



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

2024 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



1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

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術や経験を共有できるサイバネティック・アバター(CA)技術を開発する。技術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、人と社会に調和した、身体的な技能や経験を流通する社会基盤を構築する。2050 年には、この流通が人と人との新たな身体的共創を生み出し、サイバネティック・アバターを通して誰もが自在な活動や挑戦を行える社会を実現する。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

◆研究開発項目1「身体性と社会性の認知拡張の機序解明と工学的設計」:

CA の身体を通じて個人ごとに異なる特性を表現し、自分の望むアイデンティティを探索・確立していく社会性認知拡張のプロセスを検証するため、非ヒト型 CA 使用時にも直観的な操作と高い能力発揮を可能にする身体性変換手法を開発した。個人差を考慮した身体性と社会性の相互作用モデルを作成し、メタバース上での社会性拡張 CA 検証プラットフォームの拡充と社会性拡張効果検証に取り組み、OpenCA 環境として、オープンなメタバースプラットフォーム上に身体性と社会性を拡張可能な実験的環境を構築し公開した。加えて、身体的・社会的変容を加えた際の脳内身体表現の変化を調べるため、インフレータブル・アームロボット型 CA を操作している際の脳活動計測を行い、前年度に実施したバーチャル型 CA に対する脳活動との類似性を確認した。

◆研究開発項目2「経験の並列化と融合的認知行動技術」:

AI による自律制御と融合した並列化 CA や、人の運動速度を超えた運動応答を可能とするエグゾスケルトンインタフェースを開発し、1 人の操作者の能力を超えた並列 CA 操作や高速 CA 操作を可能とするインタフェース群を構築した。これらの知見を活用し、研究開発課題 1-3、4-3 との連携のもと、人の身体運動と同等の高速駆動が可能なロボットアーム型 CA を構築し、高速なロボットアームを人間の操作者が自己の身体の延長として感じながら、人間の知覚や身体能力の限界を超える動作を実現する超身体 CA システムを構築した。加えて、CA の利用における人の脳の適応の機序を理解することを目的として、既存のバーチャルアバターの操作に対する熟練者と非熟練者における CA 身体への没入速度を脳計測に基づいて比較し、バーチャルアバター熟練者は非熟練者に比べ身体的錯覚が早く生起することが明らかになった。

◆研究開発項目3「身体技能の多様性融合技術」:

これまで構築してきた技能融合 CA の要素技術を統合し技能者と非熟練者が双腕型ロボットを介して技能を共有する技能融合 CA システムを構築した。この応用展開として、伝統工芸の職人を対象に、陶芸の技能の記録と CA 上での融合による技能伝承、また熟練外科医の鉗子操作データの記録と CA 上での融合による技能学習に取り組んだ。実際に、初心者が熟練の陶芸職人と融合することで陶芸を行えるようになり、初心者が熟練臨床医と融合することで鉗子操作の精度とスピードが向上することが確認された。CA 技術によるフレイル治療にむけた内在的能力(Intrinsic Capacity:IC)賦活へ向けて、50 歳以上を対象に IC の定量評価と脳機能解析を行い、高密度脳波計を活用して CA による介入効果を評価する技術の開発を進めた。研究開発課題 3-1、3-4 と連携して、IC 特性に応じた CA 支援によるドラム演奏支援技術の開発を進め、実際の高齢者を対象とした検証を行った結果、生理的な脳萎縮の進行に抗して認知的フレイルが回避されることが示唆され、さらに、CA 介入によりこの応答が強化されることを確認した。

◆研究開発項目4「身体的共創を生み出す CA 基盤の構築と運用」:

技能融合・認知拡張・経験共有の各コア技術を CA 基盤として統合し、具体的なユースケースに対応した各種 CA システムを構築した。ロボット型 CA においては、技能融合技術を応用し、陶芸などの高度な技能を融合できる技能融合 CA、および、ALS をはじめとする重度の身体障害当事者の車椅子に搭載することで身体を拡張し日常生活を補助する役割を有する BMI 操作型身体拡張 CA を開発し、それぞれ実際のユーザーを対象とした実証実験を行った。バーチャル型 CA においては、CA を用いて自身の見た目や身体特性を変化させることで、特に LGBTQ 等の当事者を対象として、自身の望む外見でコミュニケーションを行える CA 環境を構築し、カウンセリング等における会話が促進されることを確認した。また CA と操作者の身体感覚の双方向同期共有技術として、コンソーシアム参画企業とともに、今後の量産を視野に入れた身体感覚接続インタフェースとして、装着型力触覚デバイスの量産試作を行った。1 人の操作者が複数の CA を遠隔操作可能とする CA クラウド基盤を整備し、羽田空港エリアなどの公共空間での実証を通じて実用化を推進するとともに、業界団体との連携により標準化に向けた指針の整備を進めた。遠隔操作時の遅延を補償する「デジタル神経」技術のプロトタイプとしてデジタル視覚技術を実装し、性能評価と、ユースケースに基づいた要素機能の定義を通じて、世界中のあらゆる場所において CA による身体・認知・知覚の共有を可能にする Cybernetic Human-Link の実現に向けた基盤づくりを行った。身体的共創社会推進コンソーシアムの参画団体は、37 企業・6 コミュニティのぼり、本コンソーシアムの加盟企業および加盟コミュニティとともに、身体的共創 CA の要素技術の社会実装に関する 5 つの共創プロジェクトを実施した。

◆研究開発項目5「多様性と包摂性を拡大する CA 社会の共創的デザイン」:

開業から4年を迎えた分身ロボットカフェを実証実験フィールドとして、引き続き身体障害、社会的コミュニケーション障害など様々な当事者とともに CA を通じた就労の実践的研究を推進した。特別支援学校の生徒を対象に、分身ロボットカフェ DAWN や各地のキャラバンカフェにおいて遠隔接客を体験できる就労支援プログラムを実施し、実社会における CA を用いた就労の有効性や、学習プロセスにおける体験共有の効果を検証した。金井プロジェクト研究員との連携のもと、BMI により操作可能な身体拡張 CA を開発し、ALS 当事者との協働を通じて、身体障害当事者の日常生活への導入を目ざした CA による新たなコミュニケーション支援技術の可能性を開拓した。国際実証実験に向けた取り組みの一環として、ドバイ(UAE)で開催された IROS 2024 において分身ロボットカフェのポップアップ展示を行い Dubai Future Lab と今後のドバイにおける拠点形成に向けた議論を行っている。日本と海外における文化や法制度の違いによる CA 就労の社会受容性の差異を明らかにするために、中東地域に加え欧州における実証実験の展開を模索し、具体的な候補地として、デンマーク・オーフス市と国際実証実験に向けた協議を行い、2025 年 4 月から分身ロボットカフェをオーフス市内にて実施することが決定した。

◆研究開発項目6「CA 時代の倫理と社会制度の設計」:

CA の社会実装に伴う倫理的・法的・制度的課題への対応を目的とし、法制度の検討、社会的ガバナンス、未来社会の構想に関する 3 つの研究開発課題を推進した。CA による就労や技能伝達をめぐる法的課題について、使用者や専門家へのインタビューを通じてガイドラインのアップデートを行い、国際ワークショップにて知的財産権の観点からの議論を展開した。CA 利用者や関係者へのインタビュー・参与観察を通じて、CA の社会的普及とガバナンスの課題を整理し、教育書籍『分身ロボットとの付き合い方』の出版や公開イベントを通じて社会発信を行った。SF プロタイピングとワークショップを通じて、体内 CA や災害支援技術などのテーマでロードマップを構築し、理解度・没入度・社会受容性に基づいて

未来社会シナリオを選定した。

(2) プロジェクトマネジメントの実施状況

2025 年度の大阪・関西万博を契機としてこれまでの研究開発成果の統合を図り、これまでの分身ロボットカフェを通じた障害当事者の就労の実証実験に加え、1) BMI-CA を用いた ALS 当事者の身体拡張、2) 技能融合 CA を用いた陶芸技能の伝承、3) 技能融合 CA を用いた高齢者のフレイル予防、4) 高速駆動可能なロボット型 CA を用いたバッティング、5) CA インタフェースを通じて身体的経験を保存・再生する経験共有スタジオ、6) 複数の人の人生を経験する認知拡張 CA、の 6 つの実証実験プロジェクトを推進し、研究項目をまたがり複数の研究課題推進者が連携して身体的共創 CA 技術の PoC に取り組んだ。これらを 10 月に実施した竹芝地区におけるアウトリーチイベントにおいて一同に会して展示した。2025 年度から加入する新たな課題推進者として、OpenCA の構築と実施を担うクラスター株式会社の平木剛史と、CA の包括的な ELSI 対応を担う慶應義塾大学の標葉隆馬を選任した。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1:身体性と社会性の認知拡張の機序解明と工学的設計

研究開発課題 1-1:社会性拡張のための身体性制御技術の開発

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、CA による社会性拡張に関する基盤技術とその応用・社会展開に必要な知見を得るための研究を展開した。当該年度は、非ヒト型 CA 使用時にも直観的な操作と高い能力発揮を可能にする身体性変換手法の開発に取り組み、身体を動かさず指で握りこむインタフェースを利用し、各指を押し込む力を CA 全身の身体動作にマッピングすることで、実際とは異なる身体構造を持つ CA の操作と CA からの触力覚フィードバックを可能にするセルフリオネットを開発した。実験を通じて、セルフリオネットでは全く身体を動かさないにもかかわらず、直観性と身体性を保った操作が可能であることを示した。社会性拡張の効果に影響する個人差要因の調査を継続し、前年度得られた知見と合わせることで個人差の影響まで考慮可能な身体性と社会性の相互作用モデルを作成し、狙いとする社会性を引き出せる身体性を設計する上での指針を示した。メタバース上の社会性拡張 CA 検証プラットフォームを拡充するとともに、社会性拡張機能のモジュール化とプラットフォーム上での社会性拡張効果検証に取り組んだ。

課題推進者:

鳴海 拓志 (東京大学)

研究開発課題 1-2:身体性・社会性変容の認知脳科学的機序の解明

当該年度実施内容:

本研究開発課題では、ロボット型およびバーチャル型 CA 操作時の CA 受容／非受容の指標となる脳活動・生理指標を明らかにするための研究を展開している。当該年度は、研究開発課題 5-1 で開発されたロボット型 CA を用いて、ユーザーとのインタラクションを通じて CA 受容がどのように生起するかを検証する実験を行った。カフェでの接客状況を想定して被験者が分身ロボット型 CA を操作し、それに対して実験者(モデル)が反応を示すときの脳活動計測を行ったところ、ロボット操作と動きの整合性だけでなく、ロボットの行動に対するインタラクション相手の社会的随伴性も CA の受容度を高める要因であることを示した。研究開発課題 1-3 で開発されたインフレータブル・アームロボット型 CA を操作しているときの脳活動計測を行い、

前年度に実施したバーチャル型 CA に対する脳活動との類似性を確認した。操作者の表情を増幅したバーチャル型 CA 同士のメタバース環境におけるインタラクションにおいて、社会性認知や CA 受容の向上が見られることを脳活動計測実験を通じて検証した。

課題推進者:

嶋田 総太郎 (明治大学)

研究開発課題 1-3: 身体性変容を具現化する実世界アバター構成技術の開発

当該年度実施内容:

スポーツ等の活動に遠隔で参加できるような高機動ロボット型 CA を開発し、実験を行った。身体性変容の認知過程に基づく実世界アバターの構成に関しては、ウェアラブルロボット型 CA を用いた共同作業時の脳活動計測実験の結果の解析を進めた。解析から、特定の部位で脳活動の抑制が見られ、バーチャルアバターとは異なる認知メカニズムが示唆された。操作者の身体能力を超える高速運動メカニズムの開発に関しては、双腕型の高機動ロボット型 CA をプラットフォームとした超身体的な技能実現に向けた操作支援システムの開発と実験を行った。ロボット型 CA の外観をカスタマイズするための柔軟皮膜を実装した。人間が操作する高機動ロボット型 CA を用いた俊敏な動作として、捕球・投球・打球タスクを実現した。これは、マシンビジョンによるボール位置の予測に基づいてロボットが動作を修正するデジタル反射と呼ぶ機能と、人間による操作と自動制御の混合割合をシームレスに変化させて介入を操作者に気づかせないようにする動作アシスト機能によって可能になった。中高生を対象としたロボット型 CA 体験ワークショップを開催した。

課題推進者:

新山 龍馬 (明治大学)

(2) 研究開発項目2: 経験の並列化と融合的認知行動技術

研究開発課題 2-1: 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

当該年度実施内容:

超身体 CA を用いた身体共創の実現を目的に、超身体 CA インタフェースの技術開発を行った。具体的には、並行行為主体感に基づくフィードバック技術の開発を行い、複数 CA の同時操作において、ユーザーの注意状態に基づく動作アシストを導入した結果、作業を並列化しながらも複数の CA への自己帰属を保持し、単体以上のパフォーマンスを発揮できることを検証した。人間の判断・運動能力を超越する超身体システムの開発を推進した。身体自体に超身体状態をもたらす高速アクチュエータを備えたハンドエグゾスケルトン、および高速駆動可能なロボットアームの操作インタフェースシステムの構築とその体験設計を行った。

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)

研究開発課題 2-2: 身体共創行動技術への適応を可能にする脳可塑性機序の解明

当該年度実施内容:

第一に、運動学習における脳メカニズムを調べることを目的とし、経頭蓋磁気刺激によるシータバースト刺激法を用いて、運動学習の直後や翌日の復習後において、体性感覚野および運動野が学習内容の保持に関して異なる役割を果たすことを明らかにした。第二に、アバター操作の熟練者およびアバター非熟練者の脳機能を比較するため、アバター熟練者・非熟練者を対象とした行動および脳計測実験を

行い、アバター熟練者は非熟練者に比べ身体所有感の変化が早いことを示唆する知見を得た。第三に、主体感を生み出す脳ネットワークを明らかにするために、主体感の認知を実験的に操作するための行動課題を確立し、この課題を遂行中の参加者の脳活動を機能的磁気共鳴画像法によって計測した。

課題推進者：

柴田 和久（理化学研究所）

研究開発課題 2-3: 生体信号計測に基づく情動のデジタル化と経験の圧縮技術の開発

当該年度実施内容：

デジタル情報圧縮ツールキットの使用においてはユーザーの状況理解や情報への信頼度が実現される情動共有の様相に影響を与えることが明らかとなった。ツールキットを効果的に運用するための使用指針の作成整理を進めた。体験状況に関する身体的、認知的理解 (Digital Sympathy) の共有および再生を実現することを目的としたCA環境の構築を行った。非ヒト型の形状をしたアバター Abstract Bodies とよぶ概念を提唱し、Digital Sympathy の表現担体として浮遊ロボット型 CA を構築した。対人コミュニケーション体験をユースケースとして実際のフィールドで実証実験を進めた。当該研究開発課題は当該年度で終了とし、今後は研究開発課題 4-1 に発展的に統合していくこととする。

課題推進者：

南澤 孝太（慶應義塾大学）

研究開発課題 2-4: CA における主体感のモデル化と可観測化

当該年度実施内容：

「CA における行為主体感の行動解析とモデル化」では、行為主体感の事前信念や制御の増加・減少を操作した際の心理的評価、脳活動、感覚運動処理の感度、行動などを計測する実験を行った。顔と頭部の動きにより目の前のモニターに映る自他の顔を操作する課題において、他者の顔を操作した際の方が、自己の顔を操作した場合よりも多様な動きが誘起され、かつより高い行為主体感が生起した。本成果に基づき、行為主体感における Exploitation (利用) - Exploration (探索) モデルを構築した。利用モードと探索モードの切り替えを誘導する行動実験を用いた fMRI 実験を実施した。データ解析およびモード切り替えに対応する脳活動、部位の特定を 2025 年度にかけて進める。「行動データを用いた主体感の逐次推定」では、行動データから行為主体感を推定するための要素技術として、行動解析手法の確立を進めた。高次元の行動データに対して深層学習を用いた復元可能な次元圧縮を行い、行動に含まれる行為主体感に関連する情報を「運動多様性」指標 (深層学習モデルの隠れ層の次元性) として抽出した。本指標は、ユーザーが課題実行時に示す行動プランの多様さ・複雑さに対応しており、運動制御実験により個人内における行為主体感と相関することを確認した。これにより、行動データから行為主体感を推定するのに適した指標であることが明らかとなった。

課題推進者：

温 文 (立教大学)

(3) 研究開発項目 3: 身体技能の多様性融合技術

研究開発課題 3-1: 身体の多様性を包摂する技能共創技術の開発

当該年度実施内容：

身体感覚代行提示技術の開発について、ドラム演奏を支援する人一人接続型

CA を構築し、視覚と触覚の異種感覚提示が複雑な運動教示を可能にし、各感覚提示の効果を明らかにした。ロボット型 CA 上での運動予測提示が、作業性や主体感を向上させることを示した。CA 上での複数人の技能共有による協調システムでは、陶芸を対象にしたロボット型 CA を構築し、技能者と CA 上で協調することで未熟練者が高度技能を実現できることを示した。熟練度に応じて制御方式を変更するロボット型 CA を構築し、熟練臨床医の鉗子操作データと CA 上で融合し技能学習することで、実際の鉗子操作が向上することを示した。人—人接続型 CA を用いた高齢者のフレイル予防に関するコホート研究に向けた実験環境を整備した。

課題推進者:

田中 由浩 (名古屋工業大学)

研究開発課題 3-4: 体性感覚融合に基づく技能融合と共感支援技術の開発

当該年度実施内容:

(3-4-1) 体性感覚共有のための装着型生体入出力技術の開発を進め、(3-4-2) 身体知獲得インタラクションのデザインと共同作業・主観性評価を行なった。(3-4-1)については、研究開発課題 2-1、4-1 と連携し高速な身体駆動を可能とする電磁駆動型手指外骨格と手指精緻性を動的に制御できる受動型外骨格を開発した。加えて運動学習における複数の触力覚帰還の学習特性を明らかにした。運動学習のための非ニュートン流体を用いた受動型力覚モジュールや触力覚帰還を自動的に最適化するシステム、筋電気刺激を用いた摂食行動変容支援システムの開発を行い、その運動学習効果や主観性変化を明らかにした。(3-4-2)については、研究開発課題 3-1、3-5 と連携し、複数人のドラム演奏スキルを融合・教示する体性感覚ネットワークシステムを構築した。加えて、複数人の脳波同期を実時間で計測し、そのフィードバックにより共同作業時の一体感を増強する感覚帰還手法について明らかにした。

課題推進者:

西田 惇 (University of Maryland, College Park)

研究開発課題 3-5: サイバネティック・アバター技術によるフレイル治療に向けた内在的能力賦活化

当該年度実施内容:

研究開発課題 3-4、2-1、3-1 と連携して認知機能拡張、技術融合、経験共有による内在的能力 (IC: intrinsic capacity)の増進効果を分析することで、それぞれの介入が高齢者の内在的能力に対してどのような影響を与えているかを解析し、IC 特性に応じた CA 支援によるドラム演奏支援技術の開発を進めた。その結果、生理的な脳萎縮の進行に抗して core neurocognitive network の領域間結合性を強化して認知的フレイルが回避されることを確認し、CA 介入によりこの応答が強化されることを確認できた。アンチフレイルを促進する CA の開発はフレイルコホートの登録者を対象に、名古屋工業大学ハプティクスラボ、名古屋大学医学部 XR センター、および個別化医療開発学講座において推進し、CA 支援による能動的音楽体験を通して主体感を担保しつつ、アンチフレイルの要となる頭頂側頭葉移行部および前頭前皮質の活性化を誘導できることを明らかにした。

課題推進者:

平田 仁 (名古屋大学)

(4) 研究開発項目4: 身体的共創を生み出す CA 基盤の構築と運用

研究開発課題 4-1: 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

当該年度実施内容:

「実世界ロボット型 CA の構築」においては、複数人が複数のロボット型 CA を操作できるプラットフォームを用いて、複数人による CA の同時操作時にユーザー間で生じる行動意図レベルもしくは動作レベルで生じる調停（協調や駆け引きなど）について検証した。障害当事者を対象としたロボット型 CA の社会実装を目指し、上半身の身体能力拡張としては BMI を用いた ALS 当事者向けのロボットアーム操作システムを、下半身の能力拡張としては体幹で操作可能な車椅子型移動装置を開発した。「バーチャル型 CA 環境の構築」においては、生体情報計測により CA 操作者の情動をバーチャル空間内の CA の身体性に反映し、向社会性を促進する生体応答性 CA 環境を構築し、サイバー・フィジカル空間での体験フィールドの構築を行った。本技術の応用展開として、2024 年 1 月より COI-NEXT との連携を開始し、メンタルヘルス領域においてカウンセリング用の CA 環境を構築する共同研究を開始している。「身体感覚の双方向同期共有技術の開発」においては、CA と接続し CA からの身体感覚を得ながら操作可能な環境を構築するために、知覚的透明性を有する装着型および環境型のインタフェースを設計し、量産を見据えた 10 セット以上のデバイスの試作を完了した。装着型および空間型のインタフェースを同一ネットワーク上に相互接続し、経験共有スタジオのプロトタイプを構築した。伝統工芸の技能伝承を目的として、陶芸職人の身体感覚の記録と再生に関する実証実験を行った。「CA 研究開発・実証実験拠点の構築と運用」においては、竹芝地区での公開イベントにおいて、2025 大阪・関西万博への出展を見据えた南澤プロジェクトの全体像を体験できる展示 Cybernetic being ver. 2024 の開催および、BMI による ALS 当事者向けのロボットアーム操作システムを用いたライブパフォーマンスを実施し、身体性共創 CA の利活用による人の能力拡張に関する実証実験を実施した。「CA 社会共創コミュニティの創出と共創の実践」においては、身体共創社会推進コンソーシアムを基軸として、複数の産学共創プロジェクトの実践を行った。本コンソーシアムに 2025 年 3 月現在、37 企業と 6 コミュニティが参画している。当該年度は、日本工芸産地協会や一般社団法人 WITH ALS、株式会社 NTT ドコモなど、本コンソーシアムの加盟企業および加盟コミュニティとともに、身体的共創 CA の要素技術の社会実装に関する 5 つの共創プロジェクトを実施した。

課題推進者:

南澤 孝太（慶應義塾大学）

研究開発課題 4-2: 次世代 CA クラウドの構築と運用および国際標準化の推進

当該年度実施内容:

本研究開発課題において開発している CA クラウドに接続するための SDK を継続して国内外の機関等に利用を促した結果、屋外コミュニケーション型 CA、屋内コミュニケーション型 CA、運搬型 CA、車椅子型 CA、レールカメラ型 CA といった異なる役割を持つ 5 種類の CA を、SDK を活用して CA クラウドへの接続を実現した。これらの 5 種類の CA を人と CA の密度が高いエリアでも安定して動作するよう SDK を高度化した。実証では、1 人の操作者が 5 種類の CA を操作するエリアに屋内コミュニケーション型 CA を 5 台追加し、合計 10 台の CA が稼働するエリアで接客サービスを実施した。また、松村 PM プロジェクトと連携し、CA 通信環境の評価検証として、最大 10 台の屋内コミュニケーション型 CA を同時に接続操作する検証を行った。CA の標準化においては、SDK を組み込んだ 5 種類の CA に 1 人の操作者が接続し、CA に映るお客様や利用者を見つけて、CA を切り替え、接客業務を行う実

証実験を行った。公共エリアにおける CA 設計指標として昨年度公開したガイドラインはさらに計測データを追加し、新たに通信データに関する項目を追加してバージョンの更新を行った。また、標準化については、JEITA(電子情報技術産業協会)に対して取り組み紹介を行い、連携可能な関係を構築した。

課題推進者:

深堀 昂 (アバターイン株式会社)

研究開発課題 4-3: Cybernetic Human-Link の実現に向けたデジタル神経技術の開発

当該年度実施内容:

CA 活用時の身体的操作性(Maneuverability)を得るための“主体的実時間性”を実現することを目的に、(4-3-1)デジタル神経技術の開発については、実際のインターネット環境において、主体の有する身体・認知・知覚情報や意志を違和感なく伝達・共有するための優先制御やデータの逐次処理を実現するデジタル神経通信網の構築を進めた。遠隔での操作や共同作業向けに試作した視覚伝送機構では、既存のデジタル映像伝送方式に比べ、1/3 程度の遅延となる平均 30msec での伝送を実現した。本機構を用いて沖縄と東京間で実際のインターネット環境を用いて実施した遠隔操縦実験では、ネットワーク遅延を含め 65msec 程度での伝送を達成した。遅延量と主観的時間性に関する検証結果では、遅延が 100msec 以下では差が感じられずほとんど操作性が損なわれないこと、遅延が 200msec を超えてくると操作性が大きく変化することを確認した。(4-3-2) デジタル神経系アーキテクチャの設計、および規格化・標準化推進については、通信事業者などと新規産業分野へのフィードバックや意見交換をおこない、CA の円滑な運用のための要件整理、および遠隔処理との組み合わせによって生じるセキュリティ課題の明確化など、通信基盤として確立すべき要素について合意形成をおこなった。

課題推進者:

佐藤 雅明(東海大学)

(5) 研究開発項目 5: 多様性と包摂性を拡大する CA 社会の共創的デザイン

研究開発課題 5-1: CA を通じた障害克服の実践的研究

当該年度実施内容:

当該年度においては、(5-1-1)カフェ型実証実験環境の構築・運用と、特別支援教育との連携に関して、2 つのマイルストーンを達成した。分身ロボットカフェは、地方都市を巡回するキャラバン形式でも展開し、特別支援学校の生徒やその家族と直接関わることで、支援教育との橋渡しを実現した。(5-1-2) 障害者向け CA の開発に関しては、ALS 当事者からのフィードバックを取り入れながら、身体を伴う自己表現を重視したロボットアーム型 CA を開発した。発話困難な利用者がジェスチャーや物理的操作で意思を表現できるように設計されている。(5-1-3) CA による就労実験環境の国外展開では、移動困難な障害を有するパイロットが遠隔地から操作する分身ロボットを用いて、海外のステークホルダーに対する就労デモンストレーションを実施した。展示会における分身ロボットカフェの開催を通じて、グローバルな活用に向けた足掛かりを築いている。

課題推進者:

吉藤 健太郎 (株式会社オリイ研究所)

(6) 研究開発項目 6: CA 時代の倫理と社会制度の設計

研究開発課題 6-1: CA の法解釈学および法政策学的研究

当該年度実施内容：

当該年度は、現行の法制度や勤務の実態を前提として実際にどのような点に就労の価値を感じているのか、どのような保護を欲しているのかを知るために OriHime のパイロット7名に対しインタビューを行った。ここで得られた知見をガイドラインのアップデートに用いた。また、CA 技術を用いた技能や感覚の伝達に着目し、これらのデータの知的財産法、特に著作権法における評価を行い、京都大学において開催された国際ワークショップ「科学的思考と未来パラダイム：AI 時代の挑戦と可能性」において報告を行った。技能の法的保護の検討のために、複数名の声優と元フィギュアスケート日本代表で國學院大學准教授の町田樹氏にインタビューを行った。国際的な研究会として、ボストン大学ロースクールの Woodrow Hartzog 教授をゲストに、ムーンショット目標1「アバターを安全かつ信頼して利用できる社会の実現」に参加する課題推進者齊藤 邦史准教授（慶應義塾大学）と連携し「サイバネティック・アバターとワークプレイス・技能・働き方の未来」を企画した。

課題推進者：

赤坂 亮太（大阪大学）

研究開発課題 6-3： CA 社会における倫理とガバナンスのデザイン

当該年度実施内容：

CA のうち特に分身ロボットに関して研究開発課題 5-1 と連携して、インタビューやヒアリングを進めてきた。日本とドイツにおける CA 受容に関する調査論文が Frontiers in Digital Health 論文誌に掲載された。2024 年 12 月には「分身ロボットとの付き合い方」と題する本を岩波書店のジュニアスタートブックスシリーズから発刊し、全国の学校図書館にて導入されている。この本の発刊に合わせて東京カレッジでイベントを行った。2024 年 8 月には小学生を対象とする分身ロボット OriHime 体験のワークショップを主催し、その様子をインターネット公開したほか、OriHime の神戸と名古屋キャラバンに対して児童生徒、教員、自治体職員、お客さん等に対してインタビューを行った。iPresence 社が導入している Teleppi や Temi といった分身ロボットが文京区に導入されている様子を観察、インタビューを実施した。

課題推進者：

江間 有沙（東京大学）

研究開発課題 6-4： デザインフィクションを用いた サイバネティック・アバター社会の探索

当該年度実施内容：

バックキャスティングにより得られた未来像を元に、2050 年までの CA の普及ロードマップを作成した。まず、ワークショップの結果として得られたプロットをもとに、理解度が低く、没入度が高く、思考実験指標の高いものを選定し、結果として脱がなくていい服、選べない食、コミュニケーション拡張の家の、3つのプロットを選んだ。プロットをもとに未来社会のシナリオを作成した。作成したシナリオをもとに、匿名化のための CA、不随意の選択強制、コミュニケーションの遮断といった目的に対し、どのような技術や社会制度がこうした未来につながるかの3つのロードマップを作成した。同時に、体内 CA グループとの共同ワークショップを開催し、サイバネティックビーイングプロジェクトと他のプロジェクトの共同イノベーションに関する洞察を得た。前年度の実証実験から得られたフィードバックに基づき、慶應義塾大学 SF センターのもと、分析を進め、次年度5月末までに SF センターWeb サイトで公開する予定である。

課題推進者：

大澤 博隆（慶應義塾大学）

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

- 代表機関の PM 支援体制チーム

代表機関である慶應義塾大学に設置している PM 補佐体制について刷新を図り、2024 年 10 月に新たに吉田特任助教を PM 補佐に任命し、プロジェクトのガバナンスを推進した。大学の研究支援部局である学術研究支援部において、プロジェクト参画機関との契約管理や経理管理、知財管理の体制を構築し、常に状況を把握するようプロジェクトの円滑な運営を支援した。新たにフェーズ2に向けたプロジェクトマネジメント体制の強化が必要であると考えられるため、プロジェクト付き URA のポストを新規に学内に創設し、URA 担当特任教員および URA 担当研究員、URA 担当事務員の募集を開始した。

- 新規研究開発課題の策定設計

本プロジェクトの 2025 年度マイルストーン達成に向けた新たな研究開発課題として、次の2つを策定した。まず、CA による身体性変換の影響を活用した認知拡張によって社会性の拡張を実現するための技術開発と、リアル-バーチャル連携に関する基盤技術構築のため、研究開発課題「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」を策定した。社会科学的な分析アプローチによって、CA の ELSI 対応を包括的に推進するため、研究開発課題「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」を策定した。

- 重要事項の連絡・調整(運営会議の実施等)

2024 年度運営会議を 2025 年 2 月 14 日に行い、2025 年度より研究開発課題 1-4 として「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」、および研究開発課題 6-5 として「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」を設立し、研究開発課題 1-4 の課題推進者として平木剛史(クラスター株式会社)、並びに研究開発課題 6-5 の課題推進者として標葉隆馬(慶應義塾大学)を選任することを承認した。

- 研究開発機関における研究の進捗状況の把握

月 1 回のペースで、課題推進者が集まる定例会議をオンラインで開催している。定例会議においては、各推進者の研究開発の進捗や課題の共有および議論、プロジェクト全体での研究計画の調整を実施し、課題推進者間のスムーズな連携によるプロジェクト推進を心がけている。

- プロジェクト間連携による CP 課題の創設

目標1全体の目標達成に向けて、2025 年度はプロジェクト間連携による 5 つの CP(クロスプロジェクト)課題を設立し、プロジェクトを超えた課題推進者グループによる研究開発の推進を図ることとなった。

(2) 研究成果の展開

- 国家戦略特区である東京都竹芝地区に設置したプロジェクトの研究開発拠点を活用し、複数の研究開発課題間のコラボレーションによる研究開発を推進している。研究成果の社会実装を見据え、竹芝地区のエリアマネジメントとも連携しながら、本拠点を通じて研究成果の一部を公共空間でのイベント等に展開し、企業関係者や一般市民に対して CA に基づく未来社会のビジョンの共有を図っている。

- 2021 年 10 月より本プロジェクトの産学共創コンソーシアムである「身体共創社会推進コンソーシアム」を設置し、2025 年 3 月現在、37 の企業/研究機関と 6 つのコミュニティ、計 43 団体の参画を得ている。
- 本コンソーシアムの活動の一貫として、既存の共創プロジェクトである、ALS 当事者への CA 技術の応用展開を目指す Brain Body Jockey Project、および触覚共有を実現する FEELTECH プロジェクトに加えて、新たな共創プロジェクトとして、参加型の研究コミュニティである B Lab との触力検査プロジェクト、工芸産地協会との共創による陶芸職人の技能伝承プロジェクト、テレビ朝日との聴触覚的経験共有プロジェクトを実施した。
- 2025 年度にドバイにおける分身ロボットを用いた障害者就労の国際実証実験を行うことを目標に、Dubai Future Labs (DFL) との企画立案および協議を進めている。2024 年 10 月に Dubai で開催された国際会議 IROS では、分身ロボットカフェ in IROS の開催および PM のシンポジウム登壇を通じて機運醸成を行った。2025 年 3 月現在、契約の交渉や、場所の選定を行っており、2025 年度中の実証実験開始を目指す。
- 分身ロボットカフェによる障害者就労の国際実証実験の一環として、EU 圏におけるアバターロボットの社会的・文化的受容性の調査に向けた準備を進めた。2025 年度中のデンマーク・オーフス市における実証実験に向けた準備を行っており、オーフス市の健康・福祉・社会雇用部門、社会的企業である Teknolog i Praksis、FO-Aarhus の協力のもと、2025 年 4 月 2 日(水)から 9 月 30 日(火)までの 6 ヶ月間開催することが決定した。

(3) 広報、アウトリーチ

- 本プロジェクトのコンセプトや成果をわかりやすく伝えるため、Web サイトにて研究成果の紹介やイベントの告知をおこなっている。(<http://cybernetic-being.org>)
- YouTube チャンネル(<https://www.youtube.com/cyberneticbeing/>)にてイベントのライブストリーミングやプロジェクト動画の紹介、Facebook グループ(<https://www.facebook.com/cyberneticbeing/>)でもニュース配信やプレスリリース紹介、イベント告知などの広報活動を行っている。
- Cybernetic being Life ver. 2024 と題して南澤プロジェクトで取り組んでいる身体的共創 CA の全体像を社会に提案する公開イベントを企画し、2024 年 10 月 12-13 日に開催された、竹芝地区における産学共創連携イベント「ちょっと先のおもしろい未来」において実施した。特に、2025 年度に開催される大阪・関西万博 2025 への出展を見据えて、「もうひとつの身体」で自在に働く(分身ロボットカフェ)、「身体を拡張し、自分の限界を突破する」(Brain Body Jockey Project)、「他人のワザを体感し自分の身体で学ぶ技能共有アバター Skill Sharing Avatar Platform」(陶芸職人の技能共有 CA)、「身体の動きをアシストし衰えを乗り越える高齢者ドラムチャレンジ by Sensorimotor Sharing」(Cybernetic Human Link)、「デジタルで拡張された世界にくらす」(環境型身体感覚接続インタフェース HaptoRoom)、「全身の感覚を通じてアバターとつながる」(全身触覚チェア Synesthesia X1)、「ロボットの身体を操り自分を超える超身体サイバネティックアバター AgiLimb」(高機動 CA によるバッティング能力アシスト)、「Cybernetic being で広がるココロ 他人の人生を体験してみよう」(人生経験交換メタバース)といった課題間連携プロジェクトを体験型展示として一般公開し、2 日間で 2,675 名の一般参加者を得て、CA による未来社会の可能性について広く議論を行った。



Cybernetic being Life ver. 2024 概要



Cybernetic being Life ver.2024 のイベントの様子

- 2024 年 9 月 17 日に、研究開発拠点である東京ポートシティ竹芝において、ムーンショット型研究開発事業目標1の国際アドバイザリーボードによるプロジェクト拠点へのサイトビジットを実施した。南澤 PM からプロジェクトの現状共有を行い、デモ体験および今後の研究開発の方向性についての議論を行った。
 - 2025 年 3 月 11 日に開催された PD・JST によるサイトビジットでは、南澤プロジェクトの課題推進者である笠原 PF の研究開発拠点である沖縄科学技術大学院大学(OIST)に訪問し、南澤 PM からプロジェクトの現状を共有し、笠原 PF と佐藤 PF のデモ体験の実施および今後の研究開発の方向性について議論した。
 - 2024 年度は CA が浸透した未来社会に向けた機運醸成の一環として、身体的共創の可能性を議論するミートアップシリーズ Cybernetic being Meetup を企画・運用した。
- 2024 年 7 月「vol.01 技能の記録と共有が生み出す身体的共創の可能性」では、南澤 PM と田中 PF のほか、コンソーシアムより日本工芸産地協会の原岡氏を招いてトークセッションを行った。アバター技術を活用し人と人が接続し、技能伝送が行えるようになる未来社会での暮らしについて議論した。



Cybernetic being Meetup vol. 01



当日の様子

- Cybernetic being Meetup の第 2 回として、2024 年 10 月に「vol.02 身体の限界を突破する」と題して、南澤 PM とオリイ研究所の吉藤 PF のほか、脳科学者の荻野幹人氏、一般社団法人 WITH ALS の武藤将胤氏を招いてトークセッションを行った。ロボットアバター技術を活用し、人間の身体能力の限界を突破することができる未来社会が可能になったときの私たちの暮らしについて議論した。



Cybernetic being Meetup vol. 02



当日の様子

- Cybernetic being Meetup の第 3 回として、2025 年 1 月に「vol.03 経験を共有する」と題して、南澤 PM と南澤 PF チームの堀江特任助教の他、コンソーシアム会員企業である株式会社ドコモにて FEEL TECH®プロジェクトを推進する石川博規氏を招いてトークセッションを行った。人が身体を通じて感じる触覚や力覚を記録・共有する技術を活用し、触覚情報が社会の資産として流通する未来が可能になったときの暮らしのあり方の変化や、新たなビジネスの可能性を議論した。



Cybernetic being Meetup vol. 03



当日の様子

- Cybernetic being Meetup の第 4 回として、2025 年 3 月に「vol.04 身体を超えるカラダ」と題して、南澤 PM と明治大学の新山 PF、ソニーコンピュータサイエンス研究所の笠原 PF によるトークセッションを実施した。人以上に滑らかに動くアバターロボットを操ることによって、人が新たな身体能力を獲得し、AI によるサポートを得ることで、これまでの自分にはできないと思っていたことができるようになる未来とその可能性について議論した。



Cybernetic being Meetup vol. 04



当日の様子

(4) データマネジメントに関する取り組み

- 日常的な研究活動で発生するデータ(身体運動データ、感覚(視聴覚・触覚)計測データ、VR 空間内での行動履歴、生体計測データ、模倣学習データ、脳波データ、脳情報イメージングデータ、動画音声データ等)については、各課題推進者の責任のもと、本プロジェクトでのデータ管理共通のルール(個々の研究が終了した際のデータの取り扱いや個人情報保護ガイドラインなど)に基づいた、各課題推進者所属研究機関のデータマネジメントにのっとった管理を進めている。また将来的に実施する実験データベース情報のメタデータ公開に向けて、データベース情報の追加およびアップデートを行った。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



・知財運用会議

メンバー：南澤 PM、PM 補佐、慶應義塾大学知財コーディネーター

代表機関である慶應義塾大学の知財部門との連携のもと知財運用会議を設置している。

・プロジェクト運営会議

メンバー：南澤 PM、PM 補佐、課題推進者および課題推進者代理

月 1 回の会議を開催し、研究の進捗確認とマイルストーン達成に向けた議論を行っている。

5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際 (PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	1	1	0	0
登録件数	0	1	0	0
合計 (出願件数)	1	2	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	20	21	41
口頭発表	37	34	71
ポスター発表	6	35	41
合計	63	90	153

原著論文数 (※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	1	49	50
(うち、査読有)	1	49	50

その他著作物数 (総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	4	0	4
書籍	3	0	3
その他	1	0	1
合計	8	0	8

受賞件数		
国内	国際	総数
12	9	21

プレスリリース件数
4

報道件数
51

ワークショップ等、アウトリーチ件数
30