NICT NEWS
国立研究開発法人
情報通信研究機構
No.6
2026
通巻 520

FEATURE

言語、文化、リアル・バーチャルの壁を越える世界
あらゆる人とのスムーズなコミュニケーションを目指して

鼎談

Beyond the Borders
～ NICT で活躍する海外出身研究者たちの挑戦～



CONTENTS

NICT NEWS 2026 No.6 通巻520
国立研究開発法人情報通信研究機構



FEATURE

言語、文化、リアル・バーチャルの壁を越える世界 あらゆる人とのスムーズなコミュニケーションを目指して

鼎談

1 **Beyond the Borders**
～NICTで活躍する海外出身研究者たちの挑戦～
エリカ リンジー クーパー／丁　仁／
ソービ アーノード／石井 謙介

4 **マルチモーダルAIコミュニケーションが実現する未来社会**
西永 望

6 **必要な人に必要な音を届ける!**
音声マルチスポット再生技術
岡本 拓磨

8 **ことばを越えて、「伝わる関係」をつくるAI**
多文化共生を支えるコミュニケーション技術の研究
パウル ミヒャエル

10 **3D空間を共有できる「未来の遠隔コミュニケーション」**
REXR（レクサー）の研究開発
劉 珠允／安藤 広志

TOPICS

12 **見て、さわって、未来体験!**
けいはんなR&Dフェア2026 ひらけ、未来のトビラ
～ここから始まる キミだけのサイエンスストーリー～

13 **NICTのチャレンジャー File 37**　伊東 聖矢
空間知コミュニケーションに向けた実環境の
3D再構成および空間理解

INFORMATION

14 **けいはんなR&Dフェア2026開催のお知らせ**

14 **沖縄電磁波技術センターOPEN HOUSE 2026開催の**
お知らせ

左上の写真
NICTが開発した同時通訳システム調整の様子。
P1-3の鼎談では、NICTの同時通訳システムを利用しました。



FEATURE
言語、文化、リアル・バーチャルの壁を越える世界
あらゆる人とのスムーズなコミュニケーションを目指して
Beyond the Barriers of Language, Culture, Real and Virtual.
Creating Seamless Communication for Everyone

Beyond the Borders

～NICTで活躍する海外出身研究者たちの挑戦～



Erica Lindsay Cooper（エリカ リンジー クーパー）
マルチモーダル音声コミュニケーション研究室
主任研究員



丁　仁（てい じん）
多言語・多文化コミュニケーション研究室
主任研究員



Solvi Arnold（ソービ アーノード）
リアリティ知能統合研究室
主任研究員



モデレータ：**石井 謙介**（いしい けんすけ）
マルチモーダル音声コミュニケーション研究室
主査

所属は全てユニバーサルコミュニケーション研究所 マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター

NICTは、多様な人材が活躍できる環境となっています。ユニバーサルコミュニケーション研究所では、様々な言語、文化的背景を持つ研究者が在籍しており、言葉や人種、国籍の壁を越え、それぞれが、研究テーマに向き合っています。今回、3名の海外出身研究者に、NICTを選んだ理由や、苦労したこと、未来の展望など語っていただきました。

石井　**まず初めに、自己紹介をお願いします。**

アーノード　私はオランダ出身です。オランダのユトレヒト大学で、認知人工知能を勉強し、名古屋大学で博士号を取得しました。その後、10年間、信州大学で働き、昨年の4月に、NICTに入所しました。リアリティ知能統合研究室に所属しています。

丁　私は中国出身です。2010年、筑波大学大学院に入学し、2015年まで在学しました。2015年の3月に博士号を取得し、NICTに入所しました。多言語・多文化コミュニケーション研究室に所属しています。

クーパー　私はアメリカ出身です。コロンビア大学で音声合成に関する博士号を取得し、2019年に卒業しました。その後、日本に来て、博士研究員として5年間働き、2年前からNICTの、マルチモーダル音声コミュニケーション研究室に所属しています。

■現在 担当している研究は？

アーノード　リアリティ知能統合研究室では、テレプレゼンスを中心に研究しています。これは人が離れていても同じ空間にいるような感覚でコミュニケーションができる技術です。最近は、コミュニケーションだけでなく、一緒に作業もできるように発展させようとしています。そのためには人工知能やロボティクスのような要素も入ってきます。

石井　**その研究分野に進んだきっかけはありますか？**

アーノード　子供の頃から、自然現象としての知能にすごく興味を持っていました。実家で、猫や亀、モルモット、魚など、たくさんのペットを飼ってい

て、その動物たちが、どのように世界を理解しているのか？関心があり、ユトレヒト大学で、認知人工知能を専攻しました。コンピュータ上で完結するAIとは違って、ロボットは、不確定要素がたくさんあり、現実世界で動かないといけません。自然における知能との接点がたくさんあるんですね。そこで、ロボティクスに興味を持ちました。

丁　私は、自然言語処理という分野をやってきました。もともとは語学に興味があり、大学は理学部の数学に進みましたが、語学を勉強すると、いろんな言語に共通しているところや異なるところがあることを知り、自動翻訳にも興味を持ちました。コンピュータで自動翻訳できれば良いと考え、日本の大学院で機械翻訳の研究を行いました。

石井　外国語に触れるなどきっかけはありましたか？

丁　幼い頃、テレビ番組でフランス語に触れました。英語ばかり勉強していたのですが、英語以外の外国語も面白いかなと思いました。それが現在の研究の最初のきっかけかもしれません。

石井　クーパーさんは、今の研究分野に進むことになったできごとやきっかけはありますか？

クーパー　博士課程では音声合成を研究していました。音声合成とは、最新の様々な技術で耳にするような「AI音声」のことです。特に、低資源言語*を専門に扱っていました。この研究を進める中で、「評価」そのものが大きな研究課題であると気づきました。合成音声を評価するには、実際に人間に聞いてもらい採点してもらう必要があります。しかし、低資源言語の場合、大量の合成音声を聴いて評価してくれる人を十分な数確保することすら、非常に困難です。そのため、何度も実験を重ねて改善を図りたい研究者にとって、評価のハードルが大きな課題となっていました。現在、より自動化された評価手法や指標、モデルの開発に取り組んでいます。

■日本に来たきっかけは？

アーノード　昔から言語学に興味があって、高校でノルウェー語を勉強したり、大学では、日本語の授業を受けていました。修士課程のときに日本に留学する機会があり、日本で面白い研究所があるんじゃないかと探してみたら、名古屋大学で自分の興味にピッタリの研究室があったので連絡したら受け入れてもらうことができ、そこで半年間を過ごしました。ほかにも面白い研究がたくさんあったので、そのまま就職することにしました。

丁　機械翻訳の研究をしていましたが、その研究は、大学を卒業した2009年頃は、中国では研究が進んでいませんでした。大きな機械学習や、パターン認識というような研究室はありましたけど。この機械翻訳の研究は、日本では結構古くから行われていて、この分野を進めるなら日本だなと。それで、筑波大学の機械翻訳の研究室の先生に直接連絡しました。

石井　直接ですか。お二人ともそんな感じなんですね。すごい行動力。クーパーさんはいかがですか？

クーパー　大学院生の頃、音声合成に関する論文をたくさん読んでいたのですが、お気に入りの論文を見つけるうちに、それらが特定の研究室から出ていることに気づき始めました。そして、そうした研究室の多くがここ日本にあったんです。そのため、日本はまさに音声合成の研究の中心地のように見えました。実際、初期の音声合成器の1つはここ日本で作られたのではないかと思います。

■NICTに入所した理由は？

アーノード　10年間くらい信州大学で働いている間に、いろいろな研究機関を訪問する中で、国の研究機関であるNICTで働くのも面白そうだなと思っていました。信州大学で私のポジションは、10年間の上限があるため、必然的に、新しい場所を探す必要がありました。そのタイミングでNICTで公募があり、応募して採用していただいた感じですね。

丁　博士課程3年の時、NICTの多言語翻訳の研究室に半年間、協力研究員として来ました。その後、筑波大学に帰って博士論文も完成して、またNICTに入所しました。正式に入所する前に一度経験することができたので。また、その時期は、東京オリンピックに向けて、同時通訳技術の開発をしていました。自分の興味にぴったりだと思いました。

クーパー　NICTでの主な仕事は研究であり、公的機関でもあるため、行うことすべてにおいて社会や人々の役に立つ有益な成果を出すという責任があります。その点が自分にとても合っていると感じました。NICTの求人を見たとき、自分にぴったりだと感じました。特に、ユニバーサルコミュニケーション研究所は、低資源言語や音声技術といった、私の関心分野と親和性が高いと感じたのが、応募を決めた理由です。

■日本に来て苦労したことは？

アーノード　言葉の壁ですね。勉強はしていたんですが、会話の経験がすごく浅くて、なかなか会話についていけなかったです。所属していた研究室で、毎週日本語でのミーティングがありました。3時間のミーティングで、10%分かると良いくらいでした。それが勉強するきっかけになって辞書を引きながら日々学習していきました。食文化的には、私はビーガンで、飲み会で自分だけビーガン料理を頼むとか、ちょっと浮いてる気がしますよね。

石井　会議の時に自動翻訳の技術を使ってみようと思ったことはないですか？

アーノード　当時はまだそこまで発達してなくて。でも、自動翻訳じゃなくても、知らない漢字を、手書きで探せるとか、そういう技術はすごく助かりましたよね。

クーパー　私も日本語を学んではいますが、特に漢字などは依然として大きな壁だと感じています。7年前に日本に来たときは、日本語がまったく分かりませんでした。そのためスーパーに行き、スマホのカメラを使った翻訳機能を利用して店内を歩き回り、何が売られているのかを解読していました。私は日本語のオンラインレッスンを受けているのですが、これもテクノロジーによって言語の壁を克服できている一例です。とても便利ですね。

石井　今後、若い人が日本に来た場合、どのような勉強方法がおすすめですか？

丁　私は、日本語の小説を読んでいました。自分の趣味なんですけど。最近は、外部の会社とのやりとりの仕事も増えており、メールでの敬語の使い方も、勉強しないといけないと思っています。

石井　敬語は、日本人でもなかなか難しいですからね。

アーノード　確かに、外部向けのメールを書くときには、言い回しとして、この敬語で合っているか？失礼になっていないか？とか、調べたりしますね。

■未来の展望を教えてください

アーノード　コロナ禍の影響で、オンラインでのミーティングがすごく増えました。うちの研究グループでは、遠隔コミュニケーションをさらに良くするにはどうしたら良いか考えてきました。

　遠隔コミュニケーションから遠隔協働作業への展開を目指していて、そこで人の動作を離れた場所でロボットにうまく再現させる必要があります。しかし、自然な遠隔協働作業を実現するには、単に動きをそのままコピーするのではなくて、ユーザーの意図をうまく拾ってロボットの動作に反映する必要があると思われます。その技術はまだ足りなくてデータも少ないので、チャレンジングな課題です。



丁　今はLLM（大規模言語モデル）が非常に強力で、従来の自動翻訳や音声認識の技術も、その中に統合されながら発展しています。LLMも今後さらに進化していくと思いますが、これまでは言語間の壁や文化間の壁があると言われてきました。そうした壁は見えにくくなっていく一方で、実際には気づきにくい隔たりが残ることもあります。だからこそ、LLM時代にはそうした部分にこそ目を向ける必要があると思います。

クーパー　過去5年でこれほど急速に事態が変化するとは想像もつきませんでした。「音声技術の問題はもう解決した」「研究はやり切った」といった意見を耳にすることもありますが、そうした言葉はこの分野に入った時からずっと聞かされてきましたし、取り組むべき課題は常に残されています。対応言語の拡大、ユースケースの網羅、そして、より豊かな感情表現を持つ音声の実現など、やるべきことはまだまだ山積みです。もちろん、それを正しく評価することは常に大きな課題です。これから5年、10年をかけて、少しでも前進できるように努力していきたいと思います。

■NICTにどのような研究者が来てほしい？

丁　自分のやりたいことがある、自分なりの芯のある人が良いですね。個人的にやりたいことと組織に求められることには、折り合いが必要なんですけど、NICTならできるんじゃないですかね。

クーパー　私なら、自分とは異なるテーマに興味を持っていて、互いを補完し合える存在でありながら、研究において、本質的な問いを立てられるような人ですね。「なぜこちらの方がうまく機能するのか？」「なぜこのシステムはあちらより優れているのか？」「なぜこちらは全く機能しなかったのか？」と疑問を持ち、好奇心があり、物事の理由を解き明かす分析力のある人です。こういう人が一緒に働きたいと思えるような人ですね。

アーノード　シリコンバレーに、"Move fast and break stuff" という、言葉がありますよね。とにかく、みんなより先に作って稼ぐ的な。それは、私はあまり惹かれないんですよね。そうじゃなくて、長期的に考えて社会のためになるか？に重点を置く人に来てほしいと思いますね。

石井　最後に。あなたにとってNICTとは？

クーパー　研究者にとって居心地の良い「ホーム」だと思います。研究へ没頭できる環境ですし、外部との共同研究を継続して展開できているのは実にありがたく、素晴らしいことだと感じています。共同研究や、自分自身の研究アジェンダを追求し続けられる環境というのは本当に素晴らしいことです。

アーノード　長くじっくりと、良い研究ができる場所ですね。

丁　NICTは私にとってキャリアですね。

全員　本日はありがとうございました。

＊低資源言語
　自然言語処理タスクや言語学的・計量的分析を支援するための十分な基盤データが不足している言語

本鼎談は、NICTの同時通訳システムを利用しました。

マルチモーダルAIコミュニケーションが実現する未来社会



私たちは普段、言葉だけでなく、声の調子や表情、動作などさまざまな情報を手がかりに相手の気持ちや意図を理解しています。しかし、言語や文化の違い、オンラインでのコミュニケーションの広がりによって、人と人との相互理解には新たな課題も生まれています。NICTでは、言葉と言葉にならない情報(非言語情報)をAIが総合的に理解する「マルチモーダルAIコミュニケーション」の研究を進め、言語、文化、リアル・バーチャルの壁を越えた、より豊かなコミュニケーションの実現を目指しています。

ユニバーサルコミュニケーション研究所 研究所長／
マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター 研究センター長　西永（にしなが）　望（のぞむ）

マルチモーダルAIコミュニケーションって何？

みなさんは毎日学校や職場で会える友達とSNSやメールで連絡するとき、自分の気持ちがうまく伝わらないと思ったことはありませんか？テキストや絵文字だけでは、気持ちが伝わらず、対面で話がしたいと思ったことはありませんか？例えば、友達から「大丈夫だよ」と返ってきたとしても、本当に大丈夫かわからないですよね。会って話をしてみると、元気のない声で「大丈夫」と言っていたら、本当は困っているのかもしれません。このように、人は言葉だけではなく、声の調子や表情、動作などの言葉にならない非言語情報も使って相手を理解しています。

また、日本語が話せない人とリアルな対面ではなく遠隔で会話をするときに困ったことはありませんか？日本の将来を考えれば、日本の技術を海外に売り込む機会がますます増えることでしょう。これまでNICTが開発してきた技術の1つに、多言語同時通訳技術があります。これを使えば話した日本語を別の言語に変えて音声で伝えてくれます。しかし現在の技術では「テキストになった伝えたい思い」は相手の言語に変換されますが、「テキストにできない伝えたい思い」は翻訳できません。さらに、それぞれの固有の伝え方の文化もあります。ストレートに伝えるのか、オブラートに包むのか。対面で会話をすれば熱意も伝わりますが、遠隔ではなかなか伝わりません。すなわち、ここには言葉の壁だけではなく、「文化の壁」、「リアル・バーチャルの壁」があります。

このように、人と人とのコミュニケーションは言語だけではなく、音声や表情、動作、さらには相手の個性や世の中の動向を含めた背景情報など、さまざまな種類の情報を組み合わせて成り立っています。こうした情報の種類を「モーダル」と呼びます。文字、音声、画像、動画、表情、動作、背景情報などはすべて異なるモーダルです。「マルチモーダルAIコミュニケーション」とは、このような複数の異なるモーダルをAI(人工知能)が理解し、人を手助けすることにより、言葉の壁だけでなく文化の壁、さらにはリアルとバーチャルの壁も乗り越え、豊かになったコミュニケーションです。これからの社会を考えれば、このコミュニケーションは人と人だけでなく、人とAIも含めて考えなければなりません。

マルチモーダルAIコミュニケーションとして、実際にどんな研究を行っていますか？

NICTではマルチモーダルAIコミュニケーションを実現するために以下の3つの研究開発を行っています。

マルチモーダル音声コミュニケーション技術

多言語の音声に含まれる言語情報に加えて、感情・発話スタイル等の非言語情報、さらに画像等のマルチモーダルデータに含まれる情報を抽出してAIに入力し、言語的・非言語的コンテクストを踏まえて発話者の意図を反映しリアルタイムにテキスト化する技術とそれに対応して音声を合成する技術など。

多言語・多文化コミュニケーション技術

言語の壁のみならず文化の壁を越えた相互理解を促進するため、画像等を含むハイコンテクストな多言語コミュニケーションを実現するマルチモーダル及びコンテクスト活用技術など。

リアル・バーチャル融合コミュニケーション技術

実世界の人・物・環境をモデル化し、それらの関係や変化の理由を理解して将来を予測することで、離れた場所にいても同じ状況を共有しながら直感的に協力できる空間知・因果知コミュニケーション技術など。

マルチモーダルAIコミュニケーション研究の課題とは？

AIは近年とても賢くなり、外国語の翻訳や文章作成など、できることが増えましたが、そのためには大量の学習データが必要となります。しかし、マルチモーダルなAIを実現するために必要な人の会話や行動、表情、映像などを組み合わせた質の高いデータは現時点では十分に集まっていません。特に実社会で起きているできごとや人々の行動を表すデータは貴重であり、プライバシーを守りながら収集・活用する仕組みづくりが重要になっています。

また、人間のコミュニケーションには「文化」も大きく関係しています。ある国では普通の表現が、別の国では失礼に受け取られることがあります。AIが文化や習慣の違いまで理解して適切に判断し、文化の壁を越えるようになるためには、より高度な技術が必要です。

マルチモーダルAIコミュニケーションの研究が実現すると、どんな未来になるの？

NICTでは下記のような未来を考えています。

① 世界中の人と人が自然に理解し合える未来

未来の国際交流では、AIが単なる翻訳機ではなく「相互理解の仲介者」になります。日本の学生が海外の学生とオンラインで話すとき、AIが言葉だけでなく、表情やジェスチャー、声の調子、その国特有の文化的背景まで理解していれば、日本人の遠慮がちな表現や、海外で一般的な直接的な表現も適切に補足し、お互いが本当に伝えたい意味を相手に届けられるようになります。さらに、AIアバターが異なる言語を話す人同士の会話をリアルタイムに支援することで、言葉の壁だけでなく文化の壁も低くなります。その結果、世界中の人々が国籍や言語の違いを意識せずに学び、協力し、新しいアイデアを生み出し、世界的な課題に協働できる社会が実現します。

②人とAIが一緒に働く未来

将来の工場や研究所、災害現場では、人とAI、ロボットが自然に協力して働くようになります。例えば、技術者がスマートグラスを装着して作業をすると、AIは周囲の映像、機械の状態、人の動き、会話内容を同時に理解します。そして、「その部品は逆向きです」「このまま進めると危険です」とリアルタイムで助言します。国内企業の海外工場では、日本語での指示を現地語に変換するだけでなく、映像や作業状況も理解して正確に伝達します。AIは単なる道具ではなく、人間と協力して問題を解決するパートナーとなり、安全で豊かな社会を支えるようになるでしょう。

このように、言語の壁だけでなく、文化やリアル・バーチャルの壁も乗り越え、よりよい未来を創造するために、NICTは日夜研究に励みます。

必要な人に必要な音を届ける!
音声マルチスポット再生技術



岡本 拓磨
（おかもと たくま）
経営企画部企画戦略室
プランニングマネージャー／
ユニバーサルコミュニケーション研究所
マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター
マルチモーダル音声コミュニケーション研究室
研究マネージャー
2012年にNICT入所。多言語テキスト音声合成および音声マルチスポット再生技術の研究開発に従事。
博士（情報科学）。

音は通常全方向に広がるため、複数の音が鳴ると混ざり合い、聞きたい音が聞こえづらくなってしまいます。NICTが開発した「音声マルチスポット再生技術」は、音波の進む方向を制御し、場所ごとに異なる音を同時に届ける技術です。これにより、同じ空間でも人によって違う音声案内を聞くことができます。展示施設や駅などでの活用が期待されており、「必要な人に必要な音を届ける技術」として研究開発および社会展開を進めています。

■背景

通常、音は全方向に広がるため、複数の音が同時に鳴っていると、それらが混ざり合い、目的の音が聞き取りづらくなる問題があります(図1(a))。一方、駅や空港では、日本語→英語→中国語のように順番にアナウンスされるため、混ざることはありませんが、言語の数だけ再生時間が必要となる問題があります。

NICTでは、マルチモーダルAIコミュニケーションの実現に向けて、多言語同時通訳技術の研究開発に取り組んできました。この技術では、日本語を話す人の声を音声認識し、認識した日本語テキストを多言語テキストに機械翻訳し、翻訳された多言語テキストを音声合成することにより、各言語を母語とする人々に対して日本語を話す人の内容を伝えることが可能です。しかし、翻訳言語が複数の場合、同時に出力すると翻訳合成音声が混ざり合い、聞き取りづらくなります。かといって、各言語を順番に再生するとそもそも同時通訳にはなりません。

この課題を解決するのが、「必要な人に必要な音を届ける」音声マルチスポット再生技術(以下、本技術)です。

■音声マルチスポット再生技術とは？

別々の場所に異なる音を届ける技術として、ヘッドセットや超音波スピーカが実用化されています。ヘッドセットは音質が良いことが特徴ですが、人数分準備する必要があることが課題です。超音波スピーカは音波を一方向に届けることができる指向性再生を実現することが可能ですが、音質や音量が課題です。

それに対して本技術は、多数のスピーカを用いて、音が聞こえる空間と、その音が聞こえない（又は別の音が聞こえる）空間を創出します。ノイズキャンセルの原理と同様に、音を届けたくない方向では、別のスピーカを用いて音を打ち消すような音を再生します(図2)。この再生方式を方向ごとに重ね合わせることで、異なる方向に異なる音を届けることが可能となります(図1(b))。本技術を用いることにより、多言語同時通訳において翻訳言語が複数の場合でも、別々の方向に別々の翻訳音声を同時に出力することが可能となります。つまり、「音を時間ではなく空間で分ける」ことにより、先の2つの問題を解決することができます。

2022年に、16個の小型スピーカを円周上に配置した16チャネル円形スピーカシステムを試作し、多数のデモ展示を実施してきました。2025年には、多言語同時通訳も含めてノートPCで動作可能かつリュックサック1つで持ち運び可能なコンパクトデモシステムの試作に成功し、どこでも使えるようになりました(図3)。このコンパクトデモシステムを用いて様々な場所での実証実験を行い、本格的な実用化を目指しています。



図1　単純再生とマルチスポット再生の比較



図2　局所再生の原理



図3　ポータブルデモシステム

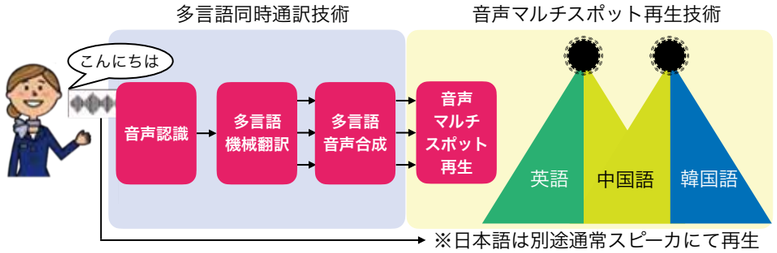


図4　海遊館における実証実験(2025年1月)



図5　水族館等での同時解説

■社会展開に向けた近年の取組

本技術を世の中で広く知っていただき、活用いただくために、イノベーションデザインイニシアティブおよびユニバーサルコミュニケーション研究所を中心とした、研究活動を支えるメンバーと一丸となって社会展開を進めています(メインプロジェクトメンバー：疋田啓太、須藤美優希、桑原万苗、菊池武文、塩飽裕彦、北山公一、デモ展示メンバー：河野みちよ、中村憲治、松田猛、塩津英史、Bandaranayake Yasith Dhamsara)。

2025年1月には、NTTデータカスタマサービス株式会社により、本技術を用いた実証実験(総務省委託)が大阪市の水族館「海遊館」にて実施されました。本実証実験では、解説員が魚の様子を日本語で解説し、同時通訳した英語、中国語、韓国語の合成音声を、本技術で異なる方向に提供されており、「他の言語の音声が混ざることなくはっきりと聞こえる」といった声が多数あり、本技術の有効性を実感できました(図4)。実験現場となったバックヤードは水生動物がいる水槽の上であるため超音波スピーカや解説用ヘッドセット等が使えず多言語対応が課題でしたが、本技術により解決できることが示されました。また、2025年3月には世界防災フォーラムに出展し、緊急時における多言語での避難誘導への応用も期待されています。さらに、2025年9月には大阪関西万博Future Life Experienceにて音声マルチスポット再生技術のデモ展示を行い、1万人以上に体験いただくことができました。2025年10月のけいはんなR&Dフェアでは、子ども向けのデモとして、ライオンの鳴き声、チャイム音、電車が走る音のマルチスポット再生や、2つのスピーカのうち片方の配線を逆にしてスピーカを近づけると音が消える実演デモを展示しました(展示担当：安井由莉、河西恵理、伊藤温子)。そして、2025年10月に、「多言語同時通訳と音声マルチスポット再生技術」がCEATEC AWARD 2025イノベーション部門賞を受賞しました。本技術は、多言語に限らず、観光施設やエンターテインメント施設での同時解説音提示(図5)、車内における活用等も期待できます。詳しくは、本技術の原理やプロジェクトWebページをご覧ください(図6～8)。

■今後の展望

これまでは音声を対象とした再生方式を検討してきましたが、現在は更に応用範囲を広げるために、異なる音楽を別々の場所に同時に届ける新型スピーカの研究開発に取り組んでいます。最後に、「必要な人に必要な音を届ける」本技術が、安心・安全な社会の実現に貢献できることを目指してこれからも研究開発および社会展開を推進していきます。

図6　技術解説動画：NICTステーション
https://youtu.be/fTyYs6AqtNM?si=3WDeAeKrS5VzsIIL

図7　プロジェクトHP
https://ast-astrec.nict.go.jp/MultipleSoundSpotSynthesis/

図8　役立ちリンク：音波をもっと知りたい方へ
https://ast-astrec.nict.go.jp/MultipleSoundSpotSynthesis/keihanna-fair-2025.html

ことばを越えて、「伝わる関係」をつくるAI
多文化共生を支えるコミュニケーション技術の研究



パウル ミヒャエル
ユニバーサルコミュニケーション研究所
マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター
多言語・多文化コミュニケーション研究室
主任研究技術員

1995年より多言語コミュニケーション技術の研究開発に従事。音声翻訳と国際共同研究プロジェクトを通じて多言語翻訳基盤の構築に携わる。2020年にNICTへ再入所し、現在は自動同時通訳技術の研究開発を担当。
博士（工学）。

今、AI翻訳の進歩によって、異なる言語を話す人同士が会話することは以前よりずっと身近になりました。スマートフォンをかざせば外国語が翻訳され、会議やイベントではリアルタイムに字幕を表示することもできます。しかし、本当に人と人が分かり合うためには、言葉を訳すだけでは十分ではありません。文化や価値観、コミュニケーションの作法の違いを理解し、互いに「伝わった」と感じられることが大切です。多言語・多文化コミュニケーション研究室では、AIを単なる翻訳ツールではなく、人と人との相互理解を支える技術として捉え、「伝わる関係」を実現するための研究に取り組んでいます。

■背景

日本では、訪日外国人の増加や国際的な人材交流の拡大に伴い、異なる言語や文化を持つ人々が共に活動する機会が増えています。その一方で、言葉の壁によって十分な情報交換ができなかったり、文化の違いから誤解が生じたりする場面も少なくありません。

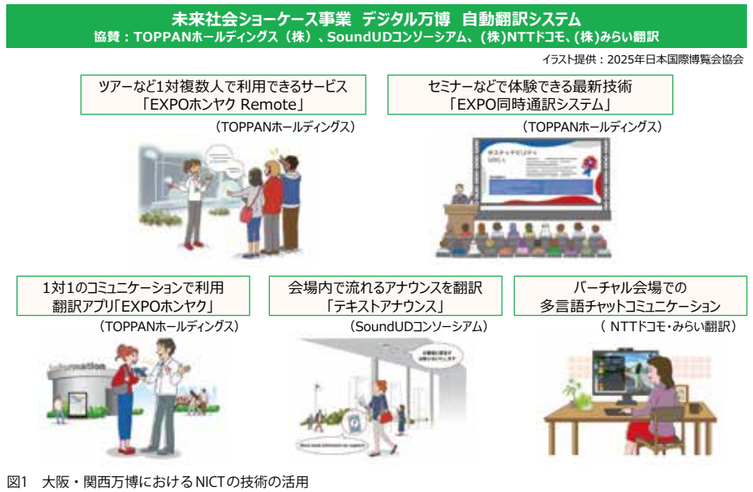


図1　大阪・関西万博におけるNICTの技術の活用

これまでの機械翻訳技術は、主に「ある言語を別の言語に変換すること」を目的として発展してきました。その性能は大きく向上し、日常会話や一般的な書き言葉の翻訳に達しています。しかし、人間同士のコミュニケーションでは、言葉そのものだけでなく、話している状況や相手との関係性、さらには文化的背景も重要な役割を果たしています。

NICTでは、こうした課題に対応するため、多言語翻訳技術と多文化理解の研究を融合させ、「ことばの翻訳」と「文化の翻訳」の両方を支援する新しいコミュニケーション技術の研究開発を進めています。

■話し終わる前に翻訳するAI

私たちが外国語で会話するとき、相手が話し終わるまで待ち、その後に翻訳結果を受け取る方式では、どうしても会話のテンポが損なわれてしまいます。国際会議やビジネス商談、観光案内のようにリアルタイム性が求められる場面では、人間の同時通訳者のように、話の途中から翻訳を始めることが理想です。

そこでNICTでは、人間の同時通訳の仕組みに学びながら、「話し終わる前」に翻訳を開始するAI技術を開発しました。この技術では、発話を短い意味のまとまりごとに区切り、その単位ごとに翻訳を行います。これにより、利用者は長い待ち時間を感じることなく、会話の流れに沿って内容を理解できます。

こうした技術を支えているのが、膨大な多言語データです。研究室では、観光、医療、防災、ショッピングなど、実際の利用場面を想定した会話データを整備してきました。さらに、国際会議やビジネス対話を想定した同時通訳データも構築し、実践的な学習を行っています。

また、AIは単に単語を置き換えているわけではありません。会議なのか観光案内なのか、どのような話題について話しているのかといった会話の流れも考慮しながら翻訳を行います。その結果、スピードと自然さ、専門性などをバランスよく両立しながら、様々な利用場面に対応できる高品質な翻訳を実現しています。

現在、この同時通訳技術は日本語、英語、中国語をはじめ、東南アジアの言語を含む15言語に対応しており、実社会での活用も広がっています。たとえば、大阪・関西万博では、NICTで開発された同時通訳技術を民間企業が活用し、様々な多言語コミュニケーションサービスが導入され、来場者の円滑なコミュニケーションを支えました（図1）。

しかし、研究を進める中で、我々はもう1つの重要な問いに向き合うようになりました。「翻訳できれば、本当に分かり合えるのだろうか。」

■AIが支える、「伝わる関係」の未来

実際のコミュニケーションでは、文法的に正しい翻訳ができても、相手に意図や背景が十分伝わらないことがあります。例えば、日本文化特有の概念や習慣は、言葉だけを翻訳しても本当の意味までは理解されない場合があります。

研究室では、この課題を明らかにするため、AI同時通訳システムを活用した実証実験を行ってきました。国立公園でのガイドツアー、茶道体験、工場見学、寺院案内など、実際のコミュニケーションの場で利用してもらい、900件を超える利用データを収集しました。



図2　茶道体験における実証実験の概念図

その結果、「正しく翻訳すること」と「伝わること」は必ずしも同じではないことが分かってきました。茶道体験では、「和敬清寂」（茶道 の心得を示す標語）のような言葉について、単なる翻訳だけでなく、その背景にある考え方や文化的意味を知りたいという声が寄せられました（図2）。工場見学や観光ガイドでも、利用者が求めていたのは単なる情報の翻訳ではなく、その背景にある文化や価値観、人々の思いを理解することでした。

一方で、AI通訳には思わぬ効果も見られました。利用者は母語で質問できる安心感を得ることで、積極的に会話に参加するようになったのです。つまりAIは翻訳を支援するだけでなく、人と人との心理的な距離を縮める役割を果たしていました。

こうした知見を踏まえ、研究室では「文化の翻訳」という新たなテーマに挑戦しています。単に言葉を変換するのではなく、その背景にある文化や価値観まで伝えることで、より深い相互理解を実現しようとしているのです。

■今後の展望

AI翻訳や同時通訳の技術は、すでに実用化され、多様な場面で活用され始めています。しかし、これから求められるのは、言葉を訳すだけではなく、人と人が理解し合うための支援です。

今後は、文化的背景や文脈を考慮しながら理解を助ける「文化の翻訳」の研究をさらに進めていきます。例えば、日本特有の概念や専門用語について、翻訳結果とともに背景知識や補足説明を提示することで、より深い理解を促す仕組みの実現を目指しています。

また、今後も様々な場面での実証実験を検討しながら、異なる言語や文化を持つ人々のコミュニケーションを支える技術の研究を進めていきます。その中で、AIが人と人との相互理解を深め、信頼関係づくりをどのように支援できるのかを明らかにしていきます。

目指しているのは、「翻訳できる社会」ではありません。誰もが言葉や文化の違いを越えて理解し合い、「伝わる関係」を築ける社会です。多言語・多文化コミュニケーション研究室の挑戦は、そんな未来のコミュニケーション基盤づくりへと広がっています。

3D空間を共有できる「未来の遠隔コミュニケーション」REXR（レクサー）の研究開発



劉 珠允
（りゅう じゅえん）
ユニバーサルコミュニケーション研究所
マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター
リアリティ知能統合研究室
研究マネージャー

大学院博士課程修了後、国際電気通信基礎技術研究所（ATR）研究員を経て、2006年NICTに入所。多感覚認知と脳機能解析、ヒューマン・マシン・インタフェース、機械学習などに関する研究に従事。博士（工学）。



安藤 広志
（あんどう ひろし）
ユニバーサルコミュニケーション研究所
マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター
リアリティ知能統合研究室
室長

大学院博士課程修了後、国際電気通信基礎技術研究所（ATR）認知ダイナミクス研究室室長を経て、2006年NICTに入所。多感覚・評価研究室室長、脳機能解析研究室副室長を経て現職。認知脳科学、多感覚情報処理・インタフェース、機械学習などの研究に従事。Ph.D.（計算神経科学）。

人はコミュニケーションを行うとき、言葉だけでなく、相手の表情や動作、周囲の様子など、様々な情報を手掛かりにして相手の意図や状況を的確に理解しています。しかし、現在のオンライン会議では、このような言葉以外のマルチモーダル情報を十分に伝えることはできず、同じ空間の中で相手と体験や行動を共にすることも容易ではありません。私たちは、遠く離れた人同士が同じ3D空間を共有し、あたかも同じ場所にいるような自然な意思疎通や共同の体験・行動を可能にする未来のコミュニケーション技術の研究開発を進めています。

■背景

2020年に発生した世界的なパンデミックをきっかけに、オンライン会議は急速に普及しました。遠く離れた場所から会議や打合せに気軽に参加でき、移動時間や交通費を削減できるなど、私たちの働き方や生活に大きな変化をもたらしました。一方、音声や映像、資料共有を中心とした今のオンライン会議には、まだ限界があります。例えば、多人数の会議で参加者全員が正面を向いて表示されるため、相手が誰に話しかけているのか、注意をどこに向けているか、周囲に何があるのか、といった、対面では自然に分かる情報を十分には共有できません。したがって、参加した人たちと親しい関係を築いたり、周囲の状況を正確に理解し、身体的・空間的な感覚を伝えたり、同じ物を見ながら一緒に行動することなどは、オンラインだけでは容易に行えません。

私たちは、遠隔コミュニケーションの技術を、単に「離れた人と話す」ための技術から「離れた人と同じ空間を共有し一緒に行動する」ための技術へと発展させることを目指しています。このような技術が実現できれば、これまで「現地にいなければできなかった作業や身体的な体験」を、遠く離れた場所からでも安全かつ確実に行えるようになり、今いる場所や身体的な制約を超えて、多様な人々が様々な活動に遠隔から参加できるようになります。それは少子高齢化に伴う人手不足や地域格差、災害対応など、様々な社会的課題の解決につながる重要な研究開発テーマと考えています。

■自分の「分身」を用いた遠隔コミニケーション

離れた人たちを同じ3D空間にいるかのように感じさせるには、それぞれの人がその空間の中の適切な位置や向きで行動する必要があります。これを可能にするために、私たちはユーザー本人の分身を構築し3D空間の中で適切に再現させるREXR（Realistic and EXpressive 3D avataR）技術を研究開発してきました。一般家庭でも使えるシステムを想定して、高価で特別な装置に頼らず、Webカメラや2Dディスプレイを用いて、機器の性能や機能の制約を情報処理技術で補いました。その結果、本人を異なる角度から撮影した5枚程度の2D画像から、1～2分ほどで服装を含む全身の3Dモデルを作れるようになりました。さらに、AI技術を用いて2D映像だけから顔の細やかな表情や身体骨格の動きを解析し、それらを本人の3Dアバターにリアルタイムで反映できます（図1）。また、身体の動きを分析することで、ユーザーの動作意図を読み取り、デジタルツイン空間の中を自由に移動したり、物を操作したりすることが可能になります。

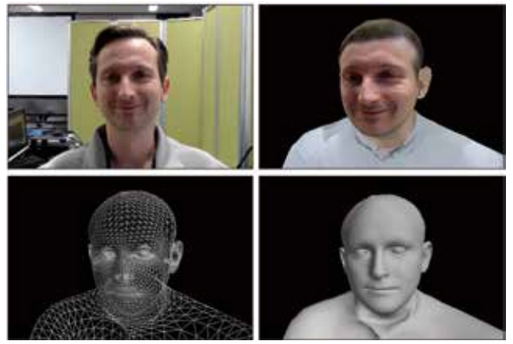


図1　Webカメラ映像から本人のリアル3Dアバターを構築

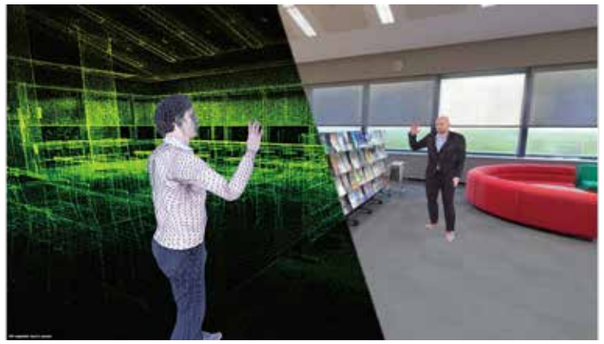


図2　（a）実環境を3DGSでモデル化（左）、（b）3Dアバター同士の身振りを交えたコミュニケーションの様子（右）

■実世界を高精細に3D再現し共有する

私たちは、人を3Dアバターで再現するだけでなく、遠隔地から実世界の状況を体験・理解し、協働できるように、これまでのREXRを基盤に、人・物・環境の3D空間モデルとそれらの関係や相互作用を表現し、リアルタイムに更新・共有するREXR-World（Realistic and Explorable World Representation）へと拡張・発展させています。

そのための重要な技術の1つが、3DGS（3D Gaussian Splatting）です。3DGSは、複数の写真や映像から、物体や空間を多数の「3次元ガウス分布（空間的な広がりを持つ小さな粒子）」の集まりとして表現し、各粒子の位置、色、大きさ、向き、透明度などの情報を学習し、光の反射や質感までリアルに再現する技術です（図2（a））。

REXRとこの3DGS技術を組み合わせることで、人・物・環境を含む3Dデジタルツインを高速に描画できます。これにより、複数の人が顔を見合わせて一体感のある遠隔ミーティングを行ったり、離れた場所にいる人の分身に近づいて、身ぶり手ぶりを交えながらコミュニケーションしたりできるようになります（図2（b））。例えば、遠隔地から展示会に参加し、自分のアバターで会場を歩き、興味のある展示に近づき、そこで出会った人と展示物を囲んで、展示物を操作しながら議論することも可能になります。さらに、将来は実世界のロボットなどのフィジカルAIと協働する技術にも発展できると考えています。

また、Webカメラからユーザーの位置を推定し、ユーザーが2Dディスプレイの前で左右や上下、前後に動くと、その視点からの映像を実時間で表示させる技術も開発しています。これにより、特別なヘッドセットを装着しなくても、まるで画面の向こうにも3D空間が広がっているような空間の一体感を生み出すことができます。

■社会実装に向けた取組

このような技術が社会で広く利用されるためには、異なる企業や組織が開発するシステムやサービスが共通のフレームワークに基づいてつながることが重要です。そのため、NICTでは、ITU-T（国際電気通信連合・電気通信標準化部門）において、REXRの研究開発で得られた知見を基に「3Dモデルに基づく没入型テレプレゼンス（3DIT）」および「空間モデルを共有した没入型インタラクション（SMIIS）」の基本フレームワークに関する国際標準化に取り組んでいます。

また、国際標準化と並行して、REXRを実際の社会課題の解決に役立てる取組も進めています。現状、現場対応が必須となる「建設・インフラ保守」「医療・介護」「行政サービス」「農業」「災害対応」などにおいては少子高齢化に伴う人手不足が深刻です。多様なリモートワークを可能にするREXRをこのような社会課題の解決につなげていく取組を関連企業と連携して進めていきます。

■将来の展望

私たちは、実世界の人・物・環境の3D空間モデリングとサイバー空間での再構築を通じて、場所と身体の制約を越えた多様なコミュニケーションの実現を目指しています。遠く離れていても、人々がAIやロボットと同じ実世界モデルを共有し、互いの状況や行いたいことを理解しながら、一緒に体験し、考え、行動できる。そのような未来の協働コミュニケーションを創（つく）る取組を私たちは進めていきます。

11月7日(土)
けいはんなプラザ（京都府相楽郡精華町）にて開催!!

見て、さわって、未来体験！

けいはんなR&Dフェア2026 ひらけ、未来のトビラ

～ここから始まる キミだけのサイエンスストーリー～

けいはんな R&D フェアは、けいはんな学研都市に集まる多彩な研究機関等が連携し、研究成果の発信、相互連携の促進、地域への貢献を３つの柱として、開催する科学イベントです。

今年も、子どもから大人まで誰もが先端科学に触れ、科学の楽しさやワクワク感を体験できる多彩なプログラムをご用意!!





今年の注目プログラムはこちら !!

【サイエンスショー】

知れば知るほど好きになる！ すごすぎるハエのヒミツ

サイエンスショーといえば、空気砲や大きな道具を使った演出を思い浮かべる方が多いはず。今年はなんと、それとは真逆の小さな「ハエ」が主役！



知られざるハエのスゴさや面白さを、かつてハエの研究にも携わった俳優・サイエンスコミュニケーターの佐伯恵太さんが、エンターテインメント×サイエンスのスタイルで楽しく紹介します。未来ICT研究所 ニューロICT研究室ともコラボ予定です。どんなショーになるのか、どうぞお楽しみに！

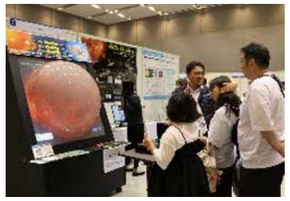
【研究展示・体験デモ】

NICTからは、未来のコミュニケーションやAI、XR、宇宙など、6つのテーマの体験デモが登場します。

「REXR 3D デジタルツインの世界をアバターで歩いてみよう!」では、会場・けいはんなプラザを再現した 3D デジタルツイン空間を自身がアバターとなり自由に歩き、ほかのアバターと出会う未来のコミュニケーションを体験できます。

さらに、翻訳ウォッチ「ワールドリンク」を使って嘘つきスパイを探す「ワールドリンクで極秘捜査開始!」、XR で動物たちの世界を体験できる「XR どうぶつの世界」、人と AI の役割分担を体験しながら学べる意思決定体験アプリ「えーらぼ!」、電波を“見る”ことができるロボット、宇宙天気を体感できる「ダジックアース」などで NICT の取組を紹介します。





NICT 以外のけいはんな立地機関からも、「キャットマイクロナップ体験」（奈良先端科学技術大学院大学）、「デジタルアーカイブでタイムトラベル体験☆文化と歴史を楽しもう♪」（同志社大学）、「iPS 細胞を見てみよう!」（理化学研究所）など、興味深いデモが多数登場します。

【ワークショップ】

実験を取り入れたワークショップは毎年大人気！！

「住まいの暑さ対策についての実験」（積水ハウス（株）住宅総合研究所）「お茶の科学実験室」（（株）福寿園 CHA 遊学パーク）など京都・けいはんならではのプログラムのほか、ものづくりのワークショップも多数。



「けいはんな R&D フェア 2026」で、子どもから大人まで、楽しみながら科学に出会える一日を。ぜひ会場で、未来につながる“サイエンスストーリー”を体験してください！

詳しくはホームページをご覧ください。

空間知コミュニケーションに向けた実環境の3D再構成および空間理解



伊東 聖矢
（いとう せいや）
ユニバーサルコミュニケーション研究所マルチモーダルAIコミュニケーション研究センター
リアリティ知能統合研究室
主任研究員
博士（工学）

●経歴

1993年　神奈川県にて誕生
2012年　青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科卒業
2018年　青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻知能情報コース博士前期課程修了
2021年　青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻知能情報コース博士後期課程修了
2021年　青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科　助教
2023年　NICT入所
2026年　現職

●受賞歴等

2024年　IW-FCV 2024 Excellent Research Paper Award
2022年　第25回 画像の認識・理解シンポジウム（MIRU2022）MIRUインタラクティブ発表賞

一問一答

Q 研究者になってよかったことは？

A 学会を通じて様々な国を訪れ、その分野で有名な研究者と議論できることです。そこで得た刺激やつながりが、自分の研究を深め、同じ分野で挑戦し続ける戦友のような関係にもなる点が魅力です。

Q 研究者志望の学生さんにひとこと

A 研究は、ある意味では失敗してこそ前に進む仕事です。うまくいかないことを恐れすぎず、成功したときの姿をイメージしながら、挑戦してみることが大事です。まず一歩踏み出してみてください。

Q 休日の過ごし方は？

A 休日は車で自然や景色を楽しめる場所へ出かけ、電車では行きにくい少し遠方まで足を延ばすこともあります。景色を眺めながらゆっくり過ごすことで、日常を離れて気分転換しています。



群馬県奥四万湖

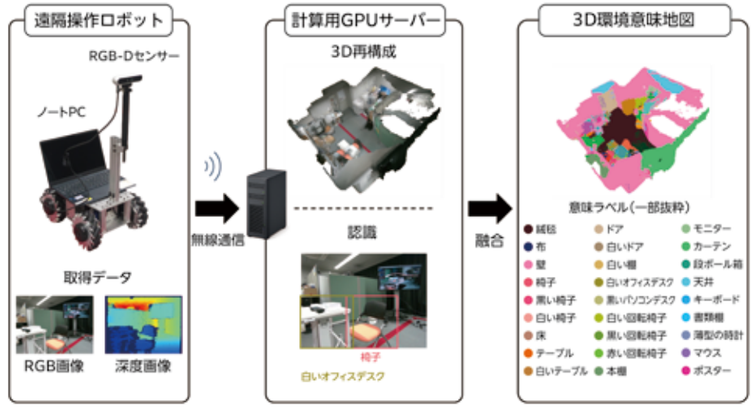
人は、言葉に加えて、視線や身ぶり、周囲の状況などの手掛かりを共有しながらコミュニケーションをとっています。例えば、「あそこに置いてください」と伝えるとき、私たちは相手と同じ空間を見て、物の位置や関係を理解しています。また、誤解なく伝わるように、「赤い椅子」のように特徴を加え、表現を具体的にすることがあります。

人とAIやロボットが自然にコミュニケーションをとるには、言葉だけでなく、空間を共通して認識することが重要です。私たちは、人・AI・ロボットが空間の情報を共有し、伝え合うことを「空間知コミュニケーション」と呼び、その実現を目指しています。

私はその基盤として、カメラや距離センサーから得た情報を使い、部屋や建物をコンピュータ上に3Dで再構成し、空間の意味をAIが理解できるようにする研究に取り組んでいます。さらに、机や椅子などの種類や位置を記録した「3D環境意味地図」を作ります。

最近の研究では、3D環境意味地図に付ける物体の名前を、人がすべて指定しなくても自動生成する技術を開発しました。AIが画像から物体や特徴を表す言葉を取り出し、「赤」と「椅子」から「赤い椅子」を作るように、複数の言葉を組み合わせて具体的な表現へ広げます。これは、人が相手との認識のずれを減らすため、特徴を加えて曖昧さの少ない表現を選ぶ働きを模したものです。その物体が画像内にあるかを別のAIで確認し、誤った候補を除いて3D空間に名前を付けます。

将来は、遠隔作業や建物管理、災害現場での支援などに役立て、人・AI・ロボットが同じ空間を理解し、それぞれの能力を生かして協力する「人・AI・ロボットの協働」の実現を目指します。



けいはんな R&D フェア 2026

ひらけ、未来のトビラ　～ここから始まる キミだけのサイエンスストーリー～



日　時：11 月 7 日（土）10 時 00 分～ 16 時 30 分
会　場：けいはんなプラザ
参　加：無料
申　込：詳細情報および事前登録は
https://keihanna-fair.jp

**けいはんなの最新研究に触れられる体験展示や
ハエのサイエンスショー、ワークショップなど、
多彩なプログラムが勢ぞろい。
未来につながる科学の魅力を体感できる一日です！**

研究展示/体験デモ

●国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）
・3D デジタルツインの世界をアバターで歩いてみよう！
～ REXR 空間共有システム体験～
・ワールドリンクで極秘捜査開始！　～潜入した嘘つきスパイを捜しだせ！～
・XR どうぶつの世界 2026　～みんなで NICT 未来 ICT 研究所バーチャル空間へ～
・人と AI の役割分担をデータで可視化する意思決定体験アプリ『えーらぼ！』
・宇宙にも天気がある!?　～太陽フレアとオーロラのひみつ、社会とのつながり～
・電波が見えるロボット　～電波の " 見えない " を、AI の力で " 見える " に！～

●㈱国際電気通信基礎技術研究所 深層インタラクション総合研究所 / 京都府
・人らしい存在感のあるアンドロイドアバター

●奈良先端科学技術大学院大学
・キャットマイクロナップ体験　～3 分でリフレッシュ！ ねこみたいに、ひと休み～

●同志社大学
・デジタルアーカイブでタイムトラベル体験☆文化と歴史を楽しもう♪　他多数

サイエンスショー

知れば知るほど好きになる！ すごすぎるハエのヒミツ
俳優・サイエンスコミュニケーター　**佐伯 恵太氏**

ワークショップ

◆青いお茶のふしぎ（ロート製薬㈱ロートリサーチビレッジ京都）
◆住まいの暑さ対策についての実験（積水ハウス㈱総合住宅研究所）
◆ハンドスピナー手作り体験！（新日本理化㈱）　他多数

沖縄電磁波技術センター
OPEN HOUSE 2026

11/15（日）
10:00 - 16:30
※受付は16:00まで

入場無料 申込不要

見て！ 聞いて！ さわって！ 電磁波のひみつを大発見！

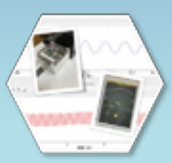

宇宙天気のおなはし
Space Weather
① 11:30～ ② 14:30～


地球儀づくり
Handmade Globe Workshop


きゅむろん VR 体験
Cumulon VR Experience


スピードガン
Speed Gun


光空間通信施設公開
Space Optical Communication
Facility Tour


インフラサウンド
Infrasound


おもしろ電波教室
① 10:30～ ② 13:30～
沖縄県電波適正利用推進員協議会


アマチュア無線体験
日本アマチュア無線連盟
沖縄県支部

電波発射源可視化装置及び電波監視用機器の展示
総務省沖縄総合通信事務所

国立研究開発法人情報通信研究機構
沖縄電磁波技術センター
OKINAWA ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGY CENTER

オープンハウス特設サイト
詳細はこちらから！
Please visit our website！

NICT NEWS 2026 No.6 通巻 520
編集発行：国立研究開発法人情報通信研究機構 広報部
発行日：令和8年（2026年）10月（隔月刊）

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1
TEL: 042-327-5392　FAX: 042-327-7587
E-mail: publicity@nict.go.jp

URL: https://www.nict.go.jp/
@NICT_Publicity
#NICT

ISSN 1349-3531 (Print)
ISSN 2187-4042 (Online)

〈再生紙を使用〉