



NTT

**IOWN Technology Report
2023**

– Acceleration to the Future –

CONTENTS

INTRODUCTION

- 1 新たな価値創造と持続可能な社会の実現

KICKSTART IOWN

- 2 IOWN躍動：光とAIから見えてくるこれからの社会

NEW NETWORK & COMPUTER

- 8 IOWNを支える2つの柱
10 APN（All Photonics Network）
14 光電融合デバイス

HOW IOWN CHANGES THE WORLD

- 18 IOWNから見えてくる2030年の世界
20 APN：APNが支えていくレジリエントなデータセンター
対談：柳 嘉起（アマゾンウェブサービスジャパン合同会社）
28 IOWN for LLM[1]：
IOWNが支える生成AIと新たな医療コミュニケーション
対談：沖山 翔（アイリス株式会社）
36 IOWN for LLM[2]：
IOWNが支える生成AIと人間のクリエイティブな未来
対談：栗原 聡（慶應義塾大学）

DTC IS A NEW PLATFORM FOR URBANISM

- 44 DTCが提供する豊かな都市生活のインフラ

Appendix

INTRODUCTION to NTT R&D FORUM 2023

INTRODUCTION

新たな価値創造と持続可能な社会の実現

私たちが生きる社会はこれまで以上のスピードで変化を続けています。コロナ禍によるライフスタイルや働き方の変化、人工知能（AI）の飛躍的な進化に伴う生成AIの出現とビジネスの変容、そして異常気象の増加に代表されるような気候変動——こうした変化は社会へますます大きなインパクトを与えるようになっており、私たちは一つひとつの問題と向き合いながら新たな解決策を導き出す必要があります。

現代社会が直面している課題を解決する上で、もちろんデジタルテクノロジーを無視することはできません。この数十年で社会のデジタル化は大きく進展しましたし、多くの課題が解消されてきたことは間違いありません。

ただし、これまでのデジタル化はもっぱら「効率化」のために行われてきたと言えるかもしれません。既存の産業や業務プロセスなどのデジタル化は自動化や省力化、最適化に使われることが多く、たしかにこうした効率化が大きな成果を上げてきたことも事実でしょう。しかし、デジタルテクノロジーを効率化だけに使っていてよいのでしょうか。私たちは、デジタルテクノロジーのポテンシャルを解放する上でも、効率化ではなく新たな価値を生み出すためのデジタル化を進める必要があると考えています。

こうした考え方を前提としながら、私たちは2019年にIOWN構想を発表し、光電融合技術の開発に取り組んできました。この技術は、私たちが1960年代から研究開発を進めてきた光技術を活用して光を基盤としたネットワークをつくることで、まったく新たな情報処理を実現するものです。

2019年の発表以降、私たちは電子技術から光電融合型の情報処理へと移行すべく、光電融合技術の研究開発を進めるとともに、新たなネットワークとコンピューティングの開発にも取り組んできました。近年は基礎技術に取り組むだけでなく、エンターテインメントや医療などさまざまな領域でアプリケーションやサービスの実証実験や実装も進めています。さらには国内外の多くの企業と連携することで、私たちだけが動くのではなく、社会全体へ大きなムーブメントをつくっていくような実践も続けています。

IOWN構想は、いよいよ現実のものとなりつつあります。新たな価値創造を通じて多くの社会課題を解決し、持続可能な社会を実現するために——私たちは、限界を超えたイノベーションの実現へこれからも取り組みつけていきます。

KICKSTART IOWN

IOWN躍動： 光とAIから見えてくる これからの社会

2019年のIOWN構想発表以降、私たちは着実にIOWN実現に向けたテクノロジーの研究開発を進めてきました。そして今年3月、ついにAPN IOWN1.0としてサービス展開が始まり、いよいよ構想から実現のフェーズへと移ろうとしています。果たしてIOWNはどこから来て、どこに向かおうとしているのか——「光」と「AI」をキーワードにIOWNから見えてくるこれからの社会を考えます。

データ量と消費電力量の 破壊的増加

現在この社会が直面しているさまざまな課題を解決するために、私たちは情報処理の考え方を変えていかなければなりません。なぜなら、たとえデジタルテクノロジーによって多くの課題を解決できるとしても、すでに現代の情報処理環境は限界を迎えつつあるからです。

たとえば、人々が扱うデータ量は年々爆発的に増加しています。フルハイビジョンから16K映像になるなど動画の高精細化によって約750倍データ量が増えると言われますし、メタバースのような仮想空間の活用が増え2次元データだけでなく3次元データを扱うようになると約30倍の変化が生じると考え

られています。あるいはIoTのような現実空間の機器とインターネットの接続を考えてみても、2017年には世界で270億個とされていたIoT機器は2030年に1,250億個まで増えることが予想されています。総務省の情報通信白書によれば、世界のデータ量は2030年前後に1ヨタバイト（1テラバイトの1兆倍）を突破すると考えられています。

もちろん、データ量が増加すればデータセンターの消費電力も増えていきます。2018年を基準とすると、2030年にはデータセンターの消費電力も約13倍に増加するとされます。この数年で広く普及することとなったAIやビットコインのような暗号資産もまた、莫大な電力を消費することが問題視されています。大規模言語モデルの1回あたりの学習に必要な電力は原子力発電所1基1時間

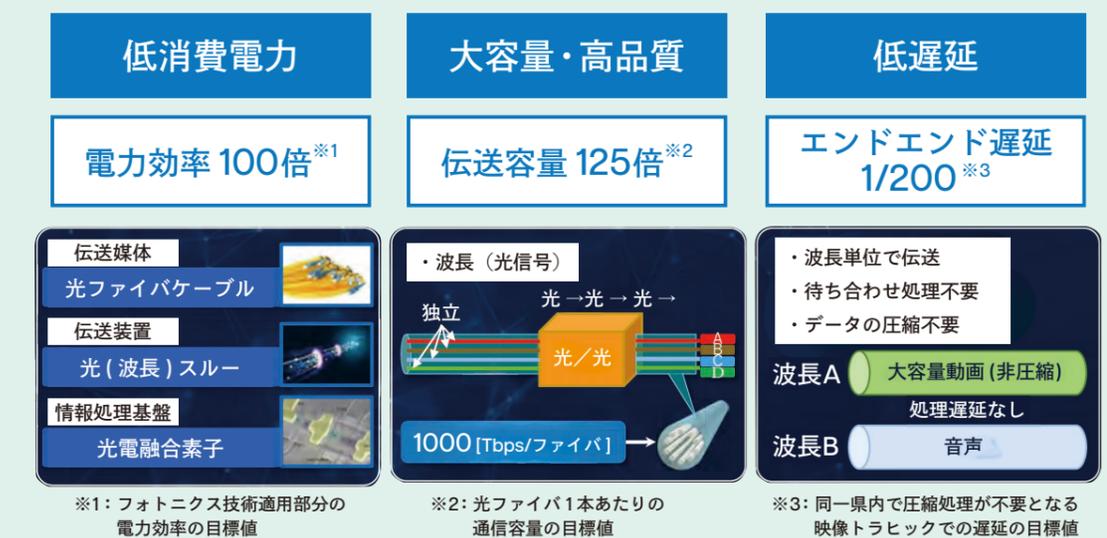
分の電力量に匹敵しますし、ビットコインは2022年時点でマレーシアやスウェーデンといった国々と同程度の電力を消費していることが指摘されています。デジタル化が進むにつれてデータの生成と利用が増え、それに伴いデータを処理・保存するためのエネルギーも必要となるのです。この問題を解決することなしに、社会のデジタル化もAIの活用もありえないでしょう。

電気から光へ ——IOWNが描き出す夢

そこで私たちが注目したのが「光」技術でした。大容量データの処理において、電気回路は伝送距離によって消費電力が極端に増える上、同じ時間でたくさんの処理を行うには動作周波数を増やす必要があり、さらに消費電力が増えることが課題となっていました。しかし、光ならば伝送距離が伸びても動作

周波数が増えてもほとんど電力が増えないため、私たちは数十年前から光による情報処理に取り組んできました。私たちは情報を伝送する光ファイバを世界で初めて実用化・商用化していたため、「伝送」における光技術の導入はすでに進んでいましたが、データ処理の領域においても光技術を使えないか検討を進めていったのです。

こうして生まれたのが「IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想」です。IOWNは、光デバイスを活用してネットワークから端末の処理に至るまですべてに光の技術を導入することで、大容量・低遅延・低消費電力という3つのインパクトを引き起こします。大容量という点では伝送容量が125倍まで増え、低遅延においてはエンドエンドの遅延が1/200まで縮まると考えられています。また、消費電力においては光ファイバケーブルだけでなく伝送装置に光（波長）スルーを、情報処理基盤に光電融合素子を使うこと



IOWNの利点

で、電力効率は100倍になることが予想されています。

IOWN 構想では、光による情報伝送技術や情報処理技術と、それらを統合する新たなネットワークアーキテクチャを実現していくことで、ネットワークとコンピューティングの世界にブレークスルーをもたらし、新たな価値が創造できる未来につながると考えています。

具体的には、APN (All Photonics Network) と呼ばれるネットワークとディスアグリゲータッドコンピューティング基盤というコンピューティング技術を導入し、その上で大量のデータを処理・分析・利用するデジタルツインコンピューティングを通じて、ヘルスケアやモビリティ、エンターテインメント、農業のような一次産業などさまざまな領域をよりスマートにしていく未来を私たちは提示しています。2019年に発表したIOWN 構想のもとで私たちは研究開発を進めていき、

2023年3月、ついにAPN IOWN1.0のサービス提供を開始しました。IOWNは構想から実現のフェーズへと移りつつあるのです。

現在は個別の産業やシーンでのサービス提供が中心となっていますが、今後さらにAIやロボットの活用が増えていくにつれ、IOWNを介した業界の連携も加速していくでしょう。たとえば国内産業を見ても、製造業や街づくり、医療、金融は言わずもがな、行政サービスや教育など多くの産業を巻き込みながらIOWNは社会・産業のDXやデータ利活用を強化していくと考えられます。無論、こうした動きは国内産業のみならずグローバルでも進展していくことが予想され、IOWNが実現するデジタルツインコンピューティングによって国内外を問わず柔軟な連携も増えていくと考えられます。

わたしたちはこれからIOWNを通じてネットワークとコンピューティングを融合した新たな基盤をつくり、Well-beingに満ちた持

続可能な社会・世界をつくっていきたいと考えています。肉体的な健康のみならずさまざまな観点から幸福を捉えなおすWell-beingの概念と情報基盤は一見関係がないように思われるかもしれませんが、わたしたちは多くの産業を支えている技術と社会を支える価値観や概念は深くつながっていると考えています。

たとえば、かつて家電や自動車の製造が盛んだった1980年代は、多くの産業でより性能が高く使いやすい製品をより多くつくるために技術革新が生じていました。「質」を高めるために技術が使われていたわけです。その後1990年代に入り半導体・IT産業が隆盛すると、デジタル技術の発展と普及により、ただの「質」だけでなく情報の量や速度といった「数」が重視されていくようになりました。

こうした時代を経て、いまわたしたちの社会は情報やプロダクトの質や数だけではなく、新たな「価値観」が求められているのではないのでしょうか。ただ大量の情報を高速に処理できれば価値があるわけではなく、それらがどのように人々の生活や幸福とつながっているのかが問われているのです。

物質的な豊かさや製品の品質が重視された時代から、情報のアクセス性と量が重視された時代、そして一人ひとりの幸福とよりよい生活の実現が重視される時代へ——時代を支える価値観に伴って技術のあり方が変わってきたからこそ、わたしたちはIOWNがつくりだす新たなコンピューティングとネットワークの基盤が、人々のWell-beingを支え

るものになっていくと考えています。

AIの普及にはIOWNが必要不可欠

人々のWell-beingを実現するためには、より多くの人々の多様な価値観について知らなければいけませんし、複雑に絡み合いながら深刻化する社会課題を解決するには、これまでとは異なるスケールで情報を吸い上げて分析し、未来の変化を予測していく必要があるでしょう。そのために、わたしたちはAIの活用にも取り組んでいきます。

近年世界的に注目と期待が高まっているAIの活用もまた、IOWNと強く関係しています。モビリティや工場はもちろんのこと、人間や自然環境など無数の対象から得られた情報を一箇所に集めていくことは現実的ではないため、今後は各領域のAIが協調しながら知識を分け合っていく非同期分散学習が進んでいくと考えられます。膨大な情報を処理するAIが相互にコミュニケーションを深めていく上でも、IOWNはコミュニケーションインフラとなっていくわけです。

私たちは以前より人間が日常的に用いる言葉をAIが理解・生成するための自然言語処理技術について研究開発に取り組んできましたが、今後さらにAIが社会へ広がっていくことを見据えて、これまでの研究開発で得られた知見を活かし、独自のLLM(大規模言語モデル)の研究開発を加速しています。

LLMとは自然言語処理の分野で急速に進



光の情報インフラとDTCで創る世界

化している技術で、その進化はデータの増大、計算能力の向上、そして新たな学習アルゴリズムの開発によって推進されています。そのなかでも、OpenAI社が開発したGPT-4のようなLLMは現在日本でも多くの人々が利用しているほか、ビジネスへのインパクトも大きいものと考えられています。

こうした進歩により、GPT-4のようなLLMは、人間と自然な対話を行う能力をもつようになりました。他方で、LLMの発展には倫理的な課題や技術的な課題も伴っています。たとえば、LLMは訓練データのバイアスを学習する可能性があり、それによって不適切な出力を生成する可能性があります。また、LLMは、その内部の動作がブラックボックス化されているため、その出力がどのように生成されたのかを理解するのは困難です。これらの課題を解決するためには、さらなる研究と開発が必要となるでしょう。

たしかにGPT-4のようなLLMは驚くべき性能を誇っていますが、まだ「コラボレーター」として人間と協働したり人生の「パートナー」として人と一緒に成長したりすることは難しいでしょう。私たちはあらゆる環境で人と自然に協調可能なAIの思考エンジンをつくり、人々のWell-beingを実現できるのではないかと考えています。

そのためには人と同じ入出力インターフェースをもつAIが必要になるはずです。実際に私たちはWebページに含まれる言語を人のように視覚から読み解くための「VisualMRC(*1)」というモデルやプレゼン資料の

ように複数枚の画像集合にまたがる質問に答えられる「SlideVQA(*2)」、あるいは日本語の視覚的読解モデルの構築に取り組んでいます。私たちはこれらのモデルを活用することで、人と対話的に協働できる汎用ソフトウェアロボットをつくっていきたいと考えています。

一人ひとりがこうしたソフトウェアをアシスタントとして協働できるようになれば、人とAIだけではなく、AIとAI、AIとモノのコミュニケーションも増えていくことが考えられます。しかもテキストデータだけでなく人間が知覚しているような視聴覚情報すべてをAIも扱うようになるとすれば、AIは膨大な量のデータを常にリアルタイムに処理する必要が出てくるでしょう。人とAIが、AIとAIがよりよく協調できる社会をつくるためにも、IOWNという新たな情報処理基盤は必要不可欠になっていくのです。

IOWNは、単に新たなコンピューティングやネットワークの基盤を実現するだけではありません。AIのような先端的な技術と人間の協調を促し、さらにはこれからの社会を牽引する価値観を支えていくために必要不可欠な社会のインフラとなっていくのです。

*1 — VisualMRC: 文書画像に対する機械読解
https://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2021/pdf_dir/A5-1.pdf

*2 — SlideVQA: 複数の文書画像に対する質問応答
https://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2023/pdf_dir/A11-4.pdf

NEW NETWORK & COMPUTER

IOWNを支える 2つの柱

私たちが現在社会実装を進めている IOWN は、ネットワークとコンピューティング、2つの柱から支えられています。まずネットワークにおいては、「APN (All Photonics Network)」と呼ばれる新たなネットワークの展開を進めています。APN は次世代データセンターの基盤となるとともに、その性能を活かしてさまざまなフィールドへの導入も進められています。また、

コンピューティングにおける柱は「光電融合デバイス」の開発です。5つの世代を設定しながら研究開発を進めている光電融合デバイスは今後第3世代への移行を予定しており、世代が進むにつれて、コンピュータの奥深くまで光による情報処理が入り込んでいき、IOWN 構想の実現に必要な不可欠となる新たな情報処理を実現していきます。

APN (All Photonics Network)

すべてを光でつなぐことで高速・大容量かつ低遅延の通信を実現するネットワーク「APN (All Photonics Network)」。2023年3月のサービス提供以降、APNは着実にこの社会へ広がろうとしています。医療やエンターテインメントでの実装を経て、今後APNはどのように私たちの生活を変えていくのでしょうか。



すべての接続を「光」へ変換

APN (All Photonics Network)は、光通信技術を活用した新たなネットワーク基盤です。光通信技術は、情報を光の形で伝送する技術であり、電気信号に比べてより多くの情報を短時間で送信可能です。現在、ファイバを用いた光通信は広く普及していて、電気信号が使われる場面はほとんどないと思われる方もいるかもしれませんが、実際には通信の過程で電気と光の変換が発生しており、質的にも量的にもロスが生じてしまっているのです。

すべての接続を光のダイレクトパスへ変換することで、従来よりも圧倒的に大容量で低遅延、かつセキュアなネットワークを形成できるでしょう。さらに光は波長を変えることで1本のファイバの中に異なるネットワークをつくれることも特徴のひとつと言えるでしょう。あるネットワークは従来のインターネットプロトコル、またべつのネットワークは医療専用プロトコルといったように、APNは役割別のネットワークをつくることも可能です。

そんなAPNが、2023年3月にAPN IOWN 1.0としてサービス化されました。現時点では100Gbps専用線を提供し、ユーザーはエンドエンドで光波長を専有します。これだけでも遅延は1/200に縮まる上、遅延の可視化と調整も可能となります。APN 端末装置、APN-G (ゲートウェイ)、APN-T (トランシーバー)と3種のネットワーク装置が展開されており、実際にその販売も始まっています。

各領域で進む サービス化・アプリ化の実験

APNは、光と電気の変換を抑えた光通信技術を活用することで、データの伝送速度の大幅な向上と、通信遅延の大幅な減少が可能になります。通信遅延の解消は、VR/ARを活用したコンテンツやAIを通じたコミュニケーション、ロボットの制御など、さまざまな領域に大きなインパクトをもたらすでしょう。

実際に、私たちはいくつもの領域でプロジェクトを展開しています。たとえば、2023年2月に実施したコンサートプログラム「未来の音楽会II」では東京・大阪のほか、複数の会場をつなぐリアルタイム・リモート演奏を披露しました。遠隔での合奏においては、50ミリ秒(0.05秒)以上の遅延があると正確な演奏は不可能とされますが、このプログラムでは東京・大阪間の映像・音声伝達遅延を20ミリ秒(0.02秒)に抑えました。0.02秒とは5m離れた人と会話する際に生じる遅延時間であり、ほぼ違和感を感じないレベルの遅延と言えるでしょう。さらにエンターテインメントの領域でも、3月に初の多地点間お笑い・エンタメライブ「NTT西日本 presents『未来のお笑いブ!!』supported by よしもと」も実施。大阪府内3カ所をAPNでつなぐことで遠隔でも違和感なく漫才を披露できることを示し、会場の観客からも大きな歓声が上がりました。

もちろん、医療や金融などさまざまな産業

においても、私たちは多くのパートナー企業とともに共創に取り組んでいます。医療においては遠隔手術支援ロボット「hinotori」を使った実証実験を行っており、8Kの高精細映像を見ながらロボットの操作を行えるようになっています。ロボットを介し双方向でもリアルタイムで安定した作業を実現していることがこのプロジェクトの特徴と言えるでしょう。

また、金融においては単に遅延を減らすだけでなく、遅延調整機能により拠点間の遅延差をマイクロ秒単位で調整できることを証明しました。従来のネットワークは札幌や大阪、福岡など地方の拠点から東京にシステムへアクセスすると各地点ごとに遅延のゆらぎが発生していましたが、APNによって通信遅延を測定し距離による遅延差を調整できるようになったのです。HFT（high-frequency trading）と呼ばれるミリ秒単位での高速な取引が行われるなかで、APNはより公平性の高い取引を実現すると言えるでしょう。

こうした活用を通じて既存のサービスや表現がアップデートされるのはもちろんのこと、これまでは実現できなかった表現や新たなビジネスの創造へAPNは貢献していくはずです。

データセンターも急速に拡大

APNは、私たちのデータセンター事業とも深くつながっています。これまでNTTは多くの企業のデータセンターを運営するコロ

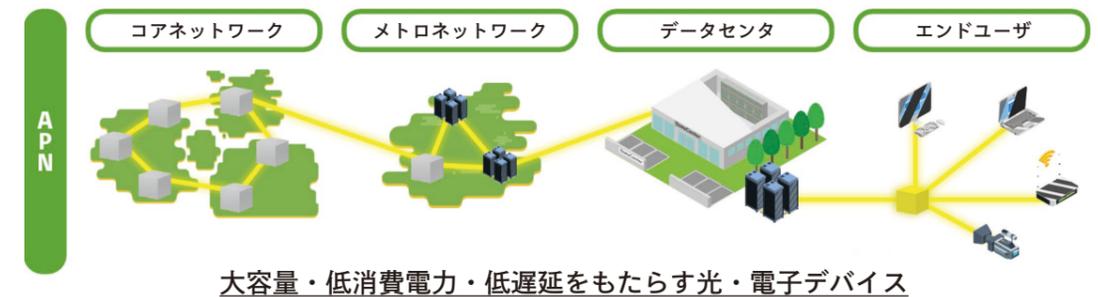
ケーション事業を展開しており、グローバルマーケットシェアとしては世界第3位の規模を誇っています。香港やシンガポールといったAPAC地域からアジア、ヨーロッパ、アメリカと世界20以上の国や地域にデータセンターを展開しています。

APNの展開によってデータセンター間が接続されることで、超高速かつ大容量のネットワークを世界に広げ、世界中のデータ物流を支えるとともにさらに使いやすいクラウドサービスを提供できるようになるでしょう。さらに、近年は災害リスクへの対応からデータセンターの分散化が求められているほか、さまざまなトラブルへ対応するためにデータを手元で安全に管理するなど、これまで以上にデータセンターのニーズが多様化・複雑化してきています。APNが広がっていくことは新たなデータセンターのあり方を提示することでもあり、さまざまな企業のニーズに対応した特色ある通信環境を構築できるようになるはずです。

APNの開発は現在進行系で進んでおり、新たな通信技術の開発や基礎技術の改良も進んでいます。たとえば私たちが開発した「オープントランスポート光伝送装置」は、コンパクトな装置によってベンダやシステムの世代に縛られずユーザーがエンドツーエンドで光パスを設定できるようにするもの。これまで光ネットワークを構築するには専門的な知識をもつ特定のベンダによる大規模な装置が必要でしたが、光伝送装置の小型化とオープン化により、多くの企業がより柔軟かつ手軽に

光のネットワークを構築できるようになります。基礎技術においては大容量データを低遅延で送る「マルチコアファイバ」や電気信号と光信号を低消費電力で変換する「光電融合デバイス」など、APNの展開に向けネットワーク間を高速大容量光パスでつなぐ光・電子デバイス群の改良が進んでいます。こうした開発を通じて、さらに多くのアプリケーションでの利用が可能になり、多様なニーズに対応する通信ネットワークとなることが期

待されています。具体的には、2023年にはIOWN 1.0のサービスが開始され、2025年にはIOWN 2.0の開発が予定されています。IOWN 2.0では、さらに高速・低遅延の通信が可能となり、新たなデジタルサービスの提供が期待されています。また、APNの普及に伴い、データセンター事業やパートナーシップの拡大など、さまざまなビジネスチャンスが生まれると予想されています。



APNの展開：システム

APN Step1

- 23年3月サービス開始
- ・ 伝送遅延：1/200
 - ・ 伝送容量：1.2倍

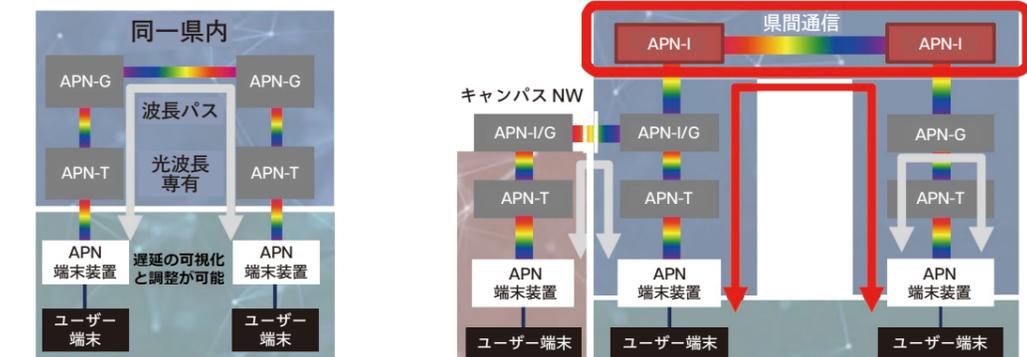
APN Step2*

- 県間通信
- ・ 伝送遅延：1/200
 - ・ 伝送容量：**6倍以上**
 - ・ 電力効率：**13倍**

APN Step3以降

- 更なる高度化
- ・ 伝送遅延：1/200
 - ・ 伝送容量：**125倍**
 - ・ 電力効率：**100倍**

※大阪・関西万博で発表予定



光電融合デバイス

これまでの電子処理を前提としていたデバイスの中にも光技術を導入し「光電融合デバイス」をつくりだすことで、私たちはコンピューティングの面からも新たな情報処理基盤を確立していきます。具体的に光電融合デバイスとはこれまでのデバイスと何が異なっており、どうやって光と電気を融合させていくのでしょうか。



電子デバイスと 光デバイスの統合

私たちは、光と電気を統合する技術の研究に取り組んできました。たとえば2019年4月にはイギリスの科学誌『Nature Photonics』において、超低消費電力で高速動作可能な光トランジスタの研究を発表するなど、「電気」だけでなく「光」を活用する可能性について研究を続けてきました。

こうした研究がIOWN構想の契機ともなり、現在私たちはIOWNの実現に向け「光電融合技術」の実装を進めています。新たな情報処理のあり方を考えるうえでは、ネットワークのみならず、コンピューティングの面においても技術的な革新を起こさなければいけません。私たちはAPNを通じてネットワークを変えていくと同時に、コンピューティングにおいても「光電融合デバイス」の導入を進めていきたいと考えています。

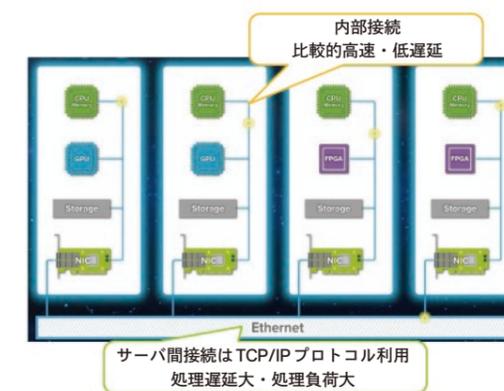
光電融合デバイスとは、電子デバイスと光

デバイスを一つのシステムに統合することで、データ転送の速度を向上させ、エネルギー効率を改善するものです。光電融合技術は、サーバー間連携やコンピュータ内部の通信など、大量のデータを高速に転送する必要がある場所で特に重要となるでしょう。

光電融合デバイスの進化

光電融合デバイスはIOWN構想において必要不可欠な存在といえます。IOWN2.0として開発されるボード接続用光電融合デバイスは、タイル型光エンジンによりボード間の光接続を実現するもので、装置の低消費電力化とパフォーマンス向上を図っています。これはAPNの低遅延化だけでなく大容量・低消費電力化も促進するものです。

さらにIOWN3.0で開発されるチップ間接続用光電融合デバイスは、光電融合部をパッケージ内シリコン（ダイ）の横に設置し、パッケージ間の光接続を実現するもの。ボー



(a) 従来のサーバ構成



(b) ディスアグリゲータッド・コンピューティング

ドのさらなる小型化と低消費電力化が可能となります。IOWN2.0ではボード間接続の光化、IOWN3.0ではチップ間接続の光化が進み、IOWN4.0ではチップ内の光化が実現する予定です。2025年度にはIOWN2.0としてボード接続用デバイスを、2028年度にはIOWN3.0としてチップ間向けデバイスを、そして2032年度以降にはIOWN4.0としてチップ内光化を達成し、電力効率100倍の新たなデバイスの実現を目指していきます。

新たなコンピューティング パラダイムの実践

光電融合デバイスの実現と広がりを考えるうえで、ディスアグリゲートドコンピューティングを無視することはできません。それは、コンピューティングリソース（CPU、メモリ、ストレージなど）を物理的なサーバーから分離し、ネットワーク上で自由に組み合わせることができるコンピューティングモデルです。これにより、リソースの利用効率を向上させ、システムのスケラビリティと柔軟性を大幅に向上させることが可能になります。ディスアグリゲートドコンピューティングは、クラウドコンピューティングやエッジコンピューティングなど、新たなコンピューティングパラダイムの実現に向けて重要な役割を果たしています。また、AIやビッグデータ分析など、大量のデータを高速に処理する必要があるアプリケーションにとっても有用なものと言えるでしょう。

ディスアグリゲートドコンピューティングは、特に大規模なデータセンターやクラウド環境での利用が見込まれています。これらの環境では、多数のユーザーが同時にさまざまなタスクを実行するため、リソースの需要が非常に動的であり、ディスアグリゲートドコンピューティングによりその需要に柔軟に対応することができます。

また、AIやビッグデータ分析のようなリソース集約的なアプリケーションは大量のデータを処理するために大量のコンピューティングリソースを必要としますが、ディスアグリゲートドコンピューティングにより、必要なリソースを必要な時に必要なだけ確保することが可能となります。

さらに、エッジコンピューティングと組み合わせれば、リアルタイムのデータ処理や低遅延のアプリケーションにも対応できるでしょう。エッジコンピューティングは、データを生成するデバイスの近くでデータ処理を行うことで、データ転送の遅延を減らし、リアルタイム性を向上させる技術です。ディスアグリゲートドコンピューティングと組み合わせることで、エッジデバイスのリソースを最大限に活用し、エッジ環境での高性能なデータ処理を実現することが可能となります。

私たちは、ディスアグリゲートドコンピューティングアーキテクチャを採用した新たなコンピューティング基盤の開発に取り組んでいます。2026年頃の商用化を目指して、OS、コントローラー、アプリケーショ

ンを開発し、IOWN構想を実現するインフラとして活用していきます。

私たちは光電融合デバイスの構想から実現への移行を加速させるべく、2023年6月に光電融合デバイスの製造会社としてNTTイノベティブデバイス株式会社を設立しました。また、6Gなども含むIOWN関連技術の研究開発や実用化をさらに進めていくべく、2023年度はIOWN研究開発全体で約1,000億円の資金を投じています。今後も継続的な投資を行い、前述のディスアグリゲートドコンピューティング基盤やデジタルツインのようなサービス化も加速させていく予定です。



HOW IOWN CHANGES THE WORLD

IOWNから見えてくる 2030年の世界

IOWN1.0の始動によって、今後ますますIOWNを活用したサービスやアプリケーションの実装が進んでいきます。その先には、いったいどんな世界が広がっているのでしょうか。そしてIOWNは既存の産業やビジネスにどんな変革をもたらすのでしょうか。2030年をターゲットとしながらこれからの社会について検討すべく、今回、3つの領域から有識者を招聘しました。さまざまなビジネスを支えるプラットフォームフォーマーから、テクノロジーによって医療を変革するベンチャー企業、AIと人間の関係を問いなおす研究者——3人の有識者との対話を通じて、2030年の社会を構想していきましょう。

1_

APN : APNが支えていく レジリエントなデータセンター

対談：柳嘉起（アマゾンウェブサービスジャパン合同会社）

2_

IOWN for LLM[1] : IOWNが支える 生成AIと新たな医療コミュニケーション

対談：沖山翔（アイリス株式会社）

3_

IOWN for LLM[2] : IOWNが支える 生成AIと人間のクリエイティブな未来

対談：栗原聡（慶應義塾大学）

HOW IOWN CHANGES THE WORLD

APN:

APNが支えていく レジリエントなデータセンター

対談： 柳 嘉起（アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社）

聞き手：海沼 義彦（NTT 研究企画部門 IOWN 推進室）、

井元 麻衣子（NTT 研究企画部門 IOWN 推進室）



柳 嘉起

アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社 技術統括本部 エンタープライズソリューション本部 シニアソリューションアーキテクト。通信領域のソリューションアーキテクトとしてNTT グループ各社とさまざまなプロジェクトに取り組んでいる。

APNによってネットワークのあり方が一新されるとすれば、あまねく産業に大きなインパクトが与えられることは間違いありません。APNのような新たなネットワークは既存のデータセンターやビジネスの課題をどのように解決し、どんなビジネス環境をつくっていくのでしょうか。多くの企業の事業を支えるアマゾン ウェブ サービス（AWS）ジャパン合同会社の柳 嘉起氏に、これからのネットワークとデータセンターの可能性を尋ねます。

環境負荷を いかに減らせるか

井元 麻衣子（以下、井元） 現在NTTグループはAWS Direct Connectのデリバリーパートナーとしてお客様の拠点とAWSをつなぐネットワークの提供サービスを行っており、APNをどんなユースケースに活かせるのか議論しながら実証実験も進めています。

柳 嘉起（以下、柳） 私はソリューションアーキテクトとしてお客様の課題をテクノロジーでどう解決できるか一緒に考えさせて頂いており、その手段としてクラウドがあります。クラウドとはインターネット経由でITリソースをオンデマンドで利用することが出来るサービスのことで、クラウドを活用する上でネットワークは必要不可欠です。

海沼 義彦（以下、海沼） ネットワークとデータセンターは不可分の存在ですね。4Kや8Kの映像が一般化しメタバースやIoTが広まることで、通信量もどんどん増えていき、ネットワーク機器やサーバーを増やす必要からデータセンターも肥大化していきます。消費電力も増えており、国や地域によってはデータセンターの新設が制限されるところもある。

柳 企業の方々から、カーボンフットプリントやサステナビリティに関するお問合せをいただく機会もかなり増えています。国立研究開発法人 科学技術振興機構配下の低炭素社会戦略センターの報告(*1)によれば、2018年のデータセンターの消費電力は国内で14テラワット、世界で190テラワットとされています。一方で、エネルギー効率の急速な改善により、世界の電力使用量の約1～1.5%を占めるデータセンターとデータ伝送ネットワークからのエネルギー需要の伸びは抑制されているとも指摘されています。とはいえ、今後10年間のエネルギー需要と排出量の増加を抑えるためには、エネルギー効率、再生可能エネルギーの調達、研究開発に対する政府と業界の強力な取り組みが不可欠です。また、このペースで進んでいくと2030年には国内で90テラワット、世界では3,000テラワットと予測されています。電力消費量を押さえながら再生可能エネルギーへの転換を進めることは、AWSのお客様でもある多くの企業にとって喫緊の課題となっていると思います。

海沼 まさにIOWNが取り組まなければいけない課題です。

柳 建物をつくる際に低炭素コンクリート



大きな施設が一箇所に集約された
「データセンター」から
小さな施設が連携する
「データステーション」へ変わっていく

を使ったり、空調システムの最適化を行ったりするなど、AWSのクラウドデータセンターはインフラの設計から運用までの効率化によって消費電力の削減に取り組んでいます。例えば、S&P グローバル・マーケット・インテリジェンス傘下の調査会社である 451 Research によると AWS のクラウドへ移行することにより、日本の平均的な企業・公共機関において 77% の CO2 削減が可能であるというレポートがされています。Amazon は 2025 年までに、AWS を含むすべての事業における再生可能エネルギーの電力比率を 100% まで到達させ、パリ協定の 10 年前である 2040 年までにネットゼロカーボンを実現しようとしています。

NTT グループ様との取り組みでも、AWS のインフラストラクチャーで電力削減効果を確認いただいた事例がございます。代表的なものは、NTT ドコモ様による、AWS

Graviton2 プロセッサでの 5G コアネットワーク動作検証です。AWS Graviton とは AWS が開発したプロセッサで、コストパフォーマンスの良さと低消費電力が特徴です。第 2 世代にあたる Graviton2 上で動作する 5G コアネットワークの消費電力の検証では、現行のアーキテクチャの CPU で動作する消費電力と比較し同等以上の性能を達成しつつ電力消費量が約 7 割削減されることを確認頂いております。

このように、お客様によるサステナブルなシステム構築を支援することも AWS にとって重要なことだと考えています。AWS Well-Architected という AWS を活用した設計のベストプラクティス集があるのですが、ここでもサステナビリティは大きな柱のひとつです。お客さまと話す上でもサステナビリティは重要な指標になっていると感じますね。

通信の遅延解消が意味するもの

柳 AWS はクラウドデータセンターにおいて、このような取り組みを進めていますが、ネットワークの部分では NTT さんとの連携を進めています。

海沼 IOWN の APN 活用につながる部分ですね。既存のネットワークにおいては、ルーターやスイッチなど電気的な処理によってデータの行き先を仕分ける装置群が消費電力の増加や遅延を生んでいましたが、APN はエンドツーエンドを光でつなぐことで効率化を進めます。もっとも、既存のネットワークを完全に排除するものではないため、パートナーのみなさまと相談しながら最も適切な使い方を考えています。

柳 今年 6 月にテックカンファレンス「Interop Tokyo」で発表した取り組みは、Interop の会場である幕張メッセと AWS 東京リージョン (*2) 間の一部区間を APN 化するというものでした。高速・低遅延、ゆらぎの少なさが確認できましたので、APN の技術によるクラウド接続でお客様と何ができるか今からワクワクしています。

海沼 距離の離れた拠点を APN で結ぶ実験はこれまで少なかったのですが、有意義な取り組みとなりました。今後はその区間を広げ

ていくことを想定しています。長期的には APN や光電融合技術を通じて AWS さんのコンピューティングインフラの低消費電力化や低遅延化に貢献できたらと思っています。

井元 大容量の映像の送受信やシビアな取引を行う際は数十ミリ秒の差異が死活問題となるため、遅延の解消は重要ですね。遅延が解消されていくことで、VR や XR の映像をクラウドから送信することも現実的になりつつあると思います。

データセンターにもっとレジリエンスを

海沼 低消費電力化が進んでいくと、データセンターのあり方も変わっていくかもしれませんね。大きなセンターを一箇所に集約させるのではなく、小さなセンターをいろいろな地域に分散させられる。小さな拠点がつながるという意味では「データセンター」から「データステーション」へ変わっていくとも言えます。

柳 AWS のグローバルインフラストラクチャーでは、低レイテンシーと高可用性・耐障害性・拡張性を実現しています。たとえば、日本国内にある東京・大阪の 2 つのリージョンがあります。東京リージョンは 4 つの「アベイラビリティゾーン (AZ)」というデータセンター群で構成されています。複数のアベ



APNは社会を最適化する

柳 社内ではほかの業界を担当するメンバーと話しをしても、NTT 様の IOWN について尋ねられる機会が増えています。それはお客さまが IOWN と AWS を使えばこんな社会が実現できるのではないかと関心をもってくださっているからだと思います。遠隔医療や自動運転の実現といった領域への期待はもちろん大きいですが、メディアや放送業界の方からも APN への期待が高まっている印象を受けます。たとえば放送局や電波塔からの信号のタイミングにズレが生じると、正しく映像が再生できないなどの問題が起こります。ルータホップ数などネットワーク的距離が送信局ごとに違いますのでこれは日本中で起こる可能性があり、現在はこの対応のために事業者側でさまざまな仕組み（単一周波数ネットワークによる調整、ガードインターバルなど）を取り入れています。APN で同期した信号を出力できれば、こうした問題を解決できそうですね。IOWN は世の中の社会課題を解決する技術だと感じます。

海沼 APN はその期待に応えられるポテンシャルを持っていると思っています。医療や

イラビリティゾーンを使ってシステムを構築していただくことは、お客様が高可用性・耐障害性を実現するための手段のひとつです。AWS では、アベイラビリティゾーンは、意味のある距離で物理的に隔離すると我々は明確に定義しています。意味のある、という部分を詳しくお話しします。落雷、竜巻、地震などのリスクを考えると、データセンター間の距離は離れていればいるほど良いです。ただし、距離を取り過ぎるとネットワークレイテンシの問題が出てきます。これらを両立するため、各アベイラビリティゾーンはそれぞれ他のアベイラビリティゾーンから数キロメートルから 100 キロメートル以内に配置されるようデザインされています。海沼さんがおっしゃるとおり、ネットワークが変わっていくことでデータセンターの構成も変わってくる可能性もありそうです。

井元 よりレジリエントなネットワークをつくる上でも、日本のみなさまが使っているサービスやシステムが止まらないよう APN を発展させていきたいですね。「いつでもちゃんと使える」ってすごく大事なことですから。

海沼 日常的に使われるシステムは広域分散させることが一般的ですが、APN を使って低遅延にできればより配置の選択肢も広がってくると思います。

*1 — 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2) <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2020-pp-03.pdf>

*2 — AWS リージョン：データセンターが集積されている地理的エリアを指す。2023 年 9 月現在、世界に東京・大阪を含む 32 拠点がある。AWS リージョンは、3 つ以上の AZ（データセンター群）によって構成されており、それぞれが隔離され物理的にも分離されている。

放送の領域ではすでにさまざまな実証実験が進んでおり、昨年の NTT R&D フォーラムでも遠隔の医療機器を APN でつなぎほぼ遅延もなく操作できる環境を披露しました。あるいは、スタジオとスタジアムなどを直接つなぐことでリモートプロダクションを実現するような実験にも取り組んでいます。

井元 既存のサービスが改善するだけでなく、デジタルツインのような取り組みにも挑戦していきたいですね。たとえば交通や人の流れが可視化され、最適化を行えば渋滞や混雑の緩和もできるはず。無駄な時間がなくなれば生産性が上がり、ウェルビーイングにもつながっていくかもしれません。

柳 物流の領域にもデジタルツインが広がると、モノの動きが可視化できるようになり、フードロスのような問題も解決できるのではないのでしょうか。必要なものを必要な場所に届けられ、エネルギーの削減にもつながる。IOWN によって社会全体が最適化されていくのかもしれないですね。もちろん、AWS としてもお客さまの課題を解決していかなければいけません。

海沼 AWS さんと連携するなかで、単にネットワークを提供するだけでなくパートナーの方々と一緒に議論しながら新たな価値を生み出すユースケースをつくる重要性を実感しています。一社だけでなくみんなで作っていくからこそ大きな変化が生み出せるわけで

すし、今後も APN を使って AWS さんと一緒にサステナブルな基盤をつくっていききたいですね。

柳 お客様のサービスの向こう側にいる最終顧客にどのような価値を届けられるのか、そのために AWS は何ができるのか、一緒になって考えていきたいです。新しい技術でより良い社会の実現にチャレンジできると思うと、やり甲斐を感じます。

井元 デジタルツインもリモートプロダクションも、構想としては昔から存在していたわけですが、APN のような新しいネットワークによってついに実現が近づきつつあるのだと感じます。APN そのものを広げていくことももちろん必要ですが、既存のシステムを活用しながら社会実装を進めるステップを研究していくことも重要ですね。AWS さんとは今後も密に連携しながら、さまざまな課題に取り組んでいきたいです。



井元 麻衣子 NTT 研究企画部門 IOWN 推進室

サステナビリティとデータ通信

2030年に想定される
国内DCの消費電力量

90テラワット時

増えつづけているトラフィックや計算量の増加に加えて、近年重要視されているディープラーニングなどによる電力消費量が急増しています(*1)。IOWNによる低消費電力化は、2030年の社会を支える基盤の構築に貢献します。

2030年以降に実現
予定の IOWN 4.0 で
実現される電力効率

100倍

将来的には、「伝送」と「処理」を融合することで、ネットワーク網、情報処理、端末そのものに至るまで、光技術を活用する予定です。IOWNは、超低消費電力のチップや無線給電などの技術を組み合わせ、ICTの常識を変えることを目指します。

2050年までに増加する
再生可能エネルギーに
よる電力

2.3倍

エネルギーの需用が増加する一方で、CO2削減のために化石燃料などに頼らないグリーンな電力の供給が増大する見込みです(*3)。IOWNによる限られたエネルギーの最適化により、社会全体の新しいエネルギー源へのシフトに貢献します。

2006年と比較した
2050年の国内IT機器消費電力量

12倍

高速なネットワーク網の整備、スマートフォン、PCなどの普及、それに伴うトラフィックの増大により、消費電力量は年々増加の傾向にあります(*2)。IOWNのイノベーションを加速させることで、今後も想定される消費電力の増加に対応していきます。

2040年までに IOWN の
取り組みにより削減できる
NTTグループのCO2排出量

45%

カーボンニュートラルが提唱されるなかで、再生可能エネルギーの利用に加えて、IT機器そのものの消費電力を効率化する必要に迫られています。IOWNは情報処理量の増大と消費電力削減の両立を実現することで、CO2削減に貢献します。

*1— 科学技術振興機構、2018年
*2— 経済産業省、グリーンITイニシアティブ、2007年
*3— 米国エネルギー情報局、International Energy Outlook、2021年

HOW IOWN CHANGES THE WORLD

IOWN for LLM[1]:

IOWNが支える生成AIと 新たな医療コミュニケーション

対談： 沖山 翔（アイリス株式会社）

聞き手：西田 京介（NTT 人間情報研究所）、

大庭 隆伸（NTT 研究企画部門 IOWN 推進室）、

井上 鈴代（NTT 研究企画部門 R&D 戦略担当）



沖山 翔

1985年生まれ。東京大学医学部卒業、救急科専門医。日本赤十字社医療センターでの勤務を経て、ドクターヘリ添乗医、災害派遣医療チームDMAT 隊員、船医として救急医療に従事。2017年、アイリスを創業、AI医療機器の開発を行う。

テクノロジーによる変革が最も期待されている領域のひとつが医療です。超高速・超低遅延のネットワークによる遠隔医療の普及はもちろんのこと、LLMのようなAI技術も医療産業を大きく変える可能性を秘めています。単なる病気・怪我の治療のみならず包括的なケアの観点から見たとき、医療の未来はどこにあるのでしょうか、AI医療機器の開発に取り組むアイリス株式会社代表の沖山 翔氏に尋ねます。

AIを使いこなすために「曖昧さ」を知る

沖山 翔（以下、沖山） もともと私は救急医としてドクターヘリに乗ったり船医として働いたりしていたのですが、医学と情報科学の重なりを感じてアイリスを立ち上げ、現在はAI医療機器の開発や販売を行っています。

井上 鈴代（以下、井上） 起業当時からAIと医療のつながりを感じていたんでしょうか。

沖山 私たちが創業したときはまだ日本でAI医療機器が認可されていませんでした。アイリスはのどを撮影しAI判定を行うプロダクトをつくっているのですが、開発当初はデータを集めることから始める必要があり、業界内のデータ活用もあまり進んでいませんでしたね。現在は30個前後のプロダクトが認可されていますし、社会が変わったなと感じます。

西田 京介（以下、西田） AI診断のインパクトは大きいと感じる一方で、完璧な診断を行うことは難しいですね。LLMもハルシネーションを起こすなど問題が指摘されることも多いです。医療のように間違いが許されない

領域は特にAIの導入が大変そうです。

沖山 AIを完璧にすることではなく、人々との信頼をつくっていくことが重要です。あくまでも診断をするのも責任をとるのも人間です。私たちがプロダクトの導入を進めていく際も、ただ技術的な説明をするのではなく、病院の先生方や患者さんへの届け方もセットで考える必要があると思っています。

井上 業界全体でのDXも進んでいると思うのですが、やはりAIのインパクトは大きいのでしょうか。

沖山 ビッグデータやニューラルネットワークからなるマルチモーダルなAIによって、人間には理解できないような形で知が体系化され、またそれがチャットという分かりやすいインターフェースに落とし込まれた点が画期的だと感じています。

西田 とくに現在のLLMはLLMをベースに複数のメディア処理に拡張していけるのが面白いですね。従来は別々に分析されていた言語や画像がつながるようになっていった。他方で、学習元となるデータに反映された人間の偏りを是正すべきかどうか悩むところもあります。

患者とのコミュニケーションを
 エンハンスするために
 AI をカスタマイズする。



井上 私自身、かつてヘルスケア機器に関する研究開発に携わっていたときは、お客様にどう情報を届けるべきか悩んでいました。現代人は膨大な量の情報に囲まれていますし、下手に情報をとりすぎてバイアスがかかってしまうこともある。

沖山 「曖昧さ」を認識する必要がありますね。たとえば病院に行って風邪だと診断されたからといって、100% 風邪だとは限りませんよね。ChatGPT のような LLM でも同じことがいえるのだと思います。

インフラとプロダクトの関係性

大庭 隆伸（以下、大庭） 沖山さんから見て、これからの医療においてネットワークはどう機能していくと思われるでしょうか。

沖山 ネットワーク自体の進化は進んでいくと思うのですが、医師が現場で診断するときには扱う情報は極めて高次元なものでもあります。患者さんが話す内容だけでなく喋るスピードや息継ぎ、足取りなども全部意識しているわけです。ネットワークを考える上では、こうした複雑なインプットデータをどう揃えるかは今後のチャレンジですね。

大庭 ただのネットワークだけでなく、膨大な量の情報を取得し分析できるだけのコンピューティングや AI も重要ですね。

沖山 現在、耳たぶにシワがある人は心筋梗塞のリスクが高いという学説が知られていますが、長い間、耳と心臓は関係があると思われていませんでした。大量のデータをとっていくなかで人間が気づきにくい相関関係が明らかになることもありますし、人間の知覚を超えたデータを扱えるようになると医療も進

化していくんじゃないでしょうか。

大庭 私たちが開発を進めている IOWN は、まさにそんな世界を想定しています。医療のように生命に直結する領域では、国や多くの企業の方々とも連携しながらインフラをつくっていくつもりです。

沖山 新たなインフラがあるからこそ新たなプロダクトが生まれる側面もありますからね。他方で、技術が発展していくと、むしろ物理法則の限界を意識する機会も増えます。たとえばネットワークが進化すると遠隔手術も自由にできると思われがちですが、光速でつないでも日本とブラジルを往復すると 0.2 秒くらいのラグが発生してしまうんですね。これだと細やかな反応が難しく、地球の裏側まで離れたときの遠隔手術には別のスキルが求められるようになってきます。

大庭 IOWN も遠隔手術の活用を想定していますが、ご指摘のとおり、物理的な限界があることも事実です。一方、遅延時間が固定だと人間は慣れると簡単に操作できたりする。物理限界を知った上で、人間が管理できる問いに転換することが問われているのだと思います。

複数の AI が連携していく世界

沖山 NTT さんも LLM を開発されているそうですが、個別の企業や医療といった領域別のカスタマイズもありえそうですね。

西田 私たちは唯一かつ究極の LLM をつくりたいわけではなく、個性や強みの異なる複数の LLM が協調していける社会を想定しています。ひとつの強大な LLM をつくろうと



西田 京介 (右) NTT 人間情報研究所
大庭 隆伸 (左) NTT 研究企画部門 IOWN 推進室

するとコストもかかりますし電力消費も大きいと言われますし、複数の LLM が組み合わせる方が社会実装の幅も広がると思っています。

井上 医療の領域ではどんな LLM の活用がありうるのでしょうか。

沖山 最初の診断や手術だけでなく、継続的なコミュニケーションに使われる可能性もあるでしょう。患者さんからすれば医師は数ヶ月に一回ちょっと話すだけの存在ですし、24 時間フル稼働で並走してくれる AI には別の価値があります。あるいは、常に客観的な最適解を出す AI だけでなく、患者さんの主観や価値観に寄り添って応答できる AI も重要になっていきそうです。

井上 医療においてはコミュニケーションも大事ですね。日々一緒に成長できる AI が生まれるといいのかもしれない。

沖山 現在医療費の多くを占めているメタボリックシンドロームや高血圧、糖尿病といった生活習慣病を改善する上では、薬を飲むより生活を改善の方が圧倒的に長期インパクトが大きいんです。生活習慣を改善するコー

チとして LLM が伴走してくれるならすごく価値があると感じます。もちろん、人件費や創薬のコストを低減することにもつながると思いますね。

大庭 LLM の開発も多額のコストがかかりますし、医療においてもデバイスや病院などとの関係づくりを考えながら継続性を考えていくことが大事ですね。

沖山 30 年後など、将来的には LLM も国や大企業が提供するようなインフラになるかもしれませんよね。電気やガスのように、自分の生活に合わせた LLM を契約するようになるのも面白そうです。

地球規模の最適化が医療のあり方も変える

西田 LLM のインフラをつくる上では、IOWN の存在も必要不可欠になるでしょう。

大庭 IOWN は、電気を光に置き換えることでより効率的な情報処理を実現するものです。これまでは電力消費を考えず、需要などの観点でシステムが規定されていたわけですが、それが変わるとすべてのインフラが変わっていくかもしれない。電力消費の観点から見ると、現代のネットワークもモビリティも都市インフラも実は無駄だらけなんですよね。誰も通らない道の街灯がずっとついて

いたり、ほとんど人が乗っていない電車が 5 分置きに走っていたりする。さまざまな無駄がすべてエネルギーに跳ね返ってきてしまっているのですが、IOWN では AI やコンピューティングを通じて地球規模の最適化を行えるようになるんです。

沖山 地球規模の最適化が実現するのは魅力的ですね。医療の領域ではまだ医師一人ひとりの技術や経験の差がボトルネックになってしまっていますが、その最適化を行う必要もあるし、その先には IOWN が克服しようとするエネルギーの問題も顕在化するでしょう。情報処理の部分を AI で担いながら、医師自体はコミュニケーションを担っていくようになる可能性もありそうです。

井上 医療サービスのあり方も変わっていくのでしょうか。

沖山 もちろん遠隔医療も広がっていくかもしれませんが、個人的には視覚以外の情報を扱えるようになることにも期待しています。人間はほとんど視覚を通じて情報処理を行っていると言われますが、医療の場合は視覚情



井上 鈴代 (右) NTT 研究企画部門 R&D 戦略担当

報って 2-3 割程度だと思っています。会話のなかの情報も重要ですし、触覚から得られる情報も非常に大きい。

西田 私も LLM の研究にあたって、味覚を言葉に変換できないか考えたことがありました。いまは画像をベースに情報を処理していますが、さまざまなものを言語化できるようになると遠隔医療の可能性も広がるのかもしれないですね。

沖山 たしかに、個々人の言葉づかいを一般的な表現に置き換えて出力できるとかなり便利ですね。実際に診療でも、認知症の方々など思うように喋れない方もいますし、もっとたくさんの情報があればより適切な治療ができるのと思うことは多いです。現場だとご家族がその役割を果たしていることが多いですよ。傍から見ると高齢者や子どもは何を言いたいかわからないように思えるけれど、ご家族はその意図をクリアに掴んだりする。それを LLM が実現できると面白いですね。コミュニケーションをエンハンスするために、個々人の患者さんへカスタマイズされた AI はとても魅力的です。

西田 言葉にならないことをうまく言語化してくれるのは患者さんもスッキリしそうです。診断や手術といったソリューションにとどまらず、AI と人がうまく付き合っていく可能性が見えてきたように思います。

IOWN APN によって実証された
遅延のない遠隔手術の伝送距離

120km

2022年11月に行なわれた国産手術支援ロボット hinotori™ をつけた実証実験では、8K 非圧縮の映像を、セキュリティを確保しながら遅延時間1ミリ秒以下で転送することに成功しました。場所にとらわれない、安心安全な医療の実現が近づきつつあります。

2040年に不足する
医療や介護など福祉関連の人材

96万人

2022年版の厚生労働白書では、20～64歳の現役世代の人口が急減し、現場での担い手が足りなくなる現状が指摘されています。IOWNやLLMによるリソースの最適化を進めることで、少なくとも医療の担い手が患者に寄り添えるような社会を目指します。

2030年の世界の
医療画像向けAIの市場規模

約1兆7,000億円

今後画像を利用したAI治療のマーケットは、がんと心血管疾患向けを中心に大きく伸びています(*1)。IOWNによって新しいLLMのインフラが構築することで、データ解析による診断サポートは、医師の働き方を大きく変えるでしょう。

2022年3月までにFDAが承認した
AI技術搭載医療機器数

343件

アメリカ食品医薬品局（FDA）は規制整備を進めながら、1997年からあらゆる製品の安全性と有効性を評価し、輸出・販売の承認を進めています(*2)。IOWNが実現する低遅延かつセキュアな通信環境は、世界で整いつつある、データを活用した医療を受けられる環境に貢献します。

日本政府が2030年に目指す
電子カルテ導入率

100%

厚生労働省は政府が策定した「医療DX令和ビジョン2030」に従い、医療DXにおける柱の一つとなる電子カルテの導入を進めています。フォトニクスの特徴を生かしたAPNによるセキュアな通信や秘密計算・次世代暗号などのセキュリティ技術により、IOWNはセンシティブな個人情報を扱う情報基盤の構築に寄与します。

ファクトと予測で見る IOWN が実現する世界

通信とAIが加速する医療の最適化

*1 — 日本経済新聞、2022年12月6日

*2 — 日本貿易振興機構、2022年3月

HOW IOWN CHANGES THE WORLD

IOWN for LLM[2]:

IOWNが支える生成AIと 人間のクリエイティブな未来

対談： 栗原 聡（慶應義塾大学）

聞き手：西田 京介（NTT 人間情報研究所）、
大庭 隆伸（NTT 研究企画部門 IOWN 推進室）

栗原 聡

慶應義塾大学理工学部教授／共生知能創発社会研究センターセンター長。
NTT 基礎研究所、大阪大学、電気通信大学を経て、2018 年から現職。人工知能学会副会長・倫理委員会委員長などを兼任。人工知能や複雑ネットワーク科学などの研究に従事している。

LLMをはじめとするAI技術の普及によって、AIと人、AIとAI、人と人——さまざまなつながりが問われなくなってもいい。生成AIに対するネガティブな反応も少なくないなかで、AIは人間のコミュニケーションや創造性をどう変えていくのでしょうか。慶應義塾大学でAIを研究する栗原 聡氏とともに、これからのAIが人間とどのような関係性を築き上げていくべきなのか議論します。

創造性を加速させる AIの使い方

栗原 聡（以下、栗原） 私は人工知能学会をメインの活動基盤としてさまざまな取り組みを進めているのですが、なかでも近年注目いただいているのがNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の支援を受けた手塚プロダクションとのプロジェクトです。5年間の研究プロジェクトの4年目を迎えた現在は、クリエイターの方々の力となりよりよいものを量産できるAIの使い方を考えるために、「TEZUKA2023」と題して『ブラックジャック』の新作の制作に挑戦しています。

西田 京介（以下、西田） 『ブラックジャック』のように有名な作品の新作をつくるのはチャレンジングな取り組みですよ。

栗原 生成AIに対してはネガティブな反応もありますが、AIのサポートによってちゃんと『ブラックジャック』らしい作品をつくれたら大きなインパクトがあると思っています。

大庭 隆伸（以下、大庭） 価値のあるコンテンツが登場することで、世の中の評価が一気に変

わる可能性もありますね。ヨーロッパなどでは生成AIに対する批判も大きいからこそ、日本から優れた表現を発信していきたいですね。

栗原 EUではAI規制法案が議論され、アメリカでもAIを使うサービス導入の認可制限が論じられています。そんな動きに対して日本が流されずに独自路線を提示できるのか問われていますよね。NTTのような大きな企業の役割も非常に重要だと感じます。

西田 クリエイターの方が使う際はどんな活用方法がありえるのでしょうか。

栗原 私たちは「インタラクティブ」をコンセプトのひとつとして掲げていて、単にAIが生成して終わりではなく、アシスタントや友人のようにAIとやりとりすることを想定しています。たとえばストーリーを生成するための複雑なプロンプトをインタラクティブに整形してChatGPTとクリエイターをつなぐ仲介AIを開発するなど、クリエイターの方々がまったくのゼロから何かを生み出すより、AIがブレスト相手となる方が創造力が加速するのです。一般の人々にとっては生成された一見ちぐはぐに見えるストーリーも、クリエイターの方々からすると創造性を刺激するものだったりするんですよ。

人間の面倒くささに向き合うことが
これからのAIを考えていくこと。

西田 LLMの革新的なポイントは、直接学習していないようなものも出力できるようになったことですね。セレンディピティを生み出せるようになった。AIが便利すぎて人間の成長が止まってしまう危険性もある一方で、AIと人間がお互いに高めあっているような状態をつくりたいですね。

多様なAIから 生まれる創発

大庭 AIを考えるうえでは、ネットワークの存在も無視できません。すでに現在もネットワークを通じて集まったデータの分析によってAIがコンテンツや広告のレコメンデーションを行うようになっていて、人間の

意思決定がネットワークとAIによってコントロールされている側面もある。その結果、アメリカのように社会の分断が加速してしまうこともあります。今後AI同士が連携できると状況も変わっていく気がします。私たちは自然言語でしかコミュニケーションをとれないので遅くて曖昧な議論に陥りがちですが、AIが高速かつ高度に民主的な議論を行えたら人間の社会にもフィードバックが起きると思います。

西田 NTTとしても、小型で多様な個性をもつAIがマルチエージェント的につながり、人間と一緒に成長していくようなビジョンを描いています。

栗原 LLMの性能というパラメータの多

さが着目されがちですが、必ずしもパラメータが多くなるとも、高速なネットワークで連携できるようになれば質の変化も起きていきそうです。そのためには、やはりIOWNのようなネットワークが必要でしょう。多数のAIが連携するとこれまでにない創発が起きる可能性が大いにある。もちろん、そこで何が起きるのか、果たして人間に制御できるかわからないのでドキドキするところでもありますね。

西田 成長しつづけることがLLMの課題のひとつですが、AI同士で連携したり人と話しながら成長したりできると、人それぞれに合わせた個性豊かなAIが生まれますし、あるLLMが得た知見をほかで活かせるかもしれません。もっとも、人間の感覚に合わ

せながら学習できるのか難しいところがあります。

大庭 必ずしも人間の価値観に合わせてAIをつくる必要はないかもしれませんが、当面の間は寄り添う必要がありそうです。

栗原 単一の巨大なAIを想定すると人間がAIに支配されてしまうことを危険視する人も現れますが、多様なAIが存在するほうが安心感もあるし、より民主的な環境が守られるかもしれませんね。

複雑な情報を扱う インフラの重要性

西田 京介 NTT 人間情報研究所



西田 「TEZUKA2023」ではどのように『ブラックジャック』の分析を進められているのでしょうか。現在は ChatGPT も画像を扱えるようになりましたが、キャラクターの感情の機微や背景まで完全に理解できるわけではありませんよね。

栗原 まずは、人が漫画を読んで地道にテキスト化していくんです。物語やキャラクターの説明はもちろんのこと、さまざまな情報をテキストに落とし込んでいく。今回も物語の分析を専門にしている先生に監修していただき、ひとつの話を複数人で読み解きながらテキストにしています。

西田 テキスト化する人々の読解力によって生成される内容も大きく変わっていきそうですね。私たちはセリフのようなテキストだけでなく日々さまざまな情報をもとに意思決定を行っていることに気づかされます。

大庭 言語は人間が制御しやすいのでよく使われていますが、実際にはさまざまなセンサーが集めているような情報の方が遥かに多

いわけですからね。センサーの情報を一箇所に集約したら、何かイノベーションが起きるかもしれない。

栗原 人間にとっては表情のようにノンバーバルな情報や身体性が重要で、言語だけでは足りませんよね。ただ、五感が扱う情報を処理するのは難しい。より多くの複雑な情報を扱えるようになるうえでも、IOWN のようなインフラのインパクトは大きいですね。

大庭 インターネットはいろいろなものをつなげましたが、遅かったり止まったりすることが多いのも事実です。IOWN によって遅延がなくなった世界は、AI にも影響を及ぼすと思っています。

面倒くさい人間に AI は寄り添えるか

西田 AI が広まってきたことで、これまで人がつくってきたものとは異なる情報が増えてきています。情報としてはリッチになる反面、正確性が下がってしまう懸念もありますよね。たとえば ChatGPT が出力した間違っただけの情報をそのまま載せたブログやニュースが増えていくと、その間違っただけの情報から学習して間違っただけの AI が増えてしまう。その連鎖をどう止めるのか、研究者として興味がありますね。AI をどう扱いながら社会としてロバスタになっていけるのかは大きな課題です。

栗原 ChatGPT は間違えるとよく言われますけど、間違っているわけじゃなくて単に淡々と生成しているだけです。別に情報の正しさを見抜いて出力するようなものではありませんから。LLM ってもともとは要約や文章の変換が得意なのだけれど、学習の過程で副次的に知識が増えていったともいえる。それなりの論理的な思考力もあるけど、あくまでも私たちの論理的な文章を学習しているだけです。心理学の二重過程理論は人間の思考を自動的に処理が速い「システム1」と、意識的で処理の遅い「システム2」に分けて考えますが、LLM はあくまでも条件反射的なシステム1に属するものだと思います。本来、信頼できる AI は、条件反射ではなく相手のことを考えた上で答えてくれる必要がある。いまはあくまでも道具ですが、今後は自分で考える AI に発展していくはず。モチベーションをもった AI ができたら私たちが AI の間に信頼関係ができるかもしれない。

西田 いまの LLM は、人間が設定したゴールに向かってプロセスを設計してくれますが、LLM 自身がゴールを設定できると自律的になりますね。AI 自身がどう考えて何をすべきか考えはじめると、大きな進歩がありそうですね。これからの AI は責任をとって人から恨まれるような存在になったり、AI 自身が欲望をもったりするのかもしれない。他方で、いまの LLM の多くは「Common Crawl」というウェブのデータをベースにしていて、意外と個性がないんです。ウェブで

公開されていないデータが大量に増えていくと状況も変わりそうですね。たとえば会社の中のデータを使うことで個性が出てくる可能性はありますし、AI の発展を考えると、今後は学習データも重要になっていきそうですね。

栗原 LLM は決められたゴールに対して最適化してくれるけれど、私たちの目的関数はひとつじゃないですよ。会社の利益だけを見るなら人員削減が好ましくても、社員のウェルビーイングも含めて考えたらリストラしない方がいいかもしれない。それに人間は合理的ではなくて、ときには感情にほだされて非合理的な判断を行うことが幸せにつながることもある。ひとつの巨大な AI だけでは、人間のややこしい目的関数に対応できないと思います。まさに『ブラックジャック』に描かれていたように、人間って面倒くさい生きもので、その面倒くささに向き合うことこそがこれからの AI を考えることなのかもしれません。



大庭 隆伸 NTT 研究企画部門 IOWN 推進室

*1 — 三菱UFJリサーチ & コンサルティング、2022年10月
 *2 — 総務省、2023年
 *3 — 日本財団、2023年9月1日
 *4 — 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター、2023年2月

2022年時点での
国内のクリエイターの数

822万人

デジタルプラットフォームの普及によりクリエイターエコノミーと呼ばれる経済圏は拡大しています(*1)。生成AIの活用によりアウトプットのハードルは下がりがつあります。IOWNによって実現されるAI同士の創発は、クリエイターの在り方を大きく変えるでしょう。

2030年に推定される
世界全体の生成AIの市場規模

14兆円

今後生成AIに関する市場は年3割近い伸び率を示し、2030年には2022年と比較して14倍にまで拡大しています。高容量通信を実現するIOWNは、文章や画像だけでなく動画や3Dなど、より複雑な情報へと拡張する市場でも価値を發揮します(*2)。

2023年時点で生成AIを
利用したことがある
全国の17歳～19歳の割合

36.1%

生成AIを活用したことがある若者の数は、少なくありません(*3)。今後AIとのコミュニケーションが当たり前となった世代が増え、IOWNが実現する次世代ネットワークによる社会インフラが整備されれば、セレンディピティが必要な創作活動に新しい変化が起きるはずです。

APN IOWN1.0 を使い
東京大阪間で通信した遅延

8ミリ秒

APNでは、従来のネットワーク比で遅延が1/200(2023年2月の実証実験で確認)。これは同じ空間で3m離れた場合と同じ遅延です。APNにより低遅延かつ高容量の通信が普及すれば、空間を越えたコラボレーションをふくむ様々な創作活動が活発化することでしょう。

2018年と比較した
2030年のトラフィック量

16倍

汎用AIと生成AIの利用がビジネスでも一般的になることで、世界のデータセンターにおけるトラフィックは急速に増加するでしょう(*4)。IOWNは、今後多数のAIがAI同士で連携し人を介さない環境にも対応できるインフラを実現します。

ファクトと予測で見る IOWN が実現する世界

**AIが変える
インフラと人間の創造性**

DTC IS A NEW PLATFORM FOR URBANISM

DTC が提供する豊かな都市生活のインフラ

IOWN を活用した価値創出として現在実装が進んでいるのが、DTC (Digital Twin Computing) です。これは、複数のデジタルツインを自在にかけ合わせることで都市におけるヒトと自動車など、これまで総合的に扱うことができなかった組合せを高精度に再現し、精緻な未来予測や個人に合わせたきめ細やかなサービスを実現するもの。これまでも自動車や工場の機会など現実空間のモノをデジタル空間上に再現することでリアルタイムな状況把握や異常検知を行うことはありましたが、DTC はこれらを無数に組み合わせることで、大規模かつ高精度な実世界の再現、さらには実世界の物理的な再現を超えた人間の内面をも含む相互作用をサイバー空間上で実現していきます。

DTC にはさまざまなユースケースが考えられますが、現在はオフィスや商業施設を中心としたサービス化や実証実験が進んでいます。なかでも APN IOWN1.0 の実装が早速進んでいるのが、東急不動産が渋谷で進めている大規模開発です。これは東急不動産と NTT、NTT ドコモ、NTT 東日本の 4 社による協業プロジェクトであり、環境問題をはじめとする社会課題の解決に向け、先端的な利便性とサステナブルを両立した街づくりを進めようとしています。

本プロジェクトの第一ステップとなるの

が、広域渋谷圏での東急不動産が取り組む街づくりにおける IOWN サービスの導入です。2023 年 11 月以降「Shibuya Sakura Stage」の東急不動産所有区画へ APN IOWN1.0 を導入し、オフィススペースとイベントスペースでさまざまなサービスが展開される予定です。

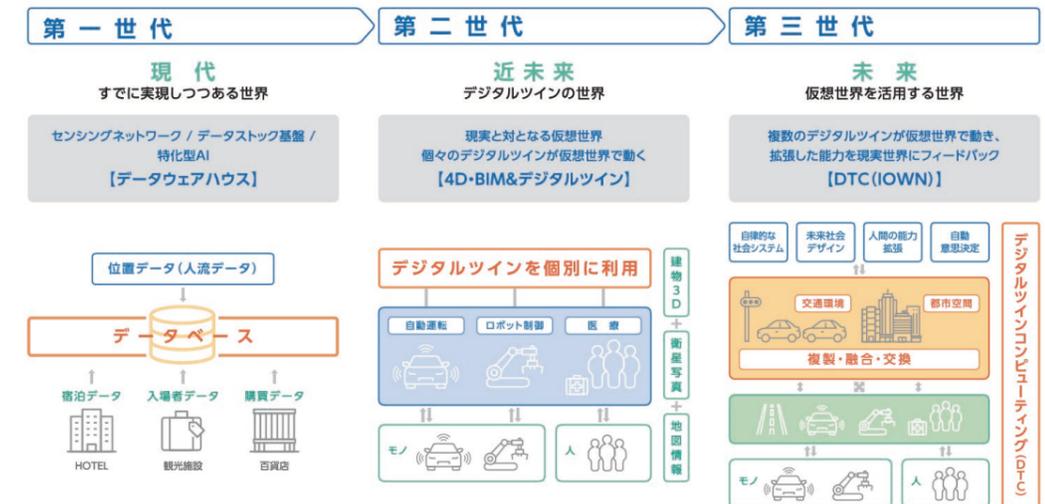
具体的には、どんなサービスが実現していくのでしょうか？ たとえばオフィス空間を考えてみましょう。まず超高速通信オフィス環境の整備によって、海外をはじめとする遠隔地とも遅延のないリモート会議を行えるようになりますし、大容量のデータを圧縮することなく自由にやりとりできるようになります。リモート会議においては、IOWN の通信過程で AI による自動翻訳を実装することも可能です。リアルタイムに自動翻訳が行われることで、言語の壁を気にせずグローバル規模でのチームプレーが広がっていくはずです。高解像度の巨大ディスプレイや 3D 映像を介したコミュニケーションもほぼ遅延なく行えるため、従来とはまったく異なるコミュニケーションが実現していくでしょう。もちろん、こうした通信が IOWN のディスプレイゲートッドコンピューティングにより圧倒的な低消費電力で実現することも忘れてはいけません。これまでよりリッチなコミュニケーションは、これまでより環境にやさしい

ものでもあるのです。

DTC は個人々の健康状態もリアルタイムに把握できるため、健康の観点から見てもオフィスの体験は変わっていくでしょう。オフィスと併設されるジムを IOWN で遠隔地とつなげば、オフィスにいながらにしてパーソナルトレーニングを体験できますし、企業の福利厚生サービスもより充実していくかもしれません。さらにはビルで働く人々の健康状態も DTC 上でシミュレーションできるため、アプリを通じてさまざまなレコメンデーションも行えます。適切な食事や運動の提案を行いながら、DTC は個人々のオフィス環境に応じた健康な働き方を実現してくれるのです。

今後オフィス空間のみならず商業施設にも

DTC が広がっていけば、リモートコンシェルジュの対応や XR 技術を使ったショッピングにより、一人ひとりの趣味嗜好に応じた満足度の高い購買体験も実現できます。海外から日本を訪れた人ともリアルタイム通訳を使ってコミュニケーションできますし、e-sports のようなエンタメも日本を超えてさらに盛り上がっていくでしょう。これからの街づくりにおいては、DTC こそが人々に快適な体験を提供し、よりよい暮らしのインフラとなっていくのかもしれません。



APPENDIX

INTRODUCTION to NTT R&D FORUM 2023

NTT R&D フォーラムでは、今年3月にサービスを開始した IOWN の具体的なサービス・システム、ユースケース、要素技術など、NTT グループ R&D の最新成果について分かりやすくまとめています。NTT グループの AI 技術を紹介する「IOWN Pickup」、すでにサービスとして実装が進んでいる「IOWN Now」、あらゆる産業に革新を起こす「IOWN Evolution」、より長期的な視点から未来の社会を考えるための「IOWN Future」——今年のフォーラムでは、4つのカテゴリからさまざまな取組をご紹介します。

詳しい情報は、NTT R&D のウェブサイトでも公開しております。以下の QR コードからぜひ御覧ください。



IOWN Pickup

NTT 版大規模言語モデル

言語処理の研究分野で世界トップレベルの NTT が技術の粋を結集し、NTT 版 LLM を今回の R&D FORUM にて発表します。是非ともご体感ください。

IOWN Now

APN (All-Photonics Network)

サービス開始された APN IOWN 1.0 を活用した新たなユースケース展示を紹介します。

次世代コンピューティング基盤 (Disaggregated Computing)

IOWN 2.0 の実現に向けたコンピューティング基盤に関する進捗を紹介します。

IOWN Evolution

オンデマンド型 All-Photonics Network
オンデマンド型光パスにより高臨場映像伝送・超高速コンピュータ間伝送などを実現し、APN の社会インフラ基盤導入に貢献します。

無線の新たな展開

エクストリーム要件に対応する高度なサービスや複数のユースケースの融合、新たなユースケースのニーズを創出する無線ネットワークを実現します。

NW による融合と協調の実現

6G 時代に向け、あらゆる端末 /NW/ サービスを協調し、最適に制御することで、リアルタイムでリモートワールドな未来的サービスを実現します。

スマートインフラ

あらゆるデータ、マンパワー、テクノロジーを社会全体で共用し、サステナブルな社会インフラマネジメントの実現に貢献します。

NW オペレーション・ロバスト NW

NW を始めとした ICT リソースにおいて、故障や災害、電力需給状況の変動等にロバストなオペレーション技術を紹介します。

Project Metaverse

～リアルとバーチャルの融合～

ヒューマニティを軸に、多様な人と社会の well-being を拡張する新しいコミュニケーション手段の実現に向けた取り組みを紹介します。

脳や身体の情報で個を支える テクノロジー

脳や身体の情報を使うとこれまで見えなかったことが見えてきます。あらゆる生体情報を活用した最新のテクノロジーで多様な個の課題解決を支援します。

Well-being・生涯健康サポート

人の身体状態を未来予測する「バイオデジタルツイン™」や、個人と団体のよりよいあり方をサポートする「Social Well-being」などにより、人と社会の Well-being に貢献します。

全体を最適化するスマートシティ

AI を連鎖させて高度な価値を創出する街づくり、4D デジタル基盤によるモビリティやサービスロボットでの価値創出をご紹介します。

データ管理・ソフトウェア

最先端の暗号技術やソフトウェア管理技術を用いた取組をご紹介します。

IOWN Future

社会を豊かにする情報処理技術

社会課題の迅速かつ効率的な解決に貢献する情報処理基盤と、それを実現するためのデバイス技術に挑戦しています。

地球を育むサステナブル技術

安全・快適で持続可能な地球を育てるために、環境・エネルギー・宇宙の技術分野に取り組んでいます。

人びとに活力を与える

医療・健康・人間拡張技術

人々がいきいきと活動・活躍できるように、医療・健康管理技術や、人間拡張技術の研究を推進しています。

未来の情報流通を支える ネットワーク技術

将来のさまざまな情報流通を支え、豊かなコミュニケーションを実現するために、革新的なネットワーク技術に挑戦しています。



NTT R&D Website
<https://www.rd.ntt/>

※本誌は「著作権法」によって著作権等の権利が保護されている著作物です。

※本誌に掲載されている会社名・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

日本電信電話株式会社
研究開発マーケティング本部 研究企画部門
©2023 日本電信電話株式会社
technology_report-ml@ntt.com
2023年11月22日発行