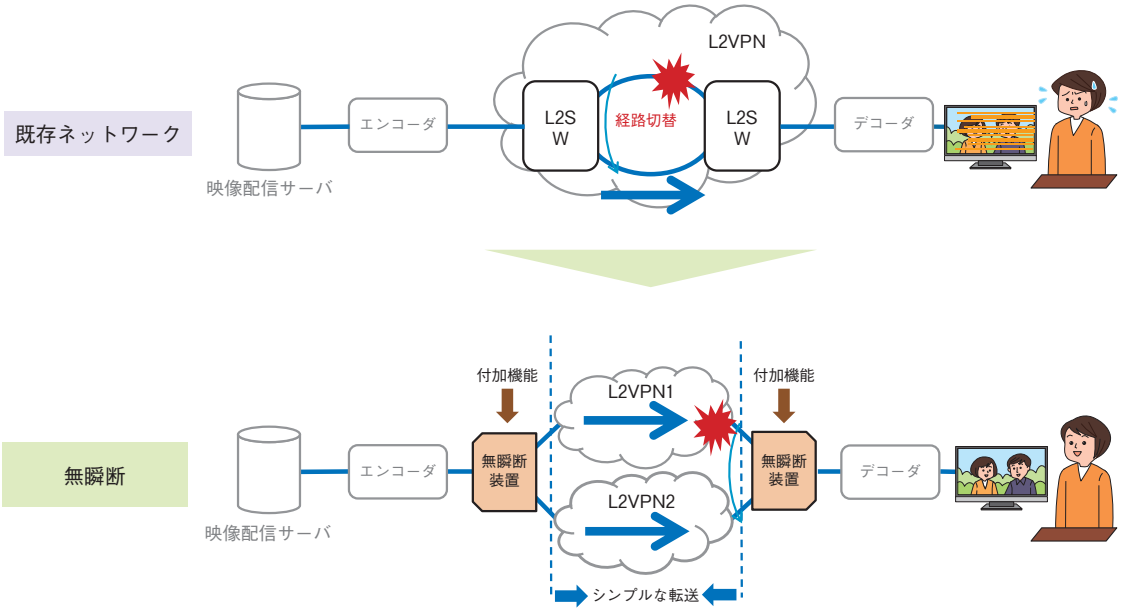


図 6　無瞬断切替技術

本技術では，無瞬断切替装置をネットワークの両端に配備し，両経路から信号を送信し，受信側で信号を選択します．これにより無瞬断での経路切替が可能になります．無瞬断切替を実現する技術は以前より実用化されていますが，この技術の特徴は，ネットワークサービスとしてはシンプルなL2転送機能を用い，無瞬断を実現する機能は端末としてネットワークから分離するところにあります．ネットワークは転送機能をシンプルに実現し，無瞬断切替サービスが必要なユーザには端末を追加することで，無瞬断切替が必要なユーザにのみ手早く提供することが可能になります．

今後の展望

引き続き，大容量低遅延化，高い柔軟性と低い運用負荷を実現するアクセスシステムの研究開発と，高い柔軟性を発揮する転送機能と付加機能を分離する技術の研究開発を推進し，これらの技術を用いてIOWNひいてはAPNの実現をめざしていきます．

■参考文献

⑴ https://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/pl170531.pdf
⑵ 伊藤：“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，” NTT技術ジャーナル，Vol. 32, No. 3, pp.10-11, 2020.
⑶ 下羽・池田・吉永：“FM一括変換方式を用いた光映像配信技術，” CS2019-84, 信学会通信方式研究会技報，pp.97-101, 2019.
⑷ https://opennetworking.org/seba/

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
光アクセス基盤プロジェクト
TEL　046-859-4958
FAX　046-859-5513
E-mail　info-phgw-p-ml＠hco.ntt.co.jp

特別連載

ムーンショット・エフェクト——NTT研究所の技術レガシー

第6回　光コンピューティングへの第一歩

ノンフィクション作家の野地秩嘉（のじつねよし）氏より「ムーンショット・エフェクト——NTT研究所の技術レガシー」と題するNTT研究所の技術をテーマとした原稿をいただきました．連載第6回目は「光コンピューティングへの第一歩」です．本連載に掲載された記事は，中学生向けに新書として出版予定です（NTT技術ジャーナル事務局）．

■条件出し

「20世紀最大の発明」であるトランジスタを生み出したのはAT&Tのベル研究所だ．

後にノーベル物理学賞を受賞する3人，理論家のジョン・バーディーン，実験を専門にするウォルター・ブラッテン，リーダーのウィリアム・ショックレーが発明した．

このうち，第一号のトランジスタを完成させたのはバーディーンとブラッテンで，ふたりの作業を調べてみると，現在，NTT研究所で納富のチームがやっている仕事に非常に似ている．

理論家バーディーンと実験家ブラッテンはチームを組み，議論を重ね，方向性を決める．理論家がある条件を出すと，実験家が手を動かして，実験する．そうして，半年から1年以上も，ああでもない，こうでもないと実験を繰り返す．ひらめきを得た理論家が何度も条件を変える．そうやって，長い時間をかけて，ベル研究所のチームはトランジスタを発明した．研究者は机の前に座って理論を編み出すわけではない．考えることと，実際に試してみることを繰り返して，結果を出すのである．

私がそんな話をしたら，納富はうなずいた．

「ええ．我々は基本アイデアで理論構築をしたら，次に実験で『条件出し』をやります．この条件でやってみたらこうなった，では，次は条件を変えてやってみよう，と．それを何回も繰り返す．そして，では，このプロセスを通すためにはこの条件で行こうと，ひとつひとつ積み重ねていきます．

すぐに成功することはありません．理論通りには進まないのです．研究って，ゴールが決まっていることはほぼないんです．毎回，当たるか当たらないか賭けているようなもので，当たればいいんですけれど，外れることのほうが圧倒的に多い．

ですから，行き詰まることはあります．行き詰まったら，私は2つの方法を取ります．1つは別のテーマを考える．もうひとつはしばらく寝かせる．

ただ，賭けが外れた場合でも，ゼロ地点に戻るわけではありません．その方向性がまずかったから，じゃあ，こっちに行こうかというくらいです」．

一流の研究者に必要なのは，理論通りに行かないことに頓着しないというある種の楽観性ではないか．そして，行き詰まった時にどうやってリフレッシュするか，自分なりの解決策を持っていないと長い期間の研究は乗り切れない．なんといっても納富は20年以上，ナノフォトニクスの研究を続けているのだから．

■『ネイチャーフォトニクス』

2019年4月，斯界の専門誌『ネイチャーフォトニクス』で納富のチームの研究が取り上げられた．内容は「世界最小の消費エネルギーで動作する光変調器と光トランジスタの実現」である．

要約すれば次のようなことになる．

従来，光変調器や受光器のような光-電気（O-E）変換デバイスは高い電気容量を持つため，消費エネルギーが大きく，光と電子回路が緊密に連携した信号処理を行うことは簡単ではなかった．

それを納富のチームがフォトニック結晶を用いることで，世界最小の電気容量を持つ光電変換素子の集積に成

功したのである．この技術により，世界最小の消費エネルギーで動作するナノ光変調器や，光入力信号を別の光へ変換・増幅出力させる「光トランジスタ」を実現した．

何といっても成果は消費エネルギーを減らしたことにある．

納富は言う．

「光信号を電気信号に変換するデバイスはすでにありました．ただ，サイズと消費エネルギーが大きかったんです．私たちはナノ構造技術でサイズを100分の１くらいに小さくして，消費エネルギーも数100分の１くらいに小さくできました．そして，これを追求していくと，ほとんど電気エネルギーを消費しないで，光のエネルギーをそのまま電気に変えるようなこともできるだろうと，最近わかってきています」．

■グラフェンとプラズモニクス

2019年の11月にも納富のチームは『ネイチャーフォトニクス』に論文が掲載されている．それはフォトニック結晶とはまた違ったやり方で超高速，低消費エネルギーの光スイッチを作ったこと．これは彼が兼任で教授をしている東京工業大学との共同研究である．

内容はピコ秒（１兆分の１秒）以下の超高速領域で動作する全光スイッチを世界最小の消費エネルギーで実現したというもの．

従来の光スイッチ技術では，超高速性と低消費エネルギーを両立させることは困難だったが，納富たちはプラズモニック導波路と呼ばれる幅と高さが数10 nmサイズの光導波路に，非線形光学材料として近年注目されているグラフェンを組み合わせることで壁を突破した．

納富は「グラフェン」という新材料について，こう語る．

「グラフェンは新しい物質で，炭素原子が１層だけ並んでいるような非常に薄いシートです．2010年，英マンチェスター大学のふたりの博士が『二次元物質グラフェンに関する革新的実験』という理由でノーベル物理学賞を受賞しています．グラフェンは理論的に興味を持たれていたのですが，ふたりはありふれたグラファイト（鉛筆の芯の原料のひとつ）の結晶の表面を，両面テープを使って剥がすという非常に簡単な方法で作れることを見つけたのです．

さて，グラフェンはさまざまな性質を持っていて，トランジスタ，電池，半導体を研究している人たちは注目しています．そして，光としても非常に面白い性質を持っていて，非常に高速に応答するんです．そして，非常に薄い．光の波長よりも圧倒的に薄い．

光を狭く閉じ込めるもうひとつの方法があって，それはプラズモニクスという分野です．これは金属のナノ構造を使って光を閉じ込めるという方法で，金属と金属の間にすき間（導波路）を作り，そこに光を閉じ込められるというもの．

そこで，導波路コア（中心部）の断面サイズは30 nm×20 nmと非常に小さなプラズモニック導波路を作り，その上面にグラフェンを貼りつけたわけです．断面積は従来，小型導波路として用いられてきたシリコン導波路に比べて100分の１程度になりました．

これはシリコン導波路にグラフェンを貼りつけた素子に比べると，グラフェンによる光吸収の効率は１桁向上し，必要なエネルギーを４桁も低減することができました」．

ただし，まだすべてが解決したわけではない．納富は次のような課題を把握している．「このプラズモニック導波路では，長い導波路を作るのはまだ無理です．せいぜい４μmといった長さで光を通すことはできるけれど，１mmとか，１cmとか，光を通すことはできません．ですから，集積した光回路のなかでピンポイントで使うことはできます．

その際に，光を長い距離通すことができる，シリコン導波路と組み合わせるのがよいと考えました．シリコンの細い導波路で光を持って来て，短いプラズモニック導波路につなぐという使い方です．実際にこの方法でシリコン導波路とつなげたプラズモニック導波路の上に，グラフェンを載せたデバイスを作り，光スイッチとして動かしてみると，フォトニック結晶を使った時よりも，エネルギーは少し食いますが，速度としては，２桁くらい速くすることができたんです（**図**）」．

グラフェンを光スイッチに使おうとした人たちはいるし，研究論文も発表されている．ただ，どれもうまくいっていない．納富のチームだけが成果を収めたので，『ネ

イチャーフォトニクス』が取り上げたのである．

ただ，日本のマスコミが光トランジスタ関連の仕事に注目しているかと言えば，そんなことはない．何といっても文科系出身の記者，編集者にとって電気や光についての話題は難解なのである．理解するまでに時間がかかるし，理解しようという気力がなかなか湧いてこない．

私は納富にインタビューをするために，トランジスタ，半導体，集積回路，プロセッサ関連の専門書を読まなくてはならなかった．ついでに科学史の勉強もした．それだけで１年近くかかった．

そうして，実際に納富に会って，丁寧に説明を受けたら，話は面白く，しかも，画期的な発明だとわかった．電気のトランジスタが社会を変えたのだから，納富が作った光トランジスタは間違いなく，社会を変える．光トランジスタは近いうちにロケット，自動車，スマホなどに採用されるだろう．

■光コンピューティング技術

納富は話を変えた．

「まだまだやろうとしている光の技術はいくつもあります．

光トランジスタ，E-O（電気→光）変換とO-E（光→電気）変換，そして光の回路があれば，非常に高速の演算処理ができるだろうと思っています．ただ，それだけであらゆる演算ができるとは思っていません．ただ，特殊な演算はできます．

フォトニック・アクセラレータ，つまり，光の演算加速器みたいなものはできると思っています．これは光コンピューティング技術の一種だと思うのですが，『光コンピュータ』と言ってしまうと，ちょっとおかしい．光の回路が電子回路と一緒になって動くものですから，光電融合の技術です．

光にも苦手なところがあって，再々，申し上げましたけれど，メモリについては電子回路のほうがずっと優秀なんです．ですから，演算は光が高速で実行するけれど，結果は電子回路のメモリに蓄える．全部を光にしようと思うと，今の我々が持っている技術ではまだ作れません」．

■光の面白さ

納富たちのチームは17人だ．彼らが力を合わせて光の技術を追求している．

彼らの研究は，最先端のナノフォトニクスの技術を使って，光と電気が融合した超高速，かつエネルギー消

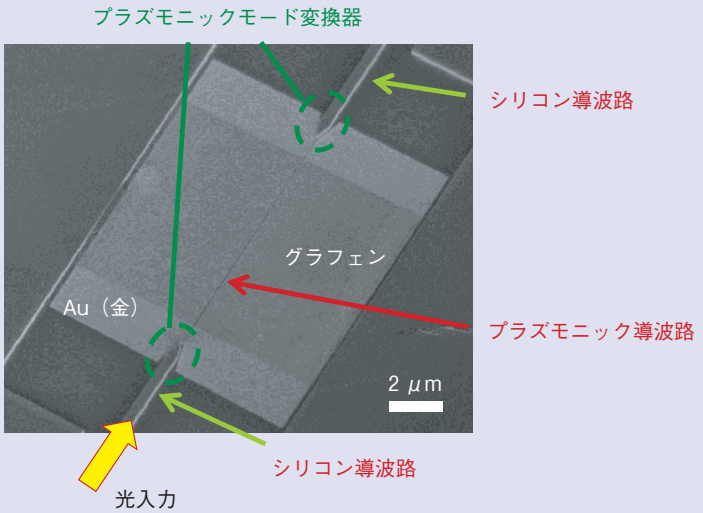


図　シリコン導波路と接合されたグラフェン装荷プラズモニック導波路の顕微鏡写真

費の低い情報処理をめざしている．この研究成果により，複数のデータセンタどうしがシームレスに（継ぎ目なく）またがったクラウドコンピューティングインフラや，オールフォトニクス・ネットワーク上の通信の高速性，低遅延性を活かした高速分散コンピューティング方式（複数の場所にある高速演算装置をネットワークを介して連動させるコンピューティング方式）の開発が加速されるだろう．このふたつを早く実現させないと，エレクトロニクスだけではもはやコンピュータ社会，デジタル環境を支えられないと彼らは思っている．

そんな彼らの仕事を支えているのは「光の面白さ」だという．

「私が一番面白いと思ったのは，光の新しい使い方を考えていくところなんです．太古の昔はエネルギー（熱量）だった光が照明として使われるようになり，今は通信媒体としても使われています．ただ，通信媒体としての使い方がまだ世の中には十分に届いていないというのが私の感触です．本当は，光というのは，もっといろいろなことができるはずなのにできていない．

その答えのひとつがコンピューティングと思っています．光コンピューティングの研究って，実は1980年代，1990年代に，ものすごいブームになって，世界中の研究者がやっていたことがあるんです．ただ，当時は，光を集積する技術がなかったので，レンズとミラーでコンピューティング技術に挑戦するという世界だったのかな，と．

当時の研究者は光の並列性，並列処理に目をつけたようです．光はいろいろな信号を同時に送って重ねても，混ざったりしないので，そういうのを使おうとしたのでしょう．しかし，結局うまくいかなかった．それはもうCMOSプロセッサ（半導体の一種であるCMOSを使った，コンピュータのCPUを構成する基本回路．電気で動く）の速度，効率性には勝てないと，みんながさじを投げたわけです．

ところが，ここ最近，CMOSプロセッサが限界を迎えているので，もう一回，光コンピューティングを考え直そうじゃないかとなっている．光の研究者としてはこれをやらないわけにはいきません」．

納富の話は最初から最後まで一般人にとっては難解だった．しかし，彼は難解な専門用語を使うたびに申し訳なさそうな表情になって，用語を説明する．用語もまた難解ではあるのだが，彼が研究にかける静かな情熱は十分に伝わってきた．

次回は光ファイバそれ自体の進展と研究について，である．

野地秩嘉（のじつねよし）
1957年東京都生まれ．早稲田大学商学部卒業後，出版社勤務を経てノンフィクション作家に．日本文藝家協会会員．人物ルポルタージュをはじめ，食や美術，海外文化などの分野で活躍中．著書は『高倉健インタヴューズ』『キャンティ物語』『サービスの達人たち』『ニューヨーク美術案内』など多数．『トヨタ物語』『トヨタに学ぶカイゼンのヒント』がベストセラーに．『TOKYOオリンピック物語』でミズノスポーツライター賞優秀賞受賞．近著は『日本人とインド人』（翻訳　プレジデント社）．



挑戦する研究者たち
CHALLENGERS



高村誠之

NTTメディアインテリジェンス研究所
上席特別研究員

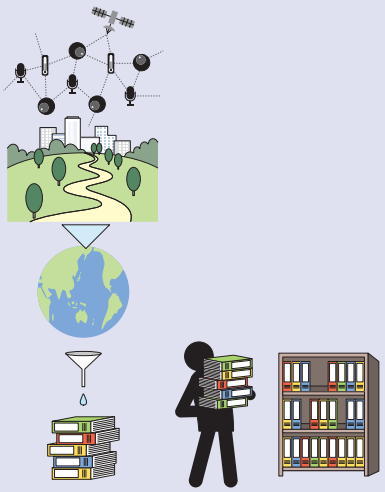
見返りを期待せず，頼まれごとは断らない．損得勘定なしで臨めば，未来が切り拓かれる

インターネットの普及に伴い，映像は日常生活においてあらゆるところに存在し，利用されています．私たちがTV放送やインターネットにより映像が高品質で送受信され利用できる，ストレスフリーな状況は映像符号化技術が支えています．また，IoTセンサの普及・高度化により2040年ごろにはデータ量が40 YBに増加すると予想され，こうした膨大なデータに対応する技術は国内外から大きな注目を集めています．この膨大なデータに対応する符号化技術「万象オーガナイズ技術」と，それを研究していく中での研究者としてのあり方について，高村誠之NTTメディアインテリジェンス研究所 上席特別研究員にお話を伺いました．

従来とは違うアプローチで映像符号化技術の最先端を走る

現在，手掛けている研究について教えてください．

私が研究しているのは「万象オーガナイズ技術」です（**図1**）．2040年ごろには40 YB（ヨタバイト，10^{12}TB）にまで増加するといわれる膨大な生成データを，余さず利用可能にすることを目標とした超高圧縮符号化技術です．こうした膨大なデータの保存，流通において，ストレージ容量や伝送容量に収まるようにするために，情報トリアージ（選別）をベースとした検討が現在の主流となっています．この場合，トリアージの規則に従って優先度の低いデータは捨てられることになり，貴重なデータもこの中に含まれる場合もあります．こうした状況に対して，ノイズ除去や情報圧縮の視点を強化することで，データを捨てることなく保存，流通させるのが，万象オーガナイズ技術で，世の中で使われている一般的な技術よりも品質を高く保ちながら100～1000倍の圧縮を可能とします．この技術を使ってデータの流通基盤をデータ量からデータの質へと変化させればさまざまな応用先の開拓や新し



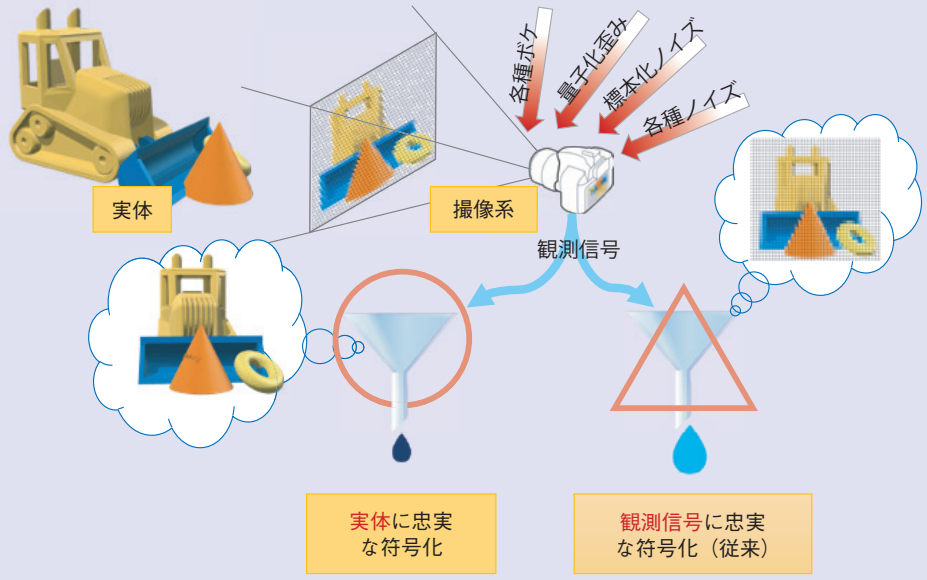
地球規模で分布する多種多様なセンサが取得する膨大な情報を処理・整理し，活用しやすい状態で記録する．

図 1　万象オーガナイズ技術の概念

いビジネスを創出できると考えます．特に，万象オーガナイズ技術ではデータ量の 8 割以上を占める映像データに着目しています．映像のデータ使用量は年々増大していますから，この整理が万象オーガナイズの大きなポイントとなります．

この技術で未来の IT 生活も快適になりそうですね．柱となる技術について教えてください．

万象オーガナイズ技術は，点群処理・符号化，光線空間処理・符号化，認識誤差抑制型符号化，360° 映像処理・符号化，符号化志向映像生成等，多くの技術要素から構成されているのですが，その中でも柱となるのは「実体マイニング符号化技術」です（**図 2**）．これまでの符号化技術は実体を映した映像そのものに対して符号化を行うのですが，実体マイニング符号化技術は，撮影された映像からノイズ，歪，ピントのずれ，情報の欠落等の擾乱



従来の観測信号に忠実な符号化でなく，実在している物体の存在を意識した処理を行うことで，より高性能な符号化をめざす．

図 2　実体マイニング符号化の概念

を除去し，被写体本来の姿を推測し，それを基に符号化する技術です．現実に存在している素材や物体の状態・情報をでき得る限り忠実に抽出（推測）して符号化するため，撮影された映像の品質を超え，本物に迫る映像を再現します．もちろん圧縮されたデータ量は従来の方式よりも少なくすることができます．

実体マイニング技術の応用としてはいくつかあるのですが，中でも，現在注力しているのが水面の揺らぎを通して見える映像の実体を，映像として再現する水底映像符号化技術です（**図 3**）．映像に臨場感を与える重要な構成要素である水のシーンにおいて，従来方式では特に符号化が難しかったものです．国際会議で受賞するなど高い評価をいただきました．論文誌にも投稿をお誘いいただいています．現在は，さらにそれを進化させて，最新版の「国際規格参照ソフトウェア」との性能を比較するため，4～5カ月単位の非常に時間がかかるシミュレーションを一からやり直しています．

また，点群映像の符号化にも挑んでいます．点群は3次元空間中に格子点状に沿わず存在する（規則正しくない位置に存在する）点の集まりで，非常に自由度が高く，多量なデータで表現されます．これはすでに国際標準化された符号化技術もありますが，これとは異なったアプローチで，自由度を下げることで圧縮率を上げ，さらに映像の複数フレーム*1間で情報をうまく統合することで，二律相反する品質と圧縮率の向上を両立できないかと考えています．

さらに，ある観察対象実体をさまざまなセンサによりさまざまな場所から取得する「マルチモーダル」信号の情報は，取得する時間サンプル位置も空間サンプル位置も格子点状になく，次元（温度，座標，色，音圧）も異なりますが，実体は1つなので，これらの情報は互いに相関があるはずで，それを見出せばノイズを低減したり，先を予測したり，データ量をコンパクトに圧縮して使いやすくする，といった有益なことができると考えられます．しかしながら，現在はそのような信号を統合的に扱う基盤理論がありません．単一モーダルの信号であればグラフ信号処理*2（**図 4**）という枠組みの研究が活発になされていますが，それをマルチモーダル信号へと発展させていくのが課題です．



止まった水　　動く水

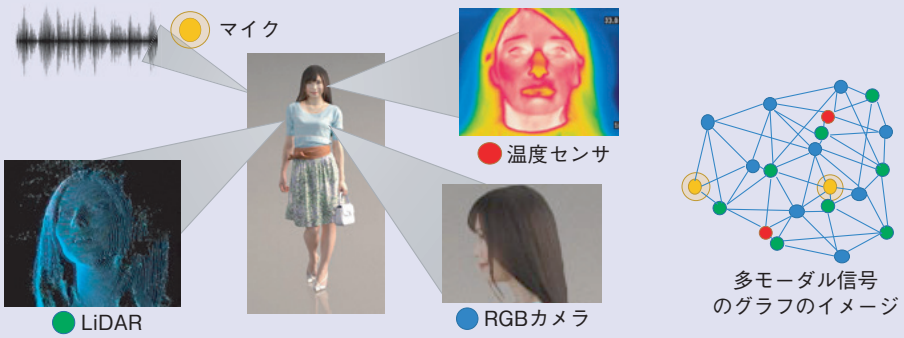
非常に激しく形状が変化している．

図 3　水が止まっている場合と動いている場合の水底画像の例

そして，データの生成源であるセンサのところも，観察対象実体に対してあまりに潤沢にセンシングしてしまっている可能性があります．イメージセンサでいえば画素が間引かれた状態で取得しても，後段の計算処理によりある程度正確な画像信号を得ることができる「圧縮センシング」という技術があります．低消費電力化にもつながるため，将来IoTセンサが至る所に存在するようになればなるほど，この「入口でデータを絞る」行為は重要

＊1　フレーム：映像を構成する1枚の画像の単位．例えば日本の放送の映像は1秒間に30フレーム，一般的な映画は毎秒24フレームから構成されています．

＊2　グラフ信号処理：ノード（点）とエッジ（線または辺）で情報の構造を表現する方法の1つであるグラフを用いた信号処理．ソーシャルネットワークやセンサネットワークからの信号を適切・効率的に分析するのに利用される比較的新しい信号処理技術．



同一物体を多種センサで計測した多モーダル信号は，多様かつサンプリング時刻・位置もバラバラであるが，根底は物理法則で結びついている．

図 4　グラフ信号処理

性を増すと考えています．後段の計算で信号を復元するところが鍵で，これが賢くなるほど正確な観測ができます．新たな計算原理に基づく復元の高精度化，またマルチモーダル環境における異モーダル間協調復元への発展などが課題と考えています．

今後は，こうした技術をJPEGやMPEGのような標準規格として確立していきたいと考えています．道のりは長く，ハードルも高いのですが，だからこそのやりがいを感じています．

大成功以外にも中成功も，小成功も，それ以外もある

研究者として歩まれてきた中で得られた教訓をお聞かせいただけますか．

NTTに入社して数年は，時間を気にせずに試行錯誤を繰り返していました．これは若い人の特権で，時間が許すならぜひそうすべきだと思いますが，年を重ねると時間は無限ではないことを実感します．2006年，NTT OBの石井裕MIT（マサチューセッツ工科大学）教授が横須賀通研にいらして研究戦略について話をされました．石井教授は，研究のタイムラインにおいて自らの寿命を示して計画をせよと話されていましたが，当時の私はすぐには理解できませんでした．

ところが忙しくなって試行錯誤する時間が限られてきた今になって，時間は有限なリソースだと痛感しています．研究活動を吟味して行動せざるを得ませんから，テーマを絞って研究をするようになりました．

幸いにして，絞った結果のテーマの方向性はあまり外れてはおりませんが，逆にこれは若いころに試行錯誤しておいたからだと考えます．前述の水底映像符号化技術はそれが功を奏した例です．この技術の追究において，与えられた映像を圧縮するのに「あえてフレームを１枚増やす」というひねった発想に加え，１枚増やしたフレームがどのようになっていれば符号化がしやすいだろうか，ということを「符号化器（エンコーダ）」の立場にたって考え抜いた末に，「エンコーダに（増やすべき）フレームを生成させる」「一度で生成をやめず，何度も繰り返す」という発想にたどり着きました．言葉で示すと簡単に聞こえますが，１度の生成には15時間余りかかりますから，何度も繰り返すには相当な根気と努力を要しました．これについては，テーマを絞り込んだ後の話ではありますが，

試行錯誤を繰り返すという体験がなければ，ここまでの発想に行きつかなかったと思います．

この水底映像符号化に特化した国際コンペを２年にわたり主催したのですが，そこで各国の研究者が競い合った中のトップデータを，本方式は上回るものでした．そして，国際会議に投稿すると３名の査読者が全員最高評価をくださるという初の経験をし，さらにその会議の優秀論文として表彰され，この分野の権威の一人であり尊敬するオーストラリアの教授に「水底に限らず他の用途にも使うことができるとても良い論文だ」と言っていただけました．

このように得られる結果については，大成功以外にも中成功も，小成功も，それ以外もあるのが世の常ではないかと思います．見える世界が広がれば広がるほど執着もなくなり，チャレンジできることも広がると思います．

ここでいう研究者としての成功とは，当初の目論見どおりの結果を得られたら成功で，思わぬ副産物が得られたらそれも成功かもしれません．逆に失敗は長い時間を費やしても結果が得られない，苦しい状況が続く，外圧がかかるなどして研究をやめてしまうことではないかと思います．

研究者として大切にしてきたことを教えていただけますでしょうか．

前回の取材でお話した短所の克服ではなく，長所を伸ばす姿勢で研究するという考えは変わっていません．オンリーワンをめざすのが研究者であり，突出しているところがないと生き残りは図れませんので，この姿勢は大切にしています．

加えて現在は，「Give and Give（見返りを期待しない）」「頼まれごとは（できるだけ）断らない」姿勢の大切さを感じています．何か企画する際は必ず各所にお願いごとをしなければなりません．お願いを聞いていただくには日頃から関係を構築しておく必要があるのです．そのためにもお願いされたことに誠意をもってこたえたいです．こうしたかかわりから頼まれる側の気持ちが分かるようになり，無理なお願いをすることも減るでしょう．このような信頼関係を築いていくとき，とても大事なのは「損得なし」の考え方だと思います．忙しいときに依頼ごとを受けるとそれに時間を取られてしまいますが，私は虚心坦懐でご依頼いただいたことにおこたえします．

そのうえで，私は「人とのつながりこそすべて」だと思っています． IEEE等の学会をはじめ，対外役職をかなり多く引き受けていますが，その役職を通してご縁をいただいています．あるとき，学会の幹事の仕事が縁となって，お招きした先生のもとで客員研究員として滞在することにつながりました．

また，社外の方々とお話していて意外な方がつながっていて驚くことがあります．仕事でお世話になっていた社内の若手の方と，学会でお世話になっていた大御所の方が親子だと分かり，その若手の方との付き合いが面白くなったこともありました．とはいえ，私は聖人君子ではありませんから苦手な方もいますが，そういった方を反面教師として勉強させていただいています．しかし，大抵は尊敬する方ばかりです．70歳近くでも現役で働いていらっしゃる先輩も多くおられて，私も将来このようにありたいと思うこともあれば，若い人とのコミュニケーションで刺激をいただくこともあります．



世間は常に「その次はどうするのか」という眼で見ている

研究活動のみならず，世代を超えたつながりも紡いでいらっしゃるのですね．

人脈は本当に尊い財産だと思います．研究活動においてはこれに加えて，成果について欲張ることも大切だと考えています．一言で表現すると「二兎を追う者だけが二兎を得る」と考えてきました．例えば，論文の締め切りと飲み会等のイベントのスケジュールが重なった場合，一般的には論文を優先すると思いますが，私

はイベントに参加してから論文に取り掛かれば良いと思うのです．二兎を追うものは一兎をも得ずという行動をしていると，二兎を得ることは決してありません．この考えに至ったのは私の周囲に素晴らしい才能を持った方々が多く存在していて，その方々の業績を常人の尺度で測ることはできないと実感しているからかもしれません．

さらに，どんな業績も，それを挙げた次の瞬間から過去のものとなります．素晴らしい発明をしたり，画期的な論文を書いたり，著名な賞をとることは誇らしく素晴らしいことです．しかし，世間は常にその次はどうするのかという眼で見ています．常に，次の何かをめざすために，自戒も含めて心に刻んでいます．

後進の研究者の皆さんに一言お願いいたします．

ロールモデルや目標となる人を決め，それをめざしてまっしぐらに進むのも良いですが，人はそれぞれ違いますから，結果的にそうならなかったとしてもごく自然なことです．世の中に同じ人は 2 人いなくても良いのです．私にも目標としていた人がいましたが，自らの足跡を見るとめざしていても違う結果を残し，違うアプローチをしていると感じます．

目標は，さまざまな状況や経験の中で随時修正して良いでしょうし，執着しないほうが良い結果を得られることもあると思います．ただ，どうしても達成したいとか，なりたい，ということはあきらめずに思い続けていると，意外に実現するものだと感じていますので，続けることは重要だと思います．それが実現したときは素直に喜ぶのですが，そこがゴールではなく通過点なのだという認識は重要です．人間万事塞翁が馬ではないでしょうか．

また，最近の若い方はまじめな人が多いと思います．かつては，研究所内にもっと破天荒な人もいたように感じています．昨今よく見聞きする，ダイバーシティに逆行しているように思えます．結果や評価にとらわれると萎縮してしまうのですが，長い研究生活の中でいつかは突き当たる難局を打破していくためには，こうした破天荒さも必要なのではないでしょうか．研究はカチカチに理詰めで考えたところで万事うまくいくものではなく，いろいろな可能性がある中から「当たり」を探すものであるとすれば，できるだけ柔軟な考え方で臨機応変に攻めていくほうが良いこともあるのではないでしょうか．態度は真摯でありつつ，もっと力を抜いて研究に臨みたいですね．

明日のトップランナー

NTTサービスエボリューション研究所

倉島　健 特別研究員

未来予測にとどまらず，その人にとってより良い未来へと導く．「行動モデル」が実現するパーソナルアシスタント



最適なタイミングで適切な情報を提示することでヒトの意識を変化させ，より良い未来が訪れるような行動を促してくれるパーソナルアシスタント．その実現のためには未来を正確に予測したうえで，ヒトにどう働きかければ行動が変わるかを理解する必要があります．今回は，不合理な判断を含むヒトの意思決定のメカニズムを内包し，“人間らしい”行動をシミュレート可能な「行動モデル」の構築に取り組む，倉島健特別研究員にお話を伺いました．

◆PROFILE：NTTサイバーソリューション研究所（2006年～2012年），米国スタンフォード大学 客員研究員（2016年～2017年），NTTサービスエボリューション研究所（2012年～）．2015年 日本データベース学会 上林奨励賞．2011年 電子情報通信学会 ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会（LOIS）研究賞．2008年 電子情報通信学会 第19回データ工学ワークショップ（DEWS2008）優秀論文賞．

ヒトの意思決定や行動を再現する「行動モデル」とは

◆研究されている内容について教えてください．

人間の行動メカニズム解明と数理モデル化をテーマとして研究を行っています．

行動経済学等の人文・社会学的知見，つまり人間の行動を考えるといった観点からの知見と，都市における人の移動データや購買データなどの実データとの両面を活用し，ヒトの行動をシミュレート可能な「行動モデル」を構築することで，ヒトのより良い意思決定を実現しようという取り組みです．

研究は3つのパートに分かれています．ひとつめは不合理な判断を含むヒトの意思決定のメカニズムを解明する「メカニズム解明」．そしてふたつめは解明したメカニズムを骨組みとしてヒトの意思決定や行動を再現する「行動モデル」を構築し，行動予測やシミュレーションを行う「モデリング・予測」．そして最後に，悪い未来が予測される場合にその要因を特定し，ヒトの意識を自然に変化させて行動を促し，より良い未来へと導く方策を探索する「行動変容策の探索」です．

例えばある人が自宅の周りを毎朝ランニングすることを日課にしているとします．ところがある日，出張がありそれが途切れてしまった．人間は継続することに価値を見出しますから，いったん途切れてしまうとそのままやめてしまうかもしれません．人間をよく知るパーソナルアシスタントはその可能性に気づいています．そこで，自動的に出張先周辺で魅力的なウォーキングコースを探し出し，適切なタイミングで「今朝は日課のランニングができませんでしたね．代わりに今晩，このコースを散歩してみませんか？」と提示する．そしてこの働きかけにより無理なく運動を続けることができた――この研究により，将来的にはこういったことが可能となるかもしれません（**図**）．

◆現在はどこまで研究が進んでいるのでしょうか．

現在は「メカニズム解明」を念頭に置きつつ，主に「モデリング・予測」に取り組んでいます．

モデリングはモデル，つまり模型を作る研究です．通常は「人間はこう行動するはず」という仮説を立ててモデルの作成を進めますが，それでは分析者のバイアスがかかってしまい，きちんとしたモデルは構築できません．そこでモデル作成の前段階として，立てた仮説が正しいかどうかを確認するデータ分析を入念に実施しなければなりません．時には数千枚におよぶプロットや図表をエビデンスとして用意することもあります．仮説ありきでヒトを分析すると，想像の範囲内の答えしか得られません．意外な，思いもかけないような発見をするには，一切の仮説を持たずにデータやパターンを眺めたり，さまざまなデータをさまざまな角度から分析し記録したりといった取り組みも重要です．

そして実際の行動モデルの構築には機械学習技術を利用します．モデルにはブラックボックスとホワイトボックスのふたつの種類が存在します．深層学習（ディープラーニング）に代表され

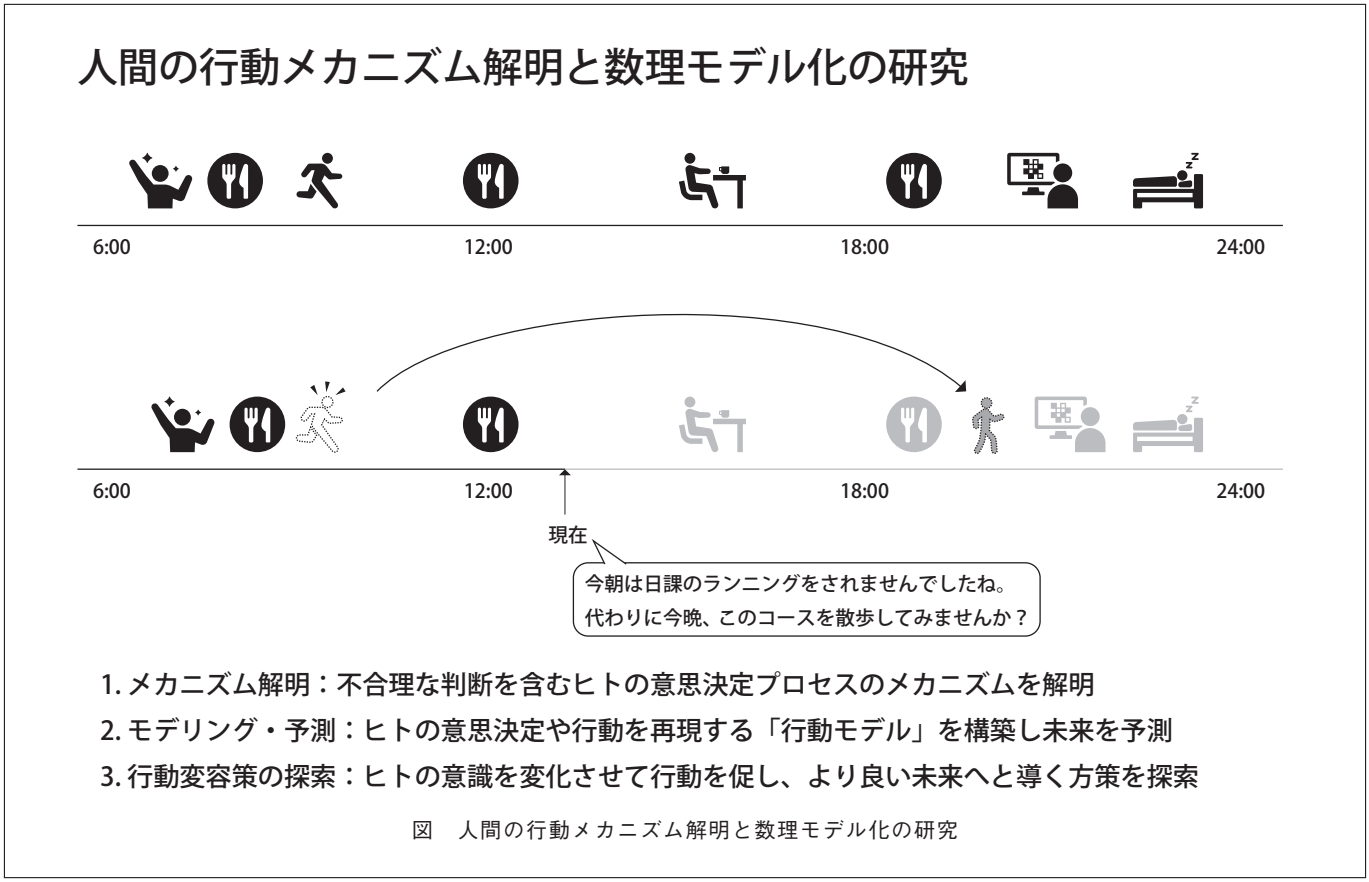


図　人間の行動メカニズム解明と数理モデル化の研究

るブラックボックスは前提知識がまったくない状態から大量のデータを用意してモデルを自動的に作成しようというアプローチです．私はよく人体に例えるのですが，骨格のない状態から人体を作り上げるイメージです．対してホワイトボックスは，骨格を作ったうえで肉付けをしてモデルを作り上げるイメージ．基本となるメカニズムを解明し数理化したものを骨格とし，その人のデータを用いた機械学習技術で肉付けし，その人らしいモデルを作成しようというアプローチです．

どちらのアプローチを採用するかは研究領域によっても異なりますが，本研究ではヘルスケアや人命にかかわる部分への支援を考慮しているため，説明可能性が担保されやすいホワイトボックスでのアプローチを取っています．また，ホワイトボックスの場合は例えば「こういう場合，ヒトはこういう行動を取りがち」など，モデリングの前段階である「メカニズム解明」での知識も実際のサービス運用などに活用できるという利点もあります．さらに，骨格の部分をデータから学習する必要がないため，学習データを軽量化できるメリットもあります．

こうしたことから，「メカニズム解明」と「モデリング・予測」の両輪を回しつつ研究を進めていくことが建設的であると考え，研究を進めています．

◆今後の展開について教えてください．

今後は，より「人間らしく」，リアルにふるまう行動モデルを実現したいと考えています．ヒトの持つ直感の機構を内包できれば理想的ですね．実際のヒトの意思決定や行動にさらに近づけることで，より予測精度を高めることが目的です．そのうえで，データ分析で得られた知見を活かし，どういう支援をすれば効果的に行動変容につなげられるのか，という「行動変容策の探索」へとつなげていきたいと思います．

これまでは主に「人の未来を予測するAI」についての研究がされてきましたが，それを「未来を変えるAI」の研究へと発展し

ていきたいと考えています．例えば行動モデルのシミュレーションにより好ましくない未来が予測された場合には，Well-beingな状態に向かうような行動・意思決定を促すといった具合です．最終的には，その人にとってのWell-beingな状態を正しく理解し，個人の思考のクセやその人がどういった経験をしてきたのかといったことまでを踏まえ，上手にそこへと導くパーソナルアシスタントの開発につながれば良いな，と期待しています．

もちろん選択は各個人の持つ大事な権利ですから，強制的ではなく自発的な判断を促すことへの配慮は必要となります．

これからの研究には，ひらめきの組み合わせが重要

◆AIに関する研究の動向についてどうお考えでしょうか．

行動予測や情報推薦，情報検索といった分野において，今後もビッグデータやニューラルネットワークの影響は依然として大きいと考えています．一方で，よりサイエンス的な側面として，非常に大量の人間に関するデータが得られるようになったことは興味深いと感じています．それらのいわゆるビッグデータを解析することにより，長年にわたりその分野で研究されてきた理論や現象への理解が一層深まるからです．行動経済学のプロスペクト理論や意思決定論についても，人々の選択に関する実データの集積，特に長期間に渡って観察された個人レベルでのデータの蓄積に伴い，今後，ホワイトボックスな行動モデルや効果的な行動変容につながるような知見が数多く得られるのではないかと期待しています．

◆研究の中で，「NTTの強み」をお感じになったことはありますか？

サービスエボリューション研究所は，数あるNTTグループの研究所の中でも比較的サービスに近い立場の研究所です．そのため，実際にグループ内でサービスに携わっている方にお話を聞いて研究テーマのヒントを得たり，将来必要となる技術を把握したりといったことが可能です．以前，さまざまな人の行動履歴を用いて都市の観光ルートを推薦するシステムの研究に携わったことがありますが，実際にこのアイディアはビジネスに近い立場の方とのディスカッションの中で着想を得たものです．

また，私は2016年4月より1年1か月間にわたり米国スタンフォード大学で客員研究員として活動しました．これは研究の遂行に必要なリソースがNTTグループ内になければ外部の方と一緒に研究をする体制を整えることもできるということのひとつの証左ではないかと思います．

真の意味でゼロから何らかのパーツを生み出すという取り組みは長い歴史の中である意味やりつくされた感もあります．今後は異なる分野の考え方をうまく組み合わせ，「あ，なるほど」というひらめきを生むような取り組みが重要となるのではないでしょうか．そうした面で，NTTにはさまざまな専門家と議論しながら創造的な仕事ができる環境があります．そういった懐の深さがNTTの強みかな，と思います．

◆この研究にご興味を持たれた方へのメッセージをお願いいたします．

この研究プロジェクトには，数理統計学，機械学習，データマイニングはもとより，行動経済学，社会科学，心理学まで，さまざまな研究領域の方が関わっています．

異なる知識や背景を持つ人たちと連携することは研究のやり方や知識背景の共有などの点で苦労もありますが，お互いを尊重しつつ粘り強く意識を合わせ，協力することにはやりがいを感じますし，そこから何か思いもかけないものが生まれてくるのではないか，とワクワクしながら日々，研究を行っています．

一般的に「メディア」は音声，言語，映像などを指すことが多いですが，私は「行動，選択」もその人がどのような人かを暗黙的に伝えるメディアのひとつだと捉えています．こうした考え方は古くも新しく，データの集積に伴ってこれからも盛り上がってくる研究領域だと思います．事実としての人間の行動履歴から，人間の内面，価値観を考えることに興味をお持ちの方，新しい学術分野を創っていきたい，というチャレンジ精神をお持ちの方とはぜひ一緒に仕事をしたいなと思っています．

※NTT R&D Websiteに掲載された記事を新コーナーとして転載しました．（URL https://www.rd.ntt/）

タワーレコード株式会社

https://tower.jp/

TOWER RECORDS NO MUSIC, NO LIFE.

アーティストを応援する ファンを応援する会社として お客さまに付加価値を提供

CD/DVD等の音楽，アーティスト関連の販売店舗のブランドとして有名なタワーレコードは，NTTドコモグループの会社だ．音楽のダウンロードが普及してきている中，CD等のパッケージメディアを中心にアーティストのファンを応援する取り組みと，将来への展望を嶺脇育夫社長に話を伺った．



タワーレコード 嶺脇育夫社長

マス向け店舗小売り事業を展開する NTTドコモグループ唯一の会社

◆設立の背景と目的について教えてください．

タワーレコードは，1960年に米国カリフォルニア・サクラメントにあるタワーシアターという映画館で中古レコードの店舗販売を始めたのが創業で，これが社名の由来でもあります．1979年に米国タワーレコードの一事業部として輸入レコードの卸業を日本で開始し，1980年に札幌に小売り店舗第1号店を，1981年には渋谷・宇田川町に第2号店をオープン（1995年現在の神南に移転）し，その後日本各地に店舗展開を行い，2020年12月現在では81店舗まで拡大しました．

会社という形態では，1981年12月に日本法人タワーレコード株式会社を設立しました．2005年に携帯電話への音楽配信ビジネスをキーとした新たなビジネス展開における連携を目的にNTTドコモと資本提携を行いました．2012年には，それまでのビジネス連携，特にスマートフォンをベースとしたビジネス連携の強化と，eコマース事業における連携強化を目的に資本関係の見直しを行い，NTTドコモグループの会社になりました．

◆タワーレコードといえば，CD/DVD等の店舗販売のブランドで有名ですが，実際はどのような事業を行っているのでしょうか．

当社の事業は，「音楽」をベースとして，CD/DVD等のコンテンツを中心に，アーティストに関連するグッズや，ファンがアーティストを応援するためのグッズ等の販売がメインです．ファンのためのグッズも充実しています．

販売は店舗とeコマース（オンラインショップ）が2本柱のチャネルです．店舗について，マス向けにリアルな店舗で事業を行っています．2020年12月1日現在で，全国にタワーレコード 70店舗，タワーミニ（駅ナカ駅チカ小型店）6店舗，TOWER RECORDS CAFE（カフェ）5店舗の計81店舗があります．各店舗のスタッフが独自に自分の「推しアーティスト（一推しのアーティスト）」を前面に出して，ポップを作成したり，そのアーティストに関するグッズや情報を取りそろえて陳列しており，そこに全国からファンが集まってきます．まさに「アーティストを応援するファンを応援する」店舗になっています．

eコマースについては，1997年から開始し，2010年に総合音楽ポータルサイト「TOWER RECORDS ONLINE/タワーレコード オンライン」としてリニューアルしました．オンライン上で予約した商品の店舗における「お取り置き・ご予約」サービス等ユニークなサービスも提供しています．eコマース事業については，規模としてはまだ店舗には及ばないものの，非常に伸びてきています．

こうした販売系の事業の周辺事業として，当社はインディーズを中心としたパッケージの卸売業や，アイドル専門レーベル「T-Palette Records」はじめさまざまなジャンルで独自レーベルの運営を行うレーベル事業等も行っています．



写真１　アーティスト応援ページトップと矢沢永吉さんのページ



写真２　コロナ禍で行われた-真天地開闘集団-ジグザグによる配信イベント「タワレコトークLIVE」の様子

アーティスト，そしてアーティストを応援するファンとともに歩む

◆事業を取り巻く環境はどうですか．

事業に関係する環境としては音楽関係のメディアの変化とAmazon等の流通としてのコンペティタの存在があります．

音楽関係のメディアについては，近年ではダウンロード型や定額制のサブスクリプションサービスなどが広く普及してきており，音楽を楽しむチャネルが増えてきており相対的にCD等の売上は減少傾向にあります．とはいえアーティストや音楽に対するファン層には，パッケージに対する根強い需要があり，その周辺のグッズ類も含めて考えると，ダウンロード型とは異なる市場としてまだまだ需要の大きさを実感しています．さらには，最近はアナログレコードの販売も伸びています．音楽を本格的に聴きだすと音質に対する要求も高くなり，さらにさまざまなチャネルからデジタルの真逆にあるアナログ盤で音楽を楽しむ人が増える傾向になっています．これらはまさに当社の得意とするところでもあります．

一方Amazon等コンペティタ関連については，CD等のパッケージメディアを単なるモノとしてとらまえると非常に大きな脅威です．当社の場合は音楽という比較的狭い市場に特化しており，アーティストを中心としてパッケージメディアや関連グッズ，応援グッズという１つの世界が出来上がっており，ファンの方はその世界観の中でパッケージメディアやグッズをお求めいただいているという状況です．こうしたファンの方々に支えられているので，店舗の「推しアーティスト」をはじめとして，ファンの方々のご要望にしっかりとこたえていきます．

2020年に入り，新型コロナウイルス感染症の影響で，店舗への来客が減少していますが，逆にオンラインが健闘しており，さらにはオンラインで注文し，アーティストの世界観を求めて店舗に受け取りに行くといったお客さまもいらっしゃるので，新しい展開が期待できます（**写真１**）．

◆今後の展望についてお聞かせください．

コロナ禍で，アーティストのコンサート等の大規模なイベントを開催できない状況が続いています．そこで，渋谷の旗艦店のスペースでアーティストのイベントを開催し，それを全国に配信するという取り組みを開始しました（**写真２**）．オンラインならば，遠隔地の方も参加できることもあり，リアルの場合とは異なる顧客層の開拓が可能であることが分かりました．

現在は店舗とｅコマースの２つのチャネルによる販売系のビジネス全体を伸ばしていく中で，さらにｅコマースの売上を高めていくことに注力しているところですが，将来的にはこうした新しいビジネス展開も１つの柱となれるよう，育てていきたいと思います．

2020年３月にNTTドコモは５Ｇ（第５世代移動通信システム）のサービスを開始しましたが，５Ｇは音楽やエンタテインメントの世界にとって大きな可能性を秘めたサービスであり，NTTドコモとの連携も強化・拡大を図っていきたいと思います．

こうした取り組みを通して，「アーティストを応援するファンを応援する」会社として，ファンの皆様に付加価値を提供していきます．

イベントの配信でアーティストとファンに付加価値を

リテール事業本部
リテール事業推進統括部　統括部長
小針　勉　さん

◆担当されている業務について教えてください.



小針　勉さん

マーケットの変化に対応しながらお客さまに付加価値を提供する，新しい事業の種を見つけ，育て，収益化していくことがミッションです．その中で特にアニメやTシャツ等のアパレルをはじめさまざまなグッズ開発と，イベント・催事の主管部門を担当しています．

コロナ禍以前は，店舗でイベントを開催して，ご購入者にイベントに参加していただくというビジネス展開だったのですが，現在イベント開催がままならない状況が続いたため，渋谷店のライブスペースでの生ライブ，収録ライブや，抽選イベント等のオンライン配信をクローズドでの提供を始めました．ライブ感，臨場感を楽しんでいただけるようにチャット機能も付けるなど留意して取り組んでいます．参加申込やライブの際に，参加者の特典を付けてCDやグッズをご購入いただくというイベントを2020年６月から行っています．まさに，リアルなライブイベントがそっくりそのままオンラインで楽しめるようになった感じです．お客さまにはこれを一定期間見ていただくことができます．最近ではアーティストやメーカの皆様にもご理解いただけるようになってきて，2020年10月の例では月に26件，１日１本ぐらいの開催ができています．このライブは，台本づくり，撮影，編集，テロップ入れ，そしてアーカイブ化から配信まで自社で行えるようにしています．

もう１つは当社が企画者として，興行イベントのタワーレコードオリジナルコンテンツ化を行っています．

◆ご苦労されている点を伺えますか.

これまで，お客さまにリアルなサービスを提供してきましたし，年間9000本ぐらいのイベントを行ってきたので，それらに関する知見や運営スキルは蓄積されています．しかし，デジタル・オンラインになると，これまで経験していない，予測していなかったようなトラブルが多々発生します．実際にアーカイブを自動生成させようとして，データが生成されていなかった事例もあります．リアルであれば，その場の判断で対応できることが，デジタルではそれができなくなることもあり，１つのミスによりすべての努力が水泡に帰してしまうようなことが起こり得ます．

こうしたことへ対応できるようマニュアル化を進めていますが，マニュアルに書ききれない部分まで臨機応変に判断・対応できるようなスキルを持った人材の育成も重要だと考えています．

◆今後の展望について教えてください.

音楽系のイベントの集客や盛り上がりは，アーティストやその演奏環境に依存する部分が多いのですが，オンライン配信では，例えばカメラワークの工夫等で，視聴者の盛り上がりを誘引したり，長く観ていたいと思わせることもできるので，こうしたスキルを磨いてアーティストとファン（お客さま）の双方に付加価値を提供できるように努めていきたいと思います．

そして，こうした努力の結果であるコンテンツを海外のお客さまに見ていただくとか，逆に付加価値を評価していただくことで，東京に来ることができないような海外のアーティストのライブ映像等を，私たちのプラットフォームを使ってお客さまに提供していくことを考えています．

リアルな店舗の熱量をeコマースのお客さまへ

リテール事業本部オンライン事業統括部
マーケティング企画・推進部　部長
上田　剛史　さん

◆担当されている業務について教えてください.


上田　剛史さん

eコマース領域の中のデジタルマーケティングを中心とした事業を担当しています．タワーレコードの売上の中心は店舗なのですが，コロナ禍によって当然店舗が営業できない期間があり，この部分がオンラインシフトしているというのが，ここしばらくの傾向で，2020年８月に，eコマースの月間売上の最高値を記録して以来，まさに日々，過去最高を記録しているという状況です．

緊急事態宣言発令をきっかけとしたテレワークの普及等，お客さまの生活様式・行動様式が変化してきており，デジタルマーケティングにおいてもこれまでの理論や経験が通用しない状況になってきています．また，購買活動だけではなく，オンラインショップのサイトを訪問するときの場所，時間，デバイス等も変わってきています．

こうした中，ダイレクトメールの出し方や商材の取りそろえ方も変わってきました．

One-to-oneマーケティングができれば理想的なのですが，なかなかそういうわけにもいきません．ただ，当社の場合はお客さまであるファンとアーティストの間を取り持つリアルな店舗があります．そこで，店舗で培ったファンとアーティストをつなぐノウハウを活用したり，店舗のポップをオンラインストアのサイトで映し出したり，店舗との連携をとることでお客さまとのリーチを図ることができます．お客さまを取り合うような関係にある店舗も非常に協力的で良い連携ができています．

◆ご苦労されている点を伺えますか．

オンラインショップというとどうしてもAmazon等と比較されてしまいます．確かに単なる物販であればとても太刀打ちできるような相手ではありません．

一方でオンラインサイトは，お客さまの顔が見えないともいわれています．当社の各店舗はお客さまの顔が見えているうえに，「推しアーティスト」のようにかなりの熱量を持ってお客さまに訴えかけています．店舗の存在はお客さまとのパイプを太くしていくうえで非常に大きな力となります．こうした店舗との連携において，お客さまの顔の見えないオンラインの世界においてこの熱量をどうやってお客さまに伝えていくか，というのが大きな課題であると思います．

◆今後の展望について教えてください．

オンラインショップの中に，リアルな店舗の熱量を持ち込んで，それをお客さまに伝えていくことに注力していきたいと思います．音楽の指向性であるとか，エンタテインメントに関するデータを当社は持っているので，それを活かしてNTTドコモの持つデータベースやプラットフォームとの連携をさらに拡大していきたいと思います．

タワーレコード ア・ラ・カルト

■由緒正しい神席お守り

アイドルなどのアーティストの多くはそれぞれのシンボルカラーがあり，グループの場合もメンバーごとにカラーがあり，その色と関連付けられたさまざまなグッズをファンの方々はお求めになります．こうしたグッズの中でひときわ目を引くのが，“アーティストを応援する人を応援する”「推し活お守り」です（**写真3**）．最近はたとえファンクラブに入会しても，自分が応援するアーティストのライブチケットが入手困難になることが多く，さらにライブでの「神席」といわれる良席の確保は至難の業です．そこで神席ならではの神頼みということで，お守りがあります．もちろんアーティストのカラーで裏側には写真を入れるポケットもあります．

単なる作り物のお守りと思いきや，京都嵐山にある芸能神社としても有名な車折（くるまざき）神社にご祈祷をしていただいたご神体が入っているとのことです．

■推しアーティストマップ

社員にも音楽好きな人が集まっているタワーレコード．社員どうしの会話も音楽の話が多くなるとか．そんな中，全国の各店舗の「推しアーティスト」をまとめて，日本地図上の店舗の所在地に張り付けたマップが社内に貼ってあるそうです（**写真4**）．さまざまな部署の人がそれを見に来ては，自分と同じ推しアーティストの店舗を探したり，社員どうしの推しアーティストの会話に花が咲くそうです．中には，自分の推しアーティストを求めてその店舗を訪問した社員もいるとか．



写真3


写真4

リアルより気軽に話しかけられるオンラインワークスペース「NeWork™」

NTTコミュニケーションズは，リモートワールド（分散型社会）の実現に向けオンラインワークスペース「NeWork™」の提供を2020年8月末より開始しています．本プロダクトは2020年6月からコンセプト検討を開始し，3カ月弱という短い期間で開発を行いローンチに至りました．ここでは，プロダクト開発の裏側とNeWork™を支える技術について紹介します．

リモートワールドにおけるオンラインワークスペース「NeWork™」開発の取り組み

新型コロナウイルス感染症の影響を受け，ソーシャルディスタンスの確保という観点から，日本の多くの会社がリモートワークを導入しました．これにより，社員がオフィスに一同に集まって働くという働き方から，それぞれの自宅に分散して働くという働き方が当たり前になるという社会の変容がありました．

緊急事態宣言などでリモートワークを行う会社が増え始めたタイミングでは通勤時間が不要になるなどポジティブな話題が多かったのですが，リモートワークが常態化すると，生産性の低下や孤独感を感じやすいなどネガティブな側面が話題に挙がるようになりました．

NTTコミュニケーションズ（NTT Com）では，市場にWeb会議システムが多数ある状態でさえこういった課題が残っていることに着目しました．そして，社会が急速にリモートワールドへと向かう中で，「人と世界の可能性をひらくコミュニケーションを創造する」を企業理念とする私たちが，どのように社会貢献できるかを考えていきました．さまざまな立場のリモートワーカーへのインタビューや社内アンケートなどでユーザのインサイト（潜在ニーズ）の抽出を行い，「コミュニケーションの絶対量の減少」「会議時間以外の余白の消失」「新しい気付きや雑談の減少」の3つが現状のリモートワークへのユーザの不満だと仮説を立てました．これらの不満は既存のオンライン会議システムでは解消できないと考え，「リアルより気軽に話しかけられるオンラインワークスペース」をキャッチコピーとした，オンラインワークスペース「NeWork™」を開発しました（**図1**）．



図1　リアルより気軽に話かけられるオンラインワークスペース「NeWork™」

また，なるべく早くユーザのリモートワークへの不満を解消できるように，NeWork™はプロジェクト始動から3カ月弱という短期間でローンチを行いました．以下に，どのようにプロダクト開発を進めていったのかを紹介します．

■コンセプト策定

NTT Comが持つデザインスタジオ KOELと，KESIKI INC.を中心にデザイン思考を取り入れて検討しました．

大きく4つのPHASEに分けてコンセプト策定を進めていきました．各PHASEのイメージは**図2**のとおりです．

PHASE1ではリサーチを中心に行いました．この段階での私たちが定義していた「問い」は「新たなビデオコミュニケーションサービスをつくる」というものでした．既存のWeb会議システムの問題点や，ユーザが求めるビデオコミュニケーションを知るべくインタビューを行いました．

PHASE2ではアイデアを発散させます．PHASE1でのリサーチ結果を基に，コアコンセプトを5種類用意してそれぞれUI（User Interface）プロトタイプを作成しました．

PHASE3にて，複数のコアコンセプトを比較検討したり磨き上げたりしながら，つくるサービスのコンセプトを決定します．PHASE2で出たコンセプトを基にチームで議論をするうちに，私たちがつくりたい・つくるべきサービスはWeb会議サービスではないという重要な気付きを得ました．私たちがつくりたいサービスは会議だけにとど

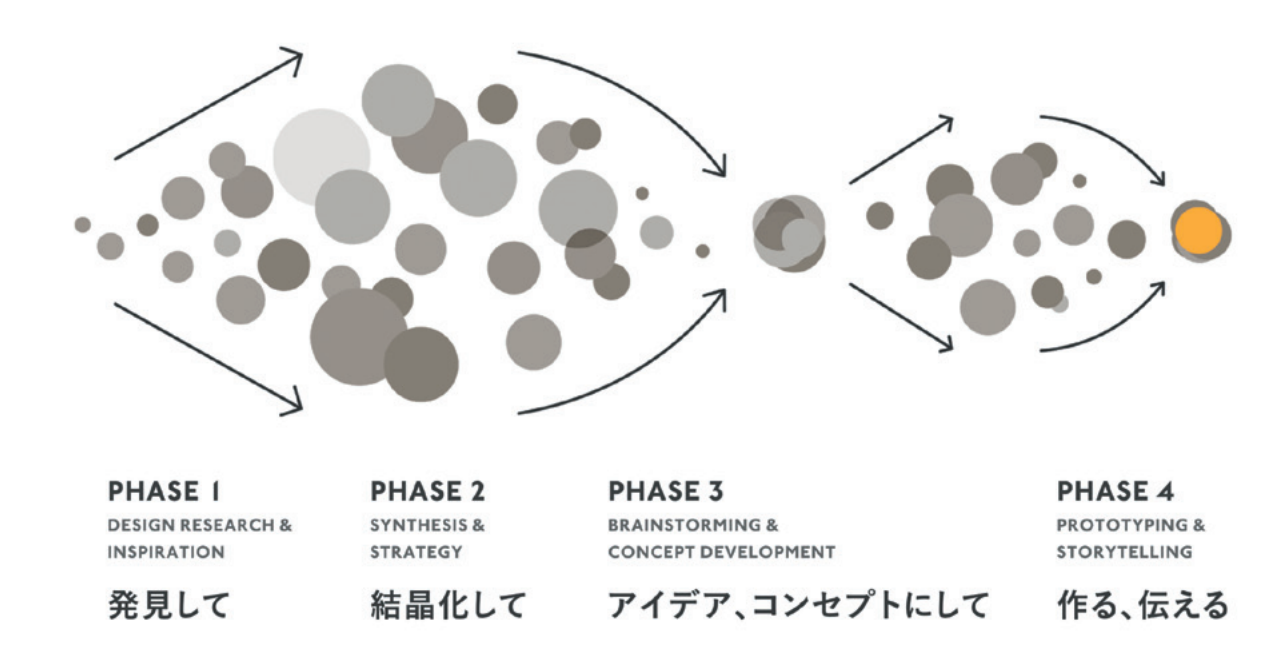


図2　デザイン思考におけるプロセスについての基本的な考え方

まらず，リモートワークしている最中にいつでもチームメイトと気兼ねなくつなぐことができるサービスでした．ここで「問い」を「NTT Comはリモートワークにおける未来のスマートなコミュニケーションをどう再定義していくのか」というものに再定義しました．この「問い」をつくることでプロジェクトの核ができました．この「問い」に答えられるコンセプトという観点で議論を続け，「リアルより気軽に話しかけられるオンラインワークスペース」というサービスコンセプトに決まりました．

PHASE4ではこのプロダクトの意義が外部に伝わるようなストーリーの作成に始まり，このコンセプトを実現するためのUI設計やスクラム開発のためのプロダクトバックログをつくっていきました．

■アジャイル開発

NeWork™はアジャイル開発の手法の1つであるスクラムのフレームワークを採用して開発を行いました．

ウォーターフォール型の開発スタイルでなく，アジャイル型の開発スタイルを採用したのはウィズコロナの時代にユーザが求めるリモートワーク支援ツールが何か分からないからです．私たちの立てた仮説を試すためのMVP（Minimum Viable Product）*1をなるべく早く市場に出してみることから始め，試行錯誤を大前提として，ユーザの反応を見ながらユーザが求めるプロダクトを開発していきたいというねらいがありました．

1スプリント*2の期間を1週間として高速にフィードバックループを回しました．1スプリントのレビューのときには必ず「動くモノ」を用意しました．NeWork™での例を示すとSprint1ではUIはほとんどないが複数人で通話できる状態，Sprint2ではルーム一覧からルームに入室して複数人で通話できる状態といったようにインクリメンタルな開発を心掛けるようにしました．

開発物は常に開発者だけでなくビジネスサイドのメンバ

＊1　MVP：実用最小限の製品．
＊2　スプリント：4週間以下のタイムボックス．NeWork™チームでは1スプリントは1週間．

やステークホルダも触れることができるようにしていました．フィードバックをもらいやすいことに加え，認識の齟齬が起きていないことやゴールまでのイメージがつかみやすくなっていたと思います．

レトロスペクティブなどのスクラムイベントを通して開発チームのベロシティを測定し，それに基づき現実的に次スプリントの計画を立てることで，副産物として本当に必要な機能だけを実装することができました．タスクの優先度をつける際にはNeWork™チームが立てた仮説を検証するのに本当にこの機能は必要なのかということを常に自問し，YESと答えられるものの優先度を高くすることを心掛けていました．

また，ローンチの2週間前から社内でのドッグフーディングを開始しました．ドッグフーディングとは自社内でベータ版の試用を行う取り組みのことです．ここで多数の改善案やバグ報告をいただいたことで，プロダクトに磨きをかけてからローンチすることができました．

ドッグフーディングと並行して，社内のセキュリティの専門チームに依頼してペネトレーションテストを行っていただきました．このようにチーム内に不足しているスキルについては，グループ内の豊富な人材の協力をいただき短期間開発ながらもセキュアなプロダクトを開発することができました．

■NeWork™を裏で支えるWebRTC基盤：SkyWay

リモートでコミュニケーションをストレスなく行うには，低遅延で双方向通信を行うことができるのが絶対条件です．この条件を満たす通信プロトコルの1つとしてWebRTC（Real-Time Communication）が挙げられます．WebRTCは音声・映像・データのリアルタイム通信のオープン標準技術です．WebRTCを利用すればネイティブアプリだけでなく，PCやスマートフォンのWebブラウザで機能追加なしでリアルタイム通信を実現できます．

しかし，WebRTCを利用するには通信相手のIPを知るための仲介サーバ等が必要になり，それらを用意するにはネットワークの知識やブラウザの知識などWeb開発者にとって難易度の高い部分が多くあります．これらを自前で用意するには時間と習熟コストがかかるので，ここがWebRTC利用の足かせになるという課題があります．

この課題を解決したものがNTT Comで開発・運用を行っているSkyWayというWebRTC開発者向けプラットフォームです（**図3**）．SkyWayを利用することで，開発者は仲介サーバの用意も高度な専門知識を前提とすることもなくWebRTCを利用することができます．

NeWork™ではSkyWayを利用して1対1の通話やルー



図3　SkyWayの概要

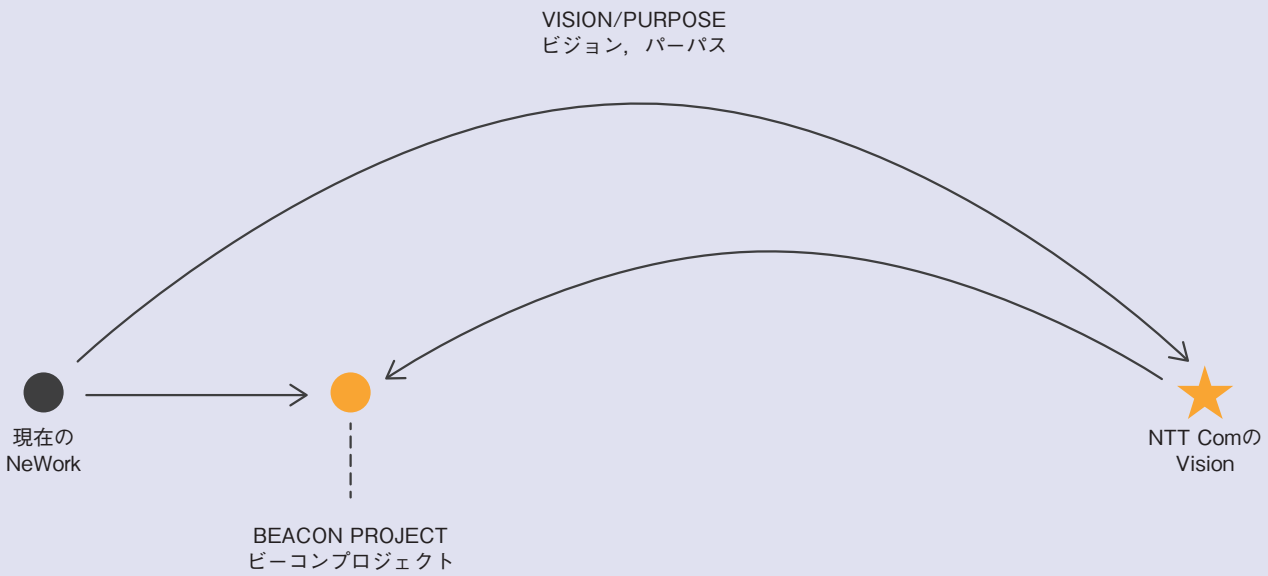


図 4　NeWork™ の方針

ムでの複数人通話を実現しています．通話部分はすべてSkyWayに任せることでNeWork™の開発期間を短くすることができました．

今回，NeWork™開発チームからSkyWayへの改善要望も多く発生し，実際にSkyWay側で改善が行われるといった動きもありました．NeWork™だけに役立つ変更ではなく，SkyWayを使う他のお客さまにとっても嬉しい変更です．この動きにみられるように，NeWork™がSkyWayの改善に貢献し，SkyWayが改善されることでNeWork™ならびにSkyWayを利用するお客さまのアプリケーションが改善されるといった良いフィードバックサイクルが生まれました．

今後の展望

ここではオンラインワークスペース「NeWork™」のコンセプトがどのようにして生まれ，どのように開発してきたのかについて紹介しました．

ユーザの要求・要望を満たすことと「人と世界の可能性をひらくコミュニケーションを創造する」というNTT Comのビジョンの達成を両立する道を今後も探求し続けます．その結果，NeWork™が働く人皆が使い続ける，もっとも愛されるコミュニケーションツールになると信じています．

急速に変容する社会の中でスクラム開発を続け，小さく何度も仮説検証を繰り返しながら，リモートワールドにおけるコミュニケーションの課題の解決をめざしていきます（**図 4**）．

◆問い合わせ先
NTTコミュニケーションズ
イノベーションセンター
E-mail　skyway@ntt.com

EVENT REPORTS

「つくばフォーラム2020 ONLINE」開催報告

棚瀬 章文 †1 /石原 浩一 †1 /田口 勝久 †1 /高木 郁子 †1 /猪狩 亜紀子 †1 /安嶋 悟 †2
NTTアクセスサービスシステム研究所 †1 /
NTT-ATテクノコミュニケーションズ †2

2020年の「つくばフォーラム」は，新型コロナウイルス感染拡大防止のため，例年会場としている筑波研究開発センタ（つくば市）では行わず「つくばフォーラム2020 ONLINE」と題し，10月29～30日の2日間（展示期間は11月30日まで）にわたり「スマートな社会を実現する アクセスネットワーク ～IOWN構想を実現する革新技術と事業へ貢献する先端技術～」をテーマに，オンラインにて開催しました．ここでは，本フォーラムの講演や展示などの開催概要について紹介します．

開催にあたって

働き方や生活が大きく変化する中で，スマートな社会の実現をめざし，社会の変化に対応して人や企業の活動を支えるアクセスネットワークをより発展させたいという思いを込め，「スマートな社会を実現する アクセスネットワーク ～IOWN構想を実現する革新技術と事業へ貢献する先端技術～」をテーマとして開催しました．NTTアクセスサービスシステム研究所に加え，共催団体，NTTグループなどから85団体（**表**）が参加し，最新の研究開発や技術動向の紹介，展示を行いました．

講演概要

基調講演1，2は初日にライブ配信を行いました．

表　つくばフォーラム2020 ONLINE 出展社一覧

■NTTグループ
NTT東日本㈱
㈱NTT東日本－南関東
NTTレンタル・エンジニアリング㈱
日本テレマティーク㈱
NTT西日本㈱
㈱NTTフィールドテクノ
NTTコミュニケーションズ㈱
NTTワールドエンジニアリングマリン㈱
NTTコムウェア㈱
NTTインフラネット㈱
アイレック技建㈱
NTTアドバンステクノロジ㈱
NTT-ATテクノコミュニケーションズ㈱
NTTテクノクロス㈱
日本カーソリューションズ㈱
■一般社団法人　情報通信エンジニアリング協会（ITEA）
㈱エクシオテック
㈱協和エクシオ
シーキューブ㈱
日本電通㈱
西部電気工業㈱
大和電設工業㈱
日本コムシス㈱
㈱TOSYS
NDS㈱
北陸電話工事㈱
㈱SYSKEN
㈱つうけん
㈱ミライト
㈱ミライト・テクノロジーズ
㈱ソルコム
四国通建㈱
㈱TTK
■通信電線線材協会
古河電気工業㈱
住友電気工業㈱
㈱フジクラ
岡野電線㈱
住友電工オプティフロンティア㈱
㈱フジクラ・ダイヤケーブル
㈱OCC
西日本電線㈱
㈱ジャパンリーコム
㈱正電成和
㈱スズキ技研
日本通信電材㈱
㈱トーツー創研
㈱フジクラハイオプト
ミリケン・ジャパン合同会社
コーニングインターナショナル㈱
大日コンクリート工業㈱
日本コンクリート工業㈱
日本地工㈱
㈱アイチコーポレーション
㈱タダノ
イワブチ㈱
㈱須田製作所
㈱浅羽製作所
㈱カンドー
川熱㈱
■全国通信用機器材工業協同組合（全通協）
マサル工業㈱
㈱三代川製作所
㈱タカコム
㈱宮川製作所
㈱日辰電機製作所
㈱サンコーシヤ
東名通信工業㈱
㈱渡辺製作所
高千穂産業㈱
三和電気工業㈱
㈱長村製作所
㈱大栄製作所
■一般企業
アンリツ㈱
NEC
NECマグナスコミュニケーションズ㈱
大井電気㈱
㈱日立製作所
富士通㈱
丸文㈱
三菱電機㈱
㈱NTEC
㈱サンレック
原田産業㈱
㈱三喜
理研計器㈱

■基調講演 1

澤田　純NTT代表取締役社長が，「アフターコロナ社会におけるNTTグループの取り組み」と題して講演を行いました（**写真 1**）．詳細は本誌特集『つくばフォーラム2020 ONLINE　基調講演』をご参照ください．

■基調講演 2

上原　一郎NTT西日本　代表取締役副社長が，「スマートな地域社会の実現に向けて　～ソーシャルICTパイオニアをめざして～」と題して講演を行いました（**写真 2**）．詳細は本誌特集『つくばフォーラム2020 ONLINE　基調講演』をご参照ください．

アンケートの結果より，聴講者の99%の方から「参考になった」「講演内容が分かりやすく，NTTの取り組みへの理解が深まった」とのコメントをいただきました．またオンライン化されたことで聴講場所や定員の制限がなく，かつオンデマンドでも1カ月間配信したため，例年の4倍近くの多くのお客さまに聴講していただきました．

ワークショップ

ワークショップは，初日9時より約1カ月の間，オンデマンドにて配信されました．NTTインフラネットの担当部長およびNTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）のプロジェクトマネージャ2名により講演を行いました（**写真 3**）．

■ワークショップ 1

NTTインフラネット　Smart Infra推進部　プラットフォーム戦略担当　高木　洋一郎担当部長が「スマートインフラPFの取り組みについて」と題して講演を行いました．詳細は本誌特集『つくばフォーラム2020 ONLINE　ワークショップ』をご参照ください．

■ワークショップ 2

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　片山　和典プロジェクトマネージャが「次世代光線路技術の研究開発の取り組み」と題して講演を行いました．詳細は本誌特集『つくばフォーラム2020 ONLINE　ワークショップ』をご参照ください．

■ワークショップ 3

NTTアクセスサービスシステム研究所 光アクセス基盤プロジェクト 吉田　智暁プロジェクトマネージャが「APNを支えるPhotonic Gatewayと光アクセス技術」と題して講演を行いました．詳細は本誌特集『つくばフォーラム2020 ONLINE　ワークショップ』をご参照ください．



写真 1　基調講演 1



写真 2　基調講演 2



写真 3　ワークショップ（左から高木氏，片山プロジェクトマネージャ，吉田プロジェクトマネージャ）

技術交流サロン

共催団体，NTTグループ各社，NTT研究所による三位一体の取り組みとして「宇宙衛星利用」「スマートアクセス」の2テーマで，各社の事例を紹介したパネルディスカッションの様子をライブ配信しました．

■技術交流サロン1

「宇宙衛星利用」のテーマでは，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　山下　史洋グループリーダがファシリテータを務め，「身近な宇宙・衛星利用の世界を実現するための期待と課題」と題し，JAXAやスカパーJSATがNTTグループとともに登壇し意見交換を行いました．第1部は，山下ファシリテータが現在の宇宙衛星を取り巻く背景を紹介し，なぜ今，宇宙衛星利用が盛り上がろうとしているのかについて，宇宙衛星分野にかかわるパネラーの皆様が実際にどのように感じているか意見を述べていただきました．第2部は，NTTグループを取り巻く宇宙衛星利用と課題について，NTTドコモ，NTT東日本，NTTコミュニケーションズより，現在の宇宙衛星利用例，課題，今後の期待についてそれぞれ紹介していただき，新たな宇宙ビジネスにチャレンジするうえでの課題について意見交換を行いました．第3部は，JAXAとNTT研究所の宇宙衛星R&Dを紹介し，2030年に向け，日本が宇宙衛星利用・ビジネスを先導して展開するにはどのような分野のR&Dや国家施策・企業施策が必要かについて議論しました（**写真4**）．

■技術交流サロン2

「スマートアクセス」のテーマでは，NTTアクセスサービスシステム研究所 アクセス運用プロジェクト　海老根　崇プロジェクトマネージャがファシリテータを務め，「スマートアクセス　～ロボティクスによる自動施工・遠隔制御に向けて～」と題し，NTT東日本，通信建設会社が登壇し意見交換を行いました．第1部は，海老根ファシリテータがスマートアクセスに取り組む背景と方向性として，通信建設業界を取り巻く環境変化や所外業務効率化の動向，所外設備マネジメント業務のスマート化に資する技術確立，今後の架空構造物の施工に関する開発の方向性について説明し，重機による自動施工・遠隔制御を視野にパネラーの皆様が抱える課題やメタル設備の今後の対処などの効率化の阻害要因など，生の声を交え意見交換を行いました．第2部は，今後の業務をどのように変えていくかについて，素材や工法の見直しの必要性や自動化しやすくする取り組みの一例として，バーチャル空間上で作業指示をしてショベルカーで穴を掘る映像で紹介しました．AI（人工知能）やIoT（Internet of Things）等で大きな技術進歩がみられることも合わせ，従来の業務を抜本的に変えるIOWN時代のアクセス業務のあり方について議論し，最後に，AS研は現場のために現場に寄り添って現場をきちんと支え未来の姿を実現したいと述べました（**写真5**）．

技術交流サロンのライブ配信中には，オンラインで聴講者が登壇者へ質問できる場を設け，多くの聴講者





写真4　技術交流サロン1（宇宙衛星利用）



写真５　技術交流サロン２（スマートアクセス）



写真６　オンラインサイト入口（ロビー）



写真７　企画展示ホール

から「有意義だった」とのコメントをいただきました．

展示概要

オンライン展示では，AS研からの出展にとどまらず，共催団体およびNTTグループ各社よりアクセスネットワークに関する約150の展示について，各社の製品や取り組み状況を動画やスライド等で紹介しました（**写真６**）．２日間の開催日には各出展社ブースに展示説明員が待機しており，直接チャットやメッセージ，ビデオ会議等の対応を行いました．

■企画展示

共催団体，NTTグループ各社，NTTの三位一体の取り組みとして，「災害対策への貢献」「ニューノーマルへの貢献」に関する各社の取り組み内容を展示しました．アンケートの結果からは，企画展示ブース来訪者の96%のお客さまから「大変参考になった」「参考になった」との回答が得られました．災害対策への貢献について，過去の経験を活かし取り組んでいることがよく理解できた，資料が非常に参考になった等，またニューノーマルへの貢献については，掲載されていた研究所の技術についてぜひ自社でも使ってみたいと感じた等のコメントが寄せられました（**写真７**）．

■NTT展示

NTT展示では，スマートな社会を実現する，アクセスネットワーク技術を「IOWN構想を実現する革新技術」と，「事業へ貢献する先端技術」としてテーマ名に沿った展示ホールを設け，研究開発成果を紹介しました（**図**）．展示の中には，Web会議（Webex）で研究者と直接会話できる機能を設け，来訪者に

IOWN 構想を実現する革新技術

空間多重ファイバ・伝送技術，フォトニックゲートウェイ技術，Cradio™（マルチ無線プロアクティブ制御技術）などのアクセスネットワークの革新技術の取り組みをご紹介します．

事業へ貢献する先端技術

保守運用自動化・効率化技術などの事業や現場業務に変革をもたらし，社会課題解決へ貢献する先端技術をご紹介します．

図　NTT展示概要

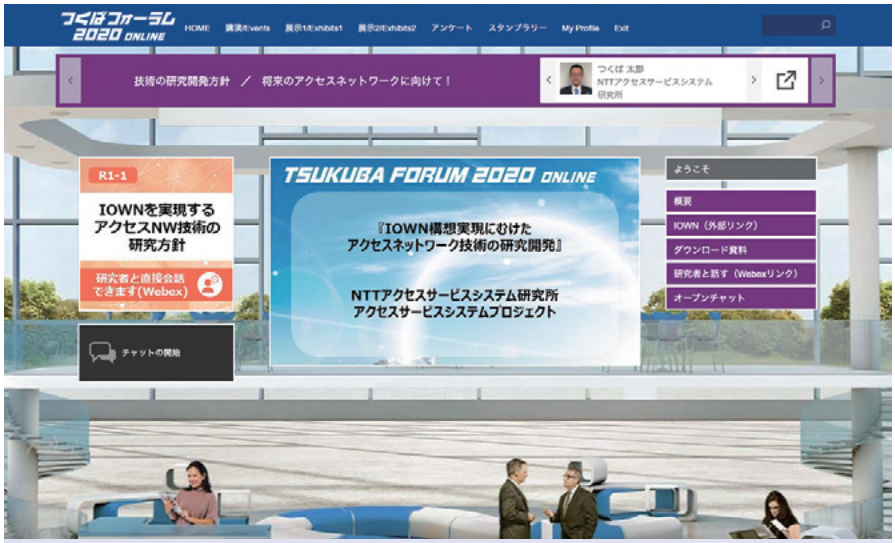


写真 8　NTT展示ブース

理解を深めていただける展示をしました（**写真 8**）．

⑴　IOWN構想を実現する革新技術

空間多重ファイバ・伝送技術，フォトニックゲートウェイ技術，Cradio™（マルチ無線プロアクティブ制御技術）などのアクセスネットワークの革新技術の取り組みを紹介しました．IOWN構想実現に向けたアクセスネットワーク技術の研究開発方針，アナログRoFシステムのための遠隔ビームフォーミング技術，IOWNオールフォトニクス・ネットワークの多様な構成要素を統一管理するネットワークリソース管理技術（NOIM），通信ネットワークを利用した光ファイバ環境モニタリング技術，オールフォトニクス・ネットワークを支えるマルチコア光ファイバ・ケーブル技術，オールフォトニクス・ネットワークを支えるフォトニックゲートウェイ，超大容量高速無線通信実現に向けた高周波数帯分散アンテナシステム技術，低軌道衛星MIMO技術・衛星センシングプラットフォーム技術，プロトコルフリー伝送の実現に向けた広帯域FM一括変換光伝送技術，Cradio™における無線動的制御技術，インテリジェント空間形成技術，インテリジェント空間形成技術（仮想大規模MIMO伝送技術，品質評価プラットフォーム，無線センシング），AIを活用した最適エリア設計技術，ミリ波帯測位センシングによる高速移動ギガビット伝送・高速ハンドオーバ制御技術，無線ネットワークに依存しない集中制御による品質制御技術，マルチネットワーク-マルチ端末間の接続先最適化技術について，Webexで研究者と直接会話できるお薦め展示として紹介しました．

⑵　事業へ貢献する先端技術

保守運用自動化・効率化技術などの事業や現場業務に変革をもたらし，社会課題解決へ貢献する先端技術を紹介しました．IoT向け無線LAN規格IEEE 802.11ahの安定運用のためのマネジメント技術，加入者系ディジタル無線技術（TZ-68D），所外設備の長期安全利用に向けた弓支線の検証，地下設備の絶対座標取得技術および管理・運用，とう道管理システムの高度ICT化，自動飛行ドローンによる首長マンホールの点検技術，ヒトの高度な判断を再現する采配高度化技術，クライアントサイドでユーザ/システム連携を実現するUI拡張高度化技術について，Webexで研究者と直接会話できる

お薦め展示として紹介しました．

■一般社団法人 情報通信エンジニアリング協会（ITEA）

これまでに培った技術・ノウハウを継承し，品質の向上や効率化を図るとともに，大規模災害時の迅速な設備復旧等，安心・安全・信頼される情報通信インフラ設備の実現に向けた取り組みを紹介しました．

■通信電線線材協会

現場でご尽力されている方のお役立ちから，IOWNにつなげるモノまで，26社の最新製品・技術を「通信ケーブル最前線」「つなぐ技術最新動向」「架空関連技術勢揃い」の3ホールで紹介しました．

■全国通信用機器材工業協同組合（全通協）

「DXの進展に確かな技術とモノ創りで挑戦する全通協」をキャッチフレーズに，個社の卓越した技術力による製品の開発と，組合員一丸となった相乗効果による総合力を発揮したデジタルトランスフォーメーション（DX）の進展への取り組みを紹介しました．

■NTTグループ

出展したNTTグループ各社は，DXをさらに推進し，豊かな社会の実現に貢献するための最新技術を紹介しました．

■その他のオンライン機能

2日間の開催日には，ログインした参加者が誰でも自由に書込可能なオープンチャットスペースとして「交流ひろば」を提供しました．またオンラインサイト上で使用できるバーチャル名刺として「vCard」機能をご利用いただき，参加者どうしが相互にコミュニケーションを図り交流を深める場を設けました．例年大変ご好評いただいているスタンプラリーについては，講演の聴講や展示ブースの訪問など一定の条件を満たすとポイントが付与されたスタンプが獲得できるという流れで今回も実施しました．3000ポイント以上獲得された方の中から抽選でノベルティをプレゼントしました．

開催結果の総括

初めてのオンライン開催となりましたが，過去最高の約9000名の方にご登録いただきました．オンライン展示については，展示物やデモを見たり触れたりできない，参加者の反応が分からない等の課題もあり，現地開催を望む声も挙がりましたが，一方で場所や定員などに依存せず，参加者自身のペースで展示の閲覧や講演の視聴ができるとの高い評価を得られました．基調講演は例年の約4倍，技術交流サロンは例年の約3倍と，大変多くの方に視聴していただき，大好評のうちに終了することができました．つくばフォーラム2020 ONLINEのテーマについては，93%の方が実感できたと回答し，IOWN展示について将来性を感じた，参考になったとの意見が多数寄せられました．IOWN構想の具現化に向けた革新技術と社会課題解決や事業貢献のための先端技術についてのオンライン展示を通じ，これまで以上に価値ある情報共有の場として充実したイベントとなりました．

謝　辞

本フォーラムの開催にあたり，共催としてご協力いただきました一般社団法人情報通信エンジニアリング協会，通信電線線材協会，全国通信用機器材工業協同組合の皆様に厚くお礼申し上げます．



（左から）田口 勝久／猪狩 亜紀子／
安嶋 悟／棚瀬 章文／
高木 郁子／石原 浩一

アクセスネットワークが社会インフラとしての信頼性を担保し，安心・安全なサービスを提供し続けるためには，社会および関連する産業界の方々との連携が欠かせません．今後も本フォーラムが良き交流の場となり，アクセスネットワークの発展に貢献できるよう，事務局一同，努力していきます．

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL　029-868-6040
FAX　029-868-6037
E-mail　tforum2020-info-pb-ml@hco.ntt.co.jp

第4回APT WTSA20準備会合報告

荒木　則幸（あらき　のりゆき）
NTT研究企画部門

ITU-TのWTSA（世界電気通信標準化総会：World Telecommunication Standardization Assembly）に向けたAPT（アジア・太平洋電気通信共同体：Asia Pacific Telecommunity）の準備会合（APT Preparatory Group for WTSA20）の最終会合となる第4回会合（APT WTSA20-4）が，2020年11月16～20日，オンライン会議で開催されました．ここではAPT WTSA20-4の結果報告および今後のWTSAのスケジュールについて報告します．

概　要

APT（Asia Pacific Telecommunity）はアジア・太平洋地域でのICT分野の開発を促進している国際機関であり，1979年に設立され，アジア・太平洋地域の38カ国が加盟しています．APTは，WTSAへのAPTとしての共同提案（ACP: APT Common Proposal）を検討するために，APT WTSA準備会合を開催しています．APT WTSA準備会合はWTSA-20までに4回の準備会合が計画され，第1回会合を2019年6月に日本（秋葉原）で開催しました．それ以降は，タイ，中国，フィリピンでの開催が予定されていましたが，新型コロナウイルス感染症の影響で開催計画が見直され，第2回以降のAPT WTSA準備会合はすべてオンライン会議で開催されました．

今会合への参加者登録者数は，APT加盟国の正会員が235名（16カ国），準会員と賛助会員が25名，他の国際標準化機関の代表者が22名，事務局7名の総計289名でした．国別の参加者数では，中国から全体の4分の1を占める59名と積極的な対応をしていることと，タイ，マレーシア，インド，インドネシアなどの新興国の参加者が多くなっていることがあげられます．日本からは，総務省を代表とし，企業等から14名が参加し，日本代表団として対応しました．

APT WTSA準備会合のマネジメント体制

APT WTSA準備会合の役職者リストを**表1**に示します．課題別の詳細な議論を推進する3つのWG議長とそれぞれのWG副議長には，日本からは3名の専門家〔永沼氏（NEC），本記事の筆者である荒木（NTT），本堂氏（KDDI）〕が選任されており，中国，韓国，インドとの連携関係を維持しながら，日本がリーダーシップを発揮できるマネジメント体制を構築しています．今回，3名の副議長のうちインドからの副議長の変更提案があり，承認されました．

検討項目および作業方法

WTSA-20は，4年に一度開催されるITU-Tの総会であり，2021年以降のITU-Tにおける研究委員会（SG: Study Group）構成およびその議長・副議長の役職ポストの選定と，標準化トピックとして近年注目されるAI（人工知能），IoT（Internet of Things），スマートシティ，Beyond 5G，量子通信などの標準化方針にか

表1　APT WTSA準備会合マネジメント体制

APT WTSA	議長	副議長
プレナリー	前田洋一 （日本・TTC）	Dr. Hyoung jun Kim（韓国） Ms. Li Fang（中国） Mr. U.K. Srivastava（インド）
作業 グループ	WG議長	WG副議長
WG1: ITU-T 作業方法	Dr. Kangchan Lee （韓国）	永沼美保（日本・NEC） Mr. Ashutosh Pandey（インド） Mr. Tong Wu（中国）
WG2: ITU-T 組織構成	荒木則幸 （日本・NTT）	Mr. P.K. Singh（インド） Mr. Nguyen Van Khoa（ベトナム） Mr. Kihun Kim（韓国） Ms. Wang Liang（中国）
WG3: 規制/政策と標準化 関連事項	Dr. Cao Jiguang （中国）	本堂恵利子（日本・KDDI） Ms. Arezu Orojlu（イラン） Mr. Premjit Lal（インド） Ms. Nguyen Thi Khanh Thuan （ベトナム）

かわる決議（Resolution）を作成する重要な会合です．

APT WTSA会合では，具体的な決議文書や勧告草案の作成検討を3つのWGで課題分担し，各WG議長が各WGの検討責任範囲（Terms of References）に従い，各国からの寄書を基に審議を行っています．

WG会合でコンセンサスが得られた提案は，プレナリー会合での承認候補案として審議されます．今会合の最終日のプレナリー会合で承認が得られたものが仮共同提案（PACP: Preliminary ACP）となり，その後，APT加盟国の主管庁による承認が得られたものが最終的なAPT共同提案（ACP）となります．

PACPの承認条件としては，プレナリー会合での合意（コンセンサス）を前提としますが，意見が対立した場合は，プレナリー会合出席国の25%以上の賛成が得られ，反対国数が賛成国数より多くなければPACPとなります．

ACPの承認条件は，上記のPACPが，すべてのAPT加盟国（38カ国）に対して承認照会（endorsement）が行われ，加盟国の25%（10カ国）以上が賛成し，50%（19カ国）以上が反対しなければACPとなり，WTSA-20にAPT共同提案として提案されます．

審議結果

⑴　WG1: ITU-T作業方法

WG1では，ITU-Tの作業方法に関するWTSA決議の改訂（MOD）または廃止（SUP）を検討しています．また，ITU-T　Aシリーズ勧告（勧告A.1，A.7等）の改訂に関しては，TSAG会合での検討が必要となることから，TSAGへの寄書提案を可能とする文書種別のAPT Viewとしての合意を目標としました．

WG1からの成果物は，8件のPACP案が作成され，プレナリー会合での承認が得られました．提案の中で，決議22（TSAGの権限に関する決議）と決議32（電子的会議方法に関する決議）の修正，決議35（ITU-TのSGおよびTSAG議長/副議長の任命と任期）と決議45（SG横断的な標準化連携に関する決議）の廃止のPACPは日本提案に基づくもので，提案文書のエディタは日本が担当しています．

⑵　WG2: ITU-Tの作業計画とSG再編構成

WG2では，ITU-Tの各SGが取り組む作業計画と課題（Question）を含むSG構成を検討しています．また，新規の標準化課題についても，今後のSG構成に密接にかかわることからWG2で議論しています．

新課題については特に，新型コロナウイルス感染症に対するe-healthを含むパンデミック対策，ICTにおけるAIの活用，Machin Visionに関する検討推進，量子情報技術（QIT）に関する検討強化，Vertical applicationを考慮した将来網の検討など，新規決議が中国や韓国から提案がありました．しかし，日本としては，ITU-TのSG11，SG13，SG16での課題と密接な関係があり，各SGでの検討が進行中であること，また，これらの新課題は次元研究委員会であるFG（Focus Group）で継続検討されている状況であることを踏まえ，決議の作成は時期尚早であり，新決議案に反対の立場を主張しました．最終プレナリーでの審議では，日本提案に対して同様の意見を示すオーストラリアと連携した対処を行い，結果として，新決議については新型コロナウイルス感染症に代表される重要課題である“ITU-T's role in facilitating the use of ICTs to prevent the spread of global pandemics”の決議のみのPACPを合意することができました．また，WG2ではe-healthに関する既存の決議78の改訂提案についても合意しました．

SG構成のハイレベルな再編原則については，WTSA-16で合意したハイレベルSG再編7原則を基本とし，中国からの提案を中心にAPT Viewとして合意することができました．

SG再編案については，TSAG会合において，TSB局長からSG構成案のたたき台（Food for thoughts）が提案されており，現状11個のSG構成に対して，SG数を大幅削減する提案が，欧州CEPT等の他の地域会合で検討されています．APTでも韓国，マレーシアやインドネシアなどSG数削減に同調する意見もありましたが，今会合では，日本から既存SG数を維持するSG構成案〔ただし，SG20のIoTセキュリティ課題（課題6/SG20）をSG17とSG2へそれぞれ部分的に移管する提案を含む〕を提案し，中国の支持と韓国，マレーシアなどの了解を得て，APT統一案として合意することができました．SG構成の議論はSG議長および副議長の選挙に密接に関係することから，それぞれの国および地域の事情を把握しつつ，WTSA本番での決着に向け，今後の対処が必要となります．

⑶　WG3: 規制・政策と標準化課題全般

今会合の最終プレナリーで合意され

表 2　APT提案予定の決議・勧告文書一覧

1. APT WTSA Resolution 一覧

決議 No.	決議タイトル	担当 WG	関連文書
1	Rules of procedure of the ITU Telecommunication Standardization Sector	1	OUT-07（MOD）
2	ITU Telecommunication Standardization Sector study group responsibility and mandates	2	OUT-28（MOD）
18	Principles and procedures for the allocation of work to, and strengthening coordination and cooperation among, the ITU Radiocommunication, ITU Telecommunication Standardization and ITU Telecommunication Development Sectors	1	OUT-08/WTSA3（MOD）
22	Authorization for the Telecommunication Standardization Advisory Group to act between world telecommunication standardization assemblies	1	OUT-05/WTSA3（MOD）
32	Strengthening electronic working methods for the work of the ITU Telecommunication Standardization Sector	1	OUT-06/WTSA3（MOD））
35	Appointment and maximum term of office for chairmen and vice-chairmen of study groups of the Telecommunication Standardization Sector and of the Telecommunication Standardization Advisory Group	1	OUT-05（SUP）
45	Effective coordination of standardization work across study groups in the ITU Telecommunication Standardization Sector and the role of the ITU Telecommunication Standardization Advisory Group	1	OUT-07/WTSA3（SUP）
50	Cybersecurity	3	OUT-16（MOD）
52	Countering and combating spam	3	OUT-14（MOD）
55	Promoting gender equality in ITU Telecommunication Standardization Sector activities	1	OUT-04（MOD）
58	Encouraging the creation of national computer incident response teams, particularly for developing countries	3	OUT-23（MOD）
60	Responding to the challenges of the evolution of the identification/numbering system and its convergence with IP-based systems/networks	3	OUT-13（MOD）
64	Internet protocol address allocation and facilitating the transition to and deployment of IPv6	3	OUT-11（MOD）
67	Use in the ITU Telecommunication Standardization Sector of the languages of the Union on an equal footing	1	OUT-06（MOD）
72	Measurement and assessment concerns related to human exposure to electromagnetic fields	3	OUT-20（MOD）
73	Information and communication technologies, environment and climate change	3	OUT-19（MOD）
76	Studies related to conformance and interoperability testing, assistance to developing countries, and a possible future ITU Mark programme	3	OUT-13/WTSA3（MOD）
77	Enhancing the standardization work in the ITU Telecommunication Standardization Sector for software-defined networking	3	OUT-18（MOD）
78	Information and communication technology applications and standards for improved access to e-health services	2	OUT-27（MOD）
79	The role of telecommunications/information and communication technologies in handling and controlling e-waste from telecommunication and information technology equipment and methods of treating it	3	OUT-15/WTSA3（MOD）
84	Studies concerning the protection of users of telecommunication/information and communication technology services	3	OUT-17（MOD）
88	International mobile roaming	3	OUT-26（MOD）
89	Promoting the use of information and communication technologies to bridge the financial inclusion gap	3	OUT-24（MOD）
92	Enhancing the standardization activities in the ITU Telecommunication Standardization Sector related to non-radio aspects of international mobile telecommunications	3	OUT-12（MOD）
95	ITU Telecommunication Standardization Sector initiatives to raise awareness on best practices and policies related to service quality	3	OUT-21（MOD）
96	ITU Telecommunication Standardization Sector studies for combating counterfeit telecommunication/information and communication technology devices	3	OUT-22（MOD）
97	Combating mobile telecommunication device theft	3	OUT-15（MOD）
98	Enhancing the standardization of Internet of things and smart cities and communities for global development	3	OUT-25（MOD）
New	ITU-T's role in facilitating the use of ICTs to prevent the spread of global pandemics	2	OUT-29（ADD）

2. APT WTSA A-series Recommendations 一覧

勧告No.	勧告タイトル	担当WG	備考
A.1	Working methods for study groups of the ITU Telecommunication Standardization Sector	1	OUT-08（MOD）
A.7	Focus groups: Establishment and working procedures	1	OUT-09（MOD）
A.8	Alternative approval process for new and revised ITU-T Recommendations	1	OUT-10（MOD）

たPACPは既存決議の改訂に関する29件，APT Viewが5件となりました．合意された決議および勧告改訂に関するPACPの一覧を**表2**に示します．

今後の予定

今回のAPT WAST20-4において実質的なPACPの議論はいったん完了しましたが，WTSAが2022年3月に再延期されたことを受け，2021年度にAPT WTSA追加準備会合を開催することが提案され，承認されました．今後のWTSAに関連する会合の開催予定を**表3**に示します．追加されたAPT WTSA準備会合では，今後開催されるTSAG会合への対処の検討や，他の地域標準化機関のWTSAへの共同提案を分析し，APTとしてのWTSAにおける対処方針の検討が行われる予定です．

表3　今後の関連会合予定

会合	日程	場所
WTSA地域連携準備会合	2021年1月8日	オンライン会合
TSAG会合	2021年1月11～18日	オンライン会合
APT WTSA 準備会合追加会合	2021年第3四半期（9月）	オンライン会合
TSAG会合	2021年10月18～22日 （または10月25～29日）	オンライン会合
TSAG会合	2022年1月頃	オンライン会合
WTSA会合	2022年3月1～9日	インド（ハイデラバード）

時間結晶が可能にする，量子の世界の複雑なネットワーク構造を発見

国立情報学研究所，NTT，東京理科大学，大阪大学，JFLI（Japan-France Laboratory of Informatics）は，時間結晶と呼ばれる時間的な結晶状態の中から複雑なネットワーク構造を発見しました．

さまざまな現象の背後にある巨大かつ複雑なネットワーク構造を解析することは，現象を理解する鍵を握っていると考えられますが，その解析には膨大な計算リソースが必要になります．そこで本研究では，「時間結晶」というものと，このネットワーク解明に与るグラフ理論的なアプローチを用いることで，量子系の中に潜むさまざまな複雑ネットワークとその性質をとらえることに成功しました．今回の研究で明らかになった時間結晶が持つ不思議な性質を用いることで，例えばインターネットのような，巨大で複雑なネットワークの解析を量子コンピュータ上で行うことが可能となり，さまざまな応用研究や実社会での利活用が期待されます．本研究成果は米国東部時間2020年10月16日にScience Advances誌に発表されました．

■背　景

さまざまな現象は，ノードがエッジでつながったネットワークとしてグラフ的に表わすことができ，ネットワークを用いた解析は社会現象から経済，生物までさまざまな現象に広く応用されています．現実世界のネットワークではスケールフリー性を示すものが多く，数多くのノードからなるため，高い計算力が必要とされてきました．近年世界規模で研究開発が加速化する量子コンピュータや量子シミュレータは，このような問題の解明にも役立つことが期待されます．ところが，これまで量子コンピュータや量子シミュレータと複雑ネットワークの関係はあまり分かっていませんでした．

一方，時間結晶はその物理的な特異性から注目され，2017年に離散的な時間結晶が実証されました．とはいえ，現象の本質やその応用については多くが未解明なまま，現在に至っています．

■本研究成果

本研究では，量子の世界で複雑ネットワークを生み出す源として時間結晶を用い，まず，通常の結晶でみられる「結晶が融ける」（例えば氷が水になる）という現象が時間結晶でどのように起こるのかを初めて解析しました．時間結晶がゆっくりと融けていくにつれて，スケールフリー・ネットワークのような複雑なネットワーク構造が現れることを数値解析によって発見し，その変化の様子を視覚的にもとらえることに成功しました．

図は，この過程で出てくるスケールフリー・ネットワークの一例です．さらに時間結晶を溶かしていくと，相転移的な振る舞いを示すことも分かりました．

また時間結晶は，現在開発が進んでいる量子コンピュータや量子シミュレータでつくり出すことができるのも大きな特徴です．時間結晶が融ける際に示す，この性質を利用することで，巨大なネットワークを小さな量子コンピュータの中で解析できるようになります．どのくらいの大きさのネットワークを生成可能かをみると，例えば，これまでに20量子ビットから53量子ビットを持つ量子コンピュータが登場してきていますが，これらの量子ビット数で生成できるネットワークは，20量子ビットで約100万ノード，53量子ビットではノードの数は10の15乗となります．2020年時点での予想されている世界のIoTデバイス数400億（100億は10の10乗）と比較しても十分に大きなネットワークを生成できることが分かります．

■研究の詳細

本研究では離散的な周期性を持つ時間結晶に注目しました．実験的に実証されている時間結晶のモデルに，離散ダイナミクス解析に適するフロッケ理論を用いることで，時間結晶の周期ごとの離散的な構造を効率的にとらえることに成功しました．

次に，グラフ理論的なアプローチを用いて，この構造を量子状態がつくるネットワークとしてとらえます．さらに，ネットワーク視覚化技術を応用することによって，時間結晶の量子力学的な周期的構造をネットワークとして初めて可視化しました．離散的な時間結晶が完全なときは，量子的な状態が時間軸上に周期的に配列しており，これに対応するネットワークも，単純なネットワー

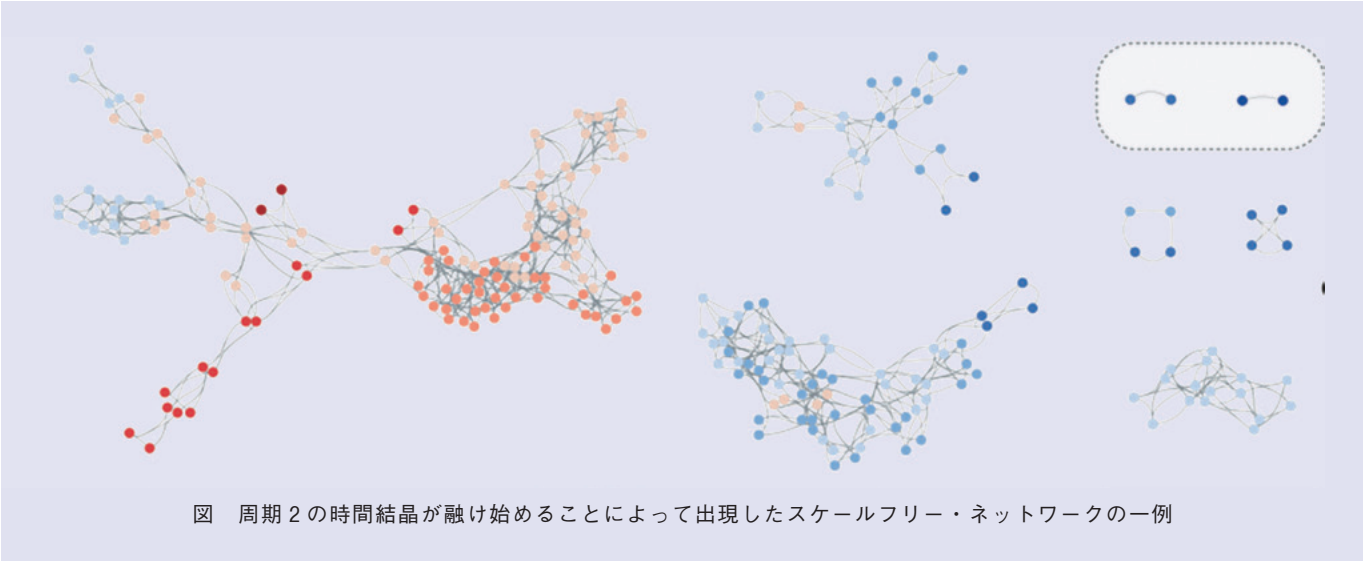


図　周期 2 の時間結晶が融け始めることによって出現したスケールフリー・ネットワークの一例

ク構造で特徴付けられます．

次に，時間結晶の周期的制御を少しずつ変化させることで，時間結晶をゆっくりと融かすことができることを明らかにしました．これは，時間結晶の融解の過程にグラフ理論的なアプローチを応用し，ネットワークの変化として融解現象をとらえることに成功した初めての試みです．その結果，時間結晶の融解という新しい現象の中から，スケールフリー・ネットワークや相転移的な振る舞いの出現など，さまざまな新しい性質が発見されました．

このように本研究は，時間結晶の融解の機序の解明という観点から，時間結晶の持つ本質的な性質の解明に貢献したものということができます．また時間結晶の融解のような複雑な現象に対するグラフ理論的なアプローチの有用性も示されました．

■将来の展望

量子コンピュータが小さくても大きな計算能力を持つのと同じように，時間結晶も，小さな時間結晶で大きなネットワークを包含することができます．時間結晶は量子コンピュータや量子シミュレータで生成できるので，この性質を応用することで，小さな量子コンピュータ上で巨大な複雑ネットワーク解析やデータの指数的圧縮などを通じて，さまざまな応用が期待されます．また基礎研究においても，複雑な量子の世界をネットワークとして解析することの有効性が示されたことは，量子複雑系や量子多体系，固体物理の量子的な性質の解明に新しい道筋がついたことになります．

◆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/news2020/2010/201017a.html

最新の量子コンピュータデバイスの新たなアプリケーションを見出す

研究者紹介

Marta P. Estarellas
国立情報学研究所
量子情報国際研究センター



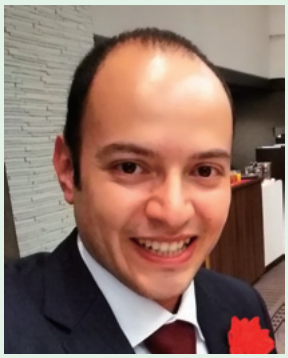
量子力学はその誕生以来これまでに，科学のさまざまな分野に大きなインパクトを与えてきました．量子力学の数学的な枠組みは，自然をより深く，正確に理解するうえで重要かつ大きな役割を果たしてきましたし，また今でもその役割はますます大きくなっているといえます．この物理の基本原理を記述する理論は，実はコンピュータ科学や情報技術においても大きな革新を起こすことが期待されています．最近の量子技術の急速な発展により，量子コンピュータの開発はすでにNISQデバイスと呼ばれる，小規模のノイズのある量子コンピュータデバイスの開発をもたらしました．このような新しい量子コンピュータデバイスを使って，量子ならではの優位性を示すことが，今まさに産学を巻き込んだ世界的な競争となっています．この競争においては，これら小規模のデバイスを汎用型の量子コンピュータとして用いてその優位性を示すことが主流になっていますが，実際には，現在可能なデバイスのサイズや誤り率から見て，有用な優位性の実証は難しいと考えられています．

光・量子躍進フラッグシッププログラム（文部科学省）のもと，国立情報学研究所とNTT物性科学基礎研究所では，NISQデバイスを専用量子コンピュータデバイスととらえる全く異なった方向から，量子優位性の実現を追求しています．この共同研究では，アプリケーションが持つ技術要求に向いているハードウェアを選んで設計することで，現在のコンピュータ技術の限界を突破する専用型量子コンピュータを設計することをめざしています．今回は，離散的な時間結晶を用いて，Twitterや経済取引などにみられる従来コンピュータの計算力の及ばないような巨大なネットワークをシミュレートしたり，解析したりする可能性をNISQデバイスのアプリケーションとして示すことに初めて成功しました．

時間結晶の融解を利用した小規模量子コンピュータ上でのネットワークシミュレーション

研究者紹介

Victor M. Bastidas
NTT物性科学基礎研究所
量子科学イノベーション研究部　理論量子物理研究グループ



砂糖やダイヤモンドなどの結晶は，それを構成する原子が空間的に周期的に配列した固体であり，日常生活にありふれて存在しています．近年では，物質は時間軸に関しても結晶化することが示され，そのような物質の状態は離散時間結晶と呼ばれています．従来の結晶とは対照的に，離散時間結晶は，離散的な時間並進対称性が破れており，外部の摂動に対して頑強で，通常の結晶のように長時間，安定に存在します．離散時間結晶は研究者だけでなく研究者以外にも人気な研究トピックですが，物質が持つ，この風変わりな状態の実用的応用は見出されていませんでした．2020年10月，私たちは離散時間結晶を利用し，大規模ネットワークをシミュレートする方法を提案しました．この提案は米国誌「Science Advances」から出版され，時間結晶の研究分野において新しい道を切り拓きました．私たちは小規模の量子デバイスを用いて，指数的に大きな数のノードを持つ大規模ネットワークのシミュレーションの可能性を示すことに成功しました．

この成果はQ-LEAPプログラムの支援の下で，国立情報学研究所（NII）のMarta P. Estarellasさんや根本香絵さん，東京理科大学の長田朋さんや佐中薫さん，大阪大学のBenjamin Renoustさん，そしてNTT物性科学基礎研究所のWilliam J. Munroさんとの共同研究によって得られました．私たちの研究は離散時間結晶の応用を示しただけでなく，研究の新しい方向性を見出すものです．私たちの研究で培われた方法や技術は，非平衡にある系全体の性質やネットワークとの詳細な関係についてのさらなる研究を促していくでしょう．

世界最高速の帯域100 GHzを超える直接変調レーザを開発

NTTは，東京工業大学（東工大）と共同で，高熱伝導率を持つSiC基板上にインジウムリン系化合物半導体を用いたメンブレンレーザを開発しました．直接変調レーザとして世界で初めて3 dB帯域が100 GHzを超え，毎秒256ギガビット（2560億ビット）の信号を2 km伝送できることを確認しました．

直接変調レーザは，現在，データセンタで広く使用されていますが変調速度に限界があり課題とされてきました．本成果を用いれば，今後予想されるトラフィックの増大に低コスト・低消費電力に対応でき，また本技術の研究開発を進展させることで，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．

本成果は，英国時間2020年10月19日に英国科学雑誌「Nature Photonics」のオンライン速報版で公開されました．

■研究の成果

これまでNTTでは，レーザの変調速度を制限する緩和振動周波数を増大するために活性層の光閉じ込め係数に注目し，熱酸化膜（SiO_2）付きシリコン（Si）基板上にメンブレン（薄膜）レーザの開発を行ってきました．メンブレンレーザは活性層の光閉じ込め係数が大きく小型という特長から，低消費電力な直接変調レーザが実現できます．一方で，熱伝導率の小さなSiO_2上に素子を作製していることから電流注入に伴う活性層の温度上昇が大きいため，電流量を増やしたときに活性層の利得の飽和により緩和振動周波数は20 GHz程度で飽和していました．

今回，活性層での発熱を抑えることを目的にSiO_2の約500倍の高い熱伝導率を持つ炭化ケイ素（SiC）基板上にインジウム燐（InP）系メンブレンレーザを作製しました．SiCはInPと比較して屈折率も小さいことから，光閉じ込め係数もSiO_2上の素子とほぼ同等です．SiCはInPの集積には，極薄膜（40ナノメートル）のSiO_2を間に挟んだ直接接合を用いました．100 mWの発熱源を仮定した計算では，活性層長50ミクロンのメンブレンレーザの活性層の温度上昇は，SiO_2膜厚が2ミクロンから40ナノメートルになった場合，130.9度から16.8度に大幅に削減されることが分かりました．実際に作製した素子では，緩和振動数が最大値となる電流値はSiO_2上の素子では5.5 mAでしたが，今回の作製した素子では30 mAまで大きくすることができ，世界最高の緩和振動周波数42 GHzと3 dB帯域60 GHzが得られました．

さらに，出力導波路端面からの光フィードバックを用いて，フォトン-フォトン共鳴が95 GHz付近で起こるような素子を設計しました．その結果，3 dB帯域108 GHzを得るとともに，毎秒256ギガビット（2560億ビット）のPAM（Pulse Amplitude Modulation）4信号の生成，および2 km伝送に成功しました（**図**）．

■今後の展開

伝送容量が1テラビットを超えるような次世代イーサネットの規格に4つあるいは8つのアレイで対応可能な送信機の実現などが期待されます．低消費電力化が同時に実現できることにより，今後懸念されるデータ量の増加によるデータセンタやスーパーコンピュータの消費電力の増加を削減することも期待されます．将来的にはNTTが提唱するIOWN構想に向け，光を中心とした革新的技術を活用し，これまでのインフラの限界を超えた高速大容量通信の実現をめざします．

◆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/news2020/2010/201020a.html

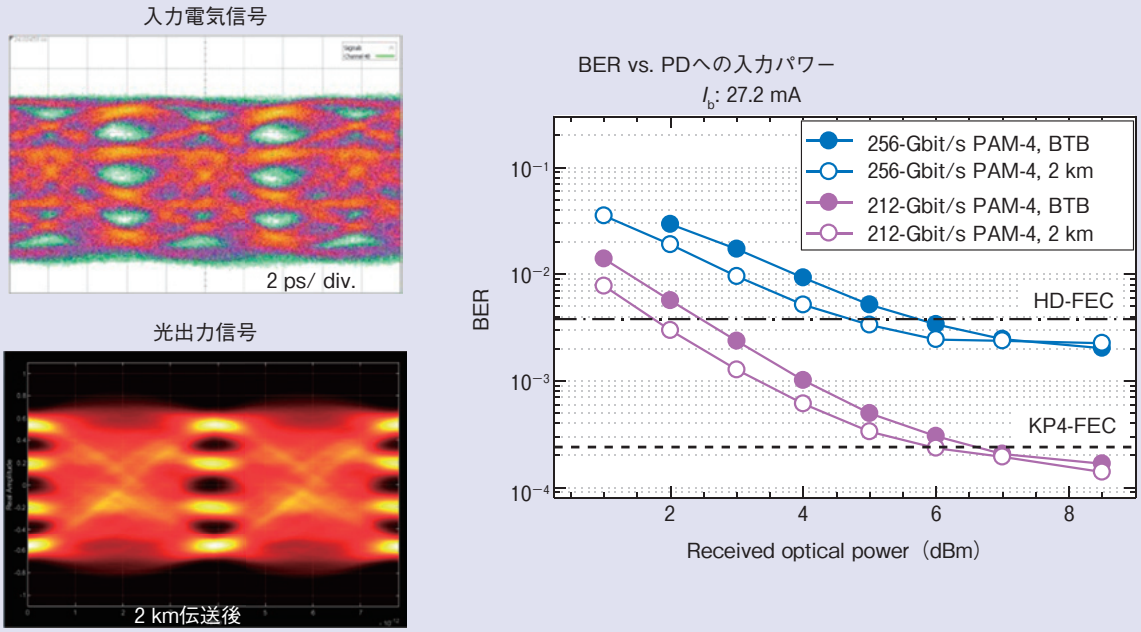


図　256 Gbit/s PAM-4 の生成と 2 km伝送

低消費電力な光通信技術の実現をめざして

研究者紹介

松尾　慎治

NTT先端集積デバイス研究所　機能材料研究部

光ファイバ通信は大容量データを非常に小さな損失で運ぶことができるため現在の情報通信を支える基盤技術です．光ファイバ通信に最低限必要なデバイスは光ファイバに加え半導体レーザと受光素子です．したがって，半導体レーザを直接変調して信号生成する方式は，もっともシンプルな構成であり，そのためもっとも安く，低消費電力なことからデータセンタ内の光インターコネクションなどに広く用いられています．一方，半導体レーザの直接変調速度は，ここ30年ほど頭打ちの状態でしたので，この限界を打破することは研究者にとって大きな夢であるばかりでなく，それを利用する人たちにとっても大きなメリットを生むことになります．

今回，東京工業大学の小山教授が検討されている光フィードバックによる高速化の効果とNTTで開発しているSiC上の高速なメンブレンレーザ技術を融合することで，従来の約2倍の高速化を実現できました．共同研究はお互いの持つ技術を持ち寄ることで，短期間で良い成果に結びつけることができるということを実感できました．今後とも，大学の持つ高い基礎技術を積極的に活用し，より良いデバイスの研究開発を行い，最終的には安価で低消費電力な光ネットワークの構築に貢献できればと考えています．



MEMS集積化に向けた新しいカオス信号生成手法の実証に成功

NTTと東京工業大学（東工大）は共同で，従来手法よりも簡便で汎用性の高いカオス信号の生成手法を提案し，微細なメカニカル振動子（機械振動子）を用いて動作実証することに世界で初めて成功しました．

昨今，機械学習や秘匿通信などの情報処理技術の分野において，カオス信号の活用が研究されています．携帯端末や医療応用においてその活用が盛んに進められているMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）の分野においても，制御性に優れ，集積化に適したカオス発生素子の研究が進められてきました．今回，メカニカル振動子が示す「秤動」を制御することにより，素子構造の微細化と低電圧駆動が可能な新しいカオス発生手法の実証に成功しました．この技術により，センサの入力情報を同じチップ上で機械学習させる半導体チップなど，新しいMEMS集積技術の発展が期待されます．

本成果は，NTTにおいて素子作製・測定を行い，東工大において理論計算に基づいたデータ解析を行うことによって得られたものであり，米国の科学誌「フィジカルレビューレターズ」（米国東部時間2020年10月23日付）に掲載されました．

■背景と成果の概要

カオスはさまざまな環境において共通に観測される物理現象で，一見無秩序に見える複雑な振る舞いでありながら，決まった法則に従って時間変化をするという規則性も持っています．近年，この複雑でありながら規則性を持つというカオスの特長を情報処理技術に用いようとする試みが進められており，リザバー計算などの機械学習や，秘匿通信，乱数発生などへの応用が広く研究されています．

一方，高感度センサや高周波フィルタ，プロジェクタなどさまざまな機器応用が行われているMEMSは，微細構造の機械的な「動き」を使って動作させる素子を，チップ上に集積化させたものです．このMEMSを用いたカオス発生手法の研究は，センサ部と信号処理部の集積化など，応用上の重要性にもかかわらず，これまであまり進んでいませんでした．その大きな理由の１つは，MEMSを用いたカオス発生には櫛型電極などの複雑な素子構造が必要であり，また数10ボルトという高電圧が不可欠であったことにあります．

今回，メカニカル振動子の「秤動」運動に着目し，２つの異なる高周波信号を入力するだけという，極めて簡便な方法でカオス信号を発生させる手法を実証し，素子の小型化と低電圧駆動を実現しました．

■実験の概要

作製した振動子は両持ち梁と呼ばれる架橋構造を持ち，圧電半導体を微細加工することにより作製しました．電極に交流電圧を加えることにより，圧電効果を用いて構造を振動させることが可能です．今回，２つの異なる周波数の交流電圧を同時に加え，その周波数差を振動子の「秤動」運動に共鳴させるという新しい手法により，カオス的な振る舞いを示す複雑な信号の発生に成功し（**図**），得られた信号が実際にカオスの特徴を持つことが数値解析により確認されました．素子に加えた電圧は１～３ボルトと従来に比較して一桁程度小さな値であり，また両持ち梁という極めてシンプルな構造により，カオス信号の発生に成功しました．

■技術のポイント

①　カオスの発生には，一般に振動子の「非線形性」が必要であることが知られています．本研究では両持ち梁と呼ばれる架橋構造を用いることにより，構造に加わる張力を介した非線形性を活用し，カオスを発生させることに成功しました．また振動子を作製する材料として，圧電効果を持つ半導体であるGaAsとAlGaAsの単結晶ヘテロ構造を用いることにより，数ボルトの電圧で安定した動作が可能となるメカニカル振動子を実現しました．

②　一般に，月や地球などの天体は，自転と公転などの単純な周期運動に加え，数年から数万年といった長い年月にわたった長周期運動を行っています．このような運動は「秤動」と呼ばれ，潮の満ち引きや他の惑星の引力など，さまざまな要因により引き起こされます．メカニカル振動子においても，振動子の非線形性により同様の長い周期の振動変化を伴います．今回，２つの周波数の交流信号を加えることにより大きな「秤動」振動を引き起こし，「秤動」におけるカオスを生成させることに

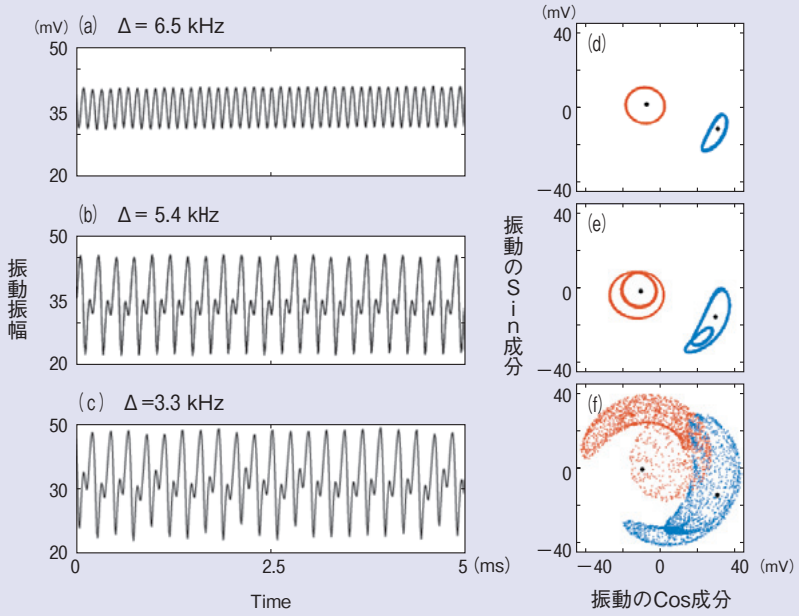


図　測定された振動振幅変化の差周波数依存性

創発的コンピューティングに向けて

研究者紹介

Ludovico MINATI
国立大学法人 東京工業大学科学技術創成研究院



自然界はデジタルコンピュータのようには機能しません．生物学，社会学，物理学的な世界に存在する極めて複雑な現象は，実は単純なルールに従って生み出されています．これらのルールは普遍的かつ非線形なものであることが多く，混沌とした動き（カオス的挙動）を含む多くの創発的現象を生み出しています．カオス的挙動は不規則ですが複合的に同期することがあります．そのため，この性質を取り入れることで，脳内で見られるような複雑なパターンを生成することが可能になります．これらのパターンは，将来的に情報の生成や分析に役立つ可能性があると考えられます．

通常，カオス運動は電子回路を使用して生成されます．電子部品の組み合わせによってさまざまな種類の回路が生成可能で，私はこれらについて研究してきました．しかし，電子部品の特性は理想的なものではありません．バッテリーによる長時間の稼働は無駄な電力を消費してしまいますし，また共振曲線もそれほどシャープにはなりません．ナノスケールで実現される光学的および機械的デバイスの方がトランジスタよりもはるかに優れています．

NTT物性科学基礎研究所との共同研究により，カオス的な機械振動を極めて容易に発生させることができるデバイスを開発することができました．非常にシンプルな構造のため，多くの操作が可能です．今後も，これらのデバイスのネットワーク生成に向けたコラボレーションを継続していきたいと考えています．

成功しました．２つの周波数の交流電圧を同時に加えると，そのちょうど差周波にあたる「うなり」が発生しますが，このうなりの周波数を「秤動」運動に共鳴させることにより，大きな「秤動」を生み出すという手法を用いました．

■今後の展開

実験に用いた振動子の振動数は，まだ数メガヘルツという低い周波数であり，さまざまな応用に適用するには不十分です．より高周波のメカニカル振動子によるカオス発生の実現をめざします．また実際にリザバー計算などの手法に適用し，カオス振動の有用性を実証していきます．

◆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/news2020/2010/201024a.html

ナノ機械人工知能の実現に向けて

研究者紹介

Samer Houri
NTT物性科学基礎研究所
リサーチスペシャリスト



近年，人工知能などさまざまな情報処理技術への応用を念頭に，複数の振動子を複雑に結合させた振動子ネットワークに関する研究が積極的に進められています．とりわけ簡便な手法により機械学習が行える技術として，ネットワーク状の結合振動子を用いたリザバー計算と呼ばれる手法が注目されています．

エッジコンピューティングなど，高いスループットと低消費電力の両者が必要とされるアプリケーションにおいては，学習プロセスに多くの計算コストが必要とされる従来のニューラルネットワークに比較して，より簡便に機械学習が可能となる手法が求められています．リザバー計算は，ネットワーク自体の構成は変えずにネットワークからの出力信号の組合せのみに学習機能を持たせることができるため，ニューラルネットワークに比べて格段に簡便な学習プロセスを実現できるという利点を有しています．

私たちが研究の対象としているマイクロ・ナノ電気機械システム（Micro/Nano-Electro Mechanical Systems: M/NEMS）では，高い非線形性を有する低損失の振動子を集積することが可能であり，リザバー計算の優れたプラットフォームとしての応用が期待されます．最近，私たちは「カオスの縁」と呼ばれる特異な振動状態を小さな駆動電圧で実現することに成功しました．「カオスの縁」状態では高い次元数を持つ入力信号を効率良く分類することができるため，入力として与えられた画像の識別やパターン認識などの機械学習プロセスを実行することが可能となります．

MEMS，さらにはそれらをナノスケールに微細化したNEMSの技術を用いると，より多くの入力信号に対するリザバー計算を低エネルギーで行う優れたプラットフォームを構成できます．また，M/NEMSは高感度センサなどの入力デバイスとしても優れた機能を有するため，これらをすべて単一チップとして集積した多機能人工知能デバイス技術としての応用も将来可能となるかもしれません．

NTTと農研機構が秘密計算技術による作物ビッグデータ活用の共同研究を開始

NTTと，農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）は，異なる組織間で共有が困難なため活用されていないデータを，NTTの世界最高速の秘密計算技術を用いて，互いのデータの安全性を担保しつつ活用するための共同研究を2020年10月29日より開始することに合意しました．

本共同研究では，複数の組織が保有する作物データに対する秘密計算技術を用いた解析により，農業研究開発の効率的実施に有益な情報が得られることを示すことを目標としています．本共同研究の成果を踏まえ，広く農業分野にて，異なる組織や企業間で独立して存在し，共有されていない未利用の作物データを相互利用できる枠組みの構築をめざす方針です．

■共同研究の趣旨

複数の組織がお互いのデータを安全に利活用する技術として，データを暗号化したまま処理できる秘密計算技術が注目されています．この技術を用いると計算対象の元データを誰も一切見ることなく，データの共有・保管・分析をすることが可能です．NTTは秘密計算の課題である処理速度に関して，他の追随を許さない世界最高速のパフォーマンスを実現しています．

また農業分野の研究開発においては，作物データを用いた解析が必要不可欠です．この作物データは各組織や企業が保有していますが，技術ノウハウの流出やデータの知財化への悪影響等の懸念から，組織間での積極的な共有による利活用が進んでいませんでした．

このたび，NTTと農研機構は，将来，複数組織に独立して存在する作物データの安全な共有・分析を行うことを見据え，農研機構が保有する種々のデータを複数組織のモデルデータと見做して，秘密計算技術を用いて安全に利活用するための共同研究を行うことを合意しました．NTTが保有する秘密計算技術やデータを安全に利活用するノウハウと，農研機構が保有する作物データとその分析手法を，それぞれが持ち寄ります．

本共同研究では，独立して存在する作物データの提供から保管，高度な分析，解析までのプロセスにおいて秘密計算技術を適用して，常に暗号化したままで処理ができることの検証を行います．そして，複数の組織が保有するデータを利活用して解析精度の向上を図り，農業分野の研究開発の効率化につながるような，価値あるデータ解析手法を開発します．

■本共同研究で取り組む解析技術

本共同研究では，以下に示すような，高度な解析技術を秘密計算上で実現することをめざして，農研機構が保有するデータを用いて取り組みます．

⑴　対象物・品種全体の傾向の把握

複数組織のデータをまとめて分析し，全体の傾向を明らかにする技術です．これまで個々の組織のデータだけを対象に分析していましたが，複数組織のデータをまとめて分析することで，より詳細な分析や傾向把握をすることができます．

⑵　全体における対象データ間の比較や位置付けの把握

複数組織データと比較，分析し，個々の組織のデータの位置付けを明らかにする技術です（**図1**）．

⑶　過去のデータを用いた将来の予測

過去のデータを用いて，高精度な予測を行い研究開発の進捗を加速します．

これら解析を実現するためには，さまざまな課題があります．例えばゲノムの解析技術では結果の正確性を期すためにフィッシャーの正確確率検定がよく用いられますが，秘密計算技術上での実現は一般的には困難とされています．NTTではヒトのゲノムに関する秘密計算上でのフィッシャーの正確確率検定を実現しています．

■めざすビジョン

本共同研究の成果を活かし，将来的には農研機構が整備を進めている作物データおよび各組織が保有する作物データを用いて，世界最高水準の情報量を有する安全な作物ビッグデータと，それを用いた価値ある，魅力ある解析が可能となる安全かつ高度なデータ利活用のための解析エンジンを実現し，新品種育成や，営農を支援する情報システム開発とそれによる情報発信など，作物データの利活用が活発になされている世界をめざします（**図2**）．

■今後の展開

今後，気候変動をはじめとする外部要因の急激な変化

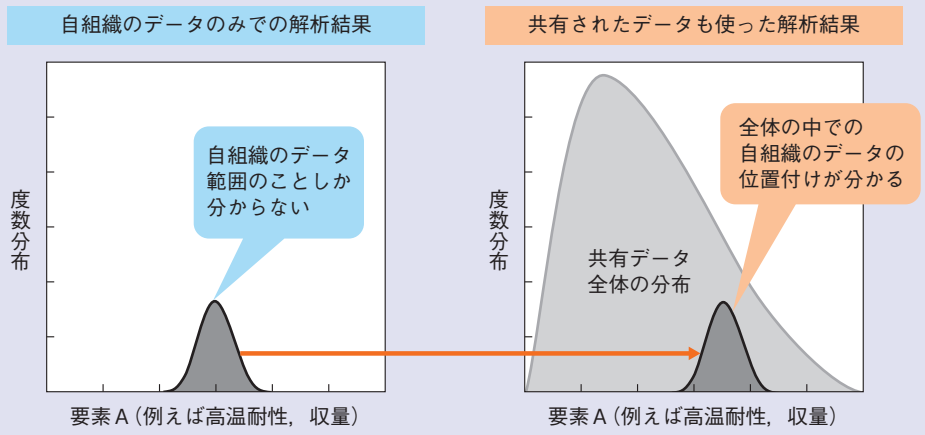


図1　データ共有による自組織データの位置付けの明確化（イメージ）

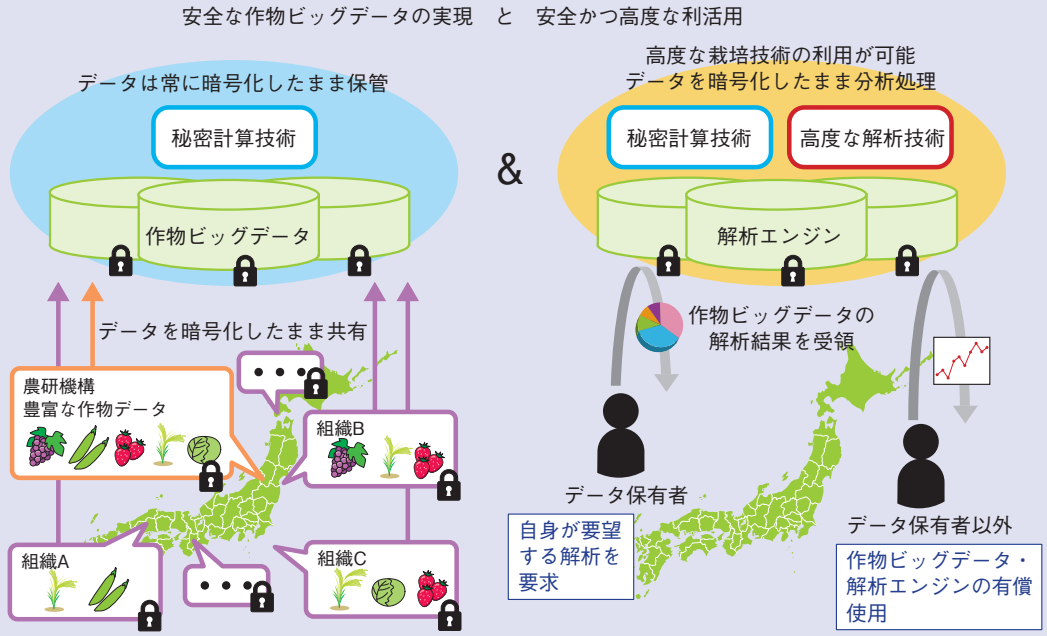


図2　めざすビジョン

やライフスタイルの多様化による運動不足，過食，ストレスなど健康への影響が懸念されます．またこれらに伴い，食に関するニーズも多様化していくことが考えられます．NTTと農研機構は，未利用のデータを共有し，作物ビッグデータとして活用できる仕組みの構築等によるデータ駆動型スマート農業の実現に向けて取り組み，我が国の農業の発展に貢献します．

またNTTでは，農業分野を含めさまざまな分野における安心・安全なデータ利活用の推進に向けて，異なる分野の多様なデータを安全に流通させる基盤技術の開発，特に秘密計算に関しては機械学習などの高度な分析処理の実現やさらなる高速化に取り組んでいきます．これらをはじめとする研究開発成果を基に，NTTグループでは農業分野を含めさまざまな分野における安心・安全なデータ利活用を推進していきます．

◆問い合わせ先
NTTサービスイノベーション総合研究所
企画部広報担当
E-mail　randd-ml@hco.ntt.co.jp
URL　https://www.ntt.co.jp/news2020/2010/201028a.html

育種情報の一元化利用に向けた取り組み

研究者紹介

米丸　淳一

農業・食品産業技術総合研究機構　次世代作物開発研究センター
基盤研究領域育種法開発ユニット長



Society 5.0に代表される今後の社会では，さまざまな多量のデータ（ビッグデータ）に人工知能などを組み合わせた技術が重要な役割を果たすことが期待されており，農業分野においても同様です．品種改良を行う作物育種においては，食料の安定供給や国際競争力の強化に向けて，病害虫に強く種々の環境下で安定した収量や品質を示す多様なニーズに合った新たな品種を迅速につくり出すことが求められています．そのためには，育種を加速化するための新たな技術開発とともに，大量の育種情報，すなわち育種ビッグデータに基づいた効率的な育種が必要です．

そこで，農研機構では，保有するイネの膨大な形質データおよび多数の品種・系統のゲノム情報をひとまとめとした統合的なデータベースを整備すると同時に，ゲノム情報などから形質を予測する取り組みを開始しました．加えて，国内の他の育種組織が保有するイネなどの作物に関する育種情報の安全かつ利便性の高い一元化利用の仕組みをつくり，国内全体における作物育種全体を加速化する取り組みについても検討を始めています．データの一元化という表現は物々しく一方的な感を受けるかもしれませんが，個々の育種組織が効率的に品種育成を行うために連携を図るための仕組みづくりのお手伝いと考えています．

NTTとの共同研究により本取り組みを促進し，多くの人がデータの有用性を享受できるシステムを実現するために今後も努めていきます．

農業分野におけるデータ流通プラットフォームの実現に向けて

研究者紹介

太田　賢治

NTTセキュアプラットフォーム研究所
セキュアデータ流通基盤プロジェクト セキュアデータ分析G



NTTセキュアプラットフォーム研究所（SC研）では，安心･安全なデータ利活用を促進するデータ流通基盤の実現に向けて，秘密計算技術の研究開発に取り組んでいます．秘密計算技術を用いると，安心してデータを提供できるため複数組織から大量・多様なデータを集めやすく，その分析により，自組織のみでは得られなかった知見や精度の高い分析結果の獲得が期待できます．私は，世界最高速のNTT秘密計算技術の社会実装をめざして，大学・研究機関や他社との実証実験（PoC）等を推進する業務を行っています．

今回，農研機構と共同研究というかたちで，農業分野における複数組織間のデータ共有・データ利活用の基盤となる「作物ビッグデータ」の実現をめざして，SC研内のチーム体制を組んで，秘密計算技術の実証実験的な取り組みを開始しました．コロナ禍のため会議は基本的にオンラインになりますが，農業という産業直結の研究をされている農研機構との議論は刺激を受けます．そして，これからが本番．この共同研究の成果を実のあるものにしていきたいと気持ちを引き締めています．

またNTTグループは，ICTの活用により農業の課題解決を図る「スマート農業」を指向し，事業会社・研究所にてさまざまな取り組みが行われています．将来的には，NTTグループ内連携とともに，農研機構とさまざまな研究開発ができるよう進めていきます．

NTT技術ジャーナル

平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和3年2月1日発行毎月1回1日発行　第33巻第2号

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
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

定価（本体九〇〇円＋税）

雑誌コード　02057-2