

ムーンショット目標 1 PM 追加公募における PD の方針

PD: 萩田 紀博 (大阪芸術大学 芸術学部 アートサイエンス学科 学科長・教授)

1. ムーンショット目標達成に向けた本研究開発プログラムの概要

少子高齢化が進展し労働力不足が懸念される中で、介護や育児をする必要がある人や高齢者など、様々な背景や価値観を有する人々が、自らのライフスタイルに応じて多様な活動に参画できるようにすることが重要です。そのためには、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現することが鍵となります。

本研究開発プログラムでは、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するため、サイボーグやアバターとして知られる一連の技術を高度に活用し、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張するサイバネティック・アバター (Cybernetic Avatar、以下 CA と表記) (※) 技術の研究開発を、社会通念を踏まえながら推進していきます。

※サイバネティック・アバターは、身代わりとしてのロボットや 3D 映像等を示すアバターに加えて、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張する ICT 技術やロボット技術を含む概念で、Society 5.0 時代のサイバー・フィジカル空間で自由自在に活躍するものを目指しています。

2. ポートフォリオとその取組状況

(1) ポートフォリオ

本研究開発プログラムはターゲットとして「誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター基盤 (CA 基盤) の構築」と「社会通念を踏まえたサイバネティック・アバター生活 (CA 生活) の普及」を設定しています。「人の身体、脳、空間、時間の制約から解放する」という視点から CA の様々な利用シーンを「空間、時間の制約からの解放」「身体の制約からの解放」「脳の制約からの解放」の 3 種類に分類し、それぞれ CA の研究開発の基本テーマを「対話行動 CA」、「体験共有 CA」、「思い通り操作 CA」とし、ポートフォリオを構成しています。

「対話行動 CA」の研究開発は、石黒浩 PM の「誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現」プロジェクトが、「体験共有 CA」の研究開発は、南澤孝太 PM の「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」プロジェクトが、「思い通り操作 CA」の研究開発は、金井良太 PM の「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」プロ

ジェクトが担当し、PDの指揮の下、各研究開発プロジェクトが連携・協力して研究開発を推進しています。

(2) 現在の取組状況

本研究開発プログラムのターゲットである「誰もが多様な社会活動に参画できるCA基盤の構築」と「社会通念を踏まえたCA生活の普及」を実現するために、既存の各研究開発プロジェクトは、主に個人や集団で活用するCAに焦点を当て、「空間、時間の制約からの解放」、「身体の制約からの解放」、「脳の制約からの解放」を分担して研究開発をしています。

「空間、時間の制約からの解放」を担当する石黒浩PMの「誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現」プロジェクトでは、複数の対話行動CAを自在に遠隔操作して、利用者に応じてホスピタリティ豊かな対話行動ができる対話行動CAを研究開発しています。現場に行かなくても多様な社会活動（仕事、教育、医療、日常等）に参画でき、2050年には、場所の選び方、時間の使い方、人間の能力の拡張において、生活様式が劇的に変革するが、社会とバランスのとれたアバター共生社会の実現をめざしています。

「身体の制約からの解放」を担当する南澤孝太PMの「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」プロジェクトでは、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体験共有CAを研究開発しています。技能や経験を相互に利活用するには、制度的・倫理的課題も考慮して、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、CAを通じて誰もが自在な活動や挑戦を行える社会の実現をめざしています。

「脳の制約からの解放」を担当する金井良太PMの「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」プロジェクトでは、人の意図を推定し思い通りに操作できる究極のCA（思い通り操作CA）を研究開発しています。人の意図の推定には、倫理的課題も考慮して、脳活動の内部だけでなく脳表面情報や他人とのインタラクション情報をAI技術で統合するブレインマシンインタフェース（BMI）機能を持つCA（BMI-CA）を開発し、2050年には、思い通りに操作できる究極のBMI-CAの実現をめざします。

(3) 目標達成に向けた現状の課題

「2020年度PM公募におけるPDによる補足」（下記、参照）では、(2)提案内容に「ICTやロボティクスだけでなく、バイオテクノロジーや認知科学なども取り入れた学際的なアプローチを歓迎しますが、これに限るものではあ

りません。」としました。既存の研究開発プロジェクトは主に個人や集団で活用する CA を開発していますが、身体、脳、空間、時間の制約からの解放を一層進めるためには、体内で活用できる CA が求められています。個人や集団で活用する CA と体内で活用できる CA が組み合わせられることによって、産業応用だけでなく、健康・医療などの様々な適用シーンで人に優しい CA 利用が広がります。医師や看護師による問診、体外の診察だけでなく、体内も複数の CA を操作して見守られることによって健康や医療の面での日常生活の変革が期待されます。

既存の研究開発プロジェクトには、技術の研究開発に加え、研究成果を円滑に社会実装する観点から、倫理的・法制的・社会的課題についての様々な分野の研究者に参画いただいています。これまでの取組から、目標達成には、既存の研究開発プロジェクトに共通する横断的技術課題や制度課題を横串しで解決し、安全で安心感と信頼性を確保して社会受容性を高める社会受容基盤の構築も課題となってきました。

これについて、既存の研究開発プロジェクトの実証実験等から、CA が我々の労働や社会活動に利用できることも見えてきました。一方、これらの活動が可能になると、悪意のある利用者による CA の乗っ取りや別の人になりすまして CA を利用したり、専門家の技能を搭載した CA をハッキングして専門家の技能を違法にコピーしたりするなどの不正な利用が横行する可能性も見えてきました。CA が社会に広く浸透し安全・安心に使われるようになるには、このような CA 乗っ取り・なりすまし・技能模倣模造などの不正利用を防止する CA セキュリティを高度化する技術の研究開発が不可欠です。社会受容性を高める観点から倫理的・法制的・社会的課題を既存の研究開発プロジェクトが個別に検討するだけでなく、社会を変革していくことを視野に研究成果を社会に訴求し、研究成果を踏まえた制度設計を行い、様々なステイクホルダーに政策として提言する研究開発プロジェクト横断の基盤が必要です。

さらに、既存の研究開発プロジェクトは、現在、主にコロナ禍の影響を受けている接客を中心としたサービス業での利用を想定して、実際のサービスを行う通信環境下で実証実験を行っています。しかしながら、CA を通してサービスを受ける利用者がある通信環境は、電波吸収体としての人が多数存在したり、CA がその中を動き回ったりするなど CA の通信が不安定になる環境でもあります。それ以外に、医療における外科手術、建設業における建機の遠隔操作などに CA 利用を拡大するには、遠隔操作時に高いリアルタイム性を確保するために、通信の遅延やジッター等による影響を避ける通信機能の高度化技術が不可欠になります。Beyond 5G 通信環境にお

いても CA の遠隔操作時における操作性を向上させ、安全性を確保するためには、この通信機能の信頼性を確保する基盤の研究開発も喫緊の課題です。

3. 本公募で追加募集する研究開発テーマおよび要件

(1) 体内で活用できる CA の研究開発

本研究開発テーマでは、身体、脳、空間、時間の制約からの解放を一層進めるため、体内で活用できるミリ、マイクロ、またはナノスケールの複数体の CA を操作して見守られる、健康や医療の面での日常生活の変革を起こす研究開発プロジェクトを募集します。

提案には、挑戦的で野心的である、次の(a)～(d)を含めることを求めます。

- (a) 体内で活用できるミリ、マイクロ、またはナノスケールの複数体の CA を用いた 2050 年の未来社会の実現イメージ
- (b) (a) を実現するために 2025 年までに実現可能な体内で活用できるミリ、マイクロ、またはナノスケールの複数体の CA の達成イメージ
- (c) 既存の研究開発プロジェクトによる個人や集団で活用する CA 遠隔操作との共通化技術
- (d) ELSE（倫理的・法制的・社会的・経済的な）課題の観点から、実験そのものの妥当性・社会受容性、実験結果の有効性の検証

身体や環境に負荷をかけずに、体内で活用できるミリスケール、マイクロスケール、またはナノスケールの複数体の CA を実現するには、例えば、次のような技術が考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・ 体内（消化器系や循環器系など）で意図した場所に移動、滞留させ、センシングやアクチュエーションを行う技術
- ・ 複数体の CA が連携・協調する遠隔制御技術

(2) CA の安全・安心・信頼性を確保する社会受容基盤の研究開発

本研究開発テーマでは、既存の研究開発プロジェクトの目標に合わせて、次の①CA の安全・安心確保基盤と②CA の信頼性確保基盤の二つから構成される社会受容基盤を構築するため、①、②のいずれか一方、または両方を組合せた研究開発プロジェクトを募集します。

① CA の安全・安心確保基盤の研究開発

CA の乗っ取りやなりすまし、技能模倣模造などの不正利用を防止するための CA のセキュリティの高度化技術の研究開発や、CA を社会に普及す

るために考慮すべき ELSE 課題とどんな調和的社会適応・規制（倫理感、法制化等）が必要かを研究し制度や政策として提言する、次のような内容を含む、CA の安全・安心確保基盤の研究開発プロジェクトを募集します。

提案には、次の(a)～(d)を含めることを求めます。

- (a) 既存の研究開発プロジェクトと連携した CA のセキュリティの高度化技術や ELSE 課題の研究とその体制
- (b) (a) と既存の研究開発プロジェクトと連携した実証実験の実施
- (c) 既存の研究開発プロジェクトと連携して CA の最新成果に基づいて、将来的に必要となる CA の技術的・制度的課題を国内外に政策提言する方策やその体制
- (d) 既存の研究開発プロジェクトが開発する CA の技術仕様にも柔軟に対応できる過去のセキュリティ技術の実績と過去に IT の関連した制度や政策を提言した実績

なお、既存の研究開発プロジェクトや②のプロジェクトとの技術要件や制度課題の要件の吸収などについて、採択後も作り込みで調整します。

CA のセキュリティ高度化技術には、例えば、CA 操作者の識別・認証の精度を向上させる、脳波など脳に関する情報を利用した生体認証技術や、CA 操作者の遠隔操作時の行動を CA 操作者の同意の下、CA を介して遠隔制御行動ログとして取得・蓄積し、それにより CA 操作者を識別・認証するような方式を想定した次のような一連の技術などが考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・ 遠隔制御行動ログを取得する技術
- ・ 遠隔制御行動ログを基に、遠隔操作を行っている CA 操作者の行動の識別・認証を可能にする個人のモデル化を行う技術
- ・ これらをデジタルツイン化して CA の不正利用を自動的に検出して、安全・安心な CA 利用を実現する技術

CA の社会適応や規制には、例えば、次のような観点が考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・ 健康、安全、消費・生活者、環境に関する規制
- ・ CA の製造、サービス提供、利用する者の責任
- ・ CA そのものや CA 利用によって生まれる知的財産権
- ・ プライバシーとデータ保護
- ・ CA 規制の適用範囲の限度

- ・ CA 別の規制

② CA の信頼性確保基盤の研究開発

Beyond 5G を前提とした実証実験環境を構築し、次のような CA 遠隔操作時の通信機能高度化による CA の信頼性確保基盤の研究開発プロジェクトを募集します。

提案には、次の(a)～(e)を含めることを求めます。

- (a) 電波吸収体である人が多く行き交う大型複合商業施設や電波吸収体が配備されている建築現場など、電波条件の悪い実証実験環境
- (b) 既存の研究開発プロジェクトが開発する CA 基盤の技術仕様にも柔軟に対応できる過去の通信環境構築の実績
- (c) 既存の研究開発プロジェクトとの連携についての方策や体制
- (d) Beyond 5G を前提とした実証実験環境の構築を行うために、通信機器等を研究開発する企業等が何らかの形で参画する体制
- (e) ELSE 課題を考慮した社会受容性のある研究開発計画・成果イメージ

なお、既存の研究開発プロジェクトや①のプロジェクトとの技術要件や制度課題の要件の吸収などについて、採択後も作り込みで調整します。

CA 遠隔操作時の通信機能高度化には、例えば、次のような技術が考えられますが、これらに限るものではありません。

- ・ CA 遠隔操作時の通信の信頼性を確保するために、移動型通信基地局の機能を持たせた CA を複数体利用して安定した通信を確保する技術。
- ・ CA のタスクや利用状況によって変化する通信量を、基地局との通信におけるアップロード／ダウンロードの割合調整や基地局 PC などを活用した分散処理によって大幅に削減し低遅延化とジッター低減を実現する技術。
- ・ 複数体の CA を連携・協調して遠隔制御する場合に、通信遅延やジッターを根本的に排除できない前提で、部分的な予測制御技術により CA の信頼性やリアルタイム性を向上させる技術。

(参考)

- ・ ムーンショット目標1ウェブサイト

<https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal1/index.html>

- ・ ムーンショット目標1 & 3キックオフシンポジウム (2021年3月28日開催)

<https://www.jst.go.jp/moonshot/news/20210328.html>

(参考) 2020 年度 PM 公募における PD による補足

PD: 萩田 紀博 (大阪芸術大学 アートサイエンス学科 学科長・教授)

1. 募集・選考の方針等

(1) 募集・選考の方針

目標として定められた「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」に向けたシナリオを提案してください。現在の社会と技術から未来を予測する「フォーキャストする」考えと、2050 年の社会を起点にして逆算し今何をすべきかを「バックキャストする」考えとの両方を考慮して、2050 年までのシナリオと PM 採択時点から 3 年、5 年、10 年目までのシナリオを提案してください。提案されたシナリオ等の内容には、2050 年の目標達成にもつながること、挑戦的かつ革新的であること、ELSI などの社会受容性も考慮して、どのように社会に実装・適応していくのかの実現可能性の根拠も含めてください。

(2) 提案内容

研究開発構想に示される通り、目標達成のために、「1) サイバネティック・アバター基盤」と、「2) サイバネティック・アバター生活」の 2 つのターゲットを設定しています。提案は 1) または 2) のいずれか一方のターゲットを選ぶことを基本としますが、両方のターゲットを選ぶことも可能です。

選んだターゲットに対して、タスクの内容、達成するための研究アプローチ、各マイルストーンの具体的な達成目標、国際的に通用する優れた研究開発体制等を述べてください。研究アプローチとして、いずれのターゲットの場合も、ICT やロボティクスだけでなく、バイオテクノロジーや認知科学なども取り入れた学際的なアプローチを歓迎しますが、これに限るものではありません。

開発システム（ハードウェア、ソフトウェア、インターフェース等要素技術のつなぎ込み）は、インターネット国際社会で活用することを前提にしますので、国際的標準化ないしはそれに向けた活動が提案に含まれている必要があります。

開発システムは、供給者目線だけでなく、未来社会の利用者目線での受容性なども考慮して研究開発を推進する必要があります。提案するシナリオには、各マイルストーンで ELSI やセキュリティ等の社会受容性の変化をどのように考慮していくかも述べてください。

2. 研究開発の推進に当たっての方針

(1) ポートフォリオ管理

ポートフォリオ管理として複数の研究開発プロジェクトの関係性も考慮した上で、PM 間の協業や競争等を求めることとなります。そのため、PM として採択された後の作り込み期間においては、提案されたシナリオに対して PM 採択時点から 3 年、5 年、10 年目までのシナリオ及び達成を目指すマイルストーンの明確化、合理的な推進計画及び予算計画の見直しなどに関して、PD 等と相談して行うものとします。さらに、実施期間中に、別の研究アプローチを採ることも可能とします。

(2) 他の目標との連携

研究開発する対象技術によっては、他の目標の研究開発プロジェクトとの協業・連携が望ましい場合は、必要に応じて、PM は関連する他の目標の研究開発プロジェクトと情報共有を行いながら、効率的・効果的に研究開発を進めてください。研究開発だけでなく、国内外への効果的情報発信策やアウトリーチ活動も、研究開発プロジェクト内外での PM 同士やパフォーマー同士が連携すること等、これまでになかった相乗効果の高い取組を期待します。

(3) 産学官連携

研究開発を進めていく過程において、波及効果として、様々な産業に貢献し得る成果の創出を期待します。そのため、プロジェクトに民間企業、自治体等の協力機関の参画が得られるような積極的な活動も求めます。