

研究開発項目

1. 身体性と社会性の認知拡張技術（認知拡張研究グループ）

2023年度までの進捗状況

1. 概要



状況や環境に応じて
自分の可能性を
自在に引き出せる身体

身体とこころ、身体と社会的能力の相互作用を解き明かす研究に取り組み、生身とは異なる身体特性を持ったサイバネティック・アバター(CA)の使用によって利用者が自らの潜在能力を本来以上に発揮したり、多様な身体的経験や価値観を得て他者への共感や協調といった社会性を高めたりすることができる条件を明らかにします。この知見に基づいて、適切な身体特性を持った CA を活用して利用者が状況や環境に応じて自分の望む能力を自在に発揮でき、誰もが社会の中で自分らしいあり方で活躍できることを支援する認知拡張技術を実現し、目標1が目指す「身体の制約からの解放」に貢献します。



社会性拡張のための身体性制御技術の開発
鳴海 拓志 (東京大学情報理工学系研究科)



身体性・社会性変容の認知脳科学的機序の解明
嶋田 総太郎 (明治大学)



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
新山 龍馬 (明治大学)

2. これまでの主な成果

- (1) 多角的な観点から CA の身体特性が利用者の認知能力や社会性に与える影響を解明して認知拡張技術を開発
- (2) 身につけられる柔らかいウェアラブルCAロボットを開発
- (3) 教育、ダイバーシティ研修、障害者遠隔就労等の場面で CA による認知拡張技術の実践的な社会活用を展開し作業効率や well-being の向上に繋がることを確認

(1)では、CA の身体特性が利用者の認知能力や社会性に与える影響を様々な観点から検証し、適切な身体特性を持つ CA を使いわけることで、能力獲得の支援や記憶力の増強、ひらめきの促進等の認知拡張を実現する技術を開発しました。さらに、CA の使用が利用者の性格特性を変えることも明らかにするなど(図 1-1)、使用に伴う影響を明らかにしています。また、複数人で CA を使用する際に、自他の CA が異なる特性を持つよう設定した上で協調や対比を促すと、上述のような認知拡張効果をさらに強められ(図 1-2)、個人だけでなく集団としての生産性向上にも繋がることを確認しています。

(2)では、認知拡張効果をいつでもどこでも利用可能にするため、柔軟素材で構成されたソフトロボットを活用し、衣服のように軽量で身につけやすく、必要なときだけ膨らんで使用できるウェアラブル CA ロボットを開発し、展示やワークショップで収集した意見から受容性の高いデザインを示しました(図 2)。

(3)では、認知拡張技術を社会活用し、その効果を確認しました。例えば、一定時間で CA の外見が変わるオンライン講義では記憶の手がかりが増えて受講者の成績が向上することや(図 3-1)、認知拡張効果を使って子育てにまつわるアンコンシャスバイアスの解消を図るワークショップを設計し、実際のダイバーシティ研修での活用を通じて誰もが働きやすい職場作りを支援できること(図 3-2)を実証しました。さらに、外出困難者が自分らしさを表現できる CA で接客に従事できる拡張アバター接客をサービスインし、働きやすさだけでなく、well-being や将来への希望を高められることを明らかにしました(図 3-3)。



(1-1) 医者アバターの使用が開放性を向上させる



(2) 身につけられ必要なときだけ現れるウェアラブルCA



(3-2) アンコンシャスバイアスワークショップの展開



(1-2) 他者のアバターとの対比が認知拡張効果を増幅させる



(3-1) 教師が外見を変えながら講義すると学習効果が向上



(3-3) CAによる自己表現を取り入れた拡張アバター接客

3. 今後の展開

社会の様々な場面で CA による認知拡張技術が活用可能になるように、引き続き CA によって拡張可能な認知能力の幅を増やし、それらを活用して well-being を高めるための条件を明らかにしていきます。同時に、CA の継続的な利用が、利用者にとどの程度の身体的・認知的負荷を与えているのかを身体や脳への影響の観点から詳しく明らかにしたり、利用者の生きがいやアイデンティティを含む長期的な観点の自己変容にどのような影響を与えているのかを明らかにしたりすることで、社会の中で継続的に使いやすく、より良く生きることに繋がる認知拡張技術を開発していきます。

研究開発項目

2. 経験の並列化と融合的認知行動技術（経験共有研究グループ）

2023年度までの進捗状況

1. 概要



自分の身体経験を並列化し
異なる時空間を同時に
知覚し行動できる身体

サイバネティック・アバター(CA)により、1人が1つの身体を持つ前提を超えて、複数の身体を通じて並列的な身体経験をj得る技術を確立するため、身体の主j体感と自己の連続性を保ちながら、複数の身体感覚の融合的な知覚を通じて、CA間の自在な移動を可能とする認知行動技術を開発します。運動や感覚のみならず情動の保存と追体験も可能にする技術を開発し、人々がCAを通じて得た経験を互いに共有できるようにすることで、目標1が目指す「身体、空間、時間の制約からの解放」に貢献します。



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

笠原 俊一 (ソニーコンピュータサイエンス研究所)



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

柴田 和久 (理化学研究所)



生体情報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

Kai Kunze (慶應義塾大学KMD)

2. これまでの主な成果

- (1) 2人を相手に卓球対戦できる並列化CAシステム「Parallel Ping-Pong」を開発
- (2) 複数CA身体並列操作の高速切替手法の開発
- (3) 複数CA身体を同時に使いこなすためのCA運動学習並列化手法の実現
- (4) 人間の速度を超える素早い動作が可能なハンドエグゾスケルトン(外骨格)の開発
- (5) 生体情報計測と感覚提示デバイスによる情動共有技術を開発

1人の利用者が複数の身体を通じて並列的な身体経験をj得る体験検証のために(1)では卓球を題材とした並列化CAを開発しました。利用者は2体のCAに同時に接続し、CAのAIアシストと2体のCA視点映像を融合して観測することで、1人の利用者による2体のCAの同時操作を実現しました。この成果をj基に(2)では、複数CA操作を視線情報に基づき高速に切り換えるインタフェース技術を開発し、複数空間で操作するタスクにて、達成時間の短縮化を実現しました。

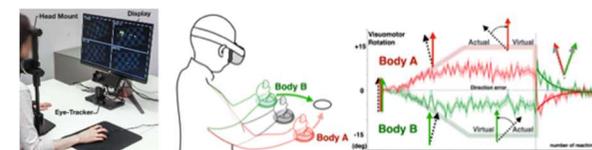
(3)では、複数身体を同時に使いこなすための並列運動学習を、バーチャルCAを用いて検証し、CA身体に視点変換を用いることで、異なる運動特性を並列的に学習できることを発見しました。

(4)では、人間の反応速度や動作速度を大幅に超えるハンドエグゾスケルトン(外骨格)を開発しました。この技術により、ユーザーは自分の意志で動かしていると感じながら、非常に速く正確に動く事ができます。人間の自然な反応速度を超えた新しい体験、作業効率や体験の質を大幅に向上させることを目指しています。

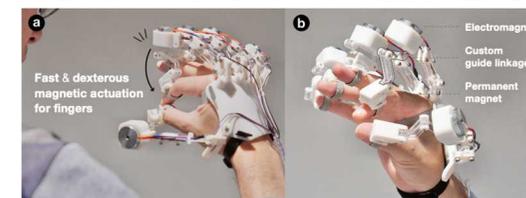
(5)では、生体情報計測に基づく情動推定技術と、感覚提示に基づく情動誘起技術を開発し、音楽演奏やダンスパフォーマンス等において、演者や聴衆間での情動を含んだ経験共有を実現しました。



(1) 並列化CAで卓球を行う Parallel Ping-Pong



(2) 複数並列操作の高速切替手法 (3) CA運動学習並列化



(4) 人間の速度を超えるハンドエグゾスケルトン



(5) 情動共有技術の実証実験としての舞台芸術作品

3. 今後の展開

1人が1つの身体を持つ前提を超えて、複数のCAを駆使する。人間が本来持つ反応時間や判断・運動速度を超えた活動を実現する。これらを実現するために、CAインタフェース技術開発と、基礎的な脳科学研究を両輪で取り組み、人間の持つ限界を超えるCAによって能力や身体を拡張する超身体の実現を目指します。

研究開発項目

3. 身体技能の多様性融合技術(技能融合研究グループ)

2023年度までの進捗状況

1. 概要



自分と他者の技能を融合し
個人の能力を
超えられる身体

複数人が1つのサイバネティック・アバター(CA)に同時接続し、互いの感覚と運動を共有しながら行動することで、人々が持つ多彩な身体技能を共有し融合するための技術を開発します。技能を共有し個々人の能力を超えた高度な技能を発揮できるCAを実現することで、目標1が目指す「身体の制約からの解放」に貢献します。



身体の多様性を包摂する技能共創技術の開発

田中 由浩 (名古屋工業大学)



身体融合における意図調停と
身体反応制御技術の開発

大澤 博隆 (慶應義塾大学)



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

平田 仁 (名古屋大学)

2. これまでの主な成果

- (1) 複数人で1つのロボットを操作して連携協調する技能融合CAプラットフォームを開発
- (2) 技能融合CAを活用した重度の障害当事者による遠隔共創作業の実現
- (3) 触感覚の伝送による技能の遠隔共有・学習手法の開発
- (4) フレイルコホートを活用する内在的能力評価手法の開発

(1)では、異なる技能や経験を有する他者との身体的な共創を実現することを目指し、1つのロボットを2-3人の操作者が同時に操作し協調作業を行う技能融合CAプラットフォーム「Collaborative Avatar」を開発しました。複数人の運動を一定の割合で融合したり、動作の役割分担をしたり、感覚を共有することで、1つの身体性を操作者間で共有することができます。また、連携時に留意すべき操作者の心理状態をまとめました。

(2)では、技能融合CAを障害当事者の就労支援に活用しており、分身ロボットカフェにて2人の重度障害当事者(外出困難や上肢障害)が技能融合CAを使って、一般客に向けてパンケーキのトッピングを行うサービスを1ヶ月間実施しました。操作者が、遠隔かつ融合しながら主体感を持って共創的に作業でき、技能融合CAが円滑な連携協調と個々人の能力・創造性の発揮を両立できることを明らかにしました。

(3)では、ネットワーク越しに人から人への直接的な技能共有を実現することを目的に、触感覚の共有に基づく技能の遠隔共有基盤の開発を進めています。遠隔地にいる理学療法士が拘縮の評価を行える遠隔触診システムや、現場にいる利用者が遠隔地にいる熟練者の技能を体験できるシステムのプロトタイプを開発しました。さらに、高度な技能の発揮や技能伝承への活用を目指しています。

(4)では、フレイルコホートを運用し、61名の高齢者のフレイル評価を実施し、歩行解析を行いました。31名には脳磁計とfMRIによる脳機能解析データも取得し、フレイルにより脳の可塑性の低下する状況を確認できました。



(1) 技能融合CAプラットフォームの開発



(2) 技能融合CAを活用した、2人の重度身体障害者によるパンケーキ共創トッピングの実現



(3) 触感覚の伝送による技能の共有(触診/木工) (4) フレイルにより脳の可塑性が変化する部位を特定

3. 今後の展開

技能融合CAの高度化を目指し、個々人のCA操作モデル(AI)との融合や、主体感や連携協調を向上する制御手法の開発を進めています。人から人への直接的な技能融合では、運動情報の入出力による共有にも取り組みます。作業性のみならず心理的側面や脳活動にも着目し研究を進めます。

社会応用では、日本の伝統工芸技能を対象に、技能融合CAを活用して、熟練者との主体感を伴う融合を通じた熟練技能の発揮や技能伝承に取り組みます。また、高齢者を対象に、感覚・運動の共有を通じた能力向上によるフレイル予防の効果検証を実施します。

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 (CA基盤研究グループ)

2023年度までの進捗状況

1. 概要



人とCAとを双方向に接続し、
経験と技能を流通するデジタルネットワーク

サイバネティック・アバター(CA)による身体的共創を実現するため、他のグループが開発している認知拡張・経験共有・技能融合のコア技術を統合し、多様な人と多数のCAとの間で身体感覚を双方向に伝送するCA基盤を構築します。CAを通じた身体的共創により、サイバー・フィジカルな空間における人の身体的な経験や技能の流通・融合・利活用を可能とすることで、目標1が目指すCA基盤の実現に貢献します。



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

南澤 孝太 (慶應義塾大学KMD)



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

深堀 昂 (avatarin 株式会社)



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

佐藤 雅明 (東海大学)

2. これまでの主な成果

- (1) 複数の人と複数のCAを接続する「M×N」CAプラットフォームとALS患者を対象とした身体拡張への応用展開
- (2) CAを通じた身体感覚および情動共有技術の開発
- (3) 身体共創社会推進コンソーシアムによる産学共創展開
- (4) CAの社会実装に向けた公共空間でのCA運用実験

(1)では、経験共有研究グループと技能融合研究グループとの連携により、2人の操作者が3体のCAを操作するシステムを構築しました。この基盤技術の応用展開として、重度の身体障害を有するALS患者らの身体拡張の実現を目的とし、手や視線によらずに脳波を用いてロボットアーム操作を行うシステムを開発しました。本システムは、Brain Body Jockey(B2J)プロジェクトにおいて実証実験を行いました。

(2)では、装着型や着座型の装置を用いて他者の触覚を伝達することで、他者の体験を自身に取り込むことを可能とする体験共有CAの要素技術開発を行なっています。身体感覚の共有のみならず、バーチャルなCA環境において利用者の生体情報を計測することで情動変化を推定しCAに反映することで、より共感的なコミュニケーションの実現を目指しています。

(3)では、本プロジェクトが目指すCAを通じた身体的共創の社会実装を目的とした産学共創のコミュニティとして、2021年10月に「身体共創社会推進コンソーシアム」を設立し、現在36社6団体の参画を得ています。このうち、日本工芸産地協会との共創プロジェクトでは、CAを活用した職人の技能や経験の共有に向けて取り組んでいます。

(4)では、CAの実社会での利活用における諸課題を抽出し、通信環境や動作環境に求められる要件を明らかにするため、水族館や空港など公共空間における実証実験を行っています。



(1) 2人が協調して3体のロボットを操作可能な2×3 CAシステムとALS患者が脳波でロボット型CAを操作するB2Jプロジェクト



(2) 装着型の体験共有装置 FEEL TECH Wear と着座型体験共有装置 Synesthesia X1、ユーザーの情動変化を反映するバーチャルCA



(3) 工芸産地協会との共創 (4) 公共空間でのCA運用実験

3. 今後の展開

実世界のロボットとバーチャル空間を自在に行き来できるようなサイバーフィジカル型のCA環境を構築し、M人N体の身体的共創の実現に取り組みます。CAを通じた身体能力の拡張や身体的共創をより高度に実現するためには、CAの身体そのものを自身の肉体と同等あるいはそれ以上の主体感をもって操る必要があります。そこで、人の認知的特性や身体性の理解に基づいたデジタル神経技術とも呼べる超高速低遅延のネットワーク環境を介して、CAを自分の身体を超えるスピードで扱うことができるCA通信基盤の構築に取り組みます。

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（社会共創研究グループ）

2023年度までの進捗状況

1. 概要



CAで障害や社会課題を克服し、Well-beingなライフスタイルをつくる

生まれ持った身体の個人差に依らず、個々の能力を最大限に発揮し、身体・空間・社会的な制約を超えて活動できるサイバネティック・アバター（CA）社会の実現に向けて、障害・高齢化など様々な社会課題の当事者との共創を実践します。これらの当事者との共創を通じて、CAがもたらす未来の暮らし・働き・学び・楽しみを具現化することで、目標1が目指す「サイバネティック・アバター生活」の実現に貢献します。



CAを通じた障害克服の実践的研究

吉藤 健太郎（株式会社オリ研究所）



身体的共創の産業応用的実装と評価

安藤 健（パナソニックホールディングス株式会社）

2. これまでの主な成果

- (1) 障害当事者の就労の場である分身ロボットカフェ DAWN ver.β において認知拡張、並列化、技能融合の各コア技術を適用した実証実験を実施
- (2) Ars Electronica における Golden Nica (最優秀賞) など国内外の受賞
- (3) 障害当事者参画のもと、移動台車型CAの屋外走行の実証実験を実施
- (4) 特別支援学校の生徒による分身ロボットのトレーニング・就労体験プログラムを実施

分身ロボットカフェ DAWN ver.β では、77名のパイロットと呼ばれるCA操作者が自宅や病院から分身ロボットを操作し、来客との会話や配膳などのカフェサービスの提供を実現しています。パイロットには、ALS、SMA、筋ジストロフィー、心疾患、脊髄損傷など、上肢下肢障害の当事者が多く含まれています。

(1)では、2023年にCAを活用した障害当事者の新たな働き方の実証実験を実施しました。実証実験では3つのCA技術を接客に展開し、①当事者自身がカスタマイズしたバーチャル上のキャラクターを用いた接客、②複数のCAを並列に操作する接客、③2人が1体のCAを操作し遠隔から協力しケーキ等のトッピングを行うサービスを実施し、CAを用いた長期的な就労がもたらす影響について検証しました。

(2)では、分身ロボットカフェ DAWN ver.β が、世界的な賞である Ars Electronica Golden Nica (デジタルコミュニティー部門最優秀賞) や、グッドデザイン賞大賞、ドバイ・ザイドサステナビリティアワード入賞など、国内外の賞を受賞しました。

(3)では、神奈川県藤沢市において、障害当事者が操作するアバターロボットと、別の操作者が操作する移動台車を組み合



(1) 分身ロボットカフェにおける、認知拡張、並列化、技能融合CAの各コア技術を適用した実証実験



(2) Ars Electronica Golden Nica 受賞

(3) 障害当事者による移動台車型CA公道走行実証実験

(4) 特別支援学校の生徒によるCA就労体験プログラム

わせた融合型CAを構築し、屋外を走行しながら街の紹介や接客・販売などをする実証実験を実施しました。案内を行うアバターロボットの操作者と、複数台の移動台車の操作者が円滑に協調し実サービスを行うことで、実社会におけるCAのユースケースとしての有効性の検証に取り組みました。

(4)では、2022年度から特別支援学校の障害児童を対象としたCAによる就労体験プログラムを開始し、これまで4都市（福岡、札幌、広島、京都）19校の特別支援学校の生徒26名に体験いただくことで、障害を持つ若年利用者が実社会でCAを利用して就労する上での有用性や重要な環境要素を検証しました。

3. 今後の展開

CA技術の普及と社会への影響を拡大するため、分身ロボットカフェによるCA実験環境を国内だけでなく国際的に展開することを目指します。

6. CA時代の倫理と社会制度の設計（社会システム研究グループ）

2023年度までの進捗状況

1. 概要



CAで人々の身体が
拡張される未来における
社会ルールと倫理規範

人々が日常的にサイバネティック・アバター（CA）を活用する社会において守るべき権利や責任の所在、経験や技能のデータの流通と管理といった社会的な諸課題について、法学、社会科学、科学技術社会論など多角的な方面からの検討を行うことを通じ、CA時代の倫理と社会制度のデザインを探求します。誰もがCAを用いて自在に活躍できる社会を制度面から支えることで、目標1が目指す「サイバネティック・アバター生活」の実現に貢献します。



CAの法解釈学および法政策学的研究

赤坂 亮太

（大阪大学
社会技術共創センター）



CA時代の倫理と社会制度の設計

江間 有沙

（東京大学
未来ビジョン研究センター）



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

大澤 博隆

（慶應義塾大学）

2. これまでの主な成果

- (1) CAが活躍する社会において課題や解決策の検討を行う研究会の開催とガイドラインの発行
- (2) CAに関する国内でのフィールドワークおよび国際行政との連携と議論の推進
- (3) SF プロトタイピングによる未来デザインのための予備的活動

人々が生活の中の様々なシーンでCAを活用し、新たな働き方・学び方・楽しみ方を日常的に行う社会を実現するためには、近未来のCAの具体的なユースケースを想定し、どのようなELSI（倫理的・法的・社会的課題）があるかを洗いだし、それらに対処する新たな倫理と社会制度をデザインすることが求められます。そこで(1)では、専門家や事業者、CAを利用しはじめている当事者とともに Cybernetic Avatar Society (CAS) 研究会を開催し、関係するステークホルダーに関する倫理的・法的・社会的課題について議論し、その結果CAを用いて働く者の法的な取扱い、CAプラットフォームを担う事業者の取り組むべきガバナンスに課題があることを抽出しました。このような課題について取り組む指針となるガイドラインの第一弾を作成し、冊子として頒布しました。（ガイドライン URL：https://cybernetic-being.org/activities/avatarrobot_workdesign_guideline_2024/）

(2)では社会共創研究グループとともに分身ロボット OriHimeを用いた実証実験や、学校や職場での利用に関するフィールドワーク調査を行っています。利用者および関連する自治体等へのインタビュー調査からは、就職先の新たな「選択肢」を提供するCAへの期待や、働き方の柔軟さを支える仕組み、法



(1)発行したガイドライン

(2) GPAI 年次総会における CA 利用
当事者による OriHime を用いた発表

の整備が重要と指摘されています。一方で、法や各国の文化的・社会的背景の違い等CAを社会実装する背景的な課題について議論する必要があることから、GPAI (Global Partnership on AI) など国際行政の場等において行政担当者や海外研究者との交流および議論を開始しています。

(3)では、今後の足がかりとして科学技術に詳しい SF 作家を招いた SF プロトタイピングを行い、SF プロトタイピングで新しく見つかりそうなCAの問題点につき論点を抽出しています。

直近 5 回のCAS研究会

- ・CAS研番外編 (2022 年 3 月 3 日)
「VR でアンコンシャス・バイアスへの気づきを促せるか？：子育てを取り巻く仕事環境を考えるワークショッププロジェクト」
- ・第6回CAS研究会 (2022 年 6 月 14 日)
「メディアから見るCAを用いた働き方とガイドライン」
- ・第7回CAS研究会 (2023 年 1 月 25 日)
「CAプラットフォームのガバナンス」
- ・第8回CAS研究会 (延期調整中)
「メタバースの秩序形成」
- ・第9回CAS研究会 (2023 年 12 月 1 日)
「CA と人間のコミュニケーション」

3. 今後の展開

これまでの実証実験で得られた知見に基づき、CAを利用して働く利用者とCA利用者を雇用する雇用主である企業、それぞれを対象に、現行の法体系や社会制度のもとで、どのような環境づくりや仕組みづくりが必要か、どのような懸念が想定されるのように対処すべきか、ELSI 的観点に基づくガイドラインを策定し公開することで、実社会における適切なCA就労の普及啓蒙に努めます。

また、未来のCA社会における暮らしの変化や働き方の変化を予測し研究開発に反映するために、バックキャストिंगによる未来デザインの手法の一つである「SF プロトタイピング」を活用し、SF 作家と研究チームとの連携のもと、一般に広く受け入れられるようなCA社会シナリオのデザインに取り組みます。