

# 将来のデジタル社会を支 —オペレーション編—

オーケストレータ

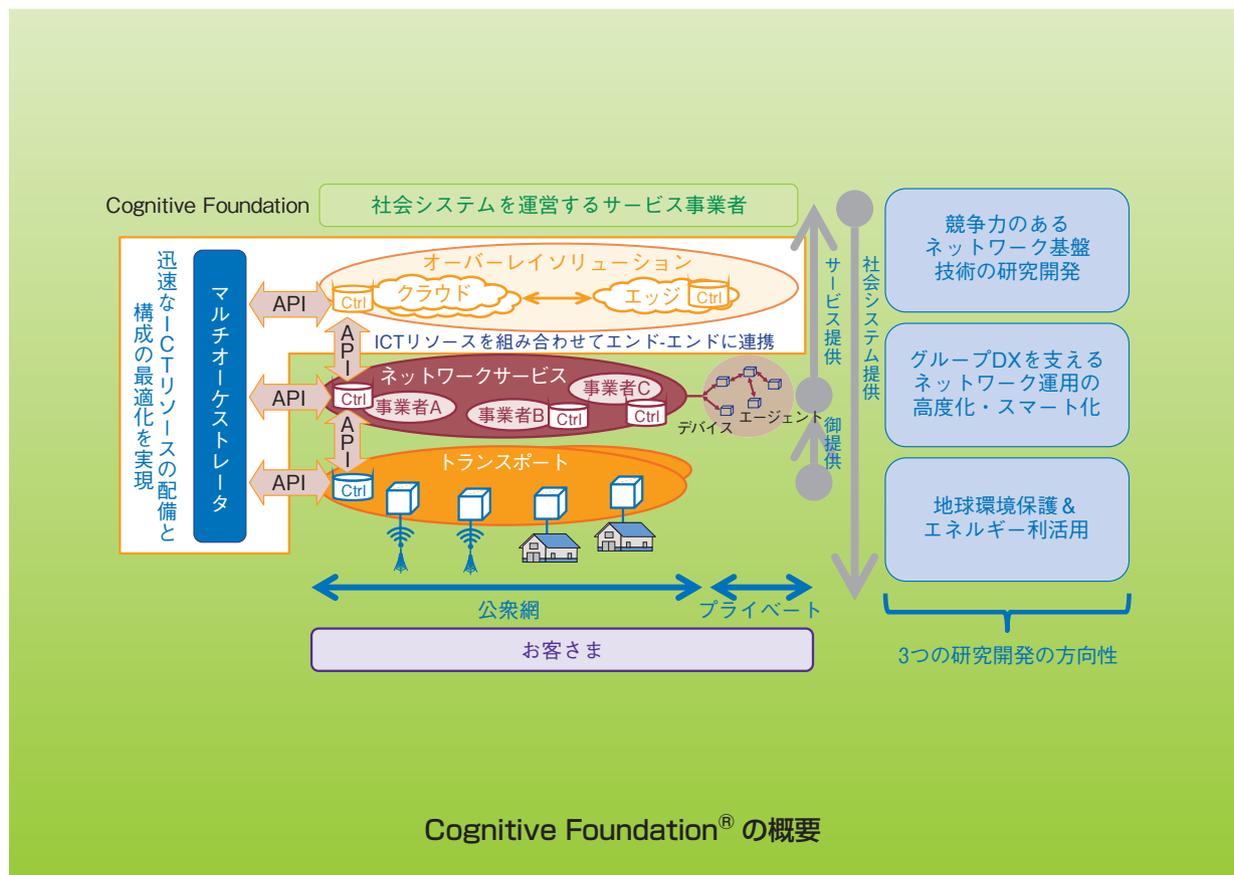
IoT

Network-AI

ネットワーク運用

配線設計

本特集では、これからの社会的課題を解決し、将来のデジタル社会を支えるネットワーク技術開発の取り組みについて先月号に続き紹介する。4月号では①競争力のあるネットワーク基盤技術の研究開発（12技術）、5月号では②グループDX（デジタルトランスフォーメーション）を支えるネットワーク運用の高度化・スマート化（6技術）と③地球環境保護&エネルギー利活用（1技術）、の研究開発方針に基づいた具体的な研究開発成果を紹介する。



# えるネットワークの変革

- ICT/ネットワークリソース・サービス連携技術** 10

必要なモノ・アプリケーションを必要ときに必要なだけ利用可能にするための、サービスやICT/ネットワークリソースの連携技術について紹介する。
- ルール学習型障害箇所推定技術** 15

「障害箇所とアラームの因果関係（ルール）を自律的に導出する技術」に基づき、障害発生時に障害の原因箇所の候補を瞬時に提示するルール学習型障害箇所推定技術を紹介する。
- ディープラーニングに基づく異常検知技術**  
**——DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance** 17

NTT研究所で検討を進めているディープラーニングに基づく異常検知技術（DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance）の概要と事業会社における検証状況を紹介する。
- 復旧コマンド列自動生成技術** 19

ICTシステムにおける障害発生時のオペレータによる迅速な復旧措置を支援するとともに、復旧措置の自動化を実現するための、復旧コマンド列自動生成技術の概要を紹介する。
- 光伝送網における故障箇所特定技術** 21

NTTネットワークサービスシステム研究所がNTTグループ会社と協力し、検討を進めてきた故障箇所特定手法について紹介する。
- 業務ナビゲーション技術** 25

業務を行う際の人の判断を支援するアノテーション技術、および操作画面上にさまざまな機能を持つ部品を付与することで操作の自動化・簡易化を実現するUI（User Interface）拡張技術について紹介する。
- 通信機械室の環境最適化技術** 27

冷却方法を最適化することで通信機械室の電力効率の向上を可能とする二重床下配線技術を紹介する。

# ICT/ネットワークリソース・サービス連携技術

本稿ではさまざまな事業者・産業の垣根を越えてモノとアプリケーションがつながる世界において、必要なモノ・アプリケーションを必要なときに必要なだけ利用可能にするための、サービスやICT/ネットワークリソースの連携技術について紹介します。

にしお まなぶ たかはし まゆみ  
**西尾 学 / 高橋 真由美**  
 たかはし けんすけ のぐち ひろふみ  
**高橋 謙輔 / 野口 博史**  
 やまと ようじ しみず まさふみ  
**山登 庸次 / 清水 雅史**

NTTネットワークサービスシステム研究所

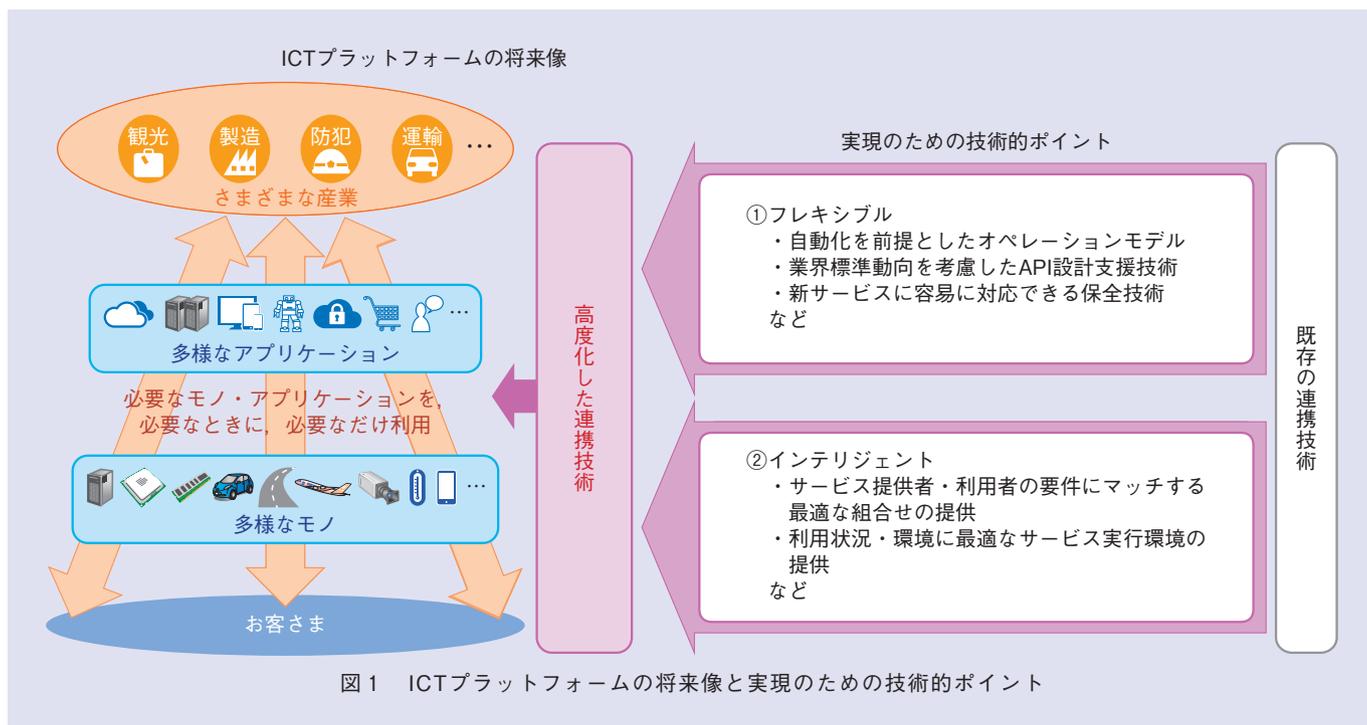
## 背景

現在、サービス提供事業者は、サービス提供の際にサービスごとにモノ（デバイス）とアプリケーションを自前で用意しています。今後は、IoT（Internet of Things）、AI（人工知能）を活用した多様なサービスを、さまざまな事業者や産業から提供されるモノとアプリケーションをつなげて提供できる時代が到来すると考えています

（図1）. そのような時代では、必要なモノ・アプリケーションを必要なときに必要なだけ容易に利用できるICTプラットフォームが求められると想定しています。NTTではめざす世界の実現に向けて、ICT/ネットワークリソース・サービスの連携技術の研究開発に取り組んでいます。

将来像の実現に向けては、既存の連携機能の持つ一括構築能力だけではなく、サービスやユーザの多様化や扱う

データの増加などに柔軟に対応できる連携機能の仕組み（アーキテクチャ）とそれを支える高度な保全機能が技術的ポイントになると考えています。より高度なサービス提供に向けては、サービス提供者・利用者の要件にマッチする最適な組合せの提供、利用状況・環境に最適なサービス実行環境の提供など、AI技術を活用したインテリジェントな機能が必要になると考えています。



## 柔軟化・自動化技術への取り組み

### ■ カタログドリブンオーケストレーションとオペレーションモデル

クラウドファーストの動きを受け、サービス事業者がスムーズにサービス開発サイクルを回すために、自社ですべての開発を行うのではなく、API (Application Programming Interface) として公開されている他社のリソースや機能を組み合わせる新しいサービス(連携サービス)をつくる動きが広がっています。このようなサービス開発スタイルにサービス事業者やリソース・機能提供者が対応するためには、多様なリソース・機能の組合せをスピーディに提供することが不可欠になります。

また、サービス利用者の要求にスピーディに対応するためにはオペレーションの自動化に基づくリソース・機能のオンデマンド提供が不可欠になります。クラウドサービスの多くでは、オペレーションの自動化が進んでいますが、ネットワークサービス等では既存システムの影響もあり、自動化が進んでいない状況でした。しかし、近年、SDN (Software Defined Network) といった仮想化の考えが導入され始め、オンデマンド提供を実現する装置環境が整い始めています。そのような状況を受け、私たちはオペレーションの柔軟性向上と自動化をめざし、段階的に検討を進めています。

最初のステップは、APIとしてサー

ビス申込み機能が公開されている外部のクラウドサービスやモバイル回線の一括構築をユースケースとして、これに必要な事前設定をカタログというスタイルで簡略化し、多様なリソース・機能の組合せも柔軟に対応できる自動化技術であるカタログドリブン型オーケストレーション技術について検討しました<sup>(1)</sup>。成果の一部は2018年にラスベガスで行われた実証実験でも活用され、環境構築効率化に貢献しました<sup>(2)</sup>。

次のステップとして、サービス管理に加え、顧客や契約管理も含めた業務プロセス自動化に向けた検討を始めています。オペレーションの自動化にあたっては、自動化を前提とした業務プロセスを策定し、業務を実行するために必要な機能、業務を実行するために必要な情報、機能間で情報流通させるAPIの関係性を明確に示したオペレーションモデルの確立が必要と考えています。テレコムオペレータのオペレーションを検討してきたTM ForumでもAPI活用の潮流を踏まえ、これまで規定してきた業務プロセスやデータモデル、機能の定義の見直しやAPIとの関連付けが進められているところ<sup>(3)</sup>です。私たちはそのような動きをはじめ、その他の標準化動向や外部動向を参考にしながら、オペレーションモデルの策定を行っています。

### ■ API設計支援技術

公開されているAPIの多くでは、APIリクエスト・レスポンスの記述ルール、認証方法等が、サービス事業者の独自仕様である場合が少なくあり

ません。このようにAPI仕様が不ぞろいだと、サービス開発者にとってAPIが利用しづらくなります。また、API提供者側にとっても、公開ルール・記述ルールが定められていないと設計時に無用な議論が発生するリスクもあります。そのため、私たちは業界標準動向も考慮しながら、提供するサービスのAPI記述ルールの定義を進めています。また、API仕様設計時に、定義したルールへの準拠を支援する技術や設計されたAPIがルールに準拠しているかを判断するための技術検討も行っています。準拠支援としては、API仕様を記述する際に広く活用されているフォーマットSwagger specification<sup>(4)</sup>を活用し、API公開に関する簡単な質問に答えるだけで記述ルールに適合したテンプレートを出力する方式について検討を行いました。

### ■ 保全機能の高度化技術

現在の保全運用は、サービス構成、サービス仕様、ユーザ情報、市中技術、組合せ元API、故障申告、試験呼、SLA (Service Level Agreement) など保守運用に必要な多種多様な情報を基に、幅広い知識やノウハウを有する保全運用者が多くの稼働を要して判断・制御を行っています。複数サービスを組み合わせた連携サービスであれば、保全運用者にもっと多くの負担がかかります。

そこで私たちは、連携サービスの保全運用者の稼働も自動化によって省力化するだけでなく、運用面でも新サービスに容易に追従可能にするサービス

保全高度化技術の確立をめざして以下の技術の検討を行っています(図2)。

- ① 保全運用のための自律協調型アーキテクチャ
- ② 監視エージェント配置方式による保全情報収集方式

①は保全業務を部品化し、個々の保全部品が自律的に判断し、メッセージングで情報を共有し、人手を介さず協調する保全方式です。これによって、保全機能部品を柔軟に組み合わせて保全プロセスが実現できるようになり、連携サービスに追従した保全業務が容易に実現可能とすることをねらっています。

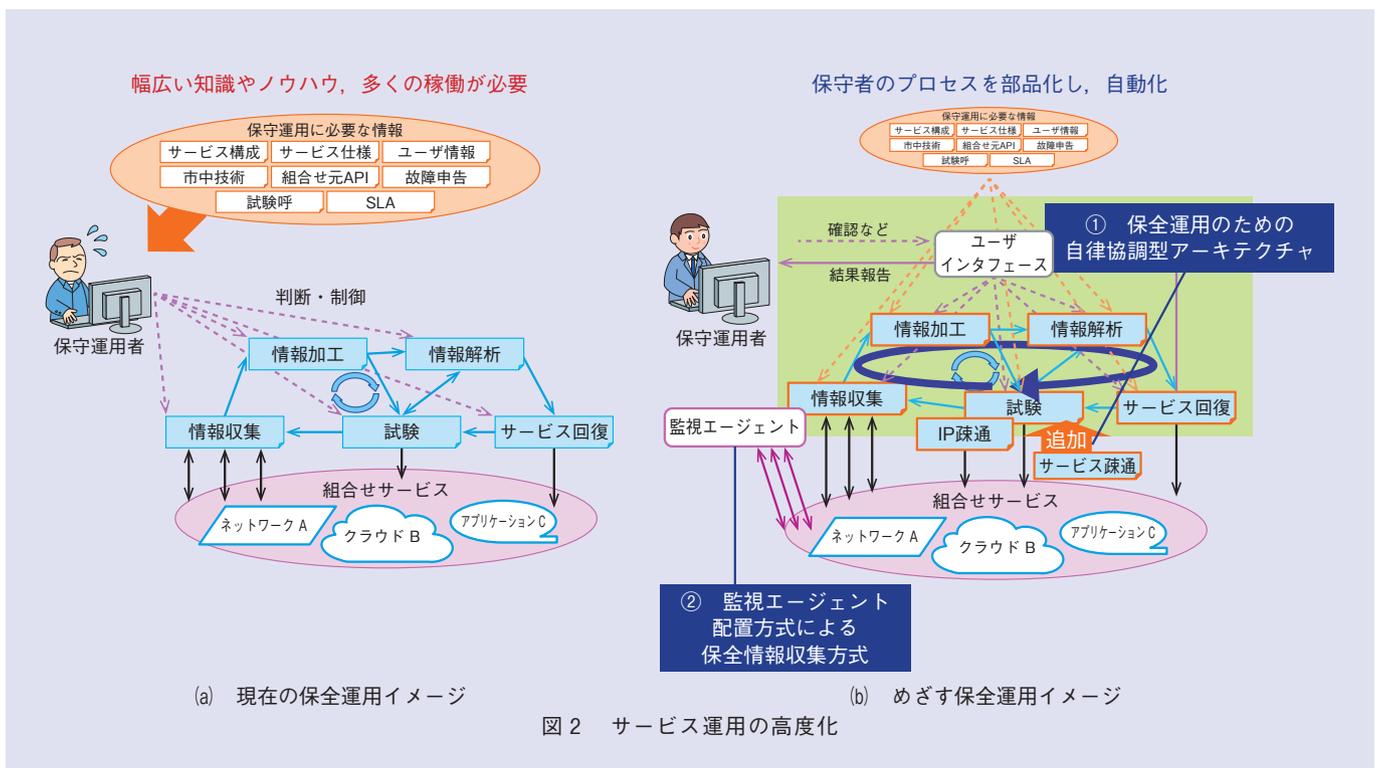
②は、サービス利用者のフロー情報など詳細情報を収集できるプログラム

(監視エージェント)を適切な場所に柔軟に配置することで、扱う保全情報の種類や監視箇所を拡大する技術です。これによって、既存ネットワークやクラウドサービス等で提供されているAPIから得られる情報だけでは問題箇所が特定できない場合でも、解析・判断に利用できる情報を増やすことができ、その結果、提供事業者の異なる複数サービスを組み合わせた連携サービスでも、サービス利用者目線で求められるエンドエンド監視を実現可能にすることをねらっています。

### 高度なサービス提供に向けたインテリジェント化の取り組み

私たちは、より高度なサービス提供

に向けてTacit Computingの研究開発を進めています。Tacit Computingとは、NTTネットワークサービスシステム研究所が研究開発を進めているIoT/AIサービスの基盤技術の総称です。必要なモノ・アプリケーションをオンデマンドに組み合わせてサービスを構築するには、デバイスやコンピュータの状態、サービスの要求をリアルタイムに把握して、適切に連携させることが必要です。このような課題に対して、私たちは、ネットワークに接続されたデバイスの種類や機種を自動的に識別して把握する「ふるまい自動分析技術」と、デバイスやソフトウェアを適切に組み合わせてサービスシステムを構築する3つの要素技術に取り



組んでいます(図3)。

■ リレーション・ロケーション  
マッチング

リレーション・ロケーションマッチングとは、サービスを構成するデバイ

ス、ソフトウェア、ネットワークを複数の候補から適切に選択する技術です。サービス品質を担保するには、多数のサービスが同じデバイスやソフトウェアを同時に使用してもネットワー

クやコンピュータに過剰な負荷がかからないことが求められます。本技術は、ネットワークにつながっているデバイスの種類や使用状況、ネットワーク状態、サービスの要求条件などを基に、

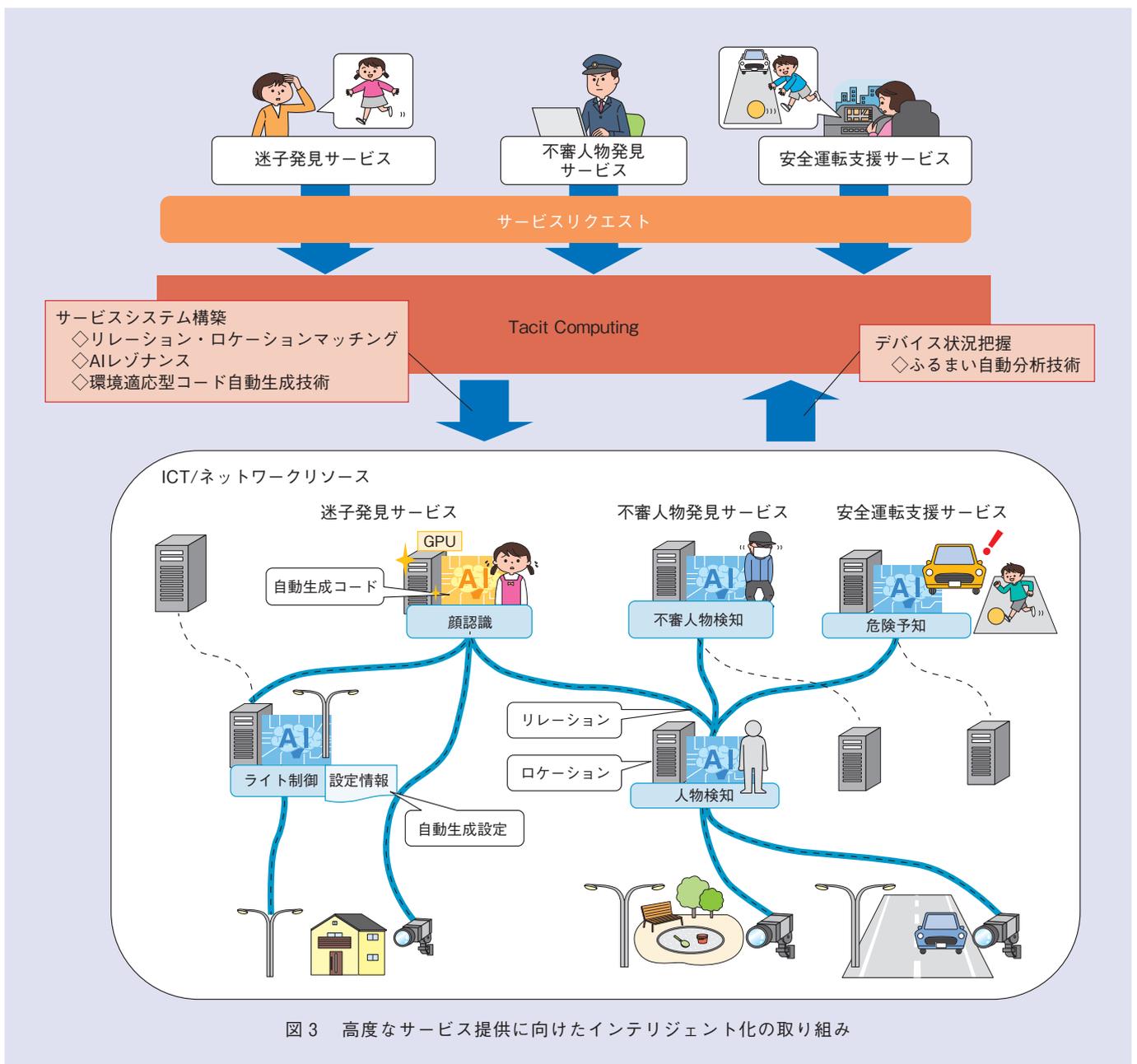


図3 高度なサービス提供に向けたインテリジェント化の取り組み

デバイスやソフトウェアの連携（リレーション）および、ソフトウェアの実行環境（ロケーション）を決定します。複数のサービスに共通な処理やデータを集約して全体の処理を効率化し、さらにソフトウェアのロケーションをネットワーク帯域や通信遅延などを基に適切に選択します。例えば、不審人物検知サービスと迷子発見サービスを同時に実行する場合には、両サービスに共通な処理である人物映像検知処理を抽出し、搜索地域のカメラの近傍にあるコンピュータに集約して実行します。

### ■AIレゾナンス

AIレゾナンスとは、複数のデバイスやソフトウェアをオンデマンドの要求に応じて、自動で連携させる技術です。サービスの構築には、デバイスの種類や設置場所、ソフトウェアとの組合せに応じた適切な設定を行う必要があります。例えば、カメラと夜間用ライトで構成される迷子発見サービスを行うには、機器の設置場所やソフトウェアに応じてライトを適切な光量に設定しておく必要があります。従来のサービスでは、人手で試行錯誤をしながら適切な設定を行っていました。しかしながら、私たちがめざす世界においては、サービスを構成するデバイスとソフトウェアの組合せは膨大かつ、時々刻々と変化するため、もはや人手での設定は困難です。本技術は、デバイスのリアルタイムの動作結果を自動的に評価して適切な設定を学習します。例えば、迷子発見サービスでは、

カメラ映像を鮮明にできるライトがネットワークから自動的に選ばれ、適切な光量に調整されます。サービスを実行しながら適切な設定が自動的になされるので、人手による設計や調整が不要になり、高度なサービスのオンデマンドの提供が可能になります。

### ■環境適応型コード自動生成技術

環境適応型コード自動生成技術とは、プログラムを実行ハードウェアに応じて自動的に最適化する技術です。ネットワーク上のコンピュータにはGPUやFPGA（Field Programmable Gate Array）といった特殊なハードウェアを持つものもあります。ソフトウェアの実行環境としてどのコンピュータを選択しても高いパフォーマンスを発揮できることが求められます。本技術は、プログラムのソースコードを実行環境に適した形態に自動的に変換します。一例として、映像解析プログラムの中から、GPUにオフロードすべき処理を自動的に抽出して変換することで、性能を約4倍に向上できることを確認しました。今後は、IoTのさまざまなデバイスや、新しいハードウェアである量子コンピュータなど、さらに多様な環境への適応をめざしています。

### 今後の展開

連携機能のスケラブルなアーキテクチャとそれを支える保全高度化する技術は、既存のオーケストレータに付加価値を与える技術です。今後は、これらのスケラブル化技術の研究開発

を進めるとともに、サービス保全技術自体にAI技術を積極的に活用した高度化も進めていく予定です。さらに、Tacit Computingは、最適ナリソース選択や設定自動化に関する要素技術の確立を進めるとともに、IoTの多様なリソースやサービスへの適応に向けた研究開発に取り組む予定です。

### ■参考文献

- (1) 田中・立石・吉田：“サービス事業者要望に基づきオンデマンド設計・提供を実現するオペレーションの開発,” ビジネスコミュニケーション, Vol.54, No.5, pp.10-11, 2017.
- (2) <http://www.ntt.co.jp/news2018/1805/180502a.html>
- (3) <https://www.tmforum.org/>
- (4) <https://github.com/OAI/OpenAPI-Specification/blob/master/versions/2.0.md>



(左から) 清水 雅史/ 山登 庸次/  
野口 博史/ 西尾 学/  
高橋 謙輔/ 高橋 真由美

ICT/ネットワークリソース・サービス連携技術では、複数サービスの一括管理やAIの活用等によるサービスの持続的な発展をめざし、B2B2Xのビジネスやサービスの「はじめるとつづけるをシンプルに」をサポートします。

### ◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所  
オペレーション基盤プロジェクト  
TEL 0422-59-3896  
FAX 0422-59-4945  
E-mail [moosia-pro-ml@hco.ntt.co.jp](mailto:moosia-pro-ml@hco.ntt.co.jp)

# ルール学習型障害箇所推定技術

NTTアクセスサービスシステム研究所ではグループデジタルトランスフォーメーション（DX）を支えるネットワーク運用の高度化，スマート化をめざしています。本稿では「障害箇所とアラームの因果関係（ルール）を自律的に導出する技術」に基づき，障害発生時に障害の原因箇所の候補を瞬時に提示するルール学習型障害箇所推定技術を紹介します。

むらた なおみ あさい ふみか  
**村田 尚美 / 浅井 文香**  
 やかわ たいすけ すずき さとし  
**矢川 太祐 / 鈴木 聡**  
 おおいし はるお いのうえ あきら※  
**大石 晴夫 / 井上 晃**

NTTアクセスサービスシステム研究所

## 背景

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ます。スキルを有する保守者はこの大量アラームを分析し，試験等により障害箇所の切り分けを行う必要があります。NTTアクセスサービスシステム研究所ではルール学習型障害箇所推定技術の確立に基づき，この分析・切り分け作業を短縮し，障害復旧の迅速化による保守業務の負担軽減（OPEX削減）をめざした研究開発に取り組んでいます（図1）。

## ルール学習型障害箇所推定技術

### ■保守者の分析・切り分け試験稼働を削減

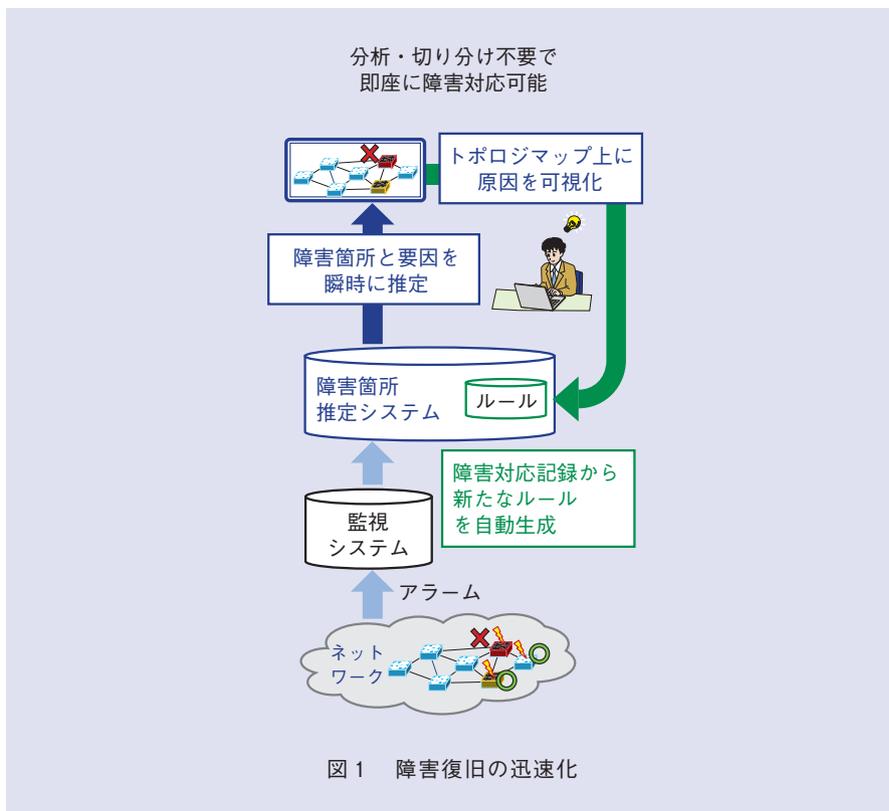
ルール学習型障害箇所推定技術はルールによる判定をベースとした技術です。ルールとは，ある条件が成立したときに導き出される結論を「if 条件 then 結論」というif部とthen部で構成したものです。このルールをネットワーク障害に適用する場合，障害が発生した際にネットワーク装置などから発せられるアラームやログ情報など

のイベントの組み合わせ（イベント群）をif部，障害の要因およびその箇所をthen部としてルールを定義します。障害が発生した際にはアラームの発生状況とルールを照らし合わせることで，効率的に障害の原因箇所（候補）を導きます。保守者は導き出された原因箇所候補から障害対応を実施することで，これまで時間がかかっていたア

ラーム分析や切り分け試験の稼働が削減されるとともに，保守者のスキルによらない対応が期待できます。

### ■システム化

本技術と市中のルールエンジン（if-thenルールに従って処理を実行するエンジン）を組み合わせることで，精度の高い障害箇所推定システム「ルール学習型障害箇所推定システム」を構築



※ 現，NTTアドバンステクノロジー

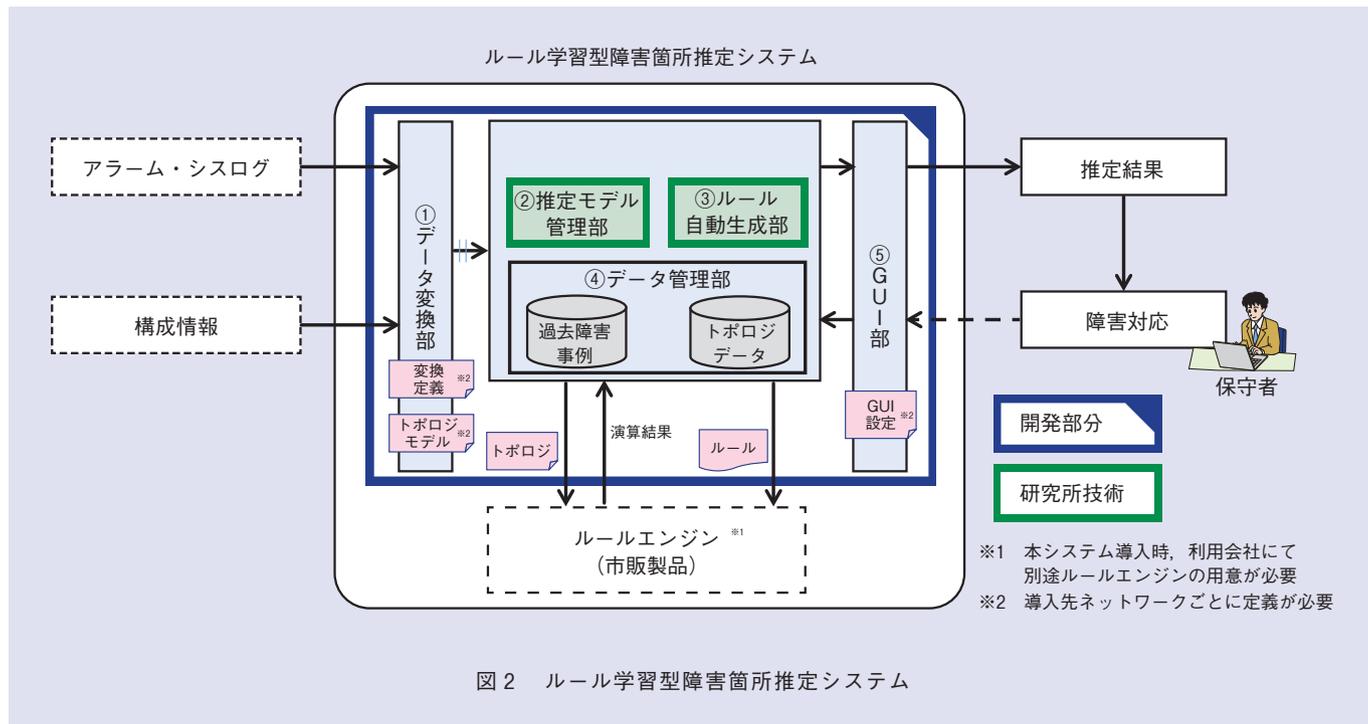


図2 ルール学習型障害箇所推定システム

しました（図2）。システムは管理対象の構成情報を、トポロジデータとしてシステムが解析可能なデータ形式で保持します。対象環境において障害が発生した際には、通知されたアラームやログ情報などのイベント群を入力データとして、ルールに基づき、障害箇所の推定結果を保守者に提示します。発生した障害ケースに対応するルールが登録されていない場合は、保守者が正しい障害原因情報をGUIより入力することで、過去障害事例として蓄積されルール学習が行われます。ルール学習においては、単に新しいルールを追加するだけでなく、ルールを追加したことにより、蓄積された過去の障害事例すべてが正しく判定できるかを検証します。過去障害事例には通知されたアラームやログ情報などのイベント群、および障害の原因とその箇所を障害ケースごとに蓄積します。

実際の障害対応を行った保守者のノウハウがルールというかたちで学習されるため、障害対応業務（保守者ノウハウ）のナレッジ化にも寄与することが可能です。

### 今後の展開

本稿では障害発生時に障害の原因箇所の候補を瞬時に提示するルール学習型障害箇所推定技術について紹介しました。今後は学習アルゴリズムの改良による推定精度向上と適用先の拡大を検討していきます。



（後列左から）鈴木 聡/ 井上 晃/  
大石 晴夫  
（前列左から）村田 尚美/ 矢川 太祐/  
浅井 文香

ネットワークの障害箇所を推定・特定する技術を確立し、保守業務の自動化を実現することで、ネットワーク保守運用業務の効率化と品質向上に貢献します。

#### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
アクセスオペレーションプロジェクト  
オペレーション方式SEグループ  
TEL 0422-59-3030  
FAX 0422-59-5651  
E-mail ohoug-ima-ml@hco.ntt.co.jp

# ディープラーニングに基づく異常検知技術 —DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance

わたなべ けいしろう たじり けんご  
渡辺 敬志郎 / 田尻 兼悟

なかの ゆうすけ  
中野 雄介

NTTネットワーク基盤技術研究所

本稿では、ネットワークサービスのプロアクティブな保守運用に向けてNTT研究所で検討を進めているディープラーニングに基づく異常検知技術 (DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance) の概要と事業会社における検証状況を紹介します。

## 背景

NTTネットワーク基盤技術研究所では、ICTシステムの状態変化の早期検知を目的として、オートエンコーダ (AE) を活用した異常検知技術 (DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance) の開発に取り組んでいます<sup>(1)-(3)</sup>。本稿ではDeAnoSに関してNTT R&Dフォーラム2018 (秋) で展示した内容を紹介します。

## DeAnoSの概要

DeAnoSで活用しているAEは、データに内在する複雑な構造の学習を可能とするディープラーニングの一種であり、AEによる異常検知技術に注目が集まっています。AEでは中間層の次元を入出力層より少なく設定し、入力層のデータを出力層で再現するようにパラメータを学習することで、中間層においてデータの次元削減が行われます。AEを用いた異常検知では、正常なデータは入力データ空間上において、低次元表現が可能である多様体の周辺に分布するという前提に基づいています。具体的には、学習時には、システムが正常に動作している期間に観測した各種データによって「正常な状

態」を学習し、テスト (異常検知) 時には、現時点のデータが上記のように学習されたAEに入力され、入出力層のベクトル間の距離を異常度として出力します (図1)。異常度がしきい値を超えると異常として検知します。

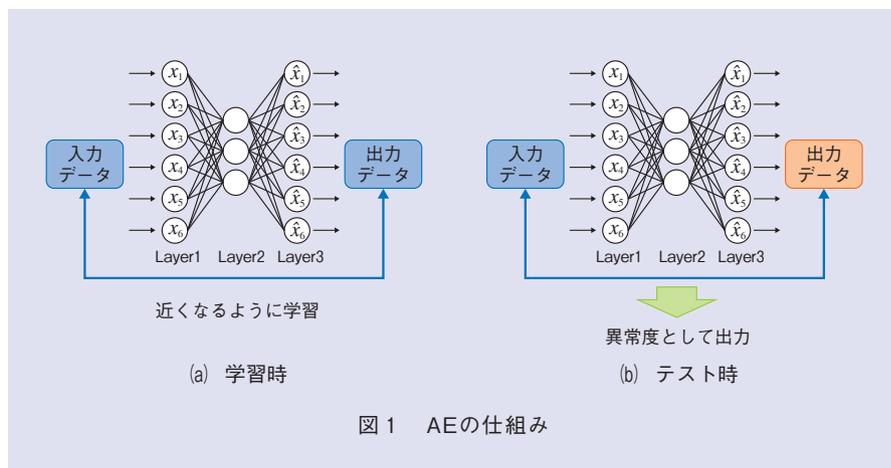
なお、入力するネットワークデータとしては、SNMP (Simple Network Management Protocol) /MIB (Management Information Base) に基づくリソース・トラフィック情報やNetflowに基づくフローデータといった数値データに加え、テキスト情報であるルータやサーバのsyslogも対象としています。syslogは、syslog分析技術<sup>(4)</sup>を用いてID化し、各IDの出現回数を用いてテキストデータから数値データ

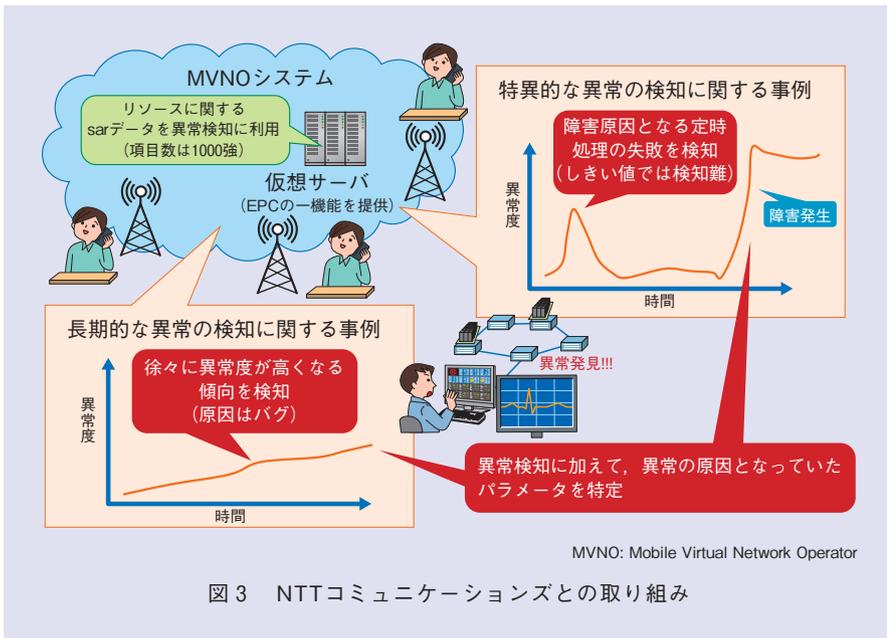
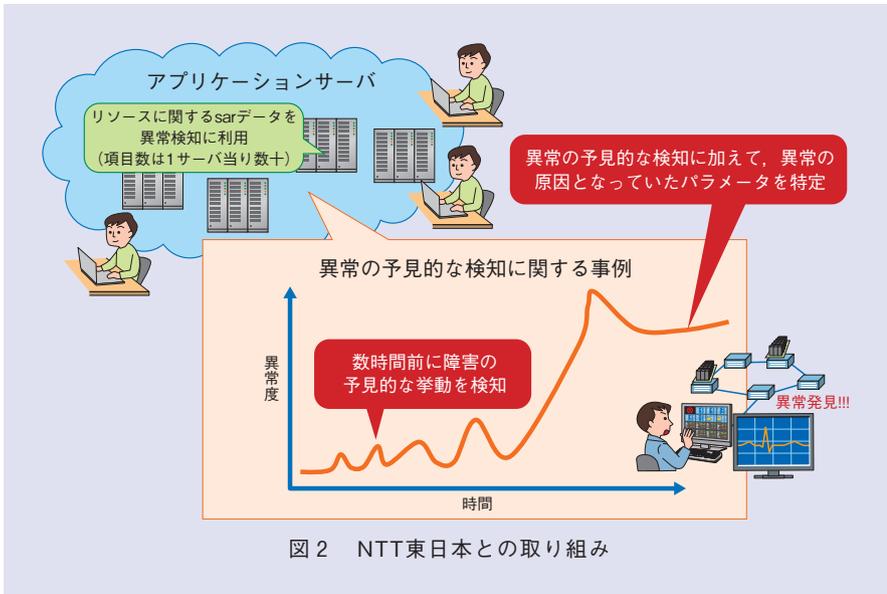
に変換します。こうすることで、syslogも含めた学習を可能としています。

さらに、異常を検知するだけでなく、異常検知時にその要因を推定するための検討も進めています<sup>(5)</sup>。具体的には、AEによって異常が検知されたら、どの入力次元が原因で異常度が高くなったかをスパース最適化によって推定する技術を検討しています。この技術では、異常度に対する各入力次元の寄与度を算出しており、これにより異常検知後の切り分け作業の効率化が期待できます。

## 事業会社におけるDeAnoSの検証状況

現在、事業会社の協力の下で、実際





のサービスから取得した運用データに基づきDeAnoSの検証を進めており、技術の有効性検証や実用に向けた課題の抽出を行っています。本稿ではNTT東日本とNTTコミュニケーションズとの取り組みについて紹介します。まずNTT東日本 高度化推進部との取り組みでは、アプリケーションサーバ群における異常の予見的・早期検知とその原因となっていたパラメータの推定を行いDeAnoSの有効性を

確認しました(図2)。また、NTTコミュニケーションズ ネットワークサービス部との取り組みにおいては、特異事象や長期的な傾向の変化を対象として分析を行い、異常検知に加えてその原因となるパラメータの推定が可能である事例を確認しました(図3)。

### 今後の展開

本稿では、NTTネットワーク基盤技術研究所が検討しているDeAnoSの

概要を示すとともに、ネットワーク異常検知技術に関する事業者との検証状況について紹介しました。

今後は事業者との技術検証を進めてブラッシュアップを継続的に行うとともに、実フィールドで技術を利用するための環境を整備します。また、ネットワーク異常検知技術の課題として、異常検知した際の要因の解釈性改善や多様な環境への適応などが挙げられ、これらを解決するための研究開発を継続して行います。

### 参考文献

- (1) 中野・池田・渡辺・石橋・川原：“オートエンコーダによるネットワーク異常検知,” 2017信学総大, B-7-33, 2017.
- (2) 池田・中野・渡辺・石橋・川原：“オートエンコーダを用いたネットワーク異常検知における精度向上に向けた一検討,” 2017信学総大, B-7-34, 2017.
- (3) 川原：“ネットワークオペレーション・制御技術の高度化に向けたAI/機械学習の活用について,” 2017信学ソ大, BT-2-1, 2017.
- (4) T. Kimura, A. Watanabe, T. Toyono, and K. Ishibashi: “Proactive Failure Detection Learning Generation Patterns of Large-scale Network Logs,” IEEE/IFIP CNSM 2015 (mini-conf.), Barcelona, Spain, Nov. 2015.
- (5) 池田・石橋・中野・渡辺・川原：“オートエンコーダを用いた異常検知におけるスパース最適化を用いた要因推定手法,” 信学技報, Vol.117, No.89, pp.61-66, 2017.



(左から) 田尻 兼悟/ 渡辺 敬志郎/  
中野 雄介

NTT研究所では、Network-AIに基づく保守運用の効率化・高度化に関する技術の提案を通じて、より良いサービス提供環境の整備に貢献していきたいと考えています。

### ◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所  
通信トラヒック品質プロジェクト  
TEL 0422-59-4349  
FAX 0422-59-6364  
E-mail dnn-ad-ext-ml@hco.ntt.co.jp

# 復旧コマンド列自動生成技術

本稿では、ICTシステムにおける障害発生時のオペレータによる迅速な復旧措置を支援するとともに、復旧措置の自動化を実現するための、復旧コマンド列自動生成技術の概要を紹介します。

かわた たけひろ ※ まつ お よういち  
**川田 丈浩 / 松尾 洋一**  
 いけうち ひろき はしもと ゆか  
**池内 光希 / 橋本 悠香**

NTTネットワーク基盤技術研究所

## 背景

ICTシステムの大規模化・複雑化に伴い、発生する障害の種類も多岐にわたり、復旧措置に多くの人手と時間を要することが増えています。NTTネットワーク基盤技術研究所では、オペレータによる迅速な復旧措置を支援するとともに、復旧措置の自動化を実現する

※ 現、NTTアドバンステクノロジー

ために、復旧コマンド列を自動生成する技術の開発に取り組んでいます<sup>(1)</sup>。

## 復旧コマンド列自動生成技術

復旧コマンド列自動生成技術の概要を図1に示します。本技術では、入力系列と出力系列の関係性を学習するニューラルネットワークモデルの1つであるSequence to Sequence (Seq2Seq)<sup>(2)</sup>を用いて復旧コマンド列を推定します(図2)。Seq2Seqは、翻訳システム

や対話システムにおいて広く用いられています。ここでは、入力系列として、過去の障害における個々のログやアラームにログテンプレート化技術<sup>(3)</sup>を適用し自然数のIDを付与することで作成した数列を用い、出力系列として、それらの障害に対応する復旧コマンド列を構成する単語の列を用います。これらの入力系列および出力系列の関係性を学習することで、新たな障害発生時には、出現したログまたはアラーム

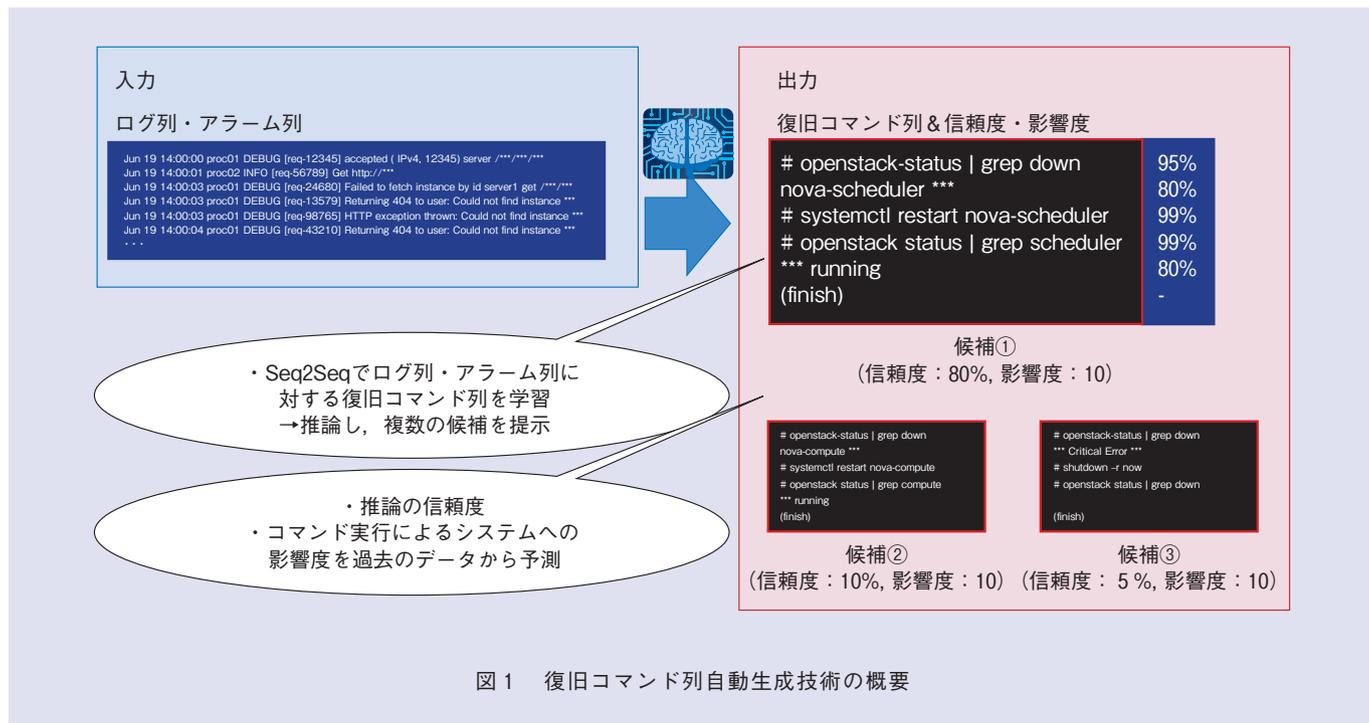
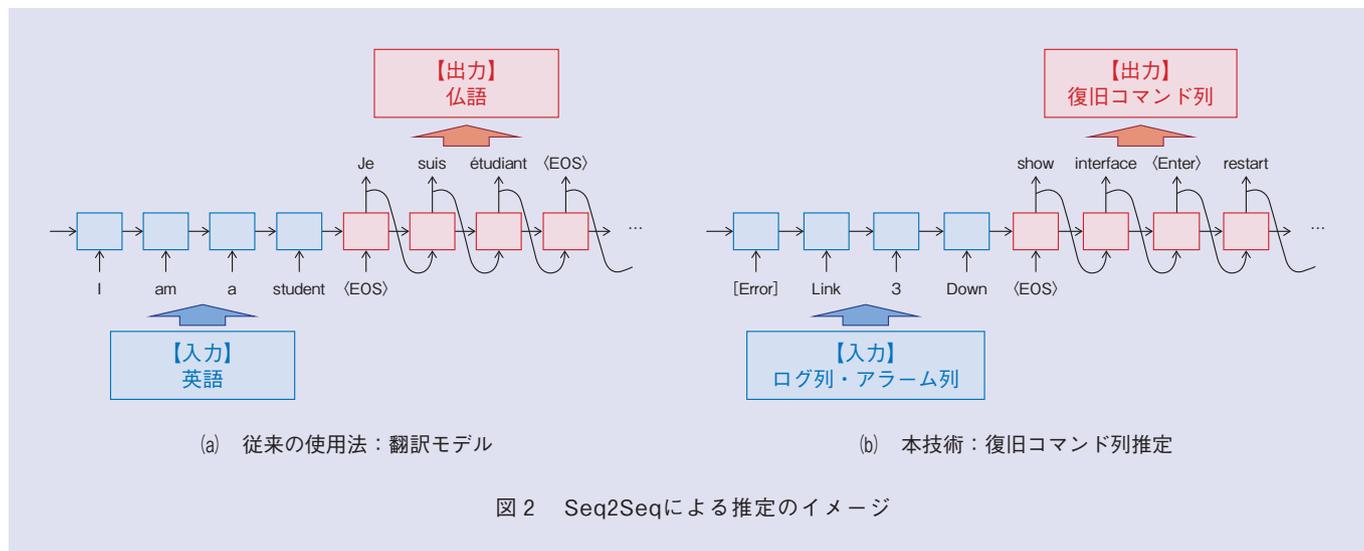


図1 復旧コマンド列自動生成技術の概要



を入力し、当該の障害を復旧させるコマンド列を推定します。

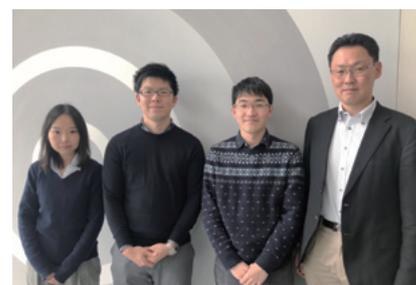
このようにして推定したコマンド列を実行するうえでは、推定結果が信頼できるものであるか、またそのコマンド列の実行がシステムに悪影響を与えないかを判断する必要があります。本技術では、得られた復旧コマンド列を構成する各単語の生成確率の積を算出し、そのコマンド列の信頼度とします。これは、得られたコマンド列によりシステムが復旧する確度と解釈することができます。また、過去の復旧コマンド実行時のシステムの性能値や可用性への影響に基づいて、得られたコマンド列のシステムへの影響度を算出します。これらの指標は、得られたコマンド列を実行するかどうかの判断に用いることができると考えています。

### 今後の展開

今後、実データを用いた技術検証を進めて、復旧コマンド列の推定精度の向上、より実運用に適した信頼度や影響度の定義・算出方法の検討など、技術のブラッシュアップに取り組みます。また、得られた復旧コマンド列を将来的に自動実行するための課題を抽出し、それらを解決するための研究開発を行います。

#### ■参考文献

- (1) 池内・渡邊・松尾・川田：“Seq2Seqによる障害復旧コマンド列の自動生成,” 2019信学総大, 2019.
- (2) I. Sutskever, O. Vinyals, and Q. Le: “Sequence to Sequence Learning with Neural Networks,” NIPS2014, Montreal, Canada, Dec. 2014.
- (3) T. Kimura, A. Watanabe, T. Toyono, and K. Ishibashi: “Proactive Failure Detection Learning Generation Patterns of Large-scale Network Logs,” IEEE/IFIP CNSM 2015 (mini-conf.), Barcelona, Spain, Nov. 2015.



(左から) 橋本 悠香/ 松尾 洋一/  
池内 光希/ 川田 文浩

NTT研究所では、ICTシステムにおいて障害が発生した場合の復旧措置の効率化および自動化を実現するため、AIに関する研究開発を進めています。

#### ◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所  
通信トラフィック品質プロジェクト  
TEL 0422-59-7138  
FAX 0422-59-6364  
E-mail eskort-ext-ml@hco.ntt.co.jp

# 光伝送網における故障個所特定技術

くぼ たかし<sup>†1</sup> かわはら ひろき<sup>†1</sup> せき たけし<sup>†1</sup>  
久保 貴志 /河原 光貴 /関 剛志

おか としゆき<sup>†1</sup> まえだ ひでき<sup>†1</sup> きはら たく<sup>†2</sup>  
岡 利幸 /前田 英樹 /木原 拓

だて ひろき<sup>†2</sup> あなだ さとる<sup>†2</sup>  
伊達 拓紀 /穴田 悟

NTTネットワークサービスシステム研究所<sup>†1</sup>  
NTTコミュニケーションズ<sup>†2</sup>

ネットワーク基盤を担うコアネットワークでは、あらゆる故障に対して、迅速な故障個所特定が求められます。本稿では、NTTネットワークサービスシステム研究所がNTTグループ会社と協力し、検討を進めてきた故障個所特定手法を紹介します。

## 背景

大容量化が進むコアネットワークは多岐にわたるサービスを支えており、故障発生時には迅速な故障個所特定が求められます。ネットワーク保守者は伝送装置から発出される警報やPM (Performance Monitor) 情報の監視によりネットワーク内の信号品質を把握しており、故障発生時にはそれらを基に故障個所特定を行い、設備復旧を実施してきました。

しかし、警報から故障個所を特定することが困難な故障が発生することがあります。例えば、WDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号の光パワーを光パス (波長) ごとに調整する機構が故障し、ある光パスの光パワーが増加した場合を想定します。この場合、光パワー増加によってファイバ非線形効果が顕著となり信号品質が劣化することに加え、同一の光ファイバ (セクション) を伝送されるほかの光パスにも信号品質の劣化が波及します。信号品質の劣化は光信号が終端されるトランスポンダ (TRPD: Transponder) で検出されますが、警報が発出された

個所と故障個所が異なるため、影響範囲把握や原因の切り分けに時間を必要とし、設備復旧に莫大な時間を要することがあります。

## 故障個所特定手法

NTTネットワークサービスシステム研究所ではNTTグループ会社と協力し、実際に発生した特異かつ重大な故障事例を基に、迅速に故障個所特定可能な手法を検討しています。今回提案する故障個所特定手法の概要を図1に示します。コアネットワークを構成するNTTビル内の、光パワー調整機構が実装されている伝送装置が故障した場合を想定します。STEP1では最初に、TRPD内で監視している信号品質の時間的な劣化から故障検出します。次に、信号品質と今回新たに監視が可能となる光パラメータ (位相, 振幅, 周波数, 偏波など) の時間分解能が高い時系列データを相関解析することで、信号品質劣化に寄与した光パラメータを特定します。光パラメータは伝送路状態と関係があるため、この情報を用いることで故障要因の推定が可能です。STEP1の結果として、信号

品質が劣化した各光パス端点のTRPDから、推定結果がネットワーク制御サーバに通知されます。

STEP1はネットワーク制御サーバで行うことも可能ですが、伝送装置とネットワーク制御サーバ間を結ぶ監視・制御用IPネットワークであるDCN (Data Communication Network) に大量のデータを流出させると輻輳が発生します。本手法ではTRPDで故障検出および故障要因推定を行い、推定結果のみをネットワーク制御サーバに通知することで、DNCへの大量のデータ流出を抑制することができます。

STEP2では、NTTコミュニケーションズとともに検討を進めているネットワーク制御サーバを用います。ネットワーク制御サーバは管理するコアネットワークのトポロジ情報と通知されたSTEP1の結果から、NTTビルどうしを結ぶ伝送路であるセクションと品質劣化を受けた光パスとの関係を把握、故障が発生したNTTビルを特定します。その後、STEP1で推定された故障要因と従来手法を用いて交換対象の特定を行い、設備復旧を行います。

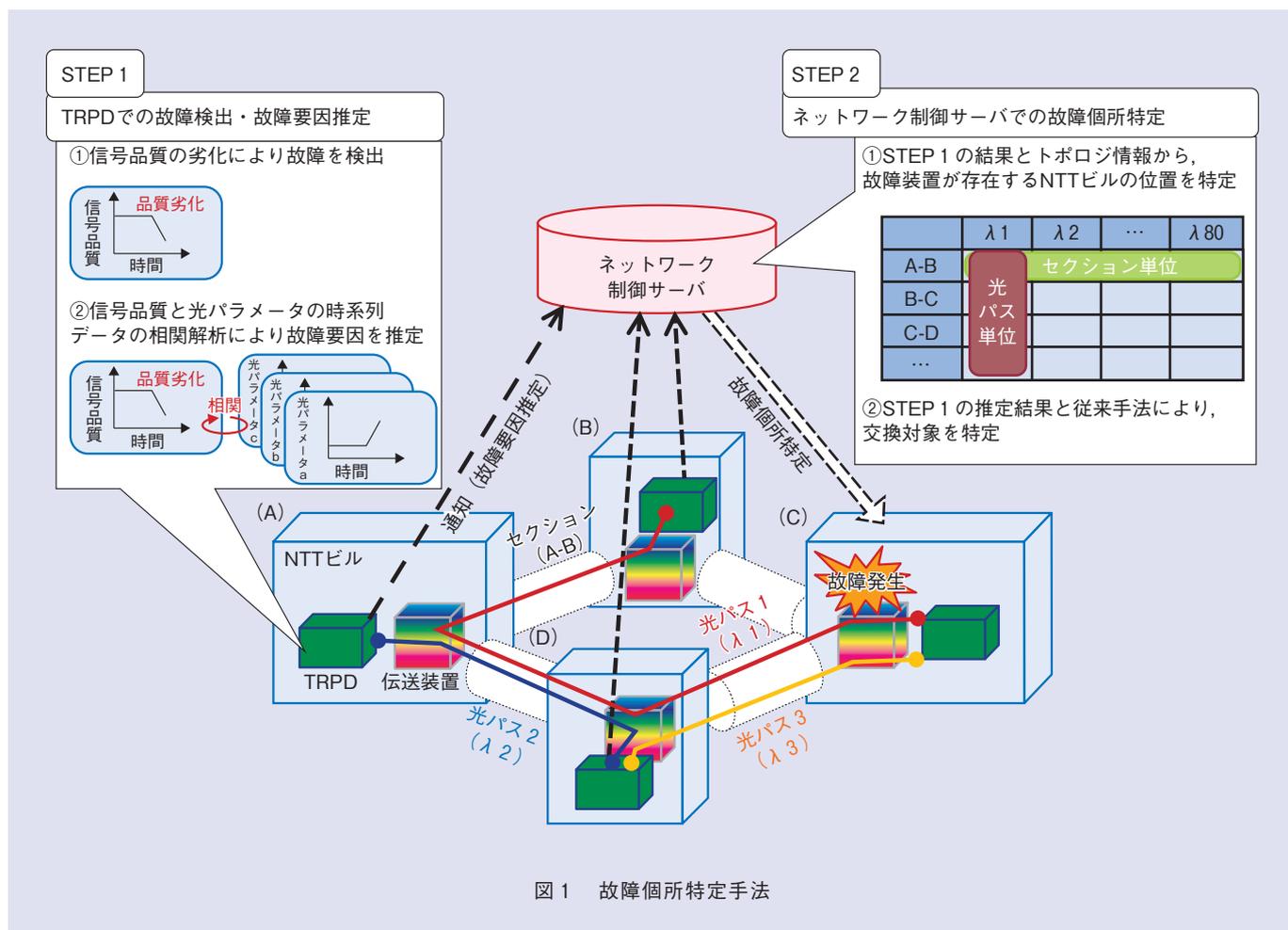


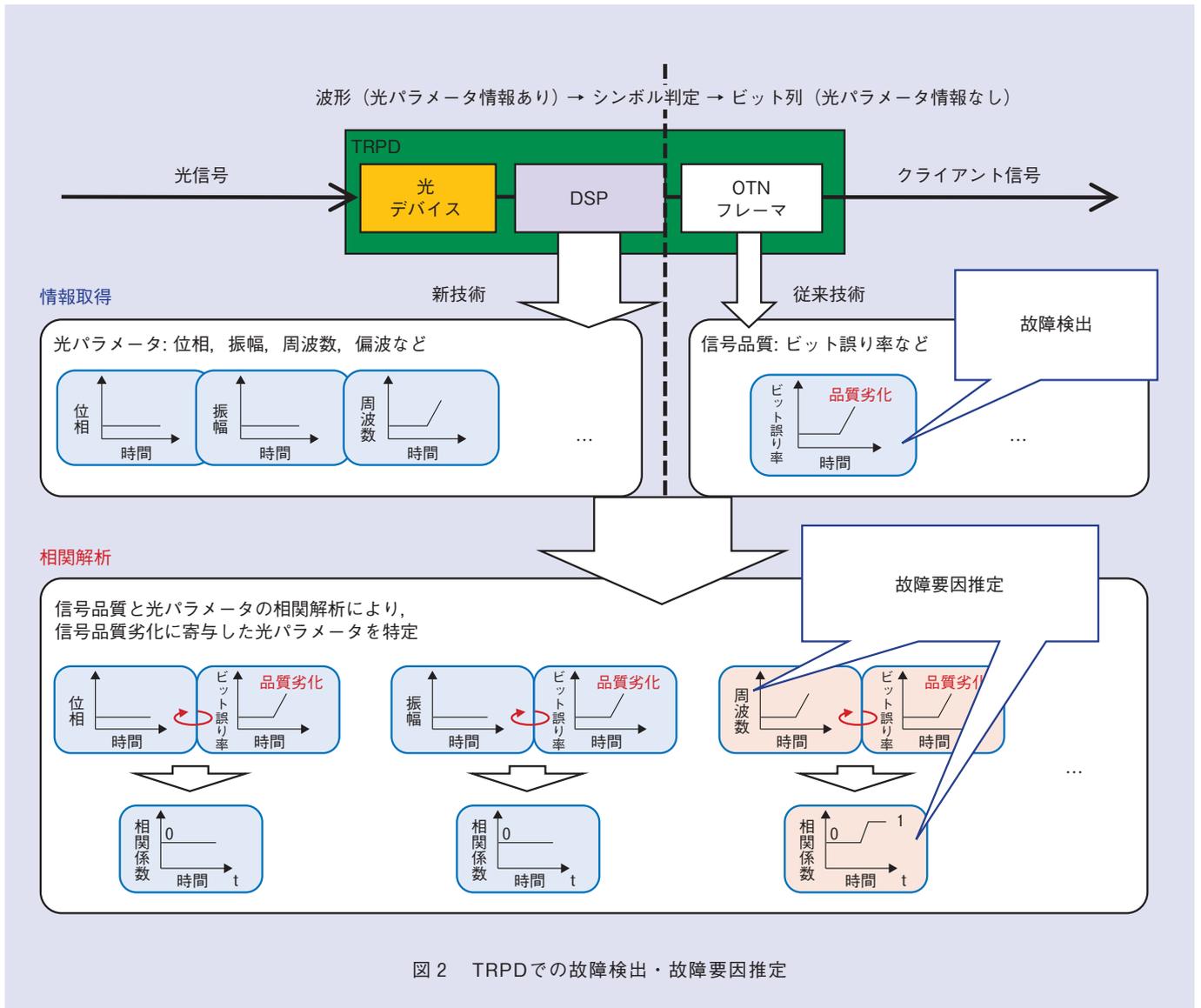
図1 故障箇所特定手法

### TRPDでの故障検出・故障要因推定

STEP1の故障要因推定までの詳細

を図2に示します。TRPDは光信号をクライアント信号に変換する伝送装置です。コアネットワーク内を伝送され

た光信号は、最初にTRPD内の光デバイスで光パラメータの情報を保ったまま光電変換されます。その後、デジタ



ル信号処理回路 (DSP: Digital Signal Processor) で光パラメータの補償を行った後に、シンボル判定によってビット列に変換され、光パラメータの情報を喪失します。最後にOTN(Optical Transport Network) フレーマでビット誤り訂正およびデフレームが行われクライアント信号となります。現状では、光パラメータの情報が喪失されたビット誤り率などのパラメータを用いて信号品質を監視しているため、故障検出は可能ですが、信号品質劣化に寄与した光パラメータの特定はできませんでした。

NTT研究所はDSPで処理されるデータから複数の光パラメータを抽出し故障箇所特定に用いることで、従来は把握できなかった伝送路状態を把握し故障要因を推定します。現在もOTNフレーマで取得しているビット誤り率と今回新たにDSPから取得する複数の光パラメータの高分解能な時系列データをそれぞれ取得します。信号品質の時間的な劣化から故障検出を行った後、すべての光パラメータと信号品質の時系列データで相関解析を行い、相関があることを相関係数が1に

近い基準を用いて判定することで、信号品質劣化に寄与した光パラメータとして特定 (故障要因推定) することができます。

### 今後の展開

本手法は、警報が発出された個所と故障個所が異なり、影響範囲把握や原因の切り分けに時間を必要とする故障に対する個所特定手法ですが、パラメータを高分解能な時系列データとして取得することから、早期の異常検出、故障予兆検出への応用も考えられます。現在、机上検討とともに試作機の開発を進めており、実証実験を2019年の春から開始する予定です。



(上段左から) 関 剛志/ 前田 英樹/  
久保 貴志/ 岡 利幸/  
河原 光貴  
(下段左から) 伊達 拓紀/ 穴田 悟/  
木原 拓

今後も大容量化が予想されるコアネットワークに対して故障評定技術の発展が求められています。本検討をさらに発展させ、ネットワークの信頼性向上や保守稼働の削減に貢献できれば幸いです。

#### ◆問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所  
ネットワーク伝送基盤プロジェクト  
TEL 0422-59-3024  
FAX 0422-59-4656  
E-mail nechod-all-ml@hco.ntt.co.jp

# 業務ナビゲーション技術

NTTアクセスサービスシステム研究所では、NTTグループのデジタルトランスフォーメーション (DX) を支えるネットワーク運用の高度化、スマート化に向けて、業務効率化を目的とした業務ナビゲーション技術の研究・開発に取り組んできました。その研究成果として、業務を行う際の人の判断を支援するアノテーション技術、操作画面上にさまざまな機能を持つ部品を付与することで操作の自動化・簡易化を実現するUI (User Interface) 拡張技術について紹介します。

こみやま まこと こや ひでたか  
**小宮山 真実 / 小矢 英毅**  
 なかじま はじめ かたおか あきら  
**中島 一 / 片岡 明**  
 ますだ たけし  
**増田 健**

NTTアクセスサービスシステム研究所

## 背景

「働き方改革」というキーワードの下、RPA (Robotic Process Automation)\* 製品による業務の自動化が急速に進められています。しかし、人の判断が含まれる業務 (非定型業務) に対しては、RPAによる全自動化は難しいのが現状です。

NTTアクセスサービスシステム研究所では、NTTグループのさらなるネットワーク運用の高度化、デジタルトランスフォーメーション (DX) の

ため、業務効率化を目的とした業務ナビゲーション技術の研究・開発に取り組んできました<sup>(1)</sup>。非定型業務に対して、システム改造をすることなく、操作手順やノウハウなどの情報を操作画面上に直接表示することでユーザの操作や判断を支援するアノテーション技術により、効率化を実現してきました。

さらなる業務効率化のニーズにこたえるため、Webシステムに特化することにより処理負荷の軽減を図り、ユーザの操作や業務、習熟度に合わせて柔軟な情報表示ができる進化したアノテーション (高度アノテーション付与技術) と、操作画面上にさまざまな機

能を持った部品 (例：自動投入ボタン、CSVインポート・エクスポートボタンなど) を付与することでユーザの操作の自動化や簡易化を実現するUI (User Interface) 拡張技術を開発しました。

## 高度アノテーション付与技術

本技術は、従来のアノテーション技術<sup>(2)</sup>同様に、あらかじめ設定した表示ルールに基づき、操作画面上にアノテーション (アイコンとメッセージ) を表示する技術です (図1)。

本技術の特徴として、アノテーションの表示位置を特定する際にWebシ

\* RPA: PC上で行うユーザの操作を代行し、業務の自動実行を実現するソフトウェア。

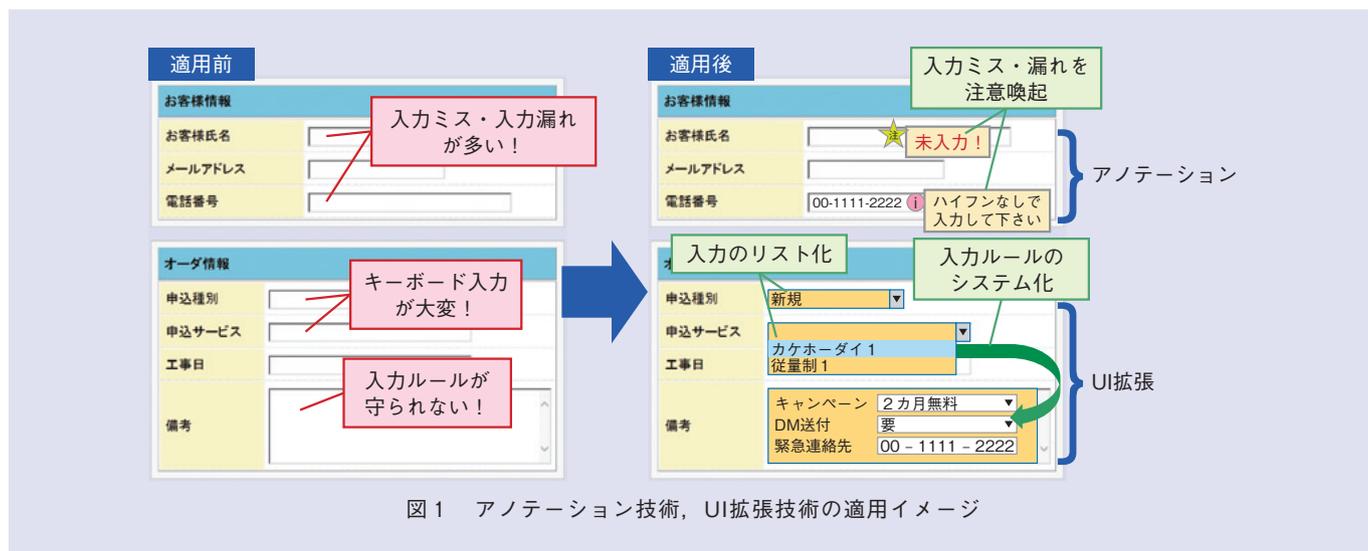


図1 アノテーション技術、UI拡張技術の適用イメージ

システムのHTML情報を利用するオブジェクトマッチング方式を採用し、端末負荷の軽減を実現しています。オブジェクトマッチング方式では、ユーザーが入力した値や画面に表示されている値を取得でき、その値に従って表示するアノテーションを切り替えることが可能です。さらにユーザーの行う業務や習熟度により適切なアノテーションを選択し、表示させることもできます。

本技術はNTTテクノクロスから「BizFront/アノテーション Pro」として製品化されています<sup>(3)</sup>。

### UI拡張技術

本技術は、高度アノテーション付与技術と同様にオブジェクトマッチング方式を採用し、対象システムを改造することなく、操作画面上にユーザーの操作を軽減する任意の部品（ボタン、プルダウン、テキストボックスなど）を追加することで、ユーザーの使いやすい操作画面を実現します（図1）。

追加する部品にはさまざまな機能を持たせることができ、例えば自動入力機能を持つ部品や、CSV形式の入力データを取り込む機能を持った部品を画面に追加することで、ユーザーの操作を自動化・簡易化することができます。

追加する部品の配置や見た目のデザインはもちろん、部品が持つ機能の動作設定もすべて専用エディタで設定が可能であり、プログラミング言語などの知識は必要ありません。

### 適用方式

個々の端末にプログラムを配布するクライアント方式（図2）と、プロキシサーバを設置することにより、プロキシサーバ上で一括管理可能なサーバ方式（図3）があります。

クライアント方式は導入の手軽さに

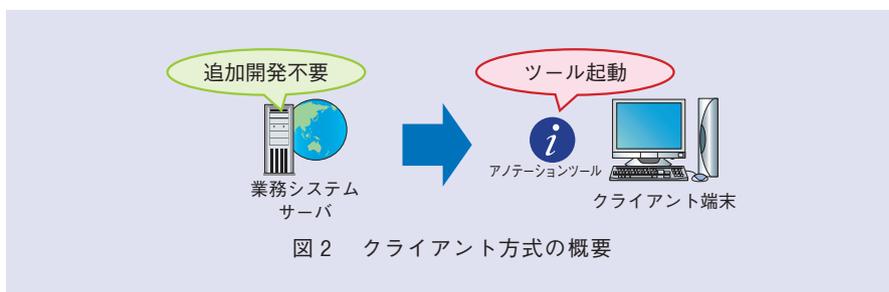


図2 クライアント方式の概要

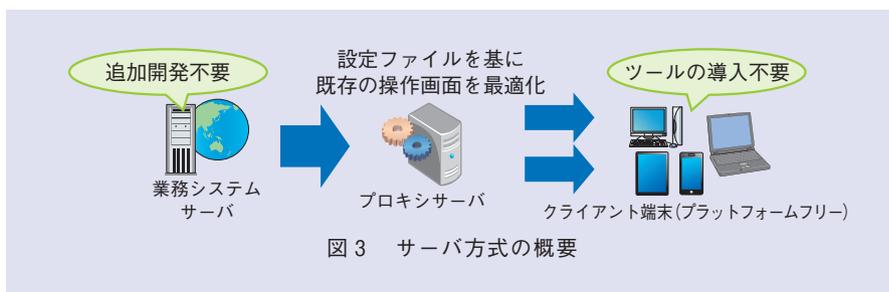


図3 サーバ方式の概要

より、スモールスタートでの導入にメリットがあります。サーバ方式ではクライアント側の管理は不要になるため、大規模システムに導入する方向に向いています。このように実際の運用形態に合わせて適用方式を選択可能です。

### 今後の展開

今後は、そのほかの業務ナビゲーション技術や市中技術との連携による統合的な業務効率化をめざし、研究開発を進めていきます。

#### ■参考文献

- (1) 原田：“業務を効率化し価値を創出するオペレーション技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.28, No.2, pp.69-73, 2016.
- (2) 川端・増田・土川・足立・井上：“操作画面上に業務ノウハウを直接表示するアノテーション表示・編集技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.27, No.7, pp.36-39, 2015.
- (3) <https://www.ntt-tx.co.jp/whatsnew/2018/180607.html>



(後列左から) 増田 健/ 中島 一/  
片岡 明  
(前列左から) 小宮山 真実/ 小矢 英毅

日頃の業務の中で「あったら良いな」と思ったところから、私たちの技術はスタートしています。今後もユーザーの皆様はもちろん、私たち自身が使いたいと思えるような人に寄り添った技術になるよう、研究開発を続けていきます。

#### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
アクセスオペレーションプロジェクト  
ナビゲーション基盤技術グループ  
TEL 046-859-4956  
FAX 046-859-5515  
E-mail [annotation-ml@hco.ntt.co.jp](mailto:annotation-ml@hco.ntt.co.jp)

# 通信機械室の環境最適化技術

いの ともり<sup>†1</sup> ながお ともみ<sup>†1</sup>

飯野 智紀 / 長尾 友美

<sup>†1</sup> あらい なる<sup>†1</sup>

マハムド ファーハン / 荒井 稔登

かわの ともひろ<sup>†2</sup> ふじもと たつや<sup>†2</sup>

川野 友裕 / 藤本 達也

NTTネットワーク基盤技術研究所<sup>†1</sup>

NTTアクセスサービスシステム研究所<sup>†2</sup>

NTTグループは、「環境宣言」と、その具体的な達成目標である「環境目標2030」を掲げ、地球環境保護に向けて取り組んでいます。本稿では、通信機械室における地球環境保護に向けたさまざまな取り組みのうち、冷却方法を最適化することで通信機械室の電力効率の向上を可能とする二重床下配線技術、および作業効率を向上することで作業員の稼働削減を可能とするノイズ対策技術を紹介します。

## 背景

NTTグループは「環境目標2030」において、通信事業のCO<sub>2</sub>排出の主要因である電力利用の効率の向上に向けて、通信設備の省電力化や効率化に寄与する研究開発を推進することを掲げています。これらの目標達成に資するため、私たちは、通信機械室の冷却効率の向上と、ファシリティの構築・運用時の作業効率の向上に取り組んでいます。

通信機械室の冷却効率の側面としては、ICT装置の度重なる更改に伴い床下のケーブル配線が輻輳し気流空間が狭くなり、冷気の流れが阻害され冷却効率が悪化していることが課題です。また、作業効率の側面としては、電磁ノイズに起因する通信障害の復旧作業において、専門的なスキルと複雑な作業工程を要するためトラブル解消に多大な時間がかかることが課題です。それぞれの課題を解決し全体最適化された通信機械室の実現に向け、二重床下配線技術と、電磁ノイズ対策技術について検討しています。

## 二重床下配線技術

装置の更改やサービスの変更におけ

るケーブル布設時に、二重床下の冷気の気流空間を考慮せずに自由に布設したり、ケーブルの新設と撤去を確実に実施しないことで、二重床下のケーブルが不必要に多くなり、空調装置から送出される冷気が遮られ、冷気はフロア全体に拡散しづらくなります。

冷却効率を向上させるには、二重床下におけるケーブルが占める容積を減らして冷気が流れる空間を確保する必要があります(図1)。通信ケーブルについては、多心光ケーブルを先行配線することで、ケーブルの占有容積を

4分の1以下に減らすとともに、ICT装置の更改時には各ラック内で光モード変換することで先行配線した多心光ケーブルを撤去せず、使い続けることが可能となります。さらに、光クロスコネクタによりICT装置間の接続替えは遠隔自動化が可能となりオンサイト作業の削減につながります。また、電力ケーブルの細径化の方法として、高電圧直流(HVDC: 直流380V)給電システムに適用することで、ケーブルの許容電流および電圧降下の観点から、配線の所要断面積を6分の1以下

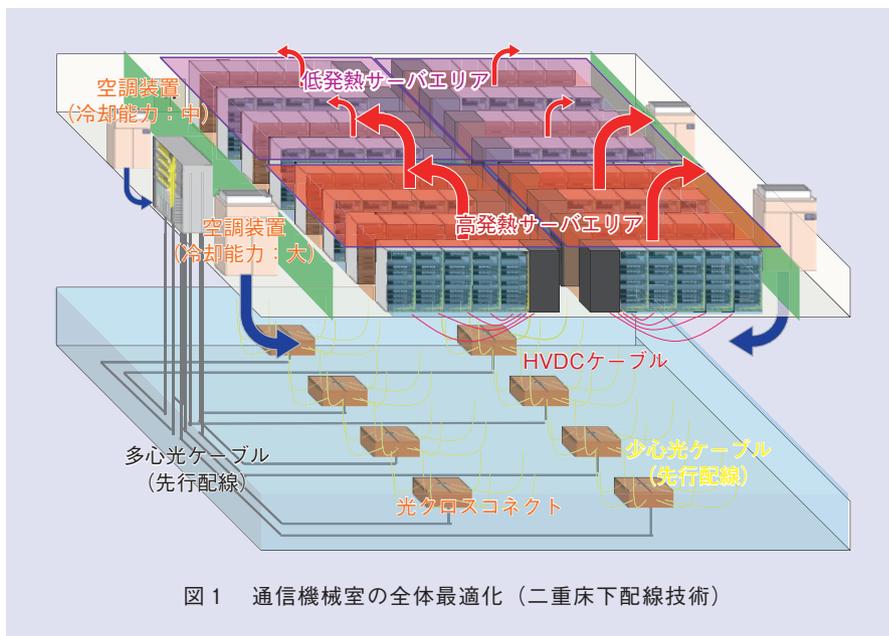


図1 通信機械室の全体最適化(二重床下配線技術)

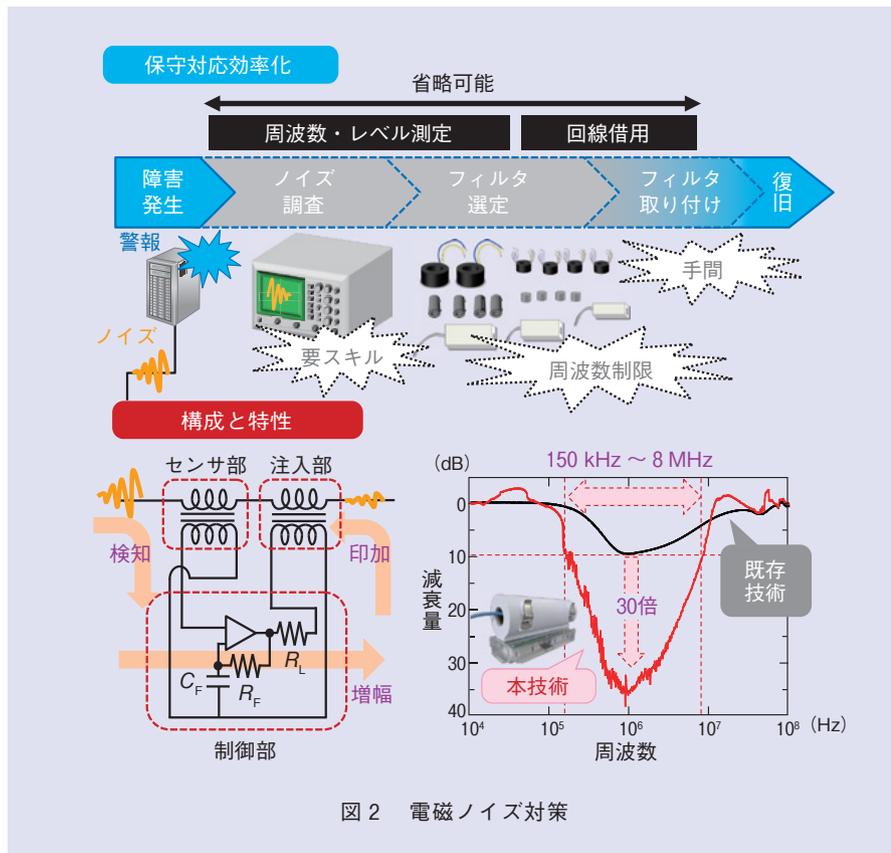


図2 電磁ノイズ対策

に低減できます。これらの技術の適用により、大幅に二重床下の気流空間を確保することが可能となり、冷却効率の向上を実現します。

### 電磁ノイズ対策技術

電磁ノイズがICT装置に侵入することで、機器の誤作動やフレームロス等の通信障害を発生させます。現状の復旧作業では対策用のフィルタを障害が発生している装置に接続されるケーブルに取り付けてノイズレベルを小さくしますが、既存のフィルタは適用周波数が狭いため、ノイズを測定し周波数に適合したフィルタを選択するといったスキルが必要です(図2)。さらに、電磁ノイズを十分減衰させるフィルタを取り付けるには、回線を一時的に遮

断してケーブルに割り入れる必要があり、装置の復旧までに多大な時間を要します。

そこで私たちは、このノイズ測定およびフィルタの選定と取付作業を省略するため、広帯域の電磁ノイズに対して、非接触(クランプ型)で、十分な減衰を実現するフィルタの開発を行っています。電磁ノイズを検知して増幅し、逆位相で印加するフィルタ構造を考案し、150 kHz~8 MHzの周波数帯域で、10 dB以上の減衰を実現しました。

### 今後の展開

今後は、二重床下の気流空間の改善だけでなく、ICT装置周辺の気流制御や通信ラックの発熱密度別配置などの

検討により、さらなる通信機械室の全体最適化をめざします。また、電磁ノイズ対策における作業効率については、事業会社と連携して試作機のフィールド検証を実施し、導入に伴う課題の抽出と、さらなる機能改善に努めます。これらの技術を発展させ、今後ますます高度化する通信ネットワークを支えながら、地球環境保護に貢献する通信機械室の実現をめざします。



(上段左から) 荒井 稔登/ 長尾 友美/ マハムド ファーハン/ 飯野 智紀

(下段左から) 川野 友裕/ 藤本 達也

高機能化する通信サービスの基盤技術として、エネルギーの効率的な利用を推進し、「環境目標2030」の実現を通じ、地球環境負荷の低減に貢献していきます。

### ◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所  
環境基盤プロジェクト  
環境アセスメント基盤グループ  
TEL 0422-59-4540  
FAX 0422-59-5681  
E-mail eco-friendly-telecomcenter-nl@hco.ntt.co.jp