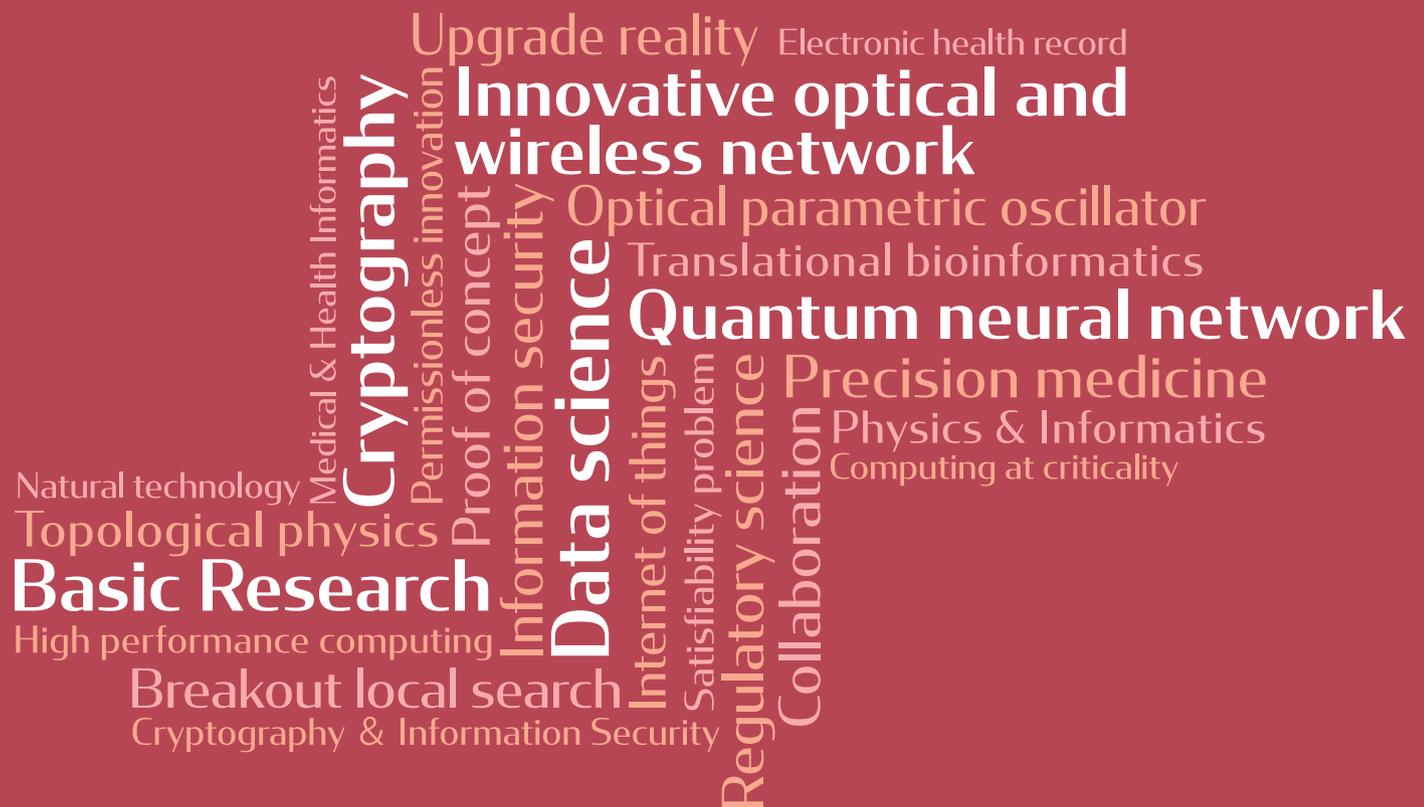


# NTT

# 技術ジャーナル

## 研究開発の強化・グローバル化に向けた NTT Research, Inc. 始動



### ■トップインタビュー

五味 和洋 NTT Research, Inc. 代表取締役社長

### ■グループ企業探訪

NTTデータ先端技術

### ■from NTT西日本

道路路面診断ソリューション——AI解析技術を用いて道路管理の効率化

10 2019  
Vol.31 No.10

トップインタビュー

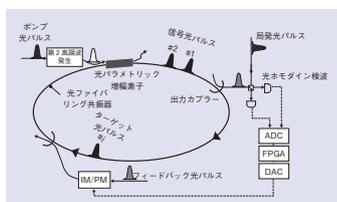


五味 和洋 NTT Research, Inc. 代表取締役社長

シリコンバレーのど真ん中で勝負  
——Open Mindedが社会のあり方を根本から変革する …………… 4

特集

研究開発の強化・グローバル化に向けた  
NTT Research, Inc. 始動 …………… 8



研究開発の強化・グローバル化に向けた  
NTT Research, Inc. 始動 …………… 10

Physics & Informatics Laboratoriesの取り組み …………… 12

Cryptography & Information Security Laboratoriesの  
目標と研究 …………… 19

Medical & Health Informatics Laboratoriesの発足 …………… 23

2019年の暗号研究所開設にあたって …………… 27

from ★ NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

東京湾アクアラインの渋滞を「AI渋滞予知」で回避する  
——携帯電話ネットワークの運用データの統計処理に基づく未来予測の試み … 30

## グループ企業探訪



NTTデータ先端技術株式会社 ..... 38

蓄積した最先端技術で  
オープン系ITシステム基盤の設計・構築を支援

## from ◆ NTT西日本

道路路面診断ソリューション  
——AI解析技術を用いて道路管理の効率化 ..... 42

## Event Reports



NTT Research, Inc. 開所式を開催 ..... 46

## 世界の潮流



インドネシアにおける光アクセス技術支援 ..... 48

## グローバルスタンダード最前線

■ASTAP-31およびAPT WTSA-20準備会合報告 ... 52

## テクニカルソリューション

■地下メタルケーブル保守稼働削減に向けた  
「圧力発信器チェッカー」の開発 ..... 56

## Focus on the News ..... 60

NEWS ..... 70

特許紹介 ..... 71

イベント ..... 73

読者の声 ..... 74

11月号予定

編集後記

本誌掲載内容についてのご意見、ご要望、お問い合わせ先  
一般社団法人電気通信協会内 NTT技術誌事務局  
TEL (03) 3288-0608  
FAX (03) 3288-0615  
E-mail jimukyoku2008@tta.or.jp

本誌ご購入のお申し込み、お問い合わせ先  
一般社団法人電気通信協会  
ブックセンター  
TEL (03) 3288-0611  
FAX (03) 3288-0615  
ホームページ <http://www.tta.or.jp/>

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

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

©日本電信電話株式会社 2019

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

■表紙デザイン：高橋デザインルーム

# トップインタビュー

五味 和洋 NTT Research, Inc. 代表取締役社長



◆PROFILE：1985年NTTに入社。2001年NTTコミュニケーションズ グローバルIPネットワーク事業部担当部長，2004年NTT America, VP of Global IP Network Business Unit, 2009年同, Chief Operating Officer, 2010年同, President and Chief Executive Officerを経て，2019年4月より現職。

## シリコンバレーのど真ん中で勝負 ——Open Mindedが 社会のあり方を根本から変革する

量子コンピュータ、ライフサイエンス、そして、暗号情報の3研究所を携えてNTT Research, Inc. がシリコンバレーの中心地、パロアルトに2019年4月発足しました。新たな人材エコシステムの構築を模索し、社会の構造を根本的に変革する基礎研究に取り組みます。オープニングセレモニーではアカデミア、ビジネスの双方から激励を受け、滑り出しは好調です。人的ネットワークの重要性も知り尽くしたトップはどのような舵を切るのか、五味和洋NTT Research, Inc. 代表取締役社長に今後の展望を伺いました。

### アカデミア、ビジネスの双方から激励された グランドオープニング

◆グランドオープニングセレモニー、大成功おめでとうございます。前に向かって進んでいく力強さを感じました。

スタンフォード大学をはじめとしたアカデミアから、グローバルで活躍している企業等の多くの方々にお越しいただき心より感謝申し上げます。アカデミアとビジネス分野、それぞれの刺激を受けられる場所を拠点とできたことを実感しました。

セレモニーでは、多くのゲストの方々からフィードバックをいただきました。例えば、長期的な展望に立ち、社会問題の

根本的解決に取り組み、研究者や研究所を活性化させるというビジョンを掲げている企業は多くはない中で、NTTの意気込みが感じられてうれしかったという激励です。むろん、社交辞令もあるかと思いますが、NTT Research, Inc. の立ち上げは意味あることなのだと再確認しました。

◆それではまず経営方針についてお聞かせください。

私たちのミッションの1つとしては、このシリコンバレーの地で社会のあり方を根本的に変革するような先進的な技術に関する知的財産（IPR: Intellectual Property Rights）をつくり出すことです。具体的には、NTTのR&Dが保持しているコアな技術とグローバルな視点を携えた人材・研究員、およびパートナーが、シリコンバレーの地で化学反応を起こすことで、研究所や研究を活性化させたいと考えています。

NTTグループ各社からの研究開発費で運営している企業の研究所として、基礎的・根本的な研究を通してNTTグループ会社の価値を高めること、それが私たちNTT Research, Inc. のつくり出すバリューです。その観点からすると先進的な技術開発に取り組んでいるNTTグループが、海外で世界のトップクラスの研究者とともに先進的な研究開発に取り組むこと自体が大いに価値のあることだと思います。しかし、それだけではなく、すでに世界的な実力を持つ研究者がNTT Research, Inc. に来てくれていますから、その実力を活かして先進的な価値となるような成果として仕上げていくことが重要となります。

#### ◆パロアルトを拠点としたのはどのような理由でしょうか。

シリコンバレーの中心にあるパロアルトはNTTグループ、そしてNTT Research, Inc. にとってベストであると判断し拠点としました。スタンフォード大学も近いことから新しい技術の発信地であり、人も集まりやすい独特な雰囲気もあります。漠然とした言い方ですがこの地の「空気」は違います。それは共同研究をする相手、パートナーがいること、彼らとともにプロジェクトに取り組めること、さらに、世界的なタレント、つまり才能ある研究者やビジョナリーが存在していることが影響しているからだだと思います。ただ、今後はこうした環境を携えた第二、第三のシリコンバレーのような場所に拠点をつくっていくことも、当然のことながら考えていかなければいけないと思います。

### グローバルビジネスの競争力強化に挑む 3つの研究所を設立

#### ◆NTT Research, Inc. には3つ研究所が存在します。それぞれがどのような役割を果たし、展開するのかをお聞かせいただけますでしょうか。

NTT研究所が独自の技術を蓄積してきた物理学 (PHysics) と情報学 (Informatics) の共創領域を探索する量子計算科学研究所 (Physics & Infomatics Laboratories)。ここでは基礎物理学研究、特に散逸系における量子論の基礎研究と、その情報処理への応用など全く新しい理論を構築する基礎研究を推進していきます。そして、暗号情報理論研究所 (Cryptography & Information Security Laboratories) は、安心・安全な未来を構築するための暗号理論および情報セキュリティの基礎研究として、高度先端機能に対応した暗号理論やブロックチェーン等の分散環境下における安全性理論などを探索します。さらに、生体情報処理研究所 (Medical & Health Informatics Laboratories) は、プレジジョン・メディシン (精密医療) につながるAI (人工知能) など生体情報の分析技術に取り組みます。そして、これらの研究所長には世界的に著名で実績のある人に就いていただいております。その人脈を活用し、NTT研究所が蓄積してきた独自技術を支える研究領域に、海外をはじめとした外部の優れた研究者と国内と連携する新たな研究チームを組成しました。

また現在、NTTの研究開発全体ではIOWN (アイオン: Innovative Optical and Wireless Network) を打ち出しています。これはNTTが現在検討している光ベースの革新的なネットワークおよびそれに関連した技術をまとめた大きな構想です。IOWNを活用して何ができるかという点、例えば、サイバー



空間に物理空間をすべて再現する、DTC (Digital Twin Computing) が挙げられます。これにより、さまざまな予知を行うことができるようになります。サイバー空間上で物理空間をシミュレーションすることによって、医療分野では将来罹患するであろう疾病などを予測することができるようになるはずです。ある人間のすべての情報を基に、サイバー空間にその人間をつくることです。そうすると、例えば今の食生活や生活習慣を続けていく場合、その先の健康状態を予知できるようになるでしょう。これが分かれば、その健康状態に対して本当の意味の正しい医療を施すことにつながると考えます。これはまさに気象予測の人体版のようなものです。昨今の気象予測は精度が高くなり、かなり狭い範囲を特定し予測できるようになりました。これは、国家レベル、世界レベルでセンサからより多くの情報を集め、強力なコンピューティングパワーを駆使して初めて実現できるものです。これと同じことを人体予測に活かそうということです。ただ1人の人体予測ではなくすべての人がその技術を使うことができるようにし、最終的には社会に生きるすべての人を健康的で長生きにするためには、莫大な計算量が必要になります。プライバシーも深くかかわってきます。さらにはただセキュリティやコンピュータといった技術だけではなく、医療情報をどのように収集・蓄積したら良いのか、それをどのように理解・解析したら良いのか、というテーマにつながっていきます。

さらに、DTCやその医療分野への活用のほか、暗号情報も注目されている分野です。暗号は人に見せない、盗まれても解読できないものであることが大前提です。ところが、ITシステムが普及してくると、この「解読できない」の意味が変わってきます。ある人に対しては見せても良い情報が、ほかの人には見せたくない、もしくは一部ならば見せても良い、というように必ずしも“All or Nothing”ではなくなってきます。これに伴い、暗号への期待度が変わってきます。この期待にこたえられる研究者が、NTT Research, Inc. に参画し、相手に応じて開示する度合いを調節する技術の研究開発を進めています。この技術が実現化すれば、社会を大きく変えるのではないかと期待しています。

このように、量子計算科学、暗号情報、生体情報処理はDTCを実現するためのキーとなる分野であるという予測の下、それぞれの分野ごとに研究所を立ち上げました。もちろん、この3つの研究所の扱うテーマは現段階で想定できるハードルの高い技術だと思いますし、それぞれの技術や研究成果のみでは実現できないことも多いと思います。しかし、この3つのテーマを組み合わせることで、最終的にはゴールに

到達できると考えています。一方で、オープニングセレモニーにお越しいただいた皆様からも大いに注目を浴びている領域ですから、テーマの設定は間違えていなかったと実感しています。

◆そうした展望を踏まえてR&Dに期待することをお聞かせいただけますでしょうか。

私は、NTT入社後研究所に配属されたのですが、今回のNTT Research, Inc. という研究サイドの社長に就任する以前は、18年ほどビジネスサイドにいました。研究開発を推進する立場というよりは、研究開発成果に期待する立場でした。こうしたバックグラウンドから眺めてみますと、研究開発によって生み出される技術やプロダクト、サービスは、当然のことながらすごいもの、他社にはマネのできないようなものであることが期待されます。また、NTTには「すごい研究者がいて、すごいチームがあり、すごいビジョンを持っている」という評価が世間一般に認められることも期待の1つです。

現在、ほとんどのお客さまにとってITがイノベーションの源泉となっており、ITの存在を無視できない状況にあり、ITで失敗するとその会社そのものがつぶれてしまうくらいの状況になっています。このようにITの重要度が増せば増すほど、単なるパートナーとの連携ではなく、「とても信頼できる」パートナーとの連携が重要だと、どの経営者もおっしゃっています。では、信頼できるパートナーとはどのようなパートナーなのでしょう。それは、お客さまから見て、長く付き合いたいと思われる、短期的ではなくロングスパンで付き合いが良かったと思われるプレイヤーです。そのためにはR&Dチームを持っていて、先を見て世の中をリードできる企業であることが重要です。その意味ではNTTグループは、NTT Research, Inc. の存在そのものが信頼できるパートナーとなり得ると考えています。そのバリューを高めていくためにも、先見性のあるしっかりとしたビジョンを持ち、すぐれた研究者、研究開発チームとともに視野を広げて成果を出していくことが重要なのだと考えています。ところで、過去に雑誌のインタビューを受けたときに、私は自らを「技術オタク」と称したことがあり、今も技術オタクであると自覚があるのですが、NTT Research, Inc. の研究者のプレゼンテーションを聞き、彼らと話していると、彼らは私の何百倍もオタクであるとつくづく感じます。そんな彼らの存在にとても期待が高まりますし、一方で、自分のことを技術オタクと称するなんて偉そうなことを言ってしまったなと恥ずかしくなっています。



## Open Minded. まずは何事も受け止めることから始める

◆五味社長は、これまで日本、米国のみならず世界を相手に戦ってこられました。これまでの経験から得られた教訓はございますか。

社会はどんどんグローバル化しています。米国でビジネスをしてきて感じたことは、私たちの競争相手は国籍に関係なくチームが組まれています。私はサッカーが好きなのでサッカーに例えて言いますと、このようなチームに混ざって世界で勝ち抜くには、日本代表チームをつくっても勝てません。世界選抜チームをつくることを考えなくてはいけないのだと強く感じます。そのために、社員はこの世界選抜チームの一員であり、マネージャークラスの社員には世界選抜チームを維持できる、マネージをできる力・立ち位置が必要になります。そしてこのチームで勝ち進むには、“Open Minded”に根ざす分析、判断、行動が重要になります。言うまでもありませんが日本国内の常識にとらわれてお付き合いすると、良かれと思ったことでも必ずしも相手が喜ぶ結果を生むことにつながるわけではありません。つまり、相手は違う文化や常識を持っていますから、相手の望む対応や提案ではないこともあるのです。このように、相手に違和感を覚えたときや変なことを言ってきたと感じたときは嫌悪感や反発心を抱くのではなく、いったん深呼吸をして受け止めることが大切です。そして、なぜこんなことを言ったのかと、言葉の裏側にある本意を考えてみるのです。まずは相手を受け止めることが“Open Minded”の基本で、相手の良いところを見極める姿勢を持って行動していくことが重要なのだと思います。

少し偉そうな言い方になってしまいますが、仕事柄たくさんの方々とおつきあいさせていただいたことの教訓ともいえますが、長く暮らしている米国は社会全体が“Open Minded”の視点を持っていますし、社会的に成功している方々はその傾向が強いです。ダイバーシティに富んでいる社会ではそのような視点が大切なのだと思います。

◆研究者の皆さんにこのような感覚を養っていただくにはどうしたら良いでしょうか。

まずはどんどんと研究所の外に出て、いろいろな文化、バックグラウンドを持つ人と一緒に研究していただくことが大切です。特に若い研究者の皆さんには、素晴らしい機会になるでしょうから、少しでも良いからぜひ外に出てきてほしいです。出てくるからには異なるカルチャー、バックグラウンドの人と積極的に交流していただきたいです。ただ、注意しなければいけないのは、私もこのような姿勢で仕事をしてきましたが、すべてにおいて成功したわけではなく、詳細を語るのも嫌だと思ふ苦しい経験もありました。非常に表現が難しく、的確な表現が見つからないのですが、さまざまなバックグラウンドや文化を持つ人たちを信じすぎではいけないという一面もあるのです。契約書文化の米国でのビジネスシーンでは特に多いとは思いますが、脇をしっかりと固めて臨まなければならないこともあります。信じることと疑うことのバランス感覚を持つことが大切だと思います。

これらを踏まえて、私自身を成長させることにつながったと思うのは目標を持つことです。その目標を示してくれるメ

ンターと呼ばれる人は、日常よく話をする人で、身近な存在であり、常に近くで刺激を与えてくれます。それだけではなく遠い存在であっても、単にあの人はすごい、あんな人になりたいと思うことでさえも重要だと思えます。例えば、私にとっては元IBMのルイス・ガースナー会長です。彼のプレゼンテーション、スピーチを聞いて、私もあんなふうにスピーチできたらなと強く思ったことを今でも覚えています。1999年ですから20年前のことですね。

## 「NTT Research, Inc. ってすごいぞ!」と世間に言わしめたい

### ◆オープニングセレモニーのスピーチは堂々としていらしても感動的でした。

ありがとうございます。あのスピーチにおいても私はガースナーのようになりたい、と思ってプレゼンテーションしたのは事実です。私がインスパイアされたプレゼンテーションは、当時IBMが推進していたeビジネスについてでした。その時代の走りであったPowerPointのスライドを一切使わず、壇上上がり、資料も何も見ないで話したのです。それも30分から1時間もeビジネスを語り、会場を魅了しました。そのとき、私は「カッコいい、これだな」と思ったのです。だからオープニングセレモニーでは、ガースナー流にプレゼンテーションしたのです。

### ◆すでに「Kazu流プレゼンテーション」が確立されているように感じました。さて、Kazu流のプレゼンテーションで紹介されたNTT Research, Inc. はいよいよ本格始動です。今後はどのように進んでいかれますか。抱負をお聞かせください。

Kazu流ですか？ ありがとうございます。7月9日現在、約30人を携えてNTT Research, Inc. はスタートしました。そ



のうちの20人の研究員はそうそうたるメンバーで、ドクター（博士）は当然としてそのみならず、プロフェッサー（教授）の肩書を持つスタープレイヤーが半数以上在籍しています。分かりやすく肩書を使って説明しましたが、単に肩書だけではなく卓越した才能・実績をお持ちの皆さんです。こうした方々にお集まりいただけたこともうれしいですし、順調なスタートを切ることができたのはある意味、運にも恵まれたと思います。ただ、こうしてNTT Research, Inc. に来てくれた研究者の期待にこたえるためにも私はマネジメントの立場でしっかりとNTT Research, Inc. を築いていかなくてはならないと身を引き締めています。スタート時である現在は、シリコンバレーを拠点に3領域の研究を進めていきますが、今後拠点も研究領域も拡張していく必要があります。そのため、研究者、スタッフの皆さんに快適に、意欲的に研究に挑んでいただくための環境を整えていくことが重要です。そして研究をどんどん加速して、成果を出して、「NTT Research, Inc. ってすごいぞ!」と世間に言わしめたいです。

（インタビュー：外川智恵）

## インタビューを終えて

10年余り住んでいたニューヨークのご自宅を手放して、シリコンバレーへと移り住む五味社長。不動産をみていると、その価格の違いのはなはださに驚くと語られました。シリコンバレーの不動産の高騰はITへかける世界の期待の大きさを物語っているように思います。そんな世界の注目を集めるシリコンバレーの中心地、パロアルトへ居を構え、NTTのみならず、社会からの期待を一身に背負う五味社長は好奇心の塊でいらっしゃるようです。NTT Research, Inc. のプレスリリース等に掲載されているお写真があまりに素敵でしたので、インタビュー後の写真撮影時にそのことを伝えると、にっこり笑って「あれ、実はモデルを務めたときの写真なんですよ」とおっしゃるのです。トップインタビューではあまり聞いたことのない、「モデル」という言葉が飲み込めずにいると、続けて「人のつながりから、ある洋服メーカーが米国に住む外国人を起用したカタログをつくりたいのがどうかと言われて、安請け合ってしまったのです」とのこと。ようやく事の次第が分かりました。

「モデル経験のみならず、新しいことや人に出会うたびに刺激を受け、それが新しい発想やビジネスにもつながることがあるのですよ」と話されました。常に好奇心旺盛であることはインタビューで話されたまさにOpen Mindedのスタンスです。

また、オンオフをしっかりと人には言いつつ、休日に部下に電子メールを送ってしまうのはダブルスタンダードなのだおっしゃっていました。返信したくなるトップであることの裏返しかもしれません。社員の皆さんと固いきずなを築かれていることが分かります。

「運動が大好きなので、走ることを楽しんでます。出張先でも早朝走っていますよ」という五味社長、新しい風の吹くシリコンバレーを走りながら、さらなる刺激を受けて、NTT Research, Inc. をけん引されるお姿を思い浮かべたひと時でした。



# 研究開発の強化・ NTT Research,

先端基礎研究

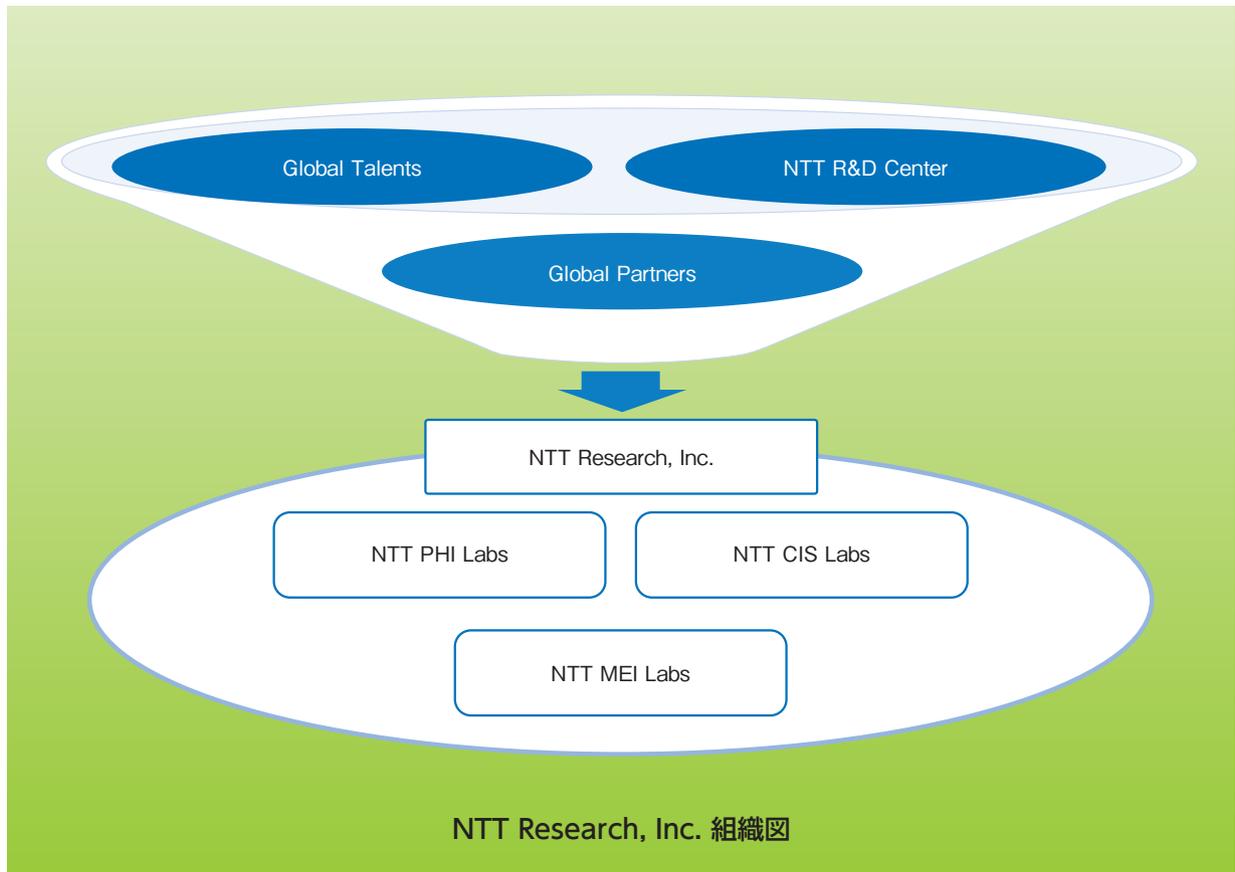
IOWN構想

量子ニューラルネットワーク

暗号

データサイエンス

2018年11月のNTTグループ中期経営戦略「Your Value Partner 2025」において発表したNTT Research, Inc. は、5～10年後の事業創造をめざして、全く新しい技術のタネをつくる基礎研究を行う。最初に取り組む「量子物理学」「情報数学理論」「医療健康情報」の3分野において、革新的な技術を生み出すことを目標とする。本特集では各研究所の取り組みを紹介する。



# グローバル化に向けた Inc. 始動

- **研究開発の強化・グローバル化に向けたNTT Research, Inc. 始動** 10

「量子物理科学」「情報数学理論」「医療健康情報」を主な研究領域とするNTT Research, Inc. の3つの研究所の概要、および今後の展開について紹介する。
- **Physics & Informatics Laboratoriesの取り組み** 12

Physics & Informatics Laboratories (NTT PHI Labs) の研究領域を構成する概念、および室温で量子効果を実現できる光パラメトリック発振器について紹介する。
- **Cryptography & Information Security Laboratoriesの目標と研究** 19

Cryptography & Information Security Laboratories (NTT CIS Labs) の取り組みや目標、および暗号基礎理論とブロックチェーン理論を研究するそれぞれのグループについて紹介する。
- **Medical & Health Informatics Laboratoriesの発足** 23

Medical & Health Informatics Laboratories (NTT MEI Labs) の取り組み、および生体情報をめぐる社会の変化について紹介する。
- **2019年の暗号研究所開設にあたって** 27

画期的な研究を生み出す企業研究所を持つことの利点について、Brent Watersの考えを紹介する。

# 研究開発の強化・グローバル化に向けた NTT Research, Inc. 始動

2018年11月のNTTグループ中期経営戦略「Your Value Partner 2025」において発表したNTT Research, Inc. は、5～10年後の事業創造をめざして、全く新しい技術のタネをつくる基礎研究を行います。最初に取り組む「量子物理学」「情報数学理論」「医療健康情報」の3分野は2019年5月に発表したIOWN（アイオン：Innovative Optical and Wireless Network）構想における新規性の根幹を支えます。NTT Research, Inc. のUpgrade Realityにご期待ください。

## NTTのグローバル事業

NTTはグループ中期経営戦略「Your Value Partner 2025」において、成長の柱の1つとして、グローバル事業の競争力強化を進めています（図）。その中で、競争力の源泉として、イノベーションを起こすために次の3つの新会社を設立しています。1番目の創造的革新組織（NTT Disruption）は、1～3年程度の短期での事業化をめざし、お客さまと技術の価値を確認するPoC（Proof of Concept）等を通じて、

新しい技術の商用化を行います。2番目のNTT Venture Capitalは、3～5年程度の中期での事業化をめざして、ベンチャーへの投資により新しい技術の実用化を行います。3番目が、私たちNTT Research, Inc. で、5～10年後の事業創造を目標に、全く新しい技術のタネをつくる基礎研究を行います。これら3つの新会社が、NTTグループの既存の事業会社および研究所と組み合わせることで、新しい技術をグローバルに展開したいと考えています。また、3つの新会社は、シリコン

こみ かずひろ<sup>†1</sup> からさわ けい<sup>†2</sup>  
五味 和洋 / 唐澤 圭

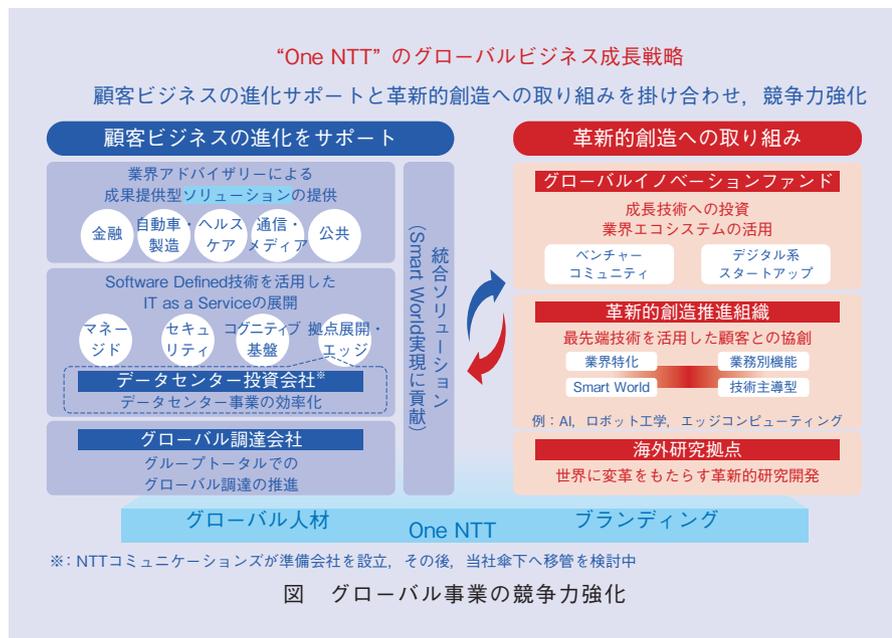
NTT Research, Inc. 代表取締役社長<sup>†1</sup>  
NTT Research, Inc.<sup>†2</sup>

バレーに本社があります。これは、人と資金と情報が集まる場所に拠点を設けることにより、お客さまやパートナーと新しい技術を展開するスピードを速めたいと考えるからです。また、基礎的な研究活動そのものにおいて、さまざまな人と情報が集まる場所は、優れた研究者に刺激的な環境を提供できるということも、本社をシリコンバレーに置いた大きな理由です。

## NTT Research, Inc. の研究領域

NTT Research, Inc. の研究領域は、国内のNTT研究所と密に連携しながら、方向性を定めています。NTT研究所では、これまでも光通信デバイスや人間心理などICTにかかわる幅広い研究分野において、基礎から応用までの長期にわたる研究プロセスを一貫してサポートすることにより、IEEEマイルストーンに選ばれるようなエポックメイキングな成果をいくつも生み出してきました。

NTTは、2019年5月にIOWN（アイオン：Innovative Optical and Wireless Network）構想を発表し、従来のコミュニケーションサービスの垣根を超えて、人間の生活をさらに豊かにする技術開発を進めています。NTT



Research, Inc.は、この構想の新規性の根幹となる光をベースとする「量子物理学」、個人情報を含むさまざまなデータの安全な活用を促す「情報数学理論」、人間の基本データである「医療健康情報」を主な研究領域とする3つの研究所からスタートします。

- ① 量子計算科学研究所：Physics & Informatics Laboratories (NTT PHI Labs)
- ② 暗号情報理論研究所：Cryptography & Information Security Laboratories (NTT CIS Labs)
- ③ 生体情報処理研究所：Medical & Health Informatics Laboratories (NTT MEI Labs)

これらは、NTT R&Dが日本で長年培ってきた基礎技術分野であり、ここに海外の英知を掛け合わせて、さらに新たな技術の方向性をつくり出すことを目標にしています。

NTT PHI Labsでは、物理学と情報学の共創領域を探求し、基礎物理学研究、特に量子-古典クロスオーバーの物理とニューラルネットワークにおける臨界現象の接点に注目しています。また、その情報処理への応用など全く新しい理論を構築する基礎研究を推進していきます。その所長には、国立情報学研究所/スタンフォード大学の名誉教授で、内閣府の革新的研究開発推進プログラムのプログラム・マネージャーを務めた山本喜久が指揮をとります。

NTT CIS Labsでは、安心・安全な未来を構築するための暗号理論および情報セキュリティの基礎研究として、

高度先端機能に対応した暗号理論やブロックチェーン等の分散環境下における安全性理論などを探求します。その所長には、世界最先端の暗号理論研究者でありNTT フェローでもある岡本龍明が指揮をとります。

NTT MEI Labsでは、プレシジョン・メディシン（精密医療）につながる情報処理技術、特に、生体の電気現象だけでなく、診療録の情報やゲノムの情報を含む多次元で大量の生体情報を扱うdata-driven medicine技術に取り組みます。その所長には、世界のトップクラスとの交流実績を持つ榊原記念病院顧問の友池仁暢が就任しました。

NTT Research, Inc. は、これらの研究所長が持つ人脈をはじめとしたネットワークを活用して、NTT研究所が蓄積してきた独自技術を支える研究領域に、海外を含む外部の優れた研究者を招へいし、国内と連携する新たな研究チームを組成してきています。NTT Research, Inc. が実施する基礎研究のめざす独自の未来像をお客さまやパートナーに紹介することは、NTTグループが有する長期的なビジョンや、類まれな人的リソースの奥行きなど、独自の企業アセットを示すことができ、長期的なビジネスパートナーとしての価値をアピールできると考えています。NTT Research, Inc. の存在やその活動が、NTTグループ事業の発展にこのようなかたちで寄与できればと考えています。

## 今後の展開

本特集では、各研究所のねらいを所長から説明します。また、暗号基礎理

論の分野で特別研究員のBrent Watersが新しい研究所をつくるにあたっての思いを説明します。

NTTの研究所は、これまでにさまざまな成果をあげていますが、世界的にみるとIBMやSamsungなどの研究所が、特許数や論文数でより多くの成果をあげています。さらに、GAFA (Google, Amazon, Facebook, Apple) などの巨大企業が大学の研究室を買収して研究活動を強化しています。私たちは、日本のNTT研究所と連携しながら、これまで築いてきた世界中の大学等の先端研究ネットワークをさらに拡大し、基礎研究の段階からより大きなエコシステムを、シリコンバレーを起点にグローバルに構築していきたいと考えています。



(左から) 五味 和洋/ 唐澤 圭

シリコンバレーの地で、Xerox PARCなどが創造してきたデジタル社会をベースに、現実世界 (Real) にさらに大きな変革 (Upgrade) を生み出したいと考えています。NTT Research, Inc. のUpgrade Realityにご期待ください。

## ◆問い合わせ先

NTT Research, Inc.  
Corporate Strategy Office  
E-mail info@ntt-research.com

# Physics & Informatics Laboratoriesの取り組み

Physics & Informatics Laboratories (NTT PHI Labs) は、量子と脳の境界領域に将来の情報処理技術に変革をもたらす新原理が存在すると考え、ここに研究領域を設定しました。特に、量子—古典クロスオーバーの物理とニューラルネットワークにおける臨界現象に着目しています。この量子と脳の境界領域で動作するコンピュータをシンプルにエレガントにそして実用的に実装する手段として、光技術、特に室温で量子効果を実現できる光パラメトリック発振器にフォーカスします。本稿では、NTT PHI Labsの研究領域を構成する概念、技術、応用先について紹介します。

やまもと よしひさ

山本 喜久

NTT Research, Inc. NTT PHI Labs 所長

## 光パラメトリック発振器を用いた量子ニューラルネットワーク

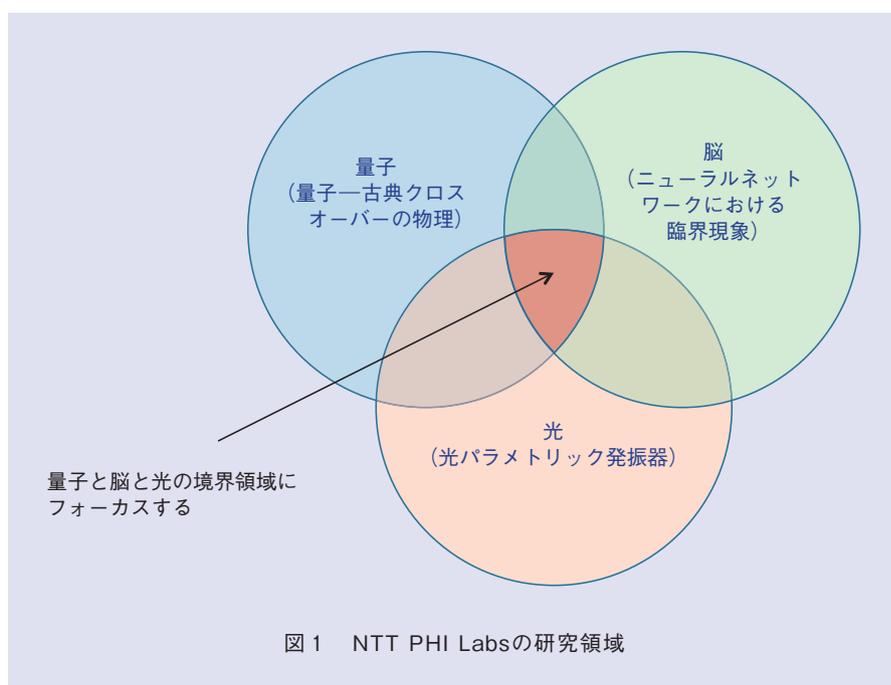
コヒーレントな電磁波を発生する発振器の開発とその応用分野の開拓は、2つの異なる原理に基づく発振器の競合の歴史でもあります。2つの発振器とは、電気工学の言葉を使えば、ポンプ源のコヒーレンスを必要としない負性抵抗発振器と、コヒーレントなポンプ波を必要とする非線形リアクタンス発振器のことを指します。どの周波数帯の発振器の開発も、まず実現しやすい負性抵抗発振器が登場し、その後より雑音の少ない非線形リアクタンス発振器が開発されるという歴史をたどってきました。紫外から赤外に至る広い波長域をカバーする光の発振器の開発の歴史もまた例外ではありません。光の負性抵抗発振器であるレーザーは、ヒューズ研究所のTheodore Maimanの手により1960年に実現されました<sup>(1)</sup>。一方、光の非線形リアクタンス発振器である光パラメトリック発振器（特に実用上重要な連続波を発生するもの）は、スタンフォード大学のStephen HarrisとRobert Byerにより1968年に実現されました<sup>(2)</sup>。

20世紀に花開いた光通信技術は

レーザーにより支えられてきましたが、21世紀の光情報処理技術は光パラメトリック発振器により支えられるであろう、というのが私たちの将来ビジョンです。光パラメトリック発振器は、発振しきい値以下のポンプ領域では量子性の強いアナログ素子として振舞い、発振しきい値以上のポンプ領域では、古典性の強いデジタル素子として振舞います。後述するように、将来の情報処理技術は、量子計算リソースと古典計算リソースの両方を同時に必要

としますが、光パラメトリック発振器は室温でこの量子—古典の二面性を同時に実現しているほとんど唯一の素子です。

私たちは、光パラメトリック発振器をニューロンとするニューラルネットワークを構成し、これを用いて、現代コンピュータが不得意な組合せ最適化問題や量子多体問題を解こうとしています<sup>(3)</sup>(図1)。ニューラルネットワークを構成するもう1つの要素(シナプス結合)に関しては、特にすべての



ニューロン間にシナプス結合をはる全結合型ニューラルネットワークを実現するための2つの実装方式があります(図2)。N個のニューロンにはN個の光パラメトリック発振器を使うのではなく、長さ1~10 kmの光ファイバリング共振器中を周回するN個のパラメトリック発振光パルスを用います。この方法により、欠陥のない均一なN個のニューロンが1つの共振器中に同時に実現されることとなります<sup>(4)~(6)</sup>。

光遅延線結合方式では、(N-1)本の光遅延線と同数の光変調器でN(N-1)個のシナプス結合係数 $[J_{ij}]$ を実装できます<sup>(4)</sup>。この方式では、各時刻に、1つのターゲットパルス*i*に対して(N-1)個の入力パルス*j*が結合係数 $J_{ij}$ を介して同時に結合されるので、N個のターゲットパルスすべてにこのことが実現される1周回ごとにN(N-1)個の $J_{ij}$ が実装されることとなります。また、方向性を持つ

たシナプス結合( $J_{ij} \neq J_{ji}$ )が簡単に実装できるメリットを有します。

一方、測定フィードバック方式では、たった1つの測定フィードバック回路でN(N-1)個の全シナプス結合を実現できます<sup>(5),(6)</sup>。前者は大規模、高速、疎結合のニューラルネットワークの実装と量子多体問題への応用に適し、後者は中規模、高次非線形、密結合のニューラルネットワークの実装と組合せ最適化問題への応用に適すと考えています。

### 応用分野

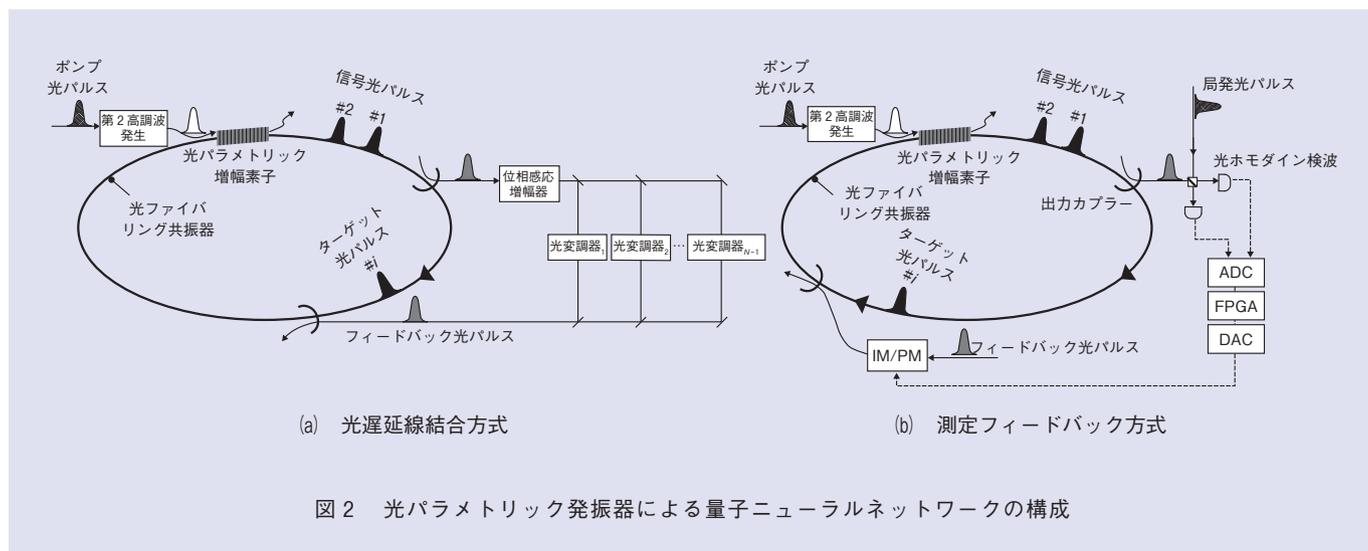
次に、この光パラメトリック発振器を用いた量子ニューラルネットワークの期待される応用分野について紹介します。

#### ■組合せ最適化問題

組合せ最適化問題の代表格に、イジングモデルがあります。信号光とアイドラー光の周波数が等しい縮退型光パラメトリック発振器により実装されま

す<sup>(3)</sup>。最近の縮退型光パラメトリック発振器ネットワークのハードウェア技術の向上とアルゴリズムの進化によって、量子ニューラルネットワークの1つであるコヒーレントイジングマシンは大幅に高性能化し、組合せ最適化問題に特化した量子コンピュータの1つである量子アニーリングマシンや最先端アルゴリズム(BLS: Breakout Local Search)を実装したノイマン型コンピュータに対して優位性を持つまでに至っています<sup>(7),(8)</sup>。さまざまな組合せ最適化問題をイジングモデルにマップして、この汎用最適化ソルバーを用いて解く時代がいずれ来ることが期待されています。具体的な問題として、創薬や生体触媒開発のためのリード最適化、無線通信ネットワークのリソース配分、圧縮センシングにおけるスパース推定、などへの応用アルゴリズム開発が行われています。

一方、連続量変数の最適化問題の代



表格としてXYモデルがあります。これを解くコヒーレントXYマシンは、信号光とアイドラー光の周波数が異なる非縮退型光パラメトリック発振器ネットワークにより実装されます<sup>(9)</sup>。コヒーレントXYマシンで解ける具体的な最適化問題として、ソーシャルネットワークの診断（コミュニティ検出）やFintechにおけるポートフォリオ最適化などへの応用アルゴリズム開発が行われています。

もう1つの組合せ最適化問題の代表格に、充足可能性（SAT: Satisfiability problem）問題があります。この問題を効率良く解くコヒーレントSATソルバーは、縮退型光パラメトリック発振器で再帰（リカレント）型ニューラルネットワークを構成することにより実現できます<sup>(10)</sup>。コヒーレントSATソルバーで解ける具体的な問題の1つに、ハードウェア検証とソフトウェア検証があります。

組合せ最適化問題をターゲットとするソルバーとして、パラメトリック発振器ネットワークによる計算に触発されて考案されたデジタル計算機が最近注目を集めています。光（あるいは超伝導）パラメトリック発振器ネットワークを実際実現する代わりに、この系を記述する量子力学的運動方程式をFPGA（Field Programmable Gate Array）などのデジタル回路にアルゴリズムとしてプログラムし、一種の数値シミュレーションにより最適解を得る手法です<sup>(8), (11)</sup>。

## ■量子多体問題

固体中の電子の振舞い、特に電子間に強い相互作用がある強相関電子系を精度良く効率的に数値シミュレーションするツールを開発することは、新材料の探索（Material Informatics）や新現象の発見（Topological Physics）に欠かせないものとなっています。特に、電子が2次元ポテンシャルに閉じ込められた2次元系には、通常の3次元系には存在しない新奇な量子現象が出現します。しかし、3次元系と異なり、2次元系では平均場近似に基づく数値シミュレーションが破綻するうえ、1次元系のような厳密解を得ることも困難です。そこで、対象とする2次元系の電子に対するハミルトニアンを制御しやすい別の量子系に人工的に実装し、この人工2次元量子系の振舞いを観測することを通して、対象である2次元電子系の物性を知ることが考えられてきました。いわゆる量子シミュレーションの概念です<sup>(12)</sup>。現在では、冷却原子、トラップイオン、超伝導回路などのさまざまな物理系を用いて固体中の電子物性をシミュレートする研究がさかんに行われています。

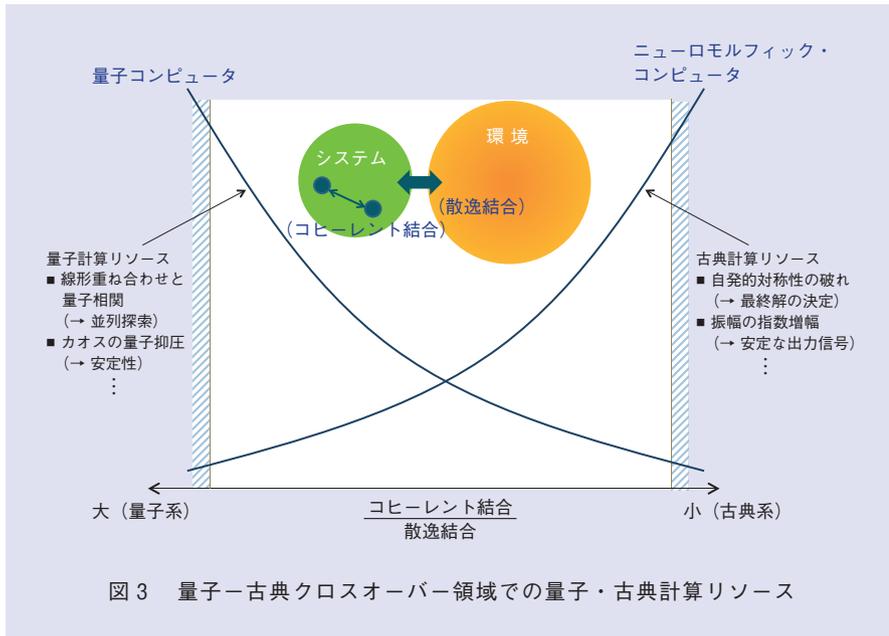
このような量子シミュレータの開発は、現在はまだ基礎研究の段階ですが、将来は、最先端デジタルコンピュータ（HPC: High Performance Computing）にさまざまな近似数値計算手法（動的あるいはクラスター平均場理論、量子モンテカルロ法、テンソルネットワーク法など）をアルゴリズムとして実装する物性物理学や量子化学の伝統的な

手法との競争にさらされることとなります。特に、シミュレーション精度、速度、装置の大きさ、価格、保守の容易さなどの多面的な要素が、将来技術としての生き残りを決定することになります。

私たちは伝統的な手法に対して競争力のある量子シミュレータの将来像として“光を使って電子をシミュレートする”装置を思い描いています<sup>(13)</sup>。

## 量子—古典クロスオーバーの物理

ミクロな世界を記述することに成功した量子論が、いつどのようにしてマクロな世界を支配する古典論に取って変わられるのか、という量子—古典クロスオーバーの問題は、量子物理学者にとってもっとも根源的なテーマです。この問題を分かりやすく理解する1つの理論モデルは、少数自由度を持つシステムが多数の（あるいは無限の）自由度を持つ環境系と結合している開放系を設定することです<sup>(14)</sup>。図3に示すように、システム内のコヒーレントな相互結合の強さに比べて、システム—環境間の散逸結合（デコヒーレンス）が小さくなるにつれて、線形重ね合わせ状態と量子相関を利用した量子並列探索や量子干渉による古典カオスの抑圧といった量子計算リソースはその有効性を増していきます。このため、量子コンピュータは、環境への散逸結合をできるだけ小さくした領域で実現されるべきものと、従来は思われてきました。量子誤り訂正コードやトポロジカル量子コンピュータといった



コンセプトは、こうした思想に沿って登場してきたものです。一方、環境への散逸結合が大きくなるにつれて、自発的対称性の破れによる最終解の非可逆的決定であるとか、選択された最終解の振幅を指数増幅して安定な古典情報として出力する、といった古典計算リソースはその有効性を増していきます。このため、人間の神経細胞の働きと仕組みを模倣する、あるいは人間の脳の思考方法から着想を得たニューロモルフィックコンピュータは、環境への散逸結合をできるだけ大きくして、システムの量子コヒーレンスを完全に除去した頑強な古典領域で実現されるべきものと、従来は思われてきました。

私たちは、量子・古典という2つの計算リソースが同時に利用できる量子-古典クロスオーバーの領域にこそ、将来のコンピュータが実現されるべき

だと考えています。光パラメトリック発振器ネットワークは、ポンプレート調整することにより、この量子-古典クロスオーバー領域を自由に行き来できるユニークなハードウェア・ソリューションです。このような考え方は、“人間の脳における高度な情報処理（意識、認知、決断といった）機能は巨大なニューラルネットワークにおける一種の相転移臨界現象に基づいている”とする最近の神経科学者の考え方（Computing at Criticality）と相通じるところがあります<sup>(15)</sup>。

### なぜ、古典計算リソースも必要なのか？

組合せ最適化問題を量子コンピュータだけを使って解く方法を図4(a)に示します。まず、与えられた問題の解の $(2^N)$ 個ある全候補を同じ確率振幅

$(1/\sqrt{2^N})$ を持つ線形重ね合わせ状態として表わし、次に、何らかの方法により最適解を同定し、この状態の振幅を $1/\sqrt{2^N}$ から1へ増幅し、他のすべての状態の振幅を $1/\sqrt{2^N}$ から0へ減衰させます。その後、 $N$ 個の量子ビットに対して、0か1かの射影測定を行えば100%に近い確率で最適解が求められます。この手法のボトルネックは、最適解の振幅をどうやって増幅し、最適解でない他のすべての状態の振幅をどうやって減衰させるか、にあります。量子コンピュータを用いてこれを実現する最適な方法はGroverにより発見されています<sup>(16)</sup>。Grover iterationというこのルーチンを合計で $\sqrt{2^N}$ 回繰り返すと、上記終状態が得られます。このことは、量子コンピュータを使って組合せ最適化問題を解こうとすると、指数時間を費やさなければならないことを意味しています。例えば、この仮想的な量子コンピュータにはデコヒーレンスもゲートエラーも全くなく、したがって量子誤り訂正をかける必要もなく、ビット間に全結合が実装され、非局在の2ビットゲートが1nsという高速で自由に実装できると仮定し、さらに与えられた問題の最適解を何らかの方法で瞬時に同定できるとします。この理想的な量子コンピュータを用いても、最適解の確率振幅を $1/\sqrt{2^N}$ から1へ増幅するためには、例えば $N = 150$ ビットという比較的小さな問題に対しても、 $\sim 200$ 億年という長時間がかかることが示されます。同じ問題を量子ニューラルネット

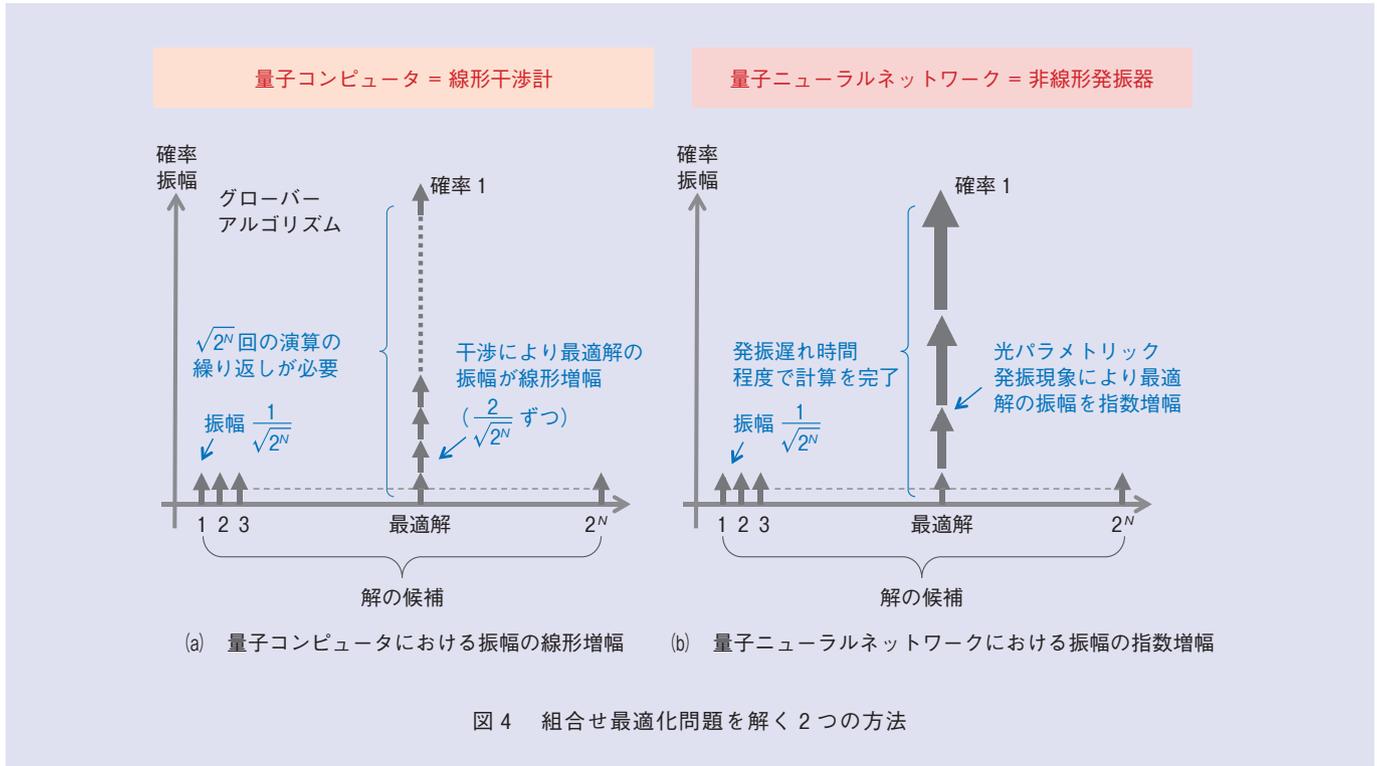


図4 組合せ最適化問題を解く2つの方法

ワークに解かせた場合の計算時間はどの程度でしょうか。図4(b)に示すように、発振しきい値以下の $N$ 個のパラメトリック発振光パルスは0相と $\pi$ 相の線形重ね合わせ状態にあるので、量子コンピュータの場合と同様、解の全候補は同じ確率振幅 ( $1/\sqrt{2^N}$ ) を持つ線形重ね合わせ状態として表わすことができます。このとき、ポンプレートを発振しきい値まで上げていくと、最小のネットワーク損失を有する最適解が単一モード発振を起し、その振幅はたかだか光子寿命 ( $\mu\text{s}\sim\text{ms}$ のオーダー) で初期値  $1/\sqrt{2^N}$  から最終値1に指数増幅されます<sup>(3)</sup>。この指数増幅は古典系(開放系)に特有な現象で、量子系では実現できません。コヒー

レントイジングマシンで組合せ最適化問題の最適解を得るのにかかった計算時間(実験値)では、問題サイズ $N=150$ ビットに対して計算時間はわずか54msでした<sup>(7)</sup>。

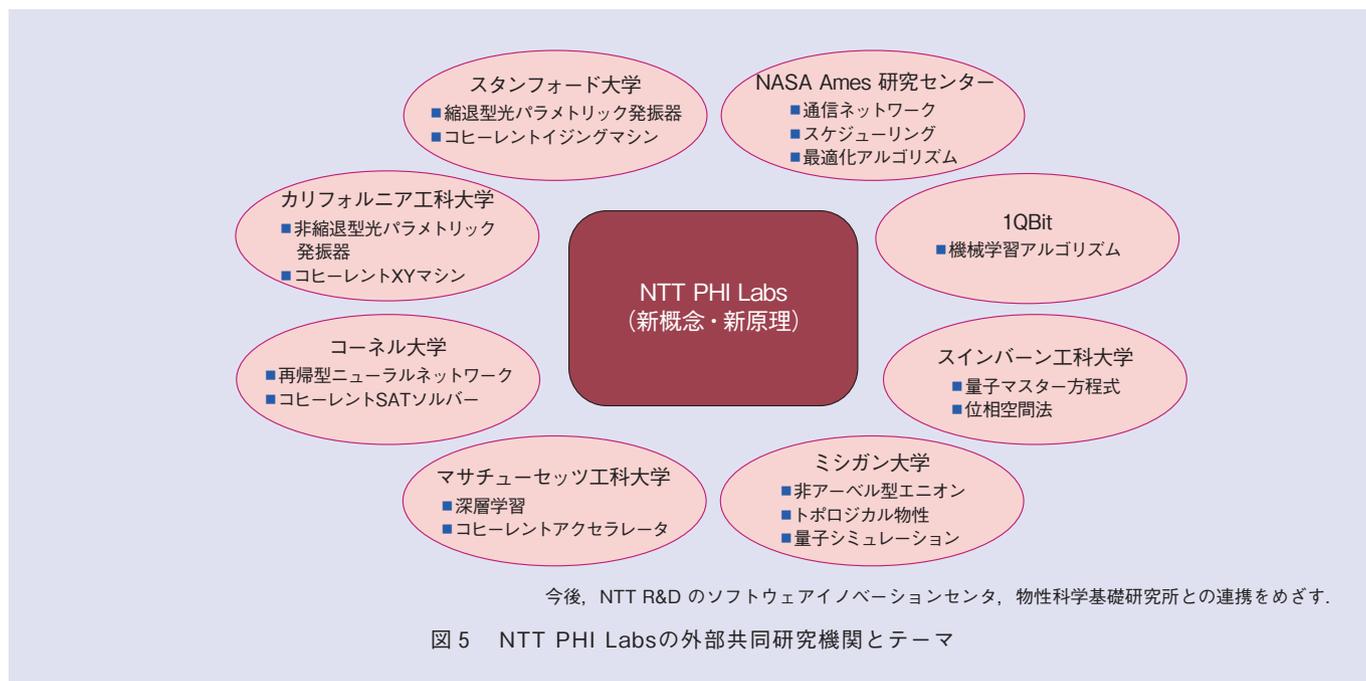
この例が示していることは、隠れた周期性を持つような特殊な問題(因数分解や離散対数など)を別として、一般的な組合せ最適化問題を高速に解くための将来のコンピュータには、線形重ね合わせ状態のような量子計算リソースだけでなく、振幅の指数増幅のような古典計算リソースも欠かせない、ということです。ただし、前述のGroverの方法は必ず特定の解を増幅することが理論的に保証されていますが、量子ニューラルネットワークでは

その理論保証はまだ確立していません(ヒューリスティック計算機)。そのため、単純な比較はできないことに注意する必要があります。

### 研究体制

NTT PHI Labsは量子力学を用いた情報処理に関する新概念・新原理の探索を行うことを目標に、外部研究機関との共同研究を積極的に進めていきます(図5)。

図5の体制図の左側に、主として実験グループをまとめました。スタンフォード大学チーム(Hideo Mabuchi教授, Martin Fejer教授, Benjamin Lev准教授, Surya Ganguli准教授, Amir Safavi-Naeini助教授)とは、光もし



くは超伝導パラメトリック発振器ネットワークをベースとするコヒーレントイジングマシンやニューラルネットワーク臨界現象の研究を進めています。コーネル大学チーム (Peter McMahon助教授) とは、再帰 (リカレント) 型光パラメトリック発振器ネットワークをベースとするコヒーレントSATソルバーの研究を進めています。カリフォルニア工科大学チーム (Alireza Marandi助教授) とは、非縮退型光パラメトリック発振器ネットワークをベースとするコヒーレントXYマシンの研究を進めています。マサチューセッツ工科大学チーム (Dirk Englund准教授, William Oliver教授) とは、光ホモダインミキサーをベースとするコヒーレントアクセラレータ (ディープラーニングをターゲットと

する) の研究を進めています。

図5の体制図の右側に、主として理論グループをまとめました。NASA Ames研究センターチーム (Eleanor Rieffel QAIL所長) とは、通信ネットワーク、スケジューリングなどの最適化応用アルゴリズムの研究を進めています。1QBitチーム (Pooya Ronaghグループ長) とは、機械学習向けの応用アルゴリズムの研究を進めています。スインバーン工科大学チーム (Peter Drummond教授, Margaret Reid教授) とは、位相空間法による量子確率微分方程式の研究を進めています。ミシガン大学 (Franco Nori教授) とは、非アーベル型エニオンやトポジカル物性の光パラメトリック発振器ネットワークによる量子シミュレーションの研究を進めています。

最後に、従来の量子コンピュータと私たちが研究する量子ニューラルネットワークの違いを表に示します。

## まとめ

30年以上も前のことですが、当時AT&T-NTT幹部会合なるものが両社の研究所間で毎年開催されていました。北原副社長に率いられたNTT研究所メンバの1人として、ニュージャージー州のベル研究所を訪問したときのことを思い出します。紹介されたベル研究所トップ (社長) は英国人、基礎研究担当の副社長はドイツ人、物理部門を統括するエグゼクティブディレクターはインド人でした。そして、理論物理を担当する (通称Physics 001と呼ばれていた) ディレクターは米国人でした。この方がAT&T-NTT

表 2つの量子計算モデル

物理系	量子ユニタリ計算 孤立系 (量子コンピュータ)	量子散逸計算 開放系 (量子ニューラルネットワーク)
原理	外界から遮断された孤立系での状態ベクトルの <b>ユニタリ回転</b>	外界からの励起, 外界への散逸のある開放系での <b>自己秩序形成</b>
提案	Deutsch(1985) : 量子並列探索 Shor(1994) : 量子アルゴリズム	Zurek(2003) : 量子ダーウィニズム Cirac(2009) : ユニバーサル量子計算
リソース	<b>量子エンタングルメント</b>	<b>量子ディスコード</b>
長所	物理が明確 ユニバーサル計算	雑音やエラーに対して強靱
短所	雑音やエラーに対して脆弱	物理が見えにくい ヒューリスティック計算
応用分野	隠れた周期性や構造のある問題 (現代暗号の解読など)	周期性や構造のない問題 (組合せ最適化など)

幹部会合で基調講演を行ったときに基礎研究担当のArno Penzias副社長(1978年ノーベル物理学賞)が「そんなに早くしゃべったら、君はこの部屋の聴衆の半分を失うことになるぞ」と厳しく叱責したことが忘れられません。いつか、このようなNTT研究所をつくりたい、というのが私の夢になりました。私たちはスタートラインに立ったのです。

■参考文献

(1) T. Maiman: "Stimulated Optical Radiation in Ruby," Nature, Vol.187, pp.493-494, August 1960.  
 (2) R. L. Byer, M. K. Oshman, J. F. Young, and S. E. Harris: "VISIBLE CW PARAMETRIC OSCILLATOR," Appl. Phys. Lett., Vol.13, No.3, p.109 August 1968.  
 (3) Z. Wang, A. Marandi, K. Wen, R. L. Byer, and Y. Yamamoto: "Coherent Ising machine based on degenerate optical parametric oscillators," Phys. Rev. A, Vol.88, No.6, 063853, Dec. 2013.  
 (4) A. Marandi, Z. Wang, K. Takata, R. L. Byer, and Y. Yamamoto: "Network of time-multiplexed optical parametric oscillators as a coherent Ising machine," Nature Photonics, Vol.8, p.937, Oct. 2014.  
 (5) T. Inagaki, Y. Haribara, K. Igarashi, T. Sonobe, S. Tamate, T. Honjo, A. Marandi, P. L. McMahon, T. Umeki, K. Enbutsu, O. Tadanaga, H. Takenouchi, K. Aihara, K. Kawarabayashi,

K. Inoue, S. Utsunomiya, and H. Takesue: "A coherent Ising machine for 2000-node optimization problems," Science, Vol.354, No.6312, pp.603-606, Nov. 2016.  
 (6) P. L. McMahon, A. Marandi, Y. Haribara, R. Hamerly, C. Langrock, S. Tamate, T. Inagaki, H. Takesue, S. Utsunomiya, K. Aihara, R. L. Byer, M. M. Fejer, H. Mabuchi, and Y. Yamamoto: "A fully programmable 100-spin coherent Ising machine with all-to-all connections," Science, Vol.354, No.6312, pp.614-617, Nov. 2016.  
 (7) R. Hamerly, T. Inagaki, P. L. McMahon, D. Venturelli, A. Marandi, T. Onodera, E. Ng, C. Langrock, K. Inaba, T. Honjo, K. Enbutsu, T. Umeki, R. Kasahara, S. Utsunomiya, S. Kako, K. Kawarabayashi, R. L. Byer, M. M. Fejer, H. Mabuchi, D. Englund, E. Rieffel, H. Takesue, and Y. Yamamoto: "Experimental investigation of performance differences between coherent Ising machines and a quantum annealer," Science Advances, Vol.5, No.5, eaau0823, May 2019.  
 (8) T. Leleu, Y. Yamamoto, P. L. McMahon, and K. Aihara: "Destabilization of Local Minima in Analog Spin Systems by Correction of Amplitude Heterogeneity," Phys. Rev. Lett., Vol.122, No.4, 040607, Feb. 2019.  
 (9) Y. Takeda, S. Tamate, Y. Yamamoto, H. Takesue, T. Inagaki, and S. Utsunomiya: "Boltzmann sampling for an XY model using a non-degenerate optical parametric oscillator network," Quantum Sci. Technol., Vol.3, No.1, 014004, Nov. 2017.  
 (10) M. Eresey-Ravasz and Z. Toroczkai: "Optimization hardness as transient chaos in an analog approach to constraint satisfaction," Nature Physics, Vol.7, pp.966-970, Oct. 2011.  
 (11) H. Goto, K. Tatsumura, and A.R.Dixon:

"Combinatorial optimization by simulating adiabatic bifurcations in nonlinear Hamiltonian systems," Science Advances, Vol.5, eaav2372, April 2019.  
 (12) R. P. Feynman: "Simulating physics with computers," Int. J. Theoretical Physics, Vol.21, pp.467-488, June 1982.  
 (13) M. D. Fraser S. Höfling, and Y. Yamamoto: "Physics and applications of exciton-polariton lasers," Nature Materials, Vol.15, pp.1049-1052, Sept. 2016.  
 (14) W. H. Zurek: "Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical," Rev. Mod. Phys., Vol.75, No.3, pp.715-775, July 2003.  
 (15) J. Beggs: "Editorial: Can There Be a Physics of the Brain?," Phys. Rev. Lett., Vol.114, 220001, June 2015.  
 (16) L. K. Grover: "A fast quantum mechanical algorithm for database search," Proc. of 28th Annual ACM Symposium on the Theory of Computing, pp.212-219, 1996.



山本 喜久

レーザのコヒーレンスを通信に応用するコヒーレント光通信の研究がNTT基礎研究所で始まったのは1979年のことでした。40年の歳月を経て、光パラメトリック発振器のコヒーレンスを情報処理へ応用する量子ニューラルネットワークの研究をスタートできるまで、光技術は進歩をとげてきました。

◆問い合わせ先  
 NTT Research, Inc.  
 NTT PHI Labs  
 E-mail info@ntt-research.com

# Cryptography & Information Security Laboratoriesの目標と研究

2019年7月に米国シリコンバレーで発足したNTT Research, Inc. の3つの研究所の中の1つがCryptography & Information Security Laboratories (NTT CIS Labs) です。NTT CIS Labsでは、暗号分野の理論研究を行い、暗号基礎理論を研究するグループとブロックチェーン理論を研究するグループを持っています。本稿では、このような体制で出発したNTT CIS Labsが何をめざしてどのような研究を行うかについて紹介します。

おかもと たつあき<sup>†1</sup>

岡本 龍明 /Brent Waters

まつお しんいちろう<sup>†2</sup>

松尾 真一郎

NTT Research, Inc. NTT CIS Labs 所長<sup>†1</sup>  
NTT Research, Inc.<sup>†2</sup>

## はじめに

Cryptography & Information Security Laboratories (NTT CIS Labs) は、暗号基礎理論を研究するグループとブロックチェーン理論を研究するグループを持ち、暗号基礎理論グループの中には、Brent Waters を室長として暗号理論を深く研究するWaters研究室を設けています。本稿では、Waters研究室とブロックチェーングループについて焦点を当て、NTT CIS Labsの取り組みや目標、研究内容について紹介します。

## 暗号基礎理論研究グループ Waters研究室の取り組み

私たちは従来の暗号機能を超えた新たな暗号機能を実現することから、暗号基礎理論をより良くより深く理解することまでさまざまな分野の暗号理論の研究を行います。最初に注力するテーマの1つが暗号システムです。

暗号は、対処とするデータを特定の受信者だけが復号して読むことができるような暗号文に変換するプロセスです。暗号は私たちのセキュリティエコシステムの基盤です。それらは物理的に盗まれる可能性のあるデバイス

(ラップトップPC, 携帯電話など) や、第三者のクラウドサーバなどに格納されているような機密情報を守るために使われています。また、暗号はしばしば大きくマスコミで取り上げられることも多く、例えば2015年のサンバーナーディーノでの乱射事件での議論や、ある事件の容疑者のiPhoneの暗号解読にApple社が強要されるべきかなどの議論がありました。

従来は利用者が公開鍵pkを公開し、それに対応する秘密鍵skを秘密に保持するという暗号の姿が広く知られていました。ある人がデータmsgを公開鍵pkを使って暗号文ctに暗号化するとします。このとき、データmsgはskを持つ者だけが復号でき、その鍵を知らない攻撃者はmsgについて一切の情報を知り得ません。

ところが最近になって、暗号に関するこのような姿は多くの応用にとってあまりに制約が大き過ぎることを認識するようになりました。例えば、アリスのメールサーバが彼女の公開鍵で暗号化されたメールを受信し、保存しているとします。このとき、彼女は保存された暗号文のうちスパムメールは自動的にサーバが削除するようにしたい(現時点では、サーバによってはそれ

を復号して削除している) とか、メールの内容に彼女の子どもの名前や「非常」「病院」などといった言葉が含まれていればサーバに警告メッセージを出してほしいといった要望を持っているとします。このような機能を実現するため、彼女は自分の秘密鍵をサーバに渡すこともできます。しかし、このことは第三者に彼女のすべてのメールを読むことを許すことになります。一方、彼女が秘密鍵を管理している以上、スパム削除や非常警告といった機能を享受することはできません。これは、私たちが望む機能を手に入れるために従来の暗号の概念を超えた新たな概念や方式を生み出す必要を示した典型的な例となっています。現在、暗号分野では、このことが大変重要な目的であることが広く認識されており、そのような方向に沿ってさまざまな概念の暗号がつくられるようになってきました。そのような概念として、関数型暗号、完全準同型暗号、IDベース暗号、属性ベース暗号、トレータ追跡、代理再暗号化やそれ以外にも多くの概念が提案されるようになってきました。

私たちの研究所においても、このような研究を強力に推し進めていきます。目標の1つは、標準仮定の下で安

全性が証明された高度な機能を持った暗号方式を実現することです。まずは、以下の3つの分野に焦点を当てて研究を進めていきます。

### ■選択暗号文安全性

選択暗号文安全性 (IND-CCA) は従来の暗号においても新たな暗号機能においてもいずれも正しい安全性概念となっています。しかし、多くの新たな暗号の結果は、選択平文 (IND-CPA) モデルでその暗号機能の安全性を論じています。最近、私たちはどのようなIND-CPA安全な属性ベース暗号 (ABE) も、hinting PRGと呼ぶ新たな手法を用いることでIND-CCA安全なABEに変換できることを示しました。そこで、数論の手法を用いてより高速でコンパクトなhinting PRGを実現することをめざします。さらに、ABEを超えてより一般的な関数型暗号や再ランダム化暗号に対しても適用できるIND-CCA変換方法の実現をめざしていきます。最後に、これはIND-CPAを証明すればIND-CCAを意味するかという古典的な問題を新たな発想で解決しようとするアプローチとなっています。

### ■暗号システムの追跡

トレータ追跡は、放送システムにおいて不正コピーした元デコーダ装置を追跡する問題です。私たちは最近、共謀不可な追跡システムとしてN利用者

に対して $\lg(N)$ サイズの暗号文となる方式を実現し、その安全性を標準仮定の1つであるLWE (Learning with Errors) 仮定の下で証明しました。従来の標準仮定に基づく最良の結果では、暗号文サイズが $N^{1/2}$ でした。ここで、私たちが新たに目標とする問題は次のようなものを含みます。

- ・どのような定数 $c$ に対しても暗号文サイズが $N^{1/c}$ の追跡・放送システムの実現
- ・上記と同じ暗号文サイズで公開追跡機能の実現
- ・追跡手法を利用した適応的安全性の証明手法の開拓

### ■LWEに基づく暗号における新たな開拓

LWE仮定はその耐量子計算機安全性や格子のワースト問題との関連において暗号における優れた方法として広く認識されています。また、よく検証された仮定から新たな暗号機能をつくる手法としてもLWE仮定を用いた方法は多くの結果を生み出してきました。例えば最近の結果として、完全準同型暗号、任意の回路に関する属性ベース暗号、ロック可能難読化などがあります。これらは、今のところ、他の標準的な数論仮定を用いては実現されていません。ここで私たちは、LWEベース暗号を実現する新たな野心的な目標を提案します。まず最初に

疑似ランダム関数を難読化する新たな概念とその応用を検討します。次にLWE仮定から証拠暗号をつくるための方法を述べます。そこへの中間段階として、ビットを定めた機能に対する制限付きPRFを実現します。

私たちの理論研究所はこの分野で幸先の良いスタートをしました。WatersとDaniel Wichsは、共著のCrypto2019論文にて、暗号文サイズが $N^{1/c}$ の追跡・放送機能をLWEに基づくトレータ追跡と双線形写像による放送暗号の手法を組み合わせることで実現しました。現在、Waters, WichsとMark Zhandryは、LWEベースの属性ベース暗号の適応的安全性を実現する新たな手法と限界について共同研究を行っています。

## ブロックチェーン理論研究グループの取り組み

### ■ブロックチェーンの歴史

2008年にSatoshi Nakamotoがビットコインの論文を公表して以来、暗号技術、ピー・ツー・ピー (P2P) ネットワーク、ゲーム理論、経済学などの要素を組み合わせたインターネット上における新たなデータの信頼モデルの基盤として、ブロックチェーンと呼ばれる技術が、幅広い注目を集めています。ビットコイン自体は、支払いの履歴の帳簿を、中央管理を行う主体なし

に、P2Pネットワークに接続されたユーザの協力の下で、一定時間ごとに更新していく仕組みです。そして、その帳簿に記録されたデータそのものをお金のように考えることで、ユーザ間の支払い（Payment）に応用したものです。ビットコイン自体は、支払いというアプリケーションに特化したシステムになっています。しかし、「P2Pで接続されたユーザの協力で、共通の帳簿をアップデートしていく」という仕組みは、支払い以外のアプリケーションが広く考えられるために、その中核的なプロトコルの部分を「ブロックチェーン」と名付けて、より汎用的な技術として世界中で研究開発が行われています。

ブロックチェーンの研究のインパクトを理解するための一番のキーワードは、Permissionless Innovation（許可のいらぬイノベーション）です。インターネットが中央的な組織を介さないグローバルな通信を実現し、誰もが新しいイノベーションのつくり手になるチャンスをつくり出しました。ブロックチェーンは、帳簿の維持と多様なステークホルダがプログラム可能な帳簿を共有し、帳簿に基づいた新しいアプリケーションを誰もが自由につくり出せるようにするというインパクトがあります。ブロックチェーンの有望なアプリケーションは何かという質問

は、インターネットの有望なアプリケーションは何かという質問と同じで、個別の明確な答えがあるわけではなく、むしろ誰もが新しいアプリケーションを思いついて実験できる場がある、ということそのものに価値があります。

上記の意味において、ブロックチェーンにおける研究開発の大きなゴールは、「プログラム可能な共有された帳簿を利用したアプリケーションを、誰もが自由につくり出すことができるような状態を実現する」ことです。ビットコインやブロックチェーンが近年大きく話題になり、あたかも広く普及する時期が間近であるようにも思えますが、実際に上記のゴールを達成するのは、非常に大きなチャレンジであり、長期にわたる基礎的、理論的な研究開発が必要であるのが現状です。

ブロックチェーンを構成する部品となる技術は、実は枯れた技術が多くあります。ブロックチェーンに使われる電子署名アルゴリズムECDSAや、暗号学的ハッシュ関数SHA-256は、長い歴史を持つ標準的な暗号アルゴリズムです。また、情報のハッシュ値を計算し、それをリンクさせていくことで、情報の存在の前後性を証明できるようにする暗号学的タイムスタンプも1990年の暗号技術のトップカンファレンスCRYPTOで発表されたもので

す。P2Pの通信を使って、帳簿のデータをすべての参加者で共有する技術も新しいものではありません。また、分散コンピューティングの世界では、複数の計算機の間でのデータの内容を合意する合意プロトコルの研究も長い歴史があります。ビットコインにおいては、セキュアな合意プロトコルとしてProof of Workと呼ばれるプロトコルが採用されていますが、これも元々はスパムメールを減らす方法の一環として暗号学的パズルと呼ばれる技術の1つの例として発明され、ハッシュベースの電子マネー方式であるHashCashの中で確立されていたものです。しかし、ビットコインとブロックチェーンが画期的であったのは、それらの枯れた技術を絶妙に組み合わせ、それまでには存在していなかった、中央サーバがなくとも、一定のビジネスルール（例えば支払い）に従ったプログラムで帳簿をアップデートできる方法を初めて提示したことにあります。また、こういったネットワークが持続的に存在するために、ネットワークの維持に協力した人に新しいビットコインなどの暗号資産を付与するという、インセンティブ構造をシステムに組み込んだことが挙げられます。

#### ■ブロックチェーンの課題

ブロックチェーンのセキュリティは、単に暗号学やネットワーク理論だ

けに支えられているわけではなく、前述のようなインセンティブ設計の妙が大きく寄与しています。また、性能とセキュリティの間には複雑なトレードオフの関係が存在しており、単純に性能を向上させようとする、セキュリティが犠牲になるという微妙なバランスの上に成り立っています。現時点では、どのようなトレードオフの関係にあるのか、という点も理論的に十分解明されているわけではありません。むしろ、これからその理論的關係を明らかにして、より多くのユーザが、十分な性能を持ってブロックチェーンを使えるようにするための理論構築と実証を改めて1から行う必要があります。これは、極めて基礎的で長期的な研究課題であるといえます。ブロックチェーンにおける、理論的な大きな問題として知られているのは、スケーラビリティ問題で、オリジナルのビットコインでは1秒当たり7トランザクションしか全世界で処理することができませんが、ビットコインのセキュリティの良さを損なうことなく、処理性能を上げるということは理論的に困難な問題で、世界中でこの問題を解決するための基礎的な研究が行われています。

#### ■異なる専門性を持った研究者で構成

NTT CIS Labsのブロックチェーングループでは、前述のブロックチェー

ンの根本的な大きなゴールを実現するための基盤的な研究にフォーカスを当てています。特にフォーカスを当てるべき研究領域として、セキュアかつよりスケーラブルな分散合意アルゴリズムの研究、プログラム可能な帳簿のための安全なプログラミング環境を実現するための研究、そして、ブロックチェーン上での情報処理を行う際のプライバシー保護の実現のための研究に取り組んでいます。

前述のとおり、ブロックチェーンの理論研究はさまざまな異なる性質が絶妙に組み合わせられているため、異なる専門性を持った研究者のチームを組む必要があります。そのため、ブロックチェーングループのメンバーも、必要な専門性を考慮して構成しています。暗号プロトコルの安全性の専門家、ソフトウェアエンジニアリングの専門家、形式検証の専門家、そしてゲーム理論と経済学の専門家など、それぞれの分野で、第一線の研究者がグループに加わっています。ブロックチェーンはまだ若い研究分野であることもあり、今後トップレベルの研究成果を出すことが期待されるポストドクターや助教年代の研究者を早いうちに集めることも重要であり、そのような研究者も加えていく方針です。さらに、FacebookのLibraに対する各国規制当局の反応にも表れているように、規制

当局の方針との整合性も、研究を進めていく時点ではバイデザインで考慮する必要があります。ブロックチェーンにまつわる規制の研究で先進的な米国の大学との共同研究も予定しています。



(左から) 岡本 龍明/ Brent Waters/  
松尾 真一郎

新たに米国シリコンバレーに誕生したNTT CIS Labsが何をめざしてどのような研究を行うかについて紹介しました。新天地で世界トップの研究者を集めてスタートした研究所から、暗号基礎・ブロックチェーン理論分野で世界をリードする結果が数多く生まれることを期待してください。

#### ◆問い合わせ先

NTT Research, Inc.  
NTT CIS Labs  
E-mail info@ntt-research.com

# Medical & Health Informatics Laboratoriesの発足

NTT Research, Inc.に医療や健康（ヘルスケア）の分野における情報技術の基礎研究拠点としてMedical & Health Informatics Laboratories（NTT MEI Labs：生体情報処理研究所）が発足しました。本稿では、生体情報をめぐる社会の変化と新しい研究所の取り組みについて紹介します。

ともいけ ひとのぶ

友池 仁暢

NTT Research, Inc. NTT MEI Labs 所長

## 生体情報研究の歴史

2018年11月28日、次世代技術の基礎研究を担う3つの海外新研究所の設立がNTTから報道発表されました。医療分野については、「プレジジョン・メディシン（精密医療）につながるAIなど生体情報の分析技術に取り組みます」と方針が示されました。半年余の準備を経て2019年7月1日にMedical & Health Informatics Laboratories（NTT MEI Labs）が発足しました。

生体情報の研究の歴史は1962年日本ME（Medical Electronics and Biological Engineering）学会創立にさかのぼります。近年になって、生体情報の範囲は医療でのICT（Information and Communication Technology）の活用が進むにつれてより広がってきました。その変化の速さは、Translational Medicineという分野の名称が、数年を経ずしてTranslational Bioinformaticsと変更になったことから伺えます<sup>(1)</sup>。AMIA（American Medical Informatics Association）のTranslational Bioinformaticsが何を包含する分野なのかという説明はいまや古典に属するものかもしれません

が、「... the development of storage, analytic, and interpretive methods to optimize the transformation of increasingly voluminous biomedical data into proactive, predictive, preventative, and participatory health. Translational bioinformatics includes research on the development of novel techniques for the integration of biological and clinical data and the evolution of clinical informatics methodology to encompass biological observations.」とあります。研究分野を広くとらえ、かつ研究が何をめざすのか（研究の出口）についても明確にしています。NTTが提唱するSmart Worldに近い概念といえるでしょう<sup>(2)</sup>。したがって、NTT MEI Labsが取り組む生体情報の範囲は、バイオリジカルな現象だけでなく、診療録の情報、ゲノムの情報、情報処理技術も含まれることになります。

医療の研究は、実験室医学研究、臨床研究（非侵襲・侵襲、観察・介入）、疫学研究に大別されます。生体情報やデータサイエンスはこれらの3領域の対象あるいは解析手段として重要な位置を占めます。このように各研究分野

を横断する情報技術を基礎研究対象とした研究所の構想は、NTT MEI Labsのほかに例をみないでしょう。

## 医療と健康における情報の特徴

診断、治療、予防は診療録に記録として残されています。日本は、国民皆保険が達成されていますので、診療録は医療保健行政の公的記録だともいえます。これらの情報を研究開発に利用することは目的外使用になりますので禁じられてきました。また、臨床研究における情報の収集とその利活用は、患者への十分な説明とその結果としての文書同意が研究実施の前提となります。そのうえで、集められた情報が適正に管理されているという実務と実体を伴うことが研究遂行の条件になります。スマートフォンやさまざまな携帯デバイスのアプリは健康のモニタ情報を提供していますが、それらを収集し、データとして利活用することは、個人情報保護の規定から、臨床研究と同様の手続きが求められています。NTT MEI Labsが海外で臨床の基礎的研究を行う場合は、それぞれの国における個人情報保護法を遵守することになります。米国においてはHIPAA（Health Insurance Portability and Account-

ability Act), 欧州においては2018年5月25日から改正施行されている「一般データ保護規則 (GDPR: General Data Protection Regulation)」の条件を満たさねばなりません。

近年、医療とヘルスケアの領域でもイノベーションが強調されています。産業やビジネスの世界で重要視されている特許や知財についての考え方もこの領域に強く浸透しつつあります。デバイスの開発や生体機能の新規発見等は知財として周知の手続きが必要になっています。したがって、NTT MEI Labsの基礎研究についても規範や規制についての幅広い理解が研究の企画・運営に必要な条件となります。

臨床におけるデータの利活用に関する国内の動きをみると、個人情報保護の理念が、時間をかけて一步一步、さまざまな方向で確立されてきた経緯を伺うことができます。診療情報・健康情報の電子化のあるべき姿については、2001年厚生労働省が公表した「保健医療分野の情報化に向けてのグランドデザイン」が嚆矢となりました<sup>(3)</sup>。「個人情報の保護に関する法律」は2005年に全面施行され<sup>(4)</sup>、2015年に改正されました。2018年5月には匿名化によるデータの共有などの「医療分野の研究開発に資するための匿名加工医療情報に関する法律 (次世代医療基

盤法)」が施行されるに至っています<sup>(5)</sup>。このように、診療データの個人情報保護の受け止め方が多くのコンセンサス、試験的取り組み、法令成立と時間をかけた検討と整備が重畳化して進んできています。

近年、地域医療連携やEHR (Electronic Health Record) における医療情報が異なる医療機関の間で随時に相互に参照することも求められるようになりました。国は、「健康・医療戦略推進法 (平成26年法律第48号)」を制定し、医療・介護・健康分野のデジタル基盤の構築を進めています<sup>(6)</sup>。

このように、生体情報の基礎研究は社会の倫理 (Ethical)、法律 (Legal) や規範 (Social Implication) と密接なかかわりを持ちながら進む領域であることが分かります。このとらえ方はELSIと略称されています<sup>(7)</sup>。また、その到達点はより良い健康や医療でありますので、社会実装の視点・工夫も欠かせぬ重要な点だと思われます。

### データが期待される時代

産業や社会がめざすべき未来社会の姿あるいは技術的なコンセプトとしてIoT (Internet of Things), Society 5.0, Industry 4.0が提唱されるようになりました。その基本はデジタルデータに基づいた生産性を高めるための取

り組みですが、その特徴は情報技術が新しい知識やエビデンスをつかみ出し変革につなげていくという循環による持続的発展の仕組みではないかと思われます。この概念は医療の改革に大きな影響を与えています。例えば、診察時に発生するデータを自動収集し、ICTを駆使してこれらのデータから新たな医学知識を抽出し、その知識を活用してさらに良い診療を実現するというデータ・ドリブン (data-driven) の循環のシステムです。2007年、IOM (Institute of Medicine, 現 National Academy of Medicine) は、Learning Health Systemを提案しています<sup>(8)</sup>。

このように医学医療の分野でデータの集積とICTの重要性が年々高まってきました。AI (人工知能) による画像診断やヒトゲノムの臨床応用などは時代を画する大きな成果だと思われます。このようなことから、ビッグデータやICTをめぐる世界的な競争が始まっています。その緊迫感は、2018年6月米国のNIHの戦略計画、「Strategic Plan for Data Science」に示され、具体的な計画が国レベルで策定されています<sup>(9)</sup>。その冒頭の文章に、「As articulated in the National Institutes of Health (NIH)-Wide Strategic Plan and the Department

of Health and Human Services (HHS) Strategic Plan, our nation and the world stand at a unique moment of opportunity in biomedical research, and data science is an integral contributor.」と記されています。この宣言の根底には2015年大統領の年頭教書で目標として掲げられたprecision medicine initiativeがあると思われまます。Precision Medicineは“がんの領域”から広く医療全般に浸透しつつあります。ここでもデータサイエンスは新しい概念の産婆役として実現の要になります。

ICT化の社会環境の変化に呼応するように世界の情報量は指数関数的に増加しています。その量は2017年から2020年にかけて約1.9倍に増加し、2020年には1カ月当たり228エクサバイトに達すると予測されています<sup>(10)</sup>。IoTデバイス数の伸びが見込まれる領域の1つに医療が挙げられています(2014年と2020年の対比で3倍)。医療分野では、ゲノム情報や医療画像等あらゆる情報がデジタル化されてきており、医療IoTの急速な拡大とともにそれらの情報量の増大は今後さらに加速されると予測されます。大きな医療機関では画像診断のためにモダリティごとに大きなサーバが立てられていますが、サイロ化現象やメモリ枯渇化が

憂慮されています。このような情報爆発への処方箋としてNTTが取り組む「IOWN (Innovative Optical and Wireless Network)」の医療分野への技術展開が期待されます<sup>(2)</sup>。情報をどのように分析し総括・活用するのことは、NTT MEI Labsの永続的な課題であると考えられます。

### 医療におけるデータサイエンスの条件

データとして入力される用語が文字上で同じであってもその定義が専門分野や地域で異なれば、あるいは生体信号が異なるキャリブレーションや特性の異なるデータ処理を経たものと一緒に取り扱われると、集積したデータから新しく知識を獲得することは不可能に近いと思われまます。したがって、医療分野こそ、データの標準化はデータサイエンスを成立させるために重要な要素となります。よく知られているものに、画像の標準形式としてDICOM<sup>®</sup> (Digital Imaging and Communications in Medicine)、用語類の標準規格にSNOMED-CT (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms) があります。日本で進められているDPC (Diagnosis Procedure Combination) は、診断病名の標準化をICD10に準拠することで果たしていま

す。NDB (National Database) のレセプト情報、特定健診等の情報はビッグデータとして整備されており、その研究に期待が寄せられています。

医療でのICTは、電子診療録やPHR (Personal Health Record) の運用、あるいは連携診療支援に活用されてきましたが、AIやビッグデータの出現で、その役割は今後ますます大きくなると思われまます。ここでも、ICTの標準化が先行して行われなければなりません。診療におけるICTを急速に全国展開できた米国では、法整備(HITEC)と連邦事業体(ONC)が大きな役割を果たしています。

前述した米国の戦略計画では、医学研究のデータは、Findable, Accessible, Interoperable, Reusableであるべきだとしています<sup>(9)</sup>。データの活用と共有におけるこのFAIR principleは、医療やヘルスケアのデータを扱うときに個人情報保護や守秘義務を尊重しながら行う研究が拠って立つべきデータへの基本的な姿勢と考えられまます。

### NTT MEI Labsの取り組み

医療の研究は、EBM (Evidence-Based Medicine) から多次元の大量のデータを扱うdata-driven medicineに向けて動き出しています<sup>(11)</sup>。NTT

MEI Labsは、従来の研究分野を横断する“対象”と“情報技術”をテーマにしていますので、医療と健康に貢献できる知見や提案を生み出し、科学的にもインパクトの高い研究が期待されます。研究の質を決めるのは、問題設定の正鵠性、データの質（正確さ、精度、量）、データ集積と分析の速さが肝だといわれています。ここでもSmart WorldとNatural Technologyをめざす「IOWN」が道しるべになるでしょう<sup>(2)</sup>。医療研究の特徴は、フィールドにおける臨床研究と基礎研究の相互移行性です。基礎研究のテーマや仮説は、臨床現場での観察や研究が端緒となった事例も少なくありません。また、NTT MEI Labsは精度の高いデータをデータバンクやライブラリー化してオープンなかたちに格納する道筋をつくることを目標にしていますので、フィールドや実社会における臨床研究が大切だと理解しています。

生体情報の占める領域は今まで述べてきましたように極めて広範でありまます。NTT MEI Labsは生体情報の基本と思われる以下の3つのアプローチから研究に取り組みます。

- ① 生体情報のセンシングと予知、診断、予防、治療のデザイン
- ② 機械学習、Neural Network等による生体情報の解析と基礎

研究

### ③ 医療や健康のデータベースの基本構造と社会実装に向けての研究

研究の遂行にあたっては北米に位置する地の利を活かして、グローバルスタンダードへの迅速な対応、国内若手研究者と北米や世界の若手研究者との切磋琢磨の研究環境の醸成を併せてめざす所存です。幸い、NTTがめざすSmart Worldの実現に向けて提唱する11分野の技術革新のうち少なくとも7つの分野について、NTT MEI Labsは課題の提案やその実現に向けて貢献できる潜在力を持っています<sup>(2)</sup>。Bio Digital Twinsの実現<sup>(12)</sup>は、的確なリアルタイム診断と質の高い治療に欠かせぬ夢の世界ですが、NTT MEI Labsの到達目標として研究を進めたいと思います。

#### ■参考文献

- (1) <http://www.amia.org/inside/stratplan/>
- (2) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1905/190509b.html>
- (3) <https://www.mhlw.go.jp/shingi/0112/s1226-1.html>
- (4) [https://www.ppc.go.jp/files/pdf/290530\\_personal\\_law.pdf](https://www.ppc.go.jp/files/pdf/290530_personal_law.pdf)
- (5) [https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=429AC0000000028](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=429AC0000000028)
- (6) [https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=426AC0000000048](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=426AC0000000048)
- (7) 神里：“情報技術におけるELSIの可能性：歴史的背景を中心に、”情報管理、Vol.58, No.12, pp.875-886, 2016.

- (8) <https://nam.edu/programs/value-science-driven-health-care/learning-health-system-series/>
- (9) [https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH\\_Strategic\\_Plan\\_for\\_Data\\_Science\\_Final\\_508.pdf](https://datascience.nih.gov/sites/default/files/NIH_Strategic_Plan_for_Data_Science_Final_508.pdf)
- (10) [http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/hakusyo/index.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/index.html)
- (11) N.H. Shah and J.D. Tenebaum：“The coming age of data-driven medicine: translational bioinformatics’ next frontier,” J. Am. Med. Inform. Assoc., Vol.19, pp.e2-e4, 2012.
- (12) <https://www.ntt-research.com/2019/07/08/world-class-research-center-opens-in-palo-alto/>



友池 仁暢

「新しく研究所が情報科学・技術の世界の震源地に誕生する」、聞いただけでワクワクしませんか。近代日本は開国と同時に通信と医療を国の根幹の1つに掲げ、それぞれの取り組みが始まりました。150年余を経て、“通信”の営みの中に医療の基礎研究が取り上げられることになりました。それも、量子計算、暗号の研究所と同時に動き出すわけで、21世紀全体を見渡した大事業です。Sustainableで豊かな世界への強い願望を現実のものにできるように研究を進めます。

#### ◆問い合わせ先

NTT Research, Inc.  
NTT MEI Labs  
E-mail [info@ntt-research.com](mailto:info@ntt-research.com)

# 2019年の暗号研究所開設にあたって

NTTは2019年7月1日、大規模な組織再編の一環として、シリコンバレーにNTT Research, Inc. を設立しました。NTT Research, Inc. は、暗号、量子コンピューティング、ヘルスケアの3つの研究所で構成されており、それぞれの研究所は日本から来られた著名な方によって運営されています。私は暗号研究グループに加わることにとても興奮しています。私はこの取り組みを始めるにあたり、何人かの研究者を募集しました。本稿では、企業研究所を成功させるための私の考えを紹介します。

Brent Waters

NTT Research, Inc.

## はじめに

新しい研究所を立ち上げようとする熱意には多くの理由がありますが、同時に、この取り組みが直面している課題を考えることも重要です。私のキャリアの中で、いくつかの活発な暗号研究グループを見てきましたが、それらのグループがもはや存在しないことが気になります（本稿で「研究」という言葉を使うのは、ある分野のトップカンファレンスやジャーナルで発表される基礎研究のことです）。私の最初のインターンシップは2003年の夏で、当時少なくとも6人の暗号学者を雇っていたPARCで働いていました。それから何年もたたないうちに、彼らは皆去ってしまいました。シリコンバレーのMicrosoft Researchは、暗号技術をはじめとするコンピュータサイエンス分野の著名な研究者を抱えた一流の研究所とみなされていましたが、2014年9月に突然閉鎖されました。ごく最近では、準同型暗号の発明などで知られるIBM Researchの暗号研究グループが、2019年の春に一斉に去ってしまいました。

もちろん、時間の経過とともにある程度の変化や離脱は避けられないもの

ですが、コンピュータ科学の研究室は大学の学部に比べて持続性が低いように思われます。基礎研究においてほとんどすべての企業研究所が直面している問題の1つは、企業に対して生み出すビジネス価値を最終的にはっきりさせなければならぬという圧力ですが、これには課題が伴います。第1に、多くの分野におけるもっとも優れた研究は、より長い時間軸で影響を与えるもので、企業の短期的な目標と整合させることが困難な場合があります。第2に、どのようなグループからの優れた研究であっても、公開され、組織外の人々からの研究の上に積み上げられ、他のグループや組織によって利用されます。これは典型的には、強力な研究グループを構築することの利益が暗黙のうちに広範なコミュニティと共有されることを意味します。もちろん、社外での出版や共同作業を切り詰めることは1つの方法ですが、少なくとも私の分野では、私はそのアプローチが最高品質の研究を生み出すとは思っていません。企業は、強力な研究グループを持つことによって、逆に外部の研究者のイノベーションにも立ち会い、それを活用することができるのです。

これらの課題があるにもかかわらず

ず、適切な方法をとることができれば、新しい研究室を立上げ、参加する機会は、研究者にとっても組織にとってもリスクをはるかに上回る価値があります。成功する研究所をどのように構築するかについて以下に述べます。私がここで共有する視点は、コンピュータサイエンスにおける一流の文献を生み出すこと、すなわち「最高の」研究の創出を第1目標とする研究室をつくることです。これらのアイデアのいくつかは、異なる目標に対しては異なる運用がされるかもしれません。

## エリートになる

「正しくやるか、さもなくばやめなさい」それなりの研究所を立上げるのは簡単ですが、偉大な研究所をつくることは挑戦と興奮を生むものです。

これは適切な人材を雇用することから始まります。一流の研究者と平均的な採用者との差は極めて大きいものです。したがって、最高の人々を引きつけるための戦略を立てることは理にかなっています。良い出発点は給与と報酬です。優秀な人材を獲得することに大きな価値の差があることを考えれば、適切な人材を獲得するために必要なことは何でも行うべきです。チーム

が1人のスーパースターを獲得するために、複数の選手とトレードすることに熱心になるプロスポーツは1つの比較ポイントでしょう。報酬のための資源は有限です。量より質を重視することを私は提案します。

トップ研究者は互いに協力したいと思うでしょう（反対に、適切な人材を採用しないことは、将来の採用活動の障害にもなりかねません）。企業の研究所でできることの1つは、複数の人が共同で作業できる環境をつくることです。これはインターンやポストドクターの採用にも有効です。もしあなたが必要な数の上級研究者を確保できれば、この研究室は大学院生が夏の間に群がる目的地となるでしょう。

### 研究者に得意なことをさせましょう

幸運にも適切な人材が得られれば、彼らがもっとも得意とすることをさせましょう。トップ研究者は特別な能力を持っていて、基礎研究に集中したいと思っています。それらを管理する最善の方法は、「彼らのことをする」ためのスペースを与えることです。もちろん、彼らのアイデアを実用化しようとしている開発者に、彼らのアイデアを説明してくれるよう研究者に時々頼む、といったようなことは理にかなっています。そして、ほとんどの研究者は喜んでそうすることでしょう。しかし、研究者が何をすべきかというグループのビジョンが、研究者が得意なことをやり通すことと大きく異なるの

であれば、そのビジョンは当初から基礎研究と両立しないと私は主張します。

また、研究者が研究に費やす時間を確保することも重要です。追加のミーティングやその他のオーバーヘッドを伴うアクティビティの量を最小限に抑えることが重要です。外部の方々が研究室の成果に触れることは重要ですが、その多くは、研究者が学会や招待講演で論文を発表することで自然に行われます。一般的に、研究者は自分の時間をどこで過ごすのがもっとも良いか、すでによく知っているものです。

### 競争相手と、競争に必要なものを知りましょう

非常に強い研究者を確保するという理念に同意するとしましょう。次に、競合他社について知る必要があります。研究大学の教員職に焦点を当ててみましょう。教員の一人として、研究者は以下のことをするでしょう。意欲的な大学院生と接触する機会を持ち、終身在職権（テニユア）によって生涯の仕事の安定を達成する機会を持ち、彼らの興味を追求することにおいて多くの独立性を感じ、立派な個人オフィスを持つ大学キャンパスで研究を行い、教授として認められる名声を得ようとするでしょう。

すでに大学で職を得ている人や、大学でのポストを考えている新卒博士を採用しようとする際には、この点を念頭に置くことが重要です。もちろん、どうしても代替できないものもありま

す。もし誰かが教職に就きたい、大学のキャンパスにいたい、そして教授と呼ばれたいと思っているなら、彼らには大学での仕事が向いているでしょう。しかし、企業の研究室が学術的な地位に到達し、それを上回ることができるとい側面はほかにもあります。まず、オフィススペースから見てみましょう。多くの企業の業務環境には、エンジニアがデスクまたはパーティションで作業する「オープンオフィス」が備わっています。NTT Research, Inc. の採用候補者の多くに（そして私自身にも）話を聞いたところ、このような仕組みは研究者には受け入れられないだろうと確信を持っています。研究者は、アイデアに集中できる個室のオフィスを求めています。これは、コンピュータ科学の教員なら誰でも与えられるものであり、同じものが提供されなければ、求人天秤にかけている誰にとっても重大なマイナスとみなされます。それに加えて企業自体の一定の高い評判（そして、それが無いことに伴う名声の欠如）があります。採用者を特別な気持ちにさせたいのであれば、これは非常に重要です。

ほかにも企業の研究所が大学のポストを上回ることができる場所があります。

#### ① 報酬

大学では、給与を比較的均一かつ低めに維持することを求める政治的圧力などがあります。企業の研究所は、理想的には、より多くの費用を支払う能

力と、雇用目標を達成する柔軟性を持つべきです。

### ② エリア内の同僚の数

NTT Rsearch, Inc. では、同じロケーションで複数の暗号技術者を雇用する機会があります。バランスの取れたコンピュータサイエンス学部では、雇用はさまざまな研究分野に分散してしまいます。これは研究所の研究者に特別な機会を与えます。

### ③ オーバーヘッドの削減

研究所では、授業をする必要も、委員会に参加する必要も、資金を探す必要もありません。純粋な研究により多くの時間を費やす自由は大きな魅力となり得ます。タスクやミーティングを作成しすぎて、この利点が損なわれなようにすることが重要です。

## コラボレーションと公開を容易にしましょう

エリート研究機関の成長を妨げる確実な方法は、文献の公開や共同研究に過剰な障壁を設けることです。研究者は、何ら障害なく社外の人と共同研究ができなければなりません。また、研究論文をオンラインで発表したり掲載したりする際の障壁を非常に小さく、もしくはなくすべきです。そうでなければ、優秀な人たちはほかに働く場所を見つけるだけでしょう。もちろん、企業は研究室から出てきた研究を特許化する能力を持つべきですが、これは中核的な研究目標への障害を最小限に抑える方法で行われるべきです。

上記のすべては、適切なリソースと管理スタイルが整っていれば実行可能です。基本的な研究は製品開発とは異なりますし、学問的な研究者は技術者とは異なります。研究所を成功させるためには、企業は明確なアプローチを開拓する必要があります。

## おわりに

最後に、画期的な研究を生み出す企業研究所を持つことの多くの利点について述べたいと思います。明らかなのは、新しいアイデアを生み出す研究者は、企業の知的財産ポートフォリオの構築に役立つということです。さらに、社内に専門知識を持つことは、新しい技術を評価するのに非常に役立ちます。しかし、もっとも重要な役割は、研究所が革新的で斬新なアイデアの源であることでしょう。企業がトップを維持するためには、変化と新しいアイデアを受け入れることが必要です。NTTのキックオフ・イベントで私が興味を持ったのは、名前に「電話」と「電信」という言葉を使っている会社にもかかわらず、現在の収益のうち音声（モバイルの音声を含む）によるものは20%にも満たないということです。企業と研究所との関係性を維持するためには、どんな企業も時間の経過とともに進化しなければなりません。研究における大きなアイデアは、予期せぬところから生まれることもあります。例えば、私のもっともよく知られている研究成果の1つは、特定の個人

を対象とするのではなく、ポリシーを暗号化する方法である「属性ベースの暗号化」です。しかし、この概念は、バイOMETRICS認証のための暗号化方法を最初に追い求めていた研究（Amit Sahai氏と）から生まれました。成功した研究所を運営することが企業の将来の成長の柱となるのは、まさに、根本的に新しいアイデアや技術を活用する能力です。



Brent Waters

NTT Rsearch, Inc. の堅実な立上げには非常に勇気付けられ、今後の展開を楽しみにしています。

### ◆問い合わせ先

NTT Research, Inc.

E-mail info@ntt-research.com

# NTT DATA

NTTデータ 先端技術株式会社

## 蓄積した最先端技術で オープン系ITシステム基盤の 設計・構築を支援

NTTデータ先端技術はITシステムの基盤(プラットフォーム)構築、運用監視をはじめとしたITプラットフォーム関連事業、セキュリティ事業を展開している。昨今、セキュリティに関する話題が取り上げられる中、蓄積された高度な技術とノウハウをNTTデータグループ各社と連携しながらお客さまへ提供している。設立20周年を迎えた現在の事業環境や今後の事業展開について青木弘之社長に話を伺った。

### NTTデータグループの技術先導役として 高度な技術サービスの提供を行う会社

#### ◆設立の背景と目的について教えてください。

NTTデータ先端技術は1999年にNTTデータグループの技術の中核を担う会社として設立されました。会社設立当時、IT業界、市場ではクライアント・サーバモデルをベースとしたシステムのオープン化が話題となっていました。そういった時代の潮流の中、オープン系システムの性能、信頼性、安全性担保のための技術を蓄積、集約し、それをNTTデータグループ全体に活用・展開することで、グループ全体としてのITサービス事業の高度化、信頼性向上を図ることを目的として設立されました。設立当初はNTTデータからの出向社員数名程度でしたが、2年目以降にはプロパー採用も始め、現在では当社グループ全体で1200名を超え、売上も500億円に手が届く規模の会社になりました。

#### ◆事業概要についてお聞かせください。

当社の事業は大きく分けて3つになります。1番目はITシステムの要である基盤(プラットフォーム)関連の事業で、OSやデータベース、ネットワーク、そして昨今は仮想化、クラウド、ビッグデータ処理、AI(人工知能)など、さまざまなプロダクトやサービスを提供しています。この



NTTデータ先端技術 青木弘之社長

事業取引の90%弱がNTTデータグループ向けですが、NTTコミュニケーションズ様へもデータセンタ周辺のプロダクト提供やクラウド関係の技術サポート、NTTドコモ様についてもさまざまなプロダクトの提供と技術サポートを行っています。

2番目はミドルウェアやフレームワークなどの基幹系ソフトウェアの開発、導入・展開に関する事業です。オープンソースをベースとするさまざまなソフトウェア、アプリケーションの開発をはじめ、プロダクト提供ベンダのパートナーとしてのカスタマイズ、チューニングや、当社独自のソフトウェアプロダクトも提供しています。例えば、「Hinemos」、ITシステムの運用データを収集・蓄積し、システム稼動状況を監視するとともに、蓄積されたデータの分析により将来のシステム稼動変化量を予測することで予防保全を可能にする「運用アナリティクス」を実現しています。

3番目はセキュリティ関連の事業になります。個人情報漏洩対策、情報セキュリティ監査などのセキュリティコンサルティング・監査業務、ネットワークやWebアプリケーションのセキュリティ診断、セキュリティ監視運用、セキュリティ研修など、さまざまなサービスを提供しています。また、認証基盤ソリューション「VANADIS」やセキュリティ対策機能を提供するパッケージソリューション

「NOSiDE」など、私たちが持つ独自のプロダクト、技術を提供しています。

## 独自技術の発展のための 技術者確保と育成

### ◆貴社の強みと事業環境はいかがでしょうか。

会社設立時からオープン系の技術を蓄積しており、最近では認証やデータ分析に関する技術も蓄積されるようになり、これら技術を有する人材が多く在籍していることが、今、大きな強みとなっています。

昨今、「デジタルトランスフォーメーション」「SoR to SoE」といった言葉が頻りに飛び交うようになりましたが、そのベースとなるクラウド化の潮流もハイブリッド、マルチ（クラウド）へとシフトしてきています。従来から当社の強みであったITプラットフォームの設計・構築技術、システム運用・監視基盤などのプロダクトの重要性はますます高まっています。そして、IoT（Internet of Things）ですべての仕組みがつながるデジタル時代では、従来にも増して高信頼、高性能が要求されるようになりますので、今以上に技術力を磨き、強みを伸ばしていくのは必定です。

また、ソフトウェア関連事業について、当社技術者の多くはNTTデータのプロジェクトに参画していますが、昨今のデジタルビジネスに関連したプロジェクトを成功に導くには、先端技術に対応できる能力の高い技術者が必要となっています。高度技術者の採用にも力を入れていますが人材マーケットにおけるIT人材、技術者の需要はかなり高く、不足傾向は当面続くと思っておりますので、当社においては従来にも増して人材開発・人材育成に力を入れていくつもりです。

さまざまなプロダクト、ソフトウェアについて、今の個別技術やその技術の流れに追従できるスキルを伸ばすことは当然ですが、技術者全員がプロジェクトマネジメント（PM）をできる能力も身につかせたいと考えています。

セキュリティ事業については、コンサルティングを中心に着実にビジネスの足場を築いてきており、従来から認証や監視・管理（SIEMやSOC/IR）の独自サービス、プロダクトもリリースしています。

### ◆今後の展開について教えてください。

設立20周年である2019年に、プラットフォーム、ソフトウェア、セキュリティの3事業本部に組織再編し、事業の三本柱を明確にしました。また、営業についても、それぞれの事業領域、技術領域を横断的に連携させ、お客さまのご要望やご期待にワンストップで総合的にこたえる責任部門、営業統括本部を新設しました。

プラットフォーム事業本部については、ベンダ・プロダクトや基盤要素技術に対する知見と構築力を集約することで、プロダクト導入・システム設計から維持までのトータ

ルソリューションを提供するとともに、クラウド系のプロダクト、サービスのラインアップを強化し、ビジネスの拡大を図っていきます。

ソフトウェア事業本部については、プロジェクト参画型のビジネスの継続に加え、アジャイル開発、さまざまなモノやイベントをデータ化し処理するデータフィクション、SRE（Site Reliability Engineering）などを駆使したSoE対応、技術サポートを強化していきます。

また、ソフトウェア開発とプラットフォーム関連の技術・知見の結集に加え、PM力の強化を図り、新規ビジネス（プロダクトやサービス）の開発も加速します。

この事業領域では人月工数をベースとする稼働提供型ビジネスから、プロダクトやサービスの提供を中心とした高収益ビジネスモデルへの転換を図るのがねらいです。

セキュリティ事業本部については、高度化するサイバー攻撃への防御のみではなく、侵入されることを前提としたレジリエンス、およびクラウドシフトに向けた最新技術・プロダクトを獲得し、サイバーセキュリティ経営を実現するためのコンサルティング能力、およびプロダクト販売から運用までのトータルソリューション能力の強化をめざします。また、トライアル中のものを含め、プロダクトを整理し、ブランド強化を図っていきます。

現在の売上も、500億円に手が届くところまできており、次の10年先、長期的にはこれを1000億円としたいところです。

### ◆次の目標に向けて進むには社員の活躍が重要かと思えます。貴社の雰囲気をお教えください。

プラットフォームや基幹ソフトウェアの技術に長けている技術系会社・超理系の会社というイメージがNTTデータグループには根付いていると思えます。まさに他のNTTデータグループの会社とは異なりアプリケーション（AP）領域ではないところでビジネスを行っています。1200名いる社員の中でSEの数は70%強です。ITシステム開発の根幹を押さえる技術者を育て、そろえ、供給することもNTTデータグループにおける当社の大きな使命でもあります。

先に述べた事業を伸ばすことも、このNTTデータグループにおける使命を果たすことも、まさに当社においてその一番重要な経営資源が人材、社員です。

人材育成には今まで以上に力を入れ投資を行うつもりです。社員がそれぞれの役割や仕事を通じて自己実現する、各々が自ら成長している、ということを実感できる組織風土、文化を形成していきたいと思えます。そのために給与制度や働き方改革、福利厚生充実等、NTTデータグループ内においても先駆的な取り組みも行います。

“NTTデータ先端技術”という名前に恥じないようさらに洗練された「技術者」の会社にしていきたいと思えます。

## 外販ビジネスの推進に大いに期待を寄せる セキュリティ事業

取締役執行役員 CISO  
セキュリティ事業本部長  
山岡 正輝さん

### ◆担当されている業務について教えてください。

私は現在、セキュリティ事業本部を所掌していると同時に基盤ソリューション本部も所掌しています。3つある事業本部の2つをみていますが、今日はセキュリティ事業本部の話をしていただきたいと思います。

セキュリティ事業は、1999年にNTTデータ・セキュリティという会社で事業を始めたのが最初の取り組みで、2011年にNTTデータ先端技術と合併し、継承されてきました。NTTデータ先端技術で



山岡正輝セキュリティ事業本部長

は、基盤系のストレージ、ネットワーク、サーバなどをベースとしたビジネス展開をしておりましたが、そこにセキュリティが加わることにより、お客さまに対して新たな付加価値を提供できるかたちとなりました。

事業は、監視・SOC (Security Operation Center)・診断といったソリューション関連、ISMS (Information Security Management System) 取得等に関するコンサルティング関連、インシデント発生後の解析・復旧といったレジリエンス関連の3領域で展開しています。これまでセキュリティというと侵入やウイルス等からの防御が中心でしたが、北米では侵入等は100%防げるものではなく、何らかの侵入等がなされるという前提で、インシデント発生後の復旧等のレジリエンスが注目されるようになってきており、日本でも同様に事業領域も少しずつシフトしてきています。また、当社には優秀なエシカルハッカー（高い倫理観と高度な技術を持つハッカー）が在籍しており、お客さまのネットワークやシステムの脆弱性を発見し、コンサルティングを行う、といったビジネスも展開しています。

### ◆ご苦労されている点を伺えますか。

セキュリティ事業を始めたころは、世の中に（情報）セキュリティという概念そのものが認知されておらず、それに対して投資すること自体も理解されない状況でした。

メディア等で個人情報漏洩等のインシデントが報道されても、自分のところは関係ないという雰囲気もありました。いったんインシデントが発生すると、その対策のために当社のチームが呼ばれることはあるものの、ほとぼりが冷めると忘れ去られ、どこかでインシデントが発生すると再び盛り上がる、といったことの繰り返しでした。もちろんお客さまへセキュリティの重要性を何度も説明してきてはいましたが、なかなかビジネスに結びつくことがなく、事業として難しい領域でした。

2003年に、日本で個人情報保護法が成立・一部施行されたのに伴い、企業にも同法への対応も求められるようになり、こうした社会環境の変化の中でお客さまにおける認知は進んできました。一方、企業における投資の話になるとどうしても費用対効果の話になり、セキュリティ対策は直接的な利益やコスト削減を生み出すものではないため、地味なビジネス展開をせざるを得ない状況はしばらく続いてきました。これは当社だけの話ではなく、同業他社も同様な状況でした。

### ◆今後の展望について教えてください。

これまで当社におけるセキュリティは、プラットフォームやソリューションといった、他のビジネスに付加価値をつけるかたちのビジネス展開が中心でしたが、セキュリティとして単独でのビジネス展開を行う機会も増えてきています。現在当社は、NTTデータグループ向けの仕事がほとんどを占めており、そこから外販ビジネスの割合を大きく増やしていこうという動きにあります。こうした中、独自のサービスやプロダクトを有するセキュリティは、外販ビジネスを推進する立場として大いに期待されている分野であると認識しています。

こうした環境の中、レジリエンス関連については、今後市場がこちらの方向に向いてくることもあり、そこに対応するべく強化を図っていきます。ソリューションについては、シングルサインオン等の認証系のパッケージ商品がすでにあり、そのほかSOC等のサービス・プロダクトもあります。今後はこれらに関するチームを増強し、1つでも多くのオリジナリティのあるプロダクト、サービスを出していきたいと考えています。このようなプロダクトやサービスは、まさに外販としての基盤をなすものです。ISMS系のみならず、脅威の特定・防御に関してもお客さまにコンサルティングをしており、これについては継続してお客さまに外販していきます。

当社のセキュリティ事業については、対策のコンサルティング、脅威の特定・防御に関するコンサルティング・実行、侵入の検知から対応・復旧までのレジリエンス、そしてこれらを下支えする各種プロダクト・サービスに至るまで、フルレンジでお客さまに対応していくことができます。これを活かすよう、営業体制との連携やブランド強化を図りつつ、外販増をめざしていきます。

# NTTデータ先端技術 ア・ラ・カルト

## ■20周年イベント

創立記念日である8月3日は、午後を特別休暇とする制度があり、4~5年前からこれを利用してイベントを行っているそうです。2019年は会社創立20周年を迎えたため、8月23日に祝賀イベントを水天宮の近くにあるロイヤルパークホテルで開催し、総勢約550人が結集し、さまざまなイベントや芸能人を招いて盛り上がりました（写真1~3）。イベントは原則社員の日頃の貢献に対するねぎらい、おもてなしの場であるため、役員の方々には社員のためにいろいろ働いていただくという企画で実施したそうです。



写真1



写真2



写真3

## ■地域との密着

事業活動だけでなく豊かな地域社会づくりに貢献するために、また地元の月島式之部町会に密着した企業となるよう、住吉神社例祭への参加や周辺地域の清掃活動として「中央区クリーンデー」に参加するなど、周辺地域へ溶け込もうと力を入れているそうです（写真4~6）。特にお祭りでは、社員がびしょ濡れになってお神輿を担ぐということで、ついその盛り上がりを想像してしまいました。



写真4



写真5



写真6

## ■職場見学DAY

8月8日にはじめて「職場見学DAY」を開催しました（写真7~8）。社員のご家族を月島オフィスに迎え、プログラミング体験教室や、オフィスのフロア見学を実施したそうです。本イベントを通じて、家族に会社への理解を深めてもらい、社員側からも同僚の家族と顔が見えるコミュニケーションの機会をつくることで、従業員の相互理解ムードを醸成することができたそうです。



写真7



写真8

## 道路路面診断ソリューション ——AI解析技術を用いて道路管理の効率化

NTTフィールドテクノでは、インフラ設備の構築、保全にかかわるノウハウを活かして、社会インフラの維持をテーマに新規ビジネス創出に取り組んできました。今回紹介する道路路面診断ソリューションでは、全国の自治体が抱える大きな課題である、道路の舗装点検にかかるコストと労力に対して、NTTグループの保有するAI（人工知能）技術等を活用し、新たな点検手法を確立することで、低コストで効率的な道路の点検を実現させました。

### 道路インフラと道路舗装点検の現状

高度成長期に集中的に整備された舗装道路は建設後40年以上が経過し、老朽化が進行しています。近年ではトンネル崩落事故や道路陥没事故などが発生していることもあり、道路路面の損傷に起因する事故を未然に防ぐためにも、予防保全型管理の必要性が高まっています。そこで国土交通省は、従来から定期点検が義務付けられていた主要道路以外にも、生活道路における道路の点検、管理を強化する方針を示し、新たな点検要領を策定しました<sup>(1),(2)</sup>。従来の道路点検手法では、自治体の管理している主要道に路面性状測定車を走らせ、「平坦性」「ひび割れ率」「わだち掘れ量」のデータ収集・管理を求めています。しかし、路面性状測定車による点検にかかるコストは非常に高く、新たな点検要領に沿って生活道路を含めたすべての管理道路での点検において、路面性状測定車を走行させることはできません。そのため、日常的に点検ができていない道路

については、住民からの通報やパトロール時の目視点検を行い、修繕対応を実施するケースがほとんどで、予防保全とは程遠い現状となっています。

このような社会課題があるにもかかわらず、道路インフラの維持、点検にかかわる修繕費は1990年代半ばをピークに大きく減少しており、現在では限られた財源の中での計画的なアセットマネジメントが大きな課題となっています。

### 道路路面診断ソリューションの概要

前述の課題から、NTTフィールドテクノでは従来の点検手法とは異なる方法で道路の舗装点検を行い、低コストかつ効率的な点検が可能となる道路路面診断ソリューション（本ソリューション）を開発しました（図1）。

本ソリューションでは路面性状測定車のように高価な機材を用いず、市販のビデオカメラとスマートフォンといった安価な機材を用いて、点検の要する道路を走行し、路面

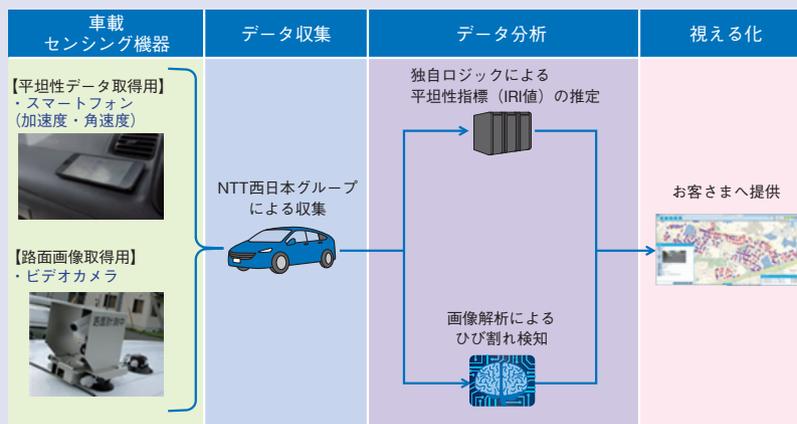


図1 道路路面診断ソリューションの概要

状態の撮影とデータの収集をしています。そこで撮影された道路の動画データは、画像データへ変換したのちにAI(人工知能)解析にかけ、画像データからAIが自動で「ひび割れ個所の判定(図2)」「ひび割れ率の算出」を行います。またスマートフォンの加速度センサから取得された走行データを基に「IRI(International Roughness Index)\*」の算出をしています。このように、AI等のシステムを活用することで、道路の点検にかかるコストの削減と点検業務の効率化、点検結果の平準化を実現しています。また、これらの解析結果を「クラウド地図上に可視化」し、お客さまへ提供することで、お客さまが点検結果を容易に確認することも可能となります。

ここまでの一連の作業をパッケージ化したものを道路路面診断ソリューションとして、NTTフィールドテクノか

らお客さまへ提供しています。

## ひび割れ解析ソリューション

本ソリューションのひび割れ解析手法として、NTTコムウェアの提供するDeepLearning技術を活用した画像認識AIであるDeeptector<sup>®</sup>(ディープテクター)を用いてひび割れ解析を行います。まず、一般車両の車上後方にアクションカメラを取り付け、路面状態の撮影をします。そこで撮影された動画データをNTTコムウェアのAI解析にかけることで、人の目視確認に近いひび割れの検出とひび割れ率の算出がされます(図3)。また、ひび割れ検出結果は、撮影時に取得したGPS情報を用いることで、GIS(Geographic Information System: 地理情報システム)上でも確認することができるため、補修計画や住民通報対応などの道路維持管理業務の効率化も可能となります。

## IRI解析ソリューション

本ソリューションは平坦性解析手法として、東京大学とJIPテクノサイエンス株式会社が提供する「DRIMS<sup>®</sup>(スマートフォンを用いた道路の路面性状把握システム)」を用いてIRIの算出を行います。このDRIMS<sup>®</sup>を搭載した特定の車での測定結果は、土木研究センターの路面性状自動測定装置の性能試験に合格しており、IRIの精度は路面性

\* IRI: 1989年に世界銀行が提案した路面のラフネス指標。路面の平坦性を数値化しています。

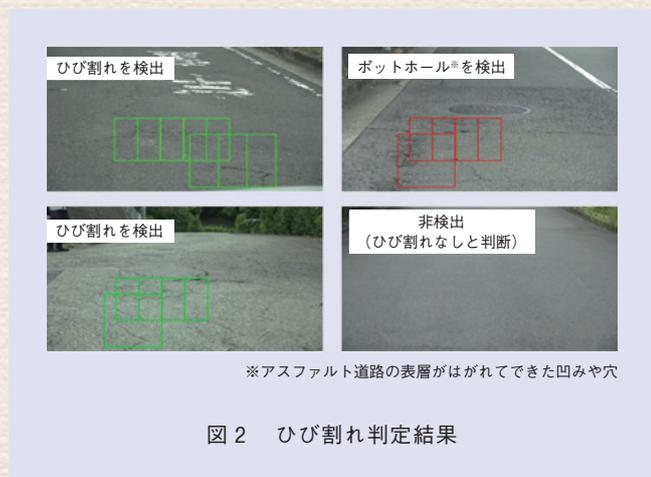


図2 ひび割れ判定結果

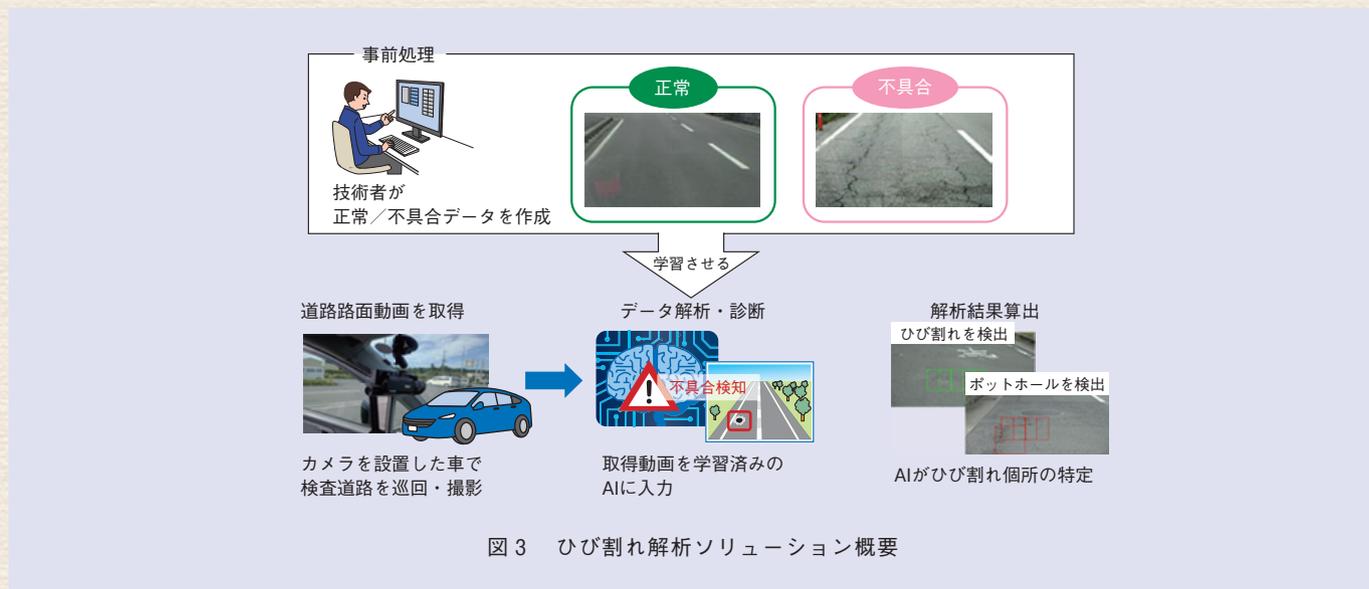


図3 ひび割れ解析ソリューション概要

状測定車と同等といえます。また、事前にキャリブレーション作業を実施することで、車両特性を考慮したデータの算出が可能となるため、車両の制限がなく計測が可能となります。測定方法としては、測定用iOSアプリをインストールしたスマートフォンを車のダッシュボード上へ設置して測定対象となる道路を走行し、スマートフォンに搭載されているセンサデータ（加速度、角速度）からIRIを算出します。また、ひび割れ解析結果と同様に、スマートフォンのGPS情報を用いることでIRI解析結果をGIS上で確認することができます。

このDRIMS<sup>®</sup>は、国土交通省「路面性状を簡易に把握可能な技術」試験において、上位3社の路面性状測定車と同等の評価、スマートフォンを用いた3社中最高評価を受けています。

## 本ソリューションの信頼性の検証

本ソリューションでは、従来の点検手法として使用されている高価な機材を用いず、市販で用意できる安価な機材での点検手法を提供しています。そこで、本ソリューション解析精度を検証するため、従来から路面性状点検を実施

しているアジア航測株式会社へ依頼し、本ソリューションの測定・解析結果とアジア航測の保有する路面性状測定車にて測定・解析結果の比較検証を行いました。測定に関する前提条件として、2つの車両で同じ路線を測定し、片側2車線の場合は外側車線を、片側3車線以上の場合は外から2番目の車線を比較対象路線としています。

### ■ひび割れ解析結果の比較・考察

本ソリューションと路面性状測定車のひび割れ比較方法は、解析結果から算出されたひび割れ率と検出画像を比較対象としました。本ソリューションと路面性状測定車で測定・解析されたひび割れ率の解析の結果は図4となり、グラフから見てもひび割れ率の算出結果は、ほぼ近似しています。グラフの中で大きく乖離している箇所（図4の2200 m付近）を解析画像から比較したところ、本ソリューションのAIでは路面上に映る影を認識し、ひび割れ解析から除外する動作となっているため、影の中にあるひび割れも除外されたかたちで解析結果として算出されています。一方、路面性状測定車では、目視による判読を行っているため影による影響がなく、解析結果として算出されていることから、本ソリューションとの比較ではひび割れ率が低くなり、路面性状測定車との解析結果に乖離が発生

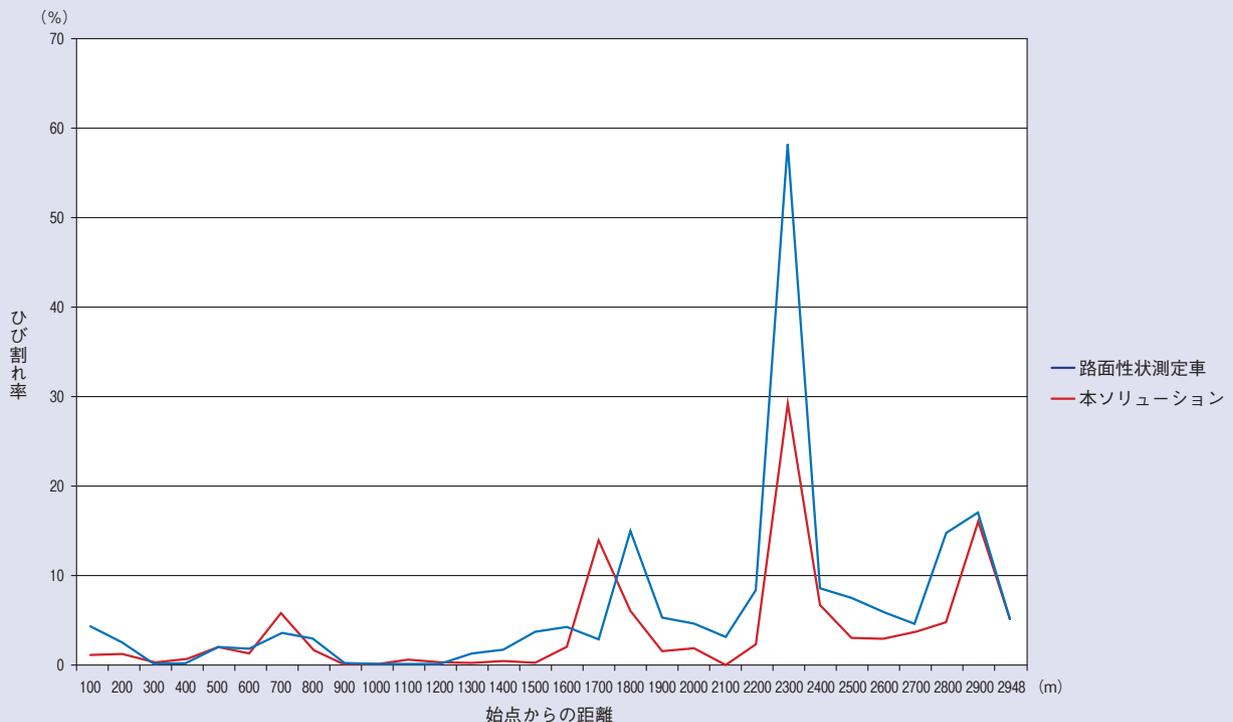


図4 ひび割れ計測データ



図5 本ソリューション IRI解析結果



図6 路面性状測定車 IRI解析結果

したかたちとなりました。しかし、その他の場所では乖離が少なく、簡易機材でも十分なひび割れ解析結果が得られることが検証されています。

### ■IRI解析結果の比較・考察

本ソリューションと路面性状測定車のIRI解析結果としては、走行したデータからKML (Keyhole Markup Language) ファイルを作成し、IRIの数値ごとに色分けした状態でGIS上に可視化することで比較を行いました。また、KMLファイル内のIRI値を参照し、0～2未満の場合は青色、2～4未満の場合は水色、4～7未満の場合は緑色、7～10未満の場合は黄色、10以上の場合は赤色で色分けを行っています。本ソリューションと路面性状測定車を比較した結果、全体的に路面性状測定車の調査結果の数値が大きく算出されました。本ソリューションにおけるIRI解析結果(図5)としては、全体の5割程度で水色、4割程度で緑色、残り1割程度で黄色となりました。対して、路面性状測定車による結果(図6)では、6割程度で緑色、2割程度で黄色、残り1割程度で赤色となりました。解析結果の共通点としては、交差点前や右左折部分で調査結果が悪くなる傾向(図5, 6の○付近)にあるため、局所的に劣化している部分については、本ソリューションでも場所の把握することは可能であると検証されました。

## 総 評

本ソリューションと路面性状測定車の「ひび割れ解析」[IRI]の2つの項目において、比較を行いました。

ひび割れ解析については、影の影響により解析結果に乖離が見られましたが、おおむね路面性状測定車と同等の測定結果を得られることが検証されました。今後、さまざまな気象条件で計測・試行を行うことや、さまざまな種類の

道路舗装に対しても計測・試行を重ね、AIに学習させることでより良い解析結果を得ることができるのではないかと考えています。

IRIについては、多少解析結果に乖離がある個所が見られましたが、ピンポイントでの劣化個所は、本ソリューションと路面性状測定車で一致していることから、本ソリューションでの劣化個所の特定は十分に可能であると考えています。

上記2つの解析結果の比較から、本ソリューションのような簡易機材でも十分な結果が算出されることが検証されたことで、今後の路面点検業務における経済性の効率化や点検結果の平準化にも貢献できるのではないかと考えています。

## 今後の展開

今回、社会インフラの維持をテーマの一例としてNTTフィールドテクノが取り組む道路路面診断ソリューションを紹介しました。今後の展開としては、道路路面診断ソリューションから培ったノウハウを活かし、路面標示や道路標識など、さまざまなインフラ構造物の状況把握や点検の効率化に貢献していく予定です。

### ■参考文献

- (1) <https://www.road.or.jp/event/pdf/201708212.pdf>
- (2) <https://www.road.or.jp/event/pdf/201708211.pdf>

### ◆問い合わせ先

NTTフィールドテクノ

ビジネス推進部 サポートビジネス部門アライアンス担当

TEL 06-6450-6962

FAX 06-6881-5202

E-mail road-info@west.ntt.co.jp

# NTT Research, Inc. 開所式を開催

むらもと あつゆき

村元 厚之

NTT研究企画部門

NTTおよびNTT Research, Inc.は、2019年7月8日に、米国パロアルト近郊にてNTT Research, Inc. の開所式を開催しました。ここでは、本開所式の開催模様を紹介します。

## はじめに

NTT Research, Inc. の開所式では、NTTグループ各社のお客さまをはじめ、世界各国から学術関係者、ビジネスパートナー企業、アナリスト、メディア、米政府関係者など約280名のゲストにご出席いただき、2019年4月1日に設立したNTT Research, Inc. の今後の取り組みや新設した3つの研究所の概要を紹介しました(写真1, 2)。

## NTT代表取締役社長挨拶

澤田純NTT代表取締役社長は、「NTTグループは、“Your Value Partner”をビジョンに掲げ、さまざまなパートナーとの協業を通じて、グローバルにおいて社会的課題の解決をめざしていく。そのために、人材を中核に据え、社員の共有価値としてConnect(つなぐ)、Trust(信頼)、Integrity(誠実)を設定した。One NTTの実現に向けては、4つの取り組み(Full Stack/Advisory, Integrated Solutions IT as a Service, Disruptive Innovation, Next Generation Innovation)を推進しているが、Disruptive Innovationの取り組みの1つとしてNTT Research, Inc.を設立し、世界に変革をもたらす研究開

発を推進するとともに、海外拠点の基礎研究を強化していく。今回のシリコンバレーを機に、今後はミュンヘンやボストン等にも拠点を広げていきたい」と冒頭で述べました(写真3)。

また、「NTTグループは、誰もが意識することなくテクノロジーの恩恵を享受できるような“ナチュラル”な世界をめざしている。その実現のために、低消費電力、高品質・大容量、低遅延という特徴を持つ“オールフォトニクス・ネットワーク”、ヒト・モノのデジタルツインを合成することで新たな価値を創出する“デジタル・ツイン・コンピューティング”、さまざまなICTリソースの中から必要なものを最適に組み合わせ、一元的に設定管理する“コグニティブ・ファウンデーション”



写真1 開所式



写真2 会場の様子



写真3 澤田社長挨拶



写真4 五味社長挨拶

の3要素からなるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を描いている」と次世代の構想にも言及し、大きな拍手の中でプレゼンの幕を閉じました。

### NTT Research, Inc. 代表取締役社長挨拶

五味和洋NTT Research, Inc. 代表取締役社長は、NTT Research, Inc. のビジョンと3つの研究分野について説明しました (写真4)。

「NTTは、グローバルパートナー企業やグローバルな人材と協力し、グローバルな事業展開を急速に拡大しているため、その活動をR&Dの視点からサポートしていく必要がある。その起点はここシリコンバレーだ。NTT Research, Inc. には、すでに米国のトップ研究者がいる。そしてNTT R&Dとして日本の研究成果がある。加えてグローバルパートナー、これらを融合していくことがNTT Research, Inc. のアウトプットになっていく。そして大切なパートナーとより良い世界を共につくるために貢献していきたいと考えている」とNTT Research, Inc. のビジョンについて述べました。

次に、澤田社長の紹介したデジタル・ツイン・コンピューティングを例に挙げ、「その概念を人間に拡張したバイオ・デジタル・ツイン・コ

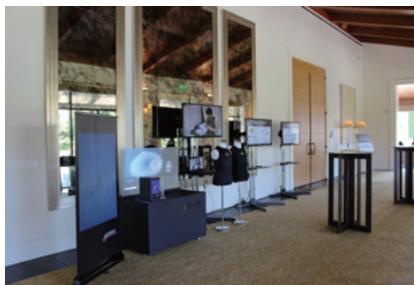


写真5 会場展示の様子

ンピューティングが実現されるとしたら、サイバースペースにある自分の分身が近未来に何が起こるかがシミュレートでき、3週間以内に病気を発症するといったことが見つかるかもしれない。そういった革新を起こすための必要な技術として量子コンピューティング、セキュアコンピューティング、医療情報という領域に着目した」ということを挙げ、今回の3つの研究所の設立の趣旨を話しました。そして量子計算科学研究所の山本喜久所長、暗号情報理論研究所の岡本龍明所長、生体情報処理研究所の友池仁暢所長を紹介しました。

イノベーションポートフォリオとしてNTT Research, Inc. のほかに今回新たに海外に設立した組織の役割を、「NTT Disruptionでは近未来で市場を意識したショーケーシングやデジタルトランスフォーメーションに注力」、「NTT Venture Capitalではスタートアップの投資パートナーを探す」、「NTT Research, Inc. は基礎研究に注力していく」と説明し、最後に「会場の皆様とともに世界はきっと1つになる」というジョン・レノンのImagineの歌詞を引用して、開所式の挨拶を締めくくりました。

### ゲストからのご挨拶・演奏会

スタンフォード大学のKathryn

Moler教授、NASA's Ames Research Centerの Dr.Rupak Bizwas氏の招待講演を行い、NTT Research, Inc. の研究員であるスタンフォード大学教授のRobert L. Byer氏とテキサス大学教授からNTT Research, Inc.へ移籍したBrent Waters氏が講演を行いました。

講演終了後は、バイオリニスト五嶋龍氏に特別演奏を披露いただき、開所式を大いに盛り上げていただきました。また、会場では、NTTの光イジングマシンLASOLV<sup>®</sup>や着るだけで生体情報を計測できるhitoe<sup>®</sup>の展示、暗号情報理論研究所や生体情報処理研究所の取り組みをパネル展示しました (写真5)。そして、歓談の時間では、ゲストの皆様との交流の場として大いに盛り上がりしました。

### おわりに

今回の開所式では、企業や学術関係者の幹部の方々に多数お越しいただき、今後のNTTグループへの多大なる期待を感じました。NTT Research, Inc. ではゲストの方々からいただいた貴重なご意見やご要望にこたえるべく研究開発を加速し、シリコンバレーからグローバル事業とグローバルパートナーを支え、より良い世界を共につくるため貢献していきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT研究企画部門  
R&Dビジョン担当  
TEL 03-6838-5355  
E-mail atsuyuki.muramoto.pt@hco.ntt.co.jp



# インドネシアにおける 光アクセス技術支援

NTT東日本

みやざき まみ ながえ やすゆき  
宮崎 真実 / 長江 靖行  
くまき ゆういち  
熊木 雄一

NTT東日本国際室は、インドネシアPTテレコムとの技術交流や研修受入れ等を通じて、共に通信インフラ品質の向上をめざすことで、通信キャリアとしてのパートナーシップ維持・強化に努めてきました。ここでは、現在、インドネシアで実施しているFTTH (Fiber To The Home) の展開や運用・保守の取り組みを中心に紹介します。

## ● インドネシアにおける現状

世界第4位の人口2億5500万人(2015年インドネシア中央統計局より)、世界第16位の国土面積191万931 km<sup>2</sup>、約1万3000の島々を保有するインドネシアは、近年めざましい経済発展を遂げています。2016年には名目GDP 9323億ドル(2016年世界銀行より)で世界第16位となり、1人当りのGDPは3600ドル(2016年インドネシア中央統計局より)を超えました。首都であるジャカルタでは、高層ビル、工業団地、大規模なショッピングモールの建設が続いています。

## ● インドネシアにおける 通信市場動向

インドネシア、特にジャカルタ市街では、多くの人々がスマートフォンを操作しているのを目にします。特に若者は、SNSやオンラインコンテンツを楽しみ、スマートフォンは生活必需品となっているようです。事実、携帯電話の加入率は約150%であり、国民1人当たり1.5台の携帯電話を持っている計算となります。

一方で、固定ブロードバンド普及率は1.9%にとどまっており、固定ブロードバンドに比べてモバイルブロードバンドが急速に発展したことがデータにも現れています(2016年ITU World Tele-

communication/ICT Indicators Databaseより)。

このような状況の中、2014年9月にインドネシア政府は、「インドネシアブロードバンド計画」を公布し、「都市部では71%の家庭を20 Mbit/s以上、100%のビルを1Gbit/sの固定網でカバーし、1 Mbit/s以上のモバイル・インターネットの人口カバレッジを100%にする。またルーラル地域では、49%の家庭を10 Mbit/s以上の固定網でカバーし、1 Mbit/s以上のモバイル・インターネットの人口カバレッジを52%にする」ということを2019年の目標としました。政府の指針を追い風に、インドネシアの第一通信キャリアであるPT Telkomunikasi Indonesia, Tbk (PTテレコム)でもサービスを本格化し、FTTH (Fiber To The Home) サービスが急速に普及・拡大してきました。

## ● インドネシアにおける光 アクセス支援実施の背景

1995年よりNTTは、インドネシア国通信インフラ整備計画において、PTテレコムを含めたインドネシア現地企業等と設立した合弁会社MGTI社を通して、約40万回線の電話網を設立するプロジェクト〔KSO (Kerja Sama Opearsi) プロジェクト〕を実施しました。1999

年よりNTT東日本が継承し、2004年のプロジェクト終了以降も、築き上げたPTテレコムグループとのリレーションを活かし、さまざまな技術交流や幹部交流等を実施してきました。その後2010年6月にNTT東日本とPTテレコムはFTTHに関する覚書を締結し、より具体的な分野に絞り技術交流を行うことで、さらにパートナーシップを強めてきました。

FTTHサービスの本格化に伴い、PTテレコムグループでは数千人の通信施工技術者を新規に採用し、高い開通目標に向かって若いパワーで一丸となり、取り組む体制を強化しつつ、2016年には年間300万のFTTHサービス新規加入者取得を目標としていましたが、技術力のある監督・作業員がおらず目標達成が困難な状況にあったことから、PTテレコムはいかに早く開通工事を実施できるかを課題にしていました。

一方、成長が期待できるインドネシア市場において新たなビジネスを模索しているNTT東日本、ビジネス拡大をめざす日系通信電線線材会社(フジクラ、古河電気工業、住友電気工業)、ビジネス参入をねらう日系通信建設会社(協和エクシオ)は、単独での参入・拡大の難しさに直面していました。NTT東日本は、リレーションのあったPTテレコム

からの支援要請を受け、各社の強みを活かし日本連合として連携してアプローチすることにより、FTTH開通工事に関するコンサルティングの受注に至りました。

## ● 開通工事コンサルティング

### ■開通工事に関する調査 (STEP1)

まず、日本とインドネシアの開通工事において、どのような点が異なるのか、2週間の調査を実施しました(写真1)。調査対象は「ODP (Optical Distribution Point) から宅内への引き込み～ONT (Optical Network Terminal) の接続まで」とし、その際、開通工事のスピードだけでなく、①効率性、②安全、③品質、④顧客ケア、の4つの観点から比較を行いました。

調査後、現場で起きている実態について工程ごとに具体例を示しながら、「スピード」を優先するだけでなく効率性、安全、品質、顧客ケアを総合的に行うことにより、さらなる改善が図れるのではないかと、幹部に提言を行いました。



写真1 現地ディスカッション

### ■開通工事に関するフィールド

#### トライアルの実施 (STEP2)

次にSTEP1の調査で提示した課題に関して日本ではどのように対処しているのか改善案を提示し、1つのエリアで特別チームを編成し実際に改善方法を適用してみるというトライアルを4週間行いました。その際、日本とインドネシアにおいて、環境、文化、国民性、宗教等、根本的な背景として異なる点も多くあることを十分考慮し、尊重しつつ、インドネシアのフィールドにおいて最善の方法を模索しました。

はじめに器具・工具の配備基準を見直し、必要物品の持参を徹底させるとともに日本で標準的に使用しインドネシアには未導入の新たな器具・工具を試用することで、効果測定を行いました。

次に、すでに全国に標準配備されている作業用梯子等の器具・工具類については、極力変更を避ける方向で検討しつつ、安全や品質面について不足している点を作業フローでカバーできないか、検討を行いました。

最後に、作業員に対して研修を行い、



写真2 机上研修の様子

1つひとつの作業の重要性を丁寧に説明し、安全で品質の高い施工の徹底に努めました(写真2、3)。丁寧に業務を行うことを推奨したため、1つひとつの作業工程単体としては時間をかけることもありましたが、適切な器具・工具を使うことで無駄な作業を省いて作業を容易にすることができ、トータルとして施工時間の短縮化に成功しました。

また4週間の開通工事に同行する中で、バックオーダー(お客さま宅へ訪問したが何らかの問題により開通工事が完了できなかった件)が多いことが判明し、施工面だけでなく業務プロセスにも改善の余地があることが分かりました。

### ■開通工事の改善活動 (STEP3)

STEP3では、約半年間にわたり、1つの局舎の通常の開通工事班と一緒に、①施工、②開通工事ビジネスプロセス、



写真3 昇柱訓練

の2チームに分かれて開通工事改善活動のコンサルティングを行いました。

(1) 施工の改善提案（品質の高い施工を実施）

通常の開通工事を実施するチームメンバー全員に、STEP2で検証した器具・工具、施工方法を習得してもらい、実際の開通工事に適用してもらいました。インドネシア、特にジャカルタ近郊においては交通渋滞が激しく、開通工事班の標準的な移動手段であるバイクでは必要十分な器具・工具・部材等を持ち運ぶことが難しく、それが原因で安全で品質の高い施工の妨げになっていたことから、試験的に小型の自動車を導入し、工事特性によって必要なものを持参できる体制を整えました。

また、施工方式についても新規提案を行いました。インドネシアでは電柱から放射線状に引込線が伸び、他人の所有エリアをまたいで配線されることも多いのですが、日本で一般的な分岐方式を紹介・導入し、施工方式のバリエーションの1つに加えるようにしました。

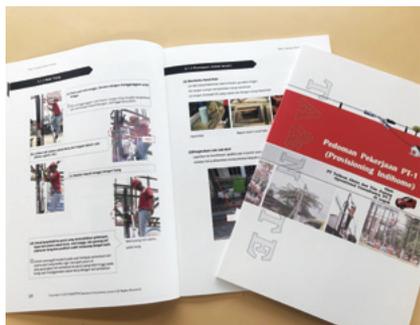


写真4 開通工事ハンドブック

このような情報をインドネシア語のハンドブックとしてまとめ、各作業班に配れるように準備するとともに、PTテレコムグループ社内のオンライン研修教材としてもアップしました（写真4）。

(2) 開通工事ビジネスプロセスの改善提案

STEP2で判明した開通工事のバックオーダーが多いという問題点に対し、まず各業務プロセスを調べ、何がもっともボトルネックになっているのかについて調査を行いました。

バックオーダーの直接的な要因として、主に下記2点が判明しました。

- ① お客さまと連絡が取れない。住所情報が間違っており、お客さま宅へたどり着けない。
- ② ODPの設備予約情報が間違っている。代替のODPへも接続ができない。

これらは、営業との連携の課題、設備情報データベースの課題、システムと其の利用に関する課題等が複合的に関連しており、本プロジェクト内・体制での即時解決は難しいため、事例の共有とその原因分析、改善要望の提示をすることで幹部にも課題感を認識してもらい、長期的な改善の提案を行いました。

当初、本開通工事コンサルを実施するまでは、作業上、目に見えやすい施工の問題点・課題に注目していました。しかし、トータルな「生産性向上」をめざすためには、開通工事ビジネスプロセスの改善を実施することでオーダー処理量が上がリ、収入の拡大につながることで、効率良く品質の高い施工を実施すること

で、開通工事の稼働・費用だけでなく開通後の故障率が減り、保守費用の削減につながることで、両方を意識した改善が必要になります。今回、調査、分析、事例紹介等、NTT東日本の取り組みを通して伝えてきました。

## ● 運用・保守 コンサルティング

光加入者数が急速に増えるにつれ、ネットワーク品質の改善、運用の効率化が、PTテレコムの課題として浮き彫りになってきました。さらなる加入者増に向けて、リテンション強化、お客さま満足度アップのためにサービス品質向上が不可欠となり、また、限られた現場技術者で対応するために、故障修理の件数削減、作業効率化が急務となりました。そこで、NTT東日本はPTテレコムからの要請を受け、2018年に光アクセス運用・保守に関するコンサルティングを実施しました。プロジェクトの内容は、南ジャカルタにある1ビルエリアで、日本での標準手法を基にインドネシアの環境に合ったインドネシア全体の手本となるオペレーションモデルを確立するというものでした。PTテレコムでは、故障率および繰り返し故障の低減、MTTR（平均復旧時間）の短縮化を目標として掲げており、私たちは本プロジェクトを通して故障切り分け、修理作業の改善、故障予防策の提案を実施しました。

### ■故障切り分け、修理作業の改善

特に時間を要していた、「ODPから宅内への引き込み～ONTの接続まで」の故障修理を対象として実際に故障修理班

に同行し、現状の故障修理作業を調査することから始めました。故障切り分け時間短縮のためにOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) の導入を、ドロップ故障の修理効率改善のために中間接続工法を提案し、実際に故障班へ研修を実施し現場に適用することで効果確認を行いました。インドネシアでは、ODP下部はすべてドロップ敷設となり、日本と比較しドロップ区間が長いいため大きな効果が得られました。ドロップ張替え作業については、開通工事と同様の器具、工具、施工方法を提案し、安全作業、基本動作の徹底と合わせて、研修を行い故障班への落とし込みを図りました。最終的にこれらの手順、情報を現場技術者向けのハンドブックにまとめ成果物として提出しました。

#### ■故障予防策の提案

PTテレコムでは、故障発生個所、故障修理方法については各故障班が報告しシステム投入されていましたが、故障発生要因については記録されていませんでした。故障班の所持するスマートフォンで、簡易に登録できるシステムをつくり、さらに詳細ヒアリングを実施することで、故障要因の詳細を把握、分析し、故障予防策を検討しました。南ジャカルタでは、ONT機器故障以外に、鼠、蟻、鼠糸によるドロップケーブルの断線、ODPの閉め忘れによる劣化等が多く発生していることが分かり、それぞれに予防策を検討し、故障修理の際に再発防止対策を施すことにしました。また、併せて開通班、故障修理班が開いているODPを見かけたら閉める活動を実施す

ることで、故障低減に努めました。成果物として故障要因分析結果、故障予防策について報告するだけでなく、もっとも大事なことは、個々の予防策ではなく、故障要因を把握、分析し、それに対する予防策を打つサイクルを定着させることであると提言し続けました。

両コンサル活動の成果がPTテレコム幹部に認められ、2019年よりNTT東日本が提案した開通工事工法、故障切り分け・修理手法について、インドネシア全国へ展開していくことになりました。

### ● 今後の活動

現在、NTT東日本国際室は、PTテレコムがコンサルの成果を全国展開する支援を実施しています。すでに、全国の各地域から研修講師となるメンバを招集して、開通工事および故障修理について、座学、実技、OJTの研修を1カ月実施しました。今後も、彼らが各地域で実施する研修の支援を行っていく予定です。併せて、FTTHにおけるPTテレコムグループとの新たな事業連携を模索し、今後もインドネシアの光展開に資する活動を継続していきたいと考えています。



(左から) 宮崎 真実/ 長江 靖行/  
熊本 雄一

成長著しい国々では、今後ますますFTTH整備が加速します。これらの国々には日本の高い品質と技術が必要であり、今、日本連合（通信キャリア、通信電線線材会社、通信建設会社）で当該国への貢献とビジネスで切り込んでいくための大事な時期にきていると感じています。

#### ◆問い合わせ先

NTT東日本  
デジタル革新本部 国際室  
TEL 03-5359-8662  
FAX 03-5359-1208  
E-mail kokusai@east.ntt.co.jp



# ASTAP-31およびAPT WTSA-20 準備会合報告

あらかのりゆき<sup>†1</sup> いわた ひでゆき<sup>†2</sup>

荒木 則幸 / 岩田 秀行

NTTアクセスサービスシステム研究所<sup>†1</sup> / NTT研究企画部門<sup>†2</sup>

APT (Asia Pacific Telecommunity) におけるICT分野の標準化活動の強化、地域として国際標準の策定に貢献することを目的としたASTAP (APT Standardization Program) の第31回総会 (ASTAP-31) が2019年6月に東京で開催されました。ここではASTAP-31の結果報告、および2020年に予定されているWTSA (World Telecommunication Standardization Assembly) の第1回APT準備会合の状況を報告します。

## 第31回ASTAP会合

APT (Asia Pacific Telecommunity) はアジア・太平洋地域でのICT分野の開発を促進している国際機関であり、1979年に設立され、アジア・太平洋地域の38カ国が加盟しています。

ASTAP (APT Standardization Program) はAPTにおいて標準化活動を推進している会議であり、約10カ月ごとに総会を開催しています。今回の第31回ASTAP会合 (ASTAP-31) は、アジア主要国との連携強化や日本の意向を反映した提案内容の調整を図るため、総務省およびNTT等の協賛企業の支援により、2019年6月に東京 (秋葉原) で開催されました。会合には20カ国から108名が参加し、オープニングではAPT事務局長のAreewan氏、ホスト国を代表して佐藤ゆかり総務省副大臣からスピーチをいただきました (図1)。

## 第1回APT WTSA-20 準備会合

ASTAP-31と併催して、WTSA (World Telecommunication Standardization Assembly) -20に向けたAPTの準備会合であるAPT WTSA-20準備会合 (APT準備会合) が開催されました。WTSA-20はITU-Tの全体総会であり、2021～2024年までの会期のITU-Tにおける研究体制および各Study Groupの議長・副議長のポスト、AI (人工知能) やIoT (Internet of Things) 等の最新技術に関する研究テーマ等を決定する重要な会合です。WTSAの審議は、世界の地域を6つ (アジア、北南米、欧州、ロシア、アラブ、アフリカ) に区分し、各地域単位で共同提案を持ち

合うことで合意形成の効率化を図っているため、APT準備会合はWTSA-20に向けた対処方針を審議するうえで非常に重要です。例えば、日本の提案を反映しようとした場合、アジア・太平洋地域としてAPTの共同提案とすることにより、他地域と地域レベルでの交渉が可能となります。

今回は、WTSA-20に向けた第1回目の会合であり、APT準備会合の議長、副議長等の会合運営の役職者の選出と検討体制の承認が行われました。表1にAPT準備会合の新体制を示します。APT準備会合の議長にはTTC (Telecommunication Technology Committee: 情報通信技術委員会) の前田洋一専務理事が選出されました。またITU-T作業方法 (WG1)、ITU-T



図1 オープニング会場



表1 APT WTSA-20準備会合の新体制

組織・WG	議長	副議長
APT WTSA-20 準備会合	前田 洋一 (日本・TTC)	Dr. Hyoung Jun Kim (韓国) Mr. Xu Heyuan (中国) Mr. Arvind Chawla (インド)
WG1: ITU-T 作業方法	Dr. Kangchan Lee (韓国)	永沼 美保 (日本・NEC)
WG2: ITU-T 組織構成	荒木 則幸 (日本・NTT)	Mr. Nguyen Van Khoa (ベトナム) Mr. P. K. Singh (インド) 予定 (韓国) 予定 (中国)
WG3: 規制・政策と標準化関連事項	Dr. Cao Jiguang (中国)	本堂 恵利子 (日本・KDDI) Ms. Arezu Orojlu (イラン) Mr. Premijit Lal (インド) Ms. Nguyen Thi Khanh Thuan (ベトナム)

表2 インダストリーワークショップのプログラム

オープニングリマーク: Ms. Yuki Naruse (NICT, Japan) Workshop Program Committee Member
Part I: Disaster Response Chair: Dr. Seungyun Lee, ETRI, Republic of Korea
<ul style="list-style-type: none"> <li>●Development of unmanned Aerial Vehicle Sensor-based Smart Eye Technology for Local Disaster Monitoring and Situational Response by Dr. Yong-Tae Lee, ETRI, Republic of Korea</li> <li>●About V2X that Utilized Route Bus in Kobe by Mr. Yasuo Oishi, Honda Motor Co., Ltd., Japan</li> <li>●Disaster Resilient Communications and Information Systems using the New V-Hub Standard by Prof. Gregory L. Tangonan, Ateneo de Manila University, Philippines</li> </ul>
Part II: Smart Cities and IoT Chair: Mr. Kaoru Kenyoshi, NICT, Japan
<ul style="list-style-type: none"> <li>●Smart City and IoT Projects of ASEAN IVO by Dr. Hiroshi Emoto, NICT, Japan</li> <li>●NEC's Smart City Solutions Employed in APT Member Countries by Dr. Toru Yamada, NEC Corporation, Japan</li> <li>●Tuberculosis Laboratory Data System in Myanmar by Dr. Ikuma Nozaki, Bureau of International Health Cooperation, National Center for Global Health and Medicine, Japan</li> <li>●5G Internet of Vehicle Outlook and Practice by Dr. Chen Xiao, ZTE Corporation, People's Republic of China</li> </ul>

組織構成 (WG2), 規制・政策と標準化関連事項 (WG3) について検討する3つのWG (Working Group) が設立されました。実効的な会合での議論を推進するWG議長と副議長に日本から3名が選任され、日本として意向の反映に向けた強力な支援体制が構築できたと考えられます。今後、ITU-TのTSAG (Telecommunication Standardization Advisory Group) などの議論動向を踏まえ、APTにおける共同提案の合意に向けた議論が進められる予定です。



会合初日の午後、インダストリーワークショップが開催されました。前半は災害対応ICT、後半はスマートシティおよびIoTに関するテーマで4カ国、7名による講演が行われました。インダストリーワークショップのプログラムを表2に示します。本ワークショップのレポートとして、関連するASTAPのEG (Expert Group) における将来の有望な検討項目が報告されました。



ASTAPの構成とそれぞれの役職者を図2に示します。ASTAPは11のEGと技術分野ごとにEGを取りまとめる3つのWGで構成されます。実質的な技術審議は各EGで行われ、各EGからの成果文書はWGで承認を得た後、ASTAP総会にて最終審議が行われる仕組みとなっており、各会合レベルで効率的な議論が行える構成となっています。

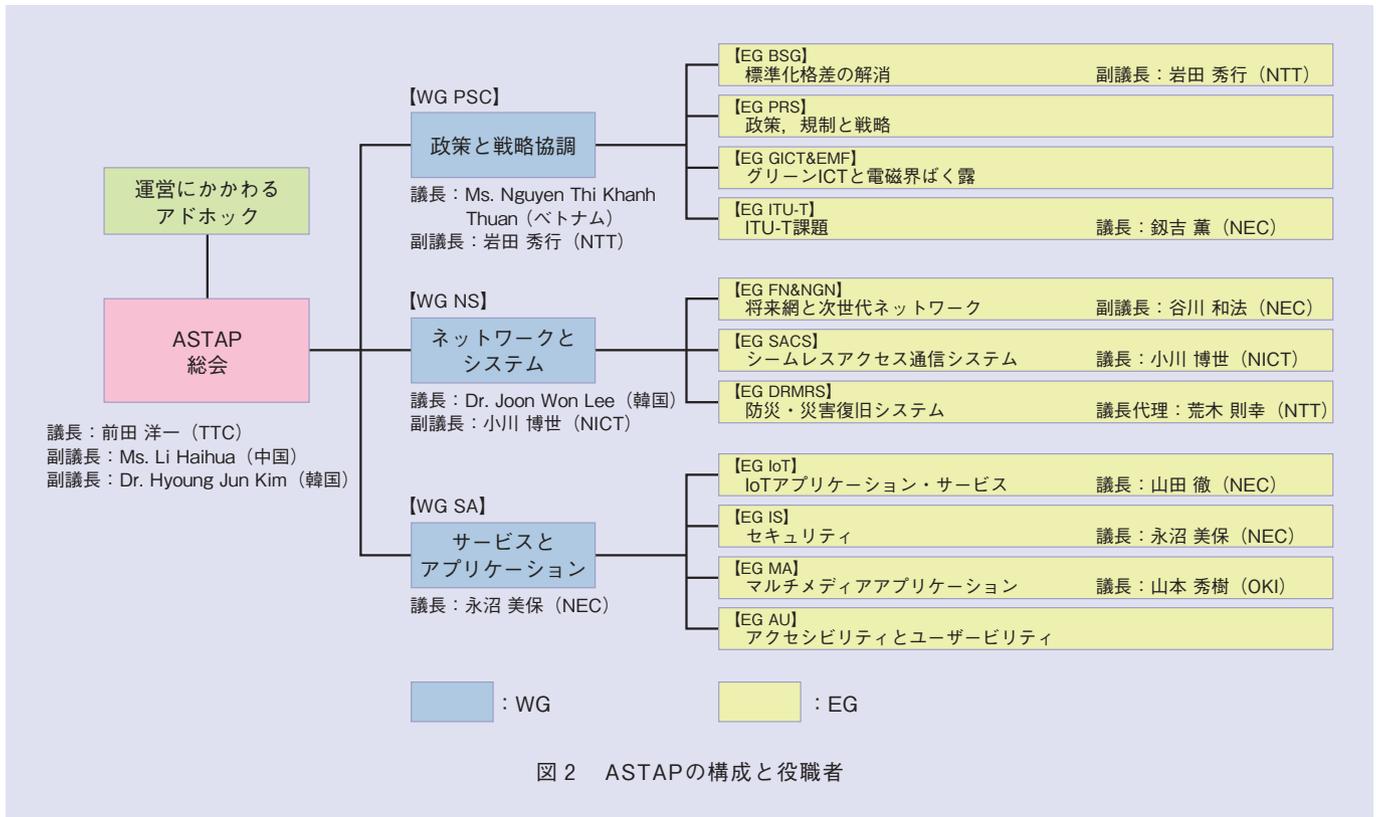


図2 ASTAPの構成と役職者

## 主な審議結果

今回のASTAP総会では、11件のAPTレポート、1件のガイドライン文書、4件の調査質問状、3件の他標準化団体へのリエゾン文書が承認されました。主な出力文書を表3に示します。

EG-DRMRS (防災・災害復旧システム) のセッションでは、NTTからの提案により検討が進められていた可搬型緊急通信システムのユースケースに関する技術文書の審議が進められ、熊本地震での可搬型ICTリソースユニット (MDRU: Movable and Deployable ICT Resource Units)<sup>(1)</sup> の適用例が盛り込まれたほか、中国およびフィリピンの緊急通信システムの事例、ITU等の他標準化団体における災害対応ICT関連技術・通信サービスの標準化状況を追加して、APTレポートとして承認されました (図3)。今後、アジア・

太平洋地域においてMDRU等の可搬型緊急通信システムの活用が広がることが期待されます。

また、前回のASTAP-30総会においてAPT勧告化プロセスにかけることが承認された「災害時における車両を使用した情報通信システム」〔Information and Communication System using Vehicle during Disaster (V-HUB)〕については、勧告化に必要な条件〔加盟国の25% (10カ国) 以上の賛成かつ2カ国以上の反対がないこと〕を満たし、2018年10月に開催された第41回APT管理委員会にて、APT勧告として承認されたことが報告されました。

EG ITU-T (ITU-T課題) のセッションでは、開発途上国を含むAPT加盟国に向けてITU-Tの各SGにおける最新の標準化トピックや技術動向および審議状況の報告・情報共有が行われています。今回はITU-Tの全SGからプレゼンテーションが行われ、WTSA-

20での審議に向けて、APT加盟国間で各SGの現状把握、新規課題等について情報共有することができました。

## 今後の予定と課題

ASTAPはAPTにおける標準化活動を推進している会議であり、日本からもASTAP議長を輩出するとともに、WGや多くのEGの役職者を務めています。NTTおよび日本からの参加者は、技術文書の審議においても主導的な役割を果たしており、APT諸国における主要国として、日本に対する期待・信頼は極めて大きいと考えられます。WTSA-20のような大規模な国際標準化会議の場では、各国単独ではなく地域としての提案が重要視されることが多く、日頃からAPT地域でのプレゼンスを示し、APTメンバとの連携を深めておくことが重要であり、ITU-Tに対しては、APT準備会合だけでなくASTAPもそのための貴重な



表3 ASTAP-31総会で承認された主な出力文書

WG	文書タイトル
WG PSC	Handbook to Introduce ICT Solutions for the Community in Rural Areas
	Report on Regulatory Matter and Implementation Practices of Quality of Experience in Mobile Communications
	APT report on efforts to Green Data centers in the ICT/telecommunications sector in the APT member countries
	APT/ASTAP report EMF information platform
	Asia-pacific regional activities on human exposure to EMF (Ed.1)
	Questionnaire to collect data on the Measurement Scenarios and Sampling Methodologies to asses Quality of Popular Mobile Services
	Questionnaire on Compliance Label of Communication Devices
	Questionnaire for requirements on ICT standardizations
	Liaison statement to SG11 to share information on combating counterfeit and stolen mobile
	WG NS
Draft new APT Report on Field Trial of Wireless Access WDM-PON Deployment based on Radio over Fiber Technology	
Draft new APT Report on Power over Fiber System for Radio over Fiber Network	
Draft new APT Report on Broadband Railway Communication Systems using Radio over Fiber Technologies	
Draft new APT Report on Description of Radio over Fiber Technologies for Seamless Access Communication Systems	
Draft liaison statement to ITU-T SG15	
WG SA	The Security Guideline: Guidelines for Secure Use of IT Devices and Services (Version 2)
	APT Report "Harmonization of S2ST Standardization"
	Draft Questionnaire for Traffic Accident Record and its Analysis Method's Guidelines in Asia-Pacific Region
	Liaison Statement to TU-T SG16 Q21and Q24 and ISO/IEC JTC1 SC35/WG5: Approval of APT report "Harmonization of S2ST (Speech-to-Speech Translation) Standardization"

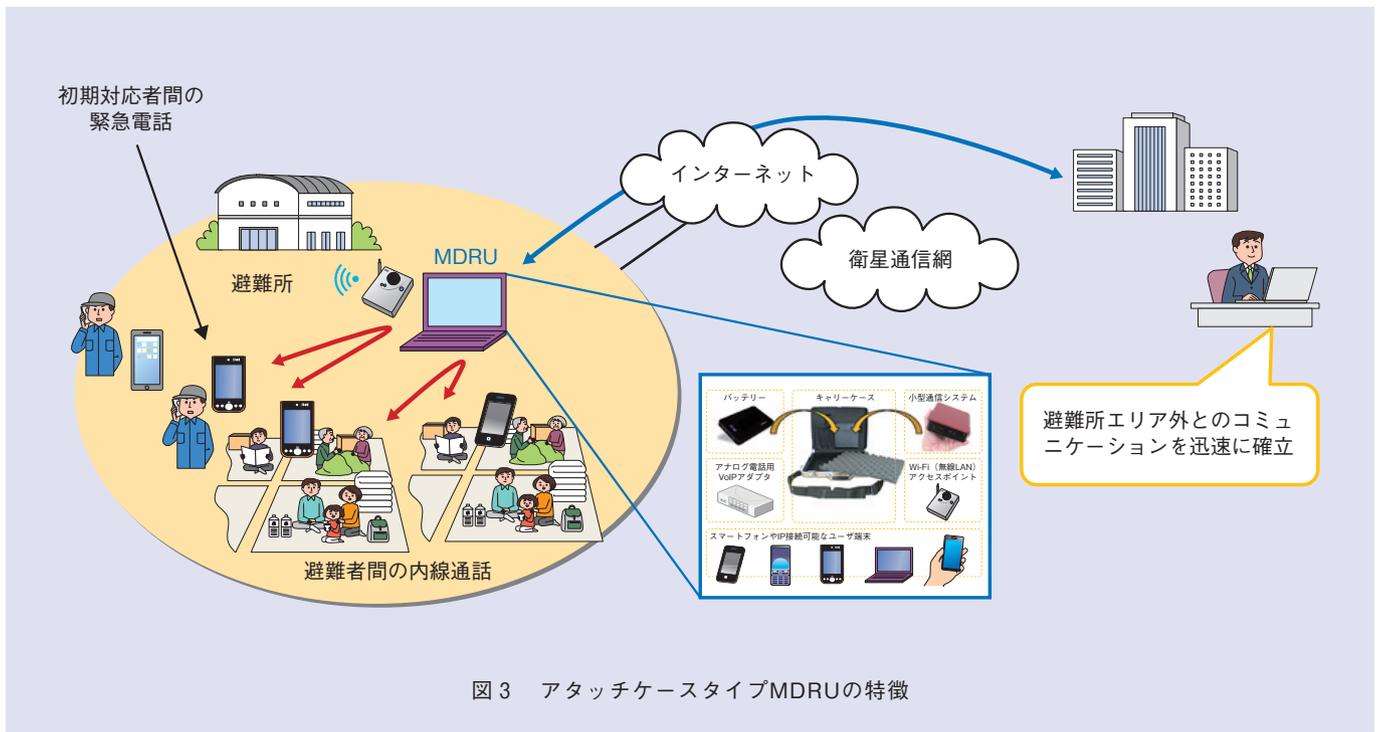


図3 アタッチケースタイプMDRUの特徴

場となると考えられます。次回の APT準備会合は2020年2月もしくは3月に、第32回ASTAP総会は2020年

5月もしくは6月に開催される予定です。

■参考文献

- (1) 坂野・小田部・小向：“移動式ICTユニット方式の全体概要,” NTT技術ジャーナル, Vol.27, No.3, pp.12-16, 2015.

## 地下メタルケーブル保守稼働削減に向けた「圧力発信器チェッカー」の開発

道路などの地下に敷設されている地下メタルケーブルには、メタル心線の電気的特性を良好な状態で保てるように乾燥空気が供給され、複数個所に設置された圧力発信器で供給区間の状態（乾燥空気の圧力）を遠隔で把握しています。しかし、圧力発信器の故障が疑われる場合であっても、その正常性を遠隔にて確認することが困難な状況でした。そこで今回、NTT東日本技術協力センターでは、圧力発信器の正常性判断を遠隔で行える「圧力発信器チェッカー」を開発しましたので紹介します。

### 地下メタルケーブルへの浸水防止

地下メタルケーブル（ケーブル）は、クロージャと呼ばれる接続かん内で接続され、管路やマンホールなどの地下設備の中に敷設されています。地下設備では、雨水などが溜まることがあり、ケーブルやクロージャが水の中に置かれることがあります。その際、ケーブルやクロージャへ水が浸入すると、ケーブル内のメタル心線の電気的特性が劣化し、通信サービスに影響を与えることになります。そのため、ケーブルやクロージャが浸水しないように、ケーブルへ乾燥空気（ガス）を供給し水の浸入を防いでいます。ケーブルへ供給しているガスやケーブル内のガス封入状況を、ガス圧遠隔監視システムにより常時ケーブル内のガス圧力を遠隔にて監視を行い、地下メタルケーブルへの浸水を未然に防いでいます。

### 圧力発信器の役割

ガス圧遠隔監視システム（システム）では、ケーブル内のガス圧を遠隔で監視するために圧力発信器を用いています。ケーブルごとに複数の圧力発信器が接続点となるクロージャに設置されており、それぞれの圧力発信器は設置個所のガス圧を定期的にシステム側へ送信する重要な役割を担っています（図1）。

システムには、すべての圧力発信器の設置位置が事前に登録されています。ケーブル区間においてガス漏洩が発生した場合、圧力発信器からの圧力値と設置位置からケーブルのガス圧力分布図を作成することで、ガス漏洩個所の位置（距離）の推定が行えます（図2）。これにより、現地で漏洩個所の探索作業の範囲を絞り込むことができ、効率的な保守作業を行うことができます。

現在、実設備では2号、3号、4号の3種類（図3）が運用されています。

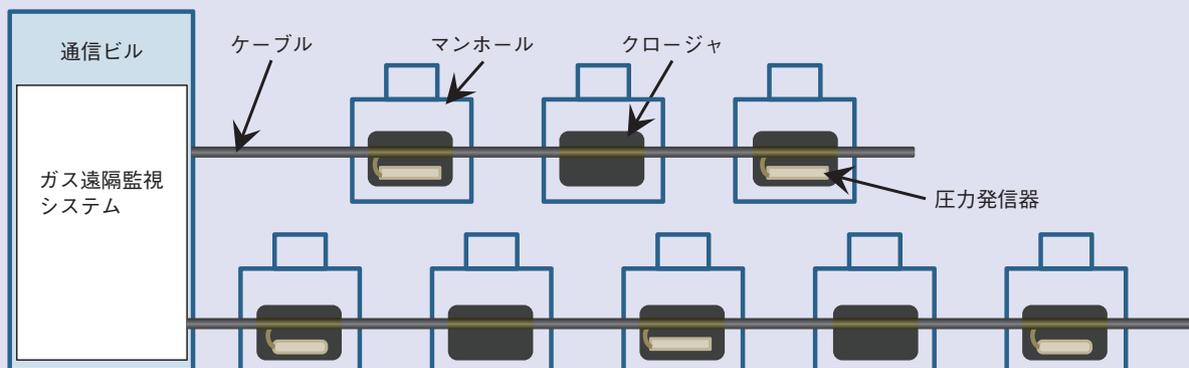


図1 設備構成

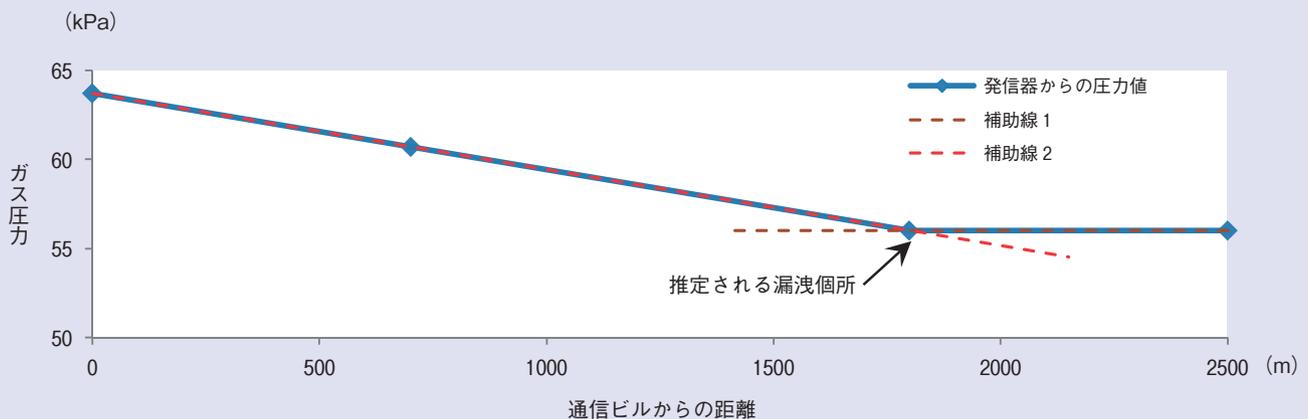


図2 正常な圧力発信器によるガス圧力分布 (イメージ図)

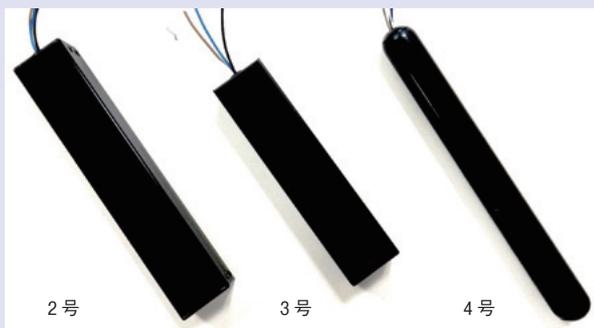


図3 圧力発信器 (外観)

### 圧力発信器が不良となった場合の問題

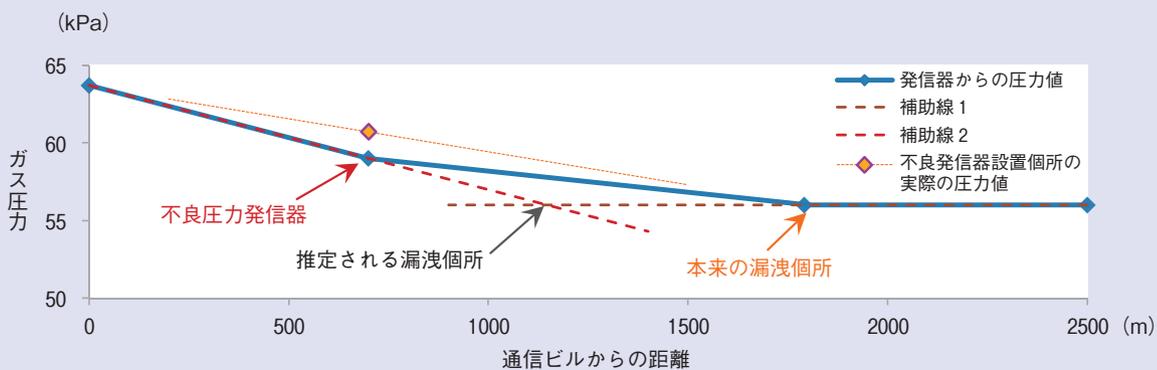
実際にガスの漏洩が生じた現場では、ガス圧力の分布から漏洩箇所を推定し探索を行います。その際、推定箇所近辺での漏洩点を確認できず、推定箇所から大きく外れた場所で確認されることが、時々報告されています。

漏洩箇所が推定箇所より大きく外れる可能性として、①同一ケーブルにおいて漏洩箇所が複数存在する、②圧

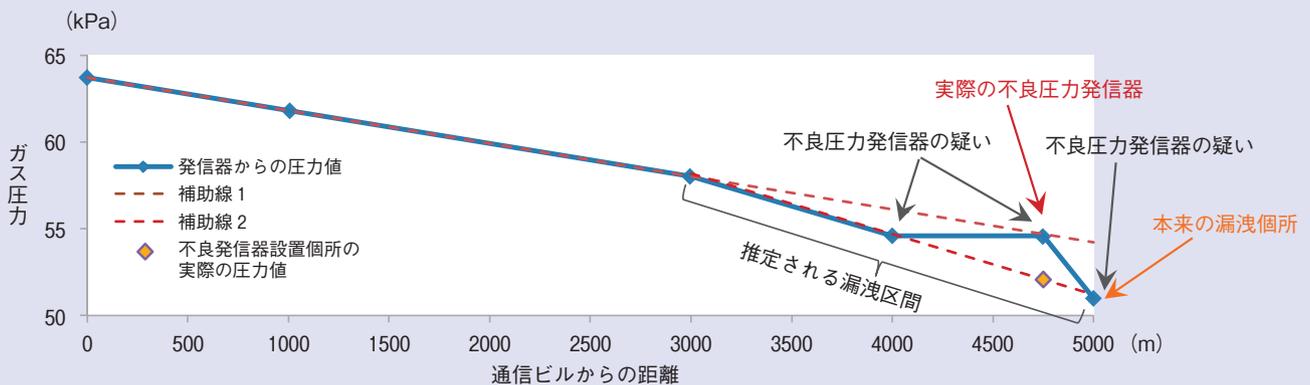
力発信器が不良となり正確な値をシステムが受信できていない、ことが考えられます。漏洩箇所を推定し探索する場合、①のケースでは複雑なガス圧力分布図となるため推定が困難ですが、複雑な圧力分布図をさまざまな観点で解析することにより、推定箇所を絞り込むことが可能です。しかし、②のケースでは、誤った情報を含む圧力分布図になるため、解析しても正確な漏洩箇所を絞り込むことが極めて困難になります。

例えば、本来より低い圧力値を受信している場合 (図4 (a)) では、実際の漏洩箇所とは異なった箇所が推定され、それを基に探索することになります。また、本来より高い圧力値が受信されている場合 (図4 (b)) では、真の漏洩箇所を絞り込むのが極めて困難になり、推定される漏洩区間が広範囲となります。

こういった場合、複数のマンホール内に入って実際の圧力値を測定し、本来の圧力値を確認し、その測定値を基にガス圧力分布図を作成して漏洩箇所の推定を行うこととなります。しかし、交通量などの関係で容易にマンホールを空けられなかったり、マンホールに入るために水抜きや換気作業など多くの稼働が発生することや、道路上で



(a) 本来より低い圧力値を返した場合



(b) 本来より高い圧力値を返した場合

図4 ガス圧力分布 (イメージ図)

の作業が多くなることから危険が伴うことになります。

### 不良な圧力発信器を特定するための課題

圧力発信器が不良となった状況で早期に漏洩箇所を推定するには、不良となった圧力発信器を特定し、①取替えを行う、②圧力分布図から圧力値を除外する、方法が考えられます。①②ともに不良となった圧力発信器を早期に特定することが重要になります。しかし、不良な圧力発信器を特定するには、圧力発信器が設置されている

複数のマンホールに入り、直接圧力値を測定する方法しかないのが現在の状況です。

そこで、誤った圧力分布図に惑わされ、漏洩箇所の探索に多くの稼働が費やされないようにするため、複数のマンホールにて測定することなく早期に不良な圧力発信器を特定することが課題になります。

### 課題を解消するツールの開発

3種類の圧力発信器の動作状況などの分析を行ったと



図5 圧力発信器チェッカー



図6 測定結果（良否判定・号数判別）

ころ、各号ごとに動作時の消費電流値が異なり、さらに正常と不良時において消費電流値が異なることが分かりました。そこで、今回、この特性を活用した圧力発信器の良否判定機能を有する圧力発信器チェッカーを開発しました（図5）。

本チェッカーを用いた圧力発信器の良・不良の確認

は、通信ビルから行うことができます。通信ビルにて、良否判定を行いたい圧力発信器が収容されているケーブルの心線に接続し測定を行うことで、該当ケーブルに収容されているすべての圧力発信器の良否判定が行えます（図6）。また、通信ビルから測定が可能のため、複数のマンホールに入ることなく、遠隔で不良となった圧力発信器を見つけることができます。

本チェッカーを用いることで、遠隔にて早期に不良な圧力発信器の特定を行うことができ、確実性が高い漏洩個所の推定を行うことができます。

### 今後の展望

ここでは、地下メタルケーブルの複数個所に設置されている圧力発信器に対し、遠隔で正常性確認が行える「圧力発信器チェッカー」について紹介しました。今後、圧力発信器異常と思われる実設備のケーブル区間においてトライアルを実施し、判定精度の向上を図っていきます。

また、メタルケーブルでは、長年利用してきた設備を限られたリソースで維持するために、さらなる知恵と工夫が求められています。技術協力センターでは、55年以上にわたり技術協力活動を行ってきました。これまでに蓄積された知識と経験を基に、引き続きアクセス設備の信頼性向上や故障の早期解決、および保守コスト低減に向けた取り組みを進めていきます。

### ◆問い合わせ先

NTT東日本  
 ネットワーク事業推進本部 サービス運営部  
 技術協力センター アクセス技術担当  
 TEL 03-5480-3701  
 FAX 03-5713-9125  
 E-mail gikyo-ml@east.ntt.co.jp

## 光を用いたコヒーレントイジングマシンと超伝導量子ビットを用いた量子アニーリングマシンの計算性能を実験で比較

NTTは、情報・システム研究機構国立情報学研究所(NII)と共同で、縮退光パラメトリック発振器のネットワークを用いて組合せ最適化問題の解を高速に探索する情報処理の新技术「コヒーレントイジングマシン」の特性を評価する実験を行い、コヒーレントイジングマシンの持つ柔軟なノード間接続の仕組みが、複雑なグラフ構造の問題を高い正答率で解くうえで重要な役割を果たしていることを明らかにしました。

本研究では、NTT物性科学基礎研究所および米国スタンフォード大学に設置されているコヒーレントイジングマシンと、米国NASA エイムズ研究センタに設置されている量子アニーリングマシンを用いて、さまざまな辺密度を持ったグラフに対する最大カット問題の正答率評価を行いました。その結果、辺密度の高いグラフにおける解探索に対して、コヒーレントイジングマシンが量子アニーリングマシンを上回る正答率を示すことが実験で確認されました。この研究成果は、コヒーレントイジングマシンに実装されている測定・フィードバック法と呼ばれる仕組みが、多数の縮退光パラメトリック発振器の間に複雑なネットワーク構造を実装する基盤技術とし

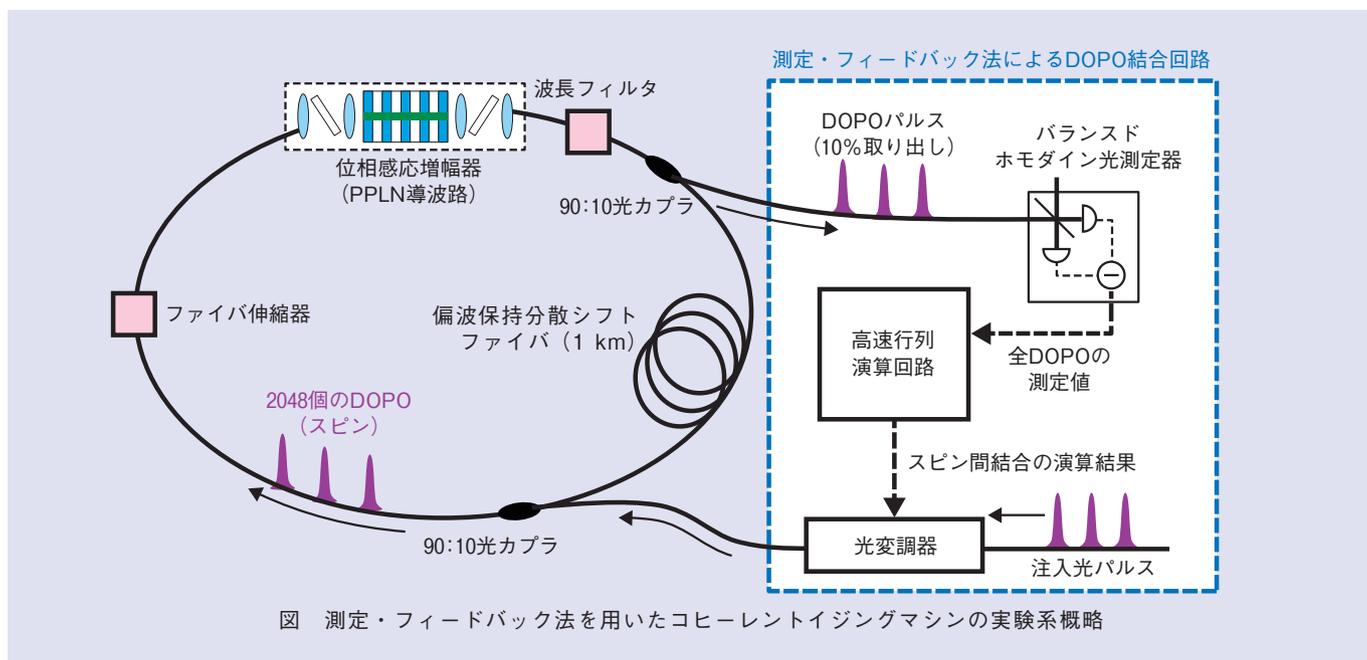
て有用であることを示すものであり、より大規模な組合せ最適化問題を高速に解くイジング型計算機の実現に寄与することが期待されます(図)。

なお、本研究開発は内閣府 総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の山本喜久プログラム・マネージャーの研究開発プログラムの一環として行われました。

### ■研究の内容

今回、異なる方式のイジング型計算機の計算性能の比較実験を実施しました。NTT物性科学基礎研究所と米国スタンフォード大学のそれぞれに設置されているコヒーレントイジングマシンと、米国NASA エイムズ研究所に設置されている超伝導量子ビットを用いた量子アニーリングマシンを用いて、組合せ最適化問題の1つである最大カット問題における正答率の評価実験を行いました。

さまざまな構造のグラフ問題を解いた結果、ノード間の辺密度の低いグラフに対しては、量子アニーリングマシンがコヒーレントイジングマシンを上回る正答率を示



しました。一方で、グラフの辺密度が高くなるにつれ、量子アニーリングマシンの正答率は低下していき、50ノード、辺密度50%のグラフに対しての正答率はおよそ0.001%となりました。これは、本研究で用いた量子アニーリングマシンでは、超伝導量子ビット間の最大結合数に制限があり、キメラグラフと呼ばれる特殊なグラフ構造に問題を変換して解く必要があるため、正答率が低下していると考えられます。この辺密度増大に伴う計算性能の低下は、超伝導量子ビット間の最大結合数を増加することで今後緩和されていくと考えられています。

これに対して、コヒーレントイジングマシンでは、測定・フィードバック法を用いることですべてのDOPO間に相互結合を実装することが可能であり、どのような構造のグラフもそのままのかたちで問題を解くことが可能です。そのため、グラフの辺密度によってコヒーレントイジングマシンの計算性能が大きく低下することはなく、50ノードの辺密度の高いグラフに対しても数10%程度の高い正答率で最大カット問題の解探索に成功し、量子アニーリングマシンを上回る計算性能を示すことが確認されました。

この研究成果は、物理システムを利用した大規模なイジング型計算機を実現するうえで、ノード間の複雑なネットワーク構造をいかに柔軟に実現するかが、その計算性能を大きく左右することを示しています。今後、コヒーレントイジングマシンに実装されている測定・

フィードバック法が、多数のDOPO間に複雑なネットワーク構造を実装する基盤技術として、より大規模な組合せ最適化問題を高速に解くイジング型計算機の実現に寄与することが期待されます。

#### ■今後の展開

今回の特性評価実験で解いた最大カット問題は、最適解探索の正答率を比較するために、デジタル計算機でも高速に最適解が探索可能な数10～数100ノードの小規模なグラフを対象としています。GPUやFPGA等のデジタル計算機上でのアルゴリズムも日々進化を続けており、組合せ最適化問題に対しても高い計算性能を発揮しています。今後、コヒーレントイジングマシンをはじめ、イジングモデルに基づいた新しい原理の計算機が、これらデジタル計算機に対して有用性を示すためには、数1000～数万ノード以上の大規模なグラフ問題を高速に解くことが重要になると想定されます。NTTにおいても、さらに大規模なコヒーレントイジングマシンを開発し、組合せ最適化問題の高速な解探索に取り組んでいきます。

#### ◆問い合わせ先

NTT先端技術総合研究所

広報担当

TEL 046-240-5157

E-mail science\_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1905/190525a.html>

## 自然現象を用いた新しい知的情報処理に向けて

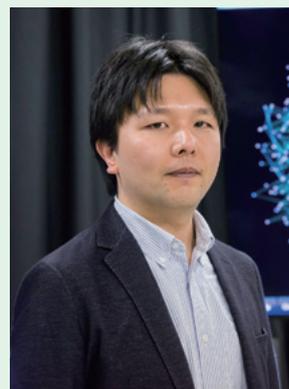
稲垣 卓弘

NTT物性科学基礎研究所  
特別研究員

私がコヒーレントイジングマシンの研究に参加した理由は、現在のデジタル計算機とは異なる仕組みで動作する新しい情報処理のプラットフォームにとっても魅力を感じたからです。近年、生物のように周辺環境に対して自律的に適応できる知的情報処理の研究が盛んに行われていますが、従来のデジタル計算機上のアルゴリズム開発に加えて、今後はさまざまな物理システムに生じる自然現象を上手に利用した情報処理手法の創出が1つの鍵になるのではないかと考えています。

本研究の縮退光パラメトリック発振器のネットワークは、個々の発振器の光位相がネットワーク全体の損失が少なくなるような組合せに自然と収束していく性質を持っています。この自然現象の性質を組合せ最適化問題の解探索に活用したものが私たちのコヒーレントイジングマシンです。一方で、今回比較をした量子アニーリングマシンは、ネットワーク化された超伝導量子ビットに生じる量子効果を用いることで組合せ最適化問題を解く仕組みになっています。今回の研究結果のように、基盤になる物理システムの違いによって解ける問題構造に得手と不得手があることが分かりましたが、それぞれが自然現象を利用した非常にユニークな情報処理のプラットフォームとして動き始めています。今回紹介した2つのほかにも、応用できる物理システムはまだたくさんあるはずなので、今後も新しい情報処理のアイデアを模索していきたいと思えます。

研究者  
紹介



## 世界でもっとも広い241ギガヘルツの帯域を有する増幅器ICを実現

NTTは、高精度な回路設計手法と、広帯域化を図る新しい回路アーキテクチャにより、世界でもっとも広い241 GHzの帯域を有する増幅器ICの実現に成功しました。

増幅器ICは汎用性の高い基本素子であり、光通信、無線通信、計測器、レーダ・イメージング等さまざまな分野で利用されます。近年、各分野での高速化・高分解能化に伴い、より広帯域なアナログICが必要になっています。例えば、データセンタ等で使われるイーサネット等の光通信では、1レーン当りのアナログ帯域はCMOS DAC/ADCの帯域限界により20 GHz程度にとどまっております。さらなる通信容量の大容量化のボトルネックとなっていました。

NTTは、独自の高精度回路設計技術と、広帯域化を可能とする新しい回路アーキテクチャ技術を適用した増幅器ICをInP-HBTで実現し、世界でもっとも広い帯域241 GHzの増幅器ICの実現に成功しました。本増幅器ICと帯域拡張技術を組み合わせて光通信に適用すること

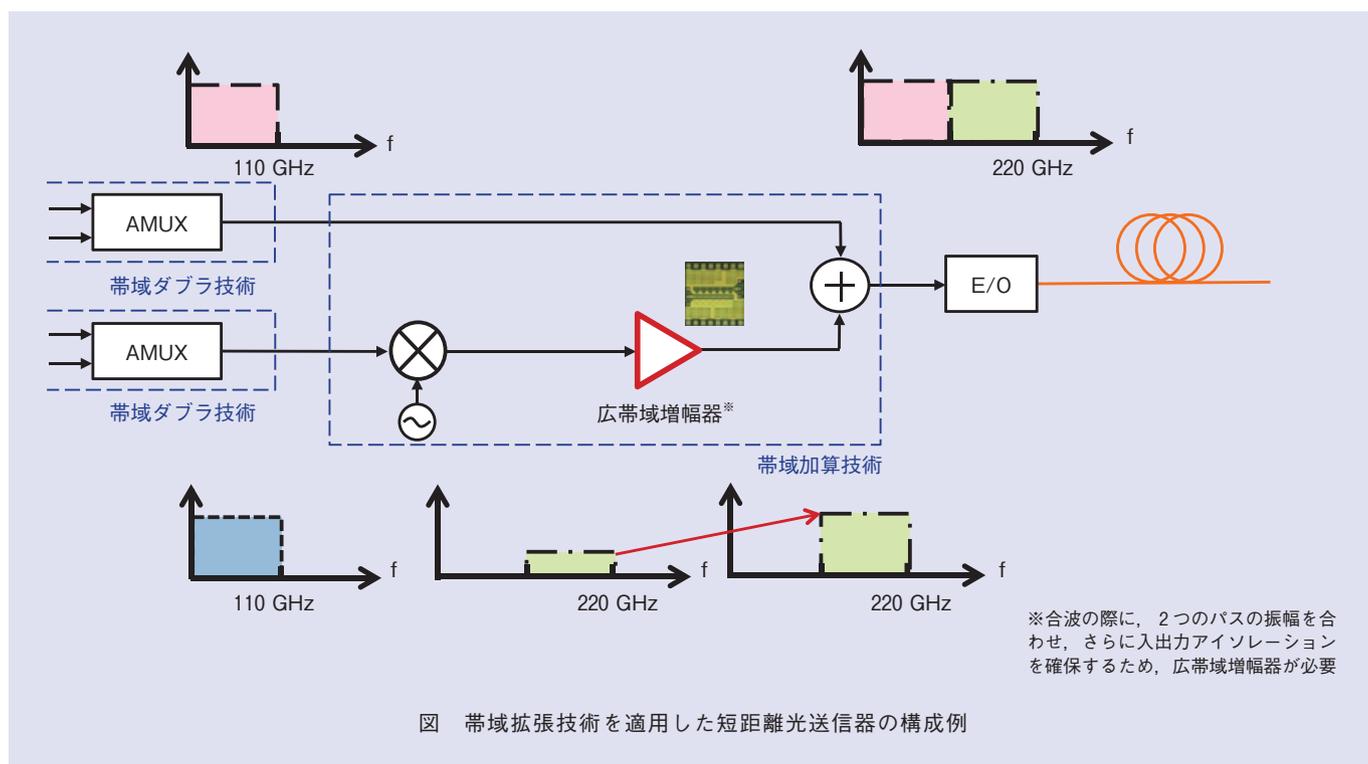
で、1レーン当り現在の10倍の大容量化につながることを期待されます。また、本増幅器ICを無線通信に適用することで、ミリ波帯までのマルチバンド一括送信・受信の実現につながるため、Beyond 5Gに向けたキーデバイスとして期待されます。

### ■研究の成果

独自の高精度回路設計技術と、広帯域化を可能とする新しい回路アーキテクチャ技術を適用した増幅器ICをInP-HBTで実現し、世界でもっとも広い241 GHzの帯域を有する増幅器ICの実現に成功しました。本増幅器ICと帯域拡張技術を組み合わせて光通信に適用することで(図)、帯域ダブラ技術の次のさらなる帯域拡張技術を実現できる見込みであり、1レーン当り現在の10倍の大容量化につながることを期待されます。

### ■今後の展開

本増幅器ICは、これまで世の中で実現が困難であった、



広帯域（241 GHz）の信号を増幅できるので、光通信だけでなく、無線通信、計測器、レーダ、イメージング等さまざまな分野の高速化・高分解能化に寄与できます。本増幅器ICを無線通信に適用することで、ミリ波帯までのマルチバンド一括送信・受信の実現につながるので、Beyond 5Gに向けたキーデバイスとして期待されます。本技術を深化していくことにより、人々の生活の豊かさ・便利さを向上させ、人類の未来に希望を与える科学技術の発展に貢献していきます。

#### ■技術のポイント

InP HBTの性能を最大限に引き出す高精度な回路設計手法に関する技術と、広帯域化を図る新しい回路アーキテクチャにより、世界でもっとも広い241 GHzの帯域を有する増幅器ICの実現に成功しました。これまで、200 GHzの帯域を超える回路を設計するために必要な高精度かつ

高自由度な伝送線路モデルがなく、また、200 GHzの帯域を達成するために必要な寄生成分に対する対策手法がありませんでした。今回、自由度の高い伝送線路モデルを創出するとともに電磁界解析と組み合わせる手法により設計精度を向上しました。また、寄生成分による高周波での減衰をカスコード段ピーキングで補償し広帯域化を図りました。

#### ◆問い合わせ先

NTT先端技術総合研究所

広報担当

TEL 046-240-5157

E-mail science\_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1906/190603b.html>

## 待つストレスがない世の中へ

### 研究者 紹介

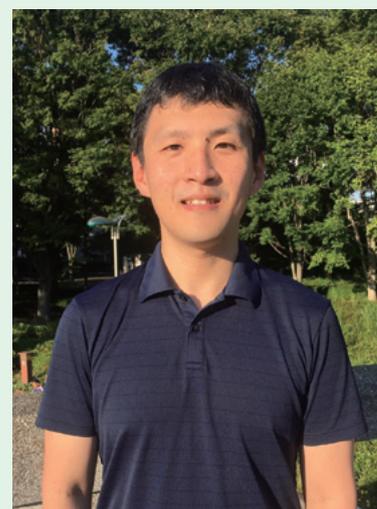
徐 照男

NTT先端集積デバイス研究所  
光電子融合研究部

「このダウンロードはいつになったら終わるのだろうか？」そう思いながら待つことが最近でも多々あります。この待つストレスをなくしたいという思いが、私がこの研究を進めるモチベーションの1つです。近年、動画をはじめとするコンテンツ容量の増大に伴い、トラフィック量が爆発的に増大しています。大量なデータを瞬時に届けるためには、光や無線通信のハードウェアを高速化する必要があります。ハードウェアの中でも、特に増幅器は小さい信号を増大させる大事な役割を担います。より高速な通信のためには、より広帯域な増幅器回路を実現しなければなりません。

「つくるなら“世界一”をつくろう」この研究を始めたときの私の思いの1つでもあり、私の部署のミッションの1つでもあります。世界一広帯域な増幅器回路を実現するためには超高速で動作するトランジスタは必要不可欠です。幸いなことに、NTTは超高速トランジスタを安定して製造できる世界屈指の化合物半導体プロセスを保有しています。このトランジスタを活用し、広帯域化に向けた回路設計上の課題を解く手法を考案・適応することにより、今回の世界一広帯域な増幅器回路を実現しました。

今回の研究成果を実際に世の中で使ってもらうためにはまだまだハードルがたくさんあります。待つストレスがない世の中の実現をめざして、これからもチャレンジしていきたいです。



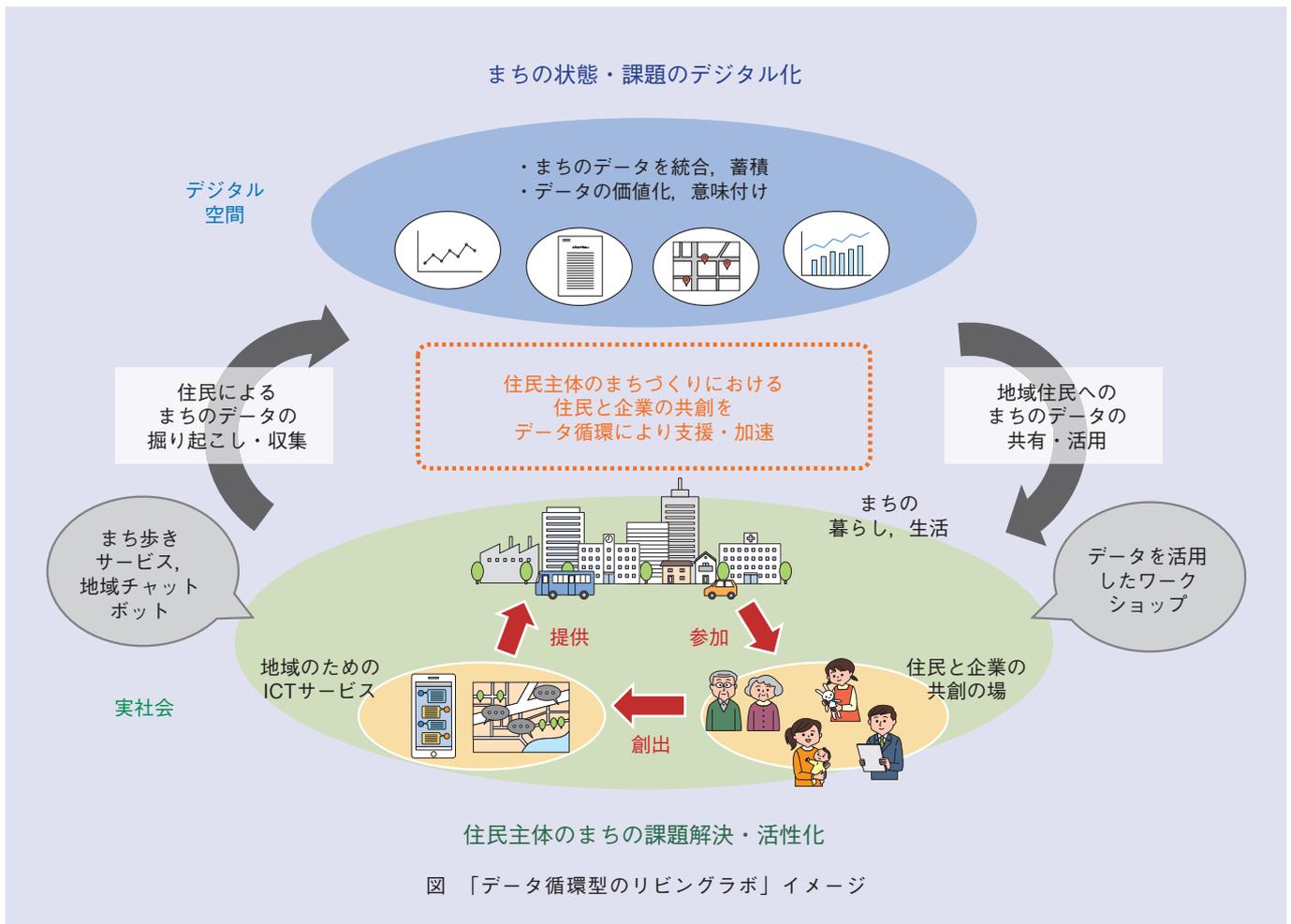
# Focus on the News

## 横浜市，東急，NTTドコモ，NTTが，住民主体のまちづくりの活動をICT・IoT技術で加速する新たな取り組み「データ循環型のリビングラボ」共同実証実験を開始

横浜市，東急(株)，NTTドコモ，NTTは，横浜市と東急が推進する「次世代郊外まちづくり」のモデル地区「たまプラーザ駅北側地区」(本地区)において，地域住民との連携のもと，まちの課題解決やコミュニティ活性化を目的に，新たな取り組みとなる「データ循環型のリビングラボ(本スキーム)」に関する共同実証実験(本実験)を，2019年6月15日から開始しました。

本スキームは，まちに関するデータを活用し，地域住民が主体となり，まちの課題解決に向けた取り組みを行うことを支援・加速する仕組みです。本実験では，地域住民が設定した地域課題「コミュニティ活性化」に対し

て，「まち歩きサービス」と「地域チャットボット」という2つのICTサービスを提供し，その活用を通じて住民の関心ごとや活動エリア，まちのイベント情報などのまちに関するデータを収集します。そして，収集データを地域住民に共有し，ワークショップなどで活用することで，ICTサービスの導入に向けた検討・検証を行います。さらに，データを可視化して共有することで，新たなまちの課題や住民のニーズに気付くきっかけをつくり，地域住民による新たな活動の創出をめざします(図)。



## ■実施項目

### (1) 本スキームの検証

検証内容：本スキームが住民主体の活動を生み出す効果、データを活用したワークショップが住民の議論を活性化する効果など。

### (2) ICTサービスの検証

① 楽しく安全にまちを歩くためのまち歩きサービス：まちの情報や写真をデジタル地図上に投稿することで、住民のおすすめスポットやバリアフリー情報などを可視化・共有し、楽しく安全なまち歩きを通じて、コミュニティ活性化を図ります。

② 地域のローカル情報を提供するチャットボット：地域のローカルな情報に特化したチャットボットサービスで、暮らしに役立つ情報やイベント情報などを、テキストの会話形式で提供します。コミュニティ活性化を図るとともに、投稿された質問内容などの分析で、住民の関心ごとやお困りごとを明らかにします。

検証内容：サービス導入可能性・持続可能性、まちのデータの可視化・共有の効果など。

## ■背景と経緯

横浜市と東急は、2012年4月から産学公民の連携・協働による「次世代郊外まちづくり」に取り組んでいます。情報発信・活動拠点「さんかくBASE (WISE Living Lab)」で、2017年から地域住民とともに「リビングラ

ボ勉強会」を開催するなど、住民が主体的にまちの課題を解決する手法「リビングラボ」を実践しており、東京大学の小泉秀樹教授などとも連携しています。本実験もリビングラボの一環です。

NTTドコモとNTTは、まちのデータを収集・可視化してコミュニティ活性化につなげる「IoTスマートライフ」や、住民と企業が共創するリビングラボの研究など、住民主体のまちづくりに資するICT・IoT技術の開発や研究を進めてきました。また本実験は、横浜市とNTTが締結している「官民データ活用による超スマート社会の実現に関する包括連携協定」の取り組みの一環としても実施します。

今般、NTTドコモとNTTが、次世代郊外まちづくりの取り組みによって住民主体のまちづくりが進んでいる本地区に注目し、連携のメリットを感じたことから、4者共同で本実験の検討を始め、地域団体や地域住民の方々との対話も行ったうえで、本実験に取り組むこととなりました。

## ■今後について

本実験の結果を踏まえ、4者は地域住民とともに、2021年ごろのICTサービスの本格導入に向けて、検討を進めます。また、本実験で得た知見を活かし、横浜市と東急は、地域住民との共創によるリビングラボの取り組みを展開し、持続可能なまちづくりやSDGsの実現を推進します。NTTドコモとNTTは、ICTやIoT技術を活用

## 持続可能な郊外住宅地づくりに向けた、ICTを活用した新たなリビングラボの取り組み

加藤 忠義

横浜市 住宅再生課担当課長

横浜市と東急は、田園都市 (Garden City) として整備された良好な環境や豊かな人材、地域資源を活かしながら、暮らしやコミュニティを重視しつつ、新たな発想でこれからの時代に合った郊外住宅地に持続的に再生させていく「次世代郊外まちづくり」に、たまプラーザ駅北側地区をモデル地区として、2012年4月から取り組んでいます。次世代郊外まちづくりでは、地域住民の皆様を中心に産学公民が一緒になって課題を解決していく「リビングラボ」の手法を取り入れています。

今回、NTTおよびNTTドコモと協働させていただくことで、コミュニティ活性化という地域課題に対して、ICTやIoT技術を用いてアプローチしていく共創プロジェクトを開始することができました。本プロジェクトは、これまでは埋もれていた「まちの情報」を住民どうして共有・活用しながら、地域の課題解決、価値向上を図ることをねらいとしています。

本プロジェクトの成果を、持続可能な郊外住宅地づくりやSDGs未来都市の推進につなげていきたいと考えています。

## 担当者 紹介



した住民主体のまちづくりの仕組みや住民とのサービス共創手法の確立をめざします。

◆問い合わせ先

NTTサービスイノベーション総合研究所

企画部 広報担当

TEL 046-859-2032

E-mail randd-ml@hco.ntt.co.jp

URL <http://www.ntt.co.jp/news2019/1906/190607a.html>

## まちのデータ活用による地域活性化をめざして

堀口 賞一

NTTドコモ サービスイノベーション部

NTTドコモサービスイノベーション部では、人々の活動や街の状態など、あらゆるデータを統合、価値化することで、コミュニティやまちを活性化し、人々の生き生きとした生活の実現をめざす「IoTスマートライフ」に関する取り組みを進めています。

AIやIoTによる地域のコミュニティ・まちの活性化を実現するためには、デジタルな世界でのコミュニケーションや情報共有を、リアルな場での住民どうしの会話やコミュニケーション、コミュニティ活動といかに連動させるかが重要になってくると考えています。

今回の共同実験プロジェクトでは、たまプラーザ地区において住民主体のまちづくりを積極的に推進してきた横浜市と東急、および地域住民と企業の共創のためのワークショップ手法やデザインプロセスについて高い専門性を持つNTTサービスエボリューション研究所との共同により、これまでの取り組みをさらに一歩深化させることができればと思います。

担当者  
紹介



## ICTを活用した住民参加型のまちづくりをめざす “データ循環型のリビングラボ”

赤坂 文弥

NTTサービスエボリューション研究所 ユニバーサルUXデザインプロジェクト 研究主任

私たちは、生活者に使われ続けるサービスを生み出すための新たな方法論として、地域住民と企業がサービスを共創する「リビングラボ」という仕組みに関する研究を進めています。特に最近では、まちに関する多様なデータを活用しながら、住民と企業がまちの暮らしを支えるサービスを共同で検討する「データ循環型のリビングラボ」のための、デザインツールやワークショップ手法を開発しています。

今回の共同実験では、横浜市・東急とタッグを組むことで、たまプラーザ地区の住民の方々にご協力いただけることになりました。本地区は、住民主体のまちづくりが進んでおり、データ循環型のリビングラボを実行するうえで最適な地域です。また、NTTドコモとも連携することで、スマートフォンなどを用いたICTサービスを実際に提供しながら、まちのデータを収集・分析・可視化していきます。

私たちがこのプロジェクトでめざすのは、地域住民が主体となって、まちのデータを活用しながら、地域課題を解決するサービスを企業とともに持続的に生み出していく世界です。これは、大企業が地域のデータを吸い上げて活用するだけのこれまでの住民不在モデルではない、住民参加型の新たなスマートシティのかたちだと考えています。

研究者  
紹介



# Focus on the News

## 実世界を反映した高精度デジタル情報の掛け合わせによる革新的サービスを創出する「デジタルツインコンピューティング構想」を策定

NTTは、あらゆる社会・経済が大きな変革を求められている今後の時代に、デジタルトランスフォーメーションによってスマートな社会の実現をめざしています。このたび、パートナーの皆様とともにその変革を実現するIOWN構想の1つとして、「デジタルツインコンピューティング構想」を策定しました。

この構想は、実世界におけるモノ・ヒト・社会に関する高精度なデジタル情報を掛け合わせることにより、従来のICTの限界を超えた大規模かつ高精度な未来の予測・試行や、新たな価値を持った高度なコミュニケーションなどを実現します。それによって、世界中のさまざまな社会課題の解決や革新的サービスの創出を通じ、スマート社会の実現を加速します。

### ■構想策定の背景

これまでNTTは、高速・広帯域・ユニバーサルな通信ネットワークや安心・安全な情報システムの提供を通じて、今日のデジタル社会の実現に貢献してきました。この間、電話や電子メールからSNSに至るヒトに関するデジタル化や、地図から情報家電や自動運転に至るモノに関するデジタル化が進み、今後はモノ・ヒト・社会などから構成される実世界と、それらを高精度に表現したデジタル情報から構成されるサイバー空間が融合した新たなデジタル社会が到来しようとしています。

それは、実世界とシームレスにつながるサイバー空間上でデジタル情報を用いた大規模かつ高精度な未来の予測・試行が可能となることにより、人知の可能性を一層拡大するとともに、これまでの知識共有や共同作業等のコミュニケーションに、より豊かな感情表現や高度な合

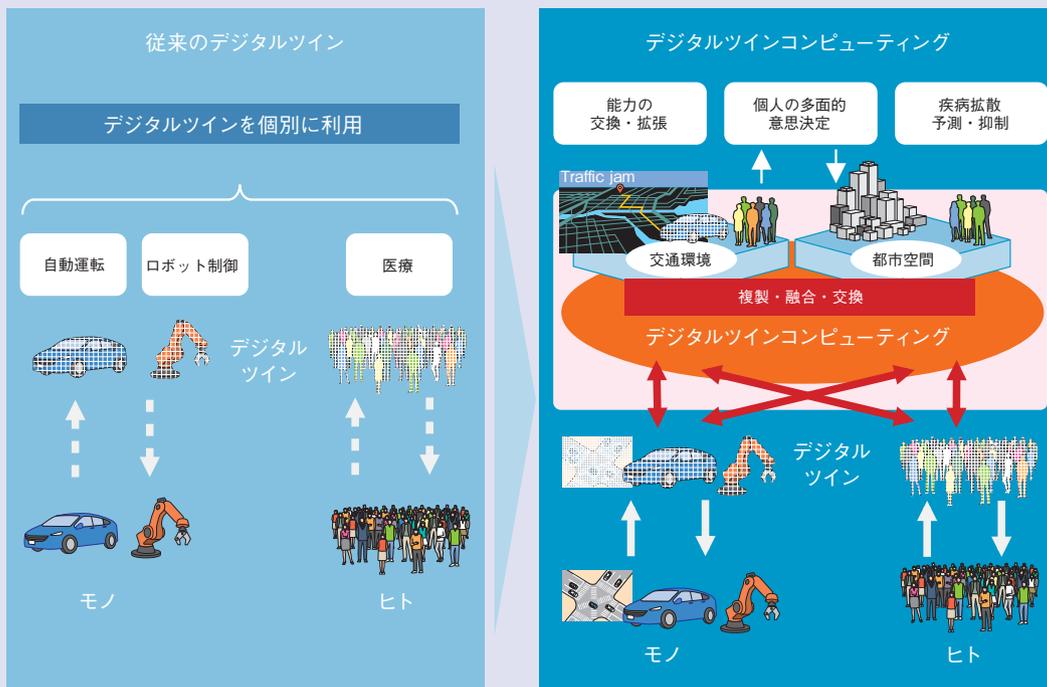


図 デジタルツインコンピューティング構想のコンセプト

意形成・意思決定等の新たな価値が加わる新しい世代のデジタル社会です。

### ■デジタルツインコンピューティングとは

現在、製造分野等で「デジタルツイン」が注目されています。デジタルツインとは、例えば、機械部品のようなモノの形状、状態、製造工程等を計算機内で正確に表現したデジタル情報です。また、ヒトに関しても、医療分野におけるMRIやCTスキャン等から得られるデジタル情報の活用は、既存のデジタルツインの一形態と考えられます。これに対して、私たちがめざす「デジタルツインコンピューティング (DTC)」とは、このデジタルツインを大きく発展させ、実世界を表す多くのデジタルツインに対し

て交換・融合・複製・合成等の演算（デジタルツイン演算）を行うことにより、モノ・ヒトのインタラク션을サイバー空間上で自由自在に再現・試行可能とする新たな計算パラダイムです（図）。

これまで提唱されてきたデジタルツインは、主にデジタル表現された物理的なモノの制御や観測に用いられています。一方、DTCでは、デジタル化される対象をモノだけではなくヒトにも拡張し、さらにデジタルツイン演算により、サイバー空間上でモノやヒトどうしの高度かつリアルタイムなインタラクシオンが可能となることが大きな特長です。

## デジタルツインコンピューティング構想の実現に向けて

### 研究者 紹介

中村 高雄

NTTメディアインテリジェンス研究所  
主幹研究員

ICT分野において、これまで音声やテキスト、画像といったメディア情報をデジタル化することで、さまざまな計算処理の対象とすることができました。最近ではIoTの進展等により、機械や建物の構造等の実在のモノ、あるいは医療分野では人体構造の精密なモデル、さらにそれらのリアルタイムな状況を表す情報のデジタル化、すなわちデジタルツインによって、高度な計算処理の恩恵はデジタル上だけでなく直接実世界にも作用するように広がってきました。今後、この動きはますます進み、あらゆる事物のデジタル化および実世界との融合が進んでいくと考えます。

デジタルツインコンピューティング構想は、このような時代観を踏まえ、さらにその先を考えてまとめたものです。ヒトやモノのデジタルツインを掛け合わせて実世界の制約を超えた多様なデジタル世界を創生することで、ヒトや社会はその可能性を大きく飛躍させ、人間の活動の機会が拡大し、社会や地球全体の困難な課題の解決が果たされる、そのような世界の実現をめざしています。

実現に向けては、工学分野における革新的技術の確立に加え、人間科学や社会科学等との学際的な検討が必要です。本構想に賛同いただいたパートナーの方々とのコラボレーションにより、新たな価値によるイノベーションを実現したいと思います（<https://www.ntt.co.jp/svlab/DTC/>）。



## ■デジタルツインコンピューティングにより実現する

### 未来

この特長を持つDTCを用いることにより、次のようなさまざまな社会課題の解決や革新的サービスの創出が可能となると考えます。

#### (1) 地球・宇宙規模のシミュレーション

地球規模で自然条件（気候、埋蔵資源等）や社会変動（人口・GDP変動等）を再現する大規模なデジタルツイン群を用いてサイバー空間上に仮想社会を構築し、高精度な予測モデルを用いた近未来推定やシミュレーションが行われ、地球規模の資源収支予測に基づいたSDGs政策等に活用されます。また、東京やサンフランシスコなど、実世界における都市のデジタルツインを宇宙空間のデジタルツインと合成し、大気、水、食糧、エネルギー等の収支シミュレーションが宇宙開発に利用されます。

#### (2) 都市の課題発見・解決

都市と住民のデジタルツインを通じて、住民たちの経験や文化・価値観、意識・無意識な希望・不満等を匿名化して集約して、生活者でないと気が付きにくい「危険な交差点」などの都市の潜在的な課題を発見し、さらに集団最適化した解決策を見出します。また、他の都市との相互作用シミュレーションから、類似性あるいは相互補完的で意外な組み合わせとなる「姉妹都市」を創出し、豊かな都市構築のための協力関係が多くつくられます。

#### (3) 疾病拡散予測・抑制

感染症の発生に際し、ヒトのデジタルツインから得られる市民の行動パターンや人間関係マップと、地理・交通情報等を組み合わせた仮想社会を構築し、高精度な感染症の拡散予測を行います。さらに予測結果を元に、交通流・人流のコントロール、学級閉鎖・遠隔学習の早期実施判断、最適な病院の自動検索・予約等を行うことで、リアルタイムかつアクティブな感染拡散の予防・抑制が行われます。

#### (4) 個人の多面的意思決定

自らの業務スキルをデジタルツインに記録させ、日程調整、会議室予約等の日常業務を自らのデジタルツインに行わせます。また、自らのデジタルツインを複製し、過去の自分や、さまざまな立場、前提知識等を変化させ、実世界の自分とデジタルツインと対話し、さまざまな問

題の解決を試みます。さらに、さまざまな自らのデジタルツインどうしがサイバー空間上で超高速に議論し合い、解決策や自分では気付くことができない観点を短時間で見つけ出します。

### ■今後について

デジタルツインコンピューティング構想を含むIOWNの実現には、社会科学、人文科学、自然科学、応用科学、学際領域等、さまざまな研究・技術分野の集結が必要不可欠です。NTT研究所では、このような幅広い研究・技術分野の専門家やグローバルパートナーと連携しながら、IOWN構想の実現をめざしていきます。

### ◆問い合わせ先

NTT研究企画部門

E-mail [iown-pr@hco.ntt.co.jp](mailto:iown-pr@hco.ntt.co.jp)

URL <http://www.ntt.co.jp/news2019/1906/190610a.html>