



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

身体的共創を生み出すサイバネティック・

アバター技術と社会基盤の開発

南澤 孝太

慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科



【目 次】

身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発	1
PM：南澤 孝太（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授）	
社会性拡張のための身体性制御技術の開発	3
課題推進者：鳴海 拓志（東京大学 教授）	
身体性と社会性を拡張する OpenCA メタバースプラットフォームの構築	5
課題推進者：平木 剛史（クラスター株式会社 メタバース研究所 所長）	
身体の並列化における融合的行為主体感生成技術の開発	7
課題推進者：笠原 俊一（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 リサーチディレクター）	
CA における主体感のモデル化と可観測化	9
課題推進者：温 文（立教大学 教授）	
身体の多様性を包摂する技能共創技術の開発	11
課題推進者：田中 由浩（名古屋工業大学 教授）	
身体的共創を生み出す CA 接続基盤技術の構築と応用展開	13
課題推進者：南澤 孝太（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授）	
Cybernetic Human-Link の実現に向けたデジタル神経技術の開発	15
課題推進者：佐藤 雅明（東海大学 准教授）	
CA を通じた障害克服の実践的研究	17
課題推進者：吉藤 健太郎（株式会社オリィ研究所 CV0）	
CA 社会における倫理とガバナンスのデザイン	19
課題推進者：江間 有沙（東京大学 准教授）	
サイバネティック・アバターの責任ある社会実装のための RRI アセスメント	21
課題推進者：標葉 隆馬（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 准教授）	

2025 年度研究開発プロジェクト実施報告書

ムーンショット型研究開発事業・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

身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

PM：

南澤 孝太（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授）

1. 研究進捗状況と成果

サイバネティック・アバター（CA）を通じて誰もが障害や年齢を超えて自在な活動や挑戦を行える社会を実現することを目指し、人々が自身の能力を最大限に発揮し、多様な人々の多彩な技能や経験を共有できる CA 技術を開発し、技能や経験を相互に利活用する場合の制度的・倫理的課題を考慮して、身体的な技能や経験を流通し人と人との新たな身体的共創を生み出す社会基盤を構築すること目標としている。前半 5 年間の最終年度となる 2025 年度は、認知拡張・経験共有・技能融合・CA 基盤・CA 社会共創・CA 社会システムの 6 領域の研究開発成果を統合し、CA 利用当事者との共創のもと、CA を通じた人の身体的・社会的能力の補綴と拡張に関する一連のコンセプト実証(PoC)を達成した。

身体障害をはじめとする外出困難当事者らが分身ロボット CA「OriHime」を用いて遠隔就労する分身ロボットカフェでは、国外への展開としてデンマーク・オーフス市において半年間に亘る実証実験を行い、現地の障害当事者をパイロットして雇用し、CA がもたらす社会的コミュニティの経時的変化とその文化的差異を調査した。BMI 操作型 CA により ALS 当事者の身体能力を補綴・拡張する Brain Body Jockey Project では、車椅子と一体化した双腕型 CA を BMI で操作可能なシステムを実現し、2025 大阪・関西万博や Japan Mobility Show 等における公開ステージパフォーマンスを通じて、CA による障害当事者の身体的能力の補綴・拡張の最先端を提示した。伝統工芸職人の技能をデジタル化し追体験可能にする CrafTouch プロジェクトでは、沖縄の陶芸窯元「育陶園」との共創のもと、陶芸職人の技能を力触覚情報として記録・伝送するシステムを開発し、2025 大阪・関西万博等において CA がもたらす技能伝承の革新の可能性を示した。高齢者を対象としたドラム演奏支援の実証実験では、CA による技能支援によって高齢者でも容易にドラム演奏を習得でき、認知症フレイル状態からの状態改善が見込めることを、脳科学的検証を通じて示した。人の身体能力を超えた運動機能を実現する超身体 CA においては、子どもや障害当事者が CA を介して打球や投球が行えることを実証し、CA を通じて自身の肉体を超える能力を発揮できる可能性を示した。CA を通じて人の経験を保存・共有する人生経験交換メタバースでは、多様な人の人生の転換点を再現し他者と共有することで、CA を通じて他者理解と自己理解を深める仕組みを構築した。このように身体能力を拡張する CA 技術を開発し新たな CA 生活の可能性を多様な当事者と共に実証した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

障害当事者／外出困難者による CA 遠隔就労の実証実験環境「分身ロボットカフェ」を国外にて長期展開（デンマーク・オーフス市・2025 年 4 月～10 月）し、参加した CA 利用当事者や参加者の調査を通じて社会的文化的背景の異なる地域においても CA による包摂性社会の実現が好意的に受け止められることを実証した。BMI で操作可能な身体拡張 CA を開発し、「Brain Body Jockey Project」として ALS 当事者の CA による身体拡張の可能性を実証し、大阪・関西万博や Japan Mobility Show にて広く一般に公開した。

2) 代表的な論文

・Yi Fei Cheng, Hirokazu Shirado, Shunichi Kasahara, "Conversational Agents on Your Behalf: Opportunities and Challenges of Shared Autonomy in Voice Communication for Multitasking", In Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2026

人と AI の融合で会話タスクを行う CA の並列操作における AI との操作委譲調整の重要性を示した。CHI 2026 投稿論文の上位 1% に授与される Best Paper Award を受賞

3) 代表的な特許 特許 7678486「複数人によるロボットアバター制御システム、及び制御方法」

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

社会性拡張のための身体性制御技術の開発

課題推進者：

鳴海 拓志（東京大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

CA の身体特性が CA の操作性や身体的負担、CA 使用時に生じる心理的・認知的効果、社会的活動や社会性に与える影響を、誰もが簡単にメタバース上で検証できる社会性拡張 CA 検証プラットフォームのフレームワーク「LUIDA」を構想した。本課題による基本構想に基づき、研究開発課題 1-4 との協働により詳細設計を行い、研究開発課題 1-4 がメタバースプラットフォーム cluster 上に構築した LUIDA システムを、両課題の共同発表として、本プロジェクト発のオープン CA プラットフォームとして公開した。このプラットフォームを活用して、さまざまな人の人生経験をメタバース上で再現して共有可能なプラットフォームである人生経験交換メタバースを開発した。2025 年度末時点で一般投稿も含め 51 件の人生経験が共有されており、この一部は大阪・関西万博において展示された。人生経験交換メタバースにおける人生経験の共有と、共有された経験の他者との追体験の効果を質的分析法で検証した。その結果、特に生きづらさを抱えてきた当事者において、過去の体験に対する位置付けが更新されて現在の生活や活動への肯定感と未来への期待感が向上するとともに、親子関係や夫婦関係などを含む他者との関係への新たな気づきや改善がみられ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

人生経験交換メタバースの公開と経験共有の効果実証

<https://cluster.mu/w/735d5188-06ba-4bc9-9dd9-d09044aaf16e>

多様な人生経験をメタバース上で再現・共有可能なプラットフォームとして本研究開発課題と研究開発課題 1-4 が連携して人生経験交換メタバースを開発、公開した。人生経験交換メタバース一般からも人生経験が投稿され経験が共有されるプラットフォームとして用いられている。本研究開発課題の調査により、障害当事者などの生きづらさを抱える人にとって、経験の共有を通じて過去の体験の位置付けの更新を通じて現在の生活・活動への肯定感と未来への期待感を高める効果が確認された。

2) 代表的な論文

・Y. Okochi, Y. Hatada, T. Narumi, Toward Nurturing Self-Expansion Preference: The Impact of Repetition and Successful Experiences in VR Occupational Simulations, SAP2025, Article 7, 2025.
CA で多様な人生経験を得ることが自己拡張欲求(個人が自己の能力や経験を拡大し、成長や発展を追求する内的な欲求)とウェルビーイングに与える影響を検証。CA に対する身体化感覚を高めること、他者の人生経験を自らが能動的に体験していると感じられる体験設計を取り入れることが自己拡張欲求の向上に重要であることを明らかにした。この成果をもとに、人生経験交換メタバースが設計された。

・Misato Hide, Yuji Hatada, Hideaki Kuzuoka, Takuji Narumi, "Closer than Real": How Social VR Platform Features Influence Friendship Dynamics, CHI2025, Article 35, 2025.

メタバース上でバーチャル CA を使用して継続的に社会的活動を行っているユーザを対象としたインタビューから、CA やメタバースプラットフォームの特性がユーザの社会的活動・交友関係形成に与える影響を明らかにし、CA による社会性変容が現実とは異なる交友関係形成プロセスを生むことを示した。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

身体性と社会性を拡張する OpenCA メタバースプラットフォームの構築

課題推進者：

平木 剛史（クラスター株式会社 メタバース研究所 所長）

1. 研究進捗状況と成果

2025 年度は、メタバース上における OpenCA 環境の実現に向けて、身体性拡張、社会性拡張、実社会実証実験の 3 領域で基盤技術の構築を推進した。

身体性拡張基盤の構築については、多様な CA 操作入力インタフェースをメタバース環境に接続するため、OpenVR 規格対応の入力変調ドライバを実装した。研究開発課題 1-1 との協働により大規模 CA 実験フレームワーク LUIDA を設計し、本課題においてメタバースプラットフォーム cluster 上にシステムを構築し、両課題の共同発表により、本プロジェクト発のオープン CA プラットフォームとして公開した。

社会性拡張基盤の構築については、CA を介した社会参加の支援に向けて AI エージェントの統合を目指し、研究開発課題 1-1 との協働により LUIDA を社会参加支援プラットフォームとしても展開した。プラットフォーム非依存のエージェント制御基盤 MetaProxy と LLM ベース案内 AI エージェント Navigation Pixie を実装し、後者については、比較実験により既存手法に対し滞在時間、自由探索時間双方の延伸効果を有することを実証した。

実社会実証実験においては、環境情報の実時間計測・共有を目標として BIM・CAD・点群・PLATEAU 都市データ等からデジタルツインを構築するワークフローを体系化し、鹿島建設との連携のもとシンガポール拠点「The GEAR」の IoT センサ情報をメタバースにリアルタイム反映するデジタルツインを構築した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

大規模 CA 実験フレームワーク LUIDA を研究開発課題 1-1 との協働により設計、開発、公開し、OpenCA のコンセプトに基づき実際に実装された CA 環境の一事例として、多様な一般ユーザがメタバース上で手軽に CA の機能を体験でき、その行動履歴を収集できる環境を実現した。

2) 代表的な論文

・H. Yanagawa, Y. Hiroi, S. Tokida, Y. Hatada, T. Hiraki, "Navigation Pixie: Implementation and Empirical Study Toward On-demand Navigation Agents in Commercial Metaverse," IEEE ISMAR, 2025.

商用メタバース「cluster」上のオンデマンド案内 AI エージェント Navigation Pixie に関する論文である。疎結合アーキテクチャで LLM の自然言語理解と構造化空間メタデータを統合し、PC・VR-HMD 計 193 名の大規模実験により、固定ルート型に対し滞在時間 1.5~1.7 倍、自由探索時間 3~5 倍の延伸効果を実証した。

・M. Ibara, Y. Hiroi, T. Kamegai, T. Hiraki, "Implementation and Application of Multi-Format 3D Data Integration in a Cross-Device Commercial Metaverse Platform," IEEE ISEMV, 2025.

BIM・CAD・点群・PLATEAU 都市データ等の異種 3D データのメタバースへの統合ワークフローを体系化した。防災・避難訓練・設計合意形成・IoT センサ統合・設備搬入計画など多様な応用事例を通じ、専門知識に依存しない民主的な意思決定支援環境の実現可能性と技術的制約を論じた。

3) 代表的な特許

- ・特許 7827282「情報処理方法、情報処理装置、情報処理プログラム、及び情報処理システム」
- ・特許 7861975「情報処理装置、情報処理方法、およびプログラム」

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

身体の並列化における融合的行為主体感生成技術の開発

課題推進者：

笠原 俊一（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 リサーチディレクター）

1. 研究進捗状況と成果

研究開発課題 1-3 との連携により、高速ロボットマニピュレータによる身体化システム AgiLimb を構築した。高速ビジョンに基づくデジタル反射ループ（約 60 ms）と投擲意図推定をブレンド係数 α で動的に統合する Seamless Action Takeover 機構により、操作者の主体感を保持したまま人間の生理的限界を超えるキャッチ・スロー動作を実現し、SIGGRAPH Asia Emerging Technologies や一般公開ワークショップを通じて、一般来場者に自身の身体のように動作する本システムの体験を提供した。

複数身体の並列操作における自己主体感の達成を直接評価することを目的とした、視線駆動型暗黙的補助制御システム SyncArms の構築では、視線情報と物体認識 (YOLO) を統合し、注視対象物に対して非注視側ロボットアームへ暗黙的・漸進的な位置補償を与えることで、注視側の視覚-運動同期を保持しつつ、配置の異なる環境間での並列 Pick-and-Place を可能とした。被験者実験により、提案手法は完全自動補助（被験者との運動とは独立に動作補助を行う）と同等のタスク遂行性能および完全同期条件（被験者の運動と同期した動作を行う）と同等の単一身体所有感・行為主体感を達成し、補助の漸進性が並列身体所有感 ($p = .0039$)・並列行為主体感 ($p = .0048$) の維持に寄与し、補助動作への気づきと並列身体所有感の間に負の相関 ($r = -0.52$) が成立することを定量的に示した。以上により、2025 年度「超身体システムによる複数身体の自己主体感の達成を評価し、超身体 CA を用いた運動で、人間が融合的行為主体感を得られることを示す」のマイルストーンを達成した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

視線駆動型暗黙的補助制御システム SyncArms を構築し、被験者実験により、並列身体所有感・並列行為主体感を完全同期条件と同水準に維持できること、および補助意識と並列身体所有感の間に負の相関 ($r = -0.52$) が成立することを定量的に実証した。これは AgiLimb（時間軸方向の超身体化）と合わせ、超身体 CA における「複数身体の自己主体感の達成」を裏付ける成果である。

2) 代表的な論文

・Koki Kawamura, Shunichi Kasahara, Maki Sugimoto. "SyncArms: Gaze-Driven Implicit Assistive Control for Parallel Robot Arms in Distributed Environments." In The Augmented Humans International Conference 2026 (AHs 2026), March 16-19, 2026, Okinawa, Japan. ACM, pp. 578-588. 複数 CA の並列操作における「タスク遂行性能」と「身体性」のトレードオフを解消するため、視線駆動型の暗黙的補助制御を提案した。視線と物体認識から、注視対象に対し非注視側へ暗黙的・漸進的な位置補償を与えることで、配置の異なる環境間での並列操作を可能とする。被験者実験により、完全自動補助と同等のタスク遂行性能、完全同期条件と同等の身体所有感・行為主体感を達成し、補助意識と並列身体所有感の間に負の相関 ($r = -0.52$) が成立することを示した。これにより超身体 CA における「複数身体自己主体感」の達成可能性と、融合的行為主体感を生成する設計条件（補助の暗黙性・漸進性、視覚優先方向への補助局所化）を提示した。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

CA における主体感のモデル化と可観測化

課題推進者：

温 文（立教大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題は 2024 年度より開始し、行為主体感の認知・計算モデルに基づき、CA 操作者の行為主体感を観測可能にする基盤技術を構築し、CA 操作者の主体感を維持するインタフェースの開発に貢献することを目的としている。2025 年度においては、行動データ及び脳活動データ解析に基づく主体感の認知モデルを提案し、ユーザーの主体感の個人差を説明し、協同作業の課題パフォーマンスと行為主体感を両立させる最適な制御の割合の推定を実現した。

行動データ及び脳活動データ解析において、制御が増加または減少する実験系を用いた脳計測データと行動データを取得し（研究開発課題 2-2 と連携）、探索・制御仮説を検証した。次に、認知モデルの提案において、主体感を操作した実験系から得られた行動データを用いて、行為主体感の生起における個人差を説明するベイズモデルを確立した。このモデルのパラメーターに基づき、行為の結果に対する介入の敏感度の説明が可能になり、CA 操作のインタフェース設計に重要な知見を提供した。パフォーマンス向上と行為主体感の維持を両立させるため最適な介入（制御）レベルの設計を、個人のパラメーターに基づいてカスタマイズ可能な方向を示した。

CA 使用時のセンサーデータから主体感の逐次推定については、高齢者がアパシー防止のためドラム演奏に取り組む際に CA を利用する場面において、腕に取り付けられた振動子とドラムのハイハット側に取り付けた加速度のデータから、行為主体感を逐次推定する指標として、トランスファーエントロピー (TE) を計算し、演奏者の主体感の推移と有意に相関することを発見した。この成果を踏まえて、ドラム演奏時 CA を利用する場面において、TE に基づいて主体感を逐次推定し、脳機能の変化との関係を解明することが可能になった。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

様々な制御状況において人間が感じる主体感の個人差を説明する数理モデルの確立は目標達成に最も寄与する成果である。このモデルに基づき、ユーザーの主体感の個人差を、パラメーターを使って説明・予測することが可能になった。

2) 代表的な論文

・Chang, A. Y.-C.,*, & Wen., W.* (2026). Bayesian integration in sense of agency: Understanding self-attribution and individual differences. *Cognitive Computation*, 18, 9. doi: 10.1007/s12559-025-10542-x (*Equal contribution)

本研究は、自分が行動を起こして外界の変化を引き起こしたという感覚（主体感）が人によって大きく異なる理由を説明するため、ベイズ統合モデルを用いて検討した。結果として、感覚情報の精度や過去の信念の違いが、主体感の感じやすさや判断基準に影響することが示された。また、このモデルは個人差をうまく再現し、従来のモデルよりも有効であることが確認された。主体感の仕組みやそのばらつきを理解するうえで重要な知見を提供した。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

身体の高多様性を包摂する技能共創技術の開発

課題推進者：

田中 由浩（名古屋工業大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題では、サイバネティック・アバター(CA)による身体技能の融合に関する基盤技術および基礎的知見を得ることを目的に、ロボットを含む複数人による身体感覚に基づく技能の共有と利活用による協働作業を実現するための技能共創技術を開発している。

2025 年度は、感覚や運動を直接伝送する人-人接続型 CA について、高齢者のドラム演奏支援および理学療法士による拘縮の遠隔触診、1 台のロボットアバターを複数人で協調操作するロボット型 CA について、技能者との融合による陶芸の実現に展開し、応用に向けた実践的評価を行った。ドラム演奏支援については、高齢者を対象にして、パフォーマンスや主体感の向上や脳活動の変化を検証するコホート研究を行い、未経験の高齢者が CA 支援によりドラム演奏を行え、技能の向上や脳活動の変化を示唆する結果が得られた。拘縮^{注1}の遠隔触診では、これまでの触覚共有に加えて、理学療法士が円滑に施術者に運動教示するために、全方位カメラを用いて施術者からの視点を自由に変更できる共有システムを構築し、患者を模擬した健常者に対して有効性を確認した。ロボット型 CA 操作による陶芸では、技能者との融合により、CA 上の動作が技能者に類似し、陶芸が行えることを確認した。

^{注1} 怪我や病気で関節を動かさない状態が続くことで発症しやすく、関節構成体および関節周囲軟部組織の器質的变化によって生じる関節可動域制限。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

力触覚フィードバックを有し、陶芸を行えるロボット型 CA を構築し、遠隔地にいる技能者と CA に同時接続して連携協調操作することで、初心者でも職人の技能と融合することで、ろくろによる陶芸を完遂でき、CA 上の動作が技能者に類似することを確認した。また本システムを、大阪・関西万博において 2025 年 6 月 16-18 日に実施された日本工芸産地博覧会において、一般参加者に向けてデモンストレーションを行った。初めて陶芸を体験する一般参加者も CA を通じて陶芸を行うことができることが示され、多くの体験者が実際の操作量である 50%を超えて、75%や 90%などの高い主体感を回答した。

2) 代表的な論文

・H. Suzuki, H. Yukawa, K. Minamizawa, Y. Tanaka, Effects of operation prediction sharing for collaborative avatar robot, IEEE Access, 13:25419-25431, 2025. doi:10.1109/ACCESS.2025.3538277. 複数人で 1 台のロボットアバターを協働操作する際の連携向上を目的として、主となる操作者の 0.3 秒先の動作を LSTM により予測し、サポート役の操作者へ視覚提示するシステムを開発した。ピックアップ・プレース課題による評価の結果、予測提示を与えられたサポート役の操作者の主体感や操作の円滑性が向上し、作業負荷の軽減が確認された。また、主となる操作者についても、主体感を維持したまま操作負担が低減し、操作者間のタイミングのずれが減少し、予測提示の有効性が示された。

3) 代表的な特許

- ・特許 7768512「技能取得支援方法、技能取得支援システム、および制御プログラム」
- ・特許 7678486「複数人によるロボットアバター制御システム、及び制御方法」

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

身体的共創を生み出す CA 接続基盤技術の構築と応用展開

課題推進者：

南澤 孝太（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発課題は、研究開発項目 1、2、3 による認知拡張・経験共有・技能融合のコア技術を統合し、障害当事者を含む多様な CA 操作者と様々な形態の CA の関係性の中で生まれる身体的共創の基盤技術の構築を担った。実世界ロボット型 CA の構築については、ALS をはじめとする身体障害当事者を対象とした BMI 操作型身体拡張 CA の開発を行い、ALS 当事者である WITH ALS 武藤将胤氏との共創のもと、BMI を用いて車椅子と一体化された拡張身体としての双腕 CA を操作する Brain Body Jockey (B2J) プロジェクトに取り組み、MOVE FES. 2024 における初公開に続き、大阪・関西万博を含む公開イベントにおけるステージパフォーマンス、当事者の家族との身体的コミュニケーションの支援を通じたコンセプト実証を行い、CA による身体拡張が障害当事者の自立的行動を支援し QoL を向上する可能性を示した。バーチャル型 CA 環境の構築については、これまで開発を進めてきた生体情報を反映する CA 生成技術に基づき、横浜市立大学 COI-NEXT との連携のもと、臨床心理の現場への導入を見据え、メンタルヘルス当事者を対象としたバーチャル CA 環境を構築し、深層カウンセリング応用の実証実験を行った。CA を通じた感覚の双方向接続については、前年度に発表した装着型触覚インタフェース FeelFuse を用い、沖縄の伝統的窯元との共創のもと、陶芸職人の身体的技能を記録し触覚を伴って再生できる体験共有 CA を構築し、ベテランから若手への職人間の技能伝承への可能性を探究するとともに、大阪・関西万博において一般来場者を対象とした体験型デモンストレーションを行った。CA による遠隔就労の国際展開として、前年度に IROS 2024 (ドバイ) で実施した分身ロボットカフェのブース出展で得た知見に基づき、研究開発課題 5-1 によりデンマーク・オーフス市において 6 ヶ月間にわたる分身ロボットカフェの実証実験が行われた。CA 生活の実現に向けた共創的デザインを実現するコミュニティの拡大に向けて、産学官民共創によりデジタルテクノロジーの社会実装を目指すオープンイノベーションプラットフォームである Blab との連携のもと、ニューロダイバーシティ (脳の多様性) に対する CA 利活用の可能性を示すため、イベント「みんなの脳世界」の企画運営および出展を行った。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

2025 年 7-8 月に大阪・関西万博において開催された内閣府企画「ムーンショットパーク」の一環として、これまで 5 年間の成果をまとめた展示「Cybernetic being Life」を実施し、CA を用いた障害当事者の遠隔就労 (分身ロボットカフェ)、BMI-CA による ALS 当事者の身体能力拡張 (B2J プロジェクト)、職人技能の体験共有 CA をはじめ、誰もが能力や経験を自在に拡張・共有できる社会の実現を目指す本プロジェクトの理念を、具体的な CA 利用当事者の背景と CA 利用による実際の能力拡張の様子を紹介することで示し、10 日間で 1 万人以上の来場者を得た。

2) 代表的な論文

・"It's Like Being On Stage": Conveying Dancers' Expressiveness Through A Haptic-Installed Contemporary Dance Performance. In Proceedings of ACM CHI 2025, 2025.

身体的共創 CA のコア技術の 1 つとして開発している身体感覚接続技術を表現領域に応用し、触覚伝送技術によって、ダンサーの身体表現を観客へ体験共有する環境を構築し、実証実験として一連の公開パフォーマンスを行いその効果を検証した。ACM CHI 2025 にて Best Paper Award を受賞した。

3) 代表的な特許 特許 7678486「複数人によるロボットアバター制御システム、及び制御方法」

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

Cybernetic Human-Link の実現に向けたデジタル神経技術の開発

課題推進者：

佐藤 雅明（東海大学 准教授）

1. 研究進捗状況と成果

研究開発課題は、サイバネティック・アバター（CA）による身体の制約からの解放を実空間で達成することを目的に、異なる主体の有する身体・認知・知覚情報や意志を速やかに伝達・共有するためのネットワーク技術、デジタル神経を開発することを目的としている。

デジタル神経技術の開発については、glass-to-glass の遅延が約 30 ミリ秒となるデジタル視覚転送システムで CA の実社会での利活用を見据えた主体的実時間性に関する実証をおこなった。遠隔操縦における操作性と遅延についての実証実験、および精緻な遅延計測手法を策定した。デジタル神経技術の応用例として研究開発課題 1-3 との連携による高速 CA 身体を用いたキャッチボール、研究開発課題 2-1 との連携による高齢者を対象とした CA 技能支援による遠隔ドラムセッションの実証実験に貢献した。

デジタル神経アーキテクチャの規格化・標準化推進については、社会で活用が進んでいる Web 基盤を対象とし、World Wide Web Consortium(W3C)において CA のための Web「Web of CA」検討グループである Cybernetic Avatar Community Group (CACG) を設置し会議を開催した。

プロジェクト間連携課題として実施した CA の安全な利活用に向けた技術的・社会的セキュリティについては、実社会で CA の安全性確保を目的として、実社会の中で CA の安全性を確保することを目的として、各プロジェクトにおいて既に開発が進んでいる CA 通信基盤、認証基盤、Open CA 環境およびそのユースケースに対するリスクアセスメントを行い、成果を取りまとめた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

■ 操作者が介在する遠隔制御のための FPGA を用いた低遅延映像伝送アーキテクチャの確立

異なる主体の有する身体・認知・知覚情報や意志を速やかに伝達・共有するため、処理遅延等を最小化し違和感のないインタラクションを可能とした。東京-沖縄間実験の遅延は約 65 ミリ秒であった。

■ W3C Cybernetic Avatar Community Group

Web 技術の国際標準を策定する W3C に CA の議論をするためのグループを設置し、Web of CA の要件や課題について各国から意見を集約し、CA の社会実装の前提となる国際標準化に向けた議論を開始した。

<https://www.w3.org/community/cacg/>

2) 代表的な論文

・水野 史暁, 松谷 健史, 佐藤 雅明, 植原 啓介, “遠隔拠点間で測定可能な Glass-to-Glass 遅延測定装置の検討と実装”, 電子情報通信学会論文誌 B 通信 J109-B(1) 56-64, January 2026

IP ネットワークの低遅延化・広帯域化に伴い、ドローンやテレグジスタンスロボットなど様々な分野で低遅延なデジタル映像伝送が求められている。低遅延化の研究は活発である一方、カメラからディスプレイまでの合計遅延を測定することは、測定者により評価手法が異なるため定量的な遅延測定が難しく確立されていない。本研究では GNSS レシーバーを用いて、物理的に距離がある遠隔拠点間でも一方向の Glass-to-Glass 遅延が正確に測定可能な手法を提案した。本手法は移動体にも適用できる。また、実装した遅延測定機においてオシロスコープに対して約 $10\mu s$ の誤差での測定を実現した。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

CA を通じた障害克服の実践的研究

課題推進者：

吉藤 健太郎（株式会社オリィ研究所 CV0）

1. 研究進捗状況と成果

分身ロボットカフェ日本橋店では、分身ロボットを活用した就労・接客の運営を継続し、CA(Cybernetic Avatar)技術の社会展開に向けた取り組みを進めてきた。2025 年度末時点で、カフェ業務に従事したパイロット数は累計 150 人、年間総労働時間は 20,000 時間に達しており、多様な背景や身体条件を持つ人々が遠隔から継続的に働ける環境を広げている。こうした運営を通じて、教育方法や業務設計、現場スタッフとの連携、運営体制づくりなどに関する経験を重ねてきた。また、CA 技術を体験した顧客・間接的利用者は年間 20 万人に達し、アバターロボットを用いた遠隔就労やサイバネティック・アバターへの理解を広げる場としても役割を果たしている。

2023 年度より取り組んでいる、特別支援学校向け CA 就労支援プログラムについて、2025 年度は CA 技術の活用対象の拡大を進めた。2024 年度までに 6 都市 32 校 43 名にプログラムを提供してきた実績を踏まえ、2025 年度は対象者を日本国内に住む 12～25 歳の移動困難者へと広げ、夏・秋・冬の計 3 回にわたり通年で実施した。28 名が就労体験に参加し、内訳は中学生 5 名、高校生 17 名、大学生 5 名、その他 1 名であった。自宅や学校、病室などから遠隔で就労体験に参加できる機会を広げ、参加者の積極性や進路意識の向上につながる取り組みとして、幅広い年齢層への展開を進めた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

【デンマーク・オーフス市での国際実証実験】

CA 技術の国際展開として、2025 年 4 月～9 月にデンマーク・オーフス市で「分身ロボットカフェ」の実証実験を現地自治体等との共同で実施した。外出困難な現地パイロット 13 名と日本からの 8 名が分身ロボット型 CA を通じた就労を経験し、来場者は約 1,000 名に上った。デンマークの大臣の視察や DR(国営放送)での報道など高い関心を集めた。オーフスの参加者 13 名のうち 4 名が正規雇用につながり、視覚障害者がパイロットとして就労する世界初の事例も生まれた。CA を活用した国際的就労モデルの知見を蓄積した。

2) 代表的な論文

・Songchen Zhou, Mark Armstrong, Giulia Barbareschi, Toshihiro Ajioka, Zheng Hu, Ryoichi Ando, Kentaro Yoshifuji, Masatane Muto, Kouta Minamizawa, “Augmented Body Communicator: Enhancing daily body expression for people with upper limb limitations through LLM and a robotic arm”, Proc. Augmented Humans Conference 2025, pp. 174-186, 2025.

上肢に障害のある人は身体表現による社会的交流に困難を抱える。本研究では、機能的作業の代行にとどまらず、挨拶や握手など日常の対人場面における非言語的な自己表現を可能にし、当事者が主体的に社会参加できるよう身体表現能力を拡張することを目的として、運動記憶機能を搭載した 7 自由度ロボットアームと LLM による動作予測を統合した身体拡張システムを提案した。筋ジストロフィー／ALS 等の身体障害当事者 6 名によるユーザテストを実施し、人間の意図と高く一致した動作予測による自己表現能力の向上が示された。今後は動作生成の自動化と実生活での長期利用評価を目指す。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

CA 社会における倫理とガバナンスのデザイン

課題推進者：

江間 有沙（東京大学 准教授）

1. 研究進捗状況と成果

2025 年度は、分身ロボットを介した多様な社会参加のあり方を、国内外のフィールドワークを通じて横断的に分析することを目的として研究を進めた。日本およびデンマークの実証現場において、参与観察およびインタビュー調査を実施し、社会受容および利用実態に関する知見を蓄積した。

国内では、2025 年 8 月、10 月、2026 年 2 月の 3 回にわたる就労体験・インターンシップ等の実証プロジェクトに参画し、学生パイロットに加え、保護者、来店客、先輩パイロット等を対象に合計 73 名へのインタビューを実施した。これにより、2022 年より行ってきたインタビュー調査の対象者は延べ 259 名となり、今後これらの調査結果を基に、分身ロボットを介した就労経験が社会参加や将来の働き方の認識に与える影響について分析を行う。

国際的な調査としては、オリイ研究所およびデンマーク・オーフス大学と連携し、研究開発課題 5-1 で実施された分身ロボットカフェのオーフス市における長期実証実験に関わる調査として、計 12 名（デンマーク人、日本人）の CA 操作者や CA 利用者に対するインタビューを実施し、国際比較に向けた基礎データを収集するとともに共同研究体制を構築した。さらに医療領域における分身ロボットの活用可能性についても検討を開始し、専門職における遠隔就労の可能性に関する意見交換を行った。以上を踏まえ、分身ロボットに対する人々の理解や問いの生成過程を複数の層から捉える分析枠組みの構築を進めた。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

国内外の実証フィールドにおける継続的なフィールドワークを通じて、分身ロボットを介した社会参加の多様なあり方に関する実証的知見を体系的に整理した。本研究では、分身ロボットに対する人々の理解が、初期遭遇時の違和感や戸惑い、実際の相互作用を通じた意味づけ、さらに社会制度や働き方に関する再検討などへの関心など、いくつかのレイヤーごとに分類し、インタビューデータをもとに今後の分身ロボット導入や活用に関する可能性や課題について整理を行った。また、対面であることを前提とした既存の評価基準やコミュニケーション規範が、分身ロボットを介した就労や参加においては必ずしも適用できないという課題も示された。これらの成果により、分身ロボットが単なる代替手段にとどまらず、従来の就労や社会参加の枠組みそのものを再検討する契機となり得ることを示した。

2) 代表的な論文

・Ema, A., Spoden, C. "Questions, Not Answers: A Layered Framework for Public Engagement with Avatar Robots", HCI International 2026

分身ロボットを介した社会参加に関する長期的な参与観察およびインタビュー調査に基づき、人々が分身ロボットに対して抱く問いを「初期遭遇」「相互作用」「社会的含意」の三層から整理する分析枠組みを提案した。さらに、これらの問いをポストカード形式で可視化し、QR コードを通じて解説と接続する手法を提示することで、研究成果を一般社会へと接続し、議論を喚起するための方法論を示した。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

ムーンショット型研究開発事業・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
身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発

サイバネティック・アバターの責任ある社会実装のための RRI アセスメント

課題推進者：

標葉 隆馬（慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 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（CA）をめぐる倫理的・経済的・環境的・法的・社会的課題（E³LSI）の理解、CAの社会の中での受け止められ方とフレーミングの可視化に取り組んだ。

文献調査として、CAに関連して議論をされているE³LSIのレビューを行った結果、セキュリティと安全性、データプライバシー、アイデンティティ・ジャック、操作、知的所有権・著作権、依存症、サイバーいじめ、社会関係の希薄化、表現の自由と攻撃的・有害コンテンツのバランス、規制ギャップ、説明責任、透明性の確保、分配的正義、Dual Useなどの論点が繰り返し指摘されていることを確認した。これらの成果をワーキングペーパーとして公開するとともに、E³LSI マッピングとしてまとめ、最終的に *Frontiers in Robotics and AI* 誌に論文が掲載された（Shineha 2026）。また同時並行でCAをめぐる科学技術政策の分析を進め、オピニオンペーパーの作成を行った。

加えて、ロボットアバターOriHimeの事例に注目し、一般回答者2000人の参加を得る形で、OriHimeに対する意識調査を実施した。その結果、（ロボット掃除機など）普段からロボットとの接触頻度が高い層ほどOriHimeへの好感と期待感が高まる一方で、不安感については低い程度ではあるものの、ロボットとの接触頻度に関わらず変動しないことが見出された。加えて、フォーカス・グループ・インタビューを実施し、CAは雇用を増減させる技術というよりも、雇用の再編をもたらす技術として捉えられていることが見出された。制度設計に関しては、性悪説に立った法整備、免許制、低リスク分野からの段階的導入、保険制度、緊急時の人的バックアップ体制など、事前備えを重視する意見があった。これらの結果を踏まえ、CA利活用のためのE³LSIガイドラインのドラフトを作成し、プロジェクト内でのヒアリングを開始した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

CAをめぐるE³LSIの包括的レビューを通じたE³LSI マッピングの作成とそれに基づくレビュー論文は、今後CAを社会実装する上でのE³LSI知見の基盤を形成するものであると同時に、これまで日本からの国際的発信として不足していたCAのE³LSIを概観的に論じ、議論の穴を埋めることに貢献する成果である。

2) 代表的な論文

・Ryuma Shineha. (2026) “Exploring the ethical, legal, and social implications of cybernetic avatars.” *Frontiers in Robotics and AI*, 12, 1724119. doi.org/10.3389/frobt.2025.1724149
Robotics, Cybernetics, Metaverse, VR/XR, Exoskeletonなどの関連領域のELSIを論じた文献を収集・分析することでCAのELSIを洞察した。セキュリティと安全性、データプライバシー、アイデンティティ・ジャック、操作、知的所有権・著作権、依存症、サイバーいじめ、（医療など）特定サービス活用におけるリスク管理、社会／人間関係の希薄化、エネルギー問題／環境問題、表現の自由と攻撃的・有害コンテンツのバランス、規制ギャップ、説明責任、透明性の確保、分配的正義（科学技術への公平なアクセス・分配の確保）、格差の拡大、Dual Useなどの論点が繰り返し指摘されている重要な論点であることを確認した。

3) 代表的な特許

該当なし