

NTT

ISSN 0915-2318 平成2年3月5日第三種郵便物認可
令和2年11月1日発行 毎月1回1日発行 第32巻第11号(通巻380号)

11

NOVEMBER 2020
vol.32 No.11

技術ジャーナル

特集

NTTグループの Smart Infraへの 取り組み

特集

モビリティを中心とした 街のデジタルトランス フォーメーション

トップインタビュー

黒田 吉広
NTTインフラネット 代表取締役社長

グループ企業探訪

アイレック技建

ピオストック

from NTTファシリティーズ

通信機械室の未来をかたちづくる「空調ガイドライン」の改定

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

CONTENTS

2020年11月号

4

トップインタビュー

黒田 吉広 NTTインフラネット 代表取締役社長

願いも思いも耳を傾け、現実のものとする
——住みよい生活空間のマネジメントをめざして



10

特集

NTTグループの Smart Infraへの取り組み

12

Smart Infra構想を実現するSmart Infraプラットフォーム

16

高精度3D空間情報を活用した地下設備の高精度3D位置情報管理

21

現場がつながるGISプラットフォーム

——トリプルIPによる高度な空間マネジメント

28

道路周辺を3次元計測するMMSを設備点検まで進化

——mm単位の摩耗やサビ・シミ・ひびの劣化診断へ

32

主役登場 箱石 隆 (NTTインフラネット)



38

特集

モビリティを中心とした 街のデジタルトランスフォーメーション

40

IOWNによる街全体の最適化

45

マルチモーダルMaaSを支えるオープンなMaaSプラットフォーム

50

マルチモーダルMaaSを支える二次交通の取り組み

——ドコモの次世代モビリティサービス

56

モビリティ領域での4Dデジタル基盤™の活用

64

コネクティッドカー分野の技術開発・検証

70

コネクティッドカー協調領域・交通環境情報の活用

77

「街づくりDTC」によるデータ駆動・連鎖型のスマートシティ

84

主役登場 高木 雅 (NTTデジタルツインコンピューティング研究センタ)



NTT 技術ジャーナル

- 33 | **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3回 オールフォトニクスに向けた光通信技術の進歩
- 85 | **from NTTファシリティーズ**
通信機械室の未来をかたちづくる「空調
ガイドライン」の改定
- 90 | **from ★NTT DOCOMO**
テクニカル・ジャーナル
歌唱履歴の時系列性を考慮した楽曲レコメンド技術の開発
- 96 | **挑戦する研究者たち**
山口 浩司
NTT物性科学基礎研究所 上席特別研究員
「人とは違うゴール」を設定し、
ビボット戦法で臨む



- 102 | **グループ企業探訪**
アイレック技建株式会社
非開削推進工事、
非破壊地中探査のエキスパート
- 106 | 株式会社ビオストック
畜産・酪農業に新しい風を吹き込んで
地域貢献



- グローバルスタンダード最前線** ————— 110
Focus on the News ————— 114
イベント ————— 127
読者の声 ————— 128
12月号予定
編集後記
読者アンケート ————— 129

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

アンケート実施中！
NTT 技術ジャーナル

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

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

期 間：2020年11月1日～11月25日
回答方法：<http://www.tta.or.jp/> にアクセス →
上記バナーをクリック →
アンケートサイトより設問にお答えください。なお、巻末のアンケート用紙にご記入のうえ、FAXまたは郵送でお送りいただいても結構です。

〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋2-1-1
如水会ビルディング6階
一般社団法人電気通信協会 出版部
TEL 03-3288-0608 FAX 03-3288-0615



<https://www.gakkai-web.net/php-bin/gakkai/tta/jnl/new2.php>

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。

View from the Top

NTTインフラネット
代表取締役社長

黒田 吉広

PROFILE :

1981年日本電信電話公社に入社。NTTコミュニケーションズコンシューマ&オフィス事業部企画部長、ヒューマンリソース部 担当部長を経て、2008年NTT総務部門担当部長、2011年NTT西日本 取締役中国事業本部長広島支店長兼務、2014年取締役設備本部ネットワーク部長、2016年代表取締役副社長を経て、2019年6月より現職。



願いも思いも耳を傾け、

現実のものとする

——住みよい生活空間の
マネジメントをめざして

2019年、会社設立20周年を迎えたNTTインフラネット。会社設立の原点に戻り、果たすべき役割である「基盤設備業務全般のトータルマネジメントシステム」等を今の時代背景に合わせて再構築し、自然災害への対応、生産性向上・効率化による働き方改革、そして社会課題解決に挑んでいます。約1500人の社員を率いるトップとしてのあり方、そして、情報通信インフラのプロフェッショナルに求められる技術力を活かした新しい空間マネジメントについて、黒田吉広NTTインフラネット代表取締役社長に伺いました。

「基盤業務全般のトータルマネジメントシステム」 を再構築し、さらなる飛躍を!

4年ぶりのご登場ですね。社長という新しいお立場から
NTTインフラネットについてお聞かせください。

NTTインフラネットは、NTT東日本の子会社として1999年に設立しました。これまで地下管路やマンホールなどの通信基盤整備に関する業務と技術ノウハウを全面的・一元的に継承した技術専門家集団としてNTT東日本・西日本、NTTドコモ、NTTコミュニケーションズといったNTTグループの基盤設備を手掛けてきました。2019年7月に、これまでのNTTグループ内の基盤設備の

一元運用保守に加えて、インフラデータを一元化して3D化し、Smart Infraプラットフォームとして他の事業者にも提供できるようなビジネスをめざして、NTT東日本からNTT持株会社の帰属となりました。さらに、NTTコミュニケーションズの土木基盤設備・事業を承継し、NTT空間情報とアイレック技建の子会社化を進め、2020年7月にはNTT空間情報を吸収合併しました。

さて、すでにNTTグループ内の基盤設備の運用・保守を一元化しているものの、各社の要求条件が少しずつ異なっているのが現状で、2019年6月の着任以来、これらの効率的運用、管理の仕組みづくりに取り組んできました。NTTグループの基盤設備は、ケーブルを通して地下管路が約67万 km、マンホールが約69万個、それから

とう道と呼ばれるトンネルが約654 kmもあり、これは、国内の上水道並みのボリュームであり、国内のガスの配管をすべて合わせても約27万 kmですから、それと比べてもはるかに多いことが分かります。これらの基盤設備を効率的に運用・管理し、より高度に活用していくためにもデータベースの整備は必要不可欠であり、このデータベースはSmart Infraプラットフォームへとつながっていくのです。

これらの基盤設備は建設のピークからすでに40年から60年が経過しているうえに、保守要員である土木技術者は高齢化しています。この先も労働人口は減少していくでしょう。多くの基盤設備を効率的に運用・監理していく必要があります。これまで設備情報は主に「紙」で管理していたのですが、インフラ情報をデジタル化し、タブレットなどでさまざまな業務に活用すること、およびICTを活用して点検等の作業をスマート化するというデジタルトランスフォーメーション（DX）を加速し、こうした課題にも対応していきたいと考えています。さらに、2020年7月にICTを活用した「Smart Infra事業構想」を立ち上げ、一元的なデータベースを構築・活用して、NTTグループ以外のインフラ事業者さんにも活用してもらうSmart Infraプラットフォーム事業で、社会に貢献し、収益増につなげていきたいと考えています。

さまざまな技術が駆使されることでDXもさらに進みそうですね。具体的には日常の業務にどんな変化をもたらすのですか。

Smart Infraプラットフォームでは、プラットフォームで3次元、4次元の設備データを管理することで、自社の作業の効率化のみならず、例えば道路工事の調整作業を円滑に行うことができるようになります。一般的に道路の下には、通信のみならず、電力の管路・ケーブル、ガス管、水道管等が埋設されています。道路工事を行う場合、こうした設備の埋設状況を確認し、それらの保有者・使用者の事務所に個別に出向いて、工事（掘削）方法の協議を行う必要があります。各社の設備データをSmart Infraプラットフォームに入れておけばこの作業を1カ所ですべて照会することでできるので、手続きの簡素化を図り、さらに、現場の立会件数を減らすことができます。設備情報はインターネットでも検索できるようになりますし、将来的には、電気・ガス・水道・通信の個別工事による、掘削・埋め戻しの繰り返しによる二重投資の削減や、工期短縮による渋滞緩和など、社会的な課題解決にもつなげていきたいと考えています。

このほか、トリプルIP（Infrastructure IT Innovation Platform）事業では、自社の管理情報に加えて、官公庁や自治体、他の企業などから公開されている社外情報をリアルタイムにマッシュアップして、より効率的な設備点検管理や設備更改計画提案に活用し、効率的な設備の維持管理を目的にしたICT活用によるスマートメンテナ



ンスを推進していきます。

そして、MMS (Mobile Mapping System) 事業では、車にカメラやレーザを搭載して、マンホール等を撮影し、その画像上で高精度3次元計測を行い、そのデータを、設備の劣化診断や立会、施工、点検、補修業務などに活用していくことを考えています。

なお、両技術については、NTT東日本・西日本のアクセス系設備運営業務においても、設備管理や電柱点検にすでに導入いただいているところです。

インフラネットがこれまで手掛けてきた土木系の事業は、長いお付き合いの中で国交省や地方自治体の信頼を得てきています。また、交通事故対策や景観保護、さらには台風など昨今の自然災害では電柱が倒れるなどの被害が多くある中の安全対策の観点で、電柱を地中に埋める無電柱化や空間マネジメントに対する要望を多く耳にするようになりました。私たちのICTを活用した社会課題への取り組みへの期待が大きいのだと肌で感じています。ただ、私たちだけでは成し得ないこともありますから、グループ各社と連携して臨んでいこうと考えています。

ステークホルダすべてに利益があるようなストーリーを描く

連携しながらリソースを最大限に活かす秘訣はなんでしょうか。

連携やリソースを最大限に活用するためには、各社の目標とうまく調和させていくことが大切です。やりたい方向に流れをもっていくには、各社の目標と合うようにストーリーをつくるのです。もちろん、ギブ・アンド・テイクの発想と実行も必要ですし、これらを織り交ぜて納得して進めていかないと、話は途中で止まってしまう。時間がかかっても合意形成が大切です。そのためにも、表裏なく誠意をもって臨むことにつきます。自分の利益を追求するだけでは駄目なのです。つまり、ステークホルダ全員に利益があるようなストーリーをどうつくるかが大切なのです。場合によっては、最初は持ち出し、損をすることもあるかもしれませんが、時間をかけて誠実に取り組んでいけば信頼を得られると思っています。社内も同様に人間関係が一番大事です。目標を1つにして、信用してもらうことが基本中の基本でしょう。

このような姿勢で事業を進めてたとしても、マイナスな出来事やさまざまな衝突が起きるときもあります。こ

うしたことはこれまでも多く経験してきました。前述のとおり、私たちに寄せられるNTTグループ各社の要望、契約内容は1つとして同じものではありません。工事予算を年間で包括的に提示して効率化を求める会社もあれば、工程ごとに積算して予算を決めている会社もあります。さらに、基盤設備の保守運用だけでなくケーブルの保守運用も含めてすべて任せたいという会社もあります。私たちがすれば同じ基準に合わせたいところなのですが、一朝一夕にいくものではありませんから、うまく進めるためには時間をかけて基準を少しずつ変えていくという方法しかないと思います。そして、最後はやはり各社が利益を上げることや、コストの削減や品質等メリットを感じていただくという実績を積んで、相手が納得した中でインフラネットがなくてはならない存在になることが大切です。

信頼を得ることは重要なことですね。

仕事の大小にかかわらず、乗り越えなくてはならない山はありますし、それを乗り越えるためにも信頼関係は大切です。大きな山という意味では、私にとってはかつて経験したNTTの再編成がその1つだったかもしれません。組織設計を担うという初めての経験でした。再編後の各社へのミッションや組織を引継ぐ検討・調整を行う段階で、この部隊は持株会社へ持っていきたい、何人かをこの部署に送り込みたいと、各部門がさまざまな事情





を抱え、それぞれの理屈で要望を寄せてきました。ちょうどそのときにNTTインフラネットも1つの会社として独立したいと名乗りを上げて設立されたのですが、当時は本当にそれぞれが抱えているいろいろな思いを汲み取りつつ、最後まで形にしなくてはならないと考えていました。施策の規模が大きく、多方面にわたるだけに、利害関係等の調整にかなり苦労したことを覚えています。

しかし、苦労はしても仕事は最後までやり遂げたいし、最後まで完遂できるようにもっていかないとだめだと思っています。また、立場上、完遂しないと許されないこともありましたが、結果もさることながら、どのようにして結果に向かって進めていけるかについては一番気を使ってきました。もちろん、それは今でも常に考えているところです。若いうちは、それができなくて行き詰まることもあるでしょう。そういうときは、私は人に会いに行けと話しています。いろいろな人に教えてもらうというのはとても大事ですし、聞いて話をしてくれた方は味方になってくれます。自分の知識も増えて仲間も増える、まさに一石二鳥です。会社生活の中で、特に若い技術者は分からないことだらけではないでしょうか。こうしたとき、いきなり解決策が出るわけでもなく、地道にやっていくのが一番の近道だと思います。デスクでいくら考えても埒のあかないことでも、訪ねて会えば乗り越えられることはいくらでもあります。ちなみに自分から喋らなくても良いのです。教えてもらうのです。私もそうでしたが、とにかく教えてもらうところから始めて、

その後、教えてもらった中で自分の役に立てそうなことがあれば少しずつでもやっていく、そんな順番で仕事をしてはどうでしょうか。

仕事を通じて自己実現する

人の話を聞くことが上達すれば仕事もできるようになりそうですね。

人の話を聞くことは結構難しいと思います。話すのも難しいのですが、それ以上に聞くことは難しいです。部下であろうと意見を聞くときは、絶対に怒ったり話を割り込んだり途中で否定したりしてはいけなし、どんどん話してもらえるような雰囲気づくりが大切です。何か言いたいのだが、なんだか言いにくそうだという雰囲気を醸しているときは、とても大事なことを話そうとしていることも多々あります。やはり、会いに来てくれたら必ず、何を差し置いても最優先で、その人のほうを向いて話を聞くことを一番大事にしています。これができないと情報を得られなくなってしまいます。着任以来、全国の各拠点を回って社員と意見交換をする際にも、「なんでもええ」と繰り返し伝えて、どんなことでも聞いて、きちんとフィードバックします。すべてを叶えることができなくても、必ず各エリアで出てきた要件の1、2つは本社に戻って実現の方向を探ります。こうした中で繰

り広げられる仕事は、社会との接点を持つ一番大事なことでだと私は考えています。また、人は社会的な動物ですから社会抜きで1人では生きていけません。仕事は自己実現であり、生きていくうえで一番身近な社会活動だと考えます。

**確かに仕事は1日の大半を占める活動です、
おのずと自分らしさがあらわれますね。**

プライベートと仕事をはっきりと分けるとか、ワークライフバランスの重要性が説かれたりもしていますが、私にとっては仕事とプライベートは密接につながっているものだと思います。仕事でもプライベートでも社会とつながっているということが一番大事だと考えています。また、現場に行く、人の話を聞くことは仕事をしていくうえで一貫して続けていこうと考えています。何事も簡単にはいきませんからこれからも頑張ってやり続けていきます。

ただ、今は新型コロナウイルスの感染拡大防止を考えると、それすらままならない状況にあります。一番かわいそうなのは新入社員です。人間関係がある程度でき

てからリモートへ移行するのであれば機能しますが、いきなりリモートでは無理があります。入社してすぐに自宅待機で研修も十分にできていない、同期がどこに配属されたのかも分からない。出社してもマスクで顔が隠れている。私もここは悩みどころでした。こちらからの発信はイントラネットを通じてできますが、その逆は非常に難しく、やはりコミュニケーションが不足します。言いたいことがたくさんあるのだと思うし、その思いも十分にくみ取ることができないのです。そこで、何とかこういう状況を打開しようと、エリア単位での意見交換会を開始しました。対面するのは少人数とし、その様子をWeb会議で別の事務所にいる社員とつなぐ等、工夫をして意見交換をしています。2019年度はすべての部署を回っていましたが、2020年度は緊急事態宣言下では思うように動くことができませんでした。宣言解除後に様子を見ながら夏あたりから回りはじめ、年明けくらいまでには主要拠点だけでもすべて訪ねることができるのではないかと考えています。

(インタビュー：外川智恵／撮影：大野真也)

※インタビューは距離を取りながら、アクリル板越しに行いました。

インタビューを終えて

まっすぐに誠実にお話くださる黒田社長。4年ぶりにお目にかかりましたが、やはりその姿勢、印象に揺らぎはありませんでした。にこやかに登場された黒田社長にコロナ禍でどうお過ごしかと尋ねると、リモートワークの影響で体を動かす時間が減っていることから夕方にはトレーニングジムに行ったり、ご近所を1時間くらい走っていらっしゃるのだそうです。「単身赴任前の体重にやっと戻ってきましたよ」とあっさりとおっしゃいましたが、その距離は10 km程度です。NTTコミュニケーションズのラグビーグラウンドへ向かって走り、練習風景を眺めていらっしゃるといいます。また、インプットのための読書は欠かさず、孫子の兵法や自然科学、生物学の本が面白いと教えてくださいました。「インプットだからといって仕事に関連付けては読まないのですよ。興味に任せています」と話される黒田社長。どんな物事にも垣根を設けず、耳を傾けて受け入れるという仕事に臨まれるお姿そのものを体現していらっしゃいました。思わず、「社長が私の上司だったらきっとお仕事が楽しくなりそうです」とお伝えしてしまいました。聞くのは難しいとおっしゃっていましたが、思わず話したくなる上司、それが黒田社長なのだと、社員の皆さんのお気持ちを理解できたひとときでした。



特集

NTTグループの Smart Infraへの 取り組み

設備管理情報



スマートメンテナンス



GIS

OSS



MMS

本特集ではNTTグループの通信設備（基盤設備）、および社会インフラが共通的に抱えている課題に対し、ICTを活用しスマートに解決する「Smart Infra構想」を紹介する。

Smart

Smart Infra構想を実現するSmart Infraプラットフォーム

「Smart Infraプラットフォーム」の基本的な構想、およびSmart Infraプラットフォームを活用したユースケースを紹介する。

12

高精度 3 D空間情報を活用した地下設備の高精度 3 D位置情報管理

地下設備の埋設位置を特定し、正確な三次元の位置座標を与える高精度 3 D空間情報について紹介する。

16

現場がつながるGISプラットフォーム——トリプルIPによる高度な空間マネジメント

社内外の設備管理業務のデジタルトランスフォーメーション（DX）化を推進するGISプラットフォーム（トリプルIP）について紹介する。

21

道路周辺を 3 次元計測するMMSを設備点検まで進化——mm単位の摩耗やサビ・シミ・ひびの劣化診断へ

道路を含め周辺の構造物を 3 次元計測し、得られた情報を基にデータベース化をするMMS（Mobile Mapping System）の課題解決に向けた取り組みについて紹介する。

28

主役登場

箱石 隆（NTTインフラネット）
社会インフラを支えるソーシャルプラットフォームをめざして

32

Infra

Smart Infra構想を実現する Smart Infraプラットフォーム

本稿では、NTTグループの通信設備（基盤設備）に関する維持管理業務において、ICTを活用し、スマートに実現にする「Smart Infra構想」を紹介します。また、「Smart Infra構想」をNTTグループの自社デジタルトランスフォーメーション（DX）だけではなく、社会インフラ事業者が抱える課題をも解決するために実現する「Smart Infraプラットフォーム」の基本的な構想、およびSmart Infraプラットフォームを活用したユースケースを紹介します。

ふるかど こういち
古角 康一
たかき よういちろう
高木 洋一郎

むらかみ たかし
村上 隆史

NTTインフラネット

NTTグループの 通信インフラ（基盤設備）の現状

モバイル通信が5G（第5世代移動通信システム）、6G（第6世代移動通信システム）と進化するにつれ、さらなるデータ量の増加が見込まれます。2030年のトラフィック量は、2010年比で約1000倍規模になると想定されており、全体トラフィック量に対応した通信設備の大容量化が必要です。そのため、無線基地局までのアクセス系通信網や、コアネットワークの中継網の需要も増加していきます。

NTTグループの通信ネットワークを支える通信インフラ設備（基盤設備）は、1960年代から1980年代が建築のピークであり、今から約20年後には、建築後50年以上経過する設備が約85%となり、設備の老朽化は年々深刻化していきます。

一方、当時のメタルケーブルの通信から、光ケーブル通信に変わり、さらには光ケーブ

ル技術、光通信技術の進歩により、同じ1つの管路で伝送できるデータ量は莫大に増加していき、すでに構築されている管路の追加増設は必要なく、今後も既存ストックを活用する必要があります。さらに、生産年齢人口の減少により、保守人員も急激に減少していくため、設備メンテナンスの効率化、高度なスキルやノウハウを必要としない維持メンテ手法の確立が急務です。

NTTインフラネットでは、ICTを活用したスマートメンテナンス事業として、MMS（Mobile Mapping System）を活用した通信設備点検、およびNTTグループ製の地図システム「GEOSPACE」と連携したGIS型設備管理システム「トリプルIP」の開発・運用を行い、NTTグループの通信設備（基盤設備）の維持管理業務を行ってきました。

また、他の社会インフラ設備を運用している業界においても、NTTグループがおかれている環境と同じと考え、NTTインフラネッ

トが所有しているICTを活用した設備管理技術を基に、社会インフラ事業者の抱える課題を解決すべく「Smart Infra構想」を立上げ、インフラ事業者のスマートなメンテナンス事業の展開をめざしています。

Smart Infra構想と Smart Infraプラットフォーム

■ Smart Infra構想

インフラ事業者を取巻く設備維持管理に関する課題は以下のとおりです。

- ・社会インフラ全体の老朽化【建設ピークから40年～60年経過】
- ・保守要員の高齢化【労働人口の減少】
- ・各社ごとのバラバラのオペレーション【所有者単位での営業業務】

NTTインフラネットでは、Smart Infra構想として、共用化＝【共同構築＋既設活用＋オープン化】をキーコンセプトに基盤設備分野の取り組みの指針とした新たな事業立上げをめざしています（表）。

各社の保有している設備データを共有することにより、共同収容等事業者どうしの設備の共有化を図り、各社で共通的に実施されている施工・点検・立会い等の業務を共同で行うことにより、メンテナンスに関する人的リソース、およびコスト削減をめざしています。なお、ここでいう設備管理データとは、顧客情報や設備情報など企業機密情報ではなく、インフラ設備を維持メンテナンスしていくた

めの設備の位置情報や、外見等の構造情報です。

■ Smart Infraプラットフォーム

現実世界を構成するモノや人などをサイバー空間に再現し、それらを組み合わせて高度なシミュレーションを行う技術であるデジタルツインコンピューティングについて紹介します。

人間や車の動き、周りの環境の情報をリアルタイムにデジタルツインワールドに再現する技術は現在、研究開発が進められており、自動運転などのMaaS（Mobility as a Service）への展開が期待されています。

Smart Infraプラットフォームは、インフラ事業者各社の設備という静的データをデジタルツインワールドに構築し、サイバー空間で工事計画や工事設計を行うことで、他社設備への影響等を確認し、リアル空間での実際の工事実施に反映させ、維持管理業務や施設設置工事に活用することをめざしています（図）。

各社の設備情報は、各社個別の地図データを元に管理されています。しかしながら、元の地図データが異なると、地図とリアル空間との誤差が各社で異なるため、各社の設備位置情報を基にそのままの位置情報でデジタルツインワールドに構築した場合、同じ場所にある設備でも数cmから数mのズレが生じてしまいます。

Smart Infraプラットフォームでは、コア機能として高精度3D空間情報を構築しており、各社の設備位置情報を、高精度3D空間情報を基に補正し、デジタルツインワールドに構築するため、リアルワールドとの誤差は標準偏差で十数cm以内となります。

表 共用化キーコンセプト

- ・業務の共用化【他者との共同施工・共同点検・共同立会い】
- ・設備の共有化【他インフラ事業者との共同収容】
- ・データの共有化【地下空間データベースの共同管理】

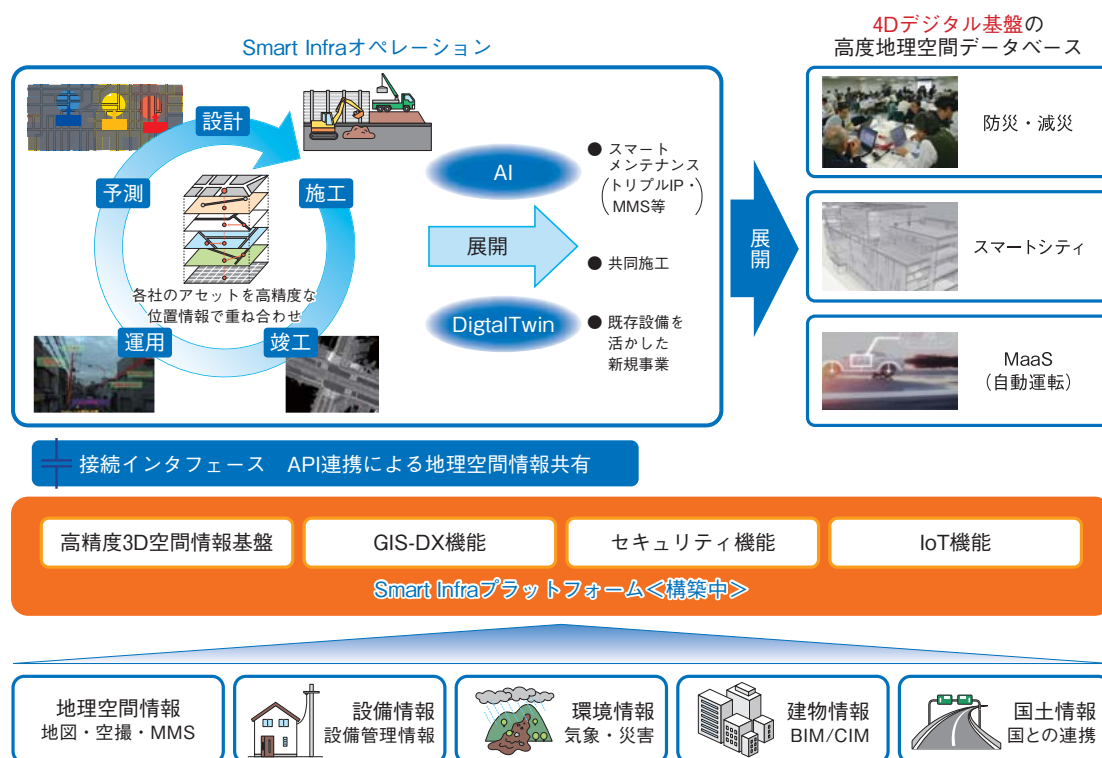


図 Smart Infra プラットフォーム

ただし、古い埋設設備の位置管理情報には不正確なものや、道路縁からの相対位置で埋設設備の位置情報を管理している場合、設備設置後に制定された都市計画等により道路形状が変更されているため、当初の位置が不明確となる場合があります。

Smart Infraプラットフォームでは、デジタルツインワールドに設備位置情報を取り込むときに、元データの信頼度も一緒に取り込み、その後のシミュレーション等で設備情報を利用するときに、シミュレーション結果のリスクを判別できるようにしています。

なお、地下に埋設された設備は直接視認することができないため、地下の不明確な位置情報の信頼度向上手法として、NTTアクセスサービスシステム研究所の電磁波探索技術

やアイレック技建の地下埋設管探查技術との連携等を検討中です。

■Smart Infraプラットフォームを活用したユースケース

設備管理業務の1つである工事立会関連のユースケースとして、以下の3点が利用可能と考えています。

(1) 工事範囲内の自社埋設物有無の自動判定

工事施工者からの掘削工事申請時に、工事範囲に各社埋設設備の有無を判定します。判定結果をオペレータが確認、工事施工者に結果を回答し、埋設設備位置の信頼度により、判定基準が変更可能であり、信頼度の高いエリアでは全自動判定が可能となります。

(2) 施工協議用地下埋設物3D表示

工事施工者との施工協議時に地下空間の埋設設備を3D表示します。現行は平面図、縦断図、横断図を使用し、協議を実施している所に加え、地下空間を3D表示することによっていろいろな角度から工事時の危険ポイントが確認可能です。また、将来的には、遠隔での施工協議の実現につなげることが可能です。

(3) 現地立会支援用AR表示

工事現場での現地立会者は、埋設設備の図面にて自社設備への影響を確認するなどの立会業務を実施しています。これに加え、埋設設備の3D情報を現場の映像と重ね合わせAR (Augmented Reality) 画像として表示し、危険予知精度を向上させることが可能です。また、将来的に、工事現場にリモートカメラを設置し、現地の遠隔映像と3D埋設設備を合成したAR画像を生成し、遠隔立会の実現につなげることが可能です。

Smart Infraプラットフォームがめざす方向

ここでは、NTTグループが所有している通信設備（基盤設備）においてSmart Infraプラットフォームを活用したユースケース【立会関連業務】の例を紹介しました。

Smart Infraプラットフォームは、自社DXにおける業務のスマート化に貢献できますが、本来は自社情報のみではなく、他社の設備管理データと連携させることでより効果が発揮できるものです。今後は他社の工事関連情報と連携することで、同じ個所を工事するときなどは、同じ個所を別々の会社で何度も掘削・舗装することなく、共同で施工が可能となり、工事費の削減、工事期間短縮によ

る道路利用者である一般市民への影響を低減する等、社会貢献も可能となります。将来的にはさらなるオープン化でインフラ事業者間だけではなく、車の自動運転時の危険予知情報としての活用も考えられます。

さらに、大規模自然災害時の設備故障情報（故障エリアや故障要因）を共有化することで、他社の故障状況をかんがみて、自社の点検エリアの優先度を選定することで、より精度の高い障害状況が把握でき、効率的な復旧計画の立案が可能となると考えます。



(左から) 古角 康一 / 高木 洋一郎 / 村上 隆史

Smart Infra構想は、NTTグループのICTを活用し、社会インフラ事業者の抱えるさまざまな課題の解決をめざす構想です。社会の新しいシェアリングモデル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、ぜひご一報ください！

◆問い合わせ先

NTTインフラネット
Smart Infra推進部
プラットフォーム戦略担当
TEL 03-5829-5270
FAX 03-3863-5437
E-mail si_pf_info@nttinf.co.jp

高精度3D空間情報を活用した 地下設備の高精度3D位置情報管理

Smart Infraプラットフォームでは、地下設備を高精度3D位置情報として管理することで、設備照会の効率化、工事立会における稼働削減等、設備管理業務の効率化を図ります。しかし地下設備の多くは設計時の図面として管理されており、位置情報が付与されていません。地下設備に対して地理空間情報を付与するためには、現実世界を高精度に表す高精度3D空間情報を整備したうえで、地下設備の埋設位置を特定し、正確な三次元の位置座標を与える必要があります。

ちば
千葉しげる
繁みなみの
南野あきひこ
晶彦すいず
水津ともき
知己

NTTインフラネット

地下設備管理の課題と Smart Infraプラットフォーム

■ 地下設備管理の課題

現在地下設備は平面図や縦断図で管理されており、それらは設計時につくられた図面の状態で保管されています。多くはCADの図面を画像として変換した状態であり、埋設位置を表す地理空間情報はついていません。また設備の埋設位置を表す背景地図として、道路管理台帳を使用していることが一般的ですが、設計時の道路状況であるため道路形状変更等の変化の影響を受け、現況における正確な位置特定が困難な状態です。このため工事を行う場合には、工事場所に設計図を持って行き、オペレータが現地と設計図を照らし合わせ、地下設備の埋設位置のあたりをつける必要があります。このように地下設備の埋設位置を特定するためには、熟練した人間の経験やノウハウなどを活用し、埋設位置を推測

するという行為がその都度必要になっています。今後ベテランオペレータの人員不足や、より一層の業務効率化に対応するためには、これまでの地下設備管理の手法を進化させ、地下設備管理のデジタルトランスフォーメーション（DX）を実現する必要があります。そのための第一歩として、地下設備の埋設位置を現実世界の高精度な位置で管理することが必要となります。

■ Smart Infraプラットフォームにおける 地下設備

Smart Infraプラットフォームでは、地下設備の埋設位置を現実世界の埋設場所である緯度・経度・標高といった、コンピュータが計算可能な3D空間情報で管理を行います。Smart Infraプラットフォームでは地下設備の3D空間情報を使い、掘削範囲および深度といった情報から、その3D空間内の地下設備の存在および影響度を判定することが可能です。また地下設備の高精度な位置情

報をVR (Virtual Reality) やMR (Mixed Reality) で利用可能なフォーマット構造に変換し、現地のオペレータの稼働削減を行うことが可能です。したがって地下設備の3D空間情報は、現実世界との高い位置相関が必要になります。現実世界の地下設備と管理される地下設備の位置の許容誤差は、地図情報レベル（数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標）で表現します。Smart Infraプラットフォームで管理する地下設備は、地図情報レベル500であり、水平位置の標準偏差0.25 m以内・標高点の標準偏差0.25 m以内の誤差精度となります。これは道路台帳附図の位置精度と同様であり、地下通信設備だけではなく、電気設備やガス設備、上下水道設備などさまざまな地下設備どうしの相対的な位置を把握するために必要な精度となります。しかし現在の地下設備は、位置情報がついていない図面で管理されているため、地図情報レベル500の位置精度を付与する場合、測量を行う必要があります。これは非常に大きなコストが必要になると同時に、開削しなければならないなど現実

的ではありません。NTTインフラネットでは、この問題を解決するために、地下設備の図面に対して地図情報レベル500の位置精度を付与するための位置基準、高精度3D空間情報を整備しています。

■ 高精度3D空間情報を利用した地下設備の高精度化

高精度3D空間情報は、現実世界における道路上のマンホールや、道路境界、地上地下出入口の高精度な位置と標高で構成されています（図1）。これは地下設備の平面図に記載されている情報のうち、現実世界の地表面上に露出をされていて航空写真画像やMMSなどから位置を測量することができ、かつ簡単に位置を動かすことができない構造であるためです。地図情報レベル500を満たす航空写真やMMSから高精度3D空間情報を作成することで、元の位置精度を引き継ぎ、地図情報レベル500の高精度3D空間情報となります。この高精度3D空間情報のマンホールや道路境界を位置基準とし、地下設備の図面に記載されているマンホールや道路境界の位置を合せることで、地下設備の図面に高精度な位置情報および標高を付与することができま

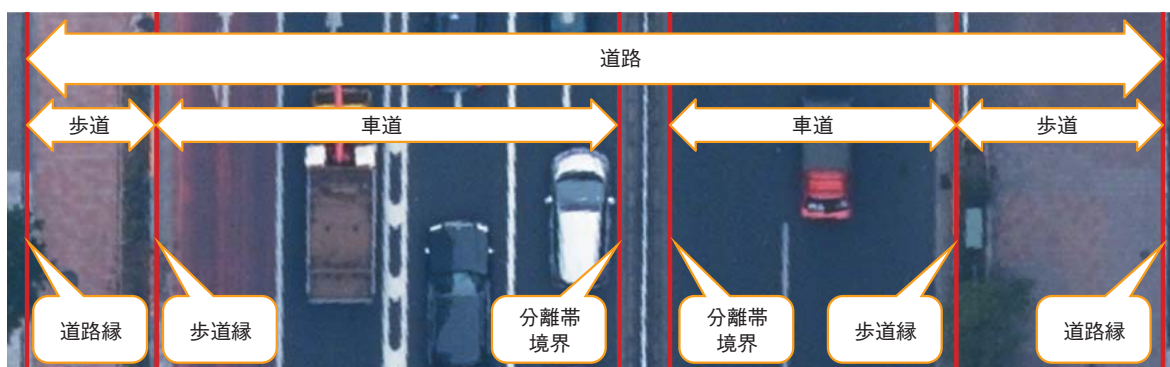


図1 高精度3D空間情報の道路境界取得内容

す。また地下設備がすでに空間情報として座標を持っている場合は、高精度3D空間情報のマンホールから地下設備の種類にあった適切な形状や大きさのデータを選択し、もっとも位置が近傍に存在する設備をマッチングすることで、通信の地下設備に高精度の位置と標高を付与することができます。

高精度3D空間情報の整備

■ 高精度3D空間情報の整備手段

高精度3D空間情報を整備するには、まず現実世界を高精度に測量する必要があります。一般的な測量と異なり、ある程度の広い範囲を測量する必要があるため、その手段は大きく2つに分類されます。1つは高解像度・高精度な航空写真で測量を行う方法です。高解像度・高精度な航空写真は、データ取得コストが整備対象となる道路の延長に関係なく撮影エリアによって決まるため、初期のデータ整備に適しています。しかし道路や鉄道高架下など撮影ができない部分については測量ができず、高精度3D空間情報を部分的に作成することができません。もう1つはMMSで測量を行う方法です。MMSは車道からレーザスキャナやステレオカメラなどで測量を行うため、道路高架下などのデータを取得することは可能ですが、車道から見えない歩道部分などではデータ取得が行えないことがあります。またデータ取得コストが、道路延長に依存するため、データ取得を行う道路を絞る必要があり、メンテナンスのデータ整備に適しています。今回NTTインフラネットでは、東京23区の高精度3D空間情報の初期の整備において、高解像度・高精度な航空

写真を利用しました。

■ 高精度・高解像度な航空写真を利用した高精度3D空間情報の整備

高精度・高解像度な航空写真とは、従来のDEM (Digital Elevation Model) ^{*1}を基にオルソ処理(歪み補正)を行うものではなく、高精度・高精細なDSM (Digital Surface Model) ^{*2}を取得し、そのDSMに対して撮影画像データの幾何補正処理を行います。この航空写真はトゥルーオルソ(完全正射投影画像)と呼ばれ、従来の航空写真と違って高層建築物の倒れ込みの影響を受けないため、地上構造物の位置や形状の取得が容易になります(図2)。またこの航空写真は、地上における5cmを航空写真における1データ単位として扱うため、高精度な位置情報および標高を取得することができ、またビルの屋上に設置されている空調機械のファンの形状が分かるくらいの高解像度で、地上構造物の詳細な形状を取得することができます(図3)。

高精度・高解像度な航空写真を利用して道路境界・マンホール・地上地下出入口の形状をステレオ図化することで、地図情報レベル500の高精度3D空間情報を作成することができます(図4)。

■ 高精度3D空間情報のデータ構造

高精度3D空間情報は、ESRI社のシェープファイルで定義されており、道路境界・マンホール・地上地下出入口といったデータ種別ごとにデータ構造が異なっています。図形情

*1 DEM: 数値標高モデルともいいます。建物や樹木などを取り除いた、地表面の高さを表した三次元デジタルデータ。

*2 DSM: 地表面とその上にある地物表面の標高からなる三次元デジタルデータで、建物や樹木等の高さを含んでいます。



図2 撮影技術の違いによる航空写真の違い

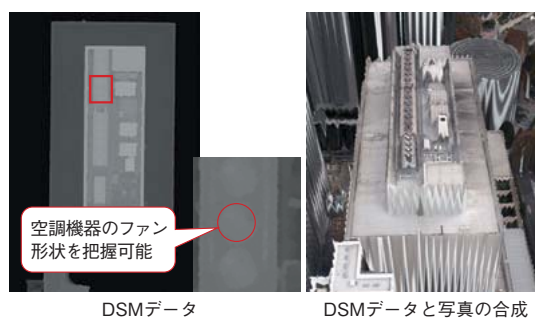


図3 DSMによる高さの表現

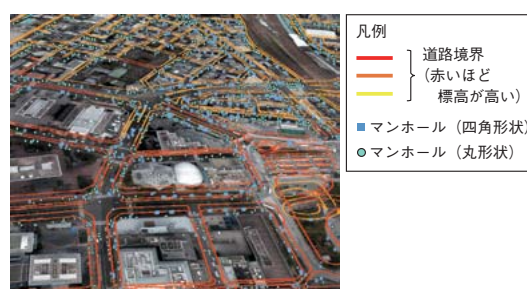


図4 高精度3D空間情報の表現

報は3D図形で定義されており、属性情報として地下設備の位置合せに利用する情報が定義されています。道路境界データは、ガスなどの道路境界からのオフセットで位置が特定される地下設備の位置合せに利用されます。したがって境界種別や境界識別の属性を使って、位置合せに適したデータを選択します。マンホールは、通信・電気・上下水道などの地上部分に設備が露出している地下設備の位置合せに利用されます。したがってマンホール形状やマンホールサイズの属性を使って、位置合せに適したデータを選択します（表）。

そのほかに共通的な属性情報として、高精度3D空間情報を管理するための管理IDや

データ作成・更新日、高精度3D空間情報を作成するときに参照した高精度・高解像度の航空写真の識別情報などを定義しています。共通的な属性情報は、今後の高精度3D空間情報のメンテナンスに利用されます。ESRI社のシェープファイルを選択したメリットは、仕様がオープンにされていることです。そのため他のシステムとのデータ交換が容易に行え、またオープンソース系のシステムで幅広く利用されているGeoJSONや、建築系CADで利用されているDXFやDWGといったフォーマットへの変換が容易に行えます。

表 高精度3D空間情報のデータ概要

データ種別	図形情報	属性情報例	
道路境界	3DPolyline	境界種別 ・道路縁 ・歩道縁 ・分離帯 など	境界識別 ・識別可能 ・一部識別不可 ・線形想定不可
マンホール	3DPoint	マンホール形状 ・円形 ・四角形	マンホールサイズ ・直径 ・縦 ・横
地上地下 出入口	3DPoint 3DPolygon	出入口種別 ・鉄道 ・地下鉄 ・商業施設 ・通路	

高精度3D空間情報の今後

高精度3D空間情報は、現在東京23区のデータを作成していて2020年11月末に完了する予定です。その後、2021年度内に政令指定都市への整備拡大を進める計画であり、そのために高精度3D空間情報のより一層の整備効率化をめざしています。現在AIを活用した整備技術の検証を行っており、高精度・高解像度な航空写真を対象に、マンホールの検出の自動化、道路の自動判定および境界の自動抽出を進めています。AIを活用することで、高精度3D空間情報のデータ作成コストの低減はもちろん、データメンテナンスにおける整備期間の短縮にもつながり、現実世界との同一性をより確実なものにします。

また、現在は高精度・高解像度な航空写真を利用したデータ作成方法を採用していますが、今後のデータメンテナンスを進めるうえでMMSを活用したデータ作成方法についても検討を進めます。

高精度3D空間情報を整備する最終的な目標は、通信の地下設備における位置合せだけではなく、電気・ガス・上下水道の事業者が保有するすべての地下設備に対しても提供し、すべての地下設備の位置を合わせることで、全事業者の地下設備が、高精度3D空間情報を位置基準とした高精度な位置と標高を持つことで、地下設備の位置が全事業者共通的に扱えるようになるため、個々の事業者における設備管理やメンテナンスを統合することにつながり、スマートメンテナンスの実現が可能になります。



(左から) 水津 知己 / 千葉 繁 / 南野 晶彦

高精度3D空間情報を活用することで、地下埋設設備をはじめ、地上におけるさまざまな情報の位置基盤の統合を推進するべく、データ提供エリアを政令指定都市へ拡大を図ります。今後AIやMMSを活用することで、リアルタイム性を備えた情報更新手法の確立、およびデータ整備コストの低減化に向けて取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTインフラネット
Smart Infra推進部
プラットフォーム戦略担当
TEL 03-5829-5270
FAX 03-3863-5437
E-mail si_pf_info@nttinf.co.jp

現場がつながる GIS プラットフォーム ——トリプルIPによる高度な 空間マネジメント

NTTインフラネットは、NTTグループが保有する膨大な量の基盤設備を一元管理するため、設備の位置や属性情報を管理する多種のオープンソースソフトウェアをコントロールするミドルソフトを独自開発し、描画の設定、データ入出力、データベースおよびテーブルの結合等をユーザがノンプログラミングで自由に設定できるGISプラットフォーム（トリプルIP）を構築しました。トリプルIPをベースにした設備データベースを構築し活用することにより、社内外の設備管理業務のデジタルトランスフォーメーション（DX）化を推進しています。本稿ではトリプルIP技術とその活用事例について紹介します。

よしだ ひろたか
吉田 浩隆
せきぐち としひこ
関口 俊彦

いせ まこと
伊勢 誠
かまち ちえ
蒲池 千恵

NTTインフラネット

GIS プラットフォーム

GIS（Geographic Information System）は、位置情報に関するデータ（空間情報）を総合的に管理・加工・可視化し、高度な分析や迅速な判断を可能にするシステムです。図1で示すように、各種情報をレイヤごとに分

けて格納し、空間情報をキーにしてさまざまな情報を重ね合わせて地理的に一元表示します。情報を俯瞰できるため、業務の効率化、業務連携の推進、情報提供の迅速化に寄与します。

NTTインフラネットでは、NTTグループの基盤設備や社外の公開データを加えて設備

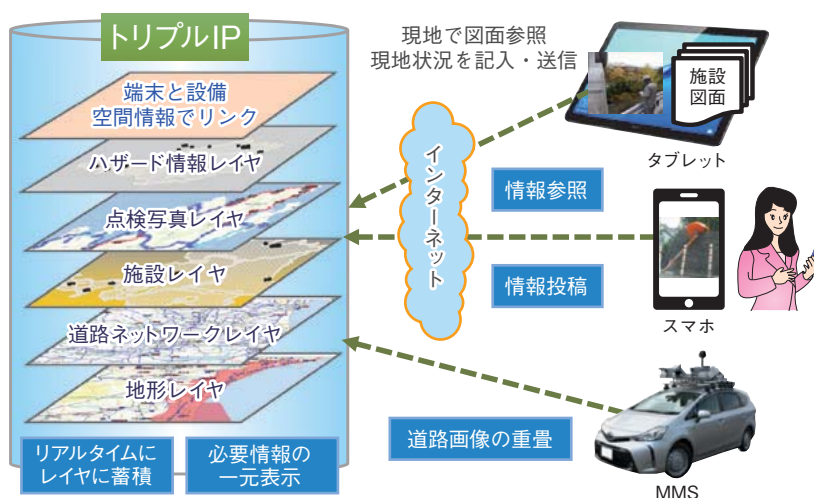


図1 GISプラットフォーム（トリプルIP）

マネジメントを行うGISプラットフォームとしてトリプルIP（IIIIP: Infrastructure IT Innovation Platform）を開発しました。

トリプルIPの特長

トリプルIPのソフトウェア構成上の特長や独自の機能を紹介します。

■オープンソースの採用

本プラットフォームは、オープンソースを拡張し、多数のオープンソースソフトウェア（OSS）をコントロールするコアソフトをベースとした構成としています。

特にGIS環境としては、圧倒的多数のユーザに利用され安定化したOSSは常に最新技術も反映されることから、その恩恵を受けることができ、さらにデータベースの隠蔽部分

および特定のベンダロックからの解放を実現できます。

■ノンプログラミングによる自由度

通信設備は、ルート管理のためルート周辺の設備抽出等の多様な空間演算が必要となります。トリプルIPでは、関連するデータに対してさまざまな条件をand/or/= / not=/ ≥ / ≤等を組み合わせた属性検索、空間分布の可視化を実現します。これら検索の自由度に加え、幾何的な描画の自由度とデータベース定義の自由度を有します（図2）。

特に、データベースの自由度ではSQLを記述することなくユーザが指定する任意のキー情報を基に、ノンプログラミングで複数のデータベースをつなぎ合わせたり、座

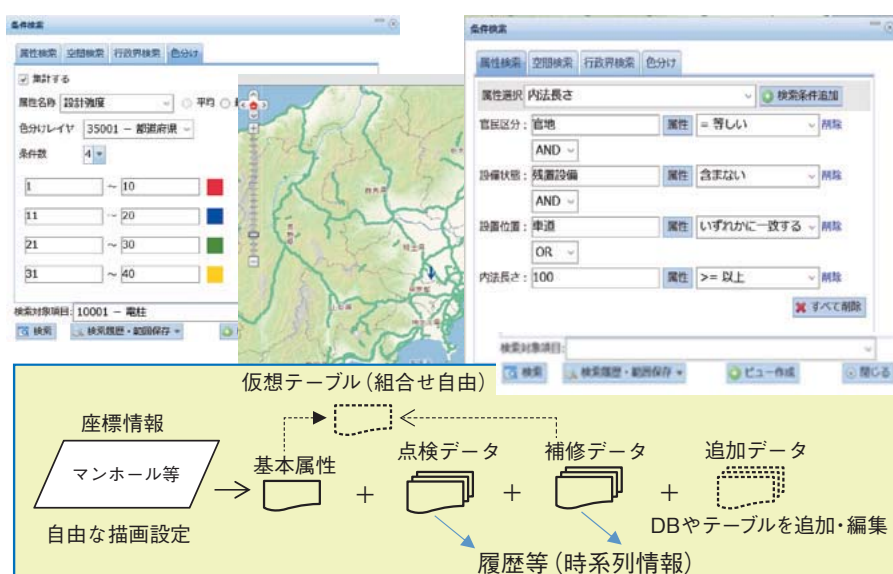


図2 異なるデータベース間をさまざまな条件にて横断的に空間検索

標を管理する基本テーブルに複数のテーブルを付け足す機能を有しています。これにより、設備点検や補修履歴など時系列管理を可能とします。また、独立した異なるデータベースを仮想的に1つのデータベースとして扱い、さまざまな条件で集計や検索をし、基本情報が格納されたテーブルに手を加えることなく属性情報を追加することが可能になります。

例えば、マンホールに関するデータが固定資産データベース、点検補修データベース、占有管理データベースなど独立して存在している場合でも、各データベースをマージすることなく横断的な条件を指定し、その条件に一致するマンホールを検索することができます。また、マンホールに関する点検や補修の履歴データを追加する場合でも、基本データを複製することなく履歴データを追加できるため、基本データを変更することなく時系列の管理ができます。

■外部情報の取り込み

空間データを授受する標準プロトコルや複数の外部交換ファイル形式をサポート(Shape, WMS, KML等)し、任意フォーマットデータにおいてもジオコーディング(地名、住所が示す場所に対して、緯度経度を与えること)する機能を具備しています。そのため、外部のさまざまな空間データベースからデータをリアルタイムに取得し、それらを使いやすく加工し、活用しています。

例えば地震や降雨の情報は気象庁の原典データをリアルタイムに取得・加工し、設備被災把握と点検対象設備の抽出、数時間先の被災予測などを行います。また、自治体が公開する情報および臨時的に公開する情報もユーザが取得先を設定し、リアルタイムに取得しています。

活用事例

■設備管理への活用

これまでは紙の図面により、膨大な量の基盤設備を管理してきましたが、トリプルIPが有する高度な表示、検索、外部データ集計機能および三次元計測機能を活用することで、設備データを一括管理し、設備管理業務のDX化に役立てています。

(1) 三次元計測技術による設備記録図面の絶対座標化

設備管理業務の効率化を進めるためには、正確な位置情報が要求され、高精度に絶対座標を取得する技術が必須です。本特集記事『高精度3D空間情報を活用した地下設備の高精度3D位置情報管理』で詳述する当社MMS(Mobile Mapping System)によって得られる前方ステレオ画像を正射投影変換して得られる正射写真図(道路オルソ)をベースマップに敷き詰めると、絶対位置精度を保った実写の道路平面図が得られます。この道路平面図は、縮尺40分の1以上の超大縮尺図面に相当し、トリプルIPの大縮尺表示機



図3 MMSによる道路平面図の生成



図4 紙図面の絶対座標化

能を用いてハンドリングされます（図3）。この道路平面図上に紙図面を画像化したPDFの設備記録図面を重ね合わせ、図面中の地下埋設ルートをデジタルトレースすることで紙図面の絶対座標化と埋設物設備のデジタル化が実現できます（図4）。また、紙図面上に記録された設備の付帯情報を属性データとして取り込み、その情報とMMS走行で得られたマンホール位置座標から、縦断面図や横断面図の自動生成を可能にしました。

(2) 設備点検業務の抜本的改革によるスマートメンテナンスの推進

NTTグループが保有するマンホールは、日本全国に約69万個存在し、その設備点検には相当の稼働を掛けてきましたが、MMSをはじめとする三次元計測技術により、個々のマンホールの絶対座標把握が可能となりました（図5上段）。これにより、現地にて任意の設備にスマートフォンをかざすだけで、スマートフォンが設備を認識し、設備名がス

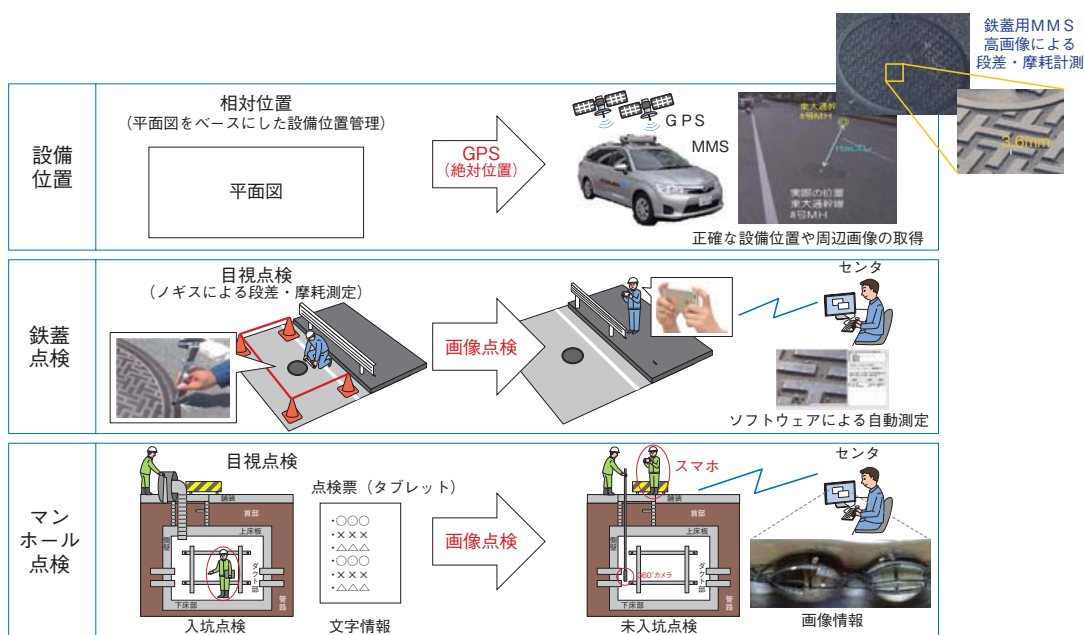


図5 設備位置計測技術に基づくスマートメンテナンスの実現

スマートフォンに表示されます。この際、スマートフォンのGPS座標位置はソフトにて高精度測位処理され、その場で写真撮影すると表示された設備名を括り付けてセンタへ送信します。センタではトリプルIP上に各地から送信された情報が地図上にポップアップします。

これらの基本機能は設備点検、災害時の調査点検に活用され、現地稼働を大幅に削減しています（図5中段、下段）。

3次元データベースと現地情報機器間で、空間情報を相互にリンクさせる使い方がスマートメンテナンスにつながっています。

■災害対策への活用

トリプルIPは、さまざまな情報を「重ねる」「検索する」「抽出する」などの基本機能に加え、タブレットや写真受付機能などにも柔軟に対応可能なシステムです。この特長を活かし、震災や降雨災害時の災害対策にも威力を発揮しています。

データベース化済みの設備情報に加えて、NTTインフラネット独自で集められた情報や、官公庁、自治体、他企業様から公開されている情報までを地理空間上にマッシュアップすることで、被災した設備の面的範囲や量が直感的でありながら定量的に把握でき、迅速な設備復旧計画の立案、効率的な設備点

検、設備補修の進捗管理等に活用できます。

図6はトリプルIP上で「重ねる」ことができる主な災害関連情報です。これらの情報ソースは、災害時に官公庁から定期的に提供されますが、そのままでは地理空間上に面的展開ができません。そこでオリジナル情報を取り込み、メッシュ加工し、地理空間上でハンドリングできるかたちへと変換した後、トリプルIPへ自動反映させています。

また、トリプルIPは、タブレット機能やスマートフォン写真受付機能など現地との情報連携機能を備えています。タブレット対応しているため、被災先にて使用した場合では

現地からトリプルIPにリモートアクセスし、マッシュアップしたさまざまな情報を確認できます。スマートフォンからインターネット経由で被災状況の写真なども受付できるため、災害対策本部等の事務所にて、被災現地の状況をリアルタイムに把握することが可能です。図7に被災場所や被災状況の確認を行うトリプルIP画面の一例を示します。

今後の取り組み

トリプルIPは、大規模なデータベースとさまざまなアプリケーションによる高度な設備管理の土台として、今後も機能拡大などの

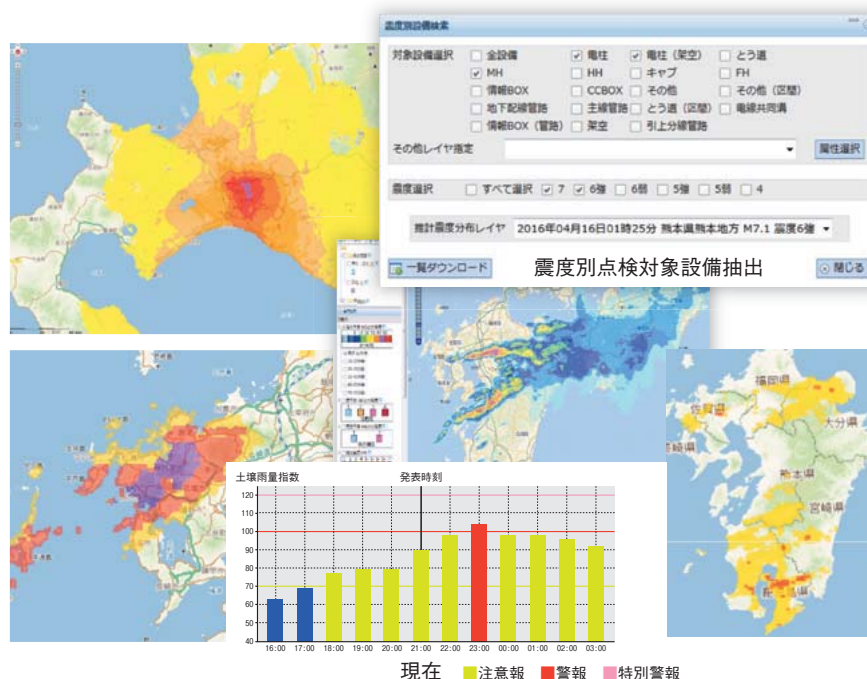


図6 トリプルIPが提供している主なリアルタイム災害関連情報



スマート点検用スマホソフトはA-GPSと
方位・角度にて高精度化

図7 被災場所や被災状況の確認画面の一例

進化を続けていきます。高度なデータベース
管理上に、AI（人工知能）・AR（Augmented
Reality）・VR（Virtual Reality）などの技
術を駆使することで、一層の自動化を推進し
ます。また、点検時に撮影された写真を用い
たAIによる自動劣化判定技術の開発も行い
進化させていきます。



（左から）蒲池 千恵 / 伊勢 誠 /
吉田 浩隆 / 関口 俊彦

トリプルIPはオープンソースをフル活用した
GISです。自社設備管理情報に加え、公開されて
いる社外情報をリアルタイムにマッシュアップで
きるため設備点検や災害対策に活用されています。
今後も機能拡充を行い、社内外業務のDX化に取り
組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTインフラネット

DX推進本部 開発部 DX開発担当

TEL 03-6381-6460

E-mail iip-rep-hqt@nttinf.co.jp

道路周辺を3次元計測するMMSを設備点検まで進化 ——mm単位の摩耗やサビ・シミ・ひびの劣化診断へ

MMS (Mobile Mapping System) は、道路を含め周辺の構造物を3次元計測し、得られた情報を基にデータベース化をするシステムです。車両に搭載される計測機材の多くは、主に車両の自己位置計測のための装置と車両周辺を3次元計測（レーザ装置が主流）する測量装置から構成されています。本稿ではMMSの課題解決に向けた取り組みについて紹介します。

せきぐち
関口

としひこ
俊彦

まつだ
松田

ともみ
知巳

やまもと
山本

やすふみ
恭史

NTTインフラネット

MMS 技術について

NTTインフラネットが開発したMMS (Mobile Mapping System) 技術の最大の特長は、カメラのみの写真撮影機能で3次元測量を実現するステレオカメラ方式を採用していることです。そのために複数台のカメラを同期撮影する技術を開発し、高精度の計測を可能としています（図1）。さらに秒間10フレーム以上は必要とされる静止画撮影の解

像度を極限まで向上させたことにより、主に構造物の形状を測量する目的のMMSの適用領域を超えて、設備の劣化やmm単位の摩耗点検ができるレベルまで進化させることができました。

MMSを実用的に利用するための主な課題は、精度向上に加えて機材および搭載車両の低コスト化、計測前後のキャリブレーション走行や計測途中における安定化のための停止動作の軽減、運転者およびシステム操作者の



図1 MMS画像からの3次元計測
(歩車道境界からの設備までの垂直オフセット計測)

スキルレス化，データ後処理工程の短縮効率化などが挙げられます。

当社では，これら課題解決に向けて，カメラ個体の特性を処理（レンズひずみの解析等）し，カメラのみによる3次元高精度測量を実現するとともに，車両本体が持っている電子基盤データの解析と衛星測位の高感度化等により，車両操作の大幅な軽減と機材の低コスト化を図り，結果的にトータルとして車両製造コストおよび運用コストの大幅な低減を実現することができました。また，計測対象に適応した計測機材の配置と指向性の自由度を持たせたことにより，電柱不良点検またはマンホール鉄蓋摩耗点検等の目的に応じた設備の点検業務へも適用領域を拡大させることができました（図2）。

測量装置の低コスト化と計測分解能の大幅な向上

MMSの多くのモデルがレーザスキャナーを搭載し，計測としては完結した測量装置となっています。道路周辺を計測する装置として形状が明確なものはレーザ計測で抽出するのが簡便であり，電柱等の自動抽出に利用されてきました。一方で，道路標識の識別は形

状のみではないことからカメラが併用されてきました。すべての地物を単一装置で計測することをめざし，当社ではカメラでも形状を計測する開発を進めてきました。測量装置であるレーザスキャナーは，移動しながら数万点/秒の距離点群を取得するものが多く採用されてきました。近年では100万点/秒の計測パルスにより計測するものも搭載されてきていますが，それ以上の高密度レーザスキャナーは，機材が高額かつデータ後処理が長時間になることから採用が進んでいません。また，100万点/秒のレーザスキャナーの計測パルスは，走査線方向5 m先では数cmの点群間隔となり，時速40 km/hでの走行時においては同じく10 cm程度の点群間隔となるため，細径なケーブルや反射特性に影響する色彩の地物は形状を判別するに十分なデータが取得できていません。

一方当社のMMSは，カメラによる被写体の撮影のみで3次元測量を実現するために，ステレオカメラ方式の計測技術の開発により精度向上を図ってきました。本方式で得られる原典データは計測分解能がmm単位と高いことから細径なケーブルの計測も可能です（図3）。最大8台のカメラを搭載・稼働させる



図2 当社開発のMMS（カメラ配置）



図3 ケーブル地上高計測・電柱しなり計測

場合に、前方のステレオカメラを基本として残る最大6台のカメラを計測対象に合わせて最適化設計することができます。カメラ画素数・解像度については、現在は2000～3000万画素の機器（およそ8K相当）を搭載しています。例年、性能向上に向けてはさまざまなスペックの多くの機種を検証し、MMSに適用可能な機材を設計したシステムとして実用化してきました。

車両自己位置計測機能の低コスト化

MMSの自己位置計測の装置としては、主にGNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）、IMU（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）ならびにオドメータ等から構成され、これらの装置によりMMSの製作コストも高額となるのが一般的です。

衛星測位は、高精度GPSアンテナを1つまたは複数搭載しているものが多く、高コストの要因にもなっています。また仮想基準点測量方式を用いた場合、走行後に衛星補正

データを授受しているためデータ後処理の効率化が課題となっています。

当社では移動時の使用に対応した高感受信機を採用すること等により、計測の前後のキャリブレーション走行および計測走行途中におけるFIX状態（衛星測位安定化）を確保するための一定時間の停止動作を不要としています。これにより1日の計測走行における実計測走行時間の長延化を実現しています。

現在、GNSS受信機とIMU機能を統合した装置や、GNSS測位信号を2周波受信可能なもの、準天頂衛星システム「みちびき」からの補正信号を受信可能なもの等を検証して、自己位置計測精度の向上に努めています。また価格の低減を図ったIMU装置の検証やオドメータ装置の方式別の性能検証も併せて取り組んでいるところです。

設備点検への適用領域拡大

当社開発のMMSは、3次元計測データ（緯度経度、高度、寸法）および画像情報（ひび、腐食、摩耗等）をGISプラットフォーム（ト



図4 マンホール種別判定

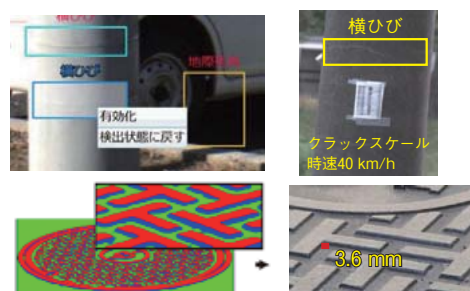
リプルIP)により管理して、通信設備の情報とともに利活用が可能です。

また3次元計測ができる画像を取得しているため、画像系AIの適用が容易となり、設備点検の大幅な業務の効率化にもつながります。具体的な事例として、通常画像AIの場合は画像を学習させて特定するのが一般的ですが、3次元計測できるメリットを活かし、画像情報に加えて、地物の寸法も特定指標に加えることにより、画像内の地物の種別まで判定できるようにしました。つまり、画像診断に対象物の寸法も加えたAI処理を施すことにより診断精度が向上します(図4)。

NTT東日本・西日本では、アクセス通信設備である電柱等の点検にすでに当社MMSを採用し、運用しています。さらに本MMS技術の実用化により、サビ、シミ、ひび割れ等、レーザ計測では困難な領域にAI活用が可能となりました(図5)。

今後の発展

当社のMMSは、車両本体の電子基盤情報を利用しているため、システムの作動が特定



NTT東日本・NTTメディアインテリジェンス研究所技術協力

図5 設備劣化・鉄蓋摩耗点検

の車種に限定されないことが特長です。今後は、市場ニーズに応じ小型車両(軽自動車)を用いたMMSや、車両が入らない歩道や狭隘道路に対応するためのカート等を利用したMMSを設計開発・実用化して、効率的な空間情報のデジタル化に努めていく予定です。



(左から) 松田 知巳 / 関口 俊彦 / 山本 恭史

MMS技術および画像処理技術は、さまざまな要素技術の組合せから成り立っています。カメラ技術、GNSS技術およびAI処理技術等の各技術の進展を活用し、さらに特徴的なMMSを設計開発し、さまざまなニーズへの適用を探っていききたいと思います。

◆問い合わせ先

NTTインフラネット

DX推進本部 開発部 DX開発担当

TEL 03-6381-6460

E-mail infranet-mms@nttinf.co.jp



主役登場

社会インフラを支えるソーシャルプラットフォームをめざして

箱石 隆

NTTインフラネット
Smart Infra推進部 プラットフォーム戦略担当 兼
ビジネスアライアンス担当
担当課長

地図コンテンツやGIS（Geographic Information System）を活用し、企業が保有する位置に関する情報を測定・比較・分析し企業活動に活かしていくLI（Location Intelligence）技術が、設備管理業務の効率化を中心に広く普及して久しいですが、特にここ数年、衛星受信機の高度化・低コスト化や自動処理技術の進展による一段の利便性向上と、スーパーシティ構想・自動運転といった近未来ユースケースとの相性の良さも相まって、国内外で急速な市場成長が期待される注目分野になっています。

私が所属するNTTインフラネットSmart Infra推進部では、上述したLI技術とNTTグループが強力に推進しているデジタルツインコンピューティング（DTC）技術との要素を組み合わせた“Smart Infraプラットフォーム”の構築に取り組んでいます。高解像度の航空写真を元に高精度な3次元地理空間情報基盤を整備し、そこで管理する道路縁やマンホールといったGCP（Ground Control Point）で、従来、会社単位もしくはシステムごとにバラバラだった位置基準を合わせることがベースの提供価値です。それは本プラットフォームに流通するすべてのデータに統一かつ高精度な3次元位置情報を付与することが可能となり、インフラ領域であれば、設計・施工協議の効率化や共同施工を増やすなどのデジタルトランスフォーメーション（DX）をNTTグループ内外へ広く

展開していくことをめざしています。

一方、高精度な3次元地理空間情報基盤を面的整備するには、航空写真の調達費や制作コストが莫大であり効率化が必要です。また扱うデータもオープンなものから設備情報などのセキュアなものまで幅広くその多段管理の仕組みが求められます。ほかにも、汎用的なAPI（Application Programming Interface）の実装、埋設物を正確に把握する地中探査技術の活用、MMS（Mobile Mapping System）の画像・点群データによる変状点検出技術などが本プラットフォームを構成するうえで喫緊の課題です。そこでこれらの技術課題に対して持株会社やリサーチ会社とも密に連携し、研究所技術の活用や国内外有望企業との協業などの技術オプションをまとめていく「コーディネート」が大変重要であり、大きなやりがいを感じています。課題設定後のマーケットリサーチで多くの企業や技術、また、とがった技術者たちと接点を持てることも魅力ですが、実証フェーズで試行錯誤しながら将来の技術活用イメージを具現化していく工程がもっとも楽しくもあり“肝心”だと考えています。

今後も顕在化する技術課題に対して取り組みを続け、Smart Infraプラットフォームが広くDXに寄与し社会課題の解決につながるように日々励んでいきたいと思っています。

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3回 オールフォトニクスに向けた
光通信技術の進歩

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3回目は「オールフォトニクスに向けた光通信技術の進歩」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）。

■オールフォトニクス・ネットワーク

NTTが完成を目指しているのがオールフォトニクス・ネットワーク（APN）だ。長距離と短距離の伝送に光ファイバを使うだけではない。集積回路にも光の技術を導入する研究を進めていて、これが実現すれば伝送に加えて演算処理にも光を使うことができる。

今よりも数段進んだ低消費電力、大容量・高品質、低遅延の通信環境が整い、かつ、デバイスが演算処理するスピードも上がる。

そうすると…

これまでデジタル変換する段階で取りこぼしてしまっただけの情報を原信号に近い形で送受信することができる。さらに高品質化された動画は現実の世界とほぼ同じようなものになる。たとえば動画で美術館の絵画を見るとする。これまでだと絵画の色や形はまあまあ細部まで再現できた。しかし、表面のマチエール（絵の具の凹凸、線のかすれのような微妙なタッチ）はわからなかった。APNが当たり前になれば、微妙なマチエールも見て感じることができる。

また、APNが実現すれば医療の世界も変わる。光ファイバの伝送で情報ごとに異なる波長を割り当てれば、複数の情報を同時に超低遅延で送ることができる。

そうすれば多チャネルで高精細な画像を送りながら、遅延のないインタラクティブなやり取りができる。

たとえば、遠隔手術の様子をリアルタイムで共有しながら、遠隔地にいる熟練の医師が手術現場にアドバイスすることだってできるだろう。

それだけではない。製造工場の機械が故障した時も、

高精細な画像を見ながら、遠隔地から修理の指示を送ることができる。

こうしたオールフォトニクス・ネットワーク社会が実現するのは遠い未来の話ではない。NTTは2030年を完成の目途にしている。

では、光ファイバとそれを取り巻く技術の進歩について、NTT未来ねっと研究所のフェロー、宮本裕に語ってもらう。

宮本は入社以来、光ネットワークの大容量伝送方式の研究開発に努めてきた。業績は「光の波としての特性を積極的に活用したコヒーレントマルチキャリア変調方式により、世界に先駆けて大容量伝送を実証したこと」。

専門家以外はわからない文章だけれど、要は光の伝送システムの専門家であることだ。そして、これまでは考えられない容量の信号を送る技術とシステムを開発した人である。なお、光ファイバシステムとは光ファイバと両端にある光送受信装置や光中継装置を合わせたシステムをいう。光ファイバそのものも進歩しているが、両端にある送受信装置等もまた改良されているわけだ。

新幹線を考えてみると、鉄でできた線路も新しくなっているが、それだけでなく、車両や運行システムも進化している。そうやって全体で運行スピードを上げている。

通信の場合も同じだ。低消費電力、大容量・高品質、低遅延の実現には宮本が研究してきた全体システムのグレードアップが重要だった。

■トンネル内のテストコースとパラボラアンテナ

宮本が働くNTT未来ねっと研究所があるのは横須賀

市の「光の丘」。いかにも光の技術を開発していると感じる地名だが、NTTが命名したわけではなく、都市開発の時につけられた名前だ。

宮本はまず言った。

「1970年代の中頃から本格的に光通信システムを導入していこうとなり、この場所を拠点として実用化開発が始まりました。元々は無線通信の研究所として発足したのですが、光通信のシステム研究が始まってからはその分野の研究部門も設立されたのです。その証拠に…」

同研究所の敷地内には長さ400メートルほどのトンネルがある。そこには世界で最初の光ファイバケーブルが敷設してあった。往時は、信号をそのなかに通して、何回も往復させることで、光ファイバの材質、およびシステムの実用化研究をした。

また、当時は無線を使った衛星通信の研究のために同研究所に巨大なパラボラアンテナが据え付けてあった。遠くからもそれとわかる巨大なもので、テレビの「ウルトラマン」シリーズに出てくる地球防衛軍基地のモデルになったという。

そして、パラボラアンテナは横須賀電気通信研究所だけの設備ではなかった。

…電電公社時代の電話局のビルの上にはパラボラアンテナがつきものだった。それは「マイクロ波の無線通信が電話のトラフィックを支えていた」からである。そして、マイクロ波の中継間隔は約50キロだった。

話はここからだ。

光ファイバシステムが実用化され、日本の北から南まで結ぶ縦貫線が開通したのが1985年。ちょうどその頃からマイクロ波の無線通信に変わって光ファイバによる通信が一般化されていく。

考えてみればパラボラアンテナの退場は光ファイバケーブルの敷設が進んだためだった。

「当時、電話の中継網を支えていたのは無線通信でした。それこそパラボラアンテナを使って、マイクロ波で中継していたため電話局の上にパラボラアンテナがあったのです。1980年代から光に置き換わっていった、今ではもう光でなければ通信環境を支えきれなくなりました。そして、固定マイクロ波無線通信で培った無線技術は無線LANや携帯電話サービスを実現する基盤技術として進化し、さらに高度なセルラーという携帯電話のシステムに発展していくわけです」

■光ファイバとファイバシステム

では、光ファイバとそのシステムは実用化された後、どのように整備されてきたのか。

「現在、1本の光ファイバ当たり8テラビットという容量が送れるようになっています。光送信装置で、デジタル電気信号を光信号に変換した後、所定の間隔ごとに配置されたNTTの局舎に光中継装置を置いて、光ファイバ伝送後の微弱な光信号のまま増幅して元の光レベルに設定しながら長距離伝送するわけです。光受信装置では、長距離伝送後の光信号を、再び電気信号に変換してひずみを取り去るなどして、元のデジタル電気信号を高品質にとりだします。

局舎と局舎の間の距離は陸上ですと40キロから80キロになっています。それは地震や災害が起きても、50キロぐらい離れると地震の揺れ等が弱まることも1つの理由になっています。

光ファイバ自体の寿命は長く、いまだに導入初期のファイバを使っている区間もあります。陸上のシステムでは光ファイバを打ち直す（引き直すこと、NTT用語）わけにいかないの、普通は既設ファイバをずっと使い続ける。その代わり両端にある送受信機、中継システムを刷新、改良していくわけです。ただし、海底のシステムでは、光ファイバ自体も最新のものに敷設し直すことがほとんどです」

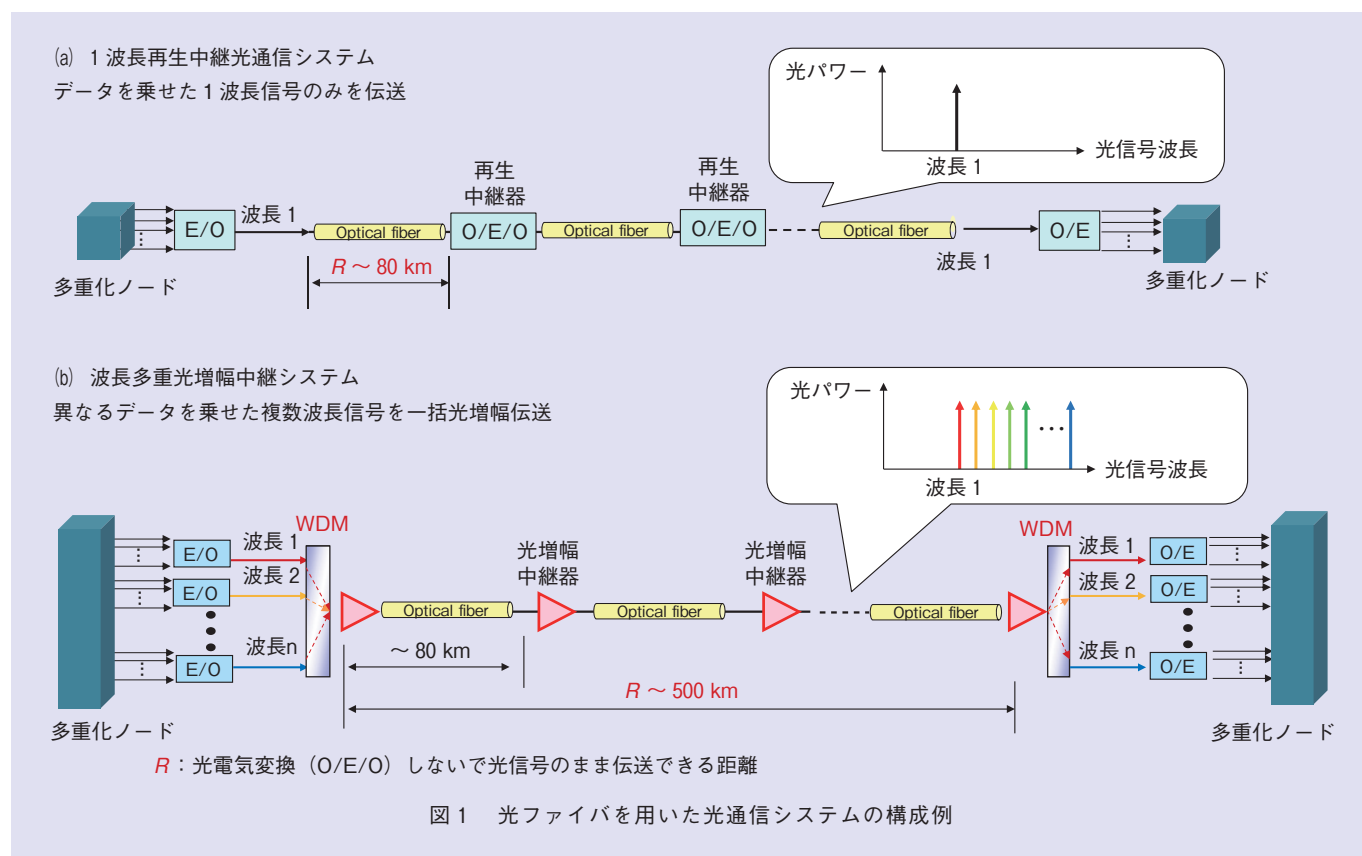
■光増幅が変えた光通信システム

宮本はこれまでに導入当初から40年間で3段階のパラダイムシフトが起こり、光ファイバシステムの能力は少なくとも10万倍以上に向上しているという。

「1980年代当初、実用化された光通信システムは1本のファイバに1つの波長だけを使って通信していました。レーザ半導体に流れる電流をデジタル電気信号に応じて変化させることで、デジタル電気信号の1,0を光の点滅に対応させて光信号を発生させていたのです。光信号は、光ファイバを介して約80キロ伝送後、電話局等に配置された光中継装置において、一旦、電気信号に変換されます。さらに、波形のゆがみや雑音を取り除いて、元のデジタル電気信号が再生され、再び光信号に変換されて次の光ファイバケーブルに送信されます。

この動作を繰り返すことで長距離にわたり、光信号の中継伝送をします。それが再生中継光通信システム。

次に開発されたのが光増幅という技術です。光ファイ



バの損失が一番小さくなる波長帯において、光信号を光のまま増幅する。これが第 2 段階です。

光増幅を用いれば、光中継装置で光信号を電気信号に変換せずに、1 個の光増幅中継装置で複数の波長を一括して光信号のまま簡単に増幅をすることができる。そこで、1 本の光ファイバに複数の波長を束ねて（波長多重）、同時に長距離伝送することが可能となったのです。

この性質を駆使した光通信システムは、波長多重光増幅中継システムと呼ばれ、1990年代の後半から現在にいたるまで、広く実用化されてきました（図 1）。

現在の波長多重光増幅中継システムは、約 100 種類の異なる波長の光信号をまとめて 1 本の光ファイバに伝送し、約 80 キロごとに 1 つの光増幅中継装置で一括して光増幅しながら、長距離の中継伝送を行っています。それまでの再生中継光通信システムに比べて、波長多重光増幅中継システムでは、光中継装置の構造を極めて簡単にしつつ、光通信システムの大幅な経済化を実現したのです。

■第 3 世代の光送受信方式

一方で、導入当初から 2000 年代の前半までの光通信システムでは、すべて、電気のデジタル信号の 0 と 1 に光の点滅を対応させて送信するシンプルなものでした。ただ、インターネットにおけるさまざまなブロードバンドサービスの発展に伴い、波長数が増えて、波長当たりの送信容量も増えてくると、従来の光の点滅を用いた光送受信方法では、あるレベル以上に伝送効率をあげることができなくなり、またまた容量が足りなくなってきました。

そこで 2000 年代の後半に始まったのが光送受信の方法を大きく向上する第 3 世代の光送受信方式です。光の波としての性質をフルに利用し、光を電磁波のように扱う通信（コヒーレント光通信）により高効率にデジタル情報を送信するデジタルコヒーレント光通信システムが実用化、導入されています。位相や振幅（波の山の高さ）の複数のレベルを用意して高効率な光通信を実現するのですが、位相というのがちょっとわかりにくいかもしれませんが、位相を変える（位相変調）とは、つまり電磁

波としての光の波が振動するタイミングをちょっとずらす（波の山の位置をずらす）ことで複数レベルを用意することです。

デジタルコヒーレント光通信システムを用いれば、従来の光の点滅を用いる光通信システムに比べ、10倍を超える高効率な大容量長距離光通信システムが実現できます」

ここまで難解な説明が続いたが、要は光の性質を深く考え、さまざまな展開をしたことが光通信システムの性能を向上させたわけだ。そして、もう一度、周波数変調、位相変調について、説明を加えておく。ここがもっともわかりにくいと思われる個所だからである。

無線通信では位相変調という方式を使っている。たとえばラジオにはAMとFMがある。FMは「Frequency Modulation」の略で、それは周波数変調という意味だ。音の変化に合わせて電波の周波数（波の山の幅）を変えることで信号を伝える。超短波という波長の短い電波を利用し、雑音などのノイズが入りにくく、クリアな音を伝えられる。だから、音楽番組などに向いている。

一方、AMは「Amplitude Modulation」の略で、振幅変調という。音の強さにあわせて電波の強弱を変えることで信号を伝えるシステム。中波という波長のやや長い電波を使っているため、広いエリアに信号を送ることができる。

光ファイバの位相変調方式は感覚的に言えばラジオのFMのようなもので、複数のレベルの信号を送ることができ、AMに比べて高品質な通信ができる。

光の点滅等のオン・オフによる強度変調（振幅変調）だと1シンボル（変調された信号を電波に乗せる単位）で1ビットしか送れない。ところが位相変調方式だと1シンボルで2ビット、4ビットと送ることができるので、非常に高効率になる。ただ、この考えはかなり以前（1980年代）から存在していた。しかし、半導体レーザーで発生する光の波の安定的な制御の実現が難しかった。また、コヒーレント光通信をするための高速で大規模な信号処理を実現するLSIを経済的に実現することができなかったこともある。

■光のいいところ

GAFAMもしくはGAFAMという言葉がある。前者はグーグル、アップル、フェイスブック、アマゾンの頭文字を合わせたもの。後者はマイクロソフトを加えたもの

だ。いずれもITの巨大企業のことをいう。マスコミのニュースを見ていると、世の中で進歩的な新しい技術を見つけてくるのはアメリカの巨大IT企業だと思えてくる。つまり、日本の新しい技術では蚊帳の外にいてはいないか、と…。

しかし、光ファイバとシステムの研究にも目を向けると事情は異なる。光ファイバの敷設状況、光ファイバ自体の能力アップ、そして、システム全体を眺めると、フォトニクスの世界で一頭地を抜いているのはNTTだ。

宮本はこう総括する。

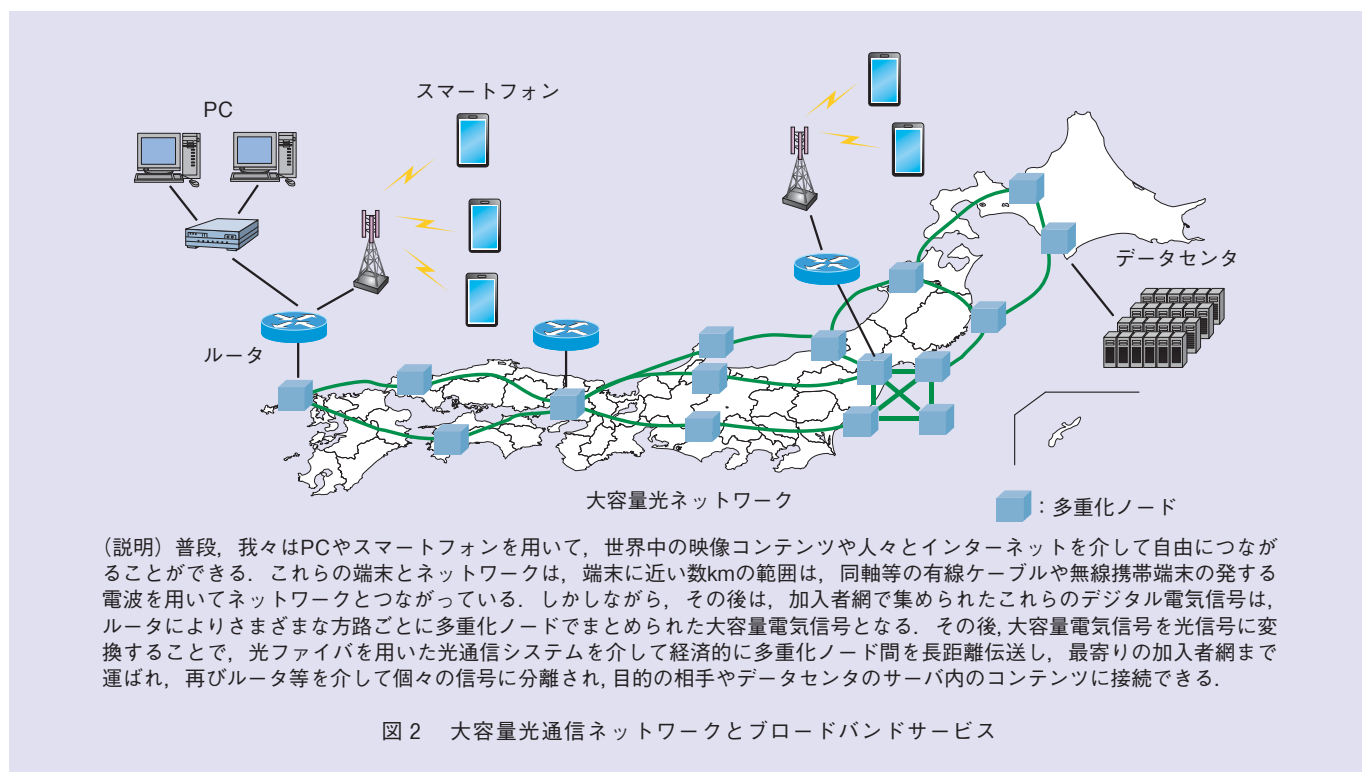
「世界には光ファイバの敷設が進んでいない国、地域があります。いくら敷設しても、台風が多い地域は水害などで流されてしまうからでもあります。また、国に予算がなくて、電線を光ファイバに置き換えることができない国もある。そういうところは無線の質を向上させていくしかない。各地域の事情に合わせるしかない。

しかし、どこであろうと国内・国際通信の幹線網やGAFA等のデータセンタ間を結ぶ通信回線では、光ファイバ通信システムを使わないと大容量化、高速化はできません。

その点、日本は進んでいます。光ファイバが国内の利用者の家まで引かれている国は稀なのです。光ファイバはいろいろなところにまで普及しています。これまで私が説明したのは鉄道で言えば新幹線みたいなところで、距離を意識せずに大容量な情報を長距離に送る技術です。そして、家庭のなかまで光ファイバが引かれていることもありますし、無線では携帯電話の最寄りの基地局までは光ファイバが情報を運んで来ています（図2）。みなさんには普段は、全く感じていないかもしれませんが、光ファイバとそのシステムがなければスマホやPCを介したブロードバンドサービスは実現できないのです」

なお、宮本が言った位相変調方式の送受信機の次の段階として、NTTは光の波の性質として、位相のみならず、位相と振幅を両方駆使する超小型のコヒーレント用光送受信機を開発した。この送受信機を用いて、従来システムの10倍となる1波長当たり毎秒、1テラビットの長距離伝送に成功している。

電磁波であるラジオやテレビの電波は、その周波数や位相、波面がきれいに揃った波だ。一方で、光は電磁波



の一種であるが、位相や波面が揃っていない。

しかし、レーザ光は完全ではないが、電磁波に似てかなり揃った波である。このためレーザ光は拡散しにくく、遠方まで届きやすい性質を持つ。そこで、レーザ光は光ファイバを使った長距離通信などに使われる。宮本が開発した「コヒーレントマルチキャリア変調方式」とは光の波動的性質を最大限に利用した従来のコヒーレント光通信をさらに大容量に発展させたものだ。

こうした進歩は1970年代の黎明期から電電公社とNTT研究所がこつこつと研究開発した成果を積み重ねてきたものだ…。

しかし、私たちは彼らの努力なんて少しも考えていない。今の通信速度、情報量が当たり前だと思っているし、動画のダウンロードを待つ間など、速度の遅さに不満を持ち、「なんだこの遅さは」と怒りさえ感じてしまう。

今回、宮本の話聞いて、怒る自分はおかしいと反省した。

そして、彼に伝えた。

毎日、研究して、実験して、失敗して、時には製造技術の壁に泣かされて、よくやりますね。

すると彼はあっさり答えた。

「僕らの苦労なんて伝わらなくていいんですよ。使う人が当たり前だと思えばいい。だって、当たり前じゃないと使えないでしょう。研究を実用化するってことはそういうことなんです。非常識なアイデアを当たり前にすることが重要なんです」

次回は光と電気の関係について、である。

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』『キャンディ物語』『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）。



特集

モビリティを中心とした 街のデジタルトランス フォーメーション

IOWN



MaaSプラットフォーム



AIタクシー

コネクティッドカー



スマートシティ

IOWNの未来が到来するにあたり、今後、街のデジタルトランスフォーメーションのさらなる加速が期待される。本特集ではモビリティを中心とした取り組みとして、マルチモーダルMaaSから4Dデジタル基盤、自動車メーカーとの連携したコネクティッドカー協業、スマートシティについて、NTT研究所技術および今後の展望を含めて、NTTの取り組みを紹介する。

Mobility and Digital Tra

IOWNによる街全体の最適化

あらゆる情報を基に個と全体との最適化を図り社会的課題解決をめざす「モビリティを中心とした街の最適化の取り組み」について紹介する。

40

マルチモーダルMaaSを支えるオープンなMaaSプラットフォーム

さまざまな公共交通機関や周辺サービスを統合し、ワンストップで提供可能にする公共交通MaaSプラットフォームの構想と取り組みについて紹介する。

45

マルチモーダルMaaSを支える二次交通の取り組み ——ドコモの次世代モビリティサービス

サステナブルな地域社会・スマートシティを実現するAI（人工知能）や異業種連携を活用したNTTドコモの取り組みについて紹介する。

50

モビリティ領域での4Dデジタル基盤™の活用

多様な産業基盤の未来予測に資するデータを提供する「4Dデジタル基盤™」を活用した、交通の整流化に向けた取り組みについて紹介する。

56

コネクティッドカー分野の技術開発・検証

安心・安全な自動運転に必要な技術の研究開発の取り組みとして、トヨタ自動車株式会社とのコネクティッドカー分野での協業について紹介する。

64

コネクティッドカー協調領域・交通環境情報の活用

交通環境情報ポータルおよびデータプラットフォームアーキテクチャに関するNTTデータの取り組みについて紹介する。

70

「街づくりDTC」によるデータ駆動・連鎖型のスマートシティ

DT（デジタルツイン）と、それらを分野横断で連鎖させる機能であるDTC（デジタルツインコンピューティング）を実現することで、新たな価値提供をめざした「街づくりDTC」について紹介する。

77

主役登場

高木 雅（NTTデジタルツインコンピューティング研究センタ）
未来の交通システムに向けたデジタルツインコンピューティング技術の研究開発

84

nsformation

IOWNによる街全体の最適化

NTT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）構想を掲げ、パートナーの皆様とのコラボレーションを進め、デジタルトランスフォーメーション（DX）を推進し、社会的課題の解決をめざしています。本稿では、モビリティ・街に着目し、IOWN構想をはじめとするNTTグループの技術・アセットを活用して、あらゆる情報を基に個と全体との最適化を図り社会的課題解決をめざす「モビリティを中心とした街の最適化の取り組み」について紹介します。

みつはし
三橋

しん
慎

ふかだ
深田

さとし
聡

みわ
三輪

のりゆき
紀元

ひだか
日高

こうた
浩太

NTT研究企画部門

現状の社会的課題に向けた 日本およびNTTの取り組み

経済の発展や、技術革新によるさまざまなサービスの誕生に伴い、人々の暮らしは豊かになり、個人の価値観が多様化する一方、生活の質や医療の向上に伴う高齢化や、世界情勢の変化などにより社会課題は複雑化してきており、現在の社会システムでは経済発展と社会的課題の解決を両立することは困難な状況になってきています。

このような環境下において、日本では、第5期科学技術基本計画において、めざすべき未来社会の姿として、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）」としてSociety 5.0⁽¹⁾が提唱されています。

Society 5.0では、フィジカル空間のセン

サからの膨大な情報がサイバー空間に集積されます。サイバー空間では、このビッグデータをAI（人工知能）が解析し、その解析結果がフィジカル空間の人間にさまざまなかたちでフィードバックされます。Society 5.0では、膨大なビッグデータを人間の能力を超えたAIが解析し、その結果がロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまでにはできなかった新たな価値が産業や社会にもたらされることになります。

一方、NTTにおいても、前述のような多様化する社会的課題の解決をめざし、あらゆる情報を基に個と全体との最適化を図り、多様性を受容できる豊かな社会を創るため、光を中心とした革新的技術を活用し、これまでのインフラの限界を超えた高速大容量通信ならびに膨大な計算リソース等を提供可能な、端末を含むネットワーク・情報処理基盤としてIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想⁽²⁾を発表し、2024年の仕様

確定、2030年の実現をめざして研究開発を始めています（図1）。

街やモビリティにかかわる社会課題

国内の街にかかわる社会課題に目を向けると、都市部では人口集中により、従前からある通勤ラッシュなどの交通問題や環境・エネルギーなどの問題は解消されていません。一方、地方部では少子高齢化・過疎化による生産人口減少から、公共サービスを含めたさまざまなサービスの維持が困難な状況にあります。

モビリティにおいても、特に地方部を中心に、電車、バス、タクシーなどの交通手段を従来どおりに維持することが困難で、将来の自動運転時代も視野に入れながら、さまざまな交通手段を統合的にとらえ、それぞれの地域の人々の働き方、暮らし方に対応した多様かつサステナブルなサービスの提供が課題となりつつあります。

課題解決に必要な考え方

これまでの社会では、経済成長や人口増加を背景に、マクロな視点からの効率化を中心

What's IOWN?

Innovative Optical and Wireless Network (IOWN: アイオン) 構想

オールフォトリクス・ネットワーク、デジタルツインコンピューティング、コグニティブ・ファウンデーションの3つの要素でスマートな社会を実現していく

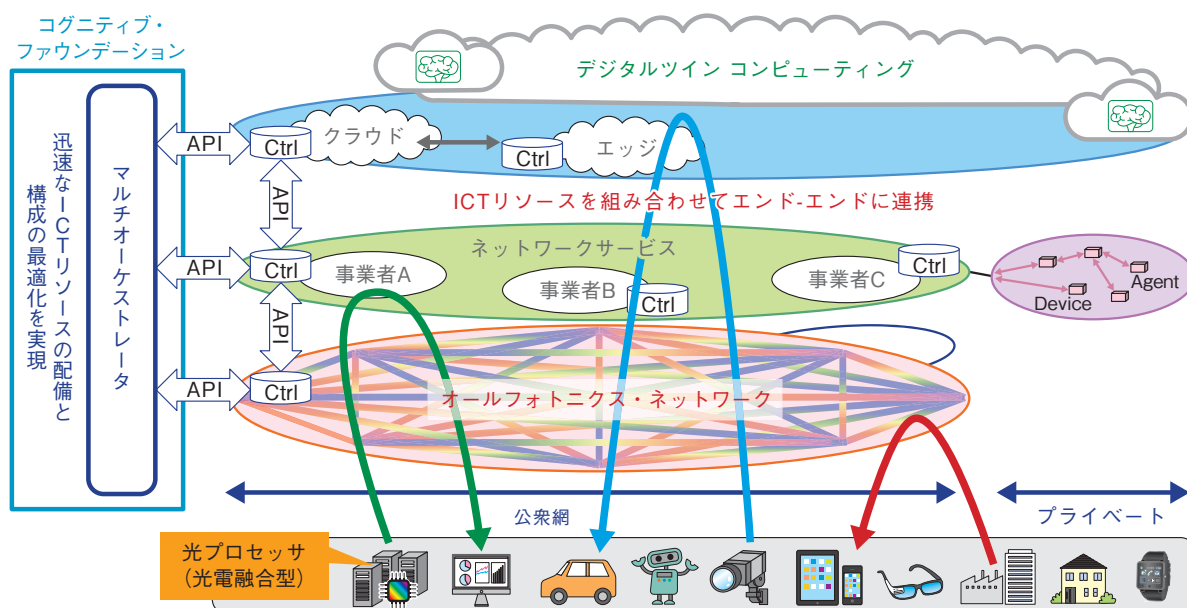


図1 IOWN構想の概要

に、交通手段や、街のさまざまなサービスが設計・提供されてきました。

しかし、今後は目的・利用シーン・健康状態等に応じた交通手段など、多様化する個人の価値観・ニーズにタイムリーに寄り添いながら、多様な社会課題の解決をめざすサービスが求められます。一方で、サステナブルなサービス運用のために、個人に向けた最適化設計のみならず、必要な人員やエネルギーをリアルタイムに最小化して維持コストを抑えるなど、全体最適の視点からのインフラ・サービス設計・運用も重要となってきます。

上記のようなサービスの実現に向けては、サイバー空間とフィジカル空間の融合を実現し、今まで目的ごとに管理・利用されていた地理的空間情報、移動体情報、ヒトの行動、趣味嗜好、インターネット上の行動履歴など、ヒト・モノ・コトにかかわる膨大なデータをリアルタイムに収集し、サイバー空間上で横断的・高速に統合・利活用し、個別と全体の最適解を計算し、機器の制御や、人々の行動変容に結び付けていくことが必要となります。

NTTでは、IOWN構想のオールフォトリクス・ネットワークやデジタルツインコンピューティング⁽³⁾、およびその他の技術を活用し、サイバー空間上の大規模かつ複雑な演算処理、エネルギーや時間の制約を最小限に抑えたうえでの多種多様なデータのリアルタイムな収集・フィードバックを実現し、社会課題の解決に資するサービスの構築をめざし

ています。

モビリティ・街の最適化に関する現在のNTTグループの取り組み

NTTグループでは、「多様な交通を組み合わせ、エンドエンドで個別・全体最適な移動を提供する」というビジョンを掲げ、モビリティのDXによるさまざまな社会課題の解決や新たな価値創造をめざし、さらに、モビリティを含む幅広い分野のDXを通じたスマートシティ、街全体の最適化をめざしています。

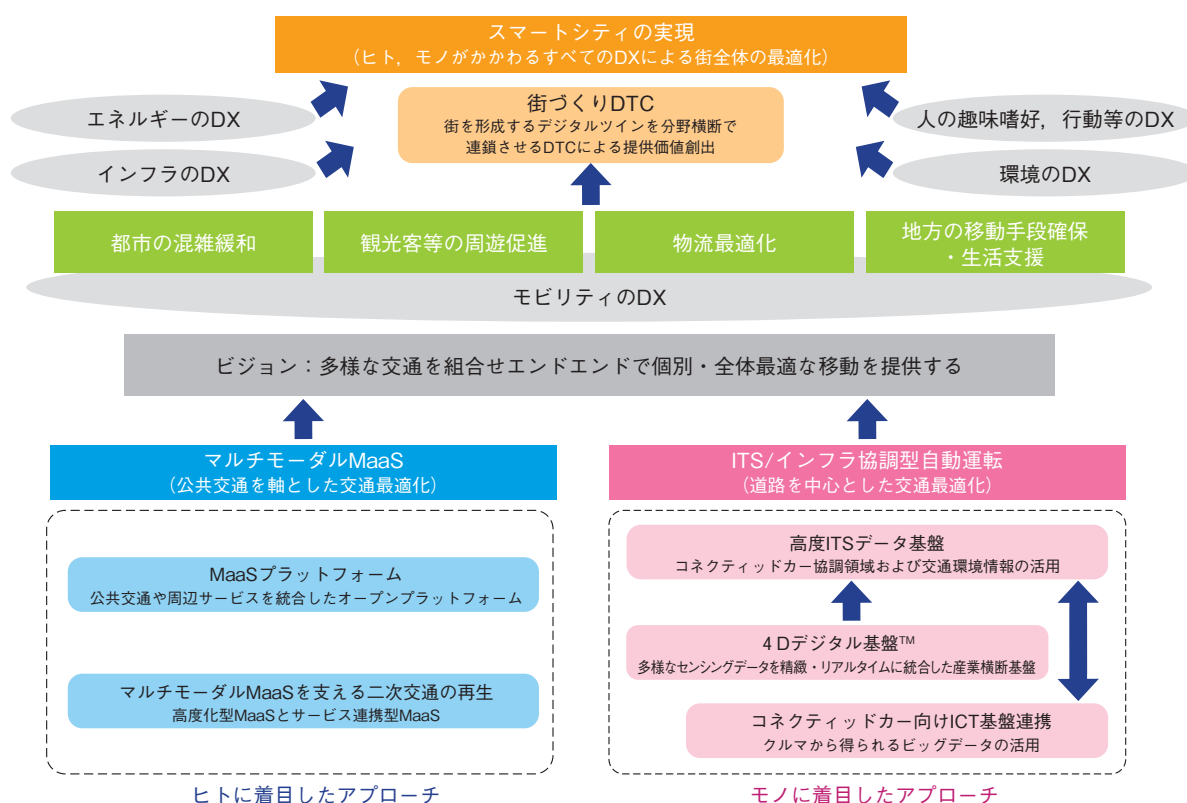
今回の特集では、図2に示す、モビリティ・街のDXに向けた、NTTグループの各取り組みとIOWN時代に向けた展望等を紹介しています。

(1) マルチモーダルMaaSを支えるオープンなMaaSプラットフォーム

少子高齢化や地球環境問題などの社会問題から将来の公共交通についてもそのあり方を考え、公共交通や周辺サービスを統合したマルチモーダルMaaS (Mobility as a Service) を支えるオープンなMaaSプラットフォームの取り組みを紹介します。

(2) マルチモーダルMaaSを支える二次交通の取り組み

生活交通・観光交通にて、深刻な課題となっている二次交通（ファーストワンマイル・ラストワンマイル）の公共交通の再生に向けた、サステナブルな地域社会・スマートシティ



の実現するAIや異業種連携を活用したNTTドコモの取り組みを紹介します。

(3) モビリティ領域での4D デジタル基盤™の活用について

ヒト・モノ・コトの多種多様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統合させ、多様な産業基盤の未来予測に資するデータを提供する「4D デジタル基盤™」を活用した、交通の整流化に向けた取り組みを紹介します。

(4) コネクティッドカー分野の技術開発・検証について

クルマから得られるビッグデータを活用することによって、新たなモビリティサービスの提供に必要な技術の研究開発の取り組みとして、トヨタ自動車株式会社とのコネクティッドカー分野での協業について紹介します。

(5) コネクティッドカー協調領域・交通環境情報の活用

来たる自動運転社会で必要とされるインフ

ラ協調領域での社会基盤づくりに向けた交通環境情報ポータルおよびデータプラットフォームアーキテクチャに関するNTTデータの取り組みを紹介します。

(6) 「街づくりDTC」によるデータ駆動・連鎖型のスマートシティ

街全体の最適化を実現するために、街で提供されるサービス単位で環境・モノ・人をとらえ、デジタルツインと、それらを分野横断で連鎖させる機能であるDTCを実現することで、新たな価値提供をめざした「街づくりDTC」の取り組みを紹介します。

今後の展開

今回は、モビリティおよび街全体の最適化につながる現在の取り組みと将来のIOWN時代の展開を紹介しました。

ICTの目覚ましい発展と、NTTの、そしてパートナーの皆様の技術・アセットを活用することで、技術的には多岐にわたるサービスの構築が可能となりつつあります。

一方でこのようなサービスの社会実装に向けては、個人情報保護やセキュリティの観点、サイバー・フィジカル空間の融合によるコンピュータシステムでの未来予測・行動変容に伴う責任所在、法制度、社会受容性、また経済性など、さまざまな観点から多面的に検討する必要があります。

NTTは、このようなさまざまなチャレンジについても目を向けながら、パートナーの

皆様とともに、ICTによる豊かな社会の実現に貢献していきたいと考えています。

参考文献

- (1) https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- (2) <https://www.rd.ntt/iown>
- (3) <https://www.rd.ntt/iown/0003.html>
- (4) <https://www.rd.ntt/iown/0002.html>



(上段左から) 三橋 慎 / 三輪 紀元

(下段左から) 深田 聡 / 日高 浩太

私たちは「移動」に着目し、さまざまな取り組みを行っています。移動、そしてそこから生まれる交流や体験が、人間の感性や知的好奇心を磨き、暮らしや社会をより良く変えるイノベーションが起きてきたと信じています。世界的な感染症流行という未曾有の危機の今こそ、皆様との共創による「移動」のイノベーションを追求したいと考えています。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門

プロデュース担当

E-mail contact_mobility@hco.ntt.co.jp

マルチモーダルMaaSを支える オープンなMaaSプラットフォーム

さまざまな交通を統合する概念は、MaaS（Mobility as a Service）といわれ、フィンランドが先行事例といわれています。ヒトの移動に着目し、エンドエンドでの個別・全体最適な移動の流れをつくり出すために、さまざまな公共交通機関や周辺サービスを統合し、ワンストップで提供可能にする公共交通MaaSプラットフォームの構想と取り組みについて解説します。

さとう よしひで おおい しんや
佐藤 吉秀^{†1} 大井 伸哉^{†2}

すせき くにあき
栖関 邦明^{†3}

NTT研究企画部門^{†1}

NTTスマートデータサイエンスセンタ^{†2}

NTTデータ^{†3}

MaaSのレベル

MaaS（Mobility as a Service）には図1に示す4つの段階があるといわれています⁽¹⁾。レベル0は各公共交通がバラバラに提供されているMaaS以前の状態です。レベル1では交通機関の情報が統合され、乗換検索サービスのように各交通機関の情報に横断的にアクセスできるようになります。料金が

統合されるのはレベル2以上です。レベル2は、例えば、異なる交通事業者が運行する鉄道やバスを、あたかも1つのサービスであるかのように一括して予約したり決済したりできる状態を指します。レベル3はサービスレベルで統合された状態です。同じチケットでも状況に応じて利用交通機関を選択できるサービスや、「1日で〇〇円」「1カ月で〇〇円」といったサブスクリプションモデルのサービスが提供可能になります。レベル4は自治体や国の政策とも統合し、交通の最適化が進むMaaSの最終段階です。

公共交通機関とサービスがつながる MaaSの世界

MaaSのレベルが高まるにつれて個人個人の移動は快適になりますが、レベル4の実現に向けては人の移動全体を俯瞰的にとらえ、混雑や渋滞を緩和したり、交通弱者の移動を支援したりするアプローチも重要になり



出典：チャルマース工科大学の論文より作成

図1 MaaSのレベル

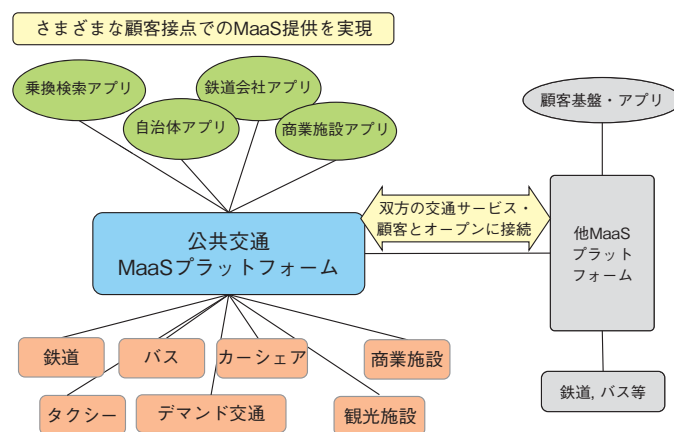


図2 交通とサービスがつながるMaaSの世界と公共交通MaaSプラットフォーム

ます。例えば、混雑する都市部において、移動需要全体を時間的・空間的に平準化することができれば、交通機関や目的地での混雑集中がなくなり、結果的に個々の移動体験もより快適なものになります。そのためには、単に交通を統合するだけではなく、場合によっては立ち寄り消費を促すなど、目的地での利用サービスと合わせて移動を考えることが重要だと考えています。

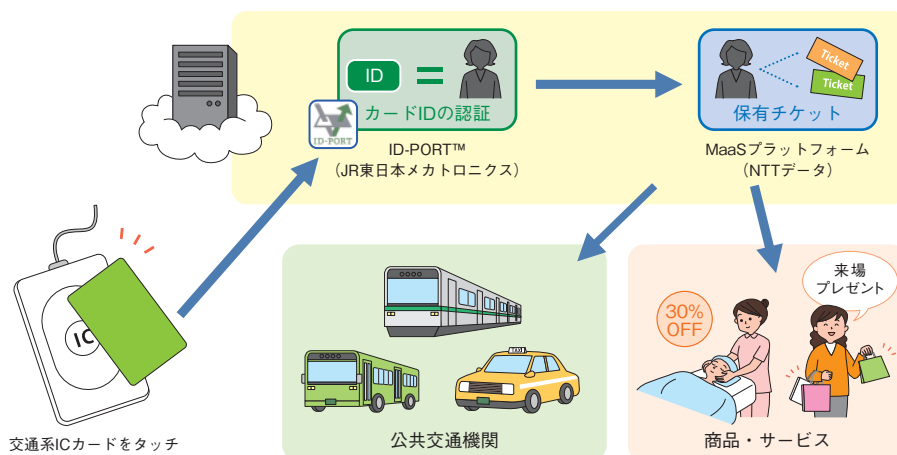
私たちが考えるMaaSの全体概念を図2に示します。公共交通MaaSプラットフォームにつながる公共交通やサービスを、さまざまな顧客接点に提供することで、移動やサービスの販売機会の増加を可能にします。また、別のMaaSが存在する場合には、これらとも相互に接続することで、ある交通機関を利用するには異なるMaaSアプリのインストールが必要、といった不便さも解消できます。

交通系ICカードを使ったクラウド型の認証

公共交通MaaSプラットフォームで重要な機能の1つに認証機能があります。認証機能をプラットフォーム側に集約させることで、公共交通やサービスがすでに存在している状態であっても統合しやすくなり、柔軟なサービス設計が可能になると考えています。NTTデータでは、交通系ICカードを使ったクラウド型の認証に注目し、東日本旅客鉄道株式会社やJR東日本メカトロニクス株式会社と連携して実証実験を行っています。

交通系ICカードを使ったクラウド型の認証を実現する仕組みを図3に示します。Suica[®]*1などの交通系ICカードを専用のカードリーダーにタッチすると、ID情報がクラウド側で認証されます。そのID情報に紐付けられたプラットフォーム上の保有チケッ

*1 Suicaは東日本旅客鉄道株式会社の登録商標です。



※「ID-PORT™」はJR東日本メカトロニクス株式会社にて商標登録申請中。

図3 交通系ICカードを使ったクラウド型の認証

ト情報を照会することで、公共交通の利用（乗車等）や、店舗での商品やサービスの提供・割引などの可否判定を行うことができます。

JR東日本モビリティ変革コンソーシアム⁽²⁾において、MaaSを通じたさまざまな価値創造のかたちを検証するため、交通事業者と連携し、クラウド型交通系ICカード認証を用いた実証実験に取り組んでいます。

■横浜市での混雑緩和・回遊促進実証（2019年11月）

スポーツイベント終了後の周辺の混雑緩和をめざし、実証参加モニターに対し、会場から周辺の複数交通機関利用までの混雑予測情報をプッシュ配信し、交通機関利用の時間的な分散、利用する交通機関や駅等空間的な分散効果を検証しました。NTTサービスエボリューション研究所の人流のデータ同化技術を応用し、過去実績データや外部情報に加え、リアルタイムに取得した局所的な人数観測データから人の流れをシミュレーション上

で再現、その結果に基づき交通機関利用までの所要時間や将来の所要時間の予測情報を生成し、混雑予測情報として配信しました（図4）。

またプッシュ配信では、専用の交通系ICカードを用いて対象駅から鉄道に十数分乗車して横浜臨海エリアまで移動すればインセンティブがもらえ、NTTドコモのAI運行バス^{®*2(3)}に乗車できるお得情報を配信することで、広域な回遊促進を活性化させる実証にも取り組みました（図5）。

■前橋市でのマルチモーダル観光MaaS実証（2020年1月）

あらかじめ交通系ICカードを紐付けたスマホアプリ上で購入した統合チケットを用いて、交通系ICカード認証やスマホの画面表示により、複数の公共交通機関の利用や、店舗での割引が受けられるサービスコンセプト

*2 AI運行バスは株式会社NTTドコモの登録商標です。

をモニターに体験してもらいました。改札出場のタイミングで、NTTコムウェアのLIKEUP™⁽⁴⁾によって個人の属性・位置・時間等に応じて、駅周辺の店舗情報およびその割引情報を配信するなど、シームレスな移動と消費の統合をめざした実証に取り組みました（図6）。

地方エリアでの取り組みと今後の展開

公共交通MaaSプラットフォームが日本全国どこでも使える世界をめざし、地方エリアの交通課題解決にも取り組んでいます。茨城県笠間市において「笠間市スマートシティコンソーシアム⁽⁵⁾」を設立し、交通課題の解決を通じた都市のスマート化をめざしていま

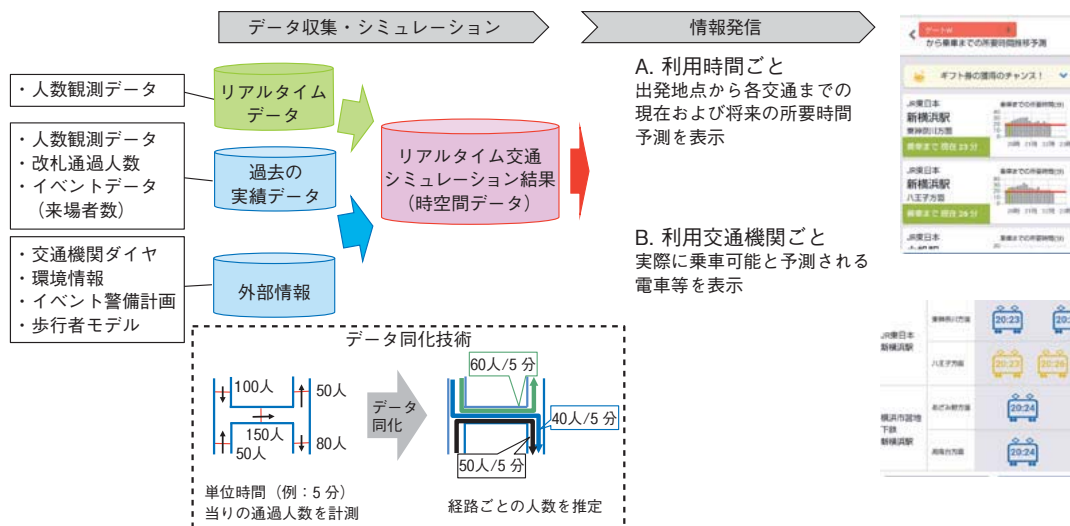


図4 横浜市での混雑緩和実証

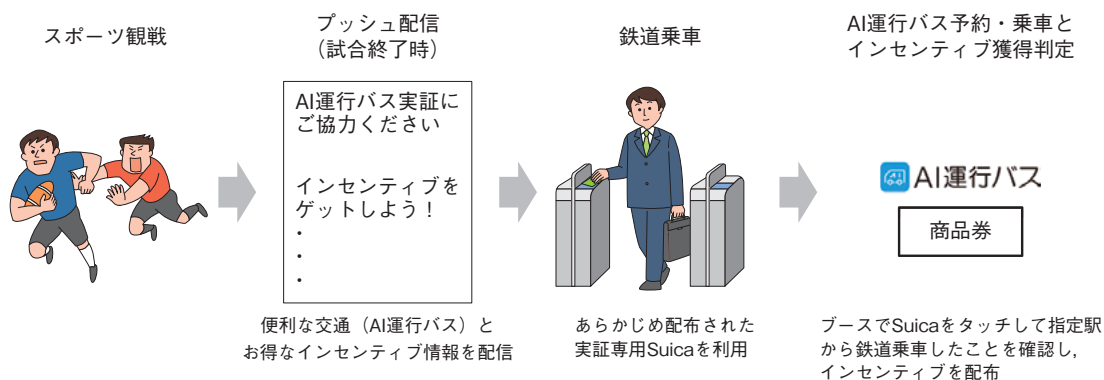


図5 横浜市での回遊促進実証

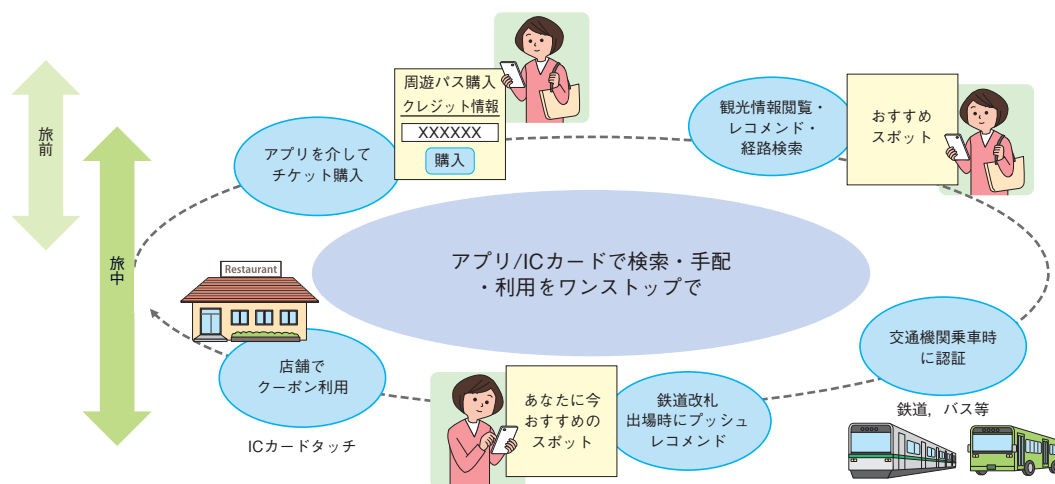


図 6 前橋市でのマルチモーダル観光MaaS実証

す。将来的には、デマンド交通や周遊バスをはじめとする地方の交通が公共交通MaaSプラットフォーム上で連携し、住民や地域外からの観光客にとって利便性の高い交通システムが維持・充実化されることをめざしています。

■参考文献

- (1) J. Sochor, H. Arby, M. Karlsson, and S. Sarasini : "A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals," Proc. of ICOMaaS 2017, pp. 187-208, Nov. 2017.
- (2) <https://www.jreast.co.jp/jremic/>
- (3) https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/ai_bus/
- (4) <https://www.nttcom.co.jp/likeup/>
- (5) https://www.ntt-east.co.jp/ibaraki/information/detail/1268807_2476.html



(左から) 佐藤 吉秀 / 大井 伸哉 / 栖関 邦明

MaaSへの注目が高まっています。さまざまな交通機関やサービスをつなぐマルチモーダルMaaSの実現を通じて、移動を便利にするとともに、都市や地方の交通課題解決につなげたいと考えています。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門

プロデュース担当 (モビリティプロデュース)

E-mail contact_mobilityp@hco.ntt.co.jp

マルチモーダル MaaS を支える 二次交通の取り組み——ドコモの 次世代モビリティサービス

生活交通、観光交通において深刻な課題となっている二次交通（ファーストワンマイル/ラストワンマイル）の公共交通の再生の解決のために、サステナブルな地域社会・スマートシティを実現する AI（人工知能）や異業種連携を活用した NTT ドコモの取り組みを紹介します。

みやけ もとはる
三宅 基治

にしだ のりとし
西田 典了

NTT ドコモ

はじめに

自動車業界は「CASE」（コネクテッド化、自動運転化、シェアサービス化、電動化）により100年に一度の大変革期を迎え、異業種企業の参入も後押しして、次世代のモビリティサービスに向けたビジネス創造が活性化されています⁽¹⁾。

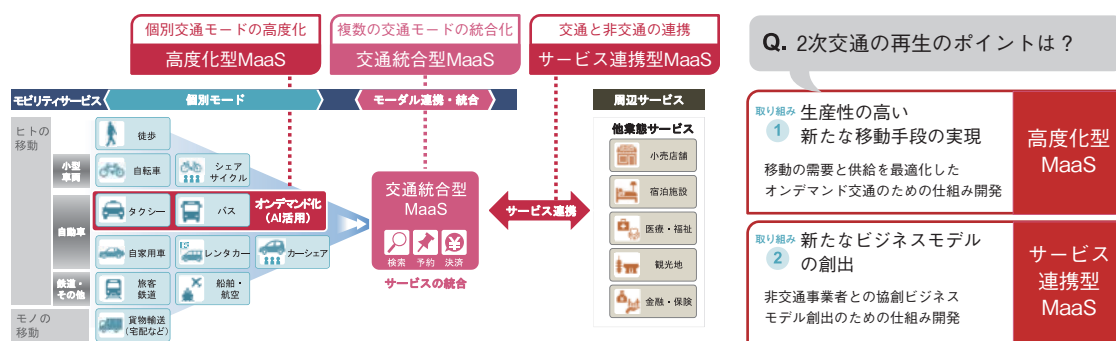
こうした中で、次世代の移動の概念 MaaS（Mobility as a Service）が欧州で提唱され、自家用車を中心としていた移動から、鉄道、バス、タクシー、シェアサイクル、カーシェアなど、さまざまな移動手段を連携させることで、渋滞やCO₂排出などの移動にかかわる課題を解決する取り組みが始まっています。さらに、予約から運賃支払に至るまでの統合したシームレスなサービスの提供により、利便性の向上も図られています。日本国内においては、生活交通、観光交通において深刻な課題となっている二次交通（ファース

トワンマイル/ラストワンマイル）の公共交通の再生の解決が喫緊の課題となっています。

NTT ドコモは2010年からサイクルシェアリング事業を推進し、2015年にドコモ・バイクシェア社による自転車シェアリングを行ってきました。また、近年では図1に示すように「MaaS」を移動の高度化、統合、サービス連携（移動×サービス）の3つでとらえ、人が移動する際のファーストワンマイル/ラストワンマイルの移動手段をドコモが急務で取り組むべき課題として考えて、「高度化型 MaaS」における AI（人工知能）技術によるオンデマンド交通の配車最適化の検討を先行して推し進めてきました。

本稿では、高度化型 MaaS として AI タクシー⁽²⁾、AI 運行バス^{*1(3)}を紹介するとともに、サービス連携型 MaaS として AI 運行バスによる“移動×サービス”連携によるビジネス

*1 AI 運行バス：(株) NTT ドコモの登録商標。



※国土省「都市と地方の新たなモビリティサービス懇談会」資料を参考、ドコモ加筆

図1 ドコモのMaaSの考え方 —移動課題解決に向けた取り組み—

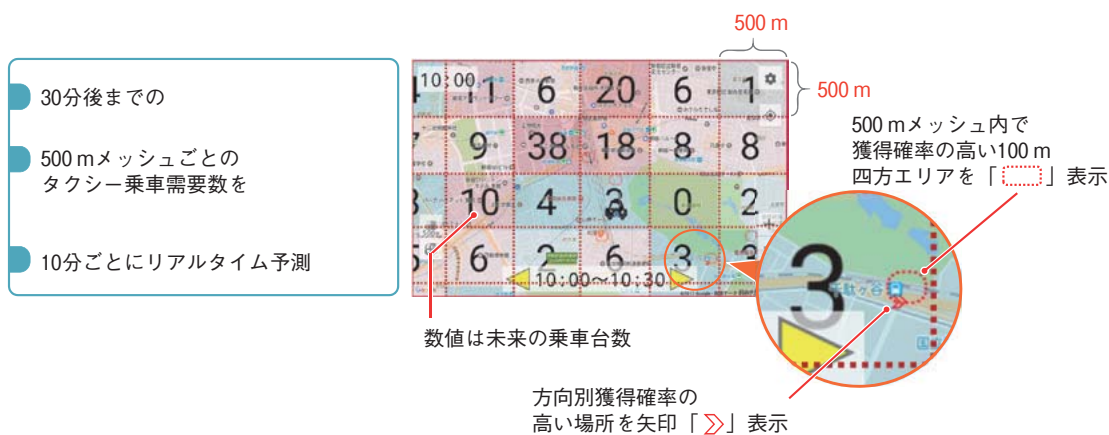


図2 AIタクシーのサービス提供内容

深化について紹介します。

高度化型 MaaS : AIタクシー

過去のタクシー運行データや、人々の統計的な位置情報から、エリアごとにタクシーの乗車需要を予測する技術を開発し、「AIタクシー」として2018年2月より商用サービスを開始しています。

■人口統計データを用いた需要予測

AIタクシーでは、過去のタクシーの乗車

実績データや天候データに加え、全国エリアで人の分布や流れを把握する近未来人数予測^{*2}から得られた人口統計データを利用します。そして、500m四方に区切ったエリアごとに30分後までのタクシー乗車需要を予測し、10分ごとにタクシー運転手に提供することで需要の高いエリアへの配車を可能とします(図2)。これにより、タクシー運転手に

*2 近未来人数予測：(株)NTTドコモの登録商標。

よる経験や勘だけでは予測が難しかった電車遅延やイベントなどの突発的な状況下でも、より適切な需要予測を可能としています。また、リアルタイムに変化する乗車需要を確認できるので、土地勘がない経験の浅いタクシー運転手であっても効率的な運行により実車率向上が可能となるほか、タクシーの乗客にとっても待ち時間の短縮が期待できます。

■ハイブリッドによるモデル構成

人口の推移と乗車需要の推移にはいくつかの相関関係が分かっています。一例としては、①オフィス街では人口が増加する際に、繁華街ではある程度滞在していた人口が減少する際にそれぞれ乗車需要が増えるといったエリアに依存する傾向や、②球場などの多目的スタジアムではプロ野球の試合のほうが女性アイドルのイベントよりも乗車需要が増えるといった集まっている人の属性に依存する傾向があります。

これらのエリア、イベント種別によって傾向の異なる相関関係を持つデータを扱うために、AIタクシーでは、時系列予測モデルである多変量自己回帰モデル^{*3}とディープラーニング（深層学習）^{*4}によるモデルとを組み合わせ、精度の良いほうを利用するハイブリッド構成としています。

高度化型MaaS：AI運行バス

交通事業者のオペレーションの効率化と、

利用者にとっての交通の利便性向上を両立する新しい交通手段となるオンデマンド交通「AI運行バス」の商用サービスを2019年4月より開始しています。

■AIを用いた効率的なオンデマンド配車

AI運行バスは、乗りたいときに行きたい場所まで、自由に移動できるオンデマンド交通システムで、利用者はスマホアプリ・ブラウザ上のWebサービス、コールセンタへの電話などにより、各自の希望する乗車時刻、乗降ポイント、利用人数を指定して乗車予約を行うことができます。一方、システム側では随時発生する新たな乗車予約に対して、各車両の走行ルートを再計算し、各ドライバーに運行計画を提示することでオンデマンド配車を実現しています。この際、確定している利用者の送迎に大きな遅延を生じさせない範囲での見直しとする制約に従い、利用者の移動需要に最適な車両の割当てと走行ルートをAIが算出します（図3）。

従来の定時・定路線のバスに比べると、この運行計画は必要な乗降ポイント間のみを結び走行ルートを取り、利用者のいない区間の走行が不要となるため、移動時間を短縮できます。また、AI運行バスは、複数の利用者の同乗を前提とした乗合い型の交通サービスであるため、タクシーなどの個別輸送に比べ、移動当りのコストを下げやすく、安価なサービス提供が可能になります。

■需要予測に基づく走行エリア推薦機能

AI運行バスでは、AIタクシー同様にバスの運行実績データや人口統計データを利用してエリアごとの乗車予約数を予測し、高需要

*3 変量自己回帰モデル：自己回帰モデルを多変量に拡張したモデル。ベクトル自己回帰モデルともいいます。

*4 ディープラーニング：多層のニューラルネットワークによる機械学習手法。深層学習とも呼ばれます。



図3 AI運行バスの取り組み



図4 乗車需要予測による走行ルート／待機場所の推薦

なエリアへ前述したオンデマンド配車の制約の範囲内で迂回する機能を実現しています(図4)。さらに、空車時の待機場所をドライバーに提示する機能も持たせることによって、利用者の待ち時間の短縮と運行効率のさらなる向上を図っています。本機能の実現にあたり、学習データを収集する場合、タクシーに比べて運行台数が一般的に少ないバスにおいても早期に需要予測モデルを構築できるよ

うに、XGBoost (eXtreme Gradient Boosting)^{*5}によるアンサンブル学習^{*6}を採用しています。

*5 XGBoost：近年注目されているアンサンブル学習の一種。

*6 アンサンブル学習：複数の異なるモデルを構築し、予測時にはそれらのモデルの予測結果を統合する手法。これによって、未知のデータに対する予測能力を高めることが期待されます。

サービス連携型 MaaS : AI 運行バスによる“移動×サービス”のビジネス創出

ここまで高度化型 MaaS の 2 つの取り組みを紹介しましたが、二次交通の維持・充実のキーポイントとしては、コスト最適化に加えて、新たな収入源（原資）の獲得が必要となります。ここでは、サービス連携型 MaaS として、AI 運行バスと他事業者との“移動×サービス”連携によるビジネス深化について述べます。

■ AI 運行バスと店舗との連携機能

既存の交通手段の多くは目的地ではなく、その近くの駅やバス停までの移動支援の場合が多く、利用者の行動と結びつけることが難しいという問題がありました。一方、AI 運

行バスでは目的地となる降車ポイントの選択を通して、オンデマンドで移動できるため、利用者にスムーズな周遊を提供するとともに、施設情報を直接届けることも可能となります。

このため、店舗向けの集客サポート機能として店舗管理ポータルを提供し、施設情報の掲載やクーポンをリアルタイムに配信するようにしています。さらに、NTT グループの AI 技術「corevo®」を活用した近未来人数予測を用いて未来の移動需要を見える化し、訪問者の人数・属性の参照および、自施設情報の閲覧状況を店舗側で把握できるようにした実証実験を行っています（図 5）。

■ 他社サービスと AI 運行バスとの連携機能

小売店舗／宿泊施設／医療・福祉／観光地／金融／保険といった他業態で提供されている

地域の施設・店舗に
現在＋近未来の滞在者分布の AI 予測情報を提供



図 5 施設・店舗向け集客サポートツール

サービスに対して、利用者の移動手段を加えてビジネスを深化させるために、AI運行バスの予約機能をAPI (Application Programming Interface) 化しています。これにより他社サービスから乗車時刻、乗降ポイント、利用人数などを指定して配車予約を行い、同エリアで配車可能なAI運行バスを簡単に手配することが可能となります。

例えばこの仕組みを活用し、病院のシステムと連携すれば、診察後の会計に合わせて帰宅用の移動手段としてAI運行バスが手配できます。また、病院の予約管理システムに連動させ、次回診察日前日にリマインダーを通知し、診察当日のAI運行バスの予約も可能となります。

おわりに

本稿では、ドコモにおけるMaaSに関する取り組みとして高度化型MaaSであるAIタクシー、AI運行バスを紹介するとともに、サービス連携型MaaSとしてAI運行バスによる“移動×サービス”連携によるビジネス深化について紹介しました。今後、最新のAI技術を活用したさらなる精度向上や付加価値の提供に加え、自治体や交通事業者との関係強化によるエリア拡大を通して、地域経済活性化など社会課題解決の貢献に積極的に取り組んでいく予定です。

■参考文献

- (1) 深井：“いつでもどこでもだれとでも快適で安心のモビリティを——ドコモの次世代モビリティサービスの取組み——”，NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル，Vol. 27，No. 4，pp. 6-9，2020。
- (2) 川崎・石黒・深澤・藤田・鈴木・槇島：“AIタクシー—交通運行の最適化をめざしたタクシーの乗車需要予測技術—”，NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル，Vol. 26，

No. 2，pp. 15-21，2018。

- (3) 溝口・武市・神山・川崎：“移動に関する社会課題解決をめざすドコモのMaaS”，NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル，Vol. 27，No. 4，pp. 10-17，2020。



(左から) 西田 典了 / 三宅 基治

「いつでもどこでもだれとでも快適で安心のモビリティを提供し続ける」をビジョンに掲げ、移動通信事業者によって生み出すことのできる付加価値を利用者の移動向けに提供することで社会課題解決に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTT ドコモ
モビリティビジネス推進室
TEL 03-5156-3012
E-mail ai-bus-ml@nttdocomo.com

モビリティ領域での 4D デジタル基盤™ の活用

クルマをはじめとする多様なモビリティは、技術の進化とともに、人々の暮らしに豊かさをもたらしてきました。その一方、道路交通をめぐるさまざまな社会的課題の深刻化も懸念されています。本稿では、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™」にフォーカスし、モビリティ、特にコネクティッドカー協調領域を中心に、道路にかかわる社会的課題解決・新たな価値創造に向けた貢献と将来めざす姿について紹介します。

みわ 三輪	のりゆき 紀元 ^{†1}	ふかだ 深田	さとし 聡 ^{†1}
よしだ 吉田	せいじ 誠史 ^{†2}	とくなが 徳永	だいすけ 大典 ^{†3}

NTT 研究企画部門^{†1}

NTT ネットワーク基盤技術研究所^{†2}

NTT デジタルツインコンピューティング研究センター^{†3}

モビリティ分野のビジョンと 取り組み概要

クルマをはじめとする多様なモビリティは、技術の進化とともに、人々の暮らしに豊かさをもたらしてきました。

その一方で、少子高齢化・都市部人口集中等の社会構造の変化を背景に、道路交通をめぐるさまざまな社会的課題の深刻化も懸念されています。

- ・ 高齢者がかかわる交通事故の増加
- ・ 地方過疎化による公共交通の廃止・減便や高齢者免許返納等による移動弱者の増加
- ・ 都市部の渋滞・混雑と、それに伴う経済損失・環境問題
- ・ e コマース拡大に伴う物流需要の増大と物流担い手不足

このような社会的課題を背景に、自動車メーカーを中心としたコネクティッドカーサー

ビスの高度化、マルチモーダル MaaS (Mobility as a Service) の実現に向けた研究開発・連携・実証実験が進み、また日本政府においても産学官共同で取り組むべき共同的課題（協調領域）の研究開発の取り組みが推進されています。さらに、コネクティッドカー・自動運転機能の高度化に伴い、それを支えるネットワークも不可欠で重要なインフラとなりつつあります。

NTT グループでは、モビリティの DX によるさまざまな社会的課題の解決および新たな価値創造をめざした取り組みを行っていますが、本稿では、さまざまなデータを一元的に取り扱う基盤として NTT グループにて研究開発を推進している「4D デジタル基盤™」に着目し、モビリティ領域、特にインフラ協調領域基盤への活用の観点から、道路の整列化にどのような価値を提供できるかについて紹介します。

4Dデジタル基盤™ 構想の背景

近年、ICTのめざましい発展により、膨大なIoT（Internet of Things）データの収集や分析が可能となりつつあり、これに伴い、政府やさまざまな企業が、Society 5.0等で提唱されているようなサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムの実現をめざして研究開発に取り組んでいます。

しかし、サイバー・フィジカルの融合において、すでに統計化されているデータや、位置・時刻の情報にズレがあるデータどうしを掛け合わせても、実世界の現象の把握・そこからの未来予測の精度が高まらないケースもあります。

NTTでは、このような課題の解決に向け、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

合や未来予測に資するデータの提供を可能とする基盤の構築をめざし、4Dデジタル基盤™の研究開発に着手いたしました。

4Dデジタル基盤™ 構想の概要と提供価値

4Dデジタル基盤™は、図1に示すように、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」上に、多様なセンシングデータをリアルタイムに統合し、高速に分析処理を行います。

- ① 4Dデジタル基盤™の位置基点となる高度地理空間情報データベースの整備
- ・ 地図事業のデータ・ノウハウを活かした、既存の地図データの位置のさらなる高精度化
- ・ インフラ管理事業でMMS（Mobile Mapping System）等の活用による道路を中心とした高精度3D空間情報の整備

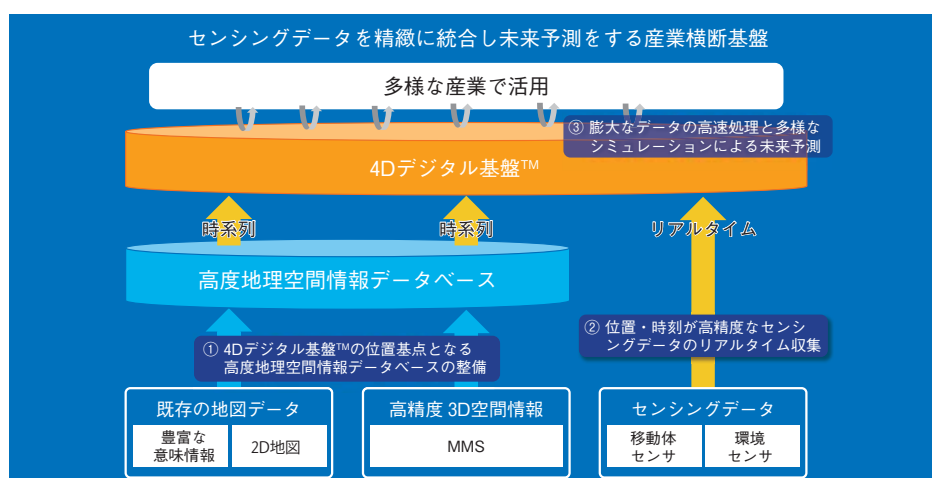


図1 4Dデジタル基盤™の概念図

② 位置・時刻が高精度なセンシングデータのリアルタイム収集

- ・都市部での測位・時刻同期精度を高めるスマート・サテライト・セクション^{®(1)} (図2) 等の技術と、5G等の高速・低遅延通信による、精度の良いセンシングデータのリアルタイム収集
- ・マッピング技術を用いた高度地理空間情報データベースへのセンシングデータの精緻な統合

③ 膨大なデータの高速処理と多様なシミュレーションによる未来予測

- ・リアルタイム時空間データ管理技術 Axispot^{®(2)} (図3) による動的オブジェクトから大量に送信される情報のリアル

タイム格納・検索・分析

- ・AI（人工知能）技術による最適化シミュレーション・未来予測と行動変容

本基盤による高精度なセンシングデータの収集、膨大なデータの高速処理の組み合わせの例として、従来技術では実現できなかった、実空間に存在する車両位置の精緻かつ高速な把握を行ったデモを示します。

図4は前述のリアルタイム時空間データ管理技術 Axispot[®] と、都市部での測位・時刻同期精度を高めるスマート・サテライト・セクション[®] の組み合わせによる、レーンごとの車両位置把握のデモで、吉祥寺駅前を例に、衛星測位による車両位置のプロットと、レーンごとの車両台数の検索を行っています。

シビアな受信環境において可視衛星信号を確実に選択し、可視衛星が必要な衛星数（4機）に満たない場合には伝搬遅延の小さい不可視衛星信号を最小限選択する「少数精鋭」の衛星選択動作を行います

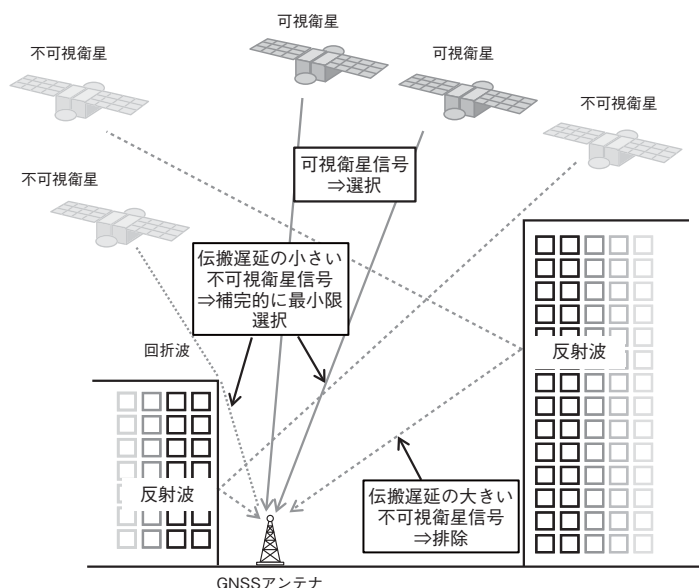


図2 スマート・サテライト・セクション[®]

従来技術（図4左側）では、高層の建築物に囲まれた吉祥寺駅前では衛星測位に誤差を

生じ、地図上にプロットされたクルマの位置が道路から外れています。さらにレーン形状

- ・自動車・スマホ・ドローン等の「IoT/コネクティッド・デバイス」が感知するリアル世界のセンサ情報と、その情報に付随する時空間データ（緯度、経度、高度、時刻）をリアルタイムに格納・検索・分析
- 特徴①：数千万台の自動車が一斉送信する車両データのリアルタイム格納・検索・分析が可能
- 特徴②：高精度地図と組み合わせたレーンレベルの高精度なリアルタイム車両検索が可能
- ・適用先：コネクティッドカー向けV2Vアプリケーション、ダイナミックマップ向け動的データ管理・MaaS等の配車システム、屋外AR/MR

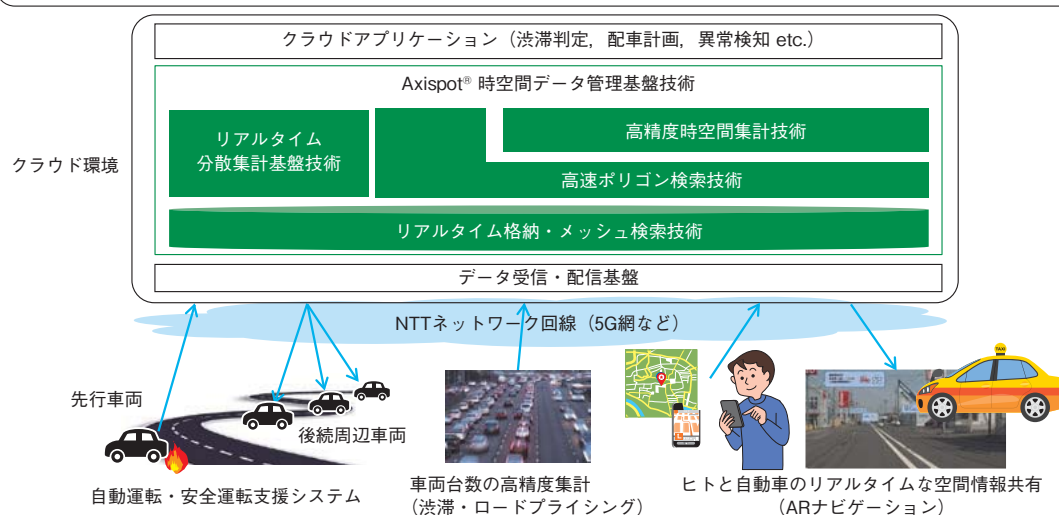
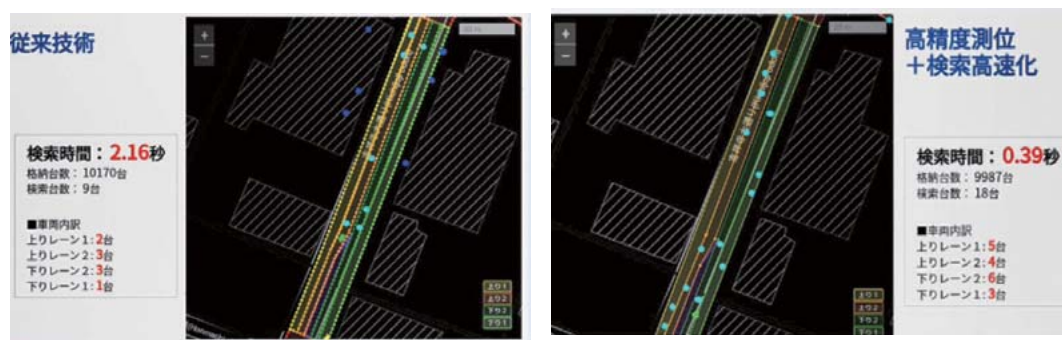


図3 リアルタイム時空間データ管理基盤：Axispot®の概要



- ・測位に誤差がありクルマの位置が道路から外れている
- ・検索に時間がかかる・測位に誤差があるため検索結果（台数）が正しくない

- ・検索時間が短縮され、測位が高精度なためレーン単位の検索結果（台数）が正しい

※車両位置の測位はGNSSシミュレータ疑似データを使用

図4 Axispot® × スマート・サテライト・セレクション®

に合わせた車両の矩形検索処理に時間を要するため台数計測処理が間に合わず、最終的な検索結果（レーン別の車両台数）が正しくなりません。

一方で、4Dデジタル基盤の技術を活用した場合（図4右側）、高精度な衛星測位により車両位置が地図上に正しくプロットされ、矩形検索処理も高速で行われるため、レーンごとの検索結果は正しくなります。

このような機能群とデータを組み合わせることで、図5に示すような、道路交通の整流化や、そのほかにも、都市アセットの最適活用、社会インフラの維持管理等、さまざまな領域で活用の可能性があると考えています。

モビリティ領域への4Dデジタル基盤™の活用イメージ

前述のとおり、日本政府では、ICT活用によるモビリティサービス高度化および将来の自動運転技術による社会的課題の解決、すべての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現をめざして、産学官共同で取り組むべき共通課題（協調領域）の研究開発を推進しています。

NTTグループでも、多様な通信を活用しクルマやさまざまなデータを一元的に取り扱うコネクティッドカー協調領域基盤の実現に貢献し、自律自動運転だけでは実現が難しいと考えられる交通流全体の把握により、都市交通の効率化・安全性向上をめざします（図6）。

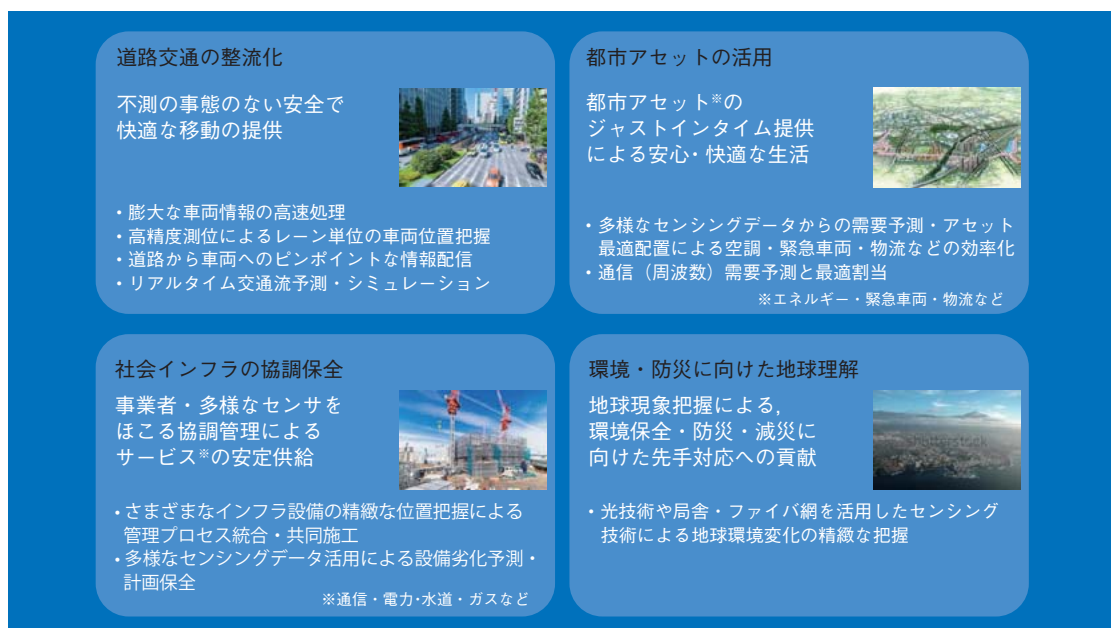


図5 4Dデジタル基盤™が提供する価値

コネクティッドカー協調領域におけるネットワークは、分散処理基盤を活用した効率・高速のネットワークアーキテクチャを前提に、オーバーレイネットワークで交通流にかかわるヒト・クルマ・道路の情報を幅広く収集することが求められると考えています。また、システム領域においては、4D デジタル基盤™を活用し、収集した交通流にかかわるセンシングデータをリアルタイムに高度空間情報データベースに蓄積・補正（データ同化）し、他のセンシングデータを含めたデータの統合や高速なデータ検索・抽出を実現します。

4D デジタル基盤™で位置・時刻が精緻化・統合されたデータは、モビリティ・ITSのための官民連携基盤や、その他の産業の基盤に活用していただくことを想定しています。

モビリティ領域での4D デジタル基盤™活用ユースケース

次に交通にかかわる面的な情報収集および4D デジタル基盤™による情報の精緻化・統合により、技術面で可能となるユースケースと、実現に向けた技術開発の方向性を説明します。

(1) 交通事故の低減

重大事故の原因となり得る動的危険情報（落下物、飛び出し、駐車車両や交差点の死角情報）の早期発見・位置特定と確実・速やかな回避に向けた情報の配信。

- ・ 車載カメラ・路側設備等から収集される画像データ・車両挙動にかかわるデータによるリアルタイムの物体認識と正確な

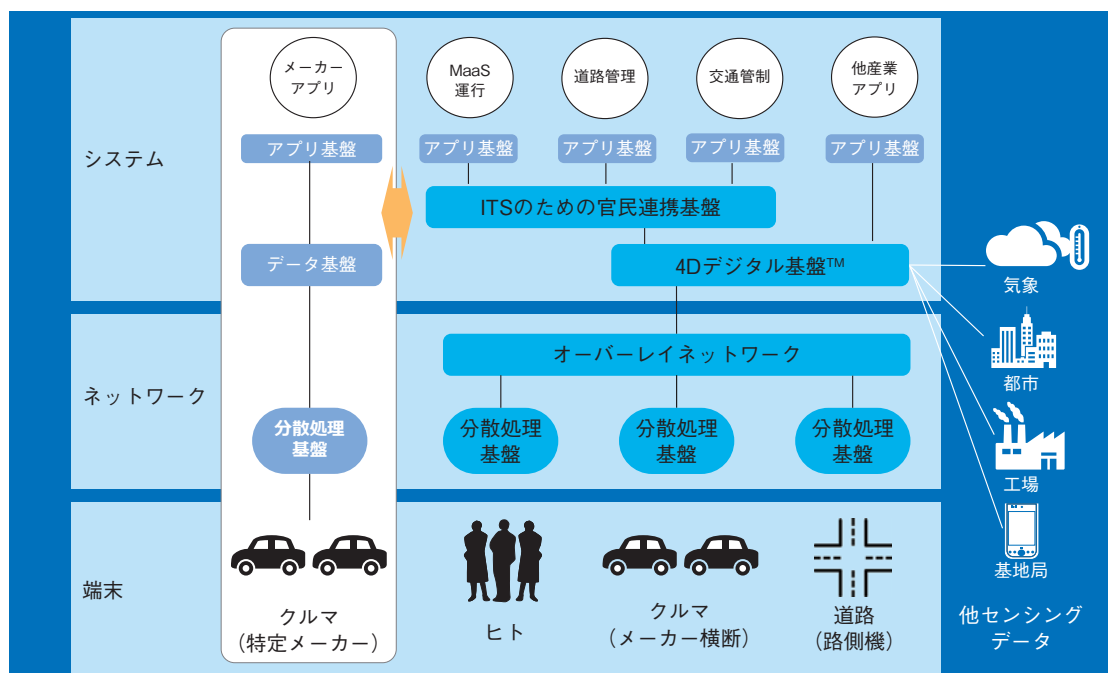


図6 コネクティッドカー協調領域イメージ

位置特定および影響範囲の推定

- ・ 危険回避のための迅速な情報配信・注意喚起の伝達による誘導

(2) 渋滞の緩和・解消

都市部を中心に大きな経済損失の原因となっている渋滞の解消のための、交通量に応じた信号機制御やロード・レーンプライシングによる混雑平準化.

- ・ プローブデータ、路側機器等からの観測データ、高精度測位による交通量のリアルタイム把握
- ・ さまざまな環境要素を考慮した交通流シミュレーションによる混雑予測・対応策の効果測定
- ・ 信号機・ドライバー等に向けた行動変容のための情報配信

今後の展開～IOWNが実現する究極のモビリティ社会～

本稿で紹介したアプローチ・技術や、高速・低遅延で高信頼なネットワークや高速処理基盤を実現するIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）の社会実装により、将来、「ヒト」「クルマ」「インフラ」が高度に協調し、究極の安心・安全を提供する「高度協調型モビリティ社会」が実現できると考えています。

例えば、車両の自動運転制御だけではなく、全体の最適制御によって、信号のない交差点でのスムーズな交差（図7）や、事故・災害などの緊急時にも被害を最小化する最適誘導などが実現され则认为しています。

実現に向けてさまざまなチャレンジがあり

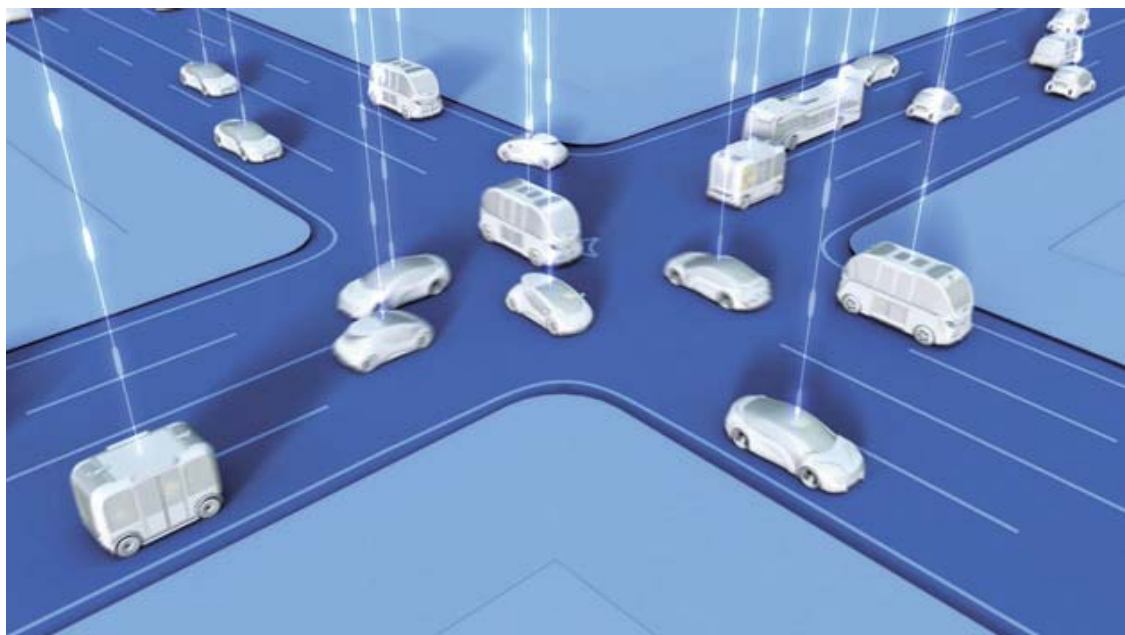


図7 無信号交差点合流調停のイメージ

ますが、以下のIOWN技術の特長を活かし、社会実装を推進します。

- ・ 超高速・低遅延通信によるデータ収集・演算結果の全車両配信
- ・ 統合的なICTリソースアロケーションによる通信キャリアをまたがるネットワーク
- ・ 超高速な情報処理による膨大な組合せ問題に対する最適解の計算
- ・ 正確な位置基点上に構築した高度空間情報上への車両・周辺情報の正確・リアルタイムな収集・分析と精緻な未来予測

おわりに

本稿で取り上げた、4Dデジタル基盤TMと関連する技術群を活用したコネクティッドカー協調領域のアーキテクチャは、政府、自動車メーカー、地図会社、通信・IT企業などのさまざまなステークホルダーが連携し、ビジネス性・社会受容性なども含めて検討する必要があり、非常にチャレンジの多い領域です。

また、現実の交通においてはさまざまな不測の事態が想定され、非常に複雑・高度な制御や、交通インフラ・法制度・倫理問題等を含め、社会全体の取り組みとして進められるべきものかと考えています。

モビリティを中心に、人々の暮らしを支える基盤・豊かにするサービスをめざし、NTTグループの技術・ノウハウ・アセットを活用し、パートナーの皆様とともに貢献していきたいと考えています。

参考文献

- (1) https://www.ntt.co.jp/journal/1904/JN20190415_h.html
- (2) https://www.ntt.co.jp/journal/1911/JN20191118_h.html



(上段左から) 吉田 誠史 / 三輪 紀元

(下段左から) 深田 聡 / 徳永 大典

4Dデジタル基盤、コネクティッドカー協調領域は新たな社会基盤構築であり、一朝一夕で実現できるものではありません。重厚長大なプラットフォーム構築ではなく、スピード感をもって、実現可能な技術・サービスから、NTTグループおよびパートナーの皆様と社会実装していきたいと思っています。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門

プロデュース担当

E-mail contact_mobility@hco.ntt.co.jp

コネクティッドカー分野の 技術開発・検証

トヨタ自動車株式会社とNTTは、トヨタが保有する「自動車に関する技術」とNTTグループ各社が保有する「ICTに関する技術」を組み合わせ、コネクティッドカー分野での技術開発・技術検証を目的に協業を行うことに合意し、現時点の技術開発の完成度を確認するために実証実験を開始しています。本稿では、コネクティッドカー向けICT基盤の概要、技術課題やその実現に向けて取り組んでいる関連技術および実証実験について紹介します。

コネクティッドカー向け ICT基盤の研究開発活動

トヨタ自動車株式会社とNTTグループは、協業に合意以降、将来の自動運転の実現を見据えたコネクティッドカー向けICT基盤の技術開発に取り組んでいます。安心・安全な自動運転を実現するためには、クルマから得られるさまざまなデータをセンタに集めて活用することが期待されており、コネクティッドカー向けICT基盤の研究開発が大きく寄与できるものと考えています。

コネクティッドカー向けICT基盤

コネクティッドカーとは、ICT端末としての機能を有する自動車のことです。クルマは多くの情報を保有しており、クルマから集めたデータによりクルマおよびクルマの周辺環境を理解することが可能となります。交通事故低減や渋滞緩和等の社会課題の解決やモビ

いそむら 磯村	あつし 淳 ^{†1}	まつお 松尾	かずや 和哉 ^{†1}
よこはた 横畑	ゆき 夕貴 ^{†2}	ひらばやし 平林	よしかず 義和 ^{†3}
こいずみ 小泉	あつし 敦 ^{†3}		

NTTデジタルツインコンピューティング研究センタ^{†1}

NTTスマートデータサイエンスセンタ^{†2}

NTT研究企画部門^{†3}

リティサービスの進展のためには、コネクティッド化されたクルマからネットワークを介して集めたデータを活用することが必要不可欠になってきます。

コネクティッドカーを支える基盤技術については、多数のクルマから大量に受信する車両情報等の収集・蓄積や収集した大量データのリアルタイムなデータ分析や周辺環境をクラウド上に再現、行動を判断するためのAI（人工知能）アルゴリズムおよび大容量データを配信する技術と5G（第5世代移動通信システム）やエッジコンピューティングおよびIoTネットワークを活用した大容量データを確実かつ安全に集配信するための通信技術等があります。

具体的には、公道を走行するクルマに搭載されたECU（Electronic Control Unit）のデータやカメラなどのセンサデータ等の大規模、大容量なデータを確実かつ効率的にセンタに収集し、収集した多数の車両からの大

容量なデータを活用して、リアルタイムに走行状態等の車両状況やクルマの周辺状況をサイバー空間に再現することが、次世代交通システムに用いる地図生成等、さまざまなサービスや自動運転の実現に大きく貢献できると考えています。コネクティッドカー向けICT基盤は、この車両状況やクルマの周辺状況をサイバー空間に再現することを支えています(図1)。

実証実験

コネクティッドカー向けICT基盤の開発においては、個々の技術要素の検討と検討結果を組み合わせ、クルマ～ネットワーク～センタまでのEnd to Endでの検証による実証実験を短いサイクルを回して取り組んでいます。

実証実験においては、公道を走行する複数の実験車両からネットワークを介してデータをセンタに収集し、収集したデータを分析し、コネクティッドカーおよび自動運転に必要なユースケースの技術課題の実現を確認するとともに、数百万台規模の車両データ負荷を発生させ、通信技術やセンタ側技術の実現性評価に取り組んでいます。

具体的なユースケースについては、①高精度地図生成、②障害物検知・通知、③レーンレベル渋滞検知、などを想定し、ユースケース実現のために必要な技術要件の達成度を確認しています。

(1) 高精度地図生成

車載カメラが撮影する動画データをセンタに集約し、車両位置情報、周辺情報等を再現

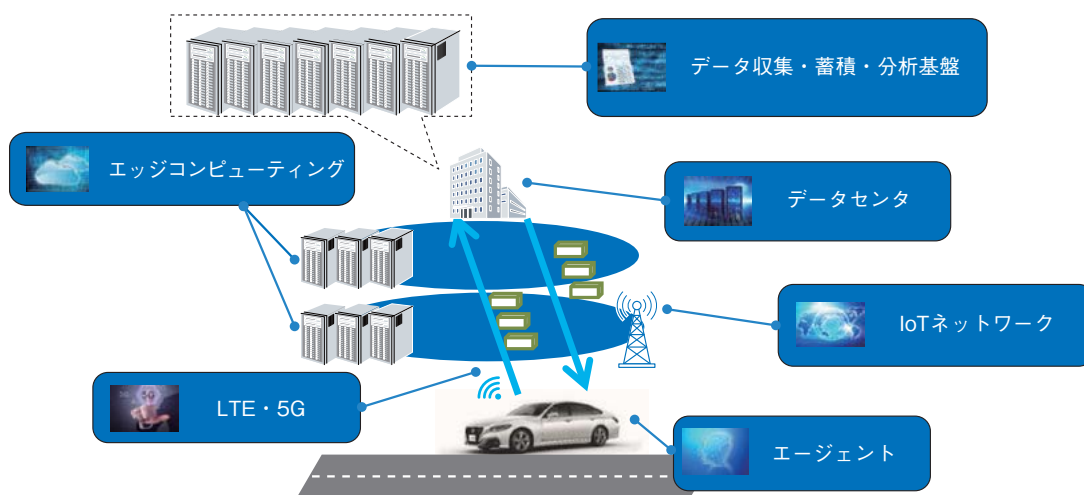


図1 コネクティッドカー向けICT基盤

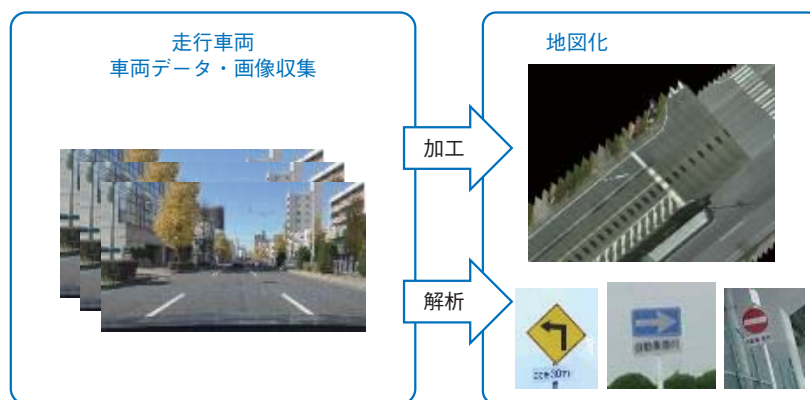


図2 高精度地図生成

できるかを検証しています（図2）。

具体的には、車両に搭載した単眼カメラで撮影した動画データやクルマの位置情報をセンタに収集し、収集したデータを解析することで道路上のペイントや標識等の構造物の位置を高精度に推定するための技術開発を進めています。

現在は計測車両での現地調査によって道路変化を把握しており、調査費用やリアルタイム性が課題であり、一般的な車両に搭載されたカメラのデータから高精細な地図生成するために本取り組みの技術が貢献できると考えています。

(2) 障害物検知・通知

1台のクルマから送信されたデータを基に、他のクルマに関連するデータをリアルタイムに共有することができるかを検証しています（図3）。

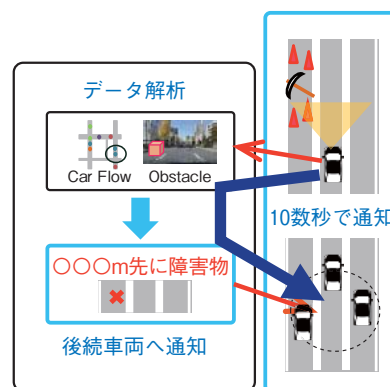


図3 障害物検知・通知

具体的には、車両に搭載した単眼カメラにて撮影した画像から障害物の位置を推定し、障害物情報をダイナミックマップに登録し、その障害物の影響を受ける車両を高速に検索のうえ、障害物情報を通知する一連の処理を10秒弱の時間にて実現するため、ネットワー

クを介したデータの収集・蓄積・分析および配信のすべての処理を高速化するための技術開発を進めています。

(3) レーンレベル渋滞検知

車載カメラが撮影する動画データを基に、隣接レーンのクルマの渋滞状況等を再現できるかを検証しています。

具体的には、車両に搭載した単眼カメラにて撮影した画像から走行レーンを推定し、隣接レーンを走行する渋滞車列の状況を正確に推定するための技術開発を進めています。

実証実験における基盤技術の技術目標については、いくつかのユースケースを軸に設定した技術目標である数千万台の接続車両台数、数秒のリアルタイム性等を設定しています。この実証実験は、2018年より開始し、2020年度まで段階的に実施していく

予定としており、500万台の接続車両台数、十数秒のリアルタイム性の確認は完了しています。

ICT 基盤を支える主な技術

コネクティッドカー向けICT基盤にはさまざまな技術課題が存在します。それらの課題解決のために研究開発に取り組んでいる代表的な技術を紹介します（図4）。

(1) 路上表示物位置推定技術

車載カメラが撮影する動画データや走行データを収集・分析して、道路の周辺情報（標識・看板等の位置情報と内容）を推定する技術です。市販の安価なドライブレコーダーでも対応可能であり、大量データから良質なデータを選別し、統計処理することで、位置精度を向上させることができます。標識・信



図4 ICT基盤を支える主な技術

号機などの道路上の立体地物を正確に認識することに加え、地物の位置を高精度で推定することで、地図へマッピングすることが可能となります。将来的には自動運転用の地図の生成や地物情報の自動更新などへの活用が期待できます。

(2) 車両データ選択的収集アルゴリズム

コネクティッドカーから収集するデータは、車両データ、動画データ、センサデータと多岐にわたり、ボリュームも大きいです。これが車両台数分、さらに逐次収集するとなると、膨大な量となり、トラフィック増によるネットワークやデータ処理の高負荷が懸念されます。そこで、位置情報や時刻情報、センサの種別、解像度、観測範囲、周辺車両による遮蔽状況といったメタ情報に基づき、データ収集の優先順位を判断する技術を開発しました。これにより、観測範囲の重複が少ないデータを効率良く収集することや、通信回線と分析基盤の負荷状況に応じて収集量を調節することが可能となります。

(3) 高速時空間データ管理技術

大量の車両データを瞬時に格納し、特定の範囲（時間・空間）で高速に検索可能とする技術です。具体的には、自動車やスマートフォンなどの動くモノが生成する時刻情報・位置情報を独自方式で1次元データとして管理し、特定時間範囲内かつ特定の空間範囲内に存在した車両の検索や、道路や駐車場などの複雑な形状の空間検索を高速

に行える時空間データベースです。実空間上の大量の動的オブジェクトが生成したセンサ情報と、そのセンサ情報に紐付けられた時間情報と空間情報を格納しつつ、ある特定の時間情報と空間情報を矩形範囲で指定して、そこに含まれるセンサ情報を高速に検索が可能となります。

(4) 垂直分散コンピューティング技術

従来、センタなどで行っていた処理機能を、エッジサーバに分散処理させることで、高速なアプリケーション処理を実現する技術です。すべてのデバイスに対して即応答を実現しようとする、サーバのリソース不足により、高速応答の実現が困難になる場合が発生しますが、実際には車両の状態（車両の速度・移動方向・時間帯など）ごとに高速応答の必要性が異なります。そこで、車両の状態に応じて、応答処理を実行するサーバを動的に変更することで、限られたサーバリソースを有効利用しつつ、必要な車両に確実に高速応答ができるようアプリを動的に分散配置することが本技術のねらいです。これにより、大量の車両を収容し、大量のデータの収集・応答が可能となる、限られた分散コンピューティングリソースの効率的な利用を実現します。

(5) 渋滞車列検知技術

車載カメラが撮影する動画データや走行データを収集・分析して、レーン単位の渋滞車列を検知する技術です。周辺レーンを走行する車両の相対位置関係から車列を検知しま

す。さらに車列の先頭・末尾車両の位置を把握し、周辺情報と組み合わせることで、原因の推測も可能となります。現在、VICS（Vehicle Information and Communication System）や地図アプリ等で道路単位の渋滞情報は取得可能ですが、本技術が実用化・普及すれば、より細やかな渋滞情報の把握が可能となります。なお、前述の「路上表示物位置推定技術」と同様、安価なドライブレコーダーによる映像から検知可能です。

まとめ

自動車業界では今まさに100年に一度の変革期にあたるといわれており、ここ数年で自動車を取り巻く環境は大きく変化しています。その中でも、コネクティッドカーが普及することによって、運転者・同乗者やメーカー、保険会社、整備工場などに対して、さまざまなサービスが実現しつつあります。

今後さらに車両ビッグデータをすばやく・大量に・廉価に処理することができれば、既存センサではとらえられない情報の活用や、より迅速で確実なサービスの実現によって、利便性や効率性が向上するだけではなく、来るべき自動運転時代に向けた安心と安全をもたらすことが期待できます。トヨタとNTTグループとの協業成果が少しでも寄与できるよう、さらなる研究開発および技術確立に取り組んでいきます。

参考文献

- (1) <https://www.ntt.co.jp/news2017/1703/170327a.html>



（上段左から）磯村 淳 / 松尾 和哉 /
横畑 夕貴

（下段左から）平林 義和 / 小泉 敦

クルマのデータを活用することによって、事故や渋滞といった社会が直面している課題の解決をめざし、トヨタとNTTグループの協業を通して、さまざまな技術の開発や検証に取り組んでいます。

◆問い合わせ先

NTT 研究企画部門

プロデュース担当（モビリティプロデュース）

E-mail contact_mobility@hco.ntt.co.jp

コネクティッドカー協調領域・ 交通環境情報の活用

NTTデータではモビリティ分野において、さまざまなサービス開発を行っています。その中では、インフラ協調領域での社会基盤づくりに向け、政府の施策を活用した取り組みも推進しています。本稿では、交通環境情報にかかるさまざまなデータを集約し、サービス事業者とデータ提供者のマッチングを促す交通環境情報ポータルにかかる取り組みと、NTTネットワーク基盤技術研究所とNTTコミュニケーションズと連携して実施した、コネクティッドカー・データプラットフォームの取り組みを紹介します。

高度化するモビリティ社会での 協調領域の重要性

モビリティ分野では、さまざまな社会課題や技術的な進展を背景に、自動車をはじめとする自動運転やMaaS（Mobility as a Service）への期待、それらを含め新たな価値創造の舞台であるスマートシティといった取り組みが推進されています。本領域は、新たなビジネスとしての期待から、自動車メーカー、ITプラットフォーム、経路探索（ナビ）サービス事業者をはじめ、それらに関連するソフトウェア・ハードウェアベンダなど、新旧さまざまなICT事業者が競い合い、一方では連携しながら、この成長市場に取り組んでいます。また、ビジネスのフィールドのみならず、自治体をはじめとする行政機関は、政府の施策もあり、IoT（Internet of Things）を駆使したスマートシティ化に向

けた取り組みを積極的に推進しているところで、モビリティはその中核に据えられて、地域交通をテーマにさまざまな施策が各地方で実施されているところです。

モビリティ分野の特徴は、制度面やハード面といった社会インフラを整備する公共的な領域と、先進的なサービスを提供する民間企業の事業領域が存在していることです。公共的な領域では、国際的な競争力や市場全体を押し上げるための技術開発や、自動運転などの新たなサービスの社会的受容を醸成するためのさまざまな施策が実施されているところです。こうした施策において、サービスを開発・提供する企業との官民連携の協調領域を形成していくことは、スピード感を持って社会全体を高度化していくうえで、重要なポイントであるととらえています。

NTTデータでは、新たなサービスを創出する事業領域を進める一方で、行政側と連携

いそ 礒	なおき 尚樹 ^{†1}	いながわ 稲川	りゅういち 竜一 ^{†1}
たかしま 高島	りょう 亮 ^{†1}	なかじま 中島	あやこ 紋衣 ^{†1}
こじま 小島	ひさし 久史 ^{†2}	まつだ 松田	たつき 達樹 ^{†3}
さとう 佐藤	こういち 晃一 ^{†3}	のじ 野地	りょうすけ 亮介 ^{†3}

NTTデータ^{†1}

NTTネットワーク基盤技術研究所^{†2}

NTTコミュニケーションズ^{†3}

し推進する施策についても取り組みを進め、社会全体の底上げを図れるような協調領域にかかるさまざまな取り組みを実施しているところです。本稿では、内閣府で推進されている戦略イノベーションプログラムで実施中の自動運転プログラムと、2018～2019年度における総務省での施策であった「Connected Car 社会の実現に向けた調査検討」にかかる当社の取り組みの一部を紹介します。

SIP 自動運転プログラムでの取り組み

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) は、「総合科学技術・イノベーション会議が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために新たに創設するプログラム」とされ、第1期は2014～2018年度、第2期は2018～2022年度（計画）

で推進されています。第1期では「自動走行システム」、第2期では「自動運転（システムとサービスの拡張）」として、車両の自動運転をテーマとした課題が設定され、さまざまなプロジェクトが推進されています。当社では、第1期ではダイナミックマップとして定義される道路周辺の高精度3次元地図データの多用途活用というテーマに取り組み、自動走行用の地図データ（ダイナミックマップ）作成に使用するMMS（Mobile Mapping System）データの通信・電力分野でのメンテナンス用途での活用可能性検討について実証実験などの取り組みを実施しました。ここでは取り組みの一部として、第2期で実施している「自動運転・運転支援に係るアーキテクチャの設計及び構築のための調査研究」というテーマについて紹介します（図1）。

さまざまな社会課題を解決するSociety5.0の実現に向けては、サイバー空間とフィジカ

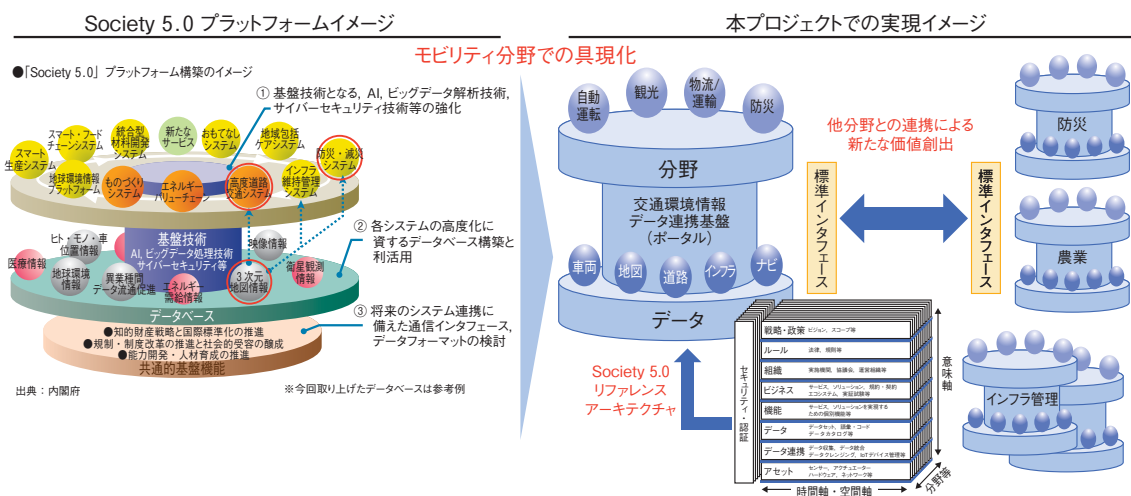


図1 第2期SIP自動運転におけるアーキテクチャ検討

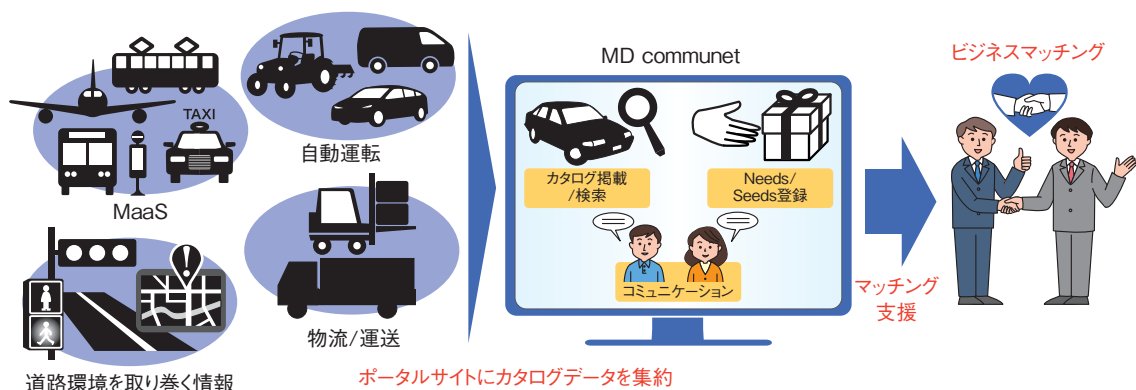


図2 ポータルを中核とする活動イメージ

ル空間の高度な融合によって、すべての生産性を飛躍向上させることを目的に、国、自治体、民間などで散在するデータを連携させて分野・組織を超えたデータの活用とサービス提供を可能にすることがポイントとされています。本アーキテクチャ検討は、主に車両や社会インフラで利用される交通環境情報について、そのデータ集約とさまざまな分野でのデータ活用に向けた取り組みを推進するもので、当社では図1に示す3つの取り組みを行っています。

1番目は「ポータルサイトの構築及び運営」で、本テーマの中核となる事業になります。自動運転の実現に向けた高精度地図データや道路交通データの整備や、車両プローブ情報による収集データは、自動車産業以外にもさまざまな産業での活用が期待できると考え、SIPの防災、インフラ管理といった他課題との連携を図ることも含め、これらの情報がより安全に使いやすいかたちで流通できるための仕組みづくりを推進しています（図2）。

このポータルの役割は、「モビリティ分野関連のデータを一元的に集約した、ビジネス創出のためのビジネスマッチングサイト」になります。データカタログとして集約されたデータは、通常のキーワード検索のみならず、登録されたデータ情報を、データとの出会いの機会を創出するため、さまざまな手法で解析・意味付けを行い、データ利用者の新たなデータの発見、気付きを促すよう、自動的に分類したグラフ表示や、類似データの近接度表示など、さまざまな工夫をしながら情報提供を行います。

このほかにも、オンラインのみならずオフラインでのビジネスマッチングの場の提供を予定しており、ポータルサイト上では利用者間どうしの自由なコミュニケーション機能の搭載、オフラインイベント等でのオープンな場の設定や、参加者を限定したクローズ・セミクローズなビジネスの場のセッティングなど、利用者の直接的なニーズ・シーズや、データの需給状況・トレンドを把握したうえで、



図3 東京臨海部地域実証と京都市アプリコンテスト

データ活用を促すさまざまな活動を実施する計画です。

こうした活動と並行し、さまざまなデータを掛け合わせることの有効性を示すため、実証システムの構築を実施しています。自動運転の実証実験が行われる東京臨海部地域や、多くの観光客が訪れる観光都市では、多種多様な、かつ新しいデータの集約が期待でき、また、観光、防災、物流、商業利用など、多くの用途・利用ユーザが想定されます。2番目の取り組みとして「東京臨海部実証実験」地域では、物流向けサービス、自動運転車を活用したパーソナルナビにかかる実証システムを構築、3番目の取り組みである「都市部（京都市）における実証実験」では、官民が提供するデータを活用し、さまざまなサービス開発者が参加するアプリコンテストを開催しています（図3）。

今年度は、ポータルサイトの公開を始め、さまざまなイベントにて本プロジェクトの取

り組みを紹介するとともに、ポータルへの参加者を広く募ることで、本格的に活動を推進する予定です。

Connected Car 社会の実現に向けた調査検討

総務省では、今後コネクティッドカー化によるさまざまなサービス展開によって、車がやり取りするデータ量が増大していくことが見込まれることから、通信の信頼性・頑強性・リアルタイム性等を確保するため、既存システムの高度化、新たな無線技術の適切な導入、各種ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）用無線システムを組み合わせた活用、データを効率的に利活用可能なプラットフォームの検討など高度な周波数利用の実現の検討を推進しています。その中で、NTTデータでは、NTTネットワーク基盤技術研究所とNTTコミュニケーションズと連携し、コネクティッドカー社会におけ

る各種サービスを実現するための、さまざまなデータを高速に処理するための情報処理や、複数のITS用無線の統制管理に必要なデータプラットフォーム基盤に関する検討や実証実験を実施しました。

データプラットフォーム基盤の検討では、さまざまな車両の挙動を想定したユースケースをたてたうえで、以下の4つの観点でユースケースをカテゴライズし、システムアーキテクチャの検討を進めました。

- ① 即時性：一刻も早く提供する必要があるか、分析等を行い精度を上げていく性質のものか。
- ② 活用方法：車両への折り返し提供が中心か、外部サーバへの展開等が主になるか。
- ③ 局所性：収集対象エリアを広くする必

要があるか、狭い範囲の情報からでも生成が可能か。

- ④ データ容量：位置情報など小容量のみ収集するか、画像などの大容量を対象とするか。

アーキテクチャの検討では、ユースケースのカテゴリにおける、クラウドサーバ、各エッジサーバの機能配備、接続構成案の検討や、論理トポロジの検討を実施しました。それらのアーキテクチャ検討の結果を踏まえて、サービスの提供における技術的課題を、実装の観点から抽出することを目的に実証実験を実施しました。実証実験システムの構成を図4に示します。

車両情報収集、路上障害物情報送信の通信プロトコルは、MQTTを採用しています。Pub/Subモデルの代表的な通信プロトコル

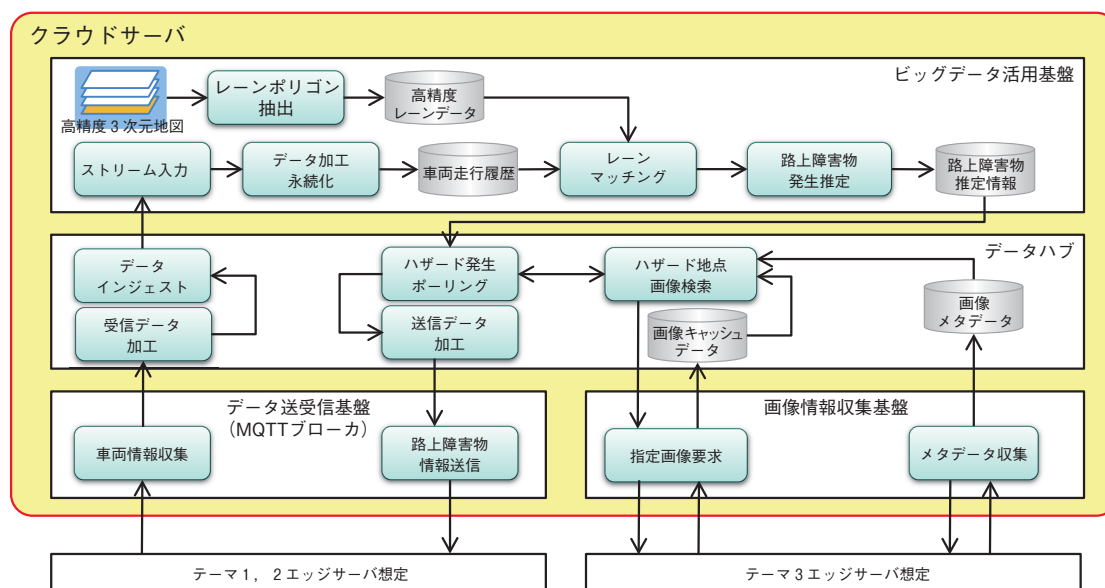


図4 データプラットフォーム基盤の構築

である本プロトコルは、HTTPSに比べてヘッダのサイズが小さく、IoTでのデータ送受信に適しているとされるため、車両情報の収集に適当と判断し採用したものです。また、レーンを判定するための地図データはダイナミックマップ仕様を適用し、JARIテストコース（Jtown）（図5）の高精度3次元地図を使用しました。

実証実験では、「レーン別路上障害物推定情報生成」と「定周期連続撮影画像の収集」をユースケースとして実施しています。テストコース上に路上障害物想定のパイロンを置き、対象のパイロンを避けるよう走行した結果を車載機より収集、車両の位置情報や挙動を基に、対象路上障害物の推定が可能かどうかを検証しました。その結果、Jtownはオープンスカイ環境であったこと、JARIの高精度3次元地図が正確であったことから、測位した位置情報はレーンレベルでのマッチング

が実現でき、パイロンを避ける挙動をとらえることができました。ただし、通常的車線変更との違いを判別することができなかった、速度の減少や複数の車両の挙動から推察することなど、実際に検出するうえでの課題も明確になりました。

アーキテクチャ検討と実証実験を踏まえて、今後の実装に向けた技術的な課題を以下のとおり抽出しました（図6）。

- ・ 特定エリアへの情報配信：適切な対象へ適切な経路を通じ情報配信することが必要。
- ・ 高精度位置情報の取得：レーン特定には高精度な測位と高精度な地図が必要。



図5 実証実験のフィールドJtown

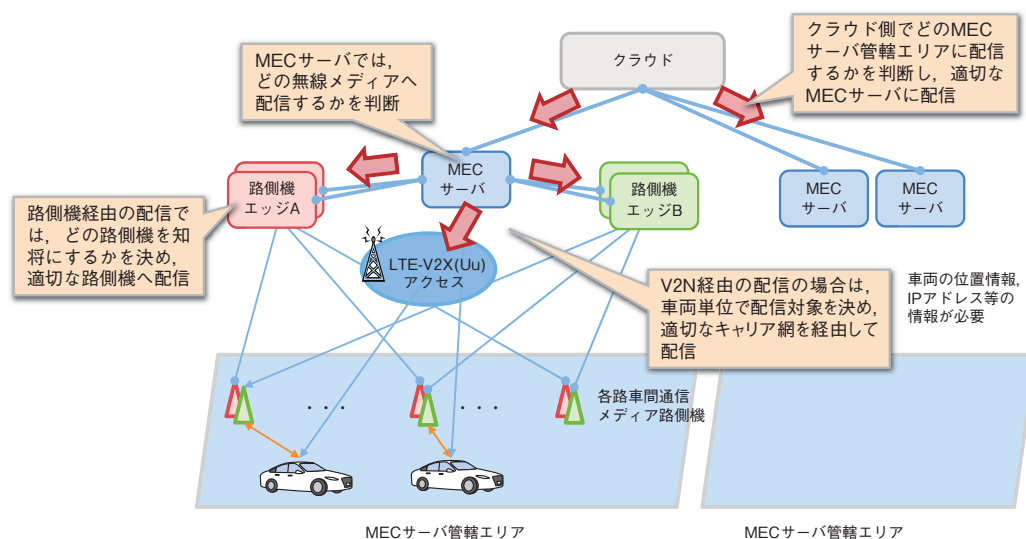


図6 アーキテクチャ実現に向けた技術的課題

- ・生成情報の信頼性：アルゴリズムで生成された情報の信頼性を担保する仕組みが必要。
- ・マルチキャリア対応：情報の集配信においてキャリアを問わないサービスが望ましい。

官民が連携して、高度に最適化されたコネクティッドカー社会を実現するためには、今後もさまざまなステークホルダーを巻き込んだ社会実証を通じて、これらの課題を解いていくことが必要になると考えます。

今後の取り組み

モビリティ分野では、民間企業を中心に新たな技術開発や革新的なサービスを投入してくることが予想されます。同時に Society 5.0 で提唱されているようにさまざまなデータ・機能が組み合わせられていくことで社会課題を解決する、といったことが社会から要求されるため、それが実現できる環境を整備していくことがポイントになると考えます。また、自動運転が実現される環境では、各車両がさまざまな通信手段を通じて、高速に共通的なデータプラットフォームにつながることができなければ、社会全体が最適化された状態にはなり得ないと考えます。

こうした未来の社会において、NTTグループとして、また、NTTデータとして、社会インフラとなり得るサービスプラットフォームはいかなるものかを、車両やインフラなどのアセットを保有する方や、サービスを開発する事業者の方々とコミュニケーションを通

じて検討・研究開発を推進し、次世代の社会基盤の構築に取り組んでいきます。



(上段左から) 中島 紋衣 / 磯 尚樹 /
稲川 竜一 / 高島 亮

(下段左から) 小島 久史 / 松田 達樹 /
佐藤 晃一 / 野地 亮介

当チームでは発足当初から研究所と連携し、先進的な社会実証やPoCに取り組み、その成果をアピールしています。本領域の推進はさまざまな方との連携が不可欠なので、関連する取り組みをされる際には、お声掛けをお願いします。

◆問い合わせ先

NTTデータ

社会基盤ソリューション事業本部

ソーシャルイノベーション事業部

スマートビジネス統括部

TEL 050-5546-2450

FAX 03-3532-0110

E-mail imsinfo@kits.nttdata.co.jp

「街づくりDTC」による データ駆動・連鎖型のスマートシティ

近年の街区開発においては、ICTを活用した取り組みが注目されています。その中でもデータ活用のさらなる推進、およびウィズコロナ時代の変化速度、多様化への先取りした対応がますます必要とされています。本稿では、NTTのIOWNを活用した「街づくりDTC」による新たな価値実現と技術開発の取り組みについて紹介します。

やまもと ちひろ しゃけ いっぺい
山本 千尋^{†1†2} / 社家 一平^{†1†2}

ふかだ さとし うえの しんいちろう
深田 聡^{†3} / 上野 晋一郎^{†4}

NTTスマートデータサイエンスセンタ^{†1}
NTTサービスエボリューション研究所^{†2}
NTT研究企画部門^{†3}
NTTアーバンソリューションズ^{†4}

はじめに

ICTを活用したスマートシティ実現に向けた取り組みが世界各地で数多く行われています。スマートシティ実現に向けての取り組みは、エネルギーマネジメントシステムを中心としたインフラ型や、街中にセンサを設置しデータの見える化とサービスとの連携を図るセンシング型などがあります。さらに、2018年に閣議決定された「Society 5.0」「データ駆動型社会」では、人間中心の社会において経済発展と社会的課題の解決を両立しながら、ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間を融合させることにより「超スマート社会」を実現していくことが求められています⁽¹⁾。

一方、ウィズコロナ時代において生活様式が変化し、ユーザーニーズの多様化に合わせたサービス提供が求められています。各産業ドメインにおける提供価値が、個別分野におけるサービス提供から、分野横断でのサービス

提供により提供価値そのものを多様化していくと考えられます。

NTTグループは、街で提供されるサービス単位で環境・モノ・人をとらえ、DT (Digital Twin: デジタルツイン) と、それらを分野横断で連鎖させる機能であるDTC (Digital Twin Computing: デジタルツインコンピューティング)⁽²⁾を実現することで、街全体で最適化される新たな価値提供をめざした、「街づくりDTC」を推進します。この「街づくりDTC」を、別途取り組んでいる4D デジタル基盤TMと組み合わせることで、街区サービス事業者のサービス提供価値を高め、サービスを楽しむユーザーに比類なき体験を提供するデータ駆動・連鎖型のスマートシティを実現します。

「街づくりDTC」で実現する データ駆動・連鎖型スマートシティ

「街づくりDTC」は、NTTグループがかわる実際の都市再開発の中での実現を進め

ています。未来の街づくりを考えているさまざまな事業者とのディスカッションを参考に、未来の生活スタイル・ワークスタイルに沿った価値提供サービス〔実現したいUX（User eXperience：ユーザエクスペリエンス）〕の具現化と、それを起点とした技術開発に取り組んでいます。

例えば、商業・オフィス機能における価値提供サービス（実現したいUX）は、街区管理（ビルオーナー）観点、店舗運営観点、テナント管理観点、SDGs（持続可能な開発目標）に基づく観点、街区共通の移動手段観点で分類することができます（図1）。

- ・街区管理観点では、街区管理・テナント運営の効率化とコスト削減を実現するエネルギー制御最適化、移動設備運転最適化、清掃・警備・保全最適化と、街区利用者に快適さや過ごしやすさを提供するための機能として、適切な環境を提供する環境最適化。
- ・店舗運営観点では、店舗のオペレーション最適化や顧客満足度の向上を実現する顧客体験最適化、さらに店舗での顧客サービスにおいてこれまで以上に細やかな個人単位サービス提供を実現するために個人単位での健康状態推定や購買・嗜好

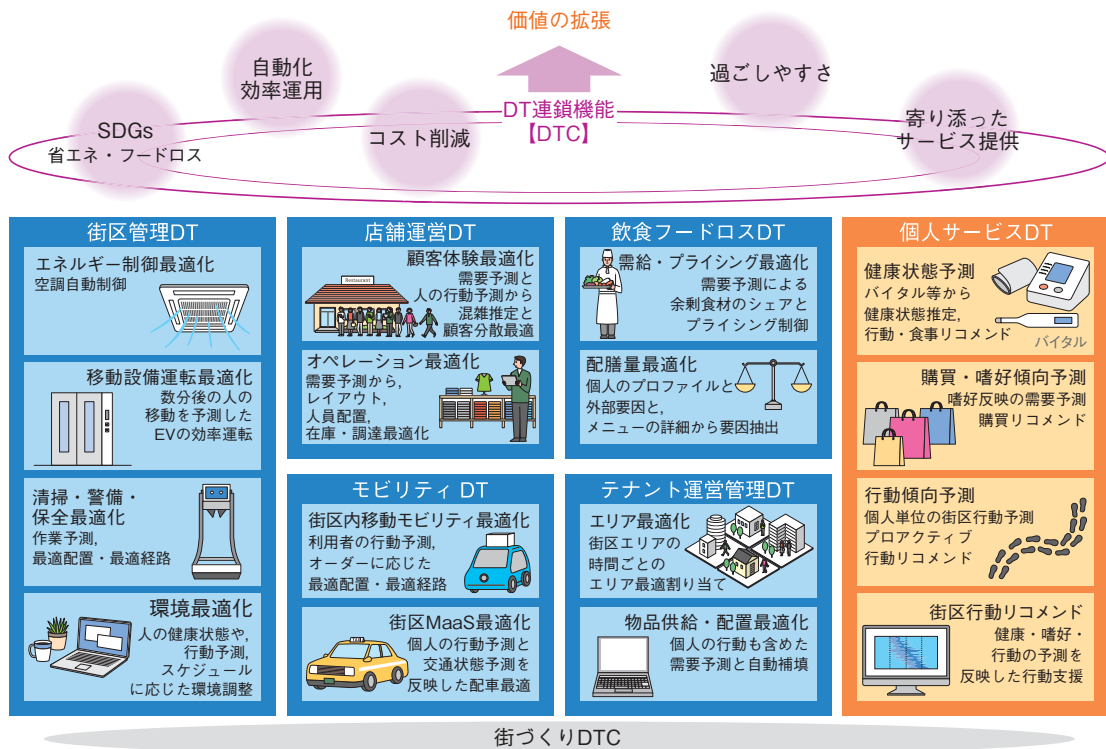


図1 街づくりDTC

好傾向推定、行動傾向予測。

- ・テナント運営管理観点では、リモートワークが浸透する昨今の事情から、必要なエリアを必要なタイミングで利用するエリア最適化と、物品、設備も含めたオフィスサブスクリプションを実現するための物品供給・配置最適化。
- ・SDGsに基づく観点として、フードロスゼロを実現するための需給最適化やそのためのプライシング最適化、さらに食べ残し削減までめざした、個人の健康状態・嗜好を考慮した配膳最適化。
- ・街区共通の移動手段観点では、街区内移動支援モビリティ最適化や街区MaaS (Mobility as a Service)。

これらの仕組みを実現するためには、街の各機能の状態、人の動きの状態をリアルタイムに把握したうえで、周りの状況を含めてとらえ未来の状態を予測する必要があります。

現在、特定のエリアにおける人の動きの状態を集団（マクロ）でとらえ、予測する技術の確立は進んでいます。より個人単位（ミクロ）でとらえることができれば、街の各機能についてより精緻にとらえることができます⁽³⁾。さらに街区では、複数のサービス事業者が影響を及ぼしながら存在しているため、街の各機能どうしを連携・連鎖させることで価値を拡張することが可能です。

この仕組みを、以下のようなSTEPで実現します。

- ・STEP1：街や人々の動きをマクロにサイバー空間上にモデル化して再現し、さ

まざまな予測や最適化のシミュレーション（DT）の実現

- ・STEP2：個人DTを再現し、ミクロな人の動きを街のDTに反映することで、予測・最適化の精緻化を実現
- ・STEP3：個別サービスのDTどうしを連携・連鎖させることで、相互の精緻化と街区全体としての最適化を実現

「街づくりDTC」のアーキテクチャ

街や人のDTを連鎖する機能が、「街づくりDTC」です。「街づくりDTC」のアーキテクチャは図2のように表すことができます。

データ収集では、街区に敷設されたセンサや個人が身につけているセンサから街や人のデータを収集します。また、街区内のさまざまなシステムデータや、外部のオープンデータも収集します。

データ交流プラットフォームでは、収集された各データを蓄積し、必要なかたちへの変換を行います。ここでは、個別のDTで必要とされるデータ以外に、DTにおいて共通的に必要となる地図・人流・交通等の都市のデータセットも収集され、必要に応じてDTに展開されます。

DTでは、現実世界の具体的な目的（UX）を実現するために必要な要素（人・モノ・環境）を、サイバー空間上にモデル化して再現します。そこでは、AI（人工知能）やシミュレーションを用いたさまざまな予測や最適化を行います。

DTCでは、それぞれ独立した価値提供サー

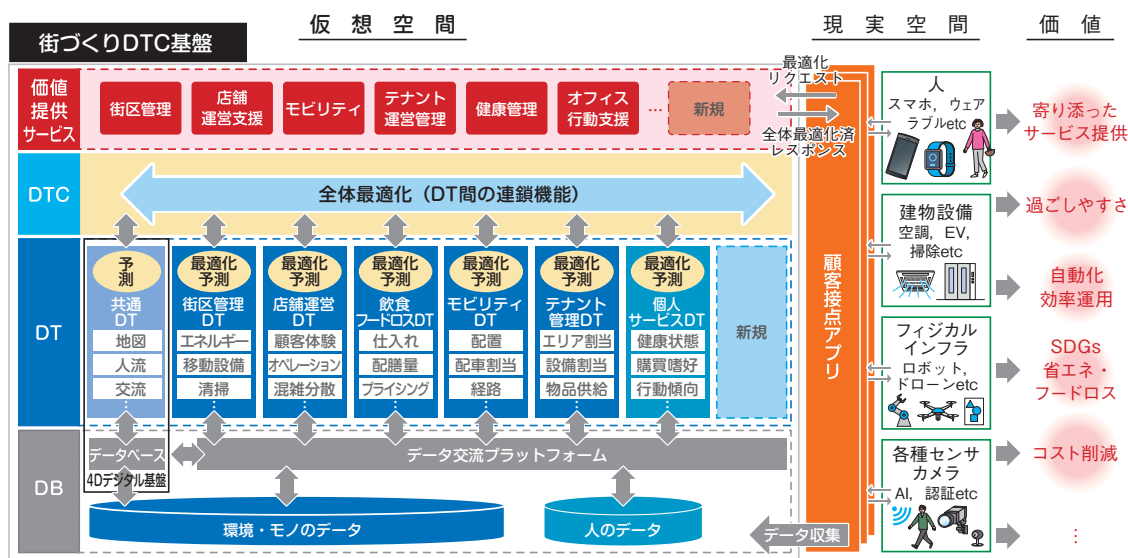


図2 街づくりDTCのアーキテクチャ

ビスにおいて機能するDTに対して、街全体を考えた際に必要な機能を提供します。DT間の連鎖による新たな価値創出に向けて、全体最適化を行います。

価値提供サービスでは、DT・DTCによって最適化された結果を実世界にフィードバックするための制御を行います。

DTCホワイトペーパーのアーキテクチャとの関係でいうと、データ交流プラットフォームとDTが「デジタルツイン層」に、DTCが「デジタルワールドプレゼンテーション層」に相当します。

「街づくりDTC」の特徴1 連鎖による価値の向上

街区サービスのDTどうしが連鎖することによって可能になるサービスユースケースを、

図 3 を使って紹介します.

- ① あるワーカに対して個人向け健康管理サービスDTが、街区ワーカのバイタル情報やスケジュールから、食事をとるべきであることを予測します。
- ② 店舗DTと健康DTの連携によってワーカの健康状態に沿った食事メニューを店舗メニューから選択します。店舗の混雑状態および今後の来店予測状況から、店舗内利用よりは街区の他のエリアでの食事が最適であることをDTCが導き出し、ワーカの状態にあった街区内エリアの確保をテナント運営管理DT、街区内エリアへの食事の運搬をモビリティDTにリクエストします。ここでDTCは、ユーザの快適性、現状の店舗内の快適性、店舗運営のオペレーションといった複数の

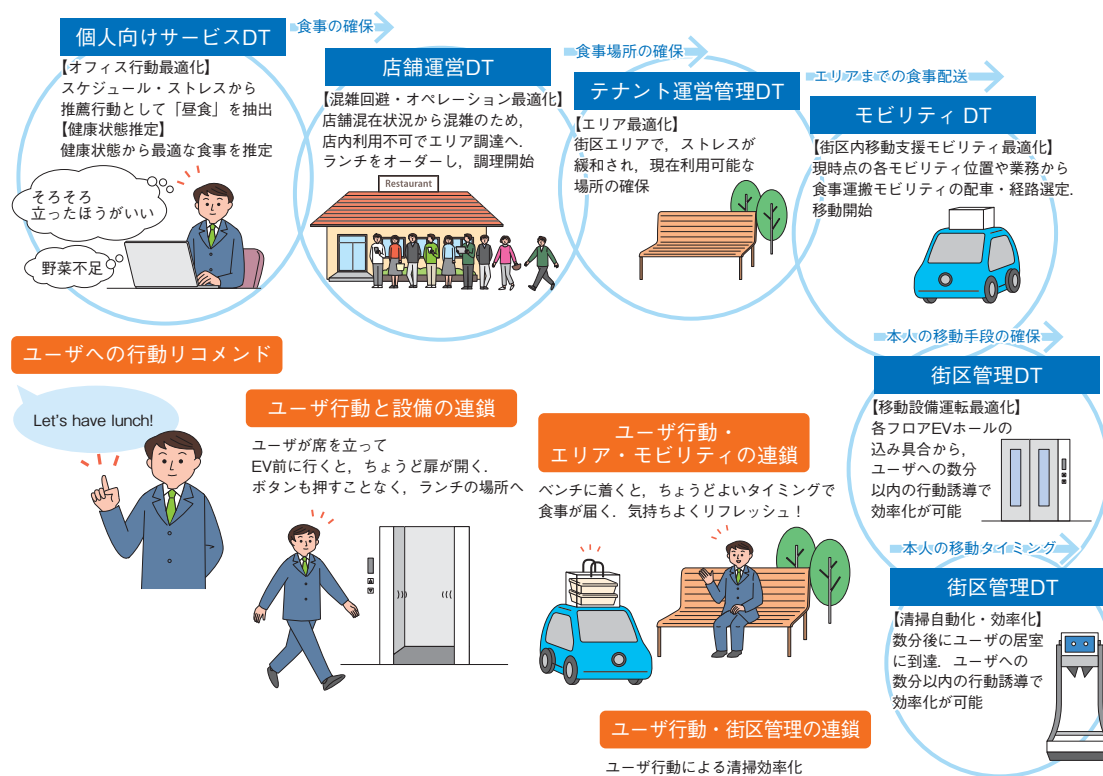


図3 サービスユースケース(街区ワーカー)

- DTにかかわる全体最適化を行っています。
- ③ 健康管理DTで取得されるバイタルデータを活用し個人の健康状態の予測を行い、個人の状態にとって最適でかつ、街区全体としても最適なエリアを確保します。
 - ④ モビリティDTが店舗と配達場所へのランチ輸送を想定し、現状の配車位置、利用予定から最適な配車割り当てを行い、指定されたモビリティが店舗に向かいます。
 - ⑤ 指定したエリアへの利用者の移動サジェストのため、移動手段であるエレベーター

の運行状態を取得し、今後の混雑度合いからユーザーが移動するために最適なタイミングを予測します。

- ⑥ 街区の警備・清掃の運用状況から、ユーザーが数分以内に移動することで、街区清掃がさらに効率的になることが分かるため、ユーザーに対して数分以内の移動誘導を行います。ここでは、このユーザーに対して、適切なタイミングで食事へ向かうことを提案し、ユーザーがエレベーター前に向かうと待たずにエレベーターに乗ることができ、さらに目的地に着いたタイミングでユーザーの体調・状況に合った食

事をユーザの状態に合った場所に配送することができます。

このように、複数のDTがかかわる街区内のユーザ行動において、DTCによる連鎖を繰り返すことで、単一のDTだけでは得られない一段上のユーザ体験を実現することが可能になります。

「街づくりDTC」の特徴2 予測の精緻化（フードロスゼロ事例）

飲食フードロスDTを例に、「街づくりDTC」への適用方法を紹介します。

日本では年間2842万トンの食品廃棄物のうち、実に可食部分の食品ロス、つまり、「売れ残り、食べ残し、規格外、返品」の食品ロスは646万トンにもなります⁽⁴⁾。この食品ロスを、街区における飲食店で減らすために、以下のような方法が考えられます（図4）。

(1) 需要予測による仕入れ最適化

店舗で発生する食品ロスは、過剰生産による売れ残りや、過剰な仕入れによる材料の廃棄が原因です。もし需要を予測し、需要に見合った適切な仕入れと生産が可能になれば、過剰な材料購入を削減することが可能となりコスト減にもつながります。街区における需要予測は、街区の利用者の飲食店の利用を、前日までの需要の状態から予測することが可能です。

(2) 最適プライシングによる売れ残りの積極供給

需要予測を行い、需要に見合った仕入れによる供給を行ったうえでも、当日になると想

定よりも売れなかった、といった売れ残り誤差が発生することが考えられます。これに対し、リアルタイムの売れ行きデータと過去の売れ行き（価格と販売数等）のデータを利用した最適価格設定により、積極的な販売につながる“売れる状態をつくる”ことで売れ残りを減らすことができると考えられます。

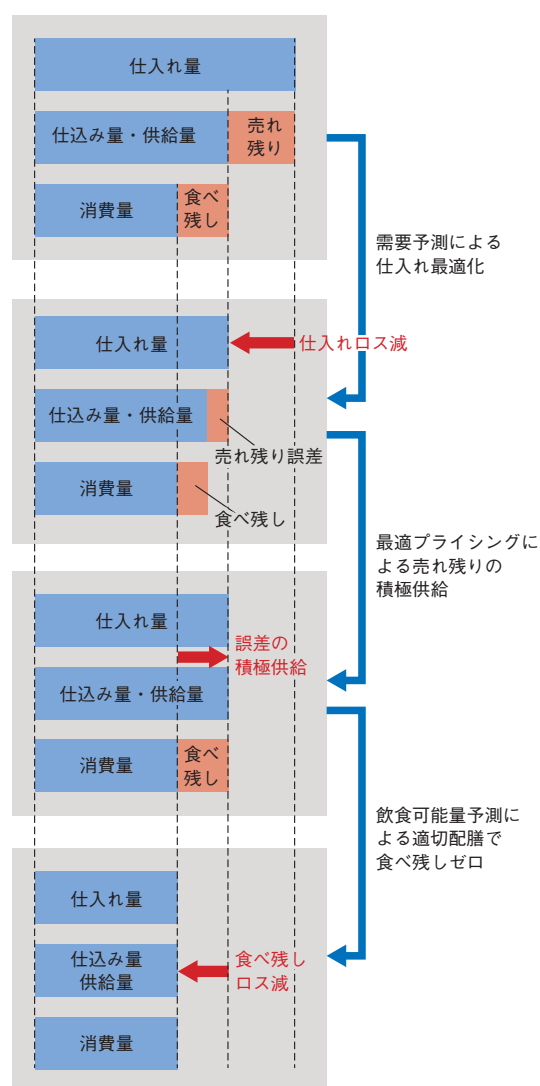


図4 フードロスゼロへのアプローチ

(3) 最適配膳量による食べ残しゼロ

食品ロスの原因の中でも大きいのが個別ユーザの食べ残しです。主な原因としては、提供時の過剰配膳、過剰注文があります。これを減らすためには、適切なオーダー量と、適切な配膳量、提供内容での提供が必要となります。食べ残しが発生する配膳量や料理内容、オーダー数は、過去の食べ残し傾向、食べ残し量の分析により予測が可能であり、予測を適用した配膳量、内容、オーダー数による提供で、食べ残し量を減らすことができると考えられます。

これら(1)～(3)は、フードロスゼロという具体的な目的（具体的なUX）に向けたDTということができます。各方法は、「街づくりDTC」実現STEPに沿って、まずは、街区の人々の動きの状態を集団（マクロ）でとらえ予測します。その後、STEP2のように、個人単位で提供されるサービスを用いて個人単位での購買行動予測を用いることで、予測を精緻化することが可能です。

さらにSTEP3の他のDTとの連鎖では、例えば、個人の健康情報DTと連鎖することで、個人のその日の体調や、それまでの食事の内容から、最適な配膳量の予測を行うことで個人の健康に配慮し、さらに適切な配膳量での提供により食べ残しゼロに向けた食品ロスの軽減を一挙に実現することが可能です。

今後の展開

私たちは、街区にかかわる地権者や事業者に寄り添い、現状の具体的な課題と未来を見

据えた提供価値から、具体的な目的（実現したいUX）を設定して、その実現のために必要なDTと、DT間の相互作用であるDTCを、実際の街区開発の場で具体化・検証していきます。

参考文献

- (1) https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/supercityforum2019/190629_shiryuu_08_02.pdf
- (2) https://www.rd.ntt/dtc/DTC_Whitepaper_jp_2_0_0.pdf
- (3) 角田・秦・中村・尾花：“施設管理支援に向けた常時型人流予測,” 研究報告コンシューマ・デバイス&システム (CDS), 2020.
- (4) https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/efforts/pdf/efforts_180628_0001.pdf



(上段左から) 社家 一平/ 山本 千尋

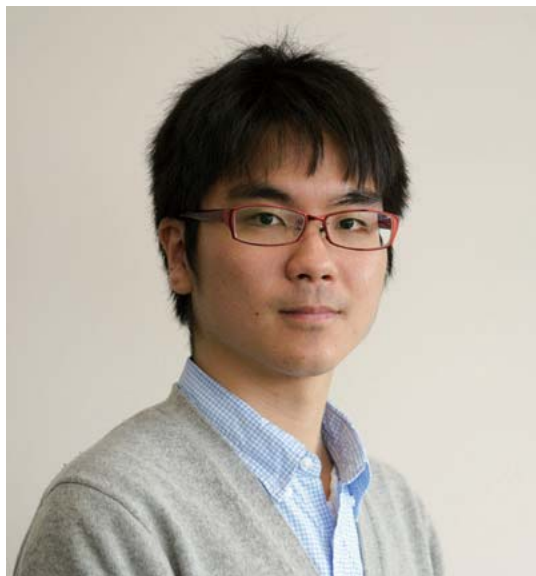
(下段左から) 深田 聡/ 上野 晋一郎

街で提供される“提供価値”単位の環境・モノ・人のDTと、それらを相互に連鎖させる機能を実現することで、街全体が最適化される新たな価値の提供をめざした、「街づくりDTC」を推進します。

◆問い合わせ先

NTTスマートデータサイエンスセンタ

E-mail sdsc-sfu-all-p@hco.ntt.co.jp



主役登場

未来の交通システムに向けた デジタルツインコンピューティ ング技術の研究開発

高木 雅

NTT デジタルツインコンピューティング研究センタ
研究員

私の研究チームでは、コネクティッドカーから収集したデータを活用して、街のデジタルツインを構築する技術の研究開発に取り組んでいます。街を縦横無尽に走るコネクティッドカーからカメラ映像やLiDAR (Light Detection and Ranging) 測距データを収集することで、街全体をくまなく絶え間なくスキャンできます。これらを分析して仮想空間に再構築することで、自動運転用の路面画像マップ作成や路上障害物情報の車々間共有といった交通分野だけでなく、沿道の飲食店の行列検知や災害時の被害状況の把握、電柱やケーブルの異常検知といった異分野にも応用できます。

ここで問題となるのがセンシングデータの分量です。複数のカメラやLiDARセンサを搭載する車両では毎秒10 MB程度のデータが生成され、日本全国で1000万台が走行するとデータ総量は毎秒100 TBに達します。これは日本の通信量の約10倍にあたる膨大な分量で、通信網・計算機・ストレージのいずれの観点でも全量収集は極めて困難です。一方で、センシングデータの中には、即座に収集すべきデータだけでなく、多少の遅延が許されるデータ、1日1回の収集で十分なデータ、利用価値のないデータも含まれます。

そこで、位置情報や時刻情報、センサの種別、解像度、観測範囲、周辺車両による遮蔽状況といったメタ情報に基づき、データ収集の優先順位を判断する技術を開発しました。膨大なメタ情報の検索では「高速時空間データ管理技術 Axispot®」を活用し、実用的な処理速度を実現してい

ます。これにより、観測範囲の重複が少ないデータを効率良く収集することや、通信回線と分析基盤の負荷状況に応じて収集量を調節することが可能となりました。

2019年度の実証実験では、分析基盤に本技術を組み込んだうえで公道を走行中の車両を複数接続し、優先度に基づいて選択的にデータ収集する機能を検証しました。また、2020年度の実証実験では、優先度や負荷状況に応じて分析処理の収容先サーバを動的に切り替える機能を検証予定です。

さらに野心的な取り組みとして、数分から数時間後の近未来の交通状況を高精度に予測する技術の開発にも取り組んでいます。車両1台1台の動きを再現できるマルチエージェント型ミクロ交通流シミュレータをベースに、収集したセンシングデータを分析して初期条件を設定し、信号機の現示パターンなどの重要なパラメータを調整することで、再現精度の向上をめざします。本技術により、交通事故など突発的な事象が発生した際に、交通流への影響を素早く評価可能とし、二次被害や渋滞発生防止に役立てます。

私は、今後コネクティッドカーの普及に伴い、時空間データのリアルタイムかつ直感的な活用が一層求められると考えています。VR (Virtual Reality) 技術を駆使してデジタルツインを美しく魅せ、誰もが手軽に時空間データを扱える直感的なUIを考案することで、幅広い分野でデータ活用を促し、ひいてはデジタルデバイドを解消する技術の実現に精一杯取り組みます。

通信機械室の未来をかたちづくる「空調ガイドライン」の改定

近年、通信装置の高集積化による高発熱化が進み、空調環境の重要性が増加しています。空調環境は空調設備の冷房能力に加えて、通信機械室内全体の気流環境によって大きく左右されます。NTTグループでは、適切な空調環境を構築・維持するために、通称「空調ガイドライン」が制定されています。このたび、2020年6月にこれまでの「空調ガイドライン」が抱えていたさまざまな課題を解決させた第2版を制定しました。ここでは本改定の事務局を担いましたNTTファシリティーズより、空調ガイドライン改定に関する取り組みについて紹介します。

通信機械室の空調気流方式の変遷

通信機械室の空調気流方式は、通信装置の発熱量とともに変遷しています（図1）。最初の空調気流方式は直置き方式でした。これは、気流の観点では一般的な家庭のルームエアコンと同様の方式です。発熱密度^{*1}という値で評価してみましょう。10畳（約16㎡）のリビングルームに4人が在室しているとします。1人当りの発熱量は約100Wなので、この場合の発熱密度は約25 W/㎡となります。通信機械室でも、1ラック当りの発熱量が数10 W～数100 W台（前半程度）だった当初は、前述のリビングルームとそう大きくは変わらない発熱密度で、直置き方式で十分に均質な温度環境の維持が可能でした。その後、通信装置の発熱量が増加すると、均質な温度環境の維持が難しくなったため、現在の一般的な二重床方式が誕生します。冷気を供給する通路（コールドアイル）と供給しない通路（ホットアイル）を交互に配置し、通信装置の吸込面をコールドアイル側にそろえました。冷気の領域と排気の領域を緩や

かに分けることで、より大きな発熱量に対応できるようにしたのです。そして、近年ではさらに通信装置の発熱量が増加してきたため、冷気の領域と排気の領域をより明確に分けることで対応しています。アイルコンテインメント^{*2}などを用いて冷気と排気の領域を明確に分離した空調気流方式は、現在世界中のデータセンタでも広く採用されています。

空調環境の構成要素

通信機械室の空調環境（または温度環境）を適切に維持するためには、なぜ冷気と排気を分けなければならないのでしょうか。それは、空気という空間内を自由に動き回ることができるものを媒体としているからにほかなりません。

- *1 発熱密度：「内部の発熱量[W]／床面積[㎡]」で算出する値。
- *2 アイルコンテインメント：コールドアイルまたはホットアイルを壁や天井等で囲うことで、冷気と高温排気を物理的に分離する設計手法。

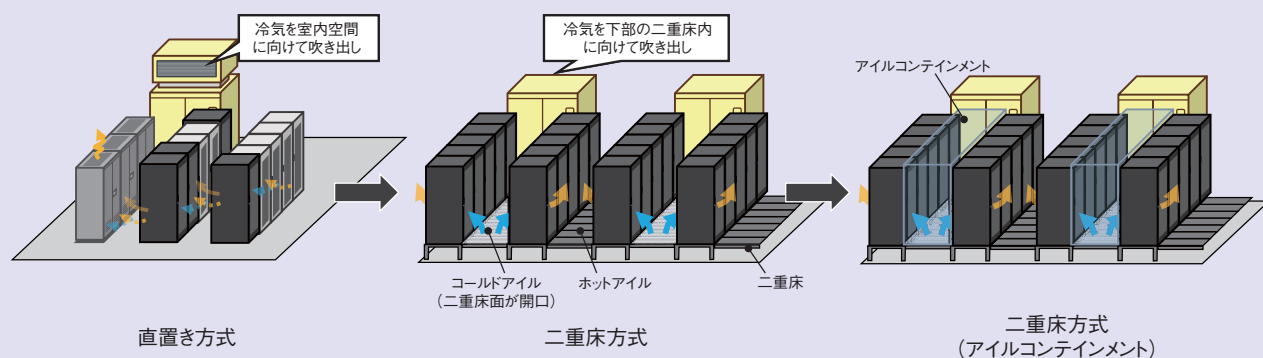


図1 通信機械室の空調気流方式の変遷

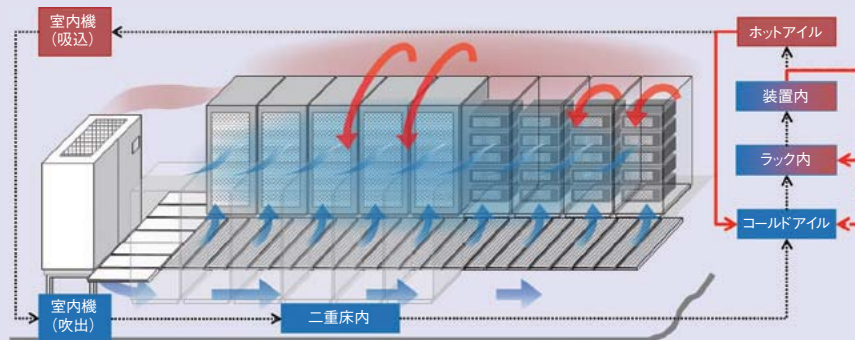


図2 通信機械室内の空気の流れ（イメージ）

では、通信機械室の中で空気がどのように移動しているのでしょうか（図2）。まず、通信装置を冷やすための冷気は、通信機械室内の空調設備でつくられます。冷気は二重床内部に吹き出されます。そして、二重床の開開口部からコールドアイルに吹き出されます。コールドアイル内の冷気は、通信装置の持つファンの力で、ラック内に誘引され、さらに通信装置内部に誘引されます。冷気は、通信装置の内部で冷却の役割を果たし、高温な排気となって通信装置からホットアイルに向けて吹き出されます。その後、排気は空調設備に吸い込まれ、再び冷気となります。一連の空気の流れをお伝えしましたが、排気と冷気の分離に課題があります。アイルコンテインメントやラック内のブランクパネル^{*3}などを設置し確実な分離ができないと、排気を多かれ少なかれ冷気側に移動させてしまいます。これを排気の再循環と呼んでいます。通信装置の発熱量が大きい場合は、排気の再循環の影響が大きくなるため、吸気と排気との分離をより徹底していく必要があります。ここまでの内容から、通信機械室の空調環境には、室内のほぼすべての構成要素が深くかかわっていることをご理解いただけたのではないのでしょうか。空調設備の能力担保は大前提として、ラック・通信装置の配置、ラックの内部・外部での吸排分離などで機械室全体の空調品質は確保されています。通信機械室の空調環境は、それぞれの構成の、計画、設計・施工、運用・管理を司る多くの組織による合作といえます（表1）。

空調ガイドラインの意義

2020年6月に空調ガイドライン^{*4,5}を第2版に改定しました。この第2版は、さまざまな設備所掌が混在する空調環境について、共通的なあるべき状態をより明確に示したものとなっています。この空調ガイドライン第2版は、持株会社を筆頭としてNTTグループ会社の代表者が集結して、議論を重ねて作成しました。NTTグループが高品質な電気通信をお客さまに継続的に提供するため、通信機械室の効率的利用や通信信頼性担保などの観点から通信機械室としての価値を維持し続けるための規定が定められています（図3）。

■空調ガイドラインの改定ポイント

第1版には、次の2つの課題がありました。

- ① 2008年制定当時のあるべき通信機械室像として特定の空調環境のみを想定した規定となっており、適合の難しいケースが多い。さらに、近年の更なる高発熱化に対応した形式（アイルコンテインメント等）の扱いも規定していない。
- ② 資料構成の分かり難さ、基礎的解説の不足が原因で

*3 ブランクパネル：通信装置の排気が通信装置搭載ラック内のすき間を通り、通信装置吸気口に回り込むことで通信装置の吸い込み温度が上昇するのを防止するために、ラック内に設置する遮蔽板。

*4 空調ガイドライン第1版：正式名称は冷却を考慮した大容量データコム装置導入ガイドライン第1版。

*5 空調ガイドライン第2版：正式名称は通信機械室の空調環境ガイドライン第2版（名称を変更）。

表 1 通信機械室内の空調環境にかかわる全体構成

業務内容		構成要素別の該当範囲				
		空調機・吹出	二重床内	コールドアイル	ラック内～装置内	ホットアイル
通信装置	開発・調達				○ 吸排分離	○ 発熱量 風量
	計画	○ 発熱量 風量				
	設計・施工	○ 発熱分布	○ ケーブル 不要開口	○ 床パネル 吸排分離	○ 吸排分離	
	運用・管理		○ ケーブル 不要開口	○ 床パネル 吸排分離	○ 吸排分離	
空調設備	設計・施工	○ 空調配置 設定値	○ ケーブル・配管 不要開口	○ 床パネル 吸排分離		
	運用・管理	○ 設定値				

← 冷気供給
吸排分離 →

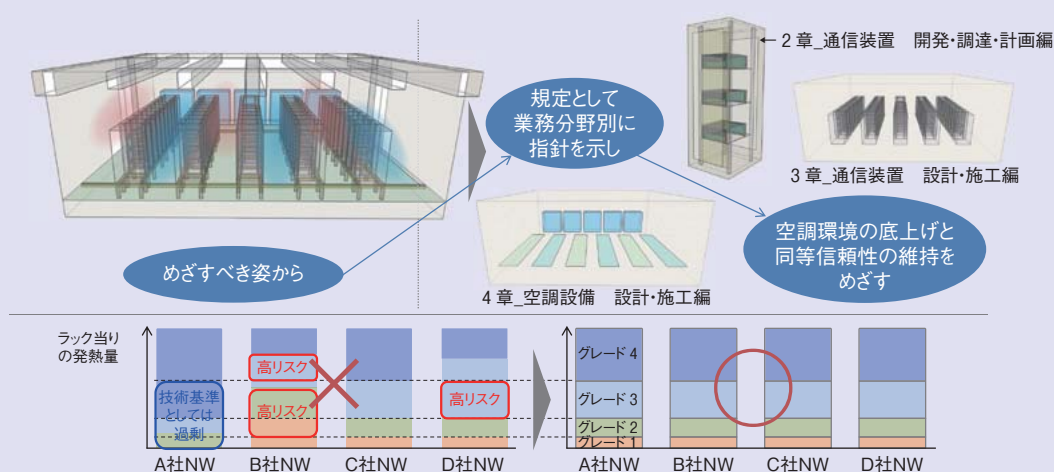


図3 空調ガイドラインの意義

実務者の理解度が上がらず実効性が低く、空調設備の構成や消費電力が必ずしも最適になっていない可能性がある。

そこで、①に対しては、多様な構成の機械室に対応するため、グレード別に空調環境を定義しました(図4)。グレー

ドは技術的な観点から4段階としました。グレード1は初期の直置き方式です。グレード3は二重床方式（コールドアイル・ホットアイル構成、ラック内外の吸排分離なし）です。グレード2はグレード1とグレード3の中間的な位置付けです。二重床方式ではあるのですが、ラックの向き

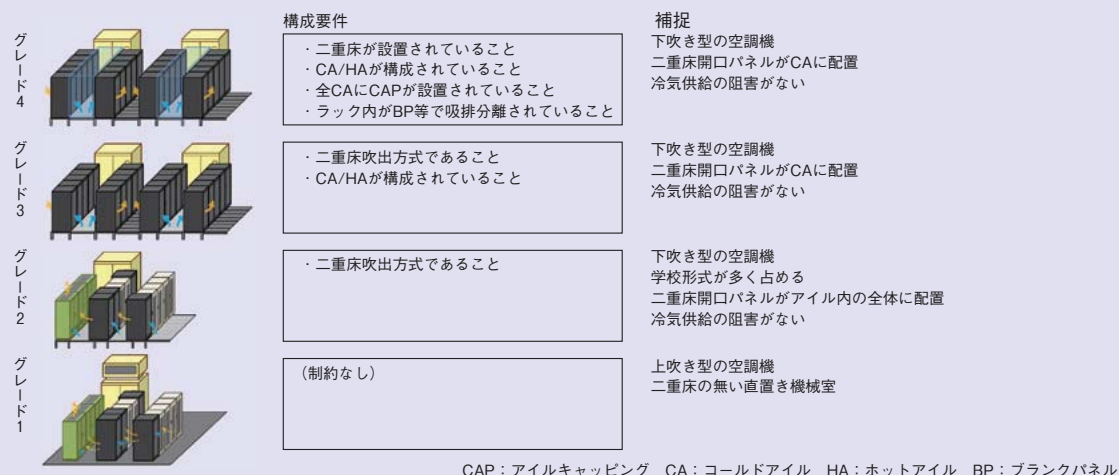


図4 各種グレード

に整合性がなくコールドアイル・ホットアイルが明確に分かれていない状態の空調環境です。グレード4はグレード3に対してさらにラック内外で明確に吸排分離を実施した空調環境です。②に対しては、理解度向上のため、章構成・記載方法等を刷新し、さらに基礎解説を充実させました。第1版では、各担当者がガイドラインの規定全体の中から各自の該当規定を選択する必要がありましたが、第2版では一般的な業務所掌別に章分けをすることで、各自の把握すべき規定が分かりやすい構成としました(表2)。

空調ガイドライン改定の営み

空調環境のグレード分けにあたっては、定量的な基準値を示す必要がありました。そこで、2016年度から現地調査や実験を行い、基準値を策定しました。2018年度から空調ガイドラインの改定に着手し、初期構想、原案作成、原案審議の流れで改定作業を実施しました。改定では、NTTファシリティーズは事務局を担い、各グループの通信機械室関連組織との多面的で有意義な意見交換を実施し、原案作成を担いました。合わせて、原案審議では、開発から運用に至るまでのより多くの組織、担当者とさまざまな議論を交わし、これまでの反省点の洗い出しとともに、空調環境の重要性の共通理解を深め、今後の通信機械室がめざす

表2 空調ガイドライン第2版の構成

章構成	序章	はじめに 目的 適用範囲と適用業務 章構成 用語の定義 要求水準
	1章 共通編	全ての組織が確認・理解すべき内容(通信機械室の空調環境に関わる基本的な事項の解説)と規定を掲載
	2章 通信装置 開発・調達・ 計画編	通信装置の開発・調達・計画に関わる業務に関して適用する規定を掲載
	3章 通信装置 設計・施工編	通信装置の設計・施工に関わる業務に関して適用する規定を掲載
	4章 空調設備 設計・施工編	空調設備の計画・設計・施工に関わる業務に関して適用する規定を掲載
	5章 通信装置/ 空調設備 運用・管理編	通信装置・空調設備の運用・管理に関わる業務に関して適用する規定を掲載
付属資料	解説資料	より具体的な解説を掲載(共通的な理解は不要)

べき方向性・課題を盛り込んだ空調ガイドラインの改定を実現できました。この空調ガイドラインの改定は、NTTファシリティーズの技術力とノウハウ、NTTグループ各社の

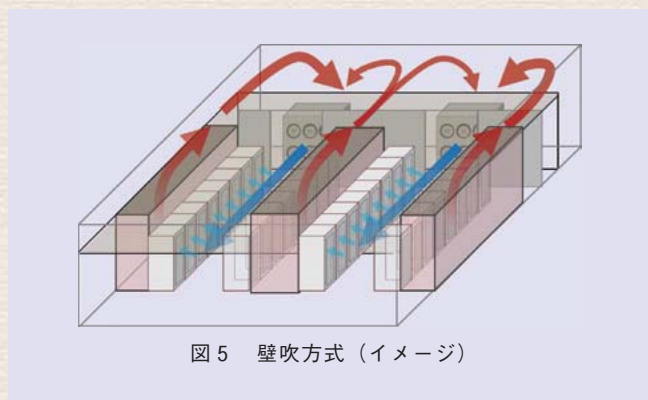


図5 壁吹方式（イメージ）

課題認識と解決に向けた協力体制，持株会社のマネジメントを結集した集大成だといえます。

空調ガイドラインに関する今後の展望

空調ガイドライン第2版が制定されたことで，各社が同じ方向性をめざして歩むことができるようになりました。このまま高発熱化が進む場合，空調技術の観点だけでいえば，近年のデータセンタのように，すべての通信機械室がグレード4になっていきます。しかし，通信機械室はその使われ方がデータセンタと大きく異なるためそう簡単にはいきません。比較的短いライフサイクルの中で，均一な環境を維持し続けるのがデータセンタです。通信機械室は，限られた面積を活用し，長いライフサイクルの中で，新陳代謝（通信装置の逐次増減設）を繰り返しながら少しずつ姿かたちを変貌させていく流れが標準的です。空調ガイドライン第2版によって，各種空調環境のあるべき状態と技術基準や規定が示されました。一方で，全国に無数にある各通信機械室の実態はさまざまで，そのほとんどは前述の新陳代謝の過渡期にあります。空調ガイドライン内での規定としては，このような過渡的なあらゆる状態を規定することはできません。今後は実態を見据えつつ，運用面での課題を明らかにしていく必要があります。引き続きNTTグループで連携を図りながら，よりよい通信機械室の構築・運用を進めていく予定です。

空調環境視点での未来の通信機械室の創造

近年のデータセンタでは空調気流方式として，壁吹方式が多く採用されています（図5）。この方式は，空調ガイドライン上の定義ではグレード4に該当します。冷氣側と排気側を明確に分離する考え方からは，既存の高グレードな通信機械室も最新のデータセンタも変わりはありません。未来の通信機械室はデータセンタに近づいていくのかもしれませんが，NTTファシリティーズは，引き続きNTTグループ内で意見交換を行いながら，信頼性，作業性，構築性，運用性，省エネルギー性，安全性，コストなどの評価軸で総合的な検討を進め，通信機械室としての理想的な姿を描いていきます。併せて空調ガイドラインのアップデートも適時実施していきます。

◆問い合わせ先

NTTファシリティーズ

研究開発部 ファシリティ部門 環境ソリューション担当

TEL 03-5669-0743

FAX 03-5669-1650

E-mail tsudaa24@ntt-f.co.jp

挑 戦 す る 研 究 者 た ち CHALLENGERS



山口浩司

NTT 物性科学基礎研究所
上席特別研究員



「人とは違うゴール」 を設定し、ピボット 戦法で臨む

光通信が普及するとともに、その高速性や省電力性を実現するための、光や電気・電子の物性に関する研究の成果が実用化されてきています。光や電気・電子の物性に加えて機械の物性の相互作用により、新たな物理現象が発見・解明されてきています。この比較的新しい研究分野であるナノメカニクスにおける応用技術で、世界初の成果を立て続けに生み出している山口浩司NTT 物性科学基礎研究所 上席特別研究員に、新しい応用技術の研究と研究者としてのあり方を伺いました。



材料へのこだわりで新たな 微細機械素子を開発

現在、手掛けている研究について教えてください。

ミクロンスケールの微細な半導体立体構造を作製し、その機械的な機能を用いた新原理の素子開発をめざしています。具体的には、非常に純度の高い半導体結晶を用いて超微細な機械構造素子（例えば板バネの構造を持った素子）をつくり、そこに光・電気・機械の3つの物性を融合することで発生する新しい物理現象を発見・解明し、その原理を応用した新しい素子を開発することをめざしています。半導体材料を用いると、電圧を加えることで物体を膨張・

収縮させることが可能となります。この効果は圧電効果と呼ばれますが、もともと半導体が有している光電的な性質と合わせることで、光、電気、機械振動の3種類の信号の変換が可能になります。光と電気の相互作用に機械的な振動という新たな自由度が加わることで、新しい物理現象が発現し、超高感度の電気・光・分子センサや新しい信号処理技術への応用技術が拓かれます。さらに、電子の量子力学的な性質が出現する量子井戸や量子ドットなどの半導体量子構造との融合により、新しいハイブリッド量子素子への応用も可能になります。

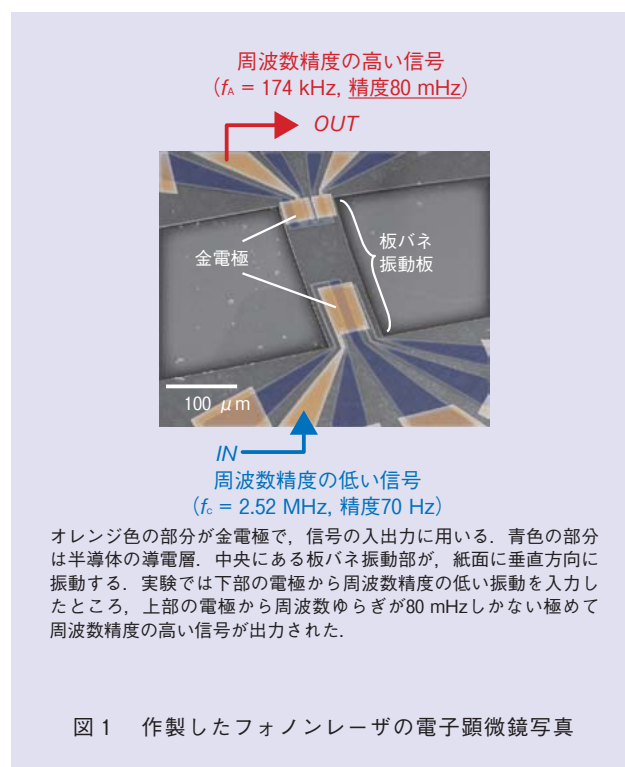
私たちの研究では、機械振動を引き起こす微細構造素子として、学術的かつ実用的な観点両面から注目が集まる

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)^{*1}や微細化をさらに進めたNEMS (Nano Electro Mechanical Systems) を用いることにより新しい応用技術の研究を進めています。これまでに、MEMSに対してレーザに類似した原理を適用することで非常に高精度・高品質な超音波振動を出力できる超音波レーザ (SASER: Sound Amplification by Stimulated Emission of Radiation) (図1) や、機械素子の微細な動きから僅かな重さや電荷の変化を検知できる超高感度センサ (図2)、弾性振動を用いたメモリやプロセッサといった信号処理素子等、さまざまな機能性機械素子を実現してきました。

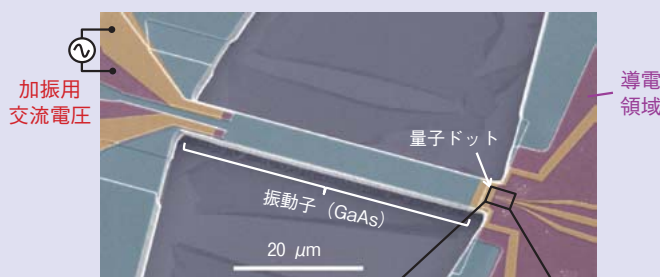
世界的な成果を上げていらっしゃると思いました。ご紹介いただけますか。

光のフォトニック結晶^{*2}の概念を、物質の弾性振動で

*1 MEMS: 半導体集積回路を製作する微細加工技術に応用し、数ミリメートルから数ミクロンのサイズの機械構造をチップ上に集積する技術であるマイクロマシンのうち、電気的な機能を含むもの。



(a) 量子ドットを用いた超高感度振動センサ。振動子が上下に振動することにより、支持部に組み込んだ量子ドットに歪が加わる。この歪を電流として測定することにより、高い感度の振動検出が可能となる。



(b) 支持部に埋め込んだ量子ドットの拡大図。黄色に見える部分は表面に蒸着した金電極で、この電極に負電圧を印加することにより、量子ドットを形成する。

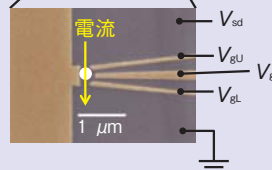


図2 超高感度センサ

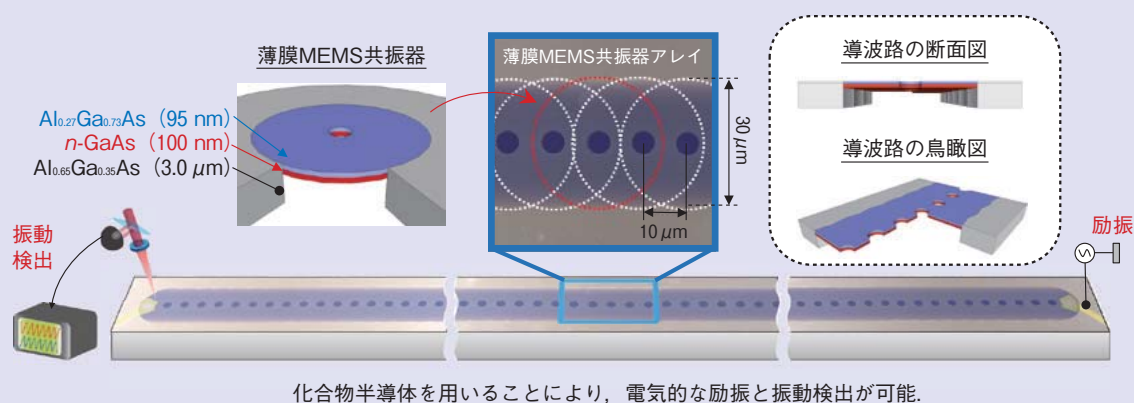


図3 円形の薄膜振動部を有するMEMS共振器を100個一列に並べたフォノンニック結晶導波路

ある「フォノン（音や振動，熱の媒体）」の制御に応用した「フォノンニック結晶」と呼ばれる人工結晶は，フォノンが伝搬を担っている音や振動，熱等を制御できる新しいカテゴリの機能素子として注目されています．このフォノンニック結晶は，異なる弾性体をミクロンスケールで周期的に配列した人工構造（図3）ですが，従来のフォノンニック結晶ではその動作を外部から電氣的に制御することが困難であったことから，動的デバイスとしての応用は限定されていました．私たちは振動特性の電氣的制御が可能な半導体MEMS共振器をフォノンニック結晶の基本素子として用いることにより，フォノンの伝搬を電氣的に制御することに世界で初めて成功しました．この成果は2014年に英国科学雑誌『Nature Nanotechnology』に掲載されました⁽¹⁾．また，2018年には，超音波振動の「流れ」を操ることができるフォノンニック結晶を用いて，波形圧縮による信号の増幅動作を実証しました．この成果は英国科学雑誌『Nature Communications』のオンライン版に公開されました⁽²⁾．超音波信号を活用する素子は携帯端末などにおいて広く使われていますが，その高度制御が可能となれば，さまざまな新しい応用技術が広まるものと期待しています．

こうした成果をさらに発展させ、最近では、素子の非線形効果を活用したカオスやソリトン^{*3}の生成をはじめとするより高度な超音波振動の制御技術に取り組んでいます。また、素子の微細化・高速化を進め、ギガヘルツ（GHz）の高周波数振動で動作するフォノンニック結晶素子の実現にも成功しています。

カオスやソリトンの生成など、非線形性によって出現する新しい機能は、機械素子の機能を大幅に拡張できる可能性を秘めています。例えばソリトンは光ファイバにおいて生成されることが知られていますが、伝搬により形状が変化しない特殊な波として注目されています。このような超音波信号を機械素子によって生成できれば、高効率に信号処理ができる半導体素子が開発できる可能性があります。また、機械素子によるカオスの応用についてですが、最近では機械学習を効率的に行える可能性が注目されており、その制御手法が盛んに研究されています。これらの技術は、

*2 フォトニック結晶：屈折率が光の波長と同程度の長さで周期的に変調された構造を持つ物質。

*3 ソリトン：伝搬の過程においてもその波形が乱れない孤立波（基本ソリトン），または波形が周期的に圧縮と拡大を繰り返すソリトン（高次ソリトン）。

携帯電話をはじめとする移動体通信システムやIoT技術など、低消費電力化や、小型・集積化が必要となる場面で幅広く活用できることが期待されます。

今後は機械素子の最大の弱点である速度の遅さの克服や、化合物半導体を用いて行ってきた実証実験をより優れた特性の他の材料に展開することにも注力していきたいと考えています。物性や応用物理の専門家でないとも材料を変えることの重要性や実現が困難な部分に分かりにくいかもしれませんが、少し材料が変わるだけでも作製方法やその効果が全く違います。しかしながら一方では、異なる材料によりベストな成果を生み出すにはそれなりの時間を必要とします。私たちは基礎研究を担っているので息の長い話になりますが、3年から5年くらいをかけて新しい材料による技術を粘り強く研究していきたいと考えています。



アンテナを高く・広く張る、 電波を飛ばす、電波をキャッチする

世界初を連続して出すというのはどのようなお気持ちでしょうか。

世界初というものは、すなわち誰も過去に主張していないことを発表するわけで、当然ですが、最初に発表するにはそれなりの覚悟がいります。最初であるがゆえ、解釈が間違っている場合もありますし、多くの反論も予想されますが、これにひるむことなく発表しようとする決断が大事です。もちろん、反論に対する準備もある程度整えておくことも必要です。フォノンが有する多様なダイナミクスを活用したフォノンレーザの実現に関する研究発表をした2013年のことです。化合物半導体から作製されたMEMSはその振動応答に非線形な効果が現れるのですが、この非線形現象を活用すると異なる振動モード間の相互作用が誘起され、高品質な超音波振動の出力が可能になることを見出しました。この原理は光のレーザに類似したものであったため、私たちはフォノンのレーザと呼んで発表したのですが、私たちの成果を「レーザとみなしてよいのか」につ

いてはさまざまな意見がありました。世界初の成果を発表することは、こうした反論も含めて物議を醸すということでもあり、そこにあえて飛び込んでいくには勇気がいります。ただ、恐れてばかりではせっかくの成果も発表できずに終わってしまいますから、どこかで決断をしなくてはなりません。実はこのフォノンレーザの発表は、その後、米国物理学会において、“2013 Highlights of the Year”と題した年間ベスト11論文の1つに選出され、幅広い物理学のあらゆる分野からもっとも反響のあった成果の1つとして紹介されました。そういう意味では、学会の多くの研究者に広く受け入れられた成果だったと思っています。新しい成果であればあるほど、多少の異なる意見があっても思い切って自分の考えで発表することは、とても大事なように思います。

研究をする際、一番大切にされてきたことは何でしょうか。

私は研究者として、人と違うゴールを設定することを一番の基本としてきました。同じゴールを描いていると、研究の目的を説明するのは容易になるのですが、ほかの研究者との方法論において差を見出すことになってしまい、残念ながら研究自体の選択の幅は狭まってしまいます。ゴールが広く注目される研究分野においては、世界中の主要研究機関が多額の研究費を使い、優秀な研究者を束ねて競争をしています。学生のレベル1つとっても、海外の有名大学の学生は自主性と知識、能力のすべてにわたり極めて優秀で、そのような学生が束になって同じゴールをめざして競争しているわけです。確かに日本の学生も優秀ですし、私が教えている学生も頑張っていますが、やはり、なかなか確実に勝負に勝つということは難しいといわざるを得ません。こうした状況において、私たちはむしろゴールを設定すること自体をも研究の目的に含めて戦うということを方針としています。研究を始めた当時、ほとんど誰も手掛けていなかったナノメカニクスを選択し、超音波素子による信号処理を目的においたことは、他の研究者とは違うゴー



ルを設定した事例だと思っています。最初は誰も見向きをしませんでしたが、その後、私たちの論文を引用した多くの関連研究が現れました。私たちが新しいゴールをつくり上げようとしたからこそ、私たちはトップランナーとして新しい研究分野をけん引できたのではないかと思います。

ところで、ゴールを設定するときはあまり情報収集をしすぎないほうが良いと思っています。正確にいうと、情報を集める際には自分の分野で狭く深くではなく、他の分野も含めて広く浅く集めるようにしています。例えば、私はナノメカニクスに取り組むにあたり、光技術の視点を活かしています。先ほどの話に非線形という言葉が出てきましたが、非線形については光技術において随分研究が進んでいますから、それをナノメカニクスでできないだろうかと分野横断的に考えてみるのです。あるいは半導体の分野で昔から取り組まれているトランジスタをナノメカニクスに導入できないかとか、あらゆる分野から着想を得てゴール設定に活かすことが大事です。

そのような意味で、自分と異なる分野に進出していくことは大事なのですが、その際に自分の持ち味は何かをしっかり把握してそこに軸足をおき、もう片方の足を別の研究分野へ踏み出してみるという手順が大事だと思います。そこでゴールの方向性が合えばそちらの方向に進み、もし方向性が合わなければ、軸足を起点として別の分野に方向転換して新たな一歩を踏み出し、これを繰り返すことで少しずつ足固めをして、新しいゴールを設定していくというアプローチです。これはバスケットボールにおける「ピボット」と呼ばれるステップに似ていますね。このような、試してみれば「ピボット戦略」を用いると、自分の持ち味を活かしながら新しい方向に研究を進めていけるのです。

アンテナを高く・広く張って情報収集を行い、さらには電波を飛ばす（情報を発信する）うえで、やはり学会の役割というのは極めて重要です。私の年代になると外部の委員会や国際会議といった外部での仕事が増えて、もっとも忙しい時期には1年の3分の1以上出張しているときもあ

りました。このような仕事においては自分と異なる研究分野の話を受けないといけないことも多くあります。最初は自分とは関係ない話ということで、あまり集中して聞くこともなかったのですが、機会を重ねるうちに、意外に自分の研究にも活用できる部分が結構あることに気がきました。他の分野の研究者の話を受けないことは、自分の分野の研究を新しく展開していくうえでも、とても重要であることをこのような機会学びました。

他の組織の研究者はライバルであると同時に良き協力者でもあります。ライバルだからと研究成果や持論をすべて隠してしまうと話は進みません。話さなければアイデアを盗まれることはありませんが、聞くだけではなく話をすることで、ライバルと信頼関係を築き、その関係を維持することができます。こうしたコミュニケーションは非常に重要だと思います。もちろん、その際には自らの研究成果が相手にとって価値や意味のあるものでなければなりません。自分も成長しつつ成果を少しずつ増やして、お互いに情報交換してさらに次の成果をねらうという良い協力関係を築きたいですね。



オタク×オリンピック選手＝研究者？！

研究者人生の中で印象に残る出来事をお聞かせください。

オプトメカニクスの研究をしていたときのことです。私は東北大学の客員教授でもあるのですが、あるとき、研究に携わっていた私の研究室の学生さんが、「先生、測定できません」というのです。「測れないって何それ？やり方がまずいんじゃないの？」と聞くと、「測ろうとすると素子が勝手に震えちゃうんです」と。「そんなことないだろうもう1回やってみろ、何か間違ってるでしょ」と言って再度測定をすると、確かに大きな振動を起こして測れなくなります。ところが条件を少し変えてみると測れるのです。この現象を突き詰めて調べてみると、光と電子、さらには機械振動が関係した全く新しい素子の動作原理になること

が明らかになり、米国物理学会においてもっとも権威のある学術誌の1つであるPhysical Review Lettersに発表することができました。もしこの結果が、実験技術が不十分な学生が得た何かの間違いだ、として見過ごしていたら論文は書けませんでした。偶然であろうとわずかな変化でも大切に作る姿勢は本当に重要だと実感した出来事でした。後から考えると、素直に私に報告してくれた学生のキャラクターが功を奏したわけですが、同じように優秀な学生であっても、自分で何とかしようとする性格だったら報告されずに終わっていたかもしれません。だからこそ、研究者の性質や性格も多様性を重視すべきかもしれません。異なるキャラクターや視点を持つ研究者が集まって初めて新しい進展が得られるケースも多いのではないのでしょうか。

私は研究者とは「オタク」だと思うのです。非常に特殊な存在だと思います。世の中一般の人は、私たちのように物理学に没頭する人を「なんでそんなに難しいことが楽しいの?」と思うこともあるのではないのでしょうか。しかし、私たちは難しい研究をさらに深めていくことが楽しいのです。ある意味「オタク」の世界なのです。そして、一方で研究者はオリンピック選手のような側面も備えていると思います。国内のトップになることで満足せずに、世界の舞台でトップをめざして競っているのです。自分の競技を追究しているという意味ではオリンピック選手もオタクかもしれません。いずれにしても、自分の好きなことを追究できることは幸せです。一方で妥協は許されないし、極めることを求められていますから、苦労もプレッシャーもたくさんあります。頂点をめざして世界中の研究者と競っているわけですし、若い人は押しつぶされそうになることもあるのではないのでしょうか。

後輩の研究者の皆さんに一言お願いいたします。

押しつぶされそうになる、あるいは思うような成果が得られないことは必ずありますが、経験を積んでくると少しずつそれにも慣れてきます。私は入社当時、自分に与えら

れた研究テーマの面白さが分からなかったことがあり、そのときは同期の研究者たちに愚痴を言っていました。そして、上手くいかない苦しさを上司に話して、別の研究に携わらせていただきましたが良い結果にはなりませんでした。そんなとき、私は与えられたテーマに自信が持てない中で、自分の特色を出さなければまずいと思っていたことに気がきました。こうした経験をして、非常に面倒見の良い上司にも恵まれて、違和感のあったテーマにも正面から取り組むようになりました。すると、だんだん面白さが分かってきました。石の上にも三年と言いますが、本当にそうだと思います。3年くらいは敷かれたレールを進む、軌道に乗ったほうが良いと思います。研究者は独自性が大切だから、自分以外の人でもできるようなことをやりたくないという気持ちも分かります。自分らしい研究は経験を積んでいけばそのうちできますから、最初は与えられたところで頑張ってみてください。そのうちにしっかりと自分の味が出てきます。

それから、基礎研究においてマネジメントをする立場の方は指導者としてのプレッシャーを感じるかもしれませんが、優秀な研究者は放っておくことも大切だと思います。やりたいようにさせてやって自分はサポートに徹することです。直接的に指導をしないことで不安になると思いますが、若手の自主性を育ててほしいと思います。同時に、これまで手取り足取り育ててこられた日本の社会の習慣から、若手研究者も脱皮できるように心掛けないといけないかもしれません。将来の不安もあるかもしれませんが、日本での研究環境は昔に比べて自由度も高くなっていますし、活躍の場も多いと思います。プレッシャーを跳ねのけて楽しんでいきましょう。

■参考文献

- (1) <https://www.ntt.co.jp/news2014/1406/140613a.html>
- (2) <https://www.ntt.co.jp/news2018/1804/180406a.html>



非開削推進工事，非破壊地中探査のエキスパート

アイレック技建は、NTTの通信用地下通信設備工事に開発された、非開削推進工事機「エースモール」と非破壊地中探査機「エスパー」を一般市場に展開していくために設立された、土木エンジニアオリエンテッドな企業だ。世の中の技術をリードする「エースモール」と「エスパー」を駆使したビジネス、エンジニア育成や海外展開に向けた思いを、飯田敏昭社長に伺った。

NTTの土木技術を市場展開する企業

◆設立の背景と目的について教えてください。

アイレック技建は、研究所で開発された、非開削推進工事を行うエースモールや非破壊地中探査を行うエスパーの技術を市場投入していくことを目的として、1987年に設立されました。

NTTが民営化された1985年以前から、通信ケーブルを通す管路を地中に敷設する工事は、ほとんどの場合道路等の地面を掘り、管路を設置した上に土を埋め戻す、開削工法で行われていました。また、少し大きな工事の場合、さまざまなインフラの管路等がどこに埋まっているのかを調べるために、試験掘りといって実際に地面を掘って確認する方法が採られていました。こうした工事は、地面を掘って埋め戻すという非常にコストのかかるものであり、事故等の危険とも背中合わせであり、さらには社会問題になっていた工事による交通渋滞を少しでも緩和するために夜間工事にならざるを得ない等の課題が山積していました。

こうした課題に対応していくために、地面を掘らずにロボットで管路を敷設し、地下設備調査を地上から行い、カメラを使って管路内部の点検や補修を行う、こういったことのできる機械としてNTTの研究所で開発・実用化されたのが、エースモールやエスパーです。当社では、試験等を通してこれらに改良を重ねたうえで事業に供しています。

◆どのような事業を行っているのでしょうか。

当社は、技術、ノウハウ、実績を活かして、①非開削推



アイレック技建 飯田敏昭社長

進事業、②非破壊探査事業、③管路、橋梁および付帯設備、トンネル等の点検・診断・補修を行う点検リニューアル事業、④環境負荷の削減や非開削、非破壊といった「NO-DIG」技術の推進を行う環境計測事業の4つの事業を行っています。

非開削推進事業では、エースモールのレンタルを行っています。管路等の口径や土質、工事方式等により、「エースモール」「リバースエース」「ハイブリッドモール」の3機種を準備しています。

世の中にある推進機械は販売のかたちで提供されているのですが、特殊な機械なので、壊れるまで何十年と使えます。数が多く出るものでもないので製造中止も多くなり、メンテナンスや修理の部品がなくなり、状況に応じた改良もできなくなっています。レンタルであれば、必要なときに使うことで利用効率も高まり、改良やカスタマイズも加えることで新たな機能も追加されて進化していきます。最近では、他社の推進機械では対応できない工事に、当社のエースモールで対応した、という事例も増えてきています。

非破壊探査事業では、地下埋設管探査・空洞調査用のエスパーをはじめ、コンクリート構造物検査、下水道管周辺調査、コンクリート柱健全度調査等それぞれの目的に合った機器を扱っています。特にエスパーについては、「ロードエスパー3D」という車載型のものがあり、道路を走りながら探査を行えるものがあり、NTTインフラネットからスマートインフラプラットフォームの基礎づくりのためのツールとして期待されています。

こうした商材やサービスを展開していくためには営業活動が必要となるのですが、当社は土木エンジニアオリエンテッドな専門家集団なので、全国に拠点展開しているNTTインフラネットと連携した営業活動を行っています。2020年3月にNTTインフラネットのグループ入りしたこともあり、さらなる連携強化を図っていききたいと思います。

◆**レンタルということは、対象はNTTの通信用土木の工事だけではないですね。**

地中に管路を持つのは通信だけではなく、電力、ガス、水道、下水道もあります。こういった地下設備の工事すべてがエースモールやエスパーの活躍の場になります。さらには、支障移転や通常の道路工事や道路補修においても地下埋設物の確認や空洞調査にもエスパーが使われています。

NTTの通信用管路はほぼ行き渡ってきているので、少し前までは自治体の下水道の新設工事がメインでした。最近では、この下水道も行き渡りつつある中、水道管の老朽化対策や耐震化といった工事が増えてきています。電力やガスについては業界内で完結する傾向がある中、少しずつ扱いが増えてきています。最近の変わったところでは、高速道路に沿った地下設備の対応も出てきました。日本中あらゆるところに地下設備、特に管路があり、さらには電線類の地中化の話も各地で出てきているので、新設からメンテナンスまでエースモールやエスパーの登場する機会を増やしていくつもりです。



**「3CHA精神」で
海外展開をめざす**



◆**今後の事業展開や抱負についてお聞かせください。**

今後に向けて、「エンジニアの育成」「エースモール/エスパーの高度化」「海外展開」の3つのテーマで取り組んでいます。

少子高齢化が進む中、エンジニアの高齢化や減少といった問題が業界全体で顕在化してきています。管路の工事を数多く行うにしても、エンジニアがいらないことにはエースモールもエスパーも操作することができません。予見されるエンジニア不足に対応していくための育成とエースモ-

ールの普及を目的に、「エースモール工法協会」を全国の80社超とともに立ち上げました。同様にエスパーについても「エスパー探査協会」を立ち上げました。これらの活動を通して、エンジニアの育成と、エースモールやエスパーのファンを増やしていきたいと考えています。



エースモールやエスパーの高度化については、単なる改良ではなく、遠隔操作や計測・解析・診断の自動化をめざします。これらをセンタから集中操作できれば、エンジニア不足に対しても一石投じることができます。遠隔操作をするためにはセンサを使った計測は必須であり、また、データの解析・診断においても、IoTやAIを含むICTとの親和性が非常に高いものです。すべてに導入するには少し時間はかかるかもしれませんが、NTTの研究所と一緒に検討していくつもりです。

そして、海外展開ですが、海外には管路新設の需要がまだまだあります。エースモールの出番があるということです。それを意識して、2018年から2019年にかけてマレーシアの工事に参加しました。言葉や商習慣、工事に対する技術者の考え方の差等があり苦労はしましたが、他国の機械がギブアップする中、エースモールがそれを補って工事を完成させました。こうした経験を活かして第2、第3の事例をつくっていきます。

難易度が高く時間のかかるテーマではありますが、スキル・ノウハウのCharge、Chargeした知見を活かして新しいことにChallenge、そしてChallengeしたことによるChangeの「3CHA精神」（アイレック技建設立以来の精神）で前進していきます。

いろんなことにChallenge ! 新たな市場開拓を！

非開削推進事業本部 営業部

部長

森 治郎 さん

◆担当されている業務について教えてください。

小口径の地下トンネルを非開削で掘るエースモール、少し大きめな口径のハイブリッドモール、傷んだトンネルを壊して新設するリバースエースの技術営業をしています。営業といっても現在は市場開拓に近い仕事です。

少し前までは下水道の新設が多かったのですが、それも一段落して減少傾向です。とはいえまだまだボリュームは多く、都市部の周辺では動きがありますし、最近では農業用水などの更改の仕事も増えてきています。

また、今後の海外進出をめざして2019年にはマレーシアへ行ってきました。言葉の違いや工事の作法の違い等で苦労しましたが、他国の工法がギブアップした工事をエースモールで仕上げたことで技術力を評価していただきました。

そして、新しい市場に向けて進んでいくためにはお客さまの要件も変わってきますので、それに対応していくためにも、既存のお客さまへの工事品質向上のためにも、エースモールの動作精度向上や、扱う管種や口径の変更等の改良を進めていかなければならず、それについても担当しています。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

エースモールの改良は、実験フィールドで試験・調整を繰り返しながら上げていきます。NTT関連の工事を実施していた頃は、改良品を持ち込んで実際の現場で試してみることにしてお付き合いいただけました。もちろん、この過程で少しでも不具合があれば、修正して工事を完了させています。ところが、最近ではNTT関連の工事がなくなってきて、このように現場でなければ分からないことを試しながら進めることがやりづらくなってきました。

こうした中、位置検知の精度向上、時間短縮に向けた改良については、いきなりお客さまの工事でした。間違いが



森治郎さん

あると責任問題になるので、わずかな誤差も許されません。想定され得るエラーをくまなく実験フィールドで確認して臨みましたが、ハラハラドキドキの連続で、工事完了時の安堵感は表現しようのないほどのものでした。

◆今後の展望について教えてください。

これまで、大都市圏で大人数を集めて技術説明会を開催したり、パンフレットや毎年更改される技術資料をお客さまや自治体に出向き配っていました。昨今のコロナウイルス対策で、それもままならなくなり、資料をダイレクトメールで送りました。ところがそれではお客さまとのコミュニケーションが取れないので、小規模ならばいいだろうと、お客さま個別に出前説明会を開催しました。デリバリー説明会と呼んでいます。やってみると大規模のときより質問も多く出てきて、思いのほか効果がありました。コロナウイルスがきっかけではありますが、アフターコロナでもこれを続けていこうかと思っています。

AI、IoTを活用して、エースモールの遠隔支援、その先には自動制御に向けた開発も手掛け始めています。付加価値を創造し新たな市場開拓に取り組んでいきたいと思っています。

ロードエスパーと スマートインフラプラットフォーム

東日本営業本部 第二事業部

担当課長

野中 聡 さん

◆担当されている業務について教えてください。

エスパーという地中レーダーを使った非破壊調査に関する業務を行っています。

通常、地下の埋設物を調査するときには手押しタイプのエスパーを利用しています。大規模の調査の場合には車載型エスパーであるロードエスパー3Dを利用しています。一般的にはNTTの設備の占有位置調査や路面下の空洞調査というのがロードエスパー3Dのメインな領域になっています。私はどちらかというと路面下の空洞調査の方をメインで取り組んでいます。

現在は、ロードエスパー3D 1号機で調査しているので



野中聡さん

すが、2号機を開発中です。2号機は下部に地中レーダーを設置し、屋根上にNTTインフラネット開発のステレオカメラシステムを設置し一走行で地上と地下の情報を同時に取得することができるようになります。それにより空洞調査であれば詳細な場所の特定に使えますし、先々にはNTTの地下設備と地上設備を対比しながら管理できるようになると思っています。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

ロードエスパー3D 1号機の段階ですでに取得データが膨大なものになっており、それを技術者がすべて目視で判断しています。これが2号機になるとステレオカメラによる画像が加わるので、情報量は指数関数的に増えます。技術者の苦労は一言では語れるものではありません。これを解決するために、現在AIを使った解析ツールを開発中です。

また、2号機の開発そのものもコロナウイルス対策関連の影響で、部品や装置が入手困難になり、開発期間が延び

ています。とはいえ、今は開発の最後の段階なのでロールアウトに向けて全力で頑張っています。

◆今後の展望について教えてください。

北海道から九州まで国道を中心とした幹線道路の点検業務は終息の方向へ向かっているのですが、これからは1号機よりコンパクト化した2号機でそれ以外の道路の調査への参画を進めていきます。

その先の話として、2号機に別の装置を追加して、あるいは3号機を開発することで、NTTインフラネットのスマートインフラプラットフォームへのNTT設備に関するより詳細な情報提供が可能となるので、将来的にはそちらのほうへも進んでいきたいと思っています。

アイレック技建 ア・ラ・カルト

■新工場の効用

2018年12月にエースモールを自前でメンテナンスする工場をつくりました（写真1、2）。以前はつくば駅から車で30分もかかる場所に個別部品ごとに建屋が別だったものを、つくばエクスプレス（TX）の駅の近くで、一連のプロセスの動線を考えて1カ所で作業できるつくりの工場にしました。作業性が良くなり、マシンの回転率も向上し、効率的になったそうです。そればかりではなく、これまで車通勤だった社員が電車通勤に変わり、仕事で疲れた後の帰路の運転の必要がなくなり、社員に好評なうえに、TXにより都心からのアクセスも良くなり、派遣を含めた社員の採用等においても人が集まるようになり、良いことばかりだそうです。ただ、社員の中には電車通勤に変わって、せっかく飲みニュケーションができるようになって喜んだはずが、コロナ禍でそれもままならず、がっかりしている人もいます。

■仕事大好き

現在、全社の女性社員5人のうち3人が育児休暇を取得しているそうです。期間満了前に出勤したがっていた社員が、コロナ禍の影響で子どもを保育所に預けることができなくなり、出勤ができなくなりました。会社としては、しっかり休むように言っており、本人も子どもと一緒に過ごせる時間が増えて喜んでいる一方で、仕事も大好きで、大好きな子どもと仕事の間で板挟みになり、悩んでいるとか。それくらい素敵な職場なのですね。



写真1



写真2



畜産・酪農業に 新しい風を吹き込んで地域貢献

ビオストックは、北海道帯広市に本社を置く、バイオガスプラントの導入推進をベースとした地域貢献型の企業だ。畜産・酪農家の課題解決に向けて、バイオガスプラントの新しいあり方を提唱・実践するとともに、周辺事業との連携を図りながら、地域循環型のエコシステムを構築していくことで地域貢献につなげていく思いを、熊谷智孝社長に伺った。



ビオストック 熊谷智孝社長

バイオガスプラントで 畜産・酪農家の課題解決

◆設立の背景と目的、事業概要について教えてください。

ビオストックは、持続可能な畜産・酪農業の実現と地域活性化をめざし、バイオガスプラントの専門家集団であるバイオマスリサーチ社（北海道帯広市）とNTT東日本の合併により、2020年7月1日に設立されました。

NTT東日本では、地域の課題解決や地域に役立つ事業を行っていくことを目的にプロジェクトが立ち上がっており、いくつかの新会社が設立されてきている中の1つがビオストックです。地域の産業を支援するという観点から、第1次産業である農業、そのうち売上ベースで約3割を占める畜産・酪農関連に着目しました。特に酪農に関しては、この30年間で酪農家の数が3分の1になり、離農した方の牛を他の酪農家が引き取るかたちで、1酪農家当りの飼養数が3倍になってきています。一方で、酪農の担い手の高齢化も進んでおり、さらに離農が増えることで産業そのものが衰退していくこととなります。こうした問題にスポットライトを当て、バイオガスプラントの活用と、NTTグループの得意なICTを活用したソリューションで課題解決に取り組んでいく思いで会社を設立しました。

畜産・酪農家および自治体に向けて、次世代畜産・酪農関連ソリューションの提供や、ICTを活用した次世代畜産・酪農施設の提供・運営等を事業の柱として、①小型（牛250頭、豚2500頭サイズ）バイオガスプラント（次世代型糞尿処理施設）の月額利用型モデル（ビジネス特許出

願中）による提供、②中型以上のバイオガスプラントの事業主体への参画とIoT・AIを活用したO&M（運転管理・保守）の効率化、③次世代畜産・酪農ICTソリューションの提供を行います。

◆バイオガスプラントとは何でしょうか。

畜産・酪農においては、畜舎に毎日大量に発生する家畜の糞尿の処理が必須になります。この処理は、畜舎の糞尿を定期的に集め、それを重機で農場の一角に寄せて山積みにし、そこにおがくずを混ぜて空気に触れさせながら切り返すことで発酵させ、堆肥化することにより行われます。糞尿自体が重くこの切り返しを行うことは、非常に労力が必要とするばかりではなく、屋外で発酵させるため悪臭が漂うこととなります。



写真1

糞尿の処理をプラントの発酵槽の中で自動的に行うのがバイオガスプラントなのです（写真1）。バイオガスプラントを畜舎の近くに構築し、自動的に糞尿が流れ込む仕組みにすることで、糞尿を移動させる労力を削減するとともに、発酵は自動で行われるため、繰り返し等の堆肥化処理が必要なくなります。また、密閉された発酵槽で発酵処理が行われるので悪臭も発生しなくなり、さらには作業場所の土壤汚染防止やそれに伴う水質浄化にも貢献します。発酵の過程では、メタンガスと熱が発生し、発酵完了後には「消化液」と呼ばれる有機液体肥料が生成されます。メタンガスでタービンを回すことで発電が行われ、こうして得られたクリーンエネルギー（ガス、電気、余剰熱）を乳製品加工工場やハウス園芸等に供給することで地域産業との連携が生まれ、有機肥料を牧草地等に撒くことで牧草の生育が活性化し、それを食べた乳牛が健康を増進する結果、生乳が良質かつ乳量アップし、その生乳が乳製品加工工場に提供される、といった地域循環型のエコシステムの構築も可能になります（図）。

◆まさに地域貢献、課題解決そのものですね。この市場はどのような状況にあるのでしょうか。

バイオガスプラントは、ヨーロッパ、特に大規模農場の多いドイツを中心に導入が進んでいます。日本では新しい分野でもあり、北海道では導入されているケースもありますが、その他酪農・畜産の盛んな地域ではまだまだ導入事例は多くありません。

バイオガスプラントには、その導入形態により個別型と集合型に分けられます。個別型は1軒の農家に1つのプラントを導入するタイプで、集合型は複数の農家で共同利用するタイプです。バイオガスプラントは大きなものが基本であるが故に、個別型では、メガファームといわれる超大型農家しか採算が合わない状況でした。また、バイオガスプラントは高価であり、個人農家では、構築にあたっての資金計画を立てることができないといった課題があります。

また、行政の支援のもとにJAや地域の建設業の会社が組んで、複数の農家をまとめて4000～5000頭規模として、そこを対象に集合型を提供するパターンがあり、北海道ではすでにいくつか導入されています。しかし、運用含めて、

事業主体が不在であるという課題に直面しております。

◆北海道から日本全国の畜産・酪農家へ展開して地域貢献をめざす

◆そこでビオストックの出番ということなのでしょうか。

当社として、まず個別型については、新たに小型・個別型のバイオガスプラントを提供していこうと考えています。小型とは牛でいえば250頭、豚でいえば2500頭くらいの規模を対象としたバイオガスプラントです。この規模に適用できるプラントは、国内はもとより外国にも導入事例は少ないので、協業先のバイオマスリサーチ社が独自に開発して国内のメーカーに製造させる、独自のバイオガスプラントを提供していきます。提供にあたっては、レンタルとして毎月利用料を徴収するかたちで提供することで、イニシャルコストを抑え、生産物であるガスを中心としたエネルギーや肥料の売却益と利用料を相殺することで、さらに畜産・酪農家が負担する費用を少なくすることができます。

また、集合型については、プラント自体はその案件に合った仕様のプラントを選定し、当社がSPC（特別目的会社：Special Purpose Company）の組成をお手伝いしたり、O&Mを行っていくことで、新たなバイオガスプラントの構築が促進されていくと考えています。

このO&Mについては、個別型はもちろん集合型についても農場間の距離が離れているので、ICT、特にセンサなどIoTを活用して遠隔で集中的に監視を行うことで効率化とノウハウの蓄積を図ることができます。

◆今後の事業展開や抱負についてお聞かせください。

プラントの建設には10カ月以上を要する中で、会社設立から日が浅い当社としては、とにかく第1号のプラントを建設・稼働させ実績をつくることを優先的に取り組んでいます。北海道のみならず、全国的に展開していくつもりです。そのためにも実績は非常に重要な要素でもあります。

こうしたプラントを通じた農家とのお付き合いは、20年を超えるような長いものになります。農家の抱える課題は糞尿に限った話ではなく、広範にわたっています。一方、NTTグループや学術機関で進められている関連した研究

成果や、その他企業のソリューションについても、農家の課題解決に役立ちそうなものがあれば、それを次世代畜産・酪農ICTソリューションというかたちで農家に届けていきたいと考えています。

併せて、前述のバイオガスプラントを軸とした地域循環型のエコシステムを構築し、それを日本全国に展開していくことで地域の役に立つ会社になっていきたいと思っています。

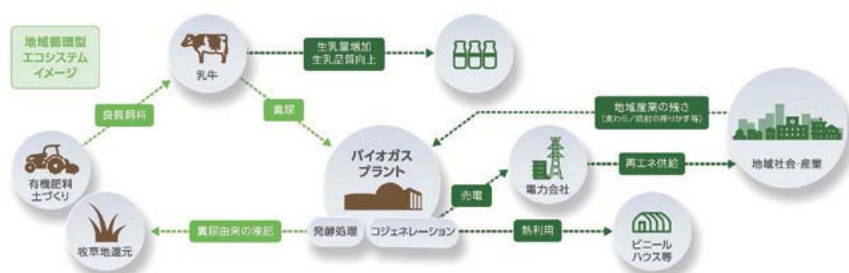


図 地域循環型エコシステムの構築

第1号のバイオガスプラント稼働による実績づくりへ邁進

事業開発部

千脇 健さん

◆担当されている業務について教えてください。

小さい会社なので、総務等の共通系業務も含めて担当しているのですが、メインはサービスの利用者となる畜産・酪農家の対応を行っています。

バイオガスプラントとそのサービスを紹介することで顧客開拓を行うのですが、バイオガスプラント自体が認知されていないことが多いので、ステップ1として、畜産・酪農家がどうかたちで仕事をしていて、



千脇 健さん

その中で糞尿処理の話や課題に関する話等のヒアリングをさせていただくところから始めます。ステップ2として、糞尿処理に関する課題にチューンしてその解決手段としてのバイオガスプラントを紹介します。ステップ3でバイオガスプラントの効用を説明するのですが、畜産・酪農家の仕事は人の稼働に依存する部分が多く、コストが可視化されていないことが多いため、その説明が必要になります。

こうした説明をとおして、ある種バイオガスプラントの啓蒙活動を行い、その先に成約、導入となり、建設におけるサポートや竣工後のO&Mと畜産・酪農家の皆様と長いお付き合いになっていきます。

このような流れの中で、地域活性化施策や補助金等の関係も発生してくるので、自治体への対応も出てきます。

◆ご苦労されている点を伺えますか。

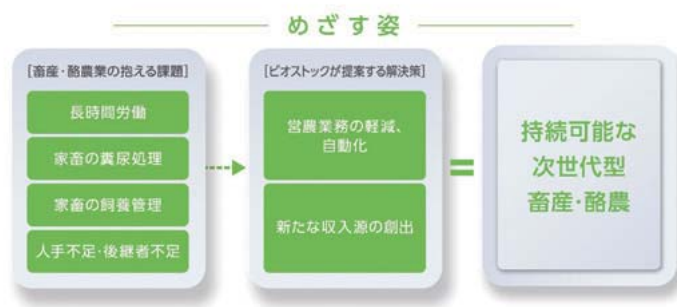
畜産・酪農家とのコミュニケーションに苦労しました。私にとってこの分野は初めてであり、畜産・酪農家の方々が日々の業務の中でどのようなことを行っているのか分かりませんでした。お話しいただいている中で出てくる単語も初めて聞くものがあつたりと、まさに1から始める感じでした。とにかく何回も畜産・酪農家にお伺いして、世間話も含めて話を聞いていく中で、畜産・酪農家の仕事や言葉の意味を理解できるようになりました。

その後、ステップ2のバイオガスプラントの紹介に入るところで、再びコミュニケーションの苦労が始まります。バイオガスプラントは北海道にはすでにいくつかの導入事例があり説明しやすいのですが、それ以外の地域には事例がほとんどないため、1度や2度の説明では理解していただけないこともあります。また、地域によっては農場の規模も異なり、さらにはプラントの対象が牛なのか豚なのか、同じ牛でも肉牛なのか乳牛なのかによって、仕様が異なってくることもあり、バイオガスプラントの紹介だけでも千差万別です。また、自治体との連携も必要なところもあり、こちらも地域差が激しく、バイオガスプラントそのものの説明に苦労するところもある一方で、プラントを中心にどう街づくりをしていくかまで話が出るところもあります。

これらについてパターン化ができれば良いのですが、まだ手掛けて時間が経っておらず事例が少ないので、とにかく畜産・酪農家と数多くお話をさせていただき、信頼を得ながら事例を増やしていくことが大切だと考えています。

◆今後の展望について教えてください。

ビオストックとして最初のバイオガスプラントを稼働さ



せることが当面の目標なので、それまではとにかく畜産・酪農家とコミュニケーションをとり続けていくことに注力しています。先例の紹介といっても、自社の事例を直接語ることであれば説得力が違います。これにより、バイオ

ガスプラントの全国展開を加速していきたいと思います。

ビオストック ア・ラ・カルト

■「新しい働き方」の先端企業

北海道帯広の本社をはじめ、札幌、東京、福岡に支社があり、数少ない社員が拠点分散しているうえに、畜産・酪農家訪問の出張もあり、日本全国に1人ひとりの社員が分散しているような状況です（写真2、3）。会社設立以来社員・役員が一堂に会することがほとんどないそうです。これを想定して、場所にとらわれない働き方をしようと、クラウドやWeb会議等をフルに活用しており、世の中でいわれている「新しい働き方」の先頭を切っている感じです。という話を伺っている最中に、その日は東京にいる社長にかかってきた電話には帯広の市外局番「0155」が表示されているのが見え、筆者は一瞬間食らってしまいました。さすがに社員の方は慣れた手つきで落ち着いて対応していました。まさにロケーションフリーです。

■「食」の追求で地域貢献

畜産・酪農家を訪問すると、その近くに必ず地元の畜産品や乳製品を扱っている店があるそうです。産地直送どころか産地そのものなので、とにかく美味しいとのことで、それをたくさん食べるだけではなく、土産品として段ボールで送っている社員もいるそうです。バイオガスプラントによる地域貢献だけではなく、個人のお金をしっかり地元に戻してこすることで、ビオストックのメンバー全員で地域貢献を実践しています。また、あまりに美味しいので自分たちだけのものにしておくわけにはいかないと、こうした産品を自社ブランド化して販売して地域貢献をしよう、という声も出ているとかいけないとか。



写真2



写真3



ITU-T SG13における将来ネットワークに関する標準化動向

ことう よしのり

後藤 良則

NTTネットワーク基盤技術研究所

ITU-T SG13は将来ネットワークの検討を担うITU-Tのグループです。スライス、機械学習を利用したネットワーク管理、量子鍵配送などさまざまなネットワーク技術の検討を行っています。ここではNGN（Next Generation Networks）以降の検討テーマの変遷、最近議論されているテーマなどを紹介します。

はじめに

ITU-T SG13はITU-Tに設置されている11のSG（Study Group）の中で将来ネットワークの要求条件、アーキテクチャの策定を担当するグループです。スライスや量子鍵配信など最新のネットワーク技術のコンセプト策定を推進しており、欧米、アジア諸国以

外にもアフリカ諸国からも積極的な参加があるなどグローバルなグループとして一定の存在感を示しています。かつてはNGN（Next Generation Networks）アーキテクチャの標準化で成果を挙げましたが、近年は学術的なテーマも議論されるようになり、学術と産業界との橋渡しの役割も担おうとしています。

将来ネットワーク技術の検討の経緯

SG13での将来ネットワーク技術のテーマの変遷を図1にまとめました。将来ネットワークを意味するFuture Networksが登場したのは2009年ごろです。当時はNGNの検討が一段落し、NGNの先のネットワーク構想が模索されていたころでした。将来ネッ

トワークの構想をまとめるためにFG（Focus Group）-Future Networksが設置され、検討結果は勧告Y.3001（将来ネットワークの設計指針）にまとめられました。勧告Y.3001はそれ自身が実装の対象となる技術仕様書ではないものの、サービス、データ、環境、社会的側面で重視している内容を将来ネットワークの主要な要件としてまとめたもので、従来の技術中心の標準化のあり方に一石を投じるものでした。他標準化団体、グループの活動においても参照される重要な文書です。

2015年にFG-IMT（International Mobile Telecommunication）2020が設置され、IMT-2020の非無線部分の検討が開始されました。FG-Future Networksは抽象的なコンセプトの議論でしたが、FG-IMT2020で

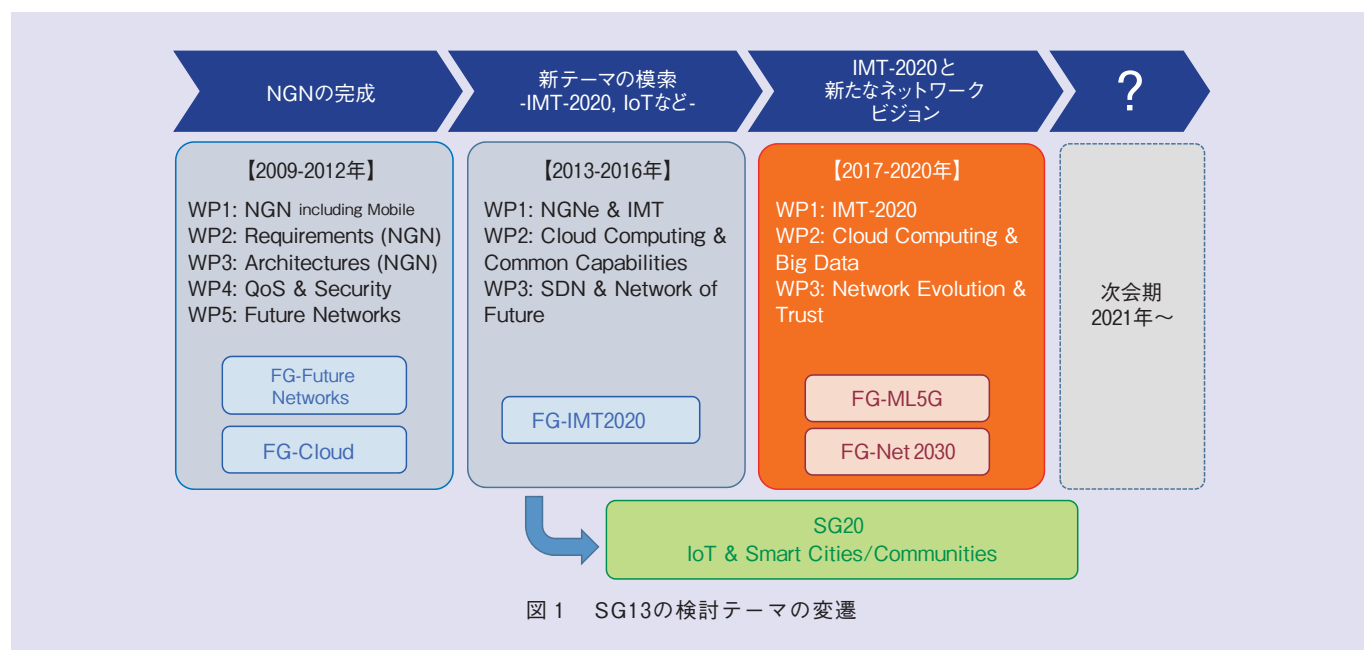


図1 SG13の検討テーマの変遷



はネットワークソフト化を中心に具体的な技術の検討を推進しました。IMT-2020は5G（第5世代移動通信システム）に相当するものですが、モバイルネットワークの標準化で中心的な役割を担っている3GPP（Third Generation Partnership Project）との重複を避けるために、1年間の慎重なギャップ分析を行ったうえで、学術的な観点で将来技術を検討するというアプローチをとりました。この活動は2016年から2020年の今研究会期においてWP1の各課題に引き継がれ、勧告Y.3150（ネットワークソフト化の技術的特徴）などの勧告にまとめられました。

5Gの商用目標時期である2020年が近づくとIMT-2020関係の検討も一段落し、現在はIMT-2020の先にある将来ネットワークのビジョンや技術の検討が進んでいます。SG13ではFG-ML 5GとFG-Net2030を設置し、それぞれAI/ML（Artificial Intelligence / Machine Learning）のネットワーク技術への応用や2030年を想定した将来ネットワークの検討を進めています。

最近の主なトピック

SG13で議論されている主なテーマを紹介します。

■ネットワークソフト化とIMT-2020

ネットワークソフト化は各種ネットワーク機能をソフトウェアにより管理、運用する技術です。図2にあるように基地局、フロントホール、コアなどネットワークの機能要素を仮想化し、これを組み合わせることでスライスを構成するという使い方が想定され

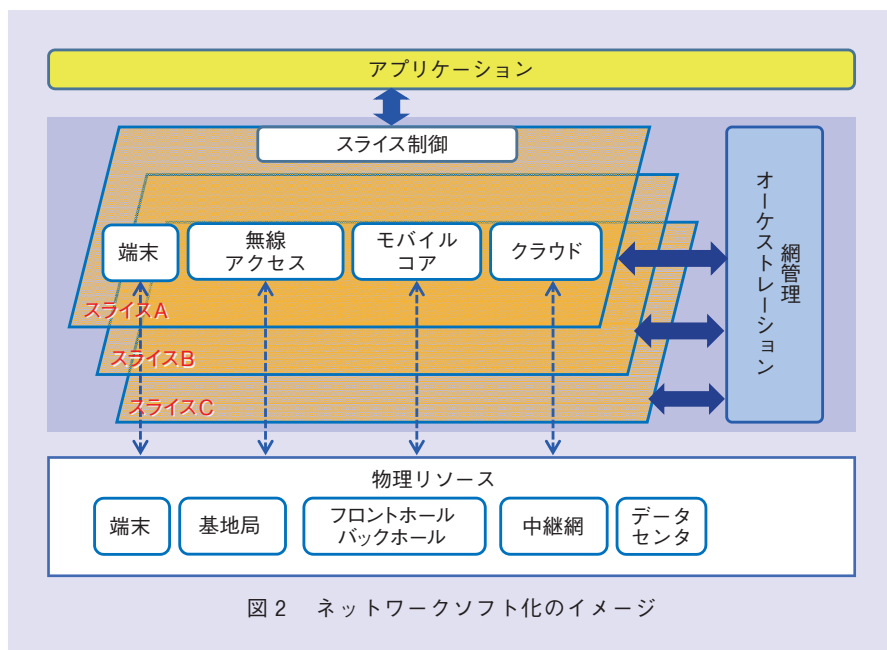


図2 ネットワークソフト化のイメージ

ています。スライスについては3GPPなどでも検討されていますが、SG13ではIMT-2020への適用を念頭に基本的なコンセプトを中心に検討しました。

ネットワークソフト化に関する国内の検討は5GMF（The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum）で行われ、ここでの検討結果を基に国内の有志により寄書がまとめられました。日本はネットワークソフト化の検討を行う課題21のレポートを担うなど本検討において終始主導権を確保しました。ネットワークソフト化の概要は勧告Y.3150、フロントホールを含むSDN（Software Defined Network）関係の詳細アーキテクチャは勧告Y.3151、スライス生成の効率化のための資源プールに関する詳細アーキテクチャは勧告Y.3154にまとめられています。

■クラウド

ITU-Tにおけるクラウドの検討は2010年に設置されたFG-Cloudに始まります。クラウドを含むコンピューティングに関する標準化はデファクト標準やフォーラム標準が中心でITU-Tのようなデジュール標準化機関が果たせる役割には疑問もありました。このためクラウドの検討においては他団体との連携を重視しており、頻繁にリエゾン文書のやり取りなどが行われています。参照アーキテクチャや用語定義についてはデジュール標準化機関にも一定の役割があると考えられ、ISO/IEC JTC1 SC38 WG3と連携グループを設置して合同で検討を行いました。これらの検討結果は勧告Y.3500（クラウドの用語）、勧告Y.3502（クラウドの参照アーキテクチャ）にまとめられています。

日本からはクラウドとネットワークの連携に注目し、複数のクラウドが連携するインタークラウドに注目して提



案を行ってきました。これは勧告 Y.3511（インターネットのフレームワーク）にまとめられています。

SG13でのクラウドに関する検討はクラウド上でのさまざまなサービス、特にビッグデータに関する検討に移行しています。現在のビッグデータは各プレイヤーがデータを囲い込むサイロ型の構成が中心ですが、データの収集、処理、提供などを複数のプレイヤーで分担し合う連携型のモデルを志向しています。これらはY.3600シリーズの勧告にまとめられています。

■AI/ML

SG13におけるAI/MLの検討は2018年に発足したFG-ML5Gで行われてきました。AI/MLには幅広い応用範囲がありますが、SG13は将来ネットワークのアーキテクチャを担当していることからネットワークの運用管理の

自動化を主なターゲットに検討を進めてきました。同様の検討は欧州電気通信標準化機構ETSI（European Telecommunications Standards Institute）でも行われていますが、適宜連携をとっています。FG-ML5Gは2020年7月に活動を終了し、成果文書をSG13に提出しました。成果文書の勧告化など今後の活動は課題20を中心に進めることになっています。

FG-ML5Gで検討されたMLの基本構成は勧告Y.3172（将来ネットワークにおける機械学習のアーキテクチャ）にまとめられています。これは図3にあるように機械学習をサンドボックスとパイプラインに分離しており、サンドボックスでシミュレータを使って学習させたのち、パイプラインで機械学習を運用するようになっています。

AI/MLは学習や分析に用いるデータの扱いとも深い関係にあり、ビッグデータを扱う課題17、18、19などとも連携して検討を進めることが期待されています。

■量子鍵配送

量子鍵配送は量子力学の原理を利用し、安全に鍵を配送できるシステムです。量子関連情報技術の中でも比較的技術的に成熟しており、各国で実証実験や初歩的な商用サービスが始まっています。SG13では2018年より課題16で量子鍵配送のためのネットワークとして検討を進めてきました。

量子鍵配送は光ファイバ中での伝送損失に弱く、長距離伝送が難しいという特性を持っています。伝送距離は最大でも100 km程度で実用的には数10 kmと考えられています。このため全国的なサービスを提供するためには

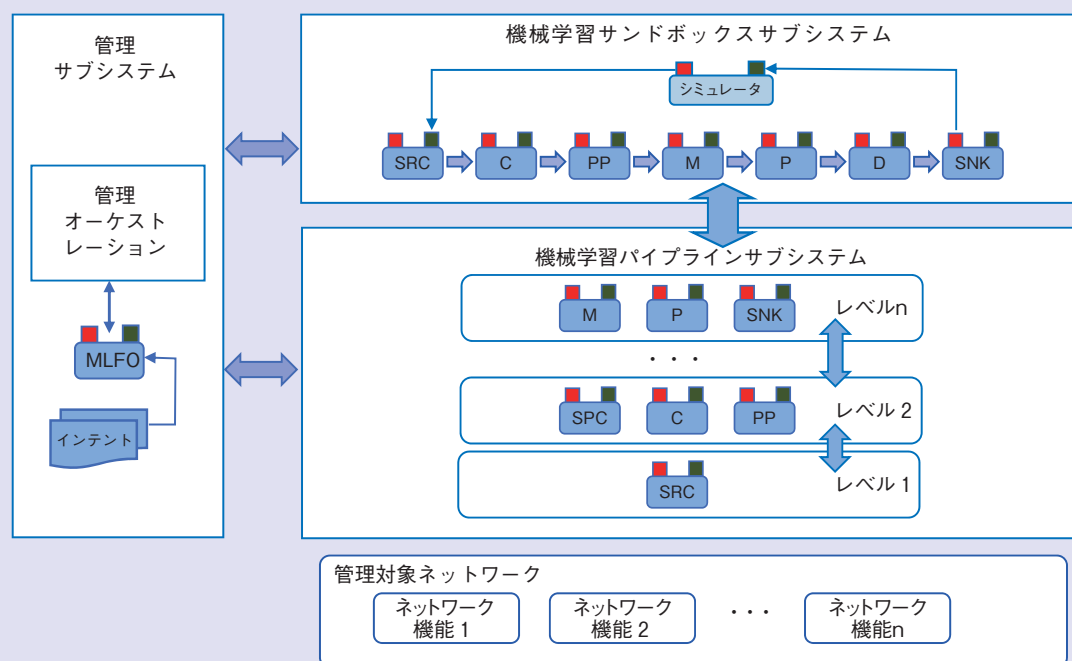
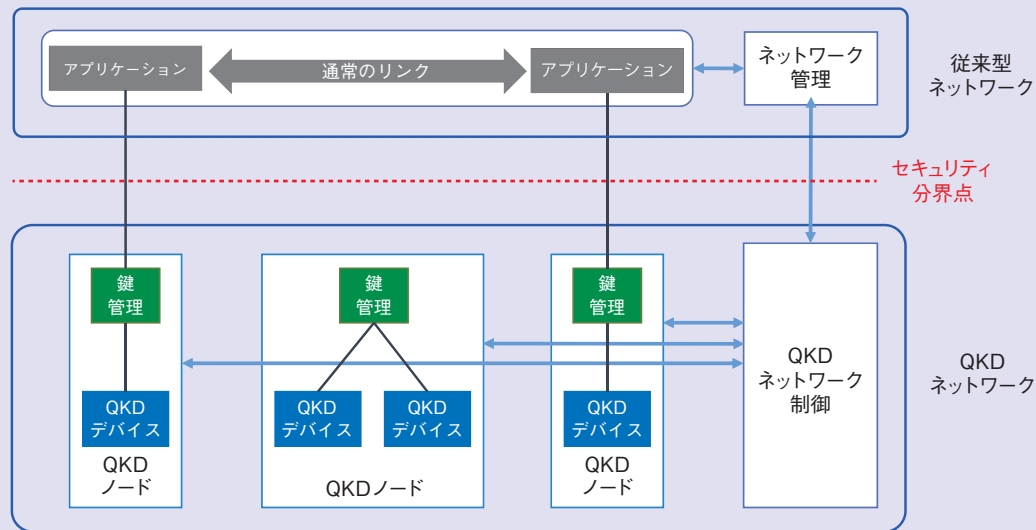


図3 Y.3172における機械学習のアーキテクチャ



QKD（量子鍵配送）：量子力学の原理により安全に秘密鍵を共有する仕組み、量子力学の原理を利用し、盗聴により系が乱されることでノード間の盗聴の存在を知ることができる暗号鍵の共有方式。数学的な計算の困難さに依存しないことから計算能力の強化による脆弱化の恐れのない高い通信の秘話性を提供できると考えられている。

図4 量子鍵配送ネットワークの構成

ネットワーク構成に工夫が必要と考えられます。SG13では図4にあるように通信キャリアのビル内のような入退室管理がされた安全な場所に中継ノードを設置することで安全性と広域なネットワークの形成を両立させることを想定しています。

量子鍵配送は大容量の通信が困難なので暗号鍵のような少量のデータのみを配送します。通信のコンテンツは従来型のネットワークで伝送することを前提としています。従来型のネットワークと量子鍵配送ネットワークの間のインターフェースは標準化においては重要な項目で今後勧告化が進められることになっています。

量子鍵配送ネットワーク以外の量子関連技術についてはFG-QIT4Nが設置されており、検討が進んでいます。

■Network 2030

中国企業からの提案により2030年を想定した将来ネットワーク構想Network 2030の検討を行うFG-Net2030が設置されました。ホログラム通信や触覚通信のなど2030年に想定されるユースケースやこれをサポートするために求められるネットワークの能力などが検討されました。この検討の中で“New IP”という新技術が提案されましたが、“New IP”という言葉はマルチステークホルダーアプローチによる既存のインターネット管理体制への挑戦ととらえる考えから、日本を含む西側諸国が一斉に反発しました。“New IP”は“Future Vertical Communication Networks”に名前を変え、2020年からの研究会期における課題設置の是非をめぐる議論が続いています。

まとめ

かつてはNGN標準化の中心地であったSG13ですが、NGN以降将来ネットワーク設計指針、スライス、AI/ML、量子鍵配送ネットワークとさまざまな新規テーマの模索が続いています。学術関係者との連携を深め、将来ネットワーク技術のコンセプト策定に一定の役割を担っています。今後は学術研究と産業応用の橋渡しをするような活動に発展させたいと願っています。

Focus on the News

世界初の無人運航船実証実験に向けた共同研究契約締結

NTTと株式会社MTIは、「Designing the Future of Full Autonomous Shipプロジェクト(DFFASプロジェクト)」を通じ、世界初となる韓轅海域での無人運航船実現に向けた実証実験を実施するため、共同研究契約を締結しました。MTIは無人運航船の実現に必要なシステムのコンセプト設計、関連技術開発・検討、NTTはIOWN（Innovative Optical and Wireless Network）構想における技術の適用検討、とそれぞれの強みを活かし、DFFASプロジェクトがめざす無人運航船がつくる未来の可能性の提示に向けて、共同研究開発に取り組めます。

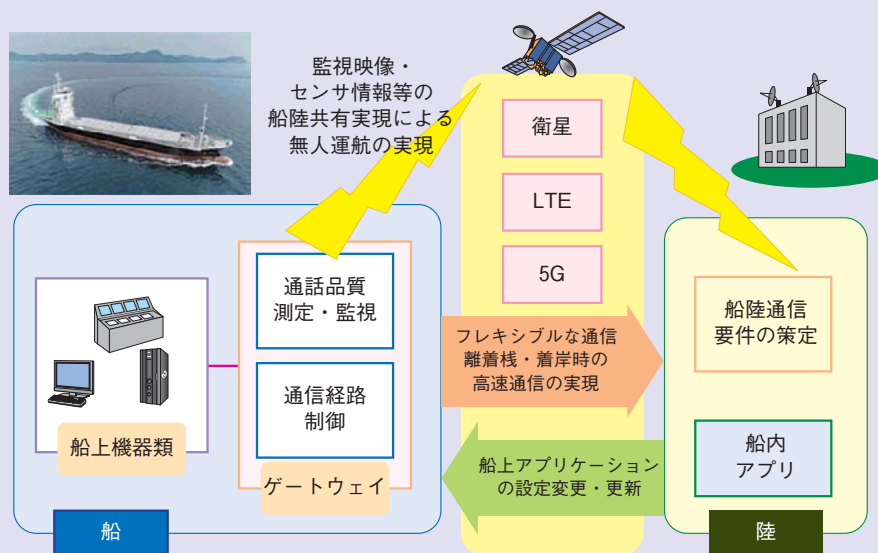
■背景と目的

近年、我が国の長期的課題の1つとして、インフラとして我が国の社会経済活動を支え、国内物流の約4割を占めている内航海運を担う船員の高齢化、人員確保の難

しさ、が挙げられており、地方経済や関連産業（造船・船用機器、保険等）におよぼす影響も大きいことから、国と業界が一体となってその解決に取り組んでいます。

船の無人化、自動化はこうした課題の解決策として期待されていますが、船陸間の通信環境整備や障害物を瞬時に避けることが難しいなどの技術面、開発への莫大な資金が必要などの経済面から、これまで無人運航船の開発はほとんど行われていませんでした。

一方で日本は、IoT、AIや画像解析技術をはじめ、世界的に高い技術を保持しており、これらの技術を持つ複数の民間企業が共同で技術開発を行うことで、無人運航船にかかる技術開発を飛躍的に進められる可能性があります。そこで、公益財団法人日本財団がハブとなり、2019年10月から「無人運航船の実証実験にかかる技術開発共同プログラム」の募集が行われ、NTT、およびMTIは、国内26社（2020年10月13日現在）で構成される



※ DFFASプロジェクトとは
日本財団が実施する「無人運航船 プロジェクト MEGURI 2040」
<https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/pr/2020/20200612-45056.html>
日本財団に採択された実証実験プロジェクト。



図 取り組みテーマイメージ

DFFASプロジェクトのメンバーとして採択されました。

無人運航船がつくる未来の可能性を世界に示すとともに、物流革命、および業界の発展を促進させることを目的に、自動運航船に関する技術を追い求める日本の海事産業企業・団体などとDFFASプロジェクトに参画し、日本財団の支援の下、NTTとMTIは、2025年までの本格的な実用化という目標に向けて、世界初となる無人運航船実現に向けた共同研究を実施します。

■取り組みの位置付け

無人運航船の実現にはさまざまな技術分野（操船、状態監視、通信など）が関連しますが、無人運航船の機能健全性（可用性）を担保し続けるために、新たな通信・基盤システムの設計・開発が重要となります。

NTTとMTIは、2017年より、船舶の安全性・経済性の追求および国際的な競争力の強化のため、海事産業のイノベーション創出をめざし、両社の持つ技術、および研究開発成果を組み合わせた共同実験に取り組んできました。

安全航海達成のための自律船の取り組みに関して

中村 純 / 柳原 智哉 / 西山 尚材 / 牧山 宅矢 / 柴田 隼吾
株式会社MTI 船舶物流技術グループ 自律船チーム

担当者 紹介

日本郵船（NYK）グループでは、世界中で自動車運搬船や、ばら積み船、LNG運搬船など750隻以上の船舶を運航し海運・物流サービスをお客さまに提供しています。それらの事業の根幹となっているものは、“安全”であり、安全より重要なものは存在しないという認識で日々の業務に取り組んでいます。一度事故を起こしてしまうと、お客さまからお預かりした荷物に損害を与えてしまうだけでなく、人的被害や、船舶油濁などの大きな環境破壊など、取り返しのつかない影響を及ぼしてしまいます。

私たちの船舶運航における“安全”への取り組みでは、自律船舶の研究開発を2015年より進めています。これは、6～9カ月ほど続けて乗船する外航船員の労働負荷の軽減と、船舶衝突事故の防止を目的としており、外航船の“無人”自律船舶開発を目標に据え、船員の航海見張り業務を支援するための衝突リスク判定装置の開発や、陸上からの遠隔操船支援システムの開発に取り組んで参りました。

このたび、日本財団の「MEGURI2040プロジェクト」の中では、内航船舶における“無人”自律船の開発に取り組むことになりました。これは、日本海運業界全体としての“安全”運航実現をめざし、25社を超える企業とコンソーシアムを組み、2022年初頭の無人自律船舶の実証実験に向け取り組んでいます。

NTTグループとの協業では、この自律船における船と陸上との通信環境の効率化・安定化に取り組んでいます。船と陸との通信環境は、陸での通信環境に比べると、かなり低速で安定しない環境であるため、遠隔地から操船を実施するために必要なコンパス、レーダー等のセンサ情報や映像情報を安定的に通信するには難しい環境です。そのような環境を改善し、安全な自律船運航を達成すべく船内および船陸間通信を改善し、お客さま、乗組員皆がハッピーになる未来に向け頑張っています。



（左から）安藤英幸、牧山宅矢、柴田隼吾、中村純、柳原智哉、西山尚材（2020年9月30日現在）

た。その船舶運航向けの通信技術・経験を活かし、無人運航船の開発に貢献するため、共同研究契約を締結することとなりました。

■研究テーマの概要

本共同研究・実証実験において、NTT、およびMTIは以下の3つの技術開発のテーマに取り組みます。DFFASプロジェクトをIOWNの将来ユースケースの1つととらえ、必要な要件の洗い出しと技術的課題の解決に取り組みます。

- ① 船舶向けコンテナ配信技術：衛星回線の狭帯域環境でのコンテナ技術とOTA（Over The Air）技術の実用化
- ② 船上、および船陸間の通信制御技術：SDN（Software Defined Network）による通信制御で

のネットワークの可視化と運用性の向上

- ③ 船陸間の無線通信・端末技術：船舶向け5G/LTE技術の適用、衛星・モバイルのハイブリッド技術など

■今後の予定

2025年までの本格的な実用化という目標に向けて、2021年度の実証実験の成功をめざし、通信・基盤技術の検討・検証、搭載装置の設計・開発等を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTT 広報室

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

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2006/200619a.html>

無人運航船の実現に向けて

朝日 大地

NTTソフトウェアイノベーションセンタ 第三推進プロジェクト

研究者
紹介

NTTはエッジコンピューティング等のIoT関連の先端技術を通じたパートナーとのコラボレーションを推進してきました。MTI様とはこれまで次世代の船舶IoTプラットフォームの研究開発を共同で行っています。そこでは、より安全かつ環境にやさしい船舶運航をめざして、船舶に搭載されているエンジンや航海機器のデータ活用に取り組んできました。その取り組みの中でNTTは、保守・メンテナンス効率の改善を目的に、船内で動作するアプリケーションを遠隔から追加、更新する等の遠隔管理技術の研究開発を行い、実船での実証実験も実施しました。

今回の共同研究では、NTTは無人運航船の運航を支える通信・基盤システムに取り組みます。陸上と比較すると海上は通信が不安定であり、より細かな通信制御が必要となります。また、貨物を輸送する船舶は港に停泊する時間が短く、一度出航すると長期間海上にいる等の特徴があり、直接訪問して作業することが困難です。そのため、遠隔からシステムを監視・管理できることが重要になります。

海上輸送は日本の輸出入の大部分を占める、生活を支える大事な役割を担っています。一方で、船員の高齢化や特殊な勤務形態等による船員不足の課題を抱えています。無人運航船はその解決手段として期待されており、この共同研究を通して日本の海運・海事産業の発展、より良い社会の実現に貢献していきたいと思っています。



光のトポロジカル特異点の生成手法を発見

NTTは、東京工業大学（東工大）と共同で、フォトニック結晶を変形させるという簡単な手法により、光のトポロジカルな特異点を自在に生成・制御できる手法を世界で初めて理論的に明らかにしました。本成果はレーザーの偏光状態や出射方向の制御に利用可能で、光のトポロジカルな性質を利用した新しい光制御の可能性を示すものと期待されます。

本成果は2020年7月30日（米国時間）に米国科学雑誌「フィジカル・レビュー・レターズ」のオンライン版に公開されました。

なお、本研究の一部は独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成金の助成を受けて行われました。

■研究の背景

トポロジーとは、物体に開いた穴の数のように、伸長や縮小などの連続変形では変わらない幾何学的な性質を扱う概念です。この性質は構造が持つトポロジカル数と呼ばれる数で規定され、穴の数はその一例です。この数で決定される性質があれば、形状の連続変形に影響を受けない強固な性質となります。この概念を固体中でバンド構造を組む電子に対して適用し、波数空間における電子の波動関数のトポロジーがさまざまな新しい物理現象を導くことを示した業績に対して2016年にノーベル物理学賞が与えられ、トポロジカル絶縁体をはじめとする新しい物質相や新奇な物理現象が発見されています。最近になり、このトポロジカル物性は固体中の電子だけでなく、フォトニック結晶と呼ばれる誘電体周期構造中の光においても発現することが判明し、光のトポロジカルな物性が次々に見つかっています。この分野はトポロジカルフォトニクスと呼ばれ世界的に活発に研究されています。

光のトポロジカルな現象の1つとして、光トポロジカル特異点と呼ばれるものがあります。これは光の偏光状態が決めるトポロジカル数によって発現する状態で、特にトポロジカル数が整数の時にはBound state in the continuum (BIC)と呼ばれる特殊な状態が実現します。BICとは、本来閉じ込められないエネルギー領域にある波動が空間的に束縛されて閉じ込められる状態のことで、

1929年からその存在が予言されていましたが、近年BICがフォトニック結晶中の光トポロジカル特異点として現れることが分かっています。光のBICは、普通ならフォトニック結晶の外に光が漏れ出てしまうはずの周波数領域で、結晶の中に閉じ込められたモードとして出現します。

フォトニック結晶において、面に垂直方向に光が出てこられない自明なBIC（垂直方向BIC）が存在することは以前より知られていましたが、最近になり斜め方向に光が出てこられない非自明なBIC（斜め方向BIC）が存在することが分かり、新奇な光閉じ込め方法として注目されています。このBICモードに利得を与えるとレーザー発振が可能であり、閉じ込め方向にレーザー光が出射されることが知られています。これまでに、垂直方向の自明なBICを用いたレーザー発振が実現されています。また、斜め方向の非自明なBICでは斜め方向にレーザー発振可能であり、かつ発振する角度を変更可能であると考えられています。さらに、斜め方向のBICは、閉じ込めモードであるにもかかわらず面内に有限な群速度を持つなどの新奇な性質を持っており、広く興味を持たれて活発な研究が行われています。

ところが、これまで発見された非自明な斜め方向BICは、ある構造条件で偶然発現するものしか知られておらず、その生成メカニズムは不明で、計画的に生成できる手法は知られていませんでした。つまり、実際に数値計算を行ってみないと非自明BICが存在するかどうか分からず、またフォトニック結晶の穴の大きさ・厚さ・屈折率などの構造パラメータをどのように調節すれば非自明BICが生成できるか明らかにされておらず、非自明なBICを実現する決定論的な手法が存在しませんでした。

■研究の成果

今回NTTと東工大は、フォトニック結晶を変形して対称性を変化するという非常に簡単な方法で、非自明なBICとなる光トポロジカル特異点を必ず生成できる方法を、世界で初めて見出しました。本成果では、誘電体薄膜に丸い穴が三角格子状に周期的に開けられたフォトニック結晶を用いますが、この構造はトポロジカル数が-2の自明なBIC（垂直方向BIC）を持つことが知られています（図中央）。この構造を図のように横方向または縦方向に引き

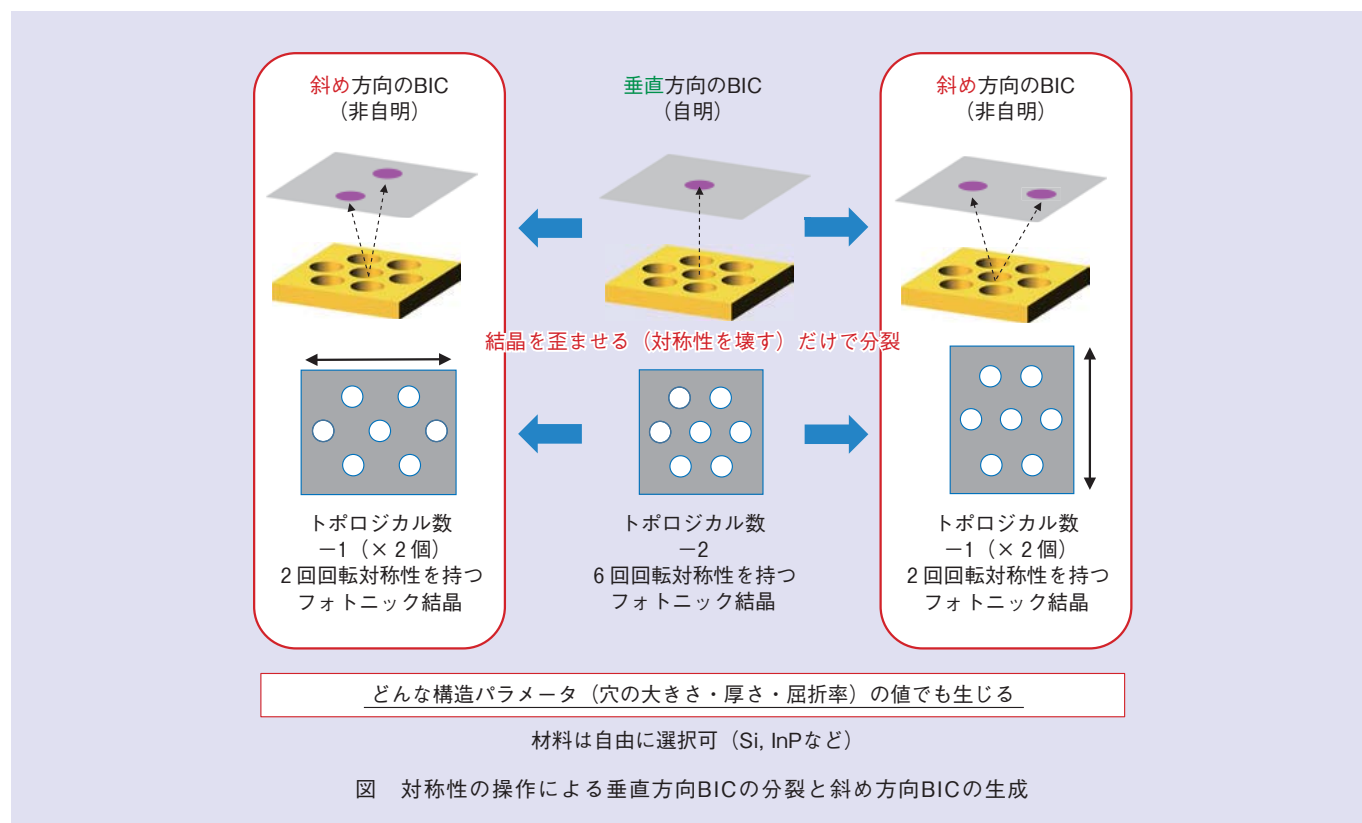
延ばすことによって、トポロジカル数が -2 の自明な垂直方向BICが2つに分裂して、トポロジカル数が -1 の非自明な斜め方向BICが対で生成されることを理論的に示しました（図左右）。また、フォトニック結晶の穴の形状を丸から三角形に変形することによって、トポロジカル数が半整数となり円偏光モードとなる別種のトポロジカル特異点を生成することも発見しました。これらの操作は、元々6回回転対称性を持っていた三角格子結晶の対称性を壊すことに相当し、2回回転対称性になると斜め方向BICが発現し、3回回転対称性になると円偏光モードが発現します。またこれらトポロジカル特異点をレーザ等の光デバイスに応用した場合、光出力の方向は変形の度合いによって可変となります。つまり構造の対称性の簡単な操作により、さまざまなトポロジカル特異点を自由に生成・消滅でき、その方向や偏光の特性を制御できるこ

とを示しています。

従来の手法では、非自明な斜め方向BICは、フォトニック結晶を構成する材料の屈折率に応じて構造パラメータが特定の領域にある場合のみしか存在せず、フォトニック結晶の構造を調節する必要がありました。それに対し、今回の手法では材料の屈折率や構造パラメータの値によらず、6回回転対称性を持つ構造に変形を加えることで必ず非自明なBICが生成可能となるため、幅広い材料に対して自在に光トポロジカル特異点を形成することが可能となります。

■今後の展開

本手法を用いることで、非自明な斜め方向BICを幅広い材料や構造に対して容易に生成できることになるため、非自明なBICに基づく物理現象探索やデバイス応用に貢献できると考えています。特に、化合物半導体等の光利



得を持った材料に対して本手法を適用することによって、出射方向やトポロジカルな性質に起因する特殊な偏光状態を自在に制御できるレーザなどの発光デバイスが実現できると考えられ、フォトリック結晶のトポロジカルな性質を反映した光出力を自在に制御できる新しい光制御デバイスの可能性も期待できます。

◆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/news2020/2007/200731a.html>

光の新たな性質の利用に向けて

養田 大騎

NTT物性科学基礎研究所

フロンティア機能物性研究部 フォトリックナノ構造研究グループ

研究者 紹介

「トポロジカルフォトリックス」と呼ばれる研究分野は、現在世界中で活発に研究されている新しくホットなトピックです。バンド構造のトポロジカルな性質は物性物理学の分野で端を発し、2016年のノーベル物理学賞の対象の1つにもなっていますが、トポロジカルフォトリックスはそのトポロジカルバンド理論をフォトリック結晶に応用した分野です。本研究の面白さの1つは、単なる物性物理の光学系への拡張ではなく、バンド構造と光の偏光（ベクトル性）に関する2つのトポロジカルな性質が融合している点にあると思います。光の偏光という電子にはない性質とバンドトポロジーの関係に特に興味を持ち研究を始めました。本研究ではそういった光のトポロジカル特異点をフォトリック結晶の対称性を操作することにより簡単かつ確実に制御する方法を新たに提案しました。

今回の成果は理論予測ですが、今後は実際にフォトリック結晶を作製し、本成果の実験的な実証に取り組んでいく予定です。トポロジカルフォトリックスの分野にはまだまだ理論的に分からないことが多く存在し、かつそれらの応用に関してはまだまだ提案されておりません。抽象的で取っ付きにくい分野だと思いますが、基礎的な理論研究から光デバイスへの応用など幅広く研究を行い、新たなアイデアを提案することでこの分野の発展に貢献できれば幸いです。



Focus on the News

テラヘルツセンシングに適用可能な500 GHz帯20 dB利得の増幅器ICを実現

NTTは、増幅器の周波数を制限する要因となっていたトランジスタの寄生容量成分をインダクタ成分で中和する中和回路を500 GHz帯で初めて増幅回路に適用し、500 GHz帯での20 dBの高利得増幅器ICの実現に成功しました。

500 GHz帯は、テラヘルツ波として知られる高い周波数帯の1つであり、センシングなどへの適用が期待されています。マイクロ波やミリ波よりも高いこの周波数帯を利用するためには、高い利得を持つ増幅器ICの実現が期待されていました。

NTTは、独自の中和回路技術を適用した500 GHz帯増幅器ICをInP（インジウムリン）-HEMT（High Electron Mobility Transistor）で実現し、20 dBの電力増幅率（利得）を確認しました。現在まで報告されている500 GHz帯増幅器ICの2.5倍の利得であり、台風や集中豪雨などの気象予報精度の向上につながる技術として期待されます。

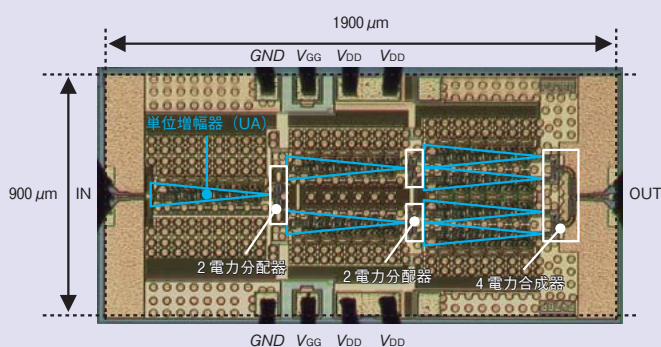
す。本技術の詳細は、米国時間2020年8月4日からインターネット上でオンライン開催された国際会議IEEE IMS 2020（IEEE International Microwave Symposium）に新設のLate Newsにて発表しました。

■研究の背景

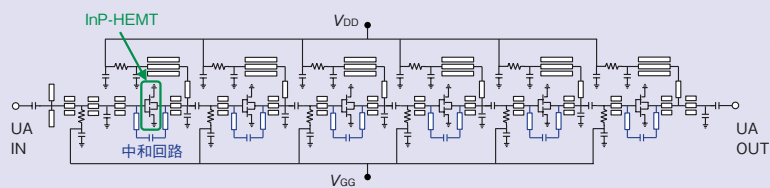
500 GHz帯を含むテラヘルツ波は、他のシステムや他の自然放射波との干渉が少ない周波数帯域であり、水蒸気や酸素の濃度を正確に把握可能な電気的特性を持っているため、既存の気象観測の利用周波数（7 GHz-80 GHz）に加えて観測に利用することにより、台風や集中豪雨などの気象予報精度の向上が期待されています。

■研究の成果

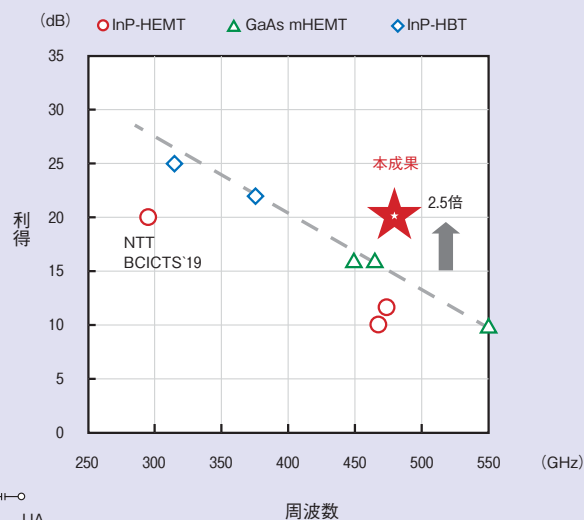
今回、独自の中和回路技術を適用した500 GHz帯増幅器ICをInP-HEMTで実現し、20 dBの高利得の増幅器ICの実現に成功しました（図）。これまでに報告されている



(a) 今回設計・試作した500 GHz帯増幅器



(b) 中和回路を用いた単位増幅器 (UA)



(c) 増幅器ICの周波数vs利得

図 500 GHz帯増幅器ICと本成果位置付け

500 GHz帯増幅器ICの2.5倍の利得であり、台風や集中豪雨などの気象予報精度の向上につながる技術として期待されます。

■今後の展開

本増幅器ICは、これまで世の中で実現が困難であった、500 GHz帯での信号増幅を20 dBの高利得で実現できるので、センシングだけでなく、イメージングや大容量無線通信等さまざまな分野での活用が期待されます。本技術を深化していくことにより、人々の生活の安心・安

全、豊かさ、便利さを向上させ、人類の未来に希望を与える科学技術の進展に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTT先端技術総合研究所

広報担当

TEL 046-240-5157

E-mail science_coretech-pr-ml@hco.ntt.co.jp

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2008/200805a.html>

困難な課題へのチャレンジによる技術力向上をめざして

濱田 裕史

NTT先端集積デバイス研究所

光電子融合研究部 高速アナログ回路研究グループ

研究者
紹介

電磁波は、携帯電話やWi-Fi等の無線通信への応用だけでなく、車載レーダや空港で使われているミリ波スキャナーなどの、物体を検知する“センシング”への応用が可能です。今回実現した500 GHz増幅器は、水蒸気や分子のセンシング機器への適用を想定したものです。500 GHz帯は、その周波数の高さから、センシング応用時の空間分解能を高くできること、水分子と酸素分子を同時に検知可能であることが知られています。これらの性質を利用して、気象観測における台風・集中豪雨の予報精度向上や、宇宙空間における水資源探索などへの応用が考えられています。500 GHz増幅器は、これらを実現するためのセンシング機器の、基本構成要素の1つです。

500 GHzという超高周波帯は、これまで私たちが扱ったことがない周波数帯だったこともあり、増幅器実現にあたり、いくつも課題がありました。特に大きな課題は、私たちの持つトランジスタ（InP-HEMT）の通常の設計では、500 GHzは信号増幅率（利得）を大きくすることが困難である、というものでした。そこで、“中和回路”という、トランジスタの高周波性能を大きく引出すための回路を新たに取り入れることで、何とか20 dB（100倍）の大きな利得を実現できました。

研究開発に限らず、どのような仕事でも同じかと思いますが、これまでに実現されていないこと、まだ試したことがないことにチャレンジすることは、うまくいくかどうか分からないところがあり、不安である反面、そこに大きな面白さ・やりがいがあります。また、手探りで試行錯誤を進めることで、多くの新たな知見を得ることができます。これらの知見を積み上げていくと、いつしか、他者にはなかなか追従できない“技術”という大きな競争力の源泉ができあがります。今後も、困難にチャレンジし続け、NTTの、ひいては日本の技術力向上に貢献していきたいと考えています。



300 GHz帯無線トランシーバの省電力化に成功

東京工業大学とNTTの研究グループは、5G（第5世代移動通信システム）で用いられる28 GHz帯の10倍高い周波数である300 GHz帯を用いる超高速無線通信トランシーバの開発に成功しました。

この無線トランシーバは、34 Gbit/sの高速な無線通信を、送信・受信合わせて、わずか410 mWの低消費電力で実現できます。新たに考案した高利得なミキサ回路を採用することで、安価で量産が可能なシリコンCMOSプロセスによる製造を可能としました。

低コスト化・省面積化・低消費電力化が達成できたことにより、スマートフォン等のモバイル端末への搭載が可能となりました。5Gの次の世代の無線通信システムの実用化を加速させる成果です。

研究成果の詳細は、2020年8月4日（米国太平洋時間）にオンライン開催された国際会議IMS 2020「International Microwave Symposium 2020」で発表しました。

■開発の背景

2020年3月に国内で5Gのサービスが開始されました。その一方で、早くも5Gの次の世代の無線通信に関する

研究が活発に行われています。より高速・大容量な無線通信を実現するために、5Gにおけるミリ波帯よりもさらに10倍以上高い周波数帯である300 GHz帯の利用が期待されています。

5Gでは一般に28 GHz帯の周波数を用いることで最大10 Gbit/sの通信速度を実現可能です。そこからさらに周波数を上げ300 GHz帯を用いることにより、利用できる通信帯域幅を増やし、最大で300 Gbit/sを超えるような無線通信も夢ではなくなってきました。300 GHz帯無線機の早期実用化に向け、小型・低コスト化、そして将来モバイル端末にも搭載できるような省電力化技術が強く求められています。

■研究成果

本研究では、新たに高利得なミキサ回路を考案することで、シリコンCMOSプロセスにおいても、省面積かつ低消費電力で動作する無線トランシーバの開発に成功しました（図）。送信機、受信機ともに新たに開発したミキサ回路を用いることで、アンテナとミキサの間に増幅器を搭載することなく、無線通信に必要な高い信号対雑音比（SNR: Signal-Noise Ratio）を実現できます。

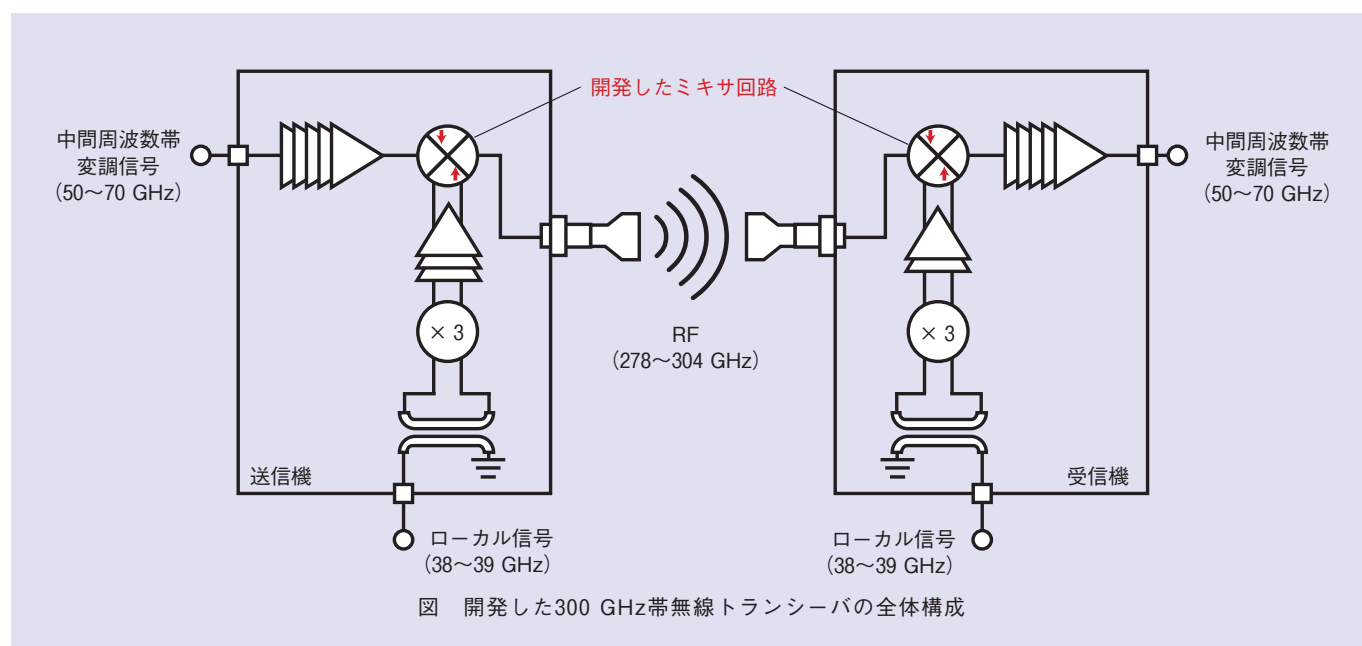


図 開発した300 GHz帯無線トランシーバの全体構成

従来のミキサでは、中間周波数帯の変調信号と周波数変換に用いるローカル信号を同じ端子から入力しているため、トランジスタの電圧電流変換の非線形性を利用する方式で周波数変換を行っており、ミキサ回路の利得（電気回路における入力と出力の比）の向上が困難でした。また両方の信号に対してインピーダンス整合をとる必要があるために中間周波数とローカル信号周波数を同じ周波数帯にする必要があり、変調波信号とローカル信号双方に対して100 GHzを超える増幅器が必要でした。

増幅器の消費電力は周波数に応じて増大するため、このことが、従来の無線トランシーバの大きな消費電力の

一因となっていました。今回、新たに変調信号とローカル信号を異なる端子から入力するようなミキサ回路構成を考案しました。このような構成により、トランジスタのスイッチングを利用する方式で周波数変換が可能になり、従来よりもミキサ回路の利得を約2倍向上させることに成功しました。また本方式では、中間周波数は100 GHz以下に設定することができるため、消費電力を大幅に削減することが可能となります。

開発した300 GHz帯無線トランシーバをシリコンCMOS 65 nmプロセスを用いて試作を行い300 GHz帯における無線通信特性の測定評価を通して提案技術の有

ミリ波無線通信による豊かな社会をめざして

岡田 健一

東京工業大学 工学院 電気電子系

研究者
紹介

日常生活で携帯電話が利用され始めてから30年が経とうとしていますが、5G（第5世代移動通信システム）のサービスが開始され、従来よりも10倍以上高い28 GHzのミリ波帯の周波数が無線通信に利用されようとしています。将来の6G、7Gに向けて、これをさらに10倍高くしたテラヘルツ帯での無線通信に関する研究開発が世界中で活発化しています。社会インフラとしての無線通信技術は、コロナ禍でその重要性が再認識されており、スマートフォン等で用いだけでなく、自動運転・ドローン配送、衛星通信、スマートシティなどの社会インフラシステムの一部として組み込まれることで、その価値の向上が期待されています。また、移動体通信の総トラフィック量自体も年率1.3~1.4倍で増加しており、それを支えるための光通信網の大容量化に合わせ、無線通信にも高速・大容量化が求められています。

ミリ波帯（30~300 GHz）やテラヘルツ帯（300 GHz~3 THz）を無線通信に利用することで、大幅な通信速度の向上が期待できますが、一方で通信距離を伸ばすのが難しいことが弱点として挙げられます。その弱点を補うために必須なのが、フェーズドアレイ技術です。多数のアンテナを制御することで、そのアンテナ数に比例して送信距離を伸ばすことができます。このようなフェーズドアレイの実現には、位相や振幅の高精度な制御が必要であり、デジタル回路との混載が可能なCMOS集積回路による実装が必須となっています。一方で、CMOS技術では300 GHz以上での増幅器の実現が難しく、これがテラヘルツ帯での無線通信の実用化を阻害している原因になっています。

本執筆者はこれまでに60 GHz、100 GHz、28 GHz、39 GHz帯等のミリ波フェーズドアレイ無線機をCMOS集積回路として実現する方法について研究開発を行ってきましたが、2014年からはNTT先端集積デバイス研究所との共同研究を行い、500 GHz以上の増幅器実現が可能なInP技術と、高集積化が可能なCMOS技術を組み合わせた新たなテラヘルツ帯無線機の実現について研究を行っています。これまでに120 Gbit/sの通信速度を実現しており、最終的には500 Gbit/s以上の通信速度を無線で達成することを目標に研究を進めています。



効性を確認しました。トランシーバは、IEEE（米国電子電気学会）802.15.3dの無線規格において規定されるスペクトルマスクを278 GHzから304 GHzの周波数において満たしており、QPSK（Quadrature Phase Shift Keying）から16QAM（Quadrature Amplitude Modulation）の変調方式に対応可能です。

最大の通信速度は34 Gbit/sであり、そのときの消費電力は、送信機・受信機合わせて410 mWとなり、シリコンCMOSの300 GHz帯トランシーバの先行研究に対して4分の1以下の省電力化を達成しました。また複数のトランシーバを用いた電力合成を必要とせず、1系統のトランシーバのみで構成できるため、チップ面積はトランシーバ全体で3.8 mm²と省面積で実現できました。

■今後の展開

今回開発した300 GHz帯無線トランシーバは、シリコ

ンCMOSプロセスを用い、省電力化および省面積化を実現しました。省電力化は無線機の小型化、さらにはモバイル端末への搭載を可能にし、CMOSプロセスによる省面積な無線ICは、無線機の低コスト化につながります。本研究成果を基に、さらなる高速化を図り、次世代の100 Gbit/sを超える超高速・大容量な300 GHz帯無線通信の実用化をめざして開発を進めていきます。

◆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/news2020/2008/200805b.html>

人々の生活を豊かにする科学技術の進展をめざして

野坂 秀之

NTT先端集積デバイス研究所

光電子融合研究部 高速アナログ回路研究グループ 主幹研究員

研究者 紹介

5G（第5世代移動通信システム）のサービスが日本でも開始されましたが、すでに5Gの先（Beyond 5G）を見据えた無線通信技術の検討が世界各国で始まっています。より高速・大容量の無線通信を実現するために、5Gで使われる28 GHz帯よりも10倍以上高い周波数である300 GHz帯の利用も期待されています。

NTTは2014年から東京工業大学工学院岡田健一教授の研究グループと共同研究を進め、NTTのInPによる超高速IC技術と、東工大のCMOS集積回路技術をベースに、小型・低消費電力の300 GHz帯無線トランシーバの研究開発に取り組んでいます。InPの広帯域・低雑音・高線形性の特長と、CMOSの高機能・高集積・低消費電力の特長を掛け合わせ、さらに高周波帯での低損失な実装技術を創出することにより、これまで人類が使えなかったテラヘルツ帯と呼ばれる周波数帯の開拓と、無線トランシーバの技術確立を進めています。

テラヘルツ帯を利用して高速・大容量無線通信システムを実現するためには、無線伝搬距離の延伸や、多重技術の併用など、さまざまな課題を解いていく必要があります。今後は、ビームフォーミング技術やMIMO（Multiple Input Multiple Output）伝送技術との融合を図り、数100 Gbit/s以上の無線通信システムの実用化をめざします。2030年ごろのBeyond 5G時代にIoT、AI、ロボットなどの新しい社会インフラの基盤となっていることを夢に描きつつ、人々の生活を豊かにする科学技術の進展に貢献していきます。



Focus on the News

ガラスやアクリル板越しに会話できる「ウインドウトーク」の開発

NTTは、音響信号処理技術により、自動車や建物の窓越しであっても、窓がないかのように会話ができる「ウインドウトーク」を開発しました。本技術を活用することで、窓を閉めたまま、感染リスクを抑えたコミュニケーションを実現します。2020年9月より、実証実験を実施し、早期の商品化をめざしていきます。

■背景・経緯

新型コロナウイルス感染症対策として、飛沫感染を防止するため、発熱外来等の医療現場や飲食店・商店等の現場において、ドライブスルーなどを活用したできるだけ互いに隔離した環境でのコミュニケーションニーズが高まっています。感染リスクを抑えるには、窓を完全に閉めたまま、会話することが望まれますが、音声が減衰するために、聞き取りづらくなることが課題でした。

NTTでは、これまでの音響信号処理技術を活用し、簡易な機器構成で、窓越しに会話することを可能とする技術の開発に着手してきました。

■技術の概要

受話器型の機器を窓に押し当てることで、機器内蔵の振動素子（エキサイター）が窓を振動させ、機器に接続されたマイクで集音した話者音声を窓越しの相手に伝えます（図）。窓越しの相手の音声は機器内蔵の振動ピックアップ（マイク）により集音し、機器につながったイヤホンで聞くことができます。通常は、振動素子から振動ピックアップへ窓を直接伝搬するエコー振動が発生し、集音したい相手の音声以外のノイズとして混入するため、会話することが困難となります。本技術では、エコーキャンセラ技術を改良することで、エコー振動を音響信号処理により抑圧し、相手音声だけを通すことができ、窓越

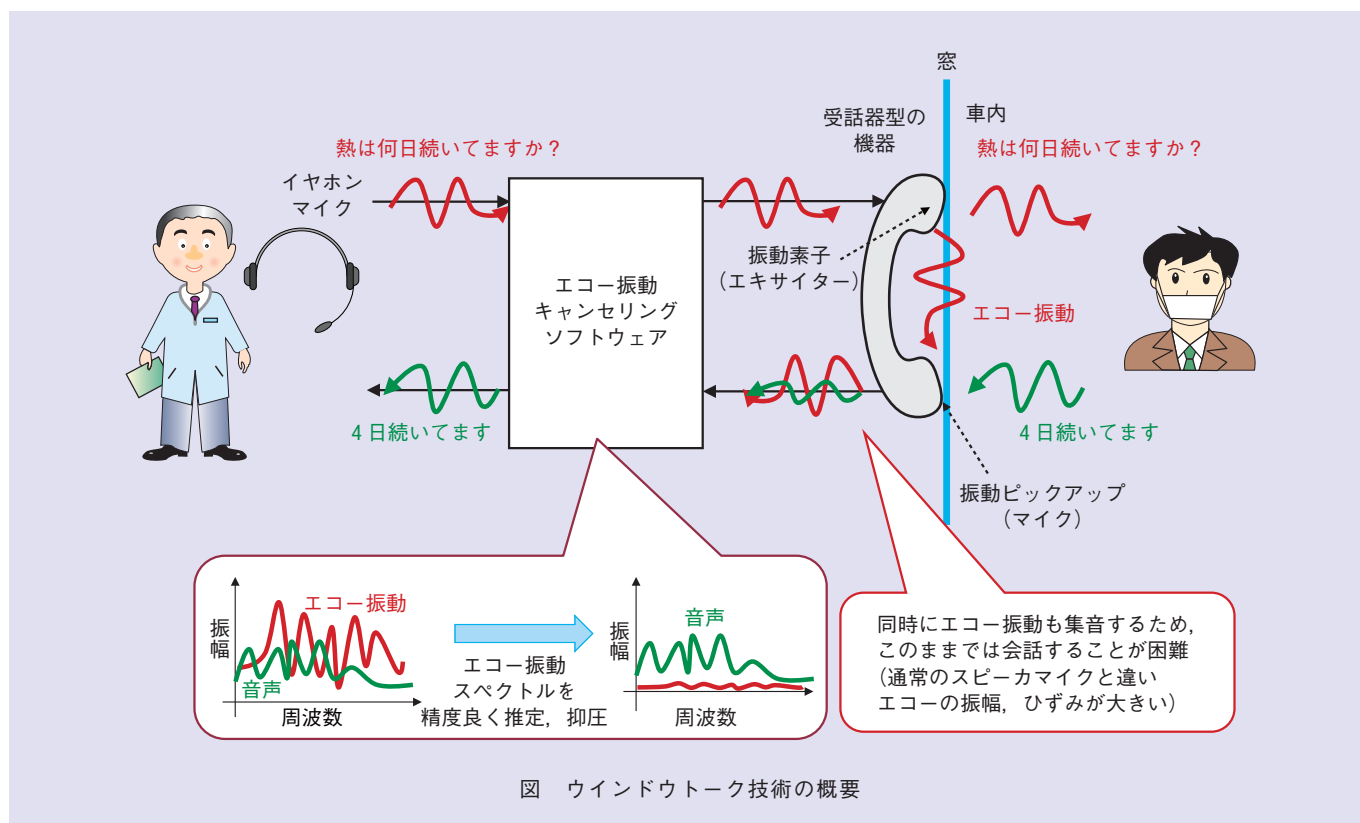


図 ウインドウトーク技術の概要

しの会話を可能としています。

■今後の展開

NTTはNTTグループ会社と9月より、利用シーンを見据えた実フィールドでの共同実証実験を行っています。2020年内に、NTTグループ会社からの商品化をめざしていきます。

◆問い合わせ先

NTTサービスイノベーション総合研究所

企画部広報担当

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

URL <https://www.ntt.co.jp/news2020/2008/200806a.html>

究極の音環境をお客さまに提供することをめざして

鎌土 記良

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

研究者 紹介

NTTメディアインテリジェンス研究所では、音を通してさまざまなものを「つなげる」技術の研究開発を進めています。

ウィンドトークは、この厳しい情勢のもとでご尽力されている現場の方々の安全を確保しつつ、声の伝わりにくい窓越しでもお客さまと対話を通して「つながる」ことができる新しい技術です。

音に関する研究開発では、現場で生じるさまざまな音の問題について考慮しなければなりません。新型コロナウイルスの情勢下において、現場へ出向くことが難しく、現場での検証を最小限に抑えられるよう、綿密な計画を立てる必要がありました。そのような中、チームメンバー・パートナー企業一丸となって努力し、約半年というごく短期間での技術確立、実用化を成し遂げました。

世間ではニューノーマル、リモートワークをこれまで以上に活用した、新たな働き方が標準となりつつあります。このような働き方のもと、仕事を円滑に進めるためのコミュニケーションの維持、その改善はさまざまな理由で難しく、業務効率が下がってしまったという声を多く聞きます。私たちがウィンドトークで培った新たな働き方や、現在進めている音に関する技術の研究開発は、働き方によらない質の高いコミュニケーションを実現する手助けになると考えています。今後も、ワーク・ライフ双方の新たなあり方に寄り添った、音で「つながる」新たな技術の研究開発を通し、皆様の豊かな生活を実現する一助となれるよう頑張っていきます。

