

人工知能活用による革新的リモート 技術開発 プロジェクト紹介



はじめに

■プロジェクトリーダー (PL)

東京大学 先端科学技術研究センター 教授 原田 達也

長期にわたるコロナ禍も収束に向かっていますが、この期間を通じて多くの方々リモートワークの必要性や有用性を実感したことでしょう。リモートワークを可能にした技術を拡張し、人と人、複数のロボット、ドローン、また複数のアバターをマルチモーダル情報を活用してつなげるにより、遠くのある場所に行かずに作業や診療が可能となります。また、複数の分身が同時に作業を行うことで仕事を迅速に進めたり、個人では達成困難だった目標にも取り組むことができるかもしれません。このようにリモート技術の活用により、少子高齢化や労働力不足などの社会問題の解決が期待されます。



一方で、リモートワークを行っている多くの人々は、物理的に対面する場面と比べて臨場感などが不足していると感じているでしょう。リモート技術における現状の不満点の解消や今後の発展のためには、マルチモーダル情報の取得、送受信双方の状態推定や状態提示、さらにはその伝送方法に関する難題を乗り越える必要があります。そこで、本プロジェクトでは人工知能を活用した4つのテーマに取り組み、これらの課題の解決を進めています。具体的な応用課題としては、触覚伝達、遠隔診療、遠隔リハビリ、そして仮想アバターなどに取り組んでいますが、これらの成果を支えるコア技術は汎用的であり、様々なリモート化タスクに応用可能だと考えています。本プロジェクトから生まれるリモート技術が真に革新的であり、個々の課題解決に留まらず、リモート化の基盤技術として世界的なデファクトスタンダードとなることを期待しています。

■プロジェクトマネージャー (PMgr)

NEDO ロボット・AI部 専門調査員 外村 雅治

2021年2月にNEDOは、新型コロナウイルス感染症の拡大によって変わりつつある生活様式を見据え、利用が増加しているリモート技術の社会実装をさらに進めるための技術戦略を策定し、その検討結果をTSC Foresight「スマートテレオートノミー分野の技術戦略策定に向けて」として公表しました。これに伴い2021年7月から、本技術戦略の策定を受け、例えば遠隔地にいる人や物をあたかも目の前にいるかのように認識することを可能にする革新的リモート技術にフォーカスしたプロジェクトとして、「人工知能活用による革新的リモート技術開発」事業をスタートしました。



種々の「制限下での活動」と「多様な働き方」を可能とし、労働人口減少にあっても日本の「競争力の向上」を図り、総合して全ての人の「QoLの向上」を図ることが達成したい将来像です。

スマートテレオートノミー技術として、(1) 遠隔操作に高い臨場感をもたらす高度なXR技術、(2) 遠隔操作時に把握が困難な相手の状況の伝達や周囲の人に対する安全かつ効率よい自律動作を実現するAIによる人の状態・行動推定技術、(3) 自律動作のレベルをAI技術の段階的適用により向上する部分自律化技術を提唱しています。

「人工知能活用による革新的リモート技術開発」では、スマートテレオートノミーの3つの要素技術のうち「人間の状態・行動推定」と関わる「状態推定AIシステムの基盤技術開発」と、「高度なXR」と関わる「高度なXRにより状態を提示するAIシステムの基盤技術開発」を開発項目として、「部分自律化」と親和性の高いリモート基盤技術を開発していきます。

本パンフレットには、2023年度に実施中の4テーマの研究概要を掲載しております。外部有識者のアドバイスを仰ぎながら実施している国内の優れた人工知能技術者やリモート技術者による先進的な研究開発が新たな技術基盤として確立され、皆さまの保有している技術との融合により新たな技術革新の進展につながれば幸いです。

プロジェクト概要

■背景

わが国は少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少に直面しており、労働集約的・対面主体である製造業やサービス業などにおける産業競争力の維持向上が喫緊の課題となっています。また新型コロナウイルスの感染拡大により経済活動が制限されるなど、行動制限下でもいかに社会活動を継続するかについても大きな関心が寄せられています。一方、国連サミットにおいて採択された持続可能な開発目標（SDGs）では、「誰一人取り残さない」持続可能でより良い社会の実現に向け、すべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用を促進することが掲げられています。これらの社会課題に対する解決手段の一つとして、あらゆる分野において社会・経済活動が、空間・時間の制約から解放されたリモート環境で行えることが強く求められています。



産業競争力の
維持向上



行動制限下での
社会活動の継続



多様な立場の
人々の社会参加

■リモート化の現状

新型コロナウイルスの感染拡大による影響を受けて、リモート化のニーズは急速に高まりました。事務作業においてはテレワークやオンライン会議の導入が加速するなど、以前からの課題である働き方改革への対応に一定の進展が見られました。しかし遠隔地の状態が十分に把握できないという課題も顕在化し、生産性向上への寄与は限定的です。また労働集約的・対面主体の労働現場においては、既存の技術では人や物とのインタラクションに不可欠な情報が十分に伝達できないことからリモート化は十分に進んでいないのが現状です。



事務作業は一部リモート化も、効果は限定的

対人業務・現場業務は、リモート化が困難

プロジェクト概要

■リモート技術の課題

リモート環境を構成する要素を整理・俯瞰したとき、遠隔地で計測された情報が近傍者に伝達され、近傍者が状況を適切に認知し、取るべき行動を適切な判断することで、遠隔地に効果的に操作・介入できると考えられます。ここで計測分野においては、IoT機器やハプティック素子といった様々な高度なデバイスが実用化されつつあります。また操作・介入分野は日本が強みを持つロボット分野とも重なり、技術が著しく進展しています。一方で、労働集約的・対面主体の労働現場を含むあらゆる分野のリモート化を実現するためには、計測されたデータに付加価値を与え、それを近傍者に分かりやすく提示する技術について、更に研究開発を進めていく必要があります。



■実施内容

以上を踏まえて、社会・経済活動のリモート化をより広範な領域に展開し生産性を向上させるために、2021年7月から「人工知能活用による革新的リモート技術開発」を開始しました。本事業では、遠隔地の状態を推定することや、視覚・聴覚のみならず力触覚などの感覚も交えて効果的に相手に情報を認知させることによって、実際に遠隔地に出向く場合と同等以上に現場の状態を把握することが可能となる革新的なリモート技術の基盤確立を目指します。本事業の研究開発では人工知能（AI）で遠隔環境の状態を高度に推定する「状態推定AIシステムの基盤技術開発」、およびAIで情報を効果的に提示する「高度なXRにより状態を提示するAIシステムの基盤技術開発」として4件の研究開発テーマを実施しています。

事業期間	2021年度～2024年度
予算額	3.7億円（2023年度）
PMgr	外村 雅治（NEDO ロボット・AI部 専門調査員）
PL	原田 達也（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

■テーマの紹介

極薄ハプティックMEMSによる双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発

国立研究開発法人産業技術総合研究所、オムロン株式会社、国立大学法人東北大学
株式会社Adansons、国立大学法人筑波大学

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、豊田合成株式会社

遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤構築と保健指導との互恵ケア連携

国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学
セイコーエプソン株式会社、株式会社エブリハ

AI・XR活用による空のアバターを実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発

国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所

■成果の波及

2035年度に社会のあらゆる場面でリモート化が実現することを見据えて、本事業期間においては、リモートの基盤技術が実用化研究に移行できる水準に達することを目標に定めています。4年間の短い期間にて実用も見据えた基盤技術を確立するため、それぞれの研究開発テーマにおいて、ユースケースを想定しつつ研究開発を進めています。

基盤技術の確立をプロジェクトの最終目標に置き、ユースケースを想定して研究開発を実施



確立した基盤技術が適用されて、プロジェクト終了後に社会のあらゆる分野がリモート化

極薄ハプティックMEMSによる双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発

背景と狙い

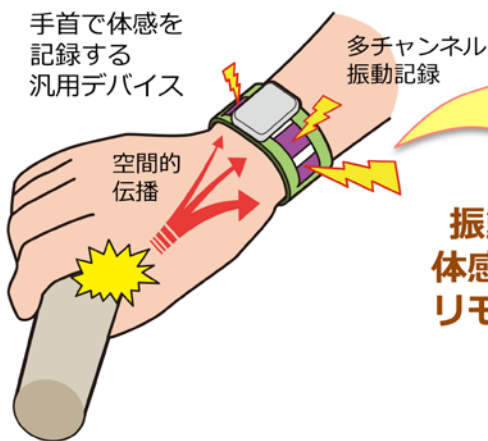
リモート会議や動画コンテンツにおいて、映像と音声に合わせて触覚情報を伝えることで、リモート技能教育や診断における体感の識別や学習、動画配信者の情動の演出や共感、さらには存在感までもが伝達されることが明らかになってきています。しかし触覚情報の伝達技術は未だ普及の途上にあると言えます。その理由として、映像のカメラ・ディスプレイ、音声のマイク・スピーカーのように、触覚の記録と再生を双方向に行うデバイス技術が確立されていないことが挙げられます。

本研究では、小型なデバイスで触覚表現が可能な振動触覚に注目し、世界最薄の極薄圧電MEMS素子を手首周囲に接触させて空間的な振動触覚の記録と再生が可能なウェアラブルデバイスを開発します。また、記録した振動を分解してノイズ除去、振動触覚成分への強調処理、心拍情報をデフォルメして振動触覚波形を生成する参照系AI-ISMソフトウェア技術を開発します。このようなデバイス、ソフトウェア技術を融合した極薄ハプティックMEMSによりリアルな体感、情動、存在感をリモート伝達する基盤技術を確立します。

取組み内容

振動の記録と再生が可能なハプティックMEMSデバイスに、AI-ISMを実装したリモート伝達システムを開発し、体感および情動を動画に載せて伝える技術を実現する。

体感記録デバイス



体感再生デバイス



振動による
体感・情動の
リモート伝達

極薄ハプティックMEMS (産総研・オムロン)
⇒振動の記録・再生ができる極薄MEMS素子

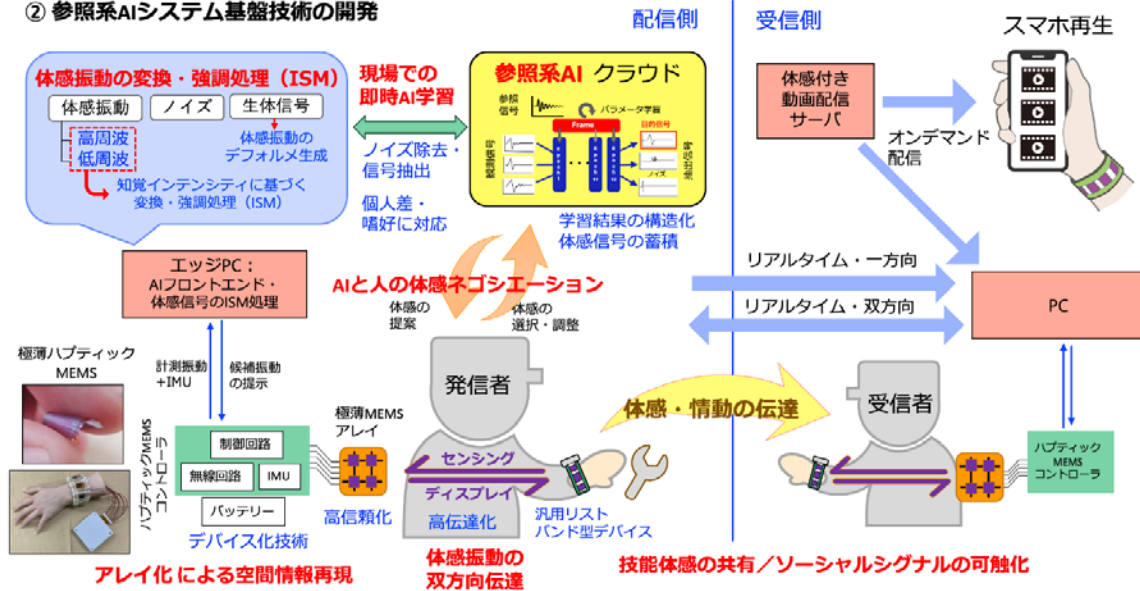
参照系AI (Adansons)
⇒多ch極薄MEMS素子の振動を分解・特徴抽出

体感振動の強調・変換技術“ISM” (東北大)
⇒高周波振動をリアルに再現する触覚強調技術

ソーシャルシグナルの可触化 (筑波大)
⇒情動を表現する体感のデフォルメ生成

取組み内容

② 参照系AIシステム基盤技術の開発



① 極薄ハプティックMEMS基盤技術の開発

③ リモート触覚伝達AIシステム基盤技術の応用検証

- ① 空間的な触覚振動を記録、再生する極薄MEMSハプティックMEMSデバイス技術の開発
- ② 振動を触覚、ノイズ、心拍等に分解し、触覚成分をヒトの知覚インテンシティに基づく信号変換ISMにより強調した再構成波形により空間的な振動を表現する参照系AI-ISM技術の開発
- ③ 極薄ハプティックMEMSを用いてオンライン交流会、リモート技能教育、動画コンテンツの映像と音声に合わせて触覚振動を再生し、情動、体感、存在感のリモート伝達を実現

アウトプット・効果

“双方向リモート触覚伝達AIシステム”が生み出す価値



テーマ名：極薄ハプティックMEMSによる双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発

委託先：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学、

国立大学法人筑波大学、オムロン株式会社（～2022年度まで）、株式会社Adansons

研究開発責任者：竹井 裕介（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

委託期間：2021年7月～2025年3月

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

背景と狙い

COVID-19のパンデミックにより、人との接触が生命を脅かすリスク要因であることが明らかになった今、遠隔コミュニケーションの重要性は一層高まっています。特に遠隔診療は、今後の生活に不可欠な技術になってくるでしょう。しかし遠隔診療では、医師が患者に直接触れられないことが、対面診断と比較した際の大きな障壁であることが、これまでに分かっています。

では触診を遠隔で実現するためには、どのような情報を伝えればよいのでしょうか。触診の目的は、患部の硬軟や熱感などの状態を把握するためだけに行われているものではありません。もちろん、そのような情報は重要な診断基準ですが、患者に触れながら反応を見つつ、コミュニケーションをとるなど、触診の役割は多岐に渡ります。さらに医師が直接触れるという行為が、患者に安心感や信頼感といったものを生み、医師と患者の心理的な距離を縮めることで、診察をスムーズかつ的確に進めていくという触診の役割を無視することはできません。

すなわち触診の遠隔での再現とは、触れたことにより得られる情報を取得するのはもちろん、人同士が触れ合うことにより起こる心理的な効果も考慮に入れる必要があります。このような人同士の仮想空間での接触再現を、我々はContact Reality (CR)と呼び、本研究ではCRを利用した遠隔触診システムの実現を目指します。

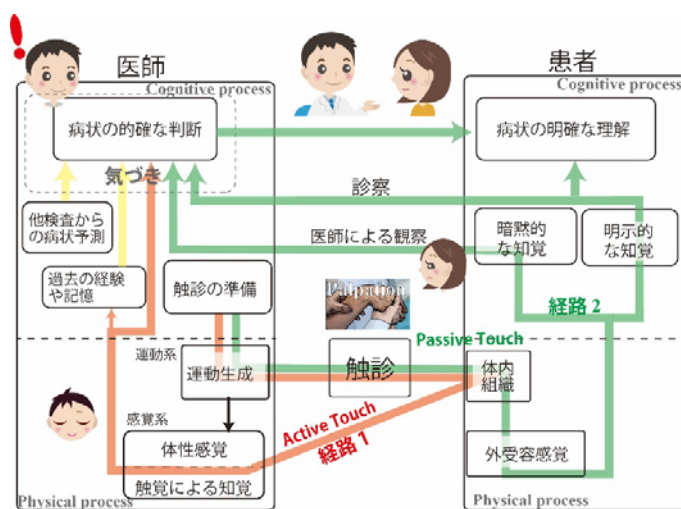
取組み内容

1. 触診の役割解明

触診は、どのように実現され、どのような役割を果たしているのでしょうか。上述の通り、触診には医師と患者の心理的距離を近づける役割もあります。このような役割は、人の触覚の特徴から来ています。

触覚から得られる情報は、過去の記憶を想起したり、情動を刺激したりすることが知られています。この特徴が、触診に重要な役割を与えています。下図は、普段の診療をもとに、医師と患者の触診における信号の流れを可視化したものです。医師は患者に触れた情報により、これまでの記憶・経験が想起され、触診以外の情報を統合して、患者の病状を明確に把握することができるようになります(下図の赤線)。

それに対し患者側は、医師に触られることで、病状を情動的・直感的に認識し、その状態を医師と共有することで、より的確な病状判断が可能になります。加えて、そのような状態を共有することが、安心感や医師への信頼感の向上につながるのではないかと考えています。

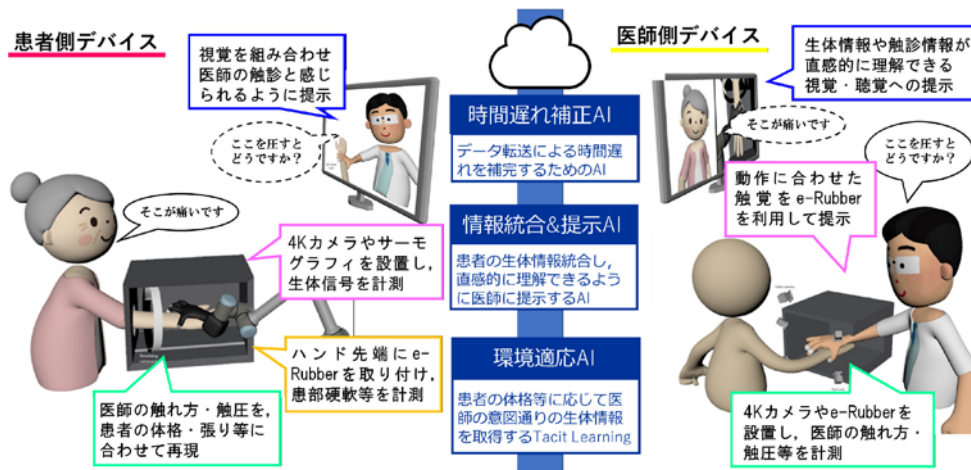


取組み内容

2. 4次元Boxの開発

前述の触診の役割に基づいた遠隔触診を実現するため、下図に示す「4次元Box」と呼ばれるシステムを開発します。本来触覚から得られる情報を利用する触診ですが、触覚には、感覚の時間のずれに非常に敏感という特徴があります。遠隔で触った感覚が遅れて伝わると、何を触っているのか全く理解できなくなってしまいます。そこで触診の役割を遠隔で実現するために触覚に限らず、視覚や聴覚の助けも借りて、対面診断と同等以上の患者の病状理解と信頼関係の向上が可能なシステムを目指しています。

3種のAIを用い、複数モダリティを刺激する遠隔触診システム:4次元Box



アウトプット・効果

本研究では、触診を対象として研究を進めていますが、触覚を伴う感覚の統合は、人が脳内に対象物のイメージを描きやすくなるという特徴があります。そこで効果的な遠隔触診システムに限らず、本研究の成果を利用することで、

- 買い物・接客・旅行等のテレプレゼンス産業
- ゲームや教育
- 技術伝承

といった応用を考えています。特に触覚を利用し、商品イメージを的確に再現するショッピング（2025年実用化）、オンラインコミュニケーション（2028年事業化）を目指しています。

テーマ名：Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

委託先：国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、豊田合成株式会社

再委託先：株式会社エムティーアイ、タッチエンス株式会社、株式会社資生堂、

国立研究開発法人産業技術総合研究所

研究開発責任者：下田 真吾（国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学）

委託期間：2021年7月～2025年3月

遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤構築と保健指導との互惠ケア連携

背景と狙い

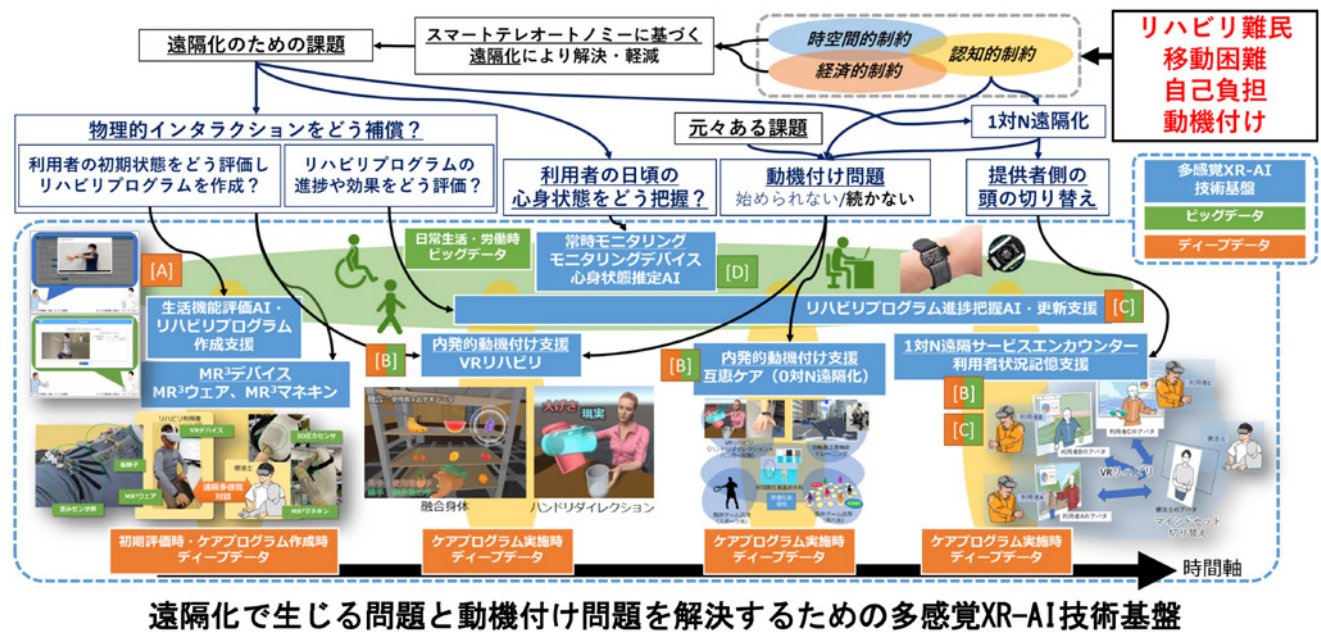
多くのヘルスケアサービスでは、時空間的、経済的、もしくは認知的制約に起因する諸問題が顕在化しています。主だったものだけでも、コロナ禍でのサービス受容の敬遠・遠慮を含む医療・介護・リハビリ難民、移動手手段の不足、保険制度の制限などに伴う自己負担、利用者と提供者の数の不整合、サービスの質の格差、動機付けの不足などがあげられます。

本テーマでは、これらの問題を個別に扱うのではなく、相互に関連した問題群としてサービス工学的に捉えます。リハビリテーションと特定保健指導を対象とした場合、それらのサービスプロセスは、[A]ケアプログラムの作成、[B]ケアプログラムの実施、[C]ケアプログラムの進捗把握・更新、[D]常時モニタリングの4つに整理されます。この各プロセスの遠隔化を実現するためのリモート技術基盤（多感覚XR-AI技術基盤モジュール群）を構築・適用して時空間的、経済的、並びに認知的制約を緩和することで、問題群を効果的に解決・軽減することを、本テーマの主要な目的とします。

また、「1対N遠隔化」（少数の提供者と多数の利用者からなるサービスエンカウンター）で提供者が各利用者に迅速かつ適切に接するために要求される認知的負荷軽減支援や、「0対N遠隔化」（提供者不在）での互惠ケア（利用者同士での動機付け支援）についての実現可能性を探ることも目的としています。

取組み内容

ヘルスケアサービス（特にリハビリ）の各プロセスの遠隔化を実現するための多感覚XR-AI技術基盤モジュール群の構成要素として、①利用者の生活機能評価のためのMR³デバイス（ウェア、マネキン）、②心身状態推定のための常時モニタリングデバイス、③利用者の内発的動機付け支援や利用者状況記憶支援のための多感覚XRシステム、④VRに適したリハビリ・運動訓練プログラム、及び⑤それらを支えるAIシステムの開発を推進します。



XR-AI: XR powered by AI、エクススレイ
MR³: MultiModal Mixed Reality for Remote Rehab、エムアールキューブ

AI・XR活用による空のアバターを実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発

背景と狙い

本研究開発プロジェクトでは、社会的受容性の得られやすい有人地帯での防災、警備等においてAI及びXR技術を活用することにより、複数台ドローンを活用した「空のアバター」を実現し、ドローンの社会実装加速を目指しています。

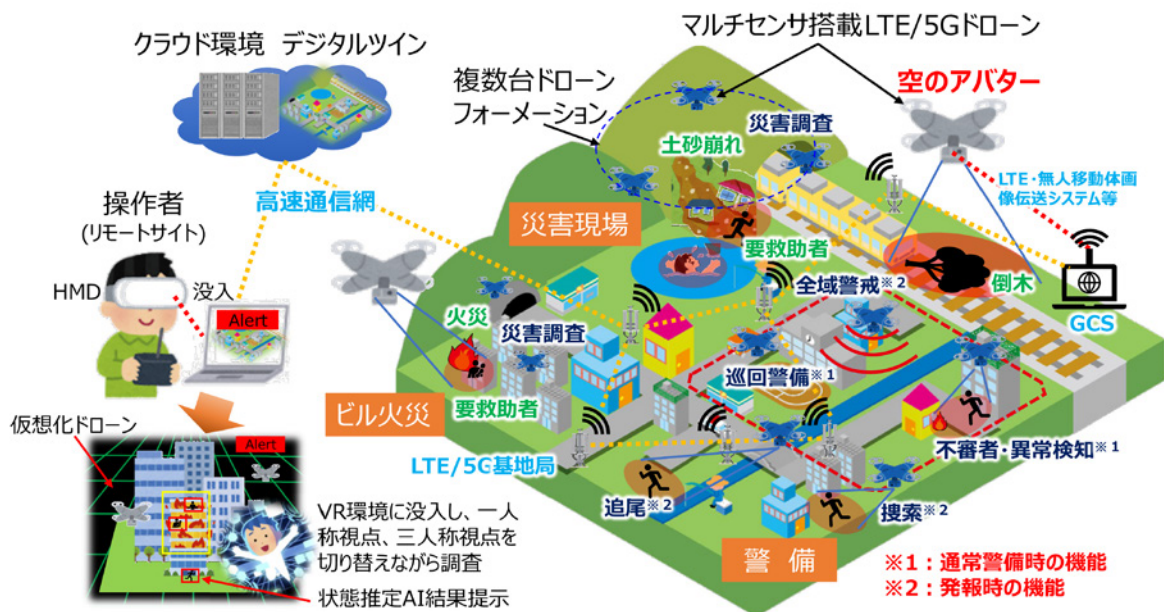
複数のドローンに分散して搭載するマルチセンサから得られるカメラ画像（可視、赤外、全方位）、LiDAR点群、音、ガス、GPS位置、姿勢、速度、方位などの外界・内界センサ情報を遅延なく高速に操作者に伝送・提示します。

デジタルツイン（シミュレーション環境）上のAIが人の状態を推定するとともに、予測検知した異常等の情報を高度な没入型XR技術で操作者に伝える技術を開発しています。

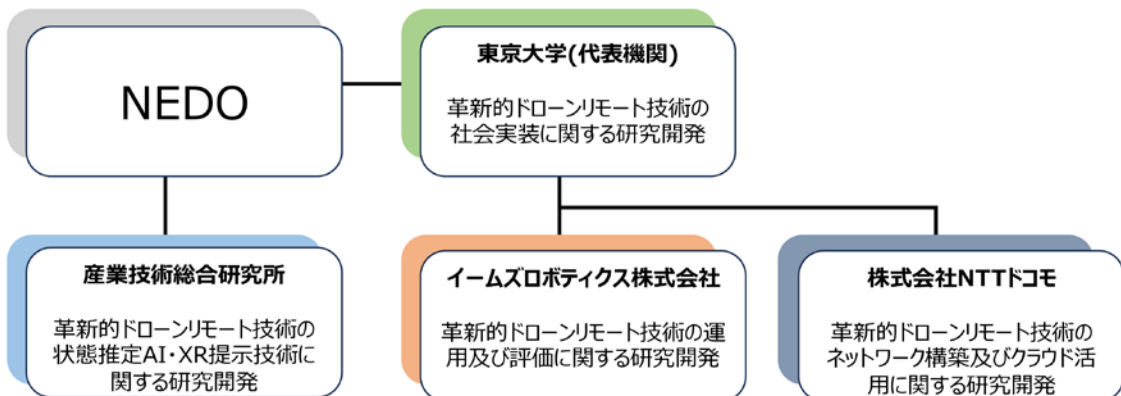
取組み内容

プロジェクトの概要

防災、警備といった危険性・緊急性を有する現場状況を遠隔から把握するドローンリモート基盤技術の開発

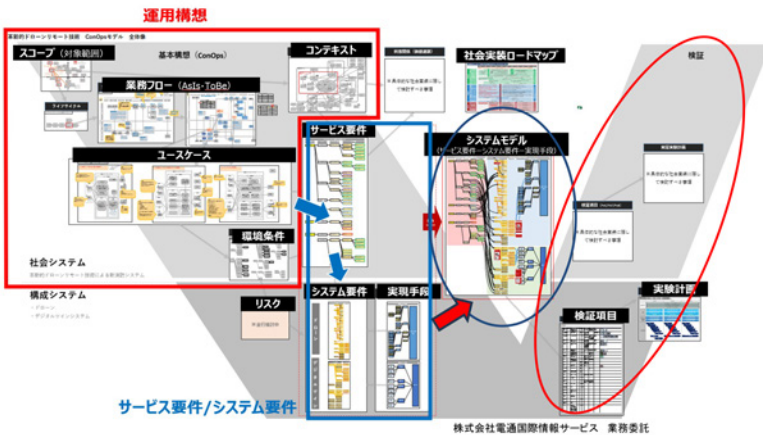


実施体制



取組み内容

ビル火災・警備分野をユースケースとしたConOps策定、システム要件の検討実施

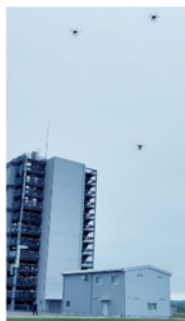


- 革新的ドローンリモート技術に関して、消防分野、警備分野におけるユースケースから運用構想をまとめ、サービス要件及びそれを実現するシステム要件を抽出
- 今後要素開発>システム組み上げ>総合実証試験と検証を実施

革新的ドローンリモート技術の研究開発

複数台自律分散フォーメーション飛行

- 機体間通信による相互位置情報の共有
- 一定の距離を保ち衝突しない飛行
- 事前のルート設定なしに目標地点まで飛行
- 任意の一台を遠隔操縦し複数台が追従



センサ取得情報によるデジタルツイン環境構築

- LiDAR点群情報、全方位カメラ映像を5G通信によってクラウドに伝送
- 高速で現場の3次元環境「デジタルツイン」を構築
- 一人称視点、三人称視点を切り替えながらの遠隔現場調査を実現
- 一人称視野拡張によるドローンからの360度視野による調査
- 状態推定AIによる要救助者(SOS)、煙(Smoke)などの状態提示



AIによる要救助者等の高精度状態推定



- 人物職業(警察官、消防士など)推定AI、人物行動(安全、避難、要救助など)推定AIを構成
- 安全、避難中、助けを求めている、緊急などの被災者状況推定

災害対応への将来性

- ✓ 火災進行予測
- ✓ 防災研究
- ✓ 隊員の訓練・教育など

広範な適用可能性

- ✓ 重要施設の警備・巡視
- ✓ 施設の点検
- ✓ 判断の自動化など



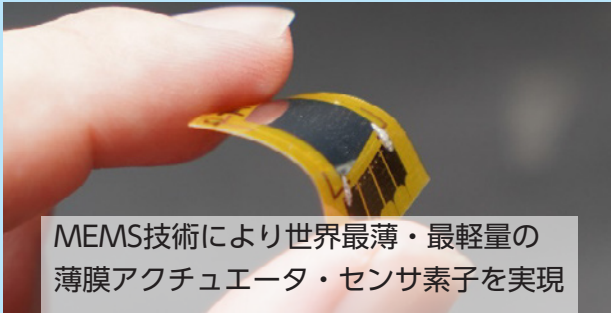
紹介ビデオ
(5:33)
YouTubeに
接続されます。

テーマ名：AI・XR活用による空のアバターを実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発
委託先：国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所
再委託先：イームズロボティクス株式会社、株式会社NTTドコモ
研究開発責任者：土屋 武司(国立大学法人東京大学)
委託期間：2021年7月～2025年3月

2022年度成果

極薄ハプティックMEMSによる双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発

“世界最薄”ハプティック素子



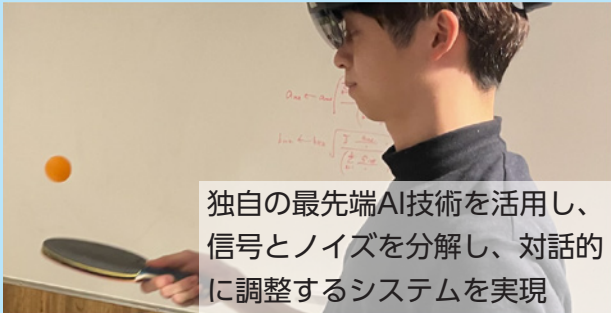
MEMS技術により世界最薄・最軽量の
薄膜アクチュエータ・センサ素子を実現

振動伝播の空間再現



腕輪型デバイスで計測された振動分布を感覚等価変換技術により小型振動子でリアルに再現

体感ネゴシエーションシステム



独自の最先端AI技術を活用し、
信号とノイズを分解し、対話的に調整するシステムを実現

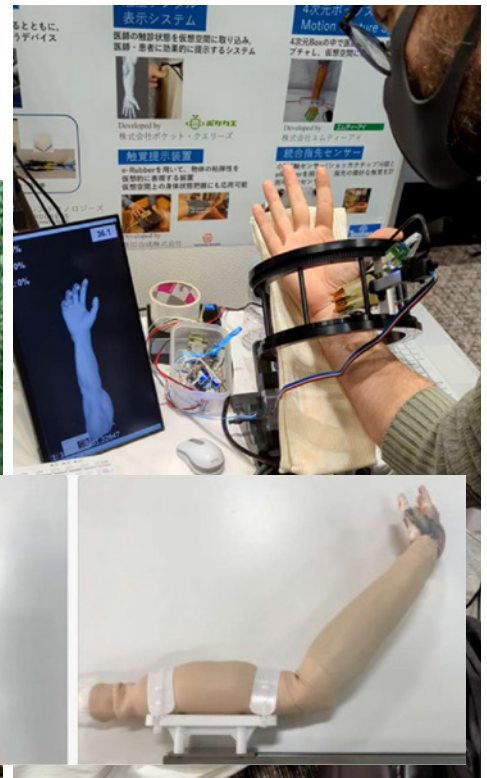
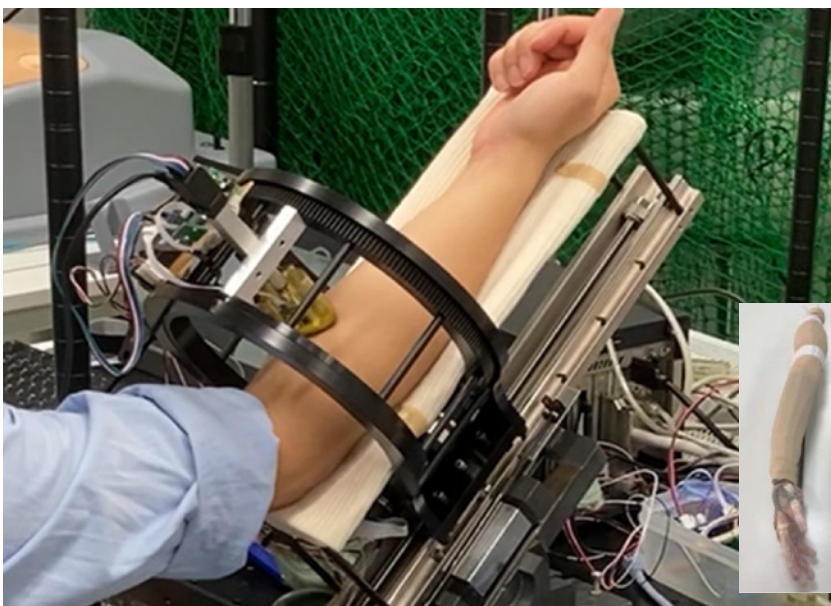
振動による情動の伝達



誇張した心拍振動により表現した情動の伝達

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

マニピュレーティングシステム (左下)
3Dディスプレイ (右上)
Haptic I/O Doll (右下)



遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤構築と保健指導との互恵ケア連携



AI・XR活用による空のアバターを実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発





国内拠点

●本部

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミューザ川崎セントラルタワー（総合案内16F）
TEL：044-520-5100（代表） FAX：044-520-5103

●関西支部

〒530-0011
大阪府大阪市北区大深町3-1
グランフロント大阪 ナレッジキャピタル タワーC 9F
TEL：06-4965-2130 FAX：06-4965-2131

海外事務所

●ワシントン

1717 H Street, NW, Suite 815
Washington, D.C. 20006, U.S.A.
TEL：+1-202-822-9298
FAX：+1-202-733-3533

●欧州

10, rue de la Paix
75002 Paris, France
TEL：+33-1-4450-1828
FAX：+33-1-4450-1829

●北京

2001 Chang Fu Gong Office Building
Jia-26, Jian Guo Men Wai Street
Beijing 100022, P.R.China
TEL：+86-10-6526-3510
FAX：+86-10-6526-3513

●シリコンバレー

3945 Freedom Circle, Suite 790,
Santa Clara, CA 95054 U.S.A.
TEL：+1-408-567-8033
FAX：+1-408-567-9831

●ニューデリー

15th Floor, Hindustan Times House,
18-20 Kasturba Gandhi Marg,
Connaught Place,
New Delhi 110 001, India
TEL：+91-11-4351-0101
FAX：+91-11-4351-0102

●バンコク

8th Floor, Sindhorn Building Tower 2
130-132 Wittayu Road, Lumpini
Pathumwan
Bangkok 10330, Thailand
TEL：+66-2-256-6725
FAX：+66-2-256-6727