NTT
IOWN Technology Report

2025

Quantum Leap:
Charting the Optical-Quantum Trajectory

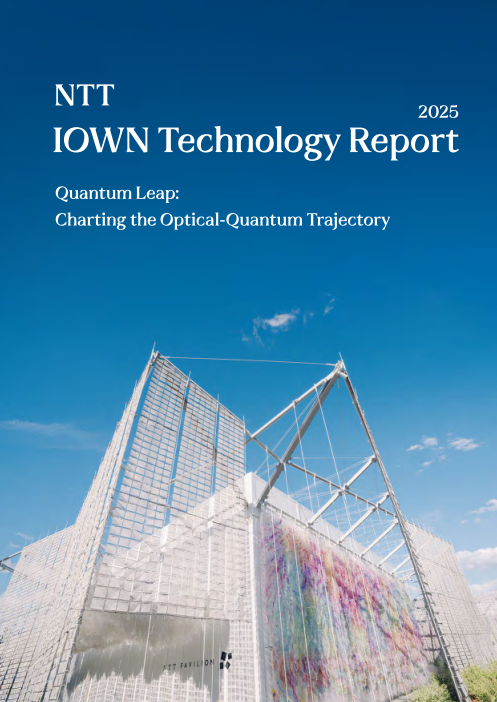


TABLE OF CONTENTS

1. はじめに 01

2. 次世代コミュニケーション基盤「IOWN」構想はどこへ向かうのか 02

3. 大阪・関西万博 2025 に見る IOWN の次世代体験 06
- 大阪・関西万博を支えた IOWN
- APN が生み出す新時代の体験
- IOWN 光コンピューティングの可能性

4. IOWN が生み出す新たなつながり 14
- ハイパースケーラーを支える次世代ネットワーク
- 空間を超えてつながり合うクリエイティブの現場
- IOWN のネットワークは地球を超えて宇宙へ

5. AI コンステレーションが描き出す、新たな協働のかたち 52

6. 量子コンピュータ革命、はじまる 58
- 量子コンピュータをめぐる5つの問い
- 光量子コンピューティングという未来
- 光量子コンピュータから見えてきた次世代社会の姿

7. おわりに 76

Introduction

社会に積み上がっていく IOWN の実現

NTT は次世代ネットワーク構想「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)」の実現に向け、ネットワークから AI に至るまで、さまざまな領域のテクノロジーの研究・開発に取り組んできた。

2019 年 5 月の IOWN 構想発表以降、ネットワークとコンピューティング双方において着実な開発が進んでおり、2023 年からは「All-Photonic Connect powered by IOWN」と題した次世代ネットワークサービスの提供も始まっている。今後も基盤技術の革新が進んでいくことは言うまでもないが、並行して社会実装も加速している状況にあると言えるだろう。

多くの取り組みが進んでいくなかで、今年も象徴する実践のひとつが、4 月から始まった大阪・関西万博だ。今回の万博で NTT はパビリオンを通じて未来のコミュニケーション像を提示しているとともに、IOWN を活用し万博会場と国内外の拠点を接続するイベントを多く開催したほか、安心・安全な万博運営においても IOWN は貢献している。万博における NTT の取り組みは単に先端的なテクノロジーを披露するだけにとどまらず、次世代社会の生活体験を予感させるものだった。

万博に限らず、さまざまなフィールドで IOWN を活用した実証実験や社会実装も進行中だ。テレビ番組やスポーツ中継といった映像制作の場では IOWN のネットワークを活かしたリモートプロダクションが進行し、これからの社会を支える基盤となるデータセンターや、宇宙産業のような先端領域でも IOWN の活用は進んでいる。また、NTT は「AI コンステレーション」と題して多様な AI と人間が協調できる環境をつくろうとしており、AI のように社会的な注目が高まる領域においても、今後 IOWN が活用される機会は増えていくだろう。

加えて注目すべきは、量子コンピューティングの領域だ。NTT はこれまで培ってきた光技術を活用して光量子コンピュータの開発に取り組んでおり、これまでにない計算基盤を実現しようとしている。こうしたさまざまな領域のテクノロジー開発やサービス開発と組み合わさることで、IOWN の社会的なインパクトはますます高まっていくと考えられる。

今年の「NTT IOWN Technology Report」は、万博からデータセンター、AI、量子コンピュータに至るまで、さまざまな領域で進行する NTT の取り組みを明らかにするものだ。幅広い領域で積み上がっていく IOWN の実践には、サステナブルな未来社会の実現をめざす NTT の覚悟が表れているはずだ。

the Road to IOWN

Innovative Optical and Wireless Network

次世代コミュニケーション基盤
IOWN 構想はどこへ向かうのか

7 年目を迎えた IOWN 構想

NTT が 2019 年 5 月に発表した、次世代の ICT インフラ基盤を実現する「IOWN 構想」。NTT が長年にわたって培ってきた光技術を活用することで従来の電子技術が直面する限界を克服し、超高速・大容量、超低遅延、超低消費電力という画期的な性能をもった ICT インフラを標榜する IOWN は、着実に現実のものとなろうとしている。IOWN を構成する主たる要素技術は「APN（All-Photonics Network）」と「PEC（光電融合デバイス）」、「DCI（Data-Centric Infrastructure）」の 3 つ。すでに APN は IOWN APN としてサービス化が進んでいるなど、IOWN 構想の発表以降、各技術の発展が進んでいる状況だ。

IOWN 構想の実現に向けたロードマップは、ネットワークからコンピューティングの核心まで光技術を導入すべく、段階的なアプローチがとられている。その段階は大きく分けて 4 つある。まず IOWN1.0 はデータセンター間の完全光化を実現し、次いで IOWN2.0 ではサーバ内のボード間が光化、IOWN3.0 ではボード内のパッケージ間が光化され、最終段階である IOWN4.0 ではチップ内部まで光化することで、ICT インフラにあらゆる階層に光技術が浸透していく予定だ。このロードマップと連動するようにして、APN と PEC、DCI といった主要技術が発展を見せている。

APN の進展と応用

APN は IOWN1.0 におけるネットワークの基盤技術であり、すべての情報伝送を光で行うことによって圧倒的な性能向上を実現する。APN は step1 から step3 まで段階的に発展していく予定であり、2023 年 3 月には APN1.0 サービスが開始され、その後 2023 年 12 月 1 日からは、帯域インターフェースの種類を大幅に拡充した新しいサービスが順次提供されている。この新サービスは最大 800Gbps という世界最高水準の広大な帯域を保証し、主要都市間を結ぶ広域エリアでサービスを提供するもの。従来の OTU4 光インターフェースに加え、企業ユーザーが使いやすいイーサネットインターフェースも提供され、ユーザーの拠点に設置されていた終端装置を NTT 側に置くことで、ユーザー設備の負担を軽減し、最大 940W の消費電力削減を可能にしている。

APN が活用するシーンは、実に多様だ。たとえば 2023 年 8 月末には台湾と日本の間で APN の接続が完了し、約 3,000km 離れた区間にもかかわらずわずか 17msec という超低遅延を実現した。光ファイバー内の光伝送遅延が 15msec であることを踏まえれば、それ以外の遅延を 1~2msec に抑えたことは非常に画期的な成果と言えるだろう。この国際 APN 接続を活用した実験では、日本と台湾のデータセンタ間で超高速データバックアップが可能であることが示され、既存の広域イーサネット（I-WAN）が 10G メニューで 2.8Gbps の実効転送速度だったのに対し、APN では約 2 倍の 5Gbps 近くの転送速度を達成し、バックアップ時間を 3 分の 1 に短縮できることが明らかとなっている。大規模な自然災害時においても迅速なデータ復旧が期待されるほか、今年開催された大阪・関西万博においては万博会場と台湾をつないだライブ・パフォーマンスが披露されるなど、エンターテインメントの領域においても新たな体験を生み出すことが実証されている。さらに、テレビ放送の生中継における「リモートプロダクション」においても APN が活用されており、これまで必要だった大規模な中継車や制作スタッフを削減し、カメラからの映像データを APN 経由でクラウドに送り、クラウド上の編集ソフトウェアを制作拠点からリモート操作することで、高効率な制作が可能となっている。

APN のオンデマンド接続も可能に

こうしたエンタープライズ向けの活用だけでなく、データセンター間の接続においても APN は有効だ。すでにイギリスやアメリカで実証実験が行われており、近年はインドのムンバイにある NTT のデータセンター間でも APN の接続実験が行われている。また、エネルギー効率の向上をめざす「ワット・ビット連携」の実現においても、APN は大きな可能性を秘めており、再エネ発電量が低い地域から、発電量が高い地域のクラウドへワークロードを移すことで、全体的な再エネ利用率を高めることが可能だと言える。近年世界的に進んでいる AI の機械学習においても GPU リソースの分散配置や効率的な活用は重要な課題だが、APN によって地理的に離れた複数のデータセンターにある GPU をあたかも単一の GPU クラウドのように扱う実証実験も進んでいる。インターネット接続では 29 倍の遅延増加が見られたのに対し、APN ではわずか 1.006 倍程度の遅延増加に抑えられ、ほぼ単一データセンタ内と同様の性能で分散学習を行えることが明らかとなっている。

こうした step1~2 のフェーズから発展し、step3 においては、伝送容量を構想発表時から 125 倍さらに高めていくとともに、オール光化をさらに進めることで電力効率をさらに高め、さらに広範なエリアへ APN を拡充していく。そんな利用拡大に向けたカギのひとつが、オンデマンド接続だ。専用線をつなぎつづける



のではなくユーザーが欲しいときに APN ノードをコントローラから自動設定することで、エンドツーエンドでオンデマンドな接続が可能になる。現在 NTT では、光パス設計技術や波長変換・波長帯変換技術を開発することで複数の波長を衝突させることなく共存させ、エンドツーエンドの利用を目指している。

光電融合デバイスの抜本的進化

IOWN 構想の実現には、APN の発展だけでなく PEC の開発も必要不可欠だ。PEC もまた、PEC-1 から PEC-4 まで段階的な発展が計画されており、2022 年度から 2024 年度までは PEC-1 としてデータセンター間を接続するためのデバイスが開発されてきた。そして 2025 年度からは新たに、PEC-2 としてボード接続に先エンジンを適用、2028 年度からは PEC-3 としてチップ間の接続部分を光化し、2032 年以降にはチップ内の光化をめざしている。

そもそも現在はチップ間配線における消費電力の増加が問題となっており、LSI（大規模集積回路）の性能向上に伴い、チップ間 I/O の帯域は増大の一途を辿っており、今後はチップ間配線における消費電力だけで冷却限界を超えると予想されている。こうした課題に対し、チップ間配線を光化することで、電気配線に比べて回路基板上の伝送距離が伸びても消費電力が増大しないことが大きなメリットになると考えられている。

PEC-3 や PEC-4 への発展を見据えるうえで、NTT は単なるシリコンフォトニクスだけでなく、メンブレン化合物半導体技術の開発にも取り組んでいる。このメンブレン技術によって、わずか 1.11mm×2.75mm のサイズで電気信号から光信号への変換を可能にするデバイスを実現できる予定だ。この小型化のポイントは、いかにレーザーを小さくつくり、光を閉じ込め、発熱を防止するかという点にあり、NTT 研究所は従来の縦積み製法ではなく、横に薄くつくる製法を開発し、その製造安定化において世界トップクラスの技術を確立している。

次世代のコンピューティングインフラ

さらに、IOWN 時代のコンピューティングインフラとして位置づけられているのが DCI だ。DCI とは、コンピューティングリソースをなるべく細分化し、データを中心に必要なリソースのみを稼働させることで、高効率化と低消費電力化を実現するもの。従来の電気配線では接続距離に制限があり、高効率なコンピューティングシステムの構築に限界があったが、光配線を用いることで、コンピューティングリソースの接続距離を大幅に延長し、大規模で高効率なコンピューティングシステムを実現できる。

DCI は、大量かつ多様でダイナミックな特性をもつデータ処理での活用が期待されている。たとえば、大量のカメラ映像をリアルタイム処理する画像解析 AI において、昼夜間の人口差に基づいて最適なリソース割り当てを行うことで、大幅な電力効率化が可能となる。

将来的には、APN と連携することで、地理的に分散した複数のデータセンターや DCI が混在され、大規模なスケールで高生産かつ電力効率の高い ICT インフラが実現されることが見込まれている。現在、NTT は IOWN 2.0 において、2026 年頃の商用化を目指して PCI-2 の開発を進行中だ。これは計算機リソースをボード単位に細分化した CDI サーバを光電融合デバイスを用いた光スイッチで接続し、DCI コントローラによって最適に制御することで、電力効率 8 倍の実現を目指している。APN と同様、今年の大阪・関西万博における NTT パビリオンの運営においても DCI は導入されており、来場者の異常検知や表情分析に活用されるなど、今後は万博を超えてさまざまなシーンで活用が広がっていくに違いない。

次世代社会のインフラをめざして

こうした IOWN 構想に向けた研究開発は、NTT グループだけで実現するものではない。NTT は IOWN 構想の立ち上げ初期から「IOWN Global Forum」を立ち上げ、複数の企業と連携しながらグローバル展開をめざしてきた。現在では Intel や Microsoft、Google をはじめ、アジアや欧米を含む世界 154 組織・団体が参画するフォーラムとなっている。IOWN Global Forum は定期的にカンファレンスを開き企業の壁を超えた活発な議論が交わされる場となっているほか、フォーラム内ではいくつものワーキンググループが立ち上がっており、さまざまな領域で実証実験も進んでいる。こうした取り組みによってユースケースの検討が進んでいるのはもちろんのこと、IOWN の国際的な標準化と普及が推進されるので、NTT グループのみならず世界中の企業や社会全体へ IOWN の恩恵がもたらされるようになると言えるだろう。

NTT は、IOWN 構想を通じて持続可能で豊かな社会の実現をめざしてきた。超高速・大容量、超低遅延、超低消費電力といった性能をもつ ICT インフラはもちろん大きな可能性を秘めているが、それは実装を通じて初めて社会に価値がもたらされるものでもある。発表から 7 年目を迎えた IOWN 構想は研究開発だけでなく社会実装においてもさまざまな実践を繰り返していくことで、新たなフェーズを迎えようとしているのである。



IOWN Beyond Boundaries

大阪・関西万博 2025 に見る IOWN の次世代体験

2025 年 4月 13日から10月 13日まで開催された「大阪・関西万博 2025」。NTT は「NATURAL」をテーマに掲げ、感情に合わせて変容する建築や時空間を超えた体験を提供するパビリオンを提示したほか、IOWN の実装を通じて離れた場所をつなぐ超大型ライブエンタメから万博会場内を走る自律走行車の制御まで、さまざまな革新を起こした。果たしてその裏側では何が起きていたのだろうか？

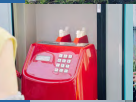
PART 1　大阪・関西万博を支えたIOWN
PART 2　APNが生み出す新時代の体験
PART 3　IOWN光コンピューティングの可能性

PART 1: How IOWN Works in Expo 2025?

「PARALLEL TRAVEL」と３つのコンセプト















まるで水彩画のような淡くカラフルな小さな布で覆われ、風が吹くとゆらゆらとキラキラと輝いている――万博において多くのパビリオンがさまざまな建築を提示するなかで、どこか柔らかさを感じさせ躍動が揺らぐような NTT パビリオンは、ひときわ異彩を放っていた。

このパビリオンの体験テーマは「PARALLEL TRAVEL」。離れた場所と空間をつなぐ IOWN によって、NTT パビリオンはまさに時空を旅するパビリオンとなっていた。それは単に場所から場所への移動ではなく、時間と空間を超越した存在の共有を意味している。NTT が掲げる「まるで隣にいるような存在を感じる、未来のコミュニケーションを創出する」という目標は、人間の根源的な欲求である「つながり」への新たなアプローチを示している。

この哲学の背景には、1970 年の大阪万博で NTT（当時日本電信電話公社）が「ワイヤレステレホン」を公開した歴史的な文脈がある。55 年の時を経て、NTT は再び大阪の地で、通信技術の未来を提示したのだ。しかし、今回の取り組みは単なる技術の進歩を示すものではない。それは、技術が人間の感情や感覚にどのように寄り添い、どのように人間性を拡張できるのという、より根本的な問いに答えようとする試みでもあった。

さらにこのパビリオンは「一緒につくるパビリオン」「循環するパビリオン」「生きているパビリオン」という 3 つのコンセプトを掲げている。これらのコンセプトは、単なる建築的な特徴を示すのではなく、現代社会が目指すべき価値観を体現したものでもある。たとえば「一緒につくるパビリオン」は、双方向的なコミュニケーションの重要性を示している。全国各地で開催されたワークショップに参加した NTT グループ社員約 300 名が布を編み、それらをつなぎ合わせて 1 とつの大きな天蓋布を制作したほか、会期中には来場する子ども達が約 3 万枚のカラフルな布の中から好きな色を選んで建物壁面に結び付けることで、パビリオンの外観が徐々に変化していく仕組みが設けられている。

また、「循環するパビリオン」というコンセプトは、持続可能性への配慮を提示している。パビリオンで使用される布は、植物性由来の PLA（ポリ乳酸）を原料とした 100% 自然に還る素材が採用されており、かつ布の一部工程が能登半島地震の被災地である中能登町の工場で製造されている。厚とりつ国際的なイベントが、地域の復興支援と環境配慮を同時に実現する可能性を示しているのである。

そして「生きているパビリオン」というコンセプトは、建築の動的な性質を表している。「感情をまとう建築」と呼ばれるように、建物そのものが感情をもった生命体のように動き、来館者の感情と呼応して布が振動し、自然の風を受けて表情を変える――この動的な建築は、固定的で不変なものとしての建築の概念に揺さぶりをかけているだろう。この布は来場者の笑顔に反応して揺れる仕組みになっており、ICT が建築の本質的な要素として統合されると同時に、建築が単なる物理的な構造物ではなく、情報処理システムとして機能する可能性を示してみせた。

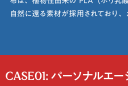
NTT パビリオンの背景にある哲学は、単なる技術展示を超えた、新しい時代のコミュニケーション観を提示したと言えるだろう。現代における万博とは、もはや単に最新のテクノロジーを堪能する場であってはならない。それは新しい時代のコミュニケーション観を提示する場であり、テクノロジーと人間の関係性を問いなおす場でなければいけないはずだ。しばしばこうした展示会のパビリオンは建築デザインと内部の体験が切り分けて扱われがちだが、NTT パビリオンにおいては、両者が深く結びついている。そのあり方こそが、歴史的に見ても日本のコミュニケーション観の形成に寄与してきた NTT の哲学を反映したものだったといえるはずだ。

NTT in Expo 2025

万博会場を彩る１０の体験

大阪・関西万博 2025 における NTT グループの取組みは、パビリオンや大規模イベントだけではない。万博会場内を走る自律走行車の制御や接客ロボット、各種機関との実証プログラム、さらには万博会場を超えて全国各地をつなぐリモートプロダクションまで――万博を通じて広がる NTT の取り組みをご紹介しよう。

CASE01: パーソナルエージェント



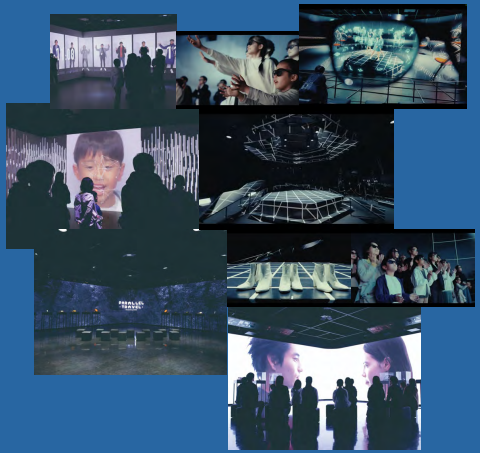
多様なデータを AI が分析し、その人におすすめの一日のモデルコースを作成するパーソナルエージェントアプリを提供。会場内の情報を統合し、一人ひとりに寄り添う快適な来場体験を生み出している。

CASE02: 水素サプライチェーン



NTT アノードエナジー社太陽光発電等からグリーン水素を生成し、場外遠隔荷室箇を活用したパイプラインを通じて、グリーン水素を約 200m 離れたパナソニックパビリオンへ供給。水素サプライチェーンの実装を実現した。

3 つの Zone が示した新時代の体験



NTTパビリオンの内部に足を踏み入れると、そこは 3 つの Zone に分けられている。来場者は約 30 分間の体験を通して、新たなテクノロジーにより新たなコミュニケーションのあり方を考えさせられることになるのだ。

パビリオンの体験は、Zone1「コミュニケーションの進化には、こえられない隔たりがある。テクノロジーの向こう側にある、感情や感覚とは、」から始まる。この空間は、通信技術の歴史的変遷を振り返りながら、技術の本質的な限界と可能性について考えさせるものである。このエリアでは、来場者が通信技術の発展史を体感的に学べるようになっている。しかし、この展示の真の目的は、単に技術の進歩を称賛することではない。むしろ、どれほど技術が発達しても、人間の感情や感覚の伝達には常に「こえられない隔たり」が存在することを来場者に気づかせることにある。この「隔たり」の概念は、現代のデジタルコミュニケーションが抱える根本的な課題を浮き彫りにしている。SNS やビデオ通話により、我々は世界中の人々と瞬時につながることができるようになった。しかし、真の意味での理解や共感、感情の共有は、依然として困難な課題として残されている。展示のなかでも特に印象的なのは、『感情の伝達』に焦点を当てた映像体験だ。来場者は、さまざまな感情を表現する映像や音声を通して、言葉や画像だけでは伝えきれない微細な感情のニュアンスがあることを実感する。この体験は、技術の向こう側にある人間の本質を意識させたはずだ。

そんな内省的体験から続く Zone2「もしも隔たりをこえられるとしたら。時間と空間がひとつになった時、そこにはあたらしい感覚が生まれていく。」では、Perfume のライブパフォーマンスの 3D 伝送過体験を通じ、これまでにない空間共有体験を味わえるようになっている。これは単なる映像インスタレーションではなく、IOWN の空間伝送技術により、Perfume がまるで実際にパフォーマンスを行った空間そのものが、リアルタイムでパビリオン内に再現されているのである。高精度な 3D スキャニング技術により、パフォーマンス空間の詳細な 3 次元情報が取得され、IOWN の大容量・低遅延通信により、この膨大な 3 次元データがリアルタイムで伝送される。来場者は立体的に Perfume のパフォーマンスを見られるだけでなく、その息遣いやダンスの振動をも感じ取る。

それはまさしく、IOWN の実現する、時空間を超えた体験だったと言えるだろう。

最後の Zone3「自分の分身＝Another Me をつうじて新しい『私たち』の可能性と出会おう。」では、来場者が自分自身のバーチャルアバターを作成する。来場者は、専用の撮影ブースで自分の姿を撮影し、その映像データを基に AI が個人の特徴を分析する。この分析結果を基に、リアルタイムで来場者のバーチャルアバターが生成される。作成されたバーチャルアバターはほかの来場者のアバターと交流するようにして、画面のなかで来場者の思惑とは異なる表情を浮かべ、ときには自ら動き出す。それは現代社会におけるアイデンティティの多様性と流動性を反映したものでもあるだろう。SNS やオンラインゲームなどのデジタル空間において人々が現実とは異なる自己表現を行うことが一般的になっているように、Zone3 は私たちのアイデンティティが緩やかに変容していることを示していた。

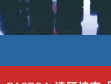
パビリオン内部の体験が示すのは、テクノロジーが人間の生活をただ便利にするのではなく、人間という存在そのものを拡張し、豊かにしてくれる可能性だ。IOWN による空間伝送技術は、物理的な制約を超えた新しい共存の形を実現し、バーチャルアバターは私たち一人ひとりの関係性が変わっていく可能性を示していると言えるだろう。

CASE03: バーチャル夢洲会場



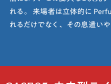
オンライン空間上に夢洲会場を 3DCG で再現したバーチャル会場を用意し、VR/AR を活用した取り組みを展開。実際に会場に来ることができる方みでも自由に参加できる、インクルーシブな万博の実現に貢献している。

CASE04: 遠隔接客「newme」



アバターロボット「newme」を会場内のセブン・イレブン店舗に設置。店舗とNTTパビリオンバックヤードを IOWN で接続し、会期中毎日遠隔オペレータが接客することで、遅延のない自然な接客を実現した。

CASE05: 未来型ライブビューイング



GLION ARENA KOBE で行われる神戸ストークスの試合の模様を、現地と万博会場を IOWN で接続し、映像のみならず FEEL TECH を活用しアリーナの振動も共有する新しいスポーツ観戦体験を実現。

CASE06: 触感伝送「Remotouch」



NTT パビリオンの応援コーナーに遠隔からタッチセラピーが受けられるブースを設置。IOWN で接続し、遠隔地にいるセラピストの絶妙な力加減と声・表情を双方にリアルタイムで伝えるセラピーを提供した。

IOWN 光コンピューティングの可能性



こうしたNTTパビリオンの体験を支えているのが、ほかならぬIOWNだ。超低消費電力や超高速処理、超大容量通信などさまざまな特徴をもつIOWNは次世代社会のコミュニケーション基盤となるべく開発されているが、NTTパビリオン内の体験は、まさにIOWNの社会実装によって私たちのコミュニケーションがどのように変わりうるかを示すものだと言えるだろう。

なかでも Zone2 で体験できる Perfume ライブの 3D 伝送は、IOWN の技術的優位性を象徴的に示す事例と言える。この体験を支える空間伝送技術は、従来の映像技術とは根本的に異なるアプローチを採用しているからだ。従来の映像技術では、固定されたカメラ位置から撮影された 2 次元の映像情報を伝送し、受信側でその映像を再生するという方式が採用されてきた。しかし、空間伝送技術では、撮影空間の 3 次元情報を丸ごと構築し、受信側で任意の視点からの映像をリアルタイムで生成できるようになっている。この技術の実現には、複数の先進技術の統合が必要だ。まず、高精度な 3D スキャニング技術により、撮影空間の詳細な 3 次元情報が取得される。次に、複数のカメラから撮影された映像情報も統合することで、空間内のあらゆる角度から色彩情報が記録される。さらに、音響情報についても、複数のマイクを用いた 3 次元音響収録により、空間的な音響特性が記録される。これらの膨大な 3 次元情報は、IOWN の大容量通信技術により、リアルタイムで伝送されている。受信側では、来場者の視点位置や視線方向に応じて、適切な映像と音響をリアルタイムで生成。この一連のプロセスにより、来場者は自由に視点を変更しながら、まるでその場にいるかのような体験を得られる。注目すべきは、この技術が単なる視覚情報の伝送にとどまらず、触覚情報の伝送も可能にしていることだろう。NTT パビリオンの Zone3 出口に設置された「いのちふれあう伝話」は、音や映像に加えて触覚も伝えられるものであり、物理的に離れた場所にいる人同士が多感覚的なコミュニケーションを行うことが可能になっている。

さらにパビリオンの体験を下支えしているのが、IOWN 構想にかかせない要素のひとつ、光コンピューティングだ。この技術は、従来の電子回路によるコンピューティングに光技術を融合することで、AI 処理の高速化と低消費電力化を同時に実現している。光コンピューティングの具体的な応用例は、パビリオン建物外周の格子状シートの制御システムに見ることができる。Zone2 のカメラで捉えた来場者の「笑顔」は、IOWN により大阪市京橋駅近くの NTT 西日本本社に伝送される。そこで光コンピューティングによる AI 分析が実施され、笑顔の検出と感情の分析が行われる。この分析結果は再びパビリオンに送信され、格子状シートを動かすための制御信号として活用されている。

この一連のプロセスは、従来の電子回路ベースのシステムでは実現困難な高速性と効率性を実現している。光コンピューティングにより、大量の画像データをリアルタイムで処理し、瞬時に感情分析の結果を得ることが可能になっている。さらに、この処理を低消費電力で実行することで、環境負荷を最小限に抑えながら高度な体験を提供できるのである。

かように、IOWN のような高速通信基盤の実現は、離れた場所をリアルタイムにつなげることを意味している。今回の万博会場の光ファイバーネットワークには IOWN APN の装置が設置され、会場全体で低消費電力、大容量高品質、低遅延伝送を兼ね備えた通信環境が提供されており、NTT パビリオンに留まらずいのち館の宇宙館など会場内をつないでいるほか、北海道大学や奈良女子、会場さえも飛び越えて遠く離れた地さえも自然につなげてみせた。

地球の反対側に住む人々とも Zoom のようなツールで自然に会話できる現在、遠く離れた場所をつなげることなど当たり前と思われるかもしれないが、3D 空間のような大容量の情報をほぼ遅延なく扱えることは、コミュニケーションの質的転換をもたらすことを意味する。実際に NTT パビリオンを訪れた来場者は、その変化を身をもって体感したはずだ。今回の万博における NTT の取り組みは単にあらりべき未来像を提示するのではなく、それを実直に社会実装してみせることで、そんな未来の可能性を証明するものだったと言えるだろう。

CASE07: 遠隔農機操作



テーマウィーク「食と暮らしの未来」に出展される農林水産省のブースにおいて、EXPO メッセと北海道大学の農場を IOWN で接続し、1,200km 以上離れた農機を遠隔操作する技術操作する体験をサポートしている。

CASE08: 自動運転バス支援



舞洲万博パーク&ライドシャトルバスの走行ルートに設置される ITS スマートポールのセンサーデータを IOWN で接続したネットワークサーバーで処理することで、安全・円滑な自動運転を支援している。

CASE09: リモート制作環境の提供



会期中、大阪・関西万博会場のメディアセンターとデータセンターとの制作設備を IOWN で接続し、複数の放送局が接続できるようにすることで、リモートプロダクション環境の共同利用化を実現した。

CASE10: IOWN を活用したふれあう伝話



日本館とこのち館の対話型展示、関西国際空港において、会期中毎日、双子映像に加え、触覚・振動を送り合うことができる「ふれあう伝話」を設置し、離れた人とハイタッチをしたり、触れ合う感覚を伝え合える体験を提供。

New Connectivity

IOWN が生み出す、新たなつながり

IOWN が実装される領域は、年々広がろうとしている。生成 AI の発展に伴う電力需要の増加に対応する次世代データセンターや、離れた場所をリアルタイムにつなぎながらシームレスなコンテンツ制作を可能にするリモートプロダクション、さらには地球を飛び出して広大な宇宙の世界まで——現在進行系で広がっている IOWN 実装の場に迫りながら、IOWN が生み出す新たなつながりを捉えていく。









Next Generation Network for Society

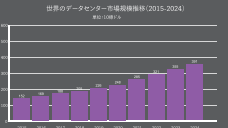
これからの社会を支える次世代データセンター

近年、生成 AI ブームを受けて世界中で建設ラッシュが進むデータセンター。需要が高まる一方で消費電力の多さや排熱の量など環境負荷の高まりも懸念されている。そこで注目されるのが、IOWN によるデータセンター運営の変革だ。IOWN がもたらす高速ネットワークは従来のデータセンターの限界を超え、圧倒的な低消費電力での運営を実現するだけでなく、これまでデータセンターが悩まされてきた地理的制約を超えることも期待されている。現在 IOWN は Google に代表されるハイパースケーラーが運営するデータセンターへの導入も進んでおり、NTT グループがもつ施設だけでなく、幅広くデータセンター市場へ変革を起こす可能性を秘めている。果たしていまデータセンター市場はどんな状況にあり、これからどこへ向かおうとしているのか。IOWN によるデータセンター産業の変革を追いかける。

Market Trend of Data Center
データセンター市場の現在地

POINT 1
世界のデータセンター市場規模は 50 兆円超

AI とクラウドコンピューティングの普及により、データセンター産業は異例の成長期を迎えている。世界のデータセンター市場は、2024 年の 3,670 億ドルから 2030 年には 4,646 億ドルに達すると予測されており、年平均成長率（CAGR）は約 10.3% の高い成長を示している。特に注目すべきは、生成 AI 需要の爆発的増加だ。2030 年には AI 処理がデータセンター電力需要の 50% 以上を占めると予測されている。日本市場においてはハイパースケールデータセンターの建設ラッシュが続いており、大手クラウドプロバイダーが相次いで日本国内での設備投資を拡大中だ。地域別の成長パターンを見ると、アジア太平洋地域が最も高い成長率を示している。中国やインド、東南アジア諸国でのデジタル化推進により、この地域のデータセンター市場は年平均 15% 以上の成長を続けているのである。一方、成熟市場である北米や欧州でも、AI 需要により新たな成長機会が創出されている。



POINT 2
生成 AI の勃興がデータセンター需要を加速

60TWh

20TWh

生成 AI などの普及に伴う需要拡大も受け、現在データセンターでは急速に変革が進んでいる。最も顕著な変化は、AI 専用チップの普及だ。NVIDIA H100、AMD MI300X、Intel Gaudi3 などの専用プロセッサが大量導入され、データセンターのアーキテクチャが根本的に変化。これらの AI 専用チップは従来の CPU と比較して 10 倍以上の処理性能を実現する一方で、電力消費量も大幅に増加しているため、冷却システムの高度化が不可欠となり、液冷技術の導入が加速している。また、エネルギー効率の向上においても、AI 技術が重要な役割を果たしている。DeepMind が開発した AI 制御システムは、Google のデータセンターにおいて冷却エネルギーを 40% 削減することに成功している。NTT も IOWN 構想の一環として先技術を利用した次世代データセンターの実証を進めており、今後は量子コンピューティングも含めさまざまな技術の活用により、さらに効率的なデータセンターの運用が期待されている。



POINT 3
電力やセキュリティ……課題は山積み

データセンター業界が直面する最大の課題は、電力供給の制約だ。AI の普及により、データセンターの電力需要は 2030 年には世界全体の電力需要の 3% を超えると予測されており、既存の電力インフラでは対応困難な状況が生じている。特に深刻なのは、データセンター集積地域における電力供給の限界だ。米国東海岸のデータセンターハブでは、新規プロジェクトの電力接続に 3 年以上の待機期間が発生している。さらに、人材不足も深刻な課題と言われ、データセンター業界の技術戦矢商等は 15% に達している。この問題に対応するため、業界全体で教育プログラムの充実や、自動化技術による人材依存度の低減に取り組んでいる。こうした課題の解決は、さらなる成長の機会でもある。たとえばエッジコンピューティングの普及は都市部近郊での小規模データセンター需要の拡大にもつながっており、より多様な事業者の参入機会が生まれるなど、データセンターをめぐるエコシステムは今後さらに変化していくかもしれない。

POINT 4
高まる次世代データセンターへの期待

2030 年代のデータセンター業界は、量子コンピューティングと光技術の統合により、根本的な変革を遂げるかもしれない。現在の電子回路ベースのシステムから、光電融合技術による超高効率システムへの移行が本格化すれば、データセンターのあり方そのものが変わりうる。なかでも IOWN によりデータセンター間の超高速・大容量通信が実現すれば、地理的に分散したデータセンターをひとつの巨大なシステムとして運用することも可能だ。再生可能エネルギー 100% による運用や、量子コンピューティングの導入、あるいは AI によるデータセンター運用の完全自動化など、今後 10 年でデータセンターは大きく変わっていくかもしれない。自動車のコネクテッド化やスマートシティの台頭により、データセンターが交通・医療・行政など複数分野のデータを統合処理する中枢インフラとして機能するなど、よりデータセンターは私たちの社会と深くつながったものになるはずだ。







The Impact of New Data Center

データセンター新時代の幕開け

栃木県栃木市。この地に、NTT 東日本グループが、最大規模を誇る国内最大級のデータセンターをつくろうとしている。それは NTT が 2023 年から 2027 年度にかけて投じる 1.5 兆円規模の戦略投資の象徴的な存在だ。データセンターによるデータセンター需要の増大の波の中、NTT は日本発の技術力を武器に新たな価値創造に挑んでいる。その核心にあるのが、IOWN の基盤技術を活用した次世代データセンターの構築だ。

国内最大級のデータセンター集積地

データセンターを取り巻く環境は、この 10 年で劇的に変化した。かつては通信事業者や企業の自社システム運用が中心だったが、クラウドサービスの普及により、Amazon Web Services（AWS）や Microsoft Azure、Google Cloud といったハイパースケーラーが市場を席巻している。こうしたハイパースケーラーは現在世界各地に巨大なデータセンターを建設し、スケールメリットを活かしてコストを下げながらサービスを提供してきた。

しかし、2023 年以降、にわかにその状況が変わりつつある。生成 AI の爆発的な普及により、従来とは桁違いの計算能力とストレージ容量が求められるようになったのだ。大規模言語モデルを学習させ運用していくためには、大量の GPU を稼働させつづける必要がある。この需要急増により、既存のデータセンターでは対応しきれない状況が生まれている。

従来のデータセンターは、Web サービスやデータベースといった比較的軽い処理を想定して設計されていた。しかし、AI 処理では消費電力が 10 倍以上になることも珍しくない。冷却システム、電力供給、ネットワーク等場――すべてを根本から見直す必要があるだろう。

加えて、立地の制約も問題だ。AI 処理に必要な大容量電力を安定供給できる場所は限られている。都市部では電力不足や用地確保の困難さから、新規建設が困難になっている。結果として、電力インフラが充実した地方での大規模データセンター建設が注目されているが、そう簡単には進んでいかないことも事実だろう。

2023 年 5 月、NTT は業界を驚かせる発表を行なった。2027 年度までの 5 年間で、データセンター事業に 1.5 兆円を投資するという大胆な計画だ。投資の内訳を見ると、その戦略的意図が明確に見えてくる。約 60%にあたる 9,000 億円は新規データセンターの建設に充てられ、残りの 6,000 億円は既存施設の高度化と省エネ技術の導入に投じられる。特に注目すべきは、AI 処理に特化した次世代データセンターへの重点投資だ。

栃木県栃木市の新データセンターは、この戦略の象徴的な存在だ。敷地面積約 100 ヘクタール、延床面積約 50 万平方メートルという規模は、国内最大級と言える。しかも、単に大きいだけではない。ここには、NTT が長年培ってきた通信技術と IOWN の最新技術が結集されている。

革新的な技術のひとつが、直接液冷システムの全面採用だ。従来の空冷システムでは、AI 処理で発生する大量の熱を効率的に除去することが困難だった。直接液冷システムでは、冷却液をサーバーの CPU や GPU に直接接触させることで、冷却効率を飛躍的に向上させる。この技術により、従来比で約 40% の省エネ効果を実現している。従来のデータセンターでは、消費電力の多くが冷却に使われていた。直接液冷システムにより、その電力を大幅に削減できる。しかも、冷却で発生した排熱を施設の暖房や温水供給に再利用することで、エネルギー効率を上げていくことも可能だ。



電力供給システムを従来とは大きく異なっている。再生可能エネルギーの比率を 50% 以上に高め、残りも高効率な天然ガス発電で賄う。さらに、大容量蓄電池システムを併設することで、電力需要の変動に柔軟に対応できる仕組みを構築している。ネットワーク面では、IOWN の APN 技術を活用した超低遅延接続を実現している。東京都心部との間を光ファイバーで直結し、往復遅延を 5 ミリ秒以下に抑えることで、地方に立地しながらも、都心部のデータセンターと同等のレスポンス性能を提供できるのだ。

独自の競争戦略で
世界第 3 位の地位を確立

NTT のデータセンター戦略の特徴は、前述のようなハイパースケーラーと直接競争するのではなく、独自の価値創造に注力している点にある。

ハイパースケーラー各社は自社のクラウドサービス拡大を主目的としてデータセンターを建設しているが、NTT はデータセンターインフラを提供することで幅広い顧客のニーズに応えようとしているのである。

その背景には、日本市場の特殊性も関わっている。データの価値が高まるとともにサイバーセキュリティへの意識も強まるなか、日本のなかでも海外企業のクラウドサービスに依存することへの懸念が広がっている。特に、政府機関や金融機関、重要インフラ事業者のなかでは、国内データセンターへの需要が急速に高まっている。

そこで NTT が取り入れている施策のひとつが、ハイブリッドクラウド対応だ。多くの企業は、すべてのシステムをパブリッククラウドに移行するのではなく、重要なデータは自社管理のプライベートクラウドに残し、必要に応じてパブリッククラウドを活用するハイブリッド構成を採用している。NTT のデータセンターは、この複雑な要求に柔軟に対応できる設計になっている。

もうひとつの差別化要因が、エッジコンピューティングの活用だ。IoT デバイスなどの普及により、データ処理をクラウドではなく、より近い場所で行なうエッジコンピューティングの需要が急増しているなか、NTT は、全国に展開する通信インフラを活用して、小規模な「エッジデータセンター」を多数配置する戦略を進めている。

だからこそ、NTT は AWS や Microsoft Azure といったハイパースケーラーと積極的に協業を進めており、相互接続サービスで連携し、顧客の利便性向上を図っている。たとえば 2025 年 1 月には NTT データが AWS と日本市場を対象にした戦略的協業契約を新たに締結し、NTT データのサービス「IITRON」の AWS 環境上での提供や、同社のクラウドサービス「OpenCanvas」と AWS を組み合わせたサービスの開発を進めており、Microsoft Azure とも専用接続を提供するほか、Microsoft の「Model-as-a-Service プラットフォーム」上で NTT の LLM モデル「tsuzumi」の提供も進めている。

こうした戦略の結果、NTT は世界のデータセンター市場で独自のポジションを確立していると言えるだろう。クイニクス（12.4%）、デジタルリアリティ（7.1%）に次ぐ第 3 位（1.6%）という地位は、単純な規模競争ではなく、差別化された価値提供の結果なのである。

ワット・ビット連携で
データセンターを社会基盤に

NTT はデータセンター事業をさらに発展させていくために、多くの技術革新へ取り組んでいる。たとえば千葉県野田市に開設した「Data Center Trial Field」は、データセンターにおける液体冷却技術の検証施設だ。水冷サーバーや液浸冷却などの液体冷却技術の実証実験を行うこの施設には、さまざまな企業が参画しており、液浸冷却システムをはじめ、新たな冷却技術の開発が日下進行中だ。

もちろん、IOWN APN の活用も進んでおり、分散型のデータセンター実現に向けた実証も進んでいる。従来の AI 学習では、すべての GPU を同一データセンター内に配置する必要があったが、IOWN を活用すれば、複数のデータセンターに分散配置された GPU を、あたかもひとつのシステムのように連携させることができる。データセンター立地の多様化においても、災害時のレジリエンス向上においても、IOWN は重要な役割を果たしていると言えるだろう。

データセンターの立地が多様化することは、地方経済や都市の発展を変えていく可能性も秘めている。データセンターの誘致によってサーバーメンテナンス会社、ネットワーク機器メーカー、セキュリティ会社など、多くの企業が進出すれば現地での雇用創出にもつながっていくだろう。

加えて、栃木市で建設が進んでいる次世代データセンターは、地域に開かれた施設となることを標榜しても

Case Study

NTT グループが取り組むデータセンター改革

1 データセンターをつなぎ AI 創薬支援



NTT と NTT コミュニケーションズは、三菱商事やモルゲンロット、アイパークインスティチュートと共同で湘南ヘルスイノベーションパークおよび MC デジタル・リアルティが運用するデータセンターにおける GPU 計算力リモート提供に関する共同実証実験を実施。製薬会社の研究開発拠点と AI の計算基盤となるデータセンターを IOWN APN でつなぎ、AI 創薬に必要な計算資源を提供している。

2 再生可能エネルギーで稼働する洋上データセンター



NTT ファシリティーズは日本郵船やユーラスエナジーホールディングス、三菱 UFJ 銀行、横浜市とともに、再生可能エネルギーを 100% 活用する洋上データセンター実現に向けた実証実験を実施。ミニフロート上に、太陽光発電設備および蓄電池設備で稼働するコンテナ型データセンターを設置し、世界初となる「洋上浮体型グリーンデータセンター」の実現を目指している。

3 カーボンニュートラルへ貢献する次世代型データセンター構想

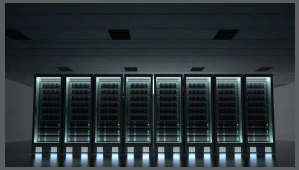


NTT ファシリティーズは、全世界での豊富な大規模データセンター構築経験をもとに、データセンターのカーボンニュートラルへ貢献する、全面的に液冷方式サーバーを採用した次世代型データセンターを構想している。データセンター冷却用消費電力量を約 50% 削減するほか、冷却方式の刷新によってサーバが高集積・高密度化するため、より柔軟な敷地利用に対応することが可能となり、地域と調和する新たなデータセンター像を提示している。

いる。データセンターの排熱を利用した温水プールなど地域の人々が利用できるレクリエーション施設が生まれる可能性もあるほか、将来的には植物工場を併設し年間を通じて安定した農産物の生産にもつながっていくかもしれない。

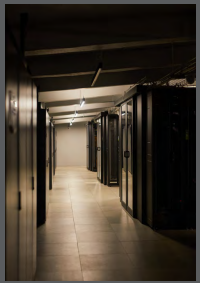
しばしばデータセンターは次世代社会のインフラと呼ばれるが、それは単にさまざまなデジタルサービスの基盤となることだけを意味しているわけではない。これからの都市生活を支えていく基盤となるのが次世代データセンターなのである。日本政府が今年 2 月に「エネルギー基本計画」とともに閣議決定した「GX2040 ビジョン」においても、脱炭素へのエネルギー転換を産業競争力の底上げにつなげていくうえで、電力と通信の効率的連携を示す「ワット・ビット連携」の推進を明かしている。ワット・ビット連携においては、計算資源の効率的運用のために電力・通信インフラを整備した新たなデータセンター集積拠点の実現や、将来的な環境変化にも見据え多様な地域へデータセンターを分散し高度化していくことが求められており、分散的なデータセンター基盤がこれからの産業発展や地方創生、ひいては日本の国土強靭化にも資することが明らかとなっている。そしてワット・ビット連携を実現し、エネルギーと情報の地産地消を推し進めていくうえで、IOWN APN によりデータセンターとエネルギーのネットワークや光電融合デバイス搭載サーバによる省電力化が重要となることは言うまでもないだろう。

NTT のデータセンター戦略は、2030 年の IOWN ビジョン実現に向けた重要な基盤でもある。IOWN が描く未来社会では、あらゆるデバイスが光ネットワークで接続され、リアルタイムでの情報処理が当たり前になる。その実現には、従来とは次元の異なるデータセンターインフラが必要だ。2030 年に向けて、日本各地で









NTT はデータセンターの建設を進めていく。さらに 2025 年 6 月にはシンガポールでデータセンター特化型 REIT を上場させ、アメリカやオーストラリア、シンガポールに所在する 6 つのデータセンター資産の運用を加速させてもいる。データセンターという社会インフラを通じて、日本の技術力を世界に示し、新たな価値を創造する。その壮大な挑戦が、いままさに始まろうとしているのだ。

Future Insights
未来のデータセンターはこうなる?

データセンターが街づくりを牽引



これまでは鉄道や道路など交通網を起点として街づくりが広がっていくことが多かったが、未来の街はデータセンターを中心にしてつくられていくかもしれない。データセンターが都市運営を最適化し、住宅から商業施設、病院、交通網を統合的に管理。自律走行車のネットワークによって住民は電車やバス以外でも自由に移動できるようになり、各都市に住む住民のライフスタイルに応じて交通網や配送網は常に柔軟に設計されていく。自然災害が発生した際もデータセンターが瞬時にライフラインの修繕を行っていき、レジリエンスな都市を実現。幹線道路や駅を中心にして商業施設や住宅が開発されてきたことでこれまでは画一的な都市が生まれやすかったが、データセンターを中心に都市を設計していくことで、各都市の個性を活かした街づくりが可能となるかもしれない。

緑に溢れた自然豊かなデータセンター



再生可能エネルギーの活用をはじめとする環境負荷低減の取り組みを超えて、未来のデータセンターは緑溢れる自然豊かな土地を支えていくものになるかもしれない。データセンターの排熱を利用したプールのようにスパ・ウェルネス施設が増加していき、データセンターの周囲は自然豊かな公園となって住民へと開放されていく。これまでは大規模な敷地に巨大なデータセンターが集積することが多かったが、IOWN によって離れたデータセンターをつなぎ、ひとつの施設として扱えるようになることで、データセンターの立地も分散化。これからのデータセンターは住民から敬遠されてしまう場所ではなく、むしろ老若男女が集まり、交流するための場所として設計されなおすことになるかもしれない。

Borderless Creative Revolution

空間を超えてつながり合う クリエイティブの現場

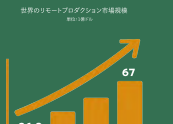
パンデミックを契機に広がったリモートプロダクションは、いまやエンターテインメント産業の新たなスタンダードとなりつつある。5G/6G の普及やクラウドベースツールの台頭により、テレビ番組制作からスポーツ中継、音楽ライブまで、物理的距離を超えたクリエイティブワークが実現。空間の制約から解き放たれると、エンタメ産業やクリエイティブ産業はどう変容していくのか？　IOWN の普及がもたらす視聴覚体験の変革に迫る。



Market Trend of Remote Production
空間を超えるリモートプロダクション

POINT 1
パンデミックによる市場の急拡大

コロナ禍に伴う社会のリモートやメタバース市場の急速な拡大によって、エンターテインメントの新たな収益エンジンと位置づけられるのがリモートプロダクション技術だ。世界のリモートプロダクション市場規模は、2024 年の 26.8 億ドルから 2030 年には 67 億ドルに達すると予測されている。この成長を牽引しているのは、コンテンツプラットフォームの急拡大だ。大手プラットフォーマーはオリジナルコンテンツ制作に年間数百億ドルを投資しており、制作効率の向上とコスト削減を実現するべくリモートプロダクションの需要が高まっている。さらにパンデミック後の変化として、ハイブリッド制作手法の定着が挙げられる。リモートでの共同作業ツールの発達により、世界各地のクリエイターが同一プロジェクトに参加できる環境が整備されるなど、一過性の変化を超えて、コンテンツ制作のエコシステムが大きく変わろうとしているだろう。



POINT 2
IOWN による超低遅延制作の実現



リモートプロダクション産業における DX は、技術革新によって加速している。たとえば生成 AI によって背景やキャラクター、音楽の制作プロセスが大幅に効率化しているほか、モーションキャプチャ技術の発展によって、人間の演技もリアルタイムでデジタルキャラクターへ反映させることも可能になった。OptiTrack や Xsens など高精度キャプチャシステムとリアルタイムレンダリング技術の組み合わせにより、制作のプロセスそのものが変わり、よりインタラクティブな制作が広がっている。こうした変化と切っても切り離せないのが、IOWN に代表される新たなネットワーク環境だろう。クラウドレンダリングサービスによって柔軟な制作リソースの活用が可能になり、4K に留まらず 8K など大容量のデータを扱うことが当たり前になった環境において、超低遅延・大容量通信を実現する IOWN のようなネットワークは、これからのクリエイティブのインフラとなっていくと考えられる。

POINT 3
人材育成と技術標準化の推進



リモートプロダクション産業が直面する大きな課題は、専門人材不足だ。リモートプロダクションには従来の映像制作技術に加えてゲームエンジンや 3D モデリング、リアルタイムレンダリング、ネットワーク技術など、多岐にわたる専門知識が必要となる。しかし、プロダクション分野で必要とされる人材のうち、適切なスキルをもつ人材は需要の 30% 程度しか確保できていないとされている。加えて、現在のプロダクション環境は複数のソフトウェアとハードウェアを組み合わせて使用するため、システム間の連携が複雑になりがちであり、標準化された技術仕様の確立が急務となっている。他方で、デジタルハリウッド大学、東京藝術大学、武蔵野美術大学などがリモートプロダクションに適合した教育プログラムを導入し、国際標準化の動きも進んでおり、こうした課題を解決していくことが、リモートプロダクション産業のさらなる発展へとつながっていくと考えられるだろう。

POINT 4
メタバース統合による制作パラダイムの変革

総務省の予測によると、メタバース市場は 2030 年に 78 兆円規模に達し、その中核技術としてリモートプロダクション技術が重要な役割を果たすことになる。最も革新的な変化は、制作プロセスの完全バーチャル化だ。物理的なスタジオやセットが不要となり、すべての制作活動がバーチャル空間内で完結するようになる。クリエイター、俳優、技術スタッフが世界各地から仮想空間に参加し、リアルタイムで協働制作を行う環境が実現される。従来の映画・テレビ番組制作に加えて、メタバース空間でのライブパフォーマンス、バーチャルコンサート、インタラクティブ教育コンテンツなど、多様な収益源を確立されることになるだろう。リモートプロダクション産業とは、単に従来のコンテンツ制作の効率化や省人化をもたらすものではない。それは地理的成約の解消やコストの劇的削減、制作の民主化により、私たちとエンターテインメントの関係性そのものを変えてしまう可能性を秘めているのだ。







IOWN for Remote Production
5 ミリ秒遅延がもたらす放送業界の変革

2024 年 12 月 30 日、東京・新国立劇場のステージから放送された「輝く！日本レコード大賞」。その舞台裏では、ひとつのイノベーションが起きていた。新宿の新国立劇場と赤坂の TBS スタジオをつなぎ、地上波生放送における世界初の音声リモートプロダクションが実現していたのだ。IOWN APN による往復わずか 5 ミリ秒未満という超低遅延のリモートプロダクションは、放送業界の構造的課題をも解決しようとしている。

放送業界が抱えてきた構造的問題

放送業界は、深刻な課題に直面している。少子高齢化による映像・音声系技術者の不足や制作コストの高騰、働き方改革への対応――こうした課題は相互につながっており、業界全体の持続可能性を脅かしている。

特に大規模なイベント中継において、その課題は顕著に現れる。スタジアムや劇場で実施される音楽番組やスポーツイベントを中継するには、専門の中継車や制作スタッフを現地へ大量に送り込まねばならない。現地へ 20 名を超えるスタッフを派遣することも少なくなく、音声だけでも何人ものエンジニアが必要だ。機材の運搬から設営、撤収まで含めると、膨大なコストと労力がかかってしまう。

業界内で番組制作の DX は進んでおり、効率化や最適化は進んでいたものの、構造的な解決には至っていなかった。そんななか近年注目されているのが、リモートプロダクション技術だ。スタジアムや劇場から離れたスタジオで番組制作を行えれば、コスト削減はもちろんのこと、専門的な技術をもつエンジニアたちも安定した環境で作業に携わり、その技術を継承しやすくなる。しかし、従来のリモートプロダクション技術では、生放送に求められる品質基準を満たすことは困難だった。音声や映像の遅延やゆらぎは視聴者に違和感を与え、放送事故につながるリスクをはらんでいたからだ。

IOWN APN がもつ「遅延ゆらぎなし」という特性は、まさにこの問題を解決する可能性を秘めていた。従来のネットワークではパケットの経路が動的に変化するため、遅延時間にゆらぎが生じるが、IOWN APN が提供する超高速・超大容量・超低遅延のネットワークは、このゆらぎをなくすことでも知られている。

従来のネットワークはベストエフォートの考えのもとなるべく遅延やゆらぎを減らそうとしてきただが、放送の現場では絶対に遅延もゆらぎも許されない。APN なら、この高度な要求にも応えられるのではないかと考えられたのである。

APN は光の物理特性を利用することで、電子回路で発生する処理遅延や熱による性能変動を排除するとともに、PTP（Precision Time Protocol）と呼ばれる時刻同期信号をネットワーク上で透過的に伝送することで、離れた拠点間でマイクロ秒レベルの精密な同期を実現できるという。

APN が実現した 5 ミリ秒遅延の意味

果たして APN は本当に放送の現場で機能するのだろうか？　NTT は放送業界が長年抱えてきた課題を解決すべく、近年 TBS テレビとともにさまざまな実証実験に取り組んできた。2024 年には東京都港区のスタジオと埼玉県さいたま市のスタジアム、台湾の 3 拠点を東京都蔵前の制作プライベートクラウドを介して接続し、大規模なフルリモートプロダクションが可能であることを実証するなど、その実力は着実に証明されてきたと言える。

そして 2024 年 12 月 30 日、毎年 TBS が生放送している「輝く！日本レ

コード大賞」（以下、レコード大賞）でついにフルリモートプロダクションが日の目を見ることとなったのだった。レコード大賞では新国立劇場と TBS 赤坂スタジオをつなぎ、音声規格 Dante 準拠の 64 チャンネル分の音声信号を、往復 5 ミリ秒未満の遅延で伝送することに成功。この数値は、従来の IP 技術では到底実現不可能なレベルだったという。5 ミリ秒という遅延はほぼ認知できないレベルであり、エンジニアは現場と変わらない感覚でスタジオから作業できるようになった。

レコード大賞当日、TBS の音響チームは赤坂スタジオから新国立劇場の音声を完全にコントロールしていた。生演奏の音声は瞬時に赤坂に伝送され、熟練のエンジニアによって最適な音質に調整される。調整された音声は再び新国立劇場に送り返され、番組音声として全国に放送された。

この一連のプロセスを支えたのは、APN がもつ 3 つの特性だった。まず「大容量」により、64 チャンネルという大量の音声データを同時に伝送。「低遅延」により、リアルタイムでの音声調整を実現。そして「ゆらぎなし」により、生放送に求められる安定性を確保した。

最も印象的だったのは、現地のエンジニアから見ても気にならないレベルで遅延を解消できた。技術的な数値はもちろんのこと、実際に作業に携わる方が違和感を感じないレベルの通信を実現できたことは、実用化への大きな一歩につながるだろう。

これまでは現地での音響調整に限界があり、会場の音響特性や機材の制約で、理想的な音づくりができないケースも多かった。しかし、慣れ親しんだスタジオの環境で作業できることで、より高品質な音響を視聴者に届けることができるようにもなるはずだ。

加えて、人的コストの大幅削減も無視できない。これまでは現地に音響エンジニアを 5 名ほど派遣しなければいけなかったが、今回はその過半数がスタジオから作業できるようになった。これは人件費を削減できただけではなく、限られた専門人材をより効率的に活用できるようになったことを意味している。

レコード大賞におけるリモートプロダクションの成功は、放送業界全体へ大きな衝撃を与えるものだ。とりわけ地方のテレビ局にとって、その意義は大きい。従来は大都市で開催される大型イベントを中継するために大量のスタッフを派遣しなければいけなかったが、リモートプロダクションが実現すればコストを抑えることが可能だ。放送業界全体で見れば、リモートプロダクションによる制作コスト削減効果は最大 70% に達するという試算もあり、放送業界の構造やビジネスモデルそのものが変革する可能性を秘めているだろう。

不安定な環境になりやすいイベント現場ではなく慣れ親しんだスタジオ環境で作業できるようになれば、番組品質も向上するだろう。常にスタジオ環境で作業できるならば、熟練のエンジニアが若手へ技術的な指導を行いやすく、後継者不足の問題の解決へつながる可能性もある。あるいは働き方改革の点から見ても、従来の現地作業は長時間の移動や宿泊を伴うことが多かったためスタッフの負担も大きかったが、リモートプロダクション環境が整備されたら、性別や年齢、家庭環境に関係なく、優秀な人材が活躍しやすくなるようになるかもしれない。さらには東京のスタジオと地方

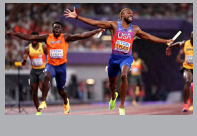




Case Study

NTT グループが拡大するリモートプロダクション

1 世界陸上のリモートプロダクション



NTT や TBS テレビとともに継続的にリモートプロダクションの実証実験に取り組んでいる。2024 年には東京の TBS スタジオと埼玉のスタジアム、3,000km 離れた台北という 3 箇所をつなぎ、APN で各施設場所を接続することで、大規模なフルリモートプロダクションを国内で初めて実現。この実績を活かし、2025 年、TBS テレビと NTT ドコモビジネスが新規に構築したリモートプロダクションセンターと撮影現場である国立競技場を APN で接続することで、制作拠点にとらわれない柔軟な設備環境を実現した。

2 映像配信への Starlink 導入



NTT コミュニケーションズは、TBS テレビとともに通信安定化技術『ネットワークスライシング』を活用した実証実験を実施。テレビ中継の際に起こりうる混雑環境や、緊急時において中継設備が十分に準備できない状況を想定し、移動基地局車と Starlink、スライシングを組み合わせることで、安定した通信環境を実現した。Starlink とスライシングを組み合わせた映像配信は日本初であり、より柔軟なテレビ中継が実現すると考えられる。

3 Jリーグにおける 8KVR 複数同時映像伝送



明治安田 J リーグワールドチャレンジ 2023 において、NTT と NTT 東日本は APN を活用したリモートプロダクションと 8KVR 映像の複数同時伝送の実証に取り組み、離れた場所でも臨場感のある自由な視点での新たな観戦体験を実現。国立競技場と eXeField Akiba をつなぎ、高ビットレートの映像をリアルタイムで伝送するとともに、複数の VR カメラを切り替えながらピッチを移動しているかのような臨実体験を提供した。

の施設を接続すれば、地方に在住する専門人材が番組制作へ参画する未来もありうるかもしれない。従来の放送業界は東京のような大都市に人材が集中してしまっていたが、より多様な働き方が実現していく可能性を秘めている。

IOWN は新たなメディア体験の基盤となる

今回のレコード大賞における APN の実装とフルリモートプロダクション環境の実現は、世界初の事例でもある。海外においてもリモートプロダクションへの関心は高まっているが、生放送に耐えうる品質を実現した事例はほとんどない。NTT は台湾と日本を APN でつなぐ実証実験をこれまでに何度も行っており、将来的には国を超えた番組制作も実現しうるだろう。

現に、大阪・関西万博においても超歌舞伎（CHO-KABUKI）Powered by IOWN『今 昔 饗 宴 千 本 桜 Expo2025 ver.』において台湾と万博会場をつなぎ、台湾の演者が自然にパフォーマンスへ参加する環境が実現していた。万博では NTT 西日本が会場と大阪市内のデータセンターを IOWN APN で接続し、複数の放送局が共同でリモートプロダクション環境を利用する実証も行われており、ひとくちにリモートプロダクションといっても、さまざまな展開が検討されている。

特に万博で行われた共同利用型のアプローチは、放送業界の構造改革をさらに加速させる可能性を秘めている。各局が個別に制作設備を保有するのではなく、高品質なリモートプロダクション環境をシェアすることで、業界全体の効率化とコスト削減を実現できるのだ。

リモートプロダクションは単なる番組制作の手段ではなく、放送業界のエコシステム全体を変革していく可能性を秘めている。制作から配信、視聴体験に至るまで、あらゆる視聴覚コンテンツが統合されていくかもしれない。

従来のテレビ番組はもちろんのこと、遅延・ゆらぎなしで離れた場所をつなげるようになれば、視聴覚コンテンツのあり方そのものが拡張していく可能性もある。たとえば、視聴者参加型番組の形態も変わっていくかもしれない。これまでもアンケート回答によって視聴者が番組に参加するような形態は一般的だったが、より高度な形で視聴者がリアルタイムで番組へ参加できるようになれば、一方向的な放送から双方向的な新しいメディア体験が生まれていくかもしれない。

つまり、リモートプロダクションとは、新たなコンテンツを生み出すプラットフォームにもなりうるのだ。リモートプロダクションを前提とすれば従来の番組制作の考え方から変わり、新たなアイデアや挑戦的な企画も生まれてくるだろう。距離や時間の制約を超える IOWN は、人々の創造性や専門性を解き放つ可能性を秘めている。

2024 年 12 月 30 日の夜、5 ミリ秒という、人間には感じることのできない短い時間の中から、放送業界の、そして社会全体の無限の可能性が見えてきた。IOWN が描く 2030 年の社会において、リモートプロダクショ









ンはもはや特別な技術ではなく、当たり前のインフラとなっているだろう。そのとき、私たちが目にするメディア体験は、今とは全く異なるものになっているはずだ。距離を超え、時間を超え、あらゆる制約を超えて人々がつながる社会。その実現に向けた確実な一歩が、あの夜の新国立劇場で踏み出されたのである。

世界中をつなぐバーチャル放送スタジオ



IOWN のネットワークによって世界各地の劇場やコンサートホール、野外ステージ、制作スタジオを同時接続することで、地球規模のバーチャル放送スタジオが実現するかもしれない。東京からニューヨーク、ロンドン、パリ、ソウルなど世界中の都市で活躍するアーティストが、あたかもひとつの舞台に集まったかのようなパフォーマンスを披露。これまでの時間的・空間的制約はなくなっていき、地方に住む人々も大都市に住む人々も同じようにエンターテインメントへ触れられるようになる。音声エンジニアをはじめコンテンツ制作に携わっている人々も自由自在につながっていくことで、これまで以上に活発なコラボレーションも生まれるだろう。この地球全体が新たなステージとなっていくのである。

時空間を超えたコラボレーション



従来のライブパフォーマンスはオフライン会場に集まった人々が現地でパフォーマンスを鑑賞し、その様子が映像で配信されるケースがほとんどだったが、IOWN のネットワークによってこれからはアーティストも鑑賞者も自由自在につながりながらパフォーマンスを楽しめるようになるだろう。視聴覚情報はもちろんのこと、触覚や嗅覚など五感すべての情報をリアルタイムに共有できるようになり、地球のどこにいても人々は同じようにライブを鑑賞できるようになる。オーディエンス同士のコミュニケーションも時空間の制約を超えるため、人々は地球上のどこにいても、ときには宇宙からでも感覚を共有し、あらゆる差異を超えてパフォーマンスを楽しめるようになるはずだ。

Beyond Earth's Boundaries

IOWN のネットワークは地球を超えて宇宙へ

近年、宇宙産業はめざましい発展を遂げている。民間主導により宇宙経済圏が拡大するなか、衛星データの利活用にも AI が導入され、今後さらに宇宙産業が盛り上がりを見せていくだろう。そして IOWN もまた、宇宙へと広がりうるものでもある。NTT グループとしても新会社を設立し、月面のワイヤレス電力伝送技術や宇宙空間での発電システムの開発が進んでいくなかで、これからの宇宙産業にはどのような景色が広がっているのだろうか。

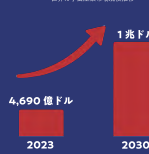


Market Trend of Space Industry
拡張しつづける宇宙ビジネス産業

POINT 1
民間主導による宇宙経済圏の拡大

宇衛産業は、民間企業の積極的参入により、従来の政府主導型産業から商業主導型産業へと変わりつつある。世界の宇宙産業市場規模は、2023 年の 4,690 億ドルから 2030 年には 1 兆ドルを超える規模に達すると予測されている。日本市場においては、経済産業省の宇宙産業ビジョン 2030 により、市場規模を現在の 4 兆円から 2030 年代に 8 兆円に倍増させる目標が設定されている。この目標達成に向けて、政府は 10 年間で 1 兆円規模の「宇宙戦略基金」を創設し、民間企業の技術開発と事業化を支援している。さらに、宇宙データ利用市場も急速に拡大中だ。地球観測衛星から得られるデータを活用した農業高度化、災害監視、都市計画、気候変動対策などの分野で、新たなビジネスモデルが創出されている。宇宙空間のみならず、さまざまなかたちで宇宙産業は広がりを見せつつあると言えるだろう。

世界の宇宙産業市場規模推移





POINT 2
衛星データと AI 技術の融合



宇宙ビジネスにおける DX は、衛星データと AI 技術の融合により、従来の宇宙技術の枠を超えた新たなサービス領域を創出している。特に地球観測データの商業利用が急速に拡大し、農業、金融、保険、都市計画、環境監視など、多様な分野での活用が進行中だ。最も革新的な進展のひとつが、AI 技術を活用した衛星データ解析サービスの実用化だろう。Planet Labs や Maxar Technologies といった企業は機械学習アルゴリズムにより衛星画像から自動的に情報を抽出し、リアルタイムで顧客に提供するサービスを展開している。他方で、宇宙製造技術の開発も進んでいる。国際宇宙ステーション（ISS）では、微小重力環境を活用した新材料開発、医薬品製造、3D プリンティング技術の実証実験が行われている。これらの技術が実用化されれば、地上では製造困難な高付加価値製品の宇宙製造が可能となる。宇宙ビジネスの技術は、宇宙と地球を往還しながら進化していくと言えそうだ。

POINT 3
人材育成と国際競争力の強化

宇宙ビジネスにおいても、専門人材の不足は深刻な課題のひとつだ。東京大学の中須賀真一教授によると、政府の投資拡大により今後 5-6 年間で数十機の人工衛星を製造する必要があるが、対応できる人材が圧倒的に不足している状況にある。人材不足の背景には、宇宙業界への就業人口比率の低さがある。現在、就労人口 1 万人に対して宇宙業界従事者は 1 人程度しかおらず、他の先進技術分野と比較して極めて低い水準となっている。人材育成に強らず、宇宙ビジネスは技術開発・事業化において長期間のリードタイムが必要となり、開発から実用化まで 10 年以上を要するケースが多い。また、打上げ失敗のリスクもあり、民間企業にとっては投資回収の不確実性が高い分野となっている。さらにはアメリカ・中国・インドなどとの競争は激化しており、日本の宇宙産業は技術力・コスト競争力の両面で劣勢に立たされている。スタートアップやベンチャー企業の参入機会も少しずつ増えるなか、日本の宇宙ビジネスはさらなる飛躍を求められているのである。

POINT 4
月面経済圏と宇宙資源開発の実現

長期的に見れば、月面経済圏の確立と宇宙資源開発の本格化により、宇宙ビジネスは現在の地球周回軌道中心の産業から、太陽系規模の経済活動へと拡大すると予測される。NASA、ESA、JAXA などが推進するアルテミス計画により、2030 年代前半には有人月面基地の運用が開始され、月面での持続的な経済活動が実現されると見込みだ。大手通信事業者は、2030 年に月面での通信サービス提供を開始すると発表しており、月面基地と地球間の常時通信が実現する日は近い。宇宙での資源開発や製造業、輸送システムの確立など、さまざまなビジネスを展開するためのインフラも整っていくだろう。衛星コンステレーションの拡大による地球全域をカバーする超高速通信網が構築や、宇宙太陽光発電システムの実用化は、私たちが主生きている地球の社会にも大きな影響を及ぼす。宇宙というフィールドは探査・観測中心の場から、製造・居住・資源開発を含む総合的な経済活動の場へと進化するのである。





New Constellation from NTT 89

成層圏に舞う「89 個目の星座」

2025 年 2 月、アフリカ・ケニア上空の成層圏、高度約 20 キロメートル。アフリカの大地を見下ろす青い空の彼方を、NTTグループが開発するHAPSが駆け抜けていった。それは、世界初となる成層圏と地上のスマートフォンの直接通信の成功を意味していた。NTTグループが手掛ける新ブランド「NTT C89」は、近年活性化する宇宙ビジネスへ、一石を投じようとしている。



世界で初めて HAPS との直接通信を実現

「89 個目の星座をつくる。」そんなメッセージとともに NTT が 2024 年 6 月に発表したブランド「NTT C89」は、宇宙に新たな通信インフラを構築し、地上と宇宙を統合したネットワーク社会を実現しようとしている。

この構想の中核を担うのが「HAPS（High Altitude Platform Station：高高度プラットフォーム）」と呼ばれる成層圏通信プラットフォームだ。従来の地上基地局と人工衛星の中間に位置するこのプラットフォームは、通信業界に革命をもたらす可能性を秘めている。地上から約 20 キロメートルの成層圏を飛行する HAPS は、一機で半径数百キロメートルをカバーし、災害時の通信確保や山間部・離島への通信サービス提供において、従来技術では実現困難だった課題を解決する切り札として期待されている。

言うまでもなく、現代社会において通信インフラは電気や水道と同じく必要不可欠な社会基盤だ。しかし、人口減少と高齢化が進むなか、山間部や離島では採算性の問題から通信インフラの維持が困難になりつつある。また、近年頻発する自然災害では、地上の基地局が被災し、広範囲にわたって通信が途絶する事態が相次いでいる。現に 2024 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震では、多くの基地局が損壊し、被災地の通信確保が大きな課題となった。

従来の通信インフラは、地上基地局と人工衛星という 2 つの選択肢に限られていた。地上基地局は高品質な通信を提供できるが、災害に脆弱で、地理的制約も大きい。一方、人工衛星は広範囲をカバーできるものの、高度 3 万 6,000 キロメートルの静止軌道衛星では遅延が大きく、低軌道衛星では多数の衛星が必要でコストが膨大になる。HAPS は、この 2 つの技術の間隙を埋める第 3 の選択肢として注目されている。

HAPS が飛行する高度 20 キロメートルの成層圏は、気象現象の影響を受けにくく、航空機の飛行高度よりもはるかに高い。この環境で HAPS を運用することで、地上基地局の高品質と人工衛星の広域カバレッジを両立できる可能性がある。しかし、この技術の実用化には、極めて高度な技術的課題を克服する必要があった。

2025 年 2 月、ケニアのライキピア カウンティで行われた実証実験は、HAPS の歴史において画期的な瞬間となった。実験に使用されたのは、AALTO HAPS Limited 社が製造・運用する小型固定翼型 HAPS「Zephyr」。この機体は、2022 年に無人航空機として世界最長となる 64 日間の連続滞空飛行を達成した実績を持つ、まさに成層圏飛行のエキスパートだった。

そんな Zephyr をもってしても、実証は困難を極めた。高度 20 キロメートルの成層圏は、気温がマイナス 50 度以下になる極寒の世界であり、大気密度は地上の約 100 分の 1 しかなく、通常の航空機では飛行できない。この過酷な環境で、HAPS は安定した飛行を維持しながら、地上のスマートフォンと LTE 通信を確立しなければならない。

成層圏で HAPS を旋回させ、地上

のスマートフォンと直接通信する。言葉だけを見れば非常にシンプルに思えるかもしれないが、その実現のために NTT ドコモや Space Compass のエンジニアたちは、何年もかけて技術開発に取り組んでいた。実験成功の鍵となったのは、HAPS の機動性と通信品質の両立だった。成層圏では、風速が時速 200 キロメートルを超えることもある。この強風の中で機体を安定させ、かつ地上との精密な通信を維持することは、従来技術では不可能とされていた。しかし、Zephyr の高度な飛行制御技術と、NTT が開発した成層圏対応通信システムの組み合わせにより、この困難な課題が克服された。 今回の実証実験では、地上の LTE 基地局から送信される電波を HAPS が中継し、地上のスマートフォンへ伝送することに成功。この技術により、従来の地上基地局では到達困難な山間部や離島、さらには海上や災害被災地においても、高品質な通信サービスを提供できる道筋が見えてきた。

レジリエントな
通信インフラに向かって

HAPS は、いくつもの技術的特徴を有している。まず直接通信は大きな優位性のひとつだ。従来の衛星通信では、地上の端末から衛星、そして地上局を経由して目的地に到達するまでに複数の中継点を通る必要があった。これに対し、HAPS は成層圏から直接地上の端末と通信できるため、通信経路が大幅に短縮される。この結果、遅延時間が劇的に改善され、リアルタイム性が要求されるアプリケーションでも実用的な性能を発揮できる。

しかも、HAPS は高速大容量通信も可能だ。静止軌道衛星と比較して地上との距離が 1,800 分の 1 と圧倒的に近いため、電波の減衰が少なく、より高い周波数帯を効率的に利用できる。これにより、地上の基地局に匹敵する通信速度を実現しながら、一機で半径数百キロメートルという広範囲をカバーできる。静止軌道衛星で発生する約 500 ミリ秒の遅延も、HAPS なら数ミリ秒程度に抑えられるという。この低遅延の通信は、自動運転やリモート手術、産業用 IoT など、遅延に敏感なアプリケーションにとって極めて重要だろう。

世界的に見れば SpaceX の Starlink も大きな市場シェアを誇っているが、Starlink のような低軌道衛星コンステレーションは、膨大な数の衛星を必要とし、運用コストも巨額になる。他方で、HAPS は少数の機体で広範囲をカバーできるため、コスト効率の面で優位性があると考えられる。しかも HAPS は必要に応じて飛行位置を変更でき、災害時には被災地上空に緊急展開できる点も無視できない。この機動性は、固定軌道を飛行する衛星では実現できない大きなアドバンテージだろう。さらに、機体の回収・整備が可能なため、技術の更新や改良を継続的に行えるという利点もある。

実際に、NTT ドコモは災害からの復興・地域活性のための包括的連携協定を結んでいた石川県において、HAPS 活用に向けた「能登 HAPS パートナープログラム」を始動し、ユースケースの創出とパートナーの募集に取り組んでいる。

能登半島地震では、震度 7 の激震により多くの通信インフラが損壊した。基地局の倒壊、光ファイバーケーブルの断線、停電による通信設備の停止など、複合的な要因により広範囲で通信が途絶した。被災者の安否確認や救助活動に支障をきたし、通信インフラの重要性が改めて浮き彫りになった。災害時における HAPS の優位性は明確だ。地上の基地局が被災しても、成層圏を飛行する HAPS は影響を受けない。また、被災地上空に緊急展開することで、数時間以内に広範囲の通信サービスを復旧できる。従来の応急復旧では、仮設基地局の設置や回線の敷設に数日から数週間を要していたが、HAPS ならば大幅な時間短縮が可能だ。

能登地方での実証実験では、2028 年度以降のサービス開始を目指している。この実験は単なる技術検証にとどまらず、地域社会との連携を重視した取り組みとなる予定だ。石川県や地元企業との協力により、農業、漁業、観光業など、地域の主要産業における HAPS 活用の可能性も探られる。たとえば農業なら、HAPS を活用した IoT センサーネットワークにより、広範囲の農地の環境監視が可能になるかもしれない。土壌の水分量、気温、湿度などのデータをリアルタイムで収集し、精密農業の実現に貢献できる。また、漁業分野では、海上での通信確保により、漁船の安全運航や漁獲情報の共有が向上するだろう。

IOWN の可能性は
宇宙へ広がっていく

重要なのは、NTT C89 にとってこ



Case Study

NTTグループから拡がる宇宙事業

1 新会社「Marble Visions」設立



NTT データは、より高頻度かつ高精度な撮影が可能な観測衛星システムを整備し、衛星画像提供から利用者の判断支援までワンストップで提供できる仕組みを構築すべく、新会社「Marble Visions」を設立。衛星の製造・運用から地上局運用、データ解析、アプリケーション開発など、幅広い事業を垂直統合することで、地上のさまざまなデータを活用するデジタルツイン環境の高度化にも貢献すると期待されている。

2 月面のワイヤレス電力伝送



NTT 宇宙環境エネルギー研究所は、長年培ってきた光通信技術を活かし、レーザー伝送とマイクロ波伝送を活用した宇宙からの電力伝送に取り組んでいる。さらに電界共振技術を組み合わせた電力伝送システムの構築を目指すことで、ケーブルレスで電力を供給し、月面全体を視野に入れた持続可能なインフラが実現すると考えられている。

3 宇宙空間の太陽光発電システム



NTT 宇宙環境エネルギー研究所は、上空 3 万 6,000km の静止衛星で太陽光から得たエネルギーを地球に伝送し、電力や水素などに変換して利用する「宇宙太陽光発電技術」の研究に取り組んでいる。ほぼ 1 年中、昼夜を問わず発電することが可能であり、地上の約 10 倍の太陽エネルギーが得られるとされており、無尽蔵ともいえる太陽光エネルギーを利用できる宇宙太陽光発電は、クリーンで持続的なエネルギーの供給源として大きな可能性を秘めている。

うした HAPS は単なるソリューションではなく、より大きな宇宙統合コンピューティングネットワーク構想の一部に位置づけられていることだ。NTT C89 は HAPS や静止軌道衛星（GEO）、低軌道観測衛星（LEO）を統合し、地上と宇宙を光無線通信ネットワークで結ぼうとしている。

構想の中核となるのは、3 つの異なる高度での通信プラットフォームの連携だ。高度 20 キロメートルの HAPS は、地上との直接通信を担い、高速・低遅延の通信サービスを提供する。高度 3 万 6,000 キロメートルの静止軌道衛星は、光データリレーと軌道上コンピューティングを担い、宇宙で収集される膨大なデータの処理・中継を行う。そして、高度 2,000 キロメートル以下の低軌道観測衛星は、地球観測データの収集と、高分解能・高頻度な撮影による詳細な地球情報の提供を担当する。

特に注目すべきは、光無線通信技術の活用だ。NTT が長年培ってきた光通信技術を宇宙空間に応用することで、従来の電波通信では実現困難だった大容量・高速通信を宇宙で実現する。Space Compass が開発する光データリレーサービスでは、5Gbit/s 以上の伝送速度を実現し、既存の地上局サービスを大幅に上回る性能を達成している。

この宇宙統合ネットワーク構想は、IOWN のさらなる拡張を意味してもいる。地上の IOWN ネットワークと宇宙のネットワークが統合されることで、地球上のあらゆる場所、さらには宇宙空間においても、同一品質の通信サービスを提供できる環境が構築される。これにより、人類の活動領域の拡大と、新たなデジタル社会の実現が期待されている。











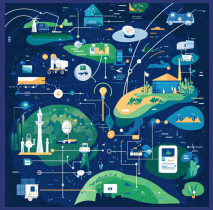
ケニア上空で輝いた小さな光は、やがて世界中の空を照らす 89 個目の星座となっていくのかもしれない。NTT CB9 が描く未来は、NTT が築いてきた通信技術を宇宙へと広げていくことで、人々の可能性を無限に切り拓いていく世界である。成層圏から始まった挑戦は、宇宙空間へ、そして人類の新たな未来へと続いていく。その壮大な物語の第一章が、いままさに始まろうとしている。

宇宙から 24 時間地球を見守る OS



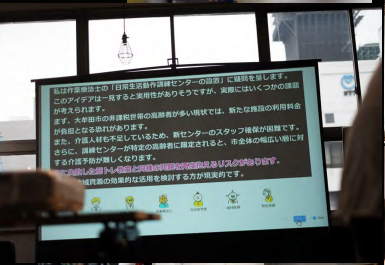
HAPS から衛星、宇宙ステーションに至るまで、あらゆるネットワークを統合し、地球全土を覆う新たな OS（オペレーティング・システム）が誕生。自然災害や環境変化など、地上の変化を 24 時間 365 日宇宙から常に監視し、その予防・対策を自動で実行。台風や津波、森林火災といった脅威を早期発見することで、被害を最小に留めることができる。これまでは国や自治体ごとに災害への対応も分かれてしまっていたが、海洋汚染や大気汚染、森林破壊といった地球規模の環境問題に対し包括的なアプローチを行えるようになることで、地球全体を支えるインフラとして IOWN が機能していくことになるかもしれない。

地球を支える宇宙発電エネルギー網



NTT が研究開発を進めている宇宙発電技術が発展していけば、静止衛星から得られる太陽光エネルギーが地球の電力消費をカバーする未来も見えてくる。NTT は太陽光をレーザに高効率で変換する技術、回折や大気揺乱によるビームの拡がりや揺らぎを抑えてビームを地上に伝送する技術、高強度のビームを高効率で電力等に変換する技術の研究を進めており、ドローンや自動車など移動する機器への給電も見据えている。従来は難島や被災地は電力が届けにくいことが多かったが、地球環境の制約を受けず、どんなところでもエネルギーを供給できるようになれば、エネルギーインフラの考え方そのものも変わっていくだろう。宇宙を飛び交う衛星が、私たちの生活を支えてくれる安定したインフラになるのだ。

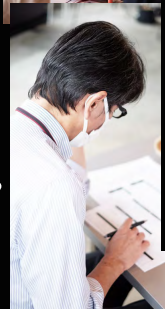














AI Constellation Shapes New Collaborations

AI コンステレーションが描き出す、新たな協働のかたち

複雑化する社会が求める新たな AI 像

現代のビジネス環境は、前例のない複雑性と変動性に支配されている。グローバル化の深化とデジタル革命の加速により、企業は従来の経営フレームワークでは対処しきれない多次元的課題に直面しているからだ。市場動向の予測は困難を極め、顧客ニーズは細分化・多様化し、競争の構図は刻々と変化している。

従来の AI 技術は、個別システムとして開発され、特定領域で専門的能力を発揮してきた。しかし、現実のビジネス課題は、複数の専門分野にまたがる横断的性質をもつ。財務やマーケティング、技術、人事、法務といった各領域の知見を統合し、相互の影響を考慮した総合的判断が求められる。単一の AI システムでは、このような多面的で複雑な問題に対して十分な解決力を提供できない。

この限界を突破すべく、複数の AI が協働して問題解決にあたる「マルチ AI エージェント」の概念が注目されている。NTT はこの分野において独自の視座から「AI コンステレーション」という革新的アプローチを提唱している。星座（コンステレーション）の名が示すとおり、個々の AI エージェントが星のように独立した専門性を保ちながら、全体として統合された価値を創出するシステムだ。

シングル AI からマルチ AI への進化

これまでの AI 技術は、単一の AI システムが特定タスクを担当するシングルエージェント方式として発展してきた。顧客対応に特化したチャットボット、製品品質管理に専念する画像認識システム、売上予測に集中するデータ分析ツールなど、特定のタスクに特化することで高い精度を発揮できるのがこうした方式の強みだと言えるだろう。

しかし、現実はより複雑だ。たとえば新製品の市場投入戦略を検討する場合を考えてみても、市場分析から競合調査、技術的実現可能性評価、財務影響予測、リスク評価、マーケティング戦略立案など、多岐にわたる専門知識の統合が不可欠だろう。従来のシングル AI アプローチでは、これらの要素を有機的に連携させることは困難だった。

そこで、NTT の AI コンステレーションは、問題の性質に応じて二つの協働モデルを使い分けようとしている。まず「タスク逐行型 AI コンステレーション」は、明確に定義された業務を効率的に実行することに特化したものだ。複数の AI エージェントが明確な役割分担のもとで協調し、定められたワークフローに沿って作業を進める。このモデルは、定型的業務プロセスの自動化や効率化において威力を発揮する。

もうひとつの「自律議論型 AI コンステレーション」は、より創造的で探索的な問題解決に適している。異なる専門性や観点をもつ AI エージェントが、人間の会議のように活発な議論を展開するのである。各エージェントは自身の専門知識に基づいて意見を提示し、他のエージェントの見解に対して反論、補完、質問を行う。この議論プロセスを通じて、単一の視点では見落とされがちな課題や機会が発見され、より包括的で創造的な解決策が創出される。

5 つの核心技術

NTT の AI コンステレーションは、相互に連携する 5 つの技術要素によって支えられている。

ひとつめは、「多様な AI エージェントの生成・探索技術」。これは問題の性質に応じて最適な AI エージェントを動的に生成し探索する機能だ。従来の固定的な AI モデルとは大きく異なり、問題の複雑さや要求される専門性を考慮して、新たな AI エージェントを臨機応変に生成する。

2 つめの「動的ワークフロー生成技術」は、問題や状況の変化に応じて最適な作業プロセスを自動的に構築する機能。各 AI エージェントの能力と問題の特性を総合的に評価し、最



適な作業手順を動的に決定する。状況の変化に応じてワークフローを柔軟に再構成することで、常に最適な問題解決プロセスを維持する。3つめの「自律議論による合意形成技術」は、異なる専門性をもつAIエージェント間での建設的な議論を実現する技術である。各エージェントは自身の専門知識に基づいて論理的な意見を提示し、他のエージェントの発解に対して批判的検討を行う。この議論プロセスを通じて、より精緻で合理的な結論が導かれる。

4つめの「エージェントプール技術」は、多様な業務に対応可能なAI エージェントの集合体を効率的に管理し、必要に応じて最適なエージェントを選択・組み合わせるもの。各エージェントの専門性、能力、実績などが体系的に記録され、問題の性質に応じて最適なエージェント構成を迅速に特定することが可能だ。そして最後の「外部知識参照・自律成長技術」は、AI エージェント間の知識伝達と継続的学習を実現する技術だ。知識グラフや特徴型知識構造を活用し、エージェント間での効率的な知識共有と相互学習を可能にする。この機能により、システム全体の知識蓄積と能力向上が持続的に遂行する。

ワークショップを通じた実証の波及

NTT は、AI コンテンシェーン概念の実現に向けて、NTT コンピュータ & データサイエンス研究所と NTT 人間情報研究所を中核とした組織横断的取り組みを展開している。基礎研究から応用研究、実証実験まで一貫した研究開発体制を構築し、理論と実践の両面からのアプローチが進行中だ。NTT グループ内の各事業会社との連携も積極的に推進されており、通信、情報システム、データセンター、コンサルティングなど、それぞれの事業特性に応じた実証実験が展開されている。この多様な事業領域での検証を通じて、AI コンステレーションの汎用性と実用性が確認されつつある。

もっとも、一朝一夕で AI コンステレーションが実現するわけではない。NTT コンピュータ& データサイエンス研究所で研究開発に取り組む研究員の吉田氏は「ひとりにで AI を連携させると言っても、検討すべきことがたくさんあります」と語る。

「どんな AI を組み合わせるべきなのかも重要ですし、通信方式も含めた連携のあり方にもさまざまな可能性がありますし、連携の結果をどのように出力させるかも解決したい課題や用途によって異なります。そして、そもそも専門性のある複数のモデルをどうつくっていくかも考えなければいけません」

吉田の発言を受け同研究所で AI コンステレーション全体の統括を行うグループリーダーの主幹研究員、竹内孝が「AI モデルの連携はめくまでも手段です」と語るように、どんな課題を解決すべきかによって AI コンステレーションにはさまざまな実現可能性があると言えるだろう。だからこそ、現在 NTT は PoC（Proof of Concept）を通じてのようにAI を連携させるべき検証を進めている。

その代表的な事例のひとつが、2024 年 10 月に福岡県大牟田市で実施された市民参加型ワークショップ「会議シンギュラリティ ～ AI たちと考えるこれからの大牟田」だ。このワークショップは、人口減少により多くの地方都市で顕在化している社会問題に対し、地域の関係者や専門家を集めて AI と一緒に議論することで、参加者の議論をより深められるかを検証するものであり、中小企業支援や介護予防といったテーマを設けながらさまざまな職種の市民が集まり AI とともに議論を行った。

「実際にワークショップを行うことで、合意も形成しかり現野を拡張したりするうえで AI コンステレーションの有用性を確認できました。人間同士の議論では少し気が引けるような批判的な意見をAI が提示することで議論が盛り上がることもありましたし、ローカルな情報を事前に AI へインプットしておくことで、AI に対する信頼や親しみも向上することがわかりました」



















そう吉田が語るように、企業や自治体での会議や戦略検討、アイディエーションにおいて、AI の関与は大きな効果をもつものだと言えるだろう。現在はこうしたワークショップを通じた実証がはかにも進行しており、ワークショップを重ねながら、ユースケースの検討や AI チューニングの研究が行われている状況だという。

他方で、こうした PoC を行うことで見えてきた課題もあると吉田は続ける。

「よりよい議論を生み出すためには実証実験前に綿密なチューニングを行わなければいけないため設定項目が多く、開発コストが上がってしまう懸念もあります。同時に、これまである程度コミュニケーションがとれているような場でなければ建設的な議論が生まれづらいため、AI コンステレーション導入以前の問題もあると思っています」

複雑な経営課題に対する革新的アプローチ

こうした NTT の取り組みは、現在の AI トレンドとも共鳴するものだと言えるだろう。LLM の次のトレンドとして近年「AI エージェント」の開発が世界的に進んでいるが、さまざまな AI エージェントに特定のタスクを解決させることで業務効率化や自動化を進めていくようなアプローチは、AI コンステレーションのように複数の AI を連携させる未来ともつながっているはずだ。

もちろん、単一のモデルをより巨大化させたエージェントにさまざまな課題を解決させることも可能だが、仮想的に多様な立場をシミュレーションさせることも可能だとは言え、ひとつの企業や文化圏で形成された価値観だけで駆動する AI にすべてを委ねてしまうことは、一定の危険性をはらんでいる。人間が一人ひとり異なった価値観をもっているからこそ豊かなコラボレーションを生み出せるように、AI モデルもまた、多様な価値観に基づいてつくられていくべきだと言える。

こうした考え方は近年人工生命研究の領域で注目される「オープンエンド・アライメント」の概念ともつながるものであり、人間社会のルールや規範が有機的（オーガニック）に形成されていくように、多様な AI の重要性を説く動きは今後も強まっていくものと考えられる。

だからこそ NTT は、巨大な LLM によって単なる効率化や自動化を推進するのではなく、多様な AI モデルによって付加価値を生み出せるような活用方法を模索している。たとえば、AI コンステレーションは、複雑な経営課題に対して従来とは次元の異なるアプローチを提供してくれる。複数の専門性をもつ AI エージェントが同時並行で分析を実行し、リアルタイムで情報を共有しながら議論を重ねる。この過程で、従来では見落とされがちな分野間の相互作用や潜在的リスクが早期に発見され、より包括的で精度の高い分析結果が得られるに違いない。

さらに具体的なユースケースを考えてみよう。たとえば、マーケティング戦略立案では、市場分析エージェント、競合分析エージェント、顧客行動分析エージェント、ブランド評価エージェント、財務分析エージェントが同時に分析を開始する。各エージェントはリアルタイムで情報を共有しながら、統合的な戦略を協働で策定する。単一の視点では見落とされがちな市場構造や潜在的リスクが、複数のエージェントの議論を通じて明らかになる。

あるいは、都市計画・街づくりにおいては、交通流動分析エージェント、環境影響評価エージェント、経済効果分析エージェント、住民ニーズ分析エージェント、防災計画エージェントが密接に協働する。各エージェントはリアルタイムデータを活用して動的に分析を更新し、他のエージェントの分析結果を考慮して自身の提案を継続的に調整する。この相互作用により、従来の縦割り的アプローチでは実現困難な、総合的で持続可能な都市計画が策定されるだろう。

企業の戦略策定においては、市場環境分析、競合状況把握、自社の強み・弱み評価、技術動向予測、財務的実現可能性検証など、多様な観点からの検討を並行して実行する。複数のシナリオを同時に検討することで、環境変化に対する戦略の頑健性を確保できる。さらに、各専門分野の





エージェントが相互に議論を重ねることで、従来では発見困難な戦略の機会や隠れたリスクが明らかになる。

AIコンステレーションの導入により、意思決定の質の向上、プロセスの効率化、組織学習能力の強化が実現され、明確な投資収益率向上がもたらされる。分析の精度向上により戦略の失敗のリスクが軽減され、意思決定スピードの向上により市場機会の獲得確率が高まる。

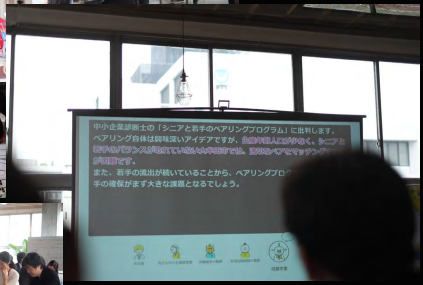
さらに重要なのは、異なる専門分野のエージェントが活発な議論を展開することで、従来では思いつかなかった創造的アイデアや革新的解決策が生まれることだ。専門領域を横断した知見の融合により、既存の枠組みを超えたイノベーションが創出されるのである。

新たな知的社会の到来

AIコンステレーションは、単なる技術革新の域を超え、働き方やビジネスモデル、さらには社会システムそのものを根本的に変革する可能性を秘めている。複雑な問題解決において人間とAIが対等なパートナーとして協働する新たなパラダイムが確立されることで、人間はより創造的で戦略的な業務に専念できるようになるだろう。AIは人間の判断力を増強する強力な知的パートナーとして機能し、人間の認知能力の限界を補完する。

企業レベルで見れば、意思決定の質と速度が飛躍的に向上し、急激な市場変化への適応力が格段に強化される。戦略的思考の深度と幅が拡大し、競争優位の源泉となる。組織学習能力も向上し、過去の経験と知識が体系的に蓄積・活用されるようになる。さらに広く社会レベルで考えてみると、都市計画、医療、教育、環境問題など、従来では解決困難とされてきた複雑な社会課題の解決にAIコンステレーションが活用されることで、より持続可能で豊かな社会の実現が期待されるだろう。異なる専門領域の知見を統合した政策立案が可能になり、社会全体の問題解決能力が向上するはずだ。

NTTが描くAIコンステレーションの未来は、技術と人間の知恵が有機的に融合した、新たな知的社会の始まりを告げている。AIが協働する新時代において、AIコンステレーションは企業と社会の課題解決能力を根本的に変革し、人間の知的活動の可能性を大きく拡張する革新的技術として、その真価を発揮していくに違いない。











The Rise of Quantum Computing

量子コンピュータ革命、はじまる。

Why Quantum Computer Matters?

量子コンピュータをめぐる6つの問い

近年ますます注目が高まる量子コンピュータ。これまで私たちが親しんできたコンピュータとはまったく異なる原理にもとづき、これまで計算が不可能と考えられてきたさまざまな課題を解決しうる量子コンピュータとは、いかなる存在なのか。6つの問いを通じ、現在世界中の企業や研究機関が取り組む研究開発の現在地を明らかにする。

Question 1　なぜ量子コンピュータは重要なのか？

Question 2　量子コンピュータはどれくらい注目されているのか？

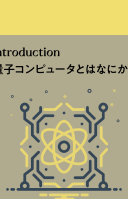
Question 3　量子コンピュータにはどんな種類があるのか？

Question 4　量子コンピュータは本当に実現するのか？

Question 5　量子コンピュータは何に使われるのか？

Question 6　量子コンピュータは IOWN とどう関係するのか？

Introduction
量子コンピュータとはなにか



量子コンピュータとは、量子力学の原理を活用して情報処理を行う次世代コンピュータだ。従来のコンピュータが「0」か「1」のどちらかのビットで情報を処理するのに対し、量子コンピュータは量子とよばれる物理的な状態に情報を割り当て、量子の振る舞いを制御することで計算を行う。量子を使うことにより、たとえば、0 と 1 に対応づけられる量子状態を同時にとることができる「重ね合わせ」を用いることができる。さらに、複数の量子状態間の論理的な関係性そのものを量子的な状態として実現する「量子もつれ」と呼ばれる状態を用いることもできる。こうした現象の活用により、従来とはまったく異なるコンピュータが実現すると考えられている。

Question 1

なぜ量子コンピュータは重要なのか？

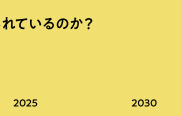
量子コンピュータは「重ね合わせ」と「量子もつれ」を用いて、従来のコンピュータでは実現できない ほどの組み合わせや場合分けを現実的なステップで計算可能にし、特定の計算において圧倒的な処理速度を発揮できる。大きな数の因数分解や複雑な分子構造のシミュレーションなど、従来のコンピュータが解決できなかった問題に対して、量子コンピュータは桁違いの効率で解を導き出し、新たな産業革命を起こす可能性がある。自然はミクロの世界で量子力学に従っており、「重ね合わせ」や「もつれ」は、まさに自然そのものに内在する現象だ。それは物質の性質から生命の仕組みに至るまで、自然は従来のコンピュータでは追いつけないほど膨大で複雑な組み合わせの上に成立していることを意味する。しかし私たちは、まだその“豊かさ”を使いこなせていない。これまでは、経験や近似、限られた計算資源を駆使して自然を理解してきたが、量子コンピュータが実現されれば、量子現象に従う自然の深層に直接アクセスする新たな方法が拓かれ、創薬や材料開発、化学反応の設計、生命現象の解明など、自然とのより豊かな共存が可能となるものと期待されている。



Question 2

量子コンピュータはどれくらい注目されているのか？

量子コンピュータ市場への投資は今後ますます加速する見込みだ。世界的には 2025 年時点で約 17.9 億ドル規模とされ、2030 年には約 70.8 億ドルへと急拡大するとされる。投資面では各国が国家戦略として取り組み、中国が 150 億ドル以上と最大規模の公的投資を実施し、続いて欧州が 70 億ドル超、米国が 40 億ドル弱を投じている。米国では IBM や Google などIT大手テック企業が研究開発をリードし、欧州はコンソーシアム型の産学連携を展開。日本でも多くの企業が公的機関とも連携しながら開発に取り組んでいる。VC 投資は落ち着きを見せているほか、中国では大手テック企業から政府系機関へ投資が移行するなど、トレンドに変化は見られるものの、量子技術は政府・民間企業・VC すべてが将来の競争力の源泉と位置づけ、長期的視点で投資を継続している。



Question 3

量子コンピュータにはどんな種類があるのか？

量子コンピュータは、その実現方式によって大きく 3 つのタイプに分けられる。1つめの「超伝導型」は超伝導体の回路を用いて量子ビットを実現するもので、現在、最も多くの研究機関で研究開発が進んでいる方式であり、既存の半導体プロセスを用いて量子ビットを集積可能というメリットがある一方で、絶対零度に近い約 1 ケルビンまで温度を下げる必要があるため、大規模冷却装置が必要となる。2つめの中性原子型は、中性原子の状態を量子ビットとして利用する方式で、2024 年に誤り訂正可能な量子状態を実現し小規模な量子計算を実現して現在最も注目を集めている方式の一つになっている。3つめの光型は光子や光の波の位相と振幅を使って量子情報処理を行う方式。室温で動作可能で多くが光学機器の組み合わせで実現できる。さらに、光を使う方式では大規模で高速な計算が可能であることが示されているが、損失等の影響により実際に動作する量子コンピュータで複雑な演算はまだ実現されていない。それぞれに長所・短所があり、NTT をはじめ世界中の企業が課題解決に取り組んでいる状況だ。

超伝導型	○	安定的な制御が可能。最も開発が進んでおり、早期の実用化が見込まれている。
	×	大量の電力を消費する大規模冷却装置が必要になり、スケーラビリティに課題を抱える。
中性原子型	○	急速に性能が向上したことで近年注目されており、超伝導型よりは比較的大規模化も行いやすい。
	×	量子ビットの結合が難しく、計算速度に課題を抱えている。
光型	○	室温・常圧で動作するため装置が小型となり、大規模化も行いやすい。
	×	量子の状態が不安定であり、スクイーズド光と呼ばれる量子的性質をもつ光をつくる必要がある。

Question 4

量子コンピュータは本当に実現するのか？

量子コンピュータそのものは部分的に実現しているものの、実現方式を問わず有用な汎用計算を行う場合に必要といわれる 100 万量子ビットに達していないのが実情だ。今後の発展において、大規模計算を実現するためにはノイズによる量子状態の誤りを検知して修正する「誤り訂正」技術が必要不可欠とされている。加えて、大規模化を行うためには現状の 100 倍から 1000 倍程度の規模拡大が求められるとする考えもあるため、冷却器や制御機構の小型化や集積化、低消費電力が課題となってくる。時間領域測量をもちいる光型については、規模の拡大も時間領域を使って実現できるので有利だと考えられるが、そのためには光部品の一層の高性能化が求められる。このように量子コンピュータの実現には多くの課題と研究開発の余地が残されており、世界中の研究機関で活発な研究開発がすめられており、数年前は 2050 年ごろに想定されていた汎用的な量子コンピュータの実現も前倒しで実現されることが現実味を帯びてきている。様々な量子コンピュータの研究開発の取り組みの中から、まだ十分といえないかもしれないが 2030 年頃には実社会に役立つ量子コンピュータが登場するものと考えられている。



Question 5

量子コンピュータは何に使われるのか？

量子コンピュータの活用は段階的に進むとされる。現在は「NISQ（Noisy Intermediate-Scale Quantum）」と呼ばれる段階にあり、エラーは発生するものの実用に耐える限定的な分野で活用が進もうとしている。たとえば交通流滞の緩和や配送ルートの設計といった最適化問題への導入は進行中だが、適用範囲が限定的であることが認識されつつある。そのため、各研究機関では「FTQC（Fault-Tolerant Quantum Computer）」と呼ばれる量子の誤り を訂正できる量子コンピュータの研究開発を加速させている。より複雑な問題への対応が可能となるなかで、RSA 暗号など現代の暗号システムを解読できるようになるとも懸念されているものの、現実的に大きなインパクトを生み出すと考えられるのは創薬や新素材の開発だ。将来的には通信子情報などを用いて一人ひとりに最適化された薬をつくることも可能になるかもしれない。



Question 6

量子コンピュータは IOWN とどう関係するのか？

IOWN 構想のなかでデジタルツインやコグニティブファンデーションを実現する上で、コンピューティング技術は重要だ。デジタルツインのように膨大な量の情報をリアルタイムに制御するためには、計算インフラとして量子コンピュータは重要な役割を果たす。より高度なデジタルツインを構築するうえでも、特に創薬や化学反応を制御するには量子状態のデジタルツイン実現が必要だろう。量子コンピュータの技術が必要となるのは自然であり必然と言える。加えて、NTT が光通信技術で培ってきた光の技術が光の量子コンピュータに活用されると同時に、量子コンピュータという究極技術を実現するなかで、光の技術がさらに磨かれていく、NTT が長年培ってきた光通信技術によって光ファイバを利用した長距離量子情報伝送を実現すれば、分散型量子コンピューティングも実現しうる。日本企業が強みをもつ光学技術が集積するフォトニクス産業との連携も光量子コンピュータの社会実装を加速させるだろう。





Future through Optical Quantum Computer

光量子コンピューティングという未来

2021 年 11 月 8 日、コンピュータ史を塗り替える発表が行なわれた。理化学研究所、東京大学、NTT の共同研究チームが世界初の汎用型光量子計算プラットフォームの実現を発表したのだ。なぜ、光量子コンピュータの実現が革新的なのか？　NTT が取り組んできた光量子コンピュータの開発を解き明かしていく。

世界初の光量子コンピュータが誕生

NTT は、1980 年代半ば、量子コンピュータ研究が盛んになる前から量子情報をはじめさまざまな量子関連技術の基礎研究に取り組んできた。超伝導方式やイオントラップ方式など量子コンピュータの実現方法は多岐にわたっているが、なかでも NTT が長年培ってきた技術が活かされているのが、光量子コンピュータだ。

光方式の最大の優位性は室温での動作が可能という点にある。超伝導方式が絶対零度近くまで冷却する必要があるのに対し、光量子コンピュータは特別な冷却装置を必要としない。この特徴により、設置場所の制約が少なく、運用コストも大幅に削減できる可能性がある。しかし、光量子コンピュータの実現は技術的に極めて困難とされてきた。光の量子であるフォトンは相互作用が弱く、制御が困難だからだ。それを解決するのが「連続量光量子コンピュータ」という方式である。この方式は、従来のデジタル的な 0 と 1 の情報処理ではなく、連続量すなわち光の波としての性質を活用するもので、従来の光学技術を基盤として、光の波の制御を可能にする方式である。これにより、これまで課題とされてきた光量子の難しさを乗り越え、常温で動作する量子コンピュータの実現に新しい可能性が開けてきたのである。

NTT の量子技術研究は、複数の研究機関が連携する総合的な体制で推進されている。NTT 物性科学基礎研究所は、ネットワーク技術の壁を超える新原理・新コンセプトの創出を使命とし、機能物質科学、量子電子物性、量子光物性の各分野で基礎研究を展開している。一方、2023 年に設立された NTT 理論量子情報研究センターでは、量子情報科学における先端的な理論研究を推進中だ。理論量子情報研究センターでは、量子情報を活用した暗号技術、量子計算アルゴリズム、量子コンピュータアーキテクチャ、そして量子中継技術など、幅広い研究テーマに取り組んでいる。

特筆すべきは、NTT が世界最高水準の光技術を有していることだ。光通信技術で培った精密な光制御技術や光デバイス技術、光ファイバ技術の蓄積が、光量子コンピュータの実現を可能にした。たとえばコヒーレントイジングマシン「LASOLV®」は、10 万ノードの特定組み合わせ最適化問題をデジタルマシンより約 1000 倍高速で解決する性能を実現している。この成果は、光を用いた独自のアプローチによるものであり、NTT の光技術の優位性を如実に示している。

また、超伝導量子技術においても、超伝導量子ビットと単一光子の量子もつれ制御に世界で初めて成功すると、画期的な成果を上げている。2024 年 10 月には、外部磁場を必要としない新型超伝導磁束量子ビットの実現も発表され、量子コンピュータの実用化に向けた技術的ブレークスルーを続けている。

こうした多角的な研究開発体制により、NTT 研究所は量子技術の各分野で世界をリードする成果を創出し続けている。光量子コンピュータの実現は、これらの研究蓄積の集大成として位置づけられるものだろう。

産学官連携によるコラボレーション

光量子コンピュータの実現において、重要な役割を果たしたのが、東京大学の古澤明教授との産学連携だ。古澤氏は 1998 年に世界初の完全な量子テレポーテーション実験に成功するなど、光量子技術の世界的権威として知られている。

古澤氏と NTT の取り組みが始まったのは、2010 年代のこと。当時、光量子コンピュータの実現は理論的には可能とされていたものの、技術的な困難さから実用化は遠い将来の話と考えられていた。転機となったのは、NTT が開発した高性能光デバイス技術と、古澤氏が提唱する連続量量子情報処理の融合だ。従来の光量子コンピュータ研究では、一つひとつの光子を制御する離散量アプローチが主流だった。しかし、古澤氏は光の波としての連続的な性質を活用する連続量アプローチを提案し、NTT の光デバイス技術がその実現を可能にした。なかでも極めて安定した量子性をもった光の波を実現する量子光源の開発と、その光の波を高精度に検出する技術によって、量子状態の生成と測定という量子コンピュータに必要な一連の操作を室温で実現することが可能になった。

そして 2019 年には、スーパーコンピュータなどコンピューティング技術を有する理化学研究所も加わ

り、理化学研究所の拠点である和光地区で光量子コンピュータの構築を目指すこととなった。理研のもつコンピューティングシステムの知見、東大の光量子実験に関する高い技術そして NTT の光技術という、それぞれの強みを活かした理想的な産学官連携が実現したのである。この体制により、基礎研究から実用化まで一貫した研究開発が可能になった。

今回披露された光コンピューターの中核である量子光源の「光パラメトリック増幅器（OPA）」と呼ばれるデバイスは、NTT が開発したものだ。OPA は超高速通信向けの光デバイスを応用したもので、世界最高速度の光量子もつれの生成とリアルタイムな測定を実現している。光量子コンピュータの研究開発に携わってきた NTT の井上晃典は次のように語る。

「新方式の光量子コンピューターの開発に成功したことは、NTT がかかわる研究だからこそ成し遂げられた快挙と言えます。基礎としているのは、NTT に蓄積された光情報通信の研究から得られた膨大な知見だからです。量子光源技術もそういった光デバイス技術のひとつです。一方で、光量子コンピューターの研究開発で生まれた知見は、光情報通信に還元できます。NTT にとって光量子コンピューターの研究開発は、シナジー効果を見込めるテーマなのです」

光技術が量子の世界と現実の世界をつなぐ

2024 年 11 月の発表は、光量子コンピュータ研究における大きな転換点を意味している。まず注目すべきは、測定誤起型アナログ量子コンピュータとして、100 の量子状態を扱えるようにした点だ。これは従来の光量子計算システムを大幅に上回る規模であり、実用的な量子計算に向けた重要なマイルストーンといえる。この大規模化を実現したのは、量子操作に対応する量子状態の測定を高速に制御する技術など長年培われた光量子情報処理技術である。特に NTT が開発した超広帯域量子光源はその中核技術となっている。さらに今回のシステムは、最適化問題や機械学習といった幅広い応用を視野に入れて設計されている点も重要だ。従来の量子コンピュータが特定用途に特化するケースが多かったのに対し、汎用的なプログラム実行を可能にすることで、産業応用に直結するポテンシャルをもつ。

これらの成果により、理論上の存在とされてきた汎用型光量子コンピュータが、現実の技術として動き始めたのである。

世界中の企業や研究機関が量子コンピュータの開発に取り組むなか、日本の光量子コンピュータは独自の価値をもっている。その意義は、NTT が推進する IOWN 構想においても将来重要な意味をもつ可能性がある。IOWN と光量子コンピュータを組み合わせることで、高度な計算資源をネットワーク越しに利用する環境を支えられるだろう。

加えて、量子情報処理技術は通信の高度化にもつながる。たとえば量子暗号通信は、量子もつれや単一光子を用いて究極的に安全な鍵配送を実現する技術であり、従来の計算量依存型暗号とは異なり物理法則に基づく安全性をもつ。金融機関の取引データ、医療機関の患者情報、政府機関の機密情報など、高度なセキュリティが必要な分野は多く、自動運転やスマートシティの制御のようにリアルタイム性と安全性が同時に求められる領域でも重要な役割を果たすと期待される。

さらに NTT は量子中継技術の研究開発にも取り組んでおり、将来的には量子もつれの配布や量子テレポーテーションを活用する「量子インターネット」の実現も視野に入っていく。量子インターネットは量子状態そのものを遠隔で共有・伝送する新しいネットワークであり、分散型量子計算や安全な量子クラウド利用など幅広い応用が期待される。

金融機関間の取引データ、医療機関の患者情報、政府機関の機密情報など、高度なセキュリティが要求される分野は非常に多く、自動運転車の制御情報やスマートシティのインフラ制御など、リアルタイム性と安全性が同時に要求される分野でも重要な役割を果たすとされる。IOWN 構想において、光量子コンピュータは単なる計算機ではなく、ネットワーク全体を高度化するものと言えるだろう。

NTT にとって、光量子コンピュータはより大きな量子技術のエコシステムの一部に位置づけられると言える。NTT 内には多様なバックグラウンドをもった研究者たちが集まっており、量子通信や量子センシングをはじめ、量子の領域のひとつとってもさまざまな技術が開発されていくだろう。

NTT の 40 年にわたる研究が結実した光量子コンピュータは、量子技術の実用化における重要な転換点となった。NTT の量子技術は通信から計算、センシングまで広範な領域を統合した新たな社会システムの実現へ貢献するものだろう。もちろん、まだまだ実用化に向けては多くの課題が残されていることも事実だ。量子エラー訂正の更なる改善やシステムの大規模化、コストの削減など技術的な課題のほか、量子技術の社会実装には法制度の整備や人材育成、国際標準化など、技術以外の課題も存在する。

だからこそ、NTT は東京大学や理化学研究所をはじめ、さまざまな組織・機関と連携を進めているとも言える。量子コンピュータの社会実装においては、従来の境界を超えたコラボレーションが必要不可欠となることは間違いないだろう。量子の世界がもつ可能性を、光技術によって私たちが生きる現実世界とつなぐこと——それこそが、次世代社会における NTT の重要な役割のひとつとなっていくはずだ。



How Quantum Computer Changes Our Society

光量子コンピュータから見えてきた次世代社会の姿

NTTの開発する光量子コンピュータは、現実のものとなろうとしている。果たして、光量子コンピュータの実現は私たちの社会をどう変えるのだろうか。具体的なユースケースの検討に留まらず文明レベルの変化を考えるべく、SF作家の宮内悠介をゲストに招き、NTT研究所の橋本俊和と井上翔太が座談会を敢行。3人の議論からは、これからの人間と量子コンピュータの関係性が浮かび上がった。

量子コンピュータは地球に優しい計算基盤

――ひと昔前まで量子コンピュータ／コンピューティングはフィクションの世界で描かれる先端的な存在だったわけですが、NTTの光量子コンピュータを筆頭に、現実のものとなりつつあります。これまで宮内さんは量子コンピュータにどんなイメージを抱かれていましたか？

宮内悠介（以下、宮内）　SF の世界では量子力学の観測問題や多元的な世界の解釈など量子的なモチーフが登場する機会も多くて、みなさんにもおすすめできそうなのはグレッグ・イーガンあたりでしょうか。たとえば初期作の『宇宙消失』は、人々の脳が拡張されて未来を量子的に選択できる、そういった世界観であったと思います。ただ SF の場合、量子コンピュータが「何でもできる魔法の箱」のように扱われることもままあります。量子コンピュータによって異なる宇宙が接続されたり、時間旅行的なものが可能になったり。

井上飛鳥（以下、井上）　どんな問題でも一瞬で解決できるスーパーマシンのように扱われることが多いですが、実際に量子コンピュータが向いているのは特定の問題の解決です。以前読んだとある SF 作品でも量子現象によって一瞬で地球のすべての情報を送信するシーンが描かれていたりして、量子コンピュータの研究者としては突っ込みたくなってしまいました（笑）。

橋本俊和（以下、橋本）　具体的な用途としては、創薬や材料設計、物流・交通問題、金融ポートフォリオなどが挙げられていますね。化粧品の開発などにも使われているケースもあります。これまで「複雑な問題」と思われてきたものを量子の重ね合わせを使って表して量子的にまとめて操作するので、少ないステップで解けるというものです。自然界が本来もつ量子の複雑さを利用して、物流や金融の問題を解決するものといえますね。

宮内　面白いですね。そういえば、酒基の戦術とかタンパク質の構造とかは、かつては量子コンピュータでなければ解決できないと考えていたのですが、いまそれらは AI によって計算資源を大量に投入することで近似的に解決されつつあります。それはよいのですが、量子コンピュータによってさらにエレガントな解決がなされないか、期待していたりもします。

橋本　もちろん AI による効率化も非常に重要だと思うんですが、AI は消費電力の問題も指摘されていますし、大きなデータセンターが必要にもなる。その点、NTT が開発している光量子コンピュータは冷却コストも抑えながら超低消費電力・超高速な計算基盤を生み出せるのではないかと思っています。

井上　光量子コンピュータは将来的にデータセンターの消費電力を大幅に削減する可能性がありますし、地球環境に優しい計算基盤になるはずです。計算資源のために発電所やデータセンターをひたすら増やすのではなく、持続可能な計算基盤をつくるのではないかと思っています。

宮内　実のところ、そこまで社会的な意義のないものに膨大な計算資源が費やされることに抵抗を抱いてきましたので、希望のもてるお話です。とはいえ、消費電力が削減された分、新たな需要が生まれるパラドックスも生じますかね。

橋本　ウェブ会議が効率化を促した一方で、いつでもどこでも参加できるせいで会議の総数は増えてしまった、というような。私たちとしては、まずさまざまな方の要望に応えられる計算資源を実現しつつ、きちんとべつの価値を生み出せるような使い方を考えなければいけませんね。

多様性を受け入れる IOWN 構想

――量子コンピュータが実用化されると、社会はどう変化していくでしょうか。

井上　ハードウェアが完成すれば、アルゴリズム探索競争が始まるでしょう。道具をどう使うかは人間に委ねられているわけですから。さまざまなアルゴリズムが見つかっていけば、人間の仕事も減っていくかもしれませんね。創薬やエネルギー問題はもちろんのこと、コンピュータ上で生命をシミュレーションするなど、できることはさらに広がっていきそうです。

宮内　高齢の家族もおりますので、診断の支援や創薬など医療の領域にはどうしても注目してしまいます。よ



宮内 悠介
作家。1979 年東京生まれ。早稲田大卒。2013 年、『盤上の夜』で日本 SF 大賞受賞、2017 年には『カブールの園』で三島由紀夫賞受賞。著書に『彼女がエスパーだったころ』『ラウリ・クースクを探して』『暗号の子』など。



井上 飛鳥
NTT 先端集積デバイス研究所
研究主任



橋本 俊和
NTT 先端集積デバイス研究所
上席特別研究員



り大きなスケールですと、災害の多い国ですので、異常気象の分析や災害からの復興、物流の最適化など、そのあたりも期待するところです。今回みなさんとお話するにあたって IOWN 構想についても調べたのですが、多様性の理解を進めることをめざしていると知って驚きました。私は Web3.0 の時代からテクノロジーがもたらすコミュニケーション分断の課題を目の当たりにしてきたので、NTT さんがどう IOWN を社会に実装するのか気になっていまして、この点がとても楽しみです。

橋本　NTT が掲げる IOWN 構想では、都市や自然環境にとどまらず、コミュニティや一人ひとりに寄り添いながら課題を解決していく「デジタルツイン」の実現を目指しています。一人ひとりのプライベートな情報を扱う倫理も問われるのと同時に、生命のシミュレーションのような複雑な計算を両立させるケースが増えてくると思います。そのためには膨大な計算が必要で、計算インフラとして量子コンピュータが活用されることになると考えています。このような計算インフラは NTT だけで実現できるものではないと考えていて、量子コンピュータを完成させてからは、さまざまな企業とコラボレーションしている IOWN Global Forum などに展開して計算インフラとしての活用も進めていきたいと思っています。

宮内　私たち庶民は、ついつい「それがどう応用されるのか」ばかりを気にして、おうかがいしてしまいます。でも、みなさんのように基礎研究に携われている方からすると、現時点で応用や実装を求められても困ってしまいますよね。その意味では SF 作家のアイデアもよいのかもしれませんが、それはそれで無責任にも思えて、ジレンマを感じています。

井上　技術者・研究者としては、宮内さんのような SF 作家の想像力を通じて思考実験を行うことも少なくありません。星新一が 50 年前の作品で描いていたことが現実化したような技術もありますし、最近ならアンディ・ウィアー「プロジェクト・ヘイル・メアリー」を読んで研究者同士で議論したこともありました。自身の研究や直接的に関わるわけではないことも多いですが、科学を俯瞰して捉えるいい機会になっていると思います。

「量子ネイティブ」が新しい社会をつくる

――量子コンピュータが普及していくと、私たちが暮らす社会の風景も変わっていくのでしょうか。

宮内　G・K・チェスタントンというイギリスの作家が 1904 年に発表した作品で SF を批判していまして、100 年経っても世界は変わらないと語っています。それは一面において真実ですし、そういう視点も必要だと思うのですが、1904 年と現代を比べれば、抗生物質が誕生したり乳幼児死亡率が下がったり、確実に変化してもいます。同じように、これから量子コンピュータによってサプライチェーンが最適化してさまざまなロスが減るかもしれない。もっと夢を広げるなら、複雑な金融商品の相互作用をシミュレートして金融破綻を防ぐこともできるかもしれない。こういうことは、実際の生活者からすれば変化を実感することはないかもしれません。でもこうした積み重ねが、未来に向けたかけがえのない営為であるはずだと私は思っています。

橋本　いまない生活が大きく変わるわけではないかもしれませんが、情報化の進展によりたとえば、お金のような価値の捉え方が変わっていく可能性はあると思っています。これまでは貨幣を使って価値の交換をしていましたが、貨幣の代わりに、なんらかの価値を情報としてあらわして、それを通信でやりとりできるようになるかもしれません。

宮内　世界が複雑だから便宜上貨幣が生まれたのだとすると、量子コンピュータによって複雑性そのものと向き合えるようになれば、貨幣のあり方も変わるかもしれない。もっと長いスパンで考えれば、貨幣概念が消えることもありえますか。

――今後量子文明や量子社会と呼ばれるほど量子技術が社会にいきわたると、貨幣がなくなりうるように、人々の考え方も大きく変わるかもしれないですね。

橋本　若いころから量子コンピュータが社会実装されている「量子ネイティブ」の人たちが出てくると、そういった価値の転換が生まれてくるかもしれません。生まれたときからスマートフォンが生活に溶け込んでいるいまの若者と私たちの感覚が異なっているように、「量子ネイティブ」の人々が増えていくと考え方が変わって世の中も変わってくるのではないかと感じています。

井上　長年量子研究に携われてきた方からすれば、私も一種の量子ネイティブなのかもしれません。先日東京大学の古澤明先生と話していた際も、私が実験していたときにレーザー用のビューアー（蛍光剤が塗ってあるカードで、強い光があたると光る）を使っていたことに驚かれました。私からすれば普通のことだったんですが、昔は量子光をビューアーのような もので普通に見ることなんてできなかったわけですよね。だから 10～20 年下の世代が出てくると、量子技術に対する感覚もかなり変わっていくのだと思います。

宮内　そう考えると、いまは AI ネイティブと呼ばれるような人々が誕生しつつある状況でしょうか。もっとも、黒電話の時代に生まれた人がいま X のような SNS を積極的に使ってもいますし、このあたりは人それぞれでしょうか。

井上　私自身、コンピュータが生まれる前の時代には戻りたくないですが、かといって、コンピュータ登場以前・以後で人間の幸せが変わったとは言えなさそうですかね。

橋本　現代の人々が水道を当たり前の存在だと思っているように、新しい技術が社会に浸透していくかぎりません。たとえばいまの私たちにとって量子アルゴリズムは複雑なものですが、量子ネイティブの若者には量子アルゴリズムが自然な考え方としてインストールされるようになるのかもしれません。

真の AI は量子のなかに眠っている？

――より大きなスケールで量子コンピュータを捉えるならば、宮内さんはどんな社会の変化が起きることを期待されるでしょうか。

宮内　生命や自然現象のシミュレー

ションが広がっていけば倫理観はもちろんのこと、死生観や人間観も変わっていくのではないかと思っています。他方で、AIについては、私たちの多くは人間の模倣を前提に考えていますよね。SFにおいてもそう描かれることが多いですし、現時点では LLM もその方向です。でも、私としては模倣ではなくその先を行ってほしいのですね。力ずくの計算で人間をコピーするのではなく、量子コンピュータによって、いまとは異なる、よりエレガントなアプローチが生まれないかと期待しています。

橋本　真の AI は量子のなかにあるのかもしれませんね。いまは古典的なコンピュータを通じて自然現象を模倣した1人間の思考を知ろうとしたりしているけれど、現代の私たちが知らないだけでこれまでとは異なる考え方が生まれてくるかもしれない。

井上　私自身は、量子的な知能も、効率的な計算という観点から見れば、人間の脳のようなアナログ演算の仕組みとともに発展していくのではないかと考えています。人間の脳は、少ないエネルギーで膨大な情報を柔軟かつ並列的に処理する、非常に効率の良い“生体コンピュータ”だと言えます。その計算は、ノイズや曖昧さを許容しつつも高い認知能力を発揮する点で、デジタル計算とは異なる特徴をもっています。一方、量子計算もまた、重ね合わせや確率的な振る舞いを活かすことで、柔軟かつ効率的な計算が可能になります。こうした特性が、アナログ的な計算手法と融合することで、より高度な情報処理ができるかもしれません。

宮内　いずれにせよ、地球に暮らすものとしては、この惑星が少しでも持続可能なものになっていくことを願っています。黒電話の時代からコンピュータに触れてきたものとしては、データセンターのために発電所がつくられるといった現状は、夢見ていた未来といくぶん違う気がしまして、勝手ながら、IOWN 構想にも期待しています。

井上　そういう意味ではやはり、私たちが開発している光量子コンピュータは冷却コストを大幅に下げることでデータセンターの消費電力も抑えられますし、エネルギー問題を解決する有用な手立てになるはずです。だから私は自分の仕事について聞かれたとき、冗談半分で「地球防衛軍」のようなものだと話しています（笑）。それは言い過ぎかもしれませんが、量子コンピュータは地球の持続可能性とも深くつながっているはずです。

橋本　NTT としては IOWN 構想のなかで「パラコンシステント」という概念に着目し、唯一の解を求めるのではなく、多様な考え方をといれ矛盾を受け止めながらさまざまな解を導き出せる社会をつくろうとしています。量子コンピュータは単に持続可能な計算資源を提供するだけではなく、これまでの古典コンピュータの上に成り立っていた物事の捉え方や考え方そのものを変えてしまう可能性を秘めていると思いますし、光量子コンピュータの開発を通じて、そんな未来に貢献していきたいですね。



量子コンピュータ研究者へインスピレーションを与える SF 作品

宮内悠介
『盤上の夜』
ひとりのジャーナリストを語り手に、囲碁やチェッカー、麻雀、古代チェス、将棋など 6 つの卓上遊戯を描いた連作。収録作「千年の虚空」では、将棋の完全解を得たと主張する量子コンピュータと棋士の対決が描かれている。



グレッグ・イーガン
『宇宙消失』
1992 年に発表された、世界的 SF 作家グレッグ・イーガンのデビュー長編。ソフトウェアによる脳の拡張や量子力学的な多世界解釈などのテーマを取り入れながら、主人公が巻き込まれる壮大な事件を描くハード SF 作品。



アンディ・ウィアー
『プロジェクト・ヘイル・メアリー』
宇宙に一人きりとなった主人公が人類の危機を救うべく奔走するストーリー。映画化も進んでおり、2026 年にアメリカで公開予定。量子力学が直接的なモチーフとなっているわけではないが、こうした作品も研究者を刺激している。



Afterward

サステナブルな未来社会の実現に向けて

1950 年、当時電気通信研究所の初代所長を務めた吉田五郎は「知の泉を汲んで研究し、実用化により世に恵みを具体的に提供しよう」と語った。この言葉は、70 年以上経ったいまでも、NTT 研究所の DNA として生きつづけている。

この言葉が示すように、NTT は研究や開発はもちろんのこと、社会実装においても責任をもつ研究機関 CoE（センター・オブ・エクセレンス）を目指してきた。たとえば研究においては現在（2019～2023 年集計時）世界 9 位、国内 1 位の論文発表数を誇っており、光通信や情報セキュリティ、量子計算機の領域を中心に世界トップクラスの技術力を示している。開発においては、IOWN のようなネットワーク基盤や NTT 独自の AI「tsuzumi」を中心に、実用化が急速に進んでいる状況だ。そして社会実装においては、マーケットインとプロダクトアウト、双方のアプローチを通じ、研究所からのスピンオフやアライアンスパートナーとの技術活用によって、多種多様なプロダクトやサービスが発表されている。研究と開発、社会実装、3 つのサイクルが回っていくことで、今後はより一層先端的なテクノロジーの活用が進んでいくだろう。

本年の「NTT IOWN Technology Report」が明らかにしてきたさまざまな領域の取り組みは、まさにこの理念を体現するものだったと言えるはずだ。データセンターやリモートプロダクション、AI コンステレーションといった領域では現在進行系で社会実装が進んでおり、大阪・関西万博で披露されたテクノロジーやソリューションは、今後万博に留まらず人々の生活へと広がっていくだろう。そして長年研究開発が進められてきた量子コンピューティングにおいても、創薬をはじめ多くの領域での実用化へ期待が高まっている。

IOWN をはじめとする新たなテクノロジーの開発は、もちろんそれ自体が大きな意味をもつものではあるが、社会実装を通じて初めて、その真価が発揮されるものだと言えるだろう。NTT がめざすのは、単なる先端的なテクノロジーの実現ではなく、サステナブルな未来社会の実現だ。次世代社会の基盤となることを見据えて立ち上がった IOWN 構想はいま、広範な領域とのコラボレーションを加速させながら、私たちが生きる社会の隅々まで広がろうとしているのである。



表紙ビジュアル解説

今年4～10月に開催された大阪・関西万博でお披露目された、NTTのパビリオン外観。NATURALをテーマに設計されたこのパビリオンは、植物由来の布によって包まれており、風や人の動きに応じて表情を変える。感情を纏うように有機的に変化する様子が話題を呼んだ。



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。

NTT 株式会社
研究開発マーケティング本部 研究企画部門
©2025 NTT 株式会社
technology_report-ml@ntt.com
2026 年 1 月 16 日発行