

研究開発テーマ名

# 身体性と社会性の認知拡張技術（認知拡張研究グループ）

## 2022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

鳴田 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. 2022年度までの成果

- (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

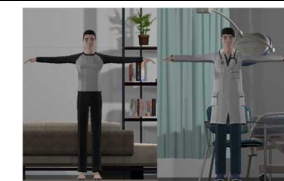
(1)では、CA の身体特性が利用者の認知能力や社会性に与える影響を様々な観点から検証し、適切な身体特性を持った CA を使いわけることで、新しい身体能力獲得の支援や、記憶力の増強、ひらめきの促進等の認知拡張を実現する技術を開発しました。また、自身の CA と他者の CA の持つ身体特性を対比させることで自己認識の変化が強化され、上述のような認知拡張効果がより増強されることを世界で初めて報告しています(図 1-1)。さらに、医者の外見をした CA の使用前後で性格特性の一種である開放性が向上することを示す等、CA の使用が性格特性を変えることも明らかにしています(図 1-2)。

(2)では、認知拡張効果を実世界でも柔軟に利用可能にするため、柔らかい素材で構成されたロボットを作るソフトロボット技術を活用し、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 ロボットを開発しました(図 2)。

(3)では、認知拡張技術を実践的に社会展開してきました。例えば、大学で講師が CA を使うオンライン講義を実施し、CA の外見を変えながら講義すると記憶の手がかりが増えて受講者の成績が向上することを示しました(図 3-1)。また、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、複数の会社でダイバーシティ研修として実践し、誰もが働きやすい職場作りを支援できることを実証しました(図 3-2)。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、認知拡張効果によって働きやすさだけでなく、就労意欲や well-being も高まることを明らかにしました(図 3-3)。



(1-1) 他者のアバターとの対比が認知拡張効果を増幅させる



(1-2) 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



(3-1) 教師が外見を変えながら講義すると学習効果が向上



(3-2) アンコンシャスバイアスワークショップの展開



(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

(3)では、社会の様々な場面で CA による認知拡張技術を使用した場合に、利用者が高い能力を発揮したり、他者理解を深めたり、well-being を高められることがわかってきた一方で、長期的に CA を使用した場合に認知拡張効果が強化・減衰するのか、どの程度利用者自身のものとして定着するのかは明らかになっていません。また、CA の継続的な利用が利用者にとってどの程度の身体的・認知的負荷を与えているのかについても詳細は明らかになっていません。今後は長期的な効果や、身体や脳への影響をより詳しく明らかにすることで、社会の中で継続的に使いやすい認知拡張技術を開発していきます。

研究開発テーマ名

# 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）

## 2022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. 2022年度までの成果

- (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) 連続的に顔を変化させる Morphing Identity システムによりCA上での顔アイデンティの境界を明らかに
- (5) 情動を計測し共有する Frisson Waves 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得る技術を確立するために(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の自律制御によるアシストと2体のCAの視点映像を融合して利用者に提示することで、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ためのインタフェース技術を開発し、4つの空間で並列に視線による CA を操作するタスクにおいて、達成時間の短縮化を実現しました。

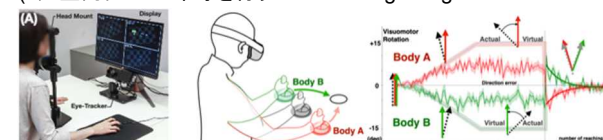
(3)では、複数身体を同時に使いこなすための並列運動学習を、バーチャル空間におけるCA身体を用いて検証し、CA身体に3人称視点を用いることで、異なる運動特性を並列的に学習できることを発見しました。

(4)では、複数人が複数の CA に動的に入れ替わり操作をするときの顔の連続性を保ちながらCAに表示される顔を違和感なく変化させるため、機械学習を用いた滑らかな顔映像変容システムを開発しました。日本科学未来館での長期展示を通じた公開実験から、CA 顔表現の設計に必要な自己と他者との境界を明らかにしました。

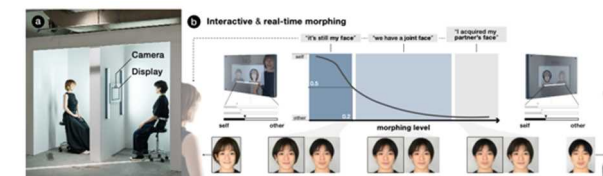
(5)では、生体情報計測に基づく情動推定技術と、温度提示に基づく情動誘起技術を開発し、音楽演奏を題材として、複数人の間での情動も含む経験共有を実現しました。



(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) Morphing Identity による連続した自己顔変容の実現



(5) 情動を計測し共有する Frisson Waves

### 3. 今後の展開

複数のCAを円滑に操作するためのインタフェース技術開発と、人の脳が並列化された身体感覚に適応し、並列行動・並列認知を遂行できる仕組み理解のための基礎的な脳科学研究を両輪で取り組みます。情動共有技術については、人の自律神経系に関連する生体信号を計測・分析し、情動情報に基づく経験の圧縮や伝送の実現を目指します。

研究開発テーマ名

# 身体技能の多様性融合技術(技能融合研究グループ)

## 2022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. 2022年度までの成果

- (1) 2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

(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。2人の運動を一定の割合で融合したり、動作の役割分担をすることで、1つの身体性を両方で共有することができます。

(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。この実証実験を通じて、操作者が、CAを介した遠隔かつ融合しながらの作業に主体感を持っていたこと、さらに他者とのCAを介した連携協調によって個人の能力・創造性の拡張を感じたことを示し、技能融合CAが円滑な連携協調と個々人の創造性の発揮を両立できることを明らかにしました。

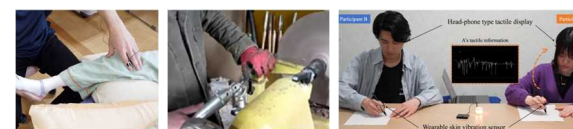
(3)では、ネットワーク越しに人から人への直接的な技能共有を実現することを目的に、触感覚の共有に基づく技能の遠隔共有基盤の開発を進めています。指先の触感覚を計測して映像と併せて遠隔に伝送し体験を共有することで、遠隔地にいる理学療法士が拘縮の評価を行える遠隔触診システムや、現場にいる利用者が遠隔地にいる熟練者の技能を体験できるシステムのプロトタイプを開発しました。また、対象作業をしながら熟練者の触覚を時空間を超えて自身と重ね合わせて体験することによる技能学習法を提案し、技能伝承の効率化、高精度化などへの活用を目指しています。



(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)と技能学習の試み

## 3. 今後の展開

技能融合CAの社会応用や高度化を目指し、個々人のCA操作モデル(AI)との融合や、3人以上による技能融合を進めています。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。AIとの融合では支援にとどまらず、個性を持ったAIとの共創的な融合を目指します。

人から人への直接的な技能融合については、感覚共有に加えて、筋刺激なども導入し、運動情報の入出力による共有にも取り組みます。技能伝承や、高齢者におけるフレイル予防などを対象とし、感覚・運動共有の効果を検証します。

研究開発テーマ名

# 身体的共創を生み出すCA基盤の構築 (CA基盤研究グループ)

## 2022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. 2022年度までの成果

- (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:2人×3体 操作可能なCAシステムを構築
- (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の設立と運用
- (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の連携による、1人の操作者による複数体のCAの操作技術の開発、および技能融合研究グループとの連携による、複数人の操作者による1体のCAの操作技術の研究で得られた知見を統合し、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。今後、操作者の人数、CAの数を拡張し、1人が1つの身体を有するという従来の前提を超えた身体の拡張について取り組んでいます。

(2)では、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。さらに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32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



(2-1) 触覚を通じた身体感覚の共有装置(ジャケット型、椅子型)



(2-2) 操作者の情動を反映し外観が変化するバーチャルCA



(3) 日本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、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めます。

研究開発テーマ名

# 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）

## 2022年度までの進捗状況

### 1. 概要



CAで障碍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を通じた障碍克服の実践的研究

吉藤 健太郎（株式会社オリイ研究所）



身体的共創の産業応用的実装と評価

安藤 健（パナソニック株式会社）

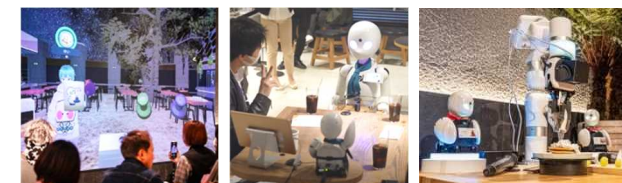
### 2. 2022年度までの成果

- (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

分身ロボットカフェ DAWN ver.β では、77名（2023年10月時点）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、これを自身の「もう1つの身体」として操ることによって、来客との会話や飲み物の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5～6月にかけて、当該店舗にてCAを活用した障害当事者の新たな働き方の実証実験を6週間実施しました。実証実験では3つのCA技術を接客に展開し、①認知拡張研究グループにおいて開発された、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経験共有研究グループにおいて開発された、複数のCAを並列に操作する接客、③技能融合研究グループにおいて開発された、2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・ザイー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。



(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

(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わせた融合型CAを構築し、屋外を走行しながら街の紹介をする実証実験を実施しています。案内を行うアバターロボットの操作者と、移動台車の操作者が円滑に協調し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んでいます。

### 3. 今後の展開

CAを利活用する障害当事者の年齢層や多様性の拡大を目的に、若年層へのアプローチとして全国各地の特別支援学校の生徒に対してCAを用いた就労体験プログラムの実施および効果の検証を進めていきます。これまで課題とされていた、身体障害当事者の就業率の向上および社会参加の範囲拡大につなげることを目指します。

研究開発テーマ名

# 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)

## 2022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. 2022年度までの成果

- (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「CAS研究会」を開催
- (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

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、弁護士や社会学者などの専門家や、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、ユースケースの分類や CA を用いて働くひとや受入企業等の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保護や契約の準拠法、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を作成しています。

(2)では社会共創研究グループとともに分身ロボット OriHime を用いた身体融合実験や、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、働き方の柔軟性を支える仕組み、法の整備が重要と指摘されています。一方で、働き方や法という観点からは日本と海外での制度の違いもあり、GPAI(Global Partnership on AI)など国際行政の場を通じて各国の行政担当者等との交流および議論を開始しています。



(1) CAS 研究会



(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

- ・第1回CAS研究会(2021年6月24日)  
「サイバネティック・アバター社会の在り方とELSI」
- ・第2回CAS研究会(2021年7月30日)  
「ユースケースから考えるCAとELSI」
- ・第3回CAS研究会(2021年9月3日)  
「経験・技能共有と知的財産」
- ・第4回CAS研究会(2021年12月3日)  
「身体性と社会性の認知拡張をするVRアバターの可能性と課題」
- ・CAS研番外編(2021年11月8日)  
「人とアバター/ロボットの共生・共創・共進化をめぐる課題」
- ・第5回CAS研究会(2022年2月16日)  
「複数の『身体』と法的責任」
- ・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」

### 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 プロトタイプング」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。