

ムーンショット型研究開発事業

令和7年度プログラム外部評価（中間評価）について（目標1）

(1) 目的

プロジェクトの中間評価の結果を受けて、プログラムごとに研究開発の進捗状況や成果を把握し、これを基に適切な予算配分及び研究開発計画の見直し等を行うことにより、事業運営の改善及び機構の支援体制の改善に資することを目的とする。

(2) 実施時期

原則として、プログラムとしての研究開発開始時点から3年目に実施する。

(3) 評価項目及び基準

- ムーンショット目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性
- ムーンショット目標達成等に向けたプログラムの研究開発の進捗状況
- ムーンショット目標達成等に向けたプログラムの研究開発の今後の見通し
- PDのマネジメントの状況(ポートフォリオ管理、PMへの指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む。)
- 産業界との連携・橋渡しの状況(民間資金の獲得状況(マッチング)、スピリアウトを含む。)
- 国際連携による効果的かつ効率的な推進
- 大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組
- 研究資金の効果的・効率的な活用(官民の役割分担及びステージゲートを含む。)
- 国民との科学・技術対話に関する取組
- 機構のPD、PM等の活動に対する支援
- その他(1)に定める目的を達成するために必要なこと。

なお、上記に関する詳細については、評価者が決定する。

(4) 評価者

プログラムに対する技術専門的な観点からの評価は、外部評価グループが行う。外部評価グループの技術専門的な意見を元に、ガバニング委員会がプログラム全体を評価する。

(5) 評価の手続き

プログラムごとに、外部評価グループ及びガバニング委員会にて、被評価者からの報告及び被評価者との意見交換等により評価を行う。この場合において、必要に応じて研究開発実施場所での調査等又は外部有識者の意見の聴取を行うことができる。

※評価会実施日、評価者一覧は別紙のとおり

(別紙)

■評価会実施日

外部評価グループ：令和7年9月23日

ガバニング委員会：令和7年11月27日

■評価者一覧（外部評価グループ）

| 氏名 | 所属・役職等 |
|-------------------|--|
| 西尾章治郎 | 国際高等研究所 所長 |
| Arianna Menciassi | Professor, the BioRobotics Institute, Scuola Superiore Sant'Anna of Pisa |
| Cecilia Laschi | Professor at the National University of Singapore |
| Giulio Sandini | Founding Director, the Italian Institute of Technologies |
| 鄭雄一 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |
| 永井良三 | 自治医科大学学長 |
| 横矢 直和 | 奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授 |
| 馬場口 登 | 福井工業大学 教授／大阪大学 名誉教授 |

※所属・役職等は評価会時点のもの

■評価者一覧（ガバニング委員会）

| 氏名 | 所属・役職等 |
|--------|--|
| 藤野 陽三 | 城西大学 学長 |
| 石塚 博昭 | 三菱ケミカル株式会社 シニアエグゼクティブコンサルタント |
| 江村 克己 | 福島国際研究教育機構（F-REI） 理事 |
| 榊 裕之 | 奈良国立大学機構 理事長 |
| 寒川 哲臣 | 日本電信電話株式会社 先端技術総合研究所 常務理事 基礎・先端研究プリンシパル |
| 西尾 章治郎 | 国際高等研究所 所長 |
| 濱口 道成 | 科学技術振興機構 参与 |
| 深見 希代子 | 東京薬科大学 生命医科学科 名誉教授／客員教授 |

※所属・役職等は評価会時点のもの

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」**

戦略推進会議

※プログラム評価公開用にスライド抜粋・入替

令和8年3月5日（木）

プログラムディレクター（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）

目次

1. 概要および研究開発プログラムの状況
2. JST5年目外部評価結果
3. 参考

目次

1. 概要および研究開発プログラムの状況

2. JST5年目外部評価結果

3. 参考

1.1,2 目指す社会像と解決すべき課題

ムーンショット目標 1 が求められる課題解決: 社会領域「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」を実現するために、少子高齢化、労働人口減少、人生百年時代、一億総活躍社会の課題解決

目指す社会像

誰もが能力拡張できる複数の分身*¹を用いて、仕事における生産性が向上し、子育て、余暇、やりたい社会活動など、生活の豊かさも両立できる社会の実現を目指す。

【社会課題 1】 生産性向上

- 働きたい人が自らの能力を拡張できる複数の分身(CA*²)を用いて、生産性を向上する。これによって、GDP関連の16産業*³の労働力不足の問題解決に貢献する。トラブルが起きても、CAを用いて生産性を維持できる。目標 3 が目指すAIロボットを併用すれば、さらに、この問題を解決できる。

【社会課題 2】 生活の豊かさも両立

- CAを用いて、仕事と子育ての両立や、その他の多様な社会活動（余暇、自由な時間など）に参加でき、生産性の向上と生活の豊かさを両立できる就労生活を実現する。
- CAを用いて、自力生活が困難な人、重い障害や疾患を抱える人などが、自立生活と社会参画を実現する。

*1: 誰もが「複数の分身」を遠隔操作できるようになる技術をサイバネティック・アバター(CA)と呼んでいる。

*2: CA = Cybernetic Avatarの略称で複数のアバターを使って自分の能力を拡張するシステムの総称。

*3: GDPを構成する16産業(https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/2023/sankou/pdf/point_flow20241223.pdf, p9)

1. 農林水産業, 2. 鉱業, 3. 製造業, 4. 電気・ガス・水道・廃棄物処理業, 5. 建設業, 6. 卸売・小売業,
7. 運輸・郵便業, 8. 宿泊・飲食サービス業, 9. 情報通信業, 10. 金融・保険業, 11. 不動産業,
12. 専門・科学技術・業務支援サービス業, 13. 公務, 14. 教育, 15. 保険衛生・社会事業,
16. その他のサービス

前半5年で
朱書きの9産業
は事業導入または
実証実験済

1.2 解決すべき課題：解決に向けたアプローチ

【ソシオCA】 個人・集団に身体・脳・空間・時間の制約から解放する能力拡張サービスを提供

(石黒PM, 南澤PM)

次頁のベン図の領域e・a・b・d

- 身体、脳、空間、時間の制約から解放するために、個人や社会に寄り添う社会的モラル・ホスピタリティ対応の対話能力と物理的作業・移動能力も拡張。
- 特に、南澤PMは重い障害を抱える利用者の能力拡張(体験共有や技能融合)を担当。

【BMI-CA】 BMIによる身体と脳の拡張サービスを提供 (金井・石黒PM)

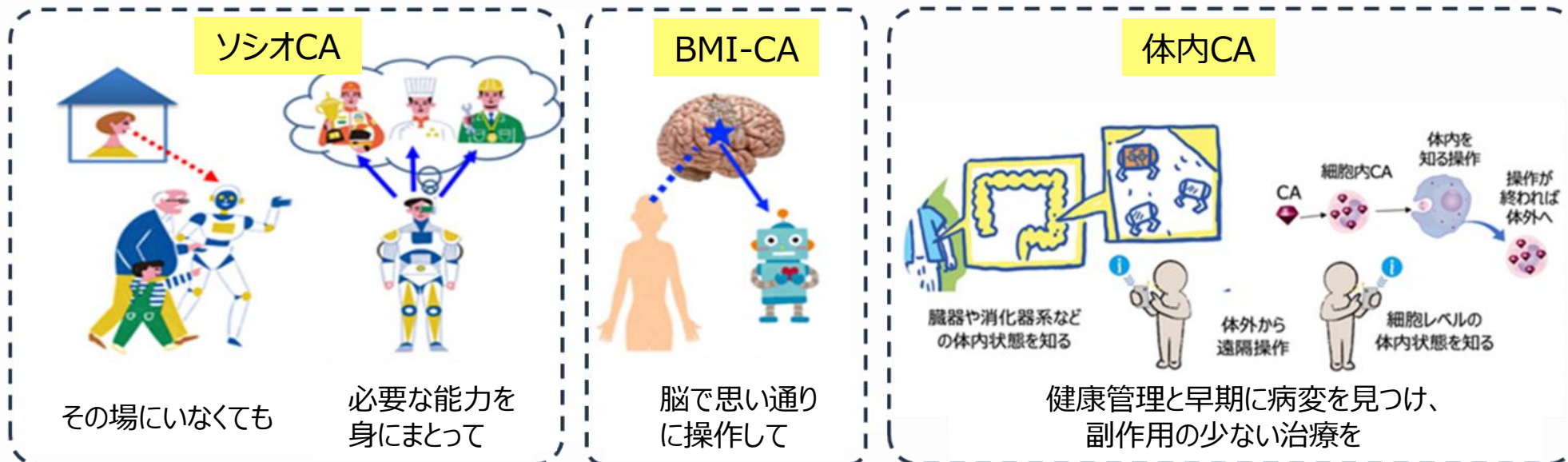
領域f・a・b・c

- 頭の中で考えた情報をBMI(Brain Machine Interface)を用いて、個人・集団に能力拡張サービスを提供できるCA

【体内CA】 体内の身体的能力拡張サービスを提供 (新井・山西・石黒・金井・松村PM)

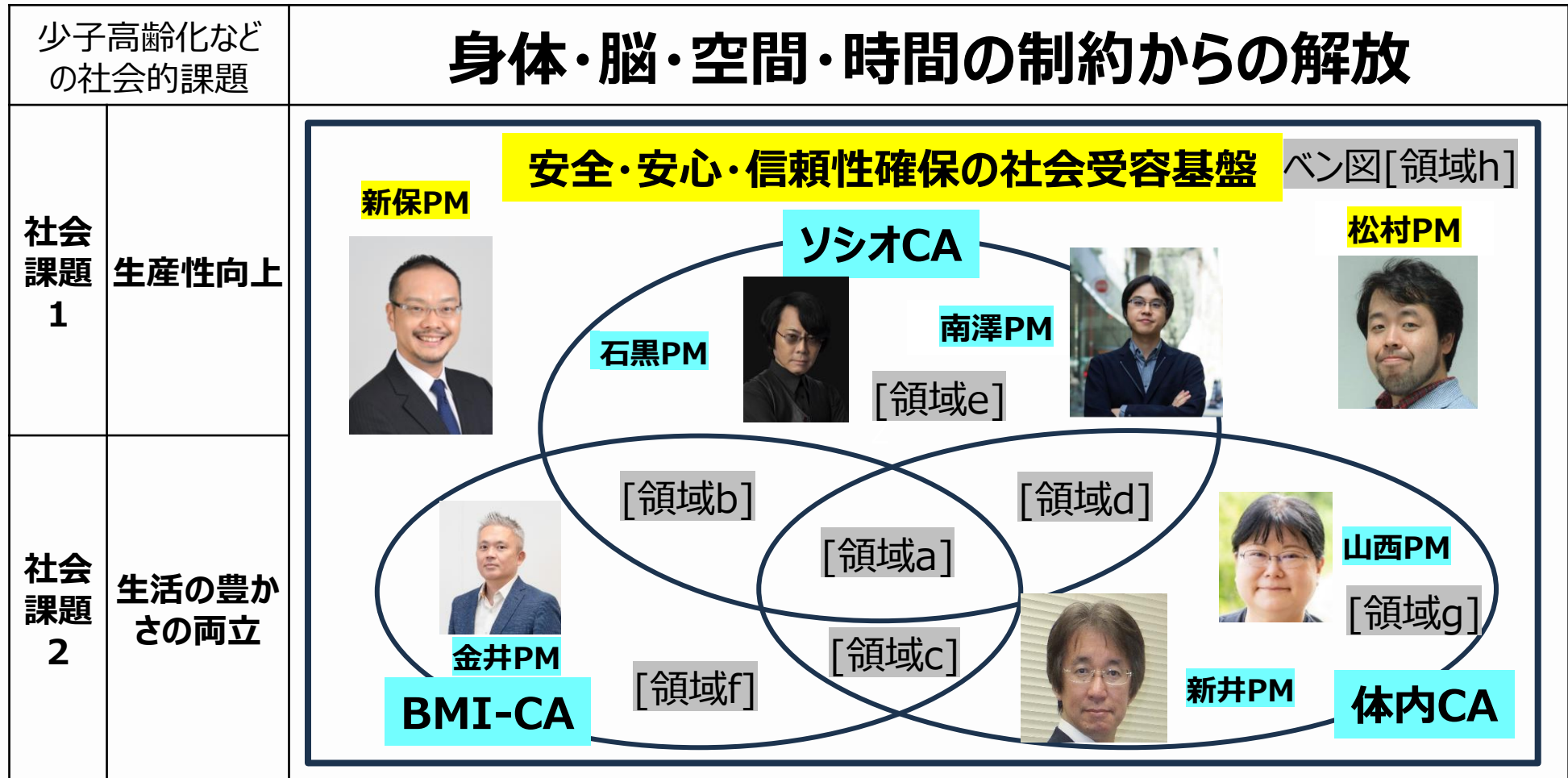
領域a・c・d・g

- 体内に入れたアバターとの体外通信を可能とし、働き過ぎていないかなどの健康管理や早期に病変を見つけ副作用の少ない治療技術を提供できるCA

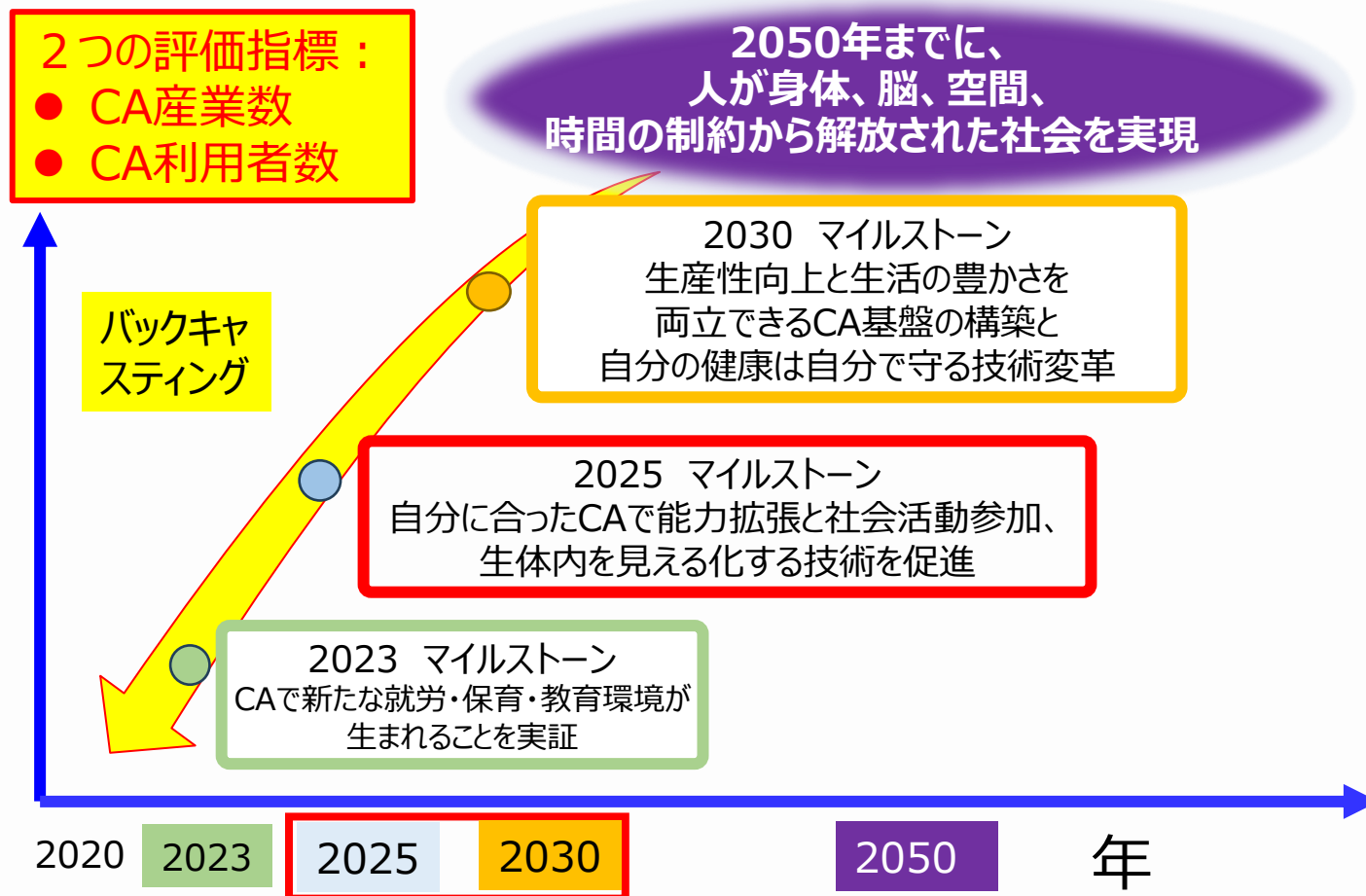


1.2 解決すべき課題

7PMで社会課題を解決する研究開発体制（前半5年）



1.3 プログラムのマイルストーン(前半5年) : ポートフォリオ



ポートフォリオでこの社会像を実現できたかは、次の2つの指標で評価する。

指標1 : CA産業数 = 生産性向上と生活の豊かさに関連する産業数

指標2 : CA利用者数 = 労働人口(15-64歳) + 65歳以上の高齢者 + 外国人CA利用者数

1.3 プログラムのマイルストーン(前半5年)

2050

2050年までに、場所、時間や人間能力の制約を超える技術を開発し、様々な背景や価値観を有する誰もが、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社会を実現

2040

生産性向上と生活の豊かさを両立できるCA基盤の構築と自分の健康は自分で守る技術変革

2030

- 1.【生産性向上が10のCA産業に拡大し、生活の豊かさの両立も始まる】 ソシオCA BMI-CA 社会受容基盤
- 2.【CA利用者の健康管理能力が増し、安全安心な生活設計が可能に】 体内CA ソシオCA BMI-CA

2025

自分に合ったCAで能力拡張と社会活動参加が促進、生体内を見える化する技術を促進

- 1.【主婦・主夫や高齢者等が新たな社会活動に参画できる変革】 ソシオCA
- 2.【技能や経験を互いに提供し合って能力拡張する技能合体流通社会への変革】 ソシオCA
- 3.【頭で思い浮かべた言葉や行動を他人に伝える技術変革】 BMI-CA
- 4.【生体外からCA遠隔操作で体内状況を見える化できる技術変革】 体内CA
- 5.【安全・安心で信頼性を確保するCA社会受容基盤立ち上げと国際ルールメイキング推進】 社会受容基盤

2023

CAで新たな就労・保育・教育環境が生まれることを実証

- 1.【主婦・主夫や高齢者等が新たな社会活動の参画が可能に】 ソシオCA
- 2.【重い障害を抱える人が遠隔就労機会を持てる変革】 ソシオCA
- 3.【思い浮かべた自分の言葉や行動の一部を他人に伝えることができる技術革新】 BMI-CA

※ CA:サイバネティック・アバター [] : どの制約を解放するかを表す

1.4 目標達成に向けた進捗状況

5年目中間評価 外部評価結果：S

- ((技術)2025マイルストーンは5つの技術目標で全て達成済 + それを上回る成果多数, 技術評価ではA+。
- (マネジメント) 後半5年で重要となる資金獲得100億円以上*、スタートアップ4社起業(準備中2社)などを、前半5年で達成済。
*目標1関連スタートアップ(既存+新規)による資金獲得

マイルストーン2025 技術目標

1. 空間、時間の制約を超えた労働変革
2. 技能や経験を提供し合って能力拡張
3. 思った言葉や行動を他人に伝える
4. CA遠隔操作で体内状況見える化
5. 社会受容基盤、国際ルールメイキング

| 技術目標 | 大胆な発想 | 2025目標値達成 | 目標値を上回る成果 |
|------|------------------------------|---|---|
| 1 | 世界が1人1体の時代に、1xN, Mx1の遠隔操作に挑戦 | 空間、時間の制約解放をめざし万博、ドバイ、長崎県久賀(ひさか)島診療所などの94種類の実証実験で、N=最大20体、M=最大3人でCA接客サービスの有効性を確認 | 音声認識・合成、環境・物体認識の基礎技術で世界トップレベルの成果を多数出した |
| 2 | 重い障害を抱える人が就労できるかに挑戦 | 分身ロボットカフェで障害者が1人N(=最大5)体、M=2人で就労機会を持てることを実証。100名以上が就労中(*1)。 | 多くの人に勇気を与える活動として国際的な賞を多数受賞 |
| 3 | 非接触・非侵襲・侵襲・極低侵襲のBMI最強集団で研究推進 | 思い浮かべた言葉を解読する音声コミュニケーションではスマホ文字入力よりも皮質脳波が速く入力。侵襲BMIで自然な会話、作業、移動、身体的能力の拡張が可能になり、治験実施に向けたPMDA薬機戦略に移行。 | 開頭不要の極低侵襲BMIではブタで世界的成果。UNESCOニューロテック倫理勧告に貢献 |
| 4 | 時空間的体内環境情報見える化に挑戦 | 生体内CAでは、飲みやすさを重視した、世界最小クラスの温度・pH・画像計測センサ、生体内位置計測、無線通信、時空間体内環境情報の見える化技術を開発 | 細胞内CAでも、アバター免疫細胞を連携させて、標的がん・老化細胞の選択的除去を実証 |
| 5 | ソシオCAの安全・安心・高信頼確保の社会受容基盤に着目 | ソシオCA1000体規模のCA基盤を開発。長期運用検証を実施。信頼性確保技術も開発。CAのサービス記述仕様と相互接続性の技術仕様も国際標準化 | 「CA適合性評価制度」を提案。認証機関も設立 |

1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

世界が1人1体の時代に、1人で複数体CA、複数人で1体のCA遠隔操作に挑戦

- 1000体の異種CAが動作可能なCA基盤を構築、商業施設での2回の大規模実証後、大阪・関西万博 石黒パビリオンで1日12時間、184日間の長期安定運用を実証
- 1×N遠隔制御は、1×1から1×20、M×1は 2×1から3×1まで実証
- 異種CA、AIロボットの相互接続性等の技術仕様の標準化が成立(OMG RoSO、RoIS)

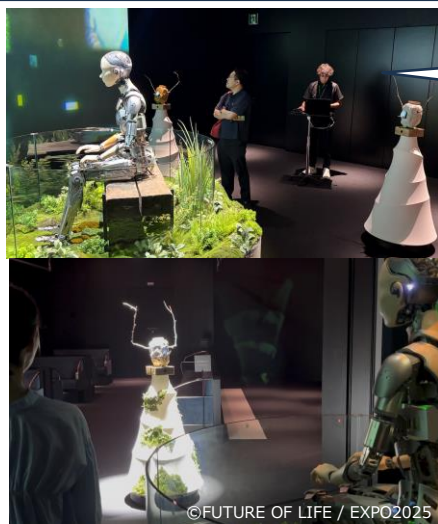


アバター1000実証

@大阪商業施設(2024年)



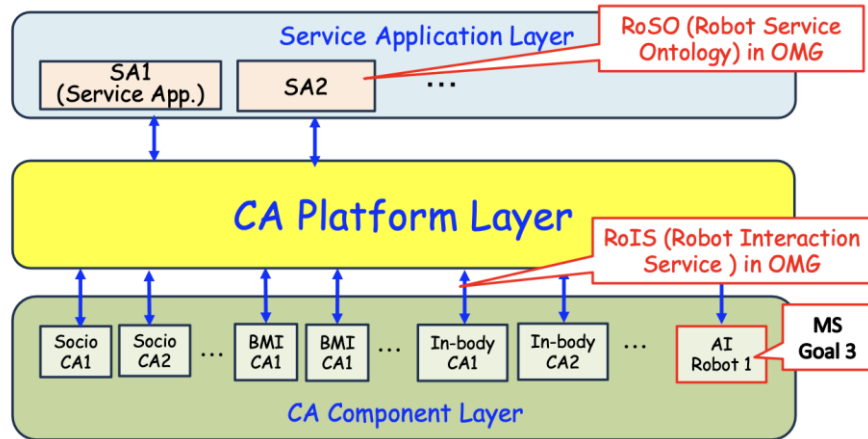
1 x 10 遠隔操作実証
(ドバイ・CityCentre Deira)



長期 実験@大阪・関西万博
石黒パビリオン(2025年)

18,000を超える公演でCA基盤を安定運用
2025年10月6日に天皇・皇后両陛下がご見学

3層CA基盤とOMG国際標準化2つの技術仕様公開
(RoSO:サービス記述2024公開とRoIS:相互接続性2025成立)



1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

世界的にユニークな、遠隔業務の質を高めるホスピタリティ豊かなモラルあるCAの実現に挑戦

- 実環境音声認識・合成、環境・物体認識、概念獲得で世界的成果多数(ICCV、CVPR、ICASSPなど計77件)、適切な対話行動を実現するモラルコンピューティング技術を開発
- CA技術、CA基盤、社会受容性を評価する様々な実証実験(接客、医療、教育等)を実施(94件) ⇒ 「指標1：CA産業数」はGDP関連16産業中9産業で実証実験
- 操作者、利用者：一般市民、子供、高齢者、医師、患者、介護者、政治家、教師、学生、障害者、外国人など広範囲で確認
⇒ 「指標2のCA利用者数」も幅広い利用者に対象を拡大



2人を相手にした傾聴対話ロボット
(精神科病院のデイケアで
長期にわたり実験)



学童支援 (豊中、大阪)

[GDP関連の16産業]

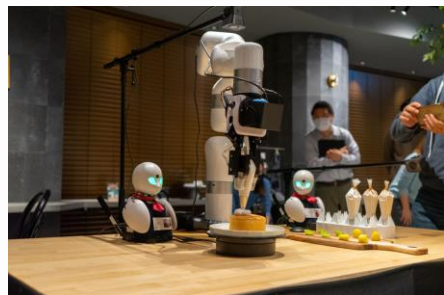
- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. 農林水産業 | 9. 情報通信業 |
| 2. 鉱業 | 10. 金融・保険業 |
| 3. 製造業 | 11. 不動産業 |
| 4. 電気・ガス・水道・ 廃棄物処理業 | 12. 専門・科学技術・ 業務支援サービス業 |
| 5. 建設業 | 13. 公務 |
| 6. 卸売・小売業 | 14. 教育 |
| 7. 運輸・郵便業 | 15. 保険衛生・社会事業 |
| 8. 宿泊・飲食サービス業 | 16. その他のサービス |

朱書きは2025年までに目標1が事業導入
または実証実験をした産業を示す。

1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

重い障がいを抱える方がCAを用いて就労の機会を得るかに挑戦し、
現在も就労中で、多くの人に勇気を与えている

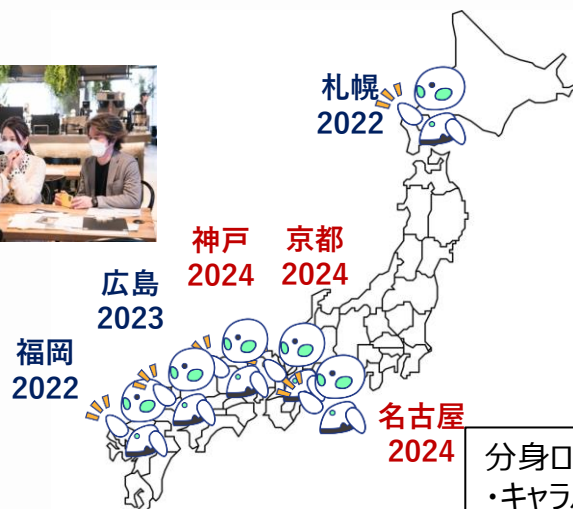
- 1人で5体のCA、挑戦的な2人で1体のCAを遠隔操作できる技術を開発、CAを使って5週間働けることを2023年に実証、**100名以上(*1)の方が分身ロボットカフェの遠隔操作者として就労** (勤務形態は毎日~月1回など様々)、**2025年までに16万人がカフェサービスを利用**
- 重い障害者の遠隔就労による社会参加実現は、**多くの人に勇気を与え、アルスエレクトロニカフェスティバル(オーストリア) ゴールデン・ニカ賞(最優秀賞、2022年)をはじめ国内外で多数受賞**
- 実証実験も国外でも実施(2025年にデンマークでも実証実験を実施、現地雇用障害者13名)



障害当事者2人で1体のCAを
遠隔操作(2×1)
(分身ロボットカフェ@新日本橋)



Bunshin Robot Café
Øens Madhus
(デンマーク・オーフス市)



分身ロボットカフェ
・キャラバン等も
含め**遠隔操作者
は延べ180人**

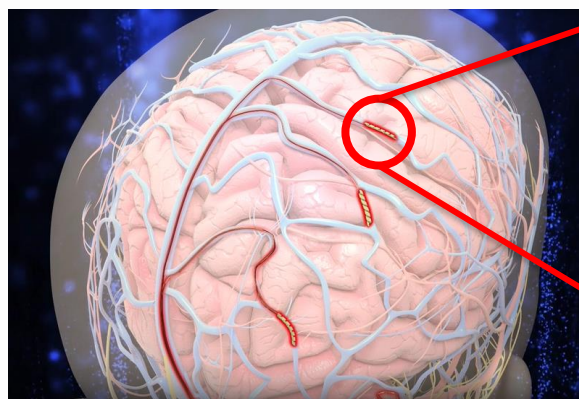
(*1)2025/9/30時点

1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

開頭手術に比べ利用者への負担を柔げ、脳組織を損傷することなくあらゆる部位の脳波計測を可能にする、**世界初の極低侵襲BMI技術を開発**

- 超細径電極および超薄膜電極を搭載したデバイスを開発し、血管内から安全に留置
- 豚の皮質静脈で埋込後49日目でも良好な強度の脳波を確認(Science (IF=45.2)等掲載)
- **後半5年の社会実装に向けてスタートアップ設立(2025/10/30)**

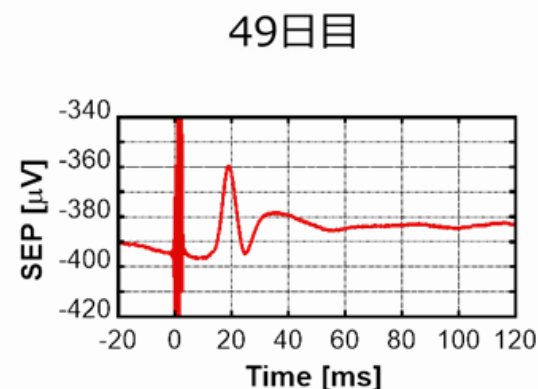
フレキシブルエレクトロニクスと、生体適合材料は、簡単に模倣できないコアコンピタンスを持つ



皮質静脈に配置される極低侵襲BMI



らせん状の薄膜フレキシブル電極

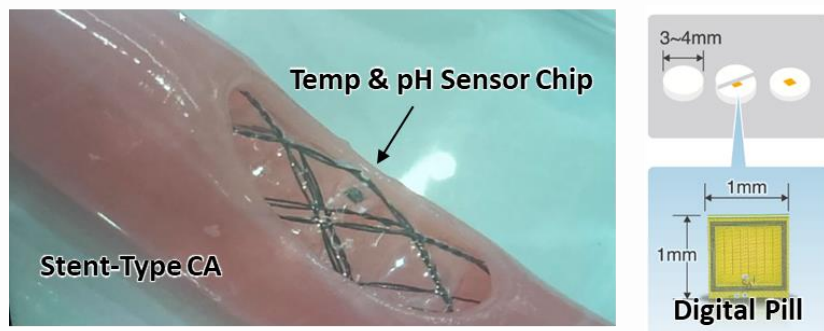


動物実験で埋込49日目でも
良好な信号強度確認

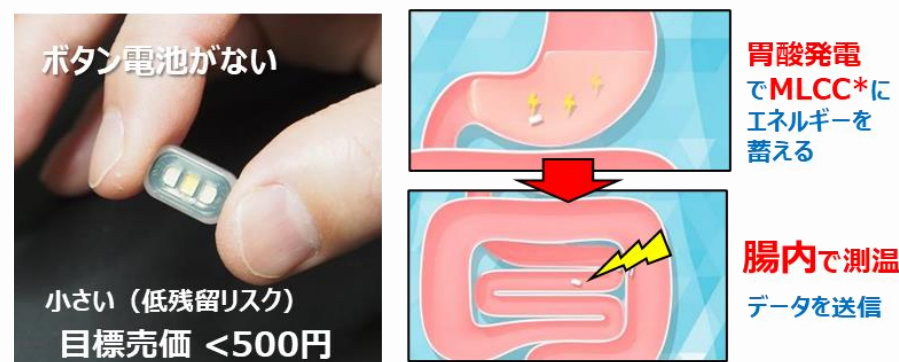
1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

従来のカプセル内視鏡などは体内見える化できる範囲が限定的であるのに対して、複数CAが連携・協調して広範囲の時空間的な体内環境マップ作成に挑戦、その基盤技術を開発

- 世界最小クラスのサイズで低消費電力の温度、pH、**画像センシング技術(新井・金井PMのクロスプロジェクトの成果)**の開発に成功
- ボタン電池をなくすため、従来の胃だけで利用された胃酸充電を、大腸などの計測にも耐えられる方式に改良
- **体内外通信技術(新井・松村PMのクロスプロジェクト)**、体内位置計測技術なども開発、腸内悪玉菌を可視化するIgA抗体CAの研究開発にも着手



世界最小クラスの温度・pHセンサチップ



胃酸発電によるカプセル型深部体温計の開発も進む

*MLCC (積層セラミックコンデンサ)

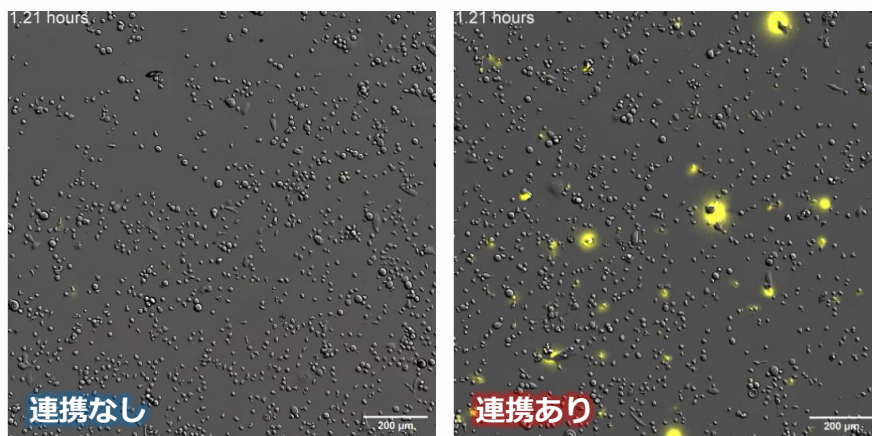
1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

細胞内CAは細胞レベルの遠隔操作による見守り、医療改革を目指し、乳がん等の固形腫瘍治療や老化関連細胞の除去等、従来では対応困難な領域へ挑戦

- あらかじめ設計された細胞間コミュニケーションで、
 - 「**検査用アバター免疫細胞**」が、
 - 「**標的細胞(予め目印を付加したがん細胞または老化細胞)**」を発見し、
 - 「**除去用アバター免疫細胞**」と連携して、
 - **マーカー用細胞内CAを人為的に搭載した標的がん細胞を除去する、一連のCA連携・協調操作を培養環境下で確認**
- FIH(ヒト初回投与試験)に向けマウスで生体影響も前倒し評価開始

- 研究が想定以上に急速に立ち上がり、前半5年のマイルストーン「見える化」に対して、CA搭載細胞の連携・協調による、標的細胞の除去確認まで、**前倒しで進捗**

- 強力なプロジェクト内連携で開発した各基盤技術のハイインパクトジャーナルに採録も始まる



2種のアバター細胞の連携による、標的細胞への攻撃(黄色)の様子

1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

EUに先駆けて、将来のCA社会導入で必要となる制度として、CAを含む「AIシステム適合性評価制度」を前倒しで提案、認定機関も業務開始

- 「適合性評価制度」はCAを安全・安心に社会導入に必要な制度
- 認定機関としてISMS-AC(情報マネジメントシステム認定センター)が業務開始
- CA認証マークを、万博石黒パビリオンのCAに貼付して運用

EUはAI法が2024年8月発効、2025年8月から生成AI等に関する一部規定が適用開始、
全面適用は2027年8月を予定

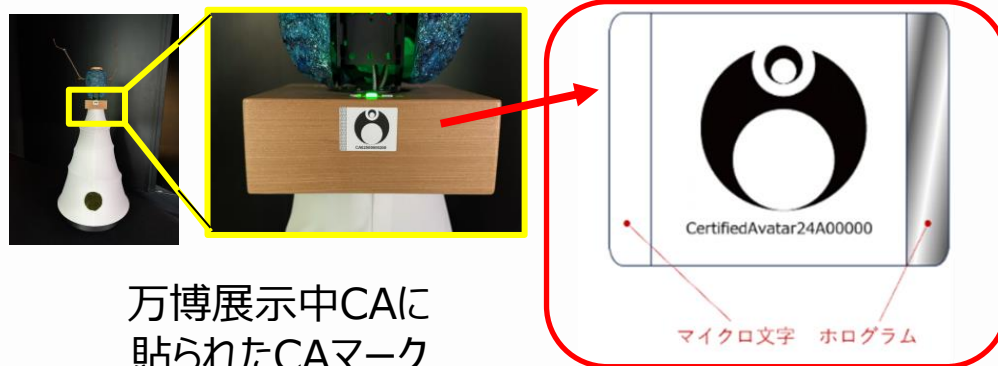
CA適合性評価制度：

①～⑤からなる。

- ①対象となるCAの定義、
- ②適合性評価の実施対象、
- ③適合性評価の構成要素、
- ④適用可能なマネジメントシステム規格、
- ⑤CA認証マーク(電気用品のPSEマーク相当)

規格：

JIS Q 42001:2025が2025年8月20日に公示 (目標1新保PM、新保PJメンバーが策定をリード)



万博展示中CAに
貼られたCAマーク
(CAの裏側に貼付)

CA認証マーク

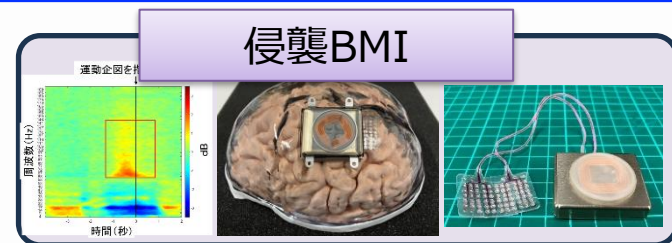
CA認証マーク：プロジェクト間連携で設計・開発

1.5 目標達成に向けた革新的な取組み・成果

重い障害の患者が、侵襲BMIを利用して、自然な会話生成と物理的作業をアバターが支援、治験実施に向けたPMDA薬機戦略に移行。

- BMIを用いてALS当事者が考えただけで簡易な会話文を入力でき、開発した対話技術で自然な会話に変換、ロボットアームで物体把持・移動も可能に(2025年度から治験開始予定)
- BMI-CAとソシオCAの各々の最先端技術融合で実現(目標1が故のユニークな成果)

BMIの最先端の技術と、石黒PMの最先端の音声合成技術、CGアバター制御技術、CA自律制御技術を統合



BMIで考えるだけ

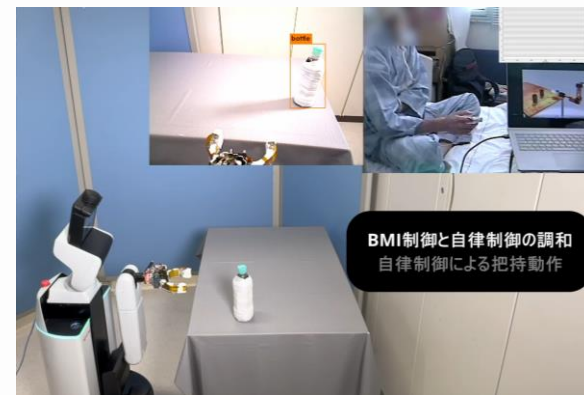
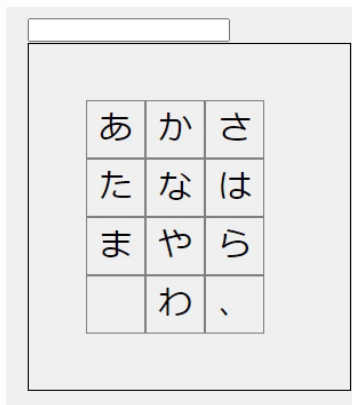
フリックでテキスト入力



自然な会話に変換



ロボットアームで把持、移動



1.6 プログラムマネジメントの状況

PDによるプログラムマネジメント

全体マネージメント

- 独自の4層マネージメント(アプリケーション/ミドルウェア/コア技術層/基礎研究・E3LSI)を定め、基礎研究から社会実装まで漏れなくプログラム運営
- Call 1でソシオCA 2PM, BMI-CA 1PM採用(2020年12月)
- Call 2で社会受容基盤(ELSI含む)/体内CA実現に向け新規4PM採用(2022年12月)
- 全体会議/サイトビジット(各年1回)、サバイバルミーティング(4回)、PD-PM定例会(毎月)、により、研究開発進捗の的確な把握と適切なアドバイスを実施

業界との連携・橋渡し

- 企業コンソーシアムの設立、起業化へのバックアップ

国際連携の推進

- 国際アドバイザリーボードの設置、ドバイ未来研究所との共同研究を実施、社会実証(ドバイ、デンマーク)、世界レベルの研究者採用(スペイン、オーストラリア、米国)

国民との科学・技術対話に関する取組み

- 大阪・関西万博、『Neu World』(プロジェクト)、分身ロボットカフェ(事業)でのアウトリーチ

その他

- ・クロスプロジェクト:プロジェクトの枠を超えた挑戦的なプロジェクト横断的研究を推進
- ・プログラム間連携:目標3と合同戦略会議(ユースケース/国際標準化)を定期開催(年1回)

1.6 プログラムマネジメントの状況

国際連携

- **外国人CA利用者数増に向けた連携**
 - 国際的ハブ空港のあるドバイ(UAE)のドバイ未来研究所と第1期の共同研究を実施(2024年4月~2025年11月)、共同研究により異なる文化的背景の人々のCA受容性を調査・成果を論文発表。
- **競争が激化するBMI研究で世界トップレベル研究者を課題推進者として参画させ、情報共有と競争力強化**
 - David Grayden教授(メルボルン大)、Edward Chang主任教授(UCSF)を課題推進者として追加。
- **国際的な視点で助言をいただく、国際アドバイザリーボード(IAB: International Advisory Board)を設置とサイトビジット付き委員会開催**
 - 2022年に3名と2024年に5名のメンバーでサイトビジットを実施した。プログラムのマネジメントの方向性について助言を得た。
 - グローバルに向けたサイエンス強化の助言に対して、CAのポジションペーパーとして Science Robotics(インパクトファクター27.5(2024))に2024年11月公表した。

1.6 プログラムマネジメントの状況

国際連携

CA ポジションペーパー: Science Robotics
(Impact Factor 27.5 in 2024)

石黒プロジェクトも本を執筆
Cybernetic Avatar
Book/Open Access 2025年



Socio CA

We categorize CAs into two types: socio CAs and in-body CAs. Socio CAs can take the form of virtual assistants on digital platforms or physical teleoperated robots for real-world services.

CA

Cybernetic avatars (CAs) represent a paradigm that unifies virtual and physical avatars operating across multiple scales—from nano/microscale agents for in-body monitoring to societal-scale robots providing diverse services (1, 2). We introduce this encompassing concept to highlight the shared technical foundations of these systems and to understand their collective impact on society.

In-body CA

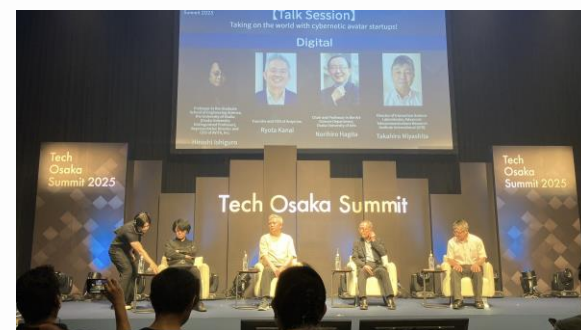
In-body CAs are micro- or nanoscale agents that operate within living organisms to monitor health conditions by obtaining samples or administering medications from inside of the body.



1.6 プログラムマネジメントの状況

産業界との連携・橋渡し

- **MS成果のスタートアップによる産業展開(石黒PM)**
 - AVITA(株)(石黒PM設立)で成果の社会実装を推進、CAによる経済効果も見えてきている。
- **MS成果の既存企業による事業化に向けた取組(新井PM)**
 - 社会実装に向けて、産業界から課題推進者(富士フィルム、大塚製薬、日本ライフライン)を参画させ、医療機器や医薬品としての課題抽出など、円滑な社会実装に向けた取組を実施済。
- **事業化を意識したマッチングイベント開始**
 - 研究成果の社会実装に向けて、「Cybernetic Avatar Startups」を開催、7プロジェクトから計15件の研究成果を紹介(2025年9月、Tech Osaka Summitにリンク)。
- **企業コンソーシアムの拡大**
 - CA社会実装に向けて、企業コンソーシアムは、石黒PMで145法人(2024年11月)から179法人(2026年2月)、南澤PMで39企業、5コミュニティ(2025年7月1日現在)と着実に増加。
 - 後半5年での資金調達やスタートアップなどを推進。



Cybernetic Avatar Startups
@グランフロント大阪

1.6 プログラムマネジメントの状況

広報・アウトリーチ活動

- **大阪・関西万博でCA成果の情報発信と社会受容性に関する意見集約**
 - ・ 2,900万人が訪れた大阪・関西万博において、人とアバター(CA)が共生する未来社会像を石黒パビリオンで出展。2025年10月6日には、万博で天皇・皇后両陛下がご視察。
 - ・ 各PM(石黒PM、新井PM、南澤PM、金井PM)成果をFuture Life Villageに出展、研究成果の体験を実施と意見を集約。金井PMはブレインピックで脳波でCAを動かす体験。
- **分身ロボットカフェの体験を通じた社会の反応**
 - ・ 分身ロボットカフェでの障害者CA遠隔就労によるCAによる社会変革をアピール、分身ロボットカフェのパイロット数は延べ180人、来訪者は延べ16万人に上る。
- **「Neu World」：BMIの社会受容対話**
 - ・ 一般利用者の視点からBMI技術のフィードバックを集める仕組みとして、SFプロトタイピング・プロジェクト『Neu World』を実施中、昨年度サイトアクセス件数は12万件。
- **体内CAの国民対話**
 - ・ ライフサイエンス企業の日本最大のマッチングイベントBio Japanに出展(2025年10月)、サイエンスアゴラでも市民との対話。



脳波でCAを操作するブレインピック
@大阪・関西万博
<https://www.youtube.com/watch?v=cg8aWfgMqxM>

1.6 プログラムマネジメントの状況

ELSI、数理科学等、横断的な取組

ELSI

- ソシオ-CA：スペイン共同実験でGDPR(*1)倫理委員会承認の下、「CAいじめ」の日・スペイン文化比較(石黒PM)
- BMI-CA：金井PMが副議長として作成した「UNESCOのニューロテクノロジー倫理的利用に関する勧告」が2025年11月のUNESCO総会にて全会一致で採択。ブレインテック・ガイドブック/エビデンスブックを日英で刊行、国際的評価高、OECD Toolkitにも採録。(金井PM)
- 体内CA：PMDA(*2)への医療機器申請を視野にいたした、生体内 CA の品質保証の必要な安全規格、環境規則の調査。取得データの性質(要配慮個人情報)に鑑みた管理等も検討。(新井PM)
- 社会受容基盤：Ethicsに関する公開イベントを30回開催、ICRES2024(*3)ではCAのEthicsに関する議論を行った。(新保PMら)
- 「CAと法」、「アバターと法」、「サイバネティック・アバターの法律問題」を本にまとめた。(新保PM、君嶋祐子、小塚荘一郎、齊藤邦史 課題推進者、松尾剛行 研究参加者ら)

(*1)GDPR: General Data Protection Regulation (EU「一般データ保護規則」)

(*2)PMDA: Pharmaceuticals and Medical Devices Agency (医薬品医療機器総合機構) の略称

(*3)ICRES2024: 9th International Conference on Robot Ethics and Standards



ブレインテック・ガイドブック /エビデンスブック



UNESCO



君嶋祐子ら(2025)



小塚 荘一郎ら(2025)



齊藤邦史ら(2025)



松尾剛行(2024)

1.6 プログラムマネジメントの状況

ELSI、数理科学等、横断的な取組

数理科学

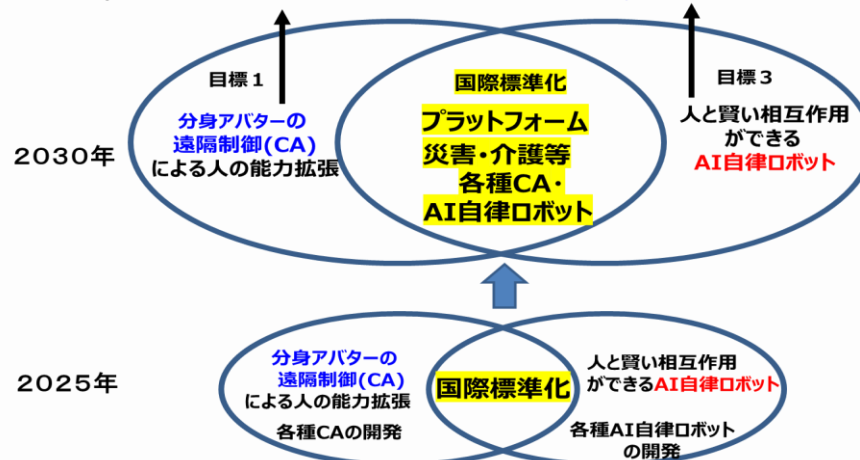
- BMI関連で数理科学者との連携強化のため、「数理科学者と解く神経科学のオープンプロブレム」をNeuro2022サテライト企画として主催し、2023年度も継続開催

横断的取組み

プログラム間連携

- 目標3 (AIロボット)と、年1回合同戦略会議を開催。ユースケース等議論。国際標準化活動で協力体制構築。
- 異種CA、AIロボットの相互接続の技術仕様の国際標準OMG RoIS2.0 が成立 (2025年9月)。

2050年 Think Communication 人に寄り添うAI自律ロボット



目標1 & 3の合同連携戦略

データマネジメント

- メタデータ件数：154件(研究データの公開48件、共有39件、非共有・非公開67件)
- 有効活用事例
 - 石黒PJ：日本語日常対話コーパス (日本語の日常的な対話データ)
 - BPersonaChat (日本語と英語の対訳がセットとなった対話データ)
 - 金井PJ：The BMI-HDEEG dataset 4 (非侵襲BMI操作中の頭皮脳波データ)

目次

1. 概要および研究開発プログラムの状況

2. JST5年目外部評価結果

3. 参考

2.1 外部評価委員一覧

* 運用評価指針に従い、以下の構成メンバーにより、プログラムおよびプロジェクト評価を実施

●プログラム評価（総合評価）

| | |
|--------|--|
| 藤野 陽三 | 城西大学 学長 |
| 石塚 博昭 | 三菱ケミカル株式会社 シニアエグゼクティブコンサルタント |
| 江村 克己 | 福島国際研究教育機構（F-REI） 理事 |
| 榊 裕之 | 奈良国立大学機構 理事長 |
| 寒川 哲臣 | 日本電信電話株式会社 先端技術総合研究所 常務理事 基礎・先端研究プリンシパル |
| 西尾 章治郎 | 国際高等研究所 所長 |
| 濱口 道成 | 科学技術振興機構 参与 |
| 深見 希代子 | 東京薬科大学 生命医科学科 名誉教授／客員教授 |

●プログラム評価(主に技術専門的観点)

| | |
|-------------------|--|
| 西尾章治郎 | 国際高等研究所 所長 |
| Arianna Menciasci | Professor, the BioRobotics Institute, Scuola Superiore Sant'Anna of Pisa |
| Cecilia Laschi | Professor at the National University of Singapore |
| Giulio Sandini | Founding Director, the Italian Institute of Technologies |
| 鄭雄一 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |
| 永井良三 | 自治医科大学学長 |
| 横矢 直和 | 奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授 |
| 馬場口 登 | 福井工業大学 教授／大阪大学 名誉教授 |

●プロジェクト評価

| | |
|--------|---|
| 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 |
| 北野 宏明 | 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 代表取締役社長 |
| 土井 美和子 | 情報通信研究機構 監事 |
| 直井 聡 | 元 株式会社富士通研究所 フェロー |
| 稲見 昌彦 | 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 |
| 落合 啓之 | 九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授 |
| 加納 敏行 | 日本電気株式会社 グローバルイノベーションビジネスユニット グローバルイノベーション戦略統括部 上席技術主幹 |
| 小林 正啓 | 花水木法律事務所 所長 |
| 坪井 俊 | 東北大学 研究推進・支援機構 知の創出センター 特任教授 |
| 徳田 英幸 | 情報通信研究機構 理事長 |
| 野原 佐和子 | 株式会社イプシ・マーケティング研究所 代表取締役社長 |
| 東野 輝夫 | 京都橘大学 副学長 |
| 藤沢 久美 | 株式会社国際社会経済研究所 理事長 |

2.2 外部評価結果（1/4）

総合評価： マイルストーン（目標値）の達成あるいは達成への貢献が十分見込まれ、
想定を大幅に上回る成果が得られている。

総合コメント

MS目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性（評価項目①）

- 本プログラムでは、サイバネティック・アバター(CA)技術の研究開発において、国内外で前例のない大胆かつ革新的なアプローチを強力に推進しており特段高く評価できる。重要な学術的成果だけでなく、提案されたCA概念の可能性と有効性を示す具体的な実証例を多く積み上げ、海外にも活動を拡大している点も特に優れた成果である。そのような観点から、現時点において我が国は、この分野における国際的に卓抜した競争優位性を有していると言っても過言でない。
- 全体のマネジメントも積極的で熱心にスーパーバイズしており、今後も成果が期待できる。プログラム全体としては、前倒しで達成しているものが多い。
- 万博や分身ロボットカフェ等で多くの実証を行い、CAの認知度を高めた点は大いに評価する。
- 心身に関して各種の障害を抱える人々がそれを克服するための技術の開発では、その有効性が実証されてきており、国際的にも評価されている。CA基盤は、他の人がCAの活動に参加することも意識して、認知度向上やプラットフォームとしての提供を考えることも検討して欲しい。
- 体内CAにおいても、非常に優れた成果が出てきている。医学的領域でのベンチマークを進めながら、実用化に尽力して欲しい。
- プロジェクト間連携の活動を強化して、より訴求する範囲を拡げていくことが期待される。
- 社会の生産性の向上にどう役立つのかを、一般に分かり易い形で提示していくことが望まれる。

2.2 外部評価結果 (2/4)

1. プログラムの目標に向けた研究開発進捗状況 (評価項目②)

| | |
|-----------------------------------|--|
| 1-1.大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組み (評価項目⑦) | <ul style="list-style-type: none">• ソシオCAに関して世界トップレベルのCA基盤を開発し、公共施設等で約100件の実証で有用性を確認。大阪・関西石黒パビリオンで人間並みのCAを高度に遠隔操作できることを実証し、世界的に類のない成果を示した。• 分身ロボットカフェで、就労困難者のCA遠隔操作による長期就労を実現し新たな働き方を提案。多くの人々に勇気を与え、高い国際的評価も獲得。• 想起した言葉や行動でCAを制御するAI支援型Trusted BMI-CAに挑戦。極低侵襲BMIを創出し(計画外の成果)、臨床展開が期待される。• 体内環境時空間モニタリングに向け、世界最小クラス・低消費電力の温度・pH・画像センシングを開発。国際競争力の高い体内CA基盤技術を確立。• アバター細胞の協調による標的細胞(がん細胞/老化細胞)の除去を培養環境下で確認。標的療法の限界に挑戦する大胆な取組みとして期待される。• 目標3との連携可能な部分についてはその実行を図り、ムーンショット事業全体の成果向上に繋げることが重要である。 |
| 1-2.プログラム目標に向けた今後の見通し (評価項目③) | <ul style="list-style-type: none">• 2025年のマイルストーンについては、全て達成済みである。いくつかのプロジェクトではマイルストーンを前倒して達成している状況であり高く評価する。• ソシオCA、BMI-CA、体内CAが連携・融合したサービスの開発の加速を期待する。その具体例として「End of KAIGO」が挙げられる。• 体内CAは、人での実用化に向けた道筋について、より深く説明すべきである。 |
| 1-3.その他 | <ul style="list-style-type: none">• 後半5年のマネジメント体制は、個々のプロジェクトの技術成熟度レベルに合わせて調整されており、挑戦的なユースケースを用いた社会実装も重視している点、プロジェクト間の連携を強化・促進している点で優れており高く評価する。 |

2.2 外部評価結果 (3/4)

2. PDのプログラムマネジメントの状況 (評価項目④)

| | | |
|---|---|--|
| 2-1. 研究資金の効果的・効率的な活用 (官民の役割分担及びステークホルダーを含む) (評価項目⑧、評価項目⑤) | a. 産業界との連携・橋渡しの状況 (民間資金の獲得状況 (マッチング) スピンアウトを含む) | <ul style="list-style-type: none">MS成果によるスタートアップ設立4社、スタートアップ準備中が2社など、後半5年計画も一部前倒しで進捗している。石黒PMが設立したスタートアップでは、MS成果の社会実装を積極的に展開し、コンビニエンスストア運営会社ともアバター接客の社会実装を進めている。 |
| | b. その他 | <ul style="list-style-type: none">特になし |
| 2-2. 国際連携による効果的かつ効率的な推進 (評価項目⑥) | | <ul style="list-style-type: none">外国人CA利用者数増に向けて、国際的ハブ空港のあるドバイ(UAE)のドバイ未来研究所と第1期の共同研究を実施。その一環で異なる文化的背景の人々のCA社会受容性を調査し、成果を論文発表した。競争が激化するBMI研究で世界トップレベルの海外研究者を課題推進者として参画させ、情報共有と競争力を強化した。国際アドバイザリーボードを設置し、サイトビジット付き委員会を開催。プログラムのマネジメントの方向性について国際的視点で助言を得た。 |
| 2-3. 国民との科学・技術対話に関する取組み (評価項目⑨) | | <ul style="list-style-type: none">大阪・関西万博石黒パビリオンにおいて、180日以上・18,000回を超える公演を実施。天皇・皇后両陛下も見学され、目標1の成果を体験された。 |
| 2-4. その他 | | <ul style="list-style-type: none">金井PMが副議長として作成した「ニューロテクノロジー倫理的利用に関する勧告」がUNESCO総会にて採択(2025年11月)。「CA適合性評価制度」を提案・制度化を推進した。目標3と共同で、国際標準化を推進し、OMGにてRoIS2.0(Robotic Interaction Service)として成立した(2025年9月)。 |

2.2 外部評価結果 (4/4)

3. 研究推進法人のPD/PM等の活動に対する支援 (評価項目⑩)

今回評価した各目標においては、以下のPD・PMサポートに必要な事柄について工夫をしながら適切に実施したと評価する。

- ① 確実な研究契約の締結・予算管理
- ② MS目標に沿った研究開発計画の作り込み(目標1,2,3,6 : 35プロジェクト)
- ③ PD・ADとPMの議論の場の設定、円滑なコミュニケーションの促進
- ④ プログラムの状況に沿った数理科学分科会やELSI分科会の運用
- ⑤ 大阪・関西万博への参画を含む積極的な広報活動 等

その上で、更なる支援強化として今後期待することや考慮すべき事項は以下の通り。

- ✓ 国内外の学会や展示会への出展等、様々なステークホルダーへのプレゼンスを上げられるように工夫をしてほしい。
- ✓ 幅広い研究分野が関わっているため、PDを支援するスタッフについて体制をより充実させることを期待する。

2.3 プロジェクト評価結果と対応方針（1/3）

| プロジェクト | 評価結果 | 対応方針 | 評価結果・対応方針の概要 |
|--------|------|------|---|
| 石黒PJ | S | 加速 | マイルストーンを達成し、想定以上の成果を得た。後半5年に向けては、5年間の実績と社会へのインパクト、リスクへの対処などの経験をソシオ・体内CAとの連携に活かし、今後はさらなる技術革新と社会展開を迅速に進め、国際競争力の確保や社会課題への対応を強化するため、研究開発を 加速させる必要がある 。 |
| 南澤PJ | A | 継続 | マイルストーンは順調に達成。後半5年に向けて、技能伝承の核となる技術・ユースケースと獲得技能の共有・流通フレームワークを早期に明確化し、個別スタートアップにとどまらないビジネス化・国際プラットフォーム化へ転換するとともに、石黒PJと連携してマルチオミクス解析によりCAで働く障がい者状況改善に繋げることを期待し、 継続とする 。 |
| 金井PJ | S | 加速 | マイルストーンを達成し、想定以上の成果を得た。後半5年に向けては、様々な利用者を想定したBMI-CAの社会実装を強化するためにリアル環境でのサービス実証を進めるとともに、生活の豊かさの両立を目指して、体内CAプロジェクトとの連携強化を 加速させる必要がある 。 |

2.3 プロジェクト評価結果と対応方針（2/3）

| プロジェクト | 評価結果 | 対応方針 | 評価結果・対応方針の概要 |
|--------|------|------|--|
| 新井PJ | S | 継続 | マイルストーンは順調に達成し、一部、想定以上の成果を得た。後半5年は、CAによる体内情報の可視化と遠隔操作の高度化へ、CAの位置計測を確立し、自己位置マッピングと統合して体内環境情報を表示し、遠隔駆動技術を実現して完成度を高めてほしい。深部体温計測は社会実装に向けFIH(ヒト初回投与試験)の準備を進め、IgA抗体は早期実用化を進める。 継続とする。 |
| 山西PJ | S | 継続 | マイルストーンは、当初計画を前倒して進め、想定以上の成果を上げた。後半5年に向けては、社会実装に向けて、できるだけ早期にFIH(ヒト初回投与試験)の準備を進める具体策と、社会が受け入れるCA搭載細胞の実現形態とは何かを議論する必要があり、これらの解決策を早期に実践することを期待して、 継続とする。 |

2.3 プロジェクト評価結果と対応方針 (3/3)

| プロジェクト | 評価結果 | 対応方針 | 評価結果・対応方針の概要 |
|--------|------|------|---|
| 新保PJ | A | 継続 | マイルストーンは、一部、当初計画を前倒しして進めて想定以上の成果を上げた部分と、体制や目標値の見直しが必要な項目もあるが全体として順調に達成した。後半5年に向けては、ソシオCAとの連携を強化し、実環境でのフィードバックを得るとともに、さまざまな攻撃シナリオに対するCA安全・安心確保基盤を確立すべきである。継続と判断するが、認証系の体制見直し・強化は必須である。以上を条件として、 継続とする 。 |
| 松村PJ | A | 継続 | マイルストーンは順調に成果をあげ、達成した。M×N制御を目指す後半5年に向けたグランドデザインがまだ十分ではなく、リソースシフト、テーマのスクラップアンドビルド、CAインフラとしての構想デザインなどに関してはまだ未着手である。この課題を実現するためには新たな人材(異なる視点を持った副PMやダイバーシティを考慮した人材)の投入が必要である。以上を条件として、 継続とする 。 |

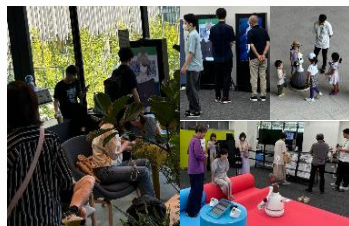
目次

1. 概要および研究開発プログラムの状況
2. JST5年目外部評価結果
3. 参考

参考 各プロジェクトの進捗・成果（石黒PJ）

世界が1人1体の時代に、1人で複数体CAまたは複数人で1体のCA遠隔操作に挑戦。1000体の異種CAが動作可能なCA基盤を構築し、万博で184日間の長期運用を実施。**ホスピタリティ豊かなモラルあるCA**実現ための、**実環境音声認識・合成、環境・物体認識、概念獲得で世界的成果多数。**適切な対話行動を実現する**モラルコンピューティング**技術を開発。

- CA基盤の動作検証のため、CA1000体動作できるCA基盤を構築し、グラングリーン大阪にて、大規模実証実験「アバターランド」(2024年9月10日～29日)を実施。**万博パビリオンで1日12時間、184日間の長期運用実証**、10/6には天皇・皇后両陛下が万博でご見学。
- **視線やジェスチャーを用いて人と豊かに関わる**ことができる**存在感CA**、CAの人間レベルの**傾聴音声対話技術**、発話意図は変えずに丁寧な内容に変換する**モラルコンピューティング**技術の開発。
- これらの技術の検証と社会受容性を評価する様々なタスク(接客、医療、教育等)の実証実験を2025年9月までに**94件実施**(2024年9月時点：74件)。
- 1人の操作者が複数CAを同時に操作可能な**複数体CAの連携・協調基盤技術**を開発。OMGにおいて**国際標準化成立**(サービス記述方式、基盤の仕様、操作インターフェース機能)。
- **ドバイ**では企業と連携して国内外から遠隔操作者が参加し、販売活動を促進する実証実験を行い、**国籍や文化の違いを乗り越えて販売促進効果**を確認。



アバター1000実験(2024) 長期(184日)実験(2025)
(アバターランド, 大阪+東京) 大阪・関西万博 石黒館



CA基盤を活用したドバイでの実証実験

参考 各プロジェクトの進捗・成果（南澤PJ）

重い障害を抱える人が**1人で5体のCA、2人で1体のCAを遠隔操作**できるシステムを開発し、1か月以上の**遠隔就労**を実現、**100名以上が就労中(*1)**。世界的な芸術祭アルスエレクトロニカフェスティバル(オーストリア)で**ゴールデン・ニカ賞(最優秀賞)**を受賞。

- **分身ロボットカフェ：重い障害を抱える人の持続的の遠隔CA就業**
 - 重い障がいを抱える方がCAを用いて就労の機会を得るかに挑戦し、現在60人以上の方が分身ロボットカフェの遠隔操作者として就労中。
 - **diversity & inclusion**を最先端のテクノロジーを用いて実現する事例として**国際的に極めて高い評価**。アルスエレクトロニカ、ザードサステナビリティアワード(UAE)を始め多数受賞、SDGsに貢献する日本の最先端の事例としてG7で紹介されるなど我が国の科学技術外交にも大きく貢献。
 - 国内では分身ロボットカフェ(東京・日本橋)だけでなく、日本国内6ヶ所、海外展開としてデンマーク・オーフス市でも中期常設店で実証を行い、遠隔操作者は延べ180名。
- **BMI-CAでロボット手を制御：ALS当事者の身体的能力拡張**
南澤PJと金井PJのクロスプロジェクトとして、ALS当事者がBMI-CAにより自らの身体の制約を突破するBrain Body Jockeyプロジェクトを通じて、CAによる「身体の制約からの解放」の可能性を高い社会的インパクトをもって示した。



(*1)2025/9/30時点

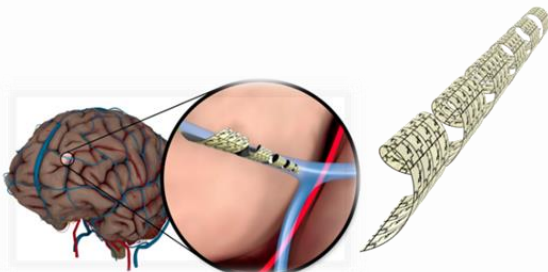
分身ロボットカフェにおける遠隔就労

BMI操作型CAによる ALS患者の自助生活支援

参考 各プロジェクトの進捗・成果（金井PJ）

開頭手術に比べ利用者への負担を下げ、脳組織を損傷することなくあらゆる部位の脳活動計測を可能にする**極低侵襲BMI技術**に世界に先駆けて着手。豚で皮質静脈に薄膜フィルム電極を挿入し脳波を計測することに成功。**UNESCO**等で**BMI国際ルールメイキング**。

- 従来より細い**皮質静脈へのアクセス**を実現し、より広範な**大脳皮質**の領域からの高精度な脳波計測を可能にする世界トップレベルの**極低侵襲BMI技術**を開発。動物(豚)の皮質静脈からの長期間の脳波記録に成功。
- **非侵襲型BMI**において、大規模脳波データを蓄積し、CLIPと呼ばれるAI技術を脳波に適用することで**脳データのスケール則が働く**ことを世界で最初に発見。従来不可能と思われてきた**非侵襲型BMIによる高精度な単語分類**を実現。
- BMI技術のガイドブックとエビデンスブックの英語版を刊行。重要性が国際的に高く評価。金井PMが**専門家として参加・作成したニューロテクノロジーの倫理的利用に関するUNESCO勧告が採択**。
- 一般利用者の視点からフィードバックを集めるため、**SFプロトタイピング・プロジェクト『Neu World』**を開設し、マンガや小説といった一般の人が親しみやすいメディアを通じて、実現したい未来社会をアピール。



極低侵襲BMIの動物実験で

埋込49日目における良好な信号強度確認



UNESCO

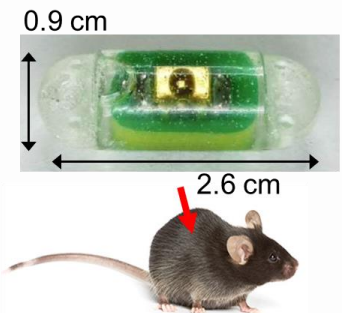


Neu World

参考 各プロジェクトの進捗・成果（新井PJ）

他社の体内見える化は範囲が限定的であるのに対して、複数CAが連携・協調して広範囲の経時情報取得と生検採取の実現に挑戦。**複数の生体内CAから取得した情報を統合し、時空間的な体内環境マップを作成するための基盤技術を開発。**

- 生体内においてミリ・マイクロ・ナノスケールで動作し、深部体温やpHなどの環境情報を取得し、局所でのサンプリングや薬などの投与が可能な生体内CAにより、時空間的に変化する体内環境の情報モニタリングによる、自分の健康は自分で守る、新しい健康見守り「元気予測」を提案。
- 「元気予測」に必要なデバイス、計測、操作、通信、エネルギー供給、材料などに関して、基盤的な技術を開発。計測技術として、**世界最小クラスのサイズ・消費電力での温度・pH・画像センシング技術(新井PMと金井PMのクロスプロジェクト成果)**の開発に成功。ボタン電池をなくすため、従来の胃だけ利用だった胃酸充電を、大腸などの計測にも耐えられる方式に改良。**体内外通信技術(新井・松村PMのクロスプロジェクト)**、体内位置計測技術なども開発。
- **患者と医師の負担を軽減する「元気回復」**も提案。複数の生体内CAが協調して、組織を採取するためのトラクション制御と視野拡張技術を開発した。
- その他の特筆すべき成果
 - **悪玉菌に結合するIgA抗体でマウスの腸内細菌叢の可視化に成功**。炎症検出や早期癌の検出、ピンポイント治療の「新しい医療」につながる成果を得た。
 - 生体内pH計測の意義性を探る中で、治療が困難な膵がんに対して、局所的なアルカリにより、積極的に線維化を制御し、腫瘍抑制効果が期待できることを発見した。



マウス腹腔内に移植、無線で測温を実証

参考 各プロジェクトの進捗・成果（山西PJ）

CAR-T細胞療法は血液腫瘍に限定される一方で、**細胞内CA**は新しい細胞レベルの遠隔操作による見守り、医療改革を目指し、**乳がんなどの固形腫瘍の治療や老化関連細胞の除去など、従来治療では対応困難な領域へ挑戦**

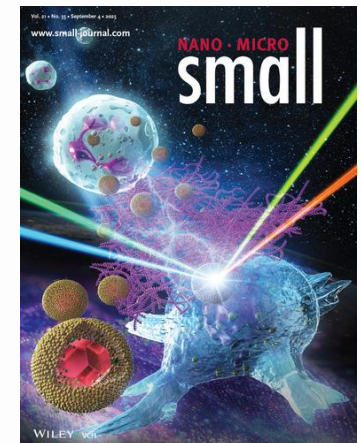
- 研究が想定以上に急速に立ち上がり、**2025年マイルストーン(見える化)に対して、アバター細胞(=細胞内CAを搭載した細胞)の連携・協調による、標的細胞の除去の確認まで前倒しで進捗。**
- 具体的には、**検査用アバター免疫細胞**(検査細胞)が、**マーカー用CA搭載細胞**(予め目印を付加したがん細胞または老化細胞)を発見し、**除去用アバター免疫細胞**(除去細胞)と連携して、標的細胞を死滅・除去する一連のアバター細胞の連携・協調操作を確認。FIHに向けマウスで生体影響も前倒し評価開始。
- 強力なプロジェクト内連携で開発した各基盤技術のハイインパクトジャーナルに採録も始まる。

- (1)Nat. Immunol., 2025(IF=27.6)掲載：
ライブセルイメージング技術、細胞統合解析技術
- (2)Nat. Commun., 2025(IF=15.7)掲載：
細胞統合解析技術
- (3)Nat. Commun., 2025(IF=15.7)掲載：
老化細胞が死にくい仕組みを解明、細胞統合解析技術
- (4)Small, 2025(IF=12.1)掲載：
細胞間コミュニケーションの設計・制御、細胞内環境のモニタリング
- (5)Small, 2025(IF=12.1)掲載：
細胞死スイッチに向けた、特定分子に応答して開閉動作するDNAナノポア構造体を開発

※(1)(2)(3)基盤技術適用の対象は細胞内CA以外



複数のアバター免疫細胞を連携させ、標的細胞の選択的除去を行うその瞬間をライブイメージング



ナノテクノロジー分野トップジャーナルSmallのInside Back Coverに掲載「細胞間コミュニケーションの設計・制御、細胞内環境のモニタリング」(4)

参考 各プロジェクトの進捗・成果（新保PJ）

2030年までの完成を予定していた、社会受容性を高める「CA適合性評価制度」を、前倒しで提案し、関連するJIS Q 42001:2025 情報技術－人工知能－マネジメントシステムが2025年8月に公示された。認定機関も業務開始。

- **CA適合性評価制度**は、①対象となるCAの定義、②適合性評価の実施対象、③適合性評価の構成要素、④適用可能なマネジメントシステム規格、⑤**CA認証マーク**から構成。
 - CA認証マーク：石黒PMと連携して設計・開発。紙幣・パスポートに使用された**偽造防止技術**を採用し、大阪・関西万博**石黒パビリオンのアバターロボット**に貼付して運用。
 - JIS Q 42001:2025が2025年8月20日に公示(目標 1 新保PM、新保PJメンバが策定をリード)。
 - ISMS-AC(情報マネジメント認定センター)が認定機関として業務開始。
- E³LSI課題・政策展開の研究では、国際連携を推進。ユニドロワ、OECD(GPAI)、COP29、WeRobot等の組織、アイルランド、米国、カナダ、フランス、ドイツ等の大学・大使館と連携。
- CA安全・安心確保基盤の構築において、操作者のなりすましを防止するための継続認証技術の実現に向けて、1099名の被験者から11のモダリティの認証用データを収集(世界最大)。



万博展示中CAに貼られたCAマーク (CAの裏側に貼付)

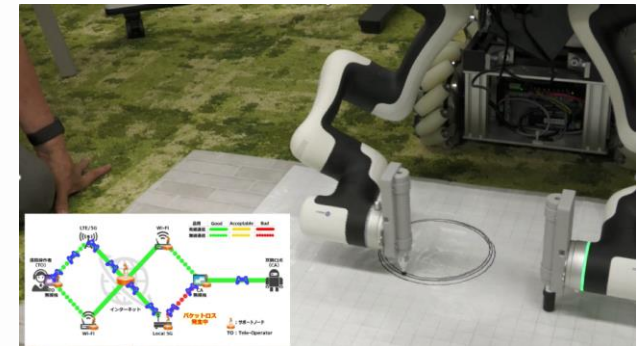


CA認証マーク

参考 各プロジェクトの進捗・成果（松村PJ）

複数のCAを遠隔で安定操作する信頼性確保基盤の構築を目指し、通信品質監視、ジッタ低減、動的経路制御、優先度に応じた無線リソースの動的割当など、**実運用を視野に入れた実証を重視**した研究開発を推進

- CA遠隔操作安定化：CAに見立てた双腕ロボットで、MQoSノード(*1)の通信品質可視化、ジッタ低減、動的経路選択機能による遠隔操作安定化、無線環境の品質変動予測アルゴリズムの有効性を実証した。他機関が遠隔操作者とロボットの1対1通信に対して、多数CAの遠隔協調操作とCAを介したCAサービスユーザとのインタラクションの概念と国際間遠隔操作実証が高く評価され、国際ワークショップ(*2)でBest Paper Awardを受賞。
- 海外からの遠隔操作を想定した通信環境をモデル化：日本と各国間の通信品質(遅延・ジッタ)を測定し、これまで明らかになっていなかった、様々な遅延・ジッタのパターンをモデル化。
- **体内外通信技術**：新井プロジェクトと連携し、体内CAと内視鏡間で通信できるアンテナ及び内視鏡構造を共同出願。
- **3GPP(*3) 6Gユースケース提案、ITU-T(*4)勧告案に「CA」を明記**、IRTFにおける標準化
3GPP 6G関連技術報告書に、CAユースケースを重要項目「Ubiquitous Network」として入れ込むことに成功。ITU-T勧告案にも「Cybernetic Avatar(CA)」を明記。片方向通信の情報指向ネットワーク(ICN)を、CA MxN遠隔操作に必須となる双方向通信に拡張したICNxをIRTF(*5)に提案。



双腕ロボによる遠隔操作実証の様子

(*1)MQoS: Multiple Quality of Service, (*2)Smartcom2024, (*3) 3GPP: 携帯通信(4G/5G/6Gなど)の国際標準を作る組織、

(*4)International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector, (*5)IRTF: Internet Research Task Force

付属資料

目標 1 前半5年間の実施プロジェクト一覧

| プロジェクト名 | プロジェクトマネジャー（PM） | 研究費 （億円） |
|--|---|-------------|
| 誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現 | 石黒 浩 （大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授） | 90.8 |
| 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 教授） | 29.9 |
| 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 | 金井 良太 （株式会社国際電気通信基礎技術研究所 経営企画・イノベーション協創部 担当部長） | 63.4 |
| 生体内サイバネティック・アバターによる時空間体内環境情報の構造化 | 新井 史人 （東京大学 大学院工学系研究科 教授） | 21.5 |
| 細胞内サイバネティック・アバターの遠隔制御によって見守られる社会の実現 | 山西 陽子 （九州大学 大学院工学研究院 教授） | 29.9 |
| アバターを安全かつ信頼して利用できる社会の実現 | 新保 史生 （慶應義塾大学 総合政策学部 教授） | 23.0 |
| サイバネティック・アバターのインタラクティブな遠隔操作を持続させる信頼性確保基盤 | 松村 武 （情報通信研究機構 ネットワーク研究所 研究統括） | 22.6 |

※研究費：委託研究費の合計額