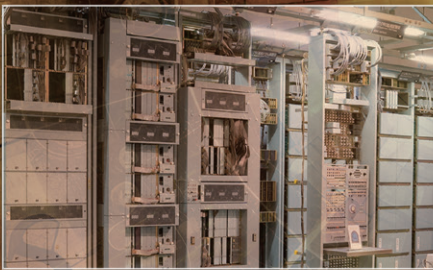


# NTT 技術ニジャーナル

5 MAY  
2026  
Vol.38 No.5



## 特集

## NTT技術史料館25周年記念 ——過去と未来をつなぐ知の架け橋

For the Future

MWC26 Barcelonaに見る通信業界最新トレンド

グループ企業探訪

NTTアドバンステクノロジー

from NTTドコモビジネス

テクノロジーの力でスポーツの競技力向上に関する環境格差解消をめざす取り組み



4 特集

**NTT技術史料館25周年記念**  
**——過去と未来をつなぐ知の架け橋**

- 6 NTT技術史料館25周年のあゆみ
- 11 NTT技術史料館一般公開の運営およびOB運営サポーターの活動
- 15 初めての電報機械「ブレゲー指字電信機」の仕組みと動作
- 19 NTT武蔵野研究開発センタの次世代教育活動



23 For the Future

**MWC26 Barcelonaに見る通信業界最新トレンド**

29 特別企画

**「ヒトのように会話するAI」をめざして**  
**——Full-duplex型音声対話AIの研究開発**

32 挑戦する研究者たち

五味 裕章

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 客員上席特別研究員

人間の感覚情報から運動生成までのメカニズム解明と  
視覚障がい者の行動を支えるデバイス開発に挑む



特集

36 挑戦する研究開発者たち

中島 共生

NTT東日本 先端テクノロジー部 クラウドサーバ技術部門 チーフ

次世代デジタル基盤「Savanna」で  
社内システムの効率化と地域社会の活性化に挑む



For the Future

特別企画

41 明日のトップランナー

中村 政則

NTT未来ねっと研究所/NTTデバイスイノベーションセンタ 特別研究員

切望される大容量・長距離伝送を実現、  
飛躍する超高速光変復調技術



挑戦する研究者たち

46 グループ企業探訪

NTTアドバンステクノロジー株式会社

お客さまとともに進化し続けるバリューパートナー  
——未来を拓くチカラと技術



挑戦する研究開発者たち

50 From NTTドコモビジネス

テクノロジーの力でスポーツの競技力向上に関する  
環境格差解消をめざす取り組み

明日のトップランナー

54 Webサイト オリジナル記事の紹介

6月号予定  
編集後記

グループ企業探訪

本誌掲載内容についてのご意見、お問い合わせ先  
NTT技術ジャーナル事務局  
問い合わせページ <https://journal.ntt.co.jp/contact>

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

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



# NTT技術史料館25周年記念 ——過去と未来をつなぐ知の架け橋

NTT技術史料館は、東京都武蔵野市にあるNTT武蔵野研究開発センタの敷地内に建つ通信関連の史料を展示する企業博物館であり、2025年11月に開館25周年を迎えた。

NTT技術史料館では一般公開、企業研修、地域貢献、次世代教育活動、そしてOB運営サポーターによる活動など、多岐にわたる活動を行っている。

本特集では史料館の設立経緯や展示構成、一般公開の様子、OB運営サポーターによる模型作製の記録、次世代教育の取り組みについて紹介する。

## NTT技術史料館25周年のあゆみ

6

NTT技術史料館の設立経緯から館内の展示内容、開館以降の取り組み・ミッションまで、開館25周年のあゆみをたどり紹介する。

## NTT技術史料館一般公開の運営およびOB運営サポーターの活動 — 11

現在では多くの来館者に訪れていただいているNTT技術史料館の一般公開の取り組みやOB運営サポーターの活動（ガイド・動態展示復元等）について紹介する。

NTT 技術史料館

NTT 武蔵野研究開発センター

企業博物館

通信技術の歴史

OB 運営サポーター



## 初めての電報機械「ブレゲー指字電信機」の仕組みと動作 ————— 15

NTT技術史料館では、ブレゲー指字電信機のレプリカを常設展示している。本稿では、動作原理とともに、実際に動作する模型を作製した際の設計検討や作製工程を紹介する。

## NTT武蔵野研究開発センターの次世代教育活動 ————— 19

NTT技術史料館を中核としてNTT武蔵野研究開発センターでは、未来を担う子どもや学生に通信技術や科学への関心を高めてもらうことを目的に、次世代教育の活動にも力を入れている。研究員が講師を務める子ども向けの「夏休み体験型科学教室」など、実例を交えて活動内容を紹介する。



# NTT 技術史料館25周年のあゆみ

NTT 技術史料館では2000年の開館以来、日本電信電話公社が発足した1952年以降の約半世紀を中心に、NTTグループの技術開発に関する歴史的価値のある史料を体系的に展示しています。本稿では、史料館の設立経緯にはじまり、館内展示の概要、設立後の運営や各種の取り組み、そして掲げるミッションについて、その歩みをたどりながら紹介します。

キーワード：#NTT 技術史料館、#開館25周年、#通信の歴史

## 25周年を迎えて

NTT 技術史料館（史料館）は2025年11月に開館25周年を迎えました。

同館は2000年の開館以来、日本電信電話公社発足（1952年）以降の半世紀を中心に、NTTグループの技術開発に関する歴史的価値のある史料を体系的に展示しています。開館当初は招待制の予約見学を基本としていましたが、2010年より一般の方も自由に見学いただけるよう一般公開日を設け、今日に至るまでたくさんのお客さまにご来館いただいています。

25周年を機に改めて伝えたいのは「温故知新」の重要性です。古き史料の中に現代へのヒントが隠されていることは少なくありません。史料館はNTTの技術的史料を収集・保存する役割だけでなく、NTTグループの研修施設としての役割や次世代教育の場としての役割も持っています。史料館が担うこれらの役割は、現在の研究開発や人材育成の支えにも確実になっています。蓄積された歴史や史料は新たな発想の源となり、若手育成や社会への情報発信を通じて、未来を創造する基盤となっています。

## NTTの技術開発史の集大成をめざして

### ■設立の理念

史料館設立の端緒となったのは、1997年9月、当時の日本電信電話株式会社（現NTT株式会社）社長・宮津純一郎による提案でした。宮津には「デジタル化の完了とNTT再編を機に、これまでの歴史を体

系的にまとめ、後世に伝えたい」という強い思いがありました。その意志を受けて、NTTにおける技術開発の歴史を体系的にまとめ上げ、その系譜を後世に伝えることを使命としたプロジェクトが始動しました。

幸いにも、NTTグループでは「技術開発の歴史を後世に伝えることは、将来の技術発展に不可欠である」という認識が当時から存在しており、電電公社時代の1971年にはすでに設備保存の取り組みが進められていました。現場設備が撤去される際、その中で技術史上重要と判断された機器については、廃棄せず保存されていました。

史料館の方向性を定めるうえで、まずこれら保存史料の状況把握が不可欠であり、これが最初のステップとなりました。加えて他社の企業博物館の調査も行い、宮津との意識合わせを重ねながら、史料館の具体像を徐々に固めていきました。

こうした検討を経て、NTTグループの歴史的価値のある資産を体系的に整理・活用し、同グループが有する技術力と信頼性を広く発信することを目的として、史料館設立のねらいを以下の3点に整理しました。

① 技術の系譜化：電気通信技術に関するノウハウを系譜として整理し、NTTグループのみならず、電気通信に携わるすべての人々に対し、学術的資産として共有する。

② 国民的資産の構築：情報通信分野の関係者や一般からの見学・史料提供の要請にこたえられる体制を整備し、史料館を国民的資産として公開する。

③ NTTグループのイメージ向上：NTT再編後に各社が共有する歴史的背景を明確化し、お客さまや国内外の通信関係

つじ ゆかり<sup>†1</sup> / 村上 真知子<sup>†2</sup>  
よこせ ふみひろ<sup>†2</sup> / しばた ともこ<sup>†2</sup>  
横瀬 史拓 / 柴田 朋子<sup>†2</sup>

NTT 情報ネットワーク総合研究所 所長<sup>†1</sup>  
NTT 情報ネットワーク総合研究所<sup>†2</sup>

者に対するNTTグループへの信頼性向上を図る。

### ■技術の系譜化

史料展示にあたっては、「技術の系譜化」という視点が重視されました。NTTの各技術分野を単に年代順に並べるのではなく、技術がいかに発展してきたかを理解できるよう、時代の流れとネットワークの構造的視点に基づき、体系的な分類・整理が行われました。

また、来館者（一般来館者と専門家）の予備知識の違いにも配慮し、利用者のニーズに応じて柔軟に見学できる構成としました。具体的には、NTTの事業史と技術史を合わせて表現する展示導線と、技術分野別に系譜を示す展示導線の2つを組み合わせることで、技術の流れを来館者が多面的に理解できる構成としました。

### ■史料館の基本設計～施工まで

史料館の設立にあたり、副社長を委員長とする「史料館設立委員会」が組織され、NTTグループ全体から選ばれた委員が分科会（コンテンツ、史料、展示、建設、運営）と技術分野ごとのワーキンググループを構成しました。この体制の基で展示内容を詳細に検討し、来館者が技術の流れを理解しやすくなるように展示コンセプトを決定しました。

基本の展示コンセプトについては3層構造とし、第1層は「NTT50年の技術とサービスの概観」、第2層は「NTT50年の自主技術の系譜」、第3層は「分野別収蔵展示」としました（第1層は現在の「歴史をたどる」エリア、第2層は現在の「技術をさぐる」エリアにつながっています）。

史料展示では、実物を中心とし、動態展示にこだわらず機器を分解して要素技術を示す方法や、映像・模型による補完を用い、多角的に理解できる工夫が行われました。また、膨大な史料情報をデータベース化し、来館できない人向けにホームページでの情報公開も整備されました。建物の空間デザインでは、1階のエントランスから地下1階へ自然に誘導するための上から下へ半径を変えた螺旋階段や、自然光が入る明るい空間とするための地下1階から3階まで見通せる大規模な吹き抜けを採用するなど構造を工夫し、史料が引き立つように装飾は抑えた設計となりました。

#### ■2000年11月開館

2000年11月28～29日に開催された「NTT R&Dフォーラム2000 in 武蔵野」に合わせ、史料館は開館の日を迎えました。フォーラム来場者は、史料館ではNTTグループの過去の技術開発を俯瞰するとともに、メイン会場では未来を創出する最新技術を体感することで、技術の過去から未来への連続性を一望し、NTTのR&Dビジョンを共有できる場となりました。

見学方式は、来館者の自由見学を基本としつつ、専任アテンダントによる案内も用意し、来館者の要望に合わせた説明ができるように体制が整備されました。

### 史料館の基本的な展示構成

史料館は地下1階から3階まであり、来館者の関心に応じて見学いただけるよう、展示を2つのエリアに分けています<sup>(1),(2)</sup>。

- ・歴史をたどる（情報通信の流れを大きく理解する展示）<sup>(3)</sup>
- ・技術をさぐる（分野ごとに技術の発展を詳しく紹介する展示）<sup>(4)</sup>

#### ■「歴史をたどる」エリア

ペリー一行が幕府に電信機を献上した時代から20世紀の終わりまで、日本の情報通信の発展を大きな流れとして見渡すことができます。展示はまず、電信・電話の始まりから1952年の日本電信電話会社の発足までを紹介する地下1階の前半と、公社発足以降の歩みを扱う後半に分かれています。後半の展示では、電話不足の解消や、全国

どこへでも電話交換手を介さずダイヤル操作だけで電話をかけられる体制の実現が課題だった1950年代から1960年代（地下1階）、移動体通信やデータ通信、画像通信といった新しいサービスが生まれ始めた1970年代から1980年代前半（1階）、そしてデジタル化とマルチメディア化が急速に進化した1980年代後半以降（2階）という3つの時期を通して、戦後50年にわたる日本の情報通信の歴史が描かれています<sup>(3)</sup>。

#### ■「技術をさぐる」エリア

電電公社発足からの約半世紀を中心に、情報通信技術の発展を分野ごとに詳しく紹介しています。1階ではサービスとネットワークをテーマに、ネットワークの中核を担うノードやオペレーション、トランスミッション、ファシリティといった基盤技術を展示しています。2階ではアクセスとターミナルを取り上げ、電話系システムや所外インフラ、ユーザ機器、そして基礎・基盤研究など、ユーザに近い領域の技術を紹介しています。さらに3階ではコンピュータとモバイルの分野を扱い、文字や画像の通信技術とそのサービス、移動体通信、インターネットの技術まで、現代の情報通信を支える多様な技術の広がりを見せ示しています<sup>(4)</sup>。

### 設立から10年を迎えての運営の取り組みと展示構成の見直し

#### ■史料館運営について

史料館の設立から10年が経過し、設備の老朽化対策や展示内容の更新など、今後の史料館運営の方向性を明確にする必要が生じました。このため、2010年には5カ年計画となる「第1次グランドデザイン」が策定され、2000年以降の技術史の更新や一般公開に向けた取り組みが進められました。一般公開に向けた体制が整った後、2015年には「第2次グランドデザイン」が策定されました。この計画では、史料のデジタルアーカイブ化に向けた情報調査や、ホームページやパンフレットの多言語化を進めるとともに、次世代へ理系マインドを継承することを目的としたOBガイドによる学生向け特別見学会の実施、さらに小中学生向

けワークシートの導入（現在は小学校5年生を対象とした社会科見学へと発展）など、4つのテーマを軸に取り組みが展開されました。このような設立後10年間の取り組みは、当初の設立理念を基盤としながら進められ、史料公開や多様な活動を通じて、現在の史料館運営の基礎を形成するものとなりました。

#### ■展示構成の見直し

2000年以降の技術史料を展示に反映するため、史料館では展示内容の見直しを進め、「モバイルネットワークの技術」コーナーを更新するとともに、「情報流通の新技術」コーナーは新たに「インターネットの技術」コーナーに変わりました。

「モバイルネットワークの技術」コーナーでは、音声通話から始まり、文字・画像・動画まで扱えるようになったモバイル通信の進化を実感でき、年代順に並べられたさまざまな携帯電話端末は、今でも人気の高い展示となっています（写真1, 2）。

「インターネットの技術」コーナーは、2013年のR&Dフォーラムに合わせて公開され、技術史年表や57点の史料を通じて、インターネット技術の誕生から現在に至るまでの歩みを紹介しています。併せて、NTTグループが日本だけでなく世界のインターネット発展にどのように関わってきたかを理解できるように展示エリアです。2025年にはインターネットの仕組みを学べる体験型展示を新たに公開し、クイズ形式で楽しみながら学べる内容として、子どもから大人まで幅広い層に親しまれています（写真3, 4）。

また、1階ロビー前の「体験展示コーナー」では、電信電話の歴史や通信の仕組みを、子どもから大人まで楽しみながら学べるようになっており、来館者にとっても人気があります。ここでは、電信による文字伝送や、手動交換・自動交換による電話のつながり方、光通信の仕組みなど、複雑な技術を実際に体験しながら理解できる展示が並んでいます。展示物の中には、OB運営サポーターが復元した貴重な機器もあり、倉庫の部品を集めて組み立てられたA形自動交換機（2013年公開）や、資料の少ない中で再現された磁石式手動交換機（2014年

公開)では、当時の交換手がどのように作業していたのかを実際に体験することができます。

### ■東日本大震災に端を発した史料の保管環境の見直し

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、史料館内でも転倒や落下により21カ所の破損が生じました。館内でひときわ目

を引いていた天吊り展示の衛星試験モデルは落下こそ免れたものの、揺れによってワイヤーの緩みが確認されたため、安全を最優先し、天吊り展示を中止して3階での展示へと切り替えました。

また、臨時休館中に空調・換気設備を停止したことで、一部の史料に傷みが発生する事態となり、史料の保存環境について基本方針を見直し、史料館全体の環境整備を改めて強化する取り組みが進められました(写真5)。



写真1 「モバイルネットワークの技術」コーナー

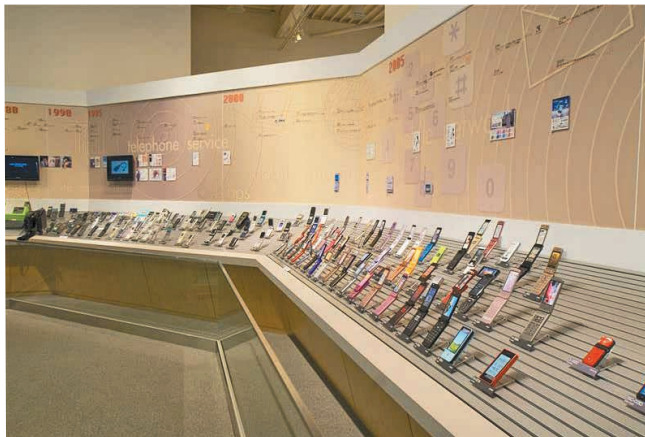


写真2 携帯電話の展示



写真3 「インターネットの技術」コーナー

## 史料館の取り組み・ミッション

### ■実物史料の保管管理

史料館では、来館者が自由に見学できるフロア以外にも、多くの史料を収蔵しています。展示されていない史料は「実物史料室」に保管されており、スペースなどの制約から常設展示には適さないが実物展示として価値が高いものや、展示史料との比較検証に有用な史料が収蔵されています。これらは、史料館の利用者による調査や、史料の貸出・問い合わせ対応にも活用され、重要な役割を担っています。

また、史料館には貴重な技術史料が数多く展示されており、その中には外部機関から価値を認定されたものも含まれます。重要科学技術史資料として16件(表1)、情報処理技術遺産として3件(表2)が登録されているほか、分散コンピュータ博物館には、3階「技術をさぐる」エリアの「コンピュータとモバイルのひろば」「文字・

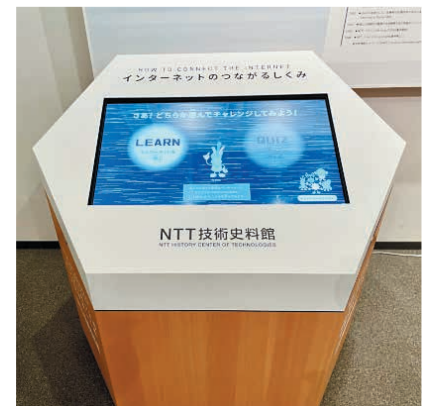


写真4 「インターネットのつながるしくみ」体験型展示物



写真5 東日本大震災前の天吊り展示

画像の通信とサービスの技術」の一部が登録されています（写真6）。

これらの史料は、技術がどのように発展し、現代の情報通信技術がどのようにかたちづくられてきたかを分かりやすく伝えるものであり、来館者が実物をとおして技術の重要性や社会への影響を実感できるようになっています。そのため、教育的・歴史的観点からも非常に価値の高い展示となっています。

#### ■NTTグループの接遇施設から一般公開へ

開館当初、史料館はNTTグループの接遇施設として位置付けられており、見学できるのは海外パートナー企業やビジネスユーズなどNTTグループ関係のお客さま、NTT社員やOB、大学（学生）、学会関係者に限られ、招待制・予約制で運営されていました。現在でも接遇施設としての役割は続いています。2009年からはNTTグループ社員の招待がなくても予約をすれば見学できるようになり、2010年には木曜日の午後に一般公開が始まりました。現在では、木・金曜日の13～17時が一般公開日となっています。

#### ■地域貢献活動

史料館では、開館して間もないころから地域とのつながりを大切に、近隣の方々を招いた見学会を継続的に行ってきました。現在も、武蔵野市で開催される地域イベン

表1 重要科学技術史資料に登録された史料一覧

登録年	史料名
2010年	自動車電話TZ803A
	内航船舶電話装置 NS-1号JAA-333
	ワイヤステレホン
2011年	マイクロ波4GHz帯用進行波管4W75A
	ポケットベルB型RC11
2012年	D10形自動交換機
2014年	ポケットベル送信装置
2016年	D60形デジタル交換機
2017年	C400形クロスバ交換機
2018年	磁石式手動交換機
2019年	VAD法光ファイバ母材製造装置
	F-32M-1形端局中継装置
2021年	100km長VAD単一モード光ファイバ
2022年	4号自動式卓上電話機
	600形自動式卓上電話機
	601形自動式卓上電話機

重要科学技術史資料（愛称：未来技術遺産）：国立科学博物館が、科学技術の発達に重要な役割を果たしたり、社会に大きな影響を与えた歴史的資料を、後世に継承するために選定し登録する制度。

表2 情報処理技術遺産に登録された史料一覧

登録年	史料名
2009年	MUSASINO-1B
2013年	DIPS-1 構成部品（中央処理装置）
2015年	DIPS4150形磁気ドラム記憶装置

情報処理技術遺産：情報処理学会が歴史的価値を持つ情報処理技術や機器・資料を、将来の保存と活用、文化的意義の継承を図るために認定する制度。

トに合わせて、年に数回、休日に特別公開を実施しています。子ども向けの体験コーナーやワークショップなども取り入れ、家族連れのお客さまにも楽しめる内容となっています。休日の特別公開を心待ちにしていたお客さまの中には、遠方からお越しになる方もおり、1日に2000名を超える日もあります。これらの取り組みを通じて、多くの方々にNTTの技術や歴史に触れていただき、今後も地域社会との交流を深めていきます。

#### ■次世代教育活動

子ども向けの科学教室や学生特別見学会にも積極的に取り組んでいます。これらの活動は、子どもたちや学生が科学技術や通信に興味を持つきっかけをつくることを目的としており、同時に史料館そのものの認

知度を高め、NTT R&Dの取り組みをより身近に感じてもらう機会にもなっています。

「夏休み体験型科学教室」では、NTT研究所の研究員が講師を務め、研究の第一線にいる専門家から直接学べる貴重な場となっています。実験を交えた体験型のプログラムは、子どもたちが科学への興味を自然と深められる内容になるよう工夫しています。「学生特別見学会」では、通信技術の歴史や発展の流れを専門的に学び、将来の進路を考えるうえでも役立つ機会となるよう開催しています。OB運営サポーターによる実物史料の解説を通じて、技術が社会にどのように貢献してきたかを具体的に知ることができます。



分散コンピュータ博物館：情報処理学会が、日本各地で貴重なコンピュータ関連資料を収集・展示する施設を認定する制度。史料館は、2011年にDIPS関連史料とMusasino-1Bが「NTTの歴史的なコンピュータの展示エリア」として認定された。

写真6 分散コンピュータ博物館に認定された「文字・画像の通信とサービスの技術」コーナー（一部）



写真7 史料館オリジナルペーパークラフト

### ■OB運営サポーターの展示ガイド・知見やノウハウの展開

史料館では、設立後にボランティアガイドとして「OB運営サポーター制度」が導入されました。初期はNTT研究所OBが多く所属する日比谷同友会を通じて募集が行われ、初回は15名のOBで活動していました。現在では、28名となり、展示案内だけでなく、子ども向けイベントや学生見学会など幅広い場面で活躍しています。

一般公開が本格化してからは、お客さまへの展示説明スタッフとしての役割に加え、

OBが持つ技術的な経験や知識が史料館の運営に大きく活かされています。史料整理のサポート、データベース化、復元・修理、外部への情報提供など、多方面で支えとなっています。

また、過去の研究開発のノウハウ・技術を継承することを目的に体験談を映像化したNTT語り部シリーズ「温故知新」<sup>(5)</sup>を制作しています。電気通信の歴史をつくってきた技術者たちの“つなぐ”ことへの挑戦や想いを伝える映像となっています。

## おわりに

史料館には、古い機器や設備が数多く展示されています。これらは、研究者たちが数々の困難に直面しながら、絶え間ない試行錯誤を重ねて築き上げてきた成果であり、彼らもまた前世代の技術を受け継ぎ、それを基盤として新たな技術を創り出してきました。こうした継承と発展の積み重ねが、今日の技術の礎となっています。

史料館を訪れると、過去の史料や技術から、現代の課題につながる示唆や、最新技術との思わぬ共通点が見つかることがあります。そうした気付きが、新たな発想や研究の深化を促すことも少なくありません。

この史料館が今後も変わらず、先人の歩みを次世代へ橋渡しする場であり続けるために、その価値を丁寧に守り、確かなかた

ちで後世へ受け継いでいくことが私たちの責務です。積み重ねられてきた技術的遺産を大切にしながら、未来へとつながる知の継承を一層推進していきたいと考えています。

史料館では、見学の後アンケートにご協力くださった方へ、史料館限定のオリジナルペーパークラフトをプレゼントしています（写真7）。展示している貴重な史料をモチーフにし、細かな部分まで丁寧に仕上げたものですので、多くのお客さまからご好評をいただいています。

また、ホームページでは史料館全体の雰囲気を感じていただけるよう、館内の様子を紹介する動画も掲載しています。よろしければ、ぜひご覧ください。

### ■参考文献

- (1) “基本構想から開館までNTT技術史料館設立のあゆみ,”
- (2) “NTT技術史料館フロアガイド,”
- (3) [https://hct.rd.ntt/area/history\\_index.html](https://hct.rd.ntt/area/history_index.html)
- (4) [https://hct.rd.ntt/area/tech\\_index.html](https://hct.rd.ntt/area/tech_index.html)
- (5) [https://hct.rd.ntt/video/kataribe\\_index.html](https://hct.rd.ntt/video/kataribe_index.html)



(左から) 村上 真知子 / 柴田 朋子 / 辻 ゆかり / 横瀬 史拓

今後も当館は、研究所の知見と現場の経験をつなぎ、未来の技術創出のための思考の場であり続けたいと考えています。どうぞお気軽にお越しください。ご来館を心よりお待ちしております。

### ◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所  
企画部

# NTT 技術史料館一般公開の運営およびOB 運営サポーターの活動

NTT 技術史料館は、開館から10年を迎えた2010年に第一次グランドデザインが制定され、それまでの完全紹介予約制から、より開かれた運営方針へと変わりました。そして、一般公開およびOB 運営サポーター制度が始まってから15年、現在では多くの来館者が訪れるようになりました。本稿では、一般公開の開始から現在までの取り組み、OB 運営サポーターの活動（ガイド、動態展示復元等）について紹介します。

キーワード：#NTT 技術史料館、#電気通信の歴史、#温故知新

いわた れいこ<sup>†1</sup> つかだ まさと<sup>†1</sup>  
岩田 玲子 / 塚田 雅人  
ふるうみ みほ<sup>†2</sup> よこせ ふみひろ<sup>†3</sup>  
古海 美穂 / 横瀬 史拓  
NTT 技術史料館 (NTT-AT アイビーエス)<sup>†1</sup>  
NTT 技術史料館 (NTTアドバンステクノロジー)<sup>†2</sup>  
NTT 技術史料館 (NTT情報ネットワーク総合研究所)<sup>†3</sup>

特集

## 一般公開およびOB 運営サポーターについて

NTT 技術史料館は現在、毎週木曜日・金曜日午後の2回一般公開を実施し、累計3万人を超える来館者をお迎えしています。来館者には当館の“名物”であるNTT-OBのボランティアガイド「OB 運営サポーター」が手厚く解説を行い、好評をいただいています。最近では遠方からお越しいただく方や、交換手をされていた方が家族を連れての来館なども増えており、技術的な興味をお持ちの方から、ファミリーヒストリーを紐解く方など、さまざまな方々に来館いただいています。本稿では、2010年から始まった一般公開とOB 運営サポーターについて紹介します。

- ・一般公開の開始：社会への史料公開の促進として完全予約・紹介制の廃止
- ・OB 運営サポーター制度の開始：持続的な運営への取り組みとしてOB 技術者の支援協力（ボランティア）体制の確立

## 一般公開の開始

### ■開始概要

2000年の設立当初から史料館は完全予約・紹介制で来館者を受け入れてきましたが、2010年7月から、最終的には「予約不要で来館いただけること」を目標として、予約制の一般公開を開始しました。その後、

対象を限定しての予約不要化、10月からは一般公開用に南門を開放し史料館へ直接来館できるオペレーションが可能となり、予約不要の一般公開（毎週木曜日・午後）が実現しました。

少しずつ来館者が増える中、2011年3月に東日本大震災が発生し臨時休館を余儀なくされましたが、館内の修繕を終え2011年10月には一般公開を再開しました。以降、順調に来館者数は伸び、要望の多かった公開日の拡大として2014年10月に金曜日午後の公開を開始し、現在に至ります（図）。

### ■東日本大震災の被害、節電要請への対応

2011年3月の東日本大震災では、史料館の一部展示物等が転倒、間仕切りのガラス

## 2010年の運営方針転換

### ■完全予約紹介制からの方針変更

NTT 技術史料館（史料館）の開館から10年を迎え、設備の老朽化対策や展示項目の更新、これからの史料館運営のあるべき姿を共有するため、5カ年計画のグランドデザインが策定されました。維持管理するだけでなく、さまざまな人やNTTグループなど外からの史料を「吸収」するとともに、中から外に向けても、史料公開や活動を通じて「発信」していく、「呼吸感」のある施設運営がコンセプトとして挙げられました。具体的な施策として挙げられた中で、本稿で扱うのが以下の2点です。

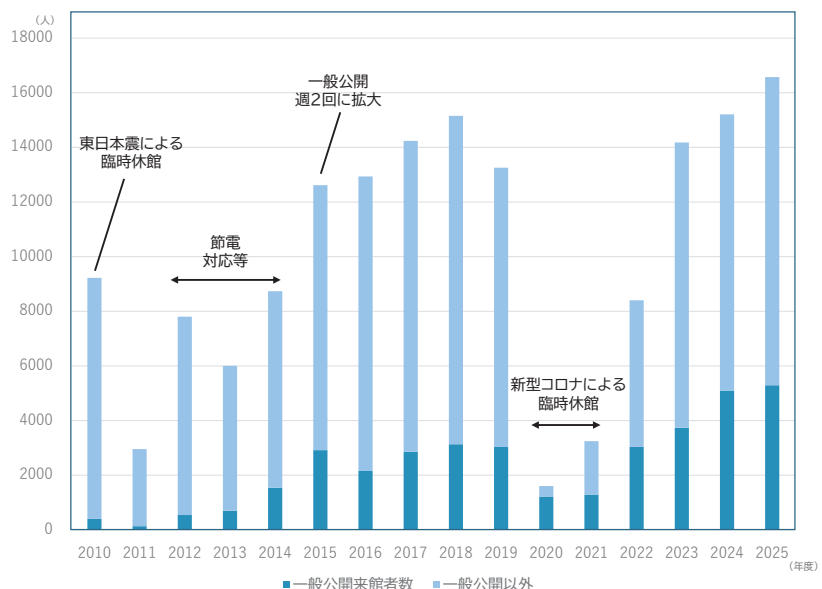


図 一般公開来館者数の変化

板が損壊するなどの被害がありました。それらの修理や天井に吊り下げられていたETS-VI（通信衛星）の移設工事等のため、しばらくの間臨時休館としました。工事終了後は、節電要請に応じるため限定的な予約見学を再開し、一般公開はピーク時電力削減のため開館時間を従来の午後（13～17時）から午前中に変更して実施するなどの対応を行いました。ピーク時電力削減対策での午前中の一般公開は2014年の夏季（7～9月）まで継続しました。

### ■コロナ禍休館

2020年の新型コロナウイルス感染症の発生とその後の緊急事態宣言等により史料館も複数回にわたり臨時休館となりました。

手指消毒やソーシャルディスタンスなどの新たなスタンダードに即応し、またOriHime（遠隔操作ロボット）を使用して、OB運営サポーターが自宅からクイズや史料解説を行うイベントを開催するなど、新しい試みも行いました。

また、来館が難しい方に向けてインターネットでバーチャルに史料館を見学いただける「VR NTT技術史料館」を開設したほか、展示説明動画をNTT公式YouTubeチャンネルに登録し、ホームページでも公開しました。

## 一般公開施策

### ■一般公開でのシーズンイベントの実施

予約不要の一般公開が始まってからは、小中学校の長期休暇期間において「特別公開/スペシャルイベント」などさまざまなイベントを実施しています。OB運営サポーターやスタッフが特定の史料などを説明するギャラリートーク、テーマに沿って館内をめぐるスタンプ・クイズラリー、夏休み期間中の自由研究需要に応じるための自由研究シートなど、来館された方により深く興味を持って見学いただけるようなコンテンツを提供しています。

### ■案内ツール等の導入と研究所成果の活用

一般公開の来館者が充実した史料館見学をしていただけるように、さまざまなツールを取り入れてきました。

- ・音声ガイド：史料館設立時には自由見学の際での利用を想定して制作。各

コーナーの展示内容の説明をしました（日英対応・現在使用中）。

- ・タブレットガイド：音声ガイドに代わる展示解説ガイドとして設計。音声だけでなく映像で館内をガイドするほか、研究所成果である「かざして案内」を使用した展示史料解説も提供しました（現在使用中）。
- ・NTTむさし（ロボコネクト）：研究所成果のロボコネクトを受付サポートとして設置。Q&A対応や自由会話などをお楽しみいただきました（終了）。
- ・OriHime：遠隔操作ロボットとしてコロナ禍での一般公開・イベント時にOB運営サポーターが自宅からクイズや展示解説などを実施しました。現在でも一般公開時に活躍中です（メンテナンスにより中止している場合があります）。

### ■お客さまの声

- ・次世代の技術が実用化するには見えないうちの努力と多大な時間を要していることが分かりました。
- ・これまで深く考えずに使っている通信には裏にもの凄い技術が詰まっていることが目に見えて分かり大変有意義な時間になった。
- ・開発品が展示してあり、先人の努力に対するリスペクトを感じるととても良い展示だと思いました。
- ・I've been in a few technology museums before, but this one was the best! The exhibitions were very detailed and rich. We are very thankful for the guide.
- ・ケーブルから社内ネットワークまであらゆるものを自前で開発していたことに驚いた。

## OB運営サポーター

NTT-OBの方々とはOB運営サポーターが発足する前から、子どもイベント対応などで協力いただくことがありました。2010年の一般公開の実施に向けて、現役スタッフが持ち得ない知識や経験を史料館で活かしていただくため、NTT-OBの方々に協力を仰ぎました。

現在では、一般公開やイベントでの展示解説、体験展示物の製作や保守、技術者マインド継承として語り部の会やNTT語り部シリーズ「温故知新」映像制作に協力をいただいています。

## サポーター制度の発足

### ■日比谷同友会の協力・意見交換会

OB運営サポーター制度の発足にあたっては日比谷同友会通研支部事務局に全面的に協力いただきました。2009年9月から、有志の通研支部会員と史料館運営事務局とで複数回にわたる意見交換会を行い、主に技術的な知識や経験に基づく展示解説とする活動内容の骨子が固まりました\*1。

### ■サポーター制度開始

2009年11月開催のミーティングにより「OB運営サポーター」の名称も決まり、具体的な展示解説ガイドを実施することとなります。12～1月のトライアル期間を経て、2010年2月に開催されたNTT R&Dフォーラムでは、10名のOB運営サポーターがそれぞれの専門分野の展示説明を行うなど本格的に活動を開始しました。

## OB運営サポーターの活躍

### ■一般公開・学生特別見学会・イベント時のガイド

一般公開のガイドでは、実際に研究や事業に携わったOBから直接話を聞くことができる、と参加者から高く評価をいただき、ご自身の経験を踏まえた豊富な知識による展示解説ガイドは史料館の名物となっています。OB運営サポーターの解説を確実に聴きたい!との要望におこたえして、2024年1月からは、毎週金曜日限定で予約制の「電伝探訪（OB運営サポーターガイドツアー）」を開始し、多くの来館者からご予約をいただいています。

学生特別見学会でもその知見を活かし、理系文系問わず学生の興味に応じてNTTの研究開発の歴史やご自身の研究への熱い

\*1 現在では日比谷同友会会員だけでなく、NTT-OBOGの方を対象に史料館ホームページで広く募集をしています。

想いを語っていただいています。

#### ■お客さまの声抜粋

- ・現役時のエピソードを交えての展示品の解説が分かりやすく、解説者の知識の広さにも感心した。
- ・説明員の方の裏話がとても面白かった。
- ・展示を観るだけでは分からなかった内容の説明があって理解しやすくて良かった。
- ・OBの方の解説が大変面白く、3時間、大変充実した時間を過ごせました。
- ・OBガイド最高でした!

#### ■東日本大震災の閉館中の史料整理サポート

前述のとおり、2011年の東日本大震災では史料館の一部に被害が発生し臨時休館を余儀なくされました。その後の節電要請のため、一般公開も予約制となりました。その間OB運営サポーターにはその知見を活かした、保管史料の整理や調査をお願いしました。その後、一般公開が従来の運用に戻ってからも、並行して史料整理・調査にご協力いただきました。

#### ■復元体験展示物の作成

OB運営サポーターによる復元体験展示の代表的な例を紹介します。

##### (1) A形自動交換機 2013年

OB運営サポーターによる動態展示用の復元として初めて成功したのは「A形自動交換機」(写真1)のスイッチとコネクタの動態モデルでした。史料館の倉庫に眠っていた部品を集め、着想から2年かけて復元したものです。「来館者に交換機の動く姿を見てほしい!」という交換系のサポーターの熱い想いにより始まりました。

図書館の回路図集を読み解き、実物と回路図を突き合わせながら1本1本確認し配線、電話機を接続し動作したときの喜びはひとしおだったそうです。接続した4号自



写真2 復元された磁石式手動交換機を楽しむ様子

動式卓上電話機の調整は宅内系のサポーターが担当、そのほかのサポーターからの助言や応援により復元に成功したA形自動交換機は、今でも来館者に人気の体験展示として活躍しています。

##### (2) 磁石式手動交換機 2014年9月

2013年に閉館した通信総合博物館から、磁石式手動交換機(写真2)を含む数点の史料の寄贈を受けました。その手動交換機を復元し、来館者に交換手の実体験をしていただきたい、と次の復元プロジェクトが開始しました。

前回のA形交換機よりさらに古い磁石式手動交換機は回路図等の資料があまりなく、まさに手探りで配線や各スイッチの機能を確認めていきました。また真鍮製のプラグやジャックの酸化被膜にも悩まされました。さまざまな苦勞を乗り越え実際に使用できる状態となった磁石式手動交換機は、「動態である」ことが評価を受け国立科学博物館の重要科学技術史料(愛称:未来技術遺産)に登録されました。



写真1 A形自動交換機の復元作業



写真3 デルビル磁石式電話機の復元作業

(3) デルビル磁石式電話機 2015年7月  
デルビル磁石式壁掛電話機(デルビル電話機)(写真3)は「当時の部品だけで復元し、来館者には当時の音質を体験いただき、古い電話機に触れることで昔を偲ぶよすがとなれば」という宅内系サポーターの思いで復元されました。それまで体験していただいていたデルビル電話機は、現在の技術で補強したのもだったので、手動交換機と同様に回路図がほとんど残っていない状況で、部品を動かしながらその機能を確認めました。また、炭素粉や振動板といった材料の確保にも苦勞をしました。電池以外すべて当時の部品で復元されたデルビル電話機は、子どもから大人まで多くの方に「テレビや映画で見た古い電話機はこうやって使っていたのですね!」と好評を博しています。

##### (4) 大形青公衆電話銭音体験

全国自動即時化が完了するより前、公衆電話機から市外に電話をかけるときは交換手から指定された料金を公衆電話機に入れ

「交換手は硬貨が投入された際に音叉にぶつかってでる銭音（せんおん）を確認していた」との記述が、古い時代の公衆電話機の説明文には散見されます。銭音はどのような音だったのか、と興味を持ったサポーターにより銭音を聴くことのできる貴重な動態展示が実現しました。復元に使用したのは5号自動式ボックス公衆電話機で、3カ所に分かれた硬貨投入口に5円、10円、50円のそれぞれの硬貨を入れると、高さの違う音がスピーカーから聴こえる仕組みです。音の差を聞き取って料金確認を人力で行っていたのですと、驚かれる来館者が多くいらっしゃいます。

#### (5) シャープペン電話・ブレゲー指字電信機再現モデル等

電気通信黎明期の各史料の仕組みや原理を再現し、体験できるデモ機を作成する新しい試みも行われています。

シャープペン電話は、デルビル電話機でも使われているカーボンマイクの仕組みを身近なシャープペンシルの芯や紙コップを使って体験できるデモ電話機です。2024年の夏休みスペシャルでは、吹き抜けを挟んだ約15メートルの距離で通話を体験いただきました。

「ブレゲー指字電信機」は電報サービス開始時に使用された最初期の電信機ですが、実物史料は貴重であり展示ケースの中に収められています。その仕組みを再現し、実際に体験できるようにしようという試みが行われました。その詳細については本特集記事『初めての電報機械「ブレゲー指字電信機」の仕組みと動作』をご覧ください。

#### ■技術者マインドの継承

2015年の第2次ブランドデザインでは史料館のミッションの1つとして「技術者マインドの継承の場としての機能」が掲げられました。これまで一般公開、学生特別見学会でのガイドに加え、さらに専門技術分野における研究開発の知見や、そこで培われた技術者マインドを次世代に継承していくことを目的として、さまざまな取り組みに協力いただきました。

・語り部の会：NTTグループの若手社員、



写真4 NTT語り部シリーズ「温故知新」出演者一覧

理系学生向けの講演「語り部の会」を実施し、現在まで25回開催しています。

・社会科学：学校教育と連動した社会科学見学プログラムで、当時の研究開発での苦労話や次世代へのメッセージビデオに出演したり、新入社員研修の一環としてトークセッションをしたりなど多方面で協力をいただきました。

・NTT語り部シリーズ「温故知新」：2020年からはNTT語り部シリーズ「温故知新」として、論文や研究資料では言及されない「研究者の想い」を語っていただく映像アーカイブに出演いただいています\*2（写真4）。

#### まとめ

2010年の一般公開・OB運営サポーター開始から15年、さまざまな出来事があり多くの出会いもありました。

サポーターが復元したA形交換機に興味を持った当時小学1年生だった方が、その後も折に触れ一般公開やイベントに参加していただき、先日「高校3年生になりました。理系の大学へ進学するために勉強しています」と来館されたり、「電話交換手をしていた祖母にもう一度手動交換機を扱ってほしい」と遠方より来館された方もいました。

一般公開の実施・OB運営サポーターの運営は、日々史料館業務を担っている福田敦子氏をはじめとしたスタッフや現在活動いただいている28名のOB運営サポーターはもとより、かつて活動いただいた15名のサポーターの協力あってのものです。うち4名は残念ながら鬼籍に入られました、

残された功績は今でも史料館の活動を支えてくれています。技術や人はその時代により移り変わりますが、根底に流れる人々の生活をより豊かにと技術開発を進めた熱意や想いを、史料館スタッフと現役のOB運営サポーターとで語りつないでいきたいと思ひます。

故きを温ねて新しきを知る。これからも、史料館が新たな知識や体験との出会いの場となり、これまでの経験や思い出に思いを馳せ、またそれらをとおして人との対話を促す場であらばと思ひます。OB運営サポーターと共にあなたのご来館をお待ちしています。

#### ■参考文献

- (1) <https://journal.ntt.co.jp/backnumber2/1505/files/jn201505067.pdf>
- (2) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2016/05/30/160530b.html>
- (3) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2020/07/01/200701a.html>



（左から）塚田 雅人 / 岩田 玲子 / 古海 美穂 / 横瀬 史拓

NTT技術史料館の一般公開は原則毎週木・金曜日13:00～17:00に行っています。OB運営サポーターによる館内ガイド「電伝探訪」の開催は金曜日13:30～、予約必須です。皆様のご来館をお待ちしています。

#### ◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所  
企画部

\*2 現在10作品をNTT公式YouTube、史料館ホームページで公開しています。

# 初めての電報機械「ブレゲー指字電信機」の仕組みと動作

NTT技術史料館では、OB運営サポーターを中心に実物史料の復元・修理や、史料の動作原理が分かるような動作模型を作製するなど、通信の仕組みを分かりやすく説明・展示する活動を行っています。その取り組みの1つとして、史料館でもレプリカを常設展示しており、日本で最初の電報サービス開始時に使用されたフランス製ブレゲー指字電信機の動作模型を作製しました。本稿では、その仕組みや模型の設計・作製・実験の内容を紹介しします。

キーワード：#ブレゲー指字電信機、#電報、#脱進機

## はじめに

NTT技術史料館ではブレゲー指字電信機のレプリカ(写真1)を常設展示していますが、ケースに覆われていて残念ながら動くところを見ることはできません。そこで、説明員が実感を基に説明できるように、OB運営サポーターが実際に動作する模型を作製しました(写真2)。現物を分解調査することができないため、レプリカの外觀と断片的な情報を基に再現を試みました。完全に再現し得たかどうかは確認できませ

んが、19世紀、電気通信黎明期の技術者たちの創意工夫を感じることができました。

本稿ではブレゲー指字電信機の概要と再現した模型の仕様を紹介します。

## ブレゲー指字電信機の概要

### ■歴史

ブレゲー指字電信機は、フランスのブレゲー社から輸入して明治2年(1869年)に日本で最初の電報サービス開始時に使われた機械です。「ブレゲー」の名前は高級時

計の世界で有名ですが、まさにその時計メーカーのブレゲー社により製造されました。改めてレプリカを眺めると、特徴的な円盤や、受信機の外觀などは時計との類似性をうかがわせませす。ブレゲー社は、現在はスイスに本社を置いています。1775年にスイス人時計職人アブラアン・ルイ・ブレゲーによりフランス・パリで創業されました<sup>(1)</sup>。

18世紀末のフランスは通信の技術開発が活発に行われており、その当時はフランス人発明家クロード・シャップによる「腕木通信」と呼ばれる通信システムが実用化されていました<sup>(2)</sup>。腕木通信とは、木製の長い回転棒の両端に短い棒(腕)が付いた装置を塔などの上に設けて、その装置の形状で符号を伝える仕組みです。受け取る側は望遠鏡で符号を読み取ります。この拠点を各地につくることで、バケツリレー式に遠隔地まで文章を伝えることができました。なお、現在の英語の“telegraph”は、当時の腕木通信の名称に由来します。この腕木通信にもアブラアン・ルイ・ブレゲーがかかわっており、塔の中のアペレータがミニチュアの腕木の形状を変えると、それに連動して塔の上の装置本体の形状が変わる制御機構を製作しています。

19世紀初めごろにボルタ電池が発明され、電気を使った通信のアイデアも検討されるようになります。腕木通信が存在していましたので、当然のように電気できかに文字を伝えるかという発想で研究開発が行われました。ボルタ電池に引き続き検流計や電磁石も発明され、米国でこれらの技術を応用してサミュエル・F・B・モールスによって「トン(・)、ツー(-)」のモールス符



写真1 ブレゲー指字電信機(レプリカ)



写真2 ブレゲー指字電信機の動作模型

号による電信装置が発明されます。モールの初期の電信装置では、電流のオン・オフで情報を伝え、受信側ではペンを上下させるなどして紙に符号を記録していました。モールス以外の発明者により複数の信号線を使う別の電信機も開発されましたが、アースを使えば1本の信号線だけで効率良く文字を送れるモールス信号が世界中に普及したのはご存じのとおりです。

一方フランスでは、アブラアン・ルイの孫であるルイ・クレマン・ブレゲーが1833年からブレゲー社の経営を引き継ぎ、電気通信分野に情熱を注ぎました。フランスでも電気通信の導入が検討されていましたが、モールス信号では読み書きのできないオペ

レータがモールス符号を習得するのは困難と考えられ、腕木通信の電化が試みられ、複数の信号線を使い腕木と似た形状で符号化した文字を伝える指針電信機が開発されました。その後、本稿で取り上げている1本の信号線で文字を送れるブレゲー指字電信機も開発されました。

■特徴

ブレゲー指字電信機は、送信機のハンドルを回して目的の文字まで動かすと、離れた場所の受信機の針が同じところまで動き、送った文字を指し示します。

「信号パターンを翻訳するのではなく、文字を直接指し示すので初心者でも使いやすい」、「文字盤には空白の行があり、自分

の国の言葉を入れて使うことができる」という特徴があり、実際に日本では「イロハ」を書き込んで使用していました。しかし使ってみると、「1分間に4～5文字しか通信できない」「受信側では針から目が離せない」という難点があり、電報のために日本で最初に導入されたブレゲー指字電信機はモールス信号に置き換わっていきま

した。現代の私たちにとっては電話やインターネットを介したテキストメッセージは当たり前のものですが、日本で最初の電報サービスが開始された当時はまだ電話は存在しておらず、文字を送るだけでもさまざまな仕組みがあったことがわかります。そして、一見すればモールス信号よりも高度で便利そうに見えるブレゲー指字電信機が廃れてしまったことは現代の私たちに興味深い示唆を与えています。技術の良し悪しは一面的な基準では計れず、技術の進化もダーウィンの進化論のように前世代の技術を土台としてさまざまなアイデアが生み出されそれらが多様な要因によって淘汰された結果とみることができます。

■動作原理

ブレゲー指字電信機は図1のような原理で動いていたと考えられます。送信機のハンドルを回すと一文字ごとに歯車がスイッチを押し電気が流れます。受信機は時計で使われる脱進機\*（がんぎ車）になっていて、電気が流れると電磁石がアンクル盤を引き歯車が1段進みます。これで送信機がハンドルを回した文字数だけ、受信機の針が動きます<sup>(3)</sup>。

■通信手順

実際の通信では送信機、受信機に加えて、同期を取るためのベルも使い、図2のように1つの通信回線の両端で接続を切り替えながら通信を行います。

S（信号監視）の状態は、通信の同期を取るために手順の途中でベルが鳴るまで監視します。ベルを鳴らすスイッチはありませんが、相手がS（信号監視）状態のときに自分をE（送信）にしてハンドルを早回しすると断続信号が送られて相手のベルが

\* 脱進機：機械式時計の速度を一定に保つための部品です。機械式時計に特徴的な「カチカチ」という音は、脱進機から発せられています。

送信機の歯車をゆっくり回転させると、1段ごとに電力スイッチがON-OFF

受信機は時計で使われる脱進機（がんぎ車）になっていて、電力スイッチONで電磁石がアンクル盤を引き、歯車が1段進む。

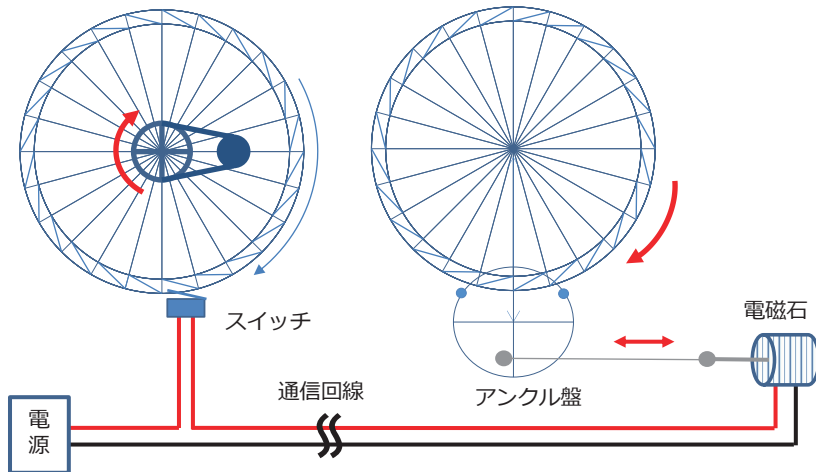


図1 ブレゲー指字電信機の動作原理

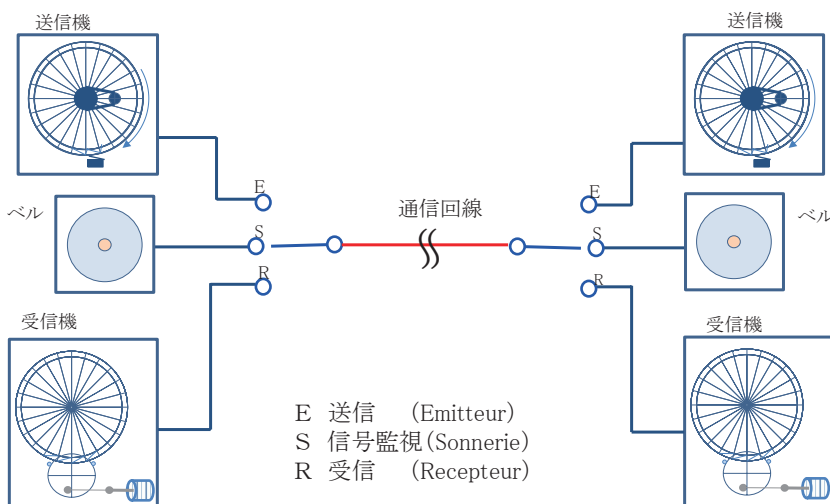


図2 通信の基本構成

鳴ります。相手がR（受信）状態のときに自分をE（送信）にしてハンドルをゆっくり回すと相手の受信機の針が1段ずつ動きます。送りたい文字のところでハンドルを止めると相手側の針も止まるので送られた文字が判定できます。文字を判定したらベルを鳴らして同期を取り、初期状態に戻って次の文字を送信します。文字盤の2列目～4列目の指定方法については後述します。

■切替レバー

E・S・Rの切り替えは1つの切替レバーで済むはずですが、実機では切替レバーが2つパネルの左右に付いています。2つ必要な理由については詳しい資料がなく推測の範囲ですが、自局折り返し試験のためのものではないかと考えます。

パネル面の構成から推察した内部配線を図3に示します。通常の通信時は両手で左右とも同じレバー位置にして運用します。折り返し試験のときは左レバーをEにしておけば、右レバーをSにして自局内で送信要求の試験、Rにして自局内で電文の送受信試験ができます。動作時のレバー状態を表に示します。

なお、模型ではレバーの代わりに3接点のロータリースイッチを使用しました。

模型による再現

■内部機構の作製

送信機はプラスチック板を切って歯車をつくり、歯車でマイクロスイッチを押す構造としました。受信機の脱進機（かんぎ車）を構成する歯車とアングル板もプラスチック板でつくりました。直径10 cmの歯車と周辺部品で設計しました。

送信機のマイクロスイッチと受信機のアングル盤は、穴あきベークライト板の上に配置して位置調整しながら組み立てました。歯車の角の丸みや凹みの形などをカッターで微調整し、送信機のハンドルを回して1段ずつスイッチが入ること、受信機のアングル盤を手で引いて1段ずつ動くことを確認しました。なお、実際の受信機の資料写真を見ると大きな電磁石でアングル盤を引いていたようですが、動作模型ではソレノイド磁石で引くことにしました。

写真3が組み上がった装置です。送信機、受信機はそれぞれ木箱の上に配置し、木箱

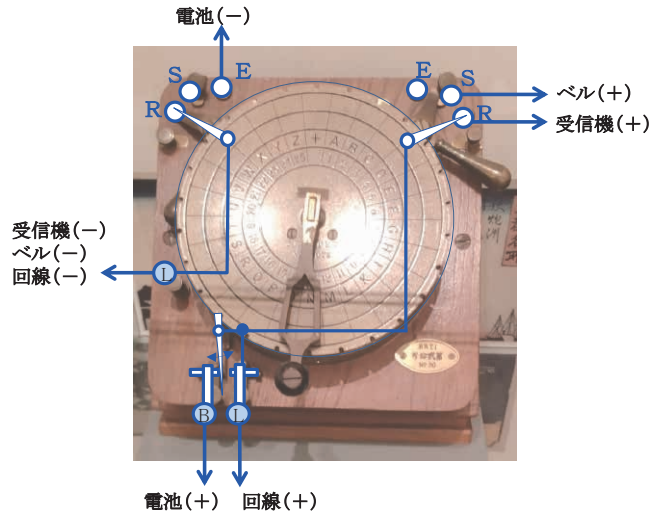


図3 内部配線（推察）

表 動作時のレバー状態

	動作	左レバー	右レバー	ベル, 文字盤
初期状態	初期状態	S	S	ベル鳴動したら受信1へ
送信	1 送信要求	E	E	送信盤を早回し→Homeに戻す
	2 応答待ち	S	S	ベル鳴動を待つ
	3 電文送信	E	E	送信盤をゆっくり回し、送る文字で止める
	4 応答待ち	S	S	ベル鳴動を待つ
	5 送信終了	S	S	初期状態に戻る
受信	1 応答送信	E	E	受信盤をHomeに戻した後、送信盤を早回し→Homeに戻す
	2 電文受信	R	R	受信盤の針が止まるのを待つ
	3 応答送信	E	E	送信盤を早回し→Homeに戻す
	4 受信終了	S	S	初期状態に戻る
試験	送信要求試験	E	S	送信盤を早回し、ベル鳴動を確認
	電文送信試験	E	R	送信盤をゆっくり回し、受信盤の針を確認

の中で配線しています。ベルと電池は送信機の箱の中に格納します。

ベルの機構部品は安価な市販品が見つからなかったため、小学生向けの科学学習キットのベル部分を使用しました。

■文字盤の作製

模型の文字盤を図4に示します。実機の文字盤は一周26文字ありますが、今回は作製の容易化のために24文字としました。そのため文字配列は実機と若干異なりますが、

空欄部の配置は実機に準拠しています。今回の文字盤ではさらに、空欄部を色分けしました。空欄部の使い方についても図4に示しています。

送信時に空欄部でハンドルを一時休止することによって文字の列を指定し、その後再開して目的の文字まで進めます。受信側はその動きを見て列と文字を判定しなければならぬため、針の動きから目が離せません<sup>(4)</sup>。

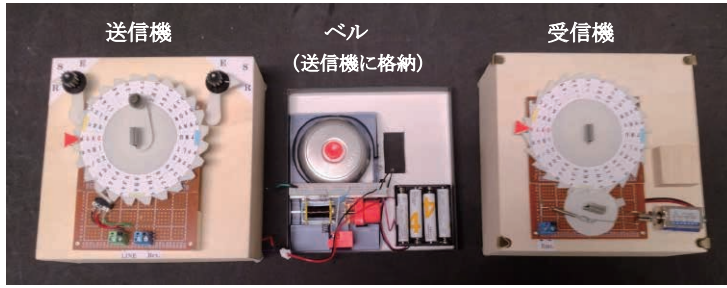


写真3 装置写真

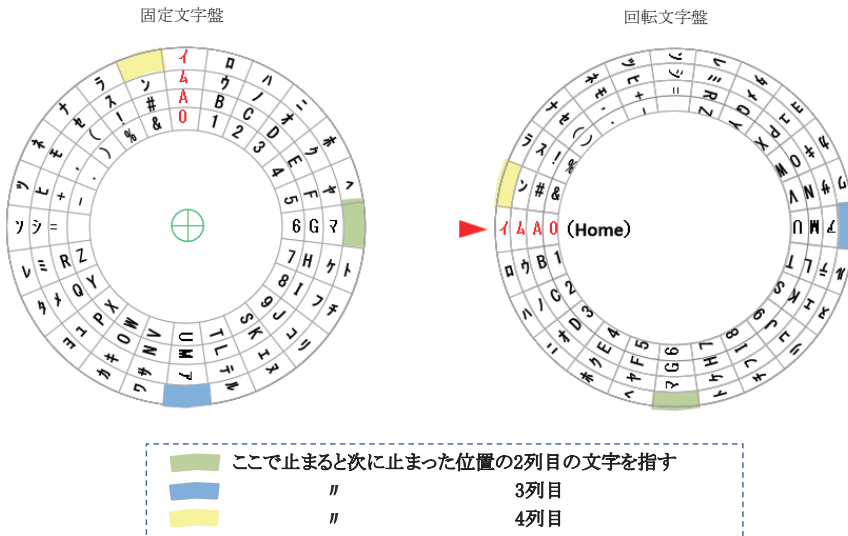


図4 固定文字盤，回転文字盤，および空白部の使い方

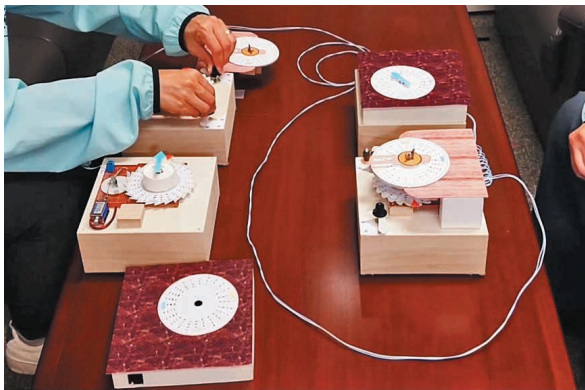


写真4 対向通信風景

当初の模型では歯車に貼り付けた回転文字盤で文字を指していましたが、より実機に近づけるために固定文字盤も作成しました。固定文字盤を模型の上に被せて回転軸を固定することで、送信機は固定文字盤の上でハンドルを回して文字を決定し、受信機は固定文字盤の上で針が動いて文字を指すようになります。必要に応じて内部の動きが見えるように、固定文字盤は取り外し

可能な構造としました。

■対向通信実験

実際に対向して(写真4)，手順どおりに文字を送ったところ，1文字に60秒かかりました。「1分間に4～5文字しか通信できない」と説明していましたが，かなり熟練しないとそれも難しそうです。また，ハンドル操作が早すぎると受信機が反応できずに文字のずれが生じることや，ノイズ

や伝送エラーで誤動作することもあるので，通信文を受け取ったら復唱する(同じ通信文を送り返す)というような手順も必要だったと考えられます。そのため通信の完了までにはそれなりの時間がかかりますが，馬で手紙を運ぶよりは早いということで役立っていたのだと思います。

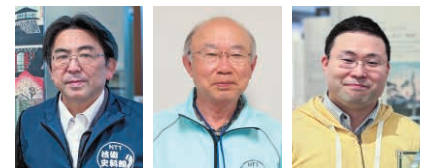
おわりに

文字通信のさきがけの1つとして常設展示中のブレゲー指字電信機の動作に，模型で近づくことを試みました。この模型を2024年12月～2025年1月のNTT技術史料館特別公開の体験コーナーで「電報のはじまり」として展示し，来館のお客さまにも実際にハンドルを動かして受信機の針を動かしたりベルを鳴らしたりする操作を体験してもらいました。

現在はバックヤードで保管していますので，ご覧になりたい方はNTT技術史料館までご相談ください<sup>(5)</sup>。

■参考文献

- (1) <https://www.breguet.com/en/breguet-house>
- (2) スタンデージ・服部(翻訳):「ヴィクトリア朝時代のインターネット」, 早川書房, 2024.
- (3) 総務省郵政研究所:「黎明期の通信に関する調査研究報告書:電気通信共同研究報告」, 総務省郵政研究所附属資料館(通信総合博物館), 2003.
- (4) [https://www.kahaku.go.jp/albums/abm.php?d=1452&f=abm00002855.pdf&n=BNSM\\_E2501.pdf](https://www.kahaku.go.jp/albums/abm.php?d=1452&f=abm00002855.pdf&n=BNSM_E2501.pdf)
- (5) <https://hct.rd.ntt/>



(左から) 赤池 武志 / 寺脇 元二 / 横瀬 史拓

ブレゲー指字電信機の模型作製を通じて，先人たちの知恵と工夫に満ちた技がよみがえる感動を，世代を超えて多くの方と共有し技術史の魅力と発見の喜びを育められたなら，これ以上うれしいことはありません。

◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所  
企画部



# NTT 武蔵野研究開発センタの次世代教育活動

NTT 武蔵野研究開発センタではNTT 技術史料館を中核として、子どもや学生に向けた次世代教育活動にも力を入れています。本稿では「夏休み体験型科学教室」や「小学校向け社会科見学プログラム」など、その活動内容について具体例を交えて紹介します。

キーワード：#次世代教育、#子ども科学教室、#社会科見学

よこせ ふみひろ  
横瀬 史拓  
むらかみ まちこ  
村上 真知子  
しばた ともち  
柴田 朋子

NTT 情報ネットワーク総合研究所

## 次世代教育に求められる観点

### ■AI時代の教育のあり方

AI（人工知能）技術は2000年代の深層学習の飛躍的な発展から始まり、ChatGPTをはじめとしたLLM（Large Language Models：大規模言語モデル）の登場で私たちの生活を大きく変えつつあります。今や表面的な知識を問う質問には、AIは人間よりも速く正確に答えを出すことができます。一方で、高度な概念理解や深い思考・洞察を必要とする質問ではまだ人間には追いついていません。これは、現在のLLM技術が膨大な文章を学習しそこから統計的にそれらしい言葉を予測するように動作するため、現実の因果や物体の振る舞いといったモデルをまだ内在化できていないためと考えられます。AI技術の発展は著しく、推論についてもさらに能力が高まっていくことは確実ですが、このようなAIの挙動からは多くの示唆が得られます。

今後、AI技術の発展は教育にどのような変化をもたらすのでしょうか。UNESCOは、AIが教育の前提を揺さぶる“破壊的転換”をもたらしていると指摘しています<sup>(1)</sup>。その影響は教育の方法だけにとどまらず、教育の位置付けや意味にも及びます。知識の記憶や単純な正解を求める定型処理はAIにゆだね、人間には本質的な問いを立てる創造力やAIが出した正解を吟味する批判的思考、そして経験に根ざした直感や他者と協働する力がより重要になってきています<sup>(2)</sup>。教育においても、正解を素早く正確に出すことよりも、AIを上手く使うために必要なその人独自の価値観の軸を育む必要性が高まっています。

### ■温故知新

AIと協働していくための能力を育てるヒントは、千利休の時代から日本に伝わる「守破離」という教えの中にあります。守破離は、茶道や武道などにおける修業の段階を表す言葉で、「守＝基本を忠実に守り、知識や技術を身体化すること」「破＝知識や技術を応用したり、自分の特性に合わせて変化させること」「離＝新たな知識や技術を自ら創造すること」を表しています。能力の発達をこの3段階でとらえるとすれば、“守”の段階でとどまっていたらAIと競合してしまうでしょう。人間とAIがうまく協働していくには、人間は“破”や“離”の段階をめざしていく必要があります。

“破”や“離”の段階に至るにはどうしたらよいでしょうか。基本を身に付ける“守”の段階を飛ばすことはできませんが、“守”からさらに上の段階に到達するには過去の歴史から学ぶことが効果的と考えます。例えば技術の歴史的発展において、現代の私たちにとっては取るに足らない技術であっても、その技術が開発された当時は最先端の技術でした。過去の人々の思考は決して現代の私たちよりも劣っていたわけではありません。歴史を学びその時代時代の人々の創意工夫や試行錯誤を追体験することで、言葉だけでは伝えきれない技術発展の本質をつらぬく抽象的・精神的な理解の助けになるはずで、過去の史料を残しその精神的な部分も含めて歴史を後世へ伝えていくことは決して懐古主義ではありません。未来を創るための強力な助けとなることこそ重要な意味があるのです。NTT技術史料館においても、通信の歴史を体系的に残し次世代へと伝えていくことは、現役世代の重要な責務と考え取り組んでいます。

ます。

### ■好きこそ物の上手なれ

しかし、子どもたちにどんなに「守破離」の重要性を説いたとしても、簡単に会得できるものではありません。試行錯誤を重ね、深く考え、理解の段階を上げるには長い時間と労力がかかります。だからこそ、本人の強い内発的動機が欠かせません。とりわけ重要なのが好奇心です。「好き」「楽しい」という気持ちこそ、その道を極めるための鍵となります。

現代社会は高度化・細分化が進み、通信技術に限らず、世界にはさまざまな興味深いものがあふれています。しかし、その存在を知ることができなければ、子どもたちが興味を持つこともできません。NTT武蔵野研究開発センタの次世代教育の取り組みでは、特に子どもたちが自分らしい「好き」を見つけられる場の提供に力を入れています。

## 夏休み体験型科学教室

### ■概要

NTT 武蔵野研究開発センタでは毎年夏に「夏休み体験型科学教室」を開催しています。理工系分野への興味を実体験で育むことをねらいとして、工作と史料館見学を組み合わせ実施しているプログラムです。対象を小学3年生～中学3年生に設定し、参加費は無料で、例年2日間の午前・午後（計4回）、各回50人（計200人）の枠で開催しています。工作物は1000円程度の材料費で準備しており、完成品のキットを持ち帰ることができます。直近の2024年・2025年の工作は音を扱う電子工作を実施しました。工作の後には「通信の歴史を学ぶ技術

史料館ツアー」を行い、クイズを解きながら史料館の展示を巡り、通信技術が社会に与えてきた影響を学びます。毎年、開催の告知は主に史料館ホームページで6～7月ごろに周知しています<sup>(3)</sup>。

■2024年工作体験「イヤホンを使ってアナログ電話を作ってみよう！」

2024年は、イヤホンの片方をマイクとして使い、2組のイヤホンで通話ができる電子回路を組み立て、通話実験を行いました(図1)。電子回路は2つのオーディオアンプが内蔵されたICを利用して2つの増幅回路をつくっています(図2、3)。座学では簡単な電磁誘導の仕組みと、ダイナミックマイク・スピーカーの構造について解説しました。

■2025年工作体験「電子楽器を作って音の仕組みを学ぼう！」

2025年は、発振回路を組み立て、自分で手書きした図形にプローブを当てて音の高さを変える実験を行いました。電子回路はタイマーICを利用して発信回路をつくり、紙に鉛筆で手書きした図形にプローブを当てて可変抵抗として機能させ発振周波数を変えています(図4、5)。自由に図形を書けるように「手書き抵抗シート」も用意しました(図6)。座学では音の高さと振動数の関係と、電子回路の発振によって高さの違う音をつくり出せることを解説しました。

■所感

昨今は家電製品などの修理を行うことも少なく、普段の生活の中では子どもたちが回路に直接触れる機会はほとんどないため、工作体験をと初めて電子回路を組み立てる経験をした子どもたちも多かったようです。組み立てた電子回路はごく簡単なものでしたが、数個の部品を組み合わせて興味深い機能を実現できることに新鮮な驚きの顔を見せていました。電子回路の組み立てはブレッドボードを使うことで、ニッパなどの刃物は不要で安全に数十分程度の時間内で組み立てが可能でした。ブレッドボード上の部品を差し込む位置を間違えたり、部品の足が接触したりなどの原因で、なかなか上手く動かない例もありましたが手厚くスタッフを配置することで対応しました。座学のほうは、工作・実験に比べると興味の度合いは落ちる様子でしたが、実



図1 2024年工作の組み立て・実験の様子

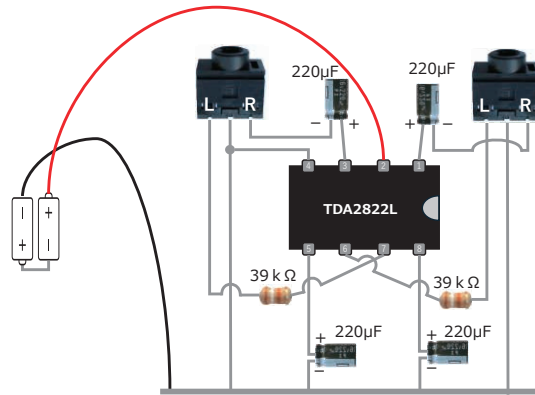


図2 2024年工作の回路図

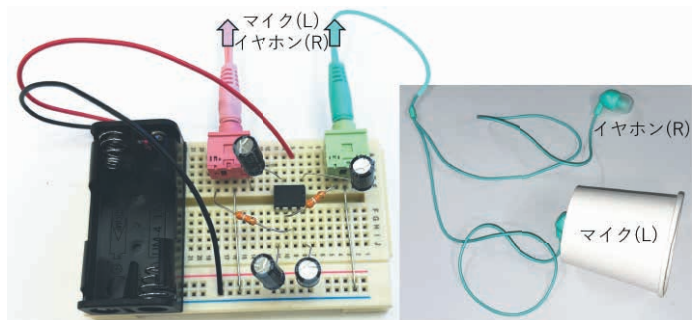


図3 2024年工作の完成写真

験の思い出とセットで少しでも記憶に残れば、自分で深く学ぶ助けになることでしょう。

小学校向け社会科見学プログラム

■概要

史料館では、小学生高学年を対象として年間を通して社会科見学の受け入れを行っています。特に、小学5年生の社会科単元「工業生産と私たちの暮らし」「くらしを支える情報」に合わせてプログラムを用意しています。授業と接続しやすいように、ティーチャーズガイド、児童用ワークブック、映像付きスライドなどの事前・事後学

習教材を学校へ無償提供しています。2026年5月時点では、1回につき最大100名までとし、年末年始および一般公開時間帯(木・金の午後)を除いた平日に受け入れています。2025年度の実績では32校を受け入れました。申し込みは史料館ホームページから受け付けています<sup>(3)</sup>。

■プログラムの構成

社会科見学プログラムは「事前学習」「史料館見学」「事後学習」の3段階に分かれています。見学前には、映像やスライド、ワークブックを使った事前学習を行い、教科書の内容とつなげて理解を深められるようにしています。見学当日は、史料館内の展示見学で通信技術の進化や仕組みを学ぶ

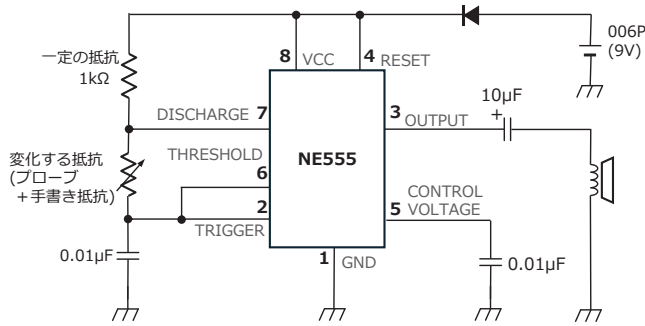


図4 2025年工作の回路図

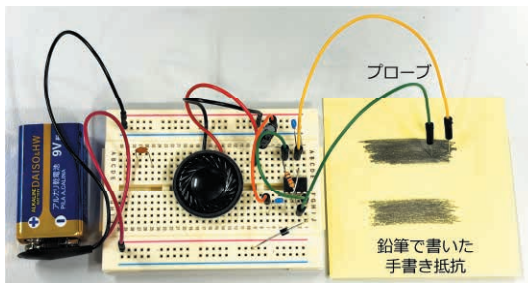


図5 2025年工作の完成写真

だけでなく、展示とは別に社会科見学用に用意されたワークショップで最新技術の体験もできるように構成されています。歴史的な展示物の見学だけでなく、NTT研究所で研究開発された最新技術にも触れることで幅広い体験ができるようにしています。見学後には、事後学習として見学内容を振り返るとともに、「未来の電話を考えよう！」というテーマで子どもたち自身に考えさせることで、これからの未来を自分たちでつくってほしいという意欲を高めるようにしています。

### ■所感

事前学習の効果もあり、「調べた答えを確かめたい」「どんな技術が使われているのか知りたい」と意欲的な姿が多く見られます。先生からのアンケート結果でも、「クイズやスライドで興味が高まった」「ワークブックと見学内容がつながっていて取り組みやすかった」という声が多く寄せられ、事前学習用の教材が学びの助けになっていることが伺えます。

本物の機器に触れられる電話交換手体験は特に好評で、手動交換機で実際に電話をつなげる操作を体験して「おもしろい!」「つながった!」「むずかしいけど楽しい!」と声上がり、スタッフへ積極的に話しかけてくれる場面も見られました。手動交換

機という現代からみれば非常に単純なネットワーク機器の体験を通して、日々何気なく使っているネットワークが、長い技術発展の積み重ねに支えられていることを実感できているようです。海底ケーブルや1970年大阪万博のワイヤステレホンの実物展示では、生活を支えている裏に複雑な仕組みが存在していることに驚く姿が見られます。先生からは「本物に触れることで理解が深まった」「子どもたちが興味津々で、発言も増えていた」といったコメントがありました。小グループでの丁寧な説明や、展示と体験のバランスの良さについても高く評価され、全体の満足度は96.4%となっています。

これからも“本物に触れて学ぶ”豊かな体験を大切にしながら、内容をさらに充実させていきます。

## その他の活動

### ■子ども向けワークブック

史料館では子どもでも楽しんで展示物を見て回れるように「探検用ワークブック」を用意しています。展示を手掛かりにクイズを解きながら各フロアを“探検”する教材で、館内で希望者向けに無料配布されています。展示を見つけるためのヒントと問

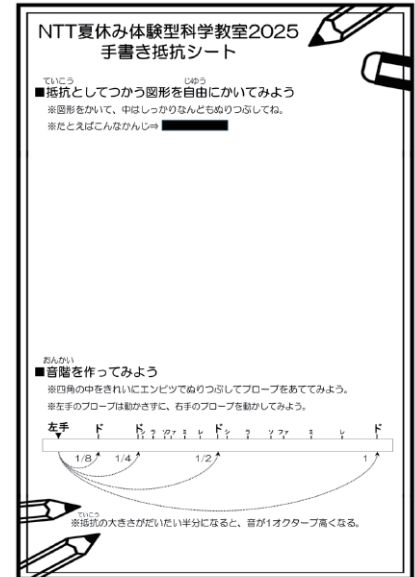


図6 手書き抵抗シート

いがセットになっているため、初めてでも主体的に館内を巡るのが特長です。内容は、展示へ導く「Travel (探訪)」ページと、学びを言語化する「Work (問題)」ページで構成されています。見て・読んで・確かめるプロセスを通じて、通信の歴史と技術を体験的に学べます。

2025年11月には新ミッション (Mission6) が追加され、2026年5月時点では「Mission1: 電話がつながるヒミツ」「Mission2: 電話機の進化のヒミツ」「Mission3: 情報を遠くまで伝えるヒミツ」「Mission4: メッセージ通信の進化のヒミツ」「Mission5: 公衆電話機の進化のヒミツ」「Mission6: インターネットの進化のヒミツ」の全6種です。例えば Mission1 では、ベル電話機や手動交換機から自動交換機へという“つながる仕組み”の変遷をたどる内容になっています。自宅でも答え合わせができるように各ミッションの解答は公式サイトで公開されており、教室・家庭での事後学習や自由研究などにも使いやすいように工夫しています。

### ■学生特別見学会

史料館では、月に一度「学生特別見学会」を定期開催しています。対象は高等専門学校・大学・大学院の学生で、文理は問いません(教員などの引率不要)。電気通信の発展を「技術×社会」という文脈で学べるプログラムで、NTT研究所概要の紹介(10分)と、NTT出身のOB運営サポーターに

よるガイドツアー（50分）で構成されています。各時代の最先端技術について、開発当時のOB体験談を交えた解説が聞けるのが特徴で、参加者の学部・専攻や関心領域に合わせた案内にも対応します。見学後の自由見学は任意、参加費は無料です。

OB運営サポーターによるガイドツアーは、一般公開日に予約制の「電伝探訪」としても実施していますが、学生であれば本見学会のほうがより気軽に参加いただけます。開催案内の周知は主に史料館ホームページで行っており、申し込みは各開催日の約1カ月前から受け付けています（応募多数の際は調整・お断りの可能性もあり）<sup>(3)</sup>。

### ■むさしのサイエンスフェスタ

NTT武蔵野研究開発センタは、所在地である武蔵野市の次世代教育にも協力しています。武蔵野市教育委員会とむさしのサイエンスフェスタ実行委員会が主催する「むさしのサイエンスフェスタ」は、科学の面白さを体験として届けることを目的に、毎年秋、武蔵野総合体育館で開催されています。対象は市内在住または在学の小・中学生とその保護者で、無料で参加可能なイベントです。NTT武蔵野研究開発センタも毎年ブースを出展しています（NTT情報ネットワーク総合研究所として出展）。会場の武蔵野総合体育館から史料館までは徒歩数分のため、通常は土日祝日休館の史料館をイベント当日に特別開館しています。むさしのサイエンスフェスタの詳細については武蔵野市のWebサイトをご覧ください<sup>(4)</sup>。

2025年のむさしのサイエンスフェスタでは、NTT武蔵野研究開発センタからは「紙コップ電話で光通信を体験してみよう！」を出展しました。出展ブースでは、“光が音を運ぶ”装置（紙コップとアルミホイルでつくった送話器に光を当てて反射させ、その光を受話器側のソーラーパネルで電気に変えてスピーカーで聞く装置）の工作を行いました。工作の前には、音を遠くへ伝える方法として電気・電波・光などを使う方法があることや、現代のネットワークが光による通信で支えられていることをクイズ形式で学べる座学も設けました。座学では、クイズ形式にするだけでなくそれぞれの通信方法を実演し子どもたちも体験できるようにすることで、子どもたちが興味を

持って技術を体感できるように工夫しました。電気による音声通話の実演では、ダイヤル式黒電話2台を持ち込み実際に通話体験ができるようにしました。初めて黒電話をかける子どもが大半で、今のスマートフォンとは全く異なる黒電話の操作に苦労しながらも楽しそうに体験していました。

### ■武蔵野桜まつり

武蔵野市では春の桜開花時期の日曜日に「武蔵野桜まつり」を武蔵野市役所周辺で開催しています。武蔵野研究開発センタは市役所のすぐそばに位置しており、桜まつりの開催日に合わせて、通常は開館していない日曜日の史料館特別開館を実施しています。日曜の特別開館は、この春の桜まつりと前述の秋のサイエンスフェスタに合わせた年2回だけの貴重な機会です。特別開館日は特に家族連れでの来館が増えるため、まだ史料館の展示内容が難しい小さな子どもたちに向けては、子ども向けスタンプラリーや写真撮影用の手持ち顔出しパネル、塗り絵など、展示物以外でも楽しめる工夫をしています。武蔵野桜まつりに合わせた史料館特別開館の情報については史料館ホームページをご覧ください<sup>(5)</sup>。

### ■TOKYO 中高生職業体験

2025年8月には、東京都が実施する「TOKYO 中高生職業体験サイト Job EX」へ参加し、NTT武蔵野研究開発センタにて中高生向けの職業体験イベントを実施しました。2日間のプログラムで、1日目は史料館見学と若手研究員も加わった電子工作体験を行い、「研究とはどのような活動か？」を考える内容としました。2日目はNTT研究所の最新技術の見学を行い、その後にテクノロジーを使ってどんな社会課題が解決できるのかを考えるディスカッションを行いました。参加した中高生は普段の生活ではかかわらない最新技術の展示などに触れて刺激を受けている様子でした。また、「AI技術者になるには何を学べばよいか？」などの質問も活発に出ました。「TOKYO 中高生職業体験サイト Job EX」の詳細については東京都のWebサイトをご覧ください<sup>(5)</sup>。

## おわりに

人類は技術の発展による社会環境の変化

に何度も直面してきました。そして、イギリスの産業革命期に起こったラダイト運動のように、困難を乗り越え新しい知識や技術に適応してきました。AIの発展は、困難だけでなく、これまで大人数や大きな費用をかけなければ試せなかったアイデアを、少人数でも素早く実現できるようになるというポジティブな変化も生み出しています。その結果、個々人が自分らしい個性を見つめることができれば、その個性に根差したオリジナリティがより実現しやすくなっています。

社会環境の大きな変化への適応は簡単ではありませんが、好奇心とともにあれば前向きで楽しい営みにもなり得ます。より良い未来の共創をめざして、今後もNTT武蔵野研究開発センタはNTT技術史料館を中核に、次世代を担う子どもたちの興味と探究心を育めるよう教育支援に取り組んでいきます。

### ■参考文献

- (1) <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-future-education-disruptions-dilemmas-and-directions>
- (2) <https://www.nature.com/articles/d41586-025-00823-8>
- (3) <https://hct.rd.ntt/>
- (4) [https://www.city.musashino.lg.jp/heiwa\\_bunka\\_sports/shogaigakushu\\_koza/koza\\_doyogakko/1018856.html](https://www.city.musashino.lg.jp/heiwa_bunka_sports/shogaigakushu_koza/koza_doyogakko/1018856.html)
- (5) <https://kodomo-smile.metro.tokyo.lg.jp/shokugyo-taiken>



(左から) 横瀬 史拓 / 柴田 朋子 / 村上 真知子

各種子ども向けイベントの案内はNTT技術史料館ホームページで周知していますので、ぜひご覧ください。

### ◆問い合わせ先

NTT情報ネットワーク総合研究所  
企画部



## MWC26 Barcelonaに見る通信業界最新トレンド

MWC26 Barcelonaは、開催地をかつてのフランス・カンヌからスペインへ移して20周年という大きな節目を迎えました。参加者は10万人超、出展企業約3000社超のこの巨大イベントは、世界の通信業界、およびその関連業界が注目する展示会です。本レポートでは、通信ネットワークが従来の「データの伝送路」から、AI（人工知能）と融合して社会の「神経系」へと進化するパラダイムシフトを解説します。大手通信事業者が掲げる「信頼」の価値観、国家主権にかかわるAI戦略、開発が進む量子技術、通信ネットワークの自律運用、そして6G（第6世代移動通信システム）に期待される新たな通信網の価値など、最新トレンドを網羅的に報告します。

キーワード：# 6G, # 自律運用, # AIと通信の融合



For the Future

### 「信頼」「安全」を強調する大手通信事業者

MWC26 Barcelonaが2026年3月2～5日にかけてスペイン・バルセロナで開催されました。主催者であるGSMA（通信業界団体の最大手）は今年のテーマとして「The IQ Era（IQ時代）」を掲げました。知性を前面に掲げた背景にはAI（人工知能）の進化と普及があります。その幕開けを飾る初日のキーノートスピーチでは、世界の大手通信事業者のリーダーたちが一様に「信頼」を前面に打ち出してきました。フランス大手のオレンジは「トラスト（信頼）」

を、インド大手のバーティ・エアテルは「安全」の重要性を強調しました。

この背景には、生成AIの爆発的な普及に伴う負の側面への強い危機感があります。AIによるハルシネーションや、ディープフェイクを悪用した不正利用といったリスクが顕在化する中で、通信事業者は単に「データを高速に運ぶ」という役割（いわゆる土管化）にとどまるべきではないという強い意志が基調講演の中で示されました。通信インフラそのものが情報の正当性や安全性を担保する「高信頼な基盤」として機能することが、AI社会における通信事業者の新たな存在価値になるとの再定義でしょう。

### 各所に見られる「ソブリンAI」

巨大な展示会場の各社ブースでよく掲げられていたキーワードに「ソブリンAI（Sovereign AI）<sup>\*1</sup>」があります。これは、グローバルな巨大AI事業者へ過度に依存することなく、国家や組織が自らの主権（ソブリン）の下でAIをコントロールし、安全保障や独自の価値観を守ろうとする戦略的な動きを指します。

かつてクラウドの領域で、グローバルな巨大クラウド事業者からデータの主権を守るための「ソブリンクラウド」<sup>\*2</sup>が議論されたのと同様の構図が、AIの領域で再現されています。実際に韓国のLG U+やドイツテレコムなどの大手通信事業者は、国家レベルの安全保障や独自の価値を意識したAI戦略を強力にアピールしていました（写真1）。

AIが社会のさまざまな領域に広がり、多くの意思決定に関与しつつある現在、特定のグローバル資本や外国の法規制に左右されない「自律的なAI環境」をいかに確保

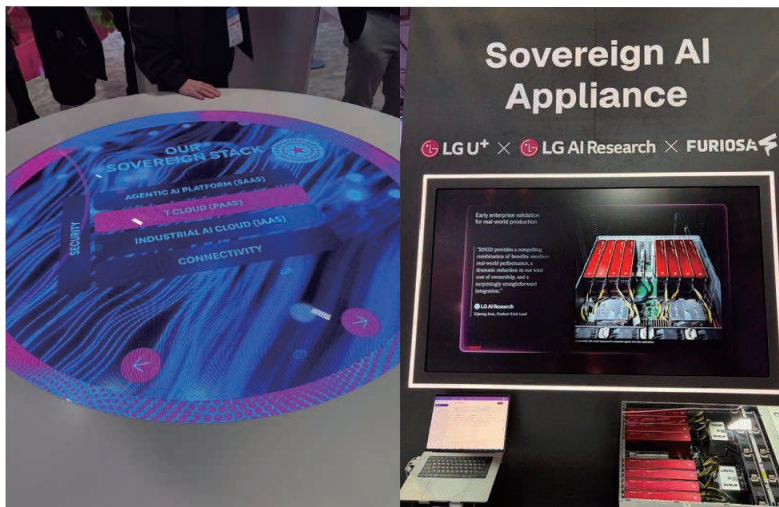


写真1 各社に見られるソブリンAI（左：ドイツテレコム、右：LG U+）

\*1 ソブリンAI：特定の巨大IT企業に依存せず、国家や組織が主権を持って自ら開発・管理する自律的なAIのこと。

\*2 ソブリンクラウド：データの主権を特定の国や地域内にとどめ、自国の法規制の下で安全に運用されるクラウド環境。



するかは、各国の国家目線での戦略的課題であり、そのことは各国の通信事業者にとってのビジネスチャンスでもあるでしょう。これは、本イベント冒頭のキーノートで語られた「信頼」や「安全」という抽象的な価値観を体現する、具体的なかたちであると理解できます。

### 量子技術に取り組む各社

これまでは遠い未来の技術と一般には思われがちであった量子技術ですが、今回のMWCでは実用展開に向けた具体的な取り組みの展示が多く見られました。通信各社の取り組みは、主に通信インフラの価値を高める安全性の模索が目立ちましたが、量子コンピューティングに取り組む通信事業者も見られました。

NTTは光技術を量子コンピューティングに応用する「光量子コンピューティング」の開発を展示しました。現在主流の超伝導方式の量子コンピュータは極低温環境や真空環境が必要なところを、光量子コンピューティングは常温・常圧で動作可能な点を訴求しており、MWC基調講演における島田明社長のプレゼンテーションの中でも紹介されています<sup>(1)</sup>。今回、こうした基礎研究をアピールする通信事業者は珍しく、多くは応用研究の展示でした（写真2）。

開催地スペインのテレフォニカは「Quantum Telco（量子通信事業者）」というソリューション群を発表しました。同社は「量子安全通信」「量子エコシステムの構築」「応用量子コンピューティングプロジェクト」「暗号ハブの構築」を4つの柱としており、この中には富士通グループとの提携によるデジタルアニーラ技術を活用したものも含まれていました<sup>(2)</sup>。

ドイツテレコムは「量子テレポーテーション」という展示を行っていました。これはベルリンの商用光ファイバ網を使った実験で、量子情報のある地点からある地点まで

転送するというものです。ドイツテレコムの研究開発部門 T-Labs と、量子ネットワーク企業 Qunnect が共同で取り組んでおり、物理的な粒子を移動させずに量子情報（状態）だけを遠隔地に転送する技術で、現在は30 kmの距離で成功率は90%とのこと。「将来的に量子コンピュータを長距離にわたってネットワーク化し、複数の場所で計算能力を共有するための技術的基盤を築いた」と同社幹部は説明しています<sup>(3)</sup>（写真3）。

中国電信（チャイナテレコム）は量子コンピューティング関連の展示が多く見られました。セキュアな通信インフラとして、地上量子都市圏ネットワークと量子バックボーンネットワークと量子衛星を組み合わせた、分散型量子暗号サービスを提供でき

るインフラを構築したとしています。QKD（Quantum Key Distribution：量子鍵配送）は距離に制約があるとされますが、衛星通信も活用して長距離での量子鍵配送を実現しています。また、量子コンピューティングでは自社の量子コンピュータのプログラムを展示し、量子コンピューティング・クラウド・プラットフォームも紹介していました<sup>(4)</sup>。

韓国のKTはQKD技術を展示しました。注目すべきは、KTがこの自社技術を先進性のアピールではなくQKDを6G（第6世代移動通信システム）時代のネットワーク基盤の構成要素として見せていたことです。通信ネットワークへのAI活用や、後述するCPO（Co-Packaged Optics）\*<sup>3</sup>なども6Gの構成要素として展示していました<sup>(5)</sup>。



写真2 NTT「Optical Quantum Computer」

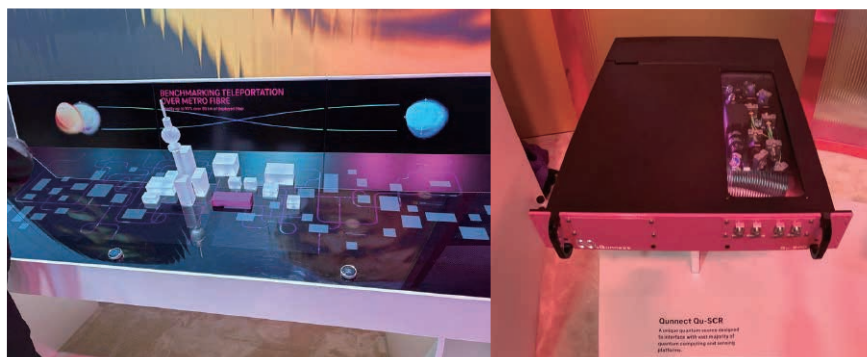


写真3 ドイツテレコム「Quantum Teleportation」

量子技術は、AI時代の計算能力向上を支える基盤として、また既存の暗号技術が突破されてしまう将来を見据えてより安全な通信を実現する基盤技術として、通信事業者各社がその取り組みを活発化させていることが見て取れます。これも、開催初日のキーノートで語られた「信頼」や「安全」という価値観を体現するものだといえます。

### 通信ネットワークの自律運用

AIを通信ネットワークの運用に組み込み、人手を介さず「自動運転」のように制御する「Autonomous Network（自律型ネットワーク）」の取り組みも、今イベントの大きな柱でした。これは通信トラフィックの変動をAIがリアルタイムで予測し、最適な経路設定や障害復旧を自律的に行うなど、運用の効率化だけでなく、ネットワークの可用性を大きく高めるものだといえます。

NTTはAIエージェントが通信ネットワークの状態をリアルタイム監視し、適切な復旧措置を自律的に実施する「Autonomous Network Recovery Agent」を展示しました。「故障検知→判断→復旧」という通信事業者が行っている保守業務を、人手を介さず迅速に行うためのソリューションです。同様のソリューションはKTも展示していました（写真4）。

ドイツテレコムは、通信ネットワーク全体で自律的な診断と運用を可能にするマルチエージェントAI「MINDR」の開発と実装を発表しました<sup>(6)</sup>。Google Cloudとの提携によりGeminiモデルで構築されており、異なるネットワークドメイン（領域）間で、エンド・ツー・エンドで信号を相関させ、サービスに影響を与える問題を特定

し自律的かつ説明可能な修復を支援するものとされています。同社では前年のMWC25にて通信トラフィックの異常を予測し負荷分散する「RAN Guardian」というAIエージェントを発表しその後商用導入済ですが、これはその発展形になります。

楽天はMWC26に先立ち、2026年2月に商用Open RANネットワークにおけるRAN（無線アクセスネットワーク）の省電力化で、業界団体TM Forumから「自律型ネットワーク レベル4」認定を世界で初めて取得したと発表しました<sup>(7)</sup>。このことはMWC自社ブース内での会見でも言及

がありました。TM Forumはレベル4を、インテント駆動（目的や意図を起点に動かす）型で自律的に適応し、複数ドメイン間を横断して情報連携する環境で動作する自律型ネットワークと定義していますが、要するに人手がいない運用の姿です。楽天はRAN省電力化という目的に限ったものですが、そこでL4認定されたということになります（写真5）。

自律運用はこれまでの、人と人のコミュニケーションを支える通信ネットワークを人が支える時代から、AIとAIのコミュニケーションを支える通信ネットワークをAI

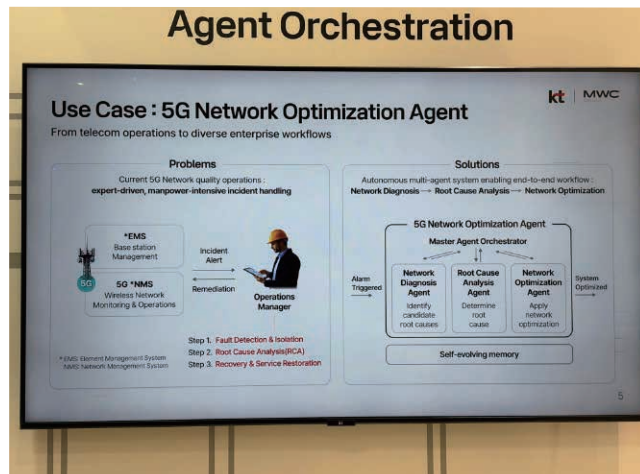


写真4 KT「Agent Orchestration」

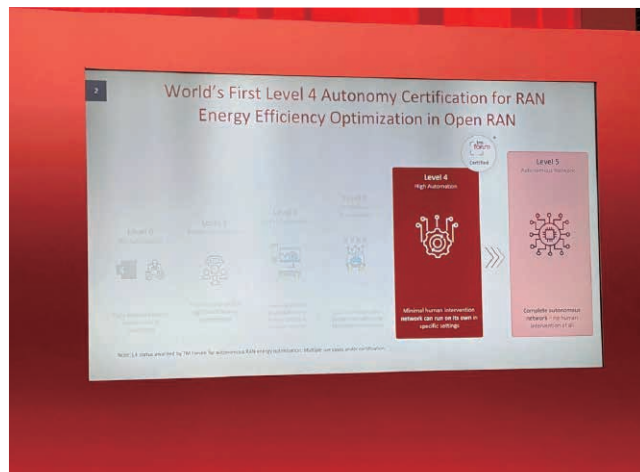


写真5 楽天「RAN省電力化でレベル4を世界で初めて獲得」

\* 3 CPO：チップと光デバイスを同一パッケージ内に統合し、通信の高速化と劇的な低消費電力化を実現する技術。



が支える時代へ、という流れの中、その中核的な技術であるといえます。

## 6G時代の各種技術

標準化の途上にある次世代通信「6G」については、今年のMWCではそのめざす方向感が見え始めてきた印象です。

NTTドコモは6G時代の通信ネットワークのあり方として「In-Network Computing」というコンセプトを展示していました。ロボット等の機器が自身のAIで計算するだけでなく、計算機能をネットワーク側に送り、ネットワーク側で計算した結果を機器に伝えるというもので、通信機能と計算機能が統合された6Gネットワークの姿を説明しています。

これと同様の展示が、チップベンダの台湾メディアテックにも見られました。フィジカルAI<sup>\*4</sup>のための6Gという展示コーナーを設け、エリクソンと共同での実証研究の様子を展示していました。ロボットが自律的に作業を行う際には通常、ロボット本体に搭載されたAIにて計算処理を行うことが想定されるものの、複雑な作業や突発的な対応が求められた際に端末搭載のAIでは処理しきれないケースがあると想定しているとのこと。その場合、計算処理をクラウド連携で行うが、映像データをクラウドへ送るために「大容量の上り通信」が必要になる。さらにクラウドで計算された結果、下りの通信はほぼコマンドだけになるが超低遅延が必要になる、これは5G（第5世代移動通信システム）では通信プロトコルが多すぎるため6Gでこそ実現できる領域であるとの説明でした（写真6）。

\* 4 フィジカルAI：ロボティックスのように物理的な実体を持ち、現実世界で複雑なタスクをこなすAIの総称。

\* 5 ISAC：無線電波をセンサとして利用し、端末がなくても物体の位置や動きを把握する6Gの主要技術。

大手設備ベンダのエリクソンは例年同様、広い展示ブースにさまざまな技術やソリューションを紹介していましたが、その中に、電波を通信のためだけでなくセンサとしても活用する「ISAC（アイサク）<sup>\*5</sup>という技術を展示していました。基地局から発射される電波を使って、端末との通信なしに物体の距離、角度、速度、形状などを把握できる技術です<sup>(8)・(9)</sup>。物体の位置や動き、道路の渋滞状況などをネットワーク側で把握することが可能になります。エリクソンの展示では、この技術を用いて都市全体の交通量をリアルタイムで可視化する利用シーンが紹介されました。

センシングという意味では、無線ではなく光ファイバによるセンシングの取り組み

も複数のブースで展示されていました。フランスのオレンジが展示した「Fiber Detection」は、通信用光ファイバをそのまま長距離のセンサとして使い、周囲で起きた異常をAIで見つける仕組みで、ブースでは水漏れの検知での活用を説明していました。光ファイバセンシングではNECが2021年には同種のソリューションを販売開始しており、NTTとIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）APN（All-Photonics Network）を使った実証実験も2024年に行っています。中国ファーウェイもファイバセンシングの導入例をブースで説明していましたが、この市場は開拓の余地が大きいということでしょう（写真7）。



写真6 メディアテック「6G for Physical AI」



写真7 オレンジ「Fiber Detection」

ドイツテレコムブースではこうしたセンシングについてさらに踏み込んだ未来像が示されました。通信ネットワークが個人の身の回りのものを常時検知している姿です。自転車が盗難されたら、それを通信ネットワークが自律的に検知し、持ち主にそのことを通知しさらに「警察に申告しますか?」とレコメンドを送るといった利用シーンです。その際には、ヨーロッパのGDPR（一般データ保護規則）も背景にあると思われませんが、個人情報の各種機関への共有では都度許諾を求めるプロセスも説明されており、地域特有の制度や価値観への配慮も感じられました。

KTは「セマンティック通信」\*6も6G時代の通信ネットワークの重要な要素として展示していました。同社はこのイベントに合わせたプレスリリースの中で「KTは、Ubiquitous, Hyper Reliable, Quantum-Safe, AI-Native, Autonomous, Semantic Communicationを6Gの主要技術として提示し、それらを体現しています」と発表しました<sup>(10)</sup>。他の通信事業者のブース展示には見られなかったものが、データの意味を抽出して伝送するセマンティック通信です。従来の通信がデータという記号を正確に送ることを重視するのに対し、セマンティック通信は「重要な意味情報」をやり取りします。展示では、横断歩道の自動運転車と歩行者のシーンで、背後の景色などの重要でない情報は後回しにし、「歩行者がいる」という重要な意味情報だけを即座に送ることで、通信トラフィックの遅延を削減するとの説明でした。

MWC26では6Gを前面に出した展示ブースは限定的でしたが、来るべき将来に向けてさまざまな技術開発が進められています。これまでの5Gは3GPP（3rd Generation Partnership Project）という通信技術の

標準化機関における規格としての進化系でしたが、6Gは従来の3GPPという枠を超えて幅広い技術が適用されるかたちで開発が進むのではないのでしょうか。

## 光電融合

AI処理の増大に伴うデータセンターの電力消費爆発は、今や地球規模での課題です。この難問に対する切り札として、NTTがIOWN構想で主導してきた「光電融合」技術が、MWCの舞台でも広がりを見せて

きました（写真8、9）。

この分野では2025年にNVIDIAが光電融合チップの開発に取り組みと発表していましたが、同社のブース展示は今年もありませんでした。光電融合の技術は、光ファイバ通信で届く情報をチップで計算するために電気信号に変換する場所が、従来はサーバの外側だったものが徐々にチップの中にも入り込んでいく、という進化の過程が描かれているところ、チップ大手のメディアテックは今回、チップに直接的に光ファイバで通信を取り込むCPO技術の取り組みを展示しました。



写真8 NTT島田社長 基調講演



写真9 NTT「IOWN Global Forum」 「IOWN関連展示」

\*6 セマンティック通信：データの「意味」だけを抽出して送り、AIどうしの効率的な対話を可能にする低遅延な通信方式。

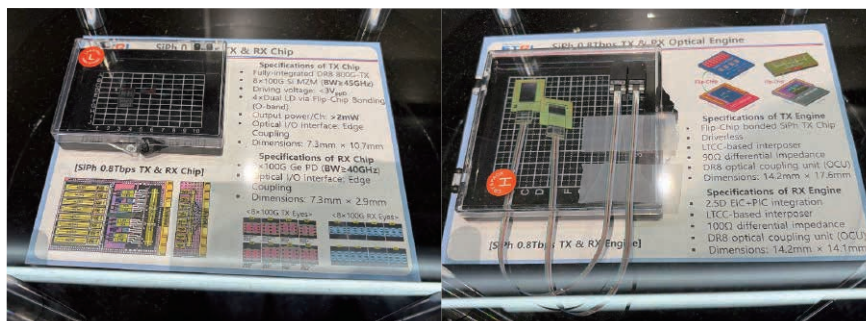


写真10 KT「Silicon Photonics TX/RX Optical Engine and Chip」

また、中国の光ファイバメーカー大手のファイバーホーム（烽火通信）も、データセンタの光化に関してサーバのラック内の光化の先に、光スイッチの取り組みとして2026年にはCPO製品を公開するとの説明でした。同社はMWC26後の公式発表で、「データセンタ・ネットワーク・アーキテクチャ進化の頂点となるソリューションとして、CPO技術は、電力消費の壁や帯域幅のボトルネックを突破する世代間の優位性を示しています。CPOの商用化は光通信業界の風景を大きく変える中核的な変数となるでしょう」としています<sup>(11)</sup>。

韓国KTも開発中のCPOを展示しました。同社は前述のとおり、6Gの構成要素として6つの領域を掲げていますが、これはHyper Reliableの領域と位置付けていました（写真10）。

日本がコンセプトを先導してきた光電融合において、海外のチップメーカー、ファイバメーカー、通信事業者が続々と参入してくる現状は、光電融合が次世代のコンピューティング基盤を支える領域として確立されたものと理解できます。

## まとめ

MWC26 Barcelonaを総括すると、通信ネットワークは情報を運ぶ存在（キャリア）として、データを運ぶ役割にとどまらず、今後はAIによって自律的に運用

（Autonomous Network）され、電波を通じて周囲の状況を敏感に察知し（ISAC）、情報の意味を解釈してAIどうしが意思疎通を行う（セマンティック通信）、というかたちが示されました。通信主体としてもAIが存在感を発揮し、それを支えるデータセンタも進化（光電融合）し6Gもそれに適したネットワークとなるのでしょうか。

展示会場にブースこそなかったものの、あらゆる技術展示の背後にNVIDIAの存在感があることは、現在の通信業界の基盤にAIがあるという構造を象徴しています。しかし、通信事業者はその基盤上で、「信頼」と「安全」という独自の価値を付加すべく、国家主権を守る「ソブリンAI」や「量子技術」の活用に取り組んでいます。

これらの技術が1つに融合することで、将来のネットワークは人体における「神経系」のように、社会のあらゆるモノをつなぎ、感覚を共有し、即座に命令を伝える不可欠なインフラとなるのでしょうか。6G時代に向けたこの「社会の神経系」への進化こそが、MWC26 Barcelonaを通じて世界に示されたのではないのでしょうか。

なお、今回のMWCはバルセロナ開催20周年というアニバーサリーイヤーでもあり、会場の雰囲気にも変化がみられました。これまでは開催4日目の最終日もなると閉幕ムードが漂い閑散となるのが通例でしたが、今回は地元の大学生を中心とした若年層が多数来場し、会場はこれまでにない活気に溢れていました。次世代を担う若者へ

向けてこうした世界の最先端に触れる場を提供することは、この業界の今後の発展を意識したものであるでしょう。

## 参考文献

- (1) [https://group.ntt.jp/magazine/blog/mwc\\_barcelona2026\\_report/](https://group.ntt.jp/magazine/blog/mwc_barcelona2026_report/)
- (2) [https://media.telefonicatech.com/telefonicatech/uploads/2026/3/pr\\_quantumtelco\\_MWC-002.pdf](https://media.telefonicatech.com/telefonicatech/uploads/2026/3/pr_quantumtelco_MWC-002.pdf)
- (3) <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/teleportation-via-fiber-optics-in-berlin-1102518>
- (4) <https://www.chinatelecomglobal.com/whats-new/37546/>
- (5) [https://corp.kt.com/html/promote/news/report\\_detail.html?datNo=19082](https://corp.kt.com/html/promote/news/report_detail.html?datNo=19082)
- (6) <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/mindr-ai-agents-in-the-network-1102724>
- (7) [https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2026/0219\\_01/](https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2026/0219_01/)
- (8) <https://www.kddi.com/mwc/>
- (9) [https://newsroom.kddi.com/news/detail/kddi\\_nr-920\\_4331.html](https://newsroom.kddi.com/news/detail/kddi_nr-920_4331.html)
- (10) [https://corp.kt.com/html/promote/news/report\\_detail.html?datNo=19082](https://corp.kt.com/html/promote/news/report_detail.html?datNo=19082)
- (11) <https://en.fiberhome.com/pressinquiries/20260318/47655.html>



株式会社 情報通信総合研究所  
ICTリサーチ・コンサルティング部  
主席研究員 岸田重行

# 「ヒトのように会話するAI」をめざして —— Full-duplex型音声対話AIの研究開発

NTTでは、ヒトと同じように素早い応答や適切な相槌を行い、自然な抑揚で話することができる音声対話AI（人工知能）、「Full-duplex型音声対話AI」の研究開発を進めています。その実用化に向けた第一歩として、2025年のNTT R&Dフォーラムにおいて、コールセンタ自動対応AIを模した展示を行い、大きな反響をいただきました。本稿では、Full-duplex型音声対話AIの研究開発に関する一連の取り組みについて紹介します。

あんどう あつし  
**安藤 厚志**  
たかしま ゆうき  
**高島 悠樹**  
むらた としき  
**村田 俊樹**

NTT人間情報研究所

## はじめに

音声による対話は、ヒトにおけるもっとも手軽なコミュニケーション手段の1つです。この音声対話の機能を持ったAI（人工知能）、すなわち音声対話AIの研究開発が、世界中で盛んに行われています。音声対話AIの活用範囲は非常に幅広く、接客ロボットやコールセンタなどの対話が必要とされる業務の自動化、運転中の車内や高所作業などの手が塞がった状態での機械への指示、スマートグラスやスマートスピーカにおける手軽な入力インターフェースなどの実用化などが進められています。さらに、雑談を通じて私たちの生活に寄り添ったり、語学学習のための話し相手になったりする音声対話AIも社会に広がりつつあります。

音声対話AIにおける最新研究の1つとして、Full-duplex型音声対話と呼ばれる

技術があります。従来の音声対話AIは、ユーザ（話し手）とAIが交互に話し、かつ相槌なども非常に少ない、トランシーバのような対話（Half-duplex：単方向通信）が主流でした。しかし最新の音声対話AIでは、話し声に対して自然な相槌を打つ、ユーザの話し終わりを待たずとも先回りしてAIが話し始めるなど、ヒトのように聞きながら話す対話（Full-duplex：双方向通信）ができるようになってきました。加えて、抑揚や話し方なども多様かつ自然となり、まるで本当の人間と話しているかのような印象を与える音声対話AIが社会に現れようとしています。

NTTにおいても、2025年度からFull-duplex型音声対話AIの研究開発を新たに立ち上げました。さらに新たなチャレンジとして、NTT R&Dフォーラム2025においてコールセンタ自動対応AIのProof-of-

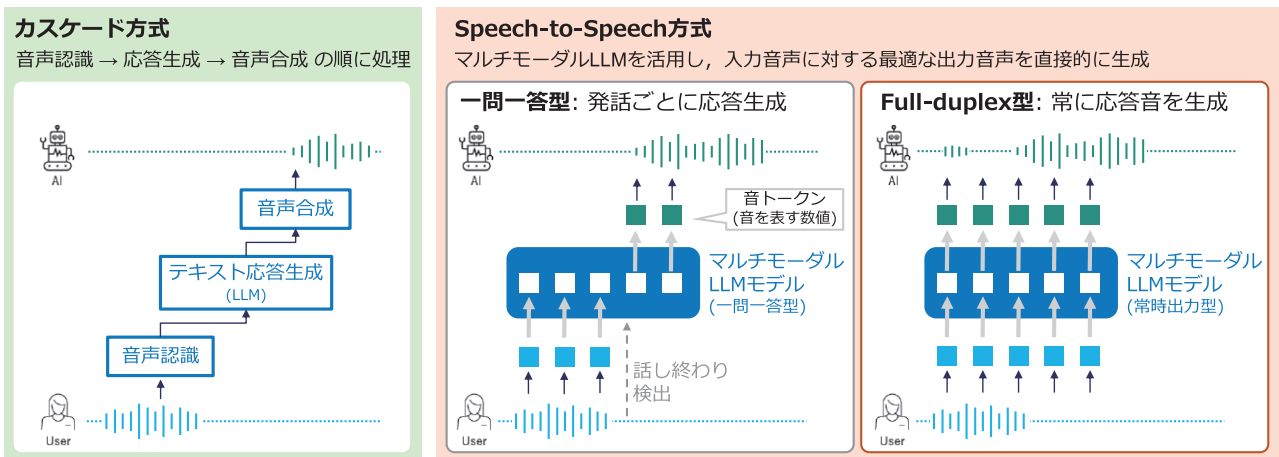
Concept (PoC) 展示を実施し、非常に大きな反響をいただきました。本稿では、Full-duplex型音声対話AIの仕組みと、NTTにおける実用化に向けた取り組みを紹介いたします。

## 音声対話AIの分類：カスケード方式とSpeech-to-Speech方式

音声対話AIの実現方式は、大きく分けて、カスケード方式とSpeech-to-Speech方式の2つに分類できます（図1）。

### ■カスケード方式

カスケード方式は、特定の処理を行うブロックを直列に組み合わせて対話を実現する方式です。一般には、音声認識・テキスト応答生成・音声合成の3つのブロックで構成されることが多いです。ユーザから音声対話AIに向けた声は、まず音声認識に



Speech-to-Speech方式は、一問一答型とFull-duplex型の2種類にさらに区分できる。

図1 音声対話AIの分類

よって話している内容を表すテキストに変換されます。その後、テキストからユーザの話した内容を理解し、AIが話すべき応答をテキストとして生成します。最後に、この応答テキストを音声合成によりAIの声に変換して出力することで、AIによる声での応答を行う、という仕組みです。2026年現在でも、実用化されている多くの音声対話AIではカスケード方式が採用されています。

カスケード方式の最大の長所は、個々のブロックを差し替えることができる点にあります。例えば、音声合成ブロックを別の人物の声に差し替えることで、AIの声色を変えることができます。さらに近年では、テキスト応答生成に最新のLLM (Large Language Models) を用いることで、ユーザの意図を正確に理解し、複雑かつ知的な応答テキストを生成できるようになりました。

しかし、カスケード方式の短所の1つとして、ユーザの声に対する反応が遅れやすいという点があります。これは、3つの処理ブロックが直列につながっており、前のブロックの結果がそろってから次のブロックの処理を行うために遅延が積み重なってしまうことが原因です。ほかに、AIの声の抑揚が乏しくなりやすい、音声認識によりユーザの声をテキスト化することで話し方や抑揚などの情報が失われ、これらを考慮した受け答えができない、などの課題もあります。

### ■Speech-to-Speech方式

Speech-to-Speech方式 (End-to-End方式とも呼ばれます) は、音声認識や音声合成などのブロックを明確に分けず、ユーザからの入力音声に対してAIの声を直接的に出力するという方式です。この方式は、LLMを音声に拡張した、マルチモーダルLLMと呼ばれる技術を基礎としています。Speech-to-Speech方式では、大量の音声やテキストを与えて、入力に対してどのような声を出すべきかを直接的に学習させます。これにより、ユーザの声に含まれる話し方や年齢・性別などのテキスト化すると失われてしまう情報を扱うことができ、それらに適した抑揚を持つAIの声を出力することができるようになっていきます。

Speech-to-Speech方式の音声対話AI

は、さらに2つの種類に分けることができます。1つは、一問一答を繰り返して対話を行うタイプです。この方式は、ユーザの話し始めや話し終わりを検知する技術 (発話区間検出) と組み合わせて利用されます。一問一答タイプはいわば「話す内容」と「声色や抑揚」をAIが予測するというもので、ある程度多くの学習データ (入力に対してどのような声を出すべきかを教えるデータ) さえあれば、AIが習得可能な課題であるといえます。さらに、一問一答のやり取りは1つの会話に何度か表れることもあるため、AIの学習データを数多く集めやすいという利点もあります。しかし、「話すタイミング」は発話区間検出によって決定されるため、ユーザが相槌を打つだけでも過敏に反応してしまったり、ユーザの話し終わりに対する反応が若干遅れてしまったりすることがあるという課題もあります。

Speech-to-Speech方式のもう1つの種別が、常にAIが声を発し続けることができるタイプで、こちらがFull-duplex型音声対話AIと呼ばれています。AIはユーザの声をごく短い時間間隔 (例えば0.08秒ごと) に解析し、その時刻において出すべき短い音の断片を出力します。AIが話すべきでないタイミングでは、「何も無い」音を出すようにします。これを繰り返すことで、ユーザの話し声に対する素早い応答や、自然なタイミングでの相槌を実現できることが最大の利点です。しかしこの方式は、「話す内容」「声色や抑揚」に加えて「話すタイミング」を非常に短い間隔で推定し、かつ会話全体でみても意味が正しく自然な声となるように音の断片を作成しなければなりません。加えて、音声対話データは一問一答データに比べて集めることが難しいため、技術的な側面でも、学習データ収集の側面でも、非常に難易度が高いといえます。

### コールセンタ自動対応AIの実現に向けた取り組み

私たちは、Full-duplex型音声対話AIの有効な応用先の1つとして、コールセンタにおける自動対応AIを考えています。現在でも、コールセンタ向け音声対話AIを実現する製品はありますが、話し方が人間のオペレータとは全く異なっており、顧客

に受け入れられないことがあるという課題があります。Full-duplex型音声対話AIが持つ素早い応答や自然な相槌などの機能、さらに人間に近い抑揚などの特性は、対話AIに不慣れな方を含めたあらゆる顧客に対して、自然で親しみやすい自動対応サービスの提供につながるのではないかと考えました。

このような発想のもと、私たちの研究チームでは「NTT R&Dフォーラム2025において、Full-duplex型音声対話技術を活用したコールセンタ向け自動対応AIのPoCを展示する」という目標を立てました。これは、Full-duplex型音声対話技術の研究開発は世界中で盛んに進められていることから、スピーディな実用化によって他社優位性を高めたいと考えたためです。しかし、この計画を立てたのは2025年4月、R&Dフォーラム当日の11月までは8カ月弱しかありません。データやプログラムなどほぼ何もそろっていない状況からの、非常に厳しいチャレンジでした。

PoC実現に向けたさまざまな取り組みの中で、NTT独自の工夫を加えた点を2点紹介します。1点目は、音声対話AIに学習させる対話データの高品質化です。実は、Full-duplex型音声対話AIの学習においては、雑音などが含まれず明瞭な音声だけを含む人間どうしの対話データに加えて、どの時刻にどの単語を話したのかという精緻な書き起こし情報も必要です。これらをそろえるにあたり、NTT人間情報研究所やNTTコミュニケーション科学基礎研究所で長年研究されてきた音声処理技術、例えば雑音抑圧や音声強調、音声認識などを積極的に導入しました。これにより、高品質な対話AI学習用データの構築を短期間で実現できました。

2点目は、対話AIに学ばせたい振る舞いを含む音声対話データを人工的につくる技術 (疑似音声対話生成技術) を新たに開発した点です。今回のPoCでは、AIが「用件や顧客名の復唱」を必ず行うことをめざしました。しかし、前述の方法で構築した学習用データには、復唱が含まれる対話は少数しかなく、復唱の学習は極めて困難でした。この課題を解決するため、復唱や決められた案内など、AIに獲得してほしい振る舞いを含んだ疑似音声対話データを生成

し、実際の音声対話データと合わせて対話AIに学習をさせています。疑似音声対話生成においては、LLMを活用して対話内容を生成することで言葉選びの違いに対する頑健性を向上させたり、NTT人間情報研究所が開発した高品質な音声合成技術を利用することで個々の話し声の自然性を上げたりといった、さまざまな工夫を加えました。それだけでなく、疑似音声対話と実際の音声対話データをうまく組み合わせることができる、NTT独自の対話AI学習手法も創出しました。これにより、話す内容は疑似音声対話をできるだけ踏襲しつつ、抑揚のつけ方や声色は実際の音声対話データから獲得できるようになり、高い音声品質を保ちながら特定内容の対話を行うことができる音声対話AIを構築できました。



向かって左側のモニターでは従来のカスケード方式音声対話AIの例を動画再生し、右側では研究員と音声対話AIがその場で対話を行った。

図2 NTT R&D フォーラム2025におけるFull-duplex型音声対話AIの展示ブース

## NTT R&D フォーラムへの出展と反響

NTT R&D フォーラムでは、コールセンタ通話の冒頭部分（用件確認・復唱、顧客氏名確認、顧客電話番号確認、保留の案内）を想定し、顧客役の人間と対話AIがその場で対話をする、ライブデモ方式を採用しました（図2）。来場者の声が入らないように部屋を仕切った以外は、実際の利用環境とほぼ同等といえます。また、多くの生成AIと同様に、人間が同じように話しても対話AIの応答は毎回少しずつ変化します。対話AIが想定どおりの応答をしない可能性もある、挑戦的な展示でした。

結果として、R&D フォーラムにご来場いただいた方々からは、私たちの想像をはるかに超えた反響をいただきました。多くの方から驚きと称賛のお言葉をいただき、技術内容や実用化時期などたくさんの質問を頂戴しました。「AIではなく人間が応答しているかと思った」という意見もしばしばいただくほどでした。Full-duplex型音声対話AIは基調講演でも紹介され<sup>(1)</sup>、R&D フォーラム後にはNTTグループの事業会社だけでなくグループ外企業・研究機関の皆様からも、非常に多くの問合せをいただきました。音声対話AIに向けた社会からの期待は非常に大きいものであると、私たちは強く認識しました。

## 今後の展開

私たちは、Full-duplex型音声対話AIの早期実用化に向けた技術改良を続けています。例えば、コールセンタ向け自動応対AI領域では、R&D フォーラムでのデモよりもさらに長く複雑な応対（例えば、特定サービスの予約や顧客情報の変更依頼の通話冒頭から終了まで）においても正確な受け答えを実現する技術や、顧客管理システムと連携することで自動応対AIだけで通話対応を可能とする技術の研究開発を進めています。また、上記の研究開発と並行し、2026年度中の実証実験に向けた準備を始めました。今後も自動応対AIの早期実用化をめざして、さまざまな取り組みを加速させる予定です。

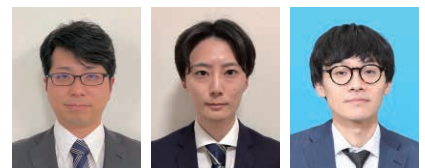
さらに、Full-duplex型音声対話AIの活用先は、コールセンタ向け自動応対AIにとどまらなると私たちは考えています。冒頭で述べたように、音声対話AIはさまざまなデバイスにおけるユーザフレンドリーな入出力インターフェースにもなります。雑談ができる音声対話AIは、単に日常的な話し相手にもなり得るだけでなく、特定のキャラクタや人物を模倣させることで「いつでも、どこでも、話したい存在と話すことができる」体験を提供できるでしょう。このような音声対話AIの応用領域を広げる研究にも着手しており、現在はNTTコ

ミュニケーション科学基礎研究所の研究員とも組織横断的な連携を進めています。

これからも、Full-duplex型音声対話AIの研究開発や社会実装を通じて、ヒトとAIとの新たなコミュニケーションを創出し、ヒトとAIが共生する社会の実現をめざします。

### 参考文献

- (1) <https://youtu.be/7vwsIOtqJOU?t=1726s>



(左から) 安藤 厚志 / 高島 悠樹 / 村田 俊樹

NTT人間情報研究所では、Full-duplex型音声対話AIの研究開発や社会実装を通じて、ヒトとAIとの新たなコミュニケーションを創出し、ヒトとAIが共生する社会の実現をめざします。

### ◆問い合わせ先

NTT人間情報研究所  
デジタルツインコンピューティング研究プロジェクト



NTTコミュニケーション科学基礎研究所  
客員上席特別研究員

## 五味 裕章 Hiroaki Gomi

# 人間の感覚情報から運動生成までのメカニズム解明と視覚障がい者の行動を支えるデバイス開発に挑む

人間が視覚などの感覚情報を起点に身体運動を生成させるまでの流れで、一体、脳はどういった情報処理をしているのでしょうか。NTTコミュニケーション科学基礎研究所の五味裕章客員上席特別研究員は、計算モデルによるシミュレーションや動物の脳波を解析することにより、その基礎的なメカニズムの解明に取り組んでいます。一方で、視覚障がい者が街中でも安心して行動できる、力覚デバイスを使ったシステムの研究開発にも力を注いでいます。今回のインタビューでは最近の研究成果や今後の展望、そして現在大学教授も兼任されている立場から日頃感じていることを伺いました。



### 感覚情報とはどのように形成されているのだろうか

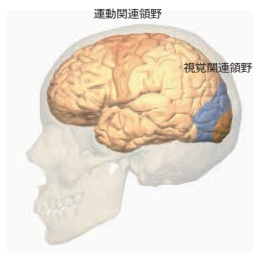
最近の視覚情報から運動生成までの情報処理に関する研究について教えてください。

私は感覚情報から運動生成までの情報処理について解明・モデル化する研究を一貫して行っています。前回のNTT技術ジャーナルのインタビューでは視覚情報が入力されてから運動が起こるまでの過程で、私たちが発見した潜在的なプロセスの特性について紹介しました。ところで感覚情報といっても、視覚、聴覚、触覚、体性感覚などさまざまな種類の情報があります。これまでの多くの研究で、それぞれの感覚情報がどのように処理されているか、ということが調べられてきたのですが、「そもそも感覚の情報処理はどのように形成されるのか」、という根本的な問題を考えることも重要であると私は考えています。生物が進化していく過程で、さまざまな感覚器官が備わってくるわけですが、進化のような長い年月を経なくても、生物は生まれた後にも、感覚器官やその情報処理が変化していきます。感覚情報処理の形成は外の環境や自身の身体状態を知り、その環境とインタラクションしていくうえで非常に重要です。人も動物も成長するに従い、身体の大きさは変化し、環境との関係性も変化していきます。これらのことを考えると、感覚から入ってくる情報の処理も適応や学習によって変化していくことが必要なのではないか、という発想が湧いてきます。

過去の研究では、この考え方を支持するものばかりでなく、感

覚情報処理の形成や調整の要因として、入力統計的性質に重きを置くものもあります。今述べたような思索や過去研究に基づいて、運動を中心に研究してきた私は、感覚情報処理は運動を適切に行うように形成や調整がされているのではないかと、という考えでどの程度のことまで説明可能かを考えてきました。私たちはこの仮説を検証するために、感覚運動制御のメカニズムを解析的・構成的に解明する研究を進めるとともに、将来的に「学習する人間のようなしなやかな機能を持つ機械（ロボット）」の情報処理の構築に活かせる可能性についても探っています。

ここで、運動生成や視覚分析の情報処理が、脳のどこで行われているかについて簡単に説明させてください。脳には「運動野」と呼ばれる、筋骨格系に直接指令を送る細胞群がある領域の周辺に、運動生成に関連する領域がいくつかあります。こうした運動に関連する脳領域が活動し、脊髄を経由して筋骨格系に対して指令が送られることで、実際の身体の多くの運動が生成されます。それに対して、運動をするための外界情報を得る「視覚」については別の領域で情報処理が行われています。目から入った情報は脳の視覚野へと送られ、視覚関連領域において視覚情報の分析が行われます。視覚情報がどのように分析されるのかという問題は、長年の数多くの優れた研究によって、領域ごとの処理の内容が明らかになってきています。図を見てお分かりのように初期の視覚分析を行う1次視覚野と呼ばれる脳領域は、運動関連領域からは大きく離れています（図1）。その間には、高次視覚情報処理や外界空間表現を計算する領域など多くの領域が存在し、初期的な視覚情報の分析と運動生成の情報処理の間には、多段の神経処理が行われます。そのため、これまでは視覚情報処理と運動生



This was modified from generated figure using BodyParts3D/Anatomography. BodyParts3D, Copyright © 2008 Database Center for Life Science, licensed under CC BY-SA 2.1 Japan.

図1 運動関連視野と初期視覚視野

成情報処理は、専門の異なる別の研究者によって調べられることが多くありました。事実、私たちも運動生成の情報処理を中心に研究してきました。

さてここで少し古い研究を2つご紹介したいと思います。1つは子猫の行動に関する大変興味深い実験です<sup>(1)</sup>。能動的な子猫は装置内を自由に歩くことができ、自分の動きに合わせて周囲の視覚情報が変化します。一方の受動的な子猫は箱に寄せられ、能動的な子猫の動きに合わせて「運ばれる」だけです。視覚刺激は能動的な子猫と全く同じものを受けますが、自分自身の足の動きとは連動していません。この実験後、能動的な子猫はその後視覚的に正常な動きができたのに対し、箱の中に入れた受動的な子猫はそれができませんでした。つまり、正常な視覚情報処理（視覚の発達）には単なる「見る」経験だけでなく、「自分の意志で運動し、それにより視覚入力に変化する」というアクティブな視覚経験が必要であることが示唆されました。

もう1つは雑誌『Nature』にも掲載された有名な研究<sup>(2)</sup>です。ストライプ柄（縦縞模様）の箱の中で、視覚の発達に重要な臨界期以前から猫を飼育し生育させていくという実験です。このように育った猫は視覚野の多くの細胞が縦縞に反応するようになることが発見されています。この話はその後さまざまな検証研究が行われ、視覚野細胞における反応特性の形成メカニズムがより詳細に明らかになってきていますが、これら先人の研究結果から、自主的に運動をすることは、運動脳を鍛えるだけではなく、視覚など感覚の情報処理も同時に鍛えているということを示唆しています。

視覚情報処理の研究者からは、視覚の情報処理は視覚だけの経験で発達するのではないかといった意見もありますし、一部にはその要因で説明されることもあると思います。しかしながら、先に申し上げた研究や、他の感覚運動系の研究も併せて考えると、「運動あるいは運動に必要な情報処理のために感覚情報処理が獲得されたり調整されたりする」、という考えで、どこまで感覚情報処理が説明可能かを突き詰めて検討したいと私は考えています。

前回のインタビュー<sup>(3)</sup>では、視野に動きを与えると手が動かされるという反射的、潜在的な情報処理があること、そしてその特性から自己運動由来の情報処理が重要であることが示唆されたという話をさせていただきましたが、そこで用いた構成的解析という手法をこれから紹介する研究でも使っています。まず、さまざまな場面において自分で動いているときの視覚情報、すなわち一

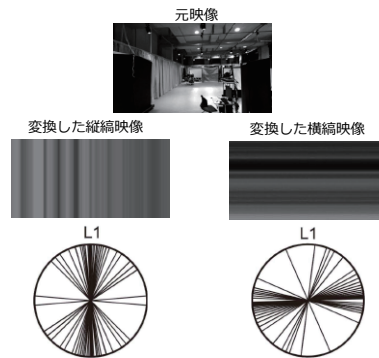


図2 学習に使用した縦縞と横縞映像とCNN1層目カーネル群の方位選択性分布の違い

人称画像を映像で記録し、そのデータをAI（人工知能）で広く用いられているコンボリユーションアル・ニューラルネットワーク（CNN）へ入力し、その映像に対応する自分の頭部の動き、すなわち自己運動を出力とするように深層学習させます。CNNは現在のAIの発展をもたらした技術の1つですが、この原型は福島邦彦先生が視覚野細胞の特性や階層構造にヒントを得て提唱されたものです。さてこのような学習を行うと、CNN内で形成される視覚解析特性が、手の潜在的な応答特性とよく類似することが分かりました。この点については前回詳しくお話ししました。

今回はその話の延長で、先ほど紹介した猫の実験にヒントを得て行った計算機実験について説明します。まず、元の自己運動をしている最中の一人称映像に、変換を施して縦あるいは横のストライプのみが見えるようにした映像を作成します。その映像を用いてCNNを学習させ、どのような特性がCNN内部で獲得されるのかを調べました。すなわち、猫を縞模様の環境中で育てる実験は、視覚から運動情報への変換を獲得するプロセスとみなし模擬したことに相当します。その結果、縦縞で映像を学習した場合にはCNN低次層で縦縞に反応するカーネルが多く形成され、横縞で学習した場合には横縞に反応するカーネルが多く形成されるような分布が得られました（図2）。すなわち、映像を入力として、身体運動をするための重要な状態量である「自分の動き」の推定をできるように学習させるだけで、環境の視覚情報に依存した生後の臨界期において見られる特異的な視覚野ニューロンの特性形成が、モデル上で模擬できたわけです。この特性は、必ずしも自己運動学習のみで起こるわけではないと思いますが、身体運動を表現することが視覚解析の基本的な機能の形成に役に立っている可能性を示唆しています。



## 脳全体の活動を見える化

運動が起こる際の脳全体の活動を理解する研究もされているそうですね。

もう1つ、最近取り組んでいる研究を紹介します。沖縄科学技

術大学院大学（OIST）との共同研究で進めている、マーモセット\*という小型サル（マカク）の自由運動中における脳活動の分析です（図3）。脳活動データは、理化学研究所で記録されたもので、脳皮質の広い領域の上に配置された多数の電極から脳活動が記録されています。この計測ではサルが日常的に活動している状態で行うことができるため、非常に多くの情報を含んだデータが得られます。私たちは、そのデータの一部を提供していただき、頭部運動が起こる際に脳の部位ごとにどのような変化が現れるのかを「見える化」することにより、脳皮質での情報の流れや処理を理解することを目的に研究を進めています。

このように脳活動が見える化された動画を見てみると、頭を動かす少し前から脳の一部が活動し始めるのが分かります。まず運動関連領域が活動し、そこから前頭葉、そして頭を動かし始めると同時に視覚野、そして頭頂連合野と側頭野のほうへと活動領域が動いていく様子が見えてくるようになりました。個々の脳領域の活動は今までもよく調べられていますが、自由行動下での感覚運動に関する脳活動を調べることはなかなか難しいことでした。私たちもまだ始めたばかりですが、OISTや理研と連携させていただくことで、自由行動下で環境とインタラクションしながら連続的に行われる意識的・無意識的な感覚運動情報処理の理解を進めていきたいと考えています。

### 視覚運動系の情報処理に関する基礎研究について今後の展望をお聞かせください。

これまで私たちは、特に潜在的な視覚から運動生成に関する情報処理について研究を深めてきました。前述したマーモセットの研究で、潜在的な脳の情報処理がどのように組み立てられているのか、との問いに対して、新たな攻め方や重要な手掛かりもみえてきています。脳の情報処理を一定程度理解できれば、それを構成的にモデル化してロボット運動系に活かせるのではないかと考えています。現在、私は早稲田大学の教授も兼務しており、ロボットの研究をされている先生方も多くいらっしゃいますので、連携して脳の情報処理をロボットへ組み込んでいく研究を進めたいと考えています。

最近では米国や中国が非常に高性能なパフォーマンスを見せるロボットを発表し、メディアを賑わせていますが、人間の動きを研究してきた私には、動きが不自然に感じられてしまいます。やはり人間の動きと比較すると、なんともしっくりと明らかな人とは異なります。それは、いまだに人間の持っている潜在的な情報処理の理解が十分でなく、ロボットに実装できていない、つまり外界環境と相互作用しながら学習していくメカニズムが組み込まれていないからだと思うのです。是非このような課題をクリアし、AIロボティクスでの新たな領域を開拓できるよう、研究を進めて

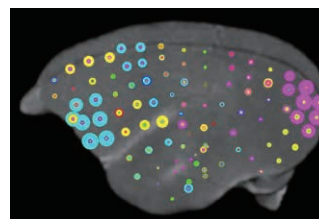


図3 自己運動に伴う脳活動の可視化

いきたいと思っています。

## 力覚と映像とのコラボレーションで視覚障がい者の行動を支援

最近の「ぶるなび」の進展状況についてお聞かせください。

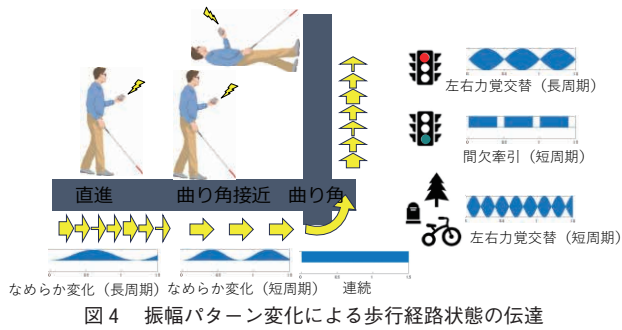
—昨年「サイトワールド」という視覚障がい者が使用する機器の展示会で、NTTドコモと連携して「ぶるなび」のデモ展示をさせていただきました。この機器を初めて触る視覚障がい者もたくさんいらっしゃいましたが、引っ張られる感覚をすぐに理解してもらえて、大変好評でした。少し前のデータですが、WHOによると視覚障がい者は弱視を含めて世界に2億8500万人も存在し、その数は今後も増えていくだろうと予測されています。高齢になっていくと白内障や緑内障の症状が出やすく、視野欠損してしまうことも多くあります。視覚障がい者は、現在白杖を使って周りを探索し歩行されています。しかし、点字ブロックなどがあるとはいえ、その整備は必ずしも十分ではなく、いまだ道路の歩行には困難が伴います。

視覚障がい者がICT機器を活用して、点字ブロックの有無にかかわらず気軽に出かけやすくすることはできないものだろうかという研究に取り組んでいます。昨年は、「ぶるなび」を一層進化させていくべく、株式会社コンピュータサイエンス研究所とのコラボを行いました。彼らも私たちと同様の視覚障がい者への思いのもと、「アイナビ」というサービスを開発しています。

「アイナビ」は、スマートフォンで得られる画像を、AIがリアルタイムで分析し、障害物の有無や交通信号の色、方向・ルートなどの情報を音声でフィードバックするシステムです。しかし、音声を生活の中で活用することは難しい局面もあります。まず、空間情報を言葉で伝えるのが難しい場合があります。例えば、「次の交差点で右から2番目の道を20メートル直進」と言われたところで、視覚情報がなければ、「次の交差点」も「右から2番目の道」も分かりません。そして、特に屋外では騒音により音声が聞き取れなくなってしまうケースも多々あるでしょう。また、周囲の音は環境の状態を知るうえで重要で、ガイド音声だけに集中してしまうと危険なこともあります。

今回、全盲の方にご協力いただき、実際の環境で歩行している様子を撮影させていただきました。点字ブロックがはがれていたり、音の出ない信号があったり、曲がる場所を間違えて通り過ぎてしまったり、さまざまな障害物があるなど、視覚障がい者には

\* マーモセット：ブラジルなどの熱帯雨林に生息する、体重200～500g程度の小型の真猿類（新世界ザル）。ヒトと脳機能などが似ており、医学・神経科学研究のモデル動物として広く利用されています。



多くの困難が日常生活で存在していることがよく分かりました。

やはり視覚障がい者にとっては「こっちだよ」と手を引いてくれる手段があると非常に有効です。これらの点も踏まえ、視覚障がい者の方がより自由に1人で自由に街を歩けるようにならないかと、まずはコラボレーションして「ぶるなび」と「アイナビ」とを合体するシステムを組んでみましょうということになりました。

そして、2025年のNTTコミュニケーション科学基礎研究所のオープンハウスにてデモンストレーションを実施しました。この両社のコラボで生まれた新たなシステムでは、これまでの「方向」を伝えるに加え、振動にさまざまなパターンの色付けを行い、言葉がなかったとしても、「青信号で横断歩道を渡っている状況なのか」「しばらく直線的に歩くのか」「次の曲り角に近づいたのかどうか」など現在の状況を振動パターンでユーザへ伝えるような工夫をしました(図4)。屋内でのデモでしたので、実際の歩行誘導は体験いただけませんでしたが、歩行中に撮影した一人称映像を大型モニタに投影し、それを実際にスマホカメラで認識させて、ぶるなびでパターンの異なる牽引感覚を感じていただくまでの流れをお見せすることができました。これらの実装をしながら、人間の知覚や認知の新たな側面を調べる課題も見えてきて、大変有意義なコラボでした。

#### 「ぶるなび」の開発について今後の展開をお聞かせください。

NTTの中でこの研究を事業展開できないかと何度も検討していただいたのですが、視覚障がい者の歩行誘導だけを対象として考えると、周辺技術がまだ不十分なこともあり、いまだに実現していません。しかしここで諦めるのではなく、より良い力覚デバイスを考案したり、その成果を社会実装していく研究は学生と一緒に続けていきたいと考えています。また、他企業とのコラボレーションやベンチャー化は、もしかすると、大学のほうが小回りもきいてよいのかもしれませんが、実際、大学では研究成果のベンチャー化の営みが多く行われており、せっかく面白い装置も考案できたので、社会に役に立つかどうかの問いかけも続けていけたらと考えています。現在、世の中には「ぶるなび」以外に複数の歩行誘導技術が開発されていますが、その開発者や研究者と情報交換しつつ、視覚障がい者の好みに応じて、それぞれを選択していただければ良いのではないかと考えています。

また、視覚障がい者だけでなく、私たちが日常生活を送る中で、

特に広いビル内や地下道では道に迷うことがあります。そのようなときに、このようなデバイスがあれば役立つことが大いにあるだろうと思いますので、多くの方に使っていただけるような技術に発展させていけたらと思います。

## 大学では発想豊かな学生たちとワクワクする研究をしていきたい

現在、大学主体で研究をされていますが、企業に所属していたときと比較して環境に変化はありましたか。

私は現在、NTTで客員上席特別研究員をさせていただきながら大学を主軸に活動しています。大学は企業と異なり研究資金は自身で獲得していかなければなりませんが、テーマの縛りはなく、自身の発想でさまざまな研究ができるという自由度があるように感じています。1つの企業の中ではもちろんその組織の目標や価値観が全面的に出てくるものですが、大学では多様な価値観を持った人材で構成され、多様なエキスパートもいます。またさまざまな企業と結びつくこともできます。そして、一番違うと感じたのは学生の存在です。これから私の研究室にも学生が参入してきますが、すでにいくつかの講義や面談をとおして学生たちと触れ合っています。その学生たちを見ると、皆目が輝いており、学びたいという意欲や好奇心にあふれています。彼らは発想も豊かで、時には突拍子もないようなことを言うときもありますが、そういった色のついていない自由な発想は大切です。そんな彼らと日々接することができるのは、自分の発想を豊かにすることや基本問題に立ち返るためにもとても良いと思います。前回の取材でお話ししたかもしれませんが、学生や研究者の皆さんには少しでも楽しんで、興味を持って勉強や研究に取り組んでもらいたいと思いますし、私自身も「研究の面白さを伝えられる人」になりたいと思っています。

大学の所属学科には、新材料・エンジン・熱・流体・マイクロデバイスなどさまざまな分野の専門家がおりますが、それぞれの面白さを伝えるのも大変上手なのです。今流行りのAIなどと比較して材料の分野などは多少地味に見えてしまうかもしれませんが、実はその分野の最先端技術の話をお聞きすると、とても知的な好奇心をそそられます。自分もこういったワクワク感を伝えていけたらなと思っています。やはり楽しいからこそ困難に立ち向かえる、楽しければハードルの高い仕事も続けられるのです。

#### 参考文献

- (1) R. Held and A. Hein: "Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior," J. Comp. Physiol. Psychol., Vol.56, No.5, pp.872-876, 1963.
- (2) C. Blakemore and G. Cooper: "Development of the Brain depends on the Visual Environment," Nature, Vol.228, pp.477-478, 1970.
- (3) [https://journal.ntt.co.jp/wp-content/uploads/2023/10/nttjnl1101\\_20231101.pdf](https://journal.ntt.co.jp/wp-content/uploads/2023/10/nttjnl1101_20231101.pdf)

NTT東日本 先端テクノロジー部  
クラウドサーバ技術部門 チーフ

中島 共生 Tomoki Nakajima

## 次世代デジタル基盤「Savanna」で 社内システムの効率化と地域社会の 活性化に挑む

NTT東日本は、社内のプライベートクラウドとして立ち上げた次世代デジタル基盤「Savanna」のノウハウを活用し、現在は国産のパブリッククラウドサービス「地域エッジクラウド タイプV」を提供しています。NTT東日本先端テクノロジー部 クラウドサーバ技術部門の中島共生氏は、このSavannaの全体設計や開発を担う中核的な立場としてご活躍されています。本インタビューでは、仮想化基盤を取り巻く外部環境の変化を契機として、特定の製品やベンダへの依存度を適切にコントロールする観点から、マルチハイパーバイザーを前提とした基盤アーキテクチャを再設計するための研究開発・技術評価の取り組み状況や今後の開発ビジョンについてお聞きするとともに、NTT東日本におけるデジタル人材のあり方やその育成にける思いを伺いました。



### 「Savanna」をレジリエントな基盤システムへと進化させる

次世代デジタル基盤「Savanna」について教えてください。

現在、私はNTT東日本の次世代デジタル基盤システムである「Savanna」の開発や高度化に携わっています。もともと、社内では用途ごとに仮想基盤が分散していましたが、これらを効率化すべく1つにまとめていく目的でSavanna構想が誕生しました。リリースから数年で、当初の想定を大きく超えるペースでSavannaへの移行が進み、非常に大規模なシステムへと成長し、

現在では東日本エリア10カ所以上の拠点に設備が設置され、NTT東日本の業務システムを搭載する200以上の社内サービスを支える共通プラットフォームとして重要な役割を果たしています。

さらに、社内向けに開発してきたSavannaの機能や仕組みをベースとして、NTT東日本では新たに社外向けのクラウドサービス「地域エッジクラウド タイプV」を2024年にリリースしています。「地域の未来を支えるソーシャルイノベーション企業」として、自治体や企業の課題解決を支援し、安心・安全かつ活力ある地域社会の実現に貢献することをめざし、システムを進化させています（図1）。

一方、システム規模の拡大に伴い、運用にかかる負荷も急増し

#### 規模

- ✓ 拠点数：10以上
- ✓ 搭載システム数：約200
- ✓ 仮想マシン数：約7,000

#### 社内ポータルでの活用推進



#### 社外向けクラウドサービス



図1 Savannaの状況

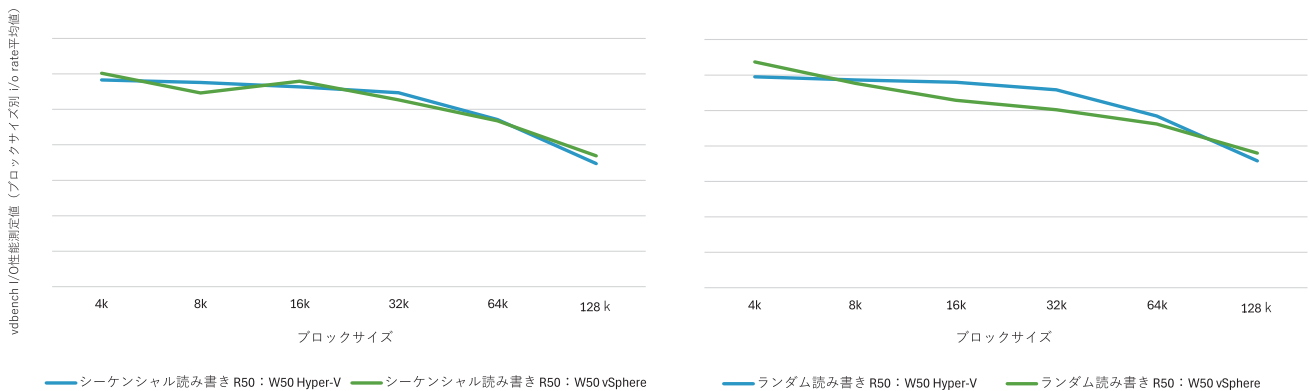


図2 ストレージの性能試験の結果

ていることから、このコストをどのように抑えていくのが課題となりました。他社のパブリッククラウドを利用するよりも安価に運用できていた自社クラウドのコスト優位性を維持していくために、ひと工夫が必要になってきたのです。

この課題への取り組みの1つに、Savannaを効率的に監視する仕組みの実現が挙げられます。多数の拠点でさまざまなシステムが稼動していると、A拠点のM装置で故障が起きたとき、具体的に何のサービスに影響が出ているのかを把握し適切に対応する負荷が増加していきます。私たちは故障箇所ごとに影響が起きる範囲を可視化する仕組みを内製開発で実現しました。

このように、内製で機能を補いながら運営していくことができているというところにSavannaの強みがあると考えています。

### 外部環境の変化は基盤の検討方針にどのような影響を与えましたか。

このSavannaによる仮想基盤構想を含め、企業のプライベートクラウド基盤は順調に拡張・高度化していくものと想定していた中で、利用していた仮想化製品においてライセンス体系の見直しなど外部環境の変化が生じ、基盤コストや運営方式への影響が顕在化しました。

そこで当社では、特定の製品やベンダへの依存度を低減し、中長期的に安定した基盤運営を実現していくための選択肢を広げる観点から、マルチハイパーバイザー化に向けた研究開発や技術評価に着手しました。

当社業務への適合性の観点から、既存の基盤で提供している機能や運用ポリシーを大きく変更することなく再構成できる市中製品を探索したところ、Microsoft社製品であるHyper-Vにその可能性があったため、評価対象として選定しました。具体的な理由として、既存で調達しているハードウェア環境をそのまま利用で

きるカスタマイズ性の高さを持つことに加え、当社が求めている水準でのゲスト間の分離が実現できる権限設計を持っているといった背景が挙げられます。

マルチハイパーバイザー化にあたって、それぞれのハイパーバイザーが採用していた製品と同等の性能を出せるのかが不確定であったため、私たちは入念な性能評価を実施しました。RHELやWindows Serverなど使用頻度の高いOSでの性能評価として既定の検査コマンドを実行し、同等水準の性能を確認しました。特にストレージに関しては高い性能が求められる要件もあり懸念していましたが、R/W比率、ブロックサイズ、その他弊社環境で想定しているいくつかの条件において、多少の差が見られる組み合わせもありましたが、ハイパーバイザーごとに顕著な差異はなく、ストレージについても問題ないことを確認しました(図2)。

このように、マルチハイパーバイザー化の研究開発はおおむね順調に進んできたといえますが、すべてにおいてスムーズに進んできたわけではなく、苦労した点もさまざまありました。繰り返すにはなりますが、このHyper-Vに関する研究開発・技術評価で最大の肝となるテーマは、既存のサービス仕様に対し変更を加えずにいかにもマルチハイパーバイザー環境を実現できるかになります。そのため、本来のHyper-V環境にはない機能を実現したいという要件が、どうしても一部のユーザから出てきてしまうのです。そういった点をどうチューニングしながら実現していくのかを考えていく必要がありました。

1つの例が専用フェイルオーバーホストという機能になります。仮想基盤を構成するハイパーバイザーが物理的に故障した際、仮想マシンが異なるハイパーバイザー上で速やかに再起動される仕組みを利用していますが、この機能を仮想基盤の負荷状況にかかわらず確実に成功させるために必要な仕組みとして、これまで特定の物理サーバをフェイルオーバー専用の領域として動作させる

専用フェイルオーバーホストという機能を利用していました。しかし、Hyper-Vにはそのような機能が標準にはなく、専用フェイルオーバーホストと同じような動きをすることができるように、Hyper-Vの持つ機能を組み合わせ、実装上の工夫を行うことで既存環境と同等の機能を提供できるよう設計しました。

さらに、ゲストシステムの使っているソフトウェアによっては、Hyper-V上でサポート外のものもあり、ソフトウェアベンダごとにHyper-V環境のサポートを依頼するケースや、NTT研究所のOSS (Open Source Software) センタの協力を受けながら、対応方法を検討するようなケース、さらに、それでも難しいような製品は別の製品に切り替えるなどの対応を行いました。

このようにして、各種の課題に対応しながらマルチハイパーバイザー化に向けた研究開発を進め、約1年という短期間で、技術評価として一定の成果を取りまとめることができました。

マルチハイパーバイザー化に向けた技術評価で残る課題と今後の進め方を教えてください。

管理、仮想インフラ管理性や操作性において、改善余地が残る部分があると感じています。ここに関して、今後は図3に示すとおり、Azure Arcの管理機能を活用しながら、UIや管理機能の機能拡張をめざしていく方針としました。

Azure ArcはHyper-Vと同様、Microsoft社のサポートが受けられるとともに、シンプルで安定した廉価なIaaSというSavannaの強みを活かしつつ、Azureの高度な機能も活用することができる当社のコンセプトに合うサービスであることから、現時点ではこのサービスを利用していくことが機能拡張の研究開発に有効な選択肢の1つであると考えています。最近では、Hyper-V基盤が抱えている管理性の課題をAzureベースの機能で克服できる可能性を確認できつつあり、このサービスを活用してユーザからみたマルチハイパーバイザーの使用感をそろえていく研究開発を今後さらに加速していきます。

重要システムを安定的に運用していくためにもプライベートクラウド基盤の果たす役割は大切です。

Hyper-Vを利用した環境は画面UI (User Interface) や権限

当社は社会インフラを支える通信事業者として、長年にわたり

項目	Hyper-V (現在)	Hyper-V (Azure連携)
画面UI		
権限管理		
仮想インフラのオブジェクト管理		

図3 Hyper-Vの課題とAzure連携した今後の拡張方針

大規模かつ高信頼な設備を運用してきました。その中で培ってきた知見や運用ノウハウを踏まえ、社内の重要システムを支える基盤についても、過度に外部環境へ依存することなく、自らがコントロール可能な環境で安定性と継続性を確保していくことが重要であると考えます。

特に業務の根幹を支えるシステムについては、長期にわたり安定的に稼働できる設計・運用が求められることから、信頼性・可用性を確保しつつ将来にわたって持続可能なコスト構造となるよう、基盤の整備や運用の高度化を進めていく必要があります。

一方で、仮想化基盤を取り巻く外部環境は変化しており、従来デファクトスタンダードとされてきた特定製品への依存は、調達や運用の観点でリスクと再認識されるようになりました。こうした状況を踏まえ、当社では特定の製品やベンダへの依存度を適切にコントロールし、複数の選択肢を持てるレジリエントな基盤アーキテクチャを実現するための研究開発・技術評価を継続的に進めています。

大規模なシステムには、さまざまな製品が搭載され、多様なベンダが存在しています。そのため、M&Aなど外的な影響を受ける可能性を前提に、突発的な変化にも対応できる柔軟性を備えることが重要です。私たちが心掛けるべきことは、新しい技術をしなやかにカスタマイズして上手にフィットさせ、必要に応じてスムーズに取り込めるよう、日頃からレジリエントな筋力を鍛え続けていくことではないでしょうか。

## 今後はAIの力も借りてマルチベンダ構成の溝を埋めていく

仮想化基盤開発の中期的な展開についてお聞かせください。

今後は、「マルチベンダ化」が1つの大きなテーマになっていくと思います。仮想化基盤を取り巻く外部環境の変化を受け、仮想化レイヤにおけるハイパーバイザーはマルチ化が進みつつあり、今後、ここでの技術的な工夫が重要な課題になっていくと考えられます。マルチベンダ化により、さまざまな会社の製品を同時に使っていくとなると、画面や手順も異なり、稼働負荷が倍になるといった課題は昔からよく聞かれる話ですが、一朝一夕には解決へ至らない困難な問題の1つです。

ただ、昨今、AI（人工知能）や自動化といった技術は急スピードに進歩してきているため、私たちとしてはこの製品ごとの差分をかなり吸収しやすくなってきたと感じ始めています。AIや自動化の技術を活用し、トータルで整合を図りながら導入を検討し、現実的な運用を実践していくことが、今後非常に重要なテーマになっていくと思います。

私たちのシステムでは、ちょうど大規模刷新のタイミングが到来していることから、ここでAI技術を積極的に活用することを検討しています。基盤システムの中で採取されるさまざまなログから故障箇所を特定・分析し、自動での動作テストを行うといった、1歩進んだ世界観にチャレンジすることでマルチベンダ化によって、増えていってしまう製品差分や問題解決のナレッジをAIに極力オフロードしていけると理想的ですね。

今後、AzureのSREエージェント等、AI関連技術の適用性を引き続き技術評価し、段階的に導入を見据えて設計・検証を進めていきます。オペレータの復旧作業を支援するレコメンドの提示や、障害発生時の周知・1次対応に関する運用手順の自動化（支援）など、AIを活用した運用高度化の取り組みを進め、運用負荷の低減と復旧の迅速化に向けて次世代デジタル基盤を磨き上げていきます。

## 自分の目で見て触ってシステムを組み上げていこう

技術を磨いていくうえで大切にしていることを教えてください。

個人的には、自ら触って試すことをとても重視しています。実際に構築し、設定し、動かしてみて、初めて見えてくる問題点も多いと実感しており、その積み重ねがエンジニアとして引き出しの数を増やしてくれていると感じています。マニュアルを読んだだけで多くを分かった気になりがちですが、例えば、冷蔵庫のマニュアルだけ見ていると、冷蔵庫の使い勝手はなかなか分からず、実際に家電量販店へ行き、冷蔵庫を触って、扉の開き方がどうかあるとか、ドレッシングはここに入るものなのかといった実物を触って初めて気付くことがあると思います。

システム開発も同じで、自分の目で見て触って組み上げていかないと、その善し悪しが全く分からないと自分は考えています。そういった意味では、たとえ業務には直接関係なくても、最近話題になっているOSSやサービスなど自分が気になっている対象は直触り、動かしてみることを意識的に取り組んでいます。明確に役立つシーンはさほどなくても、プラモデルを遊び心でつくってみる程度で触ってみて、いろいろ苦労しながらも実際に動かせたら楽しいですし、偶然、将来の業務へもつながったらラッキー程度の軽い感覚で自分が興味あるものをさまざま触り、技術の幅を広げていくことはエンジニアとして重要な営みであると思います。

## 尖った技術者をどんどんつくっていき たい

NTT東日本での技術者の育成についてご意見を聞かせください。

私のチームには4人のメンバーがいます。人によって技術レベルに差がある場合は、なるべくそれぞれの人が食べられる最大サイズの大きさにタスクを切り出して渡し、実際に手を動かしてもらうことをチームの方針としています。特に若手のメンバーには前述のとおり、実機を積極的に触り動かしてもらっています。私が所属している先端テクノロジー部 クラウドサーバ技術部門には、私と同じように、自分の手で実機を触ることが好きなメンバーが集まっていますので、その調子でどんどん進めていこうと背中を押しています。

また週に1回、部門メンバーが集まり、「私はこんなことをやってみたので、その内容を聞いてください」といった個人発表の時間を設けており、「自分が触って見たらこんな感じで、こういったことに役立った」と全メンバーへ情報を共有しています。そういった営みの中では、実際に物をつくっていく感覚や、ほかの人にその良さを伝えていく練習も兼ねているため、これを継続し少しずつ積み重ねながら、各人のスキルを伸ばしていければと思っています。

プライベートクラウドは、将来にわたっても必須の技術領域といえ、このノウハウを脈々と受け継いでいかななくてはなりません。未来の世の変化に対して柔軟に対応していけるメンバーを組織的にどう育てていくのか、その道筋をいかに引いていくかが、私の次のミッションになっていくのではないかと考えています。

事業会社で研究開発をしていると、さまざまな事業上の制約や非エンジニアリング的な調整が膨大に発生してしまいます。若手の将来について考えたときに、その調整業務を経験していくこと自体良いことではあるので、そのような状況下においても、いかに必要となる技術要素を確実に効率良く獲得し、成長していける環境をつくっていけるかが重要です。外部との調整業務と、コア技術育成のための中核技術の深掘り業務とを整理し、技術者が育っていける持続可能な組織体制や育成計画を策定していくことが、中長期的に大変重要なテーマであると思います。放っておくと調整業務が多くなりがちであるため、そこをいかにうまくコントロールしてあげるかが、今後の仕組みの持続性において肝になっていきます。

NTTグループの人事制度は変わり、スペシャリストコース (SG) という枠組みが新設されました。またNTT東日本ではITの即戦力としてデジタル採用で入社した優秀な若手もあり、私のチー

ムや周囲のチームでも活躍しています。ちなみに私は他社でシステム運用やサービス設計に10数年間携わった後、2023年に転職してきたエンジニアです。こういった専門スキルを持った人材も、徐々にではありますが活躍できる環境が当社においても整いつつあります。高いスキルを持った若手たちが安心して技術のコア部を一層攻めてもらえるよう人事環境や組織環境を整備していきたいと考えています。

## あらゆる関係者にも技術の本質を理解 してもらえるコミュニケーション力を 身につけよう

後輩の技術開発者に向けてメッセージをお願いします。

事業会社の研究開発という目線にはなりませんが、コアとなる基礎技術や製品への理解は大前提にあり、それらの勉強はもちろん必須です。しかし、それだけではある水準以上を越えることができず、技術にバックボーンのある専門家として、技術知識が十分ある人に対してはもちろんのこと、仮にほとんどない人たちに対して也十分理解してもらえるようなコミュニケーション力をつけていきましょう。これは大変重要なスキルなのです。

技術側ではない他の組織との交渉や、調整の綱引きを行っていく中で、最終的に技術的に正しいといえる範囲内に着地できるようなトータルコーディネートしていく力は、技術開発者としてとても大切なことだと思っています。これは経営層に対しての説明においても同様です。自分自身でもこれについては日々至らない部分であると痛感するところではありますが、それらを含めて開発者の技術力であると固く思っています。

そうしたスキルは筋肉のようなもので、日々トレーニングしていかないと絶対強くなっていきませんし、逆にたゆまず筋トレを続けていけば着実に強くなるものであると信じていますので、「実機を触って楽しかったです。勉強になりました」では終わらずに、「それが、どういったときに、どういう背景で、どのように役立つのか」をしっかり読み解き、理解したうえで、さまざまなバックボーンを持った人たちにも分かるように伝えてほしいです。例えば、チームメンバーや上司に自分がトライしてきたことを日頃からプレゼンテーションし、具体的にアウトプットしていくことが、この筋肉をつけていくための第一歩であり、とても重要な要素であると考えます。このような営みは地味でコツコツとした作業にはなりませんが、大きなプロジェクトにおいて力を発揮する源泉になりますから、積み重ねていただきたいと思っています。



NTT未来ねっと研究所/NTTデバイスイノベーションセンタ  
特別研究員

**中村 政則** Masanori Nakamura

## 切望される大容量・長距離伝送を実現、 飛躍する超高速光変復調技術

インターネットトラフィックの増大を背景に、技術発展による通信技術の高速大容量化が継続的に進められています。ビジネスのデジタル化、クラウドサービスの増大、リモートワークやAI（人工知能）の高性能化などによるデータ通信量の指数関数的な増加に対して、技術革新によるネットワークの大容量化は一朝一夕には達成できません。今回はこうした現在のインターネットトラフィックの増大に対応すべく研究・開発を続けている「超高速光変復調技術」のトップランナー、中村政則特別研究員にお話を伺いました。

◆PROFILE：2011年早稲田大学先進理工学部応用物理学卒業。2013年同大学大学院先進理工学研究科物理学及応用物理学専攻修士課程修了。同年、日本電信電話株式会社入社。2021年大阪大学大学院工学研究科にて博士（工学）取得。超高速デジタルコヒーレント技術を用いた大容量・長距離光伝送の研究に従事。2016年IEICE光通信システム研究会奨励賞。2022年IEICE光通信システム研究会論文賞。2022年第67回前島密賞。2025年Optica Tingye Li Innovation Prize (OFC)。



**より多くの情報をより速く、より遠くまで正確に届けるために**

■具体的にどのような研究に取り組まれているのですか。

現在、PC、スマートフォンやタブレットといったデバイスからIoT（Internet of Things）機器まで、ビジネスに活用されるハードウェアが普及し、高画質な写真や動画、売上データや顧客の購買データなど、扱うデータ量が増えたことでインターネットトラ

フィックは急増しています。また各社から続々と開発されているAI（人工知能）が高性能化し、このAIが普段使われるようになると、近い将来、ますます通信量は増大することが見込まれています。こうした通信量の増大に伴って、その需要に対応するインフラの供給者である私たちは、より多くの情報をより速く、より遠くまで届けることが必須業務となっています。

まず、光通信ネットワークについて説明しましょう。現在の光通信ネットワークは階層構造になっています（図1）。一般家庭

### 光伝送ネットワーク（イメージ）

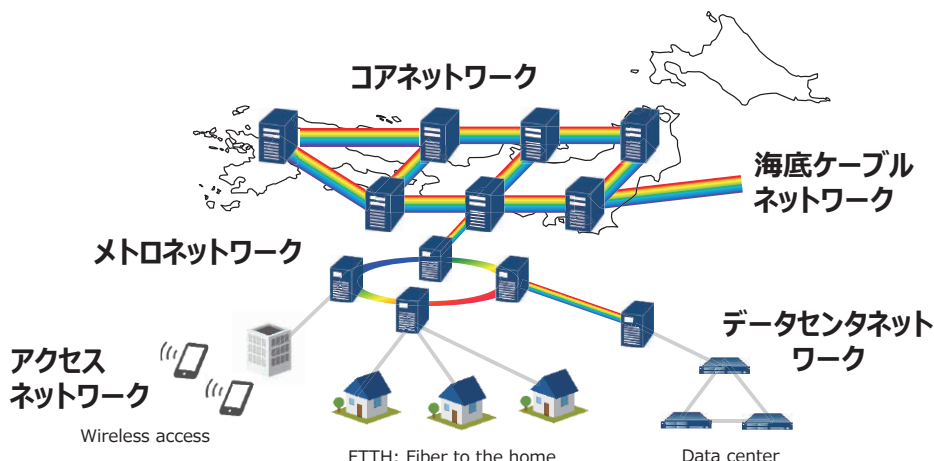


図1 光通信ネットワークの階層構造



やオフィスなどから発信されたデータはアクセスネットワークに集約され、メトロネットワーク（都市圏のネットワーク）、コアネットワーク（都市間のネットワーク）へと段階的に束ねられて伝送されます。これは多数のユーザによるデータを大容量回線にまとめて伝送することで、ネットワーク全体のコストを下げ、効率化を図るためです。このため、上位のネットワークほど必然的に要求される伝送容量は大きくなります。この上位のネットワークでは、光ファイバ1本の中に複数の波長を束ねて同時に送る「波長多重」が使われており、このそれぞれ1波長に載せられる情報量を高めることでネットワーク全体の大容量化を実現しています。この1波長当りの伝送容量を高めるために現在使用されているのが「デジタルコヒーレント技術」という方式です。

この「デジタルコヒーレント技術」の中心となる「DSP-LSI」というデバイスで用いられる信号処理アルゴリズムの検討が私の研究の1つです。そしてこのデバイス自体の開発や改良にもかかわっています。

■研究の要となる「デジタルコヒーレント技術」について教えてください。

「デジタルコヒーレント技術」というのは、光の位相や偏波を利用したコヒーレント通信に、デジタル信号処理技術を組み合わせた光伝送技術です。光伝送の高速大容量化および長距離化の鍵となる技術であり、現在も研究・開発が続けられています。

具体的にはデータの送信側で、送りたいデータを送信DSP（デ

ジタル信号処理部）で変調に適した信号へ変換し、DAC（デジタル-アナログ変換器）で変調信号（アナログの電気信号）に変換した後、送信光フロントエンドでレーザ光に情報を載せて光信号として送信します。光ファイバ伝送路を經由して届いた光信号は、受信側の光フロントエンドで復調信号（アナログの電気信号）を取り出し、ADC（アナログ-デジタル変換器）でデジタル信号に変換した後、受信DSPで歪みを補正して元のデータを復元します（図2）。

このコヒーレント方式の特徴は、受信側にも局発レーザ光源を用いることで光の振幅と位相の両方を正確に読み取ることができる点にあります。これにより1回の信号変化でより多くのビット情報を載せる「多値変調」が可能になります。1波長当りの伝送容量は、この多値変調で載せる情報量と、1秒間に信号を変化させる回数（変調速度：シンボルレート）の掛け算で決まるため、この両方の数値を高めていくことが重要になります。なお、送信DSP・DAC・ADC・受信DSPの各機能は、実際には「DSP-LSI」と呼ばれる1つの半導体チップに集積されており、これがデジタルコヒーレント光伝送の要となるデバイスです。

■「DSP-LSI」とはどのようなものなのでしょうか。

「DSP-LSI」というのはデジタル信号処理に特化したLSI（大規模集積回路）です。デジタル信号処理技術は無線通信をはじめ通信分野で広く使われていますが、光通信でも2010年ごろからデジタルコヒーレント技術に対応したDSP-LSIが実用化されました。

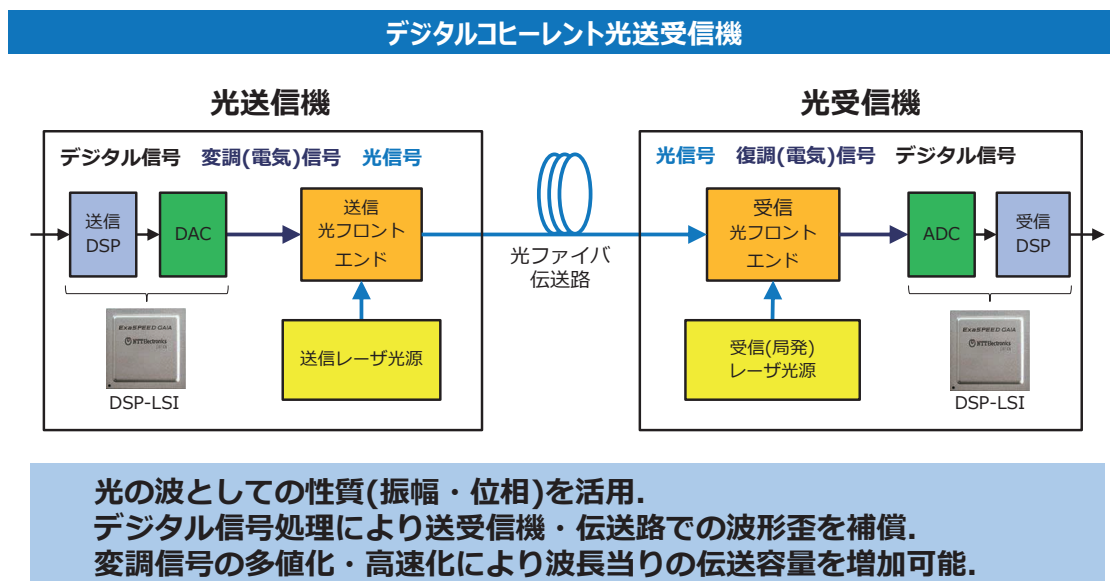


図2 デジタルコヒーレント技術の概念図

私がNTTに入社した2013年は第1世代が実用化され、第2世代の開発が進められていた時期になります。この第1世代のDSP-LSIは、1波長当り100 Gbit/sの伝送容量でしたが、その後200 Gbit/s、600 Gbit/sと世代を重ねるごとに容量を引き上げてきました（図3左）。各世代で光ファイバの中で生じる波形の歪みを、デジタル信号処理で補正する技術が成熟しつつあり、次の課題として、さらなる伝送容量・伝送距離の向上が求められていました。

当時の私はまず、情報理論を用いたアプローチに取り組みました。情報理論の光通信への適用はまだ始まったばかりの時期でした。光信号に情報を載せる際の「信号点の配置」を工夫することで、同じ条件でもより多くのデータをより遠くまで送れるようにする研究でした。光の振幅と位相の組み合わせで表される信号点をどのように並べ、どの信号点をどれくらいの頻度で使うかによって伝送性能が向上します。現在ではこのような情報理論に基づいた手法は光通信において広く使われるようになってきました。

その後、さらに研究の幅を広げて光ファイバ中の歪みだけでなく、光の送受信器に使われる電子デバイスや光デバイスの理想からのずれをデジタル信号処理で高精度に推定・補償する技術にも取り組んできました。図2に示した各ブロック（DAC、光フロントエンド、ADCなど）はそれぞれ固有の特性を持っており、変調信号の多値度や速度が上がるほど信号への影響が大きくなるた

め、DSPによる高精度な補正がますます重要になってきています。

さらに現在は、変調速度そのものを高速化して1波長当りの伝送容量を大幅に引き上げる研究に加え、信号処理アルゴリズムの最適化による高性能化および低消費電力化にも取り組んでいます。

### 研究と開発の好循環で挑む、さらなる大容量化

#### ■研究でご苦労された点や今後の課題点などを教えてください。

私は1波長当りの伝送容量の大容量化を追求する研究と、実用化に向けたDSP-LSIの開発の両方に携わっています。両方で最先端を走り続ける大変さがありますが、研究の知見が開発に活き、開発の課題が次の研究につながるという好循環が得られています。現在苦労しているのは、世界のライバルとの競争の激しさです。光伝送の世界記録を達成しても、次の国際会議でほかのグループに記録を塗り替えられることもあり、常に最先端を走り続けるプレッシャーがあります。また、実用化に向けたDSP開発のスパンも年々短くなっており、最近では長距離・大容量向けのDSPとデータセンタ向けの低消費電力DSPの開発をほぼ同時に進めています。こうした研究と開発を並行して進める必要性から、研究のための実験に使える時間は学会の投稿締め切り前に集中せざるを得ないことも多く、時間のやりくりには常に苦心しています。しかし、

## DSP-LSIの進展と、1波長当りの大容量超高速光伝送の成果

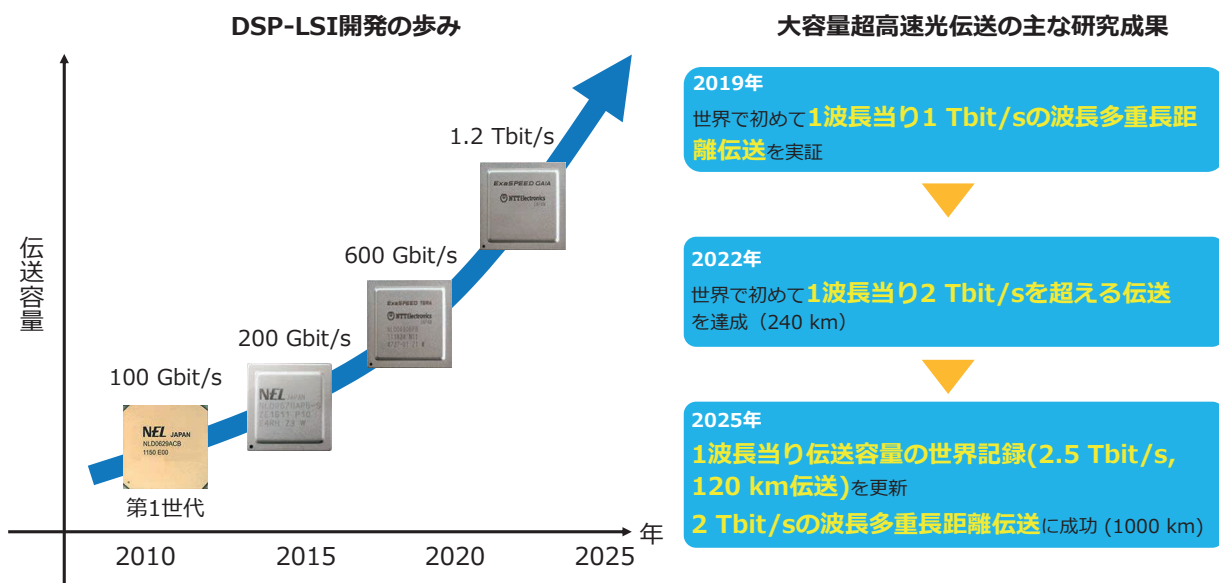


図3 デジタルコヒーレント用DSP-LSIの進展と超高速光変復調技術の成果



「電気帯域多重・分離方式」でさらなる高速化と大容量化へ（送信部）

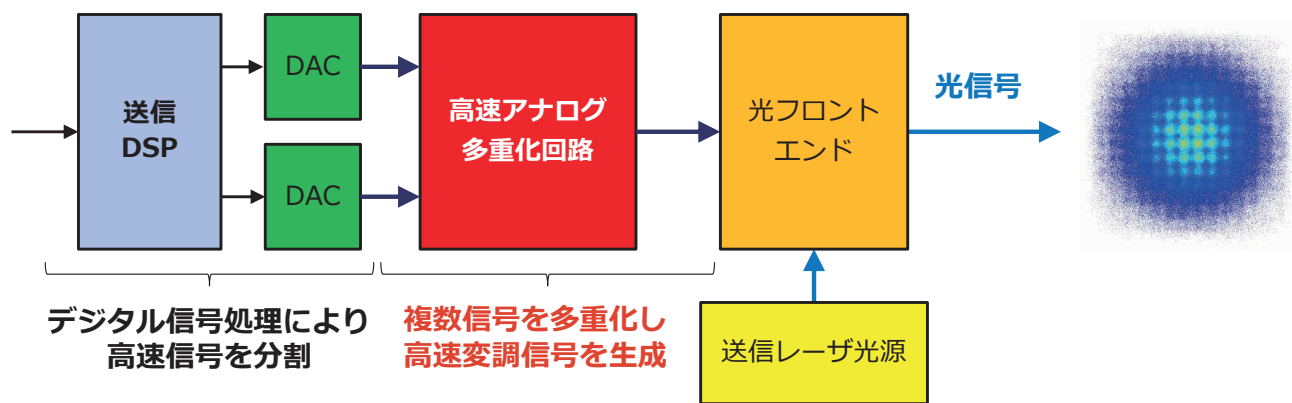


図4 「電気帯域多重・分離方式」でさらなる高速化・大容量化へ

この両輪から得られる成果は大きく、研究面では、2019年に世界で初めて1波長当り1 Tbit/sでの波長多重長距離伝送を実現し、2022年には世界で初めて2 Tbit/sを超える伝送を達成、さらに2025年には1波長当り2.5 Tbit/sで伝送容量の世界記録を更新するとともに、2 Tbit/s超の波長多重長距離伝送にも成功しています（図3右）。こうした研究で得られた知見は開発にも直結しており、1波長当り1.2 Tbit/sの伝送を実現するDSP-LSIの開発でも成果を上げています（図3左）。この好循環があるからこそ、両輪を回し続けることを大事にしています。

一方、技術面での課題としては、DSPとアナログ信号の間を変換するDAC・ADCの帯域が挙げられます。現在主流のCMOS半導体技術ではDAC・ADCの動作速度が限界に近づいているといわれており、変調速度のボトルネックになると予想されています。そこで、CMOSを超える速度で動作する高速アナログ回路を用いて、送信側では複数のDAC出力を合成し、受信側では受信信号を分離して複数のADCで取り込む「電気帯域多重・分離方式」に取り組んでいます。図4に送信部の構成を示します。この方式により、DAC・ADCの帯域を超えた変調速度を実現でき、波長当りの伝送容量のさらなる限界追求が可能になります。このような高速アナログ回路はNTT先端集積デバイス研究所が設計・作製しており、私たちはそのデバイスを光送受信機に組み込み、伝送実験で得られた結果を基に要求条件や改善点をフィードバックしています。前述したデバイス補償技術を活用し、アナログ回路の理想からのずれをDSPで推定・補償しながら光送受信システム全体を最適化していくのが私たちのアプローチです。この電気帯域多重方式の研究が評価され、2025年には光通信分野の若手研究

者に贈られる国際的な賞であるOptica Tingye Li Innovation Prizeを受賞しました。

■今後の研究の展望を教えてください。

大容量の長距離伝送を可能にする超高速光変復調技術というのは、インターネットを支える基幹ネットワークやデータセンタ間の通信基盤に直結しています。近年、高精細映像配信やリモートワークの普及、さらに生成AIの急速な拡大により、通信トラフィックは増え続けています。特に生成AIでは、大規模言語モデルの学習や推論のために、膨大なデータがデータセンタ間を常時行き来しており、データセンタ間接続（DCI）の帯域需要がこれまでにないペースで拡大しています。こうした需要にこたえるには、光ファイバ1本当りの伝送容量を大幅に引き上げる必要があります。私たちが取り組んでいる「1波長当りの伝送容量の最大化」がその鍵を握っています。NTTが推進するIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想でも、光電融合技術をベースに低遅延かつ大容量のネットワークを実現することをめざしています。すなわち、超高速光変復調技術は、IOWNがめざす大容量光伝送を支える技術であり、次世代ネットワークを実現する大きな土台になるものだと考えています。

今後は、超高速アナログ回路技術とデジタル信号処理技術を融合させた光送受信システムの高度化をさらに進めていきます。伝送容量の大容量化に伴い、アナログ回路の理想からのずれをDSPで補償する技術や超広帯域信号を効率的に扱う新しいシステムアーキテクチャの重要性が増しています。目標としては、1波長当りの伝送容量をさらに引き上げ、次世代の基幹ネットワークが求め

る大容量伝送をより効率的に実現することです。研究所を越えた連携による電気帯域多重・分離方式の実用化も視野に入れながら、研究と開発の好循環をさらに加速させ、増大する通信需要を支える次世代の光通信基盤の実現に貢献していきたいと考えています。

#### ■所属されているNTT未来ねっと研究所についてどのような印象をお持ちですか。

私の所属するNTT未来ねっと研究所（未来研）は、基盤的研究を主とするNTT先端技術総合研究所の所属でありながら、基礎的な研究だけでなく実用化に向けた開発にも取り組んでいる点が大きな特徴です。専門分野を越えて自由に議論できる雰囲気の中で、研究と実用化の両面で世界最先端に挑んでいるという印象です。私自身は「試行錯誤を楽しむ」ことをモットーにしており、自分で立てた予想を検証し、結果から次を考えるというサイクルに面白さを感じています。研究の知見が開発に活き、開発の課題が新たな研究テーマになるという未来研ならではのサイクルが、研究開発に取り組み続ける原動力になっています。また、研究や開発のフェーズや自身のライフスタイルに合わせてリモートワークや出社など働き方を柔軟に選べる点もこの研究所の特徴です。私自身は実験装置に直接触れながら考えたいですし、ホワイトボードを前に対面で議論する中から生まれるアイデアも大切にしたいので、基本的に毎日出社して研究開発に取り組んでいます。

未来研全体では大容量・超高速の光伝送技術、フォトニックネットワーク、次世代ワイヤレスシステムなど、数多くの研究者たちが将来のネットワークの根幹にかかわる幅広い研究を行っており、そこで得られた成果を実際の通信システムへつなげていく開発も並行して進めています。私の研究グループでは、光変復調技術やデジタル信号処理を専門とする研究者に加え、光ファイバ伝送の専門家が集まっています。さらに、NTT先端集積デバイス研究所のアナログ回路の専門家や、NTTデバイスイノベーションセンタの光デバイス開発チーム、およびNTTイノベティブデバイス社のDSP開発チームとも密に連携しています。光伝送システムの性能は個々の技術だけで決まるものではなく、DSP・アナログ回路・光デバイスからなるシステム全体の性能をどう最大化するかという設計が重要になるため、複数の専門分野の知見を持ち寄って研究開発に取り組むことが日常的で、各分野で高い専門性を持ちつつ、システム全体を俯瞰しながらその強みを掛け合わせて取り組める点は、NTTの光伝送研究の大きな強みであり、未来研はこうした連携のハブとしての役割も担っていると感じています。

#### ■最後に読者や学生の方へのメッセージをお願いします。

光通信の研究には、理論的な側面と工学的な側面の両方があり

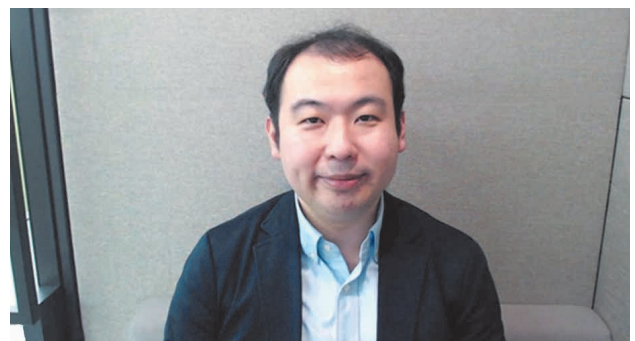
ます。理論から予測を立てて実験で確かめることもあれば、実測データから新しい仮説が生まれることもあり、アプローチの方向性が1つではないところにこの分野ならではの面白さがあります。私自身、大学では宇宙物理学を専攻しており、光通信はNTTに入社してから始めた分野です。異なるバックグラウンドからでも十分に活躍できるフィールドですし、むしろ違う視点を持っていることが強みになる場面も多いと感じています。光通信システムは、信号処理や情報理論、半導体デバイス、光学など、かかわる技術領域がとて広く、最初は学ぶべきことの多さに苦労しましたが、その分だけ新しいことを学ぶ楽しみも尽きないジャンルといえます。

NTTの光通信研究は黎明期から世界の最先端を走り続けています。その中で世界記録を競う緊迫感を味わいながら、自分が携わった技術が実用化されていくスピード感に大きなやりがいを感じます。もちろん私1人ですべてをカバーできるわけではなく、NTT内の研究者はもちろん、共同研究先の企業や協力会社の方々など、多くの人の力を合わせて成果を出してきました。海外のライバルたちとも国際会議で交流もあり、良い刺激をもらっています。

光通信はインターネットを支える社会インフラの根幹であり、急速に普及するAI時代を迎えてさらなる大容量化への期待が高まっている分野です。これからも多くの方々と一緒に進んでいきたいと考えていますので、興味をお持ちの方がいれば、ぜひ一緒に取り組めればうれしいです。この分野に挑んでみたいと考えている方はもちろんですが、専門が違うから自分には関係ないと思っている方でも、まずはNTT研究所のインターンシップ<sup>(1)</sup>で研究の現場を体験してみてください。実際に手を動かしてみると、自分の知識や視点が意外なところで活かせることに気付けると思います。

#### ■参考文献

(1) <https://www.ntt-labs.jp/saiyo/internship/>



(今回はリモートにてインタビューを実施しました)



# NTTアドバンステクノロジー株式会社

<https://www.ntt-at.co.jp/>



## お客さまとともに進化し続けるバリューパートナー ——未来を拓くチカラと技術

1976年の創立以来、NTT研究所の先端技術のビジネス化を中核的に担ってきたNTTアドバンステクノロジー（NTT-AT）は、本年で創立50周年を迎えました。混沌とするビジネス環境の変化に正面から向き合い、組織体制を刷新するとともに、長年培ってきた技術力と豊富な導入実績を礎に、生成AI（人工知能）という新たな潮流にも積極的に挑んでいます。さらに昨年は、「人と技術の協奏で持続可能な社会の実現へ」というパーパスを策定し、技術開発支援にとどまらず社会への貢献をより強く意識した集団へと進化していくことを掲げています。今回、伊東匡社長に、創立50年の歩みと組織変革、生成AIへの注力や今後の展望について伺いました。



NTTアドバンステクノロジー  
伊東匡社長

### 創立50年の歩みと4つの事業領域を柱とした事業展開

#### ■設立の背景と会社の概要について教えてください。

NTTアドバンステクノロジー（NTT-AT）は、1976年に日本通信技術株式会社として設立されました。その後、1985年にNTT技術移転株式会社に社名を変更し、NTTグループの技術的中核企業として、NTT研究所が生み出すネットワーク・メディア処理・日本語処理・環境・光デバイス・ナノデバイスなどの多岐にわたる技術のビジネス化を支援してきました。そして1990年に現在の社名であるNTTアドバンステクノロジーへと改称し、2026年で創立50周年を迎えました。

現在は「アプリケーション」「マテリアル&ナノテクノロジー」「ソーシャルプラットフォーム」「トータルソリューション」の4つの事業領域を柱に、幅広いビジネスを展開しています。コーポレートミッションに掲げる「未来を拓くチカラと技術。」のもと、NTT研究所の技術をはじめとする世界の先端技術を広く取り入れ、それらを融合することで、お客さまの課題解決と価値創出を継続的に追求しています。

### 変化する市場環境への対応と、新たな事業運営体制への再編

#### ■注力している事業や組織体制の変革について教えてください。

ビジネスを取り巻く環境は、以前にもまして混沌としており、将来を見据えることが一層難しくなっています。ネットワークか

らサービスへ、国内からグローバルへと、NTTグループ全体の戦略も大きく変化する中、NTT-ATもまた、世の中の動向を踏まえ事業の方向性を変化させ続けています。一方でNTT-ATは、1976年の創立以来、ビジネス環境の変化やNTTグループにおける事業構造の変革へ柔軟に適応し、先進的かつ実用的な技術力をコアとして事業を進め発展を遂げてきた企業でもあります。今後もNTTグループにとって、そして社会にとって、必要不可欠な存在であり続けることをめざしています。

こうした中で、中期事業計画においては「先進的ICTプロバイダ」としての確立を目標に掲げ、マーケットの動きに柔軟かつダイナミックに対応する体制づくりを推進しています。その一環として、2024年7月にはこれまでの13事業本部を4つのビジネス本部と1つの戦略室に再編しました。この新体制のもと、各組織が自らの判断で動き、その責任を自らが担う事業運営へと転換を図っています。

まず「アプリケーション・ビジネス本部」では、AI（人工知能）技術やRPA（Robotic Process Automation）・エネルギー分野・データ流通・解析など最先端のデジタル技術を、戦略的なIP（Intellectual Property）調査分析もダイナミックに掛け合わせながら、さまざまな産業界と連携した製品・サービスを創出し、持続的かつ抜本的なCX（Customer Experience）の向上を実現していきます。次に「マテリアル&ナノテクノロジー・ビジネス本部」では、ナノエレクトロニクスや光、環境分野において他社には成し得ない革新的な材料・製品・サービスを開発・提供します。IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）をはじめとするネットワークビジネスや、エネルギー、カーボンニュー

トータルビジネスに対応した、安心・安全・高性能・高効率・高信頼な材料・製品・サービスの創出を通じ、グローバルへの展開も図っていきます。さらに「ソーシャルプラットフォーム・ビジネス本部」は、レガシーを含むネットワークとセキュリティの設計・構築・運用・監視にわたる高い技術力により、安定的かつ効率的な社会インフラの実現に貢献します。また、IOWNや国内外の社会インフラにおいて、最新の技術開発からそのインフラへの導入・運用・維持にわたるライフサイクルにかかわり続けることで、サービスやプロダクトビジネスを牽引します。そして「トータルソリューション・ビジネス本部」は、ビジネス本部の枠を越え、全社の製品・サービスと市中製品とを活用したGo-to-Marketによる統合的ソリューションビジネスを展開し、お客さまの課題へタイムリーに対応し続けることでベースロード事業としての拡大を図ります。

「アライアンス戦略室」では、最新の技術動向や市場動向の把握とカスタマーボイスの収集を基にビジネス化戦略を策定し、さまざまな企業や団体などとの戦略的アライアンスを通じてアクションプランの策定と実行のPDCAを回します。そして、ビジネス本部が持つコアコンピタンスと他社アセットとのコラボレーションによる製品・サービスを創出し、ビジネスを拡大します。

## 生成AIを起点とした新たな成長ドライバーの創出

### ■最近のホットなテーマについて教えてください。

中期事業計画では、技術力で他を先行するコアコンピタンスを



図1 RelAiのブランドイメージ

基軸に、新規ビジネスや自社商材といった新たな成長ドライバーを世に出し続けることを掲げています。そのような中、2025年は生成AI関連で成果が生まれ始めました。

### (1) RelAi™ (リライ) ナレッジアシスタント

まず、生成AIを活用した新たな自社ブランド「RelAi (リライ)」を立上げ、その第一弾として「RelAi ナレッジアシスタント」の提供を2025年8月に開始しました。RelAiは、NTT-ATが40年以上にわたり培ってきた言語処理技術と、生成AI・大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)に関するノウハウを基に、Reliable (信頼できる)、Relational (関係を築く)、Relaxing (安心感のある)の3つをコンセプトとした、自治体・企業向けのAIブランドです(図1)。

RelAi ナレッジアシスタントが解決をめざす課題は明確です。自治体では現在、住民サービスの拡充に伴い業務量が増える一方、ベテラン職員のリタイア増加や人材確保の難しさから、業務ノウハウの引き継ぎが滞りやすい状況にあります。「以前にも対応したはずなのに資料が見つからない」といった情報共有の課題に加え、多くの生成AIサービスが登場する中、自治体固有の知識を踏まえた回答が得られない、RAG (Retrieval-Augmented Generation)\*の精度が不十分で活用が前進しないといった悩みも多く聞かれます。こうした状況に対し、RelAi ナレッジアシスタントは、自治体内に蓄積された議事録・対応履歴・マニュアル・所内報など膨大な文書をAIが解析し、自然な言葉で入力するだけで必要な情報を迅速に提示するソリューションパッケージです。

標準提供シナリオとして、「問い合わせ対応」「PR文の提案」「過去事業の課題検討」「新事業の提案」「議会議事録の抽出・議会答弁案の生成」「起案文書の作成・添削」の6種類を提供しており、いずれも導入済みの自治体の利用実績を基に標準化されています。例えば「問い合わせ対応」では、自治体独自の文書やデータを基に、住民からの問い合わせへの回答案を生成します。「議会議事

\* RAG: 外部データの検索結果を組み合わせることで、生成AIの回答精度を向上させる技術のこと。

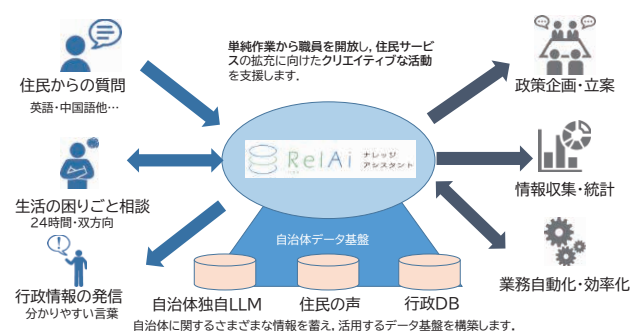


図2 自治体におけるRelAi ナレッジアシスタントの活用法

録の抽出・議会答弁案の生成」では、議会議事録から指示したテーマに関連する発言を抽出・要約し、想定質問や答弁案の作成まで一括して支援します（図2）。

システム面では、WebデータのほかPDF・Word・Excelなど既存の資料をそのまま活用できます。データ投入やRAGのチューニングはNTT-ATの言語処理・AI専門家が担当するため、自治体側に専門知識は不要です。運用開始後も、要件定義からサービス設計・精度改善に至るまで一貫してサポートします。セキュリティ面では、AIの学習内容が閉じたシステム内で完結し外部に漏れる心配がなく、LGWANとの閉域網接続にも対応しています（図3）。さらに、ローカルLLMを用いたオンプレミスでの提供も可能です。すでに東京都葛飾区での先行導入を皮切りに、「安心と信頼のAI」として自治体DX（デジタルトランスフォーメーション）の新たなスタンダードを創出しつつあります。

(2) WinActor®AI連携ライセンス (AL)

一方、2014年から国内RPA市場を牽引してきた「WinActor（ウィンアクター）」においても、生成AIとの連携機能を標準搭載した新ライセンス「AI連携ライセンス (AL)」を2025年に発表しました。WinActorはVer.7.5より生成AIとの連携機能を標準搭載し、定型業務の自動化にとどまらず、従来のRPAでは対応が難しかった「判断を伴う非定型業務」の自動化にも対応できるようになっています。ALはその生成AI連携機能を、より手軽で、より柔軟に活用できるようにした新しいライセンス形態です。

ALの特長は、生成AIベンダとの個別契約やお客さま側でのライセンス管理製品の準備が一切不要な点です。ALの契約にNTT-ATが管理するAzure OpenAIの利用契約とライセンス管理サーバの利用が組み込まれており、購入後すぐに生成AI連携機能を利用開始できます。またフローティングライセンス方式を採用しているため、端末を固定せず複数の端末で共有利用でき、端末1台からのスタートにも対応しています。なお、お客さまのデータが生成AIの学習に利用されることはなく、情報漏

洩のリスクなく安心して活用できます。

ALで利用できる生成AI連携機能は3種類です。まず「対話によるシナリオひな形作成」は、チャット形式により指示するだけでシナリオのひな形が自動生成される機能のため、シナリオ作成が初めての担当者でも簡単に作業を進められ、開発期間の大幅な短縮と業務の標準化・属人化解消が期待できます。次に「帳票操作の簡単化」は、生成AIが帳票の内容を自動で理解し、バラバラなフォーマットの帳票でもフォーマットを意識することなく変数名・値・位置情報などを抽出してシナリオを作成できる機能です。これにより入力ミスの削減と作業時間の大幅短縮を実現します。さらに「シナリオ内生成AI応答利用」では、テキスト生成と画像認識の活用が可能です。テキスト生成では問い合わせへの回答作成、文書の要約、AI翻訳などをシナリオの中で自動化でき、画像認識ではFAXや手書き申請書などから必要な情報を生成AIが自動で認識・抽出し、システムへの入力までを一貫して自動化できます。このように8500社を超える導入実績を誇るWinActorに生成AIの力が加わったことで、業務効率化における新時代の幕が開かれたといえます。

■今後の展望についてお聞かせください。

創立から50年を振り返ると、規模も事業内容も大きく進化し、NTTグループにおけるNTT-ATの役割は、創立当初には全く想像し得なかったものになっています。ハードからアプリケーション、DX・AI・ネットワーク・ソリューション・セキュリティ・光・ナノテク・環境などへと技術分野を拡げながら歩んできた50年は、時代の変化と真摯に向き合い続けてきた歴史そのものです。今後のあるべき姿を見据えたとき、技術開発支援というNTTグループの一員としての役割に加え、社会への貢献をより意識した集団へと進化していくことが必要であると考えています。

こうした考えのもと、昨年、企業活動における飛躍的成長と持続可能な社会の形成への寄与を掲げたパーパス「人と技術の協奏で持続可能な社会の実現へ」を策定しました。社員1人ひとりが自らの存在意義を、パーパスに掲げる“環境・暮らし・ヒト”の3つの視点から問い続けることで、社会に貢献する意志を育み、その意志の結集こそが企業成長の原動力になると確信しています。こうした活動の積み重ねが、私たちがめざす「先進的ICTプロバイダ」への進化につながっていきます。NTT-ATは、次のステージに向けてその歩みを加速させていきます。

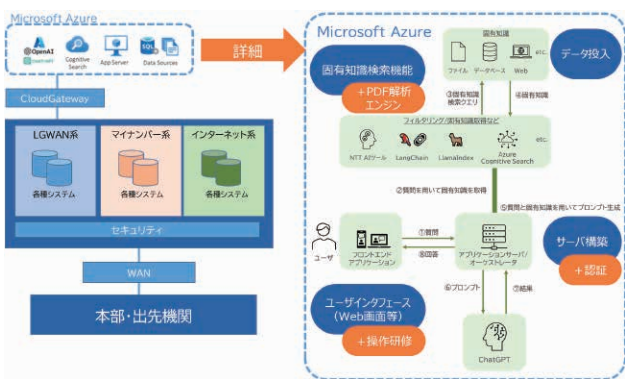


図3 RelAIナレッジアシスタント構成図

担当者に聞く

## NTT 研究所支援や自治体 PoC 検証から得た知見・ノウハウで社会のDX化に挑戦

アプリケーション・ビジネス本部  
AIストラテジビジネス部門  
ビジネス開発担当  
統括マネージャ 博士（工学）

富田 準二 さん

### ■担当されている業務についてお聞かせください。

生成AI事業において、NTT 研究所からの受託による開発支援・技術検証や、自治体とのPoC (Proof of Concept) を通じた検証を担当しています。そこで得



られた知見をサービス企画・商材化に反映させることが主な役割であり、具体的にはRelAiナレッジアシスタント、窓口AIエージェント、シソーラス辞書を対象に、企画開発や販売促進から、チーム運営、他部署との連携まで幅広く担っています。また、NTT 研究所案件や自治体PoCで蓄積した実証的なノウハウを、再利用可能な生成AIサービスとして展開することにも注力しています。これら1つひとつの業務を個別の検証で終わらせることなく、事業として継続的に提供できるかたちに昇華させていくことが重要だと考えています。

### ■今後の展開についてもお聞かせください。

変化の激しい最新技術への継続的なキャッチアップとして、他社にはない価値を持つサービスをかたちにすることが課題です。こうした課題に対し、NTT 研究所からの受託および自治体とのPoCで培った知見を統合し、技術と実装を両立することによって自治体DXに実効性をもたらすサービスを実現していきます。

## NTTアドバンステクノロジー ア・ラ・ワ・ル・ト

### ■バラエティ豊かな社内サークルが、タテヨコの関係性を育む

2023年度の社内制度見直しによりサークルの発足や運営のハードルが下がり、新規サークルの設立や各サークルの情報発信が一気に活発化してきたようです。以前から継続していた6つのサークルに加え、新たに11のサークルが発足し、現在は17のサークルが活動しているとのこと（写真）。

ジャンルは陸上・テニス・草野球といった定番のスポーツはもちろん、着物・ワイン・靴磨き・ダーツ・AI学習・ボードゲーム・健康麻雀などバラエティに富んでいるとことで、「ソデフルズ」「ワインを嗜む会」「ブラシ道場」「国士無双」といったユニークなネーミングのサークル名も目を引きます。サークル活動はあくまで有志による取り組みながら、部署や年齢を超えた交流の場となり、気軽に話せるタテヨコの関係づくりに大きく貢献しているようです。

また、最近ではグローバル社員の参加も増えており、社内コミュニケーションの活性化という面でもその効果を実感しているとのことでした。



写真 サークル活動の様子



# テクノロジーの力でスポーツの競技力向上に関する 環境格差解消をめざす取り組み

NTTドコモビジネス イノベーションセンターではドコモグループとして注力領域に掲げる「スポーツファンダムマーケティング」の高度化をめざす取り組みとして、スポーツテック関連の新規事業開発を進めています。スポーツ産業市場を構成する「する」「みる」「ささえる」の3領域のうち、「する」「ささえる」領域に着目し、保有するスポーツ競技映像解析技術を基に、スポーツの競技力向上における環境格差解消を実現するデジタルコーチングプラットフォームを企画・開発しています。

## 取り組みの背景（スポーツ産業の成長と「する」領域に残る構造課題）

近年、AI（人工知能）、IoT（Internet of Things）、データ分析技術の進展により、社会全体でデジタルトランスフォーメーション（DX）が急速に進んでいます。教育分野ではオンライン授業が普及し、居住地に左右されずに質の高い教育を受けることが可能となりました。ビジネス分野においても、Web会議ツールやクラウドサービスの活用により、時間や場所に縛られずに効率的に成果をあげる働き方が定着しています。

一方で、スポーツ分野、特に競技者自身が実際にプレーを行う「する」と定義される領域においては、依然としてアナログな構造が多く残されています。世界のスポーツ産業市場は今後も継続的な成長が見込まれており、日本国内においてもスポーツを成長産業と位置付けた政策が進められていますが、競技力向上のプロセスそのものは、長年にわたり大きく変化していません。

練習や試合の振り返りは、指導者や選手の記憶や感覚に依存するケースが多く、データとして体系的に蓄積・活用されている事例は限定的です。このような状況では、競技者1人ひとりが本来持つ可能性を最大限に引き出すことは難しいと考えられます。

また、競技力向上は、選手本人の努力だけで完結するものではありません。身近に質の高い指導者が存在するか、適切なノウハウにアクセスできるか、試合経験を十分に積める環境があるかといった外部要因が、競技成績に大きく影響します。しかし、これらの要素は選手自身が自由に選択できるものではなく、居住地、所属コミュニティ、経済状況などに強く依存しています。

特に居住地においては、この環境格差が顕著に表れます。都市部には実績のある指導者やスクールが集中する一方で、地方では選択肢が限られ、十分な指導を受けられないケースが多く存在します。また、時間的制約や経済的な理由から、質の高い指導を継続的に受けることが難しい競技者も少なくありません。

教育分野ではオンライン学習によって地域格差が縮小され、ビジネス分野ではリモートワークによって居住地の制約が緩和されてきました。

こうした社会全体の変化を踏まえると、スポーツ分野においても今後DXにより、競技力向上における環境格差を解消することが求められると考えています。

## 競技者インタビューから見た実態

競技力向上の環境格差解消の実現方法検討にあたって、さまざまな競技において全国大会出場以上の実績を持つ上位競技者から一般競技者まで合計400名以上を対象に「競技力向上にもっとも重要な要素」についてインタビューを実施しました。その結果、8割近い競技者が「良い指導者の存在」を挙げました。

また、「競技において環境格差を感じる要素」としては、「指導者・ノウハウ」がもっとも多く挙げられ、「良い指導者に巡り合いたかった」という声が多数確認されました。

このインタビューの中で、特に対戦型競技の競技者からは、「フォームは改善してきたが、試合では勝てない」「YouTube等の動画を見て練習しているが、実戦で成果が出ない」といった声が多く聞こえてきました。

自己記録挑戦型や採点型の競技と比較して、対戦型競技では相手の特徴や試合展開に応じた判断が強く求められます。そのため、「どの場面で、どの戦術を選択すべきか」「なぜそのポイントを失ったのか」といった試合に直結するコーチングへのニーズが非常に高いことが分かりました。

一方で、コーチ側からも多くの課題が挙げられました。コーチは「選手の試合を見たうえで指導したい」という意欲を持っているものの、物理的・時間的制約から実現できないケースがほとんどです。また、過去のコーチング内容が個人の記憶やノートにとどまり、データとして活用できていない点も課題として挙げられました。

以上のインタビューを踏まえて、本取り組みでは、数あるスポーツ競技の中から、ビジネス性の観点も踏まえて、「テニス」を最初の対象競技として選定し、検討を進めています。

テニスは個人競技かつ対戦型競技であり、対戦相手や試合状況に応じて戦略・戦術が大きく変化する競技です。そのため、フォームなどの技術指導に加えて、「試合の中でどのように考え、どのような判断を行うか」という戦略的なコーチングが極めて重要となります。

しかし現実には、コーチ1人に対して多数の選手が存在し、選手の数だけ試合の数が存在する個人競技の特性上、コーチがすべての試合を直接観戦し、適切なフィードバックを行うことは困難です。特に年代を問わず試合は週末に集中することが多く、スクー

ルコーチや部活動顧問が帯同できないケースがほとんどです。また、競技力が向上し、選手が遠征に出る際にはコーチの交通費、帯同費用を支払う必要があり、コーチに帯同を依頼することも簡単ではありません。

これらの事情から、コーチから常時マンツーマンのコーチングを受けることが可能なごく一部の恵まれた環境にいる競技者を除いて多くの競技者に「試合に対するコーチング不足」が発生しており、この課題を解決することで競技力向上の環境格差解消を実現可能と考えました。

### 環境格差解消を実現するデジタルコーチング

その課題解決手段として現在私たちは、スポーツのデジタルコーチングプラットフォームの企画・開発に取り組んでいます。

本取り組みでは、環境格差発生背景として存在する「時間」や「場所」の制約を超えて「試合」に対する的確なコーチングをサポートし、競技力向上を実現することを目的としています。

ユーザが撮影した競技映像を起点に、AIによる映像解析とオンライン上での人によるコーチングを組み合わせることで、これまで一部の限られた競技者だけしか享受することができていなかっ

た「試合を観戦したうえでの適切なコーチング」をより多くの競技者に提供します（図1）。

この取り組みの中核となるのが、競技映像の解析技術です。ユーザとなる競技者が撮影した自身の競技映像をクラウド上にアップロードすると、AIが映像を解析し、プレー内容をスタッツと呼ばれる構造化された競技データとして自動生成します。

この技術では、NTTドコモビジネスのイノベーションセンターにて保有する高精度なボールトラッキングを中心とした映像解析AI技術（図2）を活用し、非構造化データである動画を構造化データへ変換します。これにより「テニス」という競技であれば、サーブやリターンの成功率、ラリーの傾向、ミスの発生状況などを客観的に把握できます（図3）。

従来は、トップアスリート層の競技者に対して、マンツーマンで指導を行うコーチが手作業で行っていた分析作業を自動化することができますし、手作業では取得不可能ともいえるボールの全落下点や映像中の競技者の動きの軌跡といったアナログデータを取得することが可能となります。

これにより、コーチの負担を大幅に軽減でき、マンツーマンで指導が可能なコーチが存在しない競技者も同様な体験を得ることができます。

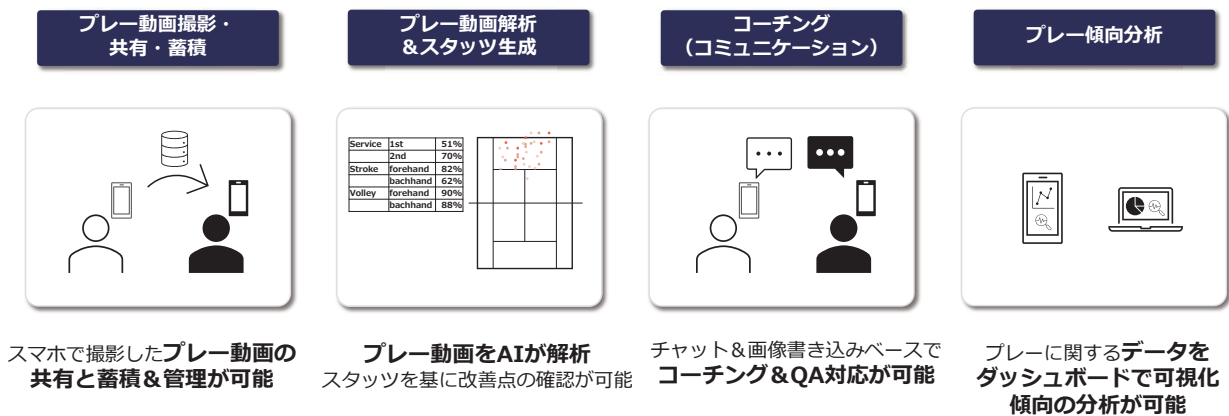


図1 デジタルコーチングプラットフォーム概要



緑：正解 赤：予測

図2 映像解析AI技術



図3 映像解析による競技データ（スタッツ）生成イメージ

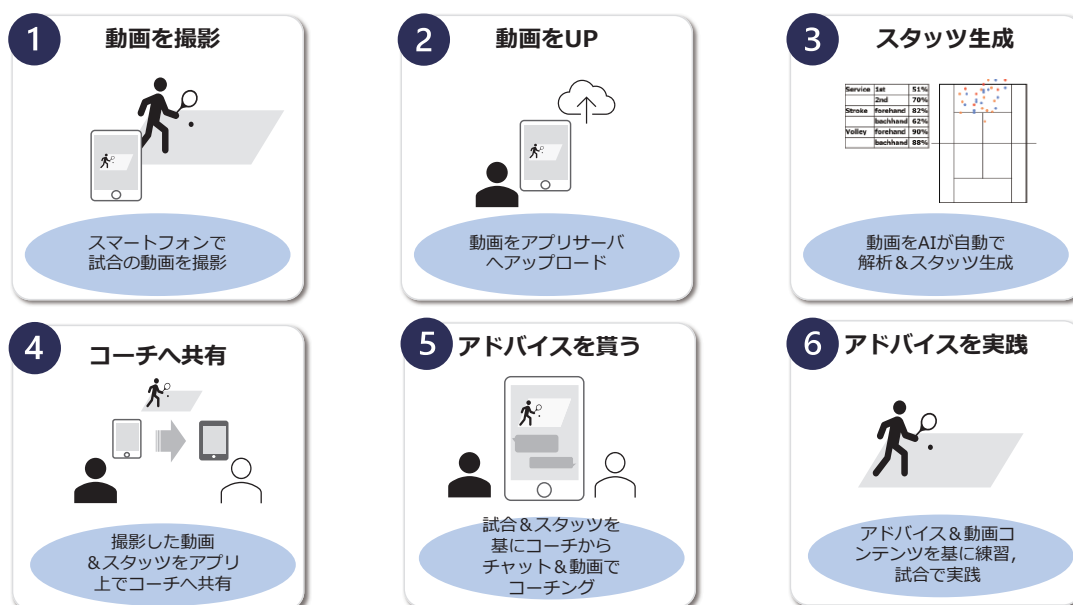


図4 デジタルコーチング利用フロー

また、すべての競技者、コーチに対して試合に対する深い分析と改善点の発見の体験を提供することができます。

そして、スタッツに加えて、ユーザ自身が入力した映像とセットでアップロードしていただくことを想定する「コート環境」「天候」といった外部環境に関する情報や、「自身のコンディション」といった主観的な情報を掛け合わせることで、後から検索性良く振り返ることが可能で、これにより「どのような条件下で、どのようなプレー傾向が出ているのか」を多面的に相関分析することができます。

この多面的分析に基づく指導・競技力向上の仕組みは現在特許出願中でもあり、本取り組みが生み出す新たな価値だと考えています。

さらに、デジタルコーチングプラットフォーム上にアップロードされたユーザの競技映像と、生成されたスタッツ・競技者が入

力したそのほかの情報に基づき、コーチが同一プラットフォーム上でオンラインコーチングを行うことも可能です。

チャットなど現在多くの世代に浸透しているデジタルコミュニケーションインタフェースを通じて、改善点に対するコーチングはもちろんのこと、次の試合に向けた考え方や練習方法・戦略まで踏み込んで指導できます。

また、スタッツやコーチング内容が蓄積されることで、選手自身が過去の試合を振り返り、自ら考え改善する力を養うことができます。これは短期的な勝敗だけでなく、中長期的な競技力向上においても重要な価値を持ちます。

データが取得できている範囲内の任意の期間において、「自身がどれだけ成長したか」「発見した改善点を克服することができているか」等の確認を、データを基に実現し、適切なPDCAサイクルを回していくことが可能となります（図4）。

なお、本競技映像解析技術は専用のAIカメラや、競技施設に備付け型の専用機材を必要とせず、スマートフォンやタブレット端末といったモバイル端末で撮影した映像（画質：HD～4K、フレームレート：30～60 FPS）で解析が可能な仕様としており、ユーザインタフェースもiOS/Androidスマートフォンのネイティブアプリを予定しています。高価な専用機材を購入することが難しい競技者、コーチでも手軽にご利用いただくとともに、特定の機材・設備が備わっている競技場でなくとも価値を享受することができるかたちを予定しており、「競技力向上」にとって必要となる要素を多くの競技者に提供することをめざし、開発を進めています。

## さらなる機能拡張の検討について

本取り組みでは、現在「テニス」を対象としたAI映像解析機能を搭載したコーチングプラットフォームとして、企画・開発等を進めています。将来的な機能として、「動画コンテンツ配信機能」や、競技者とコーチの「マッチング機能」等の実装も検討しています。

「動画コンテンツ配信機能」については、技術、戦術、フィジカル、メンタルといったテーマごとに整理された動画コンテンツを提供することを想定しています。

より多くの視聴者に再生されることを目的に、汎用的なコンテンツが整理されることなく投稿・リコメンドされる傾向のある一般的な動画投稿・閲覧サービスとは異なり、競技力向上に特化した専門的なコンテンツを構造化して提供することで、「今の自分に必要な情報」を効率的に見つけられる学習体験をめざします。

また、その延長線上には、ユーザとなる競技者のスタッツや成長状況に応じてAIが「今取り組むべきトレーニング」「今学べき戦術」等のコンテンツをリコメンドする「AIコーチング」も実現可能になると考えています。

「マッチング機能」については、自身の競技レベルやプレースタイル等に適したコーチングを受けたい競技者に対して、オンライン上でのコーチとのマッチングからコーチングまで一気通貫した体験の提供を想定しています。

前述のとおり、当該競技者のスタッツや成長状況等がデータとして存在することで、動画コンテンツ同様に最適なコーチのリコメンドを行うことも可能になります。

現状、スポーツにおけるコーチングは、「対面」が当たり前の世の中であるからこそ、コーチも自身が移動可能な範囲内や、競技者がプレー可能な時間帯だけでコーチングできるようになっています。

一方で、デジタル・通信の力で「オンラインコーチング」という概念を取り入れることでコーチ側にも距離や時間を超えたコーチングの機会を創出し、ビジネスの幅を拡大いただくことができ、私たちのプラットフォームをご利用いただくことでモチベーションが生まれます。

## 今後の方向性と事業展開について

今後については、「テニス」での機能拡張と並行して他競技への展開も想定してユーザインタビュー、市場調査等を進めています。

現状、個人競技や対戦型競技という観点だけではなく、競技性も「テニス」に近い「バドミントン」や「卓球」については、競技者側に「テニス」同様の課題が発生していることが確認でき、保有する映像解析技術的にも一定の適応の可能性が見えているため、次なる対象競技として検討を行っています。

さらに、NTTグループ全体を見渡せば、数多くの競技において日本トップクラスのシンボルチームを保有していることに加え、さまざまな競技の協会や団体と強いリレーションも保有しているため、それらのアセットも活用してプラットフォーム開発を行い、市場に対して優位な立ち位置で参入していくこともできると考えています。

また、これらのデジタルコーチングプラットフォームによって取得可能なデータは、今後スポーツ業界にとどまらず価値が高いものになると考えられます。デジタルコーチングプラットフォームを入口として、映像解析技術や収集可能なデータを活用して、さまざまなビジネスへ展開していくことを検討しています。

## おわりに

今後、AIの進化によりさまざまな分野で省人化、省力化が進み「人間がやらなければならないこと」は少なくなっていくと世界的に予想されています。「人間がやるからこそ意味がある」と考えられることが多いスポーツは、今後より一層ビジネスとしても注目度が増すと予想しています。

また、特に日本国内においては、「部活動改革」の流れからスポーツに取り組む環境は大きく変わっていくことも予想されています。

その中で、環境格差を解消し、「誰でも」「どこにいても」自身が望むように好きなスポーツで競技力向上に取り組むことを実現できれば、ビジネスとしてはもちろんのこと、社会に対しても価値の高い取り組みになっていくと考えています。

NTTドコモビジネスでは、徹底した市場・ユーザの理解と、保有する技術力を基に、企業と地域が持続的に成長できる「自律・分散・協調型社会」の実現をめざしています。本取り組みは「スポーツ」の観点からそこにつながる位置付けとして推進していければと考えています。

### ◆問い合わせ先

NTTドコモビジネス  
イノベーションセンター プロデュース部門 スポーツDX PJ