

トップインタビュー



丸山 誠治 NTTドコモ代表取締役副社長

情熱が驚きと感動を生む

——ドコモスピリッツで、5Gが豊かな未来を築く …………… 4

特集

実世界の事象をデータ化しながら活用する デジタルデータセントリックコンピューティング …… 8



デジタルデータセントリックコンピューティング …………… 10

深層学習の推論処理を大幅に効率化する「ひかりディープラーニング[®]推論基盤」
——企業活動での競争力の源泉に資するR&D技術を …………… 14

高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」と
時空間データ高速検索技術 …………… 18

企業間のデータ連携を加速する「iChie」 …………… 23

イジング型計算機による組合せ最適化のための
ハイブリッド計算基盤 …………… 27

メニーコア向け高速トランザクション処理技術 …………… 32



主役登場 磯村 淳 (NTTソフトウェアイノベーションセンタ) …………… 36

from ★ NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル

車両デザインを損なわず、安定した5G通信を実現する
車載用アンテナ技術—車載用5Gガラスアンテナ— …………… 37

NTT技術ジャーナル

挑戦する研究者たち



秋山 満昭 NTTセキュアプラットフォーム研究所 上席特別研究員

「誰もが正しく物事を理解し、選択して、活用できる
セキュリティ技術」を創造する 43

グループ企業探訪



株式会社NTTアグリテクノロジー 48

NTTグループの技術に加え世界の最先端のテクノロジーを駆使した
次世代施設園芸のトータルソリューションを提案

from◆NTTファシリティーズ

通信ビル向け高電圧直流給電用リチウムイオン電池の開発 52

世界の潮流

ベトナムにおけるサイバー攻撃対策向上プロジェクト 56

グローバルスタンダード最前線

■ AI for Good Global Summit 2019参加報告 ...	60
Focus on the News	65
NEWS	75
特許紹介	76
イベント	77
読者の声	78
12月号予定	
編集後記	
読者アンケート	79

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

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

アンケート実施中!

NTT 技術ジャーナル

選択式の簡単なアンケートに答えると
抽選で**2000円**分の図書カードを贈呈!

電気通信協会では「NTT技術ジャーナル」の企画・内容を
さらに充実するため、アンケート調査を行っております。

期 間：2019年11月1日～11月25日
回答方法：<http://www.tta.or.jp/> にアクセス → 左記バナーをク
リック → アンケートサイトより設問にお答えください。
なお、巻末のアンケート用紙にご記入のうえ、FAX
または郵送でお送りいただいても結構です。

〒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
一般社団法人電気通信協会 出版部
TEL 03-3288-0608 FAX 03-3288-0615
<https://www.gakkai-web.net/php-bin/gakkai/tta/jnl/new2.php>



トップインタビュー

丸山 誠治 NTTドコモ代表取締役副社長



◆PROFILE：1985年NTTに入社。2010年NTTドコモ プロダクト部長、2016年取締役執行役員 人事部長、2018年取締役常務執行役員 経営企画部長 モバイル社会研究所、2020準備担当を経て、2019年6月より現職。

情熱が驚きと感動を生む ——ドコモスピリッツで、5Gが豊かな未来を築く

課題先進国と呼ばれる我が国は、少子高齢化をはじめエネルギーやインフラ問題等と真剣に対峙する時期を迎えています。これらの社会課題解決に第5世代移動通信システム（5G）で挑むNTTドコモ。ラグビーワールドカップ2019™が開催され、華やかなイベントに彩られる表舞台とともに、5Gプレサービスもスタートし、さまざまな場面への応用が期待されています。産業への貢献、社会課題の解決、そしてビジネス拡大等、ドコモが挑む新しい価値の協創について丸山誠治NTTドコモ代表取締役副社長に伺いました。

5Gプレサービス開始。コミュニケーションを支えたい

◆ラグビーワールドカップ2019™日本大会に合わせ、5Gのプレサービスが開始されました。反応はいかがでしょうか。

皆様からのご期待を実感しています。プレサービスについては、ラグビーワールドカップ2019™*1の開幕に合わせたサービス開始をターゲットと決めて、準備を重ねてきました。この機会に少しでも多くの皆様に第5世代移動通信システム（5G）の素晴らしさを体感していただきたいですね。

5Gは、「高速・大容量」「低遅延」「多数端末接続」の3つの特徴があります。臨場感の求められるスポーツ観戦には嬉しい技術といえるでしょう。プレサービスでは、ラグビーワールドカップ2019™の一部の試合でスタジアムに配置したいくつものカメラによる映像や選手データなどの付加情報を、お好みのタイミングで自由に切り替えて閲覧できる「マルチアングル視聴」などの新たな観戦スタイルを提案・提供いたしました。こうしたプレサービスの経験を活かして、2020年春に5G商用サービスを開始する予定です。

*1 ラグビーワールドカップ2019™：「ラグビーワールドカップ」およびそのロゴはラグビーワールドカップリミテッドの商標または登録商標。

また、5G時代にはスマートフォンのあり方も変わります。ドコモでは、5Gスマートフォンをハブとして、さまざまな周辺デバイスとそれに連動したサービスを5G環境で快適にご利用いただける「マイネットワーク構想」を提唱しているところです。

さらに、5Gではパートナーとの協業も非常に重要です。ドコモでは、企業・大学組織・地方自治体等、3000を超えるパートナー（2019年9月時点）と連携して5Gによる新たな利用シーンを創出する「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」を進めています。9月18日に実施した5G プレサービス発表会では、各産業分野におけるさまざまな取り組みの中から、製造、医療、教育、職場環境、公共エリアに関する18例を展示しました。

一例として、株式会社竹中工務店様との取り組みである、高層ビル建設におけるタワークレーンの遠隔操作があります。タワークレーンは、操縦士が毎回クレーン上方の操縦席まで登らないと仕事ができないのですが、一度、操縦席へ登るとなかなか地上へ降りるのが困難と伺いました。この作業負担を解消するために、5Gによる遠隔操作の実証実験を行う予定です。単なる機械操作のみならず、現場の音声や映像のほか、操縦判断に重要なクレーンの揺れのデータ等も5Gにより伝送することができるので、実際の操縦席にいるのと近い感覚で遠隔操作が可能となります。

5Gの導入については各方面から注目されていますし、技術的にも非常に大きな進化を迎え、デジタルトランスフォーメーションの柱の1つといえます。これまで、携帯電話の黎明期であるアナログの第1世代からデジタル化した第2世代、モバイルマルチメディアを指向した第3世代、第4世代のLTE（Long Term Evolution）、そして今回の5Gと約10年ごとに移动通信の新たな技術・サービスが導入されていく中で、5Gはこれまでにないほど注目を浴びています。

一方、少子高齢化、過疎化と地域格差、労働力不足と外国人労働者等、さまざまな社会課題が話題となっており、日本は課題先進国といわれています。こうした中、5GとAI（人工知能）、IoT（Internet of Things）を活用して、遠隔医療や医療支援、建設機械の遠隔操作や農業機械の自動運転等の実現が可能となります。5Gにはこのようなポテンシャルもあり、それにさまざまな付加価値をつけることによって社会課題解決に役立てていきます。

◆5Gによって日本が抱えている問題の解決が促進しそうですね。

ほかにも5Gプレサービスでは、ドコモが5Gの基地局装置や移動局に接続する映像伝送機器などをパートナーに対して無償で提供し、各種検証等を行っていただける、「ドコモ5Gオープンラボ^{®*2}」を4カ所から11カ所に拡大しました。5Gを使ってみたいというパートナーにはぜひこの「ドコモ5Gオープンラボ[®]」をご活用いただき、連携を深めていく



ことで、5Gの新たなサービスを生み出していきたいです。先ほど申し上げた社会課題解決に向けては、「ドコモ5Gオープンパートナープログラム」や「ドコモ5Gオープンラボ[®]」の活動を通して対応を加速していきます。

例えば、過疎化への対応として地方創生がうたわれています。地方創生では、5Gを活用した産業創出はもちろんのこと、その地方にお住まいの方々の暮らしを守ることも重要なテーマとなります。医療サービスの過疎地と他地域の病院とを5Gで接続することで、新たに遠隔医療基盤が整えば、生活圏内で医療を受けられる安心感が生まれ、それが住民の定着につながるのではないのでしょうか。

地方創生は、その地域に閉じた話になりがちですが、遠隔医療の例のように他の地域との連携が重要となります。この連携のためには、「人と人」「人とシステム」「システムとシステム」のコミュニケーションは必須です。「臨場感」「リアルタイム性」そして「広がり」を持ったコミュニケーションこそ5Gの得意とするところであり、こうしたコミュニケーションサービス、インフラを提供することは、ドコモの大きなミッションの1つで、社会課題解決と背中合わせでもあります。

マーケティング環境は変革期を迎えた

◆それではドコモを取り巻く環境についてお聞かせいただけますでしょうか。

2019年10月に改正電気通信事業法が施行され、通信料金と端末代金の分離をはじめとする、販売方法の見直し等が必要となりました。さらに、競争の促進を目的とした第4の事業者の参入です。大手のOTT（Over The Top）プレイヤーがモバイル通信事業者として参入するのは世界的にも珍しいケースですから、日本のモバイル通信産業に世界中から注目が集まっていると思います。これまで私たちが培ってきたやり方とは異なる技術・方法で、市場参入が行われ

*2 ドコモ5Gオープンラボ[®]：「ドコモ5Gオープンラボ」は株式会社NTTドコモの登録商標。

ると予想しています。彼らをよく研究し、良いところは取り入れていけるようにしていきます。

そして市場からも料金競争が期待されており、こうした環境の変化を先取りして、私たちは6月から新料金プランを導入しました。シンプルで分かりやすい仕組みで、そのうえ料金が最大4割くらい安くなるお客さまもいらっしゃいます。ドコモのサービスの特長をご理解いただき、少しでも長く使い続けていただきたいと思います。

◆時代の変化やニーズに合わせて、さまざまなサービスが創出されそうですね。

2018年10月に中期経営戦略を発表し、2020年代の持続的な成長を実現するために、「会員を軸とした事業運営への変革」と「5Gの導入とビジネス創出」を基本方針としてビジネスを展開しています。その中で骨子となるのは「顧客基盤をベースとした収益機会創出」「5Gによる成長」「お客さま還元の実施とお客さま接点の進化」の3点です。

5Gについてはこれまでの説明のとおりです。「会員を軸とした事業運営への変革」では「お客さま」の定義を変えています。これまでは回線の契約者を「お客さま」と定義してきましたが、私たちのサービスをお使いの方すべてを「お客さま」と定義しました。例えば、dポイントクラブ会員のうち、他社と回線契約をしている会員が2000万近くいらっしゃいます。こういった方々もお客さまであり、ドコモと回線契約をしているお客さまと合わせて7000万近い数となります。これらすべてのお客さまがもっと便利に、アクティブにさまざまなサービスをお使いいただけるよう、1人ひとりに合わせたマーケティング活動も進めています。会員を軸とした事業運営は順調に展開しており、会員数も増加基調です。dカード[®]*3やd払い[®]*4等の決済手段も順調に普及しています。豊富なアセットを活かして会員とパートナー企業を拡大し、両者をデジタルマーケティングで結びつけることで、お客さまとの継続的なリレーションを実現し、新しい価値を提供していきます。

さて、7000万に近い会員の情報、これは貴重なビッグデータでもあります。現状、1人当たり約3万項目のデータを保



有しており、それが7000万人分集積しているわけです。ただ、これらのデータ活用による不安を感じるお客さまもいらっしゃるかもしれません。そこで私たちは、お客さまの安心・信頼と、データ活用による新たな価値提供を両立するために、ドコモのデータ活用ポリシーを「パーソナルデータ憲章」として8月に公表しました。12月にはパーソナルデータダッシュボードの提示により、お客さまご自身が、各データの許諾状況の確認や設定を変更できるようにしていく予定です。

また、ビッグデータの別なかたちの活用例として「モバイル空間統計[®]*5」というサービスを提供しています。これは、情報を匿名化して、特定エリアの流出人口分布をリアルタイムに知ることができるサービスです。AIとも組み合わせ、商業店舗での来店需要予測や自転車シェアリングにおける最適な自転車の再配置、高速道路の渋滞予測等に活用いただいています。

このほかにも、スマートフォンには各種のセンサやカメラが搭載されていますが、これらとAIを連携させ、集中力や精神状態の推測や、食品のパッケージやラベルから宗教上の理由で食べられない食品の選別等、ユニークなサービスがたくさん誕生しています。中には、社員が自発的に行う「チャレンジプロジェクト」で提案されたものから、優秀なアイデアが実用化に至ったものもあります。

踏ん張りどころで魅せるNTTグループ・DNAの底力

◆新しいサービスもさることながら、社内にもすぐ可能性を感じるというか、若い方のモチベーションが上がりそうな仕組みがあるのですね。社内外の技術者の皆様へ一言お願いできますか。

社員がモチベーションを持って仕事ができる環境づくりは私の仕事だと思っています。

5GやICT革命が大きく展開しているこの時代は私たちにとってはチャンスです。このような時代だからこそ社員が主体的に取り組むことができる企業でありたいと思っています。これはNTTグループ各社においても同様かと思えます。チャンスは数えきれないほどあるので、それを1つでも多くつかんでもらいたいです。そのために、情熱を持って仕事を進めることが大切です。どんな環境においても、情熱と意思を持って仕事を続けていればチャンスはやってくるのではないのでしょうか。

私はNTTへ入社以来、「あれをやらせてほしい、これを

*3 dカード[®]：「dカード」は(株)NTTドコモの登録商標。
*4 d払い[®]：「d払い」は(株)NTTドコモの登録商標。
*5 モバイル空間統計[®]：「モバイル空間統計」は(株)NTTドコモの登録商標。

やらせてほしい」とよく言っていました。最初は、入社して配属された移動体通信事業部のときでした。当時は自動車電話の時代で、サービス開発の部署に所属していましたが、技術の中身が分からないので、もっと深く技術の勉強がしたくなり、研究所へ配属希望を出したところ、無線通信の研究開発をさせていただけることになりました。ところが、研究開発をしていると、今度はもっとビジネス全体のことを知りたいと思い、また申し出ました。今考えると支離滅裂な気もしますが、私の希望を叶えてくださった諸先輩方には大変感謝しています。

繰り返しになりますが、私たちはICTの活用により世の中が変わる真っ只中にいると思います。まさにその中心にいるのがNTTグループで、これはすごく幸運なことだと思います。NTTグループの社員ならばこのチャンスを活かすことができます。意思を持って、情熱的に取り組むことで、成果はきっと世の中の役に立つものになっていくと信じています。

◆副社長の情熱の源は何でしょう。

端末開発を担当していたころは、自分が手掛けたものが世の中に出ているのを見るとすごく嬉しいものでした。街中で、その端末を指して、「あれいいよね」と言っていたいたり、端末が実際に使われている姿を見ると、すごく嬉しかったです。私の場合は、開発に限らずこういうフィードバックが情熱の源なのかもしれません。

また、オンとオフのメリハリ、今でいうワークライフバランスもそのエネルギー源になっていると思います。休みの日は読書をしながら十分に休息をしています。大半は小説ですが、ボーっとする時間は大切だと思います。読書に限らず、人それぞれがリセットされるような好きなことをする、無心になって取り組めることがあると良いと思いま



すし、それがエネルギー源にもなると思います。

さらに、使命感も情熱の源になるのではないのでしょうか。例えば、9月に千葉県を直撃した台風15号による通信障害の復旧の話です。停電の影響もあり、広い範囲で携帯電話がご利用いただけず、またはご利用しづらい状況が発生しました。復旧に時間がかかりお客さまにはご迷惑をおかけしてしまいましたが、千葉を中心に全国から社員が集まって対応させていただき復旧に努めました。こうした災害のような不測の事態とそれへの対応に伴うNTTグループの結束力は、代々受け継がれているスピリットなのですが、社会にとって重要なインフラを提供しているという使命感からくるものです。インシデントが発生すれば、すぐに対応できる体制は整えられています。社長をトップとして、経営幹部が災害対策本部に集まる仕組みです。さらには、幹部だけでなく社員全員にその覚悟があるのは、まさに使命感のなせる業です。これがNTTのDNAでもあり、情熱の源でもあると思います。

(インタビュー：外川智恵／撮影：大野真也)

インタビューを終えて

丸山副社長はさわやかな笑顔で颯爽とインタビュー会場に登場されました。「丸山副社長は一言でいうとどんな方でしょうか」。トップインタビューの前に、それとなく社員の方に伺うと、3つのキーワードをいただくことができました。気さくでおおらか、そして、聞き上手。「思い当たる節はございませんか？」とお聞きすると、「そうかなあ」と照れながら、支店を訪ねて、若手社員の意見を聞く場を設けていらっしゃる様子を話してくださいました。「人の言葉に耳を傾けるのは、性格的に向いているんですね。やっぱり自分ひとりで考えられることは限られています。叡智は結集したほうが良いんです」と丸山副社長。

先日も物流センターでいろいろな取り組みの話聞きながら、お客さまが本当に望んでいることを掴んで仕事をする重要性に気付かれたといえます。ご自身が大切にされていることを、見聞きすることで再確認する、確信される時間を大切にいらっしゃると思います。週末はジムで汗を流して、最近ではブラームスをはじめ、クラシック音楽を嗜まれているそうです。ちなみに、クラシック音楽を聴かれるようになったきっかけは端末開発時に「ハイレグ」に出会ったこととか。豊かな趣味も仕事への情熱に由来すると知り、その志の高さと興味関心の広さに学ばせていただいたひと時でした。



実世界の事象をデータ化 デジタルデータセント

地域キャリアエッジ

データハブ

IoT

ダイナミックマップ

組み合わせ最適化問題

AI/IoTの活用が進むにつれ、実世界のさまざまな事象をデータ化して価値化することが重要となる。本特集ではデータ活用時代の市場の展望と課題を紹介し、それに対してNTTソフトウェアイノベーションセンタが取り組む情報処理基盤技術の研究開発について解説する。



しながら活用する リックコンピューティング

■ フィジカルデータセントリックコンピューティング

情報社会の進化の方向性を概観し、その進化を実現するために実世界のさまざまな事象をデータ化しながら活用していく際の課題を解説する。

10

■ 深層学習の推論処理を大幅に効率化する「ひかりディープラーニング[®]推論基盤」 ——企業活動での競争力の源泉に資するR&D技術を

深層学習をビジネスで活用する際に重要となる「推論の効率化技術」とNTTグループアセットである局舎や基地局を組み合わせた「推論クラウド」サービスについて紹介する。

14

■ 高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」と時空間データ高速検索技術

動的オブジェクトだけをリアルタイムに検索・分析する高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」の取り組みと、そのコア機能となる「時空間データ高速検索技術」を紹介する。

18

■ 企業間のデータ連携を加速する「iChie」

散在するデータベースを1つのデータベースに仮想的に統合する技術「iChie」（いちえ）の技術的特長について紹介する。

23

■ イジング型計算機による組合せ最適化のためのハイブリッド計算基盤

新しい原理に基づいた計算装置LASOLV[®]の効果的な利用を可能にするLASOLV[®]計算システムを紹介する。

27

■ メニーコア向け高速トランザクション処理技術

データベースの分離性を担保したまま、読込・更新・削除を行う処理を高速に行うための、メニーコアCPU上でスケールする高速トランザクション処理技術について紹介する。

32

主役登場

磯村 淳 (NTTソフトウェアイノベーションセンタ)

実空間の物体すべてを仮想空間へ投影することをめざして

36

フィジカルデータセントリック コンピューティング

Society 5.0に代表される今後のイノベーションの実現に向けては、実世界のさまざまな事象をデータ化して、価値化することが重要となります。NTTソフトウェアイノベーションセンタは、これを「フィジカルデータセントリックコンピューティング」と呼び、フィジカルデータ生成に必要な演算技術、フィジカルデータの発生から分析までの流れを最適化する技術、フィジカルデータの価値化のための検知・予測・最適化技術の開発に取り組んでいます。

かわしま まさひさ

川島 正久

NTTソフトウェアイノベーションセンタ 所長

情報社会の進化の方向性

内閣府は2016年にSociety 5.0というビジョンを公開しました。本特集では、このようなSociety 5.0の未来に向けてNTTソフトウェアイノベーションセンタが取り組む技術の一部を紹介します。本稿では、ITシステムは今後、どのように進化すべきかについて述べます。

■方向性1：個別最適化から全体最適化へ

これまでのITシステムの多くは、それぞれのITシステムが独立して動作し、ユーザ要求の処理や自動化、最適化を行うものでした。例えば、カーナビは車ごとに独立して動作し、その車が目的地に向かうための最短経路を選択します。この仕組みのまま、自動運転車やMaaS (Mobility as a Service)を開発したら、道路が渋滞しやすい日本の都会では、さらにそれが激化するだけではないでしょうか。

自動運転車やMaaSのような移動技術の革新が意味を持つためには、渋滞を回避する全体最適化の仕組みが同時に必要です。例えば、車の場所、目的地や、人の場所を集約し、社会全体の移動需要を把握したうえで、経路を分

散したり、乗り合いを多用する策が考えられます。このように、複数の人・モノの状態を集約しながら、全体最適化をすることが今後は重要となると考えられます。

■方向性2：Create Business Moments and Avoid Disaster Moments

すでに多くの企業はITシステムからデータを集約しながら、市場や企業活動の実態を分析し、行動に反映させています。しかし、典型的なこれまでの仕組みでは、データの集約～分析～行動最適化までに1日あるいは数時間を要していました。ITシステムからデータを抽出し、横断分析を可能とするためのフォーマット変換やプライバシー情報削除処理等の加工をしたうえで、データをデータ分析拠点にコピーする処理が必要で、この処理が定期バッチ処理で行われるからです。この仕組みのまま、予測や最適化のAI (人工知能)アルゴリズムを高度化しても、1日あるいは数時間前のデータに高度なAIをあてるだけなので、できることは限定的です。

データの集約～分析～行動までの時間を分、秒オーダーに短縮することで、さまざまな新たな価値を創出できるは

ずです。

例えば、小学校で運動会が開かれていたり、市民球場で野球大会が行われていたりしたら、そこに移動型コンビニを向かわせます。コンビニとはいえ車両なので、積載可能な範囲でどんな商品を積むかが重要となりますが、お弁当はもちろんのこと、9月でも猛暑であれば凍結ペットボトルやかき氷を用意し、3月でも寒ければ使い捨てカイロを用意します。

また、日本は地震や津波、台風などの自然災害が多い国ですので、地域別の人口ヒートマップ、道路状態マップ、水・電気供給状態マップをつくり、分または数秒で更新する仕組みを作成すれば、災害発生時にその状況に即して避難用バスや資源補給車を最適に走らせられます。

このように、分、秒オーダーのデータサイクルを実現すれば、その瞬間・その場所の近傍のビジネス機会や災難に対応する仕組みを実現できます。合言葉は「Create Business Moments and Avoid Disaster Moments」。このような価値創造が今後重要となると考えられます。

フィジカルデータセントリック コンピューティング

進化を実現するには、実世界に関するさまざまな事象をリアルタイムにデータ化しながら、多くのデータ活用に活用可能とする仕組みが有効と考えられます。

前述の防災の例では、地域別の人口ヒートマップ、道路状態のマップ、水・電気の供給状態のマップが有効です。また、スーパーやコンビニの売上向上のためには、店内のエリアごとの状況が分かる空間解像度の、人口ヒートマップや商品マップが有効です。レス

ポランやコンビニは周辺地域の人口ヒートマップから数時間後の来店客を予測できます。また、農作物の生育レベルのマップをつくり、日照時間や雨量のマップと横断的な分析をすれば、最適な収穫日の予測に有効です。

NTTソフトウェアイノベーションセンタは、実世界の事象（モノの状態、イベントの発生など）をデータ化した情報を「フィジカルデータ」と呼び、これを生成し、流通させ、活用するコンピューティングを「フィジカルデータセントリックコンピューティング」と呼び、これを実現するための技術開発を進めています（図）。

フィジカルデータセントリックを 実現する情報処理基盤技術

① 実世界のさまざまな事象のデータ化（フィジカルデータの生成）

フィジカルデータの生成、つまり実世界のさまざまな事象のデータ化では膨大な量の演算が必要となります。

どのように事象をとらえたいかは千差万別です。例えば、流通店舗の人口ヒートマップでは、カメラに写っている人の推定年齢、性別を識別するのが典型的ですが、体形も区別しながら分析したいというニーズもあるかもしれません。また、属性だけでなく、「商

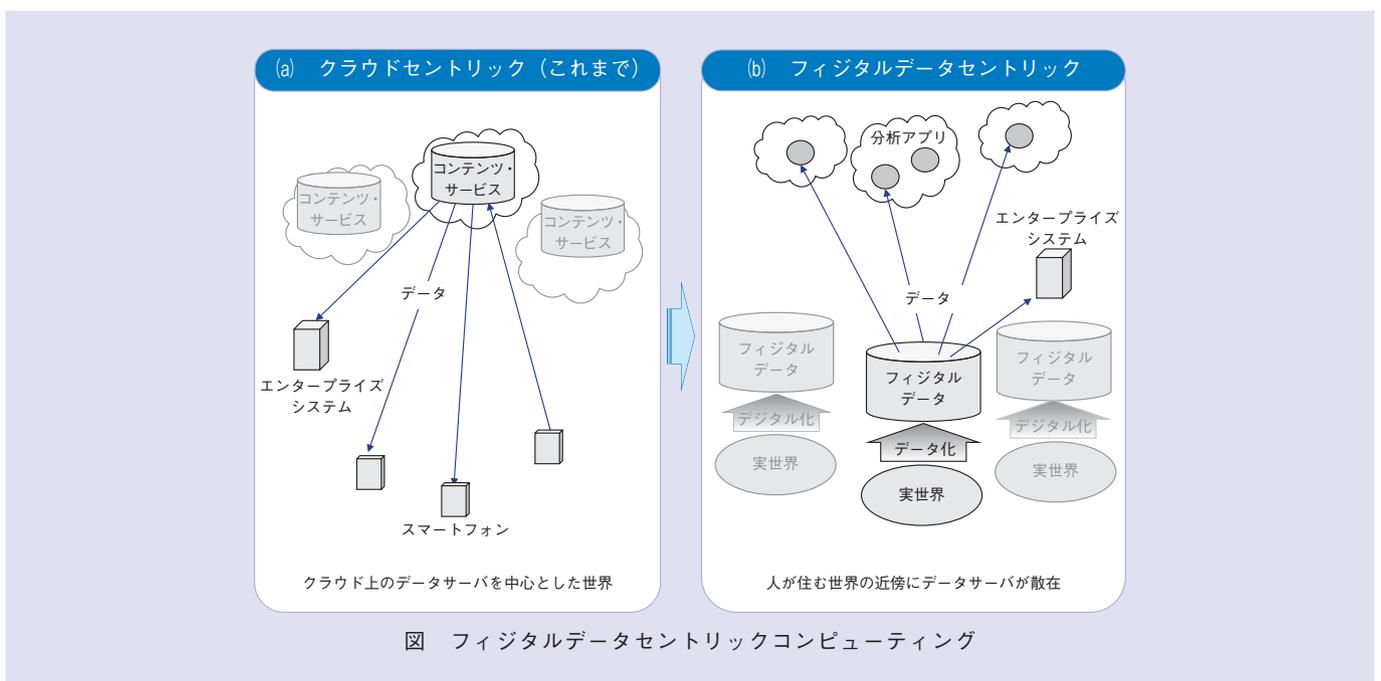


図 フィジカルデータセントリックコンピューティング

品を比較している」「商品表示を読んでいる」「商品をかごに入れた」などの事象の発生をとらえたいというニーズもあるかもしれません。

このような千差万別の要求にこたえられるセンサがあるわけではないので、要望に応じてカメラ画像をAI分析することで事象をとらえる必要があります。

一方、例えば、小さなコンビニでも6～8台のカメラは必要です。しかも、人口ヒートマップ、万引き予兆行動検知、要支援者検知など、とらえたい事象によってAI推論を複数実行することが必要となります。したがって、小さなコンビニでも延べ20～50ストリームの映像のリアルタイム分析が必要になります。これは膨大な演算負荷を意味し、オンデマンドに分析アプリケーションを追加できるようにすることは容易ではありません。

また、将来的には、カメラの代わりに機械分析専用の空間スキャナが開発され、さまざまな分析アプリケーションをオンデマンドに追加するニーズがさらに高まるでしょう。

上記の課題への対応として、「ひかりディープラーニング[®]推論基盤」(本特集記事『深層学習の推論処理を大幅に効率化する「ひかりディープラーニング[®]推論基盤」——企業活動での競争力の源泉に資するR&D技術を』)を

開発しています。

② 生成場所から分析場所へのデジタルデータの流れの最適化

デジタルデータは広域に散在するさまざまな場所で発生し、データ量も膨大です。したがって、生成場所(発生場所)から分析場所へのデジタルデータの流れを、その瞬間の機会・災難に対応できるように(数秒でデータが届くように)実現することは容易ではありません。

例えば、交通では、膨大な車両位置などの時空間情報をリアルタイムに更新・参照・集計することが必要となります。将来、路上のコネクティッドカーの台数は数百万オーダーになるでしょう。この台数を想定して十分な性能で更新、参照、集計をするには、場所による疎密の違い、時間による交通量の変動に対処しながら、最適に負荷分散できる仕組みが必要です。また、GNSS(Global Navigation Satellite System)などで位置情報の精度を高めるのであれば、それに応じて位置更新頻度もけた違いに増やす必要があるため、膨大な更新頻度に対処する必要があります。

上記の課題への対応として、「高速時空間データベース技術Axispot[®]」(本特集記事『高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」と時空間データ高速検索技術』)を開発しています。

また、商業ビルのリアルタイムな人口ヒートマップや温度・湿度マップは、商業ビルのオーナーだけでなく、さまざまな事業者の分析アプリに有効でしょう。例えば、フードチェーン企業は売上予測やダイナミックマーケティングに利用するでしょうし、防犯会社は、犯罪・事故の予測に使うでしょう。その際、データ発生場所は商業ビルごとなので広域に散在しており、分析アプリもさまざまな事業者ごとに散在しますので、散在するデータ発生場所から散在するデータ分析場所へ遅滞なく新鮮なデータを伝える仕組みが必要となります。

上記の課題への対応として、「データ散在適応型データハブ iChie」(本特集記事『企業間データ連携を加速する「iChie」』)を開発しています。

また、上述のように、データオーナーとデータ活用者が異なる場合には、個人情報・機密情報を適切に保護する必要があります。「データ散在適応型データハブ iChie」では、データオーナーの定めたポリシーに従った開示制御も実現しています。

③ フィジカルデータを活用した高度な検知・予測・最適化

①、②により、実世界のさまざまな事象についてのデジタルデータが生成され、任意の分析場所から利用可能となれば、これまで困難だった検知、

予測、最適化が可能となると期待できます。このためには、複数のフィジカルデータを組み合わせたり、フィジカルデータ以外のデータ（従来のITシステム上の顧客属性、履歴など）も加えたりしながら、多くの変数を入力とした予測、最適化演算を行うことになるでしょう。

しかし、多くの変数を入力とした予測モデルを生成するには上級データサイエンティストのスキルが必要となります。データサイエンティスト不足への対応として、「データ分析モデル構築自動化技術 RakuDA」⁽¹⁾を開発しています。

また、扱う変数が多くなると、検知や予測のためのモデルの生成や最適化演算がより困難になります。

例えば、渋滞緩和のために車両移動の全体最適化や乗り合いバスのオンデマンド運行を実現するには、エリアにおける車両の位置情報と目的地、道路のレーンごとの車両台数、工事情報、周辺イベント情報といった交通環境にかかわる情報や、人の移動需要（現在地と目的地）と希望到着時刻、乗り合いバスの位置情報など、さまざまなデータを掛け合わせて経路最適化・巡回経路生成を行う必要があります。このような組み合わせ数が爆発する条件下での最適化問題をリアルタイムで解くのは、現在のコンピュータでは困難

です。

上記の課題への対応として、「組合せ最適化のためのハイブリッド計算基盤」(本特集記事『イジング型計算機による組合せ最適化のためのハイブリッド計算基盤』)を開発しています。

ほかにも、多くの変数から異常を検知する深層学習モデルの生成において、学習が不安定となる課題を解決する「t-VAE」⁽²⁾という技術を開発しています。

また、予測や最適化の結果に基づきシステムが自律的に対処をする場合には、なんらかの取引処理が発生することもあるでしょう。マシンスピードで高頻度に発生する取引を処理可能なトランザクションデータベースが必要となります。これまで、トランザクションデータベースは、単体サーバの性能を向上させるスケールアップというアプローチで高性能化してきました。しかし、ムーアの法則の終焉により、単体サーバの性能を向上させることが困難となっています。

上記の課題への対応として、「高速トランザクション処理技術」(本特集記事『メニューコア向け高速トランザクション処理技術』)を開発しています。

今後の展開

本稿で述べたフィジカルデータセントリックコンピューティングの実現技

術を、開発途上の早期段階からベータ版を提供しながら、さまざまな分野のデータオーナー、データ活用に評価いただき、実フィールドからのフィードバックを得ながら、技術の完成度を高めていきます。

参考文献

- (1) https://www.sic.ecl.ntt.co.jp/mt_assets/bc_201902/bc02.pdf
- (2) H.Takahashi, T.Iwata, Y.Yamanaka, M.Yamada, and S.Yagi: "Student-t Variational Autoencoder for Robust Density Estimation," Proc. of IJCAI 2018, pp.2696-2702, Stockholm, Sweden, July 2018.



川島 正久

技術は単独組織で完成させることはできません。多くのユーズから要件、フィードバックをもらいながら完成度を高める必要があります。多くの皆様と共創できることを願っています。

◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンタ
企画担当
TEL 0422-59-2207
E-mail sic@hco.ntt.co.jp

深層学習の推論処理を大幅に効率化する 「ひかりディープラーニング[®]推論基盤」 ——企業活動での競争力の源泉に資するR&D技術を

はむろ だいすけ いいだ こうじ う さ み きよただ
羽室 大介 / 飯田 浩二 / 宇佐美 潔忠
ゆら しゅんすけ えだ たけはる さかもと あきら
由良 俊介 / 江田 毅晴 / 坂本 啓
とやま まさし みかみ けいた いのうえ のりあき
外山 将司 / 三上 啓太 / 井上 規昭
なかやま りゅうじ えのもと しょうへい さ さ き たく
中山 隆二 / 榎本 昇平 / 佐々木 琢
し きょく ひろかわ ゆたか いなや かつお
史 旭 / 廣川 裕 / 稲家 克郎

NTTソフトウェアイノベーションセンタ

本稿では、深層学習をビジネスで活用する際に重要となる「推論の効率化技術」とNTTグループのアセットである局舎や基地局を組み合わせた「推論クラウド」サービスについて紹介します。

いよいよ深層学習技術が社会的な課題解決に使われる時代がやってきた

2012年のジェフリー・ヒントン教授らのグループによる画像認識コンテストILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) での圧勝から、まもなく8年が経ちます。今ではさまざまな深層学習技術に関する研究が世界中で行われています。

深層学習技術に関するニュース等を振り返ると、当時はトライアルやPoC (Proof of Concept) に関する話題が中心でしたが、今年は、深層学習技術で社会課題を解決した話題もよく見かけるようになってきました。ディスプレイ (破壊的) な技術である深層学習技術が、研究者だけのものではなく、実際の社会課題を解決する技術になってきた、ということです⁽¹⁾。

人の眼の代わりとなるような画像認識でのユースケースから始まりましたが、音声認識、言語処理のユースケースも多数出てくるようになり、もはや深層学習は当たり前のように使われる

ようになってきました。

社会的課題の解決を加速させるために必要なこと

NTTソフトウェアイノベーションセンタ (SIC) では、2015年より深層学習技術を用いた映像解析技術の研究を開始し、NTTの事業会社の皆様と一緒にサービスとして市場に投入し、多数のフィードバックを受けながら研究を進めてきました。競合他社に先駆け、2017年に商用サービスを提供開始したNTTコミュニケーションズの「Takumi Eyes」⁽²⁾ では、監視カメラサービスを再定義し、事件が発生してから何が起きたのかを確認して警察に提出する素材であった監視カメラ映像をリアルタイムで解析できる監視カメラサービスにつくり上げることができました。

当たり前ですが、「リアルタイムに映像を解析できる」ことにより、実際に解決できる社会的な課題 (≒効果的なユースケース) が大幅に増えることとなりました。

実例としては、商業施設・オフィスビルでの監視カメラ業務を一例とするセキュリティ業務は当然のことながら、来たるべき高齢者社会で大きな課題の1つとなる徘徊老人・行方不明者の検索⁽³⁾などのトライアルが施行されました。

リアルタイムで映像を解析可能にするために必要な技術

オフライン処理が普通であった監視カメラサービスを「リアルタイム」をキーワードに再定義できた理由は、以下の重要技術を実現したからです。

■深層学習推論処理の効率化技術

(1) 推論タスク高密度化技術

複数の推論タスクをGPUに一括転送するとともに、推論^{*1}後の後処理を並列化する最密充填処理方式や、複数のデータストリームを一括処理することでGPUメモリを削減するストリー

*1 推論：深層学習技術を活用したデータ分析処理のこと。使い方によって、推論手段、推論環境、推論クラウドなどの使い方をします。

分野	防犯	無人店舗	マーケティング
イメージ	ビル、商業施設に設置した監視カメラから要注意人物や禁止エリアへの立ち入りを検知し、追跡する。さまざまな分析ニーズがあり、機能追加・向上したいが、置き換えコストは大きい。 	店舗に多数・高解像度のカメラを設置し、顧客の購買行動を正確に把握する。現状ではネットワーク帯域・計算量ともに大きく、非常に高コスト。 	店舗への来店履歴、行動履歴、POSデータを名寄せしてデータベースに蓄積し、購買傾向や施策の効果を分析する。外部データとの関係が求められる。個人情報には除去する必要がある。 
エッジ処理	人物検知、物体検知、異常検知、侵入検知など	人物検知、物体検知	人物検知、物体検知
サーバ処理	顔照合、全身照合、姿勢推定、行動推定、属性推定	顔照合、全身照合、姿勢推定、行動推定、属性推定	顔照合、全身照合、行動推定、属性推定、時系列分析

分野	病院・見守り	その他			
イメージ	病院、老人ホームなどでの倒れ込みやうつぶせを検知し、連絡する。多数のカメラが必要。人命にかかわるため、高精度な分析が求められる。 	 AR作業支援	 保守監視	 ドローン	 農業
エッジ処理	人物検知	物体検知等部分検出			
サーバ処理	顔照合、全身照合、姿勢推定、行動推定、属性推定	ユースケースに合わせた詳細な分析（検知時のみ実施するもの）			

図1 サーバ・エッジでの分散が有効なユースケース例

ムマージ方式など、さまざまな効率化により推論タスクを高密度に多重化して、タスク当りのコストを低減します。本技術は特許申請中の技術です。

(2) 推論向け軽量フィルタ技術

映像を一例とするストリーム型データは、例えば人物が映っていないなど、すべてを解析する必要のないケースも多いのですが、それを考慮せずに処理すると、解析する必要のない映像のために、コンピューティングリソースを占有してしまう課題があります。推論モデルに応じて解析の可否のみを判定する軽量フィルタを適用することで、解析が必要な対象の個所のみを推論処

理の対象とし、処理コストを低減します。

(3) サーバ・エッジでの処理分散技術

エッジデバイス、サーバ機器などデバイスの役割を意識せずに、サーバとエッジを連携させた処理を同一のクエリ言語で記述可能です。例えば軽量フィルタ技術と組み合わせれば、非力なエッジデバイスで簡易な解析を行い、詳細な解析のみサーバで行うことで、これらをサーバのみで実現する場合に比べてネットワークコストや設備コストを削減することが可能です。同時に、エッジでの前処理により、外部サーバにアップロードできない秘匿性

の高い情報を保護することも可能です(図1)。

(4) ヘテロデバイス対応深層学習モデル最適化技術

複数の推論アクセラレータデバイス(CPU、GPU等)用に実行環境を用意しストリーム処理エンジンから呼び出すことで、各デバイスの性能を最大限活用したモデルをデプロイすることができます。

併せて、学習コンパイラ(NVIDIA TensorRT™やIntel OpenVINO™)を組み込み、モデル圧縮や低精度化といった個別の最適化を行うことで、収容率を向上させることができます。

(5) 推論のマイクロサービス化

推論処理のみを行う専用のプロセスを、別サーバに推論マイクロサービスとして構築することができます。サーバ・エッジで処理分散技術との組合せにより、非力なエッジデバイスから計算コストの大きな推論処理を切り離すことが可能となるとともに、多数の推論タスクが集中する推論マイクロサービス側で推論タスク高密度化技術を適用することが可能となります。

上記の技術を複数組み合わせることにより、10倍以上の高収容化と、リアルタイムでの映像解析を可能にしました。

深層学習全盛時代に向けてサービス化を実現し、ビジネスをスケールさせるために

商用サービスを成り立たせるためには、お客さま目線でサービスを提供することで得られる対価と、支払うコストが見合うこと（≒費用対効果）が必須です。深層学習技術を用いたサービスでお客さまが得られるメリットがどんなにすごいものでも、推論のインフラコストだけで1億円必要になると言われてしまうと、なかなか導入の意思決定を一般の企業が行うことは難しくなってしまいます。つまり、実行環境（＝推論環境）のインフラを安価に構築、利用できることが大事なのです。そこで登場するのが、先ほど紹介したリアルタイム処理を実現した技術です。リアルタイム化を実現するための技術を、推論環境を効率良く利用す

るために応用することで、一般企業の皆様にとって、この費用対効果が見合うレベルまでもっていくことができるのです。推論環境を効率良く利用し、適切な価格で推論クラウド^{*2}を活用したサービスをそれぞれのお客さまに提供することで、競合他社に比べ優位な立ち位置を獲得できるものと考えています。

監視カメラから深層学習全般へ汎用化。ひかりディープラーニング[®]推論基盤

この推論環境の効率化技術は、監視カメラ映像解析サービスだけのものではありません。ほぼすべての深層学習技術を用いたサービスに対して適用が可能です。そのように汎用化したものを「推論クラウド、推論基盤技術」と呼びます（図2）。今後増え続けるであろう深層学習・機械学習を活用したモデルを商用利用時に動作させるための実行環境です⁽⁴⁾。

また、本技術が受け入れられる土壌も同時にそろってきています。

■深層学習でのサービス開発が加速

今まで普通にプログラム（ルールベース）で提供されていたサービスも、たくさんのデータとともに深層学習ベースで開発されるようになっていくことでしょう。例えば、翻訳サービスなど、今では、深層学習ベースのほうが有名です。今後もこの流れは加速すると考えられます。

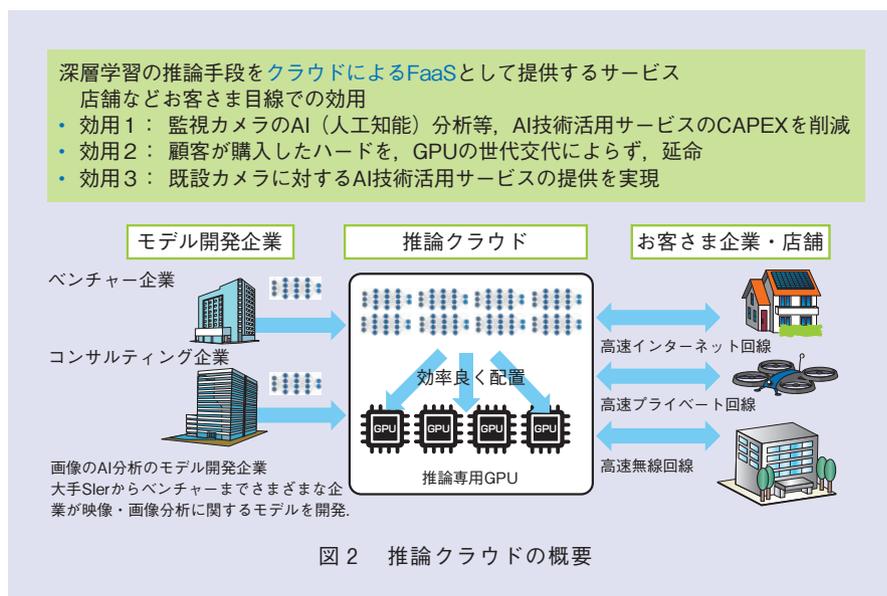
■トレーニング（学習）とランタイム（推論）のアンバンドルが実現

従来は、学習から推論までを一貫して同一のDLフレームワーク（TensorFlow, Caffeなど）を使う必要がありましたが、学習済みモデルのエクスポート・インポートのための技術標準（ONNXなど）が推進され、学習と推論の手段を独立に選択することが容易となりました。

■推論のためのアクセラレータ（半導体）が多数登場

深層学習といえば、NVIDIAのGPUだけでしたが、今ではさまざまな企業がアクセラレータを発表、発売してい

*2 推論クラウド：深層学習・機械学習の推論環境を効率良く運用することが可能なFaaS（Function as a Service）サービスの一般名称。



ます⁽⁵⁾。大手企業だけみても、IntelがNNP-I (Nervana Neural Network Processor for Inference), Myriad X, GoogleはGoogl Edge TPUなど、ベンチャー企業も含めると、その提供社数は100社以上ともいわれています。

推論クラウドにさらなる競争力を、セキュリティと低遅延を実現する地域キャリアエッジ

この推論クラウドは、NTTの地域の局舎内などに配置することで「地域キャリアエッジ」と呼ばれるサービスを提供することが可能となります。安価、高いセキュリティ、低遅延のサービスです。

低遅延を活かしたサービスではどのようなサービスが提供できるのでしょうか。ユースケースをみてみましょう。

1番目は「xR」はVR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality), MR (Mixed Reality) の総称です。VR酔いという言葉をご存じでしょうか。実際にVRのヘッドセットを利用した場合に、処理速度が追いつかずに遅延があると酔ってしまう事象のことです。このVR酔いも、地域キャリアエッジさえあれば解決できるユースケースの1つかもしれません。

2番目は、クラウドゲーミングです。データセンターでゲームを動かす、画面と操作を端末に転送するサービスのことで、このクラウドゲーミング、遅延が大きいと遊べるゲームが限られてしまいます。パズルゲームなどであれば遅延に関係なく遊ぶことができますが、リアルタイム性のあるゲームでは遊ぶことができません。弾が飛んでく様子画面で人が見て、回避するようにコントローラを操作しても、その

操作情報がデータセンターに届く前に弾に当たってしまうからです。

その他、工場での生産ラインでの品質検査など、低遅延だからこそ実現できるサービスは多数考えられます。

こうした地域キャリアエッジ、NTT局舎や5Gのインターネットの手前に推論クラウドを構築する技術もSICにて現在研究、開発中です。

求む！ゲームチェンジャーをめざすどうしたち

今回紹介している推論クラウドは、一部の技術に関して、他の企業やOSS (Open Source Software) などで実現可能なものもありますが、全体としてみると、世界でも誰も実現していない世界であり、新しいチャレンジです。

SICでは、いずれ世界を変える技術にするという強い信念を持ち、ゲームチェンジをめざして本研究もチャレンジしています。一緒にゲームチェンジを実現するパートナーを求めています。

エンタープライズ向けのソリューションでは、実績の少ない新しい技術をお客さまに提案することは勇気のいることかもしれません。扱い慣れていない新技術をお客さまに提案し、プロジェクトをマネジメントし、納期どおりにお客さまに提供することは至難の業です。やはり自らのサービスとして、社内提供(ドッグ・イーティング)、試験提供を経ながら、可能な限りのMVP (Minimum Viable Product: 実用最小限の製品) でお客さまに届けていく、そんな世界を一緒につくっていきたくて考えています。

参考文献

- (1) <https://aishinbun.com/clm/20190330/2018/>
- (2) <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2017/0712.html>
- (3) <https://www.slideshare.net/hironojumpei/ss-78291832>
- (4) <https://www.youtube.com/watch?v=ZOIkOnW640A>
- (5) <http://arxiv.org/abs/1908.11348>



深層学習技術を用いて、多数の社会的課題の解決が実現可能で、NTTグループ企業の皆様が競争力の源泉となるR&D技術を研究し、事業の優位性の確保に貢献します。

◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンター
第二推進プロジェクト
TEL 0422-59-2797
E-mail katsuo.inaya.zt@hco.ntt.co.jp

高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」と 時空間データ高速検索技術

本稿では、コネクティッドカーどうしの車両間通信や拡張現実等の次世代サービスで求められる、大量のヒトや自動車等の動くオブジェクト（動的オブジェクト）が一齐に送信する情報を蓄積しながら、ある時刻に、ある特定の地域にいる動的オブジェクトだけをリアルタイムに検索・分析する高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」の取り組みとして、そのコア機能となる「時空間データ高速検索技術」について述べます。

はなだて まさゆき きむら たつろう おき のぶひろ
花館 蔵之 /木村 達郎 /沖 宣宏
しげまつ なおこ うえの いそお ないとう いちべえ
重松 直子 /上野 磯生 /内藤 一兵衛
くぼ たかし みやはら かずひろ いそむら あつし
久保 貴司 /宮原 和夫 /磯村 淳

NTTソフトウェアイノベーションセンタ

はじめに

実空間上のヒトやモノ、自然環境等に関するさまざまな情報の収集とクラウド上での一元管理を可能にするIoT (Internet of Things) は、ヒトや自動車等の動く物体（動的オブジェクト）を管理する次のような次世代サービスが必要不可欠となってきています。

- ① 車両間通信サービス：インターネットとつながる自動車（コネクティッドカー）が収集した情報を、自動車の走行位置や情報送信時刻と合わせてクラウドに蓄え、事故や渋滞等の交通状況を、関係する道路を走行する車両にリアルタイムに通知します。
- ② 拡張現実：ヒトが装着したウェアラブルデバイスやスマートフォンが送信するさまざまな情報を、ヒトの歩行位置や情報送信時刻と合わせてクラウドに蓄え、店舗の混み具合やリコメンド情報等、ヒトの行動の意思決定にかかわる情報をリアルタイムに通知します。

NTTソフトウェアイノベーションセンタ (SIC) では、これらの次世代サービスの実現で必要不可欠となる、

大量の動的オブジェクトが一齐送信する情報の蓄積と、蓄積した動的オブジェクトの中から、ある時刻に、ある特定の地域にいる動的オブジェクトをリアルタイムに検索する高速時空間データ管理技術「Axispot[®]」に取り組んでいます。本稿では、Axispot[®]が用いているデータベース（時空間データベース）と、その技術課題を解決するために昨年度開発した「時空間データ高速検索技術」⁽¹⁾を紹介します。また、この時空間データ高速検索技術をベース技術として実現されるAxispot[®]のアーキテクチャ全体像と今後の展望を述べます。

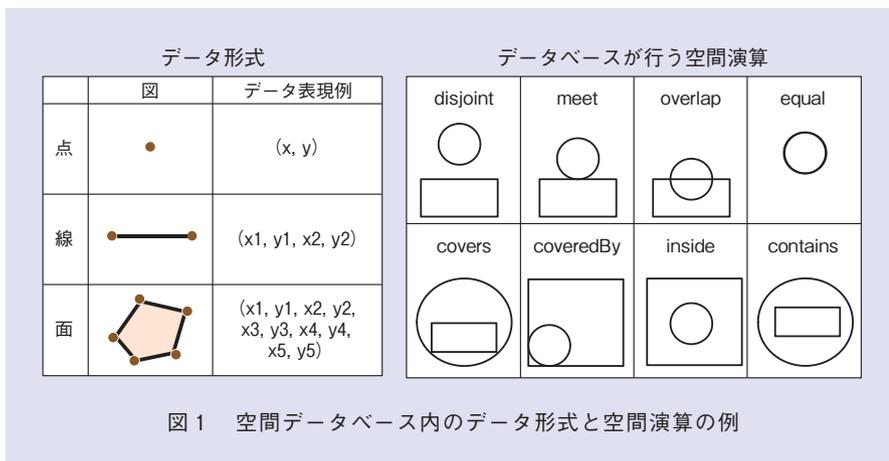
時空間データベースの現状

「時空間データベース」とは、緯度や経度といった空間上の位置（空間情報）と、時刻、期間といった時間情報の双方に関連付いたデータ群を効率的に蓄積・検索するデータベースです^{(2),(3)}。一方、時間情報や空間情報だけを用いるデータベースとして、それぞれ「時系列データベース」「空間データベース」が知られていますが、時空間データベースは、一般的に空間データベースで時間情報も管理できるように拡張することで実現されます⁽³⁾。そ

こで、時空間データベースを説明する前に、空間データベースの実現方法を簡単に説明します。

空間データベースは、土地や建物の範囲に関する空間情報を、「点」「線」「面」等の幾何的なデータ形式で格納し、同様に幾何的なデータ形式でクエリとして与えられる空間情報と空間演算を行い、該当する空間情報を返却するデータベースです。このデータ形式と空間演算の例を図1に示します⁽²⁾。例えば、ある地域に含まれる建物群を検索する場合、緯度と経度を用いて建物の範囲（面）を建物ごとに格納し、緯度と経度を用いて地域の範囲（面）をクエリとして与え、そのクエリで与えられた面と、建物の範囲を表す面の包含関係を計算します。

空間データベースは、既存の関係データベース (RDB: Relational Database) や分散キーバリューストア (KVS: Key Value Store) を用いて実現できます。RDBを用いる場合、空間情報をカラムとするテーブルを利用します。しかし、緯度や経度ごとにカラムを用意する場合、カラムごとに検索が発生するため、検索回数が2回となり検索効率が悪くなります。この解決方法として二次元情報向けの検索木



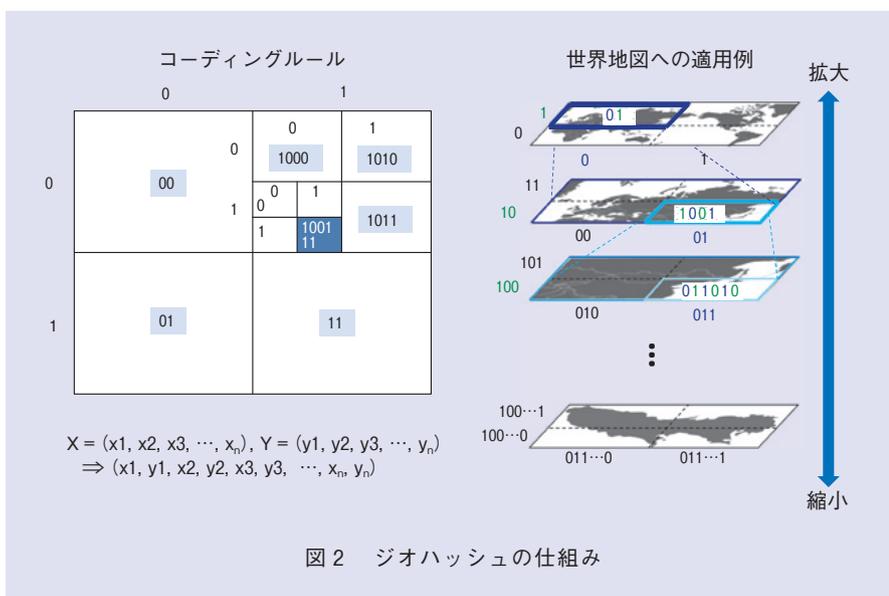
データ格納時に検索木の更新が頻繁に発生するため、データ格納の処理効率が低下します。そこで、膨大な数の動的オブジェクトの時空間データベースは、RDBを用いるよりも、このような検索木の更新が発生しない分散KVSを用いるほうが適していると考えられます。

次に、この分散KVSを用いてSICが開発した時空間データ高速検索技術を説明します。

時空間データ高速検索技術

時空間データ高速検索技術は、実空間上の大量の動的オブジェクトが収集したセンサ情報と、そのセンサ情報に紐付けられた時間情報と空間情報を格納しつつ、ある特定の時間情報と空間情報を矩形範囲で指定して、そこに含まれるセンサ情報を高速に検索する技術です。特に、本技術は、分散KVSとSICが提案する「時空間コード」と「限定的ノード選択アルゴリズム」を用いることにより、以下の要件を満たします。

- ① 多次元情報検索の効率化：「時空間コード」を分散KVSのキーとして用いることにより、時間、緯度、経度、高度等から構成される多次元情報の検索を1回で行います。
- ② 範囲指定：「時空間コード」の前方一致検索により、現在から1時間前、東経10度から20度、北緯30度から40度等、時間情報と空間情報の検索範囲を指定できます。
- ③ 時間的・空間的な偏りの平滑化：「限定的ノード選択アルゴリズム」を用いることにより、「午前は駅周辺が混雑し、夕方は郊外



(R-Tree⁽⁴⁾等)が提案されています。一方、分散KVSを用いる場合、Key-Value構造のテーブルのキーに格納できるデータ数は1つだけとなるため、空間情報のような多次元情報は、そのままでは格納できません。この解決方法として、「空間重点曲線」を用いて多次元情報を一次元情報に変換する方法が提案されています。特に、空間情報の一次元化では、空間重点曲線の1つであるZ曲線を用いて一次元化する「ジオハッシュ⁽⁵⁾」がもっとも用いられています。その理由として、一次元化された空間情報の長さを変えて、表

現できる空間の範囲を拡大・縮小できるズーム効果が挙げられます(図2)。本稿では、このジオハッシュを用いて一次元化された空間情報を「空間コード」と呼びます。

時空間データベースは、このRDBや分散KVSを用いた空間データベースで時間情報も管理できるようにすることで実現できます。しかし、数千万人のヒトや数千万台の接続デバイス等、膨大な数の動的オブジェクトを対象とする場合、移動によって頻繁に位置や時刻が変わります。この結果、RDBのような検索木を用いる場合、

が混雑する」等、実空間上の時間的、空間的な情報発生量の偏りの影響を減らすために、分散KVSを構成する各ノードに分散格納し

ます。

- ④ 全ノード探索の回避：「限定的ノード選択アルゴリズム」を用いることにより、分散KVSの全ノード

ドに分散格納されたデータを検索する際、全ノード検索を回避し、情報が格納されている可能性があるノードだけから検索を行います。

■時空間コード

時空間コードは、前述した空間コードを時間領域に拡張した情報であり、Z曲線を用いた変換ルールに従って、時間情報と空間情報の各ビットを並べ直した次元情報です。時空間コードの例を図3に示します。この例では、時間36 bit、緯度30 bit、経度30 bitで構成しています。この場合、最小30 ms × 3 cm × 3 cm四方の矩形を表現可能となります。

この時空間コードを用いた「データ格納」と「データ検索」の処理の流れを説明します(図4)。

データ格納では、まず、格納したい時間情報と空間情報を用いて時空間

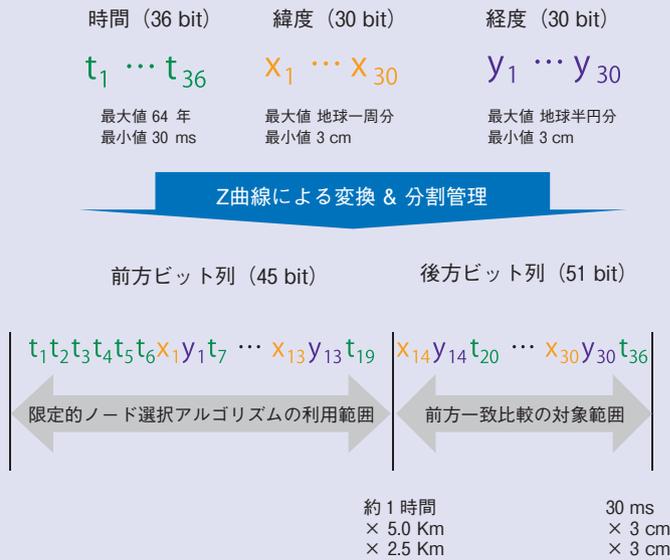


図3 時空間コードの例



※ 格納先ノードの候補が2, 4, 5となる場合の例

格納先ノードの候補だけ検索が実行される

図4 データ格納とデータ検索の処理フロー

コードを生成します。次に、この時空間コードの前方ビット列を用いてハッシュ計算を行います。これによって、全ノードから複数のノードの組み合わせを格納先ノードの候補として一意に求められます。さらに、この候補の中からランダムに1つのノードを選択しデータを格納します。このアルゴリズムを「限定的ノード選択アルゴリズム」と呼びます。

データ検索では、検索条件となる時間情報と空間情報を用いて時空間コードを生成します。次に、この時空間コードの前方ビット列を抽出し、この値を用いてハッシュ計算を行い、格納先ノードの候補を決定します。そして、候補となった格納先ノードは、そこに格納されている時空間コードと、検索条件の時空間コードの前方一致比較を行い、一致するデータを返却します。

■限定的ノード選択アルゴリズム

限定的ノード選択アルゴリズムは、時空間コードの前方ビット列に含まれる時間が時々刻々と変化するため、格納先ノードの候補の組み合わせも時々

刻々と変化します。仮に、ある地域で渋滞が発生した場合、時間の経過による格納先ノードの候補の組合せは変化します。したがって、データ格納時に、ある特定のノードに永続的に負荷が集中し続けることは回避できます。この変化を図5に示します。また、データ検索時は、同様に検索条件で与えられた時空間コードの前方ビット列を用いて、格納先の候補となるノードだけを検索するため、全ノードに対する検索負荷は発生しません。

データ検索時は、データベースに格納されている時空間コードと、検索条件で与えられた時空間コードの前方一致比較によって、時間と空間の範囲検索を一度で実行できます。また、アプリケーションは、検索条件として与える時空間コードの長さを変えることで、検索したい時間や空間の範囲を変更できます。例えば、広い範囲の時間や空間を検索したい場合、短いビット列を用います。狭い範囲の時間や空間を検索したい場合、長いビット列を用います。

本技術を実装した結果、従来方式⁽⁶⁾と比較し、スループットはデータ格納で約13倍、データ検索で約5倍、改善することを確認しました⁽¹⁾。

Axispot[®]のアーキテクチャ

今後は、時空間データ高速検索技術を土台として、道路などの矩形以外の範囲検索など、より高度な時空間データ管理機能を提供し、車両間通信や拡張現実等の次世代サービスへの適用をめざします。

Axispot[®]の全体アーキテクチャを図6に示します。Axispot[®]は、「データベース層」「データベース管理層」「ジオメッシュ層」「ジオメトリック検索層」「ジオメトリック分析層」の5層から構成されます。データベース層は、データを管理する複数のノードで構成される分散KVSから構成されます。データベース管理層では、前述の時空間データ高速検索技術を用いてデータ格納時やデータ検索時に、時間情報や空間情報を用いてデータ格納先ノードを計算します。ジオメッシュ層では、Z曲線を用いて空間情報と時間情報を一次元化した情報（時空間コード）を生成します。この層で行われる検索範囲は、常に100 km四方等の時空間コードで定められる固定長の矩形範囲となります。そこで、ジオメトリック検索層では、このジオメッシュ層の検索結果（矩形範囲）から、特定範囲に含まれる情報だけを絞り込みます。例えば、矩形範囲に含まれる動的オブジェクトから、多角形（ポリゴン）で表現される道路や公園、学区等の複雑な形状に含まれる動的オブジェクトのみを抽出します。ジオメトリック分析層では、ジオメッシュ層やジオメトリック検索層の検索結果を用いて集計や判定処理

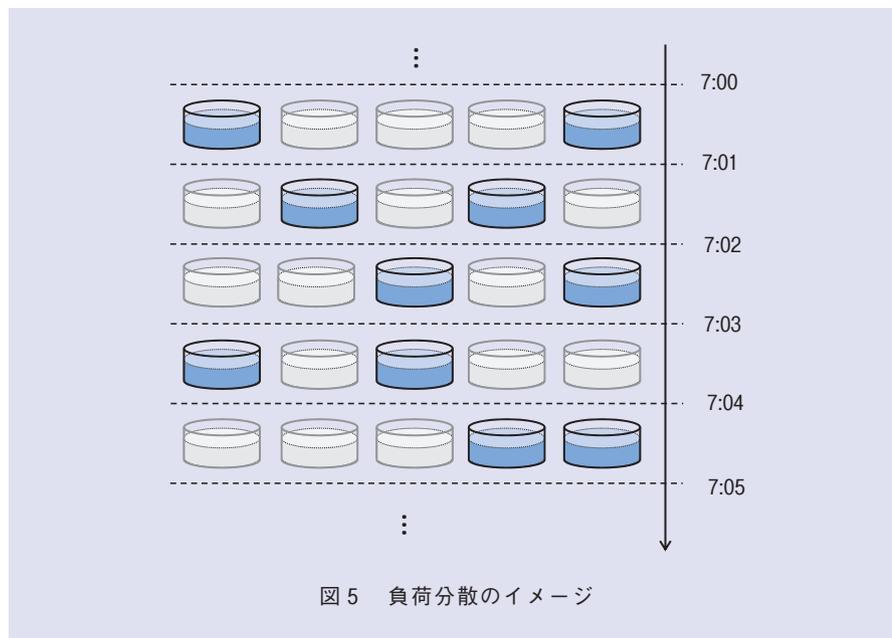




図6 アーキテクチャ

等を行います。例えば、検索結果を「MapReduce技術⁽⁷⁾」と組み合わせて、動的オブジェクトを高速集計します。また、フェンスと呼ばれる特定領域に対する動的オブジェクトの出入りを検知します (GeoFencing)。

さらに、本技術をサイバー空間上に応用することで、サイバー空間上の仮想都市や自然環境等を再現した静的オブジェクトと、同じサイバー空間上で行動するヒトやロボット等の動的オブジェクトを、時間と位置情報を用いて合成可能となります。そこで、時間と空間を用いたデジタルツイン合成技術として発展させ、デジタルツインコンピューティング構想⁽⁸⁾の実現もめざします。

■参考文献

- (1) A. Isomura: "Real-time spatiotemporal data utilization for future mobility services," RedisConf19, Jun 2019.
- (2) T. Abraham and J. F. Roddick: "Survey of

- Spatio-Temporal Databases," GeoInformatica, Vol.3, No.1, pp.61-99, 1999.
- (3) N. Pant, M. Fouladgar, R. Elmasri, and K. Jitkajornwanich: "A Survey of Spatio-Temporal Database Research," LNCS, Vol. 10752, 2018.
- (4) M. Hadjieleftheriou, Y. Manolopoulos, Y. Theodoridis, and V. J. Tsotras: "R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching," 2017.
- (5) <https://blog.labix.org/2008/02/26/geohashorg-is-public>
- (6) <https://www.slideshare.net/DanielHochman/geospatial-indexing-at-scale-the-15-million-qps-redis-architecture-powering-lyft>
- (7) J. Dean and S. Ghemawat: "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters," OSDI 2004, San Francisco, U. S. A., Dec. 2004.
- (8) <https://www.ntt.co.jp/news2019/1906e/190610a.html>

(上段左から)花館 蔵之/ 木村 達郎/
 沖 宣宏/ 重松 直子/
 上野 磯生

(下段左から)内藤 一兵衛/ 久保 貴司/
 宮原 和夫/ 磯村 淳

時空間データ管理技術は、リアル空間上の物体の動きをサイバー空間上に再現するリアル・サイバー空間の融合のキー技術となります。今後は、その基本フレームワークとしてAxispot[®]を実現していく予定です。

◆問い合わせ先
 NTTソフトウェアイノベーションセンタ
 第三推進プロジェクト
 TEL 0422-59-3964
 FAX 0422-59-3145
 E-mail info-axispot-p-ml@hco.ntt.co.jp

企業間のデータ連携を加速する「iChie」

NTTソフトウェアイノベーションセンタでは、組織間・企業間データ連携による新たな価値創造を促進するため、散在するデータベースを1つのデータベースに仮想的に統合する技術「iChie」（いちえ）の研究開発に取り組んでいます。本稿では、企業間データ連携における課題と、それらを解消するiChieの技術的特長について紹介します。

やまもと なおと とくなが だいすけ

山本 直人 / 徳永 大典

もちだ せいじろう

持田 誠一郎

NTTソフトウェアイノベーションセンタ

企業間データ連携における理想と現実

近年、企業や業界の垣根を超えたデータ連携が注目を集めています。例えば、小売業が持つ販売履歴と、公共交通機関が持つ人流データを掛け合わせることで、商圈分析の精緻化や動線設計の効率化を図ることができます。また、卸売・小売業が持つ販売履歴、メーカーが持つ組み立て履歴、サプライヤが持つ製造履歴を掛け合わせることで、製品のトレーサビリティ向上が期待できます。

しかし、このような企業横断的なデータ分析を行う場合、データを1カ所（分析ツールの実行場所）に集める必要があります。また、個人情報や企業秘密を保護するため、データに対して匿名化や秘匿化といった加工処理を施すと、粒度が荒くなり、データとしての価値が低下します。

企業内でも、データベースを部門ごとに導入・運用するケースが多々みられるため、企業間のデータ連携と類似の問題が存在しています。このような企業のいくつかでは、「各データベースから集めたデータをデータレイクにいったん保管し、分析の目的に応じて

データマートとして再構成する」といったアプローチを採っています。構造化・非構造化を問わず、すべてのデータ形式を保存することができるデータレイクを活用すると、各データベースから集めたデータを1カ所で一元的に保管・活用できます。しかし、その一方で個人情報や企業秘密のような機微データを社外のデータレイクに集めることには高い障壁が存在します。そのため、iChieでは、「データベースを企業ごとに分散させたまま、分析アプリケーションに対するエンドポイントのみ一元化することで、仮想的に1つのデータベースとして見せる」というアプローチを採用しています。このアプローチをデータ仮想化（Data Virtualization）と呼びます。

企業間のデータ連携における理想像と現状を表に示します。これらの現状に対して、iChieはデータ仮想化の考えに基づく特長を備えることで、理想像の実現をめざしています。

ネットワーク特性に基づくデータ転送制御

多くの企業では、ビジネスインテリジェンスツール（BIツール）のようなアプリケーションを用いて、大量のデータを集計・分析し、意思決定に資する情報を獲得します。データを集める際、ビジネスインテリジェンスツールはデータベースに対してSQLクエリを発行します。各データベースはそのクエリに対する応答としてデータを転送します。企業間のデータ連携では、

表 企業間のデータ連携における理想像と現状

	理想像	現状	iChieの特長
1	リモートのデータベースに対して、リアルタイムかつオンデマンドにデータ連携できる	データ転送に時間を要してしまい、リアルタイム・オンデマンド連携ができない	<ul style="list-style-type: none"> 小さなデータを、大きなデータがある場所に転送することで、データ転送量を削減する データベース間のネットワーク品質に基づき、最適なデータ転送経路を選択する
2	データのプライバシーや企業秘密を確保したまま、外部からのデータ分析に結果を返すことができる	データ外部に持ち出すため、匿名化、秘匿化などの加工処理を行うと、データ分析価値が低下する	<ul style="list-style-type: none"> データオーナーが外部転送を禁止したいデータ項目を指定すると、その項目を外部にデータを転送することなく分析することができる

データベースが地理的、ネットワーク的に分散しているケースがほとんどです。このような状況で、ビジネスインテリジェンスツールが各データベースからデータを集めようとする、ビジネスインテリジェンスツールとデータベース間のネットワーク品質がボトルネックとなり、データ転送に時間がかかってしまいます。ビジネスインテリジェンスとは、データの組合せを試行錯誤で変えながら、正解を探索する営みです。したがって、データ転送に時間がかかることは、試行回数の減少、すなわち分析品質の低下に直結する問題です。

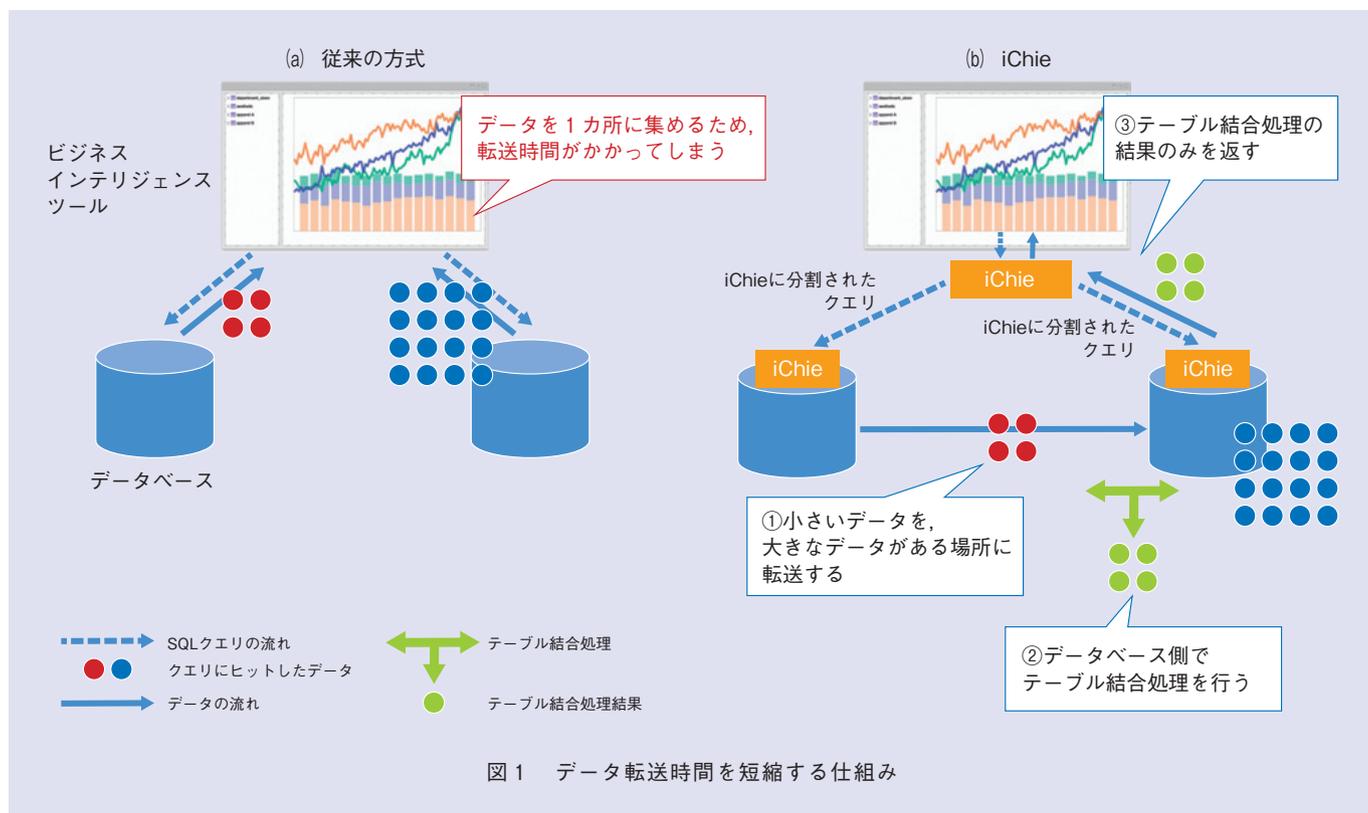
iChieは、この問題を2つのアプローチで解決します。

1番目は、「小さなデータを、大きなデータがある場所に転送すること

で、データ転送量を削減する」というアプローチです。従来の方式では、複数のデータベース間でテーブルを結合(JOIN)する際、SQLクエリを発行した場所(1カ所)にデータを集めて結合します。iChieでは、統計情報を利用し、結合対象のテーブルに対する分割クエリにヒットするデータサイズを比較します。そして、ヒットしたデータをSQLクエリを発行した場所を集めるのではなく、ヒットしたデータが小さいデータベースから、ヒットしたデータが大きいデータベースにデータを送って結合処理を行い、結果をSQLクエリを発行した場所に返します。結合されたテーブルは元のテーブルの積集合なので、少なくとも元の大きなテーブルよりデータ量が小さくなります。図1は2カ所のデータベ-

ース間で結合する例ですが、3カ所以上のデータベースをまたいで結合処理を行う場合は、転送するデータの総量が最小になるように、「どのデータベースのデータを、どのデータベースに、どのような順番で転送するか」という実行計画を立てます。

2番目は、「ネットワーク品質に基づき、最適なデータ転送経路を選択する」というアプローチです。図1のようにデータベース間でデータを転送する場合や、ビジネスインテリジェンスツールにクエリ応答を送信する場合、複数のデータ転送経路が考えられます。iChieは、過去にそれらの経路でデータを転送した際の実効帯域の実績をクエリの実行計画策定にフィードバックすることで、最適なデータ転送経路選択を可能にします(図2)。



データオーナーによるデータ利用者への プライバシーポリシーの強制適用

iChieはプライバシーに配慮した統合分析を支援する機能も備えています。

企業間データ連携で個人情報や企業秘密といった、より安全な管理を求められるデータを取り扱う場合、これらのデータを保護するため、匿名化や秘匿化といった加工処理が必要となります。しかし、匿名加工し過ぎた場合、データの粒度が荒くなり、分析に適さなくなります。

そこで、iChieでは、「プライバシーポリシーエンフォースメント」という仕組みを用いて、データを外部に出すことなく、データ分析を行うための機能を提供しています。プライバシーポリシーエンフォースメントとは、データオーナー（データベースの管理者）が設定した秘匿化・匿名化ポリシーをデータ利用者へ強制適用する仕組みです。

例えば、ショッピングモールが顧客の属性情報を、テナントが購入履歴を持っているケースを想定します。また、ショッピングモールが「会員IDと氏名は外部に出さない」というセキュリティポリシーを持っていたとします。このとき、データオーナーであるショッピングモールは、iChieエージェントに対して、「会員IDと氏名は外部に出さない」というプライバシーポリシーをあらかじめ設定しておきます（図3）。この状況の下、BIツールのユーザが、購入品名ごとの購入日時、年齢、性別を調べたいとします。これを調べるためには、会員IDをキーにして、ショッピングモールとテナントのクエリ応答をJOINしなければなりません。この

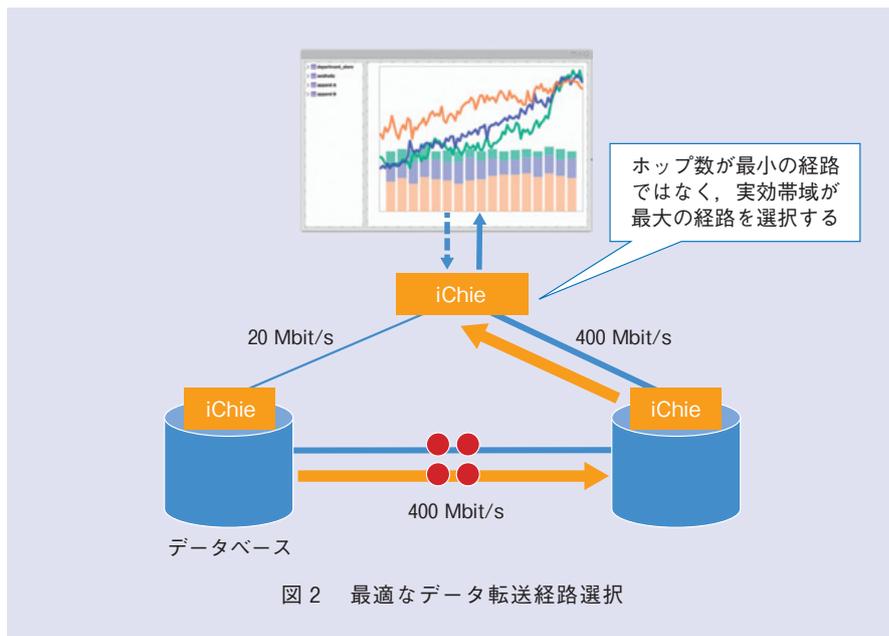


図2 最適なデータ転送経路選択

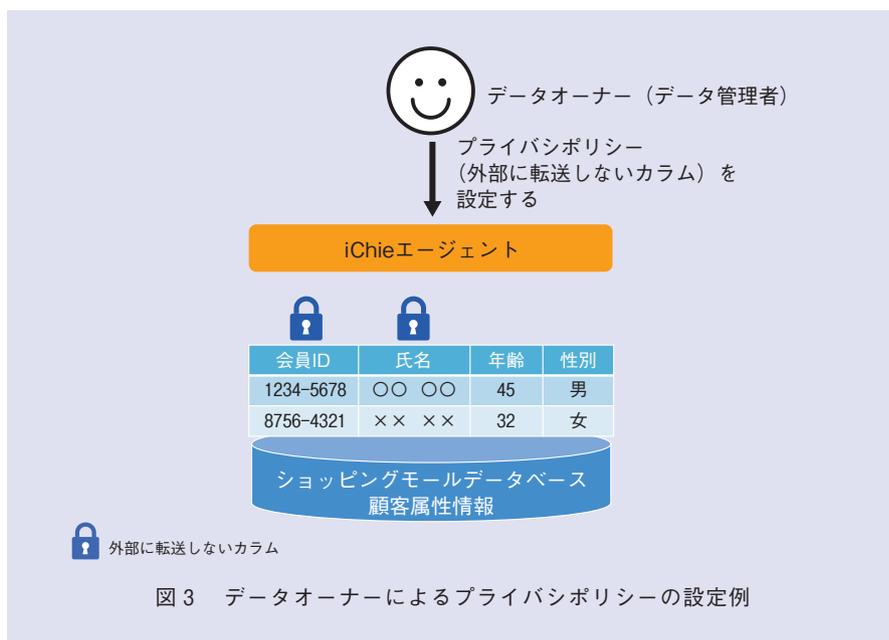


図3 データオーナーによるプライバシーポリシーの設定例

とき、iChieは、プライバシーポリシーが設定されたカラムを持つデパート側のデータベース側でJOIN処理を行うよう、データベースごとのクエリ実行計画を立てます。また、JOINした結果に対して、外部に転送しないカラム、すなわち会員IDと氏名をマスクし、

これをBIツールに応答します。このようにすることで、秘匿性が高いデータを外部に出すことなく、データ分析を行うことが可能になります（図4）。

今後の展開

2011年、世界経済フォーラムはダ

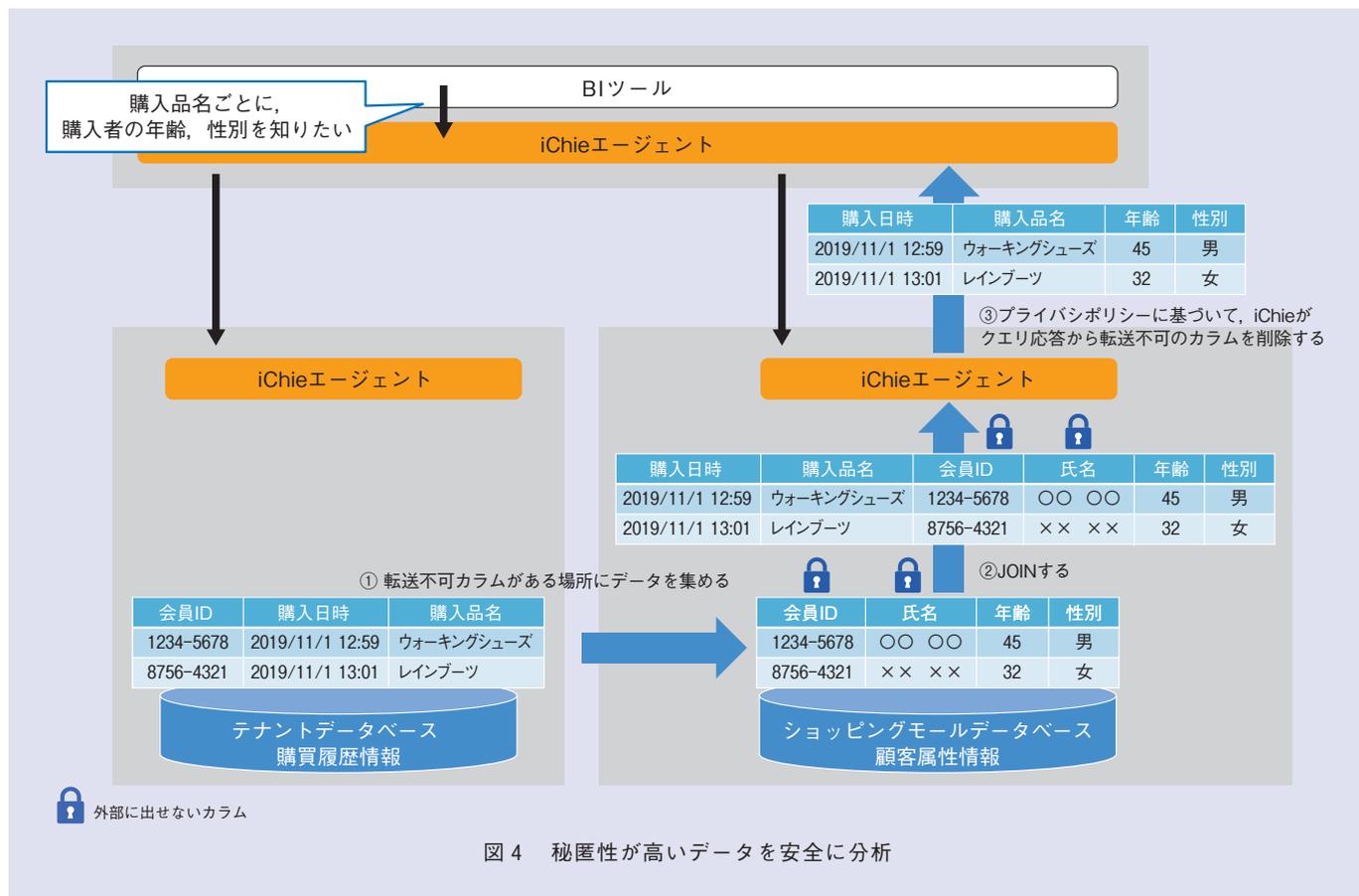


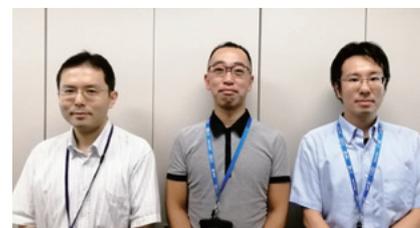
図4 秘匿性が高いデータを安全に分析

ボス会議で、「21世紀において個人情報とは新たな石油（価値ある資源）となるだろう」と報告しました。データは石油のように価値がありますが、それはデータどうしを互いに組み合わせ、適切な分析を施すことによって価値が最大化します。したがって、今後、企業間・産業間のデータ連携に対するニーズはますます高まっていくものと思われます。

企業間データ連携における課題は、本稿で挙げた課題以外にも多く存在します。例えば、企業間のデータ連携では、同一のデータを、同一のカラム名や同一の型で管理しているケースは稀であるため、企業間でテーブルを結合する場合には、名寄せする作業が必要

になります。そこで、iChieでは、データのセマンティクスを解釈し、データベース間で共通の表現形式に変換するといった技術を検討しています。また、協調分散機械学習を用いて、企業秘密である実データの共有ではなく、それぞれの企業が自社のデータを用いて生成した学習モデルのみを共有・統合することにより、実データの共有と同じ効用が得られるようにする技術の開発も検討しています。

NTTソフトウェアイノベーションセンターでは、NTTグループのみならず、さまざまなパートナーの皆様と連携し、実社会への適用に向けた取り組みを進めています。



(左から) 持田 誠一郎 / 徳永 大典 / 山本 直人

NTT研究所では、iChieの研究開発を通じて、組織間・企業間データ連携による新たな価値創造に貢献していきます。

◆問い合わせ先
NTTソフトウェアイノベーションセンター
第三推進プロジェクト
TEL 0422-59-2822
E-mail naoto.yamamoto.mf@hco.ntt.co.jp

イジング型計算機による組合せ最適化のためのハイブリッド計算基盤

LASOLV[®]はNTTが研究開発に取り組む、新しい原理に基づいた計算装置です。LASOLV[®]は組合せ最適化問題を極めて高速に解くことが可能であるため、これまでは解くことができなかった課題の解決が期待されています。一方で実世界の問題をLASOLV[®]で解くためには、LASOLV[®]が受け付ける形式への問題変換や、従来からあるデジタル計算機との連携などの課題があります。本稿では、このような課題の解決手段を幅広いユーザに提供し、LASOLV[®]の効果的な利用を可能にするLASOLV[®]計算システムを紹介します。

あら い じゅんや や ぎ さ と し うちやま ひろゆき
 新井 淳也 /八木 哲志 /内山 寛之
 とみ た きんや みはやら かずひろ ともえ とくま
 富田 均也 /宮原 和大 /巴 徳瑪
 ほりかわ けいたろう
 堀川 桂太郎

NTTソフトウェアイノベーションセンター

イジング型計算機の利用における課題

ムーアの法則の終焉に伴い、計算機の性能を飛躍的に向上させるのは困難になりつつあります。一方で、私たちは今日のデジタル計算機を圧倒するような複雑な問題に依然として直面しています。組合せ最適化問題はそのような問題の1つです。基礎的な組合せ最適化問題としては、指定された複数の都市をもっとも効率的にめぐる訪問順を求める問題(巡回セールスマン問題)や、限られた色数で隣り合う領域が異なる色になるように塗り分ける問題(グラフ彩色問題)が有名です。

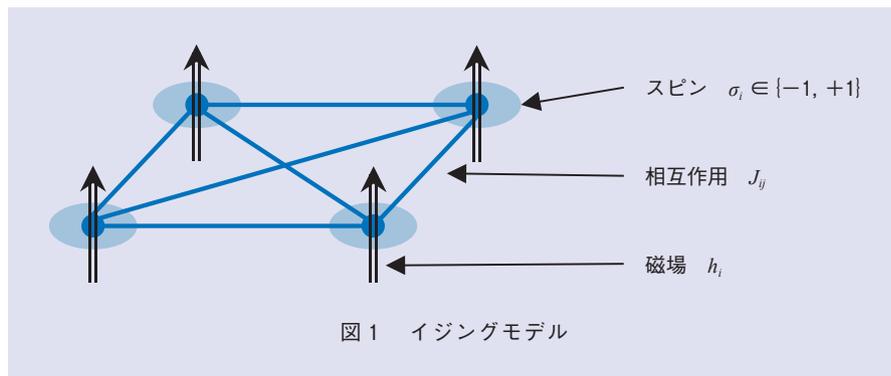
これらの応用の一例としては無線通信の品質改善があります。複数の無線アクセスポイントをイベント会場に配置する際、近傍のアクセスポイントが互いに同じ周波数帯を使用していると、電波の干渉により通信が不安定になります。ここでグラフ彩色問題を応用することで、近傍のアクセスポイントがそれぞれ異なる周波数帯となるような割り当て方を求めることができます。このように、組合せ最適化問題は

実世界の課題に広く内包されています。

組合せ最適化のさまざまな問題は、イジングモデルの基底状態探索(イジング最適化)問題に変換可能であることが知られています。イジングモデルとはスピンのネットワークを表現した統計力学のモデルです(図1)。スピン σ_i はアップ(+1)またはダウン(-1)のいずれかの状態をとります。 J_{ij} と h_i がそれぞれスピン間相互作用と磁場の強さを表すとすると、基底状態とは次式で定義されるイジングハミルトニアン H が最小化された状態を指します。基底状態を満たすスピンの組合せが、基底状態探索問題の解となります。

$$H = - \sum_{i < j} J_{ij} \sigma_i \sigma_j - \sum_i h_i \sigma_i$$

イジング最適化問題、ひいては組合せ最適化問題を効率的に解くため、D-Wave Systemsの量子アニーリングマシンや富士通のデジタルアニーラのようにイジング最適化に特化した計算機が開発されています。本稿ではそのような計算機をイジング型計算機と呼称します。NTTもまたNTT物性科学基礎研究所において光を用いたイジング型計算機であるLASOLV[®]の研究開発を行っています(図2)。これらの計算機の機能は限られた規模のイジング最適化問題を解くことのみですが、イジング型計算機とデジタル計算機を協調的に利用するハイブリッドアルゴリズムの使用により複雑な問題も解くことができます。例えば、大規模なイ



ジング最適化問題を解くため、デジタル計算機上で小規模な部分問題に分解したうえで、個々の部分問題をイジング型計算機で解くという処理を繰り返す発見的手法が存在します。そのため、イジング型計算機は実世界の問題に幅広く適用可能です。

しかし、イジング型計算機の利用にあたってはいくつかの課題があります。例えば、コストや設置場所の問題で多数のイジング型計算機を用意することは困難であるため、複数人で少数のイジング型計算機を共用する仕組みが必要です。そこでいくつかの企業は、クラウドプラットフォーム上のリモートな計算資源としてイジング型計算機を提供しています^{(1),(2)}。プラットフォームの利用者は手元のデジタル計算機でプログラムを実行し、そのプロ

グラムからWeb API (Application Programming Interface) リクエストを発行することでイジング最適化をそのプラットフォームに任せる（オフロードする）ことができます。ところが、イジング型計算機は1ミリ秒オーダーの時間で問題を解くため、相対的にインターネット経由の通信はあまりにも低速です。特に、ハイブリッドアルゴリズムはイジング型計算機とデジタル計算機の間で頻繁に情報をやり取りするため、通信コストによる性能低下が顕著になります。このように、イジング型計算機の利用には依然として課題があります。

これらの課題を解決すべく、NTTソフトウェアイノベーションセンターでは、LASOLV[®]を簡単かつ効率的に利用するためのプラットフォームの研究

開発に取り組んでいます。本稿ではまず、イジング計算プラットフォームに求められる設計上のポイントを整理し、さらにそれらの要求に対する回答として私たちのプラットフォームであるLCS (LASOLV[®] Computing System : LASOLV[®] 計算システム) を紹介します。LCSの大きな特徴は、利用者によって定義されたハイブリッドアルゴリズムをLASOLV[®]と併置されたデジタル計算機上で実行することです。これによりLASOLV[®]とデジタル計算機の間で効率的な通信が可能となります。さらに、LCSは幅広いユースケースにおいてイジング最適化問題への変換を容易にするライブラリを備えています。以降ではこれらについて詳しく説明します。

なお、LASOLV[®]は以前「量子ニューラルネットワーク」と呼ばれていました。紙面の都合でLASOLV[®]自体については説明しませんので、詳しくは過去の特集記事⁽³⁾を参照ください。

プラットフォーム設計における要求

次にイジング計算プラットフォームに求められる設計上の観点を3つ取り上げて説明します。

■効率性

前述したように、インターネット経由の通信はイジング最適化と比較して桁違いに長い時間を要します。さらに、技術の進歩に伴いイジング型計算機が対応するスピンの数は増加します。例えばLASOLV[®]は現状で最大2000スピンに対応していますが、NTT物性科



図2 LASOLV[®]外観

学基礎研究所ではこれを10万スピ
ンまで増加させることをめざしてい
ます。その結果、イジング最適化問
題の規模、すなわち J_{ij} と h_i のサイ
ズはますます増大し、通信効率
が性能により大きな影響を及ぼす
ようになります。したがって、プラ
ットフォームは通信のオーバーヘッ
ドが最小化されるように設計され
なければなりません。

■ 拡張性

イジング型計算機は進化の途上
にあります。そのため、新しい世代
のハードウェアは従来と異なる仕
様を持つ可能性があり、必然的に
プラットフォームはヘテロジニア
ス（異種混在）な計算資源を含む
こととなります。計算資源の使い
分けは利用の複雑さを増加させ
るため、これらの資源を効果的かつ
利用しやすい形態で提供する工夫
が必要です。

■ 生産性

各種の組合せ最適化問題をイジ
ング

最適化問題へ変換する作業は特殊
な技能を要します。一方で、変換
の方法はあまりにも多様であるた
め、それぞれの組合せ最適化問題
に対応する変換アルゴリズムの提
供は非現実的です。幅広い利用目
的において高い生産性を実現する
、利便性と汎用性を兼ね備えた
プログラミングインタフェースが求
められます。

LASOLV[®] 計算システム

NTTソフトウェアイノベーション
センターでは、LASOLV[®]のため
の計算プラットフォームとしてLCS
の開発に取り組んでいます。具体的
には、LCSは独自のPythonライ
ブラリ、およびジョブスケジュー
ラなどのミドルウェアを備えた計
算機クラスターです。前述した設
計上の要求を満たすため、LCS
は次の3つの特徴を持ちます。

■ LASOLV[®]とデジタル計算機の統合

LASOLV[®]とデジタル計算機の間の

効率的な通信を可能にするため
、LASOLV[®]とデジタル計算機はLCS
において1つのクラスターに統合
されています（図3）。LASOLV[®]
が含まれることを除けば、HPC
（High-Performance Computing: 高
性能計算）分野において標準的な
クラスターの構成です。利用者は
SSH接続によるコマンド操作、ま
たはブラウザ上のJupyter Note
bookからプログラムの実行をジョ
ブとして投入することができます
（図4）。ジョブスケジューラと
ライブラリの協調により、プログ
ラムのうちデジタル計算機を使用
する部分は計算ノードで実行さ
れ、イジング最適化はLASOLV[®]
にオフロードされます（図5）。計
算ノードとLASOLV[®]の間の通信
はクラスター内に閉じるため、イ
ンターネットに比べて広帯域・低
遅延の通信が可能です。また、
CPUコアおよびLASOLV[®]を複数
のジョブが同時に使用することが
ないように実行されるため、複数
ユーザの同時使用が可能です。

■ グループディスパッチ

LCSはスケールアウト可能な設
計となっています。今後異なる仕
様を持つLASOLV[®]が登場し得る
ことから、それらを管理しやすく
するためLCSは互換性のあるLAS
OLV[®]をグループとして管理しま
す。利用者はイジング最適化の
オフロード先をグループ単位で指
定することが可能です（図5）。
ジョブスケジューラはそのグル
ープ内

* 現時点ではNotebook全体が一括で
ジョブ実行されます。今後の改良で
インタラクティブな実行もサポートす
る予定です。

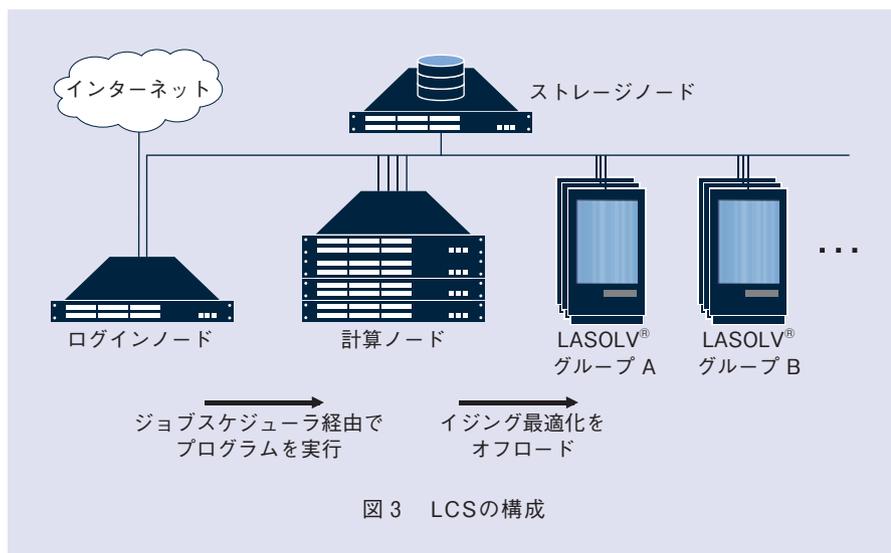


図3 LCSの構成

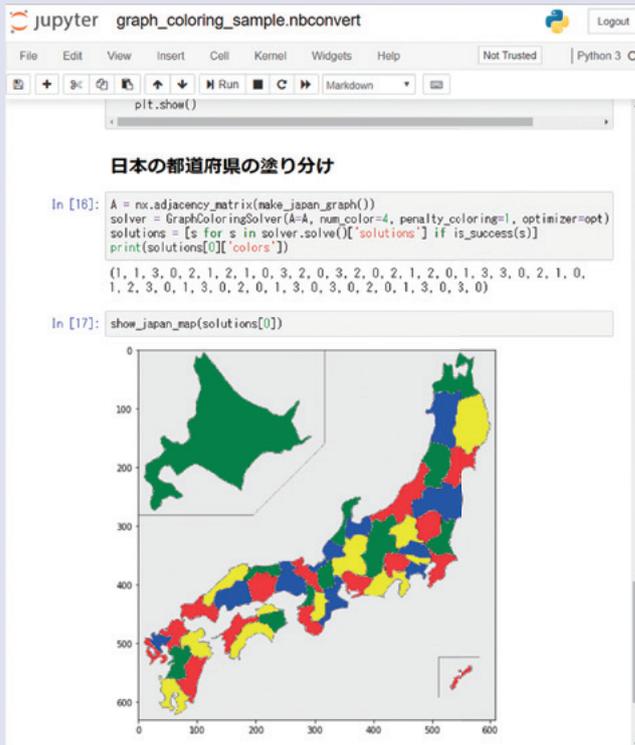


図4 Jupyter Notebookの利用イメージ

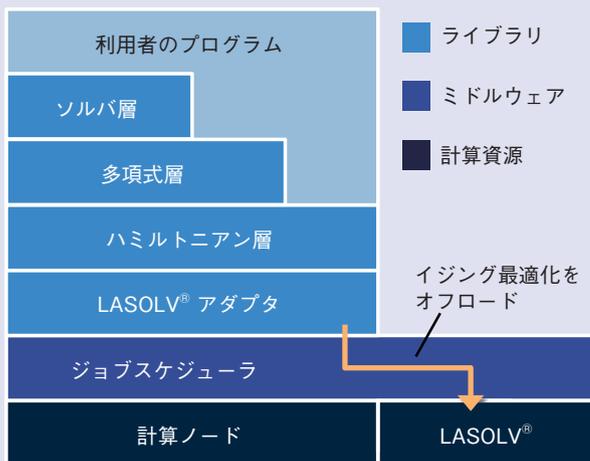


図5 LCSスタック

で処理を振り分けることにより負荷を分散し、効果的にLASOLV®を使用します。なお、与えられたイジング最適化問題の性質（スピン数など）に基づいて必要な仕様を満たすグループを自動的に決定する機能も将来的に実装される予定です。

■階層的な問題変換

利用者は次の3層からなるプログラミングインタフェースを用途に応じて使い分けることができます。

- ① ソルバ層：巡回セールスマン問題やグラフ彩色問題のような広く知られたNP困難問題を多項式、またはイジング最適化問題として表現された目的関数へ変換するアルゴリズム群
- ② 多項式層：多項式として表現された目的関数をイジング最適化問題へ変換するための内部DSL (domain-specific language：ドメイン特化言語)
- ③ ハミルトニアン層：イジング最適化問題 (J_{ij} と h_i) を直接入力する生のインタフェース

この3段階は、手でイジング最適化問題へ変換する場合において一般的なプロセスに対応しています。すなわち、形式的な問題定義、多項式関数の最小化問題への変換、イジングハミルトニアンへの変形です。多項式層は解こうとする問題にソルバ層の実装が適さなかった場合や、手動でチューニングを行うための柔軟性が必要となる場合に有用です。例として、グラフ G に含まれる n 個の頂点を、隣接頂点がそれぞれ

```
f = sum(A (u, v) * sum(x (u, i) * x(v, i) for i in range(c))
        for u, v in combinations(range(n), 2))
    + p * sum((sum(x(v, i) for i in range(c)) - 1) ** 2
              for v in range(n))
solution = PolynomialMetasolver(f).solve()
```

図6 多項式層のサンプルコード

- (3) 武居・稲垣・稲葉・本庄：“複雑な組合せ最適化問題を解く量子ニューラルネットワーク,” NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.5, pp.11-14, 2017.
- (4) A. Lucas：“Ising formulations of many NP problems,” Frontiers in Physics, Vol.2, No.5, pp.1-15, 2014.
- (5) <https://github.com/Blueqat/Wildqat/>
- (6) <https://ocean.dwavesys.com/>
- (7) <https://github.com/OpenJij/>
- (8) <https://github.com/recruit-communications/pyqubo/>

れ異なる色になるように c 色で塗り分けるグラフ彩色問題を考えます。 A を G の隣接行列, p をハイパーパラメータとし, 変数 $x_{v,i} \in \{0, 1\}$ を用いると, グラフ彩色問題は次式の最小化問題に変換されます⁽⁴⁾。

$$f(x) = \sum_{u < v} A_{uv} \sum_{i=1}^c x_{ui} x_{vi} + p \sum_{v=1}^n \left(\sum_{i=1}^c x_{vi} - 1 \right)^2$$

この式を展開すると変数 $x_{v,i}$ に関する多項式が導出されますが, 多項式層のDSLを用いるとPythonプログラマにとって直感的な記述でこの問題を解くことができます (図6)。

また, ハミルトニアン層はLASOLV[®]が対応するスピン数を超えて大規模なイジング最適化問題を解くためのハイブリッドアルゴリズムを搭載しています。これはいくつかの既存手法を基に新しく開発された発見的手法です。このような研究開発の成果を素早く利用者に届けるために私たちは独自のライブラリを開発しており, ユーザはこのライブラリで動作するプログラムを実装するだけで成果を利用可能です。

なお, 他のイジング計算ライブラリ^{(5)~(8)}でイジング最適化問題へ変換

し, LCSライブラリのハミルトニアン層に直接入力することで問題を解くという使い方も容易に実現できます。したがって利用者の自由を制限することはありません。また逆にLCSライブラリの機能の多くは汎用性があるので, イジング最適化問題への変換結果をLASOLV[®]以外のイジング型計算機の入力として使用することも可能です。

今後の展開

本稿ではまずプラットフォームの設計における要求事項を整理し, さらにLCSがそれらをどのように達成したかを紹介しました。

現在, LCSは各種機能を兼務するハイエンドサーバ2台とLASOLV[®]1台を中心とするスモールスタートの構成で共同研究者に提供されています。LASOLV[®]を用いた研究開発を推進するため, 私たちは利用状況とフィードバックに基づくLCSの評価と改良を継続的に実施していきます。

■参考文献

- (1) <https://cloud.dwavesys.com/leap/>
- (2) <https://www.fujitsu.com/global/digitalannealer/services/>



(後列左から) 富田 均也/ 巴 徳瑪/
新井 淳也/ 内山 寛之
(前列左から) 八木 哲志/ 堀川 桂太郎/
宮原 和太

CPUとGPUの併用と同じように, LASOLV[®]のような新原理に基づく計算機と従来型のデジタル計算機という視点でも適材適所の併用が重要になりつつあります。そのような研究の一助となるよう, 引き続きLCSの改良に取り組みます。

◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンター
分散処理基盤技術プロジェクト
TEL 0422-59-6011
FAX 0422-59-3739
E-mail sic-lasolv-p-ml@hco.ntt.co.jp

メニーコア向け高速トランザクション処理技術

IoT (Internet of Things) やFinTech (Finance & Technology) などの分野において、新しいサービスが提供されています。これらのサービスが提供するAPI (Application Programming Interface)を、マシン間やサービス間において自動的に呼び出すことで、さらに多様なサービスが生まれています。その結果、データベースの分離性を担保したまま、読込・更新・削除を行う処理が年々増加しており、その傾向は今後も続いていくと予測されています。本稿では、これらの処理を高速に行うための、メニーコアCPU上でスケールする高速トランザクション処理技術について紹介します。

なかぞの しょう うちやま ひろゆき
 中園 翔 /内山 寛之

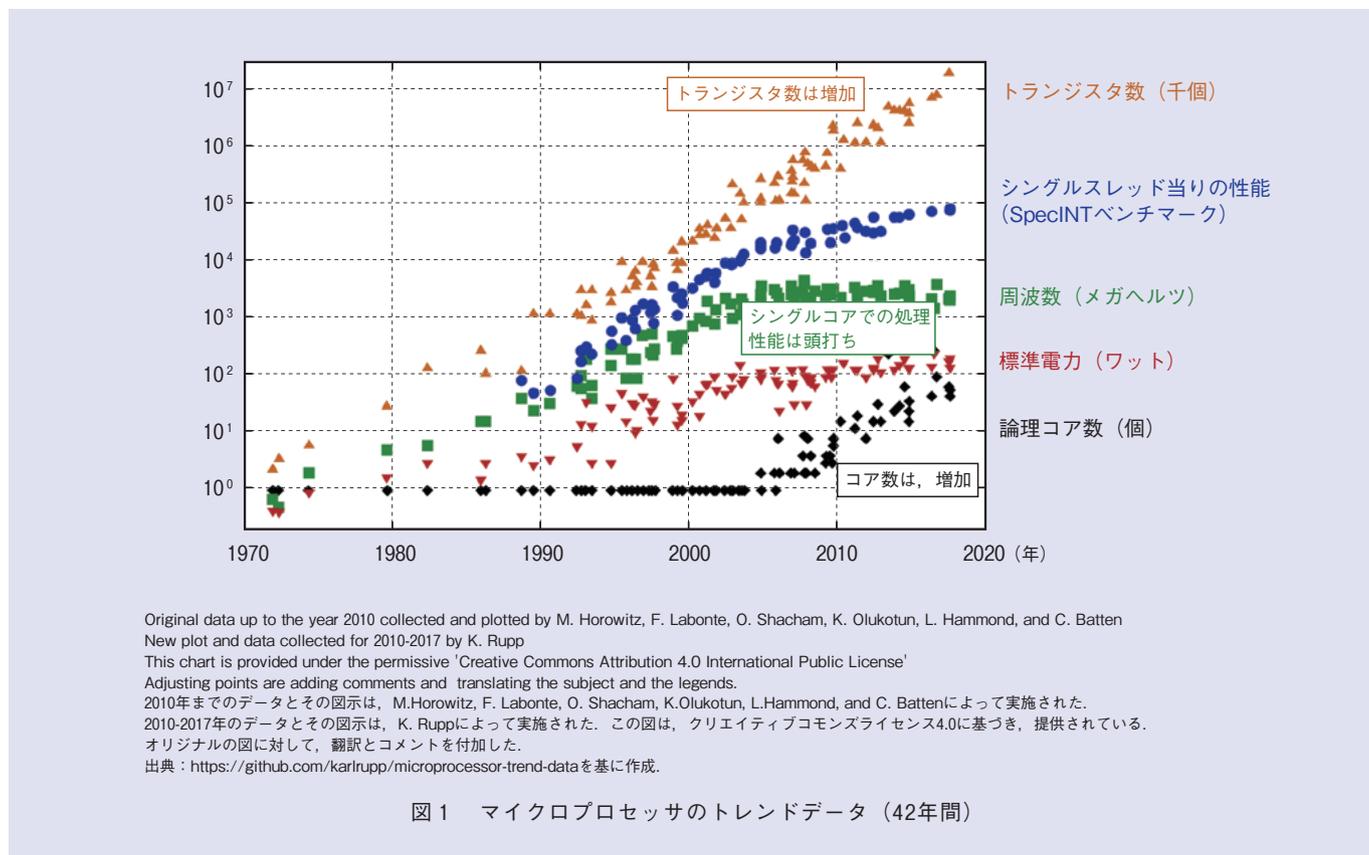
NTTソフトウェアイノベーションセンタ

膨大なデータベース処理と技術的課題

IoT (Internet of Things) においてモノどうしがやり取りし合う状況や、複数のWebサービスが連携し、自動でAPI (Application Programming Interface) を呼び出し合うなど、機械やプ

ログラムがその他のサービスを呼び出すM2M (Machine to Machine) が台頭しています。結果として、これまでにないほどの膨大なデータベース処理が発生しています。近年、CPU上のトランジスタ数はムーアの法則にしたがって増加していますが、それらはCPUのコア数を増加させることで実

現されてきました(図1)。既存のデータベースでは、このようなメニーコアCPUを想定してつくられていないため、コア数を増やすとむしろデータベース処理のスループットが減少する例が報告されています⁽¹⁾。増加するデータベース処理に対応するため、読込処理が大半を占めるユースケースに



対しては、メニーコアCPUにおいてもスケールするSiloといった研究プロダクトが提案されています⁽²⁾。しかし、これらのプロダクトは、更新処理が多いユースケースにおいては、スケールしないことが知られています。IoTを用いたサービスが増加するにつれて、モノの位置や温度といったセンサ情報や数万点にもものぼるサプライチェーンマネジメントの状態を逐次更新する必要が生じています。

また、キャッシュレス決済や小額決済、小額の送金等の処理においても、更新処理量の増加が見込まれています。これらの処理は、トランザクションの分離性^{*1}を担保しながら更新される必要があります。各CPUコアが並列して処理する際に、同じデータ群に対する読み書きを、1つずつ処理す

ることで分離性を担保して処理を行うことができます。しかし、このような処理の仕方では、各CPUコアは、お互いの処理が終わるのを待ってから処理をするためにスケールせず、データベース処理のスループットは減少してしまいます。

図2では、データベース処理に利用される既存のアルゴリズムが、CPUコア数に対してトータルスループットがどのように変化するかを示しています。コア数が32程度でスループットの上限を迎え、さらにコア数を増加させていくと全体のスループットが落ちていくことが観測されます。そのため、更新処理の多いユースケースに対しては、データベースが利用されている現場においては、データベースの分離レベル^{*2}を緩和することで、処理

性能を高速化するなどの対応が取られています。しかし、このような対応では、危険性がつきまといきます。例えば、あるビットコインの交換所では、分離レベルを下げたデータベースを用いたために、ハッカーから攻撃を受け、交換所にある通貨をすべて引き出されてしまい、交換所が閉鎖に追い込まれるという事態となりました。必ずしも事業が停止するほどのインパクトがあるわけではないにせよ、実際に処理したデータが分離性を持たない場合、何らかの影響を事業やユーザに与える可能性があります。以上のことから、データベースの分離性を担保したうえで、メニーコアCPU上における読込・更新・削除処理を高速化することは、サービスを安定かつ低コストで提供するために極めて重要な課題となります。

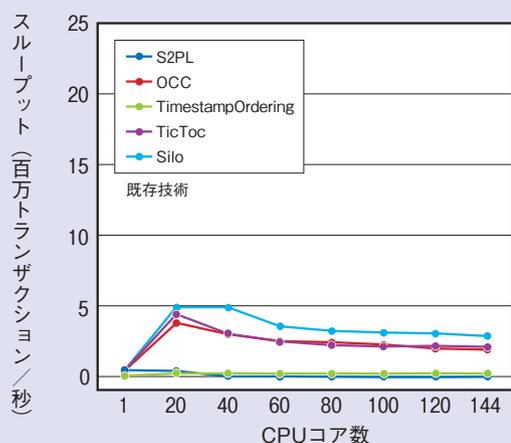


図2 既存技術のメニーコアCPU上での性能

*1 分離性：並列して実行されるトランザクション間で、トランザクションが行う操作の過程が他のトランザクションから隠蔽されること。分離性には、レベルが存在し、分離レベルと呼びます。シリアライズと呼ばれる分離レベルは、もっとも強いものであり、並列実行しているにもかかわらず、あたかも1つずつ順番に処理が行われているのと同じ結果を得ることができます。本提案技術では、シリアライズを保証しています。

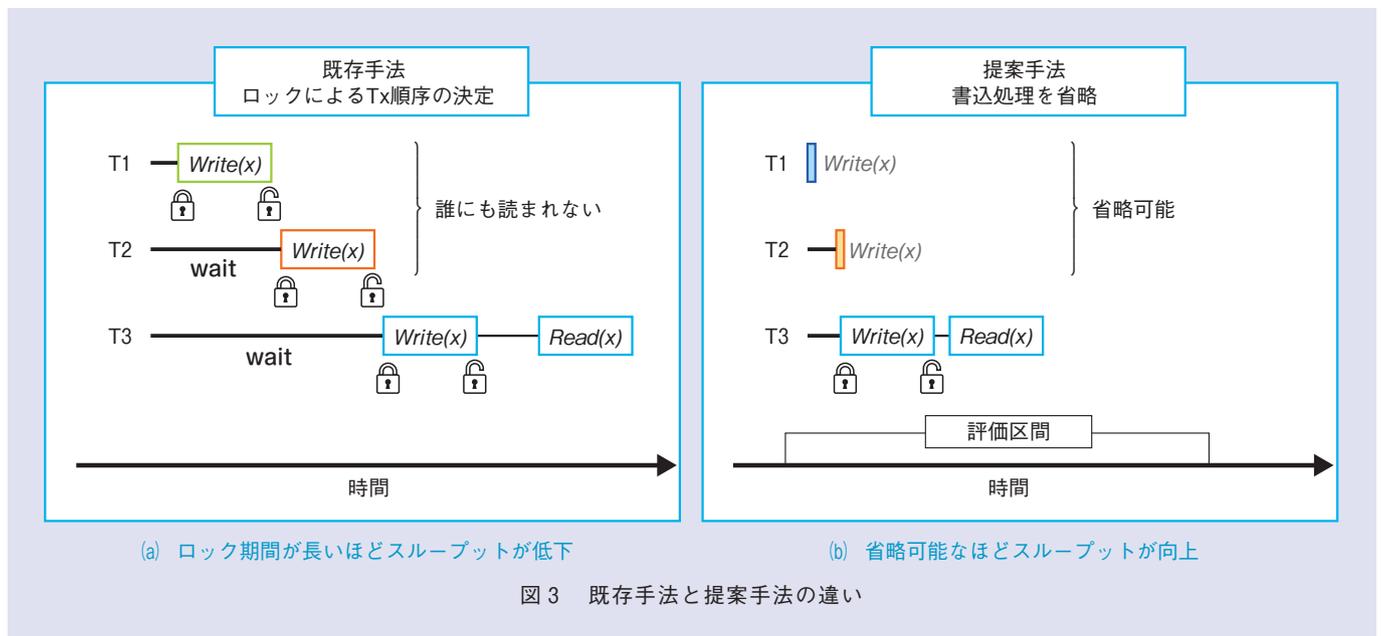
*2 分離レベル：比較的緩いレベルであるread committedを採用すると、処理性能は早くなりますが、同一トランザクション内で複数回の同じ読み取りを行うときに結果が違ふなどといった問題が発生することが知られています。

提案手法

前述のように、読込の多いユースケースにおいては、いくつかの高速処理手法が提案されてきましたが、今後想定される更新処理の多いユースケースに対しては、処理を高速化することができませんでした。1つのデータに対して、更新処理を複数のコアが並列して実行した場合、どちらかが必ず待つ必要があるためです。この課題に対し、NTTソフトウェアイノベーションセンターでは、Invisible Writeと呼ばれる新たな手法を開発し、更新処理の大幅な高速化を実現しました。本手法では、「誰にも読まれないならば、更新処理を行う必要がない」ことに着目

し、もっとも安全な分離レベルを担保しつつ、更新処理の入替を行い、誰にも読まれない更新処理をつくり出すことに成功しました。既存手法と提案手法の違いを図3に示します。図中のT1, T2, T3は、データベース処理を並列に処理するプロセスを示しており、xは更新処理の対象を示しています。Write(x)はxに何らかの値を書き込むことを示します。横軸は時間の経過を表しています。既存手法では、更新処理を行う際には、書込対象に対してロックを取得します。そのため、T1の処理が終わらない限り、T2の処理は始まりません。また、T2の処理が終わらない限り、T3の処理は終わらないことを示しています。このとき、

T1, T2によって更新されたデータは、誰からも読み込まれないため、実質的に書込を省略することができます。図2の提案技術では、ある一定期間の中で読み込まれない更新処理を特定し、その処理を省略することで高速化していることを示しています。さらには、多版型同時実行制御の理論を応用し、トランザクション群の書込を行う順番を入れ替えることで、省略可能な書込を生み出しています。以上のことから、提案手法では、これまでのデータベースでは省略できなかった更新処理を省略可能とすることができ、膨大な更新処理が発生した場合においても、高速に処理することが可能となっています。図4では、既存技術に私たちの提



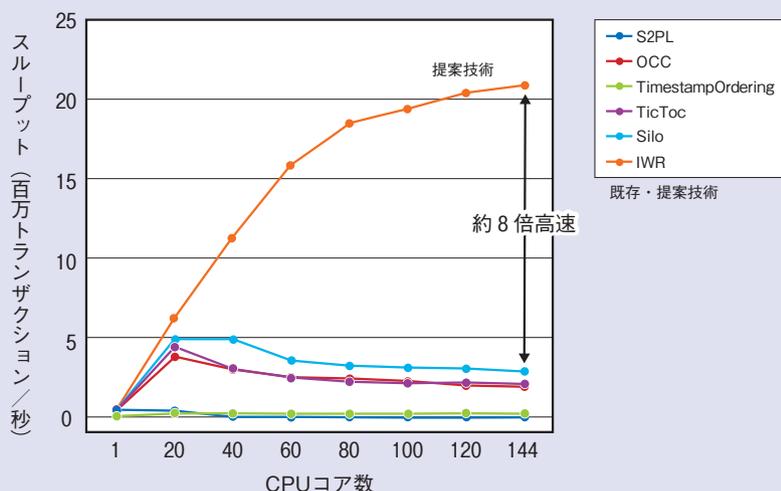


図4 提案手法と既存手法の比較

だけるように開発を進めていきたいと考えています。

■参考文献

- (1) X. Yu, G. Bezerra, A. Pavlo, S. Devadas, and M. Stonebraker: "Staring into the Abyss: An Evaluation of Concurrency Control with One Thousand Cores," Proc. of VLDB Endowment, Vol.8, No.3, pp.209-220, 2014.
- (2) S. Tu, W. Zheng, E. Kohler, B. Liskov, and S. Madden: "Speedy transactions in multicore in-memory databases," SOSP 2013, Farmington, U. S. A., pp. 18-32, Nov. 2013.
- (3) <https://www.ae.be/blog-en/api-billionaires-club-about-to-welcome-trillionaires-members>

案手法をプロットしたものとなっており、提案技術ではCPUコア数が増加するにつれて、全体の処理スループットも増加していることが分かります。144コアにおいては、既存のアルゴリズムに比べて8倍高速化しており、秒間2000万トランザクションもの処理を実現しています。この処理速度は、1.7兆トランザクション/dayであり、今後想定されるAPIの呼び出し量1兆トランザクション/day⁽³⁾を十分に処理できる処理能力となっています。

*3 SQL：標準化されているデータベースに対する問い合わせ言語。

*4 O/R Mapper：オブジェクト指向言語において、オブジェクトの値を更新した際に、自動的にデータベースへ反映され、読込時には自動的にデータベースから読み込むという機能を提供するソフトウェアライブラリの総称。

今後の展開

本技術は、組み込みデータベースとして利用いただくべく開発を進めています。インターフェースとしては、キーバリュースタに近いものを用意する予定であり、読込と書込を複数のキーに対して、一度に処理することが可能となります。本技術をさまざまな分野に組み込んでいただくことで、最新のハードウェア上でも十分に性能を引き出すことのできるアプリケーションを開発することが可能となります。さらに、キーバリュースタとしてのインターフェース以外にも、SQL^{*3} (Structured Query Language) やO/R (Object-Relational) Mapper^{*4}等を用意することで、より多くのユーザにご利用いた



(左から) 中園 翔 / 内山 寛之

今後増えると予測されるさまざまな新しいサービスを支えるため、安全かつ高速なデータベース処理技術の研究開発を進めていきます。事業におけるニーズや要件を議論しながら、良いものをつくっていききたいと考えています。

◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンター
分散処理基盤技術プロジェクト
TEL 0422-59-6201
FAX 0422-59-3739
E-mail hiroyuki.uchiyama.fy@hco.ntt.co.jp



主役登場

実空間の物体すべてを仮想空間へ投影することをめざして

磯村 淳

NTTソフトウェアイノベーションセンター
研究員

私が所属するグループでは、コネクティッドカー、ドローン、ロボットなどの動く物体（動的オブジェクト）が収集した情報を蓄積し、時間と空間を用いて高速に検索する「高速時空間データ管理技術 Axispot[®]」の研究開発に取り組んでいます。

近年普及し始めている動的オブジェクトは、コネクティッドカーを例として、2025年に5億台を超える見込みです。未来の社会では、このような膨大な数の動的オブジェクトがインターネットに接続することで、生活をより豊かにする次世代サービス（道路レーン単位での交通状況の把握、移動中のヒトに対する最適タイミングでの郵便配達、災害の即時被害シミュレーションによる避難誘導等）の実現が期待されています。これらのサービスを実現するには、現実世界の建物・道路等の静的オブジェクトを仮想空間内に再現する「ポリゴン管理技術」、動的オブジェクトの現在位置を仮想空間内に投影し、ある時間・空間（地域、道路、建物等）に存在する動的オブジェクトを高速に検索する「時空間データ管理技術」が必要となります。しかし、既存のポリゴン管理技術は、LiDAR (Light Detection and Ranging) 等で収集した点群データから静的オブジェクトの形状を計算する際に長時間を要し、広範囲で集めた大量の点群データを高速に処理できません。また、既存の時空間データ管理技術は、高速な検索性能を維持しながら、動的オブジェクトが一斉送信する時間・空間の多次元情報をリアルタイムに格納できません。

私は、これらの問題を解決できるNTT独自技術の確立、および次世代サービスへの技術適用をめざしています。現在、次世代サービスの1つとして、コネクティッドカーを対象とする「道路レーン単位での交通状況の把握」に着目

しています。このサービスを実現するための詳細な要件をNTTデータと整理し、この要件を満たすことができる技術をグループメンバーと検討しています。その結果、既存技術では実現できない大量の時空間データ蓄積と高速な検索、時空間データの局所性の高さを考慮した複数サーバ間の負荷分散、という2点の両立を、NTT独自の提案技術で実現しました。

2019年米国サンフランシスコで開催されたRedisConfでは、この提案技術を取り入れたAxispot[®]を紹介し、既存技術と比較して性能が大幅に改善することを発表しました。さらに、Axispotの改善に向けて、米国セントルイス、ルーマニアブカレストで開催されたFOSS 4G (Free Open Source Software for Geospatial) に参加しました。そこでは、PostGIS、JTSなど、世界中で利用される最先端のデータベース技術にかかわる研究者と議論しています。

また、トヨタ自動車とNTTグループが取り組んでいる「コネクティッドカー向けICT基盤の研究開発に関する協業」の一員として参加しています。この協業の実証実験でAxispotを提案し、数千万台規模のコネクティッドカーが収集した情報の効率的かつ高速な処理の実現に向けて取り組んでいます。

今後は、Axispot[®]の自動車分野への実サービス適用をめざすと同時に、点群データに対する効率的かつ高速な計算処理を可能とするポリゴン管理技術、動的オブジェクトの時間・緯度・経度だけでなく高度・向き等の情報を含んだ検索を可能とする時空間データ管理技術の検討を推し進め、産業と学術の両面で貢献できるよう、日々邁進していきます。



挑戦する研究者たち

Challengers

秋山 満 昭

NTTセキュアプラットフォーム研究所 上席特別研究員



「誰もが正しく物事を理解し、選択して、活用できるセキュリティ技術」を創造する

サイバー空間は人間の活動空間を拡大させ、ビジネスのみならず一般的な人々の生活の一部となっています。こうした環境下で恩恵とともに脅威にさらされる機会も増え、安心・安全なICT環境が求められています。このような状況において、我が国では2018年に「サイバーセキュリティエコシステム」構築をめざし、新戦略を掲げています。サイバー空間の安心・安全を保つにはどのような研究開発が必要なのか、秋山満昭NTTセキュアプラットフォーム研究所 上席特別研究員に研究の動向を伺いました。



多種多様なサイバー攻撃の未然防止で数々の成果を上げている

●現在手掛けている研究を教えてくださいませんか。

近年、サイバー攻撃という言葉がさまざまなメディアに出てきています。サイバー攻撃は、自己顕示、社会的・政治的主張、諜報活動などの多様な目的がありますが、一般のユーザの多くが直接的に巻き込まれ得るのは経済的利益を目的としたサイバー攻撃です。経済的利益を目的とする以上、攻撃者は「いかに効率的に攻撃を実施し、コストに見合った利益を獲得するか」を考えます。

こうしたサイバー攻撃に対応して、ユーザの安心・安全を守るためのサイバーセキュリティについて研究しています。サイバーセキュリティ研究といっても、分野は多岐にわたっています。その中で、①サイバー攻撃の特徴を分析、情報蓄積し（サイバー攻撃対策用インテリジェンス）、それを活用して将来発生し得る類似の攻撃を防ぐことをテーマとした研究、②攻撃者の視点に立ってシステムやサービスの潜在的なセキュリティ・プライバシー脅威を発見し、対処することで攻撃を未然に食い止める、オフェンシブセキュリティの研究、③セキュリティ・プライバシー脅威発見のための実験方法や発見した脅威の公開方法など、先進的研究成果を正しく社会に還元するためのサイバーセキュリ

ティ研究倫理に関する活動、④システム・サービスに対するユーザのセキュリティ・プライバシー意識や行動の把握に基づいて、より安全な行動の判断ができるシステム設計をめざす、ユーザブルセキュリティの研究を行っています(図1)。

●具体的な評価、成果は得られましたか。

私がNTTに入社した2007年ごろはマルウェア感染端末を踏み台としたサイバー攻撃が猛威を振るっていたこともあり、組織を越えて技術者・研究者が集まってICT-ISAC (Information Sharing And Analysis Center) Japan等で現場の情報共有や対策のアイデアを議論していました。総務省が主導するサイバー攻撃対策の実証実験では、ICT-ISACや日本の主要ISP (Internet Service Provider) 各社やセキュリティベンダが参画し、私たちが開発したハニーポット* が活用され、大規模なマルウェア感染の実態調査と悪性通信のフィルタリング対策の効果が検証されました。これらの結果は、一般社団法人電気通信事業者協会等の電気通信事業者関連団体が共同で検討し、発行する「電気通信事業者におけるサイバー攻撃等への対処と通信の秘密に関するガイドライン」策定の後押しとなりました。

* ハニーポット：システム等を脆弱なシステムやサービス等を装う「おとり」として動作させておくことで、攻撃者を誘い込んでさまざまな攻撃の手口を明らかにする技術。



一方、人々の生活をより豊かにするために進化し続けるICT社会、それを支える部品として新しいソフトウェア・ハードウェア・プロトコル等が日々開発され続けています。しかしこれら部品そのものが膨大になっていること、また部品の組み合わせ方が複雑になっていることから、設計ミスやバグに起因するセキュリティ上の欠陥がシステムやサービスに混入してしまう問題があり、これを根本的に解決することが難しい状況にあります。このような状況では、攻める側が圧倒的に有利な状況であり、守る側は次から次に明るみになる問題をパッチワークで対処することで精一杯になってしまいます。このような防戦一方な状況を転換するために、攻撃者の視点に立ってシステムやサービスの潜在的な欠陥を発見する、オフenseセキュリティの取り組みによって、攻撃者に先んじて潜在的な欠陥を発見し、悪用される前に対策を講じることができます。多様なWebサービス上のセキュリティ・プライバシー脅威の発見を目的に数年前から取り組んでいますが、世の中の多くのシステム・サービスに影響するような深刻な脅威をすでにいくつか発見しました。攻撃に悪用される前に脅威の影

響を受ける大手ソーシャルWebサービスに通知して対策を実施したことで数億人規模のユーザをセキュリティ・プライバシー脅威から守れたこと等の成果を上げています。



前例のない領域の問題を扱うと同時に、倫理的課題に直面する

●世の中へのインパクトが大きい成果を次々と挙げられているのですね。

サイバーセキュリティの研究は、十分に前例のない領域の問題を取り扱う場合があると同時に、社会に対して直接的な影響を与え得るため「倫理的」な問題にも直面します。例えば、サイバー空間に蔓延する脆弱なデバイスを発見するためのネットワークスキャンの許容範囲、セキュリティ上の欠陥を発見するために実在するシステムに対して行う実験、欠陥や脆弱性を発見した場合に発見者がとるべき行動等で、研究活動やその結果の世の中への伝え方を誤ったが故に、世間から批判される事例や法廷闘争に発展する事

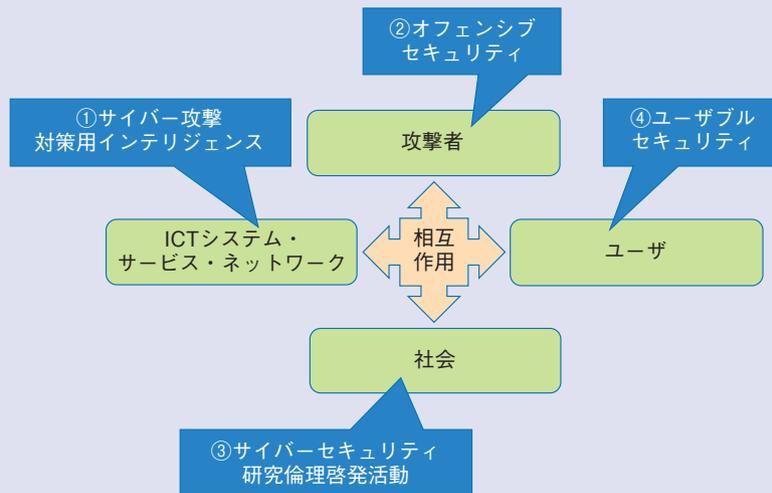


図1 ユーザの安心・安全を守るためのサイバーセキュリティ研究の対象

例が多々あります。研究者が萎縮することで科学技術の発展が妨げられるのは避けなければなりませんし、研究者自身が無責任に実験を実施し、攻撃手法や脆弱性を公開するのではなく、責任ある研究者としてどのように倫理的に取り組めば良いかを考える必要があります。

生命医科学分野では、臨床研究に関して倫理的課題の議論と取り組みが半世紀以上にわたって行われてきました。ニュルンベルク綱領やベルモント・レポートに基づいて研究に関する倫理的なリスクアセスメントを実施しています。一方でベルモント・レポートの倫理原則をICT・セキュリティ研究の文脈で拡張したメンロ・レポートは2012年に発表されたばかりで、この倫理原則に従ってどのように研究で実践するかについて今まさに欧米の研究コミュニティを中心に議論が進んでいるところであり、学術国際会議の論文執筆要綱では研究倫理に関する記述を著者に求めることが一般的になっています。このような動向の中、日本ではこれまでICT・セキュリティ研究の知見が十分に蓄積されている研究倫理審査委員会を保有する研究組織が少ないことや、サイバーセキュリティの研究倫理に対する認識が十分に広まっていませんでした。

●生命医科学の分野では倫理の話が出るのですが、サイバーセキュリティの分野でも倫理に関する議論があるのですね。日本では緒に就いたばかりのサイバーセキュリティ研究倫理ですが、どのように啓発、展開されるのでしょうか。

私は日本から革新的で競争力のあるセキュリティ技術を世界に向けて発信するためには、研究成果が社会に受け入れられるための倫理的配慮も必須であると考え、2016年からサイバーセキュリティ研究における倫理的な研究プロセスに関する啓発活動を学術組織横断的に推進しています。前述のオフENSIVEセキュリティ研究では、研究成果を適切に世の中に還元するためにステークホルダなどの関係各所と連携・協力しました。このような経験自体も「ベストプラクティス」として本活動を通じて研究者に向けて公開しています（図2）。

また、コンピュータセキュリティシンポジウム（CSS）では、サイバーセキュリティ研究や法制度の専門家からな

る研究倫理相談窓口を設置して、研究者からの研究倫理に関する懸念点に対して適切にアドバイスを実施しています。これまでの活動の知見から得られたCommon pitfall（共通的な落とし穴）をまとめたチェックリストを公開し、研究者自身が実験実施時もしくは論文執筆時にセルフアセスメントできるようにしました。これら取り組みが、世界的に競争力のあるセキュリティ技術を創出するための研究コミュニティの醸成に寄与することを願っています。

それから、私は「誰もが正しく物事を理解し、選択して、活用できるセキュリティ技術」を創造することが、多種多様な人々を受容する真の意味でのICT社会を実現できると考えています。私たちは、ユーザのセキュリティ・プライバシー意識や行動の把握に基づいたセキュリティ脅威の定量化の研究を実施しています。ユーザの普段のセキュリティ・プライバシー認識や行動を把握することでセキュリティ上の脅威にユーザがどの程度影響を受けるかを定量化し、優先度をつけて真に重要な脅威から対処することや、ユーザの認識を助け、より安全な行動の判断ができる設計等をめざしています。



協働すれば大きな課題に挑むことができる

●研究成果のみならず、研究者の取り組み方にまで活動を広げられているのですね。今後はどのようなことに取り組まれますか。

世の中の役に立つ研究という観点から、現在はユーザブルセキュリティに注力しています。ICTやそれに伴う社会システムがどんどん高度化するに従って、ユーザに求められるセキュリティ上の判断・行動が複雑化しています。本来は誰もが平等にICTの恩恵を享受できるべきはですが、求められる判断・行動が複雑化した状況では、対応できないユーザが取り残されてしまう懸念があります。例えば、ブラウザ上でセキュリティ警告が表示された場合にそれが「どのようなリスクで、どのように行動すれば良いのか」をユーザが適切に判断することが難しくなっています。ま



た、偽の警告画面を表示することでユーザに誤った行動を誘発させるようなソーシャルエンジニアリングによる攻撃も発生しており、これはユーザの認知的な脆弱性をついた巧みな攻撃であるともいえます。私は「誰もが正しく物事を理解し、選択して、活用できるセキュリティ技術」を創造することが、多種多様な人々を受容する真の意味でのICT社会を実現できると考えています。ユーザブルセキュリティは、まさにこれを実現していくうえで大きなテーマであり、ユーザの普段のセキュリティ・プライバシー認識や行動を把握し、セキュリティ脅威を定量化していくことで、

- ① セキュリティ上の脅威にユーザがどの程度影響を受けるかを定量化し、優先度をつけて真に重要な脅威から対処する
 - ② ユーザの認識を助け、より安全な行動の判断ができるシステムを設計する等をめざしています。
- また、研究倫理に関する活動も推進していくつもりです

が、さらにチームとして学際領域の課題に挑戦します。ある意味研究倫理についても学際領域でもありますが、これとは別に、サイバーセキュリティ研究はソフトウェア工学、計算機科学、ネットワーク等のコンピュータ科学分野のさまざまな基礎技術を総合的に組み合わせた問題を解く分野ですが、これに加えて社会科学、心理学、ヒューマンコンピュータインタラクションなど多岐にわたる学際的な技術・知見を取り入れなければ解けない課題に挑戦しています。1人ですべての分野を極めることは到底困難なので、各分野の専門家と協働でチームとして取り組むことで1人では解けなかった大きい課題を解きたいと思っています。

●研究者になられたきっかけは。

サイバーセキュリティを題材にした『The Net』という映画をきっかけに、子ども心にかっこいい、こんな研究者になりたいと思い、大学、大学院とセキュリティ研究の道に進みました。特に大学院では、セキュリティ研究の大家である故山口英教授に師事することができ、山口先生の技

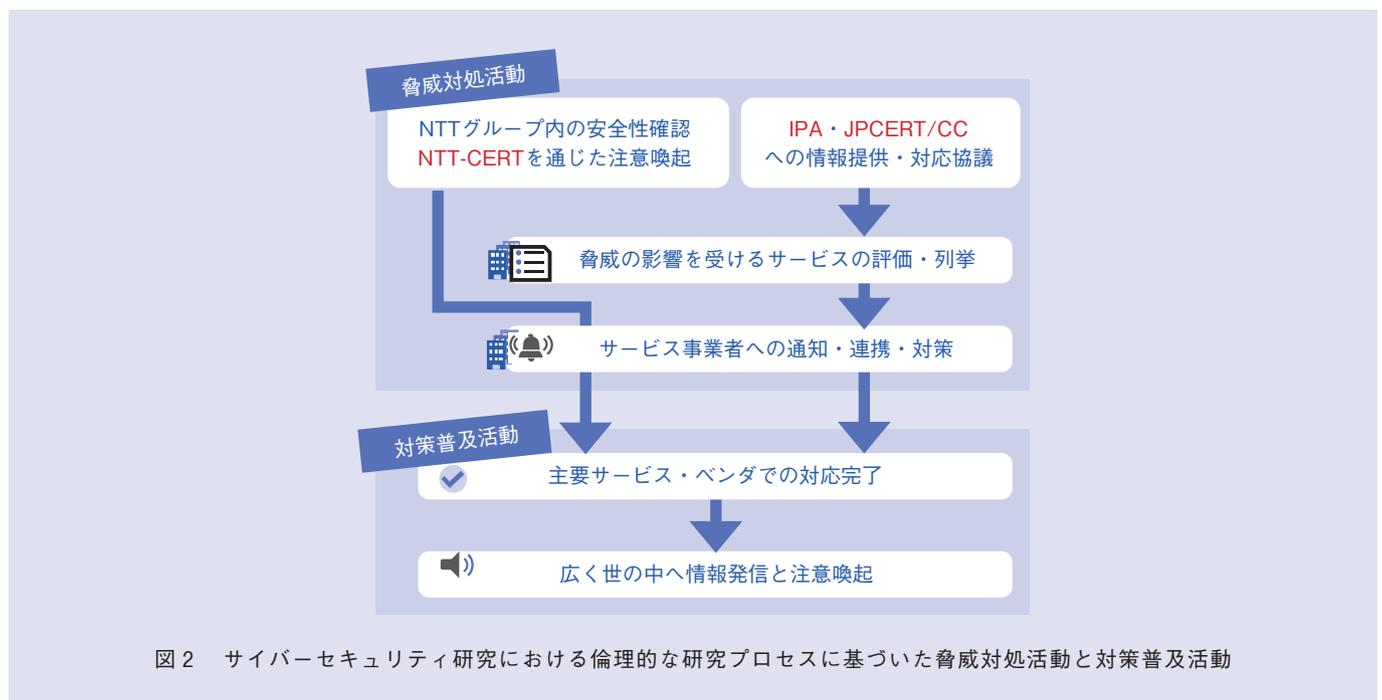


図2 サイバーセキュリティ研究における倫理的な研究プロセスに基づいた脅威対処活動と対策普及活動

術と社会のかかわりを意識し、安心・安全（セキュリティ）の恩恵を世の中に享受してもらおうとする姿勢に大きく影響を受けました。こうして研究者になった今も、世の中を良くしていく、変えていくという思いは変わらず持っています。

一方で、研究者である以上、新しい何かを発見し、その成果が先々に継承されて残っていくような研究をしたいです。先々といっても、昨今では技術革新が非常に速いので、100年後を予測するのは難しいのですが、10年後、20年後に残る研究をしていきたいです。それでは、どのような研究が残るかという、本質を追究した研究は残ると思います。例えば、人間とコンピュータの関係も人間が中心にあって、生活を豊かにするためにあるものだという部分は変わらないでしょう。ですから、人間とコンピュータの間に生じる問題はこれからも存在すると思うのです。特にユーザブルセキュリティでいえば、技術の進展や複雑化に人間の認識が追いつかずギャップが生じ、そこをねらった攻撃が発生する。その問題に挑む研究というのは普遍だと考えます。

そして、このような研究は、自分が面白いと思っていないければ続けられないです。人から重要だからやりなさいと言われる研究は続かないし、飽きてしまいます。研究はすぐに成果の出るものではないので粘り強くないとできません。しかし、そのような試行錯誤の研究活動の中で、何かを発見すると「今これを知っているのは自分だけではないか！」というワクワクした気持ちが生まれ、ますますやる気がわいてきます。私たちがオフENSECセキュリティの研究で世間に大きく影響する脅威を発見したときのことですが、当該者に通知したらシステムを再設計するなどして対応してくれました。そのときは、良いことができたという実感がわきました。



好きなら始めよう！自信は経験とともに後からついてくる

●研究者の皆さんへ一言お願いいたします。

学生の話の聞いていると研究に興味があるけれど自信がないという人が多いようです。自信は経験とともに後からついてくるものなので、自分が探求したいと思えるテーマがあるのなら研究を始めたほうが良いと思います。一番重要なのは研究の才能のあるなしよりも研究することが面白い、続けられるという感覚ではないかと私は思っています。私の場合、先輩に面白いねといわれたことが、自信のつくファーストステージだった気がします。次のステージは論文が採択されて世間に認められたときでした。そして、次の研究してみようかという良い循環ができました。論文採択までの過程において、査読を通すことに苦労することがあると思いますが、それに抱く感情も年齢とともに前向きに変わるものです。そして経験を積むことで、執筆の際のちょっとした工夫で査読が通るようになることもよくあり、こうした苦労や経験も自信につながるものだと思います。

もう1点は、人との出会い、つながりが大切だと思います。私の今があるのは良い仲間、そして良い恩師に恵まれたことだと思います。サイバーセキュリティ研究は研究領域が幅広くさまざまな分野の専門家が束になって挑戦するような問題が存在します。これに挑むためには各分野の研究者を尊重しなければなりませんし、素晴らしい研究者と出会うためにも国際学会等は非常に良い機会なので、積極的に参加しています。

このような中でも特に恩師との出会いは私にとって大きなインパクトがありました。きっかけは、前述のとおりセキュリティ研究の大家への師事ですが、こうして研究者となった今でも、先生が残された道や道標に驚かされることしばしばあります。私も先生のレベルに達せないまでも、後輩が助走できるような道をつくれたら良いなと思います。

NTTアグリテクノロジー

NTTグループの技術に加え 世界の最先端のテクノロジーを駆使した 次世代施設園芸のトータルソリューションを提案

NTTアグリテクノロジーは農業×ICTを掲げ、次世代施設園芸のトータルソリューション提供を目標にスタートした。昨今の農業事情に対し、NTTグループが持つ技術とノウハウ、オランダを中心とした次世代施設園芸先進国の技術を駆使し、地域のお客さまに提供することで、農業を起点とした社会課題解決をめざしている。設立直後である現在の事業環境や今後の事業展開について酒井大雅社長に話を伺った。

NTTグループでは初となるICTを活用し 農産物の生産、販売までを行う農業生産法人

◆設立の背景と目的について教えてください。

NTTアグリテクノロジーは2019年7月にNTTグループ初の農業×ICT専門会社として設立されました。これまでもNTTグループでは農業に関連したプロジェクトを多数行ってきましたが、農産物の生産まで行うというのはNTTグループでは初の試みとなります。

近年、農業従事者の高齢化が進み、後継者問題やそれに付随する遊休農地の問題が深刻になってきています。農業が地域の基幹産業である自治体は多く、単なる農家の問題ではなく、地域の社会課題として自治体も種々の取り組みを始めています。こうした中、担い手のいなくなった農地や遊休農地を借り受けて営農を行う、農業法人が全国各地に出現してきました。農業法人は労働力不足への対応や効率的経営を進めていくうえで、ICTの活用に積極的な傾向があります。

地域の社会課題解決に積極的に取り組んでいくことは、NTT東日本の大きなミッションの1つです。特に地域経済の地盤でもある農業分野において、ICTの活用と自ら営農することで得られる知見やノウハウを集約・蓄積してご提供することで、地域経済の活性化や街づくりに寄与すべく設立しました。

◆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番目は次世代施設園芸の圃場建設などを行うエンジニアリング事業



NTTアグリテクノロジー 酒井大雅社長

です。2番目は施設の運営面の管理、および関連システムの開発や提供になります。農業運営にかかわる労務管理や作業者の安全管理等の労働環境構築、およびそのシステム開発、IoT (Internet of Things) 等のICTを駆使し安定した農産物の生産に対応し、さらには流通、販売まで視野に入れたフードバリューチェーンシステムの提供を行う事業です。3番目は海外の次世代施設園芸分野のビジネスプレイヤーが保有するノウハウと、私たちの持つIoT、ICTのノウハウを連携させ、運営ノウハウも併せて蓄積するための実験の場としての自社ファームにかかわる事業です。

次世代施設園芸とは、農林水産省が使っている言葉であり、ベースには国を挙げて大規模な農業経営を行っているオランダ式農業があります。これは生産性が高く、ある面積から獲れる収量(単収)が日本の5~6倍といわれています。投資は必要ですが、それに見合う収入に直結する生産性が期待されるため、導入を検討する大規模農家が出てきました。オランダのほか、スペインなどヨーロッパを中心に同様な取り組みが行われています。しかし、これらの技術を日本にそのまま持ってきて、天候の違いや台風、高温多湿、病害虫の問題などヨーロッパとは環境が異なるため、期待した効果がそのまま得られるわけではありません。そこで、日本向けにチューニングを行ったうえで、次世代施設園芸にかかわるトータルソリューションの提供を行っていきます。

具体的には、生産から出荷、流通、販売までのプロセスや、労務管理、安全管理を含む農業経営管理までのノウハウを蓄積し、さらにNTTグループの得意とするIoT、ICT

の活用に関するノウハウを組み合わせて、農業生産者にコンサルティングするだけでなく、施設の建設、システム提供等のトータルソリューションを通じ、地域の農業生産者に貢献していくことをめざしています。

そして、これらの実現に向けて当社が一連のプロセスに参与していくための実験の場、ノウハウ蓄積の場として、自ら次世代施設園芸の圃場を構築・運用していきます。この圃場を構築するにあたっては、日本の自然環境や農業環境に合うかたちにカスタマイズしていく必要があります。そのために先行して取り組んでいる海外企業との連携は欠かせません。2020年度に自社ファームが完成予定であり、ここでは、センシングとAIとワイヤレスネットワークを組み合わせた環境制御を活用した生産だけではなく、運営にあたっての労務管理、経営管理、健康・安全管理等の一連プロセスを含んだ実証実験を行い、その成果をコンサルティングやソリューションとして提供していきます。

技術を活かしてつなぐ 農業×ICTから広がる街づくり構想

◆まさに新規ビジネスの世界に船出した貴社の独自性と事業環境はいかがでしょうか。

農業を地域経済の基盤と考え、後継者問題や遊休農地問題といった課題に積極的に取り組む自治体が増えてきています。特に、光合成に必要な温度、湿度、二酸化炭素、日射量といったことをICTでコントロールし、データを活用しながら、安定的に農作物を育てていく次世代施設園芸システムに対して、こうした自治体からの関心、期待が高くなってきています。また、施設ができることで地域の雇用が生まれること、施設内の加温のため地熱や清掃工場の余熱等の地域エネルギーを活用できること、こうした施設が集積することで、物流、加工、倉庫業のような関連産業を誘致できるといった、農業を軸にして経済の循環が生まれる街づくりの観点でビジョン（農業エコシティ）を描いている自治体もあります。当社の取り組みは、まさにこのような自治体へのソリューションになるものと考えます。さらに、NTTグループは日本全国に拠点を持っており、農業は地域との合意形成が重要であり、こうした観点も農業を軸に自治体とお付き合いさせていただくうえでは大切なことだと考えています。

また、農業法人の方からは、「経営の規模の拡大を検討していくうえで、海外の次世代施設園芸に興味がある」「IoTやロボティクスを活用したいが、導入にはハード（施設）だけではなく、労務・生産管理などの仕組みも含めトータルの検討が必要」という話が出ています。こうしたお客さまのご要望に対して一元的に対応できる会社はまだ国内で少なく、すべてのパーツを提供しトータルソリューショ



ンを実現する当社は、ベストパートナーとしてお客さまの期待にこたえていくことができると考えています。

◆今後の展開について教えてください。

農業エコシティは、自治体と民間企業が協力し、関連産業（物流、加工、倉庫、エネルギー等）を集積させ、それぞれの農業法人が事業に必要な機能を用意するのではなく、複数の農業法人の連携と物流等の共用化でエコシステムを構築するものです。将来的には農業エコシティにローカル5G（第5世代移動通信システム）が敷設されると、さまざまな可能性が広がります。自動運搬車で集荷場まで農作物を共同運搬するとか、食品の共同加工工場での制御に活用されるとか、農業に限らない周辺エリアのインフラ保全や社会福祉への活用など、街づくりの基盤に発展していきます。当社は自治体の良きパートナーとして、このような構想の具体化に向けて歩み出したところです。そして、これを実現していくベースとして自社ファームの意義は大きく、現在はその構築に力を入れています。

当社は設立間もないこともあり、現段階では会社そのものの立ち上げにも相当力を注ぐ必要があります。3年を目標に人員を含む会社の基盤を確たるものとし、お客さまへの貢献を拡大していくつもりです。そのためにも人材育成は重要です。自社ファームという実験場もあり、関連スキルの向上にも環境が整っています。これまでの通信という事業分野とは異なる観点で地域に貢献できる人材を育成することを意識しています。その意味では、ビジネス面だけではなく、人材育成の面からもNTTグループに寄与できると考えています。

将来的には、日本の少子高齢化の環境、南北に長く高温多湿な気候で磨いた生産性の高い農業技術を世界に輸出することを夢見ています。世界的に見ると人口が爆発的に増加し、食料の安定的な供給が課題です。日本の技術を「世界」と「つなぐ」という域まで到達したいと思

海外と日本、農業とICTをつなぐ 自社ファームからのスタート

取締役

デジタルファーム推進部

遠藤 大己さん

◆担当されている業務について教えてください。

私は現在、目前に迫った実証ファーム構築のための準備と、構築後の運営やシステム提供に注力しています。実証ファームでは、日本で初導入となる先駆的な栽培システムを取り入れた圃場をつくり、その栽培システムを使った高収益モデルなど農業の新しいカタチを確立することをめざしています。グリーン



遠藤大己さん

ハウスの構築にあたっては、農業法人 株式会社サラダボウル様と連携して、特に次世代施設園芸先進国であるヨーロッパ諸国を参考に、実際に現地へ赴き交渉を進めています。ベルギーの栽培システム、スペインの建設資材など、それぞれの分野ごとに特徴のある資材や技術を保有する企業と連携することでノウハウを学び、そこにNTTグループが培ってきたICTのノウハウを結び付けていきます。

NTTアグリテクノロジーがチャレンジャーとしてこの分野に参入するにあたり、一連の農産物の生産プロセスの中で栽培時における作業員の生産性に注目しました。農産物に対してはICTを活用して適切な環境のコントロールや収穫時期、個数、回転率の可視化は行われているのですが、多くの温室では作業員の労務管理や安全管理といった部分にICT活用は及んでいません。NTTアグリテクノロジーは、これまでICTが及んでいなかった本分野に対しても積極的に踏み込み、IoTやICTのノウハウを活かして生産性を測定し、可視化することで、生産性向上につなげて

いきます。

実証ファーム完成後は、サラダボウル社から生産に関するアドバイスを受けながら、新たに導入する栽培システムの特性に合った、リーフレタスを生産します。実証ファームの設計・構築から各種システムの導入、栽培、生産性向上に向けた取り組み等、次世代施設園芸にかかわるすべてのプロセスをNTTアグリテクノロジーが自ら行うことで得られるノウハウをベースに、次世代施設園芸を展開していきたいと思っています。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

現在は会社設立後間もないので、初めてのことばかりに直面していますが、その中でもグリーンハウスの建設は特にその要素が強く、チャレンジそのものだと感じています。温室は海外から建設資材を輸入して日本で組み立てるのですが、文化的な背景や地理的な違いを日々実感しています。具体的に直面した事例でいえば、現地からの出荷時における梱包方法が日本で一般的な方法と異なっていて、荷解きで苦慮したこともあります。また荷解きが終わり組み立てる段階においても地震や台風といった日本の自然環境や設置環境等にかかわる調整も必要となり、現地から派遣してもらうスーパーバイザの指導を仰ぎながら1件1件対応を進めています。さらに一連の工程を通して、コミュニケーションの重要性を感じています。外国からスタッフが派遣されてくるので、英語等の言語の素養に加えて、現地の環境や文化的背景を理解してコミュニケーションをとる必要があります。そのほか、通関手続きをはじめとする、輸入に際しての諸手続きも、将来の事業展開を見越してNTTアグリテクノロジーの社員が自ら進めており、1から知見を習熟している状態です。

こうした中で出てきた課題を1つひとつ解決していくことで、それがノウハウとなって蓄積され、今後のビジネス展開に大きく役立つものと確信しています。

◆取り組みの中でICTが活用されますが、ICTに対して期待することについて教えてください。

次世代施設園芸の温室は一般のものと比較して大型のものが採用されており、安定した通信を実現するため、多くの無線アクセスポイント(Wi-Fi)が現状必要になります。また温室内で栽培される作物は多くの水分を含んでおり、電波の障害となっていることに加えて、生育に伴って温室内の電波環境が日々変化します。こうした状況の中でも、農産物の生育状態の影響が少なく、かつ無線アクセスポイントの数を少なくできるような技術に期待します。

◆今後の展望について教えてください。

まずは実証ファームを構築し、実際に農産物を生産し、運営していく中で多くのノウハウを蓄積していくことに注力していきます。一連の活動を通じて、海外製の設備を用いた温室をどのように日本の環境に合わせてチューンが必要か、知見を積み重ねたいと考えています。

生産者が大規模な施設園芸ビジネスを始めるにあたり、安定した収穫や収量増加を期待して生育を制御するシステムを導入するなど、イニシャルコストに注目した運営を行っている例を多く耳にします。しかし、実際の生産にあたっては数多くの人手が不可欠であり、また相手が植物であることも手伝って当初の予想どおりにはいかず、試行錯誤が繰り返されることで人手が必要となることもあります。労務費は大規模な温室を用いる施設園芸ビジネスに

とって、決して軽視できない存在であり、こうした課題解決もしていきたいと思います。

蓄積されたノウハウを礎に、施設園芸の温室構築、システム導入から農業経営管理まで一貫した、トータルソリューションをより多くのお客さまに提供し、日本の農業活性化を実現することで後継者問題や遊休農地問題、さらにはフードロスといった社会課題の解決を支援していきたいと考えています。



NTTアグリテクノロジー ア・ラ・カルト

■テレワークを最大限に活用し、コミュニケーションを醸成

会社が設立されたばかりで、スタッフは全員で5名とのこと。現在はビジネス立ち上げ段階ということもあり、その活動はお客さま対応で日本各地はもちろんのこと、次世代施設園芸の盛んなヨーロッパをはじめとした海外にも広がっています（写真）。屋内だけではなく、自社ファーム建設予定地のような屋外もあります。それぞれのスタッフが連携して活動していくために、電話やメール等を活用したテレワークをフルに活用しているそうです。会社は農業に関するノウハウを蓄積するのですが、テレワークに関してさまざまなノウハウが蓄積されているようです。



写真

通信ビル向け高電圧直流給電用 リチウムイオン電池の開発

NTTファシリティーズは、通信ビルやデータセンターで採用されている高電圧直流（HVDC）給電システム用のリチウムイオン電池を開発しました。従来停電バックアップ用として使用してきた制御弁式（シール）鉛蓄電池よりも設置スペースを削減でき、また、放電可能時間の算出や警報機能など便利な機能を有します。同時に、通信ビル導入時に要求される高い耐震、EMC性能目標を達成しました。ここでは、安全性、信頼性、そして利便性に優れたリチウムイオン電池の開発について紹介します。

リチウムイオン電池の概要

NTTファシリティーズは、全国の通信ビルにおいて約20万台の装置の構築、維持、管理を行い、24時間365日、ICTインフラ環境を支えてきました。その装置構成は、受変電装置、非常用発電装置、空調装置、無停電電源装置、監視装置などありますが、ICT装置への給電信頼性を保つ重要な要素となっているのがバックアップ用の蓄電池です。

現在、バックアップ用蓄電池として普及しているシール鉛蓄電池は、流通量が多く材料も安価であることから価格が安いことが特徴です。一方、他の蓄電池と比較して大型で重いため、設置するにはある程度のスペースと床の耐荷重が必要となり、設置場所が限定されるという問題点がありました。

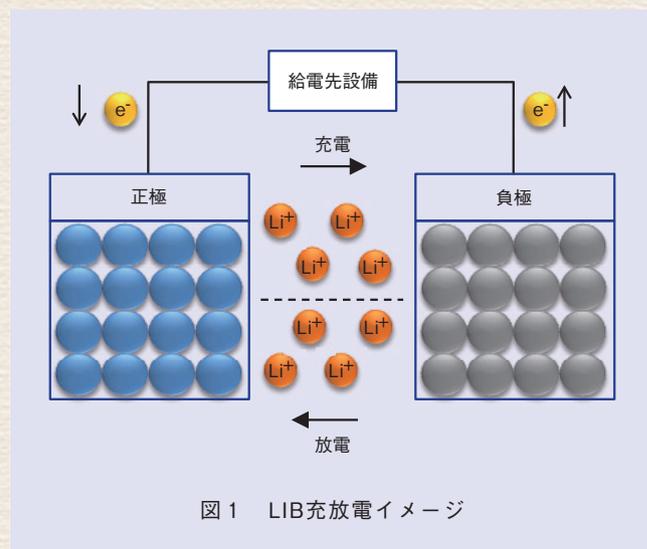
そこで注目したのが小形・軽量・高電圧・高エネルギー密度のリチウムイオン電池の活用です。近年、モバイル機器やEV（電気自動車）を中心に急速に導入が拡大しているリチウムイオン電池とは、主にリチウムイオンの移動を利用して充放電を行う二次電池の総称となります。リチウムイオン電池は、正極と負極の間にある電解質を介して、リチウムイオンが正極から負極へ移動すると充電、負極から正極へ移動すると放電を行うことができます（図1）。リチウム（元素記号：Li）は原子量6.941のアルカリ金属元素の1つです。正極にはそのリチウム化合物である LiCoO_2 、 LiMn_2O_4 や三元系と呼ばれるLi（Mn-Co-Ni） O_2 、その結晶構造に呼称が起因するオリビン型と呼ばれる LiFePO_4 など、負極には炭素系材料、電解質には有機系材料が一般的に使用され、材料の選択幅が広いことも特徴です。そのため、用途に適した電池を提供できることも導入が拡大した要因の1つと考えられます。

一方、リチウムイオン電池には発火・発煙等の安全に関する懸念が付きまといまいます。リチウムイオン電池は、エネ

ルギー密度が高い点や電解質に危険物第4類第2石油類が使用されている点から、電池の異常時（主に製造不良等）や使用者の使い方に問題があった場合、発煙・発火に至る可能性があります。そのため、リチウムイオン電池にはさまざまな安全対策が施されています。代表的な例として蓄電池管理装置があげられ、電池の状態監視から電圧値の調整まで行うことで、システムの的に保護しています。その他、公的な安全性規格の制定等規制面での対策も施され、社会的にも安全性への関心の高さが伺えます。

HVDC給電システム

NTTグループでは、通信ビルやデータセンターの省エネ化施策の1つとして、商用の交流200 Vを直流380 Vに変換してICT装置に給電する、高電圧直流（HVDC）給電システム（図2）の導入を拡大しています。情報通信用の給電システムとして、通信ビルでは従来直流48 Vの給



電システムを使用していましたが、近年のICT装置の消費電力増大に伴い、給電経路に流れる電流も大きくなるにつれ、使用する給電ケーブルが多条、太径化し、ケーブル敷設時の施工性の悪化や使用材料の増加に伴う材料費の高騰が懸念されてきました。また、一般のデータセンターでは、商用電力を一度直流に変換し、停電バックアップ用の蓄電池を接続して再度交流に変換する交流給電方式が主流となっていますが、電力の変換段数が多く電力損失が大きくなる傾向にあること、蓄電池からICT装置の間に故障要素となる変換器が入ることで、給電の信頼性が下がる傾向にあることなどの問題点があり、通信ビルのように省エネで高信頼の給電が求められる場合は何らかの対策を要することになります。その両給電システムの課題を解決するのがHVDC給電システムです。直流48 V給電システムの給電電圧を380 Vまで上げることで、定電力特性を有するICT装置の入力電圧を下げることで、ケーブルを細くすることが可能となります。また、直流380 Vの給電ラインに蓄電池を直接接続することで蓄電池からICT装置までの故障要素を排除し、停電時に高信頼の給電を継続することができます。電力の変換段数も、従来の直流48 V給電システムと変わらず、変換損失の低い給電を実現することができます。

HVDC給電システム用リチウムイオン電池の開発

HVDC給電システムの停電バックアップ用蓄電池は、従来の直流48 V給電システムと同様、シール鉛蓄電池が使用されています。HVDC給電システムの整流装置は、給電電圧を上げることで出力電流を下げ、電流の二乗と給電経路の抵抗の積で示される内部電力損失を低減でき、同じ給電電力において直流48 V給電システムの整流装置より小形化することができました。

一方、HVDC給電システムで使用されるシール鉛蓄電池は、直流48 V給電システムと容量が変わらないため、設置スペースも変わらず、設置場所を選ぶという問題点も依然として残ります。今後もICTの使用分野の拡大が予想され、それに伴い消費電力が増大することで、蓄電池の設置スペースの確保が大きな課題となります。そこで、蓄電池の設置スペース削減と設置自由度の向上を目的として、NTTファシリティーズではHVDC用リチウムイオン電池の開発に着手しました。

リチウムイオン電池はシール鉛蓄電池と比較して、小形・軽量という特長があり、設置スペースの削減や床荷重制約の軽減ができます。また、シール鉛蓄電池と比較して、

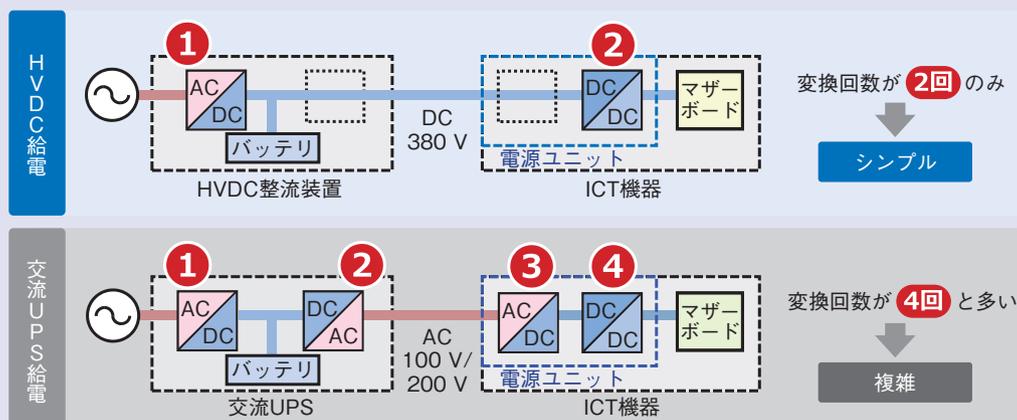


図2 HVDC給電システム

HVDC給電システムとして使用できる容量の最小単位が小さく、負荷が必要とするバックアップ容量に応じて設置容量を細かく刻むことができ、過不足のない適切な容量の選定が可能となります。リチウムイオン電池の適用により、設置場所の自由度が大幅に向上することが期待できます。

また、リチウムイオン電池は、万一の破裂や発火を防ぐために、電池の電圧や温度を監視する機能を有します。その機能を活用し電池の運用情報を取得することで、電池の充電状態や劣化状態の推定が可能です。例えば、現在の給電電力に対して残りの給電可能な時間を算出する、あるいは、経年劣化により低下した現在の容量を把握し、蓄電池更改の時期を推定するといった、利便性の高い運用を行うことができます。そのほかにも、リチウムイオン電池の異常発生時、異常の内容を自己判定して警報として発出し、その異常がリチウムイオン電池の運転継続可能なレベルを逸脱した場合は、保護のため給電システムから自動的に切り離す保護機能があるなど、安全に保守運用できる機能を具備しています。

NTTファシリティーズは2006年からリチウムイオン電池に関する研究開発を行っており、小形化や難燃化、長寿命化に関する技術を蓄えてきました。また、ユーザ側の視点から電池の監視計測データをどのように運用に活用するかを考え、情報通信用給電システムの安全性、利便性向上に関する検討を行ってきました。近年では、EVや産業用リチウムイオン電池の普及が進み、多くのメーカーが小形、低価格、安全性に優れた製品を市場に展開し始めています。現在は、これまで培った技術を用いて、それら市販品をベースとした情報通信用リチウムイオン電池を開発しています。情報通信用の給電システムにはまず給電の信頼性が求められます。そこで、市販リチウムイオン電池の電気回路や制御回路の構成を見直し、重要機能の冗長化や不要部品の削減を行うことで、給電信頼性の向上を図ります。また、安全性を担保するために、ベースとなる市販の蓄電池セルやモジュールについてはJIS C 8715-2を中心とした安全性規格への適合状況を確認し、蓄電池あるいは給電システムとしては、実機を用いた通常運用条件での試験、および短絡事故や地絡事故等のアブノーマルな事故の

発生を想定した試験を実施し、発煙や発火がなく安全に運用できることを確認します⁽¹⁾。また、施工性や保守性を考慮し、安全に設置、撤去工事ができ、かつメンテナンス時も給電を継続できる実装、構成を仕様で決めました。最後に、通信ビル導入の際に必要なNTTの規格に沿った耐震性能やEMC (ElectroMagnetic Compatibility) *¹性能の確認を行い、周囲環境の影響を受けての誤動作がないことや、運用時に周囲装置に不要な影響を与えないことの確認を必須の評価項目として設定しました。

NTTファシリティーズは通信ビル導入の第一ステップとして、メーカー市販品ベースの最小容量単位のHVDC用リチウムイオン電池を開発しました。本品はHVDC給電システムに合わせた充放電電圧となっており、満充電状態下の放電で16 kWhの出力が可能です。セル*²やモジュール*³はメーカーの市販品を採用し、それ以外の電気回路、制御回路については、給電の信頼性を向上するために制御電源構成の冗長化等、一部変更を加えています。監視計測機能はメーカー標準機能をベースに保守運用に必要な項目を追加しています。前述の各種試験を行い、不要な装置停止がないこと、非常時には安全に給電システムから切り離される保護機能が動作することを実機試験により確認しました。また、耐震性能はNTTドコモの耐震規格R12相当(図3)、EMC性能はNTTのEMCに関する各テクニカルリクワイアメントの規定を満足することを確認しました^{(2),(3)}(図4)。同製品は通信ビルに導入し、現在も稼働中です(図5)。

今後の展開

NTTファシリティーズは、16 kWh級の小容量HVDC用リチウムイオン電池を開発しました。同蓄電池は情報通信用として使用するための高い信頼性、安全性を有するだ

- *1 EMC：電磁両立性。電気・電子機器が他の機器との間で電磁的な悪影響を及ぼし合わない性質。
- *2 セル：単電池、リチウムイオン電池の最小単位。一般的には単電池を複数接続し、パッケージングして使用されます。
- *3 モジュール：直並列に接続した単電池群。ヒューズ等の保護素子や監視回路を持っていることもあります。

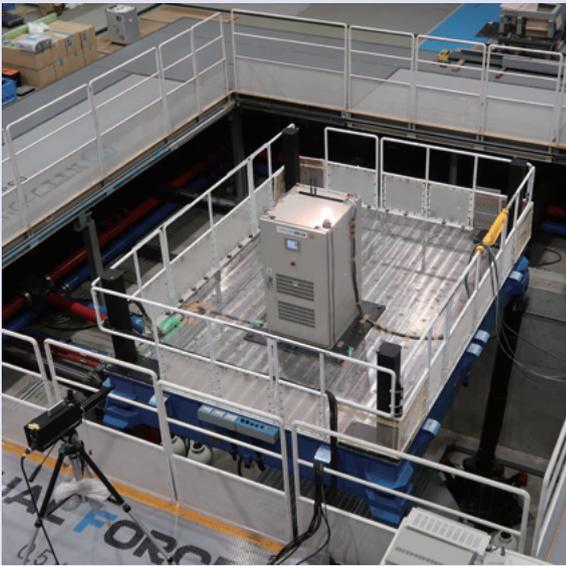


図3 耐震試験



図5 HVDC用リチウムイオン電池

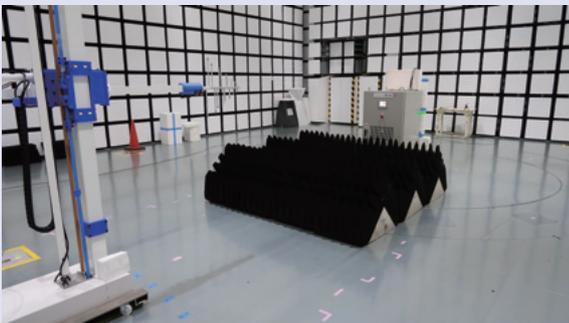


図4 EMC試験

けでなく、監視計測機能や容量監視機能等の利便性に優れた機能を有しています。今後は、蓄電池の容量を拡大し、より大規模のICTシステムに対して停電バックアップが可能なりチウムイオン電池の開発をめざします。今回開発したHVDC用リチウムイオン電池を多数並列接続して使用

することになるため、設置スペースを削減しつつ信頼性を維持する集約方法の確立や短絡電流対策等安全性の確保、通信量削減のための監視計測項目絞り込み等、新たな課題が想定されます。それらの課題を解決し、信頼性、安全性、利便性に優れたリチウムイオン電池を開発していきます。

■参考文献

- (1) JIS C 8715-2 : 2019 : “産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム—第2部：安全性要求事項,” 日本産業標準調査会, 2019.
- (2) <https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/procure/policy/quakeproof/>
- (3) <https://www.ntt.co.jp/ontime/policy/tr/>

◆問い合わせ先

NTTファシリティーズ
 研究開発部 ファシリティ部門
 エネルギーソリューション担当
 TEL 03-5669-0763
 FAX 03-5669-1650
 E-mail matsum86@ntt-f.co.jp



ベトナムにおけるサイバー攻撃 対策向上プロジェクト

NTT東日本

わたなべ さち のぐち まおり
渡邊 紗知 / 野口 麻央里
かんば のぶお
勘場 宣男

NTT東日本国際室では国際協力活動の一環として、開発途上国が応募した国際機関の公募案件に対する実施支援を行っています。ここではベトナム国情報通信省の要請により、2016年5月から2019年3月にかけて実施した、サイバーセキュリティ対策向上プロジェクトについて紹介します。

● NTT東日本国際室の活動

NTT東日本の国際協力の歴史は古く、開発途上国の情報通信分野の発展に寄与することを目的として、技術協力専門家派遣、青年海外協力隊員派遣支援をNTT1社時代から行ってきました。NTT東日本からの派遣実績は累計81名に及びます。一方で、グループ再編に合わせ国単位で分担されたプロジェクトがあり、NTT東日本はベトナムとインドネシアのプロジェクトを継承し、共同事業プロジェクトの実施によるリレーションを築いてきました。現在では、ベトナム・インドネシアでのビジネス形成に加えて、社内外からの要請に基づく国際活動もまた国際室の大きなミッションです。国内外政府等からの要請に基づく政府機関などの補助金を活用した国際協力事業や、研修生や視察受け入れなどを通じて、アジアを中心とした開発途上国の情報通信分野の発展に貢献しています。

● APTが主催する国際協力プロジェクト

国際協力分野における活動においては、さまざまな政府組織や国際機関との連携の下実施しています。中でも、APT (Asia-Pacific Telecommunity : アジア太平洋電気通信共同体) は、

NTT東日本国際室の活動と深いかわりを持っています。APTは1979年にアジア・太平洋地域における電気通信専門の国際機関として設立されました。本部はタイ・バンコクにあり、当該地域における電気通信の均衡した発展を目的として、研修やセミナーを通じた人材育成、標準化および無線通信等の地域的政策調整を行っています。加盟国は38カ国にのぼり、多くの電気通信事業者やメーカーもこれに協賛しています。このAPTが主催する2つの国際協力プログラムがあります。1つは、ICT利活用モデルの普及・展開を目的とする、日本とAPT加盟国の技術者・研修者による国際共同研究です。もう1つは、デジタルデバイド

解消や人材育成を目的とするパイロットプロジェクトです。

これらの案件に優先される分野として、6つのテーマが挙げられ(表)、本案件では「③ICTにおける信用と信頼」の中での重要なポイントであるサイバーセキュリティに着目し、2016年5月から11月の期間においてAPT国際共同研究のプログラムを、その発展形として2018年4月から2019年3月にわたって実施したAPTパイロットプログラムを実施しています。

● ベトナムにおけるサイバーセキュリティ

ベトナムの経済は急速に成長してお

表 優先分野

- | |
|---|
| ① デジタルエコノミーの持続的成長に資する政策
ブロードバンド環境の整備、無線周波数の調和、標準化活動の推進 |
| ② ICTを通じた安心・安全な社会
災害管理・通信分野における情報共有・人材育成、ブロードバンドネットワークの利用 |
| ③ ICTにおける信用と信頼
サイバーセキュリティ分野における政府・民間部門の協力推進、CERT/CSIRTの活動支援 |
| ④ イノベーションのための持続可能なICTエコシステム
アプリケーション・サービスの開発奨励、ICTの革新的利用の促進 |
| ⑤ キャパシティビルディングおよび制度開発
研修の強化・拡充、各国課題解決のための専門家調査の実施、専門家間の協力強化 |
| ⑥ ICT開発のための地域協力の強化
ベストプラクティス・技術の共有、官民協力パートナーシップの強化、APTのプレゼンス向上 |

り、海外直接投資の順調な増加も受けて2010年に中所得国の仲間入りをしています。人口1人当りのGDP、実質GDP成長率も安定して伸び続けており、海外企業のASEAN地域進出拠点の1つとなっています。そのような急激な経済発展やインターネットの利用者拡大が進む一方で、サイバー攻撃の標的としての危険性も増大しています。1つの転機となったのは、ナショナルフラッグキャリアであるベトナム航空に対する標的型サイバー攻撃でした。その攻撃により、航空制御システムおよびWebサイトがハッキングされ、ハノイ・ノイバイ空港、ホーチミン・タンソンニャット空港の表示システムやマイレージプログラムに甚大な被害をもたらしました。加えて、41万人以上の個人情報も窃取されたともいわれており、多くのベトナム人に衝撃を与えました。ベトナムでは、情報通信省がサイバーセキュリティ関連の所轄官庁となっており、その配下に政府機関や企業のコーディネーションセンターとしてセキュリティインシデント対応を実施す

るナショナルCSIRT (Computer Security Incident Response Team) であるVNCERT (Viet Nam Computer Emergency Response Team) があります。VNCERTは2005年に設立されており、ネットワークのモニタリング等を通じて政府機関、企業等と連携しながらサイバーセキュリティにかかわるインシデントに対応してきました。本案件は、このVNCERTからの要請により形成されました。

● 民間企業におけるCSIRT構築促進

VNCERTの課題の1つとして、サイバーセキュリティインシデントを統括する組織CSIRTの普及がベトナム民間企業において伸び悩んでいるというものがありません。セキュリティ分野において先行するNTTグループの知見を活かし、2015年9月にVNCERTによるAPT国際共同研究プログラムへの応募を支援、2016年1月に採択されました。NTT東日本国際室として、セキュリティ分野で

の国際案件形成は初となります。活動内容としては、NTTグループ内CSIRT組織におけるOJT、CSIRT構築マニュアルの作成、ベトナム企業へのヒアリング調査が主なものとなります。まず、VNCERT若手技術者4名に対し、1か月にわたるOJTを開催し、CSIRTのあり方を学んでもらいました。それを受けて、NCA (Nippon CSIRT Association: 日本シーサート協議会) が作成したCSIRT構築マニュアルをベースに、ベトナムの現状に沿ったベトナム語版マニュアルを研修生に作成してもらいました(図1)。その後、民間企業への現状ヒアリングを受けて内容をブラッシュアップし、政府機関VNCERTの名の下にベトナム全土の企業へ配布されました。本案件は、2016年10月に日本で行われた、アジア太平洋地域におけるCSIRT共同体であるAPCERT (Asia Pacific Computer Emergency Response Team) の年次総会において、日越協同プロジェクトとして報告されています。

● 共同研究を通して発見されたさらなる課題

サイバー攻撃事例やセキュリティ対策の現状についてベトナム企業へヒアリングする中で、前述のベトナム航空への大規模サイバー攻撃を受けて、多くの企業が標的型サイバー攻撃に対する危機感を持っていることが判明しました。標的型サイバー攻撃とは、特定の個人や組織、情報をねらったサイバー攻撃であり、無差別に行われる攻撃とは異なり対象の個人や組織特有の情報を利用するため被害が甚大となる傾向にあり、日本においても日本年金機構をはじめとして被害が多発しています。より深く分析を進めると、危機感を持っていないながらもどのように対処して良いのか分からない、有効なソリューションや対処法が見つからないといった具体的な課題が見えてきました。それを受けて国際共同研究プログラムの



図1 マニュアルイメージ

次のステップとして、標的型サイバー攻撃対策をテーマとしたAPTパイロットプロジェクトへの応募支援要請を受けました。共同研究プログラムの完遂後、海を挟んでの電話会議を重ね、日本でのプロジェクト参画メンバを募り、応募内容を決定しました。2017年9月の応募を経て、加盟国38カ国からの提案、さらにベトナム内から3案件が集う中、狭き門を潜り抜けて2018年1月にプロジェクトが採択されました。

● 標的型サイバー攻撃対策プロジェクト

ベトナムでの標的型サイバー攻撃対策向上に向けて、ハード面、ソフト面両観点からのプログラムを実施しています。

(1) 標的型サイバー攻撃対策ソリューションのトライアル検証

ハード面からのアプローチとしては、日本製標的型サイバー攻撃対策ソリューションのVNCERTへのトライアル導入・協同検証を半年間にわたり実施しています。有効なソリューションがベトナムにないことが課題とされていたこともあり、今後VNCERTが国内企業へ標的型攻撃対策向上支援をするうえでの知見を得るため、日本国内で評価の高いソリューションをまずはVNCERT各拠点に導入し、効果検証を始めることとしました。振る舞い検知により未知のマルウェアを検知するソリューション、マルウェアの侵入経路と拡散状況を分析可能なソリューションに加え、VNCERTがナショナルCSIRTとしてベトナム国内ネットワークのモニタリングをミッションとしていること、ベトナムにおいてもSOC (Security Operation Center) サービスが着目されつつあることを受けて、エンドポイントソリューションと連携してサイバー攻撃の可視化が可能となるシステムも併せて導入しました。首都ハノイ、ダナン、ホーチミンの3拠点にあるVNCERTのオフィス内のおよそ120台



図2 ソリューション導入イメージ



写真1 ソリューション導入の様子



写真2 ディスカッションの様子

の端末に対しエンドポイントソリューションを、メイン拠点であるハノイに可視化システムを導入し、ソリューションの有効性を検証しました(図2)。日本とは環境が異なることもあり、拠点間ネットワークの未整備、端末コンソールの利用不可、度重なる停電によりネットワーク設定が初期化されてしまう等の課題もありましたが、日越技術者チームでのディスカッションを重ね、ベトナムの国情に合わせた解決方法を検討していききました(写真1)。検証期間を通し、マ

ルウェア検知によるソリューション有効性を確認し、今後のベトナム国内企業支援におけるベースとなる知見が得られたことはもちろん、日本の技術者との交流を通じてVNCERT若手技術者のスキル向上にもつながりました。

(2) 日本での研修プログラム

ソフト面における活動内容としては、日本での研修プログラム、ベトナム企業向け意識啓発セミナーが挙げられます。日本での研修は、2回に分けて実施しています。2018年4月には、VNCERT若



写真3 ベトナム企業向け意識啓発セミナー

手技術者向けにテクニカルな技術交流やディスカッションが可能なプログラムを設定しました。セキュリティベンダ訪問を通じたセキュリティソリューション理解、セキュリティ関連機関との技術交流を実施し、技術交流の場ではNTTグループのサイバーセキュリティ関連部門にも参加いただき、ベトナムと日本でのサイバー攻撃対策事例の共有を通じ、積極的なディスカッションを実施しました(写真2)。2018年12月にはVNCERT局長が来日し、日本のセキュリティ関連機関を訪問し、CSIRTネットワーク構築やその運営方法、セキュリティ技術者育成・資格試験体系について活発な議論が交わされました。併せてサイバーセキュリティ関連の政府機関も訪問し、ナショナルCSIRTのあり方、組織体系、政策に関する知見共有を実施しています。

(3) ベトナム企業向け意識啓発セミナー

2019年12月、パイロットプロジェクトの集大成として、ハノイにおいてプロジェクトの成果発表を兼ねた官公庁・企業向けのサイバーセキュリティセミナーを開催しました。外務省、運輸省、科学技術省等のベトナム政府機関のIT部門の責任者、VNPT (Vietnam Posts and Telecommunications Group)、Viettel

等の通信事業者やセキュリティベンダを中心に計70名が参加し、標的型サイバー対策のリスクやその対策方法を学びました(写真3)。また、サイバーセキュリティ分野における日本ASEAN諸国との国際的な連携・取り組みを強化することを目的として、年次で開催されている「第11回日・ASEANサイバーセキュリティ政策会議」の場においても、本取り組みを発表し、ASEAN加盟国の経済・投資関係省庁および情報通信関係省庁の局長・審議官クラスに対するプロモーションを実施しています。

● 今後に向けて

パイロットプロジェクトを完了し、VNCERTから感謝のコメントをいただくとともに、今後も本プロジェクトを通じて得られた知見を活用し、ベトナムにおけるサイバーセキュリティ対策の向上に継続して取り組みたいとの力強い声をいただいています。サイバー攻撃手法は日々高度化・巧妙化してきており、現状の対策では十分でなく、常にアップデートが必要です。VNCERTの継続的な啓発活動の実施を信じてやみません。本案件に限らず、日本のASEAN諸国への協力的一端として国策に貢献すべく、さまざまな分野で国際協力の取り組みを続け

ていきます。



(左から) 勘場 宣男/ 野口 麻央里/
渡邊 紗知

今後とも国際協力活動を通じて、NTTグループならびに日本の技術の海外展開に取り組みたいと思います。

◆問い合わせ先

NTT東日本
デジタル革新本部 国際室
TEL 03-5359-8691
FAX 03-5359-1208
E-mail kikaku_all@east.ntt.co.jp



AI for Good Global Summit 2019 参加報告

かねこ まい ※
金子 麻衣
NTT東日本

ITU主催、国連関係機関が共催するAI（人工知能）の国際的なイベントであるAI for Good Global Summit 2019（AIサミット）が、2019年5月28～31日までスイスのジュネーブで開催されました。2017年から開催しているイベントで、AIの実用化をめざし、150以上ものプロジェクトを発足させています。ここでは、日本ではほとんど知られていないAIサミットの概要と、2019年のテーマの1つであるAI for Healthで議論されたことを紹介します。



AI for Good Global Summit（AIサミット）は、政府、産業界、学界、メディア、37の国連関係機関、そしてACM（米国コンピュータ情報学会）、XPRIZE財団*をパートナーとして結集したAI（人工知能）に関する国際的なイベントです⁽¹⁾。2017年から年1回開催され、今年で3回目となります。今年度は、120カ国2000名以上の来場者、7000名以上のWeb参加、300名を超える講演者を迎え、過去最大の規模となりました（図1、表1）。

開催の背景は、ITUや国連が、近年急速な進歩を遂げるAIが社会的課題を解決し、国連の持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development

Goals）の進展を加速させる大きな可能性を秘めているととらえているからです。世界中で生活を向上させるためにAIの力をどのように活用するか、教育、医療、健康福祉、商業、農業、宇宙など幅広い分野における活発な議論や、産官学連携によるプロジェクトの生成を通じて、SDGs実現を加速させるAIの実用化をめざしています。

2017年にAIの可能性について言及するグローバルな対話を開始し、2018

年はさらに踏み込んで、SDGsの達成を支援するAIソリューションの開発を実現するプロジェクトの発足に取り組みました。2019年は、AIイノベーターと課題を抱える政府、公共、民間等とを結び付け、実用化に向けたコラボレーションを加速することを目標に掲げました。今後、具体的なプロジェクトが発足するものと思われます。2018年にはAIリポジトリが設定され、すでに150以上のプロジェクトが登録



図1 会場の様子

表1 AI for Good Global Summitの概要

開催期間	毎年5 or 6月の3～4日間
開催場所	ジュネーブ国際会議場（CICG）
主催	ITU
協力	XPRIZE, ACM
国連パートナー	WHO・UNICEF等37団体
概要	<ul style="list-style-type: none"> 国連の持続可能な開発目標（SDGs）達成に向けたAIに関するグローバルで包括的な対話のための国連プラットフォーム 4～5つのテーマ（Breakthrough Sessions）が同時進行で開催

※ 現、一般社団法人情報通信技術委員会
* XPRIZE財団：世界中のイノベーターを支援する非営利団体の財団、賞金レースを運営。



表2 AI for Good Global Summit 3年間の比較

	2017年	2018年	2019年
目的	AIに関する包括的なグローバル対話	SDGsの達成を支援するAIのソリューション開発	SDGs達成を加速させるAIの実用化
主な成果	AIリポジトリの設定 FG-ML5Gの発足	35のプロジェクト提案 FG-AI4Hの発足	教育で2つのプロジェクト発足 今後その他プロジェクトが発足予定
テーマ Breakthrough Sessions	①Privacy, Ethics & Societal Challenges ②Capacity Building & Poverty Reduction ③Common Good & Sustainable Living ④Investment, Economic Aspects & Designing the Future	①AI & Smart Cities and Smart Communities ②AI & Health ③The Eye in the Sky: Space, AI & Satellite ④Trusting AI - Will Mankind Master the Machine, or Vice Versa?	①AI and Health ②AI and Education ③AI and Human Dignity and Equality ④Scaling AI ⑤AI for Space
講演者	70人以上	150人以上	300人以上
参加者	500人以上 Web5000人以上	49カ国700人以上 Web参加人数不明	120カ国以上2000人以上 Web7000人以上
メディア	ジャーナリスト 45人 累計視聴者数1億人以上 (多言語) SNS等 300万人以上	ジャーナリスト 40人以上 累計視聴者数10億人以上 (多言語) 1000近いメディアで放送	ジャーナリスト 40人以上 累計視聴者数13億人以上 (多言語)

されています (表2)。



■プログラム構成

メインのプログラムは、Breakthrough Sessionsと呼ばれるプロジェクトの発足を目的としたテーマ別のセッションです。毎年テーマが4～5つ設定されています。2019年度は、①AI and Health, ②AI and Education, ③AI and Human Dignity and Equality, ④Scaling AI, ⑤AI for Space, の5つが同時進行で開催されました。

■主なオープニング講演

(1) ITU事務総局長 Houlin Zhao氏
AIは私たちの生活を変えます。安全で信頼された包括的なAIへの道は、

政府、産業界、学界、市民社会の間の前例のない共同作業を必要とします。AIサミットはAIに関する対話のための主要な国連プラットフォームであり、世界中のパートナーとの協力により、AI技術の信頼性、安全性、包括的な開発、その恩恵への公平なアクセスを確保しています。

(2) 世界気象機関(WMO)事務総長 Petteri Taalas氏

WMOは毎日ビッグデータを扱い、世界中で収集された膨大な量のデータに基づいて24時間365日の運用予測システムを運用しています。AIサミットで新しいプロジェクトを生み出し、すべての人々がシステム等に安全にアクセスできるようにすることが目標です。

(3) XPRIZE財団CEO Amir Ansari氏

AIとデータは、人類が直面している最大の課題を解決する基本的なツールです。私たちは、AI革命の予期せぬ結果についても議論し、実現可能性の高いソリューションのために取るべき行動を提案します。

(4) ACMのCEO Vicki Hanson氏

AI技術者と、政府・産業界のリーダー等を結集させることで、差し迫った世界の課題にAIを適用する新しい方法が提案され実現することができそうです。こういったコンピューティング技術が、明日の問題解決に役立ち、職業を発展させ、良い影響を与えることを望みます。



基調講演等

(1) マイクロソフトEVP Jean Philippe Courtois氏

「今後すべての企業がソフトウェア企業になるでしょう。AIはその変革の中心として、人・モノ・活動の検出を可能にするのと同時に、新世代のビジネスエージェント・専門家となります」

事例として、AI、IoT (Internet of Things)、クラウドをベースに、ドローンやセンサーで収集したデータを駆使して農業分野の改善を図るプロジェクト「Farm Beats」が紹介されました。

(2) AIを活用して3つの社会課題を解決

①AI for Earth (環境対策)、②AI for Accessibility (障がい者支援)、③AI for Humanitarian Action (AIビジネススクールを通じたリーダー向け育成)、に取り組むプログラムを紹介し、1億1500万ドルを拠出したことを発表するとともに、自社独自のAI principlesを提案し、AIに対する革新的な取り組みをアピールしました。

(3) 米国の発明家・実業家 Ray Kurzweil氏

技術的進歩の予測的中させる、著書「The Singularity Is Near」で知られる同氏が遠隔から初日のクロージング講演を行いました。オリジナルの統計データを示し、「AIの進歩によって将来は改善されます。科学技術の進歩は直線的ではなく指数関数的に進歩

します。人間はクラウドに接続することで拡大した脳を持ち、知性は100倍になるでしょう」と予測しました。

Breakthrough Session [AI for Health]

同時進行で5つのセッションが行われており、日本でも関心が高い健康福祉関連の「AI for Health」に参加しました。2018年のAIサミットの成果として、ITUのICTのノウハウと、世界保健機構 (WHO) の健康のノウハウを融合させるべく、Focus Group on AI for Health (FG-AI4H) を発足させています。乳がん、アルツハイマー病、目や皮膚病などの健康問題に対処するために、AIを活用した健康手法の評価と国際標準化に向けたフレームワークの開発をめざしています。

(1) ウェルカムセッション

ITU電気通信標準化局長のChaesub Lee氏は、FG-AI4Hの重要なセッションは保健データのアクセスと適切な利用におけるベストプラクティスを確立することだと語り、オープンなプラットフォームへの参加を呼び掛けました。

WHOのCIO Bernardo Mariano氏は、健康管理におけるデータの流れを、ドイツ連邦保健省医薬品研究所責任者のWolfgang Lauer氏は、メディカルアプリや医療機器のサイバーセキュリティ対策のガイドラインを公表し、価値創造とデータ保護のバランスの重要性について述べました。

FG-AI4Hの議長で、フラウンホーファー研究所のエグゼクティブディレクター Thomas Wiegand氏は、FG-AI4Hには11のトピックグループがあり、活動の5つのステップ〔①コミュニティの形成 (専門家の収集)、②提案、③評価 (参照データおよび評価基準の設定)、④レポートの発行、⑤普及・展開 (AIを活用したヘルスケアソリューションの実用化)] を踏み活動を行っているとし、AIソリューションの品質管理で網羅すべき5つのポイント (①パフォーマンス測定、②堅ろう性、③不確定性、④説明可能性、⑤一般化可能性) を示しました。

(2) パーソナルヘルスケアとAI

マイクロソフトイスラエルヘルスケアのHadas Bitran氏は、AIを活用したヘルスケアbotや診断チャットの事例を、YourMDのJonathon Carrbrown氏は、適切なプライマリ・ケアを提供する健康管理ソリューションを紹介し、低コストで診断をサポートするAIの可能性を示しました。Ada Health常務取締役のHila Azadzoy氏は、世界の4億人がプライマリ・ケアサービスにアクセスできておらず、中国では診察時間が2分という現状を示し、それらを解決するために開発した130カ国、5言語に対応した健康管理アプリを紹介しました。BaiduのAIヘルスケア部門シニアディレクターYan Huang氏は、ハイスペックな病院に患者が偏る不均衡に直面し、医師を支援する臨床意思決定支援システム (DISS) を開発し95%の精度を実現し



たと発表しました。

(3) AIにおける研究と政策

3Derm SystemsのCEO Liz Asai氏は、AIを活用することで皮膚科に匹敵するレベルで皮膚がんを分類することができる独自のスキニメージングシステムを示し、異なる民族をカバーするには、データセットの多様性が欠かせないと締めくくりました。診療行為や患者データを収集したレポートを公開するFDAのKhair ElZarrad氏は、ヘルスケア分野のデータ活用の重要性を提示し、データの品質を担保するために開発の初期段階から組み込み、規制当局とのコミュニケーションの重要性を訴えました。前述のマイクロソフトのBitran氏は、医療現場で医師をサポートするAI搭載システム「Project EmpowerMD」を紹介し、システムを改善するために臨床文書の自動化を促進していると述べ、関係部門との連携が必須であると強調しました。

(4) 「AI for Health」セッションのまとめ

AIとデータ活用は切り離せないも

のであり、特に高品質データの重要性は議論全体を通じて共通の認識でした。AIとデータ活用は医療現場の人材不足を補完し、クラウドベースの健康管理やオンライン相談・診断などの提供に役立つ一方で、患者の安全を担保するためには、複数機関をまたがって大量のデータを連携させ、それらを適切に管理運営するベンチマークの必要性が改めて浮き彫りとなりました。企業事例の中で診断支援アプリが多数出ていましたが、FG-AI4Hは、AIを活用したヘルスケア系のアプリの提供に中心的な役割を果たし、健康問題や治療のためのAIアルゴリズムやフレームワークの標準化に取り組むと改めて発表しました。

(5) 他のBreakthrough Session概要
「AI for Health」セッションと同時に開催された他のセッションの概要を表3に示します。



クロージング

ITU電気通信標準化局長のChaesub



まとめ

AIサミット参加のメリットは、①

Lee氏、ITU電気通信開発局のDoreen Bogdan-Martin氏、XPRIZE財団宇宙大使のCEO Anousheh Ansari氏は、「The Other 50%」と題して、発展途上国を中心に世界の半分の人々がICTの恩恵を被っていないと問題提起し、ITUとXPRIZE財団がコラボレーションして、これからの20年、30年でそれらを解消すると宣言しました。そのためにアイデアや意見が必要だと参加者に呼び掛けました。

ITU事務総局長 Houlin Zhao氏は、「AIサミットはほかにはないイベントで、世界中の複数の分野から利害関係者を招集して、AIがどのように適用され、幅広い問題をどのようにサポートできるか真剣に検討する場です。SDGsと整合することはAIが人類の健康に積極的に影響を及ぼし、すべての学生に質の高い教育を提供することを意味します」と締めくくりました。

表3 2019年のBreakthrough Sessionsの概要

AI and Education	AI and Human Dignity and Equality	Scaling AI	AI for Space
<ul style="list-style-type: none"> サミットの成果で2つのプログラムを発表 ①世界最大の家族向けAI教育プログラム：8000人の親子と150の教育を対象 ②世界最大のAIメンタリングプログラム：教育の専門家1000名がAIを学びやすくする実践プログラム 	<ul style="list-style-type: none"> 官民が協力して、AIの開発、教育、労働力への組み込みを保証する戦略を策定することが前提 AIと子どもの権利を守る政策ガイダンスの策定を宣言 関連サイト「Technoladies」をオープン予定 	<ul style="list-style-type: none"> オープンプラットフォームと新しいテクノロジーを活用して、データやモデルを共有 マルチ・ステークホルダでさまざまなスキルを有する人材を連携 貧困や気候変動に対処するため、5年間で、100カ国と連携し50のプロジェクトを発足させる 	<ul style="list-style-type: none"> 膨大な宇宙データは気象現象の監視や気候変動の対処に役立つ 宇宙分野で有益なAIを実現するためのデータ要件に関する共通の合意を見つける AIと宇宙のガバナンスに関する幅広い原則の合意に向けての第一歩を踏み出す



表4 スポンサーとパートナー

Grade	企業	団体
Platinum	Microsoft	
Gold	PwC (コンサル)	ACM (米国コンピュータ学会), The Kay Family Foundation (米国財団), AUTONOMOUS DRIVERS ALLIANCE
Silver	Deloitte (コンサル)	Zero Abuse Project (米国虐待0プロジェクト)
Bronze	LiveTiles (米国ソフトウェア)	
Supporter	TECHNOSSUS (コンサル), Stradigi AI (カナダのAI企業)	Foundation BOTNAR (スイスの財団)
Content	IVOW (米国ストーリーテリング), Access Partnership (イギリス公共政策会社)	IEEE, Montréal (モントリオール市), Diplo Foundation (マルタとスイスの財団), STATE (ベルリンフェスティバル財団), swissnex network (スイスノベーション連携), NETHOPE (米国非営利団体), UNIVERSITÉ DE GENÈVE (ジュネーブ大学) EPFL (スイス連邦工科大学ローザンヌ校), DEEP (オープンプラットフォーム*), Foraus (スイスシンクタンク), Idiap Research Institute (スイス研究機関), JIPS (スイスデータ収集分析)

※ACAPS, IDMA, IFRC, JIPS, UNHCR, UNICEF, OCHA, OHCHR, Okular-Analyticsが統括するプロジェクト

AIイノベーターとAIを活用したい企業・自治体の両方と接点を持つことができる、②参加型で積極的に課題を共有できる、③周囲の賛同を得られればプロジェクトを発足することができる (ITUが推奨)、④スポンサーからのさまざまな援助が期待できる、の4点が挙げられます。主催者 (ITU・国連・XPRIZE財団) のパワーもさることながら、スポンサーの存在が大きなメリットと考えられます。表4のパートナー一覧を見て分かるように、豊富な資金力を持つ財団や、オープンイノベーションやコラボレーションをミッションとする団体やコンサル企業が半数を占めていて、効果的にアピールすることで資金を獲得できる可能性があります。

マイクロソフトは唯一のプラチナスポンサーということもあって基調講演にインパクトがあり、会場内に企業専用ブースを設置したり、複数のプレゼンテーションに参加するなど大きな存在感を放っていました。しかし、すべての企業や団体の取り組みが先進的であるわけではなく、日本が優れていると思われるソリューションも多数存在しました。来年の4回目は、2020年5月4～8日の開催が決定されています。今年は日本企業の出展や講演がなく、来場者にも日本人はほとんど見られませんでした。来年はグローバル市場をねらう日本企業や、先進事例を有する日本の自治体がAIサミットで存在感を発揮できるように、TTCの専門委員会や研究会活動などを通じて

バックアップしていききたいと思います。

■参考文献

(1) <https://aiforgood.itu.int/>

光通信で培った技術を活用し、情報処理システムの性能向上を実現する 「光インターコネクト技術」を開発

NTTは、情報処理システムの高性能化をめざした光インターコネクト技術を開発し、AI（人工知能）処理を高速化することに成功しました。

LSIの大規模化・高速化による処理能力向上が限界を迎える時代（ポストムーア時代）においては、CPUといった演算資源をインターコネクトで複数接続する分散処理が情報処理システムの性能を向上させる手法として期待されますが、この場合はインターコネクトの性能がシステムの能力に大きな影響を与えます。

今回、NTTは光通信に研究開発を続けてきた高速プロトコル技術・通信処理回路技術を活用し、情報処理システムの性能向上を実現する光インターコネクトを開発しました。本技術を複数のサーバで大量のデータを分担して処理する「分散深層学習」に適用した結果、学習速度を従来技術比で7%高めることに成功しました。この結果より、GPU台数を増やした場合の効果を見積もると、32GPU接続時に40%程度の速度向上が見込まれます。

本技術は、NTTのAI「corevo[®]」を支える技術であり、将来のIOWN構想実現につながる新たな情報処理技術として今後研究開発を続けます。

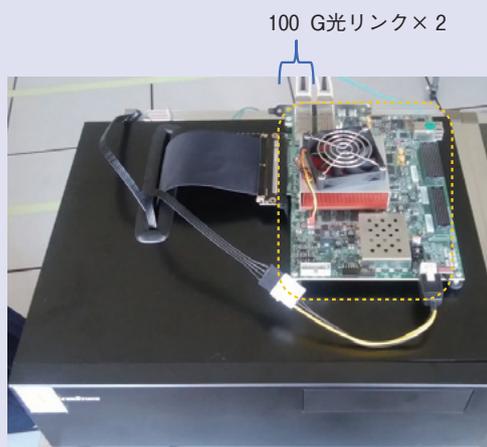
■研究の背景

データ量の爆発的増大に伴い複雑化するデータ処理に対して、LSIの大規模化・高速化では処理能力向上の限界を迎える時代（ポストムーア時代）が到来しつつあります。ポストムーア時代に向け、演算リソースを複数接続し能力向上を図る分散処理が情報処理装置の性能向上の手法として期待されますが、そのためには演算リソース間のデータ共有が高速に行える高性能なインターコネクトが必要となります。

今回は、アプリケーションとしてAIに注目し、自動運転やゲノム解析などといった、リアルワールドの大量なデータを高速に処理するために数多くのサーバで分散処理を行う「分散深層学習」に適した光インターコネクトをめざしました。

■研究の成果

分散深層学習においては、各サーバでの学習結果をインターコネクトを介し共有する通信を行います。この通信の早さがAIの学習速度に大きく影響します。今回、AIの学習結果共有を高速に行える光インターコネクトを新たに開発し（図）、AI学習の高速化を実現しました。



FPGAにて光インターコネクトデバイスを実現



図 今回成果の光インターコネクトによる通信

現在用いられている市販品で最速の構成と本技術を用いた場合の比較測定を行った結果、4台のサーバ（1台当たり1GPU）を利用した場合、通信のために生じる演算待ち時間（通信オーバーヘッド）が84%以上削減されることを確認しました。この結果、学習速度が7%向上することを確認しました。

この測定結果を基に、GPU台数を増やした場合の見積もりを行うと、GPU台数を増やした場合では演算に対する通信の時間の比率が高まるため、通信時間短縮の効果が大きく現れ、32GPU利用時に40%以上学習速度が向上する見積もりが得られました。

■今後の展開

大規模なAI学習を行うデータセンタに今回の技術を導入することで、今後の自動運転・遺伝解析・気象予測など、大量のデータを扱うAI学習処理の高性能・低消費電力化が期待されます。そのため、NTTのAI「corevo[®]」を支え

る基盤技術の1つとして開発を続けていきます。

さらには今後、爆発的に増大するデータ量や、複雑化するデータ処理に対して、LSIの大規模化・高速化では処理能力の向上が限界を迎える時代（ポストムーア時代）が到来します。ポストムーア時代のIOWN構想の実現に向けた、光と電子の利点を結び付けた新アーキテクチャによる情報処理システムを実現する技術として、今回開発した技術を応用・発展させていきます。

◆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/news2019/1906/190618a.html>

Collaborative Intelligenceの実現をめざして

研究者 紹介

田仲 顕至

NTT先端集積デバイス研究所

光電子融合研究部

デバイスアーキテクチャ研究グループ

Collaborative Intelligence—協調的知能—という言葉をご存じでしょうか、人と機械が自律的・協調的なネットワークを形成し、問題解決を図るネットワークを指す言葉です。この“人と機械”のネットワークはすでに私たちの社会に浸透しており、時折ニュースで見かけるような、大きな社会的事象の契機となっています。例えば、ロボット技術や自動運転技術などは人と機械のCollaborative Intelligenceの最たる例ですし、ソーシャルネットワークサービスや機械翻訳サービスも人と機械と人のCollaborative Intelligenceでしょう。私は、これらのCollaborative Intelligenceの発展が私たちの社会の可能性の幅を大きく広げると確信しており、一段階進歩した人と機械のネットワークを支えるインフラストラクチャーの構築が必要だと考えます。その原初体験となっているのが、これまで私が行ってきた人間の知的処理の計算論的模倣と、スパースモデリングとデータ駆動科学を実現する計算機アーキテクチャに関する研究です。これらの研究は、アナログ情報から本質的な法則性を機械的に抽出し、その結果を人間が解釈しフィードバックすることの重要性を陽に示す一方、そのために膨大な計算量・時間が必要であることを暗に示しています。

私は、そういった計算量・時間の問題を解決するために、光インターコネクットの研究に取り組んでいます。現時点では、夢の実現に向けた初段と存じますが、今後ますます研究に邁進し、1日も早いCollaborative Intelligence基盤の実現をめざします。



超大容量1テラビット/秒光信号の長距離伝送に成功

NTTとNTTコミュニケーションズ（NTT Com）は、商用環境において1テラビット/秒光信号の長距離伝送の実証実験に成功しました。

本実験では、NTT Comの商用環境に敷設した光損失と光非線形性を低減させた新しいコア拡大低損失光ファイバケーブルを用い、NTT独自の高品位な多値光変調信号を送受信するために光送受信機内部の不完全性を補償する高精度校正技術、最先端のデジタルコヒーレント技術を実装したデジタル信号処理プロセッサと広帯域光フロントエンド回路を搭載した光送受信機、および伝送路設計技術によって、1テラビット/秒光信号による波長多重伝送を実施し、世界最長となる1122 kmの長距離伝送試験に成功しました。

本成果は、現在の実用システム（1チャンネル当り100ギガビット/秒）の10倍の伝送速度、および8割以上のビット当り消費電力低減を見込み、5Gサービスの普及や、将来のIOWN構想実現につながる大容量通信ネットワーク技術として期待されています。

■背景

近年の映像データの流通拡大やクラウド技術の進展に加え、5Gサービスなど新しい情報通信サービスの普及に伴い、トラフィックは増大し続けることが予想されます。このような状況に対応するためには、基幹系の光通信ネットワークにおいても、さらなる大容量化を経済的に実現することが求められています。そこで、NTTとNTT Comは、既設の光伝送システムの経済的な容量拡張に向けた、世界最高水準の技術の開発を進めてきました。

光信号当りの伝送容量の拡大は、光伝送システムの経済性の観点から重要であり、信号のシンボルレートや1シンボル当りの変調多値度を上げることが必要です。しかしながら、光フロントエンド回路部の信号経路長や信号経路による損失ばらつきなどの不完全性のため、光信号を高速かつ長距離の伝送が可能で品質の光多値信号を生成することは困難でした。さらに、高多値信号の長距離伝送には、高い光信号対雑音比が求められ、かつ非線形光学効果による信号の劣化を抑える必要がありま

した。

■実証実験の概要

本実験にあたり、NTT Comの商用環境に敷設した光損失と光非線形性を低減させた新しいコア拡大低損失光ファイバケーブルと、NTTが新たに開発した光送受信機を用いて、1テラビット/秒光信号による波長多重信号の1122 km伝送環境を構築しました（図）。

NTT Comは、ITU-T G.654.Eに準拠したコア拡大低損失光ファイバケーブルを新たに商用環境に敷設しています。このコア拡大低損失光ファイバケーブルを用いて光伝送路を構築することにより、光ファイバを通過する光の減衰量を従来のファイバよりも低減して、高い光信号対雑音比を達成することができます。さらに光ファイバのコア径の拡大により、光ファイバ伝送中の非線形光学効果を低減することにより、光信号の波形の劣化を抑えることが可能となります。

本実験では、1テラビット/秒光信号生成のため、最先端のデジタル信号処理プロセッサと広帯域光フロントエンド回路を搭載した光送受信機によるデジタルコヒーレント技術を用いて、光の偏波、位相、および振幅に情報を乗せることで情報量の増大を実現する偏波多重32QAM変調信号（1波長当り500ギガビット/秒）と、2波のサブキャリア多重を利用しています。これにより、現在の実用システムの1チャンネル当り100ギガビット/秒の10倍となる1テラビット/秒に伝送速度を高速化することが可能となりました。1波長当りの伝送容量を拡大させることにより、ビット当りの消費電力も既存装置と比較して、8割以上の削減を見込むことが可能となります。

加えて、NTT独自の技術を用いて、光送受信機内部の不完全性（信号経路長や信号経路による損失ばらつき等）を高精度に校正することにより、受信信号を理想信号に近づけることが可能となり、高品質な信号の送受信が可能となりました。これにより、高い信号品質が要求され、技術的難易度が非常に高い32QAM多値光変調信号において、世界最長となる1122 kmの長距離伝送の実証に成功しました。なお、本実験の一部は、総務省の委託研究「巨大データ流通を支える次世代光ネットワーク技術の研究開発」および「新たな社会インフラを担う革

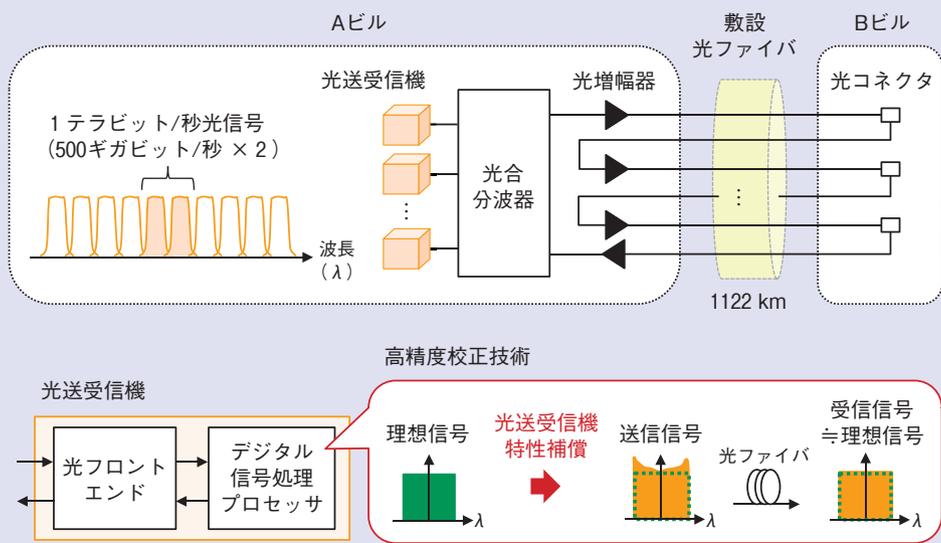


図 伝送実験の構成

NTTコミュニケーションズがめざすインフラネットワークへの大きな1歩

パートナー
紹介

増田 陽

NTTコミュニケーションズ
カスタマサービス部 イノベーション部門

NTTコミュニケーションズ (NTT Com) では、お客さまに寄り添い、信頼されるパートナーとして、デジタルトランスフォーメーション (DX) を支援する「DX Enabler」をめざすことを事業戦略として掲げています。

その取り組みの1つとして、「データ利活用の基盤となるインフラサービス群の提供」があり、NTT Comが保有するネットワークをこれまで以上に安心・安全かつ大容量なインフラに進化させることをめざしています。

現在、商用で導入している光伝送装置は、1チャンネル当り100 Gbit/sでの提供が中心ですが、伝送距離を保ちつつ、さらに伝送速度を向上するためには、雑音の影響や光ファイバ中で発生する光信号の歪など、解決しなければならない課題がいくつもありました。

それに対し、今回の実証実験では、NTT研究所の最先端のデバイス・信号処理技術とNTT Comで敷設した、最新の低損失・コア拡大光ファイバを組み合わせることによって、それらの課題をクリアし、フィールド環境における1 Tbit/s光信号の1122 km伝送という、世界記録を達成することができました。

この結果はNTT Comがめざすインフラネットワークへの大きな1歩であると確信しています。

今後も、「One NTT」としてNTT研究所と一丸となって、お客さまのDXを推進する、インフラサービスの実現をめざしていきます。



新的光ネットワーク技術の研究開発により得られたデジタルコヒーレント光伝送技術を利用しています。

■今後の展開

IOWNの実現に向けて、End-Endでのフォトニクス技術をベースにした大容量、低遅延、かつ柔軟性、消費電力に優れた革新的なネットワークをめざして、最先端の1テラビット/秒級の光伝送技術をさらに拡張発展していきます。その成果を活かした大容量光伝送システムと高性能な光ファイバ伝送路を含めた経済的かつ大容量なネットワークの実現を推進します。併せて、国内外の機関とも連携して、成果のグローバル展開をめざしていきます。

◆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/news2019/1906/190619a.html>

1テラビット級の超高速光伝送を実現するデジタルコヒーレント技術

研究者 紹介

濱岡 福太郎

NTT未来ねっと研究所

フォトリックトランスポートネットワーク研究部 光伝送方式研究グループ
主任研究員

高速大容量な光伝送システムを実現するキー技術は、コヒーレント光技術とデジタル信号処理技術とを組み合わせたデジタルコヒーレント技術です。本技術の開発により、送受信機でDSP (Digital Signal Processor) を用いたデジタル信号処理により極めて高精度に波形歪みの補正が可能となり、光伝送容量と伝送距離が飛躍的に向上しました。私が入社した2009年ごろは、正にデジタルコヒーレント技術の実用化検討の真最中であり、光伝送システムにおいて、デジタルコヒーレント技術は1チャンネル当り100 Gbit/sの高速な信号レートを実現するためのブレイクスルーとなりました。

基幹系の光通信ネットワークにおいて、さらなる大容量化を経済的に実現するためには、1チャンネル当りの信号レートを高速化していくことが非常に重要です。今回の実証実験では、デジタルコヒーレントの技術をさらに発展させたNTT独自の高精度校正技術を用いて、光送受信機内部のアナログ回路で生じる理想からのずれや個体ばらつきを補償することにより、技術的難易度が非常に高い多値光変調信号を高品質に送受信することが可能となりました。本技術で生成した多値光変調信号を、NTT Comの商用環境に新たに敷設した低損失で低非線形性を有するコア拡大低損失光ファイバケーブルを用いて伝送することにより、現在の実用システムの10倍のチャンネル当り容量となる1 Tbit/s信号の世界最長1122 kmの伝送実験に成功しました。今回の成果は、商用環境化において大容量・超距離伝送を実証する大きなマイルストーンとなりましたが、熾烈な競争下にある光伝送分野において最先端の技術で世界を牽引できるよう、今後も新技術の開発の手を緩めることなく引き続き研究に取り組んでいきます。



最先端の農業ロボット技術と情報通信技術の活用による世界トップレベルのスマート農業 およびサステイナブルなスマートアグリシティの実現に向けた産官学連携協定を締結

国立大学法人北海道大学（北大）、岩見沢市、NTT、NTT東日本、NTTドコモは、最先端の農業機械の自動運転技術に高精度な位置情報、第5世代移動通信方式（5G）、AI（人工知能）等のデータ分析技術等を活用した世界トップレベルのスマート農業の実現と社会実装およびスマート農業を軸としたサステイナブルな地方創生・スマートシティのモデルづくり等に取り組んでいくこと、また将来の革新的ネットワーク技術のスマート農業への適用に向けてともに検討を開始することに合意し、2019年6月28日、産官学連携協定を締結しました。

■取り組み概要

北大、岩見沢市、NTT、NTT東日本、NTTドコモは産官学連携協定を締結し、以下の3つのテーマを設定して取り組むことに合意しました（図）。

(1) 高精度測位・位置情報配信基盤

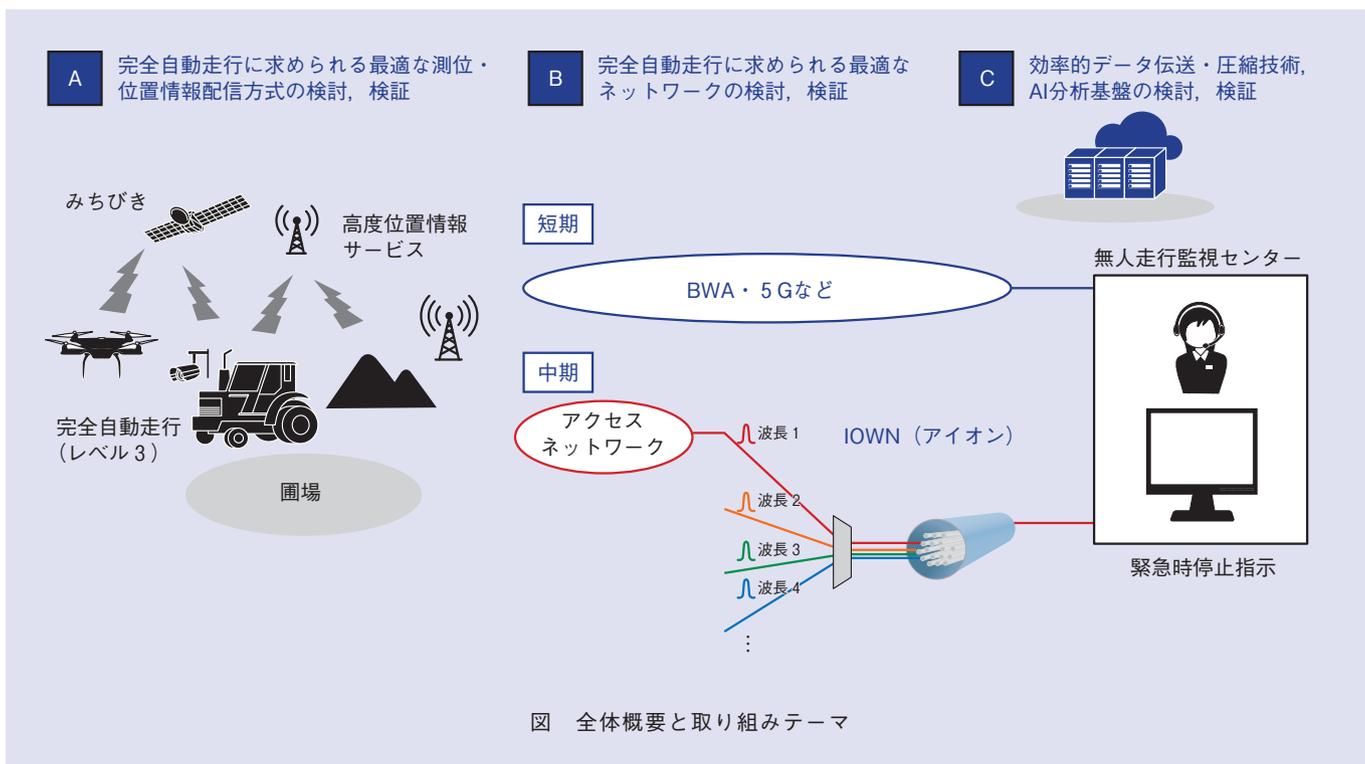
農機が自動運転を行うためには、正確な測位・位置情

報が必要となります。そのため、精度、経済性等で最適な測位・位置情報配信方式の検討を行います。準天頂衛星みちびきを含むGNSS、国土地理院の提供する電子基準点に加え、独自固定局を設置・運用し高精度の位置測位を実現するNTTドコモが提供予定の「GNSS位置補正情報配信基盤」や統計処理を用いた独自の衛星信号選択アルゴリズムにより、精度の高い測位情報を提供するNTTの最新技術等、新たな方式を含めて検討、検証を行います。

(2) 次世代地域ネットワーク

自動運転農機に求められる最適なネットワークの検討、検証を行います。第5世代移動通信方式（5G）、岩見沢市が現在整備中のBroadband Wireless Access等の最新技術を組み合わせ、遠隔監視による無人状態での完全自動走行（レベル3）に求められる、高速・低遅延で信頼性の高いネットワークの実現をめざします。

併せて、自治体に整備されている各種通信（有線・無



線)を統合し、住民の暮らしやすさ、産業振興および防災・防犯等に貢献するスマートシティの通信基盤構築にも取り組みます。

また中期テーマとして、NTTが提唱する光ベースの革新的なネットワークの構想IOWN (Innovative Optical and Wireless Network: アイオン)に基づき、より大容量、低遅延で柔軟性に富み、消費電力に優れたオールフォトニクスネットワーク、特に用途ごとに波長を割り当てる機能別専用ネットワークの適用可能性の検討も進めます。

これらの技術を活用し、ロボット農機システムを含む農業分野をユースケースの1つとして位置付け、新たな価値創出をめざします。

(3) 高度情報処理技術およびAI基盤

自動運転農機等からの映像・画像を含むさまざまなデータを効率的に伝送・圧縮するための高度情報処理技術の検討を行います。

また、自動運転農機等から収集されたデータを分析し農作業の最適化を図るための地域AIプラットフォームの検討を行います。NTT東日本の通信ビルをエッジ拠点とし、閉域ネットワークによる低遅延かつセキュアな通信や、GPUサーバによる膨大なデータの高速処理が可能なラボ環境を活用することで、車体情報・カメラ映像や作業ログ、圃場のIoT (Internet of Things) 機器から収集されたデータ (生育・収量・品質・流通・消費者

等)、外部データ (気象等) を高速に分析し、農業者や自動運転農機へタイムリーにフィードバックする仕組みをめざします。

農作業の記録を簡易的に行うため、作業者の発話を音声で認識し、文字データに変換する音声認識技術にも取り組む予定です。

■契約期間

2019年6月28日～2024年6月30日 (5年間)

■今後の展開

今後は、北大、岩見沢市、NTTグループが連携し、農業のデジタルトランスフォーメーションによるスマート農業の実現と社会実装およびスマート農業を軸とした持続可能な地方創生・スマートシティのモデルづくりによる社会課題解決にともに取り組みます。

また、本モデルを確立し、将来のグローバル展開も視野に入れて取り組み、世界の食料不足の改善にも取り組みます。

◆問い合わせ先

NTT経営企画部門

広報室

TEL 03-5205-5550

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

URL <https://www.ntt.co.jp/news2019/1906/190628a.html>

ICTを活用したスマート農業——農業のロボット化と情報化

岡本 博史

国立大学法人北海道大学大学院農学研究院 ビークルロボティクス研究室
准教授

現在、農業の現場では就農者人口の減少や高齢化が進み担い手不足が深刻化しています。こうした状況を見越し、当研究室では30年ほど前から無人ロボットトラクタの研究開発を行っています。ロボットトラクタは運転者を必要とせず完全無人でトラクタ作業を行うものです。高精度GNSS受信機などのセンサ情報を利用することであらかじめ計画された経路を高精度で自動走行します。昨年末には大手農機メーカー各社からロボットトラクタが発売され、ついに農業の現場に導入されることになりました。

ロボット農機では障害物検知など安全性の確保が重要です。そこで、農林水産省はロボット農機の実用化にあたって安全ガイドラインを制定し、人間の目視による監視を義務付けています。

しかし、次の目標として目視による監視に代わって遠隔地からの監視を行うための技術が求められています。ロボット遠隔監視のためには高画質で低遅延の映像伝送が必要となり、それに対応できる無線通信技術が必要となります。また、農業のロボット化だけでなく情報化 (営農支援システムなど) のニーズも高まっています。

当研究室、岩見沢市、NTTグループの3者で実施している共同プロジェクトではNTTグループの持つ先進的な通信技術やデータ分析技術が農業分野においても効果的に導入されることを期待しています。

パートナ
紹介



産学官連携による「スマート・アグリシティ」をめざします

パートナー 紹介

黄瀬 信之

岩見沢市 企画財務部 情報政策推進担当
次長（総務省地域情報化アドバイザー）

行政面積の42%が農地であるなど経済の基軸を農業とする岩見沢市では、経済活動の活性化はもとより、地域の持続性を確保するためにも、農業の生産性向上や付加価値形成が重要ととらえています。

ICT活用による「市民生活の質の向上」と「地域経済の活性化」を重要施策とし、自営光ファイバ網やクラウドデータセンタ等の社会基盤を構築するとともに、教育や医療、健康、安全、雇用創出など活用モデルの社会実装を進めている当市ですが、2013年からは生産者による研究会設立のもと、農業気象システム（市内13カ所に気象観測装置を設置 50 mメッシュで各種予測情報を配信）や高精度位置情報配信システム（市内4カ所にRTK基地局を設置、誤差数cmの環境実現）など、生産者が求める機能を全国に先駆けて整備し活用を進めてきました。

このような生産者と行政が連携する取り組みに加え、2019年度からはNTTグループと国立大学法人北海道大学、岩見沢市による産学官共同研究のもと、Society 5.0時代を見据えた地域社会づくりがスタートしています。

この共同研究では、ロボット農機に関するネットワークの最適化など、「スマート農業」の社会実装に向けた検証を進めるとともに、少子高齢化や人口減少に伴いさまざまな課題が顕在化する農村地域においても、安心・安全で快適に生活できる社会「スマート・アグリシティ」の実現もテーマとしており、課題への対処手法創出のもと新たな地域環境が具現化していくことを期待しています。



ICT×ロボット農機で新たな価値を創出します

開発者 紹介

久住 嘉和^{†1}／村山 卓也^{†2}

NTT研究企画部門
食農プロデュース担当 担当部長^{†1}／担当課長^{†2}

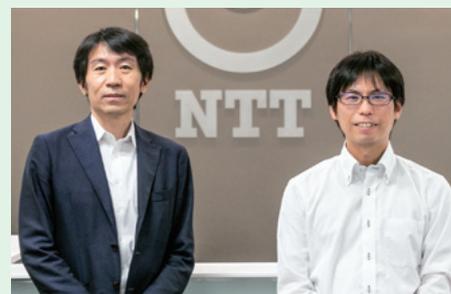
NTTグループでは、さまざまな分野のパートナーとのコラボレーションによりイノベーションを起こし、社会課題の解決を通じて、人々が豊かで幸せになる未来の実現をめざしています。その中で、就業人口減少や高齢化が急速に進む農業は、スマート化・自動化の早期実現が求められています。

一方、農業のスマート化・自動化はICTだけでは実現しません。機械（ロボット）とのコラボレーションで実現します。メーカーではなく、実証フィールドを持たないNTTグループにとって、世界最先端の農機の自動走行技術を持つ北海道大学、農業を軸としたスマートシティのモデルづくりを掲げる岩見沢市との連携は戦略上、非常に意義のあるものでした。

NTTグループ（NTT、NTT東日本、NTTドコモ）の高精度測位・位置情報や5Gなどの高速ネットワークなどを組み合わせ、農機の完全自動走行（レベル3）の技術体系確立を通じ、人手不足解消の実現をめざします。将来は、光ベースの革新的なネットワーク構想であるIOWNにより、さらに大容量、低遅延で柔軟性に富み、消費電力に優れたネットワークの適用可能性の検討を進めます。

これらのイノベーションを通じ、例えば、岩見沢市の監視センターを活用し、請負業者が地方農場にある多数のロボット農機やドローンを遠隔地から監視・制御を行うような世界観をめざします。また地球規模では人口爆発により、食料・水の争奪戦になるといわれています。そのため、本技術体系のグローバル展開も行き、人類の食料不足の改善にも貢献します。

今後もグループ総合力で農業分野に取り組みますのでぜひご期待ください。



（左から）久住嘉和／村山卓也

音を認識するために訓練された深層ニューラルネットワークが 脳における音の表現と類似した表現を獲得することを発見

NTTは、音認識のために訓練された深層ニューラルネットワーク（DNN）が哺乳類の脳と類似した音の表現を獲得することを発見しました。

神経生理学者の長年の研究により、音に対する神経細胞の反応特性が、さまざまな動物種の脳において明らかとなってきています。本研究では、こうして観察されてきた神経細胞の性質を、なぜ脳が持つように至ったのか、という疑問に答えます。本研究ではDNNを自然音認識で訓練し、それを構成する素子の性質を調べる際に、動物の神経細胞を対象とした神経生理実験と同じ方法で分析する技術を用いました。その結果、脳と類似した音の表現が獲得されていることを発見しました。

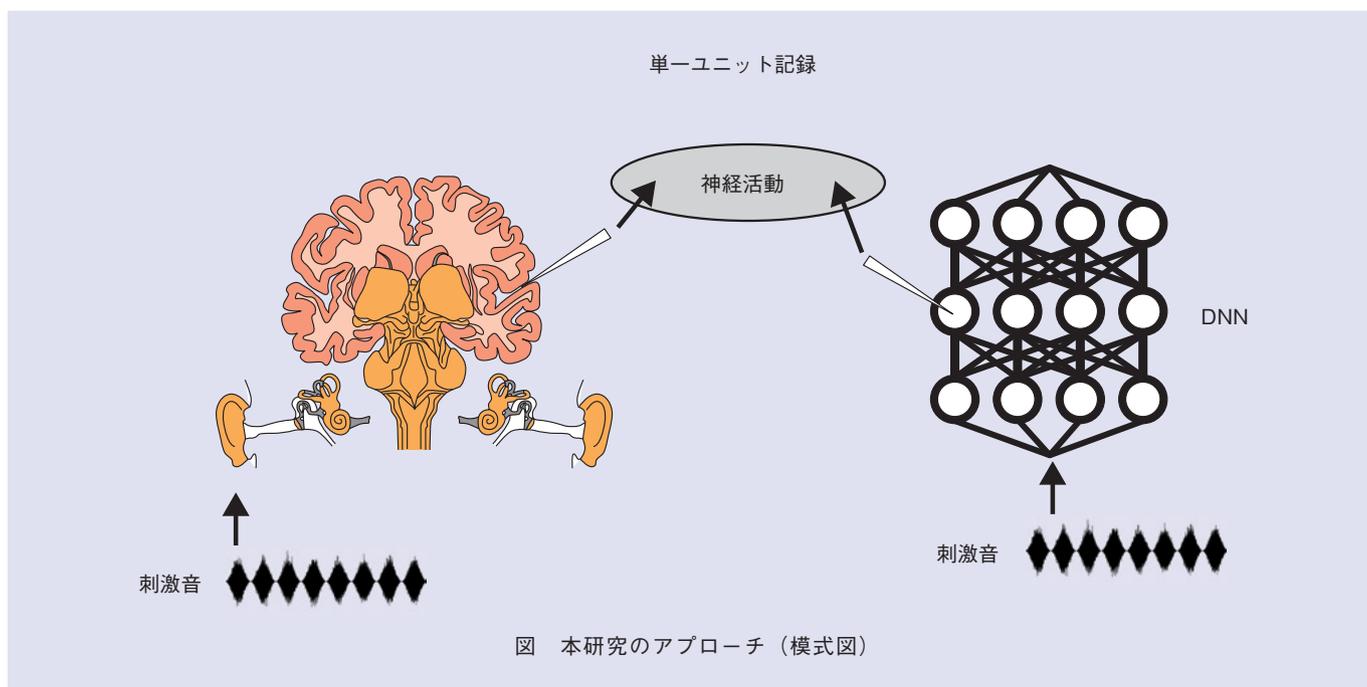
本研究の発見から、脳が進化の過程で音の認識処理に適応した神経表現を獲得したことが示唆されます。また、本技術により、脳研究と人工知能研究のさらなる融合が期待されます。

■研究の背景と経緯

ヒトを含む動物（哺乳類）の脳では、音が耳に届いて

から認識されるまでに、脳幹から大脳皮質にいたる多段階の処理で音の特徴が分析されます。音の特徴の中でも、振幅変調（振幅の緩やかな変化）は音の認識に重要な手掛かりです。これまでの長年にわたる神経生理学の研究は、神経細胞が「どのように」振幅変調を表現しているのか、という疑問の答えを、聴覚神経系における多数の脳部位について明らかにしてきました。しかしながら、神経細胞が「なぜ」そのように振幅変調を表現するようになったのか（必然性はあるのか）、という疑問については、神経細胞の性質と進化の過程との関係を一般的な実験的アプローチでは確かめることが原理的に難しく、それに答えることができませんでした。

実験的なアプローチの問題を補完するものとして、計算機モデルによるシミュレーションは有効なアプローチかもしれません。ただし、従来の典型的な計算機モデルによるアプローチでは、音の特定の特徴に対して特定の神経回路の性質を詳細に再現することはできても、聴覚神経系の重要な機能である自然な音の認識との関係に言及することはできません。



■研究の内容

近年、人工ニューラルネットワークを用いることで、自然で複雑な音の認識を実現できるようになってきました。本研究は、この技術を導入することによって前述の疑問にアプローチしました(図)。人工ニューラルネットワークの中でも、特にDNNは多数の素子からなる多数の層が縦列した構造をしている点で、聴覚神経系と同様な構造を持っているといえます。しかし、その点以外は、聴覚系の具体的な神経回路を模擬したものではありません。もし、このDNNが、動物と同様に自然な音を認識するよう訓練された結果として動物の脳と類似した特徴を獲得するならば、それは逆に、動物の脳が持つ性質が進化の過程で音認識に適応した結果である可能性を示すものといえるでしょう。

本研究では、自然音の分類課題のためにDNNを訓練したうえで、そのDNNを動物の脳を調べる神経生理学実験を模した方法によって分析しました。具体的には、訓練したDNNにさまざまな変調周波数(変調の繰り返しの速さ)を持つ音を入力し、DNNを構成する個々の素子について出力を調べました(図)。その結果、素子によっては特定の変調周波数にのみ強く反応することや、その反応特性は処理段階が進むとともに規則的に変化することなど、動物の聴覚神経系について過去の研究

で報告されているものと同様な性質がDNNに発現していることが分かりました。

また、脳との類似性がDNNの訓練が進む過程で徐々に獲得されること、音の認識精度が高いDNNほど類似性が高いこと、自然音の認識に訓練しなかったDNNでは類似性がみられないことも分かりました。

以上の結果は、動物の脳において観察されてきた振幅変調の表現も、音の認識に適した性質が進化してきた過程で獲得されたものであるという可能性を示唆します。

■今後の展開

音の認識に用いられる音の特徴は、振幅変調以外にも多くあります。今後は、人工知能研究の知見をさらに取り入れながら、振幅変調以外の多くの特徴についても、人工ニューラルネットワークと脳とを比較し、動物の脳が進化してきた過程についてより一般的な知見を得ることをめざします。

◆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/news2019/1907/190710a.html>

脳の理解に向けて

上村 卓也

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
人間情報研究部 感覚共鳴研究グループ

私は、大学では神経細胞内の生化学反応の計算機シミュレーションや、神経活動の記録実験、深層学習による動物音声の認識などの研究を行っていました。その後、NTTに来て聴覚の研究をするようになり、聴覚神経系の性質を深層ニューラルネットワークでモデリングできるのではないかと考えるようになりました。そこから、聴覚心理学、神経科学、機械学習などの各分野の専門家と議論を重ねながら、研究を進めてきました。

神経科学の研究では、医学的工学的応用につながりやすい「脳がどのように動くのか」という疑問はよく取り組まれていますが、より学術的な「なぜそのように動くようになったのか」という疑問は見逃されがちです。脳を理解するためには、これらの両方の疑問に答える必要があります。そもそも基礎研究では、「何を理解すれば理解したことになるのか?」ということすら分かっていませんし、それは調べる対象(脳を理解したいのか宇宙を理解したいのか)によっても異なってくると思います。私は、これまでにさまざまな分野の方法を用いて研究してきたという経験を活かし、脳を理解するという難しい問題にアプローチしていきたいと考えています。

本研究は、脳を理解するためのまだまだ一歩にすぎません。今後は、まず、本研究で用いた方法論を振幅変調以外の音の特徴や、聴覚以外の認知機能にも適用することを試み、先人たちが築いてきた脳への理解を少しでも深められるよう、研究を続けていきます。

研究者 紹介

