

挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



可児淳一

NTTアクセスサービスシステム研究所
上席特別研究員

さらに広い視野に 立って考え、本質的 な目標に近づけ たい

我が国では高精細動画配信サービスやクラウドストレージ・ワークアプリケーション等のネットワークアプリケーションの普及を背景に、高速通信サービスの提供が加速し、これを支える光アクセスネットワークの研究開発には大きな期待が寄せられています。Beyond 5G/6G時代を見越し、当該研究領域をけん引するNTTアクセスサービスシステム研究所 可児淳一 上席特別研究員に研究活動の進捗と研究に臨む姿勢について伺いました。



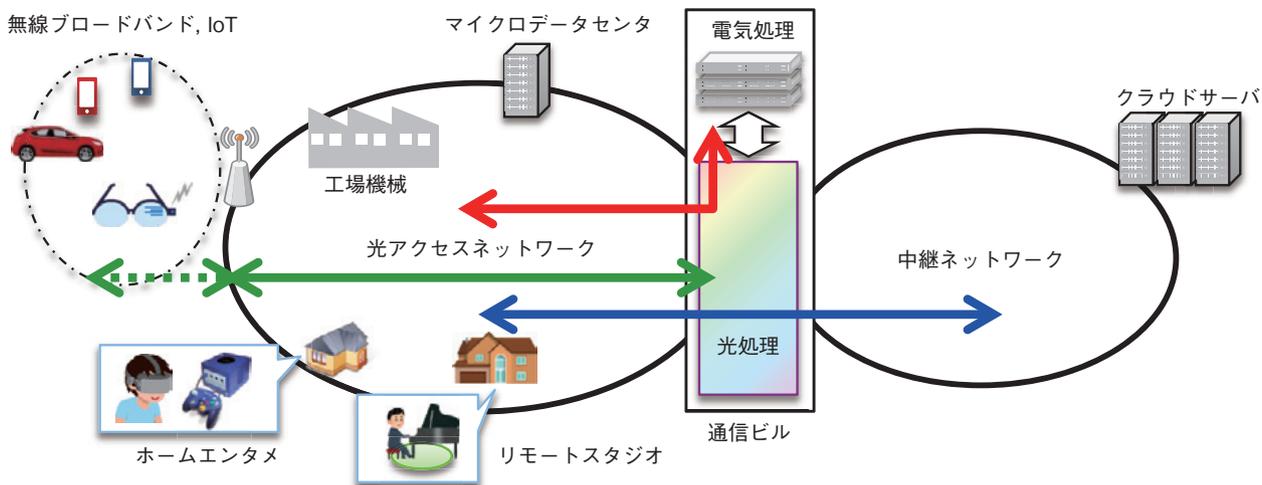
情報通信サービスの進化を加速する 新たな光アクセスネットワークを追究

2年ぶりのご登場ですね。まずは手掛けていらっしゃる研究の概要をお聞かせください。

継続して、情報通信サービスの進化を加速する新たな光アクセスネットワークを追究しています。システムの性能や柔軟性を抜本的に高める要素技術、アーキテクチャの研究にチームで取り組むとともに、グローバル連携の活動を通じて、新たな光アクセスネットワークの実現・普及をめざしています。

現在の光アクセスネットワークは、通信ビルにおいて中継ネットワークにトラフィックの乗せ換えをしています。バスの乗客が駅で電車に乗り換えるようなイメージです。この乗せ換えは光信号を電気信号に変換し、乗せ換えのための処理を行い、その電気信号を再び光信号に変換することで行われています。将来的にアクセスネットワークと中継ネットワークを融合させることで、トラフィックを乗せ換えることなく、必要な場所まで光信号のまま伝送できるようなネットワークをめざしています（図1）。

光アクセスネットワーク技術は、これまで各家庭まで光サービスを提供するFTTH（Fiber To The Home）と呼



- ・光と電気の処理を分離し、必要な場所まで光のままアクセス（従来はバスから電車に乗り換えていたのに対し、車でどこへでも移動できるようになるイメージ）
- ・電気処理はなるべく汎用サーバで実現（従来はワープロ、電卓、携帯音楽プレーヤーなどのように専用装置を用意していたのに対し、パソコンやスマホのようにソフトウェアの追加や変更でいろいろなことができるようになるイメージ）

図1 将来の光アクセスネットワーク

ばれるブロードバンドサービスの発展を支えてきました。現在は高速モバイルインターネットが普及してきていますが、通信ビル内の設備と5G（第5世代移动通信システム）のアンテナや次世代の無線LANのアンテナ等はすべて光ファイバのネットワークでつながっています。

また、工場の機械や各種のセンサ、交通システムや電力システムなど、あらゆるものがネットワークでつながっていくことを考えると、帯域や遅延などの要件はこれまでよりも一層幅広いものになっていくでしょう。このような背景から、光アクセスネットワークはFTTHの基盤から多様なサービスやシステムに共通のアクセス基盤になると考え、将来に向けて光アクセスネットワークを進化させるべく研究開発を行っています。

注目を集める研究成果を上げていっしょに同いまして。進捗をお聞かせください。

要素技術の研究として、光アクセスネットワークの伝送性能の抜本的な向上と伝送機能のソフトウェア化による柔軟性の向上についてご紹介します。

先述のように、現在、FTTHの展開に向けて、日本をはじめとした世界各国でPON（Passive Optical Network）と呼ばれる光アクセスシステムが導入されています。現在のPONシステムでは、二値の強度変調信号を送信し、光強度のみを受信する方式を用いており、伝送レート1~10 Gbit/s、分岐数32、伝送距離20 km程度のアクセスネットワークが普及しています。

このPONシステムの伝送性能を抜本的に向上させるために、世界に先駆けて「デジタルコヒーレントアクセス」という方式の研究に取り組んできました。マイルストーン



として、リアルタイム検証実験を行い、上り下りともに10 Gbit/sのPONシステムで、伝送距離40 km、送受信バジェット50 dBを達成して、2021年、国際論文誌Optics Expressで報告しました。

この結果は、既存の10G-PONに対して、距離を2倍、送受信バジェットを20 dB（100倍）改善できることを示しています。米国ではケーブルTV関連の規格を策定するケーブルラボがデジタルコヒーレントアクセスの標準化を開始しましたが、そのような技術進展の流れに貢献できたと自負しています。

伝送機能のソフトウェア化による柔軟性の向上においては、課題となっていた低遅延化に取り組み、代表的な光アクセスシステムである10G-PONの処理を、専用LSIを使わずに汎用サーバ上のソフトウェアで、1 ms以下で実現することができました。こちらは、難関論文誌IEEE Networkに採択されました。

そして、長距離伝送に必須となっているデジタルコヒーレント方式の信号処理を、専用LSIを使わずに汎用サーバ上のソフトウェアで実現し、10 Gbit/sの伝送速度を達成することができ、トップ国際会議であるECOC 2021に採択されました。



光学関連のトップジャーナルでの発表、世界トップレベルの研究成果を継続的に創出

学術的にも社会的にも高い評価を得ている研究活動に注目が集まっているのですね。

おかげさまで、2021年は日本ITU協会賞功績賞をいただきました。ITU-T SG15において、課題アソシエートレポートとして光アクセスシステムの標準化を主導し、光アクセスネットワークの高速化・高機能化に貢献し、技術フォーラムFSAN (Full Service Access Network Initiative) において、光アクセスシステムに関する技術ディス

カッションを推進するとともに技術ロードマップの策定を主導し、ITU-Tにおける勧告策定の加速に貢献したことが評価されました。

また、テラヘルツ波という新しい領域の電波で超高速の無線通信を行う研究を、テラヘルツ通信の第一人者である大阪大学の永妻忠夫先生と共同で進めています。光周波数コムと呼ばれる多波長光源を使うと、正確なテラヘルツ波を発生できることに加えて、光ファイバネットワークと非常に親和性の高いシステムができます。実験により、光周波数コムとイントラダイン受信器を使ったテラヘルツ波通信では世界のトップデータとなる128 Gbit/sの速度を達成しました（図2）。この成果は国際会議OECC 2022で報告しました。

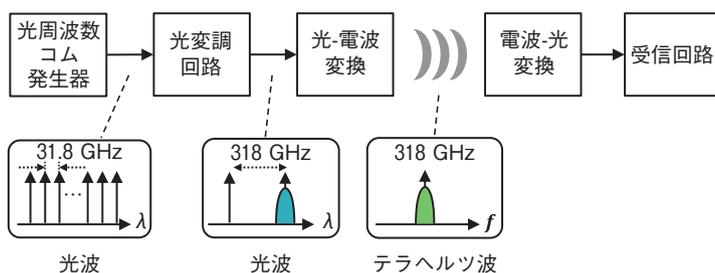
さらに、アーキテクチャの研究においては、通信ビルの光処理部分のつくり方をチームで議論して考案し、将来のオール光ネットワークの入り口ということから、Photonic Gatewayと名付けて、実際に部品を組み合わせで動作させ、難関国際会議（OFC 2021, OFC 2022）で報告しました。

これらの成果は、日本がめざすべき未来像の実現に貢献するものです。科学技術基本計画においてSociety 5.0として示されているサイバー空間とフィジカル空間の融合の実現には、一般的にはAI（人工知能）やVR（仮想現実）などに注目が集まりますが、基本的にはこれらを支えるインフラ部分で光通信により情報がスムーズに伝送されることが非常に重要となります。

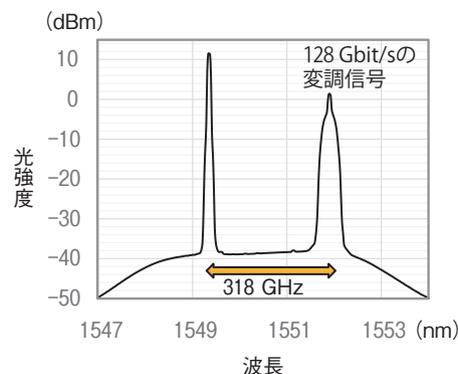
私が追究する光通信は土台の部分を支える技術という意味では裏方ではありますが、情報通信サービスの進化を加速させて社会の役に立つ重要な技術です。引き続き、光アクセスの先端技術を担っていきたいと考えています。

IOWN構想の実現にも注力されていますね。

NTTは2019年に光ベースの革新的なネットワーク・情



(a) 実験で用いた構成



(b) 光変調回路の出力スペクトル

図2 光周波数コムを使ったテラヘルツ波通信技術

報処理基盤の将来像としてIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を発表しました。2022年度からは、まだ特定用途、特定エリアに限定されますが、サービス導入を開始し、その後段階的に、性能向上と利用拡大を進めていきます。

構想は、ネットワークから端末まですべてにフォトリクス（光）ベースの技術を導入した「オールフォトリクス・ネットワーク (APN)」, 実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測等を実現する「デジタルツインコンピューティング」、あらゆるものをつなぎ、その制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション」から成り立ちますが、私はこのうちのAPNの実現に向けたアクセス面のアーキテクチャや伝送技術に特に力を入れて検討を行っています。

現在は、IOWNグローバルフォーラム (IGF) にも参加し、APNのアーキテクチャの議論を進めています。IGFにおけるAPNの議論では、段階的な発展を実現するために、短期解をしっかりとつくることもポイントになってきますから、研究から少しギアチェンジして取り組んでいるところです。

このように長年、追究してきた研究がこの構想に貢献できることを嬉しく思います。これからますます新しい世界、新しいネットワークにチャレンジし、新しいICT世界を実現したいと考えています。

また、この構想とその普及をめざすIGFでは、国内外のさまざまな有識者と議論する機会が増えており、非常に良い刺激をいただき感謝しています。2020年に米国法人として設立して以来、コロナ禍にあってミーティングはオンラインでの開催でしたが、2022年になって初めて対面での開催が実現しました。



研究者人生20年. 技術の進化を予想することだけでも面白い

研究活動において大切にしていることを教えてください。

さまざまな立場の方々と議論することを大切にしてきました。先ほどもお話ししたとおり、私は国際標準化活動にも長く携わり、研究者人生も20年以上となりました。若いころには採択されることが目標だった国際会議 OFC では、2021年に ジェネラルチェアを務めさせていただきました。



光通信業界の進化に胸を躍らせる毎日を過ごす中で、その業界全体をカバーするOFCの運営や企画に携われたことはとても刺激的でした。今後も、学会や標準化をはじめとするグローバルの場で多くの研究者・技術者と協調し、2030年をめざして大きなチャレンジをしたいと思って活動に勤しんでいます。

このような場で議論を重ねると、課題についての視点の違いを知ることができます。私が手掛けるネットワーク分野で世界標準を追究するのであれば、ことさらに広い視野に立って考え、本質的な目標に近づけたいと思いを新たにすることもあります。

私にとってのゴールは研究成果が世の中の多くの人の役に立つことですので、そのためにも長期的な技術の進化を見極めていきたいという考えは前回から引き続き大事にしています。

なぜなら、2年、3年、5年と短期の目標を設定するとどうしても研究がこじんまりしてしまうからです。前回、アマラの法則についてお話ししたとおり、新しい技術のインパクトは、短期間では過大評価され、長期的には過小評価されるものです。短期的には「技術トレンド」と称していろいろな技術に期待が寄せられる一方で、長期的には大胆な予測は避けがちになります。しかし、実際には10年、20年のスパンで見ると、さまざまなことが予想していたより大きく変わっているものだと思います。

世界トップレベルの研究者として競い合うとき、どんな思いで研究に臨まれているのでしょうか。後進の研究者に一言お願いいたします。

私は単純に技術の進化を予想することだけでも面白いと感じます。予想のあたりはずれそのものにもワクワクします。例えば、研究活動において、もうこの分野は進展しないだろうと思っているとまた新しいテーマが持ち上がるなど、良い意味で裏切られます。研究者は自らの専門分野に

おいて飽くなき追究ができる面白い仕事だと思います。

ですので、他の研究者が先んじて成果を発表したときに感じるのは、単純に「負けた」という思いではありません。同じようなアイデアを持っていて、もう少し追究する時間をとれば良かったということは何度かありましたが、自分が携わる技術が皆の力で進歩すること自体には嬉しい気持ちがありますので、次は頑張ろうと思います。そして、すでに顕在化したテーマではなく、アマラの法則の長期的な変化に結びつくような潜在的なニーズをうまくとらえられるかに注力したいと思っています。

この年になって実感するのは好きなことは続けられるということ、「継続は力なり」ということです。好きなことは後から得意になるのだと実感しています。おそらく、誰しも、最初からずば抜けていることはないのではないのでしょうか。

最近では、上席研究員として若手のチャレンジを応援する役割も担っています。後進の研究者の皆さんには、これまで私自身が育てていただいたことへの恩返しのためにも応援していきたいと思っています。

そして、私自身も現役の研究者としてチャレンジ精神は忘れずにいたいですね。日清食品の創業者である安藤百福さんは51歳のときにカップラーメンを発明し、90代まで新商品の開発にチャレンジしています。私も50代となりましたがまだまだ頑張りたいですね。今後も、知的好奇心と世の中の役に立つかのバランスをかんがみながら、若手の皆さんと同じ目線で研究に臨んでいきたいと考えています。