



ムーンショット目標 1

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から
解放された社会を実現

実施状況報告書

2025 年度版

誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の

実現

石黒 浩

大阪大学 大学院基礎工学研究科



【目 次】

誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現	1
PM：石黒浩（大阪大学 教授）	
存在感 CA の開発と CA 自在操作インターフェースの研究開発	3
課題推進者：石黒浩（大阪大学 教授）	
高臨場感遠隔操作インタフェースの認知科学研究	5
課題推進者：小川浩平（名古屋大学工学研究科 准教授）	
人間型移動ロボット存在感 CA の研究開発	7
課題推進者：仲田佳弘（電気通信大学 准教授）	
抱擁型生命感 CA の研究開発	9
課題推進者：塩見昌裕（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・深層インタラクション総合研究所・ インタラクション科学研究所 室長）	
生命感 CA の開発と連携対話の研究開発	11
課題推進者：吉川雄一郎（大阪大学 教授）	
存在感 CA の自在動作生成の研究開発	13
課題推進者：港隆史（理化学研究所 チームディレクター）	
CA の対話動作学習機能の研究開発	15
課題推進者：中村泰（理化学研究所 チームディレクター）	
自在遠隔音声対話の研究開発	17
課題推進者：河原達也（京都大学 教授）	
音響情報処理・音声変換の研究開発	19
課題推進者：猿渡洋（東京大学 教授）	
対話知識処理の研究開発	21
課題推進者：東中竜一郎（名古屋大学 教授）	
CG-CA 特有対話の研究開発	23
課題推進者：李晃伸（名古屋工業大学 教授）	

頑健な音声対話処理の研究開発	25
課題推進者：駒谷和範（大阪大学 教授）	
概念理解とマルチモーダル認識の研究開発	27
課題推進者：原田達也（東京大学 教授）	
因果推論と予測機能の研究開発	29
課題推進者：椋田悠介（東京大学 講師）	
自然言語処理の研究開発	31
課題推進者：鈴木潤（東北大学 教授）	
自在 CA 制御技術の基盤研究開発	33
課題推進者：堀井隆斗（大阪大学 准教授）	
階層的 CA 制御の研究開発	35
課題推進者：中村友昭（電気通信大学 准教授）	
生活環境対話技術の研究開発	37
課題推進者：杉浦孔明（慶應義塾大学 教授）	
生活物理支援 CA の研究開発	39
課題推進者：谷口忠大（京都大学 教授、立命館大学 客員教授）	
CA 触覚マニピュレーションの研究開発	41
課題推進者：鈴木陽介（金沢大学 准教授）	
侵襲型 BMI と CA の調和制御の研究開発	43
課題推進者：平田雅之（大阪大学 特任教授）	
CA 基盤構築及び階層的 CA 連携と操作者割り当ての研究開発	45
課題推進者：宮下敬宏（株式会社国際電気通信基礎技術研究所 所長）	
利用者モニタリングと経験管理の研究開発	47
課題推進者：内海章（株式会社国際電気通信基礎技術研究所 室長）	
CA 及び CA 基盤標準化	49
課題推進者：吉見卓（芝浦工業大学 教授）	

生体応答統合解析	51
課題推進者：河岡慎平（京都大学 特定准教授）	
生体応答統合解析	53
課題推進者：河岡慎平（東北大学 教授）	
バイオマーカー探索	55
課題推進者：和泉自泰（大阪大学 教授）	
脳反応計測	57
課題推進者：春野雅彦（情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター 室長）	
CAを用いた生体反応実験	59
課題推進者：住岡英信（株式会社国際電気通信基礎技術研究所 グループリーダー）	
企業連携実証実験基盤の開発・運営と企業コンソーシアムの活動支援	61
課題推進者：宮下敬宏（株式会社国際電気通信基礎技術研究所 所長）	
発達障害・うつ病患者実証実験研究	63
課題推進者：熊崎博一（長崎大学医学部精神神経科学教室 主任教授）	
人を含む技能特化型複数モジュールに対応した自律型 CA の同一体同時遠隔制御システムに関する研究	65
課題推進者：袖山慶直（ソニーグループ株式会社 プロジェクトリーダー）	
モラルコンピューティングの研究開発	67
課題推進者：神田崇行（京都大学 教授）	
モラル行動の研究	69
課題推進者：久木田水生（名古屋大学 准教授）	
アバターの社会実装課題研究	71
課題推進者：湯浅壱道（明治大学専門職大学院ガバナンス研究科 教授）	
Cooperative Social PIA (Perception-Intention-Action) model for Cybernetics Avatars ..	73
課題推進者：Anaís Garrell (Universitat Politècnica de Catalunya Associate Prof.)	

2025 年度研究開発プロジェクト実施報告書

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現

誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

PM：石黒浩（大阪大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

2025 年 4 月より大阪・関西万博のシグネチャーパビリオン「いのちの未来」において 6 ヶ月に渡って一日あたり来場者約 3,300 人に対して CA サービスを提供する大規模な長期実証実験を実施した。万博での展開を可能とするために、CA 基盤を広域多地点・超高顧客密度・安全性の観点からネットワーク使用に制限のある環境でも運用できるように改良し、長期に渡る機能実証を達成した。パビリオンでは一人の遠隔操作者が最大で 7 体の移動型 CA を操作することで、多数の来場者に対して対話および案内・誘導サービスを提供できることを確認した。高齢者や精神疾病患者による CA 遠隔操作は多数のメディアによって取り上げられ、本プロジェクトの研究開発成果を社会へとアピールすることができた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

実環境におけるマルチモーダル認識を支える基盤技術として、実世界の多様な照明条件や撮像条件の変動に対応できるロバスト視覚基盤技術を実現した。具体的には、カメラ RAW データを直接活用し、少数パラメータ更新で物体検出・領域分割・姿勢推定など複数の視覚認識課題に高精度に適応可能な方式を開発した。これらの基盤技術は翌年度においてプロジェクト全体で共有可能とし、CA において実装する予定である。

また、東北大学において空間遺伝子発現解析装置 Xenium や Brain Machine Interface などの多様な解析基盤を整備した。後半 5 年以降の生体情報解析の研究開発を支える基盤として、CP 課題の推進にも貢献することが期待される。

2) 代表的な論文

- ・ V. Honcharuk, S. Kawaoka, et al. (2026) DeepSpaceDB: a spatial transcriptomics atlas for interactive in-depth analysis of tissues and tissue microenvironments. *Nucleic Acids Research*, Volume 54, Issue D1, 6 Jan.2026, Pages D1017-D1030

生体情報の空間オミクス解析は解析対象組織の空間情報を維持したまま遺伝子発現解析を実施できる新しいプラットフォームであるが、解析には高度な専門性が要求される。そこで、専門性のない研究者でも利用できるユーザーフレンドリーな空間オミクスデータベース「DeepSpaceDB」の開発を行った。フェーズ 2 以降に取得されるデータの格納先としても有用で、目標 1 全体の研究の推進に資すると思われる。

- ・ H. Kumazaki, T. Miyashita et al. (2025) Social contact support for patients with schizophrenia using a computer graphics avatar in a real city street environment, *Asian Journal of Psychiatry*, Vol.112, Oct.2025, 104668

統合失調症患者を対象に、実際の街路環境で CG アバターを介した社会接触支援を実施した。患者が現実の都市空間で他者と安全に関わるため、CA 基盤を用いて映像・音声・操作を安定的に接続し、現場での対人交流を成立させた。医療・福祉分野における CA 基盤の実環境適用可能性と、アバターを介した社会参加支援の有効性を示した。

3) 代表的な特許

- ・ 特許第 7777866 号「情報処理装置、情報処理システム、制御プログラムおよび制御方法」
- ・ 特許第 7811779 号「情報処理装置、情報処理プログラムおよび情報処理方法」

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

存在感 CA の開発と CA 自在操作インターフェースの研究開発

課題推進者：石黒浩（大阪大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

存在感 CA の研究開発について、視覚・触覚情報をヘッドマウントディスプレイ・触覚フィードバックにより操作者に伝達するシステムを開発した。予備実験により、操作者が運動主体感と身体所有感を感じることを確認した。また、互いの存在感を感じさせる双方向アバターシステムを開発した。アバターに操作者の顔を投影することで、利用者が操作者の存在感を一定程度感じることを確認した。さらに、存在感 CA のモデル人物らしい自律対話システムが、利用者がその人物に持つ親近感を促進することを示した。

CG-CA の研究開発について、AVITA (共同研究企業) 製 CG-CA を万博パビリオン受付等に導入してきた。これら実フィールドにおいて、長期間 (例: 万博パビリオンでは 180 日間) サービスを提供した。

CA 自在操作インターフェースのシステム開発について、1 人の操作者が同時に 5 台以上の CA を操作できるリアルタイムリカバリ遠隔操作システム (自律-遠隔ハイブリッド) を開発した。東急ハンズにて、1 人 5 体での商品位置案内を実施した。初期の自律時に比べて、操作介入をすると回答成功率や満足度が最も高くなり、介入後の自律時も修正された知識によって初期より性能が高くなることを確認した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

存在感 CA のモデル人物らしい自律対話システムが、利用者がその人物に持つ親近感を促進することを示した。

2) 代表的な論文

・Kodani, N., Komai, Y., Sakai, K., Uchida, T., & Ishiguro, H., “The Effect of Avatars with an Autonomous Dialogue System on Human Relationships,” In Companion Proceedings of the 21st ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 243-247, 2026.

操作者らしさを反映した自律対話システムを搭載した存在感 CA が、モデルとなった操作者に対して利用者が認識する関係性に与える影響を定量的に評価した。その結果、開発したシステムとの対話により、モデルとなった操作者に対して利用者が持つ親近感が、有意に高まることが示された。さらに、その後のモデルとなった操作者との実際の対話では、この親近感が有意に高まらなかった。したがって、本システムは親近感を十分に高め、操作者との実際の対話と同等の効果を、生み出すことが期待される。

・Komai, Y., Uchida, T., Kamide, H., & Ishiguro, H., “Verification of the Factors of Individuality through Avatar’s Speech Generation System,” Scientific Reports, 2026 (Accepted).

大規模言語モデル (LLM) と音声合成を用いて、本人らしさを反映した発話を生成する音声生成システムを開発した。システムの評価を通じて、本人らしさの知覚に寄与する要因を検証した。実験結果から、開発した LLM によって生成された発話は、実在の人物による発話よりも、モデル化された個人を再現している可能性が高いと知覚されることが示された。さらに、発話において知覚されるアイデンティティが、音声において知覚されるアイデンティティに、影響を与える可能性があることも明らかになった。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

高臨場感遠隔操作インタフェースの認知科学研究

課題推進者：小川浩平（名古屋大学工学研究科・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、CA 操作者が深くのめり込みながら、主体性をもって CA 操作を行うことを可能にする操作インタフェースの実現を目指し、高臨場感インタフェース及びゲーミフィケーションインタフェースの研究開発に取り組む。

高臨場感インタフェースの研究開発に関わる成果として、操作者が高臨場感をもちながら利用者とは対話するために必要であると考えられる情報、すなわち、利用者の視線、感情状態、発話・傾聴状態、ターンテイクなどの情報をインタフェースに分かりやすく表示する情報提示システムを開発し、CA 操作者の認知負荷を引き下げること、高臨場感をもちながら操作できることを実験的に明らかにした。5 者対話という操作者の認知負荷が高い条件下においても臨場感を大きく損なわずに操作できることを可能にした。また、複数体 CA を同時に操作する際のインタフェース技術として、操作していない CA で発生した事象を操作復帰時に瞬時に把握するための情報提示システムを開発し、複数体 CA の遠隔操作時の認知負荷を引き下げることを確認した。3 体以上の CA を遠隔操作した場合でも、1 体の CA を操作する場合と同等の速度で対話内容を理解しながら操作できることを明らかにした。

ゲーミフィケーションインタフェースの研究開発に関わる成果として、インタフェースにおける情報提示に効果音を付与したり、ポイント獲得のシステムを実装したりするなど、遠隔操作のゲーミフィケーションを実現した。これにより CA 操作をまるでゲームのように楽しむことができる操作インタフェースが実現した。令和 7 年度ではプロトタイプシステムが完成し、商業施設での案内業務等におけるフィールド実験によってその機能が実証された。今後は本プロトタイプシステムをより洗練させ、スマートフォンアプリでの実装化を目指して研究開発に取り組んでいく。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

「ゲーミフィケーションインタフェース」に関連する研究において、実装したシステムの効果をフィールド実験によって確認した。具体的には、一般の実験参加者(38 組 68 名、無償)が、15 分以上(中央値)操作し、その後も予定がなければ追加で操作したいと思う時間は?という質問に対して、40 分程度(中央値)は操作してもよいと回答した。この結果からゲーム要素の追加により、無償でもアバターを介してタスクを遂行してくれることが分かった。また合計 36 名(有償)の実験参加者が、一人一台のアバターを 6 時間(休憩 1 時間を挟む)操作する実験において、アバターと操作者の間の対話機能を追加することで、長時間のアバターを介したタスク遂行においても、飽きやストレスが抑制される可能性が示された。

2) 代表的な論文

・植竹真斗, 小川浩平, 他, 「接客ロボット遠隔操作の楽しさを引き出すには? : ゲーム化インタフェースの初期検討と設計指針の提案」, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, Vol.6 No.4(Oct. 2025)

遠隔操作型接客ロボットの課題である操作者の単調さを解消するため、楽しさを引き出すインタフェースを開発。自由度とゲーム性に着目した 2 種のシステムを構築し、商業施設での実験と「笑い」の分析から有効性を検証した。その結果、楽しさの向上を確認。設計指針として「匿名性」「適度な操作制限」「体験の共有」の 3 要素が重要であることを明らかにし、操作者の継続意欲向上に資する知見を得た。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

人間型移動ロボット存在感 CA の研究開発

課題推進者：仲田 佳弘（電気通信大学・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

当該年度では、半年間、大阪・関西万博のパビリオンにおいて、開発した人間型移動ロボット存在感 CA を用いた実証研究を実施した。CA 操作者の操作に関連する能力と利用者の CA 受容性を検証した。CA の遠隔操作では、東京から会場の CA を操作し、利用者と遠隔対話による交流を行う機会を設けた。操作に関しては、操作者の動きに同期して CA が動作するモードと、自動動作のモードを作成し使用した。これにより、実環境における遠隔操作運用と自動動作を組み合わせた存在感 CA の活用可能性を検討した。また、子どもらしい外見を有する CA として実際の来場者と継続的に関わることで、親和的な対人応対のあり方や、見た目と音声の統合が利用者の受け止め方に影響することに関する知見も得られた。万博の直後に石川県で実施した実証実験では、操作者・利用者共にコミュニケーションツールとしてのアバターや遠隔対話体験に対して肯定的な評価が得られた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大阪・関西万博において、移動可能な存在感 CA 2 台を用いた展示・実証を 113 日間実施し、総計 1131 時間の運用を通じて、実環境での長期運用可能性を示した。

石川県で、操作者 62 名・対話相手 56 名の計 118 名を対象とする遠隔操作コミュニケーション実験を実施し、存在感 CA を介した対人相互作用の可能性を検証した。

2) 代表的な論文

・K. Shinkawa, M. Nakajima and Y. Nakata, “Facial Synchronization System for an Android Avatar with an Immersive Interface to Reproduce the Operator’s Intended Expressions,” 2026 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Cancun, Mexico, 2026, pp. 1348-1355.

本論文は、ヘッドマウントディスプレイで取得した操作者の顔パラメータをアンドロイドの表情駆動指令へ変換する顔同期システムを提案した。没入型のアバター操作において、操作者が意図した表情をアンドロイド上で再現する方法を検討した。開発者データに基づくモデルは従来法と同程度の評価を示し、提案手法の妥当性が示唆された。存在感 CA の遠隔操作において、利用者との相互作用を支える非言語表現技術の基盤となる知見を提供する。

・R. Taguchi, K. Shinkawa and Y. Nakata, “Personal Space Toward Human-like and Non-human-like Robots: Effects of Robot Appearance and Likability,” 2026 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Cancun, Mexico, 2026, pp. 483-490.

本論文は、人間らしい外観と非人間らしい外観をもつ移動ロボットの接近に対して形成されるパーソナルスペース（他者に近づかれると不快に感じる空間）を計測し、好感度との関係を検討した。外観条件間で有意差は認められなかったが、好感度が高い参加者ほどロボットの接近をより近距離まで許容する傾向が確認された。存在感 CA の移動時における対人距離制御と親和的相互作用の設計に資する知見を与える。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

抱擁型生命感 CA の研究開発

課題推進者：塩見昌裕（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・深層インタラクション総合研究所・インタラクション科学研究所・室長）

1. 研究進捗状況と成果

サブ課題1 「抱擁型ロボット CA の開発とメンタルケアサービスの実現」では、抱擁型生命感 CA を用いたメンタルケアサービスの実現に向けて、高齢者を含む成人を対象に、抱擁型生命感 CA がもたらす心理的な安心感についての有効性検証を進めた。具体的には、抱擁型生命感 CA を用いた長期的な実験を、高齢者も含む成人の健常者を対象に進めるとともに、これまで開発を進めてきた抱擁型生命感 CA を用いて、自閉症傾向のある人々への触れ合い対話カウンセリングや、精神科のデイケアを訪れる人々への触れ合い対話カウンセリングを行った。延べ 100 人以上の実験参加者に対して延べ 1 か月以上の実験を行い、触れ合い対話カウンセリングの前後で安心感の変化を検証し、大多数の参加者がより心理的に安心したことを確認した。すなわち、抱擁型生命感 CA を用いたメンタルケアサービスの実現に重要となる、心理的な安心感の人々にもたせることが明らかとなった。

サブ課題2 「抱擁型ロボット CA 操作者支援技術に関する研究開発の実施」では、抱擁型生命感 CA を用いたメンタルケアサービスを行うオペレータを支援するために、視聴触覚誘導性被接触感覚を想起させる UI 開発を進めた。具体的には、物理的な刺激提示が可能なハードウェアも活用し、視聴触覚誘導性被接触感覚を想起させる UI を開発した。複数の被験者が参加する実験を通じて、CA が実験者に触れられる様子を観察した。アバターが触られた場合にオペレータへ物理的な刺激（触れられた部位の周辺だけ振動する場合・全体が振動する場合・振動しない場合）を与えて印象の変化を分析し、物理的な刺激を行うことで有意な印象の変化がみられること、および触れられた部位の周辺だけ振動する場合に不快感を有意に減少させられることが明らかとなった。すなわち、開発した UI を活用して、大多数のオペレータに対して視聴覚誘導性被接触感覚をより強くもたらしつつ不快感を下げることを確認でき、メンタルケアサービスを行うオペレータを支援するための有用な UI を開発することが出来た。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

精神科のデイケアを訪れる人々や、自閉症傾向を持つ人々に対して、抱擁型 CA を用いた触れ合い対話カウンセリングや対話トレーニングを行う取り組みは、既に 1 年以上継続して多数のデータを収集している。抱擁型 CA を用いて多様な年代・属性を持つ人々へのメンタルケアタスク実現という、本研究の目標達成に向けて大きく寄与することが出来た。

2) 代表的な論文

・Akiyoshi, Takuto, et al. "Implementation and Evaluation of Intra-Hug Gestures During Dialogue for a Huggable Robot." IEEE Robotics and Automation Letters 11.1 (2025): 850-857.

本論文は、抱擁型生命感 CA を用いて触れ合い対話を行う際の適切な接触動作のモデル化の実装とその評価を進めた論文である。具体的には、人が親しい人に対して行う触れ合い対話時の発話・動作に関する大量のデータを分析し、確率的にモデル化する取り組みを進めた。本年度に複数個所で行われた各種評価実験において実験に活用された抱擁型 CA の基本動作設計にも活用されており、触れ合い対話カウンセリングがもたらす心理的な安心感の向上や、長期的に行われる実証実験の運営にも大きく寄与するシステムとなった。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

生命感 CA の開発と連携対話の研究開発

課題推進者：吉川雄一郎（大阪大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

生命感 CA の表現機能および対話機能の向上に向けて、上下動を伴う移動や顔面表現の動的な切り替えに基づき、多様な感情や人格を切り替えながら対話できるシステムを開発し、案内サービス場面における誘導性の向上、同調性の高い対話、説得性の高い対話などが実現可能であることを示した。また、精神科デイケア施設で取り組んでいる対話提供サービスについても、移動型 CA を用いてより積極的に提供する実証実験を実施した。

複数 CA の研究開発では、大規模言語モデルを多重かつ非同期的に活用することで、長期にわたり、より高いホスピタリティを備えた対話サービスを提供できる CA システムを開発した。これをコンビニエンスストアのイートインスペースや精神科デイケア施設などに、施設利用者が常時利用できる形で設置し、数週間から数か月にわたり雑談対話提供サービスが継続できるかを検証する実証を開始した。また、複数の CA の物理的・社会的な立ち位置を変化させながらユーザに対話サービスを提供する複数移動対話 CA システムを開発し、雑音環境における頑健性や市民の受容性の評価するため、大阪・関西万博に展示した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大規模言語モデルを多重かつ非同期的に活用する連携 CA システムを複数の実社会空間（コンビニエンスストアイートインスペース、精神科デイケア、精神科病棟等）に設置し、施設利用者が CA との雑談対話を楽しむ雑談対話サービスを長期間常時提供することに成功した。特に課題推進者の熊崎と連携して取り組んでいる精神科デイケアでの実施においては、4 か月間自動動作させることに成功した。

2) 代表的な論文

・Koshino et al.(2026) Dialogue Robots That Promote Relationship Building among People Based on Common Preferences and Interests: A Field Trial. *IEEE Robotics and Automation Letters*. vol. 11, no. 6, pp. 6855-6862

ユーザと共通の好みや関心を持つ第三者を同定し、第三者に関する疑問を共有することで、両者の直接的な会話を促すロボットを開発し、小学校 6 年生の学級に 5 日間導入する実証実験を実施し、提案条件で子ども同士の会話頻度が増加しやすいことが示唆された。実際の小学校の現場において、ロボットが子ども同士の関係構築を支援できる可能性を示すものであり、重要な知見である。

・Iwasaki et al.(2025) Following to Talk: Effects of Mobile Robot Guidance on Dialogue Motivation in a Field Trial. *IEEE Robotics and Automation Letters*. vol. 11, no. 4, pp. 4339-4344

移動型 CA が人を設置型 CA のもとへ案内する場面を想定し、その移動行動が対話への関与意欲に及ぼす心理的効果を検討した。商業施設での実証実験の結果、移動 CA による案内は対話時間を有意に増加させた一方で、移動距離と対話意欲との間には相関が認められなかった。結果は、案内に伴う身体的なコミットメントがユーザの動機づけを高める可能性を示しており、移動行動を活用した相互作用デザインが、対話 CA の社会実装を進めるうえで重要であることを示唆している。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

存在感 CA の自在動作生成の研究開発

課題推進者：港隆史（理化学研究所・チームディレクター）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は、「操作者の状態を表出する存在感 CA の動作の自動生成」（サブ課題 1）および「操作者の複数人格を同時に表出する複数存在感 CA の動作の自動生成」（サブ課題 2）の課題に取り組んだ。

サブ課題 1 では、事前学習済みの Vision-Language Models が持つ表情画像の理解を言語化する能力を活用し、勾配計算なしに高次元の制御空間において操作者の表情を最もよく模倣できる表情制御値を求める手法を提案した。またジェスチャ生成では、深層生成モデルである Conditional Flow Matching を用いて、高次元かつ連続値であるジェスチャのモデリング、音声との複雑な対応のモデリング、ロボットの物理的制約への対応という課題を解決し、操作者音声から CA のジェスチャを生成する手法を開発した。

サブ課題 2 では、CA の人格（音声・表情・身体動作）を相手や状況に適応させる手法の開発に取り組んだ。表情に関しては、大規模言語モデルを用いて、文脈やユーザの表情に関する好みを考慮しながら、表情アクチュエータの指令値を決定するシステムを構築した。ジェスチャに関しては、ジェスチャのスタイルと内容を自律的に分離して学習する手法の導入により、多数のスタイルデータを集めることなく操作者と異なるスタイルのジェスチャに変換するシステムを開発した。

さらに、複数の CA に状況に合わせて異なる人格を表出させるシステムの開発と評価を行い、システム評価においてユーザの高い満足度を得た。

また、これまでに異なる国や文化での適応を進めるため、存在感 CA の受容性を異なる国間で比較する実証実験を UAE ドバイの研究機関（DFL）と共同で実施してきた。解析した結果、CA と動画で対面する場合とリアルに対面する場合で、ドバイと日本で操作者への印象や CA の受容性が異なる（対面の場合、日本はより操作者に肯定的な評価を示す）ことを明らかにし、その成果をまとめた論文を発表した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

複数 CA を状況に合わせて異なる人格を表出させるために、受付タスクで通常の接客、迷子への対応、苦情への対応の 3 つの場面において、大人、5 歳児、小中学年、軽度難聴の高齢者の相手を想定し、各状況・相手に適した CA の人格を構築した。そして、一人のオペレータが 5 体の CA を、状況・相手に合わせて異なる人格を表出しつつ、同時に遠隔操作して対話できるインタフェースを開発した。評価実験では、満足度および会話の円滑さにおける印象評価はいずれも 7 段階で平均 5 以上の評価が得られた。

2) 代表的な論文

・C. T. Ishi, T. Yano, Y. Nakayama, Preliminary Evaluation of Multimodal Expressions by a Reception Robot in Three Situations, Companion Proc. of the 21st ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2026, Pages 979-983, DOI:10.1145/3776734.3794540

異なる 3 つの状況に適した CA の人格表出モデルを構築し、CA の人格表出を状況に合わせて変えた方が、人格を変えない場合より、振舞いの適切さ、満足度等が有意に高くなることを確かめた。

・T. Shintani, C. T. Ishi, H. Ishiguro, Effects of gaze control strategies on the impression of robot's internal states, Advanced Robotics, Vol.3, No.9, pp.1591-1603, 2025.

複数人対話で CA の視線逸らし率を明示的に制御できる視線動作生成モデルを作成し、同一の音声でも CA の視線逸らし率を制御することにより、ユーザに与える外向性の印象を変えられることを確かめた。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CA の対話動作学習機能の研究開発

課題推進者：中村 泰（理化学研究所・チームディレクター）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は、操作者の負担軽減とアバターのリッチな表現を両立する「遠隔操作システムの核となる基盤」を構築し、実システムでの運用・評価を開始した。深層生成モデルを用いた「ワールドモデル」的アプローチにより、周囲の状況と自身の行動を同時に予測するシステムを実現。本基盤は、対人人数や環境に依存しない高い汎用性を備え、「音響マップ」等の新モダリティも自然に統合可能な構造を持つ。現在は対人インタラクション場面での実装・評価フェーズにあり、実用環境における操作性向上と表現の妥当性を検証中である。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

半自律遠隔操作アバターの実現に最も寄与する成果は、未来の観測データと自身の行動を同一モデルで予測・生成する基盤の構築である。一人称視覚情報と空間的音響情報を統合し、複雑な環境下での高度な状況認識と柔軟な行動計画を単一フレームワークで実現した。これにより、詳細な指示なしにアバターが対話相手に応じた振る舞いを半自律的に生成する技術的基盤を確立。現在、実機およびCGエージェントでの運用を通じ、次世代遠隔操作システムの検証を推進している。

2) 代表的な論文

・Okadome et al. (2025) "Generating interaction gestures in dyadic conversations using a diffusion model" (PLOS ONE)

CG アバターや対話ロボットの自然な対話実現に向け、2 者間会話における相互の身体動作を自動生成するモデル「IDM」を提案した。従来の手法とは異なり、拡散モデルとマスク機能を活用することで、対話相手の挙動をリアルタイム（約 30 ミリ秒）で考慮した連動動作の生成を可能にした。主観評価実験でも音声情報のみの手法に比べ、人間に近い自然なジェスチャーが生成できることが示された。

・Chen et al. (2025) "A Feasibility Study With In-the-Wild Data in Human Interaction Settings: Acoustic-Visual Fusion for Predictive Sound Source Positioning" (IEEE Access)

人間とロボットの対話において、音声の言語情報だけでなく空間的な文脈を活用するため、音環境を2次元に投影した「音響マップ」と視覚情報を統合する手法を提案した。日常の4つのシナリオから収集した主観視点データを用いて音源位置の予測を行い、音響マップが対話に関する重要な情報を捉えられることを実証した。混雑した環境での話者特定などロボットの高度な対話支援への応用が期待される。

・Xu et al (2025) "Action-Inclusive Multi-Future Prediction Using a Generative Model in Human-Related Scenes for Mobile Robots" (IEEE Access)

人間が共存する動的な環境で移動ロボットが自律的に活動するため、自身の行動と将来のセンサ観測データを同時に予測する深層生成モデルを用いたフレームワークを提案した。一人称視点のデータから複数の「あり得る未来」の候補と対応する行動を生成する。実験により、予測される周囲の状況を手がかりにロボットの行動計画が可能であることが示され、複雑な人間社会におけるロボットの共生に有効であると実証された。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

自在遠隔音声対話の研究開発

課題推進者：河原達也（京都大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

様々な騒音のある実環境において、CAによるホスピタリティのある対話を実現するために研究開発してきた音声認識・対話技術を大阪関西万博の展示等で実装・評価した。

(1) 実環境下における音声検出・認識

多数の人がいる環境（＝実環境）において、周囲の雑音やBGMなどから、目的となる話者の音声を強調・検出した上で、自動音声認識を行うシステムを会話ロボットに実装し、大阪関西万博のFLV(Future Life Village)において8月中旬にデモンストレーションを行った。人間でも会話内容を聞き取るのが困難なくらいの騒音であったが、十分な性能で音声認識ができることを確認した。

(2) 人間レベルの自律音声対話

2人を相手に傾聴対話を行うシステムを実装して、上記の大阪関西万博のデモンストレーションに組み込んだ。家族・友人どうしで参加するケースが多かったが、円滑に会話を行うことができた。このシステムは、グループ7の熊崎教授（長崎大学）らと共同で、精神科病院のデイケアプログラムでも実証実験を継続的に行っており、その成果がIEEEのジャーナル論文に採録された。

(3) 自律対話と遠隔操作対話の切替え・融合

当該システムをグループ1の吉川教授（大阪大学）らのシステムに実装し、大阪関西万博の（上記とは別の）デモンストレーションにおいて、十分な性能を達成していることを確認した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大阪関西万博におけるデモンストレーションにおいて、かなりの騒音下でも頑健に安定して音声認識・対話が動作することを実証した。20年前の愛知万博では同様の会話ロボットはほとんど動作しなかったことをふまえると、大きな進歩といえる。

2) 代表的な論文

・K.Ochi, D.Lala, K.Inoue, T.Kawahara, and H.Kumazaki (2025). Robot-mediated multi-party conversation aimed at affect improvement for psychiatric patients. IEEE Trans. Affective Computing. vol. 17, no. 2, pp. 1427-1437

2名を相手とする傾聴システムをロボットに実装し、精神科病院のデイケアプログラムで実験した。実際にこのシステムを体験することで、それまでほとんど話すことのなかった人どうしが自然に会話できるようになることが確認された。

・Y.Gao, H.Shi, Y.Fu, C.Chu, and T.Kawahara (2026). Bridging speech emotion recognition and personality: Dataset and temporal interaction condition network. IEEE Trans. Affective Computing. vol. 17, pp. 829-840

感情認識で世界的に用いられている IEMOCAP データセットにパーソナリティのアノテーションを付与し、その効果を示した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

音響情報処理・音声変換の研究開発

課題推進者：猿渡洋（東京大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

1) 多様な利用者に対応できる自律 CA 用音声合成

2025 年度は、音声合成により再現可能な非実在個人性を増強するために、話者制御のための特徴量空間を拡充するためのテキスト音声合成アルゴリズムを提案した。Web データをソースとする音声コーパスを用いた実験的評価を通じて、従来のスタジオ収録品質音声（100 名程度）の 10 倍である 1,000 名以上の話者の音声を提案アルゴリズムにより再現可能であることを示した。

2) 自律 CA 発話と遠隔操作発話を同化させる音声変換

2025 年度は、CA 操作者が聴取することが想定される実環境下音声の違和感（不自然さ）を定量化するための新たなアプローチとして、音声信号を離散シンボル列としてみなした際の言語統計学的指標に基づく違和感の客観評価指標を新たに検討した。評価結果より、ある特定の離散シンボル抽出モデルを利用した条件下で、言語統計学的指標が発話明瞭性・声色の乖離度と中程度の相関を持つことを示した。

3) 実環境下における音声分離・強調

2025 年度は、リアルタイムブラインド音源分離で得られた目的音声と背景雑音の SN 比などを用いて CA 発話と遠隔音声を变形し、騒音下人間対話で発生するロンバード効果（自分の声が騒音に埋もれないように話者が自分の声色を調整する効果）を CG-CA 上に実装した。利用者側における CA 発話の明瞭性および一貫性が向上するかどうかの実験的評価を実施し、約 9 割の人が提案法を好む事が分かった。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

本年度は特に音声合成における非実在個人性を増加させ、CA 側音響状況推定を実システム上に実装した。以上より目標である「様々な環境における自在音声対話 CA」の実現に資する技術を実装する事ができた。

2) 代表的な論文

・Y. Ishikawa, et al., “Real-Time Speech Extraction Based on Rank-Constrained Spatial Covariance Matrix Estimation and Spatially Regularized Independent Low-Rank Matrix Analysis with Fast Demixing Matrix Estimation,” IEEE Access, vol. 13, pp. 88683-88706, 2025.

本論文は、拡散性雑音中における目的話者音声の抽出を高精度かつリアルタイムに行うアルゴリズムの提案を行っている。本システムは 2 段構成となっており、前段では独立低ランク行列分析によって背景雑音と軽度に強調された目的音声抽出され、その後段において高精度な強調音声を出力する。強調音声は音声認識器もしくは CA 操作者へ伝えられるが、分離された背景雑音は CA 側の音響状況を予測する変数として機能し、これを基に対話システム応答音声にロンバード効果を付与する事が可能となった。

・K. Seki et al., “TTSOps: A Closed-Loop Corpus Optimization Framework for Training Multi-Speaker TTS Models from Dark Data,” IEEE Trans. ASLP, vol. 33, pp. 4956-4970, 2025.

本論文は、未整備な Web 音声から高品質な多話者音声合成モデルを構築するための閉ループ最適化フレームワークを提案している。提案法では、自動で収集されたデータに対し、発話単位でクリーニング手法を切替えて、合成音の自動品質評価に基づくデータ選択を行うことで、コーパスとモデルを同時最適化する。実験の結果、提案法は従来法よりも自然性と話者多様性が向上することを示した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

対話知識処理の研究開発

課題推進者：東中竜一郎（名古屋大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、有用性の高い実用的タスクにおける CA 対話サービスの実現を目指し、対話知識処理に関する研究開発を推進した。実サービス環境における十分な性能を実証するため、対話知識獲得、対話状況理解および可視化、対話制御および制御インターフェースの各観点から取り組みを行い、実サービスへの展開に向けた十分な性能を検証することができた。

対話知識獲得については、移動型対話 CA を対象として収集済みの対話データを分析した。実験室での W0Z データからはユーザ満足度向上に寄与する重要な対話的特徴を明確化し、ニフレル(大阪・生きているミュージアム)における案内・接客サービスの実証実験データでは自律 CA が人間によるテレオペレーションと遜色のない性能を発揮することを確認した。加えて、両者の性能差の主要因が物理的環境の認識精度およびユーザ状況の理解能力にあることを特定し、今後の性能向上に向けた改善指針を得た。

対話状況理解および可視化については、一人のオペレータが最大 6 台（高負荷条件）または 4 台（低負荷条件）の CA を同時監視するニフレルでの実験データを分析した。対話内容を抽象的に対話形式で要約する手法が高負荷条件において特に有効であることを実証し、短時間での対話の流れの把握によるオペレータの認知負荷軽減への貢献を確認した。

対話制御および制御インターフェースについては、実サービス環境への堅牢性向上を目的として、ニフレルでの実データに基づくマルチモーダル対話破綻検出モデルの汎用性向上に取り組み、環境変動に対してより頑健なモデルの構築を進めた。

その他の取り組みとして、音声対話モデル「J-Moshi」の身体動作生成機能へ拡張、および人間と AI の協調作業の基盤となるコモングラウンドの形成過程の解明を目的とした大規模言語モデルエージェント同士の対話分析を実施し、そのメカニズムに関する新たな知見を得た。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

移動型対話ロボットによる、ユーザ満足度向上に寄与する重要な対話的特徴の明確化、および、フィールド実験を通して、対話内容を抽象的に対話形式で要約する手法が高負荷条件において特に有効であることの実証。

2) 代表的な論文

・Ao Guo, Shota Mochizuki, Sanae Yamashita, Kenya Hoshimure, Jun Baba, Ryuichiro Higashinaka, “A Comparative Study of Human-operated and AI-driven Guidance with a Teleoperated Mobile Robot”, Proceedings of IJCNLP-AAACL, pp. 1615-1627, 2025.

ニフレルでの実験データを対象とし、移動型対話ロボットが人間によるテレオペレーションと遜色のない性能を発揮することを確認するとともに、人間と比較し、今後改善すべき点を明確にした。

・山下 紗苗, 東中 竜一郎, 「対話形式の抽象型対話要約の提案とその特徴および対話の引継ぎに及ぼす負荷の分析」, 自然言語処理, vol. 33, no. 1, pp. 336-369, 2026.

複数の対話要約の種別について、クラウドソーシングを用いた大規模な評価実験を行い、対話の引継ぎの文脈において、それぞれの特徴を明らかにし、提案する対話形式の要約の有用性を明確にした。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CG-CA 特有対話の研究開発

課題推進者：李 晃伸（名古屋工業大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

アニメーションキャラクターのような抽象的な CG-CA (Computer Graphics Cybernetic Avatar) の CG 特有性およびアバター基盤システムの研究開発に取り組んでいる。前半 5 年の最終年度として研究成果の総括を行うとともに、後半 5 年に向けた技術基盤の拡張を進めた。

(1) CG エージェントの認知の研究：CG キャラクターに対する「対話性認知」の獲得手法として、画面内での CG-CA と自己投影アバターの疑似的な触れ合いによる疑似ソーシャルタッチの効果を検証した。また、アニメ調の誇張動作など CG らしさと人間らしさを統合したふるまい表現の有効性を HAI シンポジウム 2026 にて発表した。加えて、今後人型アバターの社会応用で大きな実践的課題となる CA のデザインに関して、ステレオタイプの課題を考慮した CG 対話エージェントの設計に関する総説を人工知能学会誌に寄稿した。

(2) CG アバターを用いた自動対話において、ホスピタリティを提供する対話システムの研究の一環として、発散・深掘り戦略に基づいてユーザの内省を支援する対話や、悩みの原因を自ら気づかせる動機づけ面接システムの研究を行い、言語処理学会年次大会にて発表した。

(3) 後半 5 年への技術基盤拡張として、前半 5 年の成果を統合した高生命感・高存在感 CG-CA 対話エンジンに対して新たに OpenXR 3D 技術対応を行い、AR ヘッドセットにおいて現実味が高い高品位な CG-CA の立体提示を可能にした。

なお、大阪大学との共同研究として、CG アバターを用いた臨床応用に関する国際学術誌論文 2 件 (Asian Journal of Psychiatry, Journal of Autism and Developmental Disorders) の共同執筆、および対話システムライブコンペティション (SIGDIAL 2025) への共同参加の実績がある。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

前半 5 年前半 5 年で開発した平面用の高生命感・高存在感 CG-CA エンジンを 3D に独自拡張し、AR ヘッドセットでの高品位な CG-CA 表示を実現した。これにより、後半 5 年で取り組む AR CG-CA 対話の研究基盤が整った。

2) 代表的な論文

・李 晃伸. "ステレオタイプを考慮した CG 対話エージェントの設計". 人工知能学会誌, 40 巻, 5 号, p.634-641, 2025.

本論文は、CG 対話エージェントの外見設計が利用者の印象形成やジェンダー等のステレオタイプに与える影響を整理し、本プロジェクトで開発した中性的 CG アバターの設計事例を通じて多様な利用者に受容される包摂的なエージェントデザインの要件を論じたものである。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

頑健な音声対話処理の研究開発

課題推進者：駒谷 和範（大阪大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究課題では、実環境の音声対話システムで不可避である音声認識などの誤りを、対話を通じて修復・補正することを目標とし、(1)音声対話における状況検出、(2)誤り発生時の対話の継続、の2課題について研究開発を進めた。

課題(1)では、ロボットとの対話における発話区間検出誤りを分析し、音声認識結果の誤りだけでなく、発話区間検出誤りが対話性能に影響することを示した。また、対話中の後続発話を活用して音声認識結果を事後的に修復する手法を開発し、認識誤りの修復の新たな可能性を示した。

課題(2)では、複数人対話における発話の重複という誤りの発生後に、システムが適切な修復行動を選択して対話を継続するための実験基盤を整備した。ユーザとシステムの音声を別チャンネルで収録しながら対話できるシステムを構築し、複数人対話データを大規模に収録することで研究環境を整えた。またユーザ状況の把握の一環として、一つの発話交換よりも細かい単位での心象推定の手法を開発した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

実環境の音声対話において、対話破綻の要因が音声認識誤りだけでなく発話区間検出誤りにもあることを明らかにしたことが、目標達成に最も寄与する成果である。利用が容易なストリーミング音声認識を用いた対話システムにおける誤りの分析を通じて、実環境における課題の所在を具体化した。さらに、この知見を踏まえ、後続発話を利用した認識改善や状況検出の高度化へ展開することで、誤りを含む実環境下でも対話継続を可能とする研究基盤を前進させた。

2) 代表的な論文

- Analysis of Voice Activity Detection Errors in API-based Streaming ASR for Human-Robot Dialogue (Proc. IWSDS 2025)
API 型ストリーミング音声認識を用いたロボット対話システムにおいて、実環境における発話区間検出誤りを詳細に分析した。音声認識そのものだけでなく、発話区間検出誤りが対話の破綻に繋がることを示し、誤りの発生傾向と影響を明らかにした。
- Estimating User Sentiment at Sub-exchange Granularity from Exchange-level Annotations (Proc. APSIPA ASC 2025)
音声対話におけるユーザ状態把握に向けて、発話交換単位で与えられた正解を用いながら、より細かな粒度でユーザ心象を推定する手法を提案した。一つの発話交換の内部でも心象が変化し得ることに着目し、粗い粒度のラベルから細粒度な状態を推定する手法を開発した。
- Retrospective Speech Recognition for Spoken Dialogue System: Exploiting Subsequent Utterances to Enhance ASR Performance (Proc. IWSDS 2026)
音声対話システムにおける認識誤りを削減するために、対話中の後続発話の情報を利用して音声認識結果を改善する手法を提案した。後続発話の文脈情報を活用して過去の認識結果を事後的に修復することで、対話システムが発話生成に利用する対話履歴の補正が可能になり、誤った発話が生成されるのを防げる。対話という状況を生かした認識結果改善の新たな可能性を示した成果である。

3) 代表的な特許

なし（出願準備中）

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

概念理解とマルチモーダル認識の研究開発

課題推進者：原田達也（東京大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本課題では、画像・音声・言語を横断的に扱い、実世界で機能する概念理解と情報生成の基盤技術を研究開発した。今年度は、ヘッドアバター、音声認識・音声合成、ロボスト視覚システム、の三つの領域で成果を得た。

ヘッドアバターでは、任意の音声から三次元頭部モデルの唇動作、表情、頭部姿勢、瞬きなどをリアルタイムに生成する新しい自己回帰モデルを実現した。従来の拡散モデルは高品質な生成が可能である一方、速度面に課題があったが、本手法は音声から動作コードブックへの写像を学習することで、高速かつ高精度な生成を可能にした。さらに、未学習の話者スタイルにも適応でき、個人性を反映した三次元トーキングアバター生成を実現した。評価実験およびユーザスタディにおいても、口唇同期精度と知覚品質の両面で既存法を上回った。

音声認識 (ASR)・音声合成 (TTS) では、ASR と TTS を単一フレームワークで実現する非自己回帰型モデル「T2V2((Text to Voice and Voice to Text))」を初めて開発した。共通の Conformer バックボーンを用い、音声認識では CTC(Connectionist Temporal Classification)損失、音声合成では MLM(Masked Language Modeling)損失により学習することで、音声と言語の双方向変換を統一的に扱う。また、補助タスクの導入により認識性能と合成品質を向上させ、外部分節器に依存せずに整列を実現した。その結果、TTS では最先端性能、離散 ASR でも高い競争力を示した。

ロボスト視覚システムでは、多様な照明条件や撮像条件の変動に対応するため、Luminance-GS と Dr. RAW を提案した。Luminance-GS は、視点ごとの色補正と適応的なトーン補正により、低照度や露出変動下でも高品質な新視点画像生成を可能にした。Dr. RAW は、カメラ RAW データを直接利用し、軽量な前処理とパラメータ効率の高い適応機構により、物体検出、意味領域分割、インスタンス分割、姿勢推定など複数タスクで高性能を達成した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

実世界の多様な撮像条件下でも安定して視覚情報を理解・活用できるロボスト視覚基盤技術を実現した。具体的には、低照度や露出変動を含む多視点環境で高品質かつリアルタイムな新視点生成を可能にする Luminance-GS を提案するとともに、カメラ RAW データを直接活用し、少数パラメータ更新で物体検出、領域分割、姿勢推定など複数の視覚認識課題に高精度に適応可能な Dr. RAW を開発した。これにより、実環境における概念理解とマルチモーダル認識を支える基盤技術を大きく前進させた。

2) 代表的な論文

・Z. Cui, X. Chu, T. Harada. Luminance-GS: Adapting 3D Gaussian Splatting to Challenging Lighting Conditions with View-Adaptive Curve Adjustment. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2025, [10.1109/CVPR52734.2025.02465](https://arxiv.org/abs/2503.1109)

多様な照明条件や露光設定に起因する画質劣化・多視点間の輝度不整合に対し、高品質な新規視点合成を実現する Luminance-GS を提案した。各視点に適応した色変換行列および曲線補正を導入することで、低照度・過露光・露光変動を含む困難な条件下で最先端の性能を達成した。既存の 3DGS 表現を変更することなく、従来手法を上回る再構成品質とリアルタイム描画性能を両立した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

因果推論と予測機能の研究開発

課題推進者：棕田悠介（東京大学・講師）

1. 研究進捗状況と成果

CA が人行動を予測して予測した行動に基づいて人を補助する動作を生成するための基礎技術開発を目指し、人行動予測のためのマルチモーダルデータセットの作成を引き続き行ない、また作成したデータセットに基づいて周辺環境や人の意図に基づいた人行動予測モデルを学習した。

このデータセットは、基本的に室内環境での様々な状況における人の動きを、カメラ画像等と同時に記録したものであり、画像等の入力画像から人の将来行動を予測する機械学習モデルの構築に活用される予定である。作成したデータセットのなかには、今まであまり扱われていなかった人の意図をベースにしたモーション予測のためのデータセットが含まれており、これを用いて学習した予測モデルは人の意図や周辺環境を基にその意図を満たすような行動が予測可能になる。その成果論文は下記機械学習系のトップ国際会議に採択された。現在ではこのデータセットを基に新たな予測手法を開発している。それ以外のデータセットについてもベースラインの実験を終え、論文投稿中である。

また、様々な環境で高性能な予測を行うモデルを構築するためには様々な環境で作成したデータセットを組み合わせることで統一的なモデルを学習することは有効な選択肢になる。強化学習において様々な異なる環境でタスクを解いたデータセットを組み合わせることで一般的なモデルを学習する際にタスク毎の学習におけるパラメタの勾配が衝突するという問題点に着目し、タスクをその勾配でグルーピングしてグループ単位でモデル更新を行う手法を提案した。提案手法によりロボットタスクにおける学習性能の向上を確かめた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

下記の2)に挙げる人行動予測のためのデータセットの構築と、学習したモデルにより人の意図を考慮した行動予測精度向上がなされ、本研究課題の人行動予測と予測した行動に基づく CA の補助行動生成や石黒 PJ 全体が目指す人と CA が協調する社会につながる成果となる。

2) 代表的な論文

・Ryo Umagami, Liu Yue, Xuangeng Chu, Ryuto Fukushima, Tetsuya Narita, Yusuke Mukuta, Tomoyuki Takahata, Jianfei Yang, Tatsuya Harada. Intend to Move: A Dataset for Intention and Scene Aware Human Motion Prediction. In Neurips 2025 (<https://neurips.cc/virtual/2025/loc/san-diego/poster/121855>)

人の意図や周辺環境を考慮した人行動予測モデルの学習のために、複数人に屋内で事前にスクリプトに定めた強調動作を行ってもらい、モーションキャプチャによる人の関節角度、スクリプトに基づく意図のテキスト、周辺環境の rgbd カメラによる撮影を同時に行った計 10 時間程度のデータセットを構築した。既存のモーション予測モデルを提案データセットで学習を行い、人の意図や周辺のシーン情報を入力に用いることによる予測性能の改善を確かめた。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

「自然言語処理の研究開発」

課題推進者：鈴木潤（東北大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

人間の操作者からの指示や操作がなくても、CA 自身が操作者の意図を汲んで意思決定し、自律的に行動する自律型 CA の実現に資する基盤技術の構築を目的として、2025 年度の研究を進めた。まず、既存の言語基盤モデルを用いて、CA 利用時に CA 自身が獲得する環境データおよび行動データから学習し、未知環境においても既知の知見を基に次を取るべき行動を的確に予測できる可能性を示すことを目指した。ただし、現時点では、高精度で実現するために必要な CA の実環境データが十分ではなく、また、独自収集にも時間を要することから、既存の言語基盤モデルを出発点として実験を行った。具体的には、CA が実体験として得ると想定される経験をモデルに確実に反映するための新たな学習枠組みを考案した。また、基盤となる言語基盤モデルの内部挙動の理論的解明に資する研究を複数実施し、基盤モデル利用時の信頼性向上に貢献した。さらに、言語基盤モデルの多言語化に取り組み、従来の翻訳特化型モデルと同等以上の性能を実現した。これにより、自律型 CA が言語によらず指示を受け取ることができ、異なる言語を母語とする利用者が混在する環境でも利用可能であることを示した。今後の展望としては、昨今、中心的な役割を担う基盤モデルの行動原理を引き続き調査し、信頼性が高く、安心・安全に活用できる基盤モデルの実現に貢献していく。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

自律型 CA が、自らが行動する環境内の情報を永続的に学習する枠組みとして、「永続的逐次適応」という、従来の基盤モデルで活用されてきた学習とは全く異なる概念を導入し、自律的に行動するロボットのデファクトスタンダードとなり得る学習の枠組みを提示した。

2) 代表的な論文

・[Yoshida+, BabyLM-2025] "Batch-wise Convergent Pre-training: Step-by-Step Learning Inspired by Child Language Development" pp. 508-524

自律型ロボットが、自ら動作する環境から永続的かつ逐次的に学習を継続し、高次の意思決定の根拠として過去の経験を活用できる学習の仕組みを考案した。これにより、過去の失敗の反復を防ぐことや、類似場面への汎化能力を通じて、未知状況においても過去の知見・経験を活用可能になることを目指した。

・[Ye+, NeurIPS-2025] "Transformer Key-Value Memories Are Nearly as Interpretable as Sparse Autoencoders" (<https://neurips.cc/virtual/2025/loc/san-diego/poster/120144>)

言語基盤モデルの内部挙動を分析する方法として、従来は外部モデルを新たに学習するなどして分析を行ってきたが、本研究では、モデルが出力する中間表現そのものを活用して同等の分析が可能であることを示した。これにより、基盤モデルの分析を軽量かつ高速に実施することが可能となり、CA 基盤モデルへの転用も期待できる。

・[Shiono+, NGC Journal 44] "Instruction-Following Evaluation of Large Vision-Language Models"

視覚言語モデルにおける指示追従能力を検証した。具体的には、視覚および言語情報の一部をモデルに与えないことで、仮想的に情報が明確に得られない状況をシミュレートし、実際のタスク実行時にどの程度まで操作者の指示に追従できるかを実験的に明らかにした。これにより、人間が CA に命令や指示を出す際に留意すべき点のいくつかが明らかになった。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

自在 CA 制御技術の基盤研究開発

課題推進者：堀井隆斗（大阪大学・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、複数 CA の同時遠隔操作・連携制御技術（自在 CA 制御）の基盤研究開発に取り組んだ。一人の操作者が同時に複数の CA を操作するには、タスクや環境に応じて操作者の意図を理解しながら半自律的に働く複数の CA を利用する技術が必要となる。

具体的には、「自在 CA 制御技術の研究開発」において一人の操作者が同時に 5 台以上の CA を遠隔操作するためのシステムを実現し、CA 間の連携だけでなく、CA と人の協調を可能とする技術を組み込み、より効率的にタスクを達成するためのシステムを開発した。また、人型 CA の分担遠隔操作を実現するために、マルチモーダル LLM をインターフェースとした双腕モバイルマニピュレータ操作基盤を開発した。

「自在 CA 制御プラットフォームの研究開発」ではうめきた 2 期地区において整備した実証実験フィールドにおいて、一般の実験協力者がシステムを体験するためのシステムを開発し、それらが実際に利用可能であることを検証した。また、「インフラ整備と実証実験の実施」においては、うめきた 2 期地区の実証実験フィールドに継続したデータ収集が可能な環境を構築し、研究開発項目 4 内の要素技術が統合された物理 CA を実際に利用した家庭内のサービス提供に関するタスクを実施した。加えて、研究開発項目 4 内のその他の拠点とシステムを接続することで、遠隔 CA 操作に関する実証を進めた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

自在 CA 制御技術の研究開発において LLM をインターフェースとした複数 CA 連携システムを開発した。これはオペレーターを中心とした CA 連携に加え CA と人の協調を実現するための基盤システムである。本システムは CA とユーザーが混在する実環境において CA の自在制御や CA 一人連携の実現に寄与する。

2) 代表的な論文

・K. Obata, T. Aoki, T. Horii, T. Taniguchi, T. Nagai. “LiP-LLM: Integrating Linear Programming and dependency graph with Large Language Models for multi-robot task planning” IEEE Robotics and Automation Letters, vol.10, no.2, pp.1122 - 1129, December 2024

本論文は、自在 CA 制御技術の基盤となる複数 CA 連携を実現するための手法を提案した。具体的には LLM によるアクションリスト生成と動作実現に対する時空間依存グラフ生成を実施し、線形計画法を利用したアクション割り当てを実現する手法を実証した。

・H. Site, T. Nagai, T. Horii. “TARAD: Task-Aware Robot Affordance-Centric Diffusion Policy Learned From LLM-Generated Demonstrations” IEEE RA-L, pp.1 - 8, August 2025.

本論文は、専門家デモに依存する従来の模倣学習の課題を解消するための枠組みを提案し、RLBench と UR5e 実機で既存 SOTA と同等以上の成功率を示し、視点・外観・雑然環境への高い汎化性を実証した。

・S. Padmanabhan, K. Miyazawa, T. Horii, T. Nagai. “Data-Efficient Approach to Humanoid Control by Fine-Tuning a Pre-Trained GPT on Action Data” IEEE Access, Vol.13, 2025.

本論文は、ヒューマノイド全身制御における強化学習の高コストと運動学データのみの模倣学習の物理的妥当性不足という課題に、データ効率的な手法を提案し、物理シミュレーション上で、短い訓練時間でも人間らしい動作を再現できることを示した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

階層的 CA 制御の研究開発

課題推進者：中村 友昭（電気通信大学・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は、複数 CA が協調して行動するためのプランニング手法、遠隔操作と自律性を統合した CA システム、およびその理論基盤の研究開発を進展させた。主な成果は以下の 3 点である。第一に、複数 CA の同時制御系と実世界検索エンジンを統合した生活支援システムを構築し、遠隔操作 CA を含む複数の CA が連携することで家庭内の被支援者をサポートすることができることを示した。第二に、模倣学習 ACT(Action Chunking Transformer)を用いた半自動制御を発展させ、操作者が予測軌道を確認しつつ適切な時点で自律制御へ切り替える枠組みを実現した。把持実験では、提案手法によって作業時間を短縮し、未知物体・未知環境を含む条件でも高い成功率を確認した。さらに、ACT の潜在表現を操作することでサブタスク単位の実行を可能にし、長期タスクへの拡張可能性を示した。第三に、マルチ CA 制御の基礎理論として、共有潜在変数に基づく意図調停を分散型ベイズ推論として定式化し、3 体以上の CA に拡張可能な変分ベイズ推論に基づく手法を提案した。これにより、10 体規模でも既存法より高速かつ頑健な推論が可能であることを示した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

模倣学習 ACT に基づく半自動遠隔操作法の確立である。操作者がロボットの観測に基づく将来軌道をリアルタイムに確認し、意図に合致した時点で自律制御へ切り替えることで、従来の完全手動操作より作業効率を高めつつ、高い成功率を維持できた。これにより、CA への意図伝達のみによる操作が可能となり、身体的制約をもつ操作者でも最小限の入力で CA を活用することができるようになる。

2) 代表的な論文

・Shuntaro Itakura, Masatoshi Nagano, Tomoaki Nakamura, “Semi-Autonomous Teleoperation for Mobile Manipulator via Action Chunking with Transformers”, Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON25-000297, Oct. 2025

模倣学習 ACT を用いて、操作者の遠隔操作中に将来の動作軌道を予測・可視化し、適切な時点で自律制御へ移行する半自動遠隔操作法を提案した。生活支援ロボット「HSR」による把持課題において、完全手動操作より平均作業時間を短縮し、未知物体や未知環境を含む条件でも高い成功率を維持できることを示した。遠隔操作負荷の軽減と作業効率向上を両立することが可能な成果である。

・Keita Fukuoka, Masatoshi Nagano, Tomoaki Nakamura, Akira Taniguchi and Tadahiro Taniguchi, “Variational Bayes Naming Game: Decentralized Multi-agent Inference for Symbol Emergence”, Advanced Robotics (accepted)

3 体以上のエージェントが分散的に共有記号を形成するための変分ベイズに基づく手法を提案した。個々の観測だけでは対象を十分に識別できない条件でも頑健に推論でき、既存のサンプリングベース手法に比べて 2~4 倍高速に収束した。10 体規模まで拡張可能であることも確認され、複数 CA の意図調停と協調制御の理論基盤となる成果である。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

生活環境対話技術の研究開発

課題推進者：杉浦孔明（慶應義塾大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本課題は、プロジェクト全体が目指す就労生活および移動困難者支援サービスの実現に向け、屋内外環境に適用可能なマルチモーダル基盤モデル技術の構築を目的とする。本技術により、CA が自然言語を介して、大規模公共空間での移動・検索・操作を統合的に実行可能とする。

本年度は以下の2項目を実施した。(1)他グループと連携して1人の操作者が複数体を用いてタスクを遂行可能な機能実証システムを構築するとともに、実世界検索エンジンを万博や展示会等の大規模環境において機能実証した。(2)環境内から収集した大規模物体画像に対して把持・操作可能性を推定し、自然言語で検索可能とする技術を構築した。当初予定を超える成果として、G4 平田グループと連携し脳活動からの運動企図分類手法を構築した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

本年度はカーネギーメロン大学と連携し、提案手法 Affordance RAG を構築した。Affordance RAG では、物体レベルからエリアまで複数の階層に対してサマリを積み上げる。これは、生活支援 CA のための物体操作タスクの大規模化に貢献するものである。

2) 代表的な論文

・R. Korekata, Q. Xie, Y. Bisk, K. Sugiura, "Affordance RAG: Hierarchical Multimodal Retrieval with Feasibility-Aware Embodied Memory for Mobile Manipulation", IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 11, Issue 3, pp. 2706-2713, 2026.

日常空間でユーザの生活支援を行う CA には、自然言語指示に従い多様な物体を安全に運ぶ能力が重要である。既存手法は見た目の類似性に依存し、実際に把持・操作可能かというアフォーダンスを十分考慮できていなかった。提案手法 Affordance RAG は、事前探索画像から階層的マルチモーダル検索とアフォーダンス re-ranking を行う。実機を用いた実験の結果、成功率 85%を達成し、既存法を上回った。

・M. Kambara and K. Sugiura, "Pre-Manipulation Alignment Prediction with Parallel Deep State-Space and Transformer Models", Advanced Robotics, Vol. 39, Issue 13, pp. 806 - 816, 2025.

CA による物理作業では、作業前に操作の成否を予測して危険を回避する技術が重要である。従来手法は操作後に成功・失敗を判定するものが中心であり、事故防止や効率的な再計画が難しかった。提案手法は、手先軌道と自然言語指示、操作前の一人称画像の整合性を、深層状態空間モデルと Transformer を用いて予測する。実験の結果、代表的な基盤モデルを含む既存手法を上回る結果が得られた。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

生活物理支援 CA の研究開発

課題推進者：谷口忠大（京都大学・教授、立命館大学・客員教授）

1. 研究進捗状況と成果

前半 5 年の最終年度として、これまでに引き続き以下の 3 つの柱に沿って研究を推進した。

(1) 生活物理支援のための適応的自在プランニング・ナビゲーション：

大規模言語モデル（LLM）と場所概念モデルを統合したロボットアクションプランニング手法を開発した。ロボットが自律的に学習した場所の概念と物体の位置関係を LLM のプロンプトに組み込むことで、「あの棚にあるボトルを持ってきて」のような曖昧な言語指示から適切なタスクプランを生成する技術確立した。さらに、視野外の対象を含む指示語の外部照応解析手法を提案し、音源定位・セマンティックマッピング・視覚言語モデル・対話的質問生成を統合することで、ユーザが見えない状況でも物体指示を含む発話に対する指示対象推定で約 2 倍の精度向上を達成した。

(2) 生活物理支援のための日常物体 CA 協調マニピュレーション：

複数ロボットが異なる現場知識を持つ状況下でのマルチオブジェクト回収タスクに対し、LLM と場所概念モデルを用いて言語指示をサブタスクに分解しロボットに割り当てるフレームワークを構築し、47/50 の割当成功率を達成した。また鈴木課題推進者と共同し VLA(Vision-Language-Action) と近接覚センサを同時に用いた柔軟なマニピュレーション手法を開発した。

(3) 生活物理支援自在化フレームワーク開発と実証：

大阪グラングリーンにおいて整備された模擬的な家庭環境において、研究開発項目 4 全体の成果を統合する CA システムを構築し、実験環境を整備した。

2. 代表的な成果事例

(1) 目標達成に最も寄与する成果

LLM と場所概念を統合したプランニング技術が、目標達成に最も寄与する成果である。ロボットが現場環境で自律的に学習した場所概念を LLM のプロンプトに組み込むことで、曖昧な自然言語指示から適切なタスクプランを生成する技術確立した。この技術はマルチロボットへのタスク分解・割当にも拡張された。さらに、視野外の指示対象の解決や物体所有者の理解など、生活環境で必要となる多様な言語理解技術が開発され、生活物理支援 CA の適応的プランニング能力が大幅に向上した。

(2) 代表的な論文

・S. Hasegawa et al, "Spatial Concepts-Based Prompts With Large Language Models for Robot Action Planning," IEEE Access, vol. 13, pp. 216937-216955, 2025.

場所概念に基づくプロンプトを LLM に与え、プランニングを実現する手法を提案した。場所の概念と物体の位置関係を LLM のプロンプトに組み込むことで、生活環境における複数種類の言語指示タスクに対し有効性を実証した。

・S, Oyama et al, "Take That for Me: Multimodal Exophora Resolution with Interactive Questioning for Ambiguous Out-of-View Instructions," Proc. of 34th IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2025.

視野外の対象を含む曖昧な指示語の解決手法 MIEL を提案した。音源定位によるユーザ位置推定、セマンティックマッピング、視覚言語モデル、GPT-4o による対話的質問生成を統合し、ユーザが見えない状況でも従来手法の約 2 倍の精度で指示対象を特定することに成功した。

(3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CA 触覚マニピュレーションの研究開発

課題推進者：鈴木 陽介（金沢大学・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

CA の手指に搭載された触・近接覚センサに基づく局所環境に適応するボトムアップの動作生成を統合する対象として、従来の遠隔操作に加え、Vision-Language-Action (VLA) モデルを用いた自律によるトップダウンの動作生成を導入した。CA ハードウェアとして双腕（各腕 6 自由度／各手 11 自由度）と各 4 指の球面型近接覚センサを搭載した機体を用い、タスクとして人から CA への物体受け渡しを対象として、VLA モデルと近接覚による反射適応動作の統合を行った。少数種類の物体に対する学習結果から VLA モデルによる物体へのアプローチを行い、物体に接近して以降は複数の反射適応動作を活性化することで、未学習のものを含む多様な形状の物体を受け取ることが可能であることを実証実験にて検証した。

農業分野への応用のため、長野県産業技術総合センターと共同して、環境データの測定および屋外実験用機体を設計した。主要な対象タスクとして中山間部の果樹園におけるりんご果実収穫を設定し、傾斜地での走行が可能な移動機構、軽量の双腕アーム、近接覚のセンサを搭載した多指ロボットハンドから成る CA 機体を構築した。また VR ヘッドセットやデータグローブを用いて CA の腕や手の基準軌道を生成する手法を構築した。

2. 代表的な成果事例

1) VLA モデルと局所的反射動作（近接覚プリミティブ）の速度の次元での統合：視覚と近接覚の相互に基づき生成される目標軌道を、手先や指先の座標ではなくその変化量（速度）の目標値として生成し、各々をシステムの状態に基づいて活性化することで、複数のモダリティに基づく階層的かつ並列的な手指の動きを生成する手法を開発した。

2) 代表的な論文

・鈴木陽介, “接触過程の動力学的挙動の推定を目的とした近接覚・触覚統合型センサ”, ROBOMECH2025, 2025, 1P1-M04

距離ゼロ（接触）までの接近状態を計測可能な近接覚センサの内部に圧力式の触覚センサを埋め込むことで、接触検知に加えて相互作用力の検知を可能とした。物体の接近距離・方位と関連する情報は 5kHz、物体の局所形状と関連する分布情報は 1kHz、3 軸の接触力と関連する圧力情報は 300Hz で取得可能であり、指先で衝突する物体との接触前後の軌道を推定可能であることを示した。動的な接触挙動、すなわち単純な把持ではなく衝突による物体操作を制御するプリミティブを生成可能にするものである。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

侵襲型 BMI と CA の調和制御の研究開発

課題推進者：平田 雅之（大阪大学・特任教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、随意性に優れる BMI 制御と自律性に優れる CA 制御を調和することにより、高い総合性能を得ることを目的として研究開発を行っている。このコンセプトを実装する対象として、これまでに生活支援ロボット HSR を導入し、操作・移動・対話機能を実現し、令和 7 年度は操作者が途中で意図を変更した場合、頭蓋内脳波により意図変更に従って進路を変更し、操作者の思い通りに移動できる手法を実現した。令和 7 年度は新たにヒューマノイドロボット G1 を導入し、従来の HSR で開発した操作・移動機能を G1 に実装した。G1 では頭蓋内脳波を用いた BMI の制御により、台車を運ぶ作業や、目標地点まで歩行してペットボトルを把持するタスクに成功した。

上記の成果を R8 年度以降で社会実装するため、臨床試験の準備を石黒プロジェクト内外の課題推進者と開始した。また、この臨床試験に先行して、国内初となる「ワイヤレス完全植込み BMI 装置による脳波スイッチの検証的臨床試験」の治験届を PMDA に提出した。海外の臨床試験は探索治験のため、この臨床試験は検証試験としては世界初となると考えられ、これに続く本プロジェクトの臨床試験も、先行して開始する臨床試験に参加した患者を対象として、このワイヤレス完全植込み BMI 装置を用いて行う計画であり、世界をリードして社会実装を進めていく。

また R7 年度は R8 年度以降での研究発展に備え、当初計画にはなかった BMI による自然な会話(Natural speech decoding)の研究と、植込み型機能的電気刺激の研究を開始した。Natural speech decoding に関しては、従来の研究が頭蓋内脳波から口の動きを推定して、それを音声に変換するという手法をとっていたのに対して、我々の手法では、頭蓋内脳波から、より高次の言語活動そのものを推定しているという結果が得られ、脳科学的な意義も大きい。植込み型機能的電気刺激の研究は、BMI と組み合わせることにより、自分自身の身体を再び思いどおりに動かすことを目指すもので、上肢は腕神経叢刺激、下肢は馬尾神経刺激という独創的な方法を用いた。サルの動物実験により、上肢、下肢の選択的制御が可能なることを明らかにした。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

生活支援ロボット HSR とヒューマノイドロボット G1 を頭蓋内脳波を用いた BMI により調和的に制御し、思い通りに操作、移動、会話できる機能を達成したことは、目標達成に最も寄与する成果と言える。

2) 代表的な論文

・田口 美紗, 藏富 莊留, 吉田 翔平, 平田 雅之 (2025). BMI コミュニケーションシステムの実現に向けた深層学習による頭蓋内脳波のデコーディング. 第 64 回日本生体医工学会大会抄録集 383-384

発語困難な患者の自立的コミュニケーション支援を目的に、脳波による文字入力システムを構築した。フリック操作の意思の有無の推定と、フリック操作の方向の推定を行うモデルを深層学習により作成し、患者自身が自立的に脳波による文字入力を行うための技術を開発した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CA 基盤構築及び階層的 CA 連携と操作者割り当ての研究開発

課題推進者：宮下敬宏（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・所長）

1. 研究進捗状況と成果

本課題では、多数のサイバネティック・アバター（CA）と操作者を接続する CA 基盤の構築、および分担遠隔操作機能と操作者割り当て機能の高度化を進めた。2025 年度は、大阪・関西万博シグネチャーパビリオン「いのちの未来」における 184 日間の長期実証実験に本基盤を適用し、9 台の CA と 2 名の遠隔操作者による継続的かつ安定的な運用を実現した。これにより、CA 基盤の可用性、拡張性、相互接続性を実環境で確認した。加えて、企業コンソーシアム会員企業や他研究機関による外部利用を進め、共通基盤としての有効性を示した。具体的には、遠隔操作ロボットやドローン等の異種システムとの接続検証を実施し、CA 基盤の拡張性および汎用性の評価を行った。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

本課題で開発した CA 基盤を大阪・関西万博シグネチャーパビリオン「いのちの未来」における 184 日間の長期実証実験に適用し、複数の CA と複数の遠隔操作者を対象とした継続運用を実現した。これにより、CA 基盤の可用性、拡張性、相互接続性を実環境で確認するとともに、企業コンソーシアム会員企業や他研究機関による外部利用も進み、共通基盤としての有効性を示した。

2) 代表的な論文

・Kumazaki H., Kanchi N., Kawata M., Utsumi A., Miyashita T., Sono T., Lee A., Taniguchi D., Tsukazaki M., Yoshikawa Y., Ishiguro H., Social contact support for patients with schizophrenia using a computer graphics avatar in a real city street environment, Asian Journal of Psychiatry, Volume 112, October 2025, 104668, ISSN 1876-2018, <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2025.104668>, 2025.

統合失調症患者を対象に、実際の街路環境で CG アバターを介した社会接触支援を実施した。患者が現実の都市空間で他者と安全に関わるため、CA 基盤を用いて映像・音声・操作を安定的に接続し、現場での対人交流を成立させた。医療・福祉分野における CA 基盤の実環境適用可能性と、アバターを介した社会参加支援の有効性を示した。

・Kanchi N., Yoshikawa Y., Kawata M., Utsumi A., Miyashita T., Nishikawa N., Lee A., Ishiguro H., Muramatsu T., Kumazaki H., Social Communication Training Using a Computer Graphics Avatar in a Real City Street Environment for Individuals with Autism Spectrum Disorder., Journal of Autism and Developmental Disorder (2025). <https://doi.org/10.1007/s10803-025-06933-6>, 2025.

自閉スペクトラム症者を対象に、実際の街路環境で CG アバターを用いた社会コミュニケーション訓練を行った。現実空間での相互作用を支えるために CA 基盤を活用し、遠隔での安全な訓練環境を提供した。アバターを介することで、実社会に近い条件下でのコミュニケーション支援が可能であることを示し、CA 基盤の応用範囲の広がり性を示した。

3) 代表的な特許

・太田 陽, 宮下 敬宏, 内海 章, 西村 祥吾, 情報処理装置、情報処理プログラムおよび情報処理方法, 特許 第 7823876, 登録日 令和 8 年 2 月 24 日, 2026.

・内海 章, 宮下 敬宏, 堀川 優紀子, 情報処理システム, CA 基盤関連特許, 特許 第 7777866 号, 登録日 令和 7 年 11 月 20 日, 2025.

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

利用者モニタリングと経験管理の研究開発

課題推進者：内海 章（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・室長）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、CA 基盤の重要な構成要素のうち、利用者・CA モニタリング層、CA 経験管理層の研究開発に取り組む。利用者や CA の活動をモニタリングすることは、CA の制御だけでなく、CA の機能改善にも必要である。CA モニタリング層で得られるデータは、人間の活動に関する貴重な情報を多く含んでいることから多様な目的で活用することが可能である。CA 経験管理層では、蓄積データの検索によって新たな利用者・CA 活動に対する適切な操作候補群を抽出し、操作者の操作効率を向上させることができる。当該年度は 20 種類以上のタスクに対応する CA モニタリング層を構築し、大阪関西万博「いのちの未来」パビリオンにおける長期実証を含め研究開発項目 7 で実施される実証実験のプラットフォームとして機能・安定性を検証した。また個々の操作者・CA に付与されたアカウントとサービス内での役割（ロール）を分離した階層的 CA 連携層・操作者割り当て層を構築し、1 人の操作者が最大 5 台の CA を操作する環境下で CA 活動の類似性を利用した操作効率の大幅な向上を確認した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大阪関西万博「いのちの未来」パビリオンにおいて実施した実証実験では、CA 基盤を使用して操作者 1 人あたり最大 5 体の CA を常時遠隔監視・操作した。会期中、パビリオン内で稼働させた 8 体の移動型 CA を継続的に運用し、6 か月間に及ぶ実証によって CA 基盤による CA サービスの長期安定運用が可能であることを確認した。

クラウド（AWS）上で運用している CA 基盤には CA 受付サービス、高齢者施設支援サービスなど 60 を超えるサービスグループ（同一利用者による重複を含む）が作成されており、約 200 の CA アカウントおよび 100 以上の操作者アカウントが発行済で並列稼働可能な状態である（2026 年 3 月末時点）。操作者アカウント、CA アカウントとそれらのサービス内での役割（ロール）を分離し、操作者・CA を各サービスに動的に割り当てる機能も導入し、柔軟なサービス運用を可能とした。また、CA 基盤の閉域網での利用を想定し、クラウドサービスに依存せずオンプレミス運用が可能なバージョンの作成も進めた。

2) 代表的な論文

なし

3) 代表的な特許

・特許第 7777866 号、情報処理システム（2025 年 11 月 20 日登録）

操作者およびアバターの認証、サービス選択、アバター割当て、セッション管理等の各機能から構成される CA 基盤システムを規定した。CA 基盤の基本特許となる。

・特許第 7811779 号、情報処理装置、情報処理プログラムおよび情報処理方法（2026 年 1 月 29 日登録）
CA 操作時に CA から送信される映像・音声にあらかじめ登録したユーザ以外の人物の情報が含まれないように匿名化処理を施す方式を規定した。

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CA 及び CA 基盤標準化

課題推進者：吉見 卓（芝浦工業大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、CA の機能と、策定した CA 基盤プロトコルを世界標準にするために、OMG (Object Management Group、標準化コンソーシアム) にて標準化活動を行っている。2025 年度は、OMG Robotics DTF (Domain Task Force) で進められている、ロボットサービスの機能要件を記述するためのオントロジ RoSO (Robotic Service Ontology) の仕様改訂、および、対話サービスのためのロボット機能コンポーネントの仕様記述方法および具体的な共通コンポーネントの仕様を定めた RoIS (Robotic Interaction Service Framework) の拡張仕様策定に引き続き参加し、その取り組みを進めた。

RoSO については、RoSO1.0 最終案作成部会 (FTF: Finalization Task Force) において、取り纏めを進めた RoSO1.0 FTF Report が 2024 年 12 月の OMG 2024Q4 TC Meeting で受理され、実質的な RoSO1.0 標準化活動が完了した。また、その後設立された次バージョン RoSO1.1 の改訂部会 (RTF: Revision Task Force) において、RoIS2.0 と整合した仕様内容の議論・調整が進められ、策定した RoSO 1.1 標準化提案仕様案が 2025 年 9 月の OMG 2025Q3 TC Meeting にて 3 か月前倒しで受理された。

RoIS については、下部レイヤに CA 基盤のプラットフォーム仕様を、上部レイヤにモジュール化された CA 機能および操作インタフェース機能の定義を盛り込んだ RoIS2.0 標準化仕様の最終確定活動を RoIS2.0 FTF で進めた。そこで取り纏められた RoIS2.0 FTF Report は、2025 年 9 月の OMG 2025Q3 TC Meeting にて 3 か月前倒しで受理され、実質的な RoIS2.0 の標準化活動が完了した。

以上の活動により、本研究開発課題で 2025 年度までの達成目標としていた、RoSO1.0 および RoIS2.0 の国際標準化が完了した。なお、OMG における国際標準仕様は、FTF Report が受理された後、コンソーシアム内での手続きを経て、約 8 か月後に発行される。今回、RoSO1.0 は 2025 年 8 月に発行 (2026 年 4 月に公開) された。RoIS2.0 および RoSO1.1 は、2026 年 5 月に発行の予定である。(OMG では発行手続き完了までの間は、FTF/RTF 提出版が beta 版として公開される。)

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

2024 年 12 月の OMG 2024Q4 TC Meeting への RoSO1.0 FTF Report の提出・受理による RoSO1.0 国際標準化活動の実質的な完了に続き、2025 年 9 月の OMG 2025Q3 TC Meeting への RoIS2.0 FTF Report の提出・受理による RoIS2.0 国際標準化活動の実質的な完了。

2) 代表的な論文

- ・ RoIS 2.0 (OMG Doc. Num.: dtc/25-09-22)

CA 基盤のプラットフォーム仕様、CA の遠隔操作等で必要となる機能や操作インタフェース機能の定義を盛り込んだ、対話サービスのためのロボット機能コンポーネントの仕様記述方法および具体的な共通コンポーネントの仕様に関する国際標準化仕様文書。

- ・ RoSO 1.0 (OMG Doc. Num.: formal/25-08-01) および 1.1 (OMG Doc. Num.: dtc/25-09-27)

CA のサービス機能を記述する仕様を盛り込んだ国際標準化仕様の RoSO1.0、およびその改訂版。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

生体応答統合解析

課題推進者：河岡慎平（京都大学・特定准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、従来のテレビ会議システムやアバター、あるいはCAの利用が生体に与える影響を、代謝物、液性因子、遺伝子発現によって調査し、健康で安全なCA利用の実現を目指す。コロナ禍により、多くの人がZoom等のテレビ会議システムを日常的に利用するようになった。CAが開発されると、Zoomに加えて、多くのCAが利用されるようになる。本研究開発課題では、そうした状況において人間の体がどのような影響を受けるかを、代謝物、液性因子、遺伝子発現といったマルチレイヤーのレベルで網羅的かつ統合的に解析し、CAが生体に与える影響の全貌を明らかにする。当該年度は、そのための研究基盤を構築する。また、研究対象とする遠隔対話システムやアバターについて、代案となりうる新しいシステムが開発されたかどうかを調べる。本研究開発課題では、CA利用試験の実施および検体の採取、遺伝子発現検査とデータ解析の一部を担当する。

当該年度は計画通りに研究を進捗させ、特に、ヴァーチャルリアリティ環境下におけるCA利用試験を実施した。試験においては、血漿や末梢血単核球を採取し、メタボローム解析やトランスクリプトーム解析を実施するとともに、得られた成果に関する統合的な解析を実施した。また、後半5年以降の研究を見据えた医学研究の準備を実施した。具体的には、体内CAグループとの連携を前提とした動物実験、細胞実験の準備や、空間オミクス解析のデータ解析部分について貢献した。以上、生体影響調査グループの京都大学ブランチャとしての機能を果たすことで、検体採取やデータ分析の側面で計画通りの貢献を果たした。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

研究開発課題 6-4(ATR)及び研究開発課題 6-1(東北大学)と連携し、ヴァーチャルリアリティ環境下における実験環境を設定した点や、被験者に由来する検体を取得した点において、目標達成に最も寄与する貢献を果たしたと考えている。

2) 代表的な論文

・Honcharuk, V., Zainab, A., Horimoto, Y., Takemoto, K., Diez, D., **Kawaoka, S.**, and Vandenbon, A. DeepSpaceDB: a spatial transcriptomics atlas for interactive in-depth analysis of tissues and tissue microenvironments. Nucleic Acids Research, 2026. (共著論文)

空間オミクス解析は解析対象組織の空間情報を維持したまま遺伝子発現解析を実施できる新しいプラットフォームである。研究開発課題 6-1(東北大学)でも解析装置 Xenium を導入し、目標 1 における医学研究の推進の基盤を構築している。一方、空間解析はコストが高く、また、解析には高度な専門性が要求される。そこで、京都大学 Alexis Vandenbon 博士との共同研究により、専門性のない研究者でも利用できるユーザーフレンドリーな空間オミクスデータベース「DeepSpaceDB」の開発に携わった。後半5年以降に取得されるデータの格納先としても有用で、目標 1 全体の研究の推進に資すると考えている。

3) 代表的な特許

なし(東北大から出願予定)

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

生体応答統合解析

課題推進者：河岡慎平（東北大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、従来のテレビ会議システムやアバター、あるいはCAの利用が生体に与える影響を、代謝物、液性因子、遺伝子発現によって調査し、健康で安全なCA利用の実現を目指す。コロナ禍により、多くの人がZoom等のテレビ会議システムを日常的に利用するようになった。CAが開発されると、Zoomに加えて、多くのCAが利用されるようになる。本研究開発課題では、そうした状況において人間の体がどのような影響を受けるかを、代謝物、液性因子、遺伝子発現といったマルチレイヤーのレベルで網羅的かつ統合的に解析し、CAが生体に与える影響の全貌を明らかにする。当該年度は、そのための研究基盤を構築する。また、研究対象とする遠隔対話システムやアバターについて、代案となりうる新しいシステムが開発されたかどうかを調べる。本研究開発課題では、研究開発課題6-1(京都大学)ならびに研究開発課題6-5(大阪大学)で採取されたCA利用者の検体に対して、遺伝子発現、代謝物、液性因子、ホルモンの測定並びにデータ解析を実施する。

当該年度は計画通りに研究を遂行し、対話CAを用いた生体影響調査試験やBrain Machine Interfaceを用いた試験環境設定などを、研究開発課題6-4(ATR)と密接に連携しながら実施した。その結果、これらのモダリティが生体に与える影響をマルチオミクスのレベルで明らかにする基盤を構築することができた。また、空間遺伝子発現解析装置Xeniumを研究室に導入し、生体影響調査にとどまらない医学研究の推進に向けた基盤を構築した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

空間遺伝子発現解析装置XeniumやBrain Machine Interfaceなどの多様な解析基盤を構築し、後半5年の研究推進を支える基盤を構築した点が目標達成に最も寄与したと考えている。

2) 代表的な論文

・Prabhune, N., Du, Y., Zainab, A., Ebihara, S., Takeoka, S., Kawaoka, S*, and Vandenberg, A*. Mining spatial transcriptomics datasets using DeepSpaceDB. JoVE, 2026. (責任著者論文)

空間遺伝子発現解析は対象となるサンプルの空間情報を維持したまま遺伝子発現情報を取得できる技術であり、本研究開発課題でも専用装置Xeniumを導入するなど、目標1における空間解析のサポート体制基盤を整えている。空間解析の課題は実験コストが高いこと、そして、解析に高度な専門性が求められることである。そこで本研究開発課題では、京都大学Alexis Vandenberg博士と共同で、ユーザーフレンドリーな空間オミクスデータベース「DeepSpaceDB」の構築に携わった(Nucleic Acids Research, 2026)。一方、このようなデータベースであっても、その活用に心理的な抵抗がある研究者も多い。そこで本論文では、DeepSpaceDBの利用法や解析法を動画形式でまとめ、DeepSpaceDBの利活用に関するアウトリーチに取り組んだ。本解析手法やデータベースは目標1体内CAが標的とする体内サンプルの解析にも適しており、解析手法の裾野を広げる重要な成果であると考えている。

3) 代表的な特許

なし(出願準備中)

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

バイオマーカー探索

課題推進者：和泉自泰（大阪大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

(1) CA 利用者および操作者に対する超網羅的なメタボローム解析については、CA の利用者および操作者に対する超網羅的なメタボローム解析を実施した。CA および昨年まで実施してきた遠隔対話システムや従来アバターの利用のデータを比較分析することによって、CA によって生じるストレスおよびベネフィット（好ましい効果）を明らかにできる層別化バイオマーカーを探索した。今年度は、初対面の Zoom 対話を顔出しあるいはアバターを利用したときの影響について、これまでに開発した超網羅的なメタボローム分析法を用いて評価したところ、利用者の状態（幸福感や満足感、ストレス、疲れなど）を高感度・迅速・正確に検出できる新規のバイオマーカー候補がいくつか発見された。さらに、(2) 多様なシチュエーションにおける超網羅的なメタボローム解析課題については、昨年に引き続き、メタボローム解析によってタスクやシチュエーションを定義づけるという方法論を確立するにあたって、多様なタスク・シチュエーションにおけるメタボローム解析を行った。具体的には、共感覚を惹起する椅子型デバイス「シナスタジア」、動的活動「ヨガ」に対する生体影響調査を完了させた。得られた結果と従来の遠隔対話システムや従来アバターの利用、CA による遠隔対話利用のメタボローム解析の結果と比較したところ、タスク・シチュエーションの違いが血中の代謝レベルに大きく反映されることを見出した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

タスク・シチュエーションの違いによる代謝応答の程度には個人差があるものの、血中代謝プロファイルデータがタスク・シチュエーションの種類を層別化できる可能性が見えてきた。さらに、見知らぬ人との Zoom 対話を顔出しあるいはアバターで行った結果、血中の代謝プロファイルは異なり、また、アバター使用は、友人との Zoom 対話（親密対話）に近い代謝応答を示した（アバター利用のポジティブな効果）。

2) 代表的な論文

・Umakoshi Y, Izumi Y*, Hashidate-Yoshida T, Shindou H, Bamba T*. A widely targeted analytical method for oxylipins including enantiomers using chiral liquid chromatography tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 1765, Article number 466551 (2025).

本研究は、生理活性脂質の一種であるオキシリピン類 151 種の一斉定量分析系を開発したものである。

・Imado Y, Takahashi M, Soma Y, Aburaya S, Nakatani K, Hanai T, Bamba T, Izumi Y*. Evaluation of LC/MS methods for hydrophilic metabolites to enable integration of human blood metabolome data. *Mass Spectrom.*, 15(1), Article number A0188 (2026).

本研究は、血液メタボロミクスにおける 4 種類の LC/MS 分析法を体系的に評価した初めての報告である。

本研究の発展に資する新たな血液メタボローム分析法の開発および評価を行い上記の 2 報の論文としてまとめた。今年度開発された新たな計測法は、来年度の研究に活用していく。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

脳反応計測

課題推進者：春野雅彦（情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター・室長）

1. 研究進捗状況と成果

コミュニケーションの相手がCAとして表示される場合に脳内で何が起こるのかを詳細に調べる実験を行った。対人コミュニケーションにおいて相手の表情が本人の顔ではなくアバターで提示されると、人は平均的にリスクを取りやすくなる(不確実だが報酬の期待値が大きい意思決定をする)ことを示した。その変化は、共感性や他者への情動的反応を測る対人反応性指標と相関した。また、リスク選択の増加は、fMRI で計測可能な将来提示される顔表情の不確実性に対する扁桃体活動によって決まり、より強い負の扁桃体反応を示すほど高リスク選択が増加した。これらの結果は、CA を介したコミュニケーションの利点と同時に注意点を示す新たな視点を提供し、今後の CA 利用における 1 つの指針へと発展することが期待される。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

コミュニケーションの相手がアバターの時 risk-taking 行動が増えることを発見。その要因として予測される扁桃体のフィードバックの uncertainty に対する活動を特定した。

2) 代表的な論文

・Feedback from an avatar facilitates risk-taking by modulating the amygdala response to feedback uncertainty, PLOS Biology, 23(4):e300312 2025 Toshiko Tanaka, Masahiko Haruno

<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.300312>

本研究は、対人コミュニケーションにおいて相手の表情が実在の顔ではなくアバターで提示されると、人は平均的にリスクを取りやすくなることを示した。その変化は、共感性や他者への情動的反応を測る対人反応性指標と相関していた。また、リスク選択の大小は、将来提示される顔表情の不確実性に対する扁桃体活動によって規定され、より強い負の反応を示すほど高リスク選択が増加した。これらの結果は、アバターを介したコミュニケーションの利点と同時に注意点を示す新たな視点を提供する。

・Transition ability to safe states reduces fear responses to height, PNAS 122 (20) e2416921122 2025 Misako Fujino, Masahiko Haruno

<https://doi.org/10.1073/pnas.2416920122>

本研究は、VR 空間で低空 (5m 以下) を自分自身で飛行する体験が、高所に対する生理的・主観的恐怖反応を低減することを示した。その効果は、他者の飛行映像を受動的に視聴した場合より大きく、恐怖低減の程度は「自分は飛べるため落下しても安全だ」と感じた主観的確信と相関していた。これらの結果は、自己のアクションによって安全な状態へ移行できると脳が予測すると恐怖反応が弱まることを示し、従来の曝露法に代わる「アクションベースの予測」に基づく恐怖症介入の可能性を示唆する。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

CA を用いた生体反応実験

課題推進者：住岡英信（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・グループリーダー）

1. 研究進捗状況と成果

本課題は、CA 利用が生体に与える影響の解明に向け、脳活動等の生体信号や代謝物、ホルモンの計測・収集をスムーズに行えるよう実験環境を整備しつつ、Zoom などの遠隔対話システムといった他のシステムとの比較検討実験や短期長期の実験を行う環境を実現することを目指している。

当該年度は、他の課題と連携し、アンドロイド型 CA を使用し接客業務タスクを行った際の操作者への生体影響の調査と、VR ゲームがユーザにもたらす生体影響の調査を行った。これらの結果は運動など他の活動における生体影響と比較することで、対話やアバター固有の影響を同定するために役立つ。また脳活動からアバター操作スキルを推定できる可能性を確認し発表したことや、抱擁型 CA による自閉症の社交不安抑制を皮膚電気活動から確認できたことも大きな成果である。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

他の研究課題チームと連携しながら、実際の CA を用いた社会活動が操作者に与える生体影響を調査することを目指し、アンドロイドロボットを CA として利用し、接客業務タスクを行った際の操作者への生体影響調査を行った。心理尺度による操作者の気分を評価したところ気分を改善する可能性が確認された。また、この変化は別途行った VR ゲームでの気分変化とは異なっていた。これは対話の有無やアバター利用状況によって操作者に与える影響が異なることを示唆する結果である。

2) 代表的な論文

・Achanccaray, D., Andreu-Perez, J. and Sumioka, H., "Neural Profiling with fNIRS of Operator Performance in Teleoperated Human-like Social Robot Interactions," in IEEE Robotics and Automation Letters, 10(11), 12095-12102, 2025, <https://doi.org/10.1109/LRA.2025.3615526>.

アバターを用いた接客業務などの社会的課題を行う際の操作者の技能レベルの推定を目指し、機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いて、前頭前野からの脳情報と技能レベルの関係を分析した。その結果、前頭前野の活動において低パフォーマンス群と高パフォーマンス群の間で差異が示された。これらの知見は、遠隔操作訓練における操作者の進捗状況の理解や、タスクパフォーマンスの向上を支援するインターフェースの設計に寄与する。

・Onishi, Y., Sumioka, H., Kumazaki, H., Shiomi, M., "Being Hugged by a Social Robot during Tele-Counseling Reduces Anxiety in Individuals with Autism." Int J of Soc Robotics 18(20), 2026. <https://doi.org/10.1007/s12369-026-01362-6>.

他の研究課題チームと連携しながら、遠隔操作型の抱擁型 CA を用いた参加者を抱擁しながらの遠隔カウンセリングシステムを用い、自閉症患者に対して抱擁の有無や異なる会話内容でカウンセリングを行った。その結果、プライベートな会話に対する不安が抱擁によって抑制されることが皮膚電気活動 (EDA) の変化によって確認できた。この結果は、遠隔カウンセリングにおいて抱擁型 CA との抱擁が社会的ストレスの軽減に寄与する可能性を示唆している。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

企業連携実証実験基盤の開発・運営と企業コンソーシアムの活動支援

課題推進者：宮下敬宏（株式会社国際電気通信基礎技術研究所・所長）

1. 研究進捗状況と成果

本課題では、企業連携による実証実験基盤の構築・運営と企業コンソーシアム活動支援を通じて、CA サービスの社会実装を推進した。2025 年度は、大阪・関西万博シグネチャーパビリオン「いのちの未来」において 184 日間の長期実証実験を完遂し、数十万人の来場者に対して CA サービスの体験機会を提供した。これにより、大規模イベント環境において CA サービスを長期運用する際の実践的な運用モデルを示した。また、企業コンソーシアムは 178 法人(2026 年 3 月現在)まで拡大し、物流、災害対応、遠隔医療 MaaS 等の企業連携実証が進展した。さらに、ドバイ未来研究所 (DFL) との連携等を通じて、CA の社会受容性や国際展開に関する知見を蓄積した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大阪・関西万博シグネチャーパビリオン「いのちの未来」において、CA サービスの長期実証実験を 184 日間無事に実施し、数十万人の来場者に体験機会を提供した。これにより、CA サービスを大規模イベントで長期運用する際の実運用モデルを示すとともに、企業連携や国際連携を通じて社会実装に向けた具体的な展開可能性を明らかにした。

2) 代表的な論文

・Aymerich-Franch L., Taha T., Miyashita T., Kamide H., Ishiguro H., Dario P., Public acceptance of cybernetic avatars in the service sector: evidence from a large-scale survey, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol.12:1719342, 2025.

サービス分野における CA の社会受容性を大規模調査によって検討した。CA が導入される職種や利用場面に応じて受容の傾向が異なることを示し、社会実装を進めるうえで考慮すべき評価軸を整理した。

・Kumazaki H., Kanchi N., Kawata M., Utsumi A., Miyashita T., Sono T., Lee A., Taniguchi D., Tsukazaki M., Yoshikawa Y., Ishiguro H., Social contact support for patients with schizophrenia using a computer graphics avatar in a real city street environment, *Asian Journal of Psychiatry*, Volume 112, October 2025, 104668, ISSN 1876-2018, <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2025.104668>, 2025.

統合失調症患者を対象に、実際の街路環境で CG アバターを介した社会接触支援を実施した。現実の都市空間における対人交流を、アバターを介して安全に支援できることを示し、医療・福祉分野における CA サービスの実社会展開可能性を明らかにした。

・Kanchi N., Yoshikawa Y., Kawata M., Utsumi A., Miyashita T., Nishikawa N., Lee A., Ishiguro H., Muramatsu T., Kumazaki H., Social Communication Training Using a Computer Graphics Avatar in a Real City Street Environment for Individuals with Autism Spectrum Disorder., *Journal of Autism and Developmental Disorder* (2025). <https://doi.org/10.1007/s10803-025-06933-6>, 2025.

自閉スペクトラム症者を対象に、実街路環境で CG アバターを活用した社会コミュニケーション訓練を行った。アバターを介することで、実社会に近い条件を保ちながら安全に訓練を実施できることを示した。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

発達障害・うつ病患者実証実験研究

課題推進者：熊崎博一（長崎大学医学部精神神経科学教室・主任教授）

1. 研究進捗状況と成果

発達障害者、うつ病患者を対象に令和4年度に開発したデータベースを基に、個々の被験者データに対応した表情・動作の設定のモデル化を進めた。また大学病院、総合病院、専門療育、へき地病院、離島病院など様々な施設において発達障害者、うつ病患者を対象にCAを用いた発達障害者及びうつ病患者の面接、リハビリを支援する実証実験を多数行った。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

アバターランド（グラングリーン大阪で実施された実証実験）や大阪関西万博において、今までの日常生活で対人コミュニケーションが困難であった統合失調症患者、発達障害者に、自身がアバターを操作することによって初めての人とコミュニケーションする機会を提供することが、日常での対人コミュニケーションに自尊心、モチベーションを有する契機となることを明らかにした。

2) 代表的な論文

・Nobukazu Kanchi, Yuichiro Yoshikawa, Megumi Kawata, Akira Utsumi, Takahiro Miyashita, Natsuki Nishikawa, Akinobu Lee, Hiroshi Ishiguro, Taro Muramatsu, *Hirokazu Kumazaki. Social Communication Training Using a Computer Graphics Avatar in a Real City Street Environment for Individuals with Autism Spectrum Disorder. Journal of Autism and Developmental Disorders. In press. doi: 10.1007/s10803-025-06933-6.

自閉スペクトラム症（ASD）者のコミュニケーション障害改善は社会的な課題である。我々は、都市の街路環境において、CAを用いた社会的コミュニケーション訓練システムを開発した。本研究では、本システムが現実場面における不安の軽減および自己効力感とコミュニケーション動機の向上に有効であることを検証することを目的とした。ASD者を、CA支援群と対照群にランダムに割り付けた。対照群と比較して、CA支援群では、不安の有意な低下、自己効力感の有意な向上、およびコミュニケーション動機の有意な向上が認められた。CAを用いた社会的コミュニケーション訓練システムが現実のコミュニケーション場面への般化を促進する有効な手法であることが支持された。

・Keiko Ochi, Divesh Lala, Koji Inoue, Member, Tatsuya Kawahara, Hirokazu Kumazaki. Robot-Mediated Multi-Party Conversation Aimed at Affect Improvement for Psychiatric Patients. IEEE Transactions on Affective Computing. 1-12. DOI: 10.1109/TAFFC.2025.3571427

精神科デイケアは精神障害者の社会復帰に重要な役割を果たしている。通所者の交流、情緒の安定は重要な課題となっている。我々は2人の人物と相互作用し、会話を通じて互いの親しみを高めることを目的としたマルチパーティ型の傾聴システムを開発した。デイケア参加者20名が、2人の人間とヒューマノイドロボットによる三者会話セッションに参加した。参加後には参加者の快感情および覚醒の双方が有意に向上した。また、会話セッション後には、人間の対話相手に対する理解や親しみが有意に高まったと評価した。参加者はより快感情が高まり、発話量も増加することが示された。さらに、多くの言葉で自己表現を行った参加者ほど、よりポジティブな印象を得られることが示唆された。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

人を含む技能特化型複数モジュールに対応した
自律型 CA の同一体同時遠隔制御システムに関する研究

課題推進者：袖山 慶直（ソニーグループ株式会社 プロジェクトリーダー）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は、高齢者介護施設や大阪・関西万博会場のような実環境において、歌レクリエーション、口腔体操、物品配り等のサービスを複数台の CA で安定的に提供することを目的として、研究開発を進めた。これらの業務では、対話・移動・操作といった異なる技能を状況に応じて切り替えながら実行する必要があるが、これを 1 人の操作者が一括して担う場合、高度な操作スキルを要し、複数台の同時運用や高いホスピタリティの維持が難しい。本年度は、1 体の CA が行うサービスを複数のマイクロタスクへ分解し、技能別に処理を割り当てることで、複数操作者が分担可能な運用アーキテクチャを具体化した。第一に、対話・移動・操作に関わる技能特化型遠隔操作モジュールおよびマイクロタスク操作 UI の「概念設計と試作」を進め、第二に、それらを用いた「実環境での実証実験」を推進した。

○実環境での実証実験

高齢者介護施設および大阪・関西万博会場、ソニーシティ大崎等の実環境において、対話行動 CA の実証を推進した。介護施設では、歌唱・体操・語りかけ・物品（花束など）の受け渡しを含むふるまいの運用可能性を検証し、利用者の反応や場の受容性に関する知見を収集した。万博会場では、28 日間の出展期間中に 16 万人の不特定多数の来場者を対象に、視線・接近・発話・握手等を含むホスピタリティ行動の実装と評価を行い、2,000 件を超える評価結果を取得した。その結果より、実環境における CA 運用上の課題と有効性を明らかにした。これらにより、複数モジュール・複数操作者・複数台 CA 運用に向けた設計条件を具体化し、社会実装に向けた基盤を前進させた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

実証実験を通じて、複数台 CA・複数操作者運用時のホスピタリティ維持に必要な設計要件を具体化した。特に、通信遅延や認識エラーが避けられない条件下でも、発話タイミングや移動速度等の行動設計に加え、フィラーや状態説明発話により内部状態を適切に提示することで、利用者の受容性を損なうことなく状態復帰が可能であることを確認した。また本課題で用いた子ども型自律型 CA では、不完全さや待ち時間が受容されやすく、状態復帰過程が関係形成を損なわずに成立し得ることが示唆された。さらに、自律対話と遠隔操作の組合せが、違和感の低減と関係維持に資することを確認した。

2) 代表的な論文

なし(投稿準備中)

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

モラルコンピューティングの研究開発

課題推進者：神田崇行（京都大学・教授）

1. 研究進捗状況と成果

CA を自律的かつモラルに基づいて行動させ、誰もが安心・安全に利用できる環境を実現するための研究開発に取り組んでいる。実体を持ち人共存環境内を移動する移動型 CA の移動場面と、操作者が CA を介して利用者と対話する対話場面を対象に、CA が操作者の操作内容の適切性を評価し、必要に応じてモラル行動の手本となる行動を自律的に行い、倫理的な行動ができるようにする。本年度は、モラル問題行動の検知技術と自律復帰行動技術を統合したシステムを開発し、その有効性を検証する研究開発などに取り組んだ。サブ課題1の移動型 CA のモラルコンピューティングに関しては、移動型 CA の不適切な立ち位置を自律的に補正する方法や、移動しながら会話できる遠隔操作インタフェースを実現し、被験者の70%以上がCAの移動行動にフレンドリーさを感じるという目標を達成した。サブ課題2のCAが対話する際のモラルコンピューティングの研究開発に関しては、接客場面における攻撃的発話の中立化や、遠隔操作者の不適切な無言の検出・発話促進など、対話時のモラルコンピューティング機能を開発した。その結果、CAの対話行動に対して70%以上の利用者被験者がモラルやフレンドリーさを感じることを確認し、目標を達成した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

CA が操作者の操作内容や発話内容を評価し、必要に応じて適切な行動へ導くモラルコンピューティング機能を実現した。たとえば、先輩・後輩のような上下関係を伴う遠隔対話を対象にしたシステムでは、操作者の批判的発話が適切かを利用者の状態に基づいて判定し、不適切な場合には言い換え提案、警告、一時ミュートを行う支援システムを提案した。ユーザ評価実験では、通常の遠隔操作と比べて操作者の満足度が有意に向上し、作業負荷が有意に低下した。さらに、利用者側でも楽しさと受容性が有意に向上し、運動量は同程度に維持されたことから、モラルコンピューティング機能が対話のモラル性と利用者体験を両立できることを示した。

2) 代表的な論文

・R. Chen, T. Minato, J. Even and T. Kanda, “Don’ t Say That! Proactive Support for Appropriate Power Use with Avatar Robot,” ACM/ IEEE int. conf. on Human-Robot Interaction (HRI), 2026. pp. 991-1000

本論文では、アバターロボットの遠隔操作において、操作者の発話内容をリアルタイムに解析し、不適切な発話を抑制・修正する支援システムを提案し、その有効性をユーザ実験により検証した。階層的関係における発話の適切性を維持しつつ、利用者の満足度や受容性を向上させる対話を実現した。本課題におけるモラルある CA の実現のための知見をもたらした。

・S. Edirisinghe, S. Satake, and T. Kanda, “Welcome to the Shop! Field Trial of a VLM-powered Autonomous Shop Worker Robot,” ACM/IEEE Int. Conf. on Human-Robot Interaction (HRI), 2026. pp. 934-942

本論文では、視覚言語モデル（VLM）を統合した自律型店舗接客ロボットの有効性を実環境での8日間のフィールド実験により検証した。顧客の外見や行動を認識し、適切な発話や推薦を行うことで自然でホスピタリティある対話を実現した。モラルやホスピタリティある CA の実現のための知見をもたらした。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

モラル行動の研究

課題推進者：久木田水生（名古屋大学・准教授）

1. 研究進捗状況と成果

サイバネティック・アバターと共生する社会を実現する過程で生じる倫理的課題を特定し、その課題を克服するための指針を考えるために以下の調査、研究を行った。

(1) 万博来場者調査によるアバター受容性の国際比較

万博「いのちの未来」パビリオンにおいて、来場者を対象としたアンケート調査を遂行した。諸外国からの来場者を含む約 3,000 件の有効回答を回収し、宗教的・文化的背景の相違が CA の受容性に与える影響について分析を行った。

(2) アバターを介したハラスメントに関する認識調査

アバターを介したハラスメントを描写した動画を用いたオンラインサーベイ実験を実施した。アバターハラスメントに対する人々の認識を調査・分析した。動画の中でハラスメント的行為があったと答えた回答者に対して、「誰に対してのハラスメントがあったか」という質問をした（複数回答可）ところ、「アンドロイド」と答える回答者が 7 割を超える一方で、操作者と答えた回答者は 1 割強に留まった。

(3) AI の倫理についての探求

今後の CA は AI を組み込むことでますます自律性を高めていくことが予想される。本グループ（G8）においても、CA がインタラクションする相手や、操作者の振る舞いについて AI を使って評価して、CA の振る舞いを調整するといった研究が進められている。そこで本課題では AI の提起する倫理的課題、特に人間関係や、人間の道徳的思考や振る舞いに与える影響について考察を行った。その結果、AI による他者の行動の評価が、「リスク」を過剰に重視する傾向を助長するリスクがあることを論じた

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

万博におけるアンケート調査により宗教文化により回答傾向に違いがみられた。例えば「アンドロイドになって延命したいか」という質問に対しては、ユダヤ教・神道で顕著に否定的な傾向がみられた。「近しい人にアンドロイドになって延命してほしいか」という質問には神道で顕著な否定的傾向がみられた。従来の研究では日本はロボット技術に対する受容性が高いという結果を示したものもあるが、本調査はむしろ、日本では個人をアンドロイドに置き換えることに対して否定的な態度がみられることを示した。本知見は、目標 1 のソシオ CA の設計において、文化的・宗教的背景に応じたアイデンティティ観をもとにした CA 受容モデルを実装する必要があることを示している。

2) 代表的な論文

・ 兒玉虎月、上野ふき、堀川優紀子、宮下敬宏、石黒浩、久木田水生、「Cybernetic Avatar 技術受容に関する Expo 2025 における調査報告」、電子情報通信学会 SITE 研究会、2026 年 3 月 4 日。

本稿は、2025 年大阪・関西万博「いのちの未来」パビリオンでの調査に基づき、CA の受容と信仰する宗教の関連を考察したものである。CA の社会実装に伴う倫理的影響やリスク予測を目的とし、来場者を対象に属性や技術受容に関する調査を実施した。分析の結果、9 分類した宗教属性によって一部の受容態度に差異が認められた。一方で、この傾向が宗教の教義に直接起因するかは慎重な判断を要し、今後、因果関係を解明するための詳細な質的調査が必要であることも指摘する。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

アバターの社会実装課題研究

課題推進者：湯浅壘道（明治大学専門職大学院ガバナンス研究科・教授）

1. 研究進捗状況と成果

前半 5 年間の研究の成果を総括し、社会実装を進めるために、「アバター社会実装ガイドラインに関する解説」を公開した。当該の解説は、以前に公開した「アバター社会実装ガイドライン（草案）」の内容を解説するものである。

同ガイドラインは、CA 開発者に向けアバターに関するイノベーションを社会に実装する際に考慮すべき主要な観点についてまとめたものである。近年、技術の進展に対して制度や運用ルールの整備ができていない場合が多い。社会的ウェルビーイングを高めることを最重要の目的として、社会実装に向けてバランスを取りながら研究開発を前進させるべきである。そのためには、新技術に対する一般の利用者の心配・信頼の問題へ配慮しつつ法的・倫理的課題に取り組み、新技術を社会に普及させるためにそれらの課題を克服していく必要があることを強調している。

「アバター社会実装ガイドラインに関する解説」の内容は、後述の通りである。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

「アバター社会実装ガイドラインに関する解説」の公開。

2) 代表的な論文

湯浅壱道「アバター社会実装ガイドラインに関する解説」ガバナンス研究 22 号（2026 年 3 月）99-110 頁
https://www.meiji.ac.jp/mugs2/journal/6t5h7p000000osvhy-att/GovernanceReview_22.pdf

公開済みのガイドラインでは、シナリオ 1：CA による店員業務（店舗営業者向け）、シナリオ 2：CA バスガイドによる高付加価値労働（貸し切りバス事業者向け）という 2 つの具体的な例を設定し、生じる恐れがある法的問題や課題、CA 利活用時に発生しうるリスク、配慮の例や利用者の保護について記載している。ただし、同ガイドラインでは、実際に CA を利活用するサービスにおけるサービス提供者と利用者との間の約款の例や、利用者向けの掲示サンプル等については示していない。

実際に CA を利用したサービスを提供する事業者に対してはより詳しい解説を行い、CA の利活用について約款に適切に記載すると共に利用者への説明を行うことを要請する必要がある。このため、本解説では、ガイドラインに則した事業者への解説のイメージも記載した。たとえばシナリオ 1 では、コミュニケーション・アバターの法的位置づけ、安全確保、電源、事故と損害の各項目について、詳細に事業者への解説の例を示し、約款にも利用できるようにした。

3) 代表的な特許

なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現

Cooperative Social PIA (Perception-Intention-Action) model for Cybernetics Avatars

課題推進者：Anaís Garrell (Universitat Politècnica de Catalunya・Associate Prof.)

1. 研究進捗状況と成果

During the relevant fiscal year, the research advanced the development of a cooperative Perception-Intention-Action (PIA) framework for socially-aware robotics. The work focused on human perception, intention recognition, and adaptive decision-making in human-robot interaction.

A Turing Test-based study showed that participants could not reliably distinguish between autonomous and human-operated robots, highlighting the role of behavioral realism. Additionally, experiments on intention-recognition models demonstrated that accuracy and behavioral coherence have a stronger impact on user perception than latency alone.

Furthermore, the proposed Perception-Awareness-Decision (PAD) framework integrates geometric and semantic information to enable socially-aware navigation. Experimental results showed improved task success, safer interactions, and better user perception compared to classical approaches.

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

The most significant achievement is the development and validation of the Perception-Intention-Action (PIA) paradigm through the PAD framework, which integrates multimodal perception, situational awareness, and decision-making for socially-aware robot behavior. This contribution enables robots to move beyond purely geometric navigation and incorporate human intentions, social context, and interaction cues, resulting in more effective, safe, and acceptable behavior in shared environments. The framework demonstrates clear improvements in task success, interaction quality, and user perception, representing a key step toward socially aligned autonomous systems.

2) 代表的な論文

・L. Hriscu, A. Sanfeliu, A. Garrell, AI or Human? Understanding Perceptions of Embodied Robots with LLMs (RO-MAN 2025)

This work presents a Turing Test-based experimental study evaluating how humans perceive embodied robots interacting in real time. The study shows that participants are unable to reliably distinguish between autonomous and human-operated robots, with misclassification often biased toward perceiving humans as artificial agents.

3) 代表的な特許

なし