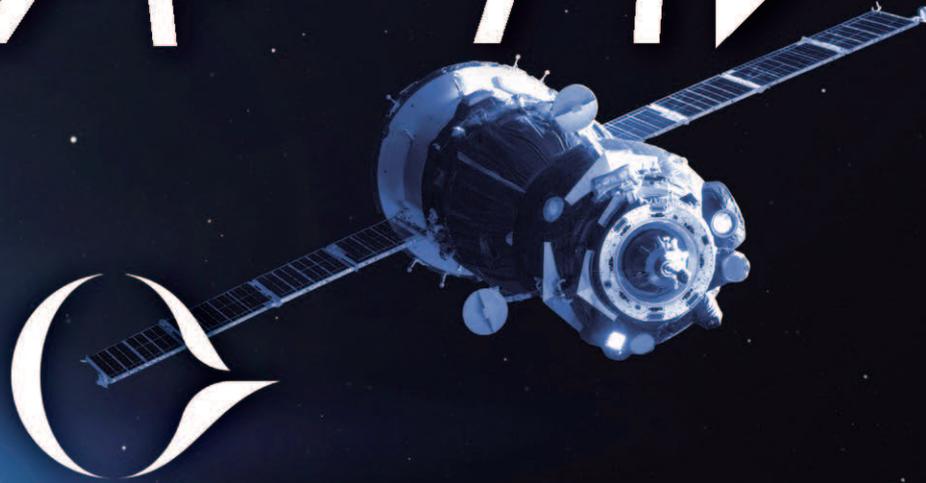


NTT 技術ジャーナル

4 APRIL
2025
Vol.37 No.4



NTT C89

NTT
CONSTELLATION 89
PROJECT

特集

NTT C89 (NTTグループの宇宙ビジネス) の研究開発

トップインタビュー

桂 一詞

NTT西日本 代表取締役副社長

グループ企業探訪

NTTテクノクロス

from NTTドコモ

LLM付加価値基盤を支える技術的取り組み



4 トップインタビュー

**通信設備は経済の「神経系」
つなぎ続けるマインドを胸に
地域密着で業務を展開**

桂 一詞

NTT西日本 代表取締役副社長



8 特集

NTT C89 (NTTグループの宇宙ビジネス)の研究開発

- 10 非地上系ネットワークを用いたモバイル通信のサービス品質向上技術
- 14 宇宙データセンタ実現に向けたAI推論技術
- 18 電界表面波を使った電力伝送技術——宇宙に広がる未来のエネルギーインフラ
- 22 主役登場 榮永 道子 NTT研究開発マーケティング本部



24 特別企画

**NTT40周年企画 (科学万博-つくば'85)
科学万博におけるINS体験**

32 挑戦する研究者たち

今村 壮輔

NTT宇宙環境エネルギー研究所 上席特別研究員

地球を創生した藻類が地球を救う：
藻類の優れた光合成・増殖・炭素固定能力を活用し、
海洋、大気、土壌の環境正常化による生態系回復、
気候変動にかかわる諸問題の克服、循環型社会に貢献する



特集

For the Future

36 挑戦する研究開発者たち

福田 航平

NTT西日本 デジタル革新本部 技術革新部

tsuzumiの活用に向けて検証、お客さま案件支援、
そして社内各部門の自力活用をめざした研修に取り組む



特別企画

40 明日のトップランナー

井島 勇祐

NTT人間情報研究所 特別研究員

表現力の豊かな音声合成技術により、
人々の生活をサポートする



挑戦する研究者たち

44 グループ企業探訪

NTTテクノクロス株式会社

NTTの研究所技術と世界の先進技術を掛け合わせ、
お客さまと未来を共創し続ける会社



挑戦する研究開発者たち

48 from NTTドコモ

LLM付加価値基盤を支える技術的取り組み

明日のトップランナー

54 Webサイト オリジナル記事の紹介

5月号予定
編集後記

グループ企業探訪

本誌掲載内容についてのご意見、お問い合わせ先
NTT技術ジャーナル事務局
問い合わせページ <https://journal.ntt.co.jp/contact>

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/>

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



from



NTT西日本
代表取締役副社長

桂 一 詞 Kazunori Katsura

PROFILE

1992年日本電信電話株式会社入社。2012年NTT西日本 設備本部ネットワーク企画部門長、2020年NTT西日本 取締役 設備本部サービスマネジメント部長、2023年NTT西日本 代表取締役常務 設備本部長を経て、2024年4月より現職。



通信設備は経済の「神経系」 つなぎ続けるマインドを胸に地域密着で業務を展開

時代の変化に合わせて「通信」を進化させ、「つなぐ」ことで新たな「あたりまえ」を生み出し、より豊かな社会づくりに貢献しているNTT西日本。これまでの「あたりまえ」である社会の礎としての「通信」を24時間365日守る使命に加え、暮らしやビジネスにおいて新たな「あたりまえ」を創造し、支える桂一詞NTT西日本 代表取締役副社長に設備分野の現状と展望を伺いました。

災害対策に盤石な体制で臨む設備本部のトップとして

副社長に就任され1年が経ちました。振り返られてこの1年はいかがでしたか。

副社長に就任した当時は能登の震災の応急的な復旧から本格的な復旧に移るタイミングでした。それ以前から設備系の責任者として震災への対応を行っていたこともあり、副社長就任に際しては震災の復旧に気持ちを新たに作り組みました。また、その時期は2024年度の事業計画が社内策定されたばかりで、私たちNTT西日本グループにとっては非常に厳しい経営環境になる見通しであったことから背筋が伸びる思いで、この大変な時代を、責任を持って乗り越えていこうと考えていました。

さて、私は主に設備本部を所掌していますが、NTT西日本約5万人の社員のうち3割の約1万5000人が設備関連分野に所属しており、各自が「つなぎ続けるマインド」を持って、非常に前向きに仕事をとらえて尽力し、スムーズに仕事を進めています。

ご存じのとおり、能登では2024年9月の豪雨により、震災から復旧しつつある設備が、土砂により流されてしまうという事態に見舞われましたが、それでも社員は意欲を切らさずに復旧に向けて頑張ってくれました。

前向きに臨まれる素晴らしい布陣ですね。西日本の設備分野について現状を教えてくださいいただけますか。

NTT西日本が設立された当初は、固定電話サービスを中心とした事業展開をしており、通信ネットワークは加入者交換機を中心とした所内設備、電話サービス等をお客さまのご自宅まで届けるメタルケーブルを主たる設備とし、これらの設備を収容する通信ビルや地下管路や電柱等の線路敷設基盤等を保有・維持してきました。

一方で1980年代前半に日本でインターネットサービスが登場し、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) やFTTH (Fiber To The Home) 等のブロードバンドアクセス回線の登場によりインターネットが普及してきました。これに伴い、私たちは固

定電話からインターネット接続へというサービスの変化に合わせて、アクセス系ファイバ網やIP電話サービスを提供するNGN (Next Generation Network) を構成する地域IP網の整備を進めてきました。現在は光アクセスサービスの需要は一巡し、固定電話サービスもひかり電話サービスへと移行してきました。併せて、電話サービスの中継網もNGNを使う方式へすべて移行し、落ち着いたところです。

また、携帯電話が広く普及したことで固定電話の加入者数が減少しており、本来であればこれに合わせてメタル系設備量のダウンサイジングを図りたいところです。一方で、固定電話サービスの光系サービスへの移行は一段落しているものの、従来のメタルケーブルは利用され続けているため、光・IP設備との二重設備状況が続いており、光・メタル系トータルの設備量は増加傾向にあります。さらに、NGNを用いたサービスの提供開始から約20年が経過し、各種装置類の更改時期を迎えているというのが現状です。こうした課題に対応していくた

め、さらなるネットワークの高速化、高機能化や経済化、シンプル化、そして持続的な活用に向けてさまざまな取り組みが必要になっています。

主体的に“考動”し課題を解決する力を磨く

設備も経営も大きな転換期を迎えているのですね。

転換期における今後の取り組みについて、社員と相談しながら、「過去のサービスと設備の縮退」「将来に向けた新たなチャレンジを支える設備づくり」「ベースとしての通信基盤の維持・強化」という大きく3つの柱を立てました。

この3つ柱の背景としてNTT法改正が大きな潮目と考えています。業務規制の見直しなどに合わせて、NTTグループ全体最適となるかたちでのAPN (All-Photonics Network) 県間通信提供や、無線サービスを用いることで、メタル設備の縮退を加速することが可能となります。また、私たちは、サービスを提供する30府県にそれぞれ支店を置き、設備分野においては、NTTフィールドテクノの拠点も整備しているように「地域密着で業務を行っている」ことが強みになっています。これらの強みを活かすためにも、この機会に改めて「現場力の継承とアップデート」に取り組みます。

これら3つの柱について具体的には次のとおり進めていくつもりです。

「過去のサービスと設備の縮退」については、固定電話、STM (Synchronous Transfer Mode) 専用線などのサービストランスファーとそれに伴うメタルケーブルの撤去・縮退を展開します。メタルケーブルの縮退は2035年までの10年間で完遂することをめざしているものの、固定電話の600万加入をはじめ、いまだ多くのユーザーにメタルケーブルを使用したサービスをご利用いただいていますから、そのトランスファーは困難が予想されます。

「将来に向けた新たなチャレンジを支える設備づくり」については、10 Gbit/sのインターネット接続サービス「フレッツ光クロス」、企業向けの高速・大容量、高信頼のネットワークサービス「Interconnected WAN」のさらなる拡大と、それに合わせ



たネットワークの増強、更改、シンプル化、およびAPN等IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 技術の導入とサービス化、ハイパースケール等向けデータセンタ間接続のケーブルリングビジネス、NTT西日本のアセットを活用した社会インフラの点検効率化等に関するインフラビジネスの拡大をめざします。さらに、地域密着で、私たちだけではなく、産業全体をもっと盛り上げていきたいと考えていますから、IOWN等の最新技術を使って、地方でもいろいろな産業が育っていくようなネットワークを将来に向けてつくりたいと考えています。

なお、IOWNの技術については、2024年12月からサービスを開始している「All-Photonics Connect powered by IOWN (All-Photonics Connect)」を大阪・関西万博において来場者の皆様に体感していただきます。「All-Photonics Connect」は高速・大容量・低遅延の回線をより広く活用したいとの市場ニーズにおこたえするため、APNサービスである「APN IOWN1.0」提供後のご意見とNTTグループの研究開発成果を踏まえ、お客さまの利便性向上とさらなるユースケースを創出する観点から、NTT東日本およびNTT西日本が提供するもので、ユーザー間の帯域保証型通信としては世界最高水準の最大800 Gbit/sの帯域対応と、提供インフラフェースとして、イーサネット

(400GBASE-FR4/LR4等) 対応を実施しています。

ところで、日本の社会インフラを取り巻く環境として、課題となっているのが設備の老朽化や労働人口の減少です。私たちは社会インフラを支える企業として、インフラ設備点検等における自社の技術を通信用以外のほかのインフラ企業にも展開します。また、グローバル市場も視野に入れてドローン撮影により設備点検を効率化し、MMS (Mobile Mapping System) による路面等の診断等のビジネスを独自AI基盤である「Audin AI」というサービスを活用して拡大します。

「ベースとしての通信基盤の維持・強化」については、100年利用を見据えた通信ビル利活用等、さまざまなサービスの提供基盤である通信ビルや通信線路敷設基盤（とら道、管路、電柱）などを維持、管理、活用します。これらを着実に実行するため、「現場力の継承とアップデート」を通じて「主体的に“考動”し課題を解決する力」を磨いて、事業運営推進の原動力としていきます。現場力の継承に向けては知見を引き継ぎ、技術や折衝する力を磨き上げていきます。

設備分野の仕事は重要な役割を担っているのですね。

私たちが担っている通信は日本経済の「神経系」にあたり、非常に重要であると

考えています。グローバルな競争力が低下している、GDPが下がっているといわれますが、日本にはやはり優れた技術があり、技術者がいます。こうした技術や技術者が、「神経系」である非常に高い品質の通信ネットワークを活用していくことで、日本全体が再び成長できると考えており、そのための下支えをしていきたいですね。

ところで、一般の方が目にする設備の仕事は電柱の工事や、光の回線の開通作業などかもしれませんが、それだけではなく地下の通信網や前述の通信ビルの運用等も仕事の範疇です。鉄道のオペレーションセンタの様子をニュース等でご覧になったことがあるかもしれませんが、私たちも同様に全国のネットワークの運用状況を監視して故障やトラブルに備えています。いわば縁の下の力持ちのような仕事です。しかも、こうしたネットワークを支えるインフラは1日では出来上がりませんから、中長期的な視野を持って、技術を選択する難しさも抱えながら通信が途切れないよう知恵を絞って着実にこれを遂行しています。特に、NTT西日本のエリアには沖縄や長崎、瀬戸内海等を中心に島しょ部が多く、こうし

た海に囲まれた地域にもさまざまな産業がありますが、私たちはそれらを「つなぎ続けるマインド」でしっかりとつなぎ、地域が地域らしさを発揮して発展していく後押しをしたいのです。これまでさまざまなお客さまの要望におこたえしてきましたし、これからも新しいことに積極的にチャレンジしてお客さまの要望におこたえしていくことが私たちNTT西日本の歴史なのです。

コミュニケーションのパイプラインを詰まらせない

入社してからの歩みとトップとしての心構えをお聞かせいただけますか。

学生時代からインフラ設備の仕事に興味があり、NTTに入社すれば全国の通信インフラの仕事ができると期待して1992年に入社し、2025年で34年目を迎えました。最初に配属された淀川支店(当時)で通信ケーブルの保守点検業務を主に担当し、その後設備投資計画、経営企画、技術戦略と設備に関する仕事を中心に携わってきました。副社長となって設備全体を見る仕事に就き、日々その楽しさを実感しています。もちろん、災害時の対応や健全な経営を維持すること等、責任の重さを実感しています。

さて、入社3年目の関西支社設備企画部(当時)勤務時代に阪神・淡路大震災が発生し、現場に近い組織で復旧に向けたさまざまな業務を経験しました。そして、2024年の能登半島地震は設備本部長として復旧の指揮にあたりました。このような経験を踏まえて、巨大地震や大規模災害の前には、いつの時代も、何人も無力だと感じます。しかし、それを乗り越えるのが人であり、社会であり、組織だと私は考えています。そのうえで、耐震補強や津波対策、これらを支える技術開発、対応方法のマニュアル化、組織づくり、訓練等と、私たちが今できることはたくさんあります。また、いざ災害が発生すれば時代のニーズに合わせた柔軟な対応が必要です。これらへの対応方針を決めて実行するのがリーダーの役割だと考えています。加えて、リーダーとして危機管理においては冷静に対応することに努めています。

役員となって3年目に大きなインシデント等がありました。ネットワークが大規模

な故障を起こして、多くのお客さまに迷惑をかけてしまったことです。こうしたときに陣頭指揮を執る私が舞い上がってしまうのはスタッフが動けなくなってしまうから、仮に動揺等で内心穏やかではなかったとしても、努めて冷静にスタッフの声に耳を傾け、意思決定をしています。仕事は1人でできることには限界があり、特に災害や故障の対応は、1人ではなく総力戦で対峙しなければなりません。こうしたときにこそ、リーダーはスタッフの声に対する傾聴が必要になるのです。ただ、これは非常時に限った話ではないため、日常においても社員の声への傾聴を心掛けています。ありがたいことに、社員の皆さんは各所で経験を積んできたスタッフばかりですから、間違った案はほぼ出てきません。私は壁をつくらずにそれらを集約して自分の意見をスタッフに正直に伝えることを心掛けています。

また、副社長は社長とは担う役割が違います。経営者としての最終的な意思決定を担うのが社長ですが、専門領域に応じて社長の意思決定に必要な知見を補完する立場が副社長ともいえます。現実的にはその領域・分野を副社長が委任されることになるのですが、委任された領域・分野に社長と同等の責任を持って臨むことが仕事ととらえ、だからこそ社長に対しても率直な意見を包み隠さず伝え、なおかつ、社員とトップのパイプラインが詰まらないように意識してコミュニケーションを図っています。

最後に皆様へのメッセージをお願いします。

まず、お客さまにお伝えしたいことから申し上げます。繰り返しになりますが、設備分野は日本の通信のもっともベースとなるところであり、経済の「神経系」を担っていると思っています。いろいろな要望もいただきたいですし、私たちもおこたえしていきます。私たちの技術や設備をご活用いただき、日本がますます活性化するように、共に頑張っていきたいと考えています。

続いて、パートナーの皆様。新しい技術をすぐ導入してほしい等のご要望にこたえることが即座にできないケースも多々あるかと思いますが、これらに対して私たちは全力で取り組んでいきますが、皆様のご理解





とご協力が必要になってきます。こうした局面では、お客さまと一緒に成長していきたいということが私たちの思いであると受け止めていただき、ぜひ一緒に前進していきましょう。

最後に社員の皆さん。NTT西日本グループはNTTグループの中でも厳しい経営環境下にあると思います。ただ、これまでも、さまざまなアイデアで次々と新しいチャレンジをしてきました。このマインドは絶対

に忘れずに、NTTグループの中でもNTT西日本が、というよりも日本企業の中でも、NTT西日本がもっとも面白い企業グループだといわれるように成長していきましょう。
(インタビュー：外川智恵 / 撮影：大野真也)

インタビューを終えて

多くのトップが趣味にされていることでも、切り口や楽しみ方に個性が溢れ、意外な一面を知る機会をいただきます。桂副社長にもご趣味を伺いましたところ、ゴルフと野球とお答えくださいました。中でも、野球について詳しく伺いましたところ、桂副社長は大学時代、準硬式野球部でキャッチャーをお務めになられていたそうです。グラウンドに出れば、プレーしている選手に対してコーチや監督の代わりともなる役割を務める、チームの要となるポジションを担われていた桂副社長。「キャッチャーとして全体を見る力や配球の選択はビジネスにも非常に有効かと思えます」と、誌面の彩を気遣ってお答えくださいました。

そんな桂副社長は「常に穏やかです」と

社員の皆さんはおっしゃいます。実は、先祖代々続く氏神様の神職もしていらっしゃるとのこと。「寺社は、地域コミュニティの一角を成し、日本の伝統や文化、行事や風習の基となっています。神社神道には、伝統的な形式美や様式美があり、祭祀の作法などは厳密に定められているのです。一方で、時代に合わせた変化も必要で、祈禱内容や授与品は時代により移り変わります。このような伝統の維持と変化への対応という姿勢は、経営にも活かすべきと考えているのです」と桂副社長。

心を落ち着かせ決意を新たにする意味で、1日の仕事の前の神棚拝礼は欠かさないよう努めていらっしゃるそうです。あらゆることから教訓を導き社会に還元されるご姿勢に学ばせていただいたひと時でした。



NTT C89 (NTTグループの宇宙ビジネス)の研究開発

宇宙ビジネスは今後ますます加速していく分野であり、

それに伴う技術革新も日々進化している。

本特集では、今後NTTグループが創出するサービスにおいて、

NTTならではの研究所技術を採用しNTTの強みとしていくべく、

宇宙分野の研究開発内容を紹介します。

非地上系ネットワークを用いたモバイル通信のサービス品質向上技術

10

NTTでは、Beyond 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）時代に向けて、非地上系ネットワーク（NTN）を活用した超カバレッジ化をめざしている。NTNを利用し、スループットや遅延などの要求を満たす高品質なモバイル通信サービスの提供に向けた取り組みについて紹介する。





NTT C89

NTT
CONSTELLATION 89
PROJECT

非地上系ネットワーク

宇宙データセンタ

HAPS

電界表面波

地球観測衛星

宇宙データセンタ実現に向けたAI推論技術 ————— 14

NTTグループでは、静止軌道衛星を利用した新たな宇宙インフラ構築をめざし、GEO衛星によるデータリレーやデータストレージについて検討を進めている。イベントドリブン型AI（人工知能）や差分検知技術など、データ分析の効率化に向けた具体的なアプローチについて紹介する。

電界表面波を使った電力伝送技術 ——宇宙に広がる未来のエネルギーインフラ ————— 18

月面では電力伝送網などのさまざまなインフラ建設とその運用という課題があり、電界表面波を使った電力伝送技術は、月面上にある資源の活用によってこの課題を解決することができる。電界共振により発生する電界表面波の仕組みと月面での適用可能性について紹介する。

主役登場 榮永 道子 NTT研究開発マーケティング本部 ————— 22

事業開発と研究開発の2軸をマーケットインで推進。宇宙を身近な存在に



非地上系ネットワークを用いたモバイル通信のサービス品質向上技術

NTTでは、Beyond 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) 時代に向けてNTN (Non-Terrestrial Network : 非地上系ネットワーク) を活用したモバイル通信サービスの超カバレッジ化をめざしています。本稿では、NTNを用いた場合でもスループットや遅延などの要求条件を満たした高品質なモバイル通信サービスをお客さまに提供するための取り組みについて紹介します。

キーワード：#非地上系ネットワーク, #衛星通信, #モバイル通信

かのう ひさよし まつい むねひろ
加納 寿美 / 松井 宗大
 とくやす ともひろ やました ふみひろ
徳安 朋浩 / 山下 史洋

NTTアクセスサービスシステム研究所

はじめに

NTTが将来的なコミュニケーション基盤として提案するIOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想では、宇宙通信の拡張を柱の1つに位置付けています⁽¹⁾。NTTとスカパーJSAT株式会社が共同で提案している宇宙統合コンピューティング・ネットワーク構想を図1に示します。本構想では、統合インフラをRF (Radio Frequency) 無線や光無線で接続し、究極的には複数の衛星や、無人の飛行機や飛行船などをプラットフォームとして通信するHAPS (High Altitude Platform Station : 高高度プラットフォーム) で処理を分担する分散コンピューティ

ングにより宇宙で発生するデータを宇宙で処理・分析を完結させることで、地上の災害などの影響を受けず、宇宙で自立して接続可能なインフラをめざしています。

宇宙統合コンピューティング・ネットワークは3つの機能に対応し、NTTでは各機能の実用化に向けた研究開発を推進しています⁽²⁾。1番目は宇宙センシングで、地上ネットワークが届かないエリアでのIoT (Internet of Things) 通信と衛星からの観測による地球規模の包括的なセンシングの実現をめざしています。2番目は宇宙データセンターで、光電融合による衛星搭載機器の低消費電力化を実現することで大容量の光無線通信とコンピューティング処理を備えたインフラを整備し、より即応性の

あるさまざまなアプリケーションを開発可能にすることをめざしています。3番目は宇宙RAN (Radio Access Network) で、Beyond 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) 時代に向けてモバイルネットワークなど地上の通信インフラとGEO (Geostationary Earth Orbit : 静止軌道) 衛星、LEO (Low Earth Orbit : 低軌道) 衛星、HAPSといった上空の通信インフラを統合することにより、超カバレッジ化・超対災害性などを実現することをめざしています。

本稿では、私たちの研究開発グループが注力して取り組んでいる宇宙RANに関する研究開発について紹介します。

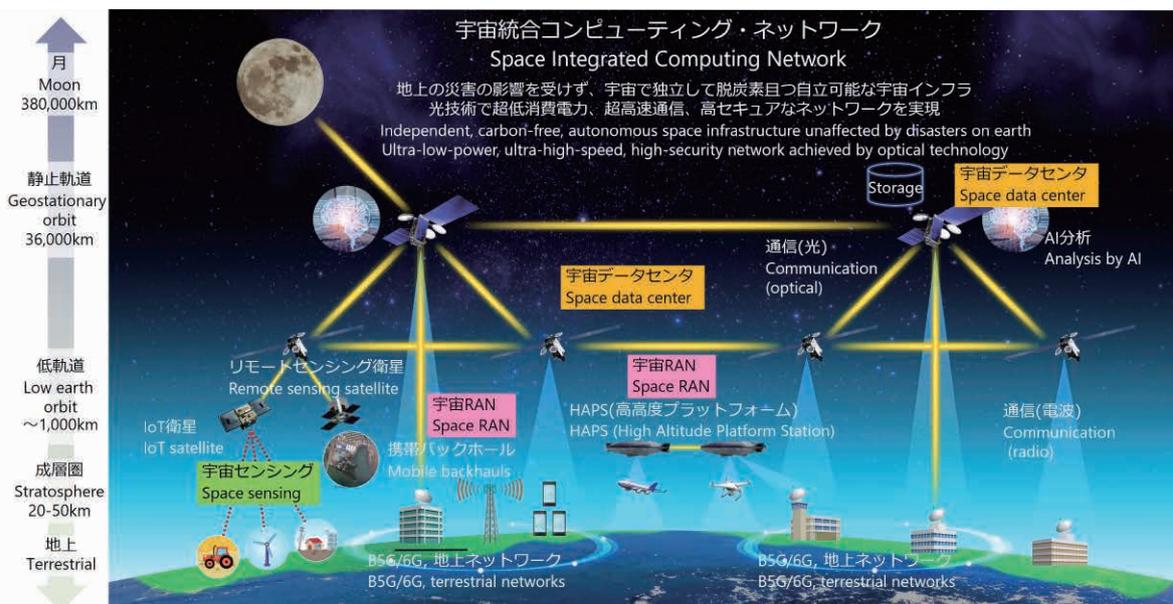


図1 宇宙統合コンピューティング・ネットワーク構想

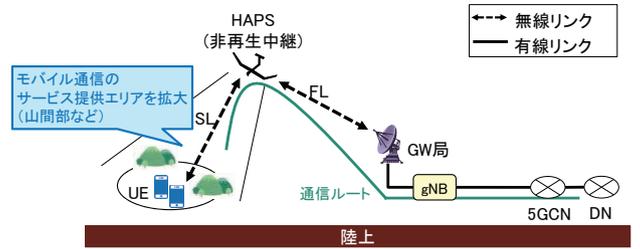
宇宙RAN

■提案コンセプト

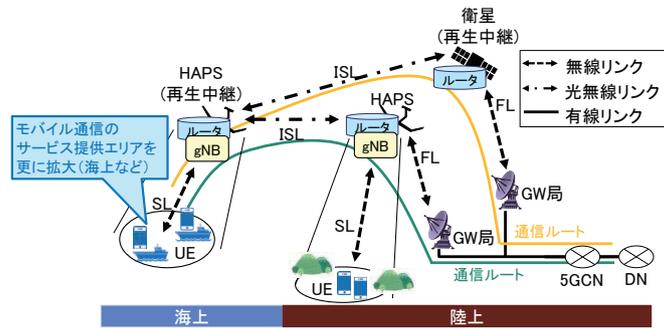
現在、Beyond 5G/6G時代のモバイル通信サービスに関する研究開発が各国で取り組まれています。その中では、これまでモバイル通信のサービスエリアとすることが困難であった離島や山間部といった地上のルーラルエリアや、海・上空・宇宙といったエリアに対するサービス提供（モバイル通信の超カバレッジ化）が研究の柱の1つとして位置付けられ、HAPSや衛星といった一般にNTN（Non-Terrestrial Network：非地上系ネットワーク）と呼称される上空ネットワークの活用が検討されています⁽³⁾。宇宙RANでは、モバイル通信の超カバレッジ化をNTNの活用により実現することをめざしています。通信ネットワークとしては、地上ネットワークを利用可能なエリアは地上ネットワークを利用して、地上ネットワークの通信エリア外ではNTNを利用する、地上ネットワークのトラフィック量が多い場合に一部トラフィックをNTNへオフロードするなど、地上と上空のハイブリッドなものを想定しています。これまでの衛星通信は、プロトコルがモバイル通信と独立したものとなっており、インタフェースの仕様も別々となっていました。これに対し、今後は超カバレッジ化を見据えてモバイル通信の一部仕様をNTN向けにカスタマイズした汎用チップをスマートフォンなどの汎用端末や基地局に実装することで、汎用のスマートフォンを用いた、地上と上空のシームレスな通信接続が可能になると期待されます。超カバレッジ化の実現により、災害対策だけでなく、離島や僻地の通信エリア化、飛行機や船舶などの通信環境の飛躍的な改善など、お客さまに対して利便性の向上や新たな付加価値を提供することが可能となります。

■HAPS単機型NTN

サービス開始初期のNTN構成としてNTTが検討しているイメージを図2(a)に示します。これまでの衛星通信サービスで利用されてきたGEO衛星（高度36000 km程度）やLEO衛星（高度500-2000 km程度）は地上通信と比較して伝搬距離が非常に長く、通信サービスを利用するためには専用のUE（User Equipment：ユーザ端末）



(a) HAPS単機型NTN



(b) 複数HAPSと衛星が連携した多層型NTN

図2 NTNの構成イメージ

を用いる必要がありました。これに対し、成層圏（高度20-50 km程度）において周回飛行するHAPSは高度がGEO衛星やLEO衛星よりも低く、HAPSとUE間の通信リンクであるSL（Service Link）は、UEとして汎用のスマートフォンを用いたとしても直接通信することが可能です。そのため、宇宙RANではHAPSから通信エリアを形成することによるモバイル通信のサービス提供をめざしています。

HAPSは、動力を自然エネルギー（太陽光）に依存しています。そのため、地上で運用されているシステムと比べて使用可能な電力量が少ないです。航行に必要な電力を低減するため機体の総重量を軽くする必要があります。機体に搭載可能な機器重量にも制約があります。サービス開始初期のHAPSは機体性能が不十分でこれらの制約が厳しいことが予想されます。そのため、非再生中継方式でトラフィックを中継するHAPS単機での運用を想定しています。非再生中継は、受信したトラフィックを復調せず、周波数変換と電力増幅のみ実施して送信する簡易なトラフィック中継方式なため、高度な制御はできませんが、HAPSに搭載する機器数と消費電力を抑制することができま

す。UEは、利用するサービスごとにインターネット等のDN（Data Network）との間で通信セッションを構築します。例えばアップリンク通信の場合、UEから送信されたトラフィックは、HAPSを経由して地上のgNB（gNodeB：5Gモバイル通信の基地局）に送られ、5GCN（5G Core Network）を介してDNに接続します。

なお、サービス開始当初のNTN構成では、HAPSが地上GW（Gate Way）局と直接通信可能である必要があります。そのため、サービス提供エリアが山間部などGW局を設置可能なエリアに限定され、海上などGW局を設置できないエリアにサービス提供することは困難です。

■複数HAPSと衛星が連携した多層型NTN

多層型NTNの構成イメージを図2(b)に示します。NTTでは、将来的にHAPS機体性能が向上すること想定し、複数のHAPSと衛星間をISL（Inter Satellite/HAPS Link）と呼称する通信リンクで接続した多層型NTNの活用により、海上など初期NTNではサービス提供が困難であったエリアに対してモバイル通信サービスの提供エリアを拡大することをめざしています⁽⁴⁾。多層型NTNは、通信エリア・費用・伝搬遅延などの観点で一長一短がある3種類のプラットフォーム（HAPS、LEO衛星、GEO衛星）を連携させることを検討しています。GEO衛星は1機当りの通信エリアが3つ

のプラットフォームの中でもっとも広域ですが、地上との伝搬遅延はもっとも長くなります。GEO衛星よりも低高度なLEO衛星は、伝搬遅延がGEO衛星と比較して100分の1程度と短くなっています。一方、GEO衛星とHAPSが地上の1点から常時接続可能なのに対し、LEO衛星は上空を時々刻々と移動するため常時接続性を維持するためには多数のLEO衛星を打ち上げる必要があります。HAPSは、伝搬遅延が3つのプラットフォームの中で最短ですが、1機当りの通信エリアがもっとも狭域です。そのため、広域を通信エリア化するためには多数の機体を用意する必要があります。以上のことから、将来的には各国の地域特性や通信事情も勘案してこれらをベストミックスし、柔軟に接続する世界になると想定しています。上記世界の実現に向け、NTTでは実現すれば世界初となる多層型NTNの実用化に向けた研究開発を推進しています。

多層型NTNでは、HAPSと衛星はいずれも再生中継方式でトラフィックを中継します。再生中継は、受信したトラフィックを一度復調した後に再度変調して送信する中継方式であり、非再生中継方式よりも必要な機器数と消費電力は増加しますが高度な制御が可能となります。gNBは、HAPSに搭載することを想定しています。HAPSと地上GW局の通信リンクであるFL(Feeder Link)が通信不可な場合や、SLで生じたトラフィック総量に対してFLの伝送容量が不足する場合は、トラフィック総量に対して十分な伝送容量を確保したうえでGW局と通信可能なHAPSまたは衛星までNTN内でトラフィックを転送します。トラフィック転送は、HAPSおよび衛星に搭載したLayer3(ネットワーク層)のルータ機能で処理することを想定しています。

NTNの課題と通信優先制御

■HAPS単機型NTNの課題と通信優先制御

NTNを用いたモバイル通信ではUEとして汎用スマートフォンを利用し、SLの周波数は地上のモバイル通信と同様に天候の影響が少ない2GHz帯を用いることを想定しています。これに対し、FLは通信周波数としてWRC(World Radiocommunication

Conference)-19で新規に割り当てられたQ帯(30/40GHz帯)の活用を想定しています。これは、モバイルユーザを想定したSLの高速化に伴い、それを束ねるFLにはより高速な伝送容量が要求されるためです。しかし、Q帯は降雨減衰や雲減衰など天候変化の影響を受けやすく、天候状態により受信電力が低下してしまいます。FLは、環境に応じた適切なパラメータで通信を行うため、受信電力に基づいてMCS(Modulation and Coding Scheme)を変更する適応変調が用いられることを想定しており、受信電力が低い場合には低MCSが選択されて伝送容量が低下します。これまでの衛星通信サービスでは、受信電力の減衰量を打ち消すように衛星やGW局の送信電力を増幅する方法や、天候影響を受けないGW局にFLの接続先を変更するサイトダイバーシチといった方法を用いることで受信電力の低下を防いできました。

しかし、衛星よりも小型軽量の機体が要求されるHAPSでは、使用可能な電力や搭載機器の重量制限が衛星よりも厳しく、サービス開始当初のHAPSで送信電力の増幅に対応することは困難なことが想定されます。サイトダイバーシチは、1機のHAPSに対して複数のGW局を配置する必要があります。設備投資のコストが高額となるため、こちらもサービス開始当初からの対応は困難なことが想定されます。また、前述のとおりHAPSは使用可能な電力や搭載可能な機器重量に制約があることから、天候の影響を受けていない状態であったとしても伝送容量が地上通信と比べて少なくなってい

ます。以上のことから、サービス開始当初は、HAPSのFLで通信されるトラフィック総量に対して伝送容量が不足し、スループット低下や遅延増加などが発生してお客さまに提供するサービス品質が低下してしまう可能性があります。

これに対し、NTTでは上記場面においてお客さまに提供するサービス品質を向上する要素技術の1つとして通信優先制御の研究開発に取り組んでいます⁵⁾。通信優先制御の一例を図3に示します。本技術では、地上に配置したNTNコントローラが制御に必要な情報(FLの伝送容量、通信セッションが利用するサービスの要求条件など)を収集し、これに基づいて1セッション当りの最大伝送速度であるSession-AMBR(Session-Aggregate Maximum Bit Rate)を算出します。FLで通信されるトラフィック総量がしきい値を超過(しきい値は、伝送容量に対して適切な値をあらかじめ規定)したことを検知したらSession-AMBRを計算し、要求条件にベストフォートで対応するサービスを利用するセッションの最大伝送速度をSession-AMBRの計算値に設定します。ベストフォートサービスを利用するセッションの最大伝送速度に上限を設定することにより、FLで通信されるトラフィック総量が伝送容量を超過することを回避し、要求条件を満足することが必要な高品質サービスを利用するセッションのサービス品質を向上します。

■多層型NTNの課題と通信ルート制御

GEO衛星とLEO衛星は、HAPSと同様に動力を自然エネルギーに依存するため、

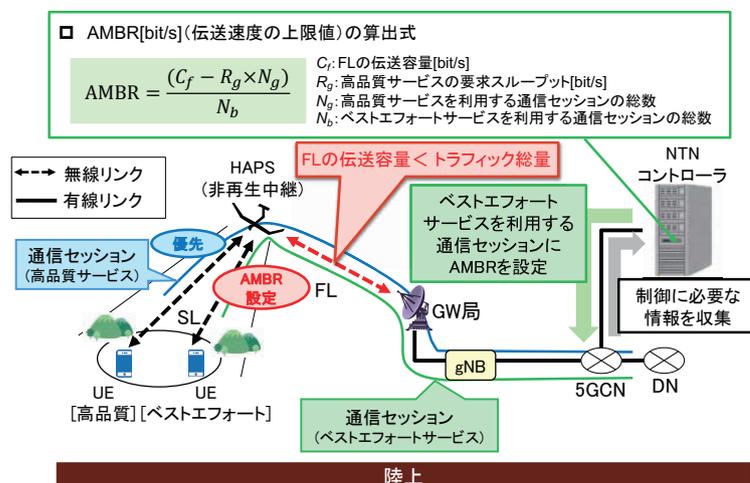


図3 通信優先制御の一例

使用可能な電力量と搭載可能な機器重量に制約があります。そのため、多層型NTNは光ファイバ網などの地上ネットワークと比べると各通信リンクの伝送容量が限定されたネットワークとなります。また、GEO衛星とLEO衛星がFLの通信周波数として用いるKu帯(14/12 GHz帯)やKa帯(30/20 GHz帯)は、HAPSがFLの通信周波数として用いることが想定されるQ帯と同様に降雨減衰など天候の影響を受けやすく受信電力が低下します。これに加え、HAPSと衛星では高度が大きく異なるため、多層型NTNは遅延時間が大きく異なる通信リンクが混在したネットワークであるという特徴もあります。そのため、例えば低遅延が要求されるサービスを受けるセッションに対してHAPSからGEO衛星を経由する長遅延な通信ルートが割り当てられると、当該セッションはサービスの要求条件を満足できずにお客さまに提供するサービス品質が低下してしまいます。これら多層型NTN特有の課題に対し、降雨や災害など周辺環境の変化や各種サービスの要求条件に柔軟に対応したオペレーションが要求されます。

上記オペレーションを可能とし、お客さまに提供するサービス品質を向上する要素技術の1つとして、NTTでは多層型NTNを用いたモバイル通信サービス向けに通信ルート制御の研究開発に取り組んでいます⁶⁾。通信ルート制御の一例を図4に示します。本技術では、NTNコントローラが制御に必要な情報(各通信リンクの伝送容量、通信されているトラフィック量、伝搬遅延、サービスの要求条件など)を収集し、各セッションに対してこれらを考慮したトラフィック通信ルートを割り当てます。NTNコントローラは、各通信リンクのコスト値を計算し、その合計値が最小となる通信ルートを当該セッションに対して割り当てます。サービスごとに要求条件に応じた係数を用いて制御することにより、例えば低遅延かつ高速な通信が要求されるサービスを利用するセッションについては、衛星を経由せずに複数のHAPSをマルチホップ(HAPS間の直接通信)する通信ルートを優先的に割り当て、長遅延かつ低速が許容されるサービスを利用するセッションについては、HAPSからGEO衛星を経由する

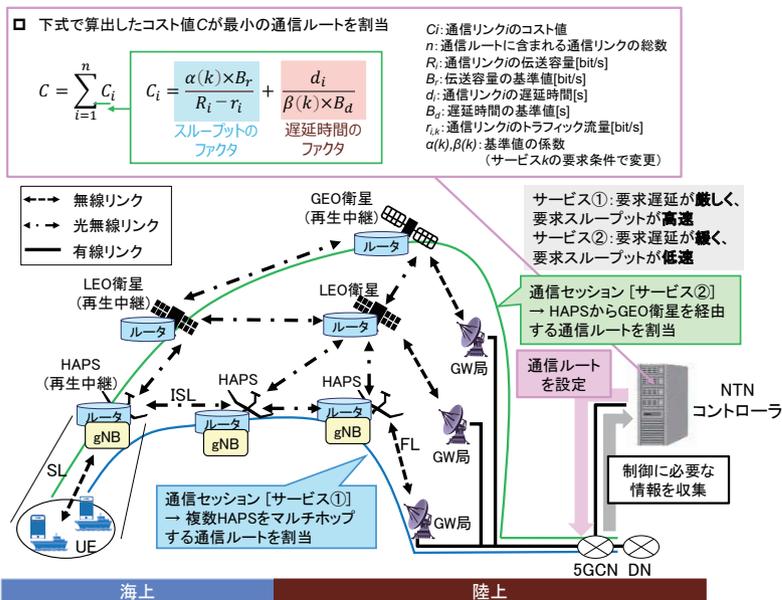


図4 通信ルート制御の一例

る通信ルートを割り当てることで、より多くのお客さまに対して要求条件を満足した高品質なサービスを提供することが可能となります。

今後に向けて

本稿では、宇宙統合コンピューティング・ネットワーク構想を支える要素技術の1つとして、NTNを用いたモバイル通信のサービス品質向上に向けた研究開発の取り組みを紹介しました。HAPSや衛星を活用したNTNは大規模な研究開発となるため、NTTのみで牽引していくことは非常に困難です。そのため、関係機関や事業会社とも連携しながら、実用化を意識して基盤技術の研究開発に取り組んでいきます。

本研究成果の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の委託研究(JP012368C07702)により得られたものです。

参考文献

- http://www.rd.ntt/iown/
- F.Yamashita: "R&D activities no satellite MIMO/IoT technologies for earth sensing/observation platform and HAPS technologies for B5G/6G NTN communications in NTT Constellation 89 project," IEICE Tech. Rep., SAT2024-46, 2024.
- http://www.docomo.ne.jp/corporate/technology/whitepaper_6g/
- 山下・松井・加納・阿部: "Beyond 5G/6G

に向けた多層型NTNの研究開発," NTT技術ジャーナル, Vol. 35, No. 6, pp.14-17, 2023.

- 松井・加納・阿部・外園・谷崎・深澤・山下: "HAPSを介した携帯端末向け直接通信システムの早期実用化と高速大容量化技術の研究開発〜フィードリンクの通信優先制御〜," 信学総大, B-3-14, 2024.
- H. Kano, M. Matsui, T. Ohno, J. Abe, and F. Yamashita: "Early Commercialization and System Evolution for HAPS Direct-to-Mobile-Phone Service~Traffic-control method taking into account QoS in non-terrestrial networks linking GEO satellites to HAPS~, " ICSSC, 2024.



(上段左から) 加納 寿美/ 松井 宗大
(下段左から) 徳安 朋浩/ 山下 史洋

地上のモバイルネットワークと上空の衛星・HAPSネットワークが統合され、さらに融合する世界の実現をめざして、研究開発を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
無線エントランスプロジェクト



宇宙データセンタ実現に向けたAI推論技術

本稿では、宇宙データセンタ（宇宙DC）に関する研究について紹介します。近年の宇宙開発の進展に伴い、人工衛星の数が増加し、特に地球観測や通信においてAI（人工知能）推論技術の活用が期待されています。NTTグループでは、静止軌道（GEO）衛星を利用した新たな宇宙インフラの構築をめざしており、GEO衛星によるデータリレーやデータストレージについて検討しています。そうしたユースケースの実現に不可欠な、イベント駆動型AIや差分検知技術など、データ分析の効率化に向けた具体的なアプローチについて紹介します。

キーワード：#宇宙データセンタ、#AI推論、#イベント駆動型AI

えだ たけはる うだ がわ たくろう
江田 毅晴 / 宇田川 拓郎
まきの ひろゆき
Monikka Busto / 牧野 浩之
やまさき いくお
山崎 育生
NTTソフトウェアイノベーションセンタ

はじめに

近年、宇宙開発が加速しており、特に地球観測や通信のための人工衛星の数が増え続けています。人工衛星では地球観測のためのセンサや通信ターミナル、ソーラーパネル等に加えてオンボードコンピュータが搭載されており、衛星の制御や通信などの用途に利用されてきました。従来は設計段階から放射線耐性を高めた宇宙専用の組込コンピュータを開発し搭載していましたが、最近では商用の計算機（COTS: Commercial Off-The-Shelf）に対して放射線対策を施したコンピュータを宇宙へ適用することが一般化したことで、よりさまざまな用途にオンボードコンピュータが使われるようになってきました。特に高分解能センサを搭載する地球観測衛星（観測衛星）*¹では、データの圧縮やAI（人工知能）による高度な分析にオンボードコンピュータを利用することが期待されています。

一方で、地球観測に使われる低軌道を周回する低軌道（LEO: Low Earth Orbit）衛星*²は小型化が進んでおり供給電力も小さいため、計算能力、計算可能な時間が限られるという課題があります。そのため、最近のトレンドである高精度モデル（Vision & Languageモデルなど）を使った高度なAI解析を、究極のエッジとも呼べる宇宙空間の衛星上（オンボード）で利用するのは簡単ではありません。また、ほかの観測衛星で撮影されたデータや地上から取得したメタデータを使った比較分析をオンボードで実現することも同様に難しくなってい

ます。

宇宙データセンタ事業の実現

Space Compass社は、静止軌道（GEO: Geostationary Earth Orbit）衛星*³における宇宙データセンタ（宇宙DC）*⁴事業を立ち上げることをめざしており、新たなインフラ構築に挑戦しています⁽¹⁾。GEO衛星ではLEO衛星と比べて十分な電力、また豊富な計算能力を持ち、観測データを保存するためのデータストレージを提供し、LEO衛星との大容量・準リアルタイムなデータ伝送が可能となることが期待されています。また、GEO衛星に複数のLEO衛星から観測データをアップロードして情報を集約したり、過去のアーカイブとの比較分析を行うなど、より高度な地球観測データの分析を可能にすることが期待できます。

宇宙DCに関する関連研究として、Caltech/JPL（カリフォルニア工科大学/ジェット推進研究所）は2019年にワークショップを開催し、従来の個々の科学的目標の達成をめざす宇宙ミッションからパラダイムシフトし、効率的で持続的なサービスを提供するために、計算機・データストレージ・ネットワーク・クラウドなどをインフラとして提供するNebulaeというビジョンを提案しました⁽²⁾。現在では、主に防衛用途を中心に世界中で官民をまたがるかたちで多数の宇宙空間のインフラ構築に向けた取り組みが加速しており⁽³⁾、NTTグループも宇宙統合コンピューティングによって、地上と非地上のインフラを統合し持続

可能な社会を実現することをめざしています⁽¹⁾。

Space Compassは、複数のGEO衛星を打ち上げて、宇宙データセンタ事業を開始することをめざしています。3機以上のGEO衛星を打ち上げることで、ほとんどのLEO衛星および地上局からの常時接続が可能になります。宇宙データセンタ事業は、光データリレーとスペースエッジコンピューティングからなります。光データリレーは、90分で地球を1周し地上局と常時通信はできないLEO衛星と地上局の間をGEO衛星経由の光通信でつなぐ高速ネットワークサービスであり、セキュアでリアルタイムな衛星データの活用を実現します。ただし、観測データはデータサイズが大きいため、観測データ数が増えるとGEO衛星と地上局の通信路がボトルネックになり、地上局での分析が遅れる可能性があります。そこで、GEO衛星上の計算機を利用し（ス

*1 地球観測衛星、通信衛星、人工衛星：さまざまなセンサを搭載して地球観測するための人工衛星、通信のための衛星（LEO衛星を利用した衛星コンステレーション、常時接続可能なGEO衛星を利用したデータリレーなどがあります）。

*2 低軌道衛星：地上から約2000kmまでの位置を周回する人工衛星。周期は90分程度のもので多く、地表との距離が近いことを利用して、観測衛星や通信向けの衛星コンステレーション等に利用されます。

*3 静止軌道衛星：地上から約3万6000kmの位置を周回する人工衛星。地上から静止した軌道を選択できるため、気象衛星等に使われています。

*4 宇宙データセンタ（宇宙DC）：人工衛星を利用したネットワーク・コンピューティングの統合インフラ・サービスです。

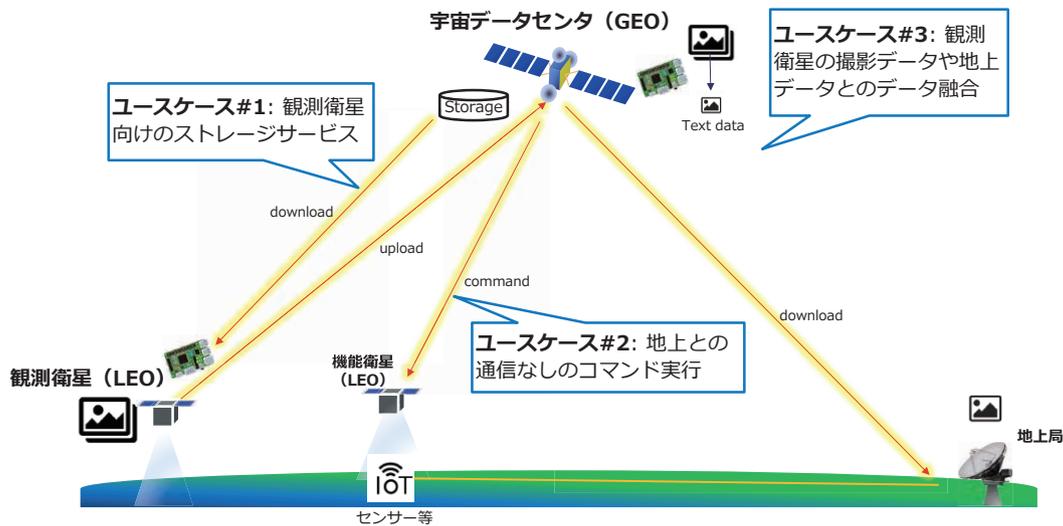


図1 代表的な宇宙データセンタのユースケース

ペースエッジコンピューティング)、観測データの分析を軌道上で行って地上局にダウンロードすべき重要なデータを選別して地上へのデータ転送量を削減することにより、真に重要なデータについての分析のリアルタイム性を向上させることが期待できます⁽³⁾。

さらに、観測衛星（一般的にはLEO衛星）と常時接続をすることのできるGEO衛星は、衛星データのためのデータハブとして最適です。図1に、宇宙データセンタとして考えられる代表的なユースケースを3つ示します。

■ユースケース#1：観測衛星向けのストレージサービス

観測衛星は小型化が進んでおり、十分なデータ保存領域を提供することが難しいです。宇宙データセンタを常時接続可能なデータストレージとして利用することで、バックアップを作成する、他衛星とデータを共有する、といったことが可能になると考えられます。

■ユースケース#2：地上との通信なしのコマンド実行

宇宙データセンタ上でデータを分析しAIによる判断をすることで、地上局や人間を介さずに新たなコマンドを別の衛星に発行することが可能になります。例えば、ある観測衛星が撮影したデータに異常を発見し

た際に、高性能なセンサを持つ別の観測衛星に同地点の撮影を依頼することで、より詳しい分析を宇宙空間で完結することが可能になると考えられます。

■ユースケース#3：ほかの観測衛星の撮影データや地上データとのデータ融合

宇宙データセンタ上に撮影データをアップロードし、種類の異なるセンサ〔光学、SAR (Synthetic Aperture Radar)*5、ハイパースペクトル等〕によるデータを突き合わせることで、同一地点を複数の観点から分析する、光学センサでは見えないものをSARデータで補完する、といったことができるようになります。また、過去アーカイブと最新スナップショットとの差分を検知することで異常を発見する、処理対象を制限するといったことも可能になります。地図やAIS (Automatic Identification System：船舶自動識別装置) といった地上で取得できる情報を突き合わせることで、高度な分析を行うことも期待できます。

これらのユースケースに共通するのは、軌道上の宇宙データセンタを利用することで膨大な観測衛星のデータを圧縮し不要データは破棄することで、地上との通信量の削減につなげている点であり、この点は前述した光データリレーにおいて軌道上で分析する効果と同様です。NTTソフトウェアイノベーションセンタでは、宇宙データ

センタのための基盤技術として、イベント駆動型AI技術^{(4),(5)}、軌道上のオンボードコンピュータ上でAI推論を利用したアプリケーションを作成するための最適化技術⁽⁶⁾、軽量の差分検知技術⁽⁷⁾などの研究開発を進めてきました。

イベント駆動型AI技術

SARデータを対象とするイベント駆動型AI処理の例を図2に示します。

最近のSARは性能が高く高分解能であるため、データサイズが非常に大きく、画像化し圧縮しても数100 MB以上の大きさになります。高速に地球を周回するLEO衛星で撮影したSARデータをすべて地上に落とすのはコストが高く時間もかかるため、オンボードコンピュータを利用して1回目の粗い推論を行い、より詳細な分析が必要と考えられるデータだけを地上にダウンロードし詳細な分析（2回目の推論）を行います。私たちが行った実験では、前段のAIモデルとして比較的軽量の物体検知モデルを用いて、LEOのオンボードコンピュータとして多数の採用実績を持つUnibap ix10 とAIチップであるIntel

*5 SAR：マイクロ波の反射を利用した地球観測方式。

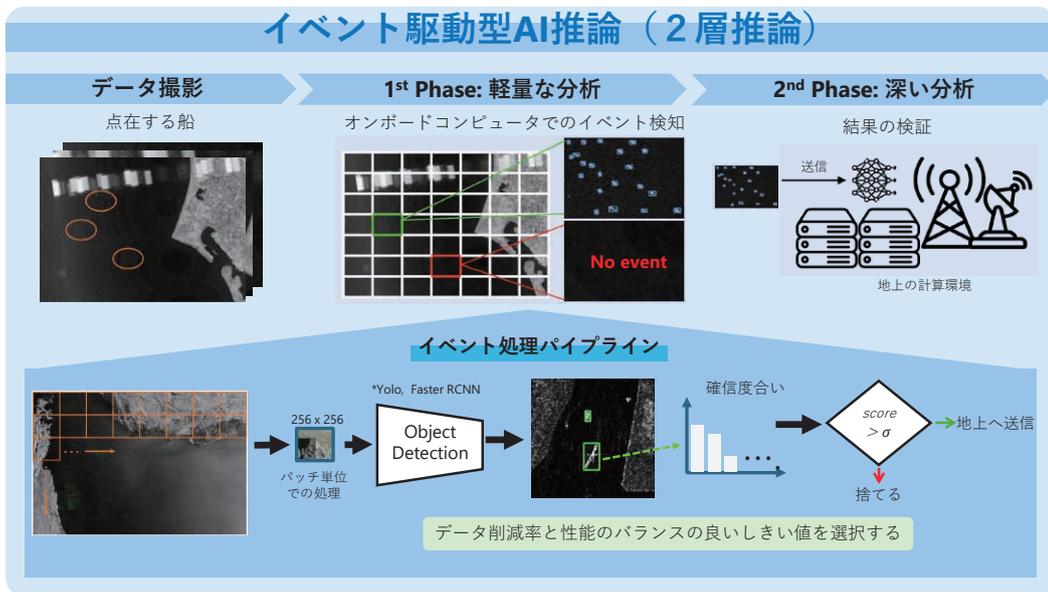


図2 SARデータを対象とするイベント駆動型AIの例



図3 宇宙向けオンボードコンピュータで動作する船検知デモ

Myriad X VPU (Vision Processing Unit)^{*6}を用いた検証を行いました。検知したい物体の出現頻度にも依存しますが、公開されている船のデータセットを用いた実験では、軌道上で58.7~80%のデータ容量の削減に成功しています⁽⁵⁾。ix10を用いた実験では、VPUを用いることでCPUに比べて消費電力、実行時間ともに大きく改善し、十分に衛星上のオンボードコンピュー

タでAI分析が可能であることを確認しています。また、ix10上で動作する船検知アプリケーションを組み上げ、NTT R&Dフォーラム2024等の展示会にてデモを行いました(図3)。

軽量な差分検知技術

イベント駆動型AI処理は、事前にどの

ようなイベントが起きそうかある程度の推測ができなければ適用することができません。事前に推測ができない場合でも利用で

^{*6} VPU: 画像処理専用のASIC。Myriad Xは、Intelが買収したMovidius社のチップであり、放射線耐性が確認されているため、多数の軌道上での利用実績があります。入力画像だけに限定せず、中規模程度のAIモデルまでに対応しています。

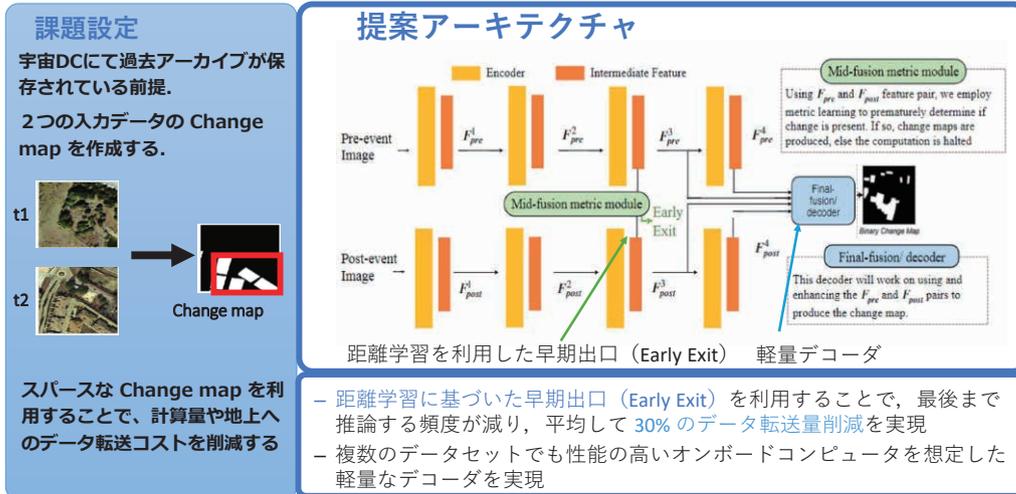


図4 軽量の差分検知モデル

きる方法の1つとして、過去データとの差分を検知して、変化があった個所だけに着目し処理を行う差分検知があります。差分検知を行うことで、変化があった個所だけを保存しデータ容量を削減し、計算範囲を絞ることで計算コストを削減することが期待できます。図4に示すように、課題設定としては、2つの入力の変化位置を示す Change map を出力する問題になります。差分検知技術は昔から研究されており、多数の手法が提案していますが、私たちは軌道上のオンボードコンピュータ上でより軽量に差分検知を行うために、既存の Transformer に基づいた差分検知アルゴリズムに対して早期出口 (Early Exit) の付与とデコーダの軽量化という2つの改良を施した新しい手法を提案しました⁷⁾。早期出口とは、入力データに対する回答に自信がある場合には、ニューラルネットの計算を最終層まですることなく、途中で結果を出力するというアイデアで、今回は距離学習に基づいた学習を行うことで早期出口を実現しています。

実験の結果、平均して 30% 程度のデータ転送量の削減を達成しました。

おわりに

本稿では、GEO衛星を活用した宇宙データセンタにて想定される3つのユースケー

スと、それらのユースケースを実現し、地上との通信量そしてデータ分析のリアルタイム性向上に寄与するアルゴリズムとして、SARデータに対するイベント駆動型AI推論技術および軽量の差分検知技術について紹介しました。今後、NTTソフトウェアイノベーションセンタでは、LEO衛星での軌道上実証に向けた開発と検証を行いつつ、スタンドアロンのオンボードコンピュータから発展させた衛星コンステレーションのための分散宇宙コンピューティングの実現に向けて研究開発を実施していきます。

参考文献

- (1) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2021/05/20/210520a.html>
- (2) <https://sites.astro.caltech.edu/xaisc/>
- (3) 堀：“一世界を変える宇宙通信—Space Compassが目指す地上・非地上のインフラ統合,” 電気通信協会フォーラム, 2024.
- (4) T. Eda, A. Yamanaka, K. Tabata, and I. Yamasaki: “Case Study: Two-Phase AI Prediction Techniques for Space Edge Computing,” IEEE IGARSS, 2023.
- (5) M. R. Busto, T. Eda, T. Udagawa, and T. Sekine: “Case-Study: Two-Phase AI Prediction for Onboard Synthetic Aperture Radar (SAR) Data Processing,” IEEE IGARSS, 2024.
- (6) T. Eda, M. Busto, T. Udagawa, N. Ishihama, K. Tabata, Y. Matsuo, and I. Yamasaki: “Technical Challenges for AI in Space Data Centers,” IEEE IGARSS, 2024.
- (7) M. R. Busto, S. Nouri, and T. Eda: “Parameter and Data Efficient

Framework for Lightweight Change Detection,” IEEE IGARSS, 2024.



(上段左から) 江田 毅晴 / 宇田川 拓郎 / Monikka Busto

(下段左から) 牧野 浩之 / 山崎 育生



NTTソフトウェアイノベーションセンタでは、クラウドやAIの知見を活かし、宇宙という厳しい制約下の課題を解決しつつ、複数の組織とも密に連携しながら、事業化に向けた宇宙コンピューティング基盤の研究開発を進めています。

◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンタ
AI基盤プロジェクト



電界表面波を使った電力伝送技術 ——宇宙に広がる未来のエネルギーインフラ

電界共振で励起した電界表面波を使った電力伝送技術は身の回りのさまざまな物質をケーブル代わりにして電力を届けることができるため、柔軟な活用が期待できます。本稿では、本技術の原理と月面での活用想定内容について説明します。
キーワード：#電界表面波、#電力伝送、#電界共振

わしる たかのり よしだ よしひろ
和城 賢典 / 吉田 芳浩
とりうみ ようへい たかはし まどか
鳥海 陽平 / 高橋 円

NTT宇宙環境エネルギー研究所

はじめに

2020年代後半に月面に長期的な拠点を築くことを目標としたNASA (National Aeronautics and Space Administration: 米国航空宇宙局) の「アルテミス」という計画があります。月での長期滞在を実現するためには月面での活動を支えるための持続可能なエネルギー供給が不可欠です。そのため、太陽光発電の活用、モビリティを含む月面のさまざまな機器への電力供給、基地や月面生活のために必要なさまざまなインフラの建設やそれらの運用の効率化といった問題の解決が求められています。

月面基地の電力供給網を構築するために地球から月に大量のケーブルを運んで設置することは現実的ではありません。なぜなら月に1 kgの荷物を運ぶのに、およそ1億円のコストがかかるといわれているからです。また月ではバッテリーの利用にも限りがあります。バッテリーには寒さに弱いという欠点があり、月の赤道付近の昼は110℃、夜は-170℃といわれる厳しい環境では性能が著しく低下するためです。そのため、月面を走行する無人ローバーはバッテリーに頼らず自ら太陽光発電をして得た電力で活動することが一般的です。しかし太陽光に頼って活動することは大きな制約を伴います。2週間に及ぶ月の夜の間、機器を動かすことができませんし、2024年に史上初となる月面へのピンポイント着陸に成功したJAXA (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構) の小型月着陸実証機 (SLIM) が当初の計画とは異なった姿勢で着陸したため、太陽光を十分に受け取ることができず

活動が制限されてしまったことをご記憶の方も多いと思います。

こうした問題に対して、ローバー等の月面機材にワイヤレスで電力供給ができる技術に期待が集まっています。

ワイヤレス電力伝送技術

無線で電力を送る技術はスマートフォンのワイヤレス充電などで私たちの暮らしに身近なものになりました。今、人類は宇宙に活動範囲を広げようとしています。新しい環境で新たな問題に取り組むとき、技術はさらに進みます。その中でNTT宇宙環境エネルギー研究所が目目している技術が「電界共振による電界表面波を活用した電力伝送技術」です。この技術を使えばローバーの車体などの導体や月の砂のような誘電体をケーブル代わりにして電力を送ることができるため、利用できる資材に限られている月面や宇宙のような場所での活用が期待されます。ここでは電界共振の基本原則と電界表面波の発生仕組みを説明し、従来技術との違いを明らかにしながら月面での応用可能性について探ります。

電磁界を使った従来のワイヤレス電力伝送技術には図1に示すような主に4つの方式があります。それぞれの方式には下記のような利点と問題があります。

(1) マイクロ波方式

無線通信に昔から使われてきた電波を使って電力を送る方式です。電界と磁界がエネルギーを交換しながら空間中を遠方まで電力を運ぶことができますが、距離が大きくなるにつれて電波は他の方向にも広がって伝搬するため、複数のアンテナを

並べたアレーアンテナにするなどして利得を高める必要があります。伝送効率は高くありません。

(2) 電磁誘導方式

電磁誘導方式は19世紀にマイケル・ファラデーが発見した「電磁誘導の法則」を利用しコイルを介して電力を送る方式です。現在、スマートフォンのワイヤレス充電技術 (Qi規格) などに広く採用されています。この方式はシンプルな構造で実用化が進んでいる点がメリットですが、送受信コイルの距離が離れると急激に効率が低下するという問題があります。これはコイルから発生した磁束の多くが受信側に届かずエネルギーが失われるためです。そのため、電磁誘導方式は充電台の上にデバイスを置くような近距離の電力伝送には適していますが数m以上の距離を超える電力伝送には向いていません。

(3) 磁界共鳴方式

磁界共鳴方式はMIT (Massachusetts Institute of Technology: マサチューセッツ工科大学) の研究チームが2007年に発表した技術です。2つのコイルを共振させることで従来の電磁誘導方式よりも長距離での電力伝送を可能にします。送電コイルと受電コイルが磁界で共鳴しエネルギーが効率的に伝わるため、電磁誘導方式よりも伝送距離を伸ばすことができます。この方式を用いることで最大2m程度の距離で電力を送ることが可能となりました。MITの実験では直径約60cmのコイルから2m先の電球を点灯させることに成功し伝送効率は50%に達しました⁽¹⁾。ただし、この方式には大きなコイルが必要であるため、設置スペースの確保が難しいという問題があり

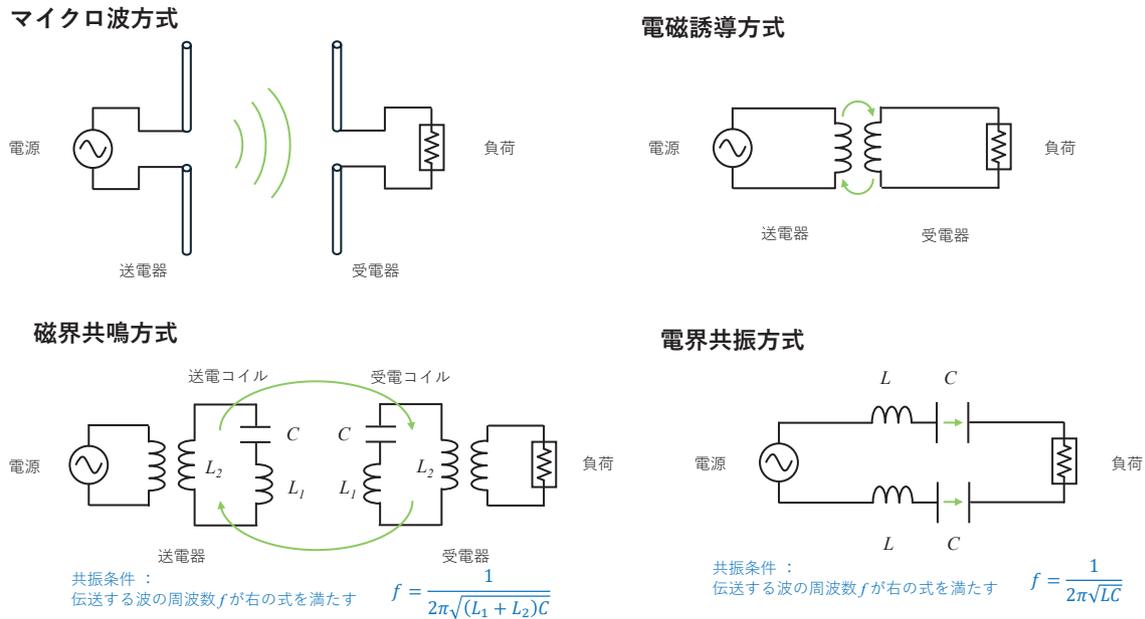


図1 電磁界を使ったさまざまなワイヤレス電力伝送

ます。

(4) 電界共振方式

電界共振方式は、送電電極と受電電極が電界で共振して電力を伝える方式です。大きな電流を流すのではなく高い電圧をかけて電力を送る仕組みなので、大きな電力を伝送する際に大電流に対応した太い線を使う必要がなく、アンテナを薄く軽くするのに適しています。電力は送電側と受電側の2枚の電極がコンデンサとなって特定の周波数で共振することで送られます。しかし、従来の電界共振技術には問題がありました。それは、距離が離れたり送受電の位置関係がずれたりすると共振が崩れ、効率的に電力を送ることが難しくなるということです。

電界共振による電界表面波方式

そこでNTTでは共振周波数を一定に保つことのできる独自の「電界共振アンテナ」を開発し、安定した電力伝送を可能にしました⁽²⁾(図2)。これにより、アンテナの厳密な位置合わせをすることなく広い範囲で高い伝送効率を実現できるようになりました。

さらに磁界にはない電界特有の性質として、送電と受電の電極の間に導体や誘電体があると、それらが電界の波を伝える媒体となって伝送可能エリアを圧倒的に拡張できるということがあげられます。NTTは

開発した電界共振アンテナによって導体や誘電体の表面に電界表面波を発生させ、その伝搬によってより遠方まで高効率で電力を伝送できることを発表しました^{(3), (4)}(図3)。これにより、これまでワイヤレス電力伝送が難しかったさまざまな場面で電力の供給が可能になります。

空間を遠方まで伝搬する電磁波を使ったワイヤレス電力伝送技術はケーブルを引き回す必要がないため使い勝手は良いですが、電磁波のエネルギーが電力を送りたい方向以外にも拡散して逃げてしまうため伝送効率は低くなります。その一方で、ケーブルを使った有線の電力伝送はエネルギーをケーブルの中に閉じ込めておくことができるため伝送効率は高くなりますが使い勝手は良くありません。提案技術は新たにケーブルを敷設しなくても、もともとそこにある物質をケーブル代わりにすることができると、アプリケーションによっては無線と同じような簡便な使い勝手を実現できます。しかもエネルギーは導体や誘電体の表面付近に閉じ込められて空間中に逃げ出しにくいいため、高い効率で電力を受電器まで届けることができます。つまり提案方式は無線と有線の良いところを併せ持った新しい技術といえます。例えば、壁や床を介して電力を供給したり、月面の岩や土壌を利用してエネルギーを伝送したりすることが可能です。また、従来のワイヤレス電力伝

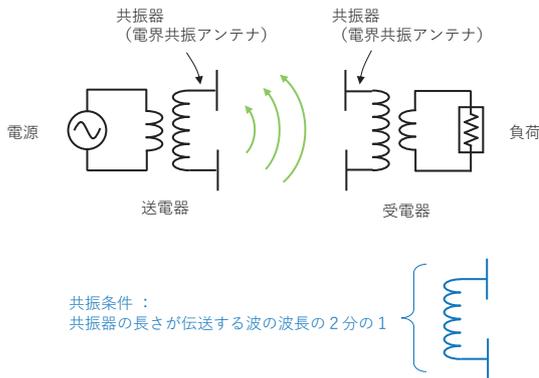
送技術の多くは、点から点へピンポイントで電力を送る技術であるため、送電器と受電器の設置には厳密な位置合わせが求められました。電界共振で発生する電界表面波の伝搬を利用すれば道路のような線、あるいは駐車場の面全体を送電アンテナにして広範囲に電力を送ることができるため、位置が多少ずれても安定した電力供給ができます。

しかしながら、身の回りのさまざまな金属や誘電体が電界の表面波を伝える媒体になり得るので思わぬところに電力が逃げてしまったり、電界ノイズとなって電子機器を誤動作させたりするリスクには注意が必要です。また電界共振アンテナの電極に高い電圧がかかることにより静電気のように空中で放電する危険性もあるため安全性に配慮した設計が必要です。目に見えない電界の広がりをイメージしながら設計することが重要となってきます。

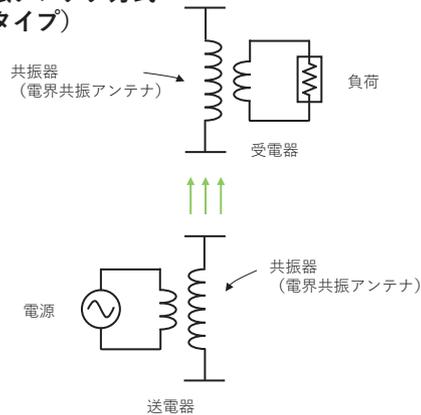
従来のワイヤレス電力伝送技術にはそれぞれ適した用途がありますが、提案技術にはもともとその場所にある物質をケーブル代わりに使える柔軟性と、電力伝送可能エリアを広げることができる拡張性があります。近距離から中距離の電力供給に強みを持ち、特に宇宙開発のようなケーブル設置が困難な環境での活用が期待されています。

次に、この電界共振による電界表面波技術が月面でどのように活用できるかについて

電界共振アンテナ方式
(横波タイプ)



電界共振アンテナ方式
(縦波タイプ)



- ・アンテナ間距離が変わっても共振周波数は変化せず遠距離でも電力伝送が可能
- ・横ずれに強く厳密な位置合わせは必要ない

図2 電界共振アンテナを使ったワイヤレス電力伝送

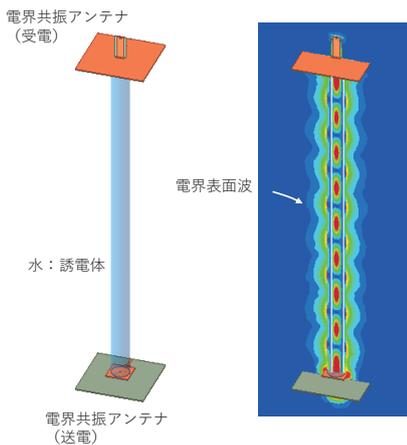


図3 電界共振アンテナによる表面波の発生

て、月面での活用を例に、具体的な応用シナリオを紹介していきます。

電界共振による電界表面波方式の
月面での活用

提案技術は、少ない資源でより柔軟性の高い電力インフラ構築の役割を果たすことが期待されます。電界表面波を活用し月で発電したエネルギーを岩や地面を通じて基地全体に供給できるようになれば、ケーブルを敷設する必要がなくなり省資源で配電網を整備することができます。

■月面ローバーへの給電

月面ではローバーが広範囲を移動しながら探査や採掘を行います。提案技術を利用すれば太陽光の有無にかかわらず月表面で

活動するローバーに地表を通じて電力を供給できるため、太陽光の届かない場所でも電力を確保することが可能になります。これにより行動範囲が大幅に広がり、より詳細な月面調査が実現できます。2024年のNTT R&Dフォーラムでは月面をイメージした送電アンテナからその上を走行する無人ローバーに非接触で電力を供給するデモを行いました(図4)。砂箱に敷き詰めた砂(これは地球の砂です)が電界のエネルギーを効率良く運び、砂がないときに比べて砂箱全体の平均の電力伝送効率が4倍も向上しました。

■水資源の採掘

月での生活には水が欠かせません。水は飲料水になるだけでなく電気分解によってロケット燃料(液体水素と液体酸素)を生成することにも利用できます。月には「永久影」に氷があり、そこでは太陽光発電で発電できません。そのためこの氷を採掘するローバーにとってこのような非接触で電力供給する技術が特に重要です。また、舞い上がった月の砂(レゴリス)の粒子は非常に細かくコネクタに詰まったり機械の内部に入り込んで故障の原因となったりするため外部から非接触で電力伝送する技術が必要です。そこで私たちは太陽光が当たる高地に設置された発電システムで太陽エネルギーをレーザーに変換し、レーザーで数kmにわたって空間伝送することで電力をクレーター内部のタワーまで届けることを提案しています。さらに受け取った電力のラ

ストワンマイルの電力供給手段として提案技術を活用し、タワー周辺で移動する氷の採掘機や処理設備に月面から電力を供給することを検討しています。その概要を図5に示します。これにより氷の採掘が持続的に行えるようになり、月面での資源利用の実現に大きく貢献します。

このように、電界共振による電界表面波技術は月面におけるエネルギー供給のあり方を変える可能性を秘めています。特にアルテミス計画で重要視されているクレーターの「永久影」での氷資源の活用において、安定した電力供給を実現するための革新的な手段となります。月にある砂をケーブル代わりにして電力を伝送できれば、宇宙開発におけるエネルギー供給の新たな可能性を切り拓くことが期待されます。

今後の展開

提案技術はその柔軟性と利便性から地球上でもさまざまな応用が考えられます。例えば、工場や倉庫では多数のロボットやセンサーが稼働しており、現在はバッテリーや有線電源による給電が主流です。しかし、提案技術を活用すれば床に敷かれた金属板を介してケーブルを使用せずに必要な場所へ電力を供給できるため、ロボットの可動範囲が広がりより効率的な自動化が可能になります。また、頻繁なバッテリー交換の必要がなくなることでメンテナンスの負担も軽減されます。

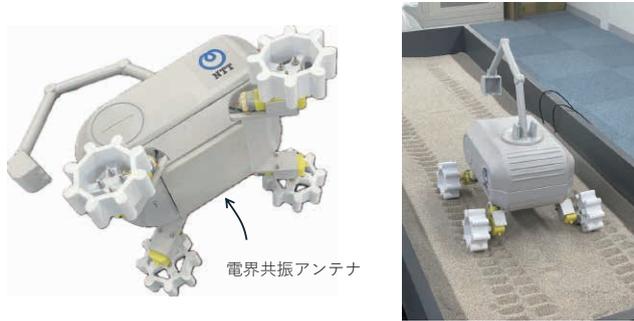


図4 無人ローバーへの非接触給電のデモ

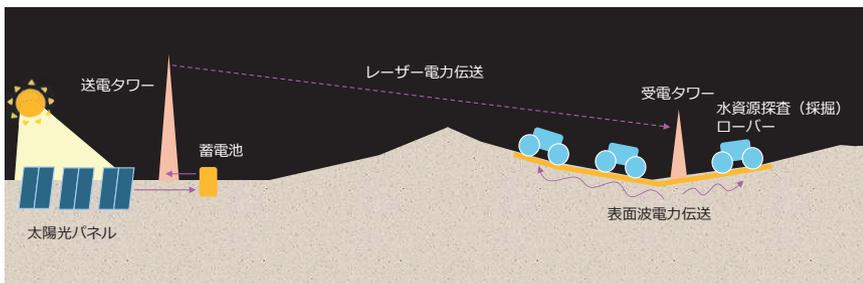


図5 月面での電力供給システム

さらに、災害時の電力供給にも適用できる可能性があります。地震や台風などの災害時には送電線が破損し、広範囲にわたる停電が発生することがあります。この技術を活用すれば仮設住宅や緊急避難所に迅速に電力を供給でき、被災地の復旧を加速させることができます。加えて医療機器や通信設備など、生命にかかわる重要なインフラを維持するためにも大きな役割を果たすでしょう。

ほかにも電気自動車（EV）の充電インフラにおいて、その充電方法を大きく変える可能性があります。現在、多くの電気自動車は充電ステーションで停車しプラグを接続して充電する必要があります。磁界共鳴方式を使って駐車中の電気自動車にワイヤレスで給電する技術も提案されていますが、磁界共鳴方式はコイルからコイル（点から点）に向かってピンポイントで電力を送る技術であり、走行中の車に移動しながら電力を送るのには適していません。提案方式を応用すれば、道路そのものを送電アンテナにすることができるため、道路に沿って電力を供給し、車両が走行しながら充電できるダイナミックワイヤレス給電（DWPT：Dynamic Wireless Power Transfer）が実現できます。このシステムが実用化されれば、充電のために停車する

時間を大幅に削減できるだけでなく、バッテリーの小型化にも貢献し、車両の軽量化やコスト削減、航続距離の延長にもつながります。

一方、宇宙開発の分野ではより軽く少ない部材で複数の機能をこなすことが重要であるため、もともとある金属部品に電力を運ぶ伝送ケーブルの役割を担わせることのできる提案技術が貢献できます。例えば、国際宇宙ステーション（ISS）の後継として計画されている月軌道プラットフォーム「Gateway」では、複数のモジュールが相互に連携しながら運用されることが想定されています。このような宇宙空間のプラットフォームでモジュールの外壁がケーブルとなって電力やデータを伝送できるようになれば、人類は重力だけでなくケーブルの束縛からも解放されてさらなる自由を手にすることができるのです。

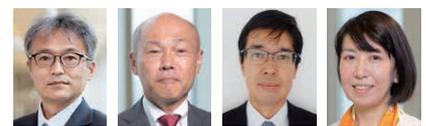
おわりに

提案技術はこれまでにない新しい技術です。この技術によって、これまでさまざまな制約でワイヤレス技術が利用できなかった場所にもワイヤレス電力伝送の実現の可能性を広げることができます。これから進出する宇宙のようなフロンティアならではの

の新しい問題にも対応できる柔軟性にも注目が集まっています。NTT宇宙環境エネルギー研究所で取り組む発電から送電、さらに電力の効率的な利用に至るまでの持続可能なエネルギーシステムをめざした研究開発の中で、この革新的なエネルギー伝送技術がどのように応用され実用化されているのか、今後の展開にご期待ください。

参考文献

- (1) A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljačić: "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances," *Science*, Vol.317, pp.83-86, 2007.
- (2) T. Washiro: "Electric Field Resonant Antenna for Wireless Power Transfer Based on Infinitesimal Dipole," WPTC2021, pp.1-4, San Diego, U.S.A., June 2021.
- (3) T. Washiro: "Surface Wave Power Transmission Excited on Metal Wires by Capacitive Coupler," WPTCE 2024, pp.400-403, Kyoto, Japan, June 2024.
- (4) T. Washiro: "Propagation of Electromagnetic Waves Excited by a Capacitive Coupler in a Cylindrical Water," AP-S/INC-USNC-URSI 2024, pp.2049-2050, Florence, Italy, July 2024.



(左から) 和城 賢典 / 吉田 芳浩 / 鳥海 陽平 / 高橋 円

「未来は予想するものではなく自ら創るもの」という信念で新しい技術の研究開発に取り組んでいます。これからも誰も考えもしなかったようなアイデアの実現に向けて業務を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTT宇宙環境エネルギー研究所
企画担当



主役登場

事業開発と研究開発の2軸をマーケットインで推進。宇宙を身近な存在に

榮永 道子 Michiko Einaga

NTT研究開発マーケティング本部 アライアンス部門
宇宙環境エネルギー担当 担当課長

2024年6月3日、私たちはNTTグループ各社の宇宙ビジネスのブランド「NTT C89」(エヌ・ティ・ティ シー・エイティ・ナイン)を立ち上げました。「NTT C89」の「C」はConstellation(星座)を意味しており、天文学においては88個の星座が定義されていますが、NTTグループ各社が“宇宙統合コンピューティング・ネットワーク”という「新たな89個目の星座をつくっていく」という想いを表しています。これにより、宇宙というフィールドを活用してさまざまな産業の課題解決や日本の宇宙ビジネスの発展に貢献していきたいと考えています。キーメッセージは「未来に、新しい星座を。」です。

“宇宙統合コンピューティング・ネットワーク”は、2021年にスカパーJSAT株式会社との宇宙事業に関する業務提携の際にこの実現が掲げられ、私たちは実現に向け「NTT C89」のもと、「観測ビジネス」と「通信ビジネス」の領域において、NTTグループ各社による市場創造・拡大に向けた“事業開発”と、これらをけん引するNTT研究所による“研究開発”の2つの軸で推進しています。

■事業開発

観測ビジネスの領域では、画像データに関して、観測衛星が撮影する撮影データをさまざまな産業の課題解決に活用するためデータの提供を行っています。NTTデータでは、観測データを3Dの地図に変換する「AW3D®」を提供しています。また、HAPS (High Altitude Platform Station)

を活用したりリモートセンシングにより海洋状況の的確な把握や災害対策等への活用をめざして、株式会社Space CompassとNTTドコモが開発を進めています。

また、デジタルツインプラットフォームに関して、2024年7月1日に株式会社Marble Visionsを設立し、高頻度かつ高精度な撮影が可能な観測衛星システムを整備し、サイバー空間上で現実空間を表現し、未来予測やシミュレーションを行うデジタルツイン市場の創設に挑戦していきます。

さらに、光データリレーに関して、Space Compassが観測衛星が撮影したデータをGEO (Geostationary Earth Orbit) 経由で地上に高速伝送する、大容量・準リアルタイムのデータ伝送を実現する光データリレーを開発しています。

通信ビジネス領域では、衛星とスマートフォンとの直接通信サービスに加え、成層圏のHAPSによりさらなる高速・低遅延な直接通信を提供していく予定です。

衛星通信に関して、NTTドコモが専用アンテナ・端末を活用した、衛星電話・データ通信サービス「ワイドスター」、Starlinkを活用した衛星ブロードバンドインターネットサービスを提供しています。さらに、Amazonが提供する低軌道衛星ブロードバンドネットワーク「Project Kuiper」と戦略的協業に合意し、より広範囲かつ深いビジネス連携を進めています。

TN (Terrestrial Network) と NTN (Non-Terrestrial Network) に関しては、地上通信と衛星通信を統合したシームレス

な相互運用をTransatelが開発し、いつでもどこでも最適な通信環境を提供していきます。

■研究開発

これまでNASAやJAXA(宇宙航空研究開発機構)が中心に宇宙開発を進めてきましたが、宇宙産業の急成長が期待されるようになり、民間主導が活性化してきています。例えば、月探査計画「アルテミス計画」は、月面での持続的な活動や火星探査をめざしていますが、すでに民間企業の技術を活用し研究開発が進められています。NTT研究所においても宇宙に関するさまざまな分野で研究開発に注力しており、本特集ではその中から「非地上系ネットワークを用いたモバイル通信のサービス品質向上技術」「宇宙DC向けAI推論技術」「電界表面波を使った電力伝送技術」を紹介しました。マーケットのニーズやインサイトを取り込んだ研究開発を今後も推進し、マーケティングの融合による新たな価値創造をめざしていきます。

宇宙開発は決して遠い将来の話ではなく、身近な存在として私たちの生活に多くの影響を与えていくものです。現代における89個目の新しい星座「NTT C89」を“事業開発”と“研究開発”の2軸で発展させ、農業、林業、インフラ、災害対策などさまざまな産業・分野の方々に宇宙というフィールドの活用により課題解決に役立てることで、日本の宇宙ビジネスに貢献していきます。



科学万博特集

科学万博におけるINS体験

高橋 徹
高野 義朗

国際科学技術博覧会（科学万博-つくば'85）が、日本万国博覧会、沖縄海洋博覧会に次いで、我が国3番目の国際博覧会として、茨城県筑波研究学園都市において、この3月17日からいよいよ184日間の会期で始った。

この博覧会には6,500億円を超える関連費用をかけ、47カ国、37国際機関、28国内企業グループが102ヘクタールの会場内に出席し、延べ人数で2,000万人（うち100万人が外国人）を超える入場者を予定しているという大博覧会である。そのテーマは「人間・居住・環境と科学技術」で、人間と科学技術とのかかわり合いについて理解を深め、21世紀に向かって科学技術についての新しいイメージを探究することを目的としており、「情報通信」が重要なテーマの1つとなっている。開会に先立つ3月8日にはNTTのバビリオンである「でんでんINS館」において、開館式が多数の来賓の御出席の下に、NTTのネットワークを駆使してバビリオン内のINSホールにおいて執り行われた。

本稿ではこの度の開会を機に、NTTの科学万博への参加が計画された段階から開会に至るまでの経過を振り返るとともに、NTTの科学万博に対する取組みの基本的な考え方を述べ、後述する3論文の総論となっている。



1. 経緯

国際科学技術博覧会出席に至るまでのNTTの取組みは昭和56年にさかのぼり、4年の歳月を積み重ねてきた。

昭和54年11月に政府が博覧会国際事務局へ開催希望通知を行い、56年4月の博覧会国際事務局総会において正式に日本開催が承認された。

その間、55年3月には国際科学技術博覧会協会（以下、博覧会協会という）が設立され、博覧会協会の要請で電電公社総裁が理事に就任した。56年4

月に公社総務会で「INSモデルシステムの構築について」が審議された際、科学万博にその成果を反映させていくこととなった。

56年6月には、公社の出展及び会場の情報通信システムの提供等について審議するため、副総裁を委員長、技師長を副委員長とし、主要関連部局長を委員とする国際科学技術博覧会対策委員会を発足させ、57年4月には第1回の対策委員会を開催し基本構想、必要スペース等を審議するとともに、博覧会協会に対して参加申込みを行った。

その後、開会までに合計9回の対策委員会を開

き、出展計画、テーマ、運営計画、営業・建設・保全体制、INSサービスの試供実施等を審議し方向付けがなされてきた。

科学万博会場内に電気通信サービスを提供することについては、56年11月に博覧会協会より正式に協力依頼が公社あてにあった。その中では会場内で必要となる総合的情報通信ネットワークをどうしたら良いかの調査依頼が併せて行われており、57年3月に博覧会協会へこの件について公社から回答した。これが現在の「会場内ネットワークサービス」のベースとなっている。

科学万博へ取り組む社内組織としては、58年1月に博覧会協会及び関係省庁等部外との連絡調整を行う窓口として、並びに関係部局との連絡調整を行う組織として技術局に国際科学技術博覧会対策室が設置された。また、科学万博の地元となる関東電気通信局にも、翌58年2月に国際科学技術博覧会対策室が設置され、59年10月には関東電気通信局国際科学技術博覧会運営本部が「でんでんINS館開設準備室」を含む形で設置された。開設準備室は60年2月には「でんでんINS館」として発足し現在、館の運営を行っている。

2. 基本的な考え方

政府が博覧会開催にあたってまとめたこの博覧会の意義は次のようなものである。

- ・21世紀を創造する科学技術のビジョンを内外の人に示し、科学技術に対する理解を深める。特に、青少年に未来の科学技術を正しく理解させ、優秀な人材を科学技術分野に誘引する。
- ・博覧会出展を目標として、各企業、政府関係機関が、集中的に技術開発を進める結果、我が国の技術水準を画期的に引き上げる契機を与える。また、その結果、知識集約産業の育成に寄与し経済発展にはずみをつける。
- ・科学技術の情報交換を世界的レベルで行うことができる。特に、発展途上国の人々に、これらの国に適合した技術開発の在り方を示すことができる。
- ・建築、都市計画、生産様式、情報化、エネル

ギー等各分野において、科学技術を中心とした新しい文化が創造される契機となる。

博覧会出展に際して博覧会自体の趣旨を踏まえ、情報通信に焦点をあてて整理したNTTの基本的な考え方は以下のとおりである。

「科学万博をINS・高度情報通信システムの展開を国内及び諸外国からの方々に広く知っていただく場としてとらえ、光通信方式や衛星通信、デジタル通信等の最新技術を駆使して、INSによる将来の夢のあるサービスを具体的に御覧いただき、手に触れてもらう。同時に、商用化が近く予定されているINSサービスを万博出展者の方々に試供として提供しINSを理解してもらう。

また、既存の公衆電気通信サービスについては、科学万博の管理運営上必要な通信需要にはすべて応じていく。

更に、会場内情報通信施設等については、博覧会協会の要請に従い協力する」

3. 出展の概要

(1) 出展企画の特徴

「でんでんINS館」では「INSがひらく夢のある暮らし (INS Makes Life More Exciting!)」をテーマに、INSが活躍する近未来の社会の姿を1つの例として、いきいきと描くこととしている。大きな特徴は2つある。1つは21世紀の高度情報社会の中で使われる様々な通信の形態を、人々の生活とのかかわりの中でINSが役立つ様を展示し、誰でも実際に手を触れて先取り体験できるパビリオンであるということである。そして2つ目は、いろいろな通信手段を使い、離れた人間同士のコミュニケーションを可能にするNTTの特徴を生かして、全国に情報の輪を広げた通信の姿を見てもらうということである。北は北海道から南は九州まで全国主要都市16カ所のNTTサテライト会場と「でんでんINS館」とを光通信等を使ったデジタルネットワークによって結び、また全国を巡回する「INSつくば号」と「でんでんINS館」とを通信衛星CS-2によって結ぶ。すなわち、最新技術を駆使し、筑波の地から遠く離

れた方々にも参加していただける拡がりのある開かれたパビリオンである。

科学万博会場の位置図及び科学万博会場内における「でんでんINS館」の位置を示した会場図をそれぞれ、図1, 2に示す。

各サテライト会場、及び「INSつくば号」の詳細は本論文に続く各論で参照されたい。

(2) INSモデルシステムとの関係

INSのパイロットプラントであるINSモデルシステムが昨年9月から東京三鷹・武蔵野地区で運用を開始した。電話や64kb/s以下の非電話系情報を対象とする64kb/sデジタル網と、超高速デジタル情報や高帯域映像情報を対象とする広帯域網とから成り、これに通信処理機能を付与し、電話、データ、ファクシミリ、映像の4つを基本とする各種宅内機器を接続して、将来のINS

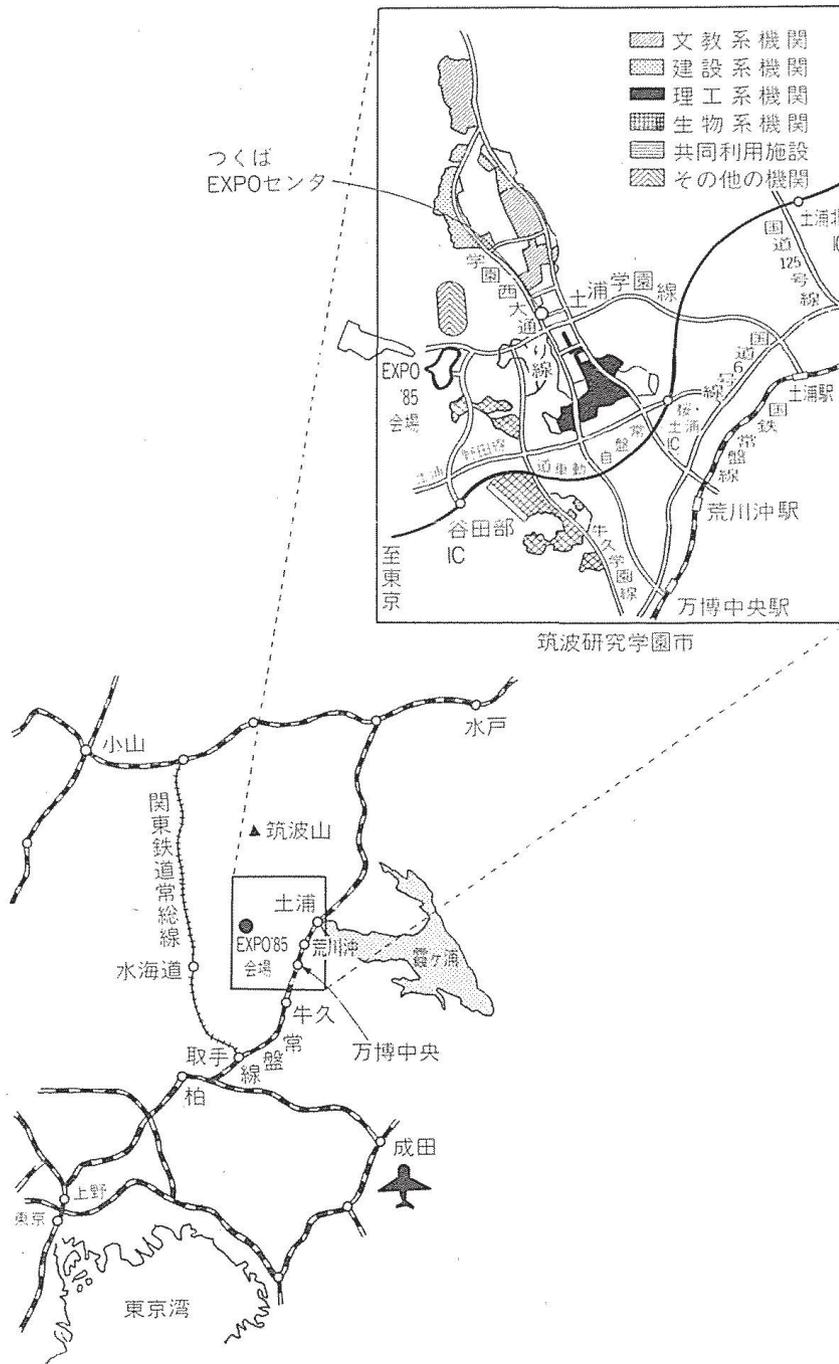


図1 科学万博会場位置

の基本となる各種の実験がとり行われている。科学万博では、このモデルシステムでの経験を反映し INS 形成へ向けての次のステップとしてモデル同様のサービスを展示するほか、技術的に可能で展示効果の高いサービスを展示し、実際に手に触れていただけるようにした。ネットワークとしても、INS モデルシステムの拠点である三鷹局、東京都心の千代田局とを有機的に結んでいる。

(3) バビリオン建築概要

- ・名称 でんでん INS 館
(INS Pavilion of NTT)
- ・建築 鉄骨構造 地上2階
延床面積 4,154平方メートル
- ・位置 科学万博会場Bブロック
- ・予定入館者数 300万人
(全体入場者数の15%)

4. 電気通信サービスの概要

(1) 電気通信商用サービス

科学万博会場内の博覧会協会や各バビリオンを対象に万博にかかわる運営に必要な加入電話約2,000を、科学万博協会が定めた特別規則に従い事業所集団電話として提供している。このために筑波学園局にD70<A>交換機を導入している。このほか、筑波学園都市地域において電話だけでなく、キャプテン、ファクシミリ通信網、新データ網及び移動通信等の商用サービスを提供している。更に、最新サービスとして高速デジタル伝送、衛星デジタル通信についてもサービス提供している。

(2) 科学万博サービス

NTT は電気通信システムの基盤となるネットワークを整備する任務を持っている。博覧会協会からの要請を受け、科学万博会場管理・運営のために必要な各種情報システムについて、将来の高速構内ネットワークを示唆する最新技術により提供している。すなわち、光ファイバケーブルを科学万博会場内に布設し、各種会場管理情報や映像情報を伝送する会場内ネットワークサービスや、科学万博の催事等の高精細度 TV 映像を日本縦貫

光ファイバケーブル伝送路を使用し、東京、大阪の博覧会協会サテライト会場との間で伝送する高精細度 TV 伝送サービスを提供している。

(3) INS サービスの試供

科学万博終了後の近い将来に東京、大阪、名古屋、筑波の地域で、またその後は順次全国で商用サービスとして実施される予定の INS サービスのうち、その前段としていくつかのものを機能、デザイン、操作性に対する利用者の具体的評価を得ること等を目的として試験的に提供する。具体的には科学万博開催期間中に、INS モデルシステムで試験を実施しているデジタル電話、デジタル描画通信、デジタルファクシミリ通信等を科学万博会場と、千代田局を中心とする東京都心地区とにおいて出展者の方々に試供として利用していただくこととしている。

あとがき

この博覧会は、あと15年で21世紀という時期に開催される。21世紀へ向けての INS 構築の姿を「でんでん INS 館」で展示すること、及び科学万博を支える各種電気通信サービスを提供することをもって、広く INS を国内のみならず海外からの人々にも理解してもらうことができれば幸いである。

科学万博に NTT が取り組んで、まがりなりにもここまでこれたのは、博覧会協会をはじめとする多方面にわたる部外の方々の御協力と、NTT 内各部門の大勢の力を結集した所産である。

今後、9月16日までの間にこの科学万博会場を訪れることを予定している方々は是非、御家族や御友人とともに「でんでん INS 館」においでいただき、INS を楽しみながら体験していただきたい。そして展示方法や運営方法に御意見があれば、承りたいと願う次第である。

〔筆者 高橋氏 技術部国際科学技術博覧会対策室長
高野氏 同 国際科学技術博覧会対策室
調査員〕

はなやかにオープン 科学万博 — つくば'85

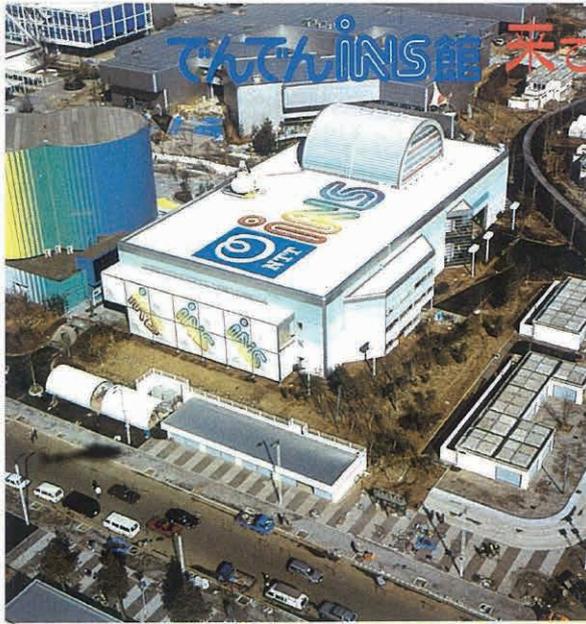
科学万博開会式



でんでんINS館開館式



画像記事

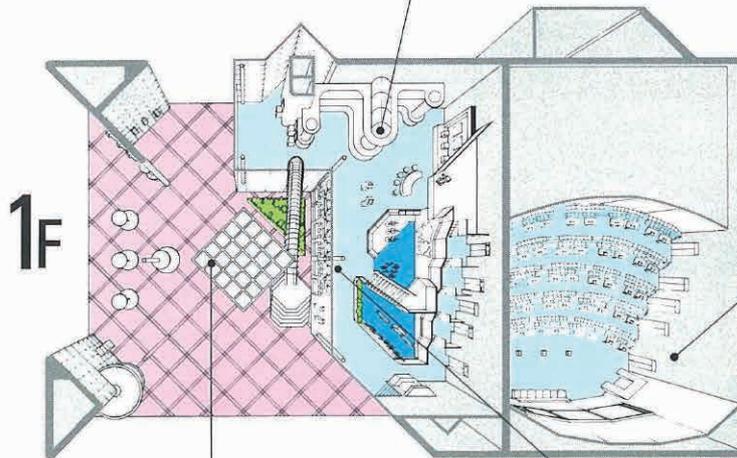


来て、見て、触れて、実感、INS

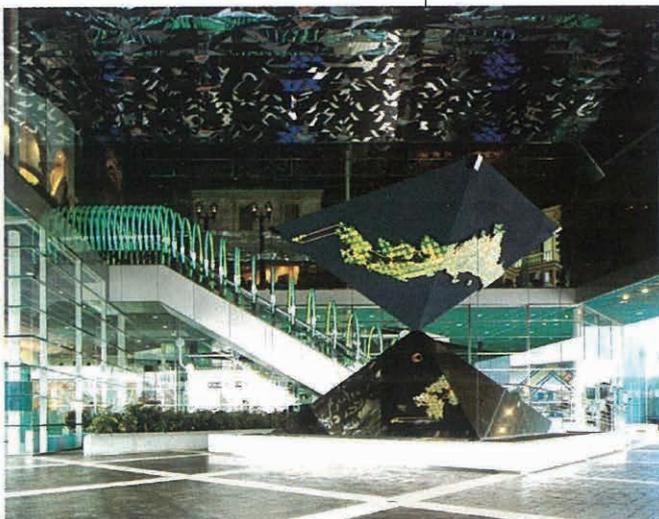


●INSオフィス

新しい時代のオフィス用情報システム、INSを支える先端技術とサービスを、デモンストレーションや展示によってわかりやすく紹介します。



●INSプラザ



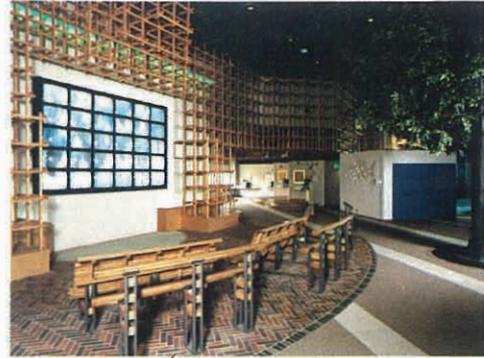
●INSパーク

INSを支える、さまざまな技術を使った「科学遊び」のコーナー。驚きと発見に満ちた、楽しい体験ゾーンです。



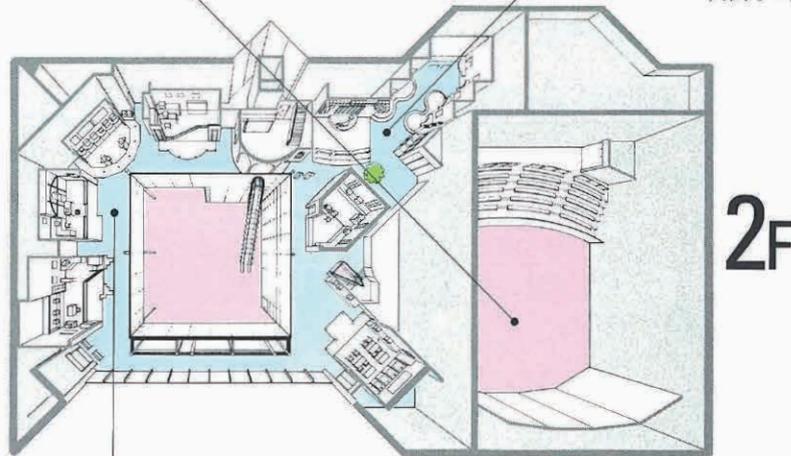
●INSホール

全国各地を光ファイバや通信衛星によるネットワークで結んだマルチメディア双方向コミュニケーション劇場です。人びとの出会いとふれあいのドラマが展開されます。



●INSビレッジ

美しい日本の四季を通して、農林漁業地域でのINSの役割をご覧いただけます。



●INSストリート

光のトンネルをぬけると、そこは明治・大正の街並み。そんな街角に、INSがあったなら。楽しい想像に胸躍らせながら、散歩してみませんか。



NTT宇宙環境エネルギー研究所
上席特別研究員

今村 壮輔 Sousuke Imamura

地球を創生した藻類が地球を救う： 藻類の優れた光合成・増殖・炭素固定能力を活用し、海洋、大気、土壌の環境正常化による生態系回復、気候変動にかかわる諸問題の克服、循環型社会に貢献する



2021年9月にNTTは、新たな環境エネルギービジョン「NTT Green Innovation toward 2040」を策定し、「NTTグループは2040年度までにカーボンニュートラルの実現をめざします」と発表しました。この新たな環境エネルギービジョンをはじめ、2020年10月に日本政府が発表した「2050年カーボンニュートラル宣言」、そして日本企業のカーボンニュートラル関連の取り組みでは、再生可能エネルギーの利用と省エネルギー化をその手段の柱としています。これらの、二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスの排出を大幅に削減する取り組みのほかに、排出されたCO₂そのものを吸収して利用するアプローチもあります。その1つである、藻類と魚介類に品種改良技術を適用して海洋CO₂の低減をめざす取り組みについて、NTT宇宙環境エネルギー研究所 今村壮輔上席特別研究員に話を伺いました。

藻類に品種改良技術を適用し、海水中のCO₂量の低減をねらう

NTT研究所では珍しい、微細藻類を研究ターゲットとしているようですが、その背景を教えてください。

「藻類の優れた光合成・増殖・炭素固定能力を活用し、陸海空（土壌、海洋、大気）の環境正常化による生態系の回復、気候変動にかかわる諸問題の克服、循環型社会への貢献」を研究ビジョンとして、現在主に「藻類と魚介類による炭素循環に品種改良技術を適用し海洋中のCO₂を低減させる取り組み」を行っています。

この取り組みの中で、私が研究ターゲットとしている微細藻類（肉眼では識別が難しい藻類）は、生物の中でも長い進化の歴史を持ちます。微細藻類は約30億年前に現れ、光合成によって大気中の二酸化炭素（CO₂）を酸素へ変換し、その量を劇的に増加させた結果、紫外線の生命への影響を低減するオゾン層が形成され、陸上への生物の進出を可能にしたといわれています。私たちホモサピエンスが誕生したのがおよそ20万年前であることを考えると、微細藻類が背負っている時間の長さが分かります。したがっ

て、微細藻類は地球環境を劇的に変化させ、現在の地球環境を形成する鍵となった生物だと考えられます。この地球を創生した微細藻類が、今度は地球を環境破壊から救う存在になるのではという考えが、私の研究ビジョンの源流となっています。

そんな長い歴史を生き抜いた微細藻類、現在の私たちの食生活では欠かすことができません。例えば、サプリメントなどでよく見かけるDHAやEPA、エビや鮭の赤色の元であるアスタキサンチンなどの物質は、主に微細藻類由来であり、食物連鎖の中で最終的に魚介類の体内に取り込まれて濃縮されています。微細藻類を魚介類が捕食する、海洋での食物連鎖を活用して、海洋中のCO₂量を低減する試みが、現在主に取り組んでいる研究になります（図1）。

研究ビジョンの達成において、食物連鎖を用いたモデルが重要な役割を果たすようですが、そのポイントを教えてください。

食物連鎖関係を用いる理由は、炭素固定期間の長期化です。「固定」という用語は聞き慣れないかもしれませんが、「CO₂などの無機炭素を、グルコースなどの有機炭素化合物へと生体内で変換してそれが取り込まれる過程のこと」をさします。微細藻類は増殖が速いという利点がありますが、ライフサイクルが短い

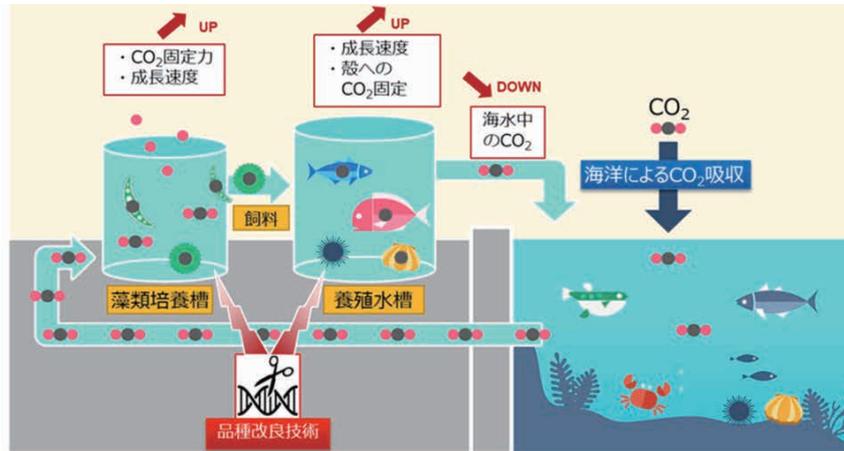


図1 海洋生物のCO₂吸収能向上を利用し海洋中CO₂の低減をめざす技術の概要

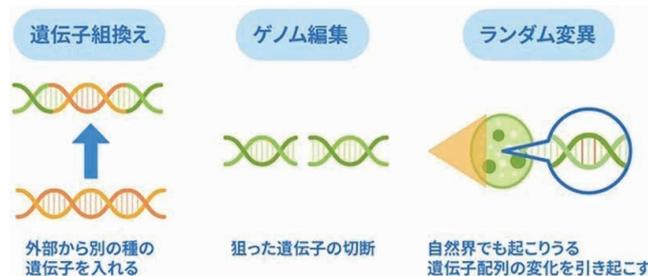


図2 品種改良の際に主に使用される3つの技術

ため、CO₂に由来する炭素が細胞に固定される期間が短いという欠点があります。この欠点を克服するために、微細藻類をライフスパンが長い魚介類のエサとして活用し、CO₂に由来する炭素を藻類から魚介類に移行し、長期間固定することを狙っています。さらに、魚介類の生産が最終的に可能である点も重要な理由です。近年の海水温上昇や海洋生態系の崩壊により、水産資源の減少が深刻な問題となっています。そのため、持続可能な水産業の一環として、陸上養殖を含む養殖による魚介類の生産が増加しています。しかし、小魚の漁獲量の減少により、養殖用のエサ（魚粉）の価格が高騰し、持続可能性が低下しています。微細藻類は増殖が速く、耕作地を必要とせず、さらに魚粉の代替として必要なタンパク質やDHA・EPAなどの成分を含んでいます。そのため、持続可能なエサとしての利用が大いに期待されています。したがって、このモデルの確立が実現すると、環境のみならず、食料問題という私たちが直面している大きな2つの社会課題の解決策の1つになると考えています。



食物連鎖モデルの実現に、ゲノム編集と、中性子線を用いた世界初の微細藻類品種改良技術を適用

品種改良技術とはどのようなものでしょうか。

前述のモデルを用いて海洋CO₂量の低減を実現するためには、まず第1に、品種改良によって、微細藻類によるCO₂吸収量を高め、食物連鎖関係中で循環する炭素総量を向上させる必要があります。加えて、魚介類のエサとして必要な栄養成分に適合するように品種改良する必要があります。微細藻類は自然界でエサとして進化してきたわけではないため、飼料としての性質を持たせるためには人為的な改良が求められます。これは、トウモロコシの原種から現在の食用品種に改良するのと同様のプロセスです。しかし、小さく単純に見える微細藻類の性質を変えることは決して容易ではありません。微細藻類の仕組みは数十億年かけて進化してきたため、強靱さと柔軟性を併せ持っています。これにより、1つの性質を向上させると他の性質が減少するという、一律背反の関係が基本となります。したがって、バランスを取りながら品種改良を進めることが必要となります。

品種改良の方法の1つとして、近年注目されているのがゲノム編集です。ゲノム編集とは、生物が持つ特定の塩基配列を意図的に切断し、その遺伝子が修復される過程で生じる塩基配列の変化によって、本来の機能を改変させる技術です。遺伝子組換え技術が外来の遺伝子を導入して機能を改変するのに対し、ゲノム編集は、自身が持つ塩基配列だけを変化させるため、自然環境で起こっている現象に近いプロセスとみなされています（図2）。しかし、ゲノム編集技術は、標的とする遺伝子が特定されていて、初めて適用できる技術です（図3）。標的とする遺伝子を特定した方法



図3 ゲノム編集とランダム変異による品種改良プロセスの概略（高油脂蓄積株の取得を目的とした例）

について、詳細は割愛しますが、私たちは、12種類の標的候補遺伝子に対する遺伝子編集株を作製し、親株と比較して増殖速度が顕著に増加し、CO₂吸収量の画期的な増加が期待できる2種類の遺伝子を特定することにこれまでに成功しています。現在のこれらの遺伝子を標的とした微細藻類の品種改良を検討しています。

世界初の中性子線照射による微細藻類の品種改良技術

私たちは、ゲノム編集における標的遺伝子情報の事前特定が必要という欠点を補うため、別の品種改良法の研究開発も行っています。この方法はランダムに変異を導入する方法です（図2、3）。この方法では、どの遺伝子に変異が導入されるかは未知ですが、すべての遺伝子が標的となります。これにより、有用な性質を持つ微細藻類を取得できる可能性が広がります。さらに、この方法で得られた有用性質の原因となる遺伝子を特定できれば、それを新たなゲノム編集の標的遺伝子として利用し、品種改良が進められるようになります（図3）。

ランダムな変異を導入する方法にはいくつかありますが、一般的にはγ線やX線などの放射線を用います。この方法において注意すべき点は、放射線を使用するのは品種改良時のみであり、得られた品種改良株の栽培過程や最終製品には放射線を照射しないことです。したがって、この方法は、自然界でも起こり得る突然変異を活用する手法であり、安全性が高いと考えられます。例えば、ナシ黒斑病に抵抗性を持つ「ゴールド二十世紀」は、放射線を用いた品種改良の成功例の1つです。

これまでの放射線を用いた品種改良は、水分をほとんど含まない種子などの作物が対象とされてきました。しかし、微細藻類は基本的に水中で生育するため、同様の手法を適用することが難しいと考えられます。これは、従来使用されてきたγ線やX線などの放射線が、水分が多い培養液中で透過性が低く、生育する微細藻類細胞の大部分に変異を与えられないという問題に起因します。この問題を解決するために、私たちは、水分が多い培養液中でも他の放射線に比べて透過性が高いとされる中性子線を用いた、世界初の微細藻類の品種改良技術の確立を試みました。「なぜNTT

が中性子線を？」と思われるかもしれませんが、NTTは、地上で使用される通信装置内の半導体に宇宙線由来の中性子線が引き起こすソフトエラー試験を行っており、その過程で中性子線照射に関するノウハウを蓄積してきました。このため、微細藻類への中性子線照射のハードルが低かったのです。

中性子線を微細藻類細胞に照射すると、遺伝子上にランダムに変異が入り、それによって細胞の性質が変わることがあります。しかし、中性子線の種類や照射条件と導入される変異の関係は明らかではなく、中性子線を用いた微細藻類の品種改良の大きな障壁となっていました。そこで、私たちは中性子線を微細藻類に照射し、それぞれの最適な照射条件と遺伝子への変異導入効果の関係性を解析しました。この技術の確立に際して、紅藻シゾンというモデル藻類を使用し、細胞内の特定の遺伝子に変異が生じた細胞だけが生存できる仕組みを応用し、中性子線の照射条件と変異の生じやすさの関係を定量的に評価しました。その結果、中性子線の照射条件と変異導入効果の関係性を明確にし、最適な照射条件を特定することに初めて成功しました（図4）。

さらに、私たちは株式会社ユーグレナと共同で、中性子線の照射条件が他の微細藻類にも有効であるかを検証しました。具体的には、ランダム変異法の適用が困難とされるユーグレナ（ミドリムシ）に対して、最適な照射条件を適用しました。ユーグレナを選んだ理由は他にもあります。ユーグレナは大量培養技術が確立されており、航空機の燃料生産にも利用されるなど、微細藻類を用いたバイオ燃料生産の実用株として有望視されています。研究を進めた結果、元の株に対して最大1.3倍の油脂生産量を持つ品種改良株の取得に成功しました（図5）。このように、中性子線を用いた微細藻類への変異導入条件を明確化し、その条件が微細藻類の品種改良に有効であることを実証、すなわち、中性子線照射による微細藻類の品種改良技術を世界初の例として確立したといえます。

今後、CO₂吸収量を向上させた微細藻類の品種改良やその原因遺伝子の解析を行うとともに、2種類の藻類（シゾンとユーグレナ）以外への本技術の適用範囲拡大の有効性を検証していく予定です。活用目的に合わせて有用性を高めた微細藻類の品種改良・生産を



図4 中性子線照射試験とその評価

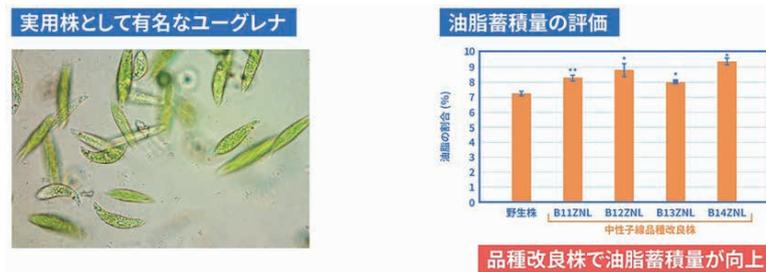


図5 品種改良によるユーグレナの油脂蓄積量向上

行うことで、温室効果ガスの削減やエネルギー資源の生産だけでなく、農林水産飼料の創出など、気候変動に関連するさまざまな課題への解決策を提供することをめざしています。

ユニークな専門技術と変化への柔軟な対応が新しい挑戦を続ける原動力

研究者として心掛けていることを教えてください。

研究者であれば、自分の専門を持つことが重要です。そして、その専門が他の人の技術の模倣ではなく、ユニークである必要があります。近年、勉強と研究を混同している方が多いように思います。いうまでもありませんが、勉強とは、他の人が考え出したり見つけたりした知識を吸収し、利用することです。一方、研究とは、誰も知らなかったことを考え出し、未解決の問題を解いたり、誰も実施していなかったことを実現することであり、全くの別物なのです。

研究は企業や大学などの組織に所属して行う場合がほとんどであり、組織の方針や予算などの外的要因に影響を受けることが多々あります。このような状況においても、自分の軸となる技術や専門領域をいかに曲げずに維持できるかが重要です。しかし、自分の専門を頑なに曲げず、「これしかやりません」となると、組織の方針や外的要因の変化に適応できなくなり、研究が続けることが難しくなってしまいます。そこで、ただ頑固になるのではなく、自分の強みとなる軸を持ちながらも、半歩踏み出して研究環境の変化に柔軟に対応することが非常に重要です。こうしたしなやかな柔軟性を持つことで、外的要因の変化があっても、影響を受け

るのはアプローチなどの部分であり、核心となる技術や専門領域は揺るがないことに気付き、新しい挑戦を続ける原動力となります。この考えにより、私は基礎的な研究から応用的な研究まで幅広く対応できたと感じています。

大事をなすために必要な3要素、伶俐・重厚・与太のバランスが重要

後進の研究者へのメッセージをお願いします。

私は、研究を進めるうえで、何手か先まで読んだ戦略・戦術を大切にしています。しかし、熱意を持って進んでいても行き詰まることもあるかもしれません。そこで、先見性を持って考える「伶俐」、ブレない自分の軸・意志を持って進む「重厚」、そして遊び心や心の余裕を持つ「与太」の3つの要素のバランスを保つことが、研究を進めるうえで重要であると考えています。司馬遼太郎の「竜馬がゆく」の中で“この3つの特質（伶俐、重厚、与太）を兼ねている者があれば、それは必ず大事をなすものだ”と坂本龍馬が述べています。このバランスをぜひ試してみてください。私も肝に銘じて、大事をなすべく精進してゆきます。

また、国内外問わず、特に海外の研究機関での研究を経験してもらいたいと思います。文化や環境の違いはもちろんですが、ユニークな研究を推進する秘訣や哲学など、学会では感じ取れない多くの要素を肌で感じ、学ぶことができます。そして、優秀な研究者とのつながりは、研究を発展させるための良い醸成の場となります。ぜひ、積極的に海外での研究に飛び込んでほしいと思います。



NTT西日本

デジタル革新本部 技術革新部

福田航平 Kohei Fukuda

tsuzumiの活用に向けて検証，お客さま案件支援，そして社内各部門の自力活用をめざした研修に取り組み

2023年11月にNTT研究所が大規模言語モデル（LLM）「tsuzumi」を発表しました。tsuzumiには、「軽量」「世界トップレベルの日本語処理性能」「柔軟なチューニング」「マルチモーダル」という特徴があり，2024年3月に商用サービスが開始されました。こうした中で，tsuzumiは各方面から注目を集めており，NTTグループ各社においても，tsuzumiを活用した事業展開，お客さまにおける導入・活用等に向けてさまざまな活動が活発化しています。NTT西日本では，デジタル革新本部技術革新部が中心となってtsuzumiの展開に取り組んでおり，そのキーパーソンである福田航平氏に，tsuzumiの活用に向けた取り組みと導入事例，tsuzumiの可能性を確認する検証，そして発想の転換と自らの手で実施することの重要性を伺いました。



tsuzumiを自ら活用するための研修と，お客さま案件における導入支援

現在，手掛けている業務の概要をお聞かせいただけますか。

NTT研究所の大規模言語モデル（LLM）「tsuzumi」をNTT西日本グループのビジネスへの活用をめざして，tsuzumi研修の実施，tsuzumiの社外案件の支援，tsuzumiに関する各種検証に取り組んでいます。

tsuzumi研修については，NTT西日本グループ内組織横断で生成AI（人工知能）に関する取り組む仕組みを構築してその中で行っています。NTT西日本では，tsuzumiをはじめとする生成AIに関する取り組みを技術革新部が中心に行ってきたのですが，生成AIのお客さまへの提案を含む事業での活用を推進していくためには，それぞれの部門において自ら生成AIを扱うことができるような環境構築と人材育成を行う必要があります。そのため組織横断で生成AI活用に取り組む体制を構築し，活動をしています。研修は，生成AIやtsuzumi，LLM等の基本的仕組みのほか，ユースケースの事例，導入手順等に関する研修，そして実環境におけるファインチューニング実習まで実施しています。その後の精度向上に向けたチューニングについては，学習のためのデータ等がユースケースにより異なるため，各部門において研修終了後の受講生が行う

こととしています。

tsuzumiの社外案件の支援は，山口県様と三重大学医学部附属病院（三重大病院）様の案件の支援のほか，法人営業部門等からの個別案件に対して，活用支援を行っています。山口県様の案件は，行政DX（デジタルトランスフォーメーション）や生成AIに関する技術・ノウハウを活かし，機微データを扱う自治体業務への本格的な展開も見据えた実証実験です。機微なデータを扱うためにオンプレミス環境において小型のGPU（Graphics Processing Unit）サーバにtsuzumiを実装し，業務に特化したチューニングを行い動作させ，業務上の機微なデータを扱う業務の対応記録の要約・校正，各種業務マニュアルの検索・要約等，庁内の実データ活用を想定した実証を行っています。

三重大病院様の案件は，病院での業務におけるtsuzumiの実用性と適用可能性の評価です。医師の事務作業の1つである，患者の入院期間中の診療経過をまとめた「退院サマリ」（年間約1.5万件）の作成過程において，tsuzumiが生成した電子カルテの要約文章を活用することで，作成業務の効率化を検証しています。電子カルテデータを基に医師自らが文章を作成するのではなく，tsuzumiが生成した文章を医師が確認・修正することで，作成に要する時間を短縮しつつ，最終的なアウトプットの質を落とさない業務フローの実現をめざしています。

このほかにも，人事業務において業務実施状況から社員のスキ

ルレベルを可視化するなど、多様な活用方法についてご相談をいただいております。実用的なユースケースは社内活用を通じて技術を磨くことにも取り組んでいます。

tsuzumiの可能性を確認するための検証

tsuzumiの検証に関して具体的にどのように検証を行ってきたのでしょうか。

検証は、外部情報を検索して生成を行う技術である「RAG (Retrieval-Augmented Generation) の精度向上」と新しい技術としての「視覚読解RAG」「MoE (Mixture of Experts)」について実施してきました。

RAGは、「情報を検索・取得するRetrieve」「Retrieveで取得した情報と質問を組み合わせるLLMに入力する指示文であるプロンプトを作成するAugment」「Augmentで生成したプロンプトから回答を生成するGenerate」の3つのフェーズで構成されています。RAGの精度向上はこれまで継続して実施してきていますが、新たに文書検索手法の改善とプロンプトエンジニアリングの工夫を行いました(図1)。文書検索手法には主として、質問文の単語と参照文書内の単語の一致から検索するもっとも基本的な手法である「キーワード検索」、参照文書の内容をベクトル化して保存しておき、質問文をベクトル化した値の類似度を算出する手法である「ベクトル検索」、全文検索、ベクトル検索を両方実施し、共に一致度が高い文書が上位にくる検索手法である「ハイブリッド検索」、そして、AIモデルを用いて直接類似度を計算する手法である「リランキング」の4タイプがあります。それぞれの検索手法を組み合わせる特徴を評価し、案件ごとに最適な手

法を選択してきました。

プロンプトエンジニアリングにおいては、NTT研究所推奨の検索結果入力方法(プロンプト作成方法)を参考にNTT西日本独自のプロンプトを作成しました。さらに、検索結果を上位のものだけに絞って参照することで、要約精度が大幅に向上しました。今回の結果から、tsuzumiが参照する文書を、いかに回答に必要な情報だけに絞れるかが精度向上のカギとなるのではないかと考えています。

新しい技術としての「視覚読解RAG」「MoE」の検証はいかがでしょうか。

今までのRAGユースケースでは基本的にテキストだけを扱い、図表やフローチャートは対象外としています。しかし、実際の文書においては図表等のほうが重要な情報が入っているケースが多く、RAGを実用化するにはそれらの解釈は必須となります。さらに、テキスト情報を取得したとしても、フォーマットが崩れるため使い物になりません。「視覚読解RAG」は、tsuzumiの視覚読解機能を活用して、図表を対象にしてもRAGによる情報取得がどこまでできるかを試してみました。

検証では、一般的なRAGと同様、①情報検索に使用するDB(データベース)作成、②RAGの推論の2ステップで構築しました。文書データを画像として認識してベクトル化を行うことで図表処理をする「ColPali」では、独自Embeddingモデル(テキストや単語などの言語データを数値ベクトルに変換する方法)でベクトル化し、画像を分割してメタデータを付加し、ベクトルデータの類似度を基に検索し、もっとも適した画像を取得しました。そして、質問内容と取得した画像を用いて視覚読解機能を持ったtsuzumiが回答を生成する、というアプローチで視覚読解RAGを構築し、

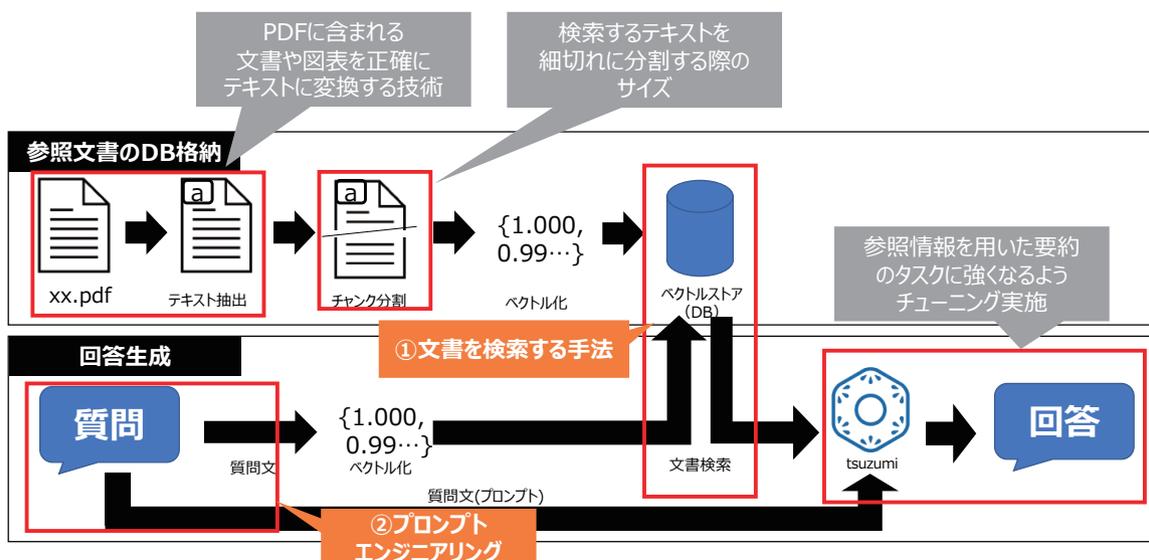


図1 RAGの精度向上

- 一般的なRAGと同様、①DB作成 ②RAGの推論 の2ステップで構築。
- 図表処理をする「ColPali」では、独自Embeddingモデルでベクトル化し、画像を分割してメタデータを付加。ベクトルデータの類似度をもとに検索し、もっとも適した画像を取得。
- 質問内容と取得した画像を用いて視覚読解機能を持ったtsuzumiが回答を生成する。

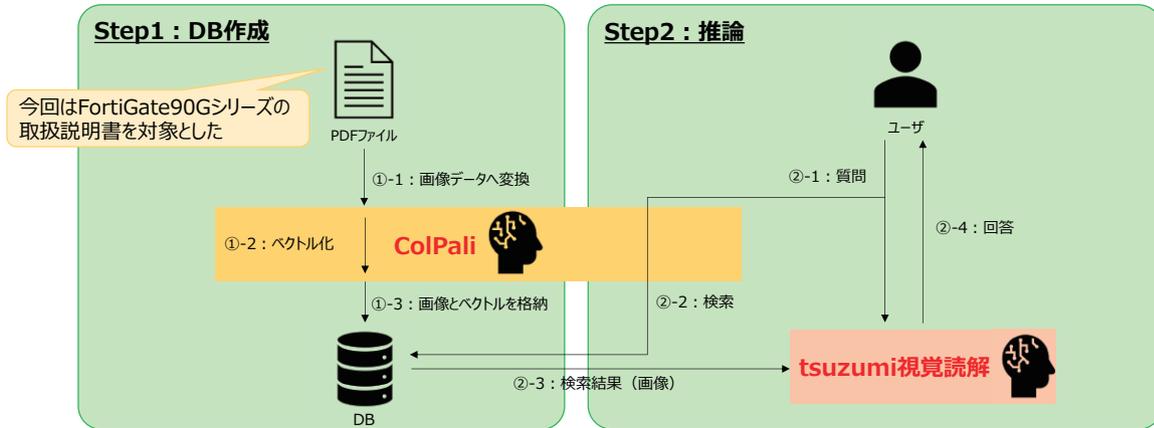


図2 視覚読解RAGの検証

評価しました (図2)。

図を使用した質問に対する回答を生成した結果、ColPaliによる検索が高精度で成功する一方、視覚読解tsuzumiによる文書化精度は改善の工夫が必要です。tsuzumiそのものの性能改善についても、今後もNTTグループ各社と連携して取り組んでいこうと思います。

「MoE」は、機械学習モデルの中で特定のタスクに適した専門家を選んで動かせる仕組みで、質問内容に対してゲーティングがどの専門家に聞けば良いかを判断し、必要な専門家にだけ回答を生成させる技術です。MoEを使用するメリットは、大きく4点あります。1点目は、モデル全体ではなく選択されたエキスパートだけが活性化されるため、計算資源を効率的に使用できることです。これにより、大規模モデルを用いても一部のパラメータだけを活用することでトレーニングや推論時のコストを削減可能となります(計算効率の向上)。2点目は、同じ計算コスト内でより多くのパラメータを持つモデルを構築可能であるため、複雑なタスクに対しても高いモデル容量の適応可能性を向上させることができます(モデル容量の拡大)。3点目は、各エキスパートが特定のタスクやデータ特性に特化するため、モデル全体の性能が向上する可能性があるとともに、モジュールごとに異なるタスクやドメインに対応できる柔軟性もあります(専門性の向上)。4点目は、新しいエキスパートを追加することで、タスクやデータの規模が増えても対応可能となります(スケーラビリティ)。

検証は、コンタクトセンタ業務で方言が分からず対応しにくいといったニーズがあるため、対象とする方言を関西弁・博多弁・沖縄弁の3つとし、方言を標準語に変換するタスクを考えました(図3)。評価は、①インプットに対して専門家を正しく選択できたか、②専門家が正しく回答できたか、の2つの観点で精度を確認し、以下の結果となりました。

- 沖縄弁: 他の方言と比べて独自性が強い①の精度は高かった一方で、標準語への変換タスクの難易度も高く、②の精度が低い結果となりました。
- 関西弁: tsuzumiのベースモデルが一定量の学習を行っているため、①および②の両項目において高い精度を達成しました。
- 博多弁: ①で全く選択が行えなかったため、それに伴い②の精度も低下しました。

この結果に対する原因を解析しているところで、その状況により今後の対応を検討していくつもりです。

生成AIは分からないこともまだ多く、それを検証していくために発想の転換、実際に手を動かすことが重要

開発者としてのスキルはどのように磨いているのでしょうか。

私は、2022年12月にNTT西日本に入社したのですが、それ以前は気象・防災関連のソフトウェア開発を行いつつ、AIを勉強してシステムから取得した画像を用いたAIの開発を行ってきました。実案件をとおしてCNN (Convolutional Neural Network) による機械学習を施したAIを画像処理に適用・検証を行うことでAIシステムの開発を行いました。それ以外にも人流予測等の時系列予測AI・故障検知AIの開発・技術検証も行ってきました。そして、tsuzumiが発表された以降は、tsuzumiをはじめとした生成AIの技術検証をしています。

AIは、その種類によって機械学習の方法や、処理方式等が異なるため、画像処理関連から生成AIを対象に移した際には、生成AIの自然言語処理等は未知の分野であり、最初から勉強しなけれ

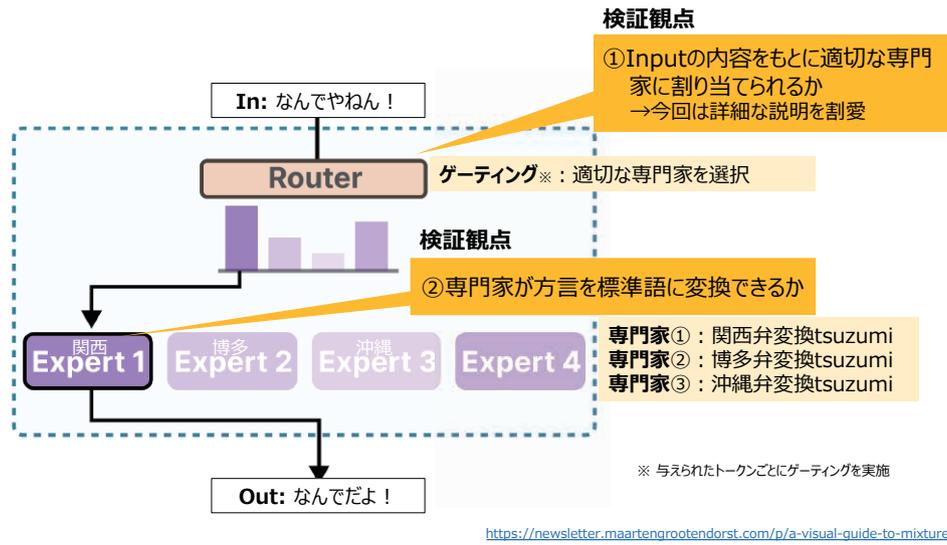


図3 MoEの検証

ばならない状況でした。しかし、そのおかげで現在では生成AIを普通に使うことができるまで、そして人にレクチャーするまでスキルが向上しました。こうした過程を振り返ってみると、学習の方法や処理方式はそれぞれ異なってはいるものの、AIの学習から動作まで、基本的な考え方は同じであること、精度は入力データの質に大きく依存することが、これまで扱ったすべてのAIにおいて共通であるということに気がきました。したがって、データをしっかり見ることにより、そのデータの質、処理の方法を確認したうえでAIのつくり込みをしていくことが重要であり、これは日ごろから意識している点でもあります。

さて、あるお客さまの案件でRAGのシステムを構築し、展示会でデモを行いました。お客さまのデータをお借りして短期間で検証を行ったのですが、パラメータを変えつつ試行錯誤してもなかなか精度が上がらず悪戦苦闘しました。展示会の1週間前になり、発想、視点を変えて今までイメージしていなかった方法で取り組んだところ、これまで40%程度だった精度が一気に70%程度まで向上し、展示会のデモは好評を博しました。これまでお客さまとの接点が少なかったので、非常に達成感のある仕事の経験をさせていただきました。それとともに、発想の転換の重要性、机上の理論ではなく実際に試してみることの重要性を実感しました。併せて、生成AIが注目を集めてさまざまところで研究・勉強・実証されてはいるものの、まだまだ分からないことが多くある、ということも気付きました。

AI関連の技術に携わってこられましたか、今後はどのように取り組んでいきたいですか。

NTT西日本に入社して日が浅いこともあり、しばらくは技術革新部でAIの技術検証を続けていきたいと思っています。特に、生成

AIやRAGが注目されている中で、キーワードとして登場している技術として、マルチモーダルやAIエージェント等があり、こういった分野における開発・検証に取り組んでみたいと思います。

これとは別に、生成AIに世の中の関心が集まっている中で、従来からある画像処理関連のAIや機械翻訳等といった生成AIとは異なるAIもあり、現実の場で活用されています。このような既存のAIによるシステムを構築し、DXの効果を生む取り組みで世の中に貢献していきたいと思っています。

AIを活用し、社会課題解決に向けた貢献のための連携

後進や読者へのメッセージをお願いします。

少子高齢化に伴う就労人口の減少による人手不足が社会問題になっています。その結果、特に技術者や専門家にとって雑用に奔走し、その専門性を活かす業務の時間が割かれる、といった問題も実際に起こっています。

生成AIに限らずAIにより、人手不足となっている業務の肩代わりや、それにより専門性を活かした業務への集中に寄与することで、社会課題解決につながると考えています。私たちはそこに貢献するためにtsuzumiをはじめとするAIの導入、そしてそのための検証に取り組んでいます。同様な課題意識をお持ちの方がいらっしゃれば、連携してAIの活用に取り組んでみませんか。

NTT人間情報研究所
特別研究員

井島 勇祐 Yusuke Ijima

表現力の豊かな音声合成技術により、 人々の生活をサポートする

障がい者支援や高齢者サポートなどアクセシビリティの向上や、コールセンターやカーナビなど私たちの生活をサポートしてくれる音声合成技術。現在ではナレーションやゲームのキャラクタ音声を自動生成、声色を保ったまま多言語の音声の生成ができるなどの高度でグローバルな展開を遂げています。声優、タレントなどだけでなく、なんらかの事情で声を失ってしまった方の音声や動画があればその方の音声を復元することも可能になり、社会的な貢献度も高い音声合成技術ですが、より人間らしく話すためにはどのような課題があるのでしょうか。今回は最新の音声合成技術「Zero/Few-shotクロスリンガル音声合成」を開発された井島勇祐特別研究員にお話を伺いました。

◆PROFILE：2009年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士前期課程修了。同年、日本電信電話株式会社入社。以来、テキスト音声合成、音声変換をはじめとした音声情報処理に関する研究開発に従事。現在、NTT人間情報研究所勤務。2021年前島密賞奨励賞受賞。博士(工学)。



数秒の録音データでその人に似た音声合成ができる「Zero/Few-shotクロスリンガル音声合成」

■現在どのような研究をされているのか、お伺いできますでしょうか。

音声合成技術とは文字を音声に変換するメディア変換技術のことで、音声合成の処理は読みやアクセントを付ける「テキスト解析処理」と、抑揚・声色・音声波形をつくる「音声生成処理」から成り立ちます。私は学生時代からずっと音声処理について研究しており、当時は音声をテキスト化する音声認識、音声に含まれる感情を認識する音声感情認識を研究していましたが、NTTに入社してからは音声合成技術に関する研究をしています。音声合成技術自体は昔から研究されていますが、最近の技術進展により以前と比較すると自然な合成音声が可能になるようになってきています。

音声合成技術は、災害などで活用される安否確認（Web171など）・コールセンターのガイダンスなど電話での情報提供サービス、カーナビなど、ユーザに「情報を正確に伝える」ことが目的のサービスで多く使用されています。一方で、最近のLLM (Large Language Models) や音声合成の技術的な進歩により、エンタテインメント向けの応用、キャラクタなどとの対話サービスでの需要が増加しています。従来の「情報を正確に伝える」ことが目的のサービスでは、あらかじめつくり込まれた特定の話者の音声を生成することができれば十分でしたが、このような用途の場合、

コンテンツなどの制作者の要望に沿った声を、低コストかつ高精度で再現できることも重要になってきました。

例えば音声合成技術で「この人の声で喋らせたいみたい」という要望があったとき、一般的な方法としてはその人の音声を収録し、収録音声に対して人手で発音（読みやアクセントなど）を付与して音声合成モデルを学習します。しかし、音声収録やアノテーションのためのコストやリードタイムがかかるため、コンテンツ制作などに気軽に活用するのは困難な部分があります。

そうした背景から大量の音声収録や、収録音声に対し読みやアクセントを付与する作業を行わずに、数秒の音声だけからその人に似せた声で音声合成が可能なる「Zero/Few-shotクロスリンガル音声合成」を開発しました。Zero-shot音声合成は数秒の音声データがあればその人に類似した声で、さまざまなテキストの合成音声を作成することができますし、数分の音声データがあればその人の話し方の特徴などをより高精度に再現することが可能です。また、クロスリンガル音声合成技術では、その人の声色を保ったまま英語、中国語などの多言語の合成音声を生成することが可能です（図）。

この技術を活用することで、タレントや声優などの著名人、ユーザ個人の家族などの声で応対可能なロボットやAIエージェントの実現が可能です。また、クロスリンガル音声合成技術を活用することで、外国人観光客などに対してキャラクタの声色を日本語から変えずに多言語での応対ができるようになります。

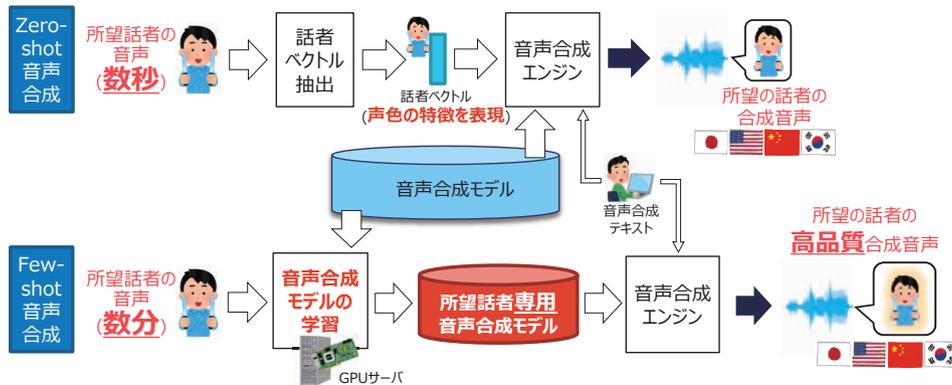
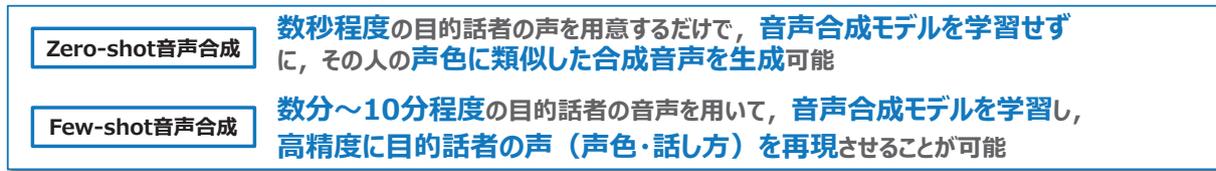


図 Zero/Few-shot クロスリンガル音声合成

技術開発だけで終わるのではなく、実際に使ってもらって研究に価値が生まれる

■この研究によりどのようなことが実現できるのか、社会にもたらす影響があればお伺いできますでしょうか。

企業の研究者として、研究成果を出すということは重要だと思いますが、それ以上に研究成果を実用化し、NTTグループ内外の皆様実際に使っていただくということを重視しています。特に私たちの取り組んでいる音声、言語、画像などを取り扱うメディア処理の分野では、研究と実用化の境界が非常にあいまいで、技術進展も非常に速くなっています。こういった状況では、世に出すことができなかった研究は失敗だったとみなすぐらいの気持ちで取り組まなければならないと考えています。また、実際に使用していただくためには、NTTグループ内外の皆様との連携が不可欠で、さまざまな方々との連携を進めています。

その1つが病気などで声を失ってしまった方の声の再現です。病気や事故などで話すことが難しくなった方は多くいます。そういった方々のホームビデオなどの動画に含まれているご自身のわずかな音声から、ご自身の声を再現することができないか取り組んでいます。

また、コンテンツ制作での活用に向けて、NTT西日本との連携を進めています。この取り組みでは、キャラクタなどの権利を保有するIP (Intellectual Property rights) ホルダー、芸能事務所の方々と連携することで、キャラクタや著名人の声を活用したサービスの提供をめざしています。近年では音声広告やオーディオブッ

クなどの音声コンテンツの需要が増えてきており、その際にキャラクタや著名人の声という要望は多くあります。一方でそういった方々の稼働時間が限られているのが現状です。私たちの技術を活用し、稼働時間を仮想的に増加させることで、キャラクタ、著名人の活躍する機会を増やすことが期待されています。またクロスリンガル音声合成技術も活用することで、キャラクタや著名人の声色を保ったまま多言語でのコンテンツを作成することができるため、キャラクタなどの海外展開をサポートできないかと考えています。

それ以外にも、これまでは定型文での情報提供が中心に行われてきたコールセンタにおいて、お客さまとの対応の高度化に向けて、よりオペレーターらしい自然な表現の合成音声を生成することができないかというお話をいただいています。

■研究における課題やポイントを教えてください。

現在の音声合成技術は、数秒の音声からその人に似た声を生成するなど、一昔前では難しかったことができるようになってきています。一方で、発声のプロであるアナウンサー、声優の方々と比較すると、合成音声の表現力には大きな差があると考えています。私は業務でそういった方々とお仕事をさせていただいていますが、そのたびに現在の音声合成技術とプロによる表現力の差を痛感させられます。

例えば、実際の音声収録の現場では、単に用意された原稿を読むだけではなく、音響監督やディレクターが理想とする音声を収録するために、音響監督などからの表現に対する指示を受け、そ



れに従った表現の修正を繰り返し行います。このようなことを実現するためには、細やかな指示の意図を理解し、それを音声の表現に反映させることが必要になります。しかし現在の音声合成技術ではそういった細やかな表現・ニュアンスの演じ分けなどは非常に難しいのが現実です。それ以外にも、台本や小説から登場人物の心境や人間関係を汲み取って、それを声によって表現することができる表現力の多様性にも多くの課題があります。前述のコンテンツ制作、コールセンタなどで要望されていることを実現するためには、こういった課題の解決が不可欠だと考えています。

音声合成技術でさまざまな音声の生成が容易にできるようになった一方、インターネット上から取得した著名人の音声を使用して、その方の声を使用したフェイク動画などの問題が顕在化しており、発声者の権利をどのように担保するかも非常に重要な問題です。数年前であれば、著名人の音声合成を活用したサービスを提供することに対して、ご本人や事務所からネガティブな印象を持たれることはあまりありませんでしたが、現在はネガティブな印象がかなり増加してきています。

音声合成技術をより広く活用していただくためには、こういった懸念に対して、法律的、技術的な側面での対応が必要不可欠なため、NTTグループ内でもさまざまな取り組みがなされています。NTT社会情報研究所では、法律的な観点から発声者の権利に関する研究を進めていますし、NTT西日本では技術的な観点から音声合成技術により生成された音声をトレースする技術検討が行われています。こういった方々と連携することで、単に音声をつくるだけでなく、権利の保護も含めた取り組みを進めたいと考えています。

■ビジネス観点での難しさについて教えてください。

ビジネスとして成り立たせようとしたときには、ランニングコストなどの観点も重要です。現在の技術では、例えばモデルサイズを大きくすることで品質向上や新しい機能の実現もできます。しかし数十万人、数百万人が利用するような場合は、サーバなどの維持管理費が膨大となるため、サービスとして成り立たないという可能性もあります。このバランスを含めて考えながら、研究開発をどう進めていくのが難しいところです。

また、私たちのチームとして音声合成プロダクトを出すためには、実用化開発のタイミングで最終的にどの技術を次のプロダクトに採用するかを判断しなければいけません。プロダクトとしての競争力を維持し続けるためには、「必ず採用しなければならない技術」だけではなく、「実用化の段階で差別化の要素となり得る技術」も必要となります。限られたチームのメンバーでそれらのバランスを取りながら研究開発を行っています。

■若き研究者の方や学生、ビジネスパートナーの方へのメッセージをお願いします。

企業の研究者として仕事をしている以上、自分が取り組んでいる仕事が革新的な研究成果を出せるのか、実用的なビジネスができるのか意識することが重要だと思います。もし、そのどちらもやれていないのであれば、取り組んでいる研究テーマ、業務内容を変えるなどの判断が必要なのかもしれません。現在のメディア処理やAIに関する分野は、研究と実用化の境界が非常にあいまいで、少し気を抜くと学術的にも実用にも供さない中途半端なことをやりがちになってしまいます。私も自身の業務がどういう役割で何を求められているのか、という意識を常に持つようしており、どのような業務においてもその意識を忘れずに取り組むことが大切だと思います。

NTTは専門的な人材のバリエーションの広さが大きな魅力だと思っています。私は音声処理を専門としていますが、社内には音声処理をはじめさまざまな分野の専門家が非常に多くいます。私の専門とは違う分野のことをちょっと聞きたいときに、例えば「この技術をプロダクトに使いたいけれど、どうすればいいの？」と、チャットで聞けば、すぐ教えてくれるといったことができるのは、ほかの会社にはないNTTならではの魅力だと思います。



(今回はリモートにてインタビューを実施しました)



NTT テクノクロス株式会社

<https://www.ntt-tx.co.jp/>



NTTの研究所技術と世界の先進技術を掛け合わせ、お客さまと未来を共創し続ける会社

近年、デジタルトランスフォーメーション (DX)、カスタマーエクスペリエンス (CX)、そして生成AIが注目を集めており、企業もそれらを用いて新たな価値創造に向けての取り組みを加速させています。こうした中、お客さまと共に未来を共創し続ける会社をめざすNTTテクノクロス。今回、同社が取り組むNTTの研究所発の技術を活用した製品やサービスを展開する事業戦略とその源泉となる人材育成について、岡敦子社長に伺いました。



NTT テクノクロス
岡敦子社長

顧客価値の創造により、お客さまビジネスを拡大

■設立の背景と会社の概要について教えてください。

NTTテクノクロスは、1985年創業のNTTソフトウェアを前身として、NTTアイティとの合併とともに、NTTアドバンステクノロジーの音響・映像事業の譲渡を受け、2017年4月1日に発足しました。「NTT研究所と世界の先進技術を融合し、お客さまと未来を共創し続けるソフトウェアリーディングカンパニー」をビジョンに掲げ、2018名（2025年1月時点）の従業員とともに、お客さまに新たな価値を提供する製品やサービスを展開しています。

■どのような事業展開をしているのでしょうか。

当社は主にカスタマーエクスペリエンス (CX)、デジタルトランスフォーメーション (DX)、エンployeeエクスペリエンス (EX)、セキュリティといった領域で、当社の強みであるAI (人工知能)、クラウド、セキュリティ、コミュニケーション、メディアなどの技術力を活かした製品やサービスを提供する事業を推進しています。CX事業では、NTTの研究所が開発した音声認識技術やAIを活用したコンタクトセンタ関連の製品を開発し、業務効率化や応対力の向上を支援しています。さまざまなお客さまを支援するDX事業は、新たな価値創出に大きな効果をもたらすデータ分析技術などを活用し、金融、交通、公共などの幅広い業界におけるDX推進に貢献しています。生産性向上や働きやすい職場環境の創出に取り組むEX事業は、リモートワークなどの多様な働き方を支援する製品やサービスを提供しています。セキュリティ事業においては、さまざまな脅威に対応する製品やサービスのみならず、

政府情報システムのためのセキュリティ評価制度であるISMAP (Information system Security Management and Assessment Program) や、ISMS (Information Security Management System) の登録支援などのセキュリティコンサルティングも手掛けています。

また、通信ネットワーク基盤の開発や運用、システム基盤開発で培った技術・ノウハウを活かし、DCI (Data Centric Infrastructure)、コンピューティングプラットフォーム、移動固定融合など、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) の基盤開発に携わり、NTT研究所の技術開発を支援しています。これらの技術を強みとして世の中の先端技術と掛け合わせ、NTTグループビジネスの発展に貢献しています。

CXの高度化やDX推進を支援する製品などを展開してお客さまに貢献

■市場環境はどのような状況でしょうか。その中、どのような事業に注力されていますか。その具体的な事例も教えてください。

お客さまの購買行動や顧客接点の多様化に伴い、顧客理解を深め顧客満足度や企業価値の向上に寄与するCXの重要性が一層増しており、NTTグループの中期経営戦略の柱の1つにも「CXの高度化」が挙げられています。こうした背景のもと、当社では企業の顧客接点であるコンタクトセンタを軸としたCXを中核事業の1つに位置付け、高度なコンタクトセンタの構築や運用を実現するソフトウェアシリーズ「CTBASE (シーティーベース)」とコンタクトセンタ向けAIソリューション「ForeSight Voice

Mining (FSVM：フォーサイト・ボイス・マイニング)」などを展開しています。CTBASEでは、着信呼を自動で振り分ける「Intelligent Router (インテリジェントルーター)」、混雑時の機会損失を防ぐ「afuRe:Call (あふれコール)」、対応業務を効率化する「AgentProSMART (エージェントプロスマート)」、さまざまな予測分析が可能な「InsightViewer (インサイトビューア)」など多彩な製品をそろえています。

お客様のニーズに応じてCTBASEシリーズを組み合わせ、活用することで、例えば、コンタクトセンタに電話すると、まずはAIボットが自動対応し、複雑な案件の場合は適切な部門や担当者に自動で振り分けができます。オペレータが塞がっている場合はシステムが自動的に案件をヒアリングし、コールバックすることもできます。さらには生成AIを活用し、対応内容を自動でテキスト情報に要約し、オペレータの入力作業の負担軽減も図れます。また、FSVMは通話音声リアルタイムかつ自動でテキスト化して分析し、「どのタイミングで、どの商品を紹介すべきか」あるいは「発してはいけないNGワード」などをオペレータに提案します。これにより、業務負担軽減に加え、オペレータの知識や経験を補完し、顧客満足度の向上も支援します(図1)。

次にCTBASEとFSVMの導入事例をご紹介します。さまざまなお客様に導入いただいているCTBASEシリーズですが、例えば、PBXとCTI連携が可能で、容易に導入できるCRM製品「CTBASE/AgentProSMART」は、木製家具製造大手のカリモク家具様に採用いただきました。対応内容の自動テキスト化や要約により、業務の時間短縮や一日の対応可能件数を増やすことができ、お客様相談室業務の大幅強化につながっています。一方、FSVMは各地の児童相談所様にて、複雑な相談事に対応しなければならない相談員の電話対応業務を支援し、児童虐待の早期発見や迅速な対応に貢献しています。また、FSVMはクラウド型も展開しており、低コストかつ短期間での導入できることから、オフィス用品通販を手掛けるカウネット様に採用され、CXのさらなる向上に役立っています。

企業のDX化に関しては、競争優位性を目的に各社で取り組みが加速していますが、Fit to Standardの観点などから新システムを導入したものの操作画面の分かりにくさなどにより業務効率化が思うように進んでいません。また、システムを改修するには高額な費用がかかることから、対応に苦慮しているとの声も少なくありません。このような課題を解決するため、既存システムを

改修せずにシステムが使いやすくなる操作ガイダンスを表示できるツール「BizFront/SmartUI (ビズフロント スマートユーアイ)」を提供し、導入したシステムの定着や活用を促進しています。また、自治体のDX化においては、静岡県焼津市様にてNTT研究所の技術を活用した匿名加工ソフトウェア「tasokarena (タソカレナ)」が利用されています。ふるさと納税利用者のデータを匿名化して、利用者の地域や返礼品選択の傾向を分析することで、市のPRや返礼品の開発・魅力向上など地域活性化に大きく貢献しています。

■今後の展望についてお聞かせください。

注力事業をはじめとした新たな製品やサービスの提供を通じ、2023年度の売上高は522億円に達し、2024年度には一般市場での売上比率が50%を超える見込みです。この営みを強化するため、「自社の強みとなる技術者の育成」「生成AIの活用」「ダイバーシティの推進」を柱とする人材育成を重視した経営基盤の強化を図り、さらなる顧客価値の創造に努めていきます。

社員の約8割が技術者であることから、「技術者育成」は重要なテーマです。当社には社員どうしの交流が活発で、技術やノウハウを互いに教え合ったり学び合ったりする企業文化が根付いていることから、そのような「教え・教わり合い、高め合う関係」を構築する環境整備を会社として引き続き後押しし、技術力の向上に努めていきます(AWS、Azure、CISSPなどのミドルレベル以上の資格保有者数は延べ2553名。※2024年5月時点)。

また、お客様に生成AIを提案するため、社員が生成AIを活用できる「ChatTX (チャットティーエックス)」を2023年10月に開発・社内展開し、2024年10月にお客様への提供を開始しました。ChatTXを筆頭とするさまざまな生成AIツールは、プロトタイプ画面の作成やエラーコードの解析などの各開発工程で採用しています。加えて、社内問合せの自動回答をはじめとする社内DXに積極的に用い、生産性向上や業務効率化を図るとともに、生成AIを自在に活用できる人材育成を進めています。そうしたノウハウを活用しながら、お客様の生成AI適用を伴走型で支援するなど、お客様への提供価値を高めていきます。

「ダイバーシティの推進」においては、女性やグローバル人材など多様な社員のさまざまな視点や発想を活かして、新たな顧客価値を創造していきたいと考えています。



図1 コンタクトセンタにおけるCTBASEとFSVMの役割

NTTの研究所が開発した高精度な音声認識技術を搭載する、コンタクトセンタ向けAIソリューション「ForeSight Voice Mining」

カスタマーエクスペリエンス事業部
第二ビジネスユニット
エンジニア

坂本 憲理 さん

■担当されている業務について教えてください。

NTTの研究所が開発した高精度な音声認識技術を搭載する、コンタクトセンタ向けAIソリューション「ForeSight Voice Mining (FSVM)」の開発を担当しています (図2)。コンタクトセンタで働く方はもちろん、エンドユーザの顧客体験を高める各種機能をオールインワンで提供するFSVMは、高度な電話応対が求められる金融や保険をはじめとするさまざまな業界のお客さまにご使用いただいています (導入席数：5万6000席以上。※2024年9月末時点)。

その一方で、従来のFSVMは電話基盤との接続条件や音声マイニングを処理するためのサーバが必要となるため、大規模なコンタクトセンタが主な対象となってしまう、それに伴いサービスインまで数カ月を要するという課題がありました。そこで、FSVMのクラウドサービス化を進め、2024年11月に提供を開始しました。これにより、低コストかつ短期間での導入を実現し、中小規模コンタクトセンタにおいても充実した機能を利用いただけるようになりました。本格導入も始まり、さっそく現場で働くオペレータの方から、「通話の振り返りの時間が短くなり、聞き直しのストレスが減った」「対応内容の要約によりアフターコールワークの削減につながった」「経験の浅いオペレータでも円滑な対応ができた」との感謝の言葉をいただき、とても嬉しく思っています。

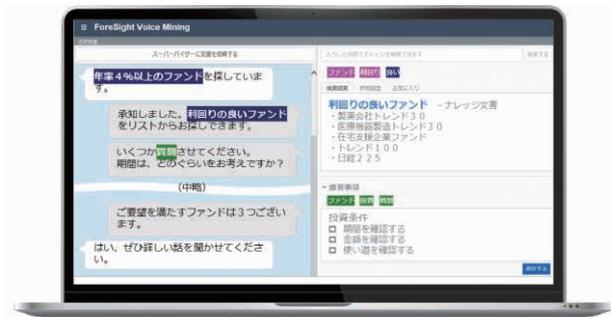


図2 コンタクトセンタ向けAIソリューション「FSVM」

■今後の展望について教えてください。

昨今の技術進歩は目覚ましく、生成AIの活用がコンタクトセンタ業務においても期待されています。現在搭載している対応内容の要約機能にとどめることなく、業務負担を軽減させるための魅力ある追加機能の提供に向けて、生成AIを活用していき、CXの向上を通じて企業の顧客満足度の向上に貢献していきたいと考えています。

また、FSVMのクラウドサービスはPoC (Proof of Concept) での利用も可能なことから、今まで電話応対支援ツールの導入に踏み出せなかったお客さまからの“ニーズ”も聞き出すことができるため、新機能開発に向けたインプットにも取り組んでいきたいと思っています。

「電話」というチャネルはこれからもずっと続いていく貴重なチャネルであり、人と人のコミュニケーションにはなくてはならないものと考えています。今後も、電話応対を通じて顧客満足度の向上や付加価値を創り出すソリューションの進化に向け、製品やサービス開発に注力していきます。

NTT 研究所の技術であるUI 拡張技術を製品化した「BizFront/SmartUI」の提案から導入後の運用最適化までサポート

フューチャーネットワーク事業部
第一ビジネスユニット
アシスタントマネージャー

大田 義信 さん

■担当されている業務について教えてください。

NTTアクセスサービスシステム研究所が開発したUI (User Interface) 拡張技術を製品化した「BizFront/SmartUI (SmartUI)」をNTTグループ



各社に提案するとともに、導入の推進や運用支援に携わっています。同じグループ会社であってもシステム環境が異なることがあるため、導入先となる各社のIT部門との綿密なヒアリングによりシステム環境などを確認したうえで、導入前検証を実施し、実際の導入へと進めています。SmartUIは、既存のWebシステムを改修することなくガイド表示や他システムとの連携などが図れるため、システムの操作量や操作に必要な判断を減らして業務の効率化を実現するものです (図3) (導入ライセンス数：25万ライセンス以上。※2025年3月時点)。このようなツールは日常的に活用いただくため、導入後の運用最適化が重要となります。その

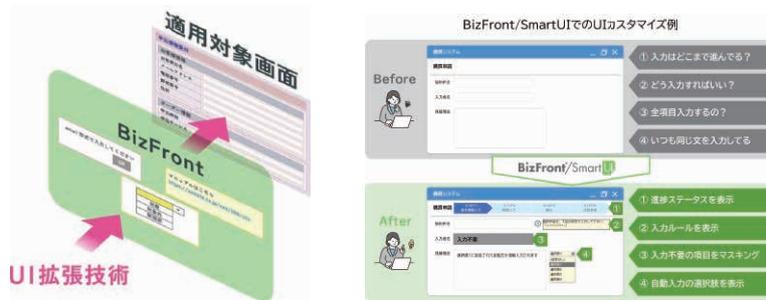


図3 「BizFront/SmartUI」の導入イメージ

ため、個社ごとの業務プロセスや運用ルールに合わせた各社別のUI改善の最適化などに取り組んでいます。

導入いただいたお客さまにアンケートを実施したところ、約7割の方にUI改善効果を認めていただき、「操作で迷わなくなった」「誤申請や社内からの問い合わせが減少した」など高い評価を得ていることから、お客さまの業務効率化やDX推進に貢献できていると実感しています。

■今後の展望について教えてください。

Fit to Standardが謳われている昨今、大規模システムのUIは必ずしも好評とは限りません。そのため、システムの導入により業務効率の低下を招いたり、システムの定着や活用が進まなかつ

たりするケースも見受けられます。また、UIの改善に向けた大掛かりなシステム改修には、費用や期間が大きな障壁となります。その解決策となるのがSmartUIです。NTTグループをはじめとするお客さまへSmartUIの導入促進を図り、お客さまのDX推進のみならず、仕事をするすべての方が、社内システムでストレスなく業務を遂行し、笑顔で毎日が過ごせる社会の実現に貢献したいと考えています。

また、AIなどを活用した機能拡充はもちろんのこと、低コスト化や導入期間のさらなる短縮化に努めるとともに、導入ノウハウで得た各社のシステム課題をとらえた新たなプロダクト創出にも取り組んでいきたいです。

NTTテクノクロス ア・ソ・ワ・ル・ト

■「自ら学び続け、社員どうしで高め合う社風」による学習コミュニティ「ゆるふわIT勉強会」

多くの技術者を抱えるNTTテクノクロスでは、「自ら学び続け、社員どうしで高め合う社風」があり、社員が主体となって運営するコミュニティが数多く存在しています。中でも、学習コミュニティの代表例である「ゆるふわIT勉強会」は、その名のとおり、技術が好きな人がゆるく集まる、社内の技術コミュニティとのこと。かねてより全社向け技術勉強会は開催されていたものの、若手社員にとっては内容が高度であり参加のハードルも高い傾向にありました。そこで「ゆるふわIT勉強会」は、敷居を下げることで技術者間の交流を活性化させ、全社の技術力向上を図ることをめざして誕生しました。さまざまなテーマで繰り返される体験談や成果報告はもとより、外部の有識者による講演会、技術書を皆で読み解く読書会、あえてテーマを設けない雑談会など内容は多岐にわたり、回を重ねるごとに参加者は増加傾向にあるとのことでした。

また、スキルアップに向け資格取得に励む社員が集う「しかそく！」（「資格×加速」が語源）や、開発、SE、維持運用など分野を問わず技術相談を有志の技術者が受ける「よろず相談」などのコミュニティもあるそうです。

これらに加え、新たな企業風土の醸成を目的とした企業内実践コミュニティ創出プラットフォーム「First Penguin Lab」は、外部表彰を複数受賞するなど社外での活躍も見せているとのことです（写真）。



写真 First Penguin Labが受賞した賞状や盾



LLM付加価値基盤を支える技術的取り組み

ChatGPTの登場以降、大規模言語モデル(LLM)が世界的に注目されており、ビジネスシーンにおける活用も急速に進んでいます。NTTドコモにおいても、LLMを安全かつ便利に活用するための「LLM付加価値基盤」を開発し、ドコモグループ内へ提供しています。本稿ではLLM付加価値基盤について概観するとともに、LLM付加価値基盤の性能改善や利用状況分析に向けた取り組みとして、RAG (Retrieval-Augmented Generation) の精度向上、UI (User Interface) /UX (User Experience) の改善、ダッシュボードの構築について解説します。

はじめに

生成AI(人工知能)が世界的に注目されています。特に、大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)は、その性能の高さから、多くの企業で急速に導入が進んでいます。NTTドコモでも、業務効率化や新規事業創出を目的に「LLM付加価値基盤」を開発し、ドコモグループ内に向けて提供中です^{(1), (2)}。

企業内でLLMを有効に活用するには、LLMの単なる提供だけでなく、アプリケーションやツールの開発、使いやすいUI (User Interface) の設計・提供、社内ユースケースの発掘と水平展開など、基盤そのものや基盤周辺機能、基盤運用プロセスの継続的な改善が肝要です。

NTTドコモでは、ビジネスニーズが高いRAG (Retrieval-Augmented Generation) に、検索精度向上と社内運用効率化の両側面から取り組んでいます。RAGは、LLMによるテキスト生成を情報検索システムの活用で検索・回答精度を高める技術であり、コンタクトセンタのオペレーション高度化やバックオフィスの業務効率化への貢献が大きく期待されています。LLM付加価値基盤では、社内ドキュメントの検索に対応したRAGを「オンライン文書検索」としてユーザへ提供しており、正確かつ有用な情報検索を可能としています。

また、LLM付加価値基盤の利便性向上につながる取り組みとして、独自UIの開発があります。LLM付加価値基盤の利用画面を、ユースケースに合わせた使い勝手の良いデザインとすることで、ユーザの定着や業務プロセスのさらなる効率化をねらっています。

さらに、ノウハウやナレッジの蓄積、LLM活用方法の新規創出、組織ごとの利用状況把握、ならびにそれらの社内展開によるLLM付加価値基盤の活用拡大をめざし、LLM付加価値基盤のユーザ利用ログ収集パイプライン*¹および可視化システム(ダッシュボード*²)を構築して社内ユーザ向けに公開しています。

本稿では、LLM付加価値基盤を支える技術的取り組みを、RAG、UI/UX (User Experience)、ダッシュボードの観点から解説します。

RAG: 検索精度向上に向けての取り組み

■ RAGアーキテクチャ

LLM付加価値基盤のRAGアーキテクチャは、ドキュメントを効率的に検索できるデータストアであるIndexの構築のためのアーキテクチャと、質問応答のためのアーキテクチャの2つに大別できます(図1)。

Index構築のためのアーキテクチャは、取り込みを行うドキュ

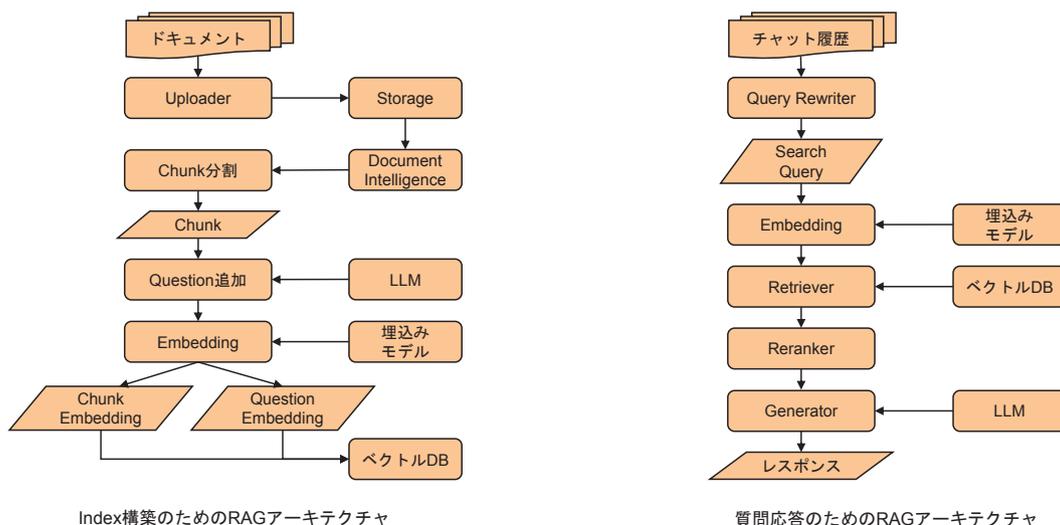


図1 RAGアーキテクチャ

表1 RetrieverとGeneratorの精度評価結果

			Generator		合計	全体「35」に占める割合
			正解	不正解		
評価セット1	Retriever	正解	24	1	25	71
		不正解	2	8	10	29
		合計	26	9	35	100
		全体「35」に占める割合	74	26	100	—
			Generator		合計	全体「16」に占める割合
			正解	不正解		
評価セット2	Retriever	正解	11	0	11	69
		不正解	0	5	5	31
		合計	11	5	16	100
		全体「16」に占める割合	69	31	100	—
			Generator		合計	全体「25」に占める割合
			正解	不正解		
評価セット3	Retriever	正解	25	0	25	100
		不正解	0	0	0	0
		合計	25	0	25	100
		全体「25」に占める割合	100	0	100	—

メントをアップロードするUploader機能、ドキュメントから想定され得る質問を生成し、ドキュメントと紐付けてIndexに格納しておくことでRetriever（後述）の検索精度を向上させるQuestion追加機能、そして、ベクトル検索のために、チャンク^{*3}や追加した質問をベクトル化してベクトルDB^{*4}に保存するChunk/Question Embedding機能の3つで構成されています。

他方、質問応答のためのアーキテクチャは、検索精度を上げるためクエリを拡張するQuery Rewriter機能、回答生成時に参照するドキュメントを検索するRetriever機能、Retrieverの出力結果を調整するReranker機能、そして、質問者に提示する回答を生成するGenerator機能の4つで構成されています。

■精度評価

(1) 概要

LLM付加価値基盤においてRAGは、社内ドキュメントの検索やユーザ質問への回答といったビジネスユースを想定しているため、精度の高さが重要です。そこで、RAGの精度向上の取り組み

- *1 パイプライン：一連の手順に従ってデータを順次処理する仕組みのこと。
- *2 ダッシュボード：グラフや統計データなどを使って、特定の指標やデータを一目で把握できるように視覚的に表示するインターフェースのこと。
- *3 チャンク：名詞句や動詞句などの文節のように、テキストを意味のある小さな単位やかたまりに分割したもの。
- *4 ベクトルDB：テキスト、画像、音声などのデータをベクトル化して扱う際に利用されるデータベースのこと。類似性検索や異常検知などのタスクにおいて、大量のデータに対しても高速かつ安定した動作を行うことが特長です。

みとして、質問応答にかかわる要素技術の精度評価を行いました。

RAGは大きく分けて、関連ドキュメントを検索するRetrieverと、Retrieverの結果を受けて回答を生成するGeneratorの2つの要素技術で構成されています。これらの技術は直列処理になっており、先行するRetrieverの結果が不正解の場合、論理的には、後続するGeneratorの結果も不正解になります。そのため、最終出力であるGeneratorの結果を評価し、加えて精度低下の原因となり得る中間処理のRetrieverの結果も評価しました。評価については、「おおむね正解」か「明らかに不正解」かの2段階で行い、マトリクスにまとめました。

(2) 評価データセット

性能評価に向けて、社内業務マニュアルを基に3種類の評価データセットを作成しました。評価データセット1および2は、複数のPDFドキュメントで、評価データセット3は、Microsoft Word、Microsoft PowerPoint、Microsoft Excel形式のドキュメントで構成されています。いずれの評価データセットも、参照ドキュメントと評価用Q&Aから構成されており、RAGの精度評価作業に際しては参照ドキュメントをRAGのIndexに登録することで評価用Q&Aとして評価を行いました。

(3) 評価結果

① RetrieverとGeneratorの精度評価結果

RetrieverとGeneratorの精度評価結果を表1に示します。

評価データセットすべてを通して、Retrieverが正解していて、

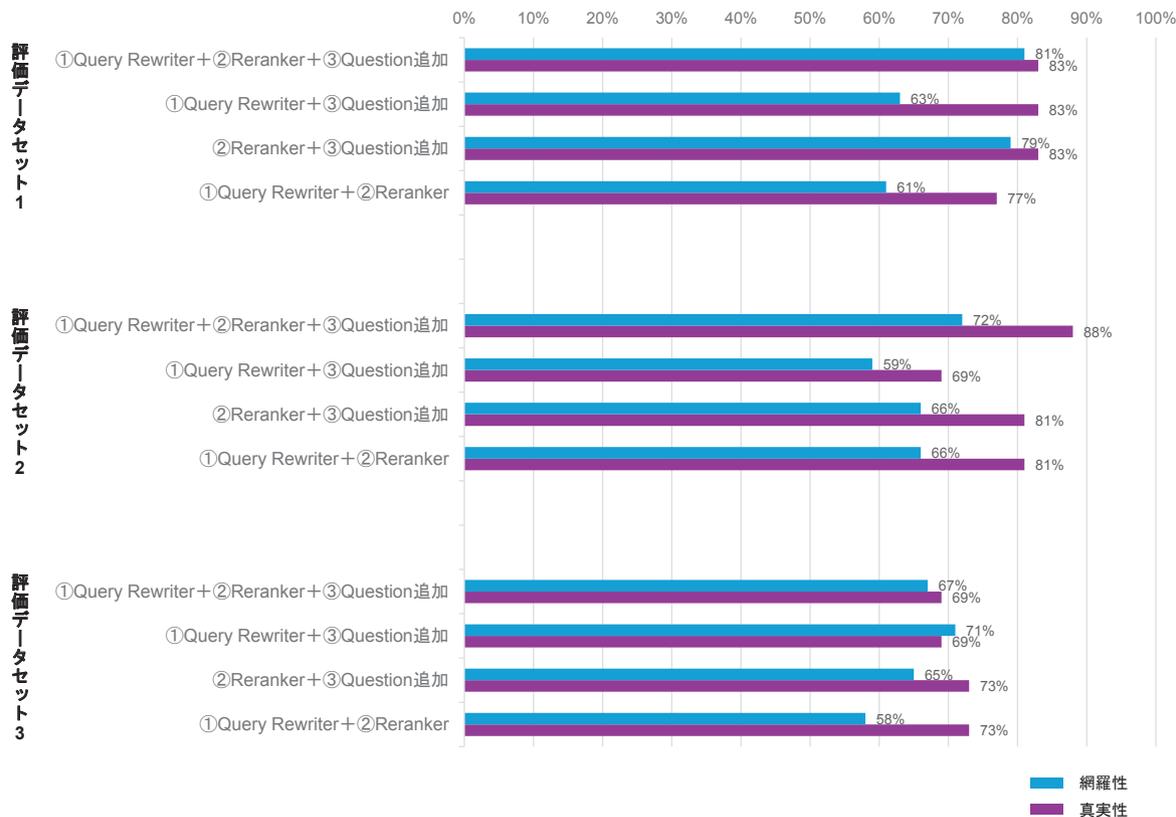


図2 RAGの要素技術別評価

Generatorが不正解になっている事例は1件だけでした。この結果から、Retrieverが正解していれば、Generatorはおおむね正しい回答を生成でき、RAGのボトルネックはRetrieverにあることが分かりました。これらの結果を踏まえ、NTTドコモではRetrieverの精度向上に注力しています。

② Query Rewriter, Reranker, Question追加の要素技術別評価

次に、Retrieverの精度向上のために実装した、Query Rewriter機能、Reranker機能、Question追加機能がどの程度精度向上に寄与しているのかを評価しました。具体的には、3つすべての機能があるケース、いずれかが欠落しているケースの合計4ケースの精度を網羅性（必要な情報が網羅されている回答の割合）と真実性（ハルシネーション^{*5}がない回答の割合）の2つの評価を行い、結果を比較しました（図2）。

評価データセットによって、各要素技術の効果に差がみられました。このことから、ドキュメント形式ごとに適性の高い要素技術と低い要素技術があると考えられます。今後は、各要素技術が得意とするドキュメント形式の傾向を分析していくとともに、ド

*5 ハルシネーション：AIが、事実と異なる情報、あるいは実際には存在しない情報を生成する現象のこと。

キュメント形式の種類に応じて、要素技術を柔軟に組み合わせて利用できるようにアーキテクチャの設計を検討していきます。

RAG：社内運用の利便性向上

■適性度チェックシートの展開

RAGの導入を検討している組織が自律的にRAGの導入是非の判断や導入対象業務の選定を行えるよう、「適性度チェックシート」を独自に作成してNTTドコモ社内で配布しています。

適性度チェックシートは表2に示すように、6つのチェック項目と易・中・難の3段階の導入難易度からなる適性度のマトリクスで構成されており、利用者は、自身の想定するユースケースをマトリクスの該当セルに当てはめていくことで、当該業務に対するRAGの適性度を確認できます。

■Q&A検索エンジンとの連携

十分な量のQ&Aデータを準備できるのであれば、基本的な情報や問合せ回数の多い質問に対しては、RAGを活用するよりもQ&Aデータを直接参照して回答するほうが正確かつ低コストな場合が多いです。そこで、RAGアーキテクチャとQ&A検索エンジンとの連携を進めています。

Q&A検索エンジンとの連携の一環として、RAGの検索結果と

表2 適正度チェックシート

	易	中	難	理由
1. 利用者の有する知識	専門家	ある程度知識のある社員	知識のない社員、個人ユーザなど	利用者がRAGの出力内容の正誤を判定可能
2. 問合せ内容	Q&Aやマニュアルにある問合せ	過去履歴にある問合せ	個別ケース、属人的な問合せ	正確な回答には体系的にまとめられた参照データが必要
3. 出力内容に求められる精度	たたき台レベルでよい	おおむね近い回答、または参考ドキュメントをセットで提示したい	誤答不可	RAGはハルシネーションや網羅的な回答生成が苦手
4. リアルタイム性	夜間バッチ処理でも可	1分程度のレスポンスタイムは許容できる	数秒単位での即時性が求められる	RAGはレスポンスに時間がかかる
5. 検索対象となる社内ドキュメントの形式	テキスト中心のWord, pdfなど	テキストと図表が混在するWord, pdfなど	図表中心のPowerPoint, Excelなど	RAGは図表の読み取りが苦手
6. 検索対象となる社内ドキュメントの量	少	中	多	ドキュメントの量が増加するにつれて、精度が低下する傾向あり

同時にQ&A検索エンジンの結果を提示するGUI (Graphical User Interface) を作成しました。Web検索のように、Q&A検索エンジンでヒットした類似質問とそれに紐づく回答を、関連する項目として提示します。

UI/UX

■カスタマージャーニー分析

NTTドコモでは、LLM付加価値基盤のユーザ定着や業務効率化、利便性向上を実現するためのUI/UXの改善の一環として、社内の多様な利用シーンを想定したGUIデザインを独自に作成し、提供中です。

今回、これらの汎用的なGUIの提供に加え、特定のユースケースにマッチした専用GUIの新規作成と作成に向けたカスタマージャーニー分析^{*6}を実施しました。専用GUIを作成するユースケースとして、LLMによる大きな業務効率化が期待される「オンライン文書検索を用いた社内の事務処理に関する問合せ回答」を選定し、ユーザ（LLMを活用して、問合せに対する回答を検索・作成する作業）の協力を得ながら次のような調査を行いました。

まず、ユーザに対してアンケートを実施し、業務内容や作業頻度、LLMには任せられない工程などを確認しました。次に、ユーザが実際に行っている業務の観察を行い、どのような流れでどのような動きをしているか、どのような工程に時間がかかっているかを確認しました。最後に、ユーザインタビューを行い、ユーザが不満を感じて効率化したいと感じるポイントなどを確認しました。

*6 カスタマージャーニー分析：より良いユーザ体験の提供やユーザ満足度の向上を目的とし、ユーザが商品やサービスを知ってから使用するまでの一連のプロセスを詳細に解析する手法のこと。

これらの調査を通じて、「問合せ回答業務の習熟度により作業プロセスが異なっており、特に習熟度の低いユーザにとってはLLMをうまく活用することで大きな業務効率化が見込めること」が明らかになりました。また、ハルシネーションはLLMをビジネスシーンで利用するうえでの課題の1つとしてよく知られていますが、問合せに回答する業務での活用においては、ハルシネーションに起因する誤案内の防止が特に重要であるという示唆が得られました。

これらの結果から、ユーザのニーズにこたえ、業務効率化の実現やユーザの定着を図るためには、LLMを利用して回答するだけのシンプルな設計ではなく高度なUI設計が必要であることが分かりました。

■分析に基づくデザイン作成

カスタマージャーニー分析から得られた知見を基に独自に開発したものがオンライン文書検索ユースケース用GUIです。ユーザは、本専用GUIを通じて検索を実施し、マニュアルなどの文書を基にしたLLMの回答およびヒットした文書自体を確認できます。

ユーザがLLMの回答の正しさを確認できるように、オンライン文書検索ユースケース用GUIでは、LLMの生成した回答に加え、オンライン文書検索でヒットした文書が上位3件まで表示される、文書のダウンロードができる、ブックマークや検索履歴機能により別の検索条件の結果との比較を実施しやすくするなどの特長を備えています。

このように、特定のユースケースを想定した専用GUIを、通常のLLM利用の汎用GUIとは別に提供することで、ユーザのさらなる定着や業務プロセスの効率化をめざします。

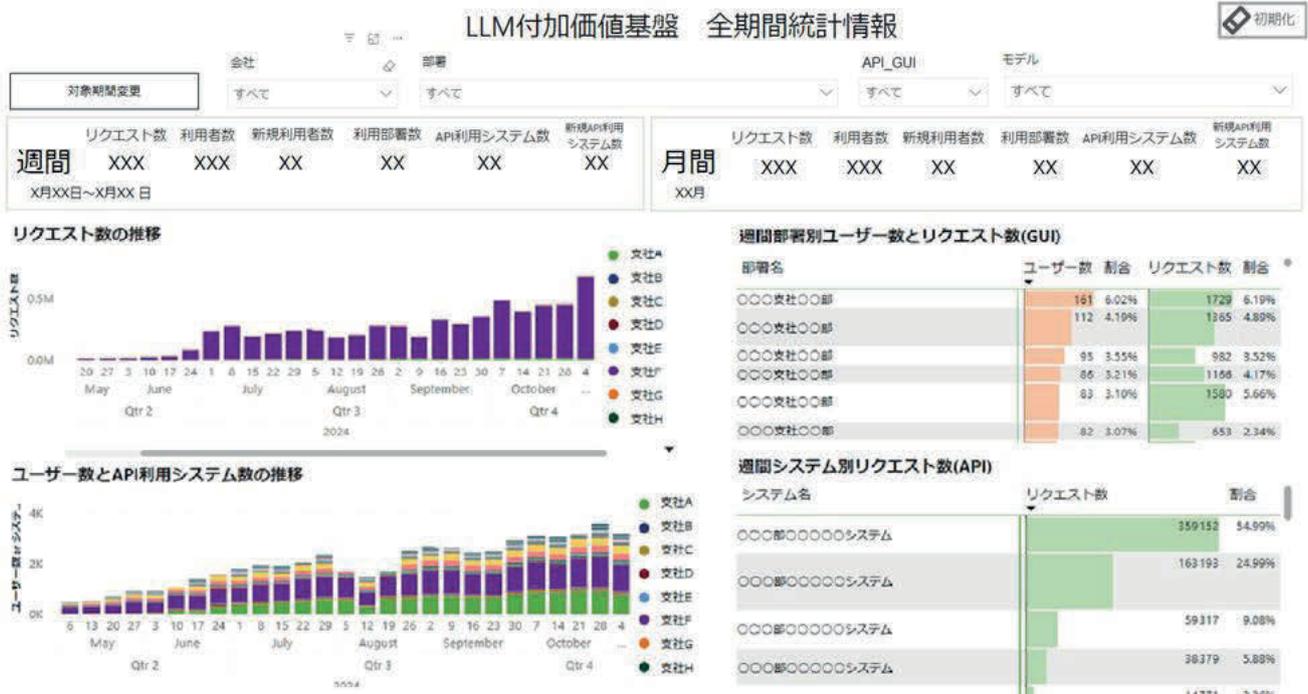


図3 全期間統計情報ページ

ダッシュボード

■構築の背景

LLM付加価値基盤の利用状況をモニタリングすることは、基盤開発者によるサービスの継続的な改善や入力内容の監査、LLM活用推進担当者による施策の効果測定、LLMを活用した有用なユースケースのユーザ向け展開を行ううえで重要です。LLM付加価値基盤のリリース当初は、定期的に手動で組織ごとのユーザ数やリクエスト数などの統計情報やLLMの主な活用事例のレポートを作成していましたが、利用量の増加に伴いログが膨大になり、手作業での分析が非効率となったため、利用状況を自動的に可視化するダッシュボードを構築し、LLM付加価値基盤のユーザ向けに公開しています。

■可視化の概要

(1) ダッシュボードの構成

本稿執筆時点でのLLM付加価値基盤ダッシュボードは、「全期間統計情報」「週間利用傾向ランキング」「週間活用事例一覧」「週間ユーザプロンプト詳細」の4つのページから構成されています。なお、ダッシュボードはDatabricks⁽³⁾とMicrosoft社が提供するPower BI⁽⁴⁾を利用して構築しています。

(2) 全期間統計情報ページ

全期間統計情報ページは、利用会社部署ごとのユーザ数・リクエスト数などの統計情報をまとめたページです(図3)。本ページを活用することで、LLM活用推進施策の実施や新機能のリリー

スなどの効果測定、経営層などのステークホルダへの利用状況の迅速な報告などができます。

各指標の統計値からは、直近の1週間および1カ月間の利用状況を確認できます(図3上)。また、リクエスト数ないしユーザ数の推移グラフから、過去から現在までの状況を確認、また期間ごとに比較することなどができます(図3左下)。部署別・システム別の統計情報からは、部署やシステムごとの直近の1週間のユーザ数・リクエスト数をランキング形式で確認できます(図3右下)。

(3) 週間利用傾向ランキングページ

週間利用傾向ランキングページは、ユーザがLLM付加価値基盤をどのようなタスクや業務領域で活用しているかをまとめたページです(図4)。本ページを活用することで、部署ごともたはLLMのモデルごとに、活用されている主なタスクや業務領域を大局的に把握できます。

グラフからは、ユーザの活用タスクと活用業務領域をランキング形式で把握できます(図4左)。データは、各ユーザのプロンプトをLLMで分類した結果に基づいています。LLMに与えるプロンプトは、活用タスクであれば「コーディング」「コンテンツ生成」、業務領域であれば「コールセンター」「コンサルティング」といったように、それぞれあらかじめ定義されたカテゴリへ分類されるよう設計しています。

ワードクラウド*⁷とキーワードランキングからは、ユーザの入力プロンプトから抽出した頻出キーワードを定性的・定量的に把

LLM付加価値基盤 週間利用傾向ランキング

※本ページはプロンプト全件から10000件ランダム抽出して分析した結果を表示。

活用タスクランキング

タスク	リクエスト数	割合
コーディング	2877	29.49%
質問応答	1532	15.70%
コンテンツ生成	1095	11.22%
データ分析	823	8.43%
情報検索	662	6.78%
文章校正	588	6.03%
テキスト分類	550	5.64%
文章要約	459	4.70%
翻訳	440	4.51%
ソリューション提案	326	3.34%
意思決定支援	264	2.71%
数値計算	118	1.21%

活用業務領域ランキング

業務領域	リクエスト数	割合
エンジニアリング	2717	28.05%
データ分析	1471	15.19%
コールセンター	1355	13.99%
コンサルティング	1187	12.25%
その他	1015	10.48%
企画提案	347	3.58%
マーケティング	322	3.32%
システム開発	307	3.17%
営業	256	2.64%
総務	233	2.41%
人事	183	1.89%
プロジェクトマネジメント	154	1.59%
UI/UX設計	72	0.74%



図4 週間利用傾向ランキングページ

できます(図4右)。

(4) 週間活用事例一覧ページ

週間活用事例一覧ページは、LLMの主な活用事例やリクエスト数をユーザごとに可視化したページです。本ページを通じて、ユーザがほかの社員のLLMの活用状況を把握することで、自身の業務へのさらなる活用を推進することができます。

週間活用事例一覧ページは、週間利用傾向ランキングページと同様にLLMを活用し、ユーザ全体の過去のプロンプトから主なLLM活用事例を抽出・要約した結果を表示しています。例えば、「タイムスケジュールを作成する」「プログラムを修正する」「問合せへの回答文を作成する」などが実際に要約された結果です。

(5) 週間ユーザプロンプト詳細ページ

週間ユーザプロンプト詳細ページは、ユーザのプロンプト内容を開覧できるページです。本ページは、LLM付加価値基盤やダッシュボードの開発者だけに限定して公開しています。

本ページを活用することで、事業推進に資する有用な活用事例をプロンプト集として蓄積、またプロンプトに重大な秘匿情報や入力が禁止されている情報が含まれていないかを監査することができます。

おわりに

本稿では、LLM付加価値基盤を支える技術的取り組みとして、RAGの検索精度向上と運用効率化の取り組み、UI/UXの実装・提供、ダッシュボード構築について解説しました。企業内でLLMを活用するためには、先進的技術の調査や実装のみならず、安全性や利便性など多岐に渡る観点からの検証と改善が重要です。

今後は、RAGの精度改善と運用効率化、UI/UXの機能改善と専用UIの作成・提供、高度な分析を可能とするダッシュボード機能の追加をめざします。

参考文献

- https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_230821_00.pdf
- https://www.docomo.ne.jp/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol32_1/001.html
- https://www.databricks.com/jp
- https://www.microsoft.com/ja-jp/power-platform/products/power-bi

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部

*7 ワードクラウド：単語の出現頻度を文字の大きさと表示する可視化手法で、文字が大きいほど出現回数が多いことを表します。