

NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和2年10月1日発行 毎月1回1日発行 第32巻第10号(通巻379号)

10

OCTOBER 2020
vol.32 No.10

技術ジャーナル

特集

NTTの グローバルビジネスの 取り組み

特集

メディア研究から 人の活動を支援・代替する AI技術の研究開発へ

トップインタビュー

森林 正彰
NTT Limited
Senior Executive Vice President

グループ企業探訪

NTTPCコミュニケーションズ

from NTT西日本

「おまかせAI 働き方みえ〜」によるデータドリブンビジネスの展開

特別連載

ムーンショット・エフェクト——NTT研究所の技術レガシー

- 4 **トップインタビュー**
森林 正彰 NTT Limited Senior Executive Vice President
互いに認め合い、価値を高め合う
——世界トップクラスの強みを融合して社会問題の解決に挑む



- 10 **特集**
NTTのグローバルビジネスの取り組み
12 NTTのグローバルビジネスの取り組み
15 VRを利用した新しいトレーニングシステムで野球業界にこれまでにない風を吹かす!
20 コンピューティングモデルの世界をナビゲートする
32 NTTプロ・サイクリング：データドリブンイノベーションの活用

- 46 **特集**
**メディア研究から人の活動を
支援・代替するAI技術の研究開発へ**
48 メディア研究から人の活動を支援・代替するAI技術の研究開発へ
52 究極のプライベート音空間を実現するメディア処理技術
57 多様なユースケースに適用可能な音声合成エンジン「Saxe」
63 コミュニケーションの知識源化を実現する音声認識技術
69 顧客接点業務を支援・代替する知識・言語処理技術
74 4Dデジタル基盤の実現に向けた空間情報処理技術
80 主役登場 井島 勇祐 (NTTメディアインテリジェンス研究所)



NTT 技術ジャーナル

42 | **特別連載 ムーンショット・エフェクト**
——NTT研究所の技術レガシー
第2回 フォトニクスへの衝撃

81 | **from ★NTT DOCOMO**
テクニカル・ジャーナル
健診データからの健康リスク予測技術の開発

87 | **挑戦する研究者たち**
山本 秀樹
NTT物性科学基礎研究所 上席特別研究員
予想や通説と異なる実験結果が
出たときこそチャンス
——ワクワク感で世界をけん引



94 | **グループ企業探訪**
株式会社NTTPCコミュニケーションズ
時代に即したネットワーク系の
サービスを提供する会社



98 | **from NTT西日本**
「おまかせAI 働き方みえ〜る」による
データドリブンビジネスの展開

102 | **グローバルスタンダード最前線**
光伝送網の多重収容技術に関する標準化動向

107 | **テクニカルソリューション**
マルチモード光ファイバの心線対照方法の検討

Focus on the News _____ 110
イベント _____ 115
読者の声 _____ 116
11月号予定
編集後記

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

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

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

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

©日本電信電話株式会社2020
●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。

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

/ト/ッ/ブ/イ/ン/タ/ビ/ユ/ー/

View from the Top



NTT Limited
Senior Executive Vice President

森林 正彰

PROFILE :

1984年日本電信電話公社に入社。2009年NTT Europe Ltd. 代表取締役社長、2016年NTTコミュニケーションズ取締役クラウドサービス部長、2018年同社代表取締役副社長を経て、2019年6月より現職。

互いに認め合い、

価値を高め合う

——世界トップクラスの強みを融合して

社会問題の解決に挑む

世界トップクラスのグローバルテクノロジーサービスプロバイダ、NTT Ltd.。本社を英国のロンドンに置き、70超の国と地域に約4万人を携えています。世界経済が新型コロナウイルスのパンデミックの影響を受けている最中も、テクノロジーを駆使してプラスの影響を与え続け、IDC MarketScape: Asia/Pacific Managed Security Services、およびCisco® Partner Summit Global Awards等の受賞によってその貢献をたたえられました。設立から1年、世界的な貢献によって短期間にもその名を知らしめたNTT Ltd. の基本方針と多様性を重視した企業のあり方について、森林正彰 NTT Ltd. Senior Executive Vice President (SEVP) に伺いました。

社員も企業も強みを掛け合わせて成長する

NTT Ltd. は設立されて1年が経ちました。年明けからは新型コロナウイルスのパンデミックにより英国も大変な状況にあると報道されていますね。現在の様子はいかがですか。

報道されているとおり、英国も新型コロナウイルスのパンデミックの影響を受けました。私も基本的には自宅で仕事をしており、多いときには早朝から1日10件くら

いはオンラインミーティングに参加しています。最近、やっとパブやレストランが開き始め賑わいは戻りつつあるのですが、日本と同様に感染者がまた増えてきていますので、先行きはまだ分かりません。

さて、会社設立から1年が経過しましたが、新型コロナウイルスのパンデミック等、世界規模でさまざまな変化が起きたことも手伝って、1年前の設立が遠い昔のように感じます。NTT Ltd. はDimension Data、NTTコミュニケーションズのグローバルビジネス、NTTセキュリティ等31社を統合して設立しました。会社を統合する

際には業務だけではなく、各社の企業文化なども融合するというプロセスが伴います。業務も働いている人も違いますからギャップがあるのは当然で、互いに理解に努めるのですが、やはり、協働しているときとは異なり、統合されてはじめて分かることも多くありました。NTTグループ内の統合であっても会社を統合するのは難しいと痛感しましたが、時間とともにまとまってきたという実感を持っています。

統合した各社はこれまで兄弟・姉妹会社としてビジネスを展開してきました。つまり、グループにおいて複数の会社がそれぞれ自社の利益を追求し、グローバル展開している状況にあり、非効率な部分もありました。それを解消すべく、NTT Ltd.に統合し、英国に本社を置いたことで社内外にビジネスの方向性などをOne NTTとして明確に示すことができました。グローバル展開に注力していく意気込みも示せたのではないかと実感しています。

こうした体制により、NTTの特徴を活かしたサービスを提供していきます。インフラからアプリケーションに至るまでのすべてのレイヤにわたりフルスタックでサービスを提供できることは私たちの強みだと考えています。私たちはグローバル的にも非常にユニークな存在で、世界トップ3のデータセンタを携え、ネットワークにおいても多くのグローバルレベルのビジネスを展開し、クラウド、マネージドサービス等さまざまなサービスを展開しています。こうした企業は世界的にも稀なのです。このアイデンティティを活かしたビジネスに取り組んでいます。

現在、世界的にも注目いただき、パートナーシップやアライアンスのお申し出も増えて、パートナーリングやアライアンスはやはり重要であると再認識しています。中でも、Microsoftとのアライアンスは1つの象徴といえるでしょう。パートナーリングで一番重要なのは双方にメリットがあることです。一方的な関係は長続きしませんから、存在を認め合い、価値を高め合うことを重視して展開していくこととなります。Microsoftとの関係はまさにこのようにあると考えています。ほかにも統合したDimension Dataとかかわりの深いCisco等、グローバル企業からのオファーが多くあることからNTT Ltd.の社会的価値をご評価いただいていると感じています。

社内外のさまざまな強みが結集しているんですね。事業概要、事業戦略についてさらにお聞かせいただけますでしょうか。

事業の方向性としてはハイバリューサービス、つまり、お客さまのご要望に沿ったソリューションや付加価値の高いサービスを提供できるようにシフトしていき、これが事業の大きな柱の1つとなります。そのためにはサービスもパートナーリングに加えて、私たちの強みを分かりやすく提案、構築からオペレーションまでできる人材育成と確保を重要視した体制を強化しています。

また、私たちのビジネスは企業のお客さまが対象であり、お客さまにとって付加価値の高い競争力のあるソリューションを提供していくことが使命です。このためには一歩先をいく取り組みをしていかなければなりません。それぞれの分野で統合した会社の強みを組み合わせ一歩先へいこうと考えています。例えば、ハイブリッドクラウドソリューションの提供です。クラウド関連のソリューションをお客さまに提供する際に、自社のプライベートクラウドとMicrosoft Azureなどのパブリッククラウド、それにネットワーク、セキュリティ、そしてマネージドサービスを組み合わせるなどしてお客さまに最適なソリューションを提供します。クラウドの利用が増えていく中で、ネットワークの重要性も増していると思っています。クラウドやSaaSへの接続、そしてオフィ





ス内やリモートアクセスなども含めたEnd to Endで高い品質で付加価値の高いネットワークも含めたソリューションを提供できるのは我々の強みです。こうした強みを前面に打ち出してお客さまの満足度を向上させていくつもりです。

ちなみに、NTT Ltd. の社員は国籍も98%が日本以外で、ビジネス展開もグローバルです。日本国内で仕事をしている社員も500名ほどいますが、世界に点在する同僚のほとんどが外国籍という環境で働いています。日本からこちらに来た社員はグローバル企業に再就職したような感覚で仕事をしてるかもしれせんね。このようにさまざまな背景を持った社員の特性は私たちの強みであり、尊重し相互に良い影響を与え合う環境を設立当初から非常に重要視しています。その結果として、持続可能なイニシアチブを推進するために、あらゆるレベルのビジネスを通じて人材を育成することで知られ、2020年に入り、31カ国でトップ・エンployイーズ・インスティテュートを取得、ヨーロッパ、グローバルにおいて認定を受けました。

その強みを存分に発揮するためにはさまざまな文化的背景への配慮も必要です。社員にアンケートを実施して理解を図り、在宅勤務をしている社員に向けて社長からメッセージを配信する。さらに、eラーニング等によって業務トレーニングを可能にし、ビデオ会議で議論をする

場を多く設ける等、さまざまな施策に取り組んでいます。

社員がお互いの強みを尊重し合うスタンスが会社のカルチャーへと押し上げられたとき、さらに強い会社になるでしょう。さらに、統合した31社それぞれの特性、強みを認め合い、高めていければそれがNTT Ltd. のカルチャーになり、One NTTとして強い会社へと成長できると考えています。例えば、先ほどお話ししたハイバリューサービスの大半はNTTコミュニケーションズが手掛けてきたもので、これを拡大していける体制にあることはNTT Ltd. が強い会社へと成長していくベースとなります。また、Dimension Dataはソリューションを中心としたグローバル展開においてブランド力やマンパワーをフルに活かしてきました。社内においては従業員向けの情報発信、社外に向けてはブランド認知のための発信にもDimension Dataの強みを多いに活かしていけるだろうと見込んでいます。

いかなる状況もポジティブに変換できる

前職のNTTコミュニケーションズでは、日本の技術やサービスを世界に打ち出していきたいとお話しされていましたが、NTT Ltd. でもこの意気込みはお持ちですか。

もちろん、その志は携えています。ただ、日本の研究所で培ってきた技術や成功例を世界に向けて発信しているかという点で現時点ではまだ十分とはいえず、やれることはまだまだたくさんあると思います。そして、その結果グローバルにその実力を認めていただける可能性は十分にあるとも感じています。

それらに加えて、NTT Ltd. がこれまで手掛けてきた取り組みの中にもユニークなものもあります。例えば、NTT Ltd. がスポンサーを務めている自転車競技の「ツール・ド・フランス」では、すでに当社のサービスをご利用いただいておりますが、それに加えてイベントに利用できそうな技術をさらに提供するための取り組みとして「ハックフェスト」を実施しました。これは、社員からアイデアを募り、実際にソリューションも作成してもらうコンテストです。コンテストには、私は審査委員として参加しました。ビデオ等も使った本格的なプレゼンター

ションにはすぐにでも使えるプロフェッショナルなソリューションばかりが並び、日本から参加した作品も入選していました。しかも、これは社員が業務の合間に世界各国をオンラインでつなぎつくり上げるという取り組みであるにもかかわらず、とにかく、非常にレベルが高いものです。今回は「ツール・ド・フランス」用に発案したのですが、マラソンやインディカーレース、ゴルフ等、グループがスポンサーしている類似したイベントにも応用でき、すぐにでも実用化できるソリューションばかりなのです。本務以外の取り組みであるにもかかわらず社員が個性を発揮して生き生きと輝く、今後もこのような取り組みをもっと活用していきたいと思っています。

アフターコロナ、ウィズコロナを見据えたとき、トップはどうあるべきでしょうか。

私の信条は一貫してポジティブに考えることです。この新型コロナウイルスのパンデミックにおいても、やはりポジティブに考えていきたいです。例えば、現在の状況をきっかけにして新しい方向性を見出し前進するにはどうしたら良いかは常に頭の中にあります。昨今の状況をかんがみると、今までのようにオフィスのみで働くという時代ではなくなりました。そうであるならば、仕事をしやすいリモート環境を整えるのが私たちの仕事ではないでしょうか。皆さんがお困りの状況をいかに改善できるか。これはある意味ではチャンスなのです。自宅にいながら会社で働いているのと同様、あるいはそれ以上の効果を生み出し、安心して仕事ができる環境をICTが支えることは社会課題解決の1つです。

現在、社内でも議論している最中ですが、リモートも含めたオフィス環境を私たち自身がつくり上げて検証し、ニューノーマルに即したサービスを提供していこうと考えています。実現するには、社員側からするとどこにいてもセキュアに会社のシステムにアクセスできるリモート環境で仕事をするのがポイントになり、会社側からすると業務や社員をきちんとマネージできるかがポイントになります。

新型コロナウイルスのパンデミックは世界規模で大変な状況ではありますが、そうでなくても、ビジネスがうまくいかないことは当然あります。問題に直面したとき

にどう思考を転換するかが大切で、熟考を重ねた「ベスト」がうまくいかないなら「セカンド・ベスト」で遂行すれば良いのです。思考が止まってしまうと負のスパイラルに入ってしまうから、どの時点で切り替えるかを見極めることが大事です。例えば、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、人を集めることが難しくさまざまなイベントが中止となりました。実際の現場へ人を集めるのが難しいなら、別の手段で人を集めることに着眼し、発想の転換を図るのです。私たちならICTの力を駆使して多くの人々のためにデジタルで安全なイベントを開くこともできますし、セミナーも十分可能です。オフィスへ出勤できなくても、CEOのメッセージを在宅勤務の社員たちに届けることもできます。こうしたことが、私たちの技術により十分に実現可能であることを広く一般の人に知っていただき、活用していただくという方向に考えを切り替えればビジネスにつながります。もちろん、私たちのビジネスの中でも、新型コロナウイルスの感染拡大防止に努めることで、価値を失ってしまうようなものもあります。しかし、それに落胆せずに、価値あるサービスや伸びているサービスをさらに伸ばす方向へと切り替えれば良いのです。ただ、この切り替えも早くしなくてははいけませんし、見極めのポイントは非常に難しいところです。社員の中には今まで取り組んできたことに未練があり、「これまで上手くできてきたのだから」「また復活するのではないか」と期待する、あるいは思い込んでしまうこともあるでしょう。しかし、この思い込みをいかに払拭して切り替えるか、私たちトップが方向性を示さなければならないと考えています。

直感は経験値や鍛錬の極み

切り替え方やタイミングはどのようにして身につけられたのでしょうか。

何か特別に学んだりしたことはありませんが、これまでの経験の蓄積で自然に身についた感覚的なもので判断しているところはあります。しかも、これが正しいかも分からないし、100%絶対に正しいと思って挑んでいるわけでもないのです。直感は経験値や鍛錬の極みという人

もいますが、それに近いのではないかなとも感じます。

ただやみくもに経験値を活かすことを優先しては失敗を招きますから、立ち上がったばかりのNTT Ltd. のビジネスについては自分で判断できるような最低限の情報収集と経験を蓄積しています。1年が経過してかなり情報収集ができており、大きな方向性を示せる段階にきているのではないかという実感があり、タイミングを計っているところですが、さらに情報収集は継続しています。また、私はICT Infrastructure Serviceに加え、7月からManaged Service全般も担当していますのでこちらでも勉強中です。さらに、1人の考えでは及ばないこともありますから、ほかの幹部や親会社の考えともすり合わせながらこの先を見据えていこうと考えています。自分がもう少し若いときは、今の年齢になればもう少し楽に仕事ができるのではないかと想像していましたが、現在の立場を考えるとますますタフに働いているというか、NTT人生の中で一番タフな仕事をしています。裏を返せば、それだけやりがいのある充実した仕事をしているのだと考えています。

技術者の皆さんへ一言お願いいたします。

現代は会社の規模や立場に関係なく、いろいろな場所や人から良いものが生まれてくる時代です。ちょっとし

たアイデアから役立つモノやサービスが生まれてくることが非常にたくさんあるし、機会もたくさんあります。自らの創造性を発揮してどんどん発信していただければと思います。私たちは大きな会社ではありますがベンチャーからのアプローチも大歓迎です。発信はSNSでも良いですし、個人のつながりを活かす、LinkedInのようにビジネスのつながりを活かすこともできます。NTTグループにもベンチャーキャピタルの会社が米国の西海岸にありますので、パンデミックが落ち着いたなら私も積極的に訪ねていこうと思います。また、日本でもアジアのベンチャーを対象にしたコンテストを企画しています。これまでマレーシア等でコンテストを開いて優秀な技術者を発掘することができました。こうした機会を活かして私たちのビジネスとも結びつけていけたらと考えています。つながりは至る所にありますし、1人のエンジニアのアイデアによって社会が変わることがありますから、どんどん創造性を発揮していただきたいと思います。(インタビュー：外川智恵)

■参考文献

- (1) <https://hello.global.ntt/en-us/newsroom/ntt-ltd-expands-cloud-exchange-offerings-in-us>
- (2) <https://hello.global.ntt/en-us/newsroom/ntt-ltd-reflects-on-one-extraordinary-year-in-business>

※取材はオンラインで行い、写真は過去のものを使用しました。

インタビューを終えて

森林SEVPにトップインタビューにご登壇いただいたのは1年前。その後、シリコンバレーではNTT Research, Inc. のグランドオープンイベントで一緒させていただきました。次は、英国でご活躍されるお姿を拝見できると楽しみにしておりましたが、新型コロナウイルスのパンデミックによりオンラインでの再会となりました。非常に残念に思っていたのですが、ひとたびオンラインでの取材が始まると、画面からは森林SEVPの穏やかな笑顔とポジティブなエネルギーが伝わってきます。お話を伺った当日も早朝からオンラインミーティングに出席されていたといいますが、お疲れは全く感じられません。最近のご趣味の旅行はできなくても、現地では解禁となったゴルフを楽しんでいらっしゃるそうで、「自粛期間にできなかった分スコアは落ち込んだけれど、最近になって持ち直してきました。ゴルフは上手いかわからないところがいいところ」と、相変わらず何事もポジティブに置き換えてお話しくださいました。また、旅行の代わりに、料理をはじめ家事をするようになったという森林SEVP。「家にいるのだから少しは手伝わなければと思って、餃子を焼いたり、ご飯を炊いたり、掃除をしたりしています」と微笑まれる姿に、ご家族との様子が垣間見え心が和みました。在宅勤務でゆとりのできた時間にはお嬢様から紹介された韓国ドラマも楽しまれているといいます。Web会議サービスを利用した今回のオンラインインタビューの結びには「パートナー会社のWeb会議サービスの音声の部分には実はNTT Ltd. のサービス(クラウドボイス)が使われているのですよ」とさりげなく教えてくださいました。常に自然体で何事も押し付けられない森林SEVPは世界的危機の中にもご健在でした。また、お目にかかれる日を楽しみにしております。



特集

NTTのグローバル ビジネスの取り組み

グローバル



Smart World



VR

クラウド



データ分析

NTTグループは、各社がグローバルに強みを活かすことで、ネットワーク、データセンタやハイブリッドクラウドなどのITインフラから、それらを管理・運用するマネージドサービス、ビジネス・アプリケーションまでのフルスタックで顧客ビジネスの進化をサポートすることを強みとしてビジネスを展開している。本特集ではその取り組みについて紹介する。

Global

NTTのグローバルビジネスの取り組み

NTT持株会社傘下に新たにグローバル持株会社NTT, Inc.を設立し、“One NTT”で顧客ビジネスの進化と創造への取り組みを推進する、NTTの体制について概説する。

12

VRを利用した新しいトレーニングシステムで野球業界にこれまでにない風を吹かす！

仮想空間で実投手のさまざまな投球を精度高く再現する等、VRを利用した新しいトレーニングシステムの取り組みについて紹介する。

15

コンピューティングモデルの世界をナビゲートする

コンピューティングモデルの世界の変化と、企業が現在利用している4種類のコンピューティングアーキテクチャについて、NTT Ltd.のGroup CTO Officeが事例を交えながら解説する。

20

NTTプロ・サイクリング：データドリブンイノベーションの活用

NTT Ltd.が提供している、NTTプロ・サイクリングチームのパフォーマンスをモニタリング・分析する革新的技術について紹介する。

32

Global Business



NTTのグローバルビジネスの取り組み

NTTグループは、2018年に公表した中期経営戦略の中で、グローバルビジネスを成長の柱の1つとしており、2019年度には売上\$19.5 Bの規模に拡大しました。積極的に海外でのM&Aを行ってきたことにより、現在ではNTTグループの従業員の約4割にあたる13万5000人が海外で勤務しており、グローバル事業の重要性が増しています。NTTグループは、各社がグローバルに協力し合うことで、ネットワーク、データセンタやハイブリッドクラウドなどのITインフラから、それらを管理・運用するマネージドサービス、ビジネス・アプリケーションまでのフルスタックで顧客ビジネスの進化をサポートすることを強みとしてビジネスを展開しています。

グローバルビジネスの拡大に向けて

2018年11月に、NTT持株会社傘下に新たにグローバル持株会社NTT, Inc.を設立し、NTTコミュニケーションズ、Dimension Data、NTTデータ、NTTセキュリティ、NTT Innovation Institute, Inc. (NTTi3)をNTT, Inc.の傘下へ移管しました。グローバルガバナンスを強化し、グローバル市場に精通した人材の知見や経験を迅速に同社のマネジメントに取り入れ、グローバル市場における競争力強化と収益性の向上をめざしています。また、2019年7月には、NTT Ltd.を設立し、“One NTT”で顧客ビジネスの進化と創造への取り組みを推進する体制を確立しました(図1)。

NTTグループでは、グローバルビジネスの競争力強化に向けて、顧客ビジネスの進化をサポートする取り組みと革新的創造への取り組みを掛け合わせた、“One NTT”のグ

ローバルビジネス成長戦略を掲げています(図2)。

顧客ビジネスの進化をサポート

顧客ビジネスの進化をサポートする取り組みにおいては、顧客がビジネスを推進していくために必要不可欠なネットワークやデータセンタ、セキュリティ等をSoftware Defined技術を活用したIT as a Serviceとして展開します。また、これらのITサービスに加え、業界特化のアドバイザリやお客さまの価値に直結する成果提供型ソリューションをさまざまな業界で提供しています。さらに、グローバル調達会社を中心に、NTTグループのトータルの調達コストを削減しています。

Smart World実現への貢献

これらの活動を通して、これまでNTTグループが培ってきた技術や、顧客との共創に

より生み出されたケイパビリティを統合ソリューションに発展させることで、Smart

Worldの実現に貢献しています。2018年10月にはネバダ州、ラスベガス市、NTTがMOU

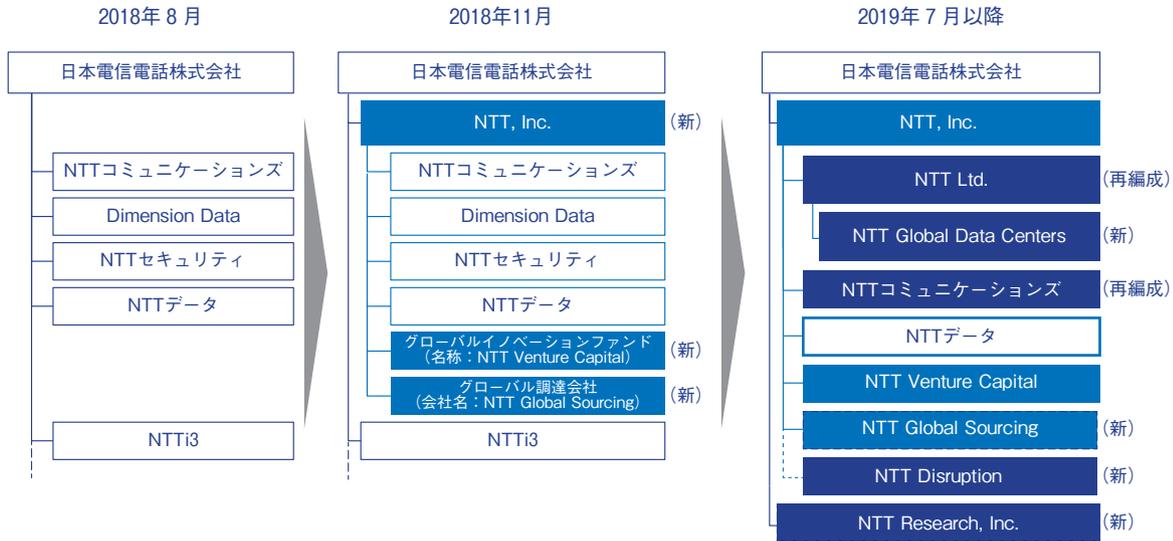


図1 グローバル事業の再編：組織図

“One NTT”のグローバルビジネス成長戦略
顧客ビジネスの進化サポートと革新的創造への取り組みを掛け合わせ、競争力強化

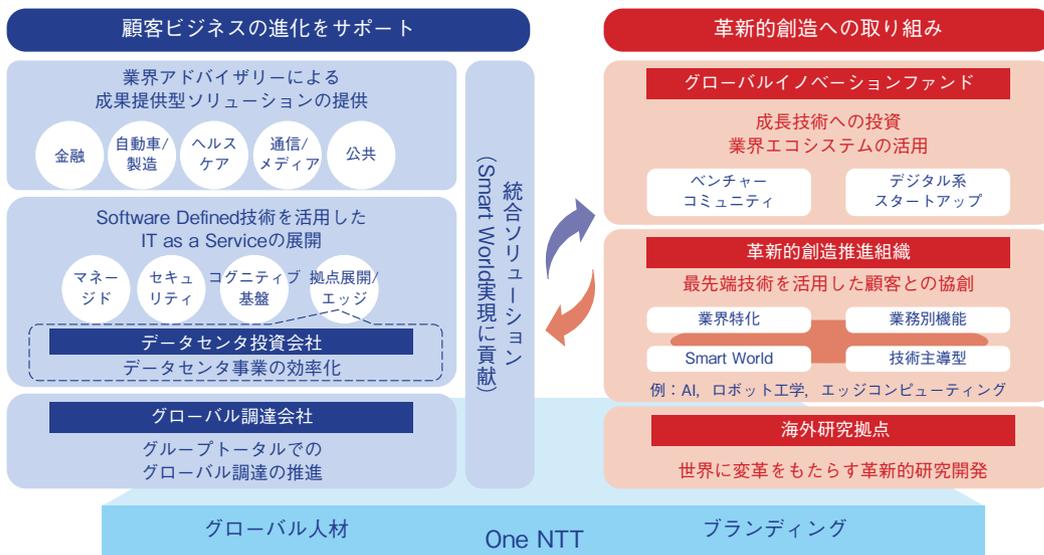


図2 “One NTT”のグローバルビジネス成長戦略

(Memorandum of Understanding) を締結し、交通、公園、路肩監視等のさらなるユースケースの創造、ネバダ州各都市および米国他州の都市、さらにはグローバルの都市への展開について、合意しました。ラスベガス市との協業により、現場状況把握に優れた公共安全ソリューションを実現できたのは、イノベーションをワンストップで提供するフルITスタックや、「データ所有者は顧客である」というデータ活用に関するスタンスなど、NTTグループの価値を最大限に活用できたからです。

革新的創造への取り組み

着実に顧客ビジネスの進化に貢献していくと同時に、全く新しいものを生み出す革新的な取り組みを加速するため、グローバルイノベーションファンド、革新的創造推進組織、海外研究拠点を設置しています。NTTグループ内でのシナジーや事業化をめざし、グローバルイノベーションファンドとして、2018年11月にNTT Venture Capitalを設立しました。NTT Venture Capitalを通して、グローバル市場で成長が見込めるテクノロジー領域を中心とした投資を順次実施しています。革新的創造推進組織であるNTT Disruptionは、AI、Robotics、Edge Computingなど最先端技術を活用して、顧客と新しい価値を共創します。特に、お客さまと技術の価値を確認するPoC (Proof of Concept) 等を通じて、新しい技術の商用化をめざします。これらに加えて、海外研究拠点として

NTT Research, Inc. を設立し、世界をリードする革新的技術の研究を行っています。

NTTブランドの強化

グローバルでのさらなるプレゼンス向上を図るため、北米最高峰のモーターレース「NTTインディカー・シリーズ」では冠スポンサーとして協業を開始しました。また、米国の「メジャーリーグベースボール (MLB)」とはテクノロジーパートナーシップ契約を締結、「ツール・ド・フランス」においてもオフィシャルテクノロジーパートナーとして提携しています。こうした協業・提携を進める中で、最先端技術を活用した革新的なスポーツファン体験を実現するとともに、TV、Web等を通じてNTTのブランド向上も図り、グローバルでの競争力強化を図っていきます。

この「顧客ビジネスの進化をサポート」および「革新的創造への取り組み」の2つの取り組みを掛け合わせることで、人材・ブランディングと合わせて、One NTTでグローバルビジネスの競争力の強化と成長を加速していきます。

◆問い合わせ先

NTT, Inc.

E-mail inc-tj-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.global.ntt>

VRを利用した新しいトレーニングシステムで野球業界にこれまでにない風を吹かす！

野球シミュレーションシステムは、仮想空間で実投手のさまざまな投球を精度高く再現すること、また、センシング機能を用いて選手の動きを「見える化」することで、選手向けにより効率的で効果的なトレーニングを実現します。また、ファン向けには仮想空間にてスタジアムの打席に立って、実投手の投球と対戦するという新しい野球の楽しみ方を提供します。これまでにない新しい取り組みとなり、業界内でもさまざまな期待が寄せられています。

あら ともこ
荒 智子

なかむら ひとみ
中村 仁美

NTTデータ

VRを利用した野球シミュレーションシステムとは

野球シミュレーションシステムは、VR (Virtual Reality) 技術を利用し、360度の仮想空間で、実際の野球グラウンドおよび実投手の投球を軌跡、スピードを合わせて高精度に再現するものです。

元々、NTTメディアインテリジェンス研究所およびNTTコミュニケーション科学基礎研究所（スポーツ脳科学プロジェクト）にて取り組んでいた研究成果をさまざまな検証を通じて事業化しました。

ポイントは、再現性の高さです。例えば、投手映像はCG等で再現することも技術的には可能です。ただし、実際に打席に立っている選手は、投手の構え方や間合いまで重視し、スイング判断、球種等の見極めを行っていることから、実際の投球映像を活用し、投球のリリース位置からタイミングまで細部までこだわって再現しています。投球についても実データを参照することで、その投手がその試合のそのイニングで投げた投球の軌跡、ス

ピードをリアルに再現します。背景の野球グラウンドについても同様です。360度カメラを用いて現場撮影したデータを組み込むことで、あたかもそのグラウンドの打席に立った視点で投球を受けることができます。実際のグラウンドでは、ナイトゲームとデイゲームで球場の雰囲気、投球の見え方が異なりますが、VR空間でも同様に再現することが可能であり、目的に合わせて背景を変えることで、より実戦的な空間を体感できます（図1、2）。

スポーツ×VR?!

スポーツ業界でVRというと一見想像がつかないかもしれませんが、VRだからこその利点が多くあります。現在、スポーツのあらゆる種目において、映像分析やデータの活用が少しずつ広まっています。しかし、多くの場合は2次元情報であるため、頭で理解することとなります。VRの場合、没入感が高い3次元空間において身体で「体感」することが可能です。身体で理解できるからこそ、より効果的なトレーニングにつながります。また、リアルでは再現が難しい球種やスピード

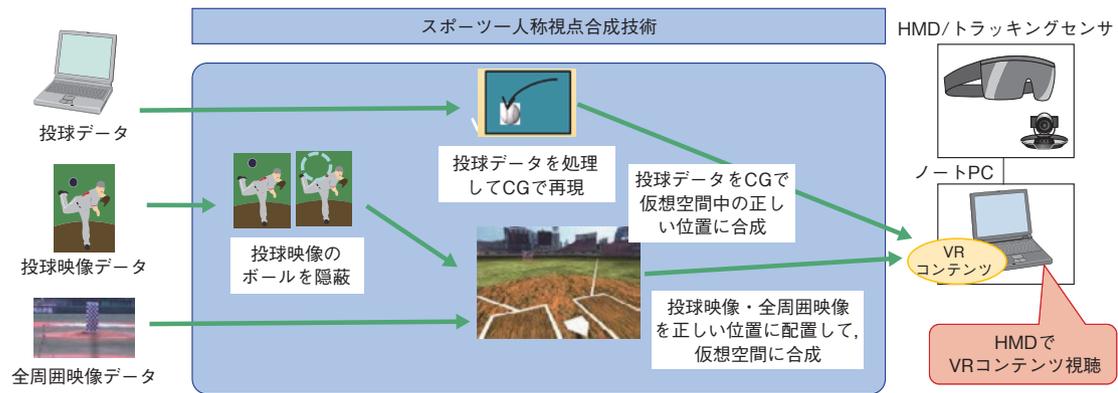


図1 野球シミュレーションシステムの仕組み



図2 イメージ

に対して繰り返し練習することも可能です。必要機材もコンパクトであることから、時間や場所、天候を問わず、本格的なトレーニングが展開できます。

日米プロチームへの展開

現在、システムとしては、選手のパフォーマンス向上を目的としたトレーニング用途とファンエンゲージメントを目的としたエンタテインメント用途で展開しています。

トレーニング用途としては、大きく2つのユースケースがあります。1つは試合前のイメージトレーニングです。対戦チームの先発投手等が直近の試合で投げた球をVRで再現することで、打者は試合に向けて投手の傾向

をつかむことができ、より具体的なスイングイメージを持つことができます。前述のとおり、すでにチームでは試合前にタブレットなどで、相手チームの試合映像や投球データを確認することも増えていますが、あくまで頭での理解であることに対して、身体で体感できることは試合直前には非常に有効といえます。基本、打者向けのトレーニングとなりますが、実際は投手からの要望も多くいただきます。リアルでは投手が自分の投球を確認する方法は限られますが、VRの場合、実際に打席に立って、打者目線で自分の投球がどう見えるのか確認することが可能です。

もう1つは選手のパフォーマンスの「見える化」です。VRで投球を視聴している際の選手の動きをセンサでモニタリングすることで、スイングの動き、タイミングのとらえ方を可視化することが可能です。頭に装着するヘッドマウントディスプレイに加えて、腰やバットにセンサを付けることで、3軸方向(X, Y, Z)での動きをモニタリングします。例えば、VR空間での投球タイミングとスイングの動きを照らし合わせることで、スイングにおける振り遅れ、迷いなどを客観的データで確認することができます。これにより、

これまで言語化が難しい感覚で得意、不得意と認識していたものを、客観的データで可視化することが可能となり、選手やコーチが弱点克服のために必要なトレーニングをより具体化することができます。また、定点観測的にVRを使ってモニタリングすることで、トレーニング効果や変化を確認できるようになります (図3, 4)。

プロジェクトとしては、検証を通じて2017年より国内のプロ野球チームである楽天イーグルスに導入を開始しました。当時は試合前に対戦チームの投手を攻略するためのイメージトレーニングが利用目的でしたが、導入を通じて投球を視聴するだけでなく、「視聴することによる何かしらのフィードバックが欲しい」という意見が出てきたことから、視聴するだけでなく、「視聴時のパフォーマンスを見える化」するセンシング機能を新たに開発しました。その後は、市場規模や環境条

件から、MLB (Major League Baseball : メジャーリーグベースボール) への導入を重点的に進めました。

エンタメ用途も、システムの根本はトレーニング用途と同様でポイントは実投手が実試合で投球した球を高精度で再現するところにあります。リアルの世界では、プロチームの

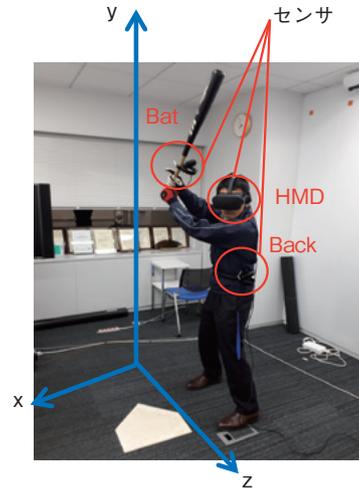


図3 装着イメージ

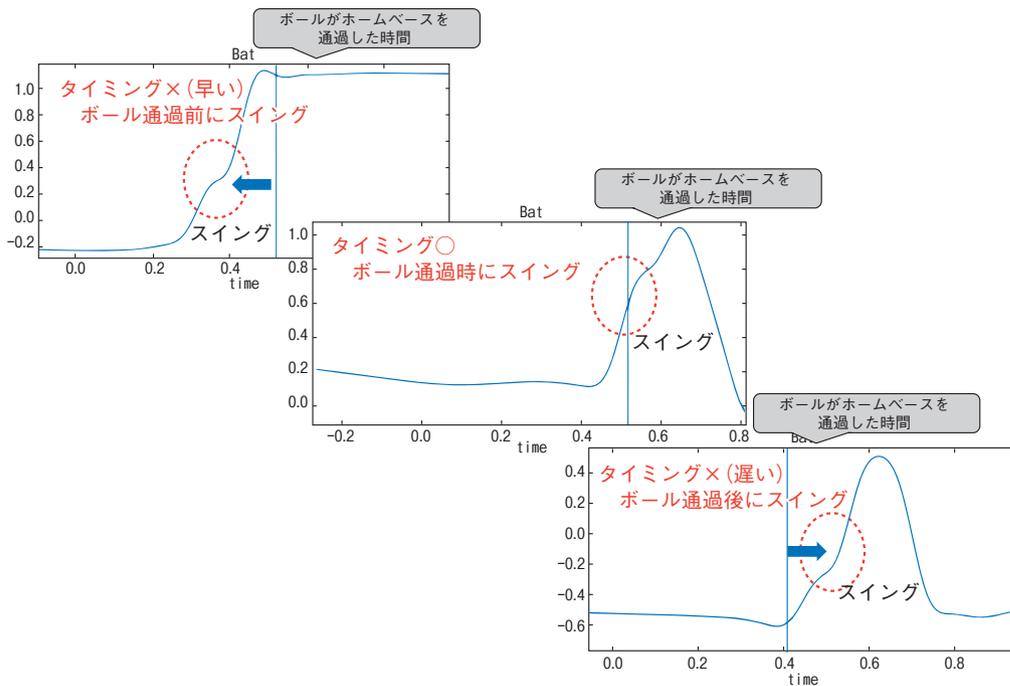


図4 結果サンプル

野球グラウンドの打席に立って、プロが実試合で投げた球を受けるという経験はなかなかありませんが、VR空間であれば可能です。バッティングセンターでもゲームでもない、新たな野球の楽しみ方の1つになると考えています。実際、2018年のシーズンから楽天イーグルスで、2019年には広島東洋カープでファン向けにサービス展開しました。シーズンオフや、今期のような新型コロナウイルス等により、ファンと直接的な接点を企画しにくい状況下ではチームとファンの関係を維持する効果的なツールとして注目を集めています(図5、6)。

日米のスポーツ市場の違い

野球だけでみても、日米での市場規模は5倍以上の差があり、チーム数もNPB(Nippon Professional Baseball:日本野球機構)所属のチームは12チームであるのに対し、MLBは30チームとなります。それだけでもアプローチ先としての価値はあるのですが、導入に向けて大きく影響するのが環境条件です。MLBチームの場合、データアナリスト等専門スタッフがそろっていること、および少しでもチームが強くなる可能性があるなら、まずは試してみるというマインドから、これまで業界にない新たなツールであったとしても、積極的にトライし、自チームでの活用方法を模索します。そのため、彼らとの取り組みを通じて、私たちにも効果的なユースケースやノウハウ取得、課題抽出を行うことができました。ここでの利用実績を基に、NPBチーム等他チーム向けに逆輸入していくことを検討しています。

今後の展開：野球業界に変革をもたらす!

これまでの取り組みから、現在、システム価値の再定義を行うとともに、対N展開を実現するためのシステムの簡易化、新たなサービスモデルの構築、検証を行っています。そもそもVR機器自体、スポーツ選手が利用することを想定して製造されているわけではないので、VR機器メーカーの進化とともに、最適化を図っていきたいと考えています。

アマチュア展開の模索についてもその1つです。アマチュア球界はプロと比較して、トレーニング環境や時間に限りがありますし、実際の試合で経験できる投球の種類やスピードにも上限があります。その点、VRを使ったトレーニングの場合、隙間時間等でリアルではなかなかトレーニングできない球種やスピードに対する反復練習が可能です。実際の検証でも、VR空間で時速150キロの球速でトレーニングした選手が、リアルでの練習において、130キロ、140キロの球速が遅く感じるようになった、容易にタイミングを合わせられるようになったといった声も出ています。

このプロジェクトが最終的にめざすのは、「選手のパフォーマンスを可視化、管理できるプラットフォーム」の確立です。選手のパフォーマンスの定義はこれまで、不透明性が



図5 エンタメ版トップ画面



図6 エンタメ版プレイイメージ

高いものでした。打者の評価軸の1つに「打率」という考え方がありますが、対戦投手、時期、天候等、異なる条件下での比較となります。一方、VR空間での投球に対するリアクションデータは、球種、球速含め、同条件下での計測となるため、選手間の比較が可能となります。アマチュアからNPB、MLBまでプレイヤーの選手のパフォーマンスデータを各ユーザが求めるかたちで管理することで、チーム内での若手の育成や戦略策定をサポートするとともに、これまで「人」依存での判断が大きかったドラフトやスカウト時の新たな参考データとしての活用可否も今後、関係者とディスカッションを重ねていきたいと思っています。今年は特に新型コロナウイルスの影響により春・夏の甲子園が中止となりました。それによりプロ選手への道のりについても新たなドラフトのかたちが求められてきています。球数制限問題からもみられるとおり、「選手寿命」という観点にも注目が集まっています。選手のパフォーマンスを可視化し、効果的なトレーニングを効率的に行うことは今後もさらに重要視されていくと考えま

す。野球業界は歴史が非常に長く、これまでさまざまなノウハウが蓄積されてきていますが、VRという世の中でも新しい技術、アイデアを活用することで、業界の発展に貢献していきます。



(左から) 荒 智子 / 中村 仁美

スポーツ×ITの分野はまさにニーズが高まってきています。日々トライアンドエラーではありませんが、新しい仕組みをつくるべく邁進してまいります。ご興味・関心がある方、連携できそうな方、ぜひ一緒にさせてください！

◆問い合わせ先

NTTデータ

ITサービス・ペイメント事業本部

SDDX事業部

TEL 050-5546-2016

FAX 03-5548-1439

E-mail Tomoko.Ara@nttdata.com

コンピューティングモデルの世界をナビゲートする

コンピューティングモデルの世界は変化しており、企業はますます自前のコンピュータを保有することを止め、同時にハイパースケール事業者のクラウドが成長しています。企業は、4種類のコンピューティングアーキテクチャと複数のクラウド利用サービスを包含する「ハイブリッドコンピューティング環境」を利用しています。本稿では、コンピューティングモデルの世界の変化と、企業が現在利用している4種類のコンピューティングアーキテクチャについて、NTT Ltd.のGroup CTO Officeが最近行った調査の結果を述べます。さらに、お客さまがさまざまなコンピューティングモデルを利用する際の意思決定を支援するNTT Ltd.の取り組み、およびハイブリッドコンピューティング環境を支援するための高付加価値サービスについて紹介します。

Nadeem Ahmad

NTT Ltd. Group Senior Vice President

変化する市場力学

市場ではICTに関するいくつかの遷移が進んでおり、企業がクラウドコンピューティングモデルを検討し、採用する気運が高まっています。データセンタやトラディショナルなデータセンタインフラストラクチャ（サーバ、ストレージ、データセンタネットワーク）における新しい潮流は、ハイブリッドコンピューティングモデル、または、古典的なベアメタルのサーバやインフラストラクチャからなる自社コンピューティングリソース、（自社または他社の）プライベートクラウドプラットフォーム、パブリッククラウドプラットフォームを組み合わせて使うか、またはそのすべてを使うことです。中でもハイブリッドコンピューティングモデルが急速に台頭しています。

4種類のコンピューティングモデルが企業のアプリケーション利用の姿を変えている

市場では新しいコンピューティングアーキテクチャが次々と誕生しており、企業はどのモデル、どのアーキテクチャを使うべきか悩まされています。4種類の異なるコンピューティングモデルとして、物理サーバ、仮想サーバ、コンテナ型コンピューティング、およびサーバレスコンピューティングがあり、これらは同時に進化しています。その結果、企業はハイブリッドコンピューティング環境をサポートする必要があり、構成要素が多様なほどオペレーションやサービス継続が複雑になり、費用がかさむという悩みをかかえています（図1）。

世界で仮想化されている物理サーバは2019年には50%以下でしたが、現在は、コンテナ型アーキテクチャやサーバレスコンピューティングモデルが増加しています。各モデル

はそれぞれふさわしい適用分野があるため、企業はこれらすべてのアーキテクチャを検討、計画、投資しなければなりません。どのコンピューティングモデルまたはコンピューティングアーキテクチャを採用すべきかは、個々のアプリケーションに依存します。

アプリケーションの中には仮想マシンアーキテクチャに対応することができないものもあるため、今後もベアメタルの専用インフラストラクチャのままで残るでしょう。なぜなら最新のアーキテクチャへ移行するには企業のコアビジネスアプリケーションを書き換える必要がありますが、多くの場合、そこまで投資しても割に合わないからです。一方で仮想マシンアーキテクチャ上で実行できるようにプラットフォームを変更したアプリケーショ

ンも多く、最新のクラウドプラットフォームの多くはこれらのアーキテクチャから生まれ、成長を続けています。次の変革を起こすのはコンテナ型アーキテクチャです。大半のアプリケーションは、コンテナ型アーキテクチャの恩恵を十分に受けるには、書き換えが必要になるでしょう。

同時に、別のコンピューティングアーキテクチャも広がりを見せています。それはサーバーレスコンピューティングです。サーバーレスコンピューティングでは、値をクラウド上の機能に渡し、その機能が実行し、値を送信元に返します。企業がサーバーレスコンピューティングを採用するには、コンピューティングアーキテクチャをさらに調整する必要があります。特に、データプラットフォームとデー

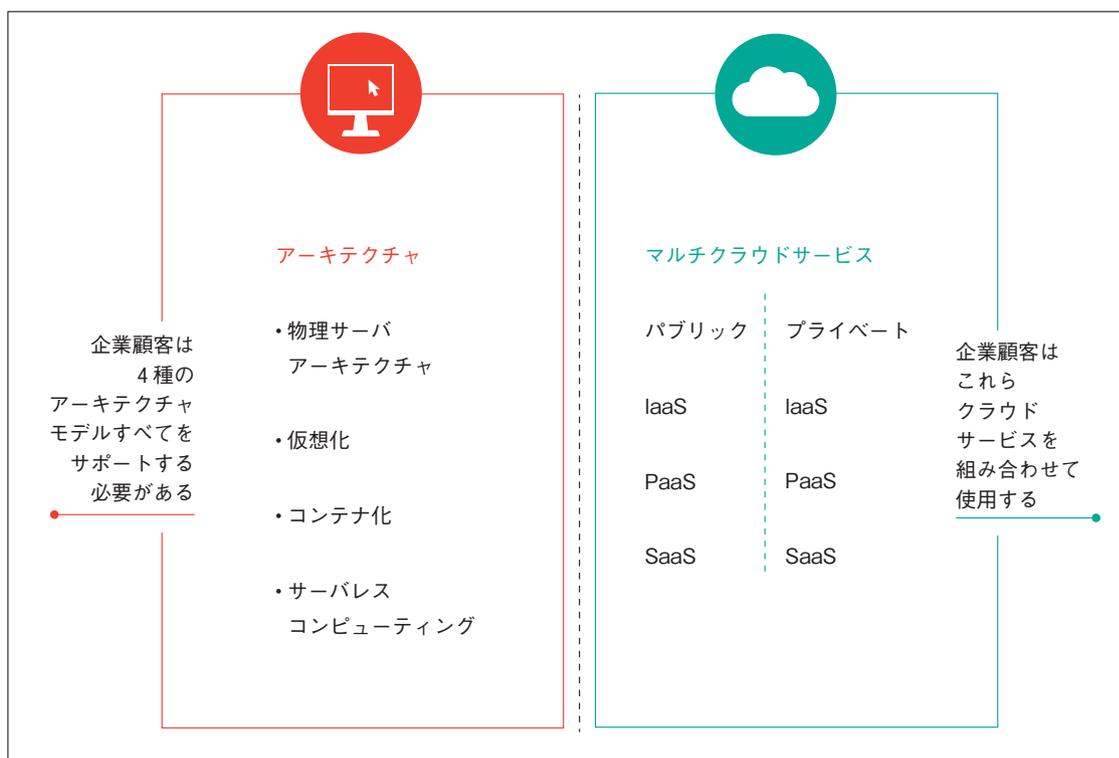


図1 ハイブリッドコンピューティング環境

タブストラクションの調整が必要であり、従来とは全く異なるアプリケーションアーキテクチャにせざるを得なくなります。すべてのアプリケーションがサーバレスに向いているわけではなく、各アプリケーションにより、最適なコンピューティングモデルやアーキテクチャは異なります。結果的に、企業が技術進歩の恩恵を受けるには、すべてのモデルやアーキテクチャに投資しなければならないケースも出てきます。

本稿では、①物理・専用インフラストラクチャモデルなどのコンピューティングモデル、②IaaS (Infrastructure as a Service) などのクラウド型モデル、③専用サーバ、仮想マシン (VM)、コンテナ型、サーバレスアーキテクチャなどの各コンピューティングアーキテクチャを区別して紹介します。ハイブリッド化は、コンピューティングモデルでもコンピューティングアーキテクチャでも起こるので、多くの企業にとって複雑なサービス選択に悩む事態となります。この複雑さを回避するため、多くの企業はSaaS (Software as a Service) のアプリケーションを選ぼうとしています。そうすれば、使用されているインフラストラクチャの複雑さに悩むことも、アプリケーションを書き換えることも回避できます。しかし、それがいつも可能であるわけではなく、複雑なハイブリッドが増加しているのが現実です。

ワークロード (とお金) はどこに行くのか

クラウドが担うコンピューティングワークロードは2018年には21%でしたが、2021年末までには44%に増加するとMorgan

Stanleyは予測しています⁽¹⁾。一方、超大規模クラウドサービス事業者の収益が1ドル増加すると、レガシーの非クラウドインフラストラクチャ技術に頼る事業者は約3ドルの収益を失っています。他の業界アナリストのデータおよび市場関係者の見解もこうした傾向を裏付けています。明らかに以下の3つの面で市場変化が起きています。

- ・ IT支出はデジタルトランスフォーメーションに向かっている。
- ・ 企業のワークロードがどの環境で処理されているかの割合をみると、非クラウドでのワークロードが減少している。
- ・ ソフトウェアデファインドインフラストラクチャが急速に成長している。

IaaS と PaaS (Platform as a Service) のハイパースケール市場のリーダはAmazon, Microsoft, Googleの3社です。

① Amazonのサービスのイノベーションと拡大の速度は大きく、その成功要因の一端は、必要ならばカミソリのような薄利で競争してきたことですが、これは市場が成熟し、競争圧力が増すにつれて危険なものになります。

② Microsoftがほぼ全ビジネス分野でこれまで力を入れてきたのはIaaSとPaaSで勝利することと、同社のSaaS、特にOffice 365を活用してAzureの利用と豊富なパートナーエコシステムを育て、それらの採用と利用を広げることでした。注目すべきは、これら3者の中でMicrosoftは、パートナーエコシステムや大量に存在する企業内システムとクラウドを連携させるようなハ

イブリッドクラウドを拡大する意欲がもっとも高いことです。

- ③ Googleがこの市場に入ったのは比較的遅く、企業へ大きく投資しており、全世界での容量が大きく、また、成長著しいデータ、AI、機械学習分野で強みがあり、この市場で勝利したいという意欲を持っています。

ハイパースケールクラウド事業者は非常に大きく成長しましたが、さらに、顧客の要求を満たすためにサービスの数、種類、規模を増やし続けています。

例えば、AmazonのクラウドサービスであるAWSのサービス数は2006年には1つでしたが、2018年には140以上に増えています。これは、レガシーアプリケーションについて伝統的なサーバ利用をやめ、新しい戦略に移っていることを示しています。アプリケーションや規模の動向をみると、クラウドへの移行に対するAmazon（および他のハイパースケールクラウド事業者）のサポートは拡大し続けています。より大規模な移行や専用の構成を従来と同等のプログラマビリティを提供しながらサポートしており、その結果、AWSの収益は増加しています。

今日、企業は社内に改善課題を抱える一方、外部との競争にさらされています。さらに、そのビジネスを妨げたり完全に奪ったりしようとする新規参入者もいます。そのため、ビジネス部門や技術部門のリーダにとって最大の関心事はいかにデジタルトランスフォーメーションとイノベーションのスピードを上げるかです。IaaSとPaaSの間の境界はますます不明瞭になり、どちらかを使うことが

速くて効率的であるという観点から、ハイパースケールクラウド事業者を利用する動きが増えています。

クラウドアプリケーションはインスタントスケーリング、最新のDevOpsの利用、ツールチェイン、コンテナを活用するように設計されており、企業のデータセンタを全く使用せず、ワークロードをすべてパブリッククラウドで処理するものが多くあります。

企業がこれを利用することは、特定のクラウド事業者に過度に依存してしまう危険もありますが、ソリューションのスピードと豊富さは非常に魅力的です。多くのPaaS部品は、個々のクラウド事業者独自のものであり、その事業者のエコシステムやパートナーの部品とはスムーズに動くように設計されているので、ハイパースケールクラウド事業者1社に縛り付けられてしまう危険は高くなります。

企業価値を維持するための苦闘： プログラマビリティの登場

コンピューティングモデル、コンピューティングアーキテクチャ、それに、コネクティビティ、最新のオフィス環境、多様なビジネスモデル等の周辺インフラストラクチャの複雑さが増し、規模が拡大していることを考えると、これらの複雑な環境を運用・維持し、かつ特に技術が急速に変化する中、業界内での企業の存在価値を保ち続けることは大きな挑戦であることはいうまでもありません。

この業界は、これらの環境を維持する運用サービスを実施できる熟練した人材を十分に輩出していません。この問題には2つの側面があります。1つは熟練人材の不足、もう1

つは、人の手ではもはや複雑で動的になった環境を効果的、効率的に運用することができなくなったことです。現在、すべての運用モデルは大幅な自動化で支えられています。そのためには、これらのインフラストラクチャやアーキテクチャプラットフォームが完全にプログラマブルでなければなりません。

多くのインフラストラクチャベンダは自社の製品をプログラマブルにするよう再開発中です。その際には、既存製品のライフサイクル、既存の複数プラットフォームやオペレーティングシステムや製品ファミリー等の扱い、最新ソフトウェアアーキテクチャの欠如を考慮しなければなりません。すべてのベンダ製品を「API (Application Programming Interface) ファースト」にする要求が高まっています。すなわち、製品は何よりもプログラマブルでなければならず、コンソールやコマンドラインによる設定は、もし要求されたとしても、二次的なものです。

真の「APIファースト」モデルを持つ会社は、大抵、同じAPIを介してコンソールアクセスも提供するでしょう。一方、「コンソールやコマンドラインファースト」から「APIファースト」に切り替えなければならない会社は、複雑な段階を踏まなければなりません。よくあるのは、必ずしもすべての設定項目をAPI経由では行えない、複雑なハイブリッドモデルです。これは、古いスキルと新しいスキルの両方を必要とし、運用モデルが必要とする自動化をサポートできず、結果として費用がかかり変化へ対応しにくくなります。

現在の市場と主要技術ベンダを考えると、APIファーストと真のプログラマブルモデル

に移行する者が繁栄し、市場で好まれ、成長を加速するであろうことはいうまでもありません。一方、迅速に移行しない者はマーケットシェアを失い、市場で苦しむこととなります。

ICT事業者が顧客に対して技術・サービスのリーディングカンパニーとなるためには、完全にプログラマブルなAPIファースト技術を提供するベンダを選ぶ必要があります。同時に、ICT事業者やその顧客にとって非プログラマブルなインフラストラクチャに適したビジネスモデルはもはや存在しないので、ICT事業者は先を見越して、自社製品のうち非プログラマブルな製品を取り除く必要があります。

SaaSの成熟と拡大は続く

広範なアプリケーション分野で企業SaaSが生まれ、大量に採用され続けています。従来、アプリケーションは、企業内にサーバと記憶装置を必要としていましたが、今はサービスとして使用されています。主要分野でのSaaSは以下のとおりです。

- ① 生産性：Office 365, Google G Suite, Atlassian Confluence, JIRA
- ② ファイルストア：OneDrive for Business, Dropbox, Box, Google Drive
- ③ コラボレーション：WebEx, Zoom, High Five, Slack, MS Teams, Yammer
- ④ ERP：SAP Hana & cloud variants, Oracle, Dynamics 365, Intacct, Intuit, NetSuite

⑤ 人材、給与支払い：Workday, ADP

⑥ サービス・販売・CRM：ServiceNow, Salesforce.com, Siebel Platform as a Service (PaaS) とサーバレスは、企業顧客がサーバ、記憶装置、ネットワークインフラストラクチャを購入する必要性を減らすので、普及していくでしょう。もちろん、それらの設計、構築、運用のためのコンサルティングや専門技術サービスも拡大します。

現場のハイブリッドコンピューティング環境

4種類のコンピューティングアーキテクチャの概念は単なる理論とか学術的演習ではありません。NTT Ltd.には各種アーキテクチャのハイブリッドを実装した実践的なユースケースがあります。ただし、顧客のための意思決定に際して必ずしも技術的に優れているかどうかのみを優先しているわけではありません。多くの場合、アーキテクチャの組合せを選択する際に考慮すべき要因は、運用上の問題、財務規律、リスク許容度です。顧客の要求条件を満たすために私たちが採用したマルチアーキテクチャを実践例の1つとして以下に紹介します。

ツール・ド・フランスでの4種類のコンピューティングアーキテクチャの実装

NTT Ltd. の Advanced Technology Groupが着目したのはスポーツをNTT内の技術インキュベータとして活用することです。これは、NTTが顧客と実施している戦略的イノベーションプロジェクトです。

Amaury Sports Organization (A.S.O.) とツール・ド・フランスのプロジェクトについて聞いたことがある人は多いと思います。

ツール・ド・フランスは21日以上の期間、フランスを自転車で回るレースで、競技者は毎日200 kmほどを走破します。区間はだんだん長くなり、このレースのサポートチームは、大量の荷物を積んだサポート用車両とインフラストラクチャ車両を使うため、「トラベリングサーカス」と呼ばれています。

NTT Ltd.がツール・ド・フランスの運営組織であるA.S.O.と最初に手を組んだときには、多くの遠隔地のコースに十分なコネクティビティと電力等の供給があるかが大きな懸念でした。

その対策として最初に試みたのは「トラベリングデータセンター」となる巨大トラックでした。トラックは日夜を問わず毎日数100 kmも移動します。トラックはレースのサポート用に設計されており、自身のデータ、自転車からのデータ、競技者からのデータを集め、さまざまに分析し、分析結果とその要約を放送局に提供しました。NTT Ltd.のトラックは放送局のトラックに文字どおり横付けし、トラック間をケーブルで接続しました。トラックには物理インフラストラクチャと物理サーバが設置されていました。これらは結果的に正常に機能しましたが、すべてが問題なく機能するように技術スタッフ全員がレースについていく必要があり、苦労が伴うプロジェクトでした。

2016年のレースにはMont Ventouxという山にあるステージが含まれていました。この山は大きな嵐があることで知られており、

実際にステージの最中に1日嵐に遭遇しました。風が余りにも強かったので、山頂のスキーリゾートに当初予定していたゴールを、山の中腹に変更しなければなりませんでした。

この変更は運用上特に問題がないと思えるかもしれませんが、実際には、山頂のスキーリゾートにある大駐車場に駐車するはずだったトラックを、山麓の村に散らばる学校、畑、スーパーマーケットの駐車場に分散駐車する必要がありました。そのため私たちのトラックを放送局のトラックに横付けすることができず、互いに2.5 kmも離れたところに駐車することとなりました。そのため、私たちは午前2時ごろに、物理サーバ上で動いているものをすべてNTTクラウド上のVMに移行することにしました。お陰で、翌日には無事、必要機能を提供することができました。レースの残りのステージでもこのVMを利用したモデルを使うことに成功しました。その結果、お客さまをはじめ誰もが仮想環境を利用して機能を実現できることに確信を持つようにな

り、その後、2018年までずっと仮想環境を使用してきました。

過去8カ月ほど、私たちはまさに基本的なアーキテクチャ変更を行ってきました。それは、これまで述べてきた方向に沿うもので、4種類のコンピューティングモデルを使用しています。

図2にこのソリューションの核となるデータ構造を示します。おおまかにいうと、左側の多様なソースからデータを受け取り、中央部分でデータ処理と分析を行い、右側の各種消費者にデータを公開します。実時間データ分析プラットフォームは4つのエリアにグループ分けされます。それは、これらが本質的に異なるプラットフォームとして構築されており、各エリアには異なるドライバーがあるからです。

例えば、堅固に管理されたAPIが必要です。しかし、私たちが以前構築したAPIを詳しく調べてみると、誰もが自分でAPIをつくりたいと考えるものですが、自分でつくって

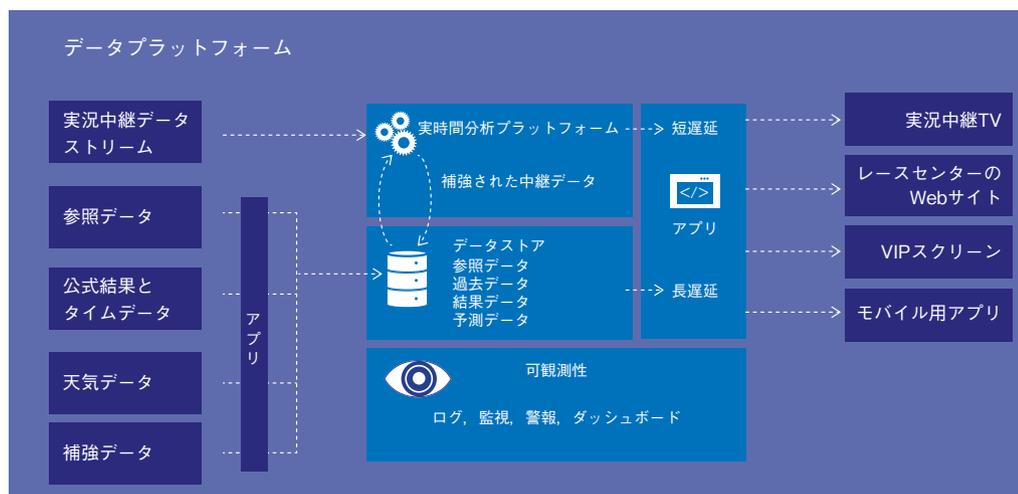


図2 データプラットフォーム

みても、他者がつくったAPIとなんら変わらないものになることに気付きました。自分でつくっても特段の恩恵も生まれなければ、コストが増え、複雑性が増し、プラットフォームとソリューションの管理が必要になるだけです。

そこで、結局PaaSサービスを利用することにしました。サードパーティのAPIを使用することの利点は、基本的に、実現したい機能のインフラストラクチャやAPIの機能構成を意識する必要がなくなり、機能・必要な変更、処理したい構造化データをプラグインするだけで、良いのです。

その結果、この作業に払う注意、作業負荷が大幅に減少しました。さらに、サポートの必要性も大きく減り、サーバその他を意識する必要もなくなりました。以前は、100万ユーザまでサポートすることができるAPIを使っていたため、インフラストラクチャの規模はかなり大きくなり、その維持作業も膨大でした。サードパーティのAPIを使用することにより、これらを回避することができました。このAPIを使用した前回のレースでは、すべてが順調に動いたので、保守要員は何もすることがありませんでした。結局のところ、これが顧客側、事業者側双方のIT運用サポート要員すべてが望む結果なのです。

ここでのポイントは、自分たちが使いたいハイパースケールクラウド事業者の特定のソリューションの特徴をしっかりと理解したことです。その詳細をみてみると、最良の方法は概念実証（Proof of Concept）を実施し、技術を徹底的に検証することです。なぜな

ら、技術面だけでなく、コストモデルについても意思決定をする必要があるからです。

以前の私たちの進め方は、適切と思われる技術をまず見つけ、次いで概念実証を行うものでした。これだと、望む機能をサポートしている技術を選ぶことはできましたが、大量データを扱うことを考慮した価格モデルを使用していなかったため、結局、大きな経費がかかることになりました。今はハイパースケールクラウド事業者が多くの分野で複数の互いに重複するオプションを提供していることが多いので、それらを利用している場合には、機能的には今までと同様に効果的で、価格面でずっと好ましい別のオプションに切り替えることができます。ハイパースケールクラウド事業者の特に最高級なソリューションの採用を検討している場合には、この点を十分考慮すべきです。

これまでは、物理アーキテクチャから仮想アーキテクチャに移行する目的は運用上の課題を解決することでした。その後、財務面の考慮から、ハイパースケールクラウド事業者が提供するサーバレスや「as a Service」が必要となりました。お客さまの環境にふさわしいコンピューティングモデルを決める際に決め手となるのは、必ずしも技術ではありませんでした。

主にSQLサーバであるデータストアがあります（図2）。これは大量のデータを記憶するもので、VMベースのソリューションを使うことにしました。その理由は、他の選択肢がなかったからでも、それが最良のソリューションであったからでもありません。その理

由は、2020年のレースで他の部分のソリューションを変更しているのに、データストアのアーキテクチャまでも変更したくはなかったからです。このような点も、組織が注意を払うべきことです。それは、どこまでリスクを取るかです。私たちの場合、他の個所でリスクのある技術を採用したので、現実には正常に動いているVMによるデータストアは敢えて変更しないことにしました。PaaSソリューションにはいくつか利点があるので、来年はVMからPaaSに変更するかもしれませんが、今年は特に変更の必要はないと思っています。現在、APIにはサーバレス機能を、データストアにはVMと2種類のコンピューティングモデルを使っています。

図2で残された個所は実時間分析プラットフォームです。ここがNTT Ltd.がもっともそのノウハウをA.S.O.と放送局に提供した個所です。このプラットフォームでは、自転車からセンサデータを集め、自転車の速度、場所情報を補強し、機械学習を適用して少ないデータポイントから50以上のデータポイントをつくり出し、さまざまな利用シーンをサポートします。このように、前述したサードパーティAPIを使用する代わりに、自前のデータ分析プラットフォームをつくることに合理性がありました。

しかし、自前で実時間分析プラットフォームをつくるのは複雑です。それに、私たちは今後もソリューションを変更し、迅速に進化させられるようにしたいと思っていました。そのため、コンテナ化を採用しました。このソリューションはさまざまなDockerコンテナを使って構築します。その利点は導入・展

開が容易なことです。それは、VM、OS、その他を導入する必要がないためです。コンテナを導入するだけなので、設置面積もリソースも少なく済みます。要件はコードで記述します。例えば、コンテナの大きさ、形、内容などを簡単にコードで記述できます。すなわちコードを記述するだけでコンテナを展開できるのです。

インフラストラクチャのためのコードは、アプリケーションのコードと同じように管理でき、アプリケーションと同じように実行できます。実際、コンテナとその他をまとめて1つのパッケージにすることができ、1日に何回でも導入できます。それは、迅速に変更をテストすることができ、導入・展開時に望まれる迅速性を確保できることを意味します。

上記から実装した3つのコンピューティングモデルについて、導入経緯と得失を理解することができたと思います。私たちは完全に物理的なインフラストラクチャからVM、サーバレスコンピューティング、コンテナ型アプリケーションへと移行してきました。

3種類のアーキテクチャを使うことによる複雑化について一言触れます。図2の一番下に「可観測性 (Observability)」というボックスがあります。このようなハイブリッドアーキテクチャソリューションを使用すると、多くの複雑性の問題が生じます。問題は、パズルの中の1ピースを変更すると、別の個所のピースがおかしくなり、誤動作が起こることです。全体が複雑になりすぎて、システムがどのように故障するか全貌を理解することはできなくなります。対策として適宜アラートを配置する案が考えられますが、故障個所が

丁度アラートを配置した個所であることは減多にありません。そのため、私たちが採用した解決案はソリューション全体に対する可観測性プラットフォームを設けることでした。このプラットフォームは全レイヤの出力を監視し、各レイヤの全機能を可視化します。これにより、出力を監視し、可視化情報を見てどの機能が正常に動作しているか、していないかを把握することができます。私たちのソリューションでの重要な問題は複雑性でしたので、それを解決するのが可観測性プラットフォームです。

ここまでの記述で明らかのように、私たちが提供したツール・ド・フランスのプラットフォームは、今後各種コンピューティングアーキテクチャを組み合わせたハイブリッドコンピューティングを実装する際に参考にできる好例であり、さまざまな考慮点を示唆してくれています。まず伝統的な物理インフラストラクチャから始めました。次に、運用上の問題を解決するためにVMへ移行しました。次に、財務面の利点を考慮し、サーバレスコンピューティングを採用し、さらに、運用性、移植性、効率を考慮してコンテナ型アーキテクチャへと移行しました。

ここで学べることは、必ずしも最良の技術が良いわけではなく、技術そのものだけでなく、ビジネス面を考慮してもっともふさわしい技術を選ぶべきであるということです。上記の例では、運用性、財務、セキュリティ、リスク許容性を考慮しました。

まとめと今後に向けて (高付加価値サービスの必要性)

物理コンピューティングと異なり、仮想およびコンテナ型コンピューティングでは、アプリケーションがコンピューティングインフラストラクチャと切り離されているので、アプリケーションの移行が容易です。これらのモデルが有利なユースケースは明らかになってきており、その採用は増加しています。現在では、アプリケーション移行の自由度が増し、費用削減が計れるサーバレスコンピューティングが有望です。それはアプリケーションをサーバで実行する必要がなく、代わりに、クラウド事業者のプラットフォームがその機能を実行し、出力を返し、その後すぐに関連するリソースを解放するからです。

物理サーバ、仮想サーバ、コンテナ型、およびサーバレスコンピューティングという4種類のコンピューティングモデルが同時に進化しています。そのため、組織は以下のような大きな疑問に直面しています。

- ・ アプリケーションにはどのモデルを使うべきか。
- ・ どの作業をクラウドへ移すべきか。
- ・ 社内には何を残すべきか。
- ・ アプリケーションをVMで実行できるようにプラットフォームを変更することができるか。
- ・ 他のアプリケーションをコンテナまたはサーバレス用に書き換えることができるか。
- ・ もっとも重要なことは、これらの変更を完了し、新モデルの恩恵を受けられるよ

うになるまでにどのくらいの期間がかかるのか。

どのコンピューティングアーキテクチャを採用するかは、各アプリケーションの将来に直接影響します。実際、各アプリケーションの将来を決定付けることもあり得ます。

本稿では、4種類のコンピューティングアーキテクチャを選択するにあたっての意思決定要因、考慮点について考察しました。考慮した要因は、運用性、財務面、移植性、効率、リスク許容度があります。ハイブリッドおよびハイパースケールクラウド事業者の利用が急速に増加している中で、NTT Ltd.を含めICTサービス事業者は、その市場開拓およびパートナー戦略を新しいモデルに適合させようとしています。ハイパースケールクラウド事業者が提供するサービスは非常に多岐にわたるため、複数クラウドの利用状態を最新に保つことは複雑であり、企業顧客は大きな投資をする必要があります。この点に関して、ICTサービス事業者は、お客さまに対し真の価値と指針を提供することができます。

もう1つ明らかなことは、ICT事業者は、企業顧客の将来戦略に指針を与え、支援するために、高付加価値サービスの提供を強化する必要があることです。現在NTT Ltd.が40以上の高付加価値サービスの構築、販売に力を入れているのはそのためです。この分野に関連するNTT Ltd.のサービスは以下のとおりです。

- ① インフラストラクチャコンサルティングサービス：このサービスは顧客がトランスフォーメーションのどの段階にいる場合でも、それを最適化し、トランス

フォーメーションを支援するための複数のサービスを包含しています。お客さまが望んでいることが、老朽化したインフラストラクチャの解消、複雑性の管理、インフラストラクチャのセキュリティの向上、マルチクラウド環境への移行、ユーザ・エクスペリエンスの改善のいずれにしろ、お客さまのコストを最適化しつつ、現在の運用状態の評価、インフラストラクチャの変更または性能の向上を支援します。

- ② クラウドコンサルティングサービス：このサービスでは、顧客のインフラストラクチャとアプリケーションの現状を解析してハイブリッドへの移行を評価し、ハイブリッドクラウド上のマネージドサービスへのロードマップを作成します。もう1つ含まれているサービスはクラウド移行サービスです。これはクラウド移行に適しているか見極めるためのワークロードの監査から始まり、最適な場所への移行の計画、次いで、日々の運用やビジネスを中断させることなく所要の作業負荷をクラウドに移行するまでをカバーするエンド・ツー・エンドのサービスです。
- ③ マネージド・ハイブリッド・インフラストラクチャー・サービス：このサービスは、運用の迅速性を改善し、リスクを低減し、クラウドおよび技術インフラストラクチャへの投資を最適化するために、社内、クラウド、ハイブリッドITインフラストラクチャを総合的に管理、監視します。NTT Ltd.は顧客のマルチプラットフォームや複数個所に点在する

ITインフラストラクチャの日々の運用を管理するために必要な、高度に訓練され、ベンダにより認定されたスタッフ、プロセス、ツールを有しています。これらの資源を用いて、お客様のITインフラストラクチャの復元力と性能を確保します。その結果、ビジネス目標達成に専念することができます。

- ④ マネージド・アプリケーション・サービス：このサービスは、顧客の社内、クラウド、ハイブリッドIT運用環境にあるERPおよびCRMアプリケーションの実装と管理を支援するものであり、一貫性のあるガバナンス、セキュリティ、管理プラクティスが得られるように支援します。
- ⑤ ハイブリッドおよびマルチクラウド・サービス：このサービスは、各ワークロードに対して最良のプラットフォームを使用することを可能にし、またハイブリッドIT環境の管理の難しさを軽減します。お客様のシステムが複数の環境に散らばっている場合、1つのインターフェースからすべてを管理する手段を必要とします。弊社の「Solution Insight」クラウド管理プラットフォームの可視化機能により、顧客システムのすべてがどのように相互動作しているかを把握できます。これにより、どのアプリケーションをクラウドに移すべきか、どのアプリケーションを既存環境にとどめるべきかを判断することができます。

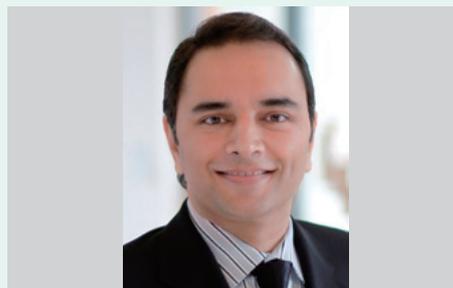
上記はNTT Ltd.が提供するサービスのすべてではなく、他にも、顧客のデジタルトラ

ンスフォーメーション、仕事場、データセンタ、ネットワーキング、セキュリティに関してお客さまを支援するいくつかの高付加価値サービスを提供しています。

企業顧客は4種類のアーキテクチャモデルを維持する必要があり、同時にパブリッククラウドとプライベートクラウドを組み合わせで使用するので、コンピューティング世界の変革はまさに迫っています。これらの組合せが多様になればなるほど、その運用とサービス継続は複雑で費用がかかるものになります。NTT Ltd.は、これらの高付加価値サービスを通して、企業顧客がハイブリッド環境の利用に乗り出そうとするときに、その意思決定と検討項目の考察を支援することができます。

■参考文献

- (1) <https://www.morganstanley.com/ideas/it-hardware-2018>



Nadeem Ahmad

◆問い合わせ先

NTT Ltd.

E-mail nadeem.ahmad@global.ntt

NTTプロ・サイクリング： データドリブンイノベーションの活用

NTTプロ・サイクリングチームは、チームパフォーマンスを最適化するため、データと先進的な分析技術を用いて、毎年、何千人という競輪選手と何百というレースの中から、チーム予算と選定したレースにふさわしい選手を採用しています。各選手がピーク状態で目標のレースに臨み、UCI (Union Cycliste Internationale) ポイントを最大限獲得できるようにトレーニングを最適化し、NTT Ltd. は選手のパフォーマンスをモニタリング・管理する革新的技術を提供することでチームをサポートしています。また、チームが重要な意思決定をする際に助けとなる先進的なデータ分析を活用し、自転車に乗っているときも乗っていないときも、高パフォーマンスを発揮できる優位性をチームに提供しています。

Nadeem Ahmad

NTT Ltd. Group Senior Vice President

NTTプロ・サイクリングチームと そのミッション

NTTプロ・サイクリングチームは、プロ自転車競技の世界でユニークな存在です。なぜなら、アフリカにルーツを持ち、世界の舞台で競争している最初のチームであるばかりでなく、ある信念のために競技することがチームのDNAに組み込まれているからです。その信念とはクベカ (Qhubeka) 慈善事業の支援を通してアフリカの地域社会の生活を向上することです。クベカはアフリカの非営利団体で、世界自転車救済事業の一環として自転車を寄付しています。これまで寄付金を募り、アフリカ農村地域の子どもたちが容易に学校に通えるようにし、出席率と学業を上げられるようにするため、7万5000台以上の自転車を寄贈しています。

チームは、クベカ慈善事業を支援するというユニークな目的意識を持ち、パフォーマンス

スを重視し、技術に裏打ちされた、自転車競技界のベンチマークとなることを目標としています。クベカと協力して地域社会の生活を変えたいという思いは今も強く、その熱意は今後も高まっていくでしょう。この信念は、スタッフ、選手、バリューパートナーと共有しており、チームの根幹であり続けています。アフリカで生まれましたが、世界のためにつくられたチームです。

NTTプロ・サイクリングチームの技術イノベーション・パートナーであるNTT Ltd. は、目的指向で、パフォーマンス重視のテクノロジーに裏打ちされたチームとなるように支援しています。チームが自転車競技世界トップ10に入るという目標をかなえるべく、チームと共同作業をしています。中でも、男子ロードサイクルツアーであるUCI (Union Cycliste Internationale) ワールドツアーに参加するということは、もっとも象徴的なレースでもっとも資金力のあるチームと戦う

ということを意味します。チームは先進的データ分析とデータプラットフォームの力を利用することで、実データを基にチームのリソースを最良なかたちで活用でき、最高のパフォーマンスを発揮できるようになります。これにより、多くのポイントを獲得し、ワールドツアー参加資格を維持し、スポンサーに価値を提供することができます。

テクノロジーを活用したデータドリブンなプロ・サイクリングチームをつくる

2020年に、チームは選手のパフォーマンス管理ソリューションを採用しました。このソリューションは、トレーニング分析、健康追跡、レース中の水分と栄養の補給、負傷報告、選手の全体的状態（身体および精神の健康状態）のモニタリングを行います。さらに、データ分析を用いて、選手の発掘と維持を支援することで、UCIポイント獲得を最大にし、レースで好成績を収めるためのレーススケジュール作成とチーム編成を支援します（図1）。

チームは、パフォーマンスに関連する以下の3分野で、重要な意思決定にデータサイエ

ンスを活用しています。

- ・限られた予算の中で最良なチームをつくるための選手の獲得と維持
- ・選手が最高の力を発揮できるようなパフォーマンスの最適化
- ・UCIポイント獲得とレース成績を最大化するための効果的なレーススケジュールの作成とチーム編成

NTT Ltd.は、NTTプロ・サイクリングが上記のビジネス目標を達成することを支援するため、以下のテクノロジーを提供しています。

- ・先進的データ分析
- ・データプラットフォーム
- ・ハイブリッドクラウド
- ・AIと機械学習

また、チームが目標達成のためにこれらの技術を活用できるように、以下のサービスを提供しています。

- ・デジタルおよび分析のコンサルティング
- ・データプラットフォームおよびデータアーキテクチャの定義
- ・データサイエンスサービス
- ・システム構築



図1 NTTプロ・サイクリングにおけるデータ分析の適用

- ・アプリケーションマネージドサービス
- ・プログラム管理

過去1年半、NTTプロ・サイクリングはNTT Ltd.と連携して、UCIランキングを上げるための総合的データプラットフォームの構築に取り組んでおり、主要な意思決定を迅速に行えるようにするための先進的なデータサイエンスを主体とするテクノロジーでチームを支えています。これらのテクノロジーは、NTTプロ・サイクリングのパフォーマンスのみだけでなく、そのビジネスプロセスもサポートしています。また、データ分析は、採用する選手の選定、レーススケジュールの準備、適切なレースへの適切な選手の割り当てや、生理学的データを追跡することで、選手の健康モニタリングにも役立っています。

また、ワールドツアーのトップで競争できるように、チームはワールドツアートップ10への仲間入りをめざしています。そのため、チームはパフォーマンスを毎日向上し、迅速で良い意思決定を行うために、イノベーション、テクノロジー、データを新しい方法で活用しています。他の組織と同じように、多くのプロスポーツチームは、その存在価値と競争力を保つためにデジタルトランスフォーメーションに乗り出しており、NTTプロ・サイクリングも例外ではありません。

選手獲得

世界中のどのプロ・サイクリングチームも、重要なリソースは選手であるということを認識しています。さまざまな技能を持った適切

な選手を保有することは、勝つチームをつくり、主要なレースで勝利を収めるための重要な戦略です。NTTプロ・サイクリングは、世界中のほぼすべてのプロ自転車競技選手のデータを分析しており、過去データとパフォーマンス評価値を組み合わせて、獲得すべき選手を見つけます。データ分析を活用することにより、より情報に基づいた意思決定を行え、限られた予算内で最善のチームをつくることができます。

過去18カ月の間、NTTプロ・サイクリングとNTT Ltd. Advanced Technology Groupは、各選手の経歴とフォームを基に選手を分類する統計・分析モデルをいくつか共同開発しました。この分析パッケージは、ProCyclingStats.comから得られたデータを基に、個々の選手の強みと弱みのマトリックスを作成します。このプロセスはNTT Ltd.のクラウドプラットフォーム上で毎日実行されます。それにより、必要データを取得し、主要評価値を計算し、最後に要点をチーム管理者が利用できるダッシュボードに表示します。これを基に、さまざまなグループの選手を分析し、各選手のプロフィールを調べ、各選手の今後予想される軌跡を計算することができます（図2）。

■チームづくり

NTT Ltd.は、チームが必要とする情報を提供するため、過去8年分のレース結果とチームのパフォーマンスを分析しました。Pro Cycling Statsプラットフォームが提供するAPIを利用して、現在のチーム構成員の

8年間の全プロレースの結果
選手プロフィールと選手獲得



レースとステージのプロファイルとインデックス作成
レースと選手間のマッチングとチーム編成



図2 選手獲得データ

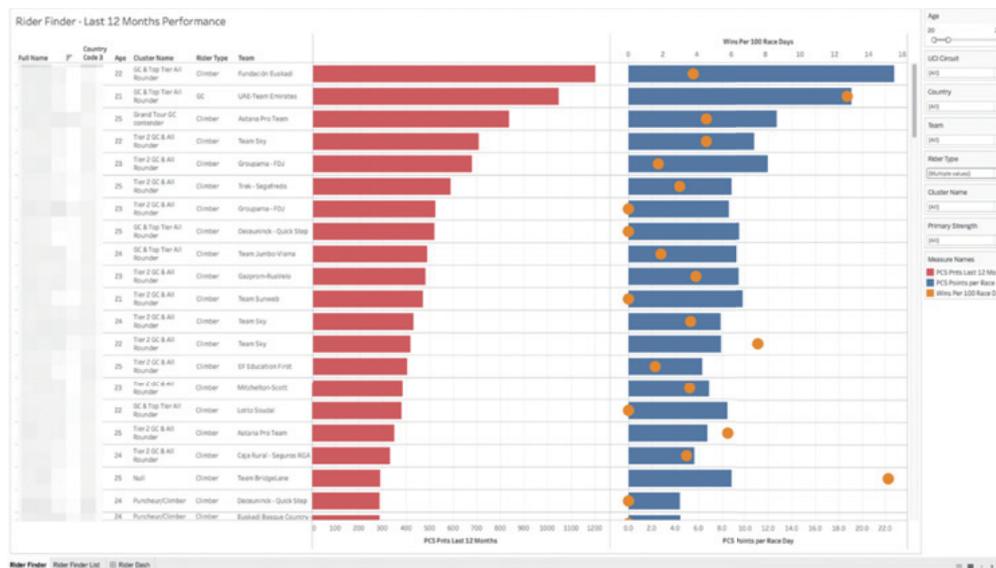


図3 NTTプロサイクリング選手ダッシュボードの例

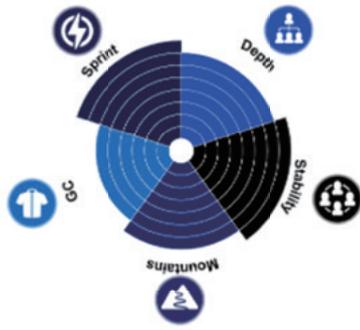
データを可視化しています（図3）。これを利用して、総合、スプリント、チームの厚み、安定性、登坂の5分類でチームの強みと弱みを判定します（図4）。

チーム管理者は、チームのパフォーマンスデータと評価値の全体像を把握し、どの選手どうしが組むと上手く力を出せるかを判断します。そして、これに基づいて「チーム安定性」スコアを算出します。

■ギャップ分析

チームの現状が分かると、チームのどこに不足があるか判断でき、それを埋める選手を見つけることができます（図5）。世界中のプロ選手の分析を活用し、どの選手がもっともチームに見合う能力を持っているか判断することができます。

チームのニーズに対する各選手の強みを調べるほか、データ分析ソリューションには、



チームプロフィール



チーム安定性

図4 チームの強み、弱み、安定性

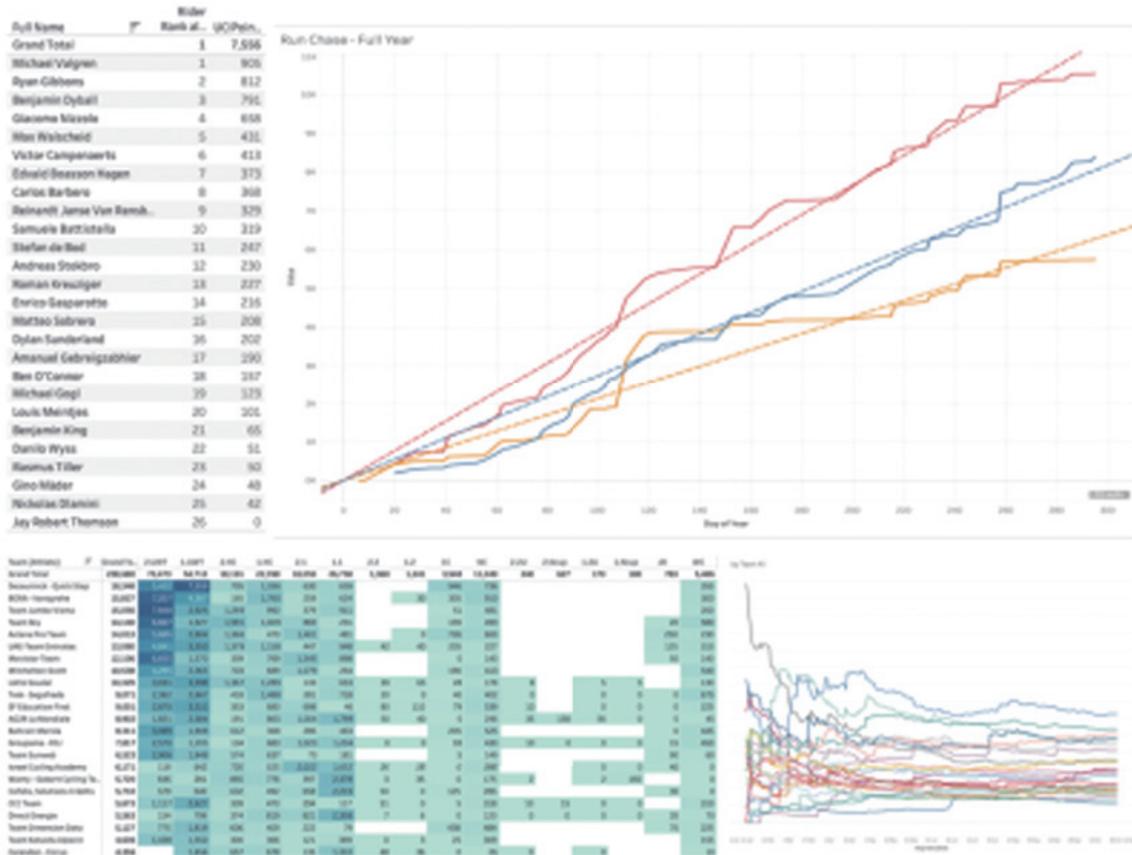


図5 選手ランキングとギャップ分析

各レースで獲得可能なポイントや過去の戦績など、プロ・サイクリングの全スケジュールが組み込まれています。これにより、最大のポイント数を獲得する機会を特定し、どの選手の組合せがもっとも成功する可能性が高いかを特定することが可能になります。

■パフォーマンス分析

NTTプロ・サイクリングチームは、アナリティクスを活用して、どの選手が各レースに対して最適化判断するだけでなく、世界中の選手を評価するのにも活用しています。チームは、適切なタイミングで適切なリソースを発見することが、ビジネスでもレースでも成功するためには重要であることを理解しています。

チーム管理者とコーチは、チームが何を必要としているかを理解したうえで、何千人もの選手を絞り込み、最終候補者リストを作成します。この際に考慮される要素には、選手のタイプ、レース成績、年齢、最近のパフォーマンスなどがあります。そして、そこからアルゴリズムを用いて、今後のレースで選手がワールドツアーで重要なポイントを獲得する可能性、つまり「勝率」を算出します。チーム管理者は、選手プロフィールを見て各選手の強みと弱みを把握し、チームのギャップを埋める能力を持つ選手を見つけ出すことができます。

■統合、モニタリング、レポート

最後に行うべきことは実際の選手の採用です。チーム管理者は、現在のチーム、埋める必要のあるギャップ、そしてデータと分析ソ

リューションから得られる潜在的な人材の全体像を把握することで、プロセスの一部を推測に頼らず、より迅速に、より多くの情報に基づいた意思決定を行うことができます。これらのツールにより、客観的な意思決定を行い、目標達成に貢献することができます。これらすべての情報により、チーム管理者はライダーとの契約を行うことができ、彼らの豊富な業界知識と経験に加えて、テクノロジーが選手のパフォーマンスを向上させることを可能にしています。チーム管理者がパフォーマンスを監視、評価し、パフォーマンスの詳細分析と全体像の両方を得られるようにするため、NTT Ltd.は複数のテクノロジー、ウェアラブル端末、IoT機器、プラットフォーム、ツールを提供しています。

NTT Ltd.のソリューションは、有名選手だけでなく、これまで見落とされていたがユニークな価値のある選手、いわゆる「Moneyball」を見つけることができます。過去のデータとパフォーマンス評価点を組み合わせることにより、チームのギャップを埋める特別な役割にふさわしい選手があぶり出されるので、経験豊かなチーム管理者が選手獲得をする際に参考にすることができます。

データドリブンのスケジュール最適化

参加が必須のワールドツアーイベントに加えて、何百というレースの中から参加すべきレースを選ぶ必要があります。どのレースに参加するか、どの選手を起用するかは判断は非常に重要です。そのためNTTプロ・サイク



UCIレースプログラムとポイント表
最大ポイント獲得のためのスケジュール最適化

図6 スケジュール最適化のためのポイントデータ

リングは、レーススケジュールを最適化し、持てるリソースをもっとも有効に利用するためにデータ分析を活用しています。チームは毎年、5大陸で256日間、82のレースに参加しており、1日に3レースに参加することもあります。

そのため、ロジスティクスが難しいだけでなく、チームパフォーマンスを最適に保つことも課題です。最高の結果を得るためには、適切な選手を適切なレースで適切なタイミングで起用する必要があります。ロジスティクスの課題は、29人の選手、54人の管理・サポート要員がおり、200台以上の自転車、250本のカーボン車輪、22台の車両を保有し、900枚以上の航空券、3.5トンの栄養剤を扱い、世界中に数十のパートナーや資産があることです。これが、NTTプロ・サイクリングの複雑なチームインフラストラクチャを構成しています。

チームがワールドツアー・ポイントを稼ぐためには、どのレースに参加すべきかという難しい決定をしなければなりません。レーススケジュールは、ロジスティクスの実現可能性、ポイント獲得の可能性、選手のスケジュール、選手の強み、選手のトレーニング時とレース時の負荷のバランスを取ります（図6）。

トップレベルであるUCIワールドツアーで十分なポイントを獲得することは、チームの存続に極めて重要です。さまざまなレベルのレースがあり、レベルにより与えられるポイントも異なるので、どこにポイント獲得のチャンスがあるかを見つけることが不可欠です。チームは、データと分析ツールによりこの意思決定プロセスを助け、レーススケジュールの作成を支援します。

レースごとに与えられるポイント数、過去に参加した選手たちの力量に基づき算出された強みを考慮するアルゴリズムを用いて、強み指標で重み付けしたレースごと、1日ごとのポイント数を計算します。その結果、もっとも価値の高いレースはどれか、すなわち、もっともポイントを稼げそうなレースはどれかを提示します。

この結果と、時間と距離に関するロジスティクス上の制約を加味して、レーススケジュールをつくります。チームの選手構成も考え合わせることで、どの選手がどのレースに参加すべきかをピンポイントで決めることができます。システムは複数のダッシュボード（図7）を出力します。チーム管理者は、そ

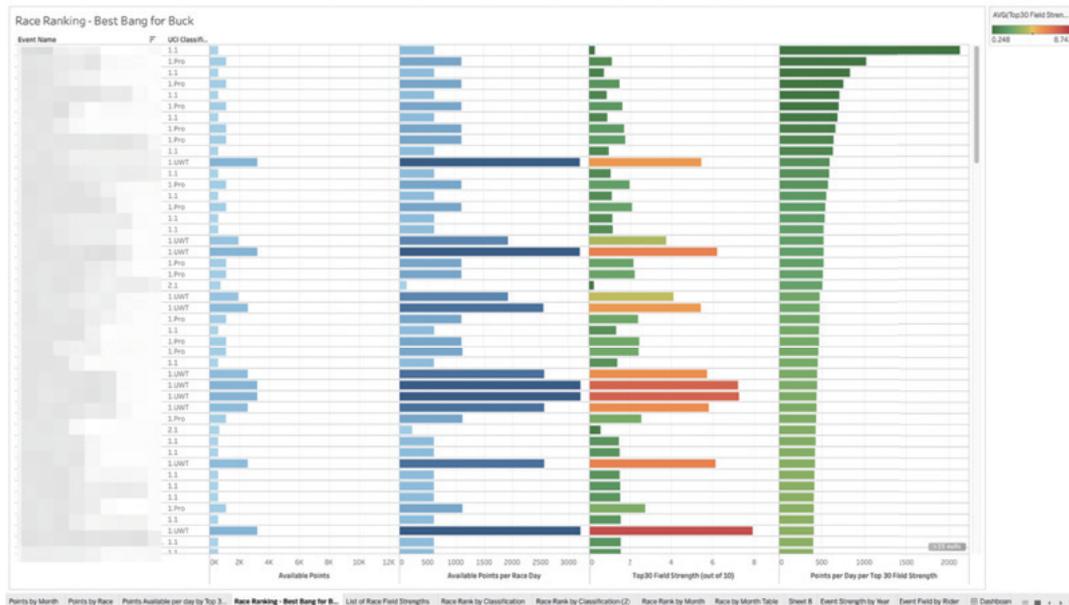


図7 レーススケジュール上のランキングと支出に見合うレース

これらのダッシュボードと、選手プログラムやチームロジスティクスなどの主要情報の両方を見て、どのレースに参加すべきかを決定します。

この分析から分かる重要なことの1つは、アジアツアー。HCでポイントを獲得することはヨーロッパのワールドツアーレースよりも4倍も容易だということです。もう1つ分かることは、1日レースで、ステージレースよりも多くのポイントを獲得できるということです。ワールドツアーレースで与えられるポイント数は多いが、ワールドツアーで勝つのは難しいことが統計的に示されています。

この分析が有効であったことは、以下のとおり、すでに世界中のレースで好成績を収めたことから明らかです。

- ・3大陸で、6人の異なる選手が8回、トップ2位までに入った

- ・Étoile de Bessèges と Tour de Langkawiの両方のステージで勝利 (Ben O'ConnorとMax Walscheid)
- ・Tour of Langkawiのポイント・クラシフィケーションにおいてトップに立つ (Max Walscheid)
- ・南アフリカのNational Championships (Ryan Gibbons)

トレーニングと健康

トレーニング、準備、栄養、健康は、成功するプロ自転車競技選手にとって重要な要素です。NTTプロ・サイクリングはこのことを理解しており、NTT Ltd., Alcatel Lucent Enterprise, Lumin Sports, Today's Plan, Garmin, Rotorなどのパートナーからのテクノロジーソリューションを組み合わせ

て、選手のトレーニングとレース準備をモニターし、最適化しています。

Phila（「生きる」を意味するNguniの言葉）は健康管理用モバイルアプリケーションです。選手の居場所、睡眠、疲労、気分、痛み、病気、負傷、トレーニング、レースのフィードバックをチェックするために朝夕に質問表を選手に送付します。コーチはその結果を毎日のトレーニング計画にすみやかに反映することができます（図8）。

チームは、疲労回復を助けるために水分と栄養補給を最適化するため、レース中に使用できる「水分・栄養補給指導」（HANG: Hydration and Nutrition Guidance）と呼ばれる自動アプリケーションを使用しています。このアプリはBluetooth・スマート体重計と接続されており、朝、レース前、レース後に体重を測定して、水分レベルを追跡します。そして、レース後に選手それぞれにアドバイスをします。

チームは、ARCと呼ばれる一元的な選手データ報告ツールを使用しています。これはすべてのトレーニングデータ、健康データ、

HANGデータ、レース報告を統合するもので、コーチとチーム管理者用に、各選手の最適トレーニング負荷、レース分析などの主要評価点を示すパフォーマンスダッシュボードを出力します。さらに、選手のレーススケジュールに基づいてトレーニング負荷モデルを作成します。

まとめ

NTTプロ・サイクリングチームにとって、革新的で高度なデータサイエンスは、重要な意思決定を迅速に行うために利用されており、テクノロジーはチームのパフォーマンスだけでなく、そのビジネスプロセスもサポートしています。データ分析は、選手の選択、レーススケジュールの作成、適切なレースへの適切な選手の割り当てに役立っています。革新的なエコシステム技術は、健康とウェルネスアプリケーションを通じて選手の生理学的データを追跡することで、選手の健康状態をモニタリングするのにも役立っています。

チームの選手層の中のギャップを発見し、それを埋める選手を獲得しようとしているの



図8 選手の健康、栄養データ

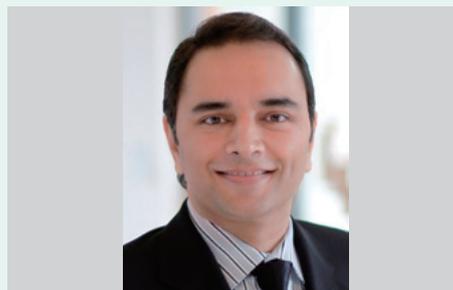
はNTTプロ・サイクリングチームだけではありません。また、何らかのデータ分析ソリューションを使っているのもNTTプロ・サイクリングチームだけではありません。しかし、NTTプロ・サイクリングチームは、パフォーマンスモニタリング・管理ソリューションの精巧さと精緻さの点で、チームははるかに先を行っています。現在のチーム、埋める必要のあるギャップ、データと分析ソリューションから得られる潜在的な才能を全体的に見ることで、チーム管理者はより迅速に、より多くの情報に基づいた意思決定を行うことができ、プロセスの一部を推測の域から出ないものにするができます。チームパフォーマンスを基にデータドリブンの選手獲得を行ったことにより、2020年NTTプロ・サイクリングチームは、2019年チームと比較して25%多いUCIポイントを獲得すると期待されます。そうなれば、UCI世界ランキングの順位を7つ上げることになります。世界のサイクリングチームのトップ15に入るには、チーム内のトップ10の選手が2019年よりも25%多いポイントを獲得する必要があります。世界トップ10に入るためには、2019年の倍のポイントを獲得する必要があります。レーススケジュールを最適化するだけでも、獲得ポイントを20-30%増やせる可能性があります。

今後の展開

本稿を書いている時点で（8月に始まるツール・ド・フランスの前）、NTTプロ・サイクリングチームの2020年レースシーズンの滑り

出しは順調で、テクノロジーとデータの活用の恩恵を享受しています。昨年と比べ、UCIポイントは18%増え、勝利回数なんと200%も増え、表彰台上った回数も114%増えており、チームが使用しているソリューションはすでに、チームとチーム管理者にとってかけがえのないものであることが立証されています。

NTT Ltd.がデータ分析プラットフォームを構築したとき、NTTプロ・サイクリングチームは、そのデータ、アプリケーション、およびデータを集めるためのプラットフォームの活用を決め、データ分析アルゴリズムを用いて正確なデータに基づき意思決定することが可能になりました。今後、チームがデータを信頼し、結果をモニタリングし、時間をかけてソリューションを洗練させ、世界トップ10のサイクリングチームになるという目標を達成することをめざします。



Nadeem Ahmad

◆問い合わせ先

NTT Ltd.

E-mail nadeem.ahmad@global.ntt

特別連載

ムーンショット・エフェクト ——NTT研究所の技術レガシー——

第2回 フォトニクスの衝撃

ノンフィクション作家の野地秩嘉（のじつねよし）氏より「ムーンショット・エフェクト——NTT研究所の技術レガシー」と題するNTT研究所の技術をテーマとした原稿をいただきました。連載第2回目は「フォトニクスの衝撃」です。本連載に掲載された記事は、中学生向けに新書として出版予定です（NTT技術ジャーナル事務局）。

■光とカンブリア爆発

NTT物性科学基礎研究所のナノフォトニクスセンターでセンター長をしている納富雅也のチームは研究者たちの夢だった光トランジスタを実現した。

そんな彼は日々、フォトニクス（光を扱う工学）を研究している。研究の傍ら、納富は教鞭をとる東京工業大学の学生たちに向けて「光とフォトニクス」の講義を行う。内容は実に魅力的で、社会人でも参加できる機会があれば、受講したくなるものだ。光、フォトニクスについて、まったくの素人が聞いてもわかりやすく、しかも向学心をそそられる。

納富が講義の第一回目に行うのが、「私たちにとっては光とは？」というテーマだ。

人間にとって光とはどういうものだったか、それをどう使ってきたかを解説した講義である。光の誕生から始まり、光合成、光ファイバ、光トランジスタ、フォトニクスにもつながっていく。

講義の概要を引きながら、わたしたちも光、フォトニクスとは何かをまず考えてみたい。

■カンブリア爆発

納富の話。

「生物にとって、光はエネルギーでした。諸説ありますが、38億年前、地球上に生命が誕生します。そしてほどなく自ら光合成によってエネルギーを作り出す生物が出てきたのです。つまり、生命は光をエネルギーとして使い始めました。太陽のエネルギーである光を化学反応に用いて、光合成を行ったのです。

この時、生命だけでなく、地球自体も太陽から来た光

と熱を化学反応の動力源として使っています。

長い時間を経て、5億4200万年前から5億3000万年前の間、カンブリア爆発と呼ばれる事象が起きます。カンブリア爆発とはその時代に各種のサンゴや貝類、三葉虫などの多細胞動物が競争したかのように多数、生まれてきたことを言います。

そして、生物の歴史上、初めて眼を持った生物（三葉虫）が生まれました。眼を持った生物は光があると外界を見ることができます。眼を持っていない生物を捕食できるようになったわけです。

この時、光はエネルギーの他に、明かりとしても用いられるようになりました。

整理しますと、最初、光はエネルギーでした。現在の太陽電池、レーザ加工の技術はエネルギーとしての光を応用したものです。

そして、眼による認識を助ける役割を持った光。これは照明、カメラ、テレビ、光センサに結びつく役割ですね。

そして、50年ほど前から、光に新しい役割が加わりました。それが通信、記録、情報処理、情報伝達です。光は情報伝達の手段になったわけです。

たとえばCD、DVDのように、記録として書き込む際、光を使います。そして、光ファイバのように通信に使うようにもなりました。私が研究している光トランジスタにも、光が活用されています」

■光と電気

「元々、情報通信は電気を使っていました。アレクサンダー・グラハム・ベルが電話機を発明した時から電気を使ったのです。そして、トランジスタが発明され、情

報通信は一気にアップグレードされます。しかし、そうした電気を使っていた部分が50年ほど前から光に置き換わるようになってきました。

ここで、光と電気の役目について話をします。

人間は光と電気の性質を調べていくうちに、それぞれの得意、不得意がわかってきました。

光はエネルギーや照明だけではなく、情報を載せる媒体として向いていることがわかってきたのです。

そして、光はエネルギーの手段としての使い道も広がっていますが、情報通信の媒体としても範囲が広がってきています。どこまで光を使うことができるかが私たちの今後の大きな課題でしょう。

一方、電気です。通信に電気は向くのか。実は長距離伝送には向いていないのです。電気の通信は光に比べてロス（損失）が大きく、長距離に使うとその影響が非常に大きくなります。つまり損失が大きいので、遠くに送るには向いていません。

実は光と電気の情報送信についてNTTには私よりも詳しい人が大勢います。ですから、あまり偉そうに語ることはできません。ですので、ほんのちょっぴりだけ話します。

物理的に考えると、電気は伝送する際、必ず抵抗が生まれます。抵抗をゼロにはできないので、抵抗がある銅線などに電気を流せば必ず損失があります。

ところが、光には抵抗はありません。光を使って送るとロスが少ないのです。光ファイバが発明され、電気を通す銅線と比較してみると、いかにも光の方が損失が少ない。光の損失は、伝わる媒質の透明度が影響しています。

つまり、光は媒質を可能な限り透明なものにしてやれば遠くまで送ることができます。

また、電気信号は速く送ろうと思った場合、抵抗があるために遅くなる。遅くなると、信号自体が鈍ってしまう。信号が鈍るというのは、信号の正確性がなくなることです。

ですから、信号が高速になればなるほど、スピードとエネルギーの両面で電気信号は不利になります」

■光も電気も電磁波

「光は媒質の材料をよくすることで、いくらでも速い信号を送ることができます。また、光は高い周波数の電磁波なので、ギガヘルツ、テラヘルツといった情報でも媒質の材料がよければ鈍くならずに送ることができます」

ここで、わたしは質問した。

「納富さん、光信号って実際は電磁波で電気の振動みたいですが、電気信号と電磁波ってどう違うのですか」

「野地さん、いい質問です。それ、東工大の学生でもよく混乱しています。

まず、電気信号も光も電磁的な波動として伝わります。ただし電気信号は基本的に「金属のなかの」電子が振動することによって伝わっていきます。

一方、電磁波は、場の振動です。電磁波とは電場と磁場が振動しているものです。

電磁波は電場と磁場が振動しているものが伝わっていく。電磁波は間に物があるとなかろうと、どこでも伝わっていく。ですから、宇宙空間のような真空でも電磁波は通ります。これはものすごく大事です。

電気の信号は繰り返しますが、金属のなかを通るものだから、電磁波とは「電」という字が重なっているだけで、まったく違うものです」

「わかりました」とわたし。

なお、電磁波についての補足だが、電磁波は周波数によって、性質が大きく異なる。可視光線はヒトや動物が認識できる電磁波だ。そして、電磁波でも紫外線は殺菌作用や日焼けを起こす作用を持つ。暖房器具などが発する赤外線は暖かく感じる性質を持つ電磁波だ。X線は物を透過する性質がありX線撮影などに用いられる電磁波である。このように、電磁波は金属のなかを通る電気信号とは明確に異なる。

■光と電気の速度について

納富の話にもあったが、光を使ったネットワークの優位は速度にある。

光は速い。速度は1秒間に30万キロメートル。1秒で地球を7.5周する。電気信号も電子の振動、つまり電磁的な波動なので、実は速度自体は変わらない。だが、1秒間に送ることのできる信号量が違う。

電気と光の信号量の違いがどこにあるかと言えば、それは信号を伝える周波数が異なるからだ。光は電気よりも3桁（1000倍）以上高い周波数で伝搬する。周波数が高い（1秒当たりの繰り返しが多い）とは同じ時間でより多くの情報を伝搬できることになる。そこから考えると、光は電気よりも1000倍以上の情報を送ることができる。

具体的には、2時間分の8K映像を日本からアメリカまで送るとすると、最新の光伝送システムであれば数秒

だ。一方、電気の回線を利用すると数百時間になってしまう。

■光のネットワーク

NTT未来ねっと研究所に所属するフェロー、宮本裕は入社（1988年）以来、光ファイバ通信の実用化と研究開発に携わってきた。彼に訊ねたのはふたつだ。

ひとつはなぜ日本が世界の国よりも光のネットワークが整備されているのか。もうひとつは光の通信と電気の通信の違いである。

宮本は「その前にどうしても伝えておきたいことがあります」といった。それは「NTT研究所は創立以来、実用化に重きを置いている」ことだという。

ノーベル賞級、画期的、オリジナル、世界初といった研究成果を追求するだけでなく、それが人の役に立つものとして一般に使われるように実用化することが目的だと断言する。

「NTT研究所は前身の通信省電気通信研究所の頃から、研究だけではなく、研究開発と実用化までやるのがモットーでした。初代の所長、吉田五郎は『知の泉を汲んで研究し実用化により世に恵を具体的に提供しよう』と言っています。ここに私たちの研究所の目的が表れています。なお、『ディベロップメント』という英語をいちばん最初に『実用化』と訳したのが吉田と聞いています。それくらい、実用化にこだわっていたんですね。

ただ、私自身は入った頃、『実用化』という言葉に違和感を持っていました。しかし、研究しているうちに実用化の重要性がわかってきました。

それは研究しながら実用化を頭に置いておくと、アイデアが広がるのです。そして、実用化しようとするればこれまでの常識はほぼ通用しません。これはちょっとあり得ないよねといった非常識なアイデアの方が実用化に向きます。

従来、非常識とされたものから出たアイデアのうち役に立つものを選んで、常識として誰でも使えるようにする。それが大事なんです。実用化は簡単なことではありません。難しいことを簡単にすることです。アイデアをぐるぐる回すことが非常に重要です。そうして知恵とか知識を蓄えていくのが、『知の泉』ではないか、と。NTTが開発した光ファイバも、それまでは非常識とされたことに挑戦してできたものでした」

NTT、当時の日本電信電話公社（電電公社）が光ファイバの研究に乗り出したのは1971年2月のことだった。

その頃の電電公社にとって最大のミッションは「積滞

解消」だった。日本中の事務所、家庭のすべてに固定電話が通じていたわけではなく、申し込んでも、すぐには電話の取り付け工事ができない状態（積滞）だったのである。

積滞が解消したのは1978年だ。以後、電電公社は新しい技術である光ファイバ通信システムの実用化に向けて大きな予算を投入する。

同じころ、有線通信システムはすでにメタリック（銅線）ケーブルの性能限界に直面していた。

「メタリックのネットワークでは伸びていく一方の通信量をまかなえない」

それが1970年代に起きた電気通信におけるキャパシティ・クラッシュ。つまり、メタリックの同軸ケーブルだけでは先々の需要をカバーできない見通しとなったのである。

宮本は「光ファイバを用いた光通信システムを導入しなければ当時のキャパシティ・クラッシュを脱することができなかったでしょう」と振り返る。

「電電公社は1980年代中頃から光ファイバケーブルと光ファイバを用いた光通信システムを導入していきました。

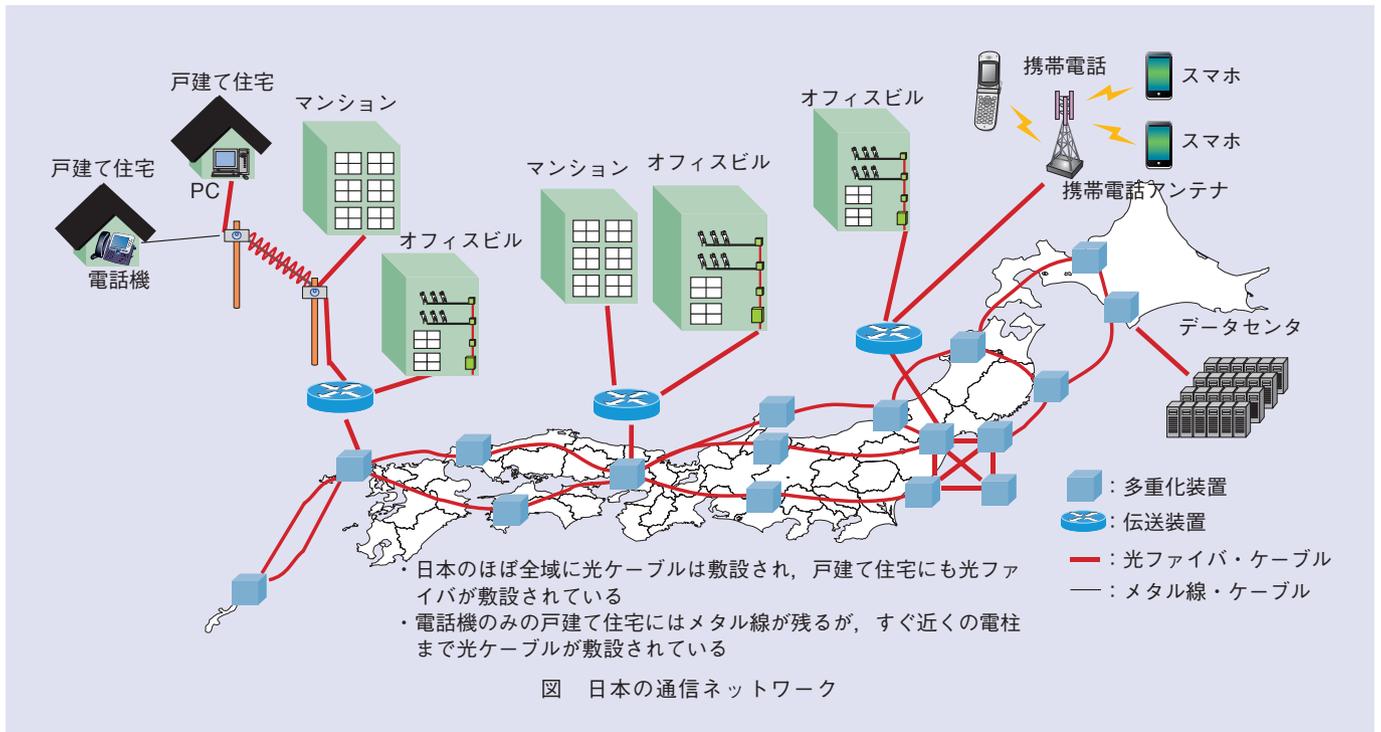
1985年には現在の世界の標準になっているシングルモード光ファイバケーブルと、毎秒400メガビットの光通信システムを一気に実用化しました。日本縦貫、つまり、北海道から鹿児島までの幹線光通信ネットワークを世界に先駆けて実用化し、日本の通信史上のマイルストーンとなっています。

研究所では1970年代後半にはすでにメタリックの同軸ケーブルを使ったシステムの限界が来るのはわかっていました。当時、金属でできた中空パイプ状の導波管（電波を伝搬する管）のなかで、ミリ波と呼ばれる高い周波数の特殊な電磁波をもちいることで、今の光ファイバ並みに、非常に低損失な電気通信が、実現できることが知られていました。

電電公社のみならず当時の世界の研究者たちはこの性質を利用して、従来のメタリック同軸ケーブルを用いた電気通信システムの性能を大幅に凌駕する、ミリ波導波管システムの研究・開発・実用化を推進したのです。

ミリ波導波管システムは、ほぼ実用化の一手前まで行ったのですが、同時期に、光ファイバや半導体レーザーを使った光通信システム技術のポテンシャルが次々と明らかになっていきます。

当時は光ファイバ通信自体、非常識な技術とされていたようですが、現在では、光ファイバの方は、はるか



に帯域が広く、同軸ケーブルに比べると100倍以上低損失で、導波管よりはるかに軽量で敷設が容易であるケーブル化も可能だとわかりました。たとえば、同軸ケーブルに50メガヘルツくらいの信号を通すと、その信号強度はたった1キロメートル進んだだけで、100分の1になってしまいます。ところが、光ファイバに代えたら、100分の1に減衰するまでに100キロは進むことができます。損失量だけで100倍、違うのです」

■光ファイバ・システムの進化

こうした実用化に向けた努力と導入するための戦略を用意したため、現在、日本の光ファイバ敷設率は世界のトップレベルに到達している。

日本にある通信用ケーブルの98.8パーセントはすでに光ファイバ（世帯カバー率）だ（図）。

日本よりもカバー率が多い国にはUAE、クウェート、シンガポールなどが挙げられるが、いずれも人口は多くない。

1億人以上が暮らす国でこの比率まで光ファイバ化が進んでいるのは世界中で日本だけだ。そのため日本はUAEなどの国と並んで、オールフォトンクス・ネットワーク（APN）にもっとも近い位置にいる。

野地秩嘉（のじつねよし）

1957年東京都生まれ。早稲田大学商学部卒業後、出版社勤務を経てノンフィクション作家に。日本文藝家協会会員、人物ルポルタージュをはじめ、食や美術、海外文化などの分野で活躍中。著書は『高倉健インタビューズ』『キャンティ物語』『サービスの達人たち』『ニューヨーク美術案内』など多数。『トヨタ物語』『トヨタに学ぶカイゼンのヒント』がベストセラーに。『TOKYOオリンピック物語』でミズノスポーツライター賞優秀賞受賞。近著は『日本人とインド人』（翻訳 プレジデント社）。



メディア研究から人の活動を支援・代替するAI技術の研究開発へ

音響処理



音声合成



音声認識

言語処理



4Dデジタル基盤

デジタルトランスフォーメーション(DX)の推進・促進において、AI技術は極めて重要な役割を担っており、その研究開発には高い期待が寄せられている。NTTメディアインテリジェンス研究所では、これまで培ってきたメディア研究をコアコンピタンスとして、「人の活動を支援・代替するAI技術」の実現に向けた研究開発に取り組んでいる。本特集号ではこれら取り組みについて紹介する。

Artificial Intelligence

メディア研究から人の活動を支援・代替するAI技術の研究開発へ

NTTメディアインテリジェンス研究所で研究開発を推進している、人の活動を支援・代替するAI技術の取り組みについて紹介する。

48

究極のプライベート音空間を実現するメディア処理技術

聞きたい音だけが聞こえ、聞かせたくない音は聞かせない世界の実現へ。パーソナライズドサウンドゾーンの取り組みとその技術について紹介する。

52

多様なユースケースに適用可能な音声合成エンジン「Saxe」

より豊かに、より正しく、より多様な声を作り出す音声合成エンジン「Saxe（サククス）」の技術概要、および適用事例について紹介する。

57

コミュニケーションの知識源化を実現する音声認識技術

音声認識技術のこれまでの発展から、これからの人の活動、企業活動における音声認識技術の貢献、役割について紹介する。

63

顧客接点業務を支援・代替する知識・言語処理技術

コンタクトセンタやオフィスの生産性向上に資する知識・言語処理技術のうち、言語モデル・文書要約技術・応対分析技術について紹介する。

69

4Dデジタル基盤の実現に向けた空間情報処理技術

ヒト・モノ・コトのセンシングデータをリアルタイムに収集し、多様な産業基盤とのデータ融合や未来予測を可能とする4Dデジタル基盤と、これを構成する技術について紹介する。

74

主役登場

井島 勇祐（NTTメディアインテリジェンス研究所）
“機械による声”が当たり前になる未来

80

ance Technology

メディア研究から人の活動を支援・代替するAI技術の研究開発へ

近年、デジタルトランスフォーメーション（DX）に大きく期待が寄せられており、昨今の新型コロナ禍によって取り組みが加速していくことが想定されます。また、AI（人工知能）の技術競争が激化しており、学習データ量においてはプラットフォームによる莫大なデータの獲得がなされています。このような中で、NTTメディアインテリジェンス研究所では培った技術やノウハウを強みとして、人の活動を支援・代替するAI技術の研究開発を推進しています。本特集ではその取り組みについて紹介します。

たなか	ひでのり	きたはら	まさき
田中	秀典	北原	正樹
くさち	よしのり		
草地	良規		

NTTメディアインテリジェンス研究所

はじめに

NTTメディアインテリジェンス研究所では、これまで音声・音響・言語・画像・映像等のメディアを処理する技術の研究開発に取り組み、さまざまな技術を実用化してきました。近年では、コンタクトセンタにおけるオペレータ支援⁽¹⁾やAIエージェントの実現^{(2),(3)}、緊急通報システムにおける集音⁽⁴⁾、4K・8K放送における映像圧縮装置⁽⁵⁾などの事業貢献を行っています。

しかし、昨今市場環境は大きく変化するとともに、競争も激化しています。各産業において、デジタル化によって既存の仕組みを変革するデジタルトランスフォーメーション（DX）が進みつつあり、昨今の新型コロナ禍によってさらに取り組みが加速していくことが想定されています。また、深層学習（ディープラーニング）の登場によって第三次AIブームが起ころい、AI技術の基本アルゴ

リズムは誰でも活用できるようになっています。さらに、性能に寄与する学習データはGAFA（Google, Apple, Facebook, Amazon）を代表するプラットフォームによって大規模に収集されており、AIの性能が日々向上する世界が実現されています。これらの外部環境に対して、NTTグループでは、中期経営戦略においてSmart World実現に向けB2B2XやDXの取り組みを推進しています。さらには、革新的な技術によってスマートな世界を実現するIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想を提唱し推進しています。

このような背景を踏まえ、NTTメディアインテリジェンス研究所では、これまでメディア処理における研究開発で培った技術やノウハウを活かして、価値の源泉となる人の活動を支援・代替するためのAI技術の研究開発に取り組むとともに、中長期的な新しい価値の創出をめざしたデジタルツインコンピュー

ティングの研究開発に取り組んでいます⁽⁶⁾。
本特集では、人の活動を支援・代替する領域に向けたAI技術の研究開発について紹介します。

人の活動を支援・代替するAI技術の概要

人の活動を支援・代替するAI技術の適用領域については、いくつかのシーンが考えられます。例えば、効率化として、これまで私たちが取り組んできたコンタクトセンタにおけるオペレータの生産性向上やAIエージェントにとどまらず、オフィスの業務プロセス改善や生産性向上、また新しい価値として生活の質の向上などがあります。さらには、昨今の新型コロナ禍によって、在宅勤務やオンライン会議等が浸透していくとともにその在り方が変容していくことも考えられます。

こういったシーンにおいて、現行のAI技術を適用するだけでは、実現が難しいことがあります。例えば、より個人やその環境に即した支援・代替を実現しようとする、個人や環境にかかわるデータを取得する必要性がありますが、多量のデータが取得できない場合があります。そのような条件下で性能を出すのは容易ではありません。また、音声認識技術1つをとっても、電話と会議では、音声をテキスト化するだけで事足りるのか、誰が話し

ているのかまで認識する必要があるのかなどの違いが出てきます。オンライン会議となるとさらに求められる性能や要件の違いが出てくる可能性もあります。

そこで、NTTメディアインテリジェンス研究所では、少量データから効率的に学習を行う技術、新しい効果を生み出す技術、既存技術の性能にブレークスルーをもたらす技術に着目して取り組みを始めています。

人の活動を支援・代替するAI技術の取り組み状況

本特集記事では、現在取り組みを進めている技術群について紹介します。『究極のプライベート音空間を実現するメディア処理技術』では、在宅勤務などでの応用が期待できる究極のプライベート空間を実現するために、重要な要素の1つである音に着目し、周囲の状況を音から理解する技術、聞きたい人にだけ聞かせる技術、および聞きたくない音を消す技術といった、新しい効果を生み出す技術を確立することをめざしています。

『多様なユースケースに適用可能な音声合成エンジン「Saxe」』では、バーチャルアナウンサーやAIエージェントの声を生成する音声合成技術に関して、文脈に応じて同形異音語の高精度な読み分けを可能とする技術、低コストで多様な話者性を再現する

DNN 音声合成技術といった、既存技術の性能にブレークスルーをもたらす技術および少量データから効率的に学習を行う技術について紹介します。

『コミュニケーションの知識源化を実現する音声認識技術』では、会議や対面接客における音声の認識を想定し、従来の音声をテキスト化する技術の向上に加えて、音声から話者の性別や感情を抽出するといった新しい効果を生み出す技術についても紹介します。

『顧客接点業務を支援・代替する知識・言語処理技術』では、適用シーンに応じて長さを指定して文書を要約する文書要約技術、インサイドセールスにおけるオペレータの生産性向上を実現する応対分析技術といった、既存技術の性能にブレークスルーをもたらす技術および新しい効果を生み出す技術について紹介します。

そして最後に、『4D デジタル基盤の実現に向けた空間情報処理技術』では、多様なセンシングデータをリアルタイムに統合しさまざまな未来予測を可能とする4D デジタル基盤⁽⁷⁾の実現に向けて、実空間を構造化する技術、時間変化を含む3D データを効率的に保存・活用する点群符号化技術といった、少量データから効率的に学習を行う技術および既存技術の性能にブレークスルーをもたらす技術について紹介します。

想定するユースケース

昨今の新型コロナ禍もかんがみ、人の活動を支援・代替するAI技術のユースケースを紹介します(図)。個人空間の創出では、在宅勤務において疑似的に個人空間を構築し、プライバシーの流出がない空間を個人宅内につくり上げます。オンライン会議では、進行をテキスト化・要約・翻訳し、従来の人の働き方について時間・空間の制約を緩和することでイノベティブな共同作業を支援します。また、アナウンサー等、従来は人にしかできなかった業務をAIが代替することで、人どうしの接触を不要とした速やかな業務を実現します。物流改革の観点では、不足しているモノ・場所をSNS等から特定し、都市の3次元構造物を認識して自動で届ける(必要な物を必要な人に迅速に届ける)ことが可能になると想定しています。

今後の展望

昨今取り巻く環境は目まぐるしく変化しています。人の活動を支援・代替するには、技術もこうした変化に対応していく必要があります。マクロとミクロの変化の両面をとらえつつ柔軟に研究開発を推進していきたいと考えています。

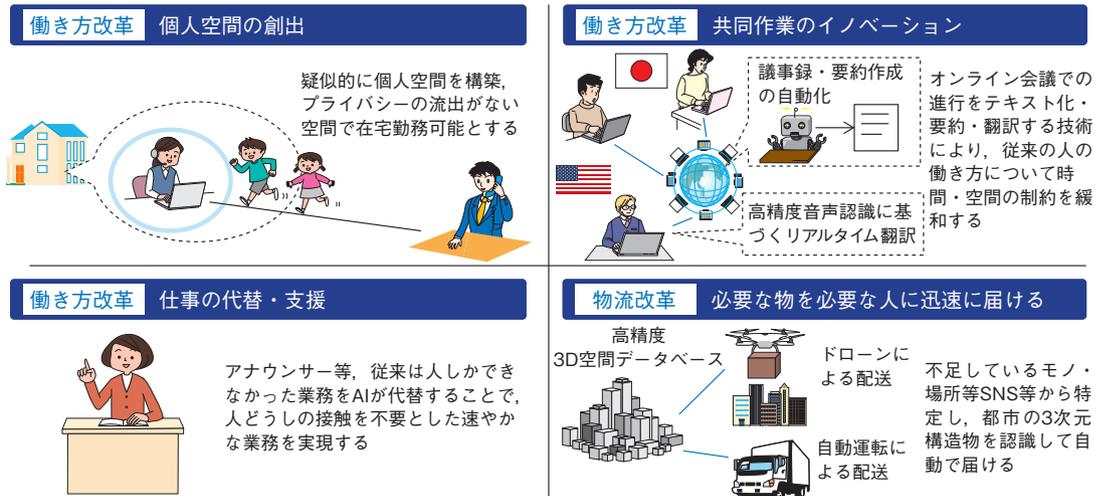


図 人の活動を支援・代替するAI技術のユースケース

■参考文献

- (1) https://www.ntt-tx.co.jp/products/foresight_vm/
- (2) <https://www.ntt.com/business/services/application.html#ai>
- (3) <https://www.nttdocomo.co.jp/service/mydaiz/>
- (4) <https://www.ntt.co.jp/news2018/1802/180219c.html>
- (5) <https://www.ntt.co.jp/news2016/1602/160215b.html>
- (6) <https://www.ntt.co.jp/svlab/DTC/whitepaper.html>
- (7) <https://www.ntt.co.jp/news2020/2003/200326c.html>



(左から) 田中 秀典 / 北原 正樹 / 草地 良規

新技術は既存の手段よりも扱いづらいことがありますが、うまく使いこなした企業は競争優位性を獲得することが可能です。ぜひNTTメディアインテリジェンス研究所の技術をご活用ください。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
 企画部
 TEL 046-859-2497
 FAX 046-855-1149
 E-mail hidenori.tanaka.ba@hco.ntt.co.jp

究極のプライベート音空間を実現する メディア処理技術

NTTメディアインテリジェンス研究所では、働き方改革等で注目されているテレワークのような、多様な空間におけるデジタルトランスフォーメーションの推進に向け、究極のプライベート空間をつくるメディア処理技術の研究開発を進めています。その実現に向け、もっとも重要な要素の1つである音に着目し、周囲の状況を音から理解する技術（イベント検知・シーン識別技術）、聴きたい人にだけ聴かせる技術（能動サウンド制御技術）、および聞きたくない音を消す技術（能動騒音制御技術）を確立することをめざしています。本稿では、これらの技術への取り組みについて解説します。

ふくい まさひろ さいとう しょういちろう
福井 勝宏 齊藤 翔一郎
 こばやし かずのり
小林 和則

NTTメディアインテリジェンス研究所

はじめに

政府が推進する働き方改革および新型コロナウイルスの影響により、従来のようにオフィスに出勤する働き方が見直され、場所や時間にとらわれない柔軟なワークスタイルが注目を浴びています。こうした新しいワークスタイルで重要となるのが、どんな場所でも快適に仕事をするための音環境が整えられることです。ここで、在宅勤務について考えてみましょう。家の中には、エアコンが発するノイズや屋外の自動車走行音、時には宅配便を知らせるチャイムなど、いろいろな音が存在します。家族がいる場合は、その人たちの声やテレビからの音もあるかもしれません。エアコンなどのノイズや家族・テレビが発する音は在宅勤務者にとって「聞きたくない音」です。しかし、状況によっては、チャイムや赤ちゃんの泣き声は「聞きたい音」になる場合があります。在宅で電話会議などを行う場

合、こちら側で発生するノイズは通信相手に届けたくありません。反対に、通信相手からの音声は、他の人に聞かせたくありません。このように、在宅勤務者が、聞きたい音だけ聞ける、また通信相手からの音声は在宅勤務者だけに聞こえる、といった究極のプライベート音空間をつくり出すことができれば、快適な在宅勤務ができるようになります。

現在、NTTメディアインテリジェンス研究所では、「パーソナライズドサウンドゾーン（PSZ: Personalized Sound Zone）」と名付けたこの究極のプライベート音空間の実現をめざしています（図1）。PSZでは、周囲の音情報を正確に集音し、周囲の状況を理解したうえで、適切に音を制御する、など複数の技術を組み合わせて実現します。NTTメディアインテリジェンス研究所ではこれまで集音技術について多くの知見を蓄積しており、それをさらに発展させた音の「状況理解」や「制御」の技術に現在取り組んで

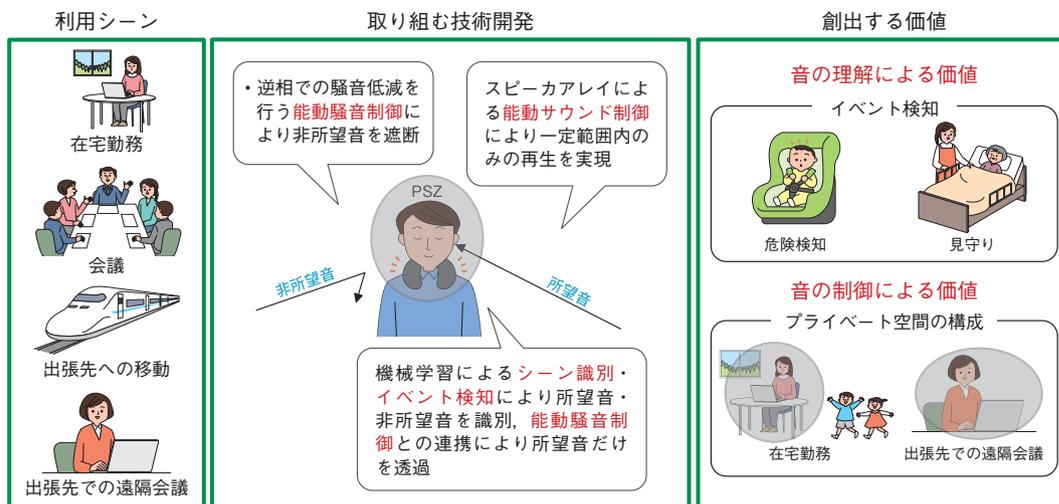


図1 パーソナライズドサウンドゾーンコンセプト

います。以下に、大きく3つの取り組みについて紹介します。

周囲の状況を理解する技術 (イベント検知・シーン識別技術)

人は状況によって聞きたい音が異なります。例えば自宅内だと愛犬が鳴く声は聞きたいかもしれませんが、外出先での他の犬の鳴き声は聞きたくないかもしれません。このような場合に、「外出先」において「犬が鳴いている」ということを検知できれば、その音は聞きたくない音である、ということをお判断することができます。

このように、PSZを実現するためには、単純にすべての周囲音を抑制するのではなく、状況に応じてユーザーに選択的に音や状況を伝えることが重要です。そのためには、ユーザーを取り巻く「環境」を認識する必要があります。そのために、「いつ」「何が」「どこで」

といった情報を同時推定する「イベント検知技術」や、「どのような」「なぜ」といった情報の意味を推定する「シーン識別技術」に取り組んでいます。

イベント検知技術の難しい点は、同一の場所に到達する音であっても、周囲の多種多様な環境によって音がさまざまに変化する点です。例えば、音が「どこで」発生したかを求める音源定位は、近年、ディープニューラルネットワーク (DNN) を用いた手法が主流ですが、この環境の多様性によりDNNであっても学習データでカバーしきれないことが課題となっています。それに対し、音場の空間対称性を利用したり、物理量推定の手法と組み合わせるなどの工夫で推定精度を向上させる取り組み^{(1)~(3)}などに取り組んでいます。一方で、特定のイベントのみを高速・低演算に検知する、というアプリケーションの要請を満たす手法の検討についても進めています⁽⁴⁾。

シーン識別技術は、イベントや音源位置より上位の情報として、ユーザの置かれた「状況」の情報を推定することを目標としています。例えば、「車の走行音」というイベントだけでなく、ユーザがどういう状況なのか、また「遠方にある不要な音なので抑圧する」のか「自分に近づいているのでユーザに提示して注意を促す」のか、というところまで判断できるシステムをめざしています。現在その要素技術として、音信号を自然言語で記述する「音説明文生成技術」⁽⁵⁾について取り組んでいます。

聴きたい人にだけ聴かせる技術 (能動サウンド制御技術)

周囲に影響を与えないように音を聞く場合、これまではイヤホンやヘッドホンを装着する手段が用いられてきました。しかし、着用の煩わしさ、長時間使用による疲れや難聴のおそれ、周囲の状況や危険の察知しづらさ

など、多くの問題がありました。このため、イヤホンやヘッドホンをいわずに対象の受聴者のみが聞こえるようなスポット再生ができれば、これらの問題を解消でき、より便利になります(図2)。NTTメディアインテリジェンス研究所では、このような再生技術の実現をめざし、ソフトウェアとハードウェアの両面で研究開発に取り組んでいます。以降では、それぞれについて課題と取り組みを説明します。

■ソフトウェア性能向上の取り組み

スポット再生するためには、複数のスピーカを必要としますが、再生領域の制御自体はソフトウェアで実現され、能動サウンド制御と呼ぶ信号処理技術を用います。この技術では、通常、再生可能な上限の周波数が高く設定されているほど多くのスピーカを必要とします。また、各スピーカの配置についても制約が発生する場合があります。NTTメディアインテリジェンス研究所がめざすPSZは、



図2 能動サウンド制御技術の適用域

個人向けの空間である性質上、一般的な問題設定と異なり、スピーカの数・配置自由度が著しく制限されます。例えば自宅であれば、スピーカを設置できる場所はPCが置かれた机の周りなど、わずかなスペースに限られます。このような厳しい制限の中、少数のスピーカと限られたスペースでのスポット再生をめざします。能動サウンド制御技術では、フィルタ設計に必要な条件をすべて洗い出して、全条件を同時に満たすよう全体最適化を行っています。

■ハードウェア性能向上の取り組み

信号処理技術の検討だけでなく、制約のあるスピーカ数や設置場所において音漏れを最小にできるスピーカ配置を検討するとともに、通常のスピーカより離れるにつれ音量の減衰の大きなハードウェアの検討にも取り組んでいます。ほかにも、上記の取り組みと並行して小型のスピーカで低音を再生する研究開発も行っています。高い音質を保ちたい場合は低音が重要になります。低音を十分な音量で再生するには、スピーカ本体の物理的な大きさを必要とします。しかし、前述のとおり、PSZの実用化にはスペース的な制約がある

ため、サイズの大きいスピーカの利用は現実的ではありません。本研究では、小型スピーカの低音限界がこれまでより低くできるようハードウェアの改良を行っています。

聴きたくない音を消す技術 (能動騒音制御技術)

PSZでは、到来する音をイベント検知・シーン識別技術により識別し、不要な音は聞こえない空間の実現をめざします。

現在、広く実用化されているイヤホンなどのノイズキャンセリングは、音を消す空間が狭く、かつ、固定的なため、実現が容易です。しかし、長時間イヤホンを装着するのは、耳が痛くなるなどストレスがたまります。身体に装着しなくてもよい機器で、不要な音を消す技術が実現できれば、より便利になり利用シーンも広がります(図3)。

ある空間で音を消す能動騒音制御技術は、制御音を発生させる制御用のスピーカ、制御点の誤差信号を観測するエラーマイクロホン、騒音信号を参照するリファレンスマイクロホン、そして制御音を生成するための適応アルゴリズムを計算させる制御器で構成されま

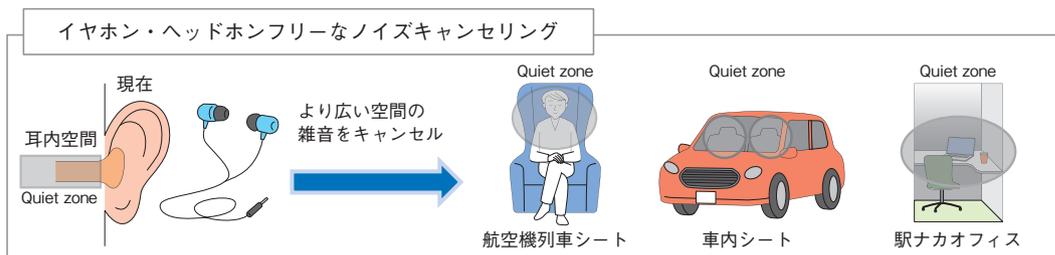


図3 能動騒音制御技術の適用域

す。エラーマイクロホンで観測される誤差信号が小さくなれば、不要音を低減できています。

制御音を出すスピーカの数が多いほど、制御できる点が増え、不要音を消しやすくなります。しかし家庭内での利用を考えた場合、少数スピーカでの実現が望まれます。また、日本の住宅事情を考慮すると、これらのスピーカ・マイクロホンが近くに配置されることとなります。これまでの能動騒音制御技術で想定していなかった、制御音がリファレンスマイクロホンに回り込むことによる性能劣化など、解決しなければならない問題が残っています。

「聴きたくない音」は、個人や環境によって変わってきます。例えば屋内にいるときは、自動車走行音は聴こえないほうが快適ですが、屋外では走行音が聴こえたほうが安全です。イベント検知・シーン識別で何の音かを検知した後に、その音が今必要かなど、状況に応じた要否を判断するための技術も必要になります。「聴きたい音だけ聞ける世界」を実現するためには、複数の技術が必要になり、それらを高い次元で連携させる必要があります。

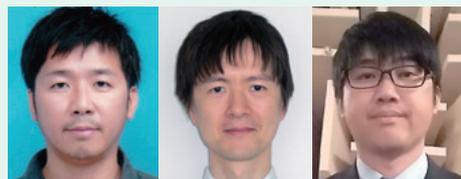
今後の展望

本稿では、PSZの概要を述べ、これを実現するための要素技術である「イベント検知・シーン識別技術」「能動サウンド制御技術」および「能動騒音制御技術」における現状の取り組みについて説明しました。技術的な課

題はまだ残されており、NTTメディアインテリジェンス研究所では今後も研究開発を継続的に行っていきます。また、PSZの実現に向け、研究開発だけでなく社内外との連携にも取り組んでいきます。

参考文献

- (1) L. Mazzon, Y. Koizumi, M. Yasuda, and N. Harada: "First order ambisonics domain spatial augmentation for DNN-based direction of arrival estimation," Proc. of DCASE 2019 Workshop, New York, U.S.A., Oct. 2019.
- (2) M. Yasuda, Y. Koizumi, S. Saito, H. Uematsu, and K. Imoto: "Sound Event Localization based on Sound Intensity Vector Refined By DNN-based Denoising and Source Separation," Proc. of ICASSP 2020, Barcelona, Spain, May 2020.
- (3) 佐藤・丹羽・小林: "物理的な対称性を保証したアンビニクス領域 DNN による音響イベント検知・方向推定," 日本音響学会秋季研究発表会, 2020.
- (4) 村田・齊藤・小林・中川: "決定木に基づく軽量の音響イベント検知の検討," 日本音響学会秋季研究発表会, 2020.
- (5) Y. Koizumi, R. Masumura, K. Nishida, M. Yasuda, and S. Saito: "A Transformer-based Audio Captioning Model with Keyword Estimation," Proc. of INTERSPEECH 2020, Shanghai, China, Oct. 2020.



(左から) 福井 勝宏 / 齊藤 翔一郎 / 小林 和則

NTTメディアインテリジェンス研究所では、パーソナライズドサウンドゾーンの実現に向けて、企業間連携も推進しながら研究開発を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
 心理情報処理プロジェクト
 意図理解技術グループ
 TEL 0422-59-4907
 FAX 0422-60-7811
 E-mail masahiro.fukui.xe@hco.ntt.co.jp

多様なユースケースに適用可能な音声合成エンジン「Saxe」

近年では、深層学習等の技術進展、AI（人工知能）による人の活動の支援・代替といった社会的背景の変化に伴い、音声合成技術が必要とされるユースケース、要求される機能・性能が変化しつつあります。新たなユースケース適用への課題として、多種多様な「文脈に応じた読み分け」「話者性の再現」「動作環境」への対応があげられます。NTTメディアインテリジェンス研究所ではこれらの課題に対し、DNN（Deep Neural Networks）に基づく音声合成エンジン（開発コード「Saxe（サククス）」）を開発しています。本稿では技術概要、および適用事例について紹介するとともに、今後の展開について述べます。

いじま ゆうすけ こばやし のぞみ
井島 勇祐 小林
やぶした ひろこ なかむら たかし
藪下 浩子 中村 孝

NTTメディアインテリジェンス研究所

はじめに

音声合成技術とは、入力されたテキストに対応する音声を生成する技術で、テキスト音声合成技術（TTS: Text-to-Speech Synthesis）とも呼ばれます。NTTでの音声合成に関する研究開発の歴史は長く、これまでに開発してきた音声合成技術は、web171（災害用伝言板）、177（天気予報電話サービス）、IVR（自動電話応答システム）といった電話サービスをはじめとした、「情報を正しく伝えること」を目的としたサービスで幅広く使われています。

一方近年では、深層学習をはじめとしたさまざまな技術進展、AI（人工知能）による人の活動の支援・代替の進展といった社会的背景の変化に伴い、音声合成技術が必要とされるユースケース、要求される機能・性能も変化しつつあります。これまでの「情報を正しく伝えること」を目的としたユースケースで

は、「定型的な文章を」「特定の話者の声で」音声を生成することが求められていたのに対し、人の活動を支援・代替するユースケースでは、「多種多様な文章を」「所望の話者の声で」「多様な動作環境で」音声を生成することが求められています。NTTメディアインテリジェンス研究所ではこれらの課題に対し、DNN（Deep Neural Networks）に基づく音声合成エンジン（開発コード「Saxe（サククス）」）を開発し、多様なユースケースへの実応用を推進してきました。本稿ではその技術概要と適用事例について紹介し、最後に今後の展開について述べます。

技術概要

(1) 文脈に応じた同形異音語の高精度な読み分け

音声合成は、大きく分けて、入力されたテキストから読みやアクセントを推定する「テキスト解析部」と、推定された読みやアクセ

ントから合成音声を生成する「音声合成部」から構成されます(図1)。このうちテキスト解析部では、誤った読みやアクセントを推定してしまうと合成音声の聴取者に正しい情報を伝達することができないため、入力されたテキストに対して高精度に読みやアクセントを推定することが求められます。しかし日本語では同じ表記でも文脈によって異なった読みやアクセントとなる「同形異音語(例えば、「辛い(カライ/ツライ)」、「寒気(サムケ/カンキ)」など)」が存在しており、高精度な読みやアクセントの推定に向けた大きな課題となります。

そこで私たちは、明らかな読み誤りに対して正しい読みを推定する「読み曖昧性解消技術」を実現しました。この技術は、言語的な知見を活かした辞書と規則によって曖昧性のある語の読みを推定します。例えば、「カレー」という語が周辺に出現していれば「カライ」に加点する、という規則をあらかじめ

用意しておくことで、「この店のカレーは辛いだけではない」という文における「辛い」という語は「カライ」が正しい読みであると推定します(図2)。ここで、「カライ」として考えられる語の表記を網羅的に書きつくすことは困難であるため、語のカテゴリ(例えば「食べ物」)なども規則として利用できる枠組みとすることで、規則数の削減と網羅性の向上を実現しています。この技術により、省メモリかつ高精度で正しい読みを推定することが可能となりました。

(2) 低コストで多様な話者性を再現する DNN 音声合成技術

高精度な読みやアクセントの推定が要求されるテキスト解析部に対し、音声合成部では、顧客の要望などに応じた所望の話者の音声を高精度に再現することが要求されます。しかし、所望の話者で高品質な音声合成を実現するためには、その話者が発声した大量の音声データ(例えば、波形接続型音声合成方式

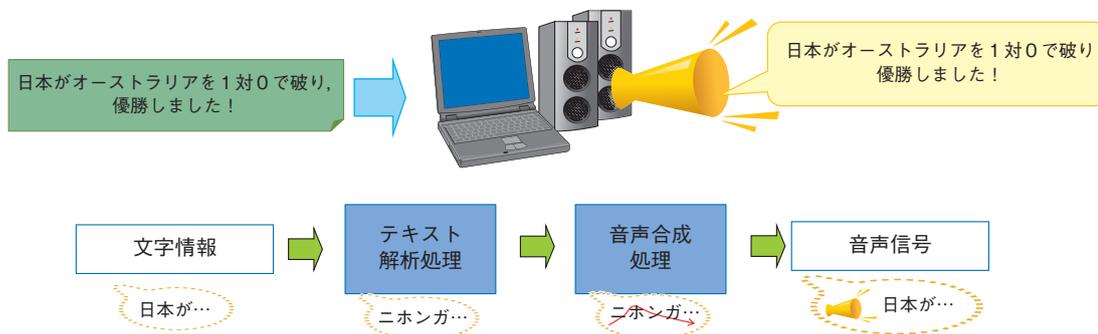


図1 音声合成技術の概略

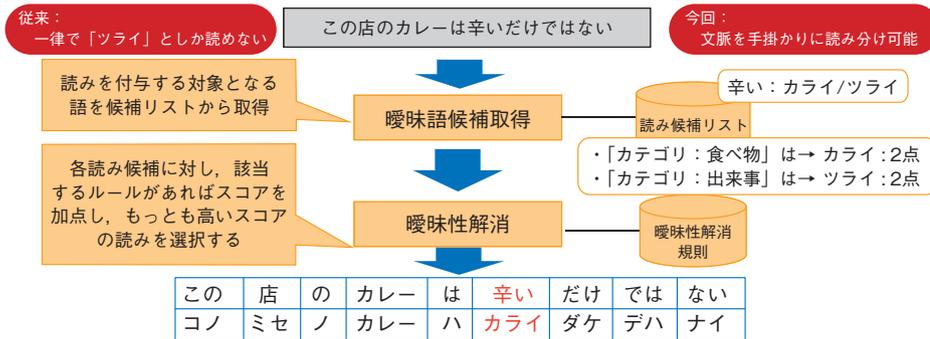


図2 読み曖昧性解消技術の概要

Cralinet⁽¹⁾では、高品質な合成音声を生成するためには数時間～20時間程度が必要となります。そのため音声対話システム等で、さまざまなキャラクターの音声合成を実現するためには、音声収録やデータベース構築等のコストが大きな課題となっていました。

この課題に対して、私たちはこれまで整備してきた多数話者の音声データベースとDNNとを活用することで、20～30分の音声データ（2時間程度の音声収録）から所望の話者での高品質な音声合成を実現しています。この方式の特長は、複数の話者の音声データを1つのDNNでモデル化することです（図3）。読みやアクセントといった音声を生成するために必要な情報は、あらかじめ用意してある多数話者の音声データから学習し、所望の話者の声質や話し方の特徴は、所望の話者の音声データから学習します。これにより、所望の話者の音声データは少量でも高品質な音声合成を実現しています⁽²⁾。さら

に、画像生成等で有効性が示されているGAN（Generative Adversarial Networks）を組み合わせることで、合成音声の品質、話者の再現性のさらなる向上を実現しています⁽³⁾。

(3) 多様な環境で動作するDNN音声合成技術

音声合成が実際に利用される環境によっては、さまざまな制約（ネットワークに接続できない、高速なレスポンスが求められる等）により、計算リソース（CPU、ROM、RAM等）が潤沢である計算機サーバ上ではなく、計算リソースが非常に限られたスマートフォンやロボット等のデバイス上での動作が求められます。この課題に対して私たちは、合成音声の品質を可能な限り保ちながら、計算リソースが限られたデバイスにおいて実用的な速度で動作する、組み込み用DNN音声合成ライブラリを開発しました。具体的には、サーバ向けのライブラリに加えて、スマート

フォンやタブレットといったデバイス上で動作する「省リソース端末向けライブラリ」, さらには、マイコンや家電、高級玩具等といった計算リソースが大きく制限されたデバイス

上でも動作する「超省リソース端末向けライブラリ」の3種類のラインアップをそろえています(図4).

特にマイコン等においては、FPU(浮動

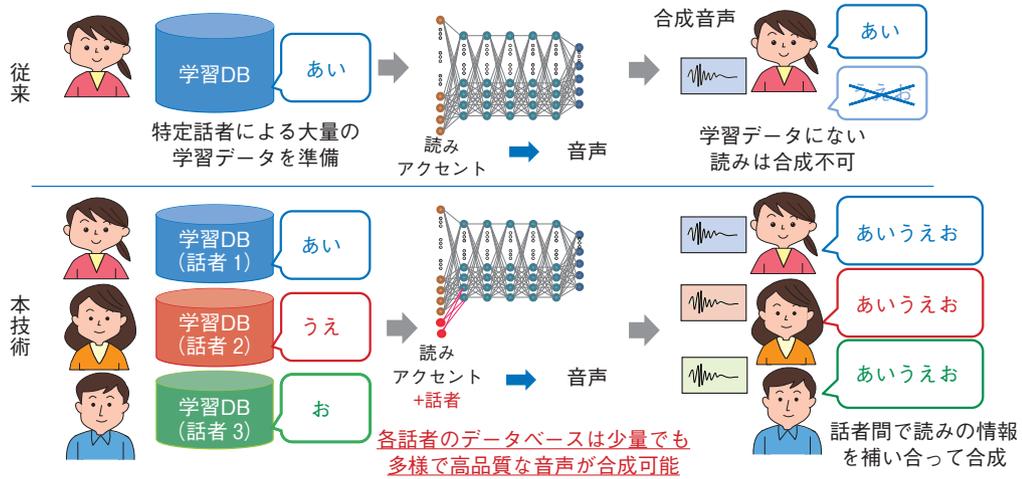


図3 多様な話者性を再現可能なDNN音声合成技術

リソース、スペック、用途等の違いにより3種類のラインアップ

	サーバ用途版	省リソース端末版	超省リソース端末版
	サーバ	スマホ、タブレット シングルボードコンピュータ	マイコン、家電、玩具
特長	高品質な音声合成、多言語対応(日英中韓)	スマートフォン等で高品質な音声合成が可能な軽量音声合成ライブラリ	整数演算のみの低スペックCPUでの動作可能な超軽量音声合成ライブラリ
CPU	×86_64	ARM Cortex-Aシリーズ	ARM 9, MIPS 1 など
メモリ	2 GB (ROM)/4 GB (RAM)	十数MB (ROM/RAM)	数MB~十数MB (ROM/RAM)
用途	コンテンツ作成、ロボット、音声対話、エンタメ、情報提供等幅広く	高速応答が必要なロボット、ネットワークが使用できない環境での利用	安価、低スペックな機器での利用

図4 多様なデバイスで動作する音声合成エンジン

小数点演算ユニット)が搭載されていないことが多く、行列演算がほとんどを占めるDNNの推論処理をどのように高速化するかがポイントとなります。「超省リソース端末向けライブラリ」では、固定小数点演算を用いることで、浮動小数点演算を用いずに高速なDNNの推論処理を実現しています。加えて、テキスト解析部にも高速化の工夫を行うことで、FPUが搭載されていないデバイス上でも高速かつ省メモリ (ROM: 7MB~) で動作する音声合成ライブラリを実現しています。

適用事例

(1) CGアナウンサーのニュース読み上げ音声への適用

私たちの研究開発した音声合成技術をサービス提供するNTTテクノクロス「Future-Voice Crayon」⁽⁴⁾は、2020年2月よりテレビ朝日の「AI×CGアナウンサー 花里ゆいな」の音声合成として採用されました⁽⁵⁾。ニュース番組のため、アナウンサーに近い豊かな表現力に加えて、さまざまなカテゴリのニュース原稿の正しい読み上げ能力が求められます。前述の「読み曖昧性解消技術」により自動的にカテゴリに合った読みを付与し、これまでかかっていた人手による読み・アクセント修正の稼働削減に寄与しています。

また、本事例におけるCGアナウンサーの声は、テレビ朝日の複数名のアナウンサーの声を混合して作成しました。特定の人物の権

利に依存しない独自の声をつくり出した取り組みとして、音声合成技術の新たな可能性を示しました。

(2) ドコモAIエージェントAPI

NTTドコモ「ドコモAIエージェントAPI」⁽⁶⁾は、音声・テキストユーザインタフェース (UI) をパッケージ化した対話型AIのASPサービスで、本サービスの音声合成エンジンとして私たちの音声合成技術が搭載されています。本APIでは、50種類以上の音声プリセット話者として準備されており、利用者は都度の音声収録や権利処理等の手間なく、さまざまなキャラクターや環境に合わせた音声UIの実装が可能となっています。ここでは前述の「DNN音声合成技術」により、小学生からお年寄りの声まで、さまざまなバリエーションの話者性の再現をかなえています。

(3) 減災コミュニケーションシステム

NTTデータの「減災コミュニケーションシステム」⁽⁷⁾は、地方自治体から住民に向けて行政・防災情報等を伝達するための告知放送システムで、自治体庁舎内の送信システムや遠隔操作端末などから、地域内に配備した屋外スピーカ装置やタブレット端末、スマートフォン・携帯電話などへ情報を配信します。配信された情報を基に屋外スピーカ装置、タブレット端末、戸別受信端末等の各デバイスで音声合成を行い、合成音声で情報の伝達を行います。

今後の展開

本稿では、NTTメディアインテリジェンス研究所の音声合成技術の近年の技術開発とその実用事例について述べました。これらの取り組みにより、音声合成技術は入力されたテキストから所望の話者の合成音声を生成するという観点では、一定のレベルまで到達しています。

一方で、現在の音声合成技術と人の発声とを比較すると、まだまだ大きな差が存在します。例えば、アナウンサーや声優であればニュースやセリフを読むときは、テキストに含まれる意図等を理解したうえで、感情を含めたり声色で表現したりしますが、現在の音声合成技術では意図の解釈はできておらず、常に同じ調子の合成音声しか生成できません。人の活動を支援・代替することに対する期待が高まっている今、音声合成技術がより広く世の中に普及するためには、人と同等か、それ以上の表現が可能な音声合成を実現する必要があると考えています。今後は、そうした文脈・意図・感情に即した表現や、聞き手の属性・受容性を考慮した表現が可能な技術に取り組むことで、さらなる適用先拡大を図っていきたいと考えています。

■参考文献

- (1) 間野・水野・中嶋・宮崎・吉田：“顧客へのリアルな音声応答を実現するテキスト音声合成技術「Cralinet」,” NTT技術ジャーナル, Vol. 18, No. 11, pp. 19-22, 2006.
- (2) N. Hojo, Y. Ijima, and H. Mizuno: “DNN-based speech synthesis using speaker codes,” IEICE Trans. on Information and Systems, Vol. E101-D, No. 2, pp. 462-472, 2018.

- (3) H. Kanagawa and Y. Ijima: “Multi-Speaker Modeling for DNN-based Speech Synthesis Incorporating Generative Adversarial Networks,” Proc. of 10th ISCA Speech Synthesis Workshop, pp. 40-44, 2019.
- (4) <https://www.futurevoice.jp/>
- (5) https://news.tv-asahi.co.jp/news_international/articles/000175834.html
- (6) <https://docs.sebastien.ai/>
- (7) https://www.nttdata.com/jp/ja/lineup/disaster_mitigation_c/



(左から) 小林 のぞみ / 井島 勇祐 /
 藪下 浩子 / 中村 孝 (右上)

音声合成は多くのユースケースで活用されており今後も拡大が期待されます。本稿で紹介した適用事例をはじめNTTグループ各社を通して、音声合成をお試しいただけます。ぜひご利用ください。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
心理情報処理プロジェクト
TEL 046-859-4301
FAX 046-855-1054
E-mail gosei-produce-p@hco.ntt.co.jp

コミュニケーションの知識源化を実現する 音声認識技術

近年、コンタクトセンタの通話分析や議会録の作成支援など、音声認識技術を活用し、これまで人が行ってきた作業を支援・代替するシーンが増えてきました。私たちは、人にもっとも馴染みやすいコミュニケーション手段である音声、今後さらに、人、特に企業における活動の支援に大きく貢献するものと考え、音声認識技術の研究開発を進めています。本稿では、私たちNTT研究所が培ってきた音声認識技術のこれまでの発展から、これからの人の活動、企業活動における音声認識技術の貢献、役割を述べるとともに、近年注目を浴びる、感情や性別、年齢といった音声から読み取る非言語情報の活用についても紹介します。

なかざわ ゆういち
中澤 裕一

やまぐち よしかず
山口 義和

しのはら ゆうすけ
篠原 雄介

もり たけし
森 岳至

みやざき のぼる
宮崎 昇

NTTメディアインテリジェンス研究所

音声認識技術の発展

「Hey Siri」. 「Ok Google」. これらは音声アシスタントに最初に話しかける言葉ですが、皆さんも利用したことがあるのではないのでしょうか。

スマートフォンや、AI（人工知能）スピーカーに話しかけて機器の操作や、欲しい情報を教えてくれる音声アシスタントの登場により、音声認識技術が世の中に急激に普及しました。このような人とコンピュータとの対話を実現する音声認識技術は、古くは1980年代の自動音声応答装置（IVR: Interactive Voice Response）、1990年代のカーナビゲーションへの導入など実用化がなされてきましたが、近年の深層学習技術の導入により音声認識精度が大幅に向上したことで、音声アシスタントや、グローバル化の流れから機械翻訳と組み合わせた音声翻訳など、さまざまなシーンで活用が始まっています。

一方、音声は人どうしのコミュニケーションにおける重要な情報伝達手段の1つです。

前述の音声アシスタントなどでは比較的短い音声を扱いますが、長い音声（長文、会話）を対象とした音声認識の実用化も検討されてきました。2000年以降、当初はニュース番組の字幕化、議会における議会録作成の支援など、いずれも手元に原稿が存在するシーンが多く、比較的明瞭な発話を対象でしたが、近年では、コールセンタでのオペレータと顧客の会話内容分析や、リアルタイムの会話支援など、人と人との自然なコミュニケーションで現れる音声を対象になってきています。

このように音声認識技術は、音声認識精度の向上とともに、対象とする音声をさらに多様なものに拡大することで発展を遂げてきました（図1）。

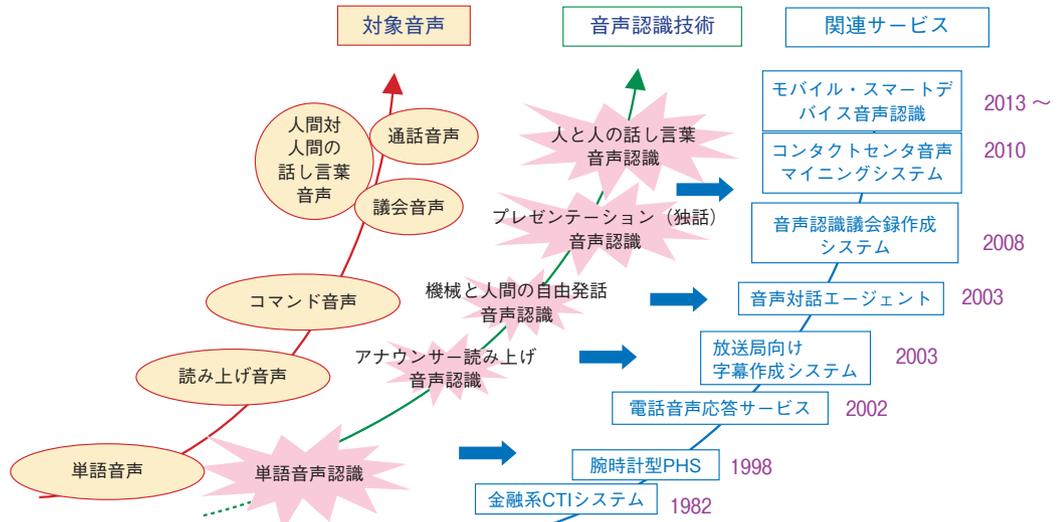


図1 NTTにおける音声認識技術の取り組み

ビジネスのDXを支える 音声認識技術の役割

私たちは、音声認識技術が対象とする音声
をさらに拡大することで、企業活動の変革を
推進する役割を担うことができると考えてい
ます。

近年、AI（人工知能）技術を含むITを活
用した業務プロセスの変革がデジタルラン
スフォーメーション（DX）と呼ばれており、
業種・業態を問わずその取り組みへの重要
性が注目されています。DXの推進にあたって
は、ITを用いた業務プロセスの合理化や自
動化と、業務とITとのシームレスな連携に
よる新たな価値創出といった取り組みが必
要とされますが、業務プロセスの合理化や自
動化を進める際に音声認識技術が力を発揮
します。

私たちは、他者とコミュニケーションをと
る際に音声を多用します。SNSやメール、

チャットといったテキストによるコミュニケー
ションツールが充実してきたとはいえ、複雑
な内容を伝えたり確認したりする場合、また
複数のメンバーの合意を必要とするような意
思決定においては、対面や電話によるリアル
タイム音声コミュニケーションを選択する方
が多いのではないのでしょうか。

テキストによるコミュニケーションに比べ、
音声コミュニケーションは、そのリアルタイム
性や、音声のニュアンスを通じて言外に表
現される情報の伝達といったメリットがあり
ます。一方で、録音やメモを残さない限り、
発声されたそばからすぐにその情報が消えて
しまうという揮発性を併せ持っています。企
業活動に伴って膨大な量の音声コミュニケー
ションが日々発生していますが、現在はコン
タクトセンタにおけるお客さまとの通話のよ
うに、限られた音声コミュニケーションのみ
がデータ分析の対象として活かされるにとど
まっており、ほとんどの音声コミュニケーシ

ンに含まれるデータは活用されずにいます。

一方で、対面接客や営業担当から顧客への電話連絡など、お客さまとの接点で生じる音声コミュニケーションには、マーケティングやコンプライアンス管理などさまざまな観点から有用な情報が含まれています。また会議やちょっとした相談のような社員間のコミュニケーションにも、新たなビジネスアイデアの種や業務改善のヒント、メンタルヘルスの傾向など、企業活動の改善に有用な情報が含まれています。

これらの情報を揮発させることなく音声認識技術によってテキスト化し、業務改善につながるさまざまな処理の知識源とすることが、業務プロセスの合理化や自動化の推進に貢献すると考えられます。

次の章では、業務プロセスの合理化につながる音声認識技術の利用例をいくつか紹介します。

音声認識技術のユースケース

音声認識技術の研究開発は、今、これまでよりも技術的に難易度が一段高い、砕けた発話を対象としており、今後、より多くの場面でビジネスのDXを進めることが可能となっていくと見られます。ここでは、そのような砕けた発話の音声認識精度を高めることで広がるユースケース例を紹介します。

■会議音声認識

ビジネス会議では議事録を残していることが多いと思いますが、議事録を作成した方の多くが感じているとおり、議事「メモ」ではなく議事「録」を残そうとすると予想以上に

稼働がかかります。会議中に丁寧な議事メモをつくらうとすると、会議への参加や議論が手薄になってしまいますし、簡単なメモを残してそこから議事録を作成する場合は会議終了から記憶が鮮明な間に済ませてしまわないと議事を網羅的に残せているか不安になります。かといって、会議をすべて録音して後で聞きながら議事録をつくるなどということをする、会議時間以上に時間がかかりますし、それなら議事録作成要員を1人追加して会議に参加してもらったほうがよいでしょう。早く議事録が自動でつくられるようになればいいのに、そう思ったことのある人は少なくないはずです。

これまでの音声認識では精度が不十分であったため、重要な単語が認識されていることを期待して、時間情報で対応させた音声の検索を行うくらいの用途にとどまっていた。しかし砕けた発話への音声認識を実現することで、シンプルな議事録作成の支援に加えて、要約技術と連携した議事録の自動作成、宿題事項の自動抽出による課題管理システム連携、議事進行や議論の論点整理など、人間（ファシリテータ）が担っていた役割をAIがこなしていくことが期待されます。

■遠隔作業支援

遠隔での業務や応対が今後広がっていくと考えられる医療や教育などにおいては、対面でないがゆえに発生してしまう不便さを解消していくことが求められます。遠隔機器の操作はもちろんボタンやレバーで行うことは技術的に可能ですが、医療現場において、画面越しで患者から得られる情報量が通常より少

ない医師に診療に集中してもらうためには、会話の記録はもちろん、それ以外の部分でAIによるさり気ないサポートが必要となります。例えば、「お熱を測りましょうね」に反応して体温計が患者に渡される、「口を開けてください」に反応して患者の口腔内への照明の点灯と自動消灯など。また、方言の特徴が強い地方への遠隔医療では、方言変換技術と連携させることにより、スムーズなコミュニケーションの実現が期待できます。

教育の現場の基本である1対多数の授業においては、生徒全体への呼びかけと生徒たちの反応による理解度の把握を行いますが、そのときに発生するクロストークはオンライン音声コミュニケーションでは成立しづらいことは明らかです。リアルタイム音声認識テキストによる生徒の発言内容の把握はもちろん、生徒の「はい」に対応した挙手コマンドの実行など、生徒の集中力を遮るような機器操作を強制しないさり気ないAIは、医療現場における医師と同様に必要不可欠なものとなっていくでしょう。

■コンタクトセンタ

従来活用されてきた分野であるコンタクトセンタにおいても、これまで積極的に活用されてきたオペレータ音声の認識結果に加えて、お客さま音声の音声認識結果が十分な精度で得られるようになれば、業務支援のさらなる効率化、オペレータ業務の削減、応対通話数の増加、お客さま満足度の向上等、今後さまざまなサービスのオンライン化により高まるコンタクトセンタの需要を満たすために、音声認識技術が従来以上の貢献をすることが期

待されます。

非言語情報の活用

音声コミュニケーションを通じて伝達される情報には、言語情報（テキスト情報）だけではなく非言語情報（性別、年齢など）やパラ言語情報（感情、意図、態度など）も含まれており、実業務における音声サービスの高度化に向け、非言語・パラ言語情報の積極的な活用も求められています。

私たちは、音声からテキスト情報を高精度に認識する取り組みとともに、非言語・パラ言語情報の認識・活用技術についても検討を進め、音声の非言語・パラ言語情報を抽出できるソフトウェアエンジンRexSense[®]を開発しました。本ソフトウェアエンジンにより、①話者属性（成人男性・成人女性・子供）、②感情（喜・怒・哀・平静）、③疑問・非疑問、④緊急度、を音声データから高精度に認識・推定することが可能です。また、コンタクトセンタ高度化などの活用に向け、本エンジンと音声認識と統合したWeb API（Application Programming Interface）サービスを実現できるRexSense[®]システムを開発しました。

RexSense[®]を活用することにより、例えば人の感情に応じてロボットが適切な反応やレコメンドを返すといった高度な対応サービスの提供や、音声から判別した話者属性等の非言語情報に基づき、より適切なコンテンツ（案内、広告等）を提示する高度なデジタルサイネージなどの実現が可能となります。

また、コンタクトセンタにおける高度な

VoC (Voice of Customer) 分析の実現や IVRにおける自動応答サービスの高度化, 将来的には非言語・パラ言語情報を活用したより高度な音声会議ソリューションの実現も期待できます (図2).

その他, コンタクトセンタにおけるオペレータとお客さまとの通話音声から, お客さまの声の特徴やさまざまな会話の特徴を分析し, お客さまの満足感情 (満足・不満) を抽出する顧客満足度推定技術を開発し, コンタクトセンタ AI ソリューション「ForeSight Voice Mining[®]」に導入, 2019年4月よりサービス提供を開始しました. また, これに加え, オペレータの対応の好感度を評価する対応好感度推定技術を開発, サービス化に向け検討を進めています.

これらの技術を活用することで, 例えば通

話分析 (オペレータ対応の優良事例の検索や顧客満足度の分析等) やオペレータ支援, オペレータやコンタクトセンタの評価, オペレータ教育などへの応用が期待されます.

今後の展望

これまで紹介してきた音声認識技術は, 適用領域をビジネスシーンからさらに拡大し, あらゆる音声コミュニケーションを対象とすることで, NTTグループが進めるIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想の1つであるDTC (Digital Twin Computing)⁽¹⁾において, ヒトDTCを実現するための必須技術となります.

DTCのアーキテクチャ (図3) におけるサイバー・フィジカルインタラクション層では, 実空間のモノやヒトのセンシングにより,

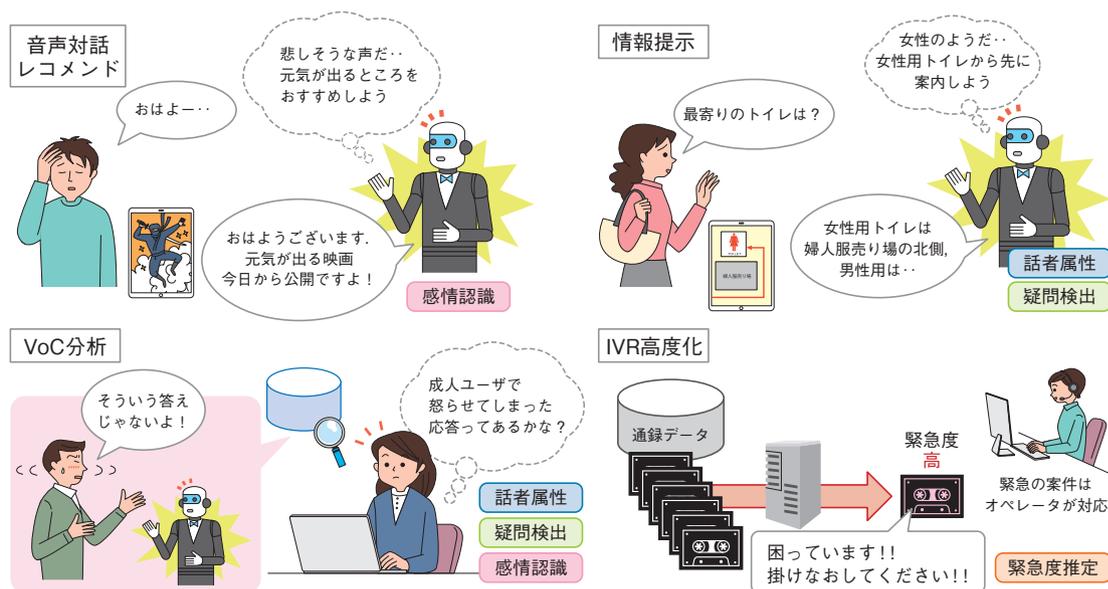


図2 Rexasense[®] 応用例

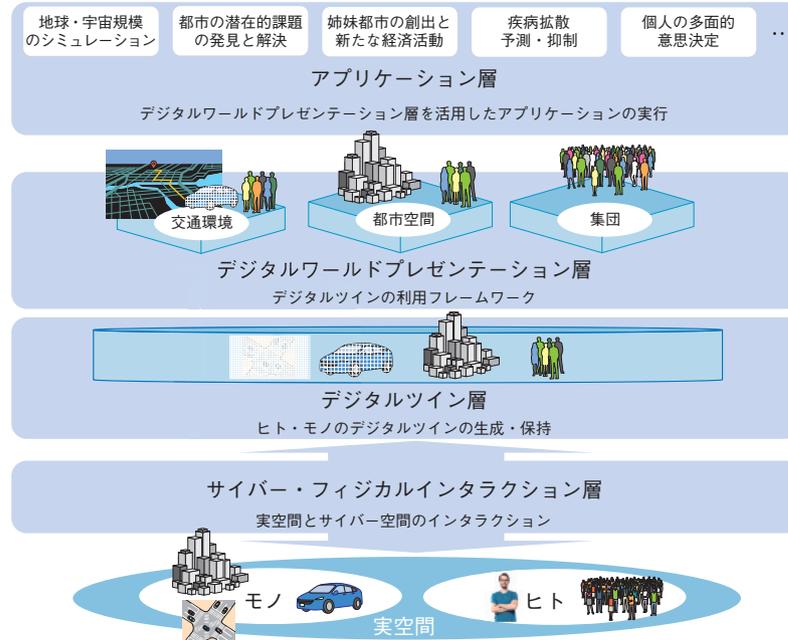


図3 デジタルツインコンピューティングアーキテクチャ

デジタルツインの生成に必要なデータを収集する必要があり、ヒトの思考をセンシングするうえで音声認識技術は重要な役割を担うこととなります。

企業活動のDXやヒトDTCの実現が進むことで、社会はより便利に、豊かに、安全にと変容していきます。私たちは、ヒトとヒトとのコミュニケーションを対象とする音声認識技術の研究開発によって、このような社会の実現に貢献していきます。

■参考文献

- (1) 戸嶋・小橋川・能登・倉橋・廣田・小澤：“ヒトDTCの挑戦と今後の展望,” NTT技術ジャーナル, Vol. 32, No. 7, pp. 12-17, 2020.



(左上から) 宮崎 昇 / 中澤 裕一 / 森 岳至

(左下から) 山口 義和 / 篠原 雄介

今後あらゆる分野で進むDXを支えるため、新たな価値の提供をめざし研究開発に取り組んでいます。一方でNTTの音声認識技術は活用が進み、手軽に利用できるAPI環境も整備されています。ぜひ、「NTT 音声認識」と検索していただき、新しいアイデアの検討にご活用ください。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
心理情報処理プロジェクト
E-mail noboru.miyazaki.mt@hco.ntt.co.jp

顧客接点業務を支援・代替する知識・言語処理技術

NTTメディアインテリジェンス研究所では、長年培ってきた自然言語処理技術をコアコンピタンスの1つとして、コンタクトセンタやオフィスの生産性向上に資する知識・言語処理技術を研究開発しています。本稿では、現在取り組んでいる技術のうち、言語モデル・文書要約技術・応対分析技術について紹介します。

にしだ きょうすけ
西田 京介

さいとう くにこ
齋藤 邦子

あまかす てつお
甘粕 哲郎

いそ かずゆき
磯 和之

にしおか しゅういち
西岡 秀一

NTTメディアインテリジェンス研究所

はじめに

NTTメディアインテリジェンス研究所では、コンタクトセンタ向け技術として、業務マニュアルやFAQなどの文書を解析し、お客さまに対応するオペレータへ適切な文書を提示する知識・言語処理技術を研究開発してきました。昨今、コンタクトセンタだけでなくオフィスにおいても、オペレータ・社員のさらなる生産性向上に関するニーズがあることから、大規模な文書や多様な応対を理解・生成する技術に取り組んでいます。以下に、文書を扱うための言語モデルと、その言語モデルを用いた文書要約技術について説明した後、お客さまとオペレータ間の応対に関する分析技術について述べます。

言語モデルBERTによる自然言語理解の発展

AI（人工知能）が人間の言葉を理解するこ

とはこれまで難しいとされてきました。しかし、2018年10月にGoogleが発表したBERT⁽¹⁾の出現により、自然言語理解の研究開発には大きなパラダイムシフトが発生しました。例えば、機械読解という、テキストの内容を理解して質問に回答する「文章読解力」が求められるタスク⁽²⁾においては、BERTを利用したAIにより人間の回答スコアを大きく上回った例も報告されています。機械読解以外の自然言語処理タスクにおいても性能が大幅に改善しており、言語モデルはAIの言語理解能力の実現に関する基盤技術として注目が集まっています。

言語モデルとは、文章のもっともらしさを推定するモデルです（図1）。例えば、「今日は誕生日なので○○を食べた」という文章の○○の部分については「ケーキ」のほうが「卵」よりも自然と感じる方が多いと思います。また、「今日はいい天気だ」と「洗濯日和だ」の2文が連続して出現するのは自然に

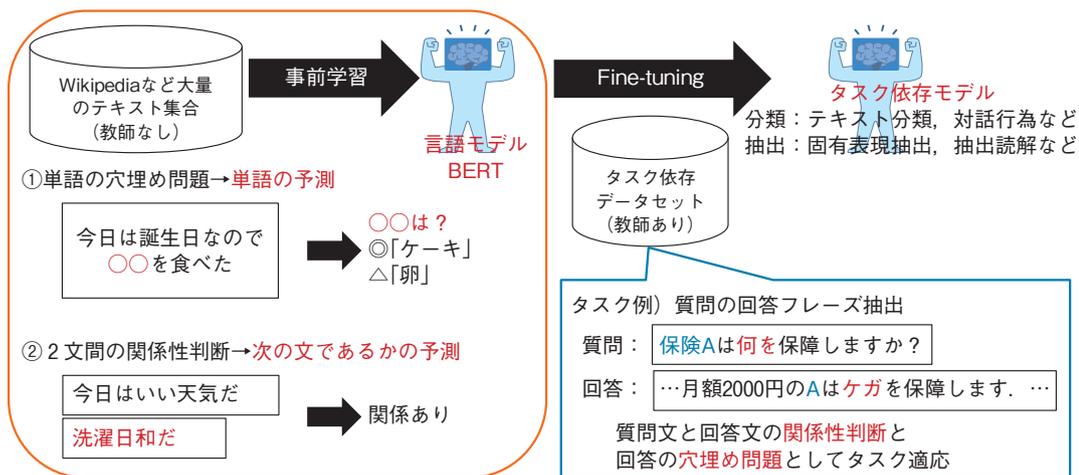


図1 言語モデルBERT

感じられるでしょう。BERTは、このような単語の穴埋め問題（単語の予測）と、連続する2文間の関係性判断（次の文であるかの予測）をWikipediaのすべての文章など大量のテキスト集合を基に事前学習しています。こうして得られた言語モデルBERTをベースとして、さまざまなタスク依存のデータセットで学習（Fine-tuning）することにより、テキストをジャンルごとに分類するタスク、質問の回答となるフレーズを抜き出すタスク、などのさまざまな応用タスクに適用でき、さらに応用タスクでの学習データが多く得られない場合においても高い性能を実現できるようになりました。

BERTは自然言語処理の研究分野に大きな衝撃を与え、現在も世界中にて言語モデルの構築・活用の研究が行われています。NTTメディアインテリジェンス研究所では、日本語のテキストデータを大量に収集して日本語

のBERTを作成するとともに、言語モデルを文書要約⁽³⁾、⁽⁴⁾、文書検索⁽⁵⁾、質問応答⁽⁶⁾、⁽⁷⁾などのタスクにおいて活用する技術を研究しています。いずれも単純にBERTを適用するのではなく、これまでの自然言語処理および深層学習の研究により得られた知見を活かすことで、高い性能を実現しています。また、BERTの特性・内部動作について調査⁽⁸⁾することで、BERTの欠点を改善したNTT独自の言語モデルの構築をめざして研究を進めています。

長さを指定して文書を要約する「文書要約技術」

先ほどの言語モデルを活用した技術の代表例として文書要約技術を紹介します。文書要約は古くから取り組まれてきた技術分野ですが、コンタクトセンタなどにおける顧客接点業務においては、お客さまからの質問に対し

てAIが検索・質問応答の結果として長い文章を返却するとお客さまが読み難いため、文章の「長さ」を適切に調整することが望まれます。

そこでNTTメディアインテリジェンス研究所では、ニューラルネットを用いて長さをコントロール可能な文書要約技術を確立しました⁽³⁾。私たちのモデルは、文章中の重要な個所を特定する抽出モデルと、元の文章から要約文を生成する生成モデルとを組み合わせた構成になっており、抽出モデルは言語モデルをベースに学習しています。指定した長さに応じて抽出モデルが出力する重要な単語の個数を制御し、この重要語と元文を両方考慮して要約文を生成することで、長さを制御可能でかつ高い精度で要約可能なモデルを実現しました。

NTTメディアインテリジェンス研究所で確立した文書要約技術は、NTTコミュニケーションズで展開するCOTOHA[®]API要約機能のコアエンジンとして活用されています⁽⁹⁾。文書を入力すると要約文書を出力するサービスがCOTOHA Summarizeとして提供開始されており、ご契約いただいたお客さまには、Webブラウザで閲覧したサイトの要約文を生成するツールも無償で提供されています⁽¹⁰⁾。今後、NTTグループへの技術展開をさらに進めていく予定です。

加えて、文書要約だけではなく対話をターゲットとした要約技術、要約の観点やキーワードを外部から指定可能な要約技術など、要約技術の高度化に向けて研究開発を進めて

いきます。また、言語モデルのさらなる競争力強化をめざして、モデルの大規模化、また、より自然な文を生成するための生成型言語モデルの構築とこれに基づく要約技術の確立⁽⁴⁾など、最新の言語処理研究の成果を取り入れながら技術開発を進める予定です。

コンタクトセンタの通話からの知見を活かすための技術

■顧客接点の支援での課題

これまで、NTTメディアインテリジェンス研究所では、「自動知識支援システム」⁽¹¹⁾を開発してきました。これは、お客さまとの会話の内容に応じた文書を自動的に検索し、提示する技術です。オペレータを知識面で支援するとともに、適切な情報が速やかに対応することで、お客さまとの関係性も向上させるものでした。

一方、オフィスDX（デジタルトランスフォーメーション）や新型コロナウイルス感染症流行によるビジネススタイルの変化に伴い、コンタクトセンタには新たな役割が求められています。その1つが、インサイドセールスと呼ばれる営業手法での役割です。インサイドセールスとは、これまでの専任の営業員が対面営業でニーズの汲み取りや商談の成約まで行う手法に対し、ニーズ把握など商談のきっかけとなる情報のヒアリングを、電話やWeb会議で行いながら相手と継続なコミュニケーションを維持し、受注・契約の可能性が高まったところで営業員を派遣する手法です。この手法によるお客さまとの対応を担う

コンタクトセンタが増えています。

この役割におけるコンタクトセンタの課題としては以下のようなものがあります。

- ・オペレータの生産性の一層の向上：応対後の報告作成について、会話の流れが複雑で話題も多岐にわたる商談の中から、応対で重要だった情報を取り出し集約するための支援が必要となります。
- ・営業情報分析の生産性向上：オペレータを統括する立場では、各オペレータが実施するお客さまとの商談に含まれる成約の見込み、お客さまニーズの傾向、その他会話の傾向を把握・分析します。分析した情報から、計画やオペレータの業務

を改善します。そうした分析、改善業務も支援する必要があります。

■問診支援技術

上記の課題を解決するために私たちは「問診支援技術」を開発しました。

本技術は、2つの要素からなります（図2）。1つは、お客さまとの一連の応対内容を話題ごとの区間に特定する技術です。もう1つは、前者で特定した区間から質問、回答、説明といった重要な発話を抽出する技術です。

お客さまの課題や要望を引き出すための営業会話では、お客さまの回答に応じて話題が次々と変化するという特徴があります。これまでの技術ではそのようなダイナミックな状

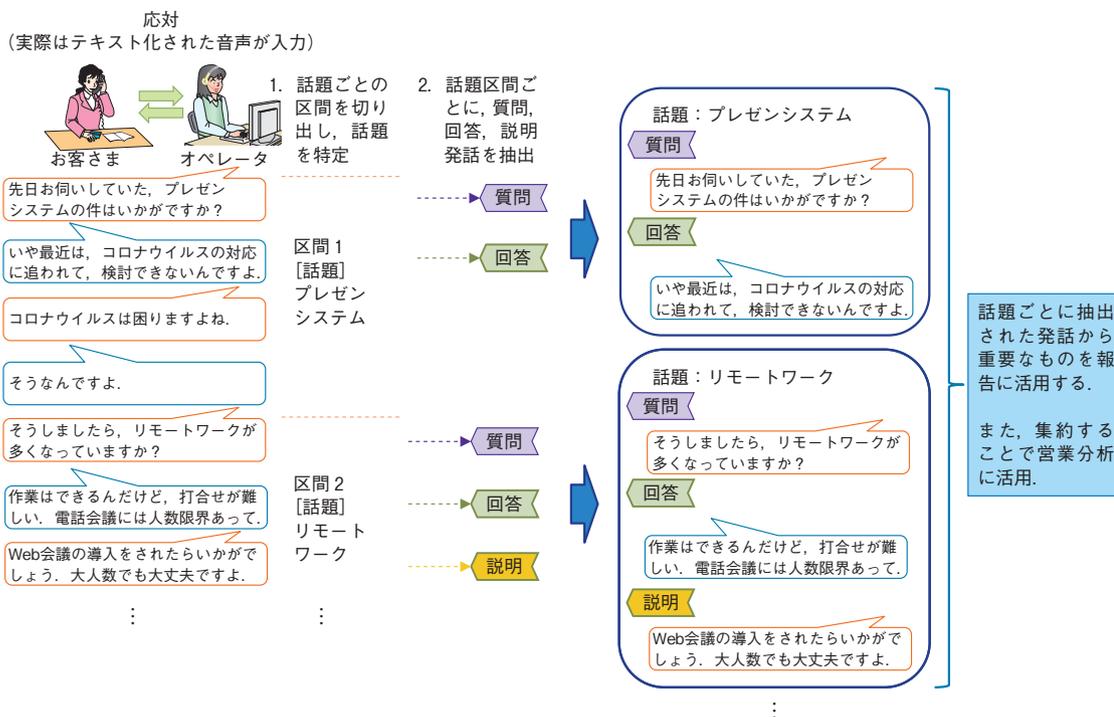


図2 問診支援技術

況に対応できなかったため、まず話題の変化点をしっかりとらえることにしました。これが1番目の技術の特徴です。会話に現れる話題の変化点に特徴的な表現を利用した機械学習により、同じ話題の区間を特定し、話題に特徴的な表現を利用した機械学習により話題の種別を取得しています。次に、2番目の技術の特徴としては、質問や回答など重要な発話に含まれる特徴的な表現を利用した機械学習により、話題ごとにオペレータやお客さまの質問や回答の発話を抽出します。

オペレータは、本技術による話題ごとに区間で分割された通話テキストを用いることで、通話終了後、お客さまのニーズや予算などについて聞き出した個所をすばやく見つけ出し、報告書の作成ができます。また、多くの通話からこれらの情報を集約することで、営業情報の分析の支援が可能となります。

これらの技術は音声での対応だけでなく、最近増えているチャットによるコンタクトセンターへの適用もめざしています。

おわりに

今後、大規模な文書や多様な応対を理解・生成する技術として、多様な文書レイアウトを読み解き、必要な情報を高速・高精度に探索可能とする技術や、より詳細に会話内容を把握し、お客さまも気が付きにくいニーズなどを掘り起こす、戦略的な会話をサポートする技術に取り組む方針です。

■参考文献

(1) J. Devlin, M. W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova: "BERT:

Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," NAACL-HLT (1), pp. 4171-4186, 2019.

- (2) 西田・斉藤・大塚・西田・野本・浅野：“機械読解による自然言語理解への挑戦,” NTT技術ジャーナル, Vol. 31, No. 7, pp. 12-15, 2019.
- (3) 斉藤・西田・西田・大塚・浅野・富田・進藤・松本：“出力長制御と重要箇所の特定を同時に行う生成型要約,” 2020年度人工知能学会全国大会, 2020.
- (4) 斉藤・西田・西田・浅野・富田：“事前学習済 Sequence-to-Sequence モデルと重要度モデルの結合による生成型要約,” 言語処理学会第26回年次大会, pp. 4-29, 2020.
- (5) 長谷川・西田・加来・富田：“高速な情報検索に向けた文脈考慮型スパース文書ベクトルの獲得,” 2020年度人工知能学会全国大会, 2020.
- (6) K. Nishida, K. Nishida, I. Saito, H. Asano, and J. Tomita：“Unsupervised Domain Adaptation of Language Models for Reading Comprehension,” LREC, pp. 5392-5399, May 2020.
- (7) 西田・西田・斉藤・浅野・富田：“回答の根拠を解釈可能な機械読解,” 言語処理学会第26回年次大会, pp. 1-19, 2020.
- (8) 大杉・斉藤・西田・浅野・富田：“マスク化言語モデルと系列長に関する分析,” 2020年度人工知能学会全国大会, 2020.
- (9) <https://api.ce-cotoha.com/contents/index.html>
- (10) <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0423.html>
- (11) 長谷川・関口・山田・田本：“オペレータの応対を支援する自動知識支援システム,” NTT技術ジャーナル, Vol. 31, No. 7, pp. 16-19, 2019.



(左から) 西田 京介 / 甘粕 哲郎 / 西岡 秀一 / 磯 和之 / 齋藤 邦子

オフィス業務の生産性向上を実現するため、企業活動において常に生成・蓄積されている文書・応対ログなどから、知識を抽出・活用する知識・言語処理技術の研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
社会知識処理プロジェクト
E-mail ai-p-ml@hco.ntt.co.jp

4D デジタル基盤の実現に向けた 空間情報処理技術

4D デジタル基盤は、ヒト・モノ・コトのさまざまなセンシングデータをリアルタイムに収集し、「高度地理空間情報データベース」上に、「緯度・経度・高度・時刻」の4次元の情報を高い精度で一致・統合させ、多様な産業基盤とのデータ融合や未来予測への活用をめざしています。本稿では、高精度で豊富な意味情報を持つ「高度地理空間情報データベース」の整備に必要な空間情報処理技術として、画像と疎・低精度な3Dデータから地物を検出する実空間構造化技術、および時間変化を含む3Dデータを効率的に保存・活用する4D点群符号化技術を紹介します。

やお	やすひろ	くらた	かな
八尾	泰洋	倉田	夏菜
いとう	なおき	あんどう	しんご
伊藤	直己	安藤	慎吾
しまむら	じゅん	わたなべ	まゆこ
島村	潤	渡邊	真由子
ただ	りゅういち	きまた	ひであき
谷田	隆一	木全	英明

NTTメディアインテリジェンス研究所

4D デジタル基盤とは

4D デジタル基盤は、ヒト・モノ・コトのさまざまなセンシングデータをリアルタイムに収集し、「緯度・経度・高度・時刻」の4次元の情報を高い精度で一致・統合させ、多様な産業基盤とのデータ融合や未来予測を可能とする基盤です（図1）。4D デジタル基盤と多様なIoT（Internet of Things）データを組み合わせることで、地理空間および多様な移動体の正確な位置の把握と、それに基づくさまざまな未来予測が可能となり、道路交通の整流化、都市アセットの最適活用、社会インフラ維持管理等、さまざまな領域で活用可能性があると考えています。

4D デジタル基盤を構成する要素技術のうち、車線・標識などの交通情報や通信等のインフラ情報等の高精度で豊富な意味情報を持つ「高度地理空間情報データベース」を構築するために必要な空間情報処理技術として、

画像と疎・低精度な3Dデータから地物を検出する実空間構造化技術、時間変化を含む3Dデータを効率的に保存・活用する4D点群符号化技術の研究開発を推進しています。本稿では、各技術の概要、取り組み状況について紹介します。

実空間構造化技術

「高度地理空間情報データベース」の構築には、道路を中心とした高精度3D空間情報の整備が必須となりますが、これには膨大な費用と手間がかかります。非常に高価なLiDAR（Laser Imaging Detection and Ranging）と呼ばれるセンシング装置を載せた専用車両と、人手を使った地図生成プロセスが必要となるためです。

そこで私たちは、効率的に高精度3D空間情報を構築するために、低廉なLiDARで計測された疎・低精度な3D点群と、カメラで撮影した映像との組み合わせから、道路付近

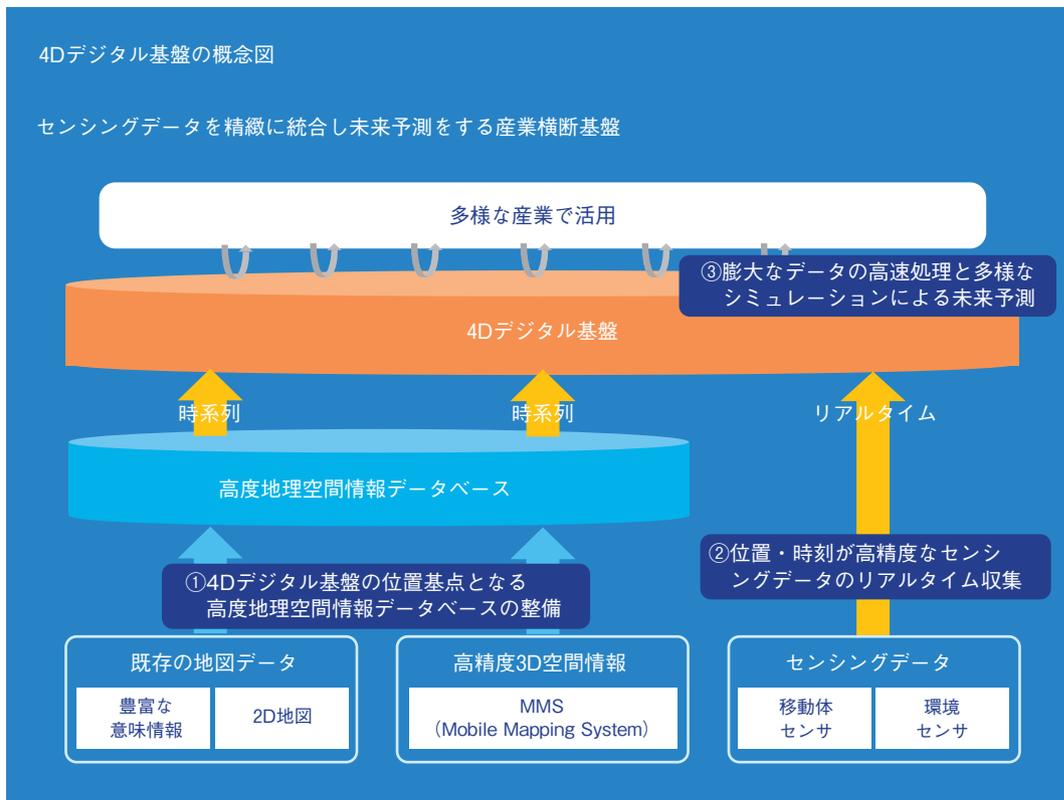


図1 4Dデジタルの概念図

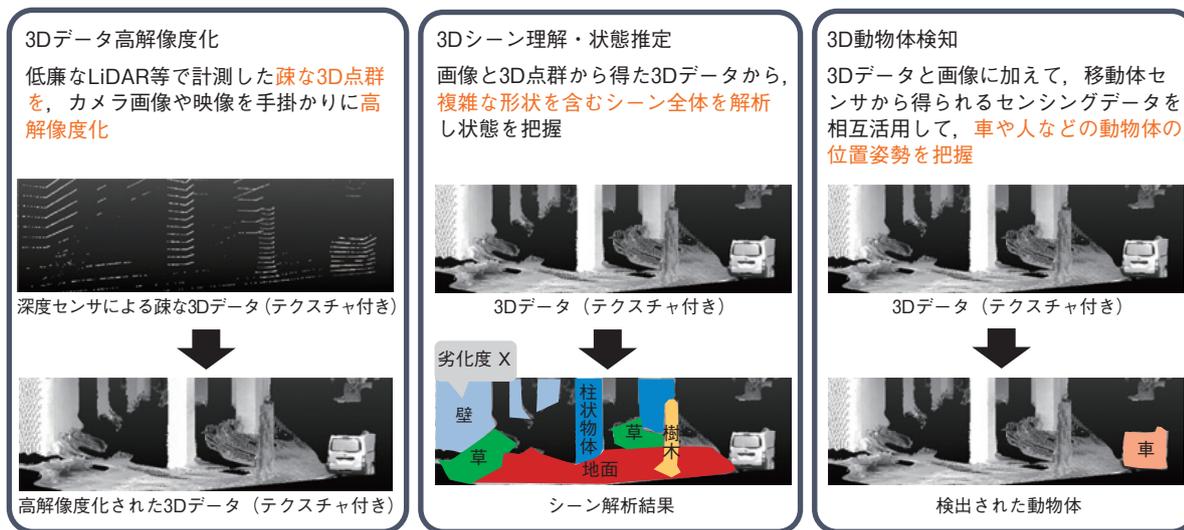


図2 実空間構造化技術

のさまざまな自然・人工物を、自動で高精度に検出する実空間構造化技術の研究開発に取り組んでいます(図2)。実空間構造化技術は主に、疎な3D点群を画像や映像を手掛か

りに高解像な3Dデータを生成する「3Dデータ高解像度化技術」、複雑な形状を含むシーン全体を解析し状態を把握する「3Dシーン理解・状態推定技術」、3D点群と画像に加え

て、移動体センサから得られるセンシングデータを相互活用し、車や人の位置姿勢を把握する「3D動物体検知技術」から構成されます。本稿では、実空間構造化技術の最新の研究成果として、「3Dデータ高解像度化技術」と「3Dシーン理解・状態推定技術」に関する取り組みを紹介します。

■3Dデータ高解像度化技術

「3Dデータ高解像度化技術」は、低廉なLiDARで計測された疎・低精度な3D点群と、カメラで撮影した映像との組み合わせから、テクスチャ付きの3D点群である3Dデータを高解像化する技術です。低廉なLiDARでの3次元計測は、計測結果が疎であり、遠近かわからず3次元計測可能なものの、計測結果にはノイズが含まれます。それに対してカメラで撮影された画像は密なデータですが、複数画像を用いたステレオによる3次元計測は、遠くの物体では計測精度が高くありません。しかし、LiDARとカメラの両者の情報を統合的に処理することで、LiDARと同等の計測精度で、画像と同等の密度を持つ3Dデータを、ノイズを除去しながら生成できる可能性があります。

「3Dデータ高解像度化技術」の研究開発には段階的に取り組んでいます。車載のセンサにより走行しながらデータを計測することを想定し、具体的には1枚の画像と1フレームのLiDAR計測データ、複数枚の画像と1フレームのLiDAR計測データ、時系列に連続する複数枚の画像と複数フレームのLiDAR計測データと、段階的に統合する情報を増やし、それによる精度向上をめざしています(ここで、1フレームのLiDAR計測とは、360度の計測1回分のデータを意味します。製品にも依存しますが、LiDARは回転をしながら

周囲360度の計測を1秒当りに10回程度行います)。

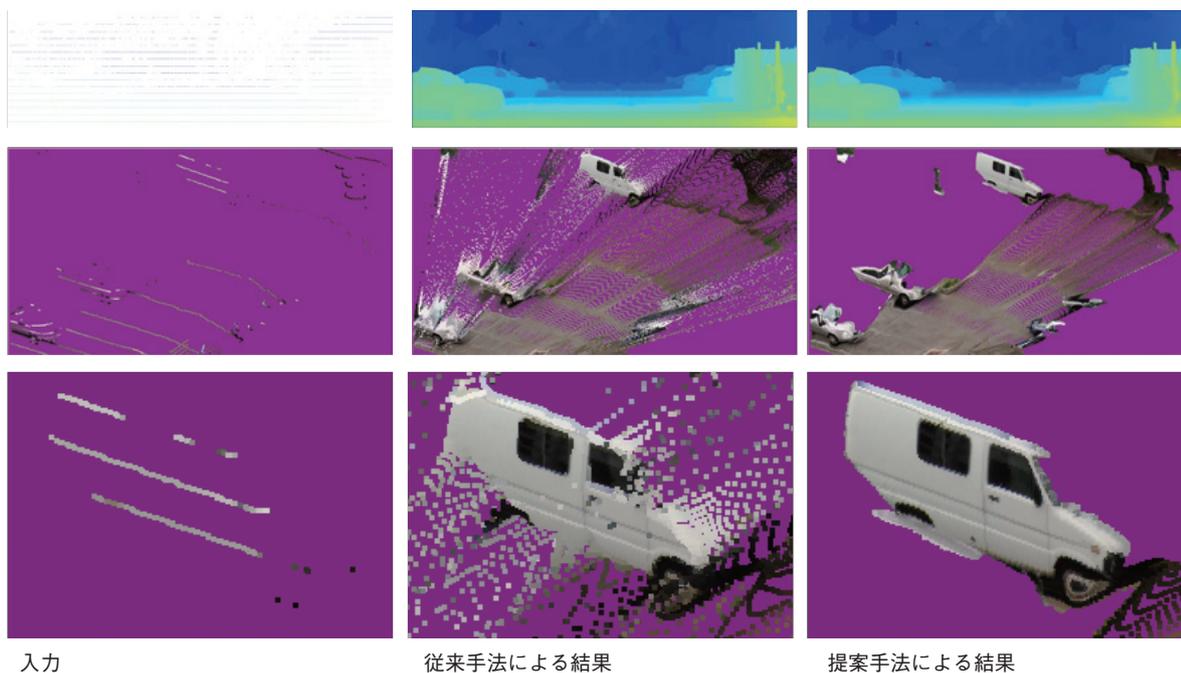
本稿では、1枚の画像と、LiDARにより計測した疎な3D点群から、機械学習を用いずリアルタイムに高密度な3Dデータを導出する「3Dデータ高解像度化技術」について紹介します。

はじめに、LiDARで計測した3D点群を画像に投影し、デプスマップと呼ばれる奥行情報を保持した画像を生成します。このようにしてつくられたデプスマップはデプス値を持たない画素の多い「疎なデプスマップ」になります(図3)。

この「疎なデプスマップ」を、入力される画像を手掛かりに処理をして、すべての画素にデプス値がある「密なデプスマップ」を生成します。このような手法は「デプスコンプリーション」という技術に分類できます。「デプスコンプリーション」技術は従来からありましたが、従来技術はデプスが存在しない画素については、観測されたデプス値を滑らかにつなぐ処理をすることで「密なデプスマップ」を生成していました⁽¹⁾。この方法では、疎な観測の間を連続的な面で補完するのには有効ですが、異なる物体の間でも奥行を滑らかに変化させてしまう問題がありました(図3)。

そこで、私たちは、物体をまたぐ場合には奥行の変化が不連続になるような制約を加えながら、観測されたデプス値を滑らかにつなぐような手法を提案しました⁽²⁾。これにより、従来技術と比較して精度が向上しただけではなく、3Dデータとして可視化した際に自然な結果を得ることに成功しました(図3)。

今後は、上述したように統合する情報を増やしていくことで、さらなる精度向上をめざします。



(上段：デプスマップ，中段：「上段」の3Dデータ表現，下段：「中段」の拡大図)

図3 1枚の画像と1フレームのLiDAR計測からの「3Dデータ高解像度化技術」

■3Dシーン理解・状態推定技術

「3Dシーン理解・状態推定技術」は、複雑な形状を含むシーン全体を解析し状態を把握する技術です。LiDARやカメラから得られた3Dデータから、自動で、例えば建物や道路といった物体領域を識別したり、その位置姿勢などの状態を推定したりすることをめざした研究です。

高度地理空間情報データベースの構築に向けては、①道路付近のさまざまな自然・人工物を識別できること、②広域・高密度な大規模3Dデータの効率的に処理できること、という2つの技術課題があります。①に向けて、近年、さまざまな物体の識別が可能な深層学習の研究が進んでいますが、②の効率的な処理のためのデータ分割やデータを間引くサンプリングによって識別精度が下がるという問題があります。

私たちは、この効率性と識別精度のトレードオフを解決する手法を開発中です。処理の効率化のために従来しばしば用いられる、ランダムサンプリング処理によって識別精度の劣化が生じることを突き止め、これに代わって形状を考慮した新しいサンプリング手法を提案しています。具体的には、サンプリングの際に、物体の回転や並進によって変化せず、他の点に対する識別性が高い点を優先的に残しながら識別処理を行うことで、高い識別精度を達成しました⁽³⁾。

本研究は端緒についたばかりですが、今後、技術改良や実データへの適用評価を行って、性能向上を図っていきたいと考えています。

4D点群符号化技術

私たちの住むリアルな世界では、それぞれで異なる目的を持ち、実体のあるモノを使っ

て、目的に合わせた行為をします。そしてリアルな世界では時間の経過に合わせてさまざまにモノが変わります。目的やモノ、そしてかわる人の単位にはさまざまなスケールがあり、行為に合わせてそのスケールが異なります。空間的・時間的にスケールが異なるリアル世界のモノの状態を取得し再利用できることは、そこに暮らす人にさまざまな価値を提供できると期待されます。NTTメディアインテリジェンス研究所では、点群をさまざまな目的で利用するために、時間変化を含めて保存して活用できる4D点群符号化の研究開発を進めています。

3Dの点群を圧縮する手法としては、従来はLASzipという方法が適用されてきました。一方で現在、ISO/IEC国際標準化にて、

MPEG G-PCCという名称で点群符号化方式の国際標準化が進められています。どちらの手法も、時間的な変化を保存する仕組みを備えておらず、今回私たちの目的には不十分でした。私たちは、時間に伴う変化を差分として表現する2次元映像符号化の知見を活かした、点群データの表現と圧縮符号化方式を研究開発しています。私たちの方式の概要を示します(図4)。点群データは取得時に空間の一部の情報が見られることから、表現したい空間全体を格子状に分割します。格子状にするにあたり、ちょうどマトリョーシカのように再帰的に内包するかたちで複数の大きさ(空間的な階層)の構造を持ちます。各最小単位の格子は点群データを持つことができ、中間的な階層の格子で点群データの塊を

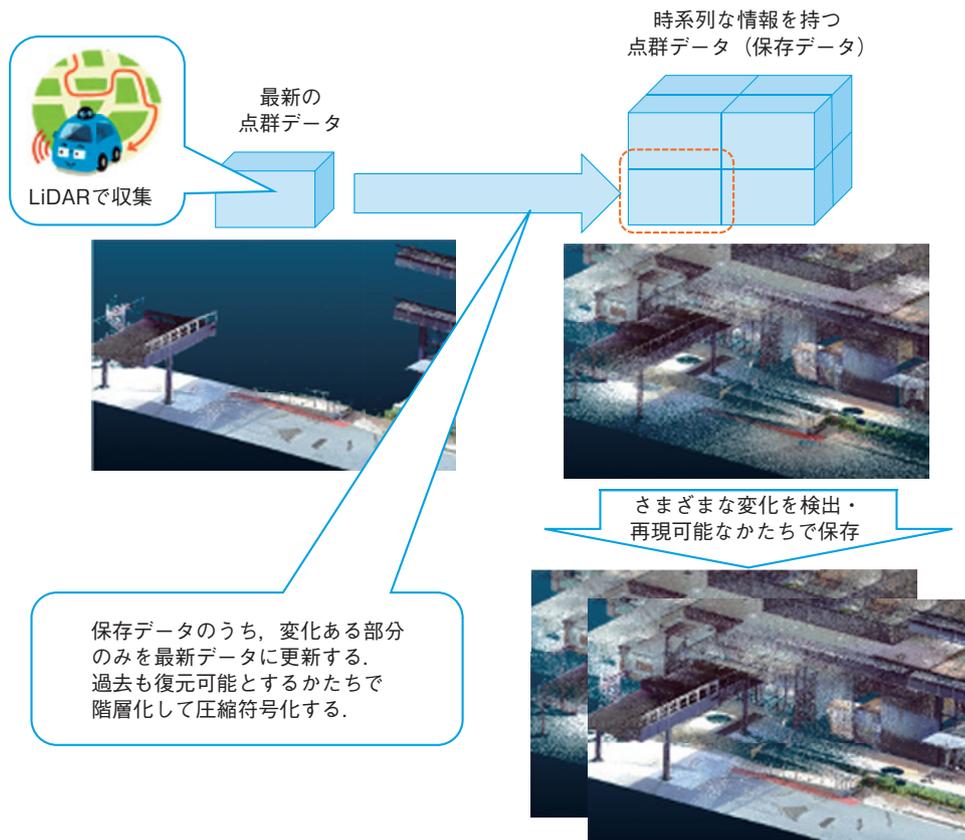


図4 4D点群符号化技術の概要

データ表現します。これにより空間全体の点群データを階層的な格子でコンパクトに表現することができます。また、最新の点群データに入れ替えたい場合には、部分的に格子に含まれる点群データを入れ替えて、点群データを最新化して空間全体を再符号化しつつ、過去の一部のデータを差分として圧縮符号化します。これにより、最新のデータをいつでも復号し表現でき、かつ部分的に過去に高速にさかのぼる機能性を実現します。差分として圧縮符号化する機能性は、過去にはそこになかった物体をいち早く検出する機能にも応用できます。なお、点群の座標データの圧縮符号化には、MPEG G-PCCの利用を想定しています。

本方式を用いて点群を圧縮符号化して保存しておくことで、例えば次のようなユースケースを実現できると考えています。日々街中の同じ道路を走行する車両が点群を取得することで、普段にはそこにはないモノが存在していることをリアルタイムに情報取得することが可能となります。また、変化を見つけた場合に過去にさかのぼって変化が起こる前の状態を再現することや経年変化をシミュレートすることも可能になります。

これらを実現するためには時間的変化を含めて点群を保存できる本方式が欠かせません。一方で、本方式だけではなく、点群取得の高精度化や簡易化の研究開発も必要です。

リアルな世界をもっと便利にするために4D点群符号化の研究開発を推進していきます。

今後の展開

本稿では、高精度で豊富な意味情報を持つ「高度地理空間情報データベース」を構築するための空間情報処理技術として、画像と

疎・低精度な3D点群から高精度に地物を検出する実空間構造化技術、および時間変化も含む3Dデータを効率的に保存・活用する4D点群符号化技術を紹介しました。今後は、各技術の方式検討を進めるとともに、実証実験等を通して実データでの性能評価を行い、4Dデジタル基盤の実現に貢献していきます。

参考文献

- (1) D. Ferstl, C. Reinbacher, R. Ranftl, M. Ruether, and H. Bischof: "Image Guided Depth Upsampling Using Anisotropic Total Generalized Variation," ICCV 2013, pp. 993-1000, Sydney, Australia, 2013.
- (2) Y. Yao, M. Roxas, R. Ishikawa, S. Ando, J. Shimamura, and T. Oishi: "Discontinuous and Smooth Depth Completion with Binary Anisotropic Diffusion Tensor," IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 5, No. 4, pp. 5128-5135, Oct. 2020.
- (3) 倉田・八尾・安藤・島村: "点群識別における、形状の複雑さを考慮したサンプリングに関する検討," 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2020-CVIM-220, pp. 1-6, 2020.



(上段左から) 八尾 泰洋 / 倉田 夏菜 /
伊藤 直己 / 安藤 慎吾

(下段左から) 島村 潤 / 渡邊 真由子 /
谷田 隆一 / 木全 英明

4Dデジタル基盤の実現に向けて、画像と疎・低精度な3D点群から高精度に地物を検出する実空間構造化技術、および時間変化も含む3Dデータを効率的に保存・活用する4D点群符号化技術の研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTメディアインテリジェンス研究所
環境情報処理プロジェクト
TEL 046-859-4501
E-mail udhl-hosa-pb-ml@hco.ntt.co.jp



主役登場

“機械による声”が当たり前になる未来

井島 勇祐

NTTメディアインテリジェンス研究所
特別研究員

「最近の音声合成では、こんな音声がつくれるようになったんだ」。NTTグループ内外で、一緒にお仕事をさせていただいている方々から、このようなお言葉をいただく機会が増えてきたと感じています。私は2009年の入社以来、一貫して音声合成に関する研究、プロダクト開発に従事しており、特集記事で紹介している深層学習に基づく最新の音声合成エンジン「Saxe」も成果の1つです。この音声合成エンジンでは、例えばバーチャルアバターがアニメの1シーンのようなツンデレ風の音声で返答をしてくれるといった、これまでの音声合成技術では実現が難しかった多種多様な表現が可能になっています。そして、この先の技術進展によっては、SF映画などで見かける、コミュニケーションロボット等が自分の身近な人の声で応対してくれる、あたかも人間のような感情表現が可能なパーソナルエージェントといった「機械による声が当たり前になる未来」の実現は夢ではなくなりつつあります。

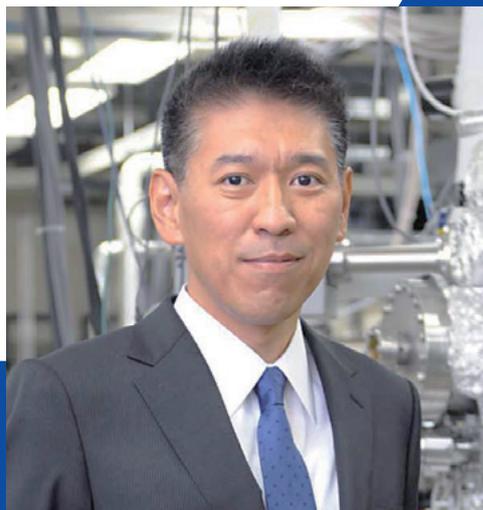
こうした未来の実現に向けた課題はまだ多くありますが、その1つは声による表現だと考えています。私は業務で、発声のプロであるアナウンサー、声優とお仕事をさせていただく機会が多くあります。そのたびに、プロによる表現力にただただ驚かされるのと同時に、現在の音声合成技術には至っていないことが数多くあるのだと痛感させられます。例えば、台本や小説からキャラクターの心情や人間関係を汲み取って、それを声によって表現することができる表現力の多様性、私たちやディレクターからの表現

に対する指示を即座に理解して細やかに表現を修正することができる表現力の柔軟性等です。一方、現在の音声合成技術ではそういったことはできず、常に同じ表現の合成音声しかつくることができません。今後はこのような表現力の強化に関する研究を推進することで、現在は音声合成技術の適用が難しいサービス領域でも、音声合成技術を使っただけのようにしていきたいと考えています。

また、仮に素晴らしい研究成果が完成したとしても、それを広く世に使っていただくことができなければ意味はなく、研究成果を高いレベルでプロダクトとして開発することも非常に重要です。プロダクト開発のためには、サービスに応じて異なる処理速度、メモリ量、運用コスト等さまざまな要件をクリアする必要があるため、サービスを主管する研究所以外の方々との協力が必要不可欠です。厳しい要件にこたえるためには、アルゴリズムや実装における工夫等の研究とは異なる大きな困難が待ち受けています。しかし、新しいサービスを立ち上げようとする熱意のある方々と一緒に働くことができるのは、研究開発を進めるうえで大きなモチベーションとなると感じています。

今後も私の目標とする「機械による声が当たり前になる未来」の実現に向けて、NTTグループ内外の方々と協力しながら、研究とプロダクト開発の両面での活動を続けていきたいと思えます。

挑戦する 研究者たち CHALLENGERS



山本秀樹

NTT 物性科学基礎研究所
上席特別研究員

予想や通説と異なる実験結果が出たときこそがチャンス ——ワクワク感で世界をけん引

世界に類をみないNTTの先進的な技術を用いて、物質を構成する元素を原子・分子レベルで制御性良く積層・反応させることで自然界にない新しい物質を創り出し、その物質創製を通じて新たな現象の発現や物性の解明に取り組む、山本秀樹NTT物性科学基礎研究所 上席特別研究員に研究内容・進捗と研究者としての姿勢を伺いました。



オリジナルかつユニークな物質創製法で、 新物質の合成や新物性の発現に挑む

現在手掛けている研究について教えてください。

まず大きな目標から入りますと、世界的に電力消費量が增大している中で、将来的な①グリーン発電・蓄電へのシフト、②送給電・配線のロスレス化、③デバイス等のさらなる低消費電力化等への貢献をめざして、『薄膜合成法による新奇「超伝導」および「磁性」物質の創製と物性解明』というテーマに取り組んでいます⁽¹⁾(図1)。具体的には、基板と呼ばれる単結晶(原子が規則正しく並んで結晶化しているもの)の土台の上に薄膜と呼ばれる0.1 nm(原子

1層分)~10 μmの膜を成長させることで、自然界にない新しい物質の創製や、その物質の物性解明を行っています。この薄膜の成長手法として、極めて真空度が高い(常圧の10兆分の1程度)真空装置の中で、ねらった化合物の薄膜を構成する元素を、原子または分子の形で供給し、加熱した基板の上で反応させて薄膜を形成する、MBE(Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシー)法という手法を用いています⁽²⁾。

私たちはMBE法を用いて全く新しい化合物の創製に取り組んでいる、世界でも極めて先進的な研究チームであると考えています。具体的には、NTTオリジナルな装置を用いて、金属元素を2種類以上含む酸化物(複合酸化物)



- (1) 低反応温度・非平衡条件下での化学反応
原子・分子・イオンなどの究極に小さい粒子どうしの反応
- (2) エピタキシー（下地の基板結晶との相互作用）による準安定相の安定化
- (3) 酸化物の場合、一様な酸化が可能（ O_3 や O^* の利用により強酸化も可能）
試料の「薄さ」、大きな表面積・体積比
- (4) 不純物フリーの合成環境（超高真空下）
- (5) 高いスループットでの合成実験
- (6) 省資源（使用する原料が少量）
- (7) 試料が単結晶薄膜の形で得られるため、将来の素子化との相性が良い

図1 MBE法（薄膜成長法）による新物質探索・合成のアドバンテージ
（MBE法は、本来はすでに知られている物質の高品質な薄膜をつくる手法）

の薄膜を成膜する研究を展開しています（酸化物MBE法）（図2）。この装置の特長は、金属元素の供給量をリアルタイムでモニタし、供給源にフィードバックをかけることで、それぞれの金属元素を長時間安定に供給できること、また、通常は O_2 分子の形で存在する酸素ガスを、反応性の高い O （酸素）原子や O_3 （オゾン）ガスの形で供給することで、真空中で強酸化が行えることです。これらの特長を活かすことにより、自然界には存在しない結晶をつくることできるようになりました。

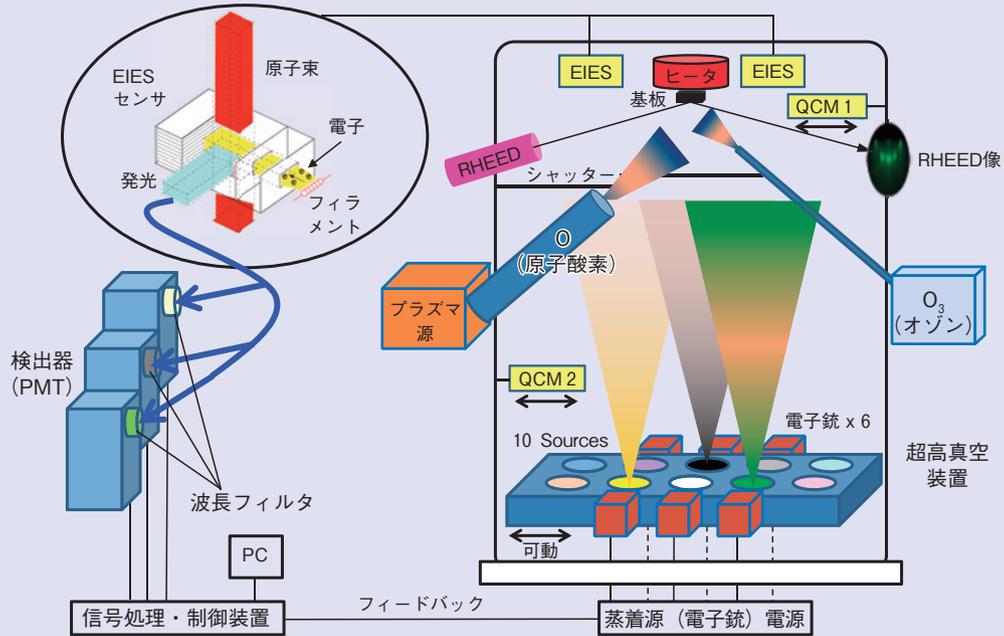
この技術を用いて、長年、新たな超伝導物質の創製と物性解明に取り組んできました。超伝導物質とは、ある一定の条件のもとに物質の電気抵抗が0（ゼロ）になる性質を持つ物質のことで、特にある一定温度（超伝導転移温度： T_c ）以下の低温で超伝導性が発現することが知られています。この電気抵抗が0の状態では、その超伝導物質内に電力ロスなしに電気を流せることになります。超伝導転移温度 T_c の常圧（1気圧）下での最高値は、現在のところ $-140^{\circ}C$ ほどで、ドライアイスが固体から気化する温度（約 $-79^{\circ}C$ ）よりさらに $60^{\circ}C$ ほど低い温度になります。しかし、近年、超高圧（約200万気圧）下でのみ安定に存在できる別の物質で、 T_c が $-70^{\circ}C$ や $-25^{\circ}C$ と室温に近い物質が発

見されるとの報告が相次いだため、室温超伝導体は、まだ発見・合成されていないだけで確実に存在すると考える研究者が多くなりました。単なる見果てぬ夢ではなくなったといってもよいでしょう。私たちも勿論そのような物質の合成・発見をねらっているわけですが、その前段として、上記の薄膜をつくる手法を用いて、さまざまな特性を持つ新たな超伝導物質を創製し、絶縁体だと考えられてきた物質の超伝導化や、歪の導入による T_c の上昇といった現象の発見等の成果を挙げています。最近では常圧下で最高の T_c を示す銅酸化物超伝導体の基本骨格のみを抜き出した構造と、銅を含まない別の酸化物を交互に積層してつくった人工構造（人工超格子）における超伝導発現にチャレンジしており、あと一步のところまで来ています。

さらに、こちらは新物質でも超伝導体でもなく強磁性金属として知られる物質ですが、ごく最近、 $SrRuO_3$ 〔Sr（ストロンチウム）、Ru（ルテニウム）、O（酸素）からなる物質〕の世界最高品質の薄膜を作製し、高品質ゆえに、これまで隠れていた、磁性ワイル半金属*というエキゾチック

* ごく最近、磁性を持つ物質の一部で実現することが判明した特殊な状態で、そこで発現するワイル準粒子は、あたかも質量を持たないかのような振る舞いをみせます。

(a) 模式図



EIES: Electron Impact Emission Spectroscopy
PMT: Photomultiplier Tube

RHEED: Reflection High-Energy Electron Diffraction
QCM: Quartz Crystal Microbalance

(b) 装置の外観

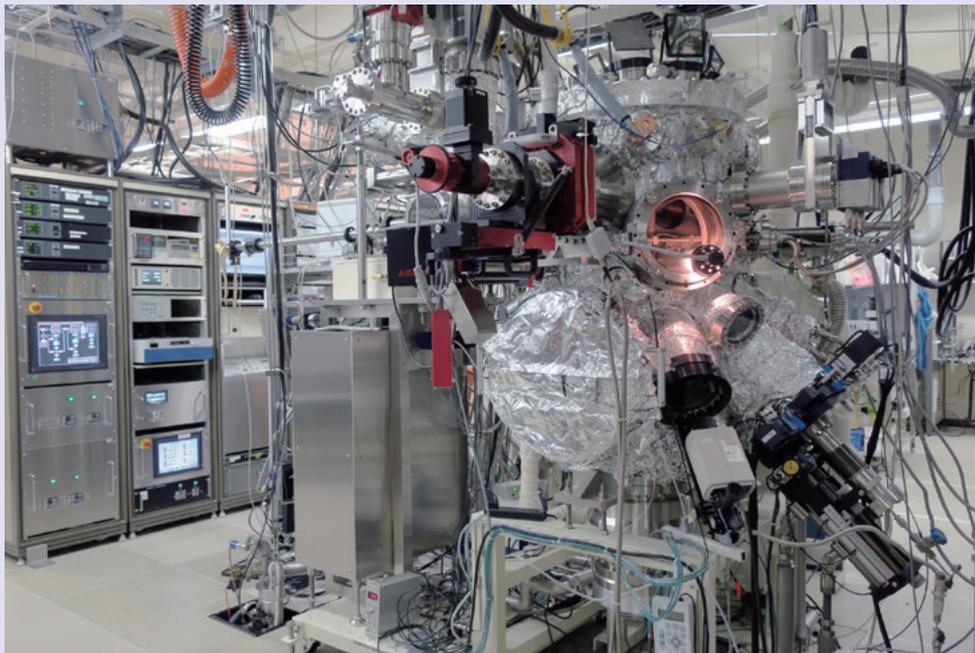


図2 複合酸化物薄膜作製用MBE装置



クな状態が発現することを見出しました⁽³⁾。私たちの薄膜作製技術と、磁場下での電気伝導特性測定技術の高さを世界に示した一例といえます。今後、電子状態を可視化するような測定等を行って、この状態の存在を一瞥のうちに認識できるようにしていければと考えています。

独自の戦略で臨まれ、世界的な成果を上げていらっしゃるそうですね。

酸化物超伝導物質の創製（1987年ノーベル物理学賞）、フラーレン（炭素原子が60個集まったサッカーボール様の分子）の発見（1996年ノーベル化学賞）、グラフェン（原子1層分の厚さの究極に薄い黒鉛）の作製（2010年ノーベル物理学賞）、窒化物半導体を用いた青色発光ダイオードの実現（2014年ノーベル物理学賞）等に端的に示されるように、新しい物質や材料の創製は、自然科学の発展に貢献すると同時に、素子の高性能化や新機能素子の実現、素子の設計思想へのブレークスルー等をもたらしてきました。

また、現代のエレクトロニクスを根底から支えるSi（シリコン）の集積回路に対し、微細化の限界（ムーアの法則の限界）の問題を克服するため、これまで使われてこなかった元素や新材料を用いるさまざまな提案や取り組みがなされています。

こうした背景の中で、私たちは酸化物MBE法を用いた新物質の創製に挑戦し、前述の超伝導物質のみならず新磁性材料の創製にも成功しました。磁石は高温になるほど磁石としての性質（強磁性）が弱まり、ある温度（キュリー温度）を超えると強磁性が消失します。したがって、キュリー温度が高い物質を創製すれば、それだけ高温で磁石として機能させることができますこととなります。このような思想の下、物質探索を行い、 Sr_3OsO_6 [Sr（ストロンチウム）、Os（オスミウム）、O（酸素）からなる物質] という新強磁性物質を世界で初めて合成・発見しました⁽⁴⁾。この新物質は、電気を通さない物質（絶縁体）のキュリー温度の記録を88年ぶりに更新し、絶縁体中で最高のキュリー温度（780°C以上）を示しました。また、 Sr_3OsO_6 は現存する磁性材料のほとんどに含まれている鉄やコバルトを含まない物質であり、磁性物質の探索に新機軸をもたら

すものです。この物質の発見により得られた指針に沿って新たに創製されると期待される物質とも合わせ、室温以上の高温で安定に動作する磁気素子への応用が期待されています。

世界的な研究を手掛けられたきっかけを教えてくださいませんか。

1987年にスタンフォード大学からNTTの研究所へ移られた先輩が、基礎と応用、両方の研究に貢献しようという志を持たれてこの研究の原型をかたちづくられ、その約6年後に私が入社して先輩、兄弟子とともに3人でこの研究に携わることになりました。金属元素の供給源にフィードバックをかけて真空中で金属元素を長時間安定に供給するという技術を、NTTの研究所の外では見たことがありませんでしたのでとても衝撃的だったと同時に、この技術は、生涯にわたり大切にすべきものであると直感しました。また、この技術があれば、世の中に存在しない物質をつくるという夢のような取り組みも現実にはできると非常に引き付けられました。

2004年に先輩方からこの研究を引き継ぎ、研究職以外の期間も含め、約15年、この研究に携わっていますが、現在に至るまでにはさまざまなドラマがありました。

NTTでは他の研究機関ではできない、薄膜作製手法を用いた新物質探索や新物質合成を、上記の、長年にわたって培い、蓄積してきた独自技術によって実現しています。ところが、そのキーテクノロジーの1つ「EIES（電子衝撃発光分光）法による（薄膜を構成する）各元素の供給レートを超精密制御技術」を支える制御装置の製造を、2000年代前半に装置製造元が中止してしまったのです。私は、この技術が潰（つい）えたらまずいと思い、当時の上司と相談して仕様を固め、シリコンバレーのベンチャー企業へ特注品を発注しました。その発注から約3カ月後より1年ほどの間、スタンフォード大学に共同研究のため滞在するという幸運に恵まれ、研究の合間を縫ってはそのベンチャー企業に足を運びました。おかげで、この特注品の完成には最初の試作品（**図3**）の動作確認の段階から1人称で参画することができました。特注品の開発から15年、さらに進

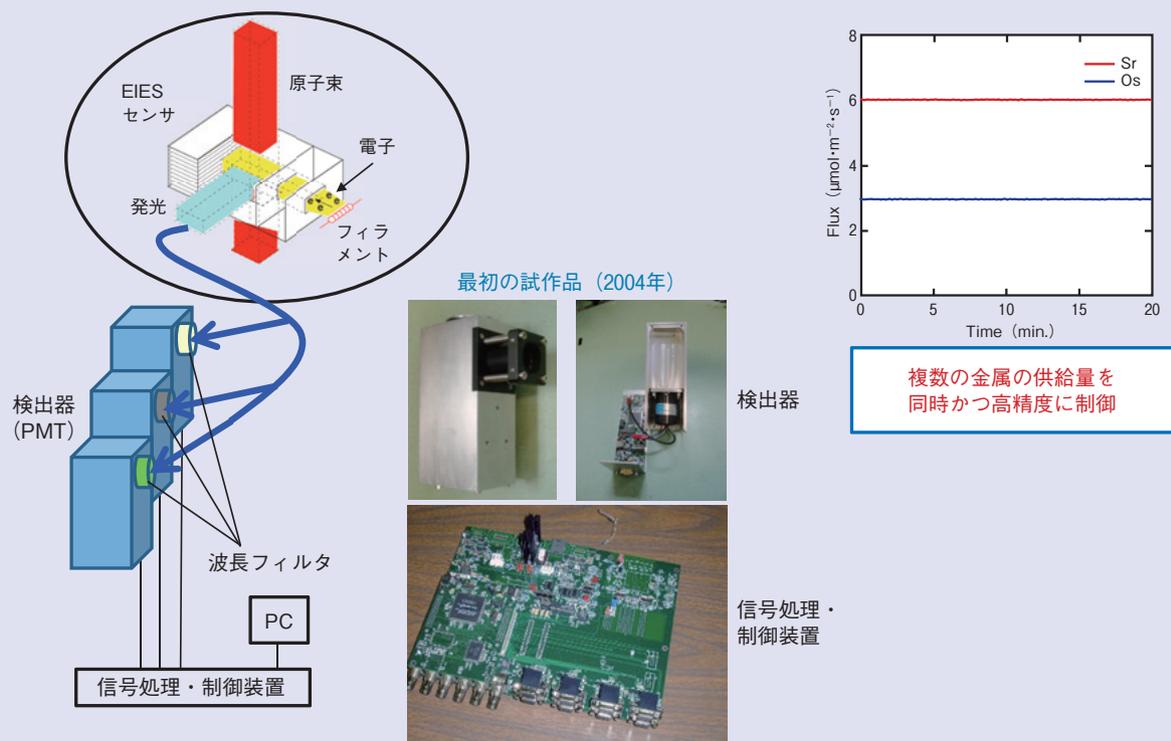


図3 電子衝撃発光分光法 (EIES) を用いた供給レート制御装置 (特注品の最初の試作品)

化したこの技術が私たちの研究を支えているのを見ると感慨深いものがあります。

研究の現場にいと、苦しい年もあるし、小さくとも発見等が相次いで心躍る年もあります。最初の心躍る体験は入社3年目のことでした。入社直後から取り組んだテーマで得られた結果の解釈ができ、最初の論文を出版することができました。それから運もあって、薄膜成長法による最初の新超伝導体を発見できたことなどが続きました。また、応用物理学会の講演奨励賞という若手の登竜門のような賞を1996年に兄弟子、翌年に私と相次いでいただいたことで研究チームは湧きました。一方で、良いことが続き興奮気味だった私たち若手研究者に上司がかけられた「実験は純朴にやろう」という戒めの言葉もよく覚えています。実験科学は、「さまざまに実験条件を変えて、自然を相手にその摂理を尋ね、自然が返してくれる答えを基に、人間が自然を理解していく営み」ですので、上司の「純朴に」とい

う言葉の深みをことあるごとに思い出します。時を経て、ひそかに憧れていた超伝導科学技術賞 (2016年) を受賞できたことや、数々の論文を一流の学術誌へ掲載できたことも研究の大きな励みとなっています。ただし、最近は研究責任者として論文を発表することが多いので、掲載されてうれしいというよりホッとするという感情のほうが強くなりました。所内で、若手の研究者が論文掲載を勝ち取って涙しているといった話を見聞きすると、うらやましいと感じるのは年を取った証拠かもしれませんね。

めざすところは大きく (頂は高く)、アプローチは安全・確実から

上席特別研究員となられて、視野や役割はどのように変化されましたか。

研究に集中できる安定したポジションに就かせていただ



き大変ありがたいと思っています。この立場を活かして、ブレークスルーやハイリターンのために、正当・正統なリスクを取ろうと考えています。基礎研究、特に物質・材料の基礎研究でブレークスルーを生むためには、リスクをとることが重要ですが、世の中一般的には、チームメンバーの次のポジション確保や、競争的研究資金の獲得のために成果や論文の出やすいテーマを選択せざるを得ないケースが多々あり、なかなかリスクを取ることができないというのが現実です。NTTの上席特別研究員という極めて恵まれた立場や環境を活かすべく、正当・正統なリスクを取った研究の推進に努めていきたいと思っています。

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想を実現するための11のコアテクノロジーのうち、6個が何らかのかたちで、物質・材料研究に関連していますので、その意味で、責任の重さも感じています。私のテーマ「薄膜合成法による新奇超伝導および磁性物質の創製と物性解明」は、必ずしもIOWN構想の「主流」に位置付けられているわけではありませんが、歴史的には、「非主流」の研究テーマから大きなブレークスルーが生まれた例が多々ありますから、実は、私自身もそこに期待しているところもあります。

さらに、性別や国籍、使用言語に加え、専門性のダイバーシティを持った研究チームづくりもブレークスルーには重要だと感じています。同じような専門性を持ったチームはある意味ではやりやすいけれど、大きなブレークスルーは生まれにくいと考えます。新たにチームに加わった専門性の異なる若い方が、先輩はこんなことも知らないのか、と思うことがあるくらいがちょうど良いのではないのでしょうか。短期的にみると相違点が多い分だけ大変なこともあるかもしれませんが、長期的にみればその重要性を実感できると思います。

これまで課題やテーマを探る際に心掛けてきたことはありますか。

私は博士号をいただいて基礎研究所に入るところから「めざすところは大きく（頂は高く）、アプローチは安全・確実なところから」を心掛けてきました。例えば、私の研究テーマに含まれる室温超伝導体の探索などは高い頂（いた

だき）で、今の私の立場の研究者が挑戦するのに適したテーマだと考えています。ほかには、植物と比肩し得る人工光合成材料の探索なども高い頂といえるでしょう。ただし、私もそうでしたが、若いときは夢があるといきなり大きなことにチャレンジしがちです。大きな石をただ唸って押し続け、結果的に1 mmも動かないというような、all or nothingのアプローチにはならないように、小さなマイルストーンを立て、その都度、成果を論文化していくことも大事だと思います。こうした考え方は、研究所の先輩に学んできました。

基礎研究は、研究者自身が本当に好きなこと・テーマでないとうまくいきません。頂に向かって常に最短距離を走れるわけではありませんし、回り道や後退も余儀なくされることが常です。それでも頂を見ることをやめない姿勢が大事だと思うのです。また、良い基礎研究はある概念をつくる、ある概念を変える等大きなインパクトを与えます。私たちが2013年からの約10年間で合成・発見してきた、それまでの銅酸化物超伝導体での超伝導発現条件に反例を示すような新超伝導体の研究は、良い基礎研究の一例であるという自負があります。なかなか論文が学術誌に受理されなくて苦しい思いもしましたが、少なくとも研究現場にわくわく感がありました。これらの物質が新超伝導体であることは確立しているものの、一方で超伝導発現メカニズムの解釈をめぐることは、本当に定説に反例を示しているかどうか現在でも論争が続いています。これも基礎研究では良くあることと、前向きにとらえることにしています。



潤沢な資金があるならば、どんな研究者人生を歩みたいかを想像せよ

後輩の研究者に一言お願いいたします。

近年では、「実験」「理論」「計算科学」に続き、第4の科学と呼ばれるマテリアルズインフォマティクスが台頭したことで、また、理論計算による物質中の電子状態などの予言精度が格段に向上したことなどから、以前に比べて、相当に効率良く物質探索を行ったり、薄膜の成膜条件を最適化したりできるようになりました。このように効率化でき

るところはそうしていただきたいし、私自身が浅学非才によって遠回りしてしまったようなことは、できれば後輩の皆さんには回避してほしいです。しかし、物質・材料科学は、やってみないと分からないことが多々あることもまた事実ですから、次のことに心掛けていただきたいと思います。一つは、実験結果を再現できる信頼性の高い実験系を構築することです。これが、ある程度できたら、まず実験してみましよう。効率良く実験を進めることは重要ですが、最短距離を走ることを重要視せずに、回り道をするのも重要です。さらに、結果が再現することが前提ではありますが、予想や通説と異なる実験結果が出たときこそチャンスです。何か未知の現象や、意外な現象の表象に遭遇している可能性が大きいです。そして、あるねらいを達成するという意味では失敗のように思われる実験結果も、それだけで失敗と決めつけないことです。例えば、ねらいどおりの品質の薄膜がつかれないときは確かにかかりします。しかし、実験結果に何らかのヒントが隠れていることも多いです。

私は若い方々に「一生生活に困らない給料をもらえて、年間1千万の研究費がもらえたら、研究者人生を何の研究に使いたいか？」と尋ねることがあります。実は、その答えが本当にやりたい研究であることが多いのです。長い目で見たとき、基礎研究ではそんな研究ができるように、またそんな研究テーマで頑張るとうまくいくことが多いでしょう。

ご存じのとおり、基礎研究ではオリジナリティが何よりも重要とされます。しかし、私はかつての上司から真に重要な技術であれば、キャッチアップも厭うべきではないと教えられました。二番煎じではダメだからと、二番煎じすらできない技術レベルに陥るのは最悪です。良い基礎研究成果は、トップグループにいる複数の研究チーム・研究機関で再現されるのが科学の健全な状態であると考えます。

研究における今後の課題を教えてくださいませんか。

数年前までは複合酸化物を構成する元素として、銅のような周期表で比較的上のほうの行にある遷移金属を含むものを対象として成膜を進めていましたが、最近ではRu, Pd (パラジウム), Osなど周期表で銅よりも下の行に属する遷

移金属を対象を広げ、世界最高温度まで磁石としての性質を保てる物質の発見などにつながってきました。この遷移金属元素の対象をいかに系統的・戦略的に（絨毯爆撃的ではなく）広げられるかが今後の課題です。また、200万気圧といった超高压下でしか安定に存在できないけれど、室温に近い温度で超伝導転移する物質の発見は、いずれも水素化物で報告されています。現在は、ほぼ複合酸化物に限られている成膜対象をいかに、酸化物以外に広げていくかも課題だと考えています。

こうした課題に取り組むには非常に時間がかかりますし、自分の世代だけで完成するものではありません。成果を出しながら、次世代の核となる研究者を育てていくことは一番大切なことであり、技術やノウハウを継承していく必要性を感じています。これは、内部の研究者間のみではなく、私たちの研究を支える装置や部品のメーカーさんにも必要なことですので、是非技術継承していただけるようなやり方で進めていければと考えています。

■参考文献

- (1) <https://www.ntt.co.jp/journal/1908/files/pdf/JN20190806.pdf>
- (2) <https://www.ntt.co.jp/journal/1908/files/pdf/JN20190820.pdf>
- (3) Nature Communications, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18646-8>
- (4) <https://www.ntt.co.jp/journal/1908/files/pdf/JN20190812.pdf>



時代に即したネットワーク系のサービスを提供する会社

NTTPCコミュニケーションズは、通信が自由化された1985年に設立された、35年の歴史を誇り自らネットワーク系のサービスを提供する、NTTグループの中では珍しい会社だ。技術開発チームによるインキュベーションに注力し、NTTグループのグリーンベレーをめざす、田中基夫社長に話を伺った。



NTTPCコミュニケーションズ 田中基夫社長

自ら技術開発を行い、サービスを提供する会社

◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

NTTPCコミュニケーションズは、電気通信事業法等の改正により、通信が自由化された1985年9月に、NTTとロジック・システムズ・インターナショナル株式会社（現ロジック株式会社）の出資により、パソコン通信を扱う会社として設立されました。会社設立当初から技術開発系の社員を擁し、自由化された事業環境の下、1986年11月には電話回線を使用したネットワークによるビジネスとして、商用パソコン通信ネットワークである「NTTPCネットワーク」サービスの提供を開始しました。1995年1月には日本で3番目になるISP（Internet Service Provider）としてインターネット接続サービス「InfoSphere」を提供開始し、以降、IP-VPN、ハウジング・ホスティング・データセンターサービス、ASP（Application Service Provider）系のサービス、広域イーサネットサービス、クラウドサービス等、技術者により先駆的にサービスを開始・提供してきました。2020年に創立35周年を迎え、この間、1999年のNTT再編によりNTTコミュニケーションズグループの会社に、2002年にはNTTコミュニケーションズ単独株主の会社となり、現在のポジションを築いています。

当社はバリューチェーンを担うグループ会社とは異なり、自らサービス、ソリューションをお客さまに提供する事業を展開しています。会社設立以降、時代の流れに応える

ように、サービスの開発、統合等を行い、現在は①「Master'sONE[®]」に代表されるネットワーク・モバイルサービス、②「Security BOSS[®]」等のセキュリティサービス、③お客さまのデジタルトランスフォーメーション支援等のビジネスプロセス業務支援、④IoT（Internet of Things）・AI（人工知能）関連サービス・ソリューション、⑤「WebARENA[®]」に代表されるデータセンタ・ホスティングサービス、⑥クラウドサービス、⑦サーバ・ネットワーク機器ソリューション、⑧OEM・再販サービスを中堅・中小企業向けに提供しています。

◆長い社歴は技術・サービス開発の歴史でもあるんですね。

当社は設立当初から技術者が在籍しており、技術開発を行ってきました。中には特許を取得した技術もあります。このような技術者のスキル・ノウハウがサービスというカタチで結実してきています。中にはインターネット接続サービスである「InfoSphere」のように、小さな規模の会社であるがゆえの小回りが利くといった特性を活かして、NTTよりも先にリリースしたサービスもいくつかあります。こうした積み重ねの結果、NTTグループ企業としては珍しい、サービスを提供する会社として事業展開をしています。

技術開発は今後も継続して行っていくつもりで、特に内製化に力を入れて人材育成も含めて取り組んでいきたいと考えています。いくら良い技術があっても、サービス開発において人に頼っているようでは、スピード感や柔軟性は外注先に依存することになります。当社のような規模の小さい会社にとっては、サービスの規模を追うことは非常に困難ですが、スピード感をもって70%くらいのできでサー

ビスを出して改良を加えていくためにも内製化が重要です。

また、API (Application Programming Interface) にもこだわりを持っていきたいと思えます。これまでのサービス、特に通信系のサービスは、人が利用することが前提でしたが、AIやIoTが活用されると、サービスの利用者として人が介在せず、コンピュータや機械が利用するようなケースも増えてきます。そのときに重要になってくるのがAPIなのです。



◆こうした技術開発を今後はどのような方向に展開していくのでしょうか。

インキュベーションに注力していきたいと思えます。これは4～5年ほど前から手掛けてきたことなのですが、例えば、インターネット関連の技術・サービスはある程度行きわたり、ISPも淘汰されてきています。とは言いながらも、利用者は数多くいるのも事実で、こうした利用者の受け皿としてのビジネスは十分にやっつけられる状況です。ただ、これでは先の姿が見えてこないため、既存事業で収益基盤を確保しつつ、新しいビジネスの種をまいて育てるインキュベーションにパワーシフトしていきます。これを、機動力のある精鋭部隊によるインキュベーションという意味で、米国陸軍特殊部隊「Green Berets」になぞらえて、グリーンベレーと呼んでいます。

これまで手掛けてきたものとしては、当社のデータセンターには多くのGPUサーバが設置されているのですが、これを使った「イノベーションラボ」を開設し、IT系のスタートアップの方々と検討を行ったり、スタートアップどうしのマッチングを行ったりしています。また、PCメーカーがPCにモバイルSIMやセキュリティ等の機能を付加して企業にサブスクリプションモデルとして販売する際の、サブスクリプション管理ツールをBPaaS (Business

Process as a Service) として提供しました。これらのベースとなる技術は市中の技術なのですが、NTTには研究所があり、そこには多くの技術があります。当社のサービスである「Master'sONE CloudWAN」は旧NTT i³のSD (Software Defined)-WAN技術を使ったもので、すでに研究所の技術を使った実績もあります。このほか、NTT コミュニケーションズグループで行っている新規ビジネスコンテストで最優秀賞を2018年、2019年と連続して獲得しているのですが、その技術も研究所の技術であり、少しずつ動き出してきたところです。

◆今後の事業展開や抱負についてお聞かせください。

こうしたグリーンベレーの活動成果は、当社のサービスとなって事業に組み込まれていくのが理想的なのですが、規模を追い求めることは難しいので、NTT コミュニケーションズやNTT 東日本・西日本のような会社にこれを移転して大きく育ててもらおう、というのも1つの出口だと考えています。つまりNTTグループのグリーンベレーになるということです。

また、NTTグループに限らず、通信に限らず、他社のサービス・製品のコアな部材として組み込んでいくという出口も考えています。さらに、前述のPCサブスクリプションのBPaaSの場合は、モバイルSIMや回線は当社のサービスをご利用いただいておりますが、このようにインキュベーションの結果が既存の事業にまで波及していくところまでめざしていきたいです。

この活動のベースとなる技術は、NTTの研究所に数多くあります。ところが、これまでは研究所とのコミュニケーションの接点が少なく、技術の事業展開に向けた意識のマッチングもできていないのが現状です。そこで、研究所とのコミュニケーションがとれるよう、数多くの場に出かけて、グリーンベレーがよりお客さまに近い立場で、技術の事業展開のための触媒となれるよう、努力していきたいと思えます。

写真や動画から人間の関節の動きをベースとした動作を可視化するサービス

サービスクリエイション本部
第二サービスクリエイション部
サービスクリエイション担当 (AnyMotion担当)
渡辺 隆久さん

◆担当されている業務について教えてください。

「AnyMotion」というサービスの企画・開発を担当しています。「AnyMotion」とは、写真や動画から人間の関節の動きをベースとした動作を、AI (人工知能) を使って可視化するサービスです。3次元で本格的なシステムはすでにあるのですが、2次元で簡易に表示するものです。「AnyMotion」は2018年のNTTコミュニケーションズグループの新規ビジネスコンテストで最優秀賞を獲得し、これをきっかけにサービス化に向けて動き出しました。



渡辺隆久さん

このサービスは内製で開発しているのですが、現在私はどちらかというと企画サイドの業務を主に担当しています。サービスをどういったかたちで組上げていくか、展開戦略をどうしていくのかといったことを検討しており、トライアルサイトを構築し、それを通してお客さまとビジネスに関する意見交換をさせていただいています。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

「AnyMotion」の利用シーンとして考えられるのが、ヘルスケアとかスポーツといった分野があり、実際お客さまからの問合せや引き合いもヘルスケアの分野が多くなっています。ヘルスケアの場合は、リハビリテーションや整体といった分野が多いのですが、例えば整体1つとっても、診察、継続施術、アフターフォロー等、その場面も複数あり、またこれを遠隔で行うのかどうか等、お客さまの利用シーンが多岐にわたっています。

こうした中、例えば人が歩いているところを撮って解析した結果、この人は膝が悪いのではないかと、いったところまで表示できると良いのですが、そこまでやるには専門知識が必要となります。ところが、このような専門家が周囲にはおらず、さらにはお客さまの利用シーンごとに専門家が必要になってくるので、この領域にまでは踏み込めていないのが現状です。一応、お客さまにはご理解いただいているものの、結果を表示して判断の部分はお客さまに任せざるを得ない点にジレンマを感じています。

また、「AnyMotion」は簡易なサービスであるにもかかわらず、3Dの本格的なシステムと比較されたり混同されたりすることもあり、この違いをお客さまにご理解いただくことも苦労しています。

◆今後の展望について教えてください。

現在は、パイロット的にヘルスケア関連を中心にサービスを展開しているところですが、この分野をさらに広げていくことを推進していきます。例えば、スポーツ指導であれば、指導者の経験を基に指導していた部分を、可視化されたデータを基にした指導に変えていくことができるようになります。ボーリングやダーツであれば、単にスコアを競うだけではなく、投球フォームを点数化して芸術点のようなかたちで加算することで、エンタテインメント性を高めることもできるようになります。こういったアイデアを数多く創出して可能なところから展開していきます。

「AnyMotion」はAPIで提供されているのですが、このような展開を図っていくうえでアプリケーションの領域にまで踏み込んでいく必要があると思います。当社には内製チームもいるので、アプリケーションの開発については取り組みやすい環境にあります。アプリケーションとの連携により、サービスの展開領域をさらに拡張していきたいと考えています。

あなたの声を好きな声に変換 ディープラーニングを用いた声変換サービス

サービスクリエイション本部
第二サービスクリエイション部
サービスクリエイション担当 (VOICEMARTTM担当)
飯田 嘉一郎さん

◆担当されている業務について教えてください。

「VOICEMARTTM」という新規事業の企画・開発を担当しています。「VOICEMARTTM」とは、一言でいうと、ディープラーニングを用いた声変換サービスのアイデアです。ディープラーニングによる声変換なので、従来の声の高さだけが変わるような声変換ではなくて、全く別人の特定の誰かの声になれる、例えば、好きなアイドルの声、好きなアニメキャラクターの声になれるといった声変換です。ユースケースとしては、例えば電車の車内アナウンスの声をあるキャラクターの声に変える、場合によっては駅ごとにキャラクターも変えるとか、スマートスピーカーの声を好きなタレントの声にするとか、あとはオンラインゲームのボイスチャットとかでキャラクターになりきりながら話すといったことが想定されます。この場合のビジネスモデルとしては、例えば声優さんの声を「VOICEMARTTM」上でやり取りをして、その声が使われた分ライセンス料として声優さんにバックされる、というようなモデルを構想しています。少し現実に近い話としては、「VOICEMARTTM」によ



飯田嘉一郎さん

て、自分の声をより良い声質に交換することに着目して、サービス化をめざした実証に向けた開発を行っています。「VOICEMARTTM」も2019年のNTTコミュニケーションズグループの新規ビジネスコンテストで最優秀賞を獲得し、これをきっかけに事業化に向けて動き出しました。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

現在事業化に向けて取り組んでいるところなので、苦労している点といえはすべてになります。その中でも、技術面と市場開拓に特に苦労しています。

音声変換をはじめとする音声処理技術については、NTTの研究所が世界でもトップレベルの技術を持っており、その協力をいただいているのですが、私たちに全く知見がないため、非常に挑戦的な取り組みになっています。まずは、プロトタイプでいろいろと試しながら知見を蓄積していくところから始めており、現場での実証を通してさらにそれを高めていきたいと思えます。

一方、市場については技術が先進的なものなので当たり前ですが、まだ市場そのものがない世界です。そこに対して、ファーストターゲットのユーザ像とユースケースを想定して仮説を立てながら、それを市場のお客さまに理解していただき、市場の声を聞きながらフィードバックして事業化をしていくということ、を繰り返して行っていくことになります。

私たちがこういう使い方ができるだろうというイメージしたことを実際に現場で話を聞くと、時期尚早であったり、市場にマッチしないということは多く発生します。技術的知見が蓄積されればさらに加速すると思うので、諦めずに第一歩となる市場でヒットできるように、仮説検証と技術検証を継続していきます。

◆今後の展望について教えてください。

現場における実証というプロセスをとおして、具体的な事業を形成していくというアプローチになります。特に実証においては、接客系の場面において声変換をしながら相手とコミュニケーションが取れるというパターンによるユースケースに取り組んでいくつもりです。そのためには、まずは実証の環境整備を優先して行います。一番のベースとなる部分は、AIでディープラーニングさせるためのデータ収集ですが、単に音声を収集するだけではなく会話の中での抑揚やアクセントといったところまで意識して収集する必要があります。また、実証に参加してもらうパートナー探しと実際の利用シーンの環境への組み込み等に注力していきます。

技術が先進的で市場が未開拓、いわゆるブルーオーシャンへ少しでも早く船出できるよう、頑張っていきたいと思えます。

NTTPCコミュニケーションズ ア・ラ・カルト

■アジャイル開発研修

「次世代エヴァンジェリスト」と称するアジャイル開発の技術者育成のために、外部の研修に参加しています(写真1, 2)。研修は仮想プロジェクトのメンバーになり、それぞれがプロジェクトマネージャー、デザイナー、デベロッパー等の役割をもって実践形式で行われます。オープンで明るいオフィスにはリラックススペースがあり、そこにはキッチン、卓球台やお菓子もあり、他社からの参加者の顔ぶれも含めて、とてもインターナショナル。参加者全員が研修後は相当スキルアップを図ることができ、それを社内の業務に活かしていきたい、との意気込みを持っています。中には、アジャイル開発のみならず、充実した朝食への感動と卓球のスキルアップも図ることができた、という話もあるとか。

■社内報「PCアイ」

「PCアイ」というWebベースの社内広報誌が毎月発行されています。社内広報誌といながらもなぜか会社の公式ホームページ内で公開されており(<https://pceye.nttpc.co.jp>)、冒頭には、「毎月何となく…、19日あたりに配信してマス…」と書かれており、なんと「ゴルフ」な雰囲気です。「突撃レポート!美人広報員が行く」というコーナーでは広報員の独断と偏見で社内の気になる人をインタビューして紹介しており、社長はもちろんのこと、単身赴任中の社員の趣味に迫ってみたり、中には退職や出向元への異動等でOBになった人の職場にまで出掛けてインタビューをします。また、「NTTPCドキドキリレー」というコーナーでは、登場した社員が次回登場の社員を指名してリレー形式でつなぎ社員を紹介していきます。いきなり指名されるので「ドキドキ」している社員もいるかと思えば、次回の指名を待ち望んでいる社員もたくさんいます。



写真1



写真2

「おまかせ AI 働き方みえ〜る」によるデータドリブンビジネスの展開

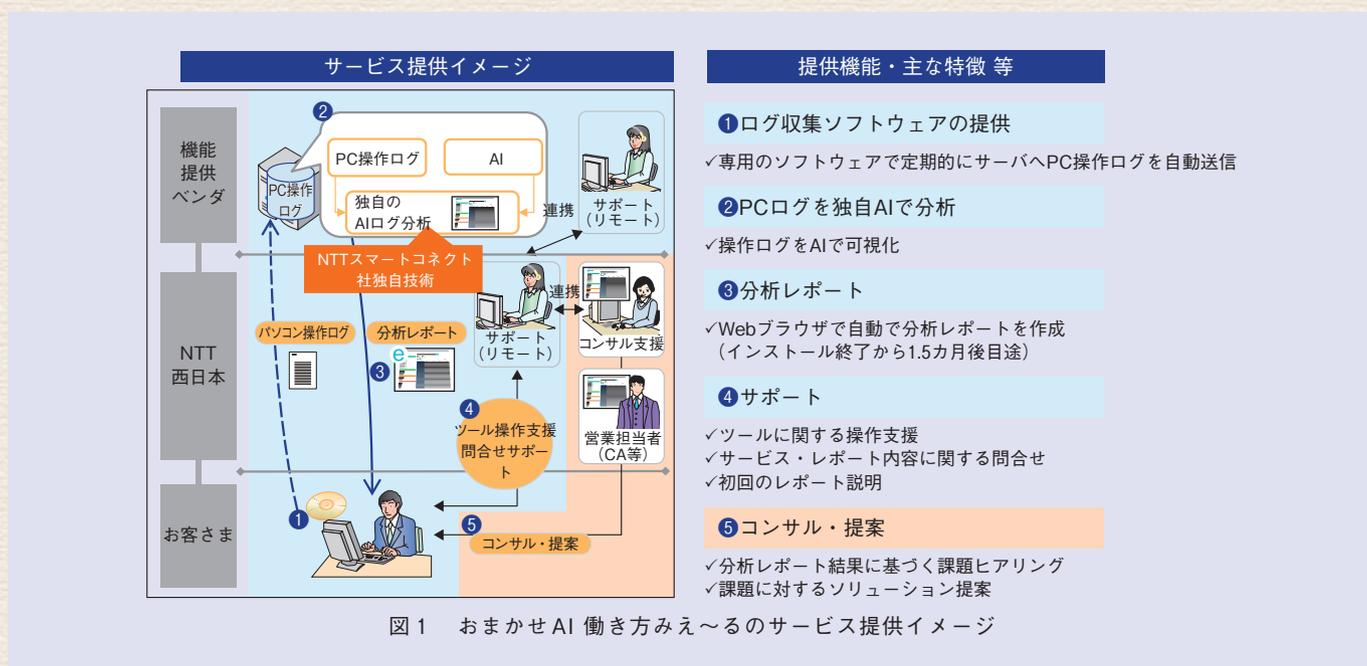
中堅中小企業を取り巻く経営環境は、今までにないスピードで多様化が進む中、NTT西日本ではカスタマーサクセスの実現に向けて、お客さまの業務実態をモニタし、その結果に基づく効果的かつ訴求力の高い課題解決の実現をめざすサービスとして、2019年8月に「おまかせ AI 働き方みえ〜る」をリリースしました。ここでは、中堅中小企業を取り巻く経営課題とともに、サービス提供の背景・概要、サブスクリプション型サービスとして実装したオペレーション要件、データドリブンビジネスの今後の展開について紹介します。

中堅中小企業のカスタマーサクセス実現に向けたデータドリブンビジネス

日本において、企業数の99%を占め、雇用の約70%以上を占める中堅中小企業が抱える課題は、「生産性向上」「人手不足」「働き方改革への対応」「IT化による業務効率化」など、今までにないスピードで多様化が進んでいます。NTT西日本においても、情報機器などのプロダクトアウトに代表される従来型のマーケティングや営業手法では、お客さまとのタッチポイントも限定されており、カスタマーサクセス実現に向けて、お客さまの業務実態をモニタし、その結果に基づく効果的かつ訴求力の高い課題解決を実現する「戦略的サービスデザインへの変革」が課題となっています。

そうした中、NTT西日本の中堅中小企業向けサービス開発チームでは、自社起点から顧客起点への変革を通じた継続的リレーション構築に向けて、「データ」を主軸としたタッチポイントの再構築を進めてきました。具体的には、①サービス利用を通じてお客さまの業務実態を知り、②その分析を通じて業務課題の抽出・可視化を実現し、③その内容をフィードバックする、といった新たなタッチポイントを構築することで、プロダクトアウトからの脱却を図り、お客さまの業務課題へ効果的にアプローチをすることをめざす「データドリブンビジネス」の展開を進めてきました。

2019年8月にサービスリリースをした「おまかせ AI 働き方みえ〜る」⁽¹⁾は、NTT西日本のデータドリブンビジネスの中核サービスの1つに位置付けられます(図1)。



本サービスは、中堅中小企業を取り巻く経営環境の変化を背景に、NTTスマートコネク트가開発したサービスのOEMで実現しており、機能面ではお客さま従業員の方々のPC操作ログを収集し、その分析を通じて業務課題を抽出・可視化が可能となっています。またサブスクリプション型サービスとして、お客さまにサービス価値を体験していただき、利用継続につなげていただくためにも、NTT西日本のサポートセンタからレポートのオンボーディングやテクニカルサポートといったオペレーション機能を具備したことも特長といえます。

「おまかせAI働き方みえ〜る」の概要

2019年4月に施行された「働き方改革関連法」では残業時間の「罰則付き上限規制」が設けられるなど、今企業は、長時間労働の是正や労働生産性の向上、さらには柔軟な働き方の推進が経営課題として求められています。

そうした中、働き方改革を実行に移すうえで、「どこから着手をすればよいか分からない」「仕事の偏りを定量的に把握できていない」「どの業務がRPAソフトウェアで自動化できるのか知りたい」といった課題を感じている中堅中小企業が多く存在していました。

「おまかせAI働き方みえ〜る」は、それら課題を解決し、それぞれの会社に合った働き方改革の実現をサポートするサービスといえます。

サービスの特長として挙げられるのが「見える化」です。一般的に、働き方改革を進めるうえで、まず実施すべきは「業務実態の把握」といわれる中、その会社全体の把握・可視化は課題となっていました。そうした中、本サービスでは、従業員のPC操作ログを取得し、独自AIで分析を加えることで、業務プロセスの処理パターンの可視化を可能としています。このデータの収集から可視化までの一連のアルゴリズムおよび機能提供を支えているのが、NTT西日本グループのNTTスマートコネク트가です。本サービスの技術的な特長として以下が挙げられます。

データ収集においては、資産管理ソフトのシェアトップであるMOTEX社のLanScopeCatをPCにインストールし、その操作ログを自動でクラウド側へ送付します。クラウド側では、NTTスマートコネク트가独自のAI技術により、収集したPCの操作ログを分析したうえで可視化を実現します。

また、リアルタイムに収集されるPCの操作ログは1カ月当たり数テラバイトにも及び、その量は利用社数の増加に応じて現在も増え続けています。このビッグデータを処理するために、クラウド側では分散型のオブジェクトストレ

ージと、分散コンピューティングのフレームワークであるApache Spark™を利用してしています。

さらに自社開発している分析のアルゴリズムの特長としては、操作ログの配列パターンの類似性に着目し、繰り返し作業の検出が可能であることが挙げられます。これについてはNTTスマートコネク트가にて現在、特許出願中です。

こうした技術的特長を用いて、「おまかせAI働き方みえ〜る」では4つの可視化を実現しています(図2)。

(1) 勤怠実態の見える化

従業員のPCでの勤務実態を①繰り返し作業時間、②PC作業時間(繰り返し作業以外)③PC作業をしていない時間の3つに分けて把握することが可能です。また、月ごとの業務・作業時間の変化を全社・個人別・グループ別・作業別の観点から多面的に確認することもできます。

継続的に利用することで、業務量の月ごとの変化が定量的に可視化できるため、繁忙期など時期による業務負担の実態を把握することも可能です。

(2) 業務内容の見える化

前述した独自AI分析技術を用いて、効率化できる可能性のある繰り返し作業を抽出し、各作業パターンごとの総繰り返し作業時間、回数、実施人数等を確認できます。また、繰り返し作業のフロー化や、エクセル等のファイルを作業時間の多い順で表示する等従業員がどのような業務に従事しているかを確認することが可能です。それによって、RPA等ツールの導入検討時において従来は不明瞭であった定型業務を抽出できるため、業務の優先順位付けや当該業務の実態把握等に役立てることもできます。

(3) セキュリティリスク(内部不正)の見える化

あらかじめ登録したストレージに対して、誰が、いつどのデータにアクセスし、持ち出したかを可視化することができます。つまり、オンラインストレージやUSB等外部ストレージへのアップロードによる重要データの持ち出し等の情報流出の可能性を把握することが可能となります。

また、従業員がいつもアクセスしているWWWサイト、アプリケーション、ファイルを視える化できるため、業務時間内・時間外・休日出勤時の無駄なプライベート利用等への抑止効果、および本来アクセスしてはいけないWebサイトの閲覧履歴も把握できることによって、UTM等のセキュリティ製品の設定への活用にもつなげることが可能です。

(4) IT資産の見える化

PCの利用状況を手軽に一元管理ができます。PCごとのOSバージョンをはじめ、各PCにインストールされているウイルス対策ソフトのパターンファイルまで把握することができ、リプレース時期を簡単に検討が可能です。

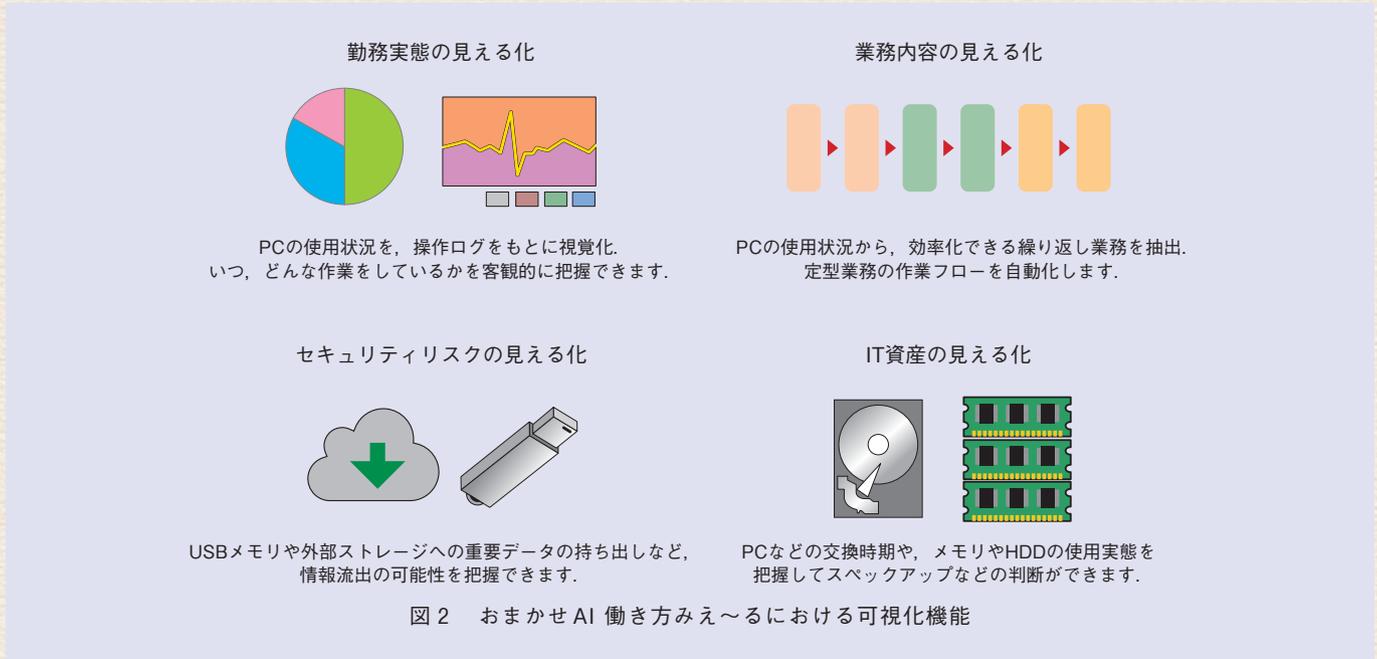


図2 おまかせAI働き方みえ〜における可視化機能

また、メモリやディスク空き容量を把握することで、従業員からのスペックアップの要望への対応を客観的に判断することも可能です。

サブスクリプション型サービスとしてのオペレーション要件

「おまかせAI働き方みえ〜」をご利用いただくことで、前述した4つの見える化を軸に、お客さまごとの働き方や業務内容をサマライズしたレポートが定期配信されます。また、お客さまは本レポートで得られた内容から業務改善項目を把握することが可能となります。実際にご導入をいただいたお客さまからは、「レポートによって、従業員と具体的にどの業務を改善すべきか、どの業務をRPA化するかの具体的な議論につながった」や「残業時間の低減につながった」といった声もいただいています。

また、本レポートはお客さまに定期配信することに加え、営業担当者も活用したソリューション提案を展開しています。具体的な事例として、中堅中小企業における経営課題の1つに「ペーパーレス」がありますが、本サービスの導入により、業務上で実際に利用されている印刷枚数といった定量的な可視化も可能となります。このように営業担当者がお客さまの顕在的課題や潜在的課題に対して、効果的にアプローチすることで、「おまかせAI OCR」や「RPA (WinActor)」などのソリューション提案・導入につながる事例が出てきています。

他方、レポートの見方・内容がお客さまにしっかりと伝わっていないとサービス価値棄損やチャーンにつながるリスクがあるため、サービス開始時にはオンボーディングを必須化しています(図3)。オンボーディングは、初回のレポート配信のタイミングで、NTT西日本のサポートセンターからお客さまへプロアクティブに連絡し、お客さまのご利用状況に合わせたレポート内容の説明やさらなる活用方法のご案内を実施しています。

このように、レポートを起点としたお客さまとの新たなタッチポイントの構築に向けては、NTT西日本におけるリモート組織であるサポートセンターの強み・スキルと、オンサイト組織である営業担当者の強み・スキルの相乗効果を図って、全社的なカスタマーセントリック(顧客中心主義)を推進していく必要があると考えます。

NTT西日本が中堅中小企業の真の課題解決に寄与するビジネスパートナーであり続けるためにも、「おまかせAI働き方みえ〜」をご利用のお客さまに対して、データドリブンビジネスをさらに展開し、カスタマーサクセスの実現をめざしています。

今後の展開

今後、さらに中堅中小のお客さまの業務課題は、さらに多様化していくことが想定されます。

特に新型コロナウイルスの猛威により社会経済に深刻な影響があった中、多くの企業において在宅勤務を中心とし

レポート内容イメージ

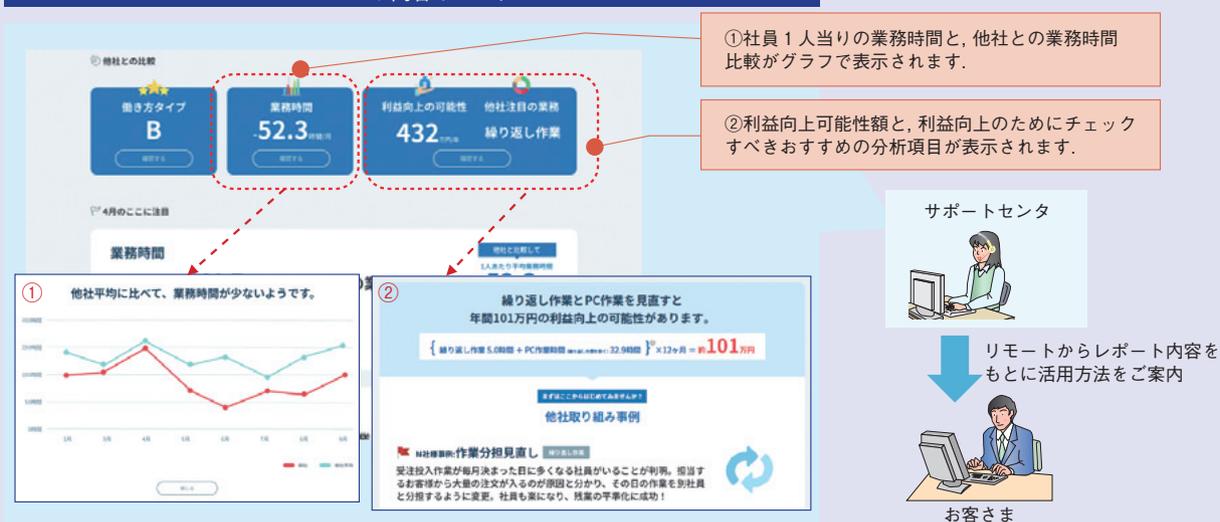


図3 サポートセンタによるオンボーディング

たテレワークへのシフトが一気に進みました。また収束後もテレワークやローテーション勤務、オンライン会議など新しい働き方の定着など、今後よりお客さまの業務における課題は複雑化し、見えづらいものになっていくことが想定されます。

そうした状況のもと、「おまかせAI 働き方みえ〜」においても、現状取得できるオフィス環境下の情報に加え、リモート環境も含めた業務の可視化まで範囲を拡大していくとともに、そこで得られたお客さまの業務の状況や顕在化する課題等を基に、お客さまの業務実態に寄り添ったアプローチを拡充していくことで、お客さまの真の課題解決につながる事業展開・サービス拡充を進めていきたいと考えます。

■参考文献

(1) https://flets-w.com/solution/workstyle_ai/

◆問い合わせ先

NTT西日本 ビジネスデザイン部
 NTT西日本 ビジネス営業本部 スマートビジネス推進部
 TEL 06-4803-2694
 E-mail mieru_ss_sp@west.ntt.co.jp





光伝送網の多重収容技術に関する標準化動向

しんたく けんご こばやし しょうけい ※

新宅 健吾 / 小林 正啓

NTT未来ねっと研究所

ここでは、ITU-Tにおいて国際標準化が進められている光伝送網規格 OTN (Optical Transport Network) に加え、5Gモバイル網向けの多重収容規格に関する最新動向を紹介します。

ITU-Tにおける光伝送網に関する多重収容技術の検討

ITU-T Study Group 15 Question 11 (Q11/15) は、通信事業者の基幹網で利用される光伝送網の多重収容技術に関する国際標準化を行って

※ 現：NTTエレクトロニクス

います。中でも、ITU-T勧告G.709に規定されるOTNインターフェースは、長距離・大容量の光通信を実現する光伝送装置に適用され、基幹網の経済化に大きな役割を果たすことから、NTTはOTNに関する国際標準化に積極的に寄与してきました。

OTNは①多様なクライアント信号を転送用フレームへ収容する、②複数の転送用フレームをより高速な転送用フレームへ多重収容する機能を担います(図1)。ここでは、2001年に最初の勧告が制定されて以降、光伝送技術の進展に伴い高速フレームの大容量化を主眼に進められてきたOTNにかか

わる多重収容技術とその機能拡張の検討を説明します。また、近年Q11/15において一部の国より提案され、検討している5G(第5世代移動通信システム)モバイル網向け多重収容技術の要件をまとめた勧告G.8300、ならびに新しい多重収容技術であるMTN(Metro Transport Network)(仮称)を紹介します。

大容量化に向けたOTN多重収容技術の検討

OTNは、勧告が制定された当時に主要なクライアント信号であったSDH*¹に合わせてOTU1(Optical

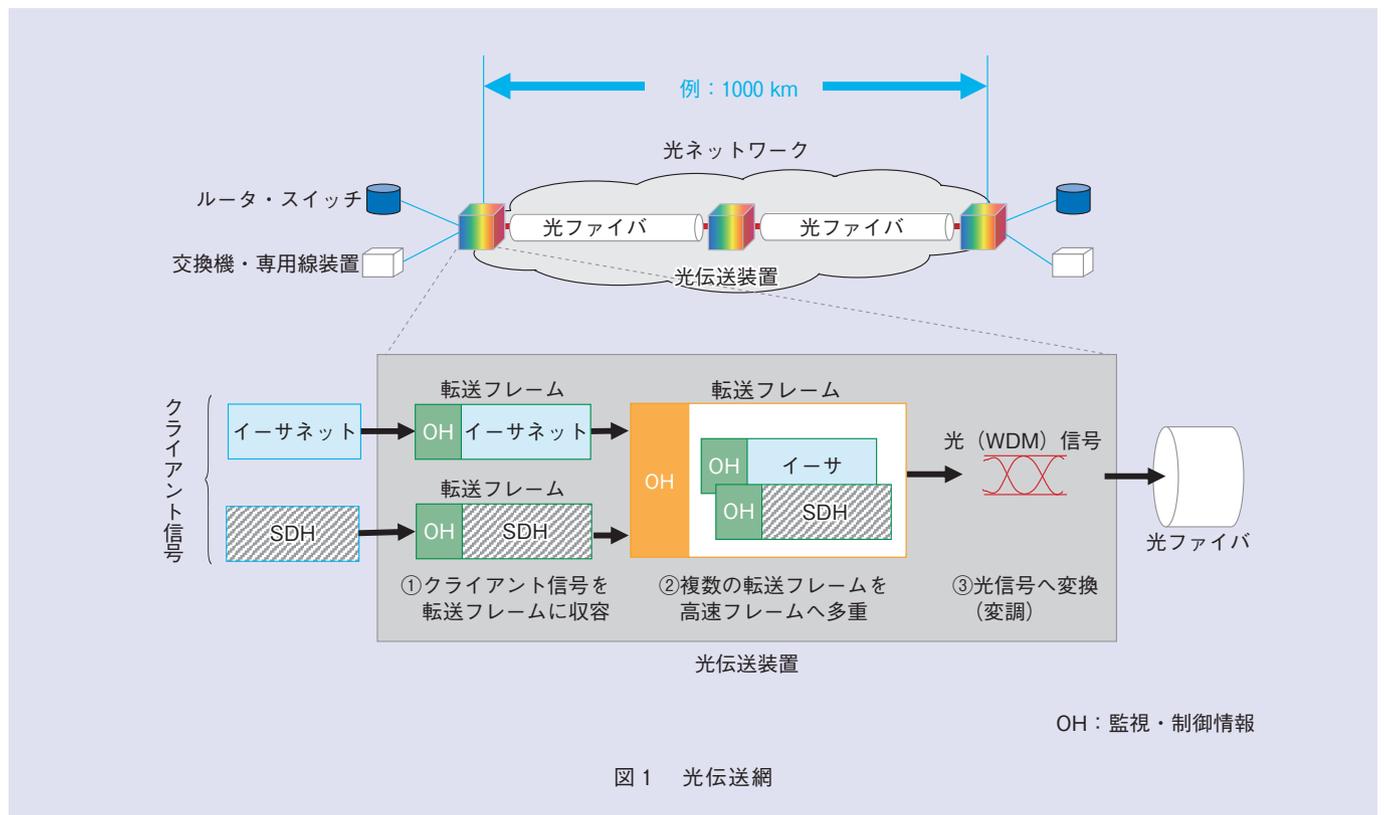


図1 光伝送網

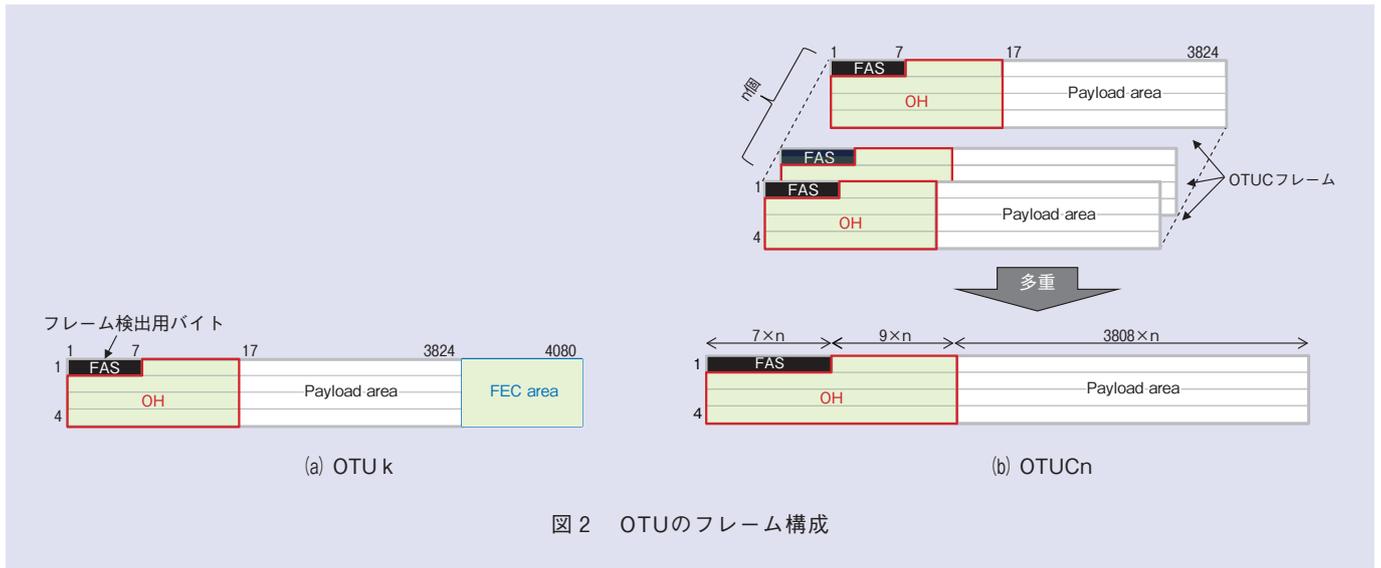


図2 OTUのフレーム構成

Transport Unit 1) (2.67 Gbit/s), OTU2 (10.7 Gbit/s), OTU3 (43.0 Gbit/s) という3つの伝送速度が規定されました。その後、100G Ethernet (100GbE) の収容を目的として OTU4 (112 Gbit/s) が2010年に加えられました¹⁾。

OTUk (k=1, 2, 3, 4) は、図2(a)に示すように、クライアント信号を収容するペイロード領域、監視・制御用の情報を収容するオーバーヘッド (OH: Overhead) 領域、伝送中に発生するビット反転を修正するための誤り訂正符号 (FEC: Forward Error Correction) 領域からなる、4×4080 バイトの固定長フレームで表されます。OTUkでは伝送速度によらずこの固定長フレームを用います。

その後、IEEE 802.3において200G/400G Ethernet (200G/400GbE) の標準化が行われるなどOTNに収容するクライアント信号の高速化が進化したことに伴い、

Q11/15においても100 Gbit/s超 (B100G: Beyond 100G) のOTN検討が行われました。B100G OTNでは、大容量伝送を実現するだけでなく、その柔軟性・拡張性も重要視されたことから、100GクラスのOTUCフレームをn個多重する構造のOTUCnフレーム (nは正数) として規定されました (図2(b))。OTUCnフレームは、複数の光信号 (波長) を並列に用いるマルチキャリア伝送への対応も意識しており、1つの光信号当りの伝送速度に合わせてOTUCフレーム数 (多重数) を変えることで柔軟な光伝送インタフェースを実現できます。

一方で、OTUk フレームの特徴の1つであるFEC領域は、光信号の物理的な伝送速度に合わせた最適な符号化方式や領域を規定する必要があることから、OTUCnから切り離され、勧告G.709.1/G.709.2/G.709.3内で別途規定されることになりました。これら勧告で規定されるFECについては、後述するFlexOフレームとともに説明します。

OTNの機能拡張の検討

EthernetやOTNの高速化が進展する一方で、近年複数の物理インタフェースを束ねて大容量のリンクを構成する技術の標準化が進みました。従来IEEE 802.3adにおいて、複数のEthernetの物理インタフェースを束ねて大容量のリンクを構成できるリンクアグリゲーションが規定され、用いられてきました。例えば、リンクアグリゲーションを用いて100GEを4本束ねることで400 Gbit/sのリンクを構成できます。しかしながら、データフローは同一の物理インタフェースに結び付けられるため、1つのデータフローの帯域は物理インタフェースの速度 (上記の例では100 Gbit/s) に制限されたり、特定の物理リンクにデータフローの偏りができる等、大容量リンクを効率的に使用できないという課題がありました。この課題を克服するため、OIF (Optical Internetworking Forum) は2016年にFlexE (Flexible Ethernet) を規格化しました。複数の物理インタフェースを束ねて大

* 1 SDH (Synchronous Digital Hierarchy) : ITU-T勧告G.707で規定される同期デジタル多重階梯。低速の信号 (音声情報64 kbit/sなど) をあらかじめ決められた速度系列に順次積み上げて (多重化して) 伝送する技術。



容量リンクを構成する点はFlexEもリンクアグリゲーションと同じですが、時分割多重的な方法により、物理インタフェースをまたいだ論理チャンネルを自由に構成でき、その論理チャンネルは通常の物理インタフェースと同等のEthernetリンクとして使用できます(図3)。

Q11/15においても、FlexEのように複数の物理インタフェースを束ねることができるFlexO (Flexible OTN) が2017年に勧告G.709.1において規定されました。FlexOのクライアント信号はOTUCnのみであり、OTUCnとFlexOの論理的・物理的な柔軟性・拡張性を兼ね備えた光伝送を実現します。図4はG.709.1の例で、n個のOTUCフレームをそれぞれ128×5140ビットのFlexOフレームに収容した後、物理的なインタフェースである光信号の伝送速度に合わせてFlexOフレームをx個ずつ結合(インタリーブ)してm個($m=[n/x]$, []は天井

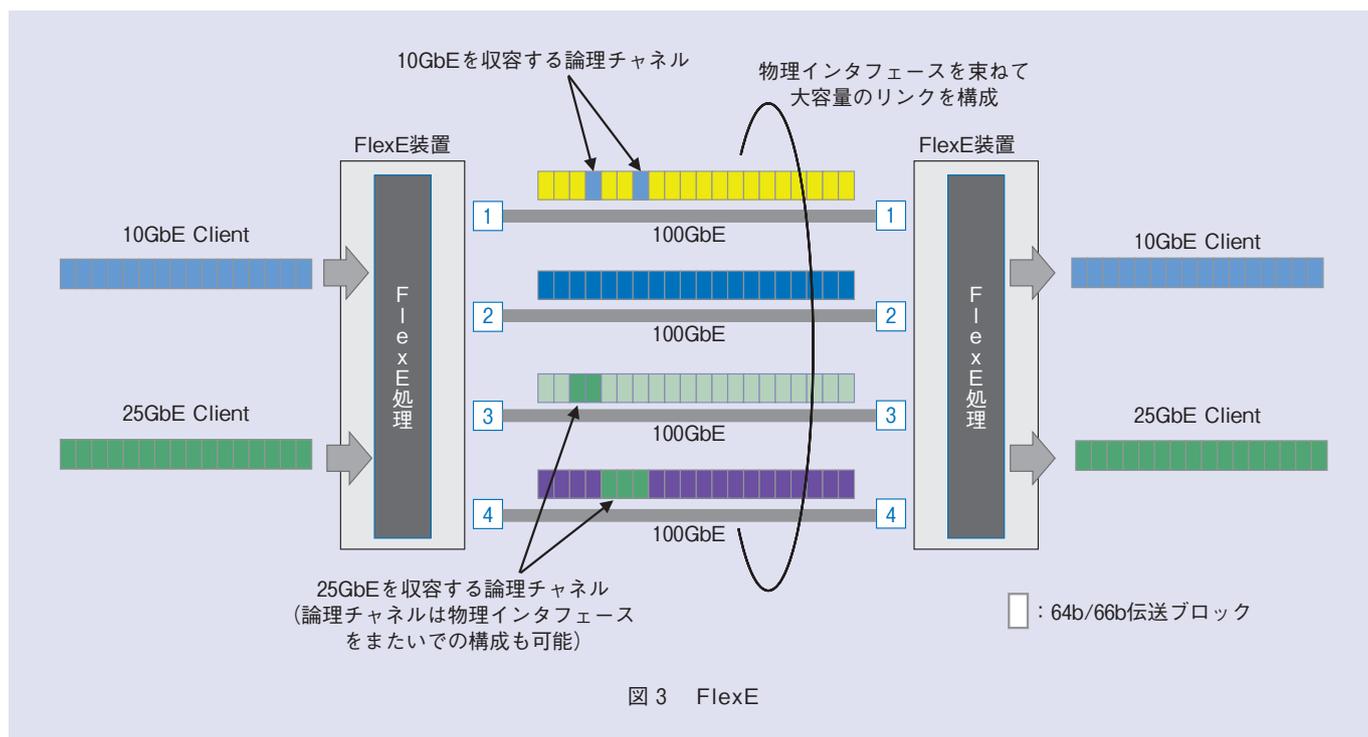
関数)のフレームに組み直し、FECを付けた例です。例えば、400GのOTUC4を伝送する場合、200G FlexO ($x=2$)を2つ($m=2$)用いて伝送することも、400G FlexO ($x=4$)を1つ($m=1$)用いて伝送することも可能です。当初は、隣り合って設置されるような光伝送装置間の接続を想定したため、FECには約10 kmまでの200G/400G Ethernetと同じKP4 FEC (RS10 (544, 514))が採用されました。

実際の光伝送網にOTUCn/FlexOを適用するには中長距離伝送のためのFECを規定する必要があり、NTTはその検討・議論に積極的に寄与してきました。具体的には、異なるベンダの光伝送モジュール・装置間の相互接続検証の実施や国際会議による発表等により性能・経済性に優れたFECを示すことでデファクトスタンダード化を行い、Q11/15においては海外通信キャリアや国内外ベンダの意見をまと

めて寄書を連名で提案し続けた結果、2018年に100G FlexOのFECとしてStaircase FECの標準化 (G.709.3)を実現しました。同時に、OTU4の中長距離用途のFECとしてもStaircase FECを標準化 (G.709.2)としました。さらに、200G/400G FlexOの450 km伝送用のFECの標準化検討・議論にも取り組み、OpenROADM MSA (Multi Source Agreement)でも採用されているOFECの採用合意を実現しました(2020年9月のITU-T SG15本会でG.709.3に追記・勧告化される予定)。

OTN暗号化

近年のセキュリティリスクに対する関心の高まりを背景に、Q11/15においてもOTNの暗号化の議論が始まりました。はじめにフレーム構造が比較的簡単なFlexOを対象に暗号化方式の



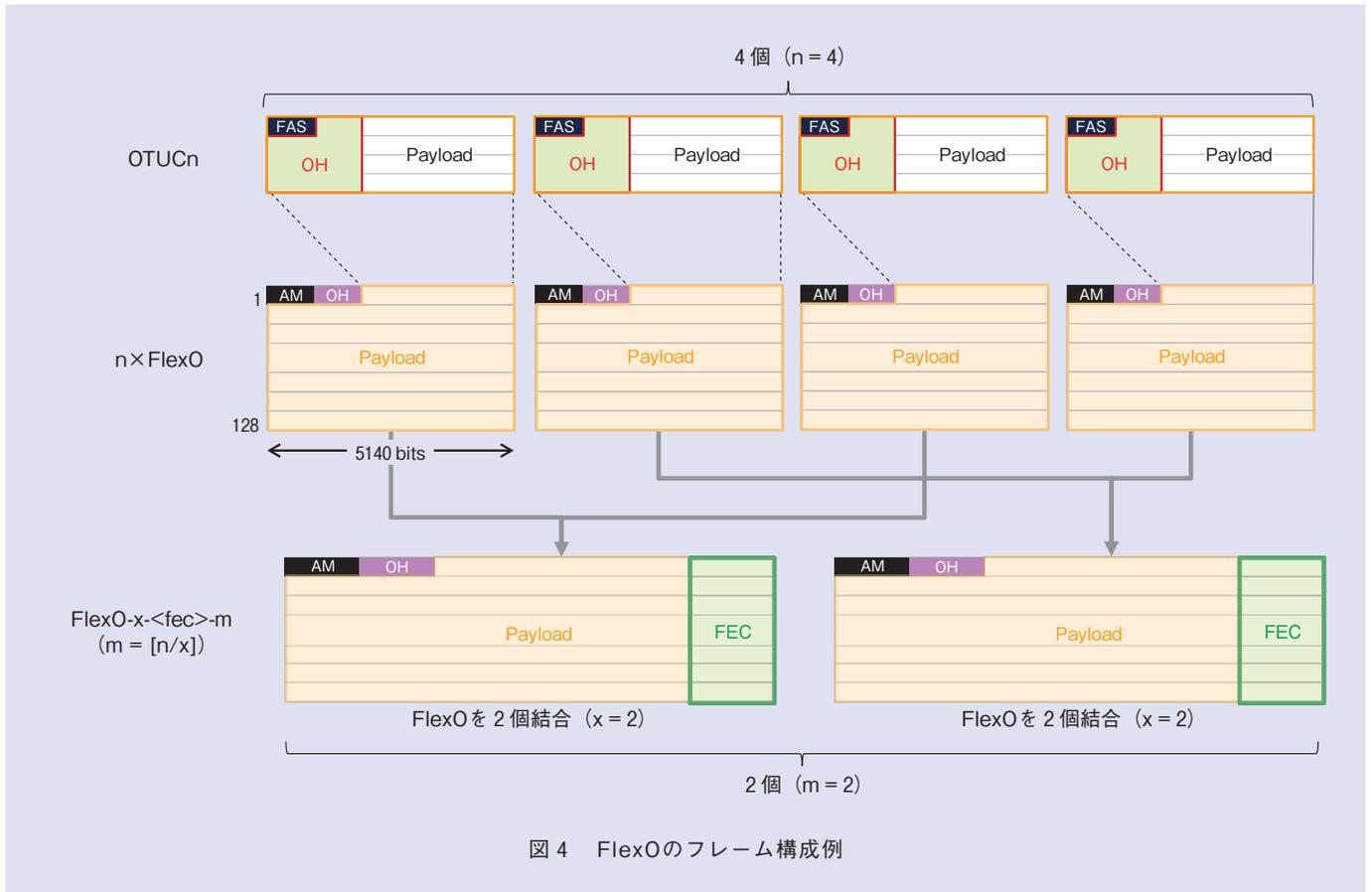


図4 FlexOのフレーム構成例

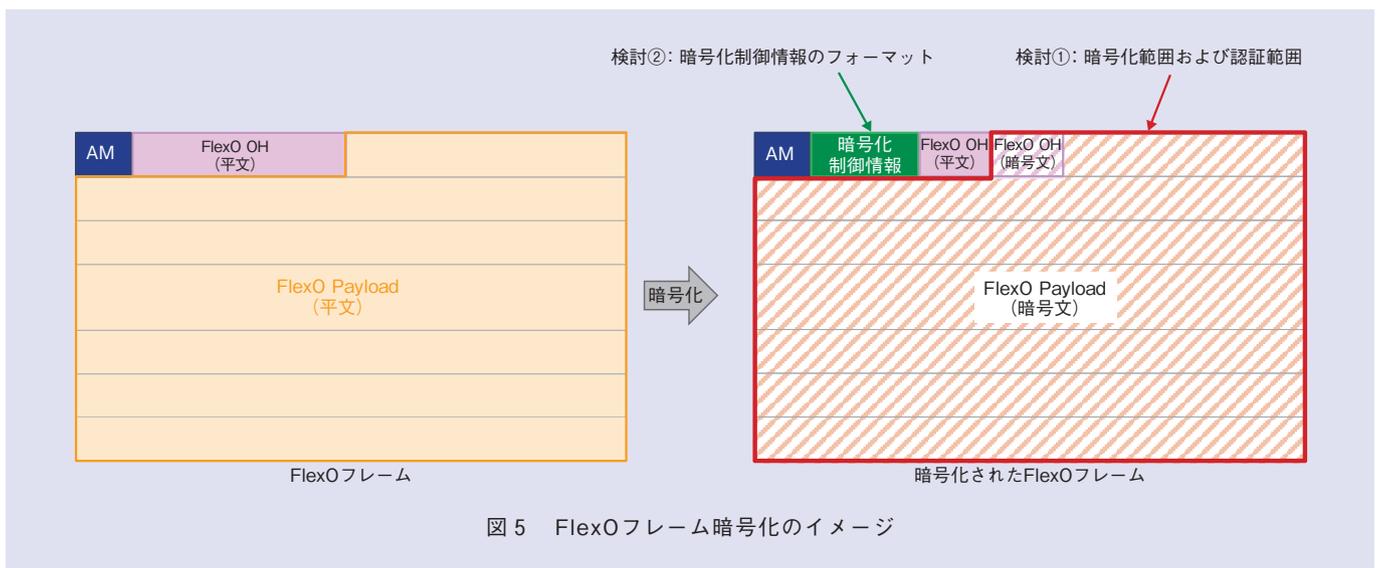


図5 FlexOフレーム暗号化のイメージ

検討が進められ、その後OTUフレームに展開される予定です。

検討では、盗聴を防ぐための暗号化機能と、受信したフレームの改ざん有

無を確認するための認証機能が具備される予定です。より具体的にはフレーム内の暗号化範囲や認証範囲、暗号化のための制御情報などのフレーム

フォーマットについて議論しています(図5)。なお、暗号化アルゴリズムについては、本検討の中では新たに標準化はせず、既存のアルゴリズム

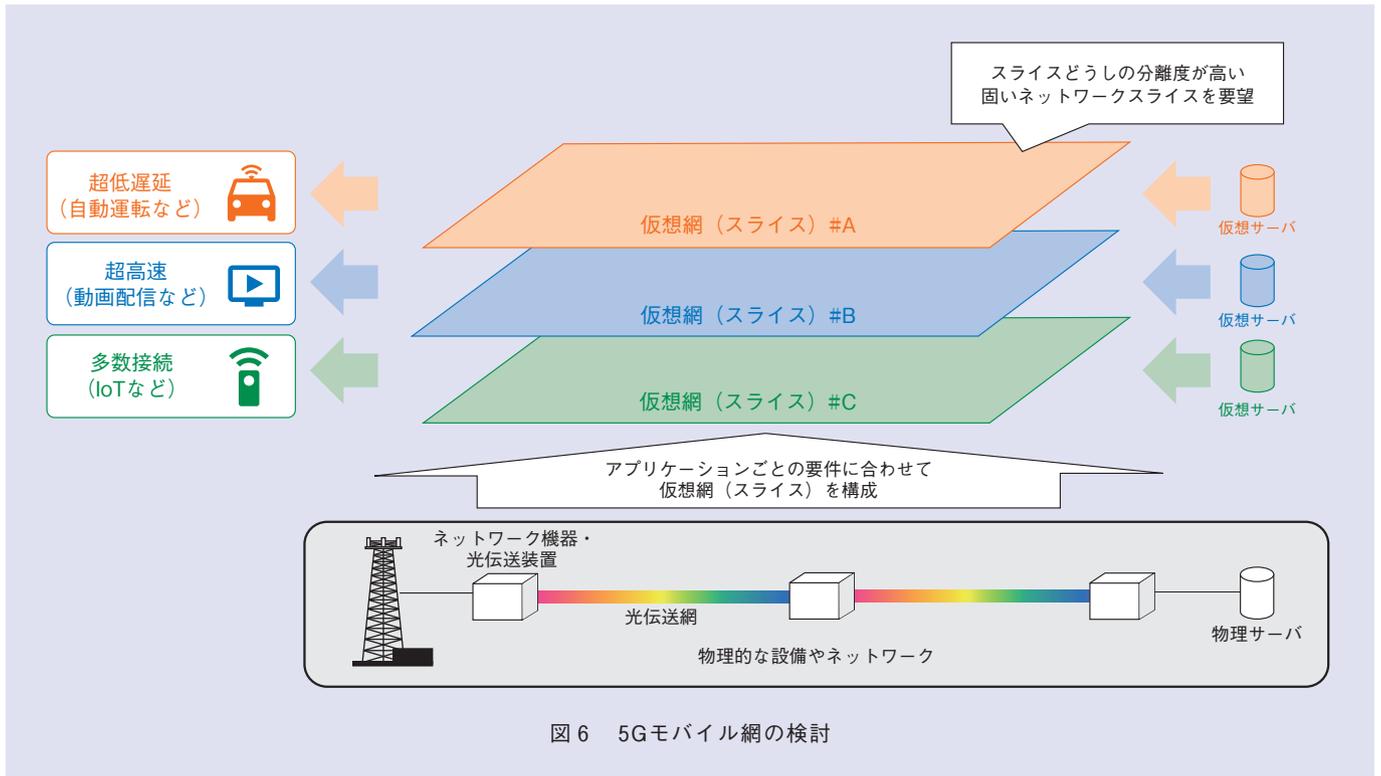


図6 5Gモバイル網の検討

(AES^{*2}等) を利用することとしています。

5Gモバイル網に向けた多重収容技術の検討

5Gモバイル網の特徴的な要件として、ネットワークスライシングが挙げられます。これは、ネットワーク上の物理設備（物理資源）を仮想的に分割可能な資源（仮想リンク、仮想ネットワーク機能等）として管理し、それら仮想資源を組み合わせることで、遅延や伝送容量などの要件が異なる仮想網（スライス）を共有物理設備上に構成する技術です^②（図6）。Q11/15は、このような5Gモバイル網の要求条件を整理し、勧告G.8300として標準化しました。特に、同一の物理ネットワー

クを共有するスライスどうしが互いに影響を及ぼさない、分離度の高いスライス（ハードスライス）の実現への要求が強く、そのための技術としてOTNに加え、FlexEの利用が着目されています。OTNは高速フレームのペイロード領域をタイムスロットと呼ばれる小箱に分割し、そこに低速フレームを固定的に割り当てる多重収容方式が提案されています。OTNのタイムスロットを仮想資源とみなし、低速フレームをスライスとして利用することで、ハードスライスを実現することができます。また、FlexEでは、論理チャンネルを応用することでハードスライスを実現することが可能です。このような検討について、OTNを用いた方式については補足文書G.sup.67としてまとめられたほか、FlexEを用いた方式については、2019年9月の勧告承認をめざして議論が進められています。

今後の展開

情報化社会の基盤を担うOTNの標準化は、これからも重要です。NTTとしては引き続き、光伝送技術に関する技術のトレンドや、他の標準化団体やMSAにおける議論動向を把握しながら、ITU-TにおけるOTNに関連する標準化に注力していきます。

参考文献

- (1) 大原・石田：“OTNの標準化動向,” NTT技術ジャーナル, Vol. 21, No. 1, pp. 71-74, 2009.
- (2) 安川・佐藤・弘田・東條・遠藤・笠原・鈴木：“将来ネットワークアーキテクチャの具現化に向けた取り組み,” NTT技術ジャーナル, Vol. 30, No. 3, pp. 23-30, 2018.

* 2 AES (Advanced Encryption Standard) : 米国の標準化機関であるNIST (National Institute of Standards and Technology) によりFIPS 197として標準化され、世界的に利用されている暗号化アルゴリズム。

マルチモード光ファイバの心線対照方法の検討

通信設備ビル内では、装置間を光信号で接続するために、シングルモード光ファイバとともに、マルチモード光ファイバが張り巡らされています。これら光ファイバの保守運用において、漏洩光による心線対照を行い、対象を特定することはサービス品質の維持向上の観点で非常に重要ですが、GI型マルチモード光ファイバは光が漏洩しづらく、その心線対照方法は確立されていません。今回、NTT東日本技術協力センターでは、接続替えや撤去の際に確実に作業対象のマルチモード光ファイバ心線を特定するための心線対照方法を開発しましたので紹介します。

これまでの心線対照方法

広くお客さまにご利用いただいているFTTH（Fiber To The Home）サービスでは、光ファイバの保守運用等を行うことによって、その通信品質の維持・向上を図っています。光ファイバを利用するサービスの開通時や保守運用時には、作業を行う光ファイバ心線の特定を行うことで、作業誤りが発生することを防止しています。その模式図を図1に示します。図に示すように、まず心線が特定されているコネクタを対照光源に接続し、変調光を入射します（一般的に、270 Hzの強度変調光）。次に、実際に作業を行う場所で、心線対照器により確認し

たい光ファイバ心線を把持することで、そこに曲げが加わります。曲げにより光ファイバ心線から外に漏れ出してくる変調光（漏洩光）の有無を確認することで、対象の光ファイバ心線であることを確認します。

これまで、屋外の光ファイバ等では、シングルモード光ファイバ（SMF: Single Mode Fiber）が使われており、曲げを加えることによって漏洩光を得ることができます。しかし、通信設備ビル内の装置間の一部やデータセンタ等で使用されているGI型マルチモード光ファイバ（GI-MMF: Graded Index Multi-Mode Fiber）では、SMFと同じように曲げを加えても漏洩光強度が小さいため、心線対照器で漏洩光を検知することが困難でし

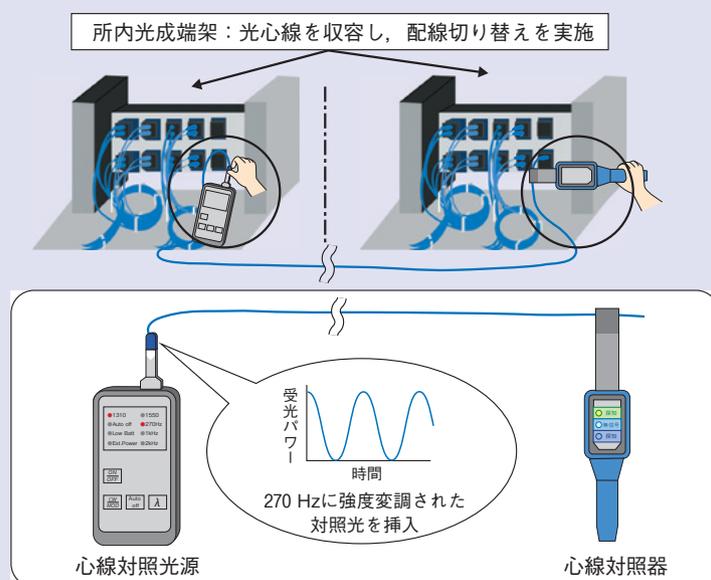


図1 一般的な心線対照方法

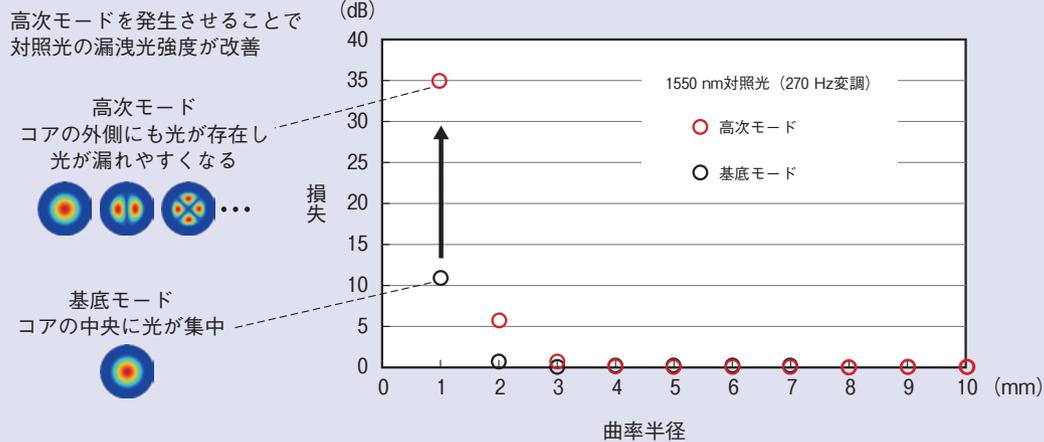


図2 基底モードと高次モードの漏れ光損失

た。そこで、GI-MMFの心線対照方法について検討を行いました。

マルチモード光ファイバの心線対照方法

GI-MMFの心線対照を可能にするためには、伝搬する対照光の漏洩光強度を増大させる必要があります。また、通信設備ビル内での心線対照では、GI-MMFだけでなく、SMFの心線対照を実施する必要があります。そのため、GI-MMF用の対照光源や心線対照器を新たに開発するのではなく、SMFの対照で使用している機器をそのまま利用できるよう、最小限の物品の追加で実施できる方法を検討しました。

図2の白丸に示すように、GI-MMFの漏洩光強度が小さい理由は、対照光源から出射される中心に集中した光（基底モード光）に対しての曲げ損失が小さいことに起因しています。一方で、光ファイバコア内の光の広がり（モードフィールド径）が大きくなると、曲げたときにコアの外側に存在する光が漏れやすくなるため曲げ損失が大きくなります。これは、コア内に高次モードの光を発生させることで実現可能です。図2の赤丸のように、コア内に高次モードを存在させることにより、漏洩光強度が大きくなっていることが分かります。

一般に、光ファイバ内で高次モードを発生させる方法には、デバイス挿入する方法と外部から曲げを付与する方法があります。しかし、高次モードを発生させるデバイスを挿入することは難しいため、今回は、外部から曲げを付与して高次モードを発生する心線把持具（高次モード発生用把持具）について検討を行いました（図3）。

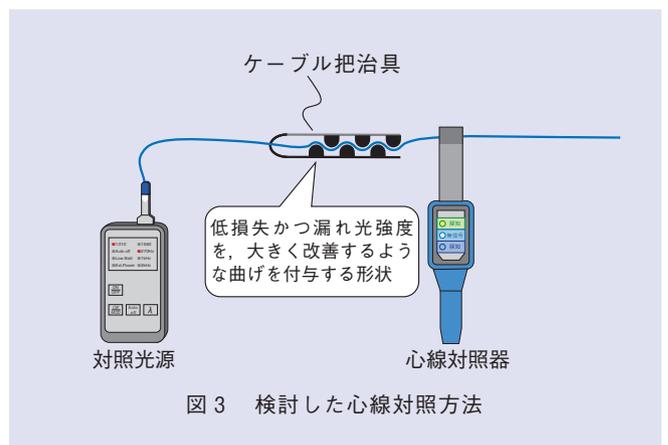


図3 検討した心線対照方法

高次モード発生用把持具の検討

高次モード発生用把持具として複数の凹凸による曲げによって高次モードを発生させるものを検討しました。この把持具に求められる要件として、

- ① 対照光源（1550 nm）の漏洩光強度を心線対照機で検知可能な値まで増加させること。
- ② 誤って現用心線を把持した場合、通信に影響を及ぼさないこと。
- ③ 狭いスペースでも、作業性が損なわれずにGI-MMFを把持可能なこと。

具体的には、①漏洩光強度の改善値（15 dB以上）、かつ②通信光の損失が小さくなる（1 dB以下）適切な曲率半径、③狭い作業スペース（把持範囲が100 mm未満）に収まる凹凸数となります。これを満たす高次モード発生用把持具を3Dプリンタで設計、試作し検証しました。

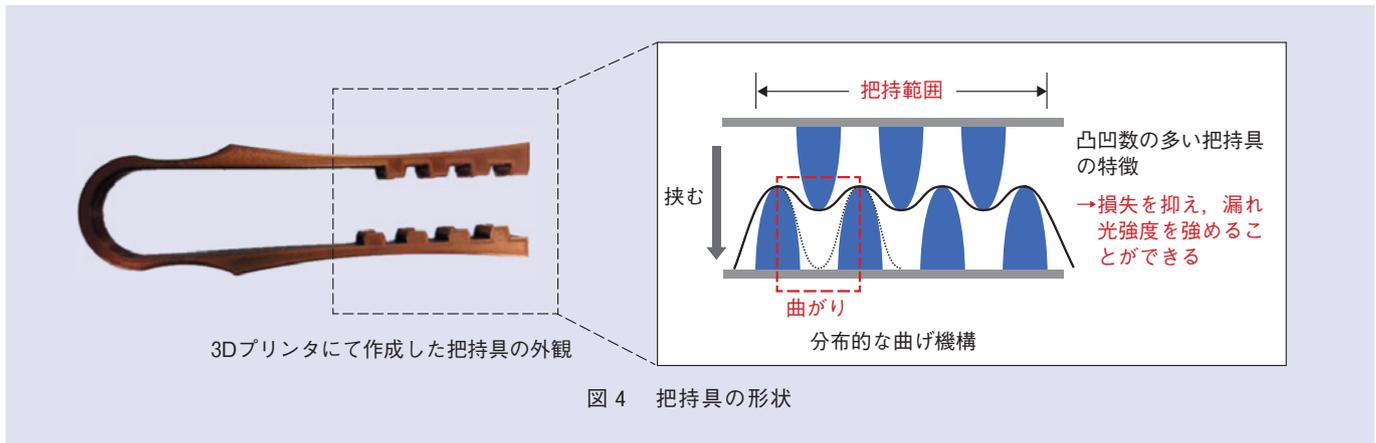


図4 把持具の形状

表 漏洩光強度改善量
()内は850 nmの損失値

		凹凸数		
		4個	6個	8個
曲率半径	5 mm	17 dB (1.9 dB)	19 dB (1.8 dB)	22 dB (1.5 dB)
	10 mm	16 dB (0.6 dB)	17 dB (0.6 dB)	20 dB (0.6 dB)
	20 mm	9 dB (0.1 dB)	10 dB (0.1 dB)	—

(図4)。

試作した高次モード発生用把持具の特性を表に示します。図5(左)のように、高次モード発生用把持具を使用しない場合、心線対照器で漏洩光を検知できませんが、高次モード発生用把持具を使用することで、対照光を検知可能なことが分かります。また、表に示すように曲率半径が小さい(5 mm)場合、対照光(1550 nm)の漏洩光強度は15 dB以上に大きくなるのに対し、通信光(850 nm)の損失1 dB以上と大きくなります。一方、曲率半径が大きい(20 mm)場合、対照光に対する十分な漏洩光強度を得られないことが分かります。

検証の結果、曲率半径10 mm、凹凸数4~8個の高次モード発生用把持具を用いることで、通信光の損失を1 dB以下に抑えつつ、漏洩光強度を15~20 dB増大させることが可能ということが分かりました。

まとめと今後の展望

従来の心線対照器を用いたGI-MMFの心線対照方法として、心線に複数の曲げを加える高次モード発生用把持具を用いて行った検証について紹介しました。その結果、最適な凹凸数と曲率半径を持つ高次モード発生用把持具



図5 ケーブル把持具を利用した心線対照の様子

を使用することにより、GI型マルチモード光ファイバでも心線対照が可能であることが分かりました。作製した高次モード発生用把持具は、3Dプリンタで容易に複製や改良ができることから、今後、現場保守作業者の意見を取り入れつつ、さらに使いやすいものに改良したいと考えています。

技術協力センターでは、蓄積された知識と経験、新たな技術を基に、引き続き通信設備の信頼性向上、故障低減に向けた取り組みを進めていきます。

◆問い合わせ先

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

精華町とのAI対話システムにおける共同実験の開始について

NTTは、精華町役場と共同実験を開始し、精華町の広報キャラクターである「京町セイカ」を、なりきりAI京町セイカとしてAI化する取り組みを行います。

NTTがこれまで培ってきた「なりきりAI」技術を活用し、個性的なキャラクターを持つ京町セイカが雑談のみならず、情報提供や観光案内、窓口受付といった役場業務も行う対話システムを構築します。

また、なりきりAI京町セイカを構築するにあたり、AIの学習に必要なデータ収集および実証実験を精華町、精華町民の皆様のご協力のもと実施し、企業・行政・住民の三者の協力による地域連携の取り組みとして本プロジェクトを進めていきます。

■研究の背景

NTTでは現在、人間をより深く理解し、人間と共生できるような対話システム技術の研究と開発を行っています。この対話システムの実現には、人間の持つ行動傾向や性格、価値観、知識、言語能力などをモデル化し、人間の振る舞いを理解し、自分自身も人間のように振る舞う技術が必要となります。

この技術の1つの方向性として、対話システムに有名な仮想キャラクターという個性を持たせることで、そのキャラクターをよく知るユーザであれば満足度の高い対話を行うことができる「なりきりAI」という技術がNTTメディアインテリジェンス研究所で開発されています。なりきりAIは、あるキャラクター（有名人や小説、ゲームのキャラクターなど）になりきった対話データをさまざまなユーザから収集することで、そのキャラクターの振る舞いを再現した対話を実現します。NTTでは、NTTドコモ、ドワンゴとの連携により、これまで複数のキャラクターを対象としてなりきりAIを構築し、NTT R&Dフォーラムやニコニコ超会議等で出展してきました。しかし、現状のなりきりAIはエンタテインメント目的で雑談対話を行う技術であるため、受付や案内などを行うタスク対話はできず、「その人の持つ知識や経験の活用」や、それを活かした高度なインタラクションは実現できていませんでした。

NTT コミュニケーション科学基礎研究所では、かね

てより質問応答や案内といったタスク対話と雑談対話を自由に行き来し、対話の話題を自然に制御する技術の基礎研究を行ってきました。この技術では2体のロボットが連携して話を進めるなど、さまざまな対話のテクニックを活用することでタスク対話と雑談対話の間で話題や知識を一致させ、対話が自然に続かないという問題を解消しています。一方で、この技術は限られた話題に対してのみ利用可能であり、応用範囲が狭いという問題がありました。

■研究の内容

今回の研究では、これまで限られた話題でのみ行われていたタスク対話と非タスク対話の両立を、対話データの収集方法および、対話制御モデルに工夫を加えることで、幅広い話題や知識に対応できるよう改善しました。またこの技術をなりきりAIに適用することで、キャラクターの特徴を活かして、タスク対話と非タスク対話を両立する技術の提案に至りました。

本研究では、これらの技術をさらに発展させ、従来どおりの対話システム側からの一方的な質問によるタスク対話ではなく、タスク対話の合間でもユーザからの雑談や質問に答えたり、適切に情報提供や相談を行うなど、ユーザの気持ちや要望に寄り添いながらタスク対話を行う「人の心に寄り添うタスク対話」の実現をめざします。

(1) 地域連携による高度な知識・経験を持つ対話データの収集

NTTと精華町は連携して精華町に関する高度な知識や経験を含んだ対話データを収集しました。データ収集では、精華町の広報キャラクターである京町セイカになりきった対話データをさまざまなユーザから収集しました。これにより、非常に多様な知識を内包する対話データを1つのキャラクターの知識として集約することができます。さらに、今後は精華町の皆様のご協力のもと、精華町に関するより多数の知識、経験を含む対話データを収集し、なりきりAI京町セイカの学習データとして活用していきます。

(2) 高度なインタラクションが可能ななりきりAI対話制御モデルを作成



NTTのこれまでの対話研究によって培われた技術を活かし、従来のなりきりAIでは困難であった情報提供や観光案内、窓口受付といった役場業務に関する対話も可能な対話制御モデルを作成します。情報提供や観光案内、窓口受付といった役場業務では、これまでに行われてきたバス運行案内などのタスク対話と異なり、町に関する非常に広範な情報の提供や案内が求められます。また、受付などでは、単に情報を提供するのみでなく、相手との対話を通してより詳細な要件を伺うことや、別の窓口への引継ぎなど深く情報をやり取りする対話も行う必要があります。本システムでは、なりきりAIの対話データ収集方法を改善し、非常に広範かつ高度な知識を持つ対話データを集めることで、これまで難しかった役場業務に関する対話を実現できる対話制御モデルを学習します(図)。

また学習したなりきりAI京町セイカを用いて、窓口業務の一部を補助できるかどうかを、精華町役場における受付業務の場を活用して、実証実験で性能を確認していきます。

■今後の展開

精華町の皆様のご協力および、精華町役場での実証実験を通じた成果について、今後のイベントなどで発表するとともに、ここで得られたデータを基に、人の心に寄り添ったタスク対話の高度な実現をめざした研究開発をさらに進めていきます。

◆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/news2020/2007/200703a.html>

京町セイカを社会の未来を拓く一助にしたい

担当者 紹介

西川 和裕

精華町役場 財政課 課長

関西文化学術研究都市（けいはんな学研都市）の中心に位置する精華町の公式広報キャラクター「京町セイカ」は、全国でゆるキャラブームが全盛の頃、逆転の発想から学研都市をイメージした「『過去・現在・未来』を行き来する未来からの使者」をコンセプトとした「萌えキャラ」として、2013年7月に誕生しました。

京町セイカは、市販のマンガ作成支援ソフトの素材や3Dモデルデータを、基本的に個人が自由に使えるよう公開しています。また、音声合成の「声」による読み上げソフトも販売されており、ファンによる動画やイラストがネット上で拡散されることで町のシティプロモーションにつながっています。

また、こうした素材を研究機関や大学等に提供することも、京町セイカのコンテンツの重要な目的の1つと考え、さまざまな実証実験や研究との連携を行ってきました。

今回のNTTコミュニケーション科学基礎研究所様の「なりきりAI」とのコラボレーションでは、3Dモデルや音声合成をフルに活用いただいておりますが、この実験は京町セイカにコミュニケーション能力を与えることを通して、いわば「心」を造ることともいえます。京町セイカが地域住民と対話しニーズにこたえる能力を得ることは、まさに国の進めるSociety5.0がめざす社会変革（イノベーション）、けいはんな学研都市の建設理念である「持続可能社会」の実現に寄与するものと期待しています。このような取り組みに京町セイカが参画できますことを光栄に思います。



人の心に寄り添った対話システムの実現に向けて

研究者 紹介

水上 雅博

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
協創情報研究部インタラクション対話研究グループ

人間の対話では、さまざまな情報がやり取りされ、中には対話の目的（タスク）に全く関係ない雑談も含まれます。このような一見役に立たない雑談は、実際はプライベートな情報を交換することで良い人間関係を築き、長期的に円滑なタスクの解決をできる土台をつくる重要な役割を果たしています。NTTコミュニケーション科学研基礎研究所では、円滑なコミュニケーションの実現に向けてさまざまな研究を推進してきました。中でも、対話システムと人間の対話において、対話システムが人間といかにうまく、自然に対話できるかは、昨今のAI時代においてもっとも重要な課題の1つでした。

この課題の解決に向けて、対話システムにキャラクターを持たせる「なりきりAI」の技術をはじめとした多くの技術について研究所を超えて検討し、研究開発を推進してきました。そして、これらの対話技術の1つの集大成として、今回の精華町との共同実験であるなりきりAI「京町セイカ」の取り組みを進めています。

この共同実験は、精華町に人間と共に住もう1人としての京町セイカをつくるプロジェクトであると思っています。もちろん、京町セイカは精華町民の皆さんと関係を築き、円滑なコミュニケーションを行う必要があります。単にタスクを解決するだけでなく、人との関係を築き、信頼関係の下で相手の本当に望むかたちでタスクを解決する、そんな人の心に寄り添った対話システムの実現に向けて、引き続き研究を続けたいと思います。



OKIとNTT Com, リモート接客オペレータの稼働状況を可視化する「コンタクトセンタークラウドサービス」を構築, OKIにて販売開始

沖電気工業 (OKI) とNTTコミュニケーションズ (NTT Com) は、クラウド型コンタクトセンターサービス「Amazon Connect」を活用し、OKIのセルフ端末用ミドルウェア「Counter Smart」とNTT ComのAIサービスなどを組み合わせ「コンタクトセンタークラウドサービス」(本サービス)を構築しました。本サービスを活用することで、店舗のリモート接客業務やコンタクトセンター業務を短期間かつ低コストで開始することが可能となります。OKIは、本サービスを店舗デジタル変革ソリューション「Enterprise DX(エンタープライズ・デジタルトランスフォーメーション)」を構成するソリューションの1つである「ストアフロント変革ソリューション」の新商品として、販売開始しました。

■背景

近年、店舗の省人化ニーズに加えて、新型コロナウイルスの感染拡大を機に、店舗内での人との距離を確保した接客のニーズも高まっています。さまざまなシーンでビデオ通話が日常的に利用されていますが、店舗においても接客のニューノーマルの1つとして、有人オペレータによるリモートでの接客が、ますます利用されていくものと考えられます。

OKIとNTT Comは、両社のソリューションとノウハウを組み合わせ「コンタクトセンタークラウドサービス」を提供することで、災害やパンデミックにおけるコンタクトセンターの迅速な立上げ・業務継続へのニーズにこたえるとともに、お客さまに距離や場所に左右されないリアルな体験を提供し、コンタクトセンターの生産性向上に貢献します。

■サービス

本サービスでは、コンタクトセンターの基盤としてクラウド型の「Amazon Connect」を活用しており、従来よりも短期間・低コストでコンタクトセンターシステムの導入が可能となります(図)。またOKIが保有するコンタクトセンターのノウハウを活用し、対応中や離席

中などの各オペレータの状況を、管理者の画面上に一覧で表示することができます。センタ内はもちろん、店舗や在宅で勤務しているオペレータの状況を可視化し管理しているため、お客さまのご要望に最適なオペレータを自動で選択し接続することも可能です。

OKIの「Counter Smart」と本サービスを、組み合わせることで、店舗に来店されたお客さまとオペレータは、セルフ端末でお互いの顔を見ながら、対面での接客さながらの対応を実現できます。オペレータとお客さまが画面の表示内容を共有できるほか、オペレータが店舗内のスキャナなどをリモート操作することで、お客さまが持ち込まれた書類などを確認しながら会話することも可能です。

さらに、NTT Com のコミュニケーションAI「COTOHA[®]」シリーズを組み合わせることで、独自の音声認識技術を用いた通話内容の高精度なテキスト化、要約を実現し、オペレータの稼働を削減します。また複数のソリューションの組み合わせにより、感情分析技術を活用し判定したお客さまの満足度や、オペレータのコールデータなどが可視化され、ダッシュボードで簡単にKPI管理が可能になります。

本サービスは今後、クラウドサービスならではのメリットを活かし、音声自動応答やAIチャットボットを活用した無人対応、スマートフォンやタブレットでのリモート相談など、連携機能の拡張を順次リリースする予定です。

本サービス提供における各社の役割は下記のとおりです。

- ① OKI：本サービスの提案・販売、「COTOHA[®]」や「Amazon Connect」と連携するアプリケーションの開発・実装
- ② NTT Com：「COTOHA[®]」などのAIサービス、フリーダイヤル・ナビダイヤルなどの音声系サービスの提供、コンタクトセンターノウハウの提供

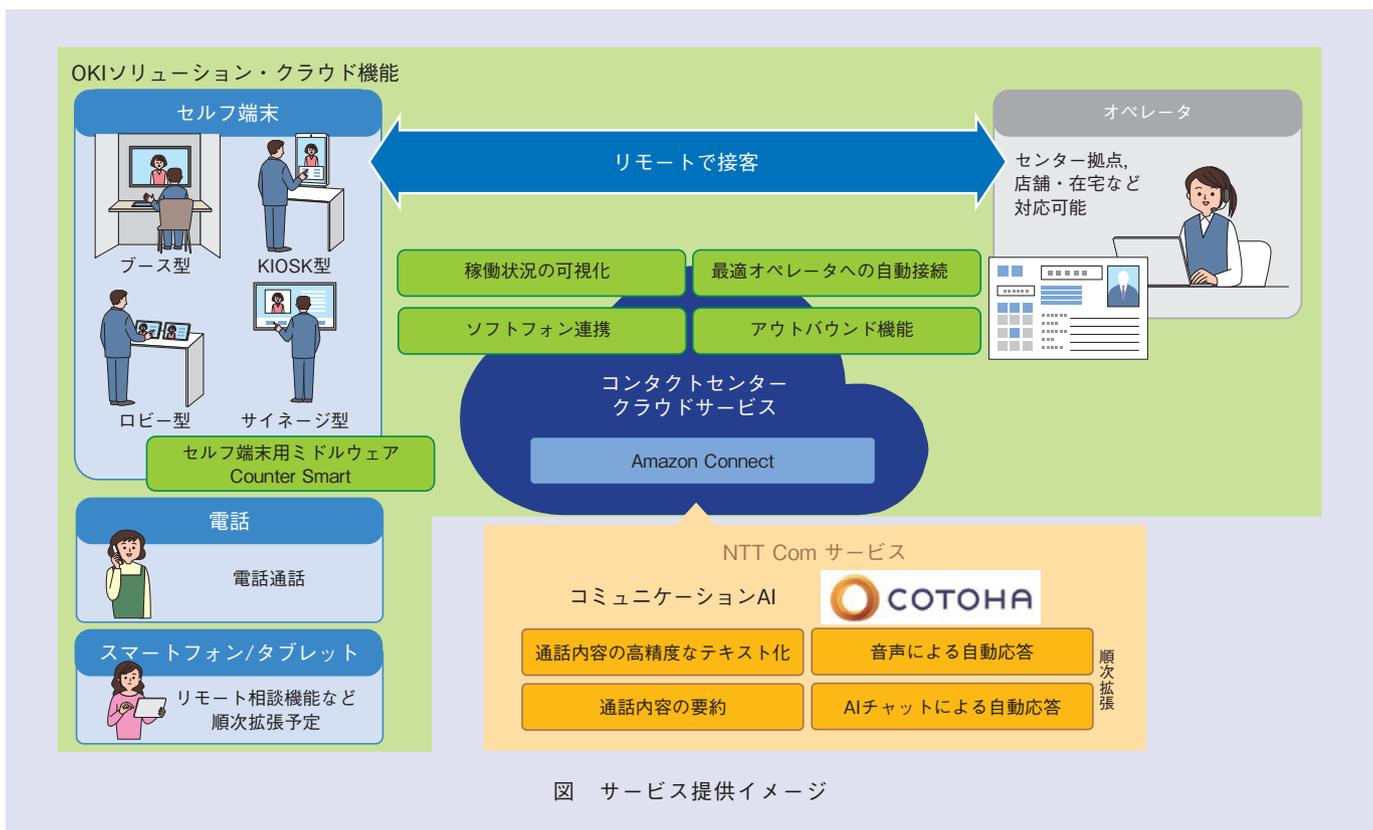


図 サービス提供イメージ

■今後の展開

今後両社は、「コンタクトセンタークラウドサービス」と店舗デジタル変革ソリューションの提供により、顧客接点におけるコミュニケーション・行動データや、リアルタイムな個人の内面（感情・思考等）データなども利活用しながら、顧客接点の最適化をめざします。加えて、労働力不足など社会が直面する課題の解決に取り組み、安心・安全・便利な社会の創造に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTコミュニケーションズ

経営企画部 広報室

TEL 03-6700-4010

URL <https://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/article/2020/0728.html>