ISSN 0915-2318　平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和元年5月1日発行　毎月1回1日発行　第31巻第5号（通巻362号）

NTT技術ジャーナル

2号連続特集

将来のデジタル社会を支えるネットワークの変革
―オペレーション編―

■トップインタビュー
川添　雄彦　NTT取締役研究企画部門長

■from NTTファシリティーズ
太陽光パネルの故障検出技術の開発

5 2019
Vol.31 No.5

2019年5月号　CONTENTS

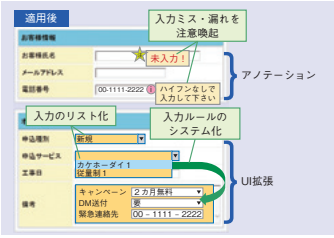
トップインタビュー

川添　雄彦　NTT取締役研究企画部門長

世界をSMARTに，技術をNATURALに
――ICTで幸福を醸成する …… 4

特集　将来のデジタル社会を支えるネットワークの変革―オペレーション編―

…… 8



ICT/ネットワークリソース・サービス連携技術 …… 10

ルール学習型障害箇所推定技術 …… 15

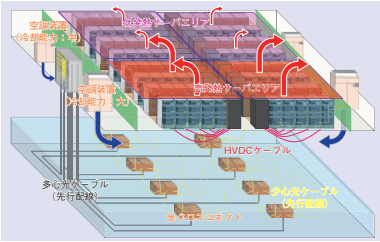
ディープラーニングに基づく異常検知技術
――DeAnoS: Deep Anomaly Surveillance …… 17

復旧コマンド列自動生成技術 …… 19

光伝送網における故障個所特定技術 …… 21

業務ナビゲーション技術 …… 25

通信機械室の環境最適化技術 …… 27



from ★ NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

5Gエリア最適化に貢献する電波可視化技術
―3GPP対応リアルタイム電波ビジュアライザ― …… 29

NTT技術ジャーナル

挑戦する研究者たち

柏野　牧夫　NTTコミュニケーション科学基礎研究所　フェロー

人間の柔軟な行動を支える無自覚的な脳機能を解明する …… 38

from◆NTTファシリティーズ

太陽光パネルの故障検出技術の開発 …… 44

グローバルスタンダード最前線

■ISO/IEC JTC 1の最新動向 …… 48

Focus on the News …… 52

NEWS …… 56

特許紹介 …… 57

イベント …… 59

読者の声 …… 60

6月号予定

編集後記

本誌掲載内容についての
ご意見，ご要望，お問い合わせ先

一般社団法人電気通信協会内
NTT技術誌事務局
TEL　(03) 3288-0608
FAX　(03) 3288-0615
E-mail　jimukyoku2008@tta.or.jp

本誌ご購読のお申し込み，
お問い合わせ先

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

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

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

©日本電信電話株式会社 2019

●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．

■表紙デザイン：高橋デザインルーム

NTT技術ジャーナルはWebで閲覧できます．http://www.ntt.co.jp/journal/

トップインタビュー

川添　雄彦　NTT取締役研究企画部門長

◆PROFILE：1987年NTTに入社．2008年研究企画部門担当部長，2014年サービスエボリューション研究所長，2016年サービスイノベーション総合研究所長を経て，2018年６月より現職．

世界をSMARTに，技術をNATURALに――ICTで幸福を醸成する

これまで自社のサービスやシステムのための研究を中心に展開してきたNTTの研究所．B2B2Xモデルの推進に戦略を移行し，さらにパートナー企業との価値創造に比重が置かれるようになりました．人間がよりNATURALにより豊かに暮らしていくためのイノベーションの創出に向け，NTTの研究所はどのようなマインドで研究開発を推進するのか．世界に変革をもたらす研究開発に臨む姿勢について川添雄彦NTT取締役 研究企画部門長に伺いました．

本当の意味で人々を幸せにする研究開発，技術とは

◆研究企画部門長に就任されて半年がたちました．いかがでしたでしょうか．

これまでの研究所長としての立場はどちらかといえば，自らの専門分野の延長線上にありましたが，研究企画部門長は研究所全体をマネジメントし，さらにNTTグループ全体にまたがる研究開発を統括していく役割も担います．言い方を変えれば，分野の異なるさまざまな研究開発がどのような新しい世界を創造するかを見極め，研究所における日々の積み重ねがグループ内外，そして社会に新しい価値を生み出すように導く役割を担うということです．ご存じのとおり，私たちはB2B2Xモデルを推進してきたことにより活動領域はさらに拡大，拡充しました．中期経営戦略「Your Value Partner 2025」の中で「B2B2Xモデルの推進」とありますが，この“ミドルB”にあたる方々への新たな価値創造を促すことや，それに資する研究開発をしていくことが戦略の柱の１つになっています．すでに，研究所はこの戦略に則ってさまざまな視点を養っています．そして，より多くのパートナー様の力を借りながらコラボレーション

を図り，研究開発をさらに加速していくということが重要だと考えており，「世界をSMARTに，技術をNATURALに」をキャッチフレーズにこれを推進していきたいと思います．

この「NATURAL」という意味について，例えば，スマートフォンは本当に便利ですが，人と連絡を取るときは相手の利用しているアプリケーションが何かを考えたうえで，利用環境に応じて回線は4GかWi-Fiのどちらが速いか，画像はどうやって送るかといったことも考えて設定を変えながら使います．これが負担にならない方々は問題ないですが，そうでない方の場合は，自動で対応してくれるところがあるものの，アプリの選択や事前設定を含めて，まだまだかなりの負担を強いることになります．こういったところに手を差し伸べる，つまりさまざまな機能が進化する中で，少しだけ立ち止まって，どのような方であってもスムーズにサービスをご利用いただけるように努めたいとの思いから「NATURAL」という言葉が出てきました．これは，本当の意味で人々を幸せにする機能とは何かを考えることなのかもしれません．

新たな可能性を示し，時代と向き合いながら次なる展開をつくり出す

◆とても実感のこもったキャッチフレーズなのですね．世界をSMARTにする研究とはどのようなことでしょうか．

「SMART WORLD」の実現に向けた研究ということもありますが，これがすべてではありません．その過程において研究をSMARTに進めていくことも必要だと考えています．現在，NTTグループのさまざまなところに研究開発，特に開発を担う部署がたくさんあります．こうした中で，研究所は非常に特殊な存在です．ここでいう特殊とは研究者の考え方や研究者がチャレンジする対象という意味で，やはり一般的な開発とは一線を画すものです．ですから研究者が果たすべき役割は何か，さらにはNTTでしかできない研究とは何かを，原点に立ち戻り見つめ直すことが重要だと考えています．

これまで私たちが生み出した技術は多々あります．最近の例では，デジタル信号処理技術と超広帯域光フロントエンド集積デバイス技術によって，１波長当り毎秒１テラビットを長距離伝送するという波長多重光伝送に世界で初めて成功しました．これは現在の実用システムの１波長当り毎秒100ギガビット容量の10倍の伝送速度で，IoT（Internet of Things）や5Gサービスの普及に向けた大容量通信ネットワーク技術として期待できます．もっと分かりやすくいえば，映像を時間をかけて圧縮することなくリアルタイムで伝達できる，究極のエンドエンドの低遅延伝送の実現など，ものすごい可能性を秘めています．さまざまな業界でパラダイムシフトを起こすだろうと実感しています．

このような技術の原点は基礎研究です．基礎研究があってそのうえに応用研究，さらに実用化開発へとつながっていきます．だからこそ基礎研究をより充実させたいと思っています．そのうえで基礎研究から最終的には実用化開発，さらにそのサービスの実用化，ビジネス化に向かう流れをつくっていくことが重要だと考えています．これにより，研究が世の中への価値創造というかたちで花開いていくこと，これがまさにSMARTだと考えています．

ところで，ここ数年，ソフトウェア・ディファインド・ネットワークとか，オープンソースとか，いろいろなかたちでソフトウェアがハイライトされてきているのですが，もう１回ここでハードウェアの重要性を再認識する必要があるのではないかと思っています．なぜなら，革新的なハードウェアの上でソフトウェアが，その価値を生み出すからです．技術的には難しかったりコストがかかったりすることで，さまざまな制限がありますが，超広帯域光フロントエンド集積デバイスのように，ハードウェアでしかできないようなものが世の中にはあり，こういうものをつくっていく，それにチャレンジしていくことが非常に重要だと思っています．SMARTな流れの中で，ソフトウェアだけではなくハードウェアも含めて，トータルで研究開発を見ていく必要があると思っています．

一方，別の観点では，これまで社会の「課題解決」という視点に立ってお話を進めてきましたが，「幸福感の醸成」という視点もあるのだと思います．幸福感を感じる事象は世界共通ではありません．例えば，日本人は寿司を食べて美味しいと思いますが，一般的に冷たいご飯を好まない国の人にとっては美味しいものではないのです．ところがその国の人の中には来日して寿司を楽しんでいる人もいます．これが何を意味しているかというと，

経験することで価値観が変化し，共有することができるということです．価値観を共有できるものはたくさんあると思いますし，価値観の共有は研究者としての私の大きな研究テーマであり，研究方針でもあります．感動や，人々を幸せにすることに私たちが携わることができたら本当にうれしく思います．これもSMARTな研究の１つではないでしょうか．

グローバルという点においては，中期経営戦略「Your Value Partner 2025」にある，「グローバル事業の競争力強化」「研究開発のグローバル化」の動きの中で，全く新しいものを生み出す「革新的創造」への取り組みとしての基礎研究の充実を図ることも併せて，北米のシリコンバレーに新しい研究法人NTT Research, Inc.を設立しました．NTT研究所の成果をグローバル展開することに加え，研究開発ターゲットのグローバル化も進めています．研究のテーマとなるものは，日本国内のみならず，世界中のいたるところにあります．世界各地に点在するさまざまな課題を解決していくための新しい技術，サービス，ビジネスを生み出すためのアイデアそのものをグローバルな視点で見て，そのときに見えてくる研究テーマを私たち自身が理解して，国内で芽生えたシーズを膨らませるだけではなく，世界各国で芽生えたシーズ，今後の成長を期待できるシーズを積極的に取り入れていくことが研究開発のグローバル化と考えています．

多様性を重んじつつ，自分のアイデンティティを信じて進む

◆このような価値観はどのようにして生まれたのでしょうか．

実は私は小学校２年生あたりまで世界各地からそれぞれの文化を持った人たちが集まっているニューヨークに住んでいました．当時は日本人も少なくて，子どもがコミュニティにおいて自分自身のアイデンティティを打ち出していくのも難しい時代でした．こうした中で，徐々に打ち解けお互いを認め合うという経験をしました．そして，少し時間をスキップしますが，大学院時代の研究活動において，ふと人間とは何か，私はこのまま研究活動を進めていて良いのかと思い悩むことがありました．そのときに私は，人間学に触れ，人はそれぞれ価値観も幸福感も違う中でそれを認め合うことが大切なのだと知りました．この２つの出来事は今の私のスタンスのルーツともいえます．

研究開発は，一言では語れないほど広範な分野にさまざまな研究が存在します．そして，その研究に携わっている研究者も世界各国にいるのです．こうした中で，研究者がめざすべきは，自分がこの研究をしないで誰がするのだ，あるいは自分がこの研究をしなければ，新しいサービスや価値は生まれないという自負や確信のもとに研究を成し遂げることです．かつて，ナンバーワンをめざさなくてはいけないか，という議論がありましたが，これもまた真理で，誰でも思いつくことでもとことん追究していくことで新しい価値を生み出すことができると思います．しかし，研究者が陥りがちなことですが，難しい手段で何かを成し遂げたということを誇りに思うことがあります．簡単に生み出しても結果が同じであれば，難しくても簡単でも良いのです．手段はともかく，結果としてその研究が本当に世の中のためになったか，ということが大切なのではないかと考えます．研究者の中には苦労したがりというか，難しい問題を解決していくことに喜びを見出している人も多く，とても努力家なのですが，時として，その手段にこだわるあまり，結果としてそれが社会の幸せにつながらないこともあります．視野を広く持って，世の中の役に立つというゴールを見失わないようにすることで，その努力が結実すると思います．だからこそ，私は基礎研究から応用研究に向かうあたりで，もう１つのニーズである人の幸せにつながるかどうかをアドバイスする役割にこだわっていきたいと思います．そして，皆でさまざまな視点で方向性を探っていくことがNTTの大きなバリューではないでしょうか．

一方で研究者全員がこのような視点に立てるわけではありませんし，そんな要求は無理だと考えてもいるのです．多様性は非常に重要ですし，飛び抜けた才能を持つ人もいます．こうした人たちの能力を結集して，ゴールに導いていくことが私の務めだと考えています．

◆部門長はご自身も研究者として歩まれてこられた分，さまざまな教訓をお持ちではないかと思いました．研究者の皆さんに一言お願いいたします．

私の入社当時の研究テーマは衛星通信でした．宇宙という夢のあるテーマに取り組めて本当に楽しくて，嬉々として取り組んでいました．しかし，NTTは自己保有してきた通信衛星を他社からの賃貸へとビジネス転換しました．生涯をかけて取り組めるテーマだと思っていただけに本当にショックでした．今後の展開をどうしようと考えていたとき，「川添くんは衛星をやっていたのだからコンテンツはかなり近いよね」と，声をかけてくださった方がいました．衛星とコンテンツがどこでどうつながるのかよく分からなかったのですが，「これからはコンテンツの時代だからコンテンツの研究をやったほうが良いよ」と．この言葉をきっかけに私は，IPTVや超高臨場感通信技術 Kirari!へと研究テーマを広げていくことができたのです．

もしかしたら，研究者の皆さんも今後，方向転換を強いられることもあるかもしれません．永遠に続く研究テーマというのは素晴らしいことだし，非常に重要であり，やりがいのあることだとは思いますが，例えばある日，そのテーマが研究の対象ではなくなるかもしれません．しかし，やることがなくなったから研究者はもういらないということにはなりません．なぜならば研究とはマインドであって，テーマは後からついてくるものだと私は思っています．このマインドというのは，例えば，新しい原理原則の発明・発案したいという志向，ある現象を解明してそのメカニズムを明らかにしたいという志向，今までできなかったことをかたちとしてつくりあげたいという志向，このような人の志向のことを示すのですが，これらの志向は研究テーマには依存しません．自分の意気込みを持ってさえいれば，新しいテーマを必ずやそこに見つけることができると信じて続けてもらいたいと思います．考え方，アプローチ，これまで蓄積してきた知見が何に活かされるかと考えれば，そこには無限の可能性があって無限のテーマがあるのです．そこに挑んでもらいたいと思います．新しいテーマを必ずや見出すことができると自分を信じて取り組んでいただきたいです．研究者として，自分のアイデンティティや存在価値，自分自身がどうしてここにいるのかを見つめ直して，やるべきことを真剣に考えていただきたいです．過去には方向性や目標を決めて，そこに向かって皆が力を合わせて向かうという時代もありましたが，今やもう多面的に，いろいろな可能性を追求していく時代になりました．

自分自身や研究テーマ，課題の持つ可能性を信じてあきらめないでください．それをサポートする体制にしていきたいと考えていますから，ぜひ頑張ってください．

（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

「技術を知らない人でも分かりやすいように」と多くのトップが門外漢のインタビュアに分かりやすく，丁寧にお話をくださるトップインタビュー．今回も研究企画部門のトップである川添部門長が身近な例を交えてお話しくださいました．特に感銘を受けたのは研究マインド．

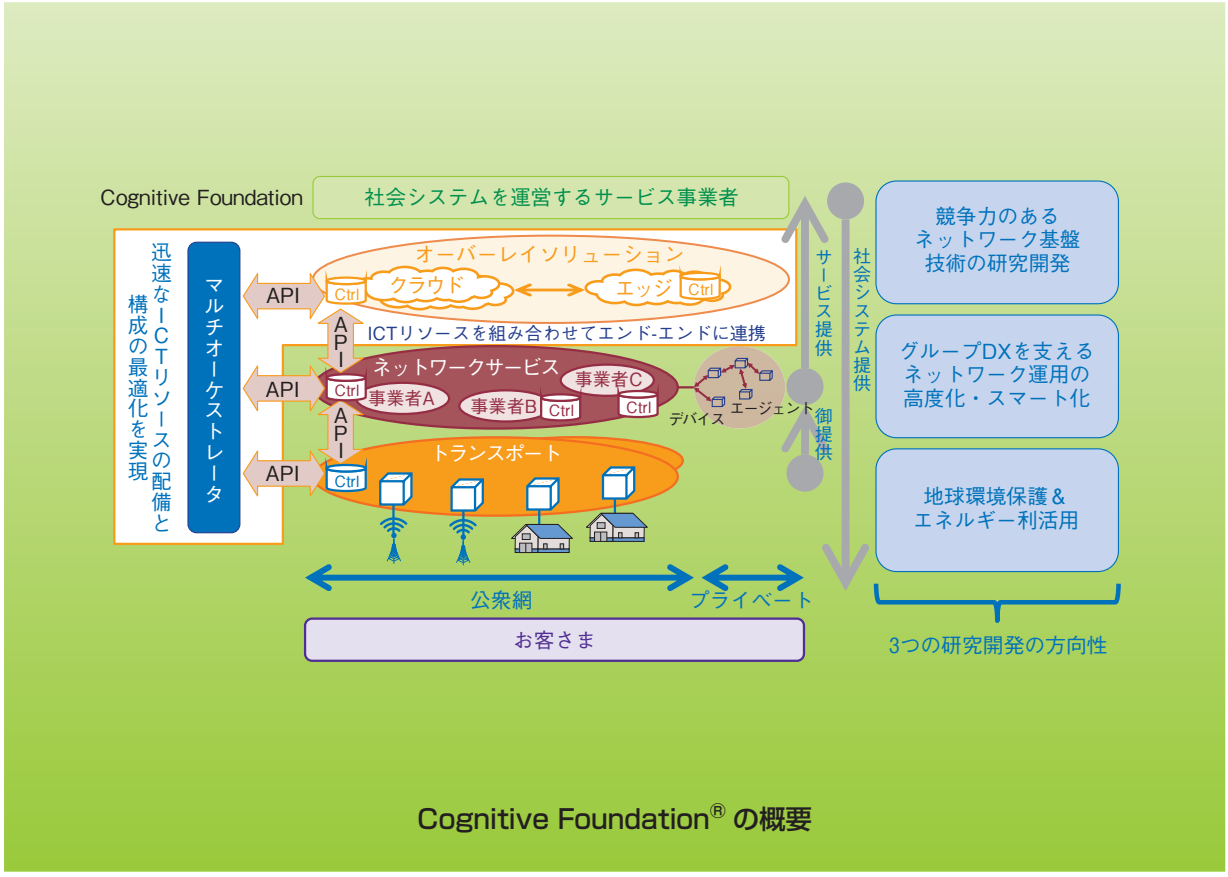
研究対象を失ったときに研究者はどうすれば良いのかという問いに，大きくうなずき「原理原則を発見したい，現象を解明したいという意気込み，マインドさえあれば研究はできる」と，厚みのある言葉を授けてくださいました．衛星通信という研究分野を断念せざるを得なかった川添部門長．その後も超高臨場感通信技術Kirari!を生み出すなど，ご自身のマインドにしたがって研究者としての道を歩まれたそうです．そんな部門長のご趣味はお料理だとか．ブイヤベースからお寿司まで幅広く研究していらっしゃるようです．「料理とICTを掛け合わせて何かできそうなのですよ」と微笑まれる姿に研究者としてのピュアな一面を感じたひと時でした．

特　集

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．



Cognitive Foundation® の概要

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個所特定技術 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個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

西尾（にしお） 学（まなぶ）/高橋（たかはし） 真由美（まゆみ）
高橋（たかはし） 謙輔（けんすけ）/野口（のぐち） 博史（ひろふみ）
山登（やまと） 庸次（ようじ）/清水（しみず） 雅史（まさふみ）
NTTネットワークサービスシステム研究所

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．

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．

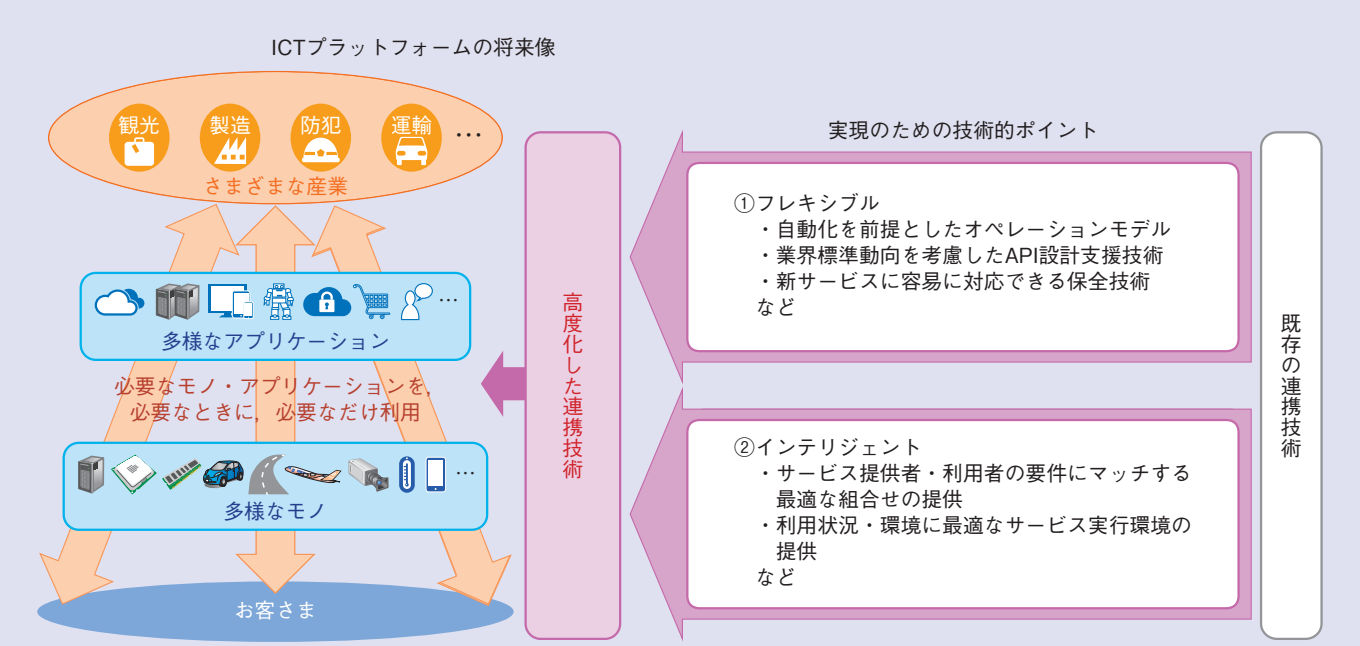


図1　ICTプラットフォームの将来像と実現のための技術的ポイント

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て新しいサービス（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[1]．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[2]．

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です[3]．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[4]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

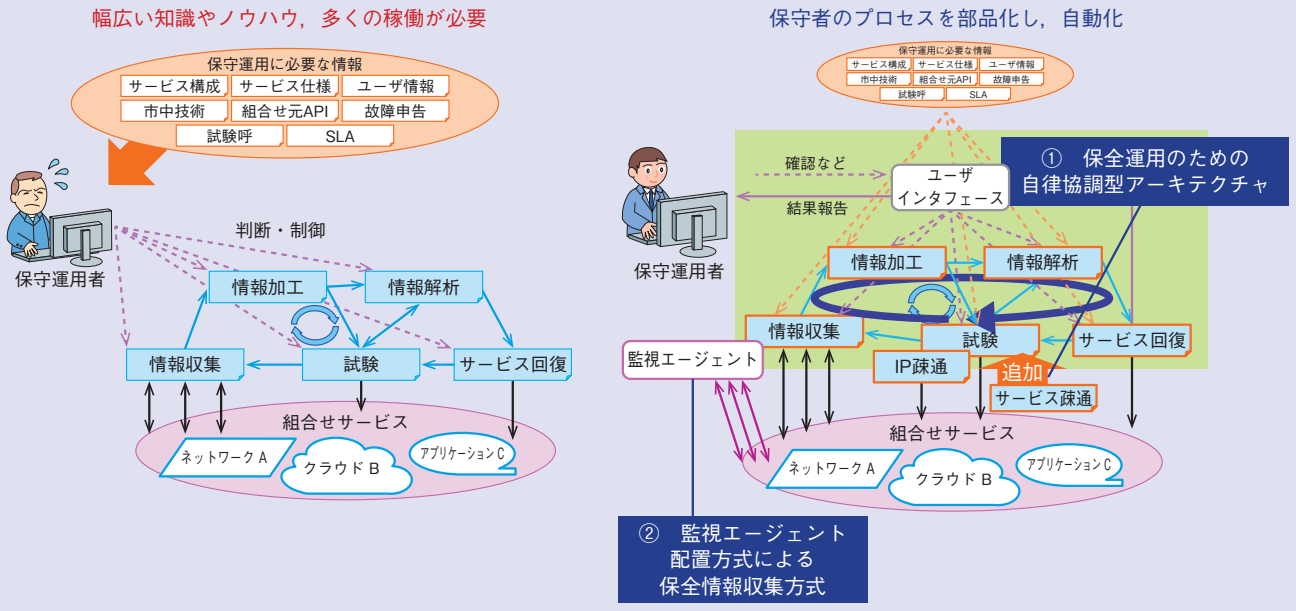
② 監視エージェント配置方式による保全情報収集方式

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個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



(a) 現在の保全運用イメージ　(b) めざす保全運用イメージ

図2 サービス運用の高度化

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，

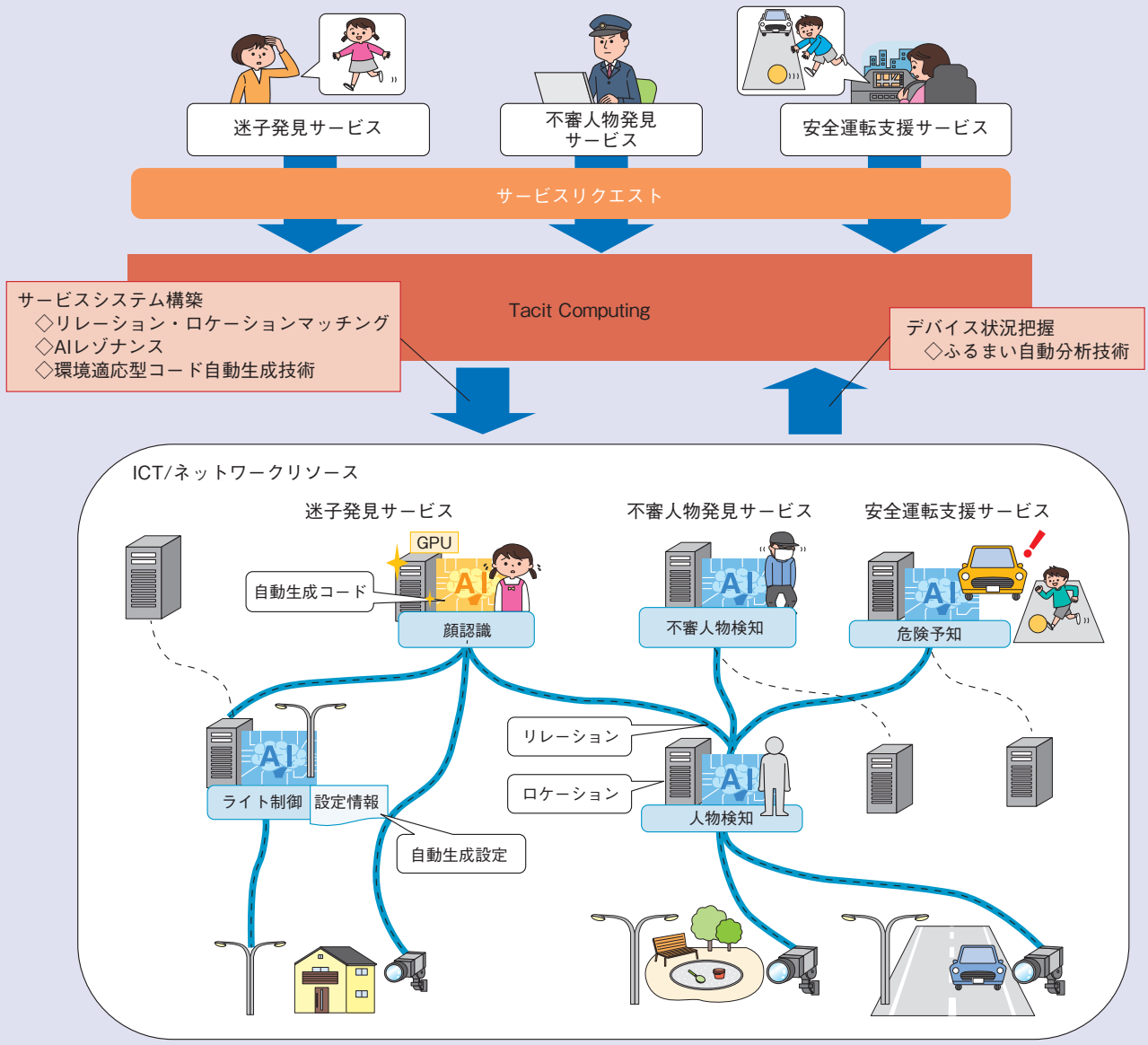


図3　高度なサービス提供に向けたインテリジェント化の取り組み

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，捜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

連携機能のスケー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，これらのスケー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，最適な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

ルール学習型障害箇所推定技術

村田 尚美（むらた なおみ）/浅井 文香（あさい ふみか）
矢川 太祐（やかわ たいすけ）/鈴木 聡（すずき さとし）
大石 晴夫（おおいし はるお）/井上 晃（いのうえ あきら）※
NTTアクセスサービスシステム研究所

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．

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

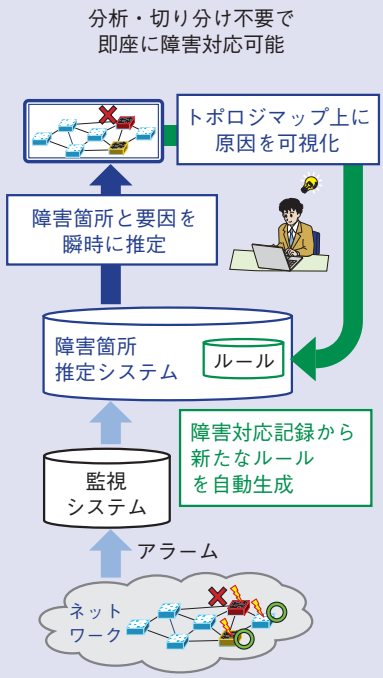


図1　障害復旧の迅速化

※　現，NTTアドバンステクノロジ

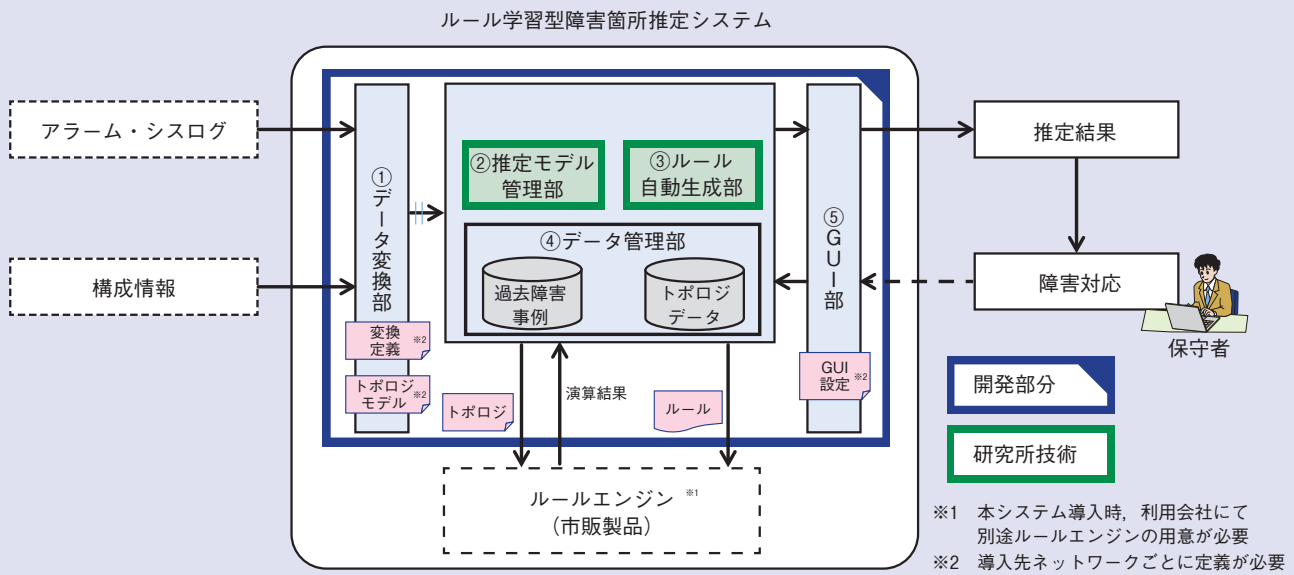


図 2　ルール学習型障害箇所推定システム

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

渡辺 敬志郎（わたなべ けいしろう）/田尻 兼悟（たじり けんご）
中野 雄介（なかの ゆうすけ）
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[(1)~(3)]．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，低次元表現が可能な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[(4)]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[(5)]．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

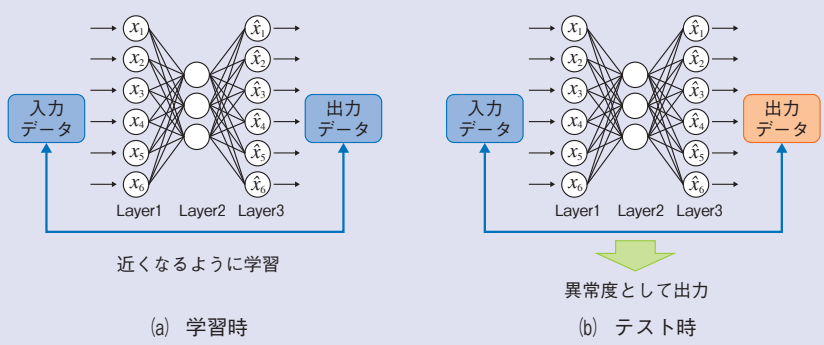


図1　AEの仕組み

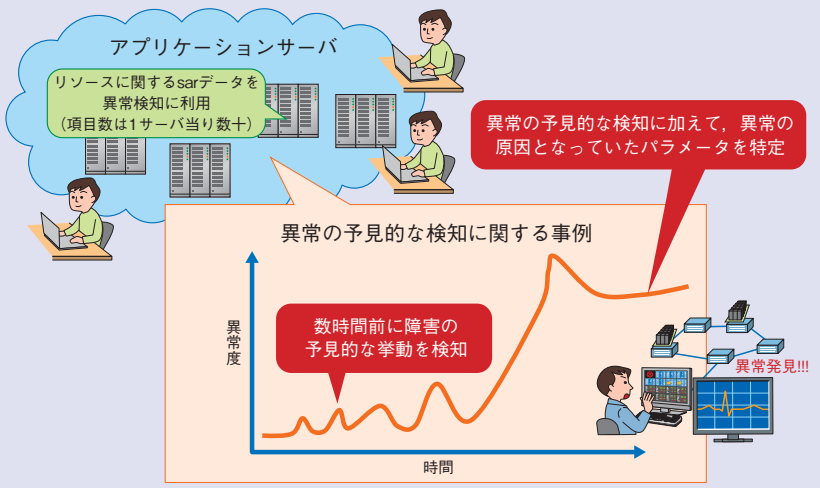


図２　NTT東日本との取り組み

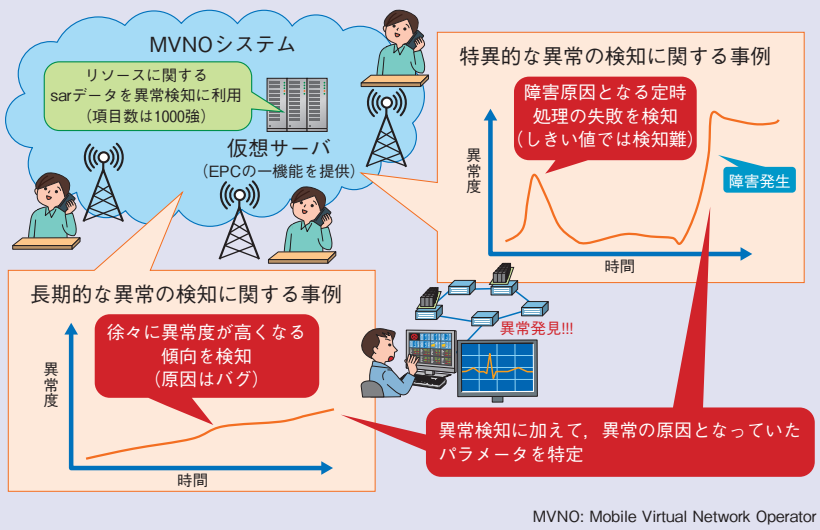


図３　NTTコミュニケーションズとの取り組み

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**）．

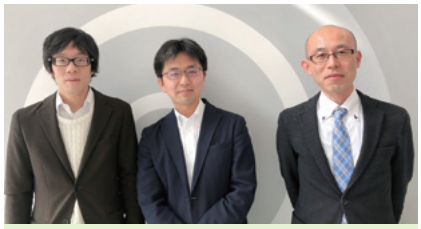
今後の展開

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会社との検証状況について紹介しました．

今後は事業会社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

川田 丈浩※ /松尾 洋一
池内 光希 /橋本 悠香
NTTネットワーク基盤技術研究所

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．

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[1]．

※　現，NTTアドバンステクノロジ

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）[2]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[3]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

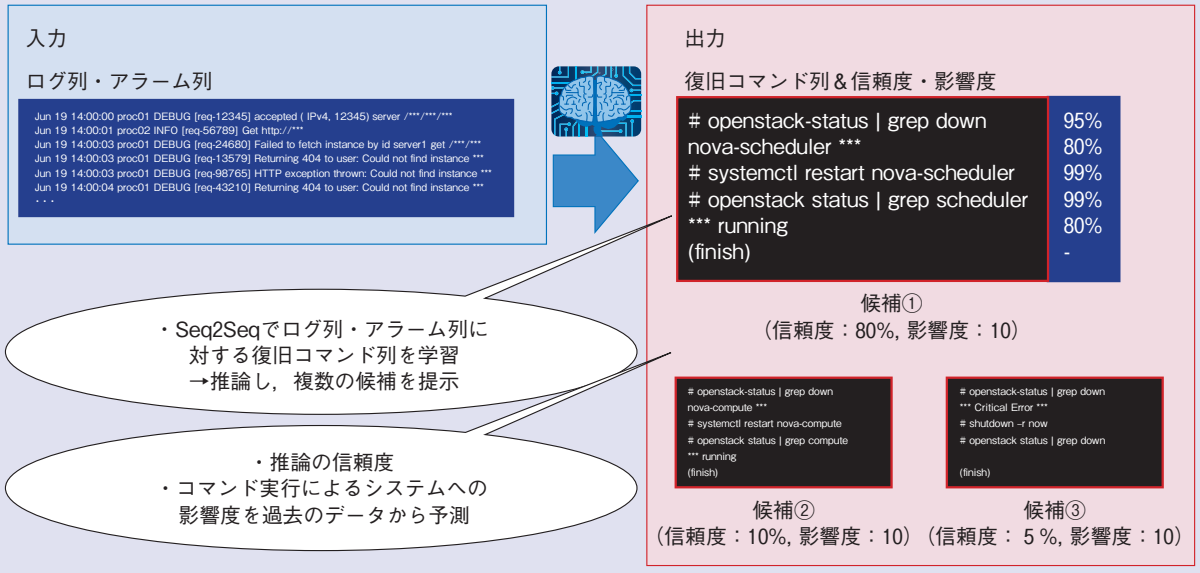
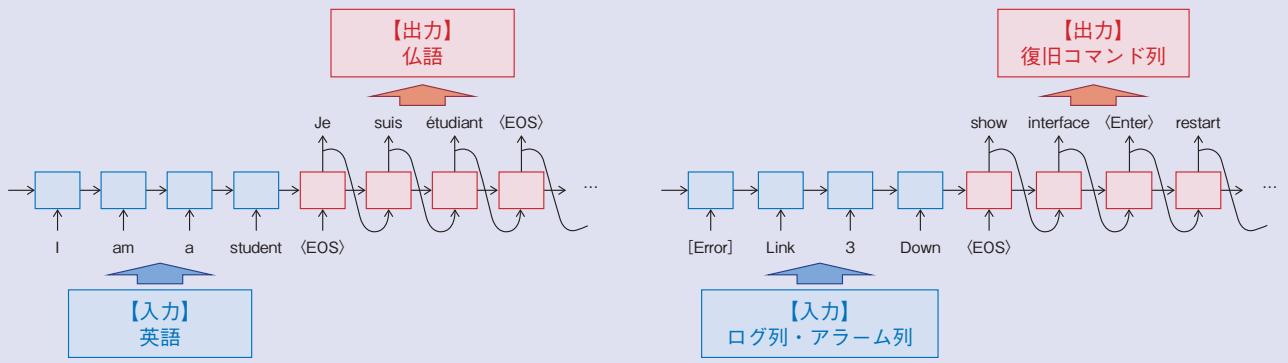


図1　復旧コマンド列自動生成技術の概要



(a) 従来の使用法：翻訳モデル　　(b) 本技術：復旧コマンド列推定

図 2　Seq2Seqによる推定のイメージ

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．

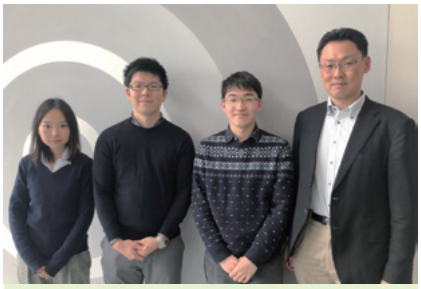
このようにして推定したコマンド列を実行するうえでは，推定結果が信頼できるものであるか，またそのコマンド列の実行がシステムに悪影響を与えないかを判断する必要があります．本技術では，得られた復旧コマンド列を構成する各単語の生成確率の積を算出し，そのコマンド列の信頼度とします．これは，得られたコマンド列によりシステムが復旧する確度と解釈することができます．また，過去の復旧コマンド実行時のシステムの性能値や可用性への影響に基づいて，得られたコマンド列のシステムへの影響度を算出します．これらの指標は，得られたコマンド列を実行するかどうかの判断に用いることができると考えています．

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・渡邉・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　丈浩

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きます．

◆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　0422-59-7138
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

久保 貴志[†1]/河原 光貴[†1]/関 剛志[†1]
岡 利幸[†1]/前田 英樹[†1]/木原 拓[†2]
伊達 拓紀[†2]/穴田 悟[†2]

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

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．

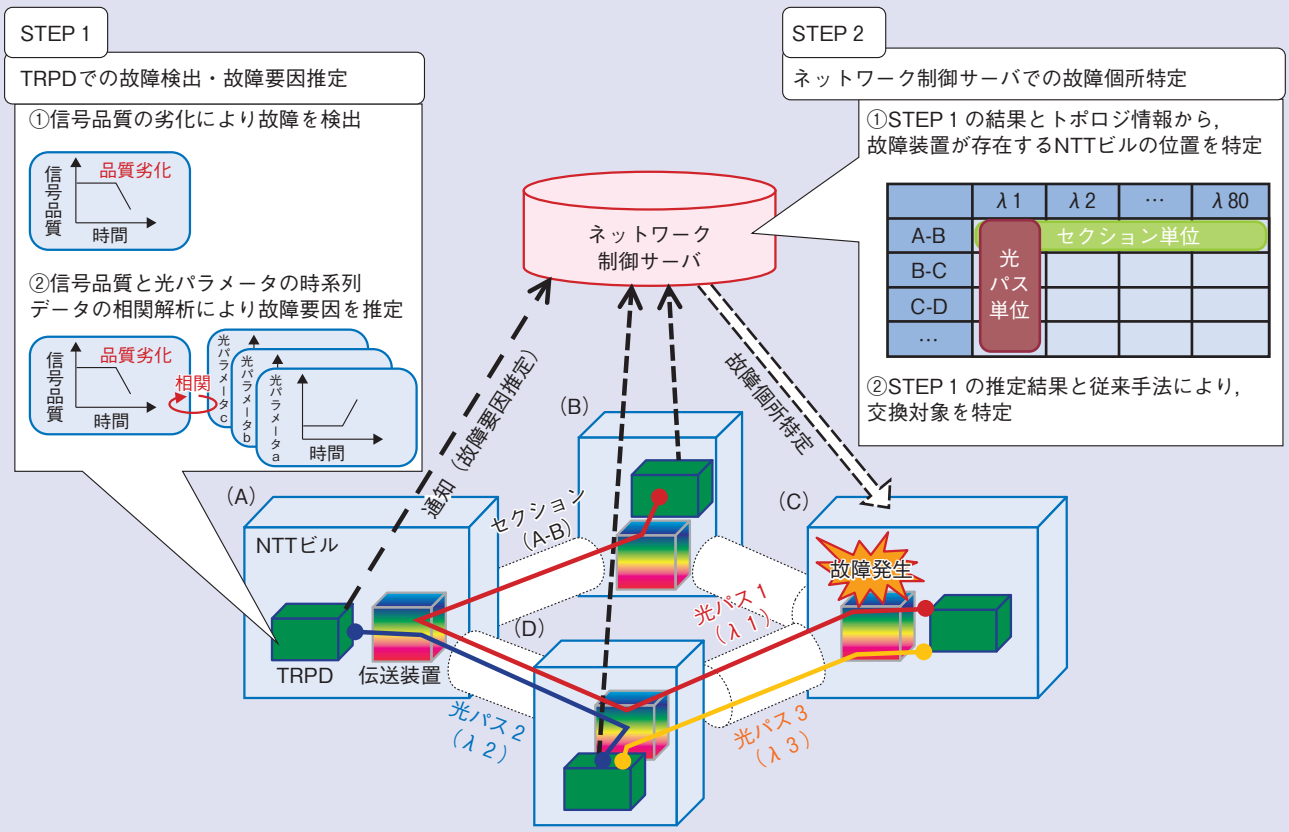


図1　故障個所特定手法

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

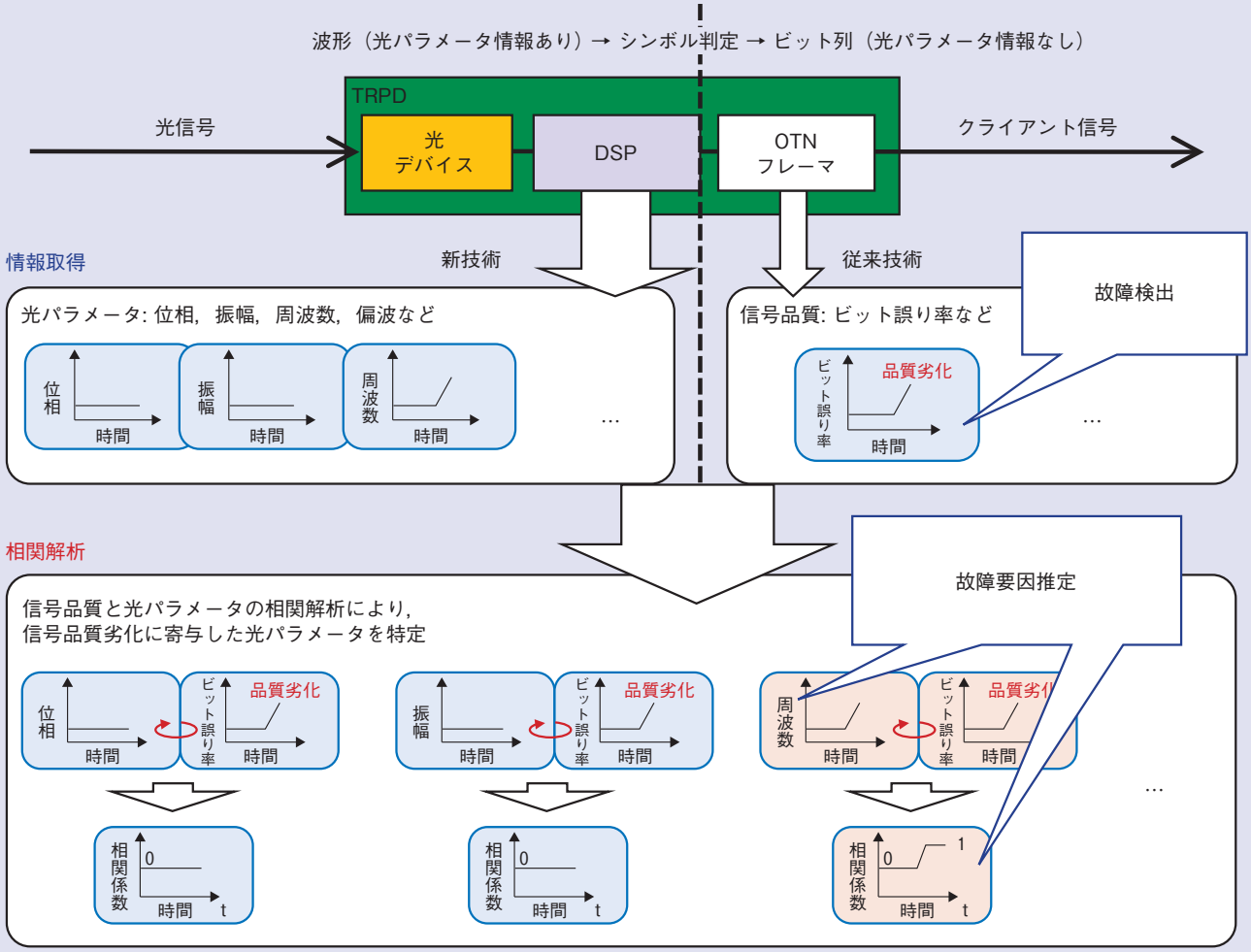


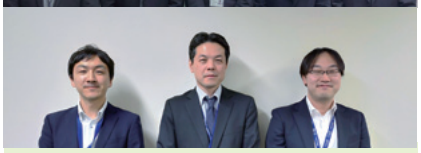
図 2　TRPDでの故障検出・故障要因推定

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個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．

小宮山 真実（こみやま まこと）/小矢 英毅（こや ひでたか）
中島 一（なかじま はじめ）/片岡 明（かたおか あきら）
増田 健（ますだ たけし）
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[1]．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．

＊ 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．

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[2]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

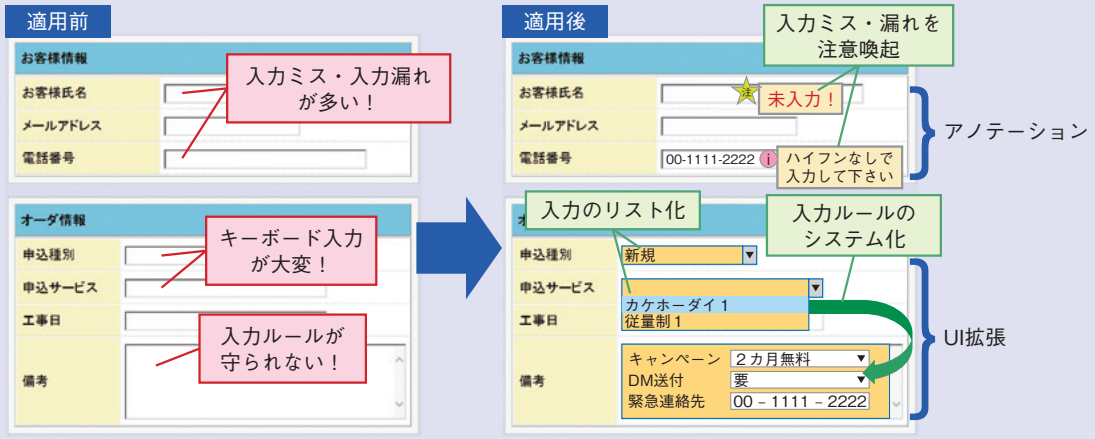


図1　アノテーション技術，UI拡張技術の適用イメージ

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[3]．

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場合に向いています．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．

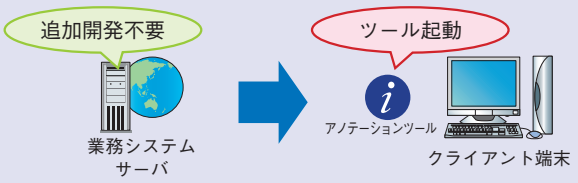


図2　クライアント方式の概要

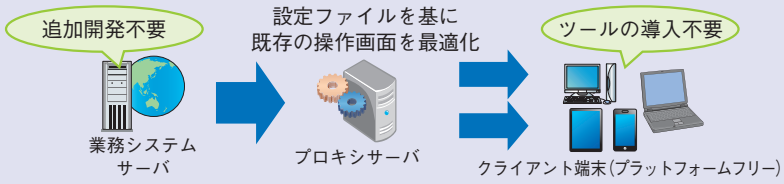


図3　サーバ方式の概要

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

通信機械室の環境最適化技術

飯野 智紀 [†1]　/長尾 友美 [†1]
マハムド ファーハン [†1]　/荒井 稔登 [†1]
川野 友裕 [†2]　/藤本 達也 [†2]

NTTネットワーク基盤技術研究所 [†1]
NTTアクセスサービスシステム研究所 [†2]

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_2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，光クロスコネクトにより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380 V）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

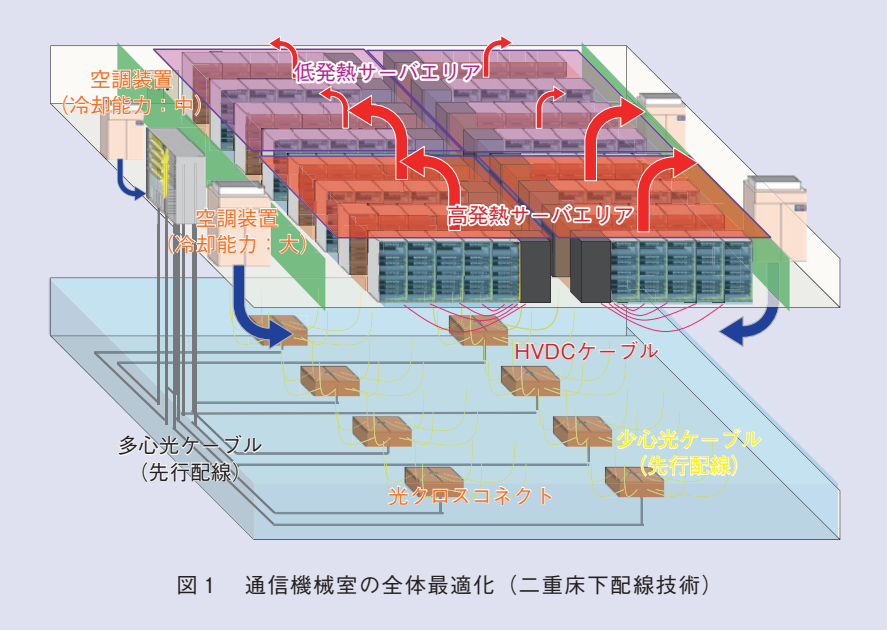


図1　通信機械室の全体最適化（二重床下配線技術）

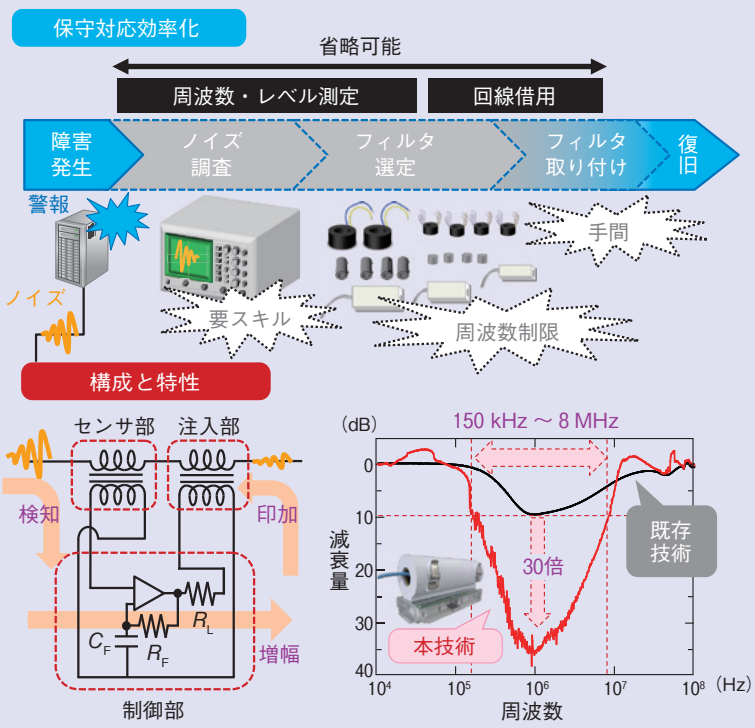


図 2　電磁ノイズ対策

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-ml@hco.ntt.co.jp

柏野牧夫　NTTコミュニケーション科学基礎研究所　フェロー

人間の柔軟な行動を支える無自覚的な脳機能を解明する

ICTやAI（人工知能）といった技術の進歩はあらゆる分野に変革をもたらしつつあります．脳科学も例外ではなく，計測技術や解析手法の高度化を背景に急速な進展をみせています．研究対象も実社会の問題にまで広がってきました．ICT×脳科学の研究は何を解き明かそうとしているのか，そしてそれは私たちの生活をどう変えていくのか，NTTコミュニケーション科学基礎研究所柏野牧夫フェローに伺いました．

自覚できない脳の働きを紐解く

●まずは研究内容からお聞かせいただけますでしょうか．

最近もっとも時間を割いているのは，アスリートの脳機能を解明し，パフォーマンスを向上させることをめざす「スポーツ脳科学」の研究です．これに本格的に取り組むようになったのは，2017年1月，プロジェクトが正式に発足してからですから，運動生理学やバイオメカニクスなどが主流のスポーツ研究の世界では変わり種の新参者ということになります．本来の専門は聴覚などの知覚や認知にかかわる脳のメカニズムで，今もそういう研究は続けています．数年前からは，自閉スペクトラム症（ASD: Autism Spectrum Disorder）などの発達障害も研究対象に加わりました．

こうしてみると，随分異なった分野にあれこれ手を出しているようにみえるかもしれませんが，自分の中では，一貫した問題意識に基づいているつもりです．人間は一般に，さまざまな環境や状況の中で，極めて柔軟に，適応的に行動することができますが，それはなぜ可能なのかということが問題意識です．最近AI（人工知能）の進歩にはめざましいものがありますが，現状では，あくまでも限定された対象や状況において，という但し書きを外せません．囲碁という特定のルールの中では名人に勝てるシステムも，それ以外では全く無力です．一方人間は，起きてから寝るまで，軽重問わず膨大な意思決定をし，多種多様な行為を遂行しています．適度な力加減で歯を磨くことも，車や人を避けながら駅まで走ることも，騒々しい居酒屋で会話することも，情報処理課題としてみると，実は非常に難易度の高いものなのです．にもかかわらず，それを行っている当人は何も難しいことをしている気はしていない．全く無自覚的にやっていますし，なぜできるかと問われても説明できません．このように，人間には無自覚的にできるようなことが，AIにとってはむしろ難しいということがよくあります．では，非常に難易度が高い情報処理課題を人間が苦もなくこなしているとき，脳はそれをどのように実現しているのか．これが各研究テーマに通底する問題意識です．

こうした人間の柔軟な情報処理がもっとも高度なかたちで現れるものの1つが，トップアスリートのパフォーマンスです．格闘技や球技などでは，めまぐるしく局面が変わる中で，ほんの一瞬の間に，その場の状況，相手やボールの挙動といったものに応じて，最適な身体運動を実現しなければなりません．その状況の多様性，求められる精度，許される時間の短さなどを考えれば，これがいかに難しいものか想像できるでしょう．トップアスリートはこの難題を解いた結果として素晴らしいプレーをしているわけですから，その脳機能を研究すれば，具体的なアルゴリズムが見えてくるはずです．同時に，その知見はアスリートにとっても役に立つ可能性があります．というのも，レベルが高くなればなるほど，勝負は身体的能力だけでは決まらないからです．例えばプロ野球でも，球速はさほどでもないのに一軍のエース級の人もいれば，剛速球を持ちながら二軍にとどまっている人もいます．この差を埋めるには，フィジカルなトレーニングだけでは不十分で，認知的側面のト

レーニングが不可欠です．それらの方法論を具体的，体系的に確立することも，我々のスポーツ脳科学研究のゴールの１つなのです．

一方で，トップアスリートとは対照的に，多くの人が当たり前にできると思っていることがうまくできないという人たちもいます．その１つがASDの当事者です．ASDは，先天的な脳機能の特殊性を原因とするもので，他者とのコミュニケーションがうまくいかなかったり，興味や活動が著しく偏ったりするといった特徴があります．いわゆる「空気が読めない」，つまり状況に応じた言動ができないとか，慣れていない状況でパニックになるといったことで日常生活が難しくなるわけですが，これは多様な状況に柔軟に適応する無自覚的な脳機能と関係があるともいえるでしょう．彼らの中には非常に知能の高い人もいますし，特定の領域では並外れた能力を発揮する場合もあります．しかし，多くの人が「なんとなく」「適当に」こなしていることが難しいのです．どこか，今のAIを連想させる部分もあるかもしれません．このような例を研究すれば，トップアスリートの場合とはまた別の角度から，状況に応じた柔軟な行動を実現する原理が明らかになるでしょう．特に注目しているのは，感覚系，運動系の特性です．ASDの当事者には，特定の音に対して強い不快感を覚えるといった感覚過敏や，聴力検査では正常なのに日常環境で会話が聞き取れないといった症状で困っている方がしばしばいます．また，手先が不器用とか，動作が非常にぎこちないといった運動特性を示す方も少なくありません．このことは，状況に柔軟に適応するうえで，外界から情報を得て，外界に働きかける装置である「身体」が本質的な役割を果たしている可能性を示しています．この点で，ASDの研究はアスリートの研究ともつながってきます．その先には，AIの適用領域を本質的に拡大するためのヒントも得られるのではないかと考えています．

個性を把握し，多様性を活かす

●スポーツ脳科学の研究は，2年余りでどのような手ごたえがありましたか．

目下，野球とソフトボールを中心に研究を進めています．おかげさまで，日米のプロ球団，社会人野球チーム，大学野球チーム，日本ソフトボール協会（女子日本代表），日本女子ソフトボール１部リーグチームなどのご協力をいただき，レベルの高い選手たちのデータがかなり集まってきました（**図１**）．契約などの関係でまだ公表できない部分も多々あるのですが，彼らの中でもトップレベルの選手とそれに

各種ウェアラブルセンサ，カメラ，レーダ等で投手と打者の対戦シーンにおける身体の挙動や生体信号などを計測することができる．

図１　スマートブルペン

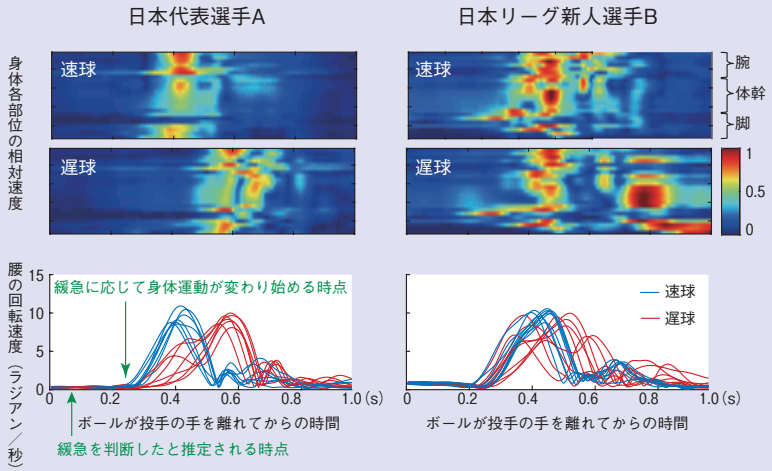


図２　打者の身体運動の特徴解析例

は及ばない選手の差が想像以上にはっきり見えてきたりして，なかなかエキサイティングです．

一例として，バッティングに関する研究を少し紹介しましょう．実際の試合では，投手は打者に打たせまいとして，さまざまな球種やコースをうまく混ぜて投げてきます．これを打つというのは，決まったスイングをすればよい素振りやティーバッティングとは異なり，まさに柔軟な対応力が求められます．この対応力の詳細を調べるために，投手に球速の異なる２種類の球をランダムに投げてもらい，打者はストライクなら打ち，ボールなら見送るという設定で実験を行いました．参加したのは日本代表も含む女子ソフトボール選手たちです．ウェアラブルセンサで打者の身体動作を解析してみると，ボールの緩急に対応してバットスイングのタイミングをうまく調整できる打者と，それができない打者とが明確に区別できました（**図２**）．そして前者は，ボールのリリース後0.1秒くらいまでに得られる視覚情報（リリース前後の投球フォームもしくはリリース直後のボールの軌道）に基づいてスイングすべきタイミングを判断していることが，解析結果から推定できました．そこで，判断に用いられている視覚情報をさらに特定するために，VR（Virtual Reality）を用いて，実際に計測された投球フォームとボールの軌道の情報を入れ替えた条件（速球のフォームから遅球が来る，あるいはその逆）をつくり，先ほどと同様に打者の挙動を計測してみました．すると，本来のフォームと軌道の組合せでは緩急にうまく対応できた選手たちが，投球フォームとボールの軌道の組合せを入れ替えた条件では対応できなくなったのです．この結果は，ボールの緩急に対応できる打者が，投球フォームの情報を用いて緩急を予測しているという明らかな証拠です．さらに興味深いことに，このような打者たちも，自身が投球フォームの情報を利用しているという事実に全く気付いていませんでした．日本トップクラスのある打者は，「この投手の場合，フォームでは球種は分かりません」と語っていました．しかし本人の意識と裏腹に，ちゃんと違いを判別していたのです．このように，本人も自覚できないことを客観的なデータで明らかにするのが我々の真骨頂です．そのために，さまざまなICT，例えばウェアラブルセンサ，コンピュータビジョン，生体信号処理，機械学習，VRなどの技術を駆使して，外から観測できる情報から脳あるいは心の状態を推定することを試みます．本人の主観は大切ですが，それだけでは真実に至らないことも往々にしてありますからね．

このような解析を通して，従来，選手目線では「何となくできる」「身体が勝手に動く」，指導者目線では「センスがある」などと言われていたことが，客観的に把握可能になってきました．前述の実験でのパフォーマンスと，公式戦での調整力の指標と，公式戦での打率とがよく対応することも分かりました．さらに，U14（14歳以下）日本代表候補で同じ実験をやってみると，この段階ですでに緩急に対応できる選手とできない選手に分かれることも分かりま

した．客観的なデータに基づく選手評価や才能発掘への道が拓かれつつあります．

●才能がないと早々に宣告されるのは酷な気がするのですが．

よくそう言われるのですが，私はむしろ逆だと思っています．優劣がつくのは，あくまでもある特定の評価軸において，ということであって，実際にはアスリートの評価軸はたくさんあるわけです．重要なのは，その選手がたくさんの評価軸の中でどのようなプロファイルを持っているかを正確に把握することです．一口にバッターといっても理想型は１つではありません．個々のプロファイルに応じて，長所を最大限発揮し，短所を克服するように努力すれば良いわけです．例えば，女子ソフトボールの選手で，高校生まで長距離打者として大活躍したのに，日本リーグではまだレギュラーになれない人がいます．彼女は，ティーバッティングではチームトップレベルのスイングスピードを誇ります．しかし，緩急混ぜられた実験では，平均打球速度は遅い部類でした．いい投手にかかると，本来のスイングをさせてもらえないのです．解析してみると，そもそも視覚情報から球種を判別することができていないことが分かりました．ということは，彼女が練習すべきは球種の見極めであって，いくら素振りをしても練習の効果は上がりません．あるいは，別のアプローチとして，無自覚的な球種の見極めは諦め，その代わり試合状況に応じた読みを磨いて，決め打ちに徹するということも考えられます．読みが外れて空振りしても気にしない．相手にしてみれば，一発があるほうがはるかに怖いですからね．実際一流選手でもそういうタイプはいます．むしろ問題なのは，個々のプロファイルを無視して画一的な指導を行うことです．適性に応じたトレーニングをしなければ，うまくならないばかりか下手をすると壊れてしまいます．しかし現状では，トップレベルの現場でも選手個々のプロファイルが正確に把握されているわけではなく，コーチが自分の過去のプレー経験と尺度に基づいて主観的な指導していることがまだまだ多いようです．コーチと選手のプレーやその背後にある脳の情報処理のタイプが異なる場合，イメージが共有できず，お互い何を言っているか分からないこともあります．何しろ，できる人もなぜできるか本当のところは自覚できないわけですから．客観的データをうまく使えば，そうしたギャップを埋める助けになります．

スポーツやASDの研究は，つまるところ人間の多様性の研究でもあります．研究すればするほど，身体的側面についても認知的側面についても，たくさんのタイプ，サブタイプがあるということを実感しています．一方，従来の人間観では，脳科学の基礎研究もそうですが，１つの標準的な人間というものを想定し，個人差はそこからのばらつきとみる，つまり，正規分布の平均と分散というようなとらえ方が暗黙の前提となっていました．これはややもすると，多数派をよしとしたり，あるいは特定の軸だけで価値を判断したりということにつながりがちです．しかし，同一の特性でも，目的や環境次第で長所にも短所にもなり得ます．個人の多様性を「矯めて」，「標準」すなわち多数派に近づくようにしようという思想は至る所に根強いですが，これに対しては注意が必要です．どういう分野であれ，少数派の直面する困難を理解したり，個性を最大限発揮できるようにしたりするためには，特性を多次元的，客観的に把握することが出発点となります．その出発点と，本人のめざすゴールとが定まれば，おのずと問題解決の方法は見えてくるはずです．多少なりとも，そのお手伝いができればと考えています．

●研究者の道を歩まれたきっかけは何でしたか．

私の父親は大学で有機化学を教えており，小学生時代は大学構内の官舎に住んでいましたから，目にする日常が研究者の生活でした．ですから，職業として研究者を選んだのも，そういうものだと思っていたというか，むしろ会社勤めとか客商売とか，他の職業のイメージがなかったというのが本当のところです．幼いころから昆虫，天文，建築，考古学など森羅万象に興味があり，その時々の興味に導かれるままにここまで来たという感じです．

聴覚に興味を持ったのは，物心ついたときから音を聞くと強い感情が喚起されていたからです．真空管をアスファルトに投げて割ったときの「シャリーン」という音に得も言われぬ快を感じたり，ピアノの低音域の鍵盤を叩いては暴力的な恐怖を感じたりしました．また，大人の歌謡曲が大好きで，内臓がザワザワする感じを味わっては，他の人も同じように感じているのだろうかと思ったりしていました．小学生高学年から中学生になると，音楽を聴くために自分でラジオやオーディオ装置をつくるようになりました．誰かに習ったわけでもないし，部品も壊れたTVなどから取ったようなものでしたが，ここで試行錯誤するうちに，実験や計測の基礎，あるいは電気や音響の理論といったものを自然に会得していきました．ここで得た知識というよりむしろ態度が，今に至るまでベースになっていると思います．

当時もう１つ好きだったのが和漢の古典で，軍記物，諸子百家，いろいろ読みあさりましたが，特に影響を受けたのは荘子です．胡蝶の夢，混沌の死といった寓話の数々に触れて，当たり前のように思っている眼前の世界というものが実はそれほど確固たるものではないことや，人間の認識には限界があることなど，認識論的な問題意識を喚起されました．単一の見方，価値観を信じるのは危険だ．しかし完全な認識には至れない．ではどうすれば良いか．このような問いは今もずっと心にあります．

大学３年で専攻を決めるにあたって聴覚という分野を選んだわけですが，これは音への興味と，認識論的な問題意識と，実験という方法論が交わったところだからです．ただ，聴覚を専門とする先生がいたわけではありません．視覚や神経生理，数理モデルなどの先生方からは基本的なことを学びましたが，聴覚について何をどう研究するかという点に関しては独力でなんとかするしかありませんでした．しかし，元々何でも自己流で試行錯誤しながらやってきましたし，あれこれ言われるのはあまり好きではないので，これはむしろ居心地の良い環境でした．その分，遠回りした部分はあると思います．優秀な指導者のたくさんいる研究室でそこの得意分野を選べば，最初から研究コミュニティの中心的テーマについて先端的な方法論で効率良く研究することができ，論文ももっと出せたでしょう．そうではなかった分，独自性は多少出せたかもしれません．日常生活でも，行列のできている店にはまず入らないですし，それこそ，良くも悪くも個人の性質ですね．

自らの興味と自然の摂理に従い，社会的価値をねつ造しない

●興味や独自性にこだわってこられたのですね．最後に研究者の皆さんへのメッセージをお聞かせください．

私は周囲の人に，人生の一大事みたいなことでもあっさり決めてしまうと，あきれられることがしばしばあります．研究分野を大きく変えたりするのも同様で，それまでに培った方法論や知識も，研究コミュニティで積み上げてきた実績や人脈もリセットされてしまいます．よくそんなリスクを取れるものだとか，随分思い切りが良いとか言われたりするのですが，当人はそんなことは考えていません．考えられないといったほうが正確ですね．先のことを心配する能力が乏しく，目下の興味や問題意識で駆動されてしまうだけの話です．あれこれ考慮したうえで，興味もないことをするほうがよほど不幸だと思います．私はそれこそ空気が読めないと言いますか，誰かの顔色を見ながら何かをするということができません．組織にいるのですから本当ならもっとそうすべきなのかしれませんが，幸いにも基礎研究に携わらせていただけて，私のやり方を受け入れていただける環境もありました．やっていることの善し悪しを判断する基準があるとすれば，それは自然の摂理に適っているかどうかということに尽きます．あることに対する価値判断は状況や立場によって変わるかもしれませんが，自然の摂理に適っていることは最後まで残ります．そういう仕事をするのが基礎研究だと思っています．

ただし，単なる個人の趣味ではなく，研究費や環境，人材等を提供していただいて仕事として携わっている以上は，社会にどのような価値をもたらすかを説明する必要性は当然あります．そのとき念頭に置いているのは，「価値をねつ造しない」ということです．データのねつ造ではありません．研究プロポーザルなどの序論で，「これはこういうことに役に立つ」と書いてある部分を，根拠なくつくり上げてしまうことです．高齢者のため，障がい者のため，などとうたっていても，彼らが直面している現実の問題を知らないで書いていると思われるものや，具体的な研究内容と，役に立つと言っていることの間にとんでもない飛躍があるものもあります．私は，独りよがりの立ち位置から「価値のねつ造」をしないように，極力，アスリートやASD当事者の話を聴くようにしています．研究対象をある程度絞っているのもそのためです．そこでリアルな問題を見つけて，基礎研究として深掘りして解決する手段を見つける．彼らの人生がかかっていますから，この過程や結論に対して下手なことはできません．そして，本当に価値のあるものなら，人はそれを求めるはずで，そこにビジネスも生まれるでしょう．

■参考文献

(1) http://www.kecl.ntt.co.jp/people/kashino.makio/
(2) http://sports-brain.ilab.ntt.co.jp
(3) http://hearing-x.ilab.ntt.co.jp
(4) http://www.kecl.ntt.co.jp/IllusionForum/

太陽光パネルの故障検出技術の開発

NTTファシリティーズでは全国86カ所，合計307 MWの太陽光発電所の保守・運用を行っており，保守業務の中で検出した故障パネルのデータを蓄積しています．これらのデータを活用し，保守作業の迅速化・効率化を検討しています．ここではメガソーラの太陽光パネルについて，ドローンによって撮影したサーモ画像や遠隔計測データを学習させることにより，パネル故障を検出するという技術開発について紹介します．

太陽光パネルの故障

NTTファシリティーズでは，全国86カ所，合計307 MWの太陽光発電所の保守・運用を行っています．太陽光発電所ではさまざまな種類の異常・故障が発生します．太陽光パネルの異常には，パネル割れ，汚れ，電柱や雑草による影などがあります．太陽光パネルの故障には，太陽電池セルの故障，太陽光パネル内の半田不良で発生するクラスタ故障があります（**図1**）．

太陽光パネルは通常3つのクラスタで構成されているため，クラスタ故障では太陽光パネルの3分の1が機能しなくなることで太陽光パネル出力が66%まで低下します．

クラスタ故障は目視点検では発見できないため，テスターを使用して抵抗を測定するかサーモグラフィカメラを使用して故障に起因する異常発熱を検出する必要があります．しかし，抵抗測定は1回当り数分かかることやハンディタイプのサーモグラフィカメラでは広い範囲を撮影できないため，これらの方法では大量の太陽光パネルを検査するのには，多くの時間がかかります．例えば，約1万枚の太陽光パネルから構成される3MWの太陽光発電所では，すべての回路の抵抗測定に十数時間もの時間がかかります．そのため，効率的な太陽光発電所の保守作業のために短時間で大量のパネルを検査する方法が求められています．

図1　太陽光パネルの故障と異常

ドローン点検

NTTファシリティーズはサーモグラフィカメラを搭載したドローンによるドローン点検の検証を行っています．ドローンを使うことで短時間に広い範囲の太陽光パネルを検査することができ，例えば3MWの太陽光発電所の場合，10分程度で撮影可能です．太陽光パネルの故障・異常部分の多くは発熱するため，サーモ画像上では白色の高温として観測されます（**図 2**）．サーモ画像では，太陽電池セルの故障，クラスタ故障のほかに，影や汚れ等による異常も検出されます．従来，人がサーモ画像でこれらの故障を確認することで検出していましたが，この確認作業に時間がかかる，検出位置の誤記載や検出漏れなどのミスが発生するという課題がありました．そのため，NTTファシリティーズでは，サーモ画像からクラスタ故障を自動的に検出してドローン点検レポートを作成するソフトを開発しています．

まず，撮影したサーモ画像の正規化を行い，それぞれの画像の明るさを均一にします．次に複数枚のサーモ画像を結合するオルソ処理を行い，発電所全体の画像を作成します．その後，ディープラーニングによる故障検出を行い，故障パネルを検出します．最後に，点検者の位置を表示させるためにオルソ画像を地図上に貼り付けます（**図 3**）．

ドローン点検レポートでは故障パネルの位置を一目で認識できるとともに，オルソ画像を拡大することでパネルの発熱している部分を確認できます．また，現地でタブレットなどを用いれば，GPS情報に基づいて点検者と故障パネルの位置を表示でき，効率的に故障パネルを検査できます（**図 4**）．

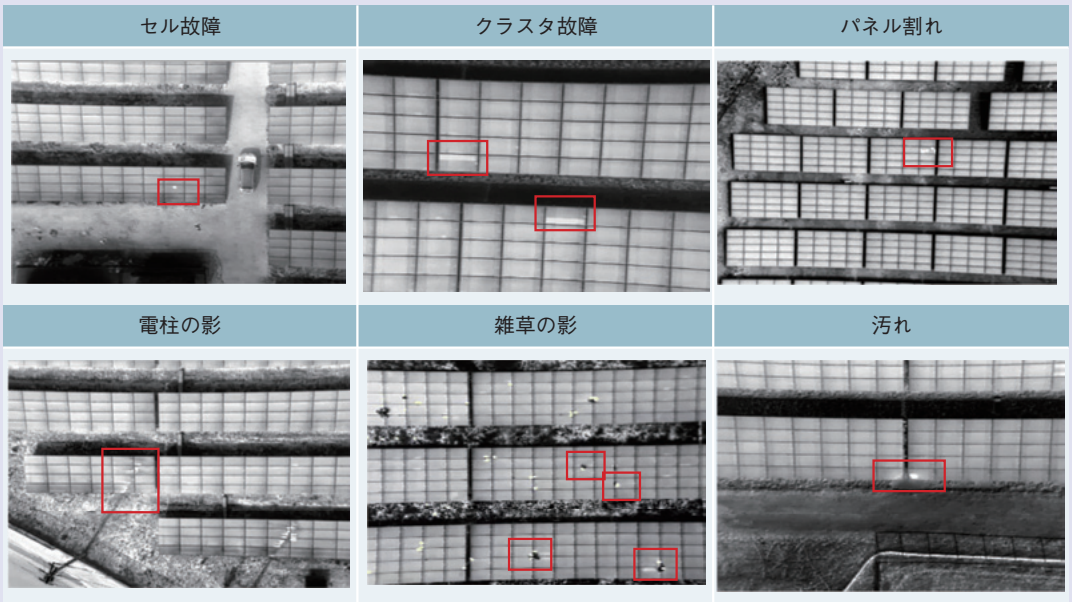


図 2　太陽光パネルの故障と異常（サーモ画像）

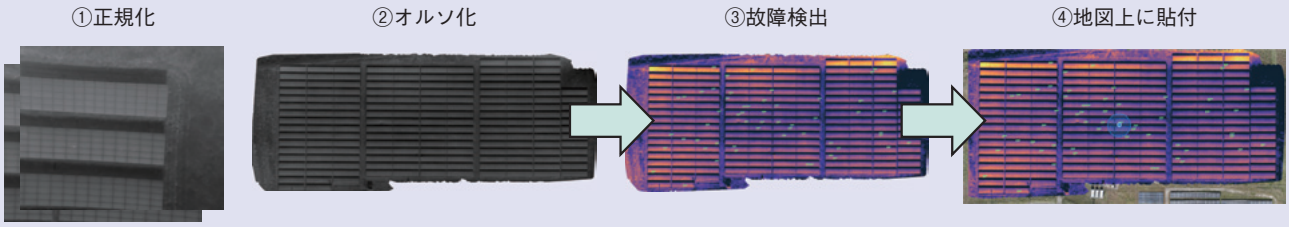


図3　ドローン点検レポートの自動作成

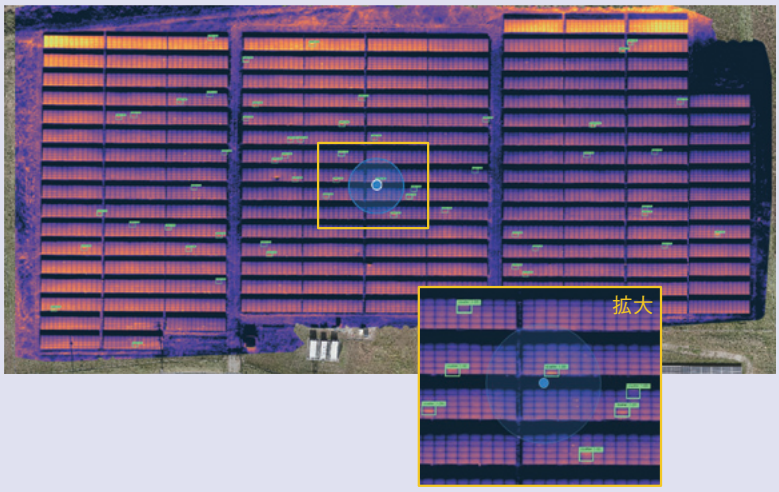


図4　ドローンレポート

ストリング診断

NTTファシリティーズの発電所では，12～20枚のパネルを直列に接続したストリング単位での電流・電圧を計測するストリング計測装置を設置しています．このストリング計測装置により常時，遠隔で計測することができるため，発電所に駆けつけることなく太陽光パネルの発電状態を把握することができます．しかし，12～20枚直列に接続されているパネル中の1枚にクラスタ故障が発生しても，低下する発電量が小さいことや，天候や雑草等の外的な影響でも発電量が低下することがあるため，単純に発電量の大小だけでは，発電量の低下の原因を判断できません．

そこで，ストリング計測データを学習することで，遠隔にて故障を検出するシステムを開発しています．具体的に

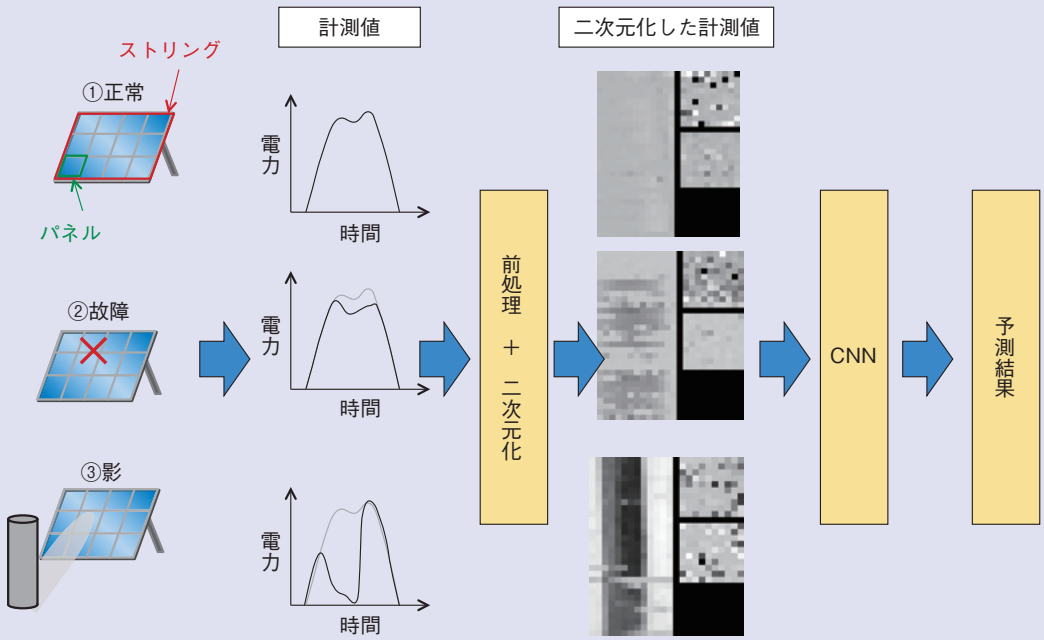


図 5　ストリング診断

は，計測値の欠損の除去やリサンプリング等の前処理をした後に，一次元の計測値を二次元のデータに変換します．この二次元データを畳み込みニューラルネットワーク（CNN: Convolutional Neural Network）で分類することで，正常，故障，影を分類することができます（**図 5**）．

今後の展開

太陽光発電の導入はFIT買取価格の低下とともに鈍化してきていますが，第5次エネルギー基本計画[1]で再生可能エネルギーの主力電源化の方針が示され，太陽光発電は今後も導入が見込まれます．また一方で大量に導入された太陽光発電を維持していくために安価で安全な維持管理手法が求められています．最新のドローン技術やAI（人工知能）を用いることで現地作業時間の軽減，コスト削減および維持管理の品質向上を行うことが可能です．

NTTファシリティーズはICTを使って維持管理の品質向上と安価で安心・安全な太陽光発電所の実現により，Smart&Safetyで持続可能な社会の実現に貢献していきます．

■参考文献

⑴　https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf

◆問い合わせ先

NTTファシリティーズ
研究開発部　データマネジメント部門
TEL　03-5669-0871
E-mail　higuch38@ntt-f.co.jp

ISO/IEC JTC 1の最新動向

やまもと　ひであき ※
山本　英朗
NTTセキュアプラットフォーム研究所

ISO（International Organization for Standardization）/IEC（International Electrotechnical Commission）JTC（Joint Technical Committee）1は，ISOとIECが共同で設立した，情報技術分野の国際標準化を担う組織です．2018年11月5～8日まで，ISO/IEC JTC 1総会がストックホルムで開催されました．ここでは，ISO/IEC JTC 1ストックホルム総会にて設置が決議された，新技術領域に関するSG（Study Group）の動向を中心に紹介します．

ISO/IEC JTC 1

ISO（International Organization for Standardization）/IEC（International Electrotechnical Commission）JTC（Joint Technical Committee）1[1]は，ISO[2]とIEC[3]が共同で設立した，情報技術分野の国際標準化を担う組織です．従来，情報技術分野の国際標準化については，ISOにおいてはISO/TC（Technical Committee）97（1960年設立）が，また，IECにおいてはIEC/TC 53（1961年設立）が進めてきました[4]．このため，両組織間での技術分野の重複が問題となってきました．この問題を解消させるため，JTC 1が1987年に創設されました．JTC 1の事務局は，ANSI（American National Standards Institute）が務めています．2019年3月現在，JTC 1は，Pメンバ（積極的参加）が34カ国，Oメンバ（オブザーバ）が65カ国です．

JTC 1総会はJTC 1の最高意思決定会議体であり，主要議題は次のとおりです．

① JTC 1配下のSC（Sub Committee）・SG（Study Group）等の創設・改廃
② SC国際議長の選任
③ 業務指針の改定
④ SCの活動状況の報告

JTC 1の組織構成

JTC 1の組織構成を図に示します．規格開発はJTC 1直下の2つのWG（Working Group）と22のSCが担います．業務指針の見直しなどマネジメントに関する審議は，JTC 1直下のAG（Advisory Group），AHG（Ad Hoc Group）が担います．将来の規格開発を視野に入れた課題の検討など技術に関する審議は，JTC 1直下のSG，SWG（Special Working Group）が担います．

JTC 1は，JTC 1以外の組織ともリエゾンを構築しています．具体的には，IEC/TC 65（プロセス計測制御・オートメーション），IEC/TC 100（AV・マルチメディア，システムおよび機器），ISO/TC 215（保健医療情報），ISO/TC 307（ブロックチェーンと電子分散台帳），ITU-T（International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector），Ecma International等です．

2018年11月のJTC 1ストックホルム総会までは，JTC 1の直下に，JAG（JTC 1 Advisory Group：JTC 1国際議長の諮問会議）が設置されており，マネジメント・技術ともJAGにて審議されてきました．JTC 1ストックホルム総会をもってJAG会議は開催されないこととなり，JAG会議で扱っていたマネジメント系の会議体，および新技術の調査等を行う会議体が，JTC 1直下に設置・再編されました．

このような状況において，日本は主に次のようなかたちでJTC 1の運営に大きく貢献しています．

① 22すべてのSCおよびJTC 1直下の2つのWGにおいてPメンバとして参画
② SC 2（文字コード），SC 23（デジタル記憶媒体），SC 28（オフィス機器），SC 29（メディア符号化）の国際議長および幹事国の引き受け
③ 延べ約110名のプロジェクトエディタ（2018年5月現在）
④ JTC 1総会のホスト（2020年11月の招致決定分を含む計4回）

新技術領域に関するSGの設置と日本の検討体制

本稿執筆時点で直近のJTC 1総会は，2018年11月5～8日までストックホルムにて開催され，日本を含む24カ国・各SCの国際議長・リエゾン等から約100名が参加しました．新任のJTC 1国際議長であるPhilip Wennblom氏（米国）にとっては，就任後最初の総会でした．

※ 現，NTT情報ネットワーク総合研究所

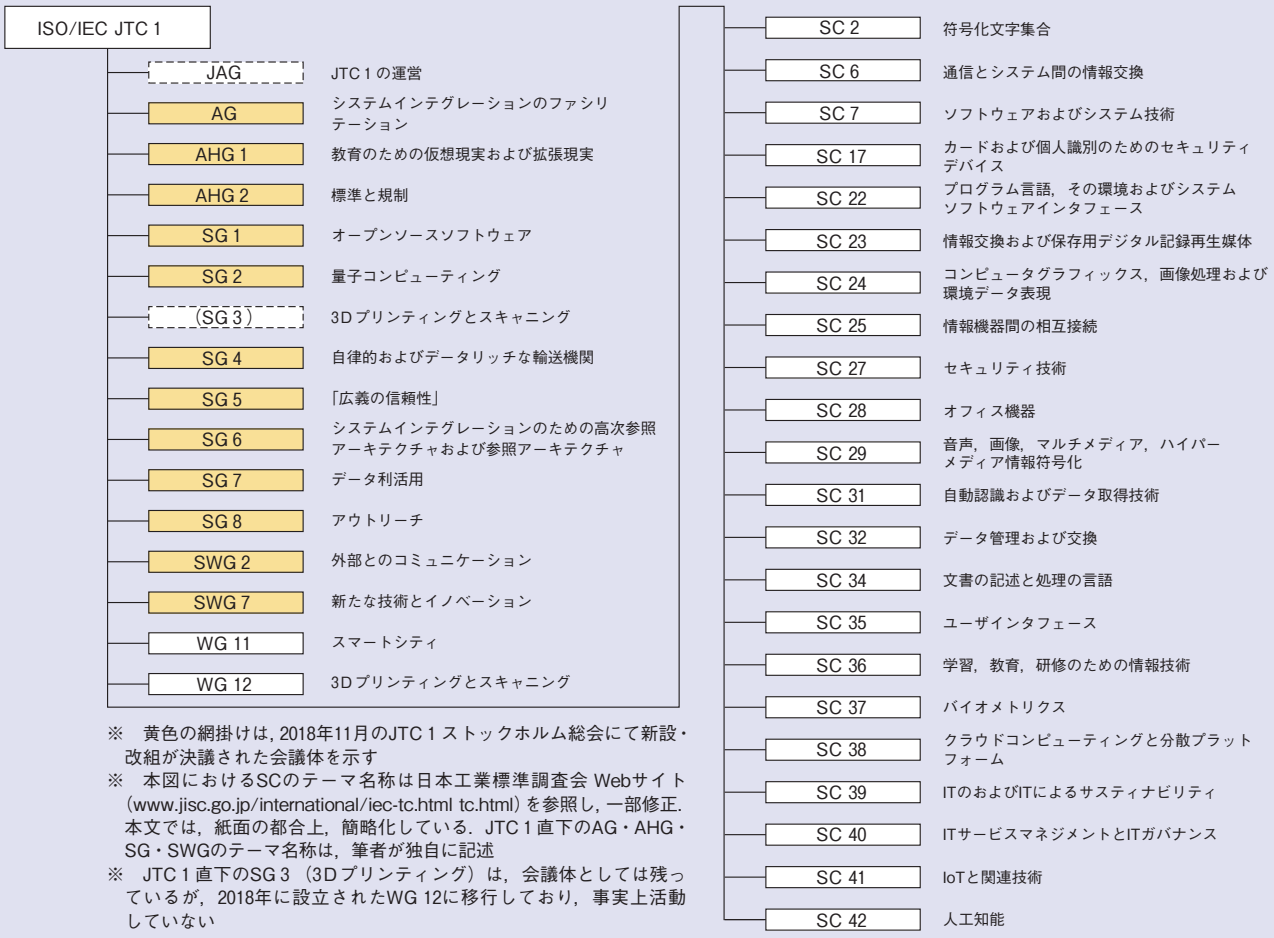


図　JTC 1の組織構成と各会議体のテーマ

この総会において，日本は，寄書発表等を通じた意見提起，創設が決まったSGの作業項目に関する議論，起草委員会委員等を通じて，JTC 1の運営に貢献しました．

以下では，JTC 1ストックホルム総会にて創設が決まったSGのうち，新技術領域に関する主要SG，およびJTC 1ストックホルム総会後の日本の対応に焦点を当てて紹介します．

■新技術領域に関する主要SG

⑴　量子コンピューティング

JTC 1における量子コンピューティングの技術動向調査は，JETI（JTC 1 Emerging Technology and Innovations）[5]にて行われてきました．

JETIとは，JTC 1で取り組むべき新規標準化テーマの候補を検討することを主目的にJAG内に2016年8月に創設された検討グループです（その後，JTC 1ストックホルム総会を経て，JTC 1直下のSWGとして改組）．JETIは，15領域のトップ・プライオリティ・テクノロジを定め，直近では，4つの技術領域（デジタルツイン，自動運転車，量子コンピューティング，ブレインコンピュータインタフェー

表１　JTC１直下に設置された新技術領域に関する主要SG

技術分野 （括弧内は組織上の区分）	量子コンピューティング （SG２）	データ利活用 （SG７）	「広義の信頼性」 （SG５）
活動項目	1．量子コンピューティングのキーコンセプトの提示 2．技術面・市場面・社会面からの要求条件 3．現在展開されている量子コンピューティングの技術 4．量子コンピューティングに関する活動の重要性をJTC１以外の団体に認識させる 5．各種標準化団体での量子コンピューティング標準化活動に関する評価 6．量子コンピューティングの標準化ニーズをどう扱うかの決定と提言	1．このSGで扱う対象の合意形成 2．データ利活用の標準化を行っている組織の特定 3．データ利活用に関する懸案事項等の特定 a．データ共有への躊躇 b．集められた情報に個人情報が含まれるか否かを明確に定義する手段がない c．データ分析能力向上に伴う，プライバシ・セキュリティ・セーフティの懸案 d．連携しているデータに個人情報があるか否かを決める場合のコンテキストの重要性 など	1．JTC１のSC・WG，ISOやIECのTCおよび他の標準化組織における「広義の信頼性」関連活動の現状を評価 2．「広義の信頼性」に関連したギャップについての情報収集 3．JTC１に共通する「広義の信頼性」の定義を確立すること 4．「広義の信頼性」の要素または考慮すべき点のスーパーセットを記述すること．JTC１が「広義の信頼性」の標準化のニーズをどのように扱うべきかを特定し提案すること 5．「広義の信頼性」に関するガイダンスのドキュメントまたはJTC１のスタンディングドキュメントを開発すべきかを含めたJTC１への報告と提案を行うこと

出典：“Resolutions Adopted at the 34th Meeting of ISO/IEC JTC１，5-8 November 2018 in Stockholm, Sweden（文書番号：ISO/IEC JTC１ N 14027）”を基に，筆者が独自に和訳

ス）を検討してきました．

2018年10月に，JETIは，量子コンピューティング技術の調査・各標準化組織での量子コンピューティングの標準化への取り組み状況・JTC１への提言等をTTR（Technology Trend Report）という報告書としてまとめました．

このTTRを受け，中国・米国等から量子コンピューティングに関するSGを創設すべき旨の寄書が提出され，JTC１ストックホルム総会にてSG創設が決議されました．

このSGの活動項目は**表１**に示すとおりであり，SG主査はHong Yang氏（中国）が務めています．JTC１ストックホルム総会の決議では，このSGでの活動状況を次回のJTC１総会で報告するよう求められており，現在，電話会議等による検討が進んでいます．

⑵　データ利活用

このSGの設置は，JTC１ストックホルム総会向けに提出されたオーストラリアからの寄書（Data Sharing Framework）が契機になっています．この寄書では，データ共有やスマートサービスに関する検討を行うことをJTC１に提案しています．

この寄書に関して，JTC１ストックホルム総会では，SC 27（セキュリティ）・SC 38（クラウド）をはじめとして多くのSCがデータ利活用にかかわっており，JTC１内での整理が必要であるとの意見が多くの国から提起され，SG創設が決議されました．

このSGの活動項目は表１に示すとおりであり，SG主査はDonald Deutsch氏（米国）が務めています．JTC１ストックホルム総会の決議では，このSGの活動状況を次回のJTC１総会で報告するよう求められており，現在，対面会議・電話会議等を併用した検討が進んでいます．

⑶　Trustworthiness

“Trustworthiness”に確立した定義はありませんが，各標準化組織によって検討されてきた定義では，安全性・セキュリティ・プライバシ・信頼性・回復力等を包含した「広義の信頼性」を意味する場合が多いようです．現状，“Trustworthiness（形容詞形はTrustworthy）”の定義が**表２**のように分かれています．

2018年６月に，ISO/IEC JTC１

表 2　各標準化組織における“Trustworthy”の定義の違い

標準化組織	用語	定義
ISO/IEC JTC 1 SC 41	Trustworthiness	“property of deserving trust or confidence” （出典：ISO/IEC 20924）
ISO/IEC JTC 1 SC 7	Trustworthy data	“data and related information that is accurate, complete, relevant, readily understood by and available to those authorised users who need it to complete a task” （出典：ISO/IEC 19970-1）
IEC SC 45a	Trustworthiness	“likelihood that an entity will behave as expected. In the context of industrial automation, attributes of trustworthiness include reliability, security, and resiliency” （出典：IEC 62918, ed. 1.0（2014-07））

SC 41（IoT）からJAGに対し，“Trustworthiness”の定義等をJTC 1内で横断的に検討すべきとの問題提起がありました．これを受け，2018年8月のJAGトロント会議にて“JAG Group on Trustworthiness”という検討グループが発足しました．

JTC 1ストックホルム総会をもってJAG会議が開催されなくなったことに伴い，この検討グループは，JTC 1直下のSGとして改組されました．

このSGの活動項目は表1に示すとおりであり，SG主査はWalter Fumy氏（ドイツ）が務めています．JTC 1ストックホルム総会の決議では，このSGの活動状況を次回のJTC 1総会で報告するよう求められており，現在，電話会議等を併用した検討が進んでいます．

■日本の検討体制

JTC 1ストックホルム総会後の日本の対応について紹介します．JTC 1直下に新設・改組された会議体のうち，NB（National Body：各国代表団体）*に参加が求められているAG・AHG・各SG・各SWGへの対応を包括的に行う目的で，情報処理学会情報規格調査会[6]は，2018年12月に「JTC 1サブグループ対応小委員会」を設立しました．

この小委員会では，SG等での審議状況の共有とSG等への対処方法の協議を行っています．この小委員会での議論を重ねる中で，必要に応じ，特定SGへの対応を行う者の任命や，SG等への対応のためのアドホック会議の設置等も含めて協議しています．特に，「データ利活用」「Trustworthiness」については，当該小委員会メンバ以外の国内企業・団体の関心が高いため，情報規格調査会技術委員会の配下に，前記小委員会とは別にそれぞれアドホック会議を設けて対応しています．

＊NB：ISOではMB（Member Body）と呼び，IECではNC（National Committee）と呼びます．ISO/IEC JTC 1は両組織に共通であるため，NBと呼びます．

今後の予定

2019年からJTC 1総会は年2回の開催となり，今後は，2019年5月にハワイ（米国），同11月にニューデリー（インド），2020年5月にリムリック（アイルランド），同11月に岡山（日本）にて開催される予定です．

■参考文献

(1) http://www.jtc1.org/
(2) http://www.iso.org/
(3) http://www.iec.ch/
(4) http://www.ipsj.or.jp/50anv/50nenshi/data/pdf/000050.pdf
(5) https://jtc1info.org/developing-standards-for-emerging-technologies-and-innovations/
(6) https://www.itscj.ipsj.or.jp/

世界最速の1波600 Gbit/s光伝送と587 Gbit/sのデータ転送実験に成功
――先端科学技術研究で得られるビッグデータ転送の高速化に向けた600 Gbit/s波長ネットワークとそのフル活用プロトコルの実現に目途

大学共同利用機関法人　情報・システム研究機構国立情報学研究所（NII）とNTT東日本，NTTはこのたび，東京都と千葉県に実証実験用として1波600 Gbit/sの伝送環境を構築し，そのフルスループット（伝送路で送受信可能な最大データ量）の確認，その上での汎用サーバを用いた587 Gbit/sデータ転送の実現，光波長変更と伝送レート変更による伝送経路変更実験に成功しました．

本実験では，商用環境に1波長600 Gbit/sにおいて世界最長となる約102 kmの伝送環境を構築し，データ転送にはNIIが開発したファイル転送プロトコル「MMCFTP（Massively Multi-Connection File Transfer Protocol）」を用い，サーバ1台での世界最速の587 Gbit/sのデータ転送速度を記録しました．また光ネットワークの高信頼化に向けた伝送経路切り替えでは，伝送距離を考慮し，光波長の変更に加え600 Gbit/sから400 Gbit/sへの伝送レート変更を行い，円滑な経路切り替えに成功しました．

■実証実験の概要

今回の実験では，2018年11月に，NII（千代田区一ツ橋）と千葉県柏市の間に1波長で600 Gbit/s伝送可能な光伝送ネットワーク環境を構築し，3種類の実験を行いました．

⑴　実験1

NIIを起点に柏市で光ファイバを折り返すかたちでネットワークを形成し，伝送実験を行いました（**図**）．600 Gbit/s伝送環境は，NTTが開発した世界最先端のデジタル信号処理技術，ならびに最大100 GbE（ギガビットイーサ）を6本多重可能なOTUCn技術*を1チップで実現することにより1波100 Gbit/s～600 Gbit/sの伝送レート可変トランスポンダを実現し，NTT東日本が600 Gbit/sでデータ転送可能なネットワーク（実験3では400 Gbit/s経路も）を構築しました．600 Gbit/s信号のフルスループットは試験用テスターで確認しました．商用環境において約102 kmファイバを介した600 Gbit/s伝送の実証は世界初となります．

⑵　実験2

600 Gbit/s伝送環境下にて，MMCFTPを用いて1台のサーバから2台のサーバへのデータ転送，および2台のサーバから1台のサーバへのデータ転送を行いました．実験の結果，587 Gbit/sおよび590 Gbit/sのデータ転送速度で40 TByteの大容量データを転送完了させることに成功しました．40 TByteは一般的な25 GByteのブルーレイディスクに例えると1600枚分で，この大容量データを約9分で転送できることになります．この結果により1組のサーバで587 Gbit/sのデータ転送を可能とする見込みを得ました．

＊ OTUCn技術：100 Gbit/s超のサービス（超高速イーサネット信号等）を収容し，光ネットワーク上を高信頼にデータ伝送する技術．

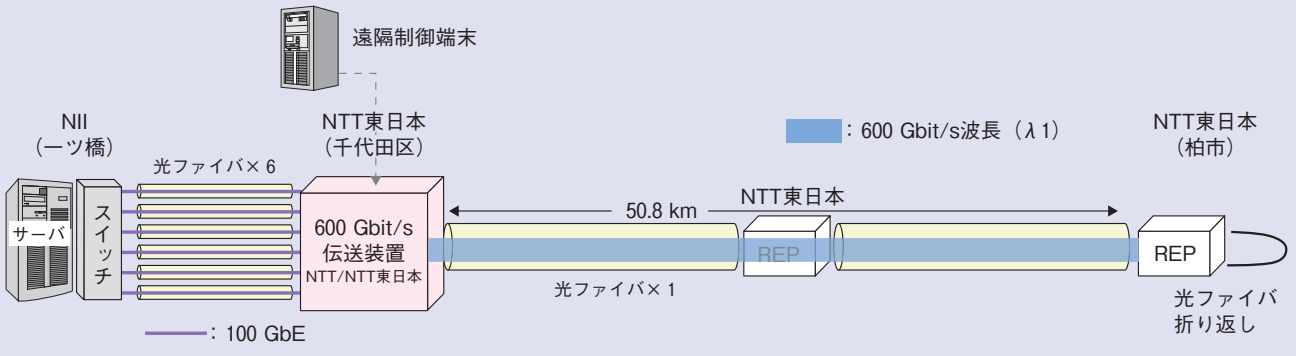


図　実証実験ネットワークの構成

⑶　実験３

柏市にも伝送装置を設置して伝送距離の異なる２つの伝送経路を構成し，伝送路の障害を想定した経路切り替え実験を行いました．伝送装置の経路変更機能，光波長変更機能および伝送レート変更機能を用いて，経路切り替えに合わせ，波長変更を行ったうえで１波600 Gbit/sから１波400 Gbit/sへの速度変更を行い，通信回線が再確立されることを確認しました．データ転送では，経路切り替え前には600 Gbit/s波長で580 Gbit/sを計測し，経路切り替え後には，データ転送が再開され，400 Gbit/s波長で393 Gbit/sのデータ転送速度を計測しました．

なお，本実験の一部は，総務省の委託研究「巨大データ流通を支える次世代光ネットワーク技術の研究開発」により得られたデジタルコヒーレント光伝送技術を利用しています．

■今後の取り組み

最先端の学術研究では，実験装置の大型化・高性能化，ハイパフォーマンスコンピュータを用いたシミュレーション，さらにはIoT（Internet of Things）などから収集されるビッグデータなど，扱うデータ量が爆発的に増加しています．NIIでは，データ流通や大量の各種観測データ転送を効率的に行うためにも，MMCFTPを先端科学の発展のために提供し，実利用を通じて安定化とさらなる高速化を図っていく予定です．

NTT東日本，NTTは，これからも伝送容量の増大に対応するため，大容量伝送技術開発を引き続き推進していく予定です．

◆問い合わせ先
NTT情報ネットワーク総合研究所
企画部　広報担当
TEL　0422-59-3663
E-mail　inlg-pr-pb-ml@hco.ntt.co.jp
URL　http://www.ntt.co.jp/news2018/1812/181211a.html

高速・高信頼な通信を経済的に実現する次期学術情報ネットワークに向けて

研究者紹介

栗本　崇
国立情報学研究所　アーキテクチャ科学研究系　准教授

学術情報ネットワークSINET（Science Information NETwork）は，日本全国の大学・研究機関等の学術情報基盤として構築・運用されている情報通信ネットワークです．教育・研究に携わる900以上の組織，300万人以上のコミュニティ形成を支援し，多岐にわたる学術情報の流通促進を図るため，全都道府県に設置したノード（ネットワークの接続拠点）間を100 Gbit/s回線で接続した超高速ネットワークです．2019年度には，400 Gbit/s回線の導入を予定しています．

高エネルギー分野や天文分野等での最先端研究においては，センサ感度向上によるデータ量増加や高精度コンピュータシミュレーションサイエンスなど膨大なデータ流通への要望が高まっています．またIoTやビッグデータサイエンスの広がりに伴いデータ処理と情報流通が融合した研究分野が飛躍的に立ち上がりつつあります．このような需要の高まりを受け2022年からスタート予定である次期SINETでは，全国的な400 Gbit/s回線さらには1 Tbit/s回線の導入を検討しています．

さらに次期SINETに向けては光伝送レイヤでの経路切替技術の適用も検討しています．近年，自然災害等が猛威を振るい通信ケーブル等への被害が大きくなる一方，災害時の通信確保は重要になっています．光伝送レイヤでの経路切替技術は，通信ケーブル障害時における代替通信確保を，より経済的に実現するための技術として期待しています．

これら，先端的な伝送技術を踏まえながら，次期に向けた超高速・高信頼なネットワーク方式の検討を進めています．

大容量伝送可能な光伝送ネットワーク技術

担当者紹介

関野　智啓

NTT東日本
ネットワーク事業推進本部　高度化推進部　ネットワーク開発部門　リンクシステム開発

NTT東日本では，100 Gbit/s×88波の伝送が可能な光伝送システム（PTS）を用いたフルメッシュのネットワークを導入しています．今後，4K/8Kの高精細な映像配信，次世代モバイル通信5G等によるトラフィックの急増が見込まれるため，より大容量の伝送装置の開発・設備導入を進めています．

現在導入されている光伝送システムは，1度に2ビットの信号を送ることができる光伝送技術（QPSK）を用い，1波100 Gbit/sの伝送を実現しています．今回実験した1波600 Gbit/sの大容量伝送は，1度に6ビットの信号を送ることができる光伝送技術（64QAM）を用い実現しました．しかし，1度に伝送するビット数を増やすと，ノイズの影響を受けやすく，フィールドでの長距離伝送が課題となっていました．

そこで，1波600 Gbit/s伝送可能なネットワークを実現するために，装置の置局検討や光ファイバの特性を検証し，高品質な伝送ネットワークを構築しました．今回の実証実験では，国立情報学研究所（NII），NTT研究所と共同で，600 Gbit/s伝送装置とデータ転送サーバを用い，フィールド環境おいて1波600 Gbit/sでのデータ転送を実証しました．

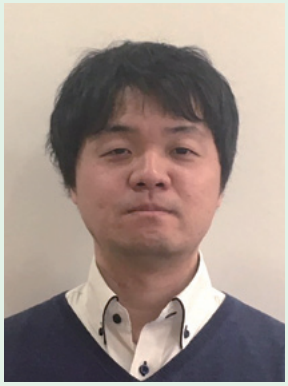
今回の実証実験の結果を踏まえ，さらなる高速・大容量の伝送システム導入に向けて開発を推し進めていきます．

超大容量伝送を実現する光伝送技術研究の奥深さ

研究者紹介

河原　光貴

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　超高速光リンクＤＰ



現在，映像データの流通拡大やモバイルデータの普及に伴い，大容量クライアント信号の必要性が高まっています．近年，IEEE P802.bsにおいて400 Gbit/s Ethernet規格が標準化され，800 Gbit/sや1.6 Tbit/s Ethernet規格の標準化に向けたロードマップも示されています．

このような大容量トラフィックを経済的に光リンクに収容するソリューションとして，100 Gbit/s/λの光信号を送受信する光伝送システムが商用導入されており，より高速化した200 Gbit/s/λの光信号に対応した光伝送システムの開発が進んでいます．また，ビット当りのコストをより低減するため，チャネルのさらなる高速化に向けた研究も進んでいます．

本取り組みは，国立情報学研究所（NII），NTT東日本，NTT研究所との共同実験プロジェクトとして，600 Gbit/s/λの光信号に対応した光伝送システムの実用化に向けて検討してきました．

私自身は，600 Gbit/s光信号をリアルタイムに送受信可能なトランスポンダの試作とフィールドでの100 km伝送の実証実験を担当しました．100 km伝送を実証するには多くの課題があり，当初は雲をつかむような状況でした．しかし，試作直後から実験本番の直前まで，光信号特性を最大化する調整や装置構成の工夫を行い，いかにより良い伝送品質を得られるかを追求し続けたことで，何とか100 km伝送の実証に至りました．

大きな共同実験プロジェクトならではのプレッシャーも感じましたが，光伝送技術の奥深さと面白さを実感しました．私たちの光伝送技術が今後の国内の基盤ネットワークの発展に役立つことを願っています．

OrangeとNTT，デジタルトランスフォーメーションの推進に向けた5G&NW・AI・IoT・サイバーセキュリティ分野等の研究開発に関する協業に合意

フランスの大手通信会社OrangeとNTTは，第5世代移動通信システム（5G）とネットワーク・AI（人工知能）・IoT（Internet of Things）・サイバーセキュリティ等の主要分野において，研究成果の相互利用を容易にするための2022年までの研究開発合意書を締結しました．

両グループはそれぞれの研究開発トピックを大枠でそろえて協力することによりデジタルトランスフォーメーションとネットワーク改革を加速し，またNTTが広くカバレッジを持つアジア・パシフィック地域，そしてOrangeが独自の地理的なフットプリントを持つヨーロッパやアフリカにまたがり利用されることになる画期的なイノベーションや新製品やサービスの開発をリードしていけるものと確信しています．

OrangeのStephane Richard会長は，「ヨーロッパは5Gの提供を始めるにあたり，NTTとの協力は非常に貴重なものと考えています．双方が技術や文化交流を続けるというコミットメントを共有することは，私は根本的に今日の世界の状況の中で絶対不可欠なものと確信しています．我々双方のそれぞれの研究結果を共有することは，それぞれが活動する地域における我々の顧客のためにより良いサービスとはどのようなものであるかを定義し，開発すること，また，多国籍企業のお客さまの発展を国際的にサポートすることを可能にしてくれます」と述べています．

NTTの澤田純社長は，「NTTグループは『Your Value Partner』として，事業活動を通じて，研究開発やICT基盤，人材などさまざまな経営資源や能力を活用し，パートナーの皆様とコラボレーション（協業）しながら，デジタルトランスフォーメーションの推進により，社会的課題の解決をめざしています．OrangeはAI，IoT，5Gなどの先進的な技術分野において，密に連携すべき重要かつ革新的なパートナーです．今回の協業を通じて，OrangeとNTTは相互に経営資源や能力を発展させ，さまざまな産業分野や国際的なイベントにおけるデジタルトランスフォーメーションの推進を加速化していきます」と述べています．

■共同検討領域

今後追加の可能性がありますが，現在検討している分野は以下のとおりです．

① 5Gとネットワーク：5G，LoRa，SDN（Software Defined Networking），NFV（Network Functions Virtualization：ネットワーク機能仮想化），ホワイトボックス技術を使うオープンエコシステム等

② IoT：コネクティッドカー，ドローン，M2M（Machine to Machine），スマートシティ等における膨大な機器がつながるバリューチェーン

③ AI：通信事業におけるAI活用

④ 通信サービス，クラウド，災害予防，統合サービス等のためのセキュリティ

⑤ 世界的，文化的イベントにおける超高臨場感通信技術等

◆問い合わせ先

NTT広報室
TEL 03-5205-5550
URL http://www.ntt.co.jp/news2019/1902/190220a.html