

NTT 技術ジャーナル

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和4年3月1日発行 毎月1回1日発行 第34巻第3号(通巻396号)

3 MARCH
2022
Vol.34 No.3

IOWN

特集

グローバルパートナーと紡ぐIOWN構想

NTTグループの社会変革に向けたICTソリューション

グループ企業探訪

NTT データ オートモビリティ研究所

from NTTデータ

医用画像診断支援技術MaestroAI®の実用化に向けた取り組み



NTT 技術ジャーナル

3 MARCH
2022
Vol. 34 No. 3

CONTENTS

4 特集

グローバルパートナーと紡ぐ IOWN構想

6 「IOWN構想の実現に向けた技術開発」の進捗について
—Progress of IOWN Technology Development

12 IOWN Global Forumにおける
オープンオールフォトニクス・ネットワークの検討

17 IOWN Global Forumにおける次世代コンピューティング基盤の検討

23 IOWN Global Forumにおけるストレージサービスの検討

28 特集

NTTグループの社会変革に 向けたICTソリューション

30 お客さまとの共創による先端技術の社会実装の取り組み

35 3D-Viewで建設・製造・あらゆる現場のDXを推進する
ファシリティマネジメントサービス「Beamo™」

40 DXビジネス拡大を阻む4つの課題

45 **from ★NTT DOCOMO**
テクニカル・ジャーナル

5G MBHIにおけるSegment Routing対応ルータ装置の開発

52 挑戦する研究者たち

澤田 宏

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
上席特別研究員



課題解決によって研究テーマが減るとは考えない。
できることが増えて新たな研究領域を開拓

57 挑戦する研究開発者たち

橋本 昭二

NTTコミュニケーションズ
イノベーションセンター テクノロジー部門 担当部長



ユーザの一步先を行くために、技術の本質的な使い方を
迎えに行こう

61 明日のトップランナー

今村 壮輪

NTT宇宙環境エネルギー研究所 特別研究員



藻類と魚介類による炭素循環に
ゲノム編集技術を適用し海洋中のCO₂を低減させる研究

64 グループ企業探訪

株式会社NTTデータ オートモビリティ
エンス研究所

自動運転車のコアとなるソフトウェアを
研究開発



68 from NTTデータ

医用画像診断支援技術MaestroAI®の実用化に向けた
取り組み

Webサイト オリジナル記事の紹介 72
4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

日本電信電話株式会社
NTT技術ジャーナル事務局
E-mail journal@ml.ntt.com

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 <https://group.ntt.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2022

●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

グローバルパートナーと 紡ぐIOWN構想

本特集では、IOWN(Innovative Optical and Wireless Network)構想実現のためにIOWN Global Forum(IOWN GF)でさまざまな企業にフィードバックをもらいながらグローバルパートナーと推進してきた取り組みを総括して紹介する。

また、ロードマップにも含まれる主な取り組み事例、およびIOWN GFでの検討内容について詳しく紹介する。

I O W N

オールフォトニクス・
ネットワーク

ディスアグリゲートド・
コンピューティング

データセントリック・
インフラストラクチャ

デ - タ ハ ブ

IOWN Global Forum

「IOWN構想の実現に向けた技術開発」の進捗について

——Progress of IOWN Technology Development——

6

IOWN Global Forum (IOWN GF) にて、世界のプレイヤーと共同で進めてきた成果である6つの技術文書について、2020年4月にNTTが発表した「IOWN構想の実現に向けた技術開発ロードマップ」との関係にも触れながら概要を紹介する。

IOWN Global Forum における

オープンオールフォトニクス・ネットワークの検討

12

オープンオールフォトニクス・ネットワーク（オープンAPN）に関する技術文書の内容に沿って、オープンAPNがめざすゴール、技術課題、および機能アーキテクチャについて紹介する。

IOWN Global Forum における次世代コンピューティング基盤の検討

17

データセントリック・インフラストラクチャ（DCI）に関する技術文書の内容に沿って、IOWN GFにおける新しいコンピューティング基盤の検討状況を紹介する。

IOWN Global Forum におけるストレージサービスの検討

23

IOWNデータハブ（IOWN Data Hub）に関する技術文書の内容に沿って、IOWN GFにおける、データベースやストレージなどの機能を統合した新しいデータサービスの議論状況や到達点について紹介する。

「IOWN構想の実現に向けた技術開発」の進捗について——Progress of IOWN Technology Development

サイバーフィジカル社会に向け、より大容量、低遅延、低電力消費なインフラを実現するには、ネットワークとコンピューティングといったレイヤ個別の高度化から脱却し、フルスタックで技術を再設計する必要があります。NTTでは、この革新に向けたロードマップを2020年4月に策定し、IOWN Global Forum (IOWN GF) にて世界のプレイヤーと共同で進めてきました。その成果である6つの文書がIOWN GFより2022年はじめに公開されました。

かわしま
川島

まさひさ
正久

あらがね
荒金

ようすけ
陽助

NTT研究企画部門

なぜIOWNが必要なのか

より豊かで持続可能な社会の実現に向け、サイバーフィジカルシステム(CPS)への期待が高まる一方で、既存のネットワーク、コンピューティングインフラの限界が顕在化しています。例えば、交差点のカーブミラーにネットワークカメラを追加しAI(人工知能)分析により出会い頭事故を防止するユースケースを題材にして、課題を説明します(図1)。

第1の課題はサーバ処理能力です。街には多数の交差点があるため、1台でなるべく多数のカメラを収容できるようにサーバを高性能化する必要があります。このため、GPU等のアクセラレータが開発されAI演算はどんどん高効率になっていますが、データを受信しアクセラレータへ送る仕組みはあまり効率化されずボトルネックとなっています。

第2の課題は遅延です。カメラが危険な状況をとらえてから自動車や人間に回避コマンドが届くまでの時間を数

10ミリ秒におさえる必要があります。しかし、従来のTCP/IP通信では画像データを転送するのにフロー制御により数往復分の遅延が発生してしまいます。

第3の課題は信頼性です。ドローンや自律走行車の制御のような産業用途のユースケースでは通信断の発生をで

きる限り回避する必要があります。しかし、5G(第5世代移動通信システム)等の大容量モバイル通信は高い周波数帯を使うので、遮蔽物による通信断がより頻繁になります。

第4の課題は電力消費です。電灯のLED化等、省電力化が推進されている状況ですので、新システムの電力消

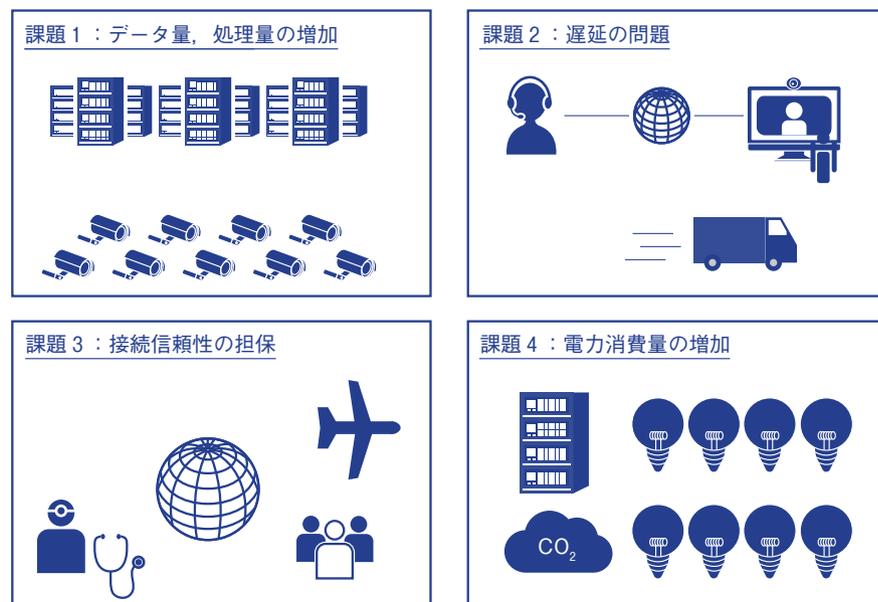


図1 顕在化しつつある社会課題

費は極力抑えたいです。しかし、私たちの実験によれば、映像AI分析のコンピュータインフラは、1映像ストリーム当たり10 W以上⁽¹⁾、つまり白熱電球並みの電力を消費します。このため、カメラに何かが映っているときのみAI分析するようにしたいところですが、低遅延化のためにエッジコンピューティングを行えば、データセンター（DC）分割損が生じ、ITリソースの使用量を必要ととき、必要な分だけにとどめることが困難となります。

前述の課題は数年前から通信、IT業界で認識され、5G等の高速モバイル網やエッジコンピューティングが検討されてきています。しかし、ネットワークサービスはベストエフォートのパケット転送という点は見直そうとせずに、通信、ITといった個別の分野に改善を図るだけでした。どれほどネットワークが高速になってもベスト

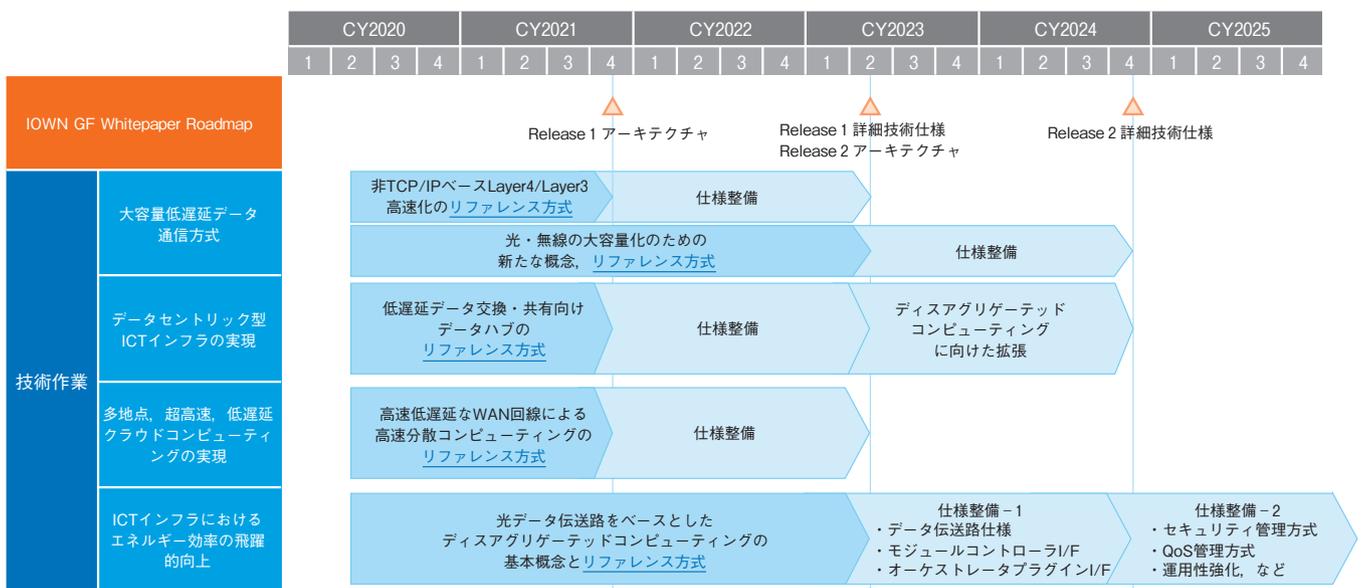
エフォートである限り、フロー制御に起因する遅延はなくなりませんし、エッジコンピューティングをすれば分割損によりITリソースの利用効率は悪くなります。つまり、分野ごとのエンジニアリングでは限界があり、フルスタックの革新が必要です。

この革新をオープンなコミュニティで進めるためにIOWN Global Forum（IOWN GF）を2020年1月にインテル、ソニーとともに設立しました。そして発起人3社でめざす革新をホワイトペーパーにまとめ2020年4月に発表しました。これに続いて、NTTは、革新に寄与する自社の技術開発ロードマップを「IOWN構想の実現に向けた技術開発ロードマップ」として発表しました（図2）。

IOWNロードマップと IOWN Global Forum

世界の多くの組織が加わりながらIOWN GFでの検討が加速し、NTTが技術開発ロードマップに定めた取り組みも多くのメンバと共同で進めることとなりました。そして、取り組みの成果として6つの技術文書がIOWN GFより公開されました⁽¹⁾。ここでは、技術開発ロードマップで定めたアウトカムとの関係にも触れながら、6つの文書の概要を紹介します。これら文書は、本誌特集『IOWN構想実現に向けた取り組み⁽²⁾』で紹介したIOWNの機能構成イメージともリンクしています（図3）。

まず、技術開発ロードマップの「光・無線の大容量化のための新たな概念」について、「OpenAPN」「IOWN for Mobile Network（IMN）」という2



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

<https://group.ntt.jp/newsrelease/2020/04/16/200416a.html>

図2 2020年4月 IOWN技術開発ロードマップ

IOWN構想の機能構成イメージ

IOWN GF 成果文書

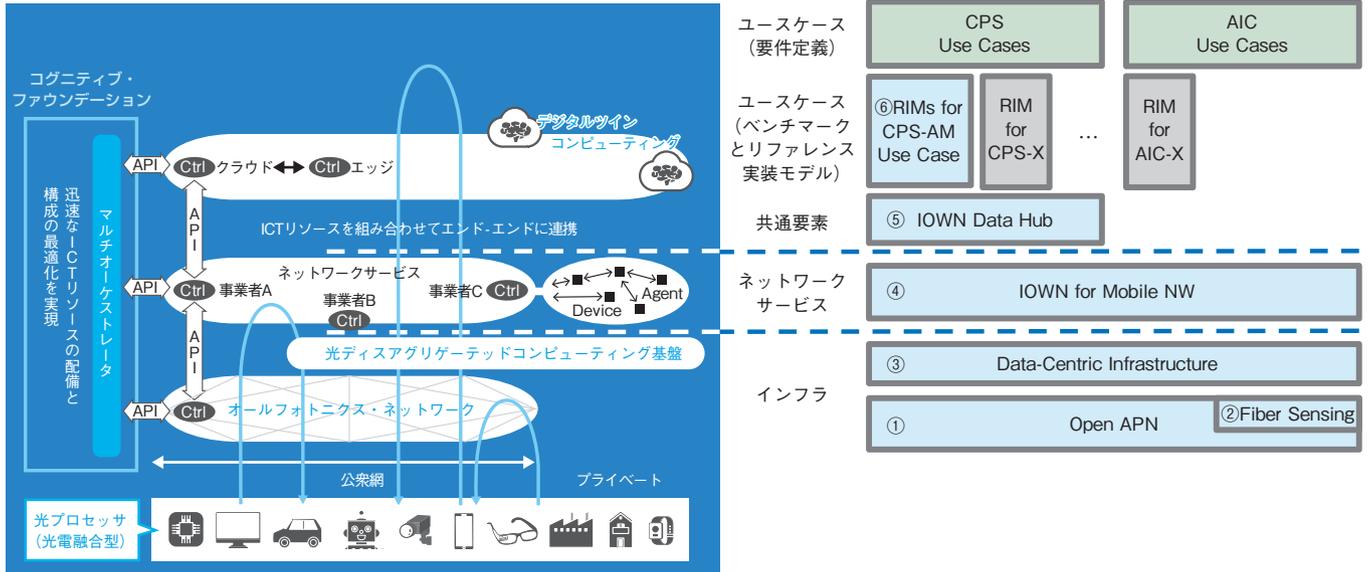


図3 IOWN構想とIOWN GFの活動項目

つの文書をまとめました(図3①, ④)。前者は、確定的な転送レート、遅延での通信を可能とするAll Photonic Network (APN) をマルチベンダで構築するためのオープンアーキテクチャを定めたものです。後者は、大容量性と高信頼性を両立させる無線ネットワークをIOWN上に構築する方法を示すもので、具体的にはO-RANアーキテクチャにおけるAPNや後述のディスクアグリゲータッドコンピューティングの適用箇所を示しています。

また、光信号を遠くへ伝搬させるという光ファイバの能力はデータ通信だけでなくセンシングにも応用できます。APNのためにファイバインフラに投資する事業者、公共機関は、一部のファイバをセンシングにも活用したいと考えるでしょう。また、センシングにより得られた信号を収集するのにAPNの大容量通信インフラが役に立

ちます。そこで、APNにセンシングの機能を付加するためのアーキテクチャを「Fiber Sensing with Open APN」という文書にまとめました(図3②)。

次に、ロードマップの「光データ伝送路をベースとしたディスクアグリゲータッドコンピューティング」について、「Data Centric Infrastructure (DCI)」というアーキテクチャを策定しました(図3③)。DCIは、アクセラレータ等の各ITモジュールにネットワークI/Oを備えさせることにより、前述のデータをアクセラレータへ送る仕組みが効率的でないという課題を解消します。

また、DCI文書中の「Data Plane Acceleration (DPA)」では、遠隔に離れた2つのDCIインフラがAPNを活用して高速低遅延にデータを転送するためのプロトコルスタック、設計

事項を提示しています。これは技術開発ロードマップの「非TCP/IPベース Layer4/Layer3高速化リファレンス方式」に対応するものです。DPAにより、隣接するDCに配備された複数のDCIインフラがITリソースを共有することが可能となり、前述のエッジコンピューティングのDC分割損が緩和されます。このようにしてIOWNは、複数のDCをAPNで結合し、仮想的に1つの大きなデータセンタ(クラスタ型データセンタ)を実現します。

また、クラスタ型データセンタを活用すれば、分散アーキテクチャのデータベース/ストレージをクラスタ内で分散させながら、スケラブルで高可用性なデータベース/ストレージを実現できます。このようなクラウドネイティブデータベース/ストレージのアーキテクチャを「IOWN Data Hub (IDH)」として策定しました(図3⑤)。

これは技術開発ロードマップの「低遅延データ交換・共有向けデータハブ」に対応するものです。IDHはサイバーフィジカル社会において多数のデータ発信者とデータ利用者をつなぐインフラとなります。すなわち「The network is the database」サイバーフィジカル社会のネットワークインフラは、データ転送機能にとどまらず、データベース機能も提供すべきです。

また、ロードマップの「高速低遅延なWAN回線による高速分散コンピューティング」については、有望なユースケースごとにリファレンス実装モデル（Reference Implementation Model：RIM）を策定することとしました（図3⑥）。これは、ユースケースごとの特性に配慮しながらフルスタックでエンジニアリングすることが肝要だからです。今回の版では、エリ

アマネジメントの空間観察についてのRIMを提供しています。

IOWN Global Forumの組織と活動

■技術とユースケース

IOWNはコミュニケーションとコンピューティングという非常に広い分野において革新的なインフラをつくっていく、という野心的な取り組みです。そこでIOWN GFでは、IOWNを実現する技術を開発するだけでなく、それを使ってどのような価値を出していくのか、というユースケースの観点での議論も併せた両輪での活動を行う必要がある、と考えました。

TechnologyとUse Caseの2つのWorking Groupを設置し、それらを統括してそれらの間の相互議論を加速させるSteering Committeeを設

置することで、革新かつ価値を感じることもできる成果を出していこうとしています（図4）。本特集の各稿で説明されている革新的な技術の議論と合わせて、ユースケースの議論が活動のもう一方の柱としてしっかりと位置付けられているところがIOWN GFの特徴の1つです。メンバー覧のWebサイト⁽³⁾を見ていただくと分かるように、IOWNの技術開発を行う企業・組織だけでなく、IOWNの技術を自社のビジネスに活用することでその拡大・飛躍を図ろうとする多くの企業が参画しています。彼らはユースケースの議論の中で、自社が直面しているビジネス課題や将来的なリスクを示して、それらがIOWN GFの活動によって解決されるのか、魅力的なユースケースとして解決に向けて皆で議論すべき内容なのか、メンバに問いかけます。それに対

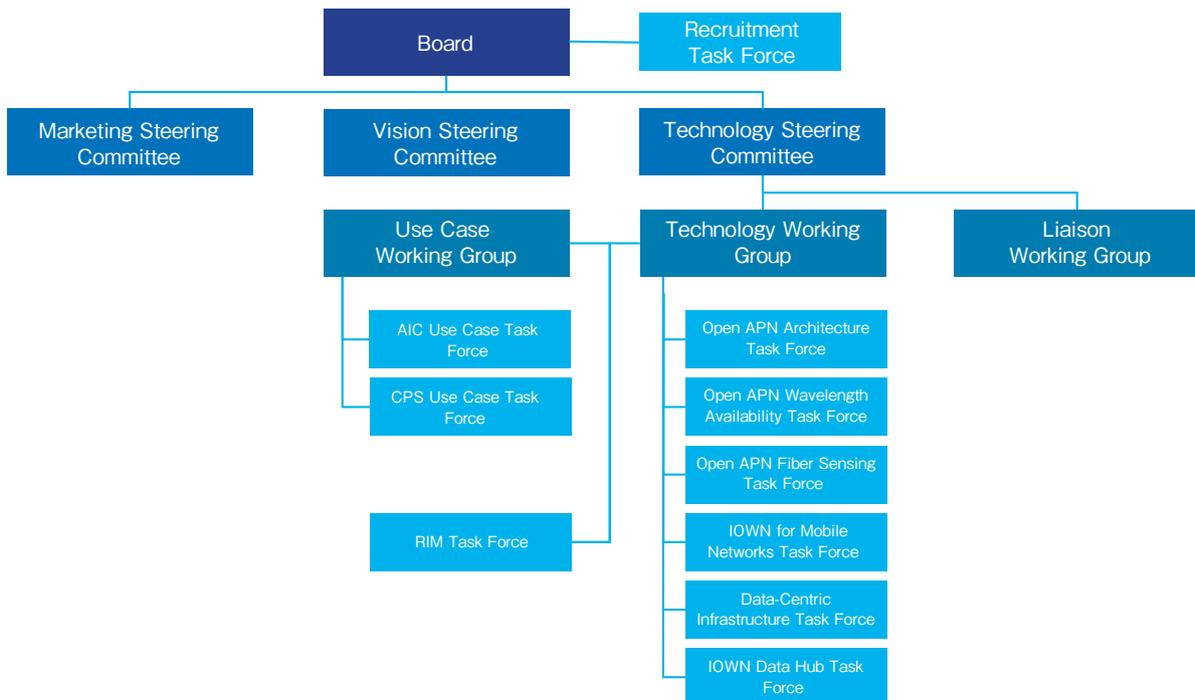


図4 IOWN GF組織構成

して、Use Case Working Group に集まったメンバが議論をして重要性を認識し、要件に落とし込むとともに、解決すべき課題・実現すべきユースケースとしてTechnology Working Groupにバトンタッチをしていく、このような活動の流れが始まっています。

■オンラインネイティブな活動

ところで、IOWN GF設立準備時には、メンバ全員によるメンバ会合やWorking Groupの議論を行うWG会合なども検討されていました。会員どうしが年数回は同じ場所に集まり、対面で議論をすることで、信頼関係を醸成してフォーラムの活動を加速させていこう、という取り組みです。しかし、まさにIOWN GFが設立され、活動を推進していこうというときに新型コロナウイルスの感染・被害が急速に全世界に広がり、海外渡航はもとより各国の国内の移動もままならない状況となりました。IOWN GFは、オンラインでの活動を余儀なくされました。

他の国際団体も同様にオンラインへの移行をしていますが、IOWN GFはその設立当初からオンライン化、逆にいえば一度も対面での会合をできていない、という状況に置かれました。一

度も会っていない状況でメンバどうしの信頼関係を創れるのか、成果物作成に向けての建設的な議論ができるのか、など、悩みを抱えながら試行錯誤を重ねてきました。米州、欧州、アジアからさまざまなメンバが集っているフォーラムですので、メンバもさまざまなタイムゾーンに居住しています。通常の国際会合のように6時間にもわたるオンライン会合を開催しては、どこかの地域が深夜、早朝の時間帯となってしまいます。そこでIOWN GFでは、可能な限り、これらの地域のメンバが深夜0時から早朝6時の時間帯にかからないようにオンライン会合の時間を選ぶようにしました。会議の長さは最大でも2時間程度しか取れませんが、参加への障壁を下げるということを優先した結果の判断でした。また、このような短時間のオンライン会議とすることで、会議開催の頻度を上げることができました。テーマごとのタスクフォースがそれぞれ隔週、場合によっては毎週開催されています。短時間の会議で進捗を共有して次回までのアクションアイテムを合意し、短期間でアクションアイテムに対するメンバそれぞれの活動の結果をフィードバックし合う、という高頻度のコミュ

ニケーションを繰り返すことができるようになりました。

一方で、「短期間で次回の会議の準備をし、最大でも2時間程度の会議においてメンバ間で議論をして合意をする」という進め方は、従来の国際団体での「寄書をベースに議論を進めて成果物を創る」という進め方に沿うことが難しい、ということを意味します。各メンバが練りに練った寄書を提出し、それぞれの寄書に対して多くの時間をとって議論をして合意をする、という進め方を隔週、または毎週の頻度で実施することは困難です。そこで、オンライン上にて共同で文書を作成する環境であるオンラインワークスペースを設置し、そのうえでの共同作業も併用することで成果物創出作業を効率的に進めるようにしました。

このような工夫によって、すべての会議がオンラインで開催される環境下であるにもかかわらず、わずか2年という短い期間において、ホワイトペーパーやユースケース文書、技術文書など複数の成果を頻繁に創出、公表することができました(図5)。また、WG会合やタスクフォース会合だけでなく、メンバが集まるメンバ会合についてもオンラインで定期的に開催して

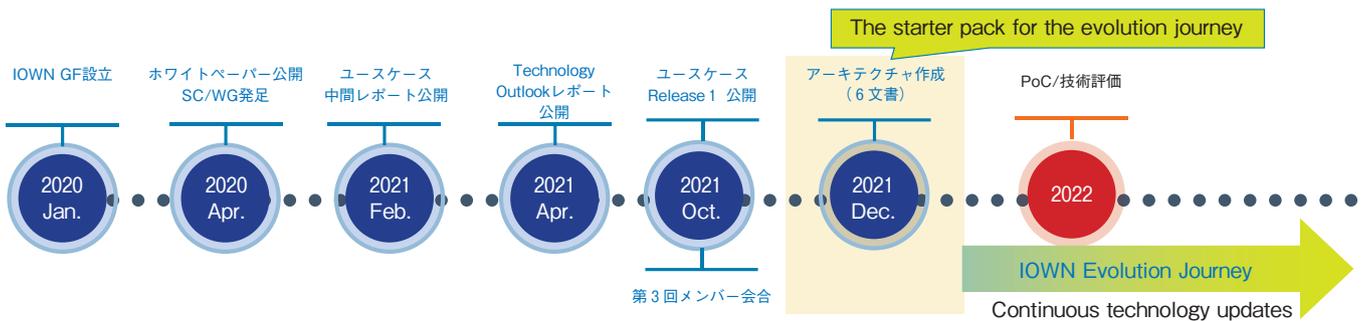


図5 活動実績

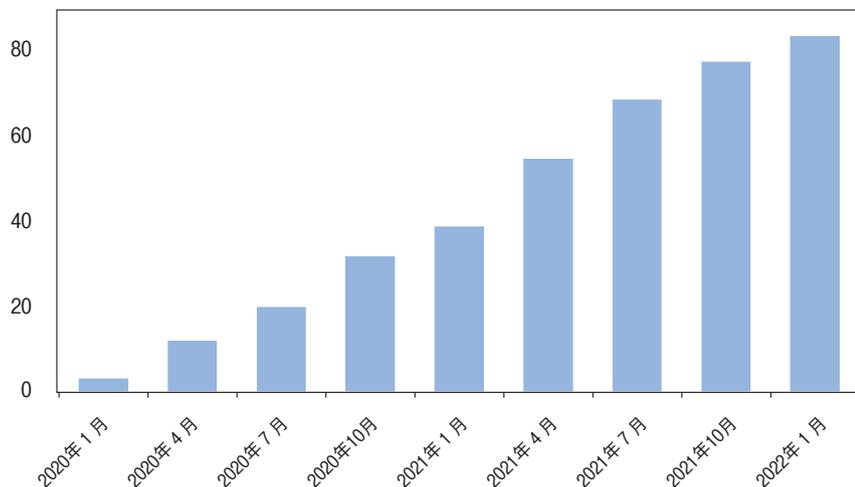


図6 IOWN GF メンバ数

おり、その参加者は500名を超えるようになってきています。これらの成果・実績はオンラインであることを積極的に活用したオンラインネイティブの団体だからこそその結果といえるかもしれません。

■活動の輪の拡大

発起人3社（インテル、NTT、ソニー）で設立されたIOWN GFですが、前述のような活発な活動や成果創出によって、より多くの企業や団体が活動の輪に加わり、2021年末時点で80社を大きく超えたメンバー数となっています（図6）。ほぼ毎月、新しいメンバが加入してくれている状況です。2020年12月には、新たに学術・研究機関（非営利）向けのメンバシップを設置し、IOWN技術の開発に向けてより多くの組織に参加いただけるようにしました。なお、オンラインツールを活用していたり、さまざまなタスクフォースが活動していたりしますので、各メンバ会合の直前には、主に新規メンバを対象とした活動説明を行うオンボードセッションを開催し、メンバがスムー

ズに活動に参画できるようなサポートも行っています。また、メンバー数の増加に合わせてIOWN GFの意思決定機関であるBoard of Directorsを構成するDirectorも増えてきています。2021年4月の年次会合では、新たにOrangeのGilles Bourdon氏と富士通の水野晋吾氏がDirectorに選出され、両氏も含めた計9名のDirectorがIOWN GFの意思決定を担っています。

2022年の取り組み

発定から2年足らずで技術文書を公開しましたが、公開されたのはあくまでも「ラフコンセンサス」です。時間をかけて文書を完成させるよりも、ラフコンセンサスを短期にまとめてPoC（Proof of Concept）・技術評価を早期に開始して、アーキテクチャや方式をアップデートするほうが実践的です。この「アジャイル思考」を大事にしながら、2022年からは発行された文書に基づくPoC・技術評価にIOWN GFメンバと取り組みます。

また、先日発表した「NTT Green Innovation toward 2040⁽⁴⁾」で示したとおり、IOWNはNTTインフラの消費電力の大幅削減に不可欠な取り組みです。大幅な電力削減を達成するには、単純にインフラをIOWNベースなものに入れ替えればよいわけではなく、IOWNを効果的に活用するようにアプリケーションを再設計し、運用をインテリジェント化していく必要があります。前述したPoCと並行して、アプリケーションの再設計、運用のインテリジェント化を進めていきます。

■参考文献

- (1) <https://iowngf.org/technology/>
- (2) 岩科・荒金・南端・進藤・藤原：“IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想実現に向けた取り組み,” NTT技術ジャーナル, Vol.32, No.1, pp. 34-37, 2020. <https://journal.ntt.co.jp/article/1638>
- (3) <https://iowngf.org/members/>
- (4) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2021/09/28/210928a.html>



（左から）川島 正久/ 荒金 陽助

Let's start an IOWN evolution journey now! 「IOWNは2030年の技術だ!」と思われている人が多いかもしれませんが、今から早期版を試して、アジャイルに技術をアップデートしながら2030に向かって進化するものです。皆様とこの進化に取り組んでいきたいです。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門
IOWN 推進室
TEL 03-6838-5317
FAX 03-6838-5349
E-mail iowngf-info@ml.ntt.com

IOWN Global Forumにおけるオープン オールフォトニクス・ネットワークの検討

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) のユースケースを支えるネットワークとして、必要となしに必要地点間を光パスでダイレクトに接続可能なオープンオールフォトニクス・ネットワーク (オープンAPN) の技術検討が、IOWN Global Forumにおいて進められています。本稿では、2022年はじめに公開された「Open All-Photonic Network Functional Architecture」の技術文書の内容に沿って、オープンAPNがめざすゴール、技術課題、および機能アーキテクチャを解説します。

にしざわ 西沢	ひでき 秀樹^{†1}	かに 可児	じゅんいち 淳一^{†2}
はまの 濱野	たかふみ 貴文^{†3}	たかすぎ 高杉	こういち 耕一^{†1}
よしだ 吉田	ともあき 智暁^{†2}	やすかわ 安川	せいしょう 正祥^{†3}

NTT未来ねっと研究所^{†1}

NTTアクセスサービスシステム研究所^{†2}

NTTネットワークサービスシステム研究所^{†3}

はじめに

IOWN Global Forum (IOWN GF) は、2021年にサイバーフィジカルシステム (CPS) とAI-Integrated Communications (AIC) のターゲットユースケースに関するInterim ReportとSystem and Technology Outlook Reportをリリースしました。CPSとAICの実装はすでに始まりましたが、センシング・キャプチャ技術の進化に伴い、現状の技術のままでは帯域・遅延などの要件を十分に満たせなくなることが明らかになっています。IOWN

GFは、フォトニクスネットワークのオープンアーキテクチャを確立し、サービスプロバイダがフォトニクスネットワーク機能をコンピューティングやネットワークのインフラ全体とよりきめ細かく統合できるようにするため、オープンオールフォトニクス・ネットワーク (オープンAPN) の検討を推進しています⁽¹⁾。

オープンAPNのめざすゴール

オープンAPNのめざすゴールは以下のとおりです。

- ・エンド・ツー・エンドの光パス接

続：ユーザは自身が保有するトランスポンダで、通信事業者のネットワーク (図1に示す波長トンネル) を介して遠隔地にあるサイトと直接接続

- ・ダイナミックな光パスの設定/制御：ユーザ間を直接つなぐエンド・ツー・エンドの光パス接続サービスを柔軟に提供
- ・エネルギー効率向上：電気的な処理を最小限に抑えることで、より消費電力の少ないネットワークを実現、ポリシーに沿って低消費電力化を適切に実現
- ・マルチオペレータ環境の提供：各事業者は、リソースの共有や不具合の切り分けなどの課題に悩まされることなく、エンド・ツー・エンドの光パス接続をシームレスに展開
- ・コンピューティングとネットワークの融合：離れた場所にあるコンピューティングリソースを、コンピューティングの要件に応じた伝送品質で、かつオンデマンド

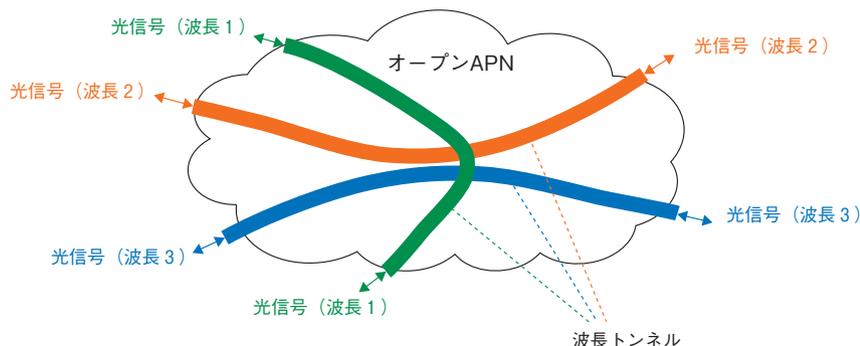


図1 オープンAPNにおける波長トンネルのイメージ

に大容量の光パスで接続

- ・自動化されたリソース再配置：帯域幅の異なるネットワーク上の分散型計算機資源にアプリケーションを再配分することで、ユーザの待ち時間やネットワークのトラフィックを最小限に抑制
- ・フォーマットフリーの光通信：光ファイバ網を使った環境情報収集や、さまざまなプロトコルへの対応
- ・インテリジェントなモニタリング：オープンAPNのよりダイナミックな運用を実現するために、ネットワークの制御・管理システムがオープンAPN機器から十分な情報を収集

光伝送技術の進展

2010年ごろからデジタルコヒーレント伝送システムの実用化が始まり、伝送システムの小型化、省電力化、制御インタフェースの共通化が加速されました。2016年には、ROADM (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) システムをベンダ間で相互運用できるようにするためのインタフェースや、仕様を定義した Open ROADM MSA (Multi Service Agreement)⁽²⁾や、光ネットワークやIPネットワークにおけるオープンな技術、アーキテクチャ、インタフェースを定義することを目的とした Telecom Infra Project Open Optical & Packet Transport (TIP OOPT)⁽³⁾が発足し、通信事業者やハイパースクレーターの参加により、光伝送システムのオープン化が加速しま

した。

また、光伝送装置にデジタル信号処理回路が入ることにより、①伝送路とその設計がシンプルで柔軟になった、②ハードウェアとソフトウェアが独立して進化できるようになった、③伝送品質に影響を与えずに、伝送品質をリアルタイムに測定可能になった、④伝送距離や容量を決定する伝送路の特性を迅速に推定するガウシアンノイズモデルが提案された、等の新たな価値がもたらされ、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) のユースケースの実現に必要な技術要素が整いつつあります。さらに、超小型光送受信回路と電子デバイスコパッケージ化された超小型の光インタフェースがコンピュータの処理ユニットにより近いところに実装されることにより、技術の進展が加速すると考えられています。

一方、4G (第4世代移動通信システム) ~5G (第5世代移動通信システム) のモバイルサービスを支えるモバイルフロントホール (MFH) 向けの技術としては、低コストな強度変調-直接検波 (IM-DD) 方式による10~25 Gbit/s光リンク技術が進展し、10~25 Gbit/s・IM-DDの光信号を波長多重 (WDM) するための標準化議論もさかんに行われています^{(4), (5)}。

また、固定ブロードバンドアクセス向けには、従来からPONシステムで用いられている時分割多重アクセス (TDMA) に4~8波長の高密度波長多重 (DWDM) 技術を組み合わせた NG-PON2が標準化され商用化されているほか^{(6), (7)}、2.5~10 G級の

TDMA-PONに16波長以上のDWDM技術と光増幅技術を組み合わせることで50 km以上の長距離アクセスを実現する Super-PONの標準化が行われています⁽⁸⁾。メトロ・アクセス領域で共通的にWDMネットワークを行うことで、MFH、モバイルバックホール、固定ブロードバンドアクセス等のトラフィックを効率的に収容することが可能になると期待されています。

オープンAPN実現に向けた技術課題

オープンAPNのコンセプトの実現に向けては、これらの技術トレンドのさらなる進展を加速するとともに、表1に示すように、複数種別のネットワークをまたがったエンドエンドダイレクト光パス設定およびそのためのノードアーキテクチャ、光パスの動的設定のための即時の光パス設計、ユーザ所有トランシーバのネットワーク登録およびそのトランシーバ間光パスにおけるセキュアな光伝送、伝送性能のリアルタイムモニタリングといった技術課題を解決する必要があります。オープンAPN機能アーキテクチャは、これらの解決を念頭に置き、ハイレベル・リファレンス・アーキテクチャ、制御・マネジメントプレーンアーキテクチャ、ユーザプレーンアーキテクチャに分けて記述されています。

オープンAPNの機能アーキテクチャ

■ハイレベル・リファレンス・アーキテクチャ

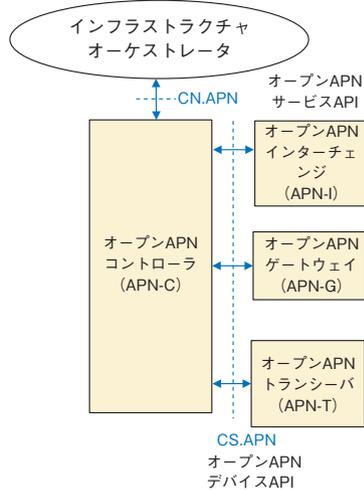
オープンAPNのハイレベルリファレンスアーキテクチャを図2に示します。オープンAPNトランシーバ(APN-T)、オープンAPNゲートウェイ(APN-G)、オープンAPNインターチェンジ(APN-I)、およびオープンAPNコントローラ(APN-C)の4つの機能ブロックが定義されています。

APN-Tは光パスの端点であり、光信号の送受信機能を有します。APN-Gは光パスのゲートウェイであり、収容するAPN-Tに対する制御チャネルの設定、光信号のユーザプレーン・アドミッションコントロール、光パスの多重化・逆多重化、光パスの折り返し接続、光パスの合分波の各機能を有

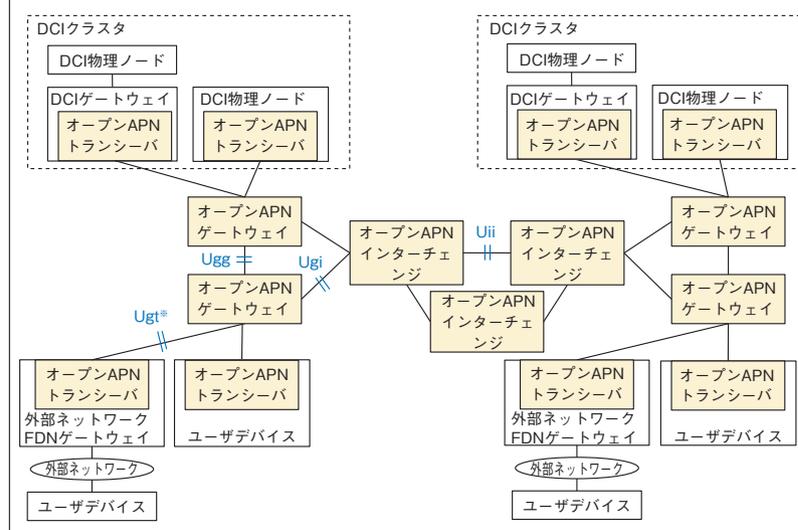
表1 オープンAPNの実現に向けた技術課題

項目	課題
エンドエンドダイレクト光パス設定	・ユーザ設備, アクセスネットワーク, メトロネットワーク, コアネットワークの任意の地点間のダイレクト光パス設定を可能とする波長リソースの払出と管理
光パスの動的設定のための即時の光パス設計	・光パスの伝送品質に基づくコヒーレントモジュールの自動モード選択 ・さまざまな種類・ベンダの光モジュールの標準制御インタフェース ・冗長性・信頼性要件を満たす光パス経路の即時計算・高速開通 ・相互接続環境(オペレータ, ドメイン, ベンダ)のサポート
ユーザ所有トランシーバのネットワーク登録	・ユーザ所有トランシーバのアドミッション制御(認証, フィルタリング), アドレス・利用波長の解決
エンドエンド光パスを収容するノードアーキテクチャ	・同一ROADM収容トランシーバ間の折り返し光パス設定 ・ROADM収容トランシーバの遠隔設置および制御・マネジメントチャネルのサポート ・ダイナミックな波長リコンフィギュレーションに求められる光アンプチェーンの高度な制御
伝送性能のリアルタイムモニタリング	・モニタリング周期の高速化(数ミリ秒~数秒レベル) ・さまざまなネットワーク種別・オペレータに対応する多様なモニタリングパラメータのサポート ・サービストラフィックとの干渉がなく既存モニタリング手法とも親和性があるモニタリングメカニズム
ユーザ設備間のセキュアな光伝送	・ユーザ設備にある端末間で光伝送の低遅延性を損わずに認証・認可・アカウントリング(AAA)等をサポートする低遅延セキュア光伝送

オープンAPN制御・マネジメントプレーン



オープンAPNユーザプレーン



※ Ugt は複数波長インタフェースのこともあります。

図2 オープンAPNのハイレベル・リファレンス・アーキテクチャ

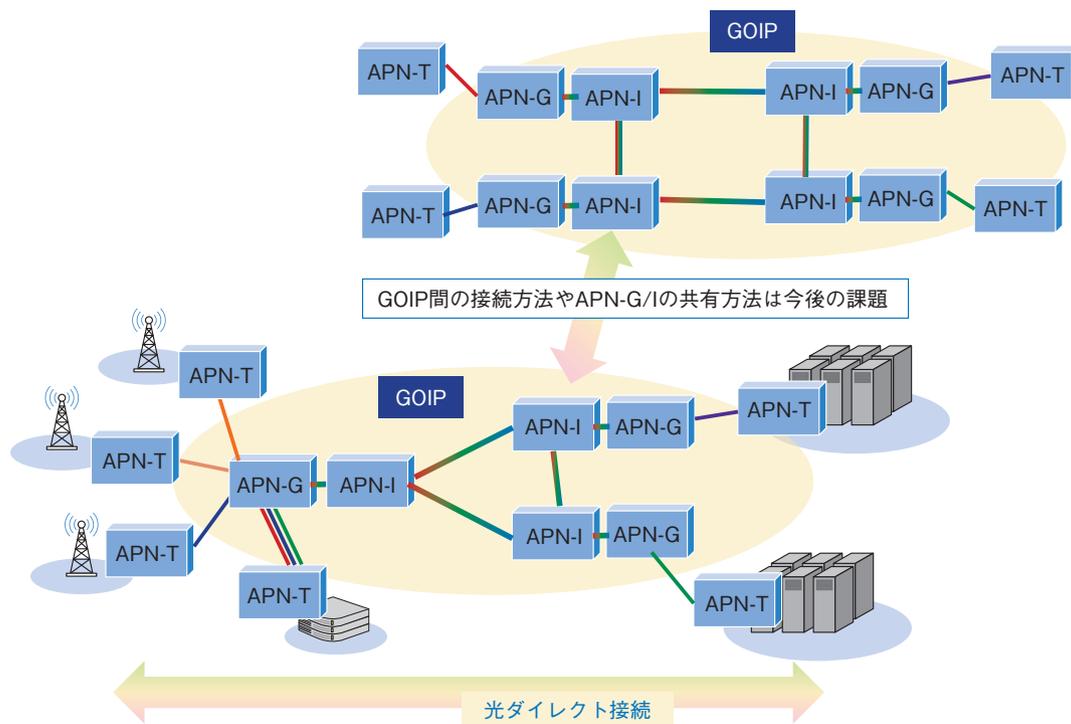


図3 GOIPの構成イメージ

します。APN-Iは光パスの中継機能部であり、波長クロスコネク、インタフェース間のアダプテーションの各機能を有します。APN-T、APN-G、APN-Iの3つの機能ブロックにより、オープンAPNの光パスのユーザプレーン処理が実現されます。APN-Cは、オープンAPNの制御・マネジメントプレーン処理を実現するためのコントローラです。

既存の標準的なROADMと比較すると、APN-Gが有する収容APN-T制御チャンネル設定やユーザプレーン・アドミッションコントロール、さらには、APN-Gが有する光パスの折り返し接続やAPN-Iが有するインタフェース間のアダプテーション機能がオープンAPNに特徴的な機能といえます。

■制御・マネジメントプレーンアーキテクチャ

オープンAPNの制御・マネジメントプレーンの実現のため、図2に示すように、APN-CとAPN-C外部のマネジメント・オーケストレーション機能部との間にオープンAPNサービスAPIが定義され、APN-CとオープンAPN装置（APN-T、APN-G、APN-I）との間にオープンAPNデバイスAPIが定義されています。

APN-Cは、APN-Tの認証・アクティベーションを行った後に、オープンAPNサービスAPIを通じてAPN-T間の光パス設定・削除・再設定のリクエストをユーザからオンデマンドに受け付けます。APN-Cは、帯域・遅延・ジッタといったユーザ要件に基づき、

適切な光パス経路、利用波長、光送受信パラメータを決定し、オープンAPNデバイスAPIを通じてオープンAPN装置を適切に設定します。

さらに、APN-Cは、オープンAPNデバイスAPIを通じてオープンAPN装置から伝送品質のリアルタイム情報を収集し、ユーザ要件が満たされているかどうかを判定します。収集した情報は、高度な分析のためにAPN-Cの外部装置に転送することもできます。伝送品質の情報収集アーキテクチャとして、APN-CとオープンAPN装置に対するテレメトリの構成例が示されており、例えば、モバイルシステムとの連携の構成例（eCTI）が例示されています。

■ユーザプレーンアーキテクチャ

オープンAPNアーキテクチャでは、限られた波長数や伝送可能距離といった物理的な制約の下でスケーラブルかつ相互接続可能なオープンAPNを実現するために、Group of Optically Interoperable Port (GOIP) という概念が定義されています。

GOIPは、任意の2つのポート間でダイレクト光接続（光パス）を確立できる光ポートのグループとして定義されます。ここで、ポートとは、オープンAPNトランシーバとアクセスリンク間の接続インタフェースを意味します。ポイントツーポイント（P2P）の光パスに加え、ポイントツーマルチポイント（P2MP）の光パスの提供も想定されています。図3にGOIPの構成イメージを示します。

ダイレクト光接続の伝送可能距離はビットレートや変調方式に依存するため、ビットレートや変調方式はGOIPごとに明示されます。なお、GOIP内では、任意のポート間にダイレクト光接続を可能とするルートが最低1つ存在するが、波長リソースの利用状況や光ファイバ断等の障害状況により最短ルートが利用できない場合に、ダイレクト光接続が不可能となることも考えられます。これらを考慮したGOIPの設計方法等は今後の検討課題としています。

また、オープンAPNアーキテクチャでは、所定のビットレートや伝送距離に応じて適切に波長トンネルを運用できるように、物理レイヤのリファレンスアーキテクチャを定義するとともに、運用に必要な参照情報を示しています

表2 波長トンネルの運用に必要な参照情報

分類	参照情報
ネットワークからのGOIP内接続の要件	要求帯域
	接続するAPN-Tの場所
APN-Tの仕様	波長トンネルを介した接続のためのAPN-Tの互換性に関する情報（変調方式、シンボルレート、誤り訂正方式など）
	APN-Tの接続ビットレート
	雑音や波形劣化に対する耐性（OSNRまたはGSNR耐性、光ファイバ分散に対する耐性など）を含む、エラーフリー伝送のための仕様
波長トンネルの物理的基準	波長トンネルの物理情報（光ファイバ種別、中心波長、波長幅など）

OSNR: 光信号対雑音比 (Optical Signal to Noise Ratio)
GSNR: 一般化された信号対雑音比 (Generalized Signal to Noise Ratio)

(表2)。

今後の展望

IOWN GFにおいて、仕様化と実証を繰り返すスパイラルアプローチでオープンAPNは進化していきます。今回公開されたオープンAPN機能アーキテクチャは、今後の仕様詳細化に向けたコンセプト実証のベースとして利用される予定です。実証を通して得られた知見は、オープンAPNの詳細仕様、および並行して検討される機能アーキテクチャリリース2の検討に反映される予定です。

■参考文献

- (1) <https://iowngf.org/technology/>
- (2) <http://openroadm.org/>
- (3) <https://telecominfraproject.com/oopt/>
- (4) <https://www.ericsson.com/en/mobile-transport/mopa>
- (5) https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=16803
- (6) <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.989/>
- (7) <https://www.lightreading.com/gigabit/fttx/verizon-calix-roll-out-commercial-ngpon-2/d/d-id/740093>
- (8) <https://www.ieee802.org/3/cs/>



(上段左から) 西沢 秀樹 / 可児 淳一 / 濱野 貴文

(下段左から) 高杉 耕一 / 吉田 智暁 / 安川 正祥

今後もIOWN Global Forumのメンバー企業とのコラボレーションにより、オープンAPNの実現方式やアーキテクチャの策定を進め、オープンAPNの社会実装をめざします。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門

IOWN 推進室

TEL 03-6838-5317

E-mail iowngf-info@ml.ntt.com

IOWN Global Forumにおける 次世代コンピューティング基盤の検討

インターネットやクラウドコンピューティングによってもたらされたさまざまな技術革新によって社会のあり方が大きく変わってきています。今後は、より一層のデータ活用とAI（人工知能）による高度なサービスが次々と登場することが期待されます。これらのトレンドを支えるためには、デナード則などのデータ処理能力の限界に対する抜本的な解決と、ESG/SDGsの要請によるエネルギー消費削減との両立が必要となります。このような背景の下、IOWN Global Forum では、新しいコンピューティング基盤として、Data-Centric Infrastructure Functional Architecture を規定し、その初版となるドキュメントをリリースしました。本稿では、このドキュメントについて解説します。

ますたに ひとし
益谷 仁士^{†1}

シューマッハー クリストフ^{†2}

しみず けんじ
清水 健司^{†3}

NTTネットワークサービスシステム研究所^{†1}

NTTソフトウェアイノベーションセンタ^{†2}

NTT未来ねっと研究所^{†3}

DCIがめざす コンピューティング基盤

IOWN Global Forum (IOWN GF) では、ネットワークやコンピューティングを含めた全体アーキテクチャが規定されています(図1)。このうちデータセントリックインフラストラクチャサブシステム(DCI)はオールフォトニクス・ネットワーク(APN)により実現される光ネットワーク上で構築される、コンピューティングとネットワークからなるサブシステムとして定義されており、さまざまなユースケースを実現するためのアプリケーションが動作する情報処理基盤となっています。DCIでは、分散配置された複数の異なるコンピューティングリソース(CPU、メモリ、FPGA、GPUなど)と、さまざまなQoSを提供するネットワークとを組み合わせ、アプリケーションを動作させるための環境を提供することを目標としています。DCIが想定する異種のコンピューティングリソースは、汎用的な計算処理に加え、

AI(人工知能)処理専用などを包含し、これらのリソースは、後述するサービス事業者向けのAPIを通じてアプリケーションの動作環境として提供されるとしています。

現在のコンピューティング アーキテクチャとのギャップ

DCIのデザインゴールを設定するため、IOWN GFがめざすユースケースを実現するための要件に対して、既存技術とのギャップ分析を実施し、課題

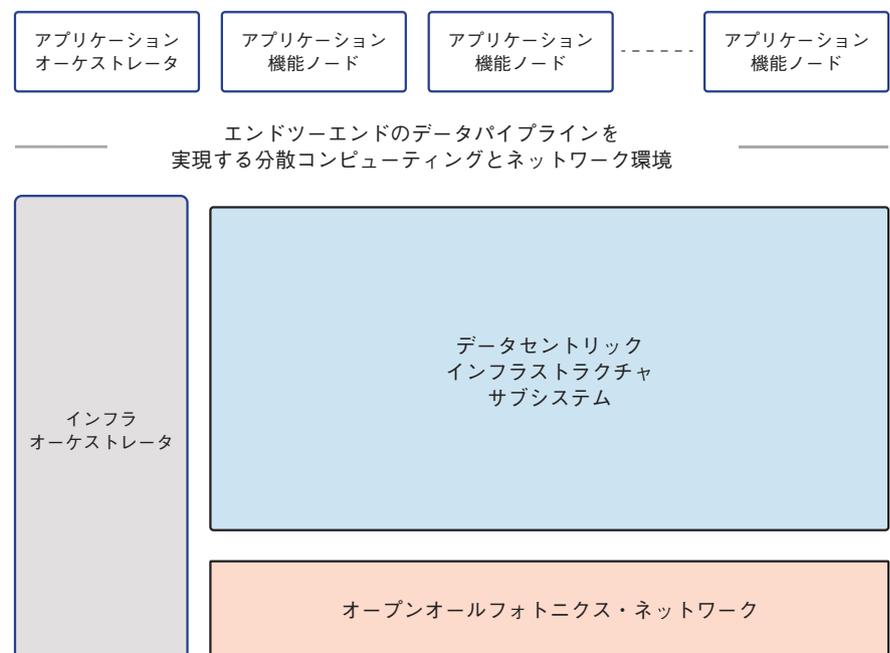


図1 IOWN Global Forum アーキテクチャ概要

が次のとおり記載されています。

■スケーラビリティに対する課題

さまざまなユースケースを実現する異なる要件を持つアプリケーションは、それぞれの情報処理に適したコンピューティングリソース、メモリ、入出力の要件があります。これらのアプリケーションを効率良く収容するためには、それら処理に適した各リソースを無駄なく割り当てていく必要がありますが、現在のサーバ筐体を中心とした従来型のコンピューティングでは異なるサーバごとのリソースをかき集めて効率的に結合することが難しいということが述べられています。

■パフォーマンスに対する課題

アプリケーションは多種多様に存在し、その中でもレイテンシやジッタに対する要件が厳しいアプリケーションがありますが、それらを既存のサーバ、ベストエフォート型のネットワークで実現する場合、それらの要件を満たすように設計されていないため、ユースケースを実現できないという問題があります。よって、このような要件の厳しいアプリケーションも最初から考慮したコンピューティングとネットワークに関するアーキテクチャ設計が求められるという課題が提起されています。

■エネルギー消費に関する課題

前述のスケーラビリティに関する課題に関連して、さまざまなリソースの割当て効率的にできなければ、無駄なリソースが使われないまま電力だけ消費されてしまいます。よって、さまざまなリソースの利用の効率化と併せて、IOWN GFで志向しているエネルギー消費の効率化を両立する新たな

アーキテクチャ問題の検討が必要であることが述べられています。

デザインゴール

前述の既存アーキテクチャとのギャップ分析をふまえ、次のDCIのデザインゴールが規定されています。

- ① 端末からエッジクラウドに至るまでの環境においてスケーラビリティを考慮したアーキテクチャ
- ② CPU以外の異なるコンピューティングリソースが利用できるアーキテクチャ
- ③ 高速な光ネットワーク上でユースケースを構成するアプリケーション間のデータ転送を効率化するデータパイプラインの実現
- ④ GPUやFPGAなどの異なる種類のコンピューティングリソース間で不要なデータコピーを排除した効率的なデータ共有を可能とするアーキテクチャ
- ⑤ 高速・大容量に加え、帯域予約型、低レイテンシ、低ジッタといった異なるQoSを同時に提供可能

なアーキテクチャ

- ⑥ IPと非IP間のデータ交換などのゲートウェイ機能を提供するアーキテクチャ

上記の6つのデザインゴールを元に、DCIアーキテクチャを設計する上で前提とする、DCI、APN、既存ネットワークとの関係が図2のように示されており、端末からDCIへのアクセスには2つの手段があることが分かります。つまり、APNにダイレクトに接続するパターンと、従来のネットワークスタックを有する端末もサポートすることを想定し、既存ネットワークを経由してDCIへアクセスするパターンの2つのパターンが記載されています。

DCIクラスタ

デザインゴールを元に、コンピューティングとネットワークリソースとを適切な単位でアプリケーションの実行環境としてユーザに提供するために、DCIアーキテクチャでは、Logical Service Node (LSN) が定義され

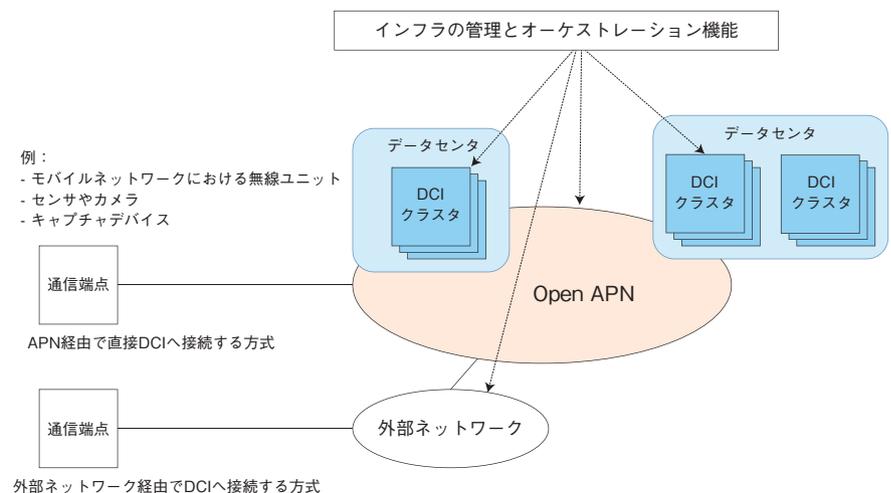


図2 DCIクラスタとOpenAPNの接続構成

ています。LSNではハードウェアレベルで論理分割されたリソースがユーザに提供されます。このLSNを提供するためには、複数のコンピューティングリソースとネットワークリソースから適切な組合せを選択して提供する必要があります。そこで、DCIアーキテクチャでは、DCIクラスタが定義されました。

■ DCIクラスタの構成要素

構成要素は、DCIノード、ノード間インターコネク、DCIゲートウェイからなります(図3)。

- ① DCIノード

- ・コンピューティングノードの基本単位を示します。このノードは従来のサーバに搭載されていたマザーボードに加え、FPGAやGPUといったさまざまな異種のコンピューティングリソースを提供するアクセラレータを複数搭載することを前提としたアーキテクチャとなっています。また、その異種コンピューティングリソース間でのデータのやり取りを実現するために、ノード内インターコネクが定義されています。
- ・ノード内インターコネク上では、

異種コンピューティングリソース間で、同じデータを共有することになるため、そのデータの更新をそれらリソース間で同期をとる必要があります。そこで、従来のPCI expressバスに加え、将来的にはCompute Express Link (CXL) のようなキャッシュコヒーレンシ*1を考慮した新しい内部バス仕様も考慮し記載されています。

*1 キャッシュコヒーレンシ：メモリなどの共有リソースを複数のクライアントで読み書きする場合、各クライアントが持つデータの更新(キャッシュ)とその元のメモリ上のデータとの一貫性を保つことを指します。

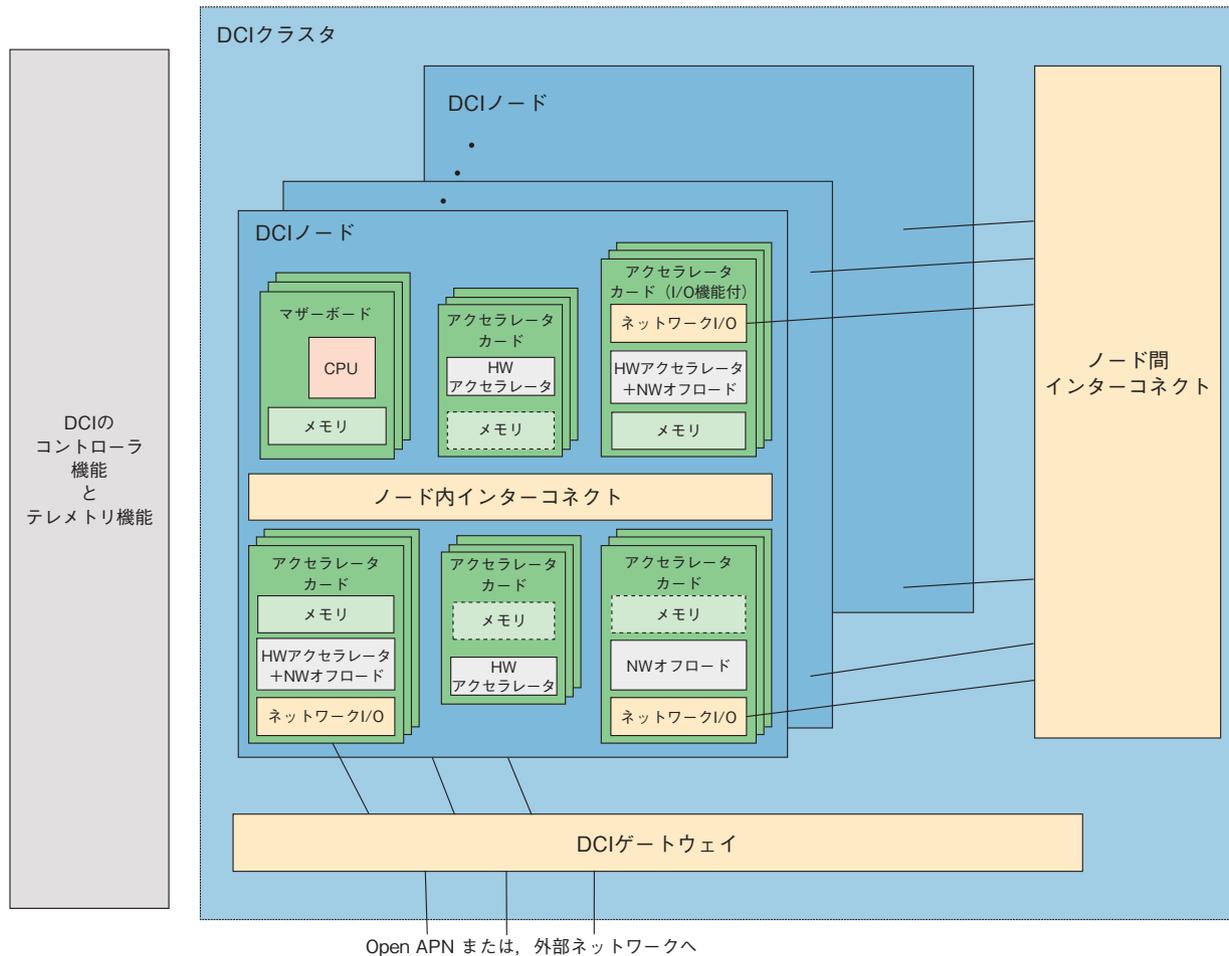


図3 DCIクラスタの構成例

- ② ノード間インターコネク
 - ・従来のTop Of Rack スイッチ相当に位置するネットワーク装置です。異なるQoSを持つネットワークを収容することを想定し記載されており、詳細な技術仕様は今後検討されることになっています。
- ③ DCIゲートウェイ
 - ・APNとDCIクラスタを中継するネットワーク装置です。ノード間インターコネク同様、異なるQoSに対応する必要がある、詳細な技術仕様は今後検討されることになっています。

■ DC クラスタ向けコントローラ

上記のDCIクラスタの要素であるDCIノード、ノード間インターコネク、DCIゲートウェイは、DCIクラスタコントローラに制御されます。DCIクラスタコントローラは、オーケストレータから依頼を受けて、必要な要件を満たすLSNの起動・停止などのライフサイクル制御を行います。DCIクラスタコントローラは、DCIクラスタの外に存在し、1つのDCIクラスタコントローラが制御するDCIクラスタの数に制約は設けられていません。

DCI Infrastructure as a Service (DCI IaaS)

DCIアーキテクチャで定義されたLSN、APNで定義される光ネットワーク、さらに今後議論される予定のFDN*2をまとめて、サービス事業者

*2 FDN (Function Dedicated Network) : IOWN GFでコンセプトが提案されており、APNやその他の物理ネットワークで構成されたレイヤの上に構成される論理ネットワークという定義がドキュメントの中でされています。

にIaaS (Infrastructure as a Service) のような形式でテナントとして提供されるDCI IaaSが定義されています (図4)。サービス事業者はテナントとして払い出されたLSNとその間を中継するネットワークの上に、サービス提供に必要なミドルウェア・アプリケーションをデプロイし、それらを介して最終的にエンドユーザにサービスを提供します。サービス事業者がDCIインフラを利用する際に必要となる、DCI IaaS向けのサービスAPIも定義されています。例えば、DCIアーキテクチャの主要コンポーネントであるLSNについて、生成、設定、起動、停止などを制御するAPIが定義されています。

IOWN GF ユースケースを実現するデータプレーンの分析

さまざまなユースケースを分析すると、「データの流れ」と、「データを処理するコンポーネント」に整理することができ、それらを接続したデータパイプラインとして表現することができ

ます。IOWN GFにおいて先行ターゲットとするユースケースは、RIMのドキュメント⁽¹⁾にまとめられており、サイバーフィジカルシステム (CPS) のユースケースでは、エリアマネジメント (AM) を実現するためのデータパイプラインが記載されています。例えば、各地域に設置された1000台のモニターカメラ映像をローカルアグリゲーションノードで一度集約し、さらに各地のローカルアグリゲーションノードから集約した膨大なリアルタイムデータを、地域エッジクラウドで常時AI分析し、モニターエリアにおける警告情報などを、即座に現地のセキュリティスタッフ等に通知するシナリオが定義されています (図5)。

各データフローは異なる転送性能の要件を持ちますが、異なるデータプレーンを通ることになるため、その分類を行ったうえで、データ転送の高速化が必要なデータプレーンを抽出する必要があります。例えば、DCIノード内であれば、ノード内インターコネク、異なる拠点間のDCIノード間であれ

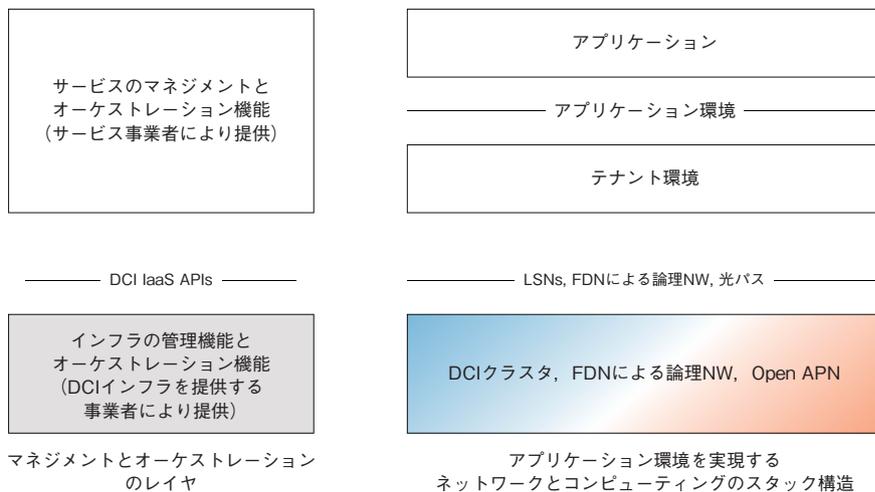


図4 DCI IaaS のサービスモデル

CPSエリアマネジメントのユースケースにおけるデータパイプラインの例

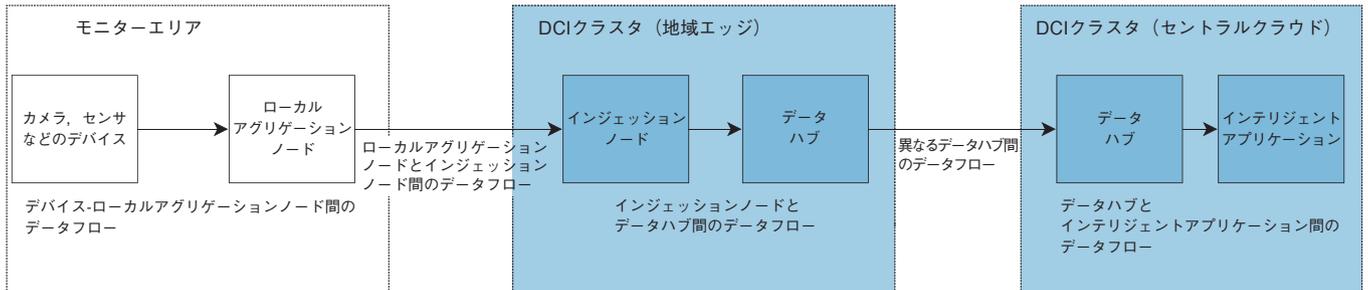


図5 CPS AM データパイプライン

ば、DCIゲートウェイとAPNを経由したデータプレーンとなります。DCIドキュメントでは、データプレーンのパターンとして図6のように分類されています。この分類を基に、図5の各データフローの性能要件を分析し、既存技術では実現が困難なデータプレーンのパターンに対し、次に示すデータプレーン高速化フレームワークが提案されています。

RDMAによるデータ転送高速化

広域分散されたコンピューティングリソースを接続するための、データプレーン高速化手法として、RDMA (Remote Direct Memory Access) を用いた長距離データ転送が提案されています。RDMAは、従来、データセンター内の数mから10 m程度の比較的短距離なHPCノード間の通信をターゲットに開発されてきましたが、遠隔地に離れたデータセンター内のリソースも、統一したリソースとしてシームレスに活用するためには、遠距離データ転送に適したRDMAが必要となります。

RDMAを活用する際は、データの完全性が保証され、高信頼なコネク

ションサービスに広く用いられるRC (Reliable Connection) トランスポートタイプが前提とされています。DCIドキュメントでは、RDMA RCを長距離に離れた拠点間に適用する際に生じるパフォーマンス劣化を解消するために、以下のような内容が提言としてまとめられています。

■キューの深さの最適化

RDMAにおいてデータの送受信には、送受信要求をWQE (Work Queue Element) のかたちで生成し、送信時であればWQEをSendキューへキューイングすることによって送信処理が開始されます。RDMA NIC (Network Interface Controller) が持つSendキューを深くすることにより、RCにおける送達確認 (Ack, Acknowledgement) を待つことなく、一度に送り出すメッセージ数を増加させることができます。これにより、遠距離通信などのRTT (Round-Trip Time) が大きい通信でも、高いスループットを維持することができます。このように、RDMAを長距離通信へ適用する際は、次の式で導出されるように、RTTに応じたキューの深さの最適化が必要となると記載されています。

$$(RTT * LineSpeed) / MessageSize = Required QueueDepth$$

■RDMA用NICとさまざまなアクセラレータ間のデータ転送効率化

データパイプラインによっては、データコピーの回数を必要最小限にとどめ、RDMA用NICと、さまざまなアクセラレータ間で、メモリによるバッファを極力介さずにデータを直接転送する技術を利用可能とすることが提唱されています。

■長距離通信への適用時の信頼性

RDMA-RCでは、データロスが発生した際にも、再送によりデータの完全性を担保することができますが、特に長距離通信では再送が完了するまでにRTT分の時間を必要とするため、スループットの低下は避けられません。そこで、下位のネットワークレイヤであるAPNに対して、より品質の高い光パスを要求する機能や、より効率的な再送アルゴリズムを選択的に利用できる機能の提言が記載されています。

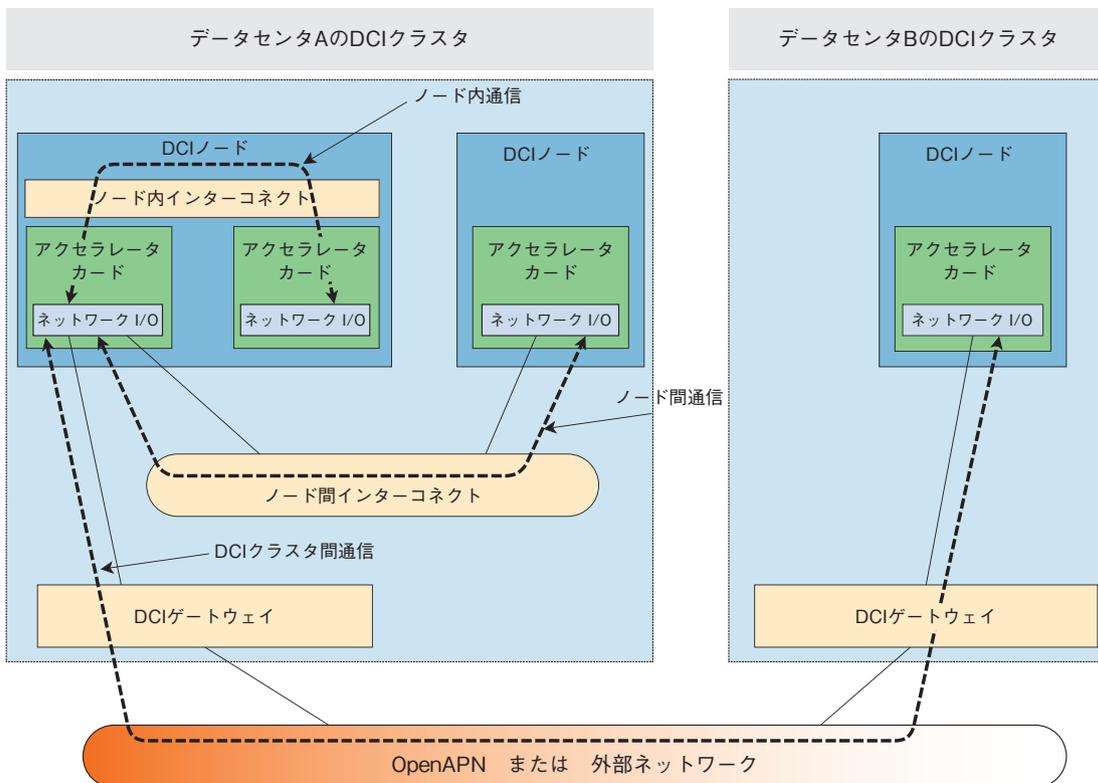


図6 3つのデータプレーンパターンの分類

■ DCIのコントロール・マネジメントプレーンと連携したQoSの実現

DCIクラスタ内においては、複数のデータフローが流れます。従来のクラウドコンピューティングの考えで、あらかじめリソースを確保せずに、ネットワーク装置とサーバでの輻輳制御アルゴリズムだけでは、十分なQoSを担保することが難しいことが記載されています。よって、異なるQoSクラスをあらかじめ確保したうえで、サービスを実現する考慮が必要であることが記載されています。

まとめ

DCIドキュメントでは、IOWN GFのユースケースを実現するためのデザ

インゴールを設定し、それを達成するためのコンピューティングアーキテクチャとしてDCIクラスタやそれを使ったDCI IaaSのサービスモデルを定義しています。また、ユースケース例の1つとしてCPS AMを分析し、DCIクラスタ間の長距離伝送において、長距離RDMAを用いたデータプレーン高速化について提言されています。今後は、実証等を通じて、その有効性と新たな課題を抽出・フィードバックし、さらなる技術革新を牽引することを想定しています。

■参考文献

- (1) <https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-RIM-for-AM-Use-Case-1.0.pdf>



(左から) 益谷 仁士/
シューマッハー クリストフ/
清水 健司

提案されている技術文書の有効性の確認には、技術評価の必要があり、また、その結果をフィードバックして、現在の技術文書をアップデートしていく必要があります。これらの活動は、さまざまなプレイヤーの参画が必要となりますので、ご興味のある方はぜひ活動にご参加いただきたいです。

◆問い合わせ先

NTT ネットワークサービスシステム研究所
ネットワーク基盤技術研究プロジェクト
E-mail iowngf-info@ml.ntt.com

IOWN Global Forumにおけるストレージサービスの検討

IOWN Data Hubは、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 時代に必要となる、データベースやストレージなどの機能を統合した新しいデータサービスを提供するものです。IOWNインフラの特長を活用しながら既存システムとの互換性を維持することで、IOWN時代の複数のアプリケーションから共通して利用されること想定して検討が進められています。本稿では、IOWN Global ForumにおけるIOWN Data Hubの議論の状況や到達点を紹介します。

いのうえ ともひろ
井上 知洋

NTT社会情報研究所

IOWN Data Hub

IOWN Global Forum (IOWN GF) では、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) が創出する新しい通信・計算基盤の先進性を活かした共通的なサービスレイヤの仕組みについて複数の参加企業が協力して議論を行っています。その中でもIOWN Data Hub (IDH) は、IOWN時代のアプリケーションのためのデータハブサービス（データベース、ストレージおよびデータマネジメント等を統合したサービス）として、複数の当事者間で高速かつ信頼できるデータ処理、利用、交換を可能にするデータ管理&共有基盤をめざすものです。

IDHはIOWN DCI (Data Centric Infrastructure) アーキテクチャ⁽¹⁾の上のアプリケーション機能ノードとして実現され、IOWN Open APN (All Photonics Network)⁽²⁾やDCIの特長を活用しながら既存のアプリケーションとの互換性を維持することで、他のアプリケーション機能ノードから

共通して利用されることを想定して検討が進められています。

IOWN GFでは、複数のサービスプロバイダがIDHサービスを開発・展開できるような世界をめざして、そのための共通的な基盤を定義しています。2022年1月には、NTT、Oracle、NEC等と「Data Hub Functional Architecture」文書 (IDH文書)⁽³⁾を公開しました。

■IDHが規定するもの

IOWN GFで議論されているさまざまなユースケースにおいては、データハブサービスに期待される複数の要求パターンがあります。IOWN GFではこれらの要求を類型化し、いくつかのService TypeおよびService Classとして整理しました。IDH文書では、各Service ClassについてIOWNのインフラを用いたリファレンス実装モデル (Reference Implementation Model) を示しています。

IDH Service TypeとService Class

■必要なデータハブサービス

IOWN GFではいくつかのユースケースについて、その具体化に向けたシステム構成案やデータフローの検討を行っています⁽⁴⁾。この検討は、既存システムにおけるレイヤ構成にとらわれず、IOWNのインフラを用いたフルスタックの最適化をめざすもので、通信レイヤからサービスレイヤまでを幅広く扱うIOWN GFならではの非常にユニークな取り組みとなっています。それでも、分析の結果として得られたデータフローは、現在のインターネット・アプリケーションが要求するデータフローと概念的にはかなり近いものです。IOWNの普及当初のアプリケーションが用いるデータフローは、互換性の観点から、現在のアプリケーションと大きくは変わらないと想定されます。これらの議論を踏まえて規定されたService TypeとService Classについて紹介します。

■ Service Type

Service Typeは、IDHサービスに実装される機能および動作の単位として定義されます。具体的にはサポートするAPIやクエリ、データタイプなどの要件が定められており、外部アプリケーションはService Typeを指定することでIDHサービスをデータベースやオブジェクトストレージのように扱うことが可能です。現在定義されている5種類のService Typeは以下のとおりです（表1）。

(1) Distributed Relational Database (DRD)

DRDは構造化されたデータを格納するためのService Typeで、一般的なデータベースでのOLTPや、データウェアハウスでのOLAPのようなデータ分析のユースケースを想定しています。このService Typeを利用することで、データハブの外部で余計なデータ変換処理を行うことなく、さまざまなアプリケーションがデータを保存・利用できるようになります。ある種の構造的なクエリによって識別可能な個々のデータは、処理速度が許す限り、DRDで扱うことが望ましいでしょう。

(2) Key-Value Store (KVS)

KVSは、1レコードのサイズがそれほど大きくないが膨大な数のデータを保存する際に利用されるService Typeです。例えば、時系列データやセンサーデータなどがこれに該当します。

(3) Graph Store

このService Typeは、グラフとしてモデル化されたデータを保存します。保存されたデータは、オントロジーと呼ばれるあらかじめ定義されたス

表1 IOWN Data HubのService Type

SERVICE TYPE	データフローの例	サポートするAPI
Distributed Relational Database	RDBMSに登録される一般的な構造化データ、検出された物体のラベル付けされたデータ（AI推論の出力）等	SQLに対応したJDBC、ODBC SQLベースのデータクエリを受け付け、JSON形式で応答するREST API
Key-Value Store (KVS)	時系列データ、センサーデータ	REST API（単体あるいは複数のKey-Valueに関するCRUD操作、および単純なクエリのサポート）
Graph Store	ユーザ関連データ、関連イベントデータへのリンク、セマンティックなナレッジデー等	SPARQL、PGQL、その他のDSL（ドメイン・スペシフィック・ランゲージ）に基づくクエリを受け付け、JSON形式で応答するREST API
Message Broker	通知メッセージ	Apache Kafka等と互換性のある一般的なBroker API
Object Storage	カメラ映像	AWS S3等と互換性のあるREST API

※現在のところ要件規定は一般性の高い記載にとどめられており、より詳細な要件については今後議論される予定です。

キーマに従っている場合があります。オントロジーは、データがどのように構造化されているかを記述し、アプリケーション開発者がセマンティッククエリを形成することを可能にします。セマンティッククエリは、連想や文脈の範囲に基づいて情報を検索することができます。

(4) Message Broker

このService Typeは、既存のデータストレージに単純にデータを追加できない以下のような状況での利用を想定しています。

- ・メッセージ数が非常に大きいため、他のService Typeでは収容できず、何らかのキューに格納する必要があります。
- ・データの提供者と利用者の数が膨大で、動的に変化する。
- ・大きさや種類、形式が複数混在したデータを扱い、フォーマット変換や集計など複雑なパイプラインが必要となる。

- ・メッセージの中継だけが必要であり、データの永続性を必要としない。

(5) Object Storage

動画、画像、ログなどの半構造化データや非構造化データなど、比較的大きなオブジェクトデータを低コストで保存するService Typeです。ビッグデータの長期間保存や、将来のデータ活用に備えてAI（人工知能）やデータレイクなどのデータ間の分析アプリケーションを提供することが想定されます。

■ Service Class

IOWNのユースケースを実現するためには、1つのService Typeを実装したIDHサービスでは不十分で、複数のService Typeが同時に必要となる場合もあります。IDHでは、1つまたは複数のService Typeを備えるサービスの実装として、表2に示されるService Classを定義しています。

基本Service Classは、各Service

表2 IOWN Data HubのService Class

基本Service Class: Service Typeをそれぞれ1つずつ備えるClass	
Distributed Relational Database (DRD) / Key-Value Store (KVS) / Graph Store / Message Broker / Object Storage	
応用Service Class: 複数のService Typeを同時に備えるClass	
Converged Database	<ul style="list-style-type: none"> ・ DRD ・ KVS ・ Graph Store ・ Message Broker
Context Broker	<ul style="list-style-type: none"> ・ Graph Store ・ Message Broker ・ DRD
Virtual Data Lake (Federated Object Storage)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Object Storage
Virtual Data Lake House	<ul style="list-style-type: none"> ・ DRD ・ KVS ・ Graph Store ・ Message Broker ・ Object Storage

Typeを1つだけ継承します。応用Service Classは、より複雑なユースケースがデータハブに対して一括で求める機能をパッケージとして提供するもので、複数のService Typeを継承・統合しています。IDH文書では以下が定義されています。

■ Converged Database

異なるタイプのデータを同時に処理する場合を想定したService Classです。例えば、建物内での人の行動を分析して適切なサポートを提供するというシナリオを考えた場合、人、人と人、人とモノのインタラクションをまとめて管理・処理する必要があり、これを表現するデータ構造には大きな柔軟性が求められます。しかし、データ構造ごとに異なるIDHサービスを使用し、アプリケーションレベルでデータ構造の変換を行う場合、IOWNで求められるリアルタイム性は実現できません。Converged Databaseは、このようなニーズにこたえるために、さ

まざまなデータを高速に同時処理する基盤を提供します。

■ Context Broker

このService Classは、アプリケーションがデータを要求する際に、コンテキストを指定した柔軟なデータの指定が可能な高機能なブローカーとして機能します。コンテキストは、モノ(特定の建物など)、モノの種類、地理的な範囲、時間的な範囲、またはこれらの組合せで表現され、これによって特定の条件の情報が指定可能になります。

■ Virtual Data Lake (Federated Object Storage)

このService Classは、現在広がっているデータレイク概念を拡張し、IOWNインフラだけでなく、クラウドやオンプレミスなど地理的に分散したデータソースを仮想的に統合し、統一されたデータレイクとして提供するものです。IOWNの多様なユースケースの実現を考えた場合、すべてのデータがIOWNインフラ内で管理されると

は限らず、複数のクラウドやエッジ、オンプレミス環境にあるデータを横断して分析・処理するケースも想定されます。このためVirtual Data Lakeでは、複数の地理的に分散したストレージを束ねて1つのオブジェクトストレージとして見せる仕組みを提供します。

■ Virtual Data Lake House

IOWNでは、複数の企業や組織が持つデータをオープンかつセキュアに共有し社会課題を解決する未来を想定しています。例えば、再生可能エネルギーが供給の大半を占める社会においては、電力供給量のデータに加えて、各企業や家庭における電力需要をリアルタイムに共有することで系全体の安定的な制御が可能になると考えられます。このような目的のため、Virtual Data Lake Houseは、異なる所有者に属するさまざまなデータソースへの安全で透過的なアクセスを提供します。

IDHの特長

前述のとおり、IDHは将来のアプリケーションがデータベースやストレージサービスに要求する多くの機能をサポートします。一方で、IDHはIOWNの特長を活かして、今までのデータベース等ではインフラの制約により機能や性能的に不十分であったことを実現します。ここでは、現状の制約とIDHにおいてどのように解決していく見込みかを説明します。

■ 現状の制約

例えば現在のクラウドのモデルで実装されたObject Storageサービスを利用して10 GBクラスのデータを

アップロードまたはダウンロードすると、クライアントから実際にデータを保管するストレージまでの間にある多段のデータコピーがボトルネックとなり、安定したパフォーマンスは保証されません。また現在の技術では、DRDにおいて複数のサーバにまたがってペタバイトクラスのデータを結合する必要があるような複雑なクエリでは、データベースサーバ間のネットワーク接続がボトルネックになり、非常に時間がかかります。同様に、数エクサバイトのデータをストレージから読み込むフルスキャンタイプのクエリでは、ストレージからのデータ転送がボトルネックになります。IDH文書では、その他のService Classについても、

現状のクラウドベースの実装における制約を指摘しています。

■リファレンス実装モデルの構成と改善点

IDHのリファレンス実装モデルを図に示します。Service Classごとに詳細は異なりますが、この構成はすべてのClassに共通的な内部構成となります。この構成は、IDHサービスへのデータ要求を行う「Client」、ロードバランシング、クエリルーティング、プロトコル変換等を提供する「Frontend Tier」、データアクセス要求に応じてローカルキャッシュまたは接続されたストレージ層からのデータを提供する「Data Service Tier」、およびデータの保存する「Storage

Tier」の4つの層から成り、各層は複数のコンポーネント（サーバ等）で構成されます。IDHでは、IOWNのインフラ技術を使うことによって層間・コンポーネント間の接続や各コンポーネントの動作を以下のように高速化します。

- (1) Client, Frontend Tier, Data Service Tier間の通信の最適化

ClientはFrontend Tierを介してData Service Tierからデータをやり取りします。リアルタイムに近い処理を実現するためには、これらの通信のための遅延を短くし、特に大量のデータを繰り返し転送する必要がある場合には帯域を広くする必要がありま

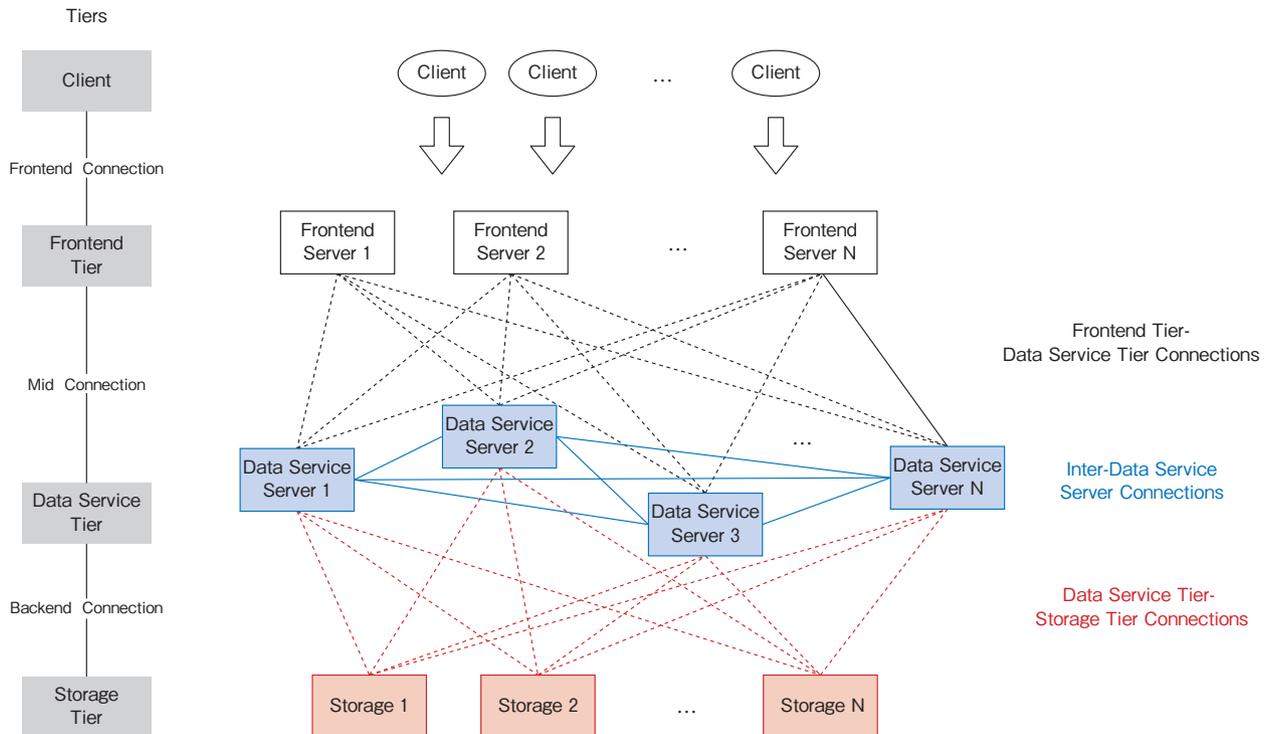


図 IOWN Data Hub リファレンス実装モデル

す。IDHでは、Open APNが提供する2つのエンドポイント間の直接的な光通信によって、低遅延・広帯域な接続を必要に応じて確保します。

(2) Data Service Tier内の通信の最適化

データ処理が頻繁に発生しData Service Tier内のサーバ間で大量のデータがやり取りされる場合、サーバ間の通信がデータサービスにおけるボトルネックになります。特に、現在使われるTCP等のブロッキングプロトコルを用いたサーバ間通信の実装では、I/O (Input/Output) の待ち時間によってサーバのCPUサイクルを浪費しがちです。IDHでは、複数のリソースを動的に組合せ可能なDCIの仕組みによって、高性能なクラスタを構築することができます。さらに、DCIにおけるプロトコル最適化（例えばRDMAを用いた高速なノンブロッキング通信）を用いることで、膨大な量のデータをほぼリアルタイムで処理・管理できるように設計されます。

(3) Data Service Tier, Storage Tier間の通信の最適化

IOWNのユースケースでは、1回のリクエストで転送されるデータ量が合計100 TBになることも想定されますが、Data Service TierとStorage Tierの通信にネットワーク帯域が不足している場合、サービスが長時間応答しない状態になってしまいます。Open APNによるネットワークの広帯域化や、DCI (RDMA) によるデータ転送の最適化はこのボトルネック解消にも役立ちます。

(4) 各コンポーネントのスマート化ネットワークの高速化に加えて、

IDHでは、スマートNICなどを使ってデータの前処理等を積極的に各コンポーネントにオフロードしていきます。例えばStorage Tierのコンポーネントがデータのフィルタリングやアグリゲーションを行うことで、ネットワーク上のデータ転送量を100分の1以下に減らすことができます。また、データがData Service Tierのどこに配置されているかをClientやFrontend Tierに配信することで、データアクセス要求を最適なコンポーネントに直接送ることができ、コンポーネント間の余分なデータ転送を減らし遅延と帯域幅を改善することができます。

このような仕組みにより、IOWNのリファレンス実装モデルは、現在のクラウドベースの実装モデルよりもはるかに高速に動作することが期待されます。IDH文書では、各Service Classの実装モデルにおけるより具体的な工夫点が記載されています。

IDHの今後

IDH文書は、IOWNインフラにおけるIDHの技術的な位置付けをまとめ、既存のクラウド型データ処理のボトルネックを解決するためのリファレンス実装モデルを提示しました。しかし、これはIDHの特長を実現するための最小実行構成 (Minimum Viable Version) と呼ぶべきものです。IOWN GFによる今後の議論によって、各Service TypeのAPIの詳細化やより良い実装モデルの議論等が進められていく予定です。また、今後のIOWNアプリケーションが必要とする高度なデータ処理フローには、より高

度な機能が必要になると考えられます。例えば、スマートシティなどのユースケースでは、複数の組織が所有するデータを複数のデータ利用者が横断的に取り扱う必要が出てきます。そのために、認証・認可の仕組みの整備や、データ利用に関するポリシーの制御や監査に対応できる仕組みが必要となります。さらには、データを秘匿したまま処理を実行する秘密計算のような仕組みもデータハブの一機能として検討が必要です。IOWN GFコミュニティでは、IOWN時代に必要となるデータハブサービスのあるべき姿について引き続き議論を進めていきます。

■参考文献

- (1) <https://iowngf.org/technology/#Data-Centric-Infrastructure>
- (2) <https://iowngf.org/technology/#Open-All-Photonic-Network>
- (3) <https://iowngf.org/technology/#Data-Hub>
- (4) <https://iowngf.org/technology/#Reference-Implementation-for-CPS-AM>



井上 知洋

IOWN GFでは、IOWN時代の次世代データサービスの実現・普及に向けて、NTTグループだけでなくさまざまな企業が力を合わせて検討を進めています。多くのパートナー参画を期待します。

◆問い合わせ先

NTT社会情報研究所

E-mail iowngf-info@ml.ntt.com

特集

NTTグループの 社会変革に向けた ICTソリューション

NTT東日本, NTTコミュニケーションズ, NTTデータの各社が取り組んでいる,
社会変革に向けたICTソリューション・サービスについて紹介する.

ローカル5G

AI

ファシリティマネジメント

デジタルツイン

技術オファリング

Information and Communication

お客さまとの共創による先端技術の社会実装の取り組み 30

NTT東日本で取り組んでいる、ローカル5G（第5世代移動通信システム）、AI（人工知能）、データ活用技術を用いた先進的なソリューションを実事例とともに紹介する。

3D-Viewで建設・製造・あらゆる現場のDXを推進する ファシリティマネジメントサービス「Beamo™」 35

NTTコミュニケーションズで取り組んでいる、3D-Viewで建設・製造・あらゆる現場のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進する革新的な映像サービスである、Beamo™の特徴と今後の展開について紹介する。

DXビジネス拡大を阻む4つの課題 40

NTTデータが直面したDXビジネス拡大を阻む4つの理由とともに、それらの課題を乗り越え、どのようにして顧客に技術を届けているか、NTTデータ流のアプローチ方法を紹介する。

Technology Solutions

お客さまとの共創による先端技術の社会実装の取り組み

NTT東日本では、社会課題の解決や地域のお客さまの新たな価値の創造に向け、お客さまとの共創による新規ビジネスに取り組んでいます。本稿では、ローカル5G（第5世代移动通信システム）、AI（人工知能）、データ利活用技術を用いた先進的なソリューションを実事例とともに紹介します。

先端技術の社会実装による課題解決や価値の創造

NTT東日本では、最先端技術の社会実装を進めるとともに、より豊かで革新的な社会をつくり上げていくための新しいビジネスの創出を手掛けています。これまでの取り組みの中で、人手不足や少子高齢化など地域や社会が抱える課題の解決を図っていく一方、お客さまの事業や生活面を一変させるイノベティブな価値を生み出してきました。本稿では、お客さまに寄り添いながら、ローカル5G（第5世代移动通信システム）、AI（人工知能）、データ利活用技術を駆使して、さまざまな課題解決をめざしたソリューションを紹介します。

新たな可能性を拓けるローカル5Gソリューション

ローカル5Gは、地域の企業・自治体等が自社敷地内に柔軟に構築・保有が可能な5Gシステムであり、光の先のラストワンマイルをつなぐ技術とし

ても今後さらなる発展が見込まれています。NTT東日本は地方創生・地域課題解決を支援するICTパートナーとして、このローカル5Gの優位性にいち早く着目し、積極的に取り組み、多数の実績とともにプレゼンスを発揮してきました。

■無人トラクターの自動走行によるスマート農業等の実現

これまでさまざまなプレイヤーとローカル5Gの共創を進めてきましたが、中でも農業にかかわる事例が注目されています。その1つは、総務省がローカル5Gの開発や普及のために推

進する実証事業である令和2年度「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」における「自動トラクター等の農機の遠隔監視制御による自動運転の実現」です。少子高齢化や過疎化などで労働力不足が深刻化する中、作業支援や経営効率化などにローカル5Gの活用が期待されています。そこで、北海道岩見沢市の広大な圃場内で、無人トラクターの自動走行、複数台トラクターの同時協調作業、圃場間の公道自動走行、それらの遠隔監視制御などを実現し、ローカル5Gの有用性を示してきました。本事業は、世

はせべ 長谷部	ゆたか 豊	いまむら 今村	たつや 達也
さとう 佐藤	かずき 和輝	かいだ 会田	さとし 悟
なかむら 中村	つかさ 元	あきむね 秋宗	るみ 瑠美

NTT東日本



図1 スマート農業の実現等をめざした産官学連携協定

界トップレベルのスマート農業の実現と社会実装を軸としたサステイナブルな地方創生・スマートシティのモデルづくりや革新的なネットワークのスマート農業への適用をめざし、北海道大学、岩見沢市、NTTグループ（NTT持株会社、NTTドコモ、NTT東日本）による産官学連携協定⁽¹⁾を結び取り組んでいる事業の一環となっています（図1）。これには農林水産省がスマート農業の社会実装を加速させるために推進する「スマート農業実証プロジェクト（ローカル5G）」を含んでおり、より大きな価値を持つ事業として取り組みを進めています。

その他、中山間地における草刈りや病害虫駆除の遠隔監視制御、スマートデバイスを活用した遠隔での未熟練者指導などの実証や、ビニールハウスにおけるAI画像解析を活用した病害検知や熟度別数量把握等の実証にも取り組み、ローカル5Gの活用を通じたスマート農業の実現をめざしています。

また、農業分野のみならず、eスポー

ツや働き方改革、モビリティ等さまざまな分野で具体的なユースケースとともにローカル5Gの実用性を示し、さらなるローカル5G普及に向けた取り組みを行っています。総務省実証事業では令和2年度の3件採択に続き、令和3年度も3件採択されており、これらは豊富な実績とプレゼンスに基づくメーカーやパートナーとの強い共創力によるものと考えています。

■今後の展望

現在、ローカル5G普及の大きな課題である“導入コストの低廉化”に向けて、実績をふまえた基地局メーカーとの検討や複数ユーザによる設備共用モデルの実現などに取り組んでおり、ローカル5Gの社会実装加速に向け、より多くのお客さまにご利用いただくモデルの検討を進めています。

人の目に成り代わるAI： 外観検査ソリューション

製造業や農業をはじめとして、従業員の不足・負担増加や高齢化に伴う技

術継承の必要性が課題となっています。私たちは画像認識技術を活用し、人が目によって行っている作業を自動化する外観検査ソリューションを実現しました。

■お客さまの検査環境に最適な画像認識モデルをトータルで提供

外観検査ソリューションでは、事前に検査対象製品の不良箇所（傷や汚れ、異物付着等の欠陥）の特徴を画像認識モデル（以降、本章ではAIと表記）に学習させ、新規に生産した製品に不良箇所がないかを判定しています（図2）。

本ソリューションのポイントは、お客さまの製品や課題に適したAIを選定・作成し、自動化の実現に貢献することです。具体的には、AIの学習はデータの質が重要となり、データの質は製品の撮像環境に大きく左右されるため、照明の種類や当て方、カメラの組合せ等を含め、現場の運用に適した撮像環境を提案します。また、AI導入前に実施されるPoC（Proof of Concept）を行うだけではなく、お

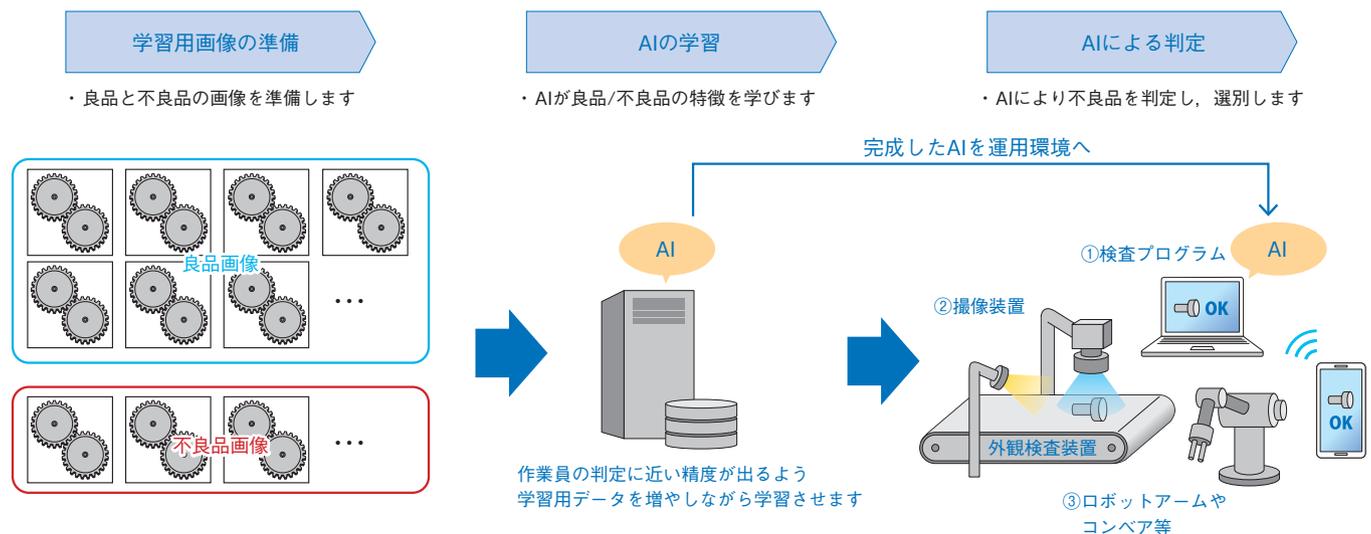


図2 画像認識技術を活用したAI外観検査ソリューション

客さま現場内のネットワークやFA (Factory Automation) 化などトータルソリューションとして提案し、業務効率化を支援しています。

■農業や工業分野における活用例

画像認識の技術は農作物へも適用可能です。農作物では果実の状態判定を実施しており、果実表面の傷や汚れ、形状の不備をAIが自動で確認し、どの程度良い状態であるかを判定したうえでベルトコンベアに乗せ、等級などを選別することで、果樹や野菜の出荷作業の効率化につなげています(図3)。

また、工業製品では、製品の検品選別を実施しています。表面の傷やかたちの異常をAIが自動で確認し、良品と不良品の選別を行い、AIが製品のどこに不良個所があると判定したかを可視化し、履歴を保存します。さらに、ロボットアームと組み合わせることで、検査が完全に自動化され品質の均一化を実現することができます。

■今後の展望

AIの特性を活かして、既存のルー

ルベースによる検査機器では定義が難解で検査に莫大な時間を要していた画像(文字や絵柄など)を2次利用し、AI外観検査の効率的な実施やAIの活用拡大をとおして、お客さまの課題解決を図っていきます。また、画像による製品検査のみならず音等のセンシングデータを用いた加工機の故障予知など、製造業や農業のお客さまに対して幅広く課題解決に取り組んでいきます。

DX時代のAIを活用した シン大学データ経営

大学業界において、18歳人口の減少やリモート授業の急増は経営に深刻な影響を与えています。この困難な状況を克服するため、AIを活用したデジタルトランスフォーメーション(DX)にて効率的な大学経営を実現しようと取り組んでいます。

■AI予測で「今支援すべき学生 が分かる」を実現

大学ではオンライン授業の増加等の環境変化による学生のモチベーション

低下が懸念され、これによる休退学者の増加に危機感を抱いています。休学や退学する可能性が高い学生(要支援学生)との接点がより減少する中、大学が保有するデータを活用して要支援学生を早い段階で把握し、支援できないか模索していました。私たちはこの問題を解決するにはAIの活用が有効であると考え、実証実験にて大学の休退学者のデータからさまざまな特徴量を作成し、そして、RakuDA⁽²⁾による機械学習を行い、高い精度の予測モデルを作成しました。

■ローコードツールやOSSを活用したUI/UX構築

教職員が効率良く、要支援学生への支援や他のデータ活用を推進するにはBI(ビジネス・インテリジェンス)ツールが有用ですが、使いこなすには高い技術とデータの準備が必要であり、多忙な大学の教職員が利用するには実用的でないと考えました。そこで、ローコードツールにて教職員がBIツールの操作することなく、レポートを表示するUI(User Interface)を開発し、UX(User eXperience)向上を実現しました。

また、OSS(Open Source Software)のデータ統合ツール⁽³⁾をシステムに組み込むことで、教職員が各種システムやエクセル等で管理しているデータを用意するだけで、AI予測やBIツールの分析結果を容易に更新できるようになりました。

■今後の展望

今回開発したAI-IR(Institutional Research)システム(図4)は、教育現場はもちろん、学校以外のさまざまな業種のDXを支えるツールとなっ

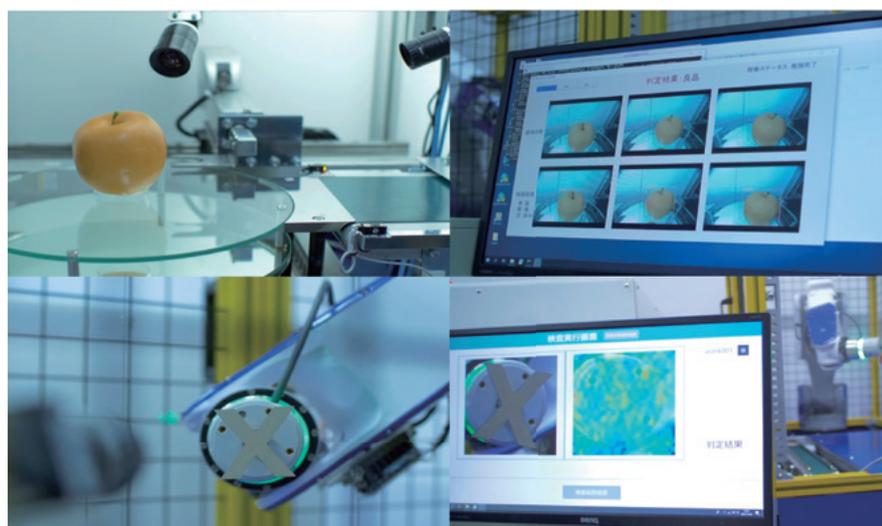


図3 AI外観検査の農作物および工業製品への応用

ています。NTT東日本がめざす新たな価値の創造や地域循環型社会の実現に向けこのシステムを活用していきたいと考えています。

眠っていたデータを活用し、睡眠障害問診数を大幅に削減し患者負担を削減へ

「睡眠障害の早期発見早期治療に向けて、まずは睡眠障害に関する事前問診の患者負担を減らせないか」と会話の中からスタートしたプロジェクトでした。患者負担の少ない問診を実現するために、当初は問診のWeb化や簡易化等の検討を行っていましたが、まずはお客さまとのコミュニケーションの中から「問診数の削減」に着眼しました。そして、機械学習によって結果と問診の関係性を示すことで、削減しても結果に影響しない問診を示し、睡

眠障害の早期発見につながる患者の負担軽減を実現しました。

■眠っていた3160名分のデータを活用して問診数を大幅に削減

今回、パートナーシップを結び実証実験を行った太田睡眠科学センター（川崎市）では、さまざまな診療科の知識を持って正確な診断を行うべく、独自問診を含めると初診時に111問の問診を用いて患者の状態を把握しています。問診の回答には約30分以上を要し、回答される患者にとっての負担も大きいため、診断精度を確保しつつ問診数の削減を図ることが必要とされていました。

太田睡眠科学センターでこれまで実施してきた3160名分の事前問診データおよび確定診断での結果データをインプットとして、まずは睡眠障害の中でも閉塞性睡眠時無呼吸症候群（OSA）

の判定および重症度（軽症、中等症、重症）の判定、慢性不眠障害の判定にフォーカスし、患者の初診時の問診の回答情報を用いて判定を実施する機械学習モデルの構築に取り組みました。

そのうえで、構築された機械学習モデルで利用されている項目を参考に問診数の削減を図り、初診時問診111項目のうち、10項目の問診結果を用いて重症OSAを判定するモデルにおいて既存のOSA評価方法と比較し、良い判定精度を導き出すことができました。

本実証実験の結果については、日本睡眠学会第46回定期学術集会（2021年9月23日・24日）にて「問診票と機械学習モデルによる閉塞性睡眠時無呼吸診断の検討」として公表しています。

この取り組みの中で注視したこととして、睡眠障害という専門領域では、一見機械学習上では不要と思われる問

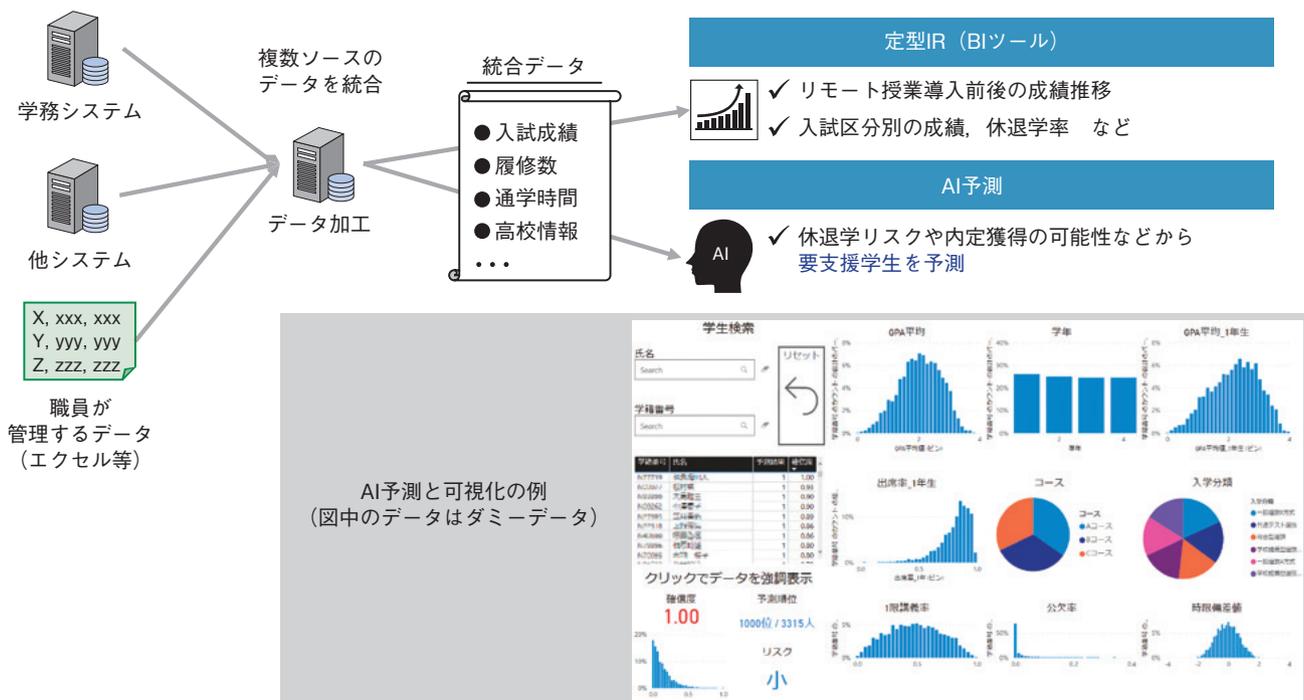


図4 教育現場のDXを支えるAI-IRシステム

診項目であっても、医師の視点から必要とされる項目が存在することが挙げられます。単なる機械学習での結果に基づく選定だけではなく、医師と共同で実施し専門性の高い結果を導き出したことにより、今後の実現場での活用が期待できます。

さらに、大幅な問診数の削減による問診受診ハードルの低下が期待できます。株式会社ブレインスリープが毎年実施している全国1万人に対する睡眠調査では、睡眠障害の可能性があり、専門医への診察を実施すべき割合は51.9%とされていますが、治療経験がない人の割合が93.9%と多数であり、早期発見に向けた初期診察への移行率が課題となっています(図5)。今回のプロジェクトにより問診数が削減されたことで、事前問診実施時間の短縮により、より多くの方が簡単に自身の

睡眠障害に関する確認ができるようになる点が大きな効果と考えています⁽⁴⁾。

■今後の展望

現在は患者が睡眠専門病院まで足を運び、問診を受ける必要があります。より多くの方が手軽に受診の機会を手に入れられるよう、自宅からでも簡易的に問診および医師の診療が受けられるようなICT活用を検討していき、さらなる日本の睡眠課題の解決をめざしていきます。

おわりに

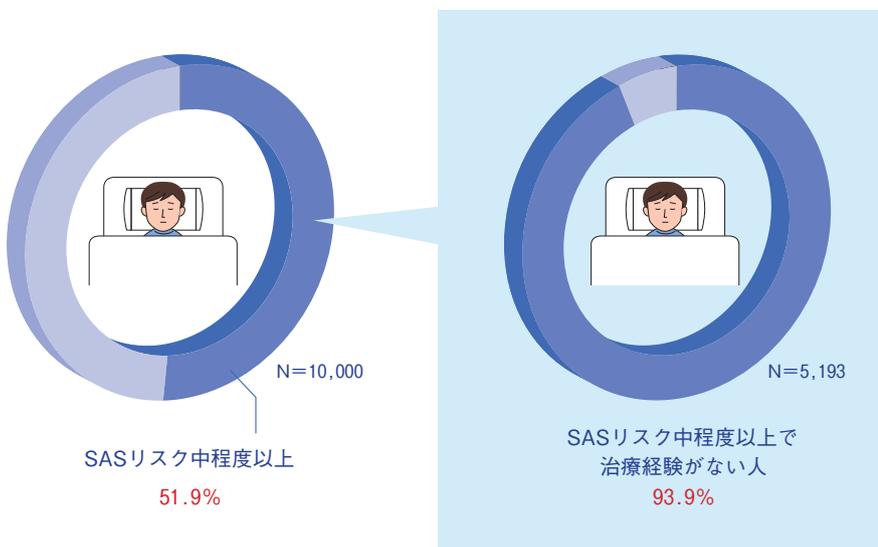
本稿で紹介したソリューションの共通点としては、お客さまや社会の人々の声を聴き、悩みに寄り添うことを第一に考えながら、さまざまなデジタル技術により課題解決に取り組んできたことです。今後も、NTT東日本ではさらなるデータ利活用やDXコンサル

ティングに取り組み、お客さまに対する新たな価値を創造していき、よりスマートで快適な社会の実現をめざしていきたくと考えています。

■参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20190628_03.html
- (2) https://www.rd.ntt/e/sic/team_researchers/team/250.html
- (3) <https://www.talend.com/>
- (4) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20210315_01.html

発症リスクが高い病気だが、治療になかなか行かない



SAS：睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome)

出典：株式会社ブレインスリープ社による調査結果を基に作成

図5 睡眠調査結果で判明した睡眠障害に対する課題



(上段左から) 長谷部 豊 / 今村 達也 / 佐藤 和輝
(下段左から) 会田 悟 / 中村 元 / 秋宗 瑠美

私たちNTT東日本は、今回紹介した事例以外にも数多くのビジネスパートナーと連携して、より豊かで便利な社会を実現するための活動に取り組んでいます。今後も皆様とともに、農業、工業、教育分野などさまざまな社会課題の解決や新たな価値創造につながるビジネスに積極的に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
ビジネスイノベーション本部
ソリューションアーキテクト部
E-mail sa-inquiry@east.ntt.co.jp

3D-Viewで建設・製造・あらゆる現場のDXを推進するファシリティマネジメントサービス「Beamo™」

Beamo™（ビーモ）は、2021年8月にNTTビズリンクよりサービス化した、ファシリティマネジメントサービスです。本サービスは、NTTコミュニケーションズが2019年より実施しているオープンイノベーションプログラム「ExTorch Open Innovation Program」において、スタートアップ企業との共創にて開発したもので、本プログラムを通じて初めて事業化されるサービスになります。本稿では、3D-Viewで建設・製造・あらゆる現場のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進する革新的な映像サービスである、Beamo™の特徴と今後の展開について紹介します。

たくち よういち きづき けんた
田口 陽一 木付 健太

NTTコミュニケーションズ

はじめに

Beamo™は、市販の360度カメラとスマートフォンによる簡単な撮影を基に、即座に建物内の3D-Viewを作成することで、ファシリティマネジメントや遠隔からの視察、セールス活用などに幅広く活用できるサービスです。

本サービスは、米国シリコンバレー発のスタートアップで、360度カメラを活用したキャプチャー技術に長けている「3i Inc. (3i)」と、データセンタを10年以上運用した経験を持ち、現場調査を効率化する技術を探求していた社員（テーマオーナー）との共創から生まれました。すでに、NTTコミュニケーションズ（NTT Com）が国内外で有する約70のデータセンタ、および局舎でのトライアル導入が進められており、建物構築、運用、セールスなどの各場面で活用されています。

その自社導入での結果を受けて、本サービスは2021年8月より、映像系ソリューションに強みを持つ、NTT ComグループのNTTビズリンクより

提供を開始しました。本サービスにより、これまでリモートでの実施が難しいとされてきた現地調査や、建物設備の構築・保守などにおける働き方（ワークスタイル）を変革し、ファシリティマネジメント領域におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進することができます。

ファシリティマネジメントサービス Beamoとは

Beamoは、「大規模」で「複数のビル」の情報を、「複数の関係者」間で共有し「コミュニケーション」を取りながら、建物設備のライフサイクルを通じた長期間にわたるファシリティマネジメントを行うことを目的として開発したサービスです。そのサービス内容は以下のとおりです。

■解決する課題

データセンタや物流倉庫、建設現場などでは、土地や設備の状況確認や計測作業の際、現地での対応が避けられず、感染症対策や生産性向上が課題となっています。

現場調査にあたっては、以下のような問題点が存在します。

- ① 世界各地の現場調査に行くこと自体が大変
- ② 現場調査の事前準備と、事後報告書作成が大変
- ③ 報告書の形式では、現場に行っていない人に現場の様子を伝えづらい
- ④ 現場の写真や情報を集約して一元管理しておらず、重複等余分な現場調査が発生

例えば、②の従来の調査報告書では、よく平面図に対して撮影した写真を貼付するかたちで作成されますが、当然撮影された画角や範囲でしか状況の把握ができません（図1）。

このような課題に対応するため、本テーマオーナーはExTorchプログラムを通じて、360度カメラ画像からの3D-View化技術に強みを持つ3i社とパートナーシップを締結し、ファシリティマネジメントのDXやインフラ構築・運用のワークスタイル変革を実現するサービスの開発に取り組んできま

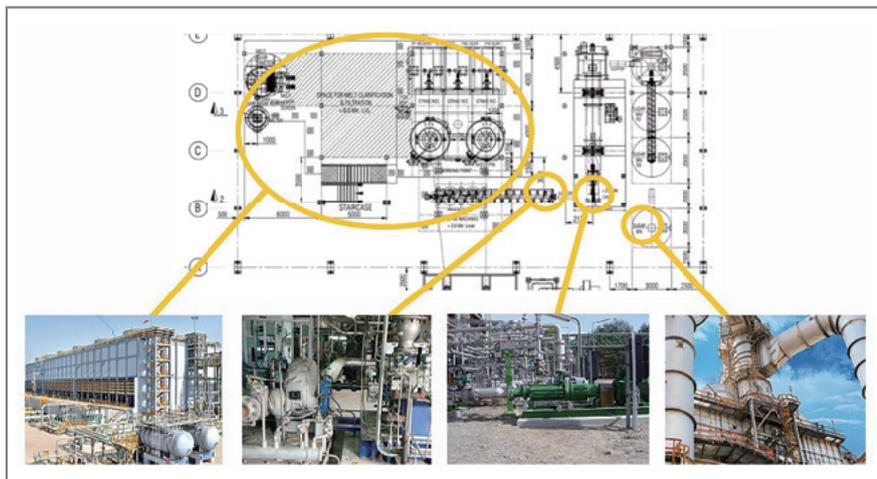


図1 従来の調査報告書イメージ

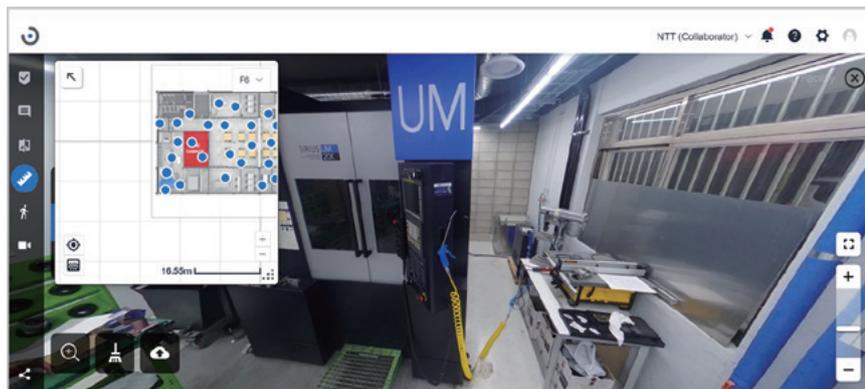


図2 Beamoの利用イメージ

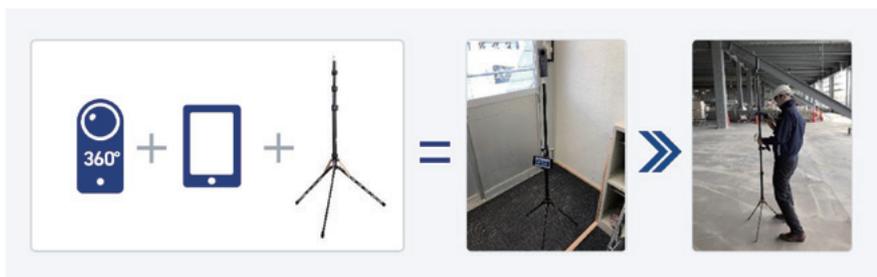


図3 撮影機材と方法

スマートフォンにより簡単・即時に建物の3D-Viewを作成できるサービスで、以下のような特徴を有します。

(1) 360度カメラ+スマートフォンで簡単撮影

本サービスは、市販の機材で誰でも容易に撮影ができます(図3)。スマートフォンのジャイロ機能*とカメラ映像の画像解析を活用するためGPSが使えない室内でも自動で撮影位置を特定し、人手を介さず図面上に撮影ポイントをプロットします。

(2) 即時に3D-View化を実現

撮影したデータをクラウド上にアップロードすれば即時に3D-Viewを作成することができます。なお、撮影した写真データは日本国内のクラウド上でセキュアに保管します。

(3) 3D空間上での測量や情報の埋め込みが可能

作成した3D-View内にあるメジャー機能を使い、寸法の測量が可能です(図4)。運搬経路や設置スペースの確認がバーチャルで可能なため、何度も現場へ足を運ぶ必要がなくなります。

また、3D空間上にタグ付けが可能のため、現地情報を補足するマニュアルや注意事項などを、動画や画像、文章で埋め込むことができます(図5)。

(4) ライフサイクル管理が可能

建物設備の建設から運用、建物の解体に至るまで、建物設備のライフサイクルにおいて発生するさまざまなイベントの状況に関するビジュアル情報を、時間軸に沿って保管することができます。撮影データは、撮影日とともに更新履歴としてすべて保管されています。

した。

本サービスにより、現場に行っていない人でも3D-View空間上を自由に移動しながら、360度視点を変えることで、あたかも現地に行ったかのような

感覚を持つことができ、さまざまな業務プロセスを改善することができます(図2)。

■ Beamoの特徴

Beamoは、市販の360度カメラと

* ジャイロ機能: スマートフォンに搭載されている、物体の傾きや回転を検知することができる機能。



図4 メジャー機能による寸法測量

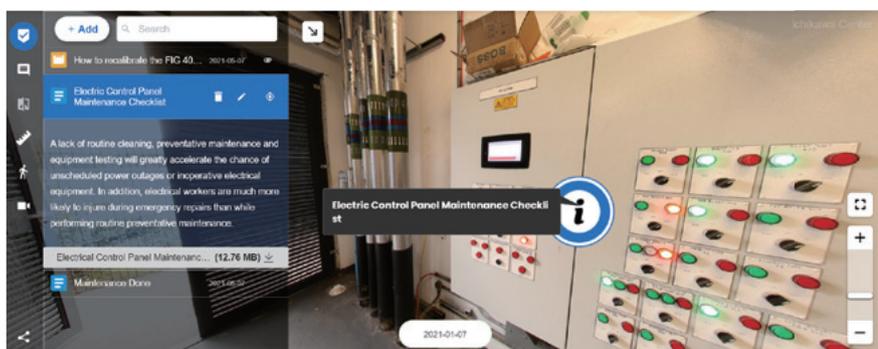
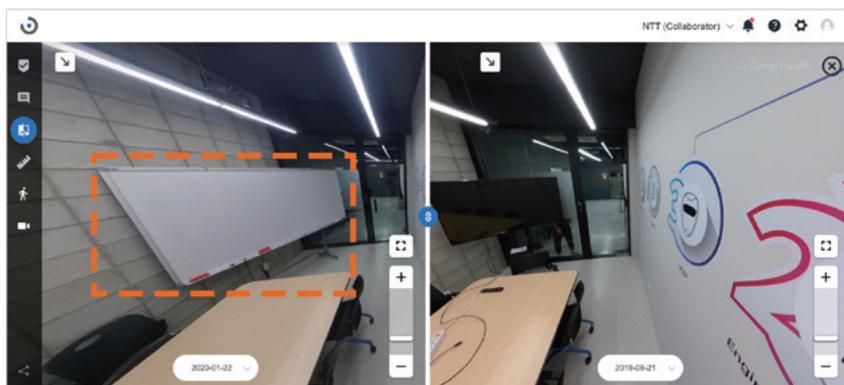


図5 3D空間上のタグ付け



2020年1月撮影
(オレンジ枠部分のレイアウト変更)

2019年9月撮影

図6 3D-View比較表示

ことができます。これにより、事前準備から現地対応、事後の資料作成といった稼働を大幅に削減することが可能となります。例えばBeamoが有する寸法測量の機能を用いれば、建物に設置したい設備の運搬、設置可否などが、通路幅等の寸法確認によって可能となります。

また、これまで撮影した個々のカメラやPCに残ったまま散逸しがちであった、現場に関する写真、動画といった各種画像データをBeamoのタグ機能により、任意の空間上にタグ付けすることで、集約管理することが可能となります。この撮影、タグ付け作業を定期的に行うことで、常に情報を最新化することができます。

(2) セールス

建物をセールス用に撮影、タグ付けしたうえで、その3D-Viewを公開することで、お客さま向け賃貸スペースの案内資料として活用いただくことができます。またお客さまに対し、営業社員からリモート内覧のかたちで建物、設備をバーチャルに紹介することも可能となります。

(3) 見学・研修

現在のように、多人数での現場訪問がしづらい状況下においては、建物、設備の3D-Viewを、社員向け教育、研修の教材として活用いただくことができます。例えばNTT Comでは、社員によるお客さま見学対応を目的として、社員向けの入館から現場までの案内ツアー・ビデオとして活用した事例があります。

(4) 安全管理

安全管理の用途としては、工事現場への入場前安全研修での利用や、現場安全教育のためのeラーニング教材と

るため、任意の撮影日どうしの同一個所における3D-Viewの比較表示をすることが可能です(図6)。

■想定する利用シーン

本サービスは、表1のようなシーン

での利用を想定します。

(1) 設備管理・現場調査

建物内の設備の管理や、現場調査など、これまで現地へ赴く必要があった業務の一部を本サービスにて代替する

表1 Beamoの利用シーン

利用シーン	内容
設備管理・現場調査	・現場調査の代替や事前準備、事後報告、現場や設備に関する情報の集約管理
セールス	・賃貸スペース案内、リモート内覧
見学・研修	・3D空間上への情報埋め込み機能を活用した研修素材の作成 ・建物の案内ツアーや監査対応
安全管理	・現場作業前の危険個所の事前確認 ・安全研修用eラーニングコンテンツの作成

表2 Beamoの展開先

Beamoの展開先	業務内容
不動産企画・開発 (CRE/CREM)	・土地・建物や店舗開発・撤退の検討 ・ポテンシャルカスタマーや社内外関係者とのコミュニケーション
総務担当 ファシリティマネージャ	・管理しているファシリティの構築、運用、監査、研修 ・オウンドメディアにおける情報発信
建物設備管理・運用	・構築現場の遠隔での進捗確認や現場とのコミュニケーション ・運用中の建物の遠隔での現場確認や、固定資産・備品管理 ・3D空間上への情報埋め込み機能を活用した研修素材の作成 ・建物の案内ツアーや監査対応
セールス・ マーケティング	・土地や建物の遠隔でのセールス・マーケティング ・建物内の案内ツアー

して活用いただくことができます。

■これまでの社内展開状況

私たちは2019年にプロジェクトの立上げ後、NTT Comグループが保有する国内外約70棟のデータセンタや通信局舎に導入し価値検証を行い、現地調査業務における生産性向上などの効果を確認しました。これと並行して、実際に試験導入したメンバからいただいた現場の声を集めながらサービス改善を進めてきました。

その際、試験導入に協力いただいた一部メンバの声を紹介します。

- ・NTTコムエンジニアリング インフラネットワーク部 フロアマネジメント担当 古橋良重さん：「全国の局舎管理業務では、現地調査で各ビルのフロアを大量に撮影します。ところが、帰社後に写真を確認すると肝心な場所が写っ

ていないことや、他に撮影すべきだった個所を思い出すことが多々ありました。その場合、現地の通信建設業者への追加依頼や、自身で再度出張し撮影を行う点などが、コストや稼働増の原因になっていました。また、デジカメで撮影した写真の整理も煩雑で、同ようなレイアウトの多い局舎において、撮影した写真と現場の紐付けが難しいという課題がありました。

2019年から活用し始めたBeamoは、コロナ禍で出張制限がかかり現地に行きづらくなる中で、リモート環境にありながら局舎内の確認が可能のため、フロア管理や工事調整の効率化に役に立っています。

写真整理の課題においても、撮影時に写真が自動でフロア図の該

当場所と紐付くので、フロア内を網羅的に撮影しておけば、撮り忘れなどの追加稼働も発生しづらいです。フロア管理業務の効率上がり、全体のコスト・稼働削減に貢献しています。また、機材もスマートフォンと三脚、360度カメラのみですので非常に手軽で、簡単に持ち運ぶことができるため導入に障害はありませんでした。

将来的には、資産管理ソフトなど他システムとの連携を期待しています。現状、別システムで管理しているラックやネットワーク機器などの資産状況を、Beamoの画面から3D-Viewと合わせて確認できると、さらに業務が進めやすくなると思います。」

私たちは、このようなかたちで、まずはNTT Comグループ内で活用することでサービス改善を重ねてきました。2021年8月にNTTビズリンクでサービス化した後は、NTT Comのセールス組織とも連携し営業展開を進めています。本サービスはファシリティを多くお持ちのお客さますべてがターゲットになるため、特に業界を絞ることなく電力やガスなどのインフラ、工場を持つ製造業、コールセンタ等に広く展開し、受注を獲得しています。

■これからの社外展開先

私たちは、今後もお客さまの声を参考にしながらサービス改善を進め、3D-Viewを活用したサービスのさらなる市場拡大をめざしていきます。今後の具体的な戦略としては、前述の利用シーンを想定したうえで、各業界横断で一定規模の企業には必ず存在する表2の4つをターゲットに展開を進めて

表3 Beamoの展開先部署

狙うべきターゲット業界と部署

		インフラ	土地建物	国内外 多ビル多店舗	グローバル	類似サービス 導入済み企業
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> ある程度の規模の企業には必ず存在するが、通常営業ではアクセスがしづらい部署 </div>		・インフラ業界通信 ・交通産業	・データセンタ業界 ・不動産業界 ・ディベロッパ業界 ・ツーリズム業界	・小売業 ・製造業 ・商社 ・保険関連	・外資系企業 ・海外展開企業	・3D-VIEWサービスを既存で導入されている企業
		■問題点 ・人材不足 ・稼働不足 ・ニューノーマル対応	■問題点 ・人材不足 ・稼働不足 ・ニューノーマル対応	■問題点 ・人材不足 ・稼働不足 ・ニューノーマル対応	■問題点 ・現状共有が高コスト ・ニューノーマル対応	■問題点 既存サービスでは用途に対してデータが重過ぎる(3D-VIEW作成に時間がかかりすぎるなど) ・複数拠点・複数人での効率的な管理が難しい ・セキュリティが低い
不動産企画・開発 (CRE/CREM)	・土地建物や店舗開発、縮退の検討	●	●	●	●	●
総務担当 (ファシリティマネージャー)	・構築や運用 ・監査 ・研修	●	●	●	●	●
建物設備構築・運用	・構築 ・管理、運用保守	●	●	●	●	●
セールス・マーケティング	・多数の土地・建物そのものを対象としたセールス・マーケティング	●	●	●	●	●
具体的な営業先		・DC、通信 ・電気、ガス、水道 ・鉄道、航空のTarget部署	・ビルメンテ会社 ・ディベロッパー ・ツーリズムのTarget部署	・例えば東証一部上場企業上位200社のTarget部署	・外資小売 ・外資DC ・外資メーカー ・GAFAM等SaaSベンダー	・競合各社サービスの導入企業事例で確認

いく予定です。

こうした展開先は、普段セールス組織としても接点が少ないところになるため、ピンポイントでアウトバウンド的にアプローチを試み、営業展開を進めていく予定です(表3)。

今後について

NTT Comは、本サービスの拡大により、これまで現地での対応が必要とされてきた業務のリモート対応の実現など、すべての働く人が最適な働き方を選び活躍できる世界をめざします。

そうした世界の実現のため、現場業務やファシリティマネジメント領域でのDXを加速させ、自社が持つリアルタイム情報配信サービスとの連携や、ドローンやロボットなどの活用による

撮影の自動化、また日本のお客さまから要望の多い、3D-Viewデータストレージのオンプレミス化対応、APIによるBMS (Building Management System) や資産管理システムなどとの連携や、画像解析サービスとの連携など、本サービスのさらなる機能拡充を行い、お客さまのワークスタイル変革に貢献していきます。



(左から) 田口 陽一 / 木村 健太

Beamoについては、現在NTTグループ内での活用と並行して、お客さまへの提案を積極的に行っています。本サービスの利用、活用にご興味ございましたら、デモを含めご説明させていただきますので、お気軽にお問い合わせ下さい。

◆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
 プロデュース部門
 TEL 050-3811-3374
 FAX 03-5439-0470
 E-mail com-open-innovation-cp@ntt.com

DXビジネス拡大を阻む4つの課題

Digital時代において、技術がビジネスをリードするといわれています。しかし、実際の現場において、単純な技術の提案ではDigitalビジネスの拡大にはつながりません。技術がリードするとは嘘だったのか、そこにはどういった課題があるのか、本稿ではNTTデータが直面したデジタルトランスフォーメーション（DX）ビジネス拡大を阻む4つの理由とともに、それらの課題を乗り越え、どのようにして顧客に技術を届けているか、NTTデータ流のアプローチ方法を紹介します。

かつた ひろかず
勝田 弘和

NTTデータ

DXニーズのさらなる高まり

Digital時代において、顧客のニーズは不明確なものです。顧客のほとんどは、デジタルトランスフォーメーション（DX）の目的は何なのか（Why）、何をすればいいのか（What）、どうやればいいのか（How）といったことが分からず、何から手を付ければいいのか分からないといった声をよく聞きます。

実際にDXを推進している顧客の声を聞くと、一部の企業においてはDXを成功させ、飛躍的にビジネス拡大した例もありますが、多くの企業は、既存ビジネスの効率化にとどまっており、ビジネス変革からの新規価値創出といった、真の意味でDXに成功している企業は少ないのが現状です。そのため、DXを実施したいという顧客ニーズは相変わらず多い状態です。

NTTデータのミッションと現状

そのような顧客に対して、DXを提案し、NTTグループのビジネス拡大

につなげていくことが私たちのミッションです。しかし、実際の現場においては、他ベンダの後塵を拝するなど、真に顧客へ訴求できる提案につながりづらいのが現状です。なぜ、真に顧客へ訴求できないのでしょうか。そこには技術を得意とするNTTデータの「DXビジネス拡大を阻む4つの課題」があったのです。

DXビジネス拡大を阻む4つの課題

■課題① DX実現までのストーリーになっていない

NTTデータは、DXに資する技術オファリングを多く持っています。しかし、それらの技術オファリング単独での提案では、顧客課題の一部を解決することはできても、DXの実現までたどり着くことは難しいといえます。本来に必要なのは、複数の技術オファリングが組み合わさった、DX実現につながっていくストーリーなのです。技術オファリングは、そのストーリーに出てくる課題解決の手段として登場す

ることに意味があるのです（図1）。

■課題② 経営層にまで訴求できる内容になっていない

技術オファリングはストーリーとセットであることが重要であることは前述したとおりですが、ビジネスへの投資判断を行う顧客の経営層に訴求するためには、それだけでは不十分です。どんなに素晴らしいストーリーであっても、それが経営課題を解決するものでなくては、投資の判断を得ることはできません。そのため、提案すべきストーリーは企業の経営課題の解決に結びつく内容になっており、経営層の共感を得る内容であることが、もっとも重要なのです。

また、そのストーリーが絵に描いた餅ではなく、実際に実行可能であるということ、つまりストーリーに紐付いた事例をもって説明し、NTTデータの実行ケイパビリティを、同時にアピールすることも重要です（図2）。

■課題③ 提案が個人戦になっている

経営層に訴求できるストーリーで提

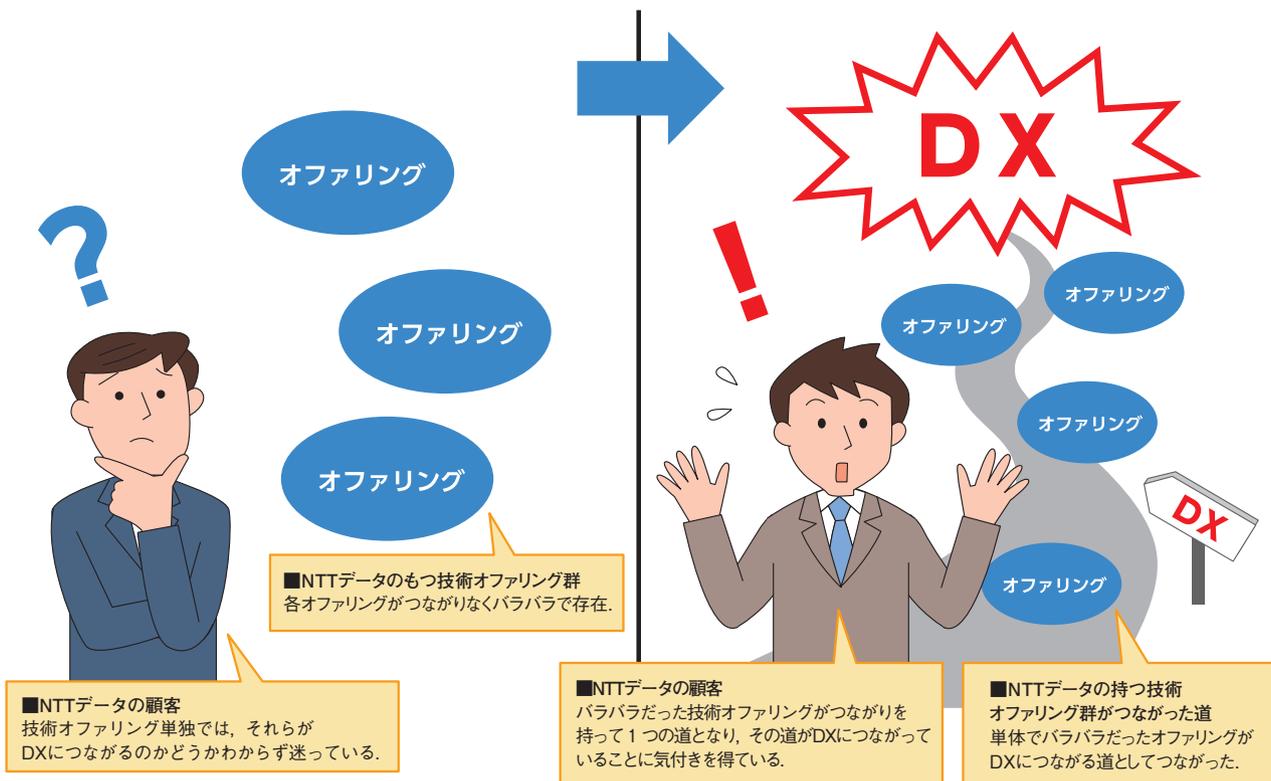


図1 オファリング単独ではなく、DX実現のストーリーであることが重要

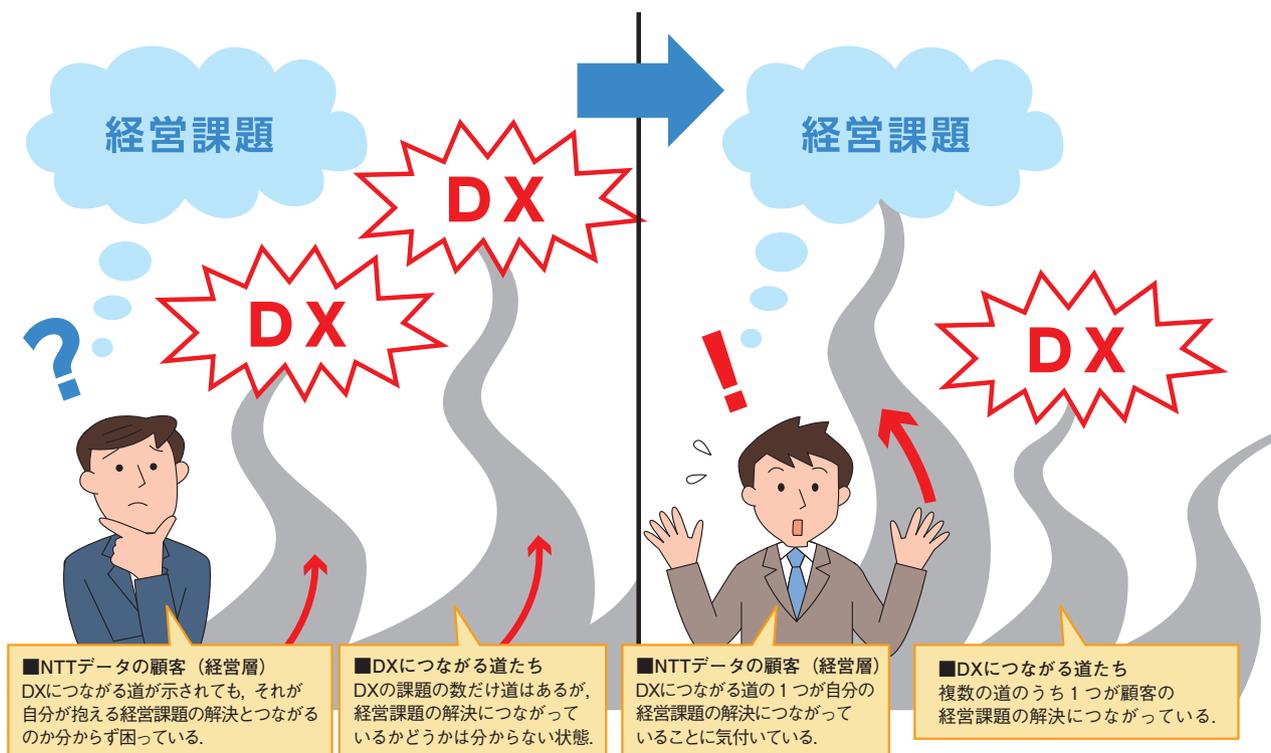


図2 DX実現のストーリーが、顧客の経営課題解決につながっていることが重要

案することが重要であることは前述したとおりです。後は提案するだけなのですが、誰もが実行できるかというと、実際の提案の現場においては個人の力に頼っていることが多く、限られた人財にしか実行できないことが往々にしてあります。提案可能な人財を育成することも可能ですが、多くの時間、コストを要してしまいます。そのため、前述した経営層に訴求できるストーリー、提案方法といったものをある程度定型化し、ツールとして仕立て上げ、誰もが顧客にアプローチ可能な状態にしていくことが重要です(図3)。

■課題④ ストーリー実行をE2Eで支えるパートナーがない

どんなに素晴らしいストーリーでも実際に進めていく中で、予想できない課題が発生するなど、思いどおりに進まないことは当然あります。場合によっては最初に思い描いたストーリーを都度修正しながら進むことも十分に考えられます。顧客の立場に立ってみ

ると、提案されたストーリーそのままです。本当にDXが実現できるのか、実行途中で新たな課題が発生するリスクはないのか、そのようなときに誰か助けてくれるパートナーはいるのかといったことを不安に思うはずで、そのようなときに備えて、DXの提案から、実行完了までをE2E(エンドツーエンド)で一貫して顧客の隣で伴走していくDXパートナーの存在が重要です(図4)。

4つの課題を乗り越えるNTTデータ流DXアプローチとは

■NTTD流 その1：経営課題を解決する7つの代表シナリオ

前述した課題をどう解決すべきか、NTTデータでは、課題①、②、③に対する解として「経営課題を解決する7つの代表シナリオ」を開発しました(図5)。

「経営課題を解決する7つの代表シナリオ」とは顧客の上位層がDX推進時に課題となりやすい7つの代表的な

ストーリーを集めたものです。このストーリーは、外部専門家のコンサルティング結果を調査、汎化したものであるため、顧客の経営層から共感を得やすい課題となっており、前述した課題①、②の解消につながります。また、提案内容や方法が定型化されているため、提案可能な人財がスケールしやすく、課題③の解消にもつながります。さらに、シナリオにとどまらず、それらの課題を解決するための実践手順(DX実践シナリオ)と、それを実行するNTTデータの技術オフリングもセットになっており、上流から下流のデリバリーまで一貫してNTTデータが実行可能であることを、顧客にアピールできます。

NTTデータではこれらを用いて、顧客の経営層にアプローチし、NTTデータにDigitalケイパビリティがあることをアピールしつつ、Digital案件の拡大を図っています。

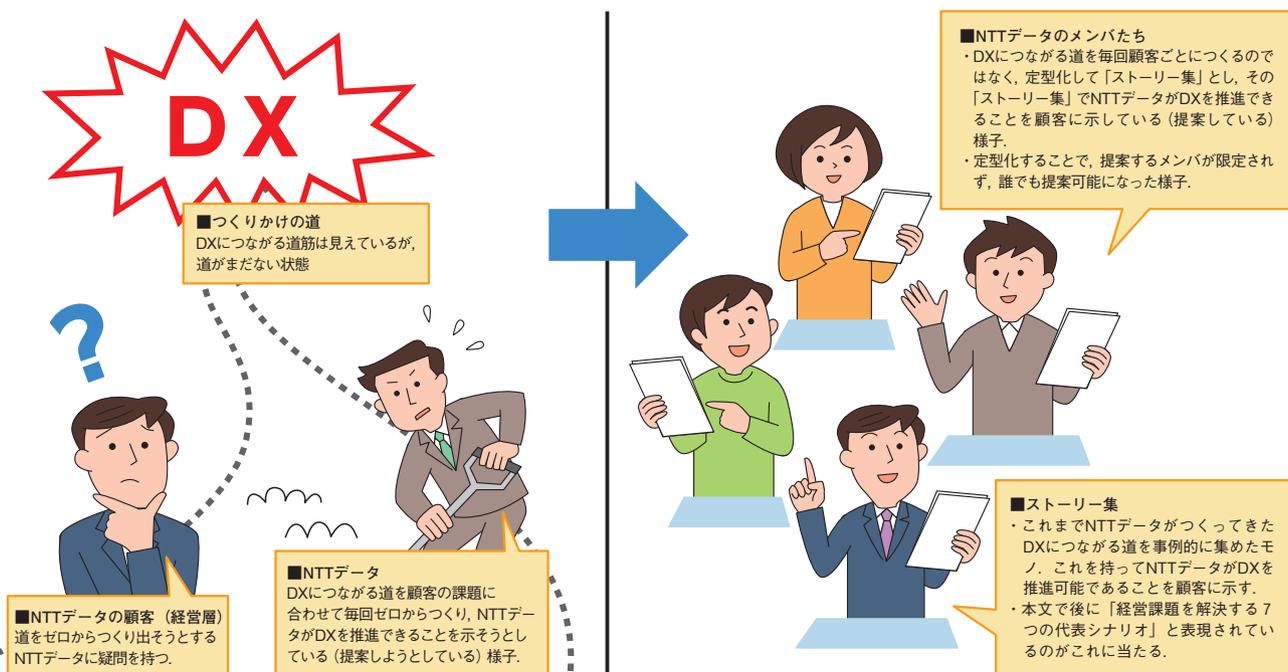


図3 誰もが顧客にアプローチできるように、定型化することが重要

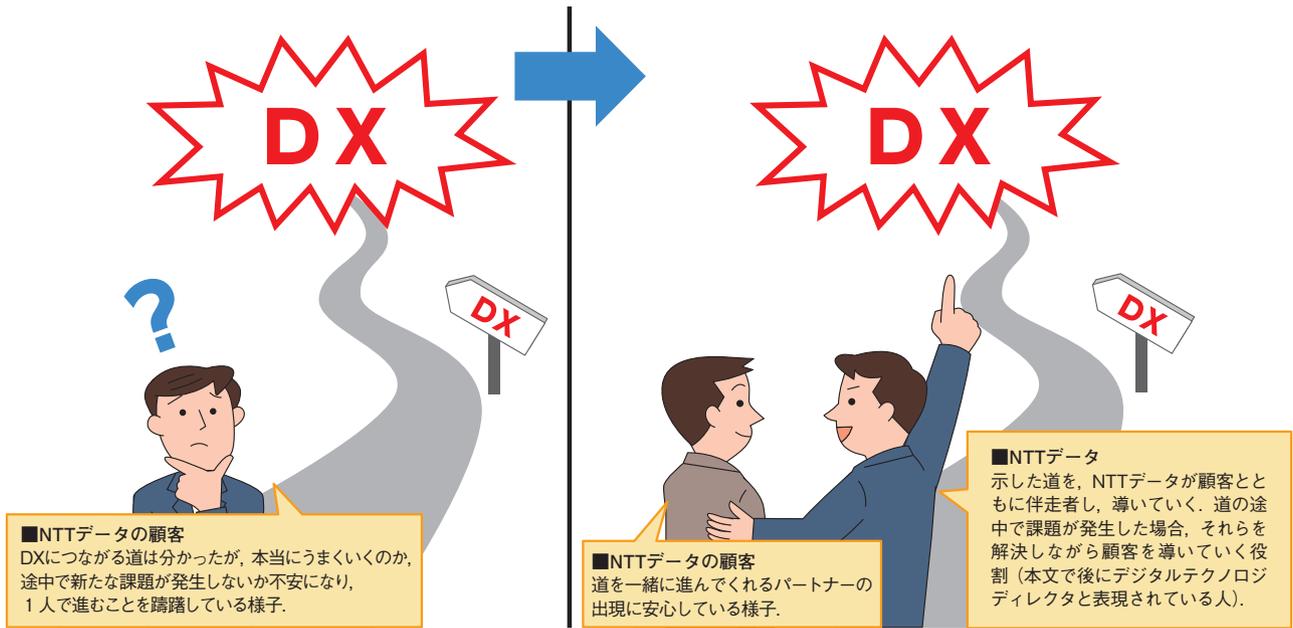


図4 ストーリーの実行には共に伴走するパートナーの存在が重要

7つの代表シナリオを活用して優先テーマやロードマップを決定

<p>2025 “2025年の崖”回避</p>	<p>既存システム全体を見直し、廃棄・移行・刷新といった方針を明確にすることで、今後の運用におけるコストを低減、リスクを回避したい</p>
<p>最新技術の追随</p>	<p>最新技術を活用して業務効率化による生産性向上を実現したい、また、最新技術の追随によりアジリティを向上し、社会変化に素早く適応し続けることが可能な状態を維持したい</p>
<p>データドリブン経営</p>	<p>次世代のインフラ基盤、プラットフォームを構築し、組織・システムごとにサイロ化したデータを統合・活用することで、リアルタイムマネジメントやデジタルマーケティングを実現したい</p>
<p>新規価値創出</p>	<p>デザイン、デジタル技術を活用して既存製品・サービスの高付加価値化や新たなプロダクト・サービスの創出を実現したい</p>
<p>ビジネスモデル変革</p>	<p>ディストラクターの台頭や新型コロナウイルス感染症の影響により、現在のビジネスが縮小する危機感があり、デジタル技術も活用した新たなビジネスモデルを検討したい</p>
<p>DXに資する組織変革</p>	<p>DX推進のための企業文化が醸成されていない、また、継続的かつスピーディに顧客に価値提供し続けるための仕組み・組織運営・アジャイル経営が実現できない</p>
<p>デジタル人材育成・内製化</p>	<p>社内にDX推進するための人材が不足しており、DX人材の育成やリスキル、採用等を行うことによってこれを補いたい、また、DX人材のモチベーションを維持し、確保し続けたい</p>

図5 経営課題を紐解く7つの代表シナリオとは

■NTTD流 その2：顧客のDXを推進する「デジタルテクノロジーディレクター®」

前述した課題④のような予想できない課題の発生など、DXの実行時に想定どおりに進まないような場合、顧客

はどうすべきでしょうか。それに対する解として、NTTデータには、提案から実行まで一貫して顧客と伴走していくDXパートナー、「デジタルテクノロジーディレクター®」が存在します。デジタルテクノロジーディレクター®

は、「そもそもDXで何をすればいいかわからない」といった顧客のDXあるある課題に対して、目標策定、ロードマップ策定、グラウンドデザインの検討といった、上流における課題推進はもちろんのこと、テクノロジー面に強み

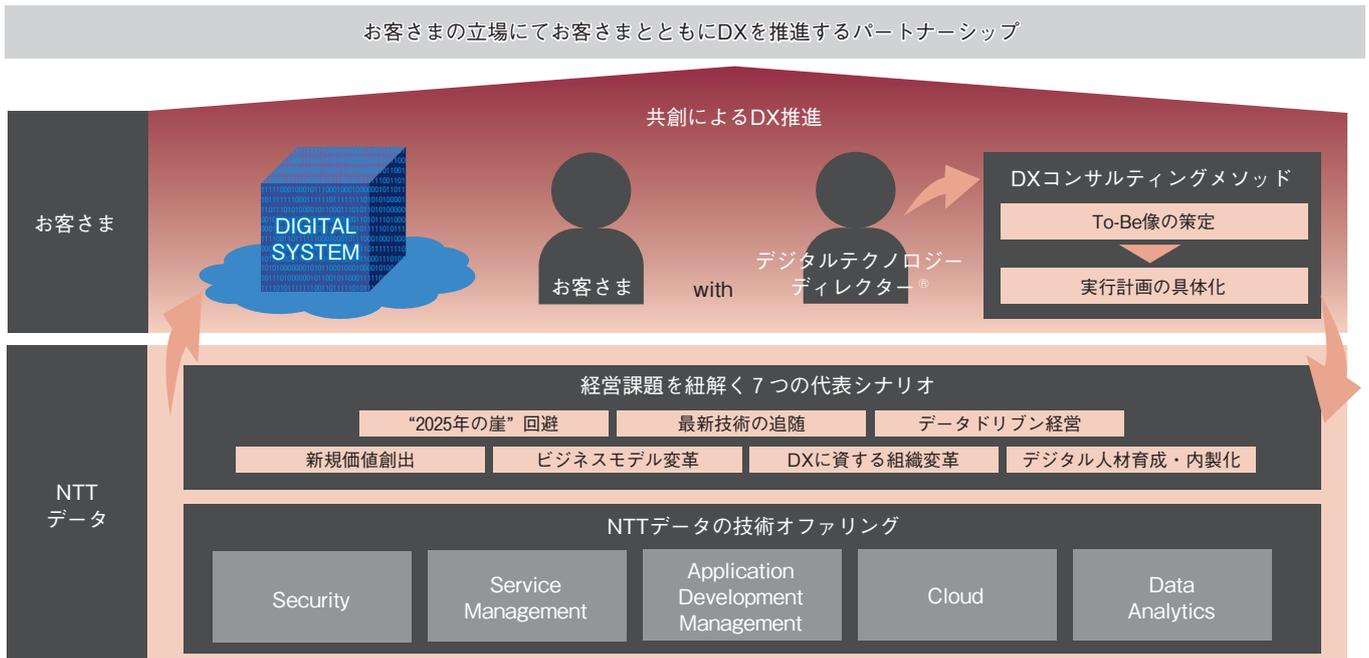


図6 デジタルテクノロジーディレクター®のポジション

を持っているため、実行工程以降の推進も可能です。顧客のあらゆる課題に答えることが可能なテクノロジーコンサル集団といえます。

前述した7つの代表シナリオを用いた顧客への提案はもちろん、実際の実行工程以降も顧客に寄り添い伴走することで、各技術オファリングとのスムーズな連携、新たに発生した課題の解決と、上流から下流まで一貫通貫で対応するDXパートナーとなることが可能です(図6)。

今後の展望

今後は下記を実施し、さらなるDXビジネスの拡大を図っていく予定です。

■「経営課題を解決する7つの代表シナリオ」のNTTデータ全体への展開

「7つの代表シナリオ」は顧客への上流アプローチ方法を一定量定型化したものであり、顧客経営層へのアプローチ可能な人財を増やすのもねらいの1つです。そのため、今後はこの「7

つの代表シナリオ」をNTTデータ全体に浸透させ、NTTデータALLで顧客にアプローチし、Digitalビジネスの拡大に寄与することをめざしていきます。

■コンサルティング人財強化

「7つの代表シナリオ」は、上流アプローチを定型化し、汎化したツールですが、そのツールを柔軟に使いこなすためには、人によるコンサルティングのスキルが一定量必要となってきます。また前述したとおり、顧客に伴走しながらDXの実行完遂まで一緒に走り切るDXパートナーの存在も欠かせません。そのため、今後はそういった顧客のDXパートナーとなり得るコンサルティング人財も強化していく予定です。

■7つの代表シナリオの強化

NTTデータの技術オファリングのみで幅広い顧客のDXが推進できるかという、そこにはまだ課題があります。あらゆる顧客課題に答えられるため、現在、他の有力先進ベンダと強連

携を進めており、彼らのオファリングを組み入れることで、代表シナリオを強化し、どのような顧客課題においてもDXが推進できる状態になることをめざしています。



勝田 弘和

NTTグループは技術が強みの会社ですが、Digital時代においては、単純な技術のみの提案では技術は届けられません。技術開発だけではなく、時代に合った届け方もセットで検討することも重要なのです。

◆問い合わせ先

NTTデータ

技術革新統括本部 システム技術本部

企画部 企画担当

TEL 050-5546-2380

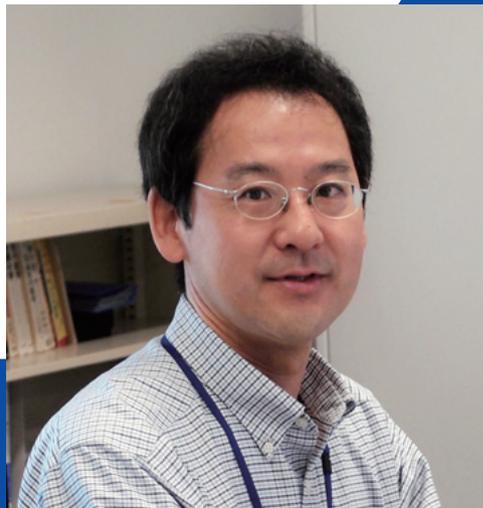
E-mail seh_plan_proper@kits.nttdata.co.jp

挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



澤田 宏

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
上席特別研究員



課題解決によって研究テーマが減るとは考えない。できることが増えて新たな研究領域を開拓

ブラインド音源分離研究においてICA（独立成分分析）とNMF（非負値行列因子分解）を発展・統合させたILRMA（独立低ランク行列分析）を国内の共同研究先と発表し世界的に高い評価を得るとともに、自身にとっては新境地であるニューラルネットワークのテーマに踏み込んだ澤田宏上席特別研究員に、研究成果と研究活動を充実させる姿勢について伺いました。



音源分離の技術研究の集大成、ILRMA によって日本の存在感をアピール

現在、手掛けている研究を教えてください。

目を閉じてどのような状況で収録しているのかが分からないような状況で混ざった音源を聞き分けるブラインド音源分離技術を現在に至るまで長い間研究しています。この技術の一部分を発展させ、時空間データを解析する技術の研究も行ってきました。さらに最近、多くの方がすでに手掛けていますが、ニューラルネットワーク技術の研究も始めました。

ブラインド音源分離技術については、データや信号などの情報源の構造や特徴をうまくとらえる非負値行列因子分解（NMF: Nonnegative Matrix Factorization）と、データや信号が観測系を通じてどのようにセンサで観測されたかを推定する独立成分分析（ICA: Independent Component Analysis）を組み合わせ、情報源の構造と観測系を推定する技術として深化させています。その中でNMFについては、多次元データの時空間的な関係性をモデル化し、将来の予測を可能にする時空間多次元集合データ解析技術へと発展し、さらに最近ではデータ同化と学習型誘導の技術に発展していきました（図1）。

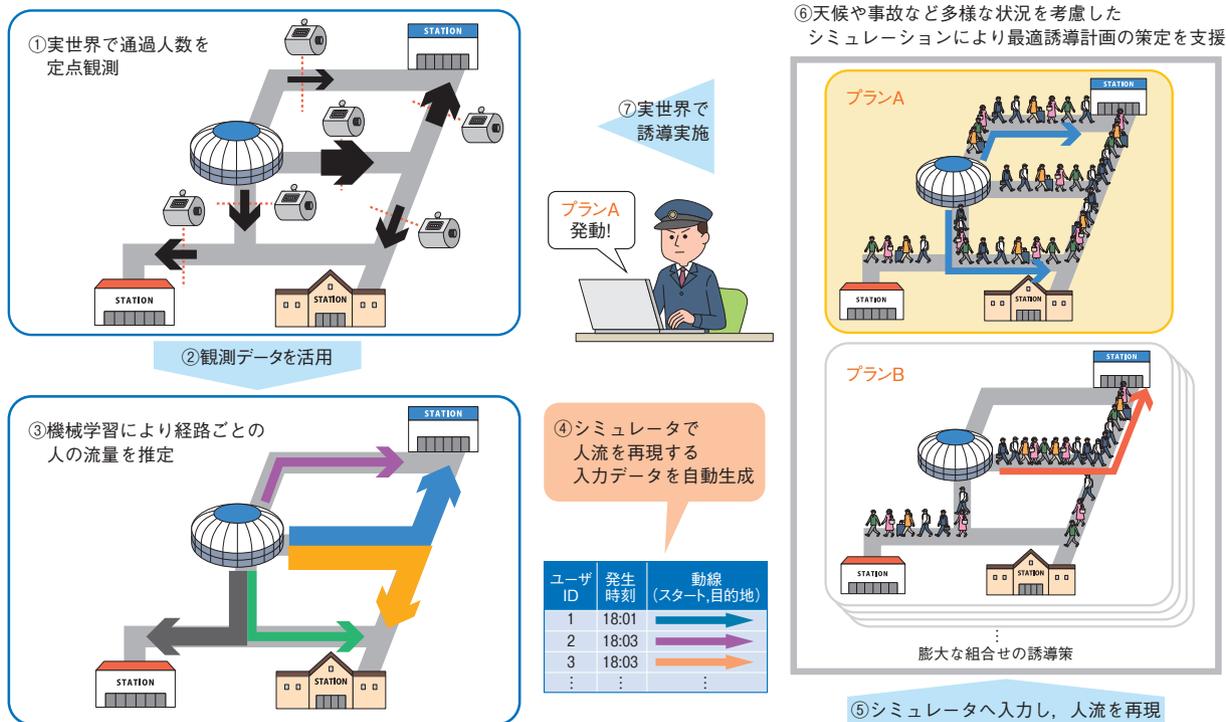


図1 データ同化と学習型誘導

大規模イベント会場などでの混雑緩和や通信インフラの安定化のために、リアルタイムに観測されたデータを活用して、近未来に起こり得る混雑などの事象をデータ同化とシミュレーションによって検知し、学習型誘導により先行的に混雑を回避したり安全を確保する技術です。NTTコミュニケーション科学基礎研究所 (CS研) の上田修功フェローを中心に私も含め社内の多くの研究者がかかわっていますが、実現した技術を大規模イベントで実証したかったのですが、オリンピックは新型コロナウイルスの感染拡大防止のために無観客となり、実証までは至りませんでした。このほか、清水仁研究主任を中心として「遊園地におけるアトラクション選択モデルとそのパラメータ推定手法」「アンケートに基づく遊園地シミュレーションによる来園者余剰の最大化」といった課題にも取り組んでいます。

一方並行して、ブラインド音源分離技術を発展させてICAとNMFと統合したILRMA (Independent Low-Rank Matrix Analysis: 独立低ランク行列分析) (図2) を広める活動を行いました。ILRMAは、東京都立大学、

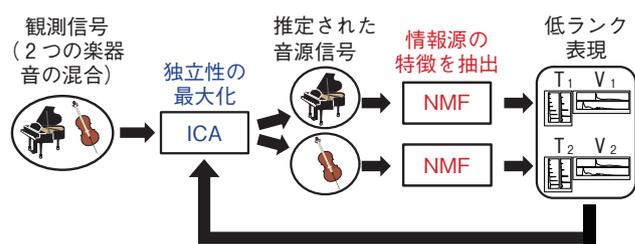


図2 ILRMA (独立低ランク行列分析)

香川高等専門学校、東京大学との共同研究の成果として、これに対応する基本技術を2015年の国際会議、2016年の論文誌で発表し、発展させてきたもので、音声・音響信号処理分野で世界最大の国際学会ICASSP2018でチュートリアル講演をし、その内容をレビュー論文 (APSIPA 2019 Overview Paper 2019) としてまとめたところ、APSIPA Sadaaki Furui Prize Paper Awardをいただきました。さらに発展した内容で国際会議EUSIPCO2020のチュートリアル講演も行いました。



新型コロナウイルスの影響は残念でしたが、それでも、世界的な成果をいくつも上げていらっしゃるのですね。

これらの活動やこれまでの音源分離、ICA、NMFに関する研究成果を評価していただき、2018年には米国の電気・情報工学分野の世界最大の学術団体であるIEEEのFellowに、2019年には日本の電子情報通信学会のFellowに選出されました。また、2020年には、電子科学技術に関する優れた研究により、日本の当該分野の振興や産業の発展に貢献した功績と、電子科学技術のさらなる発展と啓蒙に寄与することを目的とした、高柳健次郎業績賞をいただきました。受賞に際して「ILRMAは、これまでのブラインド音源分離にかかわる一連の研究の集大成を、日本初のオリジナルリティとして明確化したものであり、編書や国際会議のチュートリアルやレビュー論文を通じて世界にアピールしている」と評価していただきました。そして、2022年1月には各分野で毎年5名選出されるIEEE Signal Processing Society Distinguished Lecturerに選出されました。このような評価から、ILRMAをはじめとする技術でNTTや日本の存在感をアピールできたと自負しています。



組織を盛り上げて、自分のスキルも高める

ニューラルネットワーク技術はILRMAと分野が異なりますが、どのような経緯でテーマ化したのでしょうか。

ブラインド音源分離に関する研究や時空間データの解析に注力してきた一方で、2012年ごろから第3次AI（人工知能）ブームが巻き起こり、深層学習をベースとしたニューラルネットワークが徐々に私たちの生活の中で使われるようになってきました。私はニューラルネットワークには直接かかわってはきませんでした。2017年ごろから（他の多くの方々と同様に）この技術はやはり非常に重要だと思うようになり、後追いで構わないからと腹を括って取り組み始めました。新たな分野へのチャレンジとしての第一歩は勉強です。

まずはNTT研究所全体という観点で組織を盛り上げようと、自分の勉強を兼ねて、深層学習コロキウムと機械学習に関する技術講座を立ち上げました。深層学習コロキウムはNTT研究所内のメンバで開催しています。20年くらい前から、武蔵野、横須賀、厚木、京阪奈、つくばなど場所は離れていますが、年に一度くらいは専門家が集まると、音声や言語などのテーマを設定してコロキウムを設けていました。深層学習コロキウムはようやく5歳になりました。コロナ禍にあってこの2年はオンライン開催ではありますが、研究所の誰がこの領域の技術を追究しているのかが分かり、情報交換と議論が進みました。

また、技術講座は新入社員や入社3年目あたりの社員向けに開催しています。これまでネットワークや情報理論等はありませんでしたが、機械学習はありませんでしたので、これを機に立ち上げ、2019年ごろからニューラルネットワークの内容を増強しました。

こうした取り組みを通じて、私自身もニューラルネットワークについてかなり理解が深まり、新たな研究課題においても使いこなせるようになったことから、現在、他の共同研究者と、3種類ほどの関連研究をしています。そのうちの1つとして「細層構造を持つ光ニューラルネットワークの高速学習法」（図3）をCS研の青山一生研究員とともに開発し、その内容が国際会議ICCAD 2021に採録されました。機械学習分野での新規性に加え、共同で検討してきたNTT物性科学基礎研究所（物性研）の納富雅也上席特別研究員のチームが、実際の光デバイスで実験する際にこの技術によって学習したパラメータを使用しています。

また、2016年から3年間委員を務めた先導的研究開発委員会「マテリアル・インフォマティクスによるものづくりプラットフォームの戦略的構築」において、新たな物性開発のために機械学習の技術をどのように用いるかを議論してきました。そのような経緯もあり物性研から声がかかり、物性研の若林勇希研究員とCS研の大塚琢馬研究主任を中心とした共同研究で、非常に性質の良い薄膜を作成するための温度などの条件を機械学習技術により導き出すことができました。そして「東京大学、東京工業大学とともに作製した「SrRuO₃」の単結晶薄膜を、低温かつ磁場下での

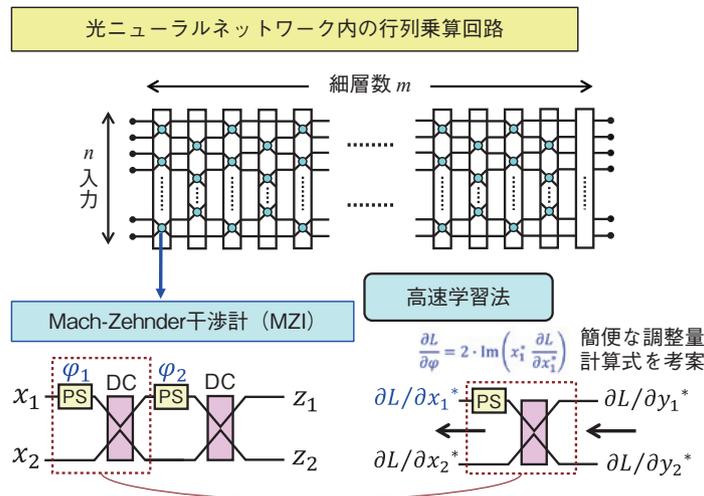


図3 細層構造を持つ光ニューラルネットワークの高速学習法

電気伝導を測定することにより、「磁性ワイル半金属状態」と呼ばれる“エキゾチックな状態”に特有の量子的な電気伝導特性を観測した」と発表することができました。ずっと情報系の研究をしてきたため、新たな特性を持つ物質の作成に関与できるとは夢にも思っていなかったのですが、少しでもかかわることができてとても良かったです。

自分の得意分野の技術を使って、研究活動を充実させるために重要なことは他にもありますか。

例えば、何が自分の得意分野の技術で、それをどう使えば活躍できるか、そしてどんな技術なら当該分野の発展に貢献できるのかを考えることです。

光ニューラルネットワークでは複素数を使うのですが、ICAの研究でも音声をつーリ工変換すると複素数が出てくるので、複素数つながりで検討すれば、私も貢献できそうだと考えました。全く未知の分野ではなく何か自らの領域と重なる点、自分の得意技術が使えそうなところを見出すことが大切ではないでしょうか。得意技術は多ければ多いほうがいいかもしれませんが、1つあれば十分だと思います。

そして、自分の得意技術だけで活動するのではなく、自分が新規参入を果たした分野で、学習して新たなスキルを身につけていくことも大切です。研究仲間や賛同者をうまく見つけることも重要です。例えば、光ニューラルネッ

トワークの高速学習法は、同僚でもある青山氏が一緒に追究してくれたことが大きかったです。また、納富氏は自分にない専門性を持っていらしたのが魅力的で、私の経験とスキルを合わせてシナジーが起これり新たなものが生まれるという期待感がありました。

こうした出会いは、先ほどもお話ししたコロキウムや懇親会等で得ることができますから、懇親会などのラフに話せる機会に感触を確かめるのもいいかもしれません。加えて、私は上田フェローが立ち上げた機械学習・データ科学センタのメンバですが、ここでの情報共有をきっかけに新たな研究の機会を得ています。

ところで、研究は何年も続けているとどんどん進捗して成果が出てきますから、当然のことながら課題が解決された分、研究テーマは減ってきます。これを憂うのではなく、できることが増えて新しい研究領域が開拓されているのだと考えて研究活動に臨みたいです。こうした姿勢が共同研究者、仲間を探すことにつながっているのかもしれない。1人でできることには限界がありますから、他の研究者と協働することを大切にしてきました。協働には異なる専門性をうまく組み合わせる方法、同じ専門性でそれぞれのスキルを相互に理解・確認し合い深めていく方法などがありますが、その前提として、相手から興味と信頼を持ってもらえる存在でなければいけません。信頼を得るために期待



される専門性において、価値のあることを提供できる、実験やシステムを構築するなら担当部分をしっかり担う、議論をするにも自分の考えをしっかりと示せる等、すべきことをしていきたいですね。



あまり気にせず、やりたいことをやったらどう？

今後は研究者人生をどのように歩んでいかれますか。

できるだけ長く研究していきたいと思っています。1つには、研究活動における温故知新の側面の面白さがあるからです。ニューラルネットワークはまさにそれです。ニューラルネットワークの研究は60年以上も前からありますが、新しい視点や技術を用いて検討すると新旧のつながりが見えることがあります。

また、ニューラルネットワークの研究において、私が後を追いつながら新しい活躍の場を見出したように、将来、他のテーマを追究する際にもこのような繰り返しが待っているでしょう。研究者としてはいつまでも勉強しなくては行けないのですが、新しいことが分かるのは、私にとっては楽しいことです。この先もしっかりと続けていきたいと思っています。

私は、研究者とは最大公約数的に役に立つかどうかは問わずに新規性を生み出す存在であると思います。ただし、新しければ何でもよいわけではなく、他の研究者が価値を感じる成果を生み、彼らがそれを基に新しい研究をしてみようと思えるかどうかという点は重要であると考えています。最先端の研究者はたくさんいますし、新しい論文を読んでいる若い人もたくさんいますから、その中でもごく一部、自分はこれをちょっと頑張ってみようと思えるものを見つけて挑戦していきたいと思っています。

世界に大きな影響を与える研究者となられた今、入社当時のご自身にどのような言葉をかけたいですか。それを踏まえて若い研究者に一言お願いします。

難しいですね。「あまり気にせず、やりたいことをやったらどう？」でしょうか。自分自身を振りかえると、最初

は大した成果ありませんから、成果を出せるかという不安もありながら研究していました。それでも頑張っていると何らかのかたちで成果は出る、と声をかけてやりたいですね。

例えば、先ほどのIEEEのチュートリアル講演、技術講座での講義、論文を書いているとき等、難しいことをいかに簡単に分かりやすく説明するかということにも喜びを感じます。中でも、新しい研究成果を論文として採録されるのはいうまでもありません。実は2013年にIEEEに採録された論文の図が、論文誌表紙に掲載されたのです⁽¹⁾。これは嬉しかったですね。数式で書くと分かりにくいような概念を図にすることで分かってもらえると思いPowerPointを使って頑張ったのですが、掲載されたとき、「苦勞が報われた」と思いました。

私たちの組織の若手の皆さんはとても努力していると思います。特に機械学習分野はすでにブームとなっていることから、非常に多くの優秀な研究者が参入しています。国際会議に論文が採録されるには難関を突破しなくてはならないので大変だと思います。それでも発表することが重要です。完成度を高めてarXivに論文を掲載して、難関の会議もめざしていきましょう。簡単ではないと分かりつつも、採録されないと心が折れそうになるかもしれませんが、そういうときは少し上の先輩の経験に目を向けてください。何年も頑張つてようやく採録されたケースは非常に多いのです。私も含めてシニアが共同研究者となって論文の書き方を指導することもありますし、また、先輩に倣って粘り強くやっていくこと、現実をしっかりと見据えていくことが支えになります。

■参考文献

(1) <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6517958>

挑戦する 研究開発者たち CHALLENGERS



橋本昭二

NTTコミュニケーションズ
イノベーションセンター テクノロジー部門
担当部長

ユーザの一步先を 行くために、技術の 本質的な使い方を 迎えに行こう

ソフトウェア開発の効率化，生産性向上が継続的な課題となっている中，NTTコミュニケーションズによるオリジナル開発のオーケストレーションプラットフォームであるQmonusがNTTグループの中に広く浸透し始めています。Qmonusの内製開発者 橋本昭二担当部長に研究開発テーマの概要・経緯と研究開発者としての姿勢について伺いました。



NTT ComオリジナルのオーケストレーションプラットフォームQmonusを開発

現在，手掛けている研究開発から教えていただけますでしょうか。

私はNTTコミュニケーションズ（NTT Com）の研究・開発部門で，高速かつ継続的なソフトウェア開発と柔軟なデリバリーを可能にするプラットフォームQmonusの内製開発に取り組んでいます（図1）。

お客さまに提供するサービスやシステムは，その要求条件が多様で，複数のプロジェクトで並行開発するとアーキテクチャが異なる個別システムが量産されることになり，

システムの構築・管理・運用が非常に複雑で非効率なものとなります。特にクラウドをベースとして開発を行う，クラウドネイティブな環境が一般化してきている中，さまざまなオープンソースソフトウェア（OSS）や製品，サービスが利用されており，この傾向がますます顕著なものとなってきます。こうした課題を解決すべく私たちが考えるベストプラクティスとしてDevOpsフレームワークを開発し，全社の標準プラットフォームとして使えるように広めていこうというコンセプトでQmonusを開発しています。現在，Qmonusは，クラウドネイティブアプリケーションの開発，およびデリバリー・運用を高度化するための



PaaS (Platform as a Service) としてスマートデータプラットフォームをはじめとし多くのサービス開発を支えています。

Qmonusは、クラウド上でMicroserviceを高速に開発するためのQmonus SDKと、DevOps環境の柔軟な自動構築や、Microserviceのデリバリ・テスト・運用の自動化を実現する、宣言的CI (Continuous Integration) / CD (Continuous Delivery) プラットフォームであるQmonus Value Streamで構成されています (図2)。Qmonusは、サービスごとにサイロ化されて、アーキテクチャ構成の設計、検証、構築、運用に追われて、アプリケーションの開発に注力できないというサービス開発担当者の悩みを一気に解決します。

どのような経緯で内製開発を行っているのでしょうか。

私は、大規模システムの開発に長らく従事していましたが、大手Sierとのぶつかり稽古を通して彼らから多くの知見・ノウハウを得てきました。一方他の社内システムにお

いても外注を中心とした開発が乱立し、多額のキャッシュアウトが発生している状況でした。仮想化やクラウド技術、SDNが叫ばれる中、ソフトウェアを内製できないIT企業に未来はないと考え、システムの内製開発の重要性を再認識し、内製化を推進していくには、開発プロセスの効率化による生産性向上と人材育成が急務であると考えました。

そこで、私はSDN向けのコントローラやオーケストレータを開発するための独自のソフトウェアフレームワークを密造し、内製でも十分な生産性や品質で開発できるんだということをサービス開発の部署や幹部にアピールする活動を行い、周囲の理解・信用を得ることに尽力しました。Qmonusは、2014年に開発着手したのですが、表向きは、とあるサービスのコントローラ開発でしたが、設計段階からアプリケーションに特化せず、メタな処理モデルを駆動する実行エンジンと業務ロジックを切り離したアーキテクチャで開発し、後にエンジン部を流用できる構造としました。つまり、このエンジン部がQmonus SDKのコアの原点となります。このパイロットプロジェクトの成功を皮切りに案件を徐々に増やし、周囲の信頼を積み上げて、ようやくクラウドネイティブなプラットフォームQmonusの誕生まで漕ぎ着けました。Qmonusによってサービス開発の速度は飛躍的に向上し、システムの内製率も格段に向上しています。共に開発をし、巣立っていったメンバや事業サイドで導入をフォローしてくれた仲間は、長い年月を経て、グループ各社で活躍し、そこでQmonusの導入推

クラウド上でQmonus SDKを使ったアプリケーションを開発し、そのままデプロイ

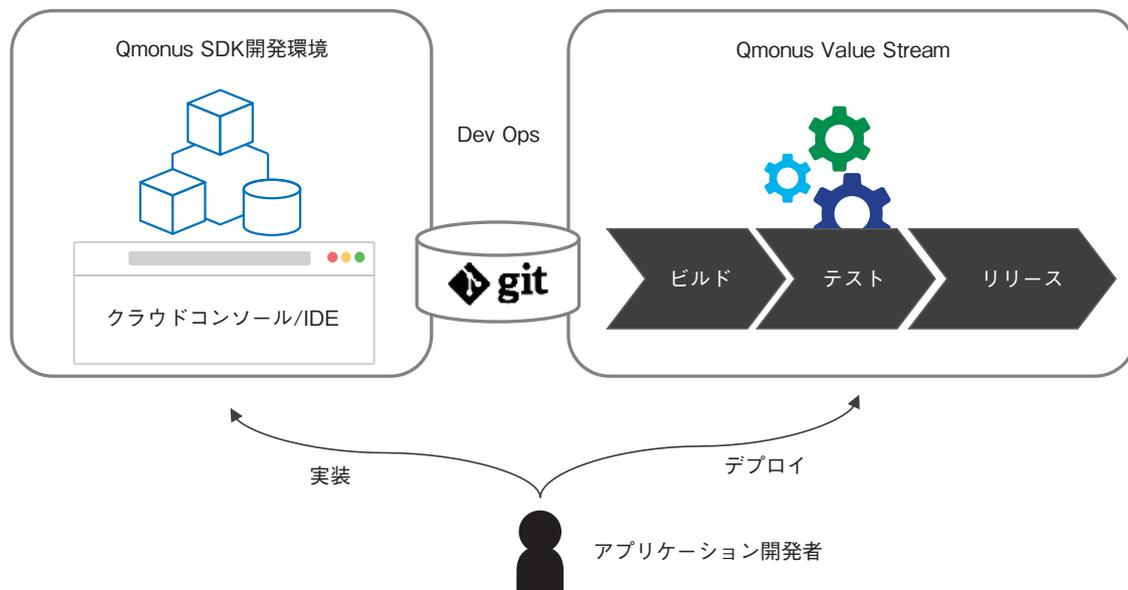


図1 Developerがユーザに価値を早く届けるために

進をしてくれるようになってきました。最近までサービス化など考えてもみませんでしたが、周囲の協力や使いたいと言ってくれる声に支えられ、2022年度にNTTグループ向けにサービスを開始する段階までできています。



欲しいモノを自分で育てる楽しさ

自らがつくり出したモノの価値を認められて拡散したという経緯は興味深いですね。

多くの場合、ニーズやシーズから研究開発のテーマを考えるのが一般的だと思いますが、Qmonusは、「私が欲しいモノ」から始まっています。一番欲しいモノをつくるのは楽しいものです。Qmonusにより自分の生産性も上がるし、それを使うことによって周囲の生産性も上がります。またさまざまなフィードバックを得ることでさらに自分も道具も進化することができます。何より欲しいモノを自分でつくり、育てることは楽しいと思いませんか？ NTT Comの開発部門には、こうした発想を尊重してくれる環境があります。入社したばかりのとき、システム開発を新入社員だけのチームで内製させてもらったことを覚えています。この環境は今も同じで、新しいビジネスのタネになるような技術開発は何でもやらせてもらえます。ただし、ビジネスですから出口戦略は必須で、価値を見出せなければ継続することはできません。しかし、志や将来性をしっかりと示せば開発着手は認めてもらえます。

その際、自分の志をしっかりと伝えるためにきちんと戦略を練る必要があります。私は、先ほどお話ししたQmonus SDKの例のように、まずは実績をつくり使っていただくことで、その価値を実感してもらうことを心掛けています。他にも私は相手の意見をよく聞いて、次の機会には本質的

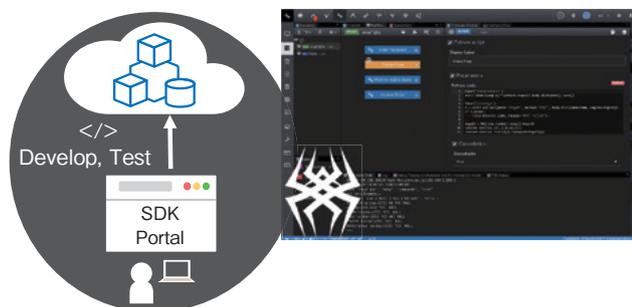
なフィードバックをするように心掛けています。

Qmonusは私の欲しいモノからスタートしたサービスですが、もちろん、開発をする以上、社会貢献や事業貢献につなげていくことが前提です。そのためにも周囲の意見を聞くことは重要で、周囲からのフィードバックを熟考したうえで、それを超えた提案をすることがベストだと思います。まずは技術を追いかけてつくったものを使っただき、結果のフィードバックから本質的な要求を噛み砕いてプロダクトに反映する、このように「技術の本質的な使い方を迎えに行く」アプローチがユーザの一步先を読み解くことにつながると考えています。

技術を迎えに行くとはユニークな表現ですね。その活動において課題やテーマを探るときに心掛けていること、意識して実行されていることはありますか。

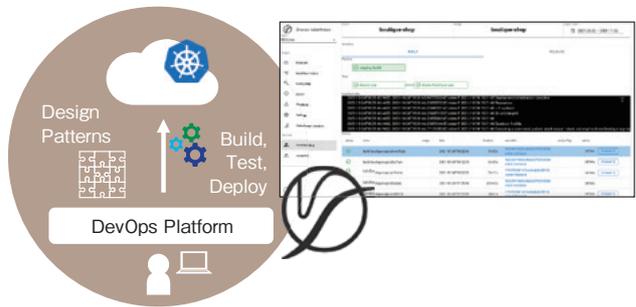
目前の課題に対応しつつ、自分たちだけでは解決できないような大きな問題を見据えて動くという状態ですから、取り組む課題やテーマをじっくりと考える余裕がないのが実情です。ただ、抱えている案件が非常に多いうえ、ユーザも多く、その分フィードバックもありますからテーマの材料には事欠きません。だからといって、すぐにテーマとして飛びつくのではなく、全体を俯瞰する力も必要です。社会において私たちがどのポジションにあるかを知らないと、社会や事業への貢献からほど遠いテーマとなります。

このため、私は同じ志を持った仲間とのブレインストーミングを大事にしています。例えば、DevOpsに別の視点や軸で臨んでいる組織の仲間とディスカッションしたり、お互いの近況、悩みを共有しています。それだけでもたくさん課題テーマやアイデアが出てきますし、技術だけではなく、ビジネスの戦略や組織的な課題等も共有できて大



Qmonus SDK

クラウド上でマイクロサービスを高速で開発できるソフトウェアフレームワークを提供



Qmonus Value Stream

ベストプラクティスを活用したソフトウェアデリバリーを実現するCI/CDプラットフォームを提供

図2 提供プロダクト



変刺激を受けてることができます。他にも、技術論文やホワイトペーパー、OSSの動向にも目を配り、私たちが取り組まなければいけないニーズやシーズ、トレンドも集めます。

余裕がない中でも情報収集や思考の時間をつくらなければならないので、私は午前中をコーディングやデバッグ等の直接の開発の時間にあて、午後はコミュニケーションや思考の時間にあてています。頭がフレッシュな午前中は集中してコーディングを行い、老眼で疲れてきたら、情報収集やコミュニケーションを通じてさまざまな意見を聞くとリラックスできて「次あれやる」と課題やビジョンが浮かんでくるからです。



10から100にするのは、0から1にするよりも大変

研究開発者の仕事の醍醐味を教えてくださいませんか。

研究開発者の仕事は0から1を起こす仕事だと思っており、3年ほど前はそれが醍醐味だと思っていました。0から1にするのは大変で、その1を10にするのは楽しい、けれどもその次のステップ、10から100、1000にするフェーズは、それが0から1とは比べ物にならないほど大変であることに直面しています。ソフトウェアはコピーすればスケールしますが、案件プロジェクトが膨大になってくるとソフトウェアでカバーできない部分でどうしても人が必要になります。導入支援や設計コンサル業務、運用支援といった部分で限界があるのです。

したがって、「しかけ」をつくる必要があります。これは人を含めたシステム化のイメージで周囲のパートナーとうまく連携しなければ実現できませんし、連携するにはWin-Winの関係を築かなければ協力を得ることはできません。単純に技術と向き合っていればよかった0から1の世界とは違い、100から1000をめざす今は全く違う景色が見えています。関係パートナーをコーディネートするのは骨が折れますが、その大変さより100から1000に向かって進んでいる実感が増す喜びのほうがはるかに大きいと感じています。

ところで、研究開発の醍醐味はある意味自己満足だと思っています。ただ、その根幹には研究開発者の「社会に貢献したい」という信念があり、その信念に基づく結果に対する自己満足なのです。例えば、私はユーザからいただく感謝の言葉に喜びを感じます。これは自分がいいと思ったものが実際に世の中で使われているという事実を「誰かの役に立った」と、とらえているからだと思います。研究開発者としてこうした喜びを得るためには、最後まで成し遂げる志や、自分を信じるだけではなく、周囲や仲間をしっかり信じるのが大事だと思います。なぜなら、研究開発者として0から1にする、つまりモノはつくれるかもしれないけれど、仲間がいなければ100にすることはできないからです。そこには必ず、仲間、そして「しかけ」が必要になります。

後輩に一言メッセージをお願いします。

私は日頃、上下関係を意識せず後輩の皆さんと仲間感覚で接して仕事をしていますので、その感覚でお話しさせていただきます。

若いエンジニアは「この技術をやりたくてNTT Comに入りました」「外部で発表したいです」「論文書きたいです」という方も結構多く、この姿勢や行動は研究開発者にとって当たり前でもとても大切なことだと思います。

ただ、皆さんには、今やっている研究開発が事業にどのようなつながっていくのか、事業における自分のポジションを常に把握して業務に取り組んでほしいと思っています。そして、その成果をタイムリーにアウトプットしていくように努めてほしいと思います。これによって、事業貢献と研究開発が両立し、ブレのない研究開発を継続できますし、アウトプットするために必要な信頼関係を早いうちから築くことができ、それが将来の役に立つのです。

理想形を追い求めず、動く技術をなるべく早く事業に届けることを意識して取り組むとよいのではないのでしょうか。

世の中の動きもとても速くて、似たようなことをしている人が世界にいることを知ると、それが気になって目標や目的を見失うこともあります。そのためにも、コンパクトにアウトプットできるルートは常につくっておくのがよいと思います。

私は生涯現役プログラマーを可能な限り続けたいと思っています。「橋本さん、ボケました」と若い人から突き上げられるまではキーボードは離さないつもりです。

明日のトッパー



NTT宇宙環境エネルギー研究所

今村壮輔 特別研究員

藻類と魚介類による炭素循環にゲノム編集技術を適用し海洋中のCO₂を低減させる研究

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) の第6次評価報告書によれば、大気中に排出されるCO₂のうち森林で吸収される割合が57.7%, そして海洋で吸収される割合も34.6%に上るといわれています。今回は、海洋におけるCO₂量を低減させる「ゲノム編集技術を応用した海洋中のCO₂低減技術」について、今村壮輔特別研究員にお話を伺いました。

◆PROFILE : 東京農工大学連合農学研究科生物学専攻博士課程修了後、東京大学リサーチフェロー、日本学術振興会特別研究員PD (東京大学)、中央大学理工学部生命科学研究科助教、東京工業大学化学生命科学研究科准教授を経て、2021年日本電信電話株式会社入社。NTT宇宙環境エネルギー研究所 サステナブルシステムグループ所属。明治大学農学部兼任講師、東京工業大学化学生命科学研究科特定教授を兼任。専門は植物分子生物学。



藻類および魚介類へのゲノム編集を通じて海洋中のCO₂を低減

◆「ゲノム編集技術を応用した海洋中のCO₂低減技術」とはどのような技術なのでしょう。

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) の第6次評価報告書によれば、地球上から大気中に排出されるCO₂の総排出量のうち、人間活動によるものはわずか4.8%にすぎません。残りのうち土壌から排出されるものが61.3%、海洋から排出されるものが33.7%を占めています。一方、吸収については、森林により吸収されるものが最大で57.7%を占めますが、海洋で吸収されるものも34.6%に上ります。

NTTが提供する通信サービスはエネルギーの消費に伴ってCO₂を排出しているため、その排出量を削減する技術の研究開発は、今後の通信事業の発展を妨げないためにも、地球環境への負荷を削減するためにも重要です。また、省電力化などによるCO₂排出量を減少させる方策に加えて、生物の力を活用して排出したCO₂を吸収して低減するというアプローチも可能です。私たちは特に海洋の炭素循環に着目し、そこにゲノム編集技術を応用して海洋中のCO₂を低減させる研究を行っています。

図はゲノム編集技術を藻類と魚介類の炭素循環に応用した、海洋中のCO₂低減技術の概略を示したものです。大気から海洋に溶け込んだCO₂は、海洋中に生息する藻類などの植物プランクトンによって固定されます。「固定」という用語は聞き慣れない

かもしれませんが、「CO₂などの無機炭素を、グルコースなどの有機炭素化合物へと生体内で変換してそれが取り込まれる過程のこと」を指します。次に、魚介類が先の藻類をエサとして食べることで、藻類によって固定された炭素が魚介類へ受け渡されます。これが、海洋中で繰り返されている食物連鎖による炭素循環です。

私たちは、世界初の試みとして、食物連鎖を担う藻類と魚介類双方にゲノム編集を適用し、その結果として、藻類のCO₂固定量や成長を促進させたり、魚介類の成長速度や貝殻や骨への炭素吸着量を向上させたりすることをねらっています。これにより、藻類と魚介類による炭素循環総量を“相乗的”に向上させ、海水中のCO₂量を減少させようという研究です。

海水中のCO₂濃度が減少すると、その分大気中から溶け込むCO₂が増加しますから、大気中のCO₂量を削減することが可能となります。リージョナルフィッシュ株式会社と共同で実証実験を開始しており、藻類のCO₂固定量を増加させるゲノム編集の研究開発をNTTが、魚介類の体内に固定する炭素量を増加させるゲノム編集の研究開発をリージョナルフィッシュが担当しています。

◆藻類に着目されたのはなぜでしょうか。

海洋でのCO₂固定の一翼を担う「植物プランクトン」の正体は藻類ですから、そこに着目したのは自然の流れかと思います。藻類は約30億年前に誕生し、光合成によって酸素をつくり出してきました。背負っている歴史の深さは他の生物とは比較になりません。私たち人類は彼らが蓄えてくれた酸素のおかげで呼吸できていますし、身近にある植物の進化過程をたどれば藻類に行き

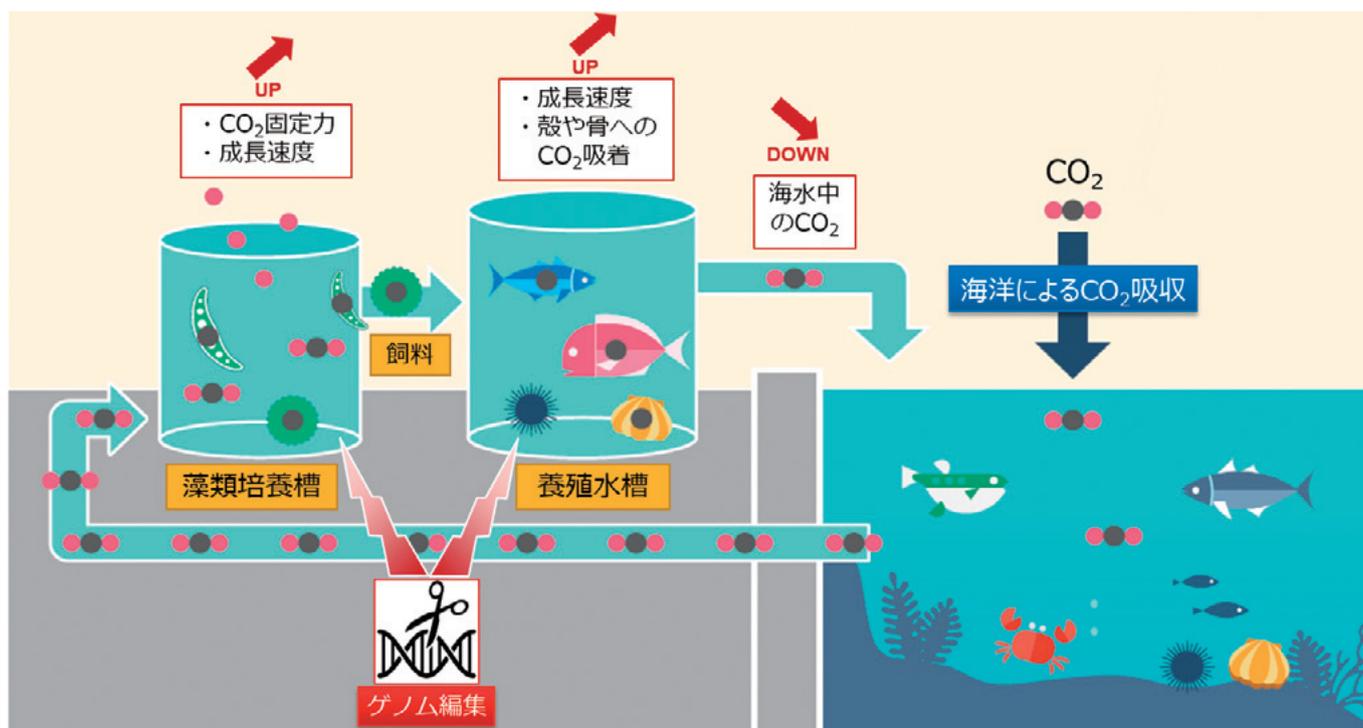


図 ゲノム編集技術を応用した海洋中のCO₂低減技術

着きますので、「藻類が現在の地球環境の原型を創った」といっても過言ではないでしょう。こうした理由から、藻類が植物を理解するのに良い材料であると考え、私は学部生のころから藻類の研究に従事しています。

また、藻類の多くが1つの細胞からできている単細胞生物であるため、後述するゲノム編集で扱いやすいという理由もあります。

◆ゲノム編集技術とはどのような技術なのでしょうか。

「ゲノム編集技術」と混同されやすい言葉として「遺伝子組み換え技術」があります。納豆のパッケージなどで「遺伝子組み換え大豆は使用しておりません」といった記載を目にしたことのある方は少なくないかと思いますが、遺伝子組み換え技術は、例えると人間の体の中に藻類の光合成に関する遺伝子を入れるようなものです。

一方で、ゲノム編集技術というのは人間の中の遺伝子配列、つまり並びを少し変更するものです。遺伝子組み換え技術と違い、

他の生物の遺伝子が体内に入ることはなく、本来持つ遺伝子の機能を改変するのみであるため、比較的安全だと考えられています。同じ原理として、作物などの品種改良があげられます。

ただし、ゲノム編集体が環境に与える影響や、生物の多様性が破壊されることはないか、などの評価は注意深く行う必要があります。そのため、実証実験は陸上での養殖という限られた閉鎖空間で行っています(図)。

まずは5年をめどに1組の藻類と魚介類の組み合わせによる実用化をめざす

◆研究の現状について教えてください。

現在は3つの視点で研究を進めています。

1番目は給餌に関する研究です。現在は培養した藻類を実際に魚介類に与える給餌試験を行っていますが、魚介類は嗜好性が強

いらしく、なかなか食べてもらえません。どのような種類の藻類をどのくらいの濃度で与えれば効率良く摂取してもらえるか、ということの研究をしています。

2番目はゲノム編集技術についての研究です。ゲノム編集を行うには、どの遺伝子のどの部分の配列を変えるのかを決定する必要があります。現在は望む効果が見込めるようなゲノム編集の条件を検討している最中です。

3番目はゲノム編集による不都合な現象を低減する研究です。先ほども申し上げたとおり、藻類には30億年以上の時間をかけて蓄積された洗練された仕組みが備わっています。それゆえ人間の手を入れてそれらの仕組みを改変すると、必ず不都合が生じてしまいます。例えば、CO₂の吸収量や固定力を上げると、代わりに増殖力が落ちてしまうといった具合です。こういったトレードオフを緩和するにはどうしたら良いのかを研究しています。

◆今後の研究の方向性について教えてください。

海洋には非常に多種多様な生物が生息しています。冒頭でCO₂の排出量、吸収量のパーセンテージを紹介しましたが、これはあくまで計算によって求められたものです。数種類の藻類などに関する既存のデータを用いて、「すべての生物で同じことが起こっているであろう」という仮定のもとに導き出された概算値といえます。私たちは、陸上養殖のプラットフォームを用いた閉鎖空間内の実験を通して、藻類がどの程度のCO₂を固定し、そのうちの程度の量が魚介類に受け渡され、そして全体としてCO₂の量がどれだけ変化したのかを定量的なデータとして示したいと考えています。こうしたアプローチは、今後の実用化を見据えた場合には重要なポイントとなるでしょう。まずは5年をめぐりに、藻類A、魚介類Bの一对の組み合わせを決定し、CO₂の低減効果と安全性を評価したうえで実用化することを目標としています。ここをクリアできたら、閉鎖的な空間のみならず、実環境（海洋）への技術展開も検討できるでしょう。

ここまで環境の観点からCO₂低減についてお話してきましたが、もう1つ食料問題という重要なテーマがあります。現在、食料不足を補うことができるような魚介類、可食部増量マダイや急成長トラフグの開発に、リージョナルフィッシュがゲノム編集技術を用いて成功しています。ゲノム編集を施した魚介類に海洋中のCO₂を高効率に固定した藻類をエサとして与えることにより、CO₂の低減と食料生産を同時に実現可能な技術となることが期待されます。しかし、ゲノム編集はまだ歴史の浅い新しい技

術ですので、消費者がゲノム編集体に不安を抱かないように、正しい情報をしっかり伝えていくことも必要です。また、貝類ではアコヤガイの研究も進めています。アコヤガイは真珠をつくる貝なので、ゲノム編集体を食べることに抵抗のある方でも、工芸品である真珠は受け入れやすいのではないのでしょうか。

もちろん一番の目的はCO₂をより多く固定することですが、将来的には魚介類にこうした付加価値をつける研究への展開も必要になってくるでしょう。

さらに土壌への応用も考えています。CO₂の排出量では土壌は最大の割合を占めますし、何より土壌は植物への栄養供給源でもあります。土壌からのCO₂の発生量をいかに抑えていくかという取り組みは重要です。藻類とは方向性が少し異なりますが、どちらも登場する主役は微生物という「小さな役者」ですので共通点はあると思いますし、新たな発見が得られるのではないかと期待しています。

◆学生、若手研究者、および将来のビジネスパートナー様に向けてメッセージをお願いいたします。

今回紹介した私たちの研究を加速させ、より汎用性の高い技術へと発展させるために、ゲノム編集や藻類培養・給餌などのデジタル化とそのデータ解析を行うデータサイエンス分野の方や、生態系全般を専門とする方などともコラボレーションしながら、進めていきたいですね。

NTT宇宙環境エネルギー研究所は、非常に広い分野にわたって研究を行っています。私たちのように生命の真理を探求・追究するような研究もあれば、通信やネットワーク、それらを支える工学的な基礎研究にとどまらず、エネルギーサイエンスや社会科学に関する研究も行っています。そして「これまでにない新しいチャレンジングなテーマに取り組む研究所」です。私は2021年3月に大学から当研究所へとやってきましたが、研究から開発までを非常に大きなスケールでバランス良く取り組めるところに魅力を感じています。

現在、生物の仕組みには未知の部分が多く残されています。その部分を考えるだけでも、新たなアイデアがどんどん出てきますし、それらが解明されれば研究テーマはさらに広がっていくと思います。宇宙環境エネルギー研究所は新しいことに挑戦できる環境が整っていますので、好奇心旺盛な方がメンバーに加わっていただければ非常に心強いですね。

NTT DATA

株式会社NTTデータ オートモビリティ研究開発研究所

自動運転車のコアとなる ソフトウェアを研究開発

NTTデータ オートモビリティ研究開発研究所では、NTTデータの自動車ビジネスグループにおける研究開発集団として、自動運転の研究開発に注力している。自動車関連業界においては、CASEと呼ばれる新しいコンセプトにより、100年に1度といわれる変革が始まっている現在、多くのプレイヤーが競い合う中で、コアテクノロジーをベースとしてアイデンティティを築き上げ、ビジネス展開していく思いを中井章文社長に伺った。

NTTデータグループの強みと車載ソフトウェアの 30年にわたるノウハウで自動運転にチャレンジ

◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

NTTデータ オートモビリティ研究開発研究所（ARC：アーク）の社歴は、1973年から組込マイコンを扱う会社が起点となります。1988年には「ZIPC」ブランドのマイコン組込ソフト開発支援ツール事業を開始し、当時の社名キャッツ株式会社は自動車関連業界における“尖った”ツールベンダーとして有名でした。その後、2010年にNTTデータグループの会社、そして2018年にNTTデータの子会社になり、「ZIPC」ビジネスをとらして得た車載ソフト開発に必要なモデリング力・開発ツール構築力に加え、新卒・中途入社で急増してきている物理数理/AI（人工知能）/自動車製造に関するハイクラスの研究者・エンジニアが加わることで、2020年に自動運転領域ソフトウェアの研究開発・ビジネス展開を担うNTTデータ オートモビリティ研究開発研究所に社名変更しました。

ARCは、NTTデータのコネクティッドシステム構築力とのシナジーを活かしつつ、トヨタグループ様はじめOEM/Tierの研究開発組織と連携して、次世代車両の開発運用を革新するハイブリッドAIプラットフォームの研究開発・事業化に取り組んでいます。社内では“GARDEN”プロジェクトというコードネームで呼んでいます。もちろん「ZIPC」シリーズの開発、車載関連ビジネスへの展開強化、ソリューション事業の推進、製造産業に向けたツールプロダクト販売等も行っています。



NTTデータ オートモビリティ研究開発研究所 中井章文社長

◆最近、自動車関連分野は各方面から注目されていますね。

カーボンニュートラルへの対応のためのFCV（Fuel Cell Vehicle）や水素エンジンの活用や電気自動車等、メディアにおける扱いが多くなっていますが、これらを含めてCASEと呼ばれるイノベーションが起きようとしています。CASEとは、Connected（接続性）、Autonomous（自動運転）、Shared（共有）、Electric（電動化）のことで、自動車関連分野における100年に1度の変革ということで注目を集めています。

Googleの自動運転車開発部門だったWaymo社の整理では、自動運転車両のシステム化には、①高性能で安全・堅牢な車両基盤（ハードウェア）、②安全で信頼できる運転（車両ビヘイビア）、③安全な製品配備と運行管理（製品管理）の3つのレイヤが必要とされ、同感です（図1）。もはやハードウェア主体の自動車単独でなく、安全で信頼できる車両ビヘイビアを効率的に保証するバーチャルツインシミュレーションをはじめとするこれまでになかった大量生産の仕組み、生産した車両をコネクティッドで運行管理するインフラなどプラットフォームやソフトウェアと一体化した巨大システムです。すでに市販されている自動車にも数多くのLSIやMPUが搭載されて、それらはソフトウェアが加わることで機能実現、制御されているのですが、CASEになると周辺のプラットフォームとの連携や個別領域ごとのシステム群をまたがる統合制御が必要になり、そのための脳であるソフトウェアの比重が高まり重要性は高まってきます。

こうした状況において、ソフトウェアをベースとした研



図1 自動運転車両システムのレイヤ構造

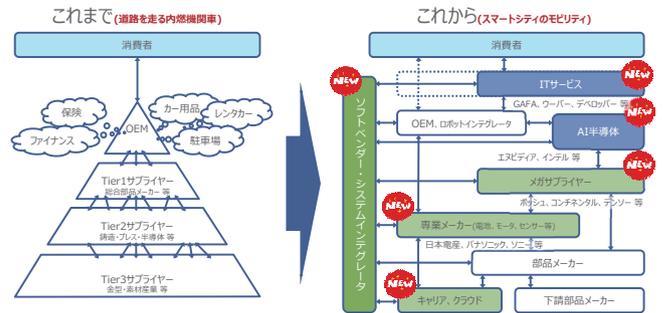


図2 自動車産業のパラダイムシフト

究開発をメインとしているARCとしては、車両バリエーションや製品管理のレイヤに注力した事業展開をしていくつもりです。

◆ 自動運転のコア技術を提供するソフトウェアIPプロバイダー、およびNTTデータやOEM/Tierと連携してプラットフォームインテグレーションをめざす

◆CASEの世界になると、自動車業界以外のさまざまなプレイヤーが登場してきますね。このような環境の変化の中で、ARCはどの方向をめざしていきましょうか。

従来の自動車関連産業は、OEMと呼ばれる自動車メーカーを頂点とし、その配下Tierと呼ばれるコンポーネントや部品等を供給する階層構造を持ったサプライヤー群により、自動車完成というハードウェア組立を中心とした産業ピラミッド構造が形成され、その周辺に駐車場や保険といった付加価値サービスを提供する企業群が存在する状況でした。

CASEの世界になると、自動車の内外にAI、IT、通信といった機能や、それらを実現する新たなハードウェア、ソフトウェア、サービスとの連携が必須かつ重要になります。これらは、従来の自動車産業ピラミッドにはいなかったプレイヤーによってリードされ、さらには従来のサプライヤーや部品メーカー自身もピラミッド型ではないネットワーク型のビジネスチェーンに活躍の舞台を移す、という産業のパラダイムシフトが起こると考えています(図2)。

最近ソニーからCASE車両ビジネスを始めるとの発表がありました。

Appleは車両ハードウェアも視野に入れつつiOS上ですべての機能を実現していくのではないかと、また、ス

マートシティに向けたトヨタとNTTの連携のような異種プレイヤーどうしの連携といった話題がメディアで紹介されているように、この分野においては新しいプレイヤーが、さまざまなビジネスモデルで登場してきています。こうした中、ARCは車載ソフトウェア領域でのモデリング力、組込ソフトウェア大量生産・運用プロセスを変革するツール構築力、高度な物理数理/AI人材、NTTデータのコンネクティッドシステム構築力等をコアコンピタンスにして、OEM/メガサプライヤー/サービス事業者/AI半導体ベンダー/クラウド事業者の方々とのアライアンスを進展させていただいています。コアコンピタンスの見える化として、2021年6月には自動運転をバーチャルで検証するプラットフォームである「GARDENシナリオプラットフォーム」を、OSS(Open Source Software)として発表・公開しました。

◆今後の展望についてお聞かせください。

ARCは、直近のビジョンとして、「2025年までに、自動運転開発運用のツールクリエイターとしてリーダーポジションにいて、ユニークな完全自動運転プラットフォームを發明していること」を掲げ、その実現手段として、Autonomous(自動運転)を主としたCASEソフトウェア、関連ツール、プラットフォームの研究開発に取り組み、その成果をIP(Intellectual Property)としてライセンス供与することをめざします。まもなく、ZIPCブランドに新しいラインアップをローンチする予定です。それをベースに、NTTデータやNTT、トヨタグループをはじめとするお客さま企業と連携して、未来のモビリティ社会に寄りたいと思います。

レベル4の自動運転の実用化へのチャレンジ

取締役副社長, CTO
渡辺 政彦 さん



◆担当されている業務について教えてください。

CTO (Chief Technical Officer) として、CASE、特にAutonomous (自動運転)に関する研究開発の責任者をしています。自動運転には表に示すようなレベル分類があります。日本国内では2021年にレベル3による自動運転車が販売されたところですが、ARCはレベル4にチャレンジしています。

自動運転は、ヒューマンエラーのパターンを理解するために用いられるSRKモデルに基づき、熟練ドライバーの判断力のベースを、スキル(S)ベース・ルール(R)ベース・知識(K)ベースの認知プロセスに分類して、それによりソフトウェアで運転制御を行います。レベル4に向けて自律型の運転制御だけではなく、5G(第5世代移動通信システム)を使って遠隔制御を行い、その過程で得られるデータを知識として分析してスキルベース・ルールベースにアップデートをかけていきます。

こうしたプロセスを、OSSとして発表した「GARDENシナリオプラットフォーム」により、例えば中型バスの自動運転の実証実験としてシミュレーションを行っています。また、「GARDENシナリオプラットフォーム」を活用して、公益社団法人自動車技術会が主催する「第2回自動運転AIチャレンジ」(2020年)において最優秀賞である経済産業省製造産業局長賞を受賞しました。

◆ご苦労されている点や課題を伺えますか。

当社におけるレベル4については、シミュレーションによる実証実験を行って検証する段階までできています。ここまでくると次は実車に搭載して実証実験を行うことが必要になります。テストコースで実車走行させるところまでは、研究開発側の関係者だけで対応できる部分が多いのですが、どうしても限られた環境の中での検証になります。そして、その次の段階となると、公道における実証実験となります。実験フィールドを定義して行う検証、そして実環境で行う検証と続き実用化となります。

ところが、実験としての公道の利用許可、道路交通法等関連法規との整合等、研究開発サイドの関係者だけでは対応できない部分ばかりです。自動運転の開発については政府も推進していることもあり、法改正や警察、自治体の対応等も前向きに準備を進めていただいているところではありますが、これらに対応していくためには研究開発サイドとしては未知の分野に対する勉強をすることが大切であり、そのような環境を提供できるように心掛けています。

◆今後の展望について教えてください。

自動運転レベル4では区間等の限定があるとはいえ、例

レベル	名称	運転主体	走行領域	解説
0	運転自動化なし	人	適用外	ドライバーがハンドルやペダルなどすべての操作を行う
1	運転支援	人	限定的	車両システムがハンドル操作、もしくはアクセル/ブレーキ操作のいずれかをアシスト
2	部分運転自動化	人	限定的	車両システムがハンドルと加減速の制御をアシスト
3	条件付運転自動化	システム	限定的	車両システムが選定エリアですべての運転制御を行う。ただし、緊急時はドライバーが対応
4	高度運転自動化	システム	限定的	車両システムが限定エリアで運転制御を行う。ドライバーによる制御は不要
5	完全運転自動化	システム	限定なし	車両システムがすべてのエリアで運転制御を行う。ドライバーによる制御は不要

表 「自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義」 公益社団法人 自動車技術会発行より

例えば今問題になっている高齢者の運転免許返納の場合を考えると、その人の生活圏の中で自動運転レベル4を実現すれば、その人が免許を持っていなくても移動手段を確保することができるようになり、社会課題の解決につながります。これをニッチな世界で対応していくのであれば、意外と近い将来には実現できるのではないかと思います。

ボリュームゾーンに出ていく場合には、逆にさらに時間

がかかるとともにNTTやNTTデータ、そしてトヨタといったメジャーの方々に全体を先導していただく必要が出てくると思います。そして、ARCもAutonomous（自動運転）とConnected（接続性）からMaaS（Mobility as a Service）へ展開し、NTTグループの中で連携強化していくこととなります。

NTT データ オートモビリティ研究所 ア・ラ・カルト

■若手社員の挑先（戦ではなく先に挑む）がスゴイ！仕事を遊びに、遊びは仕事へ！

ARCには高度な物理数理/AIといったスキルを持った人材が多くいるようで、特に若手社員は知的好奇心も旺盛で、プライベートで業務とは異なる趣味を楽しみながらも、普段研究しているものを自己研鑽でチャレンジしてみたということがたびたびあるそうです。「第2回自動運転AIチャレンジ」では、主催者から渡されたプログラムを、事故を起こさず速く走行し目的地へたどり着けるように改変していく課題に対して、オンラインゲームに没頭するような感覚で自分の感性に合わせ、課題を超越するようなチューニングを行った結果、最優秀賞。楽しんで探求していたら賞がつかってきたという究極の世界。2021年は海外主催競技にも進出し「2021WORLD INTELLIGENT DRIVING CHALLENGE」（中国天津）へも挑先（戦ではなく先に挑む）しています（写真）。また、他の若手社員は、「第9回自動車機能安全カンファレンス」に登壇し、1000名を超える自動運転開発者を前に研究成果を堂々発表。講師デビューしたりと、日々積極的に先に挑む若者が誕生しているそうです。

■R&Dを支援するオフィス環境。時には幸せを呼ぶドクターイエローで運試し

横浜アリーナの目の前にあるオフィスは、ディスプレイを2、3台設置できる斬新なデザインの大きなデスクが簡単なパーティションで専用ブースのように配置され、集中しながらもゆったりできる環境で、アイデアの創出、研究への集中、新たなソリューションやツールプロダクトの開発を支援しています。横浜アリーナと反対側に位置する窓からは東海道新幹線の列車が（時に幸せを呼ぶドクターイエローも）走るのが見え、コロナ禍である現在はテレワーク併用で、出社人数も控えめですが、便利な立地とオフィス環境の良さもあり、定期的に出社している人もいます。



写真

医用画像診断支援技術 MaestroAI[®] の 実用化に向けた取り組み

医療現場では、CTやMRIなどの撮像機器の進化に伴い、がんや心疾患、脳血管疾患などの重大疾病の早期発見・診断ができるようになりました。しかし、画像を用いた診断の需要が増すとともに、診断を行う放射線科医の負担も増加しています。NTTデータでは、放射線科医が不足している課題に対し、患者の医用画像をAI（人工知能）技術で分析し、異常所見を示すことで読影業務をサポートするAI画像診断ソリューション（MaestroAI[®]）を開発しています。

AI画像診断ソリューション開発の背景

医療分野では、X線CT画像やMR画像などのさまざまな画像データが病気の診断や治療方針の決定、手術後フォローアップなどの場面で利用されています。

特に日本は、人口100万人に対するCT、MRI機器の設置台数⁽¹⁾がOECD加盟国の中でももっとも多く、CTが107台、MRIが52台（2017年）となっています。また、これらの機器の性能向上に伴い、1回の検査で撮影できるスライス枚数も増加しています。

しかし、こうした医用画像データが増加する一方で、さまざまな診療科の医師から依頼を受けて画像を読影し、レポートを作成する放射線科医は不足しています（図1）。

画像診断AIとは

放射線科医は、各分野の医師が適切な診断や治療方針を

決定するうえで大切な役割を担っていますが、近年は、前述したような放射線科医の不足による業務負荷の増加が問題視されています。

放射線診断では、放射線科医が頭部・胸部・腹部・四肢などの読影を行い、各診療科に診断レポートを返します。読影では、検査によって得られる膨大な画像データを見落とさないように1スライスずつ確認し、所見を抽出します。また、正確性や網羅性を担保するための二重読影をするケースや、迅速なフィードバックを要するケースがあることも負担が大きい要因となっています。

「画像診断AI」は、放射線科医の読影を補助的に支援し、作業負担の軽減や効率化することを目的としています。

NTTデータのMaestroAI[®]

NTTデータの画像診断AI（MaestroAI[®]）は、主に深層学習のアルゴリズムを採用しており、画像認識技術（画



図1 一般的な医療機関での検査から診断業務の流れおよび主な読影コスト

像分類、物体検出、セグメンテーション)を医用画像の診断に応用しています。具体的には、CTやMR画像から診断対象である各臓器・部位の「セグメンテーション」「異常所見の抽出」「病変の識別」「疾患名候補の提示」等を行います。

MaestroAI[®]は、前述したような放射線科医の読影作業の効率化を目的としており、臓器・器官を複合的に診断支援します。例えば、腹部CT画像から異常所見を提示するために、診断対象の各臓器(腎臓や肝臓など)の特定を行います、さらに以下の3つのアルゴリズムを適用します。

- ・ Phase I (トリアージ): 対象臓器・器官の異常所見の有無の判断
- ・ Phase II (位置特定): 異常所見箇所を検出
- ・ Phase III (異常分類): どのような異常所見であるのかを分類

またこのほかにも、特定疾病や症例について読影業務を支援するAI(人工知能)を開発しており、例として「大動脈瘤検出AI」を紹介します(図2)。

大動脈のように形状が複雑で胸部(上行、弓部、下行)から腹部、腸骨部にまたがる臓器の読影は、比較的時間を要します。そのため、患者の前回検査情報との比較や経過観察の場面では、特にAIが効果を発揮しやすいと考えています。AIにより大動脈瘤を検出するケースでは、機械学習を使ったセグメンテーションや従来の診療ガイドラインの応用により、瘤の形状やサイズを過去の検査画像と比較しやすく提示することで放射線科医の読影業務を支援します。

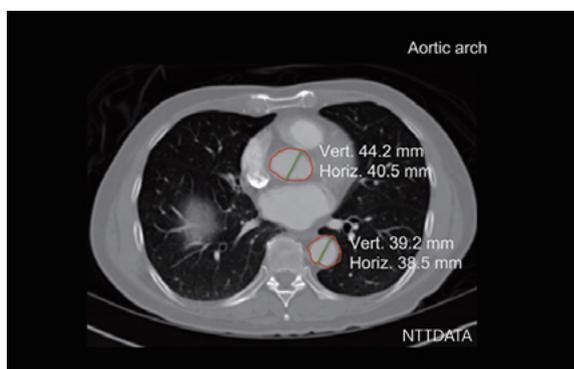


図2 画像診断AIの機能例(CT画像からの各臓器・部位のセグメンテーション:大動脈)

AI画像診断ソリューション開発における難しさ

企業が、画像診断AIなどの医療AIを新規に開発し社会実装につなげる難しさは、いくつかありますが、特に次の2点が一般的な共通課題であるように感じています。

1点目は、医療現場における課題の特定から技術適用や検証を経て、最終的にビジネス化に至るまでに、「医療やAI開発に限定しない幅広い知識やスキルが必要になる」ことです。

当社においては、AI開発において高い技術力を保有していますが、一方で医療分野における課題認識や医学的な専門知識はまだ不足しています。さらに、社会実装に向けては、技術適用の観点だけでなく、構想するサービスやプロダクトをより広く役立たせる、ビジネスとして成り立たせることを検討し、ステークホルダと関係を構築し調整を重ねていく必要があります。このことから、「医療分野の知識×AI開発技術力×ビジネス推進力」を掛け合わせて開発を進めていくことが重要ですが、こういった高度なスキルを有する人材は希少であるのが実情です。

2点目は、「医用画像を収集するハードルがとてつもない」という点です。

CTあるいはMR画像から臓器を検出する、または、がんや疾患、損傷などの異常の分類や識別が可能なAIモデルを開発するためには、少なくとも数千枚から数万枚の十分な枚数の画像を部位や症例ごとに収集する必要があります。また、学習データとして利用するためには、正解となるアノテーション情報を付与する必要がありますが、画像から正確に部位や病変位置などを読み取る際に医学的知識を要し、AI技術者単体では困難です。

技術開発における強み

前述したAI画像診断ソリューション開発の課題に対する当組織(技術開発本部ヘルスケアAIセンタ)の強みを3つ紹介します(図3)。

- ① 医療機関や医師の協力体制と、高品質な医用画像データの確保

国内外の医療機関とアライアンスを結び、多国籍でさまざまな異常を含む大量かつ高品質な画像データを入手できる環境にあります。また、AIモデル構築および検証実施時においても放射線科医による根拠に基づいたフィードバックを得ることが可能です。

- ② デジタル技術やデータ活用に精通した高度スキル人

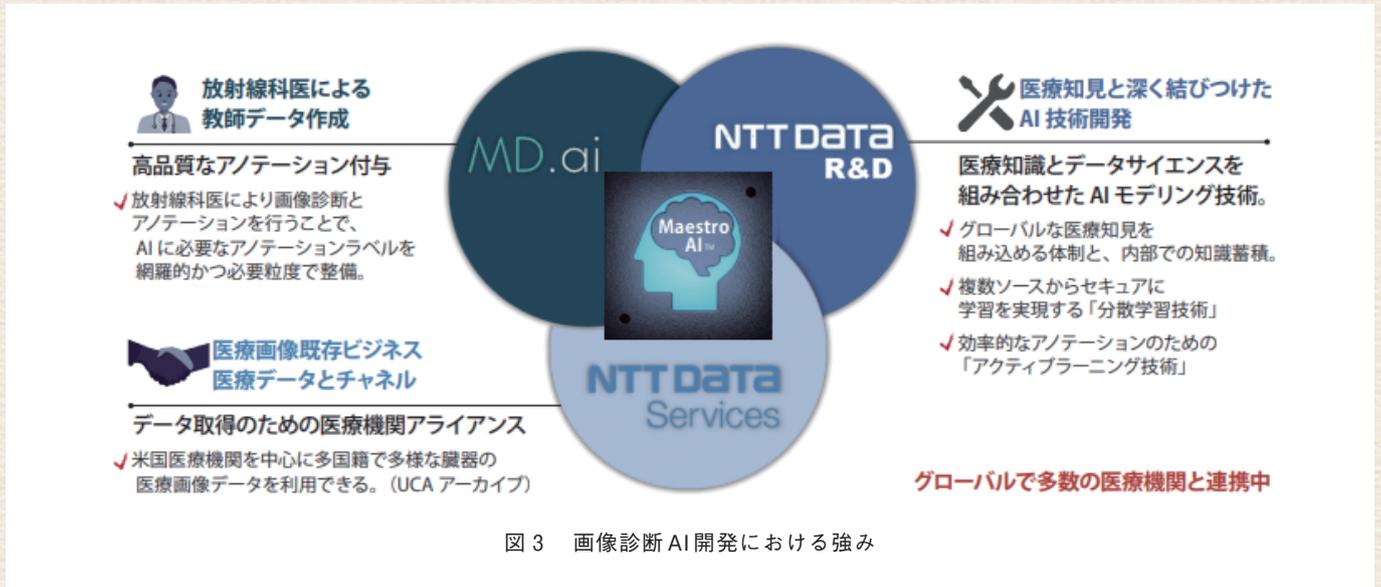


図3 画像診断AI開発における強み

材と内製AIエンジンの保有

機械学習や画像認識、統計解析等のスキルを持つAIエンジニアやセキュアな分析環境を構築するインフラエンジニア、プロジェクト推進人材など多様なスキルを持つメンバーが所属し、研究開発にとどまらず積極的な事業化推進を行っています。この強みは、①の協力体制のもと相乗効果を発揮します。

画像診断AIの開発においては、AIエンジニアとユーザである現場医師、両者の視点から、より具体的に課題やニーズを深掘りし、画像認識技術が効果的に利用できるケースを見極めることで、放射線科医の業務フローにAIが自然なかたちで介在することをめざしています。

③ 国内外でのPoC (Proof of Concept) 実績と、AI画像診断開発ナレッジの体系化

当組織では、これまでにパートナーシップを通じて複数国の医療機関にて、開発したAIモデルの検証を実施しています。

例をあげると、グループ会社であるNTT DATA Servicesが収集した米国の医療機関の画像データを用いて腎臓の異常検出AIを開発し、このAIモデルを日本にフィールドを移して検証を行い、結果としてNTTデータの腎臓の診断支援AIモデルは、人種間の差異がほぼなくグローバルに適用が可能であることを示しました。

また、これらの一連のプロセス（課題設定、開発環境構築、データ収集・作成、前処理、学習手法の選定、AIモデルの構築、検証・評価・改善）から得た「画像診断AI開発・検証」にかかわるナレッジについても、集約し体系

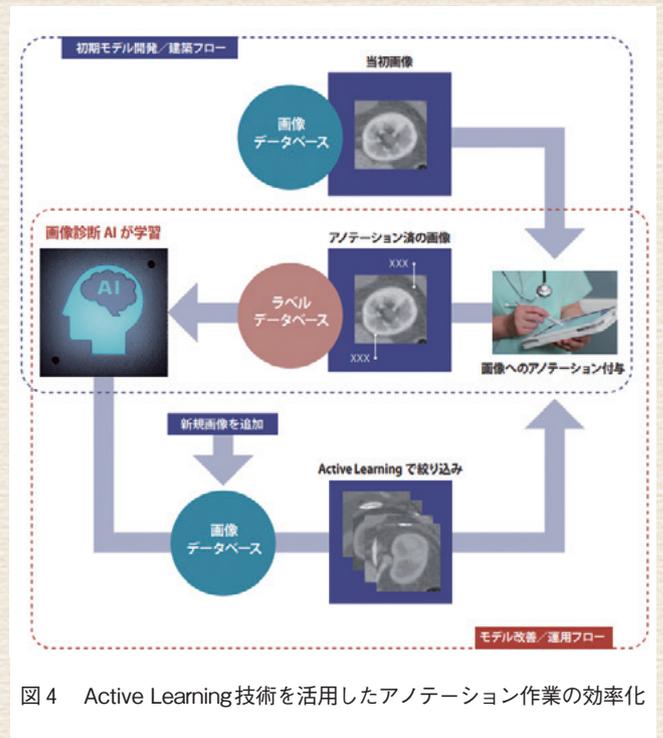


図4 Active Learning技術を活用したアノテーション作業の効率化

化を試みています。例えば、精度の高いAIを開発するうえで特に重要視している画像データへのアノテーション付与作業については、品質を担保するために医師の知見を得ながら作業を標準化し、方法論を整備しています。一方で、何千枚もの画像に人手でアノテーションを付与する作業には時間や費用がかかるという課題に対しては、Active

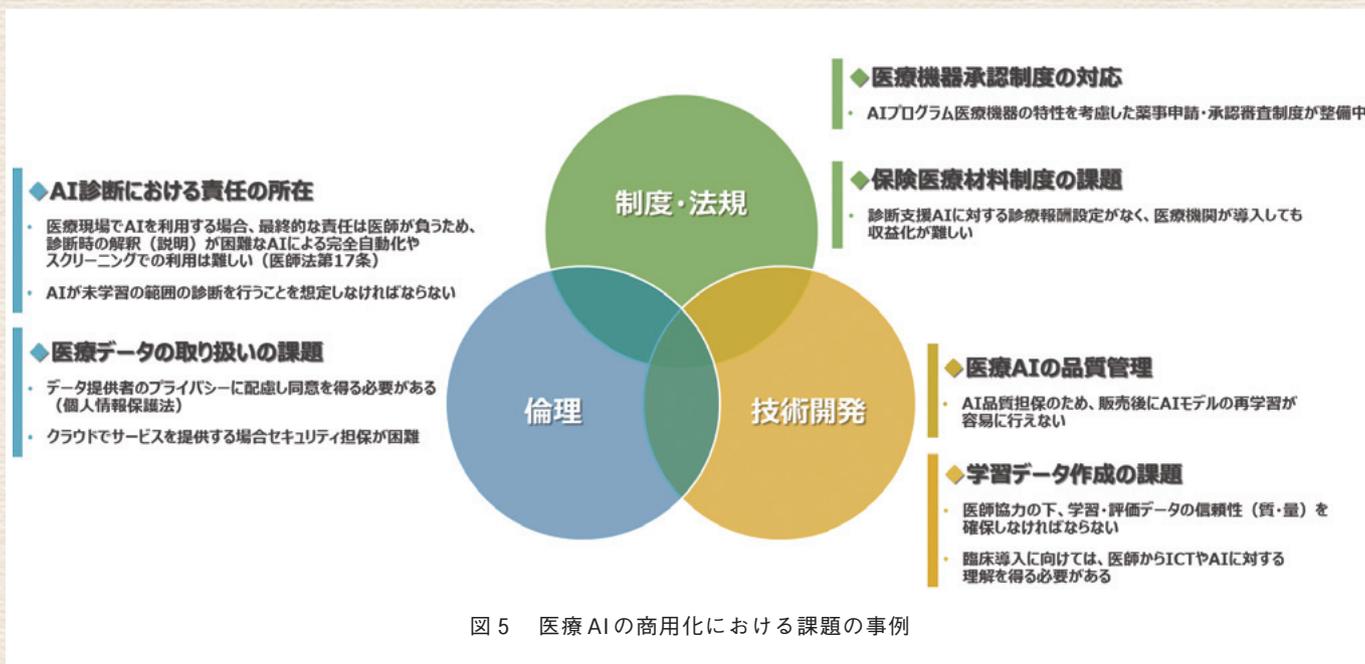


図5 医療AIの商用化における課題の事例

Learning技術を用いることでアノテーションを付与すべく画像の絞り込み、作業負担の軽減を図っています（図4）。

画像診断AIの導入を阻む障壁

医療機関が画像診断AIを導入することでメリットを最大限に享受するための方策として、以下のことなどがあげられます。

- ① AIを用いた画像診断支援が診療報酬の対象となること
- ② AI販売後もチューニングや性能アップデートが容易に行えること

これらについては、厚生労働省を中心とした保健医療分野AI開発加速コンソーシアム⁽²⁾等で現行制度についての議論や検討がなされている状況ですので引き続き動向を注視します。

また、AI活用への期待が寄せられている一方で、臨床現場での利用形態についても、倫理面に配慮し、「AI技術はあくまでも放射線科医を含む医療従事者を技術でサポートする役割である」ことを念頭に置いて利用方法を設計していく必要があると考えます（図5）。

今後の展開

当社は、2021年12月9日に第二種医療機器製造販売業許

可の取得および医療機器製造業登録を行いました。引き続き、パートナーと連携しながら医師の業務を効率化するAI画像診断ソリューションの上市をめざしています。

また、遠隔医療や2018年に施行された次世代医療基盤法⁽³⁾により個人情報に配慮した患者の診療記録の整備、利活用が進むことで、AI画像診断ソリューションの活用の可能性はさらに広がります。

今後は、これらの仕組みを取り入れながら、特に医療過疎や高齢化の課題に対して、診断の場面のみならず、予防・健診から診断、治療、予後の健康維持に至る幅広いシーンでAI画像診断ソリューション・サービスを活かし、解決していただけることをめざします。

■参考文献

- (1) http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH_REAC
- (2) https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-kousei_408914_00001.html
- (3) <https://www8.cao.go.jp/iryuu/gaiyou/pdf/seidonogaiyou.pdf>

◆問い合わせ先

NTTデータ
 技術革新統括本部 技術開発本部 ヘルスケアAIセンター
 TEL 050-5546-9741
 FAX 03-3532-0487
 E-mail Asaka.Fujisawa@nttdata.com