



## 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

## 2020年度版

2020年12月～2021年3月

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



## 研究開発プロジェクト概要

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能や経験を共有できるサイバネティック・アバター技術を開発します。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、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します。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・アバターを通じて誰もが自在な活動や挑戦を行える社会を実現します。

[https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal1/13\\_minamizawa.html](https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal1/13_minamizawa.html)

## 課題推進者一覧

| 課題推進者            | 所属                                      | 役職        |
|------------------|---|-----------|
| 鳴海拓志             | 東京大学 大学院情報理工学系研究科                       | 准教授       |
| 嶋田総太郎            | 明治大学 理工学部                               | 教授        |
| 新山龍馬             | 東京大学 大学院情報理工学系研究科                       | 講師        |
| 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                   | リサーチャー    |
| 柴田和久             | 理化学研究所 脳神経科学研究センター                      | チームリーダー   |
| 大澤博隆             | 筑波大学 システム情報系                            | 助教        |
| 田中由浩             | 名古屋工業大学 大学院工学研究科                        | 准教授       |
| Charith Fernando | avatarin 株式会社                           | CTO       |
| 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        |
| 深堀昂              | avatarin 株式会社                           | 代表取締役 CEO |
| 吉藤健太郎            | 株式会社オリイ研究所                              | 代表取締役 CEO |
| 安藤健              | パナソニック株式会社 マニファクチャリングイノベーション本部ロボティクス推進室 | 総括        |
| 赤坂亮太             | 大阪大学 社会技術共創研究センター                       | 准教授       |

## 1. 令和2年度における研究開発プロジェクトの実施概要

本年度は、研究開発プロジェクトの準備段階として、各研究開発項目の各研究開発課題において文献調査を行い、開発するシステムや実験装置等に関する詳細設計に取り組み、要素技術の試作や実験環境の構築を行った。また研究開発プロジェクトで共用する研究開発および実証実験の環境となる研究開発拠点について構築・整備した。

## 2. 令和2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

課題推進者: 鳴海 拓志 (東京大学)

社会性拡張の限界の基底に身体性拡張の限界があることを踏まえ、本年度は人が即応的に適応可能な身体性拡張の限界について、バーチャルアバターを使う際の既知の限界を、文献調査等を基に整理し、社会性拡張に利用可能な身体性拡張の範囲を検討した。既知の限界を打破するための考えられる方策についても検討を進め、今後の研究課題を策定した。実身体とサイバネティック・アバター(以降、CAとする)の身体性の違いや、異なる身体性を持つCAを使い分けることが、人の知覚・認知・行動に与える影響をモデル化する、という目的の達成に向けて、継続的な身体性変換が人の知覚・認知・行動等に与える中期的な影響を調査するために、VRSNSを利用した実験を設計し、データの取得を開始した。

#### 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

課題推進者: 嶋田 総太郎 (明治大学)

CAに身体的・社会的変容を加えたときの脳内身体表現の変化を、脳機能イメージングを用いて明らかにするため、本年度は、VR空間におけるCAを被験者が操作しているときの脳活動計測を行うための環境を構築した。課題推進者は脳波(EEG)および近赤外分光法(NIRS)を用いてVR装着時の脳活動を計測することに成功しており、本研究でも同様の手法を採用し、本研究プロジェクトで用いるCAのプロトタイプを用いた脳活動計測実験環境の構築と動作確認を行った。

#### 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

課題推進者: 新山 龍馬 (東京大学)

物理的な身体の制約を超えた認知拡張の実現にあたって、ウェアラブルデバイス等を利用した身体機能の拡張、認知脳科学の観点から身体性の変容に関する先行研究・事例を調査した。ロボットシステムを利用したCAの具現化という観点から、タスクの種類や取り扱われている身体部位を調査の分類軸とした。実世界アバターにおける身体性変容を目指して、柔軟なデバイスを付加することで身体を変化させ、

脳活動の観点から認知の変化を定量的に調べるという基本的な方針を定めた。

## (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

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)

CAにより1人が1つの身体を持つ前提を超えて、複数人が複数のCAを駆使して活動するため知覚認知行動技術を開発するため、実空間および仮想空間から構成される並行CA身体実験系構築の検討を行った。具体的には複数CA環境を想定したシミュレーション実験環境をVirtual Realityまたは実世界フィールドに構築するための並行CA身体実験系構築の検討を行った。関連研究の調査や、実験構築に用いるシステムの選定を参画研究者らとの情報交換・議論を元に進め、知覚認知実験系構築のため技術検証を行い、複数CA活動を想定した実験環境の構築するための、Virtual Reality及び実世界ロボットアームの技術検証と実験系構築の仕様策定を行った。

### 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

課題推進者: 柴田 和久 (理化学研究所)

身体共創行動技術の適応に共通すると想定される認知・行動過程およびその機序を調べるための実験的手法について検討した。令和3年度に実施予定の行動実験の詳細なデザインを決定し、実験系を構築した。関連論文の徹底したサーベイや予備実験結果の精査、参画研究者との綿密な議論を行い、被験者の人数や課題の試行数、視覚刺激の種類や被験者からの反応取得方法などを含む詳細を決定のうえ、コンピュータ・プログラムと刺激提示装置、被験者の反応計測装置を組み合わせ、行動実験系を構築した。

### 研究開発課題 2-3: 身体融合における意図調停と身体反応制御技術の開発

課題推進者: 大澤 博隆 (筑波大学)

操作者自身が不可能なことを、操作者の主体性を阻害しないように手助けする、伴操作エージェント(一部の行動を自動化した人間)を含んだ系での非対称意図調停技術を開発する。本年度は非対称意図調停技術の開発に必要な身体的運用論フレーム作成のため、既存の運用論のフレームを調べ、関係性理論の観点から身体を用いた意図調停のプロセスに関わる要因を分類した。具体的には、分類実施のため、事前に3月にプラグマティクスに関する確認を行い、その結果として、より詳細なインタビューを4月に実施することになった。加えて、身体制御のためのVR機材の調整およびサーベイを行った。

### (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: 身体が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)

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する。本年度は、手先の感覚が重要となる作業とそれに関連する把持・操作などの基本的動作および関連する身体感覚について検討し、技能共有による協調システムに向けた基本的実験環境を設計した。CAを想定した複数人による協調システムに関して、一本の腕と複数本の腕の場合から役割分担の形式を検討し、協調形態、およびそれぞれに対する基本的な作業課題と認知課題を整理した。また、共有が必要な身体感覚をあげて基本的な入出力方式を策定した。

#### 研究開発課題 3-2: CAを通じた高度技能のモデル化と技能転写技術の開発

課題推進者: Charith Fernando (avatarin 株式会社)

高度な触覚情報を取得可能な双腕ハンドを用いて匠の技を模倣学習して初心者でもアバターを通して匠と同等レベルでの作業ができるようなCAを開発することを目標に、既存の双腕ロボットを活用した模倣学習用CAの設計、および模倣学習の解析アルゴリズムの方針を策定した。模倣学習に用いる解析サーバの仕様を決定した。今後の実証実験においてデモンストレーションを行う具体的な技能タスクとして、複数の高度技能を選定した。

### (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

課題推進者: 南澤 孝太 (慶應義塾大学)

研究開発プロジェクトにおける研究開発および実証実験のヘッドクォーターとなる研究開発拠点について、来年度からの利用開始に向けて、スマートシティの実証実験を行う国家戦略特区の1つである東京都・竹芝地区にある東京ポートシティ竹芝内に構築・整備した。

#### 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

課題推進者: 深堀 昂 (avatarin 株式会社)

来年度の運用開始に向けて、CAをコントロールするための制御系およびCAと操作者が双方向で通信ができる情報通信機能を有する既存のアバタークラウドシス

テムをベースに、CA 基盤の仕様を検討した。CA 接続のための API の国際標準化、通信の安全性確保およびサービスロボットの規格や安全性の研究を行うため、CA に要求される規格、基準、安全性等の項目を検討した。

## (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

課題推進者: 吉藤 健太郎 (株式会社オリイ研究所)

ALS 患者をはじめとする身体に障害を持つ人は、身体的制限が理由で就労したくても働けないケースが多々有り、遠隔で業務を行える環境を構築する必要がある。本研究では、身体動作を含む遠隔就労を可能とする分身ロボット型 CA およびバーチャル型 CA を提案し、障害者が働ける実証実験環境として分身ロボットカフェを設置し運用する中で、本人の能力を補い・拡張する CA の技術の開発・検証を行う。本年度は(1)分身ロボットカフェ・実社会における実証実験に関して、カフェ型実証実験環境の仕様を検討し、常設的に実験環境を設置可能な場所を選定した。また、実証実験の計画を作成した。(2)障害者向け CA の開発に関して、障害者の身体拡張を可能とする分身ロボット型 CA を開発するため、安定して動作するための仕様を検討し機能リストを作成した。

### 研究開発課題 5-2: 身体的共創の産業応用的実装と評価

課題推進者: 安藤 健 (パナソニック株式会社)

操作者が主体感を持って複数のサービスロボットを操作するための条件を来年度にシミュレータなどを使って導出するために、小売・宅配などの実タスクを想定した上で複数台のロボット(サイバネティック・アバター)を遠隔で操作する条件において、遠隔からのオペレータの操作感を評価するシミュレータに関する主な仕様を策定した。その結果、入力から実際の動作までの時間の遅延(レイテンシ)を自在に設定・上記レイテンシがランダムに変動する(ジッタ)について、ジッタの有無やジッタの範囲を設定・ロボットの自由度(グリッパの ON/OFF を除くと 6 自由度のロボットに対して自由度を減らす)・画面(カメラ位置)について固定位置、俯瞰、手元カメラを切り替え・カフイーディングの有無の切替え・力制御の有無の切替え・自律的なタスク実施と遠隔操作でのタスクの介入などを重要な検討項目として設定し、それらが検証可能なことをシミュレータの要求仕様とした。

## (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

課題推進者: 赤坂 亮太 (大阪大学)

CA が社会に浸透するにあたって生じえる法的問題について検討を行うとともに、マルチステークホルダープロセスによる規範形成および政策提言を行う。本年度は既存の法体系の中で新技术をいかに規律するかという観点から、法的な問題点について洗い出しをおこなった。また、次年度以降開催するCAS研究会のためにテーマの選定も行い、来年度以降の研究の推進のための準備を行った。

### 3. 令和2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

##### 進捗状況の把握

- 代表機関である慶應義塾大学において、産学連携担当および社会共創担当のPM 補佐2名を登用。また大学の研究支援部局である学術研究支援部にて、プロジェクト参画機関との契約管理や経理管理、知財管理の体制構築を行い、常に状況を把握しプロジェクトの円滑な運営を支援する体制を整えた。
- PM、課題推進者およびその補佐メンバーを加えた運営会議を定期的に行う。研究開発プロジェクトの準備段階となる本年度は、隔週ペースでPF 会議を開催し、各研究開発課題における開発内容や実験内容の詳細設計を行った。
- 研究開発課題内や連携課題間での検討会は、PM・課題推進者・研究参加メンバーや学生も加わる形で、必要に応じて毎週～隔週程度のペースで開催。いずれの会議もZoom等のオンライン環境を活用、またプロジェクト参加研究者間の日常的なコミュニケーション環境としてSlackを設置し、各研究者の進捗状況の共有や議論、情報共有等をリアルタイムに行えるようにした。

##### 研究開発プロジェクトの展開

- 本プロジェクト独自のアドバイザーについて、医療福祉・政策・市民共創・国際的な研究コミュニティなど、それぞれの分野を代表する人材に打診を行い来年度からのアドバイザー体制に向けて議論を行っている。
- 来年度より参画予定の課題推進者を選定し研究計画の詳細を策定した。

#### (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プロジェクトの研究拠点を設置した。今後必要に応じて規制のサンドボックス制度等も活用しながら、同地区にてCA技術の実証実験を展開し、事業化戦略や政策提言に繋げる。
- 都内の産学官共創イノベーション推進施設との連携について議論を行なった。
- 産学連携のコンソーシアムの設置準備を行っている。来年度10月頃の始動に向けて協議を進めている。
- OryLabと2021年6月に開始する分身ロボットカフェについて、重い障害を持つユーザを対象とした技術開発と社会実装を行う場として本研究開発プロジェクトと連携することを確認した。
- 知財検討会議の運営体制の整備に向けて、代表機関の知財担当者のコーディネ

ートのもと、知財化する研究成果について知財化可能性の検討を開始した。

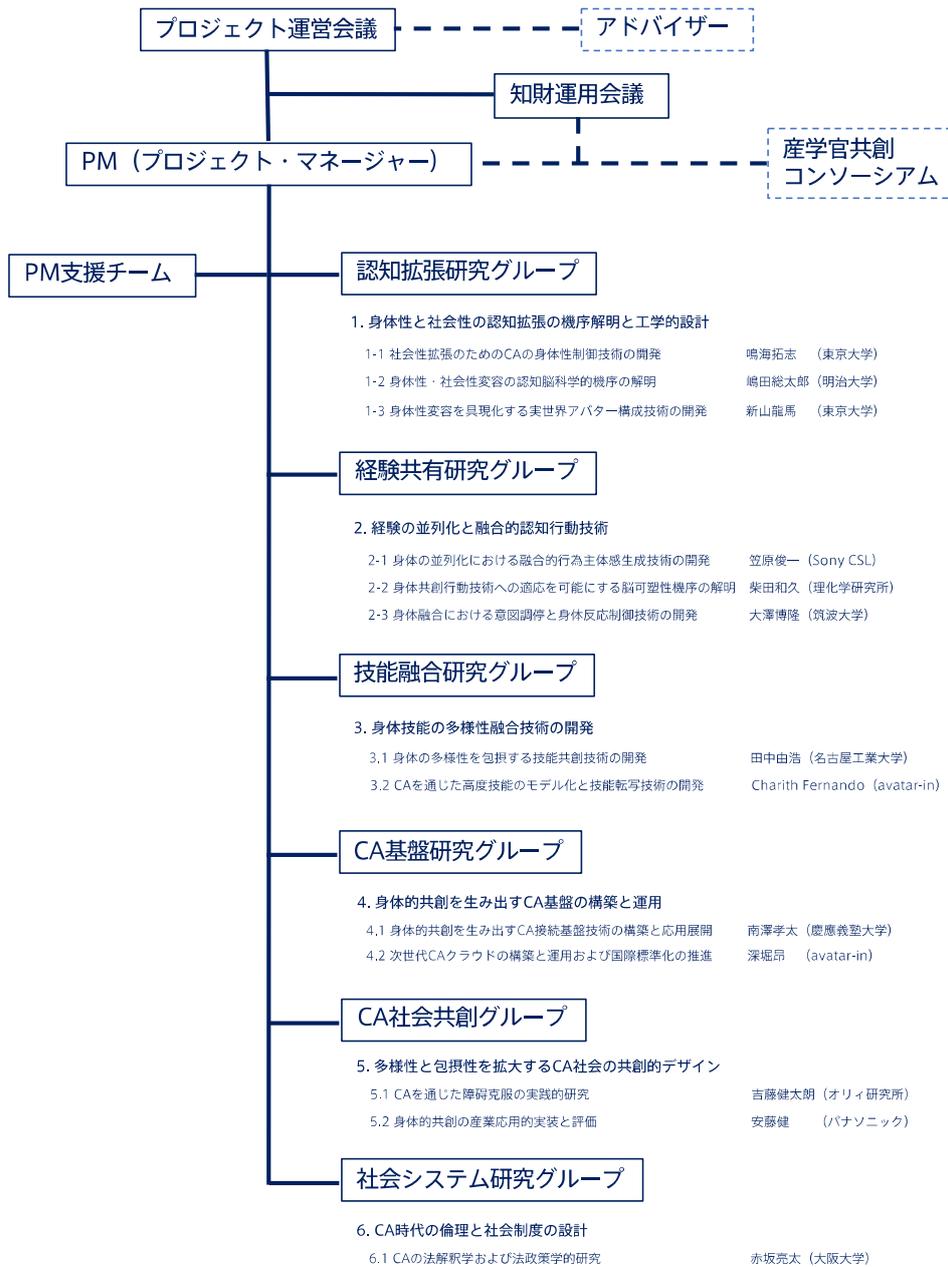
### (3) 広報、アウトリーチ

- 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 <https://cybernetic-being.org/> を構築した。内容を含めた本サイト公開は2021年6月を予定している。
- 2021年10月にキックオフシンポジウム開催を予定している。
- 日本科学未来館研究棟にも研究開発のサテライト拠点を構築し、科学コミュニケーション計画について協議を開始した。
- CA および身体的共創の技術により生み出される未来の人間像・生活像・社会像を描き出し、作品等の形にして広く一般に展開することに向けて SF 作家やシンクタンク等との連携体制について協議を開始した。

### (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等)については、NII Research Data Cloud における研究データの管理を検討している。

#### 4. 令和2年度の研究開発プロジェクト推進体制図



#### ・知財運用会議（準備会議）

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準備会議を設置し、代表機関が中心となって来年度中にプロジェクト全体の知財戦略を策定する方針とした。

#### ・プロジェクト運営会議

プロジェクトの作り込みのためおよそ2週間に1度のペースでオンラインでの課題推進者会議を行なった。またプロジェクトに参画する研究機関間での議論や連携を円滑に行うため2021年3月に対面での運営会議を開催し、それぞれの研究内容、達成する目標、方向性などを共有した。

## 5. 令和2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    | 0  | 0         | 0        | 0  |
| 登録件数     | 0  | 0         | 0        | 0  |
| 合計(出願件数) | 0  | 0         | 0        | 0  |

| 会議発表数            |    |    |    |
|------------------|----|----|----|
|                  | 国内 | 国際 | 総数 |
| 招待講演             | 8  | 0  | 8  |
| 口頭発表<br>(うち、査読有) | 0  | 0  | 0  |
| ポスター発表           | 0  | 0  | 0  |
| 合計               | 8  | 0  | 8  |

| 原著論文数(※proceedingsを含む) |    |    |    |
|------------------------|----|----|----|
|                        | 国内 | 国際 | 総数 |
| 件数                     | 0  | 0  | 0  |
| (うち、査読有)               | 0  | 0  | 0  |

| その他著作物数(総説、書籍など) |    |    |    |
|------------------|----|----|----|
|                  | 国内 | 国際 | 総数 |
| 総説               | 0  | 0  | 0  |
| 書籍               | 0  | 0  | 0  |
| その他              | 0  | 0  | 0  |
| 合計               | 0  | 0  | 0  |

| 受賞件数 |    |    |
|------|----|----|
| 国内   | 国際 | 総数 |
| 0    | 0  | 0  |

|           |
|-----------|
| プレスリリース件数 |
| 1         |

|      |
|------|
| 報道件数 |
| 0    |

|                   |
|-------------------|
| ワークショップ等、アウトリーチ件数 |
| 1                 |