

# NTT 技術ジャーナル

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可  
令和8年4月1日発行 毎月1回1日発行 第38巻第4号(通巻445号)

4 APRIL  
2026  
Vol.38 No.4



特集

## 現場課題と対峙する、“技術の最後の砦” 技術協力センターの取り組み

from NTTドコモ

AIを用いたカーボニューレコードにおけるエコ行動算出およびエコ行動促進技術



4 特集

**現場課題と対峙する、“技術の最後の砦”  
技術協力センターの取り組み**



- 6 技術協力センターの沿革と4つの技術担当の紹介
- 10 技協まつりの開催——難解故障解決の知見共有
- 13 狭隘部での地下メタルケーブル撤去への挑戦
- 18 無線通信環境の可視化に向けた開発
- 23 技術協力センターの匠が語る——現場と未来を支える技術力の本質

27 For the Future

**美容×テクノロジーが生む新市場：  
ビューティテックの成長メカニズム（後編）**

### 33 挑戦する研究者たち

#### 河邊 隆寛

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員

視覚情報処理のメカニズムを解明し遠隔へ質感を届ける  
実験心理学者の挑戦



特集

### 38 挑戦する研究開発者たち

#### 平野 敏行

NTTドコモビジネス ビジネスソリューション本部 スマートワールドビジネス部  
スマートインダストリー推進室 エバンジェリスト

次世代データ連携基盤「データスペース」で  
将来のサプライチェーンを変革



For the Future

特別企画

### 43 明日のトップランナー

#### 眞田 治樹

NTT物性科学基礎研究所 特別研究員

二次元半導体が拓くバレー物性の最前線



挑戦する研究者たち

### 48 From NTTドコモ

AIを用いたカボニューレコードにおける  
エコ行動算出およびエコ行動促進技術

挑戦する研究開発者たち

### 52 Webサイト オリジナル記事の紹介

5月号予定  
編集後記

明日のトップランナー

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/>



# 現場課題と対峙する、“技術の最後の砦” 技術協力センタの取り組み

通信設備の老朽化や新技術への対応など、現場には多様な課題が存在する。

NTT東日本技術協力センタは、現場と協働しながら課題解決に向けた試験研究と技術開発を進め、得られた知見を普及することで、全国津々浦々での安定した通信の提供に貢献している。

本特集では、その具体的な活動を紹介する。

## 技術協力センタの沿革と4つの技術担当の紹介

6

技術協力センタは前身組織である電気通信研究所 技術協力部として昭和38年の発足以来、広範な技術協力活動を実施してきた。本稿では、技術協力センタの沿革と、技術協力センタを構成する4つの技術担当の活動を紹介する。

## 技協まつりの開催——難解故障解決の知見共有

10

技術協力センタでは、難解故障事例の解決を通じて得られた知見を全国に展開する活動に取り組んでいる。本稿では、NTT西日本のマイスターズカップおよびNTT東日本の現場力向上フォーラムで実施した「技協まつり」の活動を紹介する。



難解故障

技協まつり

地下メタルケーブル撤去

最後の砦

技術継承

特集

## 狭隘部での地下メタルケーブル撤去への挑戦 ————— 13

地下マンホール内が狭隘な場所ではメタルケーブル撤去が困難を極める。そこで、小型油圧装置と専用治具を開発し、撤去困難な地下メタルケーブル抜去に挑み、本装置が有効であることを実証した。本稿では、本実証結果と全国導入に向けた取り組みを紹介する。

## 無線通信環境の可視化に向けた開発 ————— 18

無線通信機器の電波品質は単なる電波強度だけでなく、変調や同期状態、外来無線の干渉などさまざまな要因が影響する。本稿では、それら無線環境の状態を可視化するためのPHSプロトコルアナライザと簡易マルチバンドスペアナの開発について紹介する。

## 技術協力センターの匠が語る——現場と未来を支える技術力の本質—— 23

近年の取り組みを通じて明らかになった現場課題と、その解決に向けた新たな方向性について、技術協力センターの中核を担う4人の匠が、経験に基づく視点と未来への展望を語り合う対談を紹介する。



# 技術協力センターの沿革と4つの技術担当の紹介

NTT東日本技術協力センターは前身組織である電気通信研究所 技術協力部として昭和38年の発足以来、多様な現場課題の解決に向けた試験研究や技術開発を進め、その知見を展示会やホームページで発信するなど、広範な技術協力活動を行ってきました。本稿では技術協力センターの沿革と、技術協力センターを構成する4つの技術担当のミッションおよび技術協力活動例を紹介します。

キーワード：#難解故障，#試験研究，#技術開発

おおくし いくたろう / いえたか ひでゆき  
大串 幾太郎 / 家高 秀行  
しみず しげき / みついで たかし  
清水 茂喜 / 光井 隆

NTT東日本

## 技術協力センターの発足

NTT東日本技術協力センターは昭和38年に日本電信電話公社における電気通信研究所 技術協力部として発足しました。当時の技術協力部は、機構部品技術研究室、回路部品技術研究室、電子管技術研究室、固体部品技術研究室、有機材料技術研究室、金属材料技術研究室、および庶務係からなる6研究室・1係で構成され、部材の改良・実用化や研究所内の各研究室へ技術協力を行うことが役割とされていました。

昭和60年における日本電信電話公社の民営化後、研究開発体制の大規模な再編の結果、昭和62年に技術協力部は技術協力センターへと名称を変更しました。こうして技術協力センターは、当時の技術協力部員数の3分の1にあたる約60名の構成メンバーによる、NTT社内に対する技術協力・独自分野の研究開発などを担う組織として誕生しました。

さらに平成11年のNTT再編とともにNTT東日本 サービス運営部の所属となり、その間に行われた複数部門の統廃合を経て、現在の「アクセス技術」「材料技術」「EMC技術」「ネットインタフェース技術」の4技術担当体制になりました。なお、技術協力の西日本への効率的運用を図るためNTTネオメイトブロードバンドエンジニアリング部内に技術協力担当が平成19年に新設されたことを契機に、現在は高度保全技術者の育成と技術支援強化を目的としてNTT西日本社員が技術協力センター内に常駐し、NTT東日本社員と協働して技術協力活動に取り組んでいます。

技術協力センターの所在は平成13年に東京都武蔵野市から品川区東五反田の旧関東通

信病院（現NTT東日本関東病院）職員寮と研究棟へ移転し、さらに蒲田電話局跡地の一部を再開発したネクストサイト蒲田ビル（大田区蒲田本町）へ平成22年に再移転し現在に至っています（図1）。

## 技術協力活動の変遷

発足当初の技術協力部は電気通信研究所内外を対象に技術協力活動を行っていました。研究所外からの依頼に対しては当時の技術局を通して実施していましたが、現地で生じる技術的問題の件数が昭和40年ごろから増加するとともに、内容の高度化・多様化に対して迅速な対応が求められるようになったため、地域の11電気通信局（東京・関東・信越・東海・北陸・近畿・中国・四国・九州・東北・北海道）から直接依頼を受けるルートを新たに設けました。この結果、これら電気通信局を含む事業部門からの依頼件数が急増し、さらに昭和55年度ごろからは技術協力活動成果報告会・各地域における技術相談会・各種展示会への出展などの広報活動を強化したことで、依頼件数は増加しました。そして昭和57年度以降は地域の電気通信局からの依頼件数が本社からのそれを上回るようになり、現場機関への技術的サポートという技術協力部のミッションがより鮮明になりました。特にこのころは加入電話の積滞解消が進み、通信設備の建設が一段落した時期であったため、既存設備の劣化診断・腐食対策等の維持管理の必要性が高まるとともに、宅内機器においては機能の多様化・電子化に伴う通話トラブルが発生するなど、技術協力部が現場へ果たす役割はますます重要になりました。

昭和60年代から平成初期にかけての依頼内容は線路分野と宅内分野とで全体の70%を占め、老朽化が進む屋外設備の維持管理に関する相談の伸び率も高くなりました。昭和63年に開始されたISDN（Integrated Services Digital Network）サービスを契機に通信サービスは多様化し、再現性の低い特異故障やEMC対策（電磁雑音・雷対策）などの複雑な問題を含む依頼案件が増加しました。現場からのこのような要請にこたえるため、昭和62年度から平成5年度の間、TASC（Technical Assistance & Support Center）フォーラムと題したイベントを開催し、技術協力事例や技術協力センター開発品の紹介を通して現場の技術力向上に努めました。平成8年には、これら技術協力事例等を掲載した故障対策ホームページをNTTグループ会社向けに開設しました。

平成10～20年代のNTTの通信サービスではBフレッツやフレッツ光ネクストといったサービス名で知られるように、通信速度を高速化したサービスが次々に登場しました。また、これまでの音声通信・データ通信だけでなく、ひかりTVやフレッツ・テレビといった映像配信サービスも登場しました。高速通信・映像配信に対応した機器



図1 ネクストサイト蒲田ビル

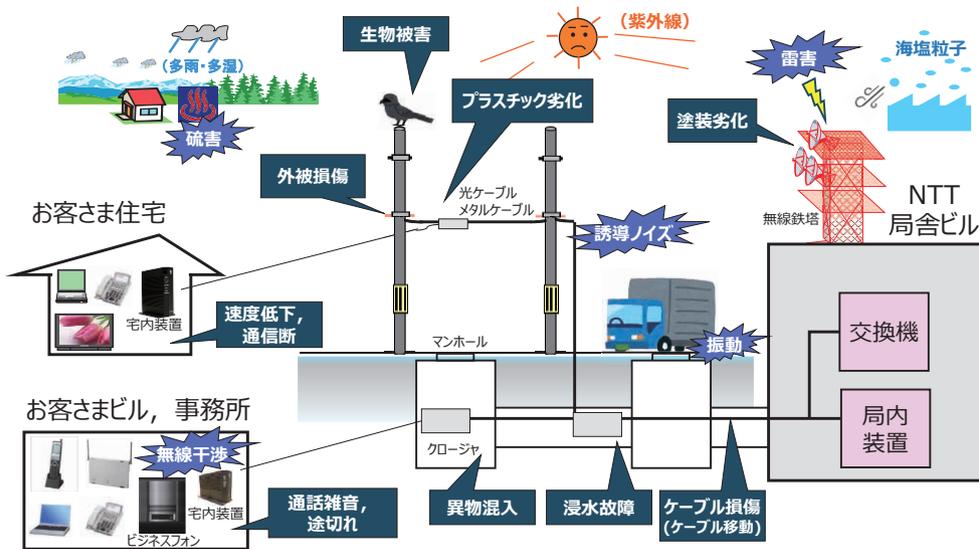


図2 お客さま宅 - NTT局舎ビル間の設備構成とトラブルの例

や光ファイバケーブルがお客さま宅内やアクセス網へ広まった結果、パケットロス等のIP通信トラブルや光ファイバケーブルの端末処理・接続工事に起因する故障、映像の品質評価の相談が増加しました。近年は新たな無線通信方式であるローカル5G（第5世代移動通信システム）が普及し始めており、それを対象とした電波干渉等のトラブル相談なども寄せられるようになりました。このように、新たなサービス・設備・技術の導入に応じてそれらに関する新たなトラブル・相談が生まれる一方、長期利用が求められる鉄塔などの大規模構造物やメタルケーブルなどのレガシー設備を対象とした相談も引き続き存在します。技術協力センターは発足以降、技術のプロフェッショナル集団として新旧さまざまな技術分野のトラブル・相談に対して技術協力活動を行っています。

### 技術担当の取り組み

NTTグループは電気通信サービスをお客さまへ提供するために、お客さま宅とNTT通信ビルとをつなぐ区間にさまざまな通信設備を構築しています。サービスの多様化に応じて設備の種別は多岐にわたり、また、複数サービスを混在利用するなど通信環境が複雑化する状況もあるため、通信トラブル発生の際に原因究明は難解となるケースがあります。また、所外の設備は日本全国津々浦々にわたり面的に存在するた

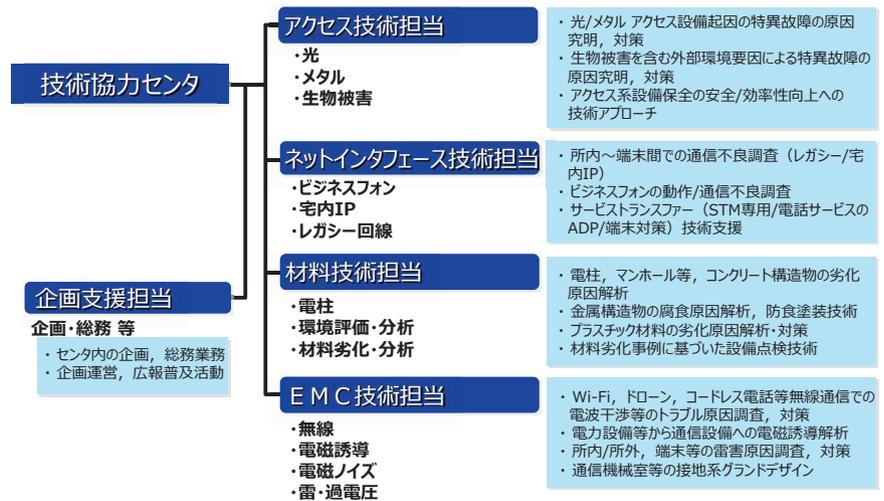


図3 技術協力センターの担当構成

め、厳しい所外環境に曝される設備もあります。そのため、思いもよらないトラブルが発生するケースもあります（図2）。

このような種々の難解故障に対峙するため、現在の技術協力センターは13の専門技術分野を扱う4技術担当、すなわち、「光」「メタル」「生物被害」を専門とするアクセス技術担当、「ビジネスフォン」「宅内IP」「レガシー回線」を専門とするネットワーク技術担当、「電柱」「環境評価・分析」「材料劣化・分析」を専門とする材料技術担当、「無線」「電磁誘導」「電磁ノイズ」「雷・過電圧」を専門とするEMC技術担当と、センター内の企画・総務系業務を支える企画支援担当とで構成され、難解故障の原因究明や解析ツールの開発などに取り組ん

でいます（図3）。

ここからは各技術担当のミッションと技術協力活動例を簡単に紹介します。

#### ■アクセス技術担当

アクセス技術担当は、NTT通信ビルとお客さま宅をつなぐアクセス区間における、メタル・光ファイバの通信ケーブル・OLT (Optical Line Terminal), ONU (Optical Network Unit) 等の伝送装置・ケーブル接続部におけるクロージャ等の線路設備などで発生した難解故障の原因究明と対策方法の確立を主なミッションとしています。

近年の技術活動例としては地下メタルケーブルの引き戻しが挙げられます。地下管路内に敷設された通信ケーブルは地上を走行する車両の振動の影響を受けて徐々に

移動する場合があります。この現象はクリーピングと呼ばれ、移動に伴いケーブルが過度に曲がる等の異常を引き起こし、ひいてはケーブル破損を発生させる可能性があります。そこでアクセス技術担当では、移動してしまったケーブルを元の場所に引き戻すためのケーブル引き戻し装置を開発しました（図4）。本装置はケーブル移動を生じたマンホール内の壁面に取り付けて使用します。装置に組み込まれた油圧シリンダに油圧ポンプから圧力を加えることで、ケーブルをマンホール壁面から遠ざける方向へ引っ張り、移動したケーブルを引き戻すことができます。本装置は全国の現場で利用され始めており、深刻な設備トラブルの防止や現場の保守稼働の削減に寄与しています<sup>(1)</sup>。

■ネットインタフェース技術担当

ネットインタフェース技術担当は、お客さま宅内機器におけるPSTN・ISDN・IPネットワークを介した通信トラブルの原因究明と対策方法の確立を主なミッションとしています。IPを用いた通信方式が主流となった現代においては、ビジネスフォンにおけるひかり電話サービスの通話トラブルや、VPNルータを介した拠点間通信トラブルなど、IPサービスでの難解な故障相談が現場から多く寄せられています。

IP通信のトラブルに対する原因究明では、通信ネットワーク内を疎通するIPパケットの解析が有効です。そのためにはパケットキャプチャ装置等を用いた解析対象パケットの取得が必要であるとともに、トラブルが発生している現場のネットワーク構成を把握することが欠かせません。しかしIP通信の導入当時はパケット取得に技術的スキルを要し、また、目視でのネットワーク構成の確認は見落としのリスクがあるなどの現場課題がありました。そこでネットインタフェース技術担当は専門的なスキルがなくても容易に使用できるパケットキャプチャ装置やネットワーク構成を自動作成するアプリケーションを開発し、現場の保守業務課題の解決に貢献しています<sup>(2)</sup>。

■材料技術担当

材料技術担当は、電柱・鉄塔などの通信設備や部材の腐食劣化に起因する破損等のトラブルに対して材料的な観点から原因究明や対策立案を行っています。



図4 ケーブル引き戻し装置構成



図5 ローカル5Gテストの外観図

腐食のトラブル事例としては、海岸付近に設置された鋼管柱において海上から飛来する海塩粒子が柱表面の腐食を促進させる事案や、温泉地帯のお客さま宅内で利用されているONUにおいて、近辺の噴気孔から発出された硫化水素ガスがONUの内部基盤を腐食させる事案が挙げられます。通信設備は長年にわたって利用されるとともに屋外の厳しい自然環境下に設置されることも少なくないため、材料劣化に関するさまざまなトラブルが起こり得ます<sup>(3)</sup>。このような事態を防ぐため、設備の定期的な点検や長寿命化対策は重要であり、材料技術担当では効果的な点検方法の確立や防食性に優れた材料を用いた設備開発にも取り組んでいます。

■EMC技術担当

EMC技術担当は、落雷に起因した通信機器の破壊などの雷サージ、可聴雑音や機器のリンクダウンを引き起こす通信線等からのノイズ、送電線や電鉄での地絡等による通信線への電磁誘導、無線通信にかかわ

る電波干渉などのトラブルに対する原因究明や対策立案を主なミッションにしています。

近年では5Gの一形態であるローカル5Gが知られていますが、この利用にあたっては電波起因のトラブルを生じぬよう事前の電波調査等が求められます。電波調査では電波強度や信号対ノイズ比などの、電波品質にかかわるさまざまな指標を測定しますが、一般的に電波調査が可能な測定器は高価であり、また、測定結果の解析に高度な専門スキルを必要とします。そのためローカル5Gのトラブルが現場で発生した場合、容易に解決できない事態が想定されました。そこでEMC技術担当ではローカル5Gの普及に先駆けて、安価でかつ簡単に電波品質の測定と解析を可能とする測定器「ローカル5Gテスト」を開発しました（図5）。本測定器は市販のノートPCとローカル5G対応端末で構成され、技術協力センター開発のソフトウェアをPCにインストールして使用します。受信電力等の無線通信の各種指

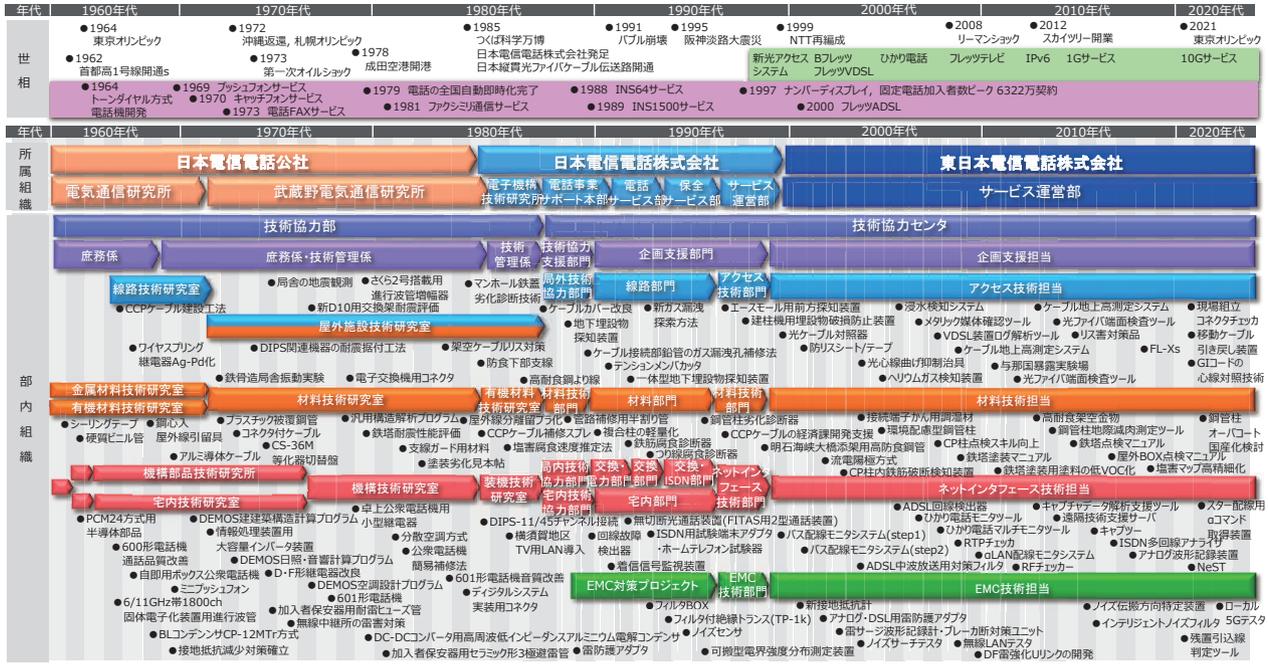


図6 技術協力部・技術協力センター 60年のあゆみ

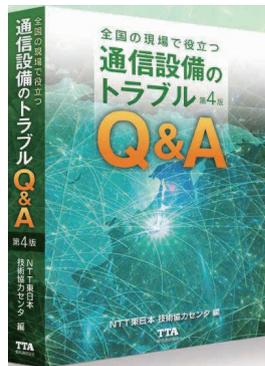


図7 第4版 全国の現場で役立つ 通信設備のQ&A

標を測定でき、良否判定機能も具備しているため電波トラブル発生時の原因を容易に究明できるようになりました<sup>(4)</sup>。

### 技術協力センターのこれから

技術協力センターは昭和38年に技術協力部として発足以来、試験研究・技術開発・技術普及等の広範な技術協力活動を60年以上にわたって行ってきました(図6)。各々の活動で得られた技術的知見は技術協力センター内でデータベース化され、在籍メンバーの技術協力活動に活かされています。また、これらの技術的知見にかかわる基礎知識や故障事例は技術協力センター著作の書籍『全国の現場で役立つ 通信設備のQ&A』で分

かりやすく解説しており、2025年8月には第4版として改訂版を約9年ぶりに発行しました(図7)。最新の活動事例は定期的に故障対策ホームページ上でも発信し続けており、つくばフォーラムやマイスターズカップなどの展示会へも継続的に出展することで現場保守者の故障解決スキル向上に努めています。さらに2024年度の現場力向上フォーラムおよび2025年度のマイスターズカップからは、「技協まつり」と題して各技術担当者が携わった故障事例を現場保守者向けに発表するイベントを開始し<sup>(5)</sup>、技術協力センターのノウハウをより一層展開できるよう企画・実践しています。技術協力センターはこれからも、先人たちが築き上げてきた知見を活かし、そしてさらなる磨きをかけて、現場課題に対峙する技術のプロフェッショナル集団として技術協力活動を行っていきます。

#### ■参考文献

- (1) テクニカルソリューション：“移動した地下メタルケーブルの引き戻しの取り組み,” NTT技術ジャーナル, Vol.33, No.10, pp.88-91, 2021.
- (2) テクニカルソリューション：“宅内設備のネットワーク構成を自動作成支援するツール「NeST」,” NTT技術ジャーナル, Vol.34, No.1, pp.76-77, 2022.
- (3) テクニカルソリューション：“最新の故障事例の紹介——設備の材料劣化に関するトラブル,” NTT技術ジャーナル, Vol.33,

No.4, pp.114-117, 2021.

- (4) <https://journal.ntt.co.jp/article/29973>
- (5) 西上・土田・阪口・橋本：“技協まつりの開催——難解故障解決の知見共有,” NTT技術ジャーナル, Vol.38, No.4, pp.10-12, 2026.



(左から) 大串 幾太郎/ 家高 秀行/ 清水 茂喜/ 光井 隆

技術協力センターは通信設備の保守・運用に携わる現場の方々のために、技術サポートを通して現場の課題解決に貢献していきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT東日本  
ネットワーク事業推進本部  
サービス運営部 技術協力センター



# 技協まつりの開催——難解故障解決の知見共有

2025年12月10日にNTT西日本で開催されたマイスターズカップ、2026年1月21日にNTT東日本で開催された現場力向上フォーラムにおいて、技協まつりを実施しました。技協まつりは、これまでNTT東日本技術協力センターで解決した現場での難解故障等のお困りごとについて、実際の解決方法等を発表、展開する場となっています。本稿では、この2回のイベントで実施した発表内容について紹介します。

キーワード：#マイスターズカップ、#現場力向上フォーラム、#現場のお困りごと解決

うえにし ゆうすけ つちだ しゅうじ  
**上西 雄介 / 土田 周治**  
 さかぐち はしもと かずき  
**阪口 こはる / 橋本 和樹**  
 NTT東日本

## 技協まつりとは

NTT東日本技術協力センターでは、NTT東日本・西日本をはじめとする本社や各現場から寄せられる、特に対応が難しい故障や複雑な障害に関する問い合わせに対して、解決策を検討・共有する活動を継続的にを行っています。その一環として「技協まつり」と銘打ち、故障対策事例等を発表する場を設けて、現場で培われた知見やノウハウを広く共有する取り組みを2024年度より実施しています。

この発表の場である「技協まつり」では、実際に発生した難解な故障事例を取り上げ、原因究明のプロセスや解決に至るまでの具体的な手順、さらに再発防止に向けての具体的な対策案について詳しく紹介しています。このような内容は、現場で同様の課題に直面した際に、迅速かつ確に対応を可能とするだけでなく、組織全体の技術力向上に大きく寄与し、お客さま満足度の向上に貢献できる営みとなっています。

また本取り組みは、NTT東日本・西日本の社員だけでなく、通信建設会社の皆様等も含めたさまざまな方にご視聴いただくことで、現場で抱える課題を横断的に共有し、業界全体で課題解決力を高めることをめざしています。このような情報の横展開

は、単なる事例紹介にとどまらず、将来的な故障対策の強化や新たな技術開発のヒントにもつながる重要な営みであると考えています。

## 技協まつり in マイスターズカップ

2025年12月10日、福岡県のマリンメッセ福岡で開催されたNTT西日本最大級のイベントである「マイスターズカップ」の中で、「技協まつり」を開催しました(写真1)。本イベントでは、現地会場での参加に加え、Web配信によるオンライン視聴も可能とし、現地とオンラインを合わせて延べ1000名程度の方々にご参加いただきました。多くの現場技術者や関係者が一堂に会し、難解故障事例の対策や現場での取り組み等について共有する貴重な機会となりました。

今回の技協まつりでは、図1のとおり8案件について発表を行いました。内容は大きく「材料系」「宅内系」「EMC\*<sup>1</sup>系」「線路系」「TSC\*<sup>2</sup>技術支援」の5セッションに分けて実施しました。特筆すべき点につ

いて、今回初の取り組みとして、一部の発表においては技術協力センターの社員だけでなく、西日本エリアの現場で活躍する社員の皆様による事例紹介も行いました。これにより、現場のリアルな課題や解決策を直接共有できる場としても活用することができました。それぞれの発表内容の概要については、以下のとおりとなっています。

### ■開会の挨拶

開会の挨拶は、NTT東日本 ネットワーク事業推進本部 サービス運営部 技術協力センター 大串所長より行い、これまでの技術協力センターの歴史や技術・ノウハウの蓄積の意義等について説明しました。



写真1 発表模様

\* 1 EMC : Electro Magnetic Compatibilityの略語。機器やシステムが、外部へ電磁的な干渉を引き起こさず、また外部からの干渉を受けても満足に機能することで、主に雷や電磁誘導等に関する取り組み。

\* 2 TSC : NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター テクニカルサポート担当 の略称。

時間	テーマ	発表者
10:40～10:45	開会の挨拶	NTT東日本 サービス運営部 技術協力センター所長 大串 幾太郎
10:45～11:05	マッホール振動調査による高層不安の解消	NTT東日本 サービス運営部 技術協力センター 材料技術担当 岩崎 駿
11:05～11:25	驚愕！レザクリーニングの脱鉄力	NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター 技術協力担当 鈴木 一平
11:25～11:35	休憩	
11:35～11:55	2X-1に外挿収容された倉庫光回線で帯域不足時に切替される事例	NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター 技術協力担当 本 良和
11:55～12:15	連棟ビルにおける接地改修時の調査改修方法について	NTT東日本 サービス運営部 技術協力センター EMC技術担当 稲田 誠
12:15～12:35	R5BM-FのPOWH故障対策について	NTTフィールドテクノ 熊本設備部 フィールドサービスセンター 三輪 泰広 NTT東日本 サービス運営部 技術協力センター EMC技術担当 稲田 誠
12:35～12:45	休憩	
12:45～13:05	メタルケーブルの撤去支援	NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター 技術協力担当 阪田 賢明
13:05～13:25	クーリング移動引き戻し！ガス漏洩解消&メタル短命	NTTフィールドテクノ 岡山設備部 フィールドサービスセンター NTT東日本 サービス運営部 技術協力センター アクセス技術担当 中村 秀雄
13:25～13:45	TSC技術支援事例紹介(①ビジネスセンター、②L2TPルータ)	NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター テクニカル推進担当・東海テクニカルサポート担当・九州テクニカルサポート担当 尾崎 雅司 尾崎 雅司 尾田 豊彦
13:45～13:50	開会の挨拶	NTTフィールドテクノ サービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター 橋本 泰尚

図1 技協まつり in マイスターズカップでの発表内容

### ■材料系セッション

材料系セッションでは、車両通行による振動の原因がNTT所有のマンホールに起因するものではないかというお客さまからの疑義に対して、科学的に対応しご納得していただいた事例や、鋼管柱の効率的な除錆方法の事例について発表しました。依頼元からは、お客さまからも感謝の言葉をいただいたことや、NTTに対する信頼性向上につながった等の講評をいただきました。

### ■宅内系セッション

宅内系セッションでは、他社回線を使用してビジネスフォンを使用しているお客さままで、通話途中で切断される事象について原因究明およびその解決策の事例について発表しました。依頼元からは、対策等の提案もしていただきお客さまもご納得いただいたとの講評をいただきました。

### ■EMC系セッション

EMC系セッションでは、基準が未整理であった連棟ビル<sup>\*3</sup>における接地改修時の調査改修方法の提案事例や、屋外設置型光アクセス装置の雷害故障原因の究明およびその対策の事例について発表しました。依頼元からは、サービス断を起こさないためにどのような対策を講じれば良いかなどのご提案をしていただき、実際に効果も出すことができたとの講評をいただきました。

### ■線路系セッション

線路系セッションでは、撤去困難なメタルケーブルに対する新たな撤去方法の提案および撤去支援の事例や、クリーピング現象<sup>\*4</sup>により移動した地下ケーブルの引き戻し方法の提案および引き戻し支援の事例について発表しました。依頼元からは、技術協力センターの協力のおかげで、困難作業を計画どおりに進めることができ、大変助かったとの講評をいただきました。

### ■TSC技術支援セッション

TSC技術支援セッションでは、ひかり電話利用で通話途切れが発生する事象への対処方法事例や、VPN装置<sup>\*5</sup>「FV-1000」を使用したL2TP VPN接続構成の切替構成事例について発表しました。現場やお客さまのお困りごとを解決することで、オンサイトでの技術的サポートを完遂し、TSCとしてのミッションを果たせることができたとの講評をいただきました。

### ■閉会の挨拶

閉会の挨拶は、NTTフィールドテクノサービスマネジメント部 フィールドオペレーション部門 フィールドサポートセンター 橋本センタ長（写真2）よりお言葉をいただき、全体の総括および現場のお困りごとと解決の重要性についてご説明いただきました。

## 技協まつり in 現場力向上フォーラム

2026年1月21日、東京都のNTT中央研修センターで開催されたNTT東日本最大級のイベントである「現場力向上フォーラム」の中で、「技協まつり」を開催しました。本イベントにおいても「マイスターズカップ」で開催した「技協まつり」と同様に、現地会場での参加に加え、Web配信によるオンライン視聴も可能とし、現地とオンラインを合わせて延べ1500名程度の方々にご参加いただきました。本イベントにおいても多くの現場技術者や関係者が一堂に会し、難解故障事例の対策や現場での取り組み等について共有する貴重な機会となりました。

今回の技協まつりでは、図2のとおり8案件について発表を行いました。内容は大きく「線路系」「EMC系」「宅内系」「材料系」の4セッションに分けて実施しました（写真3,4）。

今回の取り組みを通じて、技術協力センターは単なる故障対応の支援組織にとどまらず、現場で培われた知見を集約し、会社や部門の垣根を越えて共有するハブとしての役割を果たしていることを強く印象付けることができました。「東日本と西日本といった異なるフィールドをつなぐことで、現場力の底上げと業界全体の技術力向上に貢献する」それが技協まつりの最大の価値です。今後もこの場を通じて、現場の声を起点に新たな技術や解決策を創出し、より強固なネットワークサービスの提供に寄与していきます。

### ■開会の挨拶

開会の挨拶では、技協センターの63年に及ぶ歴史および設立当初からの使命について、NTT東日本 ネットワーク事業推進本部 サービス運営部 技術協力センター 大串所長（写真5）より説明がなされました。

### ■線路系セッション

線路系セッションでは、ネットワーク基

- \*3 連棟ビル: 外観上、1つの建物と見えていても、躯体構造が異なる場合や、同一の躯体構造であっても耐震構造や基礎が異なる場合、棟間をエキスパンションジョイント等で接続したような、棟間のビル構造体に電氣的接続がないビル。
- \*4 クリーピング現象: 物体に持続的な応力が加わることで時間とともに変形が進む現象のこと。
- \*5 VPN装置: Virtual Private Network 機器のことであり、主にVPNゲートウェイやVPNルータのこと。



写真2 橋本センタ長

時間	テーマ	
13:00	開会の挨拶 (大串 隼太郎 技術協力センター 所長)	
13:05	線路系セッション	外被の固着した地下メタルを内部心線部のみ引き抜き空き管路化へ (中村 秀章)
13:21		分析時間ゼロへ 光試験データ解析のための内製ツール (中森 真輝)
13:37	EMCセッション	ドローンが不着音!? GPS信号を分析せよ!! (小松 央次郎)
13:53		でんえもんがつかえない! OOで故障!? (兼子 元成)
14:09	休憩	
14:19	宅内系セッション	ZX-Lに外線収容された他社光回線で着信応答時に切断される事象の原因調査 (本 良和)
14:35		中継メタルケーブル構成による50bit専用線のDSM巻取り不可事象の原因調査 (田代 大輔)
14:51	材料系セッション	床下鋼材の安全3on! 非破壊検査技術による劣化検知 (大木 翔太)
15:07		電柱点検における効率的な電柱特定方法について (橋本 和樹)
15:23	閉会の挨拶 (倭 幹雄 千葉事業部 設備部長)	

図2 技協まつり in 現場力向上フォーラムでの発表内容



写真3 発表模様



写真4 集合写真



写真5 大串所長



写真6 倭設備部長

盤の信頼性向上をめざし、メタル撤去や専用線切替えに関する複雑な課題に挑戦しました。従来困難とされていた撤去区間でのトライアルを通じて、現場で得られた知見を基に新たな技術を創出。また、光ケーブル試験データ解析を自動化する内製ツールを開発し、膨大なデータ処理を迅速化することで、1000万超のお客さまの通信を支えるインフラ保守の高度化を実現しました。聴講者からは、内製ツールの操作方法についてさらなる改善点をご提案いただき、今後取り組むべき課題もみえてきました。

#### ■EMC系セッション

EMC系セッションでは、通信品質を守るため、故障原因の徹底調査と保守業務の効率化に取り組みました。保安器浸水や避雷器の状態を精査し、宅内機器故障の真因を突き止めることで、現場対応力を強化しました。依頼元からは、お客さまへの説明もスムーズに進行できて大変助かったとの講評をいただきました。

\* 6 DSM：Dedicated Service handling Moduleの略称であり、専用線加入者を多重化・クロスコネクする装置のこと。

\* 7 RT-BOX：遠隔収容装置 (Remote Terminal Box) の略称。複数の銅線 (電話、ISDN等) を光ファイバに多重化し、交換機に接続する役割を担っています。通信需要の増加に応じて1990年代以降、数多く設置されてきました。

#### ■宅内系セッション

宅内系セッションでは、宅内設備における他社回線収容時の通信トラブルを徹底的に分析し、安定したサービス提供に向けた改善策を検討しました。着信応答時に発生する切断事象や、ビジネスフォンでの通話途中切断といった複雑な問題に対し、原因を多角的に究明し、再発防止に向けた技術的アプローチを提案。これにより、異なる回線環境下でも高品質な通信を維持するための指針を示しました。また、中継メタル50 bit専用線のDSM<sup>\*6</sup>切替えによる通信不可事象に対しては、詳細な原因分析と切替え支援を実施し、将来的な運用改善に資する具体的な解決策を提示しました。依頼元からは、最初のお客さま提案から約3年越しとなったが、無事収容替えが完了し、お客さまからの信頼も維持することができたとの講評をいただきました。

#### ■材料系セッション

材料系セッションでは、設備保守の高度化に向け、非破壊測定技術と効率的な点検手法の開発に挑戦しました。RT-BOX<sup>\*7</sup>床下鋼材の非破壊測定に関する調査と実機トライアルを通じて、現場での適用可能性を検証しました。また、電柱点検における電柱特定方法を改善し、作業効率を飛躍的に向上させる提案を実施しました。これらの取り組みは、安全性と作業品質の両立をめ

ざす次世代保守の基盤となります。依頼元からは今回の点検手法をRT-BOX床下鋼材だけでなく建物等ほかにも応用していくため、今後も現場と技術協力センターが一丸となって取り組んでいきたいと講評をいただきました。

#### ■閉会の挨拶

閉会の挨拶では、8件の発表を通じて困難な課題に知恵と工夫をもって取り組む姿勢への誇りと、年間多数の相談を支える中で「つなぐ使命」を果たしているとの実感、ならびに技協まつりの内容を横展開して現場に活かすことで今後も地域に期待される存在をめざしたいとの所感が、NTT東日本 千葉事業部 設備部 倭部長(写真6)より述べられました。



(左から) 土田 周治/ 橋本 和樹/  
阪口 こはる/ 上西 雄

技協まつりでは現場でのさまざまな難解故障事例について紹介しています。ぜひ一度ご視聴ください。

#### ◆問い合わせ先

NTT東日本  
ネットワーク事業推進本部  
サービス運営部 技術協力センター



# 狭隘部での地下メタルケーブル撤去への挑戦

地下マンホール内が狭隘な場所では、メタルケーブル撤去が困難を極めます。そこで、限られた空間でも設置可能な小型油圧装置と専用治具を開発し、撤去困難な地下メタルケーブルの抜去に挑みました。その結果、狭小空間での優れた設置性を確認するとともに、従来手法では撤去を断念した事例を解決へと導き、本装置の有効性を実証しました。本稿では、これら実証結果の詳細と全国導入に向けた技術講習会等の取り組みを紹介します。

キーワード：#地下メタルケーブル撤去、#狭隘マンホール対応、#全国展開

なかむら ひであき / 中村 秀章  
もりた よしあき / 森田 賛明  
よしだ まさとし / 吉田 将俊

たいら まさき / 平良 真樹  
くぼつか よしひこ / 窪塚 吉彦

NTT東日本

## 開発の背景と目的

光ブロードバンド・モバイルサービスの普及・拡大を背景に、メタル設備を利用した加入電話については、利用の減少や老朽化した設備の維持限界により、2035年ごろまでにはサービスレベルの維持が困難な状況を迎えます<sup>(1)</sup>。光ブロードバンド等のさらなる普及に向けては、地下の既存管路設備を有効活用する必要があり、そのためにはメタルケーブルの撤去が必要になります。しかし、狭隘マンホール（MH）や図1に示すような都市部を中心としたケーブル輻輳個所では、従来の撤去装置の搬入や設置が困難なケースが多くみられます。また、従来撤去手法の1つであるワイヤ直掛けやチェーンによる牽引では、負荷集中によるケーブル損傷を招き、撤去不能に至る事例も確認されています。これらの課題は管路の有効活用を阻害しています。NTT東日本 技術協力センターでは、こうした状況を

解消するため、狭隘MHへ搬入可能な小型・軽量設計でありながら、高荷重牽引と低加速度の荷重制御を両立した「ケーブル引き戻し装置」\*1と、ケーブルを確実に把持する「撤去用把持具」を組み合わせた撤去装置を開発しました。本稿では、本装置の概要を紹介するとともに、実際の撤去困難個所における検証結果と、その成果を踏まえた全国展開に向けた取り組みについて解説します。

## ケーブル撤去作業の現状と技術課題

従来の撤去手段としては、撤去対象のケーブルにワイヤを掛け、チェーンブロックや張線器（シメラー）で牽引する方法のほか、油圧式専用装置と車両を組み合わせた自動撤去や、専門業者による最大20 t級の床置き型油圧牽引装置を用いる手法が一般的です。しかし、狭隘MH内では直線的な牽引スペースや、金車\*2および床面固定

に必要な設置スペースを十分に確保できないことが、狭隘MH内において従来手法の適用を困難にする要因となっています。

また、ワイヤをケーブル外被に直接掛けて牽引する従来手法には、荷重がケーブル外被のワイヤ掛け位置に集中しやすいという課題があります。特に、「管路内壁にケーブルが固着している現場」や「ケーブルが動き始めるまでに大きな摩擦抵抗を要する初動前の段階」において、過大な荷重による外被損傷を招きやすく、結果として撤去

\*1 ケーブル引き戻し装置：道路上を走行する車両の振動に伴うクリーピングにより移動してしまった地下メタルケーブルを元の位置へ引き戻すための装置。ケーブルを把持する治具と、その側面に配置された2本の油圧シリンダ（脚部）で構成されます。油圧シリンダをMH壁面に押し付けた状態で、ケーブルを把持した治具を壁面から後退させることにより、管路内のケーブルを引き戻します。

\*2 金車：電気工事、通信工事、土木工事などにおいて、ケーブルやワイヤーロープを円滑に引き回すために使用される金属製または、プラスチック製の滑車（ローラー）。

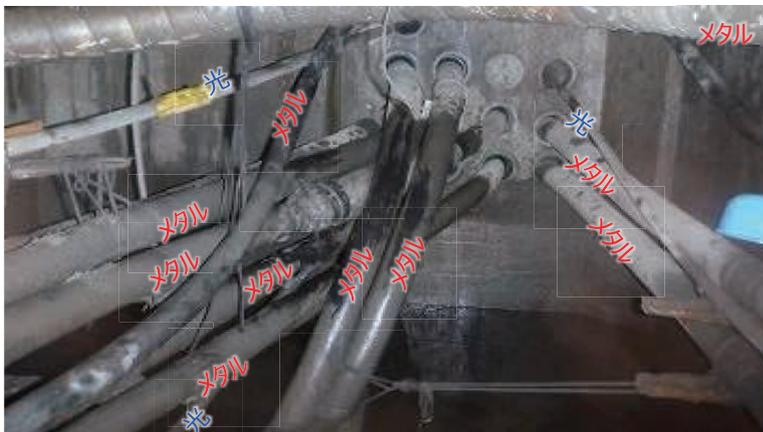


図1 メタルケーブルが輻輳する都市部のマンホール内

を断念せざるを得ない事例もありました。こうした事態は、将来的な管路の再利用率の低下を招く要因となります。

以上の背景から、本開発においては解消すべき技術課題を以下の3点に整理しました。

- ・ 狭隘な環境下での可搬性と設置性を両立する「小型・軽量」な構造
  - ・ 外被だけでなく心線部を含めて確実に把持し、「高荷重牽引」を可能とする把持機構
  - ・ 外被損傷を防止するため、急激な負荷を避ける「低加速度な荷重制御」
- 技術協力センターでは、これら3つの課題

を同時に解消する新たな撤去装置の開発に取り組みました。

### 技術課題に対する撤去装置の設計方針と動作原理

本開発品を構成する「ケーブル引き戻し装置」および「撤去用把持具」を図2に示します。以下に、その開発コンセプトと具体的な動作原理を解説します。

**■狭隘環境に適應する「小型・軽量」設計**  
油圧ポンプを利用することで狭隘な地下MH内での可搬性と設置性を確保し、装置本体は全長約25 cm、重量約9 kgという

極めてコンパクトな設計を実現しました。これにより、作業者は限られたスペースでも容易に装置を持ち込むことができ、既設ケーブルが輻輳する環境下でも、周囲との干渉を避けながら柔軟に設置することが可能です。さらに、油圧ホースの接続部は90度単位で向きを変更できる構造としており、周囲の設備配置に応じてホースを迂回させることで、狭隘空間でも干渉を生じさせずに接続することが可能です。

**■滑りと外被損傷を解消する「高荷重牽引」対応の把持機構**

撤去用把持具の構造を図3に示します。撤去用把持具は、シンプルな構造を採用す

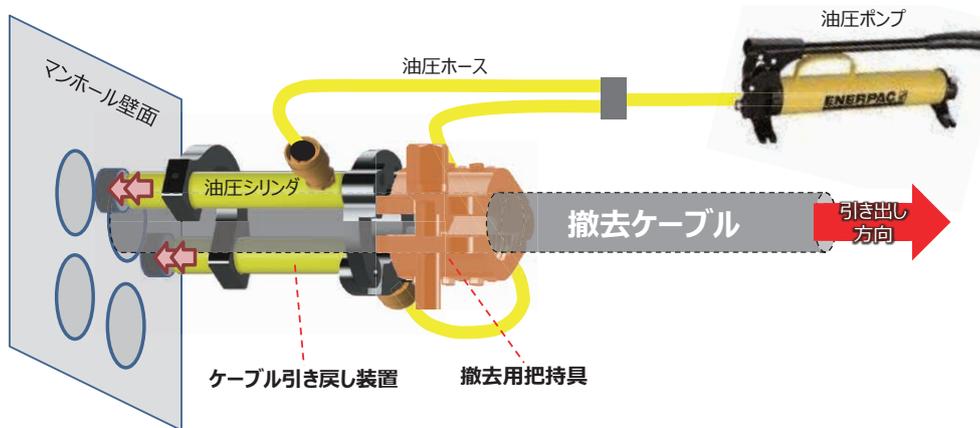


図2 「ケーブル引き戻し装置」を活用したケーブル撤去装置図

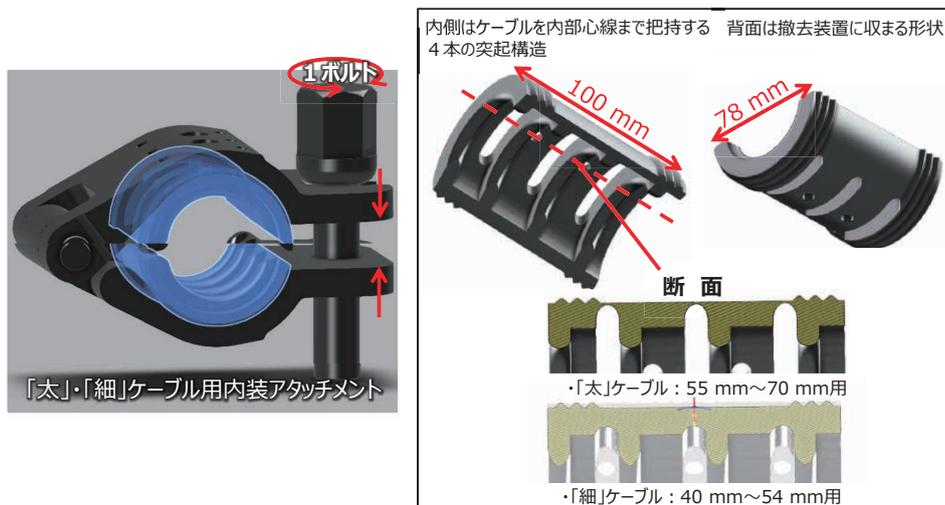


図3 「撤去用把持具」の構造

ることで高荷重牽引を可能とし、さらに1本のポルトで簡単に把持・解放できるようにしています。アタッチメントを交換することで、外被を含む外径が40~70 mmの幅広いケーブルに対応しています。さらに現場実証を進めていく中で、把持形状の抜本的な改良を行いました。外被の材質やケーブル外径に左右されず、円周方向からケーブル外被を加圧し、円周上に4本のくびれを形成して把持する構造へと進化させています。この改良により、従来は2 t弱の負荷で外被が破断しやすかったポリエチレン (PE) 外被のケーブルにおいても、4 t強までの高荷重牽引に耐え、心線と外被を一体として引き出すことが可能となりました。

■外被損傷を抑止する「低加速度な荷重制御」機構

本装置は、最大8 tの荷重を発生可能な油圧シリンダ2本を備えており、MH壁面にシリンダを押し当てて反力を確保したうえで、ケーブルに装着した撤去用把持具を

壁面から後退させることにより、管路内からケーブルを引き出す動作原理を採用しています。油圧シリンダは緩やかに荷重を与えることができるため低加速な荷重制御を実現し、外被への急激な荷重集中を回避します。これにより、管路内での固着を緩やかに解消し、外被損傷を抑えつつ、ケーブルを引き出し始めることが可能となりました。

現場実証による効果検証

開発した撤去装置の有効性を確認するため、従来手法では撤去ができず残置されたままのケーブルに対して実証実験を行いました。以下に、代表的な4つの事例とそこで得られた主な知見を紹介します。

■事例1：狭隘空間における設置性と初動確保の有効性

本事例は、MH内作業空間の最大長1.5 mに対し、従来の大型撤去装置では動作寸法2.0 mを要したため、物理的に設置が不可能であった現場です。その代替として過

去にワイヤを用いて1.3 tで牽引を試みた際には、初動が得られる前に鉛被ケーブルの外被が損傷し(図4(a))、撤去を断念せざるを得ませんでした。今回、本装置を用いて1.7 tの牽引力を加えることで初動が得られ、計145 cmの引き出しに成功しました。初動以降は従来手法に移行して作業を継続し、最終的に当該管路区間における全体のケーブル撤去を完了しました。本事例により、狭隘空間においても本装置を用いることで、初動確保が可能であることを確認しました。

■事例2：損傷ケーブルおよび短尺ケーブルに対する撤去手法の確立

本事例は、既設ケーブルの輻輳により装置設置スペースの確保が困難な現場です。張線器(シメラー)による牽引では初動が起らず、鉛被ケーブルの外被が欠損し、心線が露出した状態となっていました(図4(b))。MH壁面から露出しているケーブル長は約30 cmに制限されていました。

ここでは、アーマーキャスト部材\*3を用いて心線部へ「疑似的な外被」を形成するという現場独自の工夫を加え、その上から本装置を装着しました(図4(d))。また、本装置は把持部がコンパクトであるため、露出長が短い条件でも装着が可能でした。約1.3 tの牽引で初動を確認し、計86 cmの引き出しを行うことができました。本事例では、外被が損傷したケーブルであっても、事前処理と本装置を組み合わせることで撤去作業が可能であることを確認しました。

■事例3：強固な固着に対する「心線抜き」の試行

本事例は、過去の撤去試行の影響により、MH壁面から露出しているケーブル長が約11 cmと極めて短く、把持具の装着自体が困難な現場です。本実証では、ケーブルが



(a) ワイヤ牽引時に発生した外被損傷



(b) 外被の脱落と心線露出の状況



(c) 疑似外被形成と装置の装着状況



(d) 心線抜去後の管路内状況

図4 困難条件下におけるケーブル撤去の実施例

\*3 アーマーキャスト部材：ガラス繊維布に特殊樹脂を含ませた補修・保護用材料で、硬化させることで高い機械的強度と耐候性を発揮します。主にケーブル外被の保護、補修、補強や、管路出口部・曲がり部における機械的損傷防止を目的として用いられます。

動き出すまでは、一方のMHからの「牽引」に加え、対向側のMHからの「押し込み」を併用する2台での運用を試みました。管路内の固着により、2.1 tの荷重をかけた段階でPE外被が破断し始め、内部の心線だけが牽引される状況が発生しました。事例2と同様に、心線部分を補強しながら把持・牽引を繰り返すことで2.4 mの引き抜きを達成しました。以降は、ユニック車による牽引へ引き継ぎ、最終的に外被を管路内に残したまま内部の心線だけを撤去しました(図4(d))。本事例では、管路内の固着による摩擦抵抗が外被の耐裂性を上回ったことから完全なケーブル撤去には至りませんが、管路再利用(光ケーブルの通線など)の可能性を確認しました。

**■事例4：管路損傷を伴う条件下での施工限界の把握**

本事例は、本来4つのMHで構成される3区間のうち、中間に位置する2カ所のMHが有姿除却により埋め戻された現場です。中間MHへの入孔が不可能なことから、作業箇所が両端のMHだけに限定される長大な単一区間での実証となりました。この

区間におけるケーブル初動時の負荷を考慮し、両端MHに装置を配置し、片側で牽引(2 t)、反対側で押し込み(0.5 t)を行う同時運用により初動が得られました。その後は牽引のみとし、当初は4.5 tの牽引荷重を要しましたが、引き出しが進むにつれて必要な牽引力は3.5 t、3.0 tと徐々に低下し、約50 cmの牽引を達成しました。しかし、従来型の自動撤去装置へ切り替えて作業を継続したものの、当初と同様に撤去不能な状況に陥りました。隣接する空管路にパイプカメラを挿入して内部状況を確認した結果、埋め立てられた旧MH個所において管路継手部の変形が確認されました。このことから、当該管路にも同様の損傷が生じている可能性が高く、時間を十分に確保すれば撤去できた可能性はあるものの、現実的な作業時間では対応が困難であったため撤去作業を断念しました。本事例は、初動を得ることができても、管路設備の損傷状況によっては、撤去完遂が困難となることを示す結果となりました。

**■現場実証の総括および装置改良**

一連の現場実証を通じて、本装置は狹隘

環境下における高い設置性に加え、単なる「牽引」にとどまらず、対向する「押し込み」や、従来手法では対応が困難であった損傷ケーブルや短尺ケーブルといった厳しい条件下での対応方法についても確認できました。さらに、万一外被が破断した場合を想定した「心線抜き」など、現場状況に応じた柔軟な発想を加えることで本装置の適用領域を拡大できたと考えます。

一方、管路自体の損傷が存在する場合には、撤去作業の完遂が困難となる場合もあることが明らかとなりました。また、油圧シリンダのストローク長(約127 mm)を超えて引き出す場合には、その都度ケーブルから装置を取り外して再装着する必要がありますが、作業効率の低下が課題として明らかになりました。この課題を踏まえ、装置を脱着することなく連続的な牽引を可能とするスペーサ方式を採用しました。スペーサ挿入による油圧シリンダの連続牽引方式を図5に示します。シリンダがストローク端に達した際、①いったん圧力を解放し、シリンダを縮めたうえで、②装置と撤去用把持具の間に専用スペーサを挿入します。そ

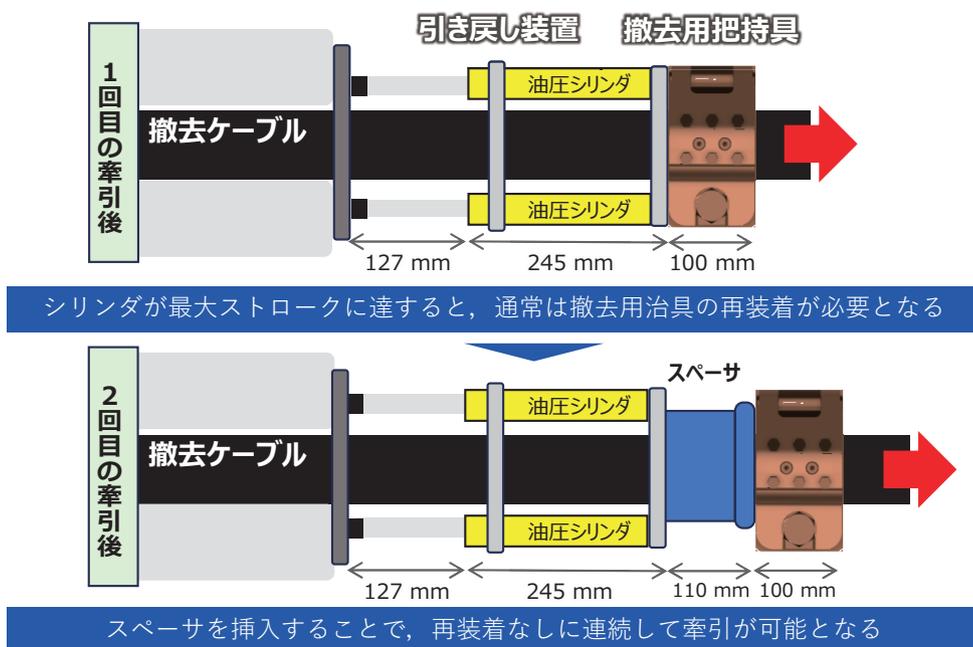


図5 スペーサ挿入による油圧シリンダの連続牽引方式



(a) 座学講習の様子



(b) 実機を用いた操作説明



(c) 模擬マンホールでの装置取付実習

図6 技術講習会における操作習得の様子

の後、③シリンダを再伸長させるだけで引き続き牽引が可能となります。この「①解放・②挿入・③再加圧」のサイクルを繰り返すことで、初動から連続牽引までの工程を効率化し、作業時間の短縮と作業者の負担軽減を両立させています。

### 全国展開に向けた技術普及の取り組み

本装置を用いた撤去手法の現場運用を確実にすることを目的に、技術普及活動を実施しました。ここでは、撤去断念事例の発生割合が高かったエリア（6県域）を対象として実施した、実機を用いた講習会および現場適用に向けた取り組みについて述べます。

#### ■実機を用いた技術講習会

現場への適用に先立ち、当該エリアの撤去作業従事者約50名を対象として、本装置を用いた技術講習会を実施しました。講習会では、装置構成と仕様の説明に加え、基本的な操作手順、設置時の留意点、および牽引作業に関する注意事項について説明しました。講習会の様子を図6に示します。実習では、模擬MHを用い、狭隘空間を想定した装置の搬入および設置を行いました。併せて、撤去用把持具の装着方法、油圧シリンダの作動手順、および荷重を段階的に付与する操作方法について確認しました。これにより、現場条件を想定した一連の操作手順を、装置仕様に基づいて把握できるようにしました。

#### ■現場での適用状況と評価・改良に向けた取り組み

講習後、当該エリアにおいて過去に撤去不能と判定されていた現場を対象に、本装置を用いた撤去手法の適用を順次進めています。各現場では、本装置の設置方法、牽引時の荷重推移、適用可否、および作業結果を記録しました。これらの記録は、施工条件との関係性を整理し、本装置の適用範囲や運用時の判断基準として取りまとめを進めています。また、現場作業を通じて得られた操作性や作業手順に関する意見については、装置仕様への反映可否を含めて検討し、今後の改良に向けた検討項目として活用しています。

#### まとめと今後の展望

地下メタルケーブルの撤去は、管路設備の継続的な利用や有効活用の観点から、今後も対応が求められる作業です。本稿では、狭隘なMH内での使用を前提としたケーブル引き戻し装置と、撤去用把持具を組み合わせた撤去装置について紹介しました。現場での適用を通じて、従来手法では対応が難しかった条件に対しても、本装置が適用可能となる施工条件が明らかになってきています。一方で、施工条件や管路設備の状態によっては、装置の適用が制約されるケースがあることも確認されています。今後は、本装置を用いた撤去手法の適用範囲を順次拡大するとともに、現場で得られた知見を装置改良に反映させることで、狭隘・輻輳

環境における撤去作業の効率化に貢献していきます。

#### ■参考文献

- (1) [https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/pdf/20250929\\_01\\_01.pdf](https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/pdf/20250929_01_01.pdf)



(上段左から)中村 秀章/ 平良 真樹  
(下段左から)森田 賛明/ 窪塚 吉彦/  
吉田 将俊



私たちは現場の「困った」を技術で解決することを使命としています。本装置を全国の皆様に活用いただき、残置ケーブル撤去という大きな課題を共に乗り越えていけるよう、今後も全力でサポートしていきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT 東日本  
ネットワーク事業推進本部  
サービス運営部 技術協力センター



# 無線通信環境の可視化に向けた開発

無線通信機の電波品質は単なる電波強度だけではなく、変調や同期状態、外来無線の干渉などさまざまな要因が影響します。本稿では、それら無線環境の状態を可視化するためのPHS (Personal Handy-phone System) プロトコルアナライザと簡易マルチバンドスペアナの開発について紹介します。

キーワード：#ツール開発、#特異故障、#無線

ひらさわ のりひと こまつ おうじろう  
平澤 徳仁 / 小松 央次郎  
おばた ひろやす ふくしま としひこ  
小畑 裕康 / 福嶋 俊彦

NTT東日本

## はじめに

通信環境の複雑化とお客さま宅内機器の多様化が進む中、機器交換などの通常の保守対応では解消しない“特異故障”は減る気配がありません。こうした現場の課題に対し、NTT東日本技術協力センター ネットインタフェース技術担当とEMC (Electro Magnetic Compatibility) 技術担当は、通信品質を裏側から支える技術的な裏付けづくりとフィールドでの故障解析を担っています。

まずネットインタフェース技術担当は、ビジネスフォンやONU\*1・ホームゲートウェイ\*2など、お客さま宅からNTTビルまでのアクセス系通信を幅広く扱っており、その作業性と品質を確保するための試験・評価を日常的に実施しています。例えば、ネットワーク機器の工事・保守性の確認、IPパケットの振る舞いの解析、ビジネスフォン端末のコマンド可視化など、現場の作業者では判断が難しい技術的な妥当性を評価し、安定したサービス提供を支えています。

一方でEMC技術担当は、メタルケーブルへの電磁誘導、雷サージや太陽光発電で利用されるインバータなど外部要因によるノイズ、さらには各種無線が混在する環境での干渉評価まで、電磁環境という観点から広い技術領域を担当しています。また、NTTビル機械室内でのWi-Fi/Bluetooth使用可否調査、各種無線規格に対応した電波測定、誘導雑音の発生メカニズムの分析など、「見えない電磁的影響」を技術的に可視化する役割を担っています。

両担当の共通した取り組みが、フィールドで発生する特異故障の調査と対策立案です。特異故障とは機器交換では解決しない、

無線干渉やノイズなどの外部要因・機器相性など複合的な要因が絡んで起きるサービス故障のことを指します。

具体例として

- ・UTM\*3がネットワーク内の端末へ向けて行うスキャンが影響してビジネスフォン端末が突発的にシャットダウンする事例 (ネットインタフェース技術担当)
- ・太陽光インバータのノイズによりメタル回線に雑音が混入した事例 (EMC技術担当)
- ・複数の無線 (PHS\*4・DECT\*5) が相互に干渉し通信が不安定になる事例 (両担当で対応)

などが挙げられます。

特異故障は「原因が通信設備そのものではない」ため発見が難しく、調査にはフィールドでの実測や信号解析が欠かせません。ネットインタフェース技術担当とEMC技術担当は互いの領域を連携させながら、原因を1つひとつ解きほぐし、対策を現場へ返しています。

さらに両担当では、特異故障の早期解決に役立つ計測器や解析ツールの独自開発にも取り組んでいます。ネットインタフェース技術担当では、IPパケットキャプチャツールやビジネスフォンの内部動作を解析するツールなど、通信プロトコルの動きを直接分析できる装置を開発し、現場の切り分けスピード向上に貢献しています。

EMC技術担当では、電力線などが通信用メタルケーブルへ与える誘導影響を評価するシステムや、さまざまな電波の電界強度を簡易に測定するツールを開発し、電磁環境に起因する故障の再現・分析を可能にしています。

このように、「現場作業で扱う技術や方法の妥当性を検証する試験研究→フィールドでの特異故障の調査・対策→現場で使用する“武器”となるツール開発」という一連の流れが両担当における活動の特徴となっています。

本稿で紹介する「PHSプロトコルアナライザ」「簡易マルチバンドスペアナ<sup>(1)</sup>」はこの一連の取り組みから誕生した開発品で、開発に至った背景には無線を利用するお客さま宅内機器の増加に伴う無線区間トラブルの複雑化があります。

こうした背景から、

- ・変調されたPHS信号が“正しいかたち”で受信できているか評価するツール
- ・周辺電波の強度と干渉状況を現場で即座に可視化できるツール

が強く求められていました。

次に、ネットインタフェース技術担当・EMC技術担当によって開発されたこれら

\*1 ONU (Optical Network Unit) : 光回線終端装置。光ファイバで伝送される光信号を、家庭内や事業所内の機器で扱えるデジタル信号 (IP信号) に変換する装置。光回線におけるネットワークの終端に設置されます。

\*2 ホームゲートウェイ : 宅内と通信事業者ネットワークの境界に設置される装置。ONU機能、ルータ機能、IP電話 (光電話) 機能などを一体化して提供します。

\*3 UTM (Unified Threat Management) : 統合脅威管理。ファイアウォール、ウイルス対策、不正侵入検知・防御 (IDS/IPS)、Webフィルタリングなど、複数のセキュリティ機能を1つの機器やサービスに統合し、ネットワーク全体を包括的に保護する仕組み。

\*4 PHS (Personal Handy-phone System) : 日本発のデジタルコードレス系無線通信方式で、かつて公衆通信および構内通信に利用されました。

\*5 DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) : 主に欧州を中心に普及したデジタルコードレス電話の国際標準で、日本でもPHS後継の構内無線方式として利用されています。



方式無線の変調信号を測定する際にキャプチャしたデータを音声データ（WAV形式）に変換し、「CS/PSの両方の音声」を保存・再生することで通話品質を確認できます。

無線区間を経た PS は通信の最終端であり、無線区間信号から得た音声をお客さまと共に確認することで、申告された不具合事象を確実に把握できます。また、前述の EVM値やCRCエラーといった定量的な無線品質と、音声としての聞こえ方の両面から評価することで、原因究明に大いに役立ちます。

(3) スペクトルモニタ

スナップショットによるPHS方式の電波周波数帯の電波強度をスペクトル表示する機能を持ちます。最大42チャンネル分のスペクトルをグラフ表示することが可能であり、色は設定期間内の出現頻度を表します。赤くなるほど出現頻度が高くなります。また特定チャンネルの電界強度がしきい値より小さくなったときの検出条件や、妨害波の検出条件（DECT, TD-LTE1.4 MHz/5 MHz）を設定することが可能です。

PHS方式およびDECT方式において、両者の信号が周波数的に重複する場合には、このモニタ上で波形の重なり（干渉）を観測することにより、各信号を識別することができます。一方で、複数のPSが使用するチャンネルが重複している場合や、マルチパスが発生している状況においては、このモニタだけでは識別が困難です。本開発ではCS⇄PS間の通信シーケンスを表示できるプロトコルモニタを同時に表示する機能を実装し、スペクトル情報とプロトコル情報を組み合わせることで識別を可能としました。またプロトコルモニタにてCS⇄PSのハンドオーバー時の追跡ができます。

このように、PHSプロトコルアナライザは単なる電界強度測定機ではなく、コンスタレーションの数値化や、実際の音声データの保存・再生、スペクトルとプロトコル情報の組み合わせにより「PHS方式の信号・

通話品質」を直接評価できる診断ツールです。例えばビジネスフォンで報告される「雑音が入る」「通話がときどき途切れる」といった症状は、装置交換では改善しないケースが多くあります。こうした現象の原因が

- ・電波強度不足
- ・マルチパスによる信号劣化
- ・他無線との干渉によるシンボル乱れ
- ・フレーム誤りの増加

といったどこにあるのかを、現場で短時間に切り分けることが可能になりました。さらに切り分けの結果からCSの設置場所を提案することもできます。

開発したPHSプロトコルアナライザは、DCL環境が複雑化する現在のフィールドにおいて信号・通話品質劣化の“本当の原因”を可視化する強力なツールとなり、特異故障の迅速な解決に大きく寄与しています。

簡易マルチバンドスペアナの紹介

無線通信を利用したサービスが急速に拡大する中、お客さま宅内にはPHS方式、DECT方式、Wi-Fi、各種スマート家電、さらには3G（第3世代移动通信システム）/LTE（Long Term Evolution）など、さまざまな電波が混在するようになっています。

特にビジネスフォンのDCL通信は1.9 GHz帯を使用しており、同周波数帯を利用する複数の通信方式が存在することが通信を不安定にする一因となっており、現場では「雑音が入る」「ときどき途切れる」といった申告が増えています。

しかし、無線干渉の有無を現場で即時に判断することは容易ではなく、従来は高価なスペクトラムアナライザと専門知識を必要としていました。

こうした背景から、現場で手軽に無線環境を可視化できる「簡易マルチバンドスペ

アナ」を開発しました。

EMC技術担当が開発した簡易マルチバンドスペアナの主な特徴は、以下の3点です。

(1) デジタルコードレス電話の簡易干渉判定機能

PHS方式、DECT方式の電波強度を、それぞれ5段階のインジケータで表示できます。また、DCLへ通信影響が確認されている3G/LTEの電波強度も併せて表示できます。これにより、周辺でどの方式の無線がどの程度存在しているかを一目で把握できる点が大きな特徴です。

さらに本ツールには、各方式の電波強度の相関から干渉の可能性を自動判定する簡易干渉評価機能が搭載されています。

PHS方式とDECT方式の受信強度差が20 dB以内の場合、また3G/LTEの受信強度が-30 dBm以上ある場合には、干渉の影響や携帯電話基地局の影響を受ける可能性があるため、干渉パターンを赤色に点灯させ、ひと目で電波受信強度や電波干渉の有無を確認できます（図3）。

従来、無線干渉の判断には波形観測やスペクトル解析といった高度な作業が必要でしたが、本機能により専門的なスキルがない現場作業員でも、

- ・ PHS方式とDECT方式が同時に高レベルで存在している
- ・ 特定時間帯だけ3G/LTEのレベルが突出している

といった傾向を瞬時に把握し、干渉リスクを確認することができるようになりました。

これにより、無線環境の調査が“誰でも実施できる作業”へと変わり、大きな導入効果を上げています。

(2) 各種無線サービスのスペクトラム表示機能

ビジネスフォンや Wi-Fi、携帯電話以外

\* 7 CS (Cell Station) : PHSにおける基地局・親機を指す用語。PS (端末・子機) と無線通信を行い、有線ネットワークを介して交換機・ビジネスフォン主装置へ接続されます。  
 \* 8 PS (Personal Station) : PHSにおける端末・子機 (利用者が携帯する電話機) を指す用語。基地局側であるCSに対する呼び名。

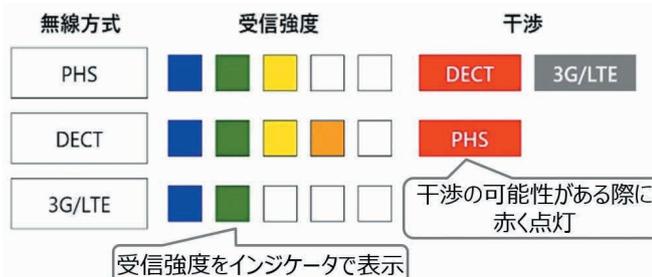


図3 簡易干渉判定

の各種無線サービスで利用される周波数帯のスペクトラムを表示できます。

例えば、420 MHz帯を利用する特定小電力無線や、920 MHz帯を利用するLPWA (Low Power Wide Area) \*9など、表示したい無線サービスを選択するだけで、その周波数帯域のスペクトラムを表示できます。

登録済みの無線サービス以外にも、SDRで計測可能な1 MHz～6 GHzの広い周波数帯において任意の帯域のスペクトラムを測定できます。

(3) ヒートマップ作成機能

電波の到達エリアや干渉源の探索に役立つヒートマップを簡単に作成できます。

調査対象フロアの図面をJPEG形式で読み込み、測定する無線サービス(周波数)を選択します。電波強度測定を行いながら、計測場所に対応する図面上のポイントをクリックすることで、その場所の電波強度を記録します。複数地点で測定することでヒートマップが作成できます。

ヒートマップでは、受信強度の弱い場所は青色、強い場所は赤色で表示されます(図4)。

本ツールは、複数の無線サービスが相互

に干渉し、サービスレベルが劣化している際の原因調査で力を発揮します。

DCLの音声断続的な途切れの故障では、PHS方式電波の変調品質に問題がなくても、周辺のDECT方式無線が断続的に高レベルで動作していれば、干渉により通話品質が劣化する可能性が高くなります。

従来、この判断には高価な測定器の持ち込みと長時間の観測が必要でしたが、簡易マルチバンドスペアナを用いることで、現場においてわずか数分の観測で干渉の可能性を迅速に把握できます。

また、EMC技術担当が特異故障調査で蓄積してきた“電磁環境の癖”に関する知見を取り入れたことで、単に電界レベルを可視化するだけでなく、干渉につながる特徴的な振る舞いを検出しやすい表示仕様となっています。

簡易マルチバンドスペアナは、これまで専門測定器が必要だった作業を現場で容易に実施できるようにし、無線起因のトラブル解決を加速させる“実践的な現場ツール”として大きく貢献しています。

フィールドでの活用事例

ネットインタフェース技術担当が開発したPHSプロトコルアナライザと、EMC技術担当が開発した簡易マルチバンドスペアナを組み合わせることで、

- ・変調信号の品質評価 (PHSプロトコル

アナライザ)

- ・周辺電波の強度・干渉評価 (簡易マルチバンドスペアナ)

という二段構えの分析が可能となり、特異故障の原因究明が大幅に迅速化されます。

以下にDCL通話の断続的な途切れ事象で機器交換では改善しない典型的な特異故障の対応事例を紹介します。

変調信号の品質評価

現場ではまず、IPパケットの欠落や再送がないかを確認し、さらにアナログ信号の波形や電源周辺のノイズ混入の有無を調査しましたが、いずれも異常はみられませんでした。

そこで無線環境の詳細確認に踏み込み、PHSプロトコルアナライザを用いて変調信号の健全性を確認したところ、電波強度は十分であるにもかかわらず、コンスタレーション図にシンボルの乱れが断続的に現れることが判明しました。

並行して簡易マルチバンドスペアナにより簡易干渉判定を行ったところ、PHS方式とDECT方式の電波を強く受信し、相互に干渉のおそれがあることを確認しました。そこでスペクトラム表示機能で詳細調査を行ったところ、CSの近傍でDECT方式無線の電波強度が高く、PHS方式電波と時間的に重なる場面が多いことが確認されました(図5)。

さらに、DECT方式が断続的に高レベルで動作するタイミングと、PHS方式の変調

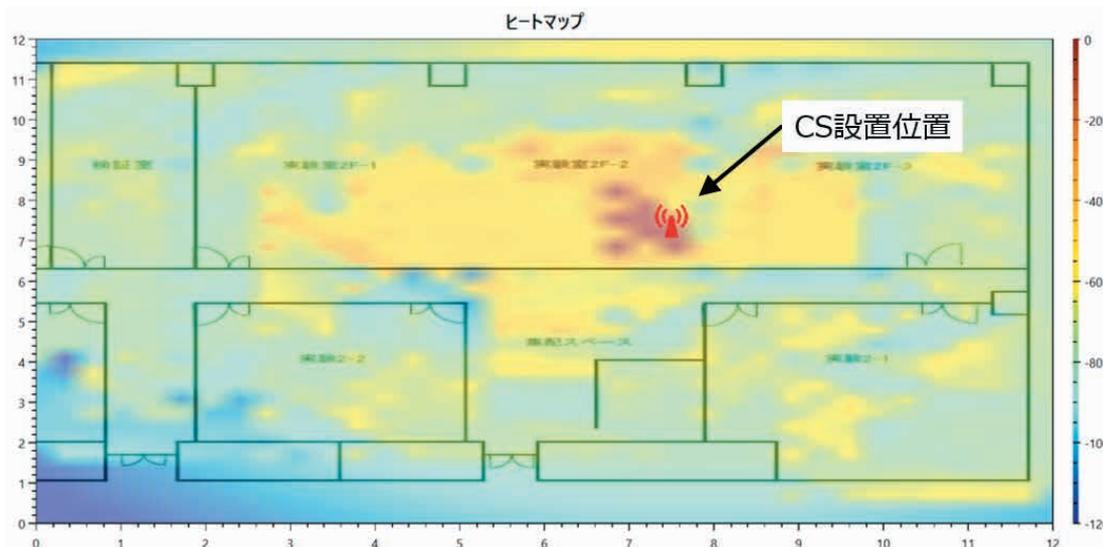


図4 ヒートマップ

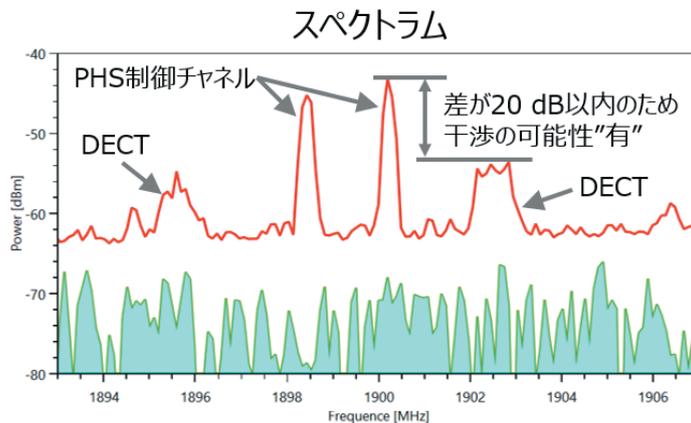


図5 お客様環境のスペクトラム解析結果

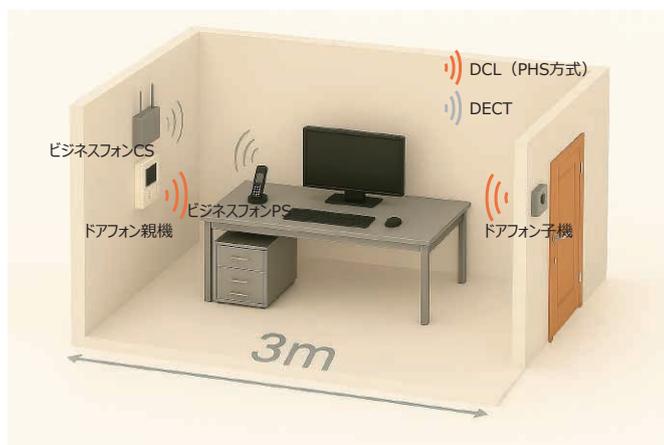


図6 お客様環境イメージ

品質が悪化するタイミングが一致しており、両者が干渉関係にあると判断しました。

■周辺電波の強度・干渉評価

お客様設備構成を調査すると、DCLのCS近傍にDECT方式無線を利用するドアフォン子機が設置されており、そのドアフォン子機の発するDECT電波が妨害波として入り込み、CS内部のアンプが飽和し通話途切れにつながったと推定しました(図6)。

そこで、簡易マルチバンドスペアナのヒートマップ作成機能を用いて、DECT方式無線とPHS方式無線とのそれぞれの電波強度差が20 dB以上となる地点を探出し、その地点へCS設置位置を変更することで干渉の影響を軽減しました。

併せて、PHSプロトコルアナライザのコンスタレーション表示機能およびEVM値やCRCエラーの確認により信号の健全性を評価し、信号品質の改善を確認しました。

本事例では、2つのツールを組み合わせることで変調品質と干渉状況を同時に評価

し、特異故障の原因を短時間で特定することができました。

おわりに

技術協力センター ネットインタフェース技術担当とEMC技術担当では、それぞれが担当する技術分野においてサービス品質の維持・向上を目的とした試験研究を行っており、特異故障の原因調査や対策立案、ならびに調査に役立つツールの開発を進めています。

今後も、お客様環境やサービスの変化に伴って発生する新たな特異故障の原因調査を通じ、フィールドで役立つツールの開発を継続していきます。

■参考文献

- (1) テクニカルソリューション：“無線サービスのトラブル解決をサポートする無線電波可視化ツールの開発。” NTT技術ジャーナル, Vol. 34, No. 7, pp. 68-71, 2022.



(左から) 平澤 徳仁 / 小松 央次郎 / 小畑 裕康 / 福嶋 俊彦

通信環境および宅内機器の多様化により、機器交換では解決困難な特異故障が顕在化しています。ネットワーク技術担当とEMC技術担当は、通信品質・電磁環境の両面から実測・解析およびツール開発を通じ、原因究明と対策立案でサービス品質の維持向上を担っています。

◆問い合わせ先

NTT東日本  
ネットワーク事業推進本部  
サービス運営部 技術協力センター



## 技術協力センターの匠が語る——現場と未来を支える技術力の本質

NTTの通信インフラは、今なお多様な課題が同時進行する局面にあります。維持限界を迎えつつあるメタル設備の終息対応、電柱の老朽化、雷・過電圧、電磁誘導といった複雑化する故障要因、そして人材の世代交代が進む中での技術継承。これらの領域においてNTT東日本技術協力センターは“最後の砦”として現場を支えてきました。本稿では、メタル保守・雷・電柱・誘導の各技術を支える4つの専門分野の匠が集い、それぞれの経験や取り組み、未来への課題と理想像について語り合っていました。

キーワード：#電気通信を支えるレガシー技術、#匠の技術、#技術継承

### 「匠」たちの歩み——専門分野に 辿り着くまで

はじめに、アクセス（メタル）保守・雷・電柱・誘導という各技術分野の匠にお集まりいただき、皆さんの歩みから、専門領域の匠に至るまでを伺いました。

#### ■地下メタル設備の延命と撤去技術を切り拓く：中村 秀章（メタル）

2016年、48歳でNTT東日本技術協力センター（技協）に初めて着任しました。正直「敷居が高い組織だ」と感じ、長くはいられないだろうと思っていました。しかし、数年後にメタル設備の延命が急務となり、対策が困難となっている現状を目の当たりにして、むしろ“やるべき技術”が山積していることに気づき、同時に技協としての存在意義が問われている、と感じました。そこから、現場と真剣に向き合い、対策が困難な箇所を拾い上げ、限られたリソース

で解決策をつくっていく——その積み重ねが、今の自分の軸となっています。最近はいよいよ維持限界を迎えつつあるメタル設備の撤去など、新たな領域にも挑戦しています（写真1）。

#### ■アクセスからEMCへ、“畑違い”の挑戦： 細田 誠（雷・過電圧）

私は2010年に一度アクセス技術担当として技協に在籍していました。2020年に今度はEMC\*1技術担当として戻ってきました。それまでアクセス畑だった私には、EMCは未知の世界。特に雷・過電圧の分野は、まさにゼロからの出発でした。ただ、アクセスで培った「現場で起きている現象を自分の目で確かめる姿勢」がEMCでも非常に役立ちました。雷のメカニズム、どこに原因が潜み、どう対策すれば故障が減るか——これらを理論と現場の両輪で学び、今では雷のみならずノイズ分野などの幅広い案件にもチャレンジしています（写真2）。

おおかわら かつよし なかむら ひであき  
大河原 勝良 / 中村 秀章  
ほそだ まこと みやうち まさひさ  
細田 誠 / 宮内 雅久

NTT東日本

#### ■安心安全と持続可能な電柱運用をめざして：大河原 勝良（電柱）

電柱関連技術に初めて携わったのは2015年ごろでした。最初は全くの素人でしたが、そのときに技協へ駆け込んで、過去資料を片っ端から読みあさったことで、これまで積み上げられてきた技術や歴史を素早く吸収することができました。そこで1番強く感じたことは、高度経済成長時代に建設された膨大な設備が年々老朽化していて、このまま何も考えずに運用していくと、近い将来、持続不可能になってしまうことでした（写真3）。

\*1 EMC：Electro Magnetic Compatibilityの略で、日本語では電磁両立性と訳されます。電子機器が動作することで意図しない電磁波が発生することがあり、それらを抑制すること、またそのような電磁波がある環境においても電子機器が正常に動作するようにすることをめざした技術です。NTT東日本では、この考えに基づきノイズ、雷、電磁誘導による故障が発生しないよう対策などを実施しています。



写真1 中村秀章  
メタル撤去治具 産みの親  
メタルの匠



写真2 細田誠  
アクセス技術からEMC技術へ  
雷・過電圧の匠



写真3 大河原勝良  
電柱破壊調査本数1000本以上  
電柱関連技術の匠

そういった課題に直面し、日々、知見を蓄積しながら、電柱の安全担保と使用限界の探求を続けています。これまで電柱の状態を深く理解するために調査した数は1000本以上になります。現場で起きているリアルな実態を現場や経営層に正しく伝えるためには、データの積み上げ、そこから見えてくる課題を見える化し発信していくことが大事だと思っています。

#### ■誘導の専門家として17年：宮内 雅久（電磁誘導）

2009年にEMC技術担当に着任しました。「誘導\*2をやってください」と言われたのがこの分野に携わるきっかけとなりました。当時、誘導を理解している先輩方はすでに高齢で、やがて誰もいなくなる——そんな危機感の中でもがくように学んできました。転出後も“対策設計”の実務に触れることでスキルを培ってきました。現場で何が起き、対策がどのように実装されるかを知らずして、誘導は語れません。再びEMCに戻ってきた今は、風力発電や新送電方式な

\*2 電磁誘導対策業務：送電線や電鉄が利用する大きな電流により発生する電磁界により、通信設備に誘導電圧・電流が発生します。この誘導電圧・電流により、通信装置へ雑音が発生することがあります。また、地絡事故などが起こった際にはさらに大きな誘導電圧・電流が発生し、通信設備の保守作業の際に感電などの事故が発生させるおそれがあります。これらを防止するために、通信設備にどのくらいの誘導電圧・電流が発生するのかを計算し、必要に応じて対策を講じます。これらを実施するのが電磁誘導対策業務です。

ど、標準実施法に無い課題にも電力会社と協議しながら挑んでいます（写真4）。

#### 匠の技はどのように磨かれたのか ——“現場・理論・交流”の三位一体

各分野で活躍する匠に共通するのは「現場から逃げないこと」でした。皆さんがどうやって“匠の技”を身につけていったのかをお聞きました（写真5）。

司会：中村さん。メタル設備の延命や撤去<sup>(1)</sup>で、次々と現場の課題を解決してきましたよね。その技術はどのように磨いていったのでしょうか。

中村：正直なところ“気付いたら技術が身についていた”という感覚に近いですね。現場は待たないで、「対策がないから何とかしてくれ」という相談がどんどん来る。研究所ほど大がかりな開発もできない。じゃあどうする？ 現場でできる最小限の工夫で、最大限の改善を出すしかない。

司会：確かに中村さんのアイデアは、シンプルだけど「現場で本当に使える」ものばかりですね。

中村：現場で話を聞きながら、その場でかたちにして、次の日には改良して、の繰り返しです。いってしまえば、実践あるのみですね。「現場と向き合い続けるしかなかった」ことで技術が身についたのかもかもしれません。

司会：細田さんは、アクセスからEMCへ

転じて雷・過電圧のプロになったわけですが、どうやって技術を習得したのでしょうか。細田：EMCに来た当初は本当に何も分からなくて（笑）。でも、雷故障って現場へ行くと「何かがおかしい」と感じる瞬間があるのです。その“違和感”を持ち帰って、先輩のレポートを読んだり、電気工学、電磁気学の苦手分野を学び直したりしていくうちに、だんだんメカニズムが頭に浮かぶようになってきていました。

司会：やはり現場と理論を行き来して、腑に落ちていったということでしょうか。

細田：そうですね。現場での“感覚”を、理論で裏付ける。これの繰り返しでした。「現場の違和感が“学びの入り口”だった」のだと感じています。

司会：大河原さんは“電柱のスペシャリスト”として、東西を問わず多くの依頼が来ますよね。どうやってそこまで詳しくなったのでしょうか？

大河原：まず勉強。前職で電柱に携わることが決まった際に、1番に取り組んだのが技協のキングファイルの全コピーです（笑）。これを身につければ技協にある技術は自分のものになると信じて勉強しました。技協の書庫は宝の山ですね。また、メーカーや電力会社の“もっとも詳しい人”を訪ねて、徹底的に教えてもらいました。でも、それだけじゃ足りない。電柱は実物に触れないと分からない。

司会：実際、何本くらい調査したものでしょ



写真4 宮内雅久  
誘導一筋17年  
誘導対策の匠



写真5 座談の様子

うか。

**大河原**：正確にカウントしていませんが、1000本以上は調査しています。机上の理論が大事なほうまでありませんが、やはり設計図からだけでは見えてこないものもたくさんあります。実際の電柱を破壊して細部まで知ることで、現場に自信を持って説明できるのです。「理論を理解して、そのうえで壊して、触って、確かめる。それがすべて」ですね。

**司会**：では最後に宮内さん。誘導は本当に特殊な分野ですね。どうやって17年も続けてこられたのでしょうか。

**宮内**：最初は右も左も分からなかったのですが、電力会社の方々と議論していると「計算上は正しいけど、現場では違う」ということが多くて、そこからです。“現場を見て初めて理解できる”ってことを痛感しました。

**司会**：確かに誘導って、地中構造や送電線配置で大きく変わりますよね。

**宮内**：はい。だから、現場へ行き、対策設計を自分の目で確認して、実装された結果をまた見る——このサイクルが本当に大事でした。それを積み重ねているうちに、17年経っていたという感じです。この17年間を通じて、「計算だけでは語れない。誘導は“現場がすべて”」と感じています。

**司会**：皆さんに共通するのは次の3つですね。

「現場で感じ、確かめる力」「理論で裏付けられる力」「他社・他部署と交流し、自分を磨く姿勢」この3つが重なったところに、まさに“匠の技”が生まれているのだと感じました。

## 技術を“つなぐ”ことの課題

**司会**：ここまで皆さんの歩みや技の磨き方を聞いてきましたが、技術を継承していくことも重要なテーマです。その“技術をつなぐうえでの課題”についてご意見を聞かせてください。まずは中村さん、お願いします。

**中村**：やはりコロナ禍以降、現場からもそうですが、センタ内における社員間のコミュ

ニケーションが以前より希薄になったことでしょうか。昔なら、それぞれちょっと困ったら“気軽に聞ける”といった感じがあったのです。でも、リモート中心になってから、なんとなく“声をかけづらい”かなという空気が出てしまった。

**司会**：確かに、現場側もこちら側も、遠慮みたいなものが出ましたよね。

**中村**：そうですね。昨年度から始めた「技協まつり」<sup>(2)</sup>みたいな取り組みで大きく関係が戻ってきてはいるけれど、本来の「密なやり取り」はまだ完全には戻っていないと思います。「コミュニケーションの希薄化は大きな問題」と感じています。

**司会**：細田さんはどうですか。

**細田**：やはり同じく“つながり”ですね。現場に行くと、「来てくれて本当に助かった」と言われる。その瞬間、技協の存在価値を改めて感じます。でもコロナ禍では行きたくても行けず、向こうからも呼びにくい。それで、相談自体が少なくなってしまった時期がありました。

**司会**：今は回復している感じですか。

**細田**：肌感覚では、ようやく戻ってきたかなという印象です。最近では「まず相談してみよう」という空気が感じられるようになってきましたね。ただ、これを絶やさないと、再び断絶するおそれがあります。「現場との“つながり”が技協の生命線」だと感じます。

**司会**：大河原さんは、いかがですか。

**大河原**：腰を据えて技術に向き合う時間、これが大切だと思っています。3年、5年と技術に本気で向き合うことで見えてくる世界があると思っています。

**司会**：確かに“腰を据えて学べる”期間は大切ですね。

**大河原**：そのとおり。技協と現場、そのどちらも“長く経験”できることが必要です。しかも、電柱みたいに現物を壊したり触ったりしないと分からない分野は、短期間では絶対に深まらないですから、向き合った時間だけ技術が深まっていくと思います。

**司会**：宮内さんは、誘導を17年も担当されてきて、継承の難しさをどう感じていますか。

**宮内**：技協の書庫に保管されている技術資

料の活用ですね。技協の回答票や調査結果は60年分の蓄積があるのに、電子化されているのはここ20～30年ほど。昔の紙資料は“宝の山”なのですが、検索性が低くて活かしきれていない。しかも、誘導分野では昭和30年代の資料がいまだに重要だったりしますから、昔の資料の価値は計りしれません。それらが活用しきれていないのは大きな損失と感じます。

**司会**：結局のところ、技術継承は「人」と「仕組み」の両方を整えないと成り立たないですね。今日の議論を聞いて、改めてそれを痛感しました。

## 技協の未来像——変わらぬ使命と、新たな挑戦

**司会**：ここからは、少し未来の話をしましょう。技協がこれからどうあるべきか、皆さんが思う“理想の姿”を聞いていきたいと思っています。

**宮内**：技協は、60年以上続いてきた組織で、その知が書庫とサーバに保管されています。この歴史自体が価値だと思うのです。ただ、昔のやり方をそのまま続けるだけではレガシーになってしまう。

**司会**：“伝統の継承”と“技術革新”のバランスが必要ということでしょうか。

**宮内**：まさにそれです。誘導の世界もそうですが、古い資料が今も生きる一方で、AI（人工知能）などの新しい仕組みを入れる余地がたくさんある。「古い」ではなく「成熟した技術」として進化させる努力が必要だと思っています。「歴史を守りつつ、進化し続ける組織でありたい」と思っています。

**司会**：では、大河原さん。電柱の観点から見た“未来像”はありますか。

**大河原**：やはりNTTが技術を持続することが1番大事ですね。最近は委託化が進んでいますけど、現場で判断できる直営の技術者がいないと、本当に困ったときに立ち行かなくなる。

**司会**：技協には“最後の砦”としての役割もありますからね。

**大河原**：そうですね。現場で起きているリアルを感じ、対応策を考えていけるのは直営

の技術者だけ。そこが弱ると、企業全体として危ない。技協は直営技術の象徴として、どっしり構えていくべきだと考えています。「直営の技術力を守ることが未来の鍵」と考えます。

**司会**：細田さんはいかがですか。

**細田**：技協の一員であることは、やはり特別な感覚なのです。プライドと緊張感がセットになっているというか。

**司会**：“技協の言葉は軽く言えない”という話、細田さん、よくおっしゃっていますよね。

**細田**：そうなのです。こちらが言ったことが、そのまま現場判断になる場面も多い。それだけ重い役割を担っている。だからこそ、技協としての責任感を持ちつつ、その価値観を後輩たちに伝えていける組織でありたいですね。「技協の名を背負う“緊張感”が技術を育てる」と思います。

**司会**：中村さん、技協に長くかかわってきた視点からいかがでしょうか。

**中村**：技協って、技術者にとって“濃厚な時間”が過ごせる場所だと思うのです。現場と深くかかわって、本気で答えを出して、仲間と議論し、ほかでは得られない時間がある。

**司会**：確かに技協は、技術に真正面から向き合える数少ない場ですね。

**中村**：だから、ここに来た後輩たちには「技協に来てよかった」と思ってもらえるよう、自分のスタンスを貫き、仕事における濃い時間を体験してほしい。そのためには、組織として“技術に没頭できる環境”を守っていくことが大事なと思っています。

**司会**：皆さんの話を聞いて、技協が担うべき未来の姿が少し見えてきた気がします。私は、これからは“外に向けて技術を発信する技協”という姿も大事だと思っています。そういった活動で、自分たちの技術を問い続けることが、内部の研鑽にもつながる。そして、レガシー領域でも、“技術を絶やさず、磨き続ける”のは技協の使命。皆さんの話から、それぞれの分野でその覚悟を強く感じました。

## 最後に——匠から若い世代へのメッセージ

**司会**：では最後に、次の世代へ伝えたいこと——“匠としてのメッセージ”をぜひお聞かせください。

■「技協は“濃厚な技術時間”を過ごせる場だ」：中村

若い人には、とにかく“技協という場所の濃さ”を体験してほしいですね。

現場の課題へ真剣に向き合う、真剣にかかわる、現場も真剣にこたえてくれる。すると自然に技術は身についてくる。その技術時間により、技術者として「濃厚な時間を過ごせた」という経験が積み重なっていくと思います。

■「技協の言葉には責任がある。だからこそ鍛えられる」：細田

技協が発した言葉が、現場では“判断材料”そのものになるのです。だから、軽い気持ちで言えないし、言うからには責任を伴う。それだけプレッシャーもありますが、だからこそ成長できる。後輩には、怖がらずにその責任を引き受けてほしいと思います。その緊張感は、技術者としての誇りへと変わっていくはずですよ。

■「現場を見て、触って、考え続ける技術者でいてほしい」：大河原

とにかく、現場を見て、触って、壊して、調べてほしい。机の上だけで技術は絶対に深まらない。特に電柱なんて、実物を割ったら分かることが山ほどある。若手には、「現場をまっすぐ見つめる姿勢」を身につけてほしいですね。そこさえあれば、知識はあとからいくらでも追いつくから。それと、書庫には過去に検討されたさまざま知見があります。どんどんあさって、知識を深めてほしいですね。

■「現場の“なぜ？”を大事にしてほしい」：宮内

誘導をやってきて思うのは、「現場のなぜ？」を大事にしてほしいということ。机上では“起こるはずのない”ことが、現場では普通に起きるのです。だから、分からないことをそのままにせず、必ず現場に足を運ぶ。その積み重ねが、自分だけの技術

の“軸”になるはずですよ。若い人には、ぜひそこを楽しんでほしいですね。

**司会**：皆さん、ありがとうございました。

今日の話聞いて改めて思ったのは、技協は技術者がもっとも成長できる場所であり、また60年以上にわたり脈々と培ってきた技術でNTTの通信インフラを守る最後の砦だということです。若い世代には、「現場へ真剣に向き合う勇氣」「技術に責任を持つ覚悟」「仲間と学び続ける姿勢」を持って飛び込んできてほしいと思います。そして、ここにいる“匠たち”のように、自分の技術を築き、次の世代へつないでいく存在になってほしい。これが、技協の未来をつくる道だと信じています。

### ■参考文献

- (1) 中村・平良・森田・窪塚・吉田：“狭隘部での地下メタルケーブル撤去への挑戦,” NTT技術ジャーナル, Vol.38, No.4, pp. 13-17, 2026.
- (2) 上西・土田・阪口・橋本：“技協まつりの開催——難解故障解決の知見共有,” NTT技術ジャーナル, Vol.38, No.4, pp. 10-12, 2026.



(左から) 大河原 勝良 / 宮内 雅久 / 細田 誠 / 中村 秀章

これから現場でのお困りごとの解決や、新しい技術の開発に向けて取り組んでいきます。技術に関心がある方、技術を極めたい方は、ぜひ一緒に技術協力活動にチャレンジしませんか。現場でのお困りごと、一緒にチャレンジしたい方、何なりとお問い合わせください。

### ◆問い合わせ先

NTT東日本  
ネットワーク事業推進本部  
サービス運営部 技術協力センター



## 美容×テクノロジーが生む新市場：ビューティテックの成長メカニズム（後編）

前編では、ビューティテックの注目される背景や市場の特徴、ビジネスモデルの変化を概観し、AI（人工知能）・画像診断、パーソナライズ化粧品、美容機器とアプリの連動、オンライン美容カウンセリングの4領域から整理しました。後編では、これら4領域における国内外の具体的な事例を通じ、技術の実装状況を明らかにします。さらに収益モデルの違いや競争環境の構造的変化、日本企業の立ち位置を整理し、今後の方向性を考察します。

キーワード：#パーソナライズスキンケア、#診断、#収益モデル



### はじめに

前編では、ビューティテックとは何か、なぜ今注目されているのかといった背景や、市場の特徴、ビジネスモデルの変化について概観しました。美容という身近なテーマを使って、企業の顧客接点や価値提供のあり方を、AI（人工知能）・画像診断、パーソナライズ化粧品、美容機器とアプリの連動、オンライン美容カウンセリングの4領域から整理しました。後編では、前編で整理したビューティテックの概念や市場構造を踏まえ、それらが実際の事業としてどのように実装されているのかを、具体的な事

例を通じてみていきます。日本を含む各国企業の動きや技術活用方向性を、同じ4つの領域に沿って整理するとともに、事例ごとの収益モデルの違いや競争環境の構造的変化、日本企業の立ち位置、今後の展望について考察します。

### ビューティテック活用の最新動向

ビューティテック市場では技術の実用化が進み、研究段階にあった技術が、実際のサービスや事業として定着しつつあります。本稿では、前編で整理した4つの領域を軸に、各領域においてどのような企業が、ど

のようなかたちで価値創出と収益化を実現しているのかに焦点を当て、日本を含む各国の具体的な事例を整理します。

なお、本稿で取り上げる事例は、前編で整理した4つの領域に基づき、表1に一覧化しています。以降では、この整理を踏まえながら、各領域における具体的な取り組みを順にみていきます。

#### ■ AI・画像解析による肌診断

AI・画像解析による肌診断の価値は、専門家レベルの診断を、いつでもどこでも受けられる点にあります。従来は、店頭で美容部員のカウンセリングを受けたり、皮膚科を受診したりする必要がありましたが、近年はスマートフォンを用いた画像解析に

表1 ビューティテックにおける主要事例の整理

領域	企業名	国	サービス名	提供価値	収益モデル
AI・画像解析によるAI診断	Lancôme	仏	Skin Screen	専門レベルの肌診断を起点に、製品提案の精度を高める	製品販売促進型
	資生堂	日本	エリクシール AIスキンアナライザー	スマホ診断を起点に顧客接点をオンラインへ拡張	製品販売促進型
パーソナライズ化粧品・スキンケア	ポーラ	日本	APEX	長期肌データに基づく処方設計で継続関係を構築	製品販売促進型
	CureSkin	インド	CureSkin (アプリ・医療D2C)	AI診断+医師監修による医療D2Cモデル	製品販売促進型
美容機器とアプリの連動サービス	Amorepacific	韓国	Skin Light Therapy 3S	機器とアプリを統合し家庭内ケアを継続化	デバイス×アプリ統合型
	ヤーマン	日本	HAKEI	使用化粧品に応じて出力を最適化	デバイス×アプリ統合型
オンライン美容カウンセリング	Perfect Corp.	台湾	YouCam (AI Beauty Agent)	診断・試着技術をAPIとして提供	技術ライセンス型

出典：各種公開情報を基に筆者作成



よって、個人の肌状態をより詳細に把握できるようになってきました。

ここでは、店頭で高精度な肌診断を提供するフランスのLancômeの取り組みと、誰でも気軽に、時間や場所を問わず利用できる日本の資生堂「エリクシール」のサービスを紹介します。

(1) Lancôme (フランス)

L'Oréalグループの高級ブランドであるLancômeは、研究開発力とグローバルな顧客基盤を強みに、ビューティテック分野において先進的な取り組みを進めています。同社はAIと光学技術を組み合わせた肌診断サービス「Skin Screen」を展開し、2020年から世界30カ国以上で提供しています。店頭デバイスを用いた約20分の診断では、通常光・偏光・UV光の3種類の特異光により、肌表面だけでなく隠れたシミや紫外線ダメージまで可視化します。シミ、シワ、毛穴、水分量など13項目を0~100点でスコア化し、その結果を基にビューティアドバイザーが最適な製品やケア方法を提案します。この診断は、L'Oréalが20年以上にわたり蓄積してきた約1万

6000<sup>(1)</sup>枚以上の肌画像データを用いて学習されたAIによって支えられています。

さらに2025年には「Longevity AI Cloud」を発表し、診断データを製品開発や成分研究と連動させる取り組みを強化しています。グローバルブランドならではの規模と研究資産を活かした点が、Lancômeのビューティテック戦略の特徴といえます。

(2) 資生堂 (日本)

資生堂は、スキンケアブランド「エリクシール」において、2023年9月よりAIを活用した肌測定サービス「AIスキナアナライザー」を提供しています。本サービスは、資生堂が長年蓄積してきた皮膚科学研究の知見とAI技術を組み合わせ、無料で、かつスマートフォンから手軽に利用できる点が特徴です。

利用者は、簡単な質問への回答と顔写真の撮影を通じて、ハリやシミ、シワなど16項目の肌状態を可視化できます。2025年9月には測定結果を基にスキンケアのアドバイスや商品提案を行う対話型のAIチャット機能も追加され、診断結果の提示にとど

まらず、利用者との継続的な関係構築を意識した設計が進められています(図1)。店頭で足を運ばずに利用できる利便性に加え、年間約56万人<sup>(2)</sup>が利用するなど、既存ブランドの顧客接点を起点に、データと対話を活用した関係構築へと発展させている点は、国内大手企業によるビューティテック実装の代表例といえます。

■パーソナライズ化粧品・スキンケア

人は28歳ごろから、肌の乾燥やハリ低下などを感じやすくなるといわれています。こうした変化の現れ方やタイミングは、生活習慣や肌状態によって人それぞれ異なります。

これまで、自分に合う化粧品やスキンケアを見つけるには、複数の製品を試したり、ビューティーカウンセラーの経験に頼ったりする方法が一般的でした。これに対し、パーソナライズ化粧品・スキンケアの価値は、試行錯誤を減らし、利用者の肌状態に合わせた製品を提供することで、効果と満足度を高める点にあります。ここでは、店頭での肌分析を起点に独自の進化を遂げてきた日本のポーラ「APEX」と、医療ア

測定のポイント



- 1** 研究データをもとに計測

独自の肌研究データをもとに、部位別のたるみ状態、シワ、シミ等、全16項目から今の肌状態を本格測定
- 2** 同年代平均との比較

測定結果をスコアで確認。同年代平均と比較できる
- 3** 肌ケアのアドバイス

おすすめケアや生活習慣へのきめ細やかなアドバイス
- 4** AIチャット機能に相談

測定結果をもとにしたあなたにぴったりなアドバイスが受け取れます
- 5** 計測結果の保存

エリクシールクラブにログインすると結果を保存でき、肌状態を継続的に確認可能

※撮影した顔写真は測定後24時間以内に削除されて保存されることはありません。

出典：資生堂公式サイト ([https://www.shiseido.co.jp/elixir/tস্যadama-counseling/?srsltid=AfmBOoqWvLsdLLLQ\\_T6hKR96N\\_bipLvgPTkTrqWjLXB0\\_WJipVK27](https://www.shiseido.co.jp/elixir/tস্যadama-counseling/?srsltid=AfmBOoqWvLsdLLLQ_T6hKR96N_bipLvgPTkTrqWjLXB0_WJipVK27))

図1 資生堂「エリクシール AIスキナアナライザー」における測定から活用までの流れ

クセス格差の解消をめざすインドの CureSkin の 2 事例を取り上げます。

#### (1) ポーラ (日本)

1989年に誕生したポーラのパーソナライズスキンケアブランド「APEX」は、2024年7月に新「APEX」シリーズとして刷新されました。ポーラ独自の技術「モーションスキャンテクノロジー」を用いた動画分析と肌カメラ分析によって、「365日、個肌対応」のブランドとして生まれ変わっています。

「モーションスキャンテクノロジー」は、カメラで撮影したわずか14秒の映像から肌に関する約170万個の特徴情報を抽出します。肌の動きの速さや方向などの特徴から、肌三層（表皮・真皮・皮下組織）の状態を、これまでポーラが蓄積した約2070万件<sup>(3)</sup>の肌データを活用しながら推測します。今の肌状態を分析すると同時に、今後表れやすい肌の変化の兆しまで推測できる点が特徴です。

こうした分析に基づき、フルイド（美容液・化粧水）全36種類、エマルジョン（乳液・クリーム）全24種類を含む6品目計75種類から、1人ひとりの肌状態に合わせてセレクトできるので、自分に合ったスキンケアを提案します<sup>(4)</sup>。2025年8月には肌分析技術を応用したパーソナライズメーク品も投入し、診断から提案、継続利用までを一体で設計する日本型パーソナライズの代表例といえます。

#### (2) CureSkin (インド)

一方で、CureSkinはインド・ベンガルールを拠点に2017年に設立されたデジタルヘルス企業で、都市部以外で専門医へのアクセスが制約されるという社会課題を背景に創業されました。肌写真をアプリにアップロードすると、独自のAIによる画像解析が行われ、その後40名以上の資格を持つ経験豊富な皮膚科医（Dermatologists）が診断内容を補完・監修しながら、個別の治療方針やケアプランを提示します。

このAI解析と医師監修を組み合わせたモデルは、単純な自動診断ではなく、人間

の医療判断と連携したパーソナライズ支援を実現しています。これまでに170万人（17 lakh）<sup>(5)</sup>以上のユーザが肌や毛髪健康改善の支援を受けた実績があり、実運用として一定規模の利用が進んでいることがわかります。また、医療資源へのアクセスが困難という社会課題に対し、テクノロジーで現実的な解を提示する点が特徴です。

### ■美容機器とアプリの連動

美容は「美しく見せる」だけでなく、肌状態を正しく把握し、「予防的にケア」するという方向へ広がりつつあります。また、家庭向け美容機器も高度化が進み、アプリと連動することで、診断からケアまでを自宅で完結できる設計が現実のものとなってきました。ここでは、韓国最大級の化粧品企業であるAmorepacificと、美容機器とアプリの連動を進める日本のヤーマンを例に、家庭内デバイスを起点とした事例を紹介します。

#### (1) Amorepacific (韓国)

Amorepacificは、韓国を代表する大手化粧品・美容・ヘルスケアメーカーです。韓国を拠点に、アジア、北米、欧州など世界各国で事業を展開し、K-Beautyトレンドを牽引してきました。技術を通じて美と健康を創造することを理念に掲げ、韓国初の化粧品研究所を設立するなど、早くから研究開発を重視してきた企業です。

同社が展開する「Skin Light Therapy 3S」は、自宅にいながらエステのようなケアを可能にする最新の美顔器です。2025年3月に発売され、忙しい日常の中でも、簡単にツヤやハリのある健やかな肌を保つことを目的としています。肌状態に応じたパーソナライズ設計を前提とし、個々の肌質に合わせたケアを自宅で実践できる点が評価されています。

また、CES 2026で披露されたMITと共同開発の新技術では、肌に貼る薄型センサを用いて温度、湿度、紫外線などをリアルタイムに計測します。取得したデータをAIが解析し、老化兆候や肌状態の変化を早期にとらえることで、肌トラブルが顕在化する

前の予防的ケアにつなげることをめざしています。

#### (2) ヤーマン (日本)

1978年設立のヤーマン株式会社は、美容機器市場シェア5年連続No.1を誇る美容機器専門メーカーです。同社の研究開発組織「表情筋研究所」では、電気電子工学と皮膚科学の両側面から美容技術を研究し、電気・光・熱・超音波などを活用した美容機器の開発と効果検証を行っています。

2023年6月に発売したAI美顔器「HAKEI」は、使用するスキンケア化粧品の成分に応じて浸透に適した波形を生成して出力する点を特徴とします。クラウド上に蓄積された2万点<sup>(6)</sup>のスキンケア化粧品データを基に、専用アプリ「YA-MAN HAKEI」で化粧品を検索すると、成分に応じて浸透に適した波形を生成し、美容器に送信します（図2）。

この仕組みにより、HAKEIはデバイス単体ではなく、化粧品・アプリ・機器が連動する設計を前提としています。基本の「ENRICH LIFT」モードに加え、「my-MODE」では好みに応じたケアモードのカスタマイズが可能です。さらに独自技術「CERTEC」を搭載した「顔全体エイジングケア」モードを追加購入できるなど、買い替えを前提としない設計も特徴です。肌悩みの変化に長期的に対応するサステナブルなアプローチといえます。

### ■オンライン美容カウンセリング

オンライン美容カウンセリングの価値は、場所や時間の制約なく、自分に合った製品を選べる点にあります。従来は美容部員による対面接客が中心でしたが、近年はオンライン面談に加え、AIやAR（拡張現実）を活用して“試す”体験そのものをデジタル化する動きが広がっています。

#### (1) Perfect Corp. (台湾)

Perfect Corp.は、2015年に台湾で創業したAI・AR技術を強みとするビューティテック企業です。AIによる肌解析やARメイク技術を基盤に、消費者向けアプリと企業向けソリューションの両面で事業を展開



出典：AppStore（iPhone向け）（<https://apps.apple.com/jp/app/ya-man-hakei/id1664429697>）

図2 ヤーマン「HAKEI」における美容機器×アプリ連動の仕組み

しています。

同社の特徴は、診断や試着といった技術を自社サービスとして提供するだけでなく、APIとして外部企業に提供するビジネスモデルを構築している点にあります。化粧品ブランドや小売企業は、Perfect Corp.の技術を自社のECサイトやアプリ、店頭施策に組み込むことで、肌診断やバーチャル試用といった体験を自社サービスの一部として提供できます。

現在、同社は数百のグローバルブランドと提携しており、消費者向けアプリ「YouCam」シリーズは累計10億回<sup>(7)</sup>以上ダウンロードされています。こうした実績は、診断・試着技術が特定ブランドに依存せず、横断的に活用されていることを示しています。

さらに、2025年11月には対話型の「YouCam AI Beauty Agent」を発表しました。セルフィー画像の解析と自然言語対話を組み合わせ、診断から製品提案、ARによるバーチャル試用までを一気通貫で支援する仕組みです。2026年のCESでは、このAI Beauty Agentを中核に、診断から購買支援までを統合した体験構想を示しま

した。Perfect Corp.は、診断技術そのものの販売を収益源とすることで、製品販売とは異なるかたちでスケール可能なモデルを確立しており、ビューティテック市場における新たな収益構造を示しています。

### 収益モデルの進化：「物売り」から「体験とデータ」へ

前編では、ビューティテックが「物売り」を中心とした美容ビジネスを、「診断×継続」へと拡張し得る点を整理しました。後編で見た事例を収益モデルの観点から俯瞰すると、同じ「診断」を起点としながらも、企業ごとに収益化の設計は大きく異なります。

例えば、Lancômeや資生堂の「AIスキンアナライザー」のように、診断を無料で提供し、製品販売を強化するアプローチがあります。一方、Perfect Corp.は、診断や試着機能をAPI/SDKとして外部に提供し、技術そのものを収益化しています。また、Amorepacificやヤーマンのように、デバイスとアプリを一体で設計し、家庭内

での継続利用を通じて価値を生み出すモデルもみられます。

さらに、同じく診断を起点に継続的な関係を構築する例として、CureSkinは、デバイスを用いずにAI診断と皮膚科医のカウンセリング、処方、定期配送を組み合わせた医療D2C型のアプローチを採用しています。

ここでは、これらの事例を基に、表2で示しているように、「診断」という価値をどのように位置付け、どのような事業として成立させているのかを整理します。

#### ■製品販売促進型

最初のアプローチは、診断を製品販売の「入口」として位置付けるモデルです。診断サービス自体から直接的な収益を得るのではなく、診断を通じて顧客理解を深め、その結果に基づく製品提案や購買体験の高度化につなげます。

例えば、フランスのLancômeは、店頭で高度な肌診断を起点に、診断結果に基づいたビューティーアドバイスや製品提案を行っています。日本では、資生堂のエリクシールが、スマートフォンによる肌測定を

表2 ビューティテックにおける主要収益モデルの類型と特徴

観点	製品販売促進型	技術ライセンス型	デバイス×アプリ統合型
主な提供価値	診断を起点とした製品提案・購買体験の高度化	診断・試着などの体験技術の外部提供	機器×アプリによる個別化された継続ケア体験
収益源	化粧品・関連サービスの販売	<ul style="list-style-type: none"> <li>API/SDK利用料</li> <li>ライセンス収入</li> </ul>	機器販売+付加サービス
診断の位置付け	顧客接点・理解を深める起点	体験技術の中核要素	個別化・継続ケアの起点
主なメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客の購買納得感の向上</li> <li>長期的な顧客接点構築</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スケラビリティ</li> <li>データ蓄積による技術高度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LTVを前提とした利用設計</li> <li>継続行動の定着</li> </ul>
代表的な事例	資生堂、Lancôme、ポーラ	Perfect Corp.	Amorepacific、ヤーマン

出典：各種公開情報を基に筆者作成

通じてオンライン上の顧客接点を拡張し、診断結果に応じた提案につなげています。また、ポーラの「APEX」は、長年にわたり蓄積してきた膨大な肌データを基に、個々の肌状態に合わせた処方設計を行い、診断から提案、製品提供までを一貫して設計している点が特徴です。診断を起点に、継続的な製品利用へと自然につながる仕組みを構築しています。

これらに共通するのは、無料診断により心理的ハードルを下げ、パーソナライズ提案によって購買納得感を高め、結果として関係を継続させる点です。診断は目的ではなく、顧客理解と提案精度を高めるための基盤として機能しています。

#### ■技術ライセンス型

次のアプローチは、診断技術そのものを商品化するモデルです。自社で化粧品を販売するのではなく、AIやARによる解析・試着機能を外部に提供し、技術利用料として収益を得ます。

このモデルの代表例が Perfect Corp. です。同社は、肌解析やバーチャル試着といった機能をAPIなどとして提供し、化粧品ブランドや小売企業が自社のECサイトやアプリ、店頭施策に組み込めるようにしています。同社発表では数百のブランドによる導入実績を示しています。2026年のCESでは、診断から提案、購買支援までを統合する「AI Beauty Agent」を発表し、EC・アプリ・店頭といった複数接点でのパーソ

ナライズ体験を支える基盤としての位置付けを明確にしました。診断技術を「製品販売の補助」ではなく、「独立した価値」として提供する点が、このモデルの特徴です。

#### ■デバイス×アプリ統合型

最後に、美容機器とアプリを連動させ、診断からケアまでを一体で提供するモデルです。このアプローチでは、デバイス単体の販売ではなく、診断後の継続的な利用やケア体験を通じた価値創出が重視されます。

例えば、韓国のAmorepacificは、家庭用美容機器とアプリを組み合わせ、個々の肌状態に応じたケアを自宅で実践できる仕組みを構築しています。日本ではヤーマンが、AI美容器「HAKEI」を中心に、アプリ連動によるモード制御やカスタマイズを可能にしています。

これらの事例に共通するのは、機器・アプリ・データを統合することで、診断から日常的なケアまでを循環させ、長期的な顧客関係（LTV）を前提とした価値設計を行っている点です。

#### ■3つのモデルが示す市場の多様化

以上の収益モデルの分化は、ビューティテック市場の成長が進む中で、競争の焦点が変化していることを示しています。重要なのは、各社が自社の強みや立ち位置に応じて、診断データをどのように価値へ変換しているかという点です。製品と販売網を持つ企業は顧客体験の高度化に強みを発揮しやすく、技術を強みとする企業はライセ

ンス提供でスケールしやすい傾向があります。ビューティテックの本質は、技術の選択ではなく、化粧品単品による価値提供から、「診断→提案→継続」という新たな価値提供サイクルへの変換にあると考えます。

### 競争環境の変化と日本市場の特徴

前述したように、ビューティテック市場では「診断」を起点とした多様な収益モデルが生まれています。こうした多様化は、競争環境そのものの変化を示しています。ここでは、競争環境の変化を整理したうえで、日本市場ならではの特徴を考察します。

#### ■競争環境の変化：「製品品質」から「データ×スピード」へ

従来、美容業界の競争軸は、製品品質や効果、安全性といった要素にありました。日本企業は特に、研究開発力や品質管理の高さを強みとしてきました。

しかし、ビューティテック市場の拡大と実装の進展とともに、競争軸は変化しつつあります。「どれだけ多くの顧客データを蓄積できるか」「それをどれだけ迅速にサービス改善や提案に反映できるか」が、新たな競争要素として重要性を増しています。

消費者向けアプリを展開する企業では、利用回数の増加とともにデータが蓄積され、診断精度や提案の質が継続的に向上する好循環が生まれています。また、店頭診断や



美容機器、オンラインサービスを通じて大量の肌データを保有する企業も、AIを活用した分析やサービスの高度化を進めています。

このような競争環境では、単一の技術や製品そのものではなく、複数の技術を組み合わせ、データをいかに早く価値に転換できるかが差別化の源泉となっています。競争優位の鍵は、「技術を持つこと」ではなく、「技術を収益化し続ける仕組みを持つこと」に移りつつあるといえます。

### ■日本企業の特徴：「ものづくり志向」の光と影

日本企業には、「ものづくり志向」という明確な特徴がみられます。資生堂やポーラの肌測定サービス、ポーラの「APEX」に代表されるように、長年にわたる研究開発投資を通じて、高い技術基盤と信頼性を築いてきました。

2025年11月に発表された「The 6th Japan BeautyTech Awards 2025」のファイナリストをみると、花王、日本メナード化粧品、資生堂、コーセー、ポーラなど、化粧品メーカーや研究開発組織を中心とした顔ぶれが並んでいます。

特別賞では、コーセーの「量子コンピュータによる最適解から生まれたコスメデコルテAQ毛穴美容液オイル」が受賞しました。先端研究を起点とした製品開発や技術研究が高く評価されている点は、日本のビューティテックにおける特徴だと考えます。世界で初めて1000億通りを超える組み合わせから最適処方を選択とといったコーセーの事例は、デジタル活用を「ものづくりの深化」に結びつけていることを示しています。

一方、収益モデルの観点では、既存の製品販売を補完・高度化するかたちにとどまるケースも少なくありません。品質や完成度を重視する強みがある反面、データ蓄積やサービス展開のスピードが競争力に直結する市場では、事業化・展開のスピードが課題となる場面もあります。経済産業省の調査<sup>(8)</sup>によれば、日本の化粧品産業は諸外国と比べてデジタル技術の活用が遅れ、国内市場への依存度が高い傾向にあるとされ

ています。こうした産業構造を踏まえると、高い技術力をいかに迅速な事業展開と結びつけられるかが、日本企業の競争力を左右するといえるでしょう。

### 今後の展望

ビューティテックの進展は、「1人ひとりに合った製品やサービスを提供する」という美容産業界における長年の課題に、現実的な解決策を示しつつあります。診断データや利用データを継続的に蓄積・活用することで、個別最適化は一部の高価格サービスに限られたものではなくなりつつあります。

今後は、利用者数とデータ量の蓄積が競争優位を左右し、先行企業と後発企業の差が拡大する可能性があります。日本企業にとっては、これまで培ってきた研究開発力や品質重視の姿勢を活かしつつ、国内市場だけでなく海外市場への展開などをより意識した外部パートナーとの連携を通じて事業展開のスピードを高めることが重要になります。技術力と事業化スピードをいかに両立させるかが、今後の成長を左右する論点になると考えます。

### まとめ

前編では、ビューティテックが美容ビジネスを「物売り」から「診断×継続」へと拡張し得る点を整理しました。後編では、その変化がどのように実装されているのかを、複数の技術領域と収益モデルの観点からみてきました。

競争軸は、製品品質だけでなく、診断・提案の精度、データ蓄積、体験設計、そして事業展開のスピードへと広がりがつあります。特に重要なのは、診断データをどのように価値へと変換するか、すなわち「診断—提案—継続—収益」を一貫して設計できるかという点です。

日本企業は、長期的な研究開発投資と高品質なものづくりという強みを持つ一方で、データ蓄積や改善スピードが競争力となる領域では、事業化の速さが課題となる場面もあります。ビューティテックは、美容という身近な分野を通じて、技術とビジネスの関係を改めて問い直しています。企業には、何を守り、何を变えるのかという戦略的判断が、これまで以上に求められているといえるでしょう。

### ■参考文献

- (1) <https://www.loreal.com/en/articles/science-and-technology/lancome-skin-screen/>
- (2) <https://corp.shiseido.com/jp/news/detail.html?n=0000000004067>
- (3) <https://www.pola.co.jp/about/news/20240313-02/index.html>
- (4) <https://www.pola.co.jp/column/beauty-tips/beauty/73/index.html>
- (5) <https://cureskin.com/expertise/>
- (6) <https://www.ya-man-tokyo-japan.com/products/forface/hakei/>
- (7) <https://www.perfectcorp.com/business/info/aboutus>
- (8) [https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/cosmetic\\_industry/pdf/001\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/cosmetic_industry/pdf/001_03_00.pdf)



株式会社情報通信総合研究所  
(左から) 主任研究員 イータンダーウィン/  
主席研究員 手嶋彩子

NTTコミュニケーション科学基礎研究所  
上席特別研究員

## 河邊隆寛 Takahiro Kawabe

# 視覚情報処理のメカニズムを 解明し遠隔へ質感を届ける 実験心理学者の挑戦

いかにも柔らかさそうで触りたく見える物の動き。今にも前へ走り出しそうに見える物の絵柄。人間の目を通じて、このように感じとれるのは、一体どういった知覚の仕組みが作用しているからなのでしょう。NTTコミュニケーション科学基礎研究所の河邊隆寛上席特別研究員は心理学の出身でありながら、情報処理の方法論を活用し、こうした脳内での視覚情報処理のメカニズムを解明しようとしています。また同時に、遠隔へ視覚的に質感を伝える技術の社会実装に向けても奔走されています。今回の取材で、最近の研究成果や今後の展望について伺いました。



### 柔らかさや触りたさを視覚で認識する

最近の視覚質感の研究について教えてください。

私は現在も視覚の研究に取り組んでいます。視覚の研究といってもさまざまですが、機械やコンピュータではなく、特に「人間」の視覚に焦点を当てて研究をしています。

前回のNTT技術ジャーナルでのインタビューでは「視覚質感の研究」についてお話をさせていただきました。私の視覚の研究は、遠隔地へ「質感」を伝えることを目的に、これを表現するパラメータを見出すことにより視覚を心理学的な手法で解明し、このパラメータを使った技術を確認し社会実装していくものです。

まず柔らかさや触りたさを視覚から認識・識別する研究について触れていきます。実験として、まずコンピュータグラフィック上の仮想空間に1枚の平面を準備します。この平面に針状の棒を押し下したり、戻したりする様子を映像として記録し、どの程度深くまで押し込まれたかという「押し込み量」や押し込まれた結果、どの程度横方向に変形したかという「空間的な変形の範囲」を人間が見たとき、どう感じるのかを評価しました(図1)。

空間的な変形量8 pixelでは針の周辺にしか変形が見られませんが、32 pixelになると、より広範囲が窪んで変形したように見えます。さらに64 pixelでは一見、変形しているようには見えませんが、平面全体がたわむように形を変えています。

実験参加者にこの映像を見てもらい、「柔らかさ」や「触りたさ」の感触について質問した結果を図1のグラフに示します。2つの

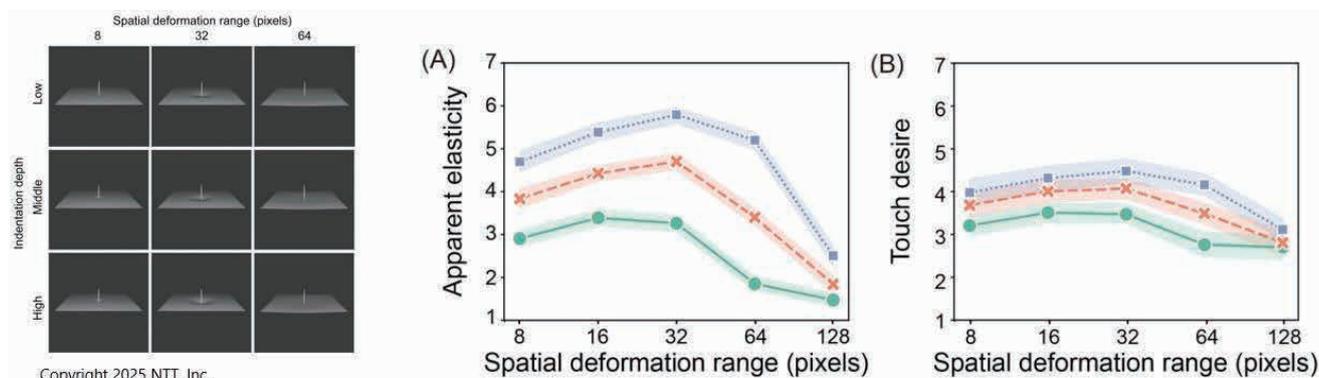


図1 物体映像への押し込み量と空間的な変形範囲から感じる柔らかさと触りたさ

グラフの横軸は共に「空間的な変形の範囲」で、グラフ(A)の縦軸が「見た目の柔らかさ」、グラフ(B)が「触りたさ」を表しています。グラフ中の各プロットでは押し込み量を変化させており、緑色< 橙色< 青色の順に大きくなっていきます。

(A)、(B)の全体的なグラフ形状は類似しており、人間が柔らかいと感じることと、触りたいと感じることに明確に相関があると判断できます。また、両グラフにおいて、大きく押し込んでいる青色ではもっとも柔らかさや触りたさを感じ、小さく押し込んでいる緑色では、柔らかさや触りたさをあまり感じない結果となりました。さらに、押し込み量には依存せず、空間的な変形の範囲が中程度において、もっとも柔らかく、かつ触りたく感じることも明らかになりました。

今までの研究では、押し込み量が柔らかさや触りたさに影響することは分かっていたのですが、空間的な変形の範囲が影響していることは、今回の研究で初めて実証されました。従来は、対象の柔らかさを遠隔へ伝えるとき、押し込み量だけで表現されていたため、この感触を伝える手段の少なさが課題でした。しかし、今回、横方向への変形範囲も柔らかさや触りたさを伝えるパラメータになることを見出し、表現する引き出しの数を増やすことができました。

このような視覚的質感の研究について、ビューティテックを志向する資生堂社に説明する機会があり、例えば化粧品の質感や肌触りを視覚情報として伝えることはできないのかと2025年9月から共同研究を開始しています<sup>(1)</sup>。例えば拡張現実なども視野に入れ、商品の映像だけでは難しい質感についても伝えられるのではないかと検討しています。現在はNTTの技術を資生堂社でテストしていただいている状況で、今後、皆さんへも発表できる機会があるのではないかと考えています。

**物の生物性や意図性を視覚の切り口から研究されているそうですね。**

次に視覚から感じる生物性・意図性の研究についてです。人は

柔らかさや重さといった質感とは別に、目の前の物がロボットやCGキャラクタなど無生物であっても「生きてる」ように感じる、意図を持って動いているように感じる場面があるかと思います。私たちはそういった対象に、生物性と意図性がどのように発現していくのかを追求しています。そしてこの研究の実用的な成果としては「生き物らしい」「人が意図を読める」ロボットやCGキャラクタのデザインにつなげていければと考えています。

具体的には、二次元平面上を自由に動くことのできるキューブ型ロボット（箱型ロボット）のどこに目をつけたら、視線をどの向きにつけ描いたら生物らしく見えるのかについて研究をしています。結論は「目は動く方向の前方」についていると生き物らしさが発現する、または自立的に動いている印象を受けるといものでした。興味深いのは、その目の位置は重要であるが、視線の方向はあまり影響を及ぼしていないという事実でした（図2）。

私たち人間は他の霊長類と比べて白目の割合が一定程度あり、強膜が明瞭に露出しているため他者の視線の方向性や何かしようとする意図を読む能力に長けています。しかし、同じ哺乳類でも犬や猫は白目の割合が小さい動物です。生物が進化するうえで、目がどちらを向いているのかではなく、実は目の位置がどこにあるのかがより重要な手掛かりであったのではと、1つの仮説として考えています。

そして、将来のロボットの目の位置をデザインしていくうえでも、こういった研究成果が創出されていると、何らかの手掛かりになるのではと感じています。

図3は三角形が自由に動きまわる映像を作成し、その映像の生き物感度を評価させた実験ですが、その際、三角形の頂点が動く方向に合っている、つまり、頂点を先頭に三角形が自由に動き回ると生き物っぽさを感じるということが分かりました。一方で、三角形の頂点が動き方向とずれている場合は、水や風に流されてしまっているように見える。つまり、生き物が動いているのではなく物体が流されているように見えるという評価になりました。そして、三角形に目をつけた場合にどうなるかと実験したところ、たとえ頂点の向きと動く方向が合っていても、目がその動きの前

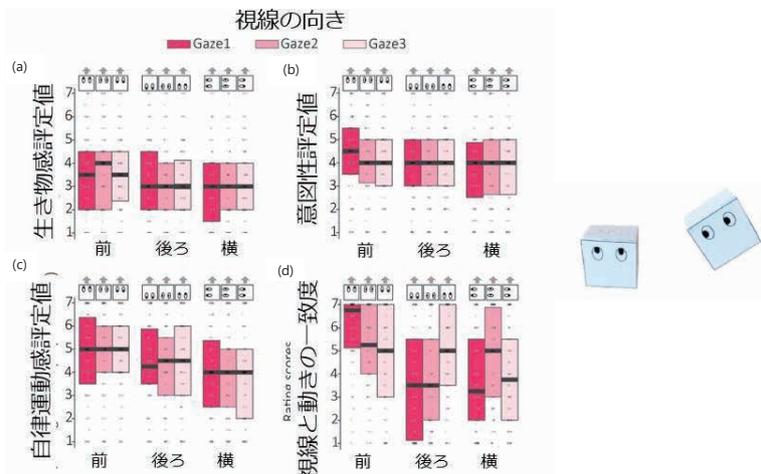


図2 キューブ型ロボットにつけた目の位置と視線が与える生き物感や意図性への影響

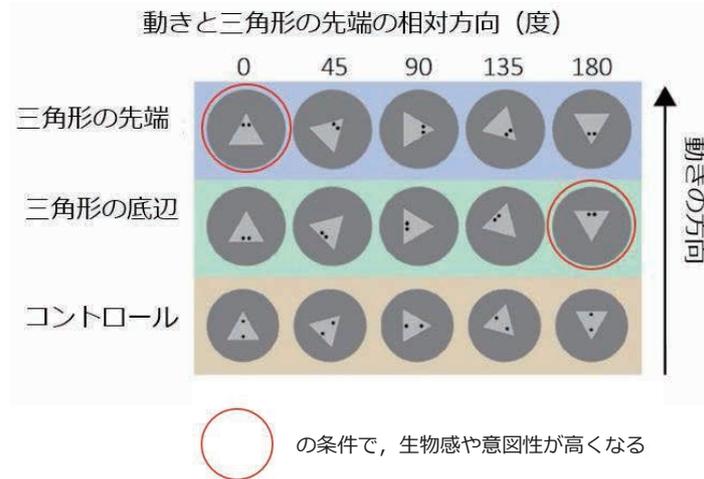


図3 目の位置と形状による生き物感や意図性

方にあるほうが生き物らしく見えているということが分かりました。

この実験でも、人間は目の位置と対象の形とを組み合わせる処理をしている中で、やはり「目の位置」が動く方向との関連性において重要であることが示されています。したがって、この実験結果は工業的なデザインを創作するうえでも、目の位置を工夫することが極めて大切であることを物語っています。

### 時間の流れる方向の知覚を例に視覚メカニズムを解明する基礎研究について教えてください。

最後に、視覚のメカニズムを解明する基礎的な研究についてお話しします。私たちは目に光が入ってくることで物を見ることができます。目の中ですべての情報処理が行われているように感じがちですが、実際には、そう単純ではありません。目から入った情報はまず網膜に当たり、そこで神経活動へと変換され、その信号が脳へと伝わり、脳の中で段階的な処理が行われることで、私たちはそれを「見えている」と感じているのです。

脳の中では、時間を処理する場所、空間を処理する場所、動きや移動を処理する場所、方向を処理する場所など、階層的にさまざまな処理を担う領域に分かれています。そうした処理の仕組みを、一つひとつ細かく、丁寧に調べていくことで、光のパターンから人間がどのように物を見ているのかを明らかにしていく。これが視覚のメカニズムを解明する基礎研究です。

ここでは、時間の流れる方向や液体が流れる方向の知覚メカニズムを調べた研究を紹介します。これらの研究は学術的な観点において、人間が物を見たときに、脳がどのように働いているのかを理解するうえで役立ちますし、さらに、そうした脳の仕組みを理解することで、将来の情報提示手法を新たに生み出すためにも役立つと信じています。

ここでは一例として、ある映像において、時間の流れる方向の知覚メカニズムについて紹介します。私たちは普段、例えば動画が巻き戻されていると、すぐこの動きに気付くことができます。しかし、なぜそれに気付けるのかは、はっきりと分かっていませ

んでした。そこで、そのヒントとなる現象として、今回1つの発見がありました。それは、「映像を上下に反転させると巻き戻しに気付きにくくなる」という現象です。

例えば、川（液体）が流れている映像について、正立映像と上下反転させた倒立映像を作成し、視聴者に4秒間ほど見てもらいます。そして、通常どおり再生する場合と、巻き戻しをして再生する場合と2つを提示し、今見た映像はどちらの映像であったか、と質問しました。その結果、正立映像では巻き戻し動画を皆さん容易に検出することができましたが、倒立映像になると巻き戻し動画の検出率が低下したのです（図4）。

これはとても不思議な現象で、もし人間が映像や目に入ってくる情報の中で「時間情報」だけを抽出していれば、映像を上下反転させても影響はでないはずで、ところが、実際には上下反転させると検出率に大きな差が出てしまう。これはおそらく、映像を上下反転させることで、物と物との関係性、つまり空間的な構造が分かりづらくなってしまいうからだと考えられます。

上下反転した映像では、そこに映っている個々の物は認識できても、それらどうしの関係が把握しづらくなります。例えば顔のパターンも同じで、顔を逆さまにすると、誰の顔なのか急に分かりにくくなります。さらに、有名な例としてサッチャー錯視\*1があります。顔全体が逆さまになっている一方で、目や口だけは正しい向きのまま配置されている画像に、私たちは特に違和感を覚えずにそれを見てしまいます。顔全体が逆さまになることで、個々の要素がどうなっているのかを把握しにくく、結果として全体を違和感なく見てしまう、という現象が起こるのです。

今回の結果も、これと同じような現象だと考えています。映像を逆さまにすると空間構造が分からなくなり、例えば川の映像では、水がどちらへ流れているのか把握しづらくなります。そのため、

\*1 サッチャー錯視：上下を逆さまにした顔写真では、目や口が反転していても異常に気付きにくく、正立させると不気味に見える心理現象。1980年にピーター・トンブソンがマーガレット・サッチャーの写真を用い提示したことで知られ、人間の顔認知が「配置」に強く依存していることを示します。

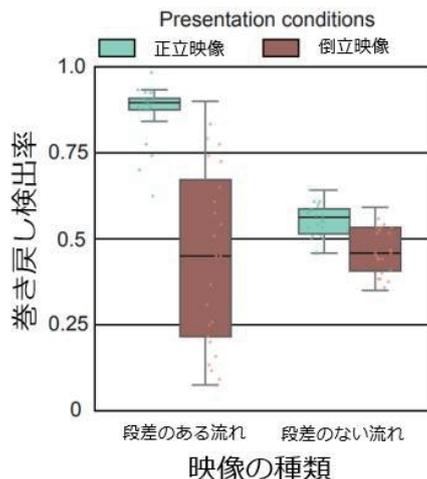
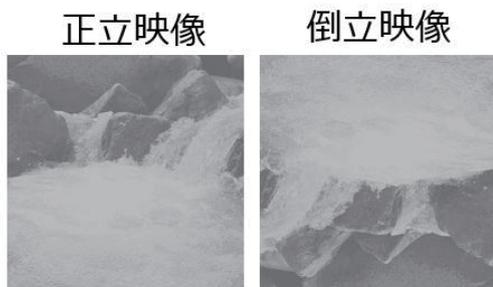


図4 水が流れる映像における正立画像と倒立画像での巻き戻し検出率

時間的に逆転しているのか、それとも正常なのかを判断しにくくなり、結果として巻き戻しを検出しにくくなったのではと考えています。

今回見てもらった映像は、正立の場合、巻き戻しをすると下から上に水が流れます。一方、倒立の場合、巻き戻しをすると上から下に流れる動画となり、図4左の茶色のグラフのとおり検出率は低くなり、実際には巻き戻した映像のほうが自然に見えたという人も結構いる結果が得られました。この事実から、さまざまな動きのあるシーンにおいて、その空間構造が時間の流れる方向の知覚に大きく影響を与えていると考えられます。

### 視覚にかかわる脳内細胞の働きを計算でシミュレーションする

液体の流れる方向の知覚を例に視覚メカニズムを解明する基礎研究について教えてください。

もう1つの例として、液体の流れる方向の知覚についての研究です。例えば川が流れているとき、私たちは特に意識しなくても、その方向を自然に理解しています。では、なぜそれが分かるのか調べてみました。

通常、物は多少動いても形や色はあまり変わりませんが、液体はとても面白い物体で、動くと波が立ち、その波も同じ形のまま流れ続けるわけではなく、途中で消えたり、新しく生まれたり複雑な動きをしますし、それに伴い光の反射パターンも変化します。それにもかかわらず、私たちは液体の流れる方向を簡単に識別することができます。なぜそれが可能なのかという点が、視覚の基礎研究において非常に重要だと考えます。

私の研究では、「脳の中で動きの方向を検出する細胞の動き」に注目し、それを畳み込み処理に基づいて計算でシミュレーションしました。そして、さまざまな液体が流れる映像を、シミュレーションしている脳に見せて、「この液体はどちらに流れていますか」と問いかけます。そのとき、どのような計算を実施すれば、人間

の回答に近い結果を出せるのか、つまり、どんな計算過程が人間の視覚の仕組みに近いのかを調べています。

脳の中に実は「動きの方向」を認識する細胞が多種類存在しています。例えば、目に映った映像の上方向の動きに反応する細胞、下方向に反応する細胞、左方向に反応する細胞、さらには斜め方向に反応する細胞など、それぞれ特定の方向に反応する細胞たちです。

そこでこの研究では、どのような細胞からの情報を使って私たちは液体の流れを見ているのかを調べました。これまでの研究でよくいわれてきたのは、「たくさんある細胞の中で、もっとも強く反応している細胞の出力だけを見れば、方向は分かるのではないか」という推論です。これは「Winner-take-all」と呼ばれ、一番強く反応した細胞の意見が判断を支配する考え方です。

しかしこの方法を使うと、図5左に示すとおり、実験参加者が報告した方向との誤差が48 degと大きくなりましたので、私たちは「重み付けして平均する」方法を採用しました。すなわち、すべての細胞の反応を考慮し、それぞれの反応の強さに重みを付け、全体として平均を取る（加重平均）方法です。実際にこの計算を実施してみると、実験参加者が報告した方向との誤差はおおよそ10 deg程度まで縮小し、人間の判断に近づいてきました。

### 今後の展望についてお聞かせください。

私が所属しているNTT先端技術総合研究所は世界唯一の発見、世界一の技術をめざすことを目標に掲げていますので、私自身も視覚情報処理のメカニズムの分野において学術的に価値が高く、世界で初めての発見をめざして研究を進めています。

また、最近には特に「物の形」に興味を持っています。「形」とは使いやすい形など、何かしらの意味を持ってつくられた工業デザインはもちろんですが、自然に存在しているものでも、その形には何かしらの意味があるのではないかと考えています。

人が形を見たときに感じる印象は、どのような仕組みでそう感じるのか。形と人が抱くさまざまな印象とを結び付ける人間の知

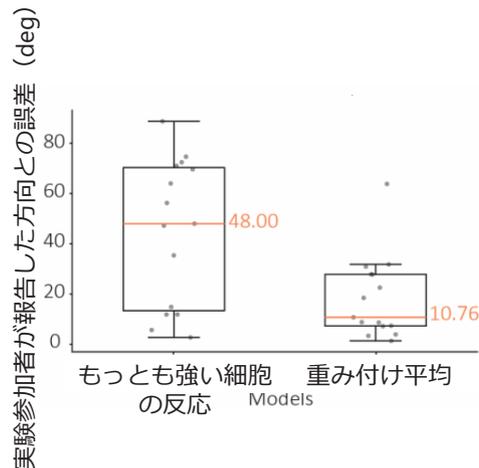


図5 各計算モデルと実験参加者が報告した結果との誤差

覚特性を解明していきたいのです。例えば「美味しそうな形」とは、どのような形だろうか。「生き生きとした形」とは何だろうといった、一見、結び付きそうもない修飾語で表現された形を認識するメカニズムについて興味を持っています。既存研究では、「甘い形」は少し丸みを帯びており、「しょっぱい形」はギザギザしていると、味覚と形の関係性について示唆した例があります。

しかし、まだ視覚の詳細な仕組みは分かっていませんので、私はその辺を明らかにしていきたいです。例えば「美味しそうな形」とはどのような形なのか、その形を人間はどのように目や脳で処理をし、そういった印象が生まれているのか、というメカニズムを解明していきます。そして、将来的にはこういった知見をとおして、食品の広告デザインやロボットデザインに活かされていくのではと考えています。

さらに、研究成果に基づいた社会実装もめざします。近々では、前述した資生堂社との共同研究を想定していますが、遠隔地への質感情報の伝達を可能にする視覚的特徴を発見し、それを世の中で活用することをめざしていきます。

やはり、実装といっても強固な基盤がないと、当面の問題を解決することにしかならず、それ以上の発展が見込めない、その場限りの問題解決になってしまいがちです。深いところまで仕組みを理解しておくことでさまざまな問題に汎化していくことができるのだと、かつて変幻灯<sup>\*2</sup>を開発したときにも痛感しました。基礎研究でしっかりと足元を固めつつ、縁あってNTTという企業で活動している以上、成果を世の中で活かすための道筋も考えていきたいです。

### 後進へのメッセージをお願いします。

日々の忙しさの中でも、「自分を見つめる時間を大切にしてい

い」と思います。自分のやりたいこと、自分がやるべきことを、しっかりと反芻し、自分なりの言葉で整理したうえで、将来のビジョンを持つことが大切です。

もう少しかみ砕いて言うと、具体的にこれからどのような仕事をやっていきたいのか、そしてそれに向かって現在、自分は何に取り組んでいるのかと繰り返し問い続け、自分の言葉にして言えるようにすること、そして、自分の仕事が将来的にどうなっているのか、どのように役立っているのか絵図を自分の中でしっかりと描き、それをいつでも誰にでも説明できる状態であることが大事であると考えます。

皆さんもこれから出会う多数の人とのかかわり合いにより、自分が予想もしていなかった仕事に挑戦することになるかもしれません。現在、私は上席特別研究員とグループリーダーを兼務しています。もともと研究者として身を立てていくことを志していた中、マネージャーも拝命することになり、今は会社の目標に向かってチームをまとめしていく立場としても期待されています。この経験は自分自身が成長できる良い機会と、ポジティブにとらえて活動はしていますが、時には、「本来自分のやりたかったこと、やるべきことは一体何だったのか」と振り返り、自分を見つめ直すことがあります。

自分のやりたいことと所属組織の活動が一致しているときはよいのですが、常にそうであるとは限りません。自分がもともと考えていたビジョンやポリシーとの間に少しズレを生じてしまうことも現実的にはあるのです。しかし、ズレてしまったことを単に仕方がないと片付けて終わるのではなく、このズレの間にどういった関係があるのかを読み解き、その関係をしっかりと位置付けておくことが大切だと思います。そうした積み重ねが、将来、自分を振り返ったときに、自分自身の選択に納得感をもたらし、支える軸になってくれるはずだと信じています。

### 参考文献

(1) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2024/09/18/240918a.html>

\* 2 変幻灯：光のパターンを投影することで、止まっているはずの画像が動いて見える印象を与えることのできる、NTTが開発した全く新しい発想に基づく光投影技術。この技術では人間の錯覚を巧みに利用しています。

NTTドコモビジネス ビジネスソリューション本部 スマートワールドビジネス部  
スマートインダストリー推進室 エバンジェリスト

平野 敏行 Toshiyuki Hirano

## 次世代データ連携基盤 「データスペース」で 将来のサプライチェーンを革新

特定の巨大プラットフォームが主導する中央主権型のデータ連携とは一線を画し、分散型のデータ連携を特徴とするデータスペースが注目されています。このインフラはデータを安全に連携・活用できる新たなプラットフォームとして、昨今の不安定なサプライチェーンの問題や、サステナビリティといった、現代社会が直面する課題を解決していく鍵として期待されています。NTTドコモビジネスでエバンジェリスト、そしてサービス開発者として活躍されている平野敏行氏はデータスペースをテーマにお客さまに寄り添った活動を日々繰り返し広げています。本取材ではデータスペースとは一体何でどこに特徴があるのか、最新の取り組みや将来の展望、日頃大切にされていることを伺いました。



### データスペースが実現する製造業サプライチェーンでのデータ連携

最近話題となっているデータスペースについて教えてください。

近年、製造業を中心としたサプライチェーンにおいて、企業間でデータ連携が求められるようになってきました。1つは地政学リスクや半導体不足により上流（原料側）からの供給が寸断してしまうリスクに対して、サプライチェーンを強靱にしたいというニーズです。もう1つはサステナビリティに関する課題で、サプライチェーン全体でCO<sub>2</sub>排出量を可視化・管理し、これを削減していくなど規制対応していくニーズです。

これらを実現していく技術の1つとして、データスペースが注目されています。この社会実装を特に熱心に進めているのがドイツをはじめとする欧州の自動車業界です。この業界はグローバルに広がる複雑なサプライチェーンを持っており、例えば1台の自動車を製造するには数万点の部品が組み合わされており、1つの自動車メーカーに連なるサプライヤーは数千~数万社ともいわれています。

この膨大な数のメーカー間において、例えばエクセルを用いてデータを1:1でやり取りするといった従来の手法で、サプライチェーンの上流から下流までをトータルでデータ連携するのは非常にハードルが高くなります。その結果、Scope3<sup>\*1</sup>といったサプライチェーン全体でCO<sub>2</sub>排出量を管理することや、外乱に強いサプライチェーンをつくることにより需要供給を管理していくことは非常に困難

であるといえます（図1）。

このような課題を解決するため、個別のやり取りではなく、業界全体で協調してデータ連携基盤（データスペース）を構築する取り組みが開始され、現在、欧州の自動車業界はこの分野のトップランナーとして、いち早くCatena-X<sup>\*2</sup>の運用へと踏み出しています。

ここでデータスペースについて少し説明します。従来のやり方では、巨大なデータレイク1カ所に複数の企業のデータを集める中央集権型のプラットフォームでしたが、データスペースは多様な企業間で安全かつ効率的にデータ連携する分散型・自己主権型のプラットフォームであることがポイントです（図2）。サプライチェーンは互いに競合関係にある企業も含め、数百~数千社の寄り合い所帯ですが、こういった企業構成において1個所に各社データを集め置き、安全かつ効率的にデータ連携を行うのは難しい面があります。

それに対しデータスペースではデータを中央に置くのではなく、各企業それぞれの手元にあるクラウドやオンプレミスの環境に置き、必要性があり合意できた相手とだけデータを交換する仕組みになっています。その際にコネクタという通信制御用のソフトウェ

\*1 Scope3: 企業が排出する温室効果ガスのうち、自社の直接排出 (Scope1) と購入電力のエネルギー排出 (Scope2) を除く、サプライチェーン全体 (原料調達、物流、使用、廃棄など) から発生する間接的な排出のこと。

\*2 Catena-X: 欧州の自動車業界 (BMW、メルセデス・ベンツ、フォルクスワーゲン等) が主導する、サプライチェーン全体のデータ連携や共有のためのオープンで安全なデータエコシステム (データスペース)。

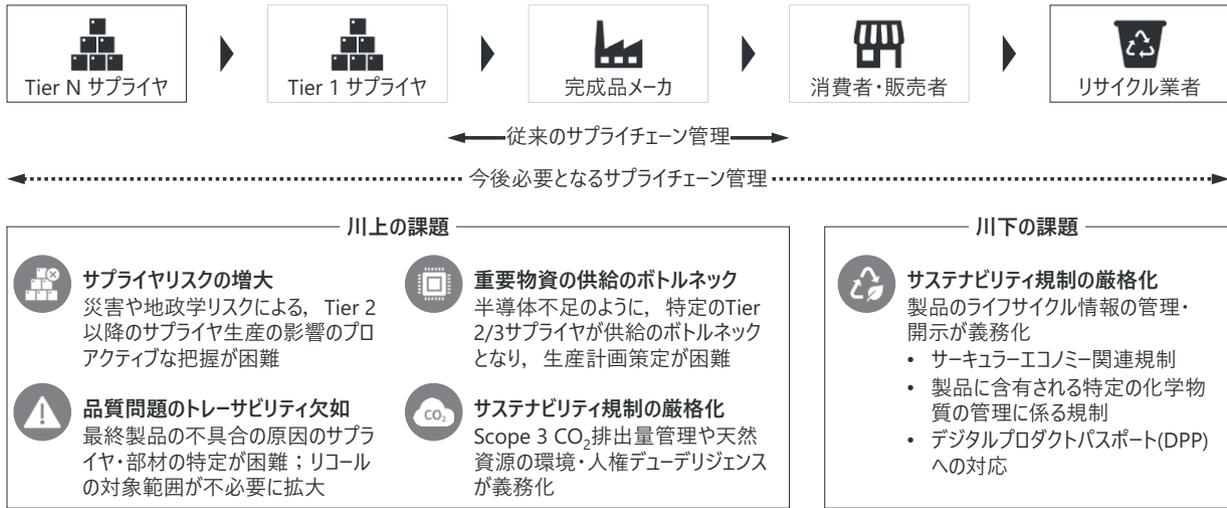


図1 製造業サプライチェーンが持つ課題

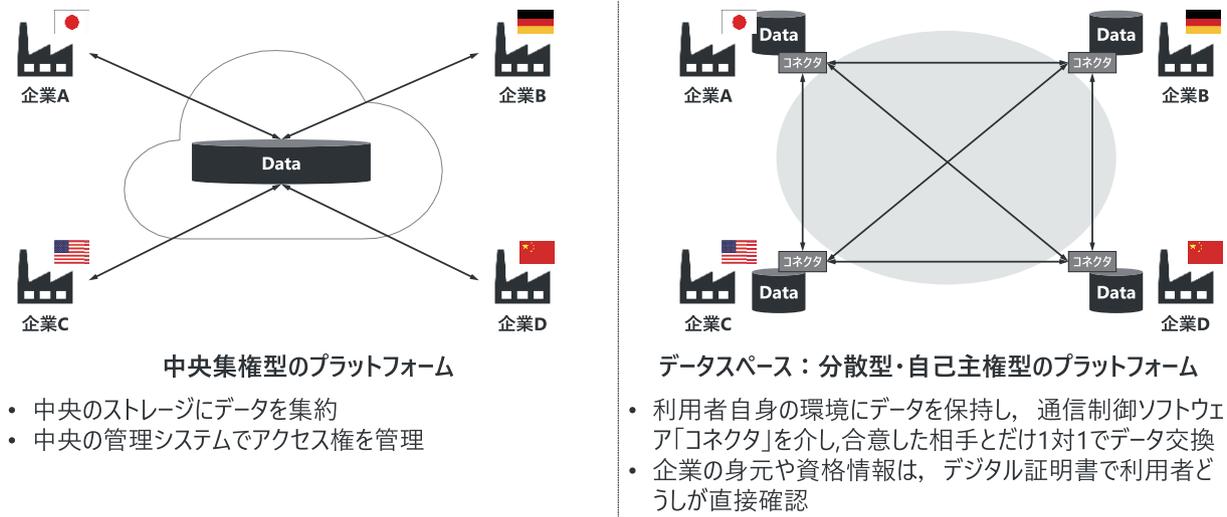


図2 データスペースの構成

アを使って、相手企業の身元を確認し、データの利用目的を合意したうえで相手にデータを転送するというものです。これによりデータをコントロールする権利（データ主権）を自社で保ちながら、安全にサプライチェーン内でデータ連携ができるようになります。

**データスペースはドイツをはじめとする欧州が熱心に推進してきたようですね。**

このCatena-Xなど産業データスペースの構想はドイツをはじめ欧州各国で始まっています。ここには2つの大きな流れがあります。1つは欧州データ戦略(European Strategy for Data)という欧州委員会(European Commission)が旗を掲げた産業データ利活用のための戦略であり、この構想を基にGaia-X<sup>\*3</sup>という

欧州におけるデータスペースの標準フレームワーク(型紙)が出来上がりました。もう1つがドイツ内のIndustrie 4.0という製造業のデジタル化をうたう産業政策の中で、International Data Spaces Associationにより基盤技術が育まれ、前述のGaia-Xがこの技術を取り入れた経緯があります。

そしてモビリティ、スマートシティ、ヘルスケア、農業等の各業界では、Gaia-Xを手本に・・・Xと命名された種々のデータスペースが立ち上がっています。またManufacturing-Xはドイツを中核にCatena-Xのモデルを自動車産業以外の広範な製造業

\*3 Gaia-X：欧州域内での安全なデータ流通とデジタル主権（データ主権）の確保を目的とした、分散型データ基盤の構築プロジェクト。GAFAMなどの巨大IT企業に依存せず、欧州のデータ保護原則に基づいた共通のルールとインフラをめざし2020年に正式発足。

挑戦する  
研究開発者たち

に展開し、業界横断的な産業データスペースを構築することをめざしたものです。これらデータスペースの中にはCatena-Xのように商用化レベルにあるシステムもあれば、実証段階や企画構想段階にあるものなどさまざまです（図3）。

こういったデータスペースが欧州で盛んな理由は、まずドイツなどにおいて自動車分野をはじめとする製造業が国内主要産業の中心であるためです。また、欧州におけるサステナビリティへの注目度の高さもあると考えられます。そして、欧州グリーンディールに基づき新たなサプライチェーン環境規制をつくることで、世界市場の主導権を握る国際競争戦略としてサステナビリティを利用していると考えます。

さらにもう1つ挙げるとすれば、欧州データ戦略における米国や中国への対抗軸として、このデータスペース構想を掲げてきたという背景もあるでしょう。クラウド事業者の世界シェアは大部分が米国で一部中国、欧州は非常に小さいですね。巨大プラットフォームはデータを大量に集め、自分のサービスを高度化していくデータグラビティ効果を働かせていきます。

欧州はこれに危機感を抱き、消費者のデータでは米国や中国のプラットフォームに先行されてしまったところを、製造業をはじめとする産業データの利活用では巻き返しを図ろうと、GAFAMらのプラットフォームが採用している中央集権型のモデルに対するアンチテーゼとしてこの分散型のデータスペースを打ち出しているのです。つまり、欧州は自分たちのデータを利用する権利は自分たちで決めるというデータ主権の概念を打ち出し、GAFAMらとの対抗軸としてこのデータスペースに力を入れているという背景があります。

**ご自身のドコモビジネスでの立場や現在の取り組みをお聞かせください。**

現在、私はこのデータスペースというテーマで2つの顔を持っています。1つはエバンジェリストとして業界動向や技術が世の中へ与える影響について、当該テーマのエキスパートとして情報発信することにより市場自体を活性化させることや、NTTのプレゼンスを向上させるといったミッションで活動しています。ここでは「欧州や自動車業界でのデータスペースの動向を知りたい」といったお客さまがいれば、勉強会の講師としてプレゼンテーションしますし、業界団体やパートナー企業、NTTの海外現地法人が主催するセミナーに登壇することもあります。またWebの技術解説記事やホワイトペーパーを執筆するなどの取り組みも実施しています。

他方、サービス開発者としての一面も持っています。最近では前述のCatena-Xへ接続する必要がある日系の製造企業が少しずつ増えてきました。具体的にはBMWやフォルクスワーゲンなど欧州の自動車メーカーと取引のある日本の電子部品、機械部品、素材などのサプライヤーが中心です。

現在、こういったお客さまのニーズに合わせて3つのサービスを提供しています。1つはセミナーやワークショップでデータスペースとはどういうものなのか、また接続にあたってどういう準備をすればよいのか、などのコンサルティングや導入検討支援です。2番目は「データスペースを実際に使ってみたい」「商用環境へつなぐ前に練習をしておきたい」といったお客さま向けに、当社が持っているデータスペースのサンドボックスをトライアル環境として貸与し、その実証実験をサポートするサービスです。3番目は、例えば欧州の自動車メーカーと取引する際にCatena-X

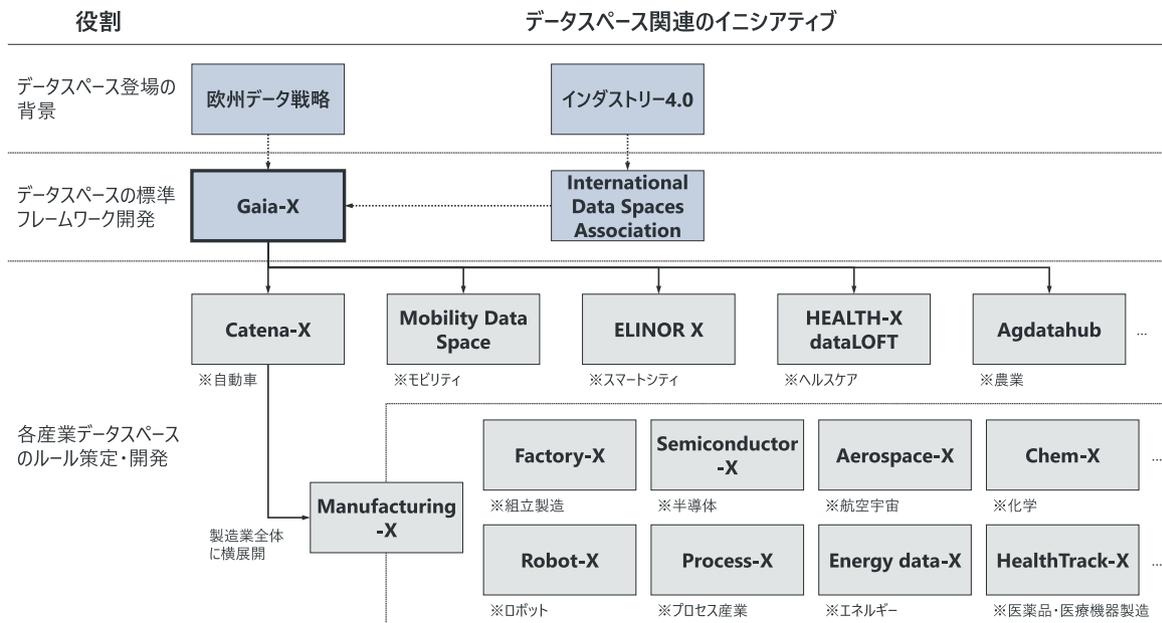


図3 データスペースの系統図

へつないでほしいといわれたサプライヤのお客さま向けに、具体的に接続させるための登録準備や手段を提供するサービスです。

データスペースは導入期にある比較的新しいテーマと位置付けられていますので、まずは先行している欧州のデータスペースに接続するためのコンサルティングや、お客さまとの実証実験などをメインに取り組んでいます。したがって、まだ1つひとつの案件の規模は小さいものが中心で、これを今後大玉に育てていくのがサービス開発者としてのミッションです。そのための下地となる市場を活性化していく取り組みが、もう一方のエバンジェリストとしてのミッションであるといえます。

## 世界中のデータスペースに接続できるサービスをつくりたい

当面のデータスペース事業の展開について教えてください。

前述のとおり、欧州のデータスペース、例えばCatena-Xへの接続について、向こう数年は接続の必要性のある日系のお客さまが増加していくと予想しています。これを支援できるよう、コンサルティングのほかに、データスペースへの接続サービスを商用提供していきたいと考えています。さまざまなユースケース、例えばプロダクトカーボンフットプリント (PCF)<sup>\*4</sup>、デジタルプロダクトパスポート (DPP)<sup>\*5</sup>、品質管理などへ対応できるソリューションを順次提供していきます。

また今後、データスペースは自動車以外の業界においても新たに立ち上がっていくと予想されます。これに対しては、各データスペースで通信プロトコルやデータフォーマットが異なることも想定しながら、それぞれに対してドコモビジネスのデータスペース接続ハブを介してマルチに、そしてシンプルかつシームレスにつながるサービスをつくっていききたいと考えています。

この構想の肝となるデータスペース接続ハブの商用化に向けて当面は、パートナーベンダの各製品も組み合わせながら開発を進めていく予定です。実際のところもっとも先行しているCatena-Xであっても一般的にはまだ導入期の新しい部類のシステムに入り、頻繁に標準のアップデートが繰り返されているのが現状です。そのたびに動作検証はもちろん認定取得が必要な場合もあり、フルに内製開発したシステムでこれに追従していくことには大きなリソースを要するため、しばらくこの動きが落ち着くまでパートナーと連携しながら進めていくことが得策と判断しています。

さらに、お客さまが自社で業界のデータスペースをつくっていききたいニーズを持っている場合、それを構築してマネージドサービスとして運営するビジネスを考えています。検証目的で短期間のみデータスペースを利用されたいお客さまには、パートナーベンダがパッケージ提供するDataspace as a Serviceを迅速に導入するという選択肢も用意しています。

そして国内のデータスペースへの対応も次のステップとして大切であると考えています。現在、日本では経済産業省が主導する

Ouranos Ecosystemというデータ連携基盤構想が立ち上がり、バッテリートレーサビリティプラットフォームや製品含有化学物質情報・資源循環プラットフォーム (CMP) 等の基盤が運用されています。また、これに連携して、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) が、Open Data Spaces (ODS) という構想を2025年秋に発表しており、プロトコルの仕様や、実装ガイドが近々に公開される予定になっています。これを技術検証し、追加機能として実装していきたいと思います。これにより、日本と海外、両方のデータスペースに接続できるようなサービスをめざします (図4)。

その際、単に技術的につながる仕組みだけをつくっても、お客さまにとっての付加価値としては不十分な可能性があります。業界のデータスペースをつくる時は各業界におけるアライアンスの運用、例えばどうやってユースケースを決めていくのか、どうやって標準ルールをつくっていくのか、どうやってガバナンスつまりルールを守る仕組みをつくっていくのか、そして、どうやってこれを中立的に運営していくのか、そういった業界におけるアライアンスの切り口からコンサルティングしていく仕組みまで踏み込んで検討していきたいですね。

## デジタルトラストと生成AIでデータスペースをさらに進化

データスペース開発における中長期的な技術展望をお聞かせください。

中長期的なデータスペースの開発に向けては、大きく2つの最新技術を活かしていきたいと考えています。1番目にデジタル空間で個人や法人の身元 (実在性や本人性) を証明したり、データが改ざんされていないことを担保する仕組みとしてデジタルトラスト技術が挙げられます。これは、企業間でデータ連携しているデータスペースの裏側で必要な仕組みです。この技術は、今後、さまざまな経済活動でのやり取りが、オンラインへと移行していくうえでますます重要性を増していきます。中でも、このデータスペースで使用されているトラストの仕組みで、Verifiable Credentials (VC)<sup>\*6</sup>や自己主権型アイデンティティ (SSI: Self-Sovereign Identity)<sup>\*7</sup>と呼ばれる技術を使い、身元の保証なども分散型の仕組みで実現できる新たな方式が最近注目されています。

\*4 プロダクトカーボンフットプリント：原材料調達から廃棄・リサイクルに至る製品のライフサイクル全体で排出される温室効果ガスをCO<sub>2</sub>に換算し、合計値を製品上に表示する仕組み。

\*5 デジタルプロダクトパスポート：原材料調達から廃棄・リサイクルに至る製品ライフサイクルの情報をデジタル化し、QRコードなどで製品に付与する「モノの履歴書」。

\*6 Verifiable Credentials：第三者によって検証可能なデジタル化された資格情報 (社員証・運転免許証・学位記等) を指し、デジタル社会における信頼性を担保するための新たな電子的な証明書技術。

\*7 自己主権型アイデンティティ：中央機関 (巨大プラットフォーム、政府機関) に依存せず、個人が自らのアイデンティティ (デジタルID) を所有・管理・制御する概念。プライバシー保護と利便性の向上が期待される次世代の管理の仕組み。

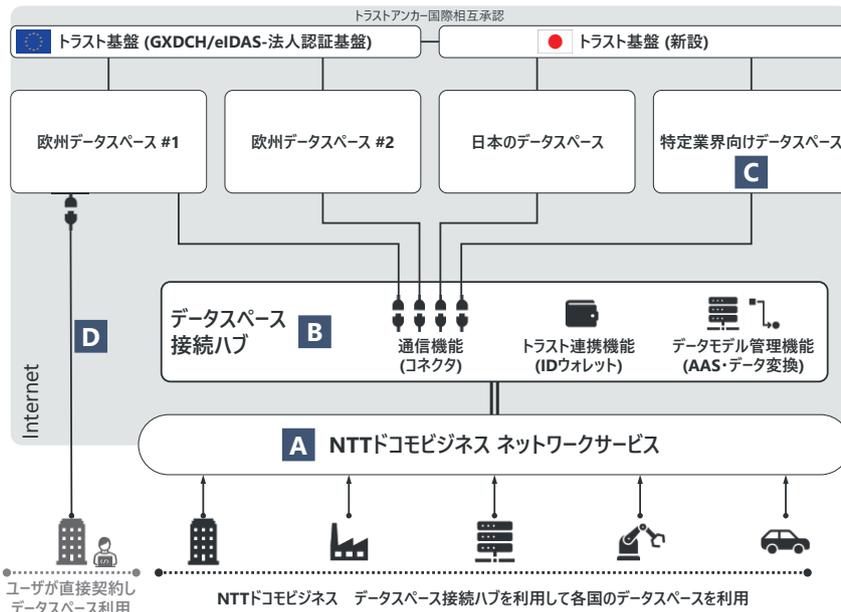


図4 データスペース関連サービスの将来構想

**D** **Catena-X接続支援サービス**  
Catena-Xを利用したい顧客向けのコンサルティングやオンボーディング(参加手続き)の支援

**C** **特定業界向けデータスペース**  
専用のデータスペース(検証/本番環境)を作成できるDataspaces as a Service

**B** **データスペース接続ハブ**  
接続先に応じてプロトコルやデータモデルを変換し、様々なデータスペースへマルチ接続できるサービス

**A** **ネットワークサービスとのバンドル**  
NTTドコモビジネスのネットワークサービスのユーザーにワンストップでデータスペース接続を提供

す。データスペースを推進していく一環としても、このデジタルトラストに関連するサービスの開発を、今後はめざしていきたいですね。

2番目は、生成AI(人工知能)というテーマにデータスペースやデジタルトラストを絡めることで、一層これらの可能性を広げられる、つまり新しい価値を生み出し、市場を活性化することができるのではと考えています。例えば企業間でAIエージェントを連携させるためにデータスペースを利用したり、AIの推論モデルの開発や強化学習で他社データを参照する際に、データスペースを活用するといった構想が挙げられます。これらはまだアイデアレベルですが、例えば興味のある人を募って概念実証から始めていくなど、将来のサービス構想に少しずつつなげていきたいと考えています。

## 🔍 好奇心や創造性を持つこと、難しい内容を平易に伝えることが大切

後進へ向けてメッセージをお願いします。

技術であってもプロダクトであっても、対象に対する愛着やこだわりが良いものを生むと私は信じています。エバンジェリストとしても、そしてサービス開発者としても、自分が日頃重要だと思っていることを3点挙げます。

1点目は好奇心です。面白いと思ったら徹底的に深堀りしてみる。こだわってみる。極めてみる。好奇心は、短期的・便宜的な損得なしに、面白いというだけで人を前に進ませてしまう本能的欲求だと思います。そういった意味で、自分が何に好奇心を抱くのかはとても大事にしていますし、これを日頃から持つ余裕も必

要であると感じています。

2点目は創造性で、これは自分にとって永遠のテーマでもあります。私はSF映画や小説を読むことで創造性が養われているなと思います。プロジェクトはお客さまありき、会社の業務には決められたプロセスがあり、管理職に期待される役割や仕事もあります。それは致し方のないことではありますが、周囲の期待にこたえるように、ひたすら義務的に業務を処理し続けていると、創造性が失われがちになってしまい、斬新な問題解決のアイデアが出ず、プレゼンテーションもありきたりで平凡になってしまい、これは自分でも危機感を感じています。

興味の赴くままにSF映画を見たり、全く関係ない分野の科学技術書や哲学書などを読んだり、格好良いデザインのもの眺めたりしていると、急にある日「次回プレゼンでこうやって説明してみよう」といったアイデアが湧いてきたりしますね。人間の脳は、全く関係のない領域の知識をショートカットでつないで閃きを生み出してくれるなど、自分で自覚している以上に高度な処理をしていると信じています。

最後に3点目は難しいことを分かりやすく伝える努力です。プレゼンテーションや技術解説記事執筆だけでなく、事業計画書の幹部説明やトラブル発生時のお客さま説明、日々のルーティンではプロジェクトの週次報告などにも当てはまることです。私はテクノロジーが大好きなので、『Newton』や『日経サイエンス』といった科学雑誌を参考にしています。例えば、難しい科学技術を、どう説明したら分かりやすく伝えられるか、また他のエバンジェリストのプレゼンテーションも拝見し、分かりやすい表現を見つけたら参考にさせていただいています。読者の皆様の参考になることが1つでもあれば幸いです。



NTT物性科学基礎研究所  
特別研究員

眞田 治樹 Haruki Sanada

## 二次元半導体が拓くバレー物性の最前線

現在の情報通信技術は、人々の生活や経済活動の基盤となっており、その情報処理の多くは電子によって担われています。近年では、電子が持つ電荷以外の性質に着目した研究が進み、二次元半導体の登場により、「バレー」と呼ばれる新たな自由度が注目されています。バレーは光の偏光と強く結びつき、新しい情報処理や光機能の創出につながる可能性を秘めています。今回はこの二次元半導体におけるバレー物性の解明と制御に挑む、眞田治樹特別研究員にお話を伺いました。



◆PROFILE：2005年東北大学大学院 工学研究科電子工学専攻 博士後期課程修了。同年、日本電信電話株式会社入社。半導体のスピントロニクス研究に従事。2011年7月ポールドルーデ固体エレクトロニクス研究所 客員研究員。2015年3月チャルマース工科大学 客員研究員。2019年NTT物性科学基礎研究所 総括担当。2022年量子光デバイス研究グループ グループリーダー。2014年第4回 RIEC Award 受賞。2016年文部科学大臣表彰 若手科学者賞受賞。

### 究極的に薄い半導体が舞台となる バレートロンクス研究

#### ■ご研究されている二次元半導体とはどのようなものですか。

私たちが普段使っているPCやスマートフォンの内部では、情報処理や無線通信のためにシリコンやガリウムヒ素といった半導体材料が使われています。これらの半導体は、原子どうしが共有結合によって三次元方向に規則正しく結びついて結晶を構成しています(図1(a))。これに対して近年大きな注目を集めているのが、原子が面内方向にのみ結合した二次元層状物質と呼ばれる材料で、その中でも半導体の性質を持つものが二次元半導体です(図1(b))。これらの物質は通常、多数の層が積み重なった構造になっていますが、お菓子のパイ生地のように層と層は簡単に剥がれます。理論的には、こうした層状物質を究極的に薄い「単層」にすることで、三次元の結晶では現れない新しい物理現象を生じることが以前から予想されていましたが、単層のみを実際に取り出すことは長らく困難でした。その状況を大きく変えたのが、2004年に、のちにノーベル賞を受賞することになる研究者らによって報告された、層状物質であるグラファイトから単層のグラフェンを剥離する手法です。この発見を契機に、二次元半導体を含む二次元物質の研究が爆発的に発展しました。

#### ■二次元半導体で注目されている「バレー」について教えてください。

「バレー」を理解するためには、固体物理学で用いられる「エ

ネルギーバンド図」という概念が関係してきます。エネルギーバンド図とは電子の運動エネルギーが運動量によってどのように変化するかを表したもので、その形は材料によって異なります。バレーはこのエネルギーバンド図に現れる極小値、すなわち「谷」の部分のことを指し、電子はそこに集まりやすいという性質があります。二次元半導体のエネルギーバンド図には、図2(a)で示すように「Kバレー」および「K'バレー」と呼ばれる2つの深いバレーが存在し、これらが従来の半導体とは異なる物理現象を生み出すことが分かってきました。KバレーおよびK'バレーでは、電子の波の位相が進む方向が結晶の特定の方向と対応しています(図2(b)上図)。

図2(b)下図は、KバレーとK'バレーにある電子について、電子の波が進む方向から結晶を見たときの様子を比較したものです。同じ結晶であっても、電子の波の進む向きによって前方に見える原子の並び方が異なって見えることが分かります。このため、エネルギーが同じでも、Kバレー、K'バレーの電子は互いに異なる状態として区別され、このことがバレーの新しい自由度としての可能性が注目される理由です。

ちなみに、同じように電子が持つ自由度として比較的よく知られているものに「スピン」があります。スピンは電子の自転に相当する性質であり、量子力学における基本的な概念の1つです。スピンは右回り・左回り(アップ・ダウンとも呼ばれます)という2つの状態を取り得る自由度で、これを活用しようとする研究分野がスピントロニクスです。

「バレー」もこのスピンとよく似た位置付けの自由度ととらえ

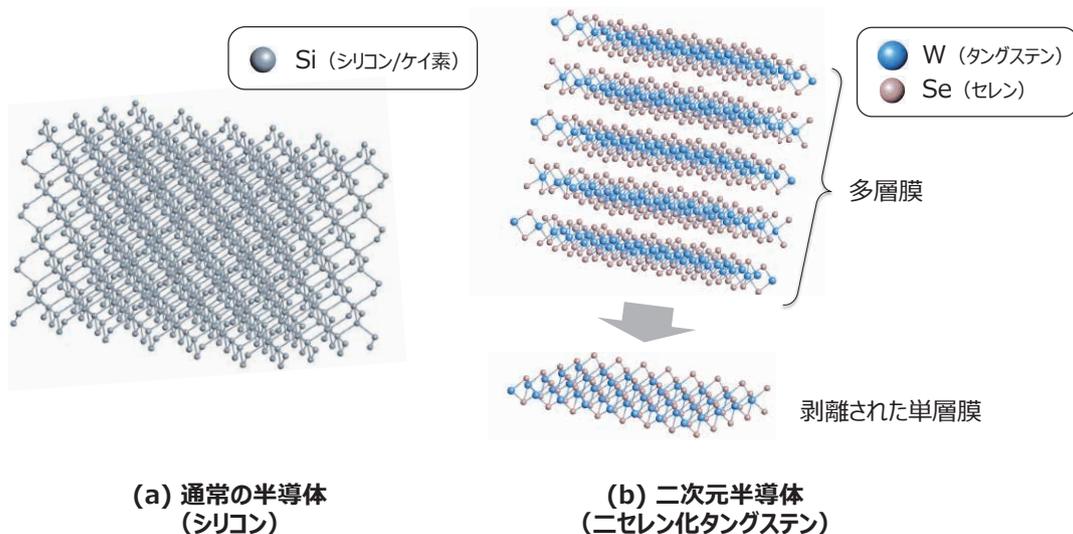


図1 通常の半導体と二次元半導体の結晶構造の違い

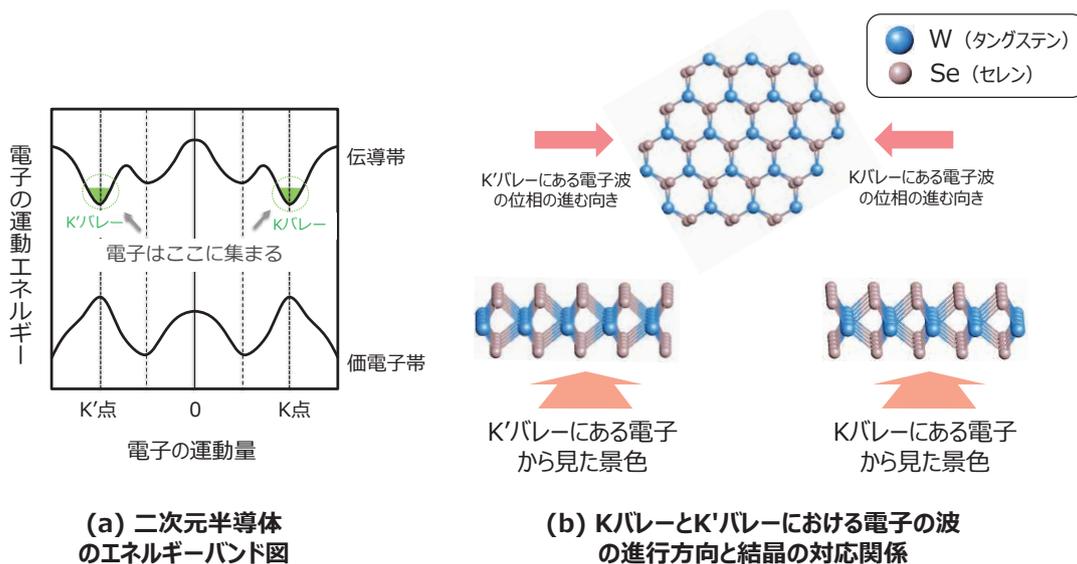


図2 二次元半導体におけるバレー

ることができます。バレーの自由度を利用しようとする研究分野は「バレートロニクス」とも呼ばれ、活発な研究が進められています。二次元半導体では、電子が2つのバレーのどちらに存在するかによって物理的性質が変わります。このバレーを識別し、自由に制御できれば、新しい物理の理解や将来の情報処理などへの応用につながると期待されています。

■スピンやバレーはどのようにして情報処理に利用されると考えられているのでしょうか。

通常、情報処理においては、電子が持つ負の電荷があるかないかを「0」「1」で表すデジタル処理を行っています。これに対して、「スピン」の向き（自転の回転方向）や「バレー」（どのバレーに存在するか）という性質を「0」「1」に対応付けて情報とし

て利用できるのではないかと、というのが基本的なアイデアです。ただし、現在は「スピン」や「バレー」は半導体素子の中ではほとんど使用されていません。これらの状態は通常ランダムに分布しており、そのままでは情報として安定に扱うことが難しいためです。

それでもなお、スピンやバレーが多くの研究者を惹きつけている理由の1つが、これらが量子力学的な状態であり、「重ね合わせ」という性質を持つ点にあります。これは、単に2つの状態のいずれかを取るだけでなく、それらが重なり合った状態を同時に持ち得るということです。この性質により、現在用いられている「0」「1」に基づく情報処理とは異なるかたちで、新しい情報の扱い方や機能の創出につながると期待されています。

### ■バレーと光との結びつきを研究されているそうですが、教えてくださいませんか。

二次元半導体の特に重要な特徴の1つが、バレーが光の円偏光と強く結びついている点です。図3に示すように、右回り・左回りの円偏光を使い分けることで、特定のバレー状態を選択的に生成し、観測することが可能になります。このように、光を介してバレーを直接操作できることは、従来の半導体にはない大きな特徴です。

さらに、バレーが光と結びつくことで、その情報を光として取り出したり、光の伝搬方向や偏光と結びつけて制御したりすることも可能になります。こうした性質に着目し、私たちはバレーと光の相互作用を軸として、新しい光学機能や物理現象の創出に挑んでいます。

### 光で「見る」バレーの本質、その制御に向けて

#### ■光を用いた「見えない自由度」の可視化技術について教えてください。

光を用いてバレーの自由度を観測・制御するための技術は、元々は私たちの研究チームで10年近く取り組んできた電子スピンを対

象とした研究の中で培われてきました<sup>(1)</sup>。電子スピンは目に見えない自由度ですが、その状態をとらえる手段がなければ、理解や制御は困難です。そこで私たちは、まず電子スピンを光学的に可視化する手法の確立に取り組みました。その中で確立した方法が磁気光学効果を用いた独自のアプローチです。この方法を用いると、スピンのように生成し、どのような時間・空間スケールで変化するかを直接とらえることが可能になりました。さらに、外部磁場を用いない電子スピン共鳴など新しいスピンの制御方法を見出すことにもつながっています<sup>(2),(3)</sup>。そして現在では、こうして培ってきた光学的手法を二次元半導体にも展開し、バレーという新たな自由度の観測・制御の研究に応用しています。

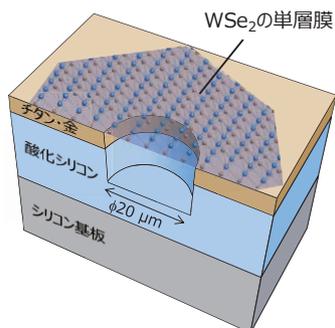
#### ■最近発表されたサスペンド単層膜の研究成果について教えてください。

この研究は、同じ研究グループのイタリア人研究者ジャコモ・マリアーニ氏とともに立ち上げ、実験を進めてきたものです。基板上に開けた微小な穴の上を二次元半導体の単一層で覆うことにより、周囲の材料に一切触れない「サスペンド単層膜」を作製し、外部環境の影響を極力排除した状態でバレーの本質的な振る舞いを明らかにすることをめざしました。

具体的には図4左に示すように、シリコン基板の上にチタンと

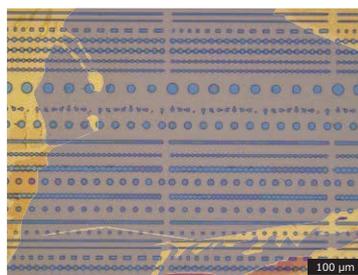


図3 円偏光によるバレー偏極の生成



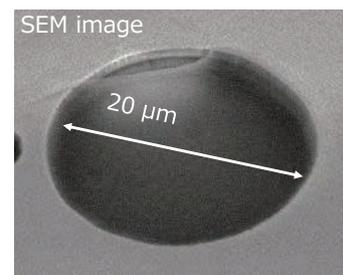
試料構造の断面模式図

基板上に開けた穴の上を二次元半導体 $WSe_2$ の単層膜で覆い、基板や界面に触れないサスペンド単層膜を実現する。



作製した試料の光学顕微鏡像

多数の穴を含む広い領域（青色で色を付けた部分）において単層膜の転写に成功していることが確認できる。



電子顕微鏡によるサスペンド単層膜の拡大写真

単層膜は極めて薄いため直接の識別は難しいが、左上の一部が破れていることから他の部分が覆われていることが分かる。

図4 外部擾乱を排除するサスペンド単層膜



金の薄膜を形成し、その上にさまざまなサイズの穴（例えば直径  $10\ \mu\text{m}$ 、深さ  $0.8\ \mu\text{m}$ ）を加工します。この基板の上を二次元半導体である  $\text{WSe}_2$ （二セレン化タングステン）の単層膜で覆います<sup>(4)</sup>。単層膜は大変デリケートであるため、大面積でかつ穴を覆う状態の単層膜をつくる技術自体が大変難しく、クリーンルーム内で試行錯誤を重ねることでようやく実現することができました。図4中央と右は、作製したサスペンド単層膜の光学顕微鏡像および電子顕微鏡像です。

こうして作製したサスペンド単層膜を、液体ヘリウムを利用した真空・極低温（約マイナス  $269\ \text{C}$ ）の環境に設置し、磁気光学効果を利用した光学的手法によってバレーの偏極状態（偏り具合）を測定しました。その結果、バレーの生成や緩和といった物理過程を詳細に調べることが可能になり、従来は間接的にしか分らなかったバレー物理の理解が大きく進展しました。

さらに、サスペンド単層膜に加える電圧を変化させることで、バレーの偏極効果をどの程度持続させられるかを調べる実験を行いました。ゲート電圧  $-20\ \text{V}$ （ボルト）では、偏極状態はすぐに解消されますが、 $-60\ \text{V}$ であれば偏極効果がより長時間維持できるということが分かりました（図5）。これらの結果は、バレーの自由度を活用した新たなデバイス応用の可能性を広げる発見だと考えています。

■この研究の今後の展開や応用先について教えてください。

私たちは基礎科学の立場から、世界中の研究機関と競争や協力をしながら、二次元半導体におけるバレーの物理の解明に挑んでいます。誰も見たことのない現象に正面から向き合うことは、科学の発展に寄与するだけでなく、今とは全く異なる将来の技術や新しい概念を生み出す原動力にもなり得ると信じています。二次元半導体もこれまでは基礎的な研究が進められてきた材料ですが、近年では半導体の微細化の限界を背景に、実用化につながる研究報告も現れ始めています。

バレーがもたらす高速性や制御性という特性は、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）のフォトニクスとの親和性も非常に高いと考えています。将来的にはNTTが進めている「チップ内光通信」などと融合する可能性もあり、光と強く結びついた機能物性という観点から、IOWNにつながる要素を持つ研究だと考えています。

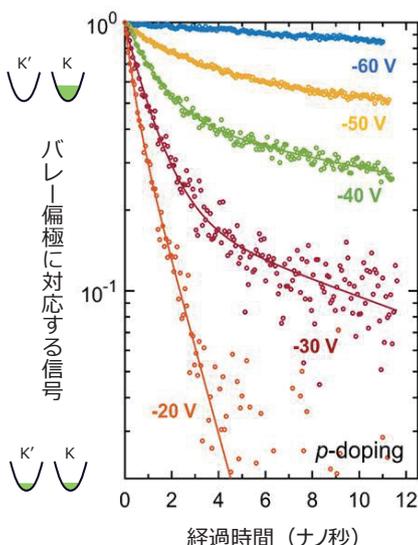
本分野は世界的にも非常に活発であるからこそ、自分たちの独自の研究成果を積極的に発信し、「ぜひ一緒に研究をやりたい」と自然に研究者が集まってくるような存在になることを強く意識しています。研究者どうしのコミュニケーションやコラボレーションを通じてできることを広げて、将来的には「バレー」と「フォトニクス」を融合した新しい研究分野を牽引できる立場に到達できればと考えています。

■この研究を始めたきっかけや、研究にあたって大事にされていることなどについて教えてください。

私がこの研究分野に進んだ原点は、大学時代の講義の中で初めて耳にした「スピントロニクス」という言葉でした。半導体の中にはスピンといういまだ活用されていない性質があり、それを使って新しい機能が生み出されるかもしれない、その発想が非常に新鮮で、強く惹きつけられました。その講義を担当されていた先生の研究室に入り、博士課程では半導体中のスピンを光学的なアプローチで測定するという研究に取り組みました。

ちょうどそのころ、NTTの研究者もこの分野で次々と先駆的な成果を発表していました。自分が取り組んでいる研究分野の最前線がそこにあると感じ、「この環境で研究を行いたい」と自然に思うようになったことが、NTTに入社した大きな理由です。

研究について大事にしていることは、考えたことを必ず実験で確かめ、そこから新しい問いを引き出していく姿勢です。予想外の問題にも直面しますが、それらを1つずつ解決していくというプロセスに研究の醍醐味があると感じています。また、得られた



サスペンド単層膜に印加するゲート電圧を変化させたときの磁気光学Kerr効果の減衰特性

負電圧を印加すると減衰が遅くなり、バレー偏極の寿命が延びることが分かる。

図5 電圧で制御されるバレー偏極の寿命



写真 最新の実験データを前に議論を交わす研究チームメンバー

結果を論理的に言葉として整理し、自分たちの成果がどのように寄与するのかを明確にして世界へ発信していくことも、研究者に課された役目の1つだと考えています。

私たちの研究グループでは欧州の大学生をインターンとして積極的に受け入れるなど、国内外の若手研究者や学生とともに研究を進めています。後進を育てるという側面もちろんありますが、なにより、異なるバックグラウンドを持つ仲間と科学の面白さを共有することに大きな価値を感じています。そうした積み重ねをとおして、日本ひいては世界の基礎研究、基礎科学を前進させる力になると考えています。

#### ■所属されているNTT物性科学基礎研究所について教えてください。

NTT物性科学基礎研究所は、ネットワーク技術の壁を越える新しい原理やコンセプトの創出、未来のイノベーションにつながる基礎技術開拓、NTTの事業への貢献にとどまらず普遍的な知見の獲得をめざしています。多元マテリアル創造科学、フロンティア機能物性、量子科学イノベーションという3つの柱を立てて研究活動を行っており、研究者の知的好奇心を原動力として研究を推進しています。それぞれの分野で世界最先端を走る研究者が多数所属しているため、大きな刺激を受けられる環境です。

私の研究グループは実験研究を主体としており、ほぼ毎日出勤して実験に勤しんでいます。一方で、個々の研究のフェーズやライフステージに応じてリモート勤務を柔軟に取り入れているメンバーもいます。外国籍の研究者や共同研究先の学生も在籍しており、日々活気のある議論が行われている研究グループです（写真）。

#### ■最後に研究者や学生の方々へメッセージをお願いします。

この数年はコロナ禍の影響もあって、実際に手を動かしたり人と直接議論したりする機会が限られていた若い方も多かったと思います。ようやく社会が落ち着いて元に戻ってきたので、若い学生や研究者の方たちには、これまでできなかったさまざまなことへ積極的に挑戦してほしいです。

私は研究においては人とのコミュニケーションがとても大事だ

と考えています。多くの人とかかわり、一緒に科学を楽しめる仲間を意識して増やしていくことが、将来の日本の科学の発展にもつながるのではないかと思います。そして、二次元半導体やバレートロンクスに興味のある方はもちろん、誰も見たことがない現象に挑戦したいと考えている基礎研究を志向する研究者の方々は、ぜひNTT物性科学基礎研究所の門を叩いてみてください。私たちとともに、未知の物理現象の解明に向けて新たな扉を拓いていきましょう。

#### ■参考文献

- (1) 眞田・後藤・小野満・寒川：“磁気光学効果を用いたイメージング技術でみる表面弾性波下の半導体スピンドYNAMICS,” レーザー研究, Vol.40, No.8, pp.587-591, 2012.
- (2) H. Sanada, Y. Kunihashi, H. Gotoh, K. Onomitsu, M. Kohda, J. Nitta, P. V. Santos, and T. Sogawa: “Manipulation of mobile spin coherence using magnetic-field-free electron spin resonance,” Nature Physics, Vol.9, pp.280-283, 2013.
- (3) Y. Kunihashi, H. Sanada, H. Gotoh, K. Onomitsu, M. Kohda, J. Nitta, and T. Sogawa: “Drift transport of helical spin coherence with tailored spin-orbit interactions,” Nature Communications, Vol.7, 10722, 2016.
- (4) G. Mariani, Y. Kunihashi, L. Smet, T. Wakamura, S. Sasaki, J. Ishihara, M. Kohda, J. Nitta, and H. Sanada: “Two-color Kerr rotation spectroscopy in a suspended transition-metal dichalcogenide monolayer,” Applied Physics Letters, Vol.125, 252401, 2024.



（今回はリモートにてインタビューを実施しました）

# AIを用いたカーボニューレコードにおける エコ行動算出およびエコ行動促進技術

カーボンニュートラルへの関心が世界的に高まっている中、NTTドコモでは、エコ行動促進を目的に、半自動でエコ行動記録が可能なエコ行動算出システム、および行動経済学のナッジを用いてユーザに行動変容を促すエコ行動促進プッシュ通知システムを開発しました。これらの導入により、ユーザのエコ行動の可視化を可能にし、ユーザの持続的なエコ行動促進につなげました。本稿では、これらのシステムを支える技術について紹介します。

## 背景

「カーボンニュートラル<sup>\*1</sup>」への関心が世界的に高まる中、日本政府はこれを2050年までにめざすことを宣言しています。NTTドコモにおいても、自社の事業活動に伴う温室効果ガス排出量を2030年までに実質ゼロにする「2030年カーボンニュートラル宣言」<sup>(1)</sup>を発表し、脱炭素社会の実現に向けて取り組んでいます。

社会全体にこうした取り組みを広げるためには、企業による取り組みに加え、1人ひとりが「エコ行動」を継続して実践することが大切です。そのためには、日々の行動がどの程度環境に良い影響を与えているかを可視化し、把握しやすくすることが肝要です。また、行動記録にかかる負担を軽減し、日常生活の中で無理なくエコ行動を記録・継続できるような仕組みの構築が求められています。

NTTドコモでは、ユーザの日常のエコ行動を半自動で記録する「エコ行動算出システム」と、行動経済学で用いられるナッジ<sup>\*2</sup>を活用してユーザの行動に介入する「エコ行動促進プッシュ通知システム」を開発し、NTTドコモが提供するサービス「カボニューレコード<sup>\*3</sup>」<sup>(2)</sup>に組み込みました。

レコード<sup>\*3</sup>」<sup>(2)</sup>に組み込みました。

## カーボニューレコード

NTTドコモでは環境に配慮した取り組みの一環として、エコ行動記録アプリ「カボニューレコード」を提供しています。カボニューレコードは日常のエコな行動を記録し、可視化するサービスであり、ドコモ会員にかかわらず誰でも無料で利用できます（図1）。2023年1月にサービスを開始して以降、これまでのCO<sub>2</sub>排出削減可視化量は、約11万トン相当（2024年9月時点）にのぼります。カボニューレコードでは、日常のエコ行動を、「CO<sub>2</sub>削減量」とカボニューレコード独自の環境貢献度指標である「Reco」として可視化しています。

- \*1 カーボンニュートラル：CO<sub>2</sub>の排出・吸収量をプラスマイナスゼロの状態にすること。
- \*2 ナッジ：人間の思考の癖を利用し、ユーザにとって望ましい選択をするように促す行動変容に関する手法の1つ。
- \*3 カボニューレコード：ドコモが提供する、エコ行動を可視化するサービス。



図1 カボニューレコードのアプリ画面

エコ行動の記録方法には、自動記録、手動記録の2つがあります。

自動記録では、エコ行動算出システムが、ドコモサービスである「dヘルスケア」「ドコモでんき」「グリーン5G」などと連携して、それらのサービス利用状況に応じて、ユーザが記録作業を行わずにカボニューレコードアプリ上で自動的に記録されます。サービスごとのエコ行動の算出については、環境省が報告している排出原単位<sup>\*4</sup>などを参考に独自の計算式により行っています。

手動記録では、節電や節水など、環境省が定めるゼロカーボンアクション30<sup>(3)</sup>を根拠に設定したエコ行動について、ユーザが自身のスマートフォンを使ってカボニューレコードアプリに記録します。その際、本サービスでは、エコ行動促進プッシュ通知システムを用いてユーザへ行動変容を促しています。

## エコ行動算出システム

### ■基地局位置情報を活用した移動手段推定

基地局から推定される位置情報（基地局位置情報）に基づく移動手段の推定には、「docomo Sense」<sup>\*5</sup>が用いられています。docomo Senseでは、まずあらかじめ同意を得たユーザの基地局位置情報からユーザが移動中か基地局エリア内滞在中かを判定し、移動中であれば移動を示す基地局位置情報を用いてその経路を推定します（図2）。

続いて、移動経路に対して、移動速度や路線データ、駅・空港・港などの施設データを用いて、ユーザが選択したその手段を推定します。対象となる手段は「徒歩」「車」「電車」「新幹線」「飛行機」

\*4 排出原単位：活動ごとに規定された単位当りのCO<sub>2</sub>排出量。

\*5 docomo Sense：ドコモが開発した、ユーザ理解に基づくターゲットニング最適化サービス。

「フェリー」「長距離バス」であり（自転車は対象外）、また、1つの移動経路において複数の移動手段を利用する場合も推定できる仕組みとなっています。

例えば、移動速度が遅い場合は徒歩と推定します。移動速度が速い場合には、道路上もしくは線路上を通過しているのかを考慮することで、車・電車・新幹線などを推定します。移動経路が空港から空港であり、長距離を直線的にかつ一定以上の速度で移動していれば飛行機として推定し、海上を移動している場合はフェリーとして推定するというような処理となります。

### ■エコな移動を基にしたスコア自動算出

docomo Senseで推定した移動手段結果に基づいて、スコア自動算出機能はユーザのエコな移動を自動的に算出します。ユーザが公共交通機関で移動していた場合、一般的なガソリン車と比較してCO<sub>2</sub>排出量が少なくなるため、カボニューレコードのポイントに相当するRecoを付与します。本機能により、ユーザが移動履歴を入力する手間を省き、エコな行動を記録する仕組みを実現しています。仮に移動手段結果に誤りがある場合は、ユーザがカボニューレコードアプリを操作することで、正しい移動手段に訂正することが可能となっています。Recoは訂正内容に合わせて再度自動算出されます。

## ナッジを活用したエコ行動促進プッシュ通知システム

### ■行動変容とナッジ

行動変容とは、行動経済学における人間の行動理論に基づいて、ユーザにとって望ましい選択をするようにそっと後押しする手法やアプローチを指します。このような働きかけは、健康促進、環境保護、都市渋滞の緩和などのさまざまな社会問題の解決に活用

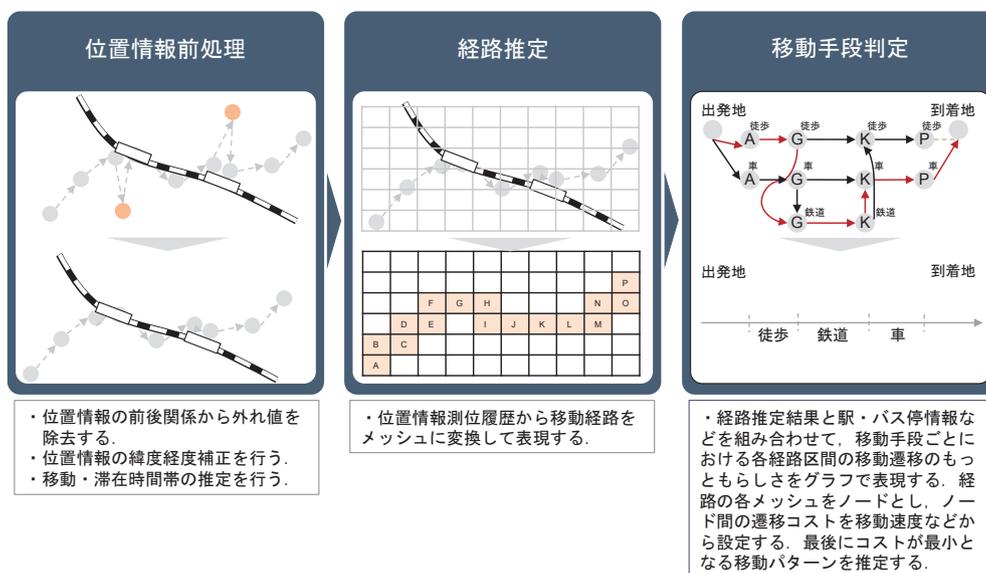


図2 docomo Senseにおける移動手段推定の流れ

されています。

行動変容を促す手法の中でも、人間の思考の癖を利用するナッジが注目されており、プッシュ通知に表示させるメッセージにナッジを活用することで、通知の開封率が向上する効果が報告されています。

ナッジには心理バイアスに紐付く複数のフレームワーク<sup>\*6</sup>が存在します。例えば、損失回避バイアスと呼ばれる、人間の「得をすることより損をすることのほうを大きく評価する」心理傾向を活用し、行動しないことによる損を強調する表現の「損失回避フレーム」や、同調性バイアスと呼ばれる「他者と同じように振る舞うことを好む」心理傾向を活用し、一般的な行動であることを強調する表現の「同調フレーム」などがあります。また、ユーザの持つ心理的傾向によって有効なナッジフレームが異なることに着目し、ユーザごとにもっとも効果のあるナッジフレームを推定して、プッシュ通知を行うことで開封率を向上させる手法も提案されています。

#### (1) カボニューレコードでのナッジ適用

カボニューレコードでは、お客さまのエコ行動を最大限サポートするための最適な通知方法を模索しており、エコ行動の記録促進を目的としたプッシュ通知を定期的に行っています。これらの通知では、人間の心理的傾向に基づくフレームワークごとのナッジメッセージを活用し、この傾向に応じてプッシュ配信する「パーソナライズ」により、エコ行動の手動記録率の向上を図っています。具体的には、「電気のつけっぱなしはもったいない」のような損失を強調する表現や、「地球を守るために、私たちの行動が重要です」といった社会的意義を訴求する表現など、複数のナッジフレームに基づく文言を用意し、ユーザごとに最適と推定される文言を選択しプッシュ通知を実施します。パーソナライズでは、ユーザの属性データ<sup>\*7</sup>と過去のプッシュ通知の開封履歴を機械学習モデル<sup>\*8</sup>で学習させることで、もっとも効果のあるメッセージを推定します。

#### (2) 従来のプッシュ通知の課題

上記の従来システムでは、パーソナライズによる効果向上に向けて下記の課題が存在します。

- ・ 課題①：パーソナライズの精度不足
- ・ 課題②：同一内容メッセージの繰返しによるユーザ離れ

課題①は、ユーザの心理傾向にもっとも合致したメッセージが配信できていない点にあります。従来は限られたナッジ種別の中からメッセージを選択していたため、ユーザごとの多様な心理的傾向を十分にとらえられていませんでした。課題②は、同じ内容のメッセージが繰返し配信されることで、ユーザの関心が低下し、プッシュ通知を無視するようになってしまう点にあります。その結果プッシュ通知の開封率やエコ行動の手動記録率が低下するという課題が生じていました。

#### (3) 提案するエコ行動促進プッシュ通知システム

本稿では、前述の課題を解決するために設計したエコ行動促進プッシュ通知システムについて紹介します。本システムは前述の課題①、課題②に対して下記のように対応しています。

課題①に対しては、ナッジ種別を従来システムで用いていた「プレーン（基本のメッセージ）」「向社会性」「利得<sup>\*9</sup>」「損失回避」の4種類から、「プレーン」「向社会性」「利得」「損失回避」「同調効果」「時間選好」の6種類へ拡張し、より多様なナッジ種別での出し分けが可能になり、パーソナライズの精度向上を実現しています。

課題②に対しては、大規模言語モデル<sup>\*10</sup>を用いて新規メッセージを自動生成する仕組みを導入することで、文言作成にかかる運用負荷を軽減しつつ、多様なメッセージのプッシュ通知を実現しています。

これらの対応策を組み込んだ本システムは、「ナッジ評価機能」「メッセージ生成機能」「プッシュ配信機能」の3つから構成されています。本システムの全体構成は図3のとおりです。以下に各機能の詳細を述べます。

ナッジ評価機能では、プッシュ通知の開封履歴とユーザ特徴量を用いて、ユーザにとって効果の高いナッジ種別を推定します。ユーザ特徴量には、会員情報に基づく基本的な属性情報に加え、サービスの利用状況などが含まれます。また、開封履歴はカボニューレコードに限らず複数サービスを対象としており、過去のプッシュ通知に対するユーザの反応を記録しています。これらの情報を入力として機械学習モデルで学習することで、各ユーザに対して適したナッジ種別を推定します。

メッセージ生成機能では、ナッジフレームに基づいたナッジ文言を生成します。大規模言語モデルを用い、ナッジ種別や文言設計の方針をプロンプトに入力することで、各ナッジ特性を反映した文言を生成します。生成文言には不適切表現やハルシネーションが含まれる可能性があるため、実際に配信する際は配信担当者による文言の確認を行います。

プッシュ配信機能では、ナッジ評価機能およびメッセージ生成機能の出力結果を基に、プッシュ通知を許諾しているユーザを対象として、推定されたナッジ種別に応じた文言を選択し、ユーザごとにプッシュ通知を行います。

#### (4) プッシュ配信結果

2024年4～6月の3カ月間で、お客さまのエコ行動をより効果的にサポートする最適な通知方法を検討することを目的に、開発したエコ行動促進プッシュ通知システムの効果検証を実施しました。本検証では月1回の頻度で計3回の配信を行い、カボニューレコードでプッシュ通知を許諾しているユーザを対象としました。

配信対象のユーザは対照群と介入群の2群に対しランダムに割り振りを行いました（ランダム比較化試験）。対照群には、従来システムとして4種類のメッセージをナッジ評価機能でメッセージ

\*6 フレームワーク：ユーザごとに異なる心理特性の枠組みのこと。

\*7 属性データ：年代、性別といったユーザのプロフィールをとらえたデータのこと。

\*8 機械学習モデル：大量のデータからパターンや規則性をコンピュータに学習させ、未知のデータに対して予測や判断を行うためのモデル。

\*9 利得：自身に利益があると感じる心理傾向のこと。

\*10 大規模言語モデル：大量の文章データセットを使ってトレーニングされた自然言語処理モデルのこと。

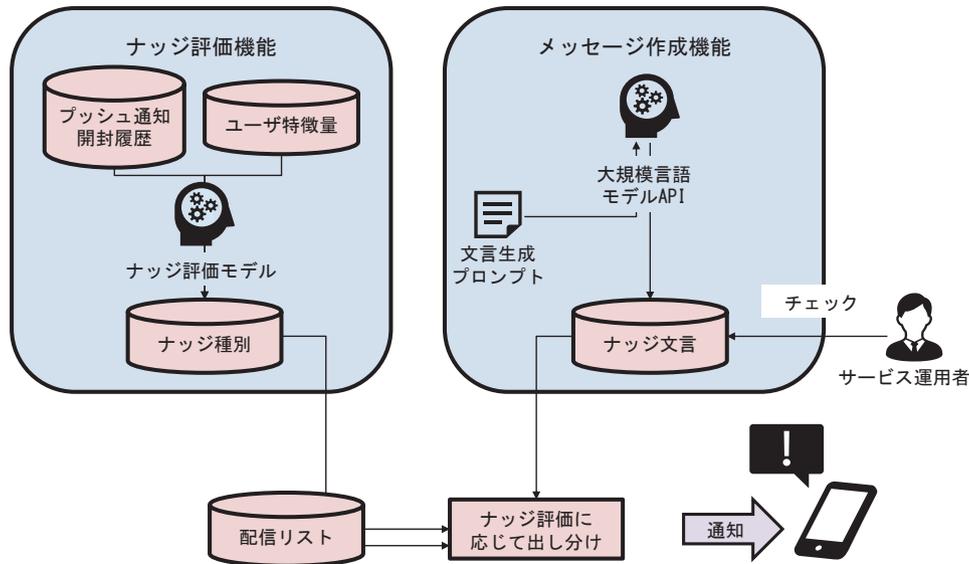


図3 提案システム構成図

表1 プッシュ配信文言

	対照群	介入群
プレーン	節水行動をしよう！	エコを意識した生活をしよう！
向社会性	環境に配慮して節水行動をしよう！	地球を守るために、私たちの行動が重要です。節水・節電を心掛け、フードロスを減らし、資源枯渇や海洋汚染を防ぎましょう！
利得	洗身・洗髪時にシャワーを止めて水道代を節約しましょう！	家計を支える秘訣は節電と節水です。無駄を省き、貯蓄を増やしましょう！
損失回避	入浴時の水の出しっ放しで水道代を損しているかも！？	無駄な出費を避けましょう。水道代や食品ロスを減らし、生活費を節約しましょう！
同調効果	—	他の多くの人が環境に配慮した行動をしています。一緒に節電や節水を意識してみませんか？
時間選好	—	今のうちに節水や節電などの行動をして、将来の貯蓄を増やしませんか？

表2 カボニューレコードユーザへの配信結果

	従来システム	提案システム
手動記録率	15.13%	19.05%

推定したうえでプッシュ配信しました。介入群には6種類のメッセージをナッジ評価機能によりナッジ種別を推定したうえで大規模言語モデルを用いてメッセージ生成し、そのメッセージを用いてプッシュ配信しました。配信したメッセージは表1に記載しています。

検証の結果、表2に示すとおり、エコ行動の手動記録率において、対照群よりも介入群のほうが統計的に有意に向上しました(有

意水準5%で検定実施)。この結果から、提案システムを利用し、お客さまの心理的傾向に寄り添った通知を提供することで、エコ行動の実践と継続をより効果的に支援できると考えられます。

## 今後の展望

本稿では、カーボンニュートラル社会の実現に向けて開発した、半自動エコ行動算出システムおよび、プッシュ配信にナッジメッセージを活用したエコ行動促進プッシュ通知システムについて紹介しました。半自動エコ行動算出システムは、ユーザの行動記録に伴う負荷を低減し、日常生活の中で無理なくエコ行動を記録、可視化できる仕組みを提供します。

ナッジメッセージを活用したプッシュ通知を行った結果、アプリ内のエコ行動の手動記録率が有意に向上したことを示しました。これらの結果は、行動経済学に基づくナッジをプッシュ通知に活用することでユーザの自発的なエコ行動を促進できる可能性を示唆しています。今後は、より多様なユーザ特性やアプリ内の行動履歴を考慮し、通知内容やタイミングの最適化を進めることで、エコ行動促進効果のさらなる向上をめざしていきたいと考えています。NTTドコモでは、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、ユーザの自発的な行動変容を支援する技術の開発を継続していきます。

### 参考文献

- (1) [https://www.docomo.ne.jp/corporate/csr/ecology/environ\\_management/carbon\\_neutral/](https://www.docomo.ne.jp/corporate/csr/ecology/environ_management/carbon_neutral/)
- (2) <https://caboneurecord.web.docomo.ne.jp/top.html>
- (3) <https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/zc-action30/>

### 問い合わせ先

NTTドコモ  
クロステック開発部