

NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和2年8月1日発行 毎月1回1日発行 第32巻第8号(通巻377号)

8

AUGUST 2020
vol.32 No.8

技術ジャーナル

特集

IOWN構想特集

—オールフォトリクス・ネットワーク
実現に向けた光電融合技術—

グループ企業探訪
empheal

from NTTコミュニケーションズ
Flexible InterConnect を支える技術

4

特 集

IOWN構想特集

—オールフォトニクス・ネットワーク実現に向けた
光電融合技術—

6

オールフォトニクス・ネットワーク, 光電融合技術のめざす未来

10

シリコンフォトニクス技術による光電融合型光送受信モジュールの開発

15

高密度・低消費電力な短距離光インターコネクションに
向けたデバイス技術

23

ナノフォトニクス技術による光電融合アクセラレータへの研究展開

30

from ★NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

2019年ITU無線通信総会 (RA-19), 世界無線通信会議 (WRC-19) 報告

36

挑戦する研究者たち

亀岡 弘和

NTT コミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員

エレガントさを追究. 研究ゴールという大きな傘をつくる



42

グループ企業探訪

株式会社empheal

データドリブンな健康経営のアドバイザー



NTT 技術ジャーナル

- 46 | **from NTTコミュニケーションズ**
Flexible InterConnectを支える技術
- 51 | **R&Dホットコーナー**
ネットワーク種別に依存しない統一管理モデルを用いたサービス影響把握技術
- 54 | **グローバルトレンド**
ブータン王国に生きるNTT東日本の災害対策：経験を通じた国際貢献
- 60 | **グローバルスタンダード最前線**
ITU-T SG12 標準化動向

Focus on the News	62
イベント	75
読者の声	76
9月号予定	
編集後記	

本誌掲載内容についての
ご意見、ご要望、お問い合わせ先
一般社団法人電気通信協会内
NTT技術誌事務局
TEL (03) 3288-0608
FAX (03) 3288-0615
E-mail jimukyoku2008@tta.or.jp

本誌ご購入のお申し込み、
お問い合わせ先
一般社団法人電気通信協会
ブックセンター
TEL (03) 3288-0611
FAX (03) 3288-0615
ホームページ <http://www.tta.or.jp/>

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

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

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

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

特集

IOWN構想特集

—オールフォトンクス・ネットワーク 実現に向けた光電融合技術—

IOWN



光電融合技術



デジタルコヒーレント

レーザ



フォトニック結晶

本特集では、NTT R&Dが提唱するIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想とその構成要素であるオールフォトンクス・ネットワークについて、めざす未来とそれを実現するための技術について概説する。

All-Photonic

オールフォトリクス・ネットワーク、光電融合技術のめざす未来

オールフォトリクス・ネットワークの実現において超低遅延・超低消費電力化の鍵となる光電融合技術とそのロードマップについて紹介する。

6

シリコンフォトリクス技術による光電融合型光送受信モジュールの開発

シリコンフォトリクス技術を活用した超小型光送受信回路と、電子デバイスのコパッケージ化による、光インタフェースの超小型化および経済化技術について紹介する。

10

高密度・低消費電力な短距離光インターコネクションに向けたデバイス技術

Si光回路との高い集積性を備えCMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) ドライバにより低消費電力で駆動できるSi基板上薄膜直接変調レーザを紹介する。

15

ナノフォトリクス技術による光電融合アクセラレータへの研究展開

NTTナノフォトリクスセンタが研究している光パスゲート回路、光電変換素子、光非線形素子の各技術について紹介し、これらを集積させることで可能となる「光電融合アクセラレータ」への道筋を示す。

23

ics Network

オールフォトニクス・ネットワーク、 光電融合技術のめざす未来

NTT R&Dが提唱するIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想とその構成要素であるオールフォトニクス・ネットワークについて、本稿ではめざす未来とそれを実現するための技術について概説します。また、オールフォトニクス・ネットワークの実現において超低遅延・超低消費電力化の鍵となる光電融合技術とそのロードマップについて紹介します。

IOWN構想とは

NTT R&Dは、多様性を受容する豊かな社会の構築をめざしています。多様性に満ちた新たな世界を可能とするのは他者への理解であり、理解を深めるためには他者の立場に立った情報や感覚を得ることが大きな助けになるでしょう。研究開発を通じてこの世界を実現するためには、これまで以上に高精細で高感度なセンサにより多くの情報を得ることはもちろん、人間の感覚や主観にまで踏み込んだ情報処理が要求されます。

このような将来像に向けて、NTT R&Dは新たなコミュニケーション基盤であるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を提唱しました。光を中心とした革新的技術で、超大容量・超低遅延・超低消費電力を特徴としたネットワークと情報処理基盤の実現をめざしており、2030年の実現に向けて、パートナーの皆様とともにさまざまな議論を始めています。

IOWN構想は次の3要素から構成されてい

そうがわ 寒川 哲臣^{†1} とみざわ 富澤 将人^{†2}

おかだ 岡田 顕^{†3} ことう 後藤 秀樹^{†4}

NTT先端技術総合研究所 所長^{†1}

NTTデバイスイノベーションセンタ 所長^{†2}

NTT先端集積デバイス研究所 所長^{†3}

NTT物性科学基礎研究所 所長^{†4}

ます。ネットワークから端末まで、すべてにフォトニクスベースの技術を導入する「オールフォトニクス・ネットワーク (APN)」、あらゆるものをつなぎその制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション (CF)」、実世界を表す多くのデジタル情報を掛け合わせ、モノやヒトの相互作用をサイバー空間上で再現・試行可能とする新たな計算パラダイム「デジタルツインコンピューティング (DTC)」です。対象となるレイヤはそれぞれ異なっていますが、これら3要素が組み合わさることで、新時代のネットワークと情報処理が実現できると考えています。

APNの重要性

IOWN構想の3要素の中で新たな光通信と情報処理の基盤となるのがAPNです。APNの大きな特徴は、従来の「エレクトロニクス」から「フォトニクス」への転換により、ネットワークから端末のエンド・ツー・エンドで、最大限光技術を導入することで、低消費電力かつ高速な情報伝送と情報処理基盤の実現を

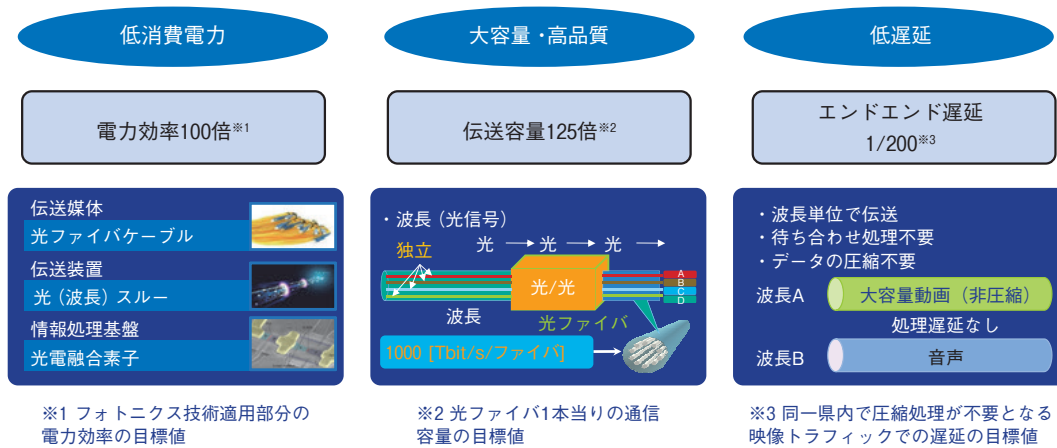


図1 オールフォトニクス・ネットワークの目標性能

めざします（図1）。低消費電力化については、後述する光電融合技術の導入により、電力効率を100倍にすることが目標です。また、伝送容量については、1つのファイバ中に多くのコアを並べたマルチコアファイバやコヒーレント用光送受信器（COSA: Coherent Optical Sub Assembly）などの開発によって、125倍に高めることをめざします。さらに、例えば遅延が許されないデータ伝送についてはデータを圧縮せずに伝送することで、エンド・ツー・エンドでの遅延を200分の1に減らすことをめざします。

APNのめざす世界観

APNが実現すると新たな活用シーンの誕生が期待できます。革新的な大容量化により、これまではデジタル変換の段階で意図的にデータ量を削減していた情報を、より原信号に近い精細な状態で送受信することが可能になります。もし、蜂の視覚、犬の嗅覚、コウモリの耳をナチュラルにとらえて丁寧に拾い上げていけば、人間の五感を大きく拡張していくことができ、人に寄り添い人の能力を高めた社会を実現することができるでしょう。また、光ファイバ伝送において機能やサービスごとに異なる光の波長を割り当てれば、

複数の情報を同時に低遅延で送ることも可能になります。例えば、多チャネルで高精細な画像を送りながら、遅延のないインタラクティブなやり取りをすることも可能になり、遠隔手術やMaaS（Mobility as a Service）など通信品質に対する要求がクリティカルな現場での実用化もみえてきます。

光電融合技術とは

APNを実現するためには、光技術を従来のような長距離伝送やデータセンタ内インターコネクトなどの中距離伝送だけでなく、プロセッサチップ内の信号処理部にも光と電子を導入した「光電融合技術」が必要になり

ます。

光電融合技術の試金石となる研究成果が、世界最小の消費エネルギーで動く光電変換デバイスであり、2019年4月15日、英国科学誌「Nature Photonics」に発表されました。電子回路の一部に光を融合する技術は、20年以上前に研究されてきましたが、デバイスのサイズや消費電力が大きく、実用技術としては確立されませんでした。今回の研究成果で、従来のものに比べて消費電力を94%カットできたことで、実用化の可能性が高まったといえます。

光電融合技術のロードマップを図2に示します。まずは、ファイバとシリコンフォトニ

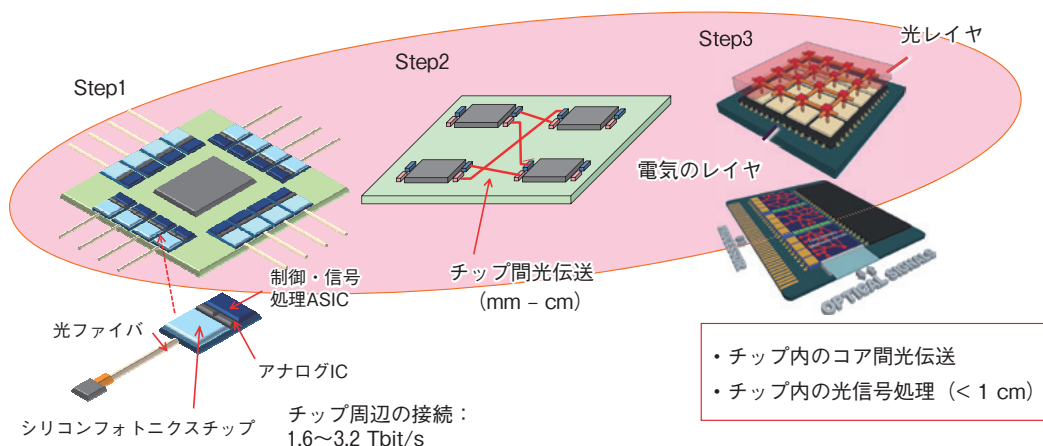


図2 光電融合技術のロードマップ

クスにより実装された回路、アナログIC等を集積した構造を実現し、チップ外部との接続速度を高速化します（Step1）。次に、チップ間を超短距離の光配線により直接接続し、情報処理能力を向上させます（Step2）。最後に、チップ内のコア間を光配線で接続し、光の特性を活かした光トランジスタや光パスゲート技術を適用して低消費電力化するとともに、演算を光回路の通過時間のみで瞬時に実現します（Step3）。

本特集の内容について

今回は、NTT先端技術総合研究所におけるAPN実現に向けた光電融合技術の取り組みについて特集します。Step1の取り組みからは、シリコンフォトリソ技術を活用した超小型光送受信回路を取り上げます。続くStep2からは高密度・低消費電力な光インターコネクション技術について、Step3からはナノフォトニクス技術を利用した光電変換デバイスや光パスゲート回路について紹介します。



（上段左から）寒川 哲臣/ 富澤 将人

（下段左から）岡田 顕 / 後藤 秀樹

IOWN構想の中で新たな光通信と情報処理の基盤となるオールフォトニクス・ネットワークと、超低遅延・超低消費電力化の鍵となる光電融合技術の実現に向けて、研究開発を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTT 先端技術総合研究所

企画部

TEL 046-240-5157

FAX 046-240-2222

E-mail science_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp

シリコンフォトニクス技術による 光電融合型光送受信モジュールの開発

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現に向けたオールフォトニクス・ネットワークの実現に向け、光電融合型の超小型光送受信モジュールの開発を行っています。シリコンフォトニクス技術を活用した超小型光送受信回路と、電子デバイスのコパッケージ化による、光インタフェースの超小型化および経済化技術について紹介します。

なす ゆうすけ
那須 悠介

やまなか しょうご
山中 祥吾

NTTデバイスイノベーションセンタ

はじめに

通信機器の多様化とともに、通信ネットワークを経由したサービスの増大が進み、ネットワーク内でIT機器の処理すべきデータ量や消費電力は飛躍的に増大しています。今後も伸び続けるトラフィックへの対応と、さらなる大容量、低遅延、低消費電力、かつ柔軟性に優れた通信ネットワークを提供するため、NTTは新たなネットワークIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の実現を提案しました。

IOWN構想を構成する3つの柱の内の1つ、オールフォトニクス・ネットワーク (APN) は、ネットワークから端末まであらゆる所にフォトニクス技術の導入を図るというものです。APNでは、ネットワークにおける短距離伝送から長距離伝送に至るあらゆる情報伝送において、フォトニクス (光技術) の利用を図り、圧倒的な低消費電力、高品質・大容量、低遅延の伝送を実現します。従来の光技術は、伝送距離が比較的長いエリアに適用されてきました。より短距離の通信にも光技術

を導入するためには、光を操るデバイスの圧倒的な小型化や経済化、性能向上が必要とされます。そこで、重要となってくるのが、光と電気を一体に集積し、より効率的な動作を可能とさせる光電融合技術です。

光電融合技術とは、光回路と電気回路を融合させ、小型・経済化に加え、高速・低消費電力化など、さまざまな性能向上を図るものです。ネットワーク内の光インタフェースに配置される光送受信部から、将来的には、1つのLSIチップ内における信号伝送を担う光送受信部まで、光電融合により光電融合回路の集積規模が拡大するほど光技術の適用範囲が広がります。

NTTデバイスイノベーションセンタでは、ネットワーク内の光インタフェースの小型化および低消費電力化、伝送速度の拡大をめざし、シリコンフォトニクスという技術を用いた光送受信モジュールの開発を行っています。シリコンチップ上に小型の光送信回路や、光と電気の変換機能を実現する光受信回路を集積し、これを電気の増幅器等のアナログ電子回路とコパッケージすることで、光電

融合型の光送受信モジュールとなります。これをデジタルコヒーレント用の光モジュールに適用することで、圧倒的な光トランシーバの小型化を実現でき、このような光送受信モジュールを私たちはCOSA（コサ：Coherent Optical SubAssembly）と称し、開発を進めています。このような光電融合技術は、光ネットワーク内の光インタフェース部分を大幅に小型化し、ネットワークの経済化や伝送システムの小型化に寄与できます。

シリコンフォトリクス

NTT先端技術総合研究所では、世界に先駆けて、シリコンフォトリクスを研究開発してきました。シリコンフォトリクスとは、大規模集積回路（LSI）技術によって培われてきた微細加工技術を用い、通信波長帯（1.3～1.5 μm ）において透明なシリコンを光集積回路のプラットフォームとして活用する技術です。

シリコンフォトリクスは、シリコン上に単純な光受動素子だけでなく、変調器や Ge（ゲルマニウム）PD（Photo Detector）などの集積も可能であるという特徴を持ちます。NTTでも、2000年代初頭より、基盤的研究としてシリコンフォトリクスに取り組み、さまざまな要素技術の検討を進めてきました⁽¹⁾。光トランシーバ内の光デバイスは、従来、それぞれ異なる材料系を用いて実現され、光ファイバや空間光学系などで相互に接続されていました。NTTは、キーとなる光デバイス群をシリコンフォトリクスにより実現し、それらを1つのチップ上に集積することに成功しています。このようなシリコンフォトリクスチップを、電子回路とともに同一パッケー

ジ内へ実装することで光デバイス部分の超小型化が達成できます。

デジタルコヒーレント用光送受信モジュール（COSA）

デジタルコヒーレント伝送は、その強力な電気補償技術によって光伝送における信号劣化を補償することができ、これまで数百～数千kmの長距離伝送用途として発展してきました。現在では、特にトラフィックの増大が顕著となっているデータセンタ間等の比較的短距離用途としても、このようなデジタルコヒーレント伝送技術の適用検討が進んでいます。光伝送用のデバイスの標準規格を策定する業界団体「OIF（The Optical Internet-working Forum）」は、デジタルコヒーレント用光トランシーバの消費電力やサイズについての規格を定めています。同団体は2012年以降1～2年ごとにデジタルコヒーレント用光トランシーバの新規格を策定し、そのたびにサイズの小型化を要求しています。2012年ごろには、5×7インチ（1インチは2.54 cm 相当なので12.7×17.8 cm）の大きさだったものが、最近、QSFP-DD（Quad Small form Factor Pluggable-Double Density）と呼ばれる2×8 cmまでに小型化されたトランシーバサイズが要求され、伝送速度の規格も100 Gbit/sから400 Gbit/sへと増大しています。小型化と伝送速度の拡大が要求される背景には、データセンタなどにおける装置の高密度配置に対するニーズがあります。その一方、適用領域の拡大のためには、装置のさらなる経済化も必要です。このようなデジタルコヒーレント用光トランシーバの光送受信部に対し、光電融合技術である

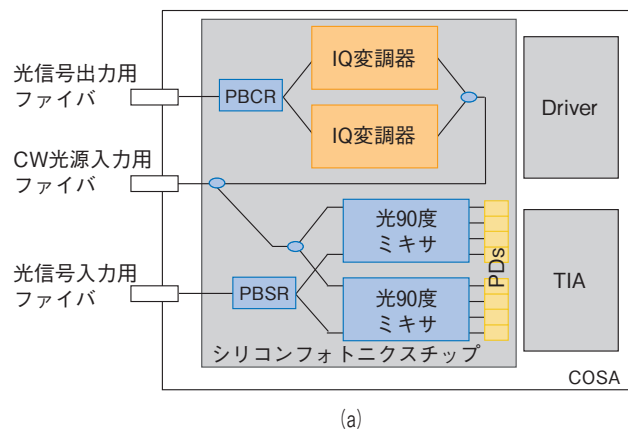
シリコンフォトニクスの適用を行ったのが、NTTが提案したCOSAです⁽²⁾。

COSAの概念図を図1(a)に示します。1つのパッケージ内に、シリコンフォトニクスチップ、受信用PDの出力電流を電圧信号に変換するTIA (TransImpedance Amplifier)、送信変調器を駆動するためのドライバが集積されています。シリコンフォトニクスチップ内には、送信側にはIQ変調器と偏波回転合流器 (PBCR: Polarization Beam Combiner Rotator)、受信側にはコヒーレント受信器を構成する偏波分離回転器 (PBSR: Polarization Beam Splitter Rotator) 光90度ミキサー、高速PD (Photo Detector) アレイが集積され、さらに送信受信の光信号パワー監視するモニター用PDが集積されています。従来は、これら光デバイスはそれぞれ異なる材料系を用いて別々のデバイスとして実現されており、光ファイバ等で相互に接続されていたため、サイズの小型化には限界がありました。私たちは図1(b)に示すように、これらキーとなる光デバイス群をシリコンフォトニクス技術により1つのチップ上に集積しました。このチップを、ドライ

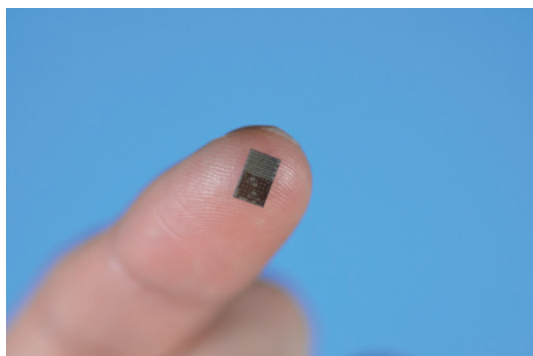
バおよびTIA等の電子デバイスとともにパッケージへ実装し、400 Gbit/s 伝送に対応した小型の光送受信モジュールを実現しました。

小型化に寄与する他の要素として、温度コントロール部を省略できたこと、パッケージに気密性が必要ではないことも、挙げられます。これらは、シリコンの持つ高い屈折率や材料安定性など、材料特性を最大限に活用しつつ、独自の光回路設計を適用することで特性の温度無依存化や耐湿性を実現した結果によるものです。また、光ファイバの端面を直接シリコンフォトニクスチップに接続できたのも小型化やデバイスの低背化に貢献しました。図2はCOSAの外観写真です。COSAは現在、パッケージサイズとして19×12×2.1 mmと、極めて小型で薄い外形で実現できています。デジタルコヒーレント用光トランシーバの小型化が進んでいる現在、COSAの適用により、さらなる小型化が加速されることが期待できます。

COSAの組み立て時、および使用（光トランシーバ内の実装）時のプロセスを図3に示します。パッケージ上に半田印刷とリフローにより部品を搭載後、チップを搭載しま



(a)



(b)

図1 (a) COSAの概念図, (b) シリコンフォトニクスチップ外観写真

す。その後、高速電気信号、制御信号、および給電の入出力インタフェースとなるBGA (Ball Grid Array) を形成し、リッドを固定して完成します。これらのプロセスでは、実装の完全自動化が実現されており、COSAの高生産性と経済化に寄与しています。また、光トランシーバのPCB (Printed Circuit Board) 基板に実装する際も、COSAはBGAインタフェース技術の採用により、他の電子部品と同時かつ自動でリフロー実装が可能となりました。従来の光デバイスの多くは、PCB基板に電子部品をリフロー実装した後に個別に実装する必要があったため、実装工程の煩雑性が課題となっていました。COSAの適用により、光トランシーバ

実装工程の大幅な簡略化が実現されます。

今後の展開

APNの描く将来は、ネットワークのあらゆる情報伝送においてフォトニクスへの転換を図られた、革新的な光ネットワークの実現です。光技術をより短距離の信号伝送や端末まで適用するためには、光送受信モジュールのさらなる小型・経済化や伝送速度の向上が求められます。現在、COSAにおいてパッケージ内に集積されている電子回路は比較的小規模なものです。今後はさらに大規模かつさまざまな機能を有する電子回路とのコパッケージ化により、モジュールの小型経済化が進むと思われます。また、光送受信機能としての伝送速度向上も求められますが、光・電気回路間を極限まで近接させ、回路間の伝送速度の劣化を抑制し得る光電融合技術は、その進展を加速すると期待されます。

すでにNTTデバイスイノベーションセンタでは、このような光電融合の展開を見据え、COSAの伝送速度を大幅に向上するための研究開発を進めています⁽³⁾。すでに開発した400 Gbit/s伝送用の64 Gbaud対応COSAに比べ、伝送速度を大幅に向上させ、100

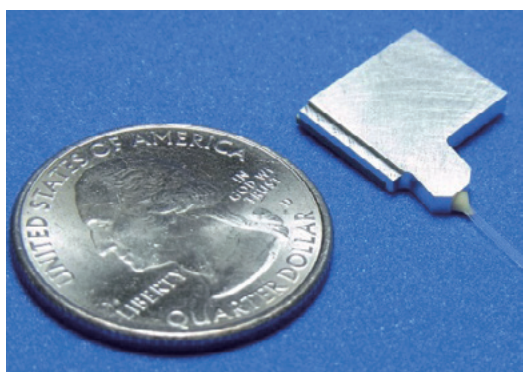


図2 COSAの外観

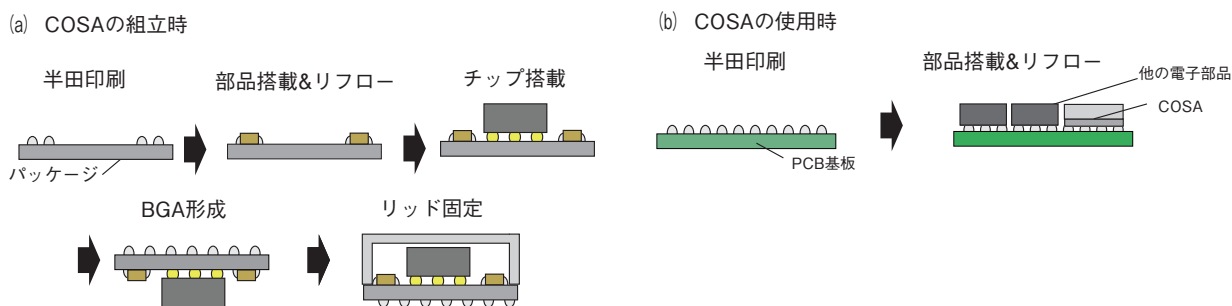


図3 COSA組立工程の概念図

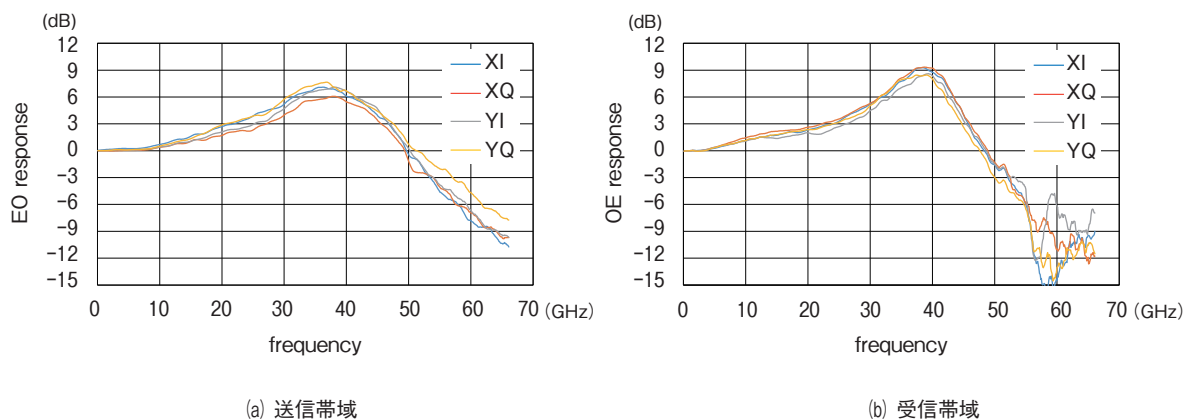
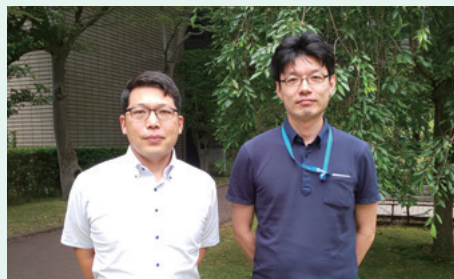


図4 COSAの帯域特性

Gbaud級の伝送を可能とするCOSAの実験に成功しています。新たなCOSAの送信帯域および受信帯域特性を図4に示します。シリコンフォトニクスチップのみならず、コパッケージング技術の改良により、大幅な動作帯域の拡大に成功し、伝送実験においても100 Gbaud級の動作確認を行いました。今後の光電融合の進展により、小型・経済化とともに、伝送速度の向上が期待でき、継続して研究開発を進めていきます。

参考文献

- (1) 特集：“新世代通信を拓くシリコンフォトニクス技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 21, No. 12, pp. 12 - 35, 2009.
- (2) 柏尾・那須：“Beyond 100 G 光トランスポートネットワーク用光送受信器,” NTT技術ジャーナル, Vol. 28, No. 7, pp. 15-17, 2016.
- (3) S. Yamanaka, Y. Ikuma, T. Itoh, Y. Kawamura, K. Kikuchi, Y. Kurata, M. Jizodo, T. Jyo, S. Soma, M. Takahashi, K. Tsuzuki, M. Nagatani, Y. Nasu, A. Matsushita, and T. Yamada: “Silicon Photonics Coherent Optical Subassembly with EO and OE Bandwidths of Over 50 GHz,” OFC2020, PDP, Th4A.4, 2020.



(左から) 那須 悠介 / 山中 祥吾

NTTデバイスイノベーションセンタのシリコンフォトニクスを活用した光送受信モジュールの開発について紹介しました。APNの描く、よりスマートな社会の実現に向けて、これからもフォトニクスを活用した基盤技術の研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTデバイスイノベーションセンタ

企画部

TEL 046-240-2403

FAX 046-270-3703

E-mail dic-kensui-p@hco.ntt.co.jp

高密度・低消費電力な短距離光インターコネクションに向けたデバイス技術

情報処理基盤の高速化と低消費電力化に向け、ボード内の短距離通信に光技術を適用した光インターコネクションが検討されています。本稿では、Si光回路との高い集積性を備えCMOSドライバにより低消費電力で駆動できるSi基板上薄膜直接変調レーザを紹介します。

たけだ 武田	こうじ 浩司	ふじい 藤井	たくろう 拓郎	きし 岸	としき 俊樹
しかま 鹿間	こうた 光太	わきた 脇田	ひとし 斉	にし 西	ひでたか 英隆
さとう 佐藤	ともなり 具就	つちざわ 土澤	たい 泰	せがわ 瀬川	とおる 徹
さとう 佐藤	のりお 昇男	まつお 松尾	しんじ 慎治		

NTT先端集積デバイス研究所

はじめに

IoT (Internet of Things) の進展やAI (人工知能) の利用拡大により、従来の予想を超える膨大なデータが取り扱われるようになり、今後もこの傾向は持続すると考えられています。このデータ処理の増大により情報通信機器の消費電力も加速度的に増大すると推定されています⁽¹⁾。このままトラフィックが伸び続け、情報通信機器の性能が変わらないとすると2030年には日本の年間消費電力量の倍近い電力を情報通信機器が消費する予測もあります。特に、データ処理は大規模なデータセンタに集約される傾向にあり、データセンタに必要な電力も加速度的に増大しています。例えば、日本のデータセンタの消費電力は、2015年時点で日本の年間消費電力の1%という試算があり、データの処理や伝送にかかる消費電力の低減が重要といえます。

このような背景のもと提案されたIOWN

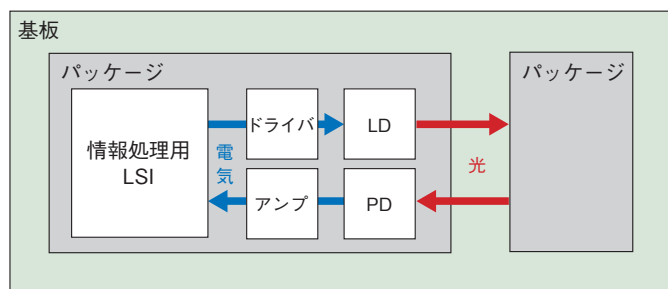
(Innovative Optical and Wireless Network) 構想では超低消費電力を1つの特徴とし、その実現のために、長距離通信で培った技術を短距離にも適用する光電融合技術の研究開発を進めています。現在までに光通信技術は国際間の長距離通信や国内のメトロ・アクセス網に適用され、近年ではデータセンタ間の通信に、さらにはデータセンタ内のラック間やボード間の通信に適用されています。一方、ボード内や大規模集積回路 (LSI: Large Scale Integrated Circuit) 間の通信には電気配線が用いられています。しかし、電気配線は、データの速度や伝送距離の増加に伴い伝送損失が大きくなるというデメリットがあります。一方、光配線は、それらが増大しても損失は一定であり消費電力の増加は小さいという特徴があります。NTTでは、ボード内の短距離通信に光技術を適用し、データの処理や伝送にかかる電子機器の高速化と低消費電力化をめざす光インターコネク

ションの研究開発を進めています。

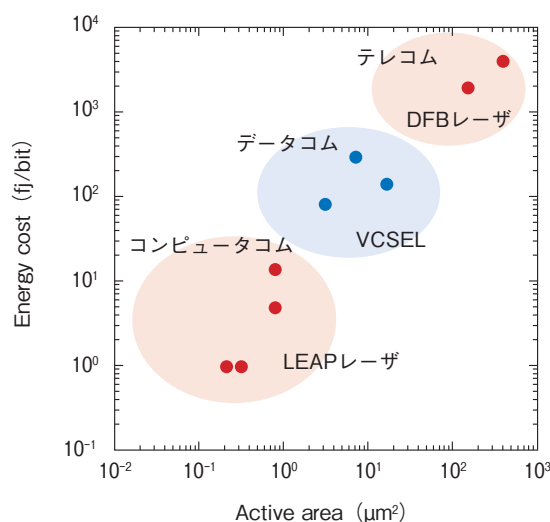
短距離光インターコネクションに向けたデバイス技術

情報処理用の光インターコネクションに必要なブロック構成を図1(a)に示します。情報処理用のLSIの直近に光送受信器を配置して電気信号を光信号に変換して行います。より短距離に光通信技術を適用していくためには、半導体レーザ（LD: Laser Diode）をはじめとする光デバイスの高密度集積化と低

消費電力化が必須です。図1(b)に、さまざまな距離で用いられている直接変調LDの、活性領域の大きさと消費エネルギーの関係を示します。一般にLDは、活性領域が大きいほど大きな光強度のレーザ光を出射できる一方、変調時の消費エネルギーも大きくなります。テレコムでは長距離伝送のために大きな光強度が求められ、大きな活性層領域を持つ半導体レーザが必要になります。ボード間伝送といったデータコムでは、エネルギーコストを低減する必要性が増します。現在の短距



(a) LSIチップ間光インターコネクションのブロック図



(b) 活性領域面積と消費エネルギーの関係

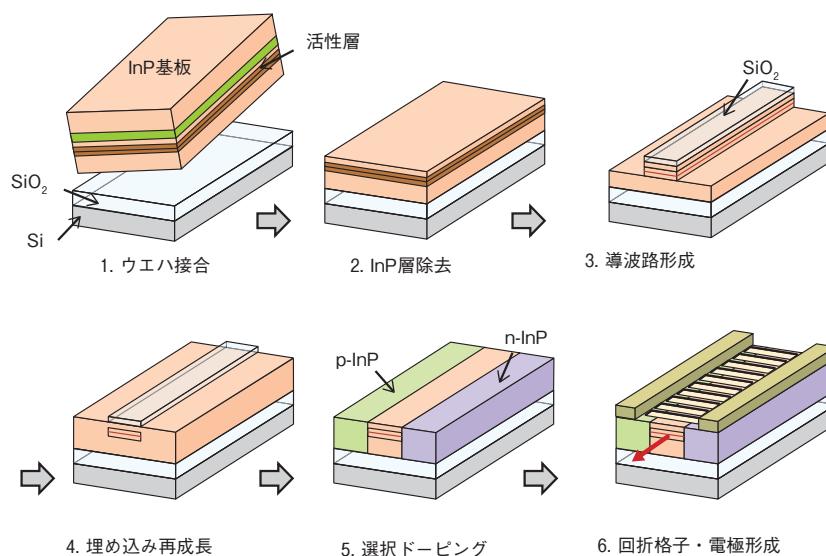
図1 LSIチップ間光インターコネクションのブロック図、および直接変調LDの活性領域と消費エネルギーの関係

離通信でもっとも広く用いられる光源である面発光レーザ（VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser）は、その形状から多モード発振しやすく波長多重（WDM）技術の適用には向きません。通信容量を増大させるために、単一モード発振するLDと、高密度集積可能な波長多重回路の集積が求められます。また、VCSELは活性層領域を決定する共振器長を比較的短くできますが、活性層領域の微小化には限界があります。このような背景からNTTでは、ボード内光インターコネクション用の光源としてSi基板上に作製した薄膜（メンブレン）直接変調LDを開発しています。Si基板上にLDを作製することで、波長多重回路や受光素子といった光デバイスを高密度かつ低コストに作製可能なSiフォトリソの技術が適用できます。さらに、屈折率の低いSiO₂層の上にLDを形成することで、光と注入キャリアとの高い相互作用により、レーザの小型化と低消費電力化を実現できます。また、私たちはさらに微小な活性層領域からなるLDを実現するために、フォトリソ結晶を用いたLDを開発しています。

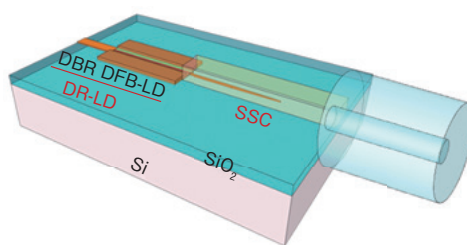
本稿では、Si基板上LDの作製方法と特性について述べ、これを駆動するための相補型金属酸化膜半導体（CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）技術を用いたドライバ回路設計技術を述べます。さらなる小型化と低消費電力化に向けて取り組んでいるフォトリソ結晶を用いたLDについて述べます。

Si基板上薄膜（メンブレン） 直接変調レーザ

Si基板上LDの作製方法を図2(a)に示します⁽²⁾。最初にSi基板上に光回路を形成し、インジウムリン（InP: Indium Phosphide）および活性層からなる化合物半導体薄膜層をウエハ接合します。その後にLDの活性層となる部分のみを残して島状に加工し、InPで再成長することで、薄膜InP中に島状の活性層が埋め込まれた（BH: Buried Heterostructure）構造を形成します。この活性層に対して電流を注入するために、活性層の両脇にそれぞれn型、p型のドーピングをSiイオン注入、およびZn熱拡散を用いて形成します。NTTのSi基板上LDは、活性層上下が屈折率の低いSiO₂で形成されていることから、活性層に対して非常に高い光閉じ込めを実現できます。さらに活性層の周囲がバンドギャップの大きいInPで囲われている構造から、注入されたキャリアを活性層に閉じ込める効果もあります。これらの特徴から、Si基板上LDは光・キャリアの高い相互作用によって小型化・低消費電力化を実現できます。作製したSi基板上LDの構造を図2(b)に示します。レーザ構造は、分布帰還（DFB: Distributed Feedback）領域の背面側にInP導波路からなる分布ブラッグ反射鏡（DBR）を持つ分布反射型（DR）を用いています。背面DBRによって、LD前面側から選択的に光を出射させることができ、BHを小型化することができます。LD前面側にはSiO_x導波路によるスポットサイズ変換器（SSC）を集積し、



(a) Si基板上LDの作製方法



(b) Si基板上LDの構造

図2 Si基板上LDの作製方法と構造

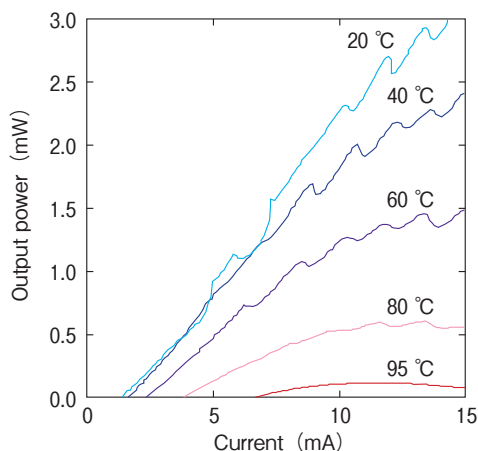
光ファイバと効率的に光結合が可能です。

作製したLDの注入電流－光出力特性を図3(a)に示します。ここでは活性層としてInGaAlAs量子井戸を用いました。しきい値電流1.6 mA、発振波長1.3 μm 帯での室温連続発振を実現し、95℃まで発振が可能でした。図3(b)はLDを同一基板上に8つ集積した素子の25.8 Gbit/sでのNRZ (Non-Return-to-Zero：非ゼロ復帰) 信号による直接変調波形で、すべてのLDで良好な通信

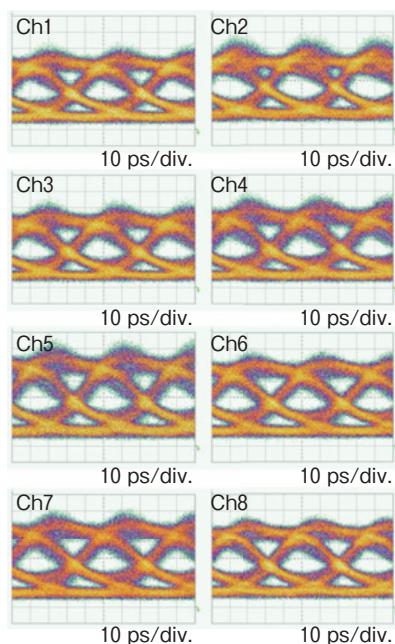
品質を意味するアイ開口を得ることができました。LD単体としての消費エネルギーは200 fJ/bitとなり、この値はVCSELに匹敵しています。また、同構造は波長多重回路ともモノリシックに集積可能です⁽³⁾。私たちはこのように単一モード発振可能で、集積性に優れた低消費電力光源を実現しました。

CMOSドライバ回路集積技術

ここではLDを駆動するための電気回路に



(a) Si基板上LDの注入電流－光出力特性



(b) Si基板上LDのアイ波形

図3 Si基板上LDの特性

ついて説明します。LDを発光させるためには電流を流して駆動することが必要です。一方、LSIなどの一般的なデジタル電気回路は電圧を信号として動作させているので、電圧信号に応じて電流を調整するドライバ回路が必要になります。図4の光送信器の構成に示

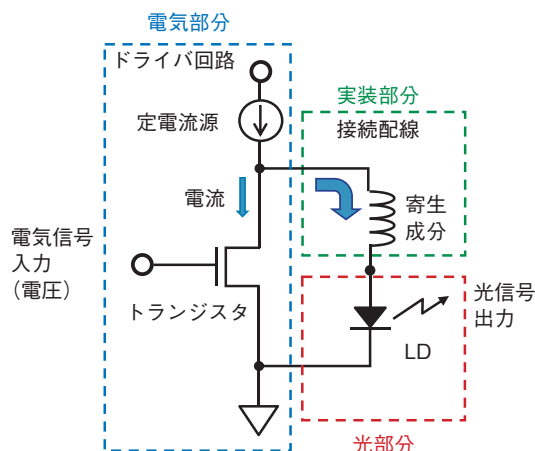


図4 光送信器の構成と動作

すように、ドライバ回路の電気部分、LDの光部分、それらをつなぐ接続配線などの実装部分からなります。この動作について説明します。ドライバ回路において定電流源による電流を分岐（シャント）してトランジスタ側またはLD側に流せるようにします。ここで、左側から高速な電気信号を電圧で入力すると、トランジスタがスイッチとなってオン・オフ動作をします。定電流源は一定の電流を流し続けるので、トランジスタがオンになったときはトランジスタ側に電流が流れLD側には電流が流れず発光しません。一方、トランジスタがオフになったときはLD側に電流が流れ発光します。このようにして、トランジスタのオン・オフによりLDの発光をオフ・オンすることができます。

ドライバ回路に求められる要件は、高速・低消費電力・小型です。そのためにトランジスタにCMOS技術を選択し、私たちのコア技術である光－電子実装統合設計技術⁽⁴⁾を電気回路に適用しました。図4の構成は電気部

分と光部分と実装部分からなりますが、従来は個別に試作・評価して特性を合わせ込む必要がありました。光—電子実装統合設計技術では、光部分や実装部分を電気の等価回路に置き換えたモデルを作成します。これをシミュレーションや設計ツールが進化した電気回路の世界に取り込むことで、統合設計をして性能予測を立てることが可能になります。

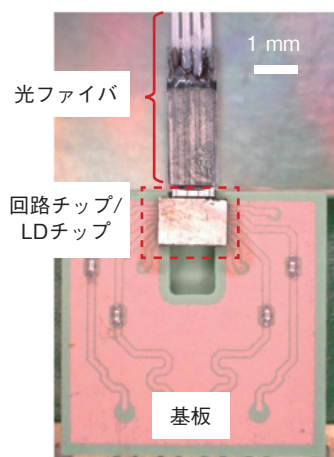
次に、小型実装構造について実際に作成した構造（図5(a)）を用いて説明します。電気接続には、LDチップの表面にCMOSドライバ回路チップの表面を重ねて搭載する手法を用いました。これにより、チップ面積を低減できるうえに、電気配線接続が短くなるので寄生インダクタンス成分が減り高速信号を通すことができるようになります。また、光接続には、NTTのコア技術である平面光波回路技術で培った技術を適用し、幅1ミリのLDチップ端面に光ファイバアレイを直接接続し、小型で低損失な光接続を可能としま

した。

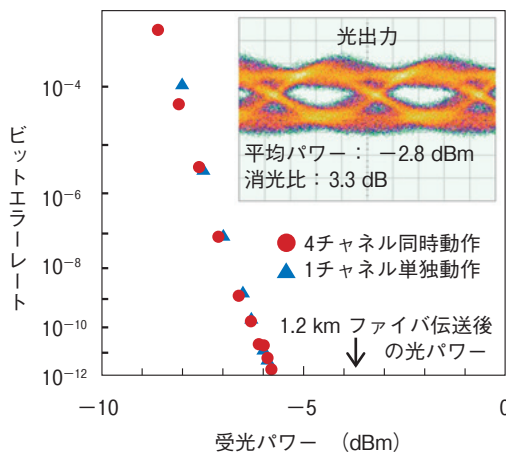
このようにして作成した光送信器の特性を図5(b)に示します⁽⁵⁾。25 Gbit/sのNRZ信号の擬似ランダムビット列（7段）を4チャンネルからなる各チャンネルに入力し合計100 Gbit/sの送信信号としました。挿入図は1つのチャンネルから出力された光信号のアイパターンで、アイ開口しており消光比3 dB以上でした。1.2 kmの標準シングルモードファイバを伝搬した後のビットエラーレートを評価した結果、4チャンネル同時駆動時でも、エラーフリー伝送（ビットエラーレート $<10^{-12}$ ）を確認しました。LDとドライバ回路の合計の消費電力は267 mWでしたので、電力効率は2.67 pJ/bitとなり送信部として世界トップレベルの低消費電力を実現しました。

LEAPレーザ

図1(b)で説明したように、ボード内、さ



(a) 実装構造



(b) 評価結果（チャンネル番号1）

図5 作成した光送信器

らにはチップ内の通信では消費エネルギーの低減がより求められ、微小な活性層で動作するLDが求められます。NTT では、この微小LDを実現するために、フォトニック結晶を用いたLDを開発しました⁽⁶⁾。作製したレーザの電子顕微鏡写真を図6に示します。フォトニック結晶とは、屈折率が光の波長程度の周期性を持つ人工的な周期構造です。この構造により、中央部に非常に強く光を局在させることができます。私たちは埋込再成長技術を駆使し、InP フォトニック結晶中に埋め込まれた活性層を有する構造の実現に成功しました。このフォトニック結晶レーザを、その特徴的な構造から、私たちは波長サイズ埋込活性層フォトニック結晶 (LEAP: Lambda-scale Embedded Active-region Photonic-crystal) レーザと呼んでいます。

作製したLEAPレーザの室温での注入電流－光出力特性を図7(a)に示します。この

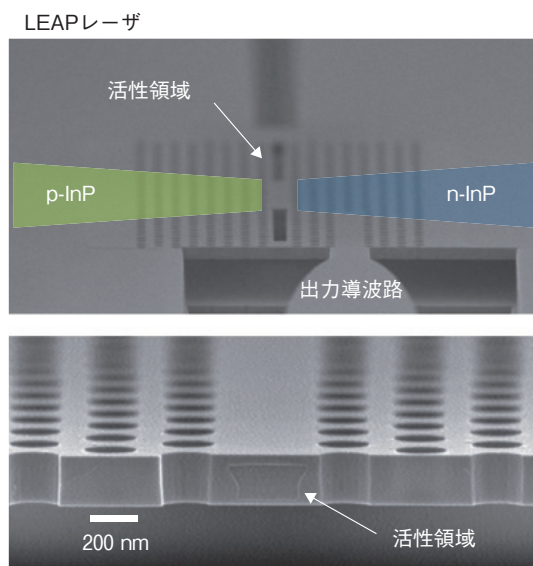
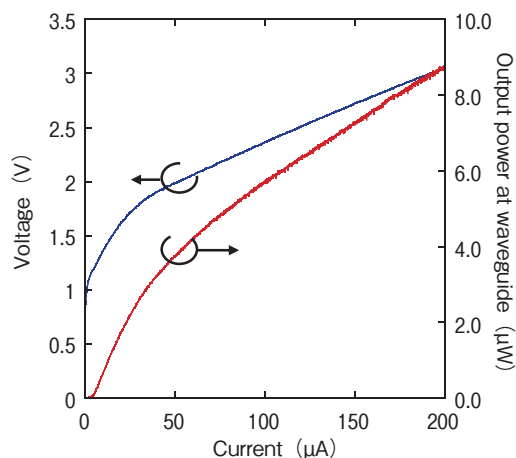


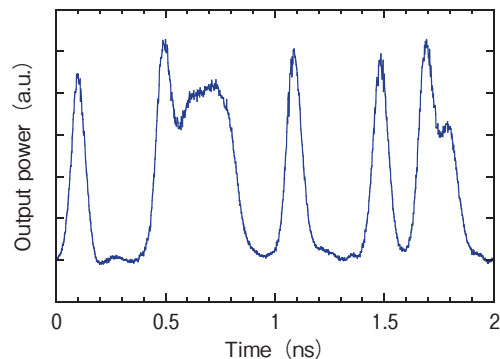
図6 LEAPレーザの電子顕微鏡写真

ような微小なLDであっても室温連続発振が実現でき、極めて小さいしきい値電流 $4.8\ \mu\text{A}$ が得られました。バイアス電流 $25\ \mu\text{A}$ 時、 $10\ \text{Gbit/s}$ のNRZ信号による直接変調波形を図7(b)に示します。このような微小電流でも直接変調が可能で、LD単体として最小の消費エネルギー $4.4\ \text{fJ/bit}$ が得られました。

本LEAPレーザは、前述したウエハ接合技術と組み合わせることで、InP基板上だけでなくSi基板上にも形成が可能です。このようにフォトニック結晶を用いた微小LDで、



(a) LEAPレーザの注入電流-光出力特性



(b) LEAPレーザの10 Gbit/s直接変調時の光波形

図7 LEAPレーザの特性

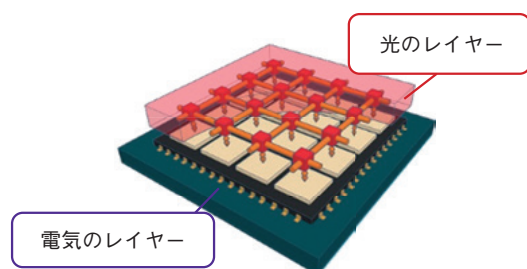


図8 演算処理回路と融合（チップ内のコア間光伝送）

将来チップ内のデータ転送にも適用可能な低消費エネルギー動作を実証しました。

今後の展開

本稿で紹介したSi基板上の半導体レーザーは、Si光回路との高い集積性を備え、CMOSドライバにより低消費電力で駆動できることから、ボード内やチップ内といった短距離光インターコネクションへの道筋を大きく拓く成果と考えています。今後は、大容量化と高密度集積化に挑戦し、さらにはCPUやGPUといった演算処理回路との融合を進め（図8）、将来の情報処理基盤の発展に寄与できるように研究開発を進めていきます。

参考文献

- (1) <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-15.pdf>
- (2) T. Fujii, K. Takeda, N-P. Diamantopoulos, E. Kanno, K. Hasebe, H. Nishi, R. Nakao, T. Kakitsuka, and S. Matsuo: "Heterogeneously Integrated Membrane Lasers on Si Substrate for Low Operating Energy Optical Links," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 24, No. 1, 1500408, 2016.
- (3) H. Nishi, T. Fujii, N-P. Diamantopoulos, K. Takeda, E. Kanno, T. Kakitsuka, T. Tsuchizawa, H. Fukuda, and S. Matsuo: "Monolithic Integration of an 8-channel Directly Modulated Membrane-laser Array and a SiN AWG Filter on Si," European Conference on Optical Communication, Paper Th3B.2, 2018.
- (4) 岸・長谷・小林・井田・栗島・野坂: "超低消費電力アナログ回路技術," NTT技術ジャーナル, Vol. 28, No. 11, pp. 21-24, 2016.

- (5) T. Kishi, H. Wakita, K. Shikama, M. Nagatasni, S. Kanazawa, T. Fujii, H. Nishi, H. Ishikawa, Y. Kawajiri, A. Aratake, H. Nosaka, H. Fukuda, and S. Matsuo: "A 25-Gbps x 4ch, Low-Power Compact Wire-Bond-Free 3D-Stacked Transmitter Module with 1.3- μ m LD-Array-on-Si for On-Board Optics," Optical Fiber Communication Conference, Paper Tu2l.1, 2019.
- (6) K. Takeda, T. Sato, A. Shinya, K. Nozaki, W. Kobayashi, H. Taniyama, M. Notomi, K. Hasebe, T. Kakitsuka, and S. Matsuo: "Few-fJ/bit data transmissions using directly modulated lambda-scale embedded active region photonic-crystal lasers," Nature Photonics, Vol. 7, pp. 569-575, 2013.



（上段左から）武田 浩司/ 藤井 拓郎/ 岸 俊樹/
鹿間 光太

（中段左から）脇田 斉/ 西 英隆/ 佐藤 具就/
土澤 泰

（下段左から）瀬川 徹/ 佐藤 昇男/ 松尾 慎治

IOWN構想における情報処理基盤の高速化と低消費電力化に向け、光電融合デバイスと長年培った技術により貢献できるよう研究開発を進めています。

◆問い合わせ先

NTT先端集積デバイス研究所

企画担当

E-mail sende-kensui-p@hco.ntt.co.jp

ナノフォトニクス技術による 光電融合アクセラレータへの研究展開

NTTナノフォトニクスセンタがめざす光電融合技術のターゲットは、低遅延・低消費エネルギーの光コンピューティング技術の創生です。ナノフォトニクスによる小型の光機能素子の実現や、シリコンフォトニクスによる大規模な光回路作製技術の進展によって、多様な光情報処理が可能になりつつあります。本稿では、私たちが研究している光パスゲート回路、光電変換素子、光非線形素子の各技術について紹介し、これらを集積させることで可能となる「光電融合アクセラレータ」への道筋を示します。

のざき
野崎

けんで
謙悟^{1), 2)}

しんや
新家

あきひこ
昭彦^{1), 2)}

のうとみ
納富

まさや
雅也^{1), 2)}

NTTナノフォトニクスセンタ¹⁾

NTT 物性科学基礎研究所²⁾

光技術は「伝送」から「処理」へ

現代の光技術は、長距離の光ファイバ通信やデータセンタ内でのサーバ間通信をはじめとする大容量の情報伝送技術を牽引しています。その延長線上ではさらに短距離スケールの光伝送技術が進展すると考えられますが、その究極形はコンピュータチップの中での光ネットワーク回路の構成、そして、光による直接的な情報処理の実現です。「光コンピュータ」の実現はこれまでも光分野の研究者がめざす大きな目標の1つでしたが、CMOS電子回路技術が台頭する世にあって、光を演算処理に使う有意性を見出せずきた歴史があります。しかし、CMOSの微細化と集積化の限界（ムーアの終焉）が徐々に近づく中で、光の高速性を利用した演算処理に対して期待が高まっています¹⁾。それを後押ししているのは、ナノフォトニクスと呼ばれるような、微細加工技術によって可能となる小型で省工

ネの光デバイス・回路技術の進歩です。また、最近ではシリコンフォトニクス技術の発展が強いシナジーをもたらし、光集積回路を小型で大規模に実装できる環境が整ってきたことで光コンピューティング研究の機運が高まっています。

一概に光演算処理といっても、光回路上だけで汎用性のあるさまざまな処理を行うことは困難といえます。電子回路技術が持つ大容量で並列なデジタル信号処理やメモリを組み合わせ、光が得意な処理は光回路へ任せることで特定の演算処理を加速させる、アクセラレータとしての機能化が重要になると考えられます²⁾。特に、近年では、デジタル信号処理に限らず、機械学習や高周波信号処理をはじめとするアナログ信号処理で光を利用する価値が見直されており、CMOSエレクトロニクスとナノフォトニクスを連携させた光電融合アクセラレータのかたちが少しずつ見え始めています。

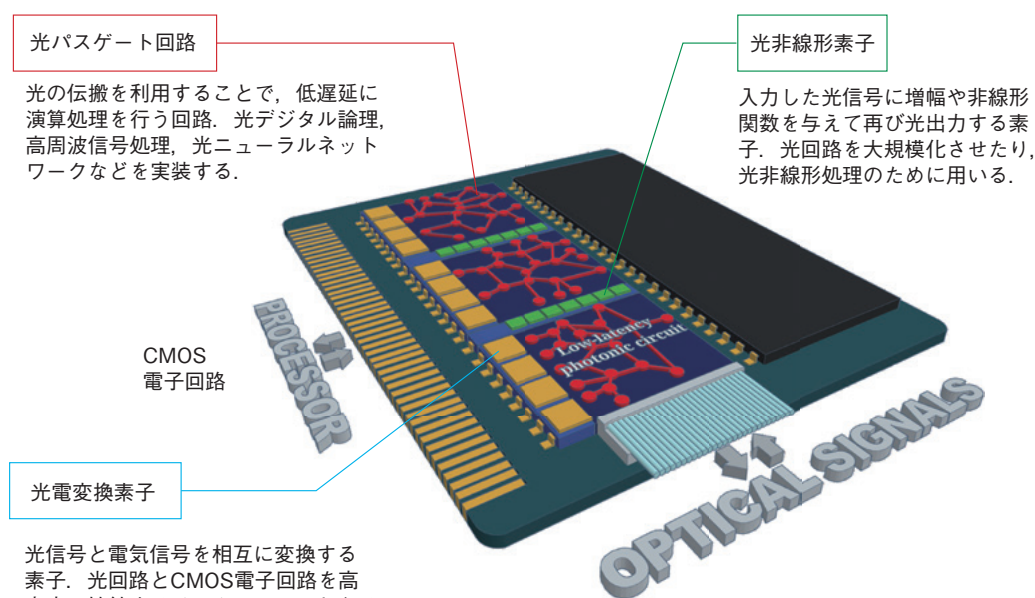


図1 光電融合アクセラレータの概要図

以降では、このような光電融合アクセラレータの実現に向けて必要な3つのキーデバイスと考えられる「低遅延光バスゲート回路」「光電変換素子」「光非線形素子」について紹介します（図1）。

低遅延光バスゲート回路

CMOS電子回路におけるムーアの法則（微細化と集積化による性能向上の経験則）の継続を阻むのは、トランジスタや金属配線における電気抵抗や電気容量による信号遅延や発熱の増加です。電子回路ではAND-OR-INVERT論理に代表されるように、論理ゲートを多段に接続することでデジタル論理演算が行われます。このとき、後段ゲートは前段ゲートが出力する信号の到来を待つため、演算の遅延時間はゲート段数に比例して拡大します。また、演算速度を上げるために信号のビットレートを高めると、金属内自由電子の運動の増加に伴い発熱が大きくなるため、低

消費電力が要求されるコンピューティング向けCMOS電子回路の動作レートは一般に数GHzに抑えられます。これらの理由から、さらなるCMOSの微細化・集積化によって、演算処理量（スループット）は上げることはできても、演算遅延（レイテンシ）は頭打ちになっているのが現状です。

光バスゲート回路は、図2のように光の伝送経路を切り替えるスイッチを連結させることで構成されます。図の例では、電子回路からの入力信号により、マッハ-ツェンダー干渉型光スイッチ*が一括で操作され、これにより選択された経路を光が干渉しながら伝送することで計算結果を出力します。これにより、電子回路のような電気抵抗による電力損

* マッハ-ツェンダー干渉型光スイッチ：光を分岐して、一方に電圧を与えて導波路の屈折率変化を起こし、光の位相を変えます。その後、互いに干渉させることで、光の出力経路を決めるスイッチとなります（図2参照）。出力比を0/1か1/0の2通りに決める場合は光デジタル処理、出力比を0から1の間を連続的にとる場合は光アナログ処理に該当します。

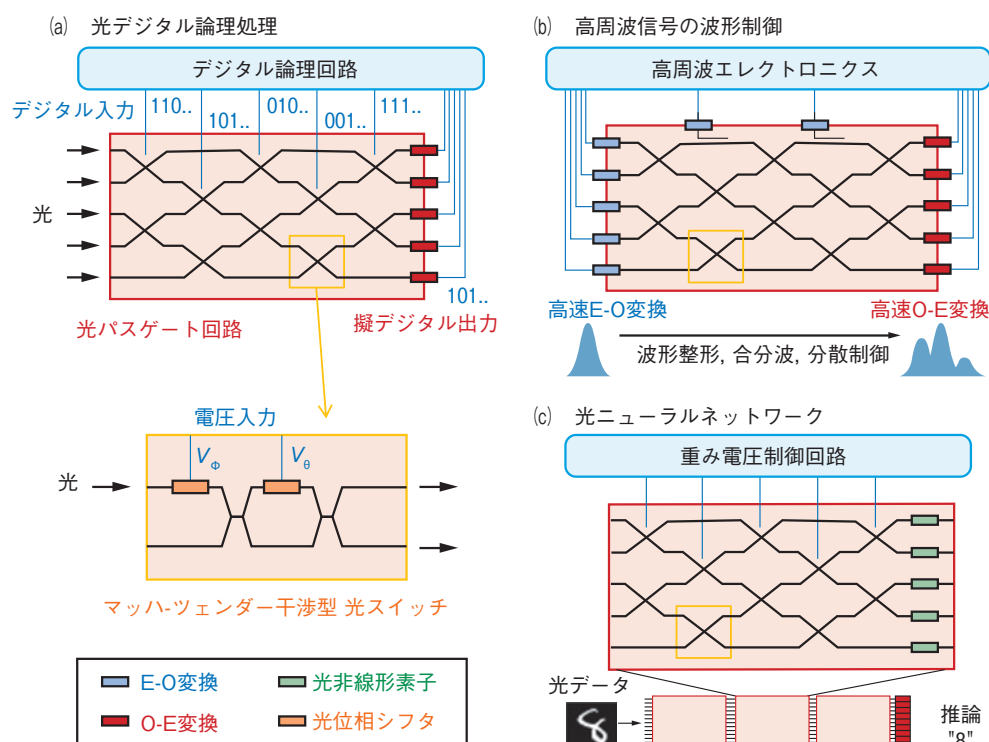


図2 光パスゲート回路の例

失や熱の発生がなく、演算自体は光の干渉で行われるため、省エネかつ低遅延で処理することができます。例えば、デジタル信号（“1”と“0”の2値をとる信号）の加算回路を考えると、下位桁から上位桁への桁上げ計算が遅延時間を律速する「クリティカルパス」になりますが、このような処理に光パスゲートを活用することで、電子回路に比べて低遅延化が期待できます⁽³⁾。その他の基本四則演算も含めて、より複雑なデジタル演算にも応用可能と考えられます（図2(a)）。

デジタル処理だけでなく、アナログ処理（連続値で行う光処理）に光を利用する研究も進んでいます。無線通信で使われる高周波信号をいったん光に変換することで、高いスペクトル分解能や時間分解能を必要とする処理（フィルタリング、波形制御、分散制御など）

を光の領域で実施し、再び高周波信号として出力するなど、光と無線の融合技術の進展が期待されます⁽⁴⁾（図2(b)）。また、深層学習をはじめとするAI（人工知能）技術の進展に伴い、光ニューラルネットワークの研究が世界的にも活発です。その中核にあるのはベクトル-行列積の計算ですが、CMOSデジタル回路では計算遅延と消費電力がボトルネックになることが知られています。しかし、光干渉を利用したパスゲート回路によって、高速なアナログ信号によるベクトル-行列積を物理実装できるため、これらの問題が解決される期待があります⁽⁵⁾。後述するような光電変換素子や光非線形素子を組み合わせて光電融合ニューラルネットワークを構成し、光データを伝搬させることで低遅延な推論・判別を実現できる可能性があります（図2(c)）。

光電変換素子 (光と電子回路のインタフェース)

CMOS回路と光回路の融合に向けた大きな課題は、光変調器のような電気-光変換(E-O変換)や、受光器のような光-電気変換(O-E変換)を小型化・省エネ化し、高密度な光-電子インタフェースを実現することです。私たちは、フォトニック結晶と呼ばれるナノ構造を用いて、この実現に取り組んできました(図3)。フォトニック結晶とは、半導体などに形成した周期的なナノ構造体です。ここでは薄板状の半導体に直径200 nm程度の穴を周期的に形成しており、穴のレイアウトによって、微小な光導波路や光共振器を形成できます。NTTではこれまでに光ス

イッチや光メモリ、レーザ光源など各種の機能素子を実現し、記録的な低エネルギー動作を実証してきました。図3(a)、(b)のような光変調器や受光器などの光電変換素子についても、フォトニック結晶を用いることで従来素子よりも飛躍的に小型化・省エネ化することができました⁽⁶⁾。

光電変換素子では、電気容量(キャパシタンス, C)の低さが重要な指標になります。図3(c)のように、CMOSトランジスタ単体の電気容量が1フェムトファラド(fF)以下程度であるのに対して、従来の光電変換素子は一般に10 fF以上と大きく、これに比例する高い消費エネルギーが必要であることが課題でした。しかし、NTTの光電変換素子は電気容量をCMOS素子と同等の1 fF以下に

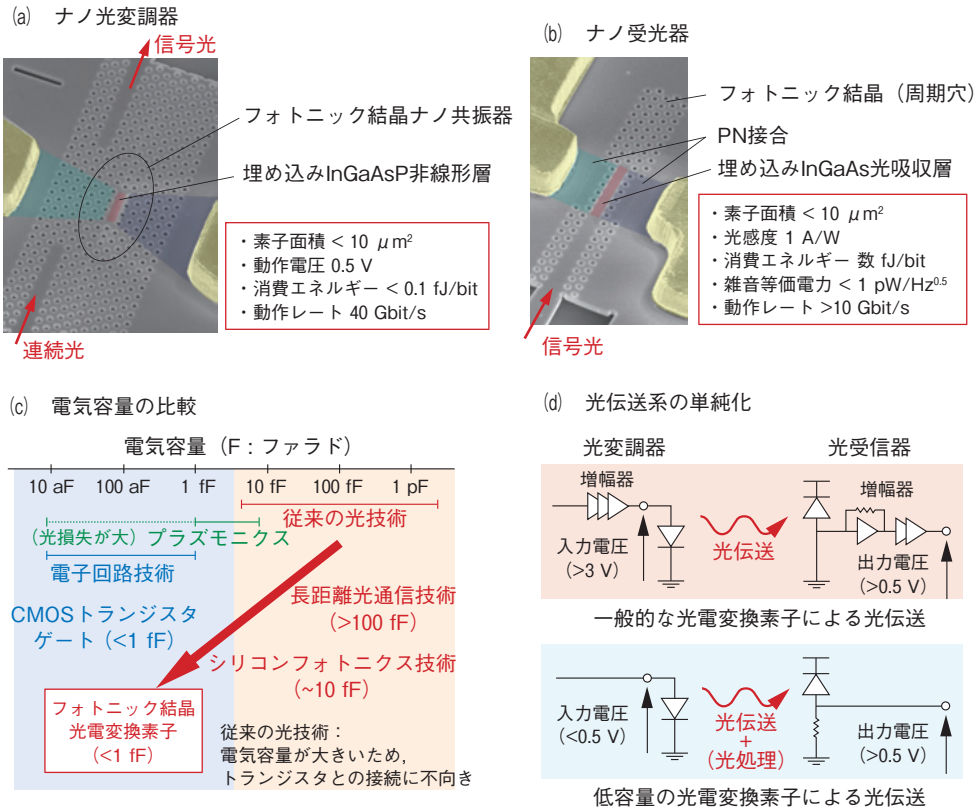


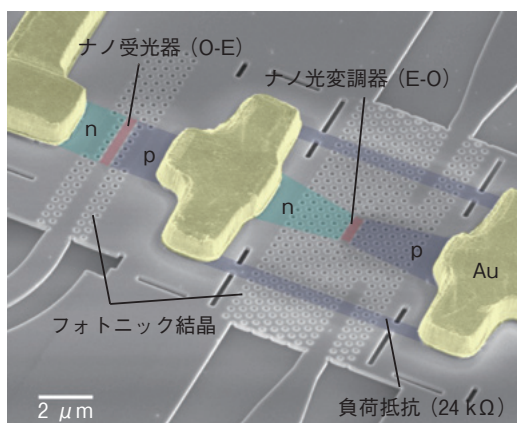
図3 フォトニック結晶による光電変換素子の性能

低減できます。このレベルの低容量化には大きな意義があります。図3(d)に示すように、一般的な光伝送系では、光電変換器の駆動電力が大きく、複数の増幅器によって信号を増幅させる必要があるため、必要な消費エネルギーや面積は大きくなります。しかし、低容量な光電変換素子では、CMOSトランジスタの論理動作に必要な電荷量（電気的エネルギー）をそのまま光電変換にも適用できることから、増幅器を必要としないシームレスな光電融合が可能です。そのため、送受信回路もシンプルで省エネ効果が高く、CMOSチップ間やチップ内で高密度な光伝送系を構成するのに適しており、また、その中で前述のような光パスゲート処理を行うことも期待できます。今後、低容量性を維持したままCMOSと光電変換素子を集積させる技術を進展させ、コンピューティング応用に向けた光電子インタフェースを実現していくことが鍵になります。

光非線形素子（光トランジスタ）

トランジスタが行うような信号のスイッチングや増幅といった非線形的な操作は、光回路においても重要な役割を持ちます。しかし、光は干渉による線形的な信号操作が得意な反面、非線形的な信号操作のためには光と半導体材料との非線形相互作用を必要とし、そのために高い光強度が必要という課題がありました。そこで私たちは、前述したナノ受光器とナノ光変調器を集積することでO-E-O型の変換素子を作製し、小型で省エネの光非線形素子を実現しました（図4）。受光器に入力された光信号が電流へ変換され、さらに負荷抵抗（24 k Ω ）を介して電圧信号へ変換されます。この電圧信号が光変調器を駆動することにより、別の光に信号波形が転写されます。これによって10 Gbit/s光信号の非線形な転送動作が実現されました。この動作では、受光器への光入力強度よりも光変調器からの光出力強度を2倍以上高められました。すなわち、電気トランジスタに信号利得があ

(a) 素子の写真



(b) 光信号転送の動作原理

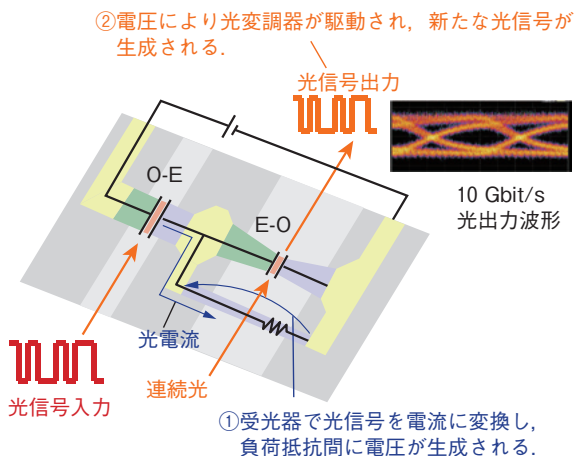


図4 光非線形素子（光トランジスタ）

ると同様に、光に対して信号利得が得られる「光トランジスタ」を実現できたといえます⁽⁷⁾。

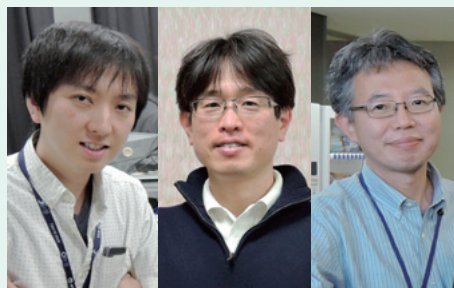
この集積素子での電気容量は2 fFと極めて小さく、このように低容量性を維持した光電融合は世界初といえます。従来のO-E-O変換素子は電気容量が大きいために省エネ化は本質的に困難でしたが、私たちの低容量素子によって、消費エネルギーもビット当たり数fJレベルと従来の100分の1以下に低減されました。また、光信号利得があることで、多段に光信号を転送することも可能と考えられます。これにより、光パスゲート回路どうしを接続して大規模化させることが可能になります。また、図2で示したように、光ニューラルネットワークにおける非線形素子（光ニューロン）として使うなど、今後、光処理への適用範囲が拡大していくと考えられます。

最後に

光が持つ優位性を最大化し、電子回路を凌駕する性能を得るために検討すべき点はたくさんあります。光の情報を波長・空間・時間で多重化し、光処理の次元を増加できることは電子処理に対する強いメリットになります。また、光電変換やアナログ-デジタル変換、電子回路中での遅延やエネルギー効率を含めたコ・デザインや、アプロキシメート・コンピューティングといった近似的な計算手法によって精度と計算コストをバランス化させる設計なども重要になります⁽⁸⁾。本稿で紹介したような要素技術（コンポーネントレベル）の研究を超えて、より大局的な視点（アーキテクチャレベル）で考えることが、具体的な光電融合型コンピューティングのかたちを見出すために必要と考えられます。

参考文献

- (1) 納富・寒川：“オンチップ光集積に向けたナノフォトニクス技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 30, No. 5, pp. 6-10, 2018.
- (2) K. Kitayama, M. Notomi, M. Naruse, K. Inoue, S. Kawakami, and A. Uchida: “Novel frontier of photonics for data processing—Photonic accelerator,” APL Photonics, Vol. 4, No. 9, 090901, 2019.
- (3) 新家・石原・井上・野崎・納富：“光パスゲート論理に基づく超低遅延光回路,” NTT技術ジャーナル, Vol. 30, No. 5, pp. 28-31, 2018.
- (4) D. Perez, I. Gasulla, and J. Capmany: “Programmable multifunctional integrated nanophotonics,” Nanophotonics Vol. 7, No. 8, pp. 1351-1371, 2018.
- (5) Y.C. Shen, N.C. Harris, S. Skirlo, M. Prabhu, T. Baehr-Jones, M. Hochberg, X. Sun, S.J. Zhao, H. Larochelle, D. Englund, and M. Soljacic: “Deep learning with coherent nanophotonic circuits,” Nature Photonics, Vol. 11, pp. 441-446, 2017.
- (6) 野崎・松尾・藤井・武田・倉持・新家・納富：“フォトリック結晶による低キャパシタンス光電変換素子,” NTT技術ジャーナル, Vol. 30, No. 5, pp. 11-14, 2018.
- (7) K. Nozaki, S. Matsuo, T. Fujii, K. Takeda, A. Shinya, E. Kuramochi, and M. Notomi: “Femtofarad optoelectronic integration demonstrating energy-saving signal conversion and nonlinear functions,” Nature Photonics, Vol. 13, pp. 454-459, 2019.
- (8) 川上・谷本・北・新家・小野・納富・井上：“光アプロキシメートコンピューティングの実現に向けた電力性能解析,” 情報処理学会研究報告, 2019-ARC-237, pp. 1-8, 2019.



(左から) 野崎 謙悟 / 新家 昭彦 / 納富 雅也

これまで「光による情報伝送、電子による情報処理」という役割であった世界が変わりつつあります。ナノフォトニクス技術によってどんな光電融合処理が実現されていくのか、今後も注目してください。

◆問い合わせ先

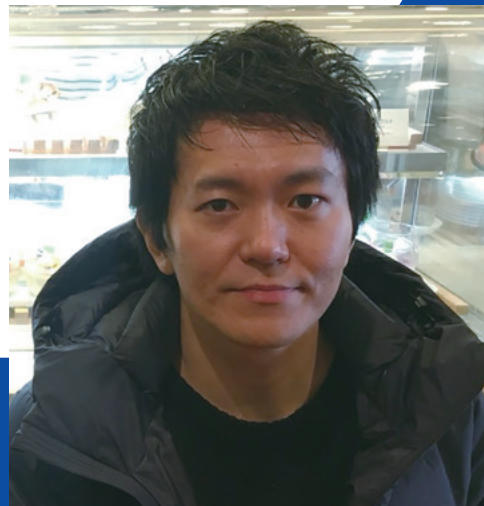
NTT 物性科学基礎研究所
量子光物性研究部
フォトリックナノ構造研究グループ
TEL 046-240-4537
FAX 046-240-4305
E-mail kengo.nozaki.fd@hco.ntt.co.jp

挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



亀岡弘和

NTT コミュニケーション科学基礎研究所
上席特別研究員



エレガントさを追究．研究ゴールという大きな傘をつくる

大学生約1800人を対象にした発音のしにくさに関する調査によると、約3割の学生が普段の会話で発音がうまくいかないと感じることが「ある」または「どちらかといえばある」と回答し、発音のしにくさを自覚する人は自分の音声聞き返されることが多いと感じる傾向がありました。声や話し方を分析、合成、変換することで、コミュニケーションにおけるさまざまな制約の解消をめざす亀岡弘和NTTコミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員に、現在取り組んでいる研究と研究者としての姿勢を伺いました。



音から状況を理解し、状況に合わせて 声を変えて伝える技術開発

現在手掛けている研究から教えてください。

多様なシーンにおいて、人が不自由なくコミュニケーションできる手段の創出をめざして、音響信号の要素分解・情景分析技術、そして、高い品質と自然性を意識した音声生成技術の研究に取り組んでいます。

ミックスジュースから特定の果汁だけを取り出すのが難しいのと同じで、一般に何らかの混合物を要素成分に分解することは容易ではありません。しかし人間は多数の音からなる外界音から各音を聴き分けたり、人の話し声に混

するさまざまな非言語的な成分を読み取ったりすることで、音響的な情景を理解する能力を備えています。この能力は人間が社会生活を営むうえで、特にコミュニケーションにおいて重要な役割を担っています。音響信号の要素分解と情景分析の研究では、音を対象としたこのような要素分解機能、および情景分析機能を計算機に備えさせるための数理モデルやアルゴリズムの実現をめざしています。

外界音を対象とした要素分解・情景分析の研究では、混合音に含まれる複数の音を分離抽出する音源分離、対象音が何の音かを同定する音源同定、対象音がいつ鳴っているかを推定する音声区間推定、対象音がどこで鳴っているかを推定する音源定位、残響や雑音を取り除いて特定の音声

を強調する音声強調といった問題に取り組んできました。従来はこの分離、同定、区間推定、定位、強調の問題はそれぞれ個別の研究課題として取り組まれていましたが、よく考えてみるとこれらは独立しているわけではなく相互依存していることに気が付きます。例えば、何の音かがあらかじめ特定できていれば、それぞれを分離することは比較的簡単になりますし、それぞれの音をあらかじめ分離できていれば定位することが容易になるというように、1つの問題の解が他の問題の手掛かりになっています。この観点から私たちはこれらの問題を個別の問題としてとらえずに同時最適化問題としてアプローチし、まとめて解決する方法を考えました。

外界音に複数の音が混在するように、1つひとつの音声の中にもさまざまな成分が混在しています。私たちは会話の際、言葉に相当する言語情報とともに声の高低を用いて調子や意図などの非言語情報を相手に伝えますが、音声には言語情報に関する音素、非言語情報に関するフレーズ成分やアクセント成分などの要素が混在しています。声の高低の時間変化を表す基本周波数パターンは声帯に張力を与える甲状軟骨によって制御されているのですが、フレーズ成分とアクセント成分はその並進運動と回転運動に伴う成分とされています。これらの成分のタイミングと強度を

正しく推定できれば非言語情報を定量化する重要な物理量となり得ますが、これらの逆推定は長らく難しい問題とされてきました（図1）。音声を対象とした要素分解・情景分析の研究では、基本周波数パターンをフレーズ成分とアクセント成分に分解する問題に焦点を当て、統計的信号処理アプローチにより高速かつ高精度に解決する手法を考案しました。この技術の応用例を紹介するため、標準イントネーションの日本語音声に関西風のイントネーションに変換するデモシステムを実装し、NTTコミュニケーション科学基礎研究所（CS研）オープンハウスやNTT R&D フォーラムなどのイベントで実演したところ、なじみやすい内容だったからか多くのお客さまや報道関係者にも非常に好評で、テレビ、新聞、インターネット記事などで広く紹介していただきました。

これらの一連の研究は入社前の大学院時代も含めおよそ10年にわたって行ってきたもので、その間、ありがたいことに数々の表彰をいただきました。例えば2009年にIEEEからSPS Young Author Best Paper Awardを、2018年に科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞をそれぞれ受賞しました。IEEEの賞は日本人初だったと聞いています。こうした受賞歴は研究分野でのプレゼンス向上につながりますので、振り返ってみると大きな出来事だった

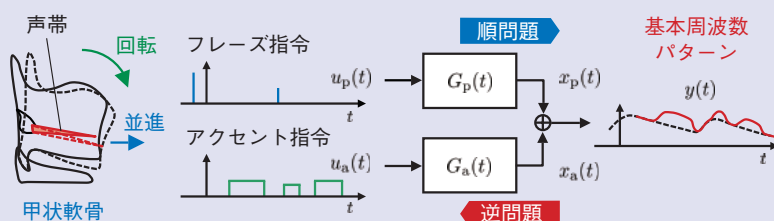


図1 音声の基本周波数パターンの生成過程とその逆問題



と感じています。

最近では、これらの研究に加え、深層学習のアプローチにより、高い品質と自然性を意識した音声生成の研究にも取り組んでいます。特に力を入れているのは、声の高低パターンだけでなく、声質やリズムといったさまざまな声の特徴を柔軟に変換することができる音声変換技術の研究です。不慣れな言語での会話、緊張状態でのプレゼンテーション、発声機能や聴覚機能に障害や衰えがある場合の会話など、思いどおりに円滑にコミュニケーションを行うことができない場面は多くあります。音声変換技術の研究を通じて、円滑なコミュニケーションを阻害し得るさまざまな制限を取り除くことをめざしています（図2）。

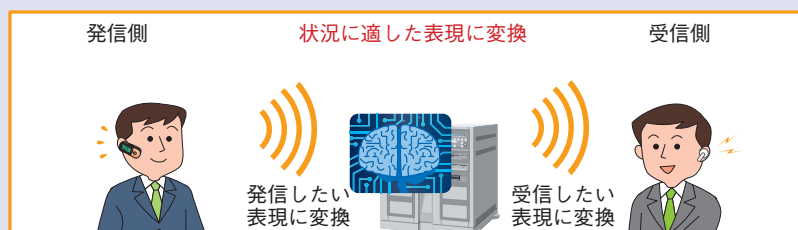


CS研オープンハウスでいただいた質問から得た新たな視点

大きな成果が得られたのですね。最近の音声変換の研究につ

いてもう少し詳しく聞かせてください。

音声変換の研究をより深く追究しようと考えたのは、実は先ほどお話ししたCS研オープンハウスでのある出来事がきっかけになっています。当時展示で紹介していたのは音声の「アクセント」を変換する技術だったのですが、見学にいらした方から「英語のアクセントも変換できるのか」という質問をいただいたのです。一般用語的には「アクセント」というと「訛り」をさし、英語の場合は発音の訛りをイメージすると思うのですが、まさにその意味でとらえられていたわけです。紛らわしいことに「アクセント」は、音声研究の分野では基本周波数パターンの中の1成分を意味する用語としても使用されていて、私たちが当時意図していたのはこちらの意味だったのです。実は、英語の発音の訛りを変換するには、基本周波数パターンを変換するだけでは不十分で、声の音色に相当する特徴である「声質」を変換する必要があります。つまり当時紹介していた技術



開発中の技術による具体的な変換例

- | | |
|-------------|--------------|
| ・ 混合音声 | ⇒ 聴取したい声 |
| ・ ある話者の声 | ⇒ 異なる話者の声 |
| ・ 訛りのある発音 | ⇒ 聞き取りやすい発音 |
| ・ 発声障がい者の音声 | ⇒ 健常者の音声 |
| ・ 顔画像 + 音声 | ⇒ 顔表情に合った話し方 |

図2 コミュニケーション機能拡張技術のイメージと具体例

では英語の発音の訛りの変換は扱えなかったのです。しかしこれがきっかけで、英語の発音の訛りを変換する問題に少し興味を持ち始めたわけです。音声の分野では入力音声を別人の声に変換する声質変換という技術があるのですが、この問題におそらくもっとも関連するのはこの技術だろうと見込んで、声質変換の既存手法を実装し、実験してみたのです。ところが、既存手法で変えられるのは話者性のみで、発音の訛りなどの発話様式までは変えられないことが分かったのです。このとき、この問題は想像以上に奥が深く面白いなと感じ、もっと本格的に音声変換の研究に取り組んでみようと思い至りました。ちょうどそのころ、深層学習（いわゆるAI）が台頭してきた時期で、深層学習アプローチを用いた音声合成・変換の研究をスタートさせました。そこから4年が経過した現在に至るまで、同僚や実習生とともにさまざまなアプローチの検討を進め、英語の訛りだけではなく、より広範な音声特徴の変換を可能にする高品質で柔軟な音声変換技術を多く創出しています。

こうした音響信号や音声生成を手掛けようと思ったのはなぜでしょうか。

学生時代、趣味で、バンドでギターを演奏していました。好きな曲があると、音を聴いて譜面を書き起こすいわゆる「耳コピ」を行ってから練習することが多かったのですが、卒業論文ではせっかくなので趣味に関係するテーマに取り組んでみたいということで、耳コピを自動的に行うアルゴリズムの研究をやりたいと考えました。そこで、音を扱う研究室の門を叩いたのがきっかけです。当然、研究分野のことは何も分からない状態でのスタートでしたが、大学の講義で習った信号処理や統計の知識をどう活かせるのかを想像してわくわくしたのを覚えています。また、当時は歌もうまくなりたいという憧れがあったのですが、歌うとき

の自分の声あまり好きになれず、どうしても自信をもてませんでした。そのため、耳コピの自動化以外にも自分の声を自動的にいい声に変換できないかということも考えていました。音声の研究者は音楽が趣味の方が多く、似たような理由で研究を始められた方も結構いらっしゃいますが、私の場合もこういった単純な動機が今の研究につながっています。今振り返ると、耳コピを自動化したいという動機も歌声を良くしたいという動機も、人間の聴覚機能や発声機能をサポートすることをめざしている現在の研究に通ずるところがあるなと感じます。

音楽活動では耳コピや楽器演奏や歌等の音楽的スキルによってできることが制約されてしまっていますが、これと同じように、私たちの日ごろのコミュニケーションにおいても、物理的・能力的・心理的な状態に起因するさまざまな私たちの制約が存在しています。今の私の関心は、このような制約を機械学習（AI）や信号処理の力により取り除き、あらゆる人が不自由なく快適にコミュニケーションを行える環境を実現することにあります。このためには、送信者と受信者が置かれている状況や環境をとらえる情景分析技術と、送信者が受信者に伝えたい情報を状況に適した表現に変換するメディア変換技術がカギになると考えています。さらに、音だけでなく動画像やテキストなどの多種のメディアを有効活用した新たなコミュニケーション方式の可能性を模索し、それを実現するための基盤技術を創出していきたいと考えています。



大きな傘はできることやりたいこと、
求められることの幅を広げてつくる

上席特別研究員となられてから、何か変化はありますか。



実際の研究生活そのものには今のところあまり大きな変化はありませんが、意識として次の2つに努めていきたいです。1番目は、これまでの研究者人生において大切にしてきたことでもあるのですが、「できること」「やりたいこと」「求められていること」の幅をさらに広げていくことです。2番目は、大きな研究ゴールの「傘」をつくることです。この傘の重要さは、私がNTTに入社したときに配属されたグループで学びました。誰もが世の中の役に立つと納得するような明確な研究のゴールがあることで、目の前の困難な課題に専心しつつも、進むべき方向に確信をもてるようになります。研究活動は研究成果を地道に積み重ねる作業で、その1つひとつはいつも大きい成果とは限らないものです。そのため時として「自分は大きなことをやっていないのではないか」という不安にふと駆られることがあります。私はそんなとき、先輩たちがつくってくれた「傘」の下で安心して研究することができました。まさに、研究ゴールという傘に守られているようなイメージです。ですから、私も後輩のために一点の曇りもなく、携わる誰もが安心して、躊躇なく邁進できるゴールをつくりたいという思いが上席特別研究員となってより強くなっています。こうした、自身の幅を広げる、傘をつくる視野を持つことは、いずれも成長し続けることでのみ可能になることだと考えているので、現状に甘んじて立ち止まることなく、より一層精進する所存です。

逆に、変化しないように心掛けているものもあります。それは「エレガントさを追究する」研究スタイルで、私の研究者としてのポリシーともいえるべきものです。これは、大学時代、NTT出身の指導教員の研究スタイルやお考えにかなり影響を受けたところが大きいです。エレガントさとは、はっきりと定義するのは難しいのですが、「本質を見抜いた鮮やかなアプローチ」に対する美的感覚のような

もので、数学で美しい問題・解き方・証明に出くわしたときに覚える感覚に近いかもしれません。何事もエレガントさを追究しながら取り組むことで、思考が研ぎ澄まされ、その積み重ねにより高みに登ることができるはずと考えています。私自身も研究者生活で手ごたえを感じたことはいくつもありましたが、まだまだと感じていますので、これからもエレガントさにはこだわっていきたいですね。あと、プレイヤーとして研究するのがやはり好きなので、可能な限り主著の論文もたくさん書き続けられるように頑張りたいです。

後輩の研究者に一言お願いいたします。

研究活動はハードで精神的にきついときが多いですが、NTTで研究できる喜びを噛み締めて、とにかく研究を楽しむことが一番大事なのではないかと思います。気分が落ち込んでいるときや邪念に支配されて思考が停止しているときは研究が進みませんし、逆に気持ちが乗っているときは研究も進むものです。心の持ちようで研究のスピードが変わりますから、心を安定させて前を向くことが大切です。例えば、誰かを負かしたい、周囲に自分を良く見せたいとつい思ってしまいがちですが、これは他者を意識しすぎるあまり妬みや焦りといった負の感情に心が囚われている状態なのだと思います。自分ではコントロールできない問題にはあれこれ悩まず、自らが日々成長しているかという点に意識を向けてみると良いと思います。自らの成長を楽しむことで、壁にぶつかってももう少し頑張ろうという気持ちになれると思います。

一方で、研究に没頭しすぎているときも注意が必要です。一見そのときそのときはすべてが順調に進んでいるように思えても、後で振り返ってみると停滞していたと感じることはよくあります。私も陥りがちですが、そういうときは

大抵視野が狭くなっています。客観的に見てそれほど重要ではないことを重要と信じて心血を注いでいる状態です。油断しているといつでもそのような状態に陥ってしまいかねないので、目の前のことに粘り強く打ち込める集中力とともに、常時客観的に自分を見つめる冷静さを養っておくことが必要です。諦めずこつこつ取り組む人格と冷静に自己を客観視する人格を備えて、意識的にこれらの人格間で対話をし続けることが重要なのです。

私は、研究者は世の中を良い方向に動かすための知恵を出す存在ととらえています。NTTの研究者はもちろんNTTのために研究をしますが、よりマクロな視点でみると、すべての研究者の共通の使命は世の中をより良くすることです。他者との競争に負けない逞しさも必要ですが、同じ使命を担う他者の研究や貢献へのリスペクトを欠かさない誠実さも大切にしていきたいです。

今後のさらなる目標、展望を教えてください。

人間のコミュニケーションをいかに円滑化するかに主眼を置いた研究を引き続き進めていきます。その先に見据えているのは、メディアをまたいだ変換を実現することです。音声、テキスト、動画はそれぞれ異なる特長を持つメディアです。例えば音声はメッセージを素早く表現して相手に伝えたいとき、テキストは素早くメッセージの要点を読み取りたいときにそれぞれ有効です。また、動画は音声やテキストでは表現しきれない細部の情報を表現できる点が強みです。このようなそれぞれのメディアの特長を活かし、送信者と受信者が、置かれている状況に合わせて使用メディアを柔軟に選択できるようにすることで、極めて高効率で円滑なコミュニケーションを実現できるようになると考えています。このためには、各メディアの信号を、メッセージやコンテンツを保持するように異なるメディアの信号に

変換するクロスメディア変換を扱う必要がありますが、これはとてもチャレンジしがいのある面白いテーマになると思っています。

研究者としては、センスの良い研究テーマとエレガントなアプローチを追求していきたいです。各分野にはいわゆる花形の研究課題があります。重要な一方、難攻不落で、永年多くの研究者が挑戦を続けている課題です。こういった研究課題では大抵ベンチマークや評価系やデータセットがすでに確立されていて、研究や実験に比較的着手しやすいメリットがあります。一方で、多くの研究者が競い合っている中で違いを生み出すにはかなり高度で専門的な知識と技術レベルが必要になります。逆に、誰も着手していないような新しい課題を開拓する取り組みもまた重要です。分野に新たな世界と価値を生み出せるからです。しかし、場合によっては評価系やデータセット等をゼロから構築する必要があるため研究の立ち上げにはかなりの労力を要します。高い専門性と柔軟な発想力を養い、両タイプの取り組みを両輪としてうまくバランスを取りながらさまざまな課題の解決に向けて邁進していきたいと考えています。

■参考文献

- (1) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/75/3/75_118/_pdf
- (2) 亀岡：“音声のイントネーションとアクセントを分析、合成、変換,” NTT技術ジャーナル, Vol.27, No.9, pp.10-12, 2015.



データドリブンな健康経営の アドバイザー

emphealは、企業の健康経営をデータドリブンに支援するベンチャー企業だ。企業の健康経営を促進するために、セミナー活動、可視化による健康経営課題抽出、対応策提案から実施フォロー、そして投資効果の分析まで、健康経営のアドバイザーとして企業に寄り添った支援を行うとともに、「よりよい健康文化の創造」にチャレンジする、西口孝広社長に話を伺った。



empheal 西口孝広社長

健康経営をデータドリブンに 支援するベンチャー企業

◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

empheal（エンフィール）は、企業のデータドリブンな健康経営を支援することを事業の柱として、2019年4月1日に、NTTドコモと提携先であるエムスリー株式会社の出資により設立されました。

ドコモのヘルスケア事業は、B2Cのビジネス展開を中心にっており、その業容拡大の一環で医師とのリレーション確保に着目し、約30万人いるといわれている医師の90%の約27万人をパネルとして有するエムスリー社との提携をしました。そして、健康経営をテーマとしてスピーディに事業展開をしていくために、ジョイントベンチャーとしてemphealが設立されました。

当社の事業は、データドリブンな健康経営のアドバイザーとして、健康経営課題の可視化、課題に対する最適な打ち手の提案、投資対効果の分析を通して、健康経営課題のPDCAをサポートする、「健康経営ソリューション」の提供と、従業員の健康課題に医療からアプローチすることで、「すでに起こっているもの（避けられず起こってしまうもの）」を解決し、従業員の生産性向上に寄与するエムスリー社のサービス、M3 Patient Support Program (M3PSP) の提供で、この2つを車の両輪のようにかみ合わせながら事業を行っています。

◆健康経営を取り巻く環境はどのような状況でしょうか。

健康経営とは、従業員等の健康管理を経営的な視点で考

え、戦略的に実践することです。従業員への健康投資を行うことは、従業員の活力や生産性の向上につながります。

健康経営の目的の1つである生産性の改善とは、アブセンティズム（欠勤による損失）とプレゼンティズム（生産性の低下）の2つの改善を意味しています。アブセンティズムとは、入院を原因とした欠勤など、出社できない状態による生産性の低下を指します。対してプレゼンティズムは、出社はしているが健康上の問題が原因で、頭や体が十分に働かず、生産性が低下してしまっている状態を意味しています。さらに、この2つの生産性の低下を防ぐには、「将来の病気発症・重症化リスク」だけでなく、「顕在化している生産性の低下」へのアプローチも必要になります。

健康経営は、2013年に政府が閣議決定した「日本再興戦略」に取り上げられたところから本格的なスタートとなり、その後「健康経営優良法人ホワイト500」の創設等もあり、一定の普及がみられました。一方で、健康経営を掲げている会社は手探りの状態で、健康診断の受診率向上やウォーキングラリーのような、健康施策を実施することにとどまる会社が多く、本格的な健康経営という意味ではこれからの市場だと考えています。

そこで私たちは、健康課題の現状をさまざまなデータや定量調査に基づき定量化・可視化し、それぞれの会社特有な健康課題に対応していくこと、そしてそれをアブセンティズムとプレゼンティズムの観点から投資対効果を定量化して生産性向上に寄与していくことを中核の事業として、データドリブンな健康経営アドバイザーとしてさまざまな会社の支援をしていくこととしました。

◆健康課題の可視化はどのように行うのでしょうか。

プレゼンティズム調査というものを行います。例えば、企業の従業員を対象に、肩こりや腰痛といった身体の不調と、プレゼンティズム損失の有無の関係を調べます。結果には会社ごとの傾向が出てきます。また、新型コロナウイルス感染予防を幅広い企業で結束し実施することを目的に発足した、「STOP! 新型コロナ ～Stay Home For All～」プロジェクトへの参加企業の従業員を対象とした、「在宅勤務における健康状態と生産性調査」(<https://empheal.co.jp/news/2020-06-08.html>) というような形態でも行っています(図)。

プレゼンティズム調査のほかに、M3PSPの利用結果から、その企業の従業員の健康上の悩みに関する傾向も分析できます。M3PSPは病気になったときに使うことが多いのですが、医師や看護師等への健康相談もサービスとして提供しており、この相談の内容の分類と件数を分析することで、健康上の悩みや病気の傾向等を可視化することができます。

可視化に向けては分析のノウハウが重要であり、実績を重ねることでそれが蓄積されてきます。ただ、可視化で終

わらせるのではなく、課題への対応を含めたソリューションを提供することでお客さまの企業へのバリューとなっていきます。そして、この蓄積された分析ノウハウと、医師パネルによる医師目線からのソリューションを確認・評価する術を持っていることが、当社の強みでもあります。

◆1人ひとりの主体的な健康意識・健康管理にリーチする健康経営をめざす

◆今後の事業展開や抱負についてお聞かせください。

今後の事業展開としては、M3PSPを世の中に普及させつつ、それを導入している企業の健康経営をサポートしていくことを1つの軸足に置いています。それをベースにさまざまな業種・業界のお客さまとのお付き合いを増やしていくことが大切だと考えています。こうしたお付き合いを通して健康調査の幅を広げることで、それぞれの業種のお客さまの状況に最適な可視化、分析、アドバイスといったソリューションを提供できるようになりますし、早くそこに到達したいと思っています。さらにその先として、ドコモで行っているAI(人工知能)による健康診断結果分析や、エムスリー社で行っているM3PSP以外の施策をはじめ、新たな商材を追加していくことで、私たちの活動の付加価値を高めていきたいと考えています。

とはいえ、健康経営も行き渡るほどまで普及しているわけではなく、その効果まで具体的に意識しているかという点においては、緒に就いたばかりではないかと思います。新しい市場であり、ブルーオーシャンの世界ではありますが、それゆえに普及・啓蒙活動にも力を入れていかなければなりません。これについては、当面はセミナーや前述のプロジェクトのような調査報告の発表等の情報発信活動を続けていくつもりです。おかげさまでセミナーの依頼も多くなってきており、世の中の関心が少しずつ高まってきているという実感です。

さて、私たちの活動は企業に対して行うのですが、最終的には従業員1人ひとりが主体的に健康施策を実行することが個人の健康状態を向上させることにもつながります。個人の肩こり・腰痛といった、ちょっとしたフィジカルな健康課題の積み重ねが、メンタルに影響を及ぼすこともあります。私たちの分析や活動が1人ひとりの健康増進につながり、ひいてはメンタルを病む人を1人でも減らすことができれば嬉しいです。



M3PSPとソリューションの連携による実績を重ねてサービスの付加価値向上

カスタマーサクセス事業部

取締役

菊間 章之さん

◆担当されている業務について教えてください。

M3PSPの営業に加えて、M3PSPを導入いただいている企業のお客さまに対する健康経営のソリューションの営業を担当しています。ただ、当社は少人数のベンチャーでもあり、なかなか直販というわけにはいかないの、ドコモの法人営業と連携して営業展開しています。一般的に企業においては、社用の携帯電話と付随するシステムの契約や管理は情報システム部門等が行っているのですが、M3PSPは社員の福利厚生としてご利用いただく機会が多いので、法人営業を通じて人事部門や総務部門の窓口を紹介してもらい、ドコモグループとしてその企業との接点を広げ、関係を一層深める営業連携を行っています。



菊間章之さん

◆ご苦労されている点を伺えますか。

健康経営が世の中に十分浸透しているわけではなく、新しい価値概念でもあるので、啓蒙活動が必要になります。さらに、健康経営が認知されたとしても、そのバリューについて関連商材を売る側も、買う側も啓蒙していかないとマーケットが出来上がらない、という状態なのです。つまり、健康経営の効用である、従業員の健康にお金を投資して、それによってリターンを得て業績を上げていくといったところの理解が得られることで、初めてビジネスにつながっていきます。M3PSPは比較的高付加価値商品の位置付けなので、この効用の説明が一層必要であり、かつ難しいところでもあります。

啓蒙活動という点においては、各種のセミナーでの健康経営の意義を発信することや、「在宅勤務における健康状態と生産性調査」の分析結果等、emphealだからこそ取得されたデータや示唆を積極的に発信していくことに取り組んでいます。効用については、実際の導入事例の紹介等、具体的に例示していくことでご理解をいただくことから始めます。幸いにもNTTグループの福利厚生施策である「カフェテリアプラン」にM3PSPがメニュー化されているので、いい例示の材料になると思います。

◆今後の展望について教えてください。

とにかく啓蒙活動が市場の入口なので、セミナーや調査

結果報告のような情報発信の活動は継続的に進めていくつもりです。これと並行して、例えばテレワーク商材の提案ではスマートフォンやタブレット、またアプリケーションは必ず登場するので、それらを利用する従業員のヘルスケア（調査）をテレワーク商材パックとしてバンドル化する等、ドコモ商材との連携をつくり出して、営業の扱える商材化の検討もしていきます。また、中堅中小企業層の営業はドコモショップや代理店が担当しているのですが、このチャンネルにより中堅・中小企業層への展開も検討していくので、そのためにも扱う商材化は重要になります。

それから、説明が難しい商材でもあるので、M3PSPや調査・分析・可視化等を「お試し利用」できるような仕組みも考えていきたいと思っています。

M3PSPからの分析結果から新しい健康ソリューションを提供

カスタマーサクセス事業部

事業部長

金井 絵里花さん

◆担当されている業務について教えてください。

M3PSPからの分析結果や、ご利用の企業からのヒアリング等から、健康課題を抽出し、その対応策の提案、実施サポート、フォローといった健康ソリューションの提供を担当しています。単なる課題解決のみならず、他社の優良事例や当社の持つ知見から、健康課題に対する予防的な側面からのコンサルティングや改善施策の提案も行っています。



金井絵里花さん

◆ご苦労されている点を伺えますか。

健康経営に取り組む企業でも、自社の優先課題がクリアになっている企業は少なく、調査や分析から、その仮説を立てるところからお手伝いをしております。また、少しずつ変わってきてはいますが、ご支援させていただく中、健康意識が必ずしも高くない従業員もいまだ多いため、まずは危機感を持ち、「自分事」にしてもらうことからスタートします。試行錯誤をしながら少しずつ、1人でも多くの従業員が、自分の健康への興味を持ってもらうきっかけをつくれるよう努力しているところです。こういった場を実現するため、医師等の医療従事者との連携による専門性の高いソリューションをかたちにし、そのうえで企業、従業員両方のニーズに答える工夫、そして、それをビジネスモ

デルとして成立させるために、試行錯誤を交えながら実現させてきているところです。

◆今後の展望について教えてください。

emphealに相談したらどんな健康課題に対してもサポートしてもらえる、という状態をめざし、従業員の生産性の低下に影響のある不調を広くカバーすべく、ソリューション開発に従事しています。また、個々のお客さまによって事情や制度、環境も違うため、お客さまに寄り添ってカ

スタマイズしながらのご支援を行っていますが、私たちの実績とノウハウが蓄積され、その事例をパターン化していくことで、ソリューションのメニュー化を図ることができそうです。その良い循環をスピードアップしていきたいです。また、このプロセスで私たちの目利き力も強化されていくため、良いソリューションを持っているパートナー企業のネットワークも構築していき、健康経営といえどempheal、という環境に早く近づけたいと思います。

empheal ア・ラ・カルト

■オンライン健康イベント その1

emphealでは、在宅勤務を機に運動不足解消のため、毎朝9:30から全員でオンラインでのラジオ体操を行っているそうです。さらに、肩こり、腰痛等いろいろなパーツに効くストレッチを理学療法士のパートナーさんに伝授していただき、それも休憩がてらオンラインで行っているそうです。在宅勤務の中で健康意識を向上させ、自分たちでいろいろなものを試しながら、良いものは商品化するという、まさに健康経営の会社ならではの取り組みで、在宅勤務終了後も継続していくとのことです。

■オンライン健康イベント その2

在宅勤務におけるコミュニケーション不足解消のため、オンライン飲み会を行っているとのことですが、単なる飲み会ではありません。参加者全員が栄養を意識した同じ料理を、上司、部下関係なく、コツを学びながらつくり、出来上がったところで飲み会に。各自がつくった料理に加え、栄養・健康ネタもスパイスのごとく混ぜ、話が盛り上がるそうです。特に、料理好きの西口社長の焼きそばは、その秘伝の焼き方をはじめ、人気メニューだそうです。

■オープンエアーミーティング@皇居

ある秋の天気の良い日、オフィスの眼下に広がる皇居の芝生の上で、オープンエアーミーティングをやろうと、遊び心からの何気ない一言が現実のものとなったそうです。テント用のシートを芝生の上に敷き、昼食を取りながらピクニック気分でミーティングを始めたところ、雰囲気も気持ちも変わって、逆に良い提案が出るなど議論が盛り上がったとのことです（写真）。次回は桜を見ながらと計画していたそうですが、世の中が新型コロナウイルスを気にしているうちに、桜の季節は終わってしまいました。



写真

Flexible InterConnect を支える技術

NTTコミュニケーションズはお客さま拠点とさまざまなクラウドサービスなどオンデマンドでセキュアに相互接続するFlexible InterConnectを開発しました。ここでは開発における共通機能とサービス提供機能の明確な分離、API（Application Programming Interface）ファースト、クラウドサービスライクな使いやすさにもこだわったFlexible InterConnectを支える設計思想や技術について紹介します。

共通・サービス個別機能を徹底的に分割しAPIで疎結合

Flexible InterConnectは図1に示すように認証やポータルなどの共通機能と、それ以外の個別のサービス提供にかかわる機能に分けることができます。各機能は役割に応じて明確に分離されマイクロサービス（機能部）として実装されており、それらがAPI（Application Programming Interface）による疎結合により連携します。このため複数のサービスを利用する場合でも権限管理が集約されるなどさまざまなメリットがあります。

APIファーストを徹底しており、お客さまによる操作もすべてAPIを介して実行される設計としています。そのため証跡の監査や自動化を容易にし、サービス構築もしやすいという特長があります。

顧客情報を管理する共通機能は、Flexible InterConnect以外のサービスにも利用されます。同基盤上で提供される

すべてのサービスを一度のサインアップで利用可能となっており、同じ情報を繰り返し入力する必要はありません。

サービス提供機能の開発

サービス申込みや設定変更にかかわる機能は、NTTコミュニケーションズ（NTT Com）独自のAPIベースのソフトウェアフレームワーク「AXIS」を使って内製化しています。

AXISはクラウドネイティブのオーケストレーション基盤として、CI/CDパイプラインをさらに昇華させて、アプリケーションのデプロイはもちろんGCP等のIaaS（Infrastructure as a Service）のデザインパターン化により複数プロダクトの同時展開を容易にしています。

この内製化により、仕様変更にも柔軟かつスピーディに対応できました。Infrastructure as Codeの実践でオンプレミス環境では数カ月を要した環境構築を15分で実施可

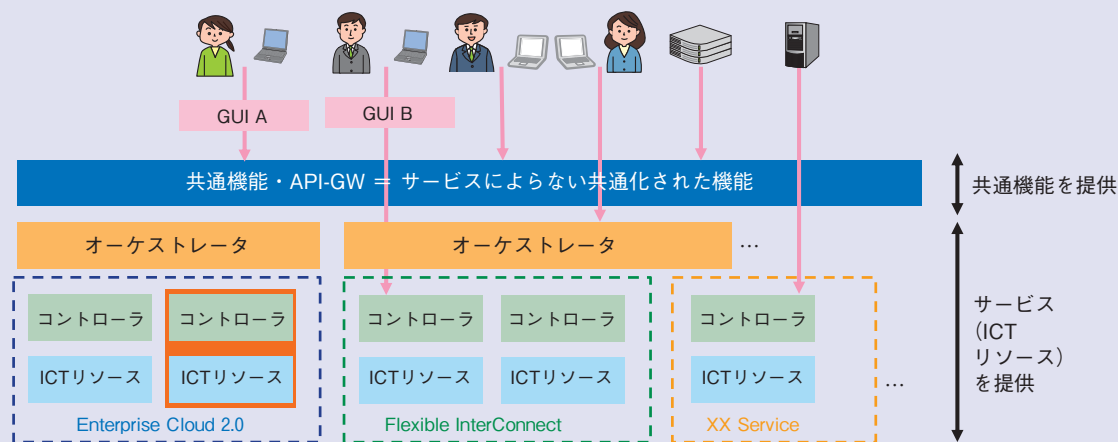


図1 データ利活用を支えるサービス群

能にしたほか、アプリケーションのコンテナ化による運用コスト削減も実現しています。また、ユーザ影響を最小化したデプロイサイクルの確立により、バージョンアップや改修時のダウンタイムをゼロにすることも実現できました。

オンデマンド制御機能の開発においては、主要クラウド事業者ごとに異なる接続方式を、NTT ComがクラウドAPIの差分や接続シーケンスをオーケストレーションすることでオンデマンドでのクラウド接続を実現、ネットワーク制御に関しては、netconfやREST APIを活用することでSoftware Defined化を実現しています。

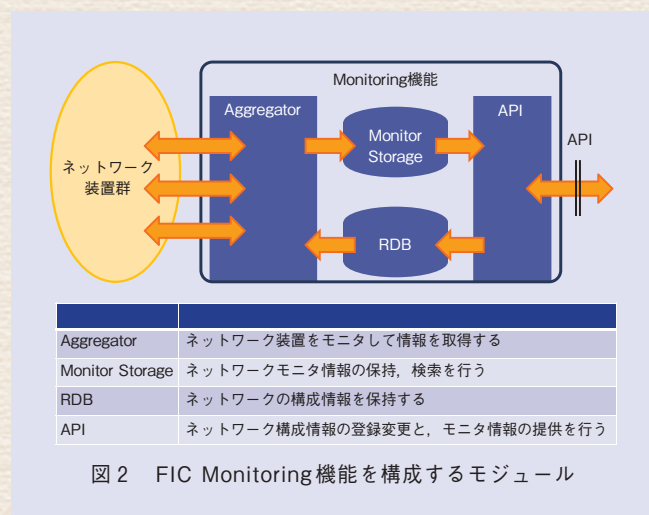


図2 FIC Monitoring機能を構成するモジュール

モニタリング機能の開発においてもモジュール化を徹底しました。

ネットワークの可視化機能を4つのモジュールに分割し（図2）、モジュール間はRESTなどの標準的なプロトコルで連携させることで開発期間を短縮できたほか、他のネットワークサービスへの展開が容易になりました。また、比較的小さなモジュールの集合のため、クラウド上での構築・運用も簡易となりました。今後もこうしたモジュール化のメリットをさらに活かしていく予定です。

デザイン思考で分かりやすいUI/UX

NTT Comでは全社内組織およびNTT国際通信（NTT WT）との横断でデザインチームを立ち上げ、ジョブキャリアの1つとして育成しています。ユーザに共感し、ユーザの立場から潜在的な課題やニーズを発見し、発見に基づくアイデアをプロトタイプとして早期に具現化します。そして、ユーザからのフィードバックをベースに、そのアイデアをアップデートしていく活動をしています。

Flexible InterConnectのポータル開発では、設計段階からこのデザインチームにも加わってもらい、このUI/UX開発プロセスを実践しました。具体的には、Flexible InterConnectポータルについてユーザインタビューを実施し、既存UI/UXの改善点を洗い出します。またSUS（System Usability Scale）という指標を使い、ユーザ

ユーザインタビューで改善点を洗い出し、UIを点数化するシステムユーザビリティスケール（SUS）で評価。

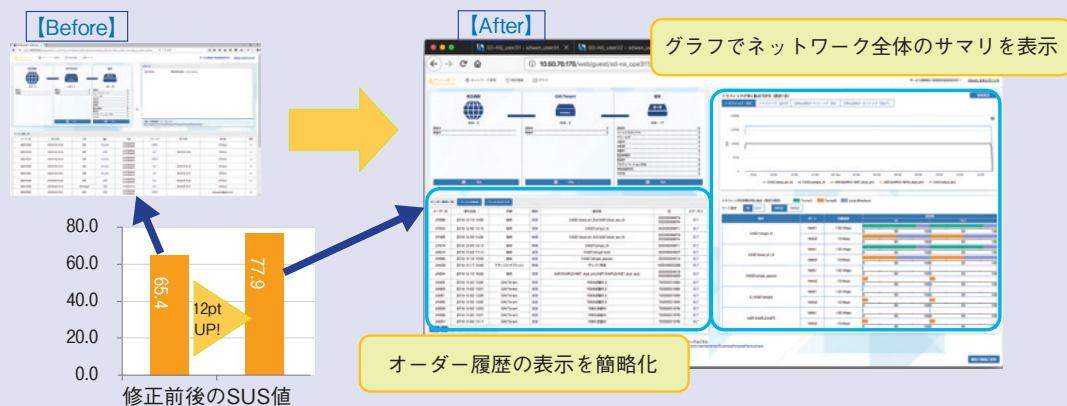


図3 UIを点数化しUI/UX開発に活かす

ビリティを数値的に評価しました（図3）。このSUS指標による評価の成果がFlexible InterConnectにも活かされています。これにより、従来のネットワークサービスとは異なりオンデマンドで即座にサービス開通や設定変更を可能とする「クラウドサービスライク」な使いやすいUI/UXを実現しました。

多様なニーズへの柔軟な対応を可能にするICTリソース群

今後はクラウド上のさまざまなサービスが相互につながることで、ネットワークを経由して利用されるアプリケーションの増加が予想されます。この流れの中でネットワーク間の接続においては柔軟性と相互運用性（インターオペラビリティ）がますます重要になると考えられます。

Flexible InterConnectを構成するネットワークは、BGPをはじめとするオープンなプロトコルを活用した自律分散型のネットワークの上で、ファイアウォール（FW）やNAPTなどお客さまにとって利便性の高い機能を、コンポーネントとしてアドオン可能なため、相互運用性に配慮しながら、多様なニーズにも柔軟に対応することができます。

ネットワークの基本的なトポロジーはSpine/Leaf*で構成されています。基幹となるSpineにL3VPNやコンポーネントなどの付加機能を追加した設備群を「Core」、Coreに対して各種クラウドやお客さま回線を収容するエッジ系設備群を「Leaf」と呼んでいます。このCoreとLeafで構成されるネットワークの上で、L2およびL3 VPNを実現し、「コネクション」や「ルータ」などのメニューとし

* Spine Leaf構成：非常にシンプルな階層で構成されたネットワークのこと。

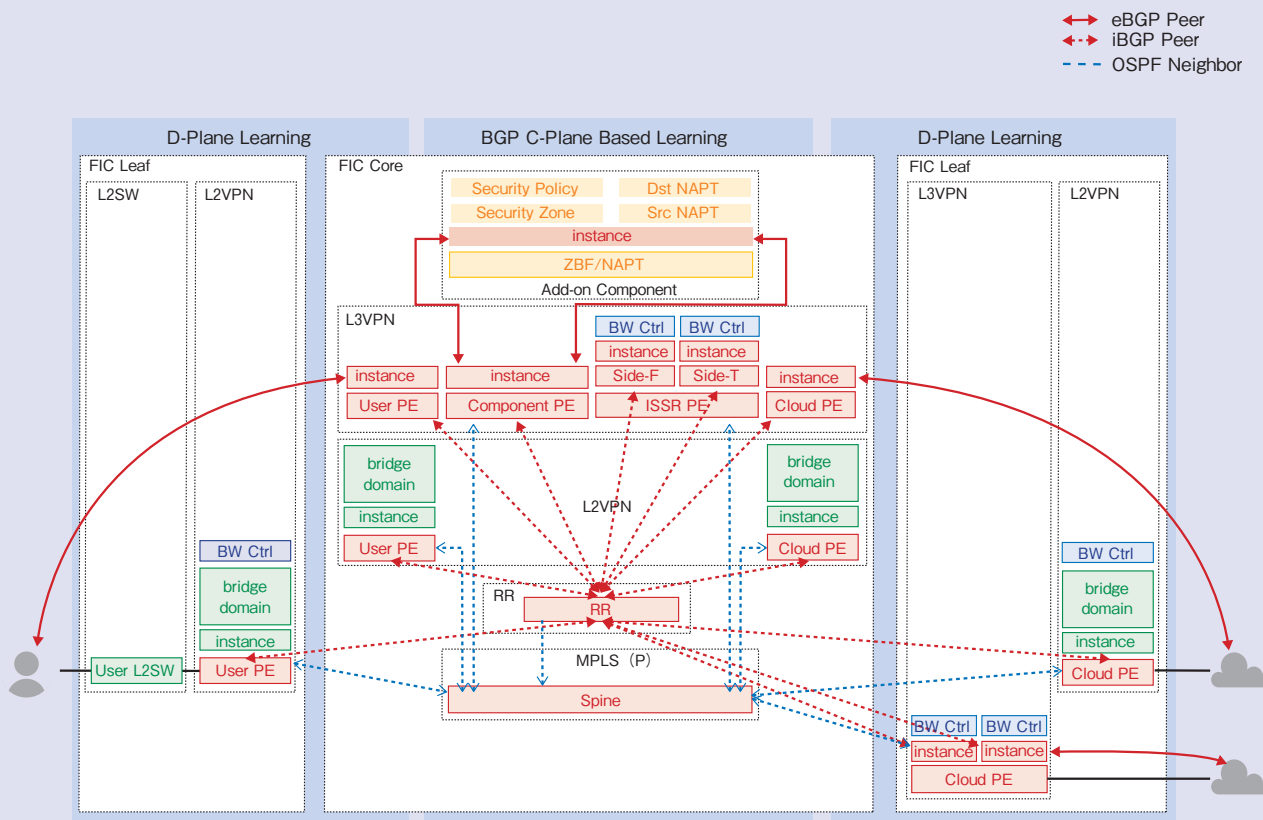


図4 FICを構成するネットワークアーキテクチャの概要

てオンデマンドに提供しています（図4）。このアーキテクチャの利点の1つは、複数の機能（マルチサービス）を実現しつつ、L2やL3、お客さまやクラウドといった接続機能・ポイントごとの役割が設備に対して明確に分離されているため、柔軟でありながらも、ネットワークの成長に応じたスケールアウトが容易となっていることです。

L2サービスを実現するL2VPN PEでは、接続ごとにL2インスタンス上のBridge-Domainが割り当てられる仕組みとなっており、入出力のVLANが異なる場合においてもエッジ-網内-エッジといった区間ごとに適切なVLANに変換しながら転送する機能に加えて、接続に対する帯域の制御や、BUMトラフィックへの制御、MACアドレス上限の制御などの機能を持たせています（図5）。L2サービスを申し込んだ場合、お客さま-お客さま間およびお客さま-クラウド間など、さまざまな対地に対して接続性を提供できることから、ネットワークそのものを柔軟に構成することが可能です。L3サービスを実現する場合においても、このL2の基盤上にオーバーレイする設計となっています。

Flexible InterConnectのL3サービスでは、お客さまの設備やクラウドとネットワークの接続をFlexible InterConnect上のルータに任せることができ、FWやNATといった付加機能を追加できることから、複雑なネットワーク要件であっても、シンプルに紐解き、設計していくことが可能となっています。L3サービスを実現するL3VPN PEでは、L3インスタンスをお客さまに割り当てます。一般的なL3VPNでは契約に対して1つのL3インスタンスを閉域の面として割り当てることが多いのですが、Flexible InterConnectのL3サービスでは、Groupと呼ばれる複数のL3インスタンスの面の集合体をルータとして提供している点が特徴です。1つのルータに割り当てられたGroupはそれぞれ独立した面（一般的なL3VPN）として利用することも可能ですし、最大で4つのGroup間をBGPで面間接続して利用するといった使い方もできます。面間の通信にはComponent PEを経由してFWまたはNAT、あるいはその2つを同時に組み合わせて適用することが可能となっており、異なる運用ポリシーのネットワー

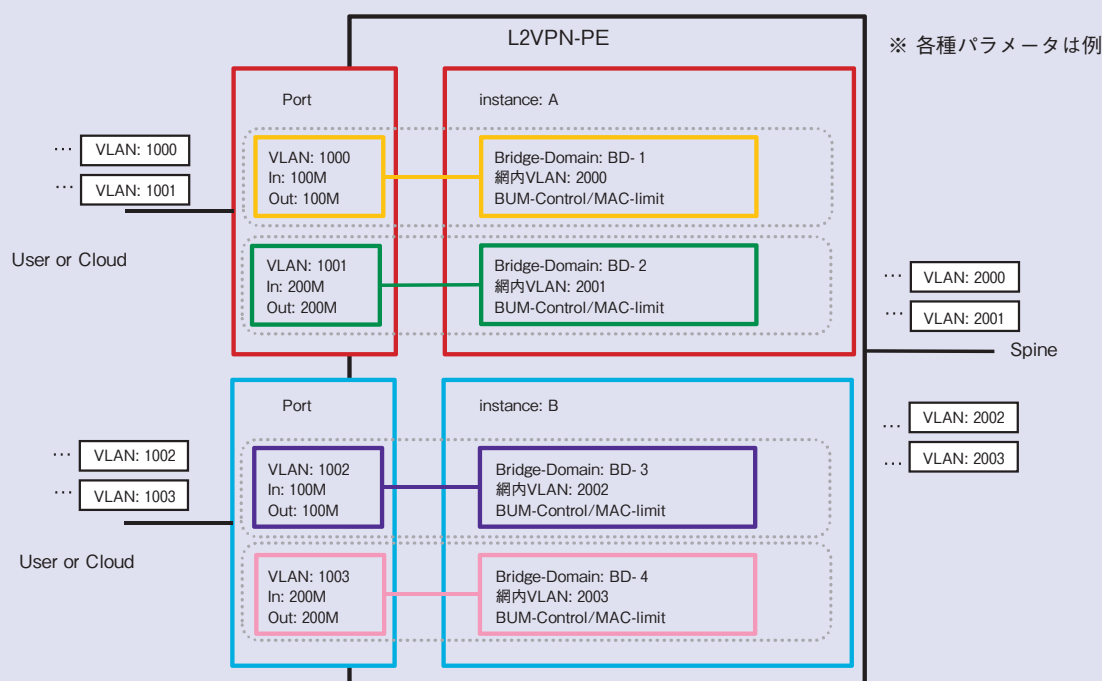
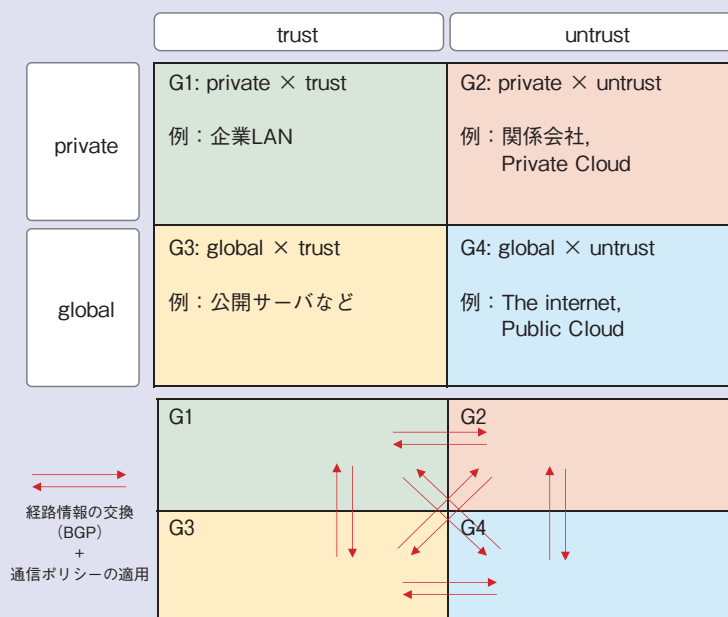


図5 L2VPN 各制御構成



クを簡単かつ安全に組み合わせて運用することができます(図6)。また、面間の通信において、簡単にNATを適用できるメリットを活かして、任意のGroupから、グローバル空間で提供されるSaaS(Software as a Service)などのサービスに接続するメニューについても対応しています。

Flexible InterConnectを支える基盤を外部に提供することも視野に

Flexible InterConnectの開発にあたり重視したのは「お客さまがいかにデータ利活用、クラウド活用を簡単かつ安全に行えるようにするか」という観点でした。開発にはネットワーク以外の知見も必要だったため、全社内組織およびNTT WTも巻き込んで開発を進めました。NTT WTではEnterprise Cloud やSmart Data Platformにこのアーキテクチャを適用しているほか、今後他のサービスにも適用していく方針です。

Flexible InterConnectはセルフオペレーションが可能であることと、使いやすさにこだわりました。オープンで拡張性にも優れたアーキテクチャを活かし、B2B2Xのミ

ドルB向けにも提供可能となっています。

ビジネスにおけるXaaS(IaaS, PaaS, SaaSなどのサービス)の利用が増え、より強固なセキュリティや安定性を求める観点から閉域網でのサービス利用ニーズが増加しており、これに対応するためFlexible InterConnectでは簡単にセキュアな閉域環境でのXaaS接続を可能にする「XaaS向け接続機能」を2020年4月8日より提供開始しました。これにより、XaaS事業者様は新たな設備投資を抑えつつFlexible InterConnect基盤上に自社のクラウドサービスを公開することで新規顧客の獲得につなげることが可能となり、またFlexible InterConnectを利用するお客さまは簡単にこれらクラウドサービスを利用することが可能となりました。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ
プラットフォームサービス本部 データプラットフォームサービス部
開発オペレーション部門
TEL 050-3812-4515
FAX 03-5202-5043
E-mail fic-dev-all@ntt.com



ネットワーク種別に依存しない統一管理モデルを用いたサービス影響把握技術

NTTアクセスサービスシステム研究所

さとう まさたか にしかわ しょうへい ふかみ きみひこ むらせ けんじ たやま けんいち
佐藤 正崇 /西川 翔平 /深見 公彦 /村瀬 健司 /田山 健一

大規模かつ多様な通信事業者のネットワークでは、被災した通信ビルやケーブルによる通信サービスの影響を迅速に把握することは困難です。NTTアクセスサービスシステム研究所では、多様なネットワークを一元管理可能とするネットワークリソース管理技術の研究開発に取り組んでいます。ここでは、ネットワークリソース管理技術を用いた大規模災害時のサービス影響把握技術について紹介します。

背景

近年、地震や台風等に起因した大規模な災害が頻発し、通信ビルやケーブルの損傷により通信サービスの提供に支障をきたす事例が増えています。通信サービスは社会を支えるインフラの1つであり、災害により損傷したビルやケーブルは迅速に復旧する必要があります。

大規模・広域な災害になるほど、被災する通信設備は膨大になります。また、災害の復旧作業を担う官公庁や自治体、被災者が集まる避難所等の重要な通信回線や多くのユーザが使用する通信回線につながる設備損傷を早期に復旧する必要があります。しかし、通信事業者のネットワークは、さまざまな通信技術を組み合わせることで全国エリアのサービスをカバーしており、あるエリアの設備損傷が他のエリアのサービスや他の種別のサービスに影響を与える場合が多いため、被災により生じるすべてのサービス影響を迅速に把握することが困難です。そのような状況において、被災設備によって生じるサービス影響を迅速に把握し、膨大な被災設備の中から優先的に復旧すべき設備の判断を支援する技術が求められています。

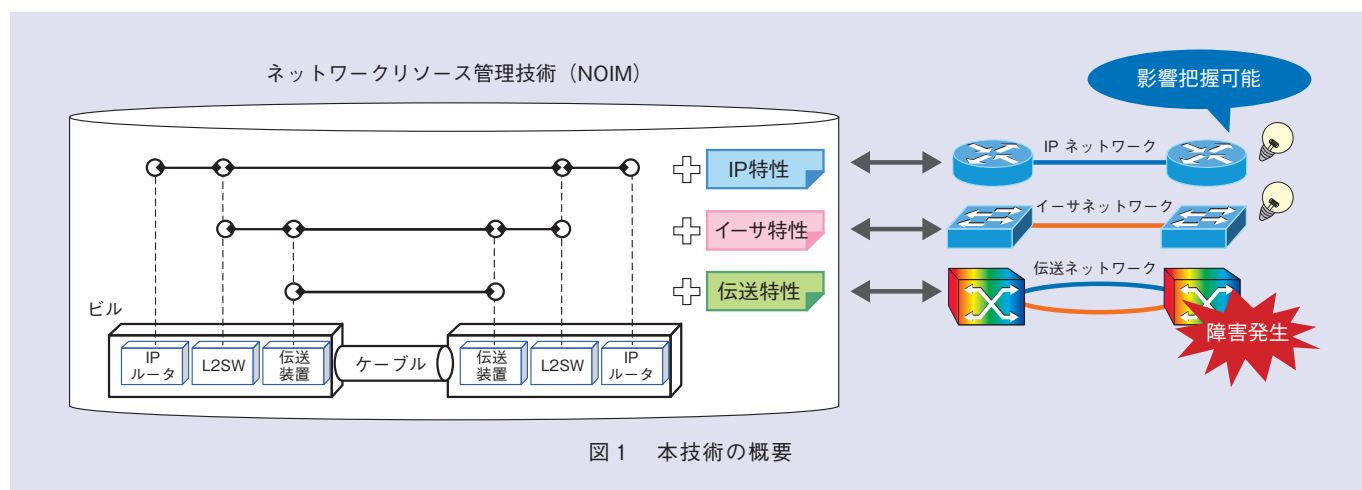
概要

私たちは、多様なネットワークを一元管理可能とするネットワークリソース管理技術（NOIM: Network Operation Injected Model）の研究開発を行ってきました⁽¹⁾。ネットワークの終端点や接続性などのネットワーク種別に依存しない汎用的なデータ形式でネットワーク情報を管理し、さまざまなネットワークを一元的に管理することで、多数の通信技術を組み合わせた複雑な通信事業者のネットワークにおいて、通信設備障害により発生するサービス影響を迅速に把握することが可能になります。

ネットワークリソース管理技術は、ネットワーク種別に依存しない汎用的なデータ形式上に、ネットワーク種別ごとに異なる特性やレイヤ間の関係性を外部定義することにより、さまざまなネットワークの情報を格納することが可能です。図1では伝送・イーサ・IPネットワークを例としていますが、それらのネットワーク以外の専用線・モバイル網などの幅広いネットワーク情報を格納し、ネットワークをまたがった災害時のサービス影響を把握することができます。

ネットワークリソース管理技術のポイント

ネットワークリソース管理技術は、TM Forum⁽²⁾で議論されている情報フレームワーク（SID: Shared Information/Data Model）で規定されたEntityを採用し、汎用的なデータ形式によるネットワーク情報の統一管理を実現しています。採用したのは、SIDのLogical Resource（論理リソース）のうち3種の代表的なEntity〔Termination Point Encapsulation（TPE: 情報転送の終端点）、Network Forwarding Domain（NFD: TPE間の接続関係を表し、各レイヤにおける情報転送が可能な領域）、Forwarding Relationship Encapsulation（FRE: NFD上に生成され、情報転送のパスの実体）〕です。これらの汎用的なEntityを組み合わせてマルチレイヤの通信プロトコルの管理に必要な管理情報を表現することが可能になります（図2）。また、物理リソースについても同様に、通信装置（PD: Physical Device）や光ファイバ（PL: Physical Link）、それらを収容する通信ビル（PS: Physical Structure）やケーブル

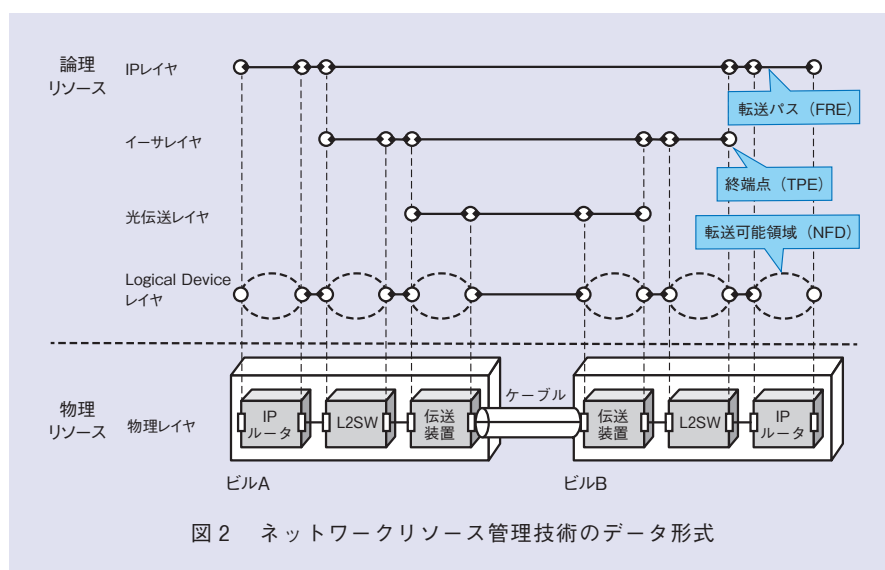


(AGS: Aggregate Section) についても汎用的なEntityで表現します。

さらに、これらの汎用的なEntity情報を保持する際、通信技術毎に異なる情報を外部定義する機構を備えます。ネットワークを管理する従来のオペレーションシステムでは対象のネットワークごとに管理すべき情報保持に特化したデータベースを持つため、管理対象ネットワークの追加や変更を行うためには、管理機能の追加を行う必要があります。ネットワークリソース管理技術では、汎用Entity情報に基づきネットワーク種別によらない汎用的なロジックとして管理機能を実装するため、ネットワーク種別の追加や変更の際にも管理機能の修正は不要となります。

図3は従来のオペレーションシステムとネットワークリソース管理技術による実現方法の比較です。一例として、IPネットワークとイーサネットワークを管理するケースを考えます。従来技術（図3(a)）では、IP+イーサネットワークに特化したデータベースを持ち、それらのネットワークに特化した管理機能を持ちます。このとき、管理対象に伝送ネットワークを追加しようとした場合、伝送ネットワークを管理可能とするために、データベースの変更や管理機能の改修を行う必要があります。

一方、ネットワークリソース管理技術（図3(b)）では、汎用Entityで情報を保持し、ネットワーク種別ごとの特性を外



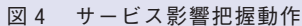
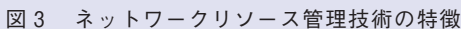
部定義するため、伝送ネットワークを追加する際にも、その特性を追加することでデータの保持が可能であり、容易に拡張が可能です。同様に管理機能についても、汎用Entityに基づくロジックとなっており、伝送ネットワークの追加による機能変更は不要となります。

サービス影響把握技術のポイント

ネットワークリソース管理技術を用いて、災害により生じるサービス影響の迅速な把握技術を開発しました。前述した汎用的なデータ形式のEntityを用いて、通信事業者が構築しているさまざまな通信ネットワークの情報を統一形式で保持します（図4）。

本サービス影響把握技術は、災害により損傷した物理設備（ビルやケーブル）を入力として受け付け、その損傷設備に関連する論理リソースEntityを探索し、出力します。これにより、通信設備の損傷から波及して発生する通信サービスの影響を把握することができます。図4では、通信ケーブルが損傷した場合を想定し、物理リソースEntityから論理リソースEntityへ波及する影響を探索するイメージを表しています。各物理・論理リソースEntityはレイヤ間の上下関係や転送パスの終端点の情報を持っており、それらの情報を用いてレイヤをまたがった影響の探索が可能となります。

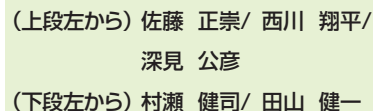
このように、汎用的なデータ形式で表現したEntity（終端点や転送パス等）



今後の予定

参考文献

- (1) 堀内・明石・佐藤・小谷:「ネットワークリソース管理技術,」NTT技術ジャーナル, Vol. 29, No. 7, pp. 48-52, 2017.
- (2) <http://www.tmforum.org/>
- (3) 深見・村瀬・佐藤・田山:「ネットワーク障害が及ぼすサービス影響把握方式の検討,」信学技報, Vol. 118, No. 483, ICM2018-51, pp. 13-18, 2019.



◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセスオペレーションプロジェクト
オペレーション方式SEグループ
TEL 0422-59-3030
FAX 0422-59-3030
E-mail ohoug-imf@hco.ntt.co.jp



ブータン王国に生きるNTT東日本の 災害対策：経験を通じた国際貢献

NTT東日本

しかま まさひろ みねむら たかえ
志鎌 昌宏 / 峯村 貴江 /
うえの ゆうじろう まえがわ たかのり
上野 勇次郎 / 前川 貴則 /
ちよう ちゅうきよう よしだ なおと
張 忠強 / 吉田 直人 /
ながえ やすゆき
長江 靖行

NTT東日本は、長年にわたる災害対策に対する経験およびノウハウを活用し、国際協力機構（JICA）の技術協力プロジェクトにジャパンリーコム社と共同で参画し、ブータンテレコム（BT）において事業継続計画（BCP）策定および運用方法を技術移転しました。ここでは、このプロジェクトでNTT東日本グループの経験とノウハウがどのように活用されたかについて紹介します。

● 本プロジェクトの背景

ブータン王国では、集中豪雨、土砂災害、洪水、氷河湖決壊等の局地的な自然災害が頻発しており、特定エリアが孤立するなど国民の生活に大きな影響を与えています。また近年、近隣のネパールやインドにおいて大規模な地震が発生しており、平常時、災害時を問わず安定的な通信確保が必要不可欠な状況です（写真1）。

このような状況を踏まえ、国際協力機構（JICA: Japan International Co-operation Agency）^{*1}はブータン王国政府と協議を行い、ブータンテレコム

（BT）に対しブータン王国初の事業継続計画（BCP: Business Continuity Plan）^{*2}策定や業務継続マネジメントシステム（BCMS）^{*3}運用等を技術移転する「ブータン国災害対策強化に向けた通信BCP策定プロジェクト」を計画しました。

このプロジェクト（PJ）は、建物や通信ネットワーク等のリスクを分析し、BCP基本方針を策定、各種ドリルの実施、BCMS体制構築、ブータン王国政府関連機関への水平展開などさまざまな要素で構成されています。

NTT東日本は災害対策の経験やノウハウは元より、JICA等を通じての過去

50年以上にわたる国際協力活動実績により、JICA派遣のコンサルティング企業として2018年11月から、このPJに従事することとなりました。

本PJは、NTT東日本国際室が中心となり、ブータン王国でJICA専門家として長年従事されたNTT東日本のOBが所属するジャパンリーコム社との共同体制を確立することで、NTT東日本グループが持つ経験とノウハウを最大限に活かせるよう配慮しました。

● JICAの開発援助およびPJ評価について

JICAの援助は、技術協力、有償資金協力、無償資金協力という3つの援助手法のほか、青年海外協力隊派遣や国際緊急援助など多岐にわたります。本PJは技術協力型のプロジェクトに該当し、現場の経験やノウハウを持つ専門家を派遣して、相手国の機関や技術者に必要な技術や知識を移転するとともに、現地に



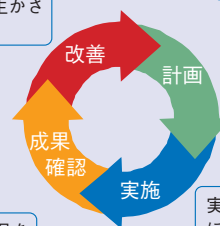
写真1 Thimphu～Trongsa間国道メインルート

- *1 国際協力機構（JICA）：日本の政府開発援助（ODA）の技術協力、有償資金協力、無償資金協力を一元的に行う実施機関として、180以上の国々に対し国際協力を行っています。
- *2 事業継続計画（BCP）：平常時に行うべき活動や緊急時における事業継続のための方法、手段などを取り決めておく計画。
- *3 業務継続マネジメントシステム（BCMS）：組織の業務継続能力を継続的に維持向上するための経営システム。

妥当性 (Relevance)	相手国の政策や日本の援助政策との整合性がとれているか、ニーズに対し妥当か
有効性 (Effectiveness)	PJが受益者や社会に有効な便益をもたらすか
インパクト (Impact)	PJによる直接的・間接的效果があるか
効率性 (Efficiency)	PJの資金や機材、時間等の投入が効果的に活用されたか
持続性 (Sustainability)	PJの効果が持続的か

事後評価の教訓は、その後の事業の改善や新しい案件形成（計画）、協力の基本方針の検討に生かされます。

事業の目標や指標を設定します。（事前評価）



実施状況をモニターして計画に沿って事業を進めます。

指標に沿って目標の達成状況を検証します。（事後評価）

出典：JICAホームページ

図1 JICAのPDCAサイクル、DAC評価5項目

適合した仕組みづくり、啓蒙活動や普及等を協働で実施する、特に経験や高い専門性を求められるものです。

JICAでは、図1に示すPDCA（Plan, Do, Check, Action）サイクルを用いて、PJの開発効果向上および成果の透明性確保等に努めています。またコンサルティング企業は、計画工程でJICAが事前に設定した目標基準に対して、OECD（Organization for Economic Cooperation and Development）^{*4} 開発援助委員会（OECD-DAC^{*5}）の「DAC評価5項目」による評価を満足する必要があります。

また、JICAによるブータン王国の通信セクタに対する援助の歴史は古く、1990年代に無償援助資金協力により全国デジタル無線伝送路網を構築しブータン王国の通信の礎を築き、2001年からは線路系の技術専門家を継続的にBTに派遣し技術移転を行っており、このPJにつながりました。

● BTの現状

BTでは、ブータン政府機関から貸与

された光ケーブルを用いて、高密度波長分割多重方式の全国中継ネットワークを構築し、携帯電話、固定電話、インターネットサービス等を提供しています。2018年には、従来のPSTN（Public Switched Telephone Network）網からIP（Internet Protocol）網へのマイグレーションを完了しており、第4世代携帯電話サービスの全国展開も同年に終了しています（図2）。BTのネットワークの構成は、コアネットワークとアクセスネットワークを中心とした非常にシンプルな構成であり、既存サービスの更改および新サービスの展開等に必要と高度な技術を必要とする重要な設備はコアネットワークに極力集中し、インターネット、携帯電話等のアクセスネットワークの設備は可能な限り最小限化し配置する事により、保守効率性等を向上しています。

一方で災害対策については、大規模な災害経験が乏しいため、災害対策等の業務自体が存在しておらず、社会的インフラストラクチャである通信確保に対する重要性の認識や、職員の安全確保については意識が希薄な状態でした。

● 技術協力活動の実際

JICAが策定した本PJの目標は、①BCP基本方針を策定する、②BCMSを

実行できる詳細マニュアルを策定する、③BCMSが定着し、職員の意識を醸成する、さらに上位の目標としてPJの成果をブータン王国の政府関係機関等に展開し、ブータン王国全体のBCMS能力向上に貢献することです。

■目標1：BCP基本方針を策定する

PJの開始に伴い、2018年12月にBCPを検討するタスクフォースを正式に発足しました。メンバーはBT社長および幹部、災害発生時等に実際に復旧活動を行う現場技術者や、安全確保や支援活動を行う事務系職員です（写真2）。52回のワークショップやセミナー、会議等を開催し、ブータン王国の法制度、BTを取り巻く環境、建物、通信設備や保守運用方法、各種業務プロセス等を明確にしたうえでBCP基本方針を策定し、2019年5月17日に情報通信大臣からBCP制定の宣言がなされました。

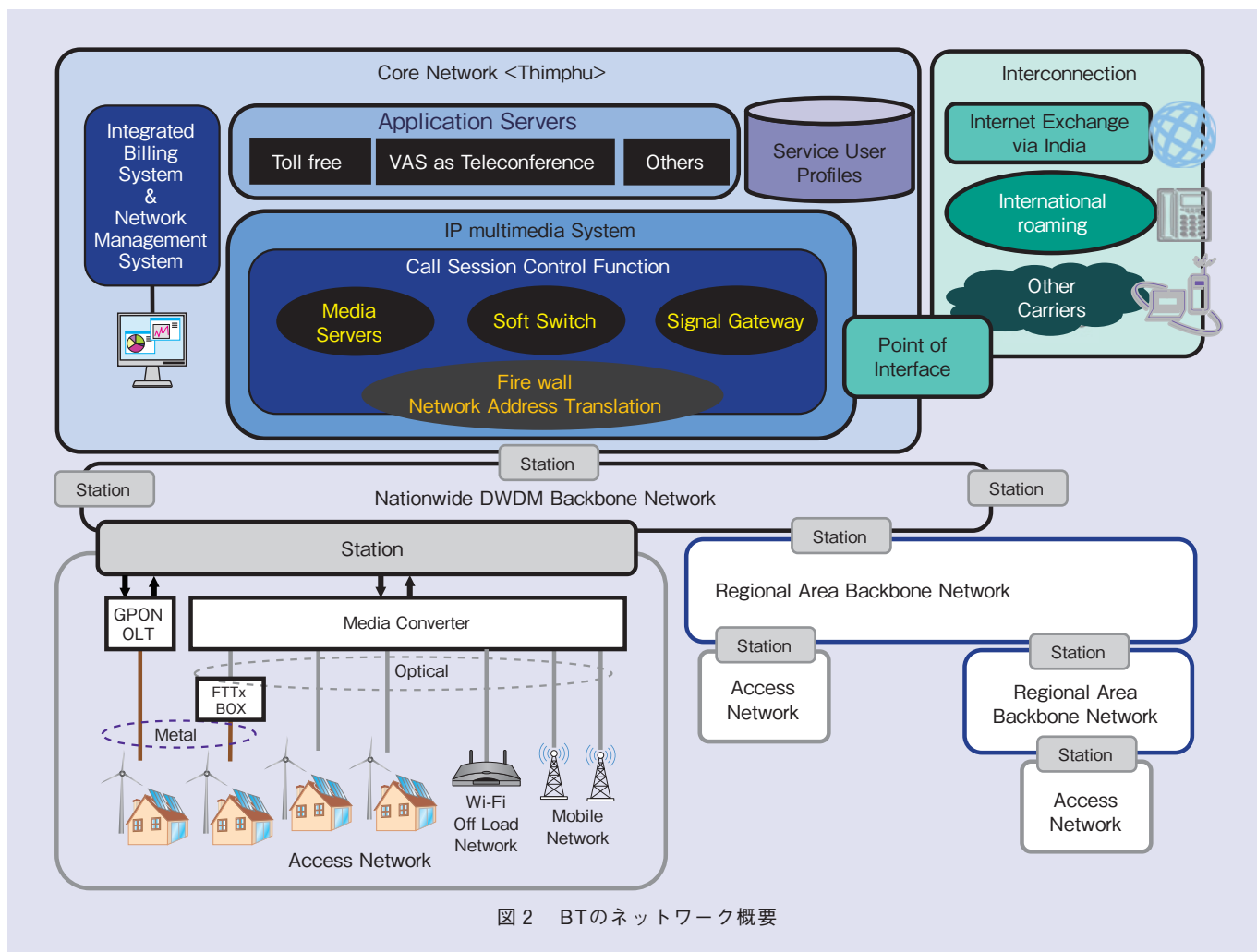
■目標2：BCMSを実行できる詳細マニュアルを策定する

詳細マニュアルを策定するにあたり、1959年の伊勢湾台風からの長年の災害復旧対応等の経験・ノウハウ・知見を参考にしました（図3）。BCMSが業務の一部となって定着・文書化された日本のマニュアル等をそのまま適用することは適切ではありません。

また、BTではBCMS活動を体験した

*4 OECD：国際経済全般について協議することを目的とした国際機関。

*5 DAC（Development Assistance Committee）：開発途上国への開発援助を奨励と品質改善等を目的とする国際フォーラム。



ことがない、多くの現場職員が緊急時に即時に行動する必要があることから、文書ではなく視認でき迅速な対応が可能な掲示方式のマニュアルを作成しました。

このマニュアルは、従来のBTの文書形式のマニュアルと区別し、災害発生時に職員の行動を規範する行動規範 (Codes of Conduct) と呼ぶことにしました。

■目標3：BCMSを定着し、職員の意識を醸成する

策定した行動規範に従い、BT初の避難訓練、担当単位でのBCMS単体ドリル、関連する担当間の結合ドリル等を合計131回実施し、すべての担当や関係者が参加した最終ドリルを含む11回の大規模ドリルを通じ、行動規範は幾度も改善が加えられ、次第にBCMSの重要性に対する職員の自立性や意識も高まりました (写真3)。

2019年12月12日には、最終ドリルの結果により情報通信大臣からBCMS体制設立が宣言され、JICAからBT社長へ正式にハンドオーバーされました。

●技術協力活動で留意したこと

- (1) 通信事業者の使命の共有について

災害経験が乏しく災害対策等の類似業務を持たないBT職員に対し、災害発生可能性や災害が発生した際に、社会環境がどのように変化し、被災した場合に何が起ころのか、なぜ安全が大切なのか、そしてICT企業が果たすべき使命を幾度

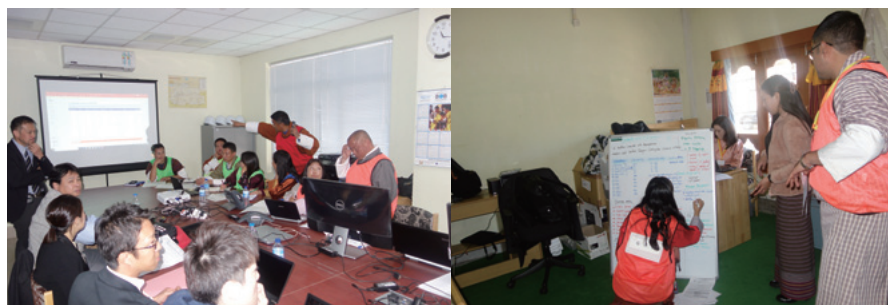


写真3 最終ドリル模様

も説明し、BT職員の理解を得たうえでPJを開始する必要がありました。

これは災害発生時の難渋さや痛苦を理解いただき、そのうえで通信事業者が「つなぐ使命感」を共有しない限り、このプロジェクトは決して深く進展しないと思い至った結果です。

この工程はPJの稼働を基だ圧迫しましたが、多くの職員が共感し「つなぐ使命感」を共有することにより、最終的には職員の気持ちのこもった最善のBCMSとなりました。

(2) アジャイル^{*6}方式による行動規範等の品質向上

ブータン王国初のBCPであることからベンチマークがなく、白紙の状態から検討する必要がありました。またPJ開始時、BCP策定に必要不可欠なハザードマップ等が存在しなかったことから、当初は日本やネパール等のさまざまな国々の大規模災害事例（写真やビデオ等）を幾多も活用して被災経験の無い職員に災害時の状況を想起していただき、机上検討や多くの仮説を用いてBCP基本方針や行動規範を策定しました（写真4）。

^{*6} アジャイル（Agile）方式：チーム全体で密接に議論を交わし、変更する箇所や追加する機能を決め、検証しながら改善するサイクルを短い周期で何度も反復することにより段階的に成果物の完成度を高めていく手法。



写真4 BT職員への災害発生時の影響説明模様

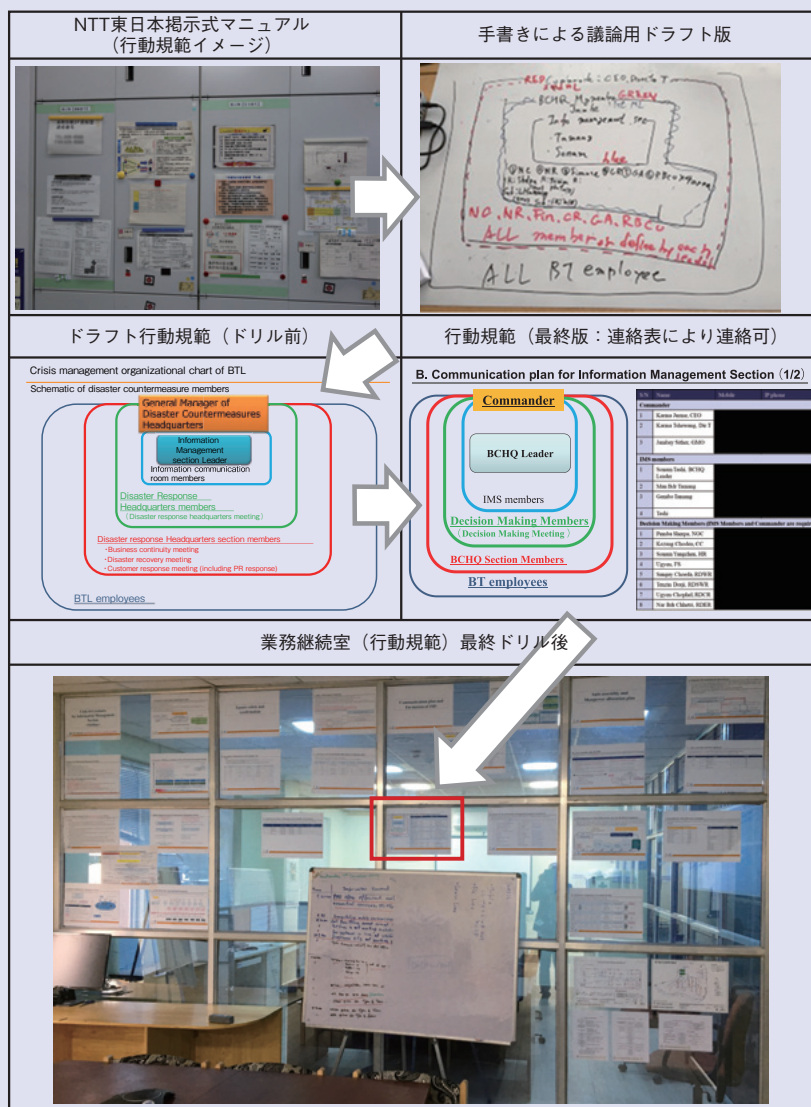
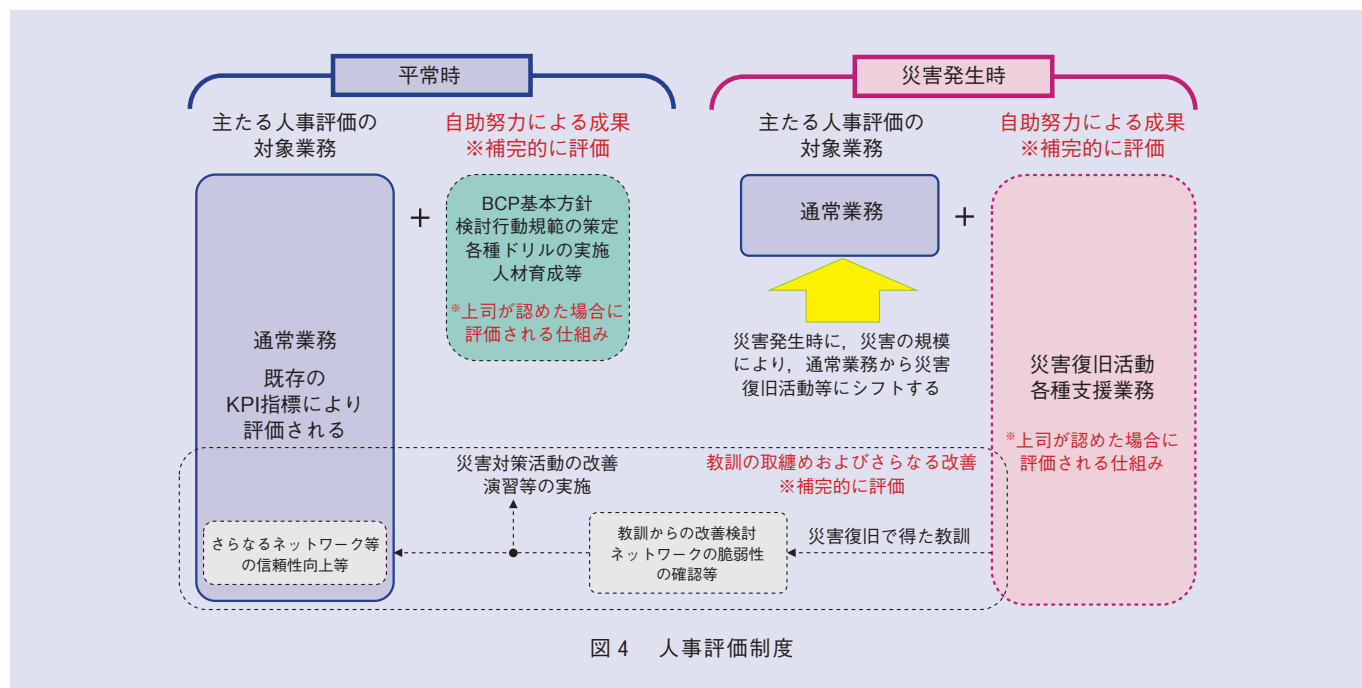


図3 行動規範策定までの流れ



その後、アジャイル方式により、日本での研修、幾戦のドリルやワークショップでの議論を通じて検証し、机上検討で策定したBCP基本方針や行動規範の有効性を確認しながら、段階的に品質改善を行いました。

(3) 人事評価制度の改正について

BCMSの活動に対し職員のモチベーションを確保し全国に展開するためには、人事評価制度の観点においてBCMS業務実績を評価することが必要です。しかしBTでは災害対策に関する業務が存在しないことから、BCMSは十分に評価される業務ではありませんでした。本PJでは幹部と人事評価の必要性を十分に議論し、BCMS活動を全職員の人事評価の1つとして評価される仕組みを協働で形成しました（図4）。

(4) 組織の新設について

ブータン王国全体のBCMSを主導するBCMS組織の新規設置について、人件費の抑制を図りたいBTに対し、クロスファンクショナルを活用した組織の設立を提案し、副社長（技術系）直下に業

務継続室を発足し、専任の業務継続室長を任命することにより、水平展開できる足場固めを行いました。併せてBT内にNTT東日本の知見を活用した、拠点となる業務継続本部室をBTと合同で設置しています。

● 技術協力活動に対する評価

PJ活動中の2020年3月に、ブータン王国内で新型コロナウイルスの感染が確認されました。本PJはBTと協働で、今回策定したBCP基本方針および行動規範をベースに、パンデミックに対応した行動規範を即時策定しました⁽¹⁾。

現在、BTではこの行動規範を自立的に改善し、日々の全職員安否確認や業務継続室による社内広報および、さまざまな防備・予防処置、自宅勤務等の業務継続処置等が円滑に運用されており、このBTのノウハウは、ブータン王国内の他の省庁や機関へ水平展開され、パンデミック対策の模範となっています。

また、2020年6月にインドを直撃したAmphanサイクロンで、BCMSを実際に立ち上げた際には、活動を振り返るアクション会議を実施し、行動規範の修正を行い、その後のドリルにより修正点の有効性を確認するなど、PDCAサイクルに基づきBTが改善を行っています。

● 今後の活動について

本PJではこれまでに、BCP基本方針や行動規範の策定およびBCMS運用開始までの技術移転を完了しました。今後はBCMS体制確立の1年後を目途にBCMSの業務監査等を通じて、BTが自立的にBCMSの品質維持向上ができるように引き続き技術支援を継続していく計画です。

また、BTがBCMSを確立しパンデミックで運用していることで、他の省庁や関連機関もBCP策定に向けた機運が高まっており、今回の成果をベストプラクティスとして、積極的にブータン王国の政府機関等に水平展開を行う予定

派遣者からのコメント

NTT-ME 関信越事業所 山田 青治 課長

言葉や文化が違えども「つなぐ使命」の気持ち同じくした仲間達に出会えました。日本で培われたNTTグループの危機管理ノウハウは、きっと彼らの中で今後また違った花を見事に咲かせてくれると確信しています。

NTT東日本ー東北 災害対策室 伊藤浩治 災害対策室長

台風19号対応さなかの派遣で心掛けたことは「お客さまに寄り添うこと」。本部態勢で必要な機能や有機的に動けるための班構成、そしてそれらを司る行動規範、すべてが彼らとの議論の集積です。本ノウハウの広がりがさらなるブータン国内への貢献へつながれば幸いです。

NTT-ME 仙台運営部門 小川 和一 主査

東日本大震災での復旧経験とノウハウで、BTの中継ネットワークの脆弱性を分析しました。ルートの二重化やノード変更等複数の信頼性対策により、災害に強いネットワークができることを期待しています。

NTT東日本ー東北 災害対策室 鈴木 朝隆 社員

アクセス区間復旧に必要な資機材の具体的な数量を把握し提言しました。また行動規範策定では、NTTの手法を当てはめるのではなく、BT側から出た斬新なアイデアを盛り込むなど、現地に適したものをづくり上げました。

です。

● ま と め

本PJでは、東日本大震災や近年の台風等の、実際の復旧活動経験や使命感等をBT職員と共有することにより、ブータン王国初のBCMSが構築され、パンデミックにおいて実際に運用され、Amphanサイクロンにおいては実際の災害で活用されております。ブータン王国初のBCMSがBTにより構築され、実際に運用されていることを目の当たりにした際は大変感慨深いものでありました。

一方でBCMSは1つの組織内において限定的に運用するだけでなく、政府、地方自治体、関連会社やSupply Chain Managementにかかわる取引先企業、お客さままで範囲を拡大し連携しながら、一体となり品質を維持向上する必要があります。

引き続き、ブータン王国内の他組織への水平展開活動を実施し、ブータン王国全体でさまざまな機関が自立的にBCMSを構築、運用できるよう継続的に技術支援を実施します。

これらの活動が今後のブータン王国の継続的な発展につながることを期待し

ます。

■参考文献

- (1) <https://www.jica.go.jp/bhutan/office/information/20200414.htm>



(後列左から) 前川 貴則/ 張 忠強/
吉田 直人/ 峯村 貴江/
上野 勇次郎

(前列左から) 志鎌 昌宏/ 長江 靖行

NTT東日本国際室は、今後とも国際協力と海外ビジネス展開の両輪で、積極的な国際業務の推進を通じて、NTT東日本の発展に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本

デジタル革新本部 国際室

TEL 03-5359-8691

E-mail kikaku_all@east.ntt.co.jp



ITU-T SG12 標準化動向

やまざし かずひさ まつ お よういち

山岸 和久 / 松尾 洋一

NTTネットワーク基盤技術研究所

通信サービスを適切な品質で提供するためには、ネットワークおよびサービスの設計・管理は極めて重要です。ネットワークおよびサービス品質を設計・管理するためには、定量的に測定・評価する技術が必要となります。ITU-T SG12では、ユーザがサービスに対し、体感する品質（QoE: Quality of Experience）とその目標値を達成するために要求されるネットワーク品質（QoS: Quality of Service）の評価法、測定法、規定値等に関する研究を行っています。ここでは、音声・映像メディアの品質評価・管理技術に関する最新の標準化動向を中心に紹介します。

ITU-T SG12

SG (Study Group) 12はITU-TにおけるQoS/QoE検討に関するリードSGです。2017年1月からは、SG9における映像品質関連課題を統合し、QoS/QoEに関する研究を一元的にを行っています。欧州のETSI (European Telecommunications Standards Institute) や北米のATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions) においてもメディア品質評価法の標準化は行われていますが、ITU-T SG12がこれら地域標準を考慮しつつグローバルにリーダーシップをとっています。ネットワークQoS規定についても、IETF (Internet Engineering Task Force) や3GPP (Third Generation Partnership Project) 等さまざまな標準化機関で行われており、それぞれSG12との整合性を確保

することが確認されています。

音声通話品質推定技術 (G.107.2)

IP電話サービスを対象とした品質設計ツールとして勧告G.107 (E-model) が標準化されており、世界中で広く用いられています。日本国内でも、IP電話サービスの品質がE-modelに基づいて算出されるR値によって規定されています。これまで、SG12においてはこのE-modelを広帯域（100～7000 Hz）音声の評価に拡張する検討を進め、その基本アルゴリズムを勧告G.107.1として制定しています。さらなる広帯域化をした超広帯域（50～14000 Hz）およびフルバンド（20～20000 Hz）拡張を用いた音声通話サービスが普及しており、E-modelのフルバンド版が検討され、新勧告G.107.2を制定しています。これより、EVS (Enhanced Voice Services) コーデック等の超広帯域およびフルバンドの品質推定が可能となりました。

アダプティブビットレートストリーミングに対する品質推定技術 (P.1203, P.1204)

昨今のアダプティブビットレートストリーミングの急速な普及に対応するため、H.264/AVC (Advanced Video Coding) で符号化されたHD解像度のアダプティブビットレートストリーミングの品質監視技術を規定する勧告P.1203が規定されました。この技術を4K映像およびH.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) やVP9に対応する検討 (P.1204) が進められています。勧告P.1203は、秒単位

の映像品質を推定する映像品質推定部 (P.1203.1)、秒単位の音声品質を推定する音声品質推定部 (P.1203.2)、それらを統合する品質統合部 (P.1203.3) から構成されています。また、映像品質推定部は、解像度、フレームレート、ビットレート、再生停止に関するメタデータのみから品質を推定するモード0、モード0の入力情報にフレームレベルの情報を付加したモード1、映像のビットストリーム情報を2%のみ用いたモード2、ビットストリーム情報をすべて用いたモード3が標準化されています。P.1204の検討では、映像品質推定部を4K映像およびH.265/HEVCやVP9に対応することを進めています。具体的には、P.1204では、メタデータのみを用いたモード (P.1204.1)、P.1204.1の入力情報にフレームレベルの情報を付加したモード (P.1204.2)、ビットストリーム情報すべてを用いたモード (P.1204.3)、映像信号を用いたモード (P.1204.4)、メタデータおよび映像信号を用いたモード (P.1204.5) の5つのモードを検討しています。技術コンペを経て、P.1204.3、P.1204.4、P.1204.5については、最終的な技術が制定されたものの、P.1204.1およびP.1204.2については、技術統合検討を引き続き実施しています。今後、技術統合され、勧告として制定される予定です。これより、アダプティブビットレートストリーミングの品質が適切に監視可能となります。

360度映像に対する品質要因および主観評価法 (G.1035, P.360-VR)

5Gのサービス展開により、より超高速、低遅延化された映像配信が期待



されています。その中でもVR(Virtual Reality)の普及が期待され、従来の映像品質評価のVR対応が進められています。VRにおいては通常の映像配信と異なり、映像酔いを引き起こしやすいなどの観点から、VRに関連する品質要因を詳細に規定する勧告G.1035が制定されています。これより、VRの品質劣化を導きやすい品質要因が理解できます。また、通常の映像配信とは異なり、ヘッドマウントディスプレイを被り、映像を視聴するため、新たな主観評価法についても検討が進められています。主観評価法を制定するためには、評価の安定性、実施方法などを詳細に規定する必要があります。多数の試験結果を基に決めていく必要があります。そのような検討は、VQEG (Video Quality Experts Group：映像品質専門家グループ)にて検討されているため、VQEGで実施した試験結果に基づき勧告を制定していくことが合意されています。VQEGにおける試験は完了しているため、今後、試験結果の統計分析を重ね、2020年内の標準化をめざしていきます。これより、VR映像配信の適切な品質設計が期待できます。

ゲームに対する品質要因、主観評価法、品質推定技術 (G.1032, P.809, G.1072)

昨今のゲーム市場の急速な拡大に合わせ、ゲームに対する品質要因 (G.1032)、主観評価法 (P.809)、品質推定技術 (G.1072) の検討が進められています。VR同様、ゲームに対する品質要因も多岐にわたるため、映像、音響、遅延などに関する品質要因が勧告G.1032に詳細に規定されています。また、通常の映像配信の品質評価法同様に、ゲームに対する主観評価法が勧告P.809に規定されています。一般の映像配信では、5段階ACR

(Absolute Category Rating) 法が用いられます。一方で、ゲームアプリケーションでは多くのQoE要因から構成されることから、音声品質評価の主観評価法の1つである勧告P.851に示される7段階の連続尺度を用いられることが推奨されています。これより、音声通話や映像配信同様に、ゲームに対する品質評価が可能となります。また、本主観評価法を用い、映像、音響、遅延の条件を各種変化させた実験を実施し、ゲームに対する品質をモデル化した結果を勧告G.1072として制定しています。本手法は、前述の勧告G.107、TV電話の品質推定技術である勧告G.1070、IPTVの品質推定技術である勧告G.1071同様に、ビットレートなどの入力パラメータから簡易に品質を評価可能な技術であり、ネットワークやアプリケーションの設計ツールとして利用可能です。

クラウドソーシングを用いた主観評価法 (P.808, P.CROWDV, P.CROWDG)

従来、SG12では、特殊な専門設備を用いた主観評価法の検討をしてきました。しかし、実際のフィールドで用いられるサービスの評価や簡易に多数の評価データを得るために、クラウドソーシングを用いた主観評価法が提案されています。音声品質評価に関するクラウドソーシング法は勧告P.808に、映像配信やゲームに対する検討はP.CROWDV、P.CROWDGとして検討が開始されています。これより、各種サービスに対する主観評価結果が得やすくなることが期待されています。

2021-2024年会期の課題構成案

2020年に今会期が終了することに伴い、次会期 (2021-2024年) の課題構成について審議されています。基本

的には、現状の課題構成を維持することで検討されていますが、課題3 (固定回線交換網、移動網およびパケット交換IP網の通信端末の音声伝送と音響特性) のWork itemを課題5 (ハンドセットおよびヘッドセット端末の特性測定方法) および6 (音声および音響強調技術への適用を考慮した複合測定信号による分析方法) に割り当てること、課題13で検討するDFS (Digital Financial Service) について新規課題として立ち上げること、課題18 (提供網、一次および二次分配網における画像取得から生成までの先進テレビジョン技術のためのエンドエンドQoSの測定と制御) については寄書提案がなかったため、課題19 (マルチメディアサービスのオーディオビジュアル知覚品質の客観評価および主観評価法) に統合することが合意されています。

今後の展開

SG12におけるメディア品質評価法の標準化においては、音声通話や映像配信への対応がおおむね整備されてきました。一方で、VR映像配信などの新しいサービスに対する評価法やクラウドソーシングに対する評価法の確立は検討段階にあります。また、昨今注目を集めるAI (人工知能) 技術に関する検討も進んでいます。例えば、映像配信の劣化要因を推定する技術の検討や、品質推定技術を機械学習型で構築していくことなども検討されています。今後も、5Gの展開に合わせ多様なサービスが展開されることが期待されますので、各種サービスに対するQoS/QoEの設計・管理がますます重要になってくると考えられます。そのため、今後もSG12の検討状況を把握していくことが重要になると考えられます。

千葉市におけるスマートエネルギーシティの実現に向けた共同実証について

TNクロス、NTTアノードエナジー（NTT-AE）、NTT、および東京電力ホールディングス（東電HD）は、お互いが持つ技術・設備等を活用し、再生可能エネルギー（再エネ）の導入促進や電力レジリエンスの強化によるスマートエネルギーシティの実現をめざし、千葉市において共同実証を実施します。

■背景・目的

近年、自然災害の激甚化が進んでおり、昨年、未曾有の台風被害を受けた千葉県域においては、レジリエンスの向上が急務となっています。

また、千葉県域は、太陽光発電や洋上風力発電など、再エネ立地としてのポテンシャルが高く、今後の再エネ拡大が期待される一方で、電力システムの増強が必要となる地点も多く、既存電力システムを効率的に活用した再エネの導入拡大が求められています。

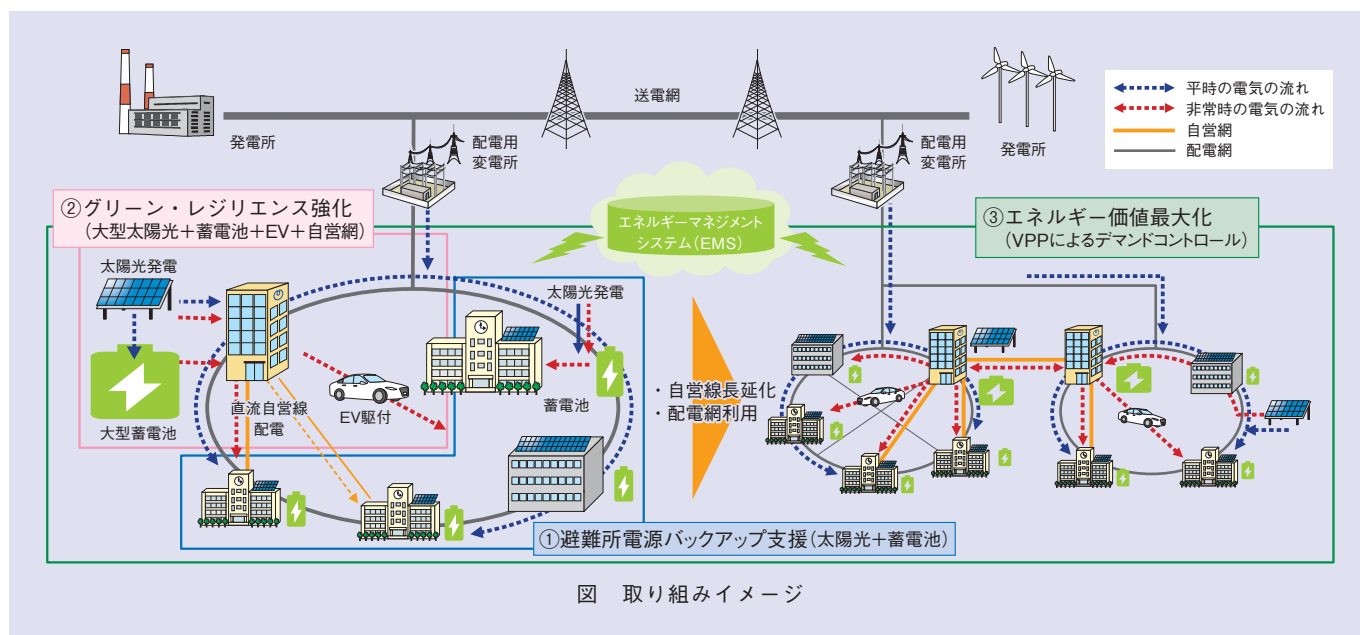
そこで、4社は、レジリエンス強化とさらなる再エネ拡大をめざし、電力の強靱化や民間企業等との連携強化などによる「災害に強い都市モデル」の実現を打ち出している千葉市において、蓄電池等の分散型エネルギーを

活用した実証を行います。

■取り組み内容

具体的には、レジリエンス強化と再エネ拡大につながる以下3点の取り組みを進めていきます（図）。

- ① 避難所における電源バックアップ整備の支援
平時の温室効果ガス排出の抑制と、非常時のエネルギーの確保を同時に実現するため、災害発生時の生活維持の拠点となる避難所の再エネ等を活用した電源バックアップ機能を強化します。
- ② グリーン発電事業推進および直流送電を活用したレジリエンス強化
さらなるレジリエンスの強化を実現するため、NTTビル等に設置する再エネ・蓄電池・EVや直流送電技術を活用した、新たな電力供給の仕組みを提供します。
- ③ ICT活用による平時・非常時のエネルギー価値最大化
NTTが有する情報通信技術や蓄電池運用技術、東京電力グループが有する電力制御技術の活用等により、地域内の再エネ・蓄電池や需要家設備、既存の



電力系統を高度に連携・制御し、地域のエネルギー価値を高める取り組みを進めていきます。

■各社の主な役割

- ① TNクロス：避難所への再エネ等導入、サービス化検討
- ② NTT-AE, NTT：NTTビルへの蓄電池・直流自営線等導入、需給分析システムの整備
- ③ 東電HD：蓄電池・直流自営線と既存配電網の協調・相互連携、分散型エネルギーの有効活用に向けた仕組みの構築

■今後の予定

本実証により、再エネ主力電源化とレジリエンス強化に繋がる地域モデルを早期にサービス化するとともに、

他の地域にも幅広く展開することにより、スマートエネルギーシティの拡大を図っていきます。

◆問い合わせ先

NTTアノードエナジー

TEL 03-6738-3211

E-mail support-ml@ntt-ae.co.jp

URL <https://www.ntt-ae.co.jp/pdf/press20200423.pdf>

脱炭素・レジリエンス強化実現に向けたDER普及・活用拡大への取り組み

今田 博己

東京電力パワーグリッド株式会社 エネルギーリソースアグリゲーションビジネス（ERAB）統括事業開発室 事業開発第一グループ マネージャー

近年、地球温暖化に伴う気候変動に伴い災害が激甚化している一方、既存のインフラは経年による設備老朽化が懸念されており、レジリエンス強化は喫緊の課題となっています。また、地球温暖化も世界的に重要な課題であり、パリ協定に基づく大幅な脱炭素化が求められています。

脱炭素化を実現するには、化石燃料依存を脱却し、再生可能エネルギー（再エネ）を主軸とする分散エネルギーリソース（DER）を活用したエネルギー需給構造に変革していかなければなりません。また、昨年の台風15号による千葉県域を中心とした長期停電の経験から、従来のインフラに過度に依存した供給構造を見直す必要があり、供給側・需要側が協調した災害復旧の実現が重要となっています。このように、脱炭素・レジリエンス強化に向けて需要側に分散して存在するDERデータをIoT・ICTにより一元化し、再エネ・DERを導入しやすい環境を整えることが不可欠です。

これまでDER活用により再エネ大量導入を目指した新島PJやVPP実証を進めてきましたが、千葉市実証では脱炭素・レジリエンス強化に向けたDER活用機会のさらなる拡大をめざしたい。具体的には、DER情報が見える化・分析し非常時の電力供給に活用するほか、予備力・調整力としての活用や電力系統混雑時における再エネの出力制御代替としての活用を通じ、再エネ導入拡大にも貢献していきます。さらには、再エネ事業者やアグリゲータなどにDERを活用した新たな事業機会を創出していきます。

担当者
紹介



電力×ICTによる新たな都市防災モデルの実現に向けて

担当者 紹介

土屋 卓之

TNクロス ディレクター 自治体担当

TNクロスでは、東京電力とNTTのインフラやノウハウの連携により、省エネ・低炭素化推進、災害に強いエネルギー供給等の社会的要請に資する事業の創出をめざしています。

2019年2月に、千葉市・NTT・NTT東日本千葉事業部の4社による「災害時の新たなエネルギーインフラ活用等の実証に向けた共同検討に関する協定」の締結を皮切りに、災害時の被災者生活早期安定化と平常時の住民サービス向上をめざし、自治体避難所やNTT・東京電力のインフラ設備、EVなどの民間設備を活用した新たな都市防災モデルの実現に向けて、千葉市様とさまざまな検討を行ってきました。この新たな都市防災モデルの実現には、再生可能エネルギーの地産地消拡大と災害時におけるエネルギーレジリエンスの向上を同時実現できるスマートエネルギーシティの世界を創っていくことが重要だと考えています。

私たちがめざすスマートエネルギーシティでは、ICTにより電力を提供できる人と電力を必要とする人をバーチャルにつなぎ、太陽光発電や蓄電池等の分散電源からつくり出される再生可能エネルギーをEVやマイクログリッド等によりリアルに融通することができる、これまでにない新しい世界の創出をめざしています。

今回の千葉市における実証は、そのような世界の基盤となるリソースや技術をフィールドに展開することで、新たな都市防災モデルの実現を加速する大きな一歩になると考えています。



防災×エネルギーによる地域活性化・レジリエンス向上に向けた取り組み

担当者 紹介

伊達 新哉

NTT技術企画部門/

NTTアノードエナジー スマートエネルギー事業部 企画部門長

環境・エネルギーに関する社会的課題に対応した、エネルギー効率の向上、地球温暖化対策・再生可能エネルギーの活用、耐災性（レジリエンス）向上などの取り組みによる、持続可能な社会の実現が重要となっています。

エネルギー利用の効率化・価値向上による産業活性化に向けては、再生可能エネルギーや蓄電池等の分散エネルギーリソースによる、発電・蓄電ソリューションの提供が拡大しつつあります。また、ICTとデータを活用した自律的・最適な制御を行い、エネルギー利用の高度化を実現する新たなエネルギーマネジメントシステムにより、分散電源を平時・非常時に最大活用し、地域社会・コミュニティにレジリエントで安定したエネルギーを提供することが可能になります。併せて、環境への適合を進めるためには、再生可能エネルギーを中心としたエネルギーを確保し、地産地消可能な環境価値の高い電源として最大限活用していく取り組みが必要となります。

4社がお互いの持つ技術・設備等を活用し本実証を進めていくことで、自治体拠点やNTTビル等への太陽光発電・蓄電池・EVの展開を拡大し、地域のエネルギーリソースとして分散エネルギー基盤を整備していくことができます。そのうえで、ICT基盤を活用したVPPサービスや、直流自営線と既存配電網の協調・相互連携による地域マイクログリッド等を順次展開していくことにより、スマートエネルギーシティを実現し、エネルギーの循環型社会を拡大していきたいと考えています。



Focus on the News

デジタルアーカイブによる食文化継承，おいしさ解明の共同研究を開始

NTT, 全日本・食学会（食学会）, 立命館大学（立命館）は、視覚・聴覚にとどまらない人間の五感伝送、五感コミュニケーション技術をはじめとする最新のデジタル技術を活用し、食を人間の面から科学的に解明・記録・表現することによる日本の食文化の継承・発展、時代により変容する志向など、さまざまな人にとってのおいしさの解明、および、いわゆるアフターコロナ時代を見据えた飲食業界の新たな価値創造に向けた取り組みなどについて、ともに検討開始することに合意しました。

■背景

食の志向は、核家族化や単身世帯の増加など、ライフスタイルの多様化に伴い、経済性志向、グルメ志向、健康志向など多様化・複雑化の一途をたどっています。

またこれまで日本は、豊かな自然、四季折々の食材を活かし、長い歴史の中でさまざまな食文化を生み出してきました。しかし、高度成長期から続く食の大量生産、グローバル化、少子高齢化等に伴う食生活の多様化により、これまで培われてきた豊かな食文化は失われつつあ

ります。

さらに、昨今の新型コロナウイルス感染拡大の影響から、今までの食文化を牽引していた飲食店の中には存続の危機に見舞われているお店も少なくありません。

このような背景から、料理人がこれまで築き上げてきた文化価値としての料理や集いの場をいわゆるアフターコロナ時代に新たに昇華させる五感による基礎データとして蓄積することは、多くの料理人の夢と希望、喜びにつながる取り組みとなる可能性があります。

一方、近年デジタル技術の進歩は目覚ましく、高速大容量のネットワーク通信、ビッグデータ分析を可能にするAI（人工知能）、人とモノをつなぐIoT（Internet of Things）デバイスなどの発達によりさまざまな分野で技術革新が起きています。

食学会は、日本国内はもとより世界各地で生活する人々に対して、日本の料理の発展を図るため、さまざまな分野の料理人が集い、卓越した匠の技を共有し、日本の食・食文化に関する教育、技術開発並びにその普及活動に取り組んでいます。

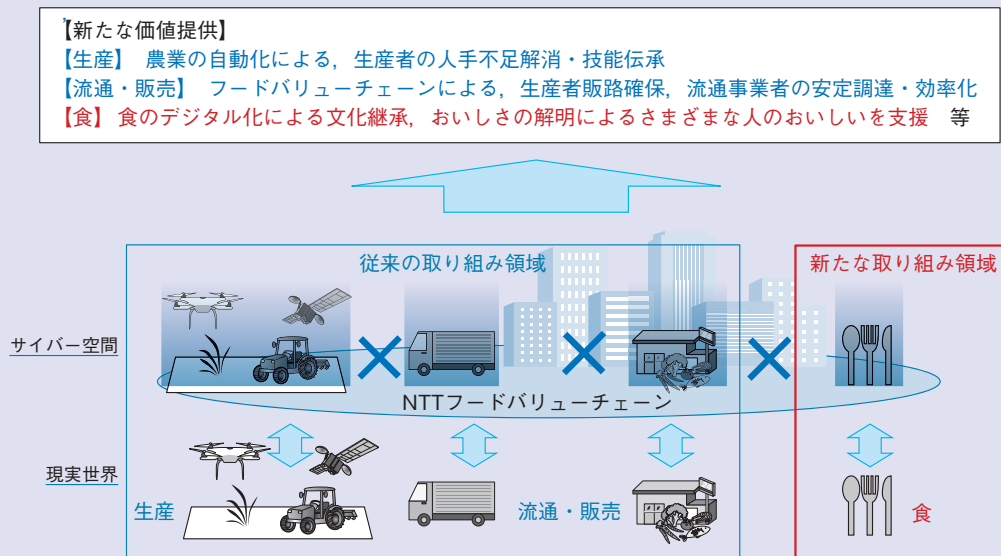


図 NTTグループの食農分野の方向性

立命館は、食の総合研究の学部「食マネジメント学部」を日本で初めて開設し、経済・経営を基盤として、食の文化やテクノロジーを融合した新しい食科学の創造をめざしています。その中で心理学や、歴史学など人間と食とのかかわりについてさまざまな観点から研究に取り組んでいます。

NTTは、最新のデジタル技術を駆使し、さまざまな分野でデジタルトランスフォーメーションにより社会的課題を解決することに取り組んでいます。農業分野においても、さまざまな課題解決、従来になかった新たな価値創出をめざし、NTTグループ各社のサービスおよび研究所の先端技術を集結させるとともに、ビジネスパートナーとの密な連携により、「生産」から「流通・販売」「食」までをデジタル情報で一気に通貫につなぐNTTグループのフードバリューチェーンを実現に取り組んでいます。しかしこれまでは、フードバリューチェーンの中でも「生産」、「流通・販売」のフェーズを主な取り組み対象とし、知見が乏しい「食」のフェーズについては十

分に取り組めていませんでした。そこで、食学会、立命館の食に関する知見、分析ノウハウ等とNTTが有する最先端のデジタル技術を組み合わせ、フードバリューチェーンの最後のフェーズである「食」における新たな価値提供をめざした取り組みを開始します（図）。

■取り組み概要

このような背景のもと、NTT、食学会、立命館は、食を人間の面から解明し、食文化を継承・発展させること等による、食を通じたウェルビーイング（人が身体的、精神的、社会的に良好な状態であること）の実現に取り組みます。

上記実現に向け、取り組むべき課題はさまざまありますが、まずは食のデジタルアーカイブ化、おいしさの解明の2つのテーマに取り組めます。

(1) 食のデジタルアーカイブ化

本取り組みでは、失われつつある食文化の継承・発展をめざします。食文化にはさまざまな要素がありますが、その中心となるのは料理です。料理がつかれなくな

食体験アーカイブ事業は店舗オペレーションのKGIの探求事業と期待

高岡 哲郎

全日本・食学会 副理事長

担当者
紹介

食堂業は躍動的かつ「はかない」ものです。キッチンスタッフの手際良い作業と芸術的なセンスがサーバーの心遣いと連携で顧客へ料理を提供します。その美しさははかなくも直ちにカテラリーで崩され食され消えてしまいます。しかし顧客は五感で体感し価値として脳内記憶システムに組み込まれ同席した人物との関係性や会話など多層に彩られ蓄積されます。食の体験価値は個々人の記憶システムの中にだけにとどまっているのです。

今回のアーカイブ事業は単なるレシピアーカイブではなく五感によって脳内に蓄積される「刺激データ」を紡ぎ記録する第一歩の事業です。その刺激を探求することは料理人やサーバーの技がいかに「価値ある記憶」のツボを刺激しているかを可視化されると期待しています。積み上がるそのアーカイブが食文化を紐解き、次世代フードテックの基礎データとなりイノベーションを起こす本流になると期待しています。



れば、その文化が失われてしまうことにつながりかねません。現在、新型コロナウイルスの感染拡大が続く、飲食店業界は営業の自粛を余儀なくされていますが、この状況が長引くと、これまでお気に入りの飲食店で料理を楽しんできた人々が離れてゆくことにもつながります。そこで、おいしく料理を食べた体験や思い出を五感で刺激し、高臨場に再現することで、まるでその店で料理を味わっているかのように仮想的に体感することを通じて、また店に行きたい、通いたい、という人々の思いをよみがえらせることができるような「食のデジタルアーカイブ」を実現します。

(2) おいしさの解明

さまざまな人へおいしさを提供するためには、人がおいしさを感じるメカニズムを解明することが必要ですが、人がおいしさを感じるのは味覚だけでなく、さまざまな要素が複雑に絡んでいます。

そのため、ある料理がおいしいと感じるという何気ない日常的な出来事がなぜ起こるのか、その仕組みがいま

だ解明されていない部分が多いのが現状です。

■今後の展開

今回始める取り組みは、食文化の継承・発展、おいしさの解明に向けた第一歩です。今後は、「食のデジタルアーカイブ化」「おいしさの解明」などを通じた食文化の継承・発展、さまざまな人へのおいしさの提供の早期実現をめざします。先行的に、食学会所属のプロの料理人の一部のレシピを公開して、調理した料理のおいしさや、調理方法などを体感できるようにし、外出自粛の生活を楽しめるような取り組みを行う予定です。

◆問い合わせ先

NTT広報室

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

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2005/200512a.html>

文化差と知覚特性のDX化による 食のウェルビーイング向上をめざす

和田 有史

立命館大学食マネジメント学部 教授

人間が感じるおいしさには甘味やうま味への嗜好など生得的な特性がある一方、苦味や辛味、匂い等への嗜好には文化差などから生じる個人差が含まれます。こう考えるとおいしさは、個々人の食品に対する感情ととらえることができます。おいしさの個人差を生み出す要因の1つは生まれ育った地域の食文化の差です。これを利用すれば成育歴から、個人の食嗜好を予測できるでしょう。また、個人にとっても料理にマッチした香りを利用して、塩分や糖分などを制限した食事のおいしさの向上を図ることができます。こうした地域差や感覚特性を活かしておいしさを高めるシステム構築に必要な地域の調味料のデータベースの構築と、制限食の必要がある方の割合が高い高齢者の味嗅覚の特徴についての知見を創出することをめざしています。NTTグループと全日本・食学会との共同プロジェクトが人々の食の喜びを高めるシステムの構築につながることを期待しています。

担当者
紹介



触の科学から食のウェルビーイングへ

研究者 紹介

渡邊 淳司

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 人間情報研究部 上席特別研究員

私は、人間の触感覚の特性を調べたり、触覚の提示技術の研究を行ってきました。具体的には、触覚の感覚の分類や、触覚の体験によってどのように人と人の関係性が変化するかを、心理学的な手法によって調べてきました。しかし、近年、その研究をより日常生活の中で活かせる場がないかと考えるようになり、食の感覚分類やさらには、食が人間のウェルビーイング（人がいきいきと生きている状態）へ貢献することができるのか、興味を持つようになりました。食は、単純に食べるもののおいしさだけでなく、誰と一緒に食事をとるか、食と環境問題との関連といったさまざまな側面があります。私たちの誰もが関連する食であるからこそ、新しい側面を見つけたり、新しい食体験をつくり出し、多くの人の役に立つことができればと考えています。



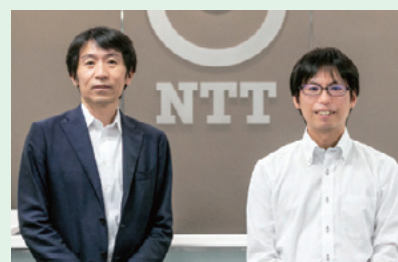
食を通じたウェルビーイングから フードバリューチェーンの実現をめざして

担当者 紹介

久住 嘉和^{†1} / 村山 卓弥^{†2}

NTT研究企画部門 食農プロデュース担当 担当部長^{†1} / 担当課長^{†2}

今回の取り組みは、食のデジタルアーカイブ、おいしさの解明を実現することで、新たな食体験創出をめざすものです。取り組みの成果は食分野において非常に価値のあるものになると考えますが、食分野だけにとどまらず、日々変化する人々のおいしさに合わせタイムリーに最適な食材を提供する等、「生産」から「流通・販売」「食」までをデジタル情報で一気通貫につなぐフードバリューチェーンの実現へも本取り組みの成果を応用し、つなげていきたいと考えております。全日本・食学会、立命館大学の力を借りて大きな目標の実現に向け取り組んで参りますので今後の成果にぜひご期待ください。



（左から）久住嘉和 / 村山卓弥

NTT ComとPwCコンサルティング、デジタル設計データとAIを活用した デジタルマッチングプラットフォーム（設計/調達DX）を展開

NTTコミュニケーションズ（NTT Com）とPwCコンサルティング合同会社は、NTT Comが推進する、製造業のデジタルトランスフォーメーション（DX）を支援し、“新しいモノ&サービスづくり”への貢献をめざす「Smart Factory」において、デジタル設計データを活用して製造業の設計・調達関連業務の効率化を実現するデジタルマッチングプラットフォーム（設計/調達DX）（本サービス）の2020年度中の商用化をめざし、7月より共同で実証実験を開始します。

■背景、目的

少子高齢化が進む日本において、モノづくりに従事する就労者の減少はますます深刻化しており、限られた人員で従来の成果を維持、拡張することが今後の大きな課題になっています。一方、製造工程におけるデジタル化については、設計業務での3DCAD活用など、徐々に進められているものの、すべての業務に展開するには至っておらず、抜本的な新しい取り組みが求められています。

NTT Comは、データを利活用したデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進し、社会的課題の解決を通じた「Smart World」の実現をめざしています。その1つである「Smart Factory」において、データ利活用に必要なすべての機能をワンストップで利用できる「Smart Data Platform」を活用し、製造各社が自社の強みを発揮できる“コアコンピタンス”への注力と、業界内でリソースを共有可能な“共創協調領域”の効率化の両面を実現する業界協調型デジタルプラットフォームやDXソリューションを展開していきます。

第1弾としてNTT Comは、「未来のものづくりのあり方の創造」に特化したノウハウを有し、未来創造型のコンサルティングサービスを提供しているPwCコンサルティングと協業し、本サービスを展開します。これにより、業界内でリソースを共有可能な“共創協調領域”の効率化を実現し製造業の底上げに貢献します。

■概要、特長

本サービスでは、“共創と、協調する領域を拡大する”という新しい産業のあり方を推進するため、「設計から調達にかかる業務効率を向上」と、「さまざまな企業がつな

がる場を提供し、受発注の関係性を最適にデザイン」の2つの目的を実現する機能を開発しています。また、お客さまの要望に合わせたカスタマイズにも対応します。

〈メーカー側（発注側）機能〉

(1) 設計担当者向け機能

現在多くの設計業務では、製造に必要なすべての情報を3D図面上に記載することができず、他社へ発注する際は、2Dと3D両方の図面を作成する必要があります。また、設計データが社内で共有できていないため、過去の同一部品を新たに設計してしまうなど、非効率な業務状況が課題となっています。

本サービスでは、部品発注に必要な仕様・補足情報をクラウド上で一元的に管理する機能や、類似部品解析AI（人工知能）を活用し過去の設計データを類似部品ごとにカテゴリ化し、設計データのカタログを自動生成する機能を提供します。これにより、重複業務の発生を抑制し、設計・調達業務の効率性が向上します。

(2) 調達担当者向け機能

大手の製造業などさまざまな製品を開発している会社では、同一部品であっても組織が異なることで、それぞれ別の部品加工業者へ発注される場合があり、最適な調達先の選定や業務コストの重複が課題となっています。

本サービスでは、発注予定の同一部品、もしくは類似の部品を3D図面データからAI形状クラスタリング技術を活用して判断する機能を提供します。これにより、同一部品、もしくは類似の部品を発注する際の効率性を向上することができます。

〈サプライヤー側（受注側）機能〉

(3) 部品加工業者向け機能

部品加工業者では、複数のメーカー（発注元）から受けた大量の見積対応が課題となっています。本サービスでは、類似部品解析AIを活用し、見積依頼を受けた部品の3D設計データを基に、過去の見積対応や受注した類似の部品を検索する機能を提供します。これにより、各担当者が行っている見積算出業務の効率化を実現します。

〈受発注の最適な関係性をデザイン〉

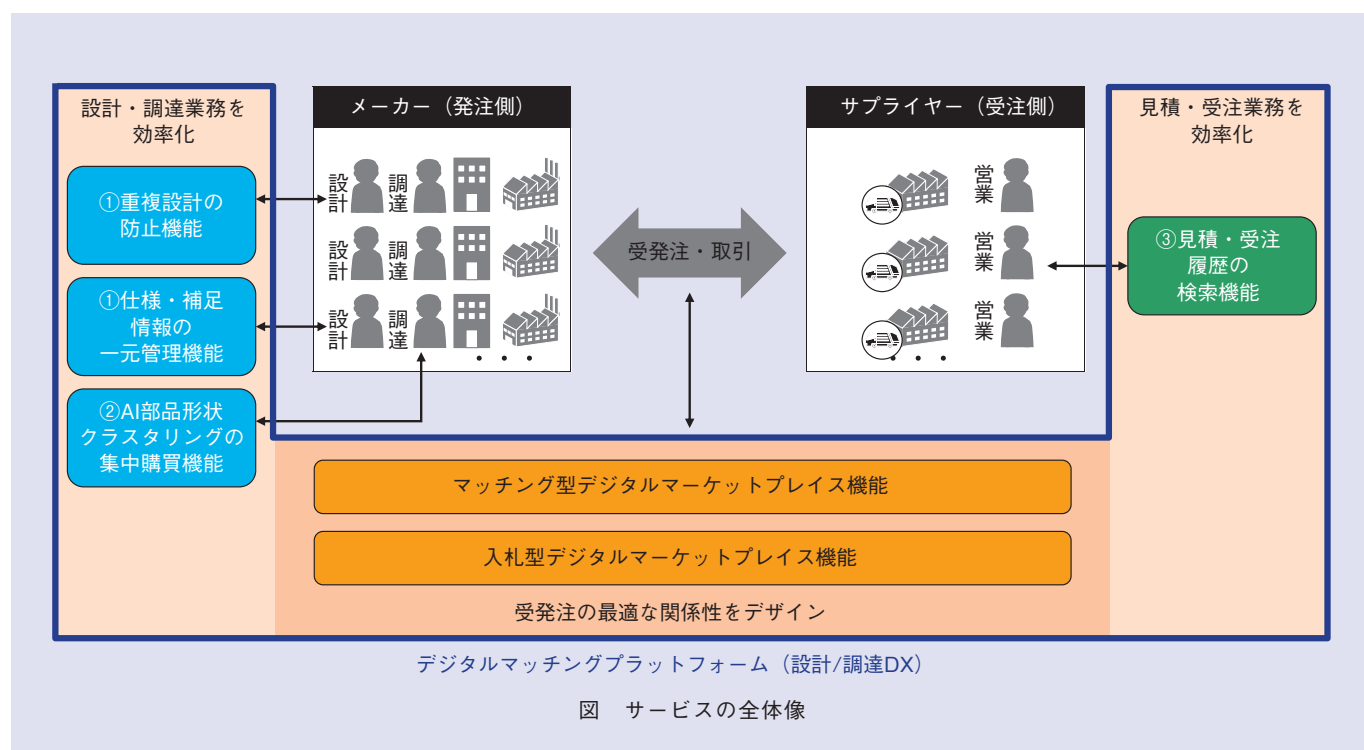
従来の取引関係によらず、柔軟にさまざまなメーカー・サプライヤーとつながる機能を提供します。設計

データと部品加工業者の製造リソース情報を活用したマッチング型のデジタルマーケットプレイスと、公開案件への見積回答など一連の受発注業務を本サービス上で行う入札型のデジタルマーケットプレイスを提供します。これにより、メーカーにおける設計調達業務の効率化やサプライヤーの安定した受注、設備の有効活用に貢献していきます。

■今後について

NTT Comは、「DX Enabler[®]」として、本サービスを皮切りにSmart Factoryを推進し、パートナーも含めたエコシステムを構築することで、製造業のDXを後押しし、“新しいモノ&サービスづくり”に貢献していきます。

PwCコンサルティングは、「Future Design Lab」において未来創造型のコンサルティングサービスを提供し



ており、その中で未来のものづくりのあり方の創造に特化した各種サービスを展開しています。PwCコンサルティングは、NTT ComのSmart Factoryの取り組みと連携し、未来の製造業のあるべき姿の実現を共に推進していきます。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ

スマートファクトリー推進室

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0427.html>

Smart Factoryを通じて、製造業の底上げに貢献

赤堀 英明

NTTコミュニケーションズ
スマートファクトリー推進室長

担当者
紹介

NTTコミュニケーションズでは、日本の製造業が、急速に変化する環境の中で、NTTコミュニケーションズの考えるSmart Factoryを展開し、業界全体の底上げに貢献したいと考えています。私たちは課題を解決するために、業界内でリソースを共有可能な「共創協調領域」の効率化と、自社の強みを発揮できる「コアコンピタンス」への注力の両面を実現することが重要だと考えています。“業界協調型デジタルプラットフォーム”は、製造現場における重複業務などを業界全体でデジタル化することをめざすものであり、これにより企業のリソースを真のコアコンピタンスへ集中することを支援するものです。また業界協調型デジタルプラットフォームを実現するためには各企業の秘匿性の高いデータを安全に流通させる仕組みが必要だと考え、安全なデータ流通を実現する「DATA Trust」をNTT研究所（SIC）と共同で開発しています。私たちは製造業の企業と協業などを進める中で、設計・調達業務、出荷・物流、支払・請求など複数の企業が同じような業務で同じように非効率を抱えていることに気がきました。それらの業務に共創協調領域が存在すると考え、同業務の効率化に主眼を置き、まず第1弾として設計・調達業務のプラットフォーム化を行います。その先には第2弾、第3弾の業界協調型プラットフォームを提供することで製造業の底上げに貢献していきたいと考えています。



Focus on the News

DMG 森精機とNTT Com, 自律走行型ロボットをローカル5Gで遠隔操作する 共同実験を開始

DMG 森精機と、NTT コミュニケーションズ（NTT Com）は、ローカル5Gを活用して、無人搬送車に人協働ロボットを搭載した自律走行型ロボット（AGV）の遠隔操作などを行う共同実験（本実験）を2020年5月21日より開始しました。

「超高速」「多数同時接続可能」「低遅延」などの特性を持つローカル5Gを活用することで、高精細な位置情報・詳細な稼働情報取得による自動走行の精度向上や安全性向上、エッジコンピューティング側でのデータ処理負荷軽減による車体の軽量化など、AGVの高性能化への寄与が期待されており、両社は本実験を通じてその実現可能性を検討します。

■背景

DMG 森精機は、お客さまが10年、15年と工作機械をお使いいただけるよう、計測、稼働監視、センシング機能などさまざまなデジタルソリューションを提供してきました。特に近年は変種変量・多品種少量生産の実現、

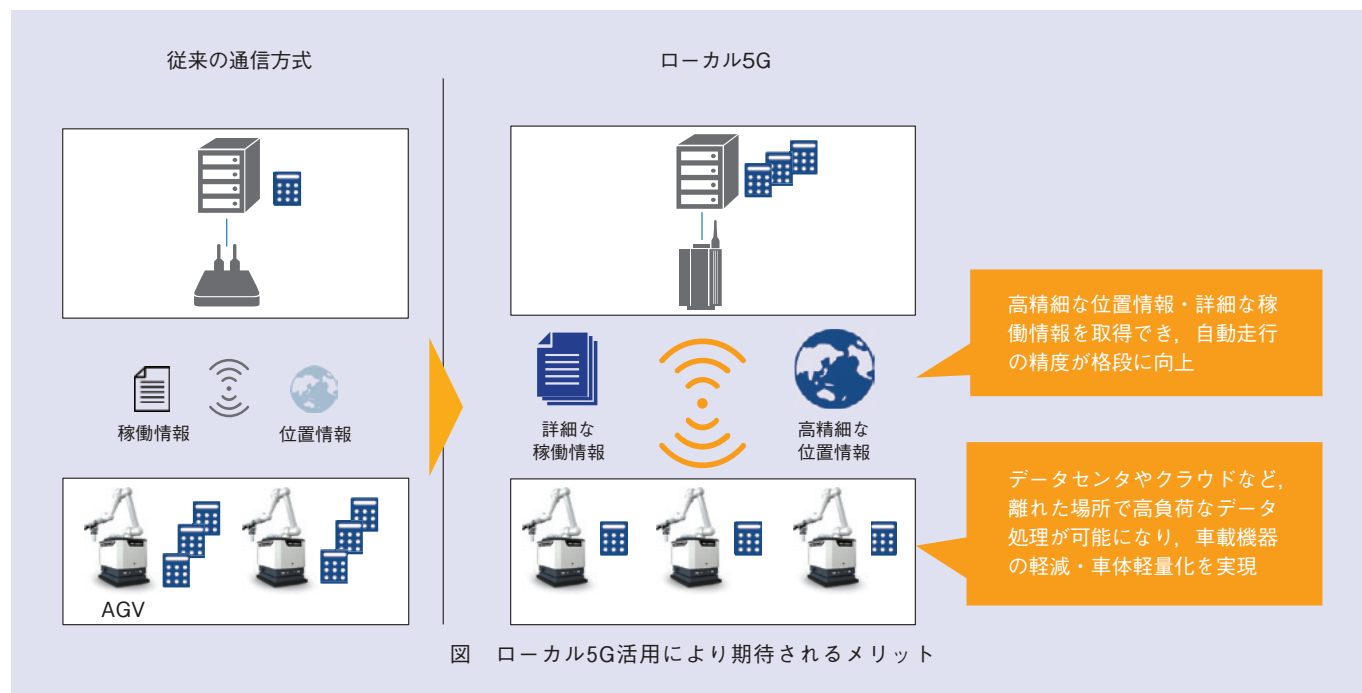
また生産性向上、スキルの標準化など、お客さまの生産現場が求められるニーズは大きく変化しており、自動化設備を検討されるお客さまが増えています。「超高速」「多数同時接続可能」「低遅延」などの通信環境を実現するローカル5Gを用いてAGVの稼働実験を行うことで、当社製品の高機能化の実現に期待をしています（図）。

NTT Comは、デジタルトランスフォーメーション（DX）を通じて、工場を有するお客さまの課題を解決する「Smart Factory」を重点領域の1つとして推進しています。その実現に向け、ローカル5Gが、データを価値あるものとして利活用するデータ収集・伝送機能における重要な技術であると考え、活用ユースケースの蓄積を推進しています。

両社は、工場内におけるローカル5Gの電波特性などを検証することで、AGVの高性能化、ひいては生産現場自動化やDX推進に向けた可用性を検討します。

■本実験の概要

本実験では、DMG 森精機の伊賀事業所内における



28 GHz帯の実験試験免許を取得し、ローカル5Gネットワークを構築することで、生産現場におけるローカル5Gの電波伝搬、通信品質を調査・測定するとともに、ローカル5Gを介したAGVの遠隔操作を試験します。

(1) 実験期間

2020年5月21日～2021年4月

(2) 実験場所

DMG 森精機 伊賀事業所

(3) 実験項目（予定）

① 電波伝搬試験（受信レベルの測定や干渉状況の調査）

② 通信品質試験（遅延やスループット性能、パケット誤り率の測定）

③ アプリケーション試験（ローカル5Gを介したAGVの遠隔操作試験）

・ AGVに対するローカル5Gの安定した通信可否の評価

・ 離れた場所で稼働するAGVの稼働状況の見える化

(4) 各社の役割

① DMG 森精機

・ 実験場所、アプリケーション試験設備の提供、アプリケーション試験の実施

・ ローカル5G活用ユースケースの検討

② NTT Com

・ 実験試験免許の申請、ローカル5Gの設備設計、構築、運用

・ 電波伝搬試験および通信品質試験の実施

・ ローカル5G活用ユースケースの検討

■今後について

両社は、共同で本実験に取り組むとともに、確認された課題に応じさらなる検証を行うことで、ローカル5Gの本格導入に向けた検討を進めていきます。また、本実験を通して、複数のAGVや設備を繋げて工場全体のデジタル監視を行うなど、より高度な生産改善が可能な製品開発やソリューション提供の実現をめざします。

加えて、NTT Comは、より広範なニーズに活用できるようなローカル5Gのサービス化についても検討を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ

経営企画部 広報室 報道担当

TEL 03-6700-4010

E-mail pr-cp@ntt.com

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0521.html>

「AI開発プロセス」を体系的に整理し、AI案件への試行適用を開始

NTTデータ（NTTデータ）は、「AI開発プロセス」を策定し、2020年7月より当社が行うすべてのAI案件への試行適用を開始しました。

AI開発プロセスは、AIが組み込まれたシステム（AIシステム）の開発における共通的な工程を体系化して定義したもので、全社での300以上のユースケースを基に策定されました。AI開発プロセスには、AIシステムの総合的な品質保証を念頭において、社会的に求められる倫理、コンプライアンス上のチェック観点や、AIシステム開発において重要となるデータの事前加工や品質管理に関するノウハウが組み込まれています。本プロセスを適用することで、性能、拡張性、セキュリティ、プライバシーなど総合的な観点から、お客さまが安心して利用できるAIシステムを実現します。

本試行適用ではまず日本国内におけるAI案件を対象とし、有効性が確認された後グローバルでの展開も視野に検討を進めます。また本プロセスの策定を主導するAI CoE（Center of Excellence）の活動を通して、2022年度末までにAIシステムの開発体制を3000人規模に増強することで、NTTデータにおけるAI案件の推進力を強化します。

■背景

AIが組み込まれたシステムが急速に普及しつつある今、AI固有の特性により、これまでのシステム開発とは異なる課題が明らかになりつつあります。AIシステム開発においては、AIモデルの構築が重要な要素となります。効果的なAIモデルの構築には、データの取り扱いに関する知識や機械学習の知識等、多くの専門知識が必要となり、これまでのシステム開発とは異なる領域の知識を持った技術者が必要となります。またAIモデルの構築には、最適化のために多くの繰り返し試行が必要となるなど、従来のシステム開発とは異なる工程が必要になります。

このたび、NTTデータは、AIが組み込まれたシステム開発における共通的な工程を体系化して「AI開発プロセス」として標準化しAI案件に適用します。これにより、お客さまが安心して利用できるシステムの提供を実現し

ます。

■概要（特長）

AI開発プロセスは、AIシステム開発において必要となる役割、タスク、成果物を体系的に整理し、標準的な開発手順およびプロジェクト管理手順として定義したものです。本プロセスは、以下のような特長を持っています。

- ・ NTTデータAI&IoT事業部を中心として全社での300以上のユースケースを基に策定、実績に基づく知見を活用した効率的な開発を実現
- ・ AIモデルや学習用データセットの構成管理、品質管理など、AI固有の管理観点が盛り込まれているため、プロジェクトにおける問題の発生を防止し、より信頼のおけるAIシステムの開発が可能
- ・ AIシステム開発において特に重要となるデータの取り扱いに着目、長年データ加工や統合に携わる専門家の知見を盛り込み、データ整理、前処理、AIモデル構築といった一連のプロセスを円滑に実施可能

■今後について

今後NTTデータは、AI CoEを通じてAI開発プロセスを技術者に展開し、2020年7月以降のすべてのAI案件にAI開発プロセスの試行適用を開始します。本試行適用ではまず日本国内におけるAI案件を対象とし、有効性が確認された後グローバルでの展開も視野に検討を進めます。AI開発プロセスに記載された内容は試行適用結果やプロジェクト傾向を受けて定期的に見直し、継続的に拡充、更新していきます。またAI CoEの活動を通じて本プロセスを活用できる人材を育成して、2022年度末までにAIシステムの開発体制を3000人規模に増強することで、NTTデータにおけるAI案件の推進力を強化します。

◆問い合わせ先

NTTデータ

広報部

TEL 050-3644-3022

URL <https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2020/063000/>