

NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和6年12月1日発行 毎月1回1日発行 第36巻第12号(通巻429号)

技術ジャーナル

12

DECEMBER
2024

Vol.36 No.12

特集

地域の新たな価値創造に向けた NTT東日本の先端技術開発について 3GPP Release 18標準化活動

トップインタビュー

北村 亮太
NTT西日本 代表取締役社長

For the Future

ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティー後編一

from NTT東日本

NTT東日本グループによる東南アジア諸国での新規事業開発
——成長が著しいベトナムにおけるテックスタートアップ企業との協業

from NTT西日本

生成AIが導く新しい学びのかたち,教育支援システム「DAIB」の開発



4 トップインタビュー

「走りながら考える」
——首尾一貫の現場主義

北村 亮太

NTT西日本 代表取締役社長



8 特集1

地域の新たな価値創造に向けた
NTT東日本の先端技術開発について

10 先端テクノロジー部における先端的な技術開発について

13 次世代デジタル基盤の取り組みについて

17 先端AI技術の取り組みについて

21 オープンイノベーションの取り組みについて

25 主役登場 柴田 高志 NTT東日本



26 特集2

3GPP Release 18標準化活動

28 5G-Advanced標準化動向

32 3GPP Release 18における5G-Advanced無線技術概要

37 3GPP Release 18における5GCの高度化技術概要——システムアーキテクチャ

42 3GPP Release 18におけるネットワーク自動化およびAI/MLの高度化技術

46 主役登場 熊谷 慎也 NTTドコモ



47 For the Future

ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ —後編—

51 特別企画

「NTT IOWN Technology Report 2024」の公開について

54 **挑戦する研究者たち**

藤原 聡

NTT物性科学基礎研究所 上席特別研究員

単電子転送素子と国際連携で電流標準の実現をめざす



特集

58 **挑戦する研究開発者たち**

小林 由依

NTTデータグループ
技術革新統括本部 Apps&Data技術部

AIを活用してシステム開発の効率化と
生産性向上を推進するための開発プロセスガイド



For the Future

特別企画

62 **明日のトップランナー**

坂本 泰志

NTTアクセスサービスシステム研究所 特別研究員

大容量通信時代の基盤となるマルチコア光ファイバと
電力増加を抑制する増幅の研究



挑戦する研究者たち

66 **from NTT東日本**

NTT東日本グループによる東南アジア諸国での新規事業開発
——成長が著しいベトナムにおけるテックスタートアップ企業との協業

挑戦する研究開発者たち

70 **from NTT西日本**

生成AIが導く新しい学びのかたち, 教育支援システム「DAIB」の開発

74 **Webサイト オリジナル記事の紹介**

1月号予定

編集後記

75 **総目次**

明日のトップランナー

グループ企業探訪

本誌掲載内容についてのご意見,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/>

NTT技術ジャーナルは
Webで閲覧できます。

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





NTT西日本
代表取締役社長

北村 亮太 Ryota Kitamura

PROFILE

1988年日本電信電話株式会社入社。2011年NTT東日本 経営企画部営業企画部門長、2018年日本電信電話 取締役 経営企画部門長、2022年NTT東日本 代表取締役副社長を経て、2024年4月より現職。



「走りながら考える」 ——首尾一貫の現場主義

コーポレートスローガン「あしたへーwith you, with ICT.」を掲げ、ワクワクする未来をめざし、挑戦を続けるNTT西日本。「バリュークリエーションパートナー」として新たな価値創造を通じた持続可能な地域社会の実現に勤しむ北村亮太。NTT西日本 代表取締役社長にNTT西日本の経営環境や新しい年を迎えるにあたり抱負を伺いました。

「セキュリティファーストカンパニー」 として生まれ変わったNTT西日本

2024年は元日から能登半島地震が発生し、防災を強く意識した幕開けでした。この1年はどのような年でしたか。

私は2024年4月に着任して、すぐに被災状況の確認と復旧活動をしている社員や被災者のお話を伺うために現地へ向かいました。当時はまだ道路の復旧も進んでいませんでした。そんな中でも、お店を開いていらっしゃる方に「NTTさん、私たちも一生懸命頑張りますから復興をよろしくお願ひします」とお声をかけていただきました。その言葉に胸が熱くなり、しっかり向き合っていきたいという思いを新たにしました。

能登半島地震関連では、2月末の時点で通信ビルについては立ち入り禁止により入局が困難な1つのビルを除いて、迂回ルートなどを構築するなどして復旧していましたが、9月に発生した豪雨により能登地震から復旧した設備・サービスが再度被災しました。特に迂回のために構築したケー

ブルが断線しましたが、現時点では能登半島地震からサービス断が続いているビル以外は復旧しており、当該ビルも引き続き隣接ビルからのケーブル延伸での対応を進めております。

お客さまの申告に基づく故障修理、お客さま宅内の故障対応については、道路啓開等で対応が難しい地域を除き、特段の遅れなく実施できていますが、いまだに復旧できていない箇所については復興計画や道路啓開に合わせて対応を進めてまいります。

こうした復旧活動はもちろんのことですが、大事なことは、このような大規模災害を被災した経験、復旧・復興に向けたプロセスやノウハウを次代へつなげていくことだと考えています。

また、2023年にNTT西日本のグループ会社において公表した顧客情報の不正流出を受け、私たちは大切なお客さまの情報をお預かりする企業として、「セキュリティファーストカンパニー」に生まれ変わることをめざしてきました。私は、再発防止策としてお伝えしているハード面の対策だけ

ではなく、ソフト面として社員の意識醸成、情報セキュリティをしっかりと守っていくのだという意識をしっかりと持ってもらうこと、そして、人為的なインシデントの発生を未然に食い止めるためにも、何でも言い合える風通しの良い組織風土にしていくことが大事だと思っています。

社長就任直後から、NTT西日本の30支店をすべて訪問し、事業・仕事や会社の環境等に関する社員との対話会や意見交換会を実施し、今回の件を含めて社員に対してメッセージを発しました。顧客情報漏洩に関して、ハード面である再発防止策についてはオントラックで、着実に施策を推進しています。こうした取り組みにより、社員の意識もだいぶ前向きとなり、少し手ごたえを感じています。

北村社長はNTT東日本で副社長をお務めになり、NTT西日本の社長に就任されました。非常に珍しいご経験かと存じます。東西の違い等、お感じのことはありますか。

NTTの地域会社が抱えている本質的な

課題は、NTT東日本・西日本も同じであると感じています。基本的には、固定電話収入が下り坂になっている中で、どのように新しい利益成長を考えていくかが課題です。だからこそ、私がNTT西日本の代表となったことで、NTT東日本・西日本と一緒に知恵を出し合い、連携して取り組んでいけることがあるのではないかと考えています。

1999年にNTT西日本が発足した当時は、事業の98%は固定電話を中心とする音声通信収入でしたが、その比率は年々減少し、今は30%を切っています。音声通信収入については今後も継続的な減少が予想されます。そして、現在、私たちの主要な事業はFTTH (Fiber To The Home) による光サービスですが、その光サービスも市場成長の伸びは鈍化しており、頭打ちの状況です。このような中で、従来のように光の回線増のみに依拠して成長し続けることは困難な状況にあります。持続的に成長し続けるためには、固定音声通信収入の減を上回る収益、利益を成長事業の拡大とコスト競争力の強化によって生み出していく必要があります。

歴史を振り返れば、NTT西日本は営業赤字に陥った時期があり、また競争環境も厳しい状況が続いていることから、ハングリー精神、あるいはチャレンジ精神、バイタリティがあり、創意工夫しながらお客さまの信頼を得ている印象があります。そうした気質（いわゆる関西の“やってみなはれ”の精神）が、グループ会社であるNTTスマートコネクトによる自社データセンタを基盤とした「クラウド」関連事業やNTTソルマレの「コミックシーモア」（日本最大級の電子書籍配信サイト）といった通信事業にとどまらない新たな事業を生み出し、成功させてきたことにつながっていると思います。

一方で、私たちの人員リソースは今後も継続的に減少していきます。このような状況の中、成長事業を拡大させるためには、既存事業は抜本的に業務を見直すことで徹底的に効率化を図り、生産性を最大限に向上させ、そして、創出する人員を育成し、スキルアップしたうえで、成長が期待できる新たな事業にシフトしていく必要があると考えています。



IOWNで体験する「ワクワクするよ うな未来のコミュニケーション」

新しい年に向けて、今後はどのように展開されるのですか。

持続的に成長し続けるために、新しい変革の方向性として次の5つの柱を掲げて取り組みを進めていきます。①光サービスの成長・拡大〔光クロスの提供エリア拡大等による顧客基盤・ARPU (Average Revenue Per User) の拡大〕、②レガシー系サービスからの着実な移行、③法人事業の拡大〔ガバメントクラウドやデータ連携基盤の拡大、BPO (Business Process Outsourcing) 事業、データセンタ等〕、④新規事業の創出・拡大（グループ会社事業、地域創生ビジネス、QUINTBRIDGEでの共創等）、⑤CX (Customer Experience) 向上とコスト競争力強化です。

特に、法人事業におけるコンサルティング案件は受注率・受注高が大きいのでコンサル人材を増やして、コンサル起点の提案を強化していきます。これを型紙化して、ガバメントクラウド接続サービス、データ連携基盤、(小中高向け)校務系ゼロトラストマネージドサービスなどの開発・実装、横展開を行っていきます。

また、生成AI (人工知能) の活用にも注力していきます。生成AIに関する市場は、

「興味・関心」から「業務への適用」への移行が進んでおり、今後、さまざまなビジネスシーンでより一層利用が進むことが想定されます。その中でNTT版大規模言語モデル「tsuzumi」は、その軽量なモデルと高い日本語性能の特徴を活かし、オンプレミス環境における機密性の高いデータを扱う業務への適用を推進し、お客さまの業務課題の解決に貢献していきます。

これまで生成AI関連についてはtsuzumiに限らず、西日本エリアのお客さまから約400件のご相談をいただいています。特に自治体、医療、大学、警察等機微なデータを取り扱う業界のお客さまからのご要望です。これらの業界の持つ特徴に合わせ、外部にデータを持ち出すことなく、独自のカスタマイズ (チューニング) を実現するというお客さまのご要望に沿った実証実験を進めています。

こうした中、山口県様とは自治体業務の効率化、課題解決への活用にチャレンジしています。具体的には、山口県様が保有する機微なデータを扱う業務の対応記録の要約・校正や、各種業務マニュアルの検索・要約等へのtsuzumiの活用を想定しています。多くの自治体が抱える生産年齢人口減少・生産性向上という課題に対し、オンプレミス環境における生成AIを活用したデジタルトランスフォーメーション (DX) 推

進により、秘匿性の高い情報を扱う業務についても効率化に向けて貢献してまいります。

また、医療分野では三重大学病院様と医師不足の課題解決に向けて、電子カルテの情報を基に「退院サマリ」「看護サマリ」などさまざまな定型フォーマットに合わせて出力を自動生成することで、医師の作業負荷軽減、エラー削減等、効率的な医療提供の実現により病院内のDX推進をめざしています。

2025年はいよいよ大阪・関西万博も開幕しますね。

国家プロジェクトである万博が、大阪・関西エリアで開催されることは、関西経済はもとより、低迷が続く日本経済の活性化に向けて大きな期待感を持っています。また、私たちは、大阪に本社を置く企業としても、その成功に向けて強い使命感を持っています。

現在、バーチャル万博、会場案内アプリ（パーソナルエージェント）、テーマパビリ

オンへの協賛、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) の協賛など、NTTグループ全体で積極的に取り組んでいます。その中で、私たちの果たす役割は、万博会場の情報通信インフラ設計、構築、保守運用などが中心になると考えています。

加えて、夢洲・万博会場内にIOWN環境を整え、低遅延を武器に会場内や会場外がIOWNで1つになるようなイベントのお手伝いもする予定です。

例えば、会場内のパビリオン間には、同一府県内で大容量・低遅延を実現する光サービス「APN (All-Photonics Network)」を提供しています。

NTTのパビリオンでは、物理的な距離や心理的な壁を越えて、遠くの人やモノと空間や感覚を共有できる、新しい体験価値を提供します。テーマである「Natural」をリアル・バーチャルで体現し、来場者の皆様にワクワクするような未来のコミュニケーションのかたちをお見せしますので、ぜひご期待いただければと思います。

また、万博をIOWNのショーケースとして、今後はデータセンター事業者や教育機関、放送局、建設、エンタテインメント等、さまざまな分野の企業の皆様に対し、アプローチを進めていきたいと考えています。

12月から県間含め広域での大容量・低遅延を実現する「All-Photonics Connect (仮称)」も開始します。APNを使った具体的なユースケースも増えてきており、例えば、放送業界における課題である、省人化や制作工程のDX、新たな視聴体験の提供等に対しては、複数の制作現場をAPNでつなぎ、リモートプロダクション業務のDX化について実証実験を通じて確認できており、放送事業者様にIOWNを利用いただいています。

目で見ても、肌で感じて、把握した現状に基づいて経営課題を抽出

トップとして大切にしていることを教えてください。

社長就任会見でも宣言したとおり「現場主義」です。実際に現場に赴き、私自身が目で見ても、肌で感じて、把握した現状に基づいて経営課題を抽出し、今はその解決に

向けて全力で取り組んでいるところです。

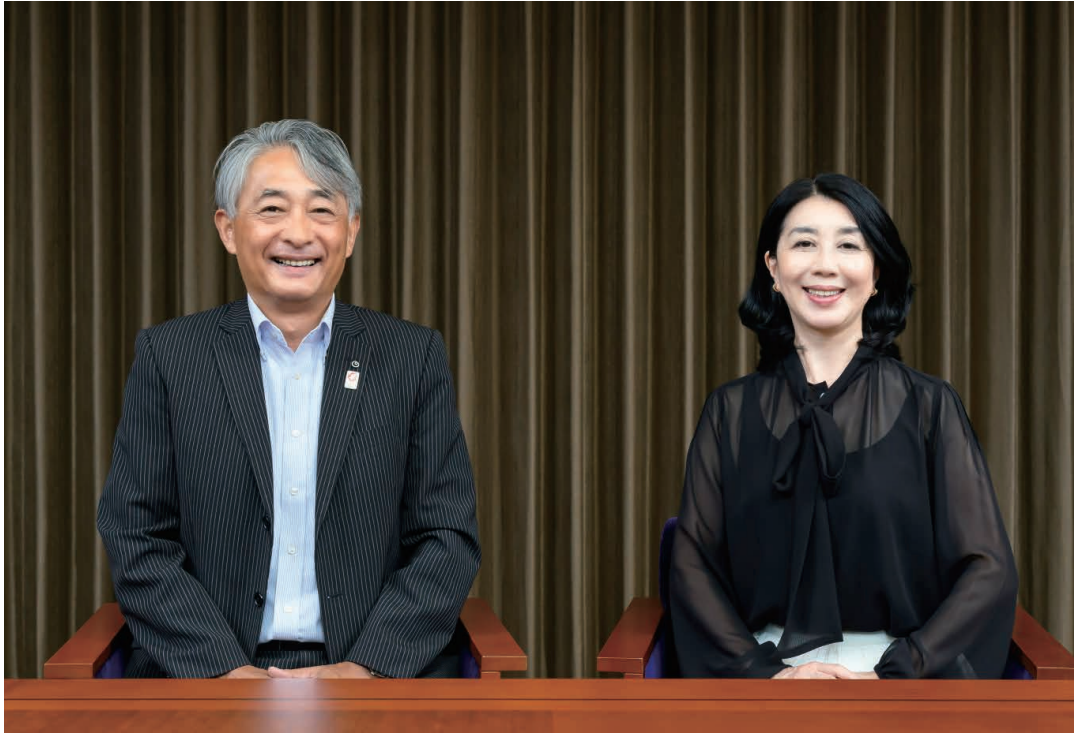
地域のお客さまとお話をしますと、あらためて地域活性化などの社会・地域の課題解決にかかわる私たちへの期待感の大きさをひしひしと感じます。例えば、自動運転EV (Electric Vehicle) バス、森林・林業DX、ICTによる観光支援などといった地域のデジタル化のサポート、地域の活性化に向けた私たちの取り組みに対する期待の声も、たくさんいただきました。こうしたお客さまの期待感というのは、NTT東日本・西日本ともに共通するものであり、NTTの地域会社が担っている大きな使命感を実感しています。

また、支店を訪問した際、新しい変革の方向性として掲げた5つの柱を中心に社員から約900の質問、約80の改善要望がありました。これから何をしていけばいいのか、前向きに会社のために頑張りたいと思いや、大きな方向性は分かるが自分は具体的にどう頑張ればいいのかという質問も受けました。こうした支店とのコミュニケーションを含め、積極的に社員の方々の生の声・意見を聞き、社員の方々が働きやすく、働きがいのある職場環境をつくること、そのうえでルール、体制、組織文化、コミュニケーションなどあらゆる面においてさまざまな課題になっているものがあれば、それを取り除くために動く・判断すること、これがトップとしての役割だと思っています。社長就任して約9カ月が経ち、こうした取り組みや思いが徐々に浸透してきたと思っています。

そして、私は仕事をするうえで「スピード重視」で取り組むこと、そのために「走りながら考える」ことも大切にしています。従来型の設備投資を中心とした通信ビジネスに加えて、新たな発想や知恵・工夫を凝らした周辺ビジネスへの拡大に向けては、「設備」だけで稼ぐことから、「人」で稼ぐことを拡大していくことが必要で、そのためにはマーケットの動きにいち早く対応するスピード感が必要となります。それを踏まえると今は大きな転換点です。

会社（事業構造）の変革という大きな目標の実現には、目の前にある小さな課題を1つひとつ解決していくことが肝要です。大きな変革をめざして、社員と一緒に歩いていきたいと考えています。





改めましてご自身の強みをどうとらえていらっしゃるでしょうか。また、お客さま、パートナーの皆様へメッセージをお願いします。

私の強みは、NTT西日本グループ以外の勤務経験を活かせることだと思います。NTT東日本・西日本それぞれの良いところをしっかりと組み合わせるなど、両社が今まで以上に連携すれば、より良い解決・変革につなげていけると考えています。

例えば、将来のコスト競争力強化に資する施策として、今後老朽化設備対策およびDXの推進施策で約100億円の支出を見込むとともに、さらなる持続的成長に向けた施策も検討し、その他の取り組み等も含め

2027年度までに300億円以上のコスト改善効果の創出をめざしています。

また、NTT持株会社の総務部門長時代に新しい人事制度やリモートスタンダード等の制度を創設した経験も、自律的なキャリア構築、抜擢、実力主義で頑張っている人が報われるような環境づくりや、リモートを活用した働きやすい環境づくり・定着に寄与できると思います。

私たちNTT西日本はNTTグループにおいてもっとも地域に密着した会社として、地域社会やお客さまに新たな価値をお届けするために、IOWNやtsuzumi等、NTTグループの研究・開発成果の社会実装に全

力で取り組んでいきます。それに向けて、研究者・開発者の皆さんには引き続きサポートをお願いします。

一方で、私たちだけでやれることには限界があります。私たちがフロントに立って道を切り拓いていきますので、業種・業態・事業規模などにかかわらず思いを同じくする方々とぜひ一緒に取り組んでいきたいのです。オープンイノベーションによる共創の実現、パートナー連携や取り組みの加速を推進し、豊かで、持続可能な地域社会の実現に貢献していきたいと考えています。

(インタビュー：外川智恵 / 撮影：大野真也)

インタビューを終えて

柔らかい笑みを混え、穏やかかつ明瞭にお話になる北村社長。インタビューの前後、周囲の方々の目をしっかりと見つめ、深々と何度もご挨拶をされていました。そんな北村社長は今「組織や立場の壁を取り払うための『さん付け』活動」に取り組まれているそうです。立場にかかわらず礼を尽くし、話しやすい雰囲気を作ってくださいと姿勢を体現され、企業風土を培っていらっしゃるということが伝わってきます。

休日は奥様とともに片道1時間程度は歩

かれるとか。「私は路地裏を歩くのが好きで、B級グルメに目がないのです。ラーメンも好きなんですよ」と、路地裏を尋ねる楽しさを教えてくださいました。就任直後に能登半島の被災地へ、そして、3カ月後には全支店へのキャラバンを展開されたことから分かる通り、ご自身の目で見て確かめることを大切にされる北村社長はプライベートもまさに現場主義。たくましく日焼けしたお姿は、ご趣味のマリンスポーツではなく、こうした日々の取り組みによるものとのこと。信念は姿にも表れると知り、身の引き締まるひと時でした。



地域の新たな価値創造に向けた NTT東日本の先端技術開発について

NTT東日本グループは、情報通信事業者としての通信インフラ提供に加え、

身近なICT企業として地域の課題解決や価値創造に取り組んできた。

2023年10月には、最先端の技術をお客さまに使いやすいサービスとして提供する開発力を強化する観点から、

NTT東日本グループ全体の研究開発組織として新たに先端テクノロジー部が発足した。

本特集では、先端テクノロジー部にて取り組み中の先端技術開発について紹介する。

先端テクノロジー部における先端的な技術開発について 10

先端テクノロジー部の代表的な取り組みとして、既存アセットを有機的に連携したプラットフォームである次世代デジタル基盤の開発・AI（人工知能）技術の社内外活用・社外とのオープンイノベーションの3つについて概要を紹介する。

NTT東日本パーパス



地域循環型社会

オープンイノベーション

次世代デジタル基盤

生成 AI

スタートアップ連携

次世代デジタル基盤の取り組みについて 13

光ファイバを活用したネットワークに加え、クラウド・セキュリティ・デバイスなどの既存アセットを連携し、生成AIなどの先端技術を取り入れたソリューションを提供する次世代デジタル基盤の実現に向けた代表的な研究開発の取り組みについて紹介する。

先端AI技術の取り組みについて 17

NTT東日本グループおよびお客さまの業務に関するAI適用の事例、現在取り組んでいる生成AIに関する研究開発の内容を紹介する。

オープンイノベーションの取り組みについて 21

世の中の最先端技術を事業に取り入れていくために、ディープテック企業や大学・研究機関と連携するオープンイノベーションの取り組みについて紹介する。

主役登場 柴田 高志 NTT東日本 25

最先端AI技術と向き合うその使命感



先端テクノロジー部における 先端的な技術開発について

NTT東日本グループ全体の研究開発組織として発足した先端テクノロジー部は、世の中の最先端技術をお客さまに使いやすいサービスとして提供するためのさまざまな技術開発に取り組むことで、地域のお客さまのイノベーションや価値創造に貢献します。本稿では、その中でも代表的な取り組みとして、既存アセットを有機的に連携したプラットフォームである次世代デジタル基盤の開発・AI技術の社内外活用・社外とのオープンイノベーションの3つについて、概要を紹介します。

キーワード：#地域循環型社会、#先端テクノロジー、#オープンイノベーション

えびはら たかし
海老原 孝
やまもと すずむ
山本 晋

NTT東日本 先端テクノロジー部

NTT東日本グループの方向性と 先端テクノロジー部の位置付け

NTT東日本グループではこれまで、情報通信事業者として、光ファイバを利用したブロードバンドアクセスサービスなど高品質で安定した通信インフラを提供してきました。さらに昨今では、身近なICT企業として、地域の課題解決や価値創造に取り組んでいます。

こうした取り組みを加速させて、NTT東日本グループすべてのステークホルダーの方々の共感を得ながら、地域の皆様とともに持続可能な循環型の地域社会を実現していきたいという思いから、2023年5月には新たに「Purpose（存在意義）」を定義し、それに向けた「Vision（なりたい姿）」「Mission（使命）」「Value（価値観と行動基準）」を制定しました⁽¹⁾（図1）。

これらを実現するため、同年10月には、

業務運営体制の見直しを行い⁽²⁾、地域の新たな価値創造と多様なデジタルソリューションの機動的な提供に向けて取り組んでいます。

この再編の中で、最先端の技術をお客さまに使いやすいサービスとして提供する開発力を強化する観点から、NTT東日本グループ全体の研究開発を牽引する社長直結組織として新たに「先端テクノロジー部」を設置しました（図2）。

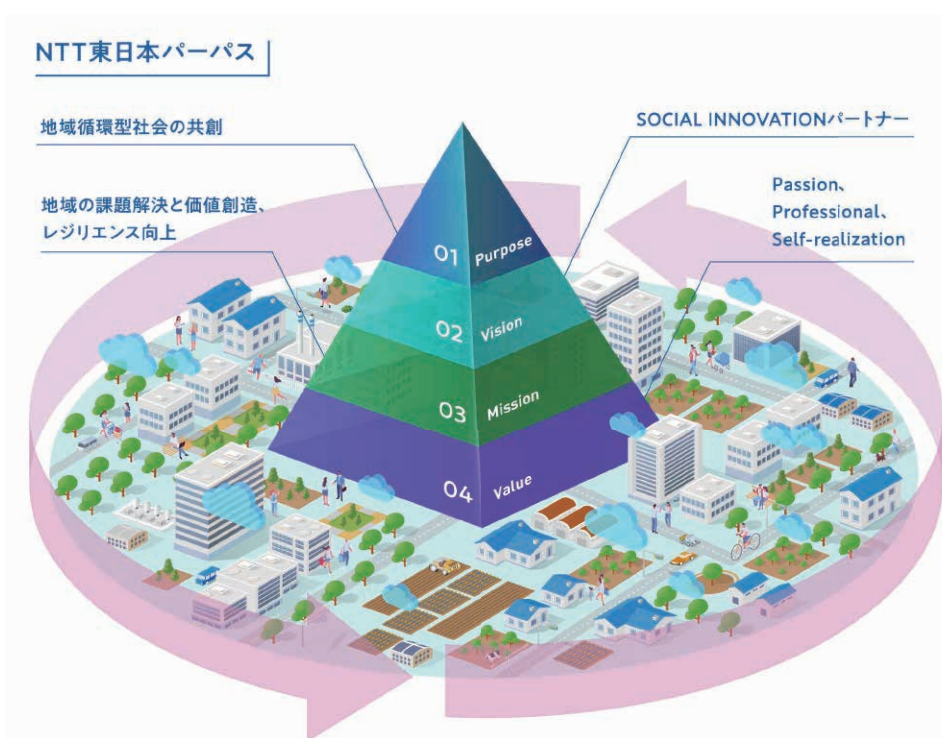


図1 NTT東日本のパーパス

先端テクノロジー部の技術開発

近年、クラウドやAIに代表されるソフトウェア技術が発達し、それらの先端技術を活用した新しいビジネスモデルの構築や、既存業務の抜本的な効率化を行うデジタルトランスフォーメーションが進んでいます。しかし、現時点でそれらの先端技術を十分使いこなして恩恵を享受できるのは、一部のグローバル企業や新興企業などに限られており、必ずしも日本の地域のお客さまが先端技術を効果的に活用できる状況にはありません。

このような状況を踏まえ、先端テクノロジー部は、世界の先端技術を地域のお客さま向けに最適化し効果的に活用できる環境の整備を通じて、お客さまのイノベーション・価値創造の実現をめざしています。

具体的には、以下の4つの観点で技術開

発に取り組んでいます(図3)。

- ① プラットフォームとオフリングの開発
先端技術を利用性高く安価に提供するネットワーク・クラウドの開発
- ② ガバナンス、リスクとコンプライアンスの確保
先端技術を安心・安全に活用するための技術支援の提供
- ③ カスタマーエンゲージメントの向上
イノベーションの価値を最大限持続できるようにするための運用支援
- ④ 技術の探索とユースケースの開拓
世界のさまざまな技術に対する調査・分析とユースケースの開拓

地域のお客さまの価値創造に向けた取り組み

NTT東日本グループは、地域のお客さまの価値創造に貢献するため、従来取り組んできた回線・ネットワーク事業をベースに、既存アセットを活用したビジネス創出によって、新規事業のスケール化やネットワーク事業のさらなる拡大に取り組んでいます(図4)。

先端テクノロジー部ではこうした取り組みを推進していくため、ネットワーク・クラウド・セキュリティ・デバイスなどの既存アセットを有機的に連携し、これらを最大限に活用する次世代デジタル基盤を中心として、地域のお客さまに新たな価値を創造するプラットフォームの開発に取り組んでいます。

以降では、上記を実現するために必要不



図2 NTT東日本の組織図(2024年4月1日現在)

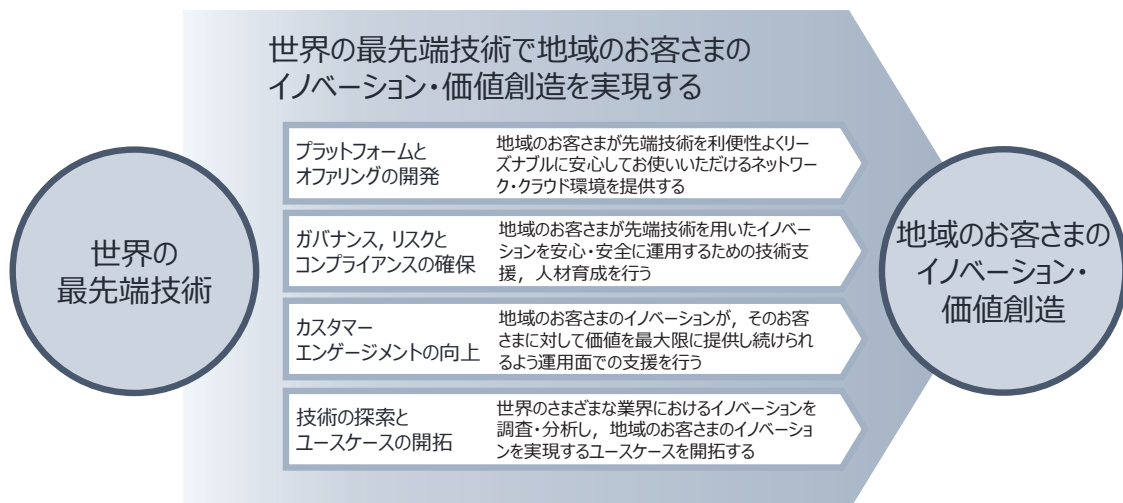


図3 先端テクノロジー部の技術開発の取り組み



図4 NTT東日本のアセットを活用した価値創造に向けた取り組み

可欠である、次世代デジタル基盤の開発・AI技術の社内外活用・社外とのオープンイノベーションという3つの取り組みについて、概要を紹介します。

■次世代デジタル基盤の開発

地域のお客さまが先端技術の活用されたハードウェア・ソフトウェアを効果的に使うためもっとも重要となるのが、用途ごとに最適に使い分けられるクラウド、およびそれらのクラウド・お客さま環境・インターネットなどを柔軟に接続し効果的に運用することを可能にするエッジクラウドとネットワークです。また、お客さま環境からクラウドに至る一連のシステムをエンド・ツー・エンドでワンストップかつシームレスに提供するとともに、アプリケーションのレイヤに至るまで価値創造が中断することなく維持・運用され、さらには活用経験が重なるに従ってより磨き上げられていくような保守・運用の仕組みも重要となります。

先端テクノロジー部では、こうした価値創造を実現するために、その土台となる次世代デジタル基盤の開発に取り組んでいます。

■AI技術の社内外活用

近年目覚ましい進化を遂げているソフトウェア技術の中でも、AIは特に世界中でもっとも注目されている技術の1つであり、次世代デジタル基盤の開発には欠かせない技術要素です。

先端テクノロジー部では、最先端のAI

技術を社内で活用し、業務効率の大幅な向上およびノウハウの蓄積に取り組んでいます。また、社内で磨いた技術やノウハウを社外へ展開・実装することで、地域のお客さまのイノベーションや価値創造に貢献していきます。

■社外とのオープンイノベーション

地域の価値創造に向けたビジネス創出と事業の拡大を推進していくためには、社外の技術やノウハウを活用していく必要があります。技術開発手法の見直しも欠かせません。

従来取り組んできたネットワーク分野の技術開発は、訴求価値やビジネスモデルが比較的明確であり、また、技術サイクルの長い取り組みでした。しかし、今後はネットワークに限らず幅広い技術領域において、よりソフトウェア的かつ短い技術サイクルで、顧客価値に直結した技術開発も求められます。つまり、社内で技術を醸成してから市場に投入することに加え、社外の技術を積極的に取り入れ、さまざまなプレイヤーの持つ技術や強みとNTT東日本グループの持つ技術やアセットとを重ね合わせて、機動的に顧客価値を高める取り組みが必要となります。

先端テクノロジー部に設置したオープンイノベーションセンターでは、社会課題や技術進化のトレンドを把握し、さまざまな将来像を予見します。そして、社会に大きな影響を与える可能性のある技術領域を選び出し、戦略的に技術を蓄積しながら、地域社会の変革を先導していきます。また、

NTT研究所、国内外のスタートアップ、大学・学術機関や地域のお客さまなどとの協業を通じ、従来の地域通信事業者の枠を超えて、グローバルな視点で技術ドリブンの新たな価値創造に取り組みます。

■参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230512_03.html
- (2) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230905_03.html



(左から) 海老原 孝 / 山本 晋

本稿では、NTT東日本グループが、地域の皆様とともに持続可能な循環型の地域社会を実現するために、より一層技術開発を加速するために設立した先端テクノロジー部とその活動の方向性について紹介しました。取り組みの詳細な内容は各記事に記載しておりますが、NTT東日本グループは、今まで以上に幅広い技術領域でさまざまな方々との協業を通じ、地域へ新たな価値を届けられるように、邁進していきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
先端テクノロジー部
TEL 03-5359-5222
E-mail kaiki-rdc-gm@east.ntt.co.jp

次世代デジタル基盤の取り組みについて

NTT東日本先端テクノロジー部では、次世代デジタル基盤の開発を通じて、地域社会の課題解決と価値創造をめざしています。次世代デジタル基盤は、光ファイバを活用したネットワークに加え、クラウド・セキュリティ・デバイスなどの既存アセットを連携し、生成AIなどの先端技術を取り入れたソリューションを提供します。これにより、地域のお客さまに新たな価値を創造するプラットフォームを実現します。本稿では、次世代デジタル基盤の実現に向けた代表的な研究開発の取り組みを紹介します。

キーワード：#次世代デジタル基盤、#Multi Interconnect（マルチインターコネクト）、#プライベートAI

い け べ た かし お お た の り ゆ き
池 邊 隆 / 太 田 憲 行
な か や ま か ず こ た だ し ょ う た
中 山 和 子 / 多 田 将 太
つ じ し た た く み あ べ こ う じ
辻 下 卓 見 / 阿 部 浩 士
た か の し ょ う た た じ ま た か あ き
高 野 奨 太 / 田 島 貴 明

NTT東日本 先端テクノロジー部

はじめに

NTT東日本グループは、地域に密着した情報通信事業者として、ネットワークのアセットと技術力を活かし、地域独自の価値とICTや生成AIなどの先端テクノロジーを融合させ、地域循環型の新しいビジネスやサービスの創出に取り組んでいます。

地域のお客さまが先端技術を効果的に活用するためには、ハイパースケーラが提供する多機能なパブリッククラウドサービスと、用途に応じて簡単・安心・安全に地域のお客さまの通信や情報処理を地産地消できるプライベートなプラットフォームを使い分けられることが重要です。また、こ

したサービスとお客さま環境・インターネットなどを柔軟に接続し、効果的に運用することも重要です。

先端テクノロジー部では、NTT東日本グループの有するネットワーク・クラウド・セキュリティ・デバイスなどのアセットを最大限に活用し連携させ、生成AIなどの先端エンジンやサービスを柔軟に組み合わせたソリューションを提供し、地域のお客さまに新たな価値を創造するためのプラットフォームとして、次世代デジタル基盤の開発に取り組んでいます。これに加えて、ワンストップでエンド・ツー・エンドのデリバリと保守を実現するため、社内業務にも先端AIを活用し、デリバリと保守の効

率化、多様なお客さま接点を通じたお客さま体験の向上もめざしています（図1）。

本稿では技術的な観点から、次世代デジタル基盤の実現に向けた、先端テクノロジー部における代表的な研究開発の取り組みを紹介します。具体的には、プライベートクラウド基盤である「Savanna」、柔軟なサービスインターワークを実現する「Multi Interconnect」、セキュアなサービス処理を行う「プライベートサービスプラットフォーム」、セキュアなIaaS (Infrastructure as a Service) 基盤である「地域エッジクラウドタイプV」について解説します。

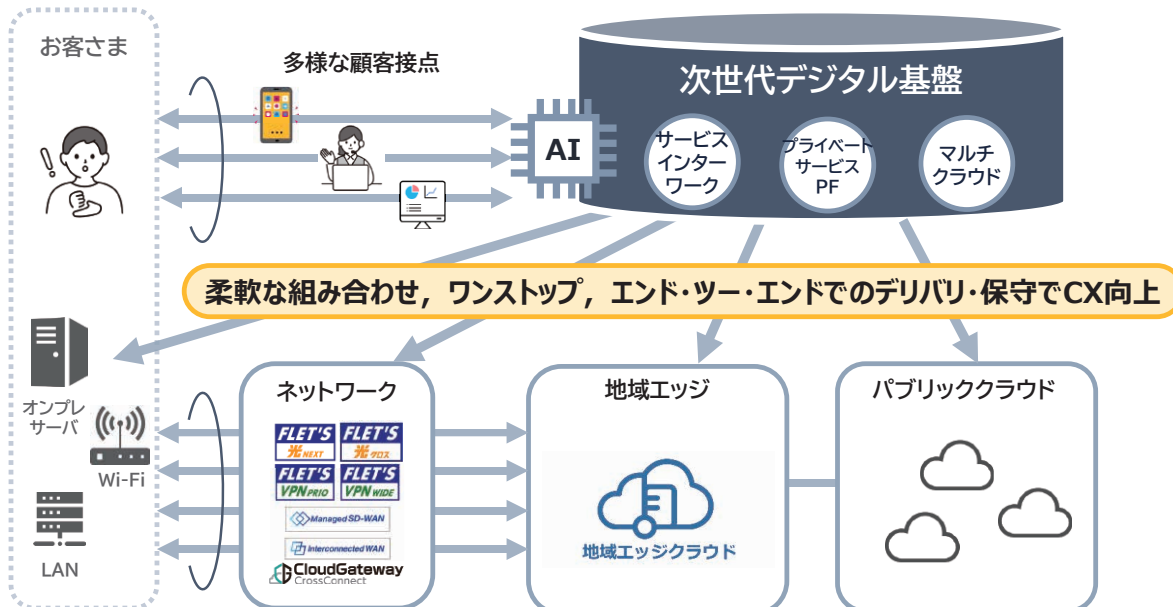


図1 次世代デジタル基盤

プライベートクラウド基盤 「Savanna」による地域エッジクラウド構想

次世代デジタル基盤のコンピューティングを担う地域エッジクラウドは、社内向けプライベートクラウドIaaS基盤「Savanna」をベースとしています。Savannaは、ハードウェア・ソフトウェアの両面において市場で実績があることに加え、成熟した手法を採用して設計しており、高い信頼性とパフォーマンスを提供します。また、物理増設やテナントの設計・構築作業を標準化・自動化することで社内での運用が可能となり、これにより内製化が進み、運用コストの最適化を実現しています。

内製化の一環として、パブリッククラウドのエコシステムと同様に、テナント設計・構築を専任で担当するクラウドインテグレーションを組織として立ち上げ、プライベートクラウド導入の初期相談から具体的なテナント設計・構築までを一貫してサポートしています。この組織では、「Infrastructure as Code」によるコード化を進めることでインフラ設計の各パーツを再利用可能とし、効率かつ一貫性のある構築プロセスを実現しています。組織の立ち上げから3年が経過した現在では、150以上の社内システムが稼動する基盤へと成長しており、この成長の過程で技術者の実践的な訓練が行われ、結果として高度な技術力を持つ人材を輩出しています。「Savanna」は当初、シンプルなIaaSとして提供を開始しましたが、運用を続ける中で、より高度なPaaS（Platform as a Service）機能の必要性が明らかになってきました。学習コストが低く多くのエンジニアに利用されることでナレッジが蓄積・強化されるという好循環が重要、という考えのもとPaaS機能を実現するための技術選定を行い、現在ではコンテナ・データベース・仮想デスクトップなどをPaaS機能として提供しています。

さらに、導入済み技術の見直しを行い、最新技術と成熟技術のベストミックスで改善を進めるためのリエンジニアリングも進めています。その一例が、先進的なSDN（Software Defined Network）アーキテクチャの導入です。当初、データセンタに

おけるネットワークでは、EVPN-VXLAN（Ethernet Virtual Private Network - Virtual eXtensible Local Area Network）を組み合わせてL2（レイヤ2）オーバーレイを形成していました。しかしながら、この構成はシンプルで導入しやすい一方で、ネットワーク間を接続するボーダールータの設定が複雑化することや、東西サーバ間通信のトラフィックがボーダールータに集中して非効率となるなどの課題がありました。これらの課題を解決するため、SDNアーキテクチャを導入しネットワーク構成を再設計することで、セキュリティや拡張性のさらなる向上をめざしています。

今後は、地域エッジクラウドとNTT東日本のネットワーク間の柔軟な接続に取り組んでいきます。また、クラウドとネットワークが連携した開通などの制御については、API（Application Programming Interface）を介したワークフロー処理を視野に入れ、実現をめざします。

Multi Interconnectによるサービスインターワーク

先端テクノロジー部では、NTT東日本のネットワークにおける技術開発として、SR（Segment Routing）をベースにしたL2-L3（レイヤ3）マルチスタックの伝送基盤をつくり、イーサ専用線やL3-VPNなど多様なサービスの提供につなげてきてい

ます。また、コンシューマ向けのベストエフォートサービスとしては、1 Gbit/sアクセスサービスに加えて10 Gbit/sアクセスサービスである「フレッツ光クロス」の提供を開始し、さらに提供エリアを拡大しているところです。

これら法人向けのSLA（Service Level Agreement）のあるL2-L3サービスや、コンシューマ向けベストエフォートサービスのいずれも地域エッジクラウドへつなげられるようにすることで、お客さまがいずれの回線サービスを選んでも同じような体験ができるようになります。先端テクノロジー部では、こうしたお客さま体験を実現するため、サービスインターワークの開発に取り組んでいます（図2）。

サービスインターワークの開発においては、SRを活用したスライシング技術が重要となります。スライシング技術とは、ネットワークを仮想的に分割する技術であり、1つの物理ネットワークを複数の論理ネットワーク（スライス）に分けて利用できるようになります。これにより、お客さまごとの回線環境やクラウドなどの利用用途に合わせたプライベートなネットワークサービスを提供することが可能となります。さらに、SRネットワークのIGP（Interior Gateway Protocol）拡張機能であるFlex-Algorithmなどのスライシング技術によってネットワークトポロジを分割することで、クラウドやインターネットなど

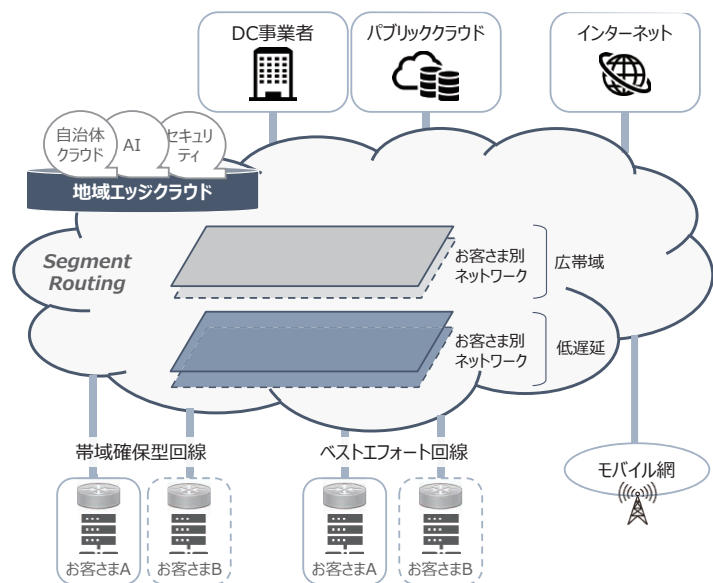


図2 サービスインターワーク機能のイメージ

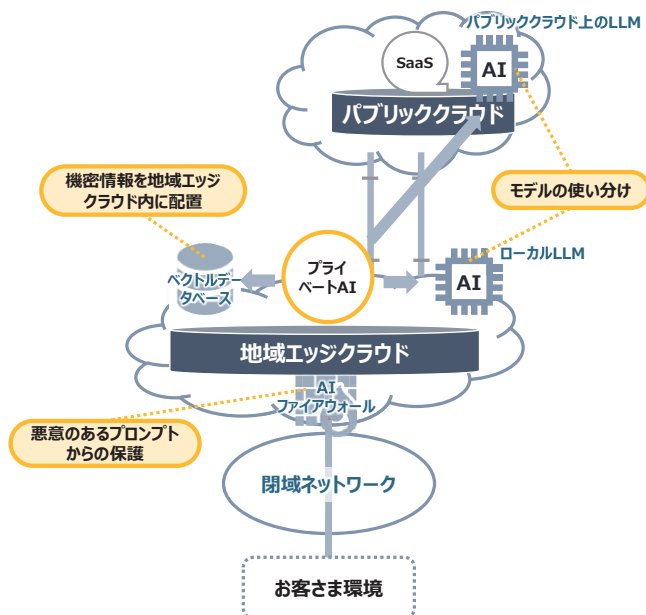


図3 プライベートAI

続ネットワークの多様化に合わせ、低遅延通信や広帯域通信などの目的に適したサービスの提供も可能になります。

NTT東日本では、これまでのキャリアネットワーク開発でのノウハウを活かしながら、新サービス提供に向けた新技術の評価や実装開発を進めており、多様なアクセス回線や各種ネットワークへの接続を実現するため「Multi Interconnect」というサービスの提供を始めたところです⁽¹⁾。これまでは、クラウドの利用を希望するお客さまが拠点からクラウドまでの回線開通や利用設定を個別に行う必要がありましたが、「Multi Interconnect」によって、お客さまがエンド・ツー・エンドでのサービス利用をより簡潔に行えることをめざしていきます。具体的には、お客さまの拠点特性に応じ、帯域確保型サービスの「Interconnected WAN (Wide Area Network)」とベストエフォート型サービスの「フレックツ光」をアクセス回線として選択しVPN通信ができる「フレック・コネクション」と、エクスチェンジサービス事業者を通じてパブリッククラウドなどへの接続を可能とする「クラウドインターコネクション」の提供を始めています。

今後は、地域エッジクラウドとの柔軟な接続を提供することで、お客さま環境でのプライベートクラウドとパブリッククラウド

の使い分けや、インターネット接続などのサービスインターワーク機能の拡充をめざしていきます。また、サービスインターワークの開発と合わせて、シンプルなルーティング設計と経路集約による高い拡張性の確保、シームレスなネットワークの統合やサービスチェイニングへの利用も期待できるSRv6 (Segment Routing over IPv6) など、SRの各種機能を活用しながら、次世代デジタル基盤の実現に向けたネットワーク開発に取り組んでいきます。

プライベートサービスプラットフォーム

サービスインターワークによって柔軟にネットワークを選択できる世界では、閉域性を活かしたセキュリティやプライバシーを確保したサービスの提供が容易になります。以降では、プライベートAIとIoT-PF (IoTプラットフォーム) の2つについて、先端テクノロジー部における取り組みの事例を紹介します。

■生成AIを活用したプライベートAI

生成AIを本格的に業務へ適用するためには、社内情報やお客さま情報などの機密情報の取り扱いに注意する必要があります。機密情報の取り扱い方法として一般的に使用されるのが、RAG (Retrieval-Augmented

Generation : 検索拡張生成) です。生成AIモデルは、データベース上の情報にアクセスし、プロンプトを介して人間と対話します。そのため、セキュリティやプライバシーを実現するためには、生成AIモデル、データベース、プロンプトのセキュリティ対策が必要となります (図3)。

生成AIモデルについては、セキュリティを最優先とするのであれば、地域エッジクラウドのGPU (Graphics Processing Unit) サーバ上で実行するのが最適です。しかしながら、現在ではフリーから商用まで新規モデルが日々発表されており、主にパブリッククラウド上で実行される最新の高性能モデルに高い需要があると考えられます。さらに、将来的には用途ごとのモデルの複合利用が進むと予想されていることから、統一APIを通じてバックエンドのモデルを使い分ける技術にも取り組んでいます。

データベースの保護については、データベースを地域エッジクラウド上に配置することでインターネットへの公開を防ぐことが可能です。RAGで使用されるデータベースは一般的にベクトルデータベースであり、その性能や可用性について検証を実施しています。また、プロンプトのセキュリティ対策については、プロンプトインジェクションなどの生成AIを狙ったサイバー攻撃からシステムを保護できるAIファイアウォール技術の評価を実施しています。

■IoT-PFの機能開発

IoT-PFは、NTT東日本の地域エッジクラウド上で構築され、社内外のPoC (Proof of Concept : 概念実証) で利用されています (図4)。

IoT-PFでは現在、各種センサからのデータ可視化・イベント通知・デバイス制御を地域エッジクラウド上で実現しています。今後は、地域エッジクラウド上の機能だけでなく、映像解析などの技術進歩が早いPaaS・SaaS (Software as a Service) をパブリッククラウド側で利用し、その結果を地域エッジクラウド上で活用するなど、地域エッジクラウドとパブリッククラウドとの連携機能の開発をめざしています。また、秘匿性の高いデータに対するセキュリティを強化するために、キャリア網を活用したお客さま拠点から地域エッジクラウド

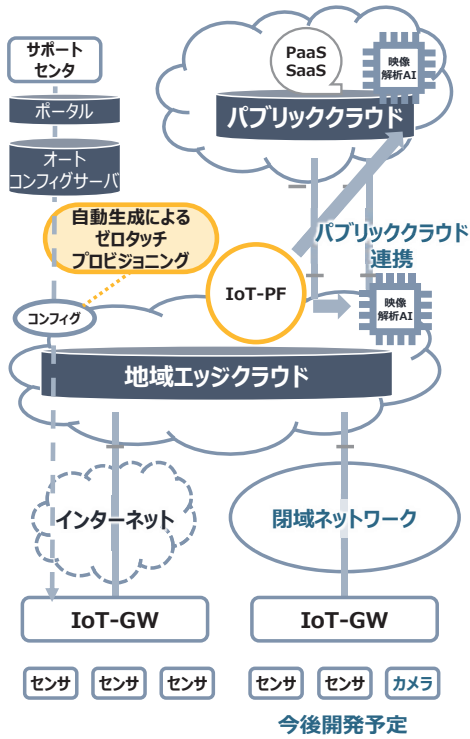


図4 IoTプラットフォーム

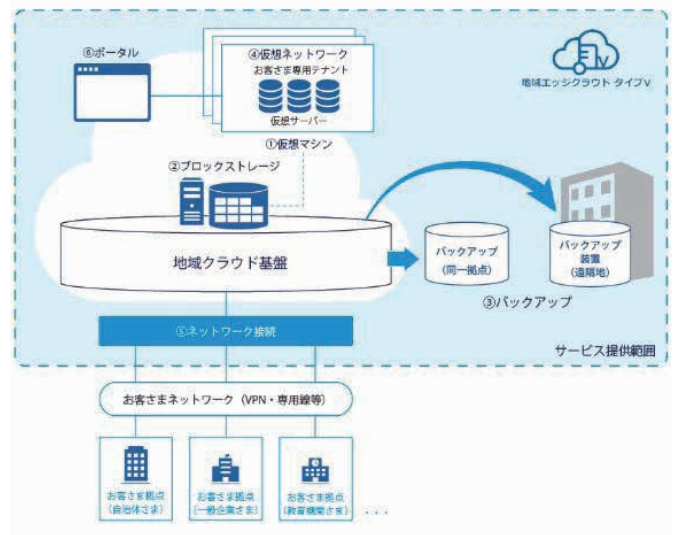


図5 地域エッジクラウドタイプV

への閉域接続の開発に取り組んでいきます。

2024年度からは、IoT-PFへのゼロタッチプロビジョニングを社内サービスへ導入予定です。サポートセンタがあらかじめユーザデバイスの固有情報をポータルサイトに入力しておくことで、ユーザごとのコンフィグファイルが自動生成されます。その後ユーザがIoT-GW（IoTゲートウェイ）をインターネットに接続すると、地域エッジクラウドへ自律的に接続しセットアップが自動的に行われることで、細かい初期設定が不要となり、簡単・安心・安全な処理が可能になります。

地域エッジクラウド タイプV

NTT東日本は、次世代デジタル基盤の取り組みの一環として、2024年9月に「VMware by Broadcom」をベースとした仮想IaaS基盤サービス「地域エッジクラウドタイプV」をリリースしました⁽²⁾（図5）。「地域エッジクラウドタイプV」は、社内向けのプライベートクラウドIaaS基盤「Savanna」のノウハウをベースとして、NTT東日本のデータセンタ内に信頼性の高い冗長構成で構築されています。「Savanna」を安定運用してきた経験豊富

な専属オペレータが、24時間365日監視・運用しています。また、NTT東日本が提供する閉域網に直接接続されており、セキュアで高信頼なサービスとなっています。

今後先端テクノロジー部では、「地域エッジクラウドタイプV」における仮想IaaS基盤の機能を拡充し、NTT東日本が提供する「Interconnected WAN」や「Multi Interconnect」など各種ネットワークサービスとの連携機能を強化していきます。また、ネットワークサービスとクラウドサービスの一元提供・一元サポートによりお客さま体験の向上に取り組み、アプリケーションベンダや地域のシステムベンダとの協業を通じて、地域社会の課題解決に貢献していきます。

■参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20240628_01.html
- (2) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20240129_01.html



（上段左から）池邊 隆 / 太田 憲行 / 中山 和子 / 多田 将太
（下段左から）辻下 卓見 / 阿部 浩士 / 高野 奨太 / 田島 貴明

先端テクノロジー部は、光ファイバ・クラウド・生成AIなどを活用し、次世代デジタル基盤で地域社会の課題解決と価値創造につながる研究開発へ取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
先端テクノロジー部
TEL 03-5359-5222
E-mail kaiki-rdc-gm@east.ntt.co.jp



先端 AI 技術の取り組みについて

NTT東日本グループでは、先端技術を取り入れることで業務プロセスのモダナイズを進めています。通信インフラの構築・点検業務では、すでにAIを実際の業務プロセスに組み込んで運用しており、そのノウハウを活かして、地域のお客様の課題解決に向けたAI技術の適用に取り組んでいます。近年では生成AI技術を取り入れることで、コールセンタにおけるオペレータ応答支援のような抽象度の高い業務への適用をめざしています。本稿では、NTT東日本グループおよびお客様の業務に関するAI適用の事例、現在取り組んでいる生成AIに関する研究開発の内容を紹介します。

キーワード：#生成AI, #インフラ点検, #AI実用化

先端技術を活用した業務プロセスモダナイズの取り組み

近年AI・IoT (Internet of Things)・クラウドなどの分野では目覚ましい技術革新が進んでおり、これらの技術はビジネス環境に大きな変革をもたらしています。NTT東日本グループでは、これらの技術を積極的に取り入れ、会社全体の業務プロセスのモダナイズに取り組んでいます。

特にAI分野においては、生成AIの登場に伴い、その導入と活用の検討を加速しています。この流れを象徴するように社内では「DX×AI推進ワーキング」が立ち上がり、全社的にAIを最大限活用し、業務の効率化とお客様体験の向上をめざす方針が掲げられました。

先端テクノロジー部としても、業務プロセスのモダナイズに資する最先端AI技術の探索と技術習得に一層力を入れていく方針です。AI技術の進化の方向性を見極め、評価した技術を習得し、地域限定でのPoC (Proof of Concept: 概念実証) などを通じた技術確立に取り組んでいます。

NTT東日本グループにおけるAI活用事例

NTT東日本グループでは、自社の業務にAIを組み込んで運用しています。最初に取り組んだのは、通信インフラの構築・点検・保全業務へのAI技術の適用です。NTT東日本は膨大な通信インフラを保有していますが、これらの業務は人手に頼っ

てきました。そこで、非常に大きなボリュームを占めるこれらの業務の省力化をめざし、8年前からAI技術開発・導入に注力しています。以降では、具体的な取り組み事例を紹介します。

■不良箇所検出AIの導入

電柱など架空構造物の点検について、従来は社員が現地でも実施していましたが、MMS (Mobile Mapping System) を導入し高精度カメラを搭載した車両で構造物を自動撮影することで、画像診断の集約化を実現しています (図1)。画像診断については、人の目で一次診断し、詳細点検が必要と判断した場合のみ現地点検を行っていましたが、当時の最新のディープラーニング技術を用いて開発した、画像から不良箇所を検出するAIにより、画像診断にか

かる時間を削減し、年間約180万設備に対する点検業務を大幅に効率化しました。

■危険行動検知AI (AI見守り) の導入

点検業務におけるAI技術導入の成功を受けて、構築・保全業務にもAI技術の適用領域を拡大しました。具体的には、東日本全域の約5000工事班にネットワークカメラを配備し、遠隔から作業従事者を見守り、作業範囲からのバケットのはみ出しや高所における危険行動を検知するAI (AI見守り) を導入しました (図2)。これにより、リアルタイムでの安全指導や注意喚起が日常的に行われています。

■各AIの導入にあたって

NTT東日本グループの先進的なAI施策は、先端テクノロジー部に集約して取り組んできました。これにより、社内における

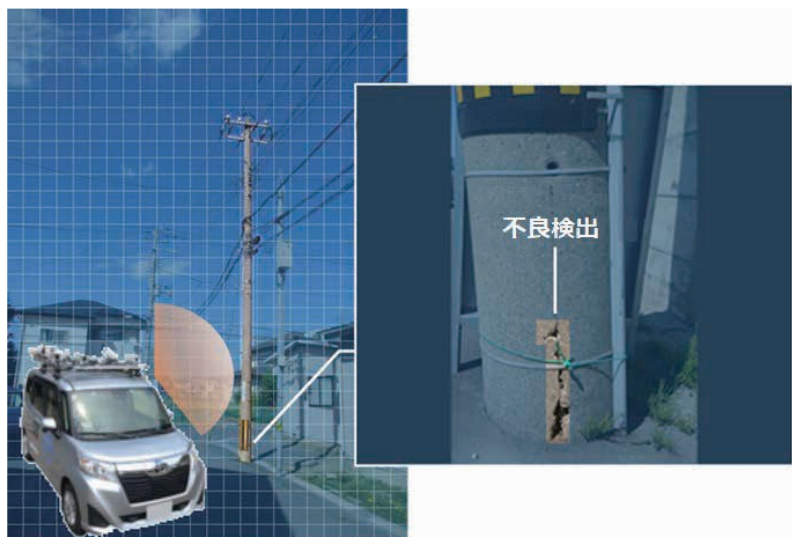


図1 不良箇所検出AIイメージ

AI技術の蓄積や人材育成を効率的に実施できることに加えて、高品質な学習データを集約することで、他施策への応用もスムーズに進めることができています。また、AIを最大限に活用するため、実務者と連携した業務プロセスの見直しや使い勝手など技術面での調整を行いながら、AI技術の事業導入に取り組んでいます。

先端テクノロジー部では、上記に加えて、AI技術の導入障壁の解消にも取り組んできました。具体的には、危険行動検知AI(AI見守り)の導入時には、高額なAI推論コストが障壁となりました。そこで、当時の最新のAI推論高速化技術であったTensorRT^{*1}を用いてモデルの量子化に取

り組み、AI処理速度を従来の約10倍に高めることでAI推論コストを約10分の1に低減させ、事業導入を後押ししました。このような運用コストの低減に向けた取り組みも、AIの事業導入における重要なポイントです。

今後も先端技術を活用し、作業者の行動をAIで可視化・分析したうえで総合的にアシストする行動検知の領域にチャレンジし、新たな業務への適用を模索していきます。

生成AIの取り組み

これまでNTT東日本グループでは、主に画像系のAIを用いて、ある程度定型化された業務のモダン化に取り組んできました。近年では生成AIの登場によって、より抽象度の高い業務に生成AIの適用が可能となり、多くの業種で適用に向けた取り組みが進められています。しかしながら、生成AIを実業務に本格導入しているケースは多くありません。生成AIのハルシネーション^{*2}など、単純に生成AIを導入するだけでは解決できない課題があるためです。また、生成AIの効果を最大限に得るためには、実業務での短いトライアルを繰り返し継続的にフィードバックすることで精度を上げていく体制の構築や、生成AIの導入に合わせて業務そのものを変更するなど、実務側の理解と協力が不可欠です。

先端テクノロジー部では、こうした課題を考慮しつつ、生成AIを活用した業務モダン化における最初のユースケースとし

て、コールセンタ業務の改革に取り組んでいます(図3)。以降では、その具体的な内容に加えて、生成AIの水平展開に向けた取り組みと最先端の生成AI技術の習得に向けた取り組みについて紹介します。

■コールセンタ業務での生成AI導入

コールセンタでは、さまざまな問合せに応じて迅速かつ柔軟な回答が求められます。一方、サービスの多様化に伴い、膨大なマニュアルの確認や新人オペレータの育成に稼働がかかるといった課題が顕在化しています。先端テクノロジー部では、こうした課題に対して生成AIを導入することで、ナレッジの確認にかかる稼働を削減し、問合せに対する回答を自動作成することをめざしています。

当初の取り組みでは、生成AIの回答精度は40%程度にとどまり、このままでは精度が不十分で実業務への導入は難しい状況でした。そこで、生成AIの誤回答に関する分析、生成AIに合わせたドキュメント整形やデータソースの充実、チャンク分割などの技術的な改善を実務者と連携して取り組んできました。さらに、複数データソースの参照・評価を可能とするためのオーケストレータ機能を実装することで、徐々に生成AIの回答精度が向上し、実運用に必要な80%の精度を達成しました。

*1 TensorRT : NVIDIA社がNVIDIA製GPU製品向けに提供している、ディープラーニング推論を高速に実行するためのソフトウェア開発キット。

*2 ハルシネーション : AIが間違った答えを回答する現象。



図2 危険作業検知AIイメージ

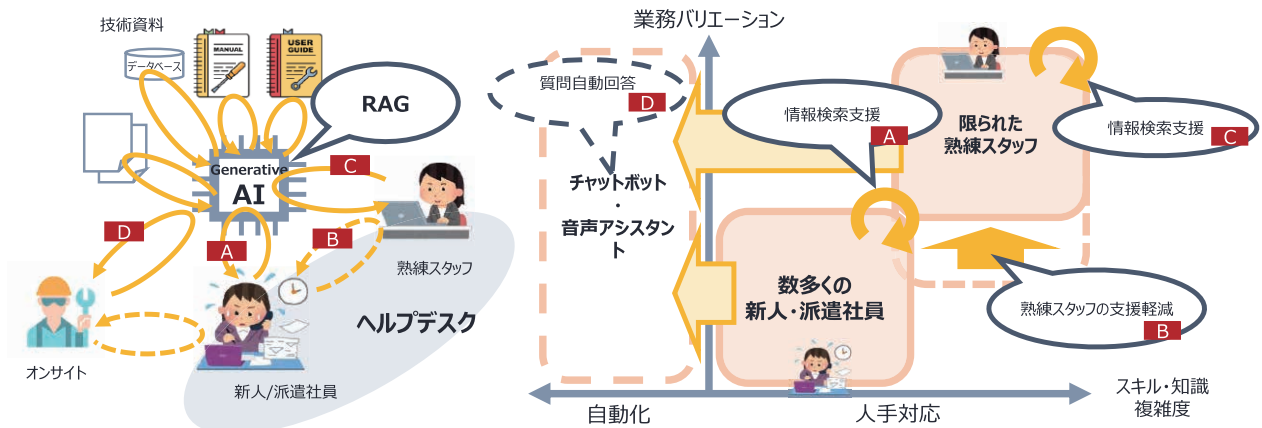


図3 生成AI活用イメージ

現在では、実業務での運用課題の解決に向けて技術検討を行っています。具体的には、生成AIに対するオペレータの質問スキルに依存しないクエリ変換技術や、軽量モデルと高精度モデルを用途に応じて使い分けることによる応答時間短縮、軽量モデルの活用によるコスト低減などに取り組んでいます。

■生成AIの水平展開とプラットフォーム提供

精度が向上した生成AIのアプリケーションについて、他のコールセンタへの水平展開をめざしています。水平展開にあたっては、各業務に合わせてモデルやデータをチューニングする必要がありますが、各コールセンタに対しスキルの高い技術者が1件ずつゼロから新規に開発するには限界があります。そこで先端テクノロジー部では、生成AIアプリケーションの開発・運用を効率化するための機能についてプラットフォームとして提供することを検討しており、生成AIで最先端をいく海外ベンチャー企業の製品評価などを通じてノウハウ獲得に取り組んでいます。

獲得されたノウハウの例として、複数モデルの使い分け技術があります。これまで特定の生成AIモデルを利用してきましたが、モデル開発の競争が激化していることを踏まえると、これからは各業務に適したモデルを使い分けていく必要があり、複数モデルを簡単に切り替えてモデルの精度を評価できるようにすることが重要となります。今後はこのノウハウを生成AIプラットフォームに活用し、複数モデルを効率的に評価するための自動評価機能や実務側のフィードバックを管理・分析・収集するUI (User Interface) などを実装していきます。

そのほかにも、生成AIプラットフォームに求められる機能は多岐にわたるため、複数のソリューションを評価しながら、必要となる機能の洗い出しや実現方法の検討を進めています。

■最先端技術の習得と業務適用への模索

生成AIが今以上に普及している未来を見据え、最先端技術の習得にも取り組んでいます。

例えば、継続事前学習（フルパラメータチューニング）の技術習得です。生成AI

の知識は学習に利用したデータに依存するため、市中の生成AIでは業界特有の表現や用語を理解できず、生成AIの精度が上がらない課題に直面すると予測しています。そのため、今から生成AIに業界用語を理解させる技術を習得することが、将来における業務モダナイズの成功の鍵となります。

また、生成AIは、テキストだけでなく画像にも対応したマルチモーダル化がトレンドになっています。汎用的なマルチモーダルAIは、特化型の画像系AIなどと組み合わせることでこそ真価を発揮すると見込んでいます。先端テクノロジー部では現在、こうした予測に基づき、マルチモーダルAIを使いこなし技術習得に取り組んでいます。

(1) 継続事前学習（フルパラメータチューニング）

生成AIの業務適用においては、学習コーパス^{*3}に含まれていない専門用語をAIが理解できないという問題があります。例えば、NTT東日本の社内用語である「SO=サービスオーダー」や「BO=バックオーダー」などを生成AIは理解できません。この問題に対処する手法としては、RAG (Retrieval-Augmented Generation: 検索拡張生成) のデータとして専門用語を加える方法や、基盤モデルの一部の重みを更新するファインチューニングなどがありますが、必ずしも精度向上に結びつくとは限りません。

先端テクノロジー部では、こうした課題に対して、生成AIが専門用語に対する根本的な知識を獲得するため、継続事前学習にチャレンジしています。市中のモデルに対して新たな知識を付与することが可能か検証し、その精度向上のノウハウ（例：学習データセットの文章品質や量などをどのように調整すればよいか）を蓄積していくことで、業務内容に合わせた最適な調整手法の選択に取り組んでいきます。

(2) マルチモーダル対応

テキストにしか対応できない生成AIでは、図表を多く含むような社内データを参照する場合、生成した回答の正確性に課題があります。そこで、マルチモーダルAIを適用することにより図表を解釈し、生成AIと組み合わせると正確性の高い回答を生成することが可能になります。現時点における

市中のマルチモーダルAIを評価したところ、人間やヘルメットなどの一般的な物体についてはある程度正確に回答できる一方で、フローチャートのような図表の解釈や図中の文字の解釈などは難しいことが明らかになりました。将来的には、テキストと画像のハイブリッド検索や画像認識AIと併用していくことで実用性が向上し、市中のマルチモーダルAIモデルのアップデートと合わせて、実業務への適用が可能になると見込んでいます。

先端テクノロジー部では、マルチモーダルAIが業務モダナイズに適用できる機会を逃さないために、継続的に最先端技術のキャッチアップへ取り組んでいきます。

今後の展開

前述の画像AIや生成AIを活用した業務プロセスのモダナイズは、技術開発を行う先端テクノロジー部だけで実現できるものではなく、実業務を行う現場のエンジニアと連携し、AIを実課題に適合させるための検討を繰り返し行うことで実現しています。その結果として、現場のエンジニアのAIに対する理解やスキルが向上しており、社内で培ったAI技術のノウハウを活用し、地域のお客さまの課題解決に貢献できるようになってきています。以降では、その最近の取り組み事例について紹介します。

■鳴き声AI解析によるクリハラリスの生息状況調査の省力化（神奈川県）

神奈川県では、農作物やケーブルなどをかじって被害をもたらす特定外来生物「クリハラリス」の増殖が問題となっています。神奈川県はこの問題に対して、行政の担当者が生息状況を調査し、罠を設置して捕獲・駆除する対策を講じていますが、現地調査の負担が大きいことが課題となっていました。こうした背景から、先端テクノロジー部は神奈川県より、AI技術の活用により調査担当者の負担軽減ができないか相談を受けました。

最初はカメラを用いたアプローチを試み

*3 コーパス：自然言語の文章や使い方を大規模に収集し、コンピュータで検索できるように整理されたデータベース。

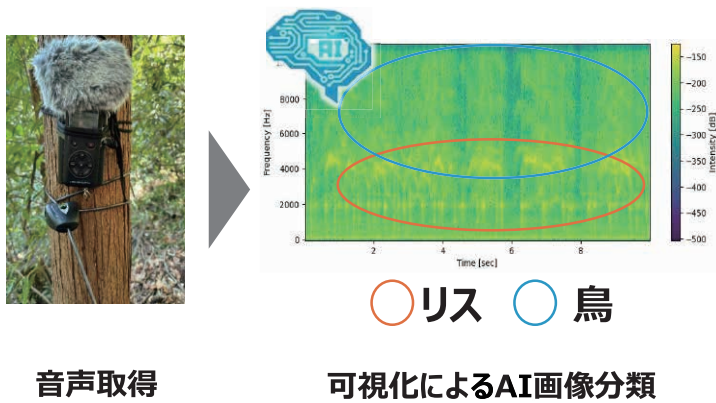


図4 クリハラリス対策 AI



図5 太陽光発電所銅線盗難対策 AI

ましたが、カメラの検知エリアが狭く、障害物による発見の難しさが課題となりました。そこで、広範囲を検知でき、障害物に対しても回り込んで検知できる「音声」に着目し、音声AIの開発経験を持つメンバーでチームを組み、クリハラリスの鳴き声検知AIの開発に着手しました。この取り組みの中で、精度を高めるために神奈川県と連携してクリハラリスの鳴き声や特性の高品質なデータを収集し、その情報を先端テクノロジー部で分析・活用して、AIに学習させるという協力体制を築きました。こうした協力体制の下、検知が不十分な音声データがあれば追加で収集し、AIを改善するサイクルを高速に回すことで、結果として約1年で高精度な検知AIの開発を実現しました。

さらに、クリハラリスと鳴き声が酷似している鳥の識別にも成功しており、神奈川県からは他の鳥獣害対策への適用も検討したいとの声をいただいています(図4)。

先端テクノロジー部では今後も、鳴き声AI解析の実用化に向けた検討を進めていきます。

■太陽光発電所における銅線盗難対策

近年、太陽光発電所における銅線盗難被害が社会問題となっています。先端テクノロジー部では、「被害対策として市中のAI導入を検討したものの、誤検知が多く監視部隊のチェックが追い付かない」というお客さまからの相談を受け、「銅線盗難検知AI」の開発に着手しました。

誤検知が多く発生した市中のAIについて分析を行った結果、主な誤検知の要因は天候や動植物によるものと判明しました。そこで、背景の再学習などの工夫を重ねることにより、屋外においても誤検知が非常に少ないAIモデルの開発に成功しました。

このAIの開発には、社内における「危険行動検知AI(AI見守り)」の開発を通じて獲得した、屋外で光源が安定しない場合における学習方法のノウハウや、リアルタ

イムに常時推論を行う際の技術的な工夫などが活かされています。また、太陽光発電所の特性や誤検知に対する要件などに合わせて調整することで一定以上の検知精度を保っており、市中のAIカメラと比較して非常に高精度な銅線盗難検知を実現しています(図5)。

■今後の展望

先端テクノロジー部では、生成AIをはじめとする最先端のAI技術の活用により、NTT東日本グループの業務をモダナイズすることで、お客さまサービスの品質向上をめざしています。また、そこで培った成果を地域のお客さまにも提供し、社会課題の解決に貢献していきます。お客さまの課題解決においては、プロセスを俯瞰的にとらえ、実業務を行う現場のエンジニアやお客さまと協力し、業務プロセスの変更なども提案しながら、実課題に適合したAIの提供に取り組んでいきます。今後もAI技術の可能性を最大限に引き出し、最先端の技術を追求し続けていくため、こうした取り組みをますます加速させていきます。



(上段左から) 中山 和子 / 橋本 拓 / 川崎 敏行

(下段左から) 高野 愛太 / 宮崎 正巳 / 隅谷 亮太

先端AI技術を用いて社内の業務をモダナイズし、お客さまサービスの品質向上をめざしていきます。また、そこで培った成果を地域のお客さまに提供し、社会課題の解決に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
先端テクノロジー部
TEL 03-5359-5222
E-mail kaiki-rdc-gm@east.ntt.co.jp

オープンイノベーションの取り組みについて

NTT東日本は世の中の最先端技術を事業に取り入れていくために、ディープテック企業や大学・研究機関と連携するオープンイノベーションに取り組んでいます。具体的には、サイバー空間の安全性向上、次世代エネルギーの活用、衛星技術の応用、地域課題解決のためのICTなどの領域において調査・評価・実証実験を進めることで、事業競争力強化を図っています。本稿では、これらの取り組みについて紹介します。

キーワード：#オープンイノベーション、#スタートアップ連携、#産学連携

もうりひとし
毛利 仁士
やすなが たかし
安永 崇

NTT東日本 先端テクノロジー部

特集

NTT東日本におけるオープンイノベーションとは

近年、革新的な技術を有するディープテック企業が、社会に大きなインパクトを与える事例が目立っています。例えばGPU（Graphics Processing Unit）性能の進化に伴うAI技術の飛躍的な発展は、さまざまなビジネス領域に強い影響を及ぼし、経済成長を牽引するだけでなく、社会のあり方すら変えようとしています。そして、これらのディープテック企業の躍進を支えているのは、専門的な知見を有する大学や研究機関です。

NTT東日本は、これらのディープテック企業に加え、先端技術に強みを持つスタートアップ企業（ディープテック・スタートアップ企業）や大学・研究機関と手を携え、革新的なテクノロジーを社内に取り込みながら、社内の研究開発力を強化していくことで、地域社会の変革をめざしていきます。

この目的を達成するため、NTT東日本はさまざまなパートナーと共創するオープンイノベーションに取り組んでいます。具体的には、これらの企業が先進的な科学技術や学術研究機関などが持つ専門性の高い科学的知見などを取り込み、NTT東日本が有するネットワーク基盤や地域社会との関係性などのアセットと組み合わせる、いわゆるインバウンド型のオープンイノベーションを推進しています（図1）。

ITが目覚ましく進歩し市場の動向も急激に変化する現在においては、社内の技術だけにこだわることなく、世の中の技術を幅広く調査し積極的に取り込んでいくことが重要です。今後、NTT東日本グループが得意とする通信領域のみならず、非通信領域における事業を強化していくためには、最先端技術を素早く取り込み新たなサービスを創出するとともに、サービスを差別化するための鍵となる技術を社内に蓄積していかなければなりません。

この難題を解決し、最先端技術を社会実装することで地域のイノベーションを創出するために、先端テクノロジー部では2023年10月にオープンイノベーションセンタを設置しました。オープンイノベーションセンタでは、これまでの通信領域以外にも活動領域を拡大し、外部の技術やノウハウを積極的に取り入れることで、次の社会を担う新たなサービスやインフラを迅速かつ効果的に創出することをめざしています。

新たに開拓する技術領域とその取り組みの実例

オープンイノベーションセンタでは、先端技術の調査・評価・実証実験を進めるために、ディープテック・スタートアップ企業および大学・研究機関との連携を推進しています。以降では、それぞれの具体的な取り組みについて紹介します。

■ディープテック・スタートアップ企業との連携

オープンイノベーションセンタでは、技術や社会の進化を踏まえた将来のビジョンを描き、世界のディープテック・スタートアップ企業から先端技術を取り込むうえで、特に重点的に取り組むべき技術領域を定義しました。具体的には、サイバー空間での人々の生活を支える技術、次世代のキャリア・プラットフォームとして求められる技術、地域のリアルな課題を解決する技術という3つの領域です。

以降では、その3つの重点技術領域について、NTT研究所・NTT Research・NTTアドバンステクノロジー・NTTテクノロジークロスなどのグループ会社や、各分野で技

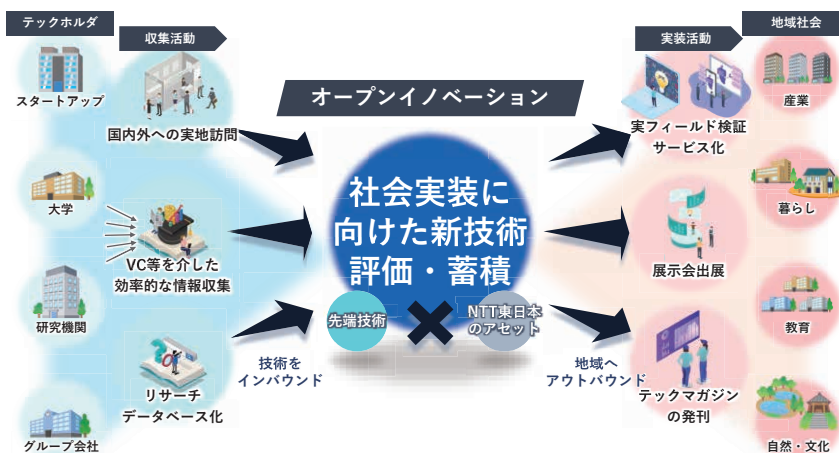


図1 インバウンド型のオープンイノベーション

術を有するスタートアップ企業と協業して進めている取り組みを紹介します。

(1) サイバー空間上での人々の生活を支える技術

現在進展中のデジタルトランスフォーメーション (DX) により、今後はさまざまなモノやコトがデジタル化され、サイバー空間においてあらゆることが体験できる社会がやってくるといわれています。居住地にかかわらず、サイバー空間においてさまざまな体験ができるようになると、都会と地方の境界は曖昧になり、都会にいながらにして地域へ貢献することや、複数の地域社会に所属することが可能となります。つまり、地域に貢献するデジタル関係人口を増加させることが可能になるのです。

オープンイノベーションセンターでは、地域のお客さまが安心・安全に利用できる心理的障壁の低いサイバー空間を実現すべく、以下のような技術の調査・評価・実証実験に取り組んでいます。

① サイバー空間そのものをかたちづくる技術

メタバースなどのXR (eXtended Reality) 空間を実現するためには、デジタル・サイバー空間内で使われる2D映像・3Dモデル (2D映像の3D化) が必要となります。現在の技術ではこれらの制作には高度な知識や高価な設備が必要となり、多大な労力を要します。そのため、より簡易に誰でも生成できる技術の開発・評価を進めています。

また、サイバー空間におけるお客さま体験を向上させるため、VPS (Visual Positioning System) の精度向上や、顔が見えないことを利用した社員健康管理への適用性評価などを実施しています (図2)。

サイバー空間で人々が生活するようになると、多人数が同時かつ双方向にコミュニケーションを取ることができるようになります。そのため、映像だけでなく、アバターデータや位置情報など、種々で大容量のデータを低遅延に配信する技術が必要になります。オープンイノベーションセンターでは、NTT東日本が保有する高品質な光ネットワークの特性を利用し、大容量・低遅延の映像配信プラットフォーム [VBOLT] の開発に取り組んでいます。このプラットフォームに次世代の映像配信・通信プロト



図2 メタバースによる健康相談PoC

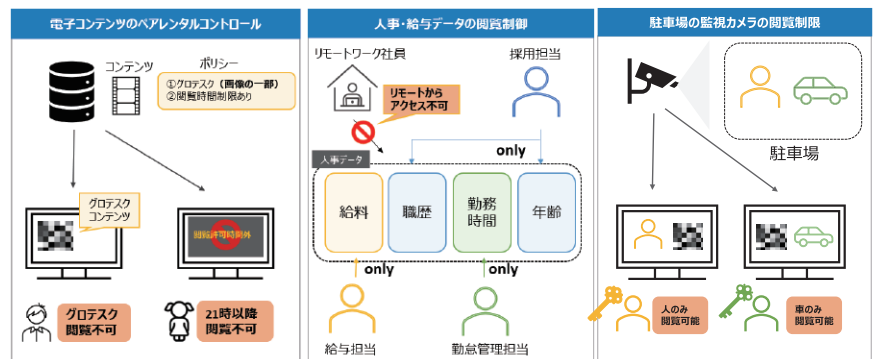


図3 ABE (属性ベース暗号) のユースケース例

コルを適用することで、メタバースなどの位置情報を流通可能とし、ネットワーク分野における新たなユースケースの開拓をめざしています。

② 安心・安全にサイバー空間を利用するための技術

安心・安全にサイバー空間を利用するためには、個人のプライバシーを保護することや、不正や改ざんを防止することが重要です。

オープンイノベーションセンターでは、プライバシー保護技術として、ABE (Attribute Based Encryption : 属性ベース暗号) による柔軟なポリシー・鍵発行技術の活用に取り組んでいます。具体的には、特に慎重な取り扱いが求められる要配慮個人情報について、特定の権限を持つ人だけが閲覧できるようにしながら情報の秘匿度合いによりポリシーを設定することで、閲覧者の権限や属性に応じた柔軟なアクセス制御とデータ保護を兼ね備えた暗号技術の実用化をめざしています (図3)。

またAI技術が飛躍的に進歩し、「AIの民

主化」と呼ばれるようにAIを利用する敷居が下がっている中、フェイクニュースなどAIを悪用するリスクも急速に高まっています。オープンイノベーションセンターでは、サイバー空間に急速に広がるディープフェイクへの対策にも取り組んでおり、フェイクコンテンツであるか否かを見破ることのできる「フェイク検知技術」の評価と開発を進めています。この技術を活用することで、お客さまがAIを安全に利用し、安心してサイバー空間を利用できる未来をめざしています。

(2) 地球環境に配慮した次世代のキャリア・プラットフォームとして求められる技術

ネットワークを流れるトラフィックは年々増加しており、ICTやAIの利活用が進むにつれて、この傾向は今後ますます強まるといわれています。

NTTグループは、日本における電力使用量の1%を占める大規模な電力需要家となっており、持続可能な社会インフラ基盤を提供するためには、今まで以上に地球環

リモートバイオDX

【Project 1】
遠隔での研究機器操作、データ取得と解析を実現するデジタルインフラ

【Project 2】
遠隔での画像データ等の共有化による指導・対話・教育システムの実現

【Project 3】
大規模生命科学・医学データの安全性の高い保管・移動・解析を可能にするデジタルインフラの実現

私たちの目標 あらゆる産業においてバイオ技術が用いられる「バイオエコノミー社会」の実現

東京大学大学院医学系研究科・医学部附属病院
実験に関わるノウハウや実データ等のアセットを提供し、遠隔共同実験の実現や高速・大規模データネットの実現を担う

NTT東日本
通信やクラウド等のインフラに關わるアセットとノウハウを提供し、リモートバイオDXに特化したインフラシステムの開発を担う

日本電子
理学・計測機器メーカーとしてのノウハウを提供し、従来にない高速通信やクラウド環境を活用した実験システムの開発を担う

ニコン・ニコンソリューションズ
光利用技術と精密技術の可能性に積み、イノベーションを通じて“人々のウエルフェアの向上を支援する企業”として、バイオ研究領域におけるイメージングソリューション部分を担う



図4 産学連携の取り組み

境に配慮した技術開発が必要となります。

NTT東日本グループでは、次世代のエネルギー資源である水素エネルギーに着目し、水素燃料電池を社内設備、商業ビル、災害対策などに適用するための技術調査や評価を進めています。

また、昨今では宇宙関連技術の民主化が進んできています。これまで衛星を使った通信やセンシングなどはありましたが、それらを大量に打ち上げることで観測頻度・範囲を改善する「衛星星座レーション*」が盛んになっています。これにより、光ではリーチが難しい山間部や海上などにおいても通信環境が行きわたり、地表および海面の状況を観測衛星により定期的にモニタリングすることが可能になります。さらには、地表の植生分布の把握や、海水温の変化による良好な漁場の推定が可能になります。オープンイノベーションセンターでは、このような一次産業のDX化を推進することをめざして、通信・観測を問わず衛星を活用した技術のユースケース探索と評価を行っています。

(3) 地域のお客さまのリアルな課題に対してICTにより解決するための技術

現在、日本における光ファイバの世帯整備率は99%を超え、多くの地域で光回線を利用した通信環境が提供されています。また、スマートフォンなどのモバイルデバイスは世帯普及率が90%を超えており、デバ

イスが送受信する電波（5G（第5世代移動通信システム）やWi-Fiなど）は広範囲に行き渡っています。NTT東日本グループでは、これらの光ファイバおよび無線を使ったセンシング技術を用いて、さまざまなユースケースへの適用を進め、技術評価や実証実験を推進しています。

① 光ファイバを使ったセンシング技術

光ファイバを使ったセンシング技術は、送出した試験光によって発生する散乱光の特性から光ファイバに加わる振動や歪みを検知できます。NTT東日本グループでは、センシング技術により検知した振動情報から正確な位置情報を効率的に得られることを応用し、地下光通信設備における保守運用の効率化に用いています。

また、このセンシング技術を用いることで、トンネル掘削工事などにおける周辺への振動影響の把握や橋梁の健全性調査などの社会インフラの構築・保全において、既設の光ファイバを活用した面的かつ遠隔のモニタリングを実現し、極力人手をかけない運用が可能となります。先端テクノロジー部では現在、建設業界や自治体などの皆様と連携し、光ファイバを使ったセンシング技術の早期社会実装に向けた取り組みを進めています。

② 無線を使ったセンシング技術

無線を使ったセンシング技術では、スマートフォンなどの無線端末と、その通信相手となるアクセスポイント、あるいは基地局間の電波変動を読み取ることで、無線端末を保有していない人や動物・物体の検出が可能になります。例えば、屋内ではプライ

バシーへの配慮からカメラでは難しい見守りや介護などが可能になり、屋外では夜間や遮蔽物のある環境においても侵入検知や鳥獣害対策などが可能になると見込んでいます。

■大学・研究機関との連携

NTT東日本では、最先端の研究活動に取り組んでいる大学・研究機関と協業して、将来に向けた先進的なユースケースを創出する活動に取り組んでいます。その中で、東京大学との連携協定を締結し、生命科学・医学研究における情報通信インフラ整備として「リモートバイオDXプロジェクト」を立ち上げました⁽¹⁾（図4）。

先端テクノロジー部では本プロジェクトを通じて、従来の各大学・企業内に閉じた研究環境から脱却し、日本全国どこからでも最先端の研究機材やデータを活用でき、研究者どうしが活発に連携し合える研究環境の実現をめざしています。具体的には、以下の3つについて取り組んでいます。

(1) 顕微鏡の遠隔操作

現在、研究者が電子顕微鏡のような高額かつ設置条件の厳しい顕微鏡を利用するためには、現地に直接足を運ぶ必要があります。

本プロジェクトでは、NTT東日本の超高速・超低遅延ネットワークであるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) APN (All-Photonics Network)⁽²⁾を活用することで、離れた実験室においても現地さながらにタイムラグのない操作環境の実現に取り組んでいます。

(2) 超大規模データの高速転送

バイオ研究で扱うゲノムデータなどはパ

* 衛星星座レーション：多数の人工衛星がある軌道に打ち上げ、一体的に機能させる技術。

タバイト級の大容量データになりますが、現在はハードディスクを物理的に郵送・保管するなどの物理的な手法に頼っている状況です。

本プロジェクトでは、IOWN APN上において近距離向け高速通信であるRDMA (Remote Direct Memory Access) を活用することで、遠隔地においてオンライン上で大容量のゲノムデータなどをやり取りできる研究環境の実現に取り組んでいます。

(3) 実験データのセキュアな管理

研究者の実験結果を正しく記録しその改ざんを防ぐための手段として、現在は修正不可能なボールペンで紙のノートに記載するなど、アナログな運用が実施されています。

本プロジェクトでは、ブロックチェーンの特徴である耐改ざん性を活用することで、流通しているデータの正当性を保証し、研究者が安心してデジタルに研究できる仕組みの実現に取り組んでいます。

先端技術の調査に向けたVC連携と技術発信の取り組み

■先端技術の調査状況とVC連携

オープンイノベーションを推進するためには、パートナーとなるディープテック・スタートアップ企業や、その企業が持つ先端技術について日々情報収集することが不可欠です。

オープンイノベーションセンタは発足以降、前述した重点技術領域の開拓に向けた取り組みと並行して、各地の展示会・スタートアップピッチ・技術セミナーなどに参加し、その調査を続けています。これにより、200社以上の企業・技術情報を調査・データベース化し、実用展開へ向けて速やかに対応できるようにしています。

収集した情報はデータベース化するだけでなく、社内外での活用を見据えたレポート作成も行っています。各技術分野における業界動向・市場動向・今後のトレンドなどをまとめたテックマガジンの制作に加え、社内向けの勉強会、地域ミライ共創フォーラム、グループ内外の展示会での発信を通じて、新たなパートナーやお客さまとの共創を図っています。

限られた体制で効率的に情報収集するためには、調査1件当たりの質を高めることが

重要です。オープンイノベーションセンタでは、これまでネットワーク分野での開発においてパートナーとなっているベンダ系VC (Venture Capital) やグループ会社 (NTTファイナンス、NTTドコモ・ベンチャーズなど) などとの連携を通じて、前述した重点技術領域に関連の深いディープテック・スタートアップ企業に関する情報を効率的に収集しています。

また、VCから情報提供を受けるだけでなく、その検討結果をフィードバックすることで、VCの投資判断に資する情報提供を行い、双方にメリットのある関係性を構築しています。これにより、相乗効果を図り、より質の高い情報収集と技術評価を実現しています。

■技術発信の取り組み

オープンイノベーションセンタでは、技術情報の発信を通じて、社内外のステークホルダに対して技術開発の成果や最新の技術動向を共有しています。具体的には、以下のような取り組みを行っています。

(1) 社内外の展示会への出展

定期的に社内外の展示会へ出展し、最新の技術開発の成果や製品を紹介しています。これにより、技術者や研究者だけでなく、ビジネスパートナーやお客さまとの情報共有を促進し、技術開発のスピードを加速させています。展示会では、技術的な詳細だけでなく、チームの取り組みなども紹介し、来場者に活動内容について興味を持ってもらうことをめざしています。

(2) スタートアップ企業との交流イベントへの参画

スタートアップ企業との交流イベントに参画し、最新の技術情報や研究成果を共有しています。これにより、社内外の技術者や研究者との交流を深め、新たな技術開発のアイデアを生み出しています。

オープンイノベーションセンタは、こうした先端技術の調査や発信を通じて、技術開発の方向性を定めるとともに、社内外のステークホルダとの情報共有を促進しています。これにより、技術力を今まで以上に高め、NTT東日本グループの持続可能な成長を実現しています。さらに、これらの活動を通じて、技術による地域の課題解決の最前線に立ち続けることをめざしています。

今後の展開

NTT東日本グループでは、先端テクノロジー部に設置したオープンイノベーションセンタにおいて、ディープテック企業や大学・研究機関、VCなどと連携し、世界の最先端技術をいち早く事業に取り入れるための技術調査・評価・実証実験に取り組んでいます。今後はさらに多くの企業や大学との連携を進めるとともに、より最先端のテクノロジーを効率的に取り込むための海外技術調査の活性化にも取り組んでいきます。

■参考文献

- (1) https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20231221_01.html
- (2) <https://www.rd.ntt/iown/index.html>



(左から) 毛利 仁士 / 安永 崇

さまざまなパートナーと共創するオープンイノベーション活動を通じて、通信領域のみならず、非通信領域においても最新技術を取り込み、次の社会を担う新たなサービスやインフラの創出に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTT東日本
先端テクノロジー部
オープンイノベーションセンタ
E-mail oic-toiawase-syagai-gm@east.ntt.co.jp



主役登場

最先端AI技術と向き合う その使命感

柴田 高志 Takashi Shibata

NTT東日本
先端テクノロジー部
スペシャリスト



私はAIと通信技術がこれからの世界を変える重要な技術になると確信し、「新しいサービスを開発することで地域社会を良くしていきたい」という思いからNTT東日本に入社しました。入社後は開発系業務を強く希望し、DX(デジタルトランスフォーメーション)関連の業務に従事することができました。さらに、業務に携わる中でアプリケーション開発の基礎を身につけ、クラウド技術やIoT(Internet of Things)などの幅広い技術を習得してきました。

しばらくすると、ディープラーニングの登場により第三次AIブームが訪れ、NTT東日本もAI分野に注力し始めました。当時、私はAI分野に強い興味があり、ディープラーニングについてゼロから学び始めました。短期間でAI技術を習得するため、資格取得と実務経験の両面からAIに取り組み、AIエンジニアとしての道を歩み始めました。その中で、物体検知・セグメンテーション・音声認識などの多岐にわたる領域において、実績を積むことができました。

私自身のAI技術力が向上し、実績を積んでいく中で、世の中から見ると自分の技術力がどの程度なのかと興味を持ちました。また、日々進歩する技術をアップデートしていくためには、トップエンジニアとの交流が必要と感じました。そこで、オープンコミュニティやさまざまなAIイベントに参加し、社外の技術者との交流を深め、回

数を重ねることで、技術者としての自信をつけることができました。現在ではAIプロジェクトのテクニカルリーダーとして、新しい技術の導入やプロジェクトマネジメント、AI開発・運用を推進しています。

私は近い将来、社内のコールセンタ業務の大部分について、生成AIが代行できる可能性を感じています。問合せの一次対応を生成AIへ代行させ、人間のオペレーターはお客さまと心を通わせた応対や臨機応変な業務に注力する、そんな未来のコールセンタの実現に向けて研究開発に取り組んでいます。コールセンタ業務は暗黙知が多く言語化されていないため、言語化して形式知を蓄積していくことが、これからの生成AI時代において極めて重要になると考えています。

最近では、生成AI分野のRAG(Retrieval-Augmented Generation: 検索拡張生成)やファインチューニングの最先端技術を保有する海外スタートアップ企業と仕事をする機会がありました。そこでは、最先端技術にもかかわらず要望を出すと即日に対応し翌日には商用環境へリリースするという、海外スタートアップ企業の圧倒的な技術力の高さとスピード感に感銘を受けました。私たちも、今以上に技術力を向上させ、よりスピーディな開発ができる組織をめざしています。また、こうした組織を実現し、AIなどのデジタル技術を使いこなし

て新しいビジネスを創造していくためには、高度AI人材の育成も欠かせません。私は現在、人材のレベルに応じたAI社内研修を主催し、より実践的なAI開発経験の機会を提供することで、短期集中型の高度AI人材育成に取り組んでいます。そのために、私はAIのコンテストやハッカソンであるKaggle・SIGNATEなどに継続的に挑戦し、社外の技術者と人脈を広げ、相互に有益な関係を築くことで社外技術者の有する最新のノウハウを吸収しています。さらに、学んだことを会社の事業に活かすことができるよう、AI技術の研鑽を日々行うことで、AIエンジニアとして成長しています。これらの活動をとおして、自身と組織のAI技術を徹底的に磨き上げ、生成AIの新規ビジネス開拓に取り組んでいきます。

最後に、生成AI分野において、日本は世界と比較して大きく後れを取っているとされており、日本企業が急速に生成AI分野へ注力をはじめ、そのため、今後はグローバルに活躍できるAI人材やAIビジネスの拡大が求められています。私たちNTT東日本グループは、AI技術が今以上に進歩し新しいアプリケーションが花開いていく先を見据えて、地域の課題解決に向けたAIの社会実装に取り組んでいきます。また、人々の暮らしの中に生成AIを浸透させ、人間とAIが共創する社会の実現をめざしていきます。

3GPP Release 18 標準化活動

3GPP(3rd Generation Partnership Project)では、

Release(Rel)-15の策定以降もさまざまな5G(第5世代移動通信システム)技術の改善を仕様化し、Rel-16, Rel-17として策定してきた。

今回、5Gのさらなる高度化をめざして検討が進められてきたRel-18

およびそれ以降の仕様を5G-Advancedと定義し、

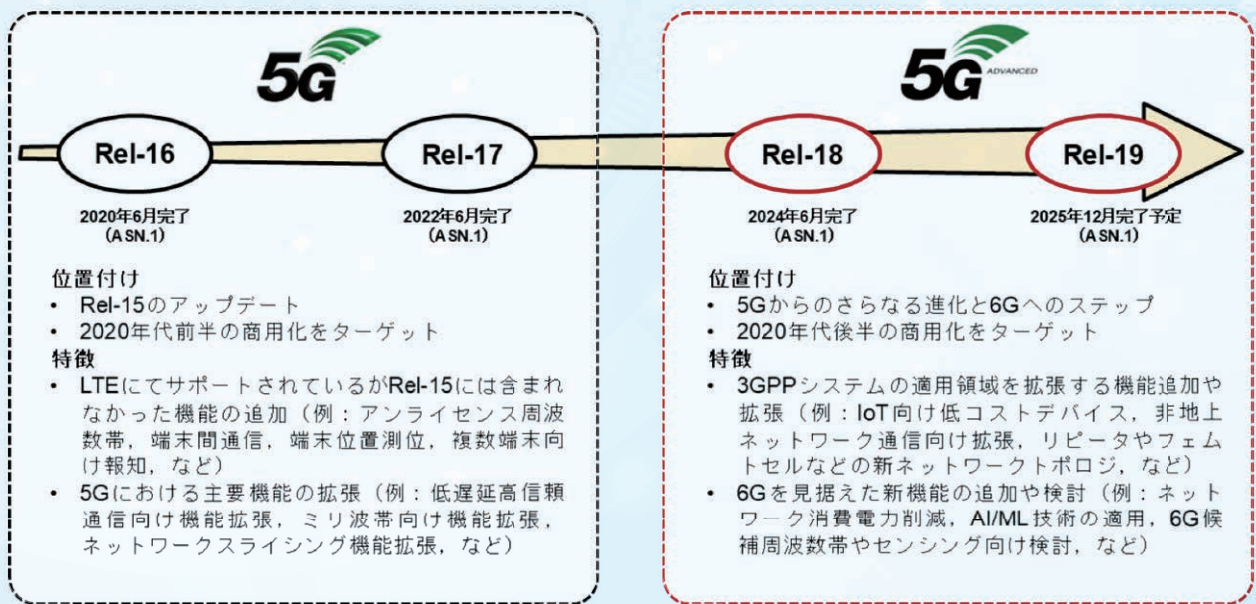
2024年からはRel-19の仕様策定作業や6G(第6世代移動通信システム)に関する議論も一部開始している。

本特集では、NTTドコモが取り組んでいる3GPP Rel-18標準化活動の最新情報を紹介する。

5G-Advanced標準化動向

28

5G-Advanced標準化動向として、Rel-18の位置付けや特徴、3GPP Rel-19の検討項目および仕様化項目、および6G標準化スケジュールに関する議論動向について紹介する。





3GPP Release 18における5G-Advanced無線技術概要 ——— 32

3GPP Rel-18仕様で策定された5G-Advanced無線の産業創出・ソリューション協創向け高度化技術, モバイルブロードバンド向け高度化技術, および無線ネットワーク高度化技術について紹介する.

3GPP Release 18における5GCの高度化技術概要 ——システムアーキテクチャ—— 37

3GPP Rel-18で規定された拡張について, コアネットワーク観点での, 産業創出・ソリューション協創向け高度化技術, モバイルブロードバンド向け高度化技術, および網管理の効率化や自動化に向けた取り組みを紹介する.

3GPP Release 18におけるネットワーク自動化 およびAI/MLの高度化技術 ——— 42

3GPP Rel-18で検討されている, ネットワークのためのAI/ML (Artificial Intelligence/Machine Learning) と, AI/MLアプリケーションに対するネットワークのサポート機能をについて紹介する.

主役登場 熊谷 慎也 NTTドコモ ——— 46

3GPPにおける6G国際標準化リードをめざして



5G-Advanced標準化動向

2024年6月に3GPP (3rd Generation Partnership Project) の標準として、Release (Rel) -18の策定作業が完了しました。5G (第5世代移動通信システム) の初版であるRel-15が2018年6月に策定されて以降、5Gによる商用サービスが世界各国で広まっており、さまざまな産業分野で5Gが活用されています。3GPPでは、Rel-15の策定以降もさまざまな5G技術の改善を仕様化し、Rel-16、Rel-17として策定してきました。今回、5Gのさらなる高度化をめざして検討が進められてきたRel-18およびそれ以降の仕様を5G-Advancedと定義し、2024年からはRel-19の仕様策定作業や6G (第6世代移動通信システム) に関する議論も一部開始しています。本稿では、3GPPにおける5G-Advancedの標準化動向や6G標準化に向けた動向について概説します。

キーワード：#3GPP, #5G-Advanced, #Release 18

まえがき

これまで移動通信技術は、約10年ごとに新しい世代へと大きく進化しており、それとともに通信需要も拡大し、新たな通信サービスが生まれてきました。2018年に3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel) -15として標準仕様が策定された5G (第5世代移動通信システム) では、高速・大容量、高信頼・低遅延、多数端末同時接続の3つの技術的特長を、これまでよりも高い周波数帯を用いることや、さまざまなサービスに適用可能となるような高い柔軟性をシステムに実装することにより実現し、社会基盤として新たな価値・サービスを提供することをめざして世界各国にて商用サービスが展開されています。5Gは最初の標準仕様であるRel-15が策定された後にも、Rel-16、Rel-17と新たなリリースにて機能改善や機能追加が行われるなど進化を続けてきました。

3GPPではRel-18以降の5Gを5G-Advancedと定義し、2020年代後半の商用サービス化をターゲットとした新たな機能の仕様化や、中長期的なモバイルネットワークの進化をめざした機能の検討を行っています。2022年から仕様策定作業が行われていたRel-18が5G-Advancedの最初の標準仕様として2024年6月に完成し、2024年からはRel-19の仕様策定作業が行われています。Rel-19では、2023

年の世界無線通信会議 (WRC-23: World Radiocommunication Conference 2023)^{*1}にて合意された初期6G (第6世代移動通信システム) 向け候補周波数帯にも含まれている7~24 GHzのチャンネルモデルや、ITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunication sector) より示されたIMT (International Mobile Telecommunications) -2030^{*2}フレームワーク勧告にも含まれている無線センシングなど、一部は6Gを見据えた検討も始まっています。また、6Gの標準仕様策定スケジュールに関する議論も行われ、3GPP Rel-21を6Gの最初の仕様として策定し、IMT-2030へ提案を行う予定です。

本稿では、5G-Advancedの標準化動向として3GPP Rel-18、Rel-19の議論動向、仕様化項目、および6G標準化に向けた議論動向について概説します。

5G-Advanced標準化動向

■ Rel-18

3GPPは、2021年4月のPCG (Project Coordination Group) #46会合において、Rel-18以降を5G-Advancedと定義することを決定し、2021年6月に行われたTSG-RAN (Technical Specification Group Radio Access Network) Rel-18ワークショップでは、Rel-18でめざす方向性として、モバイルブロードバンドの進化とさま

はらだ ひろき ながた さとし
原田 浩樹 / 永田 聡
ひらま こうすけ たけだ しんじ
平間 康介 / 竹田 真二
さがえ ゆうた
寒河江 佑太

NTTドコモ

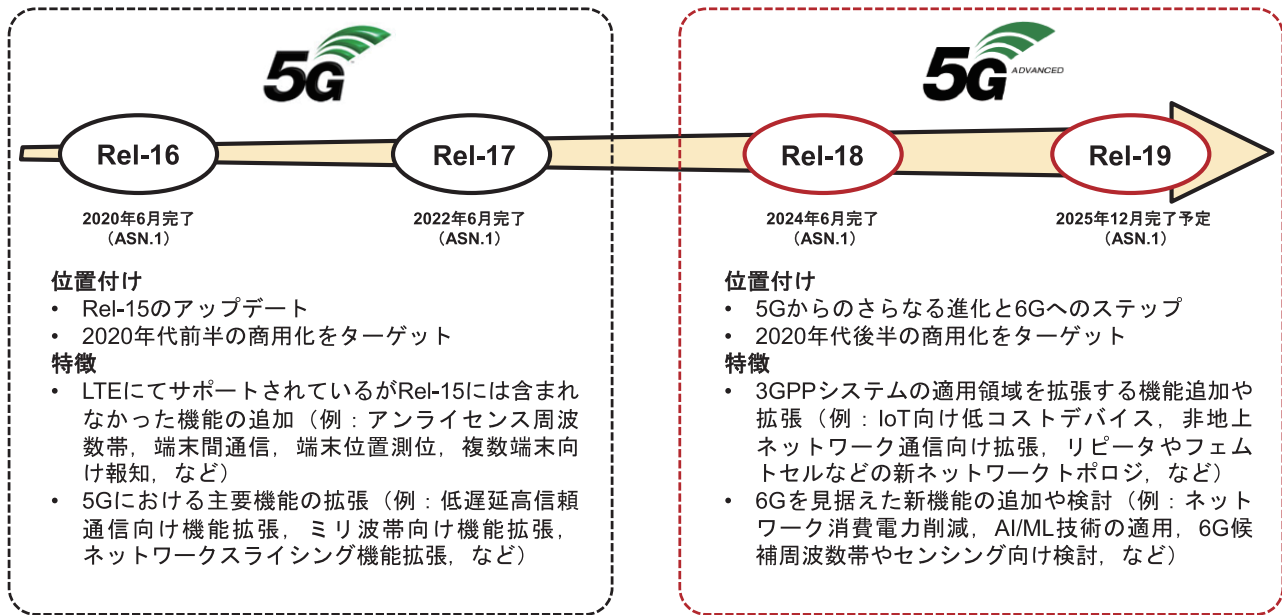
ざまな業界への5G展開、短期的なニーズに対応する技術と中長期的なニーズに対応する技術、デバイスの進化とネットワークの進化、に関してそれぞれの観点でバランスのとれた進化を行うことが示されました。さらに、2021年9月にはTSG-SA (TSG-Service and System Aspects) Rel-18ワークショップも行われ、2021年12月のTSG#94e会合にて2022年からの検討および仕様化作業の開始が承認されました。Rel-18の標準化スケジュール、Rel-18の全検討項目および仕様化項目は文献⁽¹⁾にまとめられています。また、仕様化された各機能の概要については本特集の各記事にて解説します。

Rel-18より前のリリースとRel-18以降のリリースの位置付けや特徴を図1に示します。Rel-16やRel-17は、Rel-15のアップデートとしての位置付けと見なすことができ、

* 本特集は「NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル」(Vol.32, No.2, 2024年7月)に掲載された内容を編集したものです。

*1 2023年の世界無線通信会議：各周波数帯の利用方法、衛星軌道の利用方法、無線局の運用に関する各種規定、技術基準などはじめとする国際的な電波秩序を規律する無線通信規則の改正を行うための会議で、各国主管庁およびITUに登録している事業者などの関係団体が出席し、通常3~4年ごとに開催されます。次回の開催は2027年の予定。

*2 IMT-2030：ITUにおいて標準化されている国際移動通信システム。IMT-2000 (3G)、IMT-Advanced (4G/LTE)、IMT-2020 (5G)などがこれまでに標準化されており、IMT-2030は2030年ごろに標準化完了予定。



ASN : Abstract Syntax Notation

図1 Rel-18前後のReleaseの位置付けや特徴

LTE (Long Term Evolution) にてサポートされていた機能のうち, Rel-15でサポートされなかった機能が仕様化されたほか, 5Gでのターゲットとして当初より想定されていた主要機能のさらなる拡張や改善が行われました. 一方でRel-17の一部やRel-18以降では, 3GPPの適用領域をさらに拡大させるような新機能の仕様化や, 6Gを見据えた新機能の検討・仕様化が行われました.

■ Rel-19

3GPPは, 2023年6月にRel-19ワークショップを行い, 各社からの500件を超える寄書入力に基づき, 検討・仕様化項目の絞り込みの議論を数回にわたって行った後, Rel-19における検討・仕様化項目を決定し作業を開始しました. Rel-19の標準化スケジュールは参考文献(2)に示されています.

Rel-19では, 前述したRel-18と同様の観点でバランスのとれた進化を引き続き継続することに加えて, 6Gへのステップとしての位置付けも考慮されています. 数多くの検討項目および仕様化項目の中から, Rel-18の内容を踏まえつつRel-19における

特徴的ないくつかの項目を紹介します.

- (1) 人工知能・機械学習 [AI/ML (Machine Learning)] 技術の無線インタフェース, 無線アクセスネットワークへの適用

Rel-18では中長期的なニーズを踏まえ, AI/ML技術の無線インタフェースへの適用についての検討や, 無線アクセスネットワークでの適用についての仕様化が行われました. 具体的には, 無線インタフェースによる端末とネットワークとのやり取りにAI/ML技術を活用するユースケースとして, チャンネル状態情報のフィードバック, ビーム制御, 端末位置測位などを想定した検討をRel-18の全期間を通して行い, また, 無線アクセスネットワーク内でAI/ML技術を活用するユースケースとして, モビリティ, ロードバランシング*3, ネットワーク消費電力の最適化の3つを実現するための仕様策定をRel-18にて行いました.

Rel-19においては, Rel-18での検討結果を踏まえて, AI/ML技術の導入効果が見込めるユースケースを実現するための仕様策定を行うことや, さらに新しいユースケースへのAI/ML技術の適用を可能とするた

め, Rel-18にて仕様化に至らなかった機能に関する再検討や新しいユースケースに関する検討を行うことが合意されました^{(3)~(5)}.

AI/ML技術の無線インタフェースへの適用に向けては, ユースケースによらず共通で必要となる仕様として, AI/MLモデルをネットワーク側もしくは端末側の一方にて実装する際の学習, 学習用データ収集, モデルの入出力, モデル性能のモニタリング, モデルの有効化・無効化・切替えなど, モデルのライフサイクルマネジメント (LCM: Life Cycle Management) に必要となるシグナリングやプロトコルの仕様策定がRel-19にて行われます. 加えて, Rel-18での検討の結果, Rel-19での仕様化の対象となったユースケースとして, 空間方向のビーム予測 (例えば, 一部のビームについての測定結果から未測定のビームの品質を予測すること), 時間方向のビーム予測 (例えば, 一部のタイミングでのビーム測定結果から未測定のタイミングでのビームの品質を予測すること), AI/MLモデルによる端末位

*3 ロードバランシング: 周波数間, あるいはセル間でのトラフィック負荷 (ロード) の分散.

置測位や端末位置測位への補助情報の生成などがあり、各ユースケースに必要なシグナリングやメカニズムの仕様策定および要求性能の規定、端末能力の定義などがRel-19にて行われます。

AI/ML技術の無線アクセスネットワークへの適用については、カバレッジおよびキャパシティの最適化、ネットワークスライシング^{*4}の最適化、モビリティ向けのセル品質予測やハンドオーバー失敗の予測、デュアルコネクティビティ^{*5}向けのモビリティ最適化、電力消費予測など、さまざまなユースケースに関する実現性、効果、仕様化によるインパクトなどの検討がRel-19にて行われます。

(2) 6Gを見据えた新たな3GPPシステム適用領域に関する検討

Rel-18では、前述のAI/ML技術の無線インタフェースへの適用や、下リリンクと上リリンクの多重(duplex)の拡張、端末消費電力の削減のための超低消費電力受信機やそのような受信機向けの信号の検討など、中長期的なニーズを踏まえた新規技術領域の検討が行われました。

Rel-19では、6Gへのステップという位置付けを踏まえ、WRC-23における6G候補周波数の状況⁶⁾やITU-RでのIMT-2030フレームワーク勧告⁷⁾などを考慮した新たな検討が複数行われることとなっています。具体的には、7~24 GHzの周波数に関するチャンネルモデルの検討、センシングと通信の融合(ISAC: Integrated Sensing and Communication)^{*6}に関するチャンネルモデルの検討、超低消費電力で超簡易なlow-end IoT (Internet of Things) デバイス(A-IoT: Ambient-IoT)^{*7}に関する検討などが行われます^{8)~10)}。

- 7~24 GHzの周波数には、WRC-23においてWRC-27向けの新議題とすることが合意された7.125~8.4 GHzの周波数および14.8~15.35 GHzの周波数が含まれており、それらの周波数の6Gでの活用が期待されることから、5G向けにつくられた既存のチャンネルモデルの7~24 GHzの周波数への適用可否や

チャンネルモデル拡張の必要性についての検討が行われます。

- ISACについては、IMT-2030フレームワーク勧告においても6つの代表的な利用シナリオのうちの1つとして言及されており、3GPPでは物体の検知や移動に対するトラッキングを実現するためにチャンネルモデルの検討が行われ、その後の進捗や状況に応じてチャンネルモデル以外の検討も行われます。
- A-IoTについては、現状RFID (Radio Frequency Identification)^{*8}やバーコードリーダーによって行われている、モノの認識や管理のようなユースケースを対象とし、後方散乱通信(バックスキャッタ通信)^{*9}やエナジーハーベスティング^{*10}を活用した超低消費電力デバイスを対象とした検討が行われます。

■6G標準化スケジュール

ITU-Rでは2022年6月にIMT-2030の全体スケジュールが合意されました¹¹⁾。

IMT-2030、3GPP Rel-18および19のスケジュールが固まってきたことから、3GPPにおいて6Gの全体スケジュールに関する各社からの寄書が2023年ごろから提出されるようになり、2023年12月のTSG会合にて6Gタイムラインに関する初回の議論が行われました。そこでの議論においていくつかの方針やマイルストーンがTSG議長から提案され、議論の結果、6Gに関する3GPPワークショップを2025年3月に行うこと、6Gに関する検討をRel-20から開始すること、IMT-2030への提案および6G初期仕様の策定をRel-21にて行うことなどが合意されました¹²⁾。

加えて、2024年3月に再度6Gタイムラインに関する議論が行われ、Rel-20における具体的な6Gに関する検討開始・完了予定時期や、5G-Advanced Rel-20の仕様完成時期を2027年6月とすることなどが合意されました¹³⁾。2024年3月時点での6G標準化スケジュールの見通しを図2に示しますが、ポイントは以下のとおりです。

- 2024年5月にSA WG (Working

Group) 1 (SA1) における6Gユースケースに関するワークショップ、2025年3月に3GPP全体での6Gに関するワークショップを行う。

- 2024年12月から2025年6月まで、ITUにおけるIMT-2030要求条件に関する検討をTSG RANP (RAN Plenary) にて行い、必要に応じてITU-Rにおける要求性能議論との連携を行う。
- 2025年3月の3GPPワークショップ後から2026年6月まで、6Gに関するハイレベルな検討をRANPにて行う。
- Rel-20における各WGでの6G関連検討の時期は、SA1は2024年9月から2026年3月まで、SA WG2 (SA2) は2025年6月から2026年12月または2027年3月まで、RAN WG1 (RAN1) は2025年6月から2027年3月まで、RAN WG2/WG3/WG4 (RAN2/3/4) は2025年9月から2027年6月まで、TSG-CT (TSG-Core Networks and Terminals) WG1/3/4/6 はSA2の検討開始から9カ月後の2026年3月か

*4 ネットワークスライシング: ネットワークを仮想化し、ネットワークリソースを分割することで、用途に応じたサービスを提供する技術。

*5 デュアルコネクティビティ: 端末が2つの基地局と接続し、それぞれの基地局との送受信を同時に行うことで広帯域化を実現する技術。

*6 センシングと通信の融合 (ISAC): 無線を利用したデータ通信と物体検知などのセンシングを統合し、移動通信ネットワークによって通信およびセンシングのサービスを提供可能とするコンセプト。

*7 超低消費電力で超簡易なlow-end IoTデバイス (A-IoT): エナジーハーベスティング^{*10}技術、エネルギーストレージ技術、後方散乱通信 (バックスキャッタ通信)^{*9}技術、低消費電力信号生成・処理技術などを組み合わせることで、バッテリー交換やメンテナンスが極力不要となるようなデバイス。

*8 RFID: ID情報を埋め込んだ小さなICチップからID情報を無線によって取得し、人やモノを識別・管理する仕組み。

*9 後方散乱通信 (バックスキャッタ通信): 受信した電波の反射・吸収を利用し、反射波に情報を載せて通信を行う技術。

*10 エナジーハーベスティング: 無線、光、振動、熱など、多様なエネルギー源の少なくともいずれかを利用して環境からエネルギーを収集し、収集したエネルギーを電力に変換する技術。

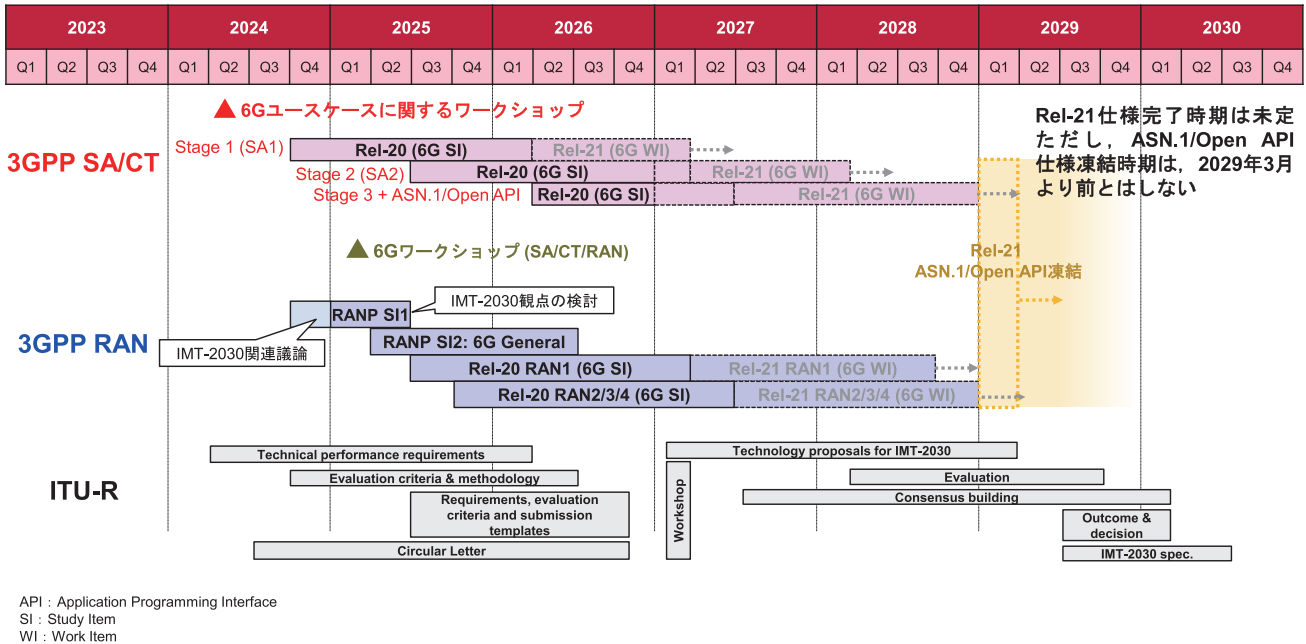


図2 6G標準化タイムラインの見通し

らとする。

- ・ Rel-21のスケジュールは2026年6月までに決定するが、Rel-21の仕様完成時期は2029年3月かそれ以降とする。
- ・ Rel-21仕様にてIMT-2030の要求性能を満たす仕様を策定し、ITU-RへIMT-2030提案として提出する予定。

あとがき

本稿では、5G-Advanced標準化動向として、Rel-18の位置付けや特徴、3GPP Rel-19の検討項目および仕様化項目、そして6G標準化スケジュールに関する議論動向について概説しました。NTTドコモは3GPPにおける5G-Advanced標準化の推進に寄与しており、今後も移動通信のさらなる発展に貢献していきます。

参考文献

- (1) <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18>
- (2) <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-19>
- (3) 3GPP RP-234039: "New WID on Artificial Intelligence (AI) /Machine Learning (ML) for NR Air

- Interface," Dec. 2023.
- (4) 3GPP RP-234054: "New SID: Study on enhancements for Artificial Intelligence (AI) /Machine Learning (ML) for NG-RAN," Dec. 2023.
- (5) 3GPP RP-234055: "Study on AI (Artificial Intelligence) /ML (Machine Learning) for mobility in NR," Dec. 2023.
- (6) https://www.soumu.go.jp/main_content/000925690.pdf
- (7) ITU-R Recommendation M.2160-0: "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond," Nov. 2023.
- (8) 3GPP RP-234018: "Study on Channel Modelling Enhancements for 7-24 GHz for NR," Dec. 2023.
- (9) 3GPP RP-234069: "Study on channel modelling for Integrated sensing and communication (ISAC) for NR," Dec. 2023.
- (10) 3GPP RP-234058: "Study on solutions for Ambient IoT (Internet of Things) in NR," Dec. 2023.
- (11) https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0a/06/ROA060000C80001PDFE.pdf
- (12) 3GPP RP-232746: "High-level Considerations for 6G Timeline," Dec. 2023.
- (13) 3GPP RP-240823: "Additional Considerations for 6G Timeline," March 2024.



(上段左から) 原田 浩樹 / 永田 聡 / 平間 康介



(下段左から) 竹田 真二 / 寒河江 佑太

NTTドコモは、5Gおよび6Gを通じてお客さまにより良いサービスや新たな価値を提供するため、またモバイル通信の未来を切り拓くため、研究開発や標準化活動に引き続き積極的に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部
E-mail dtj@nttdocomo.com



3GPP Release-18における5G-Advanced無線技術概要

3GPP (3rd Generation Partnership Project) において、5G向けの新たな無線アクセス技術であるNR (New Radio) の標準仕様がRelease (Rel) -15として策定された後、その拡張技術の標準仕様Rel-16/17がこれまで策定されてきました。3GPPでは、5G (第5世代移動通信システム) からのさらなる技術拡張として、Rel-18以降の5G仕様を5G-Advancedと定義しています。この位置付けのもと、2022年3月より開始されたRel-18の仕様策定が、2024年6月に完了しました。本稿では、Rel-18における5G-Advanced無線の高度化技術について概説します。

キーワード:#5G-Advanced, #NR, #RAN

くまがい しんや たけだ だいき
熊谷 慎也 / 武田 大樹
あんどう けい しもだいら ひでかず
安藤 桂 / 下平 英和
びん てんよう いのうえ しょうき
関 天揚 / 井上 翔貴

NTTドコモ

まえがき

5G (第5世代移動通信システム) 向けの新たな無線アクセス技術であるNR (New Radio)*¹ が3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel) -15で仕様策定された後、Rel-16/17において、モバイルブロードバンドの高度化 (eMBB: enhanced Mobile BroadBand) や高信頼・低遅延通信 (URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communication) 向けの高度化技術に加えて、産業分野でのIIoT (Industrial IoT) を促進するIIoT (Industrial IoT) といった新規事業を創出するための拡張技術が規定されました。Rel-17ではさらに、新規シナリオ・ユースケースに対応するために、非地上ネットワーク (NTN: Non-Terrestrial Network) のサポートや、低コストNR端末カテゴリ

(RedCap: Reduced Capability*²) の追加なども規定されました。

3GPPでは、Rel-18以降を5G-Advancedと定義し、2020年代後半の商用化をターゲットにした機能追加とともに、2030年ごろをターゲットとした6G (第6世代移動通信システム) へのステップとも位置付け、①モバイルブロードバンドの進化とさまざまな業界への5G展開、②短期的なニーズに対応する技術と中長期的なニーズに対応する技術、③デバイスの進化とネットワークの進化、のそれぞれの観点でバランスのとれた検討・仕様化項目を行い、5Gが新たな価値を提供することへ貢献しています。Rel-18で仕様化した主な機能を図1に示します。本稿では、これらのRel-18で仕様化された主な拡張技術を概説します。

産業創出・ソリューション協創向け高度化技術

IoTデバイスのさらなる複雑性・コスト低減

Rel-17では、NRのハイエンドなIoT端末と、eMTC (enhanced Machine Type Communication) やNB-IoT (Narrow Band-IoT) で提供されるローエンドなIoT端末の間に位置するミドルレンジIoTサービスに対してNRを最適化した端末として、RedCapが仕様化されました。一方、Rel-17 RedCapは、さらに端末の複雑性を削減する余地が指摘されており、よりローエンドIoTに近い領域でRedCapを適用するための機能拡張として、eRedCap (enhanced Reduced Capability) と呼ばれる端末の仕様化が行われました。

ドローン向けのNR機能実現

Rel-15で導入されたLTEドローンでは、高度報告、航路報告、過剰な品質測定報告の抑止機能が仕様化されました。Rel-18で

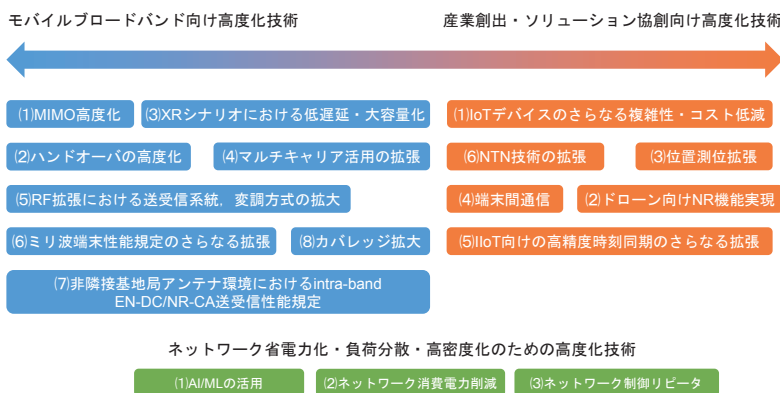


図1 Rel-18で仕様化した主な機能

* 本特集は「NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル」(Vol.32.No.2, 2024年7月)に掲載された内容を編集したものです。

* 1 NR: 5G向けに策定された無線方式規格。4Gと比較して高い周波数帯(例えば、6GHz帯以下や28GHz帯)などを活用した通信の高度化や、高度化されたIoTの実現を目的とした低遅延・高信頼な通信を可能にします。

* 2 RedCap: Rel-17 NRにおいて導入された簡易端末カテゴリの名称で、通常のNR端末よりサポートする送受信アンテナ数や帯域幅を減らすことでデバイスの複雑さを低減します。

導入されたNRドローンは、LTEドローンの基本機能が盛り込まれたほか、機能拡張も行われました。具体的には、品質測定報告のトリガにドローンの高度情報を考慮した新規イベントが導入されました。また、品質測定報告の設定において、ドローンが測定するビームを高度に応じて設定することや、ドローン航路報告において、航路の情報を更新することが可能となりました。さらに、ドローン規制局がドローンの飛行を検知できるようにドローンIDをサイドリンクでブロードキャストする機能 (BRID: Broadcasting Uncrewed Aerial Vehicle ID)、ドローンどうしの衝突を防ぐためにブロードキャストする機能 (DAA: Detect And Avoid) が導入されました。

■NRにおける位置測位技術の機能拡張

Rel-16より、NRではUE (User Equipment) 位置を推定する位置測位機能が導入されています。NR位置測位技術では、セルIDやTAを利用した比較的に簡易な測位方式だけでなく、電波の伝搬時間や到来方向などを利用したより高精度な位置測位方式、加えて、より厳しい要求条件を持つ産業ニーズにこたえるための水平・垂直方向の精度向上や遅延の削減に向けた機能拡張など、多様な位置測位技術が仕様化されてきました。

Rel-18では以下の2つの方向性で測位精度向上、遅延低減や端末消費電力の削減が可能となる仕様化を行いました。

- ・ cmレベルの測位精度をめざす新たな測位方式のサポートや既存位置測位技術の拡張
- ・ 簡易NR端末 (RedCap) 向けやV2X (Vehicle to Everything) *³ユースケースなどを想定した機能拡張によるNR位置測位技術の適用領域拡大

■端末間通信 (サイドリンク)

3GPPでは、Rel-16においてV2X向けにサイドリンクの5G基本機能が仕様化され、

Rel-17において5Gサイドリンクの消費電力低減機能および高信頼・低遅延向け機能の追加が行われました。

Rel-18では、データレート向上や適用領域の拡大を目的として5~6 GHz帯のアンライセンスバンド*⁴向け機能を追加し、効率的なV2Xサービスの実現を目的としてサイドリンクのキャリアアグリゲーション機能と、LTE (Long Term Evolution) サイドリンクとの共存機能を追加しました。

■産業IoT向けの高精度時刻同期のさらなる拡張

Rel-16/17 IIoTでは、高精度時刻同期機能が仕様化されました。Rel-18では同期精度の変化に対して、時刻同期に関するステータスを監視・報告する機能が導入されました。これにより、同期精度が劣化した際に対応策をとることが可能となります。本機能では、AMF (Access and Mobility management Function) はgNBに対し、同期品質に関する制御情報をユーザごとに提供します。この制御情報を基に、gNBはUEに対して時刻同期に関するステータスを通知します。また、このステータスについて更新がある場合には「変更あり」を報知することにより、UEは通信状態によらず同期品質の変化に対応することを可能にします。

■NTN技術の拡張

Rel-17では、静止軌道 (GSO: Geo Stationary Orbit) と非静止軌道 (NGSO: Non GSO) の衛星利用を想定し、GNSS (Global Navigation Satellite System) 機能を備えたUEを前提としてNTNの仕様化が行われました。Rel-18では、スマートフォンなどの小型端末に対応するための「UL (Uplink) のカバレッジ改善」、位置情報をGNSS機能のみに依存しないための「端末位置の妥当性検証」、NTN特有の大きな伝搬遅延や衛星の移動を考慮した、サービ

ス継続性の強化を行うための「NTN-TN間およびNTN-NTN間モビリティの機能拡張」、10 GHzを超える周波数帯のシナリオである「VSAT (Very Small Aperture Terminal) 端末*⁵向けの周波数帯サポート」といった機能拡張が実施されました。

モバイルブロードバンド向け高度化技術

■MIMO高度化

(1) MU-MIMOの最大レイヤ拡張

Rel-15では、下りリンク (DL: Down Link) において、最大8レイヤのSU-MIMO (Single User- Multiple-Input Multiple-Output) *⁶と、最大12レイヤのMU (Multi User) -MIMOが実現できるよう仕様化がされていました。Rel-18ではさらなる大容量化を目的に、MU-MIMOの最大24レイヤへの拡張に向けて復調用参照信号 (DMRS: DeModulation Reference Signal) の最大ポート数を2倍に拡張しました。

(2) 拡張型Type-IIコードブック

Rel-15では、UEが基地局へ報告するCSI (Channel State Information) コードブックとしてType-IとType-IIの2種類が仕様化されています。Type-IIコードブックで

*³ V2X: 車車間の直接通信、車と路側機 (道路脇に設置されている無線通信設備) 間の直接通信、車両と歩行者間の直接通信、LTEや5Gなどのセルラ網を経由して通信する広域通信 (基地局経由通信) などの総称。

*⁴ アンライセンスバンド: 行政による免許割当が不要で、特定の通信事業者に限定されずに使用可能な周波数帯。

*⁵ VSAT 端末: 小型のパラボラアンテナなどを使用して飛行体と通信を行う装置。スマートフォンと比較すると大型であり、当該装置の先に有線でハブ・固定電話・PCなどを接続する構成が想定されます。

*⁶ SU-MIMO: 単一ユーザの複数の送受信アンテナを使用してMIMO通信を行う技術。

報告されるプリコード情報は、UEの移動などに起因して発生するドップラー周波数^{*7}の影響を大きく受けるという課題がありました。Rel-18では、UEがプリコードの時変動の予測値についても測定・報告することができる拡張型Type-IIコードブックが仕様化されました。

その他に、マルチTRP (Transmission and Reception Point) ^{*8}シナリオにおける上りリンク (UL) 送信や、ULの送信レイヤ数拡張などが仕様化されました。

■ハンドオーバーの高度化

従来のハンドオーバーは、protocol stackのRRC (Radio Resource Control) layerで行われ、L3 (Layer 3) モビリティとも呼ばれています。Rel-18では、従来のハンドオーバーにおける瞬間時間を削減するために、より低いレイヤ (L1/L2) でハンドオーバーを実行するLTM (Lower layer Triggered Mobility) が仕様化されました。

LTMにおいて、ハンドオーバー元の基地局は従来のL3品質測定報告に基づき、ハンドオーバー候補セルの情報をあらかじめUEに設定しておきます。ハンドオーバー実行直前にハンドオーバー元の基地局は、UEからのL1品質測定報告に基づき、ハンドオーバー候補セルから最適なターゲットセルとビームを選択し、セルスイッチコマンドというL2シグナリングでUEにハンドオーバー指示を送ります。

■XRシナリオにおける低遅延・大容量化

XR (Extended Reality) は今後のモバイルネットワークにおいて重要なユースケースとして位置付けられています。XRでは、高データレートと、低遅延の両方が要求されます。また、小型かつ軽量の端末の利用が想定されるため、端末に搭載できるバッテリ容量も制約されます。

Rel-18ではこのような高機能化と低消費電力化の要求に対して、拡張されたBSR

(Buffer Status Report) ^{*9}情報や遅延情報といったXR特有の補助情報を追加することでより効率的なULデータ送信を行う「XR Awareness」、Configured Grant設定時のリソース利用効率改善とPDCP PDU (Protocol Data Unit) を複数まとめて制御することによりセル当りの通信容量を改善する「XRキャパシティ向上」、およびDRX (Discontinuous Reception) の受信周期拡張やConfigured Grant^{*10}設定時のUL送信方法などXRユースケースに特化した「XR端末向けの低消費電力化」が仕様化されました。

■マルチキャリア活用の拡張

Rel-15以降、5Gのネットワークが拡大し続けていますが、今後は従来3G/4Gで利用されているFR1 (Frequency Range 1) バンドを5Gに転用する機会が増えると考えられ、これらの複数バンドを束ねたマルチキャリア運用が求められます。一方でFR2バンドでは、同一バンド内で束ねたマルチキャリア運用が有効な場合もあります。

Rel-18では、上記のようなマルチキャリア運用を効率化するために、1つのセルの物理下りリンク制御チャネル (PDCCH: Physical Downlink Control Channel) が複数のセルに対してスケジューリングする機能、および最大4バンドの中から送信バンドを動的に切り替えるUL Tx switchingという機能が規定されました。

■RF拡張における送受信システム、変調方式の拡大

Rel-15以降、UE送受信系統数の拡大によりスループット性能が向上しています。Rel-18では、以下に示すUE送受信系統数の拡大が仕様化されました。

(1) FR1

FR1では、Handheld UEと比較して実装制約の少ないFWA (Fixed Wireless Access) ^{*11}端末などに対して、最大送信

電力29 dBmでより最大4系統 (シングルキャリア送信時4系統、2バンド組合せ時3系統)、下り最大8系統 (8layer DL MIMOを含む) への拡張が行われました。一方のHandheld UE向けには、1 GHz未満の周波数帯における下り最大4系統までの仕様を導入されました。

また、キャリアアグリゲーションやデュアルコネクティビティにおいて同時送受信を行う際の、端末内部における自身の送信信号の回り込みによる受信感度劣化の低減措置がUE capability^{*12}と組み合わせで仕様化されました。

*7 ドップラー周波数：無線通信において、送信機もしくは受信機の移動によって発生する周波数の誤差。

*8 TRP：基地局において、1つの場所に設置された、1つまたは複数の送受信アンテナポートの集合。1つの場所に設置された送受信アンテナポートのみを用いる基地局構成をシングルTRPと呼び、複数の場所に設置された送受信アンテナを用いる基地局構成をマルチTRPと呼びます。

*9 BSR：ULのMACサブレイヤで伝送される制御信号MAC CE (Medium Access Control Control Element) の一種。UEがgNBに対し、送信を希望するULデータのバッファ滞留量を報告するために用いられます。

*10 Configured Grant：基地局からあらかじめユーザ個別にPUSCHリソースを割り当てておき、上りリンクデータが発生したら、SR (Scheduling Request) 送信を行わずにUEが当該リソースでPUSCHを送信できる仕組みのこと。

*11 FWA：無線通信規格の1つで、固定無線アクセスシステムを指します。FWA端末はスマートフォンのような携帯端末とは異なり固定されて使用する想定のため、一般的に、携帯端末と比較して大きなデバイス容積で各種無線信号処理ハードウェアが実装しやすいです。

*12 UE capability：標準仕様で規定された各種機能やそれらの機能に付随する性能要件への対応可否、またある機能を使用する際に複数の設定を取り得る場合にどの設定に対応可能なのか、といった端末の機能対応可否の総称。

*13 $\pi/2$ BPSK：2値の情報を2つの位相状態に対応させたデジタル変調方式であるBPSKにおいて、各変調ごとに基準となる位相状態を $\pi/2$ (90度) ずつシフトさせることで急激な位相変動を避けて、ピーク電力対平均電力比を抑えることを可能とする変調方式。



図2 複数受信機能部を具備する端末の性能規定

(2) FR2

FR2では従来、上り変調方式として $\pi/2$ BPSK (Binary Phase Shift Keying) ^{*13}, QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 64QAMがサポートされていましたが、Rel-18で新たに256QAMが仕様化され、64QAMと比較して、8/6倍の情報量を送信可能となりました。

■ミリ波端末性能規定のさらなる拡張

従来、FR2の同一周波数帯においてUEが満たすべき要件は、1つのアンテナパネルによって1つのビームを形成できることですが、4layer受信をFR2で行うためには異なる2つのビームを用いる必要がありました。

Rel-18では、FR2の下りスループットの向上に向けて、RF機能部をより高度なものである前提として、同時に2つのビームを形成することでFR2の同一周波数帯での4layer DL MIMOを実現可能とする、端末性能規定を策定しました (図2)。

また、FR2では無線品質測定の際にUEのビームスイーピングが必要となることで、FR1に比べて無線品質測定に長い時間を要していましたが、Rel-18においては、それぞれ独立してビームスイーピングを行うことが可能な受信機能部を複数具備することでビームスイーピングの時間を短縮可能と

しました。

■非隣接基地局アンテナ環境における intra-band NR-CA 送受信性能規定

LTEのBand 42 (3.4~3.6 GHz) および NRのBand n77 (3.3~4.2 GHz) /n78 (3.3~3.8 GHz) は、周波数帯域が重複するためintra-bandとして扱われ、基地局アンテナが物理的に隣接して設置される前提となっていました。そのため、これらのバンドのEN-DC (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network New Radio Dual Connectivity) /NR-CA (NR-Carrier Aggregation) におけるバンド間の受信信号電力差や信号送受信時間差は、伝搬経路の差が考慮されないものとなっていました。しかし、実際にはこれらのバンドの基地局アンテナが物理的に離れた場所に設置される場合があり、これらのバンドのEN-DC/NR-CAの正常な運用が担保できない課題がありました。Rel-16およびRel-17では、EN-DCにおいて各バンド2layer、合計で4layerまでに限定して規定の適用範囲の拡大を実施し、受信信号電力差は6 dBまでとなっていたものが25 dBまでの差分が許容可能となり、信号送受信時間差は従来に比べて30 μ s長い時間差まで許容可能となりました。Rel-18においてはこの規定をNR-CAにも適用できるように拡張を実施しました。

■カバレッジ拡大

(1) 物理ランダムアクセスチャネルの繰返し送信

Rel-17では、UL制御/データチャネル向けに、カバレッジ拡大を目的として繰返し送信の拡張が規定されています。しかし、Rel-17カバレッジ拡張機能の実装が想定されたセルにおいては、物理ランダムアクセスチャネル (PRACH: Physical Random Access Channel) ^{*14}のカバレッジがセル全体のカバレッジのボトルネックになり得ることが指摘されました。これを解決すべく、Rel-18にてPRACHの繰返し送信が仕様化されました。

(2) 物理レイヤでの通知による CP-OFDM/DFT-S-OFDMの切替え

Rel-15では、PUSCH送信に対してはCP-OFDM (Cyclic Prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ^{*15}とDFT-S-OFDM (Discrete Fourier Transform-Spread-OFDM) の2種類の波形が規定されています。CP-OFDMは周波数方向のリソース配置の柔軟性などに

*14 物理ランダムアクセスチャネル (PRACH): UEが初期アクセスやハンドオーバーなどにより、セルとコネクション確立を行う場合などに送信される物理チャネル。

*15 CP-OFDM: IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) によって生成した時間領域の信号に対して、CPと呼ばれる末尾の信号のコピーを先頭に挿入する処理を加えた波形生成方法。

いて優れており、一方DFT-S-OFDMは生成される信号のPAPR (Peak to Average Power Ratio) が低いという点からカバレッジ観点で優れています。Rel-15では、これらの波形は上位レイヤ設定によってのみ切替えが可能であったが、Rel-18では、物理レイヤでの通知による切替えにすることで、より細かい時間粒度での制御が可能となります。

ネットワーク省電力化・負荷分散・高密度化のための高度化技術

■AI/MLの活用

Rel-18では以下3つのユースケースを実現するAI/ML機能が仕様化されました。

- ① モビリティについては、ハンドオーバー元の基地局がハンドオーバー先の基地局に送るhandover request messageに、AI/MLで予測したUEの将来の移動軌跡を含めることが可能になり、ハンドオーバー先の基地局は当該情報を用いて、次のハンドオーバー時に適切なハンドオーバー先の選択が可能となります。
- ② ロードバランシングについては、AI/MLで予測した隣接gNBの将来のロード状況をgNB間で交換することが可能になり、その情報を用いることで、先読みしたロードバランシング制御が可能となります。
- ③ ネットワーク消費電力の最適化については、gNBの消費電力の測定メトリックEnergy Costを新たに定義しました。AI/MLで予測した隣接gNBのEnergy CostをgNB間で交換することが可能になり、上記のAI/MLで予測したgNBの将来のロード状況と合わせた情報に基づいて、ロードバランシング制御することでネットワーク全体の消費電力最適化が期待されます。

■ネットワーク消費電力削減

近年の環境問題への意識の高まりによる社会的な要求などにより、ネットワーク側の消費電力削減は通信事業者にとって大きな課題となり、Rel-18で初めてネットワーク側の電力削減技術が仕様化されました。空間・電力・周波数・時間領域での電力削減技術と、それらの技術を実際にネットワークに適用する際に、円滑に運用を行うための、既存UEに対するアクセス規制およびCHO (Conditional HandOver) の拡張で構成されます。

■ネットワーク制御リピータ

5Gエリアのさらなる展開およびカバレッジの拡大に向けた装置として、Rel-17でNRリピータの仕様が規定されました。このNRリピータの動作は単純な増幅中継のみが規定されており、リピータの動作や機能に制約があるため、Rel-18ではネットワークがリピータの動作の一部を制御する、新しいかたちのリピータとなるNCR (Network-Controlled Repeater) の仕様が行われました。これにより、リピータのビーム制御などが可能となり、より高い周波数帯でリピータを運用するなど、NRネットワークのさらなる拡張・高密度化が期待されます。

あとがき

本稿では、3GPP Rel-18仕様で策定された5G-Advanced無線の高度化技術について概説しました。本稿で紹介した産業創出・ソリューション協創向け高度化技術、モバイルブロードバンド向け高度化技術、および無線ネットワーク高度化技術については、参考文献(1)~(3)でより詳細に解説しているので、参照してください。3GPPでは2023年12月から、5G-Advancedの2番目の仕様としてRel-19仕様の策定を開始し

ています⁽⁴⁾。NTTドコモは、3GPPにおける5G標準化推進に寄与しており、今後も5G標準化のさらなる発展に貢献していきます。

■参考文献

- (1) 吉岡・岡野・関・岡村・島：“3GPP Release 18における産業創出・ソリューション協創向け高度化技術,” NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル, Vol.32, No.2, July 2024.
- (2) 松村・芝池・奥村・大川・山下・小熊・北川：“3GPP Release 18におけるモバイルブロードバンド向け高度化技術,” NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル, Vol.32, No.2, July 2024.
- (3) 栗田・七條・井上・中村：“3GPP Release 18におけるネットワーク省電力化・負荷分散・高密度化のための高度化技術,” NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル, Vol.32, No.2, July 2024.
- (4) 原田・永田・平間・竹田・寒河江：“5G-Advanced標準化動向,” NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル, Vol.32, No.2, July 2024.



(上段左から) 熊谷 慎也/ 武田 大樹/
安藤 桂
(下段左から) 下平 英和/ 関 天揚/
井上 翔貴

NTTドコモは、3GPPにおける5G-Advanced標準化推進に寄与しており、今後も5G-Advanced無線の高度化・発展を通してお客さまに新たな価値を提供することに貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部
E-mail dtj@nttdocomo.com



3GPP Release 18における5GCの高度化技術概要 ——システムアーキテクチャ

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel) -18では、5GC (5G Core network) のアーキテクチャに対して、拡張現実感とメディアサービス、時刻サービスと確定性通信、ネットワークスライシング、RNAA (Resource owner-aware Northbound API Access)、インテント駆動管理を中心とした、機能改善と新しい技術領域の追加を行いました。本稿では、3GPP Rel-18で拡張された5GCの高度化技術の概要を解説します。

キーワード：#3GPP, #Release 18, #SA

Jari Mutikainen

Malla Reddy Sama

Riccardo Guerzoni

はたなか よしたか うおしま じゅんべい

畑中 芳隆 / 魚島 淳平

みのくち あつし

巳之口 淳

NTTドコモ

まえがき

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel) -15で策定された5GC (5G Core network) のアーキテクチャは、Rel-16およびRel-17での拡張に引き続き、5G-Advancedの最初のリリースと位置付けられるRel-18においても、さまざまな分野で拡張がありました。

- ・拡張現実感を与えるアプリケーション、および対話型メディアサービスでは、輻輳^{*1}状況におけるQoS (Quality of Service) の機能が拡張されました。また、端末の電力消費削減のための機能が拡張されました。
- ・時刻サービスと確定性通信では、時刻同期の機能が拡張されました。また、確定性通信がトランスポートネットワーク (TN: Transport Network)^{*2}に導入され、さらなる低遅延通信が可能となりました。さらに、IP (Internet Protocol) ベースの確定性通信の仕組

みが導入されました。

- ・ネットワークスライシングでは、スライスの可用性に問題がある場合の対処、スライスが地域限定の場合の対処、必要なネットワークスライスに必要なときだけ接続させるためのポリシーに関する機能が拡張されました。
- ・RNAA (Resource owner-aware Northbound API Access)^{*3}が、API (Application Programming Interface) 利用により影響を受けるユーザの認可のもとでAPIアクセスを許容する仕組みとして、5GCに導入されました。
- ・インテント駆動管理は、ネットワークに関する詳細な知識を必要とせず、システムを駆動していく管理手法であり、その仕様が拡張されました。

本稿では、これらの拡張について解説します。

拡張現実感とメディアサービス

Rel-18では、「XR (Extended Reality) サービス (AR (Augmented Reality) / VR (Virtual Reality) サービス)」および「対話型メディアサービス」の処理効率化を図るために、いくつかの拡張機能が導入されました。

■XRアプリケーションの無線リソーススケジューリングの最適化

Rel-18では、1つのQoSフローの中で、

PDU (Protocol Data Unit) の目的を識別し、NG-RAN (Next Generation - Radio Access Network) でのQoSの扱い (すなわち無線リソーススケジューリング) をPDUごとに変えることができます。

■XRサービスの端末省電力の機能強化

Rel-18では、ConnectedモードDRX (Discontinuous Reception) が拡張され、ネットワークはXRメディアストリームの周期性に基づいてDRXタイマを調整することができます。また、DRXサイクルタイマを、ビデオフレームレートと一致するように非整数値に設定できます。

■L4SのためのECNマーキングのサポート

IETF (Internet Engineering Task Force) RFC 9331⁽¹⁾で定義された輻輳制御メカニズムL4S (Low Latency, Low Loss, Scalable Throughput) を導入しました。NG-RANは輻輳が生じた場合にIP層でECN (Explicit Congestion Notification) マーキングを生成し端末に送信します。あるいは、NG-RANはUPF (User Plane Function) に報告し、UPFがIP層でECNマーキングを実行し端末に送信します。端末はECNマークを送信者に送信し、送信者は、データレートを調整します。

確定性通信

■5GSでの時刻同期の改善

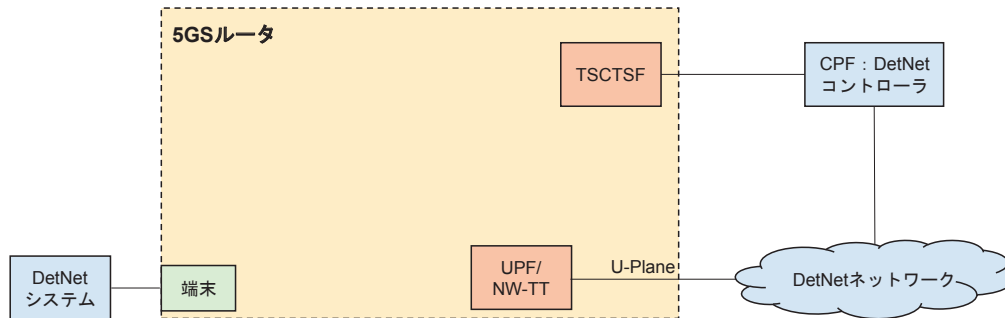
Rel-18では、アプリケーション機能 (AF) が5GSにクロック品質受入れ基準を提供す

* 本特集は「NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル」(Vol.32, No.3, 2024年10月)に掲載された内容を編集したものです。

*1 輻輳: 通信の要求が短期間に集中してネットワークの処理能力を超え、通信に支障が発生した状態。

*2 トランスポートネットワーク (TN): 無線アクセスネットワークとコアネットワークを接続するネットワーク。かつ、それぞれのネットワーク内の装置間を接続するネットワーク。

*3 RNAA: API使用者がリソースオーナーからの認可を必要とするAPI起動シナリオ。



CPF : Controller Plane Function
NW-TT : NetWork-side TSN Translator

図1 5GSでのIETF DetNetのサポート

る手段が規定されました。AFは、これにより、管理する端末が適切な精度の時刻情報を得ているかを監視することができます。

■TNに展開されたTSN機能の5GSへの統合

Rel-18では、TNに配備されたTSN (Time Sensitive Network) 機能の5GSへの統合がサポートされています。その目的は、確定的なトラフィックを伝送する5GS QoSフローのQoS要件とトラフィック特性 (例: バースト到着時間, バースト間隔, 要求最大遅延) をTNに示すことによって、TNでの確定的な通信を可能にすることです。

■確定的ストリームの無線リソース割当て

Rel-18では、NG-RANがAFにBAT (Burst Arrival Time) 補正値を提供できます。これにより、AFはBATを、NG-RANで次に予想されるストリームのバーストの送信機会に合わせるすることができます。同様に、NG-RANは、AFに、調整後のトラフィックの周期性を通知することもできます。本機能は、非常に低い遅延を満たす必要があるアプリケーションを対象としています。

■IETF DetNet

DetNet (Deterministic Networking) 機能は、IEEE TSNに似ていますが、IPベースの技術であるため、広範囲のネットワークに適しています。IETF DetNetに基づく確定性通信をサポートするために、5GS

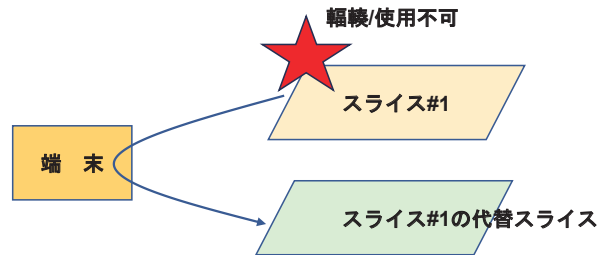


図2 代替スライスに置き換えられたネットワークスライス

はIETF RFC 8655⁽²⁾で定義されている論理中継DetNetルータ (5GSルータ) として機能します (図1)。

ネットワークスライス

■一時的な可用性や予期しないネットワーク動作が発生した場合のネットワークスライス管理のサポート

- (1) 一時的に利用可能なネットワークスライスの最適化された処理

事前に知られている限られた時間のみ利用可能となるネットワークスライスがあります。Rel-18では、ネットワークスライスの登録管理およびセッション管理の状態の遷移に関する信号負荷を軽減するために、S-NSSAI (Single-Network Slice Selection Assistance Information)^{*4}有効期間を定義しました。

- (2) ネットワークスライス置換のサポート

ネットワークスライス置換機能は、S-NSSAIが利用できなくなった場合、または輻輳した場合に、一時的にS-NSSAIを

Alternative S-NSSAIに置き換える機能です (図2)。

■ネットワークスライスの使用制御のサポート

Rel-18で導入したスライス使用ポリシーには、端末内のアプリケーションがネットワークスライスでのデータ転送を必要とする場合にのみ、端末がそのネットワークスライスに登録する設定が含まれます。また、ネットワークスライスに関連付けられている最後のPDUセッションが解放された後に、そのネットワークスライスに登録解除するためのタイマを含めることもできます。

■サービス地域の制限

Rel-18では、既存のTA境界と一致しない、地理的に限定された可用性を持つネットワークスライスが使用できます。

RNAA

■RNAA導入の目的

RNAAにより、CAPIF (Common API Framework) はリソースオーナーに対しリソースの使用のための認可を求めることが

* 4 S-NSSAI: 5GCにおいて用いられる Network Sliceを特定する識別子。

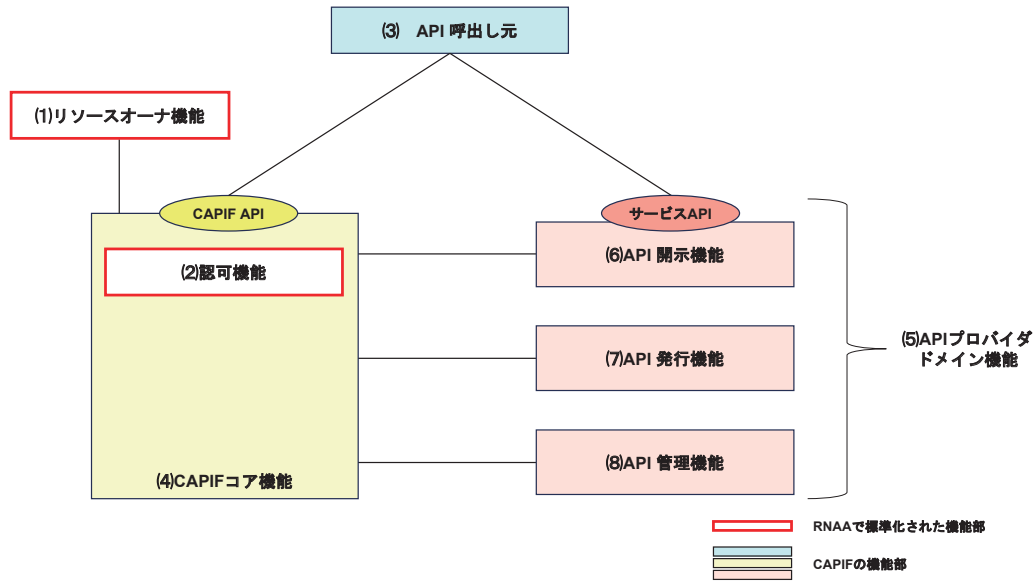


図3 RNAAのアーキテクチャ

実現可能となりました。RNAAは、IETFで標準化されているIETF OAuth 2.0^{*5}をベースとしています。

Rel-18では、RNAAで用いる認可付与方式は複数規定されていますが、本稿では代表的な認可コード付与方式によるRNAAを解説します。

■ RNAAのアーキテクチャ

RNAAのアーキテクチャを図3に示します。リソースオーナーはRNAAを通じて保持するリソースの権限に対する許可をAPI呼出し元に付与します。

各機能などの詳細を以下に述べます。

(1) リソースオーナー機能

リソースオーナーへの認可要求を管理するために、CAPIFコア機能内にある認可機能と連携するRNAAの機能部です。OAuth 2.0ではリソースオーナーに相当します。

(2) 認可機能

リソースオーナー機能と連携し、認可コード発行のための認可を実施するRNAAの機能部です。OAuth 2.0では認可サーバに相当します。

(3) API呼出し元

CAPIF APIおよびサービスAPIの呼出し元であり、ネットワークオペレータや端末上にあるサードパーティのアプリケーションを指します。OAuth 2.0ではクライアントに相当します。

(4) CAPIFコア機能

CAPIF APIを提供し、API呼出し元の認証・認可やサービスAPIの登録、ポリシーの管理など、CAPIFで提供する各種機能においての中心的な役割を果たすCAPIFの機能部です。RNAAにおける認可処理はCAPIFコア機能内の(2)認可機能が担います。

(5) APIプロバイダドメイン機能

サービスAPIを提供し、「API開示機能」「API発行機能」「API管理機能」を総称するCAPIFの機能部です。

(6) API開示機能

API呼出し元からのサービスAPI呼出しを受け入れるCAPIFの機能部です。OAuth 2.0ではリソースサーバに相当します。

(7) API発行機能

サービスAPIをAPI呼出し元が利用できるようにするために、CAPIFコア機能宛にサービスAPI情報を発行するCAPIFの機能部です。

(8) API管理機能

発行されたサービスAPIの管理を担い、

サービスAPI呼出しログの監査やサービスAPIの状態の監視などを行うCAPIFの機能部です。

なお、(7)と(8)の機能に関しては以降の説明にかかわらず参考情報として記載します。

■ RNAAの機能

API呼出し元がCAPIFのサービスAPIを呼び出す際のオプションとして、リソースオーナーの同意を取得するケースがあり、その際にRNAAの機能を用います。RNAAの手順例を図4に示します。

なお、RNAAを用いる前提として、事前に下記の条件を満たしている必要があります。

- ・CAPIF側にAPI呼出し元がオンボード登録されていること。
- ・CAPIF側でサービスAPIの発行が完了されており、サービスAPIが発見可能な状態となっていること。
- ・CAPIF側にAPI呼出し元が認証されていること。
- ・CAPIF側で、API呼出し元とAPI開示機能間の認証認可を実施する際のセキュリティメソッド〔本稿ではOAuthトークンを用いたTLS (Transport Layer Security) 方式とする〕が決定されていること。
- ・CAPIF側でRNAA利用時のリソース

*5 OAuth 2.0: 正当なクライアントに対してシステムの操作を認可する仕組み。RFC6749.

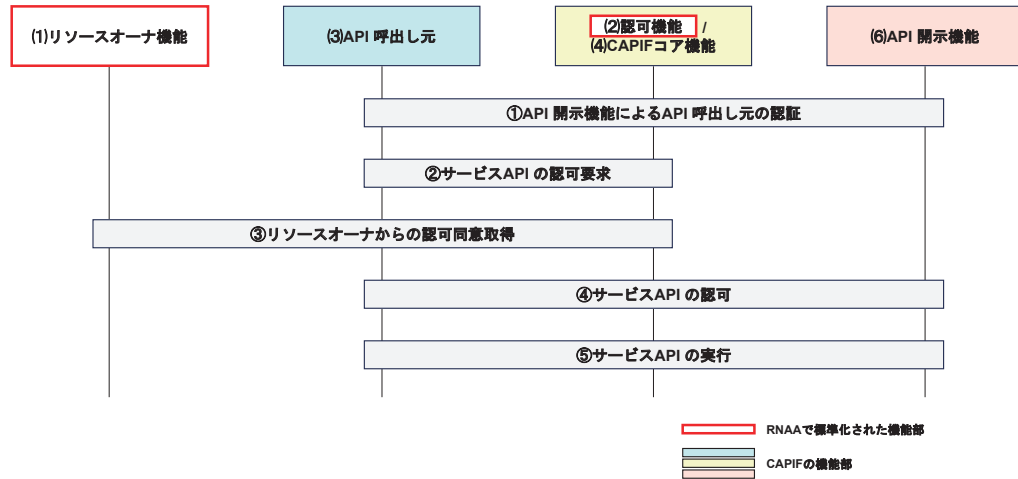


図 4 RANAの手順例

オーナーの同意を取得する際の認可の付与方式（本稿では認可コード付与方式とする）が決定されていること。

図 4 にある各手順について以下に解説します。

- ① API開示機能によるAPI呼出し元の認証：API呼出し元はAPI開示機能に対し、事前に決定されたセキュリティメソッドを用いて認証を要求し、内容を検証したAPI開示機能はAPI呼出し元の認証を実施します。
- ② サービスAPIの認可要求：API呼出し元は、CAPIFコア機能内にある認可機能に対し、サービスAPIの認可要求を送信します。
- ③ リソースオーナーからの認可同意取得：認可要求を受信した認可機能はリソースオーナーを認証し、認可要求に対する同意・不同意を求めます。リソースオーナーが同意すると、認可機能はAPI呼出し元への権限移譲を実施します。このときAPI呼出し元は認可機能から認可コードを受け取ります。
- ④ サービスAPIの認可：API呼出し元は認可機能に対し認可コードを送信し、認可機能はAPI呼出し元の認証や認可コードの検証を行い、問題がなければAPI呼出し元に対しアクセストークンを発行します。
- ⑤ サービスAPIの実行：API呼出し元

はAPI開示機能に対し、アクセストークンを含むサービスAPIの実行を要求するメッセージを送信し、内容を検証したAPI開示機能は、CAPIFコア機能と連携して、サービスAPIを実行します。

Intent駆動管理

■基本概念

Intent駆動管理とは、実現したい状態として表現されたIntentに従い、ネットワークに関する詳細な知識を必要とせず、実現したい状態を提供できるようにシステムを駆動していく管理手法です。

Intentに関する説明として、TS28.312⁽³⁾にて下記が記載されています。

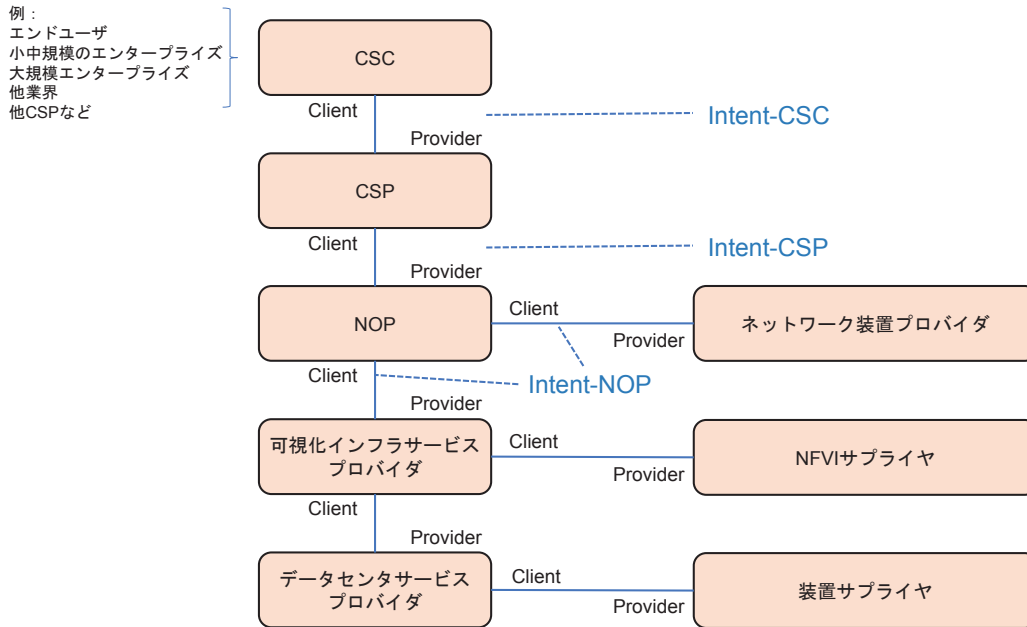
- ・Intentは、人間が理解でき、機械が曖昧さなく解釈できるものである。
- ・Intentは、達成する必要がある「何(What)」を説明することに重点を置いており、必要な結果を達成するための「方法(How)」にはあまり焦点を当てていない。これにより、Intentの要求元は、実装の詳細を知る負担が軽減され、Intentの処理先は代替オプションを検討し、最適なソリューションを見つける余地が生まれる。
- ・Intentによって表現される期待は、基盤となるシステムの実装、テクノロジー、インフラストラクチャに依存しない。

・Intentは、達成状況を測定および評価できるように、ネットワークデータから定量化できる必要がある。

(1) Intentの分類
Intentは、図 5 (TS28.312⁽³⁾) に示す内容に分類されています。

- ・通信サービスカスタマ (CSC : Communication Service Customer) からのIntent (Intent-CSC) : 例として、「特定の時間内に、ある車両のグループに対してV2X (Vehicle to Everything) 通信^{*6}サービスを有効にする」といったものがあります。
- ・CSPからのIntent (Intent-CSP) : 例として「高速道路417号線のV2X通信をサポートするネットワークサービスを提供し、同時に500台の車両をサポートする」といったものがあります。
- ・ネットワークオペレータ (NOP : Network Operator) からのIntent (Intent-NOP) : 例として、「特定のエリアで指定されたカバレッジ要件と端末スループット要件を満たす無線ネットワークサービスを提供する」といったものがあります。

* 6 V2X通信：V2Xは、自動車、他の自動車、信号機や道路標識などのインフラ、歩行者が直接に相互通信することを目的とした無線通信システムの総称。



NFVI : Network Function Virtualization Infrastructure

図5 役割ごとに異なるインテント

(2) インテントの数値目標

インテントは、下記のようにネットワーク管理のニーズによって異なる特定の数値目標を記述できます。

- ・ネットワークおよびサービス関連オブジェクト*7を配置するためのインテント期待値の場合では、例えば「指定された周波数情報・トランスポート情報・無線情報、ネットワーク容量および性能情報を使用して、指定されたエリアに無線ネットワークを配置する」といった設定を行うことができます。
- ・ネットワークおよびサービス関連オブジェクトに対するインテント期待値の場合では、例えば「指定されたエリアの無線ネットワークが、特定の予想されるRANと端末間のスループット目標を満たしていること」といった設定を行うことができます。

■データモデルおよび手順

データモデルでは、インテントが持っている属性（期待内容や優先度など）が定義されています⁽³⁾。また、インテントの要求元と処理先にてインテントをやり取りするさまざまな手順が定められています⁽³⁾。

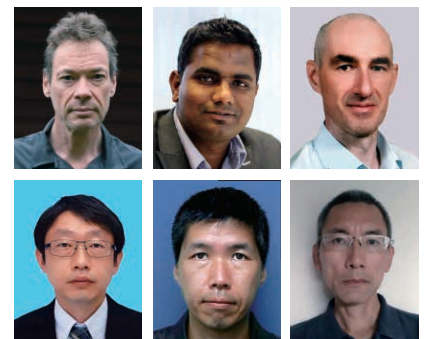
■あ と が き

本稿では、Rel-18で規定された拡張について、拡張現実感とメディアサービス、時刻サービスと確定性通信、ネットワークスライシング、RNAA、インテント駆動管理に焦点を当てて解説しました。NTTドコモは、今後も3GPPにおける標準化に寄与し、移動通信のさらなる発展に貢献していきます。

■参考文献

- (1) IETF RFC 9331 : "The Explicit Congestion Notification (ECN) Protocol for Low Latency, Low Loss, and Scalable Throughput (L4S)," Jan. 2023.
- (2) IETF RFC 8655 : "Deterministic Networking Architecture," Oct. 2019.
- (3) 3GPP TS28.312 V18.4.0 : "Management

and orchestration ; Intent driven management services for mobile networks," June 2024.



(上段左から) Jari Mutikainen /
Malla Reddy Sama /
Riccardo Guerzoni

(下段左から) 畑中 芳隆 / 魚島 淳平 /
巳之口 淳

NTTドコモは、お客さまに新しい体験を提供するため、また、お客さまのビジネスのデジタル化対応をお支えるため、今後とも研究開発や標準化活動に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部
E-mail dtj @ nttdocomo.com

*7 オブジェクト：現実世界に実体や概念として存在するものをプログラム上で扱えるように表現したもの。実体の属性を表すデータと、実体に対する操作の組合せとして表現されます。



3GPP Release 18におけるネットワーク自動化およびAI/MLの高度化技術

次世代ネットワークにおいて、AI/ML (Artificial Intelligence/Machine Learning) と通信の組合せが期待されています。本稿では、3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel) -18で検討されている、ネットワークのためのAI/MLと、AI/MLアプリケーションに対するネットワークのサポート機能を解説します。特に、これらの機能を実現する5GC (5G Core network) の進歩について掘り下げ、5GCがどのように知的なネットワークの実現を促し、最先端のAI/MLサービスの展開をサポートするか述べていきます。キーワード: #ネットワーク自動化, #AI/ML, #連合学習

Bahador Bakhshi

Malla Reddy Sama

Riccardo Guerzoni

みのくち あつし

巳之口 淳

NTTドコモ

まえがき

人工知能と機械学習 [(AI/ML (Artificial Intelligence/Machine Learning) *1)] は、さまざまな業界で大きな可能性を秘め、急速に発展している技術であり、AI/MLと通信ネットワークの組合せは、ネットワーク運用とユーザ体験の両方に大きな変化をもたらすことが期待されています。

AI/MLと通信ネットワークの関係は、次に示すように2つあります。まず、機械学習アルゴリズムは、ネットワークデータを分析することで、障害の予測および防止、リソース割当ての最適化、定型業務の自動化、知的な自律ネットワークを実現します。これにより、ネットワークの効率と信頼性が向上するだけでなく、移動通信事業者の運用コストも削減できます。次に、最新のネットワークによって提供される高データレートと低遅延な通信は、例えば、チャットボットやバーチャルアシスタントなどのAI/MLベースのリアルタイムアプリケーション*2をサポートします。

3GPP TSG SA (Technical Specification Group Service and System Aspects) WG2 (SA2) は、Release (Rel) -18では、上記で述べたAI/MLと通信ネットワークの間の2つの関係を検討し、「AI for Network」と「Network for AI」の両方の側面に対処するために、次に示す2つの研究項目と対応する作業項目をそれぞれ定義しました。

・研究項目①: FS_eNA_Ph3*3では、

5G コア ネットワーク (5GC: 5G Core network) の自動化を目的としたAI/MLを実現するため、主要な問題とそれを解決するソリューションを検討し、TR23.700-81⁽¹⁾に文書化しました。

・研究項目②: FS_AIMLsys*4では、AI/MLベースのサービスをサポートするための5GC拡張の主要な問題とそれを解決するソリューションを検討し、TR23.700-80⁽²⁾に文書化しました。

・作業項目①: eNA_Ph3では、FS_eNA_Ph3で結論付けられた内容を主にTS23.288⁽³⁾に規定するための作業が行われました。

・作業項目②: AIMLsysでは、主にTS23.288⁽³⁾、TS23.502⁽⁴⁾、TS23.503⁽⁵⁾に記載されているFS_AIMLsysのソリューションを規定するための作業が行われました。

本稿では、まず、Rel-18での5GCネットワーク自動化を実現する機能部の主な拡張の概要を示していきます。次に、5GCの新機能の紹介を通じて、AI/MLベースのサービスのサポートについて解説します。

3GPP Rel-18 5GCネットワーク自動化を実現する機能部の機能拡張

第5世代移動通信システム (5G) では、ネットワーク機能、OAM (Operations, Administration, Maintenance) などのさまざまなソースからデータを収集し、分析して統計や予測を提供するNWDAF

(Network Data Analytics Function)*5がRel-15で導入されました。Rel-17におけるネットワークデータ分析アーキテクチャを図1に示します。なお、Rel-18においても同様の分析アーキテクチャとなります。

まず、MLモデルの訓練と推論機能は、それぞれMTLF (Model Training Logical Function) とAnLF (Analytics Logical Function) という2つの分離された論理ネットワーク機能によってサポートされています。NF (Network Function) からのデータ収集とその調整は、DCCF (Data Collection Coordination Function) によって行われ、NWDAFなどのデータコンシューマがデータ収集に要するリソースを削減することができます。さらに、収集されたデータと分析結果は、5GCのデータレイクとしてADRF (Analytics Data Repository Function) に格納され、デー

* 本特集は「NTTドコモ・テクニカル・ジャーナル」(Vol.32, No.3, 2024年10月)に掲載された内容を編集したものです。

*1 AI/ML: モデルを用いて推論すること、および、推論に用いるモデルを機械学習により生成すること。

*2 リアルタイムアプリケーション: オンラインゲームやチャットアプリなど、即時更新やフィードバックが行われるアプリケーション。

*3 FS_eNA_Ph3: Study on Enablers for Network Automation for 5G - phase 3. 3GPP SA2 Rel-18における検討アイテムの1つ。

*4 FS_AIMLsys: Study on 5G System Support for AI/ML-based Services. 3GPP SA2 Rel-18における検討アイテムの1つ。

*5 NWDAF: 5GCで規定されたネットワーク機能の1つ。ネットワーク内のさまざまなデータを収集、分析し結果を返します。

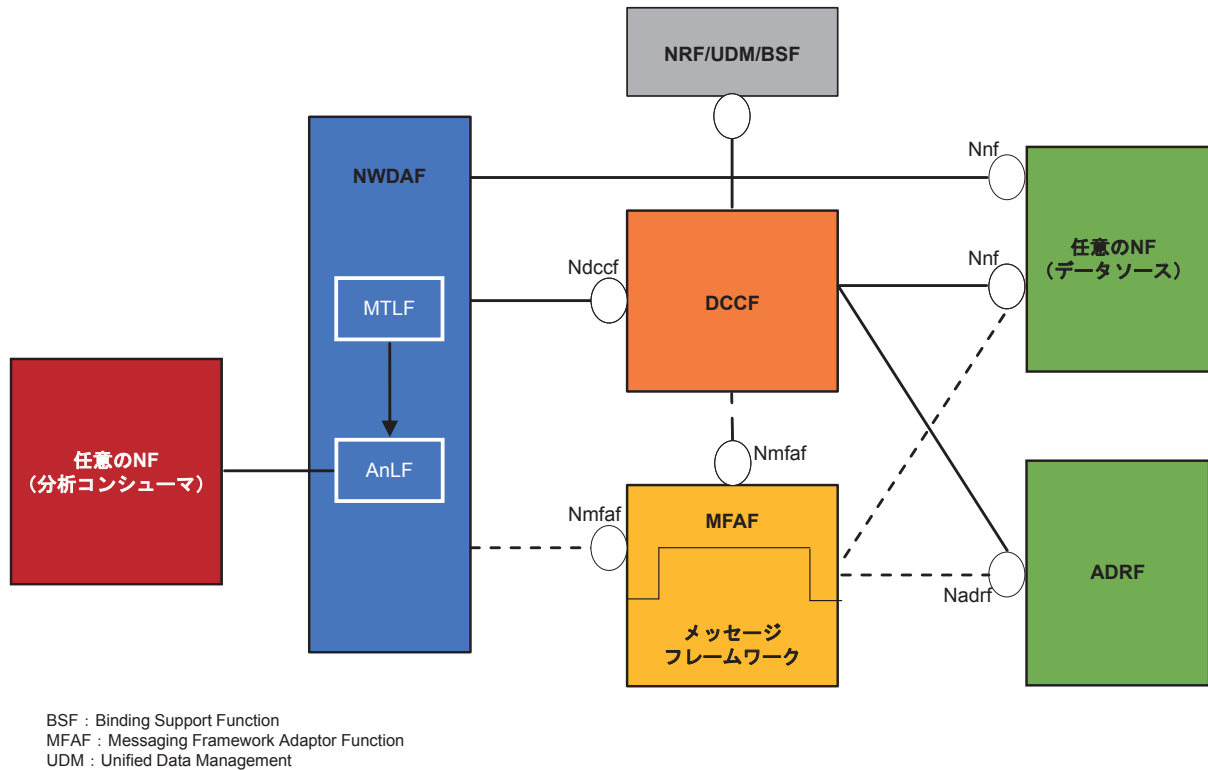


図1 Rel-17におけるネットワークデータ分析アーキテクチャ

タコンシューマがデータ収集に要するリソースを大幅に削減することができます。

Rel-18では、MLモデルの精度監視、複数のNWDAFによるMLモデルの連合学習 (FL : Federated Learning)、エンド・ツー・エンド転送遅延といった機能が追加されました。以下では、NWDAFのサービスと機能のさらなる拡張について解説します。なお、技術詳細についてはNTTドコモ・テクニカル・ジャーナルに記載しています。

■精度監視

一般に、AI/MLを用いる利点は、ネットワークの性能と効率を向上させることですが、AI/MLベースのソリューションの有効性は、MLモデルの性能に依存します。Rel-18では、MLモデルの精度監視と、分析の精度監視の2つの概念が導入されました。前者は、MTLFを含むNWDAFによって提供されるMLモデルの精度指標で、後

者は、AnLFを含むNWDAFによって提供される分析IDと呼ばれる特定の分析に対応した性能指標です。

Rel-18における精度監視アーキテクチャを図2に示します。

この精度監視アーキテクチャでは、デフォルト機能であるNFコンシューマでのAI/MLを活用した意思決定、AnLFでの推論、MTLFでのモデル訓練に加えて、新たにAnLFとMTLFにおける「精度確認」機能が提供されます。

AnLFでの精度監視および確認では、例えば、特定の分析IDに関連する予測と予測に対応する正解データをAnLFの精度確認機能が比較することで、NFコンシューマに提供されたAnLFによる分析結果の精度を監視します。

MTLFの精度確認機能を使用すると、例えば、AnLFが提供する精度情報を利用する精度確認機能のロジックに基づいて、

MTLFはMLモデルの性能を監視できます。精度監視の結果に基づいて、MTLFはMLモデルを再訓練し、更新されたモデルをAnLFに送信することを決定します。

■複数のNWDAF間のFL

5GCでの複数のNWDAFの配備はRel-17でサポートされていますが、NWDAF間の相互作用はありません。これは、NWDAFの訓練において各NWDAFがアクセス可能なデータベースの訓練データのみを使用してMLモデルを最初から訓練する必要があることを意味しますが、複数のNWDAFで同じMLモデルを訓練すると、計算資源が浪費されるといった問題が生じます。

この問題に対処するために、Rel-18において、NWDAF間のFLが導入されました。FLとは、複数のクライアントが中央サーバの監視下で、訓練データを交換することなく、各クライアントが独自に保持するデー

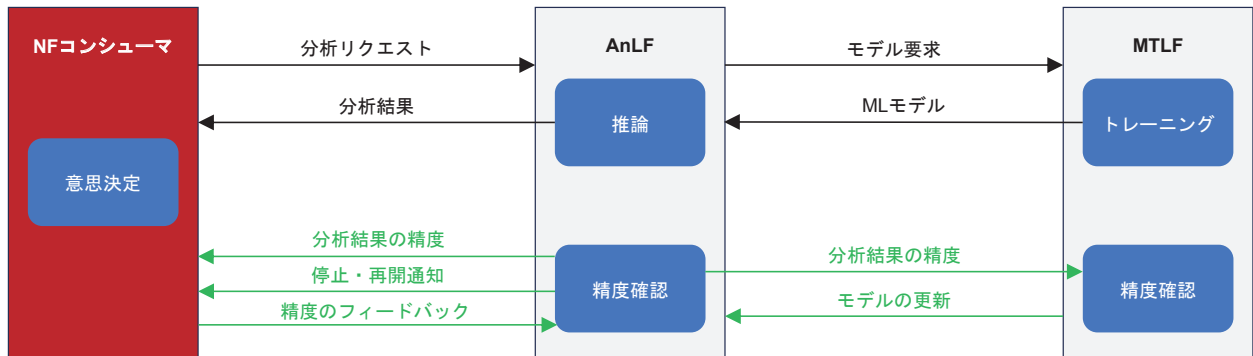


図2 Rel-18における精度監視アーキテクチャ

タを使用してモデルを共同で訓練する分散型MLモデル訓練手法です。

一般的なFLの訓練手順は、①FLサーバが複数のFLクライアントを選択し、モデルの現在のバージョンを共有する、②各FLクライアントがローカルの訓練データを使用してMLモデルを訓練し、MLモデルの更新情報をFLサーバに送信する、③FLサーバがFLクライアントからの更新情報を集約し、グローバルMLモデルの新しいバージョンを生成する、というステップで構成されます。これらの3つのステップは、停止判定がなされるまで続きます。

■モデルの格納と検索

Rel-17では、ADRFは分析結果やデータの格納先でしたが、Rel-18では、MLモデルの格納先としても使用できます。MTLFを含むNWDAFは、MLモデルをADRFに格納でき、この格納されたモデルをそのNWDAFまたは他のNWDAFが取得できます。このことは、NWDAF間で間接的にMLモデルを共有することを意味します。

■ネットワーク分析の拡充

Rel-18では、さまざまなNFがより知的な意思決定を行うために使用できる、多くの新しい分析が導入されています。分析の具体例を以下に示します。

(1) エンド・ツー・エンドのデータ量転送時間分析

時間制約の厳しいアプリケーションに対するリソース割当てとポリシー制御のため

に、エンド・ツー・エンドのデータ転送遅延を予測することは有益です。NWDAFは、OAM、SMF (Session Management Function)、AF (Application Function) からエンド・ツー・エンド遅延に影響を与える要因の情報を収集し、UL (Uplink) /DL (DownLink) データ量とそれに対応する転送時間の統計・予測を提供します。

(2) 移動行動分析

資源配分とネットワーク運用の最適化のために、例えば、ネットワークのホットスポットに影響を与える群衆の動きといった、不特定多数の端末から収集された移動情報を持つことは有益であり、Rel-18では移動行動分析が導入されました。移動行動分析では、分析対象地域における期間中の端末の数、移動方向、移動速度など、端末群の行動に関する統計または予測情報を提供します。

3GPP Rel-18 5GC AI/ML ベースサービスのサポート

AI/MLを基盤とするサービスは、医療、産業、教育を含むさまざまな領域で急速に活用されています。これらのサービスは、非常に高い計算処理能力と大量の通信リソースを要求するため、通信ネットワークは、これらのサービスからの要求に適應する必要があります。

ここでは、まず、AI/MLを基盤とするサー

ビスをサポートするためにSA1によって特定されたユースケースを述べます。次に、5GCの機能拡充がこれらのAI/MLによるアプリケーションの、特定の要件にどのように対処するかについて、解説します。

■ユースケースと要件

TR22.874⁽⁶⁾では、SA1は5GC上のAI/ML操作 (ML訓練・デプロイなど) の主なユースケースとして、次の3つを特定しました。

(1) AI/ML操作の分割

AI/ML操作の分割では、主な焦点は (ML訓練段階ではなく) 推論段階にあり、AI/MLの操作およびモデルは、例えば一部分は端末に、他の部分はAFに、といったように現在のタスクと環境に従って複数の部分に分割されます。例えば、AI/ML推論の計算集約的でエネルギー集約的な部分を5GCやAFにオフロード^{*6}し、プライバシーや遅延に敏感な部分は端末に残すことができます。

(2) AI/MLモデルのダウンロード

AI/MLモデルについて、複数のAI/MLアプリケーションが端末上で動作することが想定されており、端末は、タスクや環境の変化に応じてさまざまなモデルを切り替える必要があります。しかし、端末のストレージが限られており、継続的なモデル更

*6 オフロード：システムやサービス、ネットワークの処理を別の同様のサービスに振り分け本来のサービスの処理を軽減すること。

新（再訓練）の必要性もあるため、すべてのモデルを端末に直接保存することは現実的ではありません。したがって、端末がタスクや環境の変化に適応できるようにするためには、5GシステムがAI/MLモデルをAFから端末にオンデマンドでオンライン配信する仕組みが必要です。

(3) 5Gシステム上のFL

5GシステムはFL訓練のサポートと促進を含むFLをサポートします。まず、5GCは、端末（すなわち、FLクライアント）の選択を円滑化します。5GCは、AFに支援情報を提供し、FLプロセスに参加するのに適した端末の選択を支援します。さらに、FLサーバは学習を行う予定のFLクライアントに現在のバージョンのモデルを配布します。5GCは、複数の端末へのMLモデルの配布をサポートする仕組みを提供できます。

■ネットワーク開示の拡充

5GCでは、NEF（Network Exposure Function）^{*7}はAFに5GC情報を開示する機能を担っています。AI/MLアプリケーションの場合、Rel-17でサポートされた情報開示に加え、Rel-18では、例えば、適切なAI/ML操作の分割を決定する際に、アプリケーション層をサポートするため、トラフィック量、UPF（User Plane Function）^{*8}から取得したUL/DLデータレートなどの追加情報がAFに開示される場合があります。

■AI/MLトラフィック転送サポート

AI/MLアプリケーションでは、AFから端末群へのMLモデルの配布と、MLモデルの計画的な更新という2つのトラフィックパターンが一般的です。これらのトラフィックパターンに対して、Rel-18の5GCでは、複数の端末に対するセッション要求

を行うマルチメンバAFセッションと、QoS（Quality of Service）要件付計画的データ転送（PDTQ：Planned Data Transfer with QoS Requirement）ポリシー交渉を使用した計画的なデータ転送のサポートという2つの拡張機能が導入されています。

■アプリケーション層におけるFLの支援

Rel-18の5GCでは、AFがFLサーバとして機能し、端末がFLクライアントとして機能する場合において、アプリケーション層のFLを容易にするための拡張が導入されています。

AFは、端末をFLクライアントのメンバとして選択するために、端末の位置、端末の移動性、端末の5Gシステムへの接続性能など、多くの要因を考慮する必要があります。このような多くのパラメータを収集することは、AFにとって複雑な作業であり、5GCとAFの間の付帯的信号も増加させます。

Rel-18では、NEFは「メンバ端末選択支援機能」と呼ばれる新しいサービスを提供しています。この機能は、AFが提供する対象メンバ端末のリストの中から、1つまたは複数の候補端末のリストと、定義したフィルタリング基準に基づいて5Gシステムが生成した支援情報を基にした追加情報を、外部事業者が取得できるようにするものです。

あ と が き

本稿では、Rel-18で規定されている5GCのAI/MLに関する機能拡張について解説しました。具体的には、5GCの運用を最適化するためのAI/ML手法の機能拡充と、AI/MLベースのサービスをサポートするための5GCの拡張について述べました。

まず、精度監視機能、複数のNWDAF間のFL、多数の新しい分析を含むNWDAFアーキテクチャ、機能およびサービスの拡張について説明しました。

次に、AI/ML操作分割を含むAI/ML操

作、MLモデルのダウンロード、およびアプリケーション層FLをサポートするための5GCの拡張について述べました。

今後、通信ネットワークにおいてAI/MLはますます活用されることが想定されるため、NTTドコモは引き続きSA2での標準化活動を推進していきます。

■参考文献

- (1) 3GPP TR23.700-81 V18.0.0：“Study of Enablers for Network Automation for the 5G System (5GS); Phase 3,” Dec. 2022.
- (2) 3GPP TR23.700-80 V18.0.0：“Study on 5G System Support for AI/ML-based Services,” Dec. 2022.
- (3) 3GPP TS23.288 V18.5.0：“Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services,” March 2024.
- (4) 3GPP TS23.502 V18.5.0：“Procedures for the 5G System (5GS); Stage 2,” March 2024.
- (5) 3GPP TS23.503 V18.5.0：“Policy and charging control framework for the 5G System (5GS); Stage 2,” March 2024.
- (6) 3GPP TR22.874 V18.2.0：“5G System (5GS); Study on traffic characteristics and performance requirements for AI/ML model transfer,” Dec. 2021.



(左から) Bahador Bakhshi /
Malla Reddy Sama /
Riccardo Guerzoni /
巳之口 淳

NTTドコモは、お客さまに新しい体験を提供するため、また、お客さまのビジネスのデジタル化対応をお支えるため、今後とも研究開発や標準化活動に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部
E-mail dtj@nttdocomo.com

*7 NEF：5GCで規定されたネットワーク機能の1つ。3GPP規定外の外部サーバやアプリケーションなどへのAPIを提供します。

*8 UPF：5Gコアネットワークのネットワーク機能の1つ。ユーザパケットのルーティングおよび転送、パケット検査、QoS処理を担う機能。



主役登場

3GPPにおける 6G国際標準化リードをめざして

熊谷 慎也 Shinya Kumagai

NTTドコモ
担当課長



これまで移動通信技術は、約10年ごとに新しい世代へと大きく進化しており、それとともに通信需要も拡大し、新たな通信サービスが生まれてきました。2018年に3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release (Rel)-15として標準仕様が策定された第5世代移動通信システム(5G)では、高速・大容量、高信頼・低遅延、多数端末同時接続の3つの技術的特長を、これまでよりも高い周波数帯を用いることや、さまざまなサービスに適用可能となるような高い柔軟性をシステムにもたせることにより実現し、社会基盤として新たな価値・サービスを提供することをめざして世界各国にて商用サービスが展開されています。5Gは最初の標準仕様であるRel-15が仕様化された後にも、Rel-16、Rel-17と新たなリリースにて機能改善や機能追加が行われるなど進化を続けてきました。私は主に無線物理層の技術検討・仕様化を担当する3GPP RAN1 (Radio Access Network working group 1) にRel-16から参加し、NTTドコモの代表として5G無線技術の高度化・発展を通してお客さまに新たな価値を提供することに貢献してきました。Rel-17では、それまでの標準化貢献が評価され、5GにおけるIoT (Internet of Things) 向け端末であるRedCap (Reduced Capability) の議論モデレータや、Rel-17で仕様化された機能のUE (User Equipment: ユーザ端末) サポート有無の詳細(UE capability)を規定する議論のアドホック議長に任命されるなど、標準仕

様の策定に大きく貢献してきました。いずれのトピックでも会社間での方向性の違いを議論リード役としてどのように解決していくのが難しく、単純な技術力だけでなく、それに裏付けされた交渉力や、各社の意見を俯瞰して理解し、妥当な判断を下す力が必要であることを学びました。

3GPPではRel-18以降で標準仕様化される5Gを5G-Advancedと定義し、2020年代後半の商用サービス化をターゲットとした新たな機能の仕様化や、中長期的なモバイルネットワークの進化をめざした機能の検討を行っています。Rel-18は、5G-Advancedの最初の標準仕様として2022年から仕様策定作業が行われ、2024年6月に完成しました。私は、RedCapをさらに機能簡易化したeRedCap (enhanced RedCap) の議論モデレータや、Rel-18 UE capabilityを規定する議論のアドホック議長をRel-17から継続で任命されるなど、標準仕様の策定に継続的に貢献してきました。仕様検討の途中にはさまざまなトラブルに直面し心身ともに苦しい時期もありましたが、社内メンバのサポートはもちろんのこと、標準化の場で形成してきた人脈の多数の人からも多くの応援をもらい、仕様策定作業をスケジュールどおりに無事完了することができました。

現在、3GPPではRel-19の仕様策定作業が行われています。私はその中で、UEの消費電力を抜本的に改善できる可能性のある新機能LP-WUS/WUR (Low-Power Wake-Up Signal/Receiver) のRAN1議

論モデレータとして、さらに他のRANワーキンググループも含めた全体取りまとめ役(レポート)としても、標準仕様の策定に貢献しています。普段自分自身が参加しないRANワーキンググループの議論内容や進捗を踏まえて適切に全体議論を進める必要があり、RAN1だけに注力していた過去のリリースとは異なる難しさがあるとともに、社内外の専門家の力を借りながら議論全体を進める面白さも感じています。

また、Rel-19では、WRC-23 (World Radiocommunication Conference 2023: 2023年世界無線通信会議)にて合意された第6世代移動通信システム(6G)向け候補周波数帯にも含まれている7~24GHzのチャンネルモデルや、ITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunication sector)より示されたIMT (International Mobile Telecommunications)-2030フレームワーク勧告にも含まれている無線センシング向けのチャンネルモデルなど、6Gを見据えた検討も始まっています。なお、6GはRel-20で技術検討を行った後、Rel-21で仕様策定を行いIMT-2030へ提案を行う予定です。私はこれまでの標準化経験で培った力や人脈を最大限に活用して6G標準化全体をリードしていきたいと考えています。そして、NTTドコモが6Gにおいてもお客さまに新たな価値を提供することに貢献していきます。



ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ —後編—

セキュリティが事業の「イネーブラー」、すなわちビジネスの価値提供に不可欠なものとなっている海外事例を紹介します。1つは、SBOM (Software Bill Of Materials)により実現している高度なモビリティサービスの事例、もう1つは、セキュリティソリューションの組合せによって医療情報が利用可能となっている事例です。これらの内容と、セキュリティが実現した価値について紹介し、セキュリティが新たなビジネスと不可分なものとなっていることについて述べます。



イネーブラーとしてのセキュリティ

本誌11月号の前編では、サイバーセキュリティに関する現状をみるとともに、セキュリティの意義が、「追加負担」から事業にとって不可欠な原価へと変化し、セキュリティをより高品質なものとする中で、会社の将来の成長を守り、ひいては事業の拡大にもつながることについて述べました。本稿では、そのようなセキュリティが、イネーブラーとなっている事例についてみていきます。

ビジネスにおけるセキュリティ機能の活用事例①：SBOMが可能にするモビリティの進化

■概要

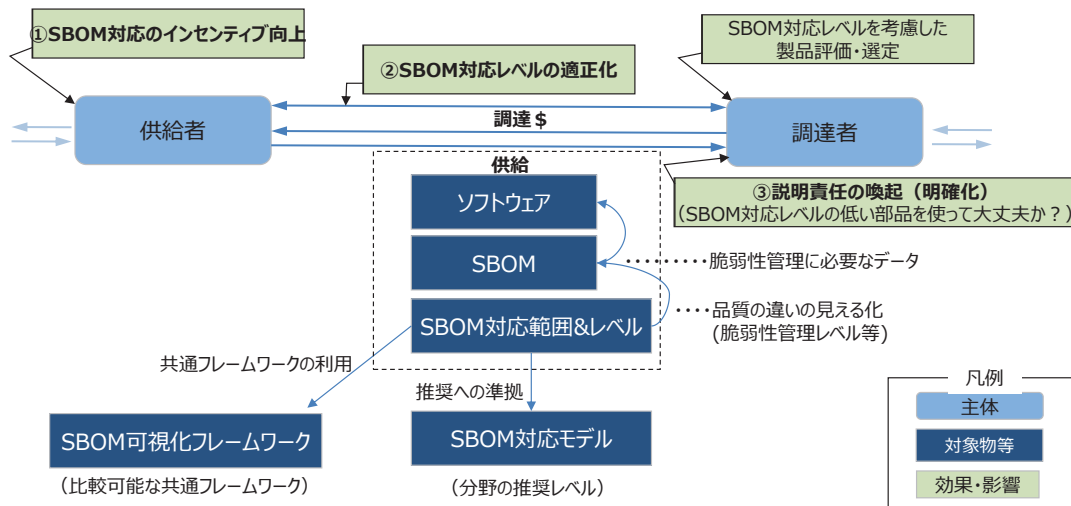
前編では、セキュリティを車におけるシートベルトやエアバッグに例えましたが、最近では、「SDV (Software Defined Vehicle)」が注目を集めています。SDVは、直訳すると「ソフトウェアによって定義される車」という意味です。車の機能が多くがソフトウェアで制御されることから、通信機能によってソフトウェアを更新し、自動車の機能や性能を改善することができます。例えば、車がユーザに引き渡されて利用されてからであっても、後から自動運転機能を追加するといったことが可能になります。経済産業省は、SDVについて、日

本車の販売目標を2030年に国内外で計1200万台、世界シェア3割とする目標を掲げています。

SDVにおいては、セキュリティが極めて重要な構成要素となります。車が遠隔操作され、車内外の人々に危害を加えるといった脅威もありますが、攻撃によってある日、車が動かなくなり、回復のために金銭を要求されるといった脅威も指摘されています。プライバシーも重要です。SDVでは膨大な量のデータが生成され、収集されます。いつどこに行くか、運転の習慣はどのようなものか、音楽などの車内エンタテインメントの利用状況といったことだけでなく、車内での会話や車内カメラの映像を収集する車もあるとされています。このような、収集されたデータの扱いには、一定の注意が払われることになるでしょう。車から得られるデータは、自動車メーカーやサービスプロバイダがさまざまな改善を行ったり、運転手や乗客の体験をパーソナライズしたりするのに役立ちます。SDVのソフトウェアは、車の制御を司るだけではなく、車に関するあらゆる情報を扱うこととなりますので、SDVのセキュリティは、車を安全に動かすだけでなく、車が提供するあらゆるサービス、体験の質を高める要となるのです。

SDVのセキュリティを実現するには、SDVを構成するソフトウェアが完全に把握・管理され、意図したとおりに動くものになっていることが必要です。これを

実現するのが、SBOM (Software Bill Of Materials) です。これはいわばソフトウェアの「部品表」です。SDVは、実際の車と同じように、膨大な数の「部品 (ソフトウェア)」で成り立っており、中には、外部のリソースやオープンソースソフトウェアも含まれています。SDVの開発が1社だけで完結することはなく、サプライチェーン全体にわたって、さまざまな開発者や企業がかかわっています。また、開発にはさまざまなフェーズがあり、時間の経過とプロジェクトの進行に従って、ソフトウェアはアップデートされますし、追加、削除されることもあります。SBOMの活用によって、これらすべてを管理し、ソフトウェア開発のプロセス全般において、構成物 (コンポーネント) と、ソフトウェア間の関係がどのようにになっているかを把握することが可能になります。これはセキュリティの維持や、ライセンスの管理などの自社での管理を容易にするだけでなく、コンプライアンス対応を効率的に証明するのにも有効です。例えば、経済産業省の「ソフトウェア管理に向けたSBOM (Software Bill of Materials) の導入に関する手引[ver 2.0]」⁽¹⁾では、SBOM対応範囲の可視化による、SBOMの利用者 (ソフトウェアの供給者と調達者) の関係と効果が示されています (図)。効果としては、供給側にとっても脆弱性管理レベルの高さを示すことが可能になること、SBOM対応レベルが費用対効果の観点から適正化されること、調達者の



出典：経済産業省 商務情報政策局 サイバーセキュリティ課「ソフトウェア管理に向けたSBOM (Software Bill of Materials) の導入に関する手引ver 2.0」

図 SBOM 対応モデルの利用者の関係と効果

意識の向上を促し、一般社会や取引先への説明責任の喚起につながるなどがあるとされています。このように、ソフトウェア開発における供給者、調達者それぞれがSBOMを積極的に活用により、ソフトウェアの品質を高めることが期待されています。

また、米国の「Executive Order on Improving the Nation's Cybersecurity (国家のサイバーセキュリティ改善に関する大統領令)」でも、以下のようにSBOMの活用が明記されています。

- ・ソフトウェアコードまたはコンポーネントに関するデータ、出所（起源）について正確かつ最新の状態を維持するとともに、ソフトウェア開発プロセスに存在する内部および第三者のソフトウェアコンポーネント、ツール、サービスに関し管理された状態を維持し、かつこれらの管理について定期的に監査を行い、実効性を確保すること。
- ・購入者に対して、各製品について、直接または公開Webサイトへの掲載により、ソフトウェア部品表（SBOM）を提供すること。

この大統領令に基づき、商務省により、SBOMの最低限の要素が表のように定められています。各コンポーネントに関する

基本情報の明確化についてだけでなく、自動化サポートや、プラクティスとプロセスにも言及されています。「プラクティスとプロセス」においては、「既知の未知」として、未知であると把握していることを明記することや、「誤りの許容」も含まれており、必ずしも最初から完全性を要求するのではなく、継続的な改善を前提としているのも特徴的です。

また、前述したように、SDVではソフトウェアを更新できることが特徴となっています。これにより機能追加や不具合の修正を行うことができるのは大きなメリットである一方、SDVが外部とのやり取りを行う際には、不正アクセスを受けてはなりません。このため、SBOMによる管理に加えて、通信の暗号化やデジタル署名などにより、ソフトウェアが正当なものであることを確実にすることも重要です。

それから、運輸業界では、車両データの活用に関して、景気変動に伴う貨物量の変化、競争の激化、経済環境の不安定化や、コストの上昇、労働力不足により、フリートマネジメント（車両管理）が一層重要になっています。車両管理を効率化するためには、貨物スペースの空き状況、搭載している貨物の量、気温、湿度など、さまざま

なデータをトラックから収集し、それに基づく意思決定とオペレーションを行う必要があります。運送会社にとっては、これが効率性と収益率を高める決め手となる経営データとなりますので、このようなデータ分析と意思決定には、信頼性の高いシステムが不可欠です。このようなシステムの開発にも統合的なSBOMなどのセキュリティソリューションが活用されています²⁾。

SDVや車両データの活用においては、一度システムをつくれば終わりではなく、急速に変化する社会や市場の環境に応じた不断の改善、アップグレードが求められます。開発者は、より迅速に新たな機能を開発し、提供しなくてはなりません。統合的なSBOMなどのセキュリティソリューションは、システム全体のセキュリティを高めるだけでなく、システム開発全体のプロセスを効率化することで、より高度な機能を迅速に市場に投入することを可能にしています。

■ビジネスへの寄与

前述のような事例からは、SDVのソフトウェアや車両データ分析のシステムとその通信のセキュリティが、車の安全性を確保するだけでなく、車の品質と信頼性を高め、運転手や顧客（荷主や配送先も含めて）

表 米商務省電気通信情報局によるSBOMの最小要素の定義

カテゴリー名称	概要	定義
データフィールド (Data Fields)	各コンポーネントに関する基本情報を明確化すること	以下の情報をSBOMに含めること ・ サプライヤー名 ・ コンポーネント名 ・ コンポーネントのバージョン ・ その他の一意な識別子 ・ 依存関係 ・ SBOM 作成者 ・ タイムスタンプ
自動化サポート (Automation Support)	SBOMの自動生成や可読性等の自動化をサポートすること	SBOMデータは機械判読可能かつ相互運用可能なフォーマットを用いて作成され、共有されること。現状では、国際的な議論を通じて策定された、SPDX, CycloneDX, SWIDタグを用いること
プラクティスとプロセス (Practices and Processes)	SBOMの要求、生成、利用に関する運用方法を定義すること	SBOMを利活用する組織は、以下の項目に関する運用方法を定めること ・ SBOMの作成頻度 ・ SBOMの深さ ・ 既知の未知 ・ SBOMの共有 ・ アクセス管理 ・ 誤りの許容

SPDX : Software Package Data Exchange
SWID : Software Identification

出典：経済産業省 商務情報政策局 サイバーセキュリティ課「ソフトウェア管理に向けたSBOM (Software Bill of Materials) の導入に関する手引[ver 2.0]

※米商務省「The Minimum Elements For a Software Bill of Materials (SBOM)」を基に経済産業省が作成したもの

の体験すべてをより良いものとするのに寄与していることが理解できます。もしSBOMなどのセキュリティソリューションがなかったら、SDVの膨大かつ頻繁に入れ替わる「部品」を管理したり、競争力のある経営とオペレーションの源となるデータ活用を行うシステムの質を維持向上させたりすることはできないでしょう。もはやセキュリティをなくともすぐには困らない、後付けで追加するオプションとみることはできません。セキュリティの存在によって初めて、SDVや経営データの活用が成り立っているといえるのではないのでしょうか。

これはすなわち、このようなプロダクトやサービスの企画、開発においては、はじめからセキュリティを組み込んでおかなければ、求める品質や信頼性は実現できない、ということでもあります。これからのプロダクトやサービスの企画、開発では、初期段階からセキュリティに関する専門的な知見を加えることによる、新たな価値の創造が求められるといえるでしょう。

ビジネスにおけるセキュリティ機能の活用事例②:「データ完全性」が変える医療情報の活用

■概要

ITの社会的役割が高まるとともに、重要かつセンシティブな情報がITで処理されることも増えています。しかし、その情報が盗まれたり、改変されたり、あるいは必要ときに利用できなくなったりしたら、重大な損害が生じることから、情報は極めて慎重に扱われています。そのような情報の代表的なもの1つとして、医療情報が挙げられるでしょう。

一方で、医療に関するデータは大きな価値を持ちます。データに基づく分析は重要であり、分散しているデータを一元化し活用することで、患者本人により良い医療サービスを提供したり、社会全体で医学研究を進歩させることができる可能性があります。しかし、データの活用にあたっては、データの分散(サイロ化)が問題になっていきます。個人の医療情報は、医療機関、薬局、医療保険の運営者、研究機関などに分散さ

れています。

関係者間での不適切なデータ共有は、プライバシー、セキュリティ、さらには生命倫理上のリスクを伴います。このため、データを複数の管理主体に分散し、安易な紐付けをしない(できない)ようにすることが、セキュリティ、特にプライバシーの確保に寄与していることも事実ではあるものの、そのままではデータ活用の妨げとなってしまいます。

この課題を克服し、患者に最適な医療を提供しつつ、研究やイノベーションに医療情報を活用するため、倫理とコンプライアンスへの適応も含めた新たなアプローチが提案されています。システムの個々の機能におけるセキュリティを確保するだけでなく、システム的设计にあたり、セキュリティの観点から根本的な再検討を行い、個人の医療情報を強固なセキュリティで保護するとともに、本人に医療情報の統合、同意、共有の権限を保持させる取り組みが生まれているのです。

米国のEquideum Healthは、「Data Integrity and Learning Networks」:



DILNs：データ完全性と学習のネットワーク」というソリューションを提供していますが、これは、検証可能な本人確認と同意の確認、官民ハイブリッド型ブロックチェーン、分散型AI（人工知能）と、改ざんが抑止されている監査証跡により、組織を超えた安全な情報共有を実現するとしています⁽³⁾。また、このソリューションでは、個人データ用の、プライベートで、自己管理が可能なクラウドベースのストレージ（保管庫）を提供しており、これによって個人が自分の情報を完全に管理できるようになっています。このソリューションは、Intelの機密コンピューティング技術やMicrosoftのソリューションなど、ハードウェア、ソフトウェア両方での、さまざまな技術を組み合わせ実現されています。このソリューションにより、例えば、米国の退役軍人向けのプラットフォームでは、本人が学術研究や臨床研究など、自身のデータの使用について詳細な同意を与えることを選択した場合に、報酬の受け取りを可能にするといった、新しいビジネスが出てきています⁽⁴⁾。

■ビジネスへの寄与

多くの人にとって、自分の医療情報を安易に他者に提供することには、大きな抵抗があるのではないのでしょうか。そして、もちろん問題は個人の不安だけではありません。セキュリティに関する懸念を「気の持ちよう」として軽視してしまうと、結果として関係者の積極的な支持と行動（この事例では医療情報の共有と活用）を得ることは難しくなってしまいます。この事例で見られるように、重要かつセンシティブな情報においては、プライバシー、セキュリティ、倫理上の懸念などから、データ活用に慎重な対応が求められることがあります。このような場合でも、より高度で包括的な（エンド・ツー・エンドの）セキュリティソリューションによってデータの保護を確実にし、すべての関係者の信頼も担保することによって、これまでは困難だったデータの活用が可能になるのです。上記の事例では、このようなプラットフォームによって新た

なデータの活用が可能になり、新たなデジタルビジネスが生まれ、本人を含むすべての関係者が価値と利益を享受できる可能性が生まれています。これも、セキュリティがあることによって初めて実現したサービスといえます。このようなサービスを実現させるためにも、企画、開発段階からセキュリティを前提として組み込むことが、成功のための重要な鍵の1つとなるのではないのでしょうか。

まとめ：ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ

11月号と今号にわたって、セキュリティに関する現状と、セキュリティがビジネスのイネーブラーとなっている動きについてみてきました。セキュリティというと、どうしても脅威の拡大と、「機密性・完全性・可用性」の確保、すなわち負の影響を防ぐことが注目されがちです。しかし、それだけでなく、セキュリティを確保することで、新たなビジネスが可能となることがあるのです。

これまで、いわゆる「インターネット」の世界では、「ベストエフォート」すなわち、できるだけことはするが何かあっても責任は負わない、との考え方があり、ITシステムにおいても、その考え方を踏襲したものがありませんでした。しかし、そのようなシステムでは、人命や社会の根幹にかかわるような重要でセンシティブな情報を扱うことには慎重にならざるを得ず、高いサービス品質を求められる重要なシステムでは、先進的なデジタル技術の恩恵を受けづらいつながります。

このようなセキュリティによる価値創出は、従来のITシステムにセキュリティソリューションを追加するだけで実現するものではありません。基となるビジネスを創出し提供する事業者、ITサービスプロバイダ、機器・ソフトウェアベンダ、法・倫理に関する専門家など、各社（者）が持つ専門知とビジネス上の優位性を組み合わせ、企画、開発の段階から、セキュリティを組み込んだ新たなエコシステムを形成する必要があります。イノベーションや新たなビジネスの実現には、これまで以上に分野を超えた「共創」が求められているといえるでしょう。

つながります。

このようなセキュリティによる価値創出は、従来のITシステムにセキュリティソリューションを追加するだけで実現するものではありません。基となるビジネスを創出し提供する事業者、ITサービスプロバイダ、機器・ソフトウェアベンダ、法・倫理に関する専門家など、各社（者）が持つ専門知とビジネス上の優位性を組み合わせ、企画、開発の段階から、セキュリティを組み込んだ新たなエコシステムを形成する必要があります。イノベーションや新たなビジネスの実現には、これまで以上に分野を超えた「共創」が求められているといえるでしょう。

■参考文献

- (1) 経済産業省 商務情報政策局 サイバーセキュリティ課：“ソフトウェア管理に向けたSBOM (Software Bill of Materials) の導入に関する手引 ver 2.0,” 2024.8.
 - (2) <https://documents.vicone.com/partner-story/primax-partner-story.pdf>
 - (3) <https://equideum.health/solutions/>
 - (4) <https://www.intel.com/content/www/us/en/customer-spotlight/stories/equideum-health-customer-story.html>
- ※ (2)～(4)のサイト情報は、執筆時点（2024年10月）で得られたものに基づきます。



株式会社 情報通信総合研究所
左高 大平

「NTT IOWN Technology Report 2024」の公開について

NTT研究企画部門では、2019年に始動したIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想とともに、より人々が豊かに生きていく世界を実現するためのテクノロジーについてまとめた「NTT IOWN Technology Report」を発表しています。このたび、新たに2024年度版を公開しましたので、本稿では、その概要と更新のポイントについて紹介します。

キーワード：#テクノロジートレンド、#社会トレンド、#スマートワールド

かねきよ ともゆき
兼清 知之
しらい だいすけ
白井 大介
いのうえ すずよ
井上 鈴代

NTT研究企画部門

NTT IOWN Technology Report 2024の構成

2019年のIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想発表以降、私たちは着実にIOWN実現に向けたテクノロジーの研究開発を進めてきました。NTT IOWN Technology Report 2024では、現在到達しているIOWNの“現在地”と“将来の姿”について、4つのルポルタージュレポートと1つの対談をとしてお伝えします。ルポルタージュレポートでは、現在進行形で展開されているIOWNプロジェクトの中から、産業領域に大きく貢献し得る4つのプロジェクト〔海外データセンター、大阪・関西万博パビリオンのData Centric Infrastructure (DCI) 実装、遠隔での工場保守点検、光電融合デバイス〕をピックアップし、現地関係者へのインタビュー取材から各々のプロジェクトのイノベーションのポイントについて、臨場感をもって紹介します。また、対談では、IOWNの技術が発展しさらに普及した近未来に、街づくりがIOWNによりどのように変わり、どんなサービスやソリューションが実現するかを、有識者との対談から構想します。最後に、年々規模を拡大し、さまざまなユースケースを創造し続けているIOWN Global Forum (IOWN GF) の最新動向についても紹介します。

OVERVIEW: IOWN構想の可能性と現在地

日本社会は、多くの課題を抱えていると

いわれています。例えば、環境問題があります。データ量の飛躍的な増加により電力消費量が急増しており、特に都市部のエネルギー需要は今後も伸びていくことが予想されています。近年ビジネスの現場でも積極的に取り入れられている生成AI (人工知能) もその稼働には多くの電力が必要とされており、技術革新の歩みを止めずに環境とエネルギー問題の両方を同時に解決することが求められています。さらに、労働力不足の問題も年々深刻なものとなっています。労働人口の減少に加え、建設業界や運送業界などでは「2024年問題」と呼ばれるように、一刻も早く解決すべき問題だと考えられています。

NTTが2019年に発表した次世代コミュニケーション基盤「IOWN」は、まさにこうした問題の解決につながるものとなっています。電力効率100倍^{*1}、伝送容量125倍^{*2}、エンド・エンド遅延200分の1^{*3}をめざして開発が進んでいるIOWNは、ネットワークやコンピューティングの基盤の一部を電気 (エレクトロニクス) から光 (フォトニクス) へと転換することで、大容量・低遅延・低消費電力のコミュニケーション基盤を実現しようとしています。私たちはIOWN構想を通じて光による情報伝送技術や情報処理技術と、それらを統合する新たなネットワークアーキテクチャを実現していくことで、ネットワークとコンピューティングの世界にブレークスルーをもたらす、新たな価値が創造できる未来につながると考えています。

その構想を実現するために、私たちはさまざまな領域で研究開発を進めてきました。

ネットワークやコンピューティングに革新を起こすオールフォトニクス・ネットワーク (APN) やコグニティブ・ファンデーションから、デバイス内においても電気から光への転換を促す光電融合デバイス、さらにはこれらを活用して多くのデータをリアルタイムに処理することで多様な産業基盤とのデータ融合や未来予測を可能とする「4D デジタル基盤[®]」など、ネットワークからコンピューティング、プラットフォーム、サービスに至るまで、IOWNがかかわる領域は多岐にわたります。2023年頭には「IOWN1.0」としてAPNによる超低遅延ネットワークサービスと、ネットワーク向けの小型・低電力デバイスの提供も開始しています。今後はコンピューティング向けとして2025年までにIOWN2.0としてボード接続用の光電融合デバイス、2028年までにIOWN3.0としてパッケージ間向けデバイスを開発し、2032年にはIOWN4.0としてチップ内 (ダイ間) も光化していくことが予定されています。こうしたステップを通じて光電融合デバイスをネットワークやサーバにも適用していくことで、より高度なコミュニケーション基盤が実現していきます。

こうしたIOWNの広がりを感じるうえで無視できないのが、AIの存在です。近年産業を問わず多くの領域で生成AIの活用や新たなモデルの開発が進んでいますが、NTTもまた、40年以上の自然言語処理研

*1 フォトニクス技術適用部分の電力効率の目標値。

*2 光ファイバ1本当たりの通信容量の目標値。

*3 同一県内で圧縮処理が不要となる映像トラフィックでのエンド・エンドの遅延の目標値。

究ノウハウを結集したNTT版LLM (Large Language Model) 「tsuzumi」の開発に取り組んでいます。tsuzumiのようなLLMを発展させるうえでも、IOWNは必要不可欠となります。現在NTTはIOWNのAPNとLLMを組み合わせた実験を行っており、GPUすべてをフルに動かせながら、なるべく最小限の計算機リソースで次世代LLMの実現をめざしています。

REPORTAGE：ビジネスを加速させるIOWNの衝撃

今、世界中でIOWNの実装に向けたPoC (Proof of Concept) が進んでいます。APNを中心としたネットワークの革新によるインフラの変革から、コミュニケーション基盤のアップデートによる空間体験の変容、長距離をリアルタイムにつなぐことで実現するものづくりのゲームチェンジ、さらにはそれらの変革を下支えし、より高度な基盤を実現する半導体パッケージの開発など、国も産業も領域も超えて広がりゆくIOWNは、現在進行形であらゆるビジネスのあり方を変えようとしています。本セクションでは、今まさに変革が進む4つのプロジェクトの現場を訪ね、取材を実施しました(図1)。

■ IOWN × 公共インフラ：2030年を支える新たな社会インフラ (海外データセンター)

私たちの生活を支えるインターネットというインフラは、データセンタなしに成立はしません。中でもNTTが“データセンタ・アレイ”として知られる米国・アッシュバートンに有する大規模データセンタは、米国の人々の生活を支えるものとなっています。このデータセンタで、現在APNを使ったPoCが進んでいます。最近実施されたPoCでは、4 km離れたデータセンタをAPNでつなぎ、0.062 msの遅延、0.045 μsの遅延ジッタを実現しました。離れた地域のデータセンタを圧倒的低遅延でつなぐことができれば、インフラの柔軟性や強靭性は大きく変わっていきます。実際にアッシュバートン現地を訪れ、今まさに進みつつあるインフラの革新についてデータセンタ関係者の取材を通して迫りました。

■ IOWN × 都市空間：動的に変化し続ける感情をまとう建築 (大阪・関西万博 DCI実装)

2025年に大阪・夢洲で開催される大阪・関西万博は、新たなテクノロジーや体験の実験場でもあります。NTTが今回の万博で取り組むのは、従来の万博パビリオンとは一線を画す、柔らかに人々を包み込む“NATURAL”な建築の実現です。新素材が日本で初めて構造耐力上主要な部分に使われ、環境負荷低減のために植物性素材も活

用されます。さらに世界初の実装となるDCIによって映像分析やハプティクスを通じて建築そのものが人間や環境とつながって動き出す、リアルタイムに変容する空間をつくりあげます。これらの空間がどのように実現されていくのか、NTTパビリオンの建設現場とNTT武蔵野研究開発センタの取材をとおり、技術・思想どちらの面からも新たな挑戦に取り組む様子を多面的に解き明かしていきます。

■ IOWN × 建設・製造：自在につながる次世代工場の姿 (遠隔工場保守点検)

IOWNがネットワークにもたらす変革は、ものづくりの未来をも変えていきます。現在IOWN GFのユースケース検討プロジェクトとして進んでいるのは、三菱ケミカルグループの化学プラントを舞台にした遠隔工場保守点検のPoCです。最先端のロボットやドローンを導入し、APNによって離れた拠点をつなぐことによって数100 km離れた工場の異変をリアルタイムに検知することをめざします。今回、五反田・大手町・お台場間をAPNでつなぎながらロボットの遠隔操作の検証を実施しているNTTコムウェアとNTTデータのPoC現場を取材しました。デジタルツインも導入しながら進んでいくPoCの現場からは、未来のものづくりの世界がみえてきました。

■ IOWN × エネルギー：光電融合がもたらすエネルギーの革新 (光電融合デバイス)

IOWNの変革はネットワークだけでなくコンピューティングの領域でも進んでいきます。変革のカギを握る光電融合デバイスは着実に発展を続け、研究開発フェーズを越えて量産フェーズへの移行への挑戦も進んでいます。シリコンフォトニクスからメンブレンフォトニクスへ、さらなるデバイスの小型化は、世界の半導体産業へ大きなインパクトを生み出す可能性を秘めています。その変革の中心地となるのが、NTTの厚木研究開発センタと新光電気工業です。この2拠点を訪問し、従来よりも格段に小型で低消費電力も実現する半導体パッケージや高精度な製造技術と組み合わせた光電融合デバイスの量産にける思いを取材しました。



図1 4つのルポルタージュ扉絵(上段左：海外データセンタ、上段右：大阪・関西万博DCI実装、下段左：遠隔工場保守点検、下段右：光電融合デバイス)

ROUNDRABLE : IOWNが見せる、ナチュラルなスマートシティの可能性

コロナ禍を経て人々のライフスタイルも変わり、昨今の街づくりは、高齢化や災害への対応なども含めリアルな課題がますます顕在化しています。かつてに比べて「スマートシティ」への期待も変わっていく中で、IOWNは街づくりにどう貢献できるのか、パノラマティクス主宰として長年都市開発におけるテクノロジー活用の可能性を模索してきた齋藤精一さんをゲストに迎え、都市の中でのIOWN活用に取り組むNTTグループメンバー（NTT、NTTコミュニケーションズ、NTTドコモ）がこれからの街づくりの可能性を論じました（図2）。対談では具体的な街づくりのIOWN活用例の紹介から始まり、通信インフラが街づくりを決め、地域の価値を再定義する将来の姿について議論が繰り広げられました。人や地球にも優しいIOWNの存在によって、街づくりに必須となる人々の「活動」を起こしやすい場が提供され、都市と都市との関係性なども変わっていく未来の可能性についても意見が交わされました。

PERSPECTIVE : 広がりゆくIOWNのネットワーク

現在IOWNはその実装に向けてさまざまな領域で実証が進んでいますが、注目すべきは、どのプロジェクトにおいてもNTT単体ではなく多くの企業とのパートナーシ

プやコラボレーションが重要なカギを握っていることにあります。さらにそのネットワークは、企業の壁も国境も産業の領域も越えて広がるようとしています。この企業の壁を越えていく代表的な取り組みといえるのが2020年1月に設立された「IOWN GF」です。インテルコーポレーションとソニー株式会社（現ソニーグループ株式会社）、NTTの3社が設立したこの国際団体は、IOWN構想の実現に向けてさまざまな領域の企業とのつながりを蓄積してきました。メーカーや通信事業者、ITベンダはもちろんのこと、Googleのような大手プラットフォームフォーマーや広告代理店など多種多様な企業の参画によって、異なる領域の技術や知恵が集結する場となっています。

IOWN GFの活動の特徴は、実現すべきスマートな世界をより具体的に描き、実現していくために、ユースケースの検討にも取り組んでいることにあります。実際に今回のルポルタージュでも紹介した化学プラントにおけるPoCもこうした企業どうしのコラボレーションから生まれてきたものであり、万博におけるDCIの実現においてもハードウェアの提供などの面でフォーラム参画企業からサポートを得ることが少なくなかったと言います。単にさまざまな産業の企業が参画する業界団体として存在するだけではなく、実際にそれぞれがIOWNの実現に向けて盛んに議論を交わし、実装のために手を動かしています。

こうした企業間連携にとどまらず、現在NTTは台湾の中華電信とパートナーシップを締結し、世界初のIOWN国際間APN

の開通を実現しました。中華電信のデータセンターからNTT武蔵野研究開発センターまでAPNを開通し、約3000 kmの長距離を片道約17 msの低遅延かつ揺らぎのない安定した通信が実現されており、今後は国際間APNを用いたグローバルレベルでのIOWNビジネス展開も推進される予定です。

おわりに

本稿で紹介してきた事例のみならず、遠隔医療やエンタテインメントをはじめ、あらゆる領域で多くのIOWNを活用した挑戦が続いていきます。こうした挑戦は現代社会が直面する多くの社会課題とつながっていることはいうまでもありません。ナチュラルなテクノロジーの可能性を追求してきたNTTは、人と地球の未来のためにテクノロジーがどうあるべきか考え続けてきました。IOWN構想とは、新たなコミュニケーション基盤の確立であると同時に、これからの人と地球を支えるテクノロジーのあり方を提示するものになっていきます。

NTT研究企画部門では今後もテクノロジーの動向とNTT R&Dの取り組みについて発表していきます。今回発表した資料はNTT持株会社ホームページ⁽¹⁾よりダウンロードしていただくことが可能ですのでぜひご覧ください。

参考文献

(1) <https://www.rd.ntt/download/>



図2 対談の様子



(左から) 兼清 知之 / 白井 大介 / 井上 鈴代

テクノロジーとNTT R&Dの動向をまとめた「NTT IOWN Technology Report 2024」のオンラインPDFを発行しています。お客さまとのコミュニケーションへご活用いただければと思います。

◆問い合わせ先

NTT 研究開発マーケティング本部
研究企画部門 R&D 戦略担当
E-mail technology_report-ml@ntt.com

NTT物性科学基礎研究所
上席特別研究員

藤原 聡 Akira Fujiwara

単電子転送素子と国際連携で 電流標準の実現をめざす

2019年に国際単位系における電流の単位、アンペアの定義が、従来の物理的にインプリメント不可能なものから、量子デバイスを用いて実現可能なものに変更されました。この量子電流標準の実現に向け、世界各国で研究が進められています。電流標準実装の基本的要素の1つである、シリコン単電子転送素子を開発し、国際連携により電流標準の実現に向けて挑戦する、NTT物性科学基礎研究所 藤原聡上席特別研究員に、シリコン単電子転送素子による電流標準実現に向けたアプローチと、それを実行する場としてのコミュニティ、そして切磋琢磨と議論により世界に挑戦する思いを伺いました。



1個1個の電子を制御する単電子転送素子の動作を、量子メトロロジートライアングルにより高精度計測して、電流標準実現に向けた条件クリアの基盤となる

現在、手掛けていらっしゃる研究について教えていただけますでしょうか。

電子が動くことで電流となりますが、電流を構成する1個1個の電子を精密に制御する技術に取り組んでいます。

2019年に国際単位系 (SI: International System of Units 単位) における電流の単位、アンペアの定義が「真空中に1メートルの間隔で平行に配置された無限に小さい円形の断面を有する無限に長い2本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ1メートルにつき1000万分の2ニュートンの力を及ぼし合う直流の電流、またはこれで定義したアンペアで表した瞬時値の2乗の1周期平均の平方根が1である交流の電流」という実験的にインプリメント不可能なものから、「電気素量 (電子の持つ電荷) を10の19乗分の1.602176634クーロンとすることによって定まる電流」に変更され、これにより半導体デバイス等で単位標準としてのアンペアを直接的に表現可能となり、電流標準の実現をめざして世界を相手に競争していることを前回のインタビュー (2021年12月号) でお話しました。

実現のアプローチとして、単電子転送素子に周波数 f のクロッ

クを印加し、クロック1周期当たり1つの電子を運ぶことにより、電流値が周波数と1つの電子の持つ電荷量 (電気素量) を掛けたものと合うことで、正確な電流を生成するという方法があります。これを実際の電流標準として応用するためには、高速・高精度化が必要になります。私たちはシリコンナノ加工技術により、電子1個1個を格納しては放出するシリコン量子ドットを作製し、量子ドットに電子がほぼ必ず1個だけ入るといった動作状況を実現しています。クロック信号に合わせて電子を1個ずつ運ぶことで、周波数と電子の持つ電荷量を掛けた正確な電流を生成することができる単電子転送素子を開発し、これにより高速・高精度化を可能としてきました (図1)。

もう1つのアプローチとして、量子メトロロジートライアングル (QMT: Quantum Metrology Triangle) におけるオーム則

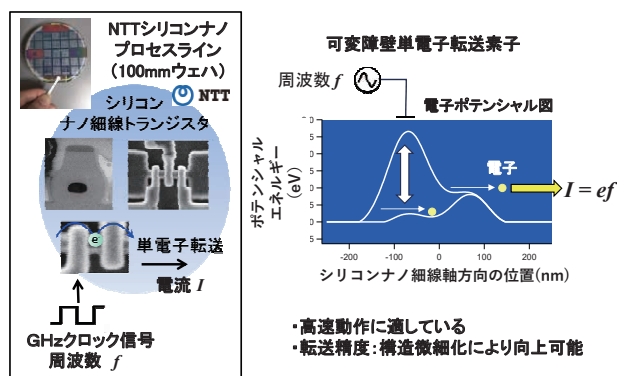


図1 NTTのシリコンナノデバイス技術を駆使した単電子転送電流標準

による方法があります。オーム則は電圧(V) = 電流(I) × 抵抗(R)で表現される法則で、QMTは、これを量子力学の世界で行うことで、正確な抵抗標準と正確な電圧標準から単電子電流標準を生成するもので、ある周波数から超伝導を用いたジョセフソン電圧標準を生成し、その電圧と量子ホール抵抗標準の効果で電流標準を生成します。一方、周波数から電流標準を生成する方法がまだ確立しておらず、それがNTTのデバイスで実現できる可能性があり、これに取り組んでいます。

これらが実現すれば電流標準になるのでしょうか。

シリコン単電子転送素子は転送に伴うエラーや結晶欠陥などの影響により、1つの量子ドットに完全に1個ずつの電子が入り出すわけではなく、0個や2個といったエラーも極めて低い確率ですが発生します。また、電流標準となるためには、複数の素子で普遍的な高精度動作すること(ユニバーサルリティ)が必要です。そして、極微小電流ではどの程度エラーが発生しているかを測定する精度が下がるので、測定精度を上げるためにより大きな電流が必要となりますが、これを実現するために素子が生成する極微小な電流を集めて、より大きな電流を得ること(単電子転送素子の並列動作化によるナノアンペア電流生成)が必要になります。これらの要求条件への適合性を確認するためには、複数の素子が要求レベルの範囲に収まっていることを精密に測定することが必要となります。

この測定を、微小電流を正確に測定する精密電流計測技術を有する国立研究開発法人 産業技術総合研究所(産総研)との共同研究で行いました。複数個の単電子転送素子の並列動作(電流の比較や合成)を行うための多数の素子を希釈冷凍機温度で個別測定可能なサンプルホルダを設計開発し、NTTのGHz動作シリコン単電子転送素子のうち良好な特性を示す2個の素子を、産総研が開発したQMT実験用の希釈冷凍機により世界最高精度で測定しました。

実験は、「2つの単電子転送電流の比較実験」「2つの単電子転送電流の合成実験」を行い、「2つの単電子転送電流の比較実験」では、1 GHz動作で0.4 ppm以下で2つの電流が一致したことを確認しました。これは、1秒間に10億個の電子を転送し、電子400個以下の違いしかないことを意味し、シリコン単電子転送素子のユニバーサルリティの検証に成功しました(図2(a))。最終目標精度は0.01 ppm (10^{-8})なので、さらにその達成に向けて取り組んでいます。また、「2つの単電子転送電流の合成実験」では、ppmレベルの高精度を保ったまま、電流の通倍(2倍)に成功しました(図2(b))。この結果は、量子電流標準の実現に向けてユニバーサルリティが確認されたこと、量子メトロジートライアングルの検証に向けて技術的課題がクリアされたことを意味するもので、量子電気標準体系の完成に向けて大きな前進となりました。

また、ここで得られた結果は、電子計測機器の校正やポータブル型量子電気標準の開発につながり、産業基盤や計量標準分野への貢献や、抵抗精密評価、単一分子・化学反応センサ、放射線セ

ンサの材料、化学、工業、医療分野など電気量の関連する広範な領域への応用が可能となり、微小電流計測等の極限計測技術への応用が期待されます。さらに、シリコン量子ドットの精密並列動作が実証され、量子ドット集積化技術につながるものです。

なお、本研究は、日本学術振興会 科学研究費補助金基盤研究(S)「単電子制御による量子標準・極限計測技術の開発」JP18H05258の助成を受けて行われたものです。

産総研との共同研究以外にも電流標準の確立に向けてさまざまな連携をされているそうですね。

研究が独りよがりになってしまっただけでは標準にはならないので、標準化のためには、例えばNTTはデバイスをつくる、それを他の人が高精度に測定して評価するなど、標準化に協力してくれる仲間づくりが非常に大事です(図3)。

2003~2012年は米国国立標準技術研究所(NIST)と共同研究を行いました。2003~2004年には私もNIST客員研究員として現地に滞在して研究活動を行って来ました。2014~2024年は英国国立物理学研究所(NPL)とシリコン単電子転送素子の高速高精度動作実証等の共同研究を行っており、2024年9月からNPLの客員フェローに就任しました。また、NPLとの共同研究をベースとして、NPL、ドイツ国立物理工学研究所(PTB)を中心とする欧州標準研究所等と2016~2019年に量子電流標準プロジェクト(e-SI-Amp)で協力し、NTTの素子の精度が高いことを実証し、2020年にはNPT、フィンランド技術研究センター(VTT)等の3つの異なる測定計で1 GHz、サブppmの動作を確認し、トランスポート可能な標準応用を実証しました。この連携は今も続いており、PTBやNPL等が新しく立ち上げた2024~2027年の先端量子技術・電流計測プロジェクト(AQuanTEC)にもNTTの素子を活用して協力することを計画しています。

こうした連携による共創の活動は日本国内でも精力的に取り組んでおり、前述の科研費による「単電子制御による量子標準・極限計測技術の開発」をはじめ、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の先導研究プロジェクトとして2023年から「量子トレーサブル超微小電流センシングの開拓」というテーマで研究を進めています。NTTが「ピコ~フェムトアンペアレベルの超微小量子電流源の開発」、日本ファインケム(現在:三菱ガス化学ネクスト)が「精密超高抵抗器(1TΩ)の開発」を担当し、産総研を中心に東京工業大学(2024年に東大に移管)を含むチーム全体で、「超高性能微小電流計測システムの開発(微粒子や放射線計測、化学反応・生体計測)」に取り組んでいます。

さて、単電子制御に関しては、前述の取り組みのほか、現在「シリコン量子ドット内の単電子の量子ダイナミクスの理解と制御」というテーマで、QMT実現に必要な高速動作下での単電子精密制御に向けて、理論と実験の両面で研究が進行中です。また、異分野との連携も進めており、これまで得られた知見を活用し、「分子素子を用いた単電子シャトル」というテーマについても、東京大学、フランス国立科学研究センター(CNRS)との共同研究を行っ

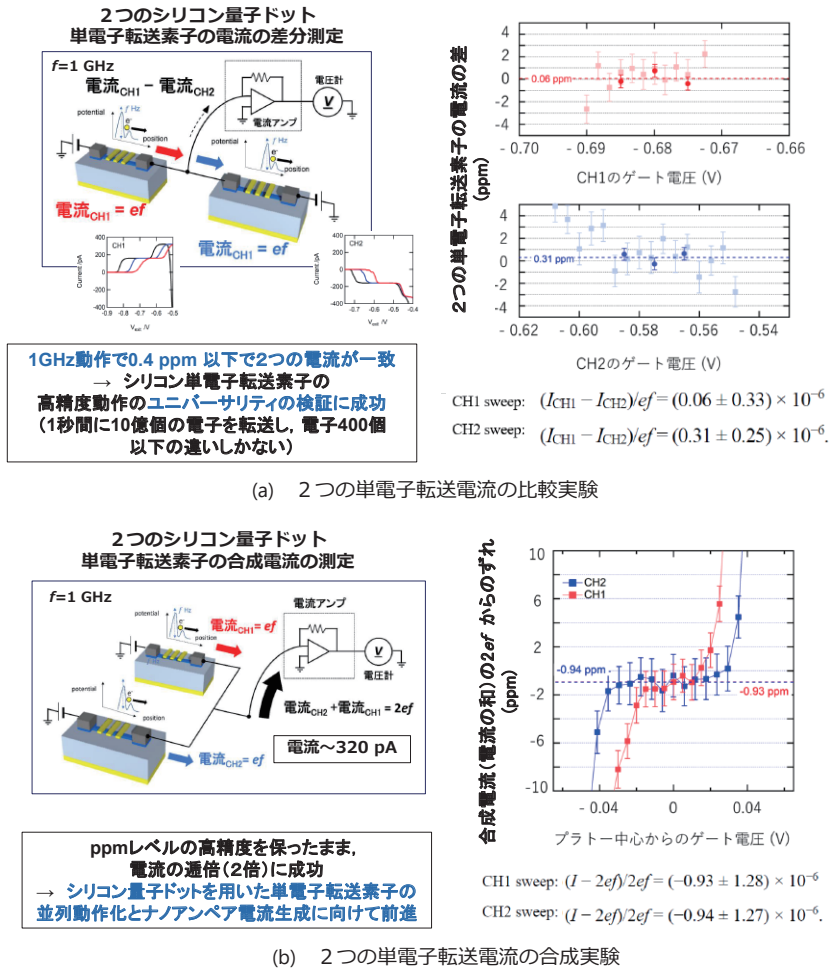


図2 産総研との共同実験

ています。これはDNAの先端に付けられた分子が電子1個を格納し、上下の電極間をブラウン運動することにより、単電子シャトル輸送による電流を生成させ、分子ダイナミクスの電氣的計測を行うというものです。単電子計数理論に基づく電流やノイズの解析、Fokker-Planckシミュレーション（物理モデルに基づく数値計算）による分子粒子のダイナミクスに関して理論サポートを行っています。バイオ、電気化学センサ応用が可能であるとともに、新しい電流標準としての可能性も秘めています。

切磋琢磨と議論、そして研究の出口論を意識して、いろいろな人が自然に集まってくるようなコミュニティに貢献することで成果につなげる

研究者として心掛けていることを教えてください。

私は研究を進めていくうえで、「コミュニティ」「切磋琢磨と議論」「研究の出口論」「ワークライフバランス」の4つのポイントを意

識しています。

「コミュニティ」については、自身が1人でこつこつ論文を書いて世界にアピールするという唯我独尊をめざすスタイルよりも、いろいろな人が参加できるようなコミュニティを形成して、そこに貢献していくことでさらにコミュニティを拡大、活性化し、その結果コミュニティで多くの創造的な成果が産み出されていくという状況が好ましいと考えています。私がテーマとしている電流標準は、前述のとおり世界中で協力して進めなければ標準にはなりません。さらに、この領域自身は量子電気標準体系の構成要素として非常に重要ではあるのですが、産業応用の視点からは必ずしもメジャーな分野ではありません。それぞれの研究者がばらばらに活動しては、標準どころか衰退して消滅するかもしれないリスクがあります。だからこそ「コミュニティ」なのです。コミュニティの一員として貢献し、参加者皆で活性化・拡大していけるように尽力していきたいです。

「切磋琢磨と議論」については、これもコミュニティと関係するのですが、同じ領域の研究者どうしなので、当然誰が最初に論文を出すのかといった競争もあり、そしてこの競争によって自身




NTTデータグループ
技術革新統括本部 Apps&Data技術部

小林 由依 Yukie Kobayashi

AIを活用してシステム開発の効率化と生産性向上を推進するための開発プロセスガイド

2022年11月にOpenAI社の生成AI（人工知能）ChatGPTが公開されて以降、生成AIが世界的に注目を集めています。生成AIはプロンプトとして文字等を入力すると、その内容に合致したテキスト、画像、または他のメディアを応答として生成するものですが、この特徴から文章がベースとなっているソフトウェア開発ドキュメントやソースコード等を生成する、生成AIのソフトウェア開発への活用も着目されるようになりました。しかし、開発の効率化や生産性向上が、適用の対象や活用方法によっては効果が期待できない場合もあります。このような生成AIの適用対象や活用方法を検証し、プロセス整備を行っている、NTTデータグループ 技術革新統括本部 小林由依氏に、NTTデータグループにおける生成AIの開発への活用とプロセス整備・展開、そのためのスキルアップへの思いを伺いました。



 「AIを活用したアプリケーション開発プロセスガイド」で、システム開発プロセスの効率化と生産性向上をめざす

現在、手掛けている業務の概要をお聞かせいただけますか。

「AI（人工知能）を活用したアプリケーション開発プロセスガイド」（開発プロセスガイド）を作成し、開発プロジェクトで活用する仕組みづくりに取り組んでいます。

NTTデータグループでは、2023年6月に「生成AIの活用をグローバルで推進する体制の整備」について発表し、次々と新しくなり、進化している生成AIをシステム開発に活用することで、開発プロセスの効率化と生産性向上をめざしています。この取り組みの中で、生成AIを活用した次世代のシステム開発プロセスの整備を行い、生成AI活用の際のノウハウや事例をガイドラインとして取りまとめたものが、「AIを活用したアプリケーション開発プロセスガイド」です。

開発プロセスガイド作成に先立ち、開発プロセス整備のめざすべきところを、私たちは次のように考えました。

- ・ユーザが、生成AIを使った開発プラクティスは、アプリケーション開発作業における生成AIの活用方法を少ない学習コストで得られる。

- ・開発者にとって、生成AI活用におけるアンチパターン（生成AI活用のメリットを引き出せていないパターン）発生抑制とともに、開発工期短縮の実現、PM（Project Manager）にとっては生成AI活用によるメリット・デメリットを提示することで商用案件への適用可否の判断材料を得ることができ、適用の際もガバナンスを効かせた状態で生成AIを活用した開発を可能とする。
- ・お客さまにとって、安心してAIを活用することができ、リリースまでの期間が短縮されることによりビジネスアジリティを向上する。
- ・技術者の独断による生成AI利用や、使い方のみを定義した利用ルールではなく、具体的なプラクティスに基づいた再現性のあるプロセス定義を活用することで開発品質を担保し、さらに生成AIの効率的な活用を可能とする（他社との差別化材料）。

なお、開発プロセスガイドは、ウォーターフォールモデルによるアプリケーション開発およびアジャイルによるアプリケーション開発どちらも対象としています。

どのようなアプローチで開発プロセスガイドを作成しているのでしょうか。

生成AIは開発プロセスすべてに使える可能性があるため、上

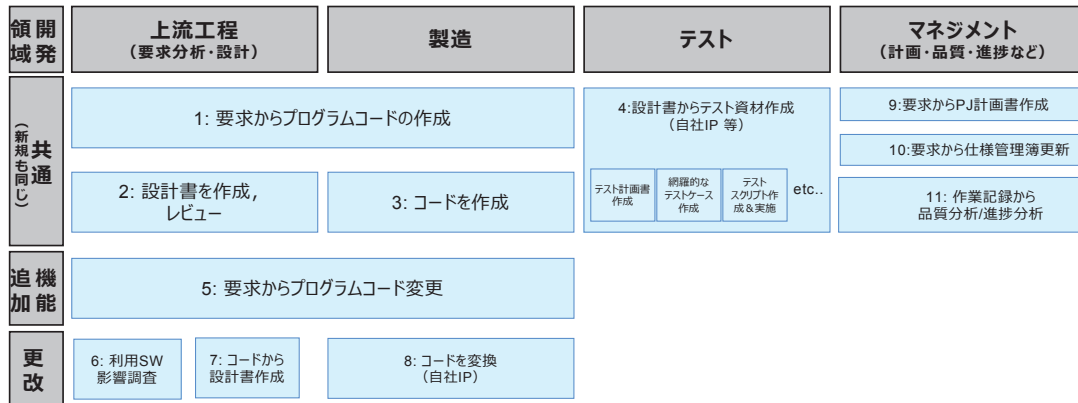


図1 プロセス整備までに実施しているユースケース検証

流工程からテストまでの全プロセスとプロジェクト管理にフォークスを当て、プロセスごとに生成AI活用のユースケースを想定します(図1)。次に各ユースケースのどの部分に生成AIを適用すると効率化等のメリットがあるのかといったポイントについて、ノウハウ・知見を基にした机上検討と、実際のプロジェクトへの適用や内部検証等により確認し、具体的に生成AIをどのように活用すると効果的なのかといったところまで検証したうえで、その結果を再現性のあるプロセスとして整備しています。

NTTデータグループには、すでに業界標準とNTTデータグループのノウハウを融合して策定された「TERASOLUNA」等の開発標準があるため、実際の開発において生成AIを適用した効率化をめざしたプロセス整備においては、事細かにプロセスの手順を記述するのではなく、既存の開発標準との差分をまとめてドキュメント化します。具体的には、ユースケースごとに生成AI適用のメリット、適用の際および適用後の注意点、生成AIの回答が正解(人間が求めている結論に達する)であるという保証がないので、それを人間が妥当であると評価するために必要なスキルやその方法等のかたちでまとめてあります。

実際にプロジェクトで生成AIを使うときは、開発プロセスガイドに従って、まずはどの部分に使えるのか、例えばそれがレビューの場合、どのようなレビューに使えるのかということを判断し、それを開発標準に沿ってプロジェクトの中での適応の流れを検討します。そうした流れの中でそれぞれの作業が何のために必要なのか、どこに気をつけたいのかということころを、理解したうえで生成AIを適用していきます。さらに、品質確保、見積り、生産性、契約、セキュリティ(例えばOpenAIを利用するときは、情報が外部に出ていくといったセキュリティリスクがある)等に関する注意点を意識したうえで、プロジェクトの手順に反映して開発を進めます。

どのように開発プロセスガイドを社内に展開しているのでしょうか。

開発プロセスガイドは、AIを利用してアプリケーション開発する現場の開発リーダーやPMを想定し、そのペルソナ(求められる人物像)がプロセスガイドを参照して行動できるようにすることをめざして記述してあります。粒度や実現レベル、図1に示すさまざまなユースケースを対象に生成AI適用検証を実施し、順次プロセス整備を行っています。2023年度下期では、主に「コード変換」「設計書」から「テスト資材作成」のユースケースにおける自社IP(製造工程に特化した生成AIツール)を活用した場合のプロセスを整備・公開し、2024年度上期では主に、「設計書の作成・レビュー」「コードを作成」のユースケースについてチーム内部で検証を実施し、プロセスを整備しました。

整備されたプロセスは、2023年度下期より社内の各プロジェクトに、生成AIを活用するための一般的な知識やTips等とともに公開されています。「TERASOLUNA」等の開発標準はすでに公開・実践されているので、開発標準に従った各工程で生成AIを活用する際に開発プロセスガイドを参照するかたちで展開しています。また、AIは今日の最新技術は明日には陳腐化するほど目まぐるしく進化している一方、各ユースケースにおいて検証された結果を取りまとめて掲載するには、多くの時間を要するといった相反する状況にあるので、多くの事例を紹介することでそのギャップを埋めています(図2, 3)。事例の中では、ユースケースの中でどのようなプロンプトを使うとうまくいくのか、といった実例も提供しています。

開発プロセスガイドの目的は、生成AIをアプリケーション開発に活用することで、効率化と生産性向上をめざすところにあるので、理想的な到達点は要件定義の段階から生成AIを活用することで、

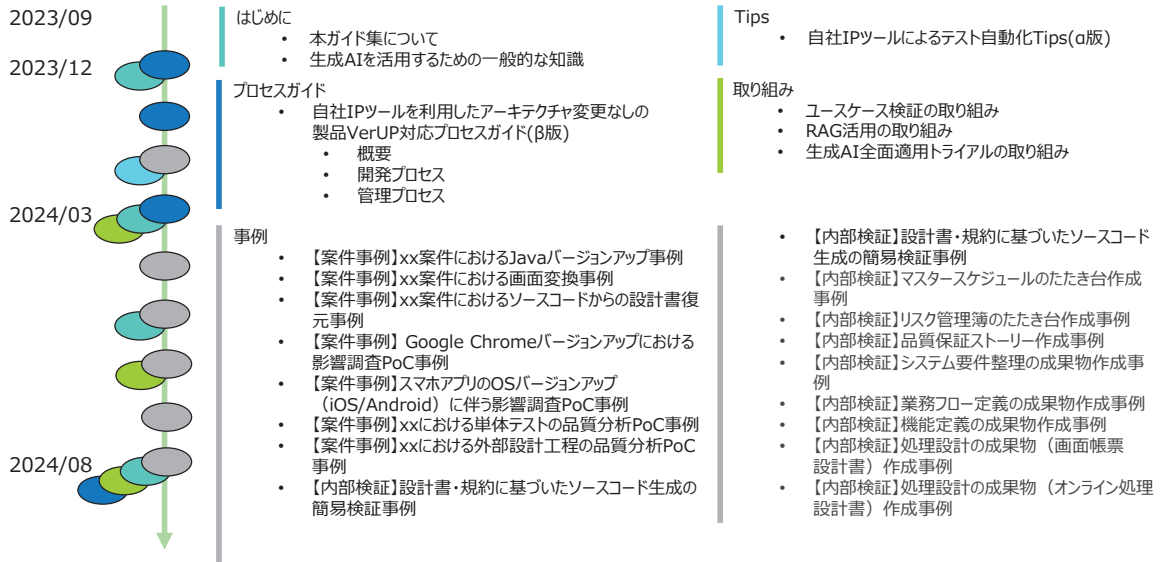


図2 開発プロセスガイド記載内容

案件事例

実際の開発案件での事例，もしくは過去の開発案件を利用して検証を行った事例

内部検証

トライアルなど，実際の開発案件ではなく内部で検証を行った事例

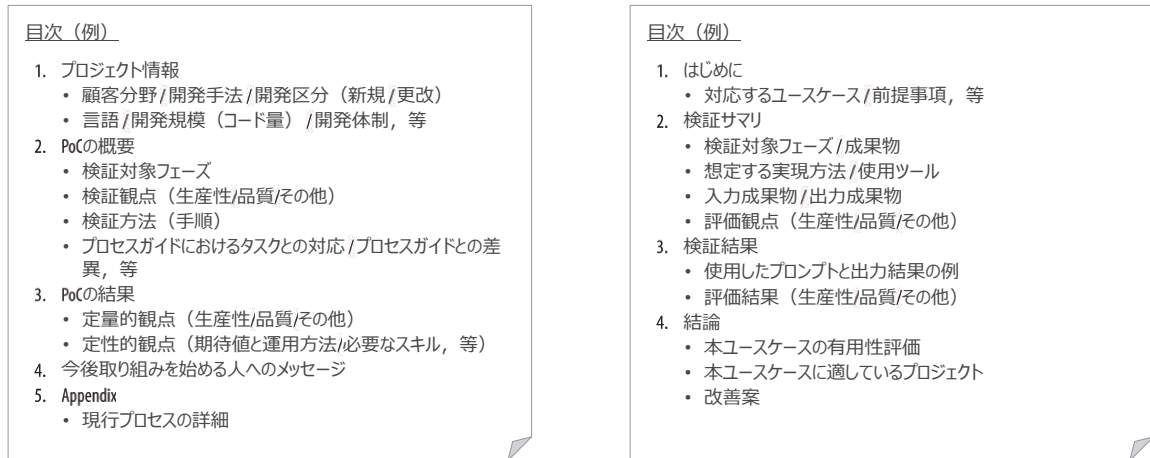


図3 開発プロセスガイドに掲載している事例の記載内容例

アウトプットとしてソースコードが出来上がり，テストが行われることです。ただ，生成AI自身が進化の最中であること，ユースケースの検証に時間がかかること，プロセス相互に連携したかたちで生成AIを活用するには，ノウハウが蓄積されていないことから，これらを1つひとつ積み上げていくことで，理想的な到達点をめざします。

T字型のスキルで開発標準やプロセス整備にかかわり続ける

開発者としてスキルの維持，スキルアップはどうしていますか。

私は2011年にNTTデータに入社し，テスト自動化ツールの活用・展開を行いました。テスト自動化ツールを勉強している中で，何

のためのテスト自動化ツールなのか、という点を振り返る中で、それがテストの効率化であることを再確認し、テスト自動化ツールとそれを活用するためのプロセスの研究開発に取り組みました。私としては、これがまさに現在の「開発プロセスガイド」の原点になっています。

テスト自動化ツールの活用・展開を進めていくにあたり、テストのプロセスだけではプロジェクト全体を把握することができないので、実際にプロジェクトに参加して、要件定義から設計、製造、テストを経てリリース、移行までの一連のプロセスを経験しながら、工程管理、進捗管理、品質管理といったプロジェクト管理を学びました。これらすべてのプロセスが定義された開発標準「TERASOLUNA」は基本的事項として勉強していたのですが、プロジェクトで要件定義からリリースまでを経験することによって、それがより実のあるものとして理解できるようになったのです。さらにプロジェクトとして、メンバ全員が、要件定義から品質担保、リリースまでのプロセスを同じ目線で理解して実践していくためには開発標準が必須であることに気付き、その意識をもって開発標準やプロセスの整備に取り組んできました。

さて、ChatGPTの登場以来、生成AIが注目されるようになり、ソフトウェア開発においても生成AIを活用して生産性向上をめざす動きが活発化してきました。生成AIに関するスキルはもとより、その活用においてどのプロセスにどのように活用するのか、といった知見やスキルが生産性向上のためのポイントであり、それをベースとしてプロセスを体系的に整えていくことが重要であると考えています。

こうした状況において、スキルの習得にあたっては、「T」字型のスキルを意識してきました。これは、コアとなるスキルがTの柱の部分で、その周辺に関するスキルもTの水平方向に向かって習得していくイメージです。私の場合は、コアのスキルはやはりプロセスなのですが、現在の業務の中では生成AIや、CI/CD (Continuous Integration/Continuous Delivery) といった、プロセスを整備するために必要なスキルが水平の部分にあたると思います。技術は日進月歩であり、それを常にキャッチアップしていく必要がありますが、そのときもT字型を意識していくことが重要になってきます。

事業会社は異動がありますが、こうしたスキルを活かして将来的に何を体験したいのでしょうか。

今後も何らかのかたちで開発プロセスにかかわっていきたく思います。例えば、開発プロジェクトで私たちが整備してきたプロセスを実際に使ってみて、そこで得たノウハウや知見をプロセス整備にフィードバックするとともに全社的に水平展開をかける、

といったことを繰り返していきたいと思います。さらに、生成AIの活用といったような新しい概念をそのプロセスに取り込んでいくことも続けていきたいと思っています。

また、生成AIは大規模言語モデル (LLM) による言語をベースとしたものですが、言語以外の画像や音声等もカバーしたマルチモーダル化が進んでいきます。現在のソフトウェア開発は、要件定義や設計等において言語がベースになっており、だからこそ生成AIの活用が可能であるといわれていますが、マルチモーダル化により、さらに簡単に生成AIを活用することが可能になると考えられ、それにより開発のさらなる効率化・生産性向上が期待されます。こうしたマルチモーダル化された世界もプロセスとして整備していきたいと思っています。

ソフトウェアは基本ソフト (OS) からアプリケーションまで数多くの層があり、その適用対象も千差万別。ただ、ソフトウェア開発は、ソフトウェアの種類に関係なく「基本的なプロセスの考え方」は同じであり、メンバ全員が共通した用語で認識があったプロジェクトとして開発を進めていくうえでは開発標準がその根幹をなすものとして重要です。だからこそ開発プロジェクトを含んでプロセスや開発標準に今後もかかわり続けていきたいと思っています。

後進へのメッセージをお願いします。

自分の経験も踏まえて、T字型のスキルを意識してほしいと思います。プロフェッショナルとしてのコアスキルが重要であることは誰でもすぐ気付き、それに対してのスキルアップは常に心掛けて実践しているかと思います。それに加えて、Tの水平方向のスキルについても興味を持って、ぜひ取り組んでください。特に最近の開発は、単独の技術ではなく、さまざまな技術を組み合わせるようになってきているので、T字型スキルの重要性が増大しているのではないのでしょうか。さらに、技術の組み合わせも複雑化しているので、T字型ではなくπ字型スキルという話も聞くようになりました。私もπ字型をめざして、もう1つのコアづくりに努力しています。

それから、生成AIツールを使う機会が増えてきている中、まずは生成AIを使うことにフォーカスしがちですが、どこにどのように使えば効果的なのか、といった観点も意識していただければいいかなと思います。現在、私はソフトウェア開発を対象に事例収集を含めてこの部分を検証中なので、同じ思いの人と一緒に取り組んでいければいいと思っています。



NTTアクセスサービスシステム研究所
特別研究員

坂本 泰志 Taiji Sakamoto

大容量通信時代の基盤となる マルチコア光ファイバと電力増加を 抑制する増幅の研究

現在の通信を支えている光ファイバは、1本のファイバの中に光の通り道であるコアを1つだけ持つシングルモード光ファイバ(SMF)ですが、SMFの伝送容量限界値は100 Tbit/sといわれています。一方、通信量は今後ますます増大する傾向にあり、2030~2040年には、現在のSMFをベースとした通信の限界を迎えるといわれています。これに対応するために、1本の光ファイバに複数のコアを配置するマルチコア光ファイバ(MCF)の開発が進められています。1本の光ファイバに最大12コアを配置したMCFを研究・開発し、併せて、コア数の増加に起因して増大する消費電力を抑制する光増幅器を研究・開発されている坂本泰志特別研究員にお話を伺いました。

◆PROFILE: 2006年大阪府立大学工学研究科電気・情報系専攻博士前期課程修了。同年、日本電信電話株式会社に入社。2012年同大学にて博士後期課程修了。博士(工学)。現在に至るまで、高速・大容量通信のための次世代光ファイバの研究に従事。2012~2023年ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)、IEC(International Electrotechnical Commission)での国際標準化活動に従事。2022年横浜国立大学理工学部非常勤講師。2024年国際論文誌(IEEE Journal of Lightwave Technology)Associate Editor。

従来の限界値を10倍以上にする次世代光ファイバをめざす

■ご自身の研究テーマである「次世代光ファイバの研究」について教えてください。

私は、今よりもはるかに大量のデータが流通すると想定される2030~2040年をターゲットとして、その時代の大容量通信を支える次世代光ファイバの研究をしています。光ファイバによる「光通信」は、1985年の400 Mbit/s光中継網の全国展開をはじめとして、中継網から導入が進みましたが、アクセス網への光ファイバは法人向けの高速回線から導入が進み、一般向けは主として電話回線用に集合住宅の入り口までの導入に始まり、ブロードバンドインターネットの普及に伴い、2000年ごろからFTTH(Fiber To The Home)のサービスが全国的に展開されてきています。そして、こうした流れは日本が世界を先導するかたちで展開されてきており、そのベースとなっているのがNTTの研究実用化の成果です。

さて、光通信は光ファイバの両端に伝送装置を接続したシステムで実現されているのですが、さまざまな技術の進展により今も光通信の性能は向上し続けています。一方で、最近AI(人工知能)やSNS・動画配信などが普及し、ネットワークを流通するデー



タ量が増大し、2030年代には現在の光通信容量に限界がくるといわれており、私はそれを克服するための次世代の光ファイバを研究しています。私が研究している光ファイバは、長距離・中継系の通信区間で用いられる大容量の光ファイバです。光ファイバの研究というのは、いわゆるハードウェア研究であり、実際のモノ(光ファイバ)の設計と試作・評価をしています。

光ファイバは直径が髪の毛位の太さの1本のガラス繊維のような形状で、その中に直径約10 μm の「コア」と呼ばれる光の通り道があり、その周囲はクラッドと呼ばれる別の成分を含むガラスで覆われており、さらにファイバへの外圧や温度・湿度等から保護するための被覆がなされています。現在導入されている光ファイバは1本のファイバの中にコアを1つ配置した、シングルモード光ファイバ(SMF)が主流です。そして、増強のための鋼線等とともに複数の光ファイバが束ねられ、全体を厚い被覆で覆ったケーブルが構成され、それが地下や電柱間に配線されることとなります(図1)。さて、1本のSMFで送信できる信号量である伝送容量は、技術の進歩により増大してきていますが、その限界が100 Tbit/sといわれており、現在ではほぼ限界に近い状態です(図2)。今後通信量はさらに増大傾向にあり、2030年代には1本の光ファイバ当たりの通信需要は100 Tbit/sを超える、つまり伝送容量限界

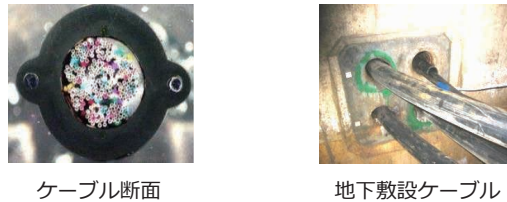


図1 光ファイバケーブル

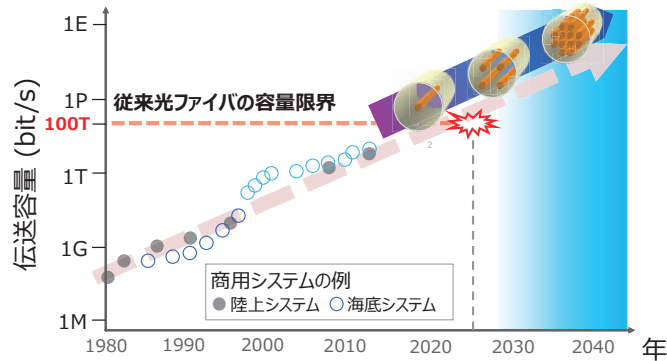


図2 光ファイバの容量限界



図3 マルチコア光ファイバ

を超えるといわれています。この限界突破に向けた方策の1つが、1本の光ファイバに複数のコアを配置して空間分割多重とする、マルチコア光ファイバ (MCF) であり (図3)、私は10年ほど前から次世代光ファイバとなるMCFの研究を進めてきました。

SMFでは、直径約10 μm のコアは、光ファイバの断面の1%未満の領域のみしか利用できていません。MCFはSMFの断面積の99%超を占めるクラッドの部分にコアを配置することになります。その際、ケーブルを通す地下管路の直径等のインフラ、接続コネクタ、施工方法等からの制約により、1本の光ファイバの直径は既存のSMFの0.125 mmと同じ寸法にする必要があります。

光の信号は、コアとクラッドの境界面を光が反射を繰り返すことで通過していきますが、ファイバの曲げが大きいと光は反射せずに屈折して境界面を通過します。その他の原因でも境界面から光の漏れが生じます。ファイバの直径が0.125 mmという制約の中で、複数のコアを配置するとその離隔距離が近い場合、こうした光の漏れ等により信号の混信、減衰等が発生します。これを回避するために、コアどうしの離隔を一定以上確保した配置にする必要があります (非結合型MCF)。直径が0.125 mmのファイバでは最大4コアを配置することができます。しかし、今後の通信量の増大傾向を見ると、既存SMFの10倍以上のコアが必要となります。そこで、混信を避けるのではなく、混信が発生するという前提で、

混信のさせ方を工夫することで受信時に信号を分離させることを可能とする方式 (結合型MCF) を考案し研究を進め、12個のコアを配置した12コアファイバを実現しました (図4)。

結合型MCFの研究においてポイントとなったことは、これまではコアごとの独立した通信から、信号分離のためにコア間の混信のさせ方を工夫する必要があり、光ファイバの設計技術 (コアの配置方法等) を新たに見直す必要が生じたことでした。研究当初ではこのあたりの苦勞が大きかったと記憶しており、シミュレーションして試作する際に特性がなかなか予想どおりにはならない状況でした。一方で、見当なく試行錯誤を繰り返しても徒勞が多くなるばかりなので、仮説を立てて設計・試作・評価し、結果が仮説と違った部分の原因を追求することで、正しい設計に近づけていきました。最終的には、12コアファイバの試作と性能実証に成功しており、10倍以上の容量を持った次世代光ファイバ実現への貴重な一歩となっています。

12コア光ファイバの研究と、増幅用光ファイバの省電力化

■ご自身の研究の強みを教えてください。

私の研究でもう1つ特徴的なのは、通信性能を向上させる

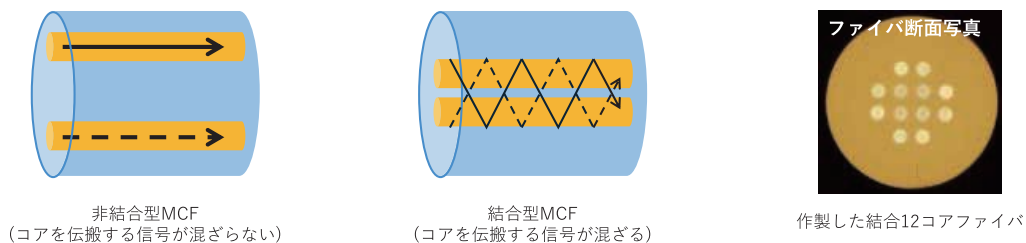


図4 マルチコアファイバの構造と原理

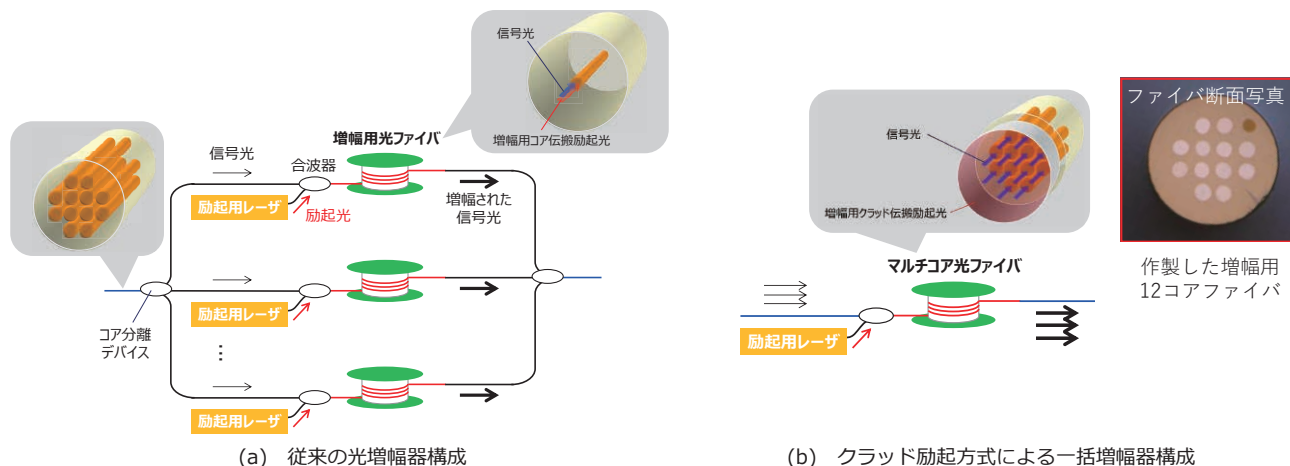


図5 光増幅器の構成

MCFの研究に加えて、省電力化も目標にしている点です。光ファイバに光信号を通すと、光の強度が減衰して光信号は遠距離には届きません。このため、実際の光ファイバ網では数10 kmごとに増幅器が設置されており、大陸間を結ぶ海底ネットワークのような数1000 kmの通信もこれにより実現されています。

増幅はコアごとに流れる信号を単位として行われるので、今後MCFを用いて通信容量を拡大していくということは、増設するコア分だけ増幅器が必要となり、その分だけ消費電力も増大します。昨今、エネルギー消費に関しては地球環境保護などの社会的な課題にもなっているため、増幅器における消費電力を減らす研究も必要です。

光増幅器は光を電気などに変換せずに「光のまま増幅」するため、光ファイバを用いています。ただ、光増幅用の光ファイバは通信用の光ファイバとは異なる種類のもので、特殊な材料が加えられたコアにエネルギー源となる別の光を入射することで信号光を増幅します。この際に発生する別の光を励起光（れいきこう）と呼び、この励起光を発生させるレーザーによる消費電力の増加が問題となっています。しかし、通信路をMCFに改良できるように、増幅器用光ファイバもMCFに改良することで、すべてのコアを一括して増幅することが実現できます（クラッド励起方式）。すでに、通信用12コアファイバの実現に加えて、同じく12コアの増幅器用光ファイバを作製し、従来どおり12台の増幅器を並べるより省電力な増幅ができることを実証しました（図5）。

そのことから、私の研究は大容量のデータを送れる次世代光ファイバの研究に加え、社会的課題であるCO₂の削減につながる省電力化にも貢献できるのではないかと考えています。

■この研究における現時点の成果や、これからの展望を教えてください。

最近では、作製したファイバを用いて他企業とも連携し、世界初12コア光ファイバによる数1000 km以上の長距離伝送実験など通信システムの性能実証を進めています。また、12コアファイバをケーブルに入れて、実際に研究所敷地内のとう道（通信用地下ケーブルを大容量で収容できるトンネル形式の通信土木設備）へのケーブル敷設や、屋外環境（電柱間など架空区間）を模擬した設備を構築・ケーブル敷設し、実際に伝送実験を行っています。ただし現在の伝送実験検証では、光増幅部分において従来方式であるコア数分の増幅器を用いて増幅する形態をとっています。今後はMCF増幅器を用いて伝送容量や通信距離と省電力性の両立性の検証を行い、光ファイバ単体での性能を示すだけでなく、その他周辺技術とも歩調を合わせて検討を進めていくことが重要だと考えています。

本技術に関しては、大容量・省電力をめざしたIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) が社会に実装される2030年までに確立していきたいと考えています。

従来技術や周辺技術との整合性を考慮する

■研究における課題や、解決すべき問題を教えてください。

光ファイバの通信路は耐用年数が非常に長く、一度導入すると数十年利用するため、新技術の導入タイミングは多くありません。私は入社してから継続して光ファイバを研究していますが、大規模な新規光ファイバの導入は経験していません。最近では、MCFに関して導入を進めていこうとする動きがみられ始めており、光ファイバ研究者としては希望を感じています。しかし、実用化の障壁は高く、一度入れたら長期間変えられないという前提の通信インフラに対して、施工・運用・メンテナンス等を含んで考慮すべき要素が多数あります。

そのため、研究を進めるにあたって、従来技術や周辺技術との整合性を考慮することが非常に重要です。通信システムは光ファイバだけでは構築できず、送受信機・光増幅器・その他デバイスなどほかの技術との組合せによって成り立ち、光ファイバだけの都合で勝手に進められるものではありません。例えば、通信用の光ファイバの太さは従来と同じとすることを前提としています。もし太さが変わってしまうとケーブルの太さや製造方法などにも大きな影響を与えるため、昔の研究者からつないできた従来の技術や規格がすべて変わってしまい、通信事業者としてもインフラの持続性を損なってしまいます。一般的に研究は革新的なものに取り組むイメージがあるかもしれませんが、光ファイバの研究開発という領域に関しては「変えてよい部分」と「変えてはいけない部分」のバランスが難しく、ただ性能が高ければよいわけではありません。例えば、ファイバを太くして100コアのファイバを開発したとしても、実用化はできないでしょう。これは、通信自体が家電製品などの単体で動作するものではなく、複数のものが連結・連携して動作するという形態をとるため、すでに世の中にある古いネットワーク・装置との整合性も考えなければならぬということが通信事業者として重要とされているからです。かといって、今までどおりの考えに縛られてしまうと、飛躍的な性能向上は達成できないということにもなってしまいます。

光ファイバの研究者としては従来の整合性を保つことと、その枠から外れて革新的なことをしたいというバランスが難しい問題です。光ファイバの世界には「守らなければいけない蓄積・技術がある」と考えており、それは私たちのグループが大事にしているところです。12コアは今までにない“信号を混ぜる”というコンセプトを使っているため、今まで検討してこなかった新たな規格を考える必要が生じてくると思います。従来の技術と親和性の高い4コアや、一桁以上の性能改善のための12コアファイバなど、さまざまなオプションを想定しつつ、実用化を見据えて検討課題をクリアしていきたいと考えています。

■最後に、研究者・学生・ビジネスパートナーの方々へメッセージをお願いします。

通信事業者自身がこれだけ研究開発を大切に、なおかつ次の

システムの開発をめざすのは、世界をみても稀であり、NTTならではのすごさだと考えています。私自身も“研究者を育成している会社”という会社の意向をとっても感じますし、研究テーマを考える自由度があり、自ら考えて多様性を発揮できる場所でもあります。

NTTでは、一般には他部署に異動したり、子会社に移ったりすることもあります。私は、同じ研究所でずっと研究を続けるため、やりたい研究をさせてもらっていると感じています。逆にいえば、研究以外の経験がないため、実用的な視点が不足しており、その点で周りの方からのサポートは必須ですが、周りを見ればさまざまな経験・知識を持っている人材が豊富で、厚みのある組織だなと感じるところです。研究のみを進めてきた経験を、ある種の観点では負い目を感じる部分はありつつも、ある意味研究所っぽい人材となっていることが感じられ、研究所の懐の深さが感じられます。

通信システムの中で光ファイバというのはほんの一要素でしかないため、関連分野を研究開発されているビジネスパートナーの方との議論は非常に重要であり、これからも引き続き積極的に連携させていただきたいと考えています。インフラとして重要な通信ネットワークを長期的に持続的な発展を実現するためにも、厳しい意見なども含めて率直なご意見をいただきながら、筋がよいものをお互いに見極めながら進めたいと考えています。

私は正直ラッキーで恵まれているほうだと思うのですが、恵まれていると思込むことも重要だと思うこともあります。学生や若い研究者の皆様には“やりたいことをやっているという気持ち”や、“ワクワクする気持ち”を大切にしてほしいと思っています。人はワクワクして仕事をしているかどうかで、その人の能力は数倍変わると聞いたことがあります。そういうと、やりたい仕事だけをやればいいのか、と思うかもしれませんが、“いろいろなことにワクワクする”という能力を身に付けられるかどうかだと思います。いろいろな仕事を進めるにあたって、思考が後ろ向きになってしまうこともあるかと思いますが、そのときに前向きな気持ちになることを大切にしていれば、いずれ自分の経験として活かれます。私自身、一般企業の研究所としてのミッション・都合や自分の意向がある中で研究に難しさや悩みはあれど、基本的には研究という仕事を楽しくやっています。何かの機会と一緒にワクワクしながら仕事ができることを楽しみにしています。



(今回はリモートにてインタビューを実施しました)

NTT東日本グループによる東南アジア諸国での新規事業開発 ——成長が著しいベトナムにおけるテックスタートアップ企業との協業

現在、NTT東日本グループでは日本国内の地域創生にさまざまなかたちで貢献することをめざして、日本×東南アジアにおけるシナジー形成および新規ビジネスの開拓に取り組んでいます。ここでは、NTTイーアジア（NTT東日本100%出資の子会社）によるベトナムのスタートアップ企業・AWING社への経営参画を通じた、既存の無料Wi-Fiネットワークを活用したデジタル広告配信プラットフォーム事業の海外展開の取り組みについて紹介します。

東南アジア地域におけるビジネスの成長機会をとらえるNTT東日本グループ

これまでNTT東日本では、NTT e-MOI（ベトナム・ハノイ市、2024年4月にOCGより社名変更）による高品質かつ安価・スピーディなソフトウェア開発⁽¹⁾や、ベトナム・ビンズオン省のスマートシティ化に向けたICTインフラ整備等のグローバルプロジェクトを実施してきました。

昨今、NTT東日本グループではソーシャルイノベーション企業としての新たな価値提供に取り組んでいますが、その挑戦は日本国内だけにとどまるものではありません。現在は、東南アジアを中心とした国・地域において、既存の事業・プロジェクトを通じて得られた知見・経験を糧とした深い入り込み・理解に根差した「共感型DX（デジタルトランスフォーメーション）コンサル」の実践により、それぞれに適したソーシャルイノベーションに資する新たな事業の発掘・形成・立ち上げを推進しています。

東南アジアにおけるNTTイーアジアのグローバル事業戦略と主な取り組み

こうした中で、NTTイーアジアは、国内と海外の懸け橋を担う立場でNTT東日本グループの中でグローバルビジネスの形成・推進等といった重要なミッションを掲げています。アジアの地域社会の成長と発展のために、NTT e-MOIを通じたソフトウェア開発事業とグローバル事業（図1）の2つの主軸事業に注力し、革新的なテクノロジーに基づいたソリューションを提供することで、持続可能で豊かな社会の実現をめざしています。

グローバル事業の通信インフラ・スマートシティ開発領域に関しては、2018年からベトナム南部ビンズオン省の新都市開発エリ

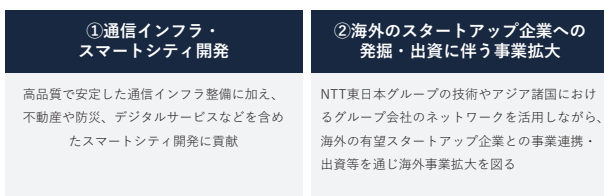


図1 NTTイーアジアのグローバル事業戦略

アにおいて、ブロードバンドアクセスを提供している現地通信企業VNNT社とともに光アクセスネットワークの構築に取り組みできました。そして、光通信インフラを活用したNTT東日本のギガらくWi-Fi等付加価値サービスの商用展開を実現し、地方都市のスマートシティ実現に向けたビジネスモデル構築も手掛けています。インドネシアでは、同国政府の定めた「インドネシアブロードバンド計画」によりFTTH（Fiber To The Home）加入者増が急務となっていたインドネシア最大通信事業者PTテレコムに対し、有償コンサルによる技術支援や研修を実施しました。2022年度には、インドネシア国内7拠点で研修を実施し、安全性の向上、工法の改善など、高い評価を受けています。

加えて、NTTイーアジアは新たな成長事業を発掘・形成するために、ASEANの主要都市であるホーチミン、シンガポール、ジャカルタに活動拠点を設置し、各地域の市場環境や社会課題などについてビビッドな情報を自ら収集するほか、現地での人脈形成を図り、スタートアップ企業も含めた新たな事業パートナー候補との関係構築を通じて、将来の協業可能性について議論するなどといった活動を日々進めています。

ベトナムのスタートアップ企業AWINGへの戦略的パートナーとしての経営参画

これらの活動の第一歩として、NTTイーアジアは、ベトナムのスタートアップ企業であるAWINGとの協業を開始しました。AWINGはベトナム・ハノイ市に本社を持つ2017年設立のスタートアップ企業で、無料Wi-Fiにアクセスした利用者に広告配信し、広告主から得た収入をWi-Fiアクセスポイント（Wi-Fi AP）のオーナーと分配するプラットフォーム事業を展開しています（図2）。

同社は、この数年間で事業基盤を着実に拡大しており、Wi-Fi

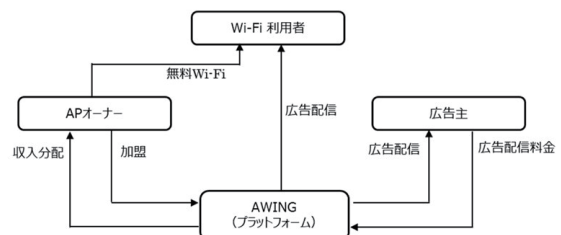


図2 AWINGのビジネスモデル

広告ビジネスにおいてはベトナムトップシェアを誇ります。また、ベトナム国内では、全国63省中62省まで配信をカバーし、累計の利用者は4100万人、2023年に年間1.1億クリック（平均クリック数800万/月）にもものぼり、平均70%近くの高い広告クリック率を誇るなど、実績においては他社との圧倒的な優位性を持っています。Wi-Fi APオーナーとしては、大手飲食チェーン、大型ショッピングモール、空港、コンビニエンスストア、大学キャンパス、病院チェーン、工業団地等が同社のプラットフォームに参加し、広告主としては日系を含む500社以上の大手企業が同プラットフォーム経由で多様な広告を配信しています。

同社のプラットフォームの強みとしては、Wi-Fi APオーナー、広告主の双方に大きなメリットがある点です。Wi-Fi APオーナーは、既設のWi-Fi APをAWINGのプラットフォームに登録し、利用者（顧客）がそのWi-Fi APから無料Wi-Fiにアクセスし、最初に広告を見ることで、広告主からの収入を得ることが出来ます。これによって、通信コストがカバーされるだけでなく、閲覧数によっては収益にもつながります。また、Wi-Fi APオーナーは、自らのWi-Fi APが提供する広告配信枠の一部を使って、自社の広告も配信することができます。

一方で、広告主は図3のようにロケーション情報をベースに広告配信先や動画・静止画等、多様な広告形式を選択できることで、潜在顧客層とのマッチングが可能です。さらに、利用者がどの店舗でいつ、どんな広告をクリックしたかをすべて把握できるため、デジタル広告による測定可能な効果を求める広告主にとっては大変有効な手段となります。また、顧客は自宅でインターネット画面を見ているのではなく、今まさにその場所にいらっしやるため、例えばショッピングモールの中で、注目店舗や注目商品に効果的にセミリアルタイムに誘導することができるなど、プレミアムな広告配信モデルだと位置付けられています。

Wi-Fi APオーナーが増えれば増えるほど、特定顧客層に対し広告を配信したい広告主も多く出てきますし、その逆もあります。こういったネットワーク効果が、AWINGの最大の強みともいえます。

現時点で東南アジア地域等にAWINGと同等のビジネスモデルで成功を収めている事業者はほかにありません。また、同社が内製で開発したWi-Fi AP設置場所や時間帯、ユーザ特性に応じた適切に広告を選択して配信できるプラットフォームのアルゴリズムは、



図3 利用者がAWINGプラットフォームに加盟するWi-Fi APにアクセスする際のイメージ

ベトナムで特許を取得し、高い拡張性を持っています。今後は、ベトナム同様に高い成長率を持つ東南アジア諸国のデジタル広告市場への参入を企図しています。また、日本においても、新規でのWi-Fi APオーナーの獲得、既存Wi-Fi APオーナーへの展開の両面でビジネスチャンスがあると考えています。

NTT東日本およびNTTイアアジアは、各国の通信事業者、NTTグループ企業等とのリレーションを活用することで、AWINGの迅速な事業拡大および海外展開をめざし、戦略的な事業パートナーとなるべく、2024年3月にAWINGへの出資契約を締結しました（図4）。本出資完了後、NTTイアアジアがAWINGの筆頭株主となり、取締役を派遣し、同社の経営に事業戦略立案・実行等の立場で参画しています。

NTTグループとのシナジーを見据えて

NTTイアアジアは、AWINGとの海外展開戦略において、手始めに東南アジア諸国の中でもっとも人口が多いインドネシアで市場開拓の活動を開始しています。インドネシアでの本格展開に向けてすでにテストマーケティングを実施し、Wi-Fi APオーナーとしては、現地レストランチェーン、広告主としては日系大手消



図4 AWINGとの出資契約書の締結式

費財メーカーに参画いただき、既存Wi-Fi APシステムとの連携ならびに広告配信効果を確認しました。参画したAPオーナーからは、AWINGのプラットフォームに無料で参画できるだけでなく新たなレベニューシェアが見込める点や、既存のWi-Fi APシステムとの連携においてAPオーナー側で煩雑な作業が必要ない点を高く評価いただきました。インドネシアではすでに現地最大手通信事業者(図5)や大手ISP等へのアプローチを行い、Wi-Fi APパートナーとして提携する検討が具体化しています。また、インドネシアのほか、シンガポール・タイ等からも続々と引き合いをいただいています。

さらに、日本も重要な市場として位置付けており、NTT東日本やNTTグループとの連携により大きなシナジーが生み出せると考えています。例えば、外国人観光客の誘致に悩んでいる地方自治体に対しては、観光地や名産品等の映像を交えた広告を配信し、遠く離れたベトナムのカフェ・レストランにいる人々に対し直接アプローチするソリューションとしての提案が可能です。まさにクロスボーダーのプラットフォームの強みを活かすことができます。また、日本を訪れるインバウンド観光客が滞在中の各地方のホテルWi-Fiに接続した際には、近隣のレストランや観光地など、その場のロケーション情報を活かした広告を配信することも可能であり、街中への誘導や地域経済への発展に寄与することもできます。

加えて、NTTグループが全国各地で多様な業種のお客さまに提供するWi-Fi APとの連携ができれば、AWING単独ではなし得ない切り口で日本国内のビジネス拡大が可能となります。すでに複数の支店やグループ会社から関心を得ており、ベトナム全土



図5 インドネシア最大手通信事業者PT Telkomとの打合せ

の利用者にアプローチできる点を評価いただくなど、日本の地域から東南アジア向けに発信する広告市場の可能性を実感しています。読者の皆様の事業との連携において、ご関心・ご興味のある方がいらっしゃれば、ぜひお声掛けをいただければ幸いです。

今後も、NTT東日本およびNTTイアアジアは、AWINGとの協業を足掛かりに、ともに事業を通じて地域の未来を支えるソーシャルイノベーションを巻き起こす海外企業の発掘・事業提携を推進していきます。

■参考文献

(1) <https://journal.ntt.co.jp/article/22303>

◆問い合わせ先

NTT東日本
デジタル革新本部 グローバルビジネス推進室
TEL 03-5359-8691
E-mail kikaku_all@east.ntt.co.jp



生成AIが導く新しい学びのかたち、 教育支援システム「DAIB」の開発

生成AI（人工知能）技術の教育現場への導入が期待される中、NTT西日本は同志社大学と共同で、教育支援システム「DAIB（Doshisha AI Buddy）」を開発しました。DAIBは、生成AIがチャット形式で学生の質問に個別に対応するシステムです。実証実験の結果、学習意欲向上に効果がみられました。今後も、アンケートやヒアリングをとおして、効果的な活用方法を検討します。また、学習成果の分析を通して多角的に学習効果を分析し、さらなる機能改善を進めていきます。

開発に至った背景

近年のAI（人工知能）技術の進展、特に生成AIの発展は目覚ましく、教育現場においても個別最適化された学習支援や教育の質向上への期待が高まっています。このような背景のもと、NTT西日本は、生成AIの教育現場における可能性を検証し、その導入効果を実際の大学のフィールドで確認したいと考えていました。一方、同志社大学では、文部科学省による大学・高専における生成AIの教学面の取り扱いについての声明を受け、大学における生成AIの適切な導入方法について模索されていました。このように、両者のニーズが合致したことから、共同で実証事業を実施することとなりました。

実証事業の取り組みにおける課題

本取り組みでは、生成AIを教育現場に導入するにあたり、以下のような課題を想定しました。

- ① ハルシネーション（事実と異なる内容を生成してしまう問題）の発生を抑制する実装方法の確認
- ② 機密情報や個人情報の流出・漏洩リスクの確認
- ③ 教科書をはじめ著作権の取り扱いに関する留意点の確認
- ④ 一般的なチャットボットとの差異の確認、および剽窃（盗作）の可能性
- ⑤ 学習への活用効果の確認

これらの課題に対し、本実証事業では、NTT EDX社が提供する電子教科書サービス「EDX UniText」と連携し、回答に利用する情報源を電子教科書や講義資料などに限定すること、セキュリティ対策の徹底など、さまざまな対策を講じました。

実証環境

同志社大学では、「数理・データサイエンス・AI教育」に関して、全学部の学生を対象とした全学共通教養教育科目として2022年度から「同志社データサイエンス・AI教育プログラム（DDASH：Doshisha Approved Program for Data Science and AI Smart Higher Education）」を開始し、生成AI等の革新的情報化技術を正しく理解し、利活用できる人物の育成に取り組んでい

ます⁽¹⁾。今回の実証事業では、DDASHの授業科目である「データサイエンス概論」と「データサイエンス基礎」において、教育・学習向けの生成AI利用環境を整え、システムの有効性を検証しました。2024年度春学期におけるそれぞれの講義の受講者は、データサイエンス概論が2416人、データサイエンス基礎が124人でした。

DAIB：学生と教員を支援するAIパートナー

DAIBとは、「Doshisha AI Buddy」の略称であり、学生と教員をAIで支援するシステムです。Microsoft Azure（パブリッククラウド）上に構築され、Microsoft Teams（コミュニケーションツール）をとおして、Azure OpenAI（生成AIモデル）に問い合わせを行い、チャット形式で個別の授業に特化した質疑応答を可能にします。

■ DAIBの主な機能

DAIBは、学生向けと教員向けの機能を備えています。

(1) 学生向け機能

- ① 「講義内容の要約」：授業回ごとに登録された資料（電子教科書や参考書等のデータ）に基づいて、要約を自動生成します。学生の習熟度に合わせて、「簡易要約」と「詳細要約」の2種類を提供します。簡易要約は、講義内容の主要なポイントを簡潔にまとめたもので、予習や復習に役立ちます。詳細要約は、より詳細な情報を含み、重要な概念や理論を深く理解したい学生に適しています。
- ② 「設問作成」：授業内容に基づいた多肢選択式問題や記述式問題を自動生成します。学生は、問題を解くことで、自己学習を進め、理解度を確認できます。
- ③ 「キーワード解説」：講義資料や参考資料に含まれるキーワードの中から重要なキーワードを抽出し、解説します。専門用語や概念の理解を深めるのに役立ちます。
- ④ 「フリーワード質問」：学生は、自由に質問を入力し、回答を得ることができます。授業内容に関する疑問に関して質問したい場合や、より深い理解を得たい場合に活用できます。教員は、学生がどのような質問をしたかログを確認することで、教育指導の改善に活かすことができます。また、質問への回答に合わせて関連する資料のリンク先を表示することで、電子教科書や参考資料へのアクセスを容易にし、学習効率を

向上させます。

(2) 教員向け機能

- ① 「スライド生成支援」：授業で用いられるキーワードを入力することで、授業用の教材スライドのアウトラインを自動生成します。教員は、生成されたアウトラインを参考にすることで、講義資料を作成できます。この機能は、教員による教材作成の負担軽減に貢献します。
- ② 「設問作成」：学生向け機能と同様に、授業内容に基づいた問題を自動生成します。教員は、生成された問題を参考に試験問題の作成や課題を提示することができます。

■ユーザインタフェース

DAIBのユーザインタフェースは、複数の選定案から最適なものを採用しました。当初は機能面を重視し、独自のアプリケーションを構築する案や、既存の学習管理システム (LMS) に組み込む案も検討しました。しかし、独自のアプリケーションは開発コストが高く、学生にとって新たな操作体系の習得が負担となる可能性があります。LMSへの組み込みは、既存システムとの連携に課題があり、柔軟性に欠けるという懸念がありました。一方、同志社大学ではすでにMicrosoft Teamsが導入されており、学生にとって使い慣れたユーザインタフェースであるため、Microsoft Teams上にシステムを構築することで、開発コストを抑えつつ、学生の利便性を最大限に確保できると判断しました。

■システム構成

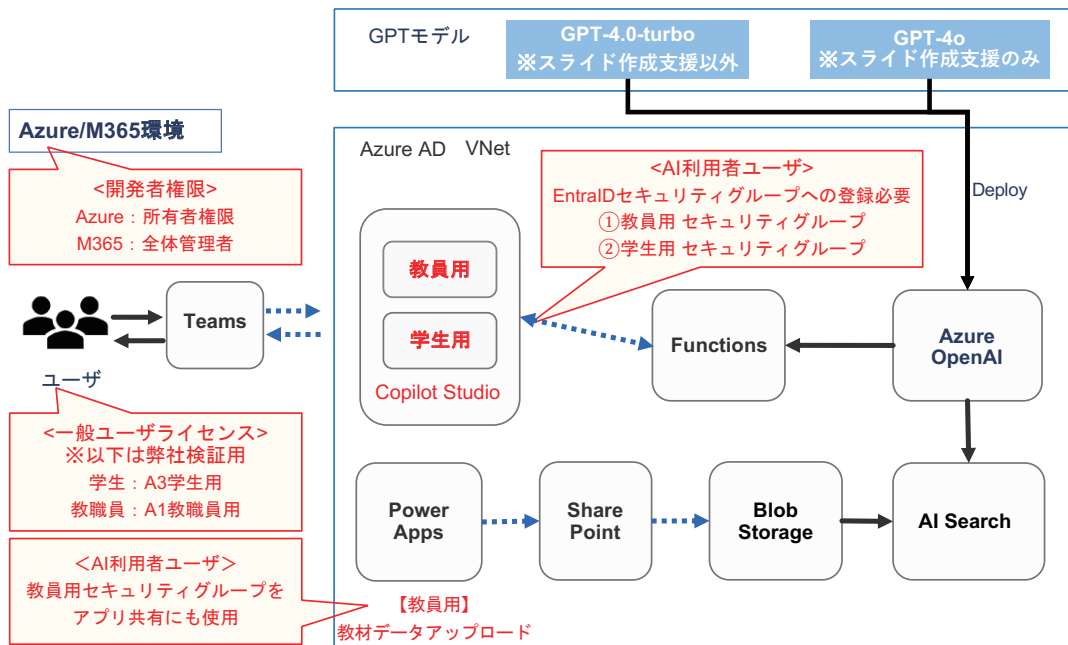
DAIBは複数のAzureサービスを連携させることで実現しています (図1)。ユーザインタフェースとしてMicrosoft Teamsのデスクトップを採用し、ユーザからの質問をCopilot Studioを通じてAzure OpenAIに送信します。Azure OpenAIは、GPT-

4.0-turboを基盤とした大規模言語モデルを用いて質問を解析し、回答を生成します。

回答生成には、事前に登録された電子教科書や参考書等の資料群が参照されます。資料はPower Appsアプリケーションを通じてシステムに登録され、OCR (Optical Character Recognition) 処理によってテキストデータに変換された後、Blob Storageに格納されます。さらに、AI Searchを用いてテキストデータのインデックス化を行い、効率的な検索を可能にしています。Azure OpenAIは、AI Searchによるインデックス化された資料を解析し、質問に最適な回答を生成します。Copilot Studioはローコード開発ツールであり、GUI (Graphical User Interface) 操作によってTeams上での表示制御や、Functions、Azure OpenAIとの連携を容易に実装できます。

■セキュリティへの配慮

DAIBは、堅牢なセキュリティ機能を備えたMicrosoft Azure OpenAI Service上で構築されています。多要素認証やアクセス制御リスト、ロールベースアクセス制御など、Azureのセキュリティ機能を活用することで、データの機密性と完全性を保護します。学生の質問内容や学習履歴などの個人情報は、Azureのセキュアな環境下で暗号化され、厳重に管理されます。これにより、不正アクセスや情報漏洩のリスクを最小限に抑えます。DAIBへのアクセスは、認証されたユーザに限定されます。学生は、大学のアカウントでMicrosoft TeamsにログインすることでDAIBを利用できます。教員は、個別の授業を担当する教員のみがアクセス権限を持ち、学生の質問内容や学習状況を確認できます。DAIBは、サービス提供に必要な最小限のデータのみを収集します。学生の氏名、学籍番号などの個人情報は、必要最低限の範囲でのみ



点線の矢印で記載された処理は Power Automate フローを使用した処理となります

図1 DAIBのシステム構成

表 RAGの特徴

	RAG (Retrieval-Augmented Generation)	ファインチューニング
仕組み	外部の知識ソース（データベース、ドキュメントなど）から情報を取得し、その情報を基に回答を生成	事前に学習済みのモデルに対して、特定のタスクに特化したデータセットで追加学習を実施
利点	<ul style="list-style-type: none"> 最新の情報に対応可能 特定の分野に特化した知識を活用可能 ファインチューニングに比べて学習コストが低い 	<ul style="list-style-type: none"> 特定のタスクに対するパフォーマンスが高い 回答の精度が安定しやすい
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 知識ソースの品質に依存する 回答の精度が知識ソースの網羅性や検索アルゴリズムに左右される 	<ul style="list-style-type: none"> 追加学習のためのデータセットの準備が必要 モデルの更新に手間がかかる

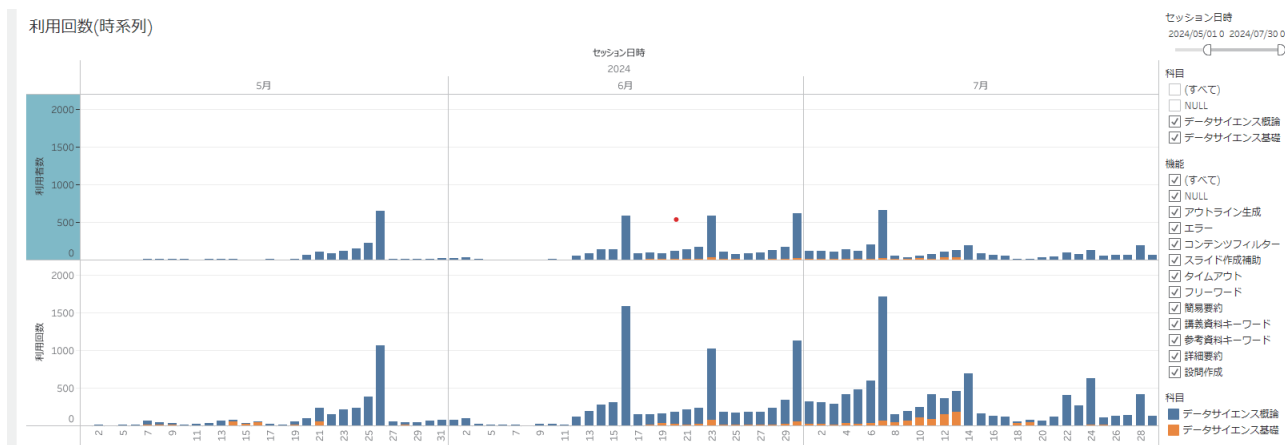


図2 DAIBの利用状況

利用されます。Azureは、24時間365日の体制でシステムを監視し、不正アクセスや異常な挙動を検知した場合には、迅速に対応します。

これらのセキュリティ対策により、DAIBは学生のプライバシー保護に最大限配慮し、安全な学習環境を提供しています。

■技術的な側面：RAGの活用

DAIBでは、生成AIのモデル性能を向上させる手法として、RAG (Retrieval-Augmented Generation：検索拡張生成) を採用しています (表)。RAGは、外部の知識ソースを参照して回答を生成する技術です。DAIBでは、教員が選択した教材や講義資料、電子教科書などを知識ソースとして活用しています。

生成AIのモデル性能を向上させる手法としては、RAGのほかにはファインチューニングが挙げられます。ファインチューニングは、既存の生成AIモデルに対して、特定のタスクに特化した追加学習を行うことで、そのタスクにおける性能を向上させる手法です。

RAGとファインチューニングは、どちらも生成AIの性能を向上させるための有効な手法ですが、それぞれにメリットとデメリットがあります。ファインチューニングは、特定のタスクに対する精度を高めることができますが、新たな知識を追加する場合には、再度学習を行う必要があり、柔軟性に欠けるという側面があります。これは、例えば、新たな学術論文が発表された場合や、授業内容が更新された場合など、知識ソースを頻繁に更新する必要が

ある状況において、ファインチューニングでは都度再学習が必要となり、対応が遅れてしまう可能性があることを意味します。一方、RAGは、外部の知識ソースを参照するため、新たな知識を柔軟に追加することができます。また、ファインチューニングに比べて、学習コストが低いというメリットもあります。

実証結果

2024年の春学期において、データサイエンス概論では登録者の64.8%にあたる1565人、データサイエンス基礎では登録者の62.9%にあたる78人がDAIBを利用しており、いずれの授業でも多くの学生に利用されました。データサイエンス概論におけるDAIBの利用状況と、データサイエンス基礎におけるDAIBの利用状況を図示します (図2)。アンケート調査の結果、多くの学生がDAIBの利用によって学習意欲が高まったと回答しており、特にキーワード解説機能やフリーワード質問機能は、学生の理解を深めるうえで効果的であったと評価されています (図3)。

■課題に対する考察

実証結果を踏まえ、冒頭に記載した5つの課題について考察します。

- ① ハルシネーション：電子教科書や参考書等の授業で実際に利用するデータのみをRAGとして活用したことにより、ハ

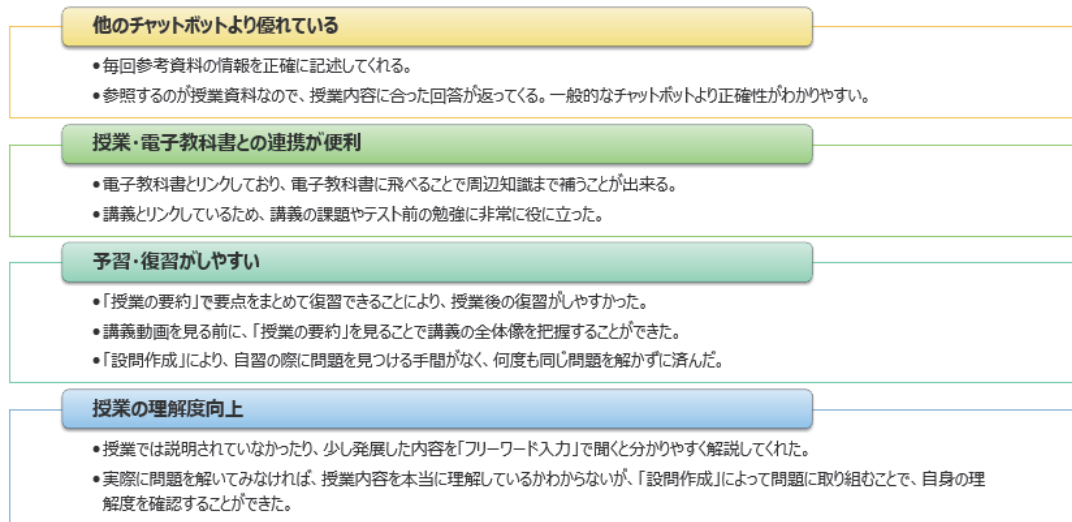


図3 アンケート調査の結果

ルシネーションの発生を抑制することができました。また、生成AIの回答に関連する電子教科書や参考書等へのリンクを設定することで、参照元のデータを確認することができるなど、回答の精度や正確性を向上させることができました。

- ② 機密情報や個人情報保護：Azureのセキュリティ機能を活用することで、機密情報や個人情報の流出・漏洩のリスクを最小限に抑えられました。
- ③ 著作権：電子教科書配信サービス「EDX UniText」と連携することで、デジタルコンテンツ、デジタル教材などは、不正コピー防止がされており、著作権保護された教材のセキュアな環境での利用を実現しました。
- ④ 剽窃（盗作）：学生に対して、DAIBの出力内容をもとにレポートを作成する課題を提示し、併せて、そのままレポートなどに使用することは剽窃（盗作）にあたる可能性があることを注意喚起しました。
- ⑤ 学習への活用効果：アンケート結果から、多くの学生がDAIBの利用によって学習意欲が高まったことが示唆されました。特に、要約機能は予習・復習に、設問機能は復習やテスト前に有効であると期待されます。

社会実装に向けた今後の課題

今回の実証実験を、実際のサービス・ソリューションとして実現するにあたり、以下のような課題を想定しました。

- ① 最適な実装方法の継続的な確認：今回は、同志社データサイエンス・AI教育プログラム（DDASH）の講義向けに開発を行いました。他分野における実装も見据え、的確な回答を生成するプロンプトの検討や教員が自身の講義の生成AIを自在に準備できるようなユーザインタフェースの最適化などを検討する必要があります。

- ② 生成AI利用モデルの検証：今回の実証において、生成AIに対する質問の仕方によらずに精度が高まったことが確認できおり、学生が生成AIを利用する際に回答の精度を高める「質問の仕方やコツ」について検討します。また、教員に対して、教材作成や理解度評価など、生成AIの活用方法を提示し、生成AIを利用しやすい授業設計を提案します。
- ③ 生成AI活用による学習効果の分析：学生の質問内容や生成AIの活用頻度、活用シーンなどを分析し、生成AIが学生の成績や学習効果に与える影響を検証します。

まとめ

本実証事業を通じて、生成AIを活用した教育支援システムDAIBは、学生の学習意欲向上や個別最適化された学習支援に一定の効果があることが示唆されました。今後は、前述の課題解決に取り組みながら、より効果的な生成AIの教育利用を推進していく予定です。

■参考文献

- (1) 岡部・木本・宿久：“大規模私立総合大学における生成AIを用いたデータサイエンス・AI教育,” CIEC, 2024.
<https://conference.ciec.or.jp/pdf/2024pcc/pcc047.pdf>

◆問い合わせ先

NTT西日本
ビジネス営業本部
TEL 06-6136-3142
E-mail ml-ai@west.ntt.co.jp

NTT技術ジャーナル

2024 年

総目次

Vol.36 No.1 ~ No.12

毎年 12 月号の巻末に、その年の総目次を掲載しています。ご活用いただければ幸いです。

〈編集部〉

■トピックインタビュー■

慌でず、怒らず、そして、「2度同じことはしない」	柏木 利夫 NTTコムウェア 代表取締役副社長 (CIO/CDO)	3	4
摂動を与えつつも、摂動を意識させないのがトピックの役割	岡田 顕 NTT研究開発担当役員 先端技術総合研究所 所長	4	4
而今の姿勢で「三方よし」をめざす	辻 ゆかり NTT研究開発担当役員 情報ネットワーク総合研究所 所長	5	4
「全社員マーケッタ」で臨む 人と地球にやさしいSocial Well-beingな未来の実現	大西 佐知子 NTT常務執行役員 研究開発マーケティング本部長	6	4
シンプルに、正直に向き合い、伝える。実績に裏打ちされた「直観力」を磨き上げる	木下 真吾 NTT執行役員 研究開発マーケティング本部 研究企画部門長	7	4
迷ったら前へ！現場の自由度を高め、現場をトラストする	横浜 信一 NTTセキュリティホールディングス 代表取締役社長	8	4
現場最前線とマーケットの「周辺情報のシャワー」を浴び「カンの働く組織」へ	池田 敬 NTT常務執行役員 技術企画部門長	9	4
使える技術を生み出すにはお客さまの視点が不可欠。アセットベースのビジネスモデルへ進化させ、先端技術活用とシステム開発技術を強化	田中 秀彦 NTTデータグループ 執行役員 技術革新統括本部長	10	4
No WOW, No LIFE “幸福”と“感動体験”を感じる社会の実現に挑む	佐藤 隆明 NTTドコモ 代表取締役副社長 R&Dイノベーション本部長	11	4
「走りながら考える」——首尾一貫の現場主義	北村 亮太 NTT西日本 代表取締役社長	12	4

■特集■

●NTT R&D FORUM 2023 — IOWN ACCELERATION

「挑む 人と地球のために」NTT R&Dの取り組み	島田 明 NTT 代表取締役社長 社長執行役員	1	4
IOWN ACCELERATION～想像と創造～	大西 佐知子 NTT 常務執行役員 研究開発マーケティング本部長	1	9
LLM + × IOWN ～IOWNの進展, NTT版LLMの誕生, そして2つの相互作用～	木下 真吾 NTT 執行役員 研究企画部門長	1	15
[NTT R&D FORUM 2023—IOWN ACCELERATION] 開催報告	NTT R&D フォーラム事務局	1	22

●サステナブルでしなやかな社会を実現する環境エネルギー分野での取り組み

NTT宇宙環境エネルギー研究所の取り組み最前線	前田 裕二	1	34
クリーンでサステナブルな社会を実現する環境負荷ゼロ技術	香西 将樹・花岡 直樹・長谷川 葉月・武部 紘明・今村 壮輔・田中 徹	1	38
宇宙太陽光発電実現に向けた長距離レーザーエネルギー伝送技術と地上での利用	落合 夏葉・鈴木 優紀子・柏倉 一斗・鳥海 陽平	1	42
環境変化への適応力を高めるレジリエント環境適応研究の最前線	岩下 秀徳・久田 正樹・高橋 円・宮島 麻美	1	47
包摂的サステナビリティの実現に向けた環境社会循環予測技術	河田 博昭・六藤 雄一・徳永 大典	1	51
主役登場 レーザーエネルギー伝送技術による豊かな社会の実現をめざして	落合 夏葉	1	54

●真のヒューマニティを育むテクノロジーの研究開発について

真のヒューマニティを育むテクノロジーの研究開発を推進するNTT人間情報研究所	日高 浩太	2	6
心と心、体と体、そして心と体をつなぐコミュニケーションの実現に向けて	宮下 広夢・萩山 直紀・青野 裕司	2	9
Project Metaverse——リアルとサイバーの融合によるWell-beingな社会の実現	阿部 直人・千明 裕・小合 健太・望月 崇由・石井 陽子・永徳 真一郎・Lidwina Andarini・鈴木 克洋・野本 清央・深山 篤	2	12
人のヒューマニティに寄り添う「Project Humanity」の実現に向けて	中村 真理子・青木 良輔・小野 明日香・戸嶋 巖樹・沖津 健吾・安藤 厚志・森 岳至	2	17

●docomo business Forum'23開催報告

「ようこそ、DXのテーマパークへ。」をコンセプトとした docomo business Forum'23	草刈 直紀	2	24
超省エネ型データセンターサービス「Green Nexcenter™」	松林 修	2	27
テレプレゼンスロボットを活用したデータセンタ運用保守	丸山 純平・上村 芳徳・照屋 保幸	2	30
ドコモビジネスがめざす、空から実現する産業DX	箕 慎吾・佐藤 菜理奈	2	32
水中ドローンの概要とドコモビジネスの取り組み	塩田 幸平	2	34
NTTコミュニケーションズが提供する自律型人材育成プラットフォーム	新高 勇飛	2	36

●バイオ・ソフトマテリアル研究の最前線II

オンチップ生体モデルを生み出す材料とセンシング技術	山口 真澄・田中 あや・熊倉 一英	3	10
オンチップ生体モデルの構築に向けたハイドロゲル運動素子の創製	高橋 陸	3	14
立体変形電極を用いたオンチップ培養脳モデル	酒井 洸児・後藤 東一郎・手島 哲彦	3	19
人工細胞膜の構築のための脂質分子機能評価	大嶋 梓・櫻村 吉晃	3	24
超伝導磁束量子ビットによる神経細胞中の鉄イオン検出	樋田 啓・酒井 洸児・手島 哲彦・角柳 孝輔・Imran Mahboob・齊藤 志郎	3	28
主役登場 チップ上で心臓を再現する	手島 哲彦	3	32

●個人にも寄り添う連鎖型スマートシティを実現する「街づくりDTC」

デジタルツインで実現するスマートシティ	社家 一平・山本 千尋	3	36
デジタルツインの連鎖が生み出す個人に寄り添う街区体験——デジタルツイン統合基盤・統合アプリ	伊藤 淳・佐藤 弘之・星野 安泉	3	38
個人の快適性と省エネを両立したパーソナル空調	三枝 知史・酒井 聡太・秦 崇洋	3	43
スマートストアの店舗内行動データを活用した販促施策の最適化	金 順暎・西本 恵太・水島 昌英・山田 節夫・富田 準二	3	47
モバイルオーダーによるロボット配送サービス	應治 沙織・福本 佳史・松浦 伸彦	3	51
SDSCの要素技術を集約し価値化を加速するAI価値基盤	秦 崇洋・児玉 翠・藤島 美保・安達 悠・福田 健一・横畑 夕貴	3	55
仮想市場を活用した農産物流通の効率化	馬場 俊宏・引地 孝文・豊島 詩織・平野 泰宏・花籠 靖・磯田 暁・富田 準二	3	61
電力安定供給に向けた日射量予測による太陽光発電計画の精緻化	横 俊孝・松井 一真・藤波 崇志・倉沢 央・富田 準二	3	65

●新たなライフ・ワークスタイルを創造する音空間技術——パーソナライズドサウンドゾーン

パーソナライズドサウンドゾーン実現に向けた取り組みとその展望	阪内 澄宇	4	10
逆相の音を活用した新たな音の閉じ込め手法 PSZ スポット再生技術	千葉 大将・加古 達也・伊藤 弘章・野口 賢一・鎌土 記良・中山 彰	4	13
リアルとバーチャルの音を融合する音響XR技術	野口 賢一・千葉 大将・加古 達也・小塚 詩穂里・黒川 義昭・渡邊 悠希・中山 彰	4	17
車室内の快適で安全な音環境の実現に資するPSZ能動騒音抑圧技術と所望音通過技術	鎌土 記良・川瀬 智子・安田 昌弘・齊藤 翔一郎・小塚 詩穂里・伊藤 弘章・中山 彰	4	20
NTTソノリティの挑戦——PSZ技術とMagic Focus Voiceをコアにした事業展開	佐々木 香理	4	25
主役登場 人と現実世界と仮想世界をつなぐ、次世代音響デバイスをめざして	千葉 大将	4	29

●IOWN/6Gに向けた光・電波・音波を活用する大容量・低遅延伝送技術

IOWN/6Gの実現と世界一・世界初の新たな価値創出に向けて	赤羽 和徳・水野 晃平・高杉 耕一・鈴木 賢司・木坂 由明	5	10
低遅延トランスポート技術と精密バイラテラル制御技術による触覚を伴った遠隔ロボット制御	市川 潤紀・山口 拓郎・持田 康弘・益谷 仁士・外村 喜秀・高橋 宏和	5	14
IOWN/6G時代の社会基盤価値を創造する波動伝搬技術の研究開発	笹木 裕文・大森 誓治	5	19
大規模データセンタネットワークを支える1.6 Tbit/s級イーサネット光伝送技術の研究開発	谷口 寛樹・濱岡 福太郎・芝原 光樹・森 崇嘉・菊池 雅・徐 照男	5	23
主役登場 未踏領域を開拓する無線通信の実現に向けて	大森 誓治	5	28

●NTT版LLM「tsuzumi」の研究開発、商用化動向

NTT版LLM「tsuzumi」	清水 健太郎・西田 光甫・西田 京介	6	10
グラフィカルな文書を理解できる「tsuzumi」	田中 涼太・壹岐 太一・長谷川 拓・西田 京介	6	14
NTT版LLM「tsuzumi」の商用化動向について	澁谷 直幸・工藤 伊知郎・海道 真弘・山本 俊一郎	6	18

●未知に挑む数学研究と夢

数論・代数幾何・表現論が紡ぐ数学の世界	佐野 薫・宮崎 弘安・若山 正人	7	10
力学系に現れる数論的課題	佐野 薫	7	16
多様な数学が交差する複素力学系の世界——非アルキメデスの力学系の視点から	色川 怜未	7	19
モチーフ理論——数・形・圏の織りなす抽象絵画	宮崎 弘安	7	24
行列式に始まる表現論と組合せ論	Cid Reyes-Bustos・若山 正人	7	28
対称性とリー群・リー環の表現論	中濱 良祐	7	33
保型形式とフーリエ展開	堀永 周司	7	38
光と物質の相互作用とゼータ関数	Cid Reyes-Bustos・若山 正人	7	42
主役登場 異なるものを「つなぐ」抽象化の力	宮崎 弘安	7	47

●つくばフォーラム2024に見るアクセスネットワークの研究開発

人と地球にやさしい社会インフラで実現する「Social Well-being」	大西 佐知子	8	10
「これからのつなぐ」を創る	星野 理彰	8	15
新たな価値創造へ 持続可能な社会を支えるアクセスネットワーク技術	海老根 崇	8	20
IOWN時代のアクセスネットワークを実現する研究開発の取り組み	川高 順一・馬場 孝之・石原 浩一・岩城 亜弥子・齊藤 浩太郎	8	24
次世代光ファイバ設備技術の研究開発の取り組み	片山 和典	8	28
豊かな社会生活の実現を支えるワイヤレス技術	小川 智明	8	32

●人間と情報の本質探求と人に寄り添う技術の協創

生成AI時代におけるコミュニケーション科学研究の新展開——人間と情報の本質探求と人に寄り添う技術の協創に向けて	納谷 太	9	10
圧縮計算でめざす高信頼インフラ——決定グラフを用いたネットワーク解析問題の高速な解法	中村 健吾	9	14
人の知覚に寄り添った自然で快適な映像表示——人間の視覚情報処理モデルに基づく表示映像の最適化	吹上 大樹	9	18
たくさんのデータの中から素早く知識を発見——計算の枝刈りによる高速化手法を活用した厳密性を担保した大規模データ解析	藤原 靖宏	9	23
ヒトの動きが「ばらつく」ことの本質	高木 敦士	9	27
主役登場 機械学習技術で病気と無縁の社会をめざす	錦見 亮	9	31

● サプライチェーンにおけるセキュリティ透明性の向上と活用に向けた取り組み

透明性によるサプライチェーンセキュリティリスクへの挑戦	後藤 厚宏・中嶋 良彰	9	34
可視化データ活用シーン拡大に向けたセキュリティ・トランスペアレンシー・コンソーシアムの活動	熊崎 裕亮・山田 暁・佐藤 亮太	9	38
可視化データ活用によるソフトウェア脆弱性管理	井上 陽水	9	42
セキュリティ・トランスペアレンシー確保技術	和田 泰典・荒川 玲佳	9	46
主役登場 可視化データによる透明化時代到来、そのときあなたは	鐘本 楊	9	49

● 6G/IOWN時代の融合・協調ネットワーク：インクルーシブコア

6G/IOWN時代のネットワークアーキテクチャ：インクルーシブコア	古川 聖・武田 知典・松本 存史	10	10
6G/IOWN時代の高速なエンドエンド情報同期・連携技術 [In-Network Service Acceleration Platform]	林 健太郎・平井 志久・松川 達哉・馬場 宏基	10	14
6G/IOWN時代の信頼できるアイデンティティデータ流通を実現するSSI基盤	松本 存史・肥後 直樹	10	19
ミッションクリティカルなCPSサービス収容に向けた協調型インフラ基盤	東 信博・小野 孝太郎・鏑木 拓磨・河野 太一・東條 琢也・桑原 健	10	24
主役登場 インクルーシブコアのアーキテクチャ実現に向けて	馬場 宏基	10	28

● IOWN構想における移動固定融合サービスの実現に向けた取り組み

IOWN構想における移動固定融合の取り組み	深江 誠司・大矢根 秀彦・堤 敏昭・岡崎 秀一	11	10
高度なリアルタイムコミュニケーションを実現する通信制御基盤	原 佑輔・伊集院 明・山下 康治・前田 健太・鈴木 璃人	11	14
リライアブル制御ブラガブルネットワーク連携基盤による移動固定融合ネットワークの進化	林 航平・酒井 優・中村 孝幸・高橋 謙輔・西山 聡史	11	18
無線アクセスネットワーク (RAN) 運用管理のインテリジェント化を実現するコグニティブ・ファウンデーション (CF) 連携基盤技術	中島 求・高橋 謙輔・津野 昭彦・上野 真生	11	22
ソフトウェア技術でネットワークの省電力化を実現する省電力イネーブラー	藤本 圭・名取 廣・原澤 輝・大谷 育生・斎藤 奨悟	11	27
主役登場 通信設備の省電力化に向けて	藤本 圭	11	31

● デジタル社会をドライブするNTTのセキュリティ

セキュリティはビジネスのイネーブラー	横浜 信一	11	34
J-Auto-ISACの取り組みに見る「共助」のあり方——高まるサプライチェーンリスクへの次の一手	中島 一樹・高橋 秀行	11	36
車両SOCに関するNTTセキュリティ・ジャパンの取り組み	是洞 博紀	11	40
web3とブロックチェーン技術で切り拓くデジタル社会の未来とセキュリティ——NTT Digital, NTTセキュリティ・ジャパン対談	遠藤 英輔・山本 剛・齊藤 宗一郎・野村 礼智	11	44
リスクからクスリへ：オールNTTで守る遺伝情報が導く個別化医療と創薬の可能性	茂垣 武文	11	48
ひと中心の街づくり：「街づくり×デジタル」におけるセキュリティの課題と解決	小田部 悟士・田中 晴信・中山 真・宮城 達也・高田 照史・藤原 明彦・甲斐 惇也	11	50
主役登場 生成AIが切り拓くフィッシング攻撃対策の未来	小出 駿	11	55

● 地域の新たな価値創造に向けたNTT東日本の先端技術開発について

先端テクノロジー部における先端的な技術開発について	海老原 孝・山本 晋	12	10
次世代デジタル基盤の取り組みについて	池邊 隆・太田 憲行・中山 和子・多田 将太・辻下 卓見・阿部 浩士・高野 奨太・田島 貴明	12	13
先端AI技術の取り組みについて	中山 和子・橋本 拓・川崎 敏行・高野 奨太・宮崎 正巳・隅谷 亮太	12	17
オープンイノベーションの取り組みについて	毛利 仁士・安永 崇	12	21
主役登場 最先端AI技術と向き合うその使命感	柴田 高志	12	25

● 3GPP Release 18標準化活動

5G-Advanced標準化動向	原田 浩樹・永田 聡・平間 康介・竹田 真二・寒河江 佑太	12	28
3GPP Release 18における5G-Advanced無線技術概要	熊谷 慎也・武田 大樹・安藤 桂・下平 英和・関 天楊・井上 翔貴	12	32
3GPP Release 18における5Gの高度化技術概要——システムアーキテクチャ	Jari Mutikainen・Malla Reddy Sama・Riccardo Guerzoni・畑中 芳隆・魚島 淳平・巳之口 淳	12	37
3GPP Release 18におけるネットワーク自動化およびAI/MLの高度化技術	Bahador Bakhshi・Malla Reddy Sama・Riccardo Guerzoni・巳之口 淳	12	42
主役登場 3GPPにおける6G国際標準化リードをめざして	熊谷 慎也	12	46

■ For the Future ■

期待と失望が渦巻くメタバース、最前線を「温故知新」で読み解く—前編—	南 龍太	1	56
期待と失望が渦巻くメタバース、最前線を「温故知新」で読み解く—後編—	南 龍太	2	39
期待高まる国産生成AI (前編) ——AIの歴史の変遷と大規模言語モデルの動向	南 龍太	4	30
期待高まる国産生成AI (後編) ——LLMとAIガバナンス	酒井 基樹・成富 守登・栗原 佑介	5	29
自動車業界のゲームチェンジ：EV業界を紐解く—前編—	山崎 将太・手嶋 彩子	8	36
自動車業界のゲームチェンジ：EV業界を紐解く—後編—	山崎 将太・小関 真人・手嶋 彩子	9	50
ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ—前編—	左高 大平	11	56
ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ—後編—	左高 大平	12	47

■特別企画■

知的財産を共創戦略に積極的に活用して事業化へ	松岡 和	6	22
宇宙ビジネスブランド「NTT C89」で推進するNTTグループの取り組み	榮永 道子・木村 吾郎・林 崇文・舟橋 宏直・石丸 佑子	10	29
世界初のIOWN国際間オールフォトンクス・ネットワーク	進藤 勝志・田島 佳武・南端 邦彦・菅 公彦	11	60
「NTT IOWN Technology Report 2024」の公開について	兼清 知之・白井 大介・井上 鈴代	12	51

■挑戦する研究者たち■

映像に含まれる雑音を活用し、各画素の「真の明るさ」を推測する	高村 誠之	1	62
進化・変化が著しい機械翻訳で、より精度が高く使いやすいシステムをめざす	永田 昌明	2	44
約100年前に登場した理論を掘り起こして、世界トップデータを実現	李 斗煥	3	70
少数の学習データで高い精度を達成する「メタ学習」	岩田 具治	4	38
光デバイス・光電融合デバイスで世界をリード。自分たちの技術を宣伝して、仲間を増やしていく	松尾 慎治	5	36
特定分野の専門知識を持った高性能で低消費エネルギーのLLM, tsuzumi	西田 京介	6	26
クロスモーダル表現学習技術によりバイオデジタルツインの実現をめざす	柏野 邦夫	7	48
量子計算機が普及した環境を想像して、それに耐えることができる暗号の基礎理論と応用技術の実現をめざす	阿部 正幸	8	42
レッドオーシャンの研究領域の先を見据えたボソニック量子ビットによるエラー訂正に迫る	齊藤 志郎	9	56
あらゆる経験をポジティブにとらえて研究者のWell-beingを向上させつつ、無線技術と光と無線の連携技術を実用化してIOWNを実現	鷹取 泰司	10	33
光波のアナログ操作によるニューラルネットワークや量子コンピュータの実現をめざして	橋本 俊和	11	64
単電子転送素子と国際連携で電流標準の実現をめざす	藤原 聡	12	54

■挑戦する研究開発者たち■

技術のプロ集団として、現場の特異故障の解決に挑む	折口 壮志	1	66
NTTにおけるメディアAI技術のハブとなるチームの構築をめざして	田良島 周平	2	48
スマートフォンのデータとAIで、医療・ヘルスケア分野における社会課題解決にチャレンジ	檜山 聡	3	74
ビジネス課題の解決を量子技術開発により行う	加藤 拓己	4	42
光ファイバセンシング技術で設備エンジニアリングにDXを	仲宗根 慎・古谷 陽平	5	40
「tsuzumi」を特化型にチューニングしてお客さまに届ける	岩瀬 義昌	6	31
「超カバレッジ拡張」をめざしてHAPSを実用化	岸山 祥久	7	52
クラウドワークプレイスで社員のワークスタイル変革と社員参加型のDXをめざす	鈴木 康弘	8	46
経営マネジメントのデータドリブン化でスピーディな意思決定と生産性向上をめざす	松本 裕	11	68
AIを活用してシステム開発の効率化と生産性向上を推進するための開発プロセスガイド	小林 由依	12	58

■明日のトップランナー■

光電融合技術の未来を加速させる「異種材料融合と集積技術を用いた高性能光デバイス」	開 達郎	1	70
「電波伝搬特性の推定・予測技術による完全な無線通信の実現」	佐々木 元晴	2	52
光情報処理基盤の安全を支える「光論理ゲートで構成する光暗号回路技術」	高橋 順子	3	78
新たな無線周波数帯の可能性に挑戦する「高周波数帯分散アンテナシステム技術」	内田 大誠	4	46
増え続ける無限のデータを解析するための「ノンパラメトリックベイズ法」	中野 允裕	5	46
光技術で未来を変える「オンチップ光ニューラルネットワークによる機械学習」	中島 光雅	6	35
AIと人のインタラクションが新たな世界へ導く「Human-AI協調基盤の構築」	中辻 真	7	58
地球規模での量子通信を実現する「量子インターネット」のための理論を構築	東 浩司	8	50
情報技術で心豊かな社会へと導く「人と人のつながりを深化させるコミュニケーション支援」	山下 直美	9	60
迫り来る大規模データ時代に必要な「高速かつ正確なデータ分析基盤」	藤原 靖宏	10	38
人間のように考え、人間のように知識を蓄積できるマルチモーダル基盤モデル「MediaGnosis（メディアグノシス）」	増村 亮	11	72
大容量通信時代の基盤となるマルチコア光ファイバと電力増加を抑制する増幅の研究	坂本 泰志	12	62

■グループ企業探訪■

建設業界に対してインサイドとアウトサイドの両方の視点からアプローチできる唯一無二の会社 株式会社ネクストフィールド	1	74
扱い商材が豊富な“非通信領域における総合商社” テルウェル西日本株式会社	3	82
ヒューマン・キャピタル事業におけるEXの向上を通じてCXの高度化に貢献する会社 株式会社NTT ExC/パートナー	4	50
モバイルとソリューションを組み合わせ、お客さま、地域社会の課題解決のため社会・産業DXを推進していく会社 株式会社ドコモビジネスソリューションズ	5	50
観光サービスと町並み整備を通じて、「古き良き三國湊」の価値を高め、国内外へその情報を発信することで、観光客誘致とエリア内消費の促進を図る株式会社Actibaseふくい	6	39
シリコンバレーでオープンイノベーション志向の研究開発・ビジネス開発によりNTTグループに貢献する会社 DOCOMO Innovations, Inc.	7	62
DBO一体アプローチでデータセンターの構築から運用までをフルターンキーで提供する会社 Pro-Matrix Pte. Ltd.	8	54
AIを活用した自動運転の研究、およびその開発環境ツール群の開発を行う会社 株式会社NTTデータ オートモビリティ研究開発所	9	64
“つないだその先、豊かな未来へ Full Ahead！全速前進！” 海底ケーブルを敷設し、そして守り続けていく使命を背負う企業 NTTワールドエンジニアリングマリン株式会社	10	42
個人や企業がweb3サービスやブロックチェーン技術を容易かつ安全に利用できる環境づくりを推進 株式会社NTT Digital	11	78

■from NTT■

地域の未来を支えるソーシャルイノベーション企業への転換に向けたNTT東日本の新たな挑戦“地域循環型ミライ研究所” NTT東日本	1	78
デザインスタジオKOELがグッドデザイン賞を受賞した「セミパブリックの課題を解決するデザイン」 NTTコミュニケーションズ	2	56
建物安全度判定サポートサービス「揺れモニ®」の展開 NTTファシリティーズ	3	85
NTT西日本の通信サービスを支えるゼロタッチオペレーション NTTフィールドテクノ	4	56
NTTアーバンソリューションズが推進する「街づくり×デジタル」の取り組み NTTアーバンソリューションズ	5	54
IOWN Global Forum 第4回年次会合と活動状況の報告 IOWN Global Forum	7	66
NTTコムウェアが推進するCPS powered by IOWNの取り組み NTTコムウェア	8	58
NTT西日本におけるネットワーク見える化ツールの活用状況（能登半島地震における活用実績） NTTフィールドテクノ	9	68
すべての人が自らの力で制御機器・危機を管理できる世界へ！ OT/ICSセキュリティリスク可視化サービスOsecT NTTコミュニケーションズ	9	72
NTTコムウェアのエバンジェリストの目に映る最新AI動向と技術開発——生成AIの里 番外地 NTTコムウェア	11	82
NTT東日本グループによる東南アジア諸国での新規事業開発——成長が著しいベトナムにおけるテックスタートアップ企業との協業 NTT東日本	12	66
生成AIが導く新しい学びのかたち、教育支援システム「DAIB」の開発 NTT西日本	12	70