

「人工知能活用による革新的リモート技術開発」  
終了時評価報告書

2026年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

2026年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 斎藤 保 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「人工知能活用による革新的リモート技術開発」  
終了時評価報告書

2026年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 目次

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| はじめに                       | 1        |
| 審議経過                       | 2        |
| 分科会委員名簿                    | 3        |
| 研究評価委員会委員名簿                | 4        |
| <br>                       |          |
| 第1章 評価                     |          |
| 1. 評価コメント                  | 1-1      |
| 1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 |          |
| 1. 2 目標及び達成状況              |          |
| 1. 3 マネジメント                |          |
| （参考）分科会委員の評価コメント           | 1-3      |
| 2. 評点結果                    | 1-11     |
| <br>                       |          |
| 第2章 評価対象事業に係る資料            |          |
| 1. 事業原簿                    | 2-1      |
| 2. 分科会公開資料                 | 2-2      |
| <br>                       |          |
| 参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答    | 参考資料 1-1 |
| 参考資料2 評価の実施方法              | 参考資料 2-1 |

## はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「人工知能活用による革新的リモート技術開発」の終了時評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「人工知能活用による革新的リモート技術開発」（終了時評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 82 回研究評価委員会（2026 年 3 月 17 日）に諮り、確定されたものである。

2026 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 審議経過

- 分科会（2025年11月27日）

  - 公開セッション

    - 1. 開会
    - 2. プロジェクトの説明

  - 非公開セッション

    - 3. プロジェクトの補足説明
    - 4. 全体を通しての質疑

  - 公開セッション

    - 5. まとめ・講評
    - 6. 閉会

- 現地調査会（2025年11月5日）

  - 国立大学法人東北大学 青葉山東キャンパス（宮城県仙台市）

- 第82回研究評価委員会（2026年3月17日）

「人工知能活用による革新的リモート技術開発」(終了時評価)

分科会委員名簿

(2025年11月現在)

|            | 氏名                   | 所属、役職  |
|------------|----------------------|--|
| 分科会長       | しのだ<br>篠田 こういち<br>浩一 | 東京科学大学 情報理工学院 副学院長 教授                                |
| 分科会長<br>代理 | あいざわ<br>相澤 あきこ<br>彰子 | 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構<br>国立情報学研究所 教授                |
| 委員         | いざき<br>井崎 たけし<br>武士  | エヌビディア合同会社 エンタープライズ事業本部<br>事業本部長                     |
|            | うめき<br>梅木 ひでお<br>秀雄  | 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社<br>コンサルティング事業本部 ココロミルラボ ラボ長 |
|            | くりた<br>栗田 ゆういち<br>雄一 | 広島大学 大学院先進理工系科学研究科 教授                                |
|            | たかお<br>高尾 ひでくに<br>英邦 | 香川大学 創造工学部 教授<br>微細構造デバイス統合研究センター センター長              |
|            | みき<br>三木 のりひさ<br>則尚  | 慶應義塾大学 理工学部 教授                                       |

敬称略、五十音順

## 研究評価委員会委員名簿

(2026年3月現在)

|     | 氏 名                 | 所属、役職  |
|-----|---------------------|--|
| 委員長 | きの くにき<br>木野 邦器     | 早稲田大学 理工学術院 教授                                   |
| 委員  | あさの ひろし<br>浅野 浩志    | 東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授                               |
|     | いなば みのる<br>稲葉 稔     | 同志社大学 理工学部 教授                                    |
|     | ごないかわ ひろし<br>五内川 拡史 | 株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長                           |
|     | すずき じゅん<br>鈴木 潤     | 政策研究大学院大学 政策研究科 教授                               |
|     | はらだ ふみよ<br>原田 文代    | 株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員                              |
|     | まつい としひろ<br>松井 俊浩   | 東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 教授                        |
|     | まつもと まゆみ<br>松本 真由美  | 東京大学教養学部附属教養教育高度化機構<br>環境エネルギー科学特別部門 客員准教授       |
|     | よしもと ようこ<br>吉本 陽子   | 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社<br>政策研究事業本部 産業創発部 主席研究員 |

敬称略、五十音順

# 第 1 章 評価

## 1. 評価コメント

### 1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本プロジェクトは、距離的な制約を克服して産業競争力を維持向上するため、AI とリモート技術の進化がもたらす産業構造、社会基盤のリモート化やデジタル化の将来像を見据え、2035 年の労働力 8 万人分充当と国内市場規模 3200 億円というチャレンジングな目標を掲げている。

アウトカム達成までの道筋については、具体的な担い手と役割を定め、事業終了後の自立化を見据え、多様なステークホルダーを巻き込む体制を構築されている点は評価できる。

知的財産については、大学・研究機関・民間企業など多様な参加組織がある中で、知的財産・標準化やオープン・クローズ戦略についての考え方をまとめ、競争領域と協調領域を明確化し、参加者への啓蒙活動を行い、オープン戦略を取りがちな大学研究者に対し、クローズ領域の重要性を説明し同意をとりながら進めた点は高く評価できる。

一方で、アウトカム達成までの道筋には、技術シーズ開発と並行して、市場ニーズや課題を探るマーケティングも重要である。社会変化のスピードもより速くなっており、今後は NEDO も、そうした取組を支援することも考えていただきたい。また、本プロジェクトは、リモートや触覚など新しい技術による産業創出などをアウトカムに設定した方が正しい評価ができると考える。

国が行う事業であれば、標準化を目指す努力が必要と考えるが、国際標準化提案の実績が若干弱く、例えば本プロジェクトで作成したガイドラインを基に、デファクト標準からデジュール標準へ昇華するなどの取り組みも必要かと思われる。

事業終了後は、実証からビジネスモデルの確立、そして、スタートアップ等が自走できるエコシステムの形成と、社会受容性の向上に向けた継続的な取り組みを期待する。

### 1. 2 目標及び達成状況

アウトカム目標である生産性向上は、重要な課題であり、労働力充当の目標も客観的な労働市場予測に基づいて適切に設定されていた。コロナ禍で開始されたプロジェクトだが、コロナ終焉に伴う社会状況の変化やその後の生成 AI の進化など、外部環境に大きな変化が起きたが、触覚やリモートの価値が高い分野において着実な進捗があり、企業を含めた体制構築、ユースケースの形が見えるところまで進み、今後の展開が期待される。

プロジェクト当初に技術シーズを適切に評価し、アウトプット目標を設定した点は高く評価する。実用化研究への移行率が目標の 25% を大きく上回る 80% に達し、どのテーマも連携企業からのフィードバックを受け、事業化へのステップが見えてきている。開発したリモート技術により、様々な新たなサービス、もしくは既存サービスの高付加価値化が期待され、大きな波及効果があると考えられる。主要な国際展示会への積極的な出展や、開発パートナーを通じて成果の実用化への道筋を示したことは、高い評価に値する。

一方で、アウトカム目標では、国際競争力についての指標や目標に欠け、2035年に国内市場規模3200億円、労働力の8万人分充当などは、数値の根拠が明確ではなく、達成の判断が難しい。アウトカム目標達成のため今後は、よりブレークダウンした、アウトプット目標とのつながりを意識した設定が望ましく、必要なアウトプットを定めプロジェクトを募集するなど、バックキャスト的な取り組みも検討いただきたい。

近年は、技術の進歩が速く当初予想しない副次的効果(新たな価値の創造)が生まれる場合や、逆に当初の価値を失う場合がある。単に目標達成の可否ではなく、成果の副次的効果、波及効果も予め評価項目に加え、重要性の低くなった項目は削るなど、より柔軟な評価を行う仕組みを作る必要がある。

### 1. 3 マネジメント

本プロジェクトは、社会的要請からくる技術的にチャレンジングな課題を選び、適切なアカデミア及び企業、研究機関を採択し、学術的な見識が高く、技術の展開を見通せるPLとNEDOの組み合わせが、相補的に機能したと考える。ステージゲート、技術推進委員会などを戦略的に行い、テーマ間や実施者とユーザ候補企業の情報交流会を事業終了後も含め実施し、環境変化に対する柔軟な対応も適切だった。知的財産委員会によるオープン・クローズ戦略の徹底、シンポジウムやフォーラムなどイベントの開催や参加、パンフレットの作成やNEDOチャンネルでの動画公開など、成果普及への様々な取り組みが適切に行われていた。

一方で、今後のプロジェクト評価方法と体制の更なる進化が必要と考える。研究計画の継続・中止の要件を開始当初から明らかにしておくなど初期段階で事業性評価の判定基準をより具体化してもよかったと考える。進捗管理にWBSなどの進捗やリスクを定量的に把握できる管理手法が導入できれば、ステージゲートの判断基準を明確化でき、成果創出力の向上が期待できると思う。

また、今後の実用化に向けて、データベース管理、標準化などを考慮した体制作りのサポートも期待する。

優れた技術開発の成果であっても、世の中に普及させるには普及活動や開発した技術を活用する仲間づくりが重要で、NEDOの役割として普及を支援する活動を、より強化されることを期待する。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- ・ 新型コロナの終焉に伴い社会状況が変化する中で、現時点においてもその重要性が変わらない社会的に重要な課題とそのアウトカム目標を適切に設定している。
- ・ 展示会への出展など積極的に情報発信を行っている。
- ・ オープン領域とクローズ領域がよく整理されており、事業化への寄与が大いに期待できる。特に、オープン戦略を取りがちな大学研究者に対し、クローズ領域の重要性を説明し同意をとりながら進めた点は高く評価できる。
- ・ 空間的・時間的・距離的な制約を克服して産業競争力を維持向上するため、「革新的リモート技術」という技術的に高度なチャレンジング目標を掲げ、「状態推定 AI システム」および「高度な XR により状態を提示する AI システム」の 2 項目について具体的な研究テーマを選定している。アウトカム達成までの道筋について医療・介護等を含む主要分野における波及効果を分析し提示している点で、マネジメントは適切であったと考える。
- ・ 大学・研究機関・民間企業など多様な参加組織がある中で、知的財産・標準化やオープン・クローズ戦略についての考え方をまとめて、参加者に提示しつつ啓蒙活動を通してまとめており、コンソーシアム形式のデータ共有など工夫がみられる。適切なマネジメントがなされたと判断される。
- ・ 2035 年の将来像に向け、技術開発から社会実装に至る段階的な工程が明確。特に、スタートアップやメーカー等、具体的な担い手と役割を定めた上で、国際実証や標準化戦略等の必要な取組が網羅されている。事業終了後の自立化を見据え、多様なステークホルダーを巻き込む体制が構築されている点は良い。
- ・ 競争領域と協調領域を明確化されており、オープン領域とクローズ領域を適切に使い分けた構成となっている。特に、ハプティック MEMS での SDK 提供や遠隔リハビリでのデータセット公開など、普及と利益確保のバランスが適切。標準化についても、技術成熟度や外部環境を意識しつつ、現実的な対応が取られており、総じて妥当な戦略であったと評価できる。
- ・ 2035 年時点での AI とリモート技術の進化がもたらす産業構造・社会基盤のリモート化・デジタル化の将来像を見据えて、本プロジェクトの技術開発の出口としてのユースケースを明確に意識した取り組みが推進されている。アウトカム実現に向けて、将来の事業化の担い手となり得る複数の事業者と実用化に向けた検討を行っている。ハプティック MEMS では、メーカーだけでなく、エンタメ・サービスなど多様な領域での共同開発パートナーとの共同開発を進めている。遠隔触診システムでは大学病院での実際の患者による臨床試験が始まるなど、着実にステップを進めている。
- ・ 各テーマに対して、NEDO として必要な知財マインドの指導と醸成ができていた。遠隔リハビリのテーマでは、世界初の上肢・肩甲骨運動データセットのオープン化や、ドロ

ーンリモート技術ではシステム全体をオープンにしつつも、要素技術についてはクローズ戦略をとることで、競争力の確保と普及のバランスを取るなど、各テーマにおいて適切なオープン・クローズ戦略の策定が行われていることが確認できた。

- 将来像から事業イメージを策定、必要な技術と水準を定義し、技術開発を促進しており、明確なビジョンに基づいて実施されている。
- アカデミア所属の事業者が多い中で、知財戦略の共有と浸透を丁寧に行っている。
- 幅広いステークホルダーに情報発信するための活動（デモンストレーション等）が十分に行われており、すべての課題が実用化段階に進められるだけの完成度に到達している。
- いくつかのテーマにおいては、研究開発成果の事業化に資する重要な知的財産が戦略的に取得されている点を評価したい。知的財産の帰属についても明確な運用指針があり、プロジェクトとして適切なアウトプットが得られている。
- コロナ禍であったプロジェクト開始時の状況から、対面回帰や生成 AI の出現など大きな外部環境の変化が起きたが、リモートの価値が高く、損なわれない分野において着実な進捗があった。企業を含めた体制構築、ユースケースの形が見えるところまで進み、今後の展開が期待される。
- 基盤技術開発を行った研究グループに対して、知財に関する指導を行うなど、オープン・クローズ戦略を重視したプロジェクト運営であった。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- このプロジェクトは実用の可能性を検証することが目標であり、必ずしも安全性基準や規制緩和などの対応が必要な段階ではないが、今後、これらについて適切に実施していくことが必要である。
- 国が行う事業であるという性質上、実用に近い部分において標準化を目指す努力が必要と考える。大学の研究者に実用化のための工数を要求するのは難しい。事業化を目指す人材を開始当初から加えるなどの工夫が必要と考える。
- 本事業発足後に生成 AI が登場し、社会が急激に変化する中での位置づけを明確に強調できるとよい。多くの AI 技術が予想を超えて展開する中で、本プロジェクトの先進性は将来を見据えたものとして、アピール点になると考えられる。
- 特段気になる点はない。オープンの場合でも適切なライセンスの設定は重要である。
- 生成 AI など急速な技術進展に対して開発したシステムを柔軟に進化させ続けることは課題となります。特に医療やドローンなど規制を伴う分野では、技術確立だけでなく、制度設計や国際標準化、量産コスト低減などが社会実装の鍵となると思います。事業終了後は、実証からビジネスモデルの確立、そして、スタートアップ等が自走できるエコシステムの形成と、社会受容性の向上に向けた継続的な取り組みを期待しています。
- 国際標準化提案の実績が若干弱く、2035 年の世界市場獲得に向けた課題かと思われる。例えば作成したドローンやリハビリのガイドラインを基に、デファクト標準からデジュール標準へ昇華するなどが必要かと思われる。
- アウトカム達成までの道筋の見直しには、技術シーズ開発と並行して、市場のニーズ・

課題を巡るマーケティングやリサーチの取組が重要だが、現場の研究者にはなかなか難しい。社会の変化のスピードもより速くなっており、今後はそうした取組を NEDO としてもより支援していく必要があると考える。触覚技術の社会実装では、振動の価値認知度がまだ低いとの意見もあったが、技術と価値を伝え、体感してもらう具体的な取組みを今後充実していくことが望ましい。

- 各テーマで策定したオープン・クローズ戦略について、特許化を追求せず、データ公開や仲間づくりの施策を行ったなどの結果報告だけでなく、なぜそうした戦略をとったのかという意図・趣旨に関する情報が非公開資料でもよいので報告があれば、今後の NEDO のプロジェクト推進・支援にも活用ができると考える。
- 不足する労働力に対する 8 万人分の労働力充当がアウトカム目標であるが、それがどの分野の労働力であり、アウトカムが将来の労働力不足の解消にどの点で効果的であるかという視点が、もう少し深められていると良かった。
- 知的財産戦略は明確であったが、戦略的に出願を見送ったテーマ（知的財産を取得していないテーマ）が複数あり、出願しない場合の効果とリスクをもう少し明確に説明できると良い。
- アウトカムの設定が、不足する労働力の補完、と設定したのが、プロジェクトの価値を損ねた感がある。労働力はまさに生成 AI で補完できるなかで、本プロジェクトは、リモートや触覚など新しい技術によって、新しい産業を創出することができる。本産業の市場規模ならびに、新しい技術が生み出す社会の価値をアウトカムと設定することで、本プロジェクトの評価をより正当にできると考える。
- プロジェクト運営は、比較的クローズ寄りの戦略であったが、市場の創出を加速するためにあえてオープン戦略をとる、そのために基礎となる知財や標準化を押さえる、というような、積極的な知財戦略をとることができたのではないかとともに思える。ただこれは日本が苦手とする分野であり、プロジェクト運営において議論、学びあう機会があってもよかったと思う。また結果的に知財が 0 のプロジェクトも複数あった。

## 1. 2 目標及び達成状況

### <肯定的意見>

- アウトカム目標である生産性向上は、重要な課題であり、その目標値も適切に設定されていたと判断する。そして、アウトカム目標はおおむね達成できたと考えている。
- 開始当初における技術シーズを適切に評価し、それをもとに、終了時点におけるアウトプット目標を設定した点は高く評価する。アウトプット目標は十分に達成した上に、QoL の向上など、顕著な副次的効果があった。論文発表、特許出願についても目標を達成したと考える。
- リモート化・デジタル化による労働力不足への対応を目標に設定。金額は目安として、製造業、卸売・小売、医療・福祉、サービス業の 4 業種に焦点を絞って、実用化研究への移行を目指し、アウトカムの見込みを示している点で、当初の計画が達成されたといえるのではないかと考える。

- ・ 「状態推定 AI システム」および「高度な XR により状態を提示する AI システム」の 2 つの研究を設定して、プロジェクト類型を「基礎的・基盤的研究開発」とし、研究を重視しつつも将来的な実用化を目指したアウトプット目標を設定しており、全体の方針が明確に定義されている点は、事業運営の上で有用であると考えられる。採択テーマごとに特許出願数や論文などの数量面、実用化に向けた成果などの質的面について、テーマの特徴を踏まえたとりまとめがなされている。
- ・ 2035 年の労働力 8 万人分充当・市場規模 3200 億円という目標は、客観的な労働市場予測に基づいている。これに整合した目標値が設定されており妥当。
- ・ 生成 AI の台頭など環境変化に対し、技術を取り込みながら計画を維持した判断は適切。達成の見込みも現実的であると評価できる。
- ・ 継続した全 4 テーマが技術目標を達成し、実用化研究への移行率が目標の 25% を大きく上回る 80% (4/5 件) に達した点は評価できる。特に、ハプティック MEMS での特許化、遠隔リハビリでのデータ公開、ドローンでのノウハウなど、事業戦略と整合した知財活動が実行されたと思います。
- ・ アウトカム指標・目標値としては、プロジェクト期間中のコロナのパンデミック収束に伴うオフィス回帰などより戻しの動きはあったものの、その後の生成 AI の進化、労働力不足、人口減少、経済安全保障問題などの社会情勢を考慮した結果、大きな変更はないと適切に判断している。
- ・ まずプロジェクト全体に、社会的要請からくる技術的に非常にチャレンジングな課題に取り組んでいることは評価すべきである。どのテーマに関しても、連携企業からのフィードバックを受けながら、海外も含めた優位性を確認した技術成果と適切なユースケース設定に基づく事業化へのステップが見えてきている。ハプティック MEMS では、メーカーだけでなく、エンタメ・サービスなど多様な領域でのパートナーとの共同開発を着実に進めている。遠隔触診システムでは触診という難しい領域で完成度の高いシステムを用いて大学病院での実際の患者による臨床試験が始まるなど、着実にステップを進めている。革新的ドローン技術では、揺れや広域環境下でも高速に 3D 再構成できる技術が実現されており、警備、インフラ点検、災害対応など幅広い社会実装に向けた応用展開が見込まれる。
- ・ プロジェクト開始時のアウトカム目標の設定は適切であり、達成の見込みもあると評価できる。
- ・ 社会を取り巻く環境はコロナ禍前後で激変しており、プロジェクト開始当初の目標が現在の社会のニーズとは必ずしも一致していない中で、本プロジェクトにより達成された成果は、現在ならびに近未来の社会ニーズを先取りしたものになっており、社会への波及効果は大きいといえる。
- ・ コロナ禍が終焉を迎えた後も、社会に新しい価値を創出する視点からリモート技術の開発が継続されており、実用化に向けた期待はコロナ禍以後であっても十分大きく維持されている。
- ・ 各テーマに定めた目標に対し、適切な開発計画で推進された結果、すべてのテーマが連

続して実用化研究に移行できることは素晴らしい結果であるといえる。CEATEC, CESなどの主要な国際展示会での積極的デモンストレーションや、開発パートナーの獲得を通じて成果の実用化に対する道筋が示されたことは、客観的に見ても高い評価に値する。

- 研究を通じて新しいユースケースが見つかるなど、アウトカム指標・目標値も良い方向に変わっている。開発したリモート技術が、人員不足となる業種での貢献が期待される。
- 開発したリモート技術により、様々な新たなサービス、もしくは既存サービスの高付加価値化が期待され、大きな波及効果があると考えられる。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- 国際競争力についての指標とそれに基づく目標が欠けていた。アウトカム目標の規模感がやや大きすぎ、また、数値目標もその根拠が今一つ明確ではない。そのため、達成の判断が難しい。今後はよりブレークダウンした、アウトプット目標とのつながりを意識した設定が望ましいと考える。また、Research Mapなどを活用してアウトカム目標の達成のために必要なアウトプットを定め、それに基づいてプロジェクトを募集・選定する、バックキャスト的な取り組みも必要であると考えられる。
- 近年は技術の進歩が速く、研究開発が進むと当初は予想しない副次的効果(新たな価値の創造)がしばしば生まれる。また、逆に当初の目標が4年後には今日的な価値を失うこともよくある。単に目標を達成したかどうか、ではなく、どのような副次的効果、波及効果があったかも予め評価項目に加える、重要性の低くなった評価項目は削るなど、より柔軟な評価を行う仕組みを作る必要がある。
- 人件費も変化し、AIによる業務改革も予想される中で、2035年時点での労働力充当の人数や市場規模予測の金額提示についてはあくまで、その時点での概算と判断。この数字の妥当性をあとから議論することは困難であり、算定した際の基準に基づくことを明記するなど工夫があるとよいかもしれない。
- 評価手法の妥当性の評価そのものが難しいという課題はある。社会実装という意味では、国際的優位性やELSI問題への取り組みも考慮する可能性もある。
- 2035年の市場目標に対し、事業終了直後の成果との間には時間的・規模的乖離があるので、進捗を測る中間指標の設定があるといいかと思えます。特にAI・XR分野で競争力を維持しシェアを獲得するには、技術だけでなく、国際標準化や規制緩和との連動が必要です。
- ドローン、リハビリについては、選択した秘匿化・オープン化戦略が、競合に対する参入障壁として長期的に機能するか、継続検証が必要かと思えます。
- 将来のアウトカム目標の達成の見込みを判断すること自体難しいことであり、どうしても定性的な説明に留まる。今後への提言として、アウトカム目標の実現性を見込みを直接問うのではなく、各テーマで設定したアウトプット目標からアウトカムまでの道筋をロジックモデルとして、マーケットや従事者などの情報を用いて作成し、それを適宜見直ししながら、アウトプット達成度からロジックモデルを通じたアウトカムの実現性を評価する方法をお勧めする。

- ・ 不確定要素の多い要素技術開発への投資効果を最大化するためにも、知財化、オープンデータ、仲間づくり、広報戦術など取りうる手段とその効果についての類型化とプロジェクトに対する支援体制は今後さらに強化することが望ましい。
- ・ 各プロジェクトの成果が、全体で8万人、3200億円とするアウトカム目標にどう貢献しているのかが見えづらい。社会情勢の変化に対応する、アウトカム目標のアップデート、とくに対象とする市場や目標値の明示的な修正があれば、より広範囲への社会的インパクト生み出すプロジェクトとして評価が高まる。
- ・ 社会を取り巻く環境はコロナ禍前後で激変しており、プロジェクト開始当初の目標が現在の社会のニーズとは必ずしも一致していない中で、本取り組みが生み出した新たな価値は何だったのかについて、丁寧な説明が必要である。
- ・ アウトカム目標と達成されたアウトプットの関連性が明確でないため、2035年におけるアウトカム目標達成の可能性を予測することは困難であった。プロジェクトのアウトプットがどのような意味で労働力に代わるものとなるか、より具体的に説明する必要がある。
- ・ 実用化を目指す上で、論文、特許、発表、プレスリリースなどの数値に直接表れない重要な成果（デモンストレーションや技術に対する引き合いなど）が見える形で評価されたほうが成果の全体像が明確化すると考えられる。
- ・ 開発されたリモート技術が、新しいサービス、新しい価値を生み出してはいるが、アウトカムに設定された人員不足に貢献するかは不明。
- ・ アウトカムの最終目標に向かって最短距離を行けたか、は検討の余地あり。また、論文発表、特許出願の数が思ったほど伸びていないのと、オープン・クローズ戦略が、戦略的とは言えなかった。

### 1. 3 マネジメント

#### <肯定的意見>

- ・ NEDO および PL からなる体制はよく機能していたと考える。適切なタイミングでサポートの増強や方針の変更が行われていた。
- ・ 学術的な見識が高く技術の展開をよく見通せる PL と、ニーズに基づく事業化を進めたい NEDO との組み合わせが、相補的によく機能していたと考える。
- ・ 公募やステージゲート、技術推進委員会などを戦略的に行い、マネジメントが適切に行われたと判断できる。
- ・ シンポジウムやフォーラムなどのイベントの開催・参加、起業準備支援など、成果普及への様々な取り組みが適切に行われ、実施者のアンケートでもポジティブな反応が読み取れる。
- ・ 採択プロセスや、ステージゲート審査によりテーマの早期終了判断など、適切な運用をされていると思います。PM・PLの下、産学官連携による月次進捗管理も機能しており、実用化を意識した体制が構築されていました。また、データ管理計画の策定や知財委員会によるオープン・クローズ戦略の徹底は、適切な取組だったと思います。
- ・ 2つの研究開発項目により必要な技術を網羅し、ステージゲート審査で1テーマを中止

し資源を集中させた運用（5件中4件継続）は妥当だったと思います。月次の進捗会議を通じたPLの技術指導が機能しており、5G普及遅延に対しLTE導入へ計画変更するなど、環境変化や遅れに対する柔軟な対応も適切でした。実用化を見据えた厳格な工程管理も評価できます。

- 社会的要請からくる技術的に非常にチャレンジングな課題を選び、適切なアカデミア及び企業連携での実施・責任体制で推進している。各テーマの知財委員会の整備やデータマネジメントプランの策定と確認を行うなど適切な体制で進められていた。ハプティックMEMS技術と遠隔触診システムなどテーマ間でも要素技術成果の共有など社会実装に向けた連携の動きは評価できる。
- 各テーマにおいて、スケジュールの計画と進捗管理、定期的なテーマ審査会に基づいた適切な開発マネジメントが行われていた。2022年12月実施のステージゲート審査においても、適切な判断基準に基づいて、5テーマから4テーマに集中と選択を行っている。
- テーマ間ならびに実施者と企業の情報交流会を事業終了後も含めて複数回実施している他、起業準備支援、パンフレットやNEDOチャンネルでの動画公開などがされており、成果普及に熱心に取り組んでいる。
- 必要な要素技術について適切な調査と計画がされており、NEDO・PL・実施者間の報告・コメントスキームを通じた有効なマネジメントがされている。
- 研究開発責任者、各実施機関のリーダーシップにより、テーマごとに特徴のある高い研究開発成果が得られたことを評価する。適切な実施体制の管理により、知的財産の帰属・優先権のマネジメントとプロジェクト全体のシナジー創出が、バランス良く実現されている。
- プロジェクトリーダーの主導により、アウトプット目標達成に向けて適切な軌道修正・進捗管理が行われている。その結果、すべてのテーマが実用化研究に移行できる段階にまで完成度を高めており、プロジェクト全体から高い水準の成果が十分に得られている。
- 比較的独立色の強い4テーマ（ステージゲート前は5テーマ）を、プロジェクトマネージャーとプロジェクトリーダーのリーダーシップで、うまく発展的に発散させながら多くの新技術の開発につなげた。実施者も、企業との連携を進め、また実用化を見据えた研究開発を開始するなど、良い実施体制だと考える。
- 要素技術開発が適切に開発テーマとして設定され、研究実施が行われたと考える。

#### <問題点・改善点・今後への提言>

- 技術推進委員会の委員には、対象とするフィールド（例えば医学）の専門家を含むことが望ましい。
- 本プロジェクト事業の今後の実用化に向けて、データベース管理、標準化など、持続可能性を考慮した体制を作るためのサポートに期待する。
- 今後の人工知能関連プロジェクトの運営に向けて、評価方法・体制の更なる進化が必要と考える。難しい課題ではあるが、評価方法を開発するのは国の機関の重要な役目の一つであると考えている。

- 研究計画の継続・中止の要件を開始当初から明らかにしておく必要があると考える。
- 研究全体の構成はわかりやすく提示されている、当日の質問で回答いただいたが、連携についてもマネジメント上の工夫が明記されているとよいのではないかと。
- 成果共有や横断的な知見の統合はさらに踏み込んだ取り組みもあっていいと思います。またコンソーシアム内で生じた知財やデータの権利関係について、スタートアップ等が迅速に事業活用できるような仕組みの継続も必要かと思えます。
- 非継続テーマも技術目標自体は達成していたことから、初期段階での事業性評価の判定基準をより具体化しておいてもよかったですかもしれません。進捗管理手法について、WBSや指標の共有が実施者間で十分に共有する必要性も感じますし、進捗やリスクを定量的に把握できる管理手法が導入できれば、ステージゲートの判断基準をさらに明確化でき、競争性と成果創出力の一層の向上が期待できると思います。
- 市場原理からのインセンティブのない技術開発としても、アウトカム目標に対する、技術開発成果がもたらす市場や社会構造におけるインパクトは、いろいろな角度から推定・評価して、技術開発の実施者に情報提供していくことが、社会実装を目指す上でも、説明責任上も今後重要になると考える。
- 優れた技術成果であっても、普及活動、仲間づくりの支援は重要であり、そのためのNEDOの役割も今後より強化されることを期待する。
- 知財取得を重視するのであれば、知財取得費や弁理士の紹介等、実務面の支援を充実することもまた重要であろうと考える。
- 本プロジェクトでは、全5件の採択テーマのうち1件がステージゲートを通過できなかった。採択審査時には予見し得なかった要因によるものであるならば、その分析は今後の別プロジェクトにおける採択プロセス改善に資すると考えられる。
- ステージゲートにおける継続可否の判定基準がどの時点で、どの程度まで明確に定められていたかという点については、客観的に見た場合に少々分かりにくい様を感じる。
- 私は本事業のアウトカムは創出される新産業、その市場だと考える。このアウトカムを設定に貢献できる専門家をマネジメント側に入れるとよかったですのではないだろうか。
- 要素技術が基礎的なものも多かったため、連携はこれから期待したい。研究開発の進捗管理について、定量的手法を用いた厳密な管理が行われたわけではない。が、基礎的な研究開発が多い本事業では、そのような管理は適さないと考える。

## 2. 評点結果

| 評価項目・評価基準                | 各委員の評価 |   |   |   |   |   |   | 評点  |
|--------------------------|--------|---|---|---|---|---|---|-----|
| 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 |        |   |   |   |   |   |   |     |
| (1) アウトカム達成までの道筋         | A      | B | A | B | A | B | A | 2.6 |
| (2) 知的財産・標準化戦略           | B      | A | B | A | A | A | B | 2.6 |
| 2. 目標及び達成状況              |        |   |   |   |   |   |   |     |
| (1) アウトカム目標及び達成見込み       | B      | A | A | B | B | B | B | 2.3 |
| (2) アウトプット目標及び達成状況       | A      | B | A | A | B | A | B | 2.6 |
| 3. マネジメント                |        |   |   |   |   |   |   |     |
| (1) 実施体制                 | A      | A | A | A | A | A | A | 3.0 |
| (2) 研究開発計画               | A      | B | B | A | A | A | A | 2.7 |

### 《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。  
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。  
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。  
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

## 第2章 評価対象事業に係る資料

## 1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

# 「人工知能活用による革新的リモート技術開発」

## 事業原簿

|     |   |
|-----|---|
| 担当部 | 国立研究開発法人<br>新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>AI・ロボット部 |
|-----|---|

## 更新履歴

| 更新日              | 更新内容 |
|------------------|------|
| 2025 年 10 月 31 日 | 初版発行 |
|                  |      |
|                  |      |
|                  |      |
|                  |      |
|                  |      |

# 目次

|   |     |
|---|-----|
| 1. 事業全体概要.....  | 1   |
| 1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋.....                                     | 1   |
| 1.2. 目標及び達成状況.....  | 2   |
| 1.3. マネジメント.....  | 2   |
| 1.3.1. 実施体制.....  | 2   |
| 1.3.2. 受益者負担の考え方.....   | 3   |
| 1.3.3. 研究開発計画.....  | 3   |
| 1.4. その他.....   | 4   |
| 2. 事業全体説明資料.....  | 5   |
| 3. 目標及び達成状況の詳細.....   | 59  |
| 3.1. 【A】研究開発項目：状態推定 AI システムの基盤技術開発.....                             | 59  |
| 3.1.1. 動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築..... | 59  |
| 3.2. 【B】研究開発項目：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.....                | 61  |
| 3.2.1. 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.....                 | 61  |
| 3.2.2. Contact Reality の実現による遠隔触診システム開発.....                        | 63  |
| 3.3. 【C】研究開発項目：状態推定 AI システム及び高度な XR により状態を提示する AI システムの基盤技術開発.....  | 65  |
| 3.3.1. 遠隔リハビリのための多感覚 XR 保健指導との互惠ケア連携.....                           | 65  |
| 3.3.2. 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.....              | 68  |
| 添付資料.....   | 70  |
| ●基本計画.....  | 70  |
| ●各種委員会開催リスト.....  | 78  |
| ●特許論文等リスト.....  | 79  |
| 動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築.....        | 79  |
| 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.....                        | 82  |
| Contact Reality の実現による遠隔触診システム開発.....                               | 88  |
| 遠隔リハビリのための多感覚 XR 保健指導との互惠ケア連携.....                                  | 90  |
| 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.....                     | 97  |
| ●プロジェクト用語集.....   | 101 |
| ●ニュースリリース.....  | 103 |

# 1. 事業全体概要

|  |   |          |             |
|--|---|----------|-------------|
| プロジェクト名  | NEDO プロジェクト名：人工知能活用による革新的リモート技術開発<br>METI 予算要求名称：IoT 社会実現に向けた次世代人工知能・センシング等中核技術開発   | プロジェクト番号 | P 2 1 0 0 4 |
| 担当推進部/<br>プロジェクトマネージャー (PMgr) または担当者<br>及び経済産業省担当課 | AI・ロボット部 PMgr 外村 雅治 (2023年7月～現在)<br>ロボット・AI部 PMgr 外村 雅治 (2022年1月～2023年6月)<br>ロボット・AI部 PMgr 鈴木 智康 (2021年2月～2021年12月)<br>経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 (2024年7月～現在)<br>経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 (2021年2月～2024年6月)  |          |             |
| 0. 事業の概要   | 空間・時間の制約から解放された社会・経済活動を実現するリモート技術は労働集約的・対面主体の労働現場を含むあらゆる分野の産業構造を一変し生産性を飛躍的に高める。生産年齢人口の減少下での産業競争力の維持向上、感染症の流行等による行動制限下での社会活動の継続、及び多様な立場の人々の社会参加が実現されるものとする。そこで本プロジェクトでは、社会のあらゆる場面で活用されるリモート技術の基盤形成として、遠隔における人や環境の状態を先進的なデバイスによって取得された情報を基に AI を用いて推定する「状態推定 AI システムの基盤技術開発」、遠隔環境の状態を高い臨場感を伴って提示することや AI を用いて必要な情報をデフォルトで提示する「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」に取り組む。 |          |             |

## 1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

|                    |  |
|--------------------|--|
| 1.1.1 本事業の位置付け・意義  | 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、働き方改革の促進と労働集約的・対面主体である製造業やサービス業の労働生産性の向上が喫緊の課題である。<br>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おり、人工知能 (AI) 技術やリモート技術は新たな社会・産業インフラとしての役割を期待されている。<br>政府戦略においてもリモート化の推進は重要な政策の一つとして位置づけられている。例えば、「 <a href="#">経済財政運営と改革の基本方針 2020</a> (骨太方針 2020)」で、「新たな日常」構築の原動力となるデジタル化への集中投資・実装とその環境整備として、AI、ロボットの導入推進、テレワーク定着、対面主義脱却などが標榜されている。また、「 <a href="#">統合イノベーション戦略 2020</a> 」においても、産業構造や働き方などのライフスタイルも含めた社会基盤・ルールをデジタル化に対応させ、経済社会活動のサイバー空間への移動を最大限実現させる必要性などが言及されている。 |
| 1.1.2 アウトカム達成までの道筋 | 将来像から事業イメージを策定、必要な技術と水準を定義し、技術開発を促進することにより、基盤技術開発段階からユースケースの形が見えるところまでに至った。事業の担い手となる企業を含めた体制構築を実現し、実用化研究がはじまったので、このまま順調に進めば5年後には実用化は可能な見通しで、実用化により、様々な業種でリモート技術が浸透しにより生産性の向上が期待できる。  |
| 1.1.3 知的財産・標準化戦略   | NEDO のアクションとしてアカデミアに対しての知財マインドの醸成を進め、テーマごとに策定いただいたオープン・クローズ戦略に基づき、事業化に近いテーマでは特許出願、普及促進を優先するテーマでは論文文化など、効果的な成果の活用を進めた。  |

## 1.2. 目標及び達成状況

|                      |   |  |  |
|----------------------|---|--|--|
| 1.2.1 アウトカム目標及び達成見込み | 本プロジェクトによって革新的リモート技術の基盤が形成されることにより、リモート化できていない労働集約的・対面主体の労働現場を含むあらゆる分野へのリモート化が進捗する。また、本プロジェクト外の企業のリモート市場への参入が促進され、様々な産業のリモート化が誘発されることが期待できる。  |  |  |
|                      | アウトカム目標   | 達成見込み  | 課題   |
|                      | 産業構造・社会基盤のリモート化・デジタル化が進展し、2035年時点において8万人分の労働力に充当され、リモート技術の国内市場の規模が3200億円に達することに寄与する。  | 各テーマ、実用化研究に移行。多くの人員が不足する業種にリモート技術が進展、達成が見込まれる。 | AI技術の進展は目覚ましく、状況及び今後の展開に応じたシステムへの柔軟な活用により、変化しながら進化する開発を進めることが課題。   |
| 1.2.2 アウトプット目標及び達成状況 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本プロジェクトが対象とする基盤技術が実用化研究（実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究）を開始できる水準に達すること。</li> <li>2. 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、連続して実用化研究に移行すること。</li> <li>3. 基盤技術の内容及び得られる効果を、デモンストレーション等を通じて公開すること。</li> </ol>   |  |  |
|                      | 成果(実績)(2024年3月)   | 達成度(見込み)                                       | 達成の根拠/解決方針   |
|                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 継続したテーマすべてで目標を達成</li> <li>2. 採択された5テーマのうち継続した4テーマにて連続して実用化研究に移行する具体的案件がある</li> <li>3. 以下の実績 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンリモート技術の公開実証実験</li> <li>・遠隔触診のシンガポール⇄名古屋間公開実証試験、国際シンポジウム</li> <li>・CES、CEATEC、AWE-EU、SXSW等国際的な展示会に出展、有用なリードを多数獲得</li> <li>・遠隔リハビリに向けたオープンデータセット公開</li> </ul> </li> </ol> | 総合判定<br>○                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 各テーマ、テーマ審査委員会にて認められる技術水準を達成</li> <li>2. コンサルタント契約締結、スタートアップ創業、SBIR事業採択、など</li> <li>3. 各テーマ、それぞれ成果のアウトリーチ活動を展開</li> </ol> |

## 1.3. マネジメント

### 1.3.1. 実施体制

研究開発項目①「状態推定 AI システムの基盤技術開発」

研究開発項目②「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」

幅広くユースケースを採択するために、2つの研究開発項目を設定しつつ、両項目に跨がるテーマも受付、

【A】 研究開発項目①「状態推定 AI システムの基盤技術開発」

【B】 研究開発項目②「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」

【C】 研究開発項目① および ②

に分類

プロジェクトマネージャー、プロジェクトリーダーの下に5テーマを設定、外部有識者によるテーマ審査委員会を組織し、技術指導。2022年12月にステージゲート審査による選択と集中を実施、4テーマを継続。

|      |  |                                |   |   |  |
|------|--|--------------------------------|---|---|--|
| 実施体制 | プロジェクトマネージャー                               | AI・ロボット部 外村雅治                  |   |   |  |
|      | プロジェクトリーダー                                 | 国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 原田達也教授 |   |   |  |
|      | 委託先  | 【A】                            | 動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築 |   |  |
|      |  |                                | 委託先   | (大)東北大学   |  |
|      |  |                                | 再委託先  | (株)SRA 東北、(株)冬寂                                   |  |
|      |  | 【B】                            | 極薄ハブティック 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   | (国研)産業技術総合研究所、オムロン(株)、(大)東北大学、(株)Adansons、(大)筑波大学 |  |
|      |  |                                | Contact Reality の実現による遠隔触診システム開発                        |   |  |
|      |  |                                | 委託先   | (大)東海国立大学機構、豊田合成(株)                               |  |
|      |  | 【C】                            | 再委託先  | タッチエンス(株)、(株)エムティーアイ、(株)資生堂、(国研)産業技術総合研究所         |  |
|      |  |                                | 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                 |   |  |
|      |  |                                | 委託先   | (国研)産業技術総合研究所、(大)東京大学、(大)京都大学、セイコーエプソン(株)、(株)エブリハ |  |
| 【C】  | 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  | (大)東京大学、(国研)産業技術総合研究所          |   |   |  |
|      | 再委託先                                       | (株)NTT ドコモ、イームズロボティクス(株)       |   |   |  |

### 1.3.2. 受益者負担の考え方

|           |  |         |         |         |         |
|-----------|--|---------|---------|---------|---------|
| 受益者負担の考え方 | 受益者負担の考え方<br>実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り協調して実施する事業であり、委託事業として実施。 |         |         |         |         |
|           | 主な実施事項   | 2021fy  | 2022fy  | 2023fy  | 2024fy  |
|           | 【A】研究開発項目①状態推定 AI システムの基盤技術開発  | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% |
|           | 【B】研究開発項目②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   | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% |
|           | 【C】研究開発項目①および②   | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% | 委託 100% |

### 1.3.3. 研究開発計画

|                   |                               |        |        |        |        |     |
|-------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 事業費推移<br>[単位:百万円] | 主な実施事項                        | 2021fy | 2022fy | 2023fy | 2024fy | 総額  |
|                   | 【A】研究開発項目①状態推定 AI システムの基盤技術開発 | 54     | 67     |        |        | 121 |

|            |  |                       |        |        |        |       |
|------------|--|-----------------------|--------|--------|--------|-------|
|            | 【B】研究開発項目②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   | 183                   | 237    | 204    | 215    | 839   |
|            | 【C】研究開発項目①および②   | 177                   | 214    | 161    | 157    | 708   |
|            | 事業費  | 2021fy                | 2022fy | 2023fy | 2024fy | 総額    |
|            | 会計（一般、特別）  | 414                   | 518    | 365    | 372    | 1,668 |
|            | 追加予算   | 0                     | 0      | 0      | 0      | 0     |
|            | 総NEDO負担額   | 414                   | 518    | 365    | 372    | 1,668 |
| 情勢変化への対応   | <p>2035年における労働力不足予測はさらに深刻化し、1日あたり約1,775万時間の労働力が不足との見込み。想定した、サービス業、卸売・小売、医療・福祉、製造業における労働力不足は依然として大きい。リモート技術活用の市場は拡大見込み。</p> <p>リモート技術への期待はコロナ禍の緊急対応で高まり、リモート会議等のコミュニケーションツールは浸透、LLM活用により言語による利便性は向上するも、非言語コミュニケーションにはブレークスルー技術が必要。終息後も持続可能な働き方、暮らし方として、ニーズは継続・拡大しているため、大きな方針転換は行わず、4年の短期プロジェクトをやり切り、成果をもとに次のステップに進むとした。</p> <p>LLM・生成AIの急速な実用化進展に対し、導入により開発効率向上が見込めるか実施者に打診、活用いただいたケースあり。</p> |                       |        |        |        |       |
| 中間評価結果への対応 | 中間評価なし   |                       |        |        |        |       |
| 評価に関する事項   | 事前評価   | 2020年度実施 担当部 ロボット・AI部 |        |        |        |       |
|            | 中間評価   | なし                    |        |        |        |       |
|            | 終了時評価  | 2025年度 終了時評価実施        |        |        |        |       |

#### 1.4. その他

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| 投稿論文             | 30件   |   |
| 特許               | 「出願済」4件（うち国際出願2件）   |   |
| その他の外部発表（プレス発表等） | <p>NEDOによるニュースリリース</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<a href="#">リアルな触覚再現技術による、技能教育システム、心拍数共有アプリを開発しました</a></li> <li>・<a href="#">Contact Realityの実現による世界初の遠隔触診システムを公開します</a></li> <li>・<a href="#">遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました</a></li> <li>・<a href="#">リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる革新的なドローン運用技術を開発しました</a></li> </ul> <p>実施者によるニュースリリース</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<a href="#">「リアルな触覚再現技術」で触覚を「共有」へ</a>（産業技術総合研究所）</li> </ul> |   |
| 基本計画に関する事項       | 作成時期  | 2021年3月 制定  |
|                  | 変更履歴  | <p>2022年1月、プロジェクトマネージャーの交代</p> <p>2023年2月、知財マネジメント基本方針名の変更、データマネジメント基本方針名の変更</p> <p>2024年2月、使用する文言の修正</p> <p>2024年7月、組織改編に伴う、部署名の変更</p> |

## 2. 事業全体説明資料

終了時評価分科会資料3：プロジェクトの説明（公開版）をもって事業全体説明資料とする。

### 人工知能活用による革新的リモート技術開発

AI・ロボット部  
PMgr: 外村雅治・専調

#### プロジェクトの概要

- 生産性の向上、働き方改革推進の観点からリモート化への期待は高く、**コロナ禍を受けてニーズが更に加速**。しかし、遠隔環境の情報取得手法が十分ではなく生産性向上効果は限定的。
- 遠隔環境の状態を現場にいる以上の認知が可能になる革新的リモート技術開発として、以下を実施する。

- 「**状態推定AIシステムの基盤技術開発**」  
計測する情報を基に人間の感情や行動、周辺環境の状態を推定する。
- 「**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**」  
視覚情報に加え力触覚等の情報も組み合わせた提示や、必要な情報をデフォルメした提示を行う。



関連する技術戦略: スマートテレオートノミー

プロジェクト類型: 基礎的・基盤的研究開発

#### 既存プロジェクトとの関係

- 2020～2024年度NEDOプロジェクト「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」は、産業用ロボットに特化。
- 2020年度AMEDプロジェクト「ウイルス等感染症対策技術開発事業」は、感染症対策に対する医療機器・システムに特化。

#### 想定する出口イメージ等

|                  |  |
|------------------|--|
| アウトプット目標         | <ul style="list-style-type: none"> <li>各基盤技術が<b>実用化研究を開始できる水準</b>に達すること。</li> <li>プロジェクト終了後25%以上の案件が<b>連続して実用化研究に移行</b>すること。</li> <li>基盤技術の内容および得られる効果を、<b>デモンストレーション等を通じて公開</b>すること。</li> </ul> |
| アウトカム目標          | <ul style="list-style-type: none"> <li>革新的リモート技術の基盤が形成されることにより、産業構造・社会基盤のデジタル化が進捗し、<b>2035年時点において8万人分の労働力に充当</b>され、リモート技術の国内市場の規模が3200億円に達する。</li> </ul>   |
| 出口戦略<br>(実用化見込み) | <ul style="list-style-type: none"> <li>本プロジェクトでは、開発するシステムの円滑な社会実装を推進するため、委員会等の活用により研究開発実施者と連携してユーザーに広く受け入れられる仕様について検討する。</li> <li>国際標準化提案: 無 / 第三者提供データ: 無</li> </ul>                            |
| グローバルポジション       | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト開始時: 評価無し → プロジェクト終了時: LD</li> <li>次世代のリモート技術を開発することで、我が国の社会課題解決に貢献し、世界をリードする新たなシステムやサービスの創出を目指す。</li> </ul>  |

#### 事業計画

|                                   |        |      |          |      |       |
|-----------------------------------|--------|------|----------|------|-------|
| 期間: 2021～2024年度(4年間)              |        |      |          |      |       |
| 総事業費(NEDO負担分): <b>16.7億円</b> (委託) |        |      |          |      |       |
| 政府予算額: 2024年度3.7億円(一般)            |        |      |          |      |       |
| < 研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模 >      |        |      |          |      |       |
|                                   | 2021   | 2022 | 2023     | 2024 | 2025  |
| 研究開発項目①<br>次世代<br>基盤技術開発<br>【委託】  | 先導研究   |      | ステータスゲート | 本格研究 |       |
| 評価時期                              | 評価対象期間 |      |          |      | 終了時評価 |
| 予算<br>(億円)                        | 4.1    | 5.2  | 3.7      | 3.7  |       |

## <評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※ 本事業の位置づけ・意義
- （1）アウトカム達成までの道筋
- （2）知的財産・標準化戦略

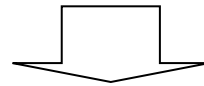
# 事業の背景・目的・将来像

## 社会的背景

- 少子高齢化により**生産年齢人口が減少**しており、国内において**人手不足**を感じている企業の割合は増加している。
- 場所や地域に縛られない、全員参加型の**一億総活躍社会**を実現していく中で、また事故現場や災害地などの**極限状況**において、人間が**空間的、時間的、距離的制約を受ける**ことがある。
- **コロナ禍**において、**遠隔・非接触・非密集の行動様式**が、**世界規模で求められている**。

## 事業の目的

人間が**遠隔地からより簡易的・直観的にシステムを操作する革新的な技術の基盤確立を目指す**。



- 労働生産人口の減少、災害などいろいろな制約下において**遠隔より能力を発揮**
- **コロナ禍により非接触、非密集の生活様式を実現**

# 政策・施策における位置づけ

## 「経済財政運営と改革の基本方針2020（骨太方針2020）」（2020年7月閣議決定）

- 「新たな日常」構築の原動力となるデジタル化への集中投資・実装とその環境整備として、**AI、ロボットの導入推進、テレワーク定着、対面主義脱却**などが標榜

## 「統合イノベーション戦略2020」（2020年7月閣議決定）

- 産業構造や働き方などのライフスタイルも含めた社会基盤・ルールをデジタル化に対応させ、**経済社会活動のサイバー空間への移動**を最大限実現させる必要性

## 「産業技術ビジョン2020」（2020年5月経済産業省策定）

- ネットワーク接続とAIによってあらゆるデバイスが知性を宿すIntelligence of Things と人間能力の飛躍的拡張を支える技術群として、ロボティクス、**センシング、XR**、ブレイン・マシン・インターフェース、言語の壁を取り払うニューラル機械翻訳等の重要性が高まる



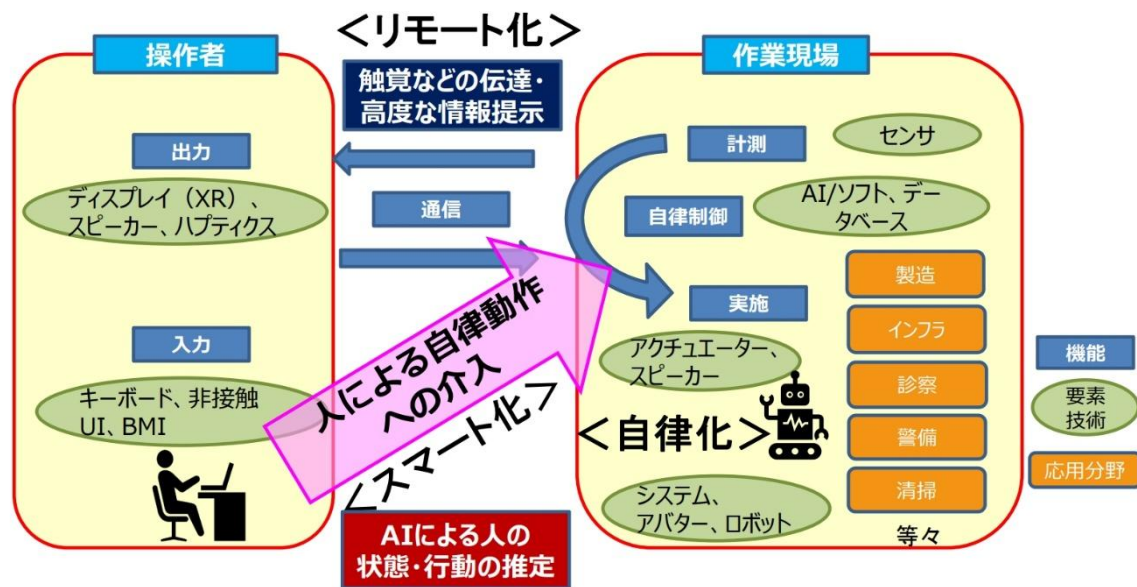
- 空間・時間の制約から解放された社会・経済活動を実現するリモート技術**により、あらゆる分野の産業構造を一変し生産性を飛躍的に高める。
- 生産年齢人口の減少下での産業競争力の維持向上、感染症の流行等による**行動制限下での社会活動の継続**、及び**多様な立場の人々の社会参加**を実現する。

# 技術戦略上の位置づけ

NEDO 技術戦略センター（TSC）立案の戦略のうち「リモート化」の部分について実施

## TSC Foresight 「スマートテレオートノミー」

- コロナ禍を受けて人の密集を避けるため、ロボットなど自律して動く機械やリモート技術の活用が広く進んだ。
- 今後も人の行う様々な活動に自律化・リモート化の活用を広げ、社会実装を加速するためには人工知能技術（AI）との融合が不可欠  
⇒ スマートテレオートノミー：テレオペレーション（リモート化）とオートノミー（自律化）のスマートな融合
- リモート化技術および自律化技術がそれぞれ持つ課題を両技術を融合することで相補的に解決
- より高度に融合することで、実操作と学習の同時達成による高い作業効率、障害発生時の人の介入による高い信頼性も実現



| アプローチ                | 提供したい価値 |        |        |        |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|
|                      | 制限下の活動  | 多様な働き方 | 競争力の向上 | QoLの向上 |
| 生産等のデジタルトランスフォーメーション |         |        | ✓      |        |
| データ駆動型サービス           |         |        |        | ✓      |
| <b>リモート化</b>         | ✓       | ✓      |        | ✓      |
| 自律化                  | ✓       |        | ✓      |        |
| 能力拡張技術               |         |        |        | ✓      |

# 外部環境の状況（市場動向）

## 自律・リモート分野の市場動向

NEDO TSCによる戦略分野STP分析結果  
スマートテレオートミー（革新的自律・リモート）より

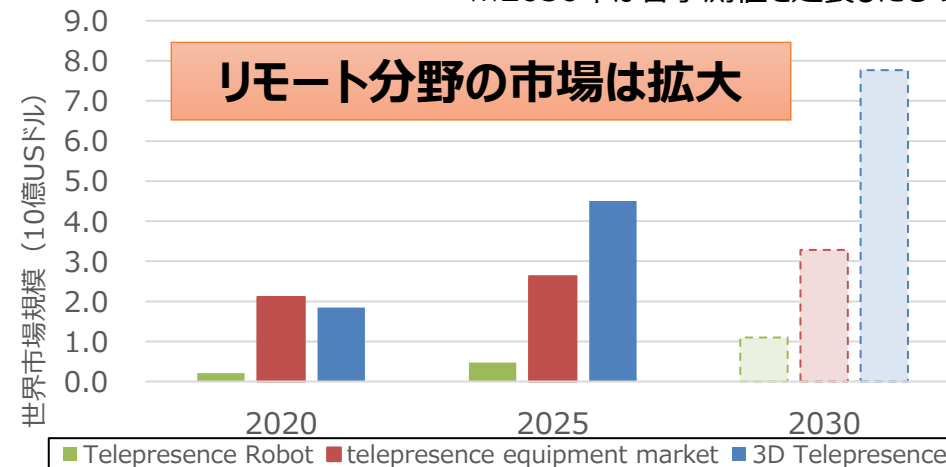
- 自律・リモート分野の市場は、テレプレゼンス市場として動向予測がされている。
- 市場年平均成長率はテレプレゼンスロボットで約18%、テレイグジステンス装置で約5%、3Dテレプレゼンス市場は約20%と試算されている。
- より高度な自律・リモートの実現に必要な技術が占める市場の割合は大きいと推察。**3Dテレプレゼンス市場のみでも、2035年には1兆円超を予想。**他にも応用分野の市場への影響も予想。

### 各技術の対象範囲

| 項目                     | 説明   |
|------------------------|--|
| 3D Telepresence        | 立体映像に加えて触力覚や遠隔地の環境を再現し、高い臨場感にて双方向のコミュニケーションを実現する技術 |
| Telepresence equipment | 実際の人に現実感を与えるロボットやクラウド等、エンドポイントおよびインフラ技術            |
| Telepresence robot     | ディスプレイ、センサ、制御システム等、テレプレゼンス用ロボット実現に必要な技術            |

### テレプレゼンスに関する市場規模予測

※2030年は各予測値を延長したもの



出典：複数の市場規模予測を基にNEDO TSC作成(2020)

# 外部環境の状況（技術動向）

## 自律・リモート分野の技術動向

- AI、デジタル技術に強い米国が脅威。中国も追い上げ著しく市場も大きい。
- 日本は、ロボット技術、統合技術に強み。

NEDO TSCによる戦略分野STP分析結果  
スマートテレオートノミー（革新的自律・リモート）より

### 応用分野 特許件数の国籍別傾向

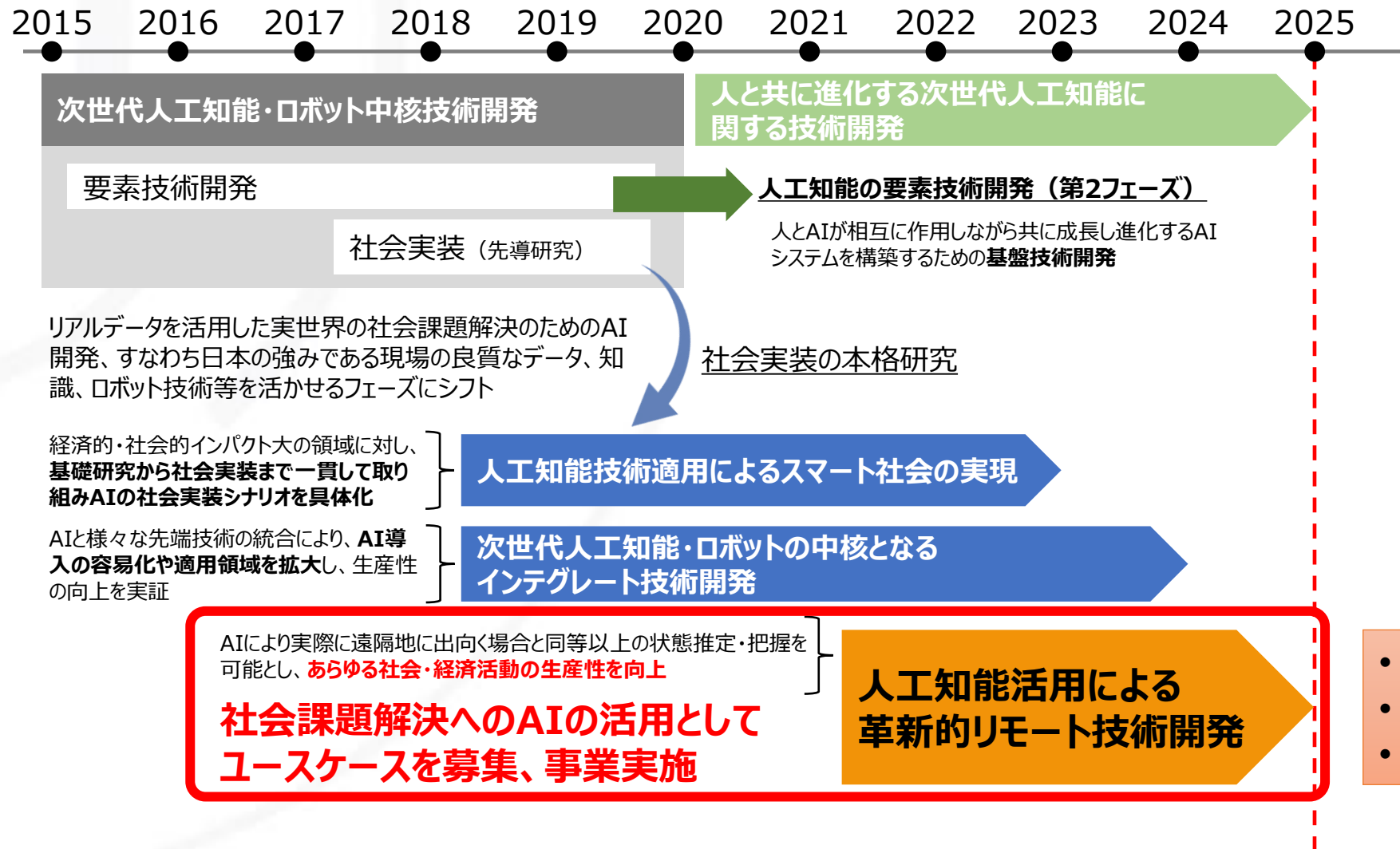
- オンライン会議**は、米国(50%)、中国(31%)。
- 遠隔医療**は、米国(57%)が多い。INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS(da Vinciの製造元)が出願人としては1位。
- 建設**では、中国(42%)、米国(22%)に次ぐものの、日本(13%)も所定の出願数あり。
- 警備、ゲーム**は米国が多い。**インフラ**は、半数以上が中国。
- 清掃、インフラ**では、米国が少ない。

技術開発が望まれる分野を選定

### 要素技術 特許・論文 件数の国籍別傾向

- AI**は、特許、論文ともに米国、中国が突出。日本は両国に比して、後れを取っている。
- ロボット**は、中国・米国が特許・論文多いものの、技術的には日本のレベルは高い。
- ハプティクス**は特許は中国、米国、日本、論文は米国1強+日本。しかし、特許数の国別の差は小さく、論文の所属機関の国籍も多彩。競争している最中の状況。
- XR**は、特許、論文ともに米国、中国多い。論文は、総合すると欧州からの報告も多い。
- 通信特許**（遅延時間に関するもの）は、中国が多く、日本の出願数は米国とほぼ同率（11.9%）。

# 他事業との関係



- 短期(4年)の事業
- 先行事業なし
- 後継事業なし

# 研究開発項目

AIにより実際に遠隔地に出向く場合と同等以上の状態推定・把握を可能とし、社会・経済活動の生産性向上を目指す。



近傍者が遠隔環境の状態を認知し、的確な判断のもと必要に応じて操作・介入等を行うことを可能とする技術が必要



遠隔と近傍を結ぶループの中で研究開発項目として2項目、  
「**状態推定AIシステム**」と  
「**高度なXRにより状態を提示するAIシステム**」  
を設定

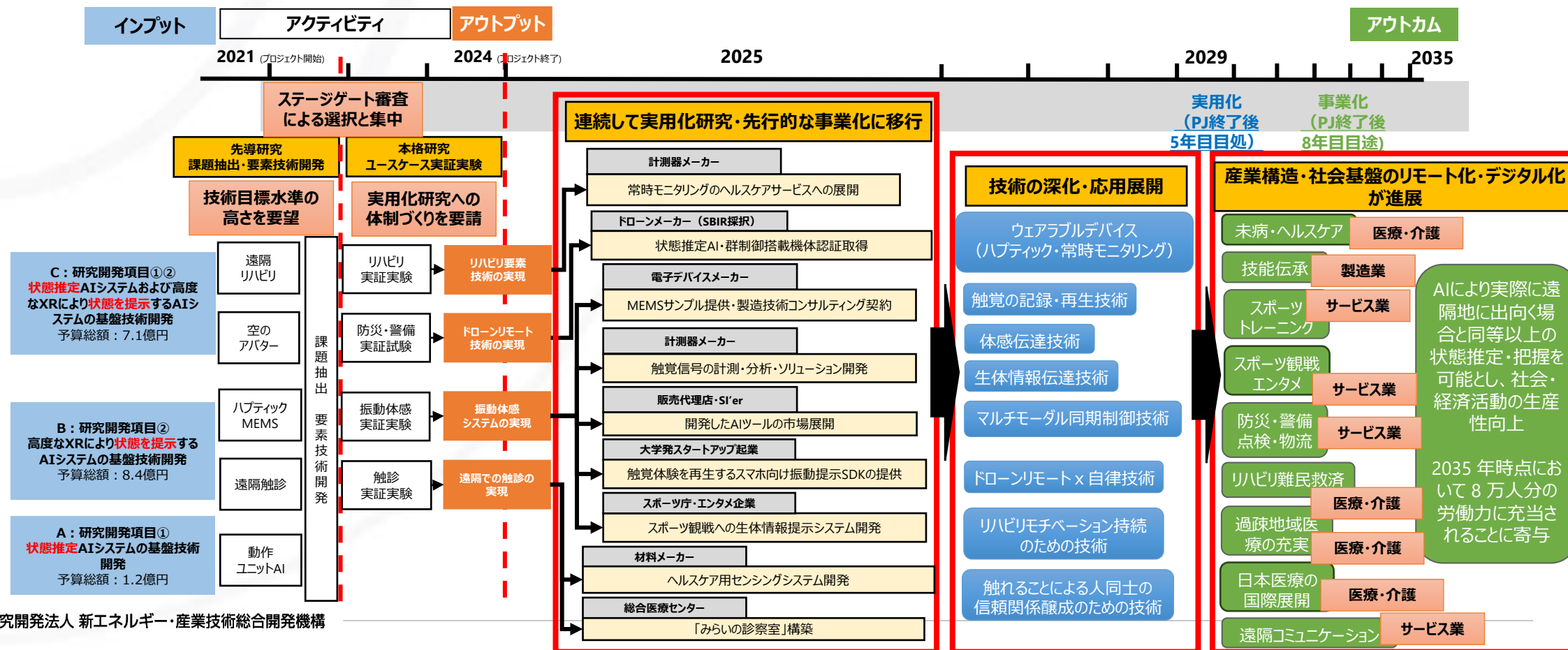
# 革新的リモート技術を実現するAIおよびXR技術

## 2つの研究開発項目両方の実施を含め幅広く基盤技術を開発

| テーマ名 (赤字は以降の略称)   | 研究開発項目①<br>状態推定AIシステム                | 研究開発項目②<br>高度なXRにより状態を提示するAIシステム                       |
|---|--------------------------------------|--|
| <b>動作ユニットAI</b> による人の感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築<br>(代表機関：東北大学) | 感情に基づいた身体動作データから感情を推定するAI技術          | (非該当)  |
| 極薄 <b>ハプティックMEMS</b> による双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発<br>(代表機関：産業技術総合研究所)            | (非該当)                                | 人間とAIが双方向に「ネゴシエーション」しながら信号抽出を行うソフトウェア「体感ネゴシエーション」機能    |
| Contact Realityの実現による <b>遠隔触診</b> システム開発<br>(代表機関：名古屋大学)                    | (非該当)                                | 触覚を含む複数モダリティの感覚入力が脳内での情報統合を助けるための「タイミング」「情報量」を調整するAI技術 |
| <b>遠隔リハビリ</b> 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<br>(代表機関：産業技術総合研究所)           | 常時モニタリングデータからの心的状態推定AI技術             | VRによる時間と空間を超えた内発的動機付け支援技術                              |
| AI・XR活用による <b>空のアバター</b> を実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発<br>(代表機関：東京大学)           | 人物職業、人物行動推定のAI処理をクラウド上でリアルタイムに実現する技術 | デジタルツイン内での視野拡張VRや俯瞰視点など、人間の感覚を拡張する高度XR提示技術             |

# アウトカム達成までの道筋

- 将来像から**事業イメージ**を策定、必要な技術と水準を定義し、技術開発を促進  
⇒ 基盤技術開発段階からユースケースの形が見えるところまでに至った。
- 事業の担い手となる**企業を含めた体制**構築を実現し、実用化研究、更なる技術の深化・応用展開、その先への道筋策定を意識いただいた。



# 知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

## 課題：

アカデミアの参画が多い本プロジェクトにおいて、論文を優先するアカデミアに対してどのように知財マインドを醸成するか

## NEDOのアクション：

- 事業化における知財の重要性を改めてINPIT資料を使用して説明
- 特許出願等を考慮し公開レベル設定等を見直したデータマネジメントプランの再設定
- 各機関の知財部門に知財化／オープン・クローズ戦略を相談するように働きかけ
- 知財化の難しいソフトウェアに関しては、企業への試用提供に際し、事前のOSS化を働きかけ、権利を確保

## ハプティックMEMSテーマの例

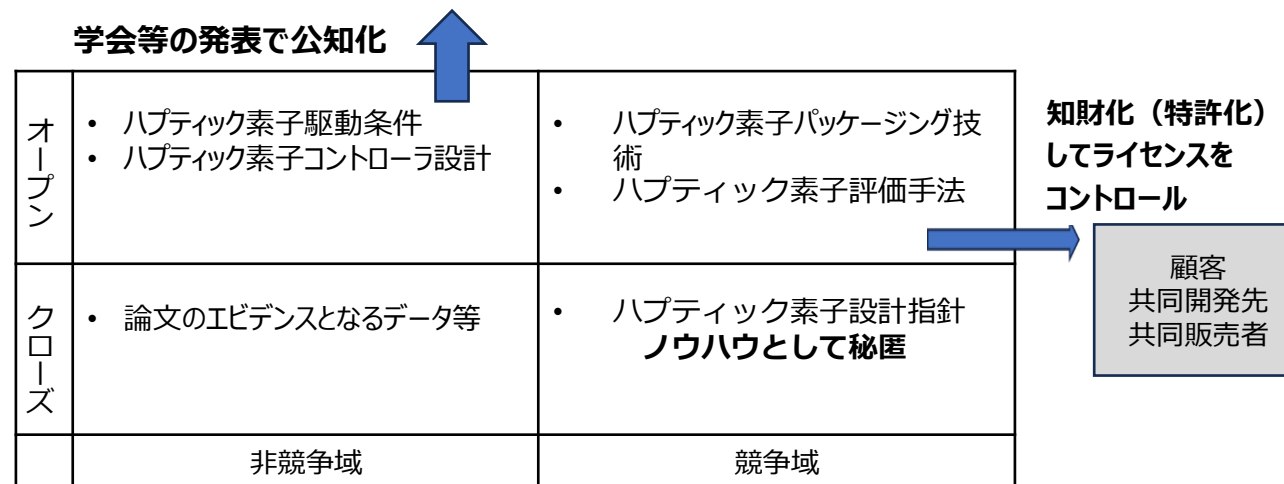


図1 ハードウェアの戦略（ハプティック素子の戦略）

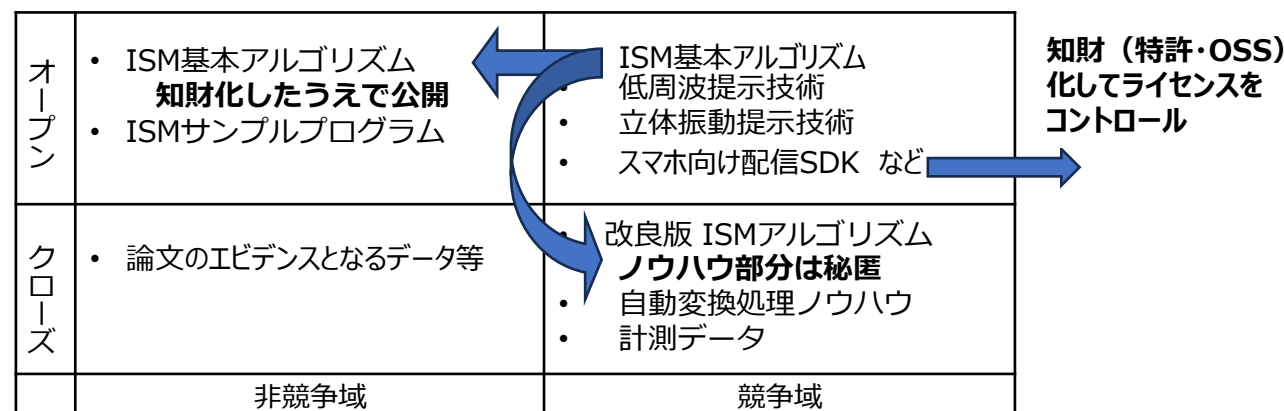


図2 ソフトウェアの戦略（ISMの戦略）

# 知的財産管理

- **知的財産権の帰属**

産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属

- **知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項**

NEDO知財方針に則り、各テーマ毎に「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成

## <評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

# 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

## 実用化・事業化の考え方

本事業は基礎的・基盤的研究開発として実施

⇒ プロジェクト終了後5年を目処に（もしくはそれ以上の期間で）、実用化まで達することを旨す

| アウトカム目標  | 根拠   |
|--|--|
| 産業構造・社会基盤のリモート化・デジタル化が進展し、2035年時点において8万人分の労働力に充当され、リモート技術の国内市場の規模が3200億円に達することに寄与する。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>高齢化が進み、生産人口が減少、数百万人規模で労働力不足の懸念</li> <li>労働力不足が大きい、製造業、卸売・小売、医療・福祉、サービス業など約200万事業所（約2000万人）の2%、4万事業所（40万人）が、リモート化・デジタル化進展による生産性の向上により8割（32万人）の人員で対応可能</li> <li>差分8万人分の労働力 = 3200億円に相当する効果が見込めると試算</li> </ul> |



図引用：労働市場の未来推計2030 パーソル総研(2018)

# アウトカム目標の達成見込み

各テーマ、実用化研究に移行。多くの人員が不足する業種にリモート技術が進展、達成が見込まれる。

| テーマ名                | 実用化研究に移行している案件（社会実装に向けた現状）  | 見込まれるアウトカム   |
|---------------------|---|--|
| ハプティック MEMS (触覚伝達)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・デバイスメーカーとの間で製造技術について<b>技術コンサルティング契約を締結</b>し、コンサルティングを実施。来年度以降実用化に向けた共同研究へ展開の見込み。</li> <li>・6企業に対して<b>成果技術の有償試用提供契約</b>済み。</li> <li>・触覚体験のための次世代振動提示技術提供等を行う<b>スタートアップを10月に創業</b>。</li> <li>・動画配信コンテンツ配信サービスの<b>協力先候補企業とのNDAを締結</b>。</li> <li>・スポーツ観戦事業への展開として<b>スポーツ庁「Sports Future Lab」大阪・関西万博</b>でアピール、パートナー候補企業との協議開始</li> </ul> | <p><b>【製造業、サービス業】</b>ハプティックセンシング、アクチュエーションデバイスが搭載された<b>ウェアラブルデバイス販売が躍進</b>、時間と空間を超え触覚によりつながるビジネスが幅広い分野に展開。</p> <p><b>【サービス業】</b>体感型展示やアーティストやスポーツ選手の体感付きコンテンツの配信など、新たな感動を呼ぶ価値感が普及。</p> <p><b>【製造業】</b>繊細な触感・体感が必要で、遠隔が難しい現場に技術導入することで、人の移動を伴わなくても<b>属人的な技能の普及・伝承</b>が可能。</p> |
| 遠隔触診                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手根管症候群などの疾患を中心に大学病院で手術を受けた患者に対して、<b>術後再検査の遠隔触診システム導入実証試験</b>を開始</li> <li>・インソール型センサーによる歩容解析の社会実装に向け、自治体、企業と協議を開始、歩行（運動療法）を交えた<b>商業施設での生活習慣病予防体験会</b>を実施</li> </ul>  | <p><b>【医療】</b>患者にとって、生活環境に<b>居ながら</b>に主治医による<b>診察</b>を受けられる安心感が得られる。医師にとって<b>より多くの患者と深い信頼関係</b>を築きつつ治療が行える。</p> <p><b>【医療・福祉】</b>歩容解析等による未病ビジネスにより<b>健康保険制度への依存を軽減</b>。</p>  |
| 遠隔リハビリ              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト実施企業による常時モニタリングを活用した<b>特定保健指導サービスを提供開始</b></li> <li>・産総研<b>柏の葉リビングラボでの遠隔VRリハのメニュー化</b></li> </ul>   | <p><b>【医療・福祉】</b>いかにモチベーションを維持し、効果向上につなげるかという課題に対し、<b>メタバース空間での利用者互恵ケア</b>や<b>常時モニタリングによる状態推定</b>が効果的なソリューションとして提供されQoL向上を求める社会に浸透する。</p>  |
| 空のAvatar (ドローンリモート) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>JST K-Pro</b>「空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術」に技術導入</li> <li>・<b>SBIR</b>「行政ニーズ等に対応したドローンの開発・実証」に技術導入</li> </ul>   | <p><b>【サービス業】</b>自律制御・分散制御技術により、<b>ドローンオペレーターの安全が確保</b>できる。迅速・俯瞰的な状況把握により、現場<b>消防隊員、警備員等の効率的な活動</b>、被害の軽減が見込まれる。</p>   |

# 非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

## ◆非連続ナショナルプロジェクトの考え方

| 観点         | 内容   |
|------------|--|
| 非連続的な価値の創造 | 画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える           |
| 技術の不確実性    | 難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い |

| 選定基準        | 該当 | 理由   |
|-------------|----|--|
| ①非連続的な価値の創造 | 該当 | 次世代基盤技術開発により、人間が空間に縛られずに能力を発揮する、全く新しい社会の実現に寄与する。                             |
| ②技術の不確実性    | 該当 | 遠隔技術は、コロナ禍において人の密集を避けるために研究開発が加速しつつあるものの、従来にない新しいシステムとなることが想定されるため、開発リスクは高い。 |



**これまでの延長線上にない、新たな価値を生み出すことを目指す非連続ナショナルプロジェクトとして実施**

# 本事業における研究開発項目の位置づけ

- 遠隔と近傍を結ぶループの中で研究開発項目として2項目、「**状態推定AIシステム**」と「**高度なXRにより状態を提示するAIシステム**」を設定
- アウトプット：テーマ毎に**ユースケース**を想定して研究開発・実証実験を行い、**実用化を見据えた水準で基盤技術を開発**

## 研究開発項目①

### 状態推定AIシステムの基盤技術開発

#### AIを活用し、

- 先進的なデバイスによって取得した遠隔地の情報を人間の認知特性に基づいて意味づけること
- 複数の情報や時系列のデータ等を基に遠隔環境の状態を推定すること

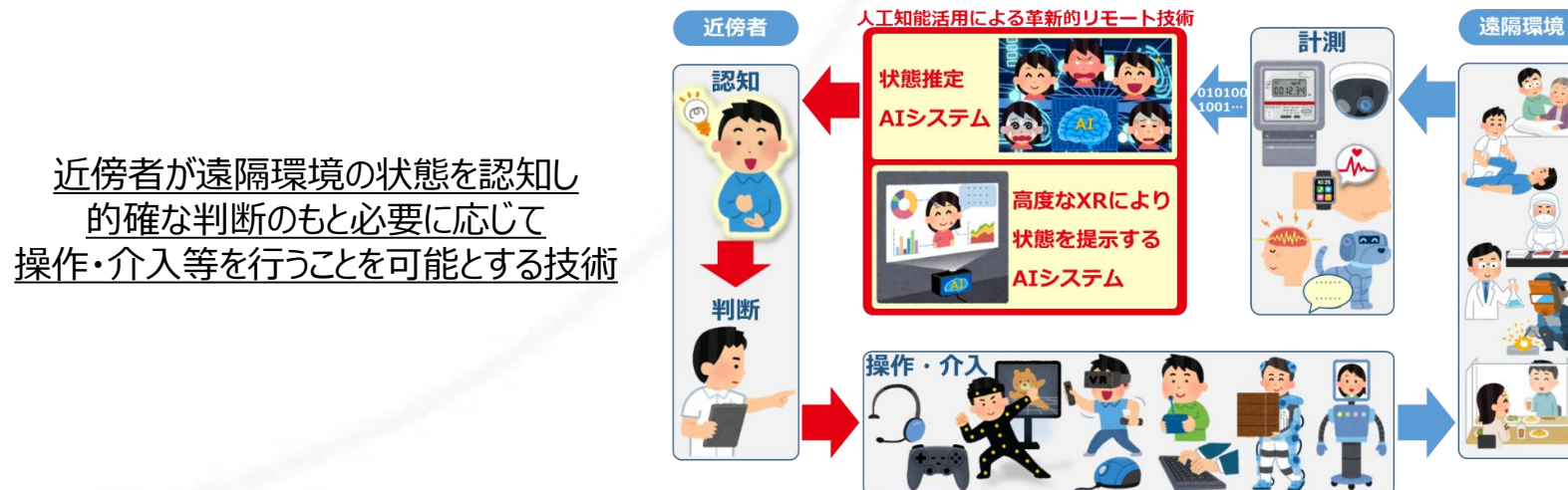
## 研究開発項目②

### 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

#### AI・XRを活用し、

- 人間の認知特性を利用して複数の感覚を組み合わせ提示すること
- 目的に応じて特定の感覚を誇張して提示すること

等を可能とする技術の基盤を開発する。



# アウトプット目標の設定及び根拠

研究開発項目① **状態推定** AIシステムの基盤技術開発

研究開発項目② 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

研究開発項目①②に共通した目標を設定

| 最終目標 (2025年3月)   | 根拠  |
|--|---|
| 本プロジェクトが対象とする基盤技術が、 <b>実用化研究</b> (実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究) <b>を開始できる水準に達すること</b> | 本プロジェクトは、実用化までに長期間を要するハイリスクな基盤技術開発を前提として実施する。ブレイクスルーを生み出す基盤技術を開発し、3年9か月の短期で成果をまとめ、実用化研究の方向性を見極めるまでを目標とする。                         |
| 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、 <b>連続して実用化研究に移行</b> すること                                       | 本事業は基礎的・基盤的研究開発として実施するため、事業終了時点の実用化研究移行率を設定。NEDO中長期計画にて、事業終了後5年経過時に実用化達成率を25%以上を目標としている。本事業でも低い難易度のテーマによる組成になる懸念を避けるために同様の目標値を設定。 |
| 基盤技術の内容および得られる効果を、 <b>デモンストレーション等を通じて公開</b> すること   | 実用化研究、その先の社会実装に向け、共同研究者、事業の担い手候補に対するアプローチを重視。   |

| プロジェクト類型    | 実用化・事業化の考え方   |
|-------------|---|
| 標準的研究開発     | プロジェクト終了後5年を目処に、 <b>事業化</b> まで達することを目指す研究開発                 |
| 基礎的・基盤的研究開発 | プロジェクト終了後5年を目処に (もしくはそれ以上の期間で)、 <b>実用化</b> まで達することを旨とする研究開発 |

# アウトプット目標の達成状況

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

| 目標<br>(2025年3月)  | 成果（実績）<br>(2025年3月)   | 達成度 | 達成の根拠                              |
|--|---|-----|------------------------------------|
| 本プロジェクトが対象とする基盤技術が、 <b>実用化研究</b> （実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究） <b>を開始できる水準に達すること</b> | 継続したテーマすべてで目標を達成  | ○   | 各テーマ、テーマ審査委員会にて認められる技術水準を達成        |
| 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、 <b>連続して実用化研究に移行すること</b>  | 採択された5テーマのうち継続した4テーマにて連続して実用化研究に移行する具体的案件がある  | ○   | コンサルティング契約締結、スタートアップ創業、SBIR事業採択、など |
| 基盤技術の内容および得られる効果を、 <b>デモンストレーション等を通じて公開すること</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンリモート技術の公開実証実験</li> <li>・遠隔触診のシンガポール⇔名古屋間公開実証試験、国際シンポジウム</li> <li>・事業費を活用し、CES、CEATEC、AWE-EU、SXSW等国际的な展示会に出展、有用なリードを多数獲得</li> <li>・遠隔リハビリに向けたオープンデータセット公開</li> </ul> | ○   | 各テーマ、それぞれ成果のアウトリーチ活動を展開            |

# 特許出願及び論文発表

## 各テーマの方針に基づき特許出願・論文発表

| テーマ名           | 方針   | 特許出願<br>[うち外国出願] | 論文 | 研究発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
|----------------|--|------------------|----|---------|------|---------------------|
| ハプティック<br>MEMS | 実用化・事業化を具体的に想定、 <b>ノウハウとして秘匿</b> する技術、 <b>知財化したうえで公開</b> する技術、 <b>ライセンス</b> する技術による戦略を策定 | 4[2]             | 4  | 44      | 10   | 2                   |
| 遠隔触診           | プロトタイプ段階から広く展示会、学会等でアピールすることで、可能性を示し、 <b>遠隔触診普及に向けた仲間を増やす</b> 方針                         | 2                | 5  | 5       | 0    | 2                   |
| 遠隔リハビリ         | 遠隔リハビリ分野の <b>普及促進</b> のため、成果は論文、データセット、ガイドライン等でオープン化                                     | 0                | 25 | 29      | 3    | 15                  |
| 空のAvatar       | 防災、警備ユースケースの <b>受容性を高める</b> ための使用ガイドライン等は公開、実施者による事業化の強みとなる <b>要素技術は秘匿化</b> 、早期の実用化を目指す  | 0                | 7  | 7       | 1    | 10                  |
| 動作ユニットAI       | 再委託先によるビジネスを想定しつつ、学術的に有意義な <b>成果を論文等で発表</b> 、認知度を高める                                     | 0                | 8  | 11      | 0    | 0                   |

### 特許出願 (開示済のもの)

| 名称                            | 番号            | 目的  | テーマ        |
|-------------------------------|---------------|---|------------|
| 触覚検出装置、触覚検出システム、プログラム及び触覚検出方法 | 特開2024-108240 | 接触対象物の触覚情報（硬さ、重さ、表面の粗さなど）を高精度に推定する技術の提供<br>人間の触覚に近い認識を機械に持たせる | 遠隔触診       |
| 装置、振動提示装置、方法、振動提示方法及びプログラム    | 特開2025-092028 | 振動子の大型化を抑えつつ、効果的な振動提示の実現                                      | ハプティックMEMS |

## <評価項目 3> マネジメント

(1) 実施体制

※ 受益者負担の考え方

(2) 研究開発計画

# NEDOマネジメントのまとめ

| 項目             | 目的                                | 内容   |
|----------------|-----------------------------------|--|
| 実施体制           | 新しいシステム・サービスを生むための<br>基礎的・基盤的技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>28件の応募からターゲットとなる広い技術領域における5テーマを採択・実施、<b>基盤技術として広く応用できる技術</b>を開発</li> </ul>  |
| 資金配賦           | 資金の効率的な活用                         | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ステージゲート審査</b>により効率最大化のための<b>選択と集中</b>を実施、ステージゲート通過テーマに対して審査結果に応じたメリハリのある資金配賦</li> <li>示達予算を有効活用し、2021年度、2022年度、2024年度に大きな効果を期待できる案件に対しPLと協議のうえ<b>追加配賦</b></li> </ul> |
| 戦略・事業化に向けた意識付け | アカデミアに対する事業化意識の醸成                 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>大学・国研が幹事機関</b>となるコンソーシアム体制に対し、事業化に向けて、研究開発段階から意識すべき<b>アウトリーチ活動、オープン・クローズ戦略の考え方を説明、戦略策定を促した</b></li> </ul>  |
| テーマ審査委員会の活用    | 外部有識者による評価・アドバイス                  | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>審査色を強くした技術推進委員会</b>形式で実施。<b>事前書面審査</b>により、PL・委員の深い理解のもとの確な評価、アドバイスを実施</li> <li><b>サイトビジット</b>により、PL・委員に直接開発現場を把握、<b>成果物を体験</b>いただくことで、適切な指導、アドバイスを実施</li> </ul>      |
| 進捗把握とPL指導      | 定期的な進捗把握とPLからのタイムリーな技術指導          | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>NEDO・PL・実施者間の報告・コメントスキーム</b>を月度で実施、PLからの技術的コメント、NEDOからのプロジェクト推進コメントを研究開発に反映</li> </ul>   |
| 企業との情報交流       | 社会実装に向けた企業とのマッチング                 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>企業出身技術委員</b>、プロジェクトメンバーによる実施者への<b>企業紹介と情報交流会</b>のセッティング、<b>事業終了後も継続</b></li> <li>プロジェクト内の別テーマに参画する企業と大学との情報交流</li> </ul>   |
| 起業準備支援         | 事業期間中に起業準備                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>成果の一部を活用して早期に事業化できるように年度ごとの研究開発目標を明確にし、<b>研究開発の成果の利活用</b>を行うサポートを実施</li> </ul>  |

# NEDOが実施する意義

意義：

- ① 民間のみでは十分に実施されないハイリスクな研究開発
- ② 市場原理に基づく研究開発実施インセンティブがない
- ③ 科学技術的価値からみた卓越性、先導性があるなど、NEDOが主体的役割を果たす特段の理由がある

コロナ禍において各企業が苦境に立たされる中、民間企業のみでは十分な研究開発が困難と考えられる。

また次世代基盤技術開発はこれまでにない**新しい自律・リモート技術によるシステムを設定するもの**であり、**非常に難易度が高い**。よって民間企業のみでは十分な研究開発が困難と考えられる。NEDOが実施することにより、**実用化・事業化を見据えた支援**を行うことができる。

# 個別事業の採択プロセス

幅広くユースケースを採択するために、2つの研究開発項目を設定しつつ、両項目に跨がるテーマも受付、

**【A】研究開発項目①「状態推定AIシステムの基盤技術開発」**

**【B】研究開発項目②「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」**

**【C】研究開発項目① および ②**

に分類

## 【公募】

- 公募内容 事業の目的・内容：生産性の向上、働き方改革推進の観点からリモート化への期待は高く、コロナ禍を受けてニーズは更に加速している。しかし遠隔情報の取得取得手法が十分でなく生産性向上効果は限定的となっている。遠隔環境の状態を現場にいる以上の認知が可能になる革新的リモート技術開発として、「状態推定AIシステムの基盤技術開発」「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」を実施する。
- 公募予告（2021年1月25日）⇒公募（3月18日）⇒公募〆切（5月6日）

## 【採択】

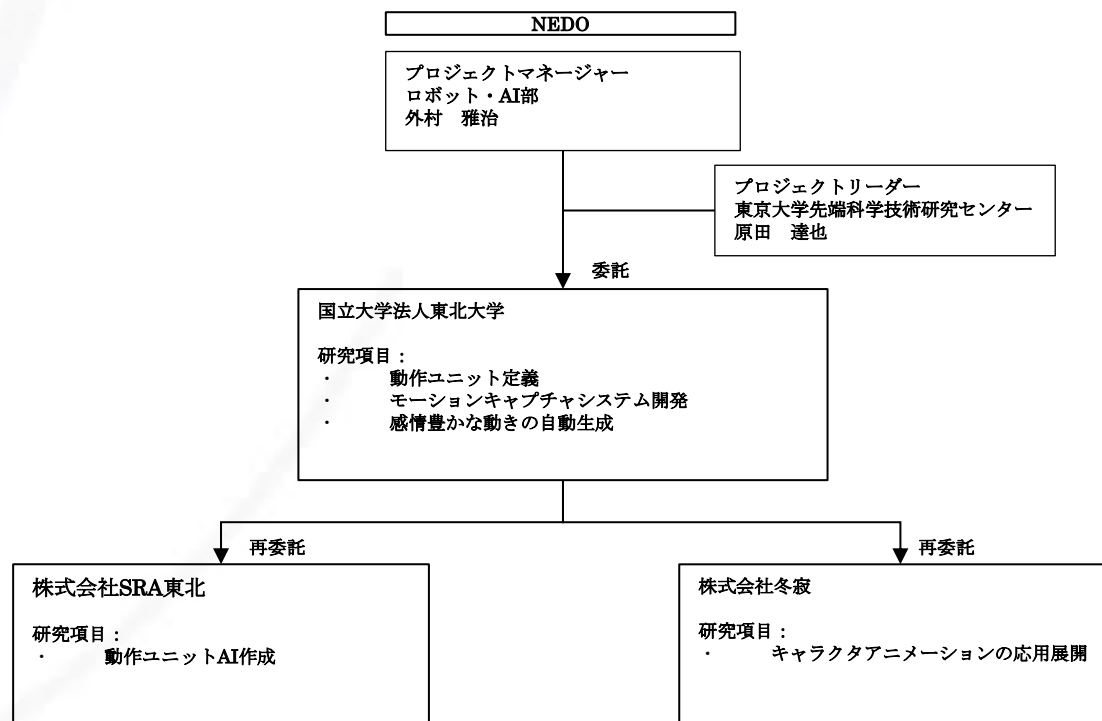
- 事前書面審査（5月11日～5月26日 **28件**）⇒採択審査委員会（6月4日 11件）⇒契約・助成審査委員会（6月29日 5件）⇒ **5件**
- 採択審査項目；（i）基本計画の目的、目標との合致、（ii）開発対象、（iii）研究開発目標、（iv）新規性・独創性、技術の用途、（v）（vi）社会経済への波及効果、（vii）公的資金投入の妥当性、（ix）（x）研究開発の実現性に対して5段階による採点を付けた後、平均値により評価点を算出した。さらに、「ワーク・ライフ・バランス等推進企業」「若手研究員及び女性研究員」の要素について加点し、総合評価点（5点満点）を算出した。なお、前述の要素の加点は、提案書に基づいてNEDOが機械的に算出した。また、各加点要素の割合は、総合評価点の1%とした。
- 総合評価点の全委員の平均値が3点以上、かつ、過半数の委員の総合評価点が3点以上の提案を採択候補とした。
- 採択条件；採択審査委員会では、2年間の複数年度契約とし、2022年度にテーマ審査ステージゲートを実施して、研究開発テーマの継続の可否を判断することを条件に採択審査を実施した。

# 実施体制

テーマ内の体制・役割を明確化し、プロジェクトリーダーから技術面での広い知見に基づいた指導をいただきつつ研究開発を推進

## 【A】研究開発項目①「**状態推定AIシステム**の基盤技術開発」(1テーマ)

**動作ユニットAI** による人の感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築



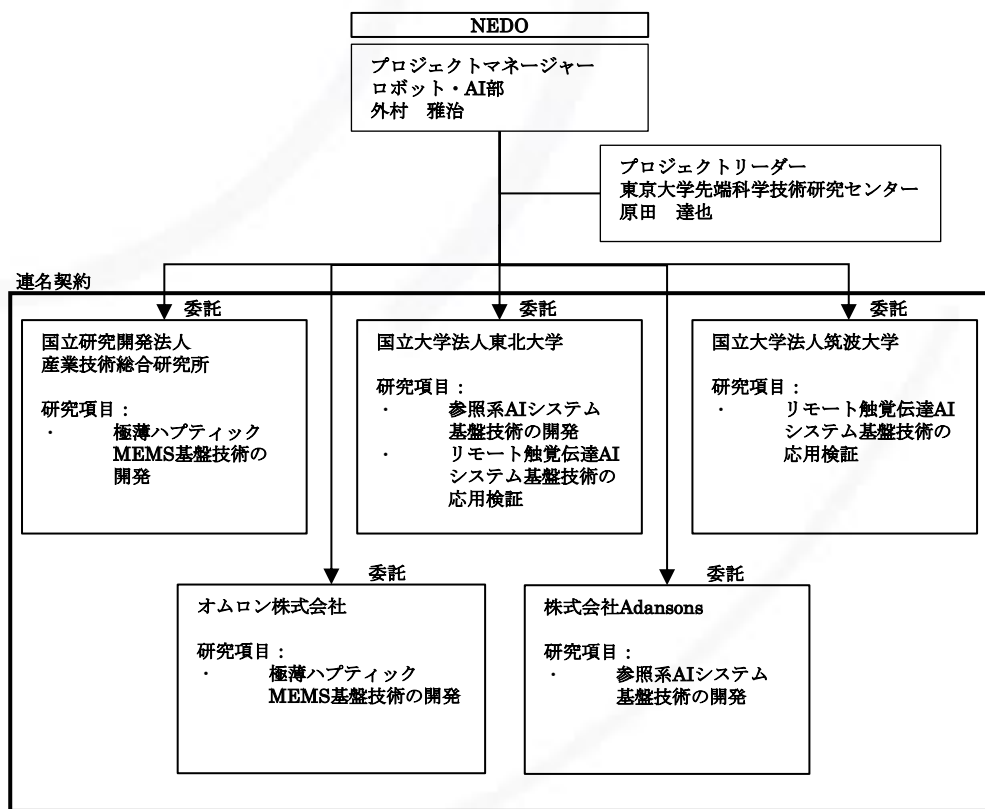
2021年度～2022年度 (ステージゲート審査により非継続)

# 実施体制

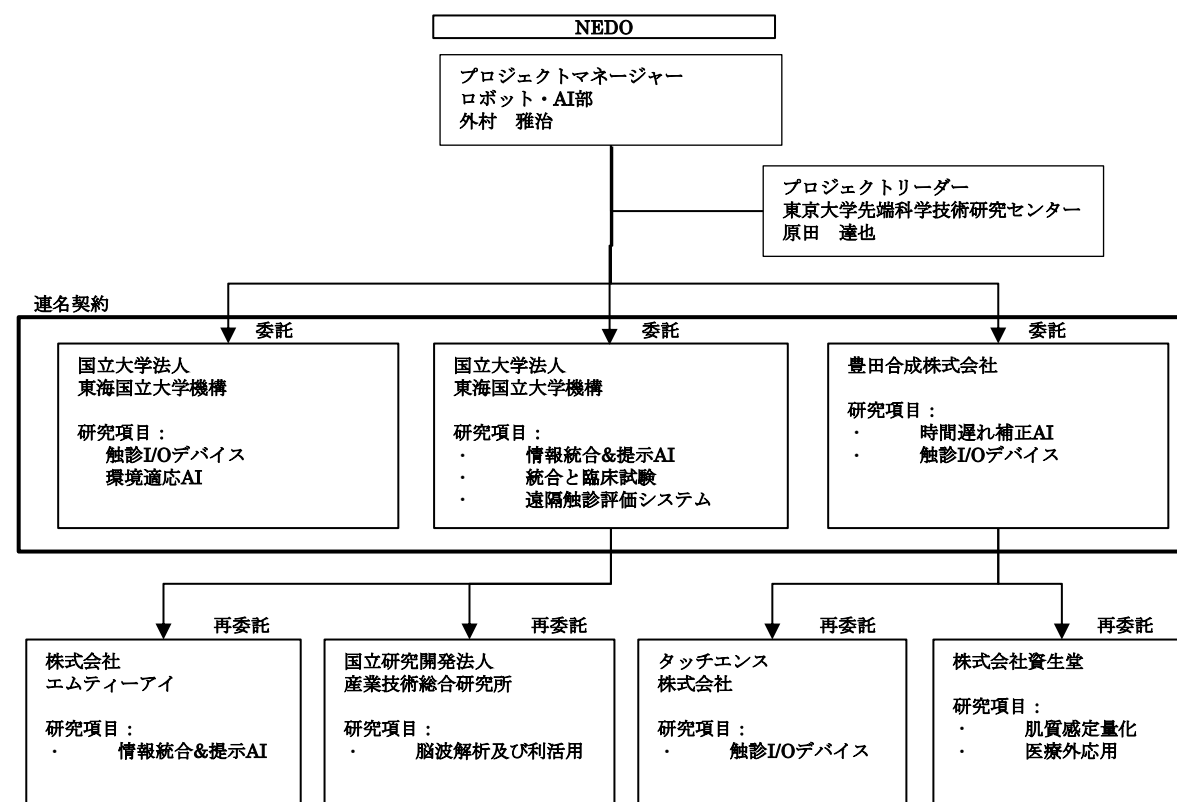
## 【B】 研究開発項目②「高度なXRにより状態を提示するAIシステム」の基盤技術開発 (2テーマ)

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

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発



2021年度～2024年度



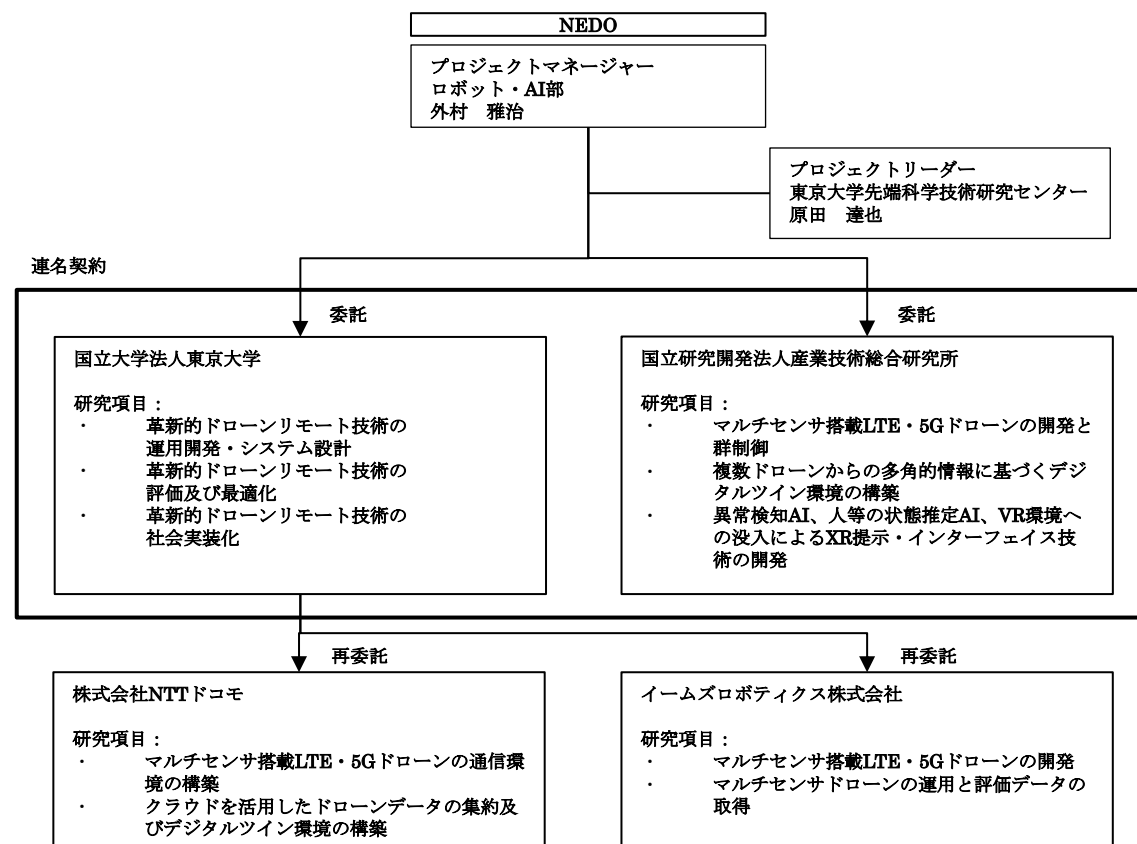
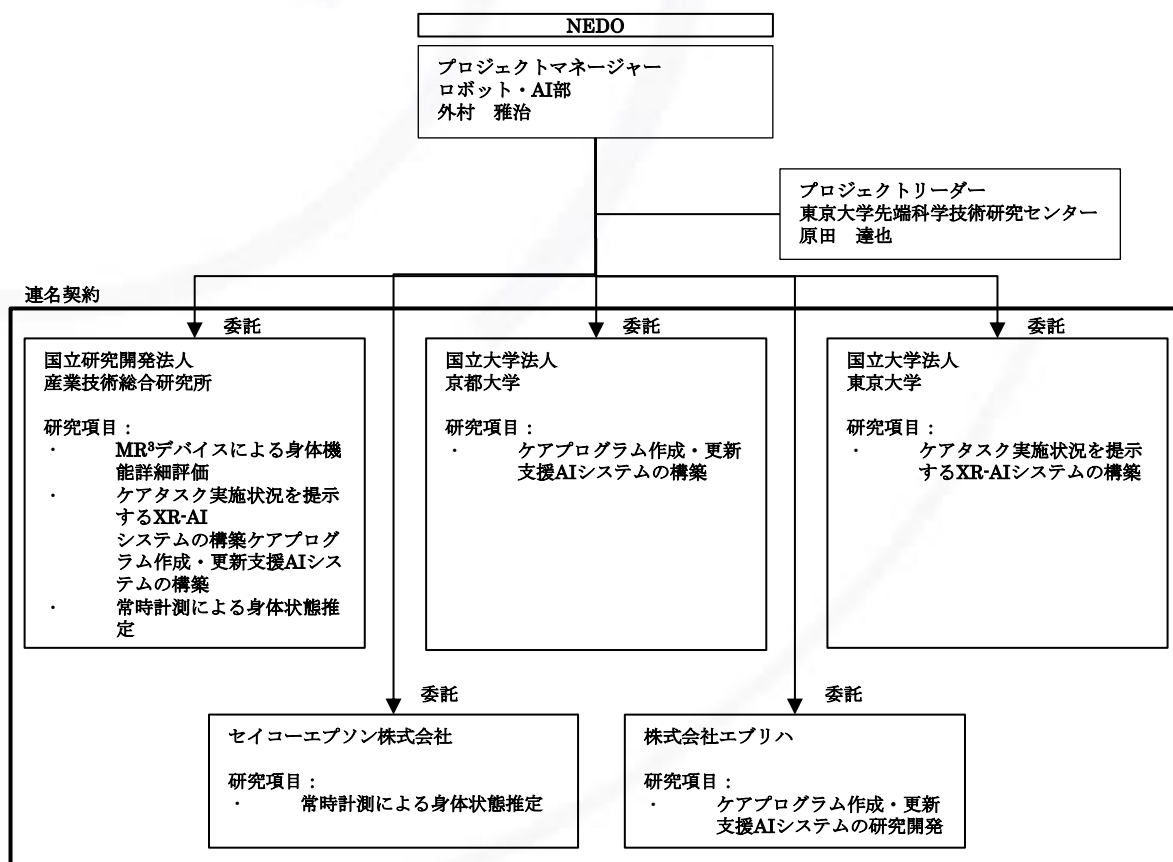
2021年度～2024年度

# 実施体制

## 【C】研究開発項目①②「**状態推定AIシステム**及び**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」(2テーマ)

**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

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



# 研究データの管理・利活用

- NEDOデータ方針に則り、「人工知能活用による革新的リモート技術開発」におけるデータマネジメント基本方針を策定
- 各テーマ毎に「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データマネジメントプラン」を実施者から提出いただき、データの運用状況を確認

## データの活用例)

オープン・クローズ戦略に基づき、事業分野への技術の普及促進を目的として、選択的にデータセットを公開しつつ、先行者利益確保のため、選択的に非公開データとして管理するなど、適正なデータの管理を実施した。

## NEDO ニュースリリース

遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて

世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました

—リハビリ事業者など民間企業のコミュニティー形成で市場開拓を目指す—

**仲間を増やすための戦略**

### 18種の上肢・肩甲骨運動

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. 肩の屈曲、伸展（90度まで）   | 10. 前腕回内、回外（肘90度屈曲位）  |
| 2. 肩の屈曲、伸展（最大可動域まで） | 11. 前腕回内、回外（肘伸展位）     |
| 3. 肩の外転、内転（90度まで）   | 12. リーチング動作（内側）       |
| 4. 肩の外転、内転（最大可動域まで） | 13. リーチング動作（前方）       |
| 5. 肩の水平外転、内転        | 14. リーチング動作（外側）       |
| 6. 肩の外旋及び内旋（1st位）   | 15. 膝から耳の真横へ手を移動させる動作 |
| 7. 肩の外旋及び内旋（2nd位）   | 16. 手を腰の後ろに触れる動作      |
| 8. 肩の外旋及び内旋（3rd位）   | 17. 手を後頭部に触れる動作       |
| 9. 肘の屈曲、伸展          | 18. 机を布巾で拭く動作         |



# 予算及び受益者負担 / 費用対効果

## ◆実績

（単位：百万円）

| 研究開発項目分類   |            | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 合計    |
|--|------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| A: 研究開発項目①<br>状態推定AIシステムの<br>基盤技術開発                | 委託<br>100% | 54     | 67     | —      | —      | 121   |
| B: 研究開発項目②<br>高度なXRにより状態<br>を提示するAIシステム<br>の基盤技術開発 | 委託<br>100% | 183    | 237    | 204    | 215    | 839   |
| C: 研究開発項目①<br>および②                                 | 委託<br>100% | 177    | 214    | 161    | 157    | 708   |
| 合計   |            | 414    | 518    | 365    | 372    | 1,668 |

次世代基盤技術開発はこれまでにない新しい自律・リモート技術によるシステムを設定するものであり、非常に難易度が高いため委託事業とした。

## ◆費用対効果

### 【インプット】

- 事業費用の総額 16.7億円（4年）

### 【アウトカム達成時】

- 経済効果（2035年） リモート技術の国内市場の規模が 3200 億円に達することに寄与

**基礎的・基盤的研究開発での成果から実用化研究に継続しており  
実用化、事業化に進むことで大きな効果が期待できる**

# 研究開発のスケジュール

ステージゲートにより費用対効果の高い効率的な研究開発を推進

| テーマ名       |    | 2021 | 2022 | 2023       | 2024 |     |     |
|------------|----|------|------|------------|------|-----|-----|
| 動作ユニットAI   |    | 5件採択 | 5テーマ | 1件不通過      |      |     |     |
| ハプティックMEMS |    |      |      | SG<br>中間目標 |      |     |     |
| 遠隔触診       |    |      |      |            | 4テーマ |     |     |
| 遠隔リハビリ     |    |      |      |            |      |     |     |
| 空のAvatar   |    |      |      |            |      |     |     |
| 予算<br>(億円) | 委託 | 4.1  |      |            |      | 5.2 | 3.7 |

ステージゲート審査委員、実施者への事前説明

- ステージゲート審査の厳格化、公平性、俯瞰性

- 選択と集中を強化する

- 本プロジェクトの技術委員のみによる構成ではなく、より公平性、俯瞰性を高める観点から新委員を加える

- 予算額からの制約

- 本プロジェクト全体の2023年度予算は、2022年度に比べて、8割程度になる可能性があり、判定基準に達していても順位にもとづいて、不通過と判定する場合がある

# 進捗管理 (月度)

- NEDO・PL・実施者間の報告・コメントスキーム (1～2か月毎)
  - オンライン進捗確認ミーティングをNEDOと実施者間で実施
  - 委員会からのコメント・アドバイスの説明、対応状況確認、次回委員会の目的、審査事項の説明
  - 進捗状況を確認・把握、要点をNEDOがまとめPLに報告
  - PLからNEDOに対して質問・コメントをいただく
    - 最終成果物の定義、何が革新的ですごい技術なのか
    - 競合になり得る技術の紹介と差別ポイントの明確化
    - 定量的目標と評価手法の明確化、定量化が難しくても明文化するべき
    - 本当に使える技術として機能・性能、完成度の高さの追求
    - 事業期間内の技術統合に向けての要素技術完成度とスケジュール管理の重要性
  - NEDOから実施者に対してPLからの質問・コメント、運営面での依頼事項をフィードバック



# 進捗管理（テーマ審査委員会の運営）

進捗確認マイルストーンとして、テーマ審査委員会と称する外部有識者による**審査色を強くした技術推進委員会**を設定

- 事前書面審査により**理解を深めていただきつつ、委員からの質問事項**を実施者に提示
- 回答を用意いただいたうえで委員会で発表、質疑応答による直接指導
- **PLにも参加**いただき、質疑応答による直接指導
- **委員間協議**により委員会コメントをまとめ、委員長承認を得て**後日実施者にフィードバック**
- NEDOは委員会コメントをよりどころに、**対応状況、進捗状況確認**を実施
- 評価事項
  - ステージゲートまで（**技術の高さを意識**）
    - ✓ 研究開発成果がリモート技術の基盤となるか
    - ✓ 開発する技術・システムとその達成水準の明確化
  - ステージゲート後（**アウトプット目標を意識**）
    - ✓ 連続して実用化研究に移行するための体制づくり
  - 最終年度（**アウトプット目標 + アウトカム目標を意識**）
    - ✓ 連続して実用化研究に移行するための体制づくり
    - ✓ 社会実装（アウトカム目標）達成への道筋
- 第3回は**ステージゲート審査**

| 12月                      | 1月                        | 2月                       | 3月                      |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 審査要領<br>通知<br>★<br>12/19 | スライド<br>初版提出<br>★<br>1/30 | テーマ審査<br>当日<br>★<br>2/19 | コメント<br>送付<br>★<br>3月上旬 |
| 委託先スライド作成                |                           | スライド修正等                  | コメント集約                  |
|                          | 事前確認                      |                          |                         |

第7回テーマ審査委員会スケジュール

# 進捗管理 (テーマ審査委員会の運営)

| テーマ審査委員会         | 開催時期         | 委員構成   | これまでの成果と今後の計画以外の評価事項  |
|------------------|--------------|--|---|
| 第1回              | 2022年2月      | 採択審査委員から2名、新規3名                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>研究開発成果がリモート技術の基盤となるか</li> </ul>  |
| 技術指導 見学会         | 2022年6月～9月   | 変更なし   |   |
| 第2回              | 2022年9月      | 変更なし   |   |
| 第3回<br>ステージゲート審査 | 2022年12月     | テーマ審査委員から3名、新規3名<br>より公平性、俯瞰性を高める観点<br>から半数は新委員とする |   |
| 第4回              | 2023年7月      | ステージゲート審査委員から5名                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための方針</li> </ul>   |
| 技術指導 見学会         | 2023年11月～12月 | 変更なし   |   |
| 第5回              | 2024年4月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応計画</li> <li>提案時の「研究開発成果の事業化計画書」に対し研究開発進捗、社会情勢の変化を反映したアップデート</li> </ul>    |
| 第6回              | 2024年9月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応状況</li> <li>将来像実現に向けた社会実装（アウトカム目標）達成への道筋策定状況</li> </ul>                   |
| 第7回              | 2025年2月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトの位置づけ・意義（基盤技術の定義、実用化研究を開始できる水準の定義）</li> <li>プロジェクトの成果</li> <li>アウトカム（社会実装）達成までの道筋策定状況</li> </ul> |

# 開発促進財源投入実績

PLと協議のうえ未契約予算を成果最大化に向けて効果的に配賦

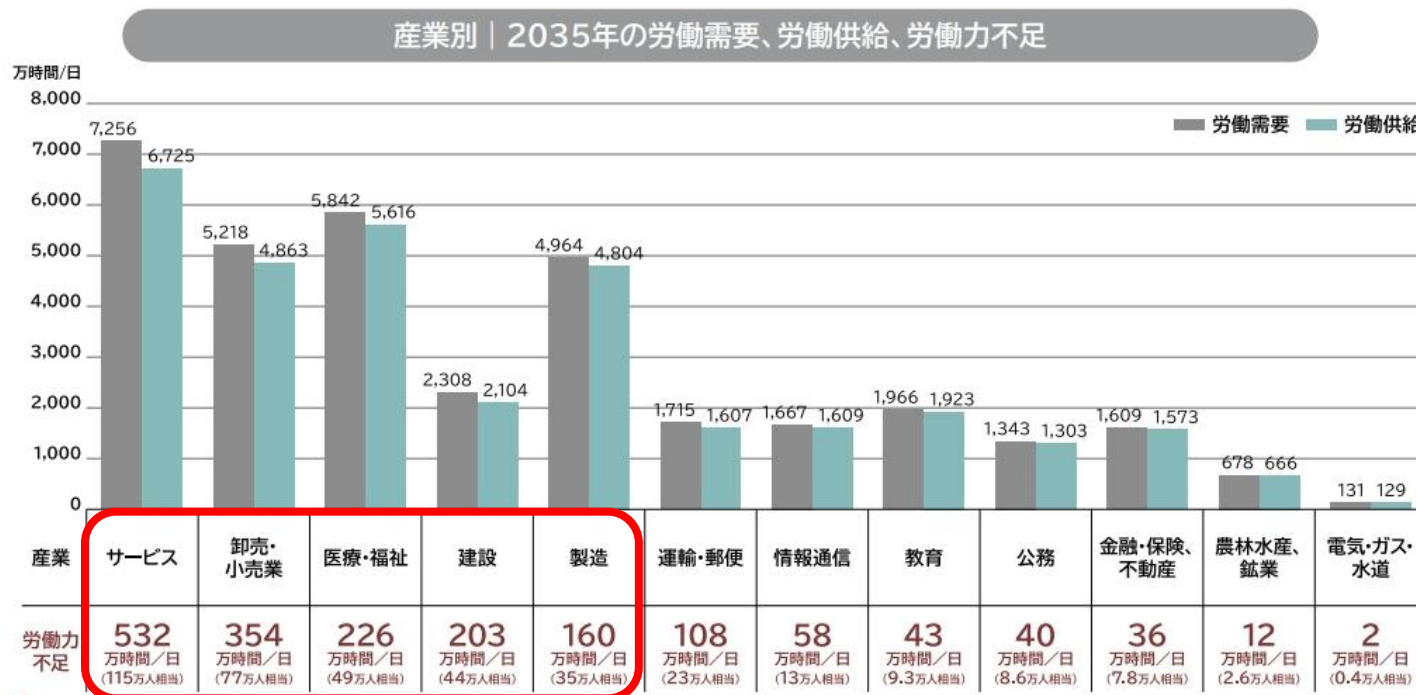
| 年度     | 件数 | 金額<br>(百万円) | 目的   |
|--------|----|-------------|--|
| 2021年度 | 1件 | 10.8        | <ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーション環境整備による研究開発加速のため</li> </ul>   |
| 2022年度 | 4件 | 33.4        | <ul style="list-style-type: none"> <li>計算資源増強による研究開発加速のため</li> <li>計測により定量化が必要とのテーマ審査委員会からのコメントへの対応のため計測環境の導入</li> <li>定量的解析環境導入による構造体の最適設計加速のため</li> <li>5G通信環境の普及が想定より進まないという社会情勢の動向に対応するためLTE環境の導入</li> </ul> |
| 2024年度 | 2件 | 20.0        | <ul style="list-style-type: none"> <li>短期間で投資効果が期待できる追加研究開発案件、(多チャンネルワイヤレス化による多人数同時触覚計測、展示会での情報収集から必要性を認識した超音波検査の組み込み) に投入</li> </ul>  |

# 動向・情勢変化への対応

## ➤ 2035年における労働力不足予測はさらに深刻化

- 働き方改革等により労働時間は約91%に短縮
- 1日あたり約1,775万時間の労働力が不足との見込み

(パーソル総合研究所と中央大学による「労働市場の未来推計2035」より)



想定した、サービス業、卸売・小売、医療・福祉、製造業における労働力不足は、依然として大きい  
リモート技術活用の市場は拡大見込み

# 動向・情勢変化への対応

## ➤ コロナ禍の終息

- リモート技術への期待は緊急対応で高まり、リモート会議等のコミュニケーションツールは浸透、LLM活用により言語による利便性は向上するも、非言語コミュニケーションにはブレークスルー技術が必要
- 終息後も持続可能な働き方、暮らし方として、**ニーズは継続・拡大**

大きな方針転換は行わず、4年の短期プロジェクトをやり切り、成果をもとに次のステップに進むとした

## ➤ LLM・生成AIの急速な実用化

導入により開発効率向上が見込めるか実施者に打診

- 参照系AIのフレーム抽出にLLMを活用（ハプティックMEMS）

# 成果普及への取り組み (イベント)

## ➤ シンポジウム・フォーラム

- 国際ロボット展 ロボット・AIフォーラム 2022.3
  - 事業概要説明
- モノづくり日本会議シンポジウム 成果報告会 2022.6
  - 事業概要説明  
⇒Web記事化 遠隔触診を実現するAI デジタル空間を介する遠隔触診ならではの利点とは (ASCII STARTUP 特集 NEDO「AI NEXT FORUM 2023」)
- AI Next Forum 2022.2
  - NEDO AI関係4プロジェクトの紹介の場に4テーマが参加
  - ポスター展示ではプロジェクト毎ではなく領域の近いテーマを集め、出展者間での情報交流を促進  
⇒後日、異なるプロジェクトのテーマとの間でオンライン情報交流会を実施
- モノづくり日本会議シンポジウム 2024.8
  - NEDOが事業概要説明
  - 講演とデモ (ハプティックMEMS、遠隔触診)  
⇒新聞記事化 遠隔触診支援システム (日刊工業新聞 2024.8.28)
- ロボット学会オープンフォーラム 2025.9
  - 講演 (遠隔触診)
- モノづくり日本会議ロボットシンポジウム 2025.3
  - 講演とポスター展示 (遠隔触診)



モノづくり日本会議シンポジウム 2024.8



モノづくり日本会議シンポジウム 2025.3

# 成果普及への取り組み（企業紹介）

## ➤ 技術委員による企業紹介

- 企業出身委員に事業視点でのアクションを依頼
- 技術の素性、完成度に手ごたえを感じた委員による企業と実施者の情報交流会
- 委員長承認のもとテーマ審査委員会の技術指導として実施
- **実施者・企業それぞれの技術・取り組みを把握**している立場で、紹介したいと思ったポイントを説明いただき、スムーズな情報交流に導いていただいた：4件
  - 触覚技術開発フェーズ、事業化目標時期が似ているため共同研究につながる可能性（電機系メーカーとハプティックMEMS）
  - 加工系技能の技術伝承、教育に技術が活用できないか、AR・VR＋ハプティクス（機械系メーカーとハプティックMEMS）
  - 大型部品納入時の品質検査にトラックに積んだままドローンで俯瞰、状態把握（機械系メーカーと空のアバター）
  - 道路保守に対するドローン利活用促進のための法規制対応の可能性（道路保全管理企業と空のアバター）
- 実施後の動き
  - 実施者の技術デモンストレーションおよびデータ測定を実施し、学術指導に向けた**NDAを締結**
  - 実施者の別組織の技術が応用できる可能性があるとのことで、関係者による情報交換に発展

# 成果普及への取り組み（企業紹介）

- NEDOのプロジェクト担当者による企業紹介（事業終了後も継続）
  - NEDOのプロジェクト担当者が意義があると感じたテーマ間での情報交流会：1件
    - 事業化に向けた課題意識を高めていただく狙い（DTSU採択ヘルステック企業と遠隔リハビリ）
  - 各種展示会でのブース訪問をもとに、実施者と企業との情報交流会を実施：3件
    - 新規事業に向けた学術指導の相談（電機系メーカーとハプティックMEMS）
    - 遠隔医療への取り組みでの協業ができないか（通信系企業・医科大学と遠隔触診）
    - 災害現場状況把握のためのドローン制御技術の活用（電気部品メーカーと空のアバター）
  - NEDOへの出向元社に公開されている事業紹介パンフレットの内容を説明、興味がある部門と実施者の情報交流会を実施：2件
    - 職人技能の計測、伝承への活用（建設系企業とハプティックMEMS）
    - 触覚センシングのロボットへの活用（機械系メーカーとハプティックMEMS）
  - 実施後の動き
    - 実施者を訪問してデモを体験

# 成果普及への取り組み（起業準備支援）

## ➤ 起業準備支援

### 課題：

スタートアップは、早期の事業化が必須であるが、NEDO事業期間中の事業化は仕組みとして、整理が必要。

### アクション：

先例を調査し、事業期間中の収益化を可能とする方法を明確にし、早期の事業化を可能とした。これらの課題提議により、NEDO内部でルールが整理され、2025年1月にNEDOの対応方針の統一化が図られた。

### 成果：

2024年にユーザー企業へのサンプル提供、2025年10月に創業に貢献。

# 成果普及への取り組み (広報)

## ➤ 刊行物

- [広報誌「Focus NEDO」No.88 2023.2](#)
- [プロジェクト紹介パンフレット 2025.4](#)

## ➤ YouTube NEDOチャンネル

- [AI・XR活用により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 消防・防災分野編](#) (空のアバター : 2025.3.28)
- [AI・XR活用により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 警備分野編](#) (空のアバター : 2025.3.28)
- [Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発](#) (遠隔触診 : 2025.4.7)
- [メタバース遠隔リハビリテーションシステムにおけるMR<sup>3</sup>デバイスの開発と実装](#) (遠隔リハビリ : 2025.10.1)



## ➤ ニュースリリース

- [リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる革新的なドローン運用技術を開発しました | ニュース | NEDO](#) (空のアバター : 2024.12.16)
- [Contact Realityの実現による世界初の遠隔触診システムを公開します | ニュース | NEDO](#) (遠隔触診 : 2025.2.21)
- [遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました | ニュース | NEDO](#) (遠隔リハビリ : 2025.3.25)  
⇒ 8件の利用問い合わせ
- [リアルな触覚再現技術による、技能教育システム、心拍数共有アプリを開発しました | ニュース | NEDO](#) (ハプティックMEMS : 2025.3.31)  
⇒ 中学生の教材に一部引用掲載、部品メーカーから紹介依頼

# 実施者へのアンケートから

「NEDO事業を通して得られた事、または良かった点」 から抜粋

- ～多くの企業に技術を紹介する機会を得ることができ、CEATEC2023, SXSW2024, CES2025の展示会でも**国内外の企業にアプローチすることができた**～
- ～異分野の研究者や企業との交流が進み、新しい応用分野の可能性について具体的な議論を交わす機会にも恵まれた。これにより、触覚技術の社会実装に向けた連携の重要性を実感～
- ～これまで築いてこなかった多様なネットワークを構築でき、**専門領域を越えた連携の可能性を広げられた**～
- ～共同研究の推進体制や社会実装に向けた**具体的手法を学べた**～
- ～複数のチームやパートナーと連携する場面では、全体の進捗を見ながら適切に調整を行うことの難しさを実感しつつも、**実務を通じてその対応力を高めることができた**～
- ～**社会実装を見据えた研究ビジョンを明確に意識**しながら研究を進めることができた～

# プロジェクトの補足説明

## テーマごとの実施内容とアウトプット目標達成状況

- 動作ユニットAI
- ハプティックMEMS
- 遠隔触診
- 遠隔リハビリ
- 空のアバター

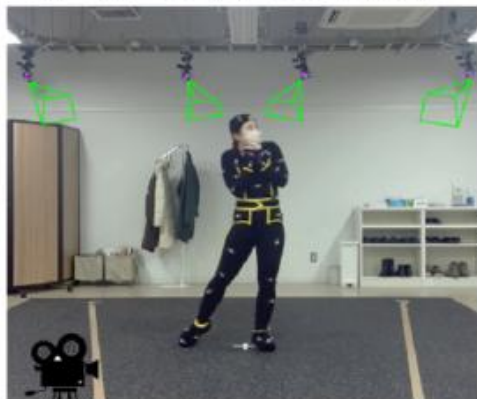
## 動作ユニットAI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による 遠隔コミュニケーション環境の構築

東北大学

- 対人コミュニケーションの中では、非言語情報が重要な役割を果たしているが、オンラインコミュニケーションで、非言語情報がうまく伝達できないことによる様々な不具合やもどかしさが露見。
- 顔表情研究における分析単位として特定の顔部位の動きを「アクションユニット」と定義したことで客観的な検証が可能になったように、**身体動作の分析単位として「動作ユニット」**を定義。
- 「**動作ユニット**」と人の感情や意図とを関係付けたAIを構築して、何らかのセンサ情報から推定された結果からキャラクターの感情豊かな動きを生成できるようにする研究を、文理融合・産学連携・国際共同研究の体制で進める。

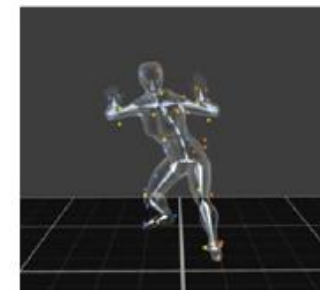
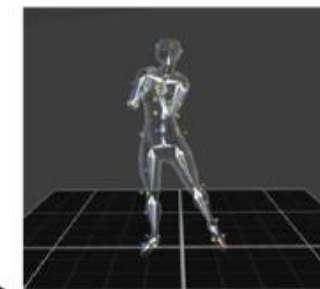
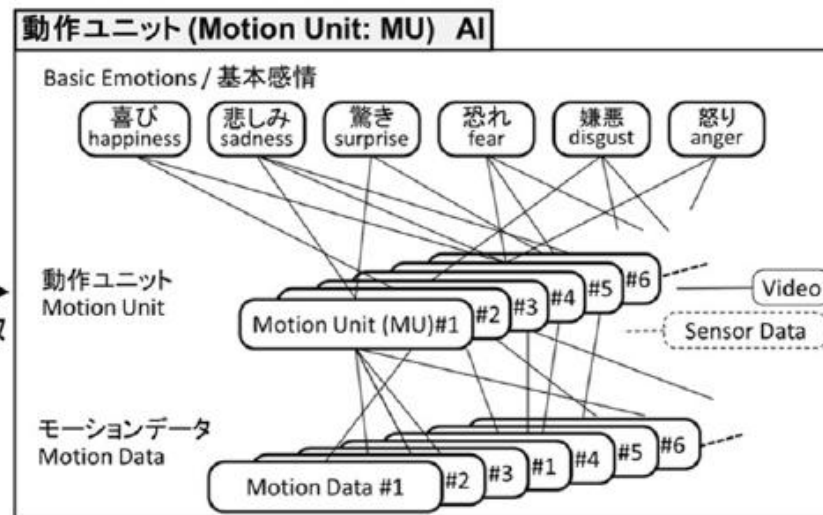
### 【学習時】

モーションキャプチャ装置



実写映像撮影用カメラ

学習  
データ



# 「動作ユニットAI」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |  |     |   |
|-----------------------|--|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 動作ユニットAIの開発と感情推定結果に基づくキャラクタの感情豊かなモーションの自動生成  | 達成度 | △ |
| 達成状況の根拠               | 中間目標を達成、動作ユニット間の連結に周期オートエンコーダをシステムに取り込むことは革新的で、トランスフォーマモデルを用いたモーション自動生成も評価に値する。ステージゲート審査にて非継続となった。2022年度で終了。 |     |   |

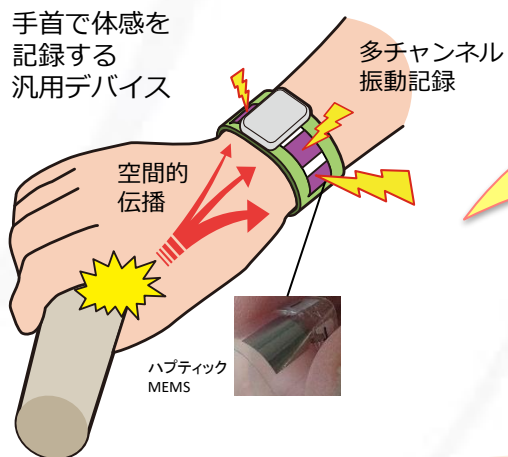
| 実施項目               | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント)   |
|--------------------|---|--|
| 動作ユニット定義           | <ul style="list-style-type: none"> <li>関節位置点群により表現した身体モデルを用いた提示実験から、人の感情に基づく動きのデータベースは標準的な身体感情を分類するコーディングシステムとなること等を示した。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>顔表情分析でよく使われるAction Unitに倣い、身体動作の分析単位として動作ユニット(Motion Unit)を新たに定義してAI化することは学術的にも挑戦的。</li> </ul>                          |
| キャラクタの感情豊かな動きの自動生成 | <ul style="list-style-type: none"> <li>以下の技術を開発、新規性、革新性を論文発表した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>音声データとテキストを入力することによる表情豊かなアニメーションを生成</li> <li>トランスフォーマを用いた自己回帰型モデルを用いて音声データから顔の動作</li> <li>連続的なベクトルを用いた様々なスタイルの歩行動作の生成</li> <li>周期自動符号下器(Periodic Autoencoder)を用いた動作生成</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>動作ユニットAIは、キャラクタが単純に人の動作を模した表現を出力するに留まっていた従来手法を超えて、より豊かな感情の表現を実現するという付加価値を提供する。学会誌などの解説記事、招待講演等にて、学術的成果をアピール。</li> </ul> |

# 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

産業技術総合研究所 東北大学 株式会社Adansons 筑波大学 (オムロン株式会社 ~FY22)

- 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

ISM ( Intensity Segment Modulation )  
・東北大学の信号強調・変換技術



生み出す価値

心情の演出・共感

体感の識別・学習

存在(=体)の実感

# 「ハプティックMEMS」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |   |     |   |
|-----------------------|---|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 極薄ハプティックMEMS技術と参照系AIを統合した双方向リモート触覚伝達プラットフォームの開発   | 達成度 | ◎ |
| 達成状況の根拠               | 極薄ハプティックMEMS、ISM (Intensity Segment Modulation)、参照系AIを融合し、技能伝達から感情共有まで世界的に先駆的なリモート触覚基盤を実証し、社会実装に直結する成果をあげた。 |     |   |

| 実施項目                              | 主な成果   | 意義 (優位性、差別化ポイント等)   |
|-----------------------------------|--|---|
| 極薄ハプティックMEMS<br>基盤技術の確立           | <ul style="list-style-type: none"> <li>世界最薄クラス (2.5-10<math>\mu</math>m厚) のPZT-MEMSアクチュエータを高歩留まりで実現。</li> <li>最大変位55<math>\mu</math>m、発生力0.18Nを達成し、従来のモーターや共振型アクチュエータに比べて圧倒的に小型・高効率。</li> <li>信頼性試験 (耐湿・耐熱・耐寒・衝撃・振動) に合格し、リストバンド型モジュールとして実用水準の耐久性を実証。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>「超薄・軽量・高効率」という三拍子を兼ね備え、既存の振動モーターを置き換える新世代標準技術として位置づけ可能。</li> <li>高精細な触覚表現を可能とし、ウェアラブルやフレキシブルデバイスへの応用展開に優位。</li> <li>日本発のMEMS技術に基づく独自性により、国際的競争力を持つ差別化ポイントを確立。</li> </ul>   |
| ISMと参照系AIによる<br>触覚信号処理とネゴシエーション技術 | <ul style="list-style-type: none"> <li>東北大学のISM (Intensity Segment Modulation) 技術を拡張し、触覚信号のリアルタイム処理 (遅延8ms程度) を実現。</li> <li>多点振動の統合・個人差調整・双方向伝達のハウリング抑制などを可能にし、AIを介した高精度触覚編集を確立。</li> <li>言語指示や開発者向けGUIによる「体感ネゴシエーション」機能を開発し、CES2025に出展。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>音声・映像では不十分な非言語的信号を「触覚」で補完できる新しい通信手段。</li> <li>ユーザーが自然言語で触覚表現を編集できる点は世界的にも独創的。</li> <li>AR/VRや映像配信と親和性が高く、エンタメ・スポーツ・教育分野での国際的市場開拓に直結。</li> <li>ISMによる触覚配信技術を事業化するスタートアップを2025年10月に創業。CEATEC 2025にてネクストジェネレーション部門賞受賞。</li> </ul> |
| 双方向リモート触覚伝達システムの応用検証              | <ul style="list-style-type: none"> <li>リストバンド型やツール貼付型デバイスを用いたリモート技能伝達システムを開発し、各種タスクにて熟練者と初心者の違いを触覚で伝達可能であることを実証。</li> <li>力触覚の可視化やARを用いた技能教育支援を実現し、学習者が「触覚+視覚」の統合情報で効率的な技能習得を実証。</li> <li>疑似心拍振動を用いた感情共有システムを構築し、心拍をリアルタイムで共有するアプリ「Hear2Gether」をApp Storeで公開。オンラインゲームや遠隔交流の場で、相手の存在感・情動を触覚で体感できることを実証</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>熟練技能の継承やスポーツトレーニング、遠隔医療支援といった社会的課題に直結し、リモート教育・ケアの新しい方法論を提示。</li> <li>視覚・聴覚に偏らず、触覚を介して「技能」「感情」「存在感」を同時に伝えられる点が従来技術との大きな差別化要素。</li> <li>「技能共有」と「感情共有」を一体化した実証は世界的にも先駆的であり、次世代コミュニケーション基盤としての社会的波及効果が期待される。</li> </ul>            |

# Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

理化学研究所 (FY23より名古屋大学に事業承継) 名古屋大学 豊田合成株式会社

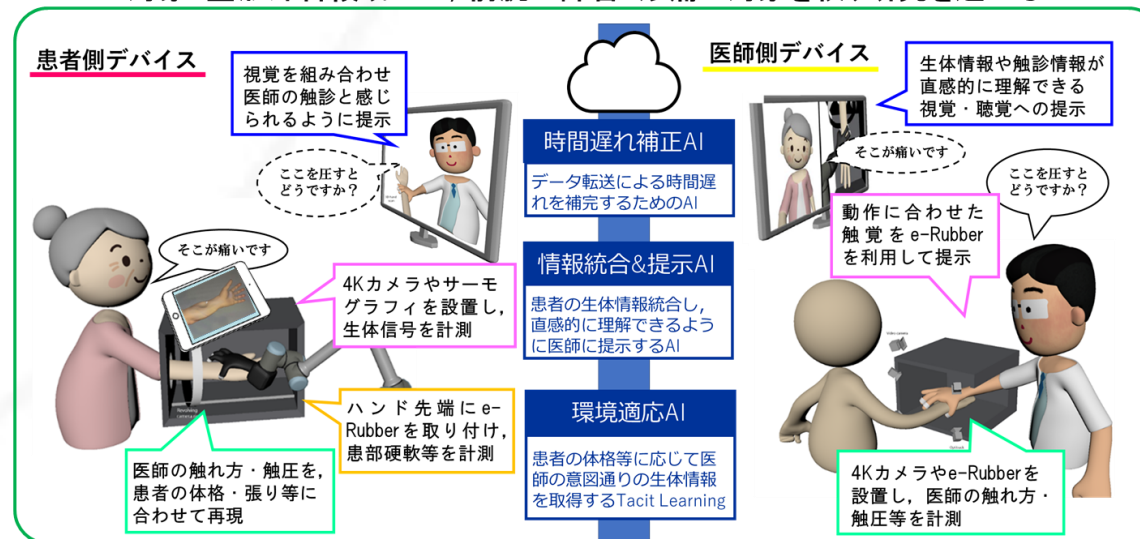
- 遠隔であっても、対面と同様に「医師が診断に確信」を持って、患者が「医師を信頼」できる遠隔触診システムが必要。
- 触覚は、感覚の時間のずれに非常に敏感。遠隔で触った感覚が遅れて伝わると、何を触っているのか全く理解できない。触覚に限らず、視覚や聴覚の助けも借りて、**対面診断と同等以上の患者の病状理解と、信頼関係の向上**が可能なシステムを目指す。

## 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

**Real** ではなく **Reality** : 触覚・視覚・聴覚を利用し、転送遅れがあっても直感的に病状を理解しあえるシステム

### Contact Reality

対象: 整形外科領域での、前腕の障害・疼痛を対象を絞り研究を進める



紹介ビデオ



# 「遠隔触診」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

| アウトプット目標<br>(2025年3月)                          | 医師と患者の間で触覚を双方向に伝送可能な遠隔触診システムの開発   |  | 達成度 | ○ |
|--|---|--|-----|---|
| 達成状況の根拠  | 遠隔触診システムを構築し、シンガポール国立大学病院と名古屋大学病院を結んで患者の診察実験に成功したため   |  |     |   |
| 実施項目   | 主な成果  | 意義 (優位性、差別化ポイント等)  |     |   |
| 遠隔触診デバイス開発                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>医師側は、Virtual空間を利用し触診を利用した診察に必要な、患者の表情・バイタルデータ・患部近影・触覚情報を医師に提示し、かつ医師の触診意図を正確に読むHaptic I/O Dollを実装</li> <li>患者側は、ディスプレイ提示・触診マニピュレータの組み合わせにより、医師とのリアリティのあるコミュニケーションが可能となり、<b>テニス肘の診察</b>が可能となった。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>触診という“非言語的医療行為”を実際の患者の診察に利用</b><br/>単なる力覚伝送ではなく、医師の触診意図 (触診位置・強さ) を同定し、患者側に伝達する双方向触覚ループを実現。従来の遠隔診療では不可能であった「触れながら診る」行為を<b>現実同等の信頼感と臨場感で再構築</b>した。</li> <li><b>患者の“存在感”と医師の“臨場感”を同期させる独自UX</b><br/>透明ディスプレイ上のアバターと実空間触診マニピュレータを同期させ、患者が「医師に触れている」と感じるリアルな遠隔体験を実現。実証実験ではテニス肘患者を診察し、遠隔でも患部圧痛の特定・会話・表情観察を伴う医療コミュニケーションが成立。</li> <li><b>既存技術との差別化</b><br/>既存の遠隔診療システムが映像・音声情報の伝送に留まるのに対し、本技術は触覚・感情・意図の三層的データ伝送を実装。“Contact Reality”の概念に基づく統合設計により、<b>触診を通じた「共に在る」感覚を創出</b>する唯一のシステムとなった。</li> </ul> |     |   |
| 臨床試験   | <ul style="list-style-type: none"> <li>医師側・患者側とも、専門医が務める試験により、手首のような繊細な部分で、手根管・橈骨動脈・橈骨茎状突起といった硬さや特徴の異なる部位を正確に適切な触圧で触診可能であることを示した。</li> <li>テニス肘の診察を<b>日本—シンガポール間で可能</b>であることを実証した。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>医療的信頼性を科学的に検証した初の遠隔触診臨床試験</b><br/>医師・患者とも専門医が参加した試験では、主観評価 (平均9/10点) と物理計測 (位置誤差 <math>\sigma=0.5\text{cm}</math>以内) が一致し、実臨床レベルでの再現性と信頼性を実証した。</li> <li><b>国際遠隔医療への展開可能性を実証</b><br/>日本—シンガポール間 (約5,000km) のネットワーク遅延 (約200ms) 下でも、触診精度・主観評価ともに国内試験と統計的有意差なしで診察が可能。これにより、<b>国際連携医療・災害医療・僻地支援</b>などでの<b>グローバル・テレメディスン基盤技術</b>としての<b>有効性</b>を示した。</li> </ul>  |     |   |
| 遠隔エコー・遠隔神経伝達速度検査<br>国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 | <ul style="list-style-type: none"> <li>触診と組み合わせることで、対象疾患を大幅に増やすことのできる遠隔エコーと遠隔神経伝達速度検査システムを構築。テニス肘の診察に利用することで、<b>確定診断を可能</b>とした。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>「見る」「触れる」「測る」を統合した新しい遠隔診断体系の確立</b><br/>従来の遠隔診療では得られなかったエコー (超音波) による視覚情報と、触診による感覚情報、神経伝達速度の定量データを同一プラットフォーム上で統合。これにより、<b>構造・機能・感覚の三層を同時に把握する“統合診断型リモート医療</b>を可能とした。</li> <li><b>対象疾患を拡大する診療インフラ</b><br/>触診のみでは評価困難な末梢神経障害・腱鞘炎などの機能性疾患に対して、エコー画像および神経伝達速度データを併用することで、<b>確定診断を遠隔で実施可能</b>にした。特にテニス肘症例では、<b>触診+エコー+伝達速度測定</b>の組み合わせにより、<b>炎症部位の特定と重症度判定を非対面で完遂可能</b>。</li> </ul>  |     |   |

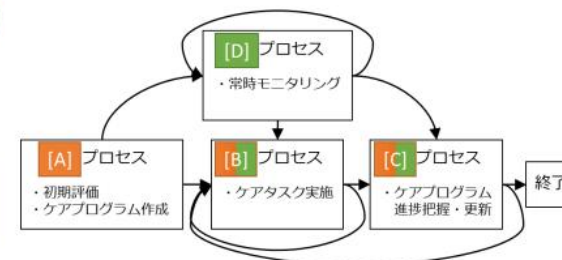
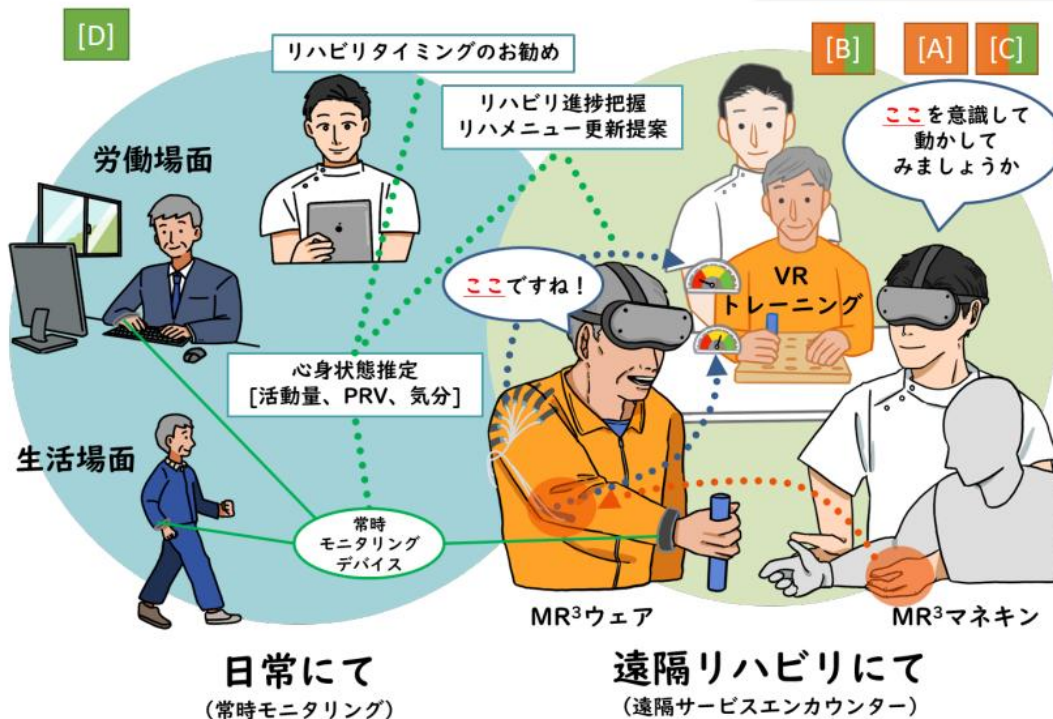
# 遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤構築と保健指導との互恵ケア連携

産業技術総合研究所 京都大学 東京大学 セイコーエプソン株式会社 株式会社エブリハ

- リハビリテーションと特定保健指導を対象とし、**サービスプロセスの遠隔化**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。

## 遠隔VRリハビリと常時モニタリング

- ▶ MR<sup>3</sup>デバイスによる生活・運動機能評価と触力覚インタラクション
- ▶ VRリハビリ（ハンドリダイレクション、融合身体）による動機付け支援
- ▶ メタバース環境での同種・異種互恵ケアによる動機付け支援
- ▶ 常時モニタリングによる心身状態推定（動機付け見守り）



遠隔ヘルスケアサービスプロセス



紹介ビデオ

MR<sup>3</sup>: MultiModal Mixed Reality for Remote Rehab, エムアールキューブ

# 「遠隔リハビリ」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |  |     |   |
|-----------------------|--|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 遠隔ヘルスケアサービスにおける種々の困難を緩和する多感覚XR-AI (XR powered by AI) 技術基盤の構築 | 達成度 | ○ |
| 達成状況の根拠               | リハビリ現場での実証実験を通じて、実用化研究開始のための性能面等の目標および運用面の水準の達成を確認           |     |   |

| 実施項目             | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント等)   |
|------------------|---|---|
| VRリハビリプロトタイプシステム | <ul style="list-style-type: none"> <li>ノイズの影響を排除でき、洗濯耐性を有するウェアラブルな肩関節や肘関節角度の計測デバイスを開発。</li> <li>デバイスに関する使用ガイドラインを作成。</li> <li>計測データは上肢・肩甲骨運動オープンデータセットとして公開。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>海外事例と比較して、高いS/N比を実現。</b> 肩関節や肘関節角度を高い精度で推定可能であることに加え、微小な形状変化を捉えることができる点で、<b>他の計測手法よりも優れている。</b> ガイドラインでは、デバイス利用に際しての個人差の影響にも対応。</li> <li>上肢・肩甲骨運動オープンデータセットの公開は<b>世界初</b>。</li> </ul> |
| VRリハビリ手法         | <ul style="list-style-type: none"> <li>リダイレクション：VR技術の各調整パラメータと効果の関係を調査、ガイドラインを作成。</li> <li>互惠ケア：タスク実施支援技術を開発し、3種類以上の異なるサービス利用者により<b>動機付け効果を実証</b>、使用ガイドラインを作成。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>リダイレクション：VRリハビリの先行事例では、リダイレクションなどの介入機能は搭載されておらず、新規性あり。</li> <li>互惠ケア：VR空間での<b>継続時間を対象</b>にした介入要素に関するものは、おそらく初。</li> </ul>  |
| 常時モニタリング         | <ul style="list-style-type: none"> <li>経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO2)、PRV、基本行動種別、メンタルバランスを新たに計測・測定可能とした。</li> <li>非歩行系モニタリング (座位から立位の動作) のアルゴリズムおよび心的状態推定AIを開発。</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>既存のウェアラブル機器で用いられている既存センサに比べて<b>電力効率で2倍以上優位</b>であり、精度確保と実用性を両立。</li> <li>絵文字を用いた経験サンプリングの採用により、即時性の高い主観情報を対象とした推定モデルの構築を可能とした。</li> </ul>   |

# 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

東京大学 産業技術総合研究所

- 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、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す。
- 複数のドローンに分散して搭載するマルチセンサ情報を遅延なく高速に操作者に伝送・提示。
- クラウド上のデジタルツイン（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する。



紹介ビデオ  
消防・防災分野編



紹介ビデオ  
警備分野編

# 「空のAvatar」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |   |     |   |
|-----------------------|---|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 防災、警備、点検といった危険性・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技術の開発 | 達成度 | ○ |
| 達成状況の根拠               | 福島ロボットテストフィールドでの公開実証を通じて、機能・性能面の目標の達成を確認          |     |   |

| 実施項目            | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント等)   |
|-----------------|---|---|
| 社会実装            | <ul style="list-style-type: none"> <li>防災利用・警備利用の業務フロー、サービス要件、機能要件等を含む分野別運用コンセプト (ConOps)、ガイドラインを作成。</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>警備利用においては、想定した複数回の実証実験を警備会社と共同で実施し、各シーンにおける想定課題、対策案をアンケートにより収集。</li> <li>他社で同レベルのシステム・機体を開発している情報はなし。</li> </ul> |
| 運用及び評価          | <ul style="list-style-type: none"> <li>自律飛行技術、遠隔操作技術等を実装可能なマルチセンサ搭載ドローンを開発し、センサの最適配置を確立。</li> <li>LTEによる低遅延画像伝送を確認。</li> </ul>  |   |
| ネットワーク構築・クラウド活用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>5G基地局電波からLAN通信を接続する通信手法にて低遅延な通信を達成。</li> <li>クラウド型AI・XRサービスの安定した運用を実現。</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>将来的な、<b>空中5G通信の提供に備えた取り組み</b>として実施し、上空における閉域通信の実現は<b>国内初</b>の試み。</li> </ul>                                      |
| 状態推定AI・XR提示技術   | <ul style="list-style-type: none"> <li>複数ドローンセンサ情報に基づく<b>デジタルツイン環境構築、状態推定AI、高度XR提示技術、複数ドローンの遠隔操作および群協調飛行制御技術</b>を開発。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>関連する2件の国際会議論文 (ICRA2022, ICRA2023) に関して、それぞれ<b>被引用数40件、108件</b>、オープンソース<b>GitHub 1100スター</b>を達成。</li> </ul>      |

### 3. 目標及び達成状況の詳細

#### 3.1. 【A】研究開発項目：状態推定 AI システムの基盤技術開発

##### 3.1.1. 動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築

|  |  |      |   |
|--|--|------|---|
| テーマ名   | 動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築  | 達成状況 | △ |
| 実施者名   | 委託先：国立大学法人東北大学<br>再委託先：株式会社 SRA 東北、株式会社冬寂  |      |   |
| 達成状況の根拠  | 中間目標を達成、動作ユニット間の連結に周期オートエンコーダをシステムに取り込むことは革新的で、トランスフォーマモデルを用いたモーション自動生成も評価に値する。ステージゲート審査にて非継続となった。2022 年度終了。 |      |   |
| <p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>オンラインではコミュニケーションがうまくとれない。この問題を引き起こす重要な原因の 1 つは、コミュニケーションにおいて大きな役割を担うことが知られている非言語情報が、従来のオンラインの形態では伝わりにくいことである。</p> <p>そこで本研究では、多岐に及ぶ非言語情報の中で、「人の身体動作」に注目する。感情を表出する動作ユニットを定義し、動作ユニットの活動と感情表出の関係を対応付ける動作ユニット AI を開発する。動作ユニット AI により推定された感情に基づいて、キャラクターの動作を自動生成するシステムの実現を、将来の目標とした。</p> <p>遠隔エンタテインメントの実利用では、演者の映像入力に対し、動作ユニット AI によって推定される感情から動作アニメーションを効率的に生成する。リアルタイムの映像伝送を伴わないリアルタイム音声と制御信号のみを送信するオンラインライブの実現により、アウトカム目標である産業構造のリモート化・デジタル化に寄与する。</p> <p>●アウトプット目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・対人コミュニケーション研究による動作ユニット定義</li> </ul> <p>動作ユニットに基づき作成した刺激のみから、性別や年代、出身エリア、性格特性など対象の属性を推測できること。研究成果が社会心理学の論文として対外発表可能なデータと知見が得られていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ノイズやデータ欠損に強靱な高精度モーションキャプチャシステム開発</li> </ul> <p>動作ユニット妥当性検証実験、およびキャラクターアニメーション生成への応用研究にて使用可能なシステムが完成していること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人の感情を推定する動作ユニット AI 作成</li> </ul> <p>中間目標として、個人の身体動作に対して 7 種の基本感情、5 種の境的感情を推定するユニット AI を作成し、アウトプット目標として、サービス、ソリューション、バリューチェーンを定義し、ビジネスモデルをビジネスモデルキャンパスの形にまとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キャラクターの感情豊かな動きの自動生成</li> </ul> <p>生成モデルにより生成した動作と実データの誤差が正規化後に 20%以内であること。</p> <p>ユーザテストでは本モデルで生成した動作の優位性が既存モデルと比べて 50%以上、実データと比べて 15%以上であること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・リアルタイムキャラクターアニメーションの応用展開</li> </ul> <p>実用化を想定した動作ユニット AI のプロトタイプのもーションデータ更新とリアルタイムキャラクターアニメーションの事業化実証実験を完了させる。</p> <p>●実施体制</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・対人コミュニケーション研究による動作ユニット定義：東北大学</li> <li>・ノイズやデータ欠損に強靱な高精度モーションキャプチャシステム開発：東北大学</li> <li>・人の感情を推定する動作ユニット AI 作成：株式会社 SRA 東北</li> </ul> |  |      |   |

- ・キャラクターの感情豊かな動きの自動生成：東北大学
- ・リアルタイムキャラクターアニメーションの応用展開：株式会社冬寂

●成果とその意義

2022 年度までの事業期間に各開発項目に対して以下の成果を上げた。いずれもアウトプット目標に対しての中間目標に対する成果となる。

- ・対人コミュニケーション研究による動作ユニット定義

12 個の感情を異なるシナリオ、強度で演じ、キャプチャーした動作データに基づき、関節位置点群により表現した身体モデルを用いた提示実験から、人の感情に基づく動きのデータベースは標準的な身体感情を分類するコーディングシステムとなること等を示した。

- ・ノイズやデータ欠損に強靱な高精度モーションキャプチャシステム開発

光学式モーションキャプチャー装置にバイラテラルフィルタを応用した性能評価の結果、Savitzky-Golay Filter や Unscented Kalman Filter 等の従来技術によるフィルタに対する優位性を確認した。

- ・人の感情を推定する動作ユニット AI 作成

取得したモーションデータに基づくデータベースを作成し、感情を表すラベルのアノテーションのためのデータ分析をした。また、機械学習のための最適なアルゴリズムを選定するための分析を開始し、予備的結果であるが、Decision Tree Classifier が比較的認識精度が高いとの結果を得た。

- ・キャラクターの感情豊かな動きの自動生成

以下の技術を開発、新規性、革新性を論文発表した。

- ・音声データとテキストを入力することによる表情豊かなアニメーションを生成
- ・トランスフォーマを用いた自己回帰型モデルを用いて音声データから顔の動作
- ・連続的なベクトルを用いた様々なスタイルの歩行動作の生成
- ・周期自動符号下器(Periodic Autoencoder)を用いた動作生成

- ・リアルタイムキャラクターアニメーションの応用展開

想定される描画アプリケーションやモーションデータ等について、描画アプリケーションとして想定される unity と UnrealEngine、モーションデータ出力アプリケーションとして想定される MotionBuilder の間で、相互にスケルトン構造間のモーション変換と、それぞれのアプリケーション間でのモーション転送ができることを確認し、様々な環境での応用の準備を進めた。

●実用化・事業化への道筋と課題

まず、具体的な事業化として、リアルタイムキャラクターアニメーションの応用として、オンライン遠隔ライブイベントの制作・運営工程を簡素にして、クオリティを維持しつつ、コスト軽減やロバスト性向上を図ることを目指す。動作ユニット AI が、キャラクターが単純に人の動作を模した表現を出力するに留まっていた従来手法を超えて、より豊かな感情の表現を実現するという付加価値を提供する。さらに、最近普及しつつあるメタバース等でも、参加者の感情に対応するアバタの豊かな動作生成にも利用することで、遠隔での対人コミュニケーションの場面でも、不足する情報を補って伝送するなどの手段を講じることができ、豊かなコミュニケーションを実現できる。

文部科学省より新たに財政支援を受け、学内外・国内外の幅広い知見を結集する学際融合による「非言語情報通信」の研究開発を加速的に進め、成果の確実な社会実装を図るため、東北大学電気通信研究所にサイバー&リアル ICT 学際融合研究センターを 2023 年 4 月に新設して、研究開発に取り組み始めた。

|                    |        |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| ●期間・予算<br>(単位:百万円) | 2021FY | 2022FY | 2023FY | 2024FY |
|                    | 54     | 67     | —      | —      |

●特許出願及び論文発表

|     |      |       |      |                     |
|-----|------|-------|------|---------------------|
| 特許等 | 論文発表 | 発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
| 0 件 | 6 件  | 11 件  | 2 件  | 0 件                 |

### 3.2. 【B】研究開発項目：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

#### 3.2.1. 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

|         |   |      |   |
|---------|---|------|---|
| 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   | 達成状況 | ◎ |
| 実施者名    | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人筑波大学<br>株式会社Adansons、国立大学法人東北大学、オムロン株式会社  |      |   |
| 達成状況の根拠 | 本プロジェクトは厚さ10 $\mu$ mの圧電MEMSアクチュエータ、触覚強度変調法のリアルタイム処理、参照系AI信号処理を統合することで“薄く・軽く・知的”な触覚通信プラットフォームを世界に先駆けて提示することができた。 |      |   |

##### ●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

人と人を結ぶ遠隔コミュニケーションは、音声・映像技術の成熟によって飛躍的に発展した。しかしながら、技能の継承や情動の共有といった深層的な相互作用のためには、触覚を含む多感覚情報の伝達手段が求められている。

本プロジェクトの目的とするところは、極薄ハプティックMEMS技術と参照系AIによる信号処理を核に、遠隔地間で触覚をリアルタイムに「測り、送り、感じる」ための基盤を構築することである。

さらに、これらの技術基盤の構築により、遠隔技能伝達、医療リハビリ、XRエンタメ、感情共有など多分野への波及を狙っている。

##### ●アウトプット目標

本プロジェクトのアウトプット目標は、極薄ハプティックMEMS技術と参照系AIを統合した双方向リモート触覚伝達プラットフォームの開発である。具体的には、厚さ10 $\mu$ m圧電MEMSアクチュエータを用いた高信頼性・高感度な触覚センシングおよび提示機能の実装、8素子アレイ構造とノイズ低減設計による高精度空間表現、Intensity Segment Modulation (ISM) アルゴリズムのリアルタイム多チャンネル処理ライブラリ(8ch/8ms以内)を実装し、周波数帯別の強調処理と個人差補正機能の実現、心拍や表情等の生理信号を基に生成した心拍を模した振動(疑似心拍振動)の相互伝達による社会交流支援を目指す。さらに、WebRTC多チャンネル化による0.2~0.4秒以内の往復遅延での双方向触覚通信、技能体感共有システムやAR可視化による技能習得効果の実証、インターネット配信やライブイベントにおける競技者等の生理信号の触覚を通じた配信、CES等国際展示会での成果発表と特許出願(PCT含む)を通じて、産業界・学術界双方への波及を狙う。最終的には遠隔技能伝達、医療リハビリ、XRエンタメ、感情共有等への応用を可能にする基盤技術として確立する。

##### ●実施体制

産業技術総合研究所を中核機関とし、筑波大学、東北大学、株式会社Adansons、オムロン株式会社が参画する産学連携体制で実施。産総研はMEMS素子設計・実装・信頼性評価を担当し、オムロンと協力して耐環境性試験や量産性評価を行う。東北大学はISMアルゴリズム開発、多点刺激による空間表現、個人差補正機能の開発を担当。筑波大学は疑似心拍振動を用いた感情表現技術や社会交流支援アプリの開発、社会交流支援効果の検証を主としたユーザビリティ評価を担う。Adansonsは参照系AIによる触覚信号抽出・編集技術、ネゴシエーションUIの開発と市場調査を担当。プロジェクトマネジメントは産総研が全体統括し、定期的な全体会議で技術統合や実証計画を調整。CES、SXSW、AWE EU等で共同出展し、実証デモを通じて産業界・ユーザー企業とのフィードバックループを構築した。

##### ●成果とその意義

本プロジェクトは、厚さ10 $\mu$ mの極薄圧電MEMS素子を用い、 $\pm 10\%$ 以内の静電容量変動で耐環境性を確保した8素子アレイ無線リストバンド型デバイスを世界に先駆けて開発。ISMアルゴリズムにより高周波振動を知覚等価な振幅変調波に変換し、技能体感のスマートフォン上での提示、極薄圧電MEMS素子を用いて硬度の違いの鉛筆の筆記感(HB~6Bの4種)提示に成功、リアルタイムで知覚周波数特性に基づき個人差補正を実現。LANで0.14~0.3秒、インターネット越しで0.24~0.5秒の往復遅延を達成し、音声・映像と同期した触覚通信を可能にした。技能伝達実験では手首位置の多点空間表現により回転方向識別率を70%から90%に向上、押付力再現誤差を50%低減。Wi-Fiを用いたワイヤレスマルチチャンネル体感伝達システムを開発し、カーリングのスイープ動作を対象とした技能計測を実現。参照系AIアルゴリズムを拡張し、触覚信号に適用可能な周波数領域と時間領域の双方を加味した体感ネゴシエーションシステムを開発。従来の信号処理技術ではノイズ除去が不可能であった信号においても、信号分解を可能とした。

さらに、生成 AI を組み合わせた自然言語や視覚情報を参照させた体感ネゴシエーションにより、どの信号がノイズでどの信号が抽出対象かという人間の意図を AI に対して伝えられる世界初の参照系 AI インターフェイスを開発することに成功。また、疑似心拍振動の拡張により従来の心拍数による覚醒度（覚醒—沈静）の表現に加え、周波数変調による感情価（快—不快）の表現を実現。対戦型オンラインビデオゲームの文脈において、遠隔の対戦相手の社会的存在感が向上することを実証し、iPhone/Apple Watch 向けアプリ「Hear2Gether」として実フィールドで体験可能な形態で公開。CES 2025 等での発表により国際的注目を集め、特許 5 件（PCT 含む）出願、学会賞・デモ賞を複数受賞。既存の LRA や振動モータ方式と比較して、薄型・軽量・高応答帯域を兼備した双方向触覚通信を実用レベルで実現した意義は大きく、遠隔作業支援、医療リハビリ、XR 市場など幅広い分野に波及可能な基盤を確立した。

国内外の他技術・従来取り組みとの比較による優位性については、既存の商用触覚デバイスや研究開発事例の多くは、LRA（リニア共振アクチュエータ）や偏心モータを用いており、デバイス厚みや重量、応答帯域に制約があり、高周波成分を含む精細な触覚再現や双方向通信は困難であった。海外では超音波や空気圧式の非接触触覚提示も研究されているが、装置が大型化し、ウェアラブル性や多点センシングとの統合は進んでいない。また、国内における既存 MEMS 触覚デバイス研究は単方向提示用途が中心であり、センシングと提示を同一素子で実現し、かつ多点空間表現・個人差補正を含むリアルタイム双方向通信を成立させた事例はない。本プロジェクトは、①厚さ 10 $\mu$ m クラスの超薄型 MEMS で高出力・高耐環境性を両立、②ISM+参照系 AI による高度信号処理を統合、③ウェアラブルデバイスで触覚の双方向通信を実現、という点で国内外の従来技術を凌駕している。これにより、遠隔技能伝達や感情共有など、従来実用化が難しかった応用領域での社会実装可能性を大きく上げたことに意義がある。

#### ●実用化・事業化への道筋と課題

短期的には製造業や医療リハビリ分野における技能伝達・分析サービス、およびインターネット配信やライブイベントにおける競技者等の生理信号の配信サービスでの導入を目指し、パートナー企業と共同実証を行う。ISM を中心とする触覚技術ライセンスやスマートフォン向け体感付き動画配信事業については 2025 年 10 月にスタートアップを創業し、アミューズメント向け用途から事業化を図る。疑似心拍振動による生理信号配信サービスに関しては、スポーツ庁および筑波大学体育系と共同して大阪・関西万博のスポーツ庁パビリオンへの出展が決定しており、オリンピック金メダリストのライブパフォーマンス中の生理信号を配信するといったステージ展示等を通じて成果とその有用性の周知に取り組んでいる。中期的には XR エンタメや感情共有サービスへの応用展開を進め、触覚付き動画配信やメタバース環境でのインタラクション強化や AI による自動生成技術の拡充を図る。長期的には 2030 年代の XR 社会における触覚インフラとして国際標準化と IP 戦略を推進。課題として、①素子アレイのさらなる高密度化・低電圧駆動化、②AI 処理の低演算量化とエッジ/クラウド協調、③量産製造プロセスの標準化と歩留まり確保、④多様なユーザ・用途への UX 評価とフィードバック、⑤ビジネスモデル確立と市場浸透戦略がある。特に、BtoB モデルから BtoC モデルへの展開には、触覚コンテンツ制作・配信基盤やオーサリングツールの整備が不可欠であり、産業界との共同開発と標準化活動が事業化成功の鍵となる。

| ●期間・予算<br>(単位:百万円) | 2021FY | 2022FY | 2023FY | 2024FY |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 100    | 106    | 100    | 110    |

#### ●特許出願及び論文発表

| 特許等 | 論文発表 | 発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
|-----|------|-------|------|---------------------|
| 5 件 | 4 件  | 44 件  | 10 件 | 3 件                 |

### 3.2.2. Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

|   |  |      |   |
|---|--|------|---|
| テーマ名  | Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発  | 達成状況 | ○ |
| 実施者名  | 国立大学法人東海国立大学機構①、国立大学法人東海国立大学機構②<br>豊田合成株式会社  |      |   |
| 達成状況の根拠   | eRubber を用いた柔軟な触覚提示技術、医師が HMD を通じて操作する仮想空間型診察インターフェース、リアルタイムの高解像度映像・音声伝送、そして AI による触診データの解析技術を統合し、直感的かつ高信頼性のある遠隔診察体験を可能にした。さらにその有効性は、国際展示会 CES2024 における一般社会からの評価、臨床医による専門的評価、シンガポールや日本の病院を用いた国際的な遠隔診療環境での評価を通じて、多面的に検証された。 |      |   |
| <p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>本プロジェクトは、「遠隔触診」という従来は遠隔化が極めて困難とされてきた医療行為の実現を目指し、触覚提示技術と仮想空間インターフェースを融合させた新しい診療システムの開発に取り組んだものである。</p> <p>さらに言えば、「遠隔触診」の実現を通じて、空間的距離を越えた「共に在る」感覚、すなわちデジタル技術を用いた人間同士の新たなつながり方の創出に挑戦した取り組みである。</p> <p>今後は、医療現場への導入だけでなく、教育、福祉、メンタルヘルス、リモートケアといった分野への展開が期待され、制度整備・倫理的課題への対応とともに、社会実装を進めていく。</p>  |  |      |   |
| <p>●アウトプット目標</p> <p>本プロジェクトでは、まず遠隔医療の中でも従来実現が極めて困難とされてきた触診に着目し、医師と患者の間で触覚を双方向に伝送することを可能とする新しい遠隔触診システムの開発を大きな目標とした。その具体的なアプローチとして、医師が実際に患者に触れて診断しているかのような感覚を再現する「Haptic I/O Doll」や、患者に適切な触圧を与える「触診マニピュレータ」といったシステム構成要素の設計・構築を進めることを目指した。</p> <p>加えて、患部の硬さや柔らかさといった臨床的に重要な情報を客観的に数値化するため、世界最小クラスの6軸力覚センサーを組み込んだ指先統合センサーと人工知能を組み合わせることで、誤差5~10%の範囲で物性評価を行える技術の確立を目標とした。これにより、医師の経験や感覚に依存してきた従来の触診の一部を、データに基づく診断支援技術へと昇華させることを企図した。</p> <p>さらに、触診技術を越えて「身体状態の共有」という広い枠組みを探るために、e-Rubber を用いた心拍触覚伝送や歩容解析といった新たな応用技術の検証も計画に含めた。これらは医療領域にとどまらず、福祉やスポーツ科学といった分野への波及を見据えた挑戦的目標であった。また、人間の触覚がもたらす認知的・情動的な影響を科学的に理解するために、128チャンネルの高密度脳波計を用いて触覚認知を定量的に評価し、工学的システム設計と神経科学的知見を統合することも重要な目標として掲げた。</p> <p>さらに、これらの要素技術の社会的受容性と実装可能性を検証するため、国際的な公開の場としてCES2024 でデモンストレーションを行い、幅広いステークホルダーからの評価を得ることを目標とした。また、国際共同研究の文脈においては、日本とシンガポールを結んだ遠隔触診実証を実施することにより、通信遅延や文化的差異を含めた現実的課題に取り組むことを計画した。臨床面では、まず整形外科領域、特に前腕や手関節に関する診断を対象とし、実際の患者を対象とした臨床試験を通じて有効性と実用性を確認することを目標とした。</p> |  |      |   |
| <p>●実施体制</p> <p>本プロジェクトは、国立大学法人東海国立大学機構を中核に、豊田合成株式会社など企業パートナーが参画した産学連携体制により実施された。</p> <p>医学：整形外科医、理学療法士が現場要件を提示し、臨床試験を担当<br/>工学：触覚センシング、ロボティクス、XR、通信基盤を開発<br/>国際展開：シンガポール国立大学病院やCES2024 出展を通じ、海外評価と社会的受容性を検証</p>  |  |      |   |
| <p>●成果とその意義</p> <p>本プロジェクトでは、遠隔触診という従来は実現困難と考えられてきた医療行為を対象に、触覚提示技術・AI 解析・XR インターフェースを統合することで、医師と患者の間で触覚を双方向に伝送できる新しい診療システムを開発した。具体的には、Haptic I/O Doll や触診マニピュレータなどのデバイスにより触診の実施を可能とし、指先統合センサーと AI 解析を組み合わせることで患部の硬軟を数値的に推定する技術を確立した。さらに、128チャンネル高密度脳波計を用いた触覚認知の定量評価や、e-Rubber によ</p>  |  |      |   |

る心拍触覚伝送・歩容解析といった応用技術の検証も行い、その成果を CES2024 での国際デモンストレーションや日本(名古屋大学医学部附属病院) - シンガポール(シンガポール国立大学病院)間の遠隔触診実証において広く社会的に提示した。これにより、工学的・医学的な有効性だけでなく、社会的受容性や国際的信頼性をも獲得することができた。

これらの成果は、国内外における既存の触覚技術と比較しても顕著な優位性を有している。まず触覚再現の深度において、海外の研究事例では力覚デバイス(例: Microsoft CLAW)などを用いた単純な反力提示にとどまり、生体組織特有の粘弾性や内部構造の違いを感じ取る精緻な触診の再現には至っていなかった。それに対して本システムは、指先統合センサーとAIを用いることで、患部の硬軟を誤差5~10%の範囲で推定可能とし、診断的価値を持つ触覚情報の遠隔伝送を世界に先駆けて実現している。

また、心理的・認知的価値の統合においても独自性がある。従来の触覚伝送は物理的感覚の提示に限定されていたのに対し、本研究では医師の能動的触診(Active Touch)と患者の受動的触覚体験(Passive Touch)の双方を再現し、触診本来の「信頼」や「安心感」といった心理的効果を含む体験を設計した。この点は、触診を単なるデータ伝送ではなく、人間同士のコミュニケーションの中核として支援する技術へと拡張したものであり、国内外の研究に先駆ける取り組みといえる。

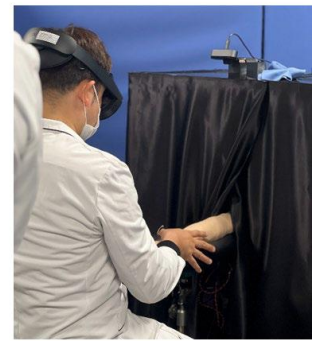
さらに、国際的な実証による信頼性も大きな成果である。国内での医工連携研究に加え、CES2024 での一般公開デモンストレーションや、日本とシンガポールを結んだ遠隔触診実験において、200ms 程度の通信遅延下でも臨床的に有効な触診が可能であることを実証した。これは単なる研究室レベルの技術検証を超えて、国際医療連携の現実的シナリオを想定した社会実装段階に到達していることを意味しており、他国事例と比較しても優位性が際立っている。

以上のように、本システムは触覚再現の深度、心理的価値の統合、国際的な実証という三つの観点において、従来技術を凌駕する成果を示した。これにより、単なる技術開発にとどまらず、医療の信頼性を担保しつつ遠隔化を可能にする国際的にも先進的かつ意義深い技術として位置づけられる。

上腕骨外側上顆炎の患者



医師による診察



構築した遠隔触診システム

● 実用化・事業化への道筋と課題

本プロジェクトの成果を実用化・事業化へとつなげるための道筋は、段階的な展開を想定している。まず短期的には、整形外科領域、特に手外科における臨床利用を進め、遠隔診断を支援するためのツールとしての導入を目標とする。次いで中期的には、遠隔エコー検査や神経伝達速度計測といった診断技術との統合を図ることで、対象疾患を拡大し、より幅広い臨床現場で活用可能なシステムとして発展させることを目指す。さらに長期的な展望としては、医療分野にとどまらず、教育分野における遠隔臨床教育、福祉現場における在宅ケア支援、メンタルヘルス領域における非言語的コミュニケーションの強化、さらにはスポーツ科学における動作解析など、多様な応用領域への展開を視野に入れている。

一方で、実用化に向けて解決すべき課題も残されている。第一に、遠隔触診における診断責任の所在や個人情報保護といった医療制度上および倫理的な課題が挙げられる。第二に、臨床現場での普及を促進するためには、デバイスの低コスト化や小型化といった技術的改良が不可欠である。さらに、患者および医師の双方にとって自然で使いやすい操作性を実現するため、ユーザビリティの向上も重要な課題である。加えて、国際展開を見据える上では、国際標準化に向けた規格整備を進める必要がある。

|                      |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| ● 期間・予算<br>(単位: 百万円) | 2021FY | 2022FY | 2023FY | 2024FY |
|                      | 83     | 131    | 104    | 105    |

● 特許出願及び論文発表

|     |      |       |      |                     |
|-----|------|-------|------|---------------------|
| 特許等 | 論文発表 | 発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
| 2 件 | 5 件  | 5 件   | 0 件  | 5 件                 |

### 3.3. 【C】研究開発項目：状態推定 AI システム及び高度な XR により状態を提示する AI システムの基盤技術開発

#### 3.3.1. 遠隔リハビリのための多感覚 XR 保健指導との互惠ケア連携

|  |   |      |   |
|--|---|------|---|
| テーマ名   | 遠隔リハビリのための多感覚 XR 保健指導との互惠ケア連携   | 達成状況 | ○ |
| 実施者名   | 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   |      |   |
| 達成状況の根拠  | 遠隔リハビリテーションおよび特定保健指導サービスにおいて、時間的・空間的制約、経済的負担、人的リソースの限界、さらには認知的困難を同時に克服するための技術的アプローチとして、多感覚 XR-AI (XR powered by AI) 技術基盤の構築と応用に関する研究開発を実施し、各研究開発項目において実用化研究開始水準を達成した。 |      |   |
| <p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>本研究開発では、リハビリ難民、保健制度や特定保健指導の制限などに起因するリハビリやトレーニングの自己負担、利用者と提供者の数の不整合、健保組合間での保健指導の質や量の格差、動機付けの不足などの問題群を、時空間的、経済的、及び認知的制約を緩和することにより、効果的に解決もしくは軽減することを目的とする。</p> <p>最終的には、遠隔リハビリなどの個々のヘルスケアタスク場面と日常生活場面とを紡ぎ、1対N遠隔ケアや互惠ケア(0対N遠隔ケア)による制約フリーなヘルスケアサービスが広がる未来の実現に貢献することを目指している。</p> <p>●アウトプット目標</p> <p>各実施項目に対するアウトプット目標を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>VR リハビリプロトタイプシステム：洗濯の課題解決、肘と肩の計測性能の達成、上肢運動データセット公開、ハンガー反射ガイドラインの作成</li> <li>VR リハビリ手法：リダイレクションガイドライン作成、互惠ケアガイドライン作成</li> <li>常時モニタリング：常時モニタリングデバイスによる各計測項目の計測・測定、座位行動時間のモニタリング(非歩行系モニタリング)、心的状態推定における精度80%以上</li> </ul> <p>●実施体制</p> <p>【委託先】国立研究開発法人産業技術総合研究所、国内大学法人京都大学、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</p> <p>●成果とその意義</p> <p>①MR<sup>3</sup>デバイス技術基盤の研究開発(担当：産総研)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ノイズの影響を排除するためのウェアラブルデバイスの基盤技術を開発し、センサ駆動時に常時 S/N 比 1,000 以上のセンサ信号を計測できる技術として確立した。比較対象の公開データ不足のため S/N 比の直接比較は困難であるが、欧州の事例[1]と比較した場合、MR<sup>3</sup> ウェアでは 90° 曲げでのセンサ感度を約 5%向上しており(ΔR/R0 比較)、抵抗値の安定した配線での実装と合わせて高い S/N 比を実現した。</li> <li>再着脱を繰り返した場合における着用者の上肢運動の計測精度として、肘の屈曲・伸展、肩の屈曲・伸展、外転・内転計測精度±15%未満を達成、複合的な動作(肩甲骨の振る舞い、麻痺テスト)のスコア化の精度 80%を達成した。他の計測技術として、例えば、ゆったりとした衣類に 4 点のみの慣性計測ユニット(IMU)を取り付けた Loose Inertial Poser[2]では、腕を左右に水平に伸ばした姿勢を約 5 秒間保持する校正方法により上半身の関節角度を約 20 度以内で推定している。他にも 16 個の静電容量センサがジャケットに縫い込まれた Mocapose[3]では、深層畳み込み回帰モデルにより再着脱してもセンサ配置さえ一貫していれば肩関節 10° 以内、肘関節 20° 前後の精度で推定である。一方、本テーマで開発した MR<sup>3</sup> ウェアでは、デジタルヒューマンプラットフォーム(DhaibaWorks)を用いたデジタルツイン環境でのセンサ配置の最適化や、センサの冗長配置(左右合わせて 30 点)などの特徴を備える。これにより、動作に合わせ貢献度の高いセンサを選択することで、肩関節や肘関節角度を、精度高く推定できるだけでなく、肩甲骨周辺の微小な形状変化を含む上肢の関節運動を捉えることができる点で他の計測手法より優れている。</li> <li>MR<sup>3</sup> ウェアの振動子及びハンガー反射デバイスにより、遠隔地からの体性感覚に基づく運動の誘導、</li> </ul> |   |      |   |

関節への負荷錯覚を可能とし、その使用ガイドラインを作成した。

上肢麻痺のリハビリ分野においては、利用者の動作補助には療法士が直接身体部位を操作する方法、設置型装置に組み込まれたアクチュエータによって動作支援する方法[1]、前述の装置と組み合わせて動作タイミングに応じて筋電気刺激によって支援する方法[2]などがある。しかし、人的・金銭的成本が高い、大型機材が必要、運動の主体性欠如などの課題がある。本研究で開発したデバイスでは、人間の錯覚を利用しているため、小型軽量であり、自らの運動を誘発するため運動の主体性が保たれ、先行事例の課題を解決している。錯覚を利用するためデバイス利用において個人差への対応が必要となるが、そのためのキャリブレーション手法についても、実験結果に基づいたガイドラインによって対応した。

#### ②遠隔ケアタスク実施支援技術基盤の研究開発（担当：東京大学、産総研）

- 融合身体、及びハンドリダイレクション：実証現場での複雑な上肢動作を含むリハビリタスクにおいて、各調整パラメータと効果の関係を明らかにし、使用ガイドラインを作成した。本テーマが対象とした片麻痺リハビリにおいては、患者によるタスク遂行が困難であることが、リハビリ離脱の原因のひとつであった。そこで本テーマではリダイレクション[6]と呼ばれる現実の動作をVR空間で過大/過小表示する技術を用いることで、現実でリハビリ動作を実施するよりも達成感が得られやすくしている。VRリハビリの先行事例[7]では、既存のリハビリをVR空間で実施するのみであり、リダイレクションなどの介入機能は搭載されていない。リダイレクションにおける研究においても、片麻痺リハビリで実施されるような回内・回外やリーチングなどの動作の適用範囲などは調査されていない。本テーマでは片麻痺リハビリで実施される動作における検出閾値ゲインや許容ゲインなどに関する調査を実施した。実験やサーベイを通して得られた知見をもとに、実際のリハビリ動作へ適用するためのガイドラインを作成した。
- 互惠ケアタスク実施支援：「異種」互惠ケアタスク実施支援技術を開発し、3種類以上の異なるサービス利用者により、動機付け効果を実証し、使用ガイドラインを作成した。本テーマが対象とした五十肩のリハビリにおいては、単調な反復タスクの退屈さが離脱原因のひとつであった。そこで学習や他のリハビリタスクで採用されている、ゲーミフィケーション（タスクをゲーム化する手法）とコミュニケーション（他人の存在や会話などを用いる手法）要素を適用することで対応することとした。ゲーミフィケーション要素は脳卒中[8]や五十肩[9]のリハビリへすでに適用されてきたが、タスクの継続時間への影響の調査はされていなかった。コミュニケーション要素は映像学習[10]やVR空間における学習[11]において、他人が存在することで効率が向上することが知られているが、ゲーミフィケーション及びコミュニケーション要素を組み合わせた際の継続時間への影響は検証されていなかった。本テーマでは五十肩リハビリという新たな分野へ既存のゲーミフィケーションとコミュニケーションを適用し、リハビリ効果や内的動機づけにおいて重要なタスクの継続時間を計測した。適用タスクも同じタスクを実施する同種互惠ケア、異なるタスクを実施する異種互惠ケアを実装し、タスクの種類による影響も調査した。既存の事例では適用するタスクは同種が多いが、本研究は異種タスクまで調査した珍しい事例となる。ゲーミフィケーション、コミュニケーション、タスク種類など複数の要因が関係しているため、各要素を妥当に適用するためのガイドラインを作成した。リハビリタスクに関するガイドラインは複数存在しているが、VR空間での継続時間を対象にした介入要素に関するものは、おそらく初めてのものとなる。

#### ③遠隔リハビリプログラムの作成・更新支援技術基盤の研究開発（担当：京都大学、産総研、エブリハ）

- 現地（利用者側）と遠隔地（療法士側）での判断の違いを主観評価し、問診アプリで病期正答率92%を確認した。本テーマでは、現地（利用者側）と遠隔地（療法士側）による病期の判断の違いを評価し、Web問診アプリによって利用者が自己入力した情報に基づく病期分類の正答率が92.6%であることを確認した。先行研究では、Steeleら[12]が理学療法士によるビデオ通話と対面診察の診断一致率を評価し、完全一致18.5%、部分一致を含め59.7%と報告している。また、Sethiら[13]は画像診断を活用して肩疾患の診断精度（83～86%）を報告しているが、いずれも「疾患名」の分類に焦点を当てており、「病期（炎症期か否か）」の分類に関する検討はなされていない。本テーマでは疾患名ではなく病期分類に着目した点で先行研究とは異なるが、92.6%という高い正答率は、遠隔での病期判断ツールとしての有用性を十分に示す結果といえる。

#### ④常時モニタリング技術基盤の研究開発（担当：セイコーエプソン、産総研）

- 既存の脈波、運動強度、活動量、消費カロリー、基本メンタルバランス（脈拍を利用）、屋内位置情報に加えて、新たに、経皮的動脈血酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）、PRV、基本行動種別、メンタルバランスを計測・測定可能にした。本研究で用いるPPGセンサはHRV・SpO<sub>2</sub>測定時の消費電流が25μA以下（HRV時）と極めて低く、既存のウェアラブル機器で用いられている既存センサに比べて電力効率で

2倍以上優位であり、精度確保と実用性を両立している。

- ・ 常時モニタリングデバイスによる座位（臥位）から立位の動作解析アルゴリズムの開発し、座位行動時間のモニタリングを可能にした。海外の一般的なウェアラブル機器は加速度センサで姿勢変化を検出するが、座位時間を精緻に定量化し、リハビリ評価や生活習慣病予防に直結する仕組みは限定的である。本技術は、国内外の既存研究で指摘される「長時間座位と健康リスクの関連性」に対して、具体的な改善行動を促すデータ提供が可能である。
- ・ 心身状態推定 AI 開発を完了し、職域心身モニタリング実証で得られたデータセットにおいて、約85%の精度での心的状態の推定を達成した。これまでの事例（NEC 感情分析ソリューション、2018 など）では、心的状態の主観情報収集手段に調査票を用いたものが用いられているため、記録コストが課題であったが、絵文字を用いた経験サンプリングの採用により、即時性の高い主観情報を対象とした推定モデルの構築を可能とした。

⑤実証実験（担当：エブリハ、産総研、京都大学、東京大学、セイコーエプソン）

- ・ 多感覚 XR-AI 技術基盤モジュール群の構成要素の90%以上（13モジュール中12モジュール）を実証実験に適用した。
- ・ 実証実験を通じて、事業項目①～④の最終目標に示す実用化研究開始のための性能・有効性・運用の各観点における9項目からなる最終目標群（性能面の観点[センサ特性、計測項目種別、計測精度・推定精度、データセット]、及び運用面の観点[耐久性、ガイドライン]）の達成度を把握し、90%以上を達成した。
- ・ 実際の利用者・提供者を被験者とし、3プロセス（初期診断、遠隔VRリハビリタスク実施、常時モニタリング）のそれぞれで長期運用実施が可能なプロトタイプシステムを実装し、実証実験を1ヶ月以上継続実施した。

参考文献

[1] F. Lorussi, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2016,  
 [2] Zuo et al., *Loose Inertial Poser*, *IEEE CVPR* 2024.  
 [3] Zhou et al., *Mocapose*, *UbiComp/ISWC* 2023.  
 [4] Forearm in-rotation and out-rotation training devices, GH-1100, OG Wellness. <https://www.og-wellness.jp/product/rehabilitation/gh1100>  
 [5] Shoulder joint training device, GH-1200, OG Wellness. <https://www.og-wellness.jp/product/rehabilitation/gh1200>  
 [6] Abtahi, P., Hough, S. Q., Landay, J. A., & Follmer, S. (2022, April). Beyond being real: A sensorimotor control perspective on interactions in virtual reality. In *Proceedings of the 2022 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1-17.  
 [7] mediVR, <https://www.medivr.jp/>  
 [8] Carlos Ferreira. Gamification of stroke rehabilitation exercises using a smartphone. the 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, pages 282-285, 2014.  
 [9] Ming-Chun Huang, et al. Intelligent frozen shoulder rehabilitation. *IEEE Intelligent Systems*, 29(3):22-28, 2014.  
 [10] Sarah Lytle, et al. Two are better than one: Infant language learning from video improves in the presence of peers. *the National Academy of Sciences*, 115:201611621, 10 2018.  
 [11] Shogo Imada, et al. Making others' efforts tangible: how other learners affect climate fostering long-term self-paced learning in virtual environment, *HCII2020*.  
 [12] Steele L et al. Assessment and Diagnosis of Musculoskeletal Shoulder Disorders over the Internet. *International Journal of Telemedicine and Applications*, vol. 2012 (2012): 945745. doi:10.1155/2012/945745  
 [13] Sethi, S., Srivastava, S., et al. (2024). Toward Non-Invasive Diagnosis of Bankart Lesions with Deep Learning. *arXiv preprint arXiv:2412.06717*. <https://arxiv.org/abs/2412.06717>

●実用化・事業化への道筋と課題

本事業において、常時モニタリングによる情報の可視化と、その情報を活用した各種指導の高度化の可能性を確認することができた。一方で、心的状態 AI による適切なタイミングでの働きかけについては、現状の二段階の状態分離では精度が不十分であり、より精緻な状態推定アルゴリズムの開発が必要と考える。今後は、心的状態の多段階モデル化とリアルタイム解析技術の高度化を進めるとともに、ユーザー体験を損なわないインタラクション設計を確立することが、実用化・事業化に向けた重要な課題である。

|                    |        |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| ●期間・予算<br>(単位:百万円) | 2021FY | 2022FY | 2023FY | 2024FY |
|                    | 93     | 100    | 83     | 83     |

●特許出願及び論文発表

|     |      |       |      |                     |
|-----|------|-------|------|---------------------|
| 特許等 | 論文発表 | 発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
| 0件  | 8件   | 46件   | 3件   | 15件                 |

### 3.3.2. 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

|  |   |      |   |
|--|---|------|---|
| 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   | 達成状況 | ○ |
| 実施者名   | 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  |      |   |
| 達成状況の根拠  | 社会的受容性の高い有人地帯における防災・警備分野でのドローン活用を目指し、AIとXR技術を融合した革新的なリモート技術群を開発、実証実験を通じて、各研究開発項目において実用化研究開始水準を達成した。 |      |   |
| <p>●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係</p> <p>社会的受容性の高い有人地帯における防災・警備分野でのドローン活用を目指し、AIとXR技術を融合した革新的なドローンリモート技術の研究開発を推進した。防災分野、警備分野の現場において、ドローンを「空のアバター」として活用するため、複数台ドローンの連携を可能にする群協調飛行制御技術、用途に応じたマルチセンサ情報を遅延なく操作者に伝送・提示する技術、現場の環境を高速にカラー3次元化しデジタルツインとして利用する技術、クラウド上のAIによる人・環境の状態推定技術、そして没入型XR技術による直感的情報提示と遠隔操作技術を重点的に開発した。</p> <p>●アウトプット目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔地から現場の状況を多角的に把握し、支援する手段の確立</li> <li>短時間で大量の情報をデータ化し伝送する方法の確立</li> <li>要救助者、不審者等の発見において、特定の技能に依存せず判断を支援する技術を確立</li> <li>システムとしての脆弱性や、システム全体のリスクの評価</li> </ul> <p>●実施体制</p> <p>【委託先】国立大学法人東京大学（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）<br/>国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>●成果とその意義</p> <p>①革新的ドローンリモート技術の運用開発・システム設計（担当：国立大学法人東京大学、以下同）<br/>②革新的ドローンリモート技術の評価及び最適化<br/>③革新的ドローンリモート技術の標準化</p> <p>上記実施項目①～③を通じて、以下の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>革新的ドローン防災利用・警備利用の業務フロー、サービス要件、機能要件等を含む分野別運用コンセプト（ConOps：Concept of Operations）を作成。</li> <li>福島ロボットテストフィールド（以下、RTF）などにおける実証実験を通して、機能・性能の目標を達成することを確認。</li> <li>革新的ドローンリモートAI技術運用ガイドラインを作成。</li> </ul> <p>④マルチセンサ搭載LTE/5Gドローンの開発（主担当：イームズロボティクス株式会社、以下同）<br/>⑤マルチセンサドローンの運用と評価データの取得</p> <p>上記実施項目④及び⑤を通じて、以下の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>マルチセンサ搭載ドローンを3台開発、センサの最適配置を検討し搭載、実用化に向けた評価を実施</li> <li>920MHz帯、LTE、5Gの通信デバイスを搭載し、それぞれの通信の検証と、レスポンスを測定。</li> <li>5Gがない地域を想定し、LTEによる低遅延画像伝送（Voysys）を実証し、0.3～0.7秒の遅延を確認。</li> <li>警備を想定した複数回の実証実験を警備会社（ALSOK福島）と共同で実施し、機械警備の各シーンにおける想定課題、対策案に関する評価データを収集した。その結果、運用時のコスト、安全面、技術上・法律上の課題等が明らかになり、それらの対策を踏まえて運用規定を策定。</li> </ul> <p>⑥LTE/5G搭載ドローンの通信環境構築（主担当：NTTドコモ株式会社、以下同）<br/>⑦クラウドを活用したドローンデータの集約及びデジタルツイン環境の構築</p> <p>上記実施項目⑥及び⑦を通じて、以下の成果を得た。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>将来的な、空中5G通信の提供に備え、利用シーンに応じた他システム含む構成を検討し、5G基地局電波からLAN通信を接続する通信手法にて、実証システムにおける低遅延な通信を達成。</li> </ul> |   |      |   |

- ・ LTE/5G を利用した環境の有効性を再確認する結果となった。イームズロボティクス、産総研と通信システムについて再検討し、実証システムの動作が可能な LTE/5G 通信を構築。
- ・ モバイル 5G を複数台運用した大容量通信について技術的な実現方法は確認できたが、暗号化を伴った映像伝送においては、通信が出来ない事が確認できた。本実証においては、映像伝送に必要な帯域を確認し、モバイル 5G を 1 台用いた円滑な通信を実現。
- ・ 実証実験により、docomo MEC を活用した革新的ドローンリモート技術によるクラウド型 AI・XR サービスの運用の達成。

⑧複数ドローンセンサ情報に基づくデジタルツイン環境構築（担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所、以下同）

⑨取得センサ情報を用いた状態推定 AI の研究開発

⑩人間の感覚を拡張する高度 XR 提示技術の研究開発

⑪1 人の操作者による複数台ドローン遠隔操作手法の研究開発

上記実施項目⑧～⑪を通じて、以下の成果を得た。

- ・ ドローン上で行われる移動量推定に GNSS を導入し、対象物の少ない福島 RTF 環境でドローンによる高速環境カラー 3 次元化を実証。また、複数ドローンから得られたカラー点群情報の遠隔マッピング統合を実証し、遅延 3 秒以下でデジタルツイン環境への重畳表示を実現。関連する 2 件の国際会議論文（ICRA2022, ICRA2023）に関して、それぞれ被引用数 40 件、108 件、オープンソース Github 1100 スターを達成。
- ・ 災害現場での被災者の認識にも応用可能な AI 学習用人物行動高精細 CG データセット作成プログラムを作成。不審者認識のための AI の学習を行い、人状態推定 AI による警備対象人物特定の再現率 98%、適合率 95%を達成。
- ・ カメラと映像伝送方式を変更し、低遅延 XR 提示システムを構築。
- ・ Google Map と同等機能の Open Street Map 上に人・ドローン位置、センサ情報等を提示するウェブアプリケーションを実装。
- ・ 機体間通信で、ドローンの位置情報、速度ベクトルを共有し、ドローン同士が協調飛行を行う自律分散アルゴリズムを構築。実証実験での 3 台ドローンによるフォーメーション飛行（最高速度 10m/s）、衝突回避においてナビゲーション精度向上を達成。
- ・ 上記技術を統合し、現場のデジタルツインと複数ドローンを活用した遠隔モニタリングシステムを構築。これまで国内外で取り組み例がない優位性の高い新規ドローンリモート技術を実証。

●実用化・事業化への道筋と課題

- ・ 革新的ドローンリモート技術の実用化、事業化に関しては東京大学、産業技術総合研究所の協力のもと製品化を担うイームズロボティクスが主体となり、SBIR 等を利用して実用化研究を推進する
- ・ 製品化に際してはシステム技術と要素技術の両面で、研究開発の高度化と社会実装を目指す。現状他社で同レベルのシステム・機体を開発している情報はなく、競合は少ない状態であり、早期の製品化による市場確保を目指す。主要な販売先として、官公庁、47 都道府県自治体（消防組織）、警備会社など、目視外飛行でセンサ情報が必要な事業者を想定。
- ・ トータルシステムは消防システム、警備システムに組み込むことで社会実装を追求すると共に、個別の要素技術は以下の方針に沿った展開を想定。
  - リモート技術：JST-Kro でのフォーメーション技術の応用を開始、災害時の情報収集や物資輸送として社会実装化。
  - ドローン技術：SBIR において積載重量の増加、夜間運用等環境性能強化、長距離飛行、レベル 4 飛行の実現を目指して研究開始。
  - AI 技術：ドローン以外の人の状態推定技術として、警備、捜索分野などへ展開。
- ・ 課題：革新的ドローンリモート技術の社会実装に必要な運航安全と信頼性、安定した通信の確保。

|                    |        |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| ●期間・予算<br>(単位:百万円) | 2021FY | 2022FY | 2023FY | 2024FY |
|                    | 84     | 114    | 78     | 74     |

●特許出願及び論文発表

|     |      |       |      |                     |
|-----|------|-------|------|---------------------|
| 特許等 | 論文発表 | 発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
| 0 件 | 7 件  | 7 件   | 1 件  | 13 件                |

## 添付資料

### ●基本計画

P 21004

#### 「人工知能活用による革新的リモート技術開発」基本計画

AI・ロボット部

#### 1. 研究開発の目的・目標・内容

##### (1) 研究開発の目的

###### ①政策的な重要性

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、働き方改革の促進と労働集約的・対面主体である製造業やサービス業の労働生産性の向上が喫緊の課題である。加えて、今般の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、働き方の変容に伴い課題が顕在化した。また、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る。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おり、人工知能（AI）技術やリモート技術は新たな社会・産業インフラとしての役割を期待されている。

このような状況の下、政府戦略においてもリモート化の推進は重要な政策の一つとして位置づけられている。例えば、「経済財政運営と改革の基本方針 2020（骨太方針 2020）」（2020年7月閣議決定）で、「新たな日常」構築の原動力となるデジタル化への集中投資・実装とその環境整備として、AI、ロボットの導入推進、テレワーク定着、対面主義脱却などが標榜されている。また、「統合イノベーション戦略 2020」（2020年7月閣議決定）においても、産業構造や働き方などのライフスタイルも含めた社会基盤・ルールをデジタル化に対応させ、経済社会活動のサイバー空間への移動を最大限実現させる必要性などが言及されている。さらに、「産業技術ビジョン 2020」（2020年5月経済産業省策定）では、ネットワーク接続とAIによってあらゆるデバイスが知性を宿す **Intelligence of Things** と人間能力の飛躍的拡張を支える技術群として、ロボティクス、センシング、XR、ブレイン・マシン・インターフェース、言語の壁を取り払うニューラル機械翻訳等の重要性が高まることなどが述べられている。

###### ②我が国の状況

今般の新型コロナウイルスの感染拡大による影響を受けて自律化、リモート化のニーズは急速に高まった。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た。しかし、遠隔の状態がよくわからないという課題も顕在化し、生産性向上への寄与は

限定的である。また、労働集約的・対面主体の労働現場においては、現状の技術では業務遂行に不可欠な情報が伝送できないことからリモート化は十分に進んでおらず、事業活動の停止により大きな経済的打撃を受けた。

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は、AI を用いて遠隔の状態を推定すること、単なる視聴覚情報ではない力触覚、嗅覚、味覚の五感情報を交え効果的に認知する技術が必要である。

自律化への対応としてはデジタル技術を活用した非接触ニーズ主導型の新ビジネスも勃興している。ロボットによる自動化についてはスタートアップ企業も事業をスタートさせており今後ますますの進展が期待できる。

### ③世界の取組状況

世界においても今般の新型コロナウイルスの感染拡大による対策としてデジタル化、自律化、リモート化の重要性が認識されており、それらの拡大に一層力が入れられていくものと考えられる。

ロボットによる自動化については、特に欧米中諸国で社会への実証・実用化が急速に進展しており、社会受容性・必要性も急速に高まっていることから事業化が進捗するフェーズとなっている。

リモート技術は、政策上も各国強力に推進しており、リモート会議等すでに市場が形成されている分野もあり、その市場規模にも高い伸びが見込まれる。リモート技術に用いる装置に関しては、テレプレゼンス市場として動向予測がされている。市場年平均成長率は、テレプレゼンスロボットで約 18%、テレプレゼンス装置で約 5%、3D テレプレゼンスで約 20%と試算されている。

一方で、特許出願や論文の件数の推移の伸びは予想される市場ほどではないため、革新的な技術が出ておらず、それが期待されている状況とも考えられる。

### ④本プロジェクトのねらい

空間・時間の制約から解放された社会・経済活動を実現するリモート技術は労働集約的・対面主体の労働現場を含むあらゆる分野の産業構造を一変し生産性を飛躍的に高める。生産年齢人口の減少下での産業競争力の維持向上、感染症の流行等による行動制限下での社会活動の継続、及び多様な立場の人々の社会参加が実現されるものと考えられる。

そこで本プロジェクトでは、社会のあらゆる場面で活用されるリモート技術の基盤形成として「人工知能活用による革新的リモート技術開発」を実施する。

具体的には、遠隔における人や環境の状態を先進的なデバイスによって取得された情報を基に AI を用いて推定する「状態推定 AI システムの基盤技術開発」、遠隔環境の状態を高い臨場感を伴って提示することや AI を用いて必要な情報をデフォルメして提示する「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」に取り組む。

#### 「状態推定 AI システムの基盤技術開発」

遠隔環境の情報取得が十分でないという課題に対応して、計測する人や環境の情報を基に AI で人間の感情や行動等の状態、人間の周辺環境等の状態を推定する技

術を開発する。

「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」

遠隔環境の様子を近傍者が的確に認知する必要がある。人間への効果的な認知に対応する五感情報を提示する技術に加え、遠隔環境への的確な操作・介入をするために必要な情報をデフォルメして提示するなど AI で現場にいる以上の認知が可能になる技術を開発する。

※高度な XR：XR 等の手段を用いて視覚・聴覚に加え力触覚・嗅覚・味覚等の情報を現場にいる以上に知覚することを可能にする様々な技術を総称するもの。

## (2) 研究開発の目標

### ①アウトプット目標

【中間目標】2022 年度

- ・最終目標に向けた課題を抽出し、解決のための方策を具体的に提示すること。

【最終目標】2024 年度

- ・本プロジェクトが対象とする基盤技術が実用化研究（実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究）を開始できる水準に達すること。  
研究開発テーマのうち 25%以上の案件がプロジェクト終了後、連続して実用化研究に移行すること。
- ・基盤技術の内容及び得られる効果を、デモンストレーション等を通じて公開すること。

### ②アウトカム目標

本プロジェクトによって革新的リモート技術の基盤が形成されることにより、リモート化できていない労働集約的・対面主体の労働現場を含むあらゆる分野へのリモート化が進捗する。また、本プロジェクト外の企業のリモート市場への参入が促進され、様々な産業のリモート化が誘発されることが期待できる。産業構造・社会基盤のリモート化・デジタル化が進展し、2035 年時点において 8 万人分の労働力に充当され、リモート技術の国内市場の規模が 3200 億円に達することに寄与する。

### ③アウトカム目標達成に向けての取組

本プロジェクトの研究開発事項である基盤技術を広く社会に普及させるため、委員会等の活用により研究開発実施者と連携してユーザーに広く受け入れられる仕様について検討する。また、本プロジェクト外の企業がリモート市場に広く参入することを促すために、NEDO と実施者は各技術開発の成果普及を図り、機を捉えてワークショップを開催するなど研究成果の情報発信を行う。

## (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、別紙 1 の研究開発計画及び別紙 2 の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。なお、本プロジェクトは、実用化まで長期間を要する

ハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）に NEDO AI・ロボット部 外村 雅治を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下で研究開発を実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

#### ① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、プロジェクトリーダーや研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術推進委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

#### ② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

#### ③ 研究開発テーマの評価

PMgr はプロジェクト中間年度である 2022 年度に外部有識者によるテーマ審査を行う。研究開発テーマごとの研究開発の進捗及び実施者自らが設定する中間目標の達成度合いを基に、2023 年度以降の各テーマの継続是非を 2023 年 3 月までに決定する。

### (3) その他

本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取り扱う。

## 3. 研究開発の実施期間

2021年度から2024年度までの4年間とする。

#### 4. 評価に関する事項

NEDO は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、終了時評価を2025年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、2022年度には当該研究開発の進捗及び中間目標の達成度合いを評価し、その結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

#### 5. その他重要事項

##### (1) 研究開発成果の取扱い

###### ① 成果の普及

研究開発成果のうち共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有し、NEDO 及び実施者が協力して普及に努めるものとする。

###### ② 知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

###### ③ 知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、『「人工知能活用による革新的リモート技術開発」における知財マネジメント基本方針』を適用する。特に協調領域の知財のプロジェクト実施者に対する許諾等の運用に関して、研究開発成果の最大化を考慮した運用を行う。

###### ④ データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、『「人工知能活用による革新的リモート技術開発」におけるデータマネジメント基本方針』を適用する。

##### (2) 「プロジェクト基本計画」の見直し

PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

##### (3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第二号及び第九号に基づき実施する。

## 6. 基本計画の改定履歴

- (1) 2021年3月、制定
- (2) 2022年1月、プロジェクトマネージャーの交代
- (3) 2023年2月、知財マネジメント基本方針名の変更、  
データマネジメント基本方針名の変更
- (4) 2024年2月、使用する文言の修正
- (5) 2024年7月、組織改編に伴う、部署名の変更

## (別紙1) 研究開発計画

### 1. 研究開発の必要性

空間・時間の制約から解放された社会・経済活動を実現するリモート技術は少子高齢化による人手不足のソリューションになるだけでなく、新型コロナウイルスの感染拡大による影響で経済的打撃を受けた産業分野の復興や、あらゆる分野における非接触化の推進の面からも必要性が加速度的に増大している。

社会のあらゆる場面でリモート化を推進していくことで、対面主体の環境では感覚的にしか認知できないことを物理量の情報・データとして記録することが可能になる。

### 2. 研究開発の具体的内容

「人工知能活用による革新的リモート技術」とは、先進的なデバイスによって計測された現場の人や環境の情報を基に、AI技術を用いて必要な情報を高い臨場感を伴って提示することで、遠隔環境の状態を近傍者が認知し、的確な判断のもと必要に応じて操作・介入等を行うことを可能とする技術である。特に遠隔環境の状態を認知・推定する技術は人間の感覚と密接に関連しているため、センシングした情報を人の認知特性を駆使したAIで意味づける「認知モデル」を形成することでリモート技術をより広範囲な領域に適用することを目指す。

#### ■ 状態推定 AI システムの基盤技術開発

人の状態情報に加え、脳や自律神経などの生理情報をAIで処理・統合することにより、遠隔環境の人の状態・感情を推定し効果的に認知する基盤技術の開発を行う。

また、人の周辺環境の物理量を計測し、AIで人が認知する情報（視覚、聴覚、力触覚、味覚、嗅覚等）に対応した情報に変換・統合することにより、遠隔環境の人の周辺状態を推定し効果的に認知する基盤技術の開発を行う。

#### ■ 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

遠隔環境の状態を近傍者が臨場感をもって効果的に認知するために、伝送された情報を基に、AIによって、人間の認知特性を利用した複数の感覚の組合せや目的に応じたデータのデフォルメを行って提示する基盤技術の開発を行う。

これらの技術の主な適用先としては、労働集約的・対面主体の活動が前提の分野を主とする。例えば、個人の状態に応じた指導やサポートが必要な実技実習分野、介護・リハビリ分野、相手の満足感を高める対人サービスが必須である飲食業や観光業、及び労働集約的・対人主体の労働現場のある製造業を想定する。実用化にあたっては、生産性向上、働き方改革への対応、接客品質の向上、及び業務の属人化解消を実現するリモートシステムの構築を目指す。

### 3. 達成目標

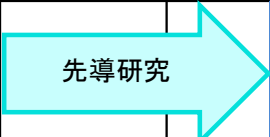
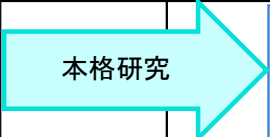
#### 【中間目標】2022年度

- ・最終目標に向けた課題を抽出し、解決のための方策を具体的に提示すること。

**【最終目標】2024年度**

- ・本プロジェクトが対象とする基盤技術が実用化研究（実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究）を開始できる水準に達すること。
- 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、連続して実用化研究に移行すること。
- ・基盤技術の内容及び得られる効果を、デモンストレーション等を通じて公開すること。

(別紙2) 研究開発スケジュール

|      | 2021年度  | 2022年度 | 2023年度   | 2024年度   | 2025年度 |
|------|---|--------|----------|--|--------|
|      |  |        | 中間<br>目標 |  |        |
| 評価時期 |   | テーマ審査  |          |  | 終了時評価  |

## ●各種委員会開催リスト

| 委員会種別   | 開催時期    | 内容    |
|---------|---------|-------|
| 採択審査委員会 | 2021年6月 | ・採択審査 |

事業推進にあたり、テーマ審査委員会を実施

第3回のステージゲート審査以外は、技術推進委員会の委員会種別

| テーマ審査委員会              | 開催時期             | これまでの成果と今後の計画以外の評価事項   |
|-----------------------|------------------|--|
| 第1回                   | 2022年2月          | ・研究開発成果がリモート技術の基盤となるか  |
| 技術指導 見学会<br>(サイトビジット) | 2022年6月<br>～9月   | ・研究開発成果がリモート技術の基盤となるか  |
| 第2回                   | 2022年9月          | ・研究開発成果がリモート技術の基盤となるか  |
| 第3回<br>ステージゲート審査      | 2022年12月         | ・研究開発成果がリモート技術の基盤となるか  |
| 第4回                   | 2023年7月          | ・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための方針   |
| 技術指導 見学会<br>(サイトビジット) | 2023年11月<br>～12月 | ・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための方針   |
| 第5回                   | 2024年4月          | ・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応計画<br>・提案時の「研究開発成果の事業化計画書」に対し研究開発進捗、社会情勢の変化を反映したアップデート |
| 第6回                   | 2024年9月          | ・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応状況<br>・将来像実現に向けた社会実装（アウトカム目標）達成への道筋策定状況                |
| 第7回                   | 2025年2月          | ・プロジェクトの位置づけ・意義（基盤技術の定義、実用化研究を開始できる水準の定義）<br>・プロジェクトの成果<br>・アウトカム（社会実装）達成までの道筋策定状況   |

## ●特許論文等リスト

動作ユニットAIによる人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築

### (1) 研究発表・講演

| 発表者   | 発表者の所属   | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月       |
|---|--|--|--|----------|
| Yoshifumi Kitamura  | Tohoku University                                  | Potential of Nonverbal Information to Enrich Interpersonal Telecommunication | NTU - Tohoku U Symposium on AI and Human Studies   | 2022. 3  |
| Yoshifumi Kitamura  | Tohoku University                                  | Potential of Nonverbal Information to Enrich Interpersonal Telecommunication | University College London, UK, Interaction Centre  | 2022. 7  |
| Miao Cheng, Shoi Higashiyama, Ken Fujiwara, Chia-huei Tseng, Yoshifumi Kitamura | Tohoku University, National Chung-Cheng University | E-Motion: a database of bodily expression of basic and social emotions       | European Conference on Visual Perception 2022 (will be published on the journal iPerception)   | 2022. 8  |
| 北村喜文  | 東北大学   | 非言語情報が拓く人間性豊かなコミュニケーション～サイバー空間とリアル空間の活用                                      | 東北大学 電気・情報 産学官フォーラム (招待講演)   | 2022. 10 |
| 北村喜文  | 東北大学   | 非言語情報を活用する人間性豊かなコミュニケーション～これからのメタバースへの応用を目指して                                | 東北大学 知のフォーラム本学未来社会デザインプログラム「XR技術の教育・社会貢献-メタバースでの国際協創-」第1回 国際シンポジウム メタバース・XR技術の教育利用と国際協創 (招待講演) | 2022. 12 |
| Liu, J., Cheng, M., Higashiyama, S., Kitamura, Y., Tseng, C. H.                 | 東北大学   | Contextual Effects on Embodied Emotion: Assimilation and Contrast Effects    | 日本視覚学会 2023 年冬季大会, Tokyo, Japan  | 2023. 1  |

|   |              |   |  |        |
|---|--------------|---|--|--------|
| 北村喜文  | 東北大学         | DX時代のMICEを考える   | 国際観光コンベンションフォーラム 2023 in 仙台 (基調講演)   | 2023.2 |
| 北村喜文  | 東北大学         | Future of Our Research Community  | International Symposium on Human-Computer Interaction 2023 (招待講演)                | 2023.2 |
| Fujiwara, K., Cheng, M., Higashiyama, S., Tseng, C.H., Kitamura | 東北大学, 国立中正大学 | Toward the development of Motion Unit: A data-driven study using motion capture | Annual Convention of Society for Personality and Social Psychology, Atlanta, USA | 2023.2 |
| 北村喜文  | 東北大学         | 非言語情報が拓く人間性豊かなコミュニケーション   | 電子情報通信学会総合大会 企画セッション BI-6. 「空間共有コミュニケーションを実現する技術動向 ～豊かなコミュニケーションの実現～」 (招待講演)     | 2023.3 |
| 北村喜文  | 東北大学         | 非言語情報が拓く人間性豊かなコミュニケーション～サイバー空間とリアル空間を活用する新たな研究                                  | 産学連携セミナー「第152回寺子屋せんだい」 (招待講演)  | 2023.3 |

(2) 論文

| 発表者  | 発表者の所属                                      | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月     |
|--|---|--|--|--------|
| Yingruo Fan, Zhaojiang Lin, Jun Saito, Wenping Wang, Taku Komura | University of Hong Kong / Tohoku University | Joint Audio-Text Model for Expressive Speech-Driven 3D Facial Animation                                | Proceedings of the ACM in Computer Graphics and Interactive Techniques (I3D) | 2022.5 |
| Ian Mason, Sebastian Starke, Taku Komura                         | University of Hong Kong / Tohoku University | Real-Time Style Modelling of Human Locomotion via Feature-Wise Transformations and Local Motion Phases | Proceedings of the ACM in Computer Graphics and Interactive Techniques (I3D) | 2022.5 |

|   |   |  |  |        |
|---|---|--|--|--------|
| Yingruo Fan, Z haojiang Lin, Jun Saito, Wen ping Wang, Tak u Komura | University of Hong Kong / Tohoku University | FaceFormer: Speech-Driven 3D Facial Animation with Transformers      | Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) | 2022.6 |
| Sebastian Starke, Ian Mason, Taku Komura                            | University of Hong Kong                     | DeepPhase: Periodic Autoencoders for Learning Motion Phase Manifolds | ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH)                                   | 2022.8 |
| 北村喜文, 藤原健, 幸村琢  | 東北大学, 國立中正大學, 香港大学                          | 人の身体動作からの感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成 — 人間性豊かな遠隔コミュニケーションの実現に向けて             | センサイト 2023年1月号, 「モーションキャプチャ応用技術の進化」特集  | 2023.1 |
| 藤原健, 程苗, 曾加蕙, 北村喜文  | 東北大学, 國立中正大學, 香港大学                          | 身体動作から感情を読み取る — 動作ユニット AI の構築に向けて                                    | 情報処理, 人の感情を理解し, 人に寄り添う AI 特集   | 2023.1 |

(3) 特許等 (知財)

なし

(4) 受賞実績

| 受賞者                                      | 受賞者の所属   | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等                | 年月     |
|--|--|--|-------------------------------|--------|
| Sebastian Starke, Ian Mason, Taku Komura | The University of Edinburgh, UK and Electronic Arts, The University of Hong Kong | DeepPhase: Periodic Autoencoders for Learning Motion Phase Manifolds | Best Paper, ACM SIGGRAPH 2022 | 2022.8 |
| 北村喜文                                     | 東北大学   | 3次元ユーザインタフェースに関する先駆的研究と大規模重要国際会議運営への貢献                               | 情報処理学会フェロー                    | 2023.3 |

(5) 成果普及の努力 (プレス発表等)

なし

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

(1) 研究発表・講演

| 発表者  | 発表者の所属            | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月      |
|--|-------------------|--|--|---------|
| 小林健, 竹下俊弘  | 産業技術総合研究所         | 極薄 MEMS 技術によるフレキシブルセンサおよびハプティック MEMS の研究開発   | 電子材料研究会<br>「フレキシブル素子応用に向けた新規薄膜電子材料の合成と評価」(招待講演)                                | 2021.11 |
| 昆陽雅司   | 東北大学              | 高周波振動の知覚特性に基づく触覚提示   | センサシンポジウム<br>(Future Technologies from HIMEJI 2021 ONLINE)<br>(招待講演)           | 2021.11 |
| 平野廉真, 蜂須拓  | 筑波大学              | 情動体験を拡張する疑似心拍振動提示システムの基礎検討   | 日本バーチャルリアリティ学会ハプティクス研究会第27回研究会   | 2021.11 |
| Takeshi Kobayashi, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takahiro Yamashita | 産業技術総合研究所         | Ultra-Thin Piezoelectric MEMS for SHM, Healthcare and Haptics                                    | 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) (招待講演) | 2021.12 |
| 山口公輔, 昆陽雅司, 田所諭  | 東北大学              | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達—第1報: 知覚インテンシティ再現に基づく伝達の効果—  | 第22回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会   | 2021.12 |
| 菊池大輝, 昆陽雅司, 田所諭  | 東北大学              | 高周波による振動体感の空間表現を実現する Intensity Segment Modulation ライブラリの実装と評価                                    | 第22回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会   | 2021.12 |
| 竹下俊弘, Nguyen Thanh Vinh, Zymelka Daniel, 竹井裕介, 小林健                       | 産業技術総合研究所         | PZT 薄膜を用いた極薄ハプティック MEMS デバイスの開発  | 第69回応用物理学会春季学術講演会  | 2022.3  |
| 竹下俊弘, Zymelka Daniel, 竹井裕介, 小林健  | 産業技術総合研究所         | 指上バイオフィードバックシステムのためのフィルム型極薄ハプティック MEMS デバイスの開発   | 第39回強誘電体応用会議   | 2022.6  |
| 山口公輔, 和賀正宗, 昆陽雅司, 田所諭  | 東北大学              | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達—第2報: ツール取り付け型デバイスとの比較—  | ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022   | 2022.6  |
| Yuya Hoshi, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro                          | Tohoku University | Haptic Enhanced Videos Using a High-Reality Vibration Conversion Method Available on Smartphones | 11th International Workshop on Haptic & Audio Interaction Design               | 2022.8  |

|  |                     |   |                                |         |
|--|---------------------|---|--------------------------------|---------|
| 星裕也、昆陽雅司、田所諭   | 東北大学                | スマートフォンで利用可能な高臨場感振動変換法を用いた体感付き動画の提案   | 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会           | 2022.9  |
| 松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭  | 東北大学                | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達—第3報：振動分布の再現が接触力の弁別に及ぼす影響   | 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会           | 2022.9  |
| 平野廉真、蜂須拓   | 筑波大学                | 情動体験を拡張する疑似心拍振動提示システム（第2報）：疑似心拍振動から想起される情動の評価の基礎検討  | 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会           | 2022.9  |
| 竹下俊弘, Z y m e l k a D a n i e l, 竹井裕介, 小林健   | 産業技術総合研究所           | 極薄ピエゾMEMSフィルムを用いた付け爪型脈波センサ開発とその応用   | センサシンポジウム2022                  | 2022.11 |
| Yuya Hoshi, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro  | 東北大学                | Haptic Broadcast for Smartphones Using a High-Reality Vibration Conversion Method   | AsiaHaptics2022                | 2022.11 |
| Kosuke Yamaguchi, Masamune Waga, Masashi Konyo and Satoshi Tadokoro                            | 東北大学                | Improvement of Discrimination of Haptic Motion Experience by Reproducing Multi-point Spatial Distribution of Propagated Vibrations at the Wrist | AsiaHaptics2022                | 2022.11 |
| Toru Matsubara, Masamune Waga, Masahi Konyo, Kosuke Yamaguchi, Daiki Kikuchi, Satoshi Tadokoro | 東北大学                | Multi-channel vibrotactile transmission through a bracelet device based on the Intensity Segment Modulation                                     | AsiaHaptics2022                | 2022.11 |
| 星裕也、昆陽雅司、田所諭   | 東北大学                | ボイスコイル型振動子を用いた低周波振動感の代替提示法—第2報：任意波形に対する適用法の提案と評価—   | 第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 | 2022.12 |
| 梶浦雅之、蜂須拓、竹下俊弘、竹井裕介、小林健、昆陽雅司  | 筑波大学、産業技術総合研究所、東北大学 | レバー機構を用いた薄膜振動素子の変位増幅に対する触覚強度の評価   | 日本バーチャルリアリティ学会ハプティクス研究会第30回研究会 | 2023.3  |
| 松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭  | 東北大学                | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達—第4報：知覚インテンシティを用いた刺激の強度調整に関する基礎検証—  | ロボティクス・メカトロニクス講演会2023          | 2023.6  |
| 和賀正宗、松原亨、昆陽雅司、田所諭、竹下俊弘、竹井裕介、小林健  | 東北大学・産総研            | 極薄PZT-MEMS振動子を用いた高周波振動感覚等価変換による鉛筆硬度の異なる筆記感の表現   | ロボティクス・メカトロニクス講演会2023          | 2023.6  |

|   |   |  |  |        |
|---|---|--|--|--------|
| Toru Matsubara, Masamune Waga, Masashi Konyo, Satoshi Tadokoro  | Tohoku University   | Bidirectional Haptic Transmission through a Bracelet Device using a Sensory Equivalence Conversion of High-frequency Vibration   | IEEE World Haptics2023                   | 2023.7 |
| Masamune Waga, Toru Matsubara, Masashi Konyo, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Satoshi Tadokoro              | Tohoku University, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology | Representing Pencil Hardness Using Ultra-Thin PZT-MEMS Vibrators by a Sensory Equivalence Conversion of High-Frequency Vibration | IEEE World Haptics2023                   | 2023.7 |
| Yushi Nakaya, Yusuke Takahashi, Shuntaro Suzuki, Sota Nishiyama, Kenichi Higuchi, Masamune Waga, Toru Matsubara and Masashi Konyo | 株式会社 Adansons   | Interactive Approach to AI-Based Source Separation of Vibractile Signals for Haptic Transmission                                 | IEEE World Haptics 2023                  | 2023.7 |
| Masayuki Kajiura, Taku Hachisu, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Masahi Konyo                                | 筑波大学, 産業技術総合研究所, 東北大学   | Enhancement of Tactile Intensity for Thin Film Vibrators using Lever Mechanism   | IEEE World Haptics Conference (WHC) 2023 | 2023.7 |
| 竹下俊弘, Z y m e l k a D a n i e l, 竹井裕介, 小林健  | 産業技術総合研究所   | 極薄 PZT 素子によるハプティックデバイスの研究  | スマートセンシングとその社会実装技術分科会 (JEITA)            | 2023.8 |
| 竹井裕介  | 産業技術総合研究所   | 極薄ハプティック素子による触覚伝達システムの開発   | 第28回 バーチャリアリティ学会大会                       | 2023.9 |
| 新居田崇家, 松原亨, 赤井峻真, 和賀正宗, 昆陽雅司, 田所諭   | 東北大学  | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達 ー第6報:複数点計測された体感振動の統合法の検討ー   | 第28回日本バーチャリアリティ学会大会                      | 2023.9 |
| 松原亨, 和賀正宗, 昆陽雅司, 田所諭  | 東北大学  | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達 第5報:振動センサ・ディスプレイ統合による双方向化   | 第28回日本バーチャリアリティ学会大会                      | 2023.9 |
| 和賀正宗, 松原亨, 昆陽雅司, 竹下俊弘, 竹井裕介, 小林健, 田所諭   | 東北大学・産総研  | 高周波振動の知覚インテンシティ再現による筆記体感の疑似力覚提示  | 第28回日本バーチャリアリティ学会大会                      | 2023.9 |

|   |   |  |   |          |
|---|---|--|---|----------|
| 竹井 裕介, 竹下 俊弘, ジメルカ ダニエル, 小林 健, 昆陽 雅司, 松原 亨, 和賀 正宗, 中屋 悠資, 高橋 佑輔, 鈴木 春太郎, 西山 颯大, Shubhamkumar Pandey, 樋口 賢一, 蜂須 拓, 梶浦 雅之, 森 理樹 | 産業技術総合研究所、東北大学、筑波大学、Adansons 株式会社   | 「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」の開発とスポーツ応用への可能性について  | 日本機械学会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2023                                | 2023. 11 |
| 竹井 裕介、竹下 俊弘、ZYME LKA Daniel、小林 健  | 産業技術総合研究所   | 極薄圧電薄膜を用いた電気刺激誘発筋音センサによる筋収縮性の評価  | 第 40 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム                                    | 2023. 11 |
| 和賀正宗、松原亨、昆陽雅司、竹下俊弘、竹井裕介、小林健、田所諭   | 東北大学・産総研  | ピエゾ型振動子のための振幅変調波の包絡成分を利用した低周波体感の代理提示法  | 第 24 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会                                    | 2023. 12 |
| 松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭   | 東北大学  | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達 第 7 報：計測対象の周波数応答特性に基づく知覚インテンシティを用いた体感強度の調整  | 第 24 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会                                    | 2023. 12 |
| 新居田崇家、松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭   | 東北大学  | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達-第 8 報：知覚インテンシティに基づく複数点計測された体感振動の統合法の検証-   | 第 24 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会                                    | 2023. 12 |
| 森理樹、蜂須拓   | 筑波大学  | 情動体験を拡張する疑似心拍振動提示システム（第 3 報）：減衰正弦波に基づく疑似心拍振動の心拍数と周波数の効果  | 日本バーチャルリアリティ学会ハプティクス研究会第 32 回研究会                                    | 2024. 2  |
| 竹下俊弘、Daniel Zymelka、竹井裕介、小林健  | 産業技術総合研究所   | 極薄ハプティック MEMS フィルムの開発  | 第 38 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会(招待講演)                                      | 2024. 3  |
| Masamune Waga, Toru Matsubara, Masashi Konyo, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Satoshi Tadokoro          | Tohoku University, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology | Representing Fine Texture of Pencil Hardness by High-Frequency Vibrotactile Equivalence Conversion Using Ultra-Thin PZT-MEMS Vibrators | IEEE Haptics Symposium 2024   | 2024. 4  |
| Nida Takaya, Matsubara Toru, Waga Masamune, Konyo Masashi, Tadokoro Satoshi   | Tohoku University   | Bidirectional Haptic Transmission through a Bracelet Device Using a Sensory Equivalence Conversion of High-frequency Vibration         | IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2024) | 2024. 5  |

|  |                                  |   |                                |          |
|--|----------------------------------|---|--------------------------------|----------|
| 和賀正宗、松原亨、昆陽雅司、中屋悠資、Shubhankumar Pandey、鈴木春太郎、高橋佑輔、柳澤康平、山本海人、齋藤峻、田所諭  | 東北大学・(株) Adansons・(株) ソリッドレイ研究所  | 力触覚のプロジェクションマッピングと振動体感提示を用いた技能伝達システムの提案   | ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024         | 2024. 5  |
| 新居田崇家、松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭  | 東北大学                             | 腕輪型デバイスによる動作体感の伝達 ー第9報：手指伝播特性に基づく個人差の補正ー  | ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024         | 2024. 5  |
| 新居田崇家、松原亨、和賀正宗、昆陽雅司、田所諭  | 東北大学                             | 振動分布を再現する腕輪型触覚デバイスによる動作体感の伝達ー第10報：手指伝播特性に基づく個人差補正法を利用した2者間の動作再現                             | 第29回日本バーチャルリアリティ学会大会           | 2024. 9  |
| Takaya Nida, Masamune Waga, Yuta Hamada, Masashi Konyo, Yushi Nakaya, Shubhankumar Pandey and Satoshi Tadokoro | Tohoku University, Adansons Inc. | Skill Transfer System that Visualizes and Presents Tactile Information in an AR Environment | AsiaHaptics2024                | 2024. 10 |
| 新居田崇家、和賀正宗、浜田悠太、昆陽雅司、中屋悠資、Shubhankumar Pandey、田所諭  | 東北大学・株式会社 Adansons               | AR環境において触覚情報の可視化と体感提示を行う技能伝達システムの開発   | 第25回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 | 2024. 12 |

(2) 論文

| 発表者  | 発表者の所属    | タイトル  | 雑誌名・学会名・イベント名等                                 | 年月      |
|--|-----------|---|--|---------|
| 竹下 俊弘、ZYME LKA Daniel、竹井 裕介、牧本 なつみ、小林 健            | 産業技術総合研究所 | Development of a nail-deformation haptics device fabricated adopting ultra-thin PZT-MEMS technology | JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS            | 2022. 7 |
| 竹下 俊弘、Nguyen Thanh-Vinh、ZYME LKA Daniel、竹井 裕介、小林 健 | 産業技術総合研究所 | Mechanical characteristics of laminated film vibrator using an ultra-thin MEMS actuator             | JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING | 2022. 8 |

|  |   |  |                              |        |
|--|---|--|------------------------------|--------|
| Masamune Waga, Toru Matsubara, Masashi Konyo, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Satoshi Tadokoro | Tohoku University, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology | Representing Fine Texture of Pencil Hardness by High-Frequency Vibrotactile Equivalence Conversion Using Ultra-Thin PZT-MEMS Vibrators | IEEE Transactions on Haptics | 2024.1 |
| Taku Hachisu, Masayuki Kajiura, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Masahi Konyo                   | 筑波大学, 産業技術総合研究所, 東北大学   | Lever Mechanism for Diaphragm-Type Vibrators to Enhance Vibrotactile Intensity   | IEEE Transactions on Haptics | 2024.1 |

(3) 特許等 (知財)

特許出願 4 件、うち外国出願 2 件

OSS 登録 1 件

(4) 受賞実績

| 受賞者  | 受賞者の所属    | タイトル  | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月      |
|--|-----------|---|--|---------|
| 菊池大輝, 昆陽雅司, 田所諭  | 東北大学      | 高周波による振動体感の空間表現を実現する<br>Intensity Segment Modulation ライブラリの実装と評価  | 第 22 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 優秀講演賞                                   | 2021.12 |
| 竹下俊弘, Z y m e l k a D a n i e l, 竹井裕介, 小林健   | 産業技術総合研究所 | 指上バイオフィードバックシステムのためのフィルム型極薄ハプティックMEMSデバイスの開発  | 第 39 回強誘電体応用会議優秀発表賞  | 2022.6  |
| 竹下俊弘, Z y m e l k a D a n i e l, 竹井裕介, 小林健   | 産業技術総合研究所 | 極薄ピエゾMEMS フィルムを用いた爪型脈波センサ開発とその応用  | センサシンポジウム 2022 優秀ポスター発表賞   | 2022.11 |
| Yuya Hoshi, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro  | 東北大学      | Haptic Broadcast for Smartphones Using a High-Reality Vibration Conversion Method                           | AsiaHaptics 2022 Tokyo Satellite Best Demonstration Award Gold Winner      | 2022.11 |
| Toru Matsubara, Masamune Waga, Masahi Konyo, Kosuke Yamaguchi, Daiki Kikuchi, Satoshi Tadokoro | 東北大学      | Multi-channel vibrotactile transmission through a bracelet device based on the Intensity Segment Modulation | AsiaHaptics2022 Tokyo Satellite Best Demonstration Award Honorable Mention | 2022.11 |
| 星裕也, 昆陽雅司, 田所諭   | 東北大学      | ボイスコイル型振動子を用いた低周波振動感の代替提示法—第 2 報:任意波形に対する適用法の提案と評価—   | 第 23 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 優秀講演賞                                   | 2022.12 |

|   |                       |   |  |          |
|---|-----------------------|---|--|----------|
| 星裕也   | 東北大学                  | スマートフォンで利用可能な高臨場感振動変換法を用いた体感付き動画の提案                             | 日本バーチャルリアリティ学会 学術奨励賞                   | 2023. 3  |
| 竹井 裕介、竹下 俊弘、Z Y M E L K A D a n i e l、小林 健  | 産業技術総合研究所             | 極薄圧電薄膜を用いた電気刺激誘発筋音センサによる筋収縮性の評価                                 | 第40回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム 優秀技術論文賞 | 2023. 11 |
| Taku Hachisu, Masayuki Kajiura, Toshihiro Takeshita, Yusuke Takei, Takeshi Kobayashi, Masahi Konoyo | 筑波大学, 産業技術総合研究所, 東北大学 | Best IEEE Transactions on Haptics Short Paper Honorable Mention | IEEE Haptics Symposium 2024            | 2024. 4  |
| 和賀正宗  | 東北大学・産総研              | 極薄 PZT-MEMS 振動子を用いた高周波振動感覚等価変換による鉛筆硬度の異なる筆記感の表現                 | ロボティクス・メカトロニクス部門 ベストデモンストレーション表彰       | 2024. 5  |

(5) 成果普及の努力 (プレス発表等)

| 発表者                               | 発表者の所属                            | タイトル  | 雑誌名・学会名・イベント名等                   | 年月       |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|----------|
| 昆陽雅司                              | 東北大学                              | 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                             | CEATEC                           | 2023. 10 |
| 産業技術総合研究所、東北大学、筑波大学、Adansons      | 産業技術総合研究所、東北大学、筑波大学、Adansons 株式会社 | 「リアルな触覚再現技術」で触覚を「共有」へ   | 産総研、東北大学、筑波大学、Adansons 共同プレスリリース | 2024. 3  |
| AIST, Tohoku University, Adansons |                                   | Next-Gen Haptics: Transform Your Content with Embodied Experiences. | CES                              | 2025. 1  |

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

(1) 研究発表・講演

| 発表者  | 発表者の所属 | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等  | 年月      |
|--|--------|--|---|---------|
| Álvaro Costa-García, Shotaro Okajima, Ningjia Yang, Sayako Ueda and Shingo Shimoda | 理化学研究所 | Current Trends and Challenges towards the Digital Health Era | IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts | 2022. 7 |
| Shingo Shimoda, Shotaro Okajima, Takeshi   | 理化学研究所 | Virtual-communication beyond our consciousness               | IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts | 2022. 7 |

|   |         |   |   |          |
|---|---------|---|---|----------|
| Shingo Shimoda  | 東海国立大学  | Current Trends and Challenges towards the Digital Health Era  | Rehabweek Workshop  | 2023. 9  |
| Shingo shimoda and Hitoshi Hirata   | 名古屋大学他  | World-Wide Network of AI Labs in Hospital   | Workshop at IEEE International Conference on Intelligent Robot System | 2023. 9  |
| Matti Itkonen, Riku Kawabata, Satsuki Yamauchi, Shota Okajima, Hitoshi Hirata, Shingo Shimoda | 東海国立大学他 | Restoration of Reduced Self-efficacy Caused by Chronic Pain Through Manipulated Sensory Discrepancy | International Conference on NeuroRehabilitation                       | 2024. 11 |

(2) 論文

| 発表者   | 発表者の所属   | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等 | 年月       |
|---|----------|--|----------------|----------|
| 大山慎太郎   | 名古屋大学    | AI 及び xR 技術を活用した触診情報の可視化   | 日本ロボット学会誌      | 2022. 11 |
| 藤原武史, 黒木帝聡  | 豊田合成株式会社 | Sense of Agency, 質感, 情動: リモート身体認知の獲得に向けたデバイス開発   | 日本ロボット学会誌      | 2022. 11 |
| 下田真吾  | 理化学研究所   | ヒトの知性と触診 - 触診の認知経路解明と遠隔触診実現の検討 -   | 日本ロボット学会誌      | 2022. 11 |
| 山本美知郎   | 名古屋大学    | 医療における触診の重要性と遠隔診療での導入に向けて  | 日本ロボット学会誌      | 2022. 11 |
| Álvaro Costa-García, Shotaro Okajima, Ningjia Yang and Shingo Shimoda | 理化学研究所   | Artifact removal from sEMG signals recorded during fully unsupervised daily activities | DIGITAL HEALTH | 2023. 1  |

(3) 特許等 (知財)

特許出願 2 件

(4) 受賞実績

なし

(5) 成果普及の努力 (プレス発表等)

| 発表者   | 発表者の所属  | タイトル  | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月       |
|---|---------|---|--|----------|
| 下田真吾, 平田仁, 藤原武史, 南澤 孝太, 外村 雅治, 駒澤 真人, 神崎 洋治 | 理化学研究所他 | 座談会「触覚と疼痛、意識と無意識、知覚と認知～「環境」と「意識」をつなぐパラダイム～」 | 連載(1): <a href="https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-001.html">https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-001.html</a> | 2022. 11 |
| 下田真吾, 平田仁, 藤原武史, 南澤 孝太, 外村 雅治, 駒澤 真人, 神崎 洋治 | 理化学研究所他 | 座談会「触覚と疼痛、意識と無意識、知覚と認知～「環境」と「意識」をつなぐパラダイム～」 | 連載(2): <a href="https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-002.html">https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-002.html</a> | 2022. 11 |

|   |         |   |  |          |
|---|---------|---|--|----------|
| 下田真吾, 平田仁, 藤原武史, 南澤 孝太, 外村 雅治, 駒澤 真人, 神崎 洋治 | 理化学研究所他 | 座談会「触覚と疼痛、意識と無意識、知覚と認知～「環境」と「意識」をつなぐパラダイム～」 | 連載(3) :<br><a href="https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-003.html">https://robogaku.jp/news/2022/jrsj-4008-003.html</a> | 2022. 11 |
| 下田真吾, 平田仁, 藤原武史他                            | 東海国立大学他 | CES Demonstration                           | CES2024  | 2024. 1  |
| 下田真吾, 平田仁, 藤原武史他                            | 東海国立大学他 | Contact Reality の実現による世界初の遠隔触診システムを公開       | Press release  | 2025. 2  |

## 遠隔リハビリのための多感覚XR保健指導との互惠ケア連携

### (1) 研究発表・講演

| 発表者                              | 発表者の所属  | タイトル                                   | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月      |
|----------------------------------|---|--|--|---------|
| 蔵田武志                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 製造業・サービス業での人とシステムとの協調                  | 第20回情報科学技術フォーラム (FIT2021)  | 2021. 8 |
| 蔵田武志                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | Telerehabilitation Based on XR         | ISO/IEC JTC 1/AG 13 Internal Workshop for Ideas and Use Cases on VR/AR/MR Based Clinical Practice and Smart Health | 2021. 9 |
| 金澤周介                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 人のデジタルツイン形成に向けたフレキシブルひずみセンサの応用         | 第2回 FIIoT テクノロジーフォーラム  | 2022. 2 |
| 蔵田武志                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | XRに基づく遠隔リハの研究・事業事例調査報告                 | 遠隔ヘルスケアのための多感覚XR-AIに関するシンポジウム2022  | 2022. 3 |
| 蔵田 武志, 青山 朋樹, 葛岡 英明, 腰原 健, 成瀬 文博 | 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 | 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 | 遠隔ヘルスケアのための多感覚XR-AIに関するシンポジウム2022  | 2022. 3 |
| 岸岡 佳昭, 腰原 健                      | セイコーエプソン株式会社  | 生活習慣改善プログラム [健康保険組合様向けサービス]            | 遠隔ヘルスケアのための多感覚XR-AIに関するシンポジウム  | 2022. 3 |
| 鳴海拓志                             | 国立大学法人東京大学  | バーチャルリアリティによる身体活動の変容とその応用              | シンポジウム 57 「運動器からみたスマート『身体活動』定量化の新手法と意義」, 第95   | 2022. 5 |

|  |   |   |  |          |
|--|---|---|--|----------|
|  |   |   | 回日本整形外科学会学術総会  |          |
| 金澤周介   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 3D デバイスの展開に向けた電子回路の非破壊成形技術  | プラスチック成形加工学会 第33回年次大会  | 2022. 6  |
| 蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 遠隔リハビリ研究とオンライン学会運営から見たコミュニケーション DX  | 電気三学会関西支部講演会「アフターコロナ時代に向けたコミュニケーション DX」  | 2022. 9  |
| 金谷崇文, Yong-Hao HU, 中村拓人, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明  | 国立大学法人 東京大学   | バーチャルリアリティを用いた自転車運転時の注意機能の評価法の開発  | 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会   | 2022. 9  |
| 瑞穂 嵩人, 鳴海 拓志, 葛岡 英明  | 国立大学法人 東京大学   | モニタ上の3Dアバタによる環境的文脈操作を用いた記憶支援手法の効果   | 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会   | 2022. 9  |
| 尾形 邦裕, 金澤 周介, 田中秀幸, 蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | Basic Study of Upper Limb Movement Estimation and Function Evaluation including Shoulder Girdle by Multi-Sensing Flexible Sensor Wear | IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)       | 2022. 10 |
| 蔵田 武志, 尾形邦裕, 金澤周介, 今村由芽子, 佐藤 章博, 小木曾里樹, 小林吉之, 一刈良介, 中江 悟司, 多田充徳, 青山朋樹, 清水博己, 葛岡 英明, 中村拓人, 腰原健, 黒田 真朗, 返町 秀光, 大島 賢典 | 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 | 「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」で目指すところ  | 日本バーチャルリアリティ学会第66回複合現実感研究会   | 2022. 10 |
| 佐藤 章博  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 吹田 SA 従業員計測実証について   | xDR ワークショップ 2022「屋内測位のための磁気、オドメトリ、慣性航法、PDR、VDR」                                  | 2022. 10 |
| 蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 遠隔ヘルスケアサービスのための多感覚 XR-AI 技術基盤   | ヒューマンインタフェース学会オープンデザイン専門研究委員会 (SIG-OD) 研究談話会 「望ましい Well-being の未来へ向けたテクノロジーの在り方」 | 2022. 10 |
| 蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 遠隔ヘルスケアサービスのための多感覚 XR-AI 技術基盤と互惠ケア連携  | 人間拡張研究センターシンポジウム HARCS2022 「インターバース：拡張   | 2022. 11 |

|   |   |  |   |          |
|---|---|--|---|----------|
|   |   |  | する人間、社会の境界面」  |          |
| 佐藤 章博、小木曾里樹、一刈良介、沓澤岳、小林吉之、新村猛、野中朋美、蔵田 武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、がんこフードサービス株式会社、立命館大                           | 健康経営支援のための高速道路 SA 従業員の心身状態常時モニタリング   | HCG シンポジウム 2022   | 2022. 12 |
| 中江悟司、小木曾里樹、森郁恵、三浦貴大、芳賀靖憲、畠山慎太郎、木村謙吾、杉隆紀、木村篤、蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社デンソー                                      | 地理空間インテリジェンスを用いた製造ライン作業者の労働環境および作業負荷の評価  | サービス学会第 11 回国内大会  | 2023. 3  |
| Takato Mizuho, Tomohiro Amemiya, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuo                                     | 国立大学法人 東京大学   | Virtual Omnibus Lecture: Investigating the Effects of Varying Lecturer Avatars as Environmental Context on Audience Memory | the Augmented Humans International Conference 2023 (AHs '23)                            | 2023. 3  |
| 大島賢典  | 株式会社エブリハ  | 「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」における当社の試み   | 第 21 回日本電気生理運動学会・第 9 回計測自動制御学会電気生理研究会 (JSEK 2022)                                       | 2023. 3  |
| 小木曾里樹、森郁恵、三浦貴大、中江悟司、大隈隆史、芳賀靖憲、畠山慎太郎、木村謙吾、木村篤、蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社デンソー                                      | Integration of BLE-Based Proximity Detection with Particle Filter for Day-Long Stability in Workplaces                     | IEEE/ION Position Location and Navigation Symposium (PLANS)                             | 2023. 4  |
| 中江悟司、小木曾里樹、森郁恵、三浦貴大、芳賀靖憲、畠山慎太郎、木村謙吾、杉隆紀、木村篤、蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社デンソー                                      | Geospatial intelligence system for evaluating the work environment and physical load of factory workers                    | International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) | 2023. 7  |
| Kiyu Tanaka, Takuto Nakamura, Keigo Matsumoto, Hideaki Kuzuo                                      | 国立大学法人 東京大学   | Effect of Hanger Reflex on Detection Thresholds for Hand Redirection during Forearm Rotation                               | ACM Symposium on Applied Perception 2023 (SAP '23)                                      | 2023. 8  |
| 蔵田 武志、尾形邦裕、金澤周介、今村由芽子、佐藤 章博、小木曾里樹、小林吉之、一刈良介、中江 悟司、多田充徳、青山朋樹、清水博己、葛岡 英明、中村拓人、腰原健、黒田 真朗、返町 秀光、大島 賢典 | 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 | Project overview on multimodal XR-AI platform for tele-rehab and the reciprocal care coupling with health guidance         | IEEE TechRxiv   | 2023. 9  |

|  |   |   |  |          |
|--|---|---|--|----------|
| 中村 拓人, 葛岡 英明   | 国立大学法人<br>東京大学  | 肩ハンガー反射：肩への皮膚せん断変形提示による力覚知覚   | 第 28 回日本バーチャリアリティ学会大会  | 2023. 9  |
| 金谷 崇文, 中村 拓人, 松本 啓吾, 葛岡 英明   | 国立大学法人<br>東京大学  | 脳卒中後の上肢麻痺に対するハンドリダイレクションを用いた VR 訓練法の提案  | 第 28 回日本バーチャリアリティ学会大会  | 2023. 9  |
| 清水博己, 青山朋樹   | 京都大学  | 遠隔リハビリ向け多感覚 XR-AI 技術基盤構築に関する解説.   | バイオメカニズム学会誌 SOBIM  | 2023. 10 |
| 蔵田 武志, 尾形邦裕, 中村拓人, 葛岡 英明, 黒田 真朗, 佐藤 章博, 腰原健  |   | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術基盤について   | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI に関するシンポジウム 2023   | 2023. 11 |
| Takuto Nakamura, Hideaki Kuzuoka   | 国立大学法人<br>東京大学  | HangerBody: a Haptic Device Using Haptic Illusion for Multiple Parts of Body  | SIGGRAPH Asia 2023 Emerging Technologies (SA '23)  | 2023. 11 |
| 佐藤章博, 小木曾里樹, 一刈良介, 蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 複雑な決定境界に対応するためのスタッキングアンサンブル学習器による高速道路 SA 就業者の感情推定における不均衡データ対策手法の比較  | 電子情報通信学会技術研究報告   | 2024. 1  |
| 蔵田 武志, 尾形邦裕, 金澤周介, 今村由芽子, 佐藤 章博, 小木曾里樹, 小林吉之, 一刈良介, 中江 悟司, 多田充徳, 青山朋樹, 清水博己, 葛岡 英明, 中村拓人, 腰原健, 黒田 真朗, 返町 秀光, 成瀬 文博 | 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 | Project progress on XR-AI platform for tele-rehab and health guidance   | IEEE VR 2024 Workshop 8: 3rd International Workshop on Extended Reality for Industrial and Occupational Supports (XRIOS) | 2024. 3  |
| 尾形邦裕, 中村拓人, 金澤周介, 延島大樹, 葛岡英明, 蔵田武志   | 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 国立大学法人東京大学                                     | Remote Rehabilitation System Capable of Sharing Somatosensory Sensations  | International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)                                  | 2024. 7  |
| Takuto Nakamura, Hideaki Kuzuoka   | 国立大学法人<br>東京大学  | Force perception by presentation of skin shear deformation to shoulder  | Proceedings of the EuroHaptics 2024  | 2024. 7  |
| Takato Mizuho, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka  | 国立大学法人<br>東京大学  | Investigating the Effects of Changing the Appearance of Screen-Based Avatars on Audience Memory                         | Proceedings of ACM Symposium on Applied Perception 2024  | 2024. 8  |
| 小木曾里樹, 興梠正克, 一刈良介, 佐藤章博, 大隈隆史, 蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | Enhancing Accuracy of Estimating Pedestrian Velocity and Walking Distance in the Workplace with Pose Graph Optimization | ION GNSS+  | 2024. 9  |
| 蔵田武志, 佐藤章博, 小木曾里樹, 加藤狩夢, 中江 悟司, 一刈良介, 新村猛  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 株式会社 GANKO                                     | Pre-Post Analysis on Multi-Skill Development using Fl   | IFIP WG 5.7 APMS (Advances in Production Management)   | 2024. 9  |

|   |                            |   |  |          |
|---|----------------------------|---|--|----------|
|   |                            | ow Line Data at Expressway Service Area Facilities  | Systems) 2024 conference   |          |
| 蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所          | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術基盤 ～リハビリ・特定保健指導から人的資本経営支援まで～   | 第 29 回日本バーチャリアリティ学会大会  | 2024. 9  |
| 金谷 崇文, 中村 拓人, 松本 啓吾, 葛岡 英明  | 国立大学法人 東京大学                | ハンドリダイレクションを用いたリーチング運動に適用可能なゲインの調査  | 第 29 回日本バーチャリアリティ学会大会  | 2024. 9  |
| 太田 貴士, 中村 拓人, 葛岡 英明   | 国立大学法人 東京大学                | 五十肩の遠隔 VR リハビリテーションにおける異種互恵ケアの効果  | 第 29 回日本バーチャリアリティ学会大会  | 2024. 9  |
| 小木曾里樹、中江悟司、加藤狩夢、森郁恵、三浦貴大、一刈良介、大隈隆史、蔵田武志、杉隆紀、芳賀靖憲、中野恵理、木村篤                     | 国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社デンソー | Metrics for Comparing Different Types of Positioning Techniques: Proximity Detection and Location Coordinate Estimation | IEEE 13th Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2024)             | 2024. 10 |
| Takato Mizuho, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka                                 | 国立大学法人 東京大学                | Contextual Matching Between Learning and Testing Within VR Does Not Always Enhance Memory Retrieval                     | Proceedings of the 30th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology | 2024. 10 |
| 蔵田武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所          | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI  | HCG シンポジウム 2024  | 2024. 12 |
| Shun Takenaka, Takato Mizuho, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka                  | 国立大学法人 東京大学                | Effects of Human and Animal Partner-Avatars on Profile Memory in Virtual Reality  | Proceedings of ACM Symposium on Applied Perception 2024                          | 2024.    |
| 今村由芽子、尾形邦裕、蔵田 武志  | 国立研究開発法人産業技術総合研究所          | Designing Sensor Wear for Posture Estimation with Strain Sensors Using Digital Model                                    | IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (SII 2025)              | 2025. 1  |
| Kiyu Tanaka, Takuto Nakamura, Keigo Matsumoto, Hideaki Kuzuoka, Takuji Narumi | 国立大学法人 東京大学                | Detection Thresholds for Replay and Real-Time Discrepancies in VR Hand and Redirection                                  | IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics                               | 2025.    |
| Kiyu Tanaka, Keigo Matsumoto, Takuto Nakamura, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka | 国立大学法人 東京大学                | Effects of Replay Modification and Viewpoint in Virtual Reality on Self-Efficacy  | Proceedings of Augmented Humans 2025   | 2025.    |

(2) 論文

| 発表者              | 発表者の所属      | タイトル  | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月       |
|------------------|-------------|---|------------------|----------|
| 瑞穂嵩人, 鳴海拓志, 葛岡英明 | 国立大学法人 東京大学 | 実写 360 度動画とセルフアバターを用いた環境の文脈操作が自由再生および時間評価に与える影響 | 日本バーチャリアリティ学会論文誌 | 2022. 12 |

|  |            |  |  |        |
|--|------------|--|--|--------|
| Takashi Ohta, Takuto Nakamura, Hideaki Kuzuoka   | 国立大学法人東京大学 | Effects of Gamification and Communication in Virtual Reality Frozen Shoulder Rehabilitation for Enhanced Rehabilitation Continuity | IEEE Access  | 2023.5 |
| Takato Mizuho, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka  | 国立大学法人東京大学 | Effects of the Visual Fidelity of Virtual Environments on Presence, Context-dependent Forgetting, and Source-monitoring Error      | IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics | 2023.5 |
| Takuto Nakamura, Hideaki Kuzuoka   | 国立大学法人東京大学 | Rotational Motion due to Skin Shear Deformation at Wrist and Elbow   | IEEE Transactions on Haptics                             | 2024.3 |
| Takato Mizuho, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka  | 国立大学法人東京大学 | Reduction of Forgetting by Contextual Variation During Encoding Using 360-Degree Video-Based Immersive Virtual Environments        | IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics | 2024.5 |
| Curiel, Rodrigo Cerecero, Takuto Nakamura, Hideaki Kuzuoka, Takafumi Kanaya, Cosima Prahm, and Keigo Matsumoto | 国立大学法人東京大学 | Virtual Reality Self Co-embodiment: An Alternative to Mirror Therapy for Post-Stroke Upper Limb Rehabilitation                     | IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics | 2024.5 |
| 瑞穂嵩人, 雨宮智浩, 鳴海拓志, 葛岡英明   | 国立大学法人東京大学 | Virtual Omnibus Lecture: 多様な講師アバタを使った遠隔講義が学生の記憶に与える効果  | 日本バーチャルリアリティ学会論文誌  | 2024.9 |
| Takato Mizuho, Shun Takenaka, Takuji Narumi, Hideaki Kuzuoka   | 国立大学法人東京大学 | Multiple Self-Avatar Effect: Effects of Using Diverse Self-Avatars on Memory Acquisition and Retention of Sign-Language Gestures   | IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics | 2024.  |

(3) 特許等 (知財)

なし

(4) 受賞実績

| 受賞者   | 受賞者の所属  | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等               | 年月     |
|---|---|--|------------------------------|--------|
| 蔵田 武志、尾形邦裕、金澤周介、今村由芽子、佐藤 章博、小木曾里樹、小林吉之、一刈良介、中江 悟司、多田充徳、青山朋樹、清水博己、葛岡 英明、中村拓人、腰原健、黒田 真朗、返町 秀光、大島 賢典 | 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 | 「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」で目指すところ | 日本バーチャルリアリティ学会第 66 回複合現実感研究会 | 2023.3 |

|   |            |  |  |        |
|---|------------|--|--|--------|
| 瑞穂 嵩人, 鳴海 拓志, 葛岡 英明   | 国立大学法人東京大学 | モニタ上の3Dアバタによる環境的文脈操作を用いた記憶支援手法の効果  | 第27回日本バーチャリアリティ学会大会                                | 2023.3 |
| Kiyu Tanaka, Takuto Nakamura, Keigo Matsumoto, Hideaki Kuzuoka, Takuji Narumi | 国立大学法人東京大学 | Detection Thresholds for Replay and Real-Time Discrepancies in VR Hand Redirection | IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics | 2025.  |

(5) 成果普及の努力 (プレス発表等)

| 発表者                              | 発表者の所属  | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等              | 年月      |
|----------------------------------|---|--|-----------------------------|---------|
| 蔵田武志, 金澤 周介, 尾形 邦裕, 植村 聖         | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 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  | MEMS センシング&ネットワークシステム展 2022 | 2022.1  |
| 蔵田 武志, 青山 朋樹, 葛岡 英明, 腰原 健, 大島 賢典 | 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 | 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  | Interop Tokyo 2022          | 2022.6  |
| 尾形 邦裕, 今村由芽子, 蔵田武志               | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | Human Augmentation Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology | IROS-TV                     | 2022.10 |
| 蔵田 武志, 尾形邦裕, 金澤周介                | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 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  | MEMS センシング&ネットワークシステム展 2023 | 2023.2  |
| 蔵田武志                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 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  | NEDO AI NEXT FORUM 2023     | 2023.2  |
| 蔵田武志                             | 国立研究開発法人産業技術総合研究所   | 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  | 柏の葉ライフサイエンス協議会発足記念「交流の葉」    | 2023.3  |

|                                |   |  |                                     |          |
|--------------------------------|---|--|-------------------------------------|----------|
| 蔵田武志                           | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | Multimodal XR-AI Platform for Tele-Rehab and the Reciprocal Care | AWE USA 2023 (Augmented World Expo) | 2023. 6  |
| 蔵田武志                           | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術基盤  | Human Augmentation Labo (HAL)       | 2024. 1  |
| 蔵田 武志、尾形邦裕、今村由芽子、佐藤 章博         | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術基盤  | WELL-BEING TECHNOLOGY 2024          | 2024. 1  |
| 蔵田 武志                          | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術  | 産総研特別公開                             | 2024. 10 |
| 蔵田 武志                          | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI 技術  | 人間拡張研究センターシンポジウム (HARCS2024)        | 2024. 11 |
| 蔵田武志、中村拓人、清水博己、乾赳士             | 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 | (特別セッション) 遠隔ヘルスケアのための多感覚 XR-AI                                   | HCG シンポジウム 2024                     | 2024. 12 |
| 蔵田 武志                          | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔リハビリのための多感覚 XR-AI 技術基盤構築                                       | MEMS センシング&ネットワークシステム展 2024         | 2025. 1  |
| 今村由芽子、後藤大輔、大島賢典、尾形邦裕、篠崎真良、蔵田武志 | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました           | 産総研ウェブサイト (プレスリリース)                 | 2025. 3  |
| 蔵田武志、大島 賢典                     | 国立研究開発法人産業技術総合研究所                         | 遠隔リハビリテーションと XR 技術   | Journal of Clinical Rehabilitation  | 2025. 3  |

## A I ・ X R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

### (1) 研究発表・講演

| 発表者 | 発表者の所属 | タイトル | 雑誌名・学会名・イベント名等 | 年月 |
|-----|--------|------|----------------|----|
|-----|--------|------|----------------|----|

|                     |           |  |   |         |
|---------------------|-----------|--|---|---------|
| Yue Qiu             | 産業技術総合研究所 | Describing and Localizing Multiple Changes with Transformers | IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV2021) | 2021.10 |
| 佐々木一、山崎まりか、鈴木真二     | 東京大学、ISID | 小型無人航空機の消火活動支援におけるモデルベースリスク分析                                | 第35回日本リスク学会年次大会 (2022.11.12)                                    | 2022.11 |
| 荒井智貴、岩田健司、佐藤雄隆      | 産業技術総合研究所 | 災害現場におけるドローン空撮動画をを用いた人物属性推定の検討                               | ビジョン技術の実利用ワークショップ ViEW2022                                      | 2022.12 |
| 荒井智貴、岩田健司、原健翔、佐藤雄隆  | 産業技術総合研究所 | ドローン空撮動画における災害被災者状況の自動推定の検討                                  | 画像センシングシンポジウム SSII2023  | 2023.6  |
| 神村明哉                | 産業技術総合研究所 | 革新的ドローンAI及びドローンリモート技術の紹介                                     | Japan Drone 2023  | 2023.6  |
| 岩田健司、佐藤智実、荒井智輝、佐藤雄隆 | 産業技術総合研究所 | クラウドで状態推定AIとXR情報提示を統合したリモートドローンシステムの開発                       | 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット(CNR)研究会                                  | 2023.8  |
| 岩田健司                | 産業技術総合研究所 | ディープラーニング活用によるドローンリモートシステム                                   | 日本機械学会 連携講習会「ディープラーニングと機械 ～ 基礎と応用～」                             | 2024.5  |

(2) 論文

| 発表者  | 発表者の所属    | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等  | 年月      |
|--|-----------|--|---|---------|
| 小出健司   | 産業技術総合研究所 | Globally Consistent 3D LiDAR Mapping with GPU-accelerated GICP Matching Cost Factors                 | IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L)                                     | 2021.10 |
| Kenji Koide, Masashi Yokozuka, Shuji Oishi, Atsuhiko Banno           | 産業技術総合研究所 | Globally Consistent and Tightly Coupled 3D LiDAR Inertial Mapping                                    | IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2022)             | 2022.5  |
| Ryo MIYAZAKI, Yuto YASUTA, Xiao HAN, Kohji TOMITA and Akiya KAMIMURA | 産業技術総合研究所 | Decentralized Multi-UAV Formation Control and Navigation over a Self-Organizing Coordination Network | 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (2023.01.19) | 2023.1  |
| 佐々木一、樫野尊、寺村良寛、鈴木真二   | 東京大学、ITID | 消防におけるドローンリモート技術の概念構想 (ConOps) の構築と社会実装課題の抽出   | Technical Journal of Advanced Mobility  | 2023.2  |

|  |   |  |   |         |
|--|---|--|---|---------|
| Kenji Koide, Shuji Oishi, Masashi Yokozuka, Atsuhiko Banno | 産業技術総合研究所                                   | General, Single-shot, Targetless, and Automatic LiDAR-Camera Extrinsic Calibration Toolbox                     | IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2023)                           | 2023.5  |
| Tomoki Arai, Kenji Iwata, Kensho Hara, Yutaka Satoh        | 産業技術総合研究所                                   | Estimation of Human Condition at Disaster Site Using Aerial Drone Images                                       | ICCV 2023 Workshop, Artificial Intelligence for Humanitarian Assistance and Disaster Response | 2023.10 |
| Hajime Sasaki, Marika Yamazaki, Shinji Suzuki              | The University of Tokyo, DENTSU SOKEN, Inc. | Model-Based Risk Analysis for Multi-UAV Operation: A Case Study of Firefighting Support Using Formation Flight | Technical Journal of Advanced Mobility  | 2024.3  |

(3) 特許等 (知財)

なし

(4) 受賞実績

| 受賞者          | 受賞者の所属    | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等   | 年月     |
|--------------|-----------|--|--|--------|
| Ryo MIYAZAKI | 産業技術総合研究所 | Decentralized Multi-UAV Formation Control and Navigation over a Self-Organizing Coordination Network | SICE International Young Authors Award (SIYA Award) (2023.01.20) | 2023.1 |

(5) 成果普及の努力 (プレス発表等)

| 発表者                       | 発表者の所属                           | タイトル   | 雑誌名・学会名・イベント名等                    | 年月      |
|---------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|---------|
| 東京大学                      |                                  | 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        | Japan Drone 2022 (2022.6.21-23)   | 2022.6  |
| 土屋武司、神村明哉                 | 東京大学、産業技術総合研究所                   | 福島 RTF におけるビル火災ドローン実証実験                          | NHK ニュース7 (2022.11.19)            | 2022.11 |
| 東京大学                      |                                  | 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        | ロボット・航空宇宙フェスタふくしま (2022.11.25-26) | 2022.11 |
| 土屋武司、鈴木真二、神村明哉、曾谷英司、児玉雅彦他 | 東京大学、産業技術総合研究所、イームズロボティクス、NTTドコモ | ドローン 広がる飛行範囲 改正法施行 「目視外」「人がいる」場所可能に 高所の消火や点検活用期待 | 朝日新聞 朝刊2面 (2022.12.06)            | 2022.12 |

|                           |                                  |   |   |         |
|---------------------------|----------------------------------|---|---|---------|
| 土屋武司、鈴木真二、神村明哉、曾谷英司、児玉雅彦他 | 東京大学、産業技術総合研究所、イームズロボティクス、NTTドコモ | 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         | NEDO AI NEXT FORUM 2023(2023.02.16-17)          | 2023.2  |
| 土屋武司、鈴木真二、神村明哉、曾谷英司、児玉雅彦他 | 東京大学、産業技術総合研究所、イームズロボティクス、NTTドコモ | 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         | 東京国際消防防災展 2023                                  | 2023.6  |
| 佐々木一、鈴木真二                 | 東京大学                             | 無人航空機による消火活動支援の期待と課題                              | 消防防災の科学   | 2023.8  |
| 神村明哉、土屋武司、鈴木真二、曾谷英司、児玉雅彦  | 産業技術総合研究所、東京大学、イームズロボティクス、NTTドコモ | ここまで進んだ“ドローン防災”                                   | NHK 放送「明日をまもるナビ」                                | 2023.11 |
| 鈴木真二                      | 東京大学                             | 航空機、ドローン、空飛ぶクルマにおける自動/自律運転の動向                     | 第7回 DNV Safety & Security Forum                 | 2023.12 |
| 神村明哉、土屋武司、鈴木真二、曾谷英司、児玉雅彦  | 産業技術総合研究所                        | ドローン防災最前線   | NHK 放送「午後LIVE ニュースーン」                           | 2024.4  |
| 神村明哉、土屋武司、鈴木真二、曾谷英司       | 産業技術総合研究所                        | リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる革新的なドローン運用技術を開発しました | NEDO ホームページ、産総研ホームページ、東大ホームページ、イームズロボティクスホームページ | 2024.12 |
| 神村明哉                      | 産業技術総合研究所                        | 機体間通信で自律制御ドローン群協調飛行                               | 日刊工業新聞 2025/03/27                               | 2025.3  |
| 神村明哉、土屋武司、鈴木真二、曾谷英司、児玉雅彦  | 産業技術総合研究所                        | ドローン 人命救助などに活用                                    | NHK 放送「いば6」                                     | 2025.4  |

## ●プロジェクト用語集

動作ユニット AI による人の感情推定とキャラクターの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築

| 用語        | 説明   |
|-----------|--|
| 動作ユニット    | 顔表情研究における分析単位として特定の顔部位の動きを「アクションユニット」と定義したことで客観的な検証が可能になった。これを身体動作に応用したもので、感情に基づいた身体動作の分析単位。 |
| 動作ユニット AI | 動作ユニットと人の感情や意図を関連付けた AI、感情に基づいた大量の身体動作データを取得し、データ駆動型アプローチで感情を推定する技術。                         |

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

| 用語                                 | 説明  |
|------------------------------------|---|
| ハプティック                             | ハプティック技術は、触覚による情報伝達を可能にする技術で、デバイスが使用者に対して物理的な感触を提供することを指します。この技術は、スマートフォンのバイブレーション通知やゲームコントローラーの振動フィードバック、さらには仮想現実 (VR) や拡張現実 (AR) でのリアルな触感体験の実現など、多岐にわたる分野で応用されています。ハプティック技術により、ユーザーは視覚や聴覚だけでなく、触覚を通じても情報を得ることができ、より直感的で没入感のあるインタラクションが可能になります。          |
| MEMS                               | MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems、マイクロエレクトロメカニカルシステムズ) とは、マイクロメートル単位 (1 マイクロメートルは 100 万分の 1 メートル) の微細な電子機械システムのことを指します。この技術により、電子回路と機械的な構造を微小なスケールで統合し、特定の機能を果たす小型デバイスを製造することが可能です。MEMS の応用例は非常に広範にわたり、スマートフォンの加速度センサーや圧力センサーなど、日常生活の多くの場面で使用されています。 |
| 双方向リモート触覚伝達 AI システム                | 触覚デバイスと AI を活用した触覚信号編集技術を組み合わせることで、幅広い周波数帯域の触覚信号を体験できるため、指先で触れる操作や握手などの触覚情報を手首で計測し、相手側に伝えられるシステムです。   |
| 参照系 AI                             | 参照系 AI は、元となるデータから必要なデータを瞬時に抽出することが可能です。本技術は入力信号をデータの特徴量ごとに分解できるのが特徴であり、今回のシステムにおいて「伝えたい振動のみを抽出する」という働きをしています。  |
| Intensity Segment Modulation (ISM) | ソフトウェア要素の一つとして、信号処理技術「ISM (Intensity Segment Modulation)」を開発しました。ISM は、接触振動や音響振動などの高周波信号に対し、ヒトの触覚知覚特性に基づいて計算を行うことで、触感を保ちながらデバイスで再生しやすい低周波の信号に変換する技術です。これにより、小型の振動子でもより広帯域な体感振動の提供が可能となり、「ユーザーが感じやすい振動体験」を創出することができます。                                     |
| 技能体感共有システム                         | 作業者が手で感じる振動体感を、手先から手首に伝わる振動波形を手首に装着した腕輪型デバイスで計測し、触覚の知覚量に基づく信号処理技術を用いることにより記録した触覚は、腕輪型デバイスに内蔵されたバイブレーターを用いて、振動体感を忠実にバイブレーターで再生することで振動体感を共有可能なシステム  |
| CES                                | CES (シーイーエス) は毎年 1 月米国ラスベガスで開催される世界最大級のテクノロジーイベントです。Consumer Electronics Show の略。   |
| LRA                                | LRA 型振動発生素子 (Linear Resonant Actuator) は、アクチュエーターの一種で、磁石とコイルの相互作用によって動きます。内部の磁石がコイルから生み出される磁場の効果を受けて前後に直線移動し、この動きを振動の生成に利用します。この振動状態は構造が持つ固有の共振周波数により規定され、スマートフォンやウェアラブルデバイスでの触覚フィードバックに応用されます。   |

|        |  |
|--------|--|
| 触覚デバイス | 触覚デバイスは、皮膚に物理的な刺激を与えることにより触覚情報を伝達する装置のことを指し、スマートフォンやゲームコントローラー、VR 装置などに利用されています。一般的には振動フィードバックや、皮膚を変形させる装置が用いられます。触覚提示に筋や腱の深部感覚で感じる力情報である力覚を含めることもありますが、大がかりな装置が必要な力覚提示に比べ、皮膚に対する触覚提示は小型化が容易で、ポータブルデバイス・ウェアラブルデバイスへの活用が期待されています。 |
|--------|--|

### Contact Reality の実現による遠隔触診システム開発

| 用語              | 説明  |
|-----------------|---|
| Contact Reality | 触覚の本質を「感覚の再現」ととどまらず、「意味のある接触体験の再構成」として捉える概念として、本研究で提案したものである。   |
| e-Rubber        | 豊田合成株式会社が開発した次世代ゴム製品。 ゴムを2枚の電極で挟んだ薄い膜構造のセンサー・アクチュエーター。  |
| CES             | 毎年1月にアメリカ ネバダ州ラスベガスで開催される電子機器の見本市。  |
| Haptic I/O Doll | 患者に触れた感覚を医師に与えるための物理的な疑似前腕モデルで、骨格や筋・腱といった内部構造や人工皮膚を利用した表層からなる。  |
| 触診マニピュレータ       | 患者に触圧を与えるマニピュレータで、前腕の任意の位置に触圧を与えられ、かつ精密に制御するためリニアガイドと回転の2自由度を用いた。触圧を与えるために、小型のリニアアクチュエーター。                        |
| 指先統合センサー        | 触診マニピュレータにより患者に直接触れる部分に設置されており、6軸力覚センサー6個が、指先の形状を模した台座の上にアレイ状に配置されるとともに、台座の下には eRubber が配置され、全体にかかる圧を一括して計測するシステム |

### 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

| 用語             | 説明  |
|----------------|---|
| 多感覚 XR-AI 技術基盤 | 初診、運動訓練の実施、常時モニタリング（見守り）、再診の各ヘルスケアプロセスの遠隔化を実現するために、XR および AI を活用した視覚・聴覚・触力覚提示、ウェアラブルデバイスによる心身状態把握などの各機能を提供するための技術基盤である。 |
| 互惠ケア           | 他の患者・利用者と共同で運動訓練を行うことで、お互いの良い影響を与えあい、訓練の継続性を高める手段である。主に、提供者が不在の状況を想定している。   |
| ハンガー反射         | 針金ハンガーをかぶると頭が回ってしまう現象のことである。ハンガーからの圧迫によって発生する皮膚の横ずれが重要な役割を果たす。この皮膚の横ずれを適用すると、手首・肘・足首・膝・腰などでも類似現象が発生することがわかっている。         |
| MR3            | Multi-Modal Mixed Reality for Remote Rehab の略称である。エムアールキューブと読む。   |
| 融合身体           | 2人以上の人で1つのアバター（身体）を動かすことを指す。相手の動作と融合させて、自分の動作は活かしつつタスク実行することで、内発的動機付けを支援する役割を担う。  |
| リダイレクション       | アバターの動きを変換して提示し、「これまでよりもうまく動けた」などの錯覚を生じさせる手法である。  |
| IMU            | 慣性計測装置のことで、加速度センサ、ジャイロセンサなどで構成され、装置自体の動き（姿勢や移動ベクトル）を計測できる。  |
| PPG センサ        | 光電容積脈波（Photoplethysmography）センサの略である。光を皮膚に照射し、血液の量の変化による光の吸収や反射の変化を計測する技術である。   |

|                    |  |
|--------------------|--|
| 経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO2) | 動脈を流れる赤血球に含まれるヘモグロビンのうち、酸素と結合しているヘモグロビンの割合を示す値である。 |
| PRV                | 脈拍間隔変動 (Pulse Rate Variability) の略である。             |
| HRV                | 心拍間隔変動 (Heart Rate Variability) の略である。             |

## 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

| 用語        | 説明   |
|-----------|--|
| 空のアバター    | 「アバター」という言葉は、一般的にデジタルやオンラインの世界でのユーザーの分身や代理を表す言葉として使用されているが、本事業では複数のプロペラを使って空を飛ぶ小型の航空機であるマルチコプター型ドローンに対して、オペレーターが遠隔からあたかも自分の分身のようにドローンを遠隔操作できる仕組みを開発しており、総じて「空のアバター」と呼称する。        |
| 自律分散協調飛行  | 複数の無人機（ドローンなど）が中央の司令塔なしに自律的に判断しつつ、機体間通信を介して相互に連携しながら分散的に飛行する技術である。本事業では、同じ目的地に向かって飛行するフォーメーション飛行、相互衝突回避機能、対象物上空旋回飛行、1人のオペレーターによる複数ドローンの群移動操作などを実現している。                           |
| LiDAR     | Light Detection And Ranging の略で、レーザー光を照射して、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形などを計測する技術である。   |
| ROS2 システム | ROS2 (Robot Operating System 2) は、ロボット開発用のオープンソースのプラットフォームで、複数のコンピューターやデバイスがネットワークで接続され、協力してロボットを制御できるように設計されている。本事業では、各ドローン搭載の制御用コンピューター、地上基地局の操作 PC 間で、ROS2 システムによる情報連携を行っている。 |
| Voysys    | 低遅延データ転送ソフトウェア。本テーマでは 5G 環境ではなく、LTE 環境でも成果を利活用できるようにするために採用。   |
| デジタルツイン   | 現実世界を仮想デジタル空間に再現した「デジタルの双子」を作り、仮想空間で現実の動きや状態をリアルタイムに再現することで、さまざまな分野で効率化やリスク管理を実現する技術である。本事業では、現場の環境をドローン搭載の LiDAR とカメラにより高速に 3 次元化し、デジタルツインの環境として利用する技術を開発している。                  |
| XR 提示     | XR とは VR (Virtual Reality、仮想現実) や AR (Augmented Reality、拡張現実)、MR (Mixed Reality、複合現実) などの総称である。本事業では、これらの技術を用いて情報や映像を提示することを指す。  |
| 機械警備      | 人の代わりに機械を使って建物や敷地を守る方法である。機械警備には、センサーやカメラ、警報システム、通信機器などの技術が使われ、建物内外の異常を検知して、警備員や管理者に知らせる仕組みが含まれる。  |
| ICRA      | International Conference on Robotics and Automation の略であり、ロボット工学とオートメーションに関する国際会議である。  |
| GitHub    | ソフトウェア開発のプラットフォームであり、ソースコードを保存・共有・管理できる Web サービスである。   |
| SBIR      | Small Business Innovation Research の略である。スタートアップ等による研究開発を促進し、その成果を円滑に社会実装し、それによって我が国のイノベーション創出を促進するための制度である。   |
| JST-K Pro | 内閣府主導のもと創設された「経済安全保障重要技術育成プログラム」の略である。   |

### ●ニュースリリース

NEDO と実施者の共同リリース

## リアルな触覚再現技術による、技能教育システム、心拍数共有アプリを開発しました —一体で感じる触覚の計測、編集、調整、再生が手軽に実現可能になります—

NEDOが進める「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」(以下、本事業)において、国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、産総研)、国立大学法人東北大学、国立大学法人筑波大学、株式会社Adansonsは、2024年3月に発表した極薄ハプティックMEMSによる触覚デバイスと触覚信号編集技術を組み合わせることで、指先で触れる触覚情報を手首で計測して他者に伝えることを可能とする双方向リモート触覚伝達システムを開発しました。これを基盤とした実用例としてAR技能教育システムと心拍数共有アプリと、その性能を向上する技術を開発しました。

開発にあたり各者の役割は以下となります。

- (1) リアルな触覚を再現するAR技能教育システムの開発(東北大学)
- (2) 疑似心拍振動による社会交流促進の実証と心拍数共有アプリの開発(筑波大学)
- (3) 皮膚内部の歪み(ひずみ)を可視化する独自の触覚デバイス設計・評価技術の開発(産総研)
- (4) 自然言語を活用した人間とAIが双方向に“ネゴシエーション”する触覚信号分離／編集ソフトウェアを開発(Adansons)

今後、産総研、東北大学、Adansons、筑波大学は、本事業の成果を活用し、ものづくりで利用する技能体感教育システムの開発や、心拍数共有アプリのさらなる性能向上、および、汎用(はんよう)信号処理ソフトウェアの提供を進めます。これにより、これまで世代を超えて伝承が困難であった触覚を手軽に記録して共有できる社会の実現を目指します。



図1 双方向リモート触覚伝達システム



図2 振動体感を共有するAR技能教育システム

## 1. 背景

ものづくりの分野では、少子高齢化に伴い、職人の高度な技能の記録や伝承、自動化が求められています。しかし、繊細な技能動作に関わる体感の違いを比較し、分かりやすく教示することが大きな課題でした。特に、工具でものを削る、擦るといった動作により発生する繊細な触覚は、従来の力覚提示装置<sup>\*1</sup>や振動装置で忠実に再現することは、ハードウェアの応答限界のために困難でした。

また、コロナ禍では、インターネットを活用して離れた人と交流する機会が増加しました。一方で、視覚と聴覚のみによる交流では、対面と比較してコミュニケーションが難しく、孤独感を訴える人もいました。

これらの課題を解決するためにNEDOが進める本事業<sup>\*2</sup>において、産総研、東北大学、筑波大学、Adansonsは、極薄ハプティック<sup>\*3</sup>MEMS<sup>\*4</sup>による触覚デバイス<sup>\*5</sup>と触覚信号編集技術<sup>\*6</sup>を組み合わせ、双方向リモート触覚伝達システム<sup>\*7</sup>の開発に取り組みました。

## 2. 今回の成果

### (1)リアルな触覚を再現するAR技能教育システムの開発

東北大学は、作業者が手で感じる振動体感を、手先から手首に伝わる振動波形を手首に装着した腕輪型デバイスで計測し、触覚の知覚量に基づく信号処理技術を用いることにより、作業者が感じる触覚の知覚量を数値化し、AR(Augmented Reality)システムを介して空間に投影することで、作業体感の可視化に成功しました。

また、記録した触覚は、腕輪型デバイスに内蔵されたバイブレーターを用いて、振動体感を忠実にバイブレーターで再生することが可能です。このように手首位置で振動体感を記録し、忠実に再生するには、記録する作業者と体験者間における手指からの振動の伝わりやすさの個人差を補正したり、小型のバイブレーターでも再生できる信号に変換する必要があります。開発した触覚知覚量に基づく触覚信号の強調技術を用いて、個人差を補正し、バイブレーターが提示する体感量を忠実に制御することが可能になりました。これにより、世界で初めて、個人の触覚の伝わりやすさの違いを補正しながら、振動体感を共有可能なAR技能教育システム<sup>\*8</sup>を実現しました。

図3のグラフはヤスリ動作を記録しておいた教師役の運動と振動体感に基づき、3人の被験者がARシステムを用いて再現を試みた実験の結果を示しており、教師のヤスリの接触角度<sup>\*9</sup>および法線力<sup>\*10</sup>に対する誤差をプロットしています。振動体感を補正し、さらにARシステムで可視化することにより、ヤスリの接触角度とヤスリで加えた法線力の誤差およびそのばらつきが低減することから、被験者が教師の動作をより正確に再現できる可能性を示しています。

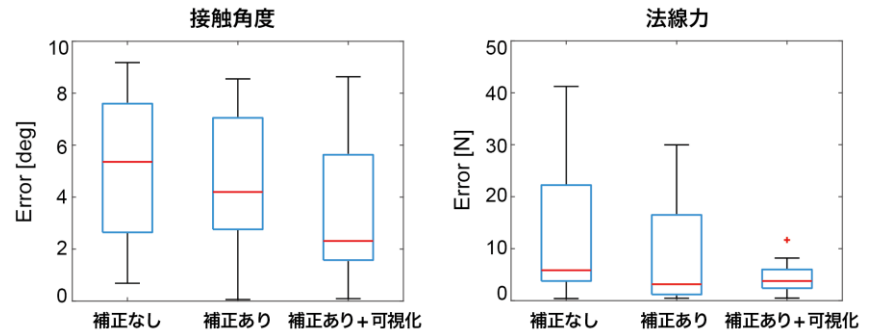


図3 個人差補正、可視化による技能再現誤差の低減

### (2) 疑似心拍振動による社会交流促進の実証と心拍数共有アプリの開発

筑波大学は、これまでに開発した疑似心拍振動<sup>※11</sup>により、従来の覚醒の度合いを示す感情の表現に加え、「快—不快」の感情の表現が可能であることを実験により確認しました。また、この疑似心拍振動を介してカメラやウェアラブルデバイスから計測した表情や心拍数などの生体信号を伝達することにより、相手の存在感が強まることを実験により確認しました。これらの実験の成果を基に、手軽に二者間で振動を介して心拍数を共有可能なiPhoneおよびApple Watchユーザー向けの心拍数共有アプリ<sup>※12</sup>を一般公開しました。ビデオゲームで対戦している際の二者間や、競技中のアスリートからコーチまたは視聴者など、さまざまな場面で相手の心拍数の変化に触れる体験を提供します。

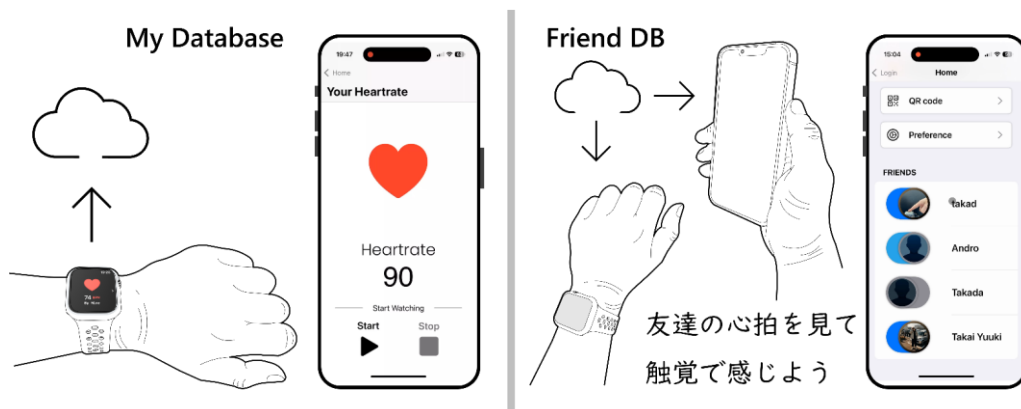


図4 心拍数共有アプリ

### (3) 皮膚内部の歪を可視化する独自の触覚デバイス設計・評価技術の開発

産総研では、独自に開発した極薄ハプティックMEMSデバイスによる振動刺激性能を向上させるために、皮膚ファントム<sup>※13</sup>と非接触式の計測装置を組み合わせることで、皮膚内部に生じる歪み分布を可視化・数値化する評価システムを構築しました。これにより、振動がどのように伝達しているかを定量的、かつ正確に把握することを可能としました。

本評価システムでは、高速度カメラを用いた非接触式の測定法を採用しており、任意の振動波形について皮膚内を伝播する歪を可視化できる点が大きな特徴です。また、この評価技術を活用し、デバイスの貼付構造や皮膚と振動板の接触界面を最適化することで、振動知覚能を向上させられることを筑波大学との共同研究で実証しました。

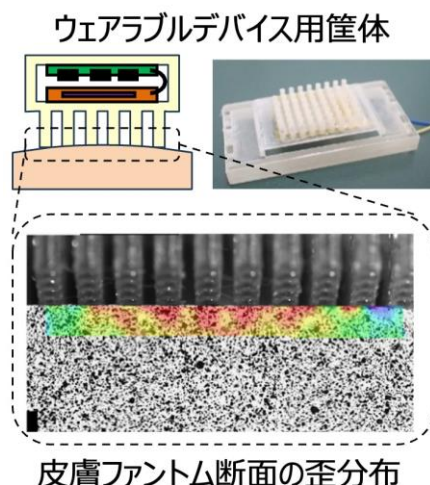


図5 極薄ハプティックMEMSデバイスが皮膚に生じさせる歪分布可視化結果

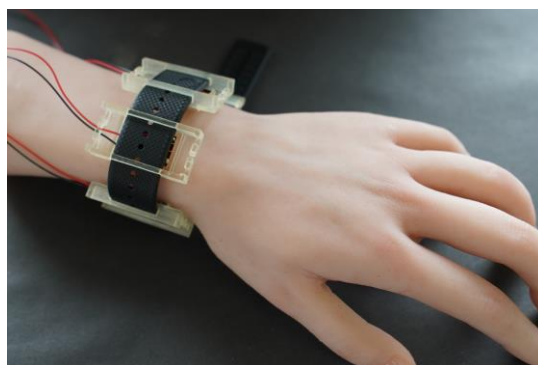


図6 極薄ハプティックMEMSデバイスを組み込んだリストバンドデバイス

#### (4) 自然言語を活用した人間とAIが双方向に“ネゴシエーション”する触覚信号分離／編集ソフトウェアを開発

Adansonsは、独自の信号分離／特徴抽出技術「参照系AI」を活用し、触覚信号などのノイズが多く複雑な信号から、人間の意図どおりに伝えたい信号を抽出するための「体感ネゴシエーション」インターフェイスを開発しました。

従来、ノイズが多い環境や、信号が複雑に混合されている場合、既存手法では専門知識を持ってしても人間の狙い通りにノイズを分離することは難しく、非常に複雑な処理が必要でした。

参照系AIは、人間の意図や現象の特性、特徴量に基づいて信号を分解することが可能であり、今回、触覚領域において、LLMや映像解析AIと組み合わせることで、より簡単に人間の意図がAIに伝えられるようになりました。さらに、AI側からも信号の意味や種別を判定し、信号分解方法や抽出する目的信号を提案する「ネゴシエーション」機構を開発したことで、AIと人間が双方向に意思決定しながら、簡単に複雑な信号を分解、抽出できるようになりました。

本技術により、リアルタイムでの動画の動きや信号の特徴に応じた音源分離や信号生成、高ノイズ下での特定信号モニタリングなどが容易になります。また、人間とAIの対話による意思決定プロセスにより、これまでのように無作為にAIが選別した結果を受動的に受け入れるだけの体験から、AI自体を人間が制御し、安全な処理を行うという体験が可能となります。

### 3. 今後の予定

本事業終了後、東北大学は、触覚知覚量に基づく振動体感の定量化および信号強調技術のソフトウェアライブラリの企業向けの試験提供を既に開始しており、2025年後半に技術をライセンスするスタートアップを創業する予定です。また、記録した体感付きの動画をスマートフォンで配信するSDK<sup>※14</sup>や、触覚信号のオーサリングツール<sup>※15</sup>も提供する予定です。

筑波大学は、心拍数共有アプリのアップデートにより、一対多を想定した心拍数のブロードキャスト機能や、一対一で心拍数を共有しながら対戦するミニゲームを追加する予定です。

産総研は、この評価システムと最適化手法をさらに発展させることで、ウェアラブル機器やヘルスケア分野をはじめとするさまざまな応用領域へ極薄ハプティックMEMSデバイスを展開し、より自然で高度な触覚フィードバックを実現していく予定です。

Adansonsは信号分離／編集ソフトウェアでは、今後対応領域を拡大し使用感の向上を図りながら、より多くの人が、AIと対話しながら、安心感と納得感を持って信号を制御できる技術開発を実現していく予定です。

これにより、これまで空間および時間を超えて伝承が困難であった体で感じる触覚体験を手軽に記録して共有できる社会の実現を目指します。

#### 【注釈】

##### ※1 力覚提示装置

力触覚提示装置は、使用者に対して物理的な力を伝達することで、対象物の硬さ、重さ、弾性などの感触を再現するデバイスです。これらの装置は、主にアクチュエーターやセンサを組み合わせることで、リアルタイムに力の大きさや方向を制御し、ユーザーが仮想環境や遠隔操作中に実際に触れているかのような感覚を提供します。医療シミュレーション、ロボット制御、仮想現実(VR)や拡張現実(AR)といった多様な分野で、より自然な操作体験や精密な作業支援を実現するために利用されています。

##### ※2 本事業

事業名: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

事業期間:2021年度～2024年度

事業概要:人工知能活用による革新的リモート技術開発 [https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100194.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100194.html)

##### ※3 ハプティック

ハプティック技術は、触覚による情報伝達を可能にする技術で、デバイスが使用者に対して物理的な感触を提供することを指します。この技術は、スマートフォンのバイブレーション通知やゲームコントローラーの振動フィードバック、さらには仮想現実(VR)や拡張現実(AR)でのリアルな触感体験の実現など、多岐にわたる分野で応用されています。ハプティック技術により、ユーザーは視覚や聴覚だけでなく、触覚を通じても情報を得ることができ、より直感的で没入感のあるインタラクションが可能になります。

##### ※4 MEMS

MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems、マイクロエレクトロメカニカルシステムズ)とは、マイクロメートル単位(1マイクロメートルは100万分の1メートル)の微細な電子機械システムのことを指します。この技術により、電子回路と機械的な構造を微小なスケールで統合し、特定の機能を果たす小型デバイスを製造することが可能です。MEMSの応用例は非常に広範にわたり、スマートフォンの加速度センサや圧力センサなど、日常生活の多くの場面で使用されています。

##### ※5 触覚デバイス

触覚デバイスは、皮膚に物理的な刺激を与えることにより触覚情報を伝達する装置のことを指し、スマートフォンやゲームコントローラー、VR装置などに利用されています。一般的には振動フィードバックや、皮膚を変形させる装置が用いられます。触覚提示に筋や腱(けん)の深部感覚で感じる力情報である力覚を含めることもあります。大がかりな装置が必要な力覚提示に比べ、皮膚に対する触覚提示は小型化が容易で、ポータブルデバイス・ウェアラブルデバイスへの活用が期待されています。

#### ※6 触覚信号編集技術

触覚信号は主に振動フィードバックに使用される振動波形のことを指し、近年、スマートフォンやゲームコントローラーなどで、振動波形を適切に編集することによりクリック感や衝突感、テクスチャー感などを表現できるようになってきています。特に、効果音や接触振動などを実収録した信号に基づき触覚信号を編集することで、よりリアルな体感を再生できます。従来の触覚信号編集技術は、振動発生素子の周波数帯域や振動振幅の制約により、収録波形をそのまま体感させることは困難であり、そのリアリティーは限られていました。

#### ※7 双方向リモート触覚伝達システム

触覚デバイスと触覚信号編集技術を組み合わせることで、幅広い周波数帯域の触覚信号を体験できるため、指先で触れる操作や握手などの触覚情報を手首で計測し、相手側に伝えられるシステムです。

産総研の「極薄MEMS素子」によるハプティックデバイス、東北大の「信号強調・変換技術(ISM)」、筑波大が開発した「非言語的行動・反応のデフォルメ生成技術」、Adansonsが開発した振動データの特徴抽出を行う「参照系AI」4要素を組み合わせることにより、「ヒトが感じることでできる全ての周波数帯域の振動を表現可能」で「伝えたい振動を強調できる」触覚共有システムとなります。「リアルな触覚再現技術」で触覚を「共有」へ「リアルな触覚再現技術」で触覚を「共有」へ

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2024/pr20240308/pr20240308.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240308/pr20240308.html)

#### ※8 AR技能教育システム

以下のURLで説明動画を公開中です。技能体感を伝えるAR可視化システム <https://youtu.be/o-uAcuX9TD8>

#### ※9 接触角度

接触角度とは、対象物へツールや針、デバイスなどが挿入される際の角度を示すパラメータです。各種シミュレーションや医療ロボット、精密作業において、最適な接触方向を設定することで、正確な操作や安全性の向上に寄与します。

#### ※10 法線力

法線力は、接触面に対して垂直方向に働く力のことを指します。機械工学や触覚フィードバック技術の分野では、摩擦や圧力の解析において重要な役割を果たし、リアルな触感や安定した動作の実現に貢献します。

#### ※11 疑似心拍振動

疑似心拍振動は、心拍のリズムやタイミングを模倣して発生させる振動パターンを指します。医療シミュレーションやウェアラブルデバイス、触覚フィードバック技術などの分野で利用され、実際の心拍に似た振動を再現することで、ユーザーにリアルな生体反応を体感させることが可能です。

#### ※12 心拍数共有アプリ

以下のApp Storeで公開中です。HearTalk <https://apps.apple.com/jp/app/heartalk/id6550898385>

#### ※13 皮膚ファントム

皮膚ファントムは、実際の皮膚の物性や触感を模倣するために作成された人工モデルです。触覚デバイスの評価や医療シミュレーションにおいて、実験環境での再現性を高めるために利用され、リアルな感触の検証やデバイス設計の最適化に役立ちます。

#### ※14 SDK

SDK(Software Development Kit、ソフトウェア開発キット)とは、特定のプラットフォームやデバイス向けのアプリケーション開発を支援するツール群のことです。ライブラリ、ドキュメント、サンプルコードなどが含まれ、開発者が効率的に機能を拡張し、製品やサービスを迅速に開発するための環境を提供します。

#### ※15 オーサリングツール

オーサリングツールは、プログラミングの知識がなくても、直感的な操作でコンテンツやシナリオ、インタラクティブなメディアを制作できるソフトウェアです。教育、エンターテインメント、シミュレーションなど多岐にわたる分野で、ユーザーが容易に高品質なコンテンツを作成するための支援ツールとして利用されています。

#### 4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO AI・ロボット部 AI共進化・リモートチーム 担当:外村、丸山(彰) TEL:044-520-5241

東北大学 大学院情報科学研究科／東北大学 タフ・サイバーフィジカルAI研究センター

教授 昆陽 雅司 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-01

TEL:022-795-7025 E-mail:konyo[\*]tohoku.ac.jp

Adansons <https://adansons.co.jp/> E-mail:knock[\*]adansons.co.jp

筑波大学 システム情報系 助教 蜂須 拓 〒305-8573茨城県つくば市天王台1-1-1

TEL:029-853-5351 E-mail:hachisu[\*]iit.tsukuba.ac.jp

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 経営企画部 広報企画・報道課 TEL:044-520-5151 E-mail:nedo\_press[\*]ml.nedo.go.jp

E-mailは上記アドレスの[\*]を@に変えて使用してください。

※新聞、TVなどで弊機構の名称をご紹介いただく際は、“NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)”または“NEDO”のご使用をお願いいたします。

# News Release

## 2025.2.21

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

シンガポール国立大学病院

### —Contact Reality の実現による世界初の遠隔触診システムを公開します— —実証試験や3月1日には国際シンポジウムを開催し、力触覚伝達による国境を越えた遠隔診療の実現に貢献—

NEDOが進める「人工知能活用による革新的リモート技術開発事業」(以下、本事業)において、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、豊田合成株式会社は、このたび、仮想空間での人同士の接触を利用した遠隔触診システムの実現に向けて、前腕部疾患に特化した世界初の遠隔触診システムのプロトタイプを公開し、そのシステムを用いて名古屋大学医学部附属病院とシンガポール国立大学病院間で実証試験を行います。

本事業では、触れたことにより得られる情報はもちろんのこと、人同士が触れ合うことにより起こる心理的な効果をも考慮に入れた、人同士の仮想空間での接触再現をContact Reality (CR) と呼び、CRを利用した触診システム実現のため開発を進めました。開発では、適切な診断に触診が欠かせない整形外科領域における前腕および手関節の疼痛(とうつう)や関節異常診断を対象を絞り、遠隔触診を行うためのデバイス開発とシステム構築を行い、医師による実証試験を進めた結果、有効な遠隔触診が可能であると明らかになりました。

開発したデバイスを用いて、名古屋大学と大学間学術交流協定を結ぶシンガポール国立大学の協力を得て、名古屋大学医学部附属病院とシンガポール国立大学病院を結ぶ、国境を越えた遠隔触診公開デモンストレーションおよび、その内容を報告する国際シンポジウムを行います。

#### 1. 開発の背景と成果

COVID-19のパンデミック(世界的大流行)により急激に社会に浸透したオンラインシステムは、皮肉なことに人同士が直接会うことの重要性、楽しさを浮き彫りにしました。これは医療分野でも同様で、遠隔触診には利便性はあるものの、患者に直接触れられない難しさを露呈し、正確な診察への大きな課題となっていました。このような背景のもと、2021年度から本事業<sup>\*1</sup>の一環として、名古屋大学、豊田合成は、CRの実現による遠隔触診システム開発に取り組んでいます。

脳神経科学に基づく触診の位置づけや患者への影響を理論的に検証するフェーズを経て(図1参照)、人の肌と同様な物質特性を持つ触覚伝送アクチュエータ(e-Rubber<sup>\*2</sup>)や、医師の触診意図に基づいて適切に患者に触れることのできる触診マニピュレータ、超小型6軸力覚センサー6個とe-Rubberセンサーを指先サイズに統合し繊細な触圧を計測可能な指先統合センサー、医師の触診意図を計測可能なHaptic I/O Doll、医師の存在感を増すための透明ディスプレイなどを利用し(図2参照)、医師が的確に遠隔触診できるシステムを構築しました(図3参照)。

このデバイスをCES2024<sup>\*3</sup>に出席し、システムの完成度や将来性に対し多方面から好意的なご意見をいただきました。その後名古屋大学大学院医学系研究科の生命倫理審査委員会の承認を得て、2024年11月からは名古屋大学医学部附属病院の医師による実証試験を開始しています。(図4参照)。

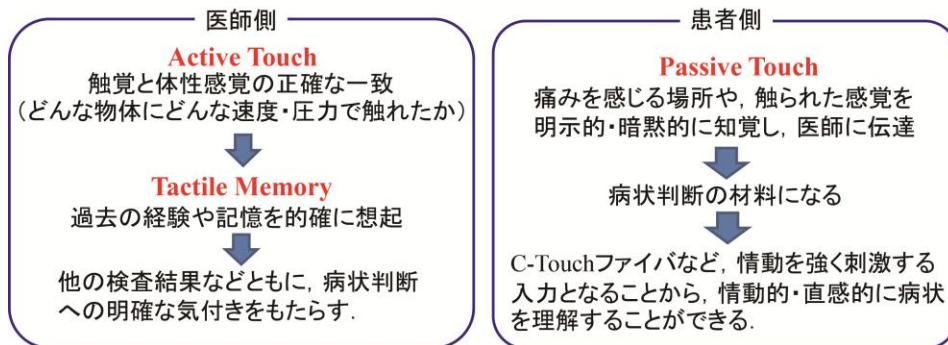
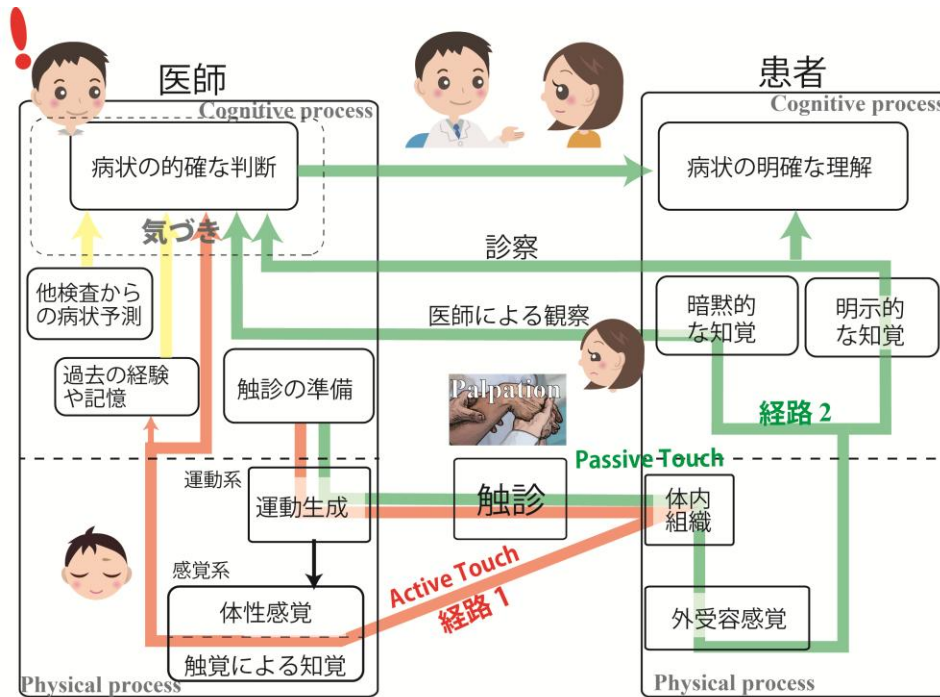


図1 触診の医師および患者への影響の脳神経系に基づく検討

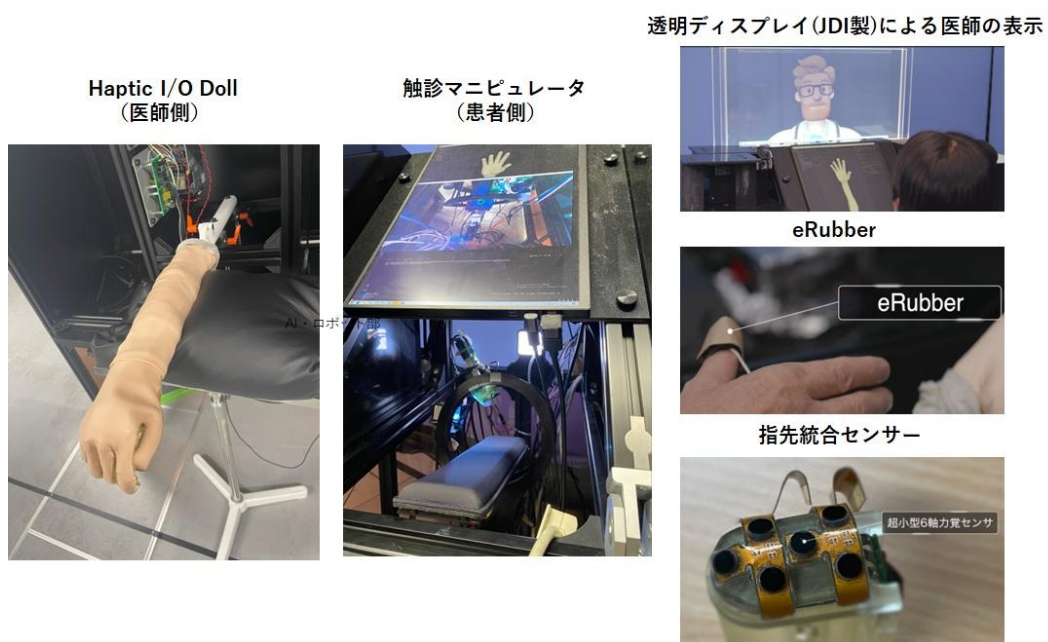


図2 遠隔触診システムの構成要素



図3 CES2024で展示した遠隔触診システム

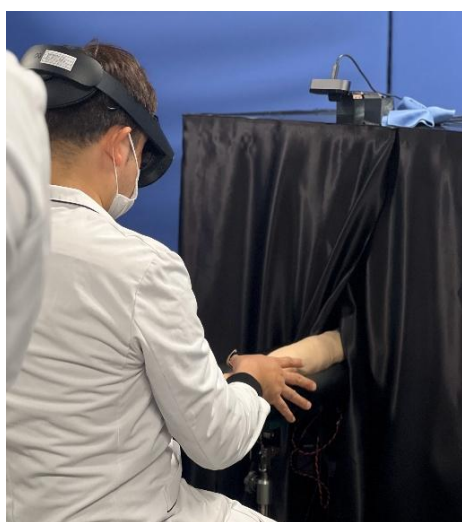


図4 提案システムを用いた実証試験の様子(左・医師側、右・患者側)

## 2. シンガポール国立大学病院との実証試験について

名古屋大学医学部附属病院内での実証試験により、テニス肘などの前腕および手関節の疼痛や関節疾患が十分に診断可能であることが実証されたため、シンガポール国立大学病院(NUH) Department of Hand and Reconstructive Microsurgery (<https://www.nuh.com.sg/care-at-nuh/specialties/hand-and-reconstructive-microsurgery>)の協力を得て、名古屋—シンガポール間を結んだ実証試験を実施します。NUHの医師の協力による実証試験を2月27、28日に行い、その成果や遠隔触診システムのデモンストレーションを含む国際シンポジウムを3月1日に開催します。

### 3. シンポジウムスケジュール

2025年3月1日(土)午前11時～午後2時まで

(シンガポール時刻: 午前10時から午後1時)

シンポジウム形式: ハイブリッド

[名古屋会場][シンガポール会場](いずれも招待者のみ)

[Zoom Webinar]右記QRコードもしくは下記URLより参加申し込み

[https://zoom.us/webinar/register/WN\\_ch1R\\_80NT02mh3nT7mzt9g](https://zoom.us/webinar/register/WN_ch1R_80NT02mh3nT7mzt9g)



### 4. 今後の予定

名古屋大学は、実際の臨床現場へ遠隔触診システムの投入を目指し、新技術の価値を国際的に訴求します。また地方都市の新しい医療サービスの創造と地域の成長に貢献することを目指して活動します。

#### 【注釈】

##### ※1 本事業

事業名: 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

事業期間: 2021年度から2024年度

委託先: 名古屋大学、豊田合成

事業概要: 人工知能活用による革新的リモート技術開発 [https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100194.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100194.html)

##### ※2 e-Rubber

豊田合成が開発した次世代ゴム製品。ゴムを2枚の電極で挟んだ薄い膜構造のセンサー・アクチュエーターのことです。参照

URL: 豊田合成技術・製品情報e-Rubber

[https://www.toyodagosei-led.jp/technology\\_products/e-rubber/](https://www.toyodagosei-led.jp/technology_products/e-rubber/)

##### ※3 CES2024 (Consumer Electronics Show 2024)

毎年1月にアメリカ ネバダ州ラスベガスで開催される電子機器の見本市のことです。

### 5. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO AI・ロボット部 AI共進化・リモートチーム 担当: 外村、津波古 TEL: 044-520-5241

名古屋大学大学院医学系研究科 代表者: 下田 真吾 TEL: 052-744-2957

E-mail: [sshimoda\[\\*\]ieee.org](mailto:sshimoda[*]ieee.org)

シンガポール国立大学病院 代表者: Sandeep Jacob Sebastin Muttath

E-mail: [sandeep\\_sebastin\[\\*\]nuhs.edu.sg](mailto:sandeep_sebastin[*]nuhs.edu.sg)

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 経営企画部 広報企画・報道課 TEL: 044-520-5151 E-mail: [nedo\\_press\[\\*\]ml.nedo.go.jp](mailto:nedo_press[*]ml.nedo.go.jp)

E-mailは上記アドレスの[\*]を@に変えて使用してください。

※新聞、TVなどで弊機構の名称をご紹介いただく際は、“NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)”または“NEDO”のご使用をお願いいたします。

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

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

## 遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて 世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました —リハビリ事業者など民間企業のコミュニティ形成で市場開拓を目指す—

NEDOが進める「人工知能活用による革新的リモート技術開発事業」(以下、本事業)において、国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)、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、株式会社エブリハは、このたび、遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて、上肢・肩甲骨運動に特化した世界初のオープンデータセットを公開しました。

本事業では、リハビリ利用者がリハビリやトレーニングを継続する上で直面するさまざまな課題に着目し、各リハビリプロセスを遠隔で実現するリモート技術基盤のプロトタイプの開発を進めてきました。その中で、産総研において、理学療法士の資格を有する専門家と研究者が、脳卒中片麻痺検査や肩関節周囲炎(いわゆる五十肩など)のリハビリに用いる上肢および肩甲骨の関節運動を18種類選定し、生命倫理委員会の承認を経て、20人の健常者のモーションキャプチャデータを計測しました。計測したデータはオープンデータセットとして公開し、大学・研究機関、リハビリ事業者をはじめとする民間企業などとのコミュニティ形成と市場開拓を目指します。

今後は、産総研が主体となり、本データセットを活用して運動評価用AIの性能向上を進めていきます。また、本データセット公開に加え、リモート技術基盤における各機能の実装面での標準化、互恵ケアなどの各種使用ガイドラインの公開と精緻化などにも取り組むことで、遠隔XRリハビリをより使いやすく、魅力的なものにし、普及における課題解決に貢献します。

### 1. 背景

オンラインビデオ通話形式や非没入型VRを活用した遠隔リハビリ事業が増加し、XRリハビリも海外で進展していますが、遠隔とXRを両立させた事例は国際的にも多くありません。この理由として挙げられているのは、ヘッドマウントディスプレイなどのXR機器の装着やリハビリアプリの使用感、メタバースへの参加といった利用体験が、ユーザーの期待する価値を十分に満たせていないことです。さらに、遠隔化によってトレーナーや医師、看護師などの存在感が希薄になったり、実際の疾患を持つリハビリサービス利用者(患者を含む)の精緻な心身機能のアセスメントが困難になることで、運動訓練継続の動機付けが難しくなることも大きな課題でした。

このような背景の下、2021年度から本事業<sup>\*1</sup>の一環として、産総研、京都大学、東京大学、セイコーエプ

ゾン、エブリハは、「遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤<sup>※2</sup>構築と保健指導との互惠ケア<sup>※3</sup>連携に係る研究開発」に取り組んでいます(図1)。2024年度、実際の利用者、療法士などの提供者、ならびに介護・医療現場の協力の下、各種実証を開始しています。

## 2. 今回の成果

### (1) 多感覚XR-AI技術基盤の開発

利用者の運動アセスメントや力覚提示のために、高感度・低ヒステリシスなひずみセンサ群、ハンガー反射<sup>※4</sup>デバイスなどを組み込んだMR<sup>3</sup>ウェア<sup>※5</sup>を開発し、ウェアラブルデバイスでの肩甲骨運動の把握および遠隔上肢リハビリへのハンガー反射の適用を実現しました。また、その肩甲骨運動の大きさの定量化や上肢の各関節角度を推定するために、ひずみセンサ群から得られる計測データを入力とする運動評価用AIを開発しました。さらに、自己効力感を高め、動機付けに寄与する手段として注目されるハンドリダイレクション<sup>※6</sup>の上肢リハビリへの適用、遠隔互惠ケアによる運動訓練の継続性向上効果の評価などにも取り組みました。

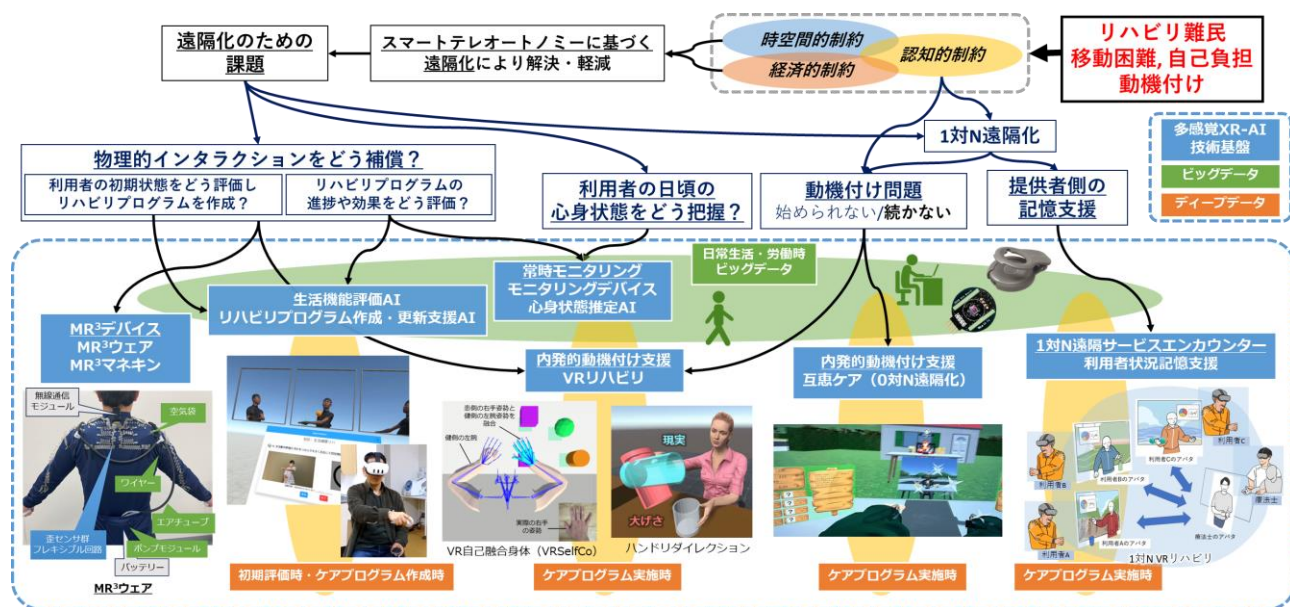


図1 遠隔リハビリの課題を解決するための多感覚XR-AI技術基盤

### (2) 上肢・肩甲骨運動オープンデータセットの整備

利用者の運動の質と量の計測・把握を精緻化することで、遠隔からのリハビリサービス利用者の精緻な心身機能のアセスメントが実現し、運動訓練継続のための動機付けに寄与することができます。そのためには、技術開発、性能評価、実用化のための敷居を下げる必要があります。そこで、本事業の対象である上肢・肩甲骨運動に関するモーションキャプチャデータのオープンデータセット(図2)を世界で初めて整備し、『人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針』<sup>※7</sup>に基づいて審査され承認された実験計画書を提出可能な日本国内の企業・団体へ2025年3月25日に提供を開始しました。

## 18種の上肢・肩甲骨運動

1. 肩の屈曲、伸展（90度まで）
2. 肩の屈曲、伸展（最大可動域まで）
3. 肩の外転、内転（90度まで）
4. 肩の外転、内転（最大可動域まで）
5. 肩の水平外転、内転
6. 肩の外旋及び内旋（1st位）
7. 肩の外旋及び内旋（2nd位）
8. 肩の外旋及び内旋（3rd位）
9. 肘の屈曲、伸展
10. 前腕回内、回外（肘90度屈曲位）
11. 前腕回内、回外（肘伸展位）
12. リーチング動作（内側）
13. リーチング動作（前方）
14. リーチング動作（外側）
15. 膝から耳の真横へ手を移動させる動作
16. 手を腰の後ろに触れる動作
17. 手を後頭部に触れる動作
18. 机を布巾で拭く動作

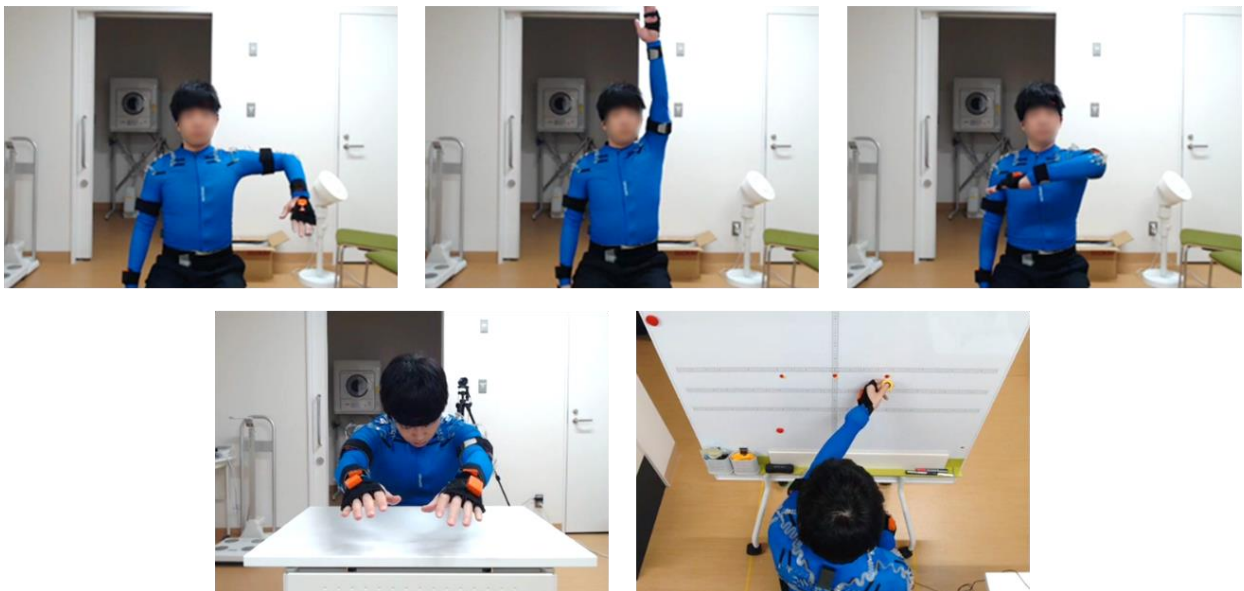


図2 18種の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットと一部イメージ

### 3. 今後の予定

本データセットに含まれる高性能なIMU<sup>※8</sup>で計測されたモーションキャプチャデータに加えて、MR<sup>3</sup>ウェアに組み込まれたひずみセンサ群の計測データも同時に収集されており、それらを合わせて運動評価用AIの性能向上を進めています。また、産総研が主体となり、本データセットの公開を起点とした大学・研究機関、リハビリ事業者をはじめとする民間企業などとのコミュニティー形成を通じて、遠隔XRリハビリに関する共創的な研究開発促進、市場開拓への貢献を目指します。さらに、メタバースでのアバター制御やハンドリダイレクションの実装を容易にするための標準化、互恵ケアを含む各種使用ガイドラインの公開と精緻化などにも取り組むことで、遠隔XRリハビリをより使いやすく、魅力的なものにし、普及における課題解決に貢献します。

## 【注釈】

### ※1 本事業

事業名：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

事業期間：2021年度～2024年度

委託先：産総研、京都大学、東京大学、セイコーエプソン、エブリハ

事業概要：人工知能活用による革新的リモート技術開発 [https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100194.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100194.html)

### ※2 多感覚XR-AI技術基盤

初診、運動訓練の実施、常時モニタリング（見守り）、再診の各ヘルスケアプロセスの遠隔化を実現するために、XRおよびAIを活用した視覚・聴覚・触力覚提示、ウェアラブルデバイスによる心身状態把握などの各機能を提供するための技術基盤です。NEDO「人工知能活用による革新的リモート技術開発」<https://unit.aist.go.jp/harc/nedo-xrai-healthcare/>

### ※3 互恵ケア

他の患者・利用者と共同で運動訓練を行うことで、お互いの良い影響を与えあい、訓練の継続性を高める手段です。主に、提供者が不在の状況を想定しています。

### ※4 ハンガー反射

針金ハンガーをかぶると頭が回ってしまう現象のことです。ハンガーからの圧迫によって発生する皮膚の横ずれが重要な役割を果たします。この皮膚の横ずれを適用すると、手首・肘・足首・膝・腰などでも類似現象が発生することがわかっています。

### ※5 MR<sup>3</sup>

Multi-Modal Mixed Reality for Remote Rehabの略称です。エムアールキューブと読みます。

### ※6 リダイレクション

アバターの動きを変換して提示し、「これまでよりもうまく動けた」などの錯覚を生じさせる手法です。

### ※7 人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針

令和3年3月23日、文部科学省、厚生労働省、経済産業省

[https://www.mext.go.jp/lifescience/bioethics/files/pdf/n2373\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/lifescience/bioethics/files/pdf/n2373_01.pdf)

### ※8 IMU

慣性計測装置のことで、加速度センサ、ジャイロセンサなどで構成され、装置自体の動き（姿勢や移動ベクトル）を計測できます。

## 4. 問い合わせ先

（本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先）

NEDO AI・ロボット部 AI共進化・リモートチーム 担当：外村、西尾、津波古

TEL：044-520-5241 Email：project-remote[\*]nedo.go.jp

産総研 ブランディング・広報部 報道室 E-mail：hodo-ml[\*]aist.go.jp

京都大学 大学院医学研究科人間健康科学系専攻

TEL：075-751-3952 E-mail：aoyama.tomoki.4e[\*]kyoto-u.ac.jp

東京大学 大学院情報理工学系研究科 広報室 TEL：080-3440-9757

セイコーエプソン 担当：技術開発戦略推進部、ソリューションビジネス推進部

E-mail：info.mtracer[\*]exc.epson.co.jp

エブリハ 担当:成瀬 TEL:075-200-6732

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 経営企画部 広報企画・報道課 TEL:044-520-5151 E-mail:nedo\_press[\*]ml.nedo.go.jp

E-mailは上記アドレスの[\*]を@に変えて使用してください。

※新聞、TVなどで弊機構の名称をご紹介いただく際は、“NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)”または“NEDO”のご使用をお願いいたします。

# News Release

## 2024.12.16

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

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

イームズロボティクス株式会社

### リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる 革新的なドローン運用技術を開発しました —危険性・緊急性を有する警備分野・災害現場などでのドローンの利活用に貢献—

NEDOが進める「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」(以下、本事業)において、国立大学法人東京大学大学院工学系研究科(東京大学)、国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)、イームズロボティクス株式会社、株式会社NTTドコモは、リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる革新的なドローン運用技術(以下、革新的ドローンリモート技術)を開発しました。

革新的ドローンリモート技術は、危険性・緊急性を有する現場の迅速な状況把握が要求される警備分野や消防・防災分野において、1人のオペレーターが自律分散協調飛行するドローン群の運用による高度な調査活動を可能にします。具体的には、複数台のドローンで撮影した高解像度映像やLiDARセンサーから得られた情報を統合処理することにより、現場の状況を即座にデジタル空間上に再現します。

2024年10月16日～18日および12月4日～6日に福島ロボットテストフィールド(福島県南相馬市・浪江町)において、警備業務を想定したシナリオに沿って本技術を実証し、オペレーターの安全を確保した上で迅速な初動対応の実現に貢献できる見通しを得ました。本事業終了後には、実用化に向けた開発・実証を進めます。これにより、あらゆる場面でドローンを活用できる社会の実現を目指します。



図 1 開発した革新的ドローンリモート技術のイメージ

## 1. 背景

近未来のスマートシティでは通信網で通信接続された複数台の遠隔ドローンを用いて、自律的またはリモート操作による防災、警備、点検などでの活用が想定されます。現状では防災や警備などの迅速な対応を要する現場でドローンを活用する場合、操縦者が近距離においてドローンからの映像を確認しながら1台のドローンを操縦し、操縦者あるいは補助者がドローンからの映像を見て被災状況の把握を行っていますが、労働力不足のなか高度なドローン運用が可能な多数の専門要員確保が課題となっています。飛行中に得られる映像からAIにより人などの状態を推定し、XRなどで提示された情報から、特に不審者や要救助者の識別が可能となれば、操縦者および補助者の負荷は大幅に軽減でき、安全かつ効果的なドローン運用と効率的な警備や救助活動などが期待できます。

このような背景の下、2021年度から本事業<sup>※1</sup>の一環として、東京大学、産総研、イームズロボティクス、NTTドコモは、AI・XR活用による空のアバター<sup>※2</sup>を実現する「革新的ドローンリモート技術」の研究開発に取り組んでいます。2023年度の消防・防災分野における実証実験<sup>※3</sup>に引き続き、2024年10月および12月には福島ロボットテストフィールド(福島県南相馬市・浪江町)において警備分野における実証実験を行いました。

## 2. 今回の成果

### (1) 革新的ドローンリモート技術の開発

開発した革新的ドローンリモート技術は、以下の要素技術から構成されています。

- 1) 複数台のドローンによるフォーメーション飛行、相互衝突回避、対象物上空旋回飛行を可能にする自律分散協調飛行技術<sup>※4</sup>

**【技術のポイント】**機体間通信により他機体の衛星利用測位システム(GPS)位置・速度情報を逐次取得し、各機体における目標地点からの引力、他機体との引力、斥力、回転力などの合力を計算し、各機体が自律的に移動制御を行うことで協調的な飛行を実現しています。

- 2) 広角カメラ、LiDAR<sup>※5</sup>センサー、環境センサー、920MHz機体間通信機能、LTE/5G通信機能、自律制御用コンピューターなどを搭載したLTE/5G搭載マルチセンサードローン

**【技術のポイント】**イームズロボティクス製ドローン「UAV-E6106FLMP2」をベースに、マルチセンサー、

各種通信機器、自律分散協調飛行アルゴリズムなどを搭載した機体を開発しました。自律分散協調飛行機能に、広角カメラ映像の高圧縮低遅延伝送、3次元カラー点群データの生成と伝送、ROS2システム<sup>※6</sup>による機体間、機体・基地局間の情報伝達を可能としています。

- 3) 各ドローンからの高解像度映像を低遅延でクラウドに伝送し、クラウド上で要救助者や不審者を認識する人状態推定AI技術

**【技術のポイント】**NTTドコモが提供するクラウド(docomo MEC<sup>®</sup>)上で、ドローン3台全周囲における人の検出、人物行動推定(要救助者、不審者など)のAI処理をリアルタイムに実現する技術を開発しました。

- 4) ドローンに搭載されたLiDARセンサーと可視カメラ画像による高速な3次元カラー化技術

**【技術のポイント】**飛行中の複数ドローンから地上をLiDARセンサーでスキャンし、GPS情報を併せて取得した点群をつなぎ合わせることで高精度な3次元の環境モデルを作成します。同時に、カメラからのカラー画像を用いてドローン搭載コンピューター上で点群のカラー化まで処理します。地上対象物の少ない環境、揺れの大きなドローンから安定した3次元カラー点群の生成を実現しています。

- 5) デジタルツインの環境<sup>※7</sup>にオペレーターが没入し、全体俯瞰(ふかん)視点、ドローン搭載カメラ視点を切り替えながらXR提示<sup>※8</sup>される現場の状況を把握可能な遠隔操作インターフェース技術

**【技術のポイント】**ドローンによる遠隔からの現場状況の把握において、本事業では現場のデジタルツインの環境を用意し、オペレーターがその中にヘッド・マウント・ディスプレイと仮想現実(VR)コントローラで没入することで、XR提示される各種情報(状態推定AIからの結果、環境センサー情報、ドローンの状態など)を俯瞰しながら確認できます。さらに仮想表示されたドローンを選択することでドローン視点(1人称視点)による遠隔操縦が可能なシステムを構築しています。

## (2)革新的ドローンリモート技術によるドローン機械警備の実証

今回開発した革新的ドローンリモート技術の機械警備<sup>※9</sup>への応用を検証するため、2024年10月16日～18日および12月4日～6日に、ALSOK福島株式会社の協力のもと、福島ロボットテストフィールドにおける従来の機械警備を拡張する3台のドローンを活用した警備運用シナリオ(図2①～⑦)に沿って、以下の実証を行いました。

- 1) 自律分散協調飛行技術による複数ドローンの自動巡回警備と相互衝突回避(図2①、②)
- 2) クラウド上人状態推定AIによる不審者の検出(図2③)
- 3) 複数ドローンによる死角のない不審者上空巡回自動追跡(図2④、⑤)
- 4) 遠隔操作インターフェースからの不審者モニタリング、ドローンの操作(図5)
- 5) 監視センターからの無線指示による警備員の現場への急行(図2⑥)
- 6) 遠隔操作インターフェースからの自動離着陸(図2⑦)

本事業で開発した要素技術の統合実証により、現場へ警備員が駆けつけるまでの間、急行した複数のドローンにより不審者を見失わず追跡するなどの迅速で安全な初動対応が可能であることを確認しました。



図2 ドローン3台を活用した機械警備運用シナリオ



図3 自律分散協調飛行ドローンの外観(左)、遠隔操作インターフェースからの自動離陸(右)



図 4 不審者上空旋回自動追跡の様子



図 5 人状態推定 AI による不審者検知と全体俯瞰提示(左)、ドローン搭載カメラ視点からの映像(右)

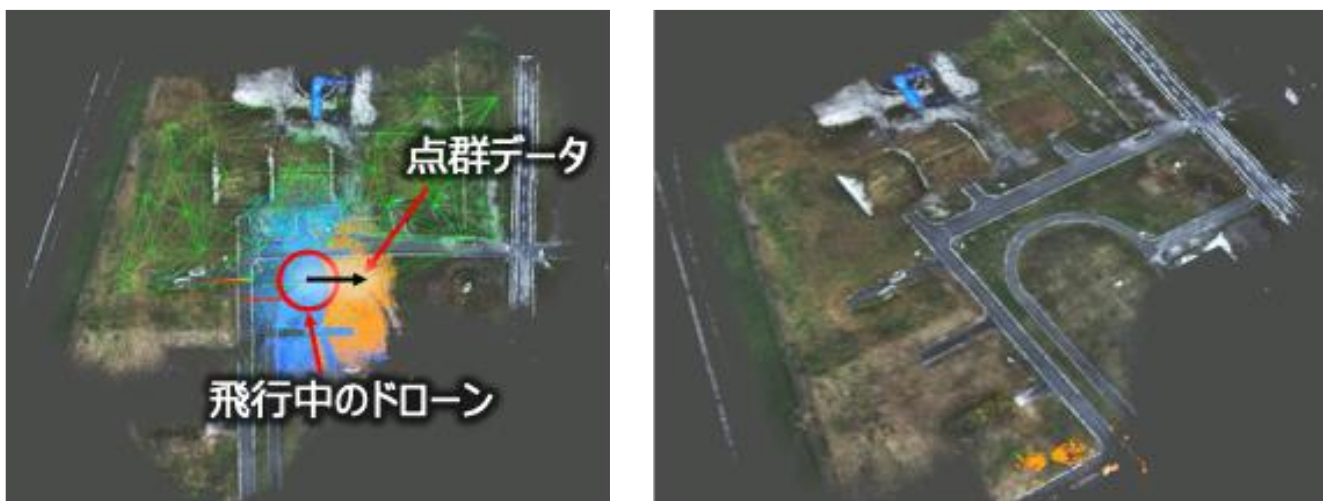


図 6 3次元カラー点群データ生成の様子(左)、現場で作成された3次元点群モデル(右)

### 3. 今後の予定

本事業終了後、東京大学、産総研、イームズロボティクス、NTTドコモは、今回実証した革新的ドローンリモート技術によるドローン機械警備への応用に加え、災害現場といった危険性・緊急性を有する現場の状況把握が必要とされる分野での実用化に向けた開発・実証を進めます。これにより、オペレーターの安全を確保した上で、あらゆる場面でドローンを活用できる社会の実現を目指します。

#### 【注釈】

##### ※1 本事業

事業名：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

事業期間：2021年度～2024年度

委託先：東京大学、産総研

再委託先：イームズロボティクス、NTTドコモ

外部協力先：ALSOK福島

事業概要：人工知能活用による革新的リモート技術開発 [https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100194.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100194.html)

##### ※2 空のアバター

「アバター」という言葉は、一般的にデジタルやオンラインの世界でのユーザーの分身や代理を表す言葉として使用されていますが、本事業では複数のプロペラを使って空を飛ぶ小型の航空機であるマルチコプター型ドローンに対して、オペレーターが遠隔からあたかも自分の分身のようにドローンを遠隔操作できる仕組みを開発しており、総じて「空のアバター」と呼んでいます。

##### ※3 NEDO「革新的ドローンリモート技術」の研究開発（消防・防災分野への適用例）

紹介動画：NEDOドローンリモート「NEDO「革新的ドローンリモート技術」の研究開発」

<https://www.youtube.com/watch?v=ITfSzKwc7Nw&t=7s>

##### ※4 自律分散協調飛行

複数の無人機（ドローンなど）が中央の司令塔なしに自律的に判断しつつ、機体間通信を介して相互に連携しながら分散的に飛行する技術です。本事業では、同じ目的地に向かって飛行するフォーメーション飛行、相互衝突回避機能、対象物上空旋回飛行、1人のオペレーターによる複数ドローンの群移動操作などを実現しています。

##### ※5 LiDAR

Light Detection And Rangingの略で、レーザー光を照射して、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形などを計測する技術です。

（参考）産総研マガジン「話題の〇〇を解説 “LiDAR”とは？」 [https://www.aist.go.jp/aist\\_j/magazine/20220928.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20220928.html)

##### ※6 ROS2システム

ROS2 (Robot Operating System 2) は、ロボット開発用のオープンソースのプラットフォームで、複数のコンピューターやデバイスがネットワークで接続され、協力してロボットを制御できるように設計されています。本事業では、各ドローン搭載の制御用コンピューター、地上基地局の操作PC間で、ROS2システムによる情報連携を行っています。

##### ※7 デジタルツインの環境

デジタルツインは、現実世界を仮想デジタル空間に再現した「デジタルの双子」を作り、仮想空間で現実の動きや状態をリアルタイムに再現することで、さまざまな分野で効率化やリスク管理を実現する技術です。本事業では、現場の環境をドローン搭載のLiDARとカメラにより高速に3次元化し、デジタルツインの環境として利用する技術を開発しています。

##### ※8 XR提示

XRとはVR (Virtual Reality、仮想現実) やAR (Augmented Reality、拡張現実)、MR (Mixed Reality、複合現実) などの総称です。

本事業では、これらの技術を用いて情報や映像を提示することを指します。

※9 機械警備

「機械警備」とは、人の代わりに機械を使って建物や敷地を守る方法です。機械警備には、センサーやカメラ、警報システム、通信機器などの技術が使われ、建物内外の異常を検知して、警備員や管理者に知らせる仕組みが含まれます。

#### 4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

NEDO AI・ロボット部 AI共進化・リモートチーム  
担当: 外村、西尾、丸山(彰) TEL: 044-520-5241

東京大学大学院工学系研究科 広報室  
TEL: 03-5841-0235 E-mail: kouhou[\*]pr.t.u-tokyo.ac.jp

産総研 ブランディング・広報部 報道室  
E-mail: hodo-ml[\*]aist.go.jp

イームズロボティクス 担当: 安田 TEL: 0492-93-4567

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 経営企画部 広報企画・報道課 TEL: 044-520-5151 E-mail: nedo\_press[\*]ml.nedo.go.jp

E-mailは上記アドレスの[\*]を@に変えて使用してください。

※新聞、TVなどで弊機構の名称をご紹介いただく際は、“NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)”または“NEDO”のご使用をお願いいたします。

## 2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

# 「人工知能活用による革新的リモート技術開発」 (終了時評価)

2021年度～2024年度 4年間

## プロジェクトの説明 (公開版)

2025年11月27日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

AI・ロボット部

# 人工知能活用による革新的リモート技術開発

AI・ロボット部  
PMgr: 外村雅治・専調



## プロジェクトの概要

- 生産性の向上、働き方改革推進の観点からリモート化への期待は高く、**コロナ禍を受けてニーズが更に加速**。しかし、遠隔環境の情報取得手法が十分ではなく生産性向上効果は限定的。
- 遠隔環境の状態を現場にいる以上の認知が可能になる革新的リモート技術開発として、以下を実施する。

- 「**状態推定AIシステム**の基盤技術開発」  
計測する情報を基に人間の感情や行動、周辺環境の状態を推定する。
- 「**高度なXRIにより状態を提示するAIシステム**の基盤技術開発」  
視聴覚情報に加え力触覚等の情報も組み合わせた提示や、必要な情報をデフォルメした提示を行う。



関連する技術戦略: スマートテレオートノミー

プロジェクト類型: **基礎的・基盤的研究開発**

## 既存プロジェクトとの関係

- 2020～2024年度NEDOプロジェクト「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」は、産業用ロボットに特化。
- 2020年度AMEDプロジェクト「ウイルス等感染症対策技術開発事業」は、感染症対策に対する医療機器・システムに特化。

## 想定する出口イメージ等

|               |  |
|---------------|--|
| アウトプット目標      | <ul style="list-style-type: none"> <li>各基盤技術が<b>実用化研究を開始できる水準</b>に達すること。プロジェクト終了後25%以上の案件が<b>連続して実用化研究に移行</b>すること。</li> <li>基盤技術の内容および得られる効果を、<b>デモンストレーション等を通じて公開</b>すること。</li> </ul> |
| アウトカム目標       | <ul style="list-style-type: none"> <li>革新的リモート技術の基盤が形成されることにより、産業構造・社会基盤のデジタル化が進展し、<b>2035年時点において8万人分の労働力に充当</b>され、リモート技術の国内市場の規模が3200億円に達する。</li> </ul>                               |
| 出口戦略 (実用化見込み) | <ul style="list-style-type: none"> <li>本プロジェクトでは、開発するシステムの円滑な社会実装を推進するため、委員会等の活用により研究開発実施者と連携してユーザーに広く受け入れられる仕様について検討する。</li> <li>国際標準化提案: 無 / 第三者提供データ: 無</li> </ul>                  |
| グローバルポジション    | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト開始時: 評価無し → プロジェクト終了時: LD</li> <li>次世代のリモート技術を開発することで、我が国の社会課題解決に貢献し、世界をリードする新たなシステムやサービスの創出を目指す。</li> </ul>                              |

## 事業計画

期間: 2021～2024年度 (**4年間**)  
 総事業費 (NEDO負担分): **16.7億円** (委託)  
 政府予算額: 2024年度3.7億円 (一般)

< 研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模 >

|                              | 2021   | 2022 | 2023 | 2024 | 2025  |
|------------------------------|--------|------|------|------|-------|
| 研究開発項目①<br>次世代基盤技術開発<br>【委託】 | 先導研究   |      | ステージ | 本格研究 |       |
| 評価時期                         | 評価対象期間 |      |      |      | 終了時評価 |
| 予算 (億円)                      | 4.1    | 5.2  | 3.7  | 3.7  |       |

## ページ構成

### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※本事業の位置づけ・意義
- (1)アウトカム達成までの道筋
- (2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- 技術開発項目
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

### 2. 目標及び達成状況

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

### 3. マネジメント

- (1)実施体制
- ※受益者負担の考え方
- (2)研究開発計画

- NEDOマネジメントのまとめ
- NEDOが実施する意義
- 個別事業の採択プロセス
- 実施体制
- 研究データの管理・利活用
- 予算及び受益者負担 / 費用対効果
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 開発促進財源投入実績
- 動向・情勢変化への対応
- 成果普及への取り組み

## <評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※ 本事業の位置づけ・意義
- （1）アウトカム達成までの道筋
- （2）知的財産・標準化戦略

## ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- 技術開発項目
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- ※本事業の位置づけ・意義
- (1)アウトカム達成までの道筋
- (2)知的財産・標準化戦略

### 2. 目標及び達成状況

- (1)アウトカム目標及び達成見込み
- (2)アウトプット目標及び達成状況

### 3. マネジメント

- (1)実施体制
- ※受益者負担の考え方
- (2)研究開発計画

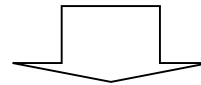
# 事業の背景・目的・将来像

## 社会的背景

- 少子高齢化により**生産年齢人口が減少**しており、国内において**人手不足**を感じている企業の割合は増加している。
- 場所や地域に縛られない、全員参加型の**一億総活躍社会**を実現していく中で、また事故現場や災害地などの**極限状況**において、人間が**空間的、時間的、距離的制約を受ける**ことがある。
- **コロナ禍**において、**遠隔・非接触・非密集の行動様式**が、世界規模で求められている。

## 事業の目的

人間が遠隔地からより簡易的・直観的にシステムを操作する革新的な技術の基盤確立を目指す。



- 労働生産人口の減少、災害などいろいろな制約下において遠隔より能力を発揮
- コロナ禍により非接触、非密集の生活様式を実現

# 政策・施策における位置づけ

## 「経済財政運営と改革の基本方針2020（骨太方針2020）」（2020年7月閣議決定）

- 「新たな日常」構築の原動力となるデジタル化への集中投資・実装とその環境整備として、**AI、ロボットの導入推進、テレワーク定着、対面主義脱却**などが標榜

## 「統合イノベーション戦略2020」（2020年7月閣議決定）

- 産業構造や働き方などのライフスタイルも含めた社会基盤・ルールをデジタル化に対応させ、**経済社会活動のサイバー空間への移動**を最大限実現させる必要性

## 「産業技術ビジョン2020」（2020年5月経済産業省策定）

- ネットワーク接続とAIによってあらゆるデバイスが知性を宿すIntelligence of Things と人間能力の飛躍的拡張を支える技術群として、ロボティクス、**センシング、XR**、ブレイン・マシン・インターフェース、言語の壁を取り払うニューラル機械翻訳等の重要性が高まる



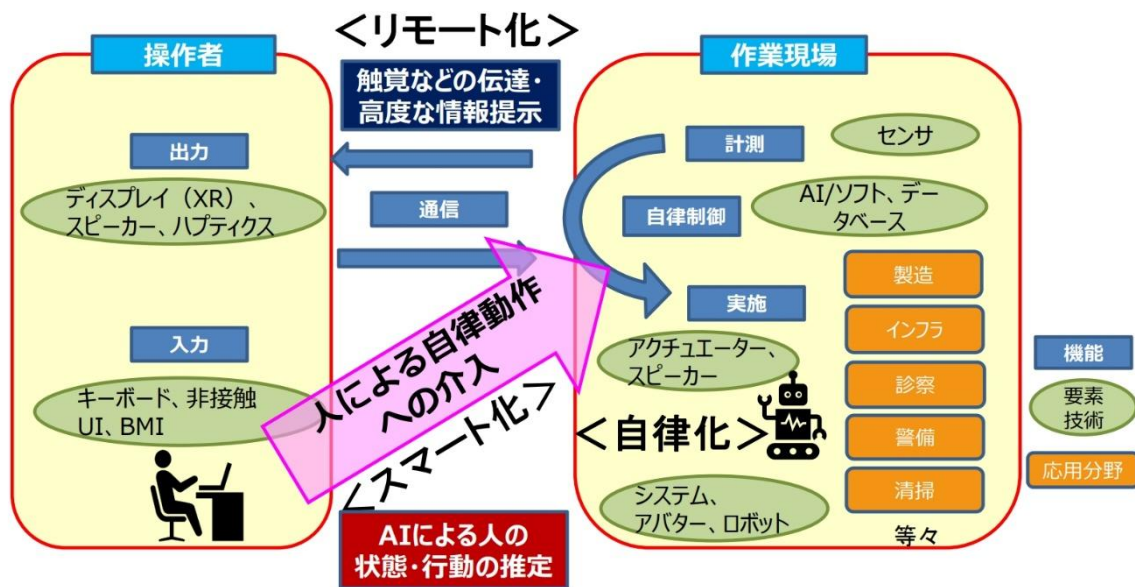
- 空間・時間の制約から解放された社会・経済活動を実現するリモート技術**により、あらゆる分野の産業構造を一変し生産性を飛躍的に高める。
- 生産年齢人口の減少下での産業競争力の維持向上、感染症の流行等による**行動制限下での社会活動の継続**、及び**多様な立場の人々の社会参加**を実現する。

# 技術戦略上の位置づけ

NEDO 技術戦略センター（TSC）立案の戦略のうち「リモート化」の部分について実施

## TSC Foresight 「スマートテレオートノミー」

- コロナ禍を受けて人の密集を避けるため、ロボットなど自律して動く機械やリモート技術の活用が広く進んだ。
- 今後も人の行う様々な活動に自律化・リモート化の活用を広げ、社会実装を加速するためには人工知能技術（AI）との融合が不可欠
  - ⇒ スマートテレオートノミー：テレオペレーション（リモート化）とオートノミー（自律化）のスマートな融合
- リモート化技術および自律化技術がそれぞれ持つ課題を両技術を融合することで相補的に解決
- より高度に融合することで、実操作と学習の同時達成による高い作業効率、障害発生時の人の介入による高い信頼性も実現



| アプローチ                | 提供したい価値 |        |        |        |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|
|                      | 制限下の活動  | 多様な働き方 | 競争力の向上 | QoLの向上 |
| 生産等のデジタルトランスフォーメーション |         |        | ✓      |        |
| データ駆動型サービス           |         |        |        | ✓      |
| リモート化                | ✓       | ✓      |        | ✓      |
| 自律化                  | ✓       |        | ✓      |        |
| 能力拡張技術               |         |        |        | ✓      |

# 外部環境の状況（市場動向）

## 自律・リモート分野の市場動向

NEDO TSCによる戦略分野STP分析結果  
スマートテレポートミー（革新的自律・リモート）より

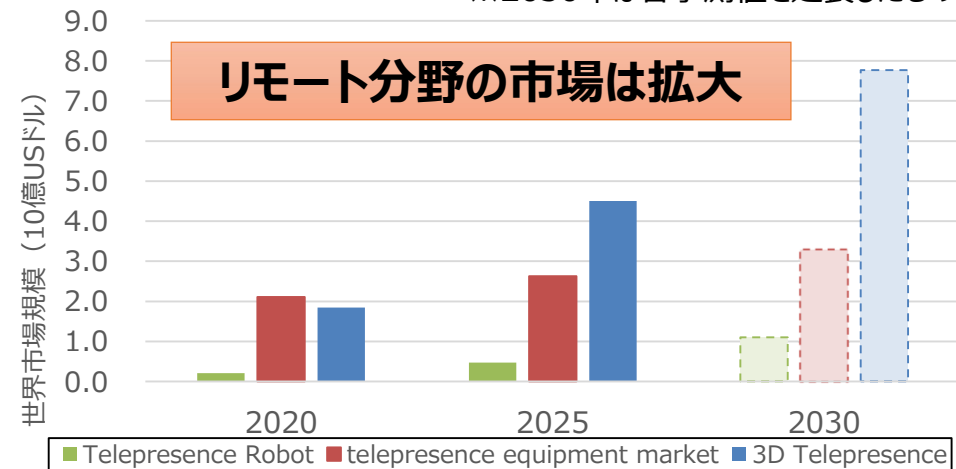
- 自律・リモート分野の市場は、テレプレゼンス市場として動向予測がされている。
- 市場年平均成長率はテレプレゼンスロボットで約18%、テレイグジステンス装置で約5%、3Dテレプレゼンス市場は約20%と試算されている。
- より高度な自律・リモートの実現に必要な技術が占める市場の割合は大きいと推察。3Dテレプレゼンス市場のみでも、2035年には1兆円超を予想。他にも応用分野の市場への影響も予想。

### 各技術の対象範囲

| 項目                     | 説明   |
|------------------------|--|
| 3D Telepresence        | 立体映像に加えて触力覚や遠隔地の環境を再現し、高い臨場感にて双方向のコミュニケーションを実現する技術 |
| Telepresence equipment | 実際の人に現実感を与えるロボットやクラウド等、エンドポイントおよびインフラ技術            |
| Telepresence robot     | ディスプレイ、センサ、制御システム等、テレプレゼンス用ロボット実現に必要な技術            |

### テレプレゼンスに関する市場規模予測

※2030年は各予測値を延長したもの



出典：複数の市場規模予測を基にNEDO TSC作成(2020)

# 外部環境の状況（技術動向）

## 自律・リモート分野の技術動向

- AI、デジタル技術に強い米国が脅威。中国も追い上げ著しく市場も大きい。
- 日本は、ロボット技術、統合技術に強み。

NEDO TSCによる戦略分野STP分析結果  
スマートテレオートノミー（革新的自律・リモート）より

### 応用分野 特許件数の国籍別傾向

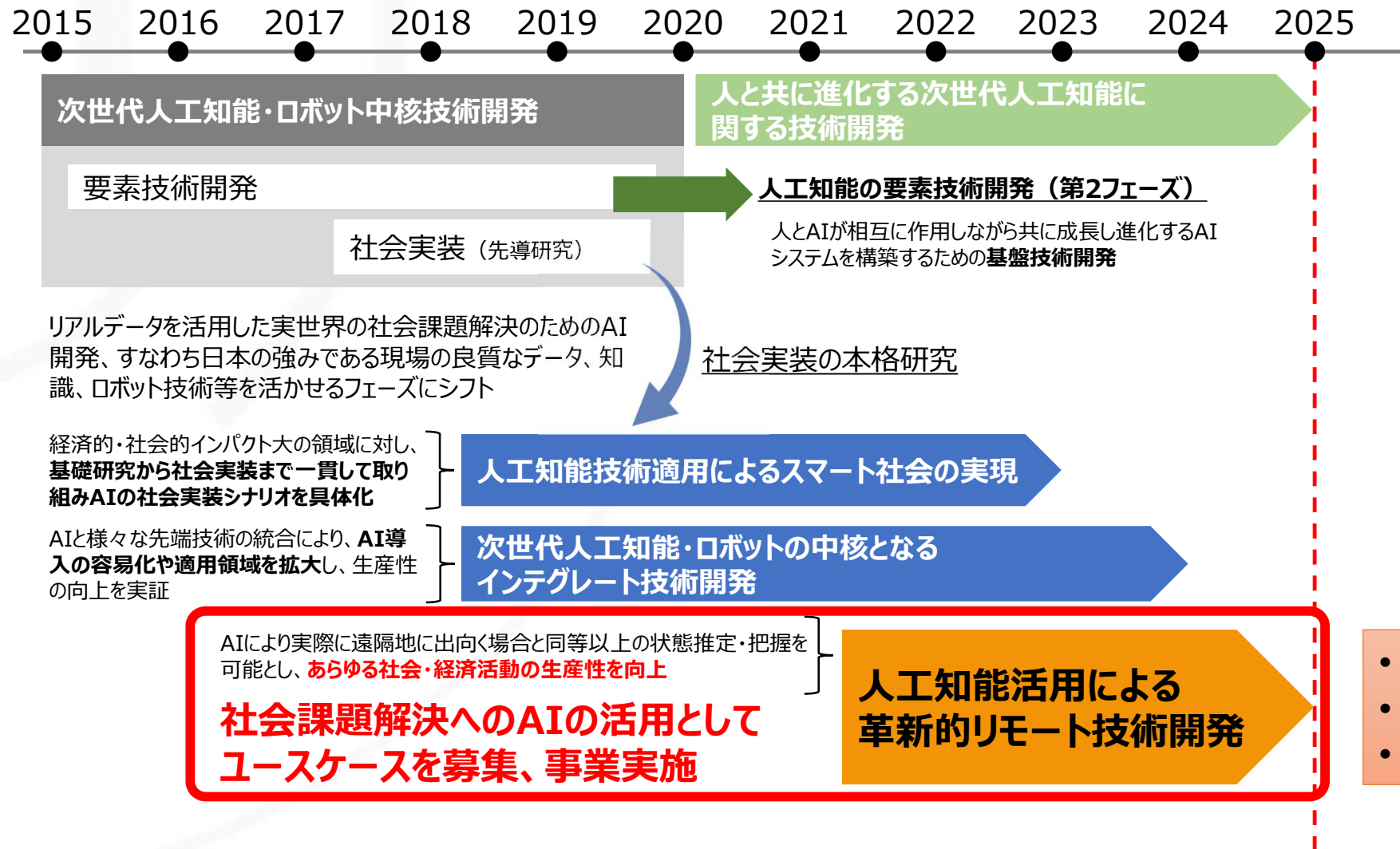
- オンライン会議**は、米国(50%)、中国(31%)。
- 遠隔医療**は、米国(57%)が多い。INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS(da Vinciの製造元)が出願人としては1位。
- 建設**では、中国(42%)、米国(22%)に次ぐものの、日本(13%)も所定の出願数あり。
- 警備、ゲーム**は米国が多い。**インフラ**は、半数以上が中国。
- 清掃、インフラ**では、米国が少ない。

技術開発が望まれる分野を選定

### 要素技術 特許・論文 件数の国籍別傾向

- AI**は、特許、論文ともに米国、中国が突出。日本は両国に比して、後れを取っている。
- ロボット**は、中国・米国が特許・論文多いものの、技術的には日本のレベルは高い。
- ハプティクス**は特許は中国、米国、日本、論文は米国1強+日本。しかし、特許数の国別の差は小さく、論文の所属機関の国籍も多彩。競争している最中の状況。
- XR**は、特許、論文ともに米国、中国多い。論文は、総合すると欧州からの報告も多い。
- 通信特許**（遅延時間に関するもの）は、中国が多く、日本の出願数は米国とほぼ同率（11.9%）。

# 他事業との関係



- 短期(4年)の事業
- 先行事業なし
- 後継事業なし

# 研究開発項目

AIにより実際に遠隔地に出向く場合と同等以上の状態推定・把握を可能とし、社会・経済活動の生産性向上を目指す。



近傍者が遠隔環境の状態を認知し、的確な判断のもと必要に応じて操作・介入等を行うことを可能とする技術が必要



遠隔と近傍を結ぶループの中で研究開発項目として2項目、  
「**状態推定AIシステム**」と  
「**高度なXRにより状態を提示するAIシステム**」  
を設定

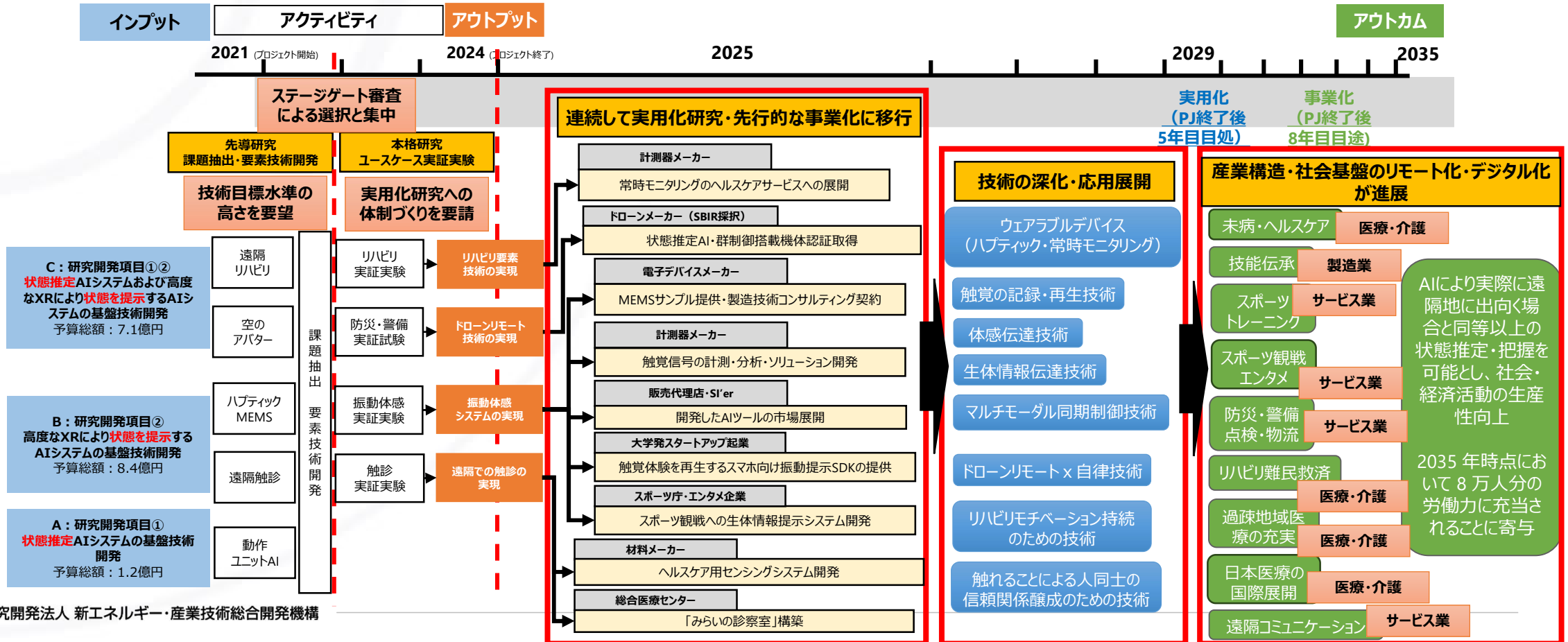
# 革新的リモート技術を実現するAIおよびXR技術

## 2つの研究開発項目両方の実施を含め幅広く基盤技術を開発

| テーマ名 (赤字は以降の略称)   | 研究開発項目①<br>状態推定AIシステム                | 研究開発項目②<br>高度なXRにより状態を提示するAIシステム                       |
|---|--------------------------------------|--|
| <b>動作ユニットAI</b> による人の感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築<br>(代表機関：東北大学) | 感情に基づいた身体動作データから感情を推定するAI技術          | (非該当)  |
| 極薄 <b>ハプティックMEMS</b> による双方向リモート触覚伝達AIシステムの開発<br>(代表機関：産業技術総合研究所)            | (非該当)                                | 人間とAIが双方向に「ネゴシエーション」しながら信号抽出を行うソフトウェア「体感ネゴシエーション」機能    |
| Contact Realityの実現による <b>遠隔触診</b> システム開発<br>(代表機関：名古屋大学)                    | (非該当)                                | 触覚を含む複数モダリティの感覚入力が脳内での情報統合を助けるための「タイミング」「情報量」を調整するAI技術 |
| <b>遠隔リハビリ</b> 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<br>(代表機関：産業技術総合研究所)           | 常時モニタリングデータからの心的状態推定AI技術             | VRによる時間と空間を超えた内発的動機付け支援技術                              |
| AI・XR活用による <b>空のアバター</b> を実現する『革新的ドローンリモート技術』の研究開発<br>(代表機関：東京大学)           | 人物職業、人物行動推定のAI処理をクラウド上でリアルタイムに実現する技術 | デジタルツイン内での視野拡張VRや俯瞰視点など、人間の感覚を拡張する高度XR提示技術             |

# アウトカム達成までの道筋

- 将来像から**事業イメージ**を策定、必要な技術と水準を定義し、技術開発を促進  
⇒ 基盤技術開発段階からユースケースの形が見えるところまでに至った。
- 事業の担い手となる**企業を含めた体制**構築を実現し、実用化研究、更なる技術の深化・応用展開、その先への道筋策定を意識いただいた。



# 知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

## 課題：

アカデミアの参画が多い本プロジェクトにおいて、論文を優先するアカデミアに対してどのように知財マインドを醸成するか

## NEDOのアクション：

- 事業化における知財の重要性を改めてINPIT資料を使用して説明
- 特許出願等を考慮し公開レベル設定等を見直したデータマネジメントプランの再設定
- 各機関の知財部門に知財化／オープン・クローズ戦略を相談するように働きかけ
- 知財化の難しいソフトウェアに関しては、企業への試用提供に際し、事前のOSS化を働きかけ、権利を確保

## ハプティックMEMSテーマの例

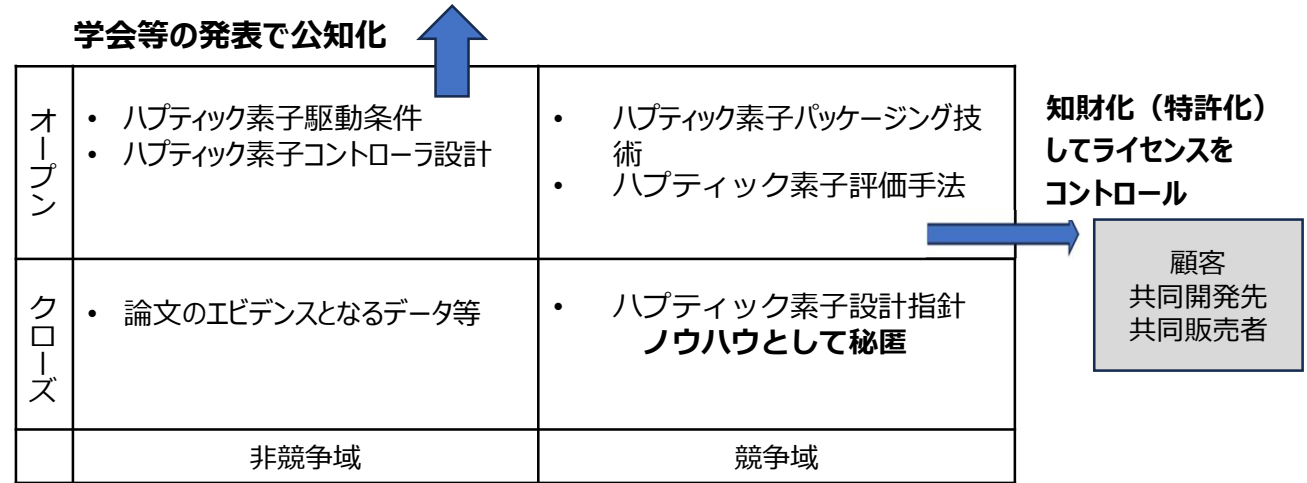


図1 ハードウェアの戦略（ハプティック素子の戦略）

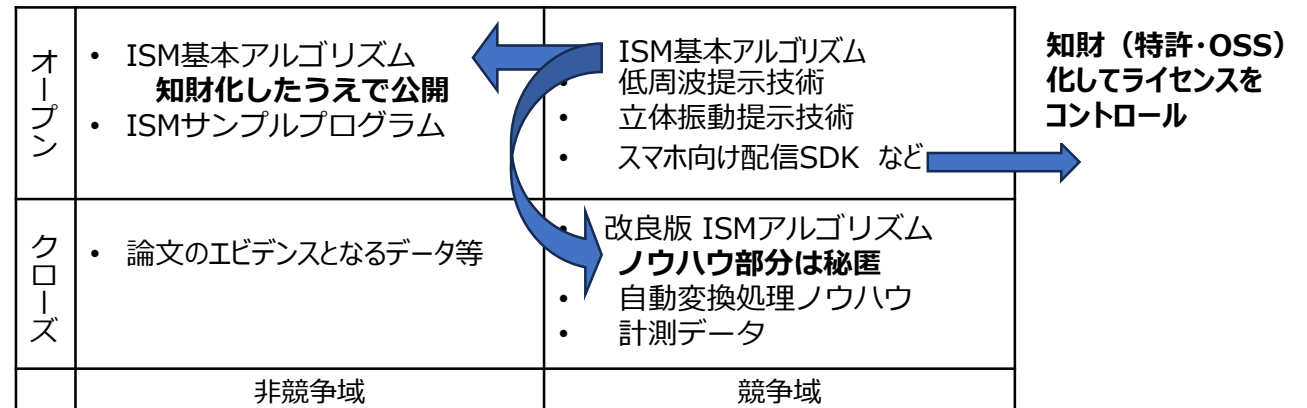


図2 ソフトウェアの戦略（ISMの戦略）

# 知的財産管理

- **知的財産権の帰属**

産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属

- **知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項**

NEDO知財方針に則り、各テーマ毎に「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成

## <評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

## 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略



## 2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み  
(2)アウトプット目標及び達成状況



## 3. マネジメント

(1)実施体制  
※受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

### ページ構成

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 特許出願及び論文発表

# 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

## 実用化・事業化の考え方

本事業は基礎的・基盤的研究開発として実施

⇒ プロジェクト終了後5年を目処に（もしくはそれ以上の期間で）、実用化まで達することを旨す

| アウトカム目標  | 根拠   |
|--|--|
| 産業構造・社会基盤のリモート化・デジタル化が進展し、2035年時点において8万人分の労働力に充当され、リモート技術の国内市場の規模が3200億円に達することに寄与する。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>高齢化が進み、生産人口が減少、数百万人規模で労働力不足の懸念</li> <li>労働力不足が大きい、製造業、卸売・小売、医療・福祉、サービス業など約200万事業所（約2000万人）の2%、4万事業所（40万人）が、リモート化・デジタル化進展による生産性の向上により8割（32万人）の人員で対応可能</li> <li>差分8万人分の労働力 = 3200億円に相当する効果が見込めると試算</li> </ul> |



図引用：労働市場の未来推計2030 パーソル総研(2018)

# アウトカム目標の達成見込み

各テーマ、実用化研究に移行。多くの人員が不足する業種にリモート技術が進展、達成が見込まれる。

| テーマ名                | 実用化研究に移行している案件（社会実装に向けた現状）  | 見込まれるアウトカム   |
|---------------------|---|--|
| ハプティック MEMS (触覚伝達)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・デバイスメーカーとの間で製造技術について<b>技術コンサルティング契約を締結</b>し、コンサルティングを実施。来年度以降実用化に向けた共同研究へ展開の見込み。</li> <li>・6企業に対して<b>成果技術の有償試用提供契約</b>済み。</li> <li>・触覚体験のための次世代振動提示技術提供等を行う<b>スタートアップを10月に創業</b>。</li> <li>・動画配信コンテンツ配信サービスの<b>協力先候補企業とのNDAを締結</b>。</li> <li>・スポーツ観戦事業への展開として<b>スポーツ庁「Sports Future Lab」大阪・関西万博</b>でアピール、パートナー候補企業との協議開始</li> </ul> | <p><b>【製造業、サービス業】</b>ハプティックセンシング、アクチュエーションデバイスが搭載された<b>ウェアラブルデバイス販売が躍進</b>、時間と空間を超え触覚によりつながるビジネスが幅広い分野に展開。</p> <p><b>【サービス業】</b>体感型展示やアーティストやスポーツ選手の体感付きコンテンツの配信など、新たな感動を呼ぶ価値感が普及。</p> <p><b>【製造業】</b>繊細な触感・体感が必要で、遠隔が難しい現場に技術導入することで、人の移動を伴わなくても<b>属人的な技能の普及・伝承</b>が可能。</p> |
| 遠隔触診                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手根管症候群などの疾患を中心に大学病院で手術を受けた患者に対して、<b>術後再検査の遠隔触診システム導入実証試験</b>を開始</li> <li>・インソール型センサーによる歩容解析の社会実装に向け、自治体、企業と協議を開始、歩行（運動療法）を交えた<b>商業施設での生活習慣病予防体験会</b>を実施</li> </ul>  | <p><b>【医療】</b>患者にとって、生活環境に<b>居ながら</b>に主治医による<b>診察</b>を受けられる安心感が得られる。医師にとって<b>より多くの患者と深い信頼関係</b>を築きつつ治療が行える。</p> <p><b>【医療・福祉】</b>歩容解析等による未病ビジネスにより<b>健康保険制度への依存を軽減</b>。</p>  |
| 遠隔リハビリ              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト実施企業による常時モニタリングを活用した<b>特定保健指導サービスを提供開始</b></li> <li>・産総研<b>柏の葉リビングラボでの遠隔VRリハのメニュー化</b></li> </ul>   | <p><b>【医療・福祉】</b>いかにモチベーションを維持し、効果向上につなげるかという課題に対し、<b>メタバース空間での利用者互恵ケア</b>や<b>常時モニタリングによる状態推定</b>が効果的なソリューションとして提供されQoL向上を求める社会に浸透する。</p>  |
| 空のAvatar (ドローンリモート) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>JST K-Pro</b>「空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術」に技術導入</li> <li>・<b>SBIR</b>「行政ニーズ等に対応したドローンの開発・実証」に技術導入</li> </ul>   | <p><b>【サービス業】</b>自律制御・分散制御技術により、<b>ドローンオペレーターの安全が確保</b>できる。迅速・俯瞰的な状況把握により、現場<b>消防隊員、警備員等の効率的な活動</b>、被害の軽減が見込まれる。</p>   |

# 非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

## ◆非連続ナショナルプロジェクトの考え方

| 観点         | 内容   |
|------------|--|
| 非連続的な価値の創造 | 画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える           |
| 技術の不確実性    | 難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い |

| 選定基準        | 該当 | 理由   |
|-------------|----|--|
| ①非連続的な価値の創造 | 該当 | 次世代基盤技術開発により、人間が空間に縛られずに能力を発揮する、全く新しい社会の実現に寄与する。                             |
| ②技術の不確実性    | 該当 | 遠隔技術は、コロナ禍において人の密集を避けるために研究開発が加速しつつあるものの、従来にない新しいシステムとなることが想定されるため、開発リスクは高い。 |



**これまでの延長線上にない、新たな価値を生み出すことを目指す非連続ナショナルプロジェクトとして実施**

# 本事業における研究開発項目の位置づけ

- 遠隔と近傍を結ぶループの中で研究開発項目として2項目、「**状態推定AIシステム**」と「**高度なXRにより状態を提示するAIシステム**」を設定
- アウトプット：テーマ毎に**ユースケース**を想定して研究開発・実証実験を行い、**実用化を見据えた水準で基盤技術を開発**

## 研究開発項目①

### 状態推定AIシステムの基盤技術開発

AIを活用し、

- 先進的なデバイスによって取得した遠隔地の情報を人間の認知特性に基づいて意味づけること
- 複数の情報や時系列のデータ等を基に遠隔環境の状態を推定すること

## 研究開発項目②

### 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

AI・XRを活用し、

- 人間の認知特性を利用して複数の感覚を組み合わせ提示すること
- 目的に応じて特定の感覚を誇張して提示すること

等を可能とする技術の基盤を開発する。

近傍者が遠隔環境の状態を認知し  
的確な判断のもと必要に応じて  
操作・介入等を行うことを可能とする技術



# アウトプット目標の設定及び根拠

研究開発項目① **状態推定** AIシステムの基盤技術開発

研究開発項目② 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

**研究開発項目①②に共通した目標を設定**

| 最終目標 (2025年 3月)  | 根拠  |
|--|---|
| 本プロジェクトが対象とする基盤技術が、 <b>実用化研究</b> (実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究) <b>を開始できる水準に達すること</b> | 本プロジェクトは、実用化までに長期間を要するハイリスクな基盤技術開発を前提として実施する。ブレイクスルーを生み出す基盤技術を開発し、3年9か月の短期で成果をまとめ、実用化研究の方向性を見極めるまでを目標とする。                         |
| 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、 <b>連続して実用化研究に移行</b> すること                                       | 本事業は基礎的・基盤的研究開発として実施するため、事業終了時点の実用化研究移行率を設定。NEDO中長期計画にて、事業終了後5年経過時に実用化達成率を25%以上を目標としている。本事業でも低い難易度のテーマによる組成になる懸念を避けるために同様の目標値を設定。 |
| 基盤技術の内容および得られる効果を、 <b>デモンストレーション等を通じて公開</b> すること   | 実用化研究、その先の社会実装に向け、共同研究者、事業の担い手候補に対するアプローチを重視。   |

| プロジェクト類型    | 実用化・事業化の考え方   |
|-------------|---|
| 標準的研究開発     | プロジェクト終了後5年を目処に、 <b>事業化</b> まで達することを旨とする研究開発                |
| 基礎的・基盤的研究開発 | プロジェクト終了後5年を目処に (もしくはそれ以上の期間で)、 <b>実用化</b> まで達することを旨とする研究開発 |

# アウトプット目標の達成状況

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

| 目標<br>(2025年3月)  | 成果(実績)<br>(2025年3月)   | 達成度 | 達成の根拠                              |
|--|---|-----|------------------------------------|
| 本プロジェクトが対象とする基盤技術が、 <b>実用化研究</b> (実際の製品やサービスを開発するうえでの技術的な課題を解決するための研究)を開始できる水準に達すること | 継続したテーマすべてで目標を達成  | ○   | 各テーマ、テーマ審査委員会にて認められる技術水準を達成        |
| 研究開発テーマのうち25%以上の案件がプロジェクト終了後、 <b>連続して実用化研究に移行</b> すること                               | 採択された5テーマのうち継続した4テーマにて連続して実用化研究に移行する具体的案件がある  | ○   | コンサルティング契約締結、スタートアップ創業、SBIR事業採択、など |
| 基盤技術の内容および得られる効果を、 <b>デモンストレーション等を通じて公開</b> すること                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンリモート技術の公開実証実験</li> <li>・遠隔触診のシンガポール⇔名古屋間公開実証試験、国際シンポジウム</li> <li>・事業費を活用し、CES、CEATEC、AWE-EU、SXSW等国際的な展示会に出展、有用なリードを多数獲得</li> <li>・遠隔リハビリに向けたオープンデータセット公開</li> </ul> | ○   | 各テーマ、それぞれ成果のアウトリーチ活動を展開            |

# 特許出願及び論文発表

## 各テーマの方針に基づき特許出願・論文発表

| テーマ名           | 方針   | 特許出願<br>[うち外国出願] | 論文 | 研究発表・講演 | 受賞実績 | 成果普及の努力<br>(プレス発表等) |
|----------------|--|------------------|----|---------|------|---------------------|
| ハプティック<br>MEMS | 実用化・事業化を具体的に想定、 <b>ノウハウとして秘匿</b> する技術、 <b>知財化したうえで公開</b> する技術、 <b>ライセンス</b> する技術による戦略を策定 | 4[2]             | 4  | 44      | 10   | 2                   |
| 遠隔触診           | プロトタイプ段階から広く展示会、学会等でアピールすることで、可能性を示し、 <b>遠隔触診普及に向けた仲間を増やす</b> 方針                         | 2                | 5  | 5       | 0    | 2                   |
| 遠隔リハビリ         | 遠隔リハビリ分野の <b>普及促進</b> のため、成果は論文、データセット、ガイドライン等でオープン化                                     | 0                | 25 | 29      | 3    | 15                  |
| 空のAvatar       | 防災、警備ユースケースの <b>受容性を高める</b> ための使用ガイドライン等は公開、実施者による事業化の強みとなる <b>要素技術は秘匿化</b> 、早期の実用化を目指す  | 0                | 7  | 7       | 1    | 10                  |
| 動作ユニットAI       | 再委託先によるビジネスを想定しつつ、学術的に有意義な <b>成果を論文等で発表</b> 、認知度を高める                                     | 0                | 8  | 11      | 0    | 0                   |

### 特許出願 (開示済のもの)

| 名称                            | 番号            | 目的  | テーマ        |
|-------------------------------|---------------|---|------------|
| 触覚検出装置、触覚検出システム、プログラム及び触覚検出方法 | 特開2024-108240 | 接触対象物の触覚情報（硬さ、重さ、表面の粗さなど）を高精度に推定する技術の提供<br>人間の触覚に近い認識を機械に持たせる | 遠隔触診       |
| 装置、振動提示装置、方法、振動提示方法及びプログラム    | 特開2025-092028 | 振動子の大型化を抑えつつ、効果的な振動提示の実現                                      | ハプティックMEMS |

## <評価項目 3> マネジメント

(1) 実施体制

※ 受益者負担の考え方

(2) 研究開発計画

## 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義  
(1)アウトカム達成までの道筋  
(2)知的財産・標準化戦略

## 2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み  
(2)アウトプット目標及び達成状況

## 3. マネジメント

(1)実施体制  
※受益者負担の考え方  
(2)研究開発計画

### ページ構成

- NEDOマネジメントのまとめ
- NEDOが実施する意義
- 個別事業の採択プロセス
- 実施体制
- 研究データの管理・利活用
- 予算及び受益者負担 / 費用対効果
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 開発促進財源投入実績
- 動向・情勢変化への対応
- 成果普及への取り組み

# NEDOマネジメントのまとめ

| 項目             | 目的                                | 内容   |
|----------------|-----------------------------------|--|
| 実施体制           | 新しいシステム・サービスを生むための<br>基礎的・基盤的技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>28件の応募からターゲットとなる広い技術領域における5テーマを採択・実施、<b>基盤技術として広く応用できる技術</b>を開発</li> </ul>  |
| 資金配賦           | 資金の効率的な活用                         | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>ステージゲート審査</b>により効率最大化のための<b>選択と集中</b>を実施、ステージゲート通過テーマに対して審査結果に応じたメリハリのある資金配賦</li> <li>示達予算を有効活用し、2021年度、2022年度、2024年度に大きな効果を期待できる案件に対しPLと協議のうえ<b>追加配賦</b></li> </ul> |
| 戦略・事業化に向けた意識付け | アカデミアに対する事業化意識の醸成                 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>大学・国研が幹事機関</b>となるコンソーシアム体制に対し、事業化に向けて、研究開発段階から意識すべき<b>アウトリーチ活動、オープン・クローズ戦略の考え方を説明、戦略策定を促した</b></li> </ul>  |
| テーマ審査委員会の活用    | 外部有識者による評価・アドバイス                  | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>審査色を強くした技術推進委員会</b>形式で実施。<b>事前書面審査</b>により、PL・委員の深い理解のもとの確な評価、アドバイスを実施</li> <li><b>サイトビジット</b>により、PL・委員に直接開発現場を把握、<b>成果物を体験</b>いただくことで、適切な指導、アドバイスを実施</li> </ul>      |
| 進捗把握とPL指導      | 定期的な進捗把握とPLからのタイムリーな技術指導          | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>NEDO・PL・実施者間の報告・コメントスキーム</b>を月度で実施、PLからの技術的コメント、NEDOからのプロジェクト推進コメントを研究開発に反映</li> </ul>   |
| 企業との情報交流       | 社会実装に向けた企業とのマッチング                 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>企業出身技術委員</b>、プロジェクトメンバーによる実施者への<b>企業紹介と情報交流会</b>のセッティング、<b>事業終了後も継続</b></li> <li>プロジェクト内の別テーマに参画する企業と大学との情報交流</li> </ul>   |
| 起業準備支援         | 事業期間中に起業準備                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>成果の一部を活用して早期に事業化できるように年度ごとの研究開発目標を明確にし、<b>研究開発の成果の利活用</b>を行うサポートを実施</li> </ul>  |

# NEDOが実施する意義

意義：

- ① 民間のみでは十分に実施されないハイリスクな研究開発
- ② 市場原理に基づく研究開発実施インセンティブがない
- ③ 科学技術的価値からみた卓越性、先導性があるなど、NEDOが主体的役割を果たす特段の理由がある

コロナ禍において各企業が苦境に立たされる中、民間企業のみでは十分な研究開発が困難と考えられる。

また次世代基盤技術開発はこれまでにない**新しい自律・リモート技術によるシステムを設定するもの**であり、**非常に難易度が高い**。よって民間企業のみでは十分な研究開発が困難と考えられる。NEDOが実施することにより、**実用化・事業化を見据えた支援**を行うことができる。

# 個別事業の採択プロセス

幅広くユースケースを採択するために、2つの研究開発項目を設定しつつ、両項目に跨がるテーマも受付、

**【A】研究開発項目①「状態推定AIシステムの基盤技術開発」**

**【B】研究開発項目②「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」**

**【C】研究開発項目① および ②**

に分類

## 【公募】

- 公募内容 事業の目的・内容：生産性の向上、働き方改革推進の観点からリモート化への期待は高く、コロナ禍を受けてニーズは更に加速している。しかし遠隔情報の取得取得手法が十分でなく生産性向上効果は限定的となっている。遠隔環境の状態を現場にいる以上の認知が可能になる革新的リモート技術開発として、「状態推定AIシステムの基盤技術開発」「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」を実施する。
- 公募予告（2021年1月25日）⇒公募（3月18日）⇒公募〆切（5月6日）

## 【採択】

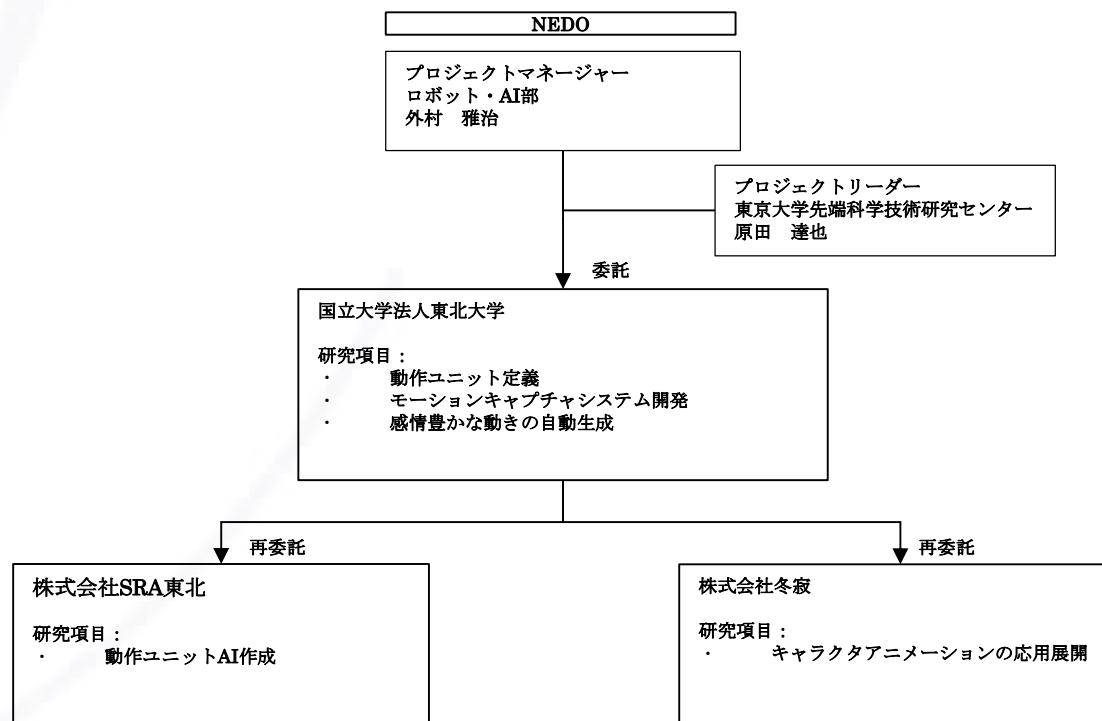
- 事前書面審査（5月11日～5月26日 **28件**）⇒採択審査委員会（6月4日 11件）⇒契約・助成審査委員会（6月29日 5件）⇒ **5件**
- 採択審査項目；（i）基本計画の目的、目標との合致、（ii）開発対象、（iii）研究開発目標、（iv）新規性・独創性、技術の用途、（v）（vi）社会経済への波及効果、（vii）公的資金投入の妥当性、（ix）（x）研究開発の実現性に対して5段階による採点を付けた後、平均値により評価点を算出した。さらに、「ワーク・ライフ・バランス等推進企業」「若手研究員及び女性研究員」の要素について加点し、総合評価点（5点満点）を算出した。なお、前述の要素の加点は、提案書に基づいてNEDOが機械的に算出した。また、各加点要素の割合は、総合評価点の1%とした。
- 総合評価点の全委員の平均値が3点以上、かつ、過半数の委員の総合評価点が3点以上の提案を採択候補とした。
- 採択条件；採択審査委員会では、2年間の複数年度契約とし、2022年度にテーマ審査ステージゲートを実施して、研究開発テーマの継続の可否を判断することを条件に採択審査を実施した。

# 実施体制

テーマ内の体制・役割を明確化し、プロジェクトリーダーから技術面での広い知見に基づいた指導をいただきつつ研究開発を推進

## 【A】研究開発項目①「**状態推定AIシステム**の基盤技術開発」（1テーマ）

**動作ユニットAI** による人の感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成による遠隔コミュニケーション環境の構築



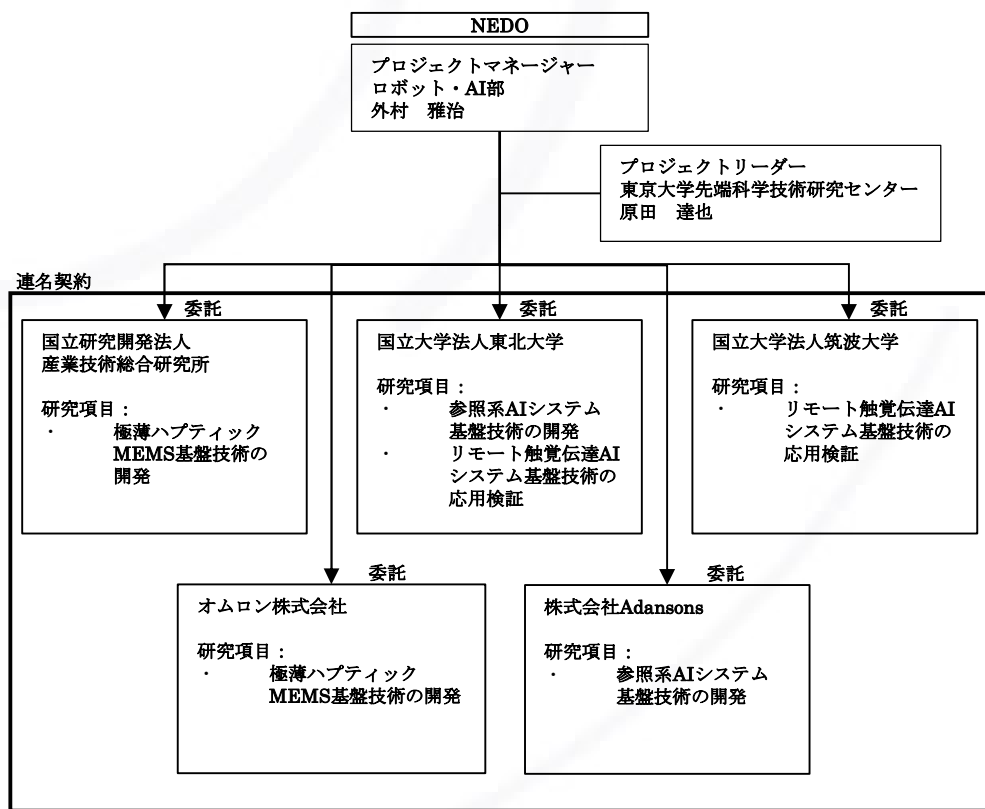
2021年度～2022年度（ステージゲート審査により非継続）

# 実施体制

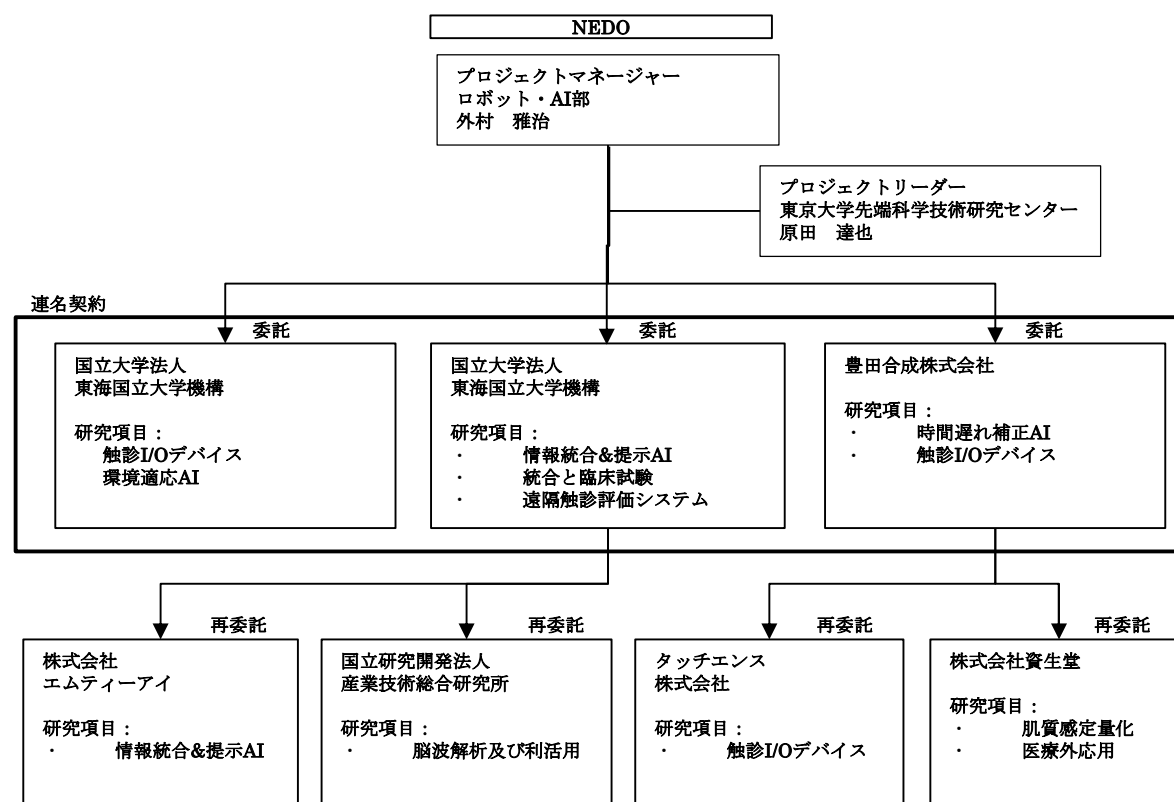
## 【B】 研究開発項目②「高度なXRにより状態を提示するAIシステム」の基盤技術開発 (2テーマ)

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

Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発



2021年度～2024年度



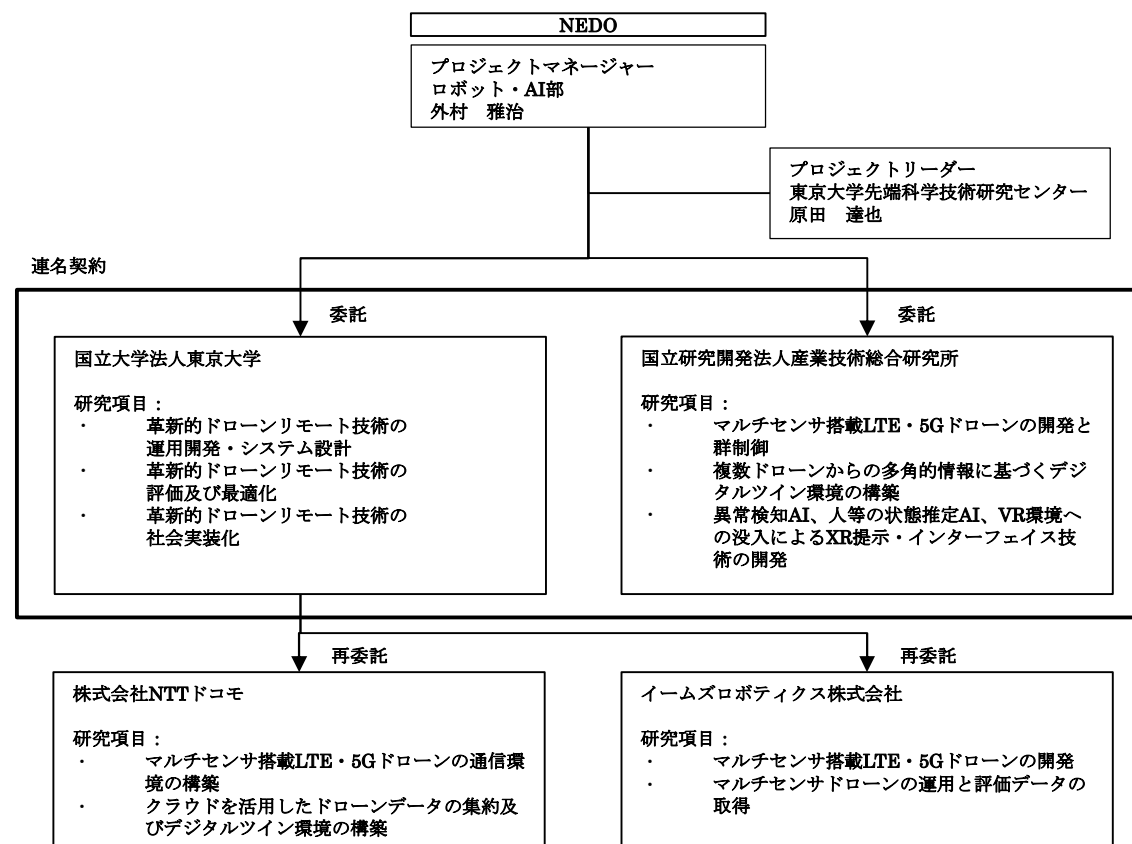
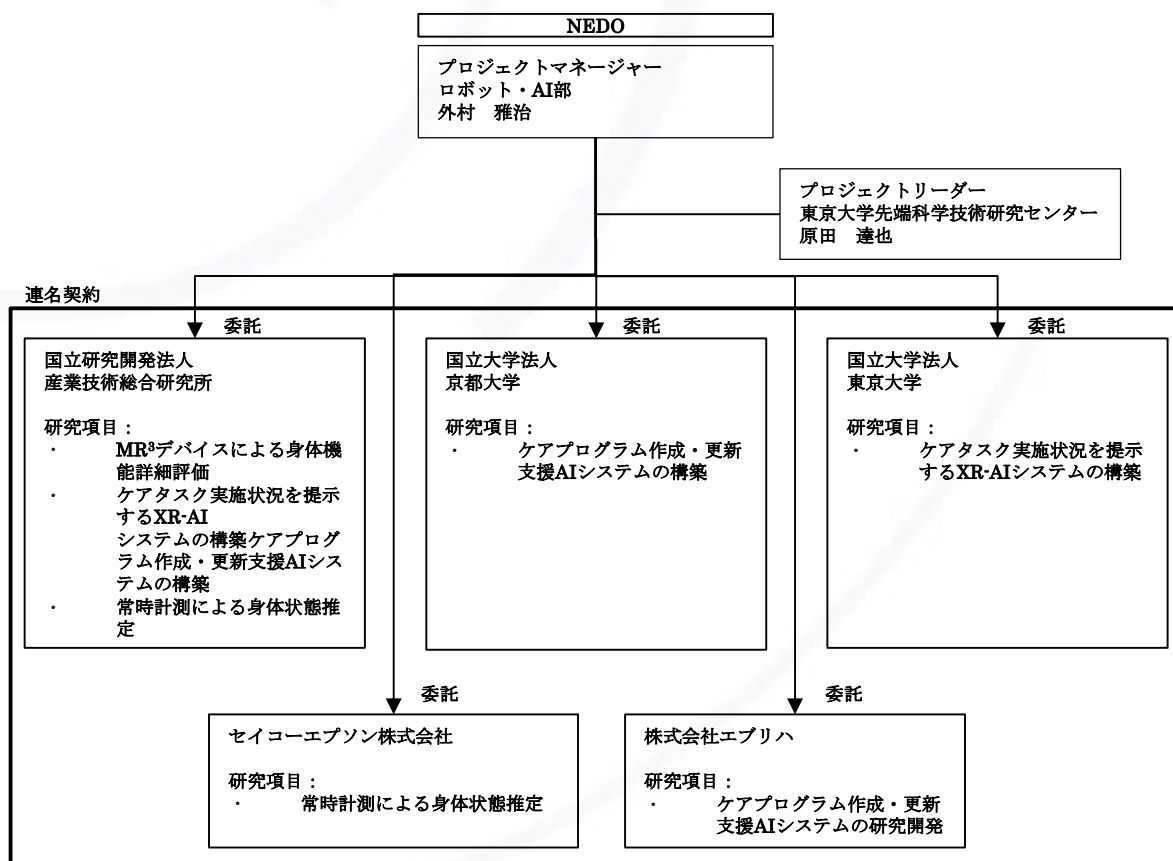
2021年度～2024年度

# 実施体制

## 【C】研究開発項目①②「**状態推定AIシステム**及び**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」(2テーマ)

**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

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



# 研究データの管理・利活用

- NEDOデータ方針に則り、「人工知能活用による革新的リモート技術開発」におけるデータマネジメント基本方針を策定
- 各テーマ毎に「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データマネジメントプラン」を実施者から提出いただき、データの運用状況を確認

## データの活用例)

オープン・クローズ戦略に基づき、事業分野への技術の普及促進を目的として、選択的にデータセットを公開しつつ、先行者利益確保のため、選択的に非公開データとして管理するなど、適正なデータの管理を実施した。

### NEDO ニュースリリース

遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて

世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました

—リハビリ事業者など民間企業のコミュニティー形成で市場開拓を目指す—

**仲間を増やすための戦略**

### 18種の上肢・肩甲骨運動

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. 肩の屈曲、伸展（90度まで）   | 10. 前腕回内、回外（肘90度屈曲位）  |
| 2. 肩の屈曲、伸展（最大可動域まで） | 11. 前腕回内、回外（肘伸展位）     |
| 3. 肩の外転、内転（90度まで）   | 12. リーチング動作（内側）       |
| 4. 肩の外転、内転（最大可動域まで） | 13. リーチング動作（前方）       |
| 5. 肩の水平外転、内転        | 14. リーチング動作（外側）       |
| 6. 肩の外旋及び内旋（1st位）   | 15. 膝から耳の真横へ手を移動させる動作 |
| 7. 肩の外旋及び内旋（2nd位）   | 16. 手を腰の後ろに触れる動作      |
| 8. 肩の外旋及び内旋（3rd位）   | 17. 手を後頭部に触れる動作       |
| 9. 肘の屈曲、伸展          | 18. 机を布巾で拭く動作         |



# 予算及び受益者負担 / 費用対効果

## ◆実績

（単位：百万円）

| 研究開発項目分類   |            | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 合計    |
|--|------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| A: 研究開発項目①<br>状態推定AIシステム<br>の基盤技術開発                | 委託<br>100% | 54     | 67     | —      | —      | 121   |
| B: 研究開発項目②<br>高度なXRにより状態<br>を提示するAIシステム<br>の基盤技術開発 | 委託<br>100% | 183    | 237    | 204    | 215    | 839   |
| C: 研究開発項目①<br>および②                                 | 委託<br>100% | 177    | 214    | 161    | 157    | 708   |
| 合計   |            | 414    | 518    | 365    | 372    | 1,668 |

次世代基盤技術開発はこれまでにない新しい自律・リモート技術によるシステムを設定するものであり、非常に難易度が高いため委託事業とした。

## ◆費用対効果

### 【インプット】

- 事業費用の総額 16.7億円（4年）

### 【アウトカム達成時】

- 経済効果（2035年） リモート技術の国内市場の規模が 3200 億円に達することに寄与

**基礎的・基盤的研究開発での成果から実用化研究に継続しており  
実用化、事業化に進むことで大きな効果が期待できる**

# 研究開発のスケジュール

ステージゲートにより費用対効果の高い効率的な研究開発を推進

| テーマ名       |            | 2021 | 2022 | 2023  | 2024 |
|------------|------------|------|------|-------|------|
|            | 動作ユニットAI   | 5件採択 | 5テーマ | 1件不通過 |      |
|            | ハプティックMEMS |      |      |       |      |
|            | 遠隔触診       |      |      |       |      |
|            | 遠隔リハビリ     |      |      |       |      |
|            | 空のアバター     |      |      |       |      |
| 予算<br>(億円) | 委託         | 4.1  |      | 5.2   | 3.7  |

SG 中間目標

最終目標

ステージゲート審査委員、実施者への事前説明

- ステージゲート審査の厳格化、公平性、俯瞰性

- 選択と集中を強化する

- 本プロジェクトの技術委員のみによる構成ではなく、より公平性、俯瞰性を高める観点から新委員を加える

- 予算額からの制約

- 本プロジェクト全体の2023年度予算は、2022年度に比べて、8割程度になる可能性があり、判定基準に達していても順位にもとづいて、不通過と判定する場合がある

# 進捗管理 (月度)

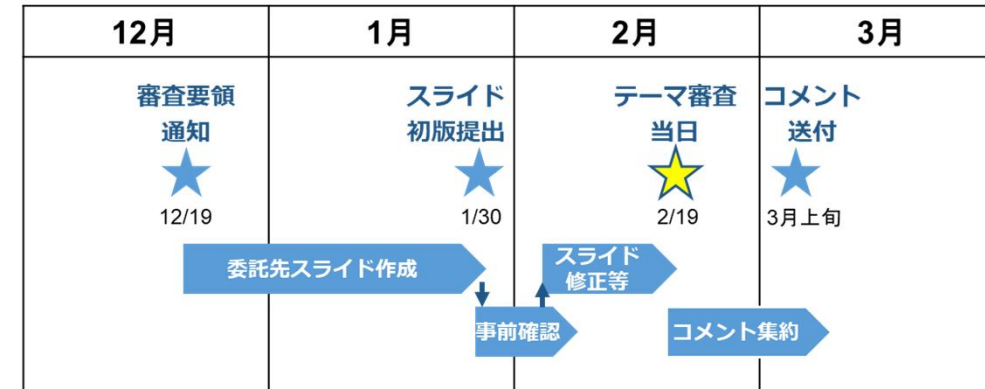
- NEDO・PL・実施者間の報告・コメントスキーム (1～2か月毎)
  - オンライン進捗確認ミーティングをNEDOと実施者間で実施
  - 委員会からのコメント・アドバイスの説明、対応状況確認、次回委員会の目的、審査事項の説明
  - 進捗状況を確認・把握、要点をNEDOがまとめPLに報告
  - PLからNEDOに対して質問・コメントをいただく
    - 最終成果物の定義、何が革新的ですごい技術なのか
    - 競合になり得る技術の紹介と差別ポイントの明確化
    - 定量的目標と評価手法の明確化、定量化が難しくても明文化するべき
    - 本当に使える技術として機能・性能、完成度の高さの追求
    - 事業期間内の技術統合に向けての要素技術完成度とスケジュール管理の重要性
  - NEDOから実施者に対してPLからの質問・コメント、運営面での依頼事項をフィードバック



# 進捗管理 (テーマ審査委員会の運営)

進捗確認マイルストーンとして、テーマ審査委員会と称する外部有識者による**審査色を強くした技術推進委員会**を設定

- 事前書面審査により**理解を深めていただきつつ、委員からの質問事項**を実施者に提示
- 回答を用意いただいたうえで委員会で発表、質疑応答による直接指導
- **PLにも参加**いただき、質疑応答による直接指導
- **委員間協議**により委員会コメントをまとめ、委員長承認を得て**後日実施者にフィードバック**
- NEDOは委員会コメントをよりどころに、**対応状況、進捗状況確認**を実施
- 評価事項
  - ステージゲートまで (**技術の高さを意識**)
    - ✓ 研究開発成果がリモート技術の基盤となるか
    - ✓ 開発する技術・システムとその達成水準の明確化
  - ステージゲート後 (**アウトプット目標を意識**)
    - ✓ 連続して実用化研究に移行するための体制づくり
  - 最終年度 (**アウトプット目標 + アウトカム目標を意識**)
    - ✓ 連続して実用化研究に移行するための体制づくり
    - ✓ 社会実装 (アウトカム目標) 達成への道筋
- 第3回は**ステージゲート審査**



第7回テーマ審査委員会スケジュール

# 進捗管理 (テーマ審査委員会の運営)

| テーマ審査委員会         | 開催時期         | 委員構成   | これまでの成果と今後の計画以外の評価事項   |
|------------------|--------------|--|--|
| 第1回              | 2022年2月      | 採択審査委員から2名、新規3名                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発成果がリモート技術の基盤となるか</li> </ul>  |
| 技術指導 見学会         | 2022年6月～9月   | 変更なし   |  |
| 第2回              | 2022年9月      | 変更なし   |  |
| 第3回<br>ステージゲート審査 | 2022年12月     | テーマ審査委員から3名、新規3名<br>より公平性、俯瞰性を高める観点<br>から半数は新委員とする |  |
| 第4回              | 2023年7月      | ステージゲート審査委員から5名                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための方針</li> </ul>   |
| 技術指導 見学会         | 2023年11月～12月 | 変更なし   |  |
| 第5回              | 2024年4月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応計画</li> <li>・提案時の「研究開発成果の事業化計画書」に対し研究開発進捗、社会情勢の変化を反映したアップデート</li> </ul>     |
| 第6回              | 2024年9月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクト終了後の連続して実用化研究に移行するための対応状況</li> <li>・将来像実現に向けた社会実装（アウトカム目標）達成への道筋策定状況</li> </ul>                    |
| 第7回              | 2025年2月      | 変更なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクトの位置づけ・意義（基盤技術の定義、実用化研究を開始できる水準の定義）</li> <li>・プロジェクトの成果</li> <li>・アウトカム（社会実装）達成までの道筋策定状況</li> </ul> |

# 開発促進財源投入実績

PLと協議のうえ未契約予算を成果最大化に向けて効果的に配賦

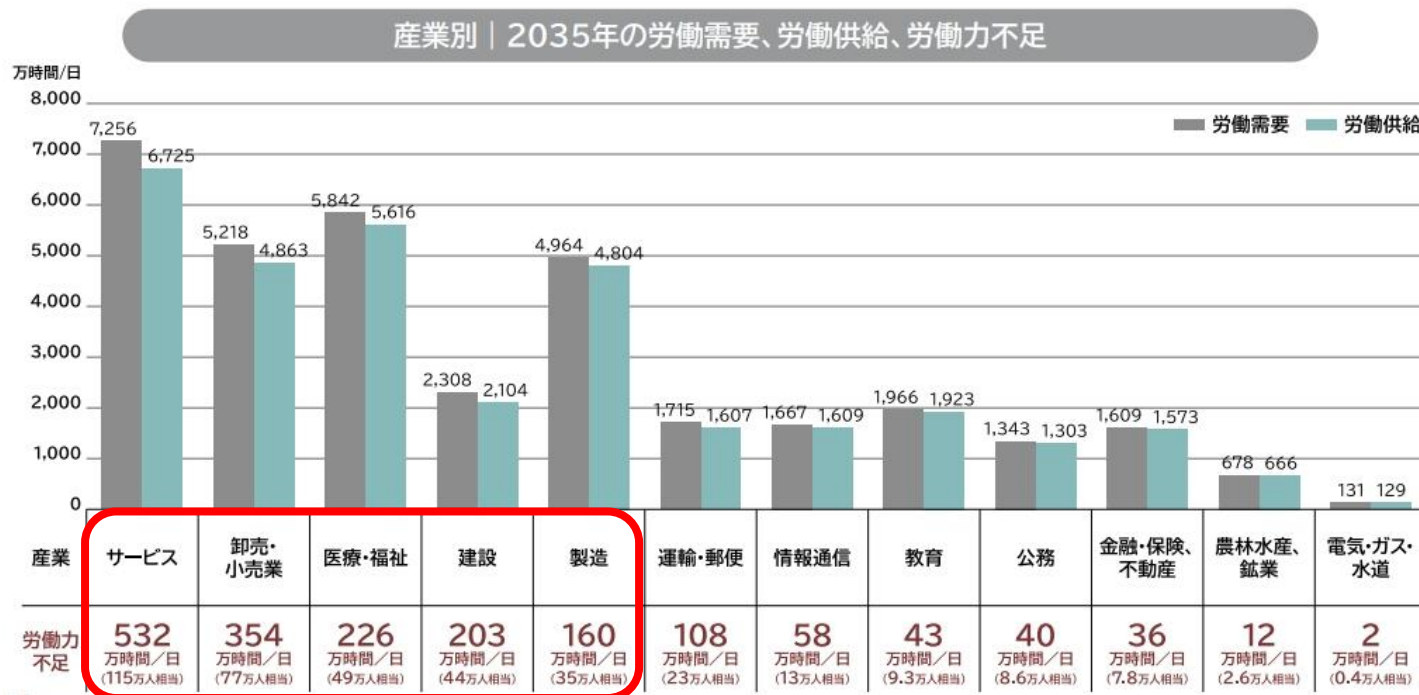
| 年度     | 件数 | 金額<br>(百万円) | 目的   |
|--------|----|-------------|--|
| 2021年度 | 1件 | 10.8        | <ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーション環境整備による研究開発加速のため</li> </ul>   |
| 2022年度 | 4件 | 33.4        | <ul style="list-style-type: none"> <li>計算資源増強による研究開発加速のため</li> <li>計測により定量化が必要とのテーマ審査委員会からのコメントへの対応のため計測環境の導入</li> <li>定量的解析環境導入による構造体の最適設計加速のため</li> <li>5G通信環境の普及が想定より進まないという社会情勢の動向に対応するためLTE環境の導入</li> </ul> |
| 2024年度 | 2件 | 20.0        | <ul style="list-style-type: none"> <li>短期間で投資効果が期待できる追加研究開発案件、(多チャンネルワイヤレス化による多人数同時触覚計測、展示会での情報収集から必要性を認識した超音波検査の組み込み) に投入</li> </ul>  |

# 動向・情勢変化への対応

## ➤ 2035年における労働力不足予測はさらに深刻化

- 働き方改革等により労働時間は約91%に短縮
- 1日あたり約1,775万時間の労働力が不足との見込み

(パーソル総合研究所と中央大学による「労働市場の未来推計2035」より)



想定した、サービス業、卸売・小売、医療・福祉、製造業における労働力不足は、依然として大きい  
リモート技術活用の市場は拡大見込み

# 動向・情勢変化への対応

## ➤ コロナ禍の終息

- リモート技術への期待は緊急対応で高まり、リモート会議等のコミュニケーションツールは浸透、LLM活用により言語による利便性は向上するも、非言語コミュニケーションにはブレークスルー技術が必要
- 終息後も持続可能な働き方、暮らし方として、**ニーズは継続・拡大**

大きな方針転換は行わず、4年の短期プロジェクトをやり切り、成果をもとに次のステップに進むとした

## ➤ LLM・生成AIの急速な実用化

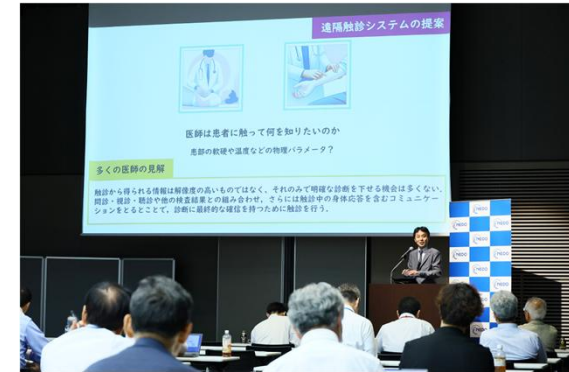
導入により開発効率向上が見込めるか実施者に打診

- 参照系AIのフレーム抽出にLLMを活用（ハプティックMEMS）

# 成果普及への取り組み (イベント)

## ➤ シンポジウム・フォーラム

- 国際ロボット展 ロボット・AIフォーラム 2022.3
  - 事業概要説明
- モノづくり日本会議シンポジウム 成果報告会 2022.6
  - 事業概要説明  
⇒Web記事化 遠隔触診を実現するAI デジタル空間を介する遠隔触診ならではの利点とは (ASCII STARTUP 特集 NEDO「AI NEXT FORUM 2023」)
- AI Next Forum 2022.2
  - NEDO AI関係4プロジェクトの紹介の場に4テーマが参加
  - ポスター展示ではプロジェクト毎ではなく領域の近いテーマを集め、出展者間での情報交流を促進  
⇒後日、異なるプロジェクトのテーマとの間でオンライン情報交流会を実施
- モノづくり日本会議シンポジウム 2024.8
  - NEDOが事業概要説明
  - 講演とデモ (ハプティックMEMS、遠隔触診)  
⇒新聞記事化 遠隔触診支援システム (日刊工業新聞 2024.8.28)
- ロボット学会オープンフォーラム 2025.9
  - 講演 (遠隔触診)
- モノづくり日本会議ロボットシンポジウム 2025.3
  - 講演とポスター展示 (遠隔触診)



モノづくり日本会議シンポジウム 2024.8



モノづくり日本会議シンポジウム 2025.3

# 成果普及への取り組み（企業紹介）

## ➤ 技術委員による企業紹介

- 企業出身委員に事業視点でのアクションを依頼
- 技術の素性、完成度に手ごたえを感じた委員による企業と実施者の情報交流会
- 委員長承認のもとテーマ審査委員会の技術指導として実施
- **実施者・企業それぞれの技術・取り組みを把握**している立場で、紹介したいと思ったポイントを説明いただき、スムーズな情報交流に導いていただいた：4件
  - 触覚技術開発フェーズ、事業化目標時期が似ているため共同研究につながる可能性（電機系メーカーとハプティックMEMS）
  - 加工系技能の技術伝承、教育に技術が活用できないか、AR・VR＋ハプティクス（機械系メーカーとハプティックMEMS）
  - 大型部品納入時の品質検査にトラックに積んだままドローンで俯瞰、状態把握（機械系メーカーと空のアバター）
  - 道路保守に対するドローン利活用促進のための法規制対応の可能性（道路保全管理企業と空のアバター）
- 実施後の動き
  - 実施者の技術デモンストレーションおよびデータ測定を実施し、学術指導に向けた**NDAを締結**
  - 実施者の別組織の技術が応用できる可能性があるとのことで、関係者による情報交換に発展

# 成果普及への取り組み（企業紹介）

- NEDOのプロジェクト担当者による企業紹介（事業終了後も継続）
  - NEDOのプロジェクト担当者が意義があると感じたテーマ間での情報交流会：1件
    - 事業化に向けた課題意識を高めていただく狙い（DTSU採択ヘルステック企業と遠隔リハビリ）
  - 各種展示会でのブース訪問をもとに、実施者と企業との情報交流会を実施：3件
    - 新規事業に向けた学術指導の相談（電機系メーカーとハプティックMEMS）
    - 遠隔医療への取り組みでの協業ができないか（通信系企業・医科大学と遠隔触診）
    - 災害現場状況把握のためのドローン制御技術の活用（電気部品メーカーと空のアバター）
  - NEDOへの出向元社に公開されている事業紹介パンフレットの内容を説明、興味がある部門と実施者の情報交流会を実施：2件
    - 職人技能の計測、伝承への活用（建設系企業とハプティックMEMS）
    - 触覚センシングのロボットへの活用（機械系メーカーとハプティックMEMS）
  - 実施後の動き
    - 実施者を訪問してデモを体験

# 成果普及への取り組み（起業準備支援）

## ➤ 起業準備支援

### 課題：

スタートアップは、早期の事業化が必須であるが、NEDO事業期間中の事業化は仕組みとして、整理が必要。

### アクション：

先例を調査し、事業期間中の収益化を可能とする方法を明確にし、早期の事業化を可能とした。これらの課題提議により、NEDO内部でルールが整理され、2025年1月にNEDOの対応方針の統一化が図られた。

### 成果：

2024年にユーザー企業へのサンプル提供、2025年10月に創業に貢献。

# 成果普及への取り組み (広報)

## ➤ 刊行物

- [広報誌「Focus NEDO」No.88 2023.2](#)
- [プロジェクト紹介パンフレット 2025.4](#)

## ➤ YouTube NEDOチャンネル

- [AI・XR活用により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 消防・防災分野編](#) (空のアバター : 2025.3.28)
- [AI・XR活用により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 警備分野編](#) (空のアバター : 2025.3.28)
- [Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発](#) (遠隔触診 : 2025.4.7)
- [メタバース遠隔リハビリテーションシステムにおけるMR<sup>3</sup>デバイスの開発と実装](#) (遠隔リハビリ : 2025.10.1)

## ➤ ニュースリリース

- [リモートでオペレーターが安全かつ迅速に現場の状況把握ができる革新的なドローン運用技術を開発しました | ニュース | NEDO](#) (空のアバター : 2024.12.16)
- [Contact Realityの実現による世界初の遠隔触診システムを公開します | ニュース | NEDO](#) (遠隔触診 : 2025.2.21)
- [遠隔でリハビリテーションができる社会の実現に向けて世界初の上肢・肩甲骨運動オープンデータセットを公開しました | ニュース | NEDO](#) (遠隔リハビリ : 2025.3.25)  
⇒ **8件の利用問い合わせ**
- [リアルな触覚再現技術による、技能教育システム、心拍数共有アプリを開発しました | ニュース | NEDO](#) (ハプティックMEMS : 2025.3.31)  
⇒ **中学生の教材に一部引用掲載、部品メーカーから紹介依頼**



# 実施者へのアンケートから

「NEDO事業を通して得られた事、または良かった点」 から抜粋

- ～多くの企業に技術を紹介する機会を得ることができ、CEATEC2023, SXSW2024, CES2025の展示会でも**国内外の企業にアプローチすることができた**～
- ～異分野の研究者や企業との交流が進み、新しい応用分野の可能性について具体的な議論を交わす機会にも恵まれた。これにより、触覚技術の社会実装に向けた連携の重要性を実感～
- ～これまで築いてこなかった多様なネットワークを構築でき、**専門領域を越えた連携の可能性を広げられた**～
- ～共同研究の推進体制や社会実装に向けた**具体的手法を学べた**～
- ～複数のチームやパートナーと連携する場面では、全体の進捗を見ながら適切に調整を行うことの難しさを実感しつつも、**実務を通じてその対応力を高めることができた**～
- ～**社会実装を見据えた研究ビジョンを明確に意識**しながら研究を進めることができた～

# プロジェクトの補足説明

## テーマごとの実施内容とアウトプット目標達成状況

- 動作ユニットAI
- ハプティックMEMS
- 遠隔触診
- 遠隔リハビリ
- 空のアバター

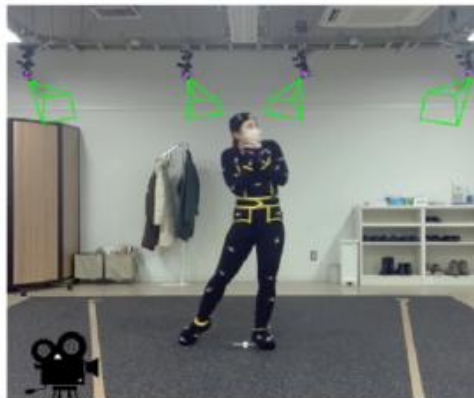
## 動作ユニットAI による人の感情推定とキャラクタの感情豊かな動作生成による 遠隔コミュニケーション環境の構築

東北大学

- 対人コミュニケーションの中では、非言語情報が重要な役割を果たしているが、オンラインコミュニケーションで、非言語情報がうまく伝達できないことによる様々な不具合やもどかしさが露見。
- 顔表情研究における分析単位として特定の顔部位の動きを「アクションユニット」と定義したことで客観的な検証が可能になったように、**身体動作の分析単位として「動作ユニット」**を定義。
- 「動作ユニット」と人の感情や意図とを関係付けたAIを構築して、何らかのセンサ情報から推定された結果からキャラクタの感情豊かな動きを生成できるようにする研究を、文理融合・産学連携・国際共同研究の体制で進める。

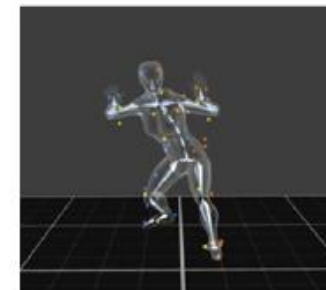
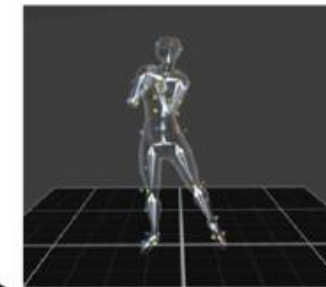
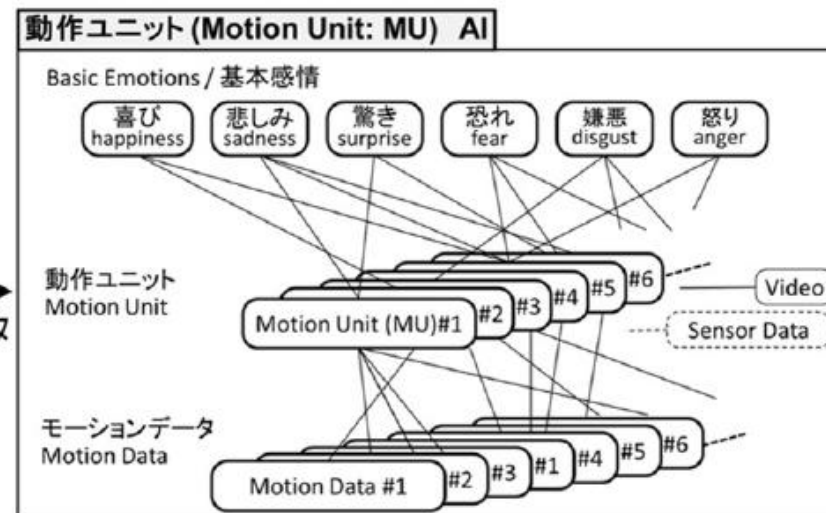
### 【学習時】

#### モーションキャプチャ装置



実写映像撮影用 カメラ

学習  
データ



# 「動作ユニットAI」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |  |     |   |
|-----------------------|--|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 動作ユニットAIの開発と感情推定結果に基づくキャラクタの感情豊かなモーションの自動生成  | 達成度 | △ |
| 達成状況の根拠               | 中間目標を達成、動作ユニット間の連結に周期オートエンコーダをシステムに取り込むことは革新的で、トランスフォーマモデルを用いたモーション自動生成も評価に値する。ステージゲート審査にて非継続となった。2022年度で終了。 |     |   |

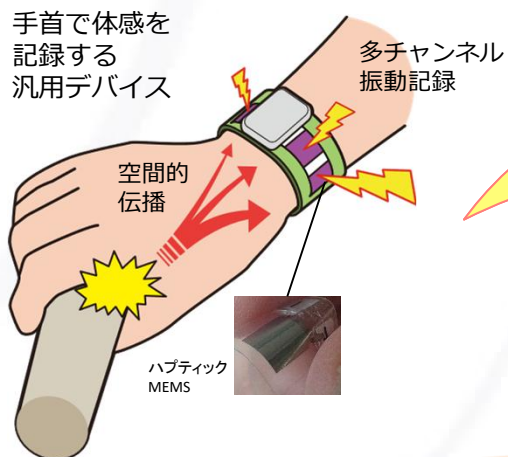
| 実施項目               | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント)   |
|--------------------|---|--|
| 動作ユニット定義           | <ul style="list-style-type: none"> <li>関節位置点群により表現した身体モデルを用いた提示実験から、人の感情に基づく動きのデータベースは標準的な身体感情を分類するコーディングシステムとなること等を示した。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>顔表情分析でよく使われるAction Unitに倣い、身体動作の分析単位として動作ユニット(Motion Unit)を新たに定義してAI化することは学術的にも挑戦的。</li> </ul>                          |
| キャラクタの感情豊かな動きの自動生成 | <ul style="list-style-type: none"> <li>以下の技術を開発、新規性、革新性を論文発表した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>音声データとテキストを入力することによる表情豊かなアニメーションを生成</li> <li>トランスフォーマを用いた自己回帰型モデルを用いて音声データから顔の動作</li> <li>連続的なベクトルを用いた様々なスタイルの歩行動作の生成</li> <li>周期自動符号下器(Periodic Autoencoder)を用いた動作生成</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>動作ユニットAIは、キャラクタが単純に人の動作を模した表現を出力するに留まっていた従来手法を超えて、より豊かな感情の表現を実現するという付加価値を提供する。学会誌などの解説記事、招待講演等にて、学術的成果をアピール。</li> </ul> |

# 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

産業技術総合研究所 東北大学 株式会社Adansons 筑波大学 (オムロン株式会社 ~FY22)

- 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

ISM ( Intensity Segment Modulation )  
・ 東北大学の信号強調・変換技術



生み出す価値

心 心情の演出・共感      技 体感の識別・学習      体 存在(=体)の実感

# 「ハプティックMEMS」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |   |     |   |
|-----------------------|---|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 極薄ハプティックMEMS技術と参照系AIを統合した双方向リモート触覚伝達プラットフォームの開発   | 達成度 | ◎ |
| 達成状況の根拠               | 極薄ハプティックMEMS、ISM (Intensity Segment Modulation)、参照系AIを融合し、技能伝達から感情共有まで世界的に先駆的なリモート触覚基盤を実証し、社会実装に直結する成果をあげた。 |     |   |

| 実施項目                              | 主な成果   | 意義 (優位性、差別化ポイント等)   |
|-----------------------------------|--|---|
| 極薄ハプティックMEMS<br>基盤技術の確立           | <ul style="list-style-type: none"> <li>世界最薄クラス (2.5-10<math>\mu</math>m厚) のPZT-MEMSアクチュエータを高歩留まりで実現。</li> <li>最大変位55<math>\mu</math>m、発生力0.18Nを達成し、従来のモーターや共振型アクチュエータに比べて圧倒的に小型・高効率。</li> <li>信頼性試験 (耐湿・耐熱・耐寒・衝撃・振動) に合格し、リストバンド型モジュールとして実用水準の耐久性を実証。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>「超薄・軽量・高効率」という三拍子を兼ね備え、既存の振動モーターを置き換える新世代標準技術として位置づけ可能。</li> <li>高精細な触覚表現を可能とし、ウェアラブルやフレキシブルデバイスへの応用展開に優位。</li> <li>日本発のMEMS技術に基づく独自性により、国際的競争力を持つ差別化ポイントを確立。</li> </ul>   |
| ISMと参照系AIによる<br>触覚信号処理とネゴシエーション技術 | <ul style="list-style-type: none"> <li>東北大学のISM (Intensity Segment Modulation) 技術を拡張し、触覚信号のリアルタイム処理 (遅延8ms程度) を実現。</li> <li>多点振動の統合・個人差調整・双方向伝達のハウリング抑制などを可能にし、AIを介した高精度触覚編集を確立。</li> <li>言語指示や開発者向けGUIによる「体感ネゴシエーション」機能を開発し、CES2025に出展。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>音声・映像では不十分な非言語的信号を「触覚」で補完できる新しい通信手段。</li> <li>ユーザーが自然言語で触覚表現を編集できる点は世界的にも独創的。</li> <li>AR/VRや映像配信と親和性が高く、エンタメ・スポーツ・教育分野での国際的市場開拓に直結。</li> <li>ISMによる触覚配信技術を事業化するスタートアップを2025年10月に創業。CEATEC 2025にてネクストジェネレーション部門賞受賞。</li> </ul> |
| 双方向リモート触覚伝達システムの応用検証              | <ul style="list-style-type: none"> <li>リストバンド型やツール貼付型デバイスを用いたリモート技能伝達システムを開発し、各種タスクにて熟練者と初心者の違いを触覚で伝達可能であることを実証。</li> <li>力触覚の可視化やARを用いた技能教育支援を実現し、学習者が「触覚+視覚」の統合情報で効率的な技能習得を実証。</li> <li>疑似心拍振動を用いた感情共有システムを構築し、心拍をリアルタイムで共有するアプリ「Hear2Gether」をApp Storeで公開。オンラインゲームや遠隔交流の場で、相手の存在感・情動を触覚で体感できることを実証</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>熟練技能の継承やスポーツトレーニング、遠隔医療支援といった社会的課題に直結し、リモート教育・ケアの新しい方法論を提示。</li> <li>視覚・聴覚に偏らず、触覚を介して「技能」「感情」「存在感」を同時に伝えられる点が従来技術との大きな差別化要素。</li> <li>「技能共有」と「感情共有」を一体化した実証は世界的にも先駆的であり、次世代コミュニケーション基盤としての社会的波及効果が期待される。</li> </ul>            |

# Contact Realityの実現による遠隔触診システム開発

理化学研究所 (FY23より名古屋大学に事業承継) 名古屋大学 豊田合成株式会社

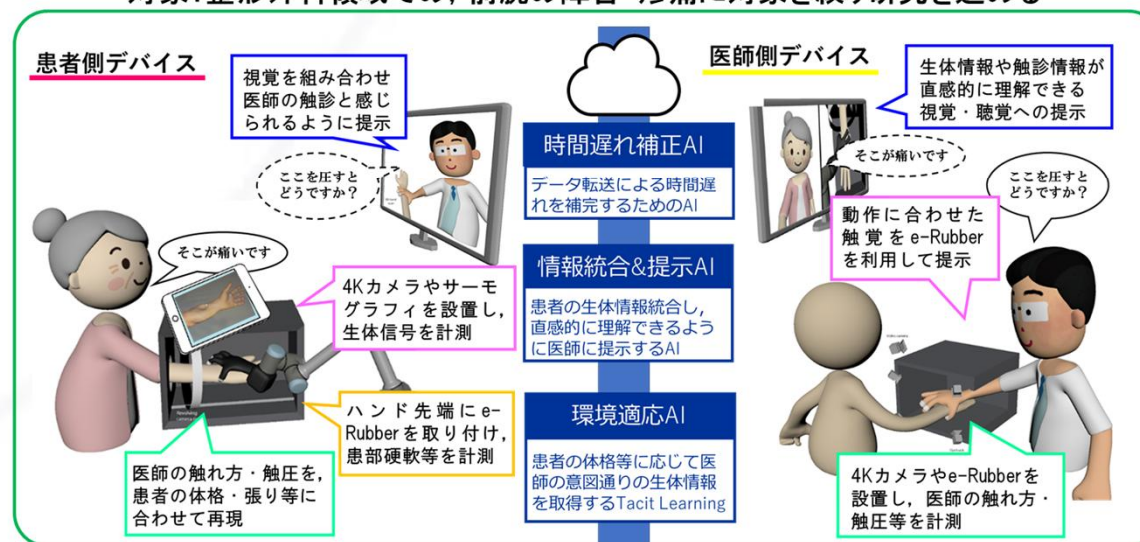
- 遠隔であっても、対面と同様に「医師が診断に確信」を持って、患者が「医師を信頼」できる遠隔触診システムが必要。
- 触覚は、感覚の時間のずれに非常に敏感。遠隔で触った感覚が遅れて伝わると、何を触っているのか全く理解できない。触覚に限らず、視覚や聴覚の助けも借りて、**対面診断と同等以上の患者の病状理解と、信頼関係の向上**が可能なシステムを目指す。

## 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

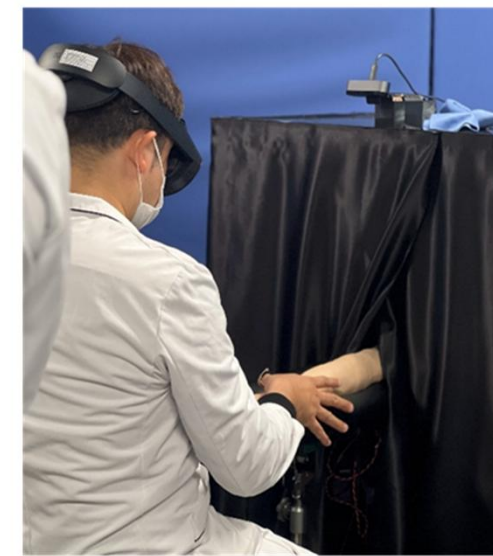
**Real** ではなく **Reality** : 触覚・視覚・聴覚を利用し、転送遅れがあっても直感的に病状を理解しあえるシステム

### Contact Reality

対象: 整形外科領域での、前腕の障害・疼痛を対象を絞り研究を進める



紹介ビデオ



# 「遠隔触診」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

| アウトプット目標<br>(2025年3月)   | 医師と患者の間で触覚を双方向に伝送可能な遠隔触診システムの開発   |  | 達成度 | ○ |
|---|---|--|-----|---|
| 達成状況の根拠   | 遠隔触診システムを構築し、シンガポール国立大学病院と名古屋大学病院を結んで患者の診察実験に成功したため   |  |     |   |
| 実施項目  | 主な成果  | 意義 (優位性、差別化ポイント等)  |     |   |
| 遠隔触診デバイス開発  | <ul style="list-style-type: none"> <li>医師側は、Virtual空間を利用し触診を利用した診察に必要な、患者の表情・バイタルデータ・患部近影・触覚情報を医師に提示し、かつ医師の触診意図を正確に読むHaptic I/O Dollを実装</li> <li>患者側は、ディスプレイ提示・触診マニピュレータの組み合わせにより、医師とのリアリティのあるコミュニケーションが可能となり、<b>テニス肘の診察</b>が可能となった。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>触診という“非言語的医療行為”を実際の患者の診察に利用</b><br/>単なる力覚伝送ではなく、医師の触診意図 (触診位置・強さ) を同定し、患者側に伝達する双方向触覚ループを実現。従来の遠隔診療では不可能であった「触れながら診る」行為を<b>現実同等の信頼感と臨場感で再構築</b>した。</li> <li><b>患者の“存在感”と医師の“臨場感”を同期させる独自UX</b><br/>透明ディスプレイ上のアバターと実空間触診マニピュレータを同期させ、患者が「医師に触れている」と感じるリアルな遠隔体験を実現。実証実験ではテニス肘患者を診察し、遠隔でも患部圧痛の特定・会話・表情観察を伴う医療コミュニケーションが成立。</li> <li><b>既存技術との差別化</b><br/>既存の遠隔診療システムが映像・音声情報の伝送に留まるのに対し、本技術は触覚・感情・意図の三層的データ伝送を実装。“Contact Reality”の概念に基づく統合設計により、<b>触診を通じた「共に在る」感覚を創出</b>する唯一のシステムとなった。</li> </ul> |     |   |
| 臨床試験  | <ul style="list-style-type: none"> <li>医師側・患者側とも、専門医が務める試験により、手首のような繊細な部分で、手根管・橈骨動脈・橈骨茎状突起といった硬さや特徴の異なる部位を正確に適切な触圧で触診可能であることを示した。</li> <li>テニス肘の診察を<b>日本—シンガポール間で可能</b>であることを実証した。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>医療的信頼性を科学的に検証した初の遠隔触診臨床試験</b><br/>医師・患者とも専門医が参加した試験では、主観評価 (平均9/10点) と物理計測 (位置誤差 <math>\sigma=0.5\text{cm}</math>以内) が一致し、実臨床レベルでの再現性と信頼性を実証した。</li> <li><b>国際遠隔医療への展開可能性を実証</b><br/>日本—シンガポール間 (約5,000km) のネットワーク遅延 (約200ms) 下でも、触診精度・主観評価ともに国内試験と統計的有意差なしで診察が可能。これにより、<b>国際連携医療・災害医療・僻地支援</b>などでの<b>グローバル・テレメディスン基盤技術</b>としての<b>有効性</b>を示した。</li> </ul>  |     |   |
| 遠隔エコー・遠隔神経伝達速度検査<br><small>国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構</small> | <ul style="list-style-type: none"> <li>触診と組み合わせることで、対象疾患を大幅に増やすことのできる遠隔エコーと遠隔神経伝達速度検査システムを構築。テニス肘の診察に利用することで、<b>確定診断を可能</b>とした。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>「見る」「触れる」「測る」を統合した新しい遠隔診断体系の確立</b><br/>従来の遠隔診療では得られなかったエコー (超音波) による視覚情報と、触診による感覚情報、神経伝達速度の定量データを同一プラットフォーム上で統合。これにより、構造・機能・感覚の三層を同時に把握する“統合診断型リモート医療”を可能とした。</li> <li><b>対象疾患を拡大する診療インフラ</b><br/>触診のみでは評価困難な末梢神経障害・腱鞘炎などの機能性疾患に対して、エコー画像および神経伝達速度データを併用することで、<b>確定診断を遠隔で実施可能</b>にした。特にテニス肘症例では、<b>触診+エコー+伝達速度測定</b>の組み合わせにより、炎症部位の特定と重症度判定を非対面で完遂可能。</li> </ul>   |     |   |

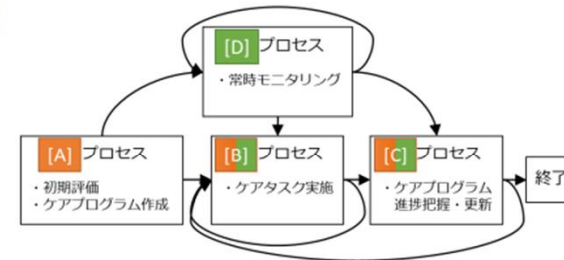
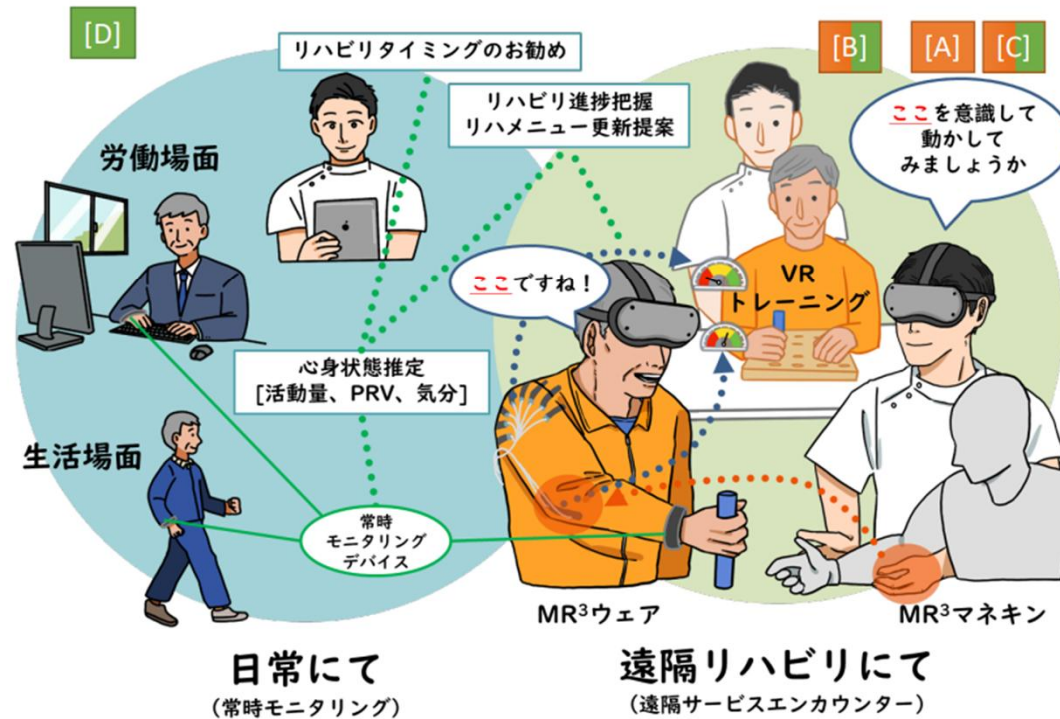
# 遠隔リハビリのための多感覚XR-AI技術基盤構築と保健指導との互惠ケア連携

産業技術総合研究所 京都大学 東京大学 セイコーエプソン株式会社 株式会社エブリハ

- リハビリテーションと特定保健指導を対象とし、**サービスプロセスの遠隔化**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。

## 遠隔VRリハビリと常時モニタリング

- ▶ MR<sup>3</sup>デバイスによる生活・運動機能評価と触力覚インタラクション
- ▶ VRリハビリ（ハンドリダイレクション、融合身体）による動機付け支援
- ▶ メタバース環境での同種・異種互惠ケアによる動機付け支援
- ▶ 常時モニタリングによる心身状態推定（動機付け見守り）



遠隔ヘルスケアサービスプロセス



紹介ビデオ

MR<sup>3</sup>: MultiModal Mixed Reality for Remote Rehab, エムアールキューブ

# 「遠隔リハビリ」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |  |     |   |
|-----------------------|--|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 遠隔ヘルスケアサービスにおける種々の困難を緩和する多感覚XR-AI (XR powered by AI) 技術基盤の構築 | 達成度 | ○ |
| 達成状況の根拠               | リハビリ現場での実証実験を通じて、実用化研究開始のための性能面等の目標および運用面の水準の達成を確認           |     |   |

| 実施項目             | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント等)   |
|------------------|---|---|
| VRリハビリプロトタイプシステム | <ul style="list-style-type: none"> <li>ノイズの影響を排除でき、洗濯耐性を有するウェアラブルな肩関節や肘関節角度の計測デバイスを開発。</li> <li>デバイスに関する使用ガイドラインを作成。</li> <li>計測データは上肢・肩甲骨運動オープンデータセットとして公開。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>海外事例と比較して、高いS/N比を実現。</b> 肩関節や肘関節角度を高い精度で推定可能であることに加え、微小な形状変化を捉えることができる点で、<b>他の計測手法よりも優れている。</b> ガイドラインでは、デバイス利用に際しての個人差の影響にも対応。</li> <li>上肢・肩甲骨運動オープンデータセットの公開は<b>世界初</b>。</li> </ul> |
| VRリハビリ手法         | <ul style="list-style-type: none"> <li>リダイレクション：VR技術の各調整パラメータと効果の関係を調査、ガイドラインを作成。</li> <li>互惠ケア：タスク実施支援技術を開発し、3種類以上の異なるサービス利用者により<b>動機付け効果を実証</b>、使用ガイドラインを作成。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>リダイレクション：VRリハビリの先行事例では、リダイレクションなどの介入機能は搭載されておらず、新規性あり。</li> <li>互惠ケア：VR空間での<b>継続時間を対象</b>にした介入要素に関するものは、おそらく初。</li> </ul>  |
| 常時モニタリング         | <ul style="list-style-type: none"> <li>経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO2)、PRV、基本行動種別、メンタルバランスを新たに計測・測定可能とした。</li> <li>非歩行系モニタリング (座位から立位の動作) のアルゴリズムおよび心的状態推定AIを開発。</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>既存のウェアラブル機器で用いられている既存センサに比べて<b>電力効率で2倍以上優位</b>であり、精度確保と実用性を両立。</li> <li>絵文字を用いた経験サンプリングの採用により、即時性の高い主観情報を対象とした推定モデルの構築を可能とした。</li> </ul>   |

# 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

東京大学 産業技術総合研究所

- 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、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す。
- 複数のドローンに分散して搭載するマルチセンサ情報を遅延なく高速に操作者に伝送・提示。
- クラウド上のデジタルツイン（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する。



紹介ビデオ  
消防・防災分野編



紹介ビデオ  
警備分野編

# 「空のAvatar」の成果 (アウトプット目標達成度) と意義

|                       |   |     |   |
|-----------------------|---|-----|---|
| アウトプット目標<br>(2025年3月) | 防災、警備、点検といった危険性・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技術の開発 | 達成度 | ○ |
| 達成状況の根拠               | 福島ロボットテストフィールドでの公開実証を通じて、機能・性能面の目標の達成を確認          |     |   |

| 実施項目            | 主な成果  | 意義 (優位性・差別化ポイント等)   |
|-----------------|---|---|
| 社会実装            | <ul style="list-style-type: none"> <li>防災利用・警備利用の業務フロー、サービス要件、機能要件等を含む分野別運用コンセプト (ConOps)、ガイドラインを作成。</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>警備利用においては、想定した複数回の実証実験を警備会社と共同で実施し、各シーンにおける想定課題、対策案をアンケートにより収集。</li> <li>他社で同レベルのシステム・機体を開発している情報はなし。</li> </ul> |
| 運用及び評価          | <ul style="list-style-type: none"> <li>自律飛行技術、遠隔操作技術等を実装可能なマルチセンサ搭載ドローンを開発し、センサの最適配置を確立。</li> <li>LTEによる低遅延画像伝送を確認。</li> </ul>  |   |
| ネットワーク構築・クラウド活用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>5G基地局電波からLAN通信を接続する通信手法にて低遅延な通信を達成。</li> <li>クラウド型AI・XRサービスの安定した運用を実現。</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>将来的な、<b>空中5G通信の提供に備えた取り組み</b>として実施し、上空における閉域通信の実現は<b>国内初</b>の試み。</li> </ul>                                      |
| 状態推定AI・XR提示技術   | <ul style="list-style-type: none"> <li>複数ドローンセンサ情報に基づく<b>デジタルツイン環境構築、状態推定AI、高度XR提示技術、複数ドローンの遠隔操作および群協調飛行制御技術</b>を開発。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>関連する2件の国際会議論文 (ICRA2022, ICRA2023) に関して、それぞれ<b>被引用数40件、108件</b>、オープンソース<b>GitHub 1100スター</b>を達成。</li> </ul>      |

## 参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

**研究評価委員会**  
**「人工知能活用による革新的リモート技術開発」(終了時評価) 分科会**  
**議事録及び書面による質疑応答**

日 時 : 2025 年 11 月 27 日 (木) 13 : 00 ~ 18 : 00

場 所 : NEDO 本部 23F 2301 ~ 2303 会議室 (オンラインあり)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 篠田 浩一 東京科学大学 情報理工学院 副学院長/教授  
分科会長代理 相澤 彰子 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授  
委員 梅木 秀雄 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 コンサルティング事業本部  
ココロミルラボ ラボ長  
委員 栗田 雄一 広島大学 大学院先進理工系科学研究科 教授  
委員 高尾 英邦 香川大学 創造工学部  
微細構造デバイス統合研究センター 教授 センター長  
委員 三木 則尚 慶應義塾大学 理工学部 教授

<推進部署>

高田 和幸 NEDO AI・ロボット部 部長  
外村 雅治(PMgr) NEDO AI・ロボット部 人機械共進化チーム 専門調査員  
西尾 勇佑 NEDO AI・ロボット部 人機械共進化チーム 主任  
丸山 彰久 NEDO AI・ロボット部 人機械共進化チーム 専門調査員

<実施者>

原田 達也(PL) 東京大学 先端科学技術研究センター 教授  
土屋 武司 東京大学 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授  
神村 明哉 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 インテリジェントシステム研究部門 副研究部門長  
下田 真吾 名古屋大学 大学院医学系研究科 特任教授  
平田 仁 名古屋大学 大学院医学系研究科 個別化医療技術開発講座 特任教授  
藤原 武史 豊田合成株式会社 新価値事業本部 新価値第2技術部 主監  
黒木 帝聡 豊田合成株式会社 新価値事業本部 新価値第2技術部  
蔵田 武志 産業技術総合研究所 人間社会拡張研究部門 部門長

<オブザーバー>

福田 賢一郎 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 AI 産業戦略室 企画官  
小野田 敬 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 AI 産業戦略室 専門職  
徳増 武 経済産業省 商務情報政策局 情報産業課 AI 産業戦略室 専門職  
堀 宏行 経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐

<評価事務局>

|       |                        |
|-------|------------------------|
| 薄井 由紀 | NEDO 事業統括部 研究評価課 課長    |
| 松田 和幸 | NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員 |
| 北原 寛士 | NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員 |

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会
2. プロジェクトの説明
  - 2.1 意義・アウトカム (社会実装) 達成までの道筋
  - 2.2 目標及び達成状況
  - 2.3 マネジメント
  - 2.4 質疑応答

(非公開セッション)

3. プロジェクトの補足説明
  - 3.1 事業者による個別説明①: 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
  - 3.2 事業者による個別説明②: Contact Reality の実現による遠隔触診システム開発
  - 3.3 事業者による個別説明③: 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
4. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

5. まとめ・講評
6. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

### 1. 開会、出席者紹介

- ・開会宣言 (評価事務局)
- ・出席者の紹介 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【篠田分科会長】 東京科学大学の篠田です。専門はマルチメディアの機械学習等になります。今日はよろしくお願ひいたします。

【相澤分科会長代理】 国立情報学研究所の相澤です。私の専門は自然言語処理や情報検索で、最近では AI の中でも特に大規模言語モデルの分野で研究をしています。よろしくお願ひします。

【梅木委員】 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社の梅木です。現在コンサルティング本部には所属しておりますが、いわゆるシンクタンク領域であるとか企業向けの様々なコンサルティング領域の中で、横断的に AI、データ開発に関する支援と社会実装に関して自治体向けのいろいろな活動をしております。よろしくお願ひいたします。

【栗田委員】 広島大学の栗田です。専門はハプティクス、アシストやリハビリ支援機器、ヒューマンロボットインターフェースなどの研究開発に取り組んでおります。どうぞよろしくお願ひいたします。

【高尾委員】 香川大学の高尾です。専門は半導体のシリコン集積技術を用いた様々な MEMS デバイスや、それを用いた触覚のセンシングデバイス、また AI 融合型の触覚センシングシステムといったものも実現しております。よろしくお願ひ申し上げます。

【三木委員】 慶應義塾大学の三木です。専門は主にハードウェア関係となります。ヒューマンインターフェースであるとかセンシングデバイスです、また、それを用いた人の五感の調査、医療応用するところに研究の目標を置いております。スタートアップ等の経験もありますので、事業化などもコメントできると思います。よろしくお願ひいたします。

### 2. プロジェクトの説明

意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料3に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【篠田分科会長】 御説明ありがとうございました。

それでは、ここから事業全体について御意見、御質問をいただきますが、評価項目に従い、まずは1、意義・アウトカム (社会実装) 達成までの道筋に関する御意見、御質問をお受けします。相澤委員お願ひいたします。

【相澤分科会長代理】 相澤です。事前の質問票にも書かせていただいたのですが、生成 AI の登場が非常に大きな変革をもたらしたことは間違いのないところです。1 番目の項目について、この外部環境の変化という点で生成 AI の影響についてどのようにお考えになり、どのように対応されたかを御説明いただきたい思います。よろしくお願ひします。

【外村 PMgr】 生成 AI は、劇的に進化を遂げており、実施者の皆様には、これをどのように取り組んでいただくのかということをお投げかけました。その結果が、1 つとしてはハプティック MEMS に現れているような効率的に抽出できるようなところにつながっております。その他についても、例えば遠隔触診については、お医者さんに提示するような映像を CG で作るのですが、そういう映像の制作にも生成 AI を使うことにより、システムを非常に効率的に構築できるという形に活用いただいております。

【相澤分科会長代理】 ありがとうございます。そうすると、研究の効率化あるいは成果の向上に結びつくという点で、積極的に利用されたという理解でよろしいでしょうか。

【外村 PMgr】 成果の向上です。確かに研究も効率的にはなっていますが、実施者に、その技術をシステムの中に組み込むところまでやっていただいておりますし、これから先、作ったシステムのどの部分を生成 AI に任せるかというのはどんどん変わっていくと思います。そういったときに、モジュール構成にさせていただいておりますので、生成 AI に任せる部分の入替えや境界をうまく切り分けていけると考えています。

【相澤分科会長代理】 ありがとうございます。

【原田 PL】 ありがとうございます。生成 AI は、まさに重要なトピックだと感じております。ただ一方で、今の生成 AI の例えば Gemini3 のマルチモーダル機能を使ったとしても、今回扱っている多くのテーマ、例えば触覚を理解するとか、それを伝えるとか、感情豊かかというような感じのところでは、まだまだ生成 AI でできないところが多いです。そうした生成 AI でできないようなトピックを多く先取りし、プロジェクトとして推進したということは非常に大きなところではないかと思っております。今後、今の生成 AI、言語を中心とした生成 AI の技術とこういった技術をうまく組み合わせ、まさに物理世界に根づいた生成 AI というように向かっていけると、もっと強くなっていくのではないかと考えております。

【相澤分科会長代理】 大変よろしいかと思えます。ありがとうございます。

【原田 PL】 ありがとうございます。

【篠田分科会長】 ほかに御意見ありますか。梅木委員よろしくお願ひいたします。

【梅木委員】 梅木です。事前質問では知的財産のところまで質問をいたしました。その点は個別の部分に当たるため、非公開のほうでまた話を伺いますが、もう一方はデータマネジメントの御説明が途中であったかと思えます。34 ページになりますが、研究データの活用ということでデータマネジメントプランを作成され、全体としてプランに従ってオープンクローズ戦略に基づいて進めていらっしゃったとのことでした。これを進めていく上で、この研究期間の中で PDCA を行って見直しを行う、それから元の目標に対してどういったアウトカム、アウトプットとしての成果評価をされているかについて少し伺いたいです。よろしくお願ひします。

【外村 PMgr】 各テーマの中でというお話でしょうか。

【梅木委員】 おっしゃるとおりです。

【外村 PMgr】 例えば、アカデミアの方で、成果を早いタイミングで論文発表し、オープンにする御意見も持った方もいますが、共同で研究されている中には、事業者になり得るような企業の方も参画されています。そういう方たちのコンソ内の協議で、「では、ここの部分は出しましょう」というデータマネジメントを行いました。内部で合意した内容を公開するというところで仲間を集め、秘匿しなければいけない部分、公開する分としっかりとすみ分けし、出していただいたというところが大きく、そこに対してはコンソの中でのディスカッションの結果だと聞いております。御回答になっているでしょうか。

【梅木委員】 全体として、効果と元々の計画に対して見直しをされながら進めていらっしゃったということで理解いたしました。ありがとうございます。

【篠田分科会長】 ほかに御意見ありますか。三木委員よろしくお願ひいたします。

【三木委員】 慶應義塾大学の三木です。規制の緩和、または標準化といった項目があった中で、確かに標準化というのはなかなか難しいと思うのですけれども。一方で医療、例えばリハビリであるとか、触診といったところは、レギュレーション、規制に強く関わってくるところかと思えます。今回実証された結果を基に、例えば PMDA\*1 であるとか、そういう医療認証機関にお伺いする必要があるのかどうかも含め、いわゆる医療系の安全性担保、規制、信頼性担保といったところで何かアクションは取られたのでしょうか。

注\*1：PMDA Pharmaceuticals and Medical Devices Agency(独立行政法人医薬品医療機器総合機構)

【外村 PMgr】 具体的には、まだそのアクションを取る段階までには達していないというのが正直なところです。ただ、このロードマップ上には、医療機器というのを最終的には目指しておりますので、その中で医療はこういうステップを踏まなければいけないというのは当然御認識いただいております、その過程の中には組み込まれております。今現在はまだアクションとしては取れていません。

【篠田分科会長】 それでは、高尾委員お願いします。

【高尾委員】 香川大学の高尾です。事前質問の内容も拝見した上で、少し栗田委員の御質問とも関係するところもあるかもしれませんが、労働力の不足について 8 万人をアウトカム目標に設定されています。そのあたりの合理性については私全く疑問がないと思っているものの、実際に不足する労働人口というのがどういう構成になっており、このプロジェクトのアウトプットとしての労働力貢献の分野と合致しているのかどうかというところを議論されたかどうか。この点を少し教えていただけたらと思います。

【外村 PMgr】 不足している労働力人口というのは、こういう調査結果から出てきているとは思いますが。ただ、このプロジェクトで具体的に、労働力不足のうち、どのくらいに寄与できるかというところまでは、まだできていない状況です。現在は、要素技術、基盤技術を開発した段階で、これからの汎用性は非常に期待できるものの、具体的な事業イメージを構築する段階までに至っていないことから、労働力不足への貢献見込みを立てられていない状況になります。

【高尾委員】 ありがとうございます。多分、基礎技術の開発ステージということですので、様々なところに通用するベーシックなところを確立されたということで、これから用途が定まっていけば、それに併せた特化された技術になっていくということで理解しました。

【篠田分科会長】 リモートの栗田委員、もし御質問等がありましたらお願いしたいと思いますが、よろしいでしょうか。

【栗田委員】 栗田です。項目 1 とは関係ないのかもしれませんが、私も事前質問で書いたところで、ある程度お答えいただいているとは思いますが、今回のプロジェクトについて、公募が立ったときはコロナ禍というのもあって、それに対応してという話だったと思います。途中でいろいろ情勢が変化し、その中でピボットされているように少しずつ対応されるフィールドを広げていかれていると思います。このプロジェクトが生んだ新しい社会における新しい価値といったものがどこにあるのか。どういうところに貢献できているのかというところは、もう少し知りたいところです。先ほど原田 PL からも、フィジカル AI などがあったと思いますがけれども、例えば、もともとは非接触なのか非密集というテーマがあり、今それをあまりフォーカスではないとは言いながらも、今、観光などオーバーツーリズムで、そういう問題があったときに、今回の技術は、もしかしたら使えるかもしれませんし、当初とは違うものの、この研究テーマを進めることによって生まれた価値がほかにもあるのでしたら教えてください。

【外村 PMgr】 成果のアピールを今始めたというところですが、このアピールによっていろいろな技術の可能性が思いもよらぬ形で提案していただけるのではないかと考えております。例えば、当初と違う使い方でご相談いただいたのは、遠隔リハビリで肩甲骨の動きを測定するためのウェアを開発しております。そのウェアを展示会で展示したところ、建設会社の方が「作業員の方がどのような体の使い方しているのかをモニタリングするのに使えるのではないかと」と、別の用途の可能性というのを提示いただいております。アピールしていくことで、思いもよらなかった使い道が広がっていく。こういったことが期待できると考えてございます。

【栗田委員】 ありがとうございます。

【篠田分科会長】 では、少し私からも質問をお願いします。もともとの目標が状態推定 AI システムと高度 XR により状態を提示するシステムということで、この目標を達成するために、そしてそれに基づく

労働力の減少に対応するために、今回開発した技術以外に必要な技術やこれからやるべきこと、こういうものをやったらよかったという点があるかどうか、いわゆるリサーチマップ上のバランスみたいな話ですけれども、コメントいただけますでしょうか。

**【外村 PMgr】** 今回 AI をどのように使うかというところで、あるいは提示技術をどのように使うかというところでは、ここに挙げたような領域で研究開発していただきました、しかし「さらにこういうものが必要だった。」という調査については、まだ行えていないのが実情です。これから先、いただいたコメント及びアドバイスに基づき実施していきたいと考えます。

**【篠田分科会長】** それで、研究者は誰でも基本的にシーズオリエンテッドですから、進めていくと最初のアウトカム目標とずれが出てくるのはしょうがないと思います。しかし、話を聞いているとアウトカムとアウトプットの整合性が必ずしも取られていない、それ自体は必ずしも悪いことではないと思うのですが、当初のアウトカム目標と、そして多分やっている間に新たなアウトカム目標も出来てきていると思うのです。例えば QOL\*2 の向上とおっしゃっていましたが、そういうものについても、後で考えたらこういう目標に対してこのぐらい出来ましたといったところも実はアピールポイントになると考えます。それが実際にこういう公開資料などでしっかりアピールできることが重要ではないかと思っておりますが、いかがでしょうか。

注\*2：QOL Quality of Life 「生活の質」、「人生の質」

**【外村 PMgr】** 労働力減少に対する対策ということを掲げておりましたけれども、そこで出てきた技術で、本日ご説明したようなエンタメの世界、あるいはスポーツ観戦において選手の方がどう感じているのか。例えば、大谷選手がバットを振ったときに、どういうインパクトをどう感じているのか。そういったことが新たなエンターテインメントとして感動を呼ぶコンテンツ材料として使えるかもしれないといったことは、当初プロジェクト全体として考えていなかったところです。もちろん実施者の方は、ある程度考えていたかもしれませんが、そういったことに使えるというのが見えてきたことを基に用途を広げていけると、大きなビジネスにつながっていくのではないかと考えます。

**【篠田分科会長】** 今までの様々なプロジェクトを見ていても、やはりニーズオリエンテッドな目標を設定しても、やっているとは必ずしもニーズにぴったり合うわけではないものの、新しい価値が生まれて、それがまた今後のプロジェクトにつながっていくというループがあります。それをうまくつなげるための仕組みというものが必要で、評価の際にもそういう視点から資料をまとめていただけるとよいように思います。そして、そこで例えば市場規模の試算までもしやってもらえるのであれば、次のプロジェクトの人は非常に助かります。そういった意味で申し上げた次第です。

**【外村 PMgr】** やりっ放しではなく、しっかりとそれを分析し、次の一步をやるどころまでがプロジェクトであるといった御示唆だと思います。ありがとうございました。

**【篠田分科会長】** ありがとうございます。項目 1 に関しては大体出尽くしたと思いますので、次の項目 2 に移ります。目標及び達成状況に関する御意見、御質問をお受けします。梅木委員お願いします。

**【梅木委員】** 梅木です。一般的な話で結構ですが、このプロジェクト期間である 4 年間で、主に後半 2 年だと思いますが、もともと目標としていた成果に対する研究内容が、対外的に技術的の優位性といった面の検証をどの程度され、それに対して目標設定の妥当性、見直し、修正はどのぐらいされているのでしょうか。

**【外村 PMgr】** 優位性の検証について、各テーマが開発した技術を様々な展示会等で公開し、一般の方も含めて色々な情報をいただいています。特に事業化が近いテーマに関しては、導入を検討していただいている企業から、その結果のフィードバックをいただき、事業期間中もいろいろ反映し、研究開発の成果に結びついておりますし、現在もその体制が継続し実用化研究に移行している状況です。これは各テーマの皆様方によって実現されているというところが大きいと思います。

【篠田分科会長】 それでは、三木委員お願いします。

【三木委員】 三木です。項目1とオーバーラップしているかもしれませんが、アウトプット目標にて25%以上の案件が実用化研究に移行できると記載されています。その際の何かエビデンスといえますか、基礎研究と応用研究、実用化研究の定義によってもいろいろ変わってくると思うのですが、この研究は何ができたので実用化研究であるという基準を持っていて、その上で25%以上が達成できているなどの定量的な基準はあるのでしょうか。

【外村 PMgr】 25%という数字に関しては、5つテーマある中の2つ以上といった解釈をしています。達成の水準については、テーマ審査委員会にその役割を担っていただいたと考えております。有識者の皆様に構成する委員会で認めていただける技術かどうか、これが大きな評価のポイントです。

【三木委員】 分かりました。ありがとうございます。あともう1つは、よく出てくる特許の話ですが、大学の先生方は特許を出さないという話がいろいろとありまして、それで積極的にといった御説明でした。一方で、論文の数がある程度出てこない、研究成果として難しい。特許は出せば1年後には公開になるわけで、そうすると特許を出した後に別に論文発表をしても全く問題ないと思うのですが、そのあたりのバランスといえますか、特許は2チームからしか出ておらず、論文の数はそれなりにありますが、それで満足されているのかどうかをお伺いしたいです。

【外村 PMgr】 特許を出していただけたテーマは、NEDOからも出願を依頼したところですが、たくさん出している方にも、論文を出した後も特許を出せる期間がありますので、その間に出願いただくお願いはし続けている状況です。

【三木委員】 その際に、特許を出すときは、その機関が中心となって出すという形に。確か研究費で賄うことは賄うのだけれども、主な作業に関しては研究者が所属する機関が対応するという形ですか。

【外村 PMgr】 おっしゃるとおりです。NEDOのこの委託事業、リモプロの場合は確実に研究費で特許出願料というのはもちろん、出願の為の弁理士さんの費用は出せるのですが、その実際のアクションを取っていただくのは実施者の皆様方という形でした。

【三木委員】 ありがとうございます。

【篠田分科会長】 それでは、高尾委員お願いいたします。

【高尾委員】 高尾です。目標設定というか目標達成の評価の仕方ということで、触覚分野は本当にリアルな感覚ですから、外からは見えません。先ほどの回答にもありましたように、事業者がどれぐらい関心を持ったか、例えばCEATECで一般来場者が、どういう反応をしたかということが1つの指標にはなるかと思いますが、最終的に事業化をしようとする、それからパートナーを探すケースもあると思います。基本的に特許がないと優位性がないので、特許化しなくても十分にノウハウがある場合は、事業化の可能性もあると思いますが、そのあたりのバランスは、マネジメントをされているのか、それと、論文が多く出ているということは、潜在的に数年後に実用化技術が出てくることを期待し、そこを評価されているのか。そのあたりの指針を教えてください。

【外村 PMgr】 ノウハウとして秘匿するのか、それとも特許化するのかについては、実施者の皆様と充分コミュニケーションを取りながら進めています。実施者に企業様がいるようなところは、自分のところで事業化することを前提に、秘匿化しておきたいという御意見が強かったと感じています。その方針であるならば、そのまま進めたいとお願いしてまいりました。

【高尾委員】 つまり、実際にここには数字が出ていない特許が、今後出る可能性もあるかもしれないものの、出ていなくても、そういった意味で、ある意味知財といえますか、公開されていない知財がしっかりと取得されているというお考えでしょうか。

【外村 PMgr】 そうです、遠隔リハビリにしても空のAvatarにしても、企業が実施者いて、今後使う技術については秘匿するという方針を説明いただいていますので、ここには見えていない数があると思

ます。

【高尾委員】 よく分かりました。ありがとうございます。

【篠田分科会長】 リモートの栗田委員、お願いいたします。

【栗田委員】 このプロジェクトは、基礎的・基盤的研究開発というプロジェクト分類だと資料に書かれていますので、基本的には基礎的な技術を開発するというので、実用化研究への移行というのはプロジェクト終了後に想定とされています。そうしたところで、御説明を伺う中では、割と実用化研究までたくさんできたという紹介も多かったように思います。それはすばらしいことですが、初めの目標である基礎的・基盤的研究というのが、もちろんしっかりできたからだとは思いますが、実用化研究への移行そのものも、このプロジェクトの支援対象として最初から入っていたのでしょうか。ユースケース探しという後半の目標になっていたようにも感じますが、基礎的・基盤的研究というのと、どのように並行して行われていたのかを教えてください。

【外村 PMgr】 狙いとしては、事業期間中に、事業が終わった後にも連続して実用化研究に移行できるような体制の構築をお願いしてまいりました。ですので、実用化研究移行のために必要な資金は、事業期間中には提供できたと考えております。回答になっているでしょうか。

【栗田委員】 実用化研究に移行研究というのは、基礎的・基盤的研究がある程度終了したというテーマがそれを行っていたということでしょうか。

【外村 PMgr】 そういう意味ではなく、実用化研究に移行する準備というのは、実用化ができていないわけではなく、実用化のための研究を開始するという段階で、ある程度の基盤技術は出来上がりつつあるが、基盤研究が完成したかということ、どこを基礎研究の完成というかになります。その技術を外部の実用化研究組織が受けていただけということは、それなりの技術水準に達していると考え、それをもって実用化研究に移行するための水準に達成できたと考えます。御質問に対する回答になっていなかったでしょうか。

【栗田委員】 いえ、あくまで基礎的・基盤的研究が進むことが、この研究の重要な目標の1つであり、実用化研究を開始できる水準に達することとすることでした、達したか、どうかをどのように判断されているのかは、市場に任せるというか、たくさんユースケースがあるということが、それが実用化研究として進んでいくといった評価になっているという理解でよろしいでしょうか。

【外村 PMgr】 その水準に達したということと2つの物差しで測っております。1つは先ほど少し申しました、テーマ審査委員会で認めていただけることです。もう1つが、具体的に受皿となる企業が実用化研究に参加していただけていること、といったこの2つを指標として実用化研究に移行する水準に達したとみなしております。

【栗田委員】 分かりました。ありがとうございます。

【篠田分科会長】 それでは、相澤委員お願いいたします。

【相澤分科会長代理】 相澤です。このAI関係の研究を社会に実装していく際に、ELSI<sup>\*3</sup>であるとか、社会受容性の問題が最近非常に大きな影響を持つようになってきていると思います。この項目2で議論すべきポイントからはずれるかもしれませんが、このアウトカム指標、目標値の見直しにおいて、当初よりも実用化が進むことによって、さらなる検討が必要になったことはありますか。

注 \*3 : ELSI Ethical, Legal and Social Issues の略で、新たな科学技術の研究開発や社会実装に伴って生じる「倫理的・法的・社会的課題」

【外村 PMgr】 すみません。私、今の御質問についてちょっと理解し切れておりません。

【相澤分科会長代理】 例えば、個人情報や扱うとか、データセットとしても機微なものが含まれるとか、あと社会に適応していく上では医療機器としての承認等、様々な制約が出てくると思います。社会に普及する度合いが高まるほどそういった検討も追加で必要になってくると考えられますので、そのあた

りについてどんな状況だったか教えていただければと思います。

【外村 PMgr】 ありがとうございます。個人情報の扱い等についても、当然医療機器システムとして必要になってくると思いますけれども、この研究開発期間においては、よりプリミティブな研究開発でとどまっているのが実情です。ここから実用化研究に移行する中で、そういった課題を解決して進めていただくことかと思います。

【相澤分科会長代理】 ありがとうございます。

【篠田分科会長】 篠田です。私のほうから1件質問いたします。アウトプット目標、最終目標というのは、これは最初に立てたものから変わっていないのですか。

【外村 PMgr】 おっしゃるとおり、変えずに進めてまいりました。

【篠田分科会長】 そうすると、かなり曖昧なものになりがちで、それで最終目標に合うように一生懸命頑張るみたいな話になって、最終目標の解釈を変えるとかいろいろな方法はあると思います。実際プロジェクトを進めている間で、個々のプロジェクトに関しては非常に綿密に目標を再設定し、それを達成した、達成しないという評価をやられているようにお見受けしたのですが、もし当初の目標から変更しないのであれば、最初から最終目標はある程度数値化したものを用意したほうがよいように感じました。

【外村 PMgr】 プロジェクト全体として、最終目標を数値化するのはなかなか難しいと思います。今回のプロジェクトというのは、ユースケースをそれぞれの実施者の方に挙げていただき、各テーマの最終目標の明確化はずっと進めてまいりました。ここに上げているアウトプット目標は、プロジェクト全体という形になりますので、この数値目標に掲げるには、今回のようなユースケースを募ってという形にはあまり向いていないものと思いながら進めてきた状況となります。

【篠田分科会長】 なぜこのようなことを申し上げたかということ、結局、最終目標が達成したかどうかということ全部「達成した」(○)になっていますが、実はその中に特許出願、論文、研究発表、実用化といった非常に細かい項目があります。それぞれに実はすごく評価できるところと、いま一つといったところがあるはずで。そういうところが、しっかりと見えていないのではないかと思ったからです。

【外村 PMgr】 その辺の役割は、テーマ審査委員会という会議体を使って実施してきたところ。その結果をプロジェクトのアウトプット目標という形に反映するまでには至っていないのが実情ですが、そこを明確化すべきだという御意見として受け止めました。

【篠田分科会長】 プロジェクトというのは、特に国がやるものは、本当は成功率がそれほど高くないと思うのです。だから、別に成功率が50%でも60%でも、それはポジティブに評価することでよいと思っています。一方、いつでも全部よくできました、みたいな評価をしてもあまり役に立たないのではないかという気がします。目標は目標として明確化して、もちろん研究現場にそのまま数字を下ろすのは、やってほしくないことですが、ただ、評価としてはその部分についてどうなったかを積み上げていくことが大事なのではないかと思いました。

【外村 PMgr】 御意見ありがとうございます。これはNEDO全体としても考えなければいけないことと認識いたしました。

【篠田分科会長】 あともう1点、一般に研究者は、実用化をやりたくないけれどもお金もらうから嫌々やりますといった立場の人が結構多いと思うのです。そうした研究者に、いわゆる実用化であるとか特許申請とかに結びつけるためのインセンティブといますか、そういう仕組みをつくったほうがよいと思っているのですけれども、そういう点についてはどのようにお考えですか。

【外村 PMgr】 それはこのプロジェクト単独の話ではないのですが、高田部長、何か御意見ございますか。

【高田部長】 御質問の点は、本当にイノベーション論として、NEDOはどう仕事を進めるかという非常に大きなポイントだと思います。当然、唯一解ではないにしても、スタートアップを起業させるために

う意識づけ、その手段についても啓蒙であるとか、身に着ける機会を提供するといった様々な伴走の手段があるかと思います。それにしても、当事者自身がやる気があるかどうかというのが一番大きな問題になってくるのですけれども。あとは、それを全て研究者に期待するのかどうか。これも非常に大きなポイントかと思います。学内研究、国研の中における環境に依存するところも大きいですから、一概に唯一解というのではないと考えます。NEDOにおけるプロジェクトの推進委員会、そして、こういった評価の機会にテーマに対する期待、それから指標としてこのように見られているということを通じて緊張感を持って臨んでもらうことが、まず1つの機会にもなるでしょうし、それを踏まえてそういうアクションに自ら入っていただく。もしくは、それを一緒になってやってくれる人と巡り会おうとする。そういう機会をつくり上げていくことが我々としては非常に大事かと思っております。

**【篠田分科会長】** どうもありがとうございました。それでは最後の項目3に移ります。マネジメントについて御意見、御質問をお受けします。三木委員お願いいたします。

**【三木委員】** 三木です。これはマネジメントといいますか、どこがやるか、という話になるかと思っておりますけれども。今回アウトカムのところ、具体的に8万人の労働力に充当されて3,200億円という数字が上がっています。一方で、今回の技術によって新たな市場がたくさん出てくる。新しい技術が出てきて、こういうような産業が出てきて、先ほどリモート技術の市場がこれぐらいあるというのは試算されていましたが、そのような比較的ポジティブな新しい市場創出があるのではないかと。先ほどおっしゃられた大谷選手の話は、まさにそんな感じだと思うのです。何かそのようなポジティブな算定をしたほうが、プロジェクトとして前向きな経済効果を示せるように思いました。そうなってくると、アウトカム試算を研究グループがやるのかというと、これは起業支援などといったプログラムではありませんので、その部分はNEDOのマネジメント側のお仕事になるのだろうか思っていたのですが、何かそういうようなことをされるお考えがあるでしょうか。

**【外村 PMgr】** 社会的に求められているものとして、労働力不足を今回挙げております。新たな価値の創出という点での試算であるとか、そういうことかと今お聞きしながら考えておりましたが、具体的にどういう市場をターゲットにするという、ある意味狙い打ちみたいな形の試算をしていく必要があると思っております。そういったターゲットを示すものが、なかなか策定できていません。NEDOのTSCからの発案というのが、このプロジェクトでしたけれども、あるいは政策などといったところから持ってきて、どういうプロジェクトに落とし込むかという形の中に、何か新しい価値を創造するというものが入ってくれば、それについて考えて立案するという形が取れるとは思いますが。今そういった形のプロジェクトは、私が認識している限りないと考えますが、高田部長いかがでしょうか。

**【三木委員】** 結局、実用化研究というのは、ただ使えるものを作るというわけではなく、それで実際お金を稼がなくてはいけないわけです。そうしないと企業も乗ってきません。そうすると、これだけの市場がある。そうすると企業が市場に対してチャレンジする価値が出てくる。また、その市場に併せて実用化研究、アプリケーションをある程度絞った形で研究してくる。さらには、このような知財を抑えていこう、これはオープンにしよう、そこで初めて知財戦略が出てくると思うのです。競合との比較から知財をこのように取っていきましょうといった戦略が出てくるということです。先ほど「ニーズベース」と言っていましたが、どこにもニーズベースがありません。ニーズというのは、市場から来るものだと私は思います。ただ、今回のプロジェクトの話を聞いているとチャンスは多くあるような気がしますので、後づけになるかもしれませんが、そういう試算があれば、この後の実用化研究により弾みがつくのではないかと思います。

**【高田部長】** 私から少し補足いたします。説明にもあったとおり、まず交渉の対象になる単位として、知財をしっかり持たなければ、その先々交渉の対象物がはっきりしません。何かやりたいという人が来たとしても、どうしたらいいかわからないという状態になると思いますので、プロジェクトをやっ

る最中には、できるだけ知財化をプロジェクトマネジメントとしては後押ししたということかと思っています。やっている当事者、研究者を中心に、これが何に結びつくのかを自ら見つけ出すというのは、非常に難しい世界があると思うので、先ほどから話のある展示会を通して知り合ったところから想定していないニーズへの巡り会い、それが具体化するかどうかは、またそこからの話になりますけれども、できるだけそういう機会をグローバルにつくり上げてきたというのが、このプロジェクトで我々のやってきたことだと思っています。「金の切れ目が縁の切れ目」とよく言うのですけれども、我々としてはプロジェクトの終わった後もここで出来上がった 1 つ 1 つの有望な成果について対外的にホームページなどを通じて発信するとともに、そこからアクセスしてきた方々を結びつける。それが単にホームページだけではなく、例えば今回も幾つかスタートアップとして具体的に交渉の窓口、対象がはっきりしてきているものもあります。そういった人たちが NEDO の他の施策でやっているピッチイベントであるとか、スタートアップ育成プログラムなどにしっかり結びつけていくような伴走支援というのを、私たちプロジェクトに関わった者がしっかり数年間やっていきたいと考えております。

**【三木委員】** ありがとうございます。追加になりますが、知財というのは、どういうものための知財というのがないと請求項も書けません。逆に、知財がなかったとしても、その人が持っているノウハウであるとか技術、知識といったもので、もし会社をつくったら、そこに対して買収といったアクションもあり得ます。最初から、逆に「シーズベースです」というように言うのであれば、私はいいと思うのですが、NEDO 様の事業ということで、それなりにニーズを大事にされるのであれば、もう少しきちんとして、「ニーズって言っているけれども、ニーズ何もないよね」という話になりかねないかと少し危惧しました。そして、労働力の充当と言われると、例えば今の生成 AI などプログラマーが次々に首を切られているといった話になったときに、プログラマーの代替をするからその労働力分の価値があるといった算出はしていないと思うのです。なので、少しそのあたりをやれば、もっとポジティブにこのプロジェクトを売り込めるのではないかと。もったいないと思った次第です。

**【外村 PMgr】** ありがとうございます。三木委員におっしゃっていただいたことは、民間企業にとっては至極当たり前のことであると考えます。NEDO が民間企業とどう違うかということも、NEDO ならではのやり方を考えて進めていきたいと思っています。

**【篠田分科会長】** それでは、高尾委員お願いいたします。

**【高尾委員】** 高尾です。マネジメントに係る内容として、委託先事業者の変更について、例えば公開されている情報の中で拝見した話と、実際に一般の市場で分かっていることで話すと、若干事業を譲渡してしまった企業であるとか、プロジェクトの途中で組織が変わっている可能性があるのではないかと少し思うところもございます。もしそういうことが起こった場合、代わりにその事業を受託する人がうまく出てきて、適切にマネジメントされればよいと思うのですが、そのあたりはどのようにご対応されたのでしょうか。公開されているところだけで構いませんので、教えていただければと思います。

**【外村 PMgr】** このプロジェクトの中では、事業継承を 1 つ行っております。それは、もともと理研が入っていたところの事業を名古屋大学に継承したというものです。それはうまく引取手の方がいらっしやいましたのでうまくいったという形でした。

**【高尾委員】** そうすると、メーカー側にしてもある程度事業が変化しているといったところもあると考えます。ただ、それは担当されている方はある程度残られて、この事業に最終的には貢献されていると考えればよろしいですか。

**【外村 PMgr】** 今の話はメーカーではなく理研から大学ですが、実際のところは、そこで担当されていた方がそのグループごと異動されている、転職されているというところがございますので、実際にやっていらっしやる方々は同じ方々になります。

**【高尾委員】** 仮に、事業途中 4 年間の間で変化することがあったとしても、それはマネジメントされるよ

うにコントロールされているといますか、事前にある程度リスク管理されているということでしょうか。

【外村 PMgr】 それは、例えば「この事業から撤退するのでできません。」というときには、その内容を引き取り、別の実施者の方にお問い合わせするという形を取ります。このプロジェクトではそのようなケースは生じておりません。

【高尾委員】 分かりました。ありがとうございます。

【篠田分科会長】 それでは、梅木委員お願いします。

【梅木委員】 梅木です。先ほど分科会長からもございましたが、研究者が様々な実用化のところの探索を研究開発と一緒にやるというのはなかなか難しいと思っております。私どもも起業向けに技術シーズに対してどういった実用化、事業化検討ができるかという支援は行っております。よくやるやり方は、技術開発のシーズ開発をやりつつ、並行してマーケティングであるとか、リサーチをやりながら、実際に想定される事業者に対してのヒアリングを行う。そこでの課題をもう 1 回洗い出してみるといったところですが、もちろん展示会など様々な情報発信はされていると思いますが、発信だけではなく、並行して積極的に情報を集め、研究者側に提供するのがよくやるやり方です。例えば、今までのプロジェクト期間中に、こういった取組を検討してやられていたのか。あるいは、コメントになりますが、もしやられていなければ、これからでもぜひ進めていただけると、広がってくるのではないかと考えております。

【外村 PMgr】 ありがとうございます。まず、やってきたかという意味ではそのように出来ておりません。それというのも、もう少し方向性といえますか、こういったところを狙うというのが明確になるとそれを行う効果は大きく成果に結びつくと思うのですが、まだこの技術がどこに使えるかが絞り込めていない基盤技術の開発なので、このタイミングである程度マーケットを絞り込んでしまうと、そのマーケット向けの開発が優先されてしまうというのも避けたいという気持ちはございました。ただ、このプロジェクトも終わり、実用化研究に入りますから、これから先はおっしゃっていただいたようなことが非常に有効だと感じております。

【篠田分科会長】 それでは、相澤委員お願いいたします。

【相澤分科会長代理】 相澤です。研究開発データのオープンクローズ戦略について、提供できるデータがあれば、それをオープンにする、クローズにするという戦略を立てていくことももちろん重要だと思います。それに加えて、データのマネジメント、すなわちデータをしっかり保存して、しかるべきメタデータをつけて再利用を可能にする。あるいは、今でいう AI-ready\*4 な形にするといったことも徹底して行っていく体制をしっかり整えることは、今後ますます重要になると思います。そのあたりについては、何か工夫など配慮された点はありますか。

注\*4：AI-ready 組織が AI を効果的に、かつ継続的に活用できる準備が整っている状態を指す。

【外村 PMgr】 プロジェクト開始にあたり、データマネジメントプランというのを出していただいております。その中でどのようなデータを集めて、どのように活用するのかというのは挙げていただいているのです。また、プロジェクトの研究開発が進むに応じて、見直していかなければいけません、見直していくというマネジメントがもう少しできていけばよかったですと思います。NEDO のプロジェクトの仕組みとしては、そういうデータマネジメントプランをしっかりと作り、それを回していくことという仕組みはございます。

【相澤分科会長代理】 データ管理するフレームワークという点からデータが大規模化して行くと、全てを保存するためのストレージ等含め、管理が大変になっていきます。オープン戦略、クローズ戦略を適切に行ったとして、プロジェクトが終わった時点以降は、集めたデータは今度どんどん古くなっていき品質も低下していってしまうので、メンテナンス、維持管理の問題も生じてくると思っています。ぜひ

今後もデータマネジメントを続けていただけるとよいと考えます。

【外村 PMgr】 非常に有効なアドバイスをいただきました。ありがとうございます。

【篠田分科会長】 どうもありがとうございました。まだ意見は尽きないようですが、終了予定時刻も過ぎていきますので、以上で議題2を終了といたします。

(非公開セッション)

### 3. プロジェクトの補足説明

非公開

### 4. 全体を通しての質疑

非公開

(公開セッション)

### 5. まとめ・講評

【三木委員】 本プロジェクトは、コロナ禍でスタートしたプロジェクトとコロナ禍のすぐ後に始まったプロジェクトですが、実は、そのコロナ後というのは本当に世の中が一気に変わりました。思っていたよりも早く対面回帰が起きるなど、また生成AIの登場など大きな外部環境の変化が起きたのですが、その中でリモートの価値が高い、特に高い分野で研究成果を挙げられたというのはよかったです。私の専門の1つであるハプティクス、触覚、五感といった分野は、まだまだブルーオーシャンであり、学会等で見ると肌感としては日本が先行しているところもあるように思います。そういう分野で、例えば本当に臨床試験を行う。それもシンガポールと日本において遠隔で触診するような実用化に近いところの研究まで仕上げているグループがあるというのは、大きな成果だと思います。ですので、これからこの流れを断絶させないように、研究グループには引き続き社会実装、産業創出まで頑張ってもらえるよう祈っております。以上でございます。

【高尾委員】 本日全体像をしっかりと御説明いただいたことで、プロジェクトの中のどの事業についても高い水準で実用化技術が完成に近づいてきているといったところで、基礎研究・基盤技術開発は十分に達成されるようなプロジェクト全体のマネジメントが行われていると実感いたしました。いろいろな議論を通して出てきたことですが、アウトカムがしっかりとされているところに対するアウトプットの評価方法の部分について、もう少しプラスの部分でさらに評価いただける部分があれば、そのギャップというのが感じにくくなるのではないかと印象も受けました。ですので、例えばCESとかCEATECという失敗が許されないような、デモンストレーションのハードルの高いところにいる挑戦されて実際成功されていること自体、私は大きな実用化技術の評価になるものと考えます。そういったところを含め、アウトプットとしての御説明をいただくと、アウトカム達成に向けた道筋の中の流れのベクトルがうまくそろっているという印象につながります。説明される側、最終的には国民になると思うのですが、そういったところにうまく御説明いただくと、現在の成果でも十分納得できるような形で理解に至るのではないかと思います。私からのコメントは以上です。

【栗田委員】 関係者の皆様大変お疲れさまでした。最後まで遠隔で失礼いたしました。まさに遠隔での能力発揮というプロジェクトで、私も能力発揮できたか分からないのですが、本プロジェクトスタートから5年たった今でも世界的に見て非常にニーズも市場規模も大きいものを扱われてきたと思います。今回動作ユニット、ハプティックMEMS、遠隔触診、遠隔リハビリ、空のAvatarの各テーマから人

工知能活用による革新的リモート技術開発というプロジェクトを推進されてきています。ハードウェア開発、ソフトウェア開発、それからサービス開発までをカバーし、極めて先見の明の取組であったのではないかと思います。それぞれの採択を見ていくと、本プロジェクトが最初に設定されていたアウトプット目標、アウトカム目標を実現するために必要な領域をカバーされていますし、個別の成果としても十分な成果を出されているのではないかと感じました。また、マネジメントとしても NEDO による適切な調査、検討が行われており、PM を含む NEDO、PL、実施者間の報告やコメントスキームを通じた有効なマネジメントをされていたものと捉えます。そうしたところで、各テーマがプロジェクト全体のアウトカム目標の達成に対し、どのように貢献し得るのかについては国民の皆様丁寧な説明が必要だと思います。あと、社会情勢の変化に対応し、対象となる市場や目標値のアップデートというのがあれば、より広範囲な社会的インパクトを生み出すプロジェクトとして評価がより高まるであろうと感じます。私からは以上です。

**【梅木委員】** 本日は御説明ありがとうございました。各委員の皆様方もおっしゃるとおり、社会的な要請も強く、かつ技術的な課題にしてもチャレンジングなものに対して取り組んでいらっしゃると感じます。ハブティックデバイス、MEMS のところでは時間を取っていただいて、直接研究開発していらっしゃる方々とディスカッションを行う機会をいただきました。それによって理解も深まりましたし、社会実装する上での課題と可能性の両方がよく分かりました。今日お話しいただいた中では、いろいろな取組をされている中で、短い時間で御説明されるというのはなかなか難しいと思いますけれども、伝わってきましたし、苦労されているところ、それから実際に突破口として開けそうなところも相当可能性として見えてきたように思います。先ほども申し上げましたが、社会実装に対する産業側へのアプローチの仕方といった部分が、これから追求されるべきと思っておりますし、これは対世界として見たときに、中国もアメリカもそうですが、各国社会実装のスピードが非常に速くなっております。そのあたりに意識した研究開発支援というのも今後あるべきではないかと思いつながりながら話を伺っていた次第です。今後とも研究開発、社会実装に向けて進めていただければと思います。ありがとうございました。

**【相澤分科会長代理】** 本日はありがとうございました。もう既に皆様がコメントで述べられたことと同じような話になってしまうのですが、それぞれのプロジェクトが尖った特徴のある取組をされていると思います。社会実装という意味でも、すぐにビジネス化できる、一步上をいった地点を目指して意欲的に取り組んでおられるというのが印象的でした。本当に言わずもがなですけれども、AI 分野の4年間というのは非常に長く、当初スタートのまま行うというのは、実際問題としては無理があるとも感じます。私自身1年後のことを言えと言われても難しいですし、私の分野ですと1週間でも変わるというような感覚です。なので、4年前に目標として掲げられている労働力、市場規模というのは、スタートするときには意味のある分析と思うものの、終わって評価する指標として使うのは、皆様もおっしゃられたとおり AI 分野に関しては少し検討も必要だと思います。PL の原田先生が最初におっしゃられた、「触覚は今の生成 AI ではできない」と。先行できたというのが端的に成果を表す一言であり、そういうイノベティブ性みたいなものをぜひ評価に組み込めるとよいと思いますし、その点で非常に成功したプロジェクトだと感じます。

**【篠田分科会長】** 皆様、今日はどうもありがとうございました。もう今まで皆様がおっしゃったことと、私自身が言ったことの繰り返しになってしまっていますが、改めて申し上げます。技術水準は非常に高く、それに加えて実用化への道筋というのかなりクリアに説明いただいたので、このプロジェクトは基本的には成功したものと考えております。今のコメントにもありましたが、目標を達成しただけでなく、新しい応用の可能性を示してきたということも、一納税者として大きな成果だと感じます。課題としては、実用化に関して、標準化という軸もあると思うのですが、そちらが少し弱いのではないかと

印象です。物によっては標準化を目指したほうがいい技術もありますので、そのあたりはオープンローズの戦略と一緒に標準化戦略というものも考えていただければと思います。あとは、皆様おっしゃっていましたが、アウトカム、アウトプット目標の立て方と、その評価の方法です。難しいとは思いますが、状況が変わるということを前提として、どういう評価があるべきか。私自身もその正解は分かりませんが、考えていただければと思いますし、それ自体がマネジメントでは大きな課題だと思います。そういう意味では、「このように目標を立てました」とか、「こういうつもりで評価してください」ということ自体もやり方が変わっていくような気もいたします。そこも含めてよろしく願います。以上です。

**【北原専門調査員】** 委員の皆様、御講評をありがとうございました。ただいまの御講評を受けまして、推進部からコメントをお願いいたします。

**【外村 PMgr】** 外村です。皆様の御指摘のポイントは非常にそろっているという印象を受けました。アウトカム目標の設定をしたものの、その見直しであるとか、あるいは立て方自体に問題があったのではないかとこのところも含め、厳しい御指摘をいただいたと感じております。変化の激しい分野に対する研究開発において、アウトカム目標という10年先の目標をどのように立てるべきか。それをどのように見直していくべきか。今後のプロジェクトの中では非常に重要なことだと思いますし、先ほどおっしゃっていただいた「このプロジェクト自体が終わるところでしっかり分析し、次にどのようにつなげていったらよいかまでがプロジェクトだ」という御指摘も痛く感じております。その辺についても今後の進め方を私としては考えていきたいと思っております。どうもありがとうございました。

**【原田 PL】** 原田です。御指摘ありがとうございます。私も非常に勉強になりました。コメントでいただいたものとして、流れの速さからAIの様々な評価も変わるといったお話でしたが、どちらかという私の感想は少し違っております。プロジェクト内部としては、むしろあまり変わらなかったのではないかとイメージです。何と言えはいいのかわかりませんが、私がこのプロジェクトを初めて見たときには、非常に難しいプロジェクトをやっているという印象を受けたのです。プロジェクト4年の中で、進めやすい中身のプロジェクトも当然あるのですが、例えば触診であるとかリハビリといった話になれば、しっかりとデバイスが手元に既にある状態であったとしても、それが有効に使えるかどうかを評価するためだけで4年かかってしまうのではないかと感じるので、相当チャレンジングなことをしているなということで、テーマ自体の難易度の高さというのがいろいろ複合的にありまして、アウトカムとアウトプットの話のところにも焦点が当たったのではないだろうかという個人的には感じております。また、PLとしての指導という意味合いでは、しっかりとアウトカムに対するストーリーを適切に作るようにという指導が足りていなかった面はあると思いつつ、世界的に見てもテーマとしては難しいものが非常に多いのです。実用化に本当にシステム全体として使えるところまで到達できるような容易さでもなかったというところはあります。一方、他と比べたときには、上のレベルにいったのではないかと感じています。とはいえ、社会実装という面を考えたときには、NEDOプロジェクトとしては大変重要な観点ではあります。プロジェクト責任者の方々と種々ディスカッションを行いました。システム全体としてそのまま社会にすぐ4年後といいますが、4年プロジェクト後に即座に出るというのはなかなか難しいのですけれども、その中でできりと光る技術がそれぞれありますので、そこをうまく磨きをかけて焦点を当て、光る部分はすぐに社会実装できるような形で進めていき、システム全体としては非常にチャレンジングなことを行っているため、それは継続して全体として進めるような形がよいのではないかと感じておりました。集中と選択という話もプロジェクトの説明の途中であったと思うのですが、社会実装に向けてショートタイムで出せるところと、ロングタイムで本当に難しいところでチャレンジするところを分けて進めるようにやってきたつもりです。いずれにしても、4年間御支援ありがとうございました。本当に私もいい

経験をさせていただき充実した4年間となりました。ありがとうございます。

**【高田部長】** 最後に私から申し上げます。4年間のプロジェクトということで、中間評価をやらなくていいという期間が4年なのですけれども、それによって1つのプレッシャーが若干少なかったがゆえに、今日、御指摘のあった、アウトプット、アウトカムの柔軟な変更というところのプレッシャーがなかった。それが結果的にプロジェクトマネジメントにおける柔軟性の欠如に結びついたのではないかというところは、若干今日のお話を聞いて感じていたところです。制度的なことを理由にするというよりも、単純に立ち上がった時期、それから生成AIが3年前に勃興し、それを1つ1つの事業者がしっかり対応はしたものの、プロジェクト全体として何を評価すべきかの視点の変化・変更というものをしていなかったことが1つ大きなところだと思います。もともとNEDOのプロジェクトを4年なり5年行い、その後社会に出てくるまでもう乗り越えなきゃいけない谷が幾つもある中、アウトカムをどう設定しアウトプット目標を設定するかというのは、始める段階でも非常に難しい話ではあるのですが、当然立てた仮説が走っている間にどう変化していくのか、確かからしくなっていくのか。外部的要因、内部的要因、それぞれをしっかりと見据えて見直していくということ、これ自体はNEDOの全体でもやるべきこととなっています。これが若干柔軟性を欠いた部分があったというのは、今日の御指摘も踏まえながら次につなげていきたい部分です。そのようなプロジェクト全体の扱いと1つ1つのテーマをしっかりとやっている中で、これがどう社会実装に結びついていくかのフォローアップというのは、我々が持っている他制度であったり、もしくは我々自身が立ち上げる新しい動きであったり、こういったものに結びつけられる努力というのもしていきたいと思います。NEDOに限らず、様々な追加的な支援策はいろいろなところにあると思いますので、そういったところとの結びつきも、できることを我々としてはしっかり考えながら動いていきたいと思っております。今日は本当に貴重な御意見をありがとうございました。

**【北原専門調査員】** ありがとうございます。以上で、議題5を終了といたします。

## 6. 閉会、今後の予定

配布資料

|       |                    |
|-------|--------------------|
| 番号無し  | 議事次第               |
| 資料1   | 分科会委員名簿            |
| 資料2   | 評価項目・評価基準          |
| 資料3   | プロジェクトの説明資料（公開）    |
| 資料4   | プロジェクトの補足説明資料（非公開） |
| 資料5-1 | 事業原簿（公開）           |
| 資料5-2 | 事業原簿（非公開）          |
| 番号無し  | 評価コメント及び評点票        |
| 番号無し  | 評価スケジュール           |

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会

「人工知能活用による革新的リモート技術開発」(終了時評価) 分科会

質問・回答票(公開)

| 資料番号・<br>ご質問箇所 | 質問  | 委員名          | 回答  |
|----------------|---|--------------|---|
| 資料3 P43        | 「LLM・生成AIの急速な実用化」への対応について、研究開発効率の向上以外に、研究開発への影響がありましたら教えてください。たとえば、柔軟な対応を要した点や新たに生じた課題、今後の実用化シナリオへの影響などはいかがでしょうか？ | 相澤分科<br>会長代理 | ハプティックMEMSテーマにおける参照系AIのフレーム抽出へのLLM活用が該当いたします。人間とAIが双方向に「ネゴシエーション」しながら信号抽出を行うソフトウェア「体感ネゴシエーション」機能は、当初、動画から狙った音声信号を含む時間区間の抽出は人による操作との仕様でしたが、LLMと動画解析AIを導入することにより、自然言語や動画上の特定の動きを指定することで、簡単に時間区間抽出が可能となり、基盤技術としての使い勝手が向上しました。今後、触覚信号編集の敷居が下がり、応用範囲の広がりが期待できます。                           |
| 資料3 P55        | 遠隔触診システムは挑戦的かつ先進的な取り組みだと感じます。本研究で扱われている病気以外の診断に適用する場合には、どの程度の作りこみが必要となるのでしょうか？                                    | 相澤分科<br>会長代理 | 脈拍の触診により動脈瘤の診断への応用も検討しております。高い精度が必要な肘、手首といった腕を対象としたので、脚の疾患に対しても、ハードウェアの製作により応用が可能と考えます。適用先を変えるには、ハードウェアの構成、医師の習得の両面での作り込みが必要ですが、どの程度の作り込みが必要かは、実証試験を繰り返しながら探ります。本研究を通じて、触れることが安心感、信頼感の醸成に大きく寄与するとの知見を得ました。感性に訴える提示法を作りこむことで、心の絆を深めるサービスに展開できると考えます。病気以外では、遠隔でのエステのような美容技術への応用を検討しました。 |
| 資料3 P59        | オープンソースのレポジトリで多くのスターを獲得していることは優れた成果だと思います。具体的にはどのような点が高く評価されているのでしょうか？  | 相澤分科<br>会長代理 | 当該技術については、複数ドローンセンサ情報に基づくデジタルツイン環境構築として以下の点で高く評価されたと考えられます。<br>・ドローン上で行われる移動量推定にGNSS(全球測位衛星システム)を追加し、目印となる対象物の少ない環境でも高速環境カラー3次元化が可能な技術を福島ロボットテストフィールドで実証<br>・複数ドローンから得られたカラー点群情報の遠隔マッピング統合を実証し、遅延3秒以下でデジタルツイン環境への重畳表示を実現  |

| 資料番号・<br>ご質問箇所 | 質問   | 委員名  | 回答   |
|----------------|--|------|--|
| 資料3 P19        | <p>P6の目的にあるように、当初目標には「遠隔での能力の発揮」だけでなく「コロナ禍における非接触、非密集」を実現することがあったようです。しかし、アウトカム目標には、「リモート化、デジタル化によるリモート技術の市場規模」だけが挙げられており、「非接触、非密集」に関するアウトカム目標がないように見えます。また以降の資料でも「非接触、非密集」に関する目標や達成に関する記述が見当たりません。</p> <p>これは元々なかったのですか？それともコロナ鎮静化による目標のピボットがあったのでしょうか？</p> | 栗田委員 | <p>プロジェクトの構想時点では、「非接触、非密集での生活様式、人手不足と生産性の向上、遠隔からの活動に寄与することを目指す。」としておりました。検討を進める中、事業開始にあたり、スコープの絞り込みが必要と判断し、「リモート技術」にフォーカスして、「人間が遠隔地からより簡易的・直観的にシステムを操作する革新的な技術の基盤確立を目指す」という目標を設定し、プロジェクトタイトルにある「リモート技術」をキーワードとしたアウトカム設定のみといたしました。</p>          |
| 資料3 P20        | <p>P19のアウトカム目標によれば、3200億円の算出根拠は、8万人分の労働力から算出されており、労働力不足の解消がメインの目標であると理解しました。しかしこのページにある「見込まれるアウトカム」の中には、「体感型展示」「コンテンツ配信」「健康保険制度への依存軽減」など、必ずしも労働力不足解消とは直接的に結びつかないものが含まれています。これらは「8万人の労働力に充当」にどう貢献しているのでしょうか？</p>  | 栗田委員 | <p>本事業成果の各種リモート技術は、振動提示による技能伝承システムや、同システムで収集したデータの解析・学習によるロボットでの自動化等で労働力不足解消に資すると考えます。また、移動に伴う時間と負担の軽減、就労機会の増加、サービス範囲の拡大も労働力不足解消への貢献が期待できます。一方で、ご指摘のサービスは、労働力不足解消と直接的には結びつかないものの、同じリモート技術の適用・拡張により新たな価値の提供やQoLの向上、経済効果につながるものとして波及と表現しました。</p> |
| 資料3 P42        | <p>P19の質問にも関連しますが、コロナ禍の終息において「リモート技術」のニーズが拡大していることに異論はありませんが、「非接触・非密集」技術のニーズも拡大している、というお考えでしょうか。採択課題において、「非接触・非密集」技術を目標としたテーマはなかったのでしょうか？あったとしたら、ピボットのアドバイスなどをされたのかについておうかがいしたいです。</p>   | 栗田委員 | <p>応募された提案の中で非接触・非密集を目的とした提案はありませんでした。しかしながら、キャッシュレス決済や密集アラートシステムといった技術も実用化されており、非接触・非密集技術のニーズも継続していると考えます。</p>  |

## 参考資料 2 評価の実施方法

# NEDO における技術評価について

## 1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、プロジェクト/制度の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル (図 1) の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価プロジェクト/制度等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

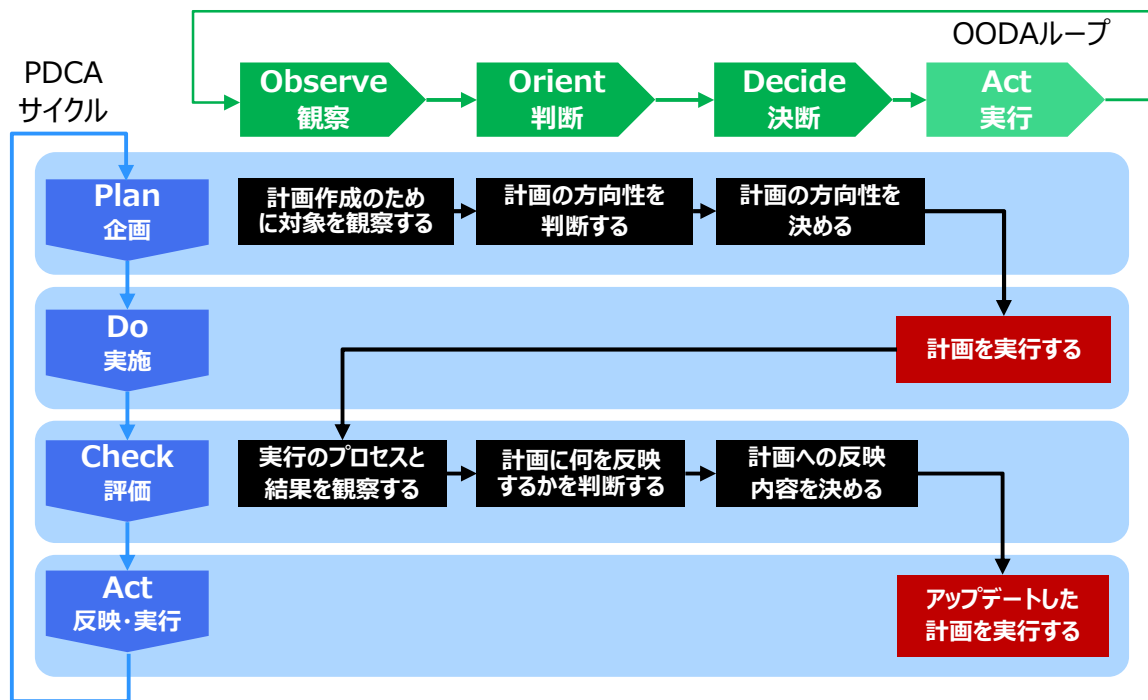


図 1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

## 2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

## 3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の 5 つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

#### 4. プロジェクト評価/制度評価の実施体制

プロジェクト評価/制度評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクト/制度の技術評価を統括する研究評価委員会を、NEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト/制度毎に当該技術の外部の専門家、有識者等からなる分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクト/制度の技術評価を行い、評価（案）を取りまとめる。
- (4) 研究評価委員会の了承を得て評価が確定され、理事長に報告。

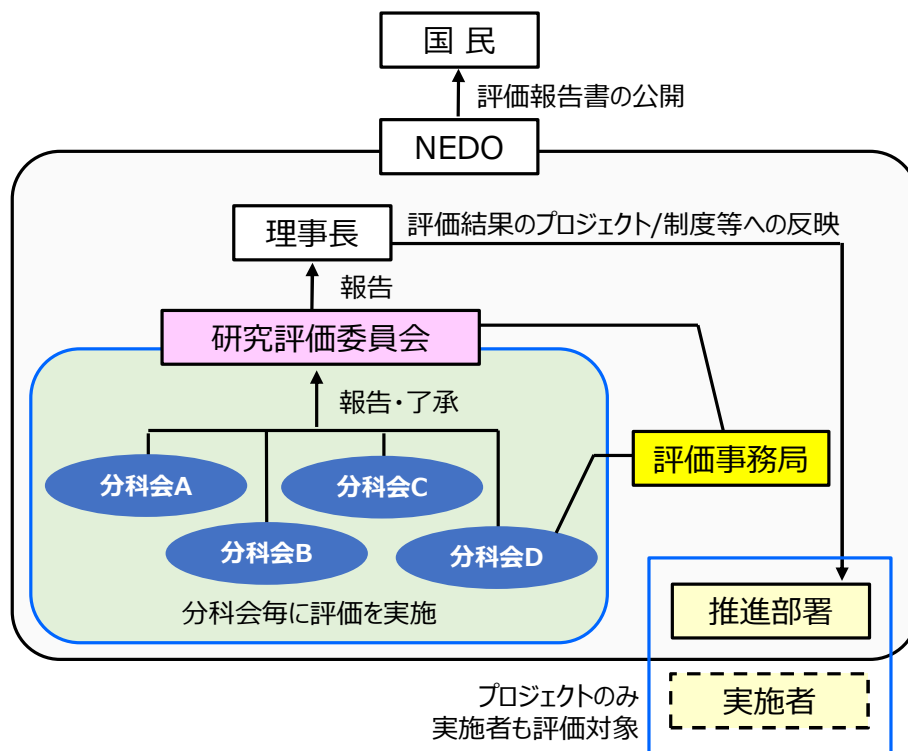


図2 評価の実施体制

## 5. 評価手順

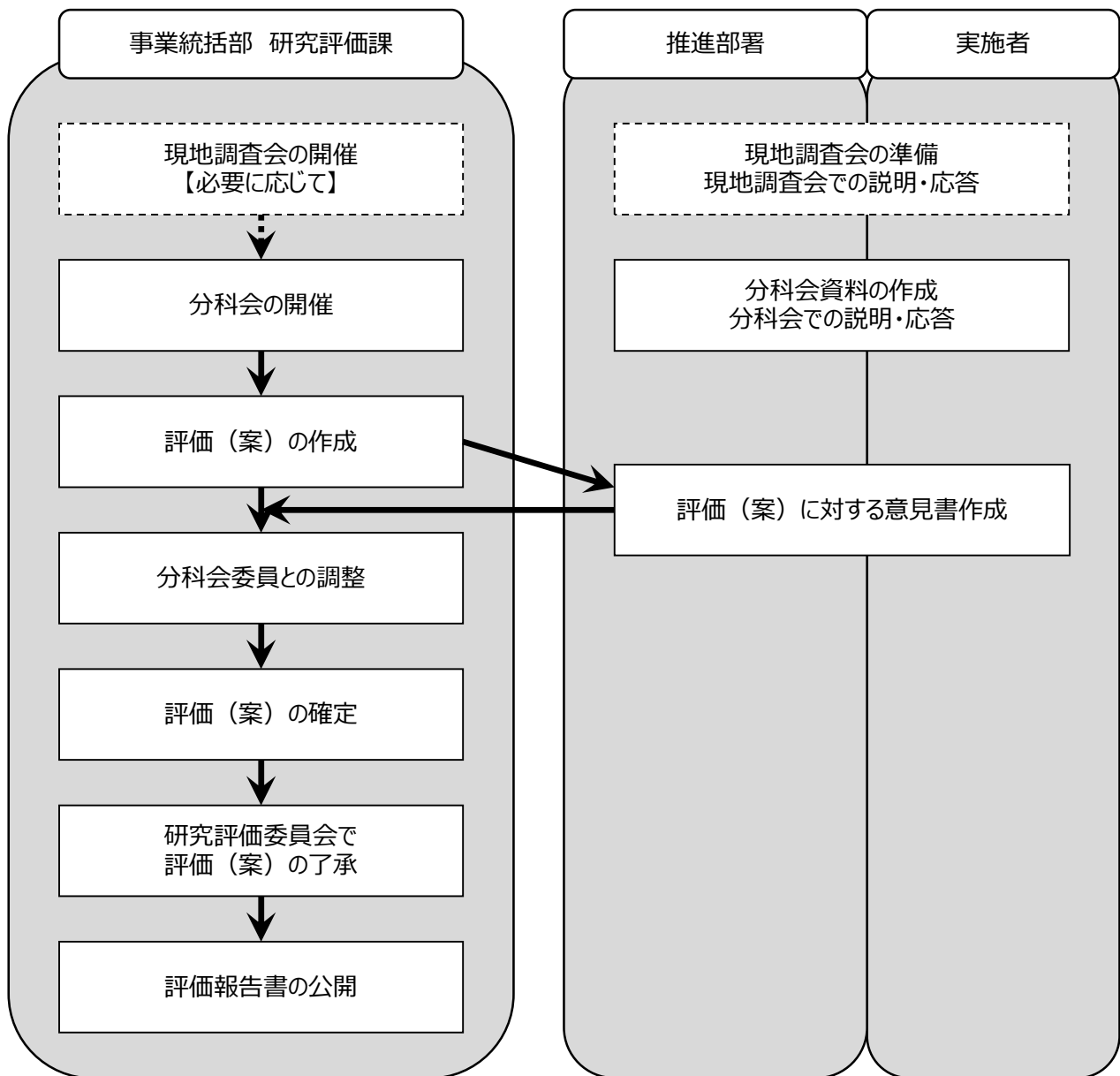


図3 評価作業フロー

## 研究評価委員会

### 「人工知能活用による革新的リモート技術開発」（終了時評価）分科会に係る 評価項目・評価基準

#### 1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

##### (1) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮したか。

##### ※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

##### (2) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データも含めた上で、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当であったか。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであったか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいたか。

## 2. 目標及び達成状況

### (1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に\*見直していたか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあったか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当であったか）。

#### ※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO<sub>2</sub>削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

### (2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に\*見直していたか。
- ・最終目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切だったか。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあったか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われていたか。

#### ※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL\*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

### 3. マネジメント

#### (1) 実施体制

- ・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を發揮したか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能していたか。
- ・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化を目指した体制となっていたか。
- ・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切であったか。
- ・本事業として、研究開発データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものであったか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公正性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしたか。

#### (2) 研究開発計画

- ・アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅され、要素技術間で連携が取れており、スケジュールは適切に計画されていたか。
- ・研究開発の進捗を管理する手法は適切であったか（WBS<sup>※1</sup>等）。進捗状況を常に関係者が把握し、遅れが生じた場合、適切に対応していたか。

※1 WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

- ・研究開発の継続又は中止を判断するための要件・指標、ステージゲート方式による個別事業の絞り込みの考え方・通過数などの競争を促す仕組みの運用は妥当だったか。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業統括部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 事業統括部 研究評価課

\* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。  
([https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554  
神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地  
ミュージア川崎セントラルタワー  
TEL 044-520-5160