

NTT 技術ジャーナル

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和4年7月1日発行 毎月1回1日発行 第34巻第7号(通巻400号)

7 JULY
2022
Vol.34 No.7

特集

IOWNに向けたアクセスネットワーク技術
01.23
Intentを用いたネットワーク、クラウドサーバ、
アプリケーション連携技術

グループ企業探訪
みらい翻訳

from NTT東日本

林業での労災と獣害抑止サービスに向けた、山間部におけるLPWA電波伝搬の实地検証



NTT 技術ジャーナル

7 JULY
2022
Vol. 34 No. 7

CONTENTS

4 特集

IOWNに向けた アクセスネットワーク技術

- 6 サービスを創造し支え続けナチュラルでスマートな社会を実現する
アクセスネットワーク技術
- 10 社会インフラ事業の課題解決を実現する研究開発の取り組み
- 14 ユーザやサービスに合わせるネットワークの実現に向けた
ワイヤレス技術への取り組み
- 19 DXスパイラル実現に向けたオペレーション技術の取り組み
- 24 筑波研究開発センタの50年

28 特集

インテントを用いた ネットワーク, クラウドサーバ, アプリケーション連携技術

- 30 インテントAIメディエータ (Mintent) による快適なサービスの実現
- 35 Mintent実現に向けた多様かつ曖昧なインテントの抽出・変換技術
- 39 クラウドサーバリソース最適化による快適なWeb会議サービスの実現
- 44 映像配信サービスにおけるインテントに基づく
アプリケーション・ネットワーク協調制御技術

49 挑戦する研究者たち

柏野 牧夫

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
フェロー 柏野多様脳特別研究室 室長

内発的動機が一番強いドライビングフォース。
志の共鳴が新しい流れをつくる



54 挑戦する研究開発者たち

中島 佳宏

NTTドコモ
ネットワーク開発部 ネットワーク仮想化基盤
担当課長

ギブ&ギブ&ギブこそが将来のテイクにつながる



58 明日のトップランナー

鈴木 賢哉

NTTデバイスイノベーションセンタ
特別研究員

IOWN構想の未来に欠かせない
高性能な光機能デバイスのためのスマートフォトンクス技術



62 グループ企業探訪

株式会社みらい翻訳

AIによる機械翻訳で

多言語対応で高精度な翻訳サービスを提供



66 from NTT東日本

林業での労災と獣害抑止サービスに向けた、
山間部におけるLPWA電波伝搬の実地検証

68 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

Webサイト オリジナル記事の紹介 72

8月号予定

編集後記

NTT技術ジャーナルはWebで閲覧できます。

<https://journal.ntt.co.jp/>



本誌掲載内容についての
ご意見、ご要望、お問い合わせ先

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

本誌ご購入のお申し込み、
お問い合わせ先

一般社団法人電気通信協会
ブックセンター
TEL (03)3288-0611
FAX (03)3288-0615
ホームページ <http://www.tta.or.jp/>

企画編集

日本電信電話株式会社
〒100-8116 東京都千代田区大手町1-5-1
大手町ファーストスクエア イーストタワー
NTTホームページ URL <https://group.ntt.jp/>

発行

一般社団法人電気通信協会
〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋2-1-1如水会ビルディング6階
TEL (03)3288-0608 FAX (03)3288-0615
URL <http://www.tta.or.jp/>

©日本電信電話株式会社2022

●本誌掲載記事の無断転載を禁じます●

※本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェアなどの名称は、
各社の商標または登録商標です。

特集

IOWNに向けた アクセスネットワーク技術

NTTアクセスサービスシステム研究所では、
お客さまとNTTビルを結ぶアクセスネットワークに関する研究開発を行い、
世界最先端・現場最先端の研究開発により、世界の通信インフラ技術を支えている。
本特集ではIOWN(Innovative Optical and Wireless Network)構想に向けた、
さまざまなアクセスネットワーク技術を紹介する。

アクセスネットワーク

アセット活用

エクストリーム NaaS

業務デザイン

インフラストラクチャ

Access Network Technology

サービスを創造し支え続けナチュラルでスマートな社会を実現する アクセスネットワーク技術

6

IOWN構想に向けたアクセスネットワーク技術の研究開発として、ネットワーク機能の高度化、運用のスマート化、アセット活用による新たな価値創出への取り組みについて紹介する。

社会インフラ事業の課題解決を実現する研究開発の取り組み

10

維持管理・運用業務のデジタルトランスフォーメーション（DX）化、安心・安全な社会インフラ設備の構築、設備・オペレーション等のアセット活用にかかわる技術について紹介する。

ユーザやサービスに合わせるネットワークの実現に向けた ワイヤレス技術への取り組み

14

無線アクセス性能のポテンシャルを拡大する技術、拡大したポテンシャルを最大活用する制御技術、多様なサービス開発を支える無線環境検証技術への取り組みについて紹介する。

DXスパイラル実現に向けたオペレーション技術の取り組み

19

統一的なネットワーク情報管理とそれに基づく自律的な分析・判断を実現する「自己進化したオペレーション技術」と、業務改革組織と現場組織との共通理解の促進により作業効率化を実現する「操作プロセス分類型業務デザイン支援技術」を紹介する。

筑波研究開発センタの50年

24

つくばの地で行われた研究開発を支えた大型の実験設備を中心に、筑波研究開発センタ50年のあゆみについて紹介する。

サービスを創造し支え続けナチュラルでスマートな社会を実現するアクセスネットワーク技術

NTTアクセスサービスシステム研究所は、お客さまとNTTビルを結ぶアクセスネットワークに関する研究開発を行っており、世界最先端・現場最先端の研究開発により、世界の通信インフラ技術を支えています。本稿では、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想に向けたアクセスネットワーク技術の研究開発として、ネットワーク機能の高度化、運用のスマート化、アセット活用による新たな価値創出への取り組みについて紹介します。

あおやぎ ゆうじ
青柳 雄二

NTTアクセスサービスシステム研究所 所長

はじめに

NTTアクセスサービスシステム研究所は、1972年7月に建設技術開発室として発足以来、いく度かの組織整備や、幕張(千葉県)、横須賀(神奈川県)の各ロケーション組織も加わり、1999年1月に現在の名称となりました。2014年に武蔵野(東京都)にも組織を構え、2021年7月にIOWN総合イノベーションセンタ発足に伴うNTT研究所の組織再編成において、実用化開発業務をネットワークイノベーションセンタへ移行し、コア研究開発業務を中心に取り組む研究所となり、2022年7月に設立50年を迎えました。

発足時は、屋外通信設備の研究開発、またそれらを効率的かつ安心・安全な方法で建設・保守する技術の開発・普及に取り組み、その後、インターネット接続サービスの普及・拡大期を迎え、高速なデータ通信サービスを経済的に実現するため、光アクセスシステムの研究開発に加え、光サービスの普及をサポートするオペレーションシステムの充実をはじめ、迅速な開通か

ら効率的な保守運用に向けたさまざまな研究開発、ワイヤレスによるシームレスなアクセスの提供から、地下管路やとう道をはじめとした通信基盤設備までアクセスネットワークに関する研究開発に取り組んできました。

現在、サイバー空間とフィジカル空間の一体化(CPS)による持続可能で強靱な社会であるSociety 5.0への検討が進められています。それを実現する手段として、次世代の移動通信システムであるBeyond 5G/6Gは、2030年ころの導入に向けて検討が進んでおり、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想については、2030年実現の前倒しに向けて研究開発を加速させています。また、昨今のコロナ禍によるリモートワークの増加などにより固定ブロードバンドのニーズが引き続き強いことから、アクセスネットワークに対する期待がより一層大きなものになっています。

NTTアクセスサービスシステム研究所では、ミッションである「最先端のアクセスネットワーク技術の研究開発によりサービスを創造し支え続けナ

チュラルでスマートな社会の実現」に向け、5つのアクセスネットワーク要素技術である、アクセスシステム技術、ワイヤレスアクセス技術、オプティカルファイバアクセス技術、インフラストラクチャ技術、オペレーション技術を土台として、①エクストリームな要件やサービスの多様化を支える研究開発、②運用を抜本的にスマート化する研究開発、③新ビジネス領域へのアセットを活用した研究開発という3本柱に取り組み、IOWN構想の具現化をめざしています(図1)。

以降では、3つの方針で研究開発を推進している主な技術を紹介します。

エクストリームな要件やサービスの多様化を支える研究開発

エクストリームな要件やサービスの多様化を支える研究開発では、①ネットワーク性能の限界超えを実現する通信・インフラ技術の革新と②ユーザやサービスに合わせるネットワーク柔軟化技術の革新に取り組んでいます(図2)。

■ネットワーク性能の限界超えを実現する通信・インフラ技術の革新

通信・インフラ技術の革新では、無線および光の高速大容量化、アクセス区間のさらなる低遅延化を実現する技術、および海上、山間部、上空においても高速アクセスが可能なカバレッジの拡大に向けた技術の研究開発に取り組んでいます。

IOWN/6G時代には、さらなる高速大容量化に向け、これまでよりも高い周波数であるミリ波・サブテラヘルツ波帯も活用していく必要があります。しかし、周波数が高くなればなるほど、直進性が強くなり、アンテナから電波の届くエリアが限定されてきてしまいます。そこで、高速大容量化を実現する分散MIMO (Multiple Input Mul-

iple Output) 技術では、アンテナを多数配置することで、移動・遮蔽環境下でも安定した大容量無線伝送を実現します (図2 (a))。また、高周波数帯の利用・張出局の高密度展開に向けたアナログRoF (Radio over Fiber) を活用した高周波数帯無線エリア構築技術では、遠隔ビーム制御を主信号・制御信号を1波長で送るサブキャリア多重により実現したり、複数信号 (アナログ・デジタル) の多重に際してレベル調整により信号歪を軽減したりと、張出局の小型化・低消費電力化による設置性・施工性の向上、運用コストの低減や所要波長数の削減による光ファイバコスト低減を実現します。

今後、遠隔操作の必要性が増し、高度な作業も遠隔で行う需要が高まる、エンド・ツー・エンドの低遅延・低ジッ

タ化だけでなく、ネットワークの輻輳時やエッジの過負荷状態でも即座に正常状態に戻ることが求められてきます。そこで、最適な光パスへの切替を行う伝送制御と、最適なエッジリソースへの切替を行うエッジ制御を行うリアルタイム制御技術に取り組んでいます (図2 (b))。本技術では、タイムリーな情報収集と切替制御を行うことで、品質変動時にも即座に切替が可能となり、ドローンやロボットなどをストレスなく遠隔操作可能なサービスの提供を実現します。

カバレッジの拡大を実現するために、静止軌道衛星 (Geostationary Orbit Satellite)、低軌道衛星 (Low Earth Orbit Satellite)、高高度プラットフォーム (HAPS : High Altitude Platform Station) などのNTN (Non Terrestrial Networks) 技術を用いたアクセスサービス「宇宙RAN (Radio Access Network)」について検討を進めています (図2 (c))。宇宙RANを提供して超広域カバレッジを実現することで、災害対策だけでなく、離島などのエリア化、飛行機や船等の通信環境の飛躍的な改善など、利便性の向上や新たな付加価値の提供をめざしています。また、今後は通信の大容量化のために高周波数帯の無線を使う方向に拡張されていき、

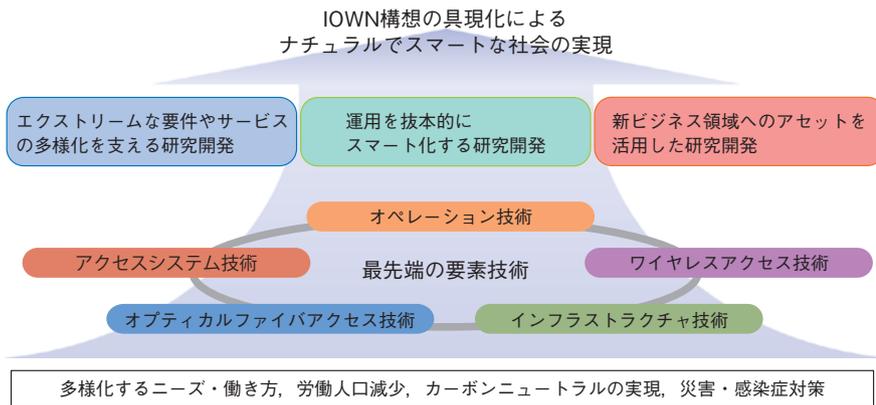


図1 研究開発の方向性

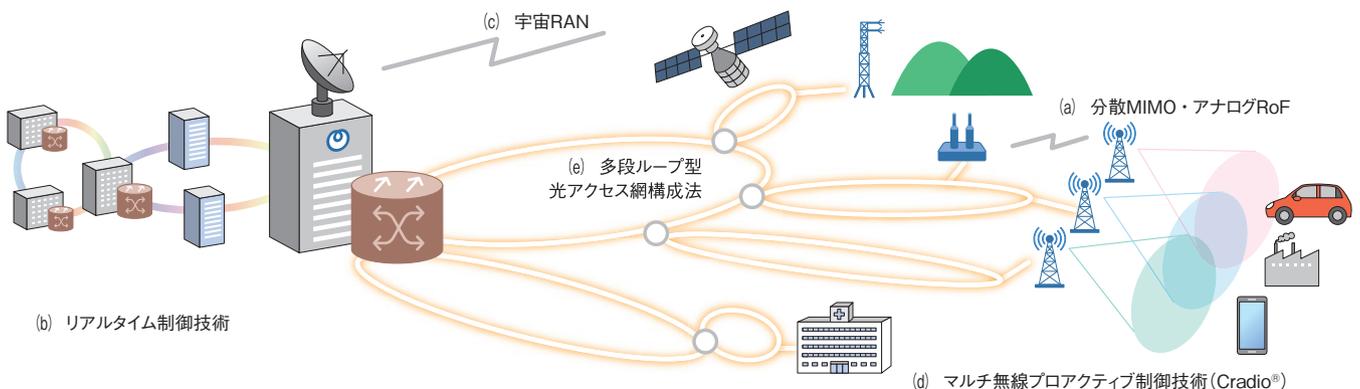


図2 エクストリームな要件やサービスの多様化を支える研究開発

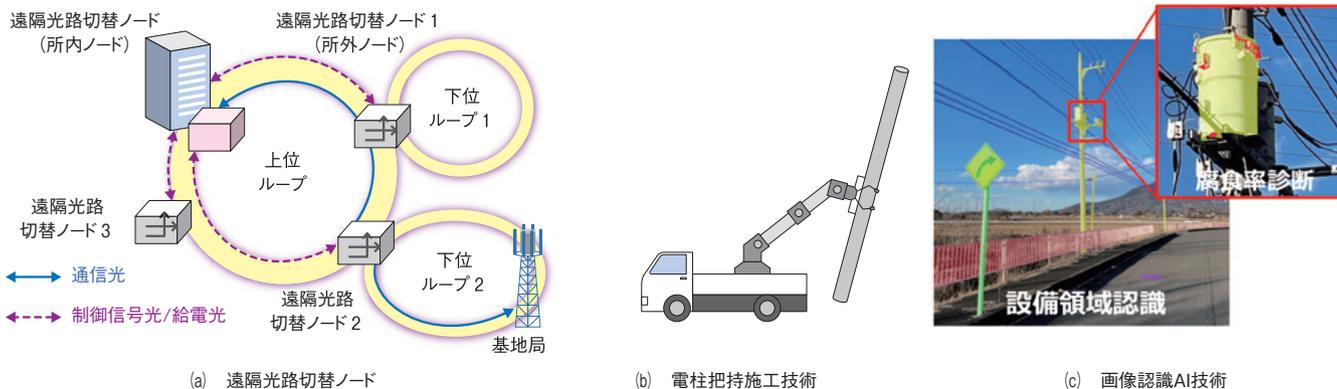


図3 運用を抜本的にスマート化する研究開発

電波が見通し範囲外に回り込まず、カバレッジ確保が大きな課題となってきます。そこでメタサーフェス反射板 (RIS: Reconfigurable Intelligent Surface) を用いて電波反射方向を制御する技術の研究開発を進めており、端末の動きに合わせて基地局からの電波の反射方向を動的に変更させて常に無線通信可能エリアを形成することを、世界で初めて実証実験において確認しました。

■ユーザやサービスに合わせるネットワーク柔軟化技術の革新

ユーザサービスに合わせるネットワーク実現に向けたワイヤレス技術への取り組みとして、ユーザやサービスがネットワークを意識せずとも最適な無線環境利用を可能とする、マルチ無線プロアクティブ制御技術 (Cradio[®]) に取り組んでいます (図 2 (d))。Cradio[®] は、「把握」「予測」「制御」の3つの領域に分類されます。Cradio[®] は、これら3つの領域の技術を高度に実現し、相互に連動させ、さまざまなアプリケーションと協調することで、時々刻々と変化する無線品質の中で、多様なアプリケーション要件に適した無線アクセスネットワークをつくり出し、ユーザにとって最適な無線環境を提供します。

つながり続けるネットワークでは、

多段ループ型光アクセス網構成法に取り組んでいます (図 2 (e))。今後、光へ求められるニーズが変化し、ビジネスモデルもマス売りから B2B2X へ変化していくことから、IOWN 構想を支える光アクセス網も、ビジネスモデルの変化に対応する必要があります。そこで、アクセス系通信網における光ファイバケーブル敷設ルート設計法である本技術を用いることで、従来の光アクセス網を超える高い信頼性、不確実な光需要にこたえる需要変動耐力、自由度の高い光経路選択性を実現し、さまざまなサービス事業者の多様なニーズにこたえる光ファイバ回線を提供することができます。

運用を抜本的にスマート化する研究開発

設備・運用業務のデジタル化による究極のスマートアクセス実現の取り組みとして、スマートエンジニアリングやスマートメンテナンスの研究開発に取り組んでいます (図 3)。

スマートエンジニアリングでは、遠隔光路切替ノード・光分岐技術があります (図 3 (a))。今後、エリアや心線数の予測が難しい光需要に対しても、迅速・柔軟なサービス提供が求められるため、先に紹介した多段ループ配

線における上位ループと下位ループの接続点に設置した所外ノードを、所内から遠隔制御にて心線切替するノード技術や、既設光ファイバ心線から任意に分岐する光分岐技術について研究開発を進めており、スピーディなサービス提供の実現をめざします。

また、今後大幅に減少する現場施工者に対する施工負担軽減や安全性向上として電柱把持施工技術にも取り組んでいます (図 3 (b))。電柱素材、施工条件によらず、損傷・破壊なく、滑らずに把持する把持力制御・把持部構造や把持することで振れ止めの役割を機械に代替することで、安全性の向上や施工負担の軽減をめざします。

スマートメンテナンスでは、設備点検自動化、劣化予測等による業務・効率化として、MMS (Mobile Mapping System) などを用いて取得した画像から、複数のインフラ設備を識別し、それぞれのインフラ設備 (道路附属物および柱上設備) に発生している錆などの劣化を検出する画像認識 AI (人工知能) 技術についても取り組んでいます (図 3 (c))。本技術は、自社設備点検と同時に他事業者設備の点検を実施可能であり、各事業者が個別に実施していた現地点検業務を共同で行うことによるコスト削減が期待できることから、デジタル情報による社会

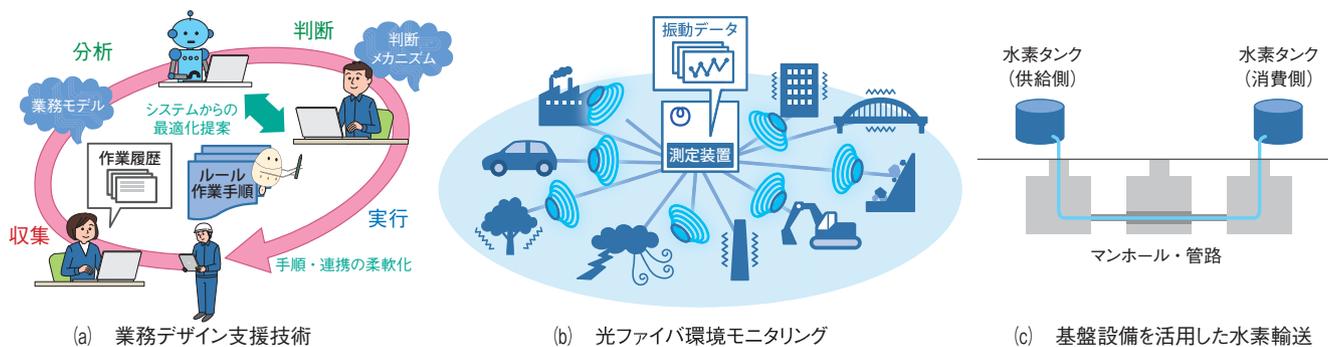


図4 新ビジネス領域へのアセットを活用した研究開発

インフラ全体の効率的な維持管理をめざしていきます。

新ビジネス領域へのアセットを活用した研究開発

NTTの新たな収益源となる新ビジネス領域の開拓に向け、光・無線・線路・土木・オペレーション各分野で培った「運用ノウハウ」「通信設備」「通信技術」の各アセットを活用した研究開発に取り組んでいます（図4）。

運用ノウハウを活用したオペレーション技術では、業務のデザイン、ナビゲーションに向け、操作プロセス分類型業務デザイン支援技術に取り組んでいます（図4(a)）。デジタルトランスフォーメーション（DX）には客観性の高い業務分析に基づく現状把握が必要ですが、複雑な業務プロセスの業務分析には専門スキルや膨大な時間が必要となります。そこで、本技術では、作業者のPCログを取得するとともに、分析や可視化においては、操作ログの共起性に着目し、操作手順のゆらぎを吸収しながら類似の作業に自動分類し、シーケンスアライメントにより頻出の操作フローを自動抽出することで、運用ノウハウに基づく業務のデザインを容易化します。また、RPAによる操作自動化シナリオを可視化した操作フローから自動生成する等、実業務への反映により、業務の継続的な進

化を図ります。

通信設備を活用した光ファイバ環境モニタリングでは、NTTグループが所有するアセット（既設光ファイバ網）をセンサとして活用し、さまざまな社会サービスに還元可能な高付加価値情報を取得することに取り組んでいます（図4(b)）。光ファイバ網が「感じている」振動を高精度光ファイバ振動測定技術により面的にリアルタイム収集し、大量かつ高精度な振動データをIOWNのAPN（All Photonics Network）による高速伝送とDCI（Data Centric Infrastructure）のコンピューティングリソースを活用した高度なデータ処理・解釈で環境情報へ変換します。本検討により、既設の光ファイバをセンサ媒体として、異常通信設備の遠隔検知、点検稼働の削減に加え、さまざまな現象を振動データとしてとらえ、それを環境情報として社会課題の解決に役立てることで、通信設備に新たな価値を付与し、光ファイバ網での新ビジネスを創出します。

その他、カーボンニュートラル実現に向け水素エネルギーの利用拡大が有力視されている中、水素を供給地から需要地まで輸送するコストの低廉化が課題となっていますが、既存通信基盤設備を活用した水素輸送の技術についても検討を進めています（図4(c)）。

おわりに

IOWNに向けたアクセスネットワークの研究開発の方向性と3本柱の研究開発における主な技術を示しました。今後、IOWN構想具現化により社会システムのさらなる高度化に向け、これまでのアクセスネットワーク技術の研究開発の取り組み強化を推進するとともに、新たな収益源の確保に向け、新ビジネス領域の開拓を推進していきます。



青柳 雄二

ネットワーク機能の高度化、運用のスマート化、アセット活用による新たな価値創出に取り組むことで、IOWN構想の具現化を推進し、ナチュラルでスマートな社会の実現に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL 029-868-6020
FAX 029-868-6037
E-mail aslab-ml@hco.ntt.co.jp

社会インフラ事業の課題解決を実現する 研究開発の取り組み

NTTアクセスサービスシステム研究所では、労働人口減少・老朽化設備の増加・維持管理更新コスト増加・災害多発などの社会インフラ事業を取り巻く課題の解決とスマートワールドの実現をめざし、維持管理・運用業務のデジタルトランスフォーメーション(DX)化、安心・安全な社会インフラ設備の構築、設備・オペレーション等のアセット活用を柱とする研究開発に取り組んでいます。本稿では、これら3つの柱にかかわる技術について紹介します。

あわた てるひさ
栗田 輝久

NTTアクセスサービスシステム研究所

シビルシステムプロジェクトの 取り組み

社会インフラ事業を取り巻く状況として、労働人口の減少、老朽設備の急増、維持管理・更新コストの増加に加え、気候変動や地震動などによる災害リスクが挙げられます。これらの状況の中、社会インフラ設備においては、人手をかけない保守運用、LCC (Life Cycle Cost) が最適となる更新、防災減災、環境負荷低減への対応という課題が急務となっています。NTTアクセスサービスシステム研究所シビルシステムプロジェクトでは、維持管理・運用業務のデジタルトランスフォーメーション(DX)化、安心・安全な社会インフラ設備の構築、設備・オペレーション等のアセット活用という3つの柱の研究開発に取り組み、これらの課題解決を進め、スマートワールドの実現に貢献していきます(図1)。本稿では、スマートワールド実現に向けたシビルシステムプロジェクトが取り組む技術を紹介します。

維持管理・運用業務のDX化

NTTでは、MMS (Mobile Mapping System) やドローン等を使って所外の電気通信設備を撮影し、取得した画像を用いて設備状況を確認し、設備の劣化等を診断しています。一方、シビルシステムプロジェクトでは、画像認識を用いた通信基盤設備の点検診断技術について研究開発を進めてきました。具体的には、画像特徴量解析や深層学習を用いて、路上に設置されている通信用マンホールの鉄蓋の劣化(表面の摩耗や周辺道路との段差)や橋梁に添架されている通信用管路の錆を自

動検出する技術などを創出しました。これらの技術は、NTTの設備状況診断業務に利用されていますが、画像認識技術にはさらなる高機能化・高性能化が求められています。現在、沿道の社会インフラ共同点検に資する画像認識技術の研究開発に取り組んでいます。この技術は画像認識AI(人工知能)を用いてMMSで撮影された沿道にある数多くのインフラ設備(ガードレールなどの道路附属物やケーブルや金物などの柱上設備)の画像から、道路附属物と柱上設備の画素領域を識別し、設備に発生した錆の画素領域を検出することを目標としています(図2、



図1 シビルシステムプロジェクトの3つの取り組み

3). そのため、画像認識AIには複数の機能を取り入れています。1つは設備識別AIです。さまざまな形態・構図で写る沿道のインフラ設備を十分に学習させることで、高精度にインフラ設備を識別できるようにしています。もう1つは錆検出AIです。アンサンブル学習^{* (1)}を用いて、柱上設備に発生した画素領域が微小な錆や逆光時に撮影された画像において暗い部分に写

る錆の画素領域を検出することができません。現時点で、設備識別性能は約94%、錆検出性能は約98%であり、実地での利用が十分に可能なレベルに到達しています。この画像認識技術を沿道の社会インフラ共同点検に展開していくことで、これまでそれぞれのインフラ事業者が実施していたオンサイト点検業務の一元化を促進し、AIによる設備診断業務の高精度化が期待で

きます。将来は、共通的なプラットフォーム上で点検時に取得された設備情報を一元的に管理することで、社会インフラの維持管理効率化をめざします。

* アンサンブル学習：複数のモデル（学習器）を融合させて1つの学習モデルを生成する手法。

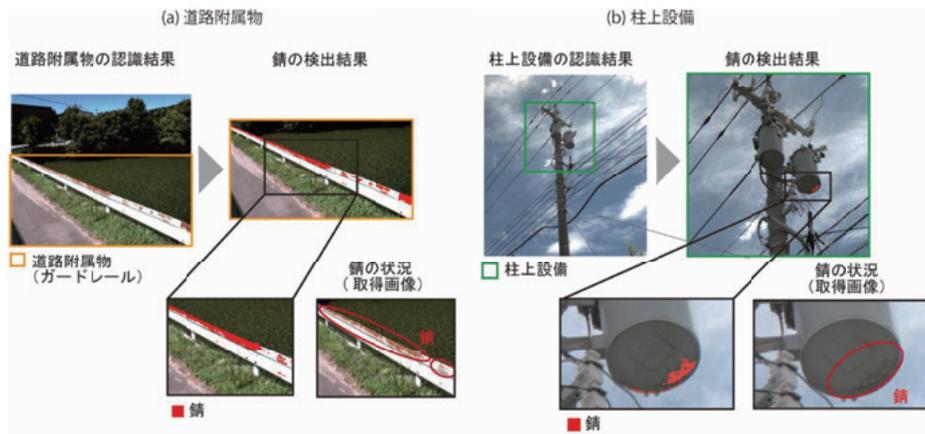


図2 インフラ設備の認識と錆の検出結果

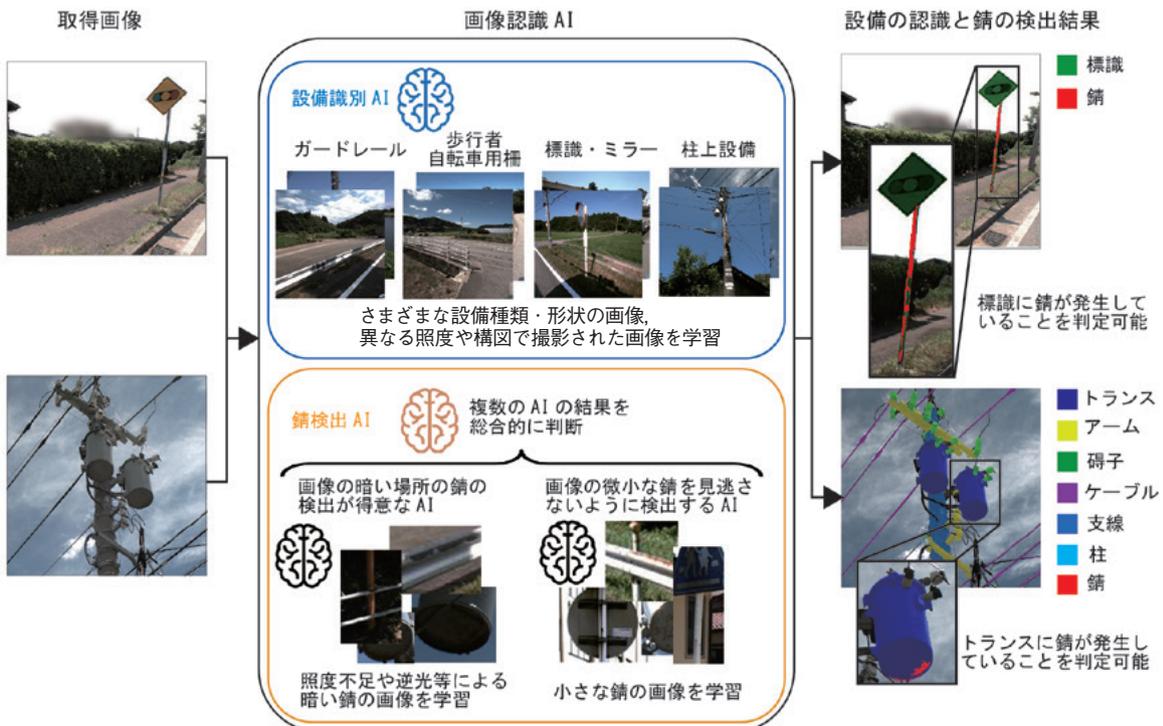


図3 画像認識AIの特長

安心・安全な社会インフラ設備の構築

■構造物の長寿命化技術

NTTは全国にわたり、さまざまな環境における設備を保有しています。人手をかけず膨大な設備の安心・安全な維持に向け、品質維持および運用リソース最適化を両立させることで「安全を担保し限界まで使い切る運用」の確立をめざしています。

現在のインフラ設備点検は、点検周期の最適化を図りながら、一定周期での定期点検を実施しています。点検稼働のさらなる効率化のため、設備を構成する材料、設置環境ごとの劣化メカニズム、および劣化進行速度を解明することにより、劣化事象および環境に応じた将来状態を予測可能とする劣化予測技術の確立をめざしています。これからは、劣化予測技術により、設備ごとに最適な点検時期を明確化することで、定期点検レス化を可能とします。

また、現在のインフラ設備補修は、点検時に劣化事象を確認した場合、劣化事象に応じた判定を実施し、要補修と判断した劣化事象に対して適切な補修を実施しています。さらなる維持管理コスト低減のためには、現在の劣化事象の部分補修から構造体の耐力評価に基づく補強への転換が必要です。各設備の将来の劣化状態を構造計算へ反映し耐力評価を行うことで、構造体と

しての将来の耐力限界を判断する構造解析技術の確立をめざしています。これからは、この構造解析技術により、構造体として最適な補強タイミングが明確となるため、LCCの最適化を図りながら設備を安全な状態で長く運用することができます(図4)。

■地震動による設備被災予測技術

2011年の東北地方太平洋沖地震などの大規模地震では、通信設備も地震や津波により甚大な被害を受けました。今後も、南海トラフ巨大地震や首都直下地震などによる、大規模な被害想定が政府から発表されており、地震に対する設備の安全性への要求は一層高まっています。

とう道、マンホール、管路といった通信基盤設備については、設備の継手部にフレキシブル性を持たせるなどの耐震対策を加えてきたため、東北地方太平洋沖地震をはじめとする大規模地震に対しても高い耐震効果を発揮してきました。また、管路については、PIT (Pipe Insertion Type) 新管路方式などの自立型ライニング技術により、道路を掘削することなくケーブルを収容したままで、旧仕様管路の耐震補強が実施できる技術の研究開発に取り組んできました。

現在は、膨大に存在する管路に対して、耐震補強が必要となる設備を見極めるため、地震に対する設備個々の被災を予測する技術の研究開発に取り組

んでいます。具体的には、過去の大規模地震時の被災状況に対して、設備情報や地形・地盤の情報、地震動の情報などの多数のパラメータを照らし合わせた学習用のデータベースを作成し、機械学習と変数奇与度分析により被害推定に有効なパラメータを特定し、簡便に利用可能な予測モデルを構築しました。この予測モデルにより設備個々の被災箇所を把握できることから、計画的な事前対策、迅速な緊急点検・応急復旧といったプロアクティブな対応が可能となります(図5)。

本取り組みを通じて、設備情報や周辺環境情報を用いて機械学習した予測モデルが被災予測に有効な手段であることを確認しました。機械学習に用いる学習用のデータベースの内容は異なりますが、本技術のアプローチ方法はさまざまな被災予測に展開できると考えており、今後は激甚化する風水害の被災予測モデルの構築に取り組みます。また電力、ガス、上下水道などライフライン設備を有する事業者への展開も可能と考えています。

設備・オペレーション等のアセット活用

2001年に一般家庭への光通信サービスが提供開始されてから、光通信サービスの普及が急速に進み、現在のアクセスネットワークはメタルケーブルから光ファイバケーブルに移り替わって

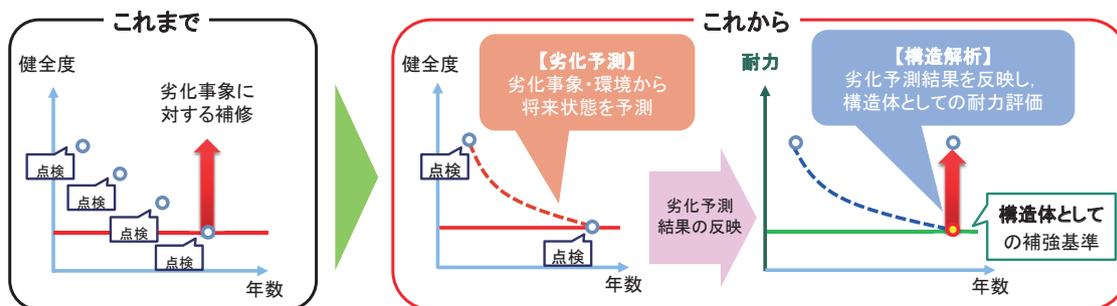


図4 LCCの最適化

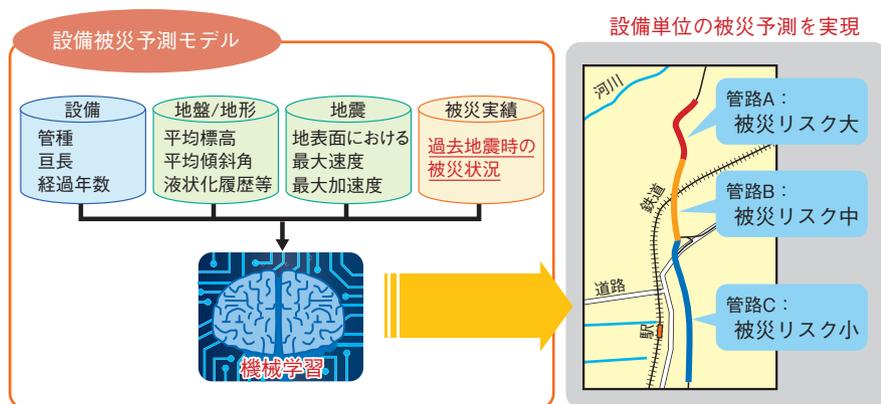


図5 地震動による設備被災予測技術

および対策技術について検討しています。

本取り組みを含めNTTグループで培った「運用ノウハウ」「通信設備」「通信技術」の各アセットを活用して新たな社会的価値を創出するための技術開発に取り組んでいきます。

おわりに

「維持管理・運用業務のDX化」「安心・安全な社会インフラ設備の構築」「設備・オペレーション等のアセット活用」についての取り組みと技術を示しました。今後、これらの研究開発をより一層推進し、同じような課題を抱える社会インフラ事業へ技術・ノウハウを還元することで社会全体の課題解決へ貢献していきます。

参考文献

- (1) 川口・中谷：“推定結果の確からしさも評価する False-aware AI (FAI),” 電子情報通信学会誌, Vol.104, No.2, pp.149-155, 2021.

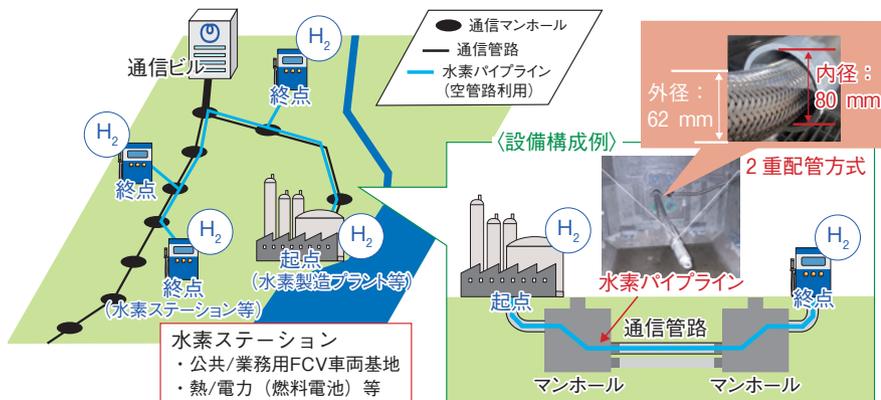


図6 通信設備を利用した水素の輸送

います。光ファイバケーブルは、メタルケーブルに比較すると軽量で細径化されているため効率的に収容することができ、通信基盤設備において利用可能な空間が増えています。この空間を有効利用する一例として「通信管路を活用した水素輸送」があり、関連する技術検証を行っています。

水素は、再生可能エネルギーによる水の電気分解やバイオマスの改質で製造することができるため、エネルギー供給・調達リスクの低減に資するカーボンフリーなエネルギーとして、脱炭素社会の実現に向けた次世代エネルギーの1つとして注目されています。現在、水素の輸送手段はタンクローリーなどによる配送が主流となっていますが、輸送コストの低廉化とCO₂削減

が課題となっています。その解決策の1つとして既存インフラを活用したパイプラインによる輸送方法があります。

パイプラインによる水素輸送は、高圧での圧送が想定されるため気密性を確保した輸送が必要になります。そのためNTTグループでは既設の通信管路に気密性の高い水素輸送用のパイプラインを収容する2重配管方式を検討しています(図6)。この方式では、水素輸送用のパイプラインを既設の通信管路、およびマンホール内で敷設可能とするためフレキシブルな構造とする必要があるため、パイプラインの素材評価や施工性の検証を行っています。また水素漏洩時における安全性評価や通信設備に与える影響の評価、お



栗田 輝久

労働人口の減少、老朽設備の急増、維持管理・更新コストの増加、災害リスクなど社会インフラ事業における課題への対応は急務です。NTTアクセスサービスシステム研究所ではこれら課題を解決する技術の実現に向け、研究開発を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
 シビルシステムプロジェクト
 TEL 029-868-6202
 E-mail asip-pmhasa-p-ml@hco.ntt.co.jp

ユーザやサービスに合わせるネットワークの実現に向けたワイヤレス技術への取り組み

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) /6G (第6世代移動通信システム) 時代に向け、無線システムだけではなく、利用シーン、アプリケーション、端末等さまざまな進化・多様化が進み、ユーザやサービス要件も多様化していくと考えられます。特に環境の影響を受けやすい無線アクセスにおいては、抜本的な革新が必要となります。本稿では、無線アクセス性能のポテンシャルを拡大する技術、拡大したポテンシャルを最大活用する制御技術、多様なサービス開発を支える無線環境検証技術への取り組みを紹介します。

たかとり やすし
鷹取 泰司

NTTアクセスサービスシステム研究所

はじめに

無線通信は離れた地点間をつなぐ通信インフラとしての利用から始まり、その後衛星通信の実用化により、あらゆる場所に通信を届ける役割を担いました。さらに、自動車電話や携帯電話、PHS (Personal Handyphone System) により、いつでもどこでも音声通信が行えるアクセス手段としてより身近な存在となりま

した。携帯電話によるデータ通信や無線LANが一般的となった2000年ごろからは、無線アクセスによるインターネット接続が普及し、高速化と、携帯端末・スマートフォン、ノートPC、スマートデバイスなどのデバイスの多様化との相乗効果により利用シーンは拡大してきています。今や無線アクセスは誰もがインターネットに自由に接続する手段となり、人々の生活になくてはならない通信手段

となっています(図1)。

これまでの無線アクセスは、公衆無線アクセスを担うセルラシステムと自営無線アクセスを担う無線LANが中心となり発展してきました。現在はセルラシステムでローカルエリアの無線アクセスを提供するローカル5G (第5世代移動通信システム) も登場し、無線アクセスの多様化が進んでいます。6G (第6世代移動通信システム) 時代に向けては、インター

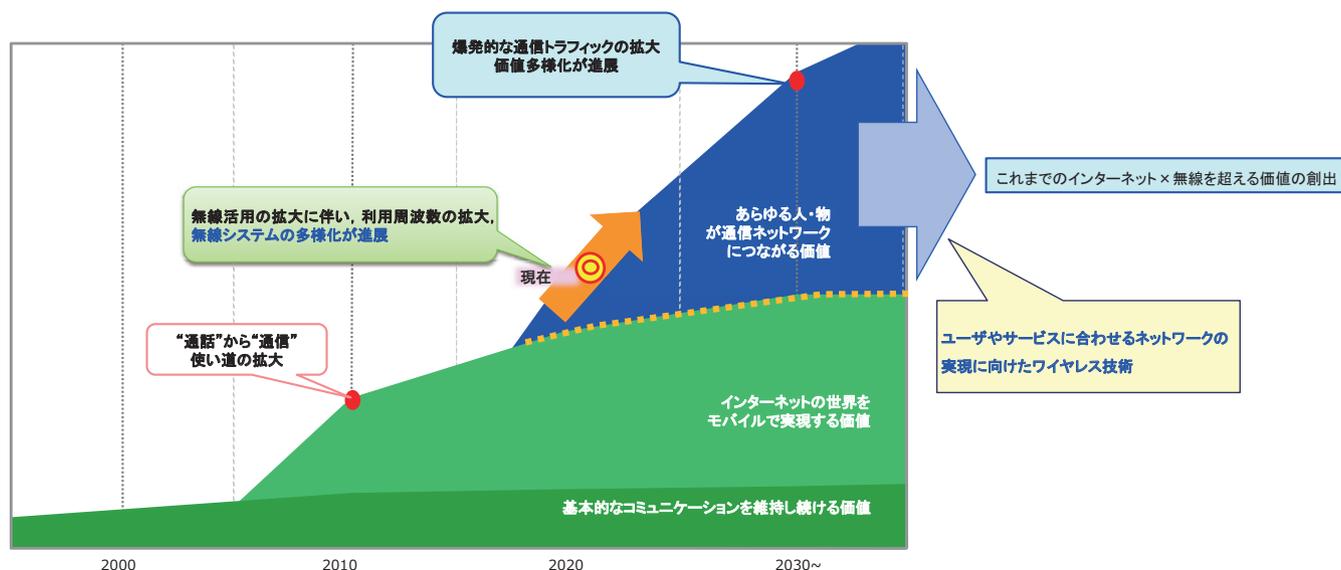


図1 無線通信が社会に創出する価値の変遷

ネットにモバイルで接続する価値を超える新たな価値創出を行うため、公衆向けの無線アクセス、自営向けの無線アクセスを合わせて、さまざまな利用シーンに対応していくことが求められています。

無線アクセスのトラフィックの総量は2026年には2021年と比較して約3倍になると予想されています⁽¹⁾。2020年ころから6Gセルラや次世代無線LAN (Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7) に関する技術開発もさまざまな機関で取り込まれ始めており、このようなトラフィック増にも耐えられる新たな無線環境構築への準備が進められています。また、トラフィック増の中身も大きく変化していくと考えられます。2019年5月にはIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想が発表され、ネットワークも新たな革新が始まろうとしています。IOWN構想においては、あらゆる人やモノをネットワークにつなぐだけでなく、人の体験や、さまざまな物理現象など、世の中で起きているあらゆることを連動させていくことが可能になり、無線アクセスも新たな価値創出を担っていくと考えられます。NTT研究所では無線アクセ

スも含めたエンド・ツー・エンドでエクストリームなサービス要件を維持していくネットワークサービスをエクストリーム NaaS (Network as a Service) と呼び、研究開発を進めています (図2)。

無線アクセスのさらなる発展を促していくためには、無線アクセスのポテンシャルを拡大する技術と、拡大したポテンシャルを最大限に引き出す技術が必要となります。無線アクセスのポテンシャル拡大には、利用可能な周波数の拡大と周波数利用効率の向上の2つのアプローチが必要となります。また、拡大したポテンシャルを十分に引き出すためには、無線環境の変化にも追従し、必要な無線品質を実現させていく技術が必要となります。

NTTアクセスサービスシステム研究所では利用可能な周波数の拡大に向け、異システムとの周波数共用による周波数開拓^{(2), (3)}と、今まで使われていなかった新たな高周波数帯を開拓する2つのアプローチで研究開発を進めています。また、周波数利用効率の向上においては、新たな無線デバイスを活用した空間領域の開拓に着目した取

り組みを行っています。さらに、無線環境の変化への追従については、現在の無線状態を把握分析し、無線品質の推定および将来の品質予測を行い、最適な無線設計・制御を導出する一連の技術群をCradio[®]と名付けて研究開発を進め、複数無線アクセスを活用した新しい無線ネットワークの実現をめざしています。

このような新たな無線アクセスの展開に向け、コア技術の研究開発だけではなく、新たな無線システムの標準化や、新たな周波数の有効利用を実現する法令の整備にも積極的に貢献しています。また、新たな価値創造に向けては、NTTグループの事業会社や、さまざまなパートナー企業や大学、研究機関と連携した研究開発も進めています。

本稿では、現在取り組んでいる、エクストリームな要件を満たすネットワークサービスを無線領域に拡大していくための無線アクセスの高度化技術、無線環境の変化への追従技術、多様な無線アクセス検証を支える無線空間再現技術について紹介します。

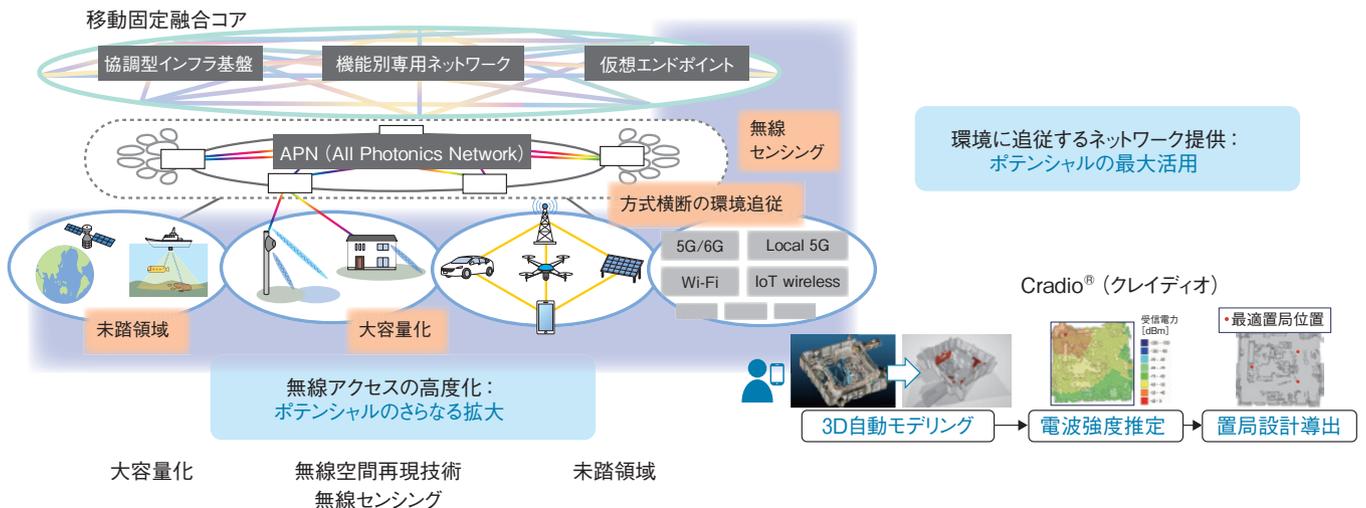


図2 エクストリーム要件に対応するネットワークの無線アクセス領域への拡張

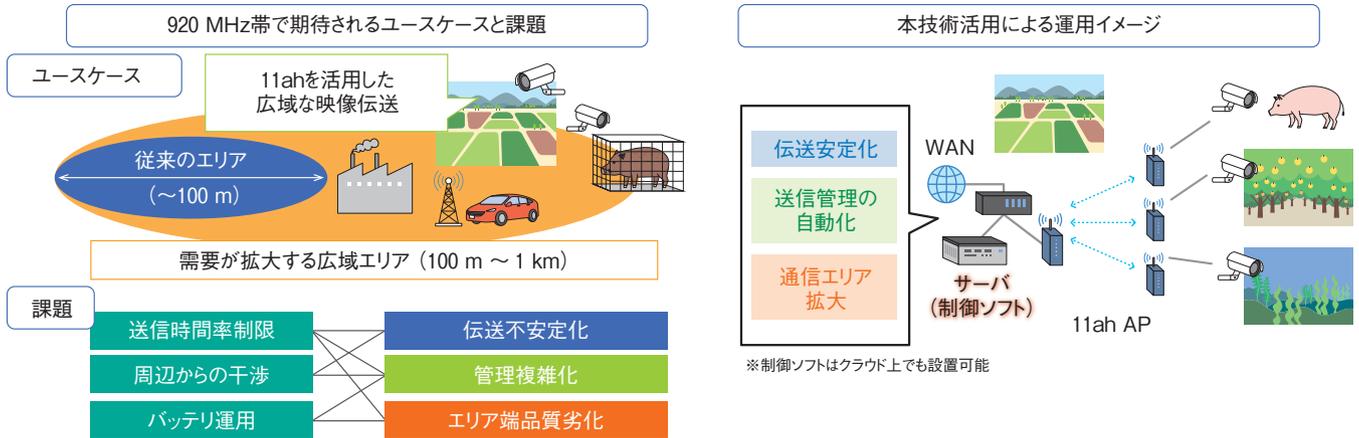


図3 広域無線LANマネジメント技術

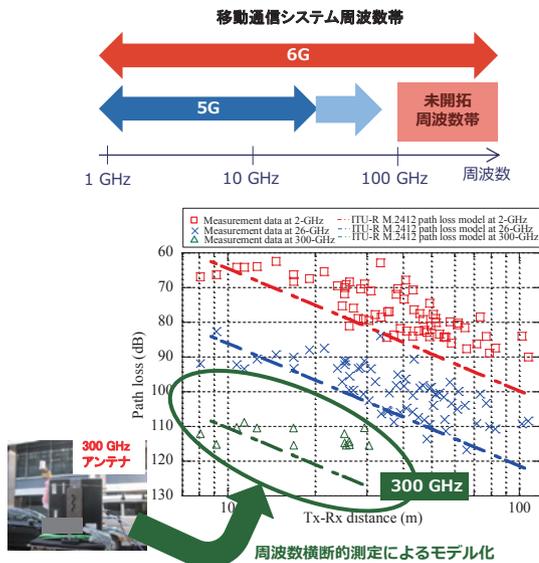


図4 100 GHz以上の周波数開拓に向けた取り組み

無線アクセス高度化技術への取り組み

無線アクセスの高度化によって無線アクセスの持つポテンシャルを拡大していく技術領域として大容量化、未踏領域への拡大、非通信領域の統合があります。中でも大容量化は中心的な役割を担っています。無線アクセスの容量は、周波数帯域幅×周波数利用効率として表現することができます。ここでは利用可能な周波数帯域幅の拡大に向けた取り組みを紹介します。すでに多数の無線システムが運用されて

いる低い周波数帯では、異なる無線システムどうしが周波数を共用するオーバレイのアプローチが必要となります。一方で、無線装置の実現が難しく無線利用が進んでいない100 GHz以上の高周波数領域は新規利用開拓のアプローチとなります。

1 GHz帯以下の周波数では2022年から新たなIoT (Internet of Things) 向け無線LANであるIEEE 802.11ah (11ah) の展開が国内でも開始されようとしています⁽²⁾。11ahは無線LANを電波の減衰が小さく、建物の裏などへの回り込み特性にも優れた1 GHz

以下の周波数で運用できるようにしたもので、映像伝送などの付加価値の高い情報を広範囲に伝送することが期待されています。IoT向け無線LANの展開に向け、バッテリー運用等の新たなファクタの考慮や、多数の運用に関する規定が定められている920 MHz帯の電波法令に合わせた最適化を行うことで、より安定した運用を可能とする取り組みを行っています(図3)。

一方で100 GHzを超える周波数帯を開拓する取り組みも進めています。6G時代に向けては、広大な帯域幅の確保が可能となる100 GHz以上の周波数の活用が有望視されています。世界に先駆けて屋外市街地環境における300 GHzまでの伝搬特性のモデル化に着手し、Beyond 5G推進コンソーシアムや国際標準化機関ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) への寄与を通じて、周波数帯の開拓に貢献しています(図4)。

このように、1GHz以下の周波数から100 GHz以上の周波数にわたって、無線アクセスの周波数利用が大きく変革されていくタイミングとなっています。また、分散MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術などの空間軸に着目した周波数利用効率向

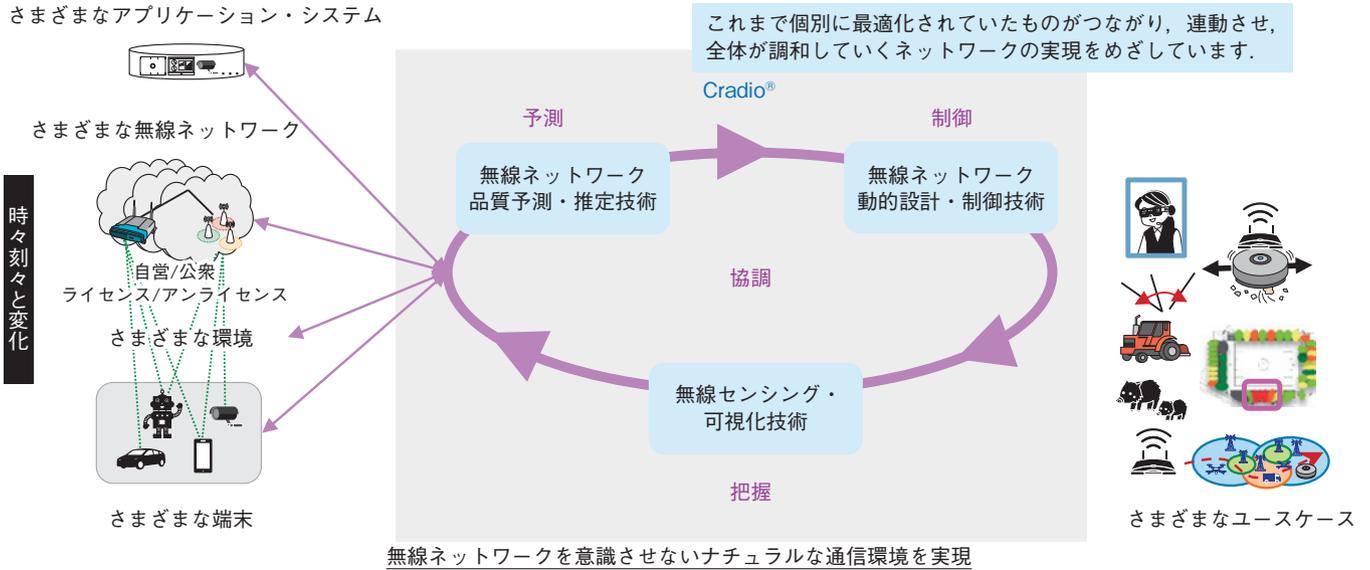


図5 Cradio®技術群

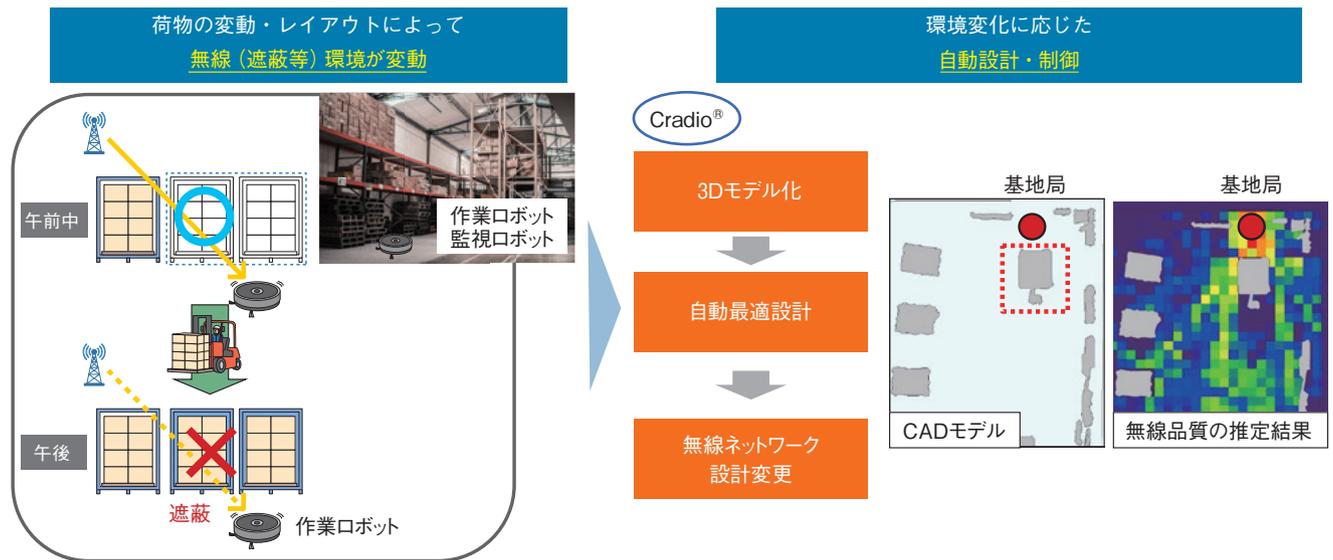


図6 Cradio®技術の物流ソリューションへの適用例

上技術と合わさっていくことで、将来の無線アクセスのポテンシャルが飛躍的に拡大されていくことが期待できます。

無線環境変化への追従に向けた取り組み

今後、特性の異なる多様な無線システムが登場し、これらが併設される環境が増え、さらに無線端末や利用目的・環境も多様化・重層化が進むと、

個々の利用要件や場所に応じた最適な無線アクセスの選択や設計・制御は複雑なものとなります。さらに、環境と要件の時間的な変化を考慮すると、個々の無線アクセスのポテンシャルを十分活かしきれない状況が想定されます。NTT研究所ではこの複雑な問題を解決するだけでなく、無線以外のさまざまな産業・アプリケーションとも連動し、より広範囲な最適化を実現していくため、Cradio®技術群の研究開

発を行っています⁽⁴⁾、⁽⁵⁾。Cradio®技術群では、無線センシング・可視化技術、無線ネットワーク品質予測・推定技術、無線ネットワーク動的設計・制御技術を組み合わせ、把握、予測、制御の繰り返しにより、無線ネットワークが環境と要求の変化に追従して、ユーザやサービスの要件を満たし続けていくことをねらいとしています(図5)。

図6では無線アクセスの最適化を、物流倉庫のデータベース情報と連動さ

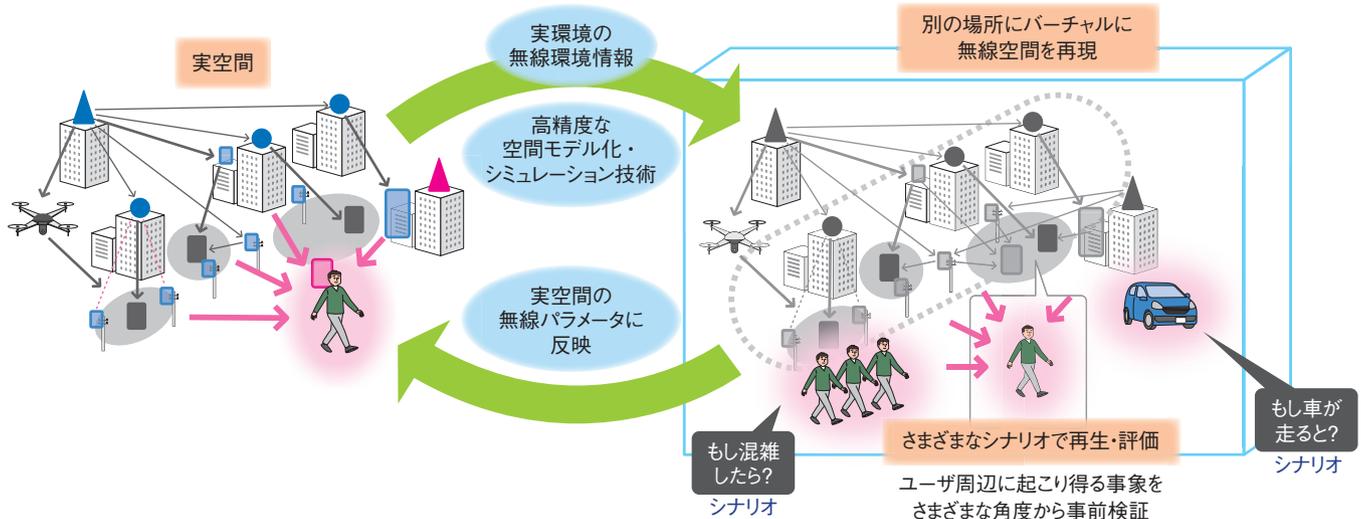


図7 無線空間再現技術

せて実現していく例を示しています。あらかじめ把握した倉庫環境に対して、無線システムの最適設計、制御を行うだけでなく、物流倉庫のデータベースから倉庫内の環境が変化する予定の情報が得られると、その情報を取り込み、3Dモデル化、自動最適設計、無線ネットワーク設計・制御が行われます。このように、IOWNによってこれまで連動することのなかった、さまざまな産業が持つ情報や機能とリアルタイムに連動していくことが可能になれば、無線ネットワークだけでなく、アプリケーションを含めた全体が調和した新たな価値創出につながっていくと考えています。

多様な無線アクセス検証を支える無線空間再現技術

前述した高度化により、ポテンシャル拡大とポテンシャルの最大活用を進め、究極的には必要となる無線環境を先回りして無線端末の周囲に形成する、インテリジェントな無線空間形成をめざしています。これは与えられた環境に対する最適化ではなく、環境そのものをつくり出す、全く新しいアプローチになります。このアプローチを

支えていくキー技術が無線空間再現技術です⁽⁶⁾。

無線空間再現技術では、実空間から取得された無線環境情報と、高精度なモデル化・シミュレーション技術によって、別の場所で無線空間を再現します。モデル化した無線環境を正確に再現することで、ユーザやサービスに合わせた無線空間提供のための空間再現精度を高めることをねらいとしています(図7)。

おわりに

無線アクセスの爆発的な普及をもたらしたインターネットにモバイルで接続する価値を超える新たな価値創出に向けた取り組みとして、ユーザやサービスに合わせるネットワークの実現に向けたワイヤレス技術への取り組みを紹介しました。本稿で含められなかった無線センシング等の非通信領域の統合や未踏領域へのカバーエリアの拡大など、無線アクセスはさまざまなかたちで飛躍的な発展が進むと考えられます。NTTアクセスサービスシステム研究所では、IOWN/6G時代に向けた無線アクセスの革新に貢献していきます。

参考文献

- (1) <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf>
- (2) https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000540.html
- (3) https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban12_02000142.html
- (4) 河村・守山・小川・浅井・鷹取:「エクストリーム NaaS に向けた無線技術——マルチ無線プロアクティブ制御技術 Cradio[®]」 NTT技術ジャーナル, Vol. 33, No. 8, pp. 19-23, 2021.
- (5) <https://journal.ntt.co.jp/article/13100>
- (6) https://b5g.jp/doc/whitepaper_jp_1-0.pdf



鷹取 泰司

IOWN/6G時代に向けた無線アクセスの研究開発をさまざまな技術領域や多様なサービスを担うパートナーと一体になって取り組み、ネットワーク全体に新たなイノベーションを起こしていきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
無線アクセスプロジェクト
TEL 046-859-5107
FAX 046-859-3145
E-mail shoko.shinohara.et@hco.ntt.co.jp

DXスパイラル実現に向けた オペレーション技術の取り組み

NTT アクセスサービスシステム研究所では、スマートなオペレーションの実現や、それを通じた新ビジネス領域の開拓をめざし、オペレーション技術の研究開発を行っています。今後、業務の協働化が進展すると考えられることから、特に、複数プレイヤーを横断してのデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進・拡大の観点での取り組みを進めています。本稿では、最近の取り組みとして、自己進化型ゼロタッチオペレーション技術と操作プロセス分類型業務デザイン支援技術を紹介します。

しばた ともこ
柴田 朋子

NTTアクセスサービスシステム研究所

アクセス系オペレーションの 特徴・動向とめざす方向性

アクセスネットワークは、全国に面的な広がりを持ち、屋内外の各種通信設備の保守者やサービスを利用するエンドユーザに直結しています。そのため、そのオペレーションは、それら多様なプレイヤーおよびビジネスと深くかかわっています。一方、近年では、労働人口減少⁽¹⁾、インフラ老朽化⁽²⁾等の社会課題の解決に向け、各種インフラ企業どうしによる横断的なデジタルトランスフォーメーション（DX）への期待が高まっています。また、ローカル5G（第5世代移動通信システム）/6G（第6世代移動通信システム）や自動運転技術を活用したMaaS（Mobility as a Service）など、新たな面的サービスの普及・拡大も見込まれています。さらに、感染症対策を契機とし、社会生活や働き方の多様化が加速しています。そのため、今後、通信キャリア以外のプレイヤーとの、設備やサービスの共有化・相互利用や、

それらの運用業務の協働化が進むと考えられ、自社業務に閉じることなく、生産性を高める仕組みが重要となります。

これらを踏まえ、NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）のアクセスオペレーションプロジェクトでは、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）の進展する状況におけるスマートなオペレーションとして、多様なプレイヤーどうしが、それぞれの業務や、そこで使用されるシステム、データなどを活かしてスムーズに協働できるようにしていくためのエコシステムと、それによる価値創出の連鎖・拡大（DXスパイラル）の実現をめざしています。ビジネス構造により協働の形態も異なり、また、そのために連携すべき対象も、情報やシステム、組織など、さまざまです。これら多様な観点で研究開発に取り組んでおり、NTTグループ各社の協力により商用利用も進められています。以降では、最近の取り組みとして、複数のネットワークのレイヤやドメインにまたがっ

たエンド・ツー・エンドでのオペレーションの連携に向け、統一的なネットワーク情報管理とそれに基づく自律的な分析・判断を実現する「自己進化型ゼロタッチオペレーション」と、業務改革組織と現場組織との共通理解の促進により作業効率化を実現する「操作プロセス分類型業務デザイン支援技術」を紹介します。

自己進化型ゼロタッチオペレーション技術

AS研では、運用を抜本的にスマート化する研究開発に取り組んでいます。その中で、自ら進化する「スマートオペレーション」を実現していくうえで、ネットワークリソースが複数のドメインや通信事業者にまたがって管理される場合を想定した、エンド・ツー・エンドでのオペレーションの連携が重要になると考えています。このエンド・ツー・エンドでのオペレーション連携に向け、次の観点での技術確立を推進しています。

① マルチレイヤ・マルチドメイン

でエンド・ツー・エンドリソースを取り扱うための「ネットワーク情報管理」

- ② ①のネットワーク情報を基礎とし、ネットワークサービスの提供のため行われる「分析・判断」

■ネットワーク情報管理

「ネットワーク情報管理」について図1に示します。従来、事業者ごと、サービスごと、ネットワーク種別ごとにネットワーク情報のデータベースが構築されており、ネットワークレイヤをまたがる保守運用業務の妨げになるとともに、オペレーション連携を進めるうえでの障壁となっていました。この解決のため、ネットワーク情報の汎用的な統一モデルが求められており、例えばTM Forumでは、SID (Shared Information and Data Model) として標準化されています⁽³⁾。しかし、管理すべき対象や粒度が要件や概念レベルで規定されたもので、事業者が管理するネットワーク種別に合わせて、SIDを解釈し、独自の実装を行う必要がありました。また、独自の実装の際には、通常、開発の期間やコストに厳しい制

約があるため、汎用性や将来の拡張性を考慮してデータモデルの詳細を検討することは難しく、そのときどき、追加対象となるネットワーク種別に特化したものとなりがちでした。その結果、管理対象のネットワーク種別の追加には、ネットワーク情報を保持するデータベースの変更が必要となり、さらには、それに合わせ、ロジックの変更も必要でした。

AS研では、ネットワーク情報を汎用的で統一されたモデルとして扱えるようにする技術として、NOIM (Network Operation Injected Model) の確立を進めており、商用利用されています⁽⁴⁾。NOIMは、概念レベルにとどまらず、管理するネットワーク種別に依存しない汎用的な拡張性を備えた仕組みを規定することで、ネットワーク種別ごとに必要となっていたデータベースやロジックの変更を限定化し、コストを削減するものです。SIDで規定されていた「点」や「接続性」など、ネットワーク種別に依存しない性質に着目した汎用的なモデルであり、また、ネットワーク種別ごとに異なる属性やレイ

ヤ間の関係性を外部定義し、保持できる機構により、高い拡張性を実現しています。これにより、ネットワーク種別の相違や変化に対し、データベースの変更が不要となり、処理ロジックの変更も限定化できます。また、複数のドメインのネットワーク情報を、データ形式レベルで統一的に取り扱えることで、高い相互運用性が実現され、事業者やサービス間でのネットワーク情報自体やルール等の相互活用が容易になります。

■分析・判断

「分析・判断」は、ネットワークサービスの提供のための、設備の計画や、サービスオーダーへの対応、監視や障害対応など、さまざまな業務で日常的に行われています。従来、これらの分析・判断は、作業者のスキルに大きく依存しており、また多くの稼働を要していました。この課題を解決し、かつ、作業者では困難な最適な分析・判断の実現に向け、昨今のネットワークオペレーション分野では、Autonomous NetworkやAI Ops (Operations) など、ネットワークAI (NW-AI) に

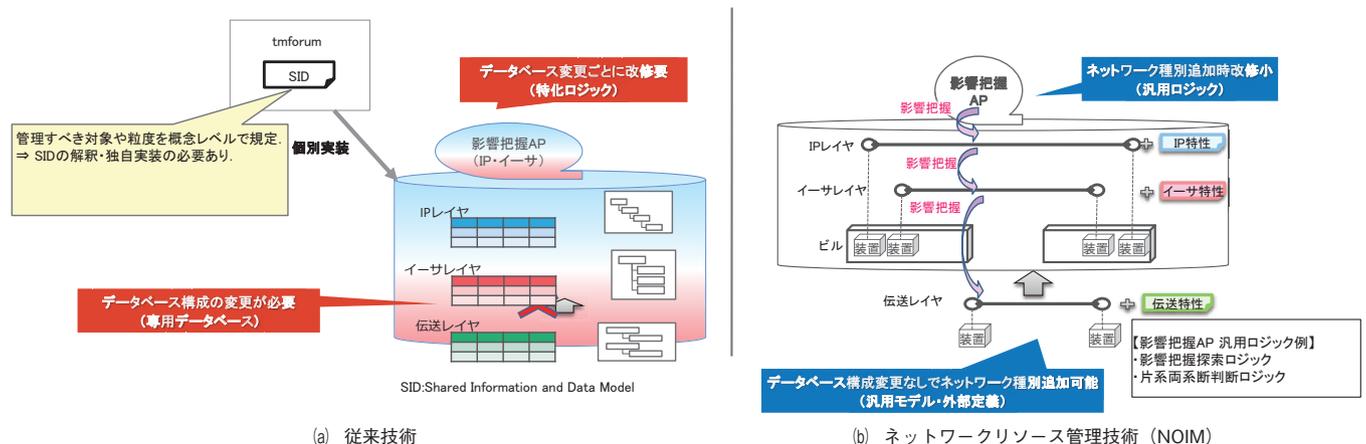


図1 ネットワーク情報管理

関する取り組みが広く進められています。

AS研では、NW-AIによる最適な分析・判断に、NOIMが実現する汎用性や拡張性、相互運用性といった特長を組み合わせることで、NW-AI効果のさらなる拡大をめざした研究開発を進めています。以降では、その一例として、ネットワークの障害箇所推定・対処に関する技術を紹介します。

障害対応においては、複数のレイヤにまたがった、大量で因果関係が複雑なイベント情報から障害箇所を特定するとともに、障害原因に応じて適切な対処方法を選択する必要があります。従来、作業者のスキルに大きく依存するとともに、多くの稼働を要していました。この解決のため、AS研では、障害箇所の推定と対処策の選択を自動化する技術確立し、商用利用されています⁽⁵⁾。ネットワーク障害箇所の推定とその対処について図2に示します。本技術では、NW-AIにより、過去に障害が発生したときのアラームや分析・切り分け結果から、障害情報と障害箇所の関係性（ルール）をレイヤ横断で学習し、それに基づき、以降の障害発生時に障害箇所を推定します。ま

た、障害原因ごとの対処実績に基づき、復旧対処時間・回数を最小とする方法をレコメンドします。

一方、NW-AIでは、障害特定・対処ノウハウの学習にはデータが不可欠です。そのため、導入後、まだ蓄積されたデータが少ない場合や、稀にしか発生せず、蓄積データから学習できる可能性の低い事象の発生時には十分対応できません。また、現状、NW-AIを学習させる段階では、適切な学習データの準備も含め、有識者のスキルや稼働が必要です。これらの解決に向けAS研では、実業務で作成される情報を学習データとしてそのまま使用できるよう、ログやトラブルチケットから自動的に障害原因や対処内容を抽出し、NW-AIにフィードバックする自律学習技術に取り組んでいます。また、各NW-AIが適用されるネットワーク環境で生成された学習データやそこから導出されるルール、AIモデルを、異なる環境間で相互に活用できるよう、NOIMの相互運用性を活かしてネットワーク環境間の差異を分析し、学習データやルール、AIモデルを交換する環境間転移技術への取り組みも進めています⁽⁶⁾。環境間転移について

図3に示します。

操作プロセス分類型 業務デザイン支援技術

かつて、業務改革は、業務支援組織が主導し、経営動向を踏まえた俯瞰的な視点・知見に基づき、潜在的に大きな生産性向上効果のある改革案が推進される一方で、業務実態との乖離により、実現に多くの時間・コストを要する場合がある、といった問題がありました。最近では、RPA (Robotics Process Automation) や、ローコード・ノーコードの普及などにより、業務実行組織主導でのDXが進んでおり、実業務に密着した詳細な視点・知見に基づき、業務実態の適合性が高く、即効性のある改革案が実行される一方で、個別最適化への懸念も増大しています。今後、DXの実効果をさらに高めるためには、業務支援組織と業務実行組織の共通理解の下で、両アプローチのparaconsistentが重要になってくると考えられます。ここで、「共通理解」は、「実際の業務がどのように行われているか」（業務実態）の理解が土台となります。しかし、顧客のニーズ、他社動向等、事業環境の相

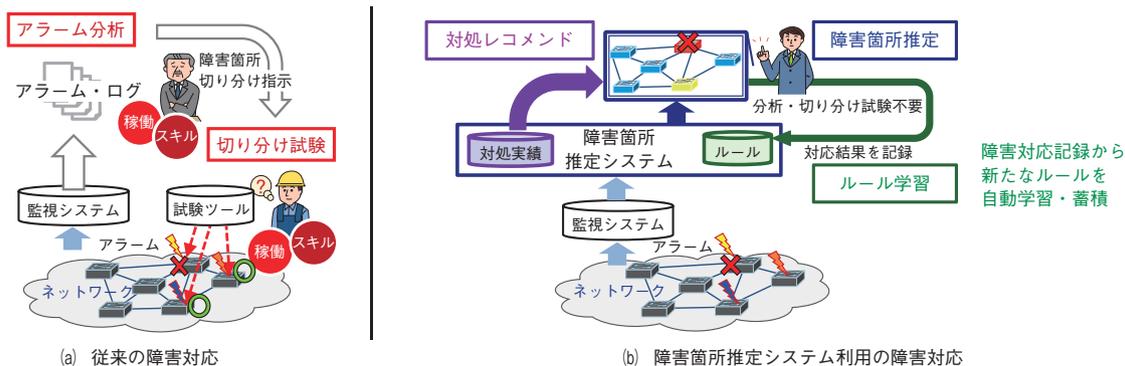


図2 ネットワーク障害箇所推定・対処

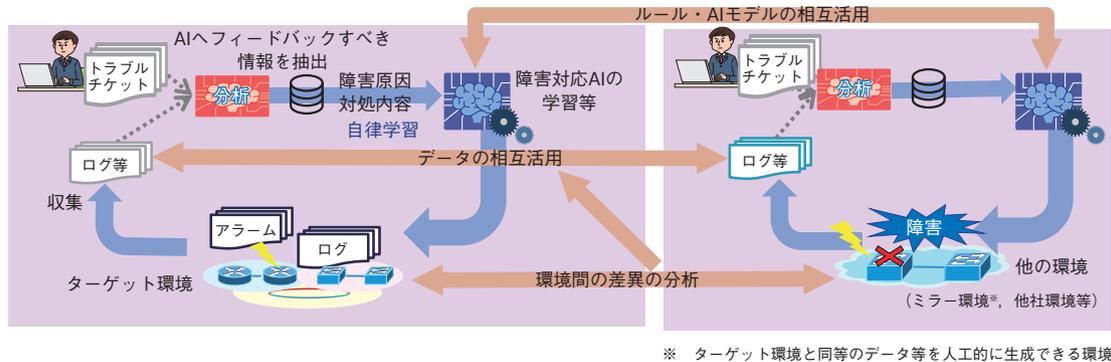


図3 環境間転移

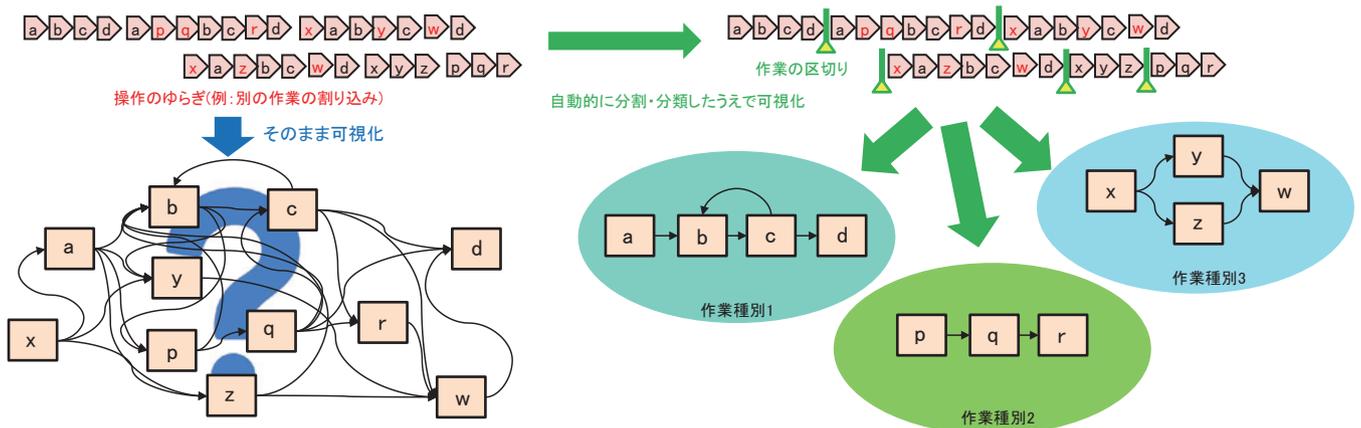


図4 操作ログの作業種別への分類

違や変化により、業務実行組織での業務に相違や変化が生じるため、「業務実態」と、標準フローや業務マニュアルの前提となっている「設計上の業務」や、サンプリング的に行われる実業務の観察や作業員へのヒアリングの結果を加味した「想定上の業務」との間には、ギャップが存在し、業務実態の理解を難しいものとしています。

AS研では、客観的データに基づく正確・容易な業務実態把握により、共通理解を促進・深化させる技術の確立を進めています。特に、業務実態把握の正確さが、業務改革の実現性を大きく左右する一方で、これまで業務支援

組織による把握が困難であった実務作業の1つである端末作業を対象とし、「操作プロセス分類型業務デザイン支援技術」を実現しています⁽⁷⁾。本技術は、端末作業における有力な客観データである、操作ログを取得し、それを基に、作業内容（操作フロー）の可視化、操作フローの編集、実作業への反映（RPAによる自動化シナリオの生成）を、一気通貫で行える仕組みであり、業務の設計・想定と実態とのギャップを把握するうえでポイントとなる、次の特長を実現しています。

■操作ログの作業種別への分類

業務の設計・想定は、例えばサービ

スオーダ受付業務の中でも、受注情報登録、工事稼働予約、といった「作業種別」ごとに行われます。一方、実際の業務では、異なる種別の作業が並列に実施されることは珍しくありません。また、個々の操作ログは、作業種別の区別なく取得されます。そのため、操作ログを時系列順に並べるだけでは、ギャップの把握は困難です。本技術では、操作ログ系列において作業種別が切り替わる箇所を自動で検出し、操作ログを分割・分類したうえで可視化することで、作業種別単位の業務実態把握を可能としています⁽⁸⁾。操作ログの作業種別への分類について

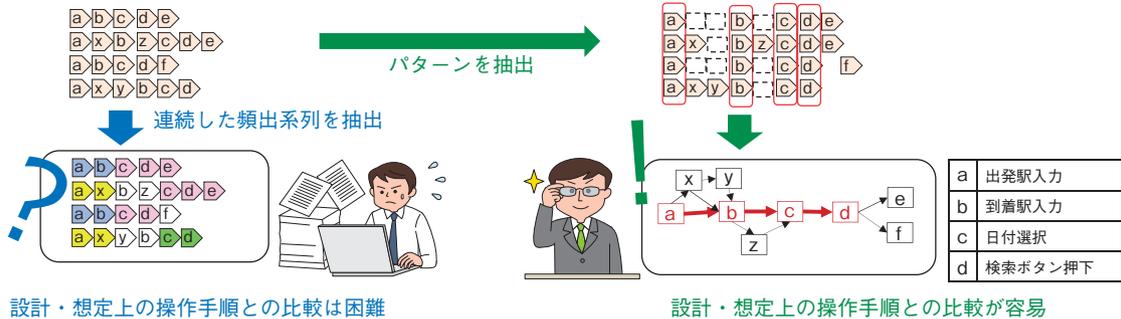


図5 頻出操作パターンの抽出

図4に示します。

■頻出操作パターンの抽出

業務の設計・想定上の操作は、作業の中で発生する操作のうち、入力欄への値の設定やボタンの押下など、代表的なもののみです。一方、ログとして取得される操作は、網羅的であり、入力欄に値を設定する過程で必要となる、リストボックス中で選択項目を変更するキー操作や、画面をスクロールする操作など、業務の設計・想定上、あまり意識されないものも含まれます。そのため、業務の設計・想定上の操作の間に、さまざまな操作が存在し、また、それらの操作はそのときどきの作業により多様です。操作ログ系列上、連続して頻出する系列を抽出しても、業務の設計・想定上の頻出操作パターンと比較できません。本技術では、操作ログ系列上、連続した操作どうしだけを調べるのではなく、離れた操作どうしの前後関係も調べ、頻出する関係性を自動的に抽出することで、業務の設計・想定上の頻出操作パターンとの比較を可能としています。頻出操作パターンの抽出について図5に示します。

AS研では、生産性が高く実現性も高い業務のデザインや実業務への迅速

な反映を継続的に実践可能とするため、共通理解を促進・深化させつつ、RPAに限らず、多様なICTの業務利用を容易化する仕組みとして、技術の洗練・拡充を進めていく予定です。

今後の展望

多様なプレイヤーによる、それぞれのアセットを活かした協働を通じ、業務の生産性がプレイヤー横断で高まるとともに、新ビジネス領域の開拓が促進される仕組みの実現に向け、プレイヤー間での連携を容易にし、また分析・判断を自ら進化させる技術の研究開発を推進します。また、研究開発においても、皆様との協働・連携を深めていながら、タイムリーな成果創出に努めていきます。

■参考文献

- (1) https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp29_ReportALL.pdf
- (2) https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/_pdf/research01_02_pdf02.pdf
- (3) <https://www.tforum.org/oda/information-systems/information-framework-sid/>
- (4) 佐藤・西川・深見・村瀬・田山：“ネットワーク種別に依存しない統一管理モデルを用いたサービス影響把握技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 32, No. 8, pp. 51-53, 2020.
- (5) 村田・浅井・矢川・鈴木・大石・井上：“ルール学習型障害箇所推定技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 31, No. 5, pp. 15-16, 2019.
- (6) D. Li, K. Akashi, H. Nozue, and K. Tayama: “A Mirror Environment to Produce Artificial Intelligence Training Data,” IEEE Access,

Vol. 10, pp. 24578-24586, 2022.

- (7) <https://journal.ntt.co.jp/article/18032>
- (8) Y. Urabe, S. Yagi, K. Tsuchikawa, and H. Oishi: “Task Clustering Method Using User Interaction Logs to Plan RPA Introduction,” Proc. of BPM 2021, pp. 273-288, Rome, Italy, Sept. 2021.



柴田 朋子

実業務の分析・技術適用から得られる知見を大切に、個人や組織に閉じた業務の効率化にとどまることなく、多様なプレイヤーがかかわるアクセス系業務のポテンシャルの開拓と、新たな価値創出に貢献する研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
 アクセスオペレーションプロジェクト
 TEL 046-859-4910
 FAX 046-859-5515
 E-mail info-aop-p@hco.ntt.co.jp

筑波研究開発センタの50年

NTTアクセスサービスシステム研究所は、1972年7月20日に「建設技術開発室」として茨城県つくば市に発足以来、電電公社時代、民営化したNTTの時代にいく度かの改称や組織整備が行われ、2022年に発足から50周年を迎えることになりました。そこで本稿では、つくばの地で行われた研究開発を支えた大型の実験設備を中心に、筑波研究開発センタ50年のあゆみについて紹介します。

たかはし 高橋	ひろし 央	かわた 川田	ひでお 秀雄
こやま 小山	りょう 良	たなか 田中	りょう 亮
おおつき 大槻	しんや 信也	ごとう 後藤	かすと 和人
たどころ 田所	まさし 将志		

NTTアクセスサービスシステム研究所

はじめに

NTTアクセスサービスシステム研究所の前身である日本電信電話公社建設技術開発室（建技室）は、1963年9月に、閣議了解により建設が進められた国家プロジェクトである「筑波研究学園都市」で計画された43の研究・教育機関の一員として1972年7月に発足しました⁽¹⁾。その後、図1に示すと

おり、筑波技術開発センタ（1985年）、筑波フィールド技術開発センタ（1987年）、フィールドシステム研究開発センタ（F開セ）（1991年）、アクセス網研究所（A網研）（1994年）と組織再編されました。1997年には、幕張ビル、横須賀研究開発センタの各ロケーション組織が加わり、1999年1月に現在の名称となり、2014年には武蔵野研究開発センタにも組織を構え、2022年7月

に設立50年を迎えました。

建技室として発足当初、当時の社会情勢、電話需要の増大等から、屋外建設工事の効率化、安全性の向上、作業環境の改善をめざし、つくばの地で、メタルアクセス技術・インフラストラクチャ技術に関する研究開発が進められました。現在は、光アクセスネットワークを支えるオプティカルファイバアクセス技術、インフラストラクチャ

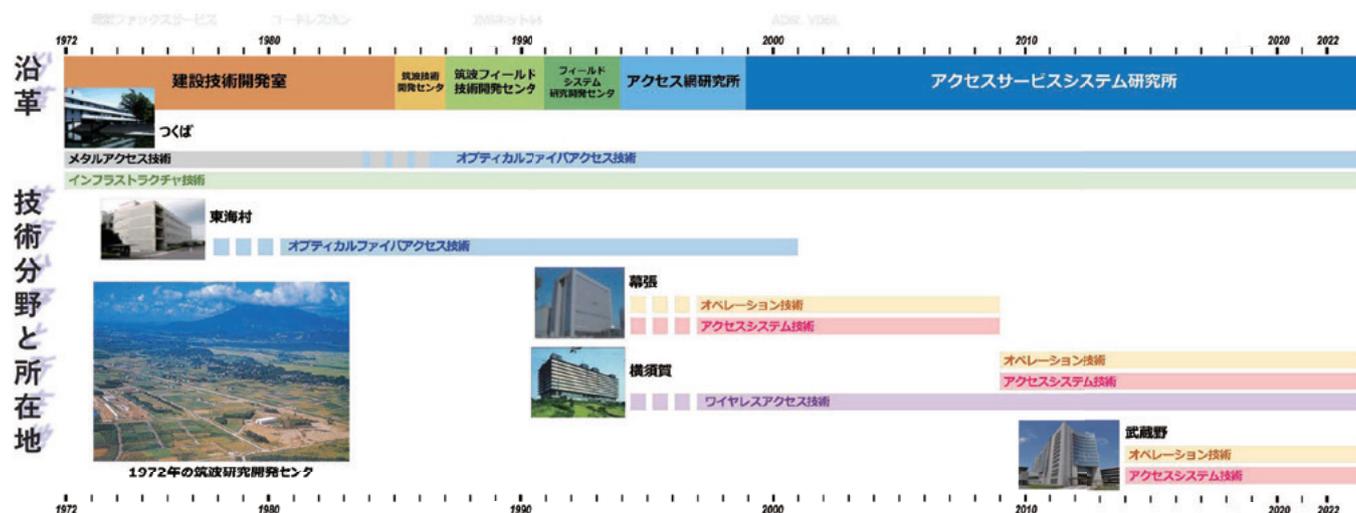


図1 アクセスサービスシステム研究所の沿革

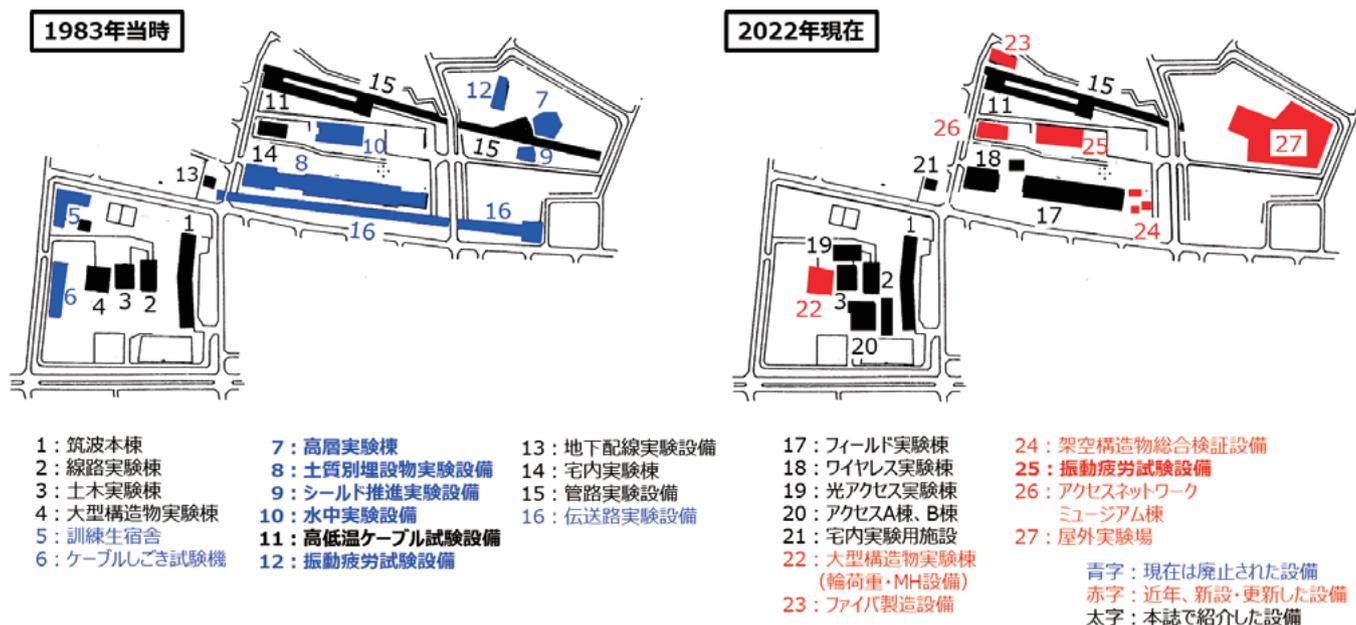


図2 アクセスサービスシステム研究所の大型設備

技術、アクセスシステム技術、ワイヤレスアクセス技術、オペレーション技術の5分野の研究開発を行っています。筑波研究開発センターでは、建技室発足当初から一貫して、通信線路・土木設備に関する研究開発を行っています。

筑波研究開発センターは、あらゆる環境に対応できる通信設備をつくるために、現場と同等の状態でのさまざまな実験ができるようにつくられており、大規模かつユニークな通信線路、土木実験設備を有しています。以降では、つくばの地で行われた研究開発を支えた大型の実験設備を中心に紹介します。

筑波研究開発センターの大型実験設備

筑波研究開発センターでは、主にインフラストラクチャ技術およびメタルアクセス技術、オプティカルファイバアクセス技術に関する研究開発を行いました。これら技術分野の50年の研究開発を支えた大型実験設備につい



(a) 竣工時の外観 (1983年)



(b) Aシャフト内部の様子

図3 高層実験棟

て、建技室時代に建設され、その後役割を終えた設備を中心に紹介します。

図2に1983年当時の筑波研究開発センターの設備と現在の設備を示します。約22ヘクタールの広大な敷地には、世界に類をみない高さを持つ縦系配線実験設備である高層実験棟をはじめ、土質

別地下埋設物設備、シールド推進実験設備、水中実験設備、高低温ケーブル実験設備、振動疲労実験設備など多くの設備が整備され、現場を再現できる線路・土木の研究開発センターでした。

竣工時（1983年）の高層実験棟の外観を図3に示します。超高層ビル、大

型橋梁などの高層建築が増加する中、垂直布設工法の改良や高層設備の気温変化、地震時の挙動解明を目的に建設されました。棟内部は、ケーブルの布設実験、静荷重試験および振動試験を行うことができる、高さ75 m、縦1.8 m、横2.5 mのAシャフト（地下3階から地上12階）と、垂直布設されたケーブルのヒートサイクル試験（-40～+80℃）を行うことができる、高さ60 m、縦1.0 m、横1.0 mのBシャフト（地上1階から地上12階）で構成されていました。さまざまなケーブルの垂直布設時の検証に活用されましたが、高層建築の光配線が広く普及し、その信頼性がゆるぎないものとして広く認知され、本実験棟は役目を終え、解体されました。

地下埋設物や水中での通信線路・土木設備検証に用いられた大型実験設備を図4に示します。図4(a)は、竣工時（1977年）の土質別地下埋設物実験設備の外観です。線路・土木の地下埋設物は、地盤の性質が多様であり、正確に予測することが困難なため、設

計・施工・保全等の課題を検討することを目的に建設されました。土質、地下水位等を調整することができ、その上に自動車荷重を再現する荷重車を走らせることもできました。実物大のマンホールを埋設して影響を調査することや、管路を現場に近い環境の土層へ埋設し、その上を荷重車で走らせることで管路内のクリーニング*1の影響調査等、さまざまな検証で活躍しました。近年、通信設備の地下埋設物が日本全国に整備され、本実験設備は役目を終えました。

図4(b)は、シールド推進実験設備の実験ピットおよび全景です。道路等を開削することなくとう道建設を行うために開発されたシールド工法を適用するために、現場で予想されるいろいろな施工条件を考慮し、工法の適応性、安全性等を検証するための装置として建設されました。圧力土層に試料土を入れ、その土層に水圧発生装置により任意の水圧をかけることで、所定の地盤をつくることができました。このようにしてつくられた土層内へ、実

験用ピット内に設置した小型シールドモデル機を推進させ、掘削、排土等に関する実験が行えるようになっていました。さまざまな地盤に対応したシールド工法⁽²⁾が確立・普及し、また、新たにとう道を建設することが少なくなったため、シールド推進実験設備は役目を終え解体されました。

図4(c)は竣工時（1974年）の水中実験設備の外観です。海底ケーブルの敷設試験や地下構造物の耐久実験を行う目的で建設されました。長さ50 m、幅6 m、深さ5 mの水槽と水中観測とう道、移動ブリッジ、橋形クレーン、測定室で構成されていました。移動ブリッジは走行速度10～50 m/分の自走式で、海底ケーブルに関するシミュレーション実験を行うための模擬海底ケーブル敷設装置として活用されました。海底ケーブルや地下設備の試験方法が確立され、本設備は役目を終えて撤去されました。

屋外、主に架空での通信線路・土木設備検証に用いられた大型実験設備を図5に示します。図5(a)は竣工時（1973年）の高温低温ケーブル実験設備です。通信線路、土木設備は、ほとんどが屋外に設置されているため、実際のケーブル敷設環境を再現して、耐候性試験、温度特性試験を実施するために建設されました。長さ150 m、幅2.45 m、高さ2.25 mの総ステンレス張りで、試験室内で、とう道内敷設状況、管路内敷設状況、電柱に設置した状況まで再現することが可能です。建設当時は温度を-20℃から+60℃まで変化できましたが、現在は-30℃から



図4 地下埋設物や水中設備のための大型実験設備

*1 クリーニング：地下管路に敷設された光ケーブルが車両による振動や地震などで管路内を移動する現象。ケーブルが大きく移動すると、力や曲がり加わり、伝送特性に悪影響を及ぼすことがあります。

+70℃まで変化させることが可能です。光ケーブルでは、ケーブル内での微小な曲げがさまざまな伝送特性に影響するため、新しいファイバ構造やケーブル構造の実用化において、今後もさまざまな検証で活用していきます。

図5(b)は、竣工時(1977年)の振動疲労試験機です。架空ケーブルなどの風による振動状態を疑似的に発生させ、架空に用いる線路物品、ケーブル、クロージャ、金物類などの光損失増加や破断などのメカニズム解明を目的に建設されました。新たなケーブルや線路物品などの設計、開発、検証にフィードバックすることで設備の安全な長期利用を実現します。本装置では、架空ケーブルを実際に設置した状態で、ケーブルやつり線を強制的に加振できるようになっています。当時の装置では、最大敷設長35mまででし

たが、現在は最大敷設長が65mまで拡大され、今後もさまざまな検証で活用していきます。

そのほか、マンホールの鉄蓋が重車量などに繰り返し踏みつけられた状況を調査できる輪荷重繰り返し载荷試験機、特殊な穴あき構造にも加工でき、さまざまな構造のファイバプリフォーム^{*2}から光ファイバを製造できる光ファイバ製造設備、電柱1本ではなく複数の電柱で構成される“系”として電柱に加わる影響を再現・分析できる架空構造物総合実験設備など、これからのIOWN(Innovative Optical and Wireless Network)を支える設備、スマートな設備の研究開発において活躍する大型実験設備も建設されています。

おわりに

50年にわたる筑波研究開発センターの研究開発について、通信線路・土木設備に関する研究開発を支えた大型実験設備を中心に振り返り、紹介しまし

た。今回紹介した大型実験設備での実験等により産み出されたインフラストラクチャ技術、オプティカルファイバアクセス技術に関する研究開発成果は、アクセスシステム技術、ワイヤレスアクセス技術、オペレーション技術とともに、2022年4月に開設した50周年記念サイト⁽³⁾や、その1コンテンツの主な研究成果にまとめました。今後もIOWNを支える設備、スマートな設備の実現においても、世界最先端でも現場最先端でも通用する技術をめざして研究開発を行っていきます。

参考文献

- (1) <https://www.mlit.go.jp/crd/daisei/tsukuba/>
- (2) <https://www.rd.ntt.as/history/infra/in0101.html>
- (3) <https://tsukuba-forum.jp/50th/>

*2 ファイバプリフォーム：光ファイバと同じ屈折率分布を持つ高純度の棒状ガラス。これを溶かし繊維状まで引き延ばされたものが光ファイバとなります。

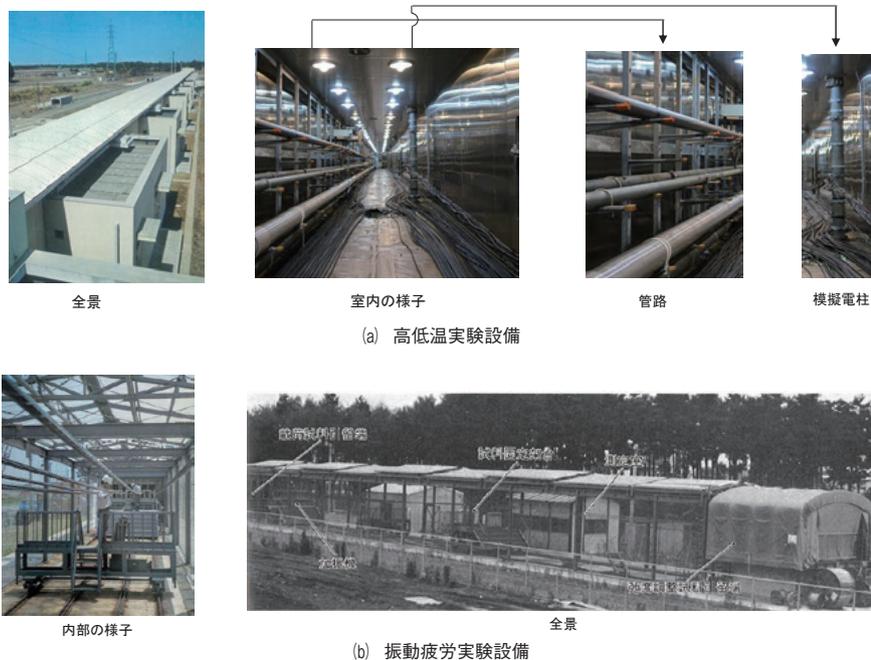


図5 屋外設備のための大型検証設備



(後列左から) 後藤 和人/ 高橋 央/
田所 将志/ 川田 秀雄
(前列左から) 小山 良/ 大槻 信也/
田中 亮

NTTアクセスサービスシステム研究所では現場を再現できる大型検証設備を多く備えるという強みを活かし、これからも世界最先端でも現場最先端でも通用する技術を開発していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
50周年WG
TEL 029-868-6020
FAX 029-868-6037
E-mail as50th-wg-pb-ml@hco.ntt.co.jp

特集

インテントを用いた ネットワーク,クラウドサーバ, アプリケーション連携技術

本特集では、サービス提供者やユーザの要求(インテント)を満たすためのリソース量を導出し、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションの制御を協調させることで、エンゲージメントの高いサービスを提供するインテントAIメディアータ(Mintent)に関する技術を紹介する。

インテント

Mintent

リソース要件変換

Web 会議サービス

協調制御

Network, Cloud server,

Intent AIメディエータ (Mintent) による快適なサービスの実現 ————— 30

「サービス提供者やユーザそれぞれの要求 (Intent) に基づき、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報を連携、協調制御する技術として、Intent AIメディエータ (Mintent) を紹介する。

Mintent実現に向けた多様かつ曖昧なIntentの抽出・変換技術 ————— 35

次世代の通信サービスを利用・運用する各者が抱えるIntentを定量的な要求条件として汲み取るためのIntent抽出技術、およびリソース要件変換技術に関する取り組みについて紹介する。

クラウドサーバリソース最適化による快適なWeb会議サービスの実現 ————— 39

新たなリソース制御技術の有効性を確認するために、Web会議サービスに対して適応した事例を紹介するとともに、Web会議に適用するために実施した新たな技術検討についても紹介する。

映像配信サービスにおけるIntentに基づく アプリケーション・ネットワーク協調制御技術 ————— 44

映像配信サービスを対象とした、Intentを共通指標としてアプリケーション制御とネットワーク制御を協調させる技術の概要、およびシミュレーションによる効果検証について紹介する。

Application

Intent AIメディアエータ (Mintent) による 快適なサービスの実現

本稿では、サービス提供者やユーザそれぞれの要求 (Intent) に基づき、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報を連携、協調制御する技術として、Intent AIメディアエータ (Mintent) を紹介します。本技術を用いることで、サービス提供者やユーザのIntentに基づいたサービス提供に役立てることができま

やまぎし 山岸	かずひさ 和久 ^{†1}	こばやし 小林	まさひろ 正裕 ^{†1}
ほりうち 堀内	しんご 信吾 ^{†2}	たやま 田山	けんいち 健一 ^{†2}

NTTネットワークサービスシステム研究所^{†1}

NTTアクセスサービスシステム研究所^{†2}

はじめに

通信ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション技術の進展により、より快適な通信サービスの提供が進んでいます。一方で、ネットワーク、クラウドサーバ、ユーザ端末のリソースは有限であるため、サービス利用ユーザ増加によるネットワークの輻輳、サーバリソースのひっ迫が発生します。これらの状況が発生すると、スループット低下や遅延が増加し、ユーザは端末で適切にデータを受信できなくなり、快適な品質でサービスを楽しむことが難しくなります。これらの品質劣化を避けるため、サービス提供者はネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション制御技術を導入し、一時的なリソースひっ迫をしのぐ努力をしています。しかし、これら単ドメインの制御技術の改善は限定的です。そのため、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報を連携し、協調制御することが重要になります。

サービス提供者やユーザがサービスに求める要求 (Intent: Intent) は一般にサービス種別ごとに異なります。例えば、映像配信のサービス提供者はサービスを継続利用してもらいたいため、ユーザの視聴回数や視聴時間を管理しています。このように、視聴回数増加や視聴時間を長くしたいという要求、つまりIntentを持っていることとなります。同様に、コネクテッドカーのサービス提供者は、車内外の状況を監視するため、映像を途切れることなく監視センタに届けたいIntentがあります。しかし、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションのリソースを過剰に用意しサービスを提供することはできないため、これらIntentをネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションのリソース情報に変換し、適切なサービス品質になるように、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションを連携制御していくことが重要になります。

そこで、本稿では、**図1**に示すように、サービス提供者やユーザのIntent

に基づき、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報を連携、協調制御する技術として、Intent AIメディアエータ (Mintent) を提案します。

標準化におけるIntent技術の 検討状況

ETSI ENI ISG (European Telecommunications Standards Institute Experiential Networked Intelligence Industry Specification Group) では、オペレータが実現したいオペレーションの目標・要件をIntentとして規定し、制限された自然言語で記述し、処理する方式の検討が進んでいます。2021年3月にリリースされたENI 008 Intent Aware Network Autonomicityでは、Intentを処理するために必要なアーキテクチャ・機能部を定義し、また、Intentのライフサイクルマネジメント、外部インタフェース要件等の要素の検討を進めています。さらに、Intent管理方式をそれぞれクラウド、無線に適用

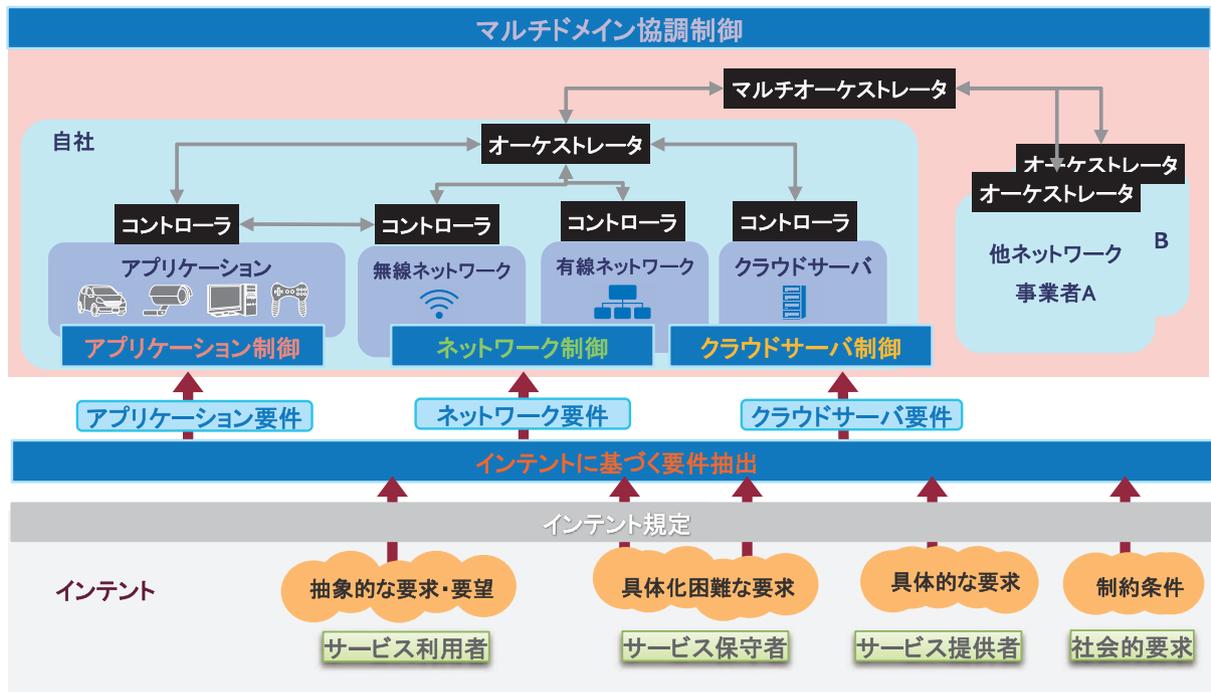


図1 インテントAIメディエータの概念図

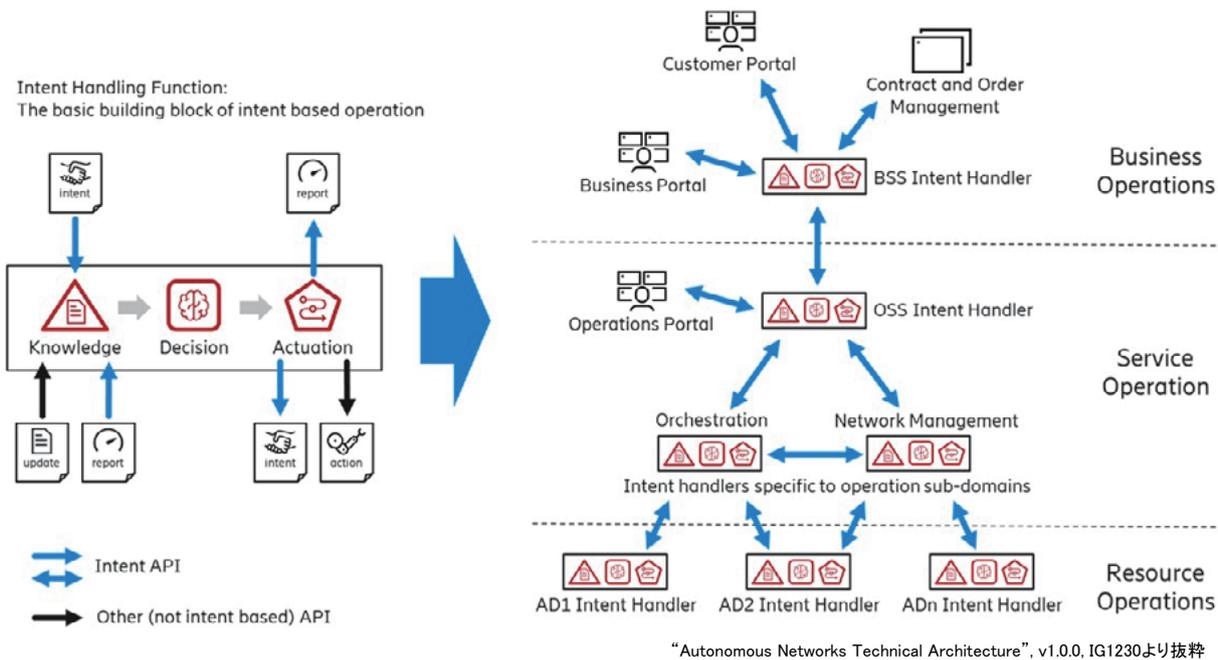


図2 TM ForumにおけるIntentを用いたAutonomous Network Architecture

したPoC (Proof of Concept) などもさかんに行われています。

TM Forum (TeleManagement Forum) では、オペレーションの自動化を実現するClosed Loopアーキテクチャを提唱しており、ビジネスレ

イヤから、サービスレイヤ、ネットワークリソースレイヤまで、それら各レイヤ間でのLoopの連動を図2のように定義しています。本アーキテクチャにおいて、運用者などが定義するインテントを指標とした自動化の実現を志向

しています。また、通信事業者のオペレーションの自動化 (Autonomous Network) 実現のためにインテントを目的指標として、ビジネスレイヤからサービス・リソースレイヤにおいて、一貫して定義していくことでトータル

の運用コストを最小化することを志向したアーキテクチャ検討の議論が行われています。

Mintent

ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションの各ドメインにおける制御技術だけでは、サービス提供者やユーザのIntentを考慮したサービス提供は困難です。そこで、サービス提供者やユーザのIntentを加味し、快適なサービスを提供することを目的に、各ドメインから得られる情報を共有、連携制御する技術としてMintentを提案します。以降では、Mintentの要素技術を概説します。

■アプリケーション制御技術

アプリケーション制御技術では、映像配信やWeb会議を対象に、ネットワークのスループットやパケット損失、受信データ量の変動に基づいて、映像符号化レートの異なる映像データを取得したり、映像符号化レートを制御する技術が普及しています。本技術により、ネットワーク品質低下時に、低符号化レート映像を取得することで再生を止めることなくサービスを提供することを達成しています。一方で、このような技術では、ネットワーク品質のみに基づき制御されるため、サービス提供者やユーザのIntentに基づいた制御ができません。

例えば、サービス提供者は一定以上の適正品質を維持できるなら、高スループット時に必要以上の過剰な品質でサービスを提供することで、CDN (Content Delivery Network) やネットワークコストを増加させることは避けたいというIntentがあります。同様に、ユーザも高スループット時に高品質映像を受信することでデータを過剰に消費することを避けたいIntentがあります。

このようなIntentを満たすため、適正品質を維持し、過剰なデータを送信しない技術を提案しています⁽¹⁾、⁽²⁾。

これら技術はユーザ体感品質を推定可能な技術を内包し、推定したユーザ体感品質が適正品質を満たすように映像データの取得をします。これにより、過剰品質・過剰なデータ送信を避けることができ、サービス提供者やユーザのIntentを満たすことを可能としています。

■クラウドサーバ制御技術

サービスを取り巻く環境が変化中、ユーザ体感品質要件を満足しながらリソース割当て量を最適に維持するためには、サーバリソースをさまざまな状況、要件を踏まえて設計することが重要となります。サービスの多様化およびリソース制御の複雑化によって、従来のサービス技術者の経験頼りもしくはシステムパフォーマンスベースでのリソース設計・制御には、サービス技術者の経験・高スキルが必要となること、ユーザ品質要件・利用状況に則したサービス提供が困難であること、さらに品質を満足するために余剰リソースを割り当てる必要が生じている等の課題があります。

これらの課題に対して、プロアクティブにリソース量を自動算出するクラウドサーバリソース最適制御技術を提案しています。本技術は、ユーザ体感品質要件やサービス提供者のパフォーマンス要件をIntentとして取り扱い、Intentを満たす最適なクラウドリソースを、システム環境・利用状況および利用予定情報からパフォーマンスを予測可能とするAIモデルを用いてプロアクティブなクラウドサーバリソースの最適制御を可能としています⁽³⁾。

■ネットワーク制御技術

ネットワーク制御技術では、ユーザ

やネットワーク事業者のIntentに基づき、ユーザの要求品質を満たしつつ、ネットワーク設備の利用効率を最大化するように、通信経路を最適化します。

SDN (Software-Defined Networking) やNFV (Network Functions Virtualization) などの仮想化技術の進展に伴い、ネットワークはソフトウェア操作により、動的かつ柔軟に制御できるようになってきています。ユーザのIntentとしては、利用しているサービスや端末の多様化に伴い、ネットワークへ期待する通信品質も多様化しています。また、通信事業者としては、設備を効率的に利用し、設備増設を抑えたいというIntentがあります。

ユーザおよびネットワーク事業者のIntentを満たすため、ネットワーク仮想化技術を活用し、ユーザが期待するユーザ体感品質に基づき算出した要求通信品質を最低限満たしつつ、ユーザを可能な限り多く収容できるような経路制御を提案しています⁽⁴⁾、⁽⁵⁾。提案手法では、ある時点での最適な経路割当てが、将来における最適な割当てになるとは限らないため、将来需要を予測して割当てを最適化しておくことで、設備の利用効率を向上させています。

■マルチドメイン協調制御技術

マルチドメイン協調制御では、Intentに基づき抽出された、各ドメイン (アプリケーション・ネットワーク・クラウドサーバ・他事業者リソースなど) での要件を満たしつつ、ドメイン横断でのリソース全体最適となるように、ドメイン制御を協調させます。

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) /6G (第6世代移動通信システム) などのネットワークでは、ネットワーク内に存在するド

メインごとにコントローラ・オーケストレータが配備され、これまで紹介した要素技術のように、独自の制御ポリシーに基づき自律制御されます。このような場合、ドメイン内の個別最適となっても、必ずしもドメイン横断での最適化にならず、エンド・ツー・エンドでのIntentを満たせなかったり、リソースの利用効率が低下したりする可能性があります。

そこで、ドメイン横断での最適制御に向け、ドメインごとのコントローラによる自律制御を汎用的に協調させる仕組みとして、「ドメインごとの通信品質の共有」⁽⁶⁾や「制御実行時間を考慮した制御順序の最適化」⁽⁷⁾などを検討しています。特定ドメインにおいて、リソース輻輳などにより通信品質が低下した場合、他のドメインにおいて通常時と同等のリソースを確保しておく、過剰割当てになってしまいます。そのため、「ドメインごとの通信品質の共有」では、各ドメインにおける通信品質を共有し合うことで、他ドメインにおけるリソースの過剰割当てを防ぎます。また、ドメインごとの制御種別が多様化すると、その実行時間もさまざまです。例えば、1分以内で終わるようなネットワークドメインでの経路変更や、5～10分程度を要するクラウドサーバのリソース増強などがあり

ます。そのため、リソース逼迫に伴い複数ドメインでの回避制御を実行すると、もっとも完了時間の長い制御が律速となり、エンド・ツー・エンドでの通信品質低下が長期化します。そこで、「制御実行時間を考慮した制御順序の最適化」では、制御ごとの実行時間の違いを考慮しながら制御の内容と順序を最適化することで、通信品質劣化を短期化します。

Mintentの実現例

Mintentでは、無線ネットワークとアプリケーションの連携、有線ネットワークとアプリケーションの連携、クラウドサーバとアプリケーションの連携、有線ネットワークとクラウドサーバの連携等、マルチドメインにおける協調制御を可能とします。以降では、無線ネットワークとアプリケーションの連携、有線ネットワークとクラウドサーバの連携について、その実現例と効用を概説します。

■車載カメラ映像の監視

自動運転に向けた検討が急速に進められています。一方で、完全な自動運転がすぐに実現できるわけではなく、当面は、運転者の支援が初期ターゲットとなっています。具体的には、車載カメラで撮影した映像を監視センタへ送信し、監視者が映像を監視すること

で運転の支援をします。この際、サービス提供者は、止まらない監視映像の配信を実現したいというIntentがあります。一般に、無線ネットワーク品質は変動するため、スループットに対し、映像符号化レートが高くなるとパケット損失が発生し、映像がみだれ、適切な映像監視が実現できません。そのため、既存技術では無線ネットワーク品質に対し、安全に設計された固定の符号化レートで配信するか、過去の無線ネットワーク品質の動的な変化をとらえ、パケット損失が確実に発生しない低符号化レートで映像を配信することが行われます。そのため、監視者に十分な映像品質で監視映像を提供することができないため、車内外の危険を検知し損ねることが懸念されます。そこで、Mintentでは、図3に示すように、未来の無線ネットワーク品質として予測されたスループット値を、車載カメラ映像を符号化するエンコーダに共有し、符号化レートを動的に制御することを検討しています。これにより、無線ネットワーク品質に応じた映像伝送が可能となり、無線ネットワーク品質に応じた高画質の映像を伝送することをめざしています。

■スマート工場におけるロボット制御

スマート工場の実現に向け、ロボッ

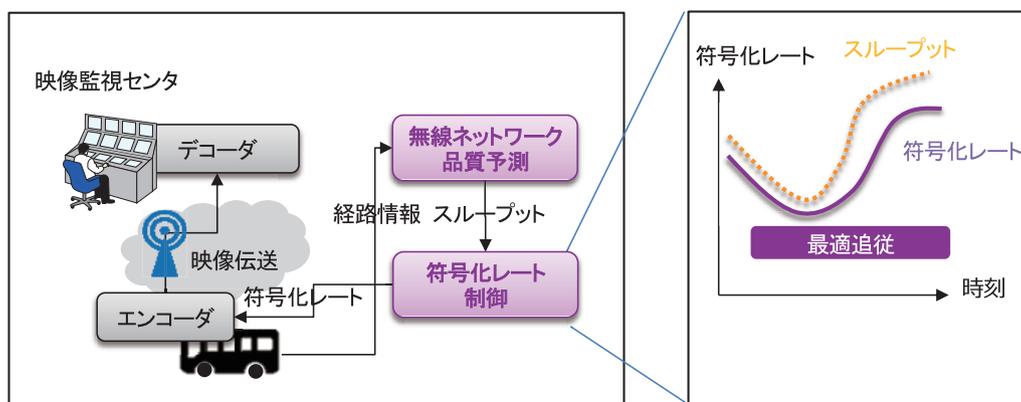


図3 車載カメラ映像の監視例

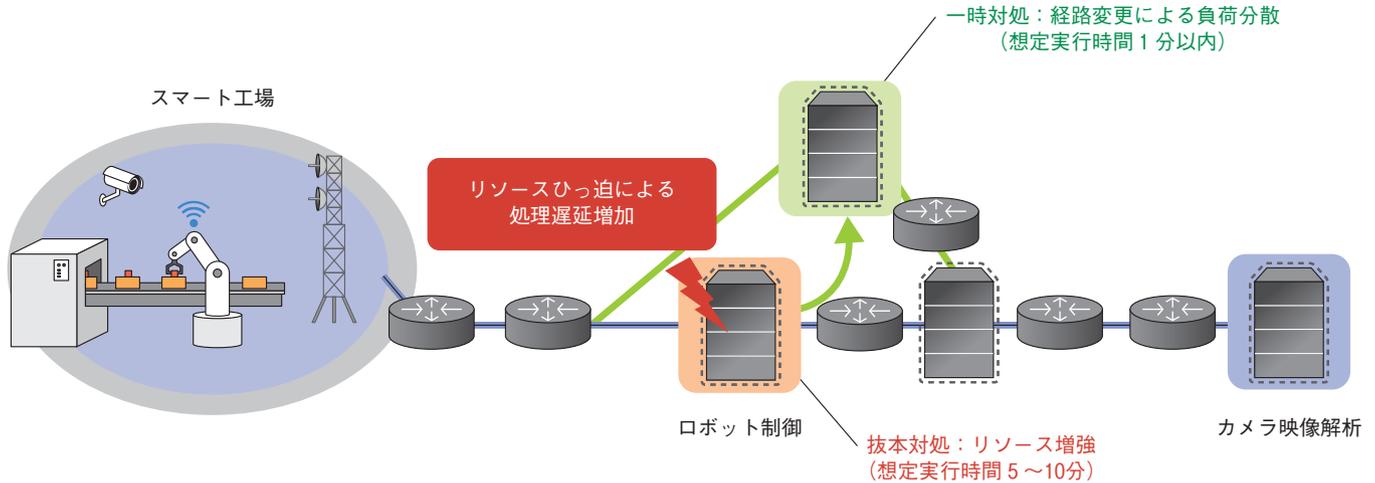


図4 スマート工場におけるロボット制御

ト制御の自動化の検討が進められています。工場の管理者としては、ロボットを止めずに動作させたいというIntentがあり、それを実現するためには、制御に大きな影響を及ぼす通信品質劣化の長期化は避ける必要があります。そのため、Mintentでは、複数のドメインの制御を協調させて、より制御実行時間を考慮した制御内容および順序を最適化することで、品質劣化期間を短期化します。

図4に示すとおり、ネットワークドメインとクラウドサーバドメインからなる環境上に、工場に近いサーバにおいてロボット制御機能、遠いサーバにカメラ映像解析機能が配備されているものとします。一時的な需要集中で、ロボット制御機能が配備されているサーバのリソースがひっ迫し、処理遅延が増加した場合、根本的な対処としては、クラウドサーバドメインの制御として当該サーバのリソースを増強する必要があります。しかし、サーバリソースの増強は実行時間が5~10分程度かかるため、この対処のみでは5~10分程度処理遅延が増加した状態が続き、ロボット制御に影響を及ぼし、工場管理者のIntentを満たせなくなってしまいます。そこでMintent

では、リソースが増強の制御が完了するまでの暫定対処として、制御時間が1分以内のネットワークドメインでの経路変更による、リソースに余裕のあるサーバへの負荷分散を実行させることで、品質劣化期間が短期化できます。

おわりに

本稿では、Intent AIメディアータ (Mintent) の必要性を説明し、技術を概説しました。本特集記事では、NTT研究所における個々の技術の最新の研究開発動向を紹介します。

参考文献

- (1) T. Kimura, T. Kimura, A. Matsumoto, and K. Yamagishi: "Balancing Quality of Experience and Traffic Volume in Adaptive Bitrate Streaming," IEEE Access, Vol. 9, pp. 15530-15547, 2021.
- (2) M. Yokota and K. Yamagishi: "Quality-based video bitrate control for WebRTC-based tele-conference services," Electronic imaging 2022, IQSP-333, Jan. 2022.
- (3) C. Wu, S. Horiuchi, K. Murase, H. Kikushima, and K. Tayama: "Intent-driven cloud resource design framework to meet cloud performance requirements and its application to a cloud-sensor system," Springer Journal of Cloud Computing, Vol. 10, No. 30, 2021.
- (4) 小林・松村・木村・土屋・則武: "サービス収容度を用いた効率的な仮想ネットワークへのリソース割り当て手法の検討," 信学技報, NS2015-151, 2016.
- (5) 小林・原田: "サービス要求品質に基づくネットワーク制御技術," 信学会総合大会, BS-4-11, 2020.
- (6) 小林・河野・原田: "映像配信におけるマルチレイヤ統合制御," 信学会総合大会,

B-7-27, 2021.

- (7) 岩本・鈴木・小林・原田: "仮想ネットワークにおけるQoS劣化時間最小化のための制御スケジューリング最適化手法," 信学技報, Vol. 121, No. 74, NS2021-31, pp. 33-38, 2021.



(上段左から) 山岸 和久/ 小林 正裕
(下段左から) 堀内 信吾/ 田山 健一

快適なサービスの実現に向け、サービス提供者やユーザーそれぞれの要求 (Intent) に基づき、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報を連携、協調制御する技術として、Intent AIメディアータ (Mintent) の構築を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
通信トラフィック・品質・オペレーションプロジェクト
TEL 0422-59-4397
FAX 0422-59-6364
E-mail kazuhsa.yamagishi.vf@hco.ntt.co.jp

Mintent実現に向けた多様かつ曖昧なIntentの抽出・変換技術

本稿では、Mintentにおいてユーザやサービス提供者が抱えるさまざまな要求（Intent）を汲み取ったオペレーションを実現するため、次世代の通信サービスを利用・運用する各者が抱えるIntentを定量的な要求条件として汲み取るためのIntent抽出技術、さらにこれらをMintentにおける制御に活用可能な設定値に落とし込むためのリソース要件変換技術に関する取り組みについて紹介します。

えぎ のりつぐ ほりうち しんご
 恵木 則次¹ 堀内 信吾²

NTTネットワークサービスシステム研究所¹

NTTアクセスサービスシステム研究所²

はじめに

通信サービスを利用するユーザやサービス提供者にとって有益なサービスを実現するにあたり、各々がサービスに求める多様な要求であるIntentに近年注目が集まっています。ユーザやサービス提供者が抱えるIntentを正確に汲み取り、各者のIntentをベースとしたネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーション情報の連携、協調制御（Mintent*）を実現することで、ユーザやサービス提供者の要求に応じたサービス提供が可能となるだけでなく、Intentに応じた最適なリソース設計・制御を実現することにより、ユーザやサービス提供者の満足度を下げることなく運用の効率化を実現可能とします。

Mintentの実現に向けては、ユーザやサービス提供者がサービスに対し

て抱えるIntentを正確に理解し、オペレーションに活用可能な定量値として汲み取ることが重要です。以降では、Intentおよび関連技術に対する取り組みについて紹介します。

Intentとは

これまでにネットワークを利用した多くのサービスが登場しており、これらのサービスを利用するユーザやサービス提供者はそれぞれにサービスに対する多様な要求を抱えています。例えばVR映像サービスでは、リアル空間にいるような視聴覚体験を実現したい、eスポーツであればパフォーマンスに影響のないスムーズな操作を実現したい、自動作業・運転ロボットであれば人間と同等あるいはそれ以上の精度・時間で運搬作業や物体検知等の必要なタスクを達成したいなど、サービスにより多様な要求が存在します。一方で、サービス提供者側はこれらのユーザ要望を実現したうえで、データ伝送量を最小限に抑えることで運用コストを削減したい、クレームに迅速に

対応しユーザの満足度を維持したいなどの要求があります。私たちはこれらの要求をIntentとして定義し、ユーザやサービス提供者の抱えるIntentをベースとしたサービス提供、運用を可能とするオペレーションの実現をめざしています。

Intentベースのオペレーションの実現に向け、ユーザやサービス提供者が抱えるIntentの活用に向けての要素技術について図1に示します。Intentはスポーツ鑑賞を楽しむというような定性的な表現だけでなく、「リアルな視聴」「高い精度を実現」等のように具体的な指標や値ではない曖昧な表現であることも想定されます。このような曖昧なIntentをオペレーションに活用することは困難であるため、これらの曖昧なIntentは具体的な指標として分解し、各指標を定量値として定義する必要があります。そのうえで、各サービスのユーザやサービス提供者が各指標に求める要求条件を汲み取り（Intent抽出）、この要求条件をMintentにおいて制御可

* Mintent：NTT研究所で取り組んでいる、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションなどのマルチレイヤでIntentに基づき協調制御させる技術コンセプト。

能な設定値に変換する（リソース要件変換）ことで、Mintentを実現します。以降では、関連する取り組みについて紹介します。

intent抽出技術

intent抽出技術の検討においては、ユーザやサービス提供者が抱えるintentに関連した情報を収集し、これらの情報を定量的な要求条件に落とし込むことをめざします。

ここで収集するintent関連情報として、①サービス利用時に取得可能なユーザ周辺情報や②あらかじめ用意した入力インタフェースを経由して得られる言語情報を活用することを検討

しています。①のユーザ周辺情報の例として、サービス利用時における操作ログ情報が挙げられます。これらの情報を解析することで得られる行動パターンの変化から、ユーザが抱えるintentを汲み取ります。例えば、遠隔操作を行うサービスにおいて、操作ログから特定の作業に要する時間が長くなる傾向が見られるようであれば、そのユーザからは時間の観点から高いパフォーマンスを実現したいというintentを汲み取ります。②の言語情報の例としては、利用者向けポータルに用意したチャット機能を活用して入力される言語情報が挙げられます。入力情報に対して言語処理技術を活用す

ることで、具体的な顧客要望や懸念事項に関するintentを汲み取ります。例えば、パブリックビューイングなどでスタジアムでの試合の高品質映像を提供するサービスにおいて、サービス提供者から「観客に不審者がいる」「選手のケガが発生」などの言語情報が与えられた場合に、それぞれ該当エリア映像による不審者の特定、該当選手に対する遠隔診断の実現といった必要なintentを抽出します。さらには、サービスが提供可能な機能群に対して、先ほどの言語情報に基づき必要機能を自動的に選定し、要求に応じて自動的にサービスの提供機能プランを切り替える技術による柔軟なサービス提

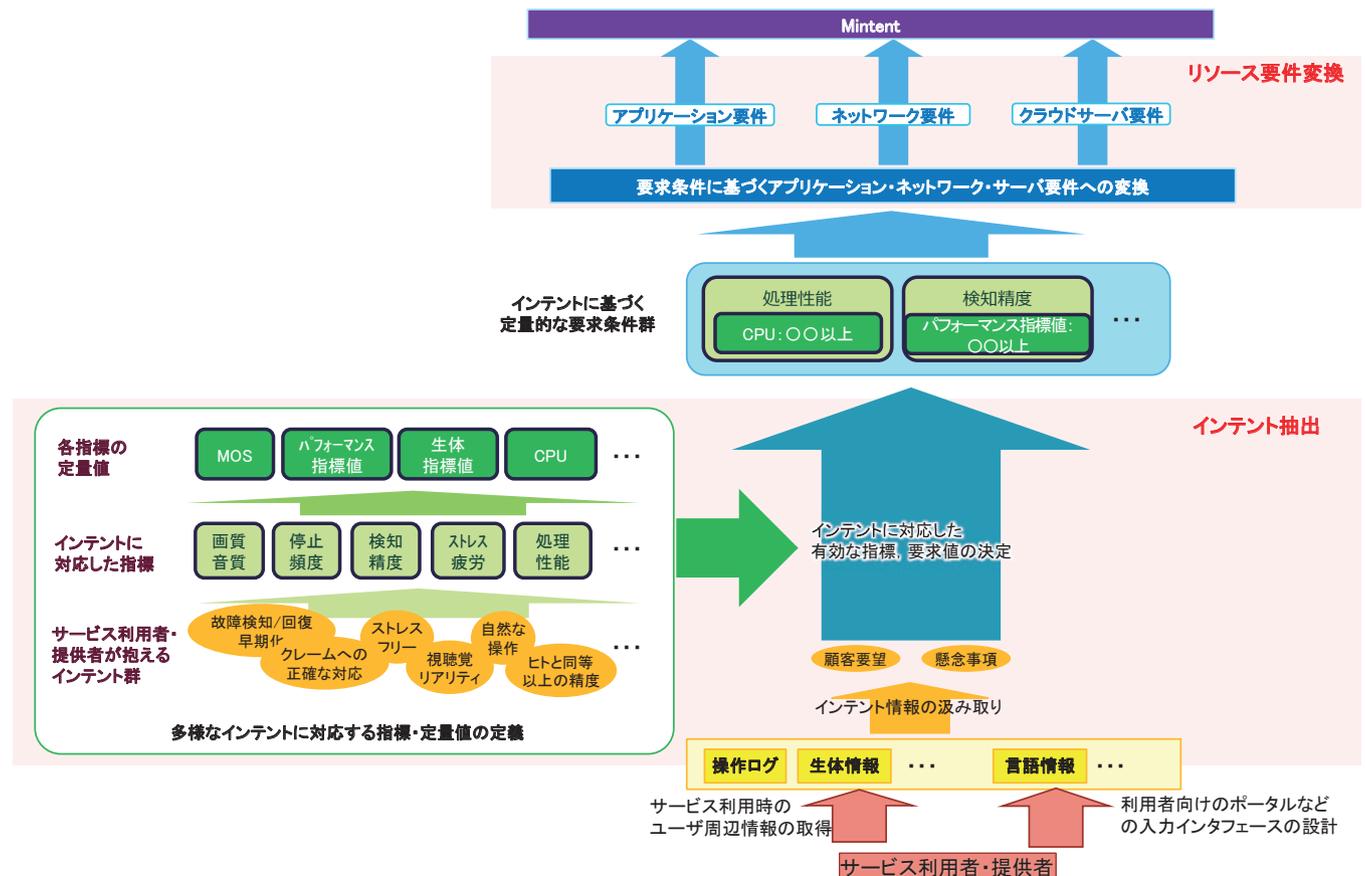


図1 intentを活用したオペレーション

供の実現をめざします。

このようにして汲み取ったさまざまなインテントに対して定量的な要求条件に落とし込みます。そのためには、各インテントに対応した有効な指標を定め、前記指標に対する定量的な要求値を設定する必要があります。例えば、不審者の検知というインテントであれば、不審者の割り出しを行う映像配信および検知技術を実装するために必要な処理性能（例：CPU 7 GHz以上）に加え、映像解析において一定の検知精度（例：正答率90%以上）を達成することが要求されます。パフォーマンスに関するインテントに対しては、タスクの達成時間・精度に関する定量的な指標、要求値に落とし込みます。多様なインテントに対して定量的な要求値に落とし込むことを可能とするために、あらゆるインテント群に対応した汎用的な指標および各指標の定量値の定義、さらにはこれらの定量値を効率的に計測する手法について検討を進めています。

リソース要件変換技術

Mintentにおけるリソース制御に活用するためには、インテント抽出技術により抽出した定量的要求条件を、リソース制御において制御可能な設定値に変換する必要があります。標準化での議論状況などを参考に、インテント抽出に加えてさらに2つのステップの機能が必要と考えています（図2）。

- ・ Step1：サービスに対する定量的な要件からネットワークの品質（QoSなど）のようなより制御対象に近いレイヤの定量的な要件への変換機能。
- ・ Step2：制御対象のレイヤにおける定量的な要件を具体的な制御に必要な設定値等への変換機能。

なお、Step1はビジネスレイヤから具体的なネットワークのドメインの中の制御対象への何段階かの変換が必要になることがあると考えています。

私たちはすでにクラウドサーバ領域におけるStep2の技術について、機械学習を用いて実現する技術を確立しており、VDI（Virtual Desktop

Infrastructure）サービスやWeb会議サービスなどクラウド上で提供されるサービスに対して効果があることを確認しています。

標準で規定されるように、オペレーションは管理対象とその業務をいくつかのレイヤで分けるアーキテクチャがBSS（Business Support System）/OSS（Operation Support System）などのシステムをつくるうえでのベースとなります。その管理対象の性能などを表現するKPI（Key Performance Indicator）は、それぞれのオペレーション管理レイヤごとに存在し、レイヤ間にまたがった関係性（構造）を持っています。前述の定性的なインテントの抽出やStep1を実現する技術は、従来の機械学習だけでなく、階層的なKPI構造やKPIを持つインテントに対する意味合いを考慮することで実現できると考えています。

また、標準化でのインテント議論は、オペレーションの自動化に向けたAutonomous Networkを実現させる各レイヤにおけるClosed Loopの

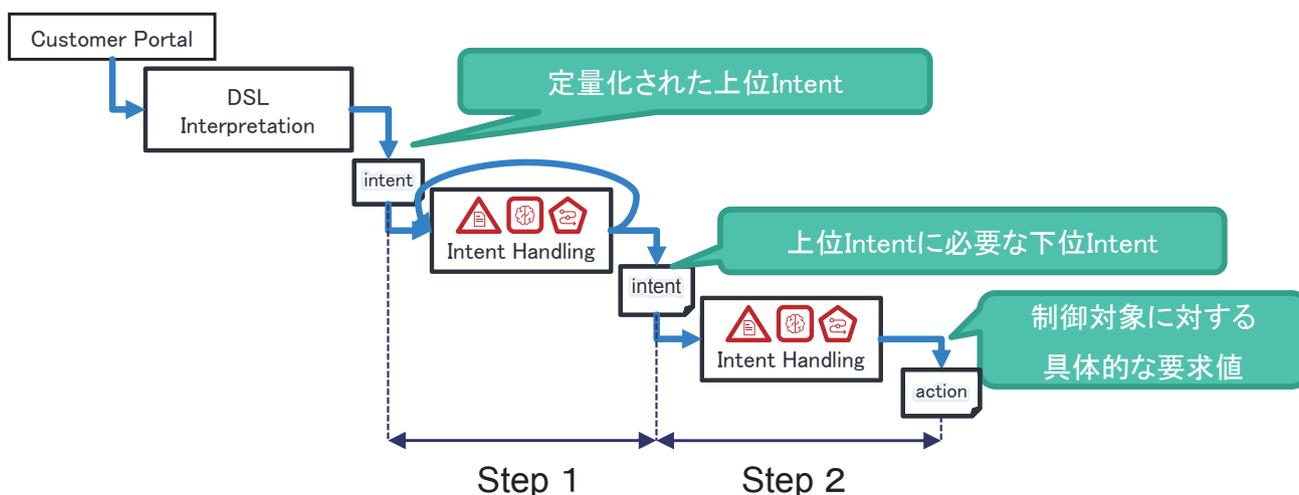
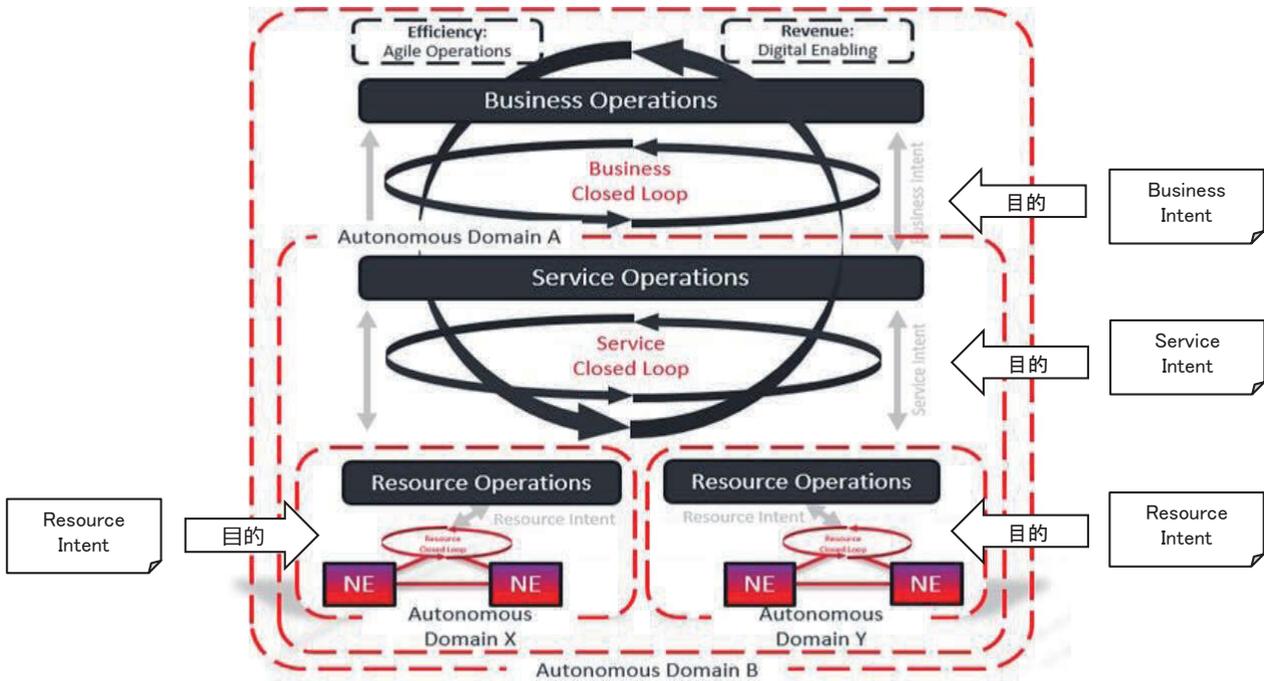


図2 標準におけるインテント分析手法



“Autonomous Networks Technical Architecture”, v1.0.0, IG1230より抜粋

図3 IntentとAutonomous Networkの関係

機構における目的として扱われています(図3)。私たちがめざすユーザの抽象的な要件の汲み取りによるIntentはオペレーションの自動化だけでなく、ユーザの満足度を高め顧客管理の高度化に資する側面も持っています⁽¹⁾。

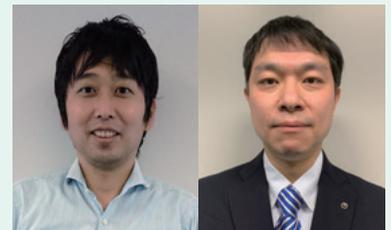
さらに、私たちが対象とするサービスは、5G(第5世代移動通信システム)のネットワークスライスのようなCaaS(Connectivity as a Service)だけでなく、そのサービス上で提供されるアプリケーションの機能なども含めたエンド・ツー・エンドでのサービスに対して、ユーザの要件を抽出できるように技術確立をめざしていきます。

おわりに

ここでは、ユーザやサービス提供者のさまざまなIntentに対応したオペレーションの実現に向け、Intentに関連した検討技術について紹介しました。このような技術開発検討に加え、技術の認知度の向上、適用ビジネスシナリオの発掘のためにTM ForumでのPoC(Catalystプロジェクト)へ参加し、幅広いビジネス要件に活用できる技術となるよう研究開発を進めていきます。さらに、必要に応じてIntentのモデルやAPIに関する要件、およびIntent指標の定量化に関する標準化も視野に入れて進めていきます。

参考文献

(1) <https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1230-autonomous-networks-technical-architecture-v1-1-0/>



(左から) 恵木 則次 / 堀内 信吾

通信サービスの多様化が進む中で、あらゆるサービスに対してユーザやサービス提供者が抱える要求であるIntentを正確に汲み取ることが求められます。私たちは、Mintentにおける制御にて活用可能なかたちでIntentを取得するための技術確立を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
通信トラヒック・品質・オペレーションプロジェクト
TEL 0422-59-4008
FAX 0422-59-6364
E-mail norisugu.egi.bn@hco.ntt.co.jp

クラウドサーバリソース最適化による 快適なWeb会議サービスの実現

本稿では、Mintent構成技術の1つである、「クラウドサーバリソース最適化技術」のWeb会議サービス適用事例を紹介します。本技術は、「ユーザ体感品質（QoE）を確保しつつ、リソースコストを削減したい」といったサービス提供者や、ユーザそれぞれの要件（Intent）を実現するために、さまざまなサービス利用状況に応じたパフォーマンスを予測するAI（人工知能）を用いて、品質確保に必要な最低限のリソース量にシステムを制御します。これにより、ユーザのサービスに対するエンゲージメントの向上やサービス提供者の運用コストおよびリソースコストの削減、さらには、エネルギー使用効率化によるCO₂削減など、さまざまな課題の解決を実現します。

きくしま ひろあき ご ちょう
菊島 宏明 吳 超

NTTアクセスサービスシステム研究所

はじめに

近年、リモートワークの急増やデジタルトランスフォーメーション（DX）推進など、予測不能な社会情勢の変化により、サービスに対する需要の急変やユーザニーズの多様化が加速しています。

それら環境の変化や多様性に追従する手段として各種システムのクラウドネイティブ化が進み、クラウドサーバ上でさまざまなサービスやネットワーク機能が迅速かつ多様な粒度で提供されるようになってきました。そのため、サーバリソース制御の重要性が増しており、これまでの経験頼りのリソース設計やシステムパフォーマンスベースでのリソース制御では、ユーザ品質要件や利用状況に則したサービス提供が困難となっています。そこでNTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）では、システム視点に加えて、多様なユーザ要件を考慮した新たなリソース制御技術の確立を進めています。

新たなリソース制御技術では、ユーザ

体感品質（QoE：Quality of Experience）を維持しつつ、さまざまなサービス利用状況下における最適リソースを自動算出することで、リソース設計や運用稼働の削減やリソースコストの削減につなげていきます。

また、本技術の有効性を確認するために、Web会議サービスに対して適応した事例を紹介し、Web会議に適用するために実施した新たな技術検討についても解説します。

クラウドサーバリソース最適化技術の概要

■技術の優位性

本技術は、システム負荷状況やサービス利用状況から、さまざまなパフォーマンスを予測するAI（人工知能）モデルを用いて、Intentを満たす最小リソース量を算出する技術です（図1）。

従来のシステムパフォーマンスのみに着目したリソース制御技術システムに比べて次のような優位性を持っています。

まず、本技術は各種パフォーマンスを予測する複数のAIモデルの組合せにより、システムパフォーマンス要件だけでなく、QoE要件も含めたIntentに対して最適なリソース量の算出が可能です。使用するAIモデルは、さまざまなログデータを活用して各種パフォーマンスを予測できるように学習されます。基本的には回帰分析モデルを使用しますが、QoE指標によっては、回帰分析による数値予測が困難な性質のものもあるため、その場合は、分類分析モデルによる品質レベルを予測するなど、使い方に応じて選択することが可能となっています（図1）。これらの特徴により、単なる品質故障の回避やリソース効率化といった観点だけでなく、ユーザの利用状況や目的に合わせたサービス提供が可能となります。

そのため、品質要件をより確実に満足できるようにするため、AIモデルの学習においても、さまざまな工夫がなされています。例えば、要件違反の予測結果に対してはより多くの修正を

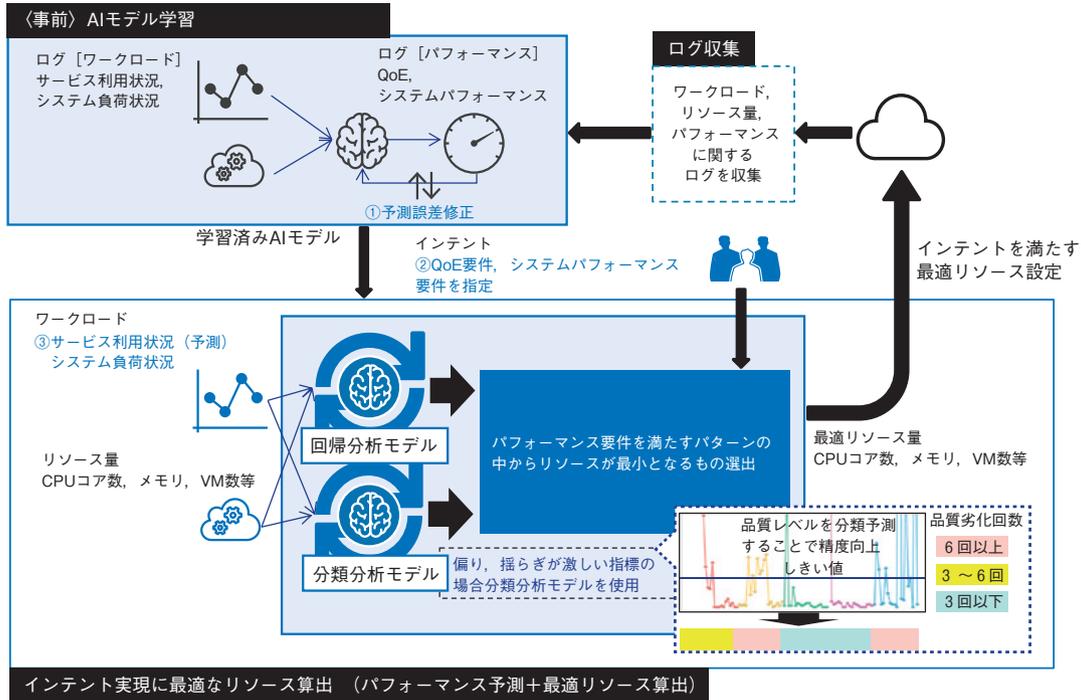


図1 技術概要

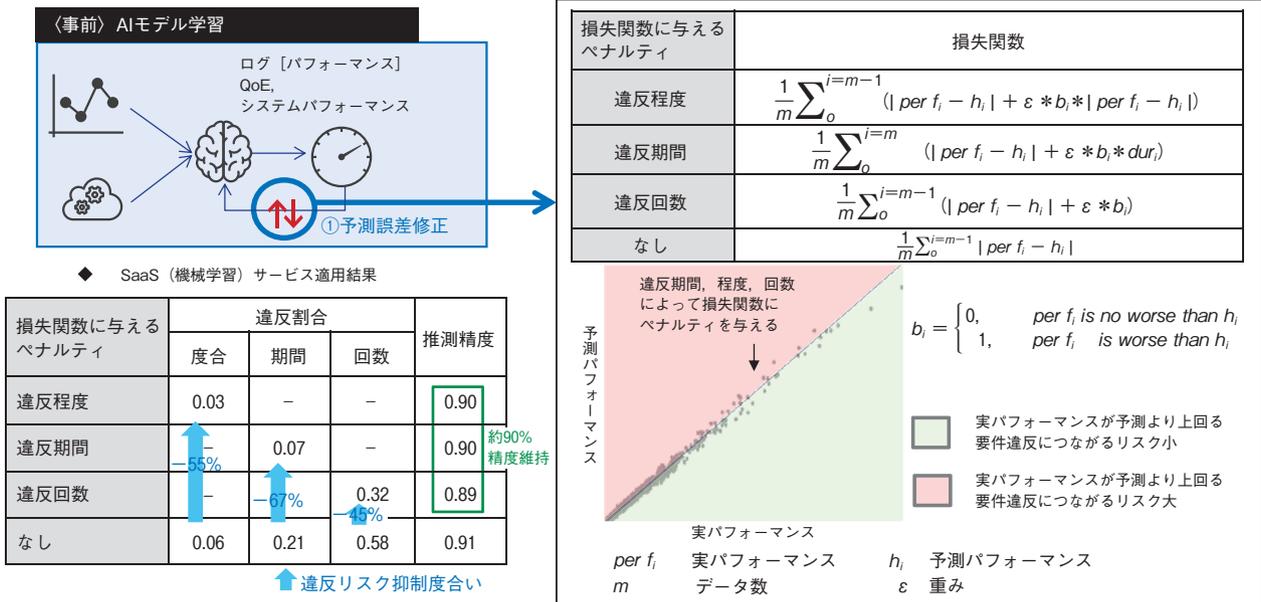


図2 要件違反リスク抑制機能

実施するなど、損失関数自体も独自のものを用いています(図2)。しかも、単に違反の割合だけでなく、ネットワークオペレーション分野での性能管理に重要な、違反期間・違反回数に対して損失関数を個別に定義しています。また、サービス(アプリケーション)

とシステム(インフラ)、双方のワークロード(図1③)をAIの入力とすることにより、システム負荷状況に加えて、サービス利用状況(予測を含む)に応じたリソース算出が可能であるという優位性も持っています。これにより、サービス提供者の需要予測や外的

環境変化の情報に合わせてプロアクティブに制御することが可能となり、特に今回事例のWeb会議サービスのように、いったん開始された会議の収容先サーバをサービス提供しながらスケールアップすることや収容先のサーバ変更が容易ではない場合は、この優

位性が効力を発揮します。会議予約情報を基に、数分～数時間先のサービス利用に合わせて事前に最適なリソースを算出することで、会議開始時に収容先の選択や事前のスケールアウト実施を実現することができるためです。

■技術の適用・応用先

本技術は、サービス導入時のリソース設計フェーズでの利用はもちろん、サービス運用フェーズでの動的なリソース制御にもお使いいただくことができます。また、適応対象サービスも今回紹介するWebサービスのようなSaaS (Software as a Service) 提供リソースだけでなく、「クラウドサービスを使って、目的の時間内に機械学習を終了するためにはどの程度のリソースが必要か」といったIaaS (Infrastructure as a Service)、インフラ利用時にも使うことができます。さらに将来的には、仮想ネットワークサービスを提供するための仮想ネットワーク機器への適用視野に拡張していく予定です。

Web会議サービス向け技術適用について

本技術のWeb会議サービスへの適用においては、Web会議サービスが抱える課題や特徴を踏まえて、AIモデル作成における工夫や、新たな機能追加を実施しています。

■Web会議サービスが抱える課題と課題解決イメージ

Web会議サービスは、前述したような社会情勢の変化により、次のような課題に直面しています。

- ・サーバリソースおよびミーティングの規模に応じたサーバ割当てにより、サーバリソースの最適化およびコスト最適化を実施したい。
- ・QoE維持のための技術を具備していることを明確化することで、ユーザのサービスに対するブランド価値を向上させたい。

これらの課題に対して、本技術を適用することにより、図3のように課題を解決します。

従来の方では、リソースを設計する際に技術者の経験やさまざまな検証

により、想定される最大のサービス利用量（ユーザ数等）に対して、余裕を持ったサーバリソースをあらかじめ用意するのが一般的です。この場合、利用者が少ない状況では無駄なリソースが発生し、想定を超えた利用者がアクセスした状況では、さまざまな品質劣化が発生します。さらに、Web会議のようなサービスでは、運用中のサーバ増強も困難であり、致命的な状況に陥りかねません。

本技術とクラウドサービスを持つ制御機能とを連携させることで、利用者が少ない状況では最小リソース量によりサービスを運用し、利用者の増加に合わせてサーバをスケールアウトさせることで、この問題を解決することが可能となります。

■Web会議向けパフォーマンス予測AIモデルの作成

Web会議サービスにおいて重要となるQoE指標は、映像や音声の奇麗さや安定性に関する指標である、スループット・ジッタなどを用いるのが一般的です。これらの値は常に変動している性質があるため、高い精度で

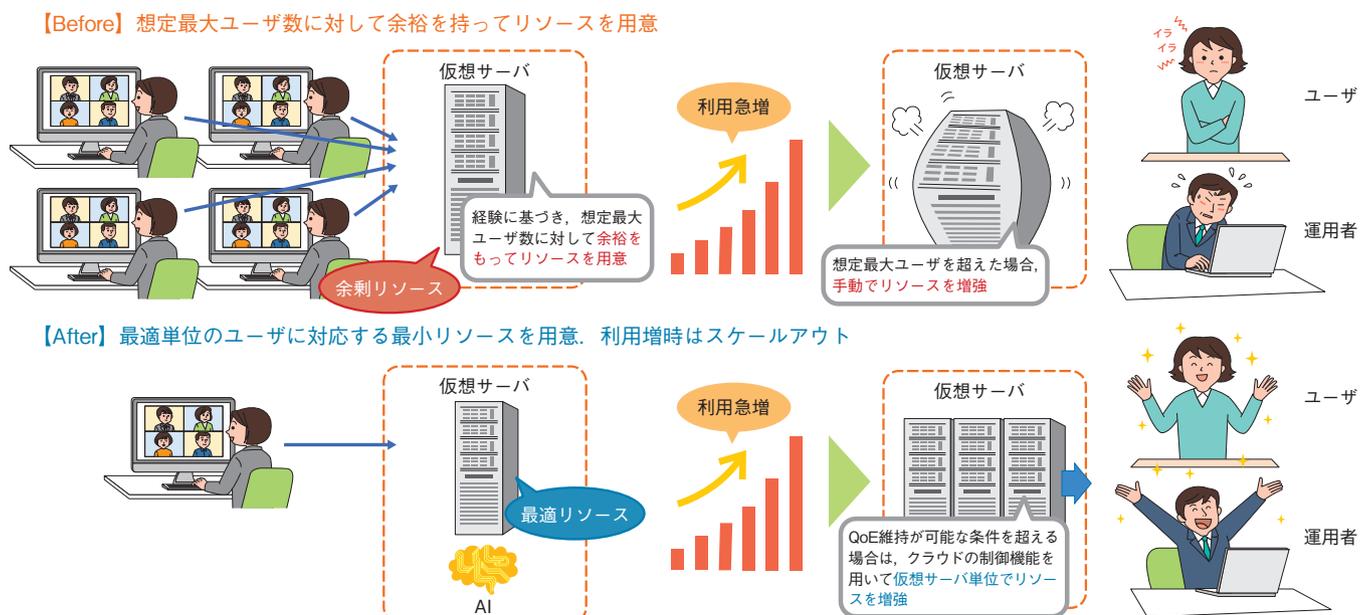


図3 課題解決イメージ

予測することが困難です（図4(a)）。
 そこで、CPU使用率がある一定以下である状況では、これらの値の劣化が発生しないことに着目し、ワークロード・リソース量からCPU使用率を予測するAIモデル（図4(b)）により、QoEを維持するために最適なリソー

量の導出を可能としています。

■周辺機能

前述のとおり、本技術をWeb会議サービスに提供するためには、会議が開始される前に、発生後に必要となるリソース量やそれに基づく収容先を決定する機能が必要となります。このた

め、会議予約情報から実際の会議が発生した際のワークロード情報の一部（映像・音声の配信数）を補完する機能を用意する必要があります（図5(a)）。また、補完されたワークロードに応じて、会議組合せごとの品質指標値を予測し、あらかじめ設定された使用イン

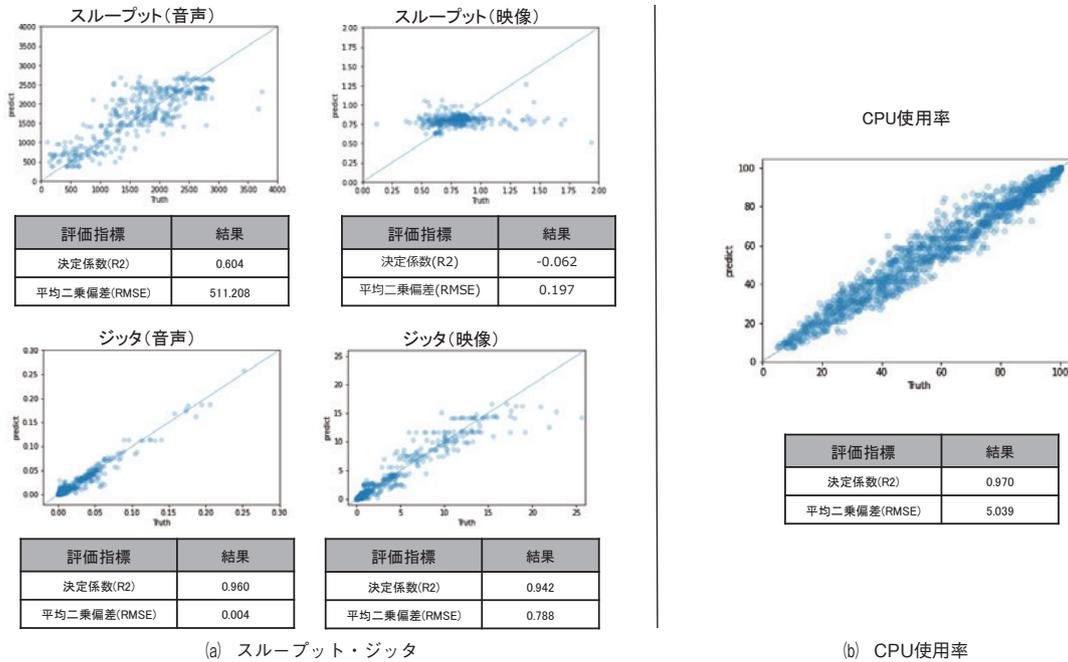


図4 学習済みAIモデル評価結果

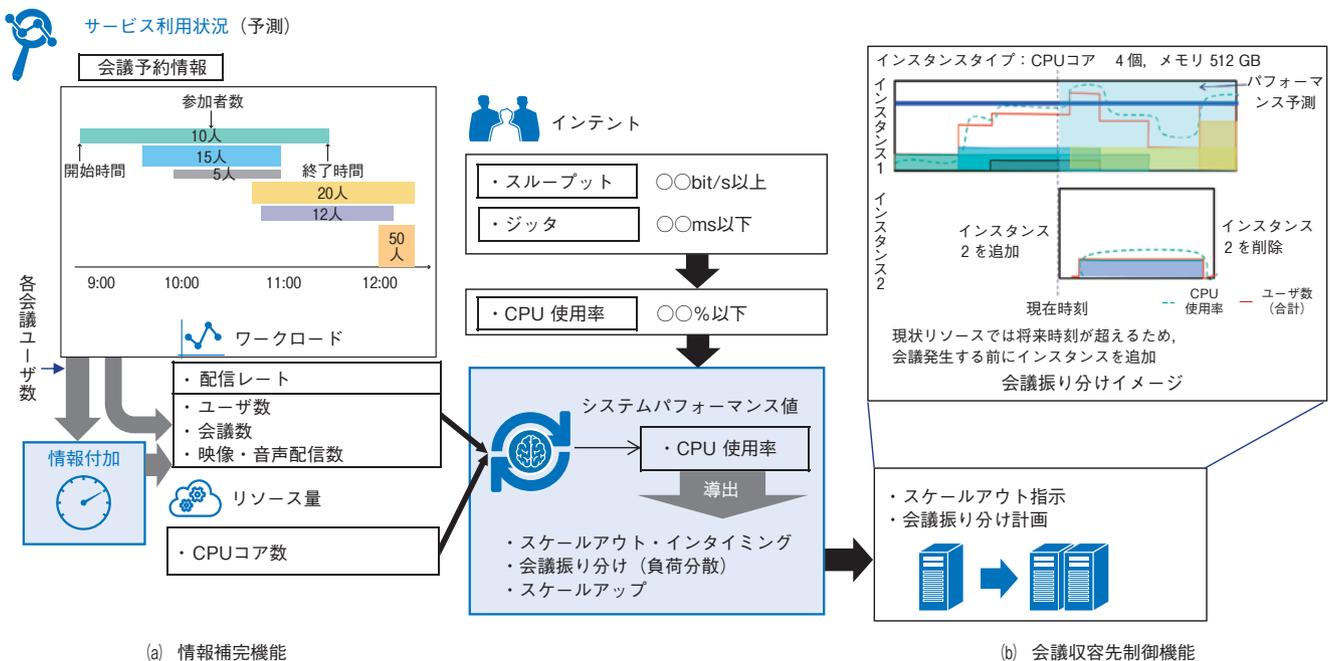


図5 Web会議サービス適用イメージ

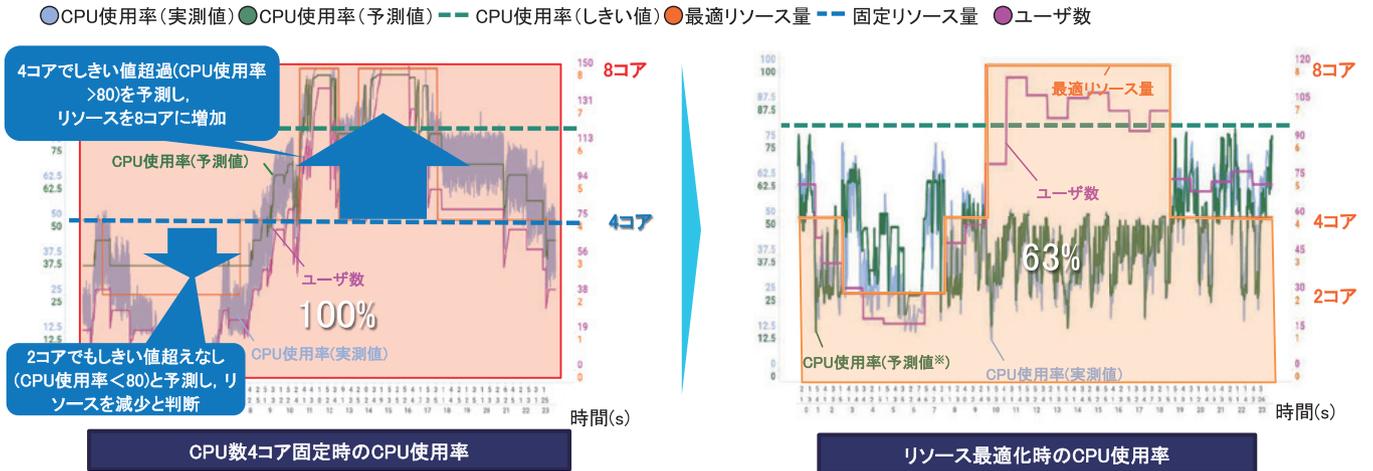


図6 最適リソース算出結果と効果

スタンスタイプ（CPUコア数）への収容可否判断とスケールアウト・インを実施する機能が必要になります（図5(b)）。これらの利用状況（予測）に基づくリソース算出機能を周期的（数分～数時間）に稼働させることで、サービス運用中は常にリソース自動制御を実現することができ、QoEの維持とリソース効率化の両立において、最大の効果を得ることが可能となります。

最適リソース算出結果と効果

実際の商用Web会議サービスの利用傾向を参考に最大100名程度のユーザが利用する想定で利用者のワークロードを生成し、本技術の効果を検証しました。まず、CPUコア数4のインスタンスタイプにおけるCPU使用率を本技術により予測した結果、実際に同数のワークロードを発生させた際の実測値とほぼ同一の結果が得られることを確認しました（図6左）。また、これらの予測結果に基づき、リソースが余剰状態になる時間帯をCPUコア数2のインスタンスに変更し、危険域になる時間帯をCPUコア数8のインスタンスに変更することで、CPU使用率をしきい値以下に維持したままサービス提供が可能となり、リソース

を余すことなく効率的に利用することが可能となります（図6右）。

これらの結果から、想定されるユーザ利用数に合わせて、短い時間（この場合1時間）ごとに、本技術を用いてリソース制御を実施することで、QoEを維持しながら、サービス利用量に応じてリソースを最適制御した場合、余剰リソースをCPUコア数8で固定的に運用した場合に比べて、約30%のサーバリソース量を削減可能であることが分かりました。

また、このようにサーバリソースの大幅な効率化を実現することで、エネルギー使用量も削減することが可能であり、本技術をさまざまなユースケースに対して適応することで、よりCO₂削減に貢献することができます。

おわりに

本稿では、クラウドサーバリソース最適化技術の概要と優位性について説明し、Web会議サービス適用における工夫と効果について説明しました。

今後はWeb会議サービスユースケースでの商用導入に向けた既存システムとのインタフェース検討や会議振り分け速度向上等の機能改修、さらにはMintentを構成する他の制御技術と

の連携、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）時代を見据えた他のユースケースへの適用領域拡大の検討を進めるとともに、並行して、「ユーザ・サービス提供者のより曖昧なインテントから定量的なインテントを抽出するための技術」や「ビジネス・サービスレイヤのインテントをリソースレイヤのインテントへの変換する技術」等、新たな技術の創出を進めていきます。



（左から）菊島 宏明/ 呉 超

本稿で記載したような課題をお持ちのサービス提供者の皆様、ぜひお声掛けください。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセスオペレーションプロジェクト
TEL 0422-59-4568
E-mail ibsm-ml@hco.ntt.co.jp

映像配信サービスにおける Intentに基づくアプリケーション・ ネットワーク協調制御技術

NTT研究所では、ユーザの満足度を高めるためにアプリケーション制御、ネットワーク制御、クラウドサーバ制御をユーザの要求（Intent）に基づいて協調させる技術コンセプトをMintent（Intent AIメディアータ）と称し、技術確立に向けた研究開発を進めています。Mintentの実現に向け、映像配信サービスを対象に、Intentを共通指標としてアプリケーション制御とネットワーク制御を協調させる技術を確立しました。本稿では、提案技術に関する概要とシミュレーションによる効果検証について解説します。

かわの
河野 太一

こばやし
小林 正裕

NTTネットワークサービスシステム研究所

Intentに基づいたアプリケーション・ネットワークの協調制御の必要性

SDN（Software-Defined Networking）やNFV（Network Functions Virtualization）等のネットワーク仮想化技術の発展により、ネットワークは動的かつ柔軟に制御することが可能になりつつあります。一方で、ネットワークを介したサービスは多様化しており、超高速・大容量、超低遅延、超低消費電力・低コスト化などネットワークに求められる要件も複雑化しています。ユーザが快適にサービスを楽しむためには、多様化するサービスに対するユーザの要求（Intent）を正しく把握したうえでIntentを満たすように要件を策定し、策定した要件に基づいて制御を行うことが求められます。従来、ユーザ端末のアプリケーションにおいては、サービスに対するユーザの満足度を向上させるために、ネットワーク品質を考慮したアプリケーションデータの配

信レートの制御がされています。また、ネットワークにおいては、ネットワーク内で取得した情報を活用し、与えられたネットワーク品質要件を満たす経路の制御が行われています。しかし、アプリケーション制御とネットワーク制御は独立しているため、ユーザの満足度やネットワークリソースの利用効率の観点で十分な効果が得られない可能性があります。そのため、Intentに基づいてアプリケーション制御とネットワーク制御を協調させ、ユーザの満足度を高めるアプローチが重要になります。

NTT研究所ではネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションなどのマルチレイヤでIntentに基づき協調制御させる技術コンセプトをMintent（Intent AIメディアータ）と称し、技術確立に向けた研究開発に取り組んでいます。Mintentの実現に向けた初期検討として、まずは幅広く利用されるネットワークリソースを多く使用している映像配信サービスを対象を絞り、Intentに基づきアプリ

ケーション制御とネットワーク制御を協調させる技術を確立しました。本稿では、提案技術の概要と、シミュレーションによる提案技術の効果検証の結果について解説します。

映像配信サービスにおけるアプリケーション・ネットワーク制御の課題

ここでは、映像配信サービスにおけるアプリケーション制御とネットワーク制御の技術概要と、それぞれが独立で動作した場合の課題を解説します。

■アプリケーションにおける配信レート制御技術

映像配信サービスでは、ユーザ端末のアプリケーション制御として、ABR（Adaptive Bitrate）という配信レート制御技術が主に採用されています。ABRでは、配信サーバ上に画質の異なる複数のビットレートの映像があらかじめ配置されており、アプリケーションは、スループットなどのネットワーク品質に応じて、配信サーバに要求する映像のビットレートを切り替

えることで、配信レートを制御しています。これにより、再生停止が抑制されるなど、ユーザ満足度を高めることができます。また、NTT 研究所では、**図 1**で示すように、端末で測定したスループットおよびアプリケーション情報（配信レートの時系列情報など）からユーザ体感品質（QoE：Quality of Experience）を推定する技術⁽¹⁾を用いて将来のQoEを予測し、ユーザがアプリケーションで設定、要求するQoE（要求QoE）を満たすように配信レートを制御する技術を確立しています⁽²⁾。これにより市中技術よりもユーザ満足度を確実に高めることが可能になります。しかし、輻輳などネットワーク品質が低下した場合、アプリケーション制御だけでは、ビットレートを下げて画質を低下させることしかできないため、要求QoEを満たすことができなくなります。このように、アプリケーション制御だけではネットワーク品質が低下した場合に、ユーザ満足度を維持することができないという課題があります。

■ネットワークにおける経路制御技術

既存のネットワーク制御技術では、ネットワーク装置で観測したトラフィック情報から、フロー（送信元・先のIPアドレス・ポート番号、プロトコル番号が同一の通信トラフィック）ごとのトラフィック予測を用いることで通信品質（QoS：Quality of Service）を推定し、実現QoSを満たしつつ、リソース利用効率が大きくなるように経路を制御しています。また、NTT 研究所では、非負値テンソル因子分解（NTF：Non negative Tensor Factorization）を用いて、特徴が類似するフローをまとめ（フローのまとまりを「マクロフロー」と呼ぶ）、マクロフローごとに時系列予測手法であるSARIMA（Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average）を用いて将来のトラフィック量を高精度に予測することで、よりネットワークリソース利用効率を高める経路制御技術を確立しています⁽³⁾、⁽⁴⁾。このように、ネットワーク制御では、

トラフィック情報から推定した実現QoSに基づき経路を制御していますが、トラフィック情報のみからではユーザが本来要求しているQoEを満たすのに必要なQoS（要求QoS）を正しく推定することは困難です。そのため、要求QoSと実現QoSの乖離が大きい状況においては、品質不足でユーザの満足度が低下したり、過剰品質でネットワークリソース利用効率が低下したりする可能性があります。また、映像配信において、前述のアプリケーション制御とネットワーク制御が独立に動作した場合、輻輳などによりネットワーク品質が低下すると、アプリケーション制御により、ビットレートの低い低画質の映像が配信され、輻輳を解消するように働くため、ネットワーク制御は輻輳が解消されたと判断し、経路変更がされずにQoEが低下したままになる可能性があります。このように、ネットワーク制御単独では要求QoS要件が分らず、アプリケーション制御の影響も考慮できないため、ユーザが要望するQoEを満たせない

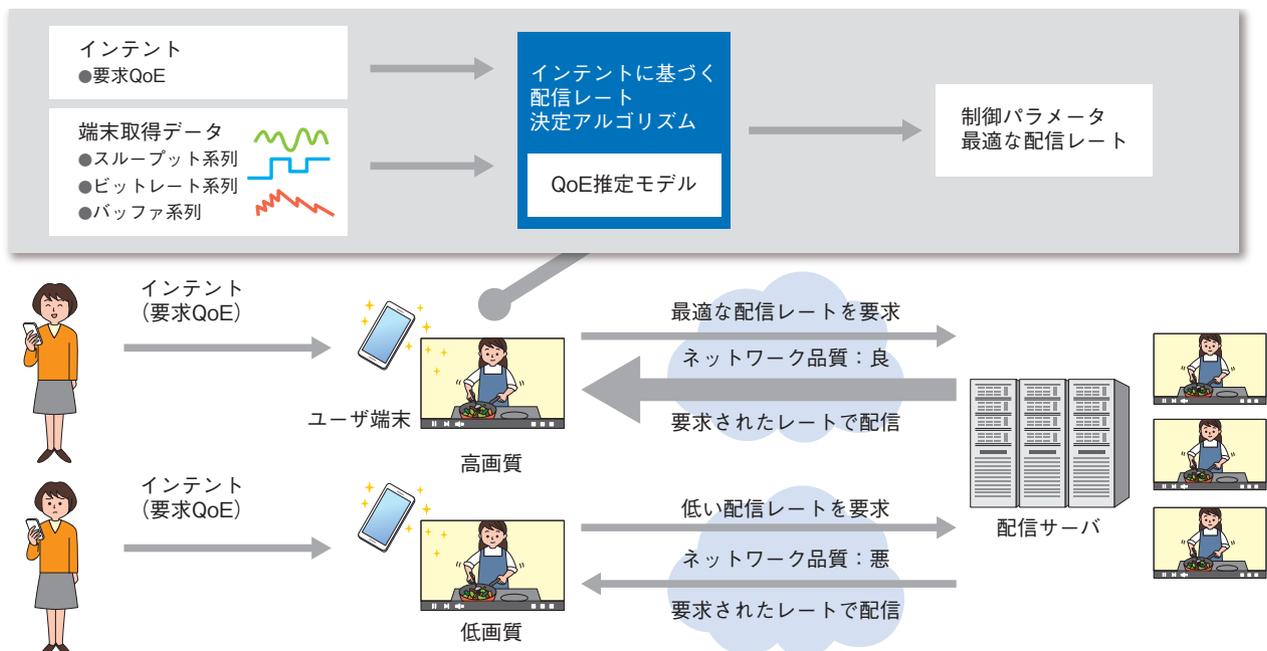


図1 インテントに基づいた配信レート制御技術

という課題があります。

Intentに基づくアプリケーション・ネットワーク協調制御技術

映像配信サービスにおいて、アプリケーション制御とネットワーク制御が独立で動作した場合の課題を解決するために、Intentの1つである要求QoEをアプリケーション制御とネットワーク制御の共通指標として利用することで、これらの制御を協調させる技術を確認しました。ここでは、提案技術の全体構成と主要機能の詳細について解説します。

■全体構成

提案技術の全体構成を図2に示します。提案技術は、前述したNTT研究所技術を用いた配信レート制御機能、ネットワーク経路制御機能と、それらを協調させるアプリケーション・ネットワーク協調機能により構成されています⁽⁵⁾、⁽⁶⁾。アプリケーション制御機能では、端末ごとにユーザが要求QoEを設定しており、端末は取得した要求QoEとリプレゼンテーション情報（レート制御で選択可能な映像・音声のビットレート、映像の解像度・

フレームレートのリスト情報）をアプリケーション・ネットワーク協調機能に通知しています。アプリケーション・ネットワーク協調機能では、全端末から通知されたユーザごとの要求QoEに基づき、同じ要求QoEを設定したユーザのフローを束ねたマクロフローごとに将来のQoS要件として必要帯域を予測します。ネットワーク制御では、予測した必要帯域を満たすようにマクロフローごとに最適な経路制御を行うことで、要求QoEを満たすネットワーク制御を実現しています。このようにアプリケーション制御とネットワーク制御が要求QoEを共通指標とすることでIntentに基づく協調制御を実現しています。

■アプリケーション・ネットワーク協調機能

図3に示すように、アプリケーション・ネットワーク協調機能は、「ユーザごとのIntentに基づいたQoS要件抽出機能」「アクティブユーザ数予測機能」「マクロフローごとのQoS要件抽出機能」により構成されています。「ユーザごとのIntentに基づいたQoS要件抽出機能」は、端末か

ら通知された要求QoEやアプリケーション情報から必要とするスループットをネットワークのQoS要件として算出します。要求QoEとそれを実現するために必要とするスループットの関係は、映像配信サービスごとに設計されるリプレゼンテーション情報によって異なります。そのため、リプレゼンテーション情報を考慮したうえで、要求QoEと必要スループットの関係モデルをモデル化し、そのモデルを用いることで要求QoEとリプレゼンテーション情報から必要スループットの推定を実現しています。また、「アクティブユーザ数予測機能」では、マクロフローごとの将来のアクティブユーザ数を予測しています。端末からアプリケーション・ネットワーク協調機能へ通知されたマクロフローごとのアクティブユーザ数の時系列データから時系列予測手法のSARIMAを用いて、将来のアクティブユーザ数を導出しています。そして、「マクロフローごとのQoS要件抽出機能」では、推定したユーザごとの必要スループットと予測したマクロフローごとのアクティブユーザ数から、マクロフローごとの必要帯

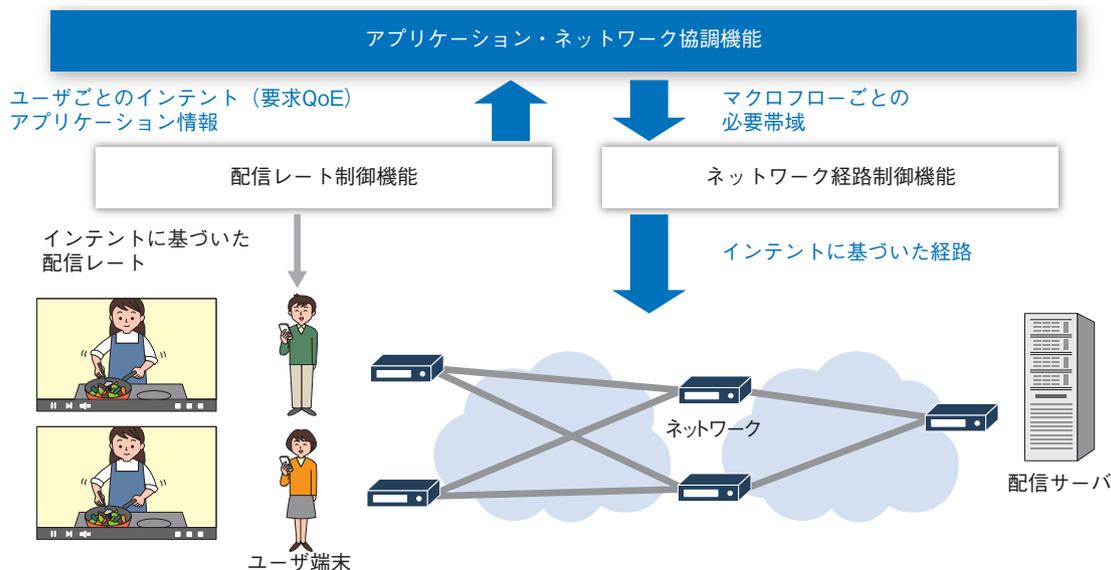


図2 Intentに基づいたアプリケーション・ネットワーク協調制御技術

域を算出しています。これら機能により、ネットワーク経路制御においても、要求QoEを考慮したネットワーク要件に基づいた制御を可能としています。

シミュレーションによる効果検証

提案技術の有効性を確認するため、シミュレーションにてアプリケーション制御とネットワーク制御が独立して動作する従来技術との比較を行い、ユーザ満足度およびネットワークリ

ソースの利用効率の観点で提案技術の効果を検証しました。ここでは、シミュレーションの概要と効果検証の結果について解説します。

■シミュレーション概要

シミュレーションシナリオは、キャリアネットワークとインターネット間のPOI (Point of Interface) など、ネットワークのボトルネック個所が二重化されているようなネットワーク構成において、片経路が輻輳した場合の

経路制御を想定しています。シミュレーションはオープンソースのネットワークシミュレータであるns-3を用いて実施しました。図4はシミュレーション環境の構成を示しています。ネットワーク構成はルータ3台がフルメッシュ接続されている三角構成になっています。1つのルータに配信サーバが1台、残りの2つのルータにそれぞれ90台のユーザ端末が接続されており、配信サーバとユーザ端末間で

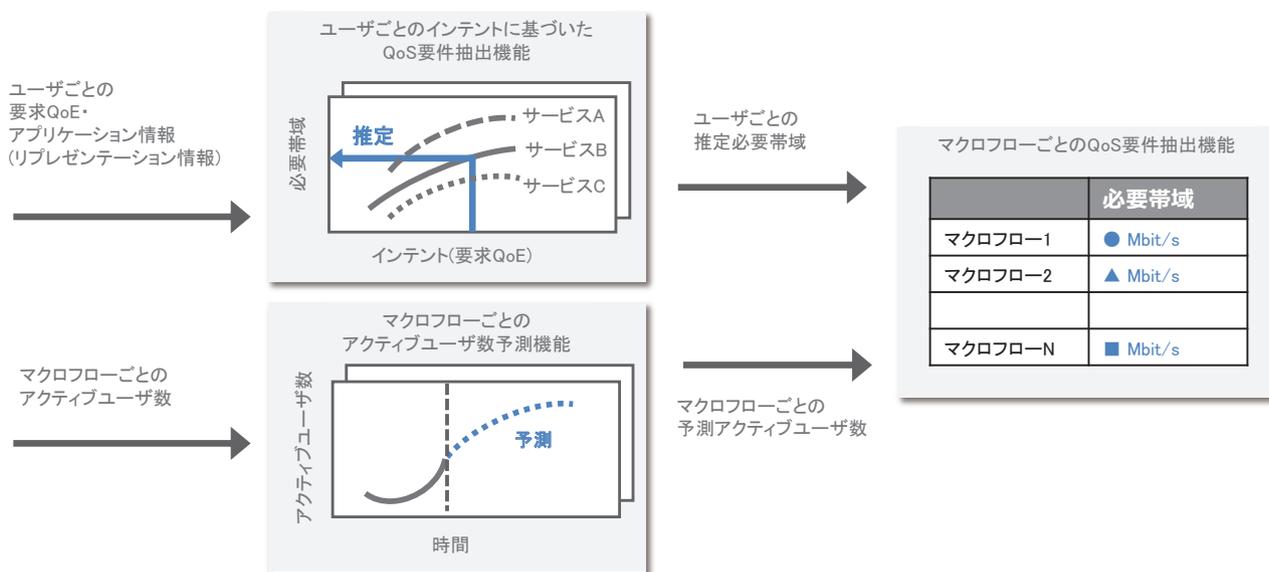


図3 アプリケーション・ネットワーク協調機能

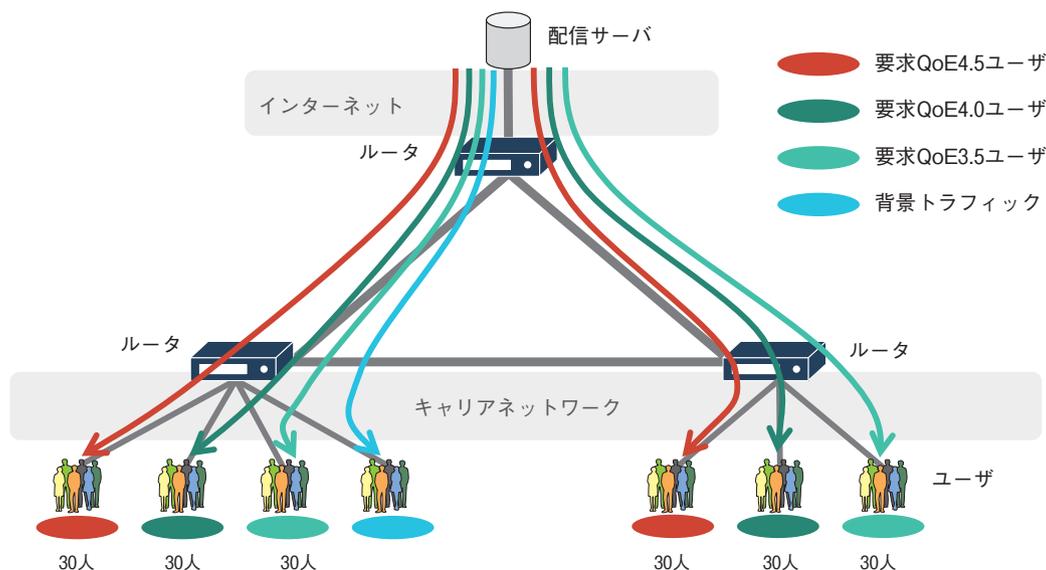


図4 シミュレーション環境

経路が二通り存在します。ユーザ端末では、要求QoEを4.5（最高品質）、4.0（高品質）、3.5（中品質）のいずれかに設定することができ、それぞれの要求QoEに設定された端末を各ルータ配下で30台ずつ配置しました。輻輳は、ユーザ端末が接続しているルータ配下に配置した端末から配信サーバへ背景トラフィックを流すことで発生させました。効果検証は、輻輳時に提案技術と従来技術で経路制御を実施し、要求QoEの達成度とネットワークリソース利用効率の観点で比較評価を行いました。

■シミュレーションによる効果検証

図5は輻輳時に提案技術と従来技術にて経路制御した後の要求QoEを達成したユーザの割合を示しています。従来技術は、全ユーザの約22%が要求QoEを満たしていません。また、要求QoEが4.5（最高品質）のユーザに絞ると、約3分の2が要求QoEを満たしていません。これは、ネットワーク制御は、ネットワーク内の情報のみを用いて必要帯域を導出しており、ユーザの要求QoEやアプリケーション制御を考慮できなかったため、正しく必要帯域を推定できなかったためです。一方、提案手法は全ユーザが要求

QoEを満たしています。これは、提案技術が端末のアプリケーションで取得した要求QoEを用いることで従来手法よりも要求QoEを満たすための必要帯域を高い精度で推定できたためです。このように提案技術は、従来技術よりもユーザ満足度をより高めることが分かります。また、リンク帯域を増加させて従来技術の要求QoEを達成したユーザの割合を提案技術と同等にした場合、16%のリンク帯域の増加が必要となり、ネットワークリソースの利用効率の観点でも提案技術は従来技術よりも優れています。

まとめと今後の展望

Mintentの実現に向け、映像配信サービスを対象にIntentに基づいたアプリケーション制御とネットワーク制御の協調技術を確立しました。さらに、提案技術はアプリケーション制御とネットワーク制御が独立して動作する従来技術よりも、ユーザ満足度を高めることができ、ネットワークリソースの利用効率の観点でも優れていることを示しました。今後は、映像配信サービス以外にも拡張させるために、さまざまなサービスに対して汎用的に適用できる技術を確立していきます。また、アプリケーション制御、ネット

ワーク制御に加えて、クラウドサーバ制御も含めたマルチレイヤでの協調技術の実現をめざします。

■参考文献

- (1) K. Yamagishi and T. Hayashi: "Parametric Quality-Estimation Model for Adaptive-Bitrate Streaming Services," IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 19, No. 7, pp. 1545-1557, Feb. 2017.
- (2) T. Kimura, T. Kimura, A. Matsumoto, and J. Okamoto: "BANQUET: Balancing Quality of Experience and Traffic Volume in Adaptive Video Streaming," CNSM2019, Halifax, Canada, Oct. 2019.
- (3) 小林・松村・木村・土屋・則武: "サービス収容度を用いた効率的な仮想ネットワークへのリソース割り当て手法の検討," 信学技報, NS2015-151, 2016.
- (4) 小林・原田: "サービス要求品質に基づくネットワーク制御技術," 信学会総大会, BS-4-11, 2020.
- (5) 小林・河野・原田: "映像配信におけるマルチレイヤ統合制御," 信学総大, B-7-27, 2021.
- (6) 河野・小林・原田: "映像配信におけるアプリケーション・ネットワーク協調制御," 信学総大, B-11-12, 2022.

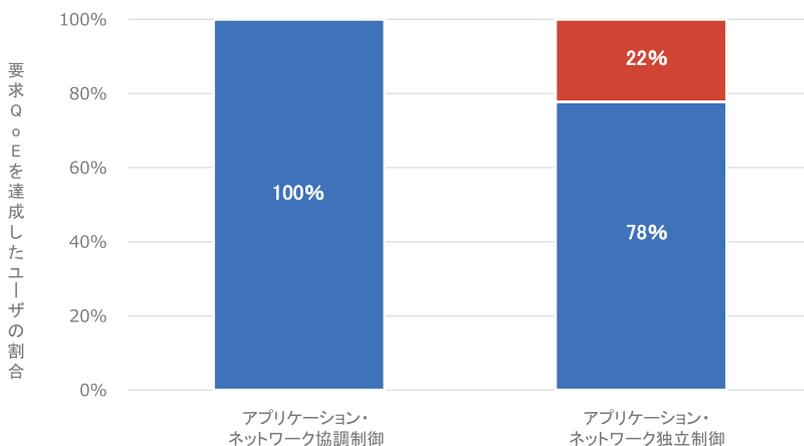


図5 シミュレーションによる効果検証結果



(左から) 河野 太一 / 小林 正裕

映像配信サービス以外のサービスに対してもユーザの要求（Intent）に基づいたアプリケーション・ネットワーク協調制御技術の適用領域を拡張し、さまざまなサービスをユーザが快適に利用できるICTインフラの実現をめざします。

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
通信トラヒック・品質・オペレーション研究プロジェクト
TEL 0422-59-6486
FAX 0422-59-6364
E-mail taichi.kawano.sk@hco.ntt.co.jp

挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



柏野牧夫

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
フェロー
柏野多様脳特別研究室 室長

内発的動機が一番強い ドライビングフォース、 志の共鳴が 新しい流れをつくる

2021年の世界最大のスポーツイベントの女子ソフトボール競技で、日本代表チームが金メダルを獲得しました。その背景には、優れた技を可能にする脳のメカニズムを解明し、最新の情報技術を用いたトレーニングによってその向上を図るといった新たな試みがありました。潜在脳機能という観点から心と身体のメカニズムを探求する柏野牧夫フェローに研究の概要と研究者としてのあり方を伺いました。



自覚できない脳機能を解明し、伸ばす

現在、手掛けている研究を教えてください。

一貫して興味を持っているのは、潜在脳機能、つまり自覚できない脳の動きです。日常生活におけるさまざまな活動一状況を把握したり、意思決定をしたり、適切な動作をしたり、他者とコミュニケーションしたり、喜怒哀楽を感じたりといったことは、どれをとっても脳での膨大な情報処理の賜物なのですが、そのプロセスの大半は自覚できません。私たちの「心」は、潜在脳機能によって支えられているのです。

一方で、潜在脳機能は「身体」と深く結びついています。例えば、アスリートの神業というのは、いちいち考えなくても瞬時に身体が巧みに動くことで実現されます。音楽を聴いて感動するときにも、震える、涙が出るといった身体反応がひとりでに生じます。また、身体的な不調は心の不調にもつながります。心と身体の接点である潜在脳機能のメカニズムを探求し、より望ましい状態へと導く方法論を確立するというのが私たちのめざすところです。

そこには必然的に多様性の問題もかかわってきます。各人の脳、身体、来歴はさまざまなので、「望ましい状態」といっても、ただ1つの正解はありません。多様な人々が、



それぞれの特性を活かして、能力を最大限発揮し、幸福感を得られるようにするにはどうすればよいか。それを考えるための科学的・技術的基盤を提供したいと思っています。

具体的にどのようなアプローチで研究活動を行っているのでしょうか。

ここ数年は、「逆応用科学」というアプローチを意識しています。「基礎から実問題へ」ではなく、「実問題から基礎へ」という方向で研究を進めるのです。これは単に目的の定まった、射程の短い応用研究をよしとするという意味ではありません。「川の流れるについて知りたいなら汲んだ水を眺めても無駄だ」と言った先哲がいますが、私たちのこれまで手掛けてきた認知神経科学研究は、ビーカーの水を細かく調べているようなものではないのかという思いを、次第に抑えきれなくなったのです。その分野で確立された方法論で実験を重ねているうちに、問題設定自体が、実際の人間の営みからみてリアリティのない、的外れなものになっているかもしれません。

そこでまずは実際の川の流れるを見ることに立ち戻ってみることにしました。潜在脳機能や多様性といった問題が特

徴的に現れるフィールドの1つが、私の場合はスポーツだったのです。当事者の直面するリアルな問題を解決するという方向を意識しつつ、認知神経科学の基礎研究をやってみようというわけです（図1）。得られた結果は、論文として公刊するだけでなく、現場にフィードバックして、妥当性や有効性を検証します。その結果を踏まえてまた次なる問題を深掘りするというループを回します。このようなアプローチを実践して約5年が経ちましたが、幸いトップアスリートをはじめさまざまな現場の方々のご協力を得て、ようやく成果がかたちになってきました。

基本的なテーマは3つあります。まず、技能の熟達とはどういうことか。その表裏一体として、不調とはどういうことか。2番目は、心身相互作用、いわゆるメンタルと呼ばれる問題です。本番であがって失敗したとか、逆にゾーンに入って成功したとかというのはどういうメカニズムか。3番目は、個人間相互作用。チームメイトや相手、観衆といった他者の存在がパフォーマンスを左右するメカニズムですね。これらの問題にかかわる潜在脳機能、つまり無自覚的なプロセスを解明したいわけですから、本人に聞いてもだめで、なるべく自然な状況で客観的に計測する方法が不可欠です。その方法自体、研究の一部になります。

当事者の現場



発達障害

難聴

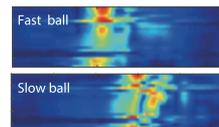
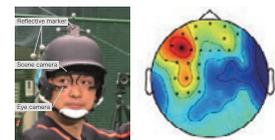
音楽

研究室

本質的問題の発見

- 身体技能の熟達と不調
- 心身相互作用
- 個人間相互作用

- 認知神経科学
- 情報技術



妥当性・有効性の検証

図1 逆応用科学アプローチによる潜在脳機能の探求



世界最大のスポーツイベントで 金メダルに貢献

2021年に行われた世界最大のスポーツイベント（大会）で金メダルを獲得した女子ソフトボール日本代表チームとの実践的な取り組みは大きな成果となりましたね。

たしかに、私たちのアプローチの象徴的な事例にはなりましたね。もちろん、勝負はときの運ですし、私たちがかわっていかなくても、金メダルは獲れたかもしれません。チームのスタッフや選手の身を削る努力あってのことなのはいうまでもないです。だから結果論で「貢献した」というのは憚られるのですが、日本ソフトボール協会とは、私たちがスポーツ脳科学研究を立ち上げたところから緊密な関係を築いてきたのは事実です。ソフトボールが大会の正式競技に復帰することが決まったのが2016年8月。その直後から、日本ソフトボール協会の矢端信介選手強化副本部長（現：本部長）や宇津木麗華ヘッドコーチらが私たちの研究に興味を示してくださいました。新しいことにチャレ

ンジしようという双方の思いが共鳴したのかもしれませんが。その後、2017年10月には共同実験協定を結び、「脳を鍛えて、ソフトボールで勝つ」を実践すべく、日本代表チームとともにさまざまな取り組みを行ってきました（図2）。

一例を挙げれば、大会後にテレビや新聞などで「秘密兵器」として取り上げられたピッチングマシン。一見するとバッティングセンターにある映像付きマシンと大差不いように見えます。しかしこれは、対戦が想定される投手たちの、各球種を投げるときのフォームと球質を可能な限り精密に再現した「投手シミュレータ」なのです。フォームや球質は、国際試合で研究メンバーが撮影した映像が基になっています。そこから独自のアルゴリズムで球の回転情報を解析し、それをプログラム可能なピッチングマシンで再現しました。このマシンは、矢端氏が当初からおっしゃっていた、「金メダルのためには米国の“動く速球”への対策が一番の課題」という問題に対する、認知神経科学的な回答とも呼べるものです。私たちの実験により、優れた打者は、投球フォームやリリース直後のボールの軌道の情報を



図2 女子ソフトボール日本代表チームとの取り組みの様子



用いて、無自覚的にボールの到達点を予測していることが実証されました。A投手のライズボールは球速何km/hで何センチ変化するなどというデータを知っても、打てるようにはなりません。脳内の予測モデルを精緻化するには、投球の映像、ボールの軌道、打てたか打てないか、これらの対応関係を何回も経験する必要があります。これを、コロナ禍で実際に対戦がない中でどうやって実現するか。その答えがこのマシンというわけです。

このマシンの効果を定量的に評価するのは困難ですが、大会直前の大事な時期に選手たちが積極的に使ってくれていたという事実が、私たちにとっては何よりもポジティブな評価のように感じられました。

一流選手の信頼を得るとは素晴らしいですね。改めてこの取り組みにおける学術的意義や社会的意義を教えてくださいませんか。

「実問題から基礎へ」をかたちにしたことに第一の意義があると思います。これは言うのは簡単ですが、ちゃんとやるのは大変です。これまで、認知神経科学の基礎研究と実フィールド、例えばスポーツの現場が交わることがほとんどなかったのには理由があります。基礎研究者は、問題を単純化し、要素に分解し、厳密に統制した実験によって現象の背後にあるメカニズムに迫ろうとします。そういう立場からすると、実際のスポーツはややこしすぎて手に負えません。単純な視覚刺激に対するボタン押しと、アメリカ投手陣の“動く速球”を全身で打ち返すのとでは問題の複雑さが桁違いですし、プレッシャーの効果を調べるといっても、実験室内で倫理的に許されるレベルのプレッシャーと、金メダルのかかった打席でのそれとは比較になりません。基礎研究者にしてみれば、実問題では「まともな論文が書けない」ですし、現場からみれば、科学的な知見は「使えない」ということになってしまいます。

そこで私たちがめざしたのが、「リアリティを落とさずに基礎研究の俎上に載せる」ということです。これは10年前だったら難しかったと思います。2010年代後半になると、

ウェアラブルセンサやコンピュータビジョンの技術が飛躍的に進み、プレイ中のアスリートの動作や生体反応を比較的自然なかたちで計測することが可能になってきました。私たちもこのような技術を積極的に取り入れ、あるいは新たに開発しています。例えば、実戦中のアスリートの心拍数や身体の動きを計測して、自律神経系の状態とパフォーマンスとの関係を解析したところ、従来の実験室では見られなかったような現象が見えてきました。

先端的な情報技術は、潜在脳機能を調節して、意識できない動きを改善することにも利用できます。先述の投手シミュレータマシンもその1つですし、VR (Virtual Reality) や、動きの可視化・可聴化フィードバックなどを用いたトレーニングシステムも各種開発しています。このようなシステムは、実際にトップアスリートの現場で使ってもらって、皆さんの意見を聞きつつ改良を行っています。

このような営みは、直接的にはもちろん、スポーツの世界を変えることに貢献するでしょう。「心技体」といわれますが、「体」については科学的トレーニングが普及しているのに対し、「心」や「技」ではまだまだです。コーチの成功体験に基づくやり方を選手に押し付けたり、うまくいかない選手に対しては「センスがない」「メンタルが弱い」などと片付けたり、といった例が珍しくありません。「心」や「技」を支える潜在脳機能の解明が進めば、各人の特性に合わせて能力を伸ばす体系的で合理的な方法論が主流となっていくはずで

私たちが見据えているのは、エリートスポーツの世界だけではなくありません。アスリートを対象としているのは、潜在脳機能がある意味もっとも純度の高いかたちで現れるからであって、そこで培われた方法論や蓄積された知見は、若年層、高齢者、障がい者など、さまざまな特性や状況の人々に展開可能だと考えています。



「面白くてたまらないこと」が 研究の原点

最近、研究活動にどのような姿勢で臨まれていますか。

「初心に帰る」ということを改めて意識するようになりましたね。研究者としてある程度キャリアを積んでくると、自分の研究でも、他人の研究でも、あまりワクワクすることがなくなってきます。「ああ、そういうやつね」みたいな。しかし子どものころを思い返してみると、宇宙、城、歌謡曲、電気工作など、文字どおり寝食を忘れてのめり込んでいました。学校の勉強には何の関係もないし、誰かに褒められるわけでもない。それどころか、禁止されても止められない。純粋に好奇心、面白さといった内発的動機で突き動かされていたわけです。ある種、性癖みたいなものに近いかもしれません。結局、エネルギーとしてそれが一番強いですよ。誰かに言われてやる、今こういうテーマが流行りだからやる、成果が出そうだからやる、褒められるためにやる、といった外発的動機では、なかなかオリジナリティのあるところまで突き詰めていけないように思います。

ノーベル賞クラスの研究でわりとよくあるのは、本来の専門とは異なる分野に新規参入して間もない時期の成果です。その分野の常識を知らないからこそ、常識を覆すようなアイデアが出せるという面があるのでしょう。ある分野に精通すると、その分野で確立した手法ありきで、暗黙のうちに解けそうな問題を設定していることがままあります。本来、まず知りたいことがあって、それに応じて方法を考えるはずなのに、研究キャリアを積むほど、それがいつの間にか逆転していたりするのです。スポーツ脳科学の研究を始めた動機の一つには、そういう反省もありました。新しい方法を考えるのは簡単ではありませんが、その分エキサイティングでもあります。

ただ、単に面白いこと、好きなことをやるというだけでは、職業としての研究はなかなか成立しません。研究費やメンバーを確保するには、さまざまな観点から研究の価値をうまく説明できることが必要です。こう言うと何か方便

のように聞こえるかもしれませんが、自分の研究の潜在的な可能性を他者の視点から考えてみる機会にもなると思います。

今後はどのように進んでいかれますか。

ひとヤマ当てたいですね（笑）。学術的にいえば、定説を覆すとか、新たな概念を打ち出すとか。社会的にいえば、人々の生活を変えるとか、人間観を揺るがすとか。そういうレベルのことはまだ何も成し遂げてないですから。一方で、この5年間、新しいことにチャレンジしてきて、これはかなり面白くなりそうだという手応えも得られました。これからは、それを踏まえて、より本格的な探求と展開を図るフェーズに入ります。私自身の軸足は学術面にあるのですが、社会的、ビジネス的なインパクトも同時に追求したいと考えています。

これはもちろん、単独でできることではありません。学術的にも、さまざまな専門分野の研究者が協働することが不可欠ですし、アスリート、チームスタッフ、ビジネスパーソンなど、さまざまな立場の人々の連携が必要です。幸いなことに、すでにそういうネットワークができており、次第に拡大しています。面白そうなプロジェクトには、立場やバックグラウンドは違ってても、志を同じくする人々が自然に集まってくるものだとことを実感しています。アスリートにも、メンタリティはほぼ研究者という人も珍しくありません。

私が室長を務める研究室は、若手、しかも全く違う分野から移ってきた人が多いのが特徴です。スポーツとか、音楽とか、それぞれ好きでたまらないことがあって、志願して社内外から異動してきたのです。その時点で、内発的動機は十分ですし、すでに別分野の素養を持っているという点も有利です。私としては、彼らがリスクを恐れず、本質的なテーマにチャレンジできるような環境を用意したいと考えています。それぞれが新しい人間研究の方法論を生み出してくれば、社会的にも大きな財産になるでしょう。

挑戦する 研究開発者たち CHALLENGERS



中島佳宏

NTTドコモ
ネットワーク開発部
ネットワーク仮想化基盤
担当課長

ギブ&ギブ&ギブ こそが将来の テイクにつながる

スマートフォンの普及により、データ通信トラフィックが急増するにつれ、その特性も急激に変化しました。こうした変化に対応していくためには、ネットワークのスケラビリティ、機能拡張・変更の柔軟性、オペレーションの柔軟性、そしてこれらが低コストで実現されることが求められます。こうした要求に対応するために、ネットワーク仮想化基盤の開発を担うNTTドコモ ネットワーク開発部 中島佳宏担当課長に研究開発の概要と醍醐味を伺いました。



世界に先駆けてNFV商用化. 業界における改革のロールモデルとなる

現在の研究開発内容をお聞かせいただけますか。

モバイルネットワークにおけるコアネットワーク（CN）と呼ばれる、端末の位置情報や加入者情報等の管理、これらの情報を基に端末相互間の交換接続といった機能の制御を行うネットワークの研究開発等に臨んでいます。私はNTT未来ねっと研究所でネットワーク仮想化のための要素技術をテーマとした研究をしており、2017年にNTTドコモへ異動後、この技術のCNへの適用のための研究開発を行ってきました。そして、現在はネットワーク仮想化技術（NFV：Network Functions Virtualization）の国際

標準化と全国展開に取り組んでいます。

昨今ではスマートフォンの普及によりデータ通信トラフィックが急増するにつれ、トラフィック特性も急激に変化してきました。こうした変化に対応していくためには、ネットワークのスケラビリティ、機能拡張・変更の柔軟性、オペレーションの柔軟性、そしてこれらが低コストで実現されることが求められ、そのための技術としてNFVがあります。ネットワークを構成するルータ、スイッチ、ファイアウォール等の装置は、専用のハードウェア（HW）をベースとしてそれを制御する専用のソフトウェア（SW）のセットで構成されています。これらの装置の通信機能に関する部分をSWとして分離し、汎用のHW上で動作させるのがNFVです。これにより汎用のHW上にさまざま

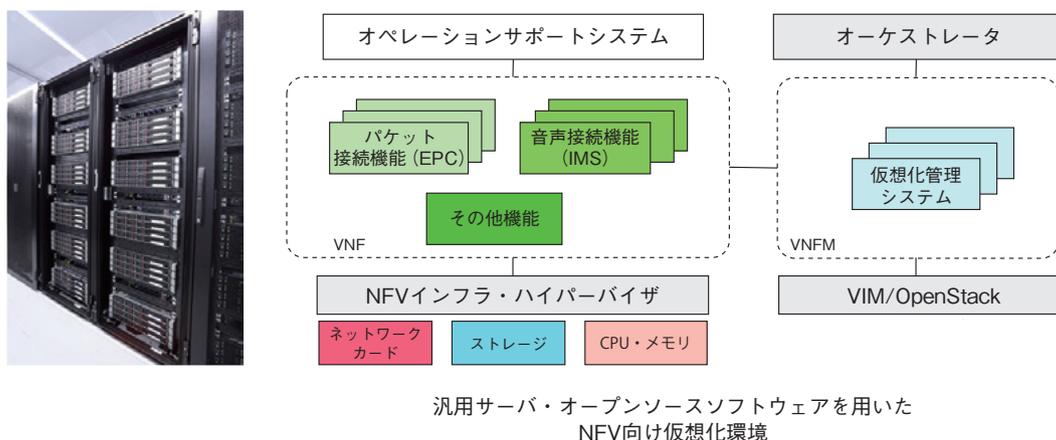


図1 ドコモのモバイル網のネットワーク仮想化の概要

な機能を持った複数のネットワークの構成が可能となります (図1)。

NFVにより、汎用HW上で複数のサービスを実装することができるため、次のような効果があります。新たな機能のSWを追加するだけで、新たな装置を導入することなく、迅速な新サービス提供が可能となります。また、サービスごとに使用するリソースを柔軟に割り当てることで、トラフィック変動や加入者収容の変動への柔軟な対応が可能になるとともに、リソースの利用効率が向上し、コスト削減にもつながります。さらに、故障発生時の装置の切替えや迂回ルートの設定等が迅速かつ柔軟に行えることで、信頼性向上やオペレーションも効率化されます。

世界に先駆けたNFVの商用化には大きな期待が寄せられているのではないのでしょうか。

おかげさまで、「移動体通信をより強靱で、柔軟かつ経済的に実現するNFVの基盤技術を実現し、NFVの国際標準化を主導したこと」が高く評価され、令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰の科学技術賞（開発部門）を受賞することができました。この成果は安定した通信サービスの継続的な提供に貢献するだけでなく、通信事業者によるNFV商用化の世界に先駆けた事例で、業界における改革のロールモデルとなったと評されました。

これらの経験・実績をベースとして、5G（第5世代移動通信システム）のCN（5GC：5th Generation Core network）アーキテクチャをNFVベースとするよう大きく方向性を転換しました。

5GCにおいては、従来のテレコム要件のベースライン実現を確保しつつ、5Gの新機能の具備・構築や保守の高

度化・効率化等、ネットワーク仮想化効果の最大化をめざして研究開発を展開しています。

そして、これまではCN内部の装置の仮想化に取り組んできましたが、今後は基地局装置の仮想化を進め、2022年以降に商用導入を図り、2025年までにはCNの100%仮想化をめざして取り組んでいます (図2)。基地局は非常に数が多いうえに、3G（第3世代移動通信システム）から5Gまで複数のサービスが混在しているため、大きな仮想化効果が期待されます。

通信業界の牽引役として国際標準化に積極的に臨む

常に現状と将来の課題をとらえて改善し続けて、サービスに反映させているのですね。

さらに先を見据えて動いているのが無線ネットワークのオープン化とインテリジェント化をめざした取り組みで、基地局装置の仮想化（vRAN：virtualized Radio Access Network）により対応していきます。

これは、高速低遅延を実現する通信インフラにおいて重要な役割を果たす技術です。IT分野で利用されている汎用的なHWや無線処理にカスタマイズしたHWアクセラレータをベースに仮想化技術を無線基地局に適用する取り組みです。vRANの導入により経済性、品質、構築・保守の自動化への期待が込められています。

まず、経済性においてはHWとSW分離によって最適なソリューションの組合せの実現への期待です。最新HWによる性能向上と低消費電力化に加えてエッジからCNまでのインフラ共用、共通オペレーションが見込まれていま



す。そして、仮想化・自動化によるシンプルかつインテリジェントなRAN (Radio Access Network) の保守の実現です。RANのインテリジェント化を担う制御部であるRIC (RAN Intelligent Controller) によるトラフィック変動への対応、安定的かつ長期的な仮想化基盤の運用が可能となります。さらに、構築・保守の自動化においてはエッジからCNまでのインフラ共用化とオペレーションにより、エッジでの現地作業の削減やエッジからコアのE2E (End to End) でのオーケストレーション提供が見込まれるなど、さまざまな成果が期待されています。

私たちはCN装置の仮想化技術をすでに2015年に導入していますし、運用経験もありますから、これらを最大限に活かしつつ、現在はvRAN導入を推進しています。その一例が、2021年2月から開始したvRAN技術を有するパートナー企業との「5GオープンRANエコシステム (OREC) の協創プログラム」で、これにより多様なニーズにこたえられるように柔軟なネットワーク構築が可能になります。

将来の課題への対応という意味では、NFVの国際標準化に取り組んでおり、これにより汎用製品を用いることで発生する問題、例えば、一般的にメーカーによる装置のサポート期間が短いことや、導入装置の製品サポート期間終了後の対応等の課題を解決することができます。

NTTドコモが国際標準化に取り組んでいる意義は大きそうですね。

国際標準化は異なるメーカーの製品間で相互運用を可能に

するために、当該業界において統一規格を設ける取り組みです。統一された規格の製品により、メーカー依存なく基地局装置を共通化することができますし、それによって経済性を図ることが可能となります。NFVについては、2010年代前半から研究開発と並行して欧州電気通信標準化機構 (ETSI : European Telecommunication Standard Institute) NFVを中心とした国際標準化を進めてきました。その中で、ETSI NFV ISG (Industry Specification Group) は通信事業者が主導し、情報通信業界全体に対して、ネットワーク仮想化の共通要求条件や参照アーキテクチャ等の標準仕様を策定するグループとして2012年にETSIの下部組織として設立されました。現在は、110社・団体が加盟しており、私はここで副議長を務めています。

そこで規定されるISG NFVは、仮想化リソースの管理とオーケストレーションに焦点を当て、ネットワーク機能の仮想化に関する100以上の異なる仕様とレポートが作成され、アーキテクチャの観点から、NFV仕様として、仮想化の要件、NFVアーキテクチャフレームワーク、機能コンポーネントとそのインタフェース、およびこれらのインタフェースのためのプロトコルやAPI (Application Programming Interface) が規定されています。

こうしたETSI NFV ISGにおける活動が評価され2020年に日本ITU協会賞の奨励賞をいただきました。日本ITU協会賞は電気通信/ICTと放送分野に関する国際標準化や国際協力の諸活動に、優れた功績を遂げた者、今後の貢献

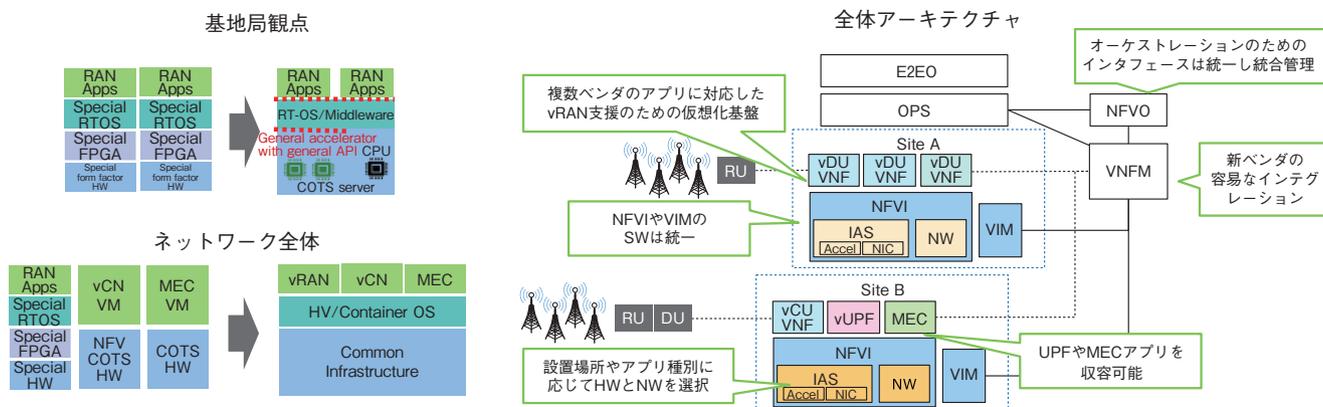


図2 基地局の仮想化の概要

が期待される者に贈られます。私は副議長として、オペレータやベンダ、学者をリードし、NFVの進化の方向性の合意形成や標準化を推進する等、標準化団体の運営向上に貢献しました。また、MANO (Management and Orchestrations) 機能群のインタフェース仕様、テスト仕様の品質の向上(開発からのフィードバック)に貢献し、将来、さらなるNFVの進化や仮想化基盤を前提とした5Gのネットワークの実現に向けた国際標準化活動への貢献を期待されたことが評価されました。



泥臭いことをスマートに

NTT 未来ねっと研究所からNTTドコモへ異動され、研究から研究開発へとポジションが変化したことで何か実感することはありますか。

検討のアプローチの違いです。研究所は技術主体で業務をどう改革できるかを検討し、事業における開発では現状の業務をいかに技術で解決するかを検討します。また、研究においてはトップデータが優先されますが、開発には導入効果が優先され、そのためのバジェット(予算)管理は必須です。さらに運用をはじめさまざまな人や状況がかかりますから、必ずしも秀でた技術により問題を解決するとは限りません。

研究と事業における開発はゴールとするところが異なり、この違いに慣れるまでには1年あまりかかりました。ただ、幸運にも私が異動してすぐに仮想化という大きなプロジェクトに参画し、現場で発生していた困難な問題に、これまで追究していた仮想化技術の知見を活かし、解決につなげることができました。これがきっかけで仲間との意思疎通が円滑になり、キャッチアップも早くできました。

ただ、NFVに限らずSWの世界には、とてつもなく優秀な雲の上のような方々もいらっしゃいます。その方々と自分を比較して、まだ足りないと思うことはありますから、これを真摯に受け止めて、努力を重ねていきたいと思えます。

その努力とは自分の手で動かす、手を動かして体験するという、そして実際に赴いて現場の問題意識や改善への要望を直接伺うことです。現場の方々との交流を通じた情報収集は重要で、私にはお客さまのある一言がきっかけで姿勢も視点も変化したという経験があるからです。だからこそ、私たちが検討して導いたソリューションは本当に現場で喜ばれているかを確認したいですね。

このように研究開発は結構泥臭い仕事です。綺麗なことだけ見ているとやはり事業的な観点はなかなか見えてこな

いのです。新しい機能を導入したからといってお客さまの満足を得られる時代ではありませんし、パスワードだけに対応していても現場は動きません。いかに業務を改革し運用効率を上げるという具体的な成果が重要ですから、泥臭いこともいとわず、有効な手段を常にストックしておいて提案できるようにしておきたいと考えています。

研究開発者の醍醐味を教えてください。

社会にインパクトを与えられることかもしれません。もちろん、研究者も学術的なインパクトを与えることができますし、私にとってはどちらも楽しいことです。実際の業務改革にしても標準化にしても、NTTドコモの開発部門に身を置いて、より大きくそれを感じます。だからこそ、今後、何かインパクトを与えられるようになりたいですね。例えば、「〇〇の方式」と呼ばれるような、自分の名前がつくようなレベルまで実績が残せたら楽しいですよ。

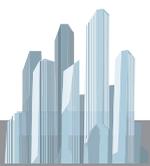
ただ、インフラを支える技術は特殊な分野であるため、なかなか表に出てこないこともありますし、いまだに「電話屋さんですよ？」とか「モバイルですよ？」と言われることもありますから、私たちの仕事を認知・理解していただくのは、チャレンジングなことでもあります。そうした状況にあっても、私たちの仕事やその成果は、業界においても社会に対してもインパクトが高いものであると自負しています。若い研究開発者の皆さんにもどんどんチャレンジしてほしいと思います。

研究開発は何かを実現する技術力やその考え方、例えばネットワークのつくり方を学ぶことができます。何より開発も現場もまとめて経験できるととても面白い世界なのです。

最後に、私はギブ&ギブ&ギブこそが将来のテイクにつながると考えています。これは私の原点で、研究所の上司に言われた言葉です。情報を発信することでその分情報が入ってきます。逆にそれを止めてしまうと何も入ってこないということになり、良い循環が途切れてしまうのです。そして、単眼的な視点で見るとためらうことであっても、長期的な視点で眺めると大切なことはあります。良い循環が定着するまでは不安で心配なこともあるかもしれませんが、自らを醸成させることに努めて、良いものを手に入れられるように少しずつ種をまいていくような感覚でギブしていくことが重要なのではないのでしょうか。

若い研究者の指導にもこの姿勢で臨んでいますが、人によってとらえ方は違いますから、皆さんがギブされていると感じているかどうかは、なかなか知ることはできませんね。

明日のトップランナー



NTTデバイスイノベーションセンタ

鈴木賢哉 特別研究員

IOWN構想の未来に欠かせない高性能な光機能デバイスのためのスマートフォトンクス技術

現在、光機能デバイスの用途は拡大の一途を辿り重要性を増していますが、スペックの高度化・多様化といった要求に対応するためには機能や性能の向上はもちろんのこと、開発期間や製造スループットの改善なども図る必要があります。今回は、光デバイスの製造におけるこれらの課題を解決するスマートフォトンクス技術について、鈴木賢哉特別研究員にお話を伺いました。

◆PROFILE：2000年東京大学大学院博士課程修了。博士（工学）。同年、日本電信電話株式会社に入社。NTTフォトンクス研究所に所属。2022年よりNTTデバイスイノベーションセンタ/フォトンクネットワークデバイスプロジェクト特別研究員。石英系平面光波回路（PLC：Planar Lightwave Circuits）や空間光学型デバイスの研究開発、それらの応用に関する研究開発に従事。電子情報通信学会学術奨励賞、エレクトロニクスソサイエティ活動功労表彰等を受賞。



スマートフォトンクス技術で 安定した光機能デバイスの製造を可能にする

◆ご研究されているスマートフォトンクス技術とはどのようなものでしょうか。

IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想のオールフォトンクス・ネットワーク（APN：All-Photonics Network）をはじめとした光通信や光センシングなどの幅広い領域で、光デバイス技術は重要なものですが、設計、製造の過程で発生する性能の制限や製造性において課題もあります。スマートフォトンクス技術は、自動化や統計的な予測を用いて開発期間の短縮や製造スループットの改善を行い、高精度な光機能デバイスを簡単に実現する技術的な取り組みとして定義しました（図1）。

従来の光機能デバイスは、製造工程で発生する誤差を手作業で補正などを行ってききましたが、属人的な技術が必要であり、それによってヒューマンエラーが起きるなどの問題が多々ありました。この従来の方法に代わって、自動化を行い安定したデバイス製造を行うことをめざして立ち上げた研究テーマがスマートフォトンクス技術です。

建築を例にとって考えてみると次のような説明ができるかもしれません。建物を建てる時、木材などの切り出しの精度には公差が定義されると思います。ある範囲のずれであれば最終的に建物は隙間なくできます。一般的に、たくさんの工程を経て建物

は完成すると思いますが、その各々の工程で許容公差が定義されると、最終的にとても大きな公差を許容しなければなりません。そのような工程ごとの公差やずれの許容量を極限まで低減し、最終的にできるものの性能を高めていくということがスマートフォトンクスで提案する目的の1つです。つまりスマートフォトンクス技術では、製造の各工程で前工程の誤差を補正しながら目標とする性能に近づけていき、最終的に良いものが安定してできるようにするために研究を行っています。これはいわゆるスマート工場と同じような考え方もかもしれません。自動化などの課題意識は同じところにあり、さらに、光デバイスの特徴に着目したスマート化を主軸に研究を進めています。

私がプロジェクトリーダを務めている光スイッチモジュールプロジェクトでは、マルチキャストスイッチと呼ばれるデバイスを開発しています。これは例えば地震や災害が起きて光ファイバが切れてしまったときに、迂回経路を設けて通信を確保するために、ルーティングや光のパスの切り替えに使うキーとなるデバイスです。このスイッチは、CPUやメモリなどといったいわゆるLSI（Large Scale Integrated Circuit）の製造技術を転用して作製します。私のグループでは、光ファイバと同じガラス材料でウエハの上に光の集積回路をつくる石英系平面光波回路技術を使って、マルチキャストスイッチの開発に取り組んでいます。このようなデバイスを高性能につくるための基盤技術として始めた研究が、スマートフォトンクス技術です。

APNで求められている高性能な光機能デバイス製造を実現したいというのが、この研究のモチベーションです。さらには、光

ウエハプロセス

実装プロセス

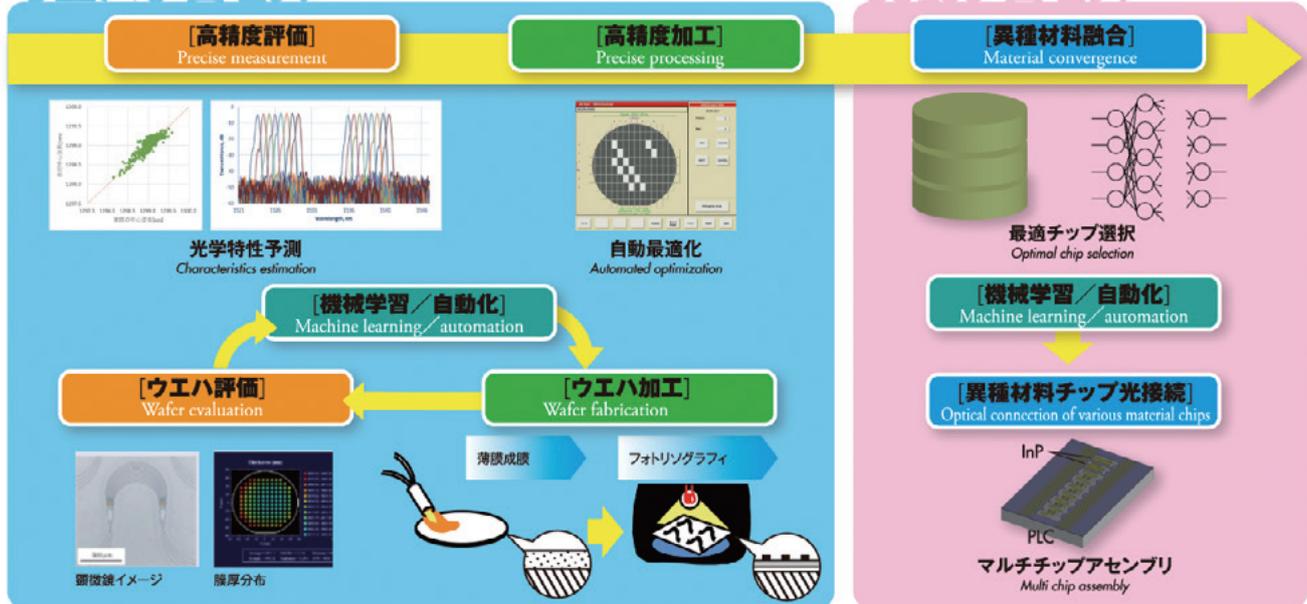


図1 スマートフォトリソの概要

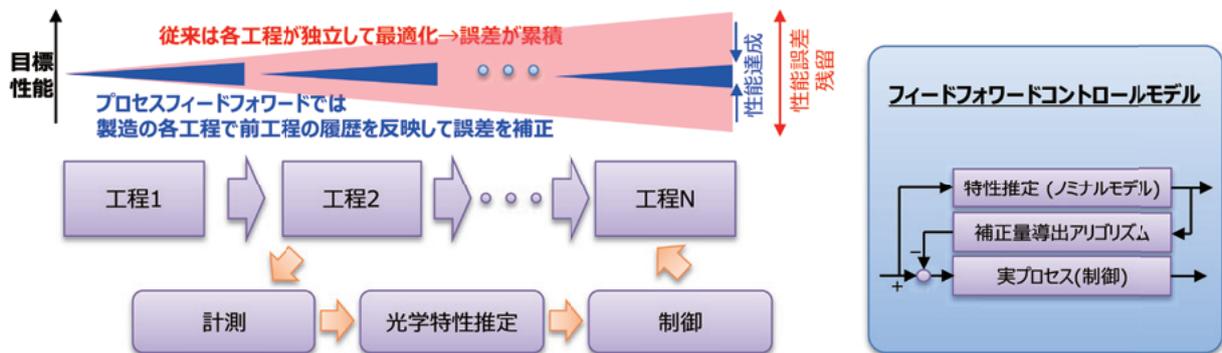


図2 プロセスフィードフォワード法の概要

デバイスの製造現場において、さまざまなエラーで発生するデバイスの作り直しを減らしたいという思いもあります。例えば将来的に光機能デバイスが一般家庭に普及するなど用途が多様化して需要が拡大した場合も、スマートフォトリソ技術により、安定かつ大量に光機能デバイスを製造することができると考えています。

◆スマートフォトリソ技術による製造は具体的にどのような方法で行うのでしょうか。

スマートフォトリソ技術を実現する鍵として、プロセスフィードフォワード法という手法を提案しています。プロセスフィードフォワード法とは、製造過程において発生する誤差情報を後の工程に反映して、各々の工程で逐次的に補正することで高

性能な光機能デバイスを実現するというアイデアです。光デバイスウエハはさまざまな工程を経てつくられますが、前述したように工程ごとに最適化するのではなく、全体として良いものができるように各工程を協調させるようなイメージです。さらにはウエハプロセスだけではなく、石英系平面光波回路と光半導体のような異なる材料を組み合わせたデバイスにも展開を考えています。性能結果の良いものどうしが組み合わせられた場合に良い性能が出るというのは当たり前ですが、中程度の性能のものを組み合わせられた場合においても、ベストミックスとなるよう、最大限の性能を引き出して、目標値を達成する高性能なデバイスを製造することもねらっています。

図2は光機能デバイス製造工程におけるプロセスフィード



フォワード法を表したものです。ウエハを基板とする光の集積回路において、屈折率という指標がありデバイスとしての光学特性に大きな影響を及ぼします。この屈折率の数値が製造するたびにばらつくことがあり、大きな問題です。そのため、まずはガラスの屈折率や厚みを精密に計測し、そのデータを基にして標準的な幅でガラスをつくるとどうなるか、統計的な手法を使って光学特性推定を行います。そしてばらつきが出て誤差が生じそうな場合には、次の工程で光が伝搬するコア部分の太さなどを変えて、等価的な屈折率が同じになるように最適化を行います。こういった補正を各工程で繰り返して行うことで、従来の工程では誤差が累積して性能分布が広がっていたものが性能のばらつきも小さくなり、安定して高性能なデバイスを実現することができるというのがプロセスフィードフォワード法です。

高性能な光機能デバイスをつくり IOWN構想を実現する

◆スマートフォトンクス技術を応用した今後の展望について教えてください。

スマートフォトンクス技術は、ようやく研究の結果が出てきたという段階ですが、ゆくゆくは本技術を使ってIOWN構想を実現するために、さらにさまざまなデバイスをつくり世の中に広めていくことを目標としています。現在は主に石英系平面光波回路技術に適用していますが、ここで磨いたアイデアやエッセンスを光半導体やそのほかの材料の光デバイスにも展開して、良い性能を出せるように技術を応用していきたいと考えています。

スマートフォトンクス技術は、さまざまな光デバイス研究の基礎になるような基盤的な技術です。今まで光デバイスの分野では材料ごとの専門性が高く、技術者どうしの専門分野の垣根を越

えた話が少し難しいところもあったように感じます。スマートフォトンクス技術をさまざまな分野に広げてそれぞれの専門分野のエッセンスを共有できるようにしたいと考えています。すべてのデバイスにスマートフォトンクス技術を展開することで、それぞれの材料の良いところを組み合わせ、今までにない集積デバイスをつくることも目標の1つです。

また光デバイスの製造はその特殊性もあって、少し古い設計の装置を使って製造することがあります。古くて更改するのが難しい装置が残っているような分野においては、それらを制御の自動化技術にも応用できるのではないかと考えています。DX（デジタルトランスフォーメーション）市場の規模は2030年には数1000億円にもなると見積もられており、この研究で培った技術の一部をそういった装置が残る中小企業、町工場のようなところにも幅広く展開して、自動化やIoT（Internet of Things）化といったもののバックグラウンド技術として活用できればとも考えています。

◆研究者や学生、ビジネスパートナーへメッセージをお願いします。

私は現在NTTデバイスイノベーションセンタに所属しており、ここは日本で有数の研究環境だと感じています。特にハードウェアの研究は豊富な設備が用意されていて、研究が好きで新しい何かをつくることや、さまざまな意味で挑戦することが好きな人にとっては、自分のアイデアを試して実現することができるNTTの研究環境はとても魅力的だと思います。

論文を書くこともありますが、NTTデバイスイノベーションセンタはデバイスの実用化を目的とした組織ですので、ユーザに価値を感じて実際に使ってもらえるデバイスを研究することが求められます。そのためにはユーザの声に日々耳を傾け課題を見つけると同時に、業界のトレンドをつくっていくことも必要です。光デバイス業界の市場はグローバルなので、海外との会議も多々あります。そういった意味でデバイスの研究開発は論文を書くこととは別の厳しさがありますが、自らが提案した技術や方式がリアルに世界のトレンドになるのは面白いです。

これから研究開発を通じて、日本のみならず世界に評価される価値を、研究者や学生、ビジネスパートナーの皆さんと一緒に創出していきたいと思っています。



（今回はリモートでインタビューを実施しました）



AIによる機械翻訳で 多言語対応で高精度な 翻訳サービスを提供

みらい翻訳は、AI(人工知能)によるニューラル翻訳エンジンをベースとした「Mirai Translator[®]」サービスにより、企業向けに多言語対応の高精度な翻訳サービスを提供している。「Mirai Translator[®]」は企業のデジタルトランスフォーメーション(DX)を推進し、お客さまに「言葉の壁を越え、新しい生活と仕事の様式をもたらす」ことをめざす、事業への思いを鳥居大祐社長に伺った。



みらい翻訳 鳥居大祐社長

機械翻訳で企業の デジタルトランスフォーメーションを実現

◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

情報通信研究機構(NICT)、NTT研究所と協力しながら最先端技術を導入し、日本語を中心とした高精度の機械翻訳を開発・ビジネス展開する目的で、2014年10月にみらい翻訳が設立されました。設立当初は、NTTドコモ、世界初の機械翻訳システムを開発した米国のSYSTRAN、音声認識技術を提供するフュートレック社の3社合併で立ち上げ、さまざまな知見を受け継いできましたが、現在は、NTTドコモ、NTTコミュニケーションズ、パナソニック、翻訳センターの4社合併となっています。

2014年ごろはルールベースの機械翻訳から統計的機械翻訳に技術がシフトしている段階でした。統計的機械翻訳は汎用的な実用面としては翻訳精度がまだ高くない状態であり、私たちは、対象とする分野を専門的なものに絞ることで一定の精度を確保する対応をしていました。2016年にGoogleが機械翻訳をリニューアルしてサービス提供し、そのころから徐々にニューラル翻訳が主流になり、それに呼応して2017年に情報通信研究機構(NICT)、NTT研究所の協力の下、ニューラル翻訳エンジンを開発し、それをベースに「Mirai Translator[®]」というサービスとしてビジネス展開を始めました。

現在は、「Mirai Translator[®]」による企業向けクラウド機械翻訳サービスを中心に、ベンダ向け音声翻訳API(Application Programming Interface)の提供、機械

翻訳オンプレミス提供、ソフトウェアライセンス(NICT関連)の販売について事業展開しています。

◆事業環境はどのような状況でしょうか。

翻訳という一般的な、翻訳を発注する「クライアント」と、翻訳を受注する「翻訳会社」と「翻訳者」という主に3つのプレイヤーで構成されている翻訳サービスと思われがちですが、みらい翻訳の事業はこれとは異なります。

私たちが提供しているサービスは、例えば、貿易会社における契約業務のように、日常業務の中で契約書の翻訳が必要となるような状況において、通常翻訳のできる専門家を常駐させて対応していたものを機械翻訳に置き換えることになるもので、ある種のデジタルトランスフォーメーション(DX)ツール・ビジネスツールです。その意味では、前述の翻訳会社も私たちのお客さまになり得る会社です。サービスの使い方については、Webページ上に原文を入力してボタンをクリックすると、翻訳文が原文と並んで表示されるというのが基本で、主として個人を対象としてはいますがGoogle翻訳をイメージしてもらえると分かりやすいかもしれません。

「Mirai Translator[®]」は私たちが直接サービス提供しており、約60万IDが利用されています。また、私たちの技術は、NTTドコモの「はなして翻訳[®]」、パナソニックの「対面ホンヤク[®]」、NTTコミュニケーションズの「COTOHA[®] Translator」、富士通の「Zinrai Translation Service」といったパートナーサービスとしても利用されています。これは日本最大級の規模の企業向け機械翻訳サービス事業となっているのではないかと思います。

言葉の壁を越え、新しい生活と仕事の様式をもたらす
共通語の機能をつくることをめざして

◆「Mirai Translator[®]」をお試し利用してみましたが、
Web等で一般的に提供されている自動翻訳に比べて翻
訳精度も高いですね。企業向けに何か工夫されている点
はありますか。

翻訳精度は測定方法にもよりますが、TOEIC960点以上
のレベルで、プロの翻訳者と同レベルです。

精度以外にも企業向けという点では、セキュリティに対
して非常に高い水準が求められる金融機関、製薬会社およ
び政府系機関などの厳しい要件や各種情報保護規定への対
応を可能とするために、ISO27001 (ISMS) の取得のほか、
国内クラウド機械翻訳で初のISO27017認証を取得してい
ます。そのうえで、原文や翻訳文中に人名、プライバシー
やノウハウにかかわる語句等も多数出てくるので、翻訳終
了後にはデータを自動削除し、サーバには情報が一切残ら
ないような工夫をしています。

また、ビジネスコミュニケーション・テクニカル文書
などの翻訳に対応した「汎用翻訳モデル」、契約書・規定
など法務関連文書や、決算短信・アニュアルレポートなど
財務関連文書の翻訳に対応した「法務・財務モデル」
といった専門翻訳モデルも提供しています。

そして、日本語、英語、中国語相互間の翻訳のほか、日
本語・英語と欧州系言語（ドイツ語、スペイン語、フラ
ンス語、ポルトガル語、ロシア語、イタリア語）・アジ
ア系言語（韓国語、タイ語、ベトナム語、インドネシア語）
の翻訳といった多言語対応もしています。

さらに、原文の文章を入力して翻訳文を結果として得る
のが通常パターンですが、WordやPowerPoint等のファ
イルをそのまま入力し、ファイル内の各ページのレイアウト
等はそのままテキストだけを翻訳するファイル翻訳や、
ユーザ辞書・ユーザプロファイル等の管理のカスタマイズ
等、企業における実際の利用シーンを意識した機能を組

み込んであります。

実際に、こういった機能を利用した事例を紹介します。
大手総合商社では日常的に英語は使用していましたが、
一部の公的文書の翻訳は外注していました。それを「Mirai
Translator[®]」で対応すると同時に他の翻訳にも使うよう
にし、生産性向上を図りました。

総合空調専門メーカーでは、業務のグローバル化が進展し
ていく中で、海外子会社や販売会社の中長期の事業計画立
案、月次決算、営業支援等における各種ファイルやメール
文の翻訳に活用することで、生産性向上を図りました。

そして、総合エレクトロニクスメーカーやグローバルな自
動車部品メーカーでは、海外子会社・拠点のエンジニアと
の間で、高い翻訳精度とセキュリティ要件が必須な資料の
やり取りに「Mirai Translator[®]」を活用しています。

◆今後の展望についてお聞かせください。

私たちは、会社のビジョンとして「言葉の壁を超え、新
しい生活と仕事の様式をもたらす共通語の機能を機械翻訳
として2028年までに作る。（世界のすべての人々に英語を
母語とする人々と同じ体験を与える.）」と掲げ、そのため
に「異言語間のコミュニケーションに新しい展望を拓く最
適な機械翻訳技術を追い求める」「生活と仕事の新しいス
タイルにある、まだ見えない需要に応えるサービスを発明
する」「自らソフトウェア製品を開発し、運用し、日々改
善する」「世界中の異なる業界の人と話す」をアクション
としています。

「Mirai Translator[®]」が日常のメールのやり取りの延
長のように使われる、つまり日常のビジネスシーンの中に
溶け込んでくると、それはまさに「言語の壁のない新たな
ワークスタイル」であり、私たちのビジョンのめざすところ
でもあります。そのために「Mirai Translator[®]」をよ
り日常のビジネスシーンにチューンするよう変化させてい
くとともに、より多くのお客さまに新たな付加価値を提供
し続けることで、ビジョンの実現に向け邁進したいと思
います。

新たな利用シーンを開拓し AI翻訳のパラダイムシフトを起こす キーファクターはプロダクトマネジメント



取締役 CPO (Chief Product Officer)
井上 真也 さん

◆担当されている業務について教えてください。

「Mirai Translator[®]」をはじめ、NTTコミュニケーションズが提供している「COTOHA[®] Translator」対応等、AI翻訳プロダクトの責任者をしています。

組織としてのプロダクトマネジメント力強化を目的に、2022年4月から、プロダクトマネジメント室が発足しました。お客さまに近い視点に立脚してプロダクトの企画、開発、運用までのバリューチェーンを循環させていく「プロダクトマネジメント」が非常に重要な意味を持つ中で、プロダクトマネジメント室ではそのプロダクトマネージャーの活動を支援するとともに、体系的な育成も行うという戦略的なミッションもあります。

プロダクトマネージャーはお客さまとのディスカッション等を通して、お客さまのニーズの背景にある問題意識、課題を解明し、プロダクト開発チームと二人三脚でその課題に対するソリューションを開発に反映させていきます。また、その評価をお客さまにフィードバックすることでプロダクトをさらに良くしていく、といったサイクルを循環させています。

具体的な事例として、製薬業界とのコンソーシアムがあります。「Mirai/COTOHA Translator[®]」には「法務・財務モデル」といった、特定分野チューンした翻訳モデルがあるのですが、製薬分野向けにも、製薬業界に特化した専門モデルをつくっています。新薬は独立行政法人 医薬品医療機器総合機構（PMDA）の承認のもとに日本国内での販売が可能となりますが、英語で記述された資料が多い中、審査では日本語の資料が必須なので、早期に承認を得るためにこの翻訳をAIを利用して高速・高精度で行う

ことが、各社の共通認識になっています。そのため、コーパス（機械翻訳の学習データ）や専門用語の辞書がコンソーシアムに集まりやすく、それを私たちが機械学習させることを繰り返すことで、高精度な製薬業界モデルが出来上がります。その結果、業界各社がこのモデルを活用することで、新薬承認の手続きに際してのメリットを享受できるようになります。製薬業界の事例を基に、他の業界へも拡大していくつもりです。

◆現在注力していることを伺えますか。

AI翻訳の利用シーンを増やしていくことに注力しています。現時点では特定の人が文書翻訳する際に利用するという「人手翻訳の代替」という傾向があります。今後はAI翻訳がビジネスチャットやメール等の多言語コミュニケーションや、多言語Webサイトの閲覧をサポートすることで、ビジネスチャットがセキュアに精度の高い自動翻訳付きで利用できたり、社内・社外のWebの検索結果を精度の高い翻訳で表示したりすることが可能となります。こういった日常のビジネスシーンの中における利用を拡大していくことで、特定の人ではなくすべての社員のビジネスシーンに実装され、AI翻訳のパラダイムシフトを起こしたいと思います。試行錯誤を繰り返しながらこれを実施しています。

もう1つはファイル翻訳の精度を上げることです。ファイル翻訳はキーアプリケーションですが、レイアウトや太字、下線付といった文字装飾の表示がまだ不十分なところがあり、これを少しでも完全なものにしていきたいと思えます。ファイル翻訳の約45%がPDFファイルの翻訳であり、この場合はレイアウトや文字修飾の再現以前に、元原稿のテキスト表示とテキストを読み込むOCR機能の精度に依存する部分があるので、これらの対応を行うとともに、文脈を意識した翻訳機能の追加や、新たな装飾保持、辞書の有効利用等、新たな技術の適用を積極的に実施していきたいと考えています。

◆今後の展望について教えてください。

会社のビジョンである「言葉の壁を超え、新しい生活と仕事の様式をもたらす共通語の機能を機械翻訳として2028年までに作る。（世界のすべての人々に英語を母国語とする人々と同じ体験を与える。）」をめざして、日常のビジネスシーンの中に私たちのサービスが溶け込んだ状態をつく

り出すことが必要です。

そのためには、さまざまな利用シーンを開拓してく中で、選ばれるプロダクトになることをめざしています。新しい利用シーンというのはさまざまなイノベーションが必要となるので、お客さまの課題認識がどこにあるか確認しながら一歩一歩利用シーンを広げていくこととなります。

例えば現在ビジネスチャットにおける利用シーンを開拓していますが、それによりお客さまの課題認識を吸収することができればそのスキーム、考え方を水平展開できます。それを次々と繰り返し、お客さまの使い方が変わっていくことでビジネススタイルの変革、そしてDXにつなげていくことができると考えています。

こうした取り組みを展開した結果として当社の収益向上につながっていくのですが、そのためには私たちのサービスの認知度向上を図ることも重要になります。現在のB2B2Eタイプのビジネスモデルだけではなく、B2B2C/B2Cタイプのビジネスモデルへの展開も検討していくつもりです。実際に医者、弁護士、研究者、大学院生等、英語論文を読まれる方が数多くおり、こうしたアカデミックの領域でサービスを提供することで認知度向上につながるのではないかと考えています。

みらい翻訳 ア・ラ・カルト

■ニックネーム文化

みらい翻訳では、派遣社員等を含む全社員が役職に関係なくニックネームで呼び合うそうです。「さん」「ちゃん」といった敬称も禁止なので、上司に対しても自然と呼び捨てになってしまいます。会社設立から続いており、その背景には「誰が言ったのか」よりも「何を言ったのか」を重視しているとのこと。まさにフラットな会社です。入社時にニックネームを決めるのですが、最近は社員数が増えてきて他の人と重ならないように決めることも一苦労なようです。また、すっかりニックネーム文化に慣れているため、外部の方との打合せの席上でも、社員どうしがついニックネームで呼び合ってしまうこともあるそうです。

■社員発のリモートワーク環境活用

コロナ禍以前からリモートワークを実施しています。最近では、東京近郊以外の社員も増えてきているので、SlackやZoomといったコミュニケーションツールを使いこなしており、気軽なコミュニケーションが頻繁に行われています。現場のエンジニアからのリクエストで、バーチャルオフィスも導入しており、さらには、現場発のリクエストでイベントが行われることも多いとか。現在、エンジニアのアイデアで社内ラジオを企画中で、有志を集めて間もなく第1回目の放送が始まるそうです。オンライン中心のコミュニケーションではありますが、コロナウイルスが落ち着いた後は次回対面ということにもなるかもしれません。オフラインでのコミュニケーションも今後思案中とのこと。

■自然言語処理

翻訳会社ということで、ネイティブスピーカーが何人かいるかと思いきや、人数割合は多くないとのこと。考えてみれば、翻訳をするのは人間ではなくAIなのです。とはいえ、自然言語処理に関するエンジニアも多いため、エンジニアには言語そのものに興味のある人が多いようです。英語はもちろん、それ以外の言語を話せる人もいて、言語をまたいだ議論も行われているそうです。中には、オンラインで行った創立記念日の懇親会のクイズ大会で、「機械翻訳分野に大きな影響を及ぼしたのは何レポートか」とか、「英語、中国語、日本語の語彙数の多い順番に並べ替えよ」といったマニアックな問題を出題されたそうです。

林業での労災と獣害抑止サービスに向けた、山間部におけるLPWA電波伝搬の実地検証

NTT東日本では、LPWA (Low Power Wide Area) やローカル5G (第5世代移動通信システム) などの技術を利用用途に応じてお客さまのプライベートネットワークに活用しつつ、案件を通じて得られたデータや知見を通してデジタル技術を活用した地域のスマート化と社会課題解決をめざしています。今回の活動ではLPWAプライベートネットワーク構築による山間部通信環境の確保を通して、林業の課題解決と地域スマート化に関する実証実験を行ってきました。ここでは、私たちの山間部における電波伝搬環境の技術検証と得た知見について紹介します。

デジタルデザイン部の紹介

NTT東日本デジタルデザイン部は、光回線やさまざまなICTサービスに続くNTT東日本の新しい事業の柱を生み出すことを目的に、2019年7月に発足しました。AI (人工知能) やIoT (Internet of Things), エッジコンピューティングといった新しいデジタル技術をお客さまの価値に変換し、社会課題の解決や地域活性化に貢献していくことが私たちのミッションです⁽¹⁾。

林業の課題解決に向けた取り組み

日本の林業における課題として、労働災害の発生率が他産業と比較して高い⁽²⁾ことやシカ等による新苗等への食害が挙げられます。食害は林業従事者の経営負担、モチベーション低下といった産業課題だけではなく、植林が育たないことによる土砂災害誘因など社会問題にもつながります。こうした課題の解決に向けて、IoT/ICTの活用による労働災害抑止のための業務安全化や、獣害抑止のための害獣用

鼠の捕獲確認効率化などの対策が期待されますが、山間部ではIoT/ICTを活用するための通信環境そのものが整備されていない現状があります。そこでNTT東日本では、高出力マルチホップによる少ない機器数で、山間部への通信環境構築が可能なLPWA (Low Power Wide Area)^{*1}規格のプロダクトを用いて、林業従事者間でのSOS発信やチャットコミュニケーション、害獣用鼠の捕獲検知システムの導入について実証実験を行いました。従来無線の届きにくい山間部における通信環境構築により、安心・安全で効率的な林業経営に向けた取り組みが可能となります⁽³⁾。一方で、山間部における電波伝搬については、経験則から無線局の設置場所や電波伝搬傾向を推定している状態でした。そこで、デジタルデザイン部では、本実証実験においてNTT東日本におけるプライベートネットワーク構築の知見獲得を行いました。

電波損失 3 要素の影響確認

電波伝搬における主な損失要因としては距離減衰^{*2}、シャドーイング^{*3}、フェージング^{*4}の3つがあります。これらが実際の山間部でどのように影響するかを確認するため、NTT未来ねっと研究所の協力を得て、実証実験対象領域の受信信号強度シミュレーションを行いました(図1)。距離減衰の検証では、3つのルートにおいて1~4kmの各地点で受信信号強度を測定したところ、実測では電波が受信できない箇所があり、距離減衰に加えて地形や樹木に大きく影響を受けることが分かりました(図1(a)~(c))。この知見はその後のシミュレーション改善にも役立っています。また、シャドーイングとフェージングについては実測値どうしの比較検証を行い、10 dBm程度の減衰影響を確認できました。

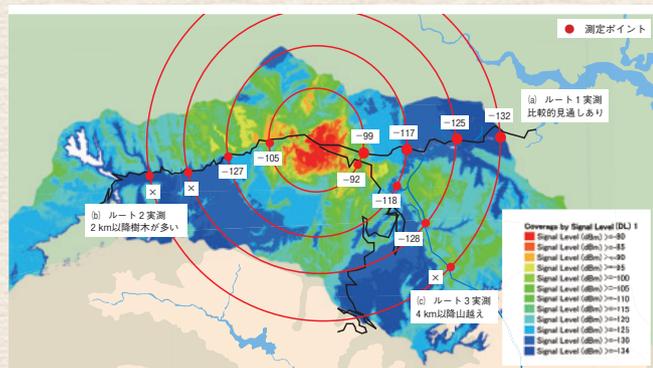
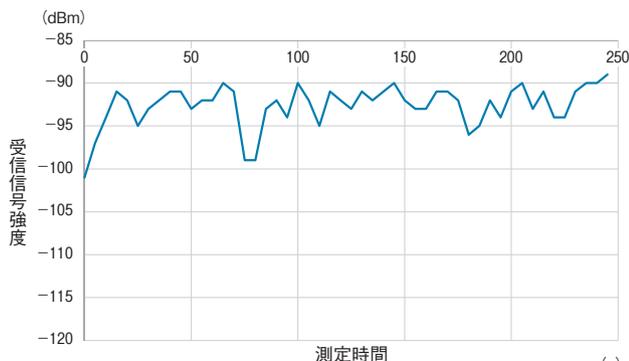
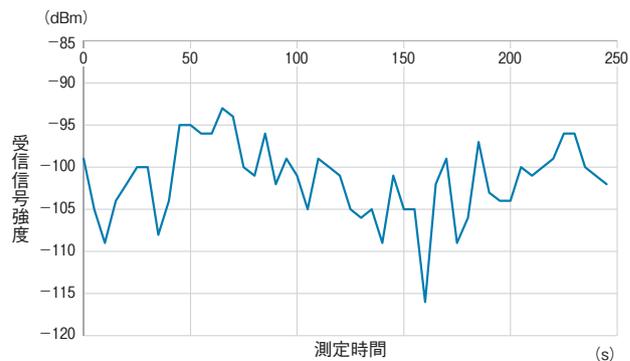


図1 受信信号強度のシミュレーション値と距離ごとの実測値



(a) 受信信号強度の変化（3月）



(b) 受信信号強度の変化（9月）

図2 受信信号強度変化の季節比較

山間部における樹木の影響確認

山間部は都市部と異なり樹木が多いため、樹木種別の違いによる影響と季節の葉の茂り具合の違いによる影響を確認する検証を行いました。検証は落葉樹の葉が落ちた3月と葉が茂った9月に測定しました。

■測定1：樹木種別の違いによる影響の確認

①落葉樹エリア、②落葉樹・常緑樹の混合エリア、③常緑樹エリアの各エリアにて受信信号強度を測定しました。その結果、落葉樹エリアのほうが常緑樹エリアよりも変動が大きくなり、樹木種別による遮蔽影響の違いを確認できました（表）。

■測定2：葉の茂り具合の違いによる影響の確認

落葉樹エリアにおける受信信号強度の変化を測定しました。その結果、3月よりも9月のほうが変動幅が大きくなり、夏場の葉による大きな遮蔽影響があることを確認できました（図2）。

まとめと今後の展開

検証結果から山間部におけるLPWAの無線局設置設計では、複雑な山谷などの地形影響、樹木量と種別（落葉樹・常緑樹）、落葉樹の葉量の変動影響を考慮することが重要だと分かりました。例えば、無線局設置予定個所は夏場の落葉樹の葉が茂った際に実地測定を行い、十分に受信信号強度が得られることを確認するなどの対処が望ましいと考えています。このように実地検証や無線局設置における注

- *1 LPWA：低消費電力で長距離通信が可能な無線通信技術の総称。
- *2 距離減衰：自由空間伝搬損失および送受信間が非見通しであるために発生する遮蔽損失。
- *3 シャドローイング：構造物や地形による遮蔽状況による損失。
- *4 フェージング：複数反射波によって発生する数波長程度の短い区間における急激な変動損失。

表 樹木種別エリアごとの受信信号強度の比較

測定地点		3月測定 受信信号強度 (dBm)	9月測定 受信信号強度 (dBm)	差分 (dBm)
落葉樹 エリア	A地点	-108	-116	-8
	B地点	-92	-101	-9
落葉樹・ 常緑樹 混合エリア	C地点	-105	-109	-4
	D地点	-104	-106	-2
	E地点	-115	-119	-4
常緑樹 エリア	F地点	-107	-109	-2
	G地点	-109	-109	0
	H地点	-119	-116	+3
	I地点	-121	-118	+3

意点などの知見はNTT東日本内でも展開し、実際に3つの案件でもエリア設計のための事前シミュレーションやLPWAネットワーク環境構築に役立っています。デジタルデザイン部ではAI/IoTなどのデジタルトランスフォーメーション（DX）技術も活用し、地方創生とさまざまな産業の抱える課題解決に引き続き取り組んでいきます。

■参考文献

- (1) <https://www.d3.ntt-east.co.jp/>
- (2) <https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/anzen/iti.html>
- (3) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20200122_01.html

◆問い合わせ先

NTT東日本
 デジタル革新本部 デジタルデザイン部
 テクニカルフィールド部門 フィールド担当
 TEL 03-5359-4102
 E-mail dd_field@east.ntt.co.jp

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

デジタルコードレス電話の通話途切れや、無線LANに接続できないなどの無線通信トラブルが発生した場合は、その原因を特定するために電波測定などを実施します。電波測定にはスペクトラムアナライザなどの高価な専用測定器が必要となり、その操作や解析には高度な専門スキルが必要となります。そこで、NTT東日本技術協力センタでは、無線通信のトラブルを手軽に解決できるよう「無線電波可視化ツール」を開発しました。ここでは、その概要と事例について紹介します。

無線通信トラブルの現状と課題

NTT東日本が提供する無線サービスとして、1.9 GHzを利用したデジタルコードレス電話や2.4 GHz帯、5 GHz帯を利用したギガらくWi-Fiなどがあります。デジタルコードレス電話ではPHS (Personal Handyphone System) とDECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) の2種類の方式を利用しています。これら無線サービスでは、通話途切れや接続不良といった故障が発生することがあります。無線サービスにおける通信トラブルの原因を究明するためには、スペクトラムアナライザなどの高価な専用測定器を使い、電波の干渉や受信強度不足などの確認をする必要があります。その操作、解析にはこれまで高度な専門スキルを必要としていました。NTT東日本技術協力センタではスペクトラムアナライザ等の装置を用いて現地トラブルの解決や支援を行っていましたが、このような無線通信のトラブルを高価な専用測定器を用いずに現場で手軽にトラブル解決できることを目的として、無線電波可視化ツールを開発しました。ここでは、ツールの特徴や現場で発

生した故障案件での活用事例について紹介します。

無線電波可視化ツールの概要

無線電波可視化ツールの外観を図1に示します。本ツールは、市販のノートパソコン(PC)とソフトウェア無線機(SDR: Software Defined Radio)で構成され、PCに技術協力センタで開発したソフトウェアをインストールすることで使用できます。ソフトウェアを動作させるために必要なPC、SDRの仕様を表に示します。主な機能として、デジタルコードレス電話の干渉判定・解析や、各種無線サービスのスペクトラム表示、受信した電波強度の分布図(ヒートマップ)作成を行うことが可能です。

無線電波可視化ツールの機能と主な特徴

■デジタルコードレス電話の簡易干渉判定・詳細解析機能

干渉判定機能は、技術協力センタへの相談の割合が多いデジタルコードレス電話での通話途切れや、通信切断といった故障の原因を簡単に特定するための機能です。



図1 無線電波可視化ツールの外観

表 開発品の主な仕様

PC	OS	Windows 10 (64 bit)
	CPU	動作クロック 1.8 GHz以上
	メモリ	4 GB以上
	ディスク容量	1 GB以上
	USBポート	USB2.0 (DC 5 V, 500 mA)
SDR	機種名	Great Scott Gadgets社製: HackRF One
	周波数帯域	1 MHz ~ 6 GHz
	サンプル数	最大 20 M SPS
	分解能	8 bit
	電源	USBバスパワー

デジタルコードレス電話で使用する1.9 GHz帯ではPHS方式とDECT方式の異なる通信方式の端末が混在しています。通信方式は異なりますが同じ1.9 GHz帯を利用するため、各端末の電波強度が強いと電波干渉が発生することがあります。また、近くに携帯基地局が設置されている場合に、その影響を受けることがあります。そこで、これらPHS方式、DECT方式、3G（第3世代移動通信システム）/LTE（Long Term Evolution）などの電波の強度を、5段階のインジケータで表示する簡易干渉判定機能を備えました（図2(a)）。さらに、それぞれの干渉パターンを右側に示しています。通常は灰色ですが、PHS方式とDECT方式の受信強度の差が20 dB以内の場合、また、本ツールで測定した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は赤色に点灯します。これらにより、ひと目で簡単に電波の受信強度や電波干渉の有無を確認することができます。

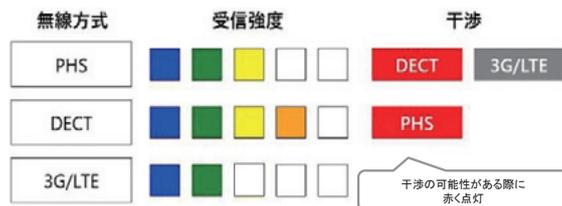
また、電波測定などの知識を有する保守者向けにデジタルコードレス電話で利用する1.9 GHz帯の詳細解析機能を用意しました。例えば図2(b)に示す画面では、1.892~1.904 GHzの帯域でPHS制御チャンネルとDECT信号がどのように干渉しているかを周波数と受信強度を表すスペクトラムで観察することが可能です。さらに本機能

では、受信強度の時間変動を表すスペクトログラムを確認することができるため、PHS方式とDECT方式との干渉の有無を詳細に確認することができます。

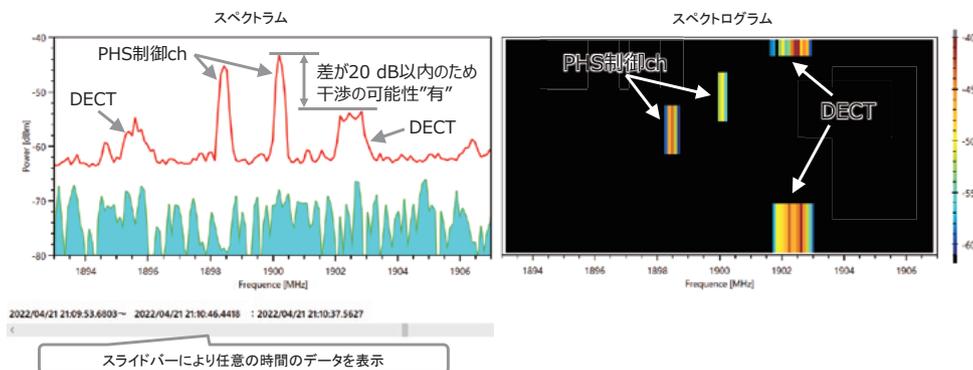
また、本ツールでは、時々しか発生しない無線サービスのトラブルの解決のために、長期監視モードを搭載しました。長期監視モードによる測定データはPC内部に保存されます。保存データは、図2(b)下部にあるスライダーにより任意の時間のデータを呼び出すことができるため、日時を指定することでトラブル発生時の測定結果を確認することができます。

■各種無線サービスのスペクトラム表示機能

本開発品はビジネスホンやWi-Fi、携帯電話以外の各種無線サービスにも対応しています。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）など、表示したい各種無線サービスを選択するだけで、それら無線サービスが利用する周波数帯域のスペクトラムを表示することができます（図3(a)）。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周波数帯域のスペクトラムを測定することができます。本機能では、任意のスペクトラムから受信強度を確認し、受信強度が仕様を満足しているか、同じ帯域に別の電波がないかなどを簡単に調べることができます。また、この任意のスペクトラム表示機能について



(a) 簡易干渉判定



(b) 詳細画面

図2 デジタルコードレス電話の測定機能

も前述の詳細解析機能と同様に長期監視モードを搭載しています。

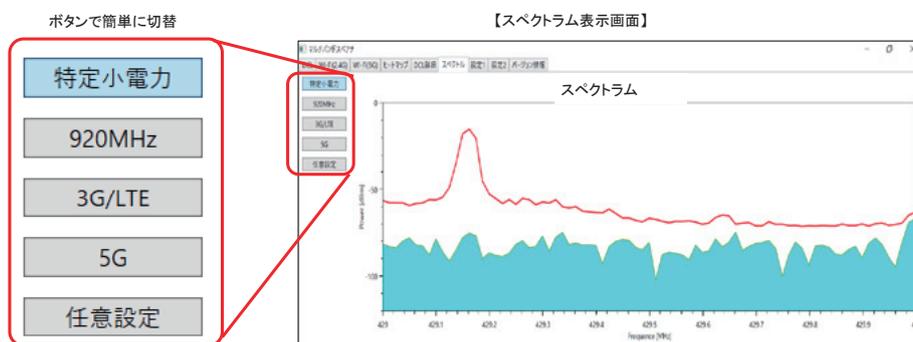
■ヒートマップ作成機能

電波の到達エリアや干渉源の探索を行うためには、電波の強度とその位置情報そして分布が非常に重要な情報となります。そこで本ツールではヒートマップを簡単に作成する機能を組み込みました(図3(b))。まず調査対象の図面をJPEG形式として読み込み、測定する無線サービス(周波数)を選択します。電波強度測定を実施し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。調査範囲内を複数地点で測定することでヒートマップを作成することができます。ヒートマップでは、受信強度の弱い個所は青色、受信強度が強い個所は赤色で表示されます。受信強度を表現するカラーの最大値や最小値は任意に設定可能です。また、作成したデータはBMP形式で

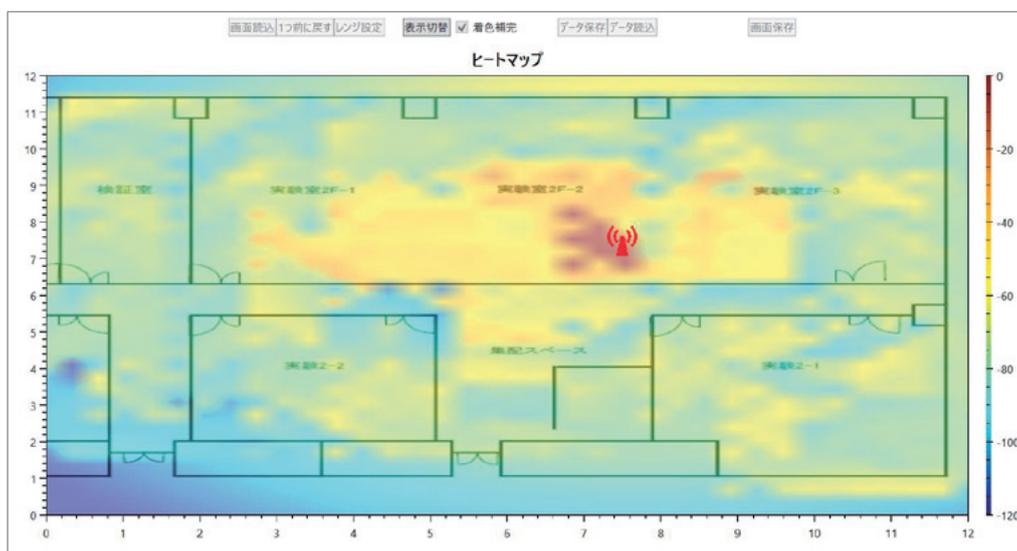
外部出力可能です。

無線電波可視化ツールの故障案件における活用事例

デジタルコードレス電話の故障において、本ツールを活用した事例を紹介します。お客さまはビジネスホン主装置(αA1Pro)にてデジタルコードレス電話端末(A1DCL-PS)7台を利用されていました。設備状況を図4に示します。主装置を更改した直後から、デジタルコードレス電話で通話途切れが発生し、特に図4のA点で頻発するとの申告がありました。原因究明のため、現象が頻発するA点において、本ツールのデジタルコードレス電話の簡易干渉判定機能により電波強度の測定と電波干渉の発生有無を確認しました。その結果、携帯電話基地局(3G/LTE)からの電波による干渉の可能性があることを確認しました(図5)。さらに、スペクトラム表示機能を用いて、携帯基地局からの電波の受信強度を



(a) 各種無線サービスのスペクトラム測定



(b) ヒートマップ作成機能

図3 各種無線サービスの測定機能



図4 設備状況

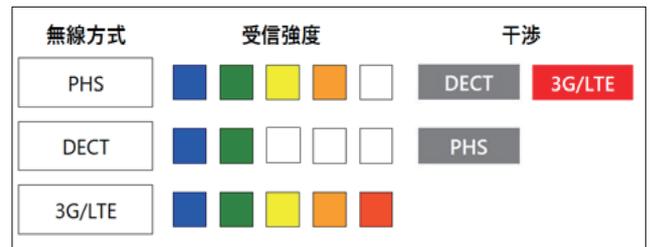


図5 簡易干渉判定による調査結果

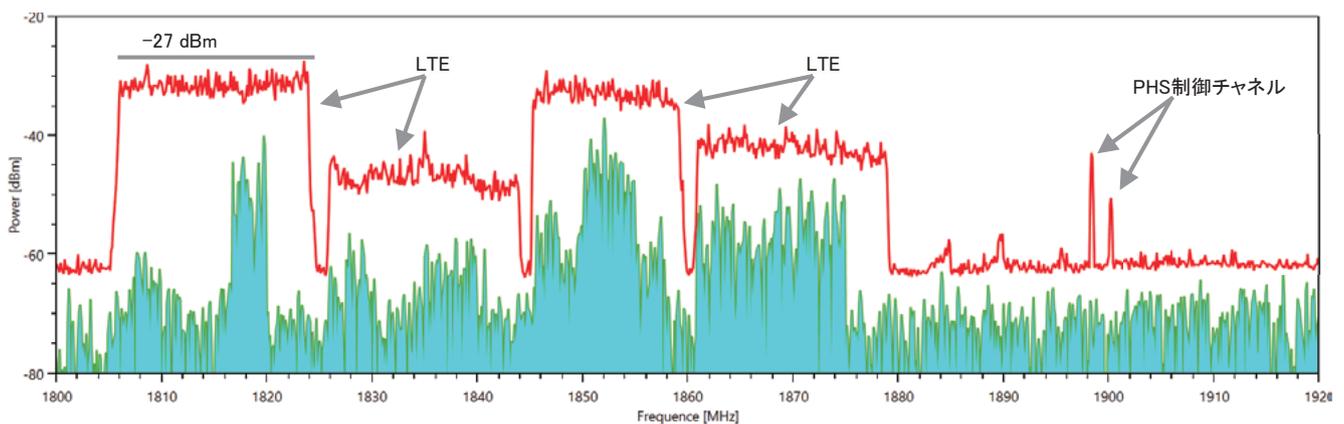


図6 スペクトル測定による調査結果

測定した結果（図6）、特に1805～1825 MHzのLTEの測定値が-27 dBmであり、電波干渉の基準値である-30 dBmを超えていることを確認しました。対策として、デジタルコードレス電話の端末を携帯基地局からの電波干渉に強い基地局対策品に交換しました。その結果、故障が頻発していた図4 A点において通話途切れが発生しないことを確認しました。

今後の展開

無線電波可視化ツールは、デジタルコードレス電話の簡易干渉判定やさまざまな無線サービスをスペクトラム表示することで、電波を可視化することができるツールです。そのためデジタルコードレス電話やその他の無線通信でトラブルが発生した場合に、高価な専用測定器を用いることなく、現場で手軽に解決することができます。

技術協力センターでは、引き続き支店等の現場の課題解決に向けた技術協力活動を推進し、通信設備の品質向上・信頼性向上に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
 NW事業推進本部 サービス運営部
 技術協力センター EMC技術担当
 TEL 03-5480-3711
 FAX 03-5713-9125
 E-mail gikyo-ml@east.ntt.co.jp