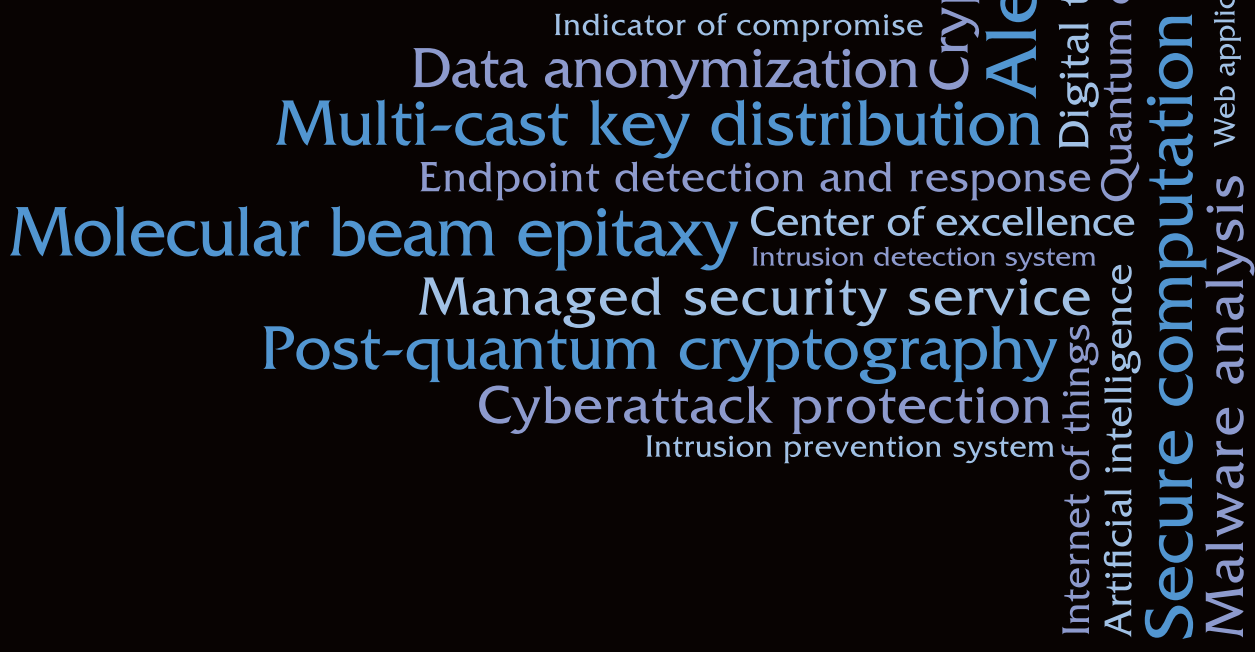
ISSN 0915-2318　平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和2年2月1日発行　毎月1回1日発行　第32巻第2号（通巻371号）

NTT技術ジャーナル

新しいValueの創出に資するセキュリティR&D

つくばフォーラム2019 基調講演/ワークショップ



■トップインタビュー
木谷　強　NTTデータ　取締役常務執行役員　技術革新統括本部長

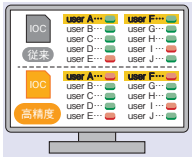
■グループ企業探訪
NTTマーケティングアクト

■from NTTコミュニケーションズ
DXで社会的な課題の解決をめざす「Smart World推進プロジェクト」
――Smart FactoryとSmart Healthcare

2 2020
Vol.32 No.2

トップインタビュー

特集　新しいValueの創出に資するセキュリティR&D ….. 8



特集　つくばフォーラム2019 基調講演/ワークショップ

from ★NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

NTT技術ジャーナル

挑戦する研究者たち

グループ企業探訪

from◆NTTコミュニケーションズ

R&Dホットコーナー

Event Reports

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/

■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/

View from the Top

トップインタビュー

木谷　強　NTTデータ　取締役常務執行役員　技術革新統括本部長

◆PROFILE：1983年日本電信電話公社に入社．2012年NTTデータ技術開発本部長，2016年常務執行役員 技術革新統括本部長 技術革新統括本部 システム技術本部長を経て，2017年６月より現職．

拡充，進化，最大化の３戦略でチャレンジ めざせ！グローバルトップ５

2019年，「Brand Finance IT Services 15 2019」（ブランドファイナンス）において，NTTデータは９位にランクインし，世界にそのブランド価値を示しました．世界53カ国でグローバル展開に邁進するNTTデータ．2019年５月に発表された中期経営計画と日々のビジネスへの姿勢について，木谷強NTTデータ取締役常務執行役員に伺いました．

人や文化の理解，社会課題における先見の明が鍵となる

◆中期計画について教えていただけますでしょうか．

2019年５月に発表した中期経営計画では，お客さまへの提供価値を最大化するためにデジタルトランスフォーメーション（DX）をさらに加速するとともに，グローバルシナジーを高めていくための戦略として「グローバルデジタルオファリングの拡充」「リージョン特性に合わせたお客さまへの価値提供の深化」「グローバル全社員の力を高めた組織力の最大化」の３点を掲げ，これにより，2021年度に売上高2.5兆円，営業利益率８％をめざします．これはかなりチャレンジングな目標です．また，ITサービス業界の売上高グローバルトップ５に入ることも同時に目標として打ち出しています．現在８位に位置付けているとはいえ，競争相手はかなり強いですから北米や欧州などでビジネスを拡大し，海外売上高比率をさらに高めていくことで，売上高トップ５を実現させたいと思っています．こちらもチャレンジングではありますが，世界中のお客さまに信頼されるイノベーション企業としてのブランドを浸透させていきたいと考えています．

1番目の「グローバルデジタルオファリングの拡充」について，オファリングとは，中期経営計画では「強み」と言っていますが，その1つの例であるソリューションと考えていただければ分かりやすいと思います．国内外，グローバルで共通的に使えるソリューションです．業界別，特に金融，保険，自動車，流通，ヘルスケア，ライフサイエンス分野に注力して，これらのソリューションを国内外のメンバーとともに創造し，事業に提供しようと考えています．2番目の「リージョン特性に合わせたお客さまへの価値提供の深化」について，私たちがM&Aした会社はそもそも各地域でITサービスを展開しており，グローバルな視点に立ったとしても画一的なビジネスはできません．お客さまにおいても，そもそも展開していた事業でさえも違いますから，それぞれの地域の特性に合わせる必要があります．例えば，米国では現在，4000億円ほどの事業規模があり，アウトソーシングを中心に事業を行っています．ここでいうアウトソーシングというのは，業務アプリケーション開発，維持管理や，サーバ，PC，ネットワーク等のインフラ関連業務の一切合切を引き受けてサービスを展開する「ITアウトソーシング」と，いわゆる「ビジネスプロセスアウトソーシング」です．さらなる成長をめざすためにも，自動化のツール開発やプロセスを整理することもすでに始めていますから，各地域においてもこれと同様に，地域の特性に応じた事業戦略を立てて実行していきます．

そして，最後の「グローバル全社員の力を高めた組織力の最大化」は，当社の共通の価値観であるValues（Clients First，Foresight，Teamwork）を基に，グローバルで社員の力を高めて組織力を最大化することです．現在，社員のデジタル対応力，技術力を高めるためにトレーニングを実施しています．こうした技術を駆使することで，新しいサービスの提案ができるだけでなく，生産性の向上も図ることができます．これは働き方改革にもつながると考えています．また，適切なガバナンス体制を構築して，大きな課題でもある，失敗プロジェクトのような不採算案件の抑止に取り組むとともに，情報セキュリティのガバナンスも強化していきます．特に，情報セキュリティについては，私たちもお客さまも，さまざまな攻撃を受ける可能性があり，それに対応して会社組織やデータを守るためにZENというプロジェクトを立ち上げ，新しいセキュリティやITの仕組みをうまく応用してグローバルで取り組んでいます．

◆3つの戦略を鑑みたときのカギは何でしょうか．

人や文化の理解と，世の中に求められていることへの先見の明だと思います．

NTTデータグループは現在，国内外に約13万人の社員がおり，そのうちの9万人あまりが国外の社員です．断然国外の社員数が多く，売上も国外は約41％ですから，当然お客さまも国外が多くなってきていることを意味しています．こうした状況において，日本のみの考え方ではなく，国外も含めて戦略を考えていかなければいけません．それぞれの地域，国ごとに文化的背景が異なり，その文化的背景に立脚してビジネスが成立しています．こうした文化的背景をお互いに理解して初めてグローバルとしての戦略になり，NTTデータグループがグローバル一丸となって事業を伸ばしていくことができるのです．

そして，先端技術，イノベーションの推進も重要で，これらをうまく活用していくことで世の中の期待にこたえることができ，経営計画でめざすところに到達できると考えています．これが先見の明です．

私は技術担当として，グループ全体の技術戦略とイノベーション戦略を企画，実行していく立場にあり，グループとして注目すべきテクノロジやその応用，開発を推進しています．新しい技術を，お客さまに分かりやすく，そしてどう役立つかをしっかりお伝えしていくことが必要となりますが，そのためにはニーズを把握し，そこで求められている技術を実現して，安定的に提供していくことが重要となります．これをグローバルで推進していくためには，相応の技術力が必要となります．特に新入社員にはしっかりと技術を勉強してもらい，その後OJT（On the Job Training）で経験を積んでもらっています．

最近の技術として，人工知能（AI）関連はかなり事業も伸びてきていますし，注力しています．AIの活用分野の中でも特に力を入れているのはヘルスケア分野です．分かりやすいのは医療画像のAI診断です．例えばX線やMRI，CTスキャンの画像を放射線科の医師等の専門家が診断していますが，それをAIで支援しています．精度はかなり高いので，医師不足問題への対応や誤診等を少なくするなどにも役立てられています．深層学習の取り組みも増やして国外で連携しています．これに向け

て，専門的能力と専門的技術を持ち，指導的立場でその知識を広めることを業務とするCoE（Center of Excellence）を立ち上げました．そこでは，NTTデータ全体の技術知識集約組織として，良い事例や方法を集約して，お客さまのプロジェクトを支援し，社員のトレーニングも手掛けています．これはかなり大きな動きとなりました．

また，私たちは，国内外でソフトウェアを開発していますが，その生産性向上はとても重要です．現在はソフトウェア開発の自動化に努めています．大きな取り組みでいえば，設計情報から自動的にプログラムのソースコードを生成して動かすこと，そして，クラウド上でのさまざまな開発ツール等を潤沢に準備した開発環境の提供です．

寸暇を惜しんで交流を図る

◆これらの任務を遂行する際に大切にしていることを教えてください．

話をすること，コミュニケーションが大切だと考えています．先述のとおり3つの戦略のキーポイントでもありますが，考え方や文化は，もちろん日本国内においても違いますが，世界各国でそれぞれ違いますから，その違いを理解していくことがとても重要だと考えています．理解するためには直接会って話すのが一番で，極力会う機会を設けるようにはしていますが，なかなか難しい部分もありますので，頻繁に電子メールのやり取りや電話をして，お互いに理解することを心掛けています．仕事をしている日中は朝から晩まで予定が詰まっているので，打ち合わせなどに参加している人とは話をできても，遠く離れている場所に出向くことはできませんから，どうしても電子メールや電話に頼ることになり，コミュニケーションをタイムリーに図れないこともあります．

ですから，できるだけ時間をつくることやさまざまなかたちのコミュニケーションを図るように努めているのです．このようなことを通して，いろいろな相談や提案をしにきていただくと私も信頼を得ているのだと実感します．これまで日々コミュニケーションを積み重ねて徐々に関係を築いてきたからであろうと思うのです．

私自身も上司には大変恵まれていて，入社以来上司にはよく話を聞いていただいています．私は研究者としてNTTグループでのキャリアをスタートしました．NTTデータに転籍し，それまでのように研究活動がうまくできないことがありました．悩んだ挙句，一念発起して「会社を辞めます．大学へ行かせてください」と，上司に話したのです．実はそのときすでに会社を辞めて米国の大学へ進学をする準備を進めていました．すると上司は，「大学へ進学するなら，会社から行けばいいじゃないか」と言ってくださり，結局会社を辞めずに2年間米国の大学へ進学させていただきました．私はこのときに大学へ行かせていただいたことが今の私の力になっていると確信しています．

この貴重な2年の間に手掛けた研究は自然言語処理で，テキスト分析をベースとするものですが，これは現在再び注目を浴びている分野です．この研究のみならず，米国でたくさんの人たちとコミュニケーションを図り，文化に触れたことは大きく，こうした研究も経験も，今の私の仕事にはとても活きています．まさにコミュニケーションの大切さを体現しました．

この留学も，会社における研究活動に行き詰っていたのがきっかけで，もし，この行き詰まりを挫折というならそうかもしれません．これに限らず小さい挫折はいつもあります．がっかりとすることや後悔もあります．しかし，これらの感情は時間が経つと忘れてしまうことがありますが，そのとき起きていた事象をファクトとしてしっかり覚えておくことが重要だと考えています．そうでなければ失敗や挫折を繰り返してしまいますからね．そして，周囲にもそのファクトを伝えるべきことは伝え，それ以外は忘れるのです．感情が尾を引いてしまうようでは，他の仕事へ影響してしまいます．

ファクトはしっかり確認し，それ以外は忘れる

◆これまでのファクトはどのようなかたちで蓄積されているのでしょうか．

打合せのメモも含めて10数年前からノートに書き貯めて保管していましたが，もう紙に書くのはやめました．なぜかというと，外に持ち出せないからなのです．お客さまの情報や会社の機密情報も含まれている重要なメモ

ですから，もし電車などの公共の場で落としてしまったら大変です．ですから，紙ではなく電子メモに変えて，暗号化して安全に保管しています．仮になくしたとしても簡単には読めない状態にしてあります．しかも，コンピュータに記録を残すことで，紙では難しかった検索ができるようになりました．過去のノートは10冊くらいありますが，今では私の机の引き出しの中にしっかりとしまってあります．

過去のメモを振り返ってみると，さまざまな施策を手掛けていることが分かります．私は技術支援をする立場にいますから，お客さまと大きな事業を直接手掛けることはありませんが，この２年間に私のチームの若手メンバーが国内外でいろいろな支援を始めていることも記されており，これは嬉しい軌跡です．

◆木谷常務にとって仕事とは何でしょうか．また，技術者の皆さんに一言お願いします．

仕事は楽しみです．新しいことができることが楽しいです．中でも最近一番楽しいのは，CoEでしょうか．国内外のさまざまな情報を集約し，それを使って多くの人や物事を支援するのですから，とても楽しいですよ．会社ですから，どうしても業績，数字は重要で，売上や利益に結びつける必要があるのですが，これも喜びの１つです．数字や業績の達成感は私だけではなく，メンバーの喜びにつながります．ただ，それだけではなく何かを達成したことが世の中への貢献につながっているという気持ちが重要なのです．会社に貢献することが社会に貢

献することにつながりますからね．ビジネスのみならず，豊洲駅や近隣のゴミ拾い等CSR活動も積極的に取り組んでいますが，これも社会に貢献しているという実感や気持ちを持つことにつながり，楽しいです．

技術者の皆さんには専門家になってほしいとお伝えしています．私たちはマーケットにおいて競争もしていますから，専門知識を高めて，各分野においてトップレベルをめざしてほしいと思います．トップレベルをめざすには日々の勉強とプロジェクトにおいての成果を出すことです．社会にはさまざまな情報があふれています．それを具にみて新しい情報を仕入れて，自分なりに試すことが大切です．

（インタビュー：外川智恵／撮影：大野真也）

■参考文献

⑴ https://www.nttdata.com/jp/ja/news/information/2019/022801/

インタビューを終えて

すらりとしたいで立ちの木谷常務のご趣味はジョギングです．今年はインフルエンザや気管支を痛めたこともあって，４カ月ほど走れない時期がおありだったとか．

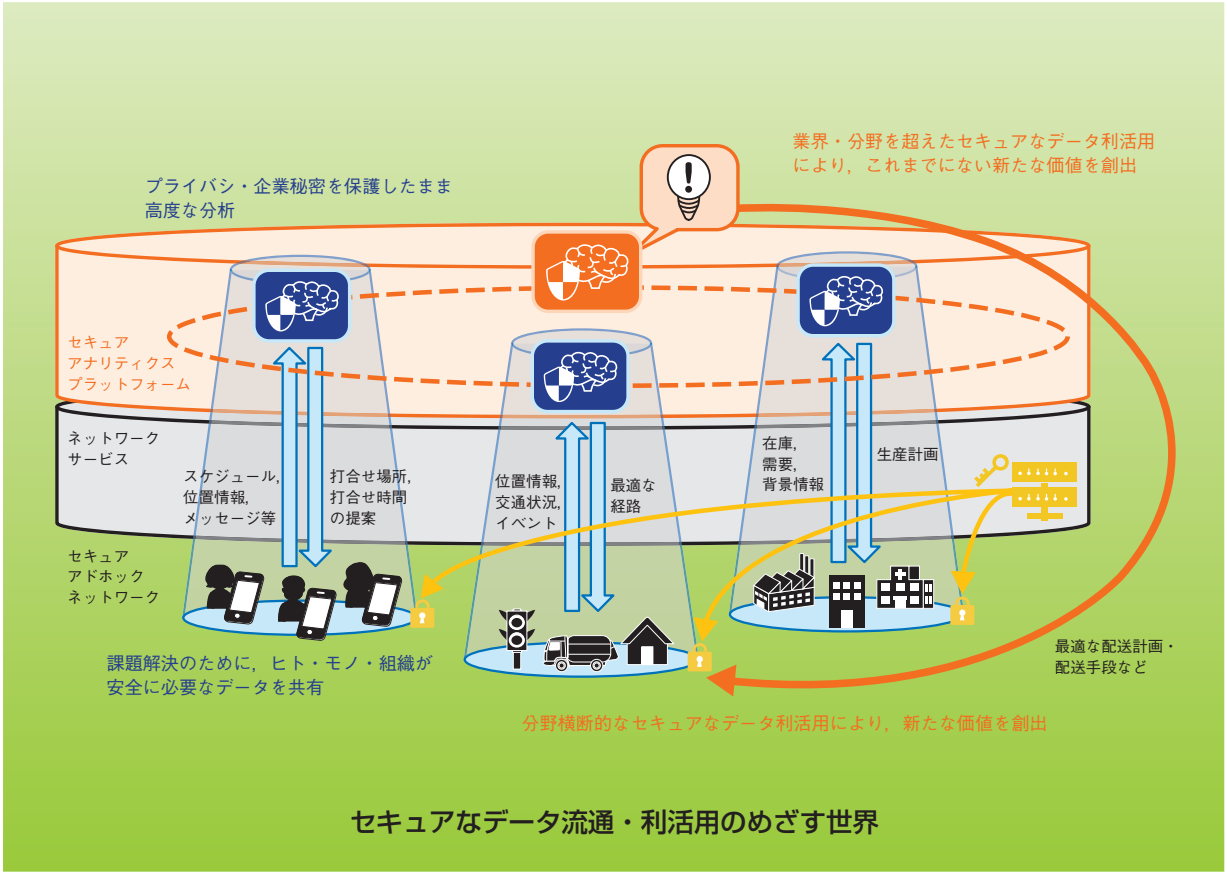
しかし，秋には復帰して週に２回，１度に約８キロ，ご自宅の周辺を走られているといいます．週末にゆっくりと走りながら頭の中を空にする時間をつくられている木谷常務．「頭が空っぽの状態，実に気持ちがいいんですよ．一度，走りながら暗算をしてみようと思ったら，全くうまくいかない．本当に空っぽになっているんだなと実感しました」と，少年のような笑みを浮かべてお話になられました．研究者としてキャリアをスタートされた常務らしく何事もまずはトライの姿勢で臨まれるようです．卓球や草野球も嗜まれるなど文武両道の木谷常務は11年前に草野球で骨折した経験をお持ちで，この怪我をきっかけにジョギングを始められたといいます．一瞬，マイナスにも思えるきっかけをプラスに転じさせる木谷マジック，10年以上にわたって蓄積されたノートにもその秘訣がしたためられているかもしれません．情熱を携えながら，冷静に社会を見据える姿勢を学ばせていただいたひとときでした．

特　集

新しいValueの創出 セキュリティR&D

データ利活用　多者間鍵共有　秘密計算AI　アラートトリアージ　高機能暗号

本特集では，ICTのさらなる普及・発展によってもたらされるさまざまな恩恵によって実現されるスマートな世界をより安心・安全なものにしていくために必要となるセキュリティR&Dについて，NTTセキュアプラットフォーム研究所の取り組みを紹介する．



セキュアなデータ流通・利活用のめざす世界

に資する

新しいValueの創出に資するセキュリティR&D

NTTセキュアプラットフォーム研究所では，来たる「スマートな世界」に必要となるセキュリティ技術の研究開発（R&D）に取り組んでいます．本稿では，スマートな世界に求められる「安全なデータ流通の世界」を示すとともに，その世界を支えるNTTセキュアプラットフォーム研究所の取り組みを「スマートな世界を守るセキュリティ」および「スマートな世界を創るセキュリティ」の2つの側面で紹介します．

ひらた　しんいち
平田　真一

NTTセキュアプラットフォーム研究所　所長

スマートな世界

デジタルデータの実世界での活用は,「デジタルトランスフォーメーション」とのキーワードに代表されるように社会活動上のさまざまな場面で人々が直面するようになり，人々の生活，暮らし，働き方が急速に変化しつつあります．

現在，社会活動のさまざまな場面においてフィジカル空間から多量のデジタルデータが取得され，活用されています．この多量のデータをサイバー空間で高度に処理し，フィジカル空間に還元・活用すること，さらにその営みを通じて，すべての人が安全に自分らしくに暮らせること，社会が円滑に活動できるようにすること，を私たちはめざしています．私たちは，こうした世界観を「スマートな世界」と呼んでいます．

「スマートな世界」では，安全で健やかに過ごせる住環境や，自分専用のカスタマイズが可能な生活環境を満たす「個人の最適化」が実現すること，および予測に基づき全体最適が図られる産業システムや，働き手の都合に柔軟に対応可能な労働環境など「社会の最適化」が実現すること，を想定しています．私たちは，この「スマートな世界」に欠かせない，大量のデジタルデータの安心・安全な流通に必要なセキュリティ技術の創出に取り組んでいます．

最近のセキュリティ動向

「スマートな世界」の実現に向けて社会が大きく変革しようとしている昨今ですが，「スマートな世界」が描く便利で豊かな世界を前に，現状のサイバー空間ではどのような脅威がもたらされているのでしょうか．

IT分野では，メール等を使い企業から経営情報を詐取し，脅迫や詐欺を行う「ビジネスメール詐欺」や，情報機器の製品ライフサイクル（設計，製造，使用，破棄）の上で脆弱な関係者（取引先, 受委託先）を標的とする「サプライチェーン攻撃」, そしてソーシャルネットワークを悪用したフェイクニュースの活発化が特筆されます．

ビジネスメール詐欺は，企業の情報システムに侵入し，企業の取引情報や経営情報を詐取した攻撃者が，侵入先企業になりすまして侵入先企業の取引先など関係者に対し偽の情報交換を行うなどして，金銭や企業の機密情報の詐取を試みる攻撃です．

米国FBI インターネット犯罪苦情センタ（IC3）は2019年4月，2018年の米国国内におけるビジネスメール詐欺の被害件数が35万1937件（前年比+17%），被害金額27億ドル（同+46%）にのぼることを示しました[(1)]．

また，サプライチェーン攻撃は，製品の設計・製造課程や流通過程に侵入し，第三者への攻撃を可能とするハードウェア, ファームウェア, ソフトウェアなどを市中に流通させることで，端末やシステムからの機密情報の詐取，機能停止を試みる攻撃です．市販のPCや，スマートフォンに対し，攻撃者がバックドアを含むファームウェアやソフトウェアの配布に成功した事例が明らかになっています．

OT（制御ネットワーク）分野，IoT（Internet of Things）分野では，重要インフラを対象とした攻撃事例の増加が挙げられます．電気，ガス，水道，通信，放送，交通など人々の生活を支える公共財の内部で稼動する制御ネットワークを標的とした攻撃は，これらの設備そのものを攻撃対象とします．これらの設備の停止や破壊につながる行為は，例えば発電所の発送電の停止，ひいては大規模停電（ブラックアウト）を引き起こすなど，国民生活を

大きく混乱させることが想定されます．

以上のセキュリティ脅威動向に共通していえることは，これまでのサイバー攻撃が企業や団体が対象とされてきたことに対して，近年は，一般市民の安全や，国家そのものの価値の毀損させる，より大規模な標的を対象とした攻撃に進化しつつあることが挙げられます．

スマートな世界を守るセキュリティと，スマートな世界を創るセキュリティ

それでは，来たる「スマートな世界」に向けて，私たちはどのようなセキュリティ技術を提供していかなければならないのでしょうか．

私たちは「スマートな世界を守る」と「スマートな世界を創る」の2つのキーワードに着目しています．「スマートな世界を守るセキュリティ」とは，サイバー攻撃からIT，IoT，ISPなどさまざまなネットワークやITシステム，利用者を防御する技術です．また，「スマートな世界を創るセキュリティ」とは，暗号技術を応用して安全なデータ流通を促進し，企業活動の活性化や安全な日々の暮らしを実現するための積極的なデータ利活用を支え，先に挙げた「スマートな世界」を創り上げる技術です．この2つのキーワードをセキュリティ研究開発の両輪と位置付けて活動しています．

スマートな世界を守るセキュリティ

「最近のセキュリティ動向」の項で述べたように，現在，日々新たなサイバー攻撃手法が登場し，その内容は「攻撃の巧妙化」，および「攻撃の数的拡大」がなお一層高度化すると予想されています．

サイバー攻撃の巧妙化，数的拡大は企業や組織におけるセキュリティリスク増大をもたらします．セキュリティリスクを構成する要素は，「脅威」「脆弱性」「企業や組織が守るべき資産」に大別されます．しかし，個々の企業や組織が負担可能なセキュリティ対策コストはセキュリティを重視する先進的な大企業であってもITシステム予算のおおむね15%程度，中小企業においては5％以下，と限界があり，今後のサイバー攻撃の拡大に対抗するためには，企業や組織のサイバー攻撃に対する防御，対策能力の抜本的な向上が必要です（**図1**）．

私たちは，企業や組織のサイバー攻撃に対する防御，対策能力の向上を図るため，「サイバー攻撃の巧妙化」に対応する「エンドポイント端末のマルウェア検知の高度化技術」「悪性ドメイン判定の高度化技術」「ユーザの心理的な弱みに付け込む攻撃への対抗技術」また「サイバー攻撃の数的拡大」

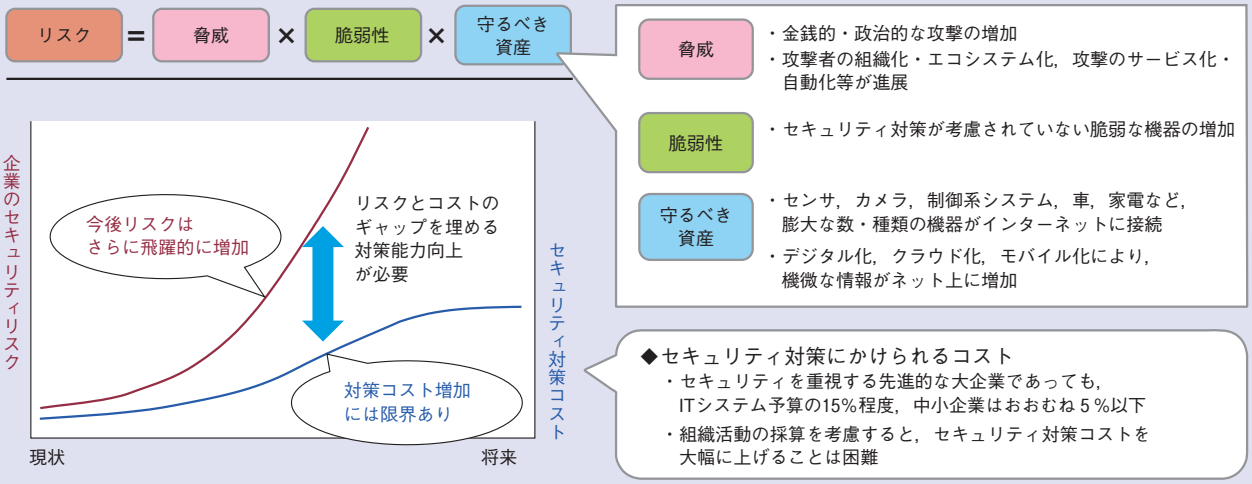


図1　企業のセキュリティリスクと対策コスト

に対応する「運用効率化技術」「分析・判定の省力化技術」に代表される研究開発に取り組んでいます.

一方で，OT/IoT分野におけるサイバー攻撃に対抗するためには，IoT機器や制御機器など多種多様な機器が接続されることを想定したうえで, 設計, 製造，流通，構築，運用，破棄のサプライチェーンや製品ライフサイクルを通じた安全性の担保や，産業分野間で連携した多層的な対策が行われることが求められています.

例えば，IoT化が進む工場，ビル，農業，監視・保守システム等を適用先と想定し，製造，流通段階，運用段階におけるIoT機器や制御機器の「ソフトウェア改ざん」を検知する「IoT機器向け真贋判定技術」，運用段階における「運用中の不正動作」を検知する「サイバー・フィジカル異常検知技術」などの研究開発に取り組んでいます. また，自動車向けセンサネットワークや自動走行車両など，モビリティ分野の高度化に合わせ，車両による攻撃や車両に対する攻撃を迅速かつ高精度に検知・解析する「車載ネットワーク上でのリアルタイム異常検知技術」「クラウド上での攻撃検知技術」や，虚偽センサデータの混入による交通情報の混乱を防ぐ「虚偽センサデータ検知技術」などの研究開発に取り組んでいます.

OT/IoTシステムにおけるサイバー攻撃への対策は，これらの技術に加えて，ITセキュリティ，セーフティ（機能安全），物理セキュリティの相互依存性を踏まえた統合的な対策技術の創出やルールの策定が求められています.

スマートな世界を創るセキュリティ

「スマートな世界」の実現のためには「安心・安全なデータ流通・利活用」を支える技術，すなわちデータの囲込みやプライバシ侵害，不正利用により生まれる問題を解決し，データの生成・流通・分析・破棄に至るまですべての価値創造プロセスをセキュアに行い，分野横断的にデータを利活用できる柔軟で安全な共有・分析の仕組みが必要不可欠です.

これまでデータは単一の企業体の内部のみで保有, 利用されてきましたが,「スマートな世界」の実現には，目的に合わせ安全に必要なデータを組織間で共有するため，組織間でプライバシや企業秘密を保護したままデータを組み合わせて高度な分析（統合分析）を行う仕組みや，分野横断的に統合分析

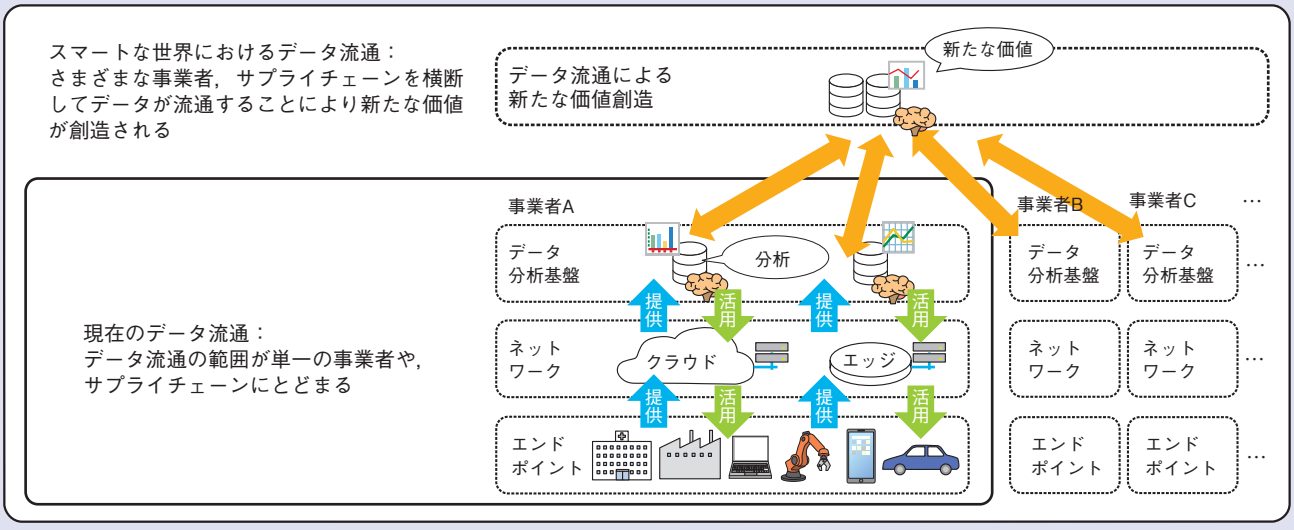


図 2　スマートな世界におけるデータ流通

した結果を基に多様な課題を解決・社会へ還元する仕組みが求められます．これらの仕組みにより，業界・分野を超えたセキュアなデータ利活用が可能となり，これまでにない新たな価値の創出が可能となります（**図2**）．

私たちは，こうした価値創造を実現する核となる技術としてデータを暗号化したまま計算する「秘密計算技術」，パーソナルデータの安全な活用を可能とする「匿名化技術」に取り組んでいます．

一般的に，取得したデータを分析・活用する際には，サーバにて暗号化して保存されているデータを復号した実データを処理しなければならず，企業秘密や個人のプライバシにかかわるデータの利活用が進んでいない，との課題がありました．「秘密計算技術」では，個人や企業にかかわる情報の取り扱いに配慮しつつ，目的に応じて必要なデータを組織間で相互利用し，世の中の課題解決を進めやすくする世界を創ることを支えます．私たちは，「秘密計算技術」に関連して，暗号化したままディープラーニングの標準的な学習処理ができる世界初の技術を2019年9月に発表しました．

また，「匿名化技術」では，NTTセキュアプラットフォーム研究所の独自技術を含む，多様な匿名加工情報の作成を可能とします．2017年の改正個人情報保護法の施行により，個人情報を匿名加工情報として加工すれば，本人の同意なく第三者に提供することが可能になりました．私たちの「匿名化技術」は，こうした法制度に対応した技術で，NTTテクノクロスより「匿名加工情報作成ソフトウェア」として製品化されました．

CoE活動

私たちは，NTTグループがスマートな世界を支えるために必要な競争力の源泉となる技術創出として，CoE（Center of Excellence）活動に積極的に取り組んでいます．

CoE活動を通じて，私たちが擁する高度な人材が，学術界や専門家コミュニティを牽引しています．サイバーセキュリティの分野では，専門家コミュニティや世界的なセキュリティコンテストの運営，大学と連携した人材育成に力を入れて取り組んでいます．また，データセキュリティの分野では，10年，20年先を見据え，暗号理論を代表とする世界最先端の研究として，次世代の秘密計算といえる「完全準同型暗号」や，量子コンピューティングが実現されても安全性が保たれる「耐量子暗号」，さらには量子コンピューティングに関する研究も進めています．

私たちは，こうして蓄えられた知見をNTTグループ各社で活用するためのコンサルティング活動にも力を入れており，プライバシ保護や法制度を遵守した安心・安全なシステムやアプリケーションの開発を支援しています．

今後の展開

このように，セキュリティに関するさまざまな研究開発活動に取り組むNTTセキュアプラットフォーム研究所は，NTTグループのセキュリティ技術の高度化，差異化の源泉となるべく活動し，安心・安全な「スマートな世界」の実現に努めていきます．

■参考文献

(1) https://www.fbi.gov/news/pressrel/press-releases/fbi-releases-the-internet-crime-complaint-center-2018-internet-crime-report

平田 真一

私たちは，「スマートな世界」の実現に向けて市民，企業，国家のあらゆるレベルでのセキュリティ対応能力を向上させるために，セキュリティR&D成果を持続的に創出し，NTTグループひいては，国，世界レベルでの技術貢献に尽力していきます．

◆問い合わせ先
NTTセキュアプラットフォーム研究所
企画担当
E-mail　scpflab@hco.ntt.co.jp

データ流通の将来像とそのセキュリティ技術

デジタルトランスフォーメーション（DX）の加速によりデータの価値は以前にも増して高まるとともに，セキュリティのリスクやプライバシに関する懸念が高まりつつあります．NTTセキュアプラットフォーム研究所では，この課題を暗号技術で解決し，個人・組織が所有するデータを目的に合わせて必要最小限で提供し，課題解決につなげる世界をつくっていきたいと考えています．本稿では，このような世界における安全なデータ流通を支えるNTT研究所の具体的な取り組みを紹介します．

みやざわ としゆき ふくなが としのり
宮澤 俊之 /福永 利徳
たかはし げん きくち りょう
高橋 元 /菊池 亮
たかはし せいじ はせがわ さとし
高橋 誠治 /長谷川 聡
NTTセキュアプラットフォーム研究所

データ流通の将来像

近年，さまざまな分野でデジタルトランスフォーメーション（DX）の加速により，企業や組織のヒト・モノ・プロセスなどのデータ化が進み，高度な分析処理により価値創造や業務効率化などの課題解決につながることが期待されています．これに伴いデータの価値が高まる一方で，セキュリティのリスクやプライバシの懸念も増しています．

企業活動のグローバル化やクラウド・IoT（Internet of Things）の普及によって，多種・多様なエンティティ（人・端末・組織など）が相互接続し，さまざまなデータの授受や共有が進むにつれ，企業や個人にかかわるデータの窃取・漏洩のリスクは高まっています．また，DXにおいて重要な役割を果たすAI（人工知能）や機械学習において個人情報や企業情報の利活用するためには法的な制約やプライバシ等に関する懸念があります．

このようなリスクや懸念を払拭するために，NTTセキュアプラットフォーム研究所では暗号技術を使って，個人・組織のモノ・ヒトに関するデータが目的に合わせて安全に相互流通し，課題解決につなげる世界を実現していきたいと考えています（図1）．本稿では，このような安全なデータ流通を支える技術として，あらゆる通信をエ

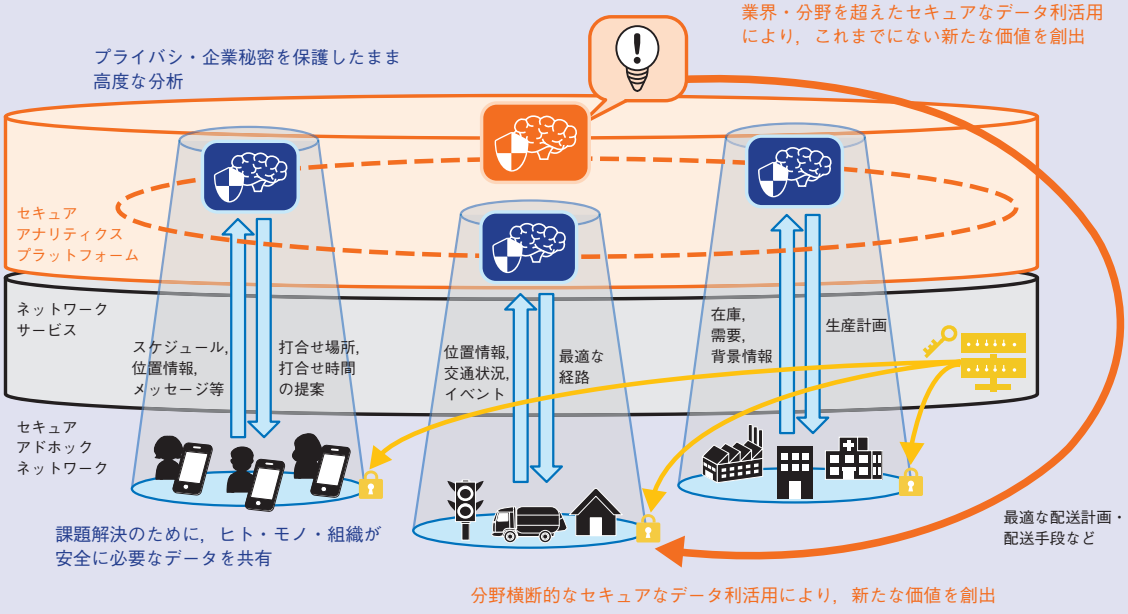


図1　セキュアなデータ流通・利活用のめざす世界

ンド・ツー・エンドで保護する「データの暗号化とその関連技術」，企業秘密やプライバシを保護しながら高度な統合分析を可能とする「秘密計算AI」，個人を特定できないようにパーソナルデータを加工し，これらの情報の利活用を促す「匿名加工技術」について説明します．

データの暗号化とその関連技術

データ流通で行われる重要なデータの授受や共有は，それを行う複数のエンティティの間でのみでき，それ以外には一切情報が漏れないことが重要です．特に最近では，サービス提供者からの情報漏洩リスクも考慮し，データ流通サービスを提供する企業やそのシステム管理者に対してさえもデータを秘匿したいというニーズが高まっています．これを実現するために，信頼するエンティティ間で暗号の秘密鍵を共有し，授受や共有するデータをその秘密鍵で暗号化すること，またそのうえで共有データを検索できることが好ましいですが，大きな技術課題が2つあります．

1番目の課題は，複数エンティティでの効率的な鍵の共有です．データ流通サービスでは，多くエンティティでの鍵の共有が必要ですが，多くのシステムで使われている2者間で鍵を共有するプロトコルを繰り返し実行することは大変非効率で非現実的です．

これに対しNTTでは，サービス提供者が設置する鍵仲介サーバを介して複数のエンティティ間で効率的に鍵の共有ができる技術の研究に取り組んでいます．このとき，鍵仲介サーバでは共有される鍵が復元できないことが原理的に保証されています．現在では，エンティティの数によらずに一定の時間で効率的に鍵の共有ができる方式を発明しています．これにより「その時点で通信にかかわる任意の数のエンティティのみによる，情報流通サービス提供者からも秘匿されたデータの授受・共有」が実現されます．

2番目の課題は，暗号化された共有データのデータ流通サービス提供者の計算機資源を用いた検索です．データ流通サービスはクラウド型で提供されるケースが多く想定されるため，共有データの検索をデータ流通サービス提供者の計算機資源を用いて行うことが望ましいですが，検索のために暗号化データを復号してしまうと，サービス提供者へのデータ秘匿ができません．そこでNTTでは，データとは別に検索インデックスを暗号化し，それを暗号化したまま検索することでこれを実現する方法を研究しています．上述したとおり，共有データはエンティティの追加や削除のたびに頻繁に再暗号化されるため，処理が複雑になるのですが，これを効率的に行う方式を考案しています．

上述した2つの技術の関連技術として，エンティティの追加や削除のたびに，共有する鍵の更新や，それに伴い暗号化された共有データを復号せずに新しい鍵で再暗号化を効率的に行う技術も考案しています．これらの技術を組み合わせ，サービス提供者に対してもデータの内容を漏らさない，電話・チャットなどのコミュニケーションサービスをすでに商用化しています[(1)]．

秘密計算AI

通常，データを利活用するためには，通信時や保管時に暗号化していたとしても，処理を行う際には元データに戻して処理する必要があります．このことは，データ所有者からすると情報漏洩のリスクを感じることから，企業秘密や個人のプライバシにかかわるデータの利活用に抵抗感を持つユーザや組織が少なくありません．特に所有者から他者，または同一組織内であっても，データを提供して積極的に利活用したい場合には，このことは大きな障害だと考えられます．

NTTはそのような要因の解消に貢献するため，データを暗号化したまま処理ができる秘密計算技術の研究開発を世界に先駆けて取り組んでいます．NTTが取り組む秘密計算技術は，ISO国際標準である秘密分散技術を利用して暗号化されたデータを，一度も元データに戻さずに分析を行うため，企業の秘密情報や個人のプライバシにかかわる情報などの情報を安全に，安心して提供し利活用できる社会の実現に貢献すると期待されています．これまでに，統計分析を行う秘密計算技術は実用段階に達しています．

現在，NTTではさらに高度な分析ができる秘密計算技術の研究開発を進めており，最近では，AIの中でも活用が進み始めているディープラーニングの標準的なアルゴリズムを，暗号化したまま一度も元データに戻さずに処理できる技術を世界で初めて実現しました[(2)]．これは，ディープラーニングでのデータ活用に必要な①データ提

供，②データの保管，③学習処理，④予測処理，のすべてのステップを暗号化した状態で行うことができることを意味します（**図2**）．この技術によって，AIを用いてデータ活用する際に，データ所有者が安心してデータを提供でき，データの量や種類の増加や，これに伴う精度向上・高度分析の実現につながると考えています．例えば個人の位置情報やスケジュールを暗号化したまま，天気や企業のイベント情報などと併せて学習することで，最適な飲食店の仕入れや人員リソースの配備を予測することや，レントゲン写真，MRI，CTスキャン，顕微鏡写真などの医療データを秘匿しつつ学習し，検査結果に悪性腫瘍があるかなどを高速かつ精度良く判定することが可能になると期待されます．

今後はAIの知見を持つパートナーと連携して実証実験等を行うことで，秘密計算を使ったディープラーニングの効果を実証していきたいと考えています．

匿名加工技術

近年，パーソナルデータの利活用に注目が集まり，市場が本格的に活性化しようとしています．NTTでは，パーソナルデータの安全な利活用を促すデータ加工技術の研究を進めています．

2017年施行の改正個人情報保護法によって，個人情報を特定の個人を識別することができないように加工し，当該個人情報を復元できないようにした「匿名加工情報」は，本人の同意なしでも目的外利用，第三者提供が可能となりました．例えば，小売事業者が持つ購買履歴データを匿名加工情報にすることで，製造事業者が消費者属性と購買傾向に基づいた新製品開発を行うことができます．

匿名加工では，匿名性だけを高めようとすると，元のデータの特徴が大幅に損なわれ有用性の低いデータとなってしまいます．そのため，データ保有者の個人識別のリスクを低減したいというニーズと，データ活用者の元データの特徴が保持されたデータを入手したいというニーズの両方を満たす最適な匿名加工が必要となります．NTTは，匿名性と有用性のバランスの取れた匿名加工情報の作成を支援する「匿名加工情報作成ソフトウェア」を開発しました．本ソフトウェアは2018年よりNTTテクノクロスから提供可能となっており，医療・金融分野を中心に市場展開が進められています．

本ソフトウェアは，個人情報保護委員会が規定した匿名加工情報の加工基準1号～5号に対応するための多彩な匿名化技法，評価技法を備えています．特徴的な技法としては，撹乱的な手法によりデータの粒度を変えず高い有用性を確保するNTT独自の匿名化技法であるPk-匿名化を備えています．従来技術であるk-匿名化は「33歳」を「30代」，「東京都千代田区」を「東京都」にするなど，データを抽象化することによってk-匿名性*を担保する手法ですが，情報損失が課題の1つでした．これに対し，データを撹乱させるPk-匿名化を導入することにより情報損失がなく，より正確で幅広い分析が可能となります（**図3**）．

NTTは，データがより活発に利活用される世界の実現をめざし，個人識別のリスクを低減する研究だけでなく，個人の属性の推測リスクを低減する研究にも取り組んでいます．データ利活用において統計情報のような計算結果を用いる場合，例えば2人分のテストの平均点を用いると，1人分の点数を知る人はもう1人分の点数を推測できてしまうという問題があります．このような計算結果に対するプラ

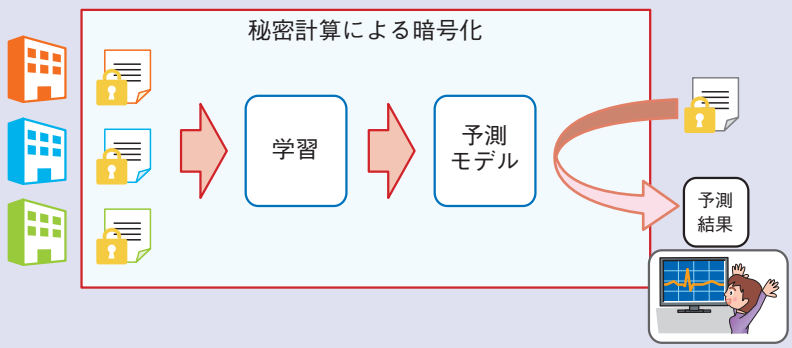


図2　秘密計算AI

＊k-匿名性：加工後のデータから対応する個人を1/k以上の確率で識別できない特性．

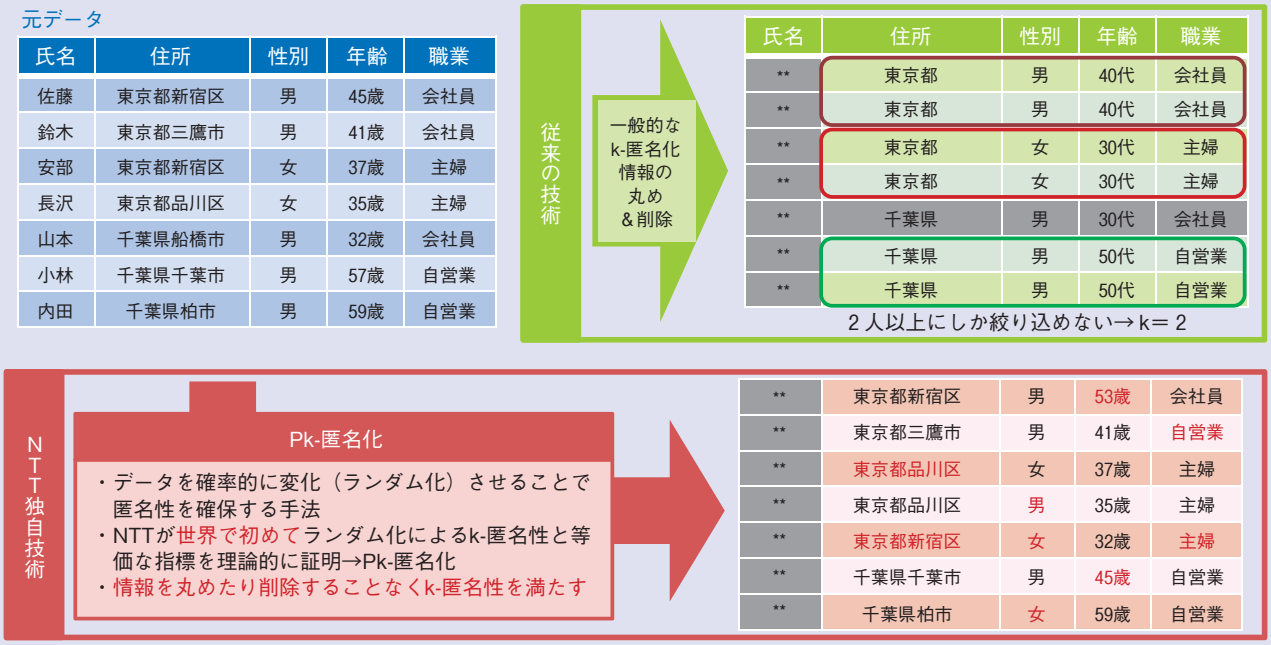


図3　Pk-匿名化の概要

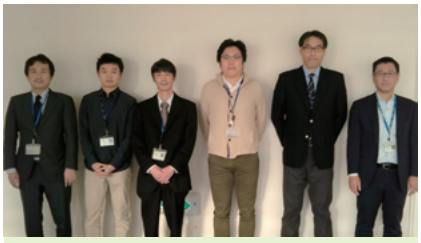
イバシは，出力プライバシと呼ばれ統計分野で広く研究が行われており，NTTでは特に，データ分析技術として有望な機械学習の出力プライバシに注目し，リスク分析技術，保護技術の研究を進めています．

今後に向けて

冒頭で紹介した安全なデータ流通を実現するために，NTTでは本稿で紹介した技術以外にもさまざまな暗号技術の設計・開発に取り組んでいます．例えば，研究開発が加速している量子計算機の実現を見据えた暗号方式の開発やその安全性評価や，プログラムの処理内容を暗号学的に解析不可能にし，安全なプログラムの流通を可能とする暗号学的プログラム難読化などがその一例です[3]．暗号理論・技術の専門性を基に，NTTグループのお客さまや社会的課題の解決に貢献すべく，データセキュリティの研究開発に取り組んでいきます．

■参考文献

⑴ 吉田・岡野・奥山・小林：“サーバからの漏洩・盗聴を防ぐ暗号ビジネスチャット”，NTT技術ジャーナル，Vol.29，No.2，pp.18-22，2017.
⑵ https://www.ntt.co.jp/news2019/1909/190902a.html
⑶ 草川：“耐量子暗号技術の研究動向，”NTT技術ジャーナル，Vol.31，No.2，pp.23-26，2019.



（左から）宮澤　俊之／長谷川　聡／
高橋　誠治／菊池　亮／
福永　利徳／高橋　元

私たちは，最先端の暗号理論研究から次世代の暗号通信・システム方式の研究まで幅広くデータセキュリティの研究に取り組んでいます．増加するデータの安全性を確保しつつ，活用可能とする技術の実現によって新ビジネスの創出と課題解決に貢献していきます．

◆問い合わせ先
NTTセキュアプラットフォーム研究所
企画担当
E-mail　scpflab@hco.ntt.co.jp

攻撃の痕跡に着目するサイバー攻撃対策の最前線

岩村 誠 /鐘本 楊
黒米 祐馬 /青木 一史
川古谷 裕平 /折原 慎吾
三好 潤
NTTセキュアプラットフォーム研究所

近年のサイバー攻撃は，巧みに標的を騙すことでマルウェアを企業網内に潜り込ませる傾向が強まっており，感染を未然に防ぎ切ることが困難になりつつあります．一方，外部に公開しているWebサーバなどに対しては，攻撃手法がよく知られるにつれ，攻撃頻度が上昇してアラートが多発し，どれから対処すべきか判断に困るようになりつつあります．本稿では，このような状況に打ち勝つための，攻撃時に残される痕跡に着目したサイバー攻撃対策の最前線の取り組みを紹介します．

エンドポイント防御の現状

企業をねらうサイバー攻撃や，そこで用いられるマルウェア（悪性なソフトウェア）は日々高度化しており，未然に攻撃の侵入を防ぐことが難しくなってきています．そうした中，マルウェアによる侵入を許してしまうことは前提とし，侵入後の対処を考慮したEDR（Endpoint Detection and Response）と呼ばれる技術が注目を集めています．

従来のセキュリティ製品は，マルウェアが実行される前にその外見上の特徴（マルウェアの実行ファイルに含まれるパターン等）をルールとして検知することで感染を未然に防いでいました．しかし，昨今のサイバー攻撃では，その外見上の特徴を変化させ，セキュリティ製品による検知を逃れるマルウェアが用いられるようになってきました．マルウェアの外見上の特徴は，比較的簡単に変化させることが可能です．一方で，感染後の振る舞いはマルウェアが行いたいことと密接に関係しており，外見上の特徴と比較して変化させることが難しいと考えられています．現在注目を集めているEDRは，マルウェアが動き出した後の振る舞いや，それらが残す痕跡を検出することで，こうしたサイバー攻撃に対抗しようとしています．

マルウェアに感染した際に残る痕跡を検出するルールはIOC（Indicator Of Compromise）と呼ばれ，EDR製品によっては利用者が独自につくったIOC（カスタムIOC）によって，マルウェア感染を検知することが可能になっています．以下では，マルウェア感染の痕跡とそれを検出するIOCの生成方法について解説します．

マルウェア感染の痕跡とその検出

ここで，ある端末にマルウェアが感染した際に“mal_a.txt”という名前のファイルが痕跡として残ったとしましょう．この痕跡を検出するには，ファイル名が“mal_a.txt”というIOCを用意すれば良さそうです．ただ，同じマルウェアがほかの端末に感染した際にはファイル名が“mal_b.txt”となる場合，元のIOCでは検出できなくなってしまいます．そこで少し工夫をして，ファイル名が“＊.txt”（＊は任意の文字列）というIOCを用意したとします．すると“mal_a.txt”も“mal_b.txt”も，もしかすると今後出てくるかもしれないほかの痕跡についてもカバーできそうです．ただ，EDRで監視している端末ではマルウェアではない通常のアプリケーションも動いています．もし，ある通常のアプリケーションが“leg.txt”というファイルをつくった場合，“＊.txt”というIOCではそのファイルをマルウェアの痕跡として検出してしまいます．従来技術が着目する外見上の特徴よりは変化しにくくなったとはいえ，IOCにも痕跡の変化に追随できるようにカバー率を上げつつ，誤検出を起こさない表現が求められます．

もう1点，IOCに求められることを考えるにあたって考慮しておくべきことがあります．実際にIOCでマルウェアへの感染が発覚したとしましょう．その後の対策の多くはセキュリティ技術者，つまり人間に委ねられることになります．マルウェアはどういった経路で侵入してきたのか，機密情報を外部に送信していないか，ほかに感染している端末はないか，これらを残されたログなどから解明することになります．時には，IOCが検知したものが何であるかを把握し，検知したIOCを改良してほかの端末を検査する必要性も出てくるでしょう．そのときに必要になるのは，人間が見て解釈しやすいIOCです．ある種の機械学習ではその

検知基準が非常に複雑で，改良することはおろか，理解することすら困難なアルゴリズムも存在します．一連の作業フローの中に人間が存在しているセキュリティの現場では，IOCの解釈性も重要になってきます．

IOCの自動生成

NTTセキュアプラットフォーム研究所では，さまざまな解析妨害機能を持ったマルウェアに対しても，その振る舞いを網羅的に抽出するマルウェア解析技術の研究開発に取り組んでいます．ここで紹介するIOCの自動生成技術[1]は，このマルウェア解析技術により抽出された挙動ログを入力として，高い検出精度とカバー率，解釈性を兼ね備えたIOCの生成を実現しています．具体的には以下の手順によりIOCを生成します（**図1**）．

① マルウェアの収集・選定：IOCによる監視を実施する環境に合わせたマルウェアを収集・選定します．

② マルウェア解析技術により挙動ログを抽出：マルウェア解析専用の仮想環境にてマルウェアを解析し挙動ログを抽出します．これまで培ってきたマルウェア解析技術はここで活用されています．

③ マルウェアの挙動ログから複数の抽象度のIOC候補を生成：IOCの候補となり得るさまざまな抽象度の正規表現を，過去のマルウェア解析ノウハウ等から生成します．

④ 検出精度・解釈の容易さを踏まえた最適なIOCセットの算出：前述のIOC候補について，正規ソフトウェアおよびマルウェアの挙動ログを基に，検出精度・解釈の容易さを踏まえ，各マルウェアファミリに対応する最適なIOCを算出します．

こうして生成されたIOCを市中のEDR製品に対して追加投入することで，これまで発見が難しかったマルウェア感染端末を検知することができるようになります（**図2**）．現在は1週間当り約1万検体を収集・選定し，それらのマルウェアの解析結果から生成したIOCのNTTグループ内への配信を始めています．今後はスクリプト形式など，実行ファイル形式以外のマルウェアへの対応を進めていきます．

公開サーバ防御の現状

続いて，ここからは話題が変わり，外部公開サーバに対するサイバー攻撃対策について解説します．

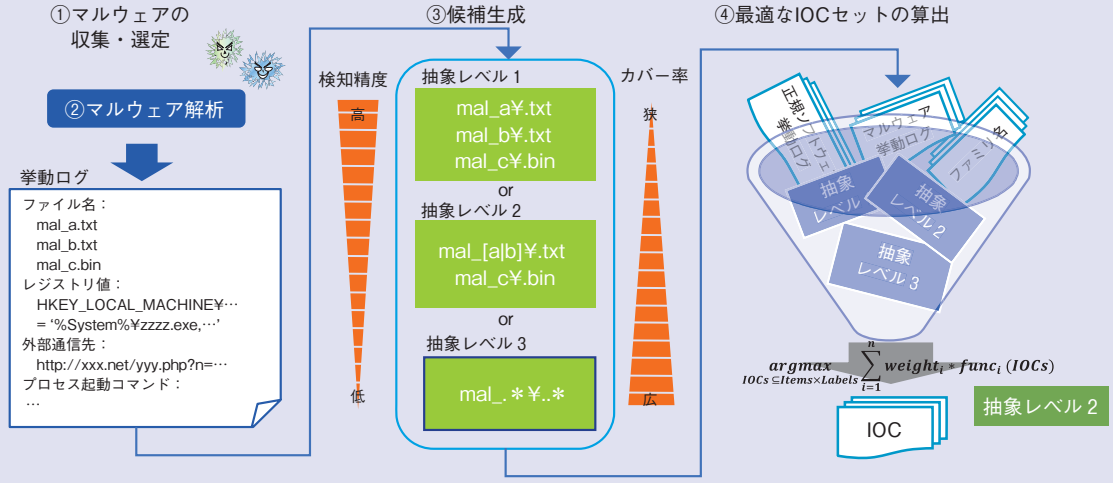


図1　IOC生成手順

図2　カスタムIOCの活用

新たな脆弱性がサーバやアプリケーションで発見されるたび，その脆弱性をねらうサイバー攻撃が発生します．サーバやアプリケーションの脆弱性を悪用するサイバー攻撃は世界で1000万件／日を超える規模となりました．これらの攻撃を検知・遮断するためにIPS（Intrusion Prevention System）*1やWAF（Web Application Firewall）*2といったセキュリティ機器を導入することが一般的となってきています．これらのセキュリティ機器によってすべての攻撃を正しく検知し，遮断できることが理想ですが，現実にはなかなか難しいのです．理由は誤遮断によるサービス品質低下というリスクがあるからです．セキュリティ機器が運用者によって十分にチューニングされていない場合，正常な通信を攻撃として誤って検知して遮断してしまう可能性があります．このリスクゆえに，すべての攻撃を遮断することは運用者によるチューニングがなければ難しいという問題があります．そして，攻撃を遮断するにしても誤検知でないことが確実な一部の限られた攻撃のみであったり，IDS（Intrusion Detection System）*1のように検知のみを行い通知するアラートを人手で対応しているのが実態です．

より効率的なセキュリティオペレーションの必要性

企業や組織でサイバー攻撃の対応にあたるのがCSIRT（Computer Security Incident Response Team）と呼ばれるセキュリティインシデントを専門に対処するチームや，アラートの通知に対応することを専門に行うSOC（Security Operation Center）アナリストです．CSIRTやSOCアナリストは日々，セキュリティ機器から通知されるアラートを基にセキュリティ侵害が発生していないか分析を行います．特にサーバに対する攻撃を検知するWAFやIDSは日々数千・数万のアラートを通知するため，侵害を分析する際はアナリストの知識や経験を基に，より重要なアラートを絞り込んで処理していかなければ発生するアラートの量に到底追いつくことができません．この絞り込みは知識や経験を持った数少ないアナリストのみができることであり，誰しもができることではないため，攻撃が大規模化している現在では完全に人手のみによってすべての攻撃を分析することは現実的ではありません．また，攻撃者もその実状を把握しているため，大量の無意味な攻撃を仕掛けつつ，攻撃の目的を達成する本命となる攻撃はたった一瞬だけ，といった戦術で挑むことも可能です．企業のセキュリティ監視を麻痺させ，CSIRTやSOCアナリストが気付いたときにはすでに時遅しということになってしまいます．そのため，CSIRTやSOCアナリストは常に不利

*1　IPS/IDS：脆弱性を悪用した攻撃からアプリケーションを保護するシステム．IDSは検知のみを行う利用形態を指し，IPSは検知した攻撃を遮断する利用形態を指します．
*2　WAF：IPS/IDSと同様に攻撃からアプリケーションを保護するシステム．Webアプリケーションに特化した検知能力を有します．

な戦いを強いられています．

アラートトリアージ技術

NTTセキュアプラットフォーム研究所では，ネットワーク通信からサーバに対する攻撃の成否を攻撃の痕跡から自動的に判定し，その攻撃に関連付くアラートが優先的に対応すべきものか否かを決めるアラートトリアージ技術[(2),(3)]を開発しました．攻撃の成否に着目してトリアージ（優先度付け）を行う技術は世界初です．この技術により，喫緊の対応が必要な攻撃のみに人手による分析を集中させることができるようになります（**図3**）．

本技術の根幹は次の3つの機能から成ります（**図4**）．

① 攻撃が成功した際に攻撃者がそのサーバに実行したいコードあるいはコマンドを抽出する機能

② 抽出した攻撃コードあるいはコマンドをさまざまなサーバを模擬したエミュレータ内で実行し，IOC と呼ばれる攻撃の痕跡を抽出する機能

③ エミュレータから抽出したIOCが実際の通信に発生しているかを確認し，発生していれば攻撃成功，発生していなければ攻撃失敗と判断する機能

本技術により，アラートが発生した際にそのアラートに対して，攻撃が成功している，攻撃が失敗している，攻撃の成否が不明といった情報を付加することができます（**図5**）．もしア

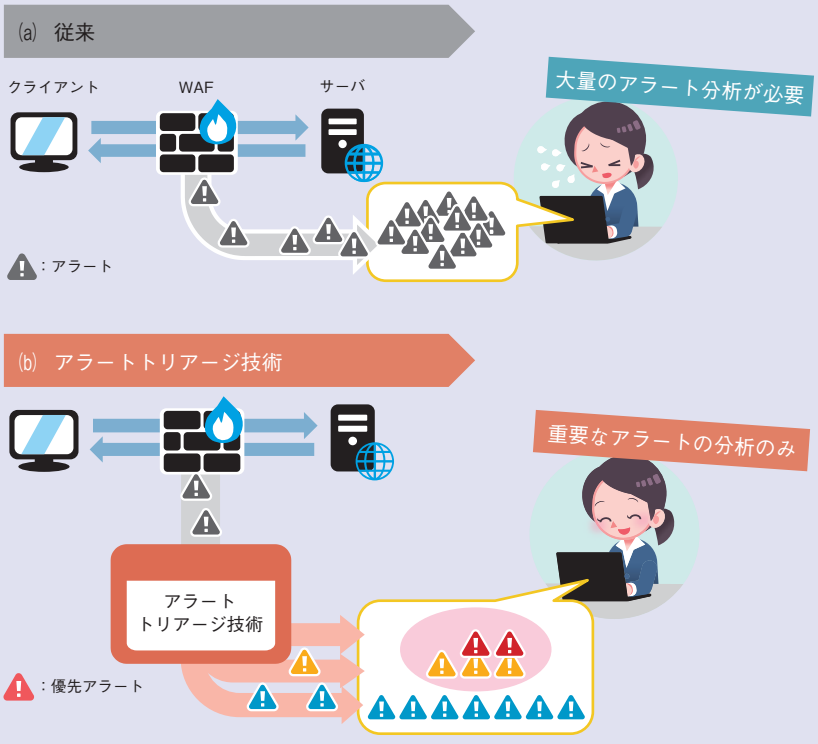


図3　アラートトリアージ技術

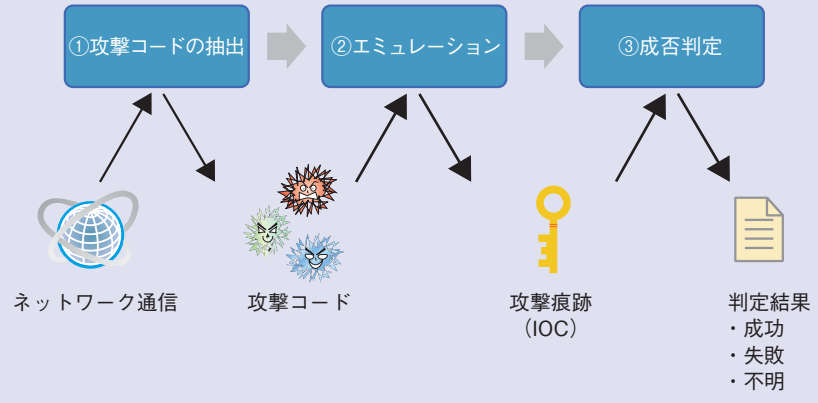


図4　アラートトリアージ技術の仕組み

ラートに攻撃が成功していると情報が付加されている場合，対応優先度は高く，ほかのアラートの確認を後回しにしてでも先にこのアラートを確認すべきです．逆にアラートに攻撃が失敗していると情報が付加されている場合，対応優先度は低く，ほかの攻撃の成否が不明なアラートを先に確認すべきということになります．本技術により優先的に対応すべきアラートが一目瞭然になり，アラート数が大量に増加する大規模なイベントやフォーラム，あるいは攻撃者によるキャンペーンがある場合，アラートトリアージ技術による効果はより顕著に現れると考えています．

実ネットワーク環境を用いた私たちの評価では約52%のアラートを正しく攻撃失敗として判断し，アラートの対応優先度を下げることを実現しました．また，大量のアラートに紛れたわずか0.1%の攻撃成功に関する重要なアラートの優先度を上げることを実現できました．攻撃被害がまだ少ない偵察段階で攻撃が成功していることに気付き，運用者に通知することで攻撃被害が拡大する前に対処を行うことができたという良好な結果を得ることができました．

時刻	アラート内容	送信元	送信先	成否判定※	対応優先度※
2019/12/2 21:38:12	Remote code execution attack detected	x.x.x.x	y.y.y.y	失敗	低
2019/12/2 21:43:03	SQL injection attack detected	x.x.x.x	y.y.y.y	成功	高
2019/12/2 21:43:15	Cross-site scripting attack detected	x.x.x.x	y.y.y.y	不明	中

※本技術により付加される情報

図5　アラートトリアージ技術の効果

今後の展開

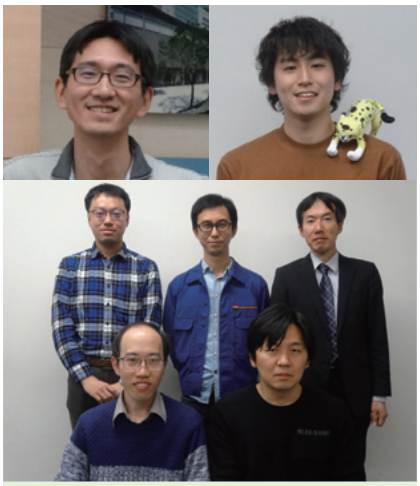
サイバー攻撃を未然に防ぎ切ることは現実的に難しいという現状を踏まえ，本稿では，エンドポイント端末のマルウェア感染や公開サーバへの攻撃の成否を，攻撃時に残される痕跡に着目して判定する技術を紹介しました．今後は，検知後の対応まで自動化する技術の研究に取り組み，ますますの高度化と増加が見込まれるサイバー攻撃に立ち向かっていきます．

■参考文献

⑴ Y. Kurogome, Y. Otsuki, Y. Kawakoya, M. Iwamura, S. Hayashi, T. Mori, and K. Sen: “EIGER: Automated IOC Generation for Accurate and Interpretable Endpoint Malware Detection,” ACSAC 2019, San Juan, U.S.A., Dec. 2019.

⑵ 鐘本・青木・三好・嶋田・高倉：“攻撃コードのエミュレーションに基づくWebアプリケーションに対する攻撃の成否判定手法,” 情処学論, No.60, Vol.3, pp.945-955, 2019.

⑶ Y. Kanemoto, K. Aoki, M. Iwamura, J. Miyoshi, D. Kotani, H. Takakura, and Y. Okabe: “Detecting Successful Attacks from IDS Alerts Based on Emulation of Remote Shellcodes,” Proc. of COMPSAC 2019, Vol.2, pp.471-476, Milwaukee, U.S.A., July 2019.



（上段左から）青木　一史/ 黒米　祐馬
（下段後列左から）折原　慎吾/
川古谷　裕平/
三好　潤
（下段前列左から）鐘本　楊/ 岩村　誠

2020年代を迎え，サイバー攻撃のさらなる激化が予想されます．NTTセキュアプラットフォーム研究所では，攻撃者優位の状況を抜本的に覆すことを目標に最先端の研究開発に取り組んでまいります．

◆問い合わせ先
NTTセキュアプラットフォーム研究所
企画担当
E-mail　scpflab@hco.ntt.co.jp

計算環境の変化に対応する暗号理論研究の最前線

キャッシュカードの偽造事件を契機としてNTTに暗号研究グループが発足してから35年になろうとしています．その流れをくむNTTセキュアプラットフォーム研究所（SC研）では普遍的価値を持つ暗号基礎理論の構築に貢献するとともに，進歩し続ける通信・計算環境の変化に対応した新しい暗号技術の創出に取り組んできました．本稿では発展の著しい量子計算機の出現に備えた暗号技術や情報処理技術に関するSC研の研究活動を紹介します．

阿部 正幸（あべ まさゆき） /徳永 裕己（とくなが ゆうき）
Mehdi Tibouchi /西巻 陵（にしまき りょう）
草川 恵太（くさがわ けいた）
NTTセキュアプラットフォーム研究所

背　景

暗号の安全性は攻撃者がどれくらいの計算資源，すなわちメモリ量や計算速度を持ち得るかによって相対的に評価されます．インターネットが普及し始めた1990年代には RSA暗号の公開鍵は512ビット程度で安全と考えられていました．電子署名法が成立した2001年には1024ビット，2008年から検討されている改定では少なくとも2048ビットが必要とされています．

現在では多くの暗号システムにおいて，より効率的な楕円曲線暗号へ移行しています．さらには，楕円曲線上のペアリング群によってIDベース暗号をはじめとする高機能な公開鍵暗号や，効率的なデジタル署名，非対話ゼロ知識証明が発展しました．暗号は鍵の管理方法によって情報へのアクセスをコントロールする機能を自然に持っています．従来の暗号通信では情報の送り手と受け手が１対１でしたが，クラウドへ暗号化データを保存しておき，送り手が定めた条件を満たす複数の受け手に向けて情報を発信するといった用途に向く高機能な暗号方式が開発されています．

一方，1994年に発表された Shorのアルゴリズムによって，十分な数の量子ビットを十分な精度で扱える汎用のゲート型量子計算機によって現在普及しているRSA暗号やDiffie-Hellman鍵共有などの効率的な公開鍵暗号が破られることが示されました．たとえそのような高度な量子計算機の実現が数十年後になるとしても，その脅威に対して安全な暗号，いわゆる耐量子計算機暗号の開発には量子計算機の実現を待たずに取り組む必要があり，実際に多くの研究開発と標準化が進んでいます．それは暗号システムを提供する者の責任感といった動機だけではなく，次の２つの現実的な理由によります．

まず，新しい暗号方式は開発から普及まで非常に長い時間を要することです．現状動いているようにみえるシステムを互換性のない新たなシステムにアップデートするのは，すべてのユーザが短期間でできることではありません．もう１つの理由は，現在のプライバシが将来の攻撃技術の進展によって毀損されることへの懸念，すなわち長期的な安全性の危殆化です．暗号化された通信であっても，それ自体が傍受・長期保存されて，将来の量子計算機の実現によって内容が暴露される懸念があります．つまり，数十年後に漏洩して困るようなコンテンツにとっては，量子計算機による攻撃は現時点で対応しておかねばならない脅威なのです．また，耐量子計算機暗号は量子計算機上で実行されるのではなく，現在の計算機上で実行されるものです．そのため，現在の計算機環境における実装も含めた安全性が検討される必要があります．

本稿では，まず，量子情報処理技術に関する本研究所での取り組みについて説明します．次に，耐量子計算機暗号に関する最新のトピックを紹介します．最後に，従来の公開鍵暗号の機能拡張の１つである属性ベース暗号について，最新の研究結果を紹介します．

量子情報処理

■SC研における量子情報処理技術

2019年10月，量子コンピュータがついに従来のコンピュータの能力を超える量子超越性を達成したとのニュースが駆けめぐりました．NTTセキュアプラットフォーム研究所（SC研）においても，量子力学の原理で情報処理をする量子コンピュータの研究開発を以前から進めています．

現在までに実現された量子コンピュータはまだ数十量子ビット程度で

あり，規模の拡張性をどのように得ていくかについては，未解決の課題が山積みです．つまり，量子コンピュータをどのようにつくり，どのように拡張性を得ていくかの実装法の研究開発は，現在の暗号の安全性レベルを検証する試金石にもなっています．

また一方で，量子情報処理技術は新たなセキュリティ技術も生み出しています．量子状態は，むやみに観測すると状態を壊してしまう，コピーができないなどの通常のデータとは異なる性質を内在しています．これをうまく活用することにより新たなセキュリティ技術が生み出されます．

■量子コンピュータ開発への道筋

量子コンピュータ実現に向けての一番の障壁はエラーに弱いことです．量子ビットは，現代の主要な情報処理単位であるデジタルデータのようにエラーを小さくすることがそもそも難しいため，少し規模を大きくするとエラーに埋もれて正しい計算が困難になってきます．これを実際に解決する方法は，今までのところ，量子エラー訂正符号しか知られていません．量子エラー訂正符号を用いると，技術的に可能な範囲にある特定の誤り率を下回る制御を達成すれば，符号化された量子状態に載った量子情報の論理的な誤り率を小さくすることが可能となり，エラーに対する規模の拡張性を得られます．

もう１つの課題は量子ビット数自体の規模を拡大することです．個別の量子ビットを精度良く高速に制御しながら規模を大きくしていくことは相反するような技術開発であり，不安定な量子状態に対してこれまであまり行われてきませんでした．精度を保ちつつ，量子ビット数の桁数を上げていく量子物理工学的な技術開発におけるブレークスルーが期待されています．SC研は文部科学省Q-LEAPプロジェクトに参加し，超伝導量子コンピュータの開発に携わっています．量子エラー訂正が可能となるような高度な制御技術と規模の拡大をめざした研究開発に取り組んでいます．

量子セキュアネットワークに向けて

量子情報処理を活用した新たなセキュリティ技術の例が量子暗号（量子鍵配送）です．むやみに観測すると状態を壊すという性質を使うことで盗聴検出が可能となり，原理的に安全な鍵配送が可能になります．しかし，現状の技術の欠点は，損失に弱く通信距離に事実上の制限（100 km程度まで）があること，ネットワーク化する技術がないことです．これを解決する方法が量子中継です．これは高精度に光と物質の量子状態を制御し，損失に耐え得るような量子エラー訂正を行うことに対応します．そのため，実は小～中規模の量子コンピュータをつくるのにほぼ匹敵する技術です．量子中継をめざすためにも，やはり量子コンピュータを実装する研究開発とほぼ同等のことを行っていかなくてはなりません．SC研では，量子中継器に求められる，光と原子の量子状態を精度良く制御し，扱える量子状態の規模を大きくすることをめざした研究に取り組んでいます．

また，科学技術振興機構（JST）のCRESTプロジェクトに参加し，光と原子の相互作用を高精度に行える共振器電気力学を活用した研究開発に取り組んでいます．

耐量子計算機暗号

■安全な実装および標準化への貢献

RSA暗号や楕円曲線暗号といった従来暗号技術のほかに，量子暗号に対する耐久性を持つと思われる耐量子暗号技術は実は数十年も前から研究されています．もっとも基本的な機能である暗号方式と署名方式に関しては，量子計算機に破られにくい問題に基づく理論的な設計方法が昔から知られています．しかし，RSA暗号や楕円曲線暗号に比べて処理速度・通信量などの性能が著しく劣っており，実用性が低いと判断されていたため，耐量子暗号技術の実装はほとんどありませんで

した．

ここ数年，量子計算機の実現が目に見える脅威になってくるにつれ，この脅威がいよいよ真剣に検討され始めました．より高速・高性能の耐量子暗号技術の提案と実装が重要な研究課題となってきました．特に耐量子暗号の有力候補とみなされる「格子暗号」の分野では，強固な安全性根拠を持つ昔からの方式にさまざまな工夫を加え，RSA暗号などに並ぶ性能を達成した新方式が提案・実装されてきました．VPNソフトウェアなどへの実装実験も始まっています[1]．

理論的な安全性根拠が徹底的に検討されている一方，サイドチャネル攻撃やフォールト攻撃などの実装上の脆弱性があまり考慮されていません．また，実装に値する効率的な新方式は「離散ガウス分布の生成」や「棄却サンプリング」など，従来暗号技術に存在しないテクニックに基づいており，実装上の新たな課題になっています．SC研では，これらの実装上の課題に取り組むべく，とりわけ格子署名方式を対象に実装攻撃に対する安全性評価を行い，数多くの脆弱性を発見しました[2]．例えば，格子ベース署名の最速方式として知られているBLISS方式の複数の実装を対象に，署名生成時の電力消費や処理時間を測定することにより，代数学や数論の結果を用いて秘密鍵を完全に復元できることを示しました．このような脆弱性を克服するための対策および新たな実装手法を提案し，その安全性の証明もしています．最高水準の性能を維持したまま，実装攻撃に対する強い安全性を持つ格子ベース署名方式も達成しました[3]．

この一連の研究は，米国標準技術局（NIST）が2016年に立ち上げた現在進行中の耐量子暗号標準化プロセス（NISTコンペ）に大きな影響を及ぼしました．とりわけ，BLISS方式の実装上の脆弱性に関する結果が，提案方式の１つDilithiumなどの設計方針で実装上の脅威として検討されています．その結果により，NISTコンペのほとんどの方式において「離散ガウス分布の生成」が避けられました．なお，NISTコンペ開始後にもDilithiumやFalconの安全な実装に関する成果を得たほか，安全性根拠が薄弱な方式を完全に破り敗退に追い込んだなど，貢献をし続けてきました[4]．

■量子計算機を用いた共通鍵暗号の安全性評価手法

共通鍵暗号に対する汎用的な量子アルゴリズムは今のところ知られていません．そのためGroverのアルゴリズムや量子ランダムウォークアルゴリズムを適用した攻撃が最良のものとして知られています．SC研では，共通鍵暗号の内部まで詳しく解析することで，新たな安全性評価手法を生み出してきました．例えば，NTTコミュニケーション科学基礎研究所と共同で取り組んだハッシュ関数の多重衝突発見問題の改良が挙げられます[5]．

また，将来的に量子計算機を入手できることを見越して，現時点から情報収集・窃取を行っている敵対者も考えられます．このような敵対者の影響を見積もるための安全性評価手法にも取り組んでいます[6]．

■量子計算機を考慮した安全性証明技法

これまでの多くの安全性証明では，敵対者が量子計算機を所持していることを想定していませんでした．そのため，安全性が証明された方式であっても，敵対者が量子計算機を用いて安全性を破ってしまう可能性が残っています．そこで2010年以降，量子計算機を考慮した安全性証明技法が数多く編み出されてきました．SC研でもそのような研究に取り組んでいます．耐量子公開鍵暗号の安全性強化手法[7]や，ハッシュ関数の耐量子安全性[8]，Feistel構造を持つ共通鍵暗号の耐量子安全性[9]，事前計算を許した場合のハッシュ関数への攻撃の一般的な下界評価[10]などがその例です．

属性ベース暗号

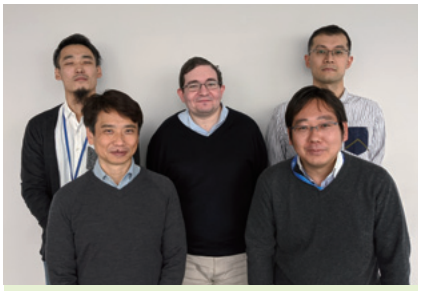
公開鍵暗号の中でも主たるテーマは

いくつかありますが，本稿ではその中の１つである「実用的な効率性を持つ属性ベース暗号の実現」に焦点を絞って紹介します．

公開鍵暗号では情報の送り手は受け手の公開鍵を使って暗号化し，その公開鍵に対応する秘密鍵を持つ受け手のみが情報を復元できる暗号文を生成できています．属性ベース暗号とは，情報の受け手を１人に限定せず，送り手が自由に受け手を指定可能な暗号です．より詳しくいうと，暗号文に受信ポリシーが，秘密鍵に受け手の属性が埋め込まれており，受け手の属性が暗号文の受信ポリシーに合致する場合にのみ受け手は情報を受け取ることができます．このように暗号文と秘密鍵にロジックを埋め込み，きめ細かい情報授受の制限を実現できます．これまでに数多くの属性ベース暗号方式が提案されていますが，実際のシステムに実装することを考えると不十分な点が多くありました．一例としてスケーラビリティが挙げられます．既存の多くの方式は，最初のシステム構築の際に，使用する属性をすべて決める必要があり，以降追加できませんでした．スケーラビリティを考えると，利用できる属性をいつでも追加できるほうが望ましいです．ほかにデータサイズの問題がありました．既存の方式では暗号文のサイズが，埋め込まれるポリシーのサイズや使用する属性の数に比例して大きくなるものがありました．これはストレージを圧迫するので望ましくありませんでした．このように実際に利用するうえでさまざまな性能基準が考えられましたが，そのすべてについて実用上望ましいレベルに達している方式は提案されていませんでした．当グループでは，実用上望ましい性質をすべて兼ね備えた属性ベース暗号を新たに開発しました．

■参考文献

(1) https://github.com/Microsoft/PQCrypto-VPN
(2) T. Espitau, P.-A. Fouque, B. Gerard, and M. Tibouchi：“Side-channel attacks on BLISS lattice-based signatures,” Proc. of ACM CCS 2017, pp.1857-1874, Dallas, U.S.A., May. 2017.
(3) G. Barthe, S. Belaid, T. Espitau, P.-A. Fouque, B. Gregoire, M. Rossi, and M. Tibouchi：“Masking the GLP lattice-based signature scheme at any order,” Proc. of EUROCRYPT 2018, Vol.10821, pp.354-384, 2018.
(4) J. Bootle, M. Tibouchi, and K. Xagawa：“Cryptanalysis of Compact-LWE,” Proc. of CT-RSA 2018, Vol.10808, pp.80-97, 2018.
(5) A. Hosoyamada, Y. Sasaki, S. Tani, and K. Xagawa：“Improved Quantum Multicollision-Finding Algorithm, ” Proc. of PQCrypto 2019, Vol.11505, pp.350-367, 2019.
(6) A. Hosoyamada and Y. Sasaki：“Cryptanalysis Against Symmetric-Key Schemes with Online Classical Queries and Offline Quantum Computations,” Proc. of CT-RSA 2018, Vol.10808, pp.198-218, 2018.
(7) T. Saito, K. Xagawa, and T. Yamakawa：“Tightly-Secure Key-Encapsulation Mechanism in the Quantum Random Oracle Model,” Proc. of EUROCRYPT 2018, Vol.10822, pp.520-551, 2018.
(8) A. Hosoyamada and K. Yasuda：“Building Quantum-One-Way Functions from Block Ciphers: Davies-Meyer and Merkle-Damgård Constructions,” ASIACRYPT 2018 Part I, LNCS, Vol.11272, pp.275-304, 2018.
(9) A. Hosoyamada and T. Iwata：“4-Round Luby-Rackoff Construction is a qPRP,” Asiacrypt 2019, pp.145-174, Kobe, Japan, Dec. 2019.
(10) M. Hhan, K. Xagawa, and T. Yamakawa：“Quantum Random Oracle Model with Auxiliary Input,” Asiacrypt, pp.84-614, Kobe, Japan, Dec. 2014.



（後列左から）草川 恵太/
Mehdi Tibouchi/
西巻 陵
（前列左から）阿部 正幸/ 徳永 裕己

NTTセキュアプラットフォーム研究所では，暗号技術の研究開発を通じて，安心・安全なサービスの実現をめざします．

◆問い合わせ先

NTTセキュアプラットフォーム研究所
企画担当
E-mail scpflab@hco.ntt.co.jp

主役登場

あらゆるIoTサービスへセキュリティが組込まれることをめざして

田村　桜子
NTTセキュアプラットフォーム研究所
研究員

大学時代インターネットとは全く違う分野にいた私は，入社してセキュリティにかかわるまで，電子メールや通販サイトなど日常生活の中で利用していたセキュリティ技術の有難さ・必要性に気が付くことがありませんでした．現在のIoT（Internet of Things）サービスでも同様のことが起きていると思います．現在のIoTでも，元々はインターネットにつながっていなかったモノがインターネットにつながるため，IoT機器の所有者はセキュリティに対する意識が低いことが多く，十分なセキュリティ対策が行われていないことから，IoT機器に対する攻撃が後を絶ちません．そのため私は，日常生活で使っていたサービスのように，IoTサービスでもIoT機器の所有者が意識せずともセキュアにサービスを利用できるようにIoT機器にあらかじめセキュリティ機能を組み込んでおく必要があると考えています．

私の所属するグループでは，IoTセキュリティの中でも，公開鍵ベースのNTT独自の認証認可技術を用いたIoT向けセキュリティ基盤の構築に取り組んでいます．この基盤は，正しい機器であるか保証する認証，正しいアクセス制限を持った機器であるか保証する認可を実現します．一言に認証認可技術をIoT機器に組み込むといっても，IoT機器上でセキュアに鍵を保管・演算処理する技術をはじめ，さまざまな技術が必要となります．実際に検討を進めると，IoT機器特有の技術課題も多く，組込み機器特有の実装ノウハウを持つソフトウェア開発ベンダ，IoT機器に搭載されるチップの製造ベンダ，鍵の管理を行う運用ベンダ等，多くのベンダの協力が必要不可欠となることが分かってきました．展示会等を通じて，それぞれ最適なベンダを探し出し，技術の実用化に向けて共同で検討を進めています．

また，IoT機器では低コストで利用できる狭帯域のネットワーク環境の利用も加速しています．しかし，このようなIoT向けネットワーク環境における，暗号アルゴリズムのフィージビリティや性能面に関しては，まだまだ研究が行われていないため，その必要性があると強く感じました．そこで，実際に狭帯域ネットワークを構築することから始め，そのうえで私たちの技術の動作検証を行い，公開鍵ベースの認証方式が狭帯域のネットワークでも実用的な速度で動作することを，世界で初めて示しました．

現在は，AI（人工知能）により自動で栽培管理を行う農業IoTシステムのセキュリティ強化に取り組んでおります．現在使われているIoTサービスの多くは，センサ等のデータ可視化サービスですが，今後は収集データを活用し，IoT機器へのフィードバックまで行われるようになります．また，サービス間の連携も進み，接続する機器が多様化していきます．結果として，価値の高いデータが至るところに行き交うようになり，よりセキュリティが重要になっていきます．IoT機器の所有者がセキュリティの知識がないことも考慮し，意識せずともセキュアな環境でIoT機器を利用できるよう，安心・安全なサービスに役立つ技術の研究開発を進めていきます．

古川茂人　NTTコミュニケーション科学基礎研究所　上席特別研究員

ありのままで臨み，自分の立ち位置を見出す

医学系学術雑誌LANCETでは2017年，難聴が認知症の主要なリスク要因の1つであるという報告が行われて話題となりました．あらためて「聞こえ」に対する関心が世界的にも高まっているといえます．「聞こえ」の問題というと，小さい音や高い音が聞こえなくなることだと考えられがちですが，困りごとの根本はそれだけに限らないようです．瞳孔などの聴覚とは無関係にみえる身体反応から聴覚の仕組みや，音の主観的な聞こえ方についての情報を分析する古川茂人NTTコミュニケーション科学基礎研究所上席特別研究員に最新の研究動向と研究者としてのあり方について伺いました．

生体反応から聞こえを読み取る

●現在取り組んでいる研究を教えていただけますでしょうか．

研究テーマとして「感覚知覚の神経機構の解明」等と紹介されているのですが，主に聴覚のメカニズムの研究をしています（**図1**）．特に最近興味を持っているのは聞こえ方です．例えば，同じ音でも人によって聞こえ方が異なったり，同じ人が同じ音を聞いても状況に応じて聞こえ方が異なることはよくあります．また，耳の聞こえが悪くなったので検査をしたところ異常がないという，いわゆる「隠れ難聴」も聞こえ方の問題です．

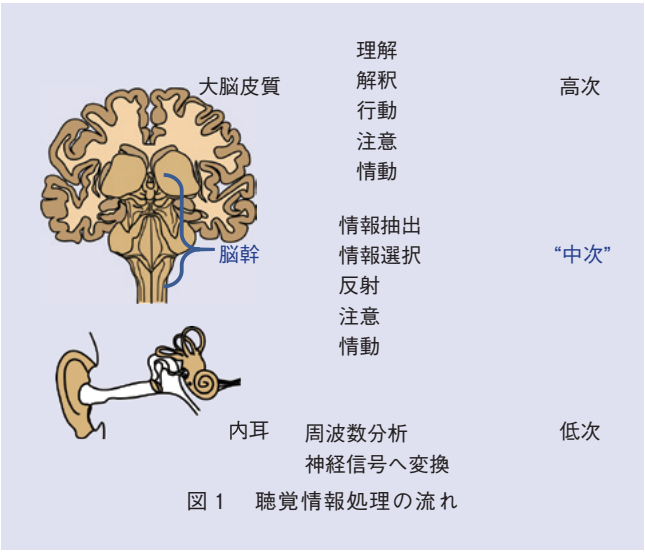


図1　聴覚情報処理の流れ

聴覚のメカニズムとしては，鼓膜や内耳から得られた信号が（低次処理），脳，特に大脳皮質で認知，理解，解釈されている（高次処理）とよくいわれますが，耳と大脳皮質との間にある脳幹でもさまざまな処理が行われています（中次処理：造語）．音の高低といった基本的な情報を取り出すのは脳幹です．重要度を反映した情報の取捨選択等も脳幹で行っています．また，背後から呼ばれた声に反応してパッと振り返るといった全く意識に上らない行動についてもこの脳幹が重要な役割を担っています．

●脳幹の働きに鍵があるのですね．

そこで，この脳幹で行われる中次処理に注目しています．こうした現象や脳のメカニズムの解析においては，実験動物の脳に電極を刺し込んで電流の変化を測定するかたちで行われることが多いのですが，人間の脳に電極を刺し込むわけにはいきませんので，脳波や眼球運動等の生体計測とコンピュータを使ったモデルにより間接的な方法で分析します．脳波についていいますと，例えば音を聞かせた際に脳波を測定すると聞かせた音に近いパターンの周波数成分が確認できます（**図2**）．この成分は脳幹に由来するものと考えられていますので，それを解析することで脳幹の活

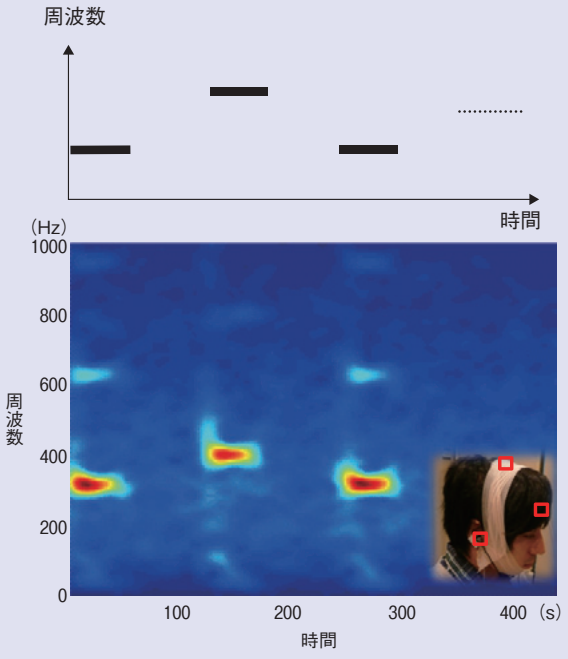
動を調べることができます．また，脳幹で覚醒レベルや注意にかかわる神経細胞群の活動と瞳孔の大きさが連動していることが分かっています．こういった測定と解析により，脳に電極を刺さなくても脳幹のはたらきにアクセスすることができます．まだメカニズムの解明にはほど遠いですが，さまざまな測定手法やモデリングを組み合わせることで，意識に上らないレベルで自然に起きている聴覚のはたらきを体の外側から見ることができると期待しています．

●将来的にはどのような応用が考えられますか．

例えば音楽を聴いている状態を考えてみてください．その曲が好きかどうかは人それぞれですし，同じ人が聴いても，その時々で曲の楽しさは変わってくるでしょう．曲を聴いているときの生体反応を測ることで，人それぞれ，その時々の感じ方を客観的に測れるかもしれません．それが実現するのはまだまだ先になりそうですが，そのヒントは，「注意」と聴覚の関係を解き明かすことで得られるものと考えて研究をしています．

この「注意」に関して，今私のチームで取り組んでいる研究を紹介しましょう．例えば，瞳孔の測定により，どの音に注意を向けているか分かるようにならないかと考えています．実は，瞳孔は物理的な明るさだけではなく知覚される明るさでも変化するということが最近報告されました．私たちは，この現象は聴覚の注意にも応用できることを見出しました（**図 3**）．実験では，被験者に左右で明暗の差がついた1つの画面を見せながら，ヘッドホンで音を聞いてもらいます．ヘッドホンの左右からは違う音が出ています．例えば「目を動かさずに，左の音に注意してください」と伝えると，目を動かしていないにもかかわらず，あたかもその方向を見ているかのように，注意を向けている方向の明るさに応じて，瞳孔の大きさが変化することが分かりました．この例では，画面の左側が明るい場合は瞳孔径が小さくなります．つまり，音に対して向けられている注意が，瞳孔変化として外側から見ることができるのです．この現象を利用すれば，複数の人が会話している場面で，人が誰の声に注意を向けているかが分かるようになるかもしれません．

外部からの刺激によって，本人の意図にかかわらず向けられている注意もあります．外因性注意と呼ばれるのですが，この研究はもっとチャレンジングです．「何に注意が向いてしまっているか」と聞いてしまっては本人がそれを



刺激音（上）と同様な周波数成分を含んでいる（下）

図 2　脳幹由来の脳波（周波数追従反応）

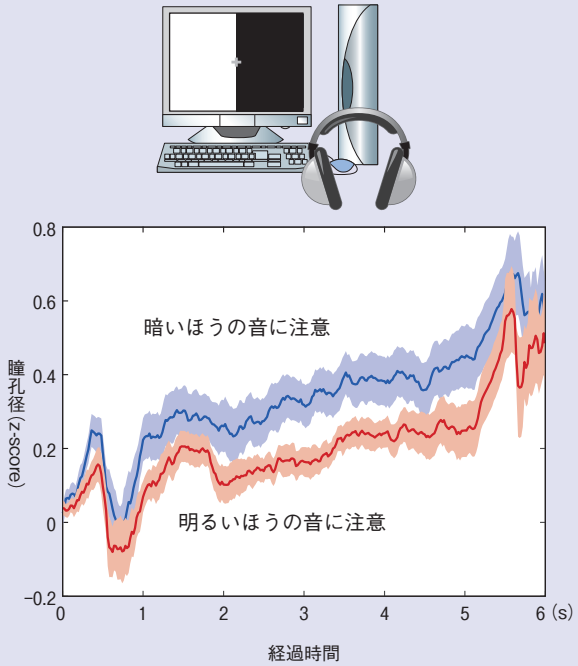


図 3　左右が明暗に分かれた画像の中心を見ながら一方の耳への音に注意を向けた場合の瞳孔径変化

意識することになってしまい，正確に測定することができません．この原理的な難しさから，音に対する外因性注意はあまり調べられていません．私たちは，外因的注意の評価にも瞳孔や眼球運動の測定が使えるのではないかと考えています．まだ十分に整理されてはいないのですが，新しい知見が得られてきています．

自由度の高い基礎研究分野であるからこそ，オープンな態度で本質的な課題を探求する

●なぜ研究者になろうとお考えになったのですか．

親の話では，子どものころから博士になりたいと言っていたそうで，幼いころから研究者へのあこがれがあったようです．高校，大学と進んで現実が見えてくると，その意識はいったん薄れてはきたのですが，大学卒業を控えて周囲が企業に就職していくのを見る中で，私は人とは違うことをしたいという気持ちがわいてきました．研究者を意識したのは，当時の指導教授の影響が大きかったと思います．私の在籍していた衛生工学科は，社会問題を解決する志向が強く，実際に，入学当初の私自身も環境問題に興味を持っていました．しかし，時間を経る中で，自身が取り組みたい社会問題がだんだん想像できなくなってしまいました．問題がないのに「問題がある」といって研究のタネをつくり出すのは抵抗があったので，純粋なサイエンスに魅力を感じるようになりました．ちなみに，聴覚に興味を持ったのは，大学で騒音を扱う研究室に入ったのがきっかけの１つです．学科のメインストリームとなる研究は下水道や水処理，大気汚染等に関するものでしたが．

●研究していて良かったと思う瞬間はどのようなときですか．

人間の脳は複雑ですから，神経の反応を調べても，その結果も混とんとしています．仮説を立てても，実験結果からその仮説が正しいか否かを明確に示すことができないことが多いです．しかし，解析方法を試行錯誤する中で，複雑な脳の神経の反応であっても，工夫次第で混とんとしたデータの中から何かが見えてくることがあります．これができたときは一番気持ちが良いです．そこで見えてきたものは自分がこの世で初めて見るものです．似たような先行研究があったとしても，その現場で自分が計測したデータは自分しか持っていないものですし，解析方法を選択するのも自分ですから．

●研究や解析手法を考案するためになさっていることはありますか．

何事でも，まず目標を決めて，その目標のために課題をブレイクダウンして，今しなくてはいけないことに取り組むべき，とよく言われます．それは間違いではないでしょうが，一方でそういったステップをあまり気にしすぎないようにしています．基礎研究では，ステップの途中で面白いものに出会ったら，ちょっと面白いからやってみようという感覚がないといけないと思っています．研究の現場では想定外の何かが常に起きます．これに自分のちょっとした発想を活かすことが，独自性のある研究につながるのではないかと思います．

その一方で，自分の反省からいうと，活動が発散してしまう，あるいは目の前の細かいことや意味があるのかどうかも分からないことにこだわりすぎてしまうことがあります．そういうこだわりは研究者の資質として重要ですが，その小さいことは単なる小さいものなのか，あるいは本質的な重要さが宿っているものなのかを常に問いながら研究を進めていくことも大事だと思います．

基礎研究の分野は非常に自由度が高いです．ところが，それだけに何をすべきかを決定する責任が自分にある点が，実は結構なプレッシャーとなります．専門性を活かして細部にこだわる学術的な研究をしていても良いし，あるいは上層部からの期待にこたえようと分かりやすい大きな成果をねらいにいくこともできます．どちらも研究者に求められていることでもありますが，最終的に会社，社会や学術に貢献するためには，本質的に重要なことをしなければいけないと思っています．

ただ，本質的重要性といっても，社会問題の本質的解決をめざすものもあれば，宇宙の原理を解くといった意味での本質的問題もあります．自分のオリジナリティや専門性があるからこそ見えてくるものもあるでしょうが，同時に，社会の多くの人が漠然と抱えている問題の中に本質的課題が眠っているということもあります．ですから，自分が解くべき課題についてはあまり思い込みすぎず，オープンでありたいと思っています．

振り返って分かる．自分の立ち位置は「後付け」である

●後進の研究者に一言お願いします．

研究を続けていくと，しんどいと思うときはあります．

動物を使った生理実験をしていたときには単純に体力的にもきつかったですし，細胞をみるような細かいことをしていたときは先の見えない不安がありました．そのように煮詰まってしまったときは，何か違うことをする，あるいは模索するのも手です．例えば，研究のコミュニティや仲間と一緒に何かを考えることで見えてくることもあります．雑談のような議論であっても，ほかの人は何を面白がっているかが分かることで，自分の立ち位置を知ることができます．自身のあるべき姿をあまり決めてしまわずに，自分はこういう人間なんだと知ることができれば，生きる道が分かってくると思います．

このような立ち位置や生き方はあとで振り返ってみて初めて分かるのかもしれません．研究者としての仕事はさまざまです．論文を書くだけでなく，人にものを教えたり，研究所や学会といった組織の運営をしたりするのも研究者の役割の一部です．そのときは面倒だと思っていても，請われるままに役割をこなすうちに，自分はこういう人間なんだとある日気付くこともあります．こういうと，自分自身がコントロールする要素はないように思われるかもしれませんが，研究者になる人は個性が強いでしょうから，あるがまま，言われるがまま状況に任せていても，結局自分のポジションはそう簡単には変わらないと思います．

若い人との面談でも，人はあまり変わらないから良くも悪くもそれを受け入れたほうが良い．何をしていても自己肯定感は得られると思うと伝えています．研究者に向かって「それは違うから別の方向にいきなさい」とアドバイスしてもまずうまくいきません．それよりはうまくいっていることを伸ばして，そのうち面白い結果が得られるのではないかと伝えています．ありのままの自分で臨みながらも，周囲と一緒に考えたり互いに助けあったりすることで，結果としてそれぞれの人が力を発揮することになる，こうしたやり方が良いと思っています．

●研究者とは社会にとってどんな存在でしょうか．

基礎研究者というのは，ある意味で僧侶のような存在かもしれません．僧侶は，修行はするけれど，その修行は野菜をつくって腹をふくらませることに直ちに役立つわけではありません．しかし，信者が寄付をするのは，その修行に何かありがたいものがあるからです．基礎研究者の取り組む研究（修行）は，直ちに世の中の役に立つわけではないかもしれません．しかし，研究によりそれまで見過ごされていたり，漠然としていた事物が解明されて具体的に見えるようになれば，それを世の中の役に立てようと考えてくれる人たちが現れてきます．また，世の中の課題に対峙しているときに，それを一歩離れて抽象的に見つめ直してみることで，解決の糸口が見つかることもあります．僧侶の修行も研究もまさに抽象的な世界と現実の世界の行き来であり，私たちの責任はそこにあるのではないかと思うのです．僧侶といっても，修行僧のように俗世間と一線を画したものもいれば，社会に溶け込んで生活をしているものもいて，世界をつないでいます．研究者にもいろいろなあり様があると思います．それぞれが，自分のあり様も考えながら研究を通して社会に貢献するのが良いのではないでしょうか．

●今後の展望をお聞かせください．

聴覚研究といえば，これまでは，音に含まれる情報を正しく聞き取る精度とそれを裏付ける機構についてが主なターゲットでした．私は，聞き取りの「精度」ではなく，日常生活の中で知覚している聞こえの「中身」や「質」を，なんとか研究の俎上に載せられないかと考えています．主観的な聞こえを評価するのは一筋縄ではいきません．知覚・行動・感覚神経系・自律神経系やその密接な相互作用の働きを調べ，理解していく必要があると考えています．幸い，眼球運動・瞳孔や脳活動といった生体反応を計測する装置は急速に進歩しています．また，人工知能ブームにもみられるように機械学習技術の進展は目覚ましく，神経科学も解析やモデリングにおいてその恩恵を受けています．今回はお話ししませんでしたが，こういった新しい技術も取り入れて，これまで未知であった「聞こえ」のメカニズム解明に挑んでいきたいと思っています．すでに興味深い結果も得られています．メカニズム解明だけでなく，人間にとって聞こえやすい音を評価・設計できる技術をめざして発展させていきたいですね．それから，社会的なインパクトを与えるような成果を上げたいと思う一方で，自分だけにしか面白さが分からないような研究もそのうち手掛けたいとも思っています．わがままかもしれませんが，自分自身が面白いと思えることがないと，研究者としてはつまらないですからね．

■参考文献

⑴ 古川・山岸・LIAO・米家・大塚・柏野：“身体反応に現れる「聞こえ」とそのメカニズム，” NTT技術ジャーナル，Vol.27，No.9，pp.13-16，2015.

NTTマーケティングアクト株式会社

https://www.nttact.com/

NTTマーケティングアクト

クライアント様に付加価値を提供するコンタクトセンタ業務アウトソーサ企業

NTTマーケティングアクトは，NTT西日本の116センタや104センタ等のコンタクトセンタを中心に，多くのクライアント様に高品質で付加価値のあるコンタクトセンタ業務を提供している．「コンタクトセンター・アワード2019」において4冠受賞を果たした，コンタクトセンタの高度化とクライアント様に提供する付加価値について，横山桂子社長に話を伺った．

NTTマーケティングアクト　横山桂子社長

コンタクトセンタ業務のトップランナー「コンタクトセンター・アワード2019」で4冠受賞

◆設立の背景と事業概要について教えてください．

NTTマーケティングアクトは，NTT西日本の104サービス（電話番号案内），116サービス（申し込み受付）をはじめとするコールセンタをベースとした，コンシューマを中心とした営業を担う会社として2002年に設立されました．設立当初は本社機能をNTTマーケティングアクトに配置し，地区ごとに16の業務運営会社を配置していましたが，2007年にNTTマーケティングアクトとして1つになりました．

事業は，コンタクトセンタ業務等のBPO（Business Process Outsourcing）をコアとして，それに付随するかたちでコンタクトセンタ構築支援やコンサルティング，人材育成といった部分まで，コンタクトセンタにかかわる一切合切の業務を行っております．1兆円超規模，そのうちの約8割が上位50社で占められているコールセンタ業界（『2015年度 テレマーケティング・アウトソーシング企業 実態調査』一般社団法人日本コールセンター協会より）において，5本の指に入る規模で，西日本を中心に39拠点に合計6600席のセンタを擁しています．

当社はNTT西日本グループの会社であり，NTT西日本からの業務委託が中心となり，その代表的なものとして，116コールセンタ業務，IPコールセンタ業務，代理店コンサルティング業務の運営があります．電話のお問合せ・お申込みからインターネットのご相談・お申込みまで「NTT西日本の顔」として，お客さまからのご要望におこたえしています．また，104電話番号案内サービスのセンタにおいては24時間365日の体制で，お客さまとのコミュニケーションを通じて，「正確・迅速・丁寧」をモットーにご案内しています．

これらの業務を通して蓄積してきたノウハウをベースとして，NTT西日本以外からもコンタクトセンタ業務の受託やチャットボット等のシステム提供等を行っており，2019年9月には，お客さまとの応対ログや各種ドキュメントを収集・分析してFAQ作成を行う，「FAQコンサルティングサービス」もマンション管理業務向けのセンタで開始しました．

こうした業務を行う当社のコンタクトセンタの1つである，「MiraiZ松山」が，2019年11月に，コンタクトセンタを運営する企業各社の相互研鑽を図るとともに，優れた業務改善の取り組みと成果を決定する業界最大の表彰制度の1つである，「コンタクトセンター・アワード2019」において「オフィス環境賞」を受賞しました．「MiraiZ松山」は先に受賞済みのセンター表彰部門「テクノロジー賞」，コンタクトセンタ業界の年度MVPとして，オペレーション分野の個人賞である「リーダー・オブ・ザ・イヤー」，マネジメント分野の個人賞である「マネジメント・オブ・ザ・イヤー」と合わせて，史上初の4冠受賞を果たしました．

働きやすさに特化した事業環境を構築
快適な環境が付加価値を生み出す

◆事業環境はいかがでしょうか.

昨今，さまざまな業界で人手不足といわれており，それに対応するためのアウトソースといった傾向が出てきており，コンタクトセンタ業務もその流れを受けて，増収基調にあります．一方で，この業界（コンタクトセンタ業界）自身も人材とスキルの確保が大きな課題となっています．

コンタクトセンタの業務は，労働集約型的な部分が多いのですが，人手に頼るばかりではなく，AI（人工知能）を活用し，人とAIの共存を図ることでこうした課題対応に取り組んでいます．かかってきた電話を音声認識と連動したIVR（自動音声応答）により最適な受付席へつなぐといったことや，受付応答支援システムの導入等は広く普及してきていますが，FAQの自動生成やチャットボットの活用等当社独自に推進しているものもあり，当社内における利用のみならず，例えばチャットボットについては30社以上におよぶクライアント様において導入実績があります．

さらに，シームレスなマルチチャネル化も「MiraiZ松山」では実施しています．お客さまからの問合せ等を最初はチャットボットで行い，そこで対応できない場合は有人チャット，さらにはチャットと同じオペレータによる電話応対へと，応対がシームレスにつながっていきます．これにより，お客さまにとっては，チャネルが変わるたびに問合せ内容を最初から説明し直す，といった煩わしさから解放されます．これらの取り組みにより，単なる業務効率化のみならず，付加価値向上にもつながっており，株式会社バッファロー様をはじめ多くのクライアント様に評価していただいています．

そして，人とAIの共存のほかに，離職対策も重要です．人材不足の中，せっかく採用した人材が離職すると教育等により向上させたスキルがレベルダウンしてしまいます．一般には職場環境の整備をはじめとしたES（Employee Satisfaction）向上で対応するのですが，当社の場合はさらにセンタごとに「MiraiZ松山」のような名称とロゴを複数考えてもらい，それをセンタのメンバ全体の投票で決めるといったことをやっています．これにより，「自分たちのセンタ」という能動的な意識が出てきています．現在，松山のほかに，「Monolith熊本」，「AiLE池袋」と3カ所でセンタのニックネームがついており，今後拡大していきます．こうした取り組みにより，例えば池袋の離職率がセンタ開設以来0%（2019年11月現在）といったように，業界内でもかなり低い離職率をキープしております．

◆貴社の雰囲気はいかがでしょうか.

総じて，お客さま思考がとても高いと思います．CX（Customer Experience）という言葉が世の中に出てくる以前から，お客さまのために何かしたいという思いが強い人たちが集まってきています．お客さまから怒られるのが仕事的な部分も一部にはあるので，意外とコンタクトセンタのコミュニケータは大変です．そういう感情労働がしっかりできる方たちというのは，お客さまのためにという思いがとても強い人たちで，こういった方々がたくさんいる会社ではないかなと思います．

◆今後の展開について教えてください.

当社が運用するコンタクトセンタにおいては，マルチチャネル化，問合せ受付のシームレス化，AIを活用した音声認識のセンタ運営への展開，VOC（Voice Of Customer）分析とそれに基づく経営等へのフィードバック，チャットソリューション，FAQ分析と自動生成等のノウハウ蓄積や仕組みが整ってきており，さらなる高度化も進めています．

クライアント様のコンタクトセンタ業務を受託ということで，単に業務の肩代わりをするだけではなく，これらを活用してクライアント様の課題解決に向けたコンサルティングや課題解決そのものに寄与できるような付加価値も提供できる環境が整ってきています．

とりわけ，VOCの分析結果を企業戦略や施策立案に活かしてCX向上を図る，「CXコンサルティングサービス」は非常に大きな付加価値となると考え，2019年度をCX元年と位置付けて，CXを高めていくことを最終ゴールとしたCXオンクレドを推進していきます．「クレドパーサ」という核要員を中心に，NTT西日本はもちろん，それ以外のクライアント様に対しても各地へ広く展開していくつもりです．そして，2025年度には2018年度比で2倍となるNTT西日本グループ外売上をめざしていきます．

多様なデータ蓄積・解析はクライアント様への付加価値の源泉

カスタマーソリューション事業推進部
企画部門　ビジネスプラットフォーム担当
担当課長　米林　敏幸さん

◆担当されている業務について教えてください.


米林　敏幸さん

コンタクトセンタ業務のBPOビジネスの拡大に向けた戦略立案，事業開発，プロモーションからローンチユーザの獲得まで，一連の業務を担当しています．

当社のコンタクトセンタでは，AI，音声認識等の新しい技術が導入されてきており，また，センタ運用にかかわる効率化，高品質化等に関するノウハウや，例えば「CXコンサルティングサービス」のようにセンタにおいて蓄積された各種データを分析して活用するサービス等，クライアント様に付加価値を提供する基盤やサービスがあります．このような基盤やコンサルティングを含むサービスを商材として開発し，クライアント様からのコンタクトセンタ運用のBPOにアドオンすることで，これらの付加価値を提供しています．これらの商材について，当社コンタクトセンタにおける活用事例やその付加価値を，Webや外部機関による各種表彰の場においてプレゼンテーション等でアピールしていくことで，新たな商材そのものや付加価値のあるBPOの拡販を図っています．

さて，ここで言う商材について，例えばAIによる音声認識ではNTTテクノクロスの「Foresight Voice Mining®」という製品がありますが，コンタクトセンタにおける実際の音声認識技術の導入にあたっては，クライアント様の利用シーンや目的に応じてニーズが多様であるため，それに応じて最適なソリューションを提供していく必要があり，「Foresight Voice Mining®」に限らずマルチベンダで対応しています．また，SIとしてシステム提供する場合を考えると，システム導入に際してクライアント様自らが運用を設計し，そのうえでチューニングが必要となる場合はその都度コストが発生することになります．一方，当社の場合はコンタクトセンタ業務のBPOとして対応しており，すでにこれらの技術・機能は基盤の中に組み込まれているので，必要なものを選択したうえで，蓄積されてきたノウハウを活用し，クライアント様のニーズに合わせるかたちで運用に供することができます．さらに，こうした運用を重ねていくことで多くのノウハウや，音声認識におけるコーパス（会話文等の文章を構造化，分析したデータベース）が蓄積され，それをフィードバックしていくことで，センタ運用や音声認識のクオリティを高めていくことになり，1つの良い循環が出来上がってきます．

また，運用を通して集まった会話データを分析することで，オペレータやスーパバイザの応対支援や人材育成への活用，FAQ自動生成や，「CXコンサルティングサービス」のようにクライアント様の戦略立案への活用といったかたちで，新しい商材につながる等，別の良い循環も生まれてきます．

そしてこれらの商材がBPOのスキームの中に組み込まれて提供され，拡大していくことでさらに新たなノウハウやデータが蓄積されることになり，ビジネスモデル自身もさらにブラッシュアップされていきます．

◆ご苦労されている点を伺えますか.

コンタクトセンタ業務のBPOを拡大していくうえで，業務効率化や新しい商材を開発していくことが重要であることはお話ししたとおりなのですが，そのために新しい技術やシステムを導入していく必要があります．また，クライアント様のニーズにマッチした運用をしていくためにも，新たなシステム開発やカスタマイズも必要になります．当社はコンシューマを中心とした営業の会社として設立された経緯もあり，こうした技術やシステムの導入，開発，カスタマイズ等にかかわるエンジニアが，どうしても手薄な状態です．これに対応するために，自ら勉強，育成してきてはいますが，なかなか思うようにはいきません．一方で，周りを見渡すとNTTグループには多くのエンジニア，ひいては研究者がいる，という非常に良い環境があります．そこで，NTTグループ企業との連携を模索する中で，音声認識をはじめとした新しい技術やシステムの導入において，NTT西日本との連携が奏功しました．こうした連携をさらにシームレスに広めていき，新しい技術に当社の業

務ノウハウを重ねていくことで新たなバリューを生み出すことができると思います．業界全体もエンジニアに関しては同様な傾向があるようなので，NTTグループのこの環境は当社に大きなパワーを与えてくれると思います．

クライアント様への付加価値という意味においては，データの分析も重要な要素であり，そのための専門家が必要となります．専門家としては，データサイエンティストもさることながら，まずはデータアナリストが必要です．特にVOCのデータの蓄積量は多く，分析結果は「CXコンサルティングサービス」のみならず多方面で活用できるため，データアナリストを集めてVOCデータ分析のチームをつくりました．また，Webデータの分析も行っているのですが，こちらについてはパートナーとの連携で行っています．

◆今後の展望について教えてください．

これまでお話ししてきた新たなビジネススキームによる，コンタクトセンタ業務BPOの展開を推進していきたいと考えておりますが，まだまだ緒に就いたばかりというのが現状で，売上規模からすると当社の売上との比較で2桁少ないといったところです．ただ，こうしたサービスへのクライアント様のニーズが高いことは分かっているので，プロフィットを訴求して，新たな大口のBPO案件につなげていきたいと考えています．

同時に，付加価値等を訴求していくためにもデータの蓄積，分析が大きな意味を持ってくるので，これを拡充していきます．すでに一部のデータ分析についてはかなりハイレベルになってきており，多様なデータを組み合わせた分析に対するニーズも顕在化してきています．こうしたクライアント様の期待にこたえていきたいと思います．ただ，データの分析結果を必要としているのは必ずしもコンタクトセンタ関連部門ではないため，アカウント制も含めた新たな営業体制も検討していかなければなりません．

NTTマーケティングアクト ア・ラ・カルト

■オフィス環境賞2019を受賞

コンタクトセンタのスタッフが快適に過ごせる職場環境づくりに注力しているそうです．「コンタクトセンター・アワード2019　オフィス環境賞」を受賞した「MiraiZ松山」では，スーパバイザ等がフロア全体を見渡せる作業環境や，休憩スポットには携帯電話等の充電設備，Wi-Fiを完備し，スタッフの方々が休憩時間にしっかりくつろげる場所をつくっています（**写真1**，**2**）．このほかにも，経済産業省の健康経営優良法人認定である「ホワイト500」の認定，厚生労働省の子育て支援に積極的に取り組む企業認定制度である「くるみん」の認定，さらに女性活躍リーディングカンパニーも認定をいただいているそうで，スタッフにやさしい職場づくり，環境の維持につとめていくとのことでした．

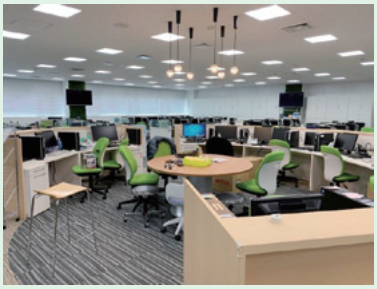


写真 1

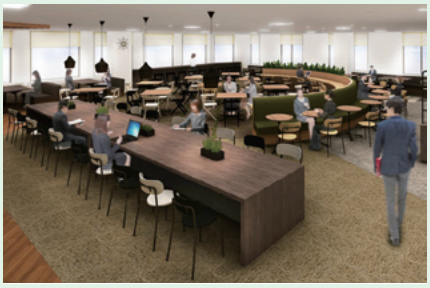


写真 2

DXで社会的な課題の解決をめざす「Smart World推進プロジェクト」——Smart FactoryとSmart Healthcare

NTTコミュニケーションズでは，デジタルトランスフォーメーション（DX）により日本が今，直面している社会的な課題の解決をめざす「Smart World推進プロジェクト」を全社横断で展開しています．7つの注力カテゴリ（Smart Factory，Smart Healthcare，Smart Education，Smart City，Smart Workstyle，Smart Mobility，Smart Customer Experience）の中から今回はSmart FactoryとSmart Healthcareの取り組みと，それらを支える技術を紹介します．

Smart Factory分野の取り組み

グローバル競争が過熱する製造業にとって，工場の生産性向上や設備稼動率の向上は，永遠の課題です．加えて，ユーザニーズが多様化する中で，製造現場では効率性とともに変化に対応できる柔軟性が求められています．これらの課題は，従来，人手により改善されてきましたが，人材不足が深刻化する中で新たな解決法が求められています．このような状況を踏まえて，製造業では「Smart Factory」の実現に向けた取り組みが加速しています．「Smart Factory」は工場内のあらゆる機器や設備，工場内で行う人の作業などのデータを，IoT（Internet of Things）などを活用して収集・蓄積し，これらのデータを分析・活用することで，さまざまな課題の解決や新たな付加価値を創出していく取り組みです．

NTTコミュニケーションズ（NTT Com）では，このような課題に立ち向かう製造業に対して，デジタライゼーション（変革）を支援し，新しいモノ・サービスづくりを実現するエコシステムをつくり上げることをめざしています（**図1**）．例えば，工作機械業界における工作機械デジタルトランスフォーメーション（DX）プラットフォームは，工場内で使用される工作機械等の各種機器をネットワークで接続し，それらから生み出されるビッグデータを活用して製造・生産の最適化を図り生産性を向上させる取り組みです．さらに，複数の工場を連携することで新たなビジネスを創造する取り組みにも挑戦しています．

また，化学業界に対しては，熟練工の暗黙知を形式知化することにより，人手不足や現場業務の効率化，熟練工のノウハウの継承といった課題を解決するアプリケーションサービスを提供するなど，プラントにおける経営のデータ，設備のデータ，人のデータを利活用し，コンビナートの連携による生産性・安全性向上を実現する業界共有プラットフォームサービスの提供をめざしています．

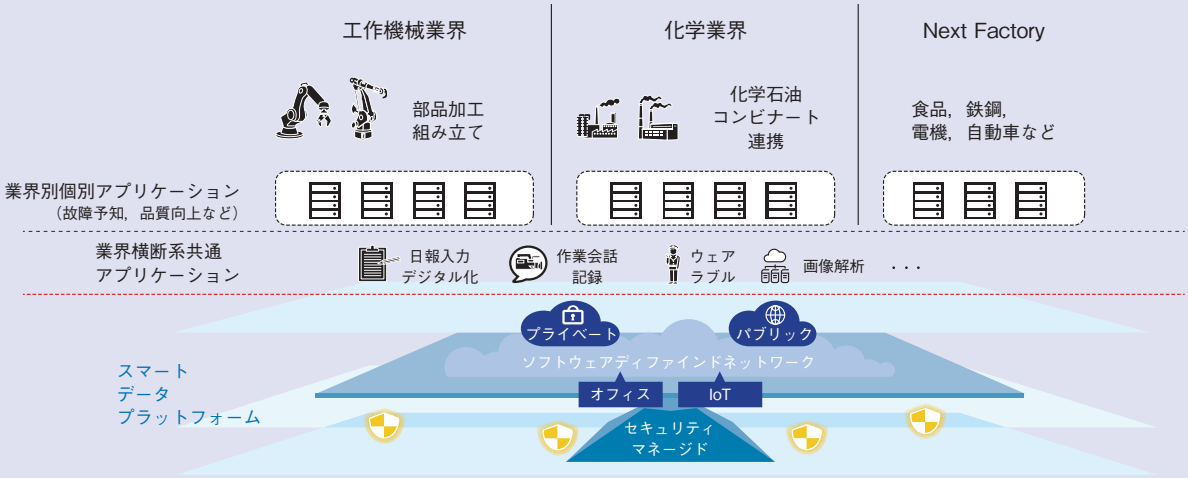


図1　Smart Factory

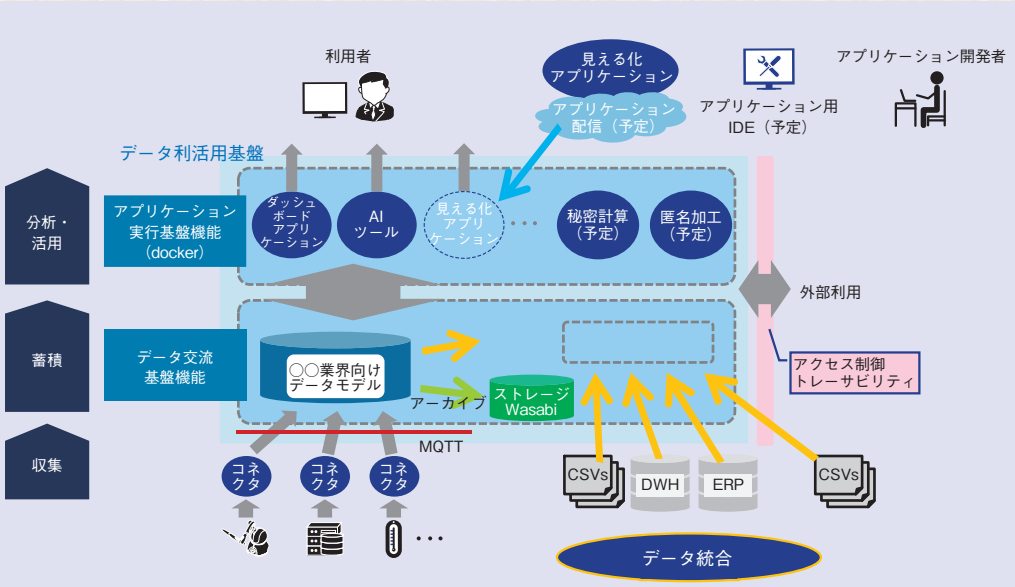


図 2　データ利活用基盤

Smart Factoryを支える技術

Smart Factoryの実現に向け，NTT ComではNTT研究所のR&D成果を基に開発した汎用的なIoTプラットフォームソフトウェア「データ利活用基盤」（**図 2**）を利用した取り組みを推進しています．「データ利活用基盤」は，データ交流とアプリケーション実行の2つの基盤機能で構成されており，デバイスから収集したデータを蓄積し，アプリケーションによるデータ分析・活用を実現するデータ利活用環境を提供します．

■データ交流基盤機能

データ交流基盤機能は，NTT ソフトウェアイノベーションセンタ（SIC）の研究成果である高速で軽量なストリームデータベースである「データ交流基盤」をベースに開発した機能で，多様なデバイスのデータを，コネクタを介して接続して収集を行います．データ収集のインタフェースとしてIoT向けの軽量プロトコルであるMQTTを標準サポートしており，さまざまな業界のセンサや装置が生成する時系列データをはじめとする多様なIoTデータを収集することができます．収集したデータは，あらかじめ定義したデータモデルにのっとり一元的に蓄積します．データモデルは，業界特性を踏まえて柔軟に設定することが可能で，幅広い業界に適用することが可能です．蓄積したデータはその使用頻度に応じてアーカイブすることができるため，NTT Comが提供するリーズナブルなストレージサービスと組み合わせることで，従来はその膨大さゆえに破棄せざるを得なかった貴重な過去データを継続して長期間蓄積することが可能となり，将来の新技術での活用や分析に備えることも可能です．

■アプリケーション実行基盤機能

アプリケーション実行基盤機能は，SICの研究成果であるコンテナの配備・更新にかかわるデプロイ管理技術「IoT-MANO」をベースにして開発しました．データの可視化や分析を行う個別アプリケーションが稼動するコンテナ（Docker）の実行環境を提供し，業務量変動に応じたアプリケーションのオートスケール，ならびにコンテナやサーバを監視して不具合検出時にコンテナを復旧させるオートヒーリングを実施します．またアプリケーション開発者向けには，データ利活用基盤の統合開発環境（IDE）の提供とアプリケーション配信サービスの提供を計画しています．さらに企業間，業界間でのデータ交流の活性化を見据え，安心・安全なデータ流通に向けて，流通させるデータのアクセス制御とトレーサビリティを実現する機能整備をSICの散在データ仮想統合技術「iChie」をベースに進めていきます．

このほか，データの計算過程を保護することで“データの中身を見ない”運用を提供する「秘密計算」や，収集データの2次的利用にあたり，特定の個人を識別することができないような加工をデータに施す「匿名加工」など，NTT研究所のR&D成果を活用した機能なども順次拡充する計画です．

Smart Healthcare分野の取り組み

日本は，世界に先駆けて急速な少子高齢化が進行し，死因の約6割が生活習慣病[(1)]となる中，国民1人ひとりの健康寿命を延伸することが求められています．

厚生労働省では，健康・医療・介護分野におけるICT化を進め，これまで分散されていた各種医療データを国民や患者1人ひとりが自身の医療等のデータを有効に活用することや保健医療現場や関係する産業界が適切に活用し，課題解決の糸口を見出すべく，平成29年1月に「データヘルス改革推進本部」を立ち上げ，健康・医療・介護データの有機的な連結やその利活用の推進に向けた取り組みが推進されています[(2)]．

NTTグループでは，中期経営戦略「Your Value Partner 2025」のSmart Worldの実現への貢献の中で，健康・医療に関するさまざまな情報を蓄積するだけでなく，NTTグループのビッグデータ解析，AI（人工知能），セキュリティといった技術を活用し，健康・医療ビッグデータを解析することによって，新たな価値を創出するメディカルサイエンス事業を推進しています[(3)]．

NTT Comにおいても，Smart Healthcareの取り組みとして，予防，治療，ケアといった各ステージのデータを収集・統合し分析するプラットフォームをSmart Data Platform（SDPF）の各種機能を活用して実現し，自らがData Enablerとなり，新たなヘルスケアサービスを提供する医療プロセス革新，およびデータ分析による新たな付加価値を提供するデータマネジメント革新の推進をめざします（**図3**）．

Smart Healthcareを支える技術

Smart Healthcareで取り扱う各種データは，プライバシへの配慮が必要となる要配慮情報であるため，データを安全に収集，蓄積，活用するために，ID管理，認証，認可，証跡管理，匿名加工，秘密分散，秘密計算といったSDPFのデータセキュリティを実現する機能（データセキュリティ機能）が特に重要となります．ここでは，データセキュリティ機能の中で現在開発を進めている秘密計算機能について紹介します．

各医療機関が保有する要配慮情報であるデータを複数医療機関が組み合わせて分析する場合において，匿名化情報に加工することが考えられますが，匿名性が担保できないような希少症例や，複数医療機関のデータどうしを名寄せして分析を行う場合，氏名などの情報を削除したとしても，連結キーを有する仮名化情報となるため，現行法では個人情報にあたります．

また，例えば企業の健康経営において，従業員の健康診断データやレセプトデータを活用する場合においても，企業側に従業員個人の健康状態が把握されることに対する抵抗感も想定されるため，情報の利活用における安全対策は必要になると考えます．

秘密計算機能は，データを複数の断片に分散（秘密分散）した状態で保管し，データを暗号化された状態で元のデータに復元することなく統計分析できる機能であり，NTT

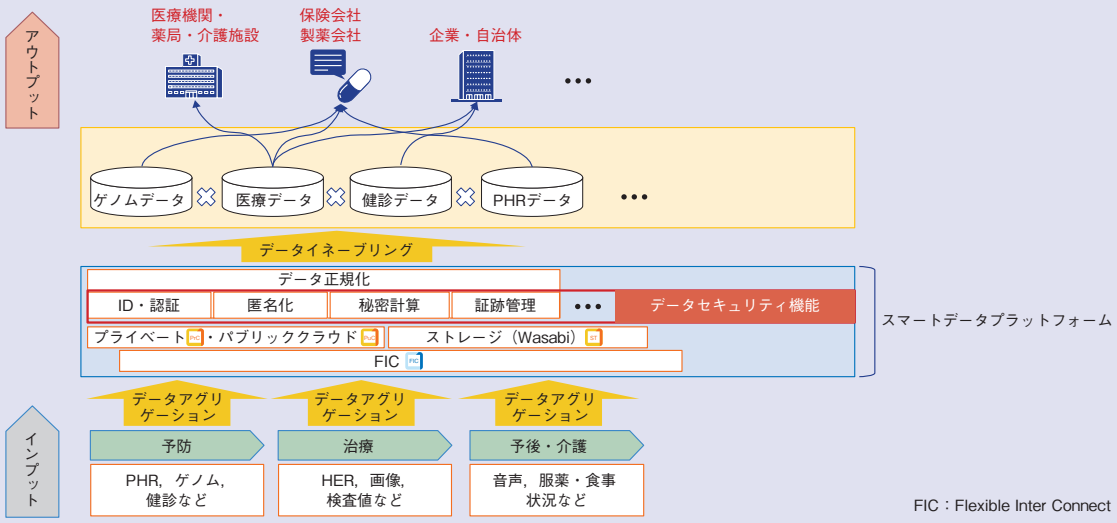


図3　Smart Healthcareの取り組みとそれを支えるデータセキュリティ機能

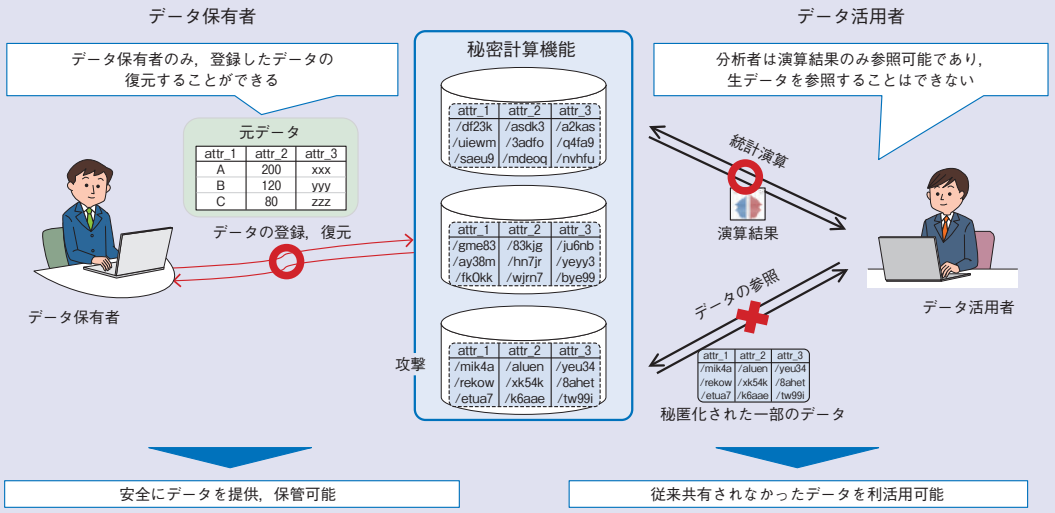


図 4　安全なデータ利活用を実現する秘密計算

セキュアプラットフォーム研究所（SC研）の研究成果である世界最高レベルの性能を実現した秘密計算基盤（Trust-SC）V3.0「算師®」[(4)]をベースにして開発を進めています．

データ活用者に対して，データそのものは一切見せずに統計分析できる（**図 4**）ため，例えば，各医療機関で保有しているデータの内容を他の医療機関に見せることなく，複数医療機関のデータを組み合わせて分析することが可能となり，新たなデータ活用につながります（個人情報を外部機関と連携して分析する場合は，個人情報保護法の第三者提供にあたるため，同意取得等の対応は必要になります）．

さまざまな統計演算に対応しており，例えば，治療における生存曲線を表現するKaplan-Meier法や病気の発生率の予測を行う場合に使用するロジスティック回帰等の医療分野でのデータ利活用に必要となる統計演算が可能です．

開発の中で，統計演算方式の追加や，統計解析ソフト'R'からの利用に加えて，SPSS，SAS JMPなどの汎用的な統計解析ソフト対応，秘密計算技術を活用したディープラーニング対応[(5)]などへの機能拡充をSC研と連携して進めていきます．

今後の展開

NTT ComではSmart Worldの実現のための取り組みとして，データ利活用に必要な収集，蓄積，管理分析に関する機能をワンストップで利用できるプラットフォーム「Smart Data Platform（SDPF）」を2019年9月より提供しています．今後はSDPFを基盤として活用しながらSmart Worldの各領域におけるマーケットニーズをフィードバックし，それぞれの領域で培ったノウハウ・付加価値をSmart Worldの別領域や自社のサービス開発等に展開していきます．また，Smart Worldの各領域の連携から産まれるシナジー効果は，ビジネスマッチング（スタートアップ企業の支援等）の機会創出に役立てます．同時にデータ利活用のニーズや技術の進化に合わせ，SDPFの機能拡充や進化も継続的に図り，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，一元的に実施できる仕組みである「Cognitive Foundation」を活用し，NTT Comはお客さまにとっての「DX Enabler」としてお客さまのDXの実現や，さらなるSmart Worldの実現と企業・社会の持続的成長に貢献していきます．

■参考文献

(1) https://www.mhlw.go.jp/houdou_kouhou/kouhou_shuppan/magazine/2018/03_01.html
(2) https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000545974.pdf
(3) https://www.ntt.co.jp/ir/library/annual/pdf/19/06.pdf
(4) https://www.ntt.co.jp/RD/active/201810/jp/nw/n003.html
(5) https://www.ntt.co.jp/news2019/1909/190902a.html

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ
ソリューションサービス部
〔Smart Factory推進室〕
E-mail　smart-factory@ntt.com
〔Smart Healthcare推進室〕
E-mail　secure-computation-ss@ntt.com

インフラシェアリング　スマートインフラ　スマートエネルギー

社会インフラの共用化に向けて

井伊（いい）　基之（もとゆき）
NTT代表取締役副社長

本稿では，NTTグループが取り組んでいる「社会インフラの共用化」の実現に向けた，社会的課題の解決策や具体的な取り組みについて紹介します．本記事は，2019年10月31日～11月１日に開催された「つくばフォーラム2019」での，井伊基之NTT代表取締役副社長の講演を基に構成したものです．

はじめに

人類は，経済発展が進むに連れて環境への負荷を与え続けています．これは今日でも変わらず，ICTが進歩した今においてもエネルギーの消費や材料の消費は続いています．NTTグループは，環境の負荷を軽減させながら，なおかつ経済を発展させなければいけない課題に積極的に取り組むべきと考えます（**図１**）．そのためのポイントが３つあります．１番目は，NTTグループ全体として意識を変えるということ．２番目は，それを具体的な行動で示すこと．３番目は，その行動を技術革新で支えること．この３つが講演の根底にあるキーワードです．

今までの経済モデルはリニアエコノミーでした．材料を使ってモノをつくって売って利用した後，捨ててしまうという直線型の経済で私たちは発展してきました．車を例に挙げると，経済が豊かになればなるほど一家に１台，１人１台と所有する車の数は増え，その結果，材料やエネルギーをたくさん使用したり，道路を整備したりと環境にどんどん負荷を与えています．家電製品においても，豊かになればなるほど１部屋に１台のエアコンや何台ものTVを所有し，環境に負荷を与えているといった状況は変わりません．私たちの分野であるICTも同様です．　ICTが豊かになればなるほど，情報の流通量も増え，必要なエネルギー量も増えていきます．これは決して環境には優しいとはいえない活動です．しかし，その結果としてさまざまな価値が生まれ，生活は便利になり，社会も安心・安全になっています．これに対して環境の負荷をどうやって下げていくかといった課題について，何らかのアプローチがいると考えます．

■サーキュラエコノミー

サーキュラエコノミーの考え方が，オランダを中心として，ヨーロッパでは当たり前になっています．使ったものはもう一度リユースする，あるいは

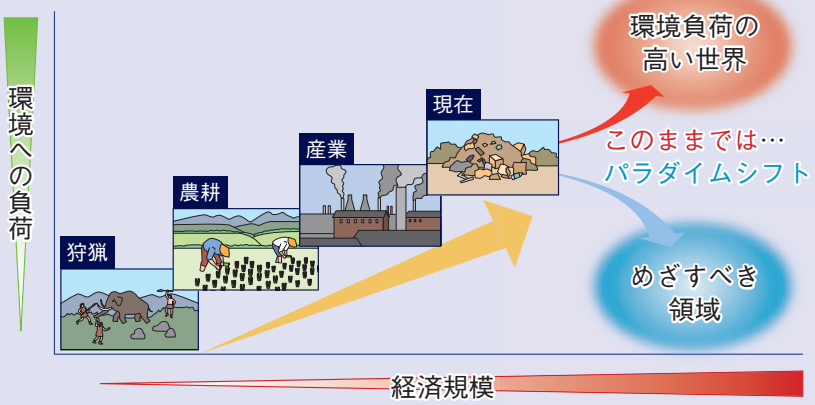
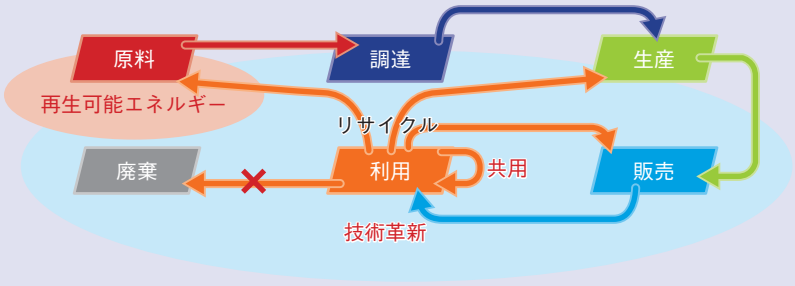


図１　経済発展と環境負荷低減の両立

材料として戻す，それらが不可能な場合は燃やしてエネルギーにするという循環型経済という考え方です．使い方においても，所有せずサービスにして提供する方法や共用して占有をしないなどの方法でなるべく環境に負荷を与えない，また，経済が発展するよう技術革新を取り入れる必要があります．これからは，資産の占有ではなく共用，エネルギーはなるべく再生可能エネルギーを使う，サーキュラエコノミーで循環型経済をめざすという意識に，企業や市民が変わっていかなくてはなりません（**図2**）．



▶サーキュラーエコノミー：共用，リサイクル
▶「つくって，売って，使って，　再利用する」循環型の経済
▶再生可能エネルギーの利用と技術革新

図2　これからの経済モデル

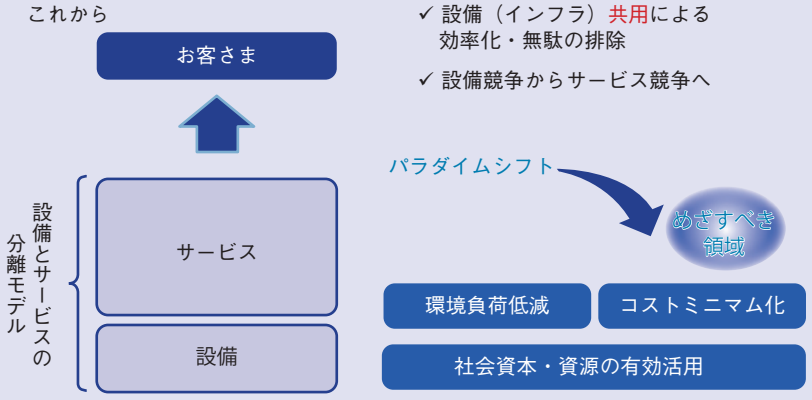


図3　シェアリングエコノミー

■PtoP型シェアリングエコノミー

PtoP型のシェアリングエコノミーは個人のほうが進んできています．いろいろなカテゴリのサービスを提供する方々が登場してきており，ユーザ側は所有せずにサービスを利用するという立場で進んでいるエコノミーです．いくつかのジャンルではこういったエコノミーが始まっており，再利用・再資源化も進んでいます．このシェアリングエコノミーの背景にあるのは，やはり所有ではなく共有です．捨てるのはもったいないため皆でシェアしたほうが良いという価値観が生まれ，売り手と買い手が1対1で取り引きを行い，すぐに日常にしてしまうような経済がどんどん進んでいます．ところが通信の分野では設備とサービスが一体のモデルであるため設備競争が生まれ，設備の占有が生じています．モバイルでいえば，良い場所にアンテナを建てることが企業にとってのアドバンテージになるため，同じような場所にアンテナを建てたがる企業が多くなります．設備競争とサービス競争の一体化が今までの私たちの事業ですが，これでは環境の負荷が高くなってしまいます．これからは設備とサービスを分離させ，インフラはなるべく共用し，サービスは競争する，このような考え方をめざすべきだと考えます（**図3**）．

■ICTにおける社会インフラの共用化

ICTにおける社会インフラとはどういったものでしょうか．例えば，電気通信事業であればアンテナや管路，電源など，クラウドのような技術であればコンピュータやサーバ，ストレージなどといった物理的な設備とデータも社会インフラとして定義されます．これを共用化するためには，共同でつくるか，共同で使うか，オープンにして活用し合う必要があります．そのため，広義でいうインフラシェアリングとは，データの活用も含めたものと考え

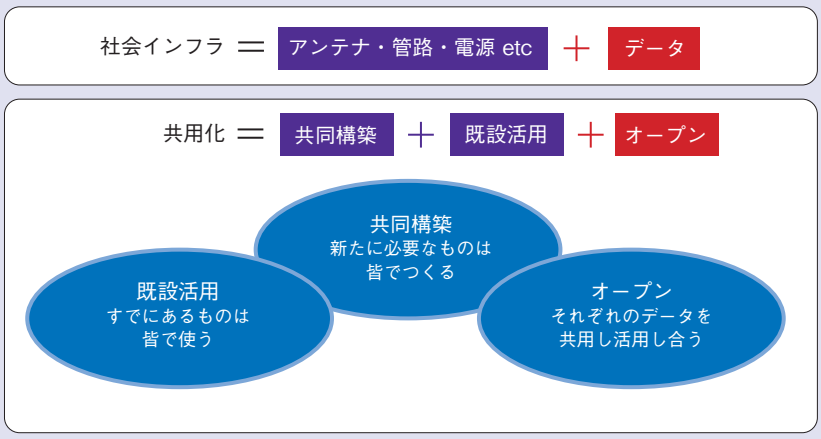


図 4　ICTにおける社会インフラの共用化

ていかなければなりません（**図 4**）．これまでの取り組みがegoであるなら，ecoをめざす，リニアエコノミーからサーキュラエコノミーをめざす，所有からシェアをめざす，そういう意識改革を経営レベルで行わないと変わりません．

NTTとしての具体的な取り組み

NTTグループは公共性と企業性の両方の性質を持っており，社会に対する責任を負わなければなりません．私たちの事業の活動を通じた社会のさまざまな課題を解決していくために，パートナーとコラボレーションしながら活動していく必要があります．その結果としてSmart Worldを実現し，日本でいうSociety 5.0を実現し，世界でいうSDGsに貢献していこうという考え方です．共用化の取り組みについて，「移動体通信事業」「スマートインフラ事業」「スマートエネルギー事業」の 3 つの事例を紹介します．

■移動体通信事業

この事業で社会的課題となっていることは，設備の投資コストを下げること，より早く5G（第 5 世代移動通信システム）の全国展開をするための基盤の整備が求められていること，5Gの基地局を建てるスペースを確保することです．これらを本当にまた設備競争するのですか？　がテーマです．なるべくインフラを共用し，コストを下げ，社会資源であるスペースも有効に使うことがめざすべき姿ではないかと考えます．

⑴　建物（屋内・屋外）のシェアリング

「JTOWER」という各モバイルキャリアに中立的な会社があり，共同的にアンテナを建てていくことを事業としています．NTTは純粋持株会社としてJTOWER社に対して資本・業務提携をさせていただきました．これが最初の行動の第一歩です．モバイルキャリアの垣根を越えた5G時代におけるシェアリングモデルを広めたいと考えています．

今後，5Gがビルや工場などの中に入っていくと，建物の中にアンテナをたくさん付けていくという工事が発生します．これを各社ごとに行うと，アンテナの数や配線，電源などが増え，大変なことになります．そこで，なるべく共用アンテナ化，あるいは共用設備化しビルの中だけでもシンプルにしようという取り組みがIBS（In Building System）のシェアリングの考え方です．これによりコスト，エネルギーを削減できます．こういったことを担っていく中立的な会社が今後求められていくと考えています．具体的にJTOWER社が手掛けているのは，テナントやショッピングモールなど，商業施設の中のIBSです．各社がそれぞれ別のアンテナを建てるため何とか 1 つにしてほしいということがビルのオーナを含めた世の中のニーズです．

一方で，屋外（タワー）にも5Gのアンテナを建てていくニーズが出てくると思います．ルーラルエリアとアーバンエリアの 2 つだと，ルーラルエリアは加入密度が低く，おそらく5Gのビジネスとしても採算性は低いだろうということで，シェアリングすることに非常に経済的な意味があると思います．反対に，アーバンエリアは建てるスペースがありません．その狭いスペースを共同活用することが，シェアリングとして意味をなします．また，JTOWER社が全部建てなくても，既存のキャリアが自分のタワーなどを解放し，そこに他のキャリアの分も乗せ

るやり方でも構いません．元々5Gの周波数を割り当てたときに，総務省は全国を10 km四方の約4500のメッシュに切りました．そのメッシュのうち，何％を2024年までにカバーするかを各キャリアに問い，この場所は我々が5Gを提供しますと宣言し，より多く宣言したところから希望の周波数帯を割り当てていったというのが，周波数割り当ての流れでした．この約4500のうち，多くの場所が4キャリアで重なっています．そのため，各キャリアがバラバラに設置するのか，共有するのかがこれからの課題と考えます．

また，基地局と各社のアンテナを結ぶモバイルフロントホール（MFH）や，基地局と基地局，あるいは基地局と基幹通信網を結ぶモバイルバックホール（MBH）も，現状では各社ごとにつくっていますが，今後は共用化したいと考えています．ただ，特にフロントホールにおいて，現在基地局までの間は，ダークファイバを使いRF信号をそのまま送っています．ここに低遅延の伝送方式の技術革新が生まれれば，基地局までの距離制限を乗り越えて送り先を違うビルまで持っていくことができるので，基地局装置をさまざまなビルに設置できるようになり，建物の共用化や有効活用が進みます．なおかつ，そのネットワークをループ化させれば，冗長構成により信頼性も上がります．ビルのリソースにも限りがあるため，共用化，新技術の導入によって，ビルもシェアリングするということを進めていかなければならず，こういった技術革新が求められると考えます（**図5**）．

⑵　基地局装置の相互運用性促進（O-RAN）

世界中のキャリアやベンダを集めた，O-RANコンソーシアムという活動があります．これまで，基地局の設備はベンダごとに独自インタフェースをつくってきました．そのため，A社製品はA社製品としかつながらないという環境になっています．この環境ではシェアリングは難しいため，O-RANコンソーシアムでは，オープンインタフェースを定義しています．次のアドバンスド5Gのときに，各ベンダがオープンインタフェースに基づく仕様で製品をつくり，それを確認するテストベッドを用意し，それぞれの相互接続性，相互運用性を確認すれば，各社の製品が混在してもつながる環境ができてきます．このような取り組みを進めることがシェアリングにつながると考えます．

⑶　ネットワークの将来像

ネットワークに関しては，三層モデルで説明します（**図6**）．一番下が，ファイバや無線など，通信の媒体になるトランスポートです．真ん中が，各キャリアが提供しているネットワークサービスです．いろいろなサービス品目でお客さまに提供しています．一番上が，クラウドを使用し，さまざまなサービスを生み出すオーバーレイソリューションです．例えば，GAFAなどはここでサービスをつくり込んでいます．ネットワークのリソースと，オーバーレイソリューションのリソースをマルチオーケストレータで組み合わせることにより，現実のサービスが提供されています．なお，これまで説明してきた「共用」はどの部分かというと，アンテナや伝送路などの一番ベーシックなトランスポートレイヤです．一方でサービスは一番上のオーバーレイソリューションで競争するようになります．「共用」と「競争」をうまく組み合わせることにより，ユーザに新

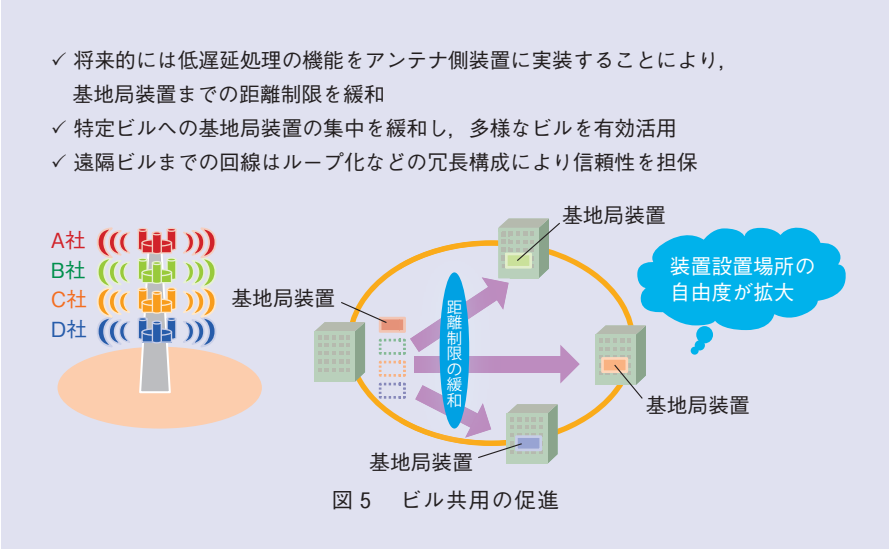


図5　ビル共用の促進

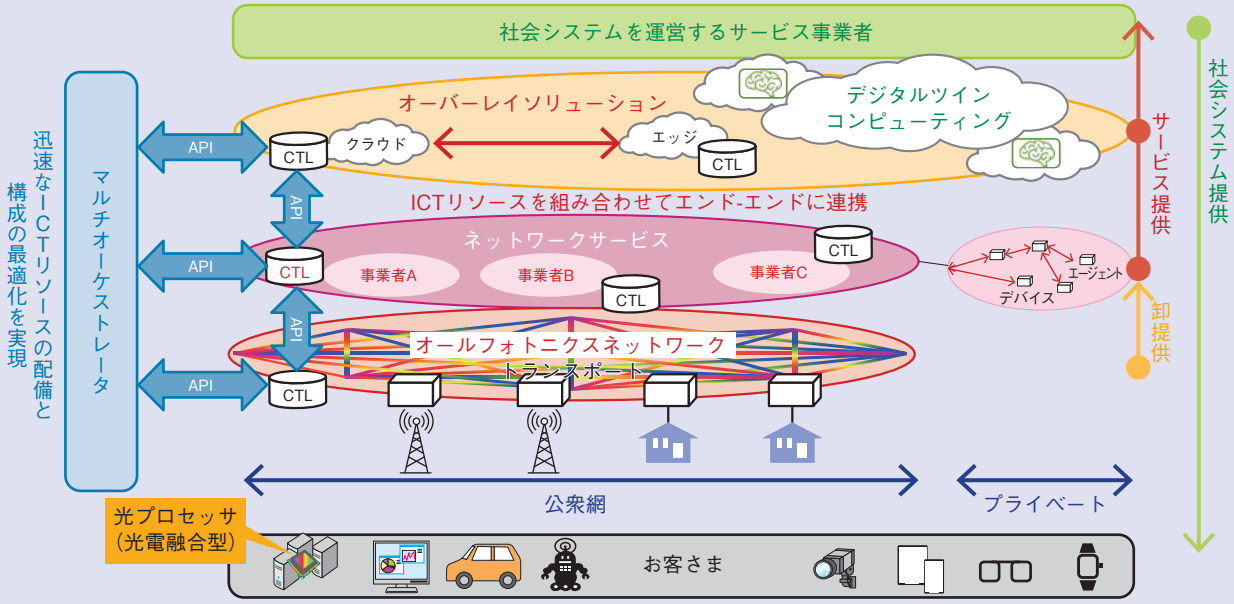
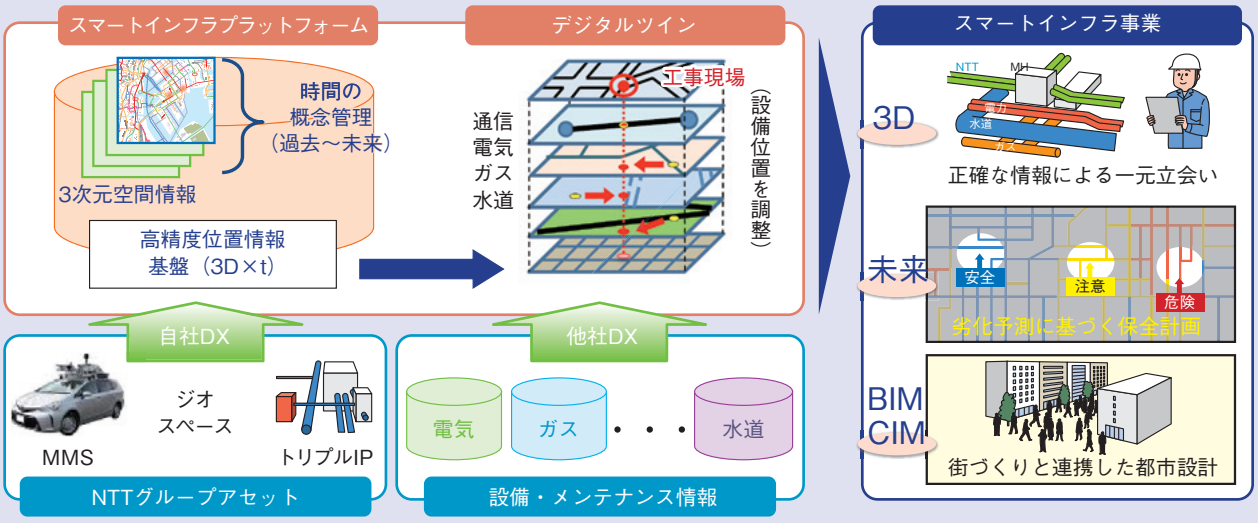


図 6　ネットワークの将来像

しい価値を与えることができると考えます．

■スマートインフラ事業

ここでいうインフラとは管路やとう道といった埋設設備とそれに関するデータのことを指します．通信のみならず，ガス，水道，電気など，地下に埋設物を持ってサービスを提供している事業者の設備は大変古くなっています．また，それら設備のメンテナンスや構築する補修要員も高齢化しているうえに，各社で別々にオペレーションしているため，非効率性と環境への負荷を与えています．そこで，各社の設備を共通化することはできなくても，各社のデータを共用化し，さまざまなことを効率化することで環境に優しくできるだろうといった考えがスマートインフラ構想です．それには，各社が独自で持っている設備のデータベースを１枚の地図上に重ね合わせなければなりません．他事業者の設備については，深度何メートルに何が埋まっているのかは分かりません．また，道路の掘削など，各事業者はまちまちのタイミングで作業します．そこで，まず一番はじめにしなくてはならないことは，データの共有化です．そのためには，データをオープン化しなければならず，そのオープンなデータを基に，全体を見えるようにしなければなりません．そのプラットフォームが必要になってきます．リアルの設備をデジタルデータに変え，デジタルの世界で実際に重ね合わせることをデジタルツインと呼びますが，どのように埋設されているのかを見える化するためには，このデジタルツインをしっかりつくれるかどうかが勝負で，そのためには，３Dの技術や，予測技術が必要になってきます．こういったことができてくると，各社が別々に行っていた地下埋設物の保守や構築に関して，足並みをそろえることができます（**図 7**）．例えば，道路を改修する際には，データベースで一元的に見ることができ，代表者が一元的に立会うことができます．　現在，i-Constructionというのが進んでおり，掘削する機械が埋設物の場所のデータに基づいて掘るので，このデータが本当に正しければ，誤切断などの事故を起こさないといったことにもつながっていきます．サイバー空間上ですべてシミュレーションしてから，現地でリアルに作業するやり方が標準的になる時代が来ると考えています．



インフラ情報を共有化しデジタルツインとして活用

DX：デジタルトランスフォーメーション

図7　スマートインフラ構想

保全に関しては，耐用年数や点検による故障の判定基準にて取り替えを行っていました．しかし，データ化を進めていくことで，そのデータ上に予測技術を持ち込み，未来はこうなるだろうと予測して点検していくことが可能になります（**図8**）．通信ケーブルだけでなく，例えばガス管や水道管，電気の管路についても，どのようにして一緒に合わせて効率的に作業するかを考えていくことが，社会的なインフラを持つ事業者にとってエコな取り組みになるのではないかと考えています．これを行うために，NTTはNTTインフラネットをNTT東日本から持株会社へ帰属変更し，グループの中だけではなく，グループの外に対してもスマートメンテナンスの事業，あるいは先ほど挙げたデータベースの構築ができるように，経営形態を変更し，資本も増強しました．それが最初の行動です．いずれは，スマートシティの構築の際にも，さまざまな事業者や配管，配線などが設計の段階で決まってくると思います．また，街全体としての景観などもサイバー空間上で点検できるようになります．

■スマートエネルギー事業

通信とエネルギーは切っても切れない関係です．特に昨今，私たちがICTをどんどん進め，データセンターをどんどん建てることがエネルギーの消費を圧倒的に増やしてしまうということに，通信事業者として大変な責任を感じています．そこで，環境負荷を下げる活動に自ら取り組むべきと考えており，化石燃料から再生可能エネルギーへシフトしていく動きを支援したいと考えています．また，昨今繰り返されている大型の災害で，通信に限らず世の中の社会基盤が被害を受けていることに対して，非常用の電源の供給が重要な課題になっています．こういった社会課題を解決するために，私たちの持っている通信のインフラや局舎をシェアリングし，サスティナブルな社会をつくることへの貢献をめざし，NTTアノードエナジーという子会社を持株会社配下につくりました．

日本は現在16％しか再生可能エネルギーを利用しておらず，2030年の目標でも22～24％と消極的な数字しか示せていません．ヨーロッパではすでに30％台の国もあり，将来的には再生可能エネルギーの比率を40％以上に増やしていくと宣言しています．すべてを再生可能エネルギーにすること

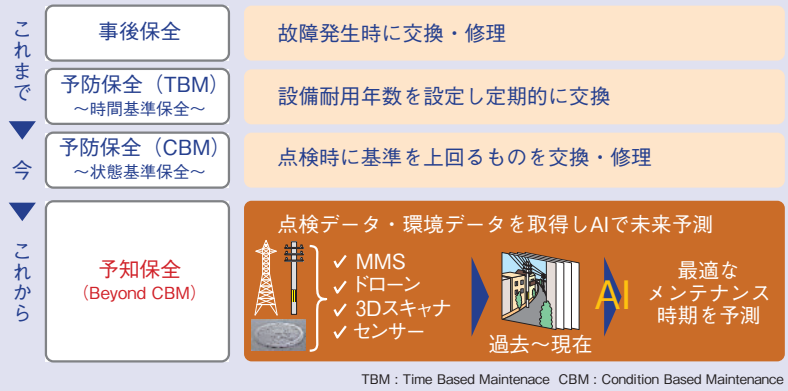


図 8　スマートメンテナンスへの活用

は難しいですが，再生可能エネルギーを増やしていく必要があると考えています．

しかし，再生可能エネルギーには弱みがあります．例えば，太陽光発電であれば時間と天気によって発電量が非常に変動しやすいことが挙げられます．風力発電も同様で，風の強さによって発電量が変動するため安定しません．これは，化石燃料もしくは原子力で発電している通常の電力に比べると弱みです．また，需要・供給の問題でみると，都市部では非常に電力の需要が大きいのに対し，実際に再生可能エネルギーを供給できる環境は，むしろ電力消費の少ない地方のほうです．需要と供給のバランスは取れておらず，これをすべて線でつなぐとすると，送電・配電するだけでもコストがかなりかかってしまうため，この再生可能エネルギーを最大限活用する仕組みが必要になってきます．そして，その答えは分散エネルギーだと考えています．ある程度エネルギーを生んだところの近傍でそのエネルギーを消費することで，需要と供給のバランスの問題を解決したいと考えています．さらに，交流の電力のバックアップに，再生可能エネルギーを入れている地域はたくさんあるのですが，交流が十分足りているときは，供給過多になるので発電を止めています．その分を電池にためておき，使いたいときに使えれば良いのですが，現在ではそういった取り組みはされておらず，生み出した再生可能エネルギーが100%は使われていないのが実態です．今後，既存の交流の系統に再生可能エネルギーの分散型のエネルギーシステムをどうオーバーレイし，再生可能エネルギー自体をどのように最大活用するかということを進めていきます．

そこで，何を活用するかというと，NTTはたくさんのビルを持っているのでそこに電池を置く，あるいは，ビルとビルの間も管路を持っているので，直流の送電・配電網を必要ならば構築するなど，が可能になってきます．

また，通信事業の特性として，エネルギー網をコントロールする，マネージすることに関しても自分たちが力を発揮できる分野と考えます．放電・発電の制御，見える化といった需要と供給のコントロールをしていかなければならず，それにはICTの技術が必要になります．将来はそういったことを自動的に，オートノマスに行い，AIも持ち込み，こういったことをトリガーとして行っていきます．

おわりに

これからもサスティナブルな地球環境を実現するためにNTTグループは努力していきますので，ぜひ，関係の皆様のご支援ご協力を賜りたいと存じます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL　029-868-6040
FAX　029-868-6037
E-mail　tforum2019-pb-ml@hco.ntt.co.jp

地域発イノベーションで豊かな未来を拓く

しぶたに　なおき
澁谷　直樹
NTT東日本代表取締役副社長

本稿では，地域の中小企業や一次産業の活性化を通じて「豊かな日本」を実現するため，NTT東日本グループの農業分野での最新の取り組み事例や，さまざまな関係者との新たな価値を創り出すCollective Impactの重要性，それを実現するためのオープンな社会プラットフォームの実現に向けた構想を紹介します．本記事は2019年10月31日～11月1日に開催された「つくばフォーラム2019」での澁谷直樹NTT東日本代表取締役副社長の講演を基に構成したものです．

日本にイノベーションは起こらないのか

日本にイノベーションは起こらないのでしょうか．日本は世界経済フォーラムの世界競争力ランキングにおいて6位にランキングされていますが，イノベーティブなビジネスに適しているかという指標でみると，先進国の中では14位とかなり低い結果になっています．また，過去30年の世界のGDP（国内総生産）の伸びをみると，日本は1.2倍ですが，一方でEU各国は最低でも倍程度，米国は3.3倍，中国に至っては10何倍も成長しており，日本は本当に成長しない国になってしまっています．

では，成長しなくても幸せなら良いではないか，とも思いますが，世界幸福度ランキングでも日本は58位と，国民からみても少子高齢化や年金問題など，安心して子どもを産んで次世代につなげるというような幸福感を感じにくい状況になっているのではないでしょうか．幸福度ランキング上位の国は北欧などの小さい国が多いのですが，これらの国も1人当りのGDPが伸びている一方で日本は，今日より明日，明日より20年後が良くなるかたちがみえていません．

GAFA発のイノベーションによって人は幸せになっているのか

日本はどのようなイノベーションを起こしていけば良いのでしょうか．今世界を席巻してイノベーションを起こしているGAFA（Google，Apple，Facebook，Amazon）の売上は確かに右肩上がりで急速に伸びていますが，一方で『アマゾンの倉庫で絶望し，ウーバーの車で発狂した』という本が売れているのはご存じでしょうか．先日シアトルに行き，アマゾンの倉庫を視察しましたが，もっとも効率的になるようにAIが人とシステムをコントロールし，その結果，人々は低い賃金で高負荷な労働に従事しているとメディアから批判を受けている状況です．労働分配率をみても米国は右肩下がりとなっており，その原因としてはGAFAなどの大企業が儲けた利益を自社のために留保し，労働者に還元していないのではないかという説もいわれています．

オープンな社会プラットフォーム

GAFAは収集したデータを独占するモデルを取っています．SNSや広告モデルなどのさまざまな手法で世の中のデータを吸い上げて，自社の商品やコンテンツをより良くするためにそれらのデータを使うモデルであるとして，その状況を危惧する声が世界中で上がっています．

私たちとしてはデータを独占するモデルではなく，あらゆるところからデータが集まるデータレイクをつくり，しっかりと社会全体で共有しながら，皆様とより豊かになれる社会をともにつくり上げていきたいと考えています．データを社会全体で活用するモデルをつくれれば，日本は世界からもう一度注目されるようになるのではないでしょうか．

人がよりクリエイティブな仕事をできるようにAIを活用する

AIに人が使われるのではなく，AIと人がいかに共生するかという倫理を，どう築いていくのかの議論が行われています．AIが人を使うのではなく，人が困っていて何とか助けてほしいという重労働に対して，AIが支える姿を実現できれば，世界が注目できるような社会イノベーションを起こせるのではないかと思っています（**図1**）．

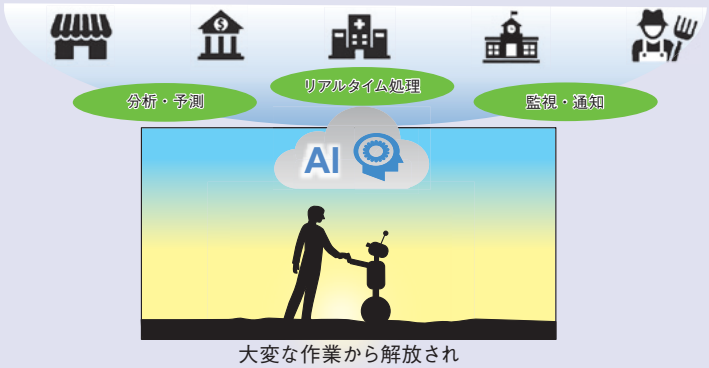


図1　人を支えるAIへ

■地域の活性化なくして日本の再生は難しい

それでは，今NTT東日本のお客さまがどのような状況なのかを踏まえ，日本を再生するために必要な取り組みについて説明します．日本の労働人口は少子高齢化に伴い右肩下がりで減り続けており，そのような中でどうやって国を発展させるかを考えなければいけません．

一方で，1人当りの生産性については，日本はOECD加盟国の中で20位となっており，非常に低い状況です．しかし，東京都だけの生産性をみると6位の米国を上回る生産性といわれており，このことから地方をどのように活性化させるかを考えないと，日本がもう一度成長していくのは難しいと考えています．

■中小企業の生産性向上によるイノベーション

もう1つの問題が中小企業と大企業の格差です．大企業の生産性は高い一方で，中小企業はここ10数年で全く伸びておらず，全企業数の99.7％を占める中小企業においてデジタル革新を起こして，彼らの生産性をいかに上げていくかを考える必要があります．

実際に中小企業においては半数以上の会社経営者の年齢が70歳以上となっており，事業が行き詰まって倒産するのではなく，利益がまだ出ているのに後継者がいないためやむにやまれず廃業しているケースが増えているのが実態です．

地域の中小企業におけるもう1つの課題は，事業を楽にするためや生産性を上げるために技術を活用するIT人材がいないことです．重労働の部分をAIが分担してくれるならば，何とか事業を継続できるかもしれないという農家や製造業の方がたくさんいますが，そのような中小企業の方々に手を差し伸べることができていないのが現状です．

一次産業活性化による地域の雇用創出

国全体で起きている事象にも触れたいと思います．日本の人口減少に伴い2065年には1.3人で1人の高齢者を支えなければならないとされています．日本を成長させ，1人当りの給料を2倍に持っていけるような道筋をつくるため，今から取り組みをしていかなければなりません．

産業分野ごとの従事者数（**図2**）をみると，近年，国内や地域で消費するようなサービス産業ばかりに若手が就職している一方で，一次産業が年々減少しています．地方は一次産業の依存率が高いものの，これまで日本は，農作物や畜産，水産を強くしていくことについてあまり目を向けてきませんでした．この領域をどのようにして強い産業に再生させていくかが地方活性化のキーになってくると考えています．

農業だけをとってもこの50年で従事者数が80％も減っています．なおかつ，80％の方が60歳以上となっており耕作放棄地もどんどん増える一方です．もっと地方の土地を有効活用して生産性を上げることができれば，製造業だけではなく，一次産業を輸出産業化し，国家のもう1つの柱にすることができるのではないかと考えています．そこで私たちは中小企業の生産性向上と一次産業の再生を通じて地方の

活性化を実現していきたいと考えています．

■日本がめざす地域循環型共生圏

このような取り組みでめざしたい社会ですが，地域をベースに循環型の共生社会をつくるためにNTT東日本が支えになりたいと考えています．例えば，牛の糞尿や林業から排出されるチップなどを集めて，それらをバイオマスプラントで熱などの地産地消できるエネルギーに変換します．そのエネルギーを使って水産業でチョウザメ（キャビア）を養殖したりもできますし，最後に残った残滓を堆肥として使って農業に活用することもできます．このような領域こそ，地域にお世話になっている私たちがデジタル技術をしっかりと活用して取り組んでいきたいと考えています．

■農業分野における取り組み事例

以上のような課題認識を踏まえて，NTT東日本では農業分野に本格的に取り組み始めました．農業は担い手問題・鳥獣害・自然災害などのさまざまな課題がありますが，イノベーションに成功している国があります．オランダは日本の10分の１の面積で人口も1600万人しかいないのに，戦後，農業分野を飛躍的に伸ばしており，世界第２位の農業輸出国になりました．彼らは次世代施設園芸をつくり，面積当りの収穫量は日本の５倍を実現できた背景として，米国のシリコンバレーのようにオランダはフードバレーというものをつくりました（**図３**）．農業分野で世界最先端であるワーヘニンゲン大学が核となって，公的機関や研究施設，メーカーや農家などのさまざまな分野のステークホルダをつなぐ仕組みをつくっています．バイオテクノロ

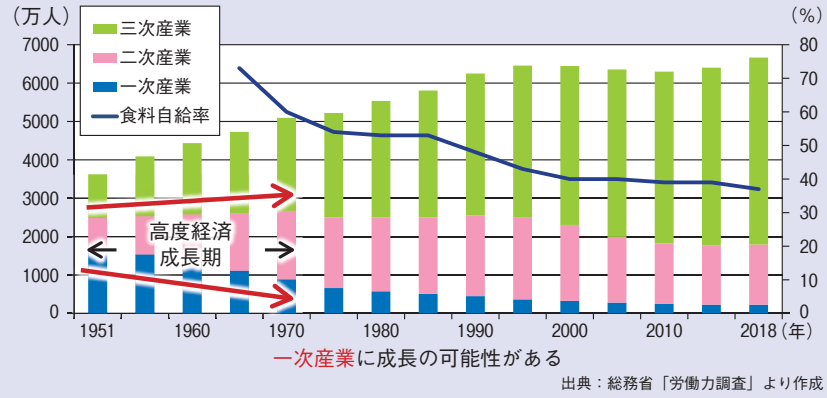
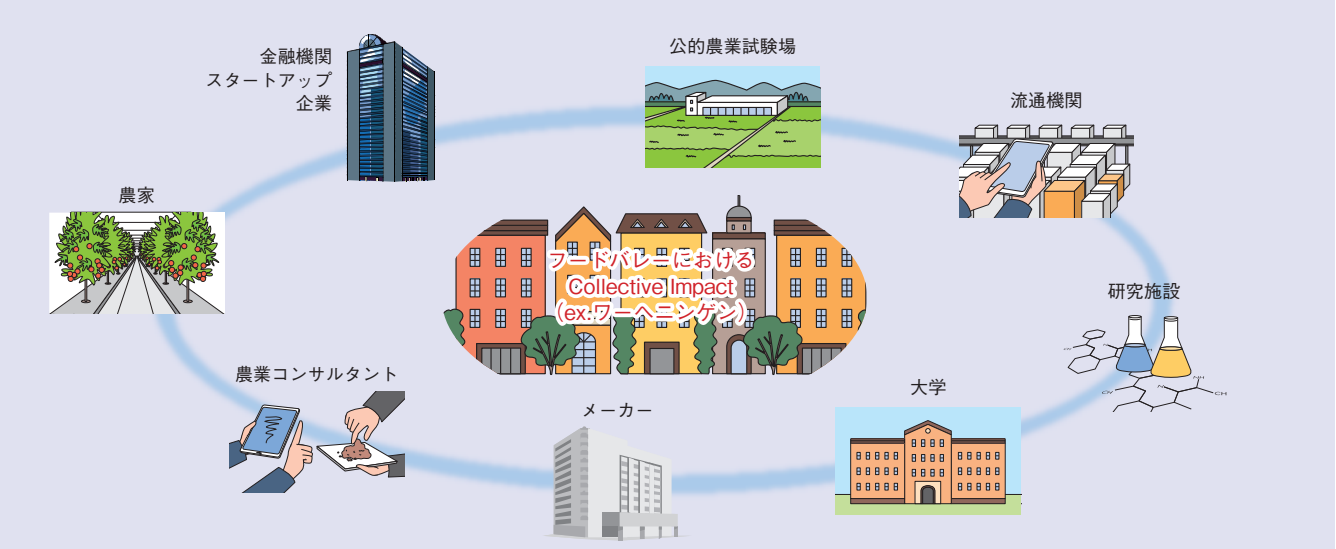


図２　産業構造バランスと食料自給率



産官学連携した研究・ビジネス拠点で食のイノベーション実現

図３　次世代施設園芸を実現するために（オランダ）

ジでいかに良い種をつくるか，いかに収穫量・生産効率を上げるか，マーケットにどう最適に流通させるかなど，さまざまな角度で研究して全体的に解決していくことでフードバレーを実現しています．

Collective Impact

今注目されている言葉にCollective Impactという考えがあり，ぜひ私たちはCollective Impactを日本の地域社会で実現していきたいと思っています．

Collective Impactとは，個々の企業の取り組みだけでは限界があり，企業・官公庁・研究機関などがフードバレーのように高い目標を共有しながら，それぞれの強みを持ち寄って産業全体をつくり上げていくことであり，つまりはCollectiveに力を合わせていくことで，社会にImpactを及ぼすような変革を成し遂げようという考え方です．世界をみると，オランダのようにこのような取り組みで成功している国々もあり，日本でも同じようにできるのではないかと考えています．

農業高度化の2つのデジタルトランスフォーメーションアプローチ

これまで説明してきたように，NTT東日本は日頃からお世話になっている中小企業の方々や一次産業の活性化をデジタル技術を活用して実現することをめざして取り組みを始めたのですが，その実例として私たちが農業分野において進めている取り組み事例を2つ紹介します．デジタルトランスフォーメーションにはModeⅠとModeⅡという2つのアプローチがあります（**図4**）．ModeⅠは現状のやり方をベースとしながら，デジタル技術で改善して生産性を上げていくフォワードキャストなアプローチです．一方，ModeⅡは全く新しい，例えばオランダのような次世代施設園芸を日本に最適化して導入し，既存の農業を完全に変えてしまおうという，未来を起点に今何をすべきかを考えるバックキャストなアプローチとなります．この両方の側面から取り組むことで，地域に産業を呼び込み若い人が従事する地方創生の流れができるのではないかと考えています．

■ModeⅠ　山梨モデル

ModeⅠとして山梨で取り組んでいる事例を紹介します．山梨のシャインマスカット農家で，JA山梨フルーツと連携しながら積極的に取り組んでいる農家の方です．この農家では，70歳を超えるご夫婦が10個のビニールハウスを運用しているのですが，夏の山梨は非常に暑く，35 ℃を超えた際に空調が動いていないとシャインマスカットが全部だめになってしまうので，毎日奥さんが空調管理のために10カ所を回り本当に苦しい思いをしています．このような所だけでも楽にできたら，農家を続けていきたいと考えておられ，何とか私たちがお手伝いできないかということで始めました．

この取り組みでは，既存の設備に外付けでIoT機器を設置することで遠隔監視やデータ収集を実現しています．さらに，JA山梨フルーツが中心となり，たくさんの農家の生育データを集めたり，山梨大学発のベンチャー企業が参画し，より高い品質のシャインマスカット品種改良や出荷タイミングの判定などに温度やCO_2のデータと生育状況のデータを活用することで，結果的にデータ駆動型で農産物の改良や営農指導ができています（**図5**）．

■ModeⅡ　次世代施設園芸モデル

ModeⅡのアプローチとして，私たちも本格的に農業をやるために2019年7月1日にNTTアグリテクノロジーという会社をつくりました．NTTアグリテクノロジー遠藤大己取締役の思いと具体的な取り組みについて紹介します．

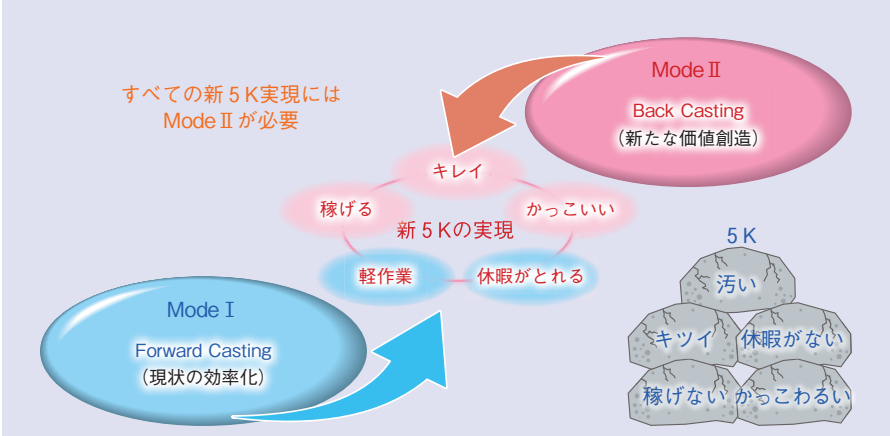


図4　農業高度化の2つのDXアプローチ

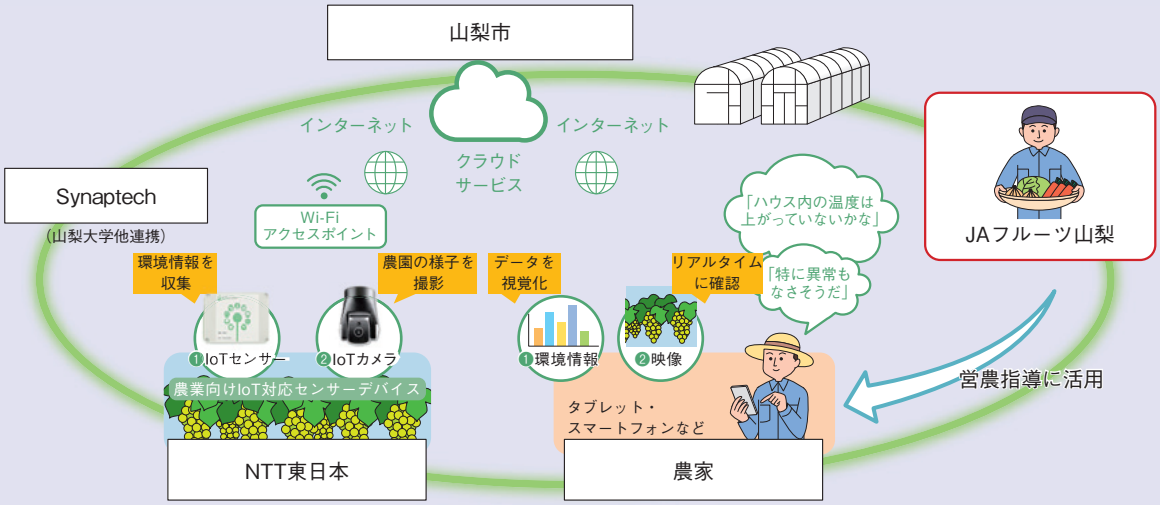


図５　山梨市様，JAフルーツ山梨様との取り組み

【NTTアグリテクノロジー遠藤大己取締役】

実家が米農家で親戚も含めて高齢化が進む中で担い手が不足している現状を見て，将来自分が農業経営をできるのか，儲かる農業や最先端の農業とはどのようなものかを現場で勉強したいという思いからNTT東日本からサラダボウルへのトレーニーを希望しました．

サラダボウルは最先端の農業をリードしている生産法人であり，特徴的なのはオランダ式の大規模園芸施設を日本で複数経営しています．具体的にはハウスの構造や設備に特徴があり，採光性の高いハウス設計がなされ，作業効率の高いさまざまなオランダの技術，ノウハウを活かした創意工夫が日本式で実現されています．

オランダでは日光やCO_2など多くの足りないものを補填するのが中心となりますが，日本は高温多湿など，足し算（補填）だけではなく引き算（除去）もしなければいけません．このような難しさを複数の圃場を経営しながら多数のノウハウを日本式に活かすことに成功しているのがサラダボウルという会社です．

それでは，そこに対してNTT東日本が何を提供できるのかというと，１つのキーが生産性向上やエネルギーコストの効率化です．環境制御をするためにLPガスや電気を利用しており，このようなコストを可視化して，いかに効率化するかを実現するために私たちのIoT（Internet of Things），ICTの出番があると考えています．

実際に，NTT東日本はサラダボウルから圃場を借りて実証実験をしています．そこでは，作物を撮影した画像を分析して翌日の収穫量を推定しています．収穫量が分かれば適切な人員配置ができますし，市場に対して事前に情報を流すことでトマトを余すことなく売ることができます．このようなところでIoT，ICTに可能性があると感じています．

また，サラダボウルだけではなく地域の方々，自治体の方々からもご要望をいただいています．自ら実際に農業に取り組み，フィールドで実証されたソリューションを提供するべくNTTアグリテクノロジーという会社を設立しました．そして，サラダボウルとこれまで以上に連携を強めたパートナーシップを組み，これから全国で大規模施設園芸の構築に貢献して，温室づくりを通じた街づくりを実現していきたいです．

「農業×ICT」による地域活性化・街づくりをめざして

Mode Ⅰ，Mode Ⅱをまとめますと，デジタル技術を活用したい農家と，農業を知らない私たちNTT東日本がしっかりと連携しお互いの良いところ

を発揮していきながら，オランダでの農業の成功などを参考に，地域の大学やコンサルタントなどとともに地域の産業を盛り上げていきたいと思っています．そこでは併せて地産地消のエネルギーを活用する循環型の社会を地域のステークホルダと協力しながら支えていきたいと考えています．

地域発の社会イノベーションを支えるネットワーク

私たちはネットワーク会社なので，地方創生を支えるネットワークをつくらないといけません．NTT R&D，メーカーの方とも一緒につくり上げていきたいと思っています．今はデータサイエンティストによるデータの活用に目が向けられていますが，AIで分析できるレベルの整形済みデータは集めにくいのが現状です．私たちは，しっかりと信頼できるデータが集まるようなデータレイクの仕組みをつくっていきたいと考えています．そのためには，IoTの400億個のデバイスやドローン・衛星などのありとあらゆるところからデータを集めて，そのデータをオープンに社会イノベーションのために活かせるように地域のエッジをつくることを私たちの使命として取り組みたいと考えています．

センサデバイス・ドローン・衛星から得られるデータにはそれぞれ，取得範囲・解像度・情報鮮度などに特徴があり，これらをどう組み合わせてデータを集めるかという観点も重要です．実際に，これまで衛星は光学レンズでしたので，天候が悪いと地表の画像は得られなかったのですが，現在ではマイクロ波などのレーダを使えば天候にかかわらずに地表の情報を得られます．また，急激に低コスト化が進む近距離衛星を何百個も打ち上げて定時でマイクロ波を飛ばして画像を得ることで，かなりの短い周期で情報を得られるようになっています．私たちも2019年10月24日にxData Allianceに加盟して宇宙事業に本格的に参入することを発表しました．

また，ローカル5Gについても，単純にローカル5Gだけをやりたいわけではありません．地域のお困りごとを解決するために，光回線，Wi-Fi，LPWA，ローカル5Gなどすべてをベストミックスでつなげられるネットワークを構築して支えることが必要です．

セキュアなIoT実現に向けて

IoTの課題としてセキュリティの問題があります．IoT端末というのはプロセッサやメモリが低スペックで設置したままアップデートがなされないことも多く，そのような端末にはセキュリティホールがたくさんあるため，データに信頼性がありません．そのため命を扱う医療や自動運転など

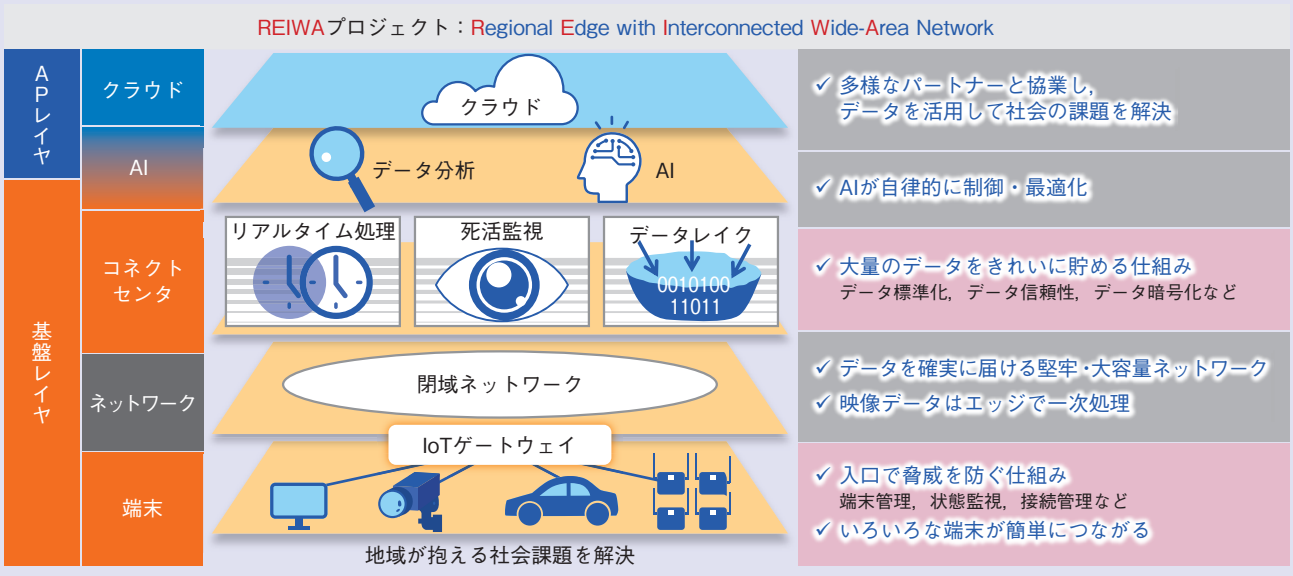


図6　データの信頼性を担保する社会基盤

図７　地域発社会イノベーションを起こすために

のミッションクリティカルな用途で使うことはできませんので，それらを信頼できるデータにしていくことが私たちのミッションだと思っています．いろいろな端末がつながる状態でも入口でしっかりと防御し，エッジで適切に処理しながら，きれいなデータに整形し，上位レイヤのデータサイエンティストの方々がそのデータを使用できる環境が重要です．さまざまな利用者に知恵を出してもらって，AIなどで社会イノベーションのために活用してもらえる次世代のエッジネットワークをつくり上げたいと思っています（**図６**）．

具体的にはIoTゲートウェイなどを通じて，私たちがデバイスをしっかりと死活監視したり，おかしな挙動をした際にはデータも怪しいと判断して収集から除外したりするような推測技術も活用しながら，地域エッジをIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）とセットで私たちがつくり上げたいと考えています．ぜひこれらについてR&Dの方やメーカーの方々にお力添えをいただきたいと思います．

地域発社会イノベーションを起こすために

最後になりますが，NTT東日本ではデジタル技術を活用した地方創生や循環型社会の実現をめざすパートナーと組むために地域の自治体や農家，大学などをまわろうと思っています．おかげさまでこの取り組みは好評をいただいており，多くの自治体やJA様などから，今まで大きな企業がこのような領域に取り組んでもらえていなかったので，ぜひ一緒にやりたいと言ってもらえています．ただし，世の中には良いところだけ取って，すぐ去ってしまう企業はたくさんいるので，ぜひ根を張って取り組んでほしいといわれています．地域の皆様に支えていただきながら地域活性化や産業育成に取り組みますと自信を持ってこたえていきたいと思っています（**図７**）．日本を強くするためには地方・中小企業の問題を解決することが必須だと考えていますので，ぜひこのようなテーマについて研究所，関連企業よりご支援をよろしくお願いします．

◆問い合わせ先
NTT東日本
経営企画部 中期経営戦略推進室
TEL　03-5359-2240
E-mail　chuki-ml@east.nt.co.jp

基盤設備維持管理技術の研究開発の動向

たなか　みのる
田中　実
NTTアクセスサービスシステム研究所　プロジェクトマネージャ

NTTアクセスサービスシステム研究所シビルシステムプロジェクトでは，基盤設備の永続化を目標に研究開発を進め，基盤設備のスマートなオペレーションの実現をめざしています．本稿では新たな管路・マンホール設備，およびとう道設備の維持管理業務について紹介します．なお，本特集は2019年11月１日に開催された「つくばフォーラム2019」ワークショップでの講演を基に構成したものです．

めざす維持管理の方向性

NTTでは管路，マンホール，とう道など，多くの基盤設備を構築してきました．その多くは建設後30年以上経過しており，数年後には半数が建設後50年を迎えます．これらの設備に対し延命化を図るために点検，計画，補修というPDCAのサイクルを回してきました．

具体的には，定期点検で異常を発見し，その後に精密点検を行い，その結果を基に最適な補修工法を選定し，補修工事を実施するというサイクルになります．この手法はあくまでも建設を行ってきた側の目線で，いわゆる予防保全・事後保全の取り組みです．悪くなるのを待って補修するので，どちらかというと守りの維持管理になります．

「どの設備が，いつ，どのように悪くなるのか」．設備個々の状態を把握することにより，維持管理業務を大きく変えることができます．すなわち，攻めの維持管理への転換です．そのための一番重要な技術は劣化予測技術です．設備のどの部位からどのようなメカニズムで劣化していくのかを解明し，劣化期間を推定することで，正確な劣化予測が可能になります．

この正確な劣化予測により，設備個々の状態管理が可能になり，計画的補修といった緻密な維持管理につながります．今後，大量建設時代の設備が悪くなることが想定されていますが，この計画的補修により，工事の平準化も容易になります．すなわち，これまでは設備が悪くなるのを待って対処していましたが，管理側で緻密なコントロールが可能になり，保全業務が大きく変わることになります．これが，めざしている保全業務の改革になります．次にその詳細を述べます．

■予測保全・予知保全

これまでは構造物のどこが・どのように・いつ悪くなるのかということが予測できませんでした．そのため定期点検を行い，設備耐力がどの程度低下したのかを評価して補修を行ってきました．補修については構造物にとって最適な工法を選定してきましたが，補修後も引き続き点検，補修のサイクルを続けていくことが基本的なスタンスでした．すなわち構造物の劣化メカニズムが解明できていなかったということであり，定期点検を行うことによって，耐力低下のメカニズムが解明できない部分を補ってきたわけです．

現在，基盤設備の劣化メカニズム解明の研究開発を進めており，各種設備の劣化メカニズムが解明できてきました．劣化メカニズムが解明できれば定期点検を行う必要がなくなり，いつどの部位の補修を行えば良いのかタイミングが分かるため，劣化予測による予測保全ができるわけです．これらはマンホールや鉄蓋などの定型設備に適用していきます．

一方で専用橋や橋梁添架設備などの非定型設備については劣化予測が難しいため，モニタリングによって劣化を予知する予知保全を進めていきます．大規模設備のとう道については

予測保全と予知保全を組み合わせたハイブリッド方式で進めていきます（**図1**）．

■守りの維持管理から攻めの維持管理へ

これまでは設備を建設から50年以上，100年程度使えるように対処をしてきましたが，これをさらに延ばし150～200年以上安心して使える設備であるため，従来の守りの維持管理から攻めの維持管理へとさらなる進化を図ります（**図2**）．そのためにはこれまでの建設の観点からの点検・補修ではなく，新しい観点からの管理手法の構築を進めていく必要があります．この実現のためには技術革新が必要です．究極はメンテナンスフリーの世界であり，実現には新しい材料による築造・補修方法，また新しい点検手法，新しいデータベースの創造といった新たな研究開発を進めていきます．

前述した劣化予測による予測保全・モニタリングによる予知保全が中心的な技術になり，この技術を支えるのがデータベースです．膨大なデータと，さまざまなアプリケーションによる高度な管理の土台となることから，これまでの2次元の紙による管理ではなく，3次元管理あるいは時間軸を加えた4次元管理にデータベースを進化させていく必要があります．データベースが進化すると関連する業務も変わってきます．例えば，3次元管理を行っていくことで地下にある設備が手に取るように分かるようになり，地下空間の視える化が実現できます．誰もがイメージしやすくなり，直感的に理解できます．これまでは紙の図面から頭の中で立体的に組み立てるという作業が必要でしたが，それが不要となりスキルレスで誰もが簡単に同じ地下空間の情報を共有できるようになります．つまりデジタルトランスフォーメーション（DX）化ができるわけです．

高度なデータベース管理上に，AI（Artificial Intelligence）・AR（Augmented Reality）・VR（Virtual Reality）といった技術を駆使することで，自動化をより一層進めます．例えば構造物の点検にはロボットなどによる自動化・無人化が必要であるため，UAV（Unmanned Aerial Vehicle）などによる自動点検技術の研究開発を進めています．

また，点検時に撮影された写真を用いたAIによる自動劣化判定技術，3次元高精度データベースを使った基盤設備の被災予測技術等の研究開発も行っています．さらには，エンジニアリング業務についてはAI設計やAI算定，現場については自動機械施工が可能となります．立会業務においては現場ARを使用することで効率化が進み，将来的には技術の進化により立会もゼロ化が可能となります．これら3次元データベースについては高精度座標が必要なため，GNSS（Global Naviga-

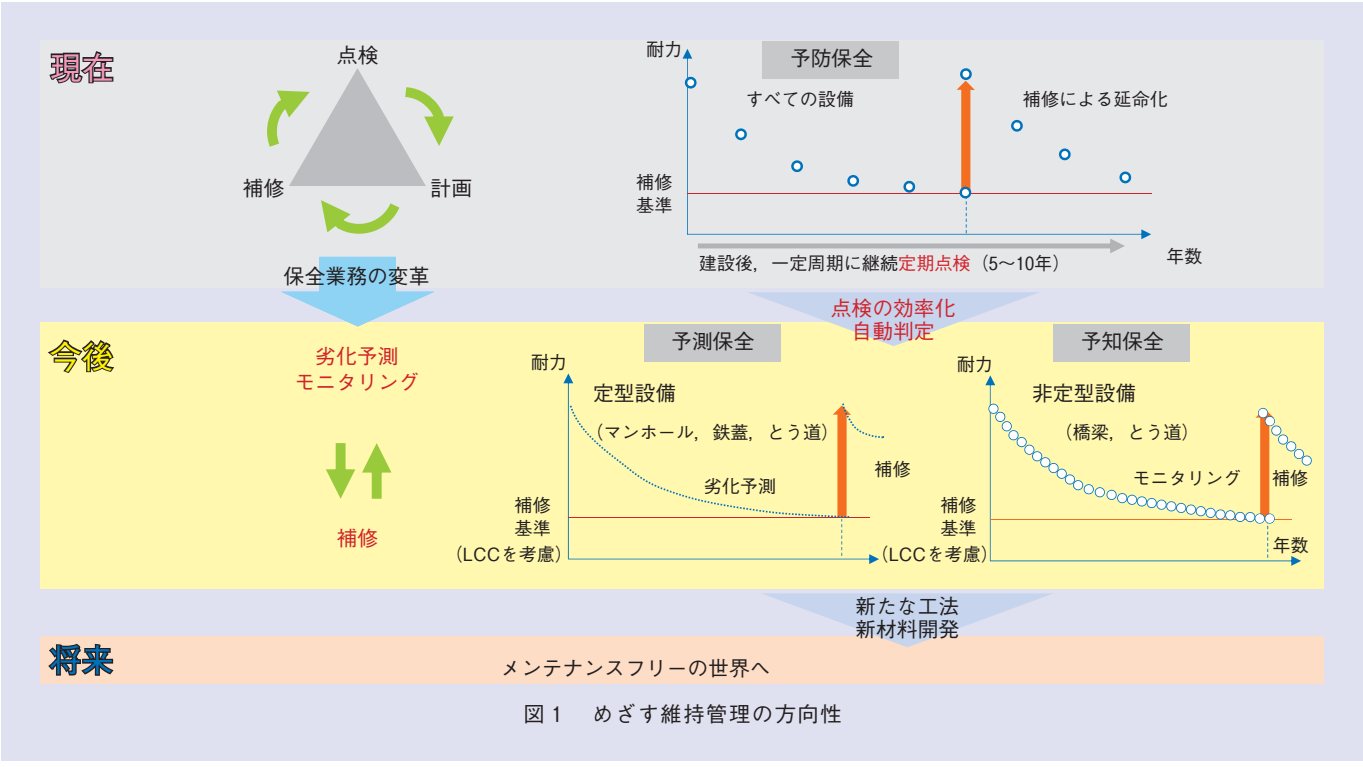


図1　めざす維持管理の方向性

tion Satellite System）による高精度位置情報取得技術に関しても研究開発を進めています．

基盤設備にかかわる研究開発の取り組み

■基盤設備（管路・マンホール）業務

管路やマンホール設備の業務の効率化を進めていくためには正確な位置情報が必要であり，高精度に絶対座標を取得する技術が重要です．具体的には新設管路であれば1周波のGNSSを用いて位置を測量できる技術，既設管路であれば地中レーダなどによって位置情報を取得する技術であり，現在研究開発中です．

高精度に絶対座標が取得できれば，現在国土交通省が進めているi-Constructionの施策に連動するかたちで，他のライフライン事業者の高精度な設備位置情報の共有化ができます．これにより工事竣工処理や占用管理，あるいは設計・算定業務の自動化が可能となります．また，社外立会業務や支障移転工事受付業務の効率化にもつながります．つまりNTT業務に加え，他社業務のDX推進にもつながります（**図3**）．

続いて，橋梁添架設備の点検を効率化するために取り組んでいるAIを活用した劣化判定の事例について紹介します（**図4**）．現在は各種点検画像をマルチコプターや特殊機材もしくは作業者が直接撮影などさまざまな手段で画像を取得しています．この画像をスキル者が見てどの程度劣化しているかを判定しています．このスキル者による判定作業を自動化し，誰もがスキルレスで判断できるようにしたいと考えています．

技術のポイントは，はじめに他社設備とNTT設備を撮影画像から見分け，NTT設備を抽出することです．次にNTT設備抽出後，どの設備が腐食しているのか腐食エリアを検出します．この検出作業は高確率で検出できるようになってきており，今後研究開発成果として出し，さらには劣化度の判定についても自動でできるように現在研究開発を進めています．これらにより写真さえあれば設備の腐食や劣化状況が明確になり，業務の効率化につながります．

■基盤設備（とう道）業務

とう道設備については3次元モデルで管理を行うための研究開発に取り組んでいます．イメージは衛星画像から地下空間の状況をストリートビューのように可視化し，点検個所履歴も参照することができるようにします（**図5**）．まるで自分がとう道内にいるかのような感覚で設備を立体的に見ることができるようになります．また，とう道をスケルトン表示させることで鉄筋の配置状況イメージが分かるように

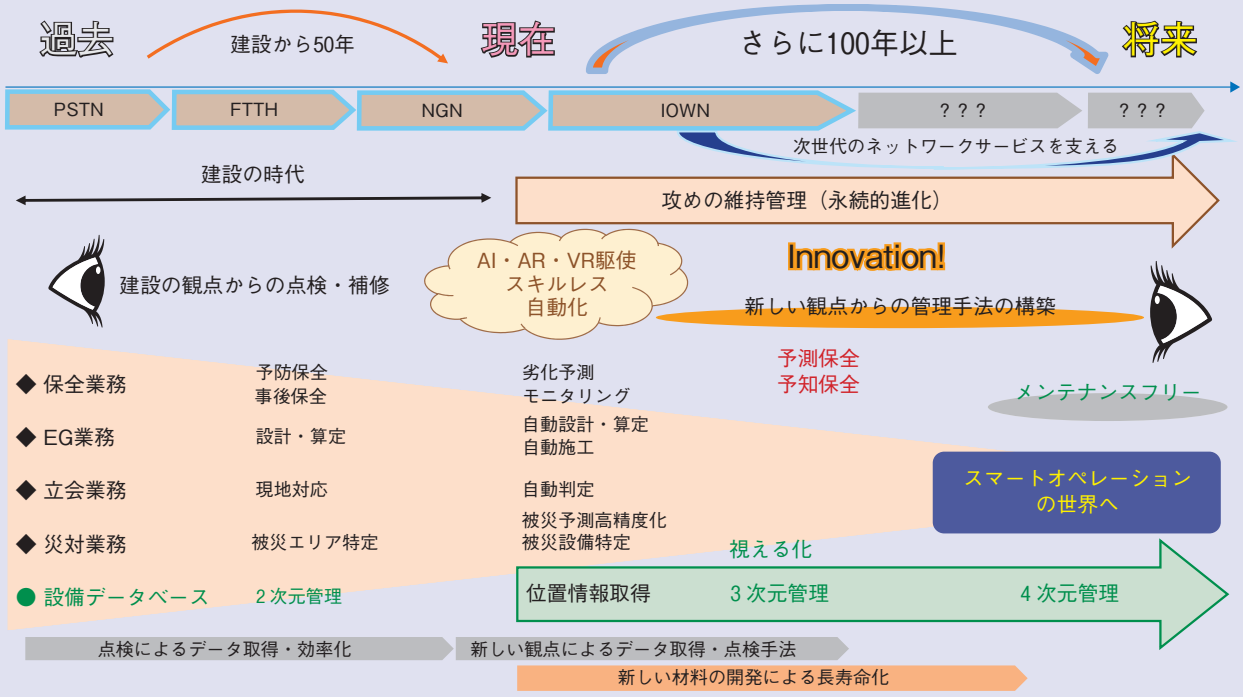


図2　維持管理の変革

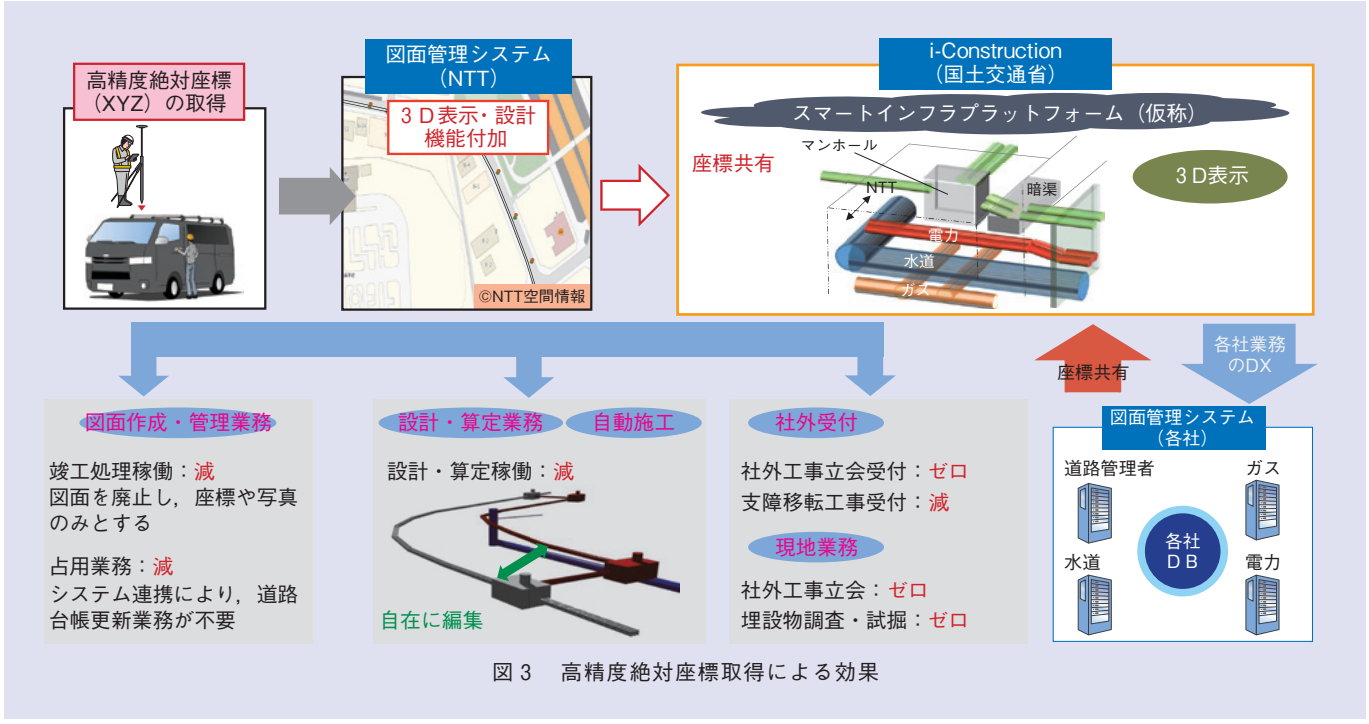


図3　高精度絶対座標取得による効果

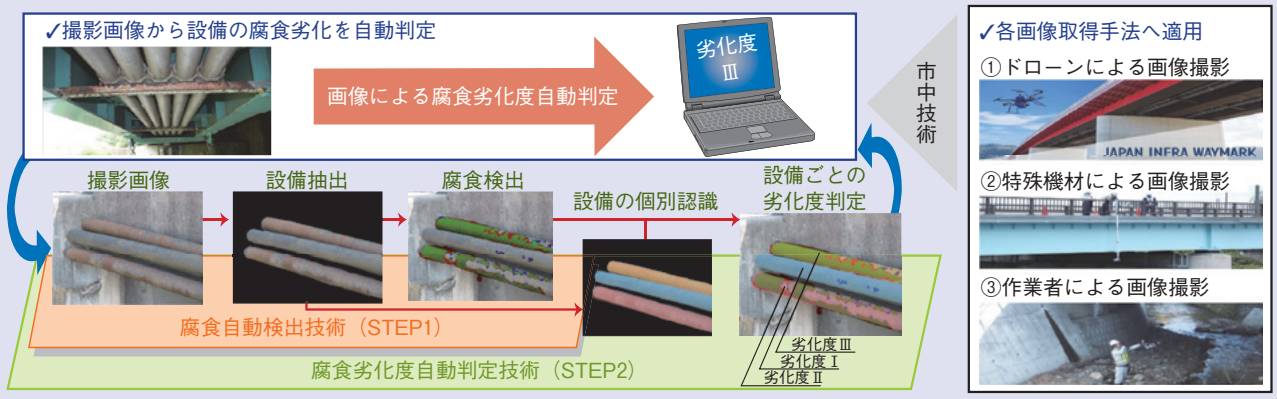


図4　AI劣化判定

図5　3Dモデルによる可視化イメージ

なります．シールドとう道の場合，さらに一次覆工のセグメントの状況も見ることができ，任意の点検個所を断面的に確認できます．今はまだ研究開発中ですが，誰もが見たい角度，見たい方向，見たい断面をいつでも見ることができます．これが実現するとさらに業務の効率化につながります．

とう道管理業務に関してどのように効率化を進めるかについて説明します．現在取り組んでいる内容は3点

図 6　3Dモデルによる監視・点検のフルオート化

あり，①3次元モデルによる監視・点検のフルオート化，②3次元モデルによる設備情報の一元管理，③作業者遠隔支援，です．とう道監視については集中監視センタで全国のとう道を監視し，設備情報についても3次元情報を用いて見ることができるようにします（**図6**）．また，とう道内の温度や酸素濃度等の環境変化についてはセンサからリアルタイムで情報が入ります．さらに，作業の危険個所の監視や自然災害発生時の構内状況などカメラで一元的に監視することができます．さらにマルチコプターやロボットなどを活用し，災害発生個所へ駆けつけることも可能にしていきたいと考えています．

続いて3次元モデルによる設備情報の一元管理についてです．設備位置情報をすべて絶対座標で管理します．ストリートビューのようにとう道内状況が可視化でき，点検履歴情報や設備の配筋の配置，セグメントの配置状況なども閲覧でき，さらにカメラでリアルタイムに監視が可能です．

最後に作業者遠隔支援についてです．とう道内，特に東京は非常に複雑になっているため，点検や補修でとう道内に入構した作業者に対し，タブレット等の端末に温度や湿度，酸素濃度などの環境条件をリアルタイムに通知することに加えて，過去の点検結果や補修履歴が分かるようなります．また，ナビゲーション機能により現在の位置情報や目的地までの進路情報などを表示します．非常時の際は避難誘導も可能で，避難方向を表示するとともに，集中監視センタと連絡を取ることもできますので，リアルタイムで作業者を遠隔で支援できるようになります．

今後の展開

基盤設備に対する維持管理業務をさらに効率化していくため日々進化させていきたいと考えています．また，データベースも2次元から3次元，さらには4次元としていくことで業務のDXが加速していくことが期待できます．シビルシステムプロジェクトは安心・安全な基盤設備をこれからも提供し続けるために，材料・情報・通信・ロボティクスなどの最先端技術，他分野ノウハウを融合し，新たな価値を創出する研究開発を進めます．また，NTT基盤設備のみならず，社会インフラ全体の業務のDXに貢献していきます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
シビルシステムプロジェクト
TEL　029-868-6202
FAX　029-868-6259
E-mail　asip-pmhosa-p-ml@hco.ntt.co.jp

多様なサービスを支えるワイヤレス技術

おにざわ　たけし
鬼沢　武
NTTアクセスサービスシステム研究所　プロジェクトマネージャ

NTTグループでは，お客さまに多様なサービスを提供しています．無線技術はサービスを支える重要な技術です．無線サービスは使用する周波数の特性に応じて，さまざまな使い方が考えられます．本稿では，無線技術の研究開発の方向性，VHF/UHF/マイクロ波/ミリ波帯と使用する周波数に応じた無線サービスを支える技術，および衛星通信，無線LANの現状・展開について紹介します．

はじめに

無線通信システムを通信インフラとして活用するニーズや利用シーンは拡大を続けています．特に，スマートフォンやタブレット端末の普及に伴い，移動通信のトラフィックは増加を続けています．無線サービスの発展と私たちの生活への浸透について**図1**に示します．過去の無線サービスは加入者系や中継系などに代表される電話サービスが中心でした．その後，無線サービスは生活により身近なものとなり，セルラシステム，衛星システム，無線LANなど，さまざまな無線サービスが独自に発展し広く普及してきています．今後は，これらの無線システムが連携，融合する時代が来ると考えられます．従来の無線システムに加え，UHF帯からミリ波帯まで幅広い低周波数帯から高周波数帯の活用，さらには，新たなシステムとして低軌道衛星技術，RoF（Radio over Fiber）技術の活用，高密度な無線LANなどが融合した時代が来ると考えられます．これらの無線サービスへの期待が高まる中で，NTTアクセスサービスシステム研究所では，あらゆるものが無線接続された，より利便性の高い世界の実現に向けて，無線の特長を活かした研究開発を進めています．

一方で，特に，東日本大震災以降は，災害対策に向けた研究開発に注力してきました．お客さまへの影響が甚大な広域災害発生時に通信インフラを迅速に復旧，構築するための災害対策用無線システムに関する検討を進めています．従来の災対関連システムの老朽化やスプリアス規格の改正もあり，各種無線システムの高度化を図ってきたところです．

これに加えて，無線通信システムの利用シーンが広がることに対応して，近年では，より高い伝送速度を実現するために，より高い周波数であるミリ波を活用した技術の検討も進めています．まず，都市部のトラフィック急増に向けた検討です．将来は多数の設置が必要になると推察されるスモールセル向け通信基地局に接続される無線エントランスへのミリ波の適用検討です．光回線の代替として無線エントランス回線をスモールセル向け通信基地局に接続することで柔軟な基地局配置を実現します．さらには，集中無線基地局でソフトウェアなどにより無線送受信機能を実現する高周波数帯アナログRoF技術の検討も加速させています．基地局の消費電力を抑えて，張出局の小型化，低消費電力化といった携帯基地局の利点を継承する方向で検討を進めています．

また，衛星通信システムにおいても，東日本大震災以降，衛星通信システムが持つ本来の特長である通信の広域性や即時性などに注目が集まりました．当時の衛星通信システムでは，関連装置類の老朽化や保守運用性の陳腐化が課題となっていました．したがって，災害対策用，さらには，光回線の敷設が困難な離島用の地球局に適用する高効率な信号処理装置の開発を進め，システム化を推進してきました．近年では，将来の通信への活

図1　無線サービスの発展と生活への浸透

用を探るべく，低軌道衛星への衛星通信システムの適用検討を開始しました．

無線LANでも，従来のアンライセンス帯での通信手段としてだけではなく，大きな飛躍を遂げています．無線LANはユーザの展開力が非常に大きなシステムです．新たな展開により豊かなサービスを提供しています．

本稿では，私たちが取り組んでいる，これらの無線技術についての研究開発動向を紹介します．

VHF/UHF/マイクロ波帯無線システム

ここでは，VHF/UHF/マイクロ波帯を用いた研究開発について紹介します．まず，東日本大震災以降に注目をされた広域災害用のUHF帯を用いた災害対策システムについて説明します．次に，2018年7月に起こった西日本豪雨でのマイクロ波帯システム含めた活用事例を示します．

NTTグループの重要課題として，災害に強いネットワークづくりと早期復旧手段の整備があり，無線通信技術の災対活用では装置の機動性や早期復旧に強みがあります．一方で，設備の老朽化や専門スキルを持った人材の減少が進んでおり，設備更改や作業性・保全性の向上が求められていました．そこで，UHF帯を用いた災害対策用途として数10 kmの無線通信が可能なシステムを開発しました．本システムでは，東日本大震災の教訓を基に，1台の無線基地局から複数台の無線端末局を収容することができるP-MP（Point to Multi-Point）通信構成を実現しています．また，特設公衆電話に加えてインターネット接続機能の提

供，巨大地震・津波被害などで想定される広域災害への対応，小型軽量化等の機動性や保守運用性の向上を図ることが要求条件となりシステムの開発が進められました．さらに，**図2**に示すように並行して全長を2分の1にした位相差給電法を活用した小型アンテナ，小型化を図った都市用アンテナも開発しています．

次に，西日本豪雨の際に用いられた，UHF/マイクロ波帯システムの活用例を**図3**に示します．岡山県ではUHF帯災対システムが，愛媛県ではマイクロ波帯中継システムが活用されました．

また，VHF帯では主に国立公園などに代表される有線設備等の設置が困難な地域や，携帯電話のエリア圏外となるような超ルーラルエリアへの適用を視野に入れた検討も進めています．本検討では長距離の電波伝搬が求められることから長遅延波の影響を明確化する必要があります．そこで，現在は，基礎検討として電波伝搬の実計測を行いVHF帯での電波伝搬モデルの確立

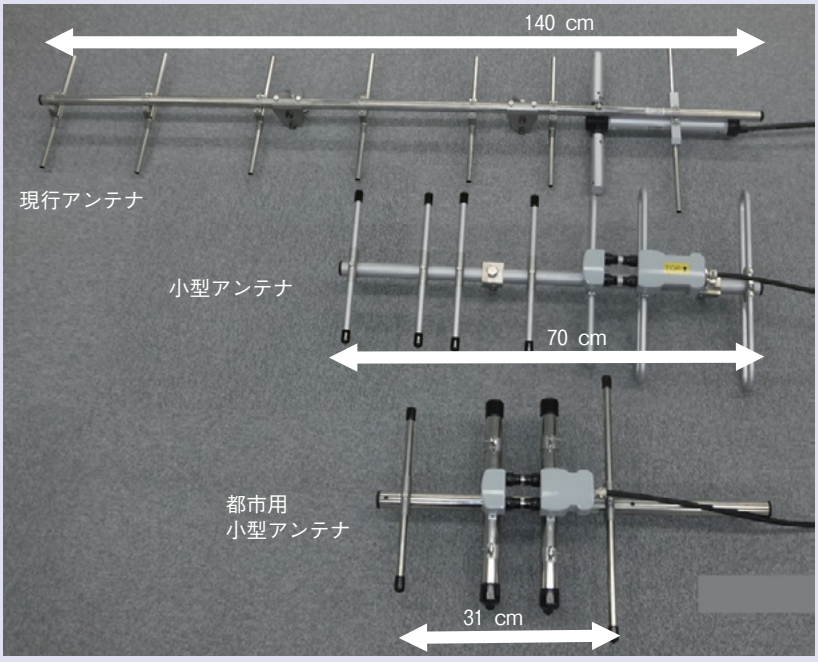


図2　UHF帯災害対策・アンテナの小型化

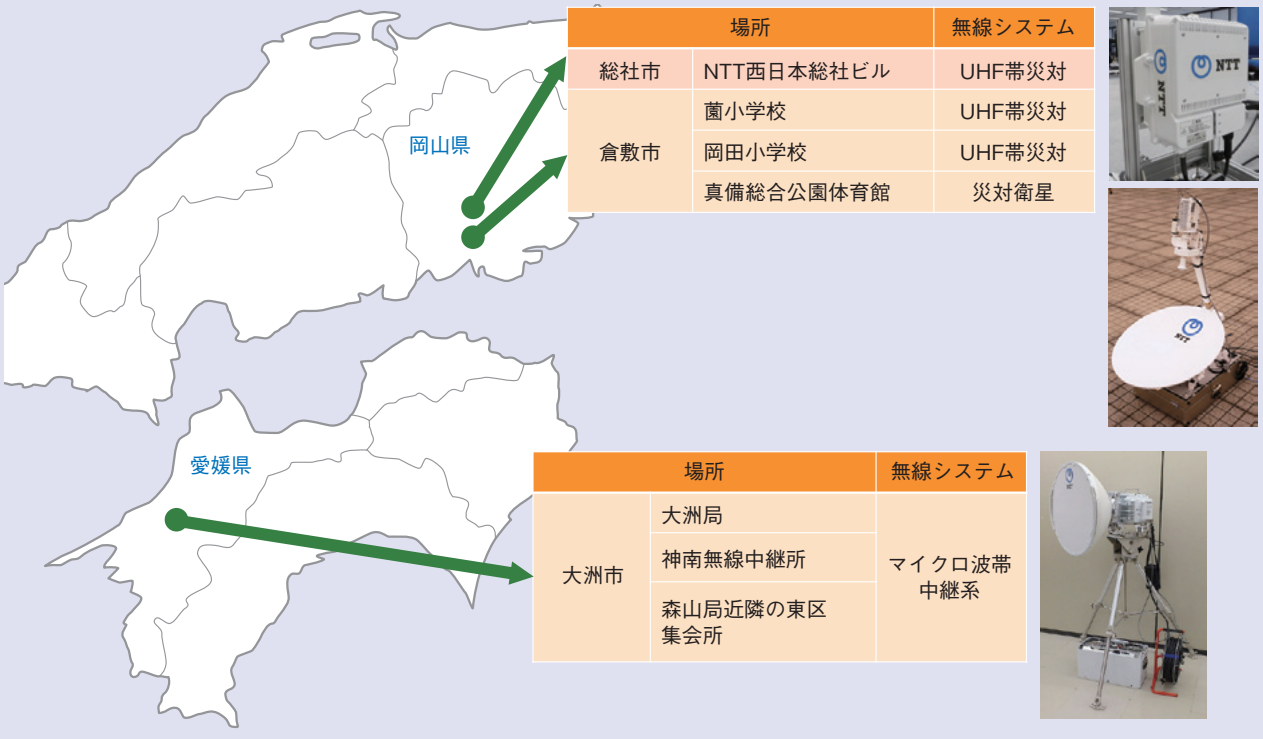


図3　西日本豪雨災害での無線システム活用例

やシングルキャリア方式へのMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）伝送技術の適用可能性等の検討を進めています．

ミリ波帯無線システム

ここでは，高周波数帯を活用したアプローチとして，ミリ波帯を活用した検討を紹介します．主に都市部でのトラフィック向上対策として検討を進めている無線エントランス技術，RoF技術に関して説明します．現在，多数のスモールセル基地局を設置する場合には，光回線の活用が主流です．これに対して，将来は，さらに多くのスモールセル基地局が展開されることが期待されており，無線エントランス回線の広帯域化，高周波数化は必須の流れと考えています．また，光回線と併せて無線エントランス回線も柔軟に活用することで，フロントホールを効率的に構築することが期待されています．そこで，ミリ波を用いた無線エントランスの特性を実験的に検証しました．集約基地局とアクセスポイント間の機能分担に基づいたフロントホールインタフェースを10 Gbit/s程度以内の伝送速度を想定し，無線の伝送区間を20 m，50 mとして評価を実施した結果，光回線と比較して大きな特性劣化は見られないことが確認できました．

また，ミリ波の無線信号をそのまま光信号に変換して伝送する高周波数帯アナログRoFを活用した無線システムの研究開発を進めています．**図4**に示すように高周波数帯アナログRoF技術では，無線信号処理部は集約局に設置され，アンテナなどは光ファイバを介して張出局に接続されます．このような構成をとることで，張出局側の構成を単純化することが可能になり低消費電力化が期待できます．さらに，将来に多くの基地局が展開された際にも，ミリ波で必須なビームフォーミング技術を集約局のみで対応する遠隔ビーム制御も実現できます．これらのミリ波技術は将来のBeyond 5G時代での適用等を視野に入れて研究開発を進めています．

衛星通信

ここでは，衛星通信システムの研究開発について説明します．東日本大震災以降，衛星通信システムの特長である通信の広域性や即時性などが再注目され，離島用，災害対策に適用する地球局の高効率な信号処理装置の開発を進めてきました．一方で，世界的にみると衛星通信は大きな変革期であり，従来通信に適用されてきた静止衛星だけではなく，低軌道衛星への通信の適用が検討されています．将来の衛星通信の展開を探るために，低軌道衛星シ

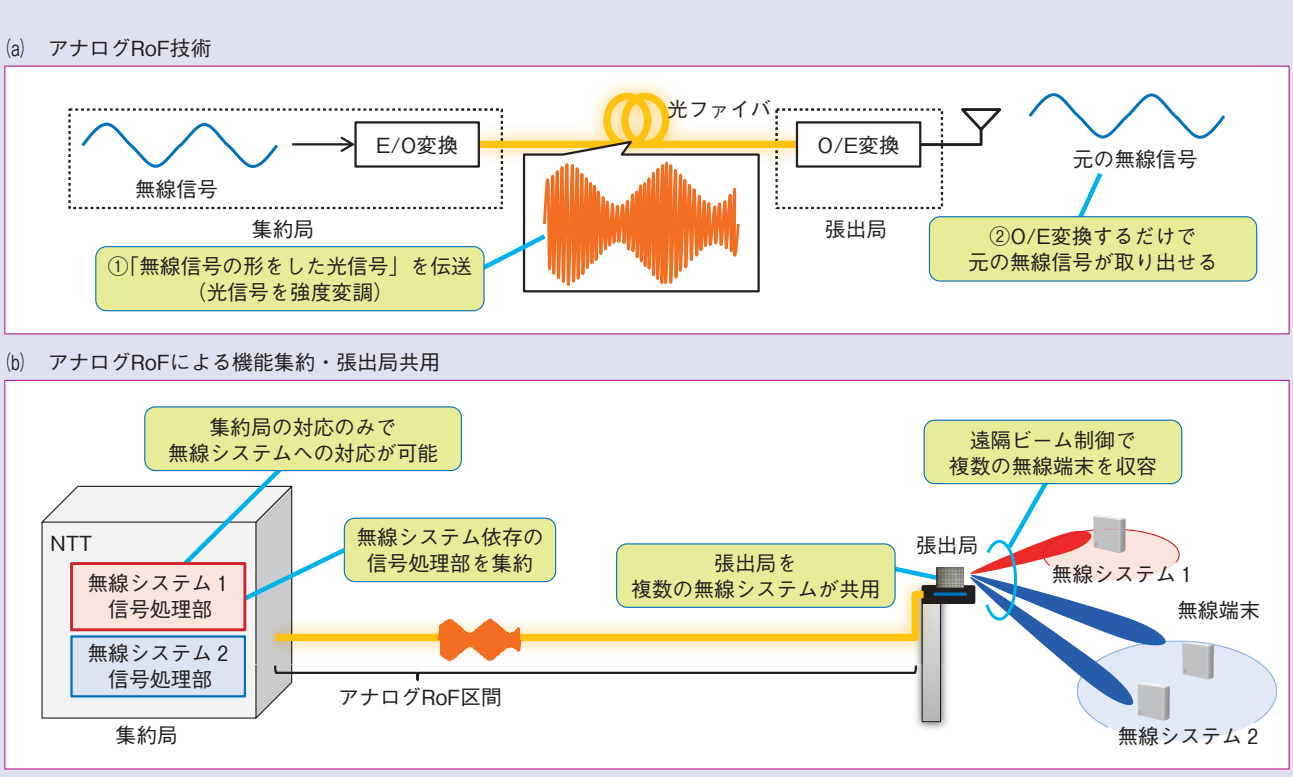


図4　RoFを用いた無線通信システム

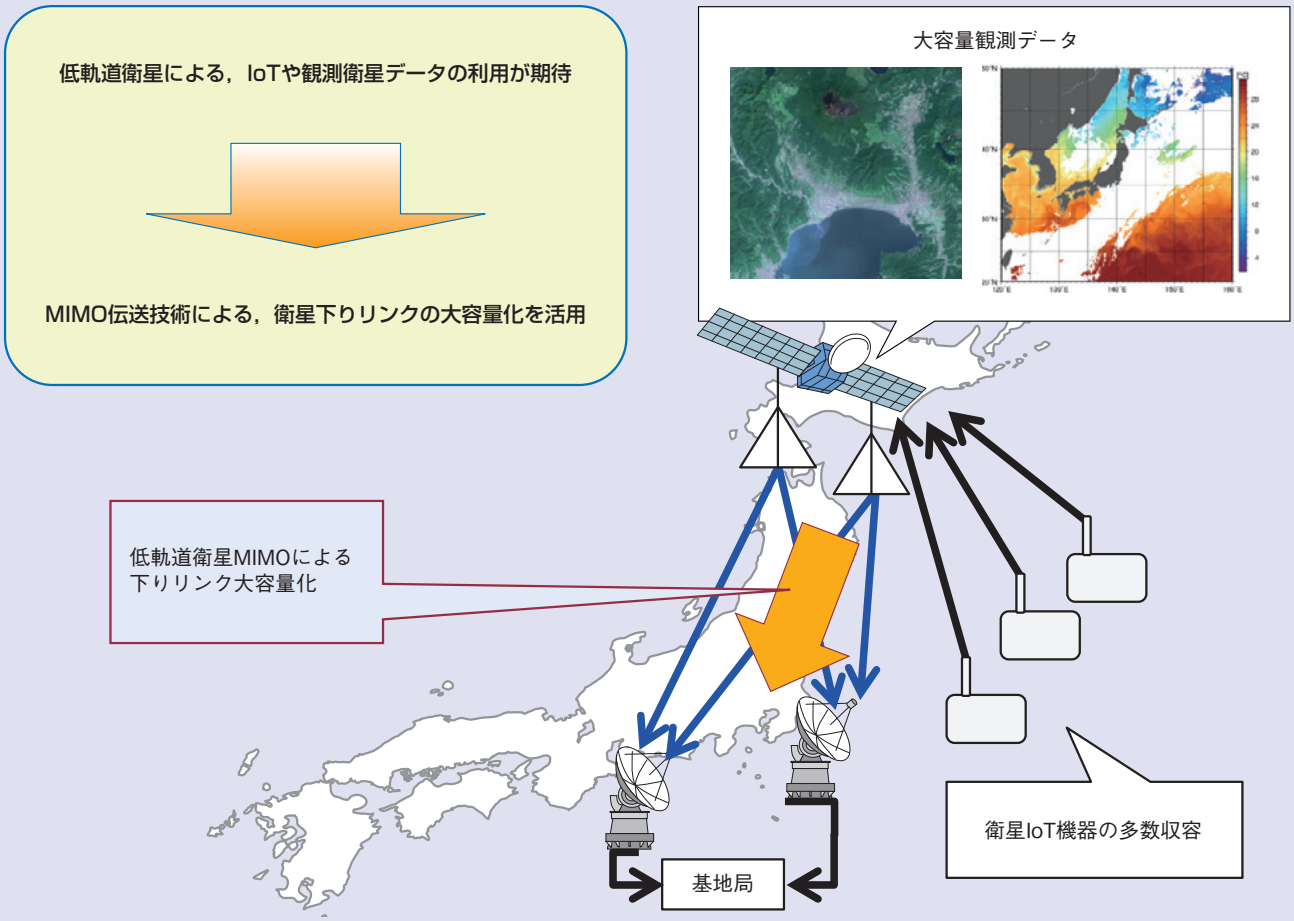


図 5　低軌道衛星MIMO伝送

ステムにMIMO技術を適用する低軌道衛星MIMO伝送の検討を行っています．低軌道衛星を用いたMIMO伝送のモデルを**図 5** に示します．下りリンクの大容量化を目的に，低軌道衛星に複数アンテナを搭載した場合の伝送容量の増加を初期検討結果として確認しています．私たちは，将来の新たな宇宙利用も見据えた研究開発を進めていきたいと考えています．

無線LAN

ここでは，無線LANの最近の研究開発について説明します．私たちは，IEEE802.11委員会への参画をはじめ，ARIB（Association of Radio Industries and Business）などの各種団体にも参画しながら，技術だけではなく，標準化，法制度の側面含めて研究開発を進めています．従来のアンライセンス帯を活用したLANとしての通信手段だけではなく，利用シーンも，その特性自体も大きな飛躍を遂げています．無線LANはユーザの展開力が非常に大きなシステムです．高品質化，大容量化，低遅延化などの無線スペックの高度化のみならず，測位，無線品質の見える化，電波による物体検出など，非通信領域まで含めた新たな展開によりさまざまなサービスに貢献しています．また，最近では，大規模スタジアムや展示場での１万人クラスの実証により，同時にコンテンツを共有体験できる大規模Wi-Fi・ネットワーク環境を構築するなど，全員参加の新しい体感型イベントでの大きな可能性を実証しています．

今後の展望

今後も，現在の多様な無線サービスを支えながら，さらなる利便性の高い無線サービスをお客さまに提供する研究開発を進めていきます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
無線エントランスプロジェクト
TEL　046-859-8020
FAX　046-859-4311
E-mail takeshi.onizawa.lm@hco.ntt.co.jp

R&D ホットコーナー ソリューション

DX推進に貢献する業務可視化技術

NTTアクセスサービスシステム研究所

横瀬 史拓（よこせ ふみひろ）／卜部 有記（うらべ ゆうき）／八木 佐也香（やぎ さやか）／土川 公雄（つちかわ きみお）／増田 健（ますだ たけし）／大石 晴夫（おおいし はるお）

NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）では，これまでRPA（Robotic Process Automation）やアノテーション・UI拡張技術などPC作業を伴う業務の効率化を実現するさまざまな技術を生み出してきました．その経験を活かし，業務分析に役立つ各種技術の研究・開発にも取り組んでいます．ここでは，AS研が開発した業務の客観的・定量的な分析をサポートする業務可視化技術について紹介します．

DX推進に必要な業務分析

デジタルトランスフォーメーション（DX）とは，デジタル技術の適用による変革を意味する言葉であり，企業においてはデジタル技術を活用した業務改善の取り組みが注目されています．NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）では，PCなどの情報端末上の作業を効率化する業務ナビゲーション技術に長年取り組んできました．AS研は過去にRPA（Robotic Process Automation）技術「UMS」を開発しており[1]，現在NTTアドバンステクノロジから「WinActor®」[*1]の名称で製品化されています[2]．また，RPAではカバーできない―定型化・自動化が難しい―作業を効率化するアノテーション・UI拡張技術にも取り組んでおり[3]，こちらの技術はNTTテクノクロスから「BizFront®/アノテーション」「BizFront®/SmartUI」[*2]の名称で製品化されています[4], [5]．

RPAやアノテーション・UI拡張技術の導入事例を積み重ねる中で，導入におけるいくつかの課題が明らかになってきました．例えばRPAの場合，RPAの導入者はRPAツールの使い方を覚えて使いこなすだけではなく，業務の中で問題のある作業や自動化が可能な作業を見つけ出したうえで，RPAに適した業務プロセスを設計する必要があります．これには，業務知識を持った現場担当者が，RPAツールの使い方にも十分に習熟し，業務知識とRPAスキルの両方を活かして取り組むのがもっとも効果的です．しかし，現実的にはこの両立は難しく，RPAスキルを持った自動化担当者と業務知識を持った現場担当者が連携してRPAを導入する例が多くみられました．この場合，自動化担当者がRPA適用に必要な情報を集めるもっとも一般的な方法は，現場担当者へのヒアリングです．しかし，ヒアリングだけでは主観による影響が大きく客観的・定量的な分析ができないため，RPA適用が効果的に進められないという課題がありました．

この課題は，RPA適用の例のみならず，BPM（ビジネスプロセス・マネジメント）のような一般的な業務改善活動においても同じであり，ヒアリングだけではない，定量的な情報に基づく客観的な業務分析の方法が求められています．このような知見から，AS研では業務分析を実現する各種技術の研究・開発に取り組んでいます．

業務可視化技術

業務改善を進める場合，標準的には**図1**のような「現状把握」「分析」「改善案計画」「改善案実行」のステップを踏む必要があります（さらに改善の効果を高めるにはこれらのステップをサイクルとして繰り返すことが必要です）．AS研が研究・開発を行っている「業務可視化技術」は，業務がどのように行われているか把握する現状把握と，問題のある業務プロセスを見つける分析のステップをサポートする技術です．本技術は，AS研が長年培ってきたPC上で行われた操作を記録する仕組みと，この記録した情報を分析するために新しく考案したAS研独自の可視化手法で構成されています．

本技術は，研究成果を現場ですぐに利用できるように，実用性のあるソフトウェアの開発も並行して行っています．このソフトウェアは「ログ取得ツール」と「可視化ツール」の2つの独立したツール（実行ファイル）で構成されています．ログ取得ツールは，オペレータなどのPC作業者のPCで動作し，そのPC上で行われた操作を検出しログとして蓄積します．可視化ツールは，分析者のPCで動作し，ログ取得ツールで取得したログを可視化して表示します．現在，可視化ツールで利用可能な可視化手法として，「タイムライン可視化」と「プロセス可視化」の2種類を用意しています．

これらツールを利用することで，PC上で行われる作業に関して客観的・定量的

＊1　「WinActor®」はNTTアドバンステクノロジ株式会社の登録商標です．
＊2　「BizFront®/アノテーション」「BizFront®/SmartUI」はNTTテクノクロス株式会社の商標または登録商標です．

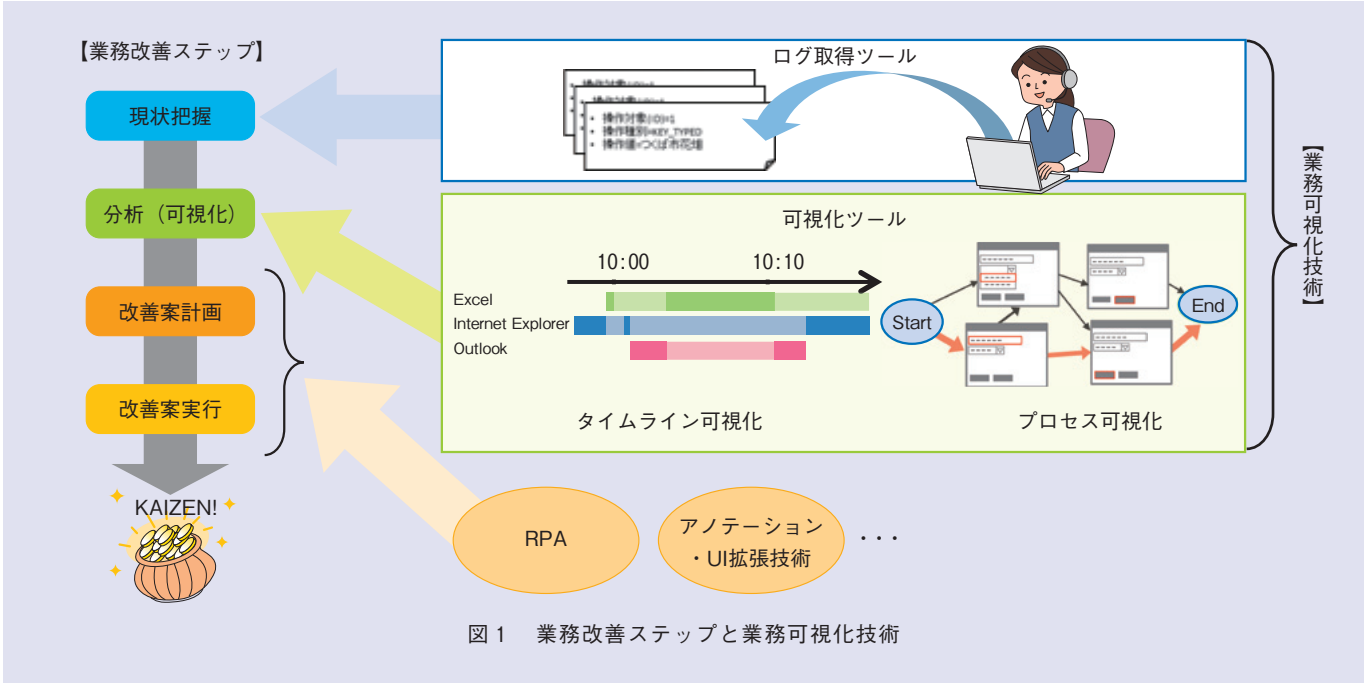


図１　業務改善ステップと業務可視化技術

な情報を取得し，その情報を可視化することにより，分析者はさまざまな観点での分析が可能です．これにより，従来のヒアリングなどの方法よりも効果的に業務の問題点抽出や，RPA適用に必要な業務分析を行うことが可能になります．

ログ取得ツール

ログ取得ツールは，現在，Windows7およびWindows10を対象のプラットフォームとしています．インストール不要で，PCの任意のフォルダに展開するだけで実行可能です．

ログ取得ツールは，起動するとユーザのPC操作をモニターし，その内容をログファイル（テキスト形式）に記録します．特定の操作を検出した際には，同時に操作画面をキャプチャし，画像ファイルとして保存します．これらのログ情報（ログファイルおよびキャプチャ画像）の出力先フォルダは自由に設定可能で，ネットワーク上の共有フォルダへの出力も可能です．また，出力されるログ容量の肥大化を防ぐために，操作画面キャプチャを行わない設定も可能です．

ログ取得ツールで記録可能な情報を**表**に示します．現在，「クリック」「文字列入力」など操作レベルの情報が取得できるのはInternet Explorer上での操作に限られますが，Microsoft EdgeやGoogle Chromeへの対応も検討しています．

表　ログ取得ツールで記録する情報

項目	詳細	画面キャプチャの有無
表示ウィンドウ情報	デスクトップ上に表示されているウィンドウの情報（表示・非表示の切り替わった時刻，アプリケーション名，ウィンドウタイトル，表示しているファイル名・URL，ウィンドウハンドルなどの情報を含む）	－
アクティブウィンドウ情報	アクティブなウィンドウが変化した情報（アクティブなウィンドウが切り替わった時刻，ウィンドウハンドルなどの情報を含む）	○
Internet Explorerの操作情報	Internet Explorer内で起こった，「クリック」「文字列入力」「リスト選択」などの操作情報（操作時刻，ウィンドウタイトル，URL，操作したコントロールのHTMLタグに関する情報を含む）	○
無操作情報	一定時間操作がなかったことを記録した情報（無操作の開始時刻と継続時間などの項目を含む）	－
オーダID情報	注文情報のシステム登録など定型業務の場合に，それぞれの注文（オーダ）を識別するための情報．事前設定が必要．プロセス可視化で利用する	－

可視化ツール

可視化ツールは，ログ取得ツールで記録したログファイルを読み込み，タイムライン可視化とプロセス可視化を表示します．ログファイルは複数日・複数端末(PC)・複数ユーザの情報を同時に読み込ませることができ，これらを統合して表示することも可能です．

タイムライン可視化

タイムライン可視化はウィンドウレベルの利用状況を分析するための可視化手法です．従来技術では，アクティブウィンドウ[*3]の遷移にのみ注目した分析は実現されていましたが，本技術では「タイムライン」と呼ばれる可視化方法にウィンドウのアクティブ・非アクティブ（参照のみ可能な状態）を考慮した表示を行うこと

で，例えばマニュアルを参照しながらシステムを操作するような，複数のウィンドウを併用する複雑な業務の分析をも容易に可能にしています[6]．

タイムライン可視化は，**図2**のような，横軸に時間，縦軸にウィンドウ属性を取る2軸のグラフ表示です．ウィンドウ属性は，ログ取得ツールで記録している属性種別（アプリケーション名，ウィンドウタイトル，表示URL，表示ファイル名，利用端末名，利用ユーザ名など）を自由に選択でき，さらに属性種別は1種類だけでなく，複数種類を選んで，任意の順序で階層的に表示することができます．図2の例では，「ユーザ名」→「日付」→「アプリケーション名」→「ウィンドウタイトル」の順で階層的に縦軸を設定しています．属性種別を階層化して表示することにより，必要な部分だけ一覧表示して，掘り下げることができます．加えて，属性種別はログ取得時に記録した属性値だけでなく，「グループ名」という属性値を後から設定することも可能です．グループ名はウィンドウ属性値の条件にしたがって自由に設定でき，例えば業務・作業など，分析に必要な単位で関連したウィンドウを集約して表示することが可能です．グラフ上では各属性値のウィンドウ状態が矩形で表示されます．矩形には色の濃い個所と・薄い個所があり，色の濃い個所はその属性値のウィンドウがアクティブであったことを意味し，色の薄い個所は非アクティブであったことを意味します．矩形が表示されていない場合は，ウィンドウが表示されていなかった（最小化されている場合も表示されていないとみなす）ことを意味します．同じアプリケーションのウィンドウを複数同時に開いた場合など，同一の属性値を持つウィンドウが複数存在していた状況では，矩形が重なって表示されます．色の濃いアクティブウィンドウの矩形と色の薄い非アクティブウィンドウの矩形が重なる場合には，アクティブウィンドウの矩形が優先して表示されます．

タイムライン可視化は，ほかにも次のような特長を持っています．

- 矩形の上にマウスカーソルを合わせることで，ウィンドウの詳細な情報を確認することができます．
- 矩形の色をウィンドウの属性値によって自由に設定することができます．これは，縦軸の選び方とは独立に設定することが可能です．

プロセス可視化

プロセス可視化は，マウスクリックやキーボード入力などのより細かな操作レベルのプロセスを分析するための可視化手法です．本技術は，ログとして記録された操作の流れをグラフ*4として表示します．さらに，各種フィルタによる表示要素の絞り込み機能や，手動編集機能（要素のグルーピング・不要要素の削除）などにより，従来よりも効率的な操作プロセスの分析を実現しました[7]．

プロセス可視化の表示例を**図3**に示します．プロセス可視化は，図3のように，1つひとつの操作をノード（頂点）で表現し，操作の遷移（前後関係）をエッジ（辺）で表現した有向グラフ（ネットワーク）表示です．1つの作業の中で同一の操作を複数回行った場合や同一の操作を含む複数作業のログを合わせて表示した場合には，同一操作は1つのノードに集約して表示されます．さらに分析者に分かりやすいように，ノード上には操作した瞬間のキャプチャ画像が表示され，その画像内の操作位置（操作したボタンなどの位置）に赤枠が表示されます．現在，ログ取得ツールで操作レベルの情報を取得できるのはInternet Explorer上の操作に限られるため，プロセス可視化で操作レベルの分析ができるのもInternet Explorerで表示したサイトやWebシステム上の作業に限られています．

プロセス可視化は，ほかにも次のような特長を持っています．

- ノードの上にマウスカーソルを合わせることで，操作の詳細な情報を確認することができます．

*3　アクティブウィンドウ：Windowsのようなマルチウィンドウシステムにおいて，マウス・キーボードなどによるユーザ操作を受け付けているウィンドウのことです．アクティブなウィンドウはPC内では最大1つしか存在しません．

*4　グラフ：ここでは一般的な図表の意味ではなく，グラフ理論で用いられる，ノード（頂点）とエッジ（辺）で構成されたデータ表現のことです．

図2　タイムライン可視化機能の表示例

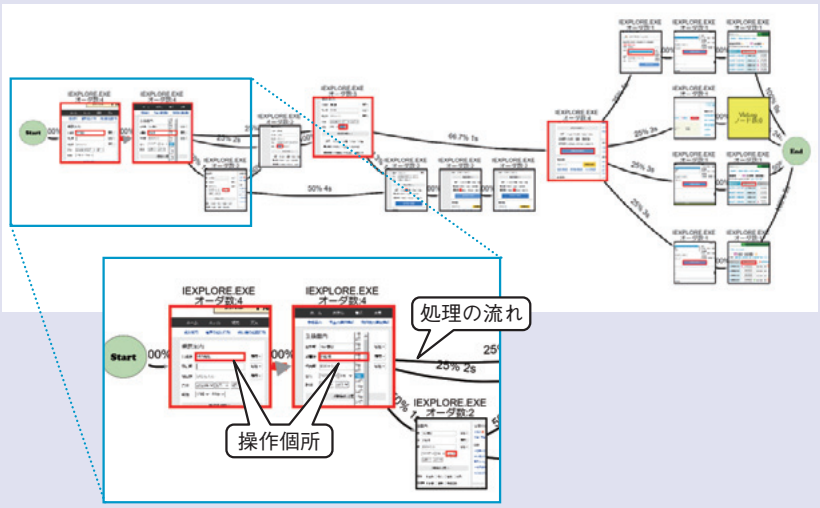


図３　プロセス可視化機能の表示例

・オーダID情報を利用して記録したログの中からオーダごとの操作の流れを切り出し，共通する操作を集約して表示することができます．
・複数の操作の流れを重ね合わせて表示した際に，主要なルートを赤くハイライトして表示することができます．
・フィルタを使ってノードを減らして，より本質的な流れのみを表示することができます．例えば，アプリケーション・ユーザ・オーダIDでのフィルタリングが可能です．
・操作の遷移を表すエッジ上には，その遷移に要した平均の時間（遷移前の操作が起こってから遷移後の操作が起こるまでの平均時間）が表示されます．

業務可視化技術を用いた業務分析例

タイムライン可視化により，以下の観点での分析が可能です．

・作業ごとの所要時間を定量的に計測し，作業時間が長い作業に注目することで，改善効果が大きな作業を見つけることができる．
・同じ作業に関して複数作業者を比較し，作業時間のバラツキに注目することで，効率の良い作業者を見つけることができる．
・特定のURLに繰り返しアクセスするなど，周期性のある部分に注目することで，RPAの適用により大きな効果を得られる作業を見つけることができる．

プロセス可視化により．以下の観点での分析が可能です．

・操作間の平均遷移時間を確認することで，特に時間のかかっている操作個所を見つけることができる．
・ベテランの作業者と初心者の操作プロセスを比較することで，初心者の問題点を見つけることができる．
・複数のオーダを重ね合わせて表示することで，その作業における標準的な手順（よく行われている作業フロー）が明らかになり，RPAシナリオの作成に必要な標準作業フローを見つけることができる．

今後の展開

今後は，本技術を使い，各事業会社と連携して実業務を対象にトライアルを行う予定です．トライアルで得たノウハウは，本技術（ツール）にフィードバックすることでさらに実用性を向上させていきます．加えて，現在は分析者をサポートする可視化機能のみにとどまっていますが，トライアルの中で蓄積される分析ノウハウを活用して，各種AI技術を応用した分析の自動化やRPAシナリオの作成支援などにも取り組んでいく予定です．これらの活動を通して業務分析に必要な技術をさらに発展させていきます．

■参考文献

(1) 堀田・足立・横瀬・豊田・井上：“安価・迅速に業務効率化を実現する「端末操作自動化ツールUMS」，”NTT技術ジャーナル，Vol.25, No.12, pp.30-34, 2013.
(2) https://winactor.biz/
(3) 小宮山・小矢・中島・片岡・増田：“業務ナビゲーション技術，”NTT技術ジャーナル，Vol.31, No.5, pp.25-26, 2019.
(4) https://www.ntt-tx.co.jp/products/bizfront/ant/
(5) https://www.ntt-tx.co.jp/products/bizfront/sui/
(6) 八木・土川・横瀬・卜部・増田：“操作ログのタイムライン可視化における対話的なグルーピング方法の検討，”信学技報，Vol.119, No.111, pp.41-46, 2019.
(7) 卜部・八木・土川・増田：“操作ログを入力とした業務プロセス可視化手法の検討，”信学技報，Vol.118, No.483, pp.83-88, 2019.

(後列左から) 横瀬　史拓/ 卜部　有記/ 増田　健
(前列左から) 土川　公雄/ 八木　佐也香/ 大石　晴夫

NTTアクセスサービスシステム研究所では，現場で役立つ技術をめざして，各事業会社とも連携し，業務改善に資する業務ナビゲーション技術の発展・展開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
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　obig-va-p-ml@hco.ntt.co.jp

EVENT REPORTS

「つくばフォーラム2019」開催報告

野村 智之（のむら ともゆき）†1 /古敷谷 優介（こしきや ゆうすけ）†1 /佐々木 元晴（ささき もとはる）†1 /高木 郁子（たかぎ いくこ）†1 /猪狩 亜紀子（いがり あきこ）†2 /
安嶋 悟（あじま さとる）†2
NTTアクセスサービスシステム研究所†1/
NTT-ATテクノコミュニケーションズ†2

2019年の「つくばフォーラム」は，10月31日～11月1日の2日間にわたり，「時代を支え 次代を拓く アクセスネットワーク ～サービスを創出する世界最先端技術と，業務を変革する現場最先端技術～」をテーマに開催しました．ここでは，本フォーラムの講演や展示などの開催概要について紹介します．

開催にあたって

1990年に第1回を開催したつくばフォーラムは，今回で30回目という節目を迎えました．これまでの社会を支えてきたアクセスネットワーク技術を振り返るとともに，ここから改めて私たちが将来のアクセスネットワークを切り拓き“Your Value Partner”としてスマートな世界を実現していくという決意を込め，「時代を支え 次代を拓く アクセスネットワーク ～サービスを創出する世界最先端技術と，業務を変革する現場最先端技術～」をテーマとして開催しました．NTTアクセスサービスシステム研究所に加え，共催団体，NTTグループなどから105団体（表）が参加し，最新の研究開発

表 つくばフォーラム2019出展社一覧

■NTTグループ
NTT東日本㈱
㈱NTT東日本－南関東
㈱NTT東日本－関信越
アイレック技建㈱
NTTレンタル・エンジニアリング㈱
NTT西日本㈱
日本テレマティーク㈱
NTTコミュニケーションズ㈱
㈱NTTPCコミュニケーションズ
NTTワールドエンジニアリングマリン㈱
NTTコムウェア㈱
NTTエレクトロニクス㈱
NTTアドバンステクノロジ㈱
NTT-ATテクノコミュニケーションズ㈱
NTTテクノクロス㈱
NTTインフラネット㈱
日本カーソリューションズ㈱
■一般社団法人 情報通信エンジニアリング協会（ITEA）
㈱エクシオテック
㈱協和エクシオ
日本コムシス㈱
㈱ミライト
㈱TOSYS
NDS㈱
シーキューブ㈱
北陸電話工事㈱
日本電通㈱
㈱ミライト・テクノロジーズ
㈱ソルコム
四国通建㈱
西部電気工業㈱
㈱SYSKEN
大和電設工業㈱
㈱TTK
㈱つうけん
■通信電線線材協会
㈱アイチコーポレーション
㈱浅羽製作所
イワブチ㈱
㈱OCC
岡野電線㈱
㈱カンドー
㈱フジクラハイオプト
JFE建材㈱
㈱ジャパンリーコム
㈱正電成和
昭和電線ケーブルシステム㈱
㈱スズキ技研
㈱須田製作所
住電オプコム㈱
住友電気工業㈱
コーニングインターナショナル㈱
大電㈱
大東電材㈱
㈱タダノ
通信興業㈱
東神電気㈱
㈱トーソー創研
SEIオプティフロンティア㈱
西日本電線㈱
日本コンクリート工業㈱
日本通信電材㈱
㈱フジクラ
㈱フジクラ・ダイヤケーブル
古河電気工業㈱
マサル工業㈱
大日コンクリート工業㈱
ミリケン・ジャパン合同会社
■全国通信用機器材工業協同組合（全通協）
㈱朝倉製作所
㈱大谷工業
㈱サンコーシヤ
三和電気工業㈱
㈱サンリッツエレクトロニクス
㈱大栄製作所
㈱タカコム
高千穂産業㈱
中興電機㈱
東名通信工業㈱
㈱長村製作所
㈱日辰電機製作所
㈱八光電機製作所
㈱宮川製作所
㈱渡辺製作所
■共催団体以外
アンリツ㈱
NEC
NECマグナスコミュニケーションズ㈱
㈱NTEC
FXC㈱
大井電気㈱
㈱オプトゲート
㈱サンレック
㈱昌新
セイコーソリューションズ㈱
原田産業㈱
㈱日立製作所
富士通㈱
ヘラマンタイトン㈱
前田道路㈱
丸文㈱
㈱三喜
三菱電機㈱
横河計測㈱/横河ソリューションサービス㈱
理研計器㈱

や技術動向の紹介，展示を行いました．

講演概要

基調講演1，2は，初日につくば国際会議場において開催されました．国際会議場大ホールをメイン会場とし，さらにNTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）会場にも中継され，多数のお客さまに聴講していただきました．

■基調講演1

井伊基之NTT 代表取締役副社長が，「社会インフラの共用化に向けて」と題して講演を行いました（**写真1**）．詳細は本号特集記事をご参照ください．

■基調講演2

澁谷直樹NTT東日本 代表取締役副社長が，「地域発イノベーションで豊かな未来を拓く」と題して講演を行いました（**写真2**）．詳細は本号特集記事をご参照ください．

ワークショップ

2日目には，AS研会場においてワークショップが開催されました．NTTアドバンステクノロジのビジネスユニット長，およびAS研のプロジェクトマネージャ2名により講演を行いました（**写真3**）．

■ワークショップ1

NTTアドバンステクノロジ AIロボティクス事業本部 ロボティクスソリューションビジネスユニット北村和夫ビジネスユニット長が「WinActor®ビジネスの概況」と題して講演しました．

はじめに，WinActor®の概要について説明しました．WinActor®とは2010年にUMSという技術でNTT研究所が開発したクライアントPC型のRPAツールのことで，2014年からNTTアドバンステクノロジによって商用化された商材であると紹介しました．2019年上期での導入実績は4000社を超え，国内シェアNo.1の実績があり，販売パートナーは現在700社を超える状況であると説明しました．

次に，WinActor®の大きな3つの

写真1　基調講演1

写真2　基調講演2

写真3　ワークショップ（左から北村氏，田中プロジェクトマネージャ，鬼沢プロジェクトマネージャ）

特徴，「簡単」「サポート」「大規模対応」について述べました．「簡単」を支える製品強化の取り組みとしてCast on Callという新たなサービスや輪郭マッチング，仮想化対応強化，さらに2020年提供予定であるv.7でのUI刷新，多言語化対応について具体的な新機能を説明しました．また「サポート」を支える人材育成や「大規模対応」を支える管理機能・製品強化について適用例を挙げて説明しました．これからのWinActor®は，デジタルトランスフォーメーション（DX）に向けてさらに業務アプリとの連携を拡充していくために，クラウド型への移行やオンプレ-クラウド連携をどう実現していくか，またRPAツールが不得意とする定型化されていない人の判断を要するところにどうAI（人工知能）を活用していくかが今後のポイントになると説明しました．

最後に，2019年の7月より進めているテクノロジパートナープログラムを通して，パートナーの皆様と一緒にお客さまの利用価値を高める取り組みを行い，さらにDXを推進していくと述べました．

■ワークショップ2

NTTアクセスサービスシステム研究所 シビルシステムプロジェクト 田中実プロジェクトマネージャが「基盤設備維持管理技術の研究開発の動向」と題して講演を行いました．詳細は本号特集記事をご参照ください．

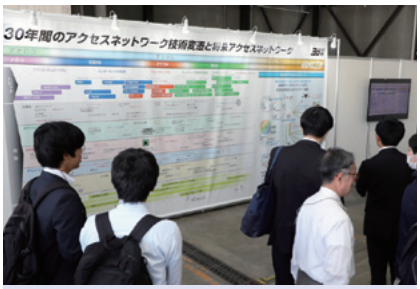


写真4　つくばフォーラム第30回特別展示

■ワークショップ3

NTTアクセスサービスシステム研究所 無線エントランスプロジェクト 鬼沢武プロジェクトマネージャが「多様なサービスを支えるワイヤレス技術」と題して講演を行いました．詳細は本号特集記事をご参照ください．

両日開催イベント

■つくばフォーラム第30回特別展示

アクセスネットワーク技術の変遷と将来のアクセスネットワークについて大型パネルを展示し紹介しました．会場では時代と設備の変遷を懐かしむ姿が見られ，多くの来場者から「分かりやすかった」との意見をいただきました（**写真4**）．

■技術交流サロン

共催団体，NTTグループ各社，NTT研究所による三位一体の取り組みとして「次代を拓く光ファイバケーブル技術」「令和における無線の新たな展開」の2テーマで，各社の事例を紹介してパネルディスカッションを行いました．今後の課題についての具体的な内容の議論や，各社の立場でいろいろな意見が聴けたことに対して，多くの聴講者から「参考になった」「興味深かった」との意見をいただきました（**写真5**）．

写真5　技術交流サロン

■地域を支え，災害に備える無線設備紹介

島しょ部や山間地域での安心な暮らしを支え，災害時において被災地域の孤立を防ぐ無線設備について，ビデオ放映にて紹介しました．

■スタンプラリー

来場者にAS研の展示会場内をくまなく回っていただくために，今回で3回目のスマートフォンを使ったデジタルスタンプラリーを実施しました．会場内に設置された7個のスタンプを集めた方にはオリジナル電柱番号板をプレゼントしました．その受け渡し時には，毎年楽しみにしている，毎年電柱番号板を集めたいなどのコメントをいただきました．

展示概要

AS研からの出展にとどまらず，

共催団体およびNTTグループ各社の最新の技術に関する展示が行われました（**写真6**，**7**）．

■NTTアクセスサービスシステム研究所

技術ごとに展示を3つのコーナーに分け，AS研の研究開発成果を幅広く展示しました（**図**）．お薦め展示にはお薦めマークを掲載し，来場者へ分かりやすく展示しました（**写真8**）．

⑴　将来アクセスネットワーク技術

将来のアクセスネットワークを担う光と無線のキー技術を紹介しました．多様な高周波数帯無線システムを収容するためのアナログRoF技術，将来アクセスネットワーク実現に向けた技術確立の方向性，プロトコルフリーな波長管理制御技術，光ファイバ環境モニタリングについて，お薦め展示として紹介しました．

⑵　拓く技術

スマートな世界の実現に向け将来のアクセスネットワークを開拓する最先端技術を紹介しました．とう道管理システムのICT化について，お薦め展示として紹介しました．

⑶　支える技術

安心・安全な社会と現在のアクセスネットワークを支える最先端技術を紹介しました．外部連携を簡易に実現するユーザインタフェース拡張技術（UI拡張技術），Wi-Fi規格を拡張したIoT無線通信技術（IEEE802.11ah），ルール学習型障害箇所推定・対応支援AI，ヒトの意図を反映する最適采配技術，鉄蓋の劣化予測技術，ケーブル輻輳を回避する最適な配線ルート設定技術・需要変動耐力を持ち，稼働のかからない配線技術，自動設定・自動配線による全自動故障回復技術，マルチレイヤネットワーク自律制御技術，ドローンによるマンホール自動点検技術，地下設備の絶対座標取得技術，荷重可視化技術および不平衡荷重と構造劣化の関係性把握技術，鉄筋コンクリートマンホールのメンテナンスフリー化技術について，お薦め展示として紹介しました．

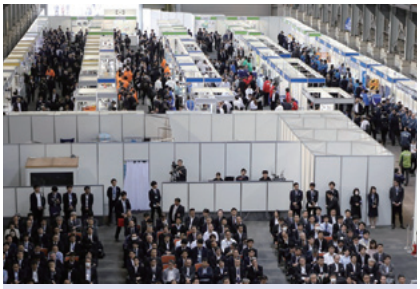


写真6　メイン会場

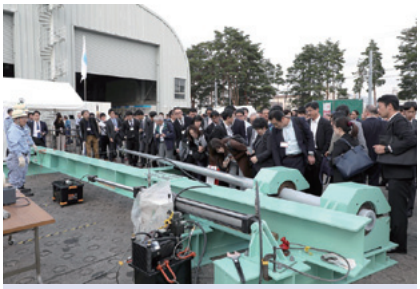


写真7　屋外展示会場

将来アクセスネットワーク技術

将来のアクセスネットワークを担う光と無線のキー技術を紹介します．

拓く技術

スマートな世界の実現に向け将来のアクセスネットワークを開拓する最先端技術を紹介します．

支える技術

安心・安全な社会と現在のアクセスネットワークを支える最先端技術を紹介します．

モデルネットワーク

アクセスネットワーク技術の全体像を，NTTビル内からお客さま宅までの実設備を用いたモデルで分かりやすく紹介します．

図　NTT展示概要

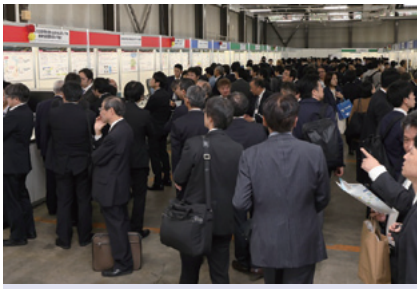


写真8　NTT展示コーナー

⑷　モデルネットワーク

アクセスネットワーク技術の全体像を，NTTビル内からお客さま宅までの実設備を用いたモデルで分か

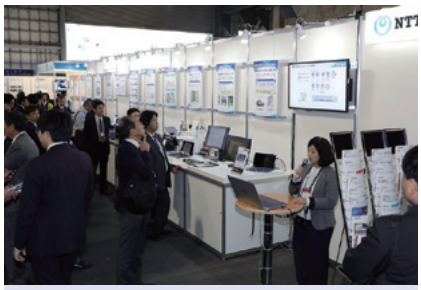


写真9　展示イベント

りやすく紹介しました．

■一般社団法人 情報通信エンジニアリング協会（ITEA）

これまで培った技術・ノウハウの継承，光アクセス設備の構築・維持・開通工事を主体に，品質の向上や効率化および大規模災害時の迅速な設備復旧などと安心・安全・信頼される情報通信インフラ設備の実現に向けた取り組みを紹介しました．

■通信電線線材協会

光，メタル，接続機器，関連部材を含む所外系設備全体をはじめとし，局内，データセンタなどにかかわる最新の技術，製品を紹介しました．安全性，ダイバーシティを考慮し，作業性を重視した，興味を引く会員各社の最新の取り組み状況を紹介しました．

■全国通信用機器材工業協同組合（全通協）

「確かな技術とモノ創りでIoT社会の発展に貢献する全通協」をキャッチフレーズに，今後のICT市場の発展や環境変化をとらえ，お客さまの要望に対してスピード感を持って組合一丸となった取り組みを紹介しました．

■NTTグループ

出展したNTTグループ各社は，“Your Value Partner”として，事業活動を通じてパートナーの皆様とコラボレーションしながら，研究開発やICT基盤を活用したスマートな社会の実現をめざし，社会的課題の解決に貢献するための最新技術を紹介しました．

■展示イベント

AS研メイン会場と屋外会場にて出展社によるデモンストレーションを実施し，多くの方にご覧いただきました（**写真9**）．

開催結果の総括

両日とも晴天に恵まれ，約9400名の方にご参加いただき，また海外からも多くのお客さまをお迎えして無事にフォーラムを開催することができました．AS研の最新の研究開発および今後の動向をはじめ，出展各社のさまざまな展示に高い関心が寄せられました．開催後の来場者アンケートからは，97%のお客さまが来場目的を達成したという結果が得られました．今のアクセスネットワークを支えていく短期的取り組み，将来のアクセスネットワークを切り拓く中長期的取り組みについての展示を通じ，アクセスネットワークの変革を共有できる場として充実したイベントとなりました．

謝　辞

本フォーラムの開催にあたり，共催としてご協力いただきました一般社団法人情報通信エンジニアリング協会，通信電線線材協会，全国通信用機器材工業協同組合の皆様に厚くお礼申し上げます．

（左から）古敷谷 優介/ 佐々木 元晴/ 高木 郁子/ 猪狩 亜紀子/ 安嶋 悟/ 野村 智之

ネットワーク機能の高度化，リソース配置の柔軟化，新たな付加価値の開拓，スマートな運用を志向し，DXの促進と将来のアクセスネットワークの具現化によってスマートな世界の実現に貢献するためには，社会および関連する産業界の方々との連携が欠かせません．今後も本フォーラムが良き交流の場となり，アクセスネットワークの発展に貢献できるよう，事務局一同，努力していきます．

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
企画担当
TEL　029-868-6040
FAX　029-868-6037
E-mail　tforum2019-info-p-ml@hco.ntt.co.jp

APT/TTC BSG（標準化格差是正）専門委員会の活動 ～東南アジア大学連携によるアイディアソンイベントの開催～

岩田（いわた） 秀行（ひでゆき）
NTT研究企画部門

一般社団法人情報通信技術委員会（TTC）のBSG（標準化格差是正）専門委員会では，アジアルーラル地域におけるICTを利用した社会的課題解決ソリューションの展開・普及をAPT（Asia-Pacific Telecommunity）の支援を受けて行ってきました．今回，各国で実施した農業，水産業，環境，医療，教育，災害予防等のパイロットサイトでのデータを共有するためのプラットフォーム立ち上げを行い，それらの異業種間のデータを活用した新産業を創出するアイディア提案のイベントを開催しました．ここでは各イベントの概要を紹介します．

第1回 アイディアソンイベント

2018年12月5～6日にマレーシアクチンのサラワク大学で第1回アイディアソンイベントが開催されました．

■oneM2M Workshop（Pre-Ideathon Workshop）

本アイディアソンイベント開催前の2018年11月28日にサラワク大学において，シブ工科大学の講師からoneM2Mの概要説明およびoneM2M仕様サーバ設置のデモ，およびIoT（Internet of Things）デバイスのサーバへの接続デモを70名の学生参加のもと実施しました．

■アイディアソンイベント@マレーシア

本アイディアソンイベントには，20チーム，76名のサラワク大学およびシブ工科大学の学生が参加して2日間にわたり実施されました（**写真1**）．3グループに分けてプレゼンテーションおよびデモを行い，上位チームが再度プレゼンテーションを行い，順位付けを行いました．

参加チームの概要および対象エリアを**表1**に示します．

発表された社会課題としては，クチンはボルネオ島の地方都市のため，交通渋滞に関する解消の課題は少なく，洪水や森林火災等の災害時のソリューションや，水質を含めた医療ソリューションの提案が主となりました．

第2回 アイディアソンイベント

2019年3月6～8日にフィリピンマニラのアテネオ大学で第2回アイディアソンイベントが開催されました．

■Technical Specifications of Workshop

本アイディアソンイベント開催前の2019年3月5日に，アテネオ大学の

写真1　第1回アイディアソンイベント@マレーシアの表彰式模様

表1　第1回アイディアソンイベント@マレーシアの提案内容および対象エリア

No.	Title of Proposal	Area	Group	Award
1	Smart Indoor Hydroponic Planting	e-Agriculture	QBF Ultimate	
2	Smart Shopping System	Smart City	4896	
3	IoT Based Water Quality Buoy Using oneM2M	e-Environment	Morphling	
4	Smart Badminton Stadium with Automatic Lighting System	Smart City	Keeper of the Light	
5	Health Monitoring System using Motion and Pulse Sensor	Smart City	DGB	
6	Parking Slot Availability Indicator	Smart City	Smart Park	
7	Forest Fire Detector	e-Disaster	G-TECHNOVATORS	
8	Drainage system sensors for flood prediction	e-Disaster Management	IDealTech	
9	Flood Detection With Rain Sensor	Disaster	SMART LRB	1st Prize
10	Narcolepsy Life Saver	e-Health	MedIT.com	
11	Water pollution detection system	e-Health	Mind Bender	
12	Vehicle RFID	Smart City	EE Prodigy	
13	Smart Greenhouse	e-Agriculture	iGreen	
14	JAMS: Just Another Metering System	Smart City	TheBitJunkeys	2nd Prize
15	Rain water collection system to reduce floods	e-Traffic, Disaster	Alpha Minds	
16	iWater Cleaner	e-Environment	Fantastic Four	
17	Smart Waste Management System	Smart City	HOTS	
18	A+I: Mood Detecting Sensor	Smart City	LOTS	
19	Forest Fire Detection Using ATIS	e-Agriculture	ZIPs	
20	Life Saving System: e-Health, e-Traffic Management, Smart City	Health, Transportation, Smart City	Sffic	3rd Prize

Daniel氏より，oneM2M仕様サーバにoneM2M仕様IoTデバイスが接続できるようにデモ，説明を26名の学生参加のもと実施されました．

■アイディアソンイベント@フィリピン

本アイディアソンイベント（Round2）の前に現地大学側で，16チーム，34名のアテネオ大学の学生が参加のもと予選（Round1）を行い，7チームを選抜しました（**写真2**）．アイディアソンイベント（Round2）では日本，マレーシア，フィリピンからの審査員のもと審査を行いました．

第2回アイディアソンイベント@フィリピンの提案内容，対象エリア，審査結果を**表2**に示します．発表された課題は，自然災害が多い地域のため災害に関する課題や医療機関が不足しているため医療に関する課題が多く，それらを含めた町レベルでのソリューション提供として考えている提案が多くありました．

写真2　第2回アイディアソンイベント@フィリピンの模様

第3回アイディアソンイベント

2019年11月8～9日にインドネシア バンドンのバンドン工科大学で第

表2　第2回アイディアソン@フィリピンの提案内容，対象エリア，審査結果

No.	Title of Proposal	Area	Group	Preliminary Award
1	Potential of smartphones in disaster and emergency situations	Disaster	TriLocate	
2	Smart analytics and early-warning system that forecasts future red tide and fish kill incidents	Aqua culture, Disaster	Red Alert!	Round2 /3rd Prize
3	Fastest route cleared smart traffic light control system to emergency vehicle driver	Smart City Medicine	Lifeline	
4	Provide commuters with accurate estimates of wait times and optimization of train use.	Smart City Transportation	Moving Stations	
5	Redistribute foot traffic to save time and resources	Smart City	BOMS	Round2
6	Food supply monitoring and tracking system	Agriculture Health Logistics	Food Enthusiasts	Round2 /1st Prize
7	Real-time city-wide pedestrian traffic monitoring and mapping system	Disaster Smart City	Fast Pass	Round2
8	Improve security, portability and overall efficiency of medical procedures	Smart City Health	MED ID	Round2 /2nd Prize
9	Monitor pollen and dust distribution	Smart City Health	polleNATION	
10	Provide new innovative sets of data concerning human activities within their homes	Smart Home	Home Vita	
11	Monitor trash in drainages	Disaster	Image Pulse	Round2
12	Patient monitoring system	Health	MonitAir	
13	Solve problems of environmental pollution through smart trash collection	Smart City	Waste Watch	
14	Monitor health and status of its users using smart watch	Smart City	Ligaw	Round2
15	Intersection data collection and processing system sets out to solve traffic problem	Smart City	IDCPS	
16	Track energy consumption by providing real-time, aggregate and pre-appliance data and heuristics	Smart home Energy	Smartr	

3回アイディアソンイベントが開催されました．

主催者側からはBSG（標準化格差是正）専門委員会から3名，マレーシアから2名，フィリピンから2名の計7名が参加し運営をサポートしました．現地のバンドン工科大学からは，受付，進行，審査員等，先生や学生の20名の支援のもと実施されました．

■Workshop on oneM2M

ICTソリューションを提供するうえで，国際標準化されたプラットフォームを活用するということで，参加者に対してoneM2Mの概要の紹介をTTC BSG専門委員会谷川和法副委員長から行いました．また，マレーシアのUTCS（University Technical Colleges）（シブ工科大学）が各参加チームにoneM2M仕様に準拠したIoTツールキットを配布し，omeM2M仕様サーバへの接続のチュートリアルを実施しました．

■アイディアソンイベント@インドネシア

今回のアイディアソンには，19チーム，57名が参加しました．アイディアソン本選（Round2）の前に現地運営側で予選（Round1）を開催して，19チームから10チームに選抜されました．主催者から6名，現地運営側2名の審査員で評価を実施しました（**写真3**）．

参加チームのタイトルおよび対象エリア，審査結果を**表3**に示します．

発表における社会課題としては，アジア都市部での共通課題である交通渋滞の解消が多く，また，インドネシアではカリマンタン島（ボルネオ島）への首都機能の移行が検討されているため，カリマンタンでの社会課題である泥炭地火災の抑制の提案がありました．

今後の展開

アイディアソンを開催するにあたり，異業種のデータを組み合わせ，新しい産業を創出するような提案を期待していますが，まずは直面する社会課題をICTを活用して解決する提案が大半を占めました．主催者側の事前説明不足もあり，次回以降のイベントに反映していく必要があると感じました．

表 3　第 3 回アイディアソンイベント@インドネシアの提案内容，対象エリア，審査結果

No.	Title of Proposal	Area	Preliminary	Award
1	Independent Household Waste Processing and Online Based Waste Management	Environment		
2	E-MONEY with tracking system in toll roads	Safety, Transportation		
3	Peatland Humidity Control System for Forest Fire Handling	Environment	Round2	
4	Firetruck Routing System	Transportation, Safety	Round2	
5	Coal Mining Supervision for Borneo 2025	Safety, Efficiency, Mining Industry		
6	Smart Zebra Cross	Smart Cities, Road Safety, IoT	Round2	1st Prize
7	Smart Electricity	Smart Cities	Round2	
8	Integrated Waste Quality Monitoring System for Borneo: Integrating the Eco-Friendly Trash Can and GoTrash Application	Environment, Health, Smart Cities	Round2	3rd Prize
9	WeHelp: Disaster Management App	Safety	Round2	2nd Prize
10	Smart Traffic Light Using IoT and Cloud Computing for Protanopia	Smart City, Cloud Computing, Internet of Things		
11	Borneo in 2025 be a Smart City in Public Transportation	Smart City, Transportation		
12	Traffic Control and Monitoring	Transportation		
13	E-Commerce for Fisherman	E-Commerce		
14	Kalimantan (Borneo) Smart City Car limiter 2025	Traffic, Environment, Health		
15	UAV Swarming Usage to Conserve Borneo's Forest	Environment	Round2	
16	Waste Management	Environment		
17	Integrated Household Photovoltaic in a Smart City for New Capital Issue	Smart City, Green Energy	Round2	
18	Crowd Estimation for Smart Transportation	Smart City, Transportation	Round2	
19	Smart Building	Smart City	Round2	

写真 3　第 3 回アイディアソンイベント@インドネシアの表彰式模様

今後，アジア太平洋地域での他国での実施を予定しており，将来の目標としては，アジア地域でのイベントに拡張していきます．

ICT人材育成は地域経済の繁栄には必須であり，日本の大学も含めこれらの活動で貢献していきます．

NTTとJAXA，地上と宇宙をシームレスにつなぐ超高速大容量でセキュアな光・無線通信インフラの実現に向けた共同研究を開始

NTTと国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）は，両者の技術融合による社会インフラ創出（社会課題の解決につながる革新的な光ネットワーク・インフラの構築等）をめざした協力協定を締結し，「地上と宇宙をシームレスにつなぐ超高速大容量でセキュアな光・無線通信インフラの実現」をめざすべき世界観として共有した共同研究に取り組むことに合意しました．

NTTの「IOWN（アイオン：Innovative Optical and Wireless Network）構想実現に資する光・無線ネットワーク技術」とJAXAの「宇宙機のシステム構築技術」との掛け合わせにより技術障壁のブレークスルーを加速し，新たな社会インフラの実現をめざします．

■協力の背景

人々のニーズが素早く大きくダイナミックに変化するSociety 5.0の時代の基盤となる社会インフラ，多様な社会課題解決（大規模災害対策等）に資する社会インフラとして，今後，大容量で高速，セキュアな通信インフラの重要性は更に高まっていくと想定されます．

一方，宇宙空間においても地球観測衛星，宇宙ステーション，月近傍のゲートウェイ等が収集する情報量の増大に伴い，大量の画像・データ等をより高速に伝送し活用するための通信インフラが求められ，さらには宇宙ビジネスの拡大等を背景に人類が宇宙空間へ活動範囲を広げていく未来に向けた環境整備も求められていくと予想されます．

このような背景を踏まえ，「光・無線ネットワーク技術の高度化やIOWN構想の実現に取り組むNTT」と「宇宙機のシステム構築のノウハウを豊富に持つJAXA」が，共同で研究開発に取り組むことで，「地上と宇宙をシームレスにつなぐ超高速大容量でセキュアな光・無線通信インフラの実現」，さらに「宇宙利用や宇宙探査の飛躍的な高度化・活性化を基盤的に支えるキー技術の整備」をめざします．

将来的には本取り組みにより，災害に強い超高速大容量通信インフラの提供や次世代の宇宙探査を可能とする自律的なエコシステム（生態系）の確立等，社会への価値提供をめざしていきます（**図**）．

■世界初：低軌道衛星と地上局間通信の大容量化に向けた衛星MIMO技術の適用

無線通信におけるMIMO（Multiple-Input and Multiple-Output）技術とは，送信機と受信機の双方に複数のアンテナを用いて，同時かつ同一周波数で異なる情報を伝送することで，通信の大容量化を実現する技術です．

衛星通信では電波伝播環境が地上通信と大きく異なり，伝播距離が長く遅延量が大きくなるため，携帯電話や無線LAN等で実用化されてきたMIMO技術をそのまま適用することが困難でした．

NTTとJAXAは本共同研究において，NTTが保有する受信タイミング・周波数誤差が異なる複数信号を干渉補償して分離する技術と，JAXAが保有する低軌道衛星システム設計にかかる知見を組み合わせることで，低軌道衛星－地上局間における世界初の低軌道衛星MIMO技術を確立し，地球観測データ等の大容量データの超高速伝送の実現に貢献します．

■超高速大容量宇宙光無線通信に向けた光増幅技術の適用

宇宙で運用される地球観測衛星，宇宙ステーション，月近傍のゲートウェイ等が収集する情報は，その活動の進展に伴い大量の画像・データ等をより高速に伝送し活用することが求められています．

NTTとJAXAは本共同研究において，静止軌道と低軌道の衛星間通信や，静止軌道の衛星と地上局の間の通信において，今後求められる100 Gbit/sを超える超高速大容量通信を実現するために必要な技術として，NTTの超高感度低雑音光増幅技術（LNA）である位相感応増幅技術と，JAXAの超高出力光増幅技術（HPA）を組み合わせ，「高感度な光ローノイズアンプ」の研究開発を通じ，超高速大容量宇宙光無線通信技術の確立をめざします．

この技術の確立により，宇宙から地上までのシームレスな超高速大容量通信を可能とし，宇宙利用や宇宙探査の飛躍的な高度化・活性化に係る活動を支えていきます．

■次期衛星搭載に向けた観測用，通信用無線デバイスの効果実証

次期衛星搭載に向けた観測用，通信用のテラヘルツ帯無線デバイスの効果実証を行い，技術確立を図ることで，宇宙からの積乱雲の氷雲観測による台風等の気象状況の把握・予測への応用や，次世代衛星間通信等への適用を通じ，安心・安全な社会への貢献をめざします．

NTTとJAXAは，本共同研究において，NTTが保有するInP-HEMT/HBT技術と，JAXAが保有する衛星搭載用テラヘルツコンポーネント技術を用い，300 GHz帯のパワーアンプ・ローノイズアンプの製作と耐宇宙環境性の評価を行い，本技術の確立を図ります．

◆問い合わせ先

NTT広報室
TEL　03-5205-5550
E-mail　ntt-cnr-ml@hco.ntt.co.jp
URL　https://www.ntt.co.jp/news2019/1911/191105c.html

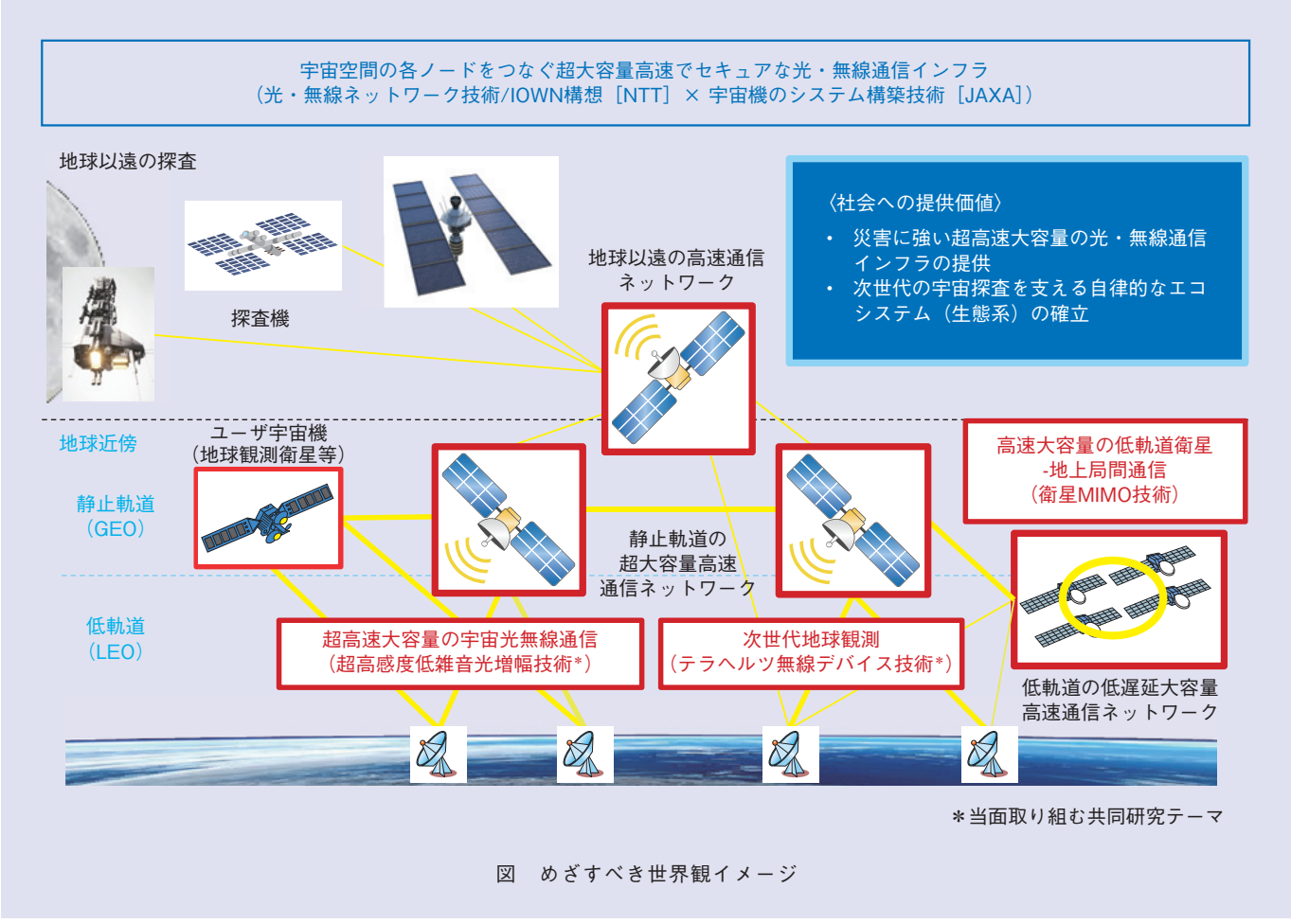
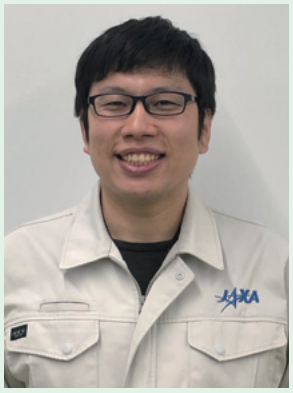


図　めざすべき世界観イメージ

低軌道衛星MIMO技術によるリモートセンシングデータ伝送の高速化

パートナー紹介

加藤　智隼
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
研究開発部門　第一研究ユニット



JAXAでは地域観測・災害状況把握等を目的とし，低軌道衛星によるリモートセンシングを行っています．また近年では民間企業が主体となり，衛星画像データ提供サービスやその利用ビジネスが続々と計画されています．これらのリモートセンシングでは，観測センサの高性能化に伴い，衛星から地上局間への伝送データの高速化の需要が高まっています．

JAXAはこれまで，「だいち2号」で地球観測衛星としては世界最高速度(打上げ当時)となる800 Mbit/sのデータ伝送を実現する等，世界最高水準の高速衛星通信システムの研究開発に取り組んできました．しかし従来技術によるデータ伝送の高速化は限界に近づいており，周波数利用効率を革新的に改善する新技術が必要とされていました．そこで注目したのがMIMO（Multiple-Input and Multiple-Output）です．MIMOは送受信アンテナ数に応じた固有の通信路をつくり出すことで多重伝送を実現する空間多重化技術であり，アンテナ数に比例した大容量化を実現します．

NTTは以前からMIMOに関する研究成果を多く残しており，MIMO通信路における干渉除去手法，および当該手法の評価技術を保有しています．今回の共同研究では，NTTの技術とJAXAの衛星システム設計・軌道解析等の知見を合わせることで，世界初の低軌道衛星MIMO技術の実現をめざしています．本共同研究を通じて衛星－地上間データ伝送高速化技術を確立し，今後の持続的な宇宙活動の発展に貢献する所存です．

低軌道衛星MIMO伝送の実証実験に向けた研究

研究者紹介

五藤　大介
NTTアクセスサービスシステム研究所
無線エントランスプロジェクト

私たちは，低軌道衛星通信の大容量化に向けて，衛星が所有する複数アンテナから同じ周波数帯域で異なる信号を空間多重伝送し，受信機で分離する低軌道衛星MIMO（Multiple-Input and Multiple-Output）の研究に着手してきました．MIMO伝送は送受信アンテナ間の伝搬路に障害物による反射が発生し，複数の経路から受信アンテナに到来するマルチパスチャネルにおいて分離特性が向上し，セルラ方式や無線LANのような地上の無線通信システムでは一般的な技術となっています．一方，衛星通信は見通し環境での利用が一般的であるため適用が難しく，これまで実用例がありませんでした．

研究分野では，見通し環境でのMIMO伝送において送受信アンテナ間の到来角を大きくすることで分離特性が向上することが分かっています．今回のJAXAとの共同研究では，衛星と基地局間の通信において，基地局の複数アンテナを遠隔に配置することで分離特性を向上させ，衛星MIMO伝送を行えることの実証を検討しています．特に衛星の位置が常時変動する低軌道衛星にMIMOを適用するという難易度の高いシステムの構築をめざし，実証実験に向けて日々研究を進めています．本技術が確立されれば，アンテナ数に応じて伝送容量を向上できる拡張性が生まれるため，将来のモバイルトラフィックの増加に追随する一技術として寄与すること期待できます．これまでの無線通信の研究開発で培ったノウハウに，衛星の研究開発に精通したJAXAとのコラボレーションによって相乗効果を生み，衛星通信分野の発展に貢献していきたいと考えています．

NTTの独自オープンソースソフトウェア「MSF」と「Beluganos®」を用いてNTTとTelefónica等と共同実験を開始

NTTとTelefónica社（Telefónica）は，オープンな伝送・転送技術に関する共同実験を開始し，第１回目の実験に成功しました．本成果について，オランダ・アムステルダムで2019年11月に開催された「TIP Summit '19」において発表し，2020年１月にTelecom Infra Project（TIP）の公式ホームページにてホワイトペーパーを公開しました．

本共同実験は，TIPのOpen Optical Packet Transport（OOPT）プロジェクト内に，NTTとTelefónicaが共同で2018年10月に設立したConverged Architectures for Network Disaggregation & Integration（CANDI）が推進するもので，オープンかつ汎用的なネットワークの実現により，いくつかの装置について大規模な経済性を実現するとともに，機能分離（ディスアグリゲーション）された構成要素のオープンな市場を創出することを目的としています．第１回目の実験では，CANDIが選定したアーキテクチャやオープン技術，各技術をつなぐオープンなインタフェースに従い，電気通信トラフィックを制御する転送技術とデータを送信する伝送技術が統合されたネットワークを構築することに成功しました．

■NTTが取り組む技術

シリコンバレーに端を発した通信技術のオープン化に向けた取り組みは，ハードウェアとソフトウェアの分離を可能にすることによってネットワークオペレータの自由度を拡大するとともに，Open Compute Project（OCP）やTIP等を通して新規企業参入を促し，通信機器に革新をもたらしています．NTTはOCP等のオープンハードウェアを活用したMSF（Multi Service Fabric）の研究開発に2014年から着手し，ハードウェア・ソフトウェアの分離とそのアーキテクチャ設計，およびシステム化を推進してきました．MSFは，ホワイトボックススイッチを含む汎用品を最大限に活用したアーキテクチャとソフトウェアベースのコントロール技術，さらに自律分散型のクラスタ設計が特徴であり，これらは従来のSDN技術に対して通信キャリアの求めるサービス信頼性とサービス開発の柔軟性を向上させる技術です．さらにベンダによる機能実装を促進すべく，2016年からは，オープンインタフェースを活用した，ホワイトボックススイッチ制御用の装置内蔵型のソフトウェア（Network OS）「Beluganos®」の開発を世界に先駆けて開始しました（**図１**）．

そしてNTTは，転送分野におけるオープン技術の促

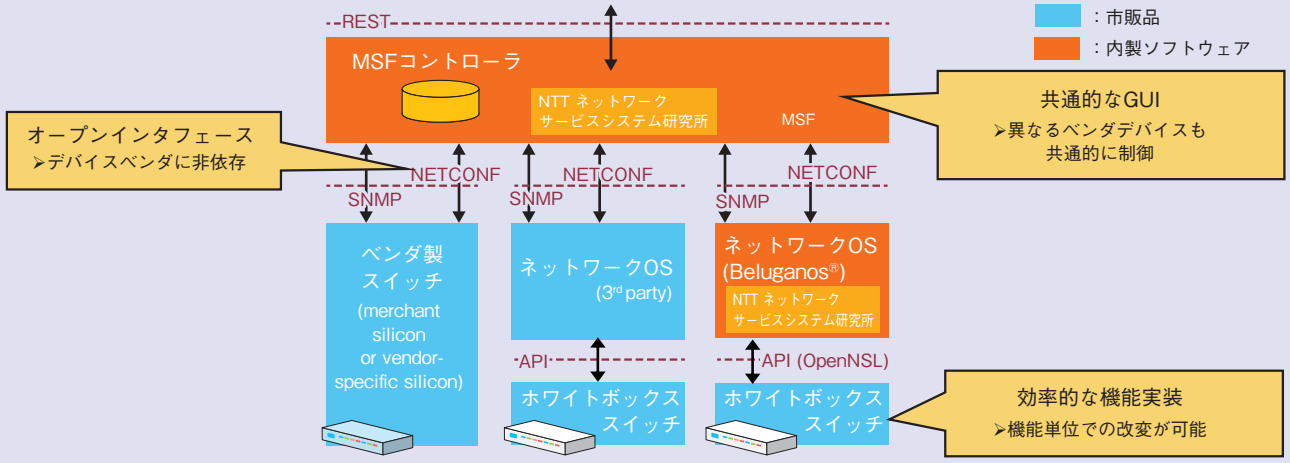


図１　MSFおよびBeluganos®で取り組む技術領域

進と，キャリア要件のマルチベンダでの反映によるベンダロックインの回避をめざし，2017年からは，MSF/Beluganos®双方のオープンソース化を推進しています．併せて同年，台湾大手キャリアの中華電信股份有限公司（中華電信）のオーケストレータとコラボレーションした共同実験において，MSFおよびBeluganos®がホワイトボックススイッチの機能を最大限に引き出し，キャリアで必要とされるサービス継続性・信頼性を担保する転送機能の構築が可能であることを実証しました．

■本実験の内容と各社の貢献

本実験ネットワークは，CANDIがオペレータ5社で策定したドラフトアーキテクチャに沿ってNTTとTelefónicaがそれぞれレファレンスモデルとなる構成技術を提供しました（**図2**）．

NTTは，本実験ネットワークの転送機能として，MSFおよびBeluganos®を提供しました．Beluganos®はホワイトボックススイッチのオープンインタフェースを制御するとともに，上位向けインタフェースとして，昨今標準化が進むNetconf/Openconfigを実装しています．一方MSFは，Beluganos®を含む異なる3種類のネットワークOSをそれぞれ搭載したホワイトボックススイッチ群を，コントローラが1つの転送装置として管理制御し，さらにBeluganos®に対してはNetconf/Openconfigによる制御を実現しています．Telefónicaは，転送制御と伝送制御双方を兼ね備え，Netconf/OpenconfigやTransport-API（TAPI）等のオープンな標準インタフェースベースのマルチレイヤコントローラを提供しました．また，構成技術の実装に必要な装置類についてはTIPに

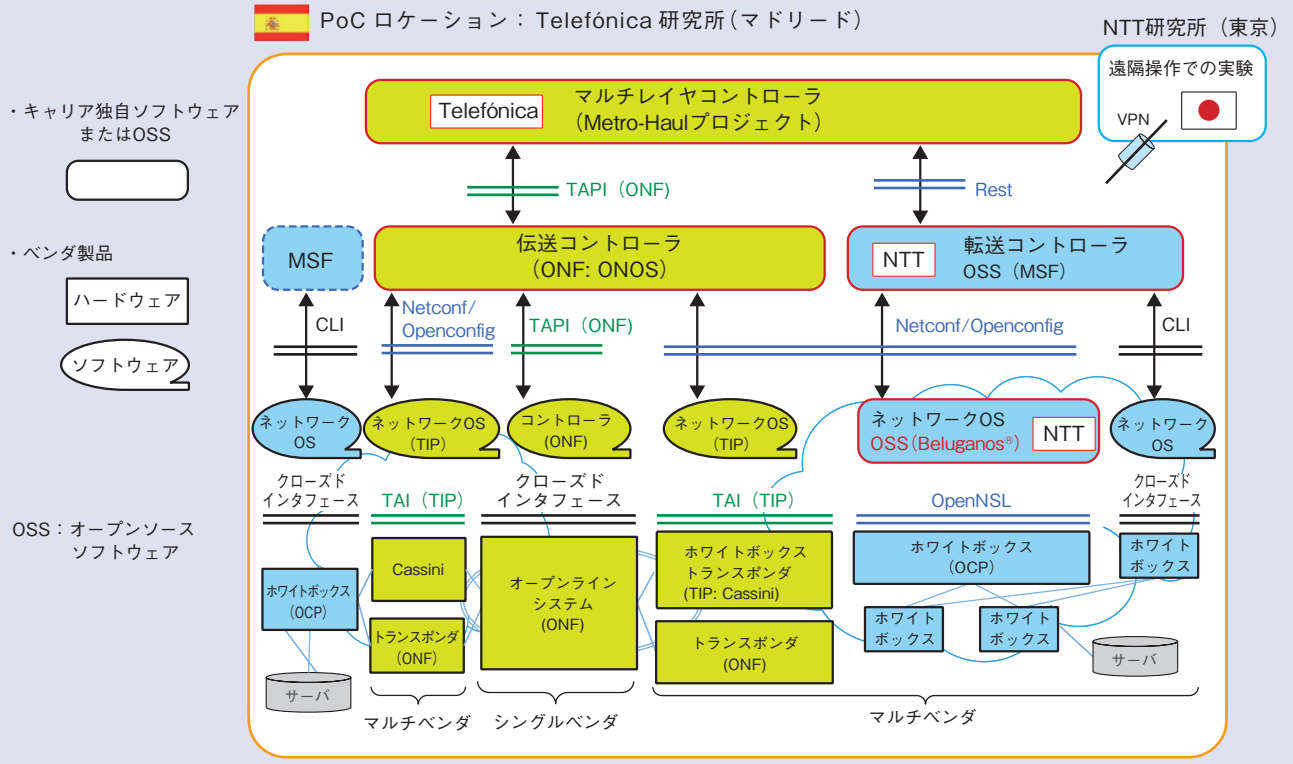


図2　第1回共同実験のネットワーク構成

参画するベンダと協力しています．さらに，伝送機能の実装については，外部連携するオープンコミュニティOpen Network Foundation（ONF）で伝送技術を牽引するOpen and Disaggregated Transport Network（ODTN），および欧州で伝送技術を牽引するMetro-Haulが協力しています．

第1回目の実験では，CANDIで策定したキャリアのユースケースのうち，“Multi-layer provisioning（転送・伝送機能の同時制御）”と“Partial replacement（部品化されたアーキテクチャの部分的な更改）”に基づく制御について実験を行い，転送装置と伝送装置双方の統合パス設定と転送装置のOS入れ替えを行いました．

■本実験の成果

本実験により，キャリアで必要とされるユースケースをオープンな伝送・転送技術で実現可能なことを示すとともに，マルチベンダ接続における課題を明確化し，これらの結果をホワイトペーパー化し公開しました．本共同実験は，これまでにない，キャリア共同で技術要件を示すエコシステムの始動となりました．本取り組みを通じ，TIP CANDIにおいて各キャリアが提唱するユースケースの実現性立証

オープンかつインテリジェントなクラウド対応トランスポート網の実現に向けた取り組み

パートナー紹介

Óscar González de Dios

Telefónica I+D　global CTO

Telefónicaはここ数年，FUSIONというプロジェクトにおいて，お客さまの転送要件を実現すべくIPおよび光伝送網の高度化に取り組んできました．しかし，ベンダ独自のソリューションにすべて依存する現行のアプローチは，新たな機能やイノベーションの導入に遅れが生じます．運用支援システム間のインタフェースもnon-programmable/closedな独自仕様のものであるため，同様の課題が存在します．

そこで現在，Telefónicaはコア網やメトロ網そしてバックホール領域についてのSDNベース制御を実現するネットワークモデル“iFUSION”の定義に取り組み，さらに「ネットワークのソフトウェア化」を実現すべく，インタフェースやサービスモデル等については標準的な技術，特に業界内でより成熟したものを選択・活用しています．

また，光伝送網のように単一ベンダで構成されたネットワークモデルは，運用的には非常に有効ですが，他ベンダの新たな伝送技術の迅速な導入を妨げます．パケット転送についても，ハードウェアとソフトウェアが現状一体であるためルータの容量，機能そして動作が密に関連しており，やはり新たな技術の迅速な導入が困難です．これを踏まえ，光伝送網の部分的な部品化やIPルータの汎用化/ホワイトボックス化を促進する“OpenFUSION”プロジェクトもTelefónica内部で推進しています．

そしてTelecom Infra Projectでは，TelefónicaはNTTとともに，CANDIを主導し，通信業界のオープン化を促進しようとしています．CANDIは，オペレータにとってオープンなネットワークソリューションを開発し，業界を牽引するのに最適な場です．私たちは今後も，実証実験等の活動を通じ，オープンな標準インタフェース，IP/光統合制御，そして部品化アーキテクチャにより通信事業者のユースケースを実証していきます．

を開始するとともに，最終的なすべてのユースケースの実現のための機能，スケーラビリティや運用等の課題明確化を推進していきます．

■今後の展開

今後もTIP CANDIにおいて年２回の実験にて実現性と課題抽出のサイクルを回し，キャリアのユースケースの実現に必要な技術の発展の推進に貢献していきます．機能分離技術の優位性を最大限に活かし，ベンダロックインを回避するとともに，キャリアが必要な最新技術をいち早く，サービスに影響を与えることなく利用できるネットワークを実現し，ユーザがより良い多様なサービスを早く安価に享受できる通信サービスの実現に貢献していきます．

◆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　https://www.ntt.co.jp/news2019/1910/191016b.html

オープン技術によるネットワークの実現に向けて

研究者紹介

山口　秀

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 IPフロー制御装置DP

サーバ仮想化技術のような自由な選択・運用ができる世界をネットワークの世界でも実現することをめざして，NTTネットワークサービスシステム研究所ではMSFやBeluganos®を研究開発し，オープン化することで高い柔軟性と信頼性を持つネットワークの実現を推進してきました．そんな中，TIPにてNTTの活動が賛同を得られ，オペレータどうしでユースケースやアーキテクチャを議論し，機能分離とオープン化を推進するサブグループを設立しました．コミュニティ運営も海外に機材を持ち込んでの共同実験も経験のない中で，コミュニティ推進のためオペレータ５社との技術議論と事務局運営を並行して行い，さらには共同実験に向けた詳細検討や環境構築も同時に進めていました．共同実験では自らスペインのTelefónica研究所に赴きOscarやその同僚，さらにはベンダや他コミュニティとも協力して環境を構築し実験を遂行しました．時差や言語の壁だけでなく各社の事情もあり，議論や予定が合わずにプロジェクトが思うように進まないこともありましたが，議論内容や時期感の整理等をしながら各社と共通の要件や課題認識を得ることができ，大きな成果が得られたと感じています．

今回の共同実験の結果を複数オペレータ共通の要件として発信することで，多くの方々の関心を得ることができ，大きな訴求力があることを実感しました．今後も多くの立場の方々を巻き込んで共に活動することで，より良いネットワークの実現をめざして頑張っていきたいと思います．