

IOWN構想特集 —コグニティブ・ファ

Cognitive Foundation[®]

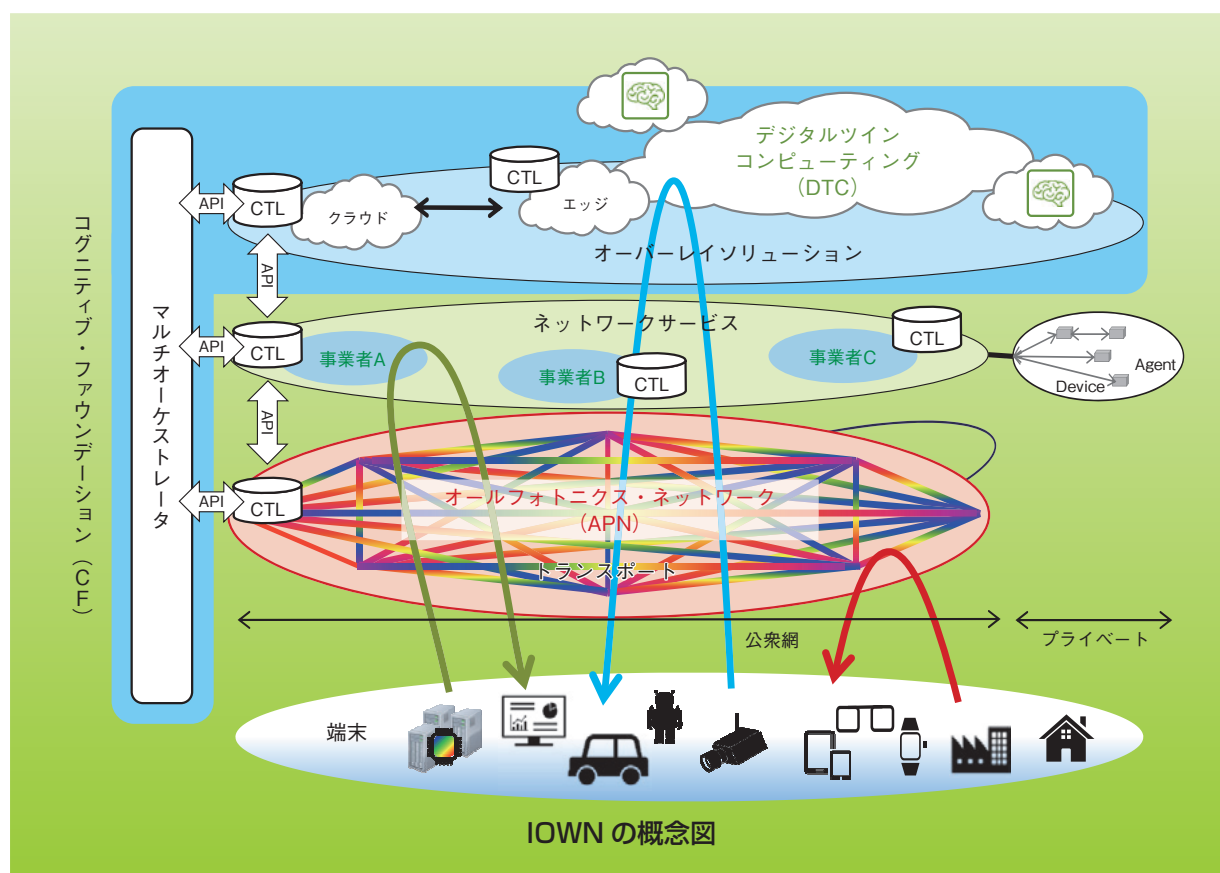
マルチオーケストレータ

IOWN

保守自動化

無線通信

本特集では、B2B2Xモデルをさらに促進するために、NTTグループが進めているIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の1つであるコグニティブ・ファウンデーション[®]の概要、およびこれらを支える技術、現在の取り組みについて紹介する。



ウンダーション®

■ IOWN構想に向けたコグニティブ・ファウンダーション®関連技術の取り組み

6

NTTグループにおける、アプリケーションやソリューションを提供するためのICTリソースの配備や構成の最適化といったライフサイクルマネジメントの完全自動化・自律化、そして自己進化の実現に向けた取り組みについて紹介する。

■ 複数無線アクセス最適利用のための品質予測技術

11

人やモノが無線アクセスの選択・接続などをせず、無意識かつ快適に使えている世界をめざし、機械学習技術を活用した無線品質予測技術によりプロアクティブに無線環境を制御する技術「Cradio」を紹介する。

■ インテリジェント・ゼロタッチオペレーション

14

AI（人工知能）を組み込んだインテリジェント・ゼロタッチオペレーションのユースケースと、その中に登場する3つのAI技術について紹介する。

IOWN構想に向けたコグニティブ・ファウンデーション®関連技術の取り組み

爆発的に増えるデバイスの管理、多様化するデジタルサービスなど、さまざまな産業や社会システムで高まるニーズに素早く対応するためのICTが求められています。本稿では、NTTグループにおける、アプリケーションやソリューションを提供するためのICTリソースの配備や構成の最適化といったライフサイクルマネジメントの完全自動化・自律化、そして自己進化の実現に向けた取り組みについて紹介します。

は せ べ かつゆき†1 あ お き だいすけ†1

長谷部 克幸 / 青木 大輔

く さ か べ ゆうすけ†1 かんざき まこと†1

日下部 優介 / 神崎 誠

く どう い ち ろ う†2 い け べ たかし†2

工藤 伊知郎 / 池邊 隆

NTT技術企画部門†1

NTT研究企画部門†2

はじめに

本格的な5G（第5世代移動通信システム）/IoT（Internet of Things）時代に入り、あらゆるモノがネットワークにつながり、大量のデジタルデータの効率的な収集・蓄積が可能となっただけでなく、AI（人工知能）を用いて、業務効率や生産性の向上に資する高度な分析・予測も可能となってきています。その一方で、少子高齢化や労働力人口の減少、膨大な被害を及ぼす自然災害などの社会的課題を解決し、社会に大きな変革をもたらす「デジタルトランスフォーメーション（DX）」への期待が高まっています。NTTグループは、このような時代の要請にこたえるさまざまな分野のサービス事業者（センターB）を支えることで、エンドユーザへの新たな価値創造を実現するB2B2Xモデルの推進に取り組んでいます⁽¹⁾。

本特集では、B2B2Xモデルをさらに促進するための、NTTグループが進める構想とその構想を支える技術、現在の取り組みなどについて紹介します。

コグニティブ・ファウンデーション®

コグニティブ・ファウンデーション®

（CF: Cognitive Foundation®）構想とは、クラウドやネットワークサービスに加え、ユーザのICTリソース*1を含めた配備や構成の最適化、つまり構築・設定および管理・運用を、一元的に実施するものです。従来これらのICTリソースは、アプリケーションやソリューションごとにサイロ化され、個別の配備や構成の最適化といったライフサイクルマネジメントが必要でした。さらに昨今では、エッジコンピューティングやハイブリッドクラウドにおける高度な分散連携が求められるユースケースが増えるなど、ICTリソースのライフサイクルマネジメントは、継続かつ複雑化する傾向にあり、社会システムを提供するセンターBがアプリケーションやソリューションの開発・提供に注力するうえで、大きな負担となっていました。

コグニティブ・ファウンデーション®構想では、マルチドメイン*2、マルチレイヤ*3、マルチサービス・ベンダ環境における迅速なICTリソースの配備と構成の最適化、さらには、完全自動化・自律化、そして自己進化することで、センターBが本来のビジネスに注力いただけるようにしていきます（図1）。

マルチオーケストレータ

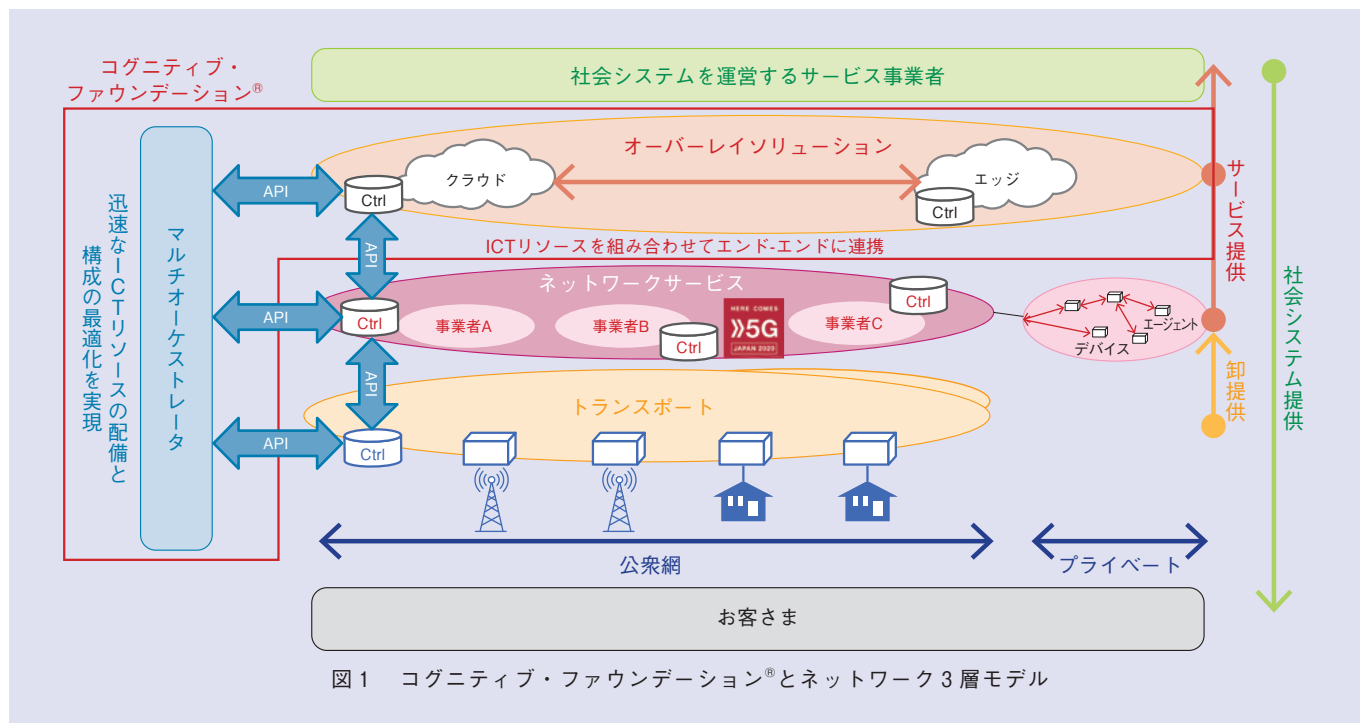
コグニティブ・ファウンデーション®構想を構成する要素は2つです。1つは、前述したさまざまなICTリソースです。もう1つは、キーテクノロジーであるマルチオーケストレータ（MO: Multi Orchestrator）です。このマルチオーケストレータが、センターBの要望に応じて、さまざまなICTリソースの配備、構成の最適化を一元的に実施することで、コグニティブ・ファウンデーション®構想を実現します。

マルチオーケストレータは、次の3つの機能群で構成されており、各機能群はAPI（Application Programming Interface）を通じて疎結合可能なかたちになっています。

*1 ICTリソース：センターBが提供するアプリケーションやソリューションを支えるマルチドメイン、マルチレイヤにおけるコンピューティングリソース、各種サービスを構成するCPU/GPUやメモリーを含みます。

*2 マルチドメイン：クラウドサービス、自社/他社のデータセンター、ネットワークエッジやサーバの設置場所など、物理的に分散した拠点。

*3 マルチレイヤ：オーバーレイソリューションに位置付くIaaS（Infrastructure as a Service）/PaaS（Platform as a Service）/SDN（Software Defined Network）といった仮想化されたICTリソースに加え、有線や無線のネットワークサービスやそれらを支えるトランスポートネットワーク。



- ① オーケストレーション機能群：ワークフローエンジンとICTリソースごとに適したコマンドに変換するアダプタ群
- ② マネジメント機能群：標準データモデルに基づく構成情報、設計情報などの管理機能群
- ③ インテリジェント機能群：設計・構築・試験から運用などのICTリソースを常に最適に保ち自律運用を可能とするAI機能群

現在、マルチオーケストレータの3つの機能群を網羅する類似製品は市場にはなく、特に②、③については、ほかとの差異化要素として競争力の源泉となるように、技術特許の申請を行いながら内製開発を進めています。3つの機能群の基本的な開発は、2019年度に完了しています。

コグニティブ・ファウンデーション®構想は、NTTコミュニケーションズ

にてマルチオーケストレータのさらなる機能充実・高度化を継続するとともに提供していきます。

現在、コグニティブ・ファウンデーション®構想を具現化する取り組みとして、米国ラスベガス市におけるスマートシティがあります。また、並行して複数のPoC（Proof of Concept）にも取り組んでいます。今後もスマートファクトリー、スマートヘルスケア、スマートスポーツなどのスマートワールドの実現に向けて取り組んでいきます。

IOWNの実現に向けた取り組み

コグニティブ・ファウンデーション®は、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）においても要となる取り組みです。IOWNとは、2019年にNTTグループが公表した将来に向けた持続可能な成長を実現するため

の技術的な課題の解決をめざす新しい情報流通基盤の構想です。この課題とは、IoT、ビッグデータ、AIなどの活用が進み大量のデータ処理に伴って消費電力がますます増大すること、加えて半導体進化の停滞も取りざたされており、持続的な成長が困難になるおそれがあることです。こうした課題の解決に向けて、NTTは従来の電子技術による信号処理から、光技術をチップ内に導入する光電融合型の処理に関する研究に取り組んでおり、2019年4月に世界最小の消費エネルギーで動く光トランジスタについて発表しました。またインテル、ソニー、NTTの3社がパイオニアとなって、光電融合技術を活用したフォトンクス関連の研究開発を推進する国際的な取り組み「IOWN Global Forum」⁽²⁾を米国で設立することを公表しました。光電融合技術を活用した光半導体はIOWNの基

本となるものであり、その活用により端末やデバイス、ネットワークが支えるアプリケーションの能力を拡大していくものです。

このIOWNは、ネットワークから端末まですべてにフォトニクスの技術を導入した「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 (DTC)」, そしてあらゆるものをつないで制御する「コグニティブ・ファウンデーション® (CF)」の3つの要素から構成されます。

コグニティブ・ファウンデーション®は前述のとおり、ユーザのICTリソースを含めた構築・設定および管理・運用を一元的に実施する仕組みです。コグニティブ・ファウンデーション®によって、マルチドメイン、マルチレイヤ、マルチサービス・ベンダ環境における迅速なICTリソースの配備と構成の最適化を実現することができます。

今後、コグニティブ・ファウンデーション®はIOWNの実現に向けて、さらなる自動化と自律的・自己進化型のネットワークのマネジメントと、AI基盤・データのマネジメントが可能な基盤への進化をめざします。前者ではディープラーニングに基づく異常検知といった単体システムでの予知保全のレベルから、マルチ無線制御技術による最適な無線接続、複数システムの自動運用、最終的には自己進化型のオペレーションをめざした研究開発に取り組んでいきます。後者では、膨大なリアルタイムでの推論・予測・最適化処理を支えるAI基盤、散在するデータを低遅延かつ安全にやり取り可能にす

るデータ流通に取り組んでいきます。またコグニティブ・ファウンデーション®はさまざまなリソースを安全に組み合わせる必要があり、そのためのセキュリティ技術についても研究開発に取り組んでいきます。

米国ラスベガス市における公共安全ソリューションの取り組み

NTTグループでは、B2B2Xモデルに基づき、スマートシティ、スマートファクトリー、スマートヘルスケア、スマートスポーツなどのスマートワールドの実現に向けて取り組んでいます。コグニティブ・ファウンデーション®構想を具現化した取り組みである米国ラスベガス市におけるスマートシティ（公共安全ソリューション）に関する取り組みについて紹介します。

■公共安全ソリューションに求められる社会課題

近年、都市部での犯罪や災害などが増加する中、多くの人が集まる市街地やイベント会場等において、群衆の動き、交通状況、緊急事態の発生等を把握し、市民の安全を守ることは、自治体や警察、消防等の関係当局にとってますます重要になっています。特に、関係当局における初期対応時間の短縮を実現するためには、複数センサの配置による迅速な状況把握に加え、事件性の高いインシデントを事前に予測・分析することが、公共安全ソリューションに求められています。

■米国ラスベガス市における公共安全ソリューション

このような社会課題を踏まえ、2018年9月からNTTグループは、デルテクノロジーズグループとともに、ラス

ベガス市のイノベーション地区に、高解像度ビデオカメラ、音響センサおよびIoTデバイスを配備し、ラスベガス市職員の現場状況認識に役立つ情報を収集・分析しました。また、将来の経済的な機会を創出する交通管理等を実現するためのデータ基盤について、ラスベガス市と共同で検証を進めてきました。この共同実証実験におけるポイントは、以下の3つです（図2、3）。

- ① コグニティブ・ファウンデーション®：マルチドメイン環境における迅速なICTリソースの配備と構成の最適化を実現。具体的には、センサに近い場所にあるマイクロデータセンター（エッジ）およびお客さまのデータセンター（コア）に分析環境を配置。エッジでの分析により得られた結果やさらなる分析が必要なデータだけがコアに転送されるICTリソース構成を遠隔から迅速に構築。
- ② プロアクティブ・レポート（トレンド分析）：タイプの異なる複数のセンサから集められたセンサ情報を集約し、群衆の動きや量、交通状況、周辺での事件性の高い音声等の情報に加え、気候データやSNS情報等を総合的に活用し、NTTグループが有するAI技術「corevo®」を活用した先進的かつ高度なトレンド分析を実施することにより、事態の深刻度や事件性の有無を予測分析。
- ③ リアクティブ・レポート（エッジ検知）：センサ付近に配置されたマイクロデータセンターにおいて上記AI技術を活用し、群衆の動きや量、危険車両の動き、顔認

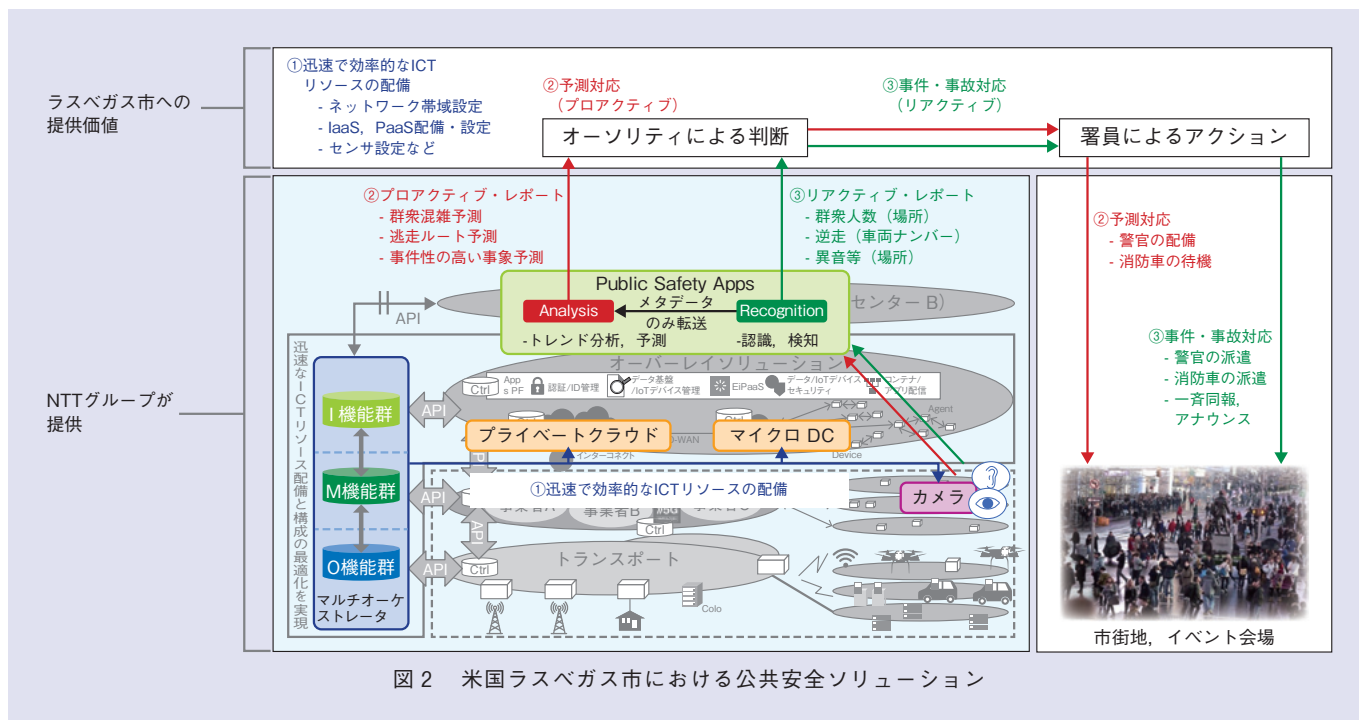


図2 米国ラスベガス市における公共安全ソリューション

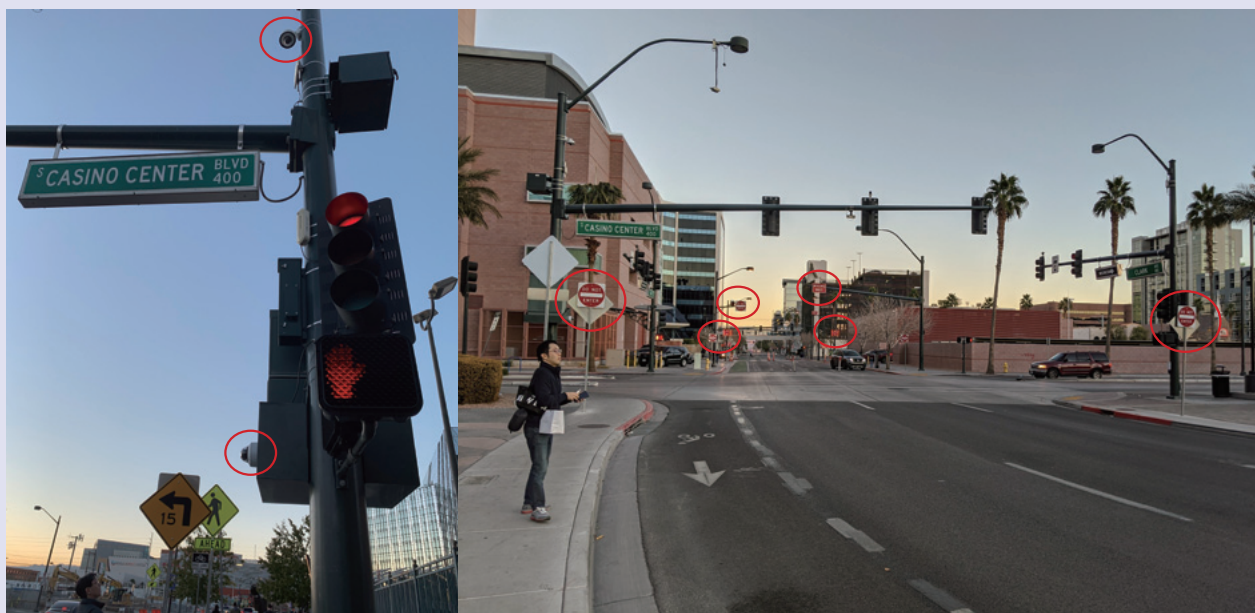


図3 ラスベガス市のイノベーション地区に設置しているビデオカメラや道路標識

証や画像解析による指名手配犯や盗難車両のリストとの一致有無、銃声や叫び声等事件性の高い音声といった周辺状況を常時監視し、

センサ付近 (エッジ) にて検知することにより、インシデント発生後の迅速な検知と当局への通報を実施。

実証実験の結果、例えば、逆走が多発していた一方通行の道路を監視・分析したところ、道路標識が見えにくかったり、道路上の塗装が消えていた

りと原因が明らかになりました。ラスベガス市は、このような分析結果に基づいて、さまざまな対応策を講じているところです。

■今後の展開

2018年12月、実証実験の成果に基づき、NTT、ネバダ州、ラスベガス市は、先端技術を活用したスマートシティ推進について合意しました。2019年2月からは、NTTグループ（NTT、NTTデータ、Dimension Data、NTTコミュニケーションズ、NTTコムウェア、NTTセキュリティ）は、ラスベガス市に対してスマートシティソリューションの商用提供を開始しており、2020年現在は、ラスベガス市ダウンタウンエリアにある同市の新たなイノベーションセンター（THE INTERNATIONAL INNOVATION CENTER @ VEGAS）⁽³⁾を活用し、提供エリアをさらに拡大するとともに、スマートシティソリューションの機能拡張や他都市への展開について、さらに連携を進めています。今後は、協業パートナーとも連携しながら、米国の他州・他市や、APAC、EMEA（Europe, the Middle East and Africa）に対しても、コグニティブ・ファウンデーション®をベースに構築されたスマートワールドの実現に向けたソリューションをグローバルに展開していきます。

無線アクセスを最適化する「Cradio（クレイディオ）」

IOWNの「W」、無線についてもコグニティブ・ファウンデーション®は大いに関係します。世の中にはさまざまな無線の方式があります。従来の4

G/LTEはもちろん、衛星通信、Wi-Fi、WiMAX、IoT向けのLPWA（Low Power, Wide Area）、そして5G、Local 5Gなど、大変複雑になっています。お客さまのさまざまな利用シーンにおいて、その種類や使い方、ネットワークサービスを意識させない、無線アクセスを最適化する技術「Cradio（クレイディオ）」の研究開発に取り組んでいます。Cradioは場所だけでなく混雑や品質の予測に基づいて、プロアクティブに無線接続を最適化します。例えば通信相手がWi-Fiのスループットが低い場所にいるときに、急いで情報を送りたい場合には、ネットワーク側から最適な無線アクセスを選択し、接続を制御することもできるようになるでしょう。場所、アプリケーション、環境などに応じて、方式や事業者を意識せず、無線アクセスを利用できる無線制御技術をコグニティブ・ファウンデーション®に取り入れていきます。詳細は本特集記事『複数無線アクセス最適利用のための品質予測技術』をご参照ください。

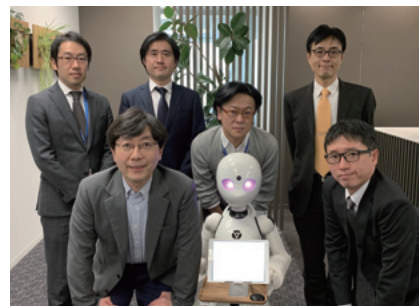
自己進化型のオペレーション

2019年は台風による大きな災害により通信サービスも大きな影響がありました。NTTグループが通信基盤を提供していく中で、これまでも機器が発するログから障害をAIが予測して自発的に対処する技術の研究開発に取り組んできましたが、これをもう一歩進めます。例えば台風の勢力や進路といった気象情報、イベント開催情報など、ネットワーク機器を監視するだけでは分からない情報をコグニティブ・ファウンデーション®に取り入れ

ていきます。新たに収集した情報を基に、システムが自ら考え最適化していくことで災害発生前に対策を立案し実行します。未来予測を用いシステム自体が進化していく、自己進化型のオペレーションをコグニティブ・ファウンデーション®に取り入れていきます。詳細は本特集記事『インテリジェント・ゼロタッチオペレーション』をご参照ください。

■参考文献

- (1) 澤田：「Smart Worldの実現に向けて」NTT技術ジャーナル、Vol.31, No.1, pp.4-10, 2019.
- (2) <https://iowngf.org/>
- (3) <https://innovate.vegas/IIC-Vegas>



（後列左から）神崎 誠/ 日下部 優介/
青木 大輔/ 池邊 隆
（前列左から）長谷部 克幸/ 工藤 伊知郎

IOWN構想の実現に向けて、コグニティブ・ファウンデーション®構想を具現化したスマートワールドの実現や関連技術の研究・開発に取り組んでいます。

◆問い合わせ先

NTT技術企画部門

プラットフォーム戦略担当

TEL 03-6838-5225

E-mail pf-str-all@hco.ntt.co.jp

複数無線アクセス最適利用のための品質予測技術

デジタル化による変革が叫ばれる中、人や物をつなぐ無線通信の重要性は拡大しており、使用される周波数帯や無線アクセス規格も多様化しています。一方で無線品質は状況に応じて刻々と変化するため、適切な無線アクセスを使い分けるにはユーザが意識して選択する必要があります。そこで、人やモノが無線アクセスの選択・接続などをせず、無意識かつ快適に使えている世界をめざし、機械学習技術を活用した無線品質予測技術によりプロアクティブに無線環境を制御する技術の開発を推進しています。

わか お けいすけ かわむら けんいち

若尾 佳佑 / 河村 憲一

もりやま たかつね

守山 貴庸

NTTアクセスサービスシステム研究所

背景

デジタル化による社会変革が重要性を増している中で、スマートフォンの通信量は増加し、IoT（Internet of Things）の発展によりさまざまなモノが接続されるなど、無線通信の果たす役割は生活のあらゆる場面で格段に高まっています。一方で、多様化する無線通信の用途に合わせて、さまざまな無線通信規格が登場してきています。さらに、利用する無線の周波数帯も数100 MHzから数10 GHzといった高い周波数帯まで拡大しており、特性の異なる周波数帯の電波と、さまざまな無線規格を状況に応じて使い分けることが必要になってきています。このような複雑なヘテロジニアスな無線環境の中で、ユーザが意識することなく、ナチュラルな使用感でいつも適切な無線規格が利用できている世界が理想といえます。

無線通信の品質は状況に応じて刻々と変化し、周囲のシステムからの干渉等により品質が安定しない場合があります。このような無線アクセスを、利用目的に応じて最適に利用できるようにするためには、無線通信の品質を制

御する技術が重要になります。そこでNTTでは、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の1つとして、利用者の状況に合わせたプロアクティブな通信エリア形成の実現や複数の無線アクセスの連携技術などにより、無線品質を制御し、無線ネットワークを意識しない通信環境の実現に取り組んでおり、特にその無線制御技術群を「Cradio」（クレイディオ）⁽¹⁾と名付け、研究開発を加速させています。

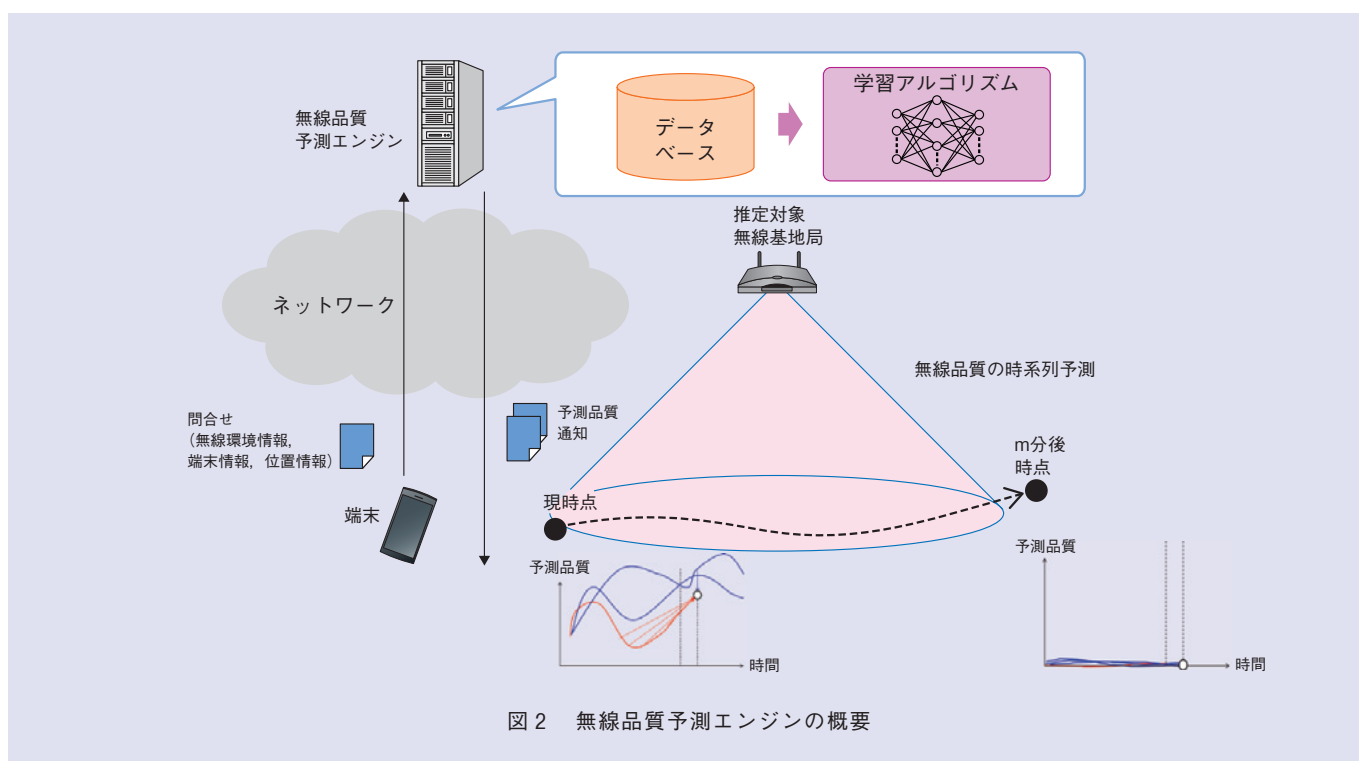
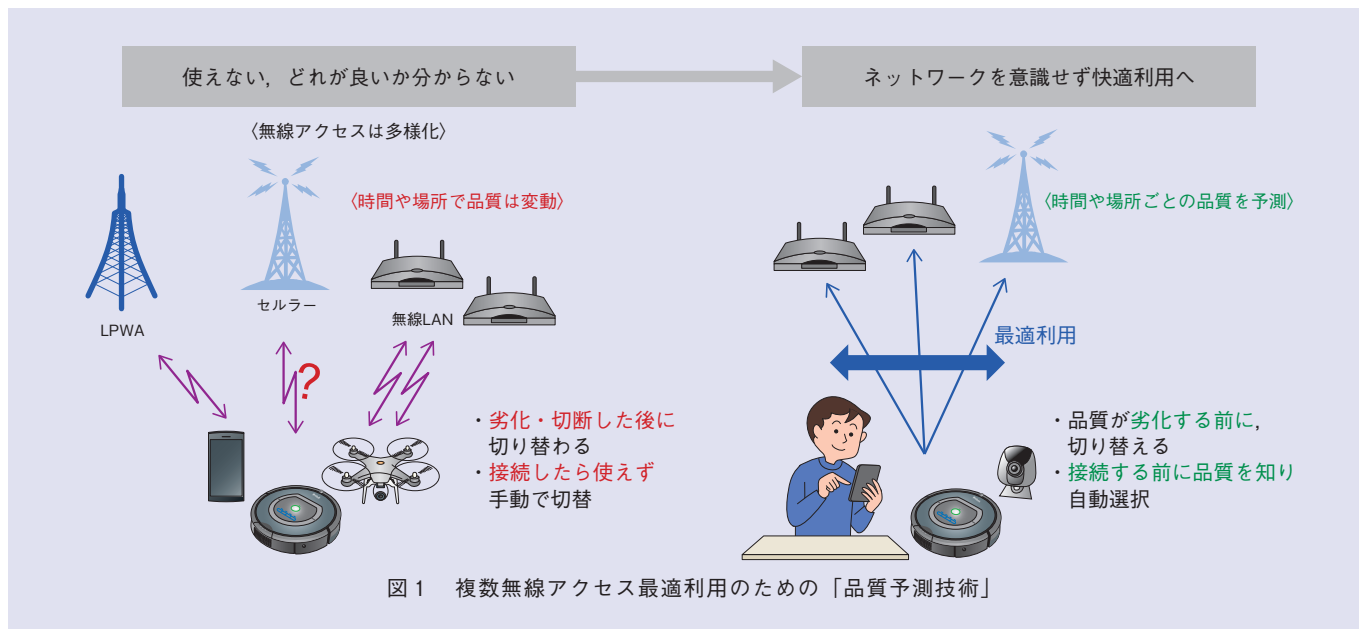
無線品質予測技術

Cradioの無線制御技術の1つとして、近年無線通信への適用が活発に研究されている機械学習技術⁽²⁾を活用して無線品質の変化をプロアクティブに予測する無線品質予測技術に取り組んでいます。無線品質予測技術により、品質が劣化する前に無線エリア形成を柔軟に変更し、端末が接続する無線基地局やほかの無線アクセスに切り替えることにより品質向上を実現します（図1）。

これまでの無線端末が利用する基地局の選択では、主に基地局からの受信信号の強度を元にしていましたが、近年の無線通信利用者が爆発的に増加し

た環境では、通信の混雑度合いや機種ごとの特性、アプリケーションの特性などの条件が多様化するため合理的でなくなっています。そこで本技術では、端末で常時測定されている詳細な情報をサーバで収集し、機械学習*によって分析することで、各端末の無線通信のスループット、遅延、ジッタ、パケットロスの予測値を算出し、端末側へ通知します。これにより端末やアプリケーションごとに最適な無線基地局への切替、利用する無線アクセス方式の選択を実現します。本技術の概要を図2に示します。無線品質予測エンジンは、クラウド上あるいは管理ネットワーク内に設置されたネットワーク上のサーバ装置です。端末から無線品質予測エンジンに対して、位置情報や端末種別、無線アクセス種別、および無線環境のスキャンデータ、通信品質の実績値など、端末で測定される詳細な情報を定期的にアップロードし、履歴情報をデータベース上に蓄積します。このデータベースを基に、無線品質予測エンジンでは機械学習アルゴリズム

* 機械学習：サンプルデータから統計処理により、有用な判断基準をコンピュータに学習させる枠組み。



の学習処理を行います。無線アクセスを利用する端末は、位置情報や無線環境情報を付加して無線品質予測エンジンに対して問合せを行うことで、周囲に見えている基地局に接続時に得られる品質（スループット、遅延、ジッタ、パケットロス）の将来の予測値を取得します。その予測値に基づきアプリケーションの特性を考慮して、接続する基地局を選択します。このようにして、過去の実績に基づいた品質予測値から利用する無線アクセスを最適に選択できる手段を実現します。

無線品質予測エンジンを用いることの良いところの1つは、データを効率的に収集し機械学習の学習処理時間を短縮できることです。先述のように、機械学習を用いてある入力情報から品質予測を行うには、あらかじめ入力情報および品質値の実績データを収集する必要がありますが、その収集を予測対象の端末1台で実施すると多くの時間を要します。これに対して、無線品質予測エンジンを配備し予測対象端末だけでなく他の多くの端末からもデータを収集することで、十分な数のデータを効率的に収集し学習処理を速やかに実施することができます。一方、このような手法をとることで別の課題が生まれます。例えば、むやみに全端末の収集データを統合し機械学習を適用しても、端末の性能が機種ごとに異なるため有益な学習ができません。さ

らに言えば、機種やエリアに応じて端末が収集できる情報の種類や定義が異なるので、そのままでは共通の機械学習アルゴリズムへの入力もできない、といった課題も出てきます。Cradioの無線品質予測エンジンの研究開発では、こういった課題を克服できる機械学習アルゴリズムの検討を進め、多数・多種類の端末が収集データを共用し合うことで、無線アクセスを無意識に最適に利用できることを実現する無線品質予測技術の実現をめざします。

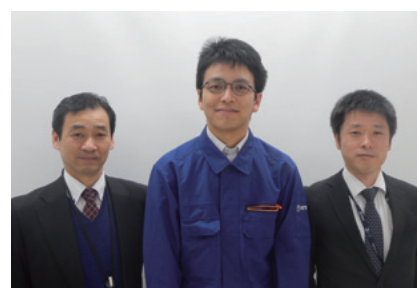
本技術の活用例としては、無線通信の妨げになりやすい障害物が多く、OA機器などの影響によって無線通信の混雑度合いが大きく変化する大型倉庫で用いられる自動搬送ロボットが、安定した無線通信を維持するための通信制御への利用などが想定されます。

今後の展望

今後は、さまざまな環境情報の利用と機械学習アルゴリズムの改善による無線品質予測技術の向上を行い、より自然な使用感をめざして技術を発展させます。

参考文献

- (1) 澤田・井伊・川添: “IOWN構想 ―インターネットの先へ,” NTT出版, pp.41-42, 2019.
- (2) C. Jiang, H. Zhang, Y. Ren, Z. Han, K. C. Chen, and L. Hanzo: “Machine Learning Paradigms for Next-Generation Wireless Networks,” IEEE Wireless Communications, Vol.24, No.2, pp.98-105, April 2017.



(左から) 守山 貴庸/ 若尾 佳佑/
河村 憲一

さまざまな無線アクセスを使いつつも、ユーザがその違いを意識することなく自然に使い分けられ、いつでもどこでも安定的に通信できる世界の実現に向け、これからも研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所

無線アクセスプロジェクト

TEL 046-859-3290

E-mail keisuke.wakao.gm@hco.ntt.co.jp

インテリジェント・ゼロタッチオペレーション

やまこえ きょうこ†1 にし お まなぶ†1

山越 恭子 / 西尾 学

こばやし まさひろ†2 はら だ しげあき†2

小林 正裕 / 原田 薫明

の ず え はるひさ†3

野末 晴久

NTTネットワークサービスシステム研究所^{†1}

NTTネットワーク基盤技術研究所^{†2}

NTTアクセスサービスシステム研究所^{†3}

NTT研究所では、ネットワークサービスの保守稼働低減・平準化をめざして、ゼロタッチオペレーション技術の研究開発に取り組んでいます。本稿では、AI（人工知能）を組み込んだインテリジェント・ゼロタッチオペレーションのユースケースと、その中に登場する3つのAI技術について紹介します。

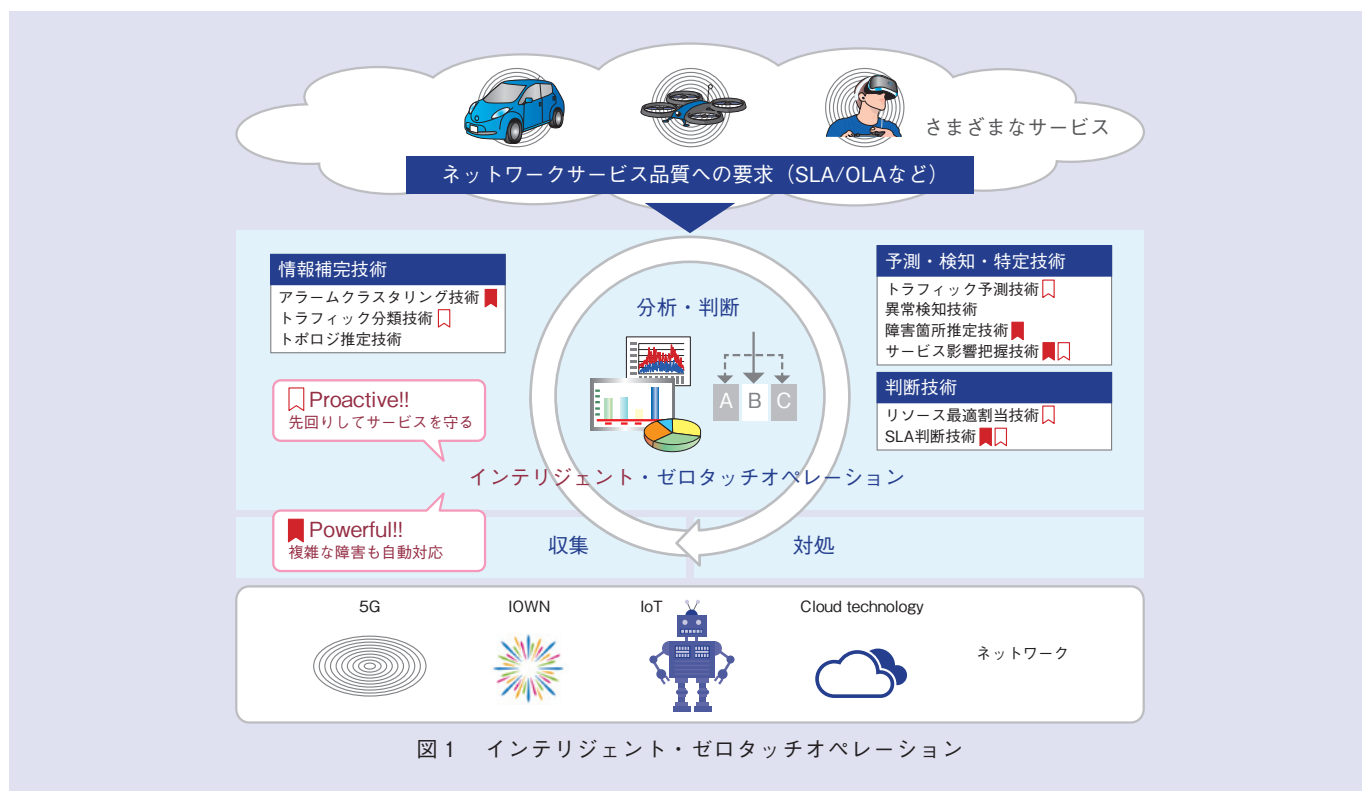
背景

NTT研究所では、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想の一環として、マルチドメインのさまざまな拠点に散在するデータを収集、処理、記憶、通信する手段を連携させ、サービスの構築運用に必要な機能群を提供するコグニティブ・ファウンデーション®（CF: Cognitive Foundation）

の実現をめざしています。本稿では、その実現を支える代表的な技術の取り組みについて紹介します。

現在のネットワーク運用では、故障や品質劣化によりアラームが発生すると、オペレータが情報を分析・判断し、設定変更や故障交換等の対処を行っています。IOWN時代に向けて、サービス種別や求められる品質レベルの多様化が進んでオペレーションが複雑化する

とともに、人員通減が進むと考えられることから、オペレータ稼働の低減が課題となります。そこでNTT研究所では、オペレータが行っていた分析・判断をAI（人工知能）群が代行し、情報収集から対処まで自動実行する、インテリジェント・ゼロタッチオペレーションの研究開発に取り組んでいます（図1）。これまで、インテリジェント・ゼロタッチオペレーションの基



盤技術として、さまざまなAIから共通的に利用可能なネットワークリソース管理技術⁽¹⁾や、情報収集、分析・判断、対処の工程全体を連携させるフェデレーションエンジン技術⁽²⁾を確立してきました。そしてこれらの基盤技術と連携し、より複雑な故障対処の自動化を実現するため、高度な情報「分析」と「判断」を行うAI群の研究を進めています。

トラフィック分類・予測技術

近年、ユーザ端末やサービスの多様化に伴い、通信トラフィックの変動が複雑化し、予測が困難になっています。そこで、NTT研究所のトラフィック分類・予測技術⁽³⁾では、特徴が類似したトラフィックをクラスタに分類し、クラスタごとの特徴をとらえることで複雑な変動を高精度に予測します。時系列クラスタリング手法の1つである非負値テンソル因子分解を用い、送信元・送信先・送信時刻・通信量に基づき、特徴が類似したトラフィックをクラスタ化することが研究所技術の特徴です。本技術を用いることで、リンクごとの輻輳の有無を正確に予測でき、プロアクティブな対処につなげることができます。

SLA判断技術

ゼロタッチオペレーションの実現には、高度なデータ分析技術に加え、対処に必要な判断を自動化する技術が必要です。判断とは、例えば品質劣化時の対処要否や、複数の故障間の優先度、

対処コストを考慮した際に最適な対処時期、実施者、対処方法等の判断が挙げられます。

SLA (Service Level Agreement)^{*1} 判断技術では、オペレーションの根源的な目的はサービス品質維持であることに着目しました。本技術は、サービス品質を示す情報（サービス・ユーザ単位の故障継続時間やトラフィックの平均遅延・ジッタ・ロス等の値）を、満たすべきサービス品質〔ユーザのSLAや社内のOLA (Operational Level Agreement)^{*2}など、運用主体が設定した値〕を基準に評価することで、対処に必要な判断を自動的に行います。具体的な適用例としては、①ボトルネック区間を通過するサービス・ユーザのSLA違反予測に基づく対処要否の判断自動化や、②現地作業員の手配時間帯による派遣コスト増減と対処時間長延化によるSLA違反の損失増を比較した、最適な派遣タイミングの判断自動化があげられます⁽⁴⁾。

障害箇所推定技術

大規模ネットワークにおいて障害が発生すると、多種多様なアラームが大量に通知され、障害箇所の切り分けに大きな稼働を要します。障害箇所推定技術⁽⁵⁾では、事前に学習したルールを用いて障害箇所を推定し、候補をトポロジマップ上に可視化することで、ネットワーク保守業務の迅速化・負担軽減（OPEX削減）を実現します。過去の障害で発生したアラーム等のイベントとその障害箇所・原因について、

事前にそれらの組合せの類似度を基に関連性を導出し、適切な障害箇所推定ルールを自動的に学習・生成することにより、複雑な故障でも瞬時に障害箇所を推定します。ルール条件が自動的に生成されるため、従来は保守者のスキルやノウハウに頼っていた障害切り分けルールの形式化にも貢献します。

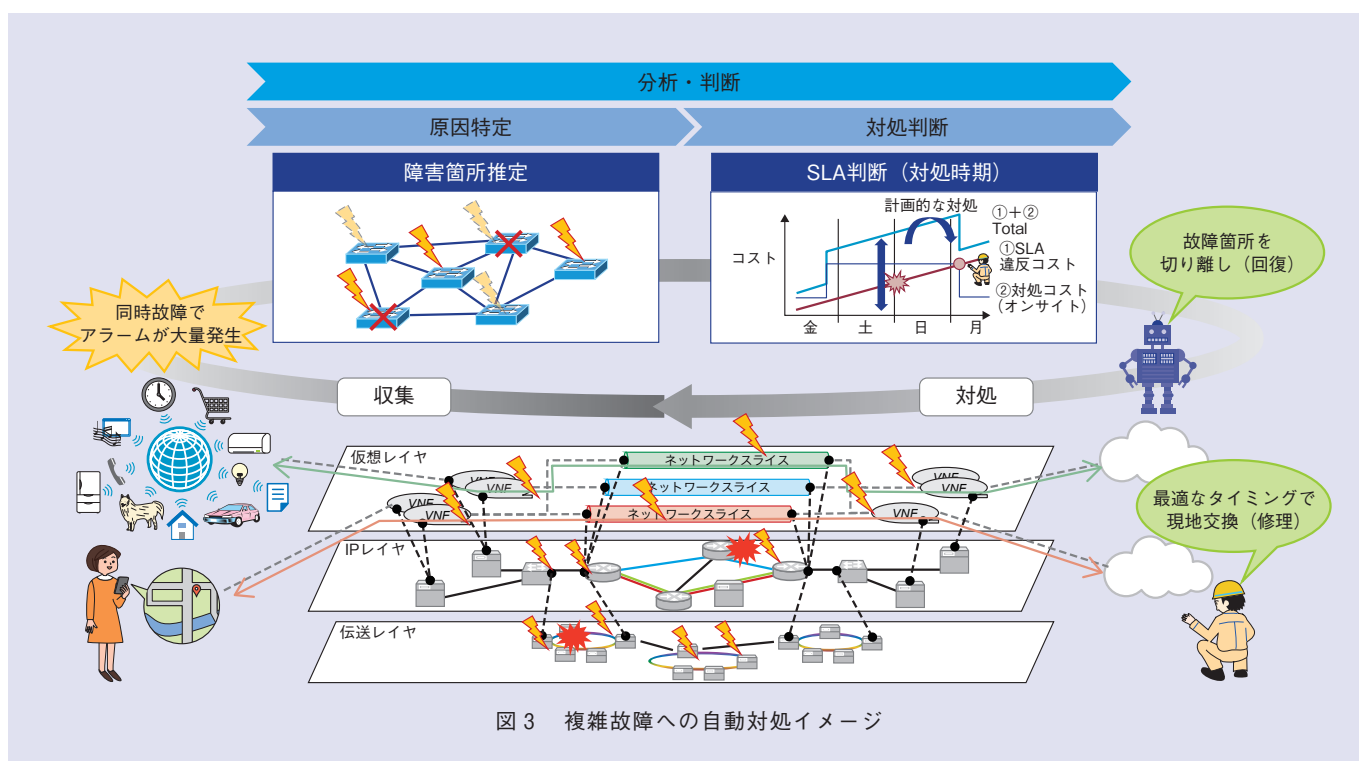
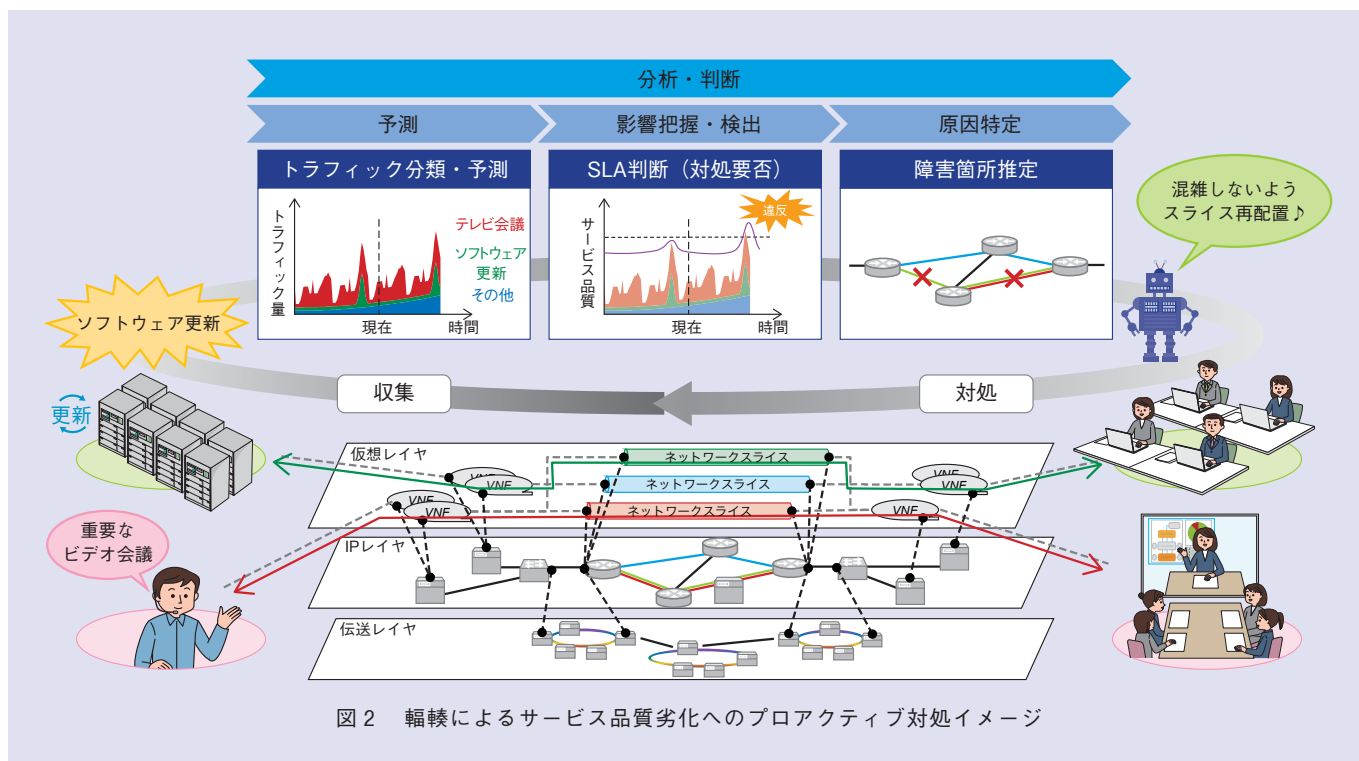
プロアクティブ対処のユースケース

前述の3つの要素技術を組み合わせた輻輳によるサービス劣化へのプロアクティブ対処のユースケースを図2に示します。例では、重要なビデオ会議と大規模なソフトウェア更新の時間帯が重複する場合を示しています。対処を何も行わない場合、輻輳に伴い品質が劣化し、重要なビデオ会議が途中で途切れてしまいます。

例では、まず「トラフィック分類・予測技術」により、サービスごとのトラフィック変動を高精度に予測します。次に、「SLA判断技術」により、各サービスの品質を予測し、ビデオ会議通信のSLA違反が見込まれるため、保守対処要と判断し、アラームを発出します。そして、「障害箇所推定技術」により、同時期に発生しているすべてのアラームから障害箇所・原因を推定します。この場合、SLA違反アラーム

*1 SLA：サービス品質に関する指標、目標値、違反時の扱い等について、サービス提供元とサービス契約者との間で取り決めた合意事項。

*2 OLA：オペレーションに関する指標、目標値、違反時の扱い等について、オペレーション部門とオペレーション委託部門との間で取り決めた合意事項。



ム以外に故障アラームが発生していないため、事前に作成されたルールに基づき、原因が単純輻輳である（故障による輻輳でない）こと、またその原因箇所を推定します。最後に、SLA違反を起こさないようソフトウェア更新サービスの通信経路を変更することで、ビデオ会議サービスの品質劣化を事前回避できます。このようにプロアクティブ対処では、人手を介さず、さらにユーザにサービス品質劣化を気付かせることなく、対処を完了させることが可能です。

複雑故障対処のユースケース

複数の障害が同時に起こり、ネットワーク上のさまざまなレイヤから大量のアラームが発生する複雑故障対処のユースケースを図3に示します。このような場合、監視画面には異なるレイヤの複数障害に関連する情報が一斉に表示され、人の目では分析に大きな稼働を要します。

例では、まず「障害箇所推定技術」が、過去の事例から障害を特徴付けるアラームを学習し、発生したアラーム群に対して瞬時に障害箇所・原因を推定します。「障害箇所推定技術」はネットワークリソース管理技術を利用したデータ管理を行っているため、レイヤをまたがる障害影響の可視化も可能です⁽⁶⁾。次に、障害箇所を避けるよう通信経路を変更します。これによりサービスは回復しますが、装置故障の場合、現地に作業者を派遣して装置交換等を行うまで系全体は復旧しませ

ん。そこで「SLA判断技術」が、作業コストとSLA違反による損失を共通の指標で評価し、最適な現地作業時間（例えば今すぐ作業が必要か、明日以降でも問題ないか等）を判断します。このように、従来は大きな稼働を要した複雑障害対応作業を自動化し、稼働の削減と質の向上を実現します。

今後の展開

本稿では、インテリジェント・ゼロタッチオペレーションを実現する3つのAI技術と、それらのAI技術を連携させたプロアクティブ対処、複雑故障対処のユースケースについて紹介しました。今後の展開としては、自動化の対象領域を拡大するAI群、またAI群を連携させる技術の研究開発を推進し、インテリジェント・ゼロタッチオペレーションの実用化をめざしていきます。

参考文献

- (1) 堀内・明石・佐藤・小谷：“ネットワークリソース管理技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.7, pp.48-52, 2017.
- (2) 尾居・高田・坂田・中島：“通信キャリアにおけるゼロタッチオペレーションに向けた保全系ツール連携方式の提案,” 信学技報, Vol.119, No.111, ICM2019-14, pp.47-52, 2019.
- (3) 駒井・木村・小林・原田：“アクセスパターンに基づいたトラフィック予測手法,” 信学技報, Vol.119, No.158, IN2019-22, pp.43-46, 2019.
- (4) A. Takada, N. Tanji, T. Seki, K. Yamagoe, Y. Soejima, and M. Tahara: “SLA Driven Operation - optimizing telecom operation based on SLA,” Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium, Shimane, Japan, Sept. 2019.
- (5) 村田・浅井・矢川・鈴木・大石・井上：“ルール学習型障害箇所推定技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.31, No.5, pp.15-16, 2019.
- (6) 深見・村瀬・佐藤・田山：“ネットワーク障害が及ぼすサービス影響把握方式の検討,” 信学技報, Vol.118, No.483, ICM2018-51, pp.13-18, 2019.



(後列左から) 原田 薫明/ 小林 正裕
(前列左から) 西尾 学/ 野末 晴久/
山越 恭子

人員削減への対応や、IOWNなど新しいネットワーク、新しいサービスを支えるオペレーションを実現するため、ゼロタッチオペレーション技術の研究開発を行っています。

◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
オペレーション基盤プロジェクト
ネットワークオペレーションDP
E-mail 1st-loop-ml@hco.ntt.co.jp