

# NTT 技術ジャーナル

11

NOVEMBER  
2024  
Vol.36 No.11

## 特集

### 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

### デジタル社会をドライブするNTTのセキュリティ

トップインタビュー

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

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前編ー

グループ企業探訪

NTT Digital

from NTTコムウェア

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



4 トップインタビュー

## 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



8 特集1

## 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

10 IOWN構想における移動固定融合の取り組み

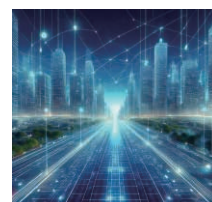
14 高度なリアルタイムコミュニケーションを実現する通信制御基盤

18 リラヤ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

22 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

27 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

31 主役登場 藤本 圭 NTTネットワークイノベーションセンタ



32 特集2

## デジタル社会をドライブする NTTのセキュリティ

34 セキュリティはビジネスのイネーブラー

36 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

40 車両SOCに関するNTTセキュリティ・ジャパンの取り組み

44 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

48 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

50 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

55 主役登場 小出 駿 NTTセキュリティ・ジャパン



56 For the Future

## ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ —前編—

60 特別企画

## 世界初のIOWN国際間オールフォトニクス・ネットワーク

## 64 挑戦する研究者たち

### 橋本 俊和

NTT先端集積デバイス研究所 上席特別研究員

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



トップインタビュー

## 68 挑戦する研究開発者たち

### 松本 裕

NTT東日本 デジタル革新本部 企画部 データドリブン推進部門  
アナリティクス推進担当 担当部長

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



特集

For the Future

## 72 明日のトップランナー

### 増村 亮

NTT人間情報研究所 特別研究員

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)」



特別企画

## 78 グループ企業探訪

### 株式会社NTT Digital

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



挑戦する研究者たち

挑戦する研究開発者たち

## 82 from NTTコムウェア

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

明日のトップランナー

## 86 Webサイト オリジナル記事の紹介

12月号予定  
編集後記

グループ企業探訪

本誌掲載内容についてのご意見,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/>



©日本電信電話株式会社2024

●本誌掲載記事の無断転載を禁じます● ※本誌に掲載されている社名,製品およびソフトウェアなどの名称は,各社の商標または登録商標です。

from

NTTドコモ 代表取締役副社長  
R&Dイノベーション本部長

## 佐藤 隆明 Takaaki Sato

### PROFILE

1990年日本電信電話株式会社に入社。2005年NTTドコモ 無線システム開発部 担当部長、2016年サービスデザイン部長、2019年サービスイノベーション部長、2020年執行役員 北陸支社長、2023年常務執行役員 R&Dイノベーション本部長を経て、2024年6月より現職。



# No WOW, No LIFE “幸福”と“感動体験”を感じる社会の 実現に挑む

世界のモバイルシーンをけん引するNTTドコモ。AI（人工知能）との共生、持続可能なネットワークの構築、革新的な技術開発を展開しています。佐藤隆明NTTドコモ 代表取締役副社長に新しいコミュニケーション文化の世界の創造に向けた技術戦略や6G（第6世代移動通信システム）を中心に技術開発の展望について伺いました。

### 公私ともにWell-beingな社会の実現に挑む

NTTドコモのR&Dが展開している技術戦略についてお聞かせください。

NTTドコモのR&Dは「世の中の人々が、公私ともにWell-beingな生活、また、そのような社会を持続的に体感できるように、われわれが取り組むことで世の中に貢献していく」というビジョンを掲げています。このビジョンを実現するため、「個人が主役となり、“幸福”と“感動体験（WOW）”を感じる社会の実現」と、「個人と社会の生産性向上」をめざし、事業成長を支える顧客起点の技術開発、未来の価値を創る新事業・技術の創出に挑戦しています。

まず、「個人が主役となり、“幸福”と“感動体験（WOW）”を感じる社会の実現」については、公私ともにWell-beingな生活、また、そのような社会を持続的に体感するために、人々がさまざまな制約から解

放され、自分の興味関心に基づいた活動やコミュニティに参加できる社会を実現することをめざします。

1つの分かりやすい例としては、VR（Virtual Reality）/AR（Augmented Reality）技術を用いて、遠隔地で開催されるイベントに参加したり、好きなアーティストの臨場感あふれるライブを自宅で体験したりすることができるようになります。また、AI（人工知能）が、個人の興味や関心に合った情報やコミュニティを提案し、人々が自分らしい生き方を見つけられるよう支援します。

また、「個人と社会の生産性向上」については、生成AIを含むAIなどの技術を活用し、人々の作業効率を向上させ、自由に使える時間を増やすことで、個人の生活の質を高めるとともに、社会全体の生産性を向上させることをめざします。

例えば、AIが文書作成や顧客対応を自動化することで、人々はより創造的な仕事に

集中できるようになり、新たな価値を生み出すことができます。

今後、AIはさらに進化し、人々の生活をより豊かにするような新たなサービスが生まれてくるでしょう。NTTドコモは、そうした未来の実現に向けて、積極的に取り組んでいきます。

社会や個人の幸福を創造するというビジョンの下、技術開発はどのように展開されているのですか。

私たちは移动通信のみを手掛けていると考えられがちですが、お客さまの生活を豊かにするさまざまなサービスの研究開発を行っています。1億人を超えるdポイントクラブ会員など、豊富な顧客データや新鮮なリアルタイムデータを活用し、AIによる高度なデータ分析を行うことで、社会課題の解決や社内稼働の効率化、提供サービスの品質改善、マーケティングオートメーション等を実施しています。

また、XR (Extended Reality)、ロボティクス、映像ビッグデータ活用等により、場所や環境の制約を越えた新しい働き方を実現し、働き手不足の解消をめざしています。メタパスや人間拡張基盤によってさまざまな制約が取り除かれ、1人ひとりの活躍の場の拡大に挑んでいます。

さらに、顧客理解技術や行動変容技術を活用し、デジタル医療・ヘルスケア領域へ展開することで、人々のライフスタイルを望ましいものに改善することにも取り組んでいます。また、より安全なコミュニケーションを図れるように、「デバイスのフェイク防止技術」や「秘匿クロス統計技術」等を顕在化している課題解決に活用できないか検討しています。

これらは現在の事業課題を解決するために直近で成果を出すものもあれば、10年後の実現に向けて取り組んでいるものもありますが、私たちは単に技術開発にとどまらず、「社会や個人の幸福を創造」という私たちのビジョンを実現するため、今後も、最先端の技術を駆使し、人々の生活をより豊かにする新たなサービスを創出していきます。

### 3つの「P」、Platform, Process, Peopleを重要視する

NTTドコモのR&Dは多岐に渡る技術開発を手掛けているのですね。6G具現化へ向けた取り組みについてお聞かせください。

6G（第6世代移動通信システム）については、現在、世界中の関係者で6G推進の意義を議論している段階です。3GPP (Third Generation Partnership Project) による標準化作業については2024年8月から開始しており、それに向けて約1年前から、NTTドコモ主導でグローバルの主要ベンダとともに議論を重ねてきています。5G（第5世代移動通信システム）における課題を踏まえ、私は6Gの価値は大きく5つあると考えています。

まず、5Gでは、世界的なトレンドとして、ネットワークコネクティビティを提供するだけの通信事業では収益性低下が課題となっており、特にネットワークインフラへの投資に対する収益確保への懸念があげられます。

これを踏まえて、建設や運用の効率化による経済性の確保、上位サービスと親和性



があり、その価値を高める通信機能の高度化、また、サステナビリティの強化として電力対策の取り組みが必要であると考えています。

私たちはこれらの課題解決のために、次の5つの価値を軸として6Gを推進しています。

#### (1) Sustainability (サステナビリティ)

NTTドコモグループは、2021年に2030年カーボンニュートラル宣言を発表しましたが、温室効果ガス排出削減目標をサプライチェーン全体に拡大し、2040年温室効果ガス排出ネットゼロをめざしています。「あなたと環境を変えていく。」というスローガンの下、自社の温室効果ガス排出量を2030年までにカーボンニュートラル (Scope1・2)、サプライチェーンも含めた温室効果ガス排出量を2040年までにネットゼロにします (Scope3)。これを解決するため、2030年までにIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 光電融合技術を導入する他、次世代ネットワーク、情報処理基盤などにおける温室効果ガス排出量の削減に寄与する技術の開発により、通信の高速化や省電力化を推進します。

#### (2) Efficiency (効率)

システム・運用のシンプル化によるコスト削減を実現するため、6Gの全体設計は5Gよりもシンプル化し、AIを徹底的に活用した設計や運用保守の自動化・設定の最適化を図ります。

#### (3) Customer Experience (顧客体験)

いまモバイルネットワークは生活に欠かせない第4のインフラとなっています。社会インフラとしてネットワークの信頼性をより向上させるために、耐障害性の高いネットワークの構築を検討しています。さらには数センチレベルの高精度測位による空間コンピューティングの実現によりデジタルツインの実現や、超低遅延の6G通信を用いてあらゆる場所へ人間の五感の伝達・再現をする人間拡張基盤の実現にも挑んでいます。

#### (4) Network for AI

一言でいえばAIのためのネットワークです。人間中心のユースケースから進化させ、AI、ロボット、自動マシンを対象にした新規収益の創造を見込んでいます。AIの価値を最大化するための計算資源の提供や大量のデータ収集、さらに高速大容量、低遅延性と信頼性のさらなる向上をめざします。

#### (5) Connectivity Everywhere

いつでもどこでもつながるネットワークづくりです。LEO (Low Earth Orbit satellite) / GEO (Geostationary Orbit satellite) / HAPS (High Altitude Platform Station) のベストミックスによるスマートフォン直接アクセス (DA) でのカバレッジ拡大に世界に先駆けて取り組んでいます。

ネットワーク戦略についてのお考えもお聞かせいただけますか。

スマートフォンの普及、SNS・動画視聴などの利用に伴うデータトラフィックの急激な増大により、スマートフォンが利用しづらいなど、都心部を中心としたエリアにおいてお客さまへご不便をおかけしておりますが、これらのエリアの通信品質改善に鋭意取り組んでおります。

私はネットワークにはPlatform, Process, Peopleの3つの「P」が大事だと考えています。インフラやサービスは導入完了すれば終わりではありません。Platformで提供するインフラやサービスはお客さまに利用いただき始めてからがスタートです。お客さまがどう感じているか、お困りごととは何かをしっかりと伺って、迅速に改善へつなげ、お客さまの期待にこたえていくことが重要です。また、Processにおいても同様に、従来使用していた技術やプロセスは、当時としては価値があるものであったとしても、時間の経過や技術の進化、世の中の価値観の変化とともに陳腐化

していくものもあります。お客さまの求める価値を提供するためにはどのようなプロセスが最適なのか、常に考えてアップデートしていく必要があります。この点については社外の方々とも議論しながらトレンドなどをキャッチアップし気付きをいただき、私たちの技術をさらに伸ばすことに努めています。最後のPeopleについては、自らを客観的に見るために外部からの指摘を真摯に受け止め改善することが大事です。NTTドコモは、さまざまな面で他キャリアよりも厳しい基準を持っているなど、外部から見て他キャリアと異なるところも多く存在しているはずですが、逆に良いところもあるはずですが、社内に閉じこもっているのは気が付かないかもしれません。外部からどんどん指摘してもらい、真摯に気付きを得て対応していくマインドが必要と考えています。NTTドコモとしては、他社にできることは当然できるようにし、自らの制約を取り除き、さらにNTTドコモの優位性を際立たせるところに注力をしていくマインドを持って進めたいと考えています。

データトラフィックの増加に伴い、近い将来対策が必要となるエリアを含め、全国2000カ所以上のエリアに対して「点」での対策と、鉄道などでお客さまが移動される際に車内や駅エリアで不便なくご利用いただけるなどの「線」での対策を組み合わせ、広範囲かつ集中的に対策を講じています。将来需要も見据えて300億円の先行投資を行いました。具体的には、駅や繁華街、住宅街などの集中対策実施エリア、乗降客数の多いJR、私鉄、地下鉄など全国の鉄道動線については、既存基地局の活用（電波照射の角度調整・指向調整・出力調整）、5G上リチャンネルの品

質のさらなる改善や、基地局設備対策、5G/4G（第4世代移動通信システム）設備増設・新設、高度化されたMassive MIMO装置（大容量・高速無線通信装置）の導入をまさに鋭意実施しているところで、お客さまのさまざまなご利用方法を想定し、ご不便なくご利用いただける通信品質をめざしていきます。

“Step out your comfort zone”で人生を豊かにする

佐藤副社長は一貫してお客さまの立場から技術開発を考えていらっしゃるのですね。これまでの歩みを踏まえてそう思うようになられたきっかけを教えてください。

私は大学では土木を専門に学び1990年にNTTに入社しました。当然、配属は土木関連だと思っていたのですが、新入社員研修で勧誘され無線の「む」の字も知らない移動通信部門に配属されました。最初は戸惑うことも多かったのですが、そのうち、「何も知らないのは逆に先入観なくいろいろな観点で物事を見ることができ、これは逆に武器になる」と前向きにとらえられるようになりました。この経験から、異動が決まり不安に思っている社員には、「変化はチャンス」であり、その部署の人たちが持っていない視点、観点が自身にはあるからこそ変革を促せるのだと伝えています。

また、私は以前、NTTドコモの北陸支社長として3年間、事業運営を手掛けてきました。そのときに実感したのが、現場にはたくさんの課題があるにもかかわらず、現場の人たちはそれを解決する優れた手段を持っていないということです。一方で、R&D部門の研究開発者たちはさまざまな新しい技術や研究成果を持っているが、それを現場のどこに活かすべきかの検討が足りていないということにも気づきました。

そこで私は支社長として、現場とR&D部門のニーズをマッチングさせ、よい循環を生み出すために毎月現場とR&D部門の双方が参加するミーティングを設け、私自身もそこに参加するようになりました。このような経験から、現在、私は研究開発者には、現場の課題を知り、技術や成果と結びつける役割を担ってもらうために、現場で1カ月過ごしてこい、と伝えています。





R&D部門では、現場課題と技術のマッチングを図るため、さまざまな経歴を持つ方の中途採用も積極的に実施しています。前職で養ってきた現場の経験や知見、専門性を活かしてくれることで、橋渡しとしての化学反応が起きています。

**トップとして大切にしていること  
をお聞かせください。**

No WOW, No LIFE です。WOWはR&Dビジョンにも綴っています。生きている間は常にWOWと感じられるワクワクした時を過ごしたいですし、それがなけ

れば人生長く過ごしても味気ない。またそれと同時に世の中の皆様および自分の仲間がWOWと感じられる幸せな人生を送ってもらえるよう頑張りたい、そういう思いを込めています。

また、Step out your comfort zoneという言葉も大事にしています。快適な空間からステップアウトすることは不安や恐怖があるかもしれませんが、一歩踏み出すことで徐々にその環境や物事が自分に馴染んでくると同時にたくさんのリレーションが生まれてきます。この繰り返しを豊かにしてくれるのだと信じています。

最後に、社員の皆さんへは「自分の仕事にしっかりと志を定義し、その志の実現に向けて取り組んでほしい」と伝えています。NTTグループ内にも同じような関連業務を手掛けている社員が多くいます。今はお互い知り得ない状況かもしれませんが、今後、関係性を築けるように私は副社長の立場でつなげていきたいと思います。また、同じ志を持ったパートナーの皆様とともにWOWを実現していきたいと考えています。どうぞよろしく願いいたします。

(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

歯に衣着せぬ物言いが心地よく、端的なお話になる佐藤副社長。実はインタビューの準備中に「私は見た目にはこだわりがない」とおっしゃったのですが、写真からも分かるとおりスタイリッシュにスーツを着こなして颯爽とされています。また、公私ともにあらゆるヒトを「つなぐ」エピソードをたくさんお聞かせくださいました。車好きが高じて同じ車の愛好家と1600人規模のネットワークを築き、300台規模のオフ会を開催したことや、毎年社員の皆さんとバンドイベントを実施されているお話が次々に飛び出し、佐藤副社長を媒介としてさま

ざまなヒトがつながっています。

そんな副社長の「人生最大のWOW」について伺ったところ、「副社長になったことです。本当に驚きました。いやこれは、OMG! かもしれませんね」と、微笑まれました。副社長というお立場や使命を大切にされ、新たなWOWを皆で生み出し、化学反応を起こしているご様子から、喜びが人をつなぎ、想定外の出来事をチャンスととらえることの重要性を学ばせていただいたひと時でした。



# 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(Innovative Optical and Wireless Network)構想における移動固定融合ネットワークでは、場所を問わずに多様な要件を満たすネットワークサービスをオンデマンドに提供することをめざしている。

IOWNの進化に伴い、移動固定融合ネットワークを構成する機能群やその上で実現されるサービスの実用化が進んでいる。

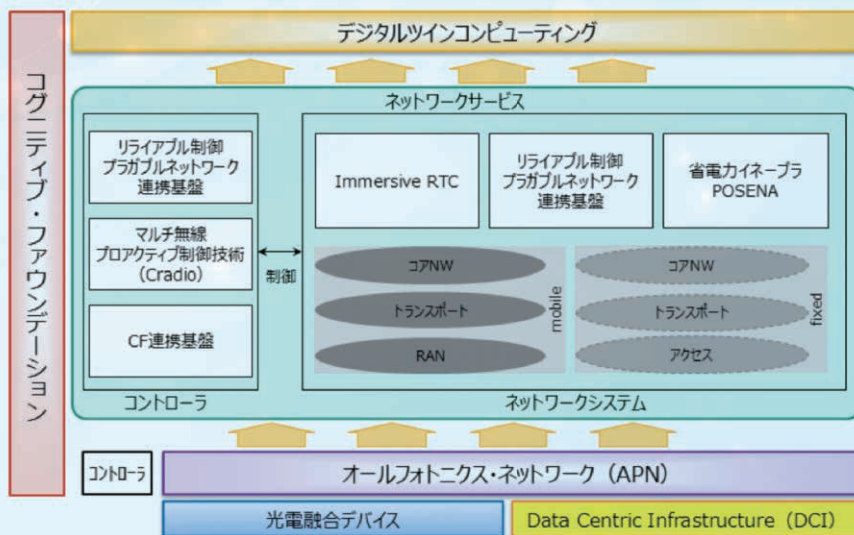
本特集では移動固定融合の中でも、特に実用化フェーズへと到達している技術を中心に紹介する。

## IOWN構想における移動固定融合の取り組み 10

移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレス・高エクスペリエンスなエンド・ツー・エンド通信となる移動固定融合ネットワークの実現に向けた開発・普及戦略について紹介する。

## 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 14

通信キャリアが提供するさまざまなコミュニケーションサービスに適用可能な通信制御基盤を提供する研究開発の取り組みを紹介する。





移動固定融合

リアルタイムコミュニケーション

品質可視化

O-RAN

省電力

## リライアブル制御プ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

18

ネットワークドメイン間連携を柔軟に実現しネットワーク全体の信頼性や品質を向上するリライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤による、ネットワークの進化の可能性について紹介する。

## 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

22

RAN (Radio Access Network) を自律的に制御し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) 連携基盤技術を紹介する。

## 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

27

ネットワークのソフトウェア処理において、ソフトウェアの技術により省電力化に挑戦する研究開発の取り組みについて紹介する。

## 主役登場 藤本 圭 NTTネットワークイノベーションセンタ

31

通信設備の省電力化に向けて



# IOWN 構想における移動固定融合の取り組み

NTT IOWN 総合イノベーションセンター内の IOWN プロダクトデザインセンターは、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレス・高エクスペリエンスなエンド・ツー・エンド通信となる移動固定融合ネットワークの実現に向けた開発・普及戦略を策定・推進しています。さらに、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想のキープロダクトである APN (オールフォトニクス・ネットワーク) のネットワークサービスへの適用、新たな価値創出についても検討を進めています。

キーワード：#移動固定融合、#APN、#MFH

ふかえ せいじ / おおやね ひでひこ  
 深江 誠司 / 大矢根 秀彦  
 つつみ としあき / おかざき しゅういち  
 堤 敏昭 / 岡崎 秀一

NTT IOWN 総合イノベーションセンター

## IOWN 構想における移動固定融合の取り組み

### ■ IOWN 構想と IOWN 総合イノベーションセンターの取り組み

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想では、これまでの情報通信システムを変革し、現状の ICT の限界を超えた新たな情報通信基盤の実現をめざしています。IOWN を構成する主要な技術分野は 3 つあります。端末からネットワークまで、すべてにフォトニクス (光) ベースの技術により、エンド・ツー・エンドでの光波長パスを提供する「オールフォトニクス・ネットワーク (APN)」, 実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測等を実現する「デジタルツインコンピューティング」, あらゆるものをつなぎ、

その制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション」です。

APN は端末からネットワークまで電気変換することなく、光のまま伝送することで、現在のエレクトロニクス (電子) ベースの技術では困難な圧倒的な低消費電力、高品質・大容量、低遅延の伝送をエンド・ツー・エンドで実現します。デジタルツインコンピューティングは現実の対象物をコンピュータ内にデジタルツインとして再現し、デジタルツインどうしや現実世界との掛け合わせによる未来予測や最適化を実現します。コグニティブ・ファウンデーションはあらゆる ICT リソースを全体最適に調和させて、クラウドやエッジをはじめネットワークや端末まで含めてさまざまな ICT リソースを最適に制御します。これらの技術を用いて、さまざまな価値観を包含した

多くの情報をリアルタイムかつ公平に流通・処理させることで人と人、人と社会の「つながり」の質を高め、より豊かな社会の実現をめざします。

NTT IOWN 総合イノベーションセンターは、6G (第 6 世代移動通信システム) / IOWN 実現に向けた研究開発力強化を目的とし、部品開発、ネットワーク構成、ソフトウェア基盤技術といった各分野で培ってきた技術を結集し統合していくことで、技術の世界でのゲームチェンジと日本の技術力再興をめざしていきます。ICT の普及とともにグローバル化はますます加速しており、ネットワーク・情報処理基盤への重要性はますます高まっています。グローバルベンダとの連携は必要不可欠であると考えており、IOWN Global Forum (IOWN GF) や各ベンダとの共同開発などを積極

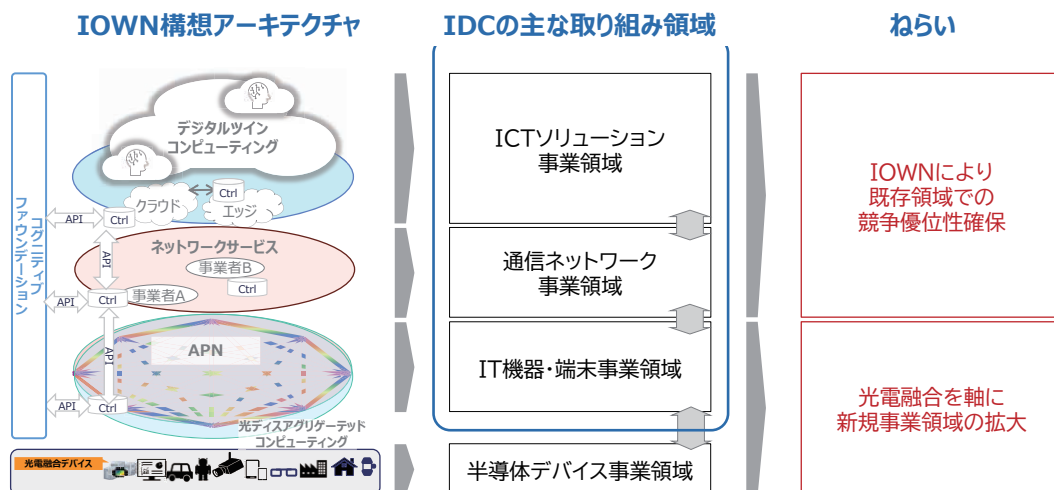


図1 IOWN 構想アーキテクチャと IDC の主な取り組み領域

的に活用して研究開発を加速していきます。NTT IOWN総合イノベーションセンタは、先進技術を結集した研究開発を通して世の中に新しい価値を具体的に提供していくことをめざして活動していきます。

IOWNプロダクトデザインセンタ（IDC）は、市場ニーズや社会の要請からバックキャストした開発・普及戦略を策定するとともに、その戦略に基づいて技術開発から普及活動、導入支援までを一貫して推進することで、IOWN技術の早期普及展開やIOWN技術を活用したサービス・プロダクトの実現に貢献していきます（図1）。

#### ■移動固定融合ネットワークとIOWN APNとの融合の取り組みについて

IOWN構想におけるネットワークサービスは、広帯域・低遅延・低消費電力なコンピューティング・ネットワークリソース上で、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレス・高エクスペリエンスなエンド・ツー・エンド通信となる移動固定融合ネットワークを実現させます。

移動固定融合ネットワークの実現への取り組みとして、IOWN構想のキープロダクトであるAPNのネットワークサービスへの適用具体化を推進しています。具体的には、モバイルオペレータの5G（第5世代移動通信システム）/6G RAN（Radio Access Network）のシステムへAPNを活用することにより、課題解決への貢献や新たな価値創出の検討を進めています。

今後、5G/6G RANでは、ミリ波・サブテラヘルツ波などの高周波数帯の活用が期待されています。高周波数帯では、1つの基地局によるカバーエリアが小さくなるため、これまで以上に基地局の展開が必要になってきます。その際の課題として、基地局の増加に伴うモバイルシステム全体の消費電力増加、基地局のエリア構築期間が課題になってきます。そこに、IOWN APNを活用することで、モバイルシステムの低消費電力化や基地局構築期間の短縮などに貢献していきます。

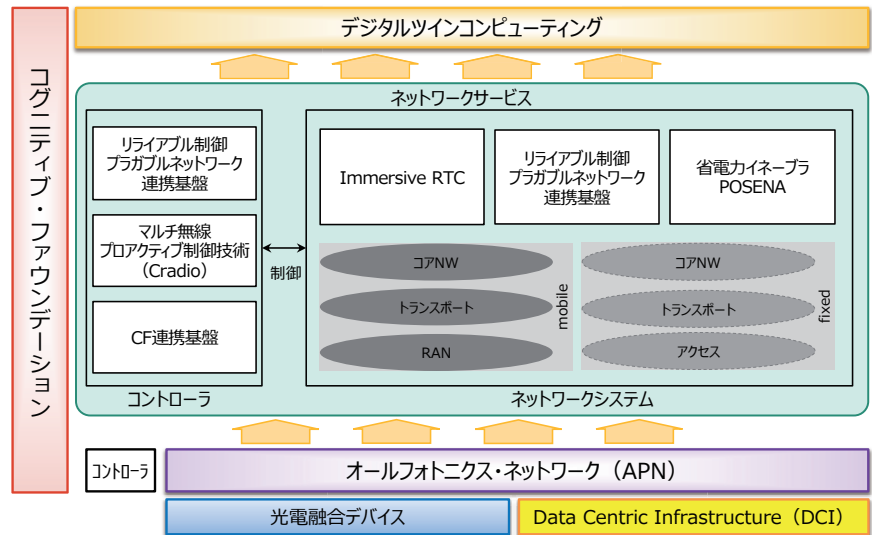


図2 IOWN移動固定融合のプロダクト

#### ■移動固定融合ネットワークの実現に向けた研究・開発の推進

6G/IOWN時代に市場の拡大が想定されるメタバース、MaaS（Mobility as a Service）、MEC（Multi-access Edge Computing）/vRAN（virtualized RAN）といったユースケースにおいて、必要とされるネットワークへの要件を策定し、その実現に向けて技術の研究・開発を推進しています。

メタバースのユースケースにおいては、音声・映像をベースにしたコミュニケーションサービスの提供やデジタルツインコンピューティングの仮想空間内でユーザー本人らしくしゃべるNPC（Non Player Character）を実現する個性を再現する技術の提供、加えて仮想空間内で仮想通貨を扱う経済活動が行える仕組み・セキュリティなどの実現に向けて技術の研究・開発を推進しています。

MaaSのユースケースに向けては、限定エリア・速度の遅い機器で無線が安定通信できること、市街地やバスなどの移動車で映像が乱れないレベルでの安定通信を実現し、最終的には、高速に移動している車（機器）における高精細映像の送受信の実現を移動固定融合ネットワークサービスとして

めざします。

MEC/vRANのユースケースにおいては、移動・固定それぞれのアクセス網を組み合わせ合わせたマルチアクセス閉域ネットワークの提供や、オーケストレータによる移動・固定のアクセスネットワークだけでなく、トランスポートネットワークやコアネットワークも含めたサービス要件に応じたエンドエンドでのネットワークサービスの提供の実現をめざします。

#### ■IOWN移動固定融合ネットワークのプロダクト

IOWN移動固定融合ネットワークサービスを実現させるために、ネットワークそのものの高度化や付加価値を提供するネットワークシステム、およびサービス要求に応じたネットワークシステムを制御するコントローラで構成します（図2）。

具体的なプロダクトとしては、ユーザとクラウドを安全・高品質に接続するリライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤技術、移動網・固定網を問わないメタバースを支える新たなコミュニケーション基盤であるImmersive RTC（Real Time Communication）基盤技術、汎用サーバで高い性能要件を満たしながら、省電力化を実現する開発者向けのソフトウェア実装

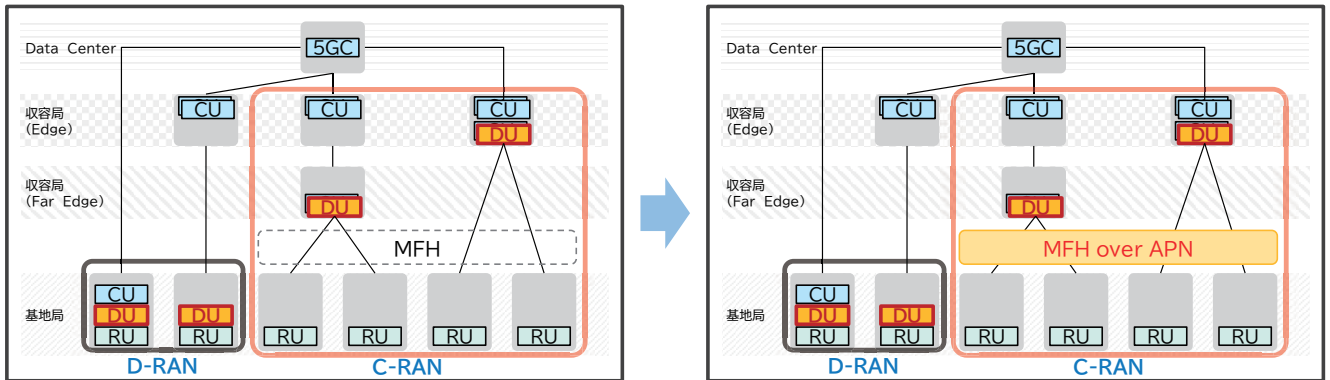


図3 5G RAN構成とAPN適用

技術である省電カイナーブラPOSENA (Power Saving ENabler) などネットワークシステムのプロダクトがあります。また、コントローラ関連プロダクトとして、無線ネットワークを意識させないナチュラルな通信環境の創造をめざしたマルチ無線プロアクティブ制御技術 (Cradio<sup>®</sup>)、トラフィック量に応じた基地局の自動スリープ制御などを行うコグニティブ・ファウンデーション連携基盤があります。

今後も、6G/IOWNの特徴的なユースケースを創出し、移動・固定網の融合に必要な研究・開発、さらに、NTN (Non-Terrestrial Network) 等宇宙通信の研究・開発や、コグニティブ・ファウンデーションの実現に必要な研究・開発、およびプロダクト化を推進していきます。

### MFHへのIOWN APN適用

#### ■5G RANの構成

現在、5G RANは、CU (Central Unit), DU (Distributed Unit), RU (Radio Unit) で構成されています。DUとRU間の接続はMFH (Mobile Front Haul) と呼ばれており、MFHの構築手法として、C-RAN (Centralized RAN) と D-RAN (Distributed RAN) という方法があります。

C-RANは、CU/DUを収容局などで集中制御し、RUのみを基地局に配備する構成となります。D-RANはCU/DUまたはDUを基地局に配備する構成となります。C-RAN構成では、RAN装置の統計多重効

果、無線方式の高度化 (キャリアアグリゲーションによるセル間の高度な連携・周波数利用効率向上、アドオンセルによる大容量化・通信の安定性) に加え、仮想化との親和性が高く、CU/DUの仮想化によるコスト削減やスケーラビリティなどの効果が期待できます。ただし、MFHには、O-RAN ALLIANCE における標準仕様 Split Option 7-2xで規定されているとおり、大容量・低遅延の厳しい技術要件があるため、C-RANの普及に向けては、光ファイバの展開が重要となります。光ファイバの敷設は、日本や韓国では進んでいます。海外では、今後、光ネットワークの普及や強化が期待される状況であり、効率的な光ファイバの活用が望まれています。

#### ■期待される3つの効果

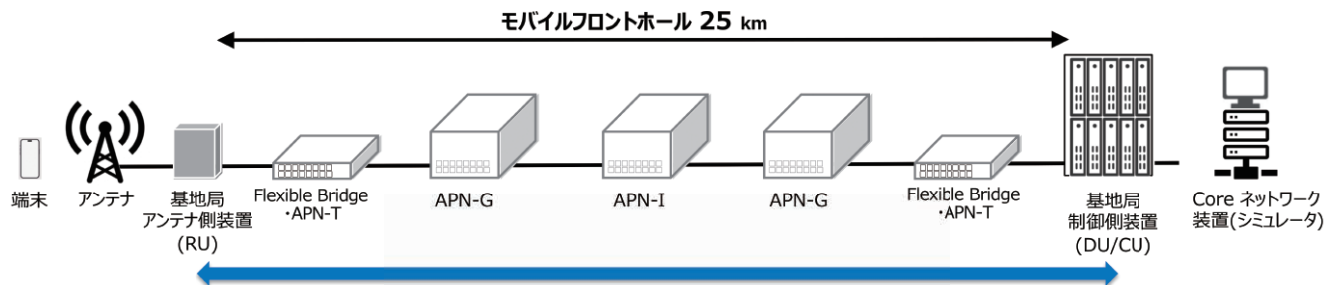
C-RAN構成のMFHに対し、大容量・低遅延、光ファイバの有効活用を実現する手段として、APNの適用を検討しています (図3)。具体的には、MFHのC-RAN構成において、DUとRUの間をAPNで接続します。大容量・低遅延を実現するAPNを適用することで、次の3つの効果が期待できます。1番目は、波長多重方式による光ファイバの有効活用です。波長多重方式によって複数の通信を1つの光ファイバに束ねることができるAPNを利用することで、1本の光ファイバに複数のRUとDUの間の通信を重畳することができ、C-RAN構成において効率的にMFHを構築することができます。2番目は、基地局構築 (増設) リードタイムの最短化です。前述のとおり、

APNは波長多重方式により、1本の光ファイバに複数のRUとDUの間の通信を重畳することができます。これにより、RU増設時、RU収容部に波長の追加設定を行うことで構築が完了し\*1、あらたに光ファイバを敷設する必要はなく、回線調達リードタイムの最短化が可能となります。3番目は、基地局数の増大に対する消費電力の低減化です。5G RANの拡大に伴い、基地局の数も増えていくと予想され、RANを構成する機器の消費電力の増加が課題となっています。そこで、例えば、時間帯に応じて、トラフィックの少ないエリアのDU/RUの起動・停止と連動して、APNの波長パスを動的に接続・切断することで、RANを構成するネットワーク全体の消費電力低減が可能になると考えています。

#### ■MFHへのIOWN APN適用の実証結果

MFHへのAPN適用に関しては、実証実験も進められています。2024年1月に、NTTとNokiaの共同により、IOWN APNによって動的に経路の変更が可能なMFHの実証に成功しました<sup>(1)</sup>。実証実験では、5GのRUとDU間をIOWN APNによって接続し、長距離伝送においても5GのRUとDUがデータ転送を含めて正常に動作することを検証しました。検証においては、IOWN APN機器構成や伝送方式など、IOWN GFのIOWN for mobile networkのProof of Concept (PoC) Reference<sup>(2)</sup>

\*1 1本の光ファイバに多重可能な波長数の範囲である場合。



### 実証結果

基地局動作：正常、通信品質：影響なし、遅延時間：133  $\mu$ s

図4 実証検証における構成と結果

に準備のうえ実施しました。また、さまざまなAPN機器の導入形態を想定し、長距離伝送を行うAPN機器区間（APN-TとAPN-Gの間、APN-GとAPN-Iの間など）の距離を変えた検証も行いました。実証実験の結果、さまざまなIOWN APN機器の導入形態において、伝送距離25 kmの環境でRUとDUが正常に動作し、データ転送時の速度やロス率などの通信の品質にも影響がないこと<sup>\*2</sup>、遅延時間が133  $\mu$ sであることを確認しました（図4）。また、遅延時間が133  $\mu$ sであることから、最大距離約30 km<sup>\*3</sup>まで長距離伝送が可能であることも机上にて確認しました。

#### ■MFH over APNのユースケース (Elastic Load Balancing)

APNのユースケースについても、IOWN GFを中心に検討が進められています。現在、IOWN GF IMN-TFでは、ユースケースの1つとして、Elastic Load Balancing機能によるモバイルネットワークの省電力化が検討されています。モバイルネットワークの利用人口について、ビジネス地区の人口は、昼間は非常に高く、夜間は非常に低くなります。一方、住宅地区の人口は、昼間は低く、夜間は高くなりま

す。現在、日本のRANシステムは、人口密度の高い都市地域の半径10 km以内で運用されているケースが多いです。このRANシステムの伝送路にAPNを適用することで、カバレッジを強化し、より広いエリアをカバーすることが可能となります。RANシステムのエリアが拡大することで、昼間の人口が多いエリアと少ないエリアとの間で人口バランスを考慮した最適な数の基地局で運用することができます。さらに、APNの波長パス切替技術（Elastic Load Balancing機能）により、効率的にRUとDUの間のサイトの切り替えを実施することができます。これらの運用と技術により、最適なパフォーマンスとエネルギー効率を得ることができ、低消費電力を実現します。

#### ■MFH over APNの今後の取り組み

今後の取り組みとして、将来の6G時代に向けたAPNプロダクトの検討も始めています。6Gでは大容量化等に向けてミリ波、サブテラヘルツ帯等の高周波数帯の活用が期待されています。高周波数帯は、周波数の特性上、ミッドバンドより減衰が大きく電波が遠くまで届かないため、これまでより多くの基地局設置が必要となります。そこで、RUとアンテナ間に、アナログRoF (Radio over Fiber) の技術<sup>(3)</sup>を活用し、さらに当該伝送区間にAPN適用することによる光ファイバの有効活用、新たな価値創出の検討を行っています。

また、現在は、モバイルオペレータごとにRAN設備を構築していますが、前述のとおり、6G時代では多くの基地局が必要となり、RAN設備にかかわるコストが課

題となってきます。そこで、アンテナやAPNの伝送路を複数のモバイルオペレータなどでシェアリングすることにより、オペレータのネットワークコストを低減するなど、6Gの早期普及に向けて検討を進めています。

#### ■参考文献

- (1) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2024/01/18/240118a.html>
- (2) [https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-MFH\\_over\\_APN\\_PoC\\_Reference\\_1.0.pdf](https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-MFH_over_APN_PoC_Reference_1.0.pdf)
- (3) <https://journal.ntt.co.jp/article/1248>



(左から) 岡崎 秀一 / 深江 誠司  
大矢根 秀彦 / 堤 敏昭

IOWNプロダクトデザインセンタは、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレスな移動固定融合ネットワークの開発・普及戦略を策定・推進しています。さらに、IOWN構想のキープロダクトの適用や新たな価値創出も検討しています。

#### ◆問い合わせ先

NTT IOWN総合イノベーションセンタ  
IOWNプロダクトデザインセンタ  
TEL 03-6810-1197  
E-mail syuichi.okazaki@ntt.com

\*2 従来の形態であるRUとDUの間を光ファイバで直接1対1接続したときのデータとAPNの形態であるデータを比較し同じ値であることを確認しています。

\*3 実証実験時の遅延時間が133  $\mu$ sとなり、規定遅延時間160  $\mu$ sに対し27  $\mu$ s、光ファイバの距離にして5 km延伸可能なため合計として約30 kmまで接続可能であると算出しています（光ファイバの遅延時間は5  $\mu$ s/km）。



# 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

IP (Internet Protocol) ネットワーク上でのコミュニケーションサービス提供のためには、多様な参加端末と接続形態に応じた音声・映像のセッション制御の仕組みをサービスごとに開発する必要があり、コミュニケーションサービス提供者が本来尽力すべきコミュニケーションサービスのコンテンツ拡充にリソースを集中できない問題が起きています。本稿では、この問題を解決するため、通信キャリアが提供するさまざまなコミュニケーションサービスに適用可能な通信制御基盤を提供する研究開発の取り組みを紹介します。

キーワード：#リアルタイムコミュニケーション、#WebRTC、#標準化

## コミュニケーションサービスの 高度化

IP (Internet Protocol) ネットワーク上でのコミュニケーションサービスでは、PCやスマートフォンなど多様なUE (User Equipment: ユーザ端末) が固定網や移動網等の異なる環境から接続し、音声や映像メディアをやり取りします。近年ではAI (人工知能) 解析エンジンやNPC (非プレイヤーキャラクタ) がメディア接続を介して感情などの非言語情報を収集・解析して、メタコミュニケーションを実現するユースケースが登場しています。このため、CP (Content Provider) は提供するコミュニケーションサービスごとにUEやネットワーク環境、メディアの違いを考慮したセッション制御方法を開発する必要があり、本来注力すべきコンテンツ拡充等にリソースを集中できない問題が起きています。

私たちはこの問題を解決するために、キャリア品質のコミュニケーションサービスに組込可能な柔軟性と品質を両立した通信制御基盤の研究開発に取り組んでいます。本稿では、メディア制御信号の標準化活動と、その制御信号に対応した通信制御基盤であるImmersive RTC (Real-Time Communication) 基盤を実現する技術を紹介します。

## キャリアWebRTC基盤の 実現仕様にかかわる標準化活動

新しいXR (Extended Reality) デバイスの登場や産業・教育・エンタテインメント分野におけるXRアプリケーションの利用拡大を受けて、通信キャリア・ベンダ各社は没入型インタラクティブな次世代リアルタイムコミュニケーションの重要な要素と位置付けています。これを受けてモバイル通信技術の国際標準仕様を定める3GPP (3rd Generation Partnership Project) においても、モバイル通信事業者が提供するメタバース・XRサービス向けの技術仕様の検討が行われています。

没入空間におけるリアルタイムコミュニケーションサービスを実現する方式としては大別して、既存の公衆IP電話のサーバ網であるIMS (IP Multimedia Subsystem) を拡張して提供する方式と、新たにWebRTCのサーバ網を導入して提供する方式が検討されており、NTTはWebRTC方式に注力し検討を主導してきました。これは仕様が厳格であり機能拡張による複雑化・安定運用が進むIMSに拡張を加えるよりも、Web開発との親和性や開発・導入のスピードを上げ、ユーザのニーズをいち早く取り込むために適した方式と考えられるためです。

WebRTC方式の標準化上重要な課題の1つとして、異ベンダ・キャリアのサーバ網間および端末デバイスとサーバ網間の接続性が保証されないことが挙げられます。

はら ゆうすけ<sup>†1</sup> いじゅういん あきら<sup>†1</sup>  
原 佑輔 / 伊集院 明  
やました やすはる<sup>†1</sup> まえだ けんた<sup>†1</sup>  
山下 康治 / 前田 健太  
すずき りひと<sup>†2</sup>  
鈴木 璃人

NTTネットワークイノベーションセンター<sup>†1</sup>

NTTネットワークサービスシステム研究所<sup>†2</sup>

これは、インターネット系のプロトコルを策定するIETF (Internet Engineering Task Force) ではWebRTCのセッション制御のプロトコル仕様を規定していないためです。

このWebRTC方式の課題を解決するため、NTTは図1に示すアーキテクチャ (3GPP TS 26.506<sup>(1)</sup>にて規定) を前提に、WebRTC向けのセッション制御信号プロトコルとしてRESPECT (REaltime&REality media Setup Protocol, Extensible and Compact), その他サービス上層機能の制御に必要なAPI (Application Programming Interface) 仕様 (サービス制御API) の検討を主導してきました。RESPECTはWebRTC標準に準拠するメディアセッション制御のプロトコルとして、高い信頼性とWeb開発との親和性を特徴とします。トランザクション管理やタイムアウトの機能、信頼性を検証できるID体系は通信キャリアでの利用に堪える信頼性の高いセッション制御を実現します。Web開発との親和性の観点では、WebSocketによるシグナリングパスを用いJSON形式のメッセージとすることで、既存のライブラリ・フレームワークを組み合わせた開発ならびにブラウザ機能を利用したデバッグ・トラブルシューティングの容易さと相互運用性の高さを実現しています。また、サービス制御APIは通信キャリアのWebRTC基盤を利用するCPがリソース管理を行うためのAPIで、メディア・データの転送制御を詳細に設定できることを特徴とします。

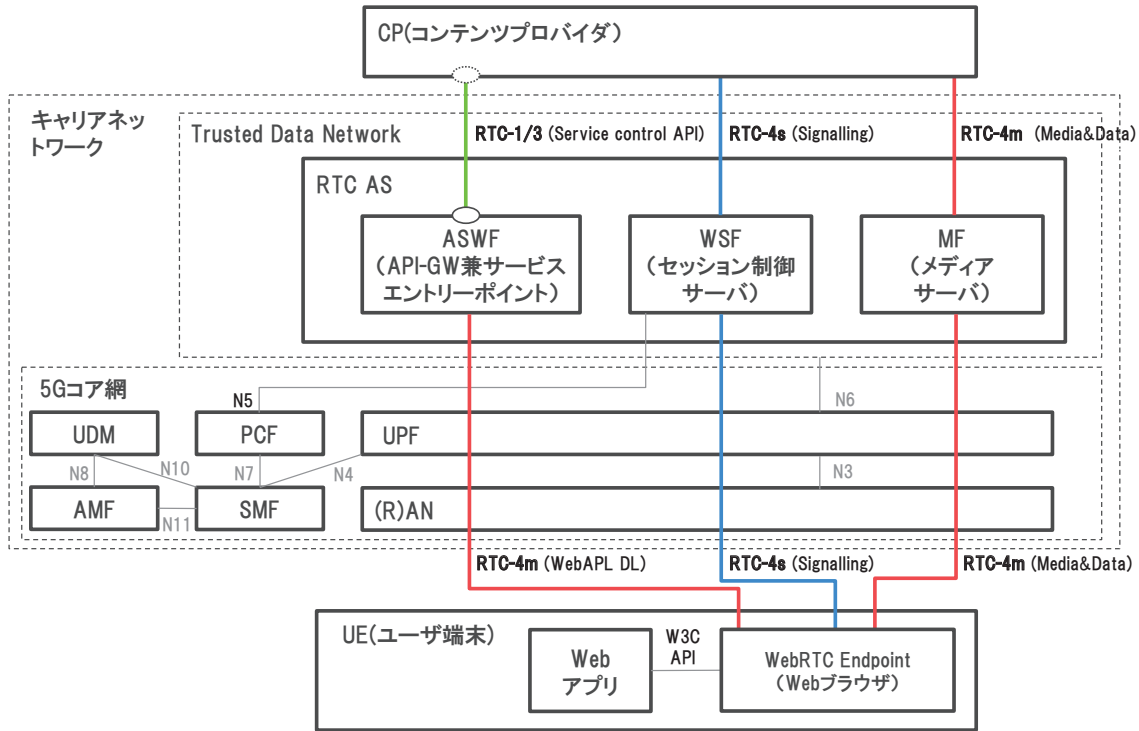


図1 RTCアーキテクチャ (コンテンツプロバイダ連携)

一般的なWebRTC通信サービスではサービスごとに固定的につくり込まれるさまざまな接続類型 (VR会議室, Webinar等) をAPI経由で設定することを可能とし、サービス提供の迅速化・柔軟化に貢献します。これらの3GPPリリース18における検討結果は技術文書3GPP TR 26.930<sup>(2)</sup>として合意・制定されています。

NTTの提供するImmersive RTC基盤は上記の3GPP標準をベースとして、アーキテクチャならびにインターフェースの設計・実装が行われています。

## Immersive RTC基盤

私たちの取り組むImmersive RTC基盤の全体像を図2に示します。Immersive RTC基盤では、メディア通信のセッション制御を行うシグナリング制御部と、エンドユーザやCPのUEからのメディア通信を集約・配信するメディア処理部がUE間の音声・映像・データ等のメディア送受信を実現します。本稿では、これらのコンポーネントと、CPがシグナリング制御に必要な情報を操作するためのサービス制御API、そしてImmersive RTC基盤の安定稼働を支える監視と運用制御、高品質を

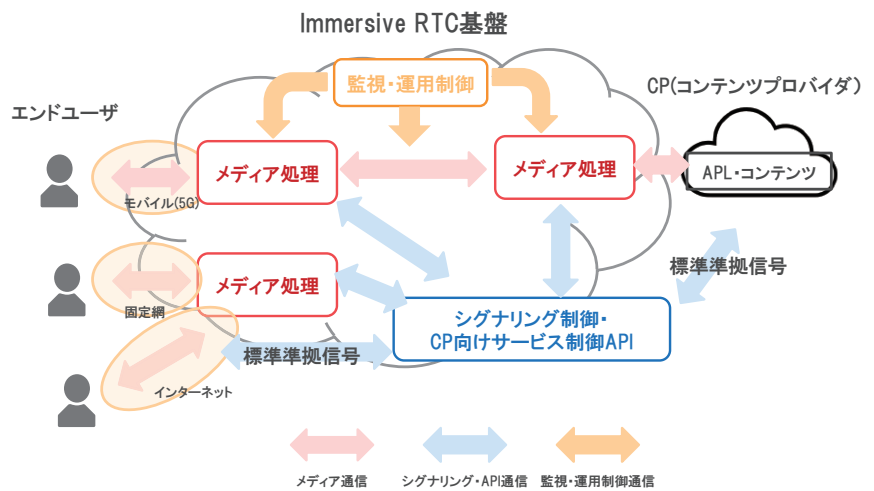


図2 Immersive RTC基盤全体像

現・維持するためのテスト・デプロイ戦略を紹介します。

### Immersive RTC基盤：シグナリング制御

UEがメディア通信を行うためには、自身が送信するメディア情報を通信相手に伝えたくて、通信相手から受信するメディア情報を受け取る必要があります。Immersive RTC基盤ではUEとやり取りす

るRESPECT準拠の制御信号 (RESPECT信号) によりこれを実現します。

具体的には、まずUEからRESPECT信号を通してUEが送信するデータ・音声・映像のメディア情報を受け取り、その情報に基づいて、各メディアをどのメディア処理部のインスタンスを経由して、他のどのUEに届けるかを決定します。この決定に従い、メディア処理部に対してはUEとのメディア送受信を指示する信号を送信し、UEに対してはメディア処理部への接続情

報と他のUEから受信するメディア情報を含むRESPECT信号を送信します。

さらに、RESPECT信号によりUEのメディア送受信開始・停止の制御も行います。コミュニケーションサービスによってはUE間の接続順序関係が存在します。例えば、エンドユーザのUEには、そのエンドユーザの情報を扱うCP提供のUEを最初に接続させ、メディア送信を開始してから、次にエンドユーザのUE間でのメディア送受信を開始させるような順序関係が考えられます。Immersive RTC基盤ではUEの新規接続等のイベントをトリガーとしたCPへの通知機構との組合せにより、UEが適切にメディア送受信できるように制御します。

これらの制御を接続タイプごとに事前に定義しており、CPはImmersive RTC基盤に接続タイプを事前に登録するだけで提供するコミュニケーションサービスに必要な制御を行えます。現在は複数の主要な接続タイプに対応していますが、より多様なサービスに適用できるように、汎用的なモデル化に取り組んでいます。

### Immersive RTC基盤：メディア処理

Immersive RTC基盤では、音声・映像データを配信する機能を持つSFU (Selective Forwarding Unit) や、メディアの変換や合成まで行う機能を持つMCU (Multipoint Control Unit) というメディア処理コンポーネントが中心となり、UEとの間でスター型の通信路を構成します。スター型は通信経路への負荷が低く、ユーザが増加した場合にもスケールしやすいメリットがあります。

SFUやMCUは、シグナリング制御部からの制御信号に従ってメディアを制御することにより、CPがコミュニケーションサービスを提供することを可能とします。提供するコミュニケーションサービスのユースケースとしては、下記の3種類の接続タイプを想定しています(図3)。

- ・エンドユーザが自分自身のアバターの映像を操作するような1:1のサービス
- ・エンドユーザへライブ映像を配信するような1:Nのサービス

- ・エンドユーザどうしや生成AIが会話する、エンドユーザから受け取った音声・映像を感情分析するようなN:Nのサービス

インターネット上でNAT (Network Address Translation) を介したメディア双方向通信を提供するにあたり、Immersive RTC基盤では、ICE (Interactive Connectivity Establishment) を利用します。ICEでは、STUN (Session Traversal Utilities for NAT) サーバを利用して、UEとSFU/MCUとの間で直接メディアセッションを確立します。

また、UEによるメディアの送受信制御がより容易にハンドリング可能となるようなクライアントライブラリも開発しています。CPはクライアントライブラリを利用することで、端末ブラウザのAPIに従ったクライアントサイドプログラムをフルスクラッチで開発するよりも開発負担を軽減す

ることができ、コンテンツ拡充等に注力することが可能です(図4)。

さらに、UEの受信能力に応じたメディア種別を選択して配信するサイマルキャストについても開発を進めています。サイマルキャストにより、PCやスマートフォン等の多様な端末に向けてのメディア配信が可能となるため、幅広いユーザ・利用シーンをターゲットとしたコミュニケーションサービスへの組込が可能となります。

### Immersive RTC基盤：コンテンツプロバイダ向けAPI提供

シグナリング制御部やメディア処理部が動作するにあたり、コミュニケーションサービスの接続タイプのようなCPが提供するコミュニケーションサービス固有の情報が必要になります。Immersive RTC基盤では、CPがこれらの情報を登録・削除できる

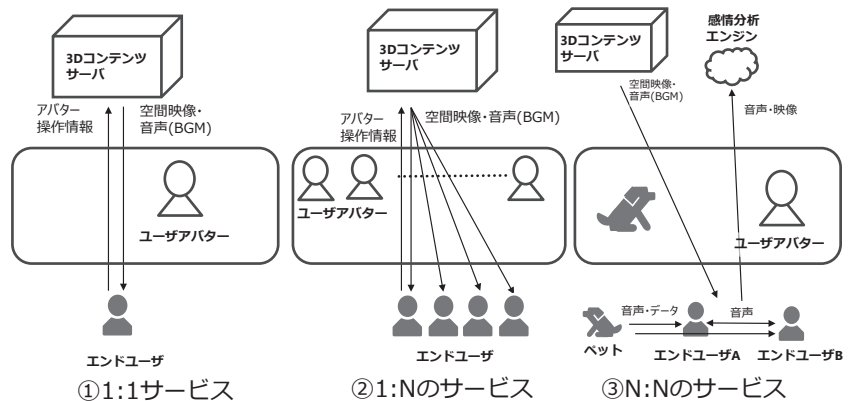


図3 コミュニケーションサービスのユースケース

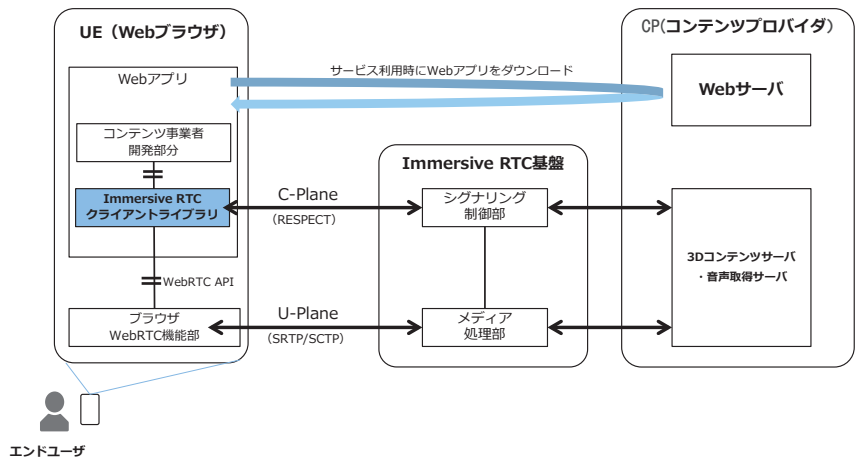


図4 クライアントライブラリ



REST (Representational State Transfer) 形式のサービス制御APIを提供します。

このAPIでは、外部認証基盤と連携したAPIキーなどのクレデンシャル情報による認証・認可機能を持っており、正しい権限を持ったCPのコミュニケーションサービス運用者による操作であることを検証しています。また、同時リクエスト数制限などの安定稼働を実現するためのセキュリティ機能を持っています。

### Immersive RTC基盤：コンポーネント監視・運用制御

シグナリング制御部やメディア処理部が機能停止してしまうと、Immersive RTC基盤を組み込むコミュニケーションサービスの稼働に影響を与えてしまい、ひいてはエンドユーザのサービス体験にも影響を与えてしまいます。ここでは、Immersive RTC基盤を安定稼働させるための監視・運用制御について紹介します。

Immersive RTC基盤はパブリッククラウド上で動作しており、シグナリング制御・メディア処理部の各インスタンスの基本的な状態監視にはパブリッククラウドが提供する監視機能を使用しています。しかし、パブリッククラウドの機能ではパブリッククラウドサービスから見た動作状態しか監視・制御できないため、Immersive RTC基盤が正常に機能提供できる状態であることを保証できません。そのため、パブリッククラウドの機能では対応できない監視・運用制御を行うコンポーネントをImmersive RTC基盤では具備しています。具体的な監視方法として、シグナリング制御部とメディア処理部が連携するのと同じ機構を使用して、監視部から監視用信号を定期的送信し、監視対象のインスタンスから正常応答が返ってこなかった場合にエラー通知するアプリケーションレベルの監視により、機能を提供できない状態を早期に検知可能としています。

また、運用者がImmersive RTC基盤の各コンポーネントを制御可能とする機能の一例として、運用者がシグナリング制御・メディア処理部のインスタンスへ新規制御セッション確立を抑制、もしくは抑制解除を制御可能としています。本機能により、

当該インスタンスの制御セッションが0となった後にインスタンスを停止することで、コミュニケーションサービスへの影響なく各コンポーネントの減設が実施できます。

### Immersive RTC基盤：テスト・デプロイ戦略

Immersive RTC基盤では、接続する端末や環境の変化に素早く対応するために、アジャイル開発を採用しています。現在のチームでは2週間のスプリントサイクルを採用しているため、各スプリントの成果物を速やかにデプロイし、品質評価を行うためにさまざまな工夫を取り入れています。ここでは、品質管理の観点で取り入れている3点の工夫を紹介します。

まず、既存機能に対するリグレッションテストについて説明します。リグレッションテストは、WebブラウザからのE2E (End-to-End) の自動試験によって行います。これにより、新しい機能を追加した際やコードの変更が行われた際に、既存の機能が正しく動作し続けることを保証します。具体的には、継続的インテグレーションツールと連携し、デプロイごとに自動テストを実行します。このプロセスにより、バグの早期発見と修正が可能となり、開発速度を維持しながら品質を保つことができます。

次に、新規リリースされる機能の評価についてです。新しい機能の評価計画は、開発スプリント中から着手することが重要です。スプリント期間中には、開発要件や試験計画を詳細に策定します。この段階で、ユーザーストーリーや受入れ基準を明確に定義し、テストケースを作成します。コンポーネント単位の単体テスト範囲を見定めたくうえで、統合テスト、E2Eテストのレベルで試験設計を行います。これにより、開発が進む中で段階的にテストを実施し、大きな手戻りがないよう品質確認を進めています。

さらに、継続的デプロイメントを実現するために、デプロイパイプラインを整備しています。各環境（開発、ステージング、本番）へのデプロイメントは、自動化されたパイプラインを通じて行われます。これにより、デプロイメントプロセスの一貫性が保たれ、手動の介入が減少し、デプロイメント速度が向上します。さらに、環境間

の差分もリポジトリで容易に管理ができます。これにより、環境差分による不具合発生の原因解明が早期に行えます。

以上の取り組みにより、2週間のスプリントサイクルで開発されたファイルを効率的にデプロイし、速やかな品質評価を進めています。これらのプロセスは継続的に改善を図り、常に最適な方法を模索し続けています。

### 多様なコミュニケーションサービス実現に向けて

Immersive RTC基盤を組込可能となるコミュニケーションサービスを広げていき、現在CPごとにクローズドになっているコミュニケーションサービスの領域において、オープンで新しい発想による多様なサービスの創出を促し、エンドユーザが豊富なCPによる多様かつ複合的なサービス享受できるように取り組んでいきます。

#### ■参考文献

- (1) 3GPP TS 26.506: "5G Real-time Media Communication Architecture (Stage 2)."
- (2) 3GPP TR 26.930: "Study on the enhancement for Immersive Real-Time communication for WebRTC."



(上段左から) 原 佑輔/ 伊集院 明/  
山下 康治

(下段左から) 前田 健太/ 鈴木 璃人

次世代のリアルタイムコミュニケーションは産業・教育・エンタテインメント等のさまざまな分野で革新をもたらす鍵になるととらえており、より良い世の中を実現するため取り組んでいきます。

#### ◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター  
ネットワーク制御ソフトウェアプロジェクト  
E-mail irtc-dev@ntt.com



# リライアブル制御プ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

移動固定融合ネットワークは移動網や固定網などのアクセスネットワークやデータセンタネットワークなどのさまざまなドメインのネットワークの密な連携により実現されます。本稿では、ネットワークドメイン間連携を柔軟に実現しネットワーク全体の信頼性や品質を向上するリライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤による、ネットワークの進化の可能性について紹介します。

キーワード：#移動固定融合、#品質可視化技術、#運用協調技術

はやし 林 航平 / 酒井 優  
 なかむら 中村 孝幸 / 高橋 謙輔  
 にしやま 西山 聡史

NTTネットワークイノベーションセンタ

## リライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤のねらい

社会インフラにおける通信キャリアが担う役割が拡大する昨今、信頼性や通信品質が確保されたネットワークの重要性が高まっています。また、通信キャリアが提供する MEC (Multi-access Edge Computing) ・データセンタを活用した自動運転や AR/VR (Augmented Reality/Virtual Reality) 等の新たなユースケースの広がりも加速しており、端末・アプリケーションの利用シーンに応じ、通信キャリアが持つ移動網や固定網などのアクセスネットワークや接続先となるデータセンタネットワークを適切に組み合わせることで

あることが重要となります。このようなユースケースの実現に向けては、アクセスネットワークやデータセンタネットワーク等の複数のネットワークドメインをまたがり俯瞰的に信頼性・品質を確保する仕組みが求められます。

アクセスネットワークやデータセンタネットワークを組み合わせたネットワークサービスにおいて、アクセスネットワーク配下の端末からサーバ等の通信先にわたるエンド・ツー・エンドで信頼性や通信品質を確保するためには、複数のネットワークドメインをまたがる影響やアラートを伴う故障等発生時の復旧迅速化、およびエンド・ツー・エンドでのサービス品質保証に向けた複数のネットワークドメインをまたがる

リソース管理・品質可視化が必要となります。

NTTネットワークイノベーションセンタではこれまで、さまざまなネットワークドメインに対するネットワークシステムやこれらを運用するためのオペレーションシステムの実用化を進めてきました。これまで培ったネットワークシステム・オペレーションの技術を基に、単一のネットワークドメインにとどまらず、複数のネットワークドメインにまたがる故障分析・品質可視化制御による通信の信頼性や通信品質の確保を可能とする、リライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤の実現に向けた研究開発に取り組んでいます (図1)。

リライアブル制御プラガブルネットワーク

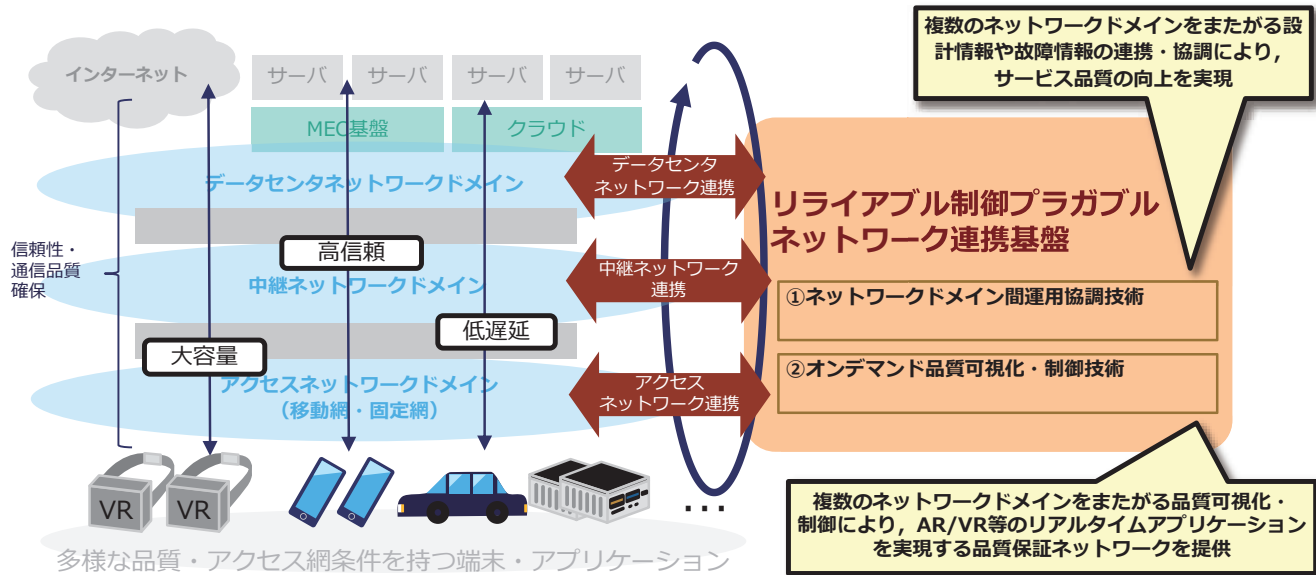


図1 リライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤

ク連携基盤は、大きく分けて2つの技術から構成されています。1つは、複数のドメインを横断して把握しドメインをまたがる設定や故障をスピーディに把握するためのネットワークドメイン間運用協調技術、もう1つは、推定された要因や時系列情報をオペレータに提示するとともに最適な対処方針を自動選択し、ネットワークリソース等の制御を行うオンデマンド品質可視化・制御技術です。これらの技術の組合せにより、これまで有識者のオペレータが時間をかけて分析・対応してきた複雑な故障や品質劣化をより効率的に対処し、ネットワークを高品質に保つことが可能になります。以降、それぞれの技術について詳細を説明します。

## ネットワークドメイン間運用協調技術

ここでは、MEC基盤やクラウドが接続されるデータセンタネットワークや、移動網や固定網などのアクセスネットワークといった異なるネットワークドメイン（ドメイン）をまたがるサービスを提供する際に、ドメインを横断した接続ポリシー管理の一元化によるワンストップサービスの提供および被疑箇所分析による故障復旧の迅速化といった、ドメインをまたがる運用を協調させることにより、保守者の対応稼働を削減し、サービス品質と信頼性の向上を実現するネットワークドメイン間運用協調技術について説明します。

ドメインをまたがるサービスの運用に向けては、従来の技術では次の2つの課題があります。

1点目の課題は、従来のネットワーク管理においては、MEC基盤やクラウドが接続される各種データセンタネットワークや、移動網や固定網といったアクセスネットワークなどの各ドメインが独立して運用されていることです。これには各ドメインが独自の技術要件や運用ポリシーに基づいて特化した機能を提供できるといった専門性の確

保や、故障の切り分けや管理が比較的容易といった管理の簡素化といったメリットがあります。一方で、ドメインをまたがったサービスを統合的に提供する際には、異なるドメイン間の連携が煩雑化し、保守者の対応が増加する要因となります。例えば、新しいサービスを提供する際に、ドメインごとに設定を行うため、同じ情報を複数回設定する必要が出てくるといった設定の冗長性や、1つのドメインで設定が変更された場合、それに合わせて他のドメインの設定も変更する必要があるといったサービスオーダの煩雑化が挙げられます。また、端末が異なるネットワークに移動する際には、端末が接続するアクセスネットワークが変わることによるIPアドレスの変更や、それに伴いユーザアプリ側の設定の更新といったエンド・ツー・エンドのネットワーク疎通を維持するための作業の煩雑化も挙げられます。

2点目の課題は、従来のネットワーク管理においては、各ドメインのアラート情報は個別に管理されていることです。そのため、故障の原因を特定するためには、ネットワークドメインをまたぐ保守者間での連携が必要となり、その過程で保守者の対応が増加する要因となります。また、各ドメインで発生するアラート情報が個別に管理されているため、それらが互いにどのように関連しているかを分析するのは非常に困難となります。例えば、MEC基盤で疎通不可のアラートが発生した際に、疎通不可の原因が実際にはMEC基盤が依存しているクラウド側の故障であった場合、MEC基盤のアラートだけを分析しても故障の根本原因を特定することはできません。このため、個々のドメインの保守者がそれぞれのアラートを独立して分析し、さらにそれを突き合わせる作業が必要となります。

ネットワークドメイン間運用協調技術は、これら2つの課題を解決します。本技術はドメイン間ポリシー制御機能とドメイン間被疑箇所分析機能で構成されます。本技術の概要を図2に示します。各課題に対応す

る機能について以降で解説します。

### ■ドメイン間ポリシー制御機能

1点目の課題に対しては、ドメイン間ポリシー制御機能が対応します。本機能では、異なるドメインをまたがるサービスを提供する際に、ドメインを横断した接続ポリシー管理の一元化によるワンストップサービスの提供を可能とし、かつネットワーク情報の収集と連携して端末の構成変更に応じて設定変更を可能とします。これにより、保守者は「端末AとユーザアプリAを接続する」といった接続ポリシー情報のみを設定することで、ドメイン間の情報をシームレスに連携し自動で設定が変更されることとなり、サービス提供の時間を短縮し、ユーザの利便性が飛躍的に向上します。

### ■ドメイン間被疑箇所分析機能

2点目の課題に対しては、ドメイン間被疑箇所分析機能が対応します。本機能では、異なるドメイン間のアラートを収集し、相互に連携した被疑箇所分析を行います。これにより、ネットワークの故障が発生した際に、その原因を迅速に推定し、復旧を迅速化することが可能となります。例えば、クラウドサービスに関連する故障が発生した場合も、アクセスネットワークやデータセンタネットワークとの関連性を考慮して一括で分析が行えるため、より適切な対策が迅速に適用可能となります。

## オンデマンド品質可視化・制御技術

ここでは、ユーザ個々が要望する通信帯域や遅延・ジッタ等のネットワーク品質を保証したネットワークサービスを、ドメインをまたがってエンド・ツー・エンドで提供するために必要となる、オンデマンド品質可視化・制御技術について説明します。本技術により、多様な品質監視項目や端末等の多数の品質監視対象からの品質情報の収集や、これに基づく品質劣化判定や品質維持のための制御をオンデマンドに実現できます。

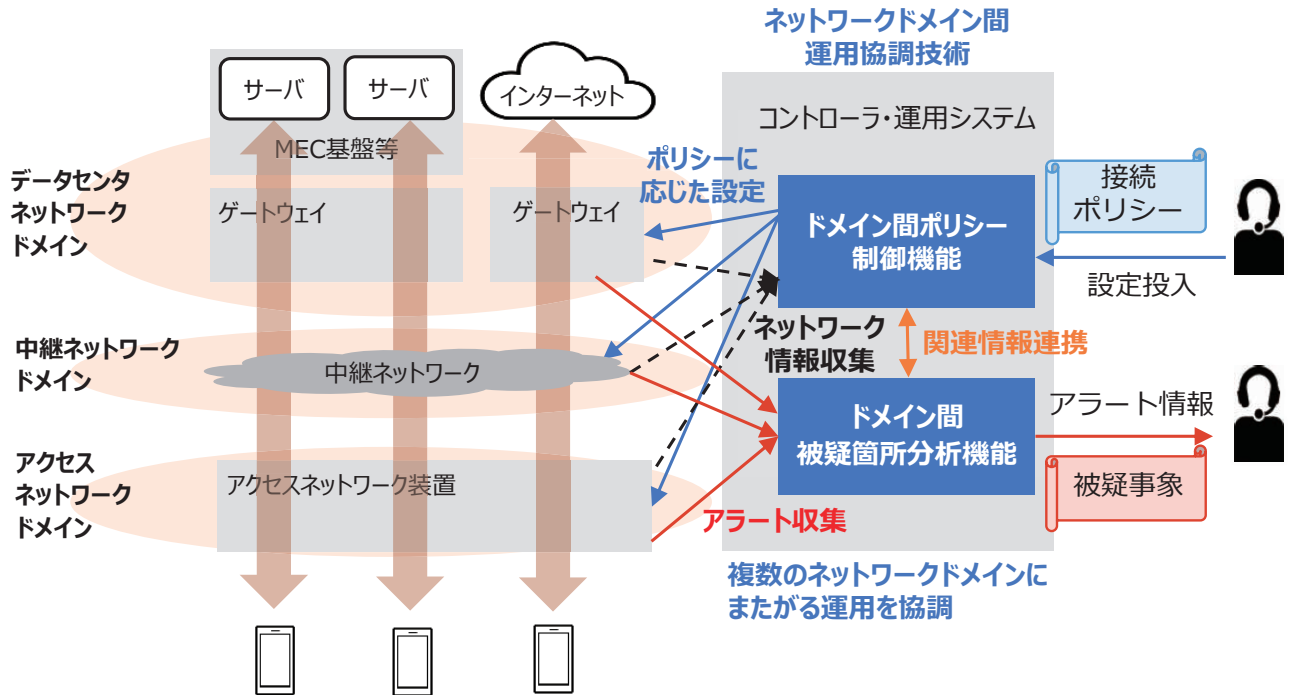


図2 ネットワークドメイン間運用協調技術

ドメインをまたがるエンド・ツー・エンドでの品質確保に向けては、従来の技術では次の2つの課題があります。

1点目の課題は、従来のネットワークでは監視可能な通信帯域等の品質種別や、通信の端点（エンド）となる端末等の監視対象が固定的となっていることです。ネットワークを利用するユーザそれぞれの要望する通信帯域や遅延、ジッタ等の多様な品質要件を満たすネットワークを提供するためには、品質要件に応じたネットワーク品質を監視する必要があります。また、品質監視対象となる端末やサーバ、アプリケーションは、ユーザのネットワーク利用状況に応じて動的に変化することがあるため、これに追従して品質監視対象別の監視設定を更新する必要があります。これらの多様な品質要件や品質監視対象に対応するために、従来はユーザごとの品質要件に応じたネットワーク品質監視を行う監視エージェント個々の設計・導入や、端末の接続状況等に応じたエージェントに対する品質監視対象の設定変更について、ネットワーク運用者

による個別作業を要していたことから、運用負担の増大の要因となります。

2点目の課題は、品質関連の情報の収集・分析・対処が各ネットワークドメインに閉じて行われていることです。エンド・ツー・エンドの品質監視により品質劣化を検出した際には、品質劣化が発生しているネットワークドメインや劣化要因の分析、および当該ドメインに対する品質維持のための制御の適用を自動化し、迅速に実行可能とすることが品質確保のためには必要となります。従来のネットワーク運用においては、各ネットワークドメインの品質監視結果や設備のリソース使用状況等の品質関連の情報は、種類や量、データ取得頻度等の規格の増大を抑制するため、それぞれのドメインのネットワークコントローラ・運用システム等に個別に管理されています。そのため、あるネットワークドメインで検出した品質劣化の要因が別のネットワークドメインのリソース逼迫である等の各ネットワークドメインが持つ品質関連の情報を連携させた品質劣化要因分析、対処の判断が必要

なケースに対する自動化が困難となります。

オンデマンド品質可視化・制御技術は、これら2つの課題を解決します。本技術はオンデマンド品質監視機能とドメイン間品質判定連携制御機能で構成されます。本技術の概要を図3に示します。各課題に対応する機能について以降で解説します。

■オンデマンド品質監視機能

1点目の課題に対しては、オンデマンド品質監視機能が対応します。本機能では、ユーザ個々のネットワークに対して、その品質要件に応じた品質監視を行う監視エージェントを自動で設計・導入することを可能とし、かつ端末のネットワーク接続時の認証情報等と連携して監視エージェントの動的な品質監視対象の設定変更を可能とします。これにより、従来生じていた人手による品質監視機能部の設計や監視対象の設定が不要とすることができ、運用負担増加を生じさせることなくユーザ個々の品質要件やネットワークの利用状況に応じたエンド・ツー・エンドの品質監視が可能となります。

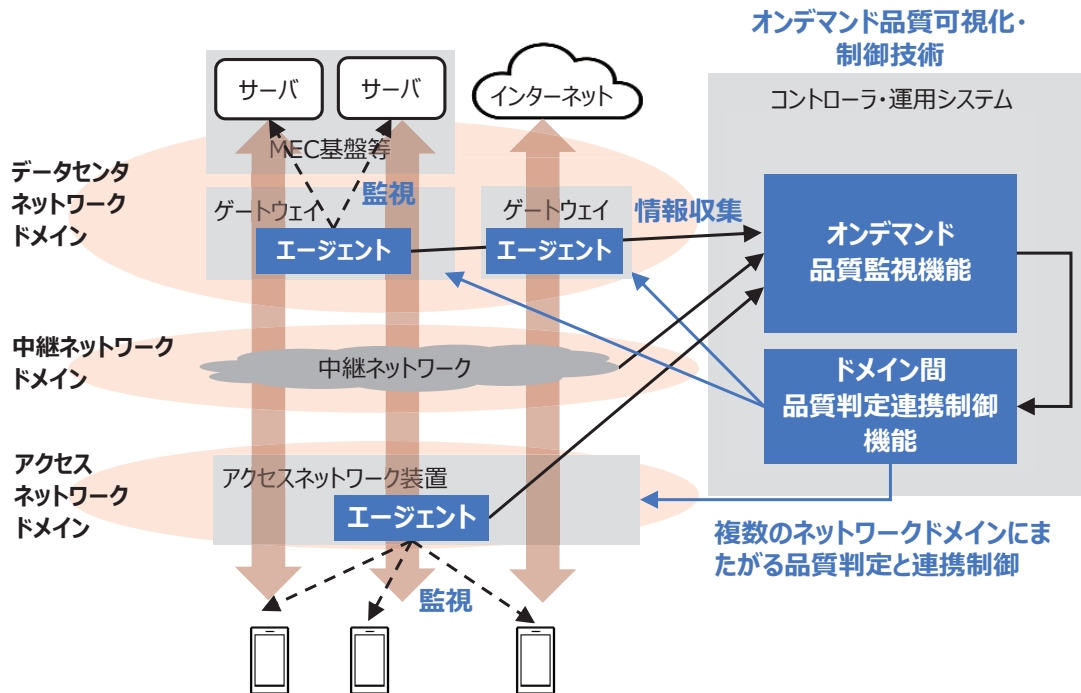


図3 オンデマンド品質可視化・制御技術

■ドメイン間品質判定連携制御機能

2点目の課題に対しては、ドメイン間品質判定連携制御機能が対応します。本機能では、複数のネットワークドメインから品質監視結果や品質劣化要因分析に必要なリソース情報等を収集し、品質劣化要因の推定を行います。また、品質劣化要因については、アクセスネットワークドメインやデータセンターネットワークドメイン等の各ネットワークドメインのシステムや装置に対してリソース割り当て等の品質確保のための設定制御を行います。これにより、従来のアクセスネットワークドメインやデータセンターネットワークドメインのドメイン個々で閉じていた収集・分析・制御について、ドメインをまたがり自動実行できるようになり、エンド・ツー・エンドでの品質確保のための制御を迅速に適用可能となります。

リライアブル制御プラグブルネットワーク連携基盤の今後の展望

リライアブル制御プラグブルネットワーク連携基盤では、本稿で紹介した2つの技術を発展させ、移動固定融合ネットワークにおけるさまざまなネットワークサービス提供の高度化・高品質化に向けた研究開発に取り組んでいきます。



(上段左から) 林 航平 / 酒井 優 / 中村 孝幸

(下段左から) 高橋 謙輔 / 西山 聡史

私たちは、デバイス技術やアクセスネットワーク技術の多様化に対応し、それらを組み合わせることでスピーディかつ高品質に世の中に出していくための研究開発に取り組んでいます。リライアブル制御プラグブルネットワーク連携基盤技術の進化にご期待ください。

◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター  
光トランスポートシステムプロジェクト  
E-mail p7e-ml@ntt.com



# 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

5G (第5世代移動通信システム) ネットワークのRAN (Radio Access Network) では高周波数帯の活用や大容量化に伴い無線基地局が増加し、さらにスマート工場などでのネットワーク利用が期待されています。そのため、従来の装置オペレーションに加え、無線基地局スリープによる省電力化やネットワークスライス制御といった複雑なオペレーションが求められており、その実現にはネットワークの状況分析や制御内容の判断を自律的に実施する「インテリジェント化」が必要です。本稿では、RANを自律的に制御し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) 連携基盤技術を紹介します。

キーワード: #SMO, #O-RAN, #移動固定融合

なかじま もとむ たかはし けんすけ  
中島 求 / 高橋 謙輔  
つの あきひこ うえの まさき  
津野 昭彦 / 上野 真生

NTTネットワークイノベーションセンタ

## RAN運用管理のインテリジェント化

5G (第5世代移動通信システム) /6G (第6世代移動通信システム) ネットワークのRAN (Radio Access Network) において、高周波数帯の活用に伴うマイクロセル化や大容量化によって無線基地局が増加し、RANの消費電力は年々増加しているため、トラフィックが少ない時間帯における無線基地局のスリープ制御などの省電力化が求められています。スマート工場などでのネットワーク利用の実現に向けた標準化が進み、ネットワークスライシングの実現や、装置故障が影響するスライスの把握といった装置とスライスの一元的な運用管理が求められています。また、エリア内における無線基地局の設置密度の高まりや、設定する無線パラメータ数の増加に伴い、RANの設計・運用業務はより複雑化し、人手で対応することが困難になる場合もあり、設計・運用の自動化が求められています。

このような状況に対応するには、従来のオペレーションに加え、ビッグデータやAI (人工知能) /ML (機械学習) を活用しネットワーク自身が制御対象や内容を自律的に判断する「インテリジェント化」を実現する必要があります。

RAN運用管理のインテリジェント化の検討は標準化団体O-RAN Allianceにて進められており、本稿ではO-RAN仕様に基

づきRANを自律的に制御するコグニティブ・ファウンデーション (CF) 連携基盤技術を紹介します。

## O-RANアーキテクチャとSMO

RAN運用管理のインテリジェント化に向けた機能群やアーキテクチャはO-RAN Allianceにて策定が進められています。O-RANアーキテクチャを図1に示します。

5GにおけるRAN装置は、アンテナや電波を制御するRU (Radio Unit)、無線信号の処理を行うDU (Distributed Unit)、RU/DUの制御やコアネットワークとの接続を行うCU (Central Unit) から構成されます。これらはネットワーク機能 (NF: Network Functions) と呼ばれ、NFに対

しては無線パラメータ等の設定といったFCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security) 制御を行う必要があります。また、現在RANの仮想化が進展<sup>(1)</sup>しており、仮想化されたDU、CUであるvDU、vCUが登場しています。vDU/vCUの動作プラットフォームである仮想化基盤に対しては、仮想リソースの確保といった制御を行う必要があります。O-RANアーキテクチャでは、これらの基本的な制御を実施する機能部として、SMO (Service Management and Orchestration) を定義しています。

自律的な制御を実現するロジックを処理する機能部としてRIC (RAN Intelligent Controller) が定義されています。RICは、1秒未満のリアルタイムな制御を担う

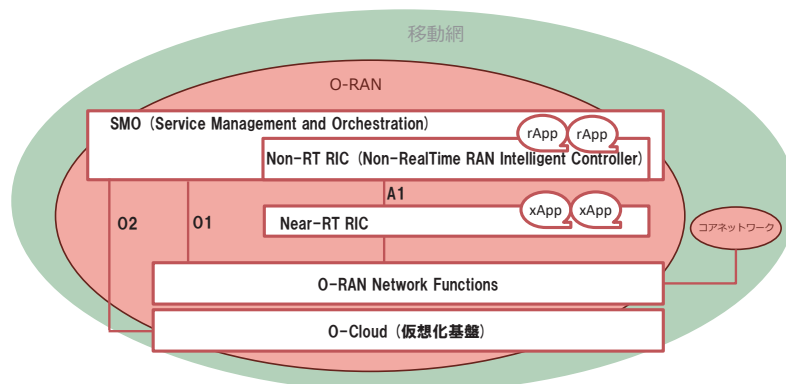


図1 O-RANアーキテクチャ

Near-RT (Near-Real Time) RIC と、1秒以上の制御を担う Non-RT RIC に分かれており、SMOは Non-RT RIC を具備し、Near-RT RIC に対する制御を実施します。

私たちは、インテリジェントな RAN 運用管理の実現に SMO が必要と考え、具現化に取り組んでいます。

### SMO のアーキテクチャ

前述のとおり、SMO には NF に対する FCAPS 制御、仮想化基盤の制御、制御ロジックの処理が求められます。ここでは、それぞれの実現内容、SMO に求められる機能とアーキテクチャを解説します。

NF に対する FCAPS 制御は、NF の新規作成や設定変更、処理負荷などの運用状態の収集、故障監視やアラームの検知などがあげられます。具体的には、PM (Performance Management) 情報、FM (Fault Management) 情報の収集や蓄積といったデータ管理、CM (Configuration Management) 情報の保管、変更や履歴管理といったインベントリ

管理があげられます。

仮想化された NF が仮想化基盤上で動作する際には、仮想リソースの確保や、仮想リソースの故障監視、故障発生時のヒーリングといった制御が必要となります。

制御ロジックの処理を担う Non-RT RIC は、個々の制御ロジックを実行する rApp と、ロジックの実行に必要な各種データの提供や NF 制御機能などをプラットフォームとして提供する Non-RT Framework から構成されます。制御ロジックはさまざまな内容が考えられるため、rApp と Non-RT RIC Framework は疎結合化し、rApp の配備 (デプロイ) や起動・停止などを共通的に管理する rApp 管理機能が必要となります。

これらを実現すべく、O-RAN Alliance では、図 2 に示す SMO の機能群を規定しています。

しかし、点線で示す機能 (Non-Anchored Function) について、具備個所や機能分担などの実現方式は規定されておらず、検討を実施しています。

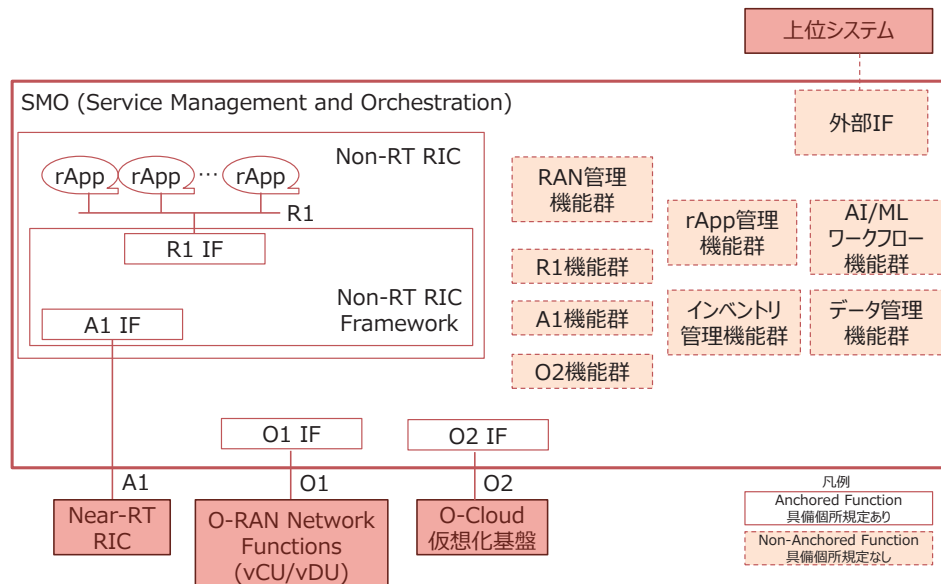
NF は、複数ベンダから提供されるマル

チベンダ構成が想定されますが、Non-RIC で実行する制御ロジックはベンダによらず共通的に動作することが望ましいです。そのため、NF に対する FCAPS 制御を実現する RAN 管理機能群、データ管理群、インベントリ管理機能群を担う OSS (Operation Support System) 機能部を定義し Non-RT RIC とは疎結合とします。

仮想リソースの制御に必要な機能群や、制御方式に関しては標準化が進んでおり、ETSI (European Tele-communications Standards Institute) NFV (Network Functions Virtualisation) MANO (Management and Orchestration) に規定されています。そのため、私たちは vDU/vCU を前提としたうえで、MANO 機能部を定義し OSS 機能部とは疎結合とします。

Non-RT RIC には、rApp の制御ロジック実行に必要な機能群 (R1 機能群、A1 機能群、AI/ML ワークフロー機能群) と rApp 管理機能群を具備します。

以上のように Non-RT RIC、OSS、MANO の各機能部を具備するアーキテク



IF : インタフェース

図 2 SMO 内の機能

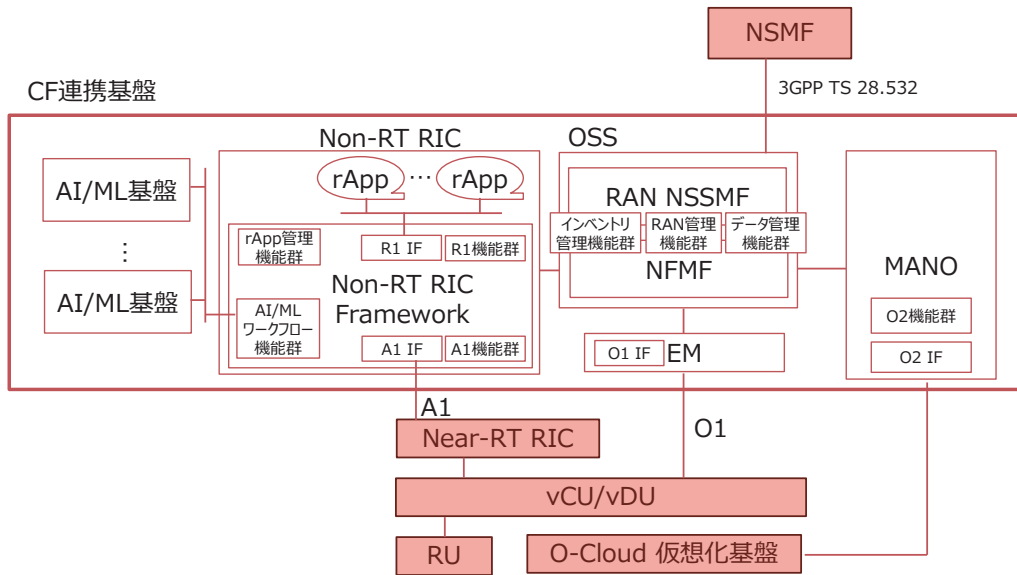


図3 CF連携基盤アーキテクチャ

チャによってSMOを具現化したCF連携基盤を図3に示し、以降では各機能部について解説します。

### OSS機能部

OSSが実現するNFに対するFCAPS制御の具体としては、NFの設定を管理し、DU/CUごとのパラメータの設定やアンテナ角度（チルト角）制御といった変更や、ソフトウェアアップデートを実施します。NFのベンダによらず、NFの運転状態を監視し、動作状況やログを取得するとともに、信号のトレース、セルの閉塞やスリープ、PM情報を監視し、しきい値超過時のアラーム発行を実施します。

NFをSMOに収容追加するとき、OSS機能部はMANO機能部と連携し、仮想リソースを確保したのちにNFを起動し、設定情報を投入するとともに、NFと仮想リソースの紐付けを管理します。NFの構成管理を実施し、変更や削除、構成情報の世代管理といった機能を提供します。仮想リソースの障害が発生した際には、MANO経由で受信する仮想リソースのアラームと、

仮想リソース上で動作しているNFを紐付け、NF単位のアラームを生成します。保守者は仮想リソースのアラームと、NFのアラームを受信でき、さらに対処する際には、NFとその仮想リソースを一元的にヒーリング制御し復旧させることを実現します。これらNFの管理機能をNFMF(Network Function Management Function)として具備します。

前述したネットワークスライシングについて、移動固定融合サービスなどの新たなネットワーク利用形態におけるRANスライス利用を想定する必要があります。このとき、サービス用途に応じ、他のネットワークなどを組み合わせることが必要で、複数のネットワークドメインにまたがるE2E(End-to-End)ネットワークスライスによる実現が考えられており、標準化が3GPP(3rd Generation Partnership Project)にて進められています(図4)。

スライシングの実現には、スライスと個々の無線基地局を対応付けて管理し、無線基地局に対しスライスを設定を実施する必要があります。スライス作成・設定変更・削除といった操作を実施する際は、設定変更

対象となる装置を抽出し、スライスのパラメータを装置単位に分解し投入するといった構成管理を実施します。また、装置アラーム受信時に影響のあるスライスを抽出しスライス単位のアラームを生成するといった障害管理や、PM情報を監視しスライス単位でのしきい値超過判定を実施するといった性能管理を実施します。このようなスライスの構成管理・障害管理・性能管理を実施するスライス管理機能は、3GPP TS28.531に規定されているRAN NSSMF(Network Slice Subnet Management Function)を具備することで実現します。

これにより、RANドメインにおけるスライシングを実現するとともに、E2Eネットワークスライスを管理する上位システムであるNSMF(Network Slice Management Function)と連携してE2Eネットワークスライスへの提供を実現し、今後進展が想定されるトランスポートネットワークやコアネットワークにおけるスライシングと合わせ、エンドエンドでのネットワークサービスの実現をめざします。以上より、NFMFとNSSMFを備えるOSS機能部を具現化します。



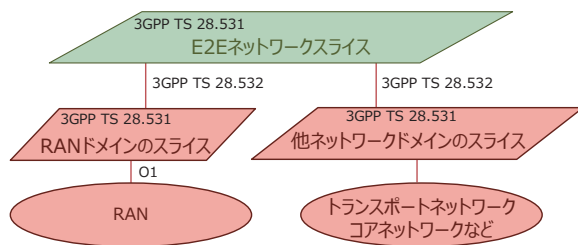


図4 E2E ネットワークスライスとRAN ドメインのスライス

## Non-RT RIC機能部

RAN運用管理のインテリジェント化を推進するにあたっては、さまざまな制御ロジックを実現する必要があります。個々の制御ロジックはrAppとしてモジュール化し、実現したい制御内容に応じ、必要なrAppをNon-RT RIC Framework上でアドオン可能としています。

rAppが必要とする情報は制御ロジックにより異なるため、Non-RT RIC Frameworkは蓄積したPM/FM/CM情報に関して、PM項目や取得対象期間、CM項目や更新履歴、FMアラーム内容や発報日時等による検索が可能な状態でrAppに提供します。NFに対する制御においては、OSS機能部と連携し、マルチベンダ性を確保したCM変更や基地局スリープを実現します。複雑な制御内容は、複数のrAppを用いて実現することもあり、rApp間のデータ流通などの連携動作に必要な機能もNon-RT RIC Frameworkは提供します。

ここで具体例として無線基地局のスリープ制御を紹介します。無線基地局は、最繁時の需要を満たすように設置されますが、オフィス街のように夜間人口が少ないエリアでは、夜間・休日にトラフィックが大きく減少する特性がみられます。トラフィック情報を継続的に収集しこのようなエリア特性を抽出し、トラフィック減少時に無線基地局をスリープ制御させることで、ネットワーク消費電力を削減できます。しかし、無線基地局をスリープ制御した際、当該エリアが圏外となってしまいます。そこで、

オーバーレイ関係にある基地局を自動的に抽出するとともに、アンテナ角度を自動最適化<sup>(2)</sup>し、当該エリアをカバーすることでユーザ影響を防止します。また、カバーしている基地局のトラフィック情報を監視し、トラフィック増加時にスリープ制御の解除を実施します。このような制御により、単純な時間帯によるスリープ実施・解除と比べ消費電力をより削減しています。この例は、オーバーレイ関係およびアンテナ角度変更量の算出を随時実行するrAppと、周期的にトラフィック分析に基づきスリープ実施を判断するrAppが連携して動作し、Non-RT RIC Frameworkを通じてアンテナ角度変更量やスリープ対象候補の基地局等のデータを共有します。

また、リアルタイム制御が必要な場合において、Near-RT RICと連携機能を提供します。具体例としては、ある基地局の負荷上昇時に収容端末を周辺基地局へハンドオーバーさせ負荷を分散することが考えられます。このとき、事前にrAppにて周辺基地局の負荷を監視し適切なハンドオーバー先を抽出しNear-RT RICへ通知し、リアルタイム性が求められるハンドオーバー実施はNear-RT RICにて実施します。

現在、AI/ML技術の発展に伴い、ネットワークオペレーションへのAI/ML適用に関しさまざまな提案がされています。O-RAN Allianceでも、RAN運用管理においてAI/ML活用を実現するための検討が実施されています。AI/MLを活用した制御ロジックをrAppで実現するため、rAppにてAI/MLモデルを用いた推論を実施し、

推論に用いるモデルの管理をNon-RT RICで実施する機能分担が検討されています。具体的には、モデルレポジトリを具備し、モデル登録や更新を受け付け、rAppにモデルを配備（デプロイ）し、利用するAI/MLモデルが更新された際の通知を行います。

AI/MLを用いた推論は、時間経過とともにさまざまな理由で推論精度が低下するため、再学習などの機能が必要となります。しかし、このような学習機能やモデル作成といった機能を備えるAI/ML基盤製品は、Kubeflowといったオープンソースも含め提供されています。AI/ML基盤製品は対応する学習アルゴリズムなどが製品によって異なっており、実現したい制御内容に応じて適切な製品を選択可能とすることが望ましいです。そこで、私たちは、R1インタフェースとして規定されているAI/MLモデル管理インタフェースを準用し、モデル格納・更新・削除をAI/ML基盤向けインタフェースとして提供し、モデル作成や再学習を実行するAI/ML基盤製品の選択を可能とする実現方式を検討しています（図5）。

## MANO機能部

MANO機能部はETSI NFVの規定をベースに設計し、VNF（Virtual Network Function）が利用するリソースの調停を行うNFVO（NFV Orchestrator）、VNFのライフサイクル管理を行うVNFM（VNF Manager）から構成されます（図6）。

従来、NFVOやVNFMといったMANOを構成する製品は、運用対象となるVNFのベンダごとに個別に設計・実装されることが多く、複数ベンダ製品を組み合わせる際のコスト増といった課題に直面していました。本MANOではこのような課題を解決すべく、ETSI NFVにて規定された共通仕様をベースに、複数ベンダ製品を組み合わせたマルチベンダ構成において

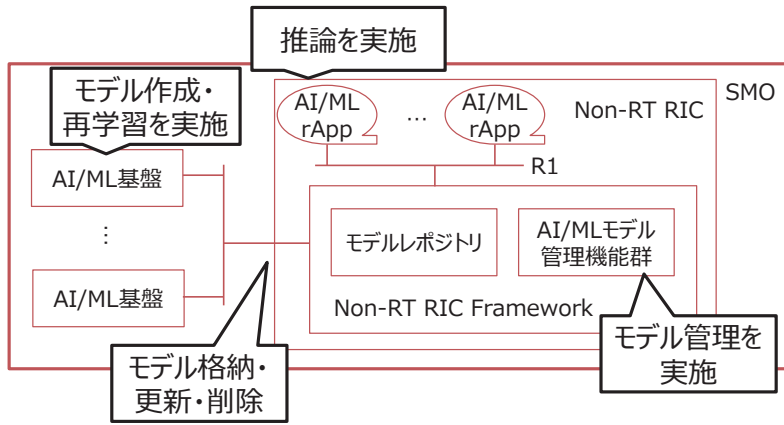


図5 SMOでのAI/ML機能の実現

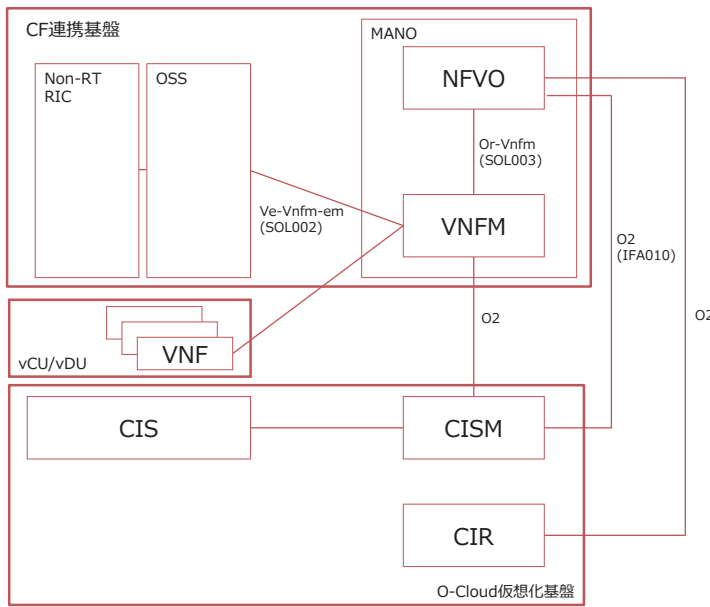


図6 MANO機能部の構成概略

も統一された仕様や操作によって運用が可能となるようにインターフェース・機能設計を行っています。

特にVNFMについては、マルチベンダ性の実現のため、OpenStack Tacker<sup>(3)</sup>プロジェクトを通じたオープンソースコミュニティ活動と並行した開発を進めています。さらに、NTTが保持するキャリアネットワーク運用のノウハウを活用し、RAN機能の実運用を想定した付加機能を実装してい

ます。

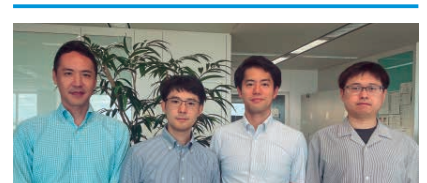
### おわりに

本稿では、RANを自律的に制御しインテリジェント化を実現するCF連携基盤技術を紹介しました。今回紹介した無線基地局のスリープとエリアカバレッジ制御によるネットワーク消費電力削減のほかにも、無線基地局パラメータ設計・設定の最適化・自動

化、ハンドオーバー用無線パラメータの最適化、AI/MLを活用したPMカウンタ異常値の検出などを実現しています。今後もさまざまな制御を実現する基盤としての活躍を期待しています。

### 参考文献

- (1) 水田・ウメシユ・中島・久野：“RAN仮想化(vRAN)に向けた取り組み,” NTT技術ジャーナル, Vol.34, No.9, pp.37-44, 2022.
- (2) 岩本・鈴木・小林：“通信断エリアの早期復旧のための粒子群最適化によるアンテナチャネル制御手法,” 信学技報, Vol. 121, No. 324, IN2021-24, pp. 1-6, 2022.
- (3) <https://wiki.openstack.org/wiki/Tacker>



(左から) 津野 昭彦 / 中島 求 / 高橋 謙輔 / 上野 真生

CF連携基盤技術は、O-RAN仕様に基づくSMOを具現化することで、RANを自律的に制御します。今回紹介するネットワーク消費電力削減、RANドメインのネットワークスライシングなど、RAN運用管理のインテリジェント化を実現する基盤として期待しています。

### ◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター  
ネットワークオペレーションプロジェクト  
E-mail [nttnic-pr@ntt.com](mailto:nttnic-pr@ntt.com)

# 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

ネットワークを流れるトラフィックは年々増加傾向にあり、ネットワーク機器の消費する電力の増加が問題になっています。本稿では、ネットワークのソフトウェア処理において、ソフトウェアの技術により省電力化に挑戦する研究開発の取り組みについて紹介します。

キーワード：#通信ソフトウェア、#省電力、#低遅延

ふじもと けい なとり こう  
**藤本 圭 / 名取 廣**  
 はらさわ ひかる おおたに いくお  
**原澤 輝 / 大谷 育生**  
 さいとう しょうご  
**斎藤 奨悟**

NTT ネットワークイノベーションセンター

特集

## ネットワーク機能のソフトウェア化と省電力

近年、専用ハードウェアで構成されてきたネットワーク装置を、汎用サーバ上にソフトウェアで構成する形態の普及が進んでいます。この実装方式は、NFV (Network Function Virtualization) と呼称されることが多く、NFVが普及した背景として、汎用CPU (Central Processing Unit) の性能向上や、通信機能のソフトウェア化技術や仮想化技術の進化の恩恵が挙げられます。NFVのメリットとして、量産された汎用サーバを使用することによりハードウェア機器の初期導入コストが安いこと、ハードウェアの回路設計等と比較してソフトウェアとして実装するため開発期間を短縮できること、動的に構成を変更させる等の柔軟な運用が可能であることなどが挙げら

れます。メリットが多い一方で、課題もあります。その1つが、高い性能の達成です。専用ハードウェアは、用途に応じて最適化した回路設計をするため、処理効率が高く、高い性能を達成できる傾向にあります。一方で、汎用サーバ上にソフトウェアで構成するNFVは、汎用化に伴う非効率性があるため、高い性能を達成するためには、さまざまな工夫が必要となります。その工夫として、例えばCPUを潤沢に稼働させることでパケットの到着を常時監視し即応性高く処理する、CPUが休止状態になることを抑制し休止からの復帰オーバーヘッドを抑制する等が挙げられますが、これらは、いずれも省電力性を犠牲にしています。一般に、高い性能と省電力性はトレードオフの関係にあるといえます。とりわけ、高いスループットや低遅延性が求められるシステムにおいて顕著です。高いスループット

や低遅延性が求められるシステムの具体的な例として、vRAN (virtual Radio Access Network) が挙げられます。

## ユースケースの紹介：vRAN

移動体通信ネットワークにおいて、広範なエリアへ通信サービスを提供するために、莫大な数の無線基地局が運用されています。基地局の主な役割としては、移動通信機器と無線で通信するための電波の送受信、および無線信号処理が挙げられます。この無線基地局には、高いスループットと非常に厳しい遅延要件が求められます。そのため、従来は無線基地局に最適化された専用ハードウェアが利用されてきました。近年、前述したNFVのメリットを享受するために、汎用サーバ上にソフトウェアで構成するvRANの検討が進んでいます。図1は

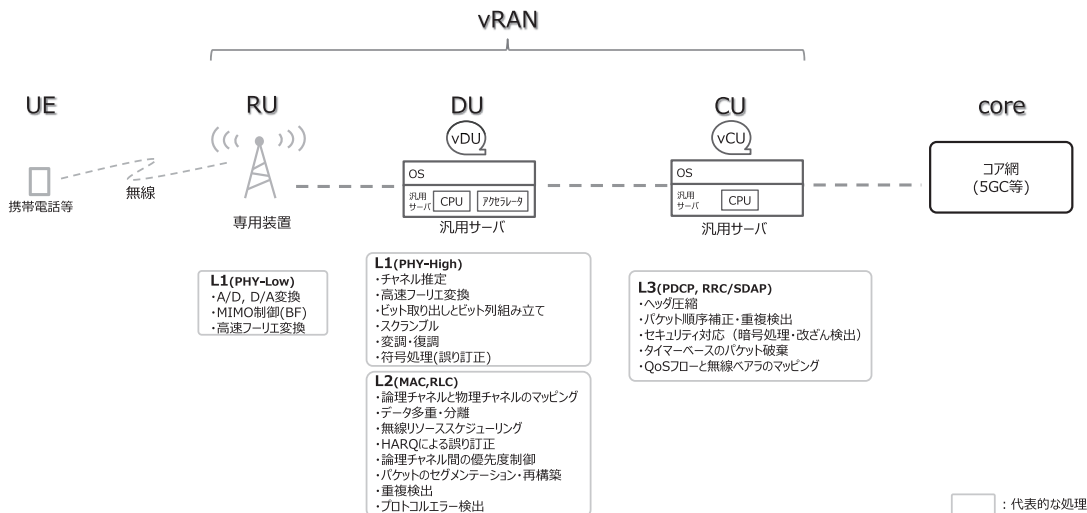


図1 vRANのシステム構成例

vRANのシステム構成例です。RANは、RU (Radio Unit), DU (Distributed Unit), CU (Central Unit) の機能部から構成されますが、汎用サーバ上にソフトウェアで実装する形態の検討が進められているのは、無線信号処理を担うDUとCUの機能部です。vRANは携帯電話等の端末との間で無線信号の送受信を行います。無線リソースは周波数方向と時間方向に多重化されており、マイクロ秒オーダ程度の短い間隔のタイムスロットで電波のやり取りをします。このタイムスロットに遅れることなく、DUとCUは無線信号の処理を行う必要がありますので、マイクロ秒オーダの厳しい遅延要件が求められます。また、要求されるスループットについては、例えばRUとDU間のFrontHaulと呼ばれるインタフェースにおいて、O-RAN Alliance規定のSplit 7.2の機能配備では、20 Gbit/sを超える高いスループットが要求されます。マイクロ秒オーダの遅延要件を満たしつつ、20 Gbit/sを超えるスループットを達成する必要があります。これらの機能を汎用サーバ上にソフトウェアで構成することは、技術的難易度が高いといえます。例えば、OSとしてLinuxが広く普及していますが、Linux kernelに標準搭載されたパケットの送受信機構においては、数100マイクロ秒～ミリ秒オーダの遅延が発生する場合があります<sup>(1)</sup>、20 Gbit/sもの高いスループットを達成することは困難です。これに加えて、厳しい遅延要件やスループットを達成しつつ、省電力化を達成することはさらに技術的難易度が高いといえます。例えば、広く普及した汎用CPUには、処理するタスクがないときは、idle状態へ遷移する機能を持っている機種が多いのですが、深いidle状態へ遷移した後に復帰するまでに要する

オーバーヘッドとして、100マイクロ秒を超える時間を要する場合があります。安易にidle状態へ遷移してしまうと、遅延要件に適合しない可能性があります。このように、遅延要件・スループット・省電力を同時に成立させることは、挑戦的な取り組みといえます。

### ソフトウェア技術で省電力化を実現する省電力イネーブラー

NTTネットワークイノベーションセンタでは、厳しい遅延要件や高いスループットが求められるアプリケーションを対象に、ソフトウェア技術により省電力化を達成することを目標として、省電力イネーブラーPOSENA (Power Saving ENabler) の研究開発を進めています。省電力イネーブラーの概要を図2に示します。ソフトウェア処理において、負荷に応じた必要最小限のコンピューティングリソースで処理するように制御することをコンセプトにしており、特に低負荷時において大きな省電力効果を実現します。

省電力イネーブラーは、複数の技術から構成されており、アプリケーション・ミドルウェア・OS・仮想化ソフトウェア等へ省電力イネーブラーをadd-in\*することにより、有効化を行います。特に有望なユースケースとしては、厳しい遅延要件や高いスループットが求められるNFVアプリケーションである、vRAN, VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality), メディア処理、ルータ等の機能部への適用を想定しています。

本稿では、省電力イネーブラーの中から「省電力低遅延データ転送技術<sup>(2)</sup>」と「CPU idle考慮最適チューニング・制御技術<sup>(3)</sup>」

の2つの技術について、有望ユースケースであるvRANでの活用例を紹介します。

### 省電力低遅延データ転送技術

#### ■従来の高速低遅延なパケット送受信方法

広く普及したOSであるLinuxには、アプリケーション開発者が容易にパケットの送受信を行うプログラムを開発することができるように、パケットの送受信を実施する機能がLinux kernel内に搭載されています。このLinux kernel内のパケット送受信機能は、汎用性を指向した設計がなされています。例えばCPUコアを1つしか搭載していないコンピュータでも動作するように、パケットが到着したときにだけCPUリソースを一時的に使用してパケット受信処理を行います。具体的には、NIC(Network Interface Card)にパケットが到着した際に、パケットが到着したことをハードウェア割込によりLinux kernelへ通知します。Linux kernelは処理していたタスクを中断し、割込を契機にパケットの受信処理を行います。このようなパケットの受信方法は、割込方式と呼称されます。Linux kernelにおける割込方式によるパケット受信は、パケットを受信したときのみCPUリソースを使用するため、リソース使用効率が高く、CPUコアを1つしか搭載していても動作するため、汎用性が高い点で優れています。しかしながら、割込方式は、割込が発生すると処理中のタスクを中断し計算途中のデータを退避させる等のコンテキストスイッチによるオーバーヘッドがあります。また、Linux kernel内でパケット受信処理を行うと、kernel spaceからuser spaceへパケットデータをメモリコピーする必要がある等の理由で、大きな遅延が発生する場合があります。高いスループットを出しづらという欠点もあります。

そこで、NFVアプリケーションのように、低遅延や高いスループットが要求される場合には、Linux kernelが具備するネットワーク機能を利用せずに、kernelをバイ

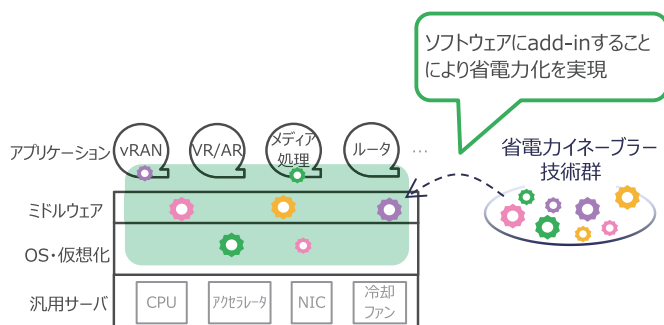


図2 省電力イネーブラーの概要

\* add-in: ソフトウェアに対し、パッチを当てる等の操作により、機能拡張を行うこと。

パスして、user spaceでパケット送受信処理を行う機構も存在します。例えば、オープンソースとして提供されているDPDK (Data Plane Development Kit)が挙げられます。DPDKは、user spaceにパケットの到着を監視するpolling threadと呼ばれるスレッドが常駐し、NICに到着するパケットを監視します。パケットの到着をCPUが常時稼働して監視するため、即応性高くパケットを受信することができます。このため、マイクロ秒オーダーの遅延要件と20 Gbit/sを超える高いスループットが求められるvRANシステムにおいても、DPDKが利用されることが多いです。しかしながら、このpolling方式は、低遅延や高スループットに優れる反面、パケットの到着がない間もpolling threadがCPUリソースを常時使用してパケットの到着を監視するため、CPU使用率が常時100%になり、消費電力が高くなる問題があります。その様子を図3(a)に例示します。

### ■高速低遅延と省電力を両立するパケット送受信方法

低遅延性や高スループットを達成しつつ、省電力も同時に達成するために、前述のpolling threadに対して、図3(b)に示すように、パケットの到着がない間はsleepさせる制御を行います。polling threadをsleepさせることにより、当該スレッドはCPUコアを常時100%使用する事態を避けることができるため、省電力化を実現することができます。しかしながら、安易に

polling threadをsleepさせてしまうと、sleepしている間に新しいパケットが到着した際、パケットの到着に気付くことができない問題が発生します。そのため、sleepしていても、即応性高くパケットの到着に気付くことができるように、あえてハードウェア割込を利用します。ハードウェア割込を発生させると、前述のとおり、割り込まれたスレッドは処理を中断しコンテキストスイッチのオーバーヘッドが発生してしまうため、低遅延性や高スループット達成に向けては問題が生じます。一方で、割り込まれた際に、当該スレッドがほかに処理をしていなければ、大きな問題にはなりません。この点に着目し、パケットの到着監視とパケット受信処理を除き、ほかの処理は実施しない専用のpolling threadを設け、パケットの到着がない間は当該スレッドをsleepさせることで、sleep時にパケットが到着してハードウェア割込が発行されても、何も処理をしていない状態で割込が発生する状況をつくり出すことができます。また、ハードウェア割込は、非常に優先度が高い処理であるため、ハードウェア割込ハンドラで重い処理を実施してしまうと、システム安定動作のためのCPUタイムが捻出できず、システムが不安定になる場合があります。これを避けるために、sleep時にパケットが到着した際にNICから発行されるハードウェア割込ハンドラにおいて、sleep中のpolling threadを起床させる処理のみに制限し、パケット受信処理は、ハー

ドウェア割込ハンドラではなく、polling threadのコンテキストで実施するようにします。このようにすることで、sleep中にパケットが到着しても、即応性高く起床しパケットの受信処理を実施できるようになります。

本技術の効果を評価するために、パケットの送受信を行う簡易的なソフトウェアスイッチへ実装し実験を行った結果、1つのpolling threadにつき、4.5 W程度の省電力効果を確認しました。sleepすることによる遅延時間の悪化は、わずか平均4~7マイクロ秒程度に抑えられていることを確認しました。また、本技術の実用性を確認するために、市中vRAN vDUプロダクトへ適用し実証実験を行い、無線信号処理に悪影響を与えずに、消費電力を削減できる効果があることを確認しました。

なお、システムに求められるスループットに依存しますが、1つのシステムに複数のpolling threadを具備する 경우가多く、省電力効果はpolling threadの数が増えるごとに大きくなります。また、このsleep制御の方法は、パケット送受信処理のネットワークI/O (Input/Output)のみならず、アクセラレータI/Oやプロセス間通信等にも活用が可能です。

### CPU idle考慮最適チューニング・制御技術

#### ■CPUの具備するハードウェア制御による省電力機構

広く使われているプロセッサであるCPUには、ハードウェア制御による省電力機構を具備した機種が多いです。例えば、処理すべきタスクがない間は、CPUの動作クロックを停止する、動作電圧を下げる、キャッシュ機能を無効化する等の制御を行い、省電力化を図ります。この機構はCPU idleやLPI (Low Power Idle)と呼ばれ、Intel製のCPUであればC-stateとも呼称されます。省電力化に向けては、CPU idleは大変有用な機能となりますが、一方で、CPUコアがidle状態へ遷移すると、active状態へ復帰するまでの時間が大きくなる傾向にあり、安易にCPU idle機能を使用すると、遅延要件やスループット要件を満たせない場合があります。そのため、

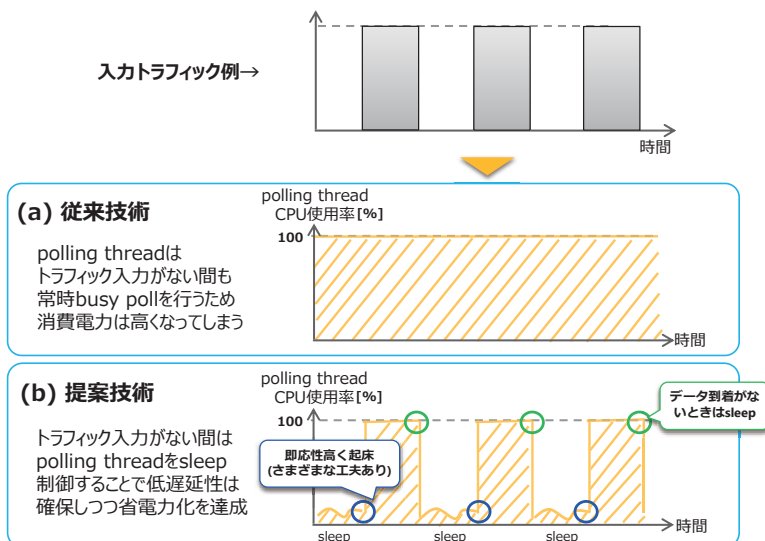


図3 polling threadによるCPU使用率の時間推移

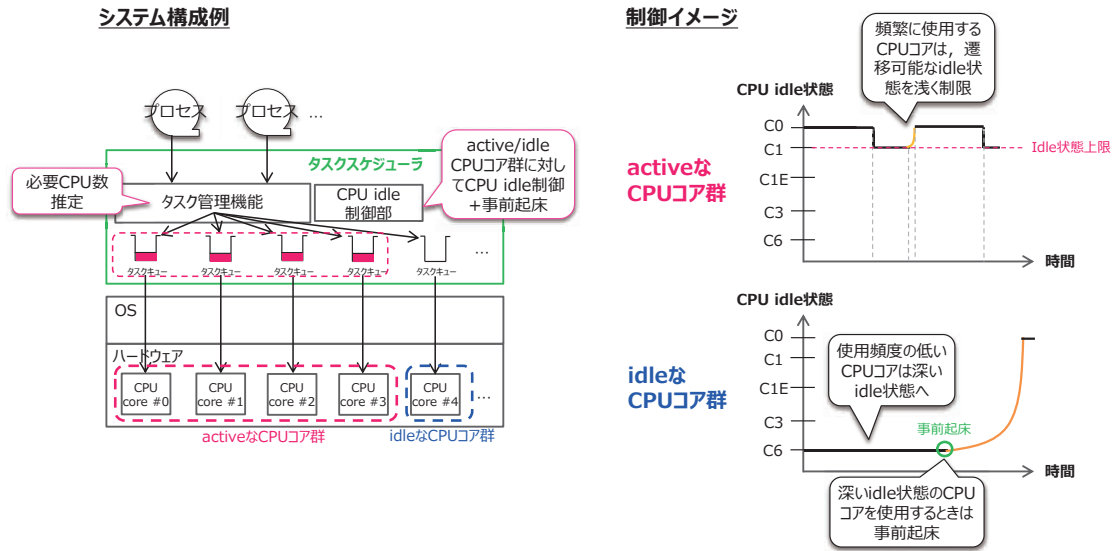


図4 CPU idle最適チューニング・制御技術の概要

厳しい遅延要件が求められる場合や、高いスループットが求められる場合においては、CPU idle機能を無効化する運用が行われます。

■低遅延・高スループットと省電力を両立するCPU idle制御

本技術は、CPUコアに対して、深いCPU idle状態まで遷移が可能な「idleなCPUコア群」と、遷移可能なCPU idle状態を浅く制限した「activeなCPUコア群」に色分けし、これらのCPUコアへのタスクの割当てを制御することにより、省電力を達成します。概要を図4に示します。activeなCPUコア群へ割り当てるタスクとしては、遅延要件が厳しいタスクや、高いスループットが求められるタスク、頻繁に処理が実行されるタスク等が望ましいといえます。対して、idleなCPUコア群へ割り当てるタスクとしては、遅延やスループットの要件が厳しくなく、処理が実行される頻度がまばらなタスク等が望ましいです。また、深いCPU idle状態へ遷移している状態のCPUコアに対してタスクを割り当てる際は、前述したとおり、active状態へ遷移するまでに大きな復帰時間を要するため、タスクを割り当てる前に、事前起床をさせる制御を行います。これにより、復帰時間の影響を受けず、深いCPU idle状態へ遷移させることによる、省電力効果の恩恵を享受することができます。

本技術の効果を評価するために、CPU idle機能を具備したCPUを搭載した汎用

サーバを使用し、本技術のプロトタイプを実装し評価を行った結果、サーバハードウェアに搭載されたCPUコア数や、処理するタスクの種別等にも依存して評価結果は変動しますが、1台のサーバにつき100Wを超える消費電力の削減効果を確認しました。また、本技術の実用性を確認するために、市中vRAN vDUプロダクトへ適用し実証実験を行い、無線信号処理に悪影響を与えずに、消費電力を削減できる効果があることを確認しました。

今後の展望

ネットワークを流れる通信トラフィックは、年々増加傾向にあります。これらの通信トラフィックを処理するためにネットワーク機器の負荷も大きくなります。そのため、技術革新がなければ、通信トラフィックの増加に伴い、消費電力も増加し続けてしまうこととなります。高い性能を達成しつつ大きく省電力化を達成することは喫緊の課題であり、早期に省電力化に向けた具体的な取り組みを進める必要があります。今後も、さらに効果の高い多くの省電力化技術を創出し、実用化を進めていきます。

■参考文献

(1) K. Fujimoto, M. Kaneko, K. Matsui, and M. Akutsu: "KBP: Kernel enhancements for low-latency networking for virtual machine and container without application customization," IEICE Transactions

on Communications, Vol.E105-B, No.5, pp.522-532, May 2022.  
 (2) K. Natori, K. Fujimoto, and A. Shiraga: "Low-Latency and Energy-Efficient Frame Forwarding for vRAN Traffic," NetSoft 2022, pp. 97-102, Milan, Italy, June 2022.  
 (3) K. Fujimoto, H. Harasawa, K. Natori, I. Otani, S. Saito, and A. Shiraga: "PWU: Pre-Wakeup for CPU Idle to Reduce Latency and Power Consumption," SoftCOM 2022, pp. 1-6, Split, Croatia, Sept. 2022.



(上段左から) 藤本 圭/ 名取 廣/ 原澤 輝  
 (下段左から) 大谷 育生/ 齋藤 奨悟

増え続ける通信トラフィックに対応するためにも、ネットワーク機器の省電力化は重要な課題です。省電力化を実現する革新的な技術の創出と実用化に向けて研究開発を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTネットワークイノベーションセンター  
 ネットワーク制御ソフトウェアプロジェクト  
 E-mail nttnic-pr @ ntt.com



## 主役登場

# 通信設備の省電力化に向けて

**藤本 圭** Kei Fujimoto

NTTネットワークイノベーションセンター  
担当課長



皆さんは「省電力」について、意識することはありますか。日常生活においては、電灯をこまめに消す、「省電力」と書かれた家電製品を購入するなど、積極的に「省電力」に取り組んでくださっている方も多いのではないのでしょうか。通信事業者においても、「省電力」は重要な要素です。

通信事業者は、全国にわたり広範囲に通信サービスを提供するために、膨大な数の通信設備を有しており、莫大な電力を消費しています。例えば、携帯電話の通信に欠かせない無線基地局を例に挙げると、総務省の統計によると、日本国では100万局を超える基地局が運用されています。あの巨大なアンテナを持つ100万局もの基地局が24時間休むことなく稼働し続けるのですから、電力消費は相当なものです。さらに、消費電力増加要因として、日本国の通信トラフィックは飛躍的な増加傾向にあり、2050年には現在の4000倍に達するという調査結果も報告されています。仮に予想どおりに通信量が4000倍になると、通信設備の消費電力はどのようになるのでしょうか。また、近年の動向として、AI（人工知能）の普及もめざましく、近い将来には、1人1台のAIコンシェルジュが付く時代も近いように思います。LLM（大規模言語モデル）の学習には、原子力発電所1基1時間分の電力を消費するという試算結果もあります。

では、通信トラフィックや演算量が増加すると、電力消費はどのような展望になるのか、プロセッサの仕組みから、ざっくり

と予測したいと思います。通信データの処理等に使用されるプロセッサはLSI（大規模集積回路）として構成されていますが、ムーアの法則によると、集積回路のトランジスタ数は「2年ごとに倍になる」と予測されています。また、デナード則によると、微細化に伴い単位面積当りの消費電力は変わりません。誤解を恐れずに分かりやすく書くと、プロセッサの性能は2倍になり消費電力は変わらないという夢のような話です。これまでは、こうしたプロセッサの技術革新の恩恵により、通信トラフィックが増えても、なんとか消費電力の増加に対応できたかもしれません。しかしながら、ムーアの法則は終焉を迎えつつあります。プロセッサ内のトランジスタのゲート長は、22 nm, 14 nm, 10 nm, 7 nmと微細化が進んでいますが、例えば5 nmというサイズは、原子25個分程度の長さしかなく、微細化による集積度向上にもいつかは限界が来ると考えられます。では、ムーアの法則が終焉を迎えた後、私たちは増え続ける計算量に対応するためにどのように対応すれば良いのでしょうか。その手段の1つが、プロセッサの数を増やして対応する方法です。しかし、この方法では、増え続ける計算量には対応できませんが、プロセッサが増えた分、消費電力も線形で増加してしまうため、大問題となります。最悪の場合、消費電力が4000倍という事態になりかねません。

こういった背景もあり、増え続ける通信トラフィックや演算量に対応するために、消費電力を抑制する技術の早期確立・実用

化が求められています。問題は差し迫っており、叡智を結集させ、地球規模で検討すべき課題です。これまでの常識を覆すような抜本的に計算の仕組みを変える研究や、電気から脱却し光への転換を行う研究など、さまざまなアプローチが考えられ、技術革新が期待されます。

私は、昔から「省電力」に興味があり、学生時代には趣味で、NAS（ネットワークに接続された記憶装置）のハードディスクの回転を極力止めて省電力化するために、ディスクへの書き込みを監視して眠りを妨げる処理を改変するなど、Linuxシステムを触って楽しく遊んでいました。省電力化に向けた検討として、こういった「小さなことからコツコツ」というアプローチも大切だと考えています。例えば、仮に基地局の電力消費を10 W抑制できたかすると、100万局分の基地局に換算すると、1年間で約8000万kWhの消費電力を削減できることとなります。日本の全太陽光発電設備1時間分の発電量に相当します。たった10 W/1台の削減でも、これだけの規模感の結果につながります。

将来、通信トラフィック量や演算量が増え続けた結果、「エネルギーが逼迫しているので、今は動画の視聴や、ネットゲーム等の娯楽は差し控えてください」といった、やりたいことを我慢しなければならない事態になることは避けたいところです。地球環境に優しく、私たちの暮らしを豊かにする通信サービスの提供に向けて、技術の創出・実用化に、取り組んでいきたいです。

# デジタル社会をドライブする NTTのセキュリティ

デジタル社会におけるサービスやインフラは、高度化するサイバー攻撃や内部不正に起因するリスクに対し、レジリエントであることが求められる。

NTTは、セキュリティはデジタルの“イネーブラー”だととらえ、これまで培った技術と経験を基に、医療、金融、モビリティ、都市開発まで、コネクティッドな社会の創出を牽引していく。本特集ではNTTのセキュリティビジネスについて紹介する。

## セキュリティはビジネスのイネーブラー ————— 34

セキュリティがビジネス活動においてどのような役割を果たすべきなのか、「必要不可欠性」と「有機的融合性」の2つの願いについて紹介する。

## 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 ———— 36

車をめぐってどのような脅威が存在し、それに対して自動車産業はどのような対策を進めようとしているのか、Japan Automotive ISACサポートセンター長と、NTTセキュリティ・ジャパン シニアコンサルタントの対談を紹介する。

## 車両SOCに関するNTTセキュリティ・ジャパンの取り組み ———— 40

NTTセキュリティ・ジャパンによる、車両を監視しサイバー攻撃を検知する車両SOC (Security Operation Center) に関する取り組みについて紹介する。



セキュリティ

コネクティッドカー

web3

個別化医療

スマートシティ

## 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—— 44

デジタルウォレット「scramberry WALLET」のセキュリティ対策の技術検討と運用における、NTT Digital, NTTセキュリティ・ジャパンの協創による、新たな取り組み等について紹介する。

## 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 48

NTTグループのセキュリティ技術を駆使して遺伝情報を守る、プレシジョンメディシンの社会実装への取り組みについて紹介する。

## 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 50

NTTアーバンソリューションズ/NTT都市開発とNTTアドバンステクノロジーが協力し、スマートビルに必要なセキュリティの重要性、および制御ネットワークにおけるセキュリティ対策を検討した背景やOTセキュリティの仕組み・効果について紹介する。

## 主役登場 小出 駿 NTTセキュリティ・ジャパン 55

生成AIが切り拓くフィッシング攻撃対策の未来



# セキュリティはビジネスのイネーブラー

デジタル経済の中でビジネスを成功に導くためには、セキュリティをIT利活用のブレーキ役と位置付けてはいけません。独自技術、製造能力、販売力、資金、人材などのビジネス成功要素と同列に位置付けることが大切です。また、セキュリティのオーナーシップをセキュリティ部門ではなくビジネス部門が持ち「パイ・オール、フォー・オール」の精神で取り組む必要があります。これによりセキュリティがビジネスのイネーブラーとしての役割を果たすことができます。

キーワード：#セキュリティ、#デジタル、#協創

よこはま しんいち  
横浜 信一

NTT グループCISO 兼  
NTTセキュリティ・ホールディングス  
代表取締役社長

## はじめに

「セキュリティはビジネスの『XX』である、という文の『XX』を埋めよ」というクイズがあった場合、皆さんはどのようにお答えになりますか。

セキュリティがビジネス活動においてどのような役割を果たすべきなのか、企業でセキュリティ業務に携わる方々であれば、誰もが思いをめぐらせるテーマではないでしょうか。口うるさく「セキュリティ、セキュリティ」というのでどうしても社内では煙たがられてしまう、そのくせ事故が起きなくて当たり前、何か事故が起きたら対応にたてこ舞いの忙しさに見舞われ、挙句の果てには責任を問われてしまう、そうした不遇(?)な境遇に置かれがちなセキュリティ部署に勤める方であれば、自分の仕事が会社のビジネスにとってどんな役割を果たしているのか、問いかけたくなるのは自然なことだと思います。

私がNTTグループのCISO（最高情報セキュリティ責任者）に着任したのは2018年の夏でしたが、自身もそれ以来6年以上にわたって、セキュリティとビジネスの関係について自問自答を繰り返してきました。しばしばいわれることとして、CIO（最高情報責任者）とCISOはITの利活用に際して立場が反対になるので、同じレポートラインに入らないほうがよいという考えがあります。CIOはIT利活用を推進する立場であり、それに対してCISOはセキュリティの観点からIT利活用に制限を加える立場に立つという考えです。この考えでは、CIOはIT利活用にアクセルを踏む人でCISOは

ブレーキ役、とも例えられます。

筆者はこの「CIOはアクセル役・CISOはブレーキ役」という考えに対して違和感がありました。ブレーキ役というのは、安全尊重の精神に立脚しながらあたかもビジネスの進化を遅らせる役回りではないか、本当にそうなのだろうかという「腹落ちしない」気分でした。では、ブレーキ役でなければ一体何なのか？ ずっと自分なりの答えを探してきました（図1）。

最近「ブレーキ役」ではなく「ガードレール役」という表現を聞くことが増えました。これは言い得て妙だと思っています。ブレーキだと車を減速させるばかりですが、ガードレールであれば車を減速させるのではなく、安全な走行ポジションに維持する役回りとなります。その意味で筆者は「ガードレール役」という表現は本質を突いた表現ではないかと気に入っています。

ただ、もう一步考えを進めると、ガードレールの設置の仕方は、車がいつまでどこに行きたいのか、そのためにどれくらいのスピードで走りたいのか、もっといえば

どれくらいのリスクは許容できるのか、といった車の運転の目的によって異なるものではないでしょうか。これは非常に重要なポイントです。私たちが日頃車を運転して目にするガードレールはどこも同じように見えますが、それは公道上で自動車を運転するうえでの安全を確保するために社会として共通な安全の範囲を示したものです。

実際のビジネスを考えると、そのビジネスで達成したい目的・目標に応じて確保したい安全の幅も異なることが考えられます。公道での自動車運転とは異なって、専用コースで設置するガードレールでは運転の目的・内容によって最適が異なって然るべきではないでしょうか。あくまで例え話ですが、病院の手術オペレーションを管理する「ガードレール」ではたとえ短時間であっても停止することが患者の生命にかかわる可能性がありますので、いわゆる可用性を非常に高く保つ必要があると思われます。一方、オフィスの空調設備をコントロールする「ガードレール」にはそこまでの可用



図1 CIOはアクセル役・CISOはブレーキ役

性は求められません。つまり、ガードレールはそれぞれのビジネスで達成したい目的に応じて柔軟に可変であることが望ましいと考えます。

では、ビジネスの目的に応じて柔軟に可変なガードレールとは一体どのようなものでしょうか？ そこでたどり着いたのが「イネーブラー」という考えです。イネーブラーは英語のenable（可能とする）という動詞から派生した言葉で「実現を可能にしてくれるもの」という意味を持ちます。「セキュリティはビジネスの実現を可能にしてくれるもの」という意味になります。

ただ、私は2つの思いを込めて「イネーブラー」、すなわち「ビジネスの実現を可能にしてくれるもの」という言葉を使うようにしています。次に、その2つの思いを紹介합니다。

### 必要不可欠性

1つは「必要不可欠性」です。ビジネスの実現・成功においてはさまざまな要素が必要になりますが、その中の一要素としてセキュリティは「必要不可欠」になりつつあります。そもそもビジネスにおいて大切な要素は何でしょうか。独自技術、製造能力、販売力、ブランド、資金、人材、パートナーなど、さまざまな要素がビジネスの成功には重要な役割を果たします。実際のビジネスはこうしたさまざまな要素がすべて織り込まれて市場・お客さまに対する価値となって成功へとつながっていきます。どれ1つとってもそれがないと成功はおぼつかず、すべてが大事です。その意味ではすべてが「必要不可欠」といってよいでしょう。

筆者が「セキュリティはビジネスのイネーブラー」という言葉で提案したいのは、セキュリティにも他の重要要素と同格の位置付けを与えましょう、ということです。これまで、ビジネスの開始・立ち上げ時など大事な意思決定の際に、他の要素が重要視され、セキュリティは優先度が下げられたり、対応が後回しにされたりしてしまうケースが多かったのではないのでしょうか。

しかし、いったんセキュリティ・インシデントが起きると、思いのほか大きなダメージを引き起こしてしまう可能性が高まって

います。社会のデジタル化が進展するにつれ、セキュリティ・インシデントのダメージがこれまでの常識を覆すくらい大きなものになる可能性が急速に高まり、実際にそうした事例が発生しています。セキュリティリスクの過小評価がもたらすリスクは急速に高まっているのです。

何が何でもセキュリティが大事で、すべてに優先させるべき、というセキュリティ至上主義を訴えているわけではなく、得てして忘れられがちなセキュリティについても、他の重要要素と同格の扱いをしましょう、ということです。

### 有機的融合性

もう1つの思いは「有機的融合性」です。セキュリティは技術的専門性が高いイメージがあり、専門家に任せがちになります。実ビジネスの現場では、企画・開発・運用などの中身がおおむね固まったところで呼び出されて「セキュリティ面で大丈夫か確認してほしい」と頼まれるケースが多くないでしょうか。

このようなセキュリティを特殊扱いするアプローチでは真に意味のあるセキュリティを実現するのは困難です。なぜならば、セキュリティは事後チェックのツールとしてしか役割を果たしていないからです。

筆者が「イネーブラー」という言葉で提案したいのはセキュリティを特別扱いせず、ビジネス活動の最初から最後まで、仲間として取り込みましょう、ということです。そこでは、いわゆるセキュリティのオーナーシップは「情報セキュリティ部門」がとるのではなく、ビジネスの現場に帰属することになります。いわば「セキュリティ・バイ・オール、セキュリティ・フォー・オール」です。そうなることで、セキュリティはビ

必要不可欠性

イネーブラー

有機的融合性

図2 イネーブラーとは

ジネスの活動すべてに溶け込んだ存在になり、結果としてビジネスそのものがセキュアで靱性の高いものになっていきます。

「セキュリティはビジネスのイネーブラー」という本稿のタイトルには、セキュリティとビジネスの関係が「必要不可欠性」と「有機的融合性」を持つものになってほしいという私の願いを込めています(図2)。

### おわりに

本特集では、自動車、web3とブロックチェーン、バイオデータ活用、スマートビル、フィッシング対策を事例として取り上げて、セキュリティがビジネスに果たしている役割を紹介します。その中からも「必要不可欠性」と「有機的融合性」の2つを読み取っていただくと幸いです。



横浜 信一

セキュリティ確保に奮闘する担当者を労いましょう。「ご苦労様」に加えて「おかげでビジネスが順調に進んでるよ」といった価値を認める一言がとて大きな励みになります。そしてそれが会社のカルチャーになっていきます。



# 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

今やサイバーセキュリティは、ありとあらゆる領域に関連するトピックとなっています。日々の暮らしや経済活動に欠かせない「車」も例外ではありません。今、車をめぐってどのような脅威が存在し、それに対して自動車産業はどのような対策を進めようとしているのかを、Japan Automotive ISAC (アイザック) サポートセンター長と、NTTセキュリティ・ジャパン シニアコンサルタントの対談を通して紐解いていきます。

キーワード：#自動車産業サイバーセキュリティガイドライン、#サプライチェーン攻撃、#J-Auto-ISAC

## 自動車産業は100年に一度の変革期 脅威の高まりという課題も浮上

高橋：現在、自動車産業は100年に一度の変革期を迎えているといわれています。具体的にはどのようなトレンドが起きているのでしょうか。

中島：皆さんもどこかで「空飛ぶクルマ」の話題を聞いたことがあると思います。2025年に控える大阪・関西万博では、新たなモビリティとして日本のスカイドライブ社をはじめ国内外の企業が空飛ぶクルマを運航し、その後の商用化も見据えられています。また地上を走る車に関しても、日本各地で自動運転の実証実験が行われています。海外ではすでにAlphabet傘下のWAYMOがロボットタクシーの提供を開始するなど、いよいよ実用化の段階に入ってきました。

車そのものの進化は、自動車産業にも変革を迫っています。これまで自動車産業は「製造業」、つまり工場で作って販売するというビジネスモデルに立脚してきました。これからは、自動運転をはじめとした新たな付加価値を提供するモビリティビジネスへの転換が求められています。これが100年に一度の大変革期といわれるゆえんです。

高橋：未来のクルマには、どのような特徴があるのでしょうか。

中島：Connectivity, Autonomous, Shared Service, そしてElectricの4つが変革のキーワードで、頭文字を取って

「CASE革命」とも呼ばれています。

まずConnectivityですが、これからの車は、道路や信号、他の車、あるいはクラウドサービスなどさまざまなものにつながっていくコネクティッドカーとなります。Autonomousとは文字どおり自動運転を意味します。Shared Serviceとは、カーシェアやライドシェアといった新たなサービスで、所有から共有への移行を意味します。最後のElectricは、電動化のことです。「電気自動車への変換」というのは誤解です。これまでの車は、ハンドルやタイヤ、ブレーキといったコンポーネントは、歯車やワイヤーといった物理的な仕組みで制御されていました。

しかし今では、こうしたコンポーネントはCAN (Controller Area Network) やイーサネットなどの車載ネットワークを介して、走る、曲がる、止まるをECU (Electronic Control Unit) によって制御しています。ECUは車1台当たり平均で30個、高級車では100個以上も搭載されるようになっています。

これにより、つながる車、先進運転支援システム、そして自動運転といった技術面での大きな進化を遂げつつあります。一方で新たな懸念も生じています。具体的にはハッキングのリスクです。2013年のトヨタ・プリウスとフォード・エスケープに対するハッキングのデモを皮切りに、これまで複数の研究者によって自動車を対象にしたさまざまなハッキング手法が報告されてきました。現実には、ハッキングに起因する重

なかじま かずき<sup>†1</sup>  
**中島 一樹**<sup>†1</sup>  
たかはし ひでゆき<sup>†2</sup>  
**高橋 秀行**<sup>†2</sup>

Japan Automotive ISAC サポートセンターセンター長<sup>†1</sup>  
NTTセキュリティ・ジャパン<sup>†2</sup>

大事故は起きていませんが、脅威は近づいているといっているのでしょうか。

## サイバーリスク

高橋：車そのものに対するリスクに加え、自動車業界そのものもリスクにさらされていますね。残念ながら、国内の主要自動車メーカーですら、マルウェア感染による工場の操業停止を余儀なくされる事態を経験しています。とりわけ、メーカーそのものが侵入されたのではなく、サプライチェーンを構成する取引先や海外拠点がまず侵害を受け、その余波を受けて生産が止まってしまう事態になっていることは、最近の特徴だと考えています。

実は、こうした問題は自動車業界に限りません。2023年には、大阪の病院がランサムウェアの被害に遭いました。病院食を納入している給食事業者のVPN (Virtual Private Network) 装置に残っていた脆弱性が悪用され、リモート接続回線を通してランサムウェアに感染してしまったことが報告されています。このように、取引先、サプライチェーンを経由して侵入され、ランサムウェアに感染する事例が相次いでいます。いくら自社のシステムを固めていても、取引先やサプライチェーンに「穴」があり得る以上、どこから攻撃されても不思議ではありません。

深刻なのは、事業継続に重大な影響を及ぼしてしまうことです。ランサムウェアはシステムやデータを暗号化し、「元に戻し

てほしければ金銭を支払え」と身代金（ランサム）を要求してくることから名付けられました。この身代金はもちろんですが、企業にとってダメージが大きいのは、事業を支える生産システムや営業システム、病院であれば電子カルテシステム、あるいはメールなどのコミュニケーションシステムが暗号化されてしまい、仕事ができなくなってしまうことです。数日から数週間、場合によっては数か月にわたって開店休業状態になってしまいます。

加えて、システムを暗号化する前にデータを盗み出し、ダークウェブなどで公開するぞと脅したり、DDoS（Distributed Denial of Service）攻撃を行ったり、さまざまな手口が報告されています。背に腹は代えられないと身代金を支払ったとしても、相手は「犯罪者」です。身代金の増額やおかわりを要求してくることもあります。また、警察庁などの調査では、身代金を支払っても復旧できないケースは珍しくありません。

背景には、サイバー攻撃の組織化があります。かつては、攻撃者が自らランサムウェアを開発し、ばらまいて金銭を要求するケースもあったようですが、今やそうした方法は稀です。マルウェアそのものを開発し、サービスとして提供する「Ransomware as a Service」に加え、脆弱なVPN機器やID・パスワードなどのアカウント情報を提供し、企業に侵入する糸口を用意する「インシナルアクセスブローカー」、そうした情報や攻撃によって詐取された情報を売買するダークウェブやリークサイトの運営者など、複数のプレイヤーが存在し、それぞれがランサムウェア攻撃をビジネスとして展開しています。

金銭を目的としたこうした組織的なサイバー犯罪者に加え、国家や軍といった後ろ盾を持つ高度な攻撃も横行しています。しかも近年では、サイバー犯罪者と国家支援型の攻撃の間にも重なりがみられるという調査もあります。私たちは今、こうした時代の中にあるのです。

中島：こうした状況を踏まえ、世界経済フォーラムでは国際紛争や自然災害と並んで「サイバーリスク」を主要なグローバルリスクととらえていますね。

高橋さんもおっしゃったように、一口に

サイバー攻撃といっても、いくつかの主体があります。まず国の組織として活動するサイバー軍があり、そこに政府の金銭的支援を受けるハッカー集団、それ以外のサイバー犯罪者などです。攻撃者の活動に多額の国家予算が付いている以上、サイバー攻撃がゼロになることはないでしょう。

一方、攻撃対象となるプログラムの脆弱性は残念ながら増え続け、連日のように報告されています。ITシステムを構成するOSやミドルウェアに関しても相当数がありますが、コネクティッドカーが搭載するソフトウェアのコード行数は、スマートフォンの数十倍になっており、なお増え続けています。おそらくコネクティッドカーに関係する脆弱性も増え続けていくでしょう。

サイバー攻撃者は、こうした「弱いところ」があれば、すかさず狙ってきます。コネクティッドカーのセキュリティを確保するには、車の設計、製造、さらには販売された後のメンテナンス時のソフトウェアアップデートに至るすべてのフェーズで取り組む必要があると考えます。

もう一つ、巨大なピラミッド構造で構成される自動車業界として留意すべきリスクがサプライチェーン攻撃です。日本の企業の99.5%は中小企業であり、予算や人材などに十分なリソースを割けないのが実情です。結果として、日本では他国に比べて、取引先企業を踏み台にしたサイバー攻撃による被害が多くなっています。こうした状況を変えていくには、中堅規模以下の組織のセキュリティレベルを底上げしていくことが喫緊の課題であると考えられています。

### 共助による業界全体のセキュリティ対策底上げをめざす 外部の目も活かしリスクベースで即効性のある対策を

高橋：こうしたサイバーリスクに対し、具体的にはどんなアプローチが有効だとお考えですか。

中島：私は大きく3つのアプローチがあると思います。

1番目は自組織単体で対応する「自助」です。セキュリティ人材は質・量ともに不足している一方で、攻撃側は高度化、多様化、自動化が進んでおり、圧倒的に攻撃者

優位な状況です。

すでに自助だけで十分な対策を行うのは現実的ではないと考えています。

2番目は政府・公的機関による「公助」です。サイバー空間は国単位で管理されているのが実態です。中国でGoogle検索やLINEが使えなかった経験をされた方も多いと思います。サイバー空間は陸、海、空、宇宙に続く第五の国際紛争領域といわれ、各国がサイバー部隊を増強していますが、我が国は周辺国に比べて多勢に無勢の状況で、公助のみに依存するのは難しい状況です。

となると重要な取り組みは3番目の「共助」です。企業や組織どうしが集まり、互いに知見を高め合いながら業界全体でサイバーセキュリティを守っていく取り組みです。

我が国には、重要インフラ分野において官民連携で取り組むCEPTOARという組織や、組織内でセキュリティインシデントの初動対応に取り組む産官学の「CSIRT」が連携する日本シーサート協議会、そして、業界として取り組むISAC（Information Sharing and Analysis Center）があります（図1）。

私たち自動車産業は、OEM（メーカー）からティア1、ティア2……と、数十万社による多階層の巨大ピラミッド構造となっており、サプライチェーンの裾野の広さが特徴です。そこでコネクティッドカーのサイバーセキュリティを守ることを目的に、2021年2月、自動車メーカー14社と主要サプライヤー21社が発起人となって「Japan Automotive ISAC」（通称：J-Auto-ISAC）を設立し、共助の枠組みを整備しています。

またICT-ISACなど他の業界のISACとも定例会を開き、連携強化を進めているほか、米国のAuto-ISACとも連携しています。

高橋：自動車業界は、共助の取り組みが進んでいますね。J-Auto-ISACもそうですが、日本自動車工業会と日本自動車部品工業会では2020年3月に共同で「サイバーセキュリティガイドライン」を公開し、自動車産業全体のセキュリティの底上げに取り組んできました。個社がバラバラにセキュリティ対策を求めるのではなく、自動車産業として標準的にめざすべき項目をまとめたもの

です。

2024年8月28日には最新版であるv2.2が公開されています。自動車産業は、中島さんがおっしゃったようにピラミッド構造となっていますが、業界内での役割・立場や企業規模に応じて3つのレベルを設定し、レベルごとに満たすべき事柄が示されています。ガイドラインとともに「自動車産業セキュリティチェックシート」が用意されており、2025年3月末までに各社が達成することをめざすという、実践的な取り組みです。

例えば「情報セキュリティ事件・事故発生時の対応体制と責任と役割を明確化している」という項目があります。文字にするとは単純ですが、具体的には、情報セキュリティ統括役員が任命され、その役割や責任が明確化されているか、さらに情報セキュリティ部署が設置され、役割や責任が明確化されているか、セキュリティ事故が発生した際の連絡ルートやフローは整備されているか……といったさまざまな事柄が要求されています(図2)。

このガイドラインを受けて、「何から始めればよいのか分からない」「難しくてよく分からない」、そして「どこまでやればよいのか分からない」と悩む声もお聞きしています。これに対して私たちが専門的な

立場からアドバイスしたいのは、「自社の現状、リスクを正しく把握すること」、そのうえで優先順位を付け、「リスクに対して即効性のある対策から実施していくこと」です。

私たちが健康を保つには、闇雲に薬を飲んで意味はなく、かえって害となりかねません。定期的に健康診断を行い、問題があればより詳しく検査し、適切な治療を行い、きちんと回復しているか、悪化しないかと経過を観察しながら完治をめざし、場合によってはリハビリによってより身体を正常な状態に近づけていきます。

サイバーセキュリティも同様です。自社の現状やリスクを把握したうえで必要な対策を取り、その後も監視を続け、再発防止やレジリエンス強化に向けた新たな手を打っていくことが重要です。その意味で、最初の診断はとても重要です。専門家によるヒアリングのほか、ツールを用いたスキャンなどによるシステム診断はもちろん、物理的な施策や社員のリテラシー、管理体制などを総合的に把握することが重要です。

ただ、いきなりすべてを行う必要はありませんし、そんなリソースもないでしょう。健康診断的なものをめざすのであれば、まずは専門知識を持つ第三者によるリスクアセスメントからスタートすることをお勧め

しています。

また、外部の攻撃者目線で自社がどのように見えているかを評価し、設定ミスや放置された脆弱性などを発見する「Attack Surface Management (ASM)」のようなシステム診断も重要です。攻撃者は、どこが弱いところがないかを偵察し、攻撃してきます。ですので、攻撃者目線で脆弱なところがないかを確認するだけでも、健康診断としては非常に有効です。

もう一つお伝えしたいポイントが、即効性のある対策から実施していくことです。あれもこれも、すべての対策を一気に実施することは非現実的です。リスクベースで、つまり「現時点でもっとも自分たちにとって脅威となるもの」に対して手を打っていくことが効果的です。

自動車産業において今何がもっとも脅威かという、やはり、サプライチェーンを狙ったランサムウェア攻撃でしょう。残念ながら、サプライチェーンの対策ができていない企業が64%以上あるという調査結果もあります。そこで、VPN機器の脆弱性から侵入されるケースが多いことを踏まえ、その脆弱性対策を実施するほか、リモートアクセス時の認証強化、そして、それでも被害に遭う可能性はゼロにはできないことを前提にバックアップを取得するといった

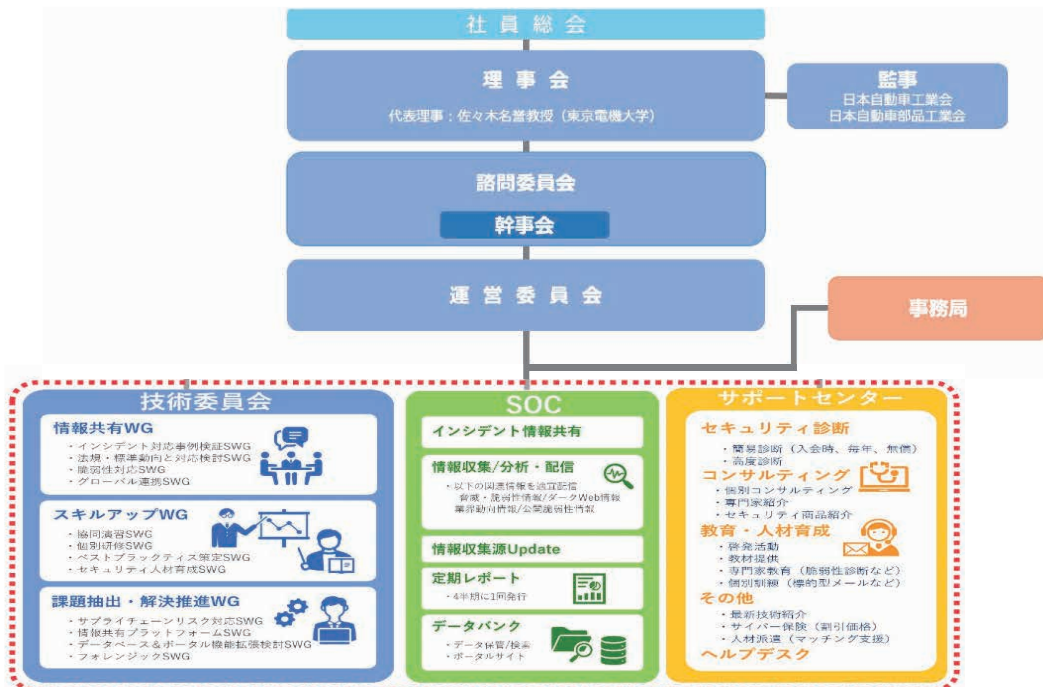


図1 一般社団法人Japan Automotive ISAC概要

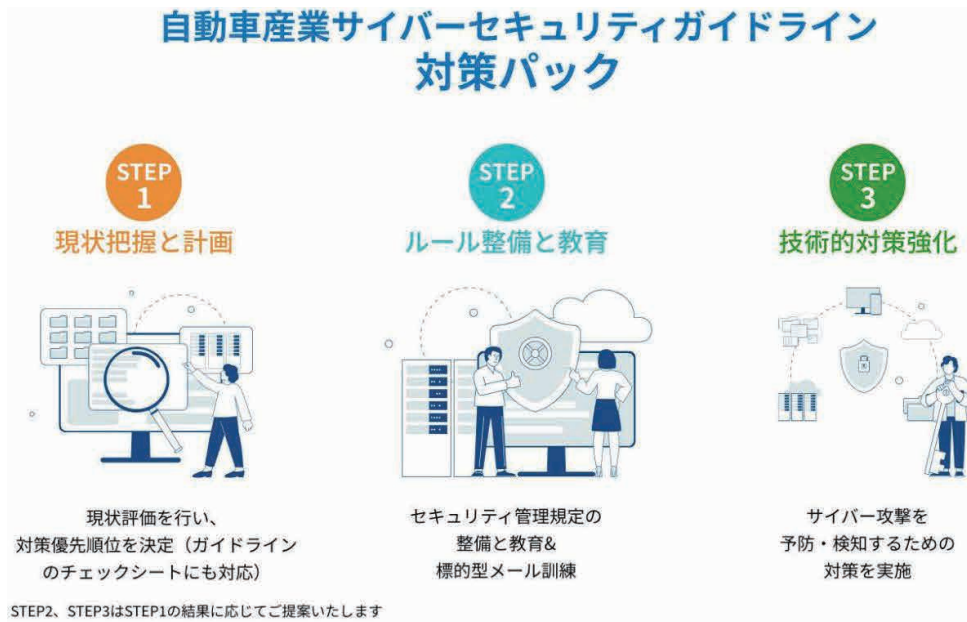


図2 自動車産業サイバーセキュリティガイドライン対策パック

対策が必要だと考えられます。

人や組織の対策も欠かせません。ガイドラインに含まれる項目のうち、技術的な対策は全体の4分の1程度です。ルールや運用、人に対する教育のほうが大きな割合を占めています。社員全体に対するリテラシー教育はもちろん、運用に携わるセキュリティエンジニアの育成は大きな課題です。セキュリティ教育やメール訓練等を提供するサービスや教育プラットフォームも登場していますので、それらの活用も検討すべきでしょう。

中島：J-Auto-ISACではこうした動きも視野に入れつつ、主に3つの組織を中心にさまざまな活動を展開してきました。

まず、技術委員会では、自動車メーカー、サプライヤー、セキュリティの専門家が一体となってワーキンググループを設置し、サプライチェーンリスクやSBOM（Software Bill of Materials）といった業界共通の課題に取り組んでいます。

2番目のSOC（Security Operation Center）は、一般的なSOCとは異なります。一般的にSOCは、監視して攻撃を検知することが主なミッションですが、J-Auto-ISACのSOCは主に脅威情報や脆弱性情報の収集・分析・管理を行っています。日々報告される大量の脆弱性情報をAI（人工知能）で車に関するものにフィルタリングし、さらに専任のアナリストの目で精査して特

に重要なものについては解説を加えて会員に提供しています。自社で脆弱性情報の解析を行うとなると多額の費用と多くの人的リソース、さらに専門的な知見が必要となりますが、それを肩代わりするかたちです。

3番目のサポートセンターは、業界全体のセキュリティレベルの底上げに取り組んでいます。ISAC内では他社のインシデント情報などの機密情報を共有しますから、一定のセキュリティレベルを担保することを目的に、入会時に加え、定期的に会員組織のサイバーセキュリティ診断を実施しています。まさに、高橋さんのおっしゃった健康診断にあたるものです。

自動車産業は大きな変革に直面していますが、その歩みがセキュリティ面での問題によって阻害されてはなりません。自動車産業にかかわってきた方、そしてこれからモビリティビジネスへの参入を検討されている方々には、ぜひJ-Auto-ISACへの参画をご検討いただきたいと思います。

高橋：ぜひ共助の取り組みを進めていきたいですね。

もう1つ、最後にお伝えしておきたいことがあります。それは「経営者を巻き込もう」ということです。サイバー攻撃がたびたび報道される中、対策を強化したくても「そこはIT部門でうまくやっておいてね」と、丸投げに近い状態で指示だけをされて、苦労されている方も少なくないと思いますが、

今や、経済産業省/情報処理推進機構（IPA）の「サイバーセキュリティ経営ガイドライン」にも示されているとおり、サイバーセキュリティは経営課題です。

経営者にセキュリティを自分事としてとらえてもらうためには、やはり「自社の状況」を正確に、分かりやすく伝えていくことが不可欠だと思います。「自動車産業セキュリティチェックシート」の結果を示し「同業他社に比べてこれだけ低い位置にあり、不合格です」と伝えるのも1つの手でしょうし、外部の専門家にアドバイスを求めるのも良いかもしれません。まずは自社の状況をはっきり伝えて経営者を巻き込み、そのうえで自助、共助、公助の取り組みを進めていくことが、安全なモビリティの実現に不可欠だと考えます。



（左から）中島 和樹/高橋 秀行

本稿で紹介した内容や、取り組み内容に関して興味がある方は、お問い合わせください。

#### ◆問い合わせ先

NTTセキュリティ・ジャパン  
営業本部 マーケティング部  
E-mail nsj-pr@security.ntt



# 車両SOCに関するNTTセキュリティ・ジャパンの取り組み

コネクティッド技術の進化やさまざまなモビリティサービスの誕生・拡大を背景に、車両がサイバー攻撃の脅威にさらされるリスクが高まっており、それを受けてレギュレーションの制定もされています。これらに対応するため、車両を監視しサイバー攻撃を検知する車両SOC (Security Operation Center) のニーズが高まっています。本稿では、NTTセキュリティ・ジャパンによる車両SOCに関する取り組みについて紹介します。

キーワード：#車両SOC, #コネクティッドカー, #セキュリティ

これとう ひろき

是洞 博紀

NTTセキュリティ・ジャパン

## 車両SOCとは

SOC (Security Operation Center) とは、監視対象に対するサイバー攻撃を検知し、通知し、サイバー攻撃への対応を支援する組織のことです。SOCの主な監視対象は企業のIT環境ですが、通常のIT環境とは異なる車両を監視対象とするものを車両SOC、もしくはVSOC (Vehicle SOC) と呼びます。車両SOCは、車両に搭載されたセキュリティセンサのログ、OEM (Original Equipment Manufacture: 自動車製造者) の車両向けサービス基盤における各種ログ、および車両ネットワークポロジリーなどの監視対象の車両の情報を用いて分析を行い、車両に対するサイバー攻撃を検知し、通知します。車両SOCの想定顧客としては、OEMのほか、車載電子制御機器や部品の製造者などのサプライヤ、カーシェアなどのMaaS (Mobility as a Service) プロバイダ、タクシーなどのFleet事業者、自家用車のユーザ、保険会社などが挙げられます。

## 車両SOCが求められる背景

車両SOCが求められる背景には、車両がサイバー攻撃の脅威にさらされるリスクの高まりと、それらを背景とするレギュレーションの制定があります。

コネクティッド技術の進化や多様化するお客さまニーズを背景に、自動車のデータ

を活用したモビリティサービスが次々と誕生・拡大しています。これらのサービスには、OEMが提供するもの、OEM以外のサードパーティが提供するものがあり、さまざまなIoT (Internet of Things) 機器と同様に車両もインターネットにつながるようになってきました。利便性が増す反面、サイバー攻撃の脅威にさらされるリスクも高まっています。

車両に対するサイバー攻撃の脅威の例としては、トヨタ自動車のプリウスなどを例に専門家がハッキング手法を披露 (2013年)、専門家がJeepのハッキング可能な脆弱性を発表 (2015年)、テスラModel Sのキーレスエントリーシステムをハッキングし盗み出す様子を捉えた監視カメラ映像の公開 (2018年)、などがあります。このうち、2015年のJeepの事例では、サイバーセキュリティの専門家がFCA社の無線通信サービス「Uconnect」を介してJeep CherokeeのECU (Electronic Control Unit: 車両のシステムを制御する装置) を攻撃することで、エンジンやステアリング、ワイパーを自在に操れる脆弱性を発表したことを受け、FCA社がリコールを実施しました。すでに市場にある車両に対して攻撃可能なことを示す事例になります。企業の株主に大きな影響が生じる事態となり、業界全体が本格的にセキュリティ対策に乗り出す契機になりました。

こうしたリスクの高まりを背景に、世界規模でレギュレーションが制定されています。国連が発行したサイバーセキュリティ

マネジメントシステムに関するUNR-155、ソフトウェア更新に関するUNR-156に基づき、日本を含む加盟各国にてサイバーセキュリティ対策が義務化されてきています。図1に示すとおり、UNR-155ではCSMS (Control Systems Security Management Systems) の導入や、車両型式要件として車両に対するサイバー攻撃の監視等が求められています。

ここで述べた車両に対するサイバー攻撃の脅威の高まりと法規対応が、自動車製造者やサプライヤが車両SOCを導入する主な動機となっています。

## 車両SOCのサービス企画

車両SOCのニーズにこたえるために、NTTセキュリティ・ジャパンはNTTコミュニケーションズの車両向けセキュリティ監視サービスの提供に向けた取り組みに貢献しています。

このサービスでは、①車両に搭載されたセキュリティ機器から出力されるログやコネクティッドサーバとの通信ログによる車両の監視とサイバー攻撃の検知、およびサイバー攻撃の動向や実際に車両へ行われた攻撃内容を把握することによる高度化・巧妙化する攻撃への対応、②サイバー脅威の分析結果および復旧対応に資する情報のお客さまへの提供、③グローバル規模での安定した車両セキュリティ監視、をめざしています。



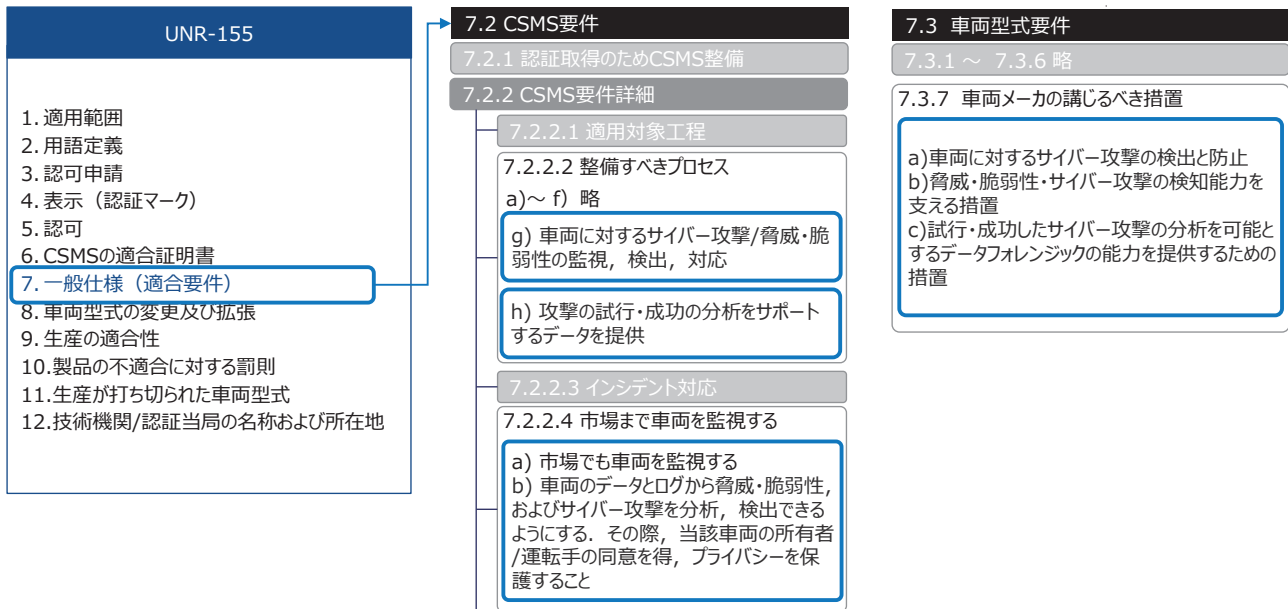


図1 UNR-155 サイバー攻撃の監視等に関する要件概要

## 車両SOCサービスに対する貢献

車両SOCとIT向けSOC（ITSOC）には類似点があります。NTTセキュリティ・ジャパンが長年培ってきたITSOC提供事業者としての知見とノウハウが，車両向け監視サービスの開発と提供に大きく貢献すると考えています。

攻撃検知の知見と高度な技術（分析基盤），人材（分析官）は代表的なものです。サービスの継続的な提供にはさまざまな役割の要員が必要です。そして，それぞれの役割の要員がサービス提供を継続するための業務プロセスがあります。例示すると，顧客から受領するログを分析し攻撃検知結果を通知する業務，顧客に提供したレポートに対する問合せに対応する業務，サービス提供の分析基盤の稼働状況を監視し安定運用をする業務，SOCが発見した脅威やインシデントへの対応業務，分析基盤の高度化や改善を行う業務，分析基盤の保守・

運用業務，顧客への各種通知・問合せ受付業務，などです。これらは車両SOCとITSOCに共通で必要です。

NTTセキュリティ・ジャパンはITSOCのサービスを20年以上提供してきた実績に裏付けされたSOC業務に関する知見とノウハウがあり，サービス開発における業務，プロセス，および体制策定の中心的役割を担っています。

これらに対応する人材の観点では，ITSOCの開発と提供の知見，技術を持つ人材が数多く在籍しています。車両への攻撃の検知に活用できる脅威情報，攻撃検知手法，攻撃手口や攻撃者の行動，ソフトウェアやネットワークの技術，計算機科学・通信技術，マルウェア解析能力，高度な脅威検知システムの開発・構築能力，企業やOT（Operational Technology）向けセキュリティセンサへの深い知見を持った人材がおり，サービス開発や提供において分析基盤開発や分析業務を担っています。

次に，車両SOCがITSOCに対し特異な点と取り組み例について紹介します。

1点目は，車両SOCの顧客がOEMのPSIRT（Product Security Incident Response Team）である場合，同組織は製品の品質責任を担うためインシデント対応を支援する情報提供を要望される点です。要望の例としては，サイバー攻撃の被害を受けた車載機器の特定や被害を受けた車両以外の車両への影響評価等が挙げられます。この点に対しては，OEMから受領するデータを用い，被害を受けた車載機器を特定する仕組みの具体化に貢献しています。

2点目は，IT環境と異なり，監視対象システムの構成が標準化・類型化されていない（OEM，車両モデルごとにシステム構成が大幅に異なる）という点です。これにより，(1) 攻撃成功の要因と影響範囲特定の難易度が大きく上がる，(2) 分析ロジックは監視対象の種別ごとに開発・更新・運用する必要がある，という点です。

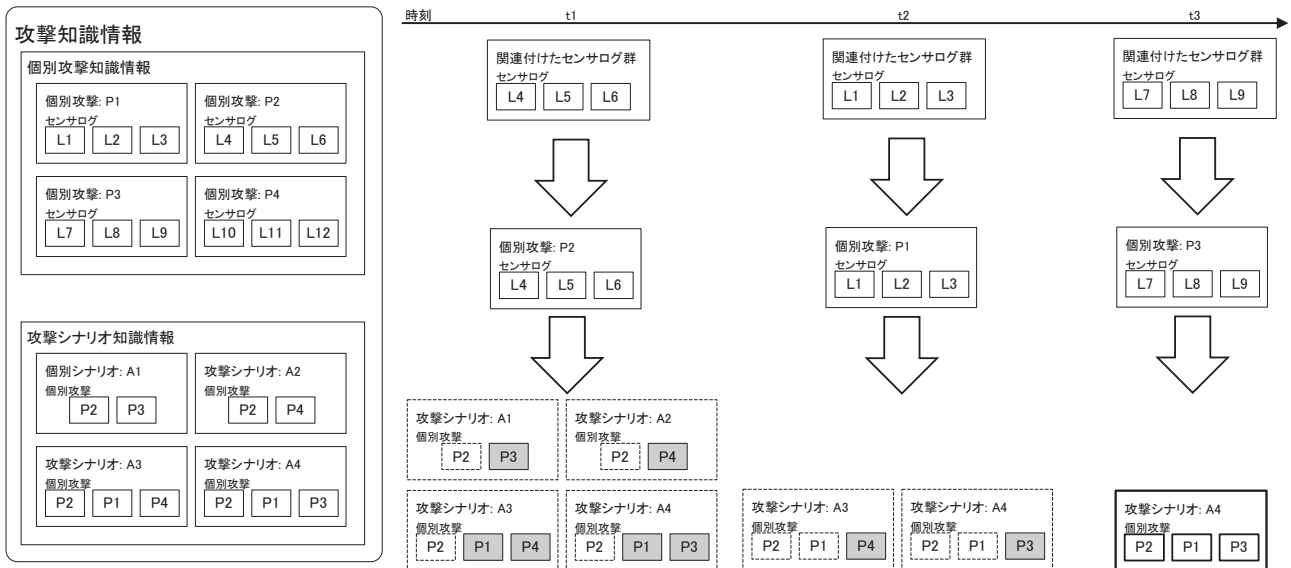


図2 個別攻撃 攻撃シナリオ分析処理例

(1)の課題に対し、攻撃成功の要因と影響範囲の特定を容易にするために、複数の段階・手段から構成される攻撃を一連のもの(攻撃シナリオ)としてとらえる技術の開発を実践しました。具体的には、①攻撃を構成する段階・手段の具体的な知識に基づき、攻撃を構成する段階・手段を検知するロジック(個別攻撃検知ロジック)を備えておく、②当該攻撃を構成する段階・手段の知識に基づく攻撃検知ロジック(攻撃シナリオ検知ロジック)を備えておく、③センサログと個別攻撃検知ロジックに基づき、攻撃を構成する段階・手段(個別攻撃)の発生を検知すること、④検知した複数の攻撃と攻撃シナリオ検知ロジックに基づき、複数の攻撃から構成される攻撃(攻撃シナリオ)の発生を検知する、というものです(図2)。

(2)の課題をさらに分解すると、(2)-1 監視対象の種別(差異)を具体的、詳細な理解、(2)-2 実行すべき分析ロジックが大量となり、分析性能(処理時間・スルー

ット)への懸念、となります。

(2)-1の課題に関しては、監視対象の車両の仕様の理解を進め、開発を進めています。

(2)-2の課題に対し、車両のセンサログから車両構成を検索・特定し、特定した車両構成に対応する分析ロジック群を実行して分析結果を得る技術の開発に貢献しました。センサログごとに実行する分析ロジックを限定することにより、実行する分析ロジックを限定しない場合に比べ、分析負荷が効率化され、分析性能(処理時間・スループット)の向上が期待できます(図3)。

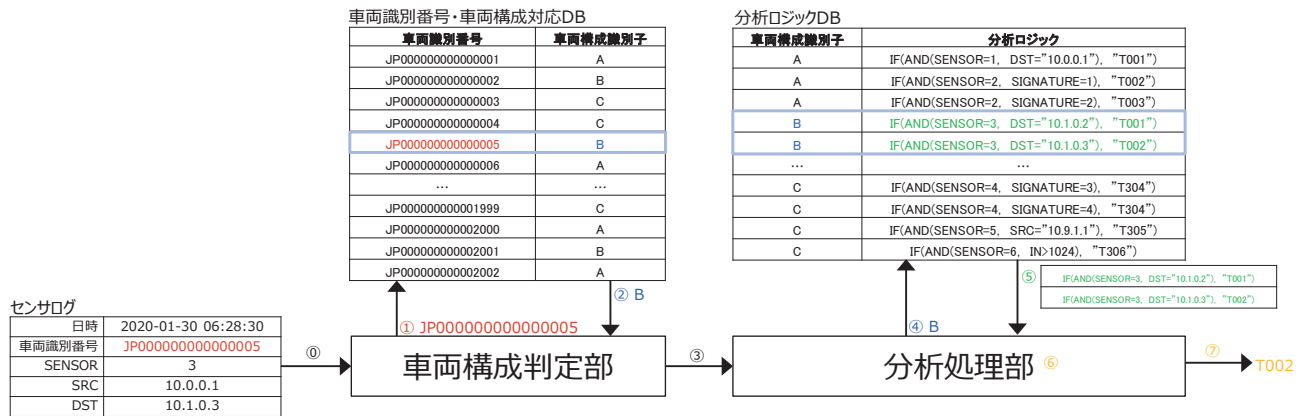
3点目は、車両からのデータの通信可用性が速度の観点で断続的・低速であること、データ送信には遅延のリスクがある点です。この点については、データが遅延・欠損しても分析を実行できる仕組みの開発を行っています。

その他、車両SOCにおいて攻撃検知等のために実行する分析処理を効率化し、CPUやメモリなどの計算資源の消費を抑

制するための技術や、サイバー攻撃に起因しない事象に基づき発生したセンサログを排除することにより、無駄な分析処理の抑制と攻撃検知の精度向上効果を期待できる技術を開発しました。

### 今後の課題と展望

前述のとおり、車両SOCのニーズは高まっていますが、現時点で顕在化しているサイバー脅威による車両の被害事例は、ITと比べると少なくみえます。これは現時点の話であって、楽観視してよいものではありません。市場のコネクティッドカー(ICT端末としての機能を有しインターネットへの接続機能を有する車両)がますます増加し、機能のIT化が進展することにより、IT環境と同様に脅威が格段に増えることが想像されます。そのような状況での課題は、今後想定される新たな脅威へ対応するための組織・人的能力を有し備えることです。NTTセキュリティ・ジャパンには計算機



- ① 車両構成判定部が分析対象となるセンサログを受領する
- ② 車両構成判定部は、車両識別番号(JP0000000000000005)を検索キーとして、車両識別番号・車両構成対応DBを検索する
- ③ 車両構成判定部は、車両識別番号(JP0000000000000005)に対応する車両構成識別子(B)を得る
- ④ 車両構成判定部は、センサログ、および当該センサログに対応する車両構成識別子(B)を分析処理部に渡す
- ⑤ 分析処理部は、車両構成識別子(B)を検索キーとして、分析ロジックDBを検索する
- ⑥ 分析処理部は、車両構成識別子(B)に対応する分析ロジック群を得る
- ⑦ 分析処理部は、車両構成識別子(B)に対応する分析ロジック群を上記センサログを入力として実行する
- ⑧ 分析処理部は、分析ロジック群の実行結果(T002)を出力する

図3 車両構成に対応する分析ロジック群を実行して分析結果を得る処理

科学や通信工学を基礎とする人材が多数在籍しており、それらの技術的基礎を活用し、エンタープライズITシステムとは異なる脅威が想定されるOTのお客さま向けにもサービスを開発し提供している実績があります。

NTTセキュリティ・ジャパンは、これまで培ってきたITSOCでの日々の検知と分析結果、20年以上グローバル規模で収集・開発し磨き上げ続けているインテリジェンスを活用した脅威への迅速な対応、および自社にソフトウェア開発者・組織を保有することで、分析能力、分析基盤（ロジック含む）の環境変化や新たな脅威に対し柔軟・迅速な対応をすることに貢献していきます。



是洞 博紀

本稿で紹介した事項や、NTTセキュリティ・ジャパンにおけるその他の車両SOCの取り組みに関して興味がある方は、お問い合わせください。

#### ◆お問い合わせ先

NTTセキュリティ・ジャパン  
営業本部マーケティング部  
E-mail nsj-pr@security.ntt



# 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

NTT Digitalは、2024年3月12日にデジタルウォレット「scramberry WALLET」をリリースしました。scramberry WALLETは、使いやすさと安心・安全に焦点を当てた、暗号資産やNFT（Non-Fungible Token：非代替性トークン）の送信・受信・管理ができるデジタルウォレットです。はじめて暗号資産やNFTを利用される方を含め、より多くの方々にスムーズにご利用いただけることをめざし、秘密鍵のバックアップや生体認証の活用などの機能を搭載し、本ウォレットを通じて、ユーザが安心できるデジタル体験を提供しています。そのセキュリティ対策の技術検討と運用にはNTTセキュリティ・ジャパンも参加し「協創」しています。本稿では、新たな取り組みにおける苦労や得られたものについて、協創の中核を担う4名による対談の様相を紹介します。

キーワード：#デジタルウォレット、#web3、#NFT

えんどう えいすけ やまもと ごう  
遠藤 英輔<sup>†1</sup> / 山本 剛<sup>†1</sup>  
さいとう そういちろう のむら れいち  
齊藤 宗一郎<sup>†2</sup> / 野村 礼智<sup>†2</sup>

NTT Digital<sup>†1</sup>  
NTTセキュリティ・ジャパン<sup>†2</sup>

### NTT Digitalがめざす「Free to Trust」にセキュリティは最重要

齊藤：最初に、NTT Digitalがめざしていることと、そこにセキュリティがどのように絡んでくるのか、セキュリティの役割、重要性を教えてください。

遠藤：NTT Digitalでは「Free to Trust」というコーポレートビジョンを発表し、会社の軸としています。インターネットは発展していますが、そこでのトラスト（信頼）はまだ十分ではないと考えています。今後もさまざまな情報が爆発的に増えていき、人と人、人とモノがつながっていく世界では、信頼が1つの重要なキーワードになります。

人は情報を選ぶことができますが、その信頼性に対する明確な指針はありません。そのため、今はどうしても受動的にならざるを得ない状況です。だからこそ、各個人が能動的に情報に対する信頼性を把握し、選ぶ自由度を上げていこうということが「Free to Trust」の考えの1つになっています。

この状況の中で、まだまだ私たちにできることがあると考えて立ち上げたのが「scramberry」というサービスブランドです。その第一弾として「scramberry

WALLET」というウォレットをリリースしました。ウォレットというとクリプトやNFT（Non-Fungible Token：非代替性トークン）\*1を連想するかもしれませんが、私たちはそれら「マネー」、「オブジェクト」に加えて、将来的には「アイデンティティ」を含めた3つを1つのウォレットの中に取り入れて、これらをボーダーレスにつないでいくことを1つのポイントとしています。

これまでこの3つを連携してデジタル化できていなかったのは、これらに対する真

正性や地域性の担保ができなかったためです。しかし、ブロックチェーンをはじめとするさまざまなデジタル技術でそれらを解決できると考えています。そこでも当然ながらセキュリティは重要になるので、私た

\*1 NFT：通常の暗号資産は代替性があるトークンであることにに対し、NFTは代替性がない（デジタルデータだが、唯一性を保持）点に特徴があります。NFTとデジタル資産を関連付けることで、デジタル資産とのかかわり、履歴の管理・追跡を可能にします。



（左から）NTT Digital 取締役 CISO サービス開発部 Managing Director 遠藤 英輔 / セキュリティマネジメント室 セキュリティ Senior Manager 山本 剛

ちの事業においても大きな柱の1つだと思っています。

山本：私たちがめざしているのは、モノと情報とアイデンティティを、お互いに信じられるかたちで関連付けて、それを表現したり渡したりできる世界です。そして、それを実現していくためには、そのプラットフォームをお客さまが選べるようにすることが大事だと考えています。しかし、大きなプラットフォームが1つあればいいという考え方は、どうしても歪みを生みますし、自由とは少し違うと私たちは思っています。それが「Free to Trust」が持ついろいろな意味の1つだと理解しています。

お客さまが選べるということは、セキュリティが非常に重要になってくるということとです。

実際、現在のブロックチェーンを使うには、未知のリスクがたくさんあります。そういった不確実性にどう対峙していけるかということをお客さまと一緒に考えていく必要があるだろうと思っています。

齊藤：不確実性が含まれてしまうことは「想定外を想定する」ことだと私は理解しました。そこが非常に重要なので、NTTグループの総力で「想定外は何か」に対する洞察を皆で持ち寄って、お客さまを守る。いろいろ選べる中でも信頼性、安全性を持って選べる場を提供したいということとですね。

山本：そのとおりです。そして想定外を想定するということが、リスクを評価してマネジメントするということだと考えています。

齊藤：サイバーリスクにおいても、機器が発するアラートやログで見えるものと見えないものがあります。例えば内部不正などは、一見正当な人が正当な操作をしているのでログで判断することは難しいですね。ただし、振る舞いやソーシャルエンジニアリングの洞察などがあると、おぼろげながら見えてくるものがあります。そこを視野に、今できるところからNTTセキュリティ・ジャパンも一緒に始めさせていただいています。



(左から) NTTセキュリティ・ジャパン ソリューションサービス部 担当課長 野村 礼智 / 第二営業本部 本部長, CISO アドバイザー 齊藤 宗一郎

山本：サイバーセキュリティのプラクティスから学ぶことができる手法の1つに、3ラインモデル<sup>\*2</sup>があります。これは3つの役割のバランスで適切なリスク管理をめざす仕組みです。3つの役割の第1、つまり第1のラインはお客さまに製品やサービスを提供する立場でリスク管理します。第2のラインは専門家としての立場からのリスクを管理し、第3のラインはリスク管理が妥当で有効に機能しているかをモニタリングします。このたびの連携では、その第1のラインと第2のラインにおいて、NTTセキュリティ・ジャパンにサイバーセキュリティの専門知識、そして専門的なオペレーション能力を大変頼もしいかたちで提供いただいています。会社は違っても同じ価値観のもと、一緒に走るワンチームとして動いていることこそがNTTグループで取り組む意義だと考えています。

齊藤：3ラインモデルは一見煩雑のようにみえますが、実装しないと結局は手戻りが発生しやすくなり、お客さまに不信感を与え、そのリカバリーも大変になります。3ラインモデルを信頼感のあるワンチームで運用することにより、健全な牽制機能を働かせる。これがお客さまや市場のためになると感じました。

山本：不確実性がある世界を相手にしているということ、つまり適切な幅のリスクを取り続けるような活動をめざすには、3ラインモデルが有効だと実感しています。これを実現するには、皆が同じゴールを共有して、時に微妙なさじ加減をすることが必要です。この基礎の上に、お客さまとの約束は絶対に守るというNTTのキャリアとしてのDNA、文化が効いているのだと思います。

齊藤：このプロジェクトが始まる当初も、両社の間で長時間にわたり議論を重ねました。お互い耳に心地良い話だけではありませんでしたが、それを経たことで強い信頼関係が生まれました。私たちも、従来のMSS（マネージドセキュリティサービス）やセキュリティ監視は変わっていく必要があると考えていました。今回の取り組みは、私たちにとっても変革に向けた非常に良いテーマをいただいたと思っています。果敢

\*2 3ラインモデル：第1のラインを業務部門内での日常的モニタリングを通じたリスク管理、第2のラインをリスク管理部門などによる部門横断的なリスク管理、そして第3のラインを内部監査部門による独立的評価として、組織内の権限と責任を明確化しつつ、これらの機能を取締役会または監査役等による監督・監視と適切に連携、とするモデル。

にチャレンジして得た知見は、世の中にも貢献できると考えています。

### NTTグループの伝統的な価値観と新しいイノベーションを両立させる試み

齊藤：難しい点やチャレンジだった点について教えてください。

野村：セキュリティに携わる人間は、ベースラインは当たり前ものとして継続すると思います。例えば、「EDR (Endpoint Detection and Response) が登場したからEPP (Endpoint Protection Platform) は不要」ではなく、EPPはベースラインとして当たり前ものとして必要だということですね。難しいことやチャレンジングなことはあるし議論も重ねましたが、ベースラインの考え方を共有しているので進めやすかったですね。

山本：普段は技術討論などで丁々発止させていただいている関係ですが、同じ方向を向いて信頼感があるからこそできることです。議論することでお互いに理解を深めていくことができます。

齊藤：基本的にセキュリティは減点方式の世界に陥りやすいですね。普段どんなに頑張っているか、何か起きたときの対応だけが注目されてしまいます。しかし今回の取り組みは、まだ確固たるセキュリティの方式やスキームが完全に確立していないこの世界にまず飛び込んで、試行錯誤をしながら新しいものをつくっていく。減点方式でなく新しいものを策定していく世界です。それを双方のトップが理解し意思を統一していることは非常に意義がありますよね。

NTT Digitalの皆様がNTTセキュリティのSOC (セキュリティオペレーションセンター)<sup>\*3</sup>を訪問されたときに、技術的な説明から徐々に事業展開の話になり、その

内容に共感しました。単なる暗号資産の取引所だけでなく、イベントチケットなど広くB2C向け、さらにはB2Bも視野に入れたプラットフォームであり、さまざまな事業者がそこを活用することで新たな付加価値が生まれていくというお話を伺って、非常に広がりがあるビジネスだと思いました。

NFTなどを使ったビジネスモデルを考える際に、自分たちで基盤をつくることだけでは難しいといわれる時代ですが、そのベースの部分を提供することは、社会的使命も担う重要度の高いことです。金融など当局の監督が及ぶことも考えられる領域であり、非常に重要なミッションなので、私たちとしてもセキュリティ冥利に尽きる仕事と感じています。

山本：わずか半年でここまで意思の統一ができたことは、やはりベースに同じ価値観があったからだと思います。重要なことは、こういう価値を信じているという「Why」(理由)があることです。私たちはブロックチェーンなどweb3の新しいインフラをお客さまにお届けすることで世界を変えていくことをめざしているわけですが、その活動を共にさせていただくには、「どうして、どのように世界を変えたいのか」の考えを共有することが鍵でした。そのときに、同じ文化を基本として共有しているからこそ、コミュニケーションを密に取ることができたわけです。

野村：お互いにセキュリティのプロなので、話をすれば分かり合えます。そのベースにも、NTTグループのリモートワーク基本原則があったと思います。離れていても隣にいるのとあまり変わらない状態で仕事ができることで、非常に助けられました。

実際にお会いして会議するとなると、移動を含めて3時間かかってしまいます。しかしリモートなら5分の会議を5分でできます。このメリットは大きいですね。リモートも慣れが必要ですが、NTT Digitalの皆様は慣れていて効率が良く、やはり新しいものを創り出す方々だと実感しました。

### プロジェクトを進めていくうえで課題となった点

齊藤：web3のセキュリティ監視は大きなチャレンジで、お互いに解決しなくてはならない課題がたくさんあったと思います。その課題を教えていただけますか。

野村：SOC目線では、web3領域はアナリストも今まで見ていなかったログを扱います。アナリストは絶対を保証する責任感があるので、保証できないものはNOと言います。しかし、新しいものを始めるうえで分析ができないと私たちの価値はなくなってしまいます。どこまでのログをどのように分析し「安心・安全」をお届けするのか双方で話し合いを重ねて、お互いに満足できるポイントを探っていました。

山本：それは、ものすごく議論を重ねてきたポイントです。引き続き議論させていただければと思っています。私たちはこういうSOCをつくりたい、そういう「Why」から始まっています。ですからその「Why」を「What」に変えるまでのジャーニーを、一緒に議論させていただく必要があり、実際にそのような議論ができるということは大変ありがたく、感謝しています。

例えば、web3の取引ログが正当なものであるかどうかを判断するには、地理的な情報を考慮します。しかし、それは既存のベンダ技術では難しいことがあります。例えば、大きな取引所が米国政府から訴えられた事件があります。米国市民は利用できないはずのサービスを、米国市民がバーチャルネットワークを使って利用していたことが背景にある一件でした。私たちの考えるセキュリティは、このような問題にも対処できるものでありたいと考えています。

そのためには、ログの分析機能に柔軟性を持たせる必要があります。そのような製品はまだ世の中にはないということも珍しくはないので、新しい技術の研究開発を含むかもしれません。そのような長い旅を一緒にさせていただくことができれば何よりです。齊藤：Know Your Customer (KYC) の

\*3 SOC：顧客または自組織を対象とし、セキュリティ機器、サーバなどのログを分析することで、サイバー攻撃を検知・対処を行う組織。

視点も必要になります。NTTとしてはTier1のネットワークプロバイダとして、いろいろなインテリジェンスを組み合わせることによって比類のないセキュリティの潜在能力を持っていると思います。それをお客さまに届けていきたいですね。

山本：認証にも課題が多く、「Why」の大きな背景だと思います。大抵のモノには固有の制約があるし、一方で、お客さまが望むなら換金性のある情報の流通も止められません。こうした問題に、いかにリスクマネジメントで斬り込むのか、日々悩みながらも取り組んでいます。今はまずスタートでクラウドネイティブな環境でサイバー空間の監視に取り組んでいます。将来的にはサイバーフィジカルにも対応していく必要があると考えていますので、それについても議論を重ねています。

野村：認証周りは特に、予想していなかった手法でセキュリティが破られるケースが年に数回あります。そうした情報を把握し対峙することは、技術者としての腕の見せ所です。お役に立つことができている実感がありますね。また、外部からの攻撃だけでなく内部不正にも対策が必要です。

## 次のゴールはweb3の情報も扱えるSOCの実現

齊藤：「scramberry」においてウォレットの提供はできました。第一段階が終わったといえると思いますが、次のゴールは何でしょう。

山本：まずは、web3の情報も扱えるSOCを実現すること、そしてそのインフラを使って、お客さまに安心して使っていただけるウォレットを提供することが第一歩と考えています。そういう新しい機能を持ったSOCを成熟させていきたいです。いろいろな課題が見えてくると思いますが、今はない道具が必要になったとしても、NTTグループの研究開発と連携させていただくことができれば、実現できることもあるのではないのでしょうか。そのようにして、業

界全体をリードするところまで持っていくことができればと思っています。

野村：チャレンジとしては、お客さまの使い慣れたセキュリティの環境にスムーズにつながる必要があります。セキュリティというとクローズドのシステムが多く、サービスを変更すると管理画面も操作や設定もすべて変わってしまいます。「うちのものしか使わせませんよ」ではなく、お客さまは使い慣れたものを使いつつ、私たちは効率良くオペレーションしていく。オーダーメイド的な要素を取り入れつつ、利便性は追求していきたいですね。現状、「これしか提供できません」というSOCが多いですが、その殻を破るチャンスをいただき、とても良い刺激をいただいています。

齊藤氏：規制への対応も大きな課題になりますよね。

遠藤：確かに規制は厳しくなっていますが、ポジティブにとらえることもできると思います。グレーゾーンが多いと業界の信頼性に対する懐疑的な面はどうしても出てきます。もともと日本の規制は厳しいといわれていますが、実際に海外で深刻な事件が起きていることを考えると、実は日本が先頭にいるという話も聞きます。私たちにはやるべきことが増えますが、web3の社会実装に至るプロセスとして必要な過程なのではないかと思っています。

齊藤：最後に皆さん、一言ずついただけますか。

遠藤：まだまだ始まったばかりで時間もかかると思いますが、セキュリティをしっかりと建て付けていきたいですね。また、一過性のもので終わらせずに、長く続けていくパートナーリングが重要だと考えていますし、ぜひ、この記事を読んだ皆さんにも参加してほしいですね。

野村：身近な同じグループのメンバーであったことと既存のSOCがあったこと、そして何より諦めずにご相談いただけたことに大きな価値があったと思います。いただいた刺激から興味を持ち続けることが、モチベーションや技術を高めていくことにつな

がっています。ぜひ今後も長く、切磋琢磨していきたいと考えています。

山本：web3で世界を変えていくという新しいジャーニーには、「協創」が欠かせないと考えています。NTTセキュリティ・ジャパンとの取り組みで、キャリアのDNAが根本を支える「力」になることを実感できました。この取り組みを広げていくことができれば大変うれしいです。web3と呼ばれる領域は、今はまだ課題が多くて、まるで西部開拓時代のような世界です。しかし、より多くの人に安心してお使いいただけるようになれば、やがて大都市になる、世界を変える動力になると考えています。

齊藤：大いに意見を戦わせるには、お互いのベースに信頼感が不可欠です。私たちはそこができていますので、ときにコンフリクトがあっても一緒に解決していくことができます。引き続き、お互いに大いに意見を戦わせて、いいものをつくっていただきたいですね。今日はありがとうございました。



(左から) 山本 剛 / 野村 礼智 / 遠藤 英輔 / 齊藤 宗一郎

web3で世界を変えていくという新しいジャーニーには、「協創」が欠かせないと考えています。対談を読まれた方、ご関心がある方は、ぜひ一緒にチャレンジしませんか。本稿で紹介した取り組みに関して、ご質問がある方は、お問い合わせください。

### ◆お問い合わせ先

NTTセキュリティ・ジャパン  
営業本部  
E-mail nsj-pr@security.ntt



# 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

従来の医療は「平均的な患者」を念頭に治療をしてきましたが、私たち1人ひとりの体はまるで指紋のように唯一無二です。プレジジョンメディシンはこの個性を最大限に活かし、あなたの遺伝情報に合わせたオーダーメイドの医療を実現するパーソナライズド・ケアです。しかし、この革新的な医療を実現するためには、いくつかの課題があります。そのうちの大きな1つが遺伝情報の安全管理です。NTTプレジジョンメディシンでは、NTTグループのセキュリティ技術を駆使して遺伝情報を大切に守りつつ、プレジジョンメディシンの社会実装に取り組んでいます。

キーワード：#プレジジョンメディシン、#遺伝情報、#情報漏洩対策

もがき たけふみ

茂垣 武文

NTTプレジジョンメディシン 兼  
NTT研究開発マーケティング本部

## 医療の現状と課題

現在の医療は「平均的な患者」を念頭に標準的な治療法から始めることが一般的ですが、すべての患者に標準治療が効果的とは限りません。例えば、抗うつ薬は人によって効果が大きく異なることが知られており、最初に選ばれる薬が効果を示すのは60～70%程度に過ぎない、という報告もあります<sup>(1)</sup>。

最初の薬を6～8週間試しても効果がない場合、医師は異なるタイプの薬に切り替えますが、新しい薬が患者の体質に合わないと副作用で気持ち悪くなり治療を中断することもあります。このような試行錯誤によって治療期間が長引くというケースが生じています。

## 遺伝情報を活用したプレジジョンメディシン

この対応として、米国では「遺伝情報を基に個々の患者に適した薬を案内するサービス」が広がりつつあります。お酒を飲んだときの紅潮反応に個人差があるように、薬の効き方や副作用の出方にも遺伝に基づく個人差があるのです。

- ・あなたにはこの薬は効きにくいだろう
- ・あなたの場合この薬は副作用リスクが高いので、投与量を減らすか、別の薬を選ぶべき

といった予測情報が提供されるサービスで、すでに200万人以上が利用しています。

これにより「年間の薬剤費が平均1000ドル節約できた」という報告も出ています<sup>(2)</sup>。

このような遺伝情報を活用した「プレジジョンメディシン<sup>\*1</sup>」の世界には大きな可能性があると考え、NTTプレジジョンメディシンでは、まず人間ドックのオプション検査として遺伝子検査サービス「Genovision Dock<sup>®</sup>」（ゲノビジョン ドック）<sup>(3)</sup>を2020年から提供してきました。遺伝情報に基づき、「あなたは将来、〇〇の病気にかかる可能性が平均的な日本人と比べて△△程度高い」という統計的確率を示し、予防に資する生活習慣を世界の研究成果に基づいて案内するサービスです。この1人ひとりに適した「健康行動の個別化案内」の充実度がこのサービスの特徴であり、2024年11月現在、全国60の医療機関経由で、約9万人にご利用いただいています。

さらに2023年には、NTT東日本伊豆病院等と、遺伝情報や健診結果を基に「あなたは〇〇の病気にかかる可能性が高いので、早期発見のため△△のオプション検査をお勧めします」というオーダーメイド型人間ドック「スマート検診」の共同実証事業も行いました<sup>(4)</sup>。その結果、85%の方に「継続して利用を検討したい」という評価をいただくことができました。

現在、先の米国の事例にならい、遺伝情報に基づいて日本人向けに「体質に合う薬を案内するサービス」の開発に取り組んでおり、より多くの人々が自分に合った薬の選択ができるようになることをめざしています<sup>(5)</sup>。

## プレジジョンメディシンにおける 遺伝情報の安全管理

プレジジョンメディシンのサービス提供にあたっては、何よりも「遺伝情報を安全にお預かりすること」が重要と考えます。そのためNTTプレジジョンメディシンでは、NTTグループの高度なセキュリティ技術を活用し、お客さまに安心して遺伝情報を預けていただけるよう安全なサービス運営に努めています。具体的な取り組みの一部を以下に紹介します。

### ■リスクアセスメント

「NTTグループ情報セキュリティ規程」や「3省2ガイドライン<sup>\*2</sup>」をベースラインとして順守することはもちろん、「医療機関での検体採取→解析機関での遺伝情報のデータ化→弊社への納品」といったバリューチェーン全体の業務プロセスを洗い出し、リスクベースアプローチでアセスメントを行っています。

### ■外部からのサイバー攻撃対策

- (1) Genovision<sup>®</sup> サービスサイト（会

\*1 プレジジョンメディシン（精密医療）：患者1人ひとりに最適な治療法を提供することを目的として、患者の遺伝情報（親から子へと受け継がれる遺伝子変異、がんのように個体の生涯において後天的に生じる遺伝子変異がある）、環境、ライフスタイルなどの個別のデータを活用して、病気の予防、診断、治療を行う医療アプローチです。本稿では、遺伝情報のうち「親から子へと受け継がれる遺伝子変異」にフォーカスして記載しています。

\*2 3省2ガイドライン：医療情報の安全な取り扱いを目的として、3つの省庁が策定した「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」[医療情報を取り扱う情報システム・サービスの提供事業者における安全管理ガイドライン]を指します。



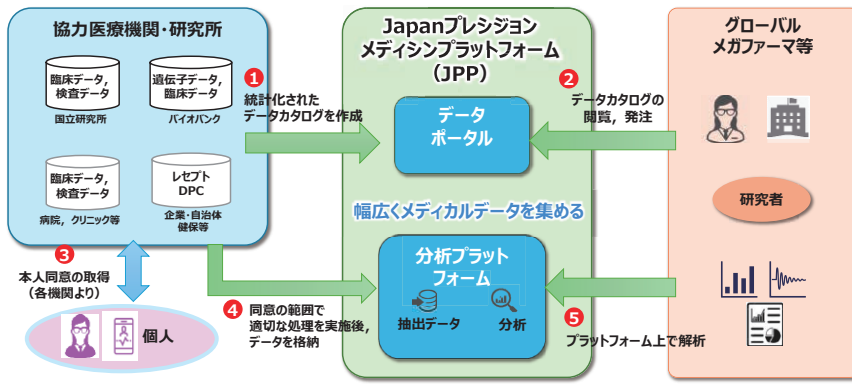


図 Japan プレジジョン・メディシンプラットフォーム

員サイト) の保護

お客さまに Genovision Dock<sup>®</sup> を提供する会員サイトをサイバー攻撃から守るため、多層の防御策を講じています。UTM (Unified Threat Management) と WAF (Web Application Firewall) を使って外部からの不正アクセスを防ぐことはもちろん、EDR (Endpoint Detection and Response) を活用して標的型攻撃のような高度な攻撃にも対応しています。これらはNTTコミュニケーションズのWideAngle MSS<sup>(6)</sup>によって監視されています。

#### (2) 利用者認証の強化

会員サイトの利用者認証には、9000万人以上の登録者数を誇るNTTドコモのdアカウント・コネクト<sup>(7)</sup>を利用することで、投資負担なく二段階認証の安全性が得られ、かつ、パスワード忘れの対応も不要になるメリットがあります。

#### (3) システム管理者の認証

システム管理者の認証には、NTTテクノクロスのMagicConnect<sup>(8)</sup>というUSBトークンを用いた多要素認証を採用しています。導入実績が2万社を超え、リモートコントロール市場で4年連続シェアNo.1の製品だけあって安価かつ付加機能が充実しており、「RDP接続時に、サーバ上の秘密情報をローカルPCへダウンロードさせない制御機能」は情報漏洩リスクを減らすために役立っています。

#### ■内部犯行の抑止

##### (1) 特権管理ソリューションの活用

内部犯行を防ぐため、10年連続でシェアNo.1を誇るNTTテクノクロスのiDoperation<sup>(9)</sup>という特権管理ソリューションを活用しています。システム管理者は、サー

バへアクセスを行う前に目的と利用期間を事前申請して第三者の承認を得る必要があります。このような複数人合議制にすることで単独での内部犯行を抑止します。またアクセス中は操作の動画を記録し、適宜監査することで内部犯行リスクをさらに低減しています。

##### (2) 統合ログ管理と監査

内部犯行をツールだけで完全に防ぐことは難しいため、弊社では統合ログ管理システムを活用し、「いつ、誰が、どの会員の検査結果レポートを閲覧したか」、「不審な閲覧がないか」といった監査にも力を入れています。

## ビッグデータ解析で進化するプレジジョンメディシン

ここまで遺伝情報を個人の健康管理に活用する「一次利用」について述べてきましたが、一次利用の検査結果をビッグデータ解析することで新たな価値を創造する「二次利用」にも近年注目が集まっています。

「究極のプライバシー」とも呼ばれる遺伝情報や医療の臨床データ、検査データ等(医療データ等)は情報漏洩した場合の影響が大きいので、日本では情報の流通・集約が進まず、十分な活用ができていない状況です。しかし、本人から同意を得た範囲で研究をするか、またはデータを統計値として利用するなど、個人を特定できないかたちで安全に解析ができれば、創薬の研究や個別化医療を促進できる可能性があるのです。

そこでNTTプレジジョンメディシンは、医療機関や研究所が保有する医療データ等を安全に流通・活用して製薬会社の創薬などに貢献するための次世代医療研究プラットフォーム: JPP (Japanプレジジョン・メディ

シンプラットフォーム)<sup>(10)</sup>の取り組みを始めました(図)。NTTプレジジョンメディシンの保有データにとどまらず、ステークホルダの医療データ等まで扱うことになるため、さらにセキュリティと信頼が大事になる事業ですが、「この遺伝情報のパターンを持つ方は特定の病気にかかるリスクが高い」といった研究を進め、発病メカニズムを解明することができれば、データ・ドリブンによる新たな創薬につながります。まさに、「リスク」の反対が「クスリ」というわけです。

私たちは人間の設計図である遺伝情報を活用した医療の進化をめざし、情報の安全管理を通じて、より多くの人々が安心してプレジジョンメディシンを享受できる環境づくりに取り組んでいます。今後もNTTグループのセキュリティ技術を武器に、「遺伝情報を預けるならNTTだよね」と信頼される存在をめざし、プレジジョンメディシンの社会実装に取り組んでいきます。

#### ■参考文献

- (1) [https://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/10/dl/s1017-5e\\_0002.pdf](https://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/10/dl/s1017-5e_0002.pdf)
- (2) <https://genesight.com/for-patients/>
- (3) <https://service.ntt-lifescience.co.jp/>
- (4) <https://www.ntt-precisionmedicine.co.jp/news/single/?id=air5s2khew2b>
- (5) <https://www.jcpic.org/contents>
- (6) <https://www.ntt.com/business/services/security/security-management/wideangle.html>
- (7) [https://id.smt.docomo.ne.jp/src/index\\_business.html](https://id.smt.docomo.ne.jp/src/index_business.html)
- (8) <https://www.magicconnect.net/>
- (9) <https://www.ntt-tx.co.jp/products/idoperation/>
- (10) <https://www.ntt-precisionmedicine.co.jp/news/single/?id=2024041515>



茂垣 武文

医療機関を受診したとき「あなたの遺伝情報を確認してから処方しますね」と、当たり前のように言われる日は、そう遠くないかもしれません。1日も早く、皆様にプレジジョンメディシンを体感していただけるよう、がんばります!

#### ◆問い合わせ先

NTTプレジジョンメディシン  
 メディカルサービス事業部/  
 データコンサルティング事業部  
 E-mail [ntt-precision-medicine-security@ntt.com](mailto:ntt-precision-medicine-security@ntt.com)



# 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

NTTアーバンソリューションズが推進する「ひと中心の街づくり」は、スマートビルの進化を牽引し、デジタル技術で快適性と利便性を高めています。しかし、ビルのネットワークが複雑化する中で、照明・空調などを制御する(BACnetプロトコルが流れる)制御ネットワークに対するセキュリティ対策が課題でした。本稿では、NTTアーバンソリューションズ/NTT都市開発とNTTアドバンステクノロジーが協力し、スマートビルに必要なセキュリティの重要性を実証実験などで再認識し、制御ネットワークにおけるセキュリティ対策を検討した背景やOT(Operational Technology)セキュリティの仕組み・効果を解説します。

キーワード：#OTセキュリティ対策、#自動検知、#セキュリティ監視

## はじめに

本稿では、はじめにNTTアーバンソリューションズが取り組む新たな街づくり事業のビジョンと、先進的なスマートビルであるアーバンネット名古屋ネクスタビルにおける取り組みについて紹介したのち、NTTアドバンステクノロジーとNTTアーバンソリューションズとの共創により導入したスマートビルの安定運用を支えるセキュリティ対策とその有用性について概説します。

## NTTアーバンソリューションズの新たな街づくり

NTTアーバンソリューションズは、NTTグループの中で街づくり事業を展開し、新たな価値創出に注力しています。この取り組みの中核をなすのが「街づくり×デジタル」のアプローチで、人々の生活や働き方に革新をもたらすことをめざしています。この方針で重要なのが、「ひと中心の街づくり」「竣工後も成長し続ける街づくり」「主役は人・街、デジタルはサポート」の3つの特徴です。

スマートビルは、エネルギー効率の向上や快適な居住環境の提供といった、私たち

の日常生活に多くのメリットをもたらす一方で、その根幹にあるのは技術革新です。従来のスマートビルは、主に省エネや利便性の向上をめざして設計されていましたが、NTTアーバンソリューションズが推進する「ひと中心の街づくり」は、それをさらに一歩進めています(図1)。

## 「街づくり×デジタル」を体現するアーバンネット名古屋ネクスタビル

「ひと中心の街づくり」は、街のビジョンを実現するためにデジタル技術を支えとして活用し、都市空間が単なる生活の場から、人々が生き生きと働き、交流し、成長できる場へと進化することをめざしています。これは単にビルの機能性を高めるだけでなく、そこに住む人々や働く人々の幸福や満足度を中心に据えた街づくりを意味しています。

ワーカーが目的に合った場所を自由に選択しながら働けるABW(Activity Based Working)等の価値を実現する、次世代型先進オフィスビルであるアーバンネット名古屋ネクスタビルと、周辺街区[Higashisakura Area(東桜街区)]は、「街づくり×デジタル」の象徴的なプロジェクトで、“時間と空間の制約から解放”“新たな

こたべ さとし たなか はるのぶ  
小田部 悟士<sup>†1</sup> / 田中 晴信<sup>†1</sup>  
なかやま しん みやぎ たつや<sup>†2</sup>  
中山 真<sup>†1</sup> / 宮城 達也<sup>†2</sup>  
たかだ てるふみ ふじわら あきひこ<sup>†2</sup>  
高田 照史<sup>†2</sup> / 藤原 明彦<sup>†2</sup>  
かい しゅんや<sup>†2</sup>  
甲斐 惇也<sup>†2</sup>

NTTアドバンステクノロジー<sup>†1</sup>

NTTアーバンソリューションズ/NTT都市開発<sup>†2</sup>

な発見と創造”や“安心安全”“環境負荷低減”がテーマとなっています。空調制御やロボットデリバリー、非接触の顔認証技術や警備ロボット、AI(人工知能)防犯などを整備したうえで、ワーカーの「働くをサポート」するためのアプリ[tocoto]や交流を促進するデジタルコミュニティマネージャー等のアプリも導入されている点が特長です。またアーバンネット名古屋ネクスタビル2階のネクスタワーカズラウンジではデジタルコミュニケーションマネージャーによって、趣味の近いワーカーどうしのマッチング・コミュニケーション活性化の機能も持っており、交流の場とデジタルの仕掛けが新たなビジネス創出につながる仕組みが構築されています。

これにより、アーバンネット名古屋ネクスタビルは、単なるスマートビルから、「ひと中心の街づくり」を具現化する次世代型の都市空間へと進化を遂げています。このようなビルの設計思想は、従来のスマートビルとは一線を画し、社会全体の進化を促進する重要な要素となっています。

## デジタルテクノロジーが支える「ひと中心の街づくり」

NTTアーバンソリューションズが推進

### 特徴1

「ひと」中心の街づくり

### 特徴2

竣工後も成長し続ける街づくり

### 特徴3

主役は人・街、デジタルはサポート

図1 NTTアーバンソリューションズが取り組む「街づくり×デジタル」のコンセプト

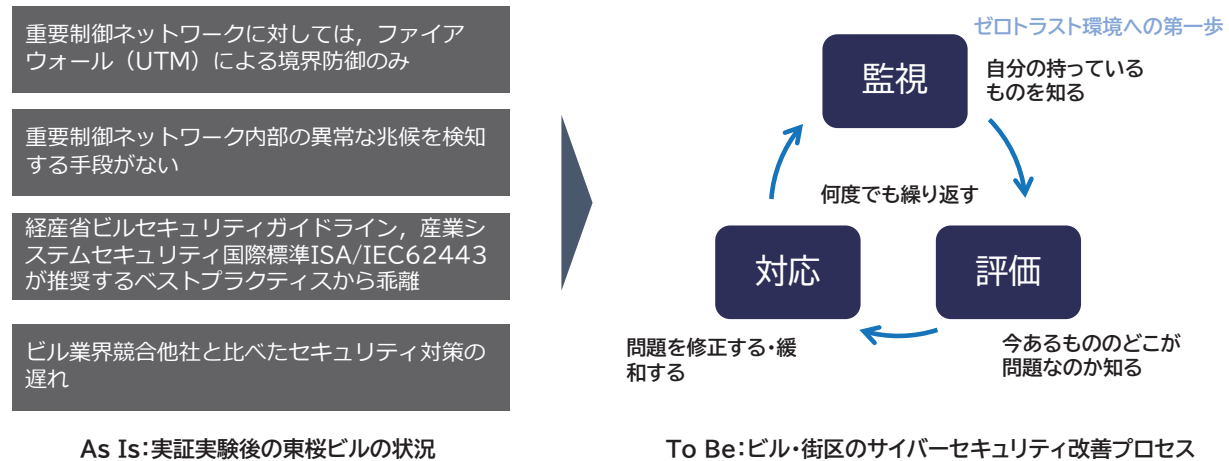


図2 ビル・街区のサイバーセキュリティ改善プロセス

する「街づくり×デジタル」アプローチは、都市空間における人々の体験を革新するために、さまざまなデジタルテクノロジーを駆使しています。具体的には、AIを活用した空調制御や、エレベータ運用の効率化、人流や混雑データの収集・解析が行われており、これらのデータに基づいた最適な環境が提供されています。

これらの技術は単なる利便性の向上だけでなく、省エネルギーや生産性の向上、そして何よりひとの「快適さ」を実現するための重要な要素となっています。例えば、顔認証技術を用いたエレベータ運用では、ワーカーがゲートを通過すると乗るべきエレベータが案内され、オフィスフロアにタッチレスで到着、混雑時に各階に停止することがないように同じフロアに行く人を同一エレベータに寄せて乗っていただく等、ストレスフリーで快適な空間の実現に貢献しています。

また、ビル内の空調システムとデジタルツイン技術を連携させることで、ビル全体のエネルギー効率を最適化しながらも、働く人々の快適さを損なうことなく、省エネルギーを実現しています。こうした取り組みは、「ひと中心の街づくり」を支えるための基盤となるものです。

### 変化し続けるスマートビルだからこそ実感した、セキュリティ対策の重要性

これらのデジタルツイン技術などとの連携は、これまで閉域で運用されていた制御ネットワークを他のネットワークと接続す

ることにより実現できるようになります。そこで課題となるのがセキュリティ対策です。2020年からNTTアーバンソリューションズ、NTT社会情報研究所、NTTアドバンステクノロジーの3社で、アーバンネットワーク名古屋ネクスタビルにおけるセキュリティ対策を、産業分野向けセキュリティ対策の国際標準であるISA/IEC62443、経済産業省ビルシステムにおけるサイバー・フィジカル・セキュリティ対策ガイドライン、NTT株のビルシステムにおけるセキュリティリスク対策一覧などを参考にして検討しました。

また、2022年7月から2023年6月にかけて、NTTアーバンソリューションズ、NTT社会情報研究所、NTTアドバンステクノロジーの3社で協力し、アーバンネットワーク名古屋ネクスタビルをはじめとしたスマートビルで、内部の制御ネットワークに対してOT (Operational Technology) /IoT (Internet of Things) セキュリティ技術の実証実験を行いました。この実験では、照明や空調を制御するネットワークのセキュリティ監視を中心に取り組み、管理外のIPアドレスを使用した端末 (交換した機器が管理外のIPアドレスを使用) が接続されている事例を発見しました。この結果を受けて、私たちはネットワークの現状を正確に把握し、検知した内容について問題ないか評価し、対策をするサイクルを回し続けることの重要性を再認識しました (図2)。このような検知は、従来の境界防御中心のセキュリティ対策では見逃される可能性が高かった部分であり、昨今多様化するサイ

バー攻撃や、セキュリティインシデント対策を実施するうえでも欠かせないと強く認識する結果になりました。

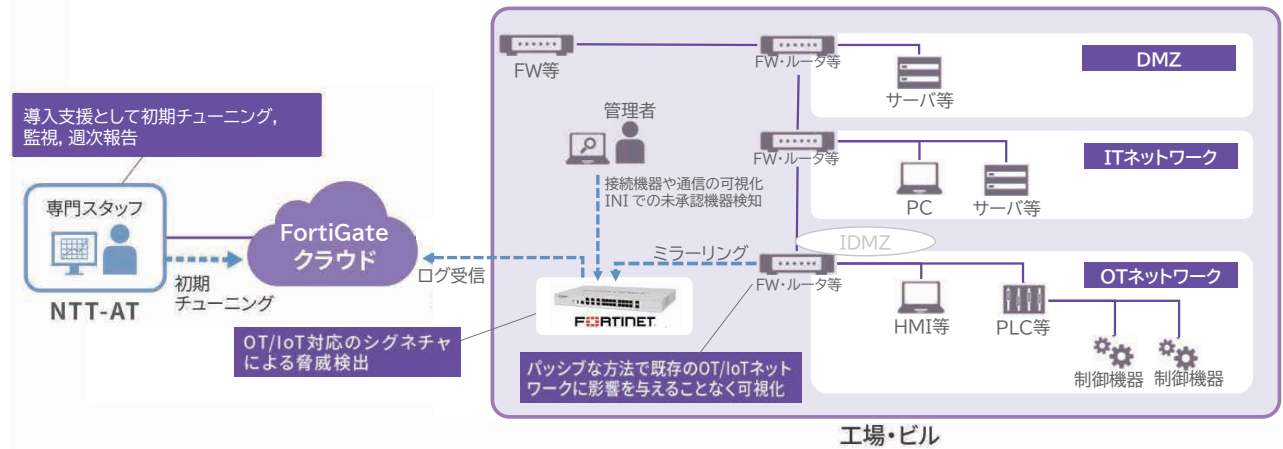
アーバンネットワーク名古屋ネクスタビルは実証実験前に導入されていたNOC (Network Operations Center) \*1/SOC (Security Operation Center) \*2サービスによる外部ネットワークとの境界防御、ネットワークの脆弱性を確認するセキュリティ診断、およびエンドポイントのセキュリティ対策 (yara) を利用していました。一方、顔認証によるエレベータ運用をはじめとした、ITに加えて、ビルの防犯機器の制御を行うOTも導入しているため、ITとOTが完全に切り離せないという特徴があり、ネットワークが非常に複雑になっている点が課題でした。

さらにスマートビル内のIoT実現にかかわるITベンダやゼネコン企業も多かったため、複雑なネットワーク環境を整備したうえで内側からも外側からも安全なネットワーク環境を管理運用できる人材が不足している点も課題でした。これらの課題から、まずは今現在、ネットワーク環境がどのような状態であるのか、問題はないのか、内容を把握する必要があります。

しかし「Higashisakura Area (東桜街区)」ならびに、アーバンネットワーク名古屋ネ

\*1 NOC: 通信ネットワークを管理する施設のこと。主にネットワークを構成する回線や機器の監視・制御、トラブル対応などを行います。

\*2 SOC: サイバー攻撃の検知・分析を行って、対策を講じる専門組織。



FW:ファイアウォール

INI (Internal Network Inspector): NTTアドバンステクノロジー (NTT-AT) で開発した未承認機器などを検出するためのソフトウェア

※FortiGateからFortiGateクラウドへ接続するための回線は、FortiGateのExtender (モバイル回線) を利用するか、お客さま内のネットワーク経由で接続するか環境に応じて適切な方法をご提案します

図3 内部NW監視 (工場・ビル向けOT/IoTセキュリティサービス) のイメージ図

クスタビルに実証実験で利用した監視サービスを個別導入する場合、高スペックであるが故に、機能が盛りだくさんで高価格となり、スマートビルの持続可能な運用管理に求めている範囲での内部セキュリティ監視や、ビル制御システムのバックネット (BACnet<sup>\*3</sup>) の可視化にマッチしていないという課題があったのです。

NTTアドバンステクノロジーは、実証実験で培ったノウハウも踏まえて、工場やスマートビルなどの重要な制御ネットワークにおいて、内部ネットワークの可視化、モニタリングを重要な機能に絞って、スモールスタートで導入できる「工場・ビル向けOT/IoTセキュリティサービス」を開発しました。内部ネットワークの可視化については、ネットワークに接続された機器のリスト化、接続先のリスト化が可能です。モニタリングについては、未承認端末・新規接続先の検知、シグネチャを使った脅威検知が可能です。接続機器リスト・接続先リストの生成、未承認端末・新規接続先の検知を実現しているのは、NTTアドバンステクノロジーで開発したInternal Network Inspector (INI) と呼ばれる自動分析ソフトウェアです。INIを活用することで、低コストのアプライアンスを補完し、経済的

なサービスを実現することができます。また、構築から監視までNTTアドバンステクノロジーで対応可能で、検知状況の週次報告をNTTアドバンステクノロジーからお客さまへ通知しています。このサービスは、現代のデジタル化が進む環境で増大するサイバーリスクに対応するために開発されており、事業運営の持続可能性を高めるものとして注目を集めています。

そこで、導入済みだったNOC/SOC、セキュリティ診断、yaraのサービスに加えて、コンパクトにビル内のネットワークをモニタリングできる「工場・ビル向けOT/IoTセキュリティサービス」(図3)のトライアルを提案し、実施しました。トライアルで当初想定していなかったネットワークの使われ方が検知され、重要制御ネットワークのモニタリングの重要性を再確認したため、2024年2月から正式サービスとして導入されました。

さらに、このサービスは、現場の担当者と密接に連携することで、セキュリティ対策の質を高めるとともに、運用の安定化にも寄与します。例えば、「未承認端末が検知されました」とビル運用の現場担当者へ伝えても、「それでどうすればよいですか?」と現場は動けないケースがあります。「管理されていないIPアドレスで重要制御ネットワークに接続されている事象が見つかりました。管理されていない端末から照明・空調を制御するネットワークにマルウェアが拡散するおそれがあります。IPアドレス

帯から〇〇ベンダが保守で利用している可能性がありますので、〇〇ベンダに検知されたIPアドレスを利用して機器のメンテナンスを〇月〇日に実施していないかご確認ください」のように、異常検知の理由とそれに対して何をするのかを明確に現場担当者に伝えることにより、現場でスムーズに動けるようになります。特に、トライアル期間中に発見された予期せぬネットワークの使われ方や不要な通信の検知により、従来のセキュリティ管理にはなかった新たな視点を提供しました。この新たな視点は、今後のセキュリティ対策において非常に重要な要素となるでしょう。従来の防御的なアプローチだけでなく、ネットワークの状況を常に監視し、動的に対策を講じることが求められる時代において、NTTアドバンステクノロジーの技術はその必要性を満たすものです。

この技術の導入により、アーバンネット名古屋ネクスタビルでは、内部ネットワークのセキュリティ管理が強化され、持続可能なビル運用が実現しました。具体的にはこれまでブラックボックスであった重要制御ネットワークにおいて、接続機器・通信が可視化され、これまでになかった未承認機器・新しい接続先の通信を検知し、ビル内のネットワーク状況も把握ができるようになりました。これにより、ビル運用者の負担減少に寄与したといえます。具体的な効果としては、不正な機器・通信の早期発見が挙げられ、これによりビル全体の運用効率

\*3 BACnet: 通信プロトコルの国際標準規格であり、ビル自動管理制御システムを指します。照明や空調などがメーカー独自の仕様であっても、ビル内のインフラ設備を統合的に監視・制御することが可能になります。

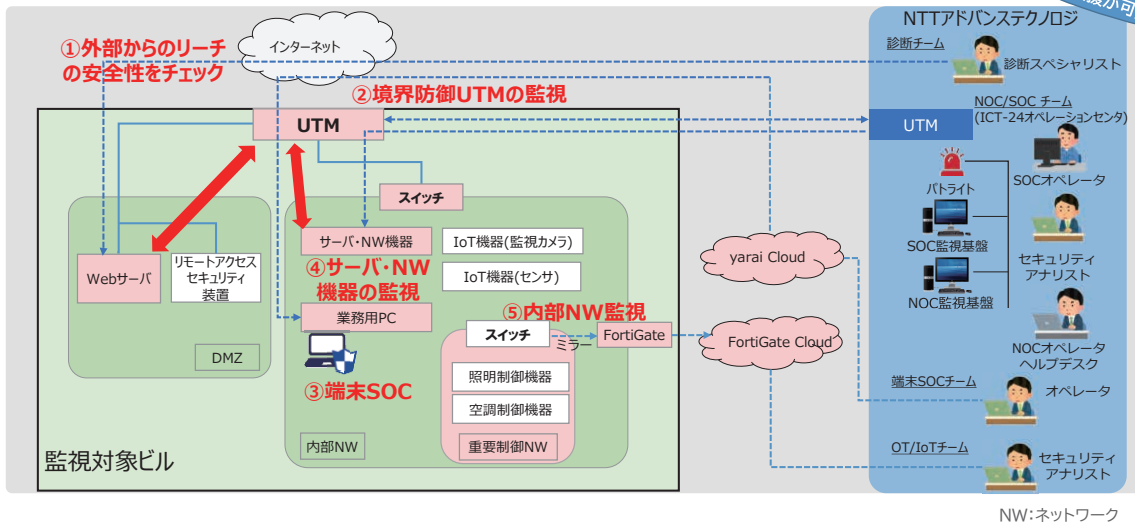


図4 トータルでセキュリティ対策を支援

が向上しました。さらに、セキュリティインシデントの発生率も低減し、管理コストの削減にも寄与しました。このような成果は、NTTアドバンステクノロジーの技術が現場でどれほど有効であるかを示すものであり、今後もこの技術が多くのスマートビルや工場に導入されることが期待されています。

なお、アーバンネット名古屋ネクスタビルでは、ガイドラインに従ったスマートビルの安定的な運用に最低限必要なものとして、下記のセキュリティソリューションのセットが導入されています。アーバンネット名古屋ネクスタビルでの実証、経験を踏まえて、下記サービスは、可視化、予兆検知、インシデント発生時の早期対応の観点からトータルコスト削減につながることで再確認できました(図4)。

#### ■セキュリティ診断サービス

UTM (Unified Threat Management)<sup>\*4</sup> やDMZ (Demilitarized Zone)<sup>\*5</sup> に設定されている公開機器に対し、セキュリティ情報の問題点がないかを調査します。これにより、インターネットに接続されている

機器が適切に保護されているかを確認でき、外部からの脅威に対する初期防御ラインを強化します。

#### ■SOCサービス (UTM)

外部からの攻撃に対応する観点から、インターネットの接続点において24H365Dで監視します。これにより、サイバー攻撃に対する即時対応が可能になります。

#### ■ウイルス対策サービス (端末のウイルス対策 : yarai)

内部からの攻撃や端末への直接攻撃に対応する観点で監視します。このサービスは、端末に対する攻撃をリアルタイムで検知し、迅速に対策を講じることで、内部からのセキュリティリスクを最小限に抑えます。

#### ■NOCサービス

セキュリティ対策に関する機器も含め、各種ネットワーク機器が停止していないかを24H365Dで監視します。ネットワーク機器の安定稼働を確保することで、運用の中断を防ぎ、業務の継続性を維持します。

#### ■内部ネットワーク監視 (OT/IoTセキュリティサービス)

重要制御ネットワーク内部の可視化、未認証端末などの脅威を検知します。特にOT環境における可視化と脅威の早期発見は、工場やスマートビルの運用において極めて重要です。

サービスの導入によって、内部ネットワークのセキュリティ管理品質向上や現場担当

者との連携も円滑になりました。これにより、現場のセキュリティ担当者は、日常的な業務においても安心してシステムを運用できるようになり、セキュリティリスクの低減が図られました。さらに、ネットワーク全体の透明性が向上し、運用の効率化とトラブル対応の迅速化を実現しました。

### セキュリティ対策の協創による持続可能な運用

アーバンネット名古屋ネクスタビルにおけるセキュリティ対策の構築は、単なる技術導入にとどまらず、NTTアーバンソリューションズとNTTアドバンステクノロジーの密接な協力により実現されました。この協創のアプローチにより、現場の具体的な課題に即した最適なソリューションが提供され、持続可能なスマートビル運用が確立されました。

このプロジェクトの成功の鍵となったのは、現場の状況を正確に把握し、それに基づいて適切な対応を迅速に行うことでした。例えば、当初想定していなかったネットワークの使われ方が検知された際には、すぐにセキュリティ対策を見直し、ネットワークの安全性を強化しました。

さらに、セキュリティ対策を単に導入するだけではなく、現場の担当者との連携を強化し、運用の安定化を図ることに注力

\* 4 UTM : 統合脅威管理の意。複数のセキュリティ機能を1つの機器で運用管理し、包括的に社内ネットワークを保護する手法や製品。

\* 5 DMZ : ファイアウォールなどを用いて外部と内部のネットワークの間に設けられた安全なネットワーク領域。



写真1 NOC・SOCチーム



写真2 yarai・診断・OTセキュリティチーム

しました。これにより、ビル内のネットワークがより安全かつ効率的に運用されるようになり、スマートビルの発展を支える基盤が整えられました。

### 将来の展望と持続可能な街づくり

アーバンネット名古屋ネクスタビルにおける成功事例を踏まえ、NTTアーバンソリューションズは、他の街区にも同様のセキュリティ対策を展開していく計画です。これには、NTTアドバンステクノロジーとの長期的なパートナーシップが不可欠であり、両者の協力によってさらに強固なセキュリティ体制を築くことをめざします。

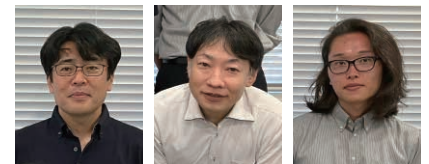
このような取り組みは、スマートビル時代におけるセキュリティ対策の重要性を再認識させるものであり、今後のスマートビルの発展においても、セキュリティはもっとも重要な要素の1つとなると考えます。

NTTアーバンソリューションズがめざす「ひと中心の街づくり」は、こうしたセキュリティ対策の進化によってさらに進展し、より安全で快適な都市空間の実現へとつながることが期待されます。スマートビルの発展には境界防御だけでなく、内部ネットワークの監視に着目し、未承認端末の可視化も重要であると再認識したアーバンネット名古屋ネクスタビルの事例は、スマートビル時代におけるセキュリティ対策の重要性と、専門サービス提供者との連携の価値を示す好例となるといえます。

NTTアドバンステクノロジーが提供するセキュリティソリューションのセットは、工場やスマートビルの運用におけるセキュリティ課題に対する最適なソリューションとして、多くの事業者にとって不可欠な存在となります。このサービスは、単なるセキュリティ対策にとどまらず、運用効率の向上や持続可能性の確保にも貢献します。

特に、OTとITの統合により、これまでにないセキュリティと効率のバランスが実現されており、今後も多くの産業分野でその価値が認められることが予想されます。

今後も私たちは、最先端の技術を活用し、お客さまとともに安全で効率的な運用環境を築き上げていく所存です。NTTアドバンステクノロジーのめざす未来は、すべてのインフラが安全で持続可能なものであり、その実現のために引き続き努力を重ねていきます(写真1,2)。



(上段後列左から) 高田 照史/ 宮城 達也/  
藤原 明彦  
(上段前列) 甲斐 惇也  
(下段左から) 小田部 悟士/ 田中 晴信/  
中山 真

スマートビルの進化には、複雑化するネットワークへのセキュリティ対策が不可欠です。NTTアドバンステクノロジーでは、アーバンネット名古屋ネクスタビルでの事例のように、境界のUTMから内部ネットワークまでトータルでセキュリティ対策の支援が可能です。セキュリティ対策でお困りの方は、下記問い合わせ先よりご連絡ください。

#### ◆問い合わせ先

NTTアドバンステクノロジー  
ソーシャルプラットフォーム・ビジネス本部  
セキュリティビジネス部門  
工場・ビル向けOT/IoTセキュリティ  
サービス担当  
E-mail at-otiotsec.scm@ml.ntt-at.co.jp

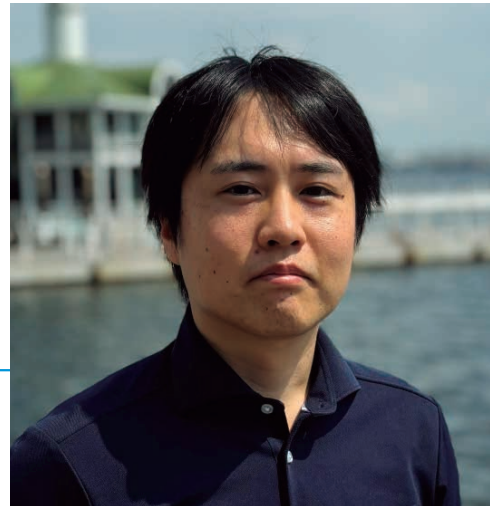


## 主役登場

# 生成AIが切り拓く フィッシング攻撃対策の未来

## 小出 駿 Takashi Koide

NTTセキュリティ・ジャパン  
研究主任



大規模言語モデル(LLM: Large Language Models)に代表される生成AI(人工知能)の登場は、ビジネス、教育、医療、芸術や娯楽など多くの分野に革新をもたらしています。しかし、その一方で生成AIがサイバー攻撃に悪用されるという新たな脅威も生まれています。有名人や政治家の精巧な偽動画を用いた印象操作や詐欺への誘導、災害や事件に関する偽画像の拡散など、サイバー攻撃の手口は日々巧妙化しています。日本国内でも、生成AIを用いてマルウェアを作成した事例で逮捕者が出るなど、これらの脅威が現実のものとなっています。

このような状況下で、私たちは生成AIをサイバーセキュリティ対策に活用する研究開発に取り組んでいます。その中でも特に注力しているのが、フィッシング攻撃対策です。フィッシング攻撃は、メールやショートメッセージサービス(SMS)、偽のWeb広告など、多様な経路を通じてユーザを偽サイトに誘導します。ここでは巧妙な文言や偽の警告により、クレジットカード番号や個人情報、ログイン情報などを入力させようとします。情報を盗まれると、アカウント乗っ取りや金銭的被害など、深刻な事態に発展する可能性があります。

従来のフィッシング攻撃対策では、機械学習技術を用いた検出モデルの頻繁な更新、人手による確認や情報収集が必要でした。これには多大なコストと時間がかかり、日々進化し変化し続ける攻撃に追いつくには大

きな困難が伴います。そこで私たちは、LLMを活用した新しいフィッシングサイト検出技術の開発に着手しました。

この技術の特徴は、疑わしいWebサイトに自動でアクセスし、そこから得られる情報をLLMが解釈しやすいかたちに変換する点です。具体的には、プロンプトエンジニアリングという手法を用いて、LLMにフィッシングサイトを判別するための具体的な指示を与えます。さらにWebサイトのスクリーンショット画像やHTMLソースコード、URLを入力することで、これらの情報を基にWebサイトの正当性を判断するのです。検証の結果、驚くべきことに99%以上という高い検出精度でフィッシングサイトを判別できることが分かりました。なぜこれほどの精度が出せたのでしょうか。

LLMはインターネット上の膨大な情報を学習しています。そのため、フィッシングサイトが狙う企業やサービスのブランドに関する多種多様な知識を持っています。この知識を基に、正規サイトとのURLの違いや、不自然な文章表現などを根拠として、ブランドの偽装を見抜くことができます。また、偽のウイルス感染警告、架空の宅配通知、アカウント異常など、人を騙すための典型的な手口を文脈から正確に特定し、それらが偽情報であることを識別できるのです。

私たちの研究は、世界でも先駆的なものでした。LLMが登場した当初、これを悪

性サイトやマルウェアの検出に使えるのではないかというアイデアは議論されていました。しかし、実際にその有効性を検証した研究は存在しませんでした。私たちはOpenAI社のGPT-4が発表されてからわずか3カ月という短期間で、システムの構築と検証を行い、論文を公開しました。これにより、LLMを用いたフィッシングサイト検証の有効性を世界で初めて明らかにしたのです。その後も研究開発を重ね、マルチモーダルモデルを活用した画像入力による検出精度の向上など、さらなる改善に取り組んでいます。

しかし、サイバーセキュリティの世界では、攻撃と防御の技術が日々進化を続けています。生成AIの発展により、より巧妙な詐欺手法が生み出されつつあります。そのため、私たちは常に攻撃者の一歩先を行く必要があります。今後の目標として、より迅速にフィッシングサイトの情報を配信し、ユーザによる不用意なアクセスを未然に防ぐシステムの構築をめざしています。また、リアルタイムで悪性サイトを判定し、ユーザに危険度を即座に通知できる仕組みの研究にも取り組んでいます。技術の進歩は、私たちの生活を豊かにする一方で、新たな脅威も生み出します。しかし、同じ技術を応用することで、これらの脅威に対する新たな防御策を構築できるのです。社会の安心と安全を守るため、これからも最先端の研究開発に挑戦し続けます。



## ビジネスのイネーブラーとしてのセキュリティ —前編—

サイバー攻撃の規模が拡大し、手法も高度化し、これらにより新たな脅威も発生しています。大きな被害をもたらす事件も引き続き発生しています。また、デジタル化によってITシステムが社会で重要な役割を果たしていることから、ITシステムの障害は重大な社会的影響を及ぼします。一方で各国政府などにおけるITに関する取り組みも進化しています。こうした環境の変化の中で、セキュリティの位置付けは、脅威への対応コストという概念から、ビジネスのイネーブラーへと変化しつつあります。



### セキュリティの意義の変化

デジタル化やAI（人工知能）の活用が進む一方、サイバー攻撃の件数や被害金額も世界的に増加しています。それだけではなく、新たな攻撃手法が現れ、これらは技術的にも高度化しています。厳しさを増す国際情勢などを反映し、政府や重要インフラへの攻撃、AIシステムへの攻撃など、新たな脅威も生まれています。

セキュリティといえば、どうしてもこのような負の側面と、それをどうやって防ぐかということに注目が集まりがちです。もちろんこれは目を背けることのできない社会の重要課題であることは間違いありません。

しかし、それだけではなく、セキュリティによりビジネスに新たな価値もたらされる事例も生まれてきています。セキュリティもデジタル化における不可欠な基盤の1つであり、高品質なセキュリティはビジネスの付加価値になるとの考え方です。2021年に閣議決定された「サイバーセキュリティ戦略」で、政府は「デジタル改革を踏まえたデジタルトランスフォーメーションとサイバーセキュリティの同時推進」の方向性を明確にし、「デジタル化進展の中で、ITシステムやデジタル化への対応能力が、業務、製品・サービス等の有する付加価値の源泉となっていくと想定される中で、サイバーセキュリティ

表1 「情報セキュリティ10大脅威2024」（組織）

順位	「組織」向け脅威
1	ランサムウェアによる被害
2	サプライチェーンの弱点を悪用した攻撃
3	内部不正による情報漏洩等の被害
4	標的型攻撃による機密情報の窃取
5	修正プログラムの公開前を狙う攻撃（ゼロデイ攻撃）
6	不注意による情報漏洩等の被害
7	脆弱性対策情報の公開に伴う悪用増加
8	ビジネスメール詐欺による金銭被害
9	テレワーク等のニューノーマルな働き方を狙った攻撃
10	犯罪のビジネス化（アンダーグラウンドサービス）

出典：IPA「情報セキュリティ10大脅威2024」を基に情報通信総合研究所作成

の確保は企業価値に直結する営為となる」と述べています。

本稿では全2回にわたり、セキュリティの現状を踏まえつつ、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紹介します。

### セキュリティをめぐる現状

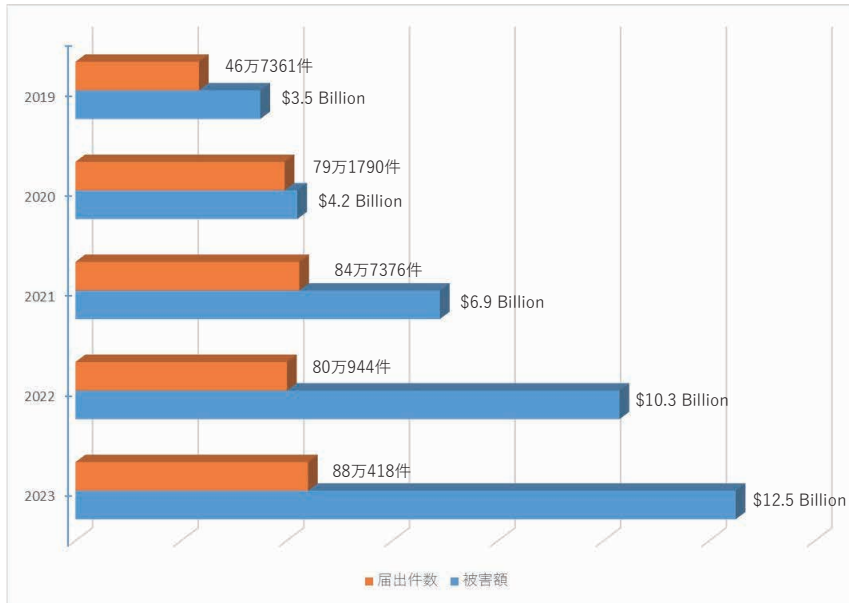
#### ■現状と課題

まずは現状をみておきましょう。2024年1月、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）は、「情報セキュリティ10大脅威2024」を発表しました<sup>(1)</sup>。これは、IPAが毎年、社会的に影響が大きかったと考えられる事案を10個、「個人」と「組織」

それぞれについて選出、発表しているものですが、「組織」についてみると、1位が「ランサムウェアによる被害」、2位が「サプライチェーンの弱点を悪用した攻撃」、3位が「内部不正による情報漏洩等の被害」となっています（表1）。いずれについても、最近、大きな事件が報じられています。

2024年6月、社会的影響が大きく、大きな話題の1つとなったのが、ランサムウェアによるKADOKAWAとそのグループ企業への攻撃でした<sup>(2),(3)</sup>。ランサムウェアとは、「ランサム（身代金）」と「ソフトウェア」を組み合わせでできた言葉で、悪質なソフトウェアにより攻撃先のデータを暗号化したり、盗み出したりして、暗号化されたデータの復元や、他へ漏洩しな





出典：FBIインターネット犯罪苦情センター「Internet Crime Report 2023」を基に情報通信総合研究所作成

図 米国におけるサイバー犯罪被害と被害額の推移

いことへの対価としての「身代金」を要求する不正なプログラムです。出版大手企業であり、子会社ダウンゴが動画投稿サイト「ニコニコ動画」を運営していることでも知られる同社では、グループ企業のデータセンタのサーバがサイバー攻撃を受け、データを暗号化されるとともに、社内外合わせて25万人分を超える個人情報が出ました。また、これにより、出版事業に関するシステムが停止し、出荷数量の減少、「ニコニコ動画」などのオンラインサービス停止、学校法人角川ダウンゴ学園の学生情報の漏洩など深刻な被害も出ており、事業活動への影響は数カ月にも及んでいます。さらに、同社は攻撃者側に身代金を支払ったとの複数の報道もあり、これも大きな問題となっています。KADOKAWAとダウンゴはシステムの再構築などを行って順次事業活動を再開していますが、その後の8月下旬にも、犯行グループによる新たな脅迫が行われており（犯行グループは身代金の受け取りを否定しています）、本稿執筆時点では、解決には遠い状況とみられます。

世界的にも、年々被害が拡大しています。米国でFBIのインターネット犯罪苦情センターに届け出のあったサイバー犯罪被害は、

2023年に件数88万件、被害額125億ドルに達しています<sup>(4)</sup>。これを2019年と比べると、件数は約1.9倍になっているのに対し、金額では約3.6倍となっています（図）。被害1件当たりの被害額が増えていることが分かります。この多くはフィッシングと個人情報漏洩とみられています。

被害者はこのような犯罪に巻き込まれると、時間を浪費するだけでなく、例えばクレジットカードの凍結などで、社会的なダメージを受けます。また、漏洩した情報を悪用され、次の犯罪につながるおそれもあります。

このような現実を踏まえ、ビジネスパーソンにも、サイバーインシデントのリスクが、他のリスクと比較しても大きなものと認識されています。保険会社Allianzが世界の法人顧客に対し行った調査（2024年1月発表）では、ビジネスに対するリスクとして「サイバーインシデント」が3年連続でトップとなりました<sup>(5)</sup>（表2）。

また、世界経済フォーラムが2024年1月に発表した報告書でも、サイバー攻撃・犯罪が、「現在」「今後2年間」「今後10年間」いずれにおいても、グローバルリスクのトップ10位以内に入っています。「AI技術がもたらす悪影響」「誤報と偽情報」といった

関連する項目も含め、サイバーインシデントが、事業に大きな影響を及ぼすリスクと認識されていることが分かります。

### ■新たな脅威

新たな脅威も指摘されています。新技術、サービスが生まれれば、それが標的となりますし、攻撃を行う側がそれらを利用することもあります。

ここでは生成AIに関する脅威を例に挙げます。コンテンツ生成が可能な生成AIは、膨大なデータを学習し問題を解決できる手段として、さまざまな分野での活用が期待されていますが、その一方で、生成AIそのものが攻撃対象となる危険性と、生成AIを利用した攻撃が行われる可能性が指摘されています。

生成AIそのものが攻撃対象となる危険性としては、例えば、AIモデルの学習に使用するデータを取り換え、「汚染」されたデータを与える「データポイズニング」で、生成AIに誤った結果を出力させることができます。偽情報を与えて、動作を変更させ、ヘイトスピーチや陰謀論を生成させることも可能になるのです。最近では、大規模言語モデルのパフォーマンスを向上させるため、追加の外部データの情報を検索して補完する「検索拡張生成」技術を組み合わせることも多くなっていますが、これは「データポイズニング」に対し特に脆弱ともいわれています。追加データの管理が適切でない場合、悪質な情報が含まれる可能性があるからです。

また、生成AIを利用して従来からある攻撃をより「効率化」し、拡大させることも可能です。IBMの報告によれば、従来、経験豊富な攻撃者が16時間をかけて作成していたのと同じくらい巧妙な、相手企業の情報を用いたフィッシングメールを、生成AIを用いることにより、わずか5分程度で作成できたとされています。

## ITシステムとデータの重要性

### ■ITシステムの社会的重要性の増加

最近では、デジタルトランスフォーメーション（DX）も進み、ITシステムがあら



表2 グローバルビジネスにおけるリスク要因

順位	リスク	%	2023年
1	サイバーインシデント（サイバー犯罪、ITネットワーク、サービス障害、マルウェア、ランサムウェア、データ侵害等）	36%	1位（34%）
2	ビジネス停止（サプライチェーン障害を含む）	31%	2位（34%）
3	自然災害（嵐、洪水、地震、山火事）	26%	6位（19%）
4	法制度、規制の変化（料金、経済制裁、保護主義）	19%	5位（19%）
5	マクロ経済変化（インフレーション、デフレーション、金融政策）	19%	3位（25%）
6	火災、爆発	19%	9位（14%）
7	気候変動（地球温暖化に伴う物理的、金銭的リスク）	18%	7位（17%）
8	政治的リスク、暴動（政治不安定、戦争、テロ、クーデター）	14%	10位（13%）
9	市場変化（競争激化、新規参入、M&A）	13%	11位（11%）
10	スキルのある労働力の不足	12%	8位（14%）

出典：Allianz「Allianz Risk Barometer Results appendix」を基に情報通信総合研究所作成

ゆる社会生活を支えています。これは社会の進歩と効率化に大きく貢献していますが、その分ITへの依存が大きくなり、ITに障害が発生したときには、社会活動にも悪影響が発生します。これを如実に示したのが2024年7月に発生した全世界的なシステム障害でしょう。米国のサイバーセキュリティ技術企業クラウドストライクが、欠陥のあるセキュリティソフトウェアアップデートを行ったことにより、運輸、病院、銀行、放送局、そして政府や多くの産業等が被害を受けたのは記憶に新しいところです。この事件では、Windowsコンピュータで「ブルースクリーン」エラーが相次いで発生し、Microsoftの推定によれば、世界で約850万台が影響を受けました。これにより、米デルタ航空では約7000便が欠航しました。また、英国など複数の国で病院が予約をキャンセルしたほか、米国の緊急通報用の電話番号「911」にも問題が生じました。生放送ができなくなったテレビ局もありました。

これはサイバー攻撃によるものではありませんでしたが、原因を問わず、ITシステムの可用性が大きく損なわれることになれば、広範な社会活動が影響を受けます。これは企業にとっては、事業における損害を意味します。復旧に要する費用だけでなく、損害が発生している間、そして将来得られるはずだった利益も失うことになるのです。

この事件の難しさは、影響の大きさ、深刻さに加えて、直接被害を受けた企業が、セキュリティ対策を怠ってはいなかったということにあります。むしろ、今回に関しては、先進的な対策を行っていた企業が大きな影響を受けました。ソフトウェアアップデートのリリース体制など、セキュリティサービスのあり方はもちろん、特定システムへの依存など、さまざまな問題が明らかになりました。もちろん、事故は起こるものであり、ゼロにすることはできません。もしこのような事態が発生した場合でもいかにして被害を最小化し、事業を継続するかも新たな課題となったといえるでしょう。

#### ■各国政府の取り組み

ITが社会的に重要な存在となったことを受けて、世界各国で、政府としてのサイバーセキュリティへの取り組みも進んでいます。本稿の冒頭で日本の取り組みに触れましたが、ここでは、米国・欧州の取り組みについてみていきます。

米国では、2022年3月、重要インフラでのサイバーインシデントの報告を義務付ける法律が制定されました。これは、対象となる重要インフラ事業者には、重大なサイバーインシデントやランサムウェア攻撃に対する身代金支払いに関し、CISA（Cybersecurity and Infrastructure Security Agency：サイバーセキュリティ・インフラストラクチャセキュリティ庁）へ

の報告を義務付けるものです。対象となる事業者は、政府、防衛、医療、緊急サービス、エネルギー、通信、情報技術、重要製造、輸送システム、金融サービスなど16部門にわたります。

また、2023年3月には米国政府が「国家サイバーセキュリティ戦略」を発表しました。これは、同国ですでに存在するサイバーセキュリティ対策を前提として、「サイバー空間はそれ自体の目的のために存在するのではなく、我々の最も高い理想を追求するための手段として存在する」と述べ、差し迫った脅威への即応と同時に、将来を見据えた戦略的計画と投資のバランスを取りながら、長期的な投資を促すようインセンティブを再調整するとして、脅威に対処しつつ、デジタル時代の未来の可能性を確保するとの考え方を明確にしています。

欧州においても類似の法整備が進んでいます。欧州委員会によって2020年12月に公表された「欧州サイバーセキュリティ戦略」では、サイバーセキュリティが「欧州のデジタルの未来」の重要な構成要素と位置付けています。そして、これに基づき、2022年11月、「ネットワーク情報セキュリティ（NIS）指令」の改正案（いわゆる「NIS2」）が採択され、対象15分野におけるリスク管理対策と、重大なサイバーインシデントに関する報告要件を定めています。

なお、政府への報告義務に関しては、日本においても、「サイバーセキュリティ基本法」で「重要社会基盤事業者」の責務が示されており、これに基づき策定される2024年3月の「重要インフラのサイバーセキュリティに係る行動計画」（5次行動計画）では、情報通信、金融、医療、運輸関係など15の分野が指定されています。政府への情報共有義務についても、「国家安全保障戦略2022」で「能動的サイバー防御」の1つとして言及されており、検討段階にあるとみられます。

このように、各政府において細かなアプローチの違いはあるものの、いずれも、政府としてITを社会の基盤と位置付け、社会基盤に関する関係者のサイバーセキュリ

ティ関連対策義務を明確にするとともに、「もぐらたたき」的な脅威への対処だけでなく、あるべきデジタル社会の進展に向けた投資を促進し、エコシステムの形成を図る点が共通しています。

また、米欧日の取り組みには、国家間の協調も含まれています。例えば、北大西洋条約機構 (NATO) の CCDCOE (Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence: サイバー防衛協力センター) には、NATO加盟国以外に、「貢献国」として、日本を含む7カ国が参加しています (2024年8月現在)。そして、CCDCOEが主催する世界最大規模の国際サイバー防衛演習「Locked Shields」には、近年、日本の政府機関や、NTTなどの重要インフラ事業者等も参加しています。この演習は、サイバーセキュリティの専門家が、リアルタイムの攻撃下にある国家のITシステムや重要インフラを防御するスキルを向上させることを目的としています。参加者は「レッドチーム」(攻撃側)と「ブルーチーム」(防御側)に分かれて、多数のシステムの保護だけでなく、証拠保全・分析や法的課題への対処、情報運用の課題などに迅速に対応しなくてはならない危機的状況での対処について、実践的な演習を行います。国家間、かつ官民で強調して社会を守る重要な取り組みといえるでしょう。

## セキュリティの意義の転換

### ■「追加負担」から必要な原価へ

セキュリティといえば、脅威に対応するものであり、コストは必要悪である、との考えが一般的でした。ウイルス対策ソフトもサイバーセキュリティ保険もセキュリティ教育の費用や時間も、組織や個人にとっては、より大きな被害を防ぐためのコストであり、事業に対する成果はない(見えない)にもかかわらず、やむを得ず支払う「追加負担」でした。このことが、特に体力の弱い中小企業にセキュリティ投資をためらわせてきました。

しかし、この考え方は過去のものです。

例えば、今、自動車のシートベルトを「追加負担」だと考える人はまずいないでしょう。昔は面倒と思う人も多かったのですが、最近ではシートベルトを装着するのは当たり前であり、むしろ、ドライブをより安全にし、万一の場合にも命や身体を守るために、さまざまな装備(エアバッグなど)が追加され、それが新たな価値となっています。

セキュリティもこれと同じです。セキュリティを、ITサービスをより快適に、より良く活用するための付加価値としてとらえ直す必要があるのではないのでしょうか。セキュリティにおいては、まず、守るべきものを定義しなくてはなりません。例えば、「PCを暗号化し、盗難の際の情報漏洩を防ぐ」など、今の会社の資産を守る(前述の例でいえば、シートベルトにより、万一衝突しても命に別条がないようにする)ことが第一歩ではありますが、それだけでなく、セキュリティをより高品質なものとする事で、会社の将来の成長を守り、ひいては事業を拡大することにもつながるのです。

### ■ビジネス戦略としてのセキュリティ

最近では、ビジネス戦略の中で、自社のセキュリティに関する品質、サービスを、高付加価値化の源泉とする動きが出てきています。

まず、高品質なセキュリティに基づく信頼構築はビジネスの重要な基礎となります。顧客は、データ(特に、個人情報などの秘密を保ちたい情報)を他社に預けることにリスクを感じています。正しいデータを安全にやり取りし、安定的に運用できる企業として認められることは、顧客のロイヤリティ、関係の継続、そしてブランドの評価につながります。

さらに、DX化が進む中では、正しいデータに基づく事業運営が、より高品質なサービスにつながります。「Data is new oil」とよくいわれますが、基になるデータが正確であることで、データを新たな価値の源泉として、新たな発見や分析による質の高い意思決定を行うことが可能になります。データの正確さを保つことも、セキュリティにほかなりません。

後編では、このような、セキュリティをビジネスのイネーブラーとする例について取り上げます。

### ■参考文献

- (1) 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA): “情報セキュリティ10大脅威 2024,” 2024年1月。
- (2) Piyolog: “KADOKAWAグループへのサイバー攻撃や悪質な情報拡散についてまとめてみた,” 2024年8月19日。
- (3) 共同通信: “[交渉決裂]とロシア系ハッカー KADOKAWA 障害、再攻撃も,” 2024年8月27日。
- (4) FBI Internet Crime Complaint Center: “Internet Crime Report 2023,” 2024年3月。 [https://www.ic3.gov/AnnualReport/Reports/2023\\_IC3Report.pdf](https://www.ic3.gov/AnnualReport/Reports/2023_IC3Report.pdf)
- (5) Allianz: “Allianz Risk Barometer Results appendix 2024,” 2024年1月。 <https://allianzcommercial.nl/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/reports/Allianz-Risk-Barometer-2024-Appendix.pdf>



株式会社 情報通信総合研究所  
左高 大平



# 世界初のIOWN国際間オールフォトニクス・ネットワーク

NTTと、台湾最大の通信事業者である中華電信股份有限公司（中華電信）は、2023年10月25日に締結した基本合意書に基づき、IOWN Global Forum (IOWN GF) が推進しているOpen All-Photonic Network (Open APN) のアーキテクチャを基に両社が構築するオールフォトニクス・ネットワーク (APN) を用いて、世界初の国際間APNを2024年8月29日に開通しました。本稿では日本と台湾間のIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) による国際APNおよびその開通を祝い開催された開通セレモニーの様態とIOWN GFの最近の活動状況について報告します。

キーワード：#IOWN, #国際APN, #Early Adoption Use Case

## NTTと中華電信とのIOWNによる国際ネットワーク接続の実現に向けた基本合意

2023年10月25日、NTTと中華電信股份有限公司（中華電信）は、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) による国際ネットワーク接続の実現に向けた基本合意書を締結しました。NTTは、光を中心とした革新的技術を活用し、高速大容量通信ならびに膨大な計算リソースなどを提供可能な、ネットワーク・情報処理基盤の構想であるIOWNの社会実装を進めており、IOWN Global Forum (IOWN GF) などを通じて、新たな次世代コミュニケーション基盤の実現を促進しています。また、中華電信は、台湾の電気通信業ではトップに位置する企業であり、NTTが提唱したIOWN構想にいち早く賛同し、IOWN GFへ早期参画し、Vice PresidentのDr. Rong-Ruey LeeはIOWN GFの活動をリードするDirectorにも選出・就任され、ユースケースおよび技術の検討を積極的に主導しています。その両者が強みとする光伝送技術や無線伝送技術、NTTと中華電信での社会実装の実績を基に、オールフォトニクス・ネットワーク (APN) 技術を中心としたIOWNの革新的な通信技術による、日本と台湾間の国際ネットワーク接続の実現およびIOWNに関するビジネスとセキュリティの協業をめざし基本合意書を締結しました。

## 世界初のIOWN国際間APN開通

2023年10月25日に締結した基本合意書に基づき、2024年8月29日に日本と台湾間においてIOWNのAPN技術を活用した国際間のネットワークが、世界で初めて開通しました。

国際間APNの開通にあたり、NTTは、NTT武蔵野研究開発センター（日本：武蔵野市緑町）から日本国内の陸揚げ局まで、NTTコミュニケーションズが提供するAPN専用線プランを利用してAPNを構築し、中華電信は、桃園データセンター（台湾：桃園市桃園）から台湾の陸揚げ局まで台湾国内でAPNを構築し、日本と台湾の間の海底ケーブル（光ファイバ）を用いて約3000 kmの長距離区間を接続しました。また、この国際間APNは、IOWN GFが提案しているOpen All-Photonic Network Functional Architectureを基にした構成であり、日本および台湾国内のAPNを構成するネットワーク装置は、IOWN GFのパートナー企業が提供している機器で構成され日本と台湾間での相互接続を実現しています。

また、国際間APNは100 Gbit/sの光パスで実現しています。このネットワークについての通信試験の結果は、片道で16.92 ms\*と低遅延で、遅延揺らぎは1 ns未満とほとんどないことが確認されています。この世界初の取り組みでは、NTTと中華電信が連携・協力しエンド・ツー・エンドでのAPNによる安定した品質の良い通信であることを証明することができまし

しんどう かつし たじま よしたけ  
進藤 勝志 / 田島 佳武  
みなみはた くにひこ すが きみひこ  
南端 邦彦 / 菅 公彦  
NTT研究企画部門

た（図1、表）。

## 開通セレモニー

この国際間APNの開通と合わせて開通セレモニーが同日開催されました。開通セレモニーは台湾のメイン会場と日本の会場を国際間APNで接続して行われました。このセレモニーでは、日本と台湾を4K解像度の双方向映像コミュニケーションシステムで接続し、NTTおよび中華電信のIOWNビジネスを一緒に展開していくパートナー、報道関係者など数多くの企業・団体・組織に日本と台湾の会場から参加していただき低遅延で揺らぎがほぼない通信を体験していただきました。NTT島田明社長は、スピーチで、「リモートでの参加でAPNの良さを伝えられるチャンスとなったこと、卓越した技術と豊富なグローバルビジネスの経験があるNTTと中華電信が協力してIOWNの国際間通信に取り組むことは、IOWNの技術開発、および台湾と日本の両国でのサービス展開を強力に加速させることへの期待、この取り組みによる実績によって、他のさまざまな国でのIOWNの展開を進めていきたい」と述べました。また、中華電信 郭水義会長（当時）は「引き続きNTTと密に協力し、IOWNの革新的技術を開発しながら国際間のAPNのさまざまなユースケースを実現し、世界へ普及させて豊かな社会に貢献

\* 光ファイバを用いた通信遅延は一般的に1キロ当たり5 $\mu$ s、3000 kmでは、15 msの遅延となります。



図1 国際間APNのネットワーク構成

することをめざすこと、通信の遅延が少なくなることで、分散型ネットワークもより効率的に活用が可能になり、離れた場所にデータセンタを構築しても、それぞれ遅延無く活用できるようになること」と述べました(図2)。

## IOWN GFの活動状況

IOWN構想の実現と普及を目的に、2020年1月に設立された業界団体IOWN GFでは、実現すべきスマートな世界をより具体的に描き、IOWN技術やアーキテクチャの検討、そして、それらを活用しより豊かな社会実現をめざした未来志向型ユースケース(Future Looking Use Case)の創出に取り組んできました。2023年からは“Vision to Reality”を掲げ、活動のギアを一段上げて新たにさまざまな取り組みを進めています。その活動の1つとしてIOWN GFが公開するIOWN技術やIOWNユースケースの実現、価値、パフォーマンスを実証することを目的とし実

践されるPoC(Proof of Concept)活動の推進があります。このPoCはPoCリファレンスに基づいて実施され、その結果はPoC ReportとしてIOWN GFに提出されます。IOWN GFは提出されたPoC Reportの対象分野の専門家チームを編成・評価し、その結果はIOWN GFが認定した「Recognized PoC」としてIOWN GFのホームページで公開されます。2024年9月末時点で、10件のRecognized PoCが認定され、公開されています。また、この活動を通じて、IOWN GFに参画しているさまざまな企業からIOWNを実現することができるサービスや製品の販売が開始されています。

また、もう1つの活動としては、IOWNユースケースの中でも2025～2026年ごろの社会実装・ビジネス活用をより意識した具

体的なユースケースとして、以下の3つのEarly Adoption Use Caseの検討に取り組んでいます。

- ① 金融業界向け分散データセンタによるより機能的なデジタルインフラの実現：データセンタ間をAPNで接続しデータ同期やさまざまなアプリケーションの切り替えを効率良く実現するユースケース
- ② 放送業界向け遠隔・クラウドメディア制作ワークフローの進化を実現：制作機材の共有(クラウド型)・リアルタイム性を担保したリモートからのメディア制作のユースケース
- ③ 生成AIや大規模言語モデルのためのリモートGPUサービスの実現：近年の大規模AI計算に対応可能なグリーンデータセンタにおけるGPU

表 遅延・ジッタの測定結果

回線速度	距離	遅延(片道)	遅延揺らぎ(平均)
100 Gbit/s	2893 km	16.92 ms	< 1 ns



図2 セレモニーの様子

(Graphics Processing Unit) コンピューティングとユーザデータの拠点を接続しデータの保護と効率的な処理を実現するユースケース

これらの新たな活動により、世界のさまざまな業界・業種から IOWN GF の活動への関心が高まっており、IOWN GF には 2024 年 9 月末時点で 153 の企業・団体・組織が参加しています。

### 今後の展開

IOWN GF は、2025 年からは Phase4 という新たな活動計画に基づき、メンバー間での連携をさらに強化し、より早く IOWN 技術やユースケースの社会実装に取り組みます。

また、日本と台湾間の IOWN 国際 APN については、日本と台湾に拠点を置く半導体分野などの製造業を中心に、被災時の BCP (Business Continuity Planning) 対策としてのデータバックアップやレプリケー

ションサービス、大規模言語モデル (tsuzumi) などの技術検証、ビジネス評価を NTT と中華電信が中心となり推進し、さらには、この活動を IOWN GF のパートナーとともにグローバルに展開し多様性を受容できる豊かな社会へ貢献することをめざします。

### 参考文献

- (1) <https://iowngf.org/>
- (2) <https://iowngf.org/use-cases/>
- (3) [https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-Open\\_APN\\_Functional\\_Architecture-2.0.pdf](https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-Open_APN_Functional_Architecture-2.0.pdf)
- (4) <https://iowngf.org/technology/>
- (5) <https://iowngf.org/recognized-pocs/>
- (6) <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2024/0229.html?msocid=269673ca41666b7316416770403e6ade>



(左から) 進藤 勝志 / 田島 佳武 / 南端 邦彦 / 菅 公彦

NTT は、IOWN GF の [Vision to Reality] のもと、グローバルパートナーと協力し、IOWN 技術を活用したユースケースの社会実装を加速させています。今回の世界初の国際間 APN に続く、IOWN ビジネスの具体的な成果にもぜひご期待ください。

### ◆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 IOWN 推進室  
E-mail [iown-info@ntt.com](mailto:iown-info@ntt.com)

NTT先端集積デバイス研究所  
上席特別研究員

**橋本俊和** Toshikazu Hashimoto

## 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

ネットワーク内のトラフィックが急速に増大傾向にある中で、「光」を用いた高速・大容量・低遅延の通信により、こうしたトラフィックの増大への対応が可能となります。さらにIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) の実現により、こうした特長がさらに強化されるだけでなく、省エネルギー化にもつながります。こうした光による通信はデジタル信号を光の波としての性質を利用して伝送しています。情報処理の世界はデジタルの世界ですが、光を波としてアナログ的に操作することで、より高速で省エネルギーな情報処理が可能となります。光を波としてアナログ的に操作することにより、ニューラルネットや量子コンピュータの実現に向けて挑戦する、NTT先端集積デバイス研究所 橋本俊和上席特別研究員に、「光を用いた計算に向けた光デバイス技術」とその応用、外の人と連携することで刺激を受け、学びを得て難しい課題にチャレンジする思いを伺いました。



### 大規模な計算の限界の克服に光による計算で挑む

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。

「光を用いた計算に向けた光デバイス技術」というテーマに取り組んでいます。これは前回（2021年11月号）以前から引き続いて行っているもので、光を波としてアナログ的に操作することで、情報処理を高速にし、エネルギー消費を抑える技術です。私の取り組み内容はほとんど変わっていませんが、前回から変わったのは、計算技術に対する要求がより一層高くなった、ということです。生成AI（人工知能）あるいは大規模言語モデル（LLM）では、コンピューティングリソースの大規模化により性能が向上するというスケールン則が見出され、より優れた性能をめざして計算規模の拡大競争が行われるようになりました。それらの計算に必要とされるエネルギー消費は莫大で、消費電力の削減という課題が社会課題となりつつあります。ムーアの法則が終焉を迎えているといわれる中で、計算量そのものの増大に対応するために、計算プロセッサそのものを革新する技術も求められています。そのような課題に対して、私たちは、従来のデジタル計算とは異なる光を波としてアナログ的に操作して計算を行う大規模計算技術の創

出に取り組んでいます。IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想では光電融合技術により、通信を含めたコンピューティングシステムのエネルギー消費の低減をめざしていますが、それをメインストリームの技術とすると、私たちが行っている研究は少し異なった観点で将来のコンピューティング技術の創出をめざすものになります。

光を波としてアナログ的に操作して計算を行う大規模計算技術（大規模アナログ光計算技術）は、究極的には、現在の電子回路技術では制御ができないような光の持つ周波数領域や時間領域、さらには光量子の自由度を使い尽くして計算を行う技術です。そして、電気による操作が難しい光が持っている可能性を使い尽くすには、光が持っている性質そのものを使って制御するのが基本的な方針です。図1に、扱う計算・扱う情報の粒度に対する、従来の電子回路で情報処理の領域（光は伝送媒体として用いられ、情報をもった光の出し入れに光回路を用いる領域）と大規模アナログ光計算技術の領域を示します。現在、図中に示されている、「光リザーバコンピューティング」「光メタサーフェス」「光量子コンピュータ」という技術をテーマとして取り組んでいます。

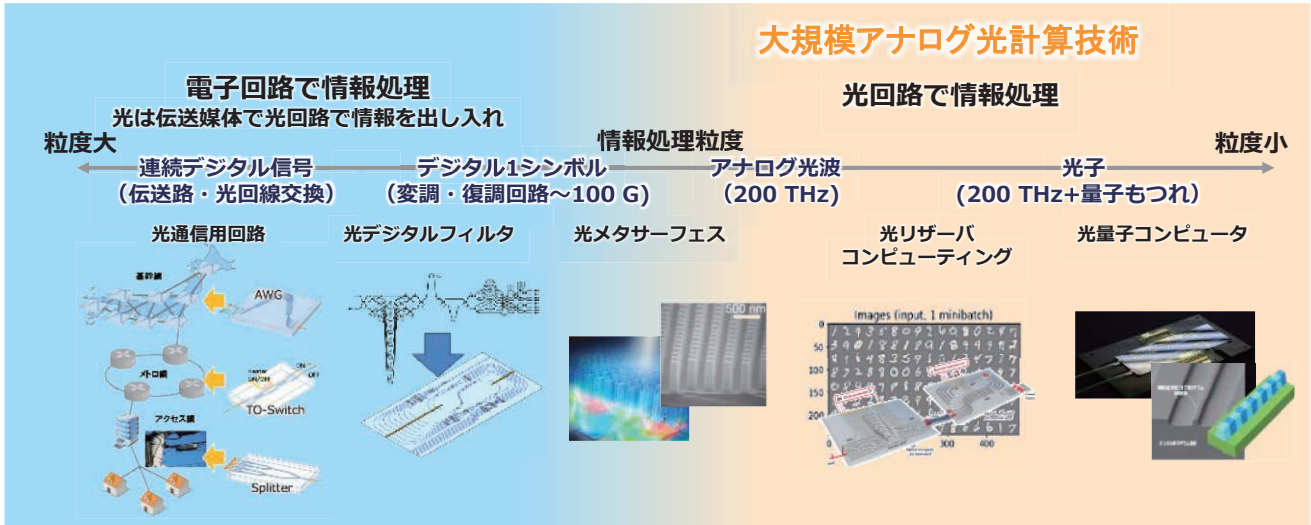


図1 光回路技術の適用領域と大規模アナログ光計算技術

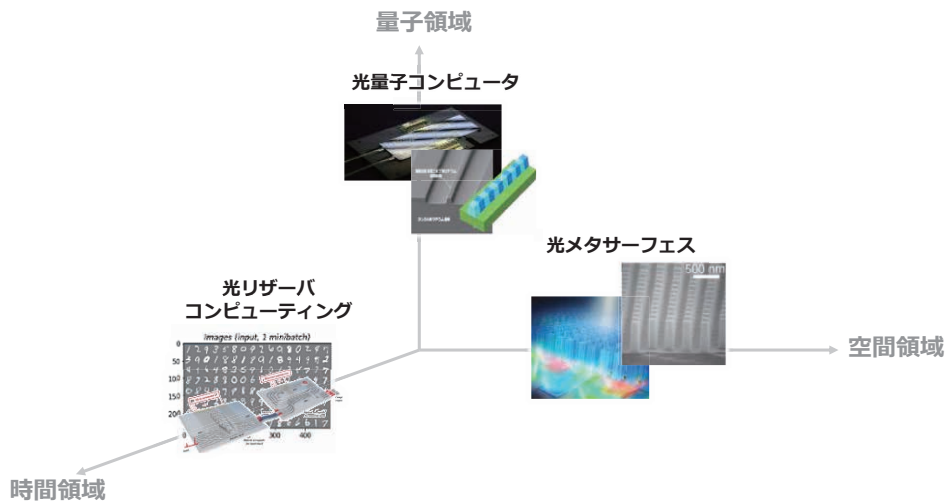


図2 光を用いた演算による大規模化の軸と例

## 空間・時間・量子の軸で光の可能性を追求

現在取り組んでいる技術はどのように大規模な計算の限界の克服につながっていくのでしょうか。

大規模アナログ光計算技術において大規模な計算に対応していく方向性としては「時間領域」「空間領域」「量子領域」の3つの軸があります。「光リザーバコンピューティング」「光メタサーフェス」「光量子コンピュータ」はそれぞれの軸の方向に大規模化する例となっています(図2)。

私たちの研究で実現している「光リザーバコンピューティング」は情報を乗せた光のパルスから、そのパルスより細かく時分割したサブパルスに、もとの光パルスと同程度の時間遅延を与えて混ぜ合わせて複雑な相関を生成し、それらの組合せから所望の出力

得るという計算手法です。電子回路では難しいサブパルスの生成やもとの光パルスに相当する時間遅延を与えて混ぜ合わせるといった「時間領域」の信号処理を光回路で実現しています。

「光メタサーフェス」は、透明な板(基板)に柱状の誘電体の微細パターンを敷き詰めたもので、光を透過させることで波面を制御する板状のデバイスです。入射した光が各柱を通過して放射される際に、柱の幅で位相が変化することを使い、柱の幅で位相変えた光1つひとつを波源として、それらを互いに干渉させて像(波面)を形成するものです。柱は光の波長よりも細かい間隔で配置され、1つの板上に数億本の柱を並べることが可能です。そこから出射された像は、その柱で生じた異なる位相の光どうしの相互干渉パターンとなるため、数億の2乗の積和に相当する情報が含まれることになります。このことは「光メタサーフェス」が「空間領域」を使って板を光が通過する一瞬で莫大な計算が可能であることを示していて、あとは、柱の幅で位相変えることがどのよ



うな情報の操作に相当するか、あるいは、どうすれば干渉像から意味のある情報を取り出せるかについての知見があれば「空間領域」を使った超高速で大規模な計算が可能となります。

「光量子コンピュータ」では量子の重ね合わせと量子もつれを使うことにより大規模化が実現されます。量子的に重ね合わせた状態をつくり、さらに重ね合わせ状態から互いに量子的に相関を持った状態（量子もつれ状態）を形成して、その状態に情報処理操作することで、多くの状態やその組合せに対してまとめて情報処理を行ったのと同様の結果を得ることが可能になります。これは量子コンピュータ全般にいえることで、従来の古典コンピュータでは事実上困難な計算が「量子領域」を用いることで計算可能となる理由の1つです。私たちの取り組みでは、光パルスに量子状態を形成し、それらの量子もつれをつくることで時間軸上に巨大な量子もつれ状態を生成することで「量子領域」の大規模化をめざしています。

## 光による大規模な計算によりもたらされるもの

具体的にどんなことが実現されていますか。

いずれの研究も若手の研究者が中心となって進めていて、素晴らしい成果を創出してくれています。

「光リザーバコンピューティング」ではニューラルネットワークとして大規模積和計算が可能であることを示すとともに、アナログ計算に適した機械学習のアルゴリズムを創出しました。リザーバコンピューティングは、リザーバからの出力信号に重み付けを行い、重みを最適化して所望の出力を得るという方法になります。リザーバは複雑なネットワークであれば固定されたものでよく、複雑なダイナミクスを持った物理的な媒質を用いる物理リザーバコンピュータが数多く提案されています。私たちは、光通信で培ってきた、光ファイバや光回路といったデバイス技術を適用して数10 Gbit/sクラスのパルス信号を16個の光の周回路中で32個に分け512のノード（ニューロン）を「時間領域」につくって、1波長当り1秒間に $10^{13}$ の積和演算が可能で世界最大規模の光リザーバコンピュータをつくり上げています。この光リザーバを多層化した多層光リザーバコンピュータも実現しています。また、東京大学中嶋研究室と共同で拡張DFA（Direct Feedback Alignment）法という、誤差逆伝搬不要な、アナログ計算に適した計算手法を提案し、多層光リザーバコンピュータと組み合わせることで、アナログ計算機として世界最高性能を達成しました。さらに、この方法が一般的なニューラルネットワークに適用できることを示し、難しいといわれていたアナログ計算によるニューラルネットワークの学習が可能であることも示しています。

「光メタサーフェス」ではカラーイメージセンサの高感度化が可能であることを実証しました。レンズとカラーフィルタに代えて、RGBに色分解して、それぞれ別の受光素子上の集光させる光メタサーフェスを実現し、カラーフィルタで不要な波長の光を除去し

て色分解する従来の方法に比べて3倍以上明るいイメージセンシングが可能であることを示しました。また、普通のカメラに「光メタサーフェス」でつくったレンズを装着することでハイパースペクトルイメージングが可能となることも実証しています。こちらは、圧縮した画像データからAIを含めた数理最適化に基づいて画像再構成するNTTコンピュータ&データサイエンス研究所の成果と光メタサーフェスによるレンズ技術を組み合わせたものになります。色、すなわち、波長ごとに集光の仕方を変えられるレンズを実現して、そのレンズを通して撮影した1枚の画像を圧縮した画像データと見なして、画像再構成技術により波長ごとの画像を生成します。言い換えると波長ごとのピンぼけ具合の違いをもとに1枚の画像から波長ごとの画像を再構成するカメラで、普通のカメラに「光メタサーフェス」によるレンズを装着するだけでハイパースペクトルイメージングを実現できる世界初の技術を実現しています。「光メタサーフェス」の応用範囲は幅広く、今後もさまざまな応用が期待されるものと思われます。

「光量子コンピュータ」では東京大学古澤研究室や理化学研究所等と連携し、連続量光子による量子情報処理を用いた量子コンピュータの実現をめざして取り組んでいます。連続量光子コンピュータでは、光の振幅と位相に情報を載せて量子情報処理を行います。光通信でも光の振幅と位相に情報を載せて大容量伝送を行っています。光通信では一般的なレーザ光を波として用いるのに対して、「光量子コンピュータ」では量子状態のもつれや重ね合わせを実現するためにスクイーズド光と呼ばれる特殊な波の状態を用います。この特殊な波の状態を生成する部分に、NTTの通信向けの光デバイス技術が活かされています。NTTではPPLN（Periodically Poled Lithium Niobate）という非線形光学素子を用いて光通信向けに超低ノイズ光アンプ技術を20年以上にもわたって培ってきました。このデバイスの使い方を少し変えると光の周波数を半分に変換してスクイーズド光をつくり出すことができます。NTTでは世界最高性能を実現するPPLNのアンプ技術をすでに実現しており、これを転用してスクイーズド光生成モジュールを実現し、Tz級の帯域を持ちながら量子性を表す指標であるスクイージングレベルで8 dB以上という世界最高性能を達成しました。さらに、そのスクイーズド光生成モジュールを用いることで、大規模クラスタ生成への適用可能性や高速な光パルスによる量子状態の生成等、「光量子コンピュータ」の基本要素を実現し動作実証しています。現在、それらの要素をまとめて、最初の「光量子コンピュータ」実機を実現する予定です。光子に限らず、量子コンピュータはノイズに弱いという課題があり世界の中の研究者がノイズに耐性のあるコンピュータの実現をめざしています。私たちは、まず2030年ごろまでにノイズ耐性を備えた量子コンピュータの実現をめざし、さらに将来的には、2050年ごろに全光型の光量子コンピュータをチップに集積したかたちで実現することを目指しています。これにより、従来のコンピューティングでは困難だった複雑かつ大規模な計算を可能にし、社会課題の解決等に貢献していければと考えています。

これらの成果は、直近の応用という意味ではばらばらで、互い

に関連を持っていないようにみえますが、根底にあるのは電気できない領域を光で実現するという事です。電気では難しい超高速周波あるいは時間領域の信号を光回路で処理し、光学的な画像情報を光のまま扱い、量子性の高い状態を非線形光学素子で実現しています。また、これらの技術は将来的に関連し合うことで、より大規模な光による情報処理を可能にし、現在の計算技術では困難な計算を可能にする光による計算を実現するための要素技術となると考えています。

また、今後に向けて2つのポイントに注目しています。1番目は、現在の技術ではすべてを光で処理することが困難である点です。光に情報を重畳したり、光から情報を取り出ししたりする際には、電気・電子回路技術が必要です。電気では難しい部分を光で補うことが可能でも、逆に光では困難な部分も多く存在し、それらは電気によって補う必要があります。このように、電気と光が互いに補完し合うことで、光を使った計算が実現できると考えています。2番目は、学術的な興味に関するものです。大規模な計算を実現するためには、多数の自由度を利用できるようにすることが鍵となりますが、そうすることで、物理系の性質として予想外の現象が現れる可能性に期待しています。例えば、空間的に離散化された位相パターンを持つ光メタサーフェスを用いたレンズでは、波長より大きな空間的周期性が存在すると、回折光と呼ばれるノイズが発生します。しかし、波長よりも短い（より細かい）周期にすることで、理論的には滑らかな球面レンズのように、回折光を完全に抑えることができます。これは「予想外」というよりもすでに知られている現象ですが、自由度が増えることで質的に変化する例の1つです。また、ニューラルネットワークについては、自由度が無限に大きければ任意の関数を近似できることが数学的に証明されています。自由度が増えることで制約が減り、むしろ最適化が容易になる場合もあります。さらに、統計的な性質を活用しやすくなることから、少数の自由度では得られない新しい特性が生み出される可能性にも期待しています。

## 外の人と連携することで、刺激を受け、学びを得て難しい課題にチャレンジ

研究者として心掛けていることを教えてください。

前回（2021年11月号）は、自分自身の気付いていない思い込みや考え方の癖が制限要因にならないように、判断は自然（実験や世の中の反応）に任せて、自分が面白いと思うこと、楽しいと思うことにトライする、ということをお話ししました。これは個人に限らずチームとしても同じであると考えています。チームの中では、私は他のメンバよりも多くの経験を積んでいるので、チームのメンバがやっていることに、アドバイスという大義名分のもと、一言いいくなる衝動に駆られます。そのとき気を付けているのが、その一言で研究者の持っている勢いを止めることにならないか、ということです。自分の経験をメンバに伝えて失敗を回避するよりも、メンバには経験をしてもらうことが大切だと考えています。

本当にやりたいことをやってもらうために、“一言”を自戒しているつもりです。実際そうになっているのかは全く自信がありません。

もう1つ心掛けているのは、メンバが各自でチーム（研究グループ）の外にチームをつくってもらうようにするという事です。研究グループとしての大きなテーマは設定していますが、各自のテーマは非常にバラエティに富んでいて「個人商店の集合」と揶揄されることもしばしばです。私としては、研究グループ内の連携は緩いものでよく、各人のテーマに関連する大学や企業の方々のところに向いて、一緒にやってくれる人を探し、技術を補い合える連携体制をつくり、研究を広げていくという営みが、大切だと考えています。外の人と連携することで、自分たちだけでは気付かなかった得意なところ、不足しているところに気付き、技術を補い合って研究をより価値のあるものに変えていくことができると考えています。何より一番期待しているのは、研究グループのメンバが、外部との連携を通して、刺激を受ける、ということです。技術や仕事の進め方が自分と違う多くの人がいる、その人たちが何をやっているのかを肌で感じることで、自分の殻に閉じこもらずに広い視野で研究開発を進めてもらえると考えています。特に若手研究者は研究を小さくまとめてしまわずに、将来的に長い視野を持って取り組んでもらえればと思います。

## 後進の研究者へのメッセージをお願いします。

研究者は難しい課題にチャレンジし続ける人だと思えます。ときには、どのようにすれば課題を解決できるかに悩み、限界を感じることもあるかと思います。そういった課題をとことんまで見つめて考え続けることも大切ですが、ときには視野を広げることも大切なように思います。視野を広げるというのは、インプットを増やすという意味もありますが、それに加えて、視点を変える、つまり課題の整理の仕方を変えるという意味もあります。視野を広げるため、学会に参加したりするのも良いと思いますし、ただ机から離れて知らない場所に行くだけでもいいのかもしれません。街並みを眺めたり、先方には迷惑かもしれませんが理由をつけて取引先の企業に向いてメールでしかやり取りしていなかった人に会ったりする。それだけで、自分の考えている課題を相対化することができて、新たな切り口が見えてくる場合もあるのではないのでしょうか。普段とは違う体験を意識的にやって、そこで刺激を受けて、それをきっかけにさまざまなことに興味を持ち、自分の研究をとらえ直して、そこから得られた知識だけでなく視点をも取り入れることで研究に活かしていただくといいと思います。

NTT東日本 デジタル革新本部 企画部  
データドリブン推進部門 アナリティクス推進担当 担当部長

松本 裕 Hiroshi Matsumoto

## 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

1980年代に、多くのSIerが「意思決定支援システム」を提唱していました。当時は、メインフレーム上にデータベースを構築し、経営者や管理者がそこに蓄積された情報を利用して意思決定に役立てるという概念で、データの選別・分析については利用者側に委ねられていました。1990年代に入ると、PCの発達とともにデータマイニングが本格化し、ブロードバンドネットワークの普及と仮想化・クラウド技術の発展、AI（人工知能）技術の進化、2010年代になるとビッグデータ分析が注目を集め、ビジネスを中心としたあらゆる局面で「データドリブン」という言葉が登場しました。データドリブンな意思決定もその1つで、必要な人が、必要なときに、分析を含む必要なデータを、必要な形式で取り出すことが可能となりました。NTT東日本 デジタル革新本部 松本裕氏に、経営マネジメントのデータドリブン化に必要な要素について伺いました。



### 「データ」「データ活用環境」「人材・ノウハウ」が経営マネジメントのデータドリブン化実現の3要素

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。

経営マネジメントをはじめとしたさまざまな業務のデータドリブン化に取り組んでいます。

社内の各業務、組織には膨大なデータが存在していますが、担当者が必要なデータを収集し、それをExcelやPowerPoint等により可視化・分析・資料化し、会議等で議論することで意思決定が行われるといったことが一般的に行われています。この場合、意思決定に時間がかかる、データ分析精度が担当者のスキルに依存する、といった課題が顕在化してきています。そこで、収集されたデータをBI（Business Intelligence）ツールで、場合によってはAI（人工知能）も活用して分析し、経営幹部から営業責任者に至るまで同じようにBIにアクセスすることにより、柔軟でスピーディな経営・意思決定が可能になり、生産性向上にもつながる、これが経営マネジメントのデータドリブン化です。

NTT東日本では、全社的な取り組みとして、各組織が自らデータを可視化・分析・活用できるセルフサービスBI基盤によりレポート業務を効率化し、いつでもどこからでも必要なデータにアクセス可能なポータル環境により、意思決定者が適時・迅速な情報把握を

可能にし、会議運営の効率化とデータに基づく意思決定（DDDM：Data Driven Decision Making）を行うことで、経営マネジメントのデータドリブン化に取り組んでいます。

私たちは、これを具体的に実現するプラットフォームの構築から社内への展開について取り組んでいます。これを実現して価値創造していくためには、「データ」、システム・ツール等の「データ活用環境」、そして「人材・ノウハウ」の3要素を欠けることなく整備・強化することが必要となります（図）。

プラットフォームは、業務ごとのオペレーションシステム等から収集したデータを、データウェアハウスにより蓄積・流通し、それをセルフサービスBI基盤（Salesforce社のTableauやMicrosoft社のPower BI等）により可視化・分析・活用するといったプロセスを実現するものです。私たちは、これにより組織ごとにデータ活用のめざすべき方向性を見定めて、クラウド、データベース化等によるデータ整備・基盤構築、データ加工処理、可視化等の技術、さらにAI・機械学習、生成AI、ビッグデータ（社内外データ）等の先端技術を活用して業務改革の支援を行っています。

具体的な展開として、システム・ツールについては既存のシステムやSaaS（Software as a Service）の活用をベースとして必要に応じて手を加え、現在はこれを内部監査、財務、調達、人事、福利厚生等の社内共通業務、VoC（Voice of Customer）活用マーケティング、各種サービスの開通・解約予測等の営業系業務にお

＜料理と対比して例えると＞

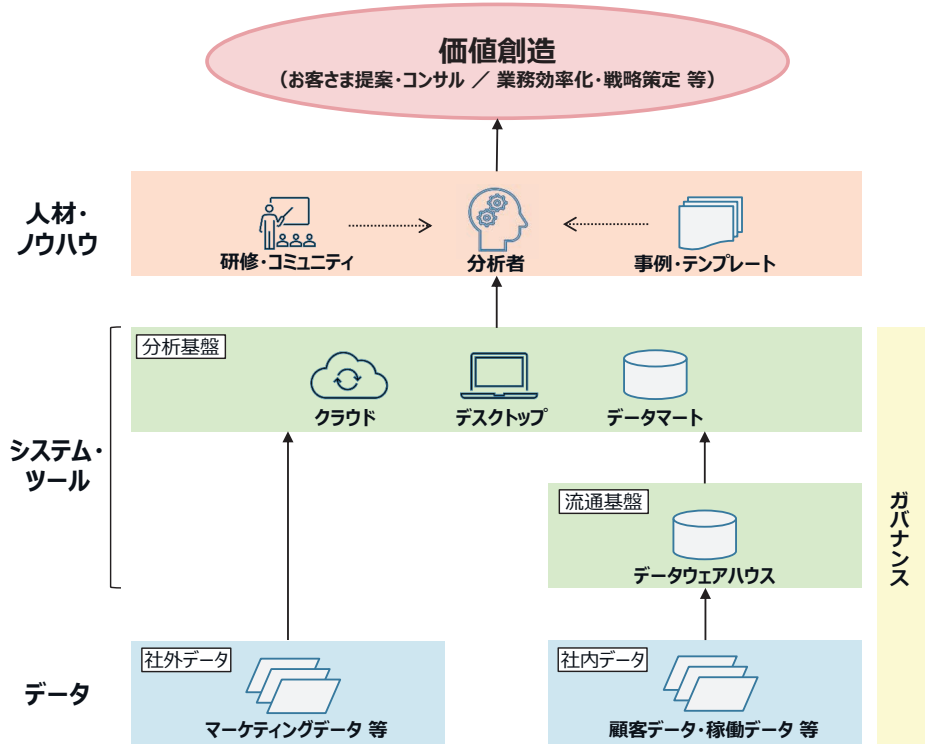


図 データドリブンによる価値創造

表 社内データ活用の取り組み

分野	主なデータ活用の取り組み・期待	
共通系	内部監査	手作業で実施していた決裁システム等からのデータ抽出やデータ加工を自動化し、監査における稼働を削減、分析を迅速化する
	財務	取り引き等における適正性のモニタリングを効率的に実現する
	調達	調達の効率化と適正化に向けて、調達システムからのデータ抽出やデータ加工を自動化し、調達業務におけるデータ活用を促進する
	人事	人事担当者の経験に依存することなく、社員のデジタルスキルや実践経験等の分析を自動化し、人材配置や業務差配に活用する
	福利厚生	事前に社員食堂の利用者数を予測し、食品ロス削減を実現する
営業系	お客さま対応	コールセンター等に寄せられるお客さまの声を分析し、対応や提案の向上に活用する
	開通・解約	お客さまの特徴や折衝状況から、サービスの利用開始時期や解約の可能性を予測し、営業活動に活用する

けるデータ活用（表）といったように、業務ごとにデータ活用の基盤として整備・展開するとともに、そこで培った技術や得られた知見により、自治体EBPM (Evidence-based Policy Making) 等のお客さまにおけるデータ活用に展開する、というかたちで展開を考えています。これらの展開に向けて3要素のバランスの良い整備・強化を進めていますが、特にここ1、2年ぐらいは人材育成等に注力しています。

当面は、1つずつ事業やビジネスの課題を解決することを推進していく中で、システム・ツールやプラットフォームを使い分けていくのですが、将来的には、これらをすべて統合的・汎用的に使えるような、例えばデータを蓄積する基盤や分析基盤等のシステムをつくるのが良いのか、逆に目的に応じてシステムをチョイスしていくのが良いのか、といった点について、検討を進めています。

## データドリブン化推進にはどのような人材が必要なのでしょうか。

データドリブン化の推進に必要な人材は、ビジネスコンサルタント、データサイエンティスト・データアナリスト、データエンジニア、インフラエンジニアです。

ビジネスコンサルタントは、情報活用の目的・プロセスを理解し、業務における分析要件を抽出・定義し、分析を行い、取り組みの中心となって企画・推進を行う役割を担っています。チェンジマネジメントのマインドと、業務の理解に基づく統計・分析、BIツールに関するスキルを必要とします。

データサイエンティスト・データアナリストは、データドリブン化のコアとなる部分で、ビジネスコンサルタントと同様に業務における分析要件を抽出・定義し、分析を行い、データの利用者として、ビジネステーマの解決、課題達成の目的としてデータ分析を行う役割を担っています。統計分析やBIツール、高度な数理統計、データサイエンス、プログラミング (Python, R) といったスキルを必要とします。

データエンジニアは、社内データの把握や蓄積、データの品質に対して責任を持ち、活用可能な状態のデータの準備を行うという役割を担っています。そのために、データの理解、データモデリング、ETL (データの抽出、変換、格納) に関するスキルを必要とします。

インフラエンジニアは、データ分析基盤のサービスを提供し、エンドユーザの要望に応じて維持・改善を行うという役割を担っています。ITインフラ、ITプロジェクトマネジメントのスキルを必要とします。

データドリブン化の推進にあたっては、業務部門における課題を明確にし、AIやデータ解析によりどのように課題解決され、それがどのような価値を生み出すのかといったところを明確にしておく必要があります。これを行うために、データサイエンティスト・データアナリストが中心となって、業務部門の担当者へのヒアリングやディスカッションをしていくこととなりますが、業務部門にビジネスコンサルタントが必ずしもいるわけではないので、データサイエンティスト・データアナリストがその部分にまで踏み込んでいくことが大切になります。こうして出てきた結果から、IT・DX (デジタルトランスフォーメーション) 関連部門にいるデータエンジニアやインフラエンジニアが体系的な側面から実現していくこととなります。

こうした背景から、データサイエンティスト・データアナリストの育成が重要となってきます。一例として、Salesforce社のTableauというBIツールを使える人を増やすためのエントリーレベルの研修により裾野の拡大を進めています。研修だけでは実践的な力はつきませんので、実際に実案件に触れながら悩みがあ

れば相談し、優良なユースケースを共有できる環境が必要となります。これらの環境として社内の有志が中心となってコミュニティが立ち上がり、現在は1000人以上への広がりをみせています。さらにその中からトップ層の技術者の育成をめざしており、その具体例として、NTT東日本の社内で年1回開催されている「現場力向上フォーラム」という技術競技会に、Tableauを活用したデータ分析に関する競技会を設定してスキル向上を図っています。2024年1月開催の大会では、各事業部ブロックから出てきた代表の方が、「仮想都市「中村市」における、イベントを通じた地域活性化に向けた分析・提案」というテーマについて、町のさまざまなデータを仮想で準備して、25分間で分析をして発表するという形式で競い合いました。

このように三要素の整備が進みデータドリブン文化が醸成されつつありますので、これからの新しい価値創造の展開に向けてわくわくする気持ちです。

## 通信収入減少を補う非通信事業の創出、技術開発をビジネスにつなげる死の谷越えがライフワーク

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、1995年にNTTに入社以来、主にビジネス企画、技術開発を行ってきました。分野的には、ひかり電話・NGN (Next Generation Network)、イーサネット/IP-VPN (Virtual Private Network)、クラウド、映像AIといったサービス、営業支援や法人顧客に関する社内システムの開発、R&Dビジョン、セキュリティ等の戦略の策定、マーケティング、ビッグデータ解析、セキュリティ監査等のお客さま向けコンサルティングといったように幅広い分野にかかわってきました。

その意味では、前述のデータドリブン化に必要な人材である、ビジネスコンサルタント、データサイエンティスト・データアナリスト、データエンジニア、インフラエンジニアに必要とされるスキルは、この経歴の中で一通り触れてきています。したがって、現在のデータドリブン化推進に関する取り組みにおいては、基本的なスキルをデータドリブン化推進のそれぞれの局面へのチューンや深掘りを行うとともに、人材育成のかたちでフィードバックを行っています。

とはいえ、最近注目を集めている、仮想化技術、クラウド、AI技術もデータドリブン化の中では必要なスキルなのですが、これらについては進化・変化が年々加速していると感じています。IPネットワーク技術は10年スパンで進化していたものが、仮想化技術やパブリッククラウドでは3~4年、AI技術に及んでは1年以下の単位です。これらを活用したシステムの基盤部を開発してい

たら、システムの輪郭が見え始めたころには陳腐化しているというような話もよくあります。これには走りながら勉強・対応していくことが必要になるのですが、非常に難しくて悩ましい課題だと思っています。

### 開発において大切にされていることは何でしょうか。

「通信収入減少を補う非通信事業の創出、技術開発をビジネスにつなげる死の谷越えがライフワーク」と常に思い続けて、開発に取り組んでいます。「通信収入減少を補う非通信事業の創出」については、私が最初に配属になった、マルチメディア推進本部の設立経緯の1つでもあり、現在でもNTT東日本はこの言葉とともに、新たな事業を開発しています。「死の谷 (valley of death)」については、NTTでは2000年代初期に使われていた言葉で、「研究開発の結果が市場ニーズ等の理由から事業化されない状態」のことを示します。非通信事業を創出していくためには、研究開発・技術開発が重要であるにもかかわらず、死の谷に陥ってしまい、そこから脱出できずにいては、事業として危機的な状態に陥ってしまいます。

死の谷越えをするためには、異なる価値観をお互いにぶつけ合っていくことが大切だと思います。社内の同じ価値観の環境で仕事を続けてもイノベーションのアイデアは得られません。これは、『アイデアは交差点から生まれる イノベーションを量産する「メディチ・エフェクト」の起こし方 (フランス・ヨハンソン著)』に、イタリアのルネッサンス時代のメディチ家が、別荘にいろいろな芸術家や科学者を集め、そこで自由に活動をさせたことで、ルネッサンスにつながる新しいイノベーションが生まれたということが書かれているように、同じ価値観の人が集まってもイノベーションは起こりません。

私はこれまで、小中学校の教育現場におけるICT活用、設備構築運用の現場業務、シンクタンクのコンサルタントとして社会科学、統計学、マーケティングを学び、これにより異なる価値観を得ることで技術一辺倒の考え方だった自分の転換期になり、同時に外から見ることによって違った風景、例えば、クラウドサービスのような、規模の経済が動く技術開発ではハイパースケイラーが圧倒している中、自前設備を持つことの意味合いや自社の強みをどこに見出すか、どのように競争力を高めるか、といったNTTの技術開発の課題などが見えてきました。それに対する1つの結論は競争の源泉は人にあり、人材と技術・モノと情報が不可欠であるとの考えに至りました。まさにこれが、「通信収入減少を補う非通信事業の創出、技術開発をビジネスにつなげる死の谷越えがライフワーク」のコアになるところではないでしょうか。

### 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。

「通信収入減少を補う非通信事業の創出、技術開発をビジネスにつなげる死の谷越えがライフワーク」は今後も変わらないと思います。

これを実行していくうえで、アイデアを多く持つことが必要です。そのアイデアを基に死の谷を越えていくには、技術の進化だけではなく市場環境等を含めた条件がそろうことが重要であり、条件がそろい、機が熟したタイミングで実行に移すことで死の谷越えが可能となると考えています。

さて、現在、少子高齢化に伴う人手不足の加速が社会課題となっています。そこで、今後取り組んでいきたいテーマとして、人手をかけずに生産するための技術開発があります。この技術による生産の自動化も視野に入れて、貴重な人手はインバウンド観光向けのおもてなしのような付加価値の高いところに使う、といったところまで取り組んでみたいと思います。これはまさにDXそのものですね。

### 異なる価値観をぶつけ合って、アイデアの引き出しを多く持つ

後進へのメッセージをお願いします。

日頃からイノベーションにつながるようなアイデアを多く出して、それを引き出しにストックしておくのと良いです。アイデアは、前述のとおり異なる価値観をお互いにぶつけ合うと出てきますし、日常のふとした疑問からも出てきます。アイデアが出た瞬間には、それがあまりインパクトのないようなものかもしれませんが、後になってどのようになるのかは分かりません。私も発想の段階ではインパクトがなかったものの、今振り返って考えると、成果につながったものもありました。

そして、技術の進化や市場の動向、あるいは良きパートナーの出現等、機が熟したときに引き出しからアイデアを取り出せば、それがイノベーションにつながります。逆に、機が熟した段階で着手するようでは遅きに失しており、上司等、他の人から言われて対応していても間に合いません。機が熟すタイミングを見極めて、引き出しからアイデアを取り出してイノベーションにつなげてほしいと思います。そのためには引き出しにより多くのアイデアをためておくことも必要になります。



NTT人間情報研究所  
特別研究員

**増村 亮** Ryo Masumura

## 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)」

AI(人工知能)技術は進歩を続け、大規模言語モデルによる生成AIの普及によってより身近なものとなってきています。しかし今提供されているAIサービスは、顔認識機能、音声認識、翻訳・要約、文章生成等、特定の機能に特化しているものが主となっており、それを統合するようなAIサービスにはたどり着けていません。専門の知識を持った複数のAIをつなぎ合わせ、人の脳のように統合的に判断できる「MediaGnosis (メディアグノシス)」に取り組む増村亮特別研究員に、人間のような統合的なAIサービスの実現に向けたさまざまな課題や研究の心構えについてお話を伺いました。

◆PROFILE: 2011年東北大学大学院 工学研究科 博士前期課程修了。同年、NTT 入社。2016年東北大学大学院 工学研究科 博士後期課程修了。音声認識や自然言語処理、動画像処理等のさまざまなメディア処理間で知識集約を行うことで、人間のように効率的に知識を蓄積してそれを活用する技術理論の研究開発に従事。日本音響学会 粟屋潔学術奨励賞、情報処理学会 山下記念研究賞、電子情報通信学会 情報・システムソサイエティ論文賞、言語処理学会 年次大会優秀賞などを受賞。博士(工学)。2019年より特別研究員。



### マルチモーダル基盤モデル「MediaGnosis (メディアグノシス)」がめざすもの

■まず初めにご自身の研究テーマである「MediaGnosis」について教えてください。

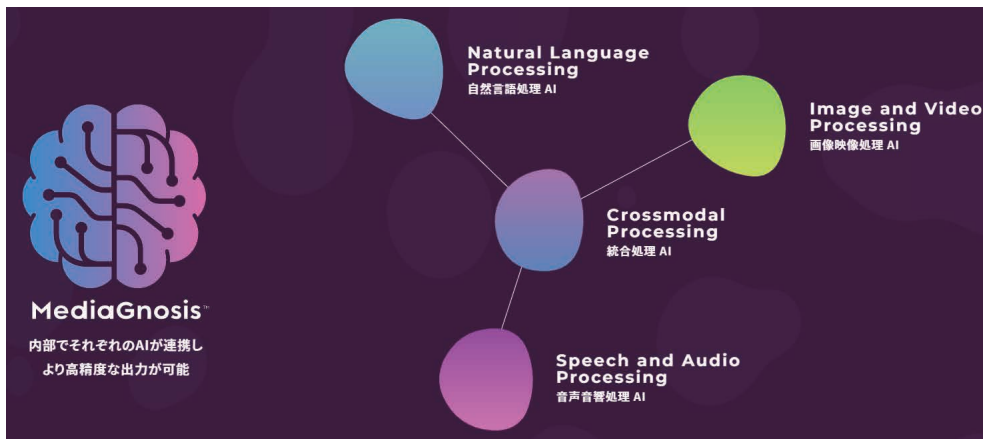
近年世の中では凄まじい勢いでAIブームが起きています。AIとはArtificial Intelligenceの略で「人工知能」を意味し、有名なものと「ChatGPT」という大規模言語モデル(LLM)と呼ばれるAIがあります。ほかに空港などで導入されている顔認識機能、人の話を理解する音声認識機能や、人の感情を読み取る機能などがあり、世間の注目を集めています。このAIは「人が実現するさまざまな知覚や知性を人工的に再現するもの」と位置付けられていますが、現状ではそこまでたどり着けておらず、特定の機能に特化して開発が進められています。例えば今のAIと人の脳を比較すると、人は音声を聴きながら映像をみて知識として取り入れて理解し、違う言語に翻訳することができます。「MediaGnosis (メディアグノシス)」は専門的な個々のAI機能に特化して進化させる研究ではなく、専門の知識を持った複数のAIをつなぎ合わせ、人の脳のように統合的に判断できるAIをつくる研究です(図1)。

AI分野では知識を蓄える“脳”を「モデル」と呼びますが、MediaGnosisはモデルを開発するのではなく「何でもできる」

をめざした「マルチモーダル基盤モデル化」です。このマルチモーダル基盤モデル化は2つのマルチがポイントです。1つは「マルチモーダルデータの理解」で、個別に分離している機能に最適化された脳(モデル)を疎結合するのではなく、人のように1つの脳にさまざまな形式の知識を蓄え、より人らしく統合的に理解することを指します。もう1つは「マルチタスクをこなす」ことです。たくさん知識を利用して、音声認識や感情理解など複数のAI機能を同時に駆動させながら人間らしい斬新な判断や、難しいタスクに取り組めることもめざします。このようにマルチモーダル・マルチタスクにまたがって多様な知識を利用し複数の機能を同時駆動させ、人間の脳に近いAIの研究開発がMediaGnosisです(図2)。

この研究を分かりやすくいえば漫画の世界で有名な、“何でもかなえてくれる猫型ロボット”や“10万馬力の人型ロボット”をイメージしてください。あのロボットたちはとても賢く、人とのコミュニケーションも卒なくこなして人を助けてくれます。私たちAI研究者のゴールは、あの世界で描かれているロボットの考え、対話する技術を開発することです。

今は音声認識、顔認識の機能やChatGPTもすごく良くなっています。しかし、それをただ組み合わせるだけであの有名な猫型ロボットができるのでしょうか。人が夢みるロボットたちをつくるためには、各機能が独立したただの機能ではなく人を理解して



- **MediaGnosisの由来:** あらゆるMedia (情報の記録) を、人間のよう統一的にGnosis (知識) とし、それを基にDiagnosis (判断) する

図1 MediaGnosis

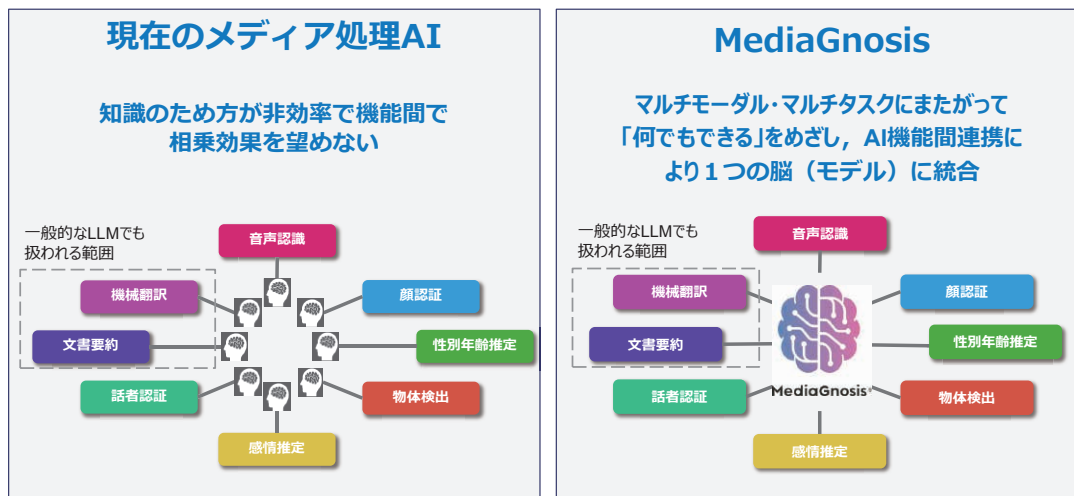


図2 MediaGnosisの概要

人に寄り添う必要があります。各機能の精度が高まってきたからこそ、私たちはその先にある人間の脳のように情報を密につなげる研究開発をMediaGnosisと名付けて、日々研究に取り組んでいます。

#### ■ MediaGnosisならではの強みや特徴を教えてください。

AIは旬の研究テーマであり専門で研究されている方はとても多いのですが、その大半の方はメディアAIと呼ばれる“人の五感の1つ”に特化して研究を続けています。例えばLLMと呼ばれるAIは、ひと昔前までは機械翻訳や要約に関して研究していましたが、今ではChatGPTのように高い精度を持つAIに進化しました。私たちのMediaGnosisはLLMのように独自に進化するAI機能の

延長線にあるのですが、五感の1つに特化せず五感全体を統合的に判断する研究であることが特徴です。ウィキペディアの隅々まで把握するような「深い言葉の理解」ではなく、言葉や映像などを「バランス良く統合して理解できる」サービスを強みとし、他社との違いを生み出しています。

MediaGnosisがめざす人の感情を理解し、他人への印象を理解できる高度な“人理解”の機能を開発することで、サービスを受ける側の満足度に影響をもたらします。そもそもコミュニケーションは与え手と受け手がいて初めて成り立ちますが、もし自分が誰かに謝らなければならないときに、謝る態度によって受け手が抱く印象や満足度は大きく変わります。私たちが開発したMediaGnosisのアプリでは、謝罪している映像や音声に基づき相





図3 MediaGnosisによる分析結果

手に与える印象を統合的に分析できます。印象が悪くなる要因は人それぞれで、言い訳ととらえがちな言葉を多用したり、話すスピードやトーン、表情管理が適切ではなかったりします。それを各AIに蓄えられた情報を基に“脳”が分析し、項目ごとにフィードバックできます(図3)。

このようにMediaGnosisは多機能を同時に駆動し、人の深い部分を理解できるため、相手に不快感を与えないコミュニケーションの実現が可能になります。だからこそ、一般的に好まれるものだけでなく「この人はこういうタイプだから、こんなことを提供しよう」という高度な対応ができるようになり、サービスの幅が大きく広がります。

また、私たちのめざしている“すごく賢い脳”が完成したとしても、維持費が月額1億円もかかるようでは、サービスの実現は現実的ではありません。それを回避するためノートPCにも使われているCPUでも動かせるようなソフトウェアの軽量化も重視しており、独自で研究しています。MediaGnosisを導入する際、できる限り簡易かつ低コストで利用いただけることも強みの1つです。

NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corporation) は社名が表すように電報・電話から始まる“コミュニケーションの無限の可能性”に挑む会社です。今はまだMediaGnosisのような統合分野の研究者は少ないのですが、私たちはNTTの研究チームとして、最先端のAI技術を用いて“人とのコミュニケーションを深めるサービスの開発”を先導していきたくと考えています。

### ■ MediaGnosis開発におけるご自身の研究内容について教えてください。

MediaGnosisの研究開発は、私が立ち上げたテーマであり、所内のプロジェクトメンバーや関連会社とともに研究を進めています。このチームを立ち上げたとき、重要なのは専門性を持った各グループに適切な横串を刺すチーミングだと考えました。そのため、音声認識が得意なグループや言語理解が得意なグループなど、各専門分野に特化したグループを「ワンチーム」として座組みしたうえで、横串を刺して統合させることを重要視しています。もしそれぞれのグループが独自に進化したときにそのまま横串を刺すだけでは、プロジェクト全体としての進化は期待できません。私たちは、“統合した脳のモデルの仕組みを開発すること”を一貫してめざしており、最終目標の認識を統一しています。そのため音声認識を使って相手の話を100%理解させる個々の機能の成長ではなく、統合した環境の中で他の機能とデータを共有し、全体的にインテグレーションしてアップデートするという観点で、モデルをつくっています。

実際に、1つの精度の高い機能だけを稼動するよりも、同時に複数の機能を稼動させたほうが精度は高くなります。少ないリソース(容量)の中で同時に稼動させ、効率的かつ精度の高い判断をすることが望ましく、さらにどれくらいの比率で分配するかというバランスを考えることも重要になってきます(図4)。

AI開発の世界では、2つのデータモデルを結合させて生成するものを結合モデル、大量かつ多様なデータで訓練されたアプリケーションの基盤となるAIモデルのことを基盤モデルと呼びます。MediaGnosisはマルチモーダル基盤モデルというもので、マル

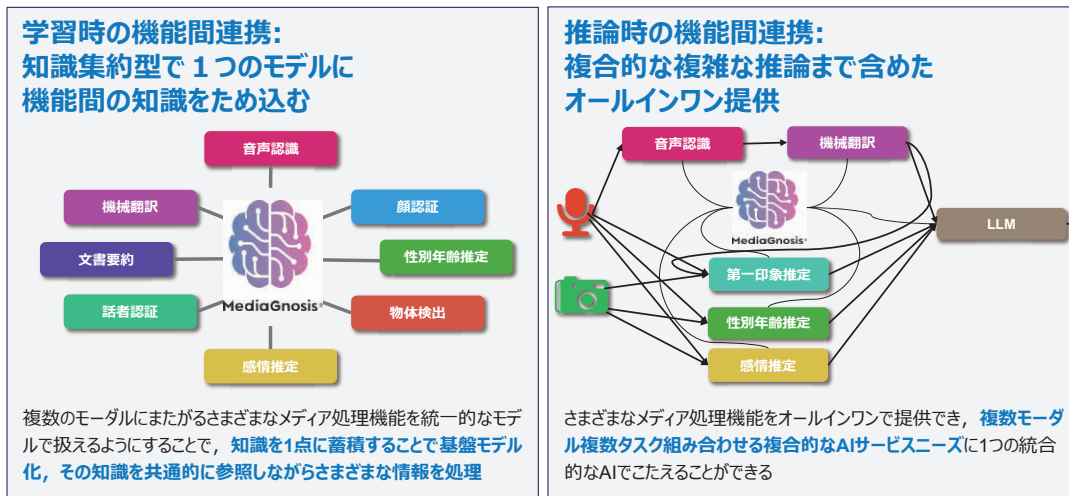


図4 MediaGnosisの機能間連携

チモーダルのモーダルは本や文章を読んだり言葉から学べること、映像を扱うなど“人の五感”を理解することを指します。人に近い脳をつくるためにはマルチタスクであることが必要で、音の言葉の成分や音の中の属性的な部分を理解し、複数のモーダルを同時に処理できることを指しています。例えば同じ意味の文章に対して返答するだけでも、怒っている男性が文章を早く出せ！と言っているのと、女性の方が優しく文章が欲しいです、と言う異なる情報を理解したうえで、適切な返答を判断できるようなマルチモーダル基盤モデルを開発しています。

#### ■ MediaGnosisの展望やゴールのビジョンなどを教えてください。

MediaGnosisの研究開発は私が特別研究員になったタイミングで立ち上げたもので、2019年から始動しています。そこから少しずつ統合する機能を増やして今のバージョンまで進化し、現在は人を理解すること（性別や年齢など答えが明確なもの）ができるまでになりました。しかし、私たちのめざす外的環境やコミュニティを理解するまでにはさらなる研究が必要です。

外的環境を理解する必要性をコールセンタで例えてみますと、オペレータは相手の話しだけではなく背景の環境音まで聞き取り、お客さまの状況を把握することが求められると聞きます。後ろで駅のアナウンスが流れている、複数人の声が聞こえる、テレビの音が聞こえるなど、その環境を理解して適切に対応することで円滑なコミュニケーションができるそうです。MediaGnosisも同じように環境を判断し、受け取り側に良い印象を与える表情や仕草、言葉の選び、話し方などが判断できることをめざしています。より多様な情報を扱い、一段深い情報を理解する機能を高めるためには、複数の情報を同時に取り込み、人のように判断することで、広範な分野で活用していただきたいと考えています（図5）。

しかし、この仕組みを世の中に理解してもらうためには、もう

少し世の中がAIに対して成熟していく必要があります。ニュースなどで「AIに仕事を奪われるのでは」という言葉を耳にしますが、私たちAI技術開発者がめざすのはそこではありません。人の嫌がることをせず、人をサポートしてくれるAIの開発が目的です。MediaGnosisも人のように相手の感情や印象を理解して適切なコミュニケーションを取ることをめざしていますが、人に近づくことはできても完全な人の代替にはつながらないと考えています。

そもそもAIは人のようにあらなければならないのでしょうか。AIは人ではあらず、人のデータを蓄積するパートナー機能の1つととらえれば抵抗感も減少し、さまざまな場面において適応し活用できるはずで。そのうえで、サービスの面で人が求めるのはコミュニケーションであり、その感情を理解できるAIであるほうが、より世間に求められていると感じています。今はビジネスとして映像や文章だけの機能をサービスとして切り出して値付けをしている状態ですが、世間に認知してもらえなければ活躍の場は広がりません。そのためにはまずNTTにあるたくさんの事業会社にMediaGnosisを活用してもらい、精度や認知度を上げることが直近の目標です。すでにNTTコミュニケーションズ、NTTドコモ、NTT東日本・西日本でも導入や実証実験が行われていますが、ゆくゆくはNTT全体のエコシステムとしていきたいと考えており、その中央にはいつでもMediaGnosisがいることをめざしています。多くの場面で活用され、そこで得たデータを各社から受け取り、分析した結果をMediaGnosisの研究開発に還元してさらに成長させ、より良いサービスの提供をめざしています。

ほかにも関連性の深いものとしてNTTの掲げるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の3つの柱の1つに“デジタルツインコンピューティング”があります。それは現実世界（リアル）のモノやヒトのツイン（双子）をデジタル世界に構築することで、バーチャルの世界で代替するもので



- 世の中のさまざまな場面で、MediaGnosisが当たり前のように自然に埋め込まれている  
**AI Anywhere の実現**をめざす
- さまざまな場面で使われれば使われるほど成長していくこともめざす

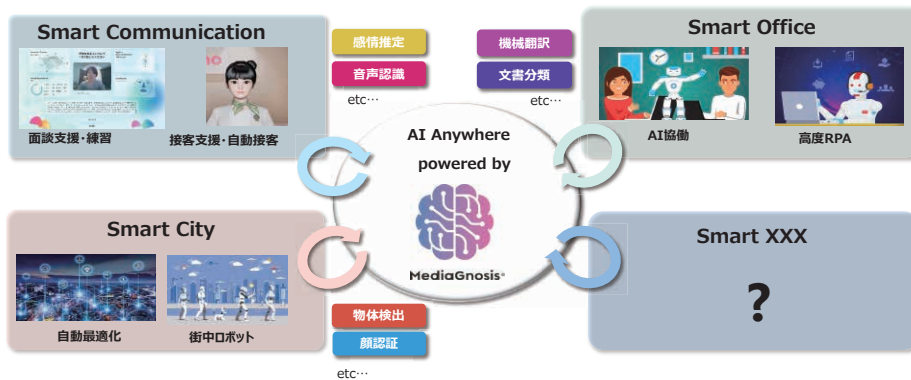


図5 MediaGnosisのめざす世界

す。私の研究の骨子はデジタルツインコンピューティングにおける人の代替という部分に資する開発になります。MediaGnosisの「AI基盤としての強み」を最大限に引き上げるためには、高速かつ低消費電力なネットワークを基盤とするIOWN構想の実現が必要です。IOWN構想の革新的なネットワーク基盤が構築され、MediaGnosisがめざす、人のようなAIをつくることで、人の感情やコミュニケーションを理解する“人周辺の環境情報の理解”や、“組織や集団での役割や業務理解”などが進み、オフィス領域の協働作業はもちろん、介護や生活支援など幅広い人間の活動やさまざまな人に寄り添えるAIとして活躍してほしいと願っています。

## イノベーションを起こすための努力

### ■研究における課題や、今後解決すべき問題などを教えてください。

私の主な役割は横串を刺すことですが、具体的には複数の機能を1つのモデル（脳）として結合させる方法や、各機能のレベルが上がった際に他の機能レベルも追従して向上させる方法を研究しています。複数の機能をつなぐためには、脳として、分かっている他の機能を参照して活用する必要がありますが、その脳の統合がとにかく難しい課題です。例えば音声の感情推定部分のロジックを改変してデータ学習させたら、よく分からないけど翻訳の精度が下がってしまう、ということがありますが、このように1つの機能のバージョンアップによって全体のバランスが崩れるようなことは起こしたくありません。

それに加えアップデートの頻度も考えなければなりません。今は個々の機能に分かれてプール（蓄える）している複数のデータを中央にプールして一括学習させる仕組みのため、学習機能の更新や情報のバージョンアップは半年程度のスパンで行っています。

人理解の部分では、最新データのアップデートはそこまで重要ではないため中央にプールする方法でも問題ないのですが、特定の人に寄り添う場合は話が変わってきます。例えば介護や看護ロボットなど生活の中に入るロボットに組み込まれるAIの場合、昨日のコミュニケーションを覚えてうえで対応できることが望ましいと考えています。現状はAIが昨日のニュースをすぐ取り込み知識として蓄えてアウトプットするのはとても難しいことです。しかし、小さなサイズでデータを蓄え、知識を構築できる脳の仕組みを構築できれば、半年ごとの学習スパンを短縮し、日々学習することも可能になります。高く掲げたゴールをめざして進んでいますが、現状は何かを学習したらどこかに性能劣化が起きることがあります。そこを乗り越えた先にめざす未来があると考えています。

図6の画像の3つの「エンジン」をリンクするのが横串です。重要なのは異なる事象や情報を多面的に理解し、認識対象が同一であるとリンクさせていくことで、それをいかに細かくリンクできるかということにも取り組んでいます。

また、UI（User Interface）についてもよく質問をいただきます。もしブラウザに限定してしまうとPCの前でしかサービスの提供はできません。現時点ではMediaGnosisも利用環境や導入のしやすさからブラウザを選択することが多いですが、ブラウザに限らずロボットやタッチディスプレイ、監視（管理）カメラなど、比較的どれにでも対応できるようにAPI（Application Programming Interface）ベースで開発を進めています。もちろん今後のインタフェースが主流になるのを見据える必要がありますが、インタフェースによって精度が変わってしまうことがないように心掛けています。

ほかに、人種によって不適切な動きや言動は変わるといわれており、人を嫌な気持ちにさせてしまうAIであってははいけませんので、このような個別対応もクリアすべき問題です。そもそもAI

## バイクを例とした知識集約

- 知識集約とはそれぞれのモーダルから得られた知識を同じ空間に具ランディングしてまとめた知識とすること
- エンジンという言葉をクリックできれば画像から得られる知識が少ない状態（バイクを1つしかみたことがない）だとしても、自然言語から得られる知識（ウィキペディアや辞典を読み込んである）によって画像を認知する機能が高まる

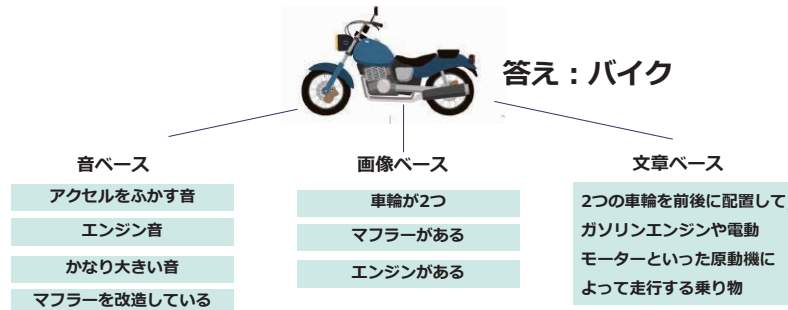


図6 知識集約とは

というものは“リリースが完全版”ではなく、“人によって成長させてもらう”ものです。使ってみたらこんな問題が出てきたとフィードバックを受け、それを改善して精度を上げるものなのです。どのようなサービスでも最初は受け入れてはもらえないものです。ネットショッピングも、今は当たり前になりましたが、最初は抵抗感を示す人が多く、少しずつ利用が増えることで抵抗感が減り普及していきました。少しずつ世間がAIの特性を理解し、利用してもらえる社会になったときに、より精度の高いMediaGnosisでのサービス提供ができるように研究開発を進めていきます。

### ■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。

世の中にイノベーション思考という言葉がありますが、研究開発のためには本質の課題やテーマを深く考えて創造することが必要です。研究者の中には「次の国際会議に通せる研究」という目的意識で研究を進めてしまう場合がありますが、それでは本質の課題に深く向き合えないのではないかと考えています。やはり研究者としてはイノベーションを生み出したいもので、それは本質的な課題を創造的な発明で解決し、この世界をより幸せな未来にしていこうとと考えています。その期待にこたえるかたちで、学生や若い研究者はイノベーション思考であってほしいと願います。

また、大きな未来を掲げたときに、その未来に至るアプローチを逆算しなければなりません。研究者の中には天才型と努力型がいますが、天才型の人は好きなことをすればよいと思います。しかし努力型の人は逆算思考を持ち、この未来に到達するための具体的な目標を設定して進めることが大切です。研究者としてイノベーション思考で目標を設定し、その目標のために逆算思考で考えるということを意識してみるとよいと思います。

そして、ビジネスパートナーの方にとってMediaGnosisがよ

り良いサービスとなるためには、まずは使っていただくことが第一になります。私たちの技術は広い分野で活用でき、そこを強みにすべく研究を進めています。MediaGnosisが利便性と汎用性のあるサービスになるためには、利用した結果のフィードバックを受け改善するサイクルが重要です。多くのビジネスパートナーの方々と検証サイクルを繰り返して精度を上げていき、利用者の期待にこたえていきたいと考えています。そのためビジネスパートナーの方々にはぜひ広い分野で使い続けていただき、MediaGnosisの期待や未来像を私たちとともに成長させていく、そのような相乗効果を生み出す関係が築ければと考えています。



(今回はリモートにてインタビューを実施しました)



# 株式会社 NTT Digital

<https://nttdigital.io/>



## 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



NTT Digital  
櫻井俊明取締役

銀行や証券、保険などの金融分野に、ICTを組み合わせることで新しいサービスや事業領域を生み出す“FinTech”という言葉が2000年代初期に米国に登場し、2008年のリーマンショックの影響でITエンジニアをはじめ多くの人材が金融業界を離れ、ベンチャーとしてFinTech企業を立ち上げました。その後FinTech関連市場は伸び続け、2021年の2450億ドルから、2030年までに1兆5000億ドルへと6倍に成長すると予測されています。FinTechに関する暗号資産やNFT（Non-Fungible Token）等のweb3（ブロックチェーン）技術を意識することなく容易かつ安全に利用できる環境づくりをめざして取り組んでいるNTT Digital 櫻井俊明取締役に、ユースケースの開拓事例と、それを人々にとって新たな価値を感じられるソリューション・サービスに仕立てていく思いを伺いました。

### ブロックチェーン技術などを利用した商品・サービスを企画、開発し、「scramberry WALLET」サービスを提供

#### ■設立の背景と会社の概要について教えてください。

NTT Digitalは、NTTドコモの子会社として2022年12月に設立され、2023年から本格始動しました。2024年7月に、NTTドコモ・グローバルの子会社となり北米・アジア・中東を中心にグローバル事業も展開しています。

「Free to Trust：人と人、人とモノ、社会のあらゆる繋がりに新たな意味が生まれるように。何を信じて、何を選ぶか。その自由に向き合い続けます」をビジョンに掲げ、最先端のデジタル技術の社会実装に向けて、個人や企業が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しています。

#### ■どのような事業展開をしているのでしょうか。

ブロックチェーン技術を利用した商品・サービスの企画、開発を行っています。具体的にはデジタルウォレットを開発しており、秘密鍵のバックアップや生体認証の活用、不正取引のフィルタリングなどにより、web3やブロックチェーンを意識せず安心して利用いただくことをめざしています。

個人向けサービスとして、2024年3月に「scramberry WALLET」をリリースしました。このサービスは、暗号資産や

NFTを送受信・管理することのできるスマートフォン向けデジタルウォレットで、初めて暗号資産やNFTに触れる方でも直感的に使いやすい設計で、電話番号によるSMS認証で簡単に登録でき、リカバリーフレーズやチェーンといった専門知識がなくても利用できる点が特徴です。

さらに、2024年9月には法人向けサービス「scramberry WALLET SUITE」をリリースしました。これは、「scramberry WALLET」の各機能をAPI（Application Programming Interface）/SDK（Software Development Kit）にて提供し、お客様のアプリにあらかじめデジタルウォレット機能を組み込むことができるサービスで、エンドユーザにとって新たなアプリのダウンロードや切替が必要なく、慣れ親しんだ体験をそのままアプリで使っていただくことができます。法人のお客様にとっても、自社ブランドやサービスを引き続き訴求できるというメリットがあります。

#### ■具体的取り組み事例としてどのようなものがあるのでしょうか。

2024年4月、W TOKYOが主催する「東京ガールズコレクション（TGC）熊本2024」のイベント参加者向け公式スマホアプリの企画・設計を支援しました。TGC熊本の公式アプリにウォレットを組み込み、会場でミッションを達成するとデジタルステッカーなどの特典をNFTとして受け取れる仕組みを構築しました。

2024年5月には、企業の枠を超えて、NFTを活用した新たなマーケティングの可能性を探索することを目的に、共創プロジェクト「web3 Jam」を立ち上げ、2024年10月現在20社に参画いただいています。

NFTが世の中に出てきたのは数年前です。特定の分野では、世界的に人気が出て取引価格の高騰もニュースにも取り上げられましたが、そこから先、どんな有効な使い方があるのかという観点から、現在は探索中の段階です。正解のない時代ではありますが、新たな企業間連携をベースにして、参画企業と知恵を絞って、具体的なテーマや施策を検討し、2025年初期にユーザ向けにサービス提供を予定しています。

また、NTTグループとJリーグが協働で取り組む気候アクションプロジェクト「THINK THE BALL PROJECT」の今後の展開として、NTT DATAの提供する「fowald」に弊社の「scramberry WALLET SUITE」を実装することにより、アプリを通じた気候アクションの活動証明やNFTリワードの獲得など、より快適で新しい利用体験を実現する予定です。

このほか、「scramberry WALLET SUITE」関連で、約6億人のユーザにゲームのプラットフォームを提供するnow.gg社（米国）と基本合意書を締結し、「scramberry WALLET SUITE」を利用するユーザがほかのユーザやゲーム配信企業との間で暗号資産やNFTを安心・安全に送受信することを可能とする環境構築を推進しています。また、卒業アルバム業界大手のマツモト社と基本合意書を締結し、卒業アルバムに「scramberry WALLET SUITE」のブロックチェーン技術を掛け合わせた「デジタル卒アル」の実証実験を、モデル校として選ばれた小中学校・高校とともに取り組んでいます。児童・生徒1人ひとりに「世界に1つだけの卒アル」を発行することで、進学や就職で離ればなれになっても、友人や恩師との絆を続けられる仕組みをめざしています。

**デジタルデータの資産価値を応用するユースケースを開拓し、人々にとって新たな価値を感じられるようなソリューション・サービスに仕立て上げる**

#### ■市場環境はどのような状況でしょうか。その中、どのような事業に注力されていますか。

約20年前、日本にネットバンキングが登場し始めました。当時はウイルス付きメールやハッカーをはじめとするインターネット上のセキュリティ問題が注目され始めたころで、それらに対する

懸念からネットバンキングが広く浸透するような状況ではなく、例えば振込み1つとっても銀行等の窓口に向向っていくことが一般的でした。

現在では多くの人が当たり前のように、PCはもちろんスマートフォンでネットバンキングを利用しています。それ以外のシーンでもスマートフォンで決済することが一般的になりました。これには各種アプリの登場・進化、スマホそのものの存在、UX (User Experience) の向上も大きな理由ですが、技術に対して大衆への認知が高まり、ユーザの意識・感覚が変化してきたことも大きいと考えています。

web3はこれまで価値を可視化できなかったモノやコトに新しい価値を付与でき、私たちの生活に大きな変化をもたらすテクノロジーですが、ネットバンキングのケースと同様、多くの人々の生活に浸透するにはまだステップが必要だと認識しています。

今後NTT Digitalはユースケースを開拓することにより、ブロックチェーン技術のさらなる社会実装をめざしていきます。

#### ■今後の展望についてお聞かせください。

web3は単独でソリューションとなるわけではなく、デジタルトランスフォーメーション (DX) および注目を集めているAI (人工知能) などと組み合わせる取り組みが必要であり、弊社の技術だけでお客さまに「価値を提供できる」ソリューションを組み立てるのは難しいと考えています。NTTグループを含めさまざまなパートナーの皆様と連携して、人々にとって新たな価値を感じられるようなソリューション・サービスに仕立ててお届けできるよう、中長期的に取り組んでいきたいと考えています。そのために、ユースケースをいかに早く、多くつくっていくのかということが今後のテーマです。

web3関連で何ができるのか等の質問があれば、気軽にお問い合わせください (pr@ml.nttdigital.io)。

\*出典：「Global Fintech 2023: Reimagining the Future of Finance」、Boston Consulting GroupとQED Investorsによる共同調査レポート、2023年5月。

## 連携企業とともにブロックチェーンの社会実装をめざす

セールス&マーケティング部

伊藤 篤志 さん



### ■担当されている業務について教えてください。

2024年5月にスタートした、ブロックチェーン技術を活用した企業間の共創プロジェクト「web3 Jam」を担当しています。

現代社会において、企業には利益の創出だけでなく、社会的価値のある取り組みも求められています。これを1社ごと個別に取り組むには限界があります。そこで、さまざまな企業が協力すれば経済性と社会的責任を両立できる可能性が高まります。しかしながら、ほとんどの企業では各社ごとに独自のデータベースが存在し、連携には多くの課題があります。「web3 Jam」は、ブロックチェーンを活用しユーザのNFT保有状況を企業間で共有できるようにするプロジェクトで、例えば各社ごとに設定されたミッションをクリアするとNFTが獲得でき、参加企業のNFTを集めることでスペシャル特典がもらえる、といったような、これまでは難しかった企業間の連携・相互送客に関する取り組みが可能となります(図1)。

このプロジェクトにおいて取り組む社会テーマとして、隠れた逸品や名店をアピールするなど、その地域の価値を実体化する「地域のポテンシャルを掘り起こす」、ゲームなどに夢中になっている間に、気付いたら健康になるといった仕組みをめざす「健康を遊びながら手に入れる」、推しをとおして自分の世界を広げ、やりがいや喜びを見つける人を増やす「本当に大切なモノや人とつ

ながる」を掲げ、参画企業とワークショップを重ねながら具体的な相互連携施策を検討しています。

こうした魅力的な施策を提供し、ユーザを巻き込みながらブロックチェーンの社会実装をめざします。

## ユーザが安心できるweb3体験を提供

サービス開発部

福田 雅浩 さん



### ■担当されている業務について教えてください。

2024年3月にサービスリリースした、暗号資産やNFTを送受信・管理できる“みんなのデジタルウォレット”「scramberry WALLET」を担当しています。

「scramberry WALLET」は、使いやすさと安心・安全に焦点を当て、電話番号のみでスピーディに初期登録できることや、直感的で分かりやすいUI (User Interface) /UXが特徴で、ブロックチェーンに対して専門的な知識がない方でもスムーズに利用できることが特徴です。秘密鍵のバックアップや生体認証などの機能も搭載しており、ユーザが安心できるweb3体験を提供します(図2)。

また、2024年9月には、「scramberry WALLET」の各機能をAPI/SDKとして、法人のお客さまに提供するサービス、「scramberry WALLET SUITE」をリリースしました。既存のアプリやサービスにデジタルウォレットを組み込むことができるため、web3やブロックチェーンを意識しなくても、ユーザは新たなア

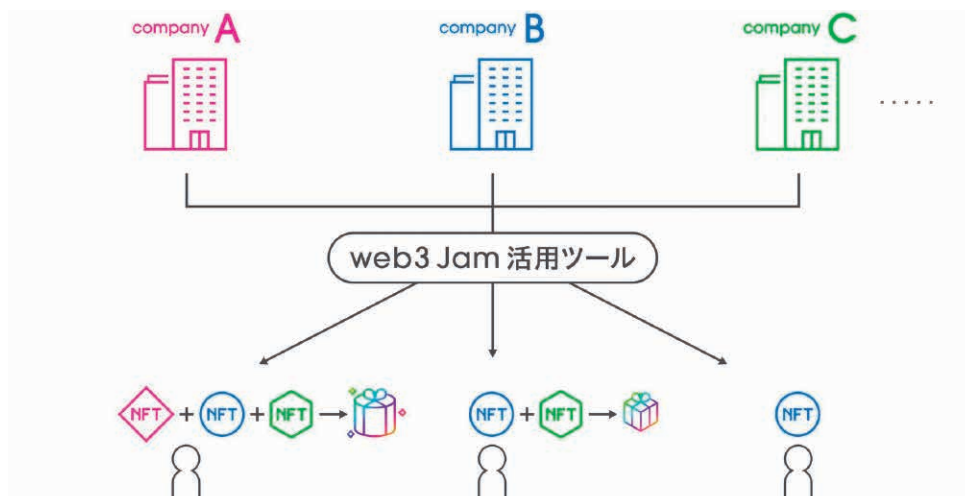


図1 web3 Jam施策イメージ

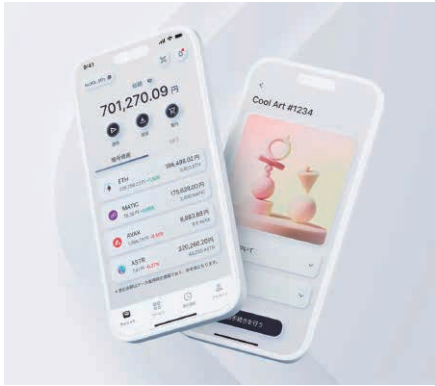


図2 「scramberry WALLET」の画面イメージ

プリのダウンロードや切り替えをすることなく、慣れ親しんだかたちでデジタルウォレットを体験することができます。

これらのリリースに先行して、2024年4月にイベントにおけるNFT活用のトライアルを実施しました。ファッションイベント「TGC 熊本 2024」の公式アプリに、NTT Digitalがデジタルウォレット機能を実装し、会場内でスタンプラリーなどに参加すると出演者のデジタルステッカーやドリンク引換券をNFTとして受け取れるサービスを提供しました。

## NTT Digital ア・ラ・カ・ル・ト

### ■社内部活動：映画部

NTT Digitalには映画部、ランニング部といった社内部活動が盛んに行われているそうです。中でも、2024年7月に発足して間もないのが映画部です。

普段の業務ではなかなか知ることができないお互いの趣味や人間性を、映画鑑賞をとおして理解し、チームワークマインドを育てたいとの思いに、スタートアップならではのイベントをやって楽しみたいという気持ちに加わって、NTT Digitalの会社発足のキックオフ後の懇親会でのアイデアから始まったとのことで、現在のメンバーは10人ほど、管理職からインターンまでいろいろな社員が参加しています（写真1、2）。

活動は、業務終了後に会議室に集まって、お菓子を食べながら映画を鑑賞するというもので、ITやスタートアップ企業を題材にした作品を中心に皆が観たいタイトルを出し合い、その都度決めていきます。7月に行った第1回の活動では30年前にタッチパネル搭載のスマートフォンをつくらうとした伝説的なベンチャーチームの物語『GENERAL MAGIC』を鑑賞しました。9月に第2回を開催し、以後不定期にて開催予定とのことです。

上映中は全員映画に集中していますが、興味深いシーンでは会話が生まれることもあるそうです。鑑賞後はすぐ帰る人もいれば、映画の中のスタートアップと自分たちを重ね合わせ、もっと頑張ろうといった会話をしたり、お互いの好きなことや感想などを話したり、自由な雰囲気の中に、スタートアップならではの思いが満ち溢れているそうです。



写真1 映画部メンバー



写真2 映画鑑賞を終えて



# 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コムウェアのエンタープライズソリューション事業本部 データマネジメントソリューション部 第二ソリューションコンサル部門は、巨大なNTTグループの中で、おそらくもっともコンパクトな担当の1つと思われます。現在、生成AI（人工知能）の分野を中心に最大のコストパフォーマンスを発揮できることを目標にしています。私たちの取り組みの一部としてNTTコムウェアの公式ホームページにて、「生成AIの里」を連載中であり、今回はその番外編の紹介となります。

## 次世代生成AI技術の発展に対する研究・開発の位置付け

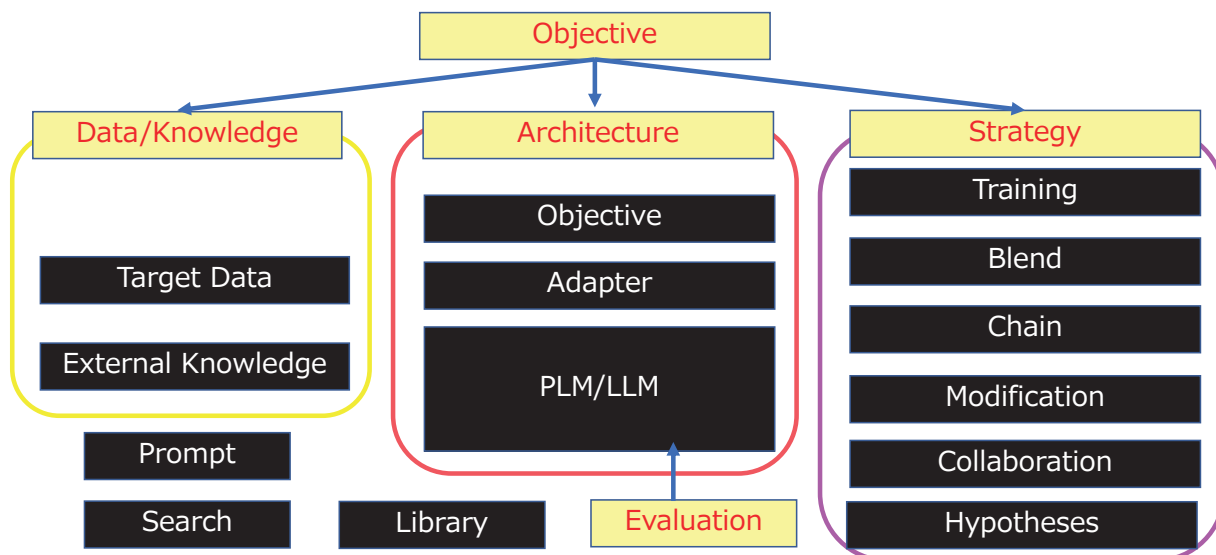
生成AI（人工知能）は大規模言語モデル（LLM：Large Language Model）だけではありませんし、最近突然出てきたわけではありません。情報検索やニューラルネットワークの分野の技術革新およびハードウェアの進化に伴い、一時期はビッグデータなどの看板を背負いながらも進化し続けた成果の1つです。図1に生成AIとその周辺技術を整理しています。生成AIは今でも進化を続けていて、情報検索と同じような道を駆け足でたどっていくと私たちは思っています。実際、両者はRAG（Retrieval-Augmented Generation）というフレームワークで遭遇しています。私たちは生成AIをAI、ML(Machine Learning)、DS(Data Science)などの分野から理論的解釈を行うとともに、新しい技術の研究および開発を進めています。

話題の分野であり、図1に示した周辺分野でも多くの研究者やエンジニアが日夜同じあるいは似たアイデアに基づいて、同じ目的に向かって進んでいます。したがって、後追いににならないように、少しでも先に課題を発見することが必要になります。事業会社と

して、研究対象は将来、顕在化する社会課題の解決につながることを期待され、投資効果が説明できるものに注力しています。

これらの研究で、私たちは主に表現学習とalignment（モデルから人が期待する挙動や効果を得るためにモデル内部のデータ表現の対応関係を修正すること）に着目しています。表現学習とは生成AIが対象とするテキストや画像などのデータを理解可能な表現とする学習で、一般的にこれらのデータをトークン単位に分割したときのembedding（言語や画像、音声データを数値のベクトル形式の表現）の学習に相当します。alignmentはこれら表現学習に用いられるプロセスです。

PLM(Pre-trained Language Model)やLLMも言語モデルの総称で、生成AIの中心に位置付けられ、人気を博した理由の1つに事前学習によりタスクへの適用が簡単であるということがあります。自然言語処理に取り組んだことのある方はご存じかと思いますが、処理対象となるテキストデータの収集や整形はその後の処理よりも大変なことがあります。さらにそれらのデータを用いて言語モデルを学習すると、今度はプログラムにも一工夫必要になります。PLMはこれらの前処理から私たちを解放するだけでなく、タスク適用へのハードルも下げました。LLMもPLMの1つであ



出典：「生成AIの里 第二回：生成モデルと検索モデル（前編）：Prêt-à-porter ou haute couture?」

図1 生成AIとその周辺技術

のですが、Promptによる創発性を発揮する点が特徴です。名前のとおり巨大な言語モデルなので、embeddingのベクトルサイズも大きくなったこともあります。それらは学習データが増加しても、alignmentによる結果を保持できるだけでなくトークンを超えinput-outputというより長い単位のalignmentの実行とその結果であるembeddingに反映できるようになったと解釈でき、分散表現の性能を高めていると考えられます。その結果、言語モデルはinstruction tuningや強化学習（RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback)等）による訓練を反映し、next token prediction以外のタスクでもcognitiveを示すようになりました。そのため、以前のモデルと区別してinstruction-followingなモデルという呼ばれ方もします。

## 生成AIのパフォーマンスを高める基礎研究への取り組み

すでに多くの優れたLLMが発表されており、今後も新たに登場するでしょう。そのため、ゼロからLLMを開発あるいはトレーニングするだけでなく、既存のLLMを特定のドメインやサービスに適用するために追加学習（ファインチューニング）を行うことも可能です。ファインチューニングでLLMの全パラメータを更新すると、LLMが元々持っていた有用な知識、特に内部ネットワークの重みやトークンの分散表現が上書きされてしまう可能性があります。そこで最近では、PEFT (Parameter-Efficient Fine Tuning) というファインチューニング手法の開発が活発に進められています。

### ■PEFT

LLMは巨大なネットワークであり、複数のネットワークの集合体とも見做せます。LLMが生成に必要な知識を持っている場合、それは宝くじ仮説やMixture of Expertsなどに基つき、LLM内部に、より小規模かつ知識に特化したサブネットワークが存在するとの仮定の下でモデル化できます。私たちのPEFTでは、これらのサブネットワークを発見し、それらの優先順位を動的に変化させ、パラメータの更新を最小限に抑えつつ、ネットワーク内の知識構造を動的に変化させる手法を検証しています。

### ■Prompt/RAG

PromptとはLLMなどの生成AIに対する指示のことですが、ここではPromptのチューニングやoptimizationも含まれます。LLM内部に生成に必要な知識が十分でない場合、Promptを用いて外部から知識を補完することがあります。しかし、それを手動で行うのは大変で非効率的です。

そこで、外部データベースから必要な知識が含まれていそうなファイルを検索し、LLMに与えるアプローチがRAGです。

洗練されたPromptやその変更履歴は、自分だけでなく同じ目的を持つ他の人々にとっても貴重な情報です。私たちはこれらの貴重な情報を有効活用するために、Promptのチューニングや最

適化、RAGのパーソナライズや協調フィルタリングを通じて、ユーザ間でPrompt（以降、RAGも含めて）の共有と利用を支援する研究を行っています。

LLMは数十億のパラメータを持つネットワークであり、その巨大さが驚異的な性能をもたらす一方、学習や運用コストも増大させています。学習はともかく、LLMを凍結して推論だけを実施するならばこれほど巨大なネットワークは必要ないのかもしれませんが。そのため、蒸留、刈込み、量子化などのテクニックがあります。

今後は、大多数のLLMが採用しているTransformerの構造を部分的に数世代前のネットワーク構造であるMLPにより代替するかもしれませんが、ネットワークをユークリッド空間でなく双曲空間にすることで、パラメータ当りの情報表現が豊かになり、ネットワークのサイズをコンパクトにすることが主流になる可能性もあります。またembeddingだけで十分なこともあるでしょう。そのような将来の技術動向や可能性を予測しながら基礎的な研究も進めています。

## マルチモーダルAIへの進化と応用研究への取り組み

### ■マルチモーダル

生成AIにおけるマルチモーダルとは、言語、画像、音声、系列データなど、異なる種類のデータを同時に理解することを指します。LLMは言語のみを扱うため、シングルモーダルのモデルです。しかし、生成AIでのマルチモーダルは、人間が利用する際の解釈（可読）や利便性の向上、そして大量のデータから学習するために、内部でLLMを利用するモデル（VLM: Vision Language Model: 視覚言語モデル）が存在します。LLMが画像を言語と同時に扱うVLMとなるためには、embeddingの学習とalignmentの処理が重要です。LLMは言語に対応するエンコーダを持っているため、VLMはLLMと画像に対応したエンコーダを併用することで、画像も言語と同様にトークンという単位に分割し、そのembeddingを獲得できます。

しかし、このままでは画像から得られたembeddingは言語の分散表現と数値ベクトルという形状は同じでも、対応が取れていません。例えば、りんごの画像トークンの分散表現と「りんご」という単語のトークンのembeddingの距離が、他の単語のトークンのembeddingとの距離よりも近くなるようにはなっていません。

そこでalignmentの処理が必要となります。多くの場合、LLMのパラメータは言語のembeddingを含めて固定されています。したがって、図2に示すようにVLMの学習、ファインチューニングではalignmentにより画像から得られるembeddingと、言語から得られるembeddingの相対的な距離を近づけるために、画像をembeddingの空間に射影するネットワーク、例えば、エンコーダからの出力をembeddingに変換するネットワーク、そ

の重みを更新します。その結果、VLMは画像も言語もトークン単位で意味の対応が取れた分散表現を獲得できます。これでVLMに画像を入力すると、その画像についての説明（キャプション）を出力するタスクが実行できます。これはPLMの持つ「入力したテキストに後続するテキストを出力する」というタスク、Next token predictionにおける入力を画像にしたタスクと考えられ、PLMの応用としても存在していました。LLMになり「Promptによるcognitiveな性能の抽出」という性能が向上すると、VLMにこれらのLLMを採用すれば、VQA（Visual Question Answering）などのタスクも実行できます。

このようなcognitiveな性能をVLMで発揮させるために、VLMのファインチューニングにinstruction tuningとそれに対応した学習用のデータを採用することで、alignmentがトークンレベルから入出力のレベルになり、それに伴いembeddingも更新されます。その結果、VLMに画像とそれに関する質問、例えば「画像に写っている場所はどこですか？」を与えると、「●●です」と出力できるようになります。

私たちは前述のPEFTやPrompt/RAGで得られた知見をベースに、VLMの性能向上をめざしています。具体的にはモーダル間の知識のalignmentをトークンや入出力単位で実行することで、分散表現を差分更新し、VLM内部のLLMに対するPromptの解釈の性能向上について検証しています。

マルチモーダルは画像とテキストだけに限定されるものではありません。私たちは非構造・構造データとテキストの関係もマルチモーダルにおける関係と解釈し、入力データに対し分析や解釈を行うデータ分析ツールとしての応用についても検証中です。

## ■パーソナライズ・レコメンド

ここでパーソナライズとは、生成AIの出力を利用者の好みやニーズに合わせるために、PromptやPEFTの最適化を含むものです。パーソナライズは、以前からあるレコメンド技術やサービスにも導入されています。生成AI、特にLLMを取り入れることで、レコメンドはコンテンツ理解だけでなく、コンテキスト理解の性能も向上します。その結果、Knowledge Graphなどのテキストデータやユーザレビュー、コメントなどのコンテンツから、アイテムの特性やユーザの嗜好、ニーズ、およびそれらの関係を把握できるようになります。これにより、データのスパース性やCold start problemなどの課題解決だけでなく、ドメイン横断のレコメンドも可能になります。

さらに、レコメンドにおいて商品説明や推薦理由などのテキスト自動生成や、ユーザとの対話によるインタラクティブな支援などの機能も強化され、ユーザ体験やロイヤリティの向上も期待されています。

ここでも、前述のPromptやPEFTが重要な役割を果たし、パーソナライズに向けたLLMのPromptデザインやPEFTと組み合わせた最適化の検証を行っています。具体的には、ユーザの嗜好やニーズに合わせたテキストや対話生成をめざしています。

さらに、マルチモーダルと組み合わせたMRS（Multimodal Recommender Systems）も生成AIのレコメンドへの応用です。MRSは、複数のモダリティを統合し、従来の課題であるデータのスパース性やCold start problemを解決しつつ、ユーザやアイテムの表現のalignmentを強化します。具体的には、例えばアイテムのテキストに対応する画像を学習データとして与えた場合、

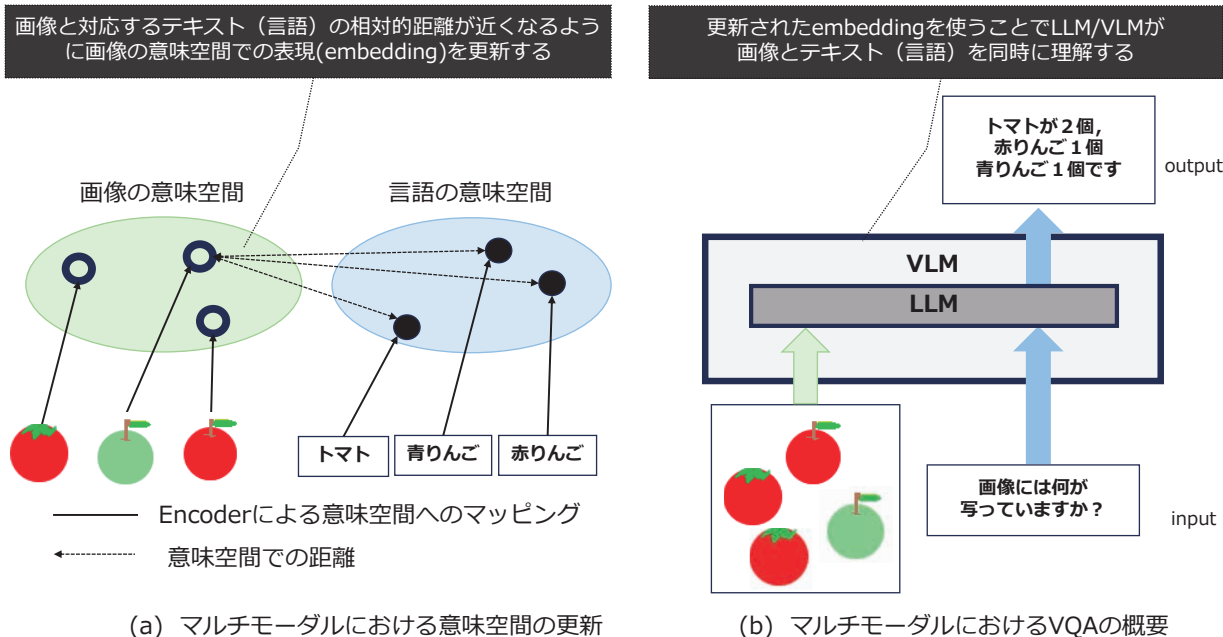


図2 ファインチューニングにより更新されたembeddingによりLLM/VLMが分散表現を獲得するイメージ

MRSはそれらの関連を反映してそれぞれの表現について alignment を通じて学習します。学習した結果、入力がテキストあるいは画像のみであっても、MRSはその内容を理解して対応します。

このようにマルチモーダルによりレコメンドは入力データの理解を深め、機能の性能を向上させることができます。MRSでも Prompt や RAG や PEFT が大活躍するのはいうまでもありません。

一方、マルチモーダル同様、モダリティ間のギャップの課題もあり、その課題解決に向けてマルチモーダルとMRSの研究も同時並行で進めています。

## システム実装から考える生成AIの将来展望

事業会社では生成AIについて、理論だけでなく、そのシステム実装まで検討する必要があります。私たちはオープンソースをベースに、生成AIを構成するモデルの訓練や適用するドメインやタスクに向けての最適化のみならず、それらの運用を低コストで実現するシステム構成や必要なライブラリも調査検証をしています。LLMでも複数のオープンソースを選択できるように Hugging face だけでなく、最近は vLLM などでも利用しています。

また複数の LLM を組み合わせる Blend についても調査中です。「蒸留」、「量子化」、「刈り込み」といった軽量化だけでなく、ライブラリとして deep speed flash attention などの利用にも取り組んでいます。最近の LLM の学習には強化学習やインストラクションチューニング用のデータの準備も欠かせないので、幅広くライブラリやデータセットの調査も継続しています。技術の新陳代謝が速いので、「飛鳥尽良弓蔵狡兎死走狗烹\*」を痛感せずにはいられません。次に紹介する学会活動に参加して痛感するのは「優秀な研究者は同時に優秀なエンジニア」であるということです。これは生成AIに限った話でなく、ビッグデータが話題となっていたときから同様です。サーチエンジンが検索だけでなくブックマーク代わりに使われることが多いように、生成AIも想定外の使われ方をするかもしれません。気が付いたら四面楚歌になっていないように、まずはシステムに通じたエンジニアをめざして研究、調査、検証等に取り組んでいます。

## 学会参加や大学講演を通じた外部向け活動と展開

### ■学会

調査、研究にあたっては社外のさまざまな団体、特にアカデミックや OSS (Open Source Software) などのコミュニティとも連携しています。具体的には国際会議により名称が異なりますが、

\* 飛鳥尽良弓蔵狡兎死走狗烹：とらえる鳥がいなくなると良い弓も不要となり使われなくなる旨の故事成語。用のあるときは使われるが用がなくなると使われなくなることの意。

表 主要国際会議への参画状況

会議名称	2021	2022	2023	2024	2025
ICLR		→	→	→	→
ICML		→	→	→	
NeurIPS	→	→	→	→	
KDD	→	→	→	→	→
AAAI				→	→
WSDM				→	→

ICLR: International Conference on Learning Representations

ICML: International Conference on Machine Learning

NeurIPS: Neural Information Processing Systems

KDD: Knowledge Discovery and Data Mining

AAAI: The Association for the Advancement of Artificial Intelligence

WSDM: Web Search and Data Mining

表のように Program Committee (PC) や Reviewer などでご貢献しています。

会議等においては「生成AIに査読してもらったほうが良かったよ」と言われたいような査読を心掛けています。また ACL2023 で、KDD2024 といった国際会議にも参加し、その報告を外部に公開しています。

### ■大学

大学で生成AIに関する講義の機会をつくっています。2023年は、九州大学にて「生成AIの数理」というテーマで講演を行い、上智大学では非常勤講師として、「自然言語処理と言語モデル」の連続講座を開始し、2024年度も継続しています。講義は、自然言語処理や LLM を重要度に応じ解説および演習するだけでなく、受講生のリクエストに応じて最新の技術やトレンドも解説しています。インタラクティブな講義になるように、受講生の質問に答える時間を必ず確保し、こちらも「生成AIに教えてもらったほうが良かったよ」と言われたいように、受講生の皆様の理解のお手伝いのできればという思いで取り組んでいます。

今後はイベント等で、生成AIのデモ展示などで私たちの取り組みを紹介する企画も検討していきます。

### ◆問い合わせ先

NTTコムウェア

エンタープライズソリューション事業本部

データマネジメントソリューション部

E-mail es-bz-promotion@srv.cc.nttcom.co.jp