

ムーンショット型研究開発制度に係る戦略推進会議（第 6 回）会議資料

ページ(右肩)

[公開議題として開催]

資料2-1	目標 1 における研究開発の進め方等について	<u>1</u>
資料2-2	目標 6 における研究開発の進め方等について	<u>22</u>
資料2-3	目標 3 における研究開発の進め方等について	<u>49</u>

[非公開議題として開催]

資料2-4	目標 4 における研究開発の進め方等について	<u>72</u>
-------	------------------------	-----------

(9/26に目標4の追加プロジェクトを公表したため、資料内容は公開版に差し替えた)

目標1における 研究開発の進め方等について

第六回戦略推進会議(令和4年9月9日)

プログラムディレクター 萩田 紀博

(大阪芸術大学 教授)

目次

- プログラムディレクター(PD)について
- 研究開発プログラムの概要
- これまでの取組状況
- プログラムを取り巻く状況
- 目標達成に向けた課題とその克服
- 目標達成に向けた追加公募の狙い
- 追加採択PM・プロジェクト一覧
- 研究開発の進め方等について
- 【参考】公募等に関する基礎情報

プログラムディレクター(PD)について



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
生活支援ロボット技術やその周辺システムに関する研究を牽引してきた第一人者。80を越える国際的な学術論文、240を越える国際会議論文、産学官連携、国際協力・連携、ベンチャー連携の実績を有する。

- 1978年 慶應義塾大学 大学院工学研究科電気工学専攻 修士課程修了
- 1986年 工学博士（慶應義塾大学）取得
- 1978年 日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所 入所
- 2001年 国際電気通信基礎技術研究所（ATR）メディア情報科学研究所長
- 2009年 同上 知能ロボティクス研究所長 ATRフェロー
- 2011年 同上 取締役 社会メディア総合研究所長
- 2019年～ 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

日本学術会議会員（2017年～）、2015年 産学官連携功労者表彰 環境大臣賞、
 電子情報通信学会 情報システムソサイエティ会長（2012年～2013年）、
 IEEE ネットワークロボット技術委員会 共同議長（2007年～2012年）

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

<ターゲット>

【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***1(CA)基盤】

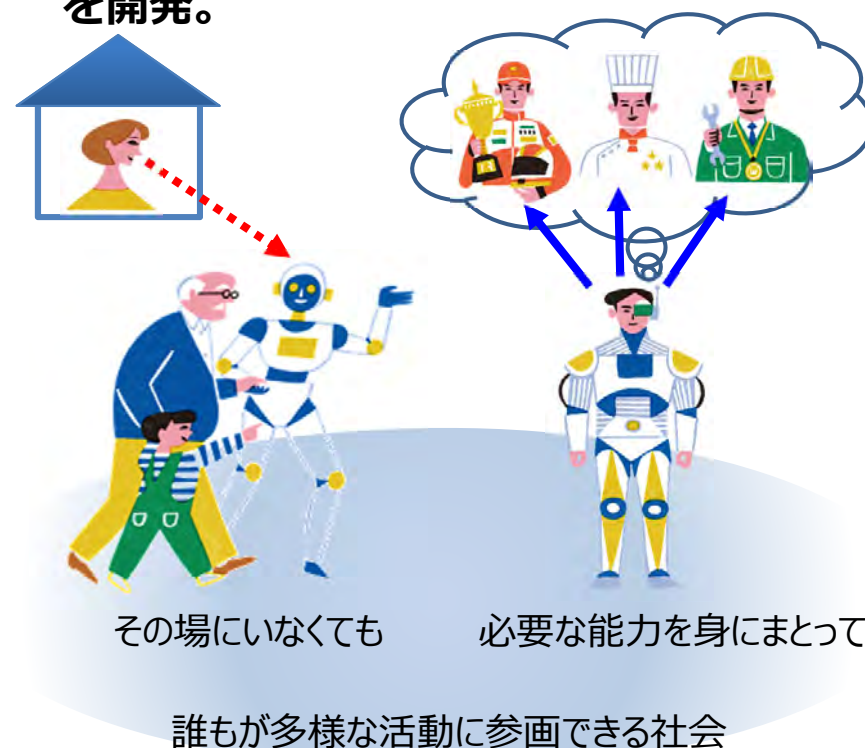
- ・ 2050年までに、複数の人が遠隔操作する多数のアバターとロボットを組み合わせることによって、大規模で複雑なタスクを実行するための技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。
- ・ 2030年までに、1つのタスクに対して、1人で10体以上のアバターを、アバター1体の場合と同等の速度、精度で操作できる技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。

【**サイバネティック・アバター(CA)生活**】

- ・ 2050年までに、望む人は誰でも身体的能力、認知能力及び知覚能力をトップレベルまで拡張できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新しい生活様式を普及させる。
- ・ 2030年までに、望む人は誰でも特定のタスクに対して、身体的能力、認知能力及び知覚能力を強化できる技術を開発し、**社会通念を踏まえた**新しい生活様式を提案する。

誰もが多様な活動に参画できる社会

- ・ 2050年までに、誰もが、場所や能力の制約を超えて社会活動に参画できる技術を開発。



*1 サイバネティック・アバター (Cybernetic Avatar (『登録商標第6523764号』)) 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。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る。

参考：総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会（令和2年1月30日）会議資料

研究開発プログラムの概要(目指す社会像)

【生産性向上】

我が国の少子高齢化が進んでも、人間の能力を拡張する技術革新によって生産性を向上し、労働力不足の問題を解決し、誰もが2050年に安全安心にクリエイティブな仕事や社会活動に参加して生きて行ける社会を実現する。

【強靱な生産性維持】

ただし、世界の人口が100億人に増えることも考慮して、能力拡張が、人為的も含めた地球環境の変化によって起きる災害や感染症などに強靱な生産性維持することに役立ち、

【安全安心とゆとり】

安全安心で健康な日常生活を維持することにも役立ち、生産性の効率だけで生まれる物質的な豊かさだけでなく、余暇や非効率などの精神的な豊かさ、ゆとりとのバランスを保つことにも役立つ社会を実現する。

これまでの取組状況(プログラムの構成)

地球環境の回復力、災害・感染症・少子高齢化等の社会問題解決に貢献
大規模遠隔互助、誰もが仕事で活躍できるCA基盤と安心なCA生活を実現



石黒PM

空間、時間の制約からの
解放を目指す

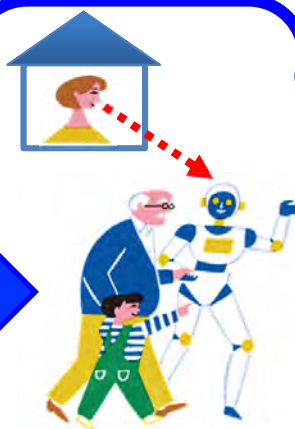
ホスピタリティ
とモラルある
対話・行動CA

どこでもいつでも複数体
のCA制御で社会活動に参画

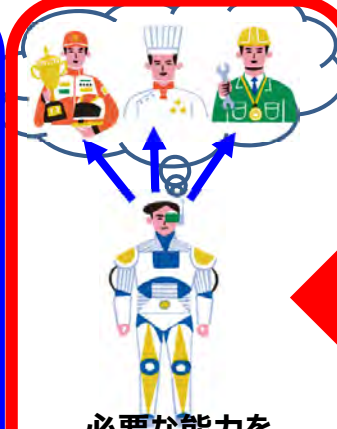
金井PM



誰もが多様な活動に参画できる社会



その場になくても



必要な能力を
身にとめて



南澤PM

身体の制約からの
解放を目指す

技能合体CAで
新しい
体験共有

他者のスキルも活用

Trusted BMI-CA
で思い通りに操作

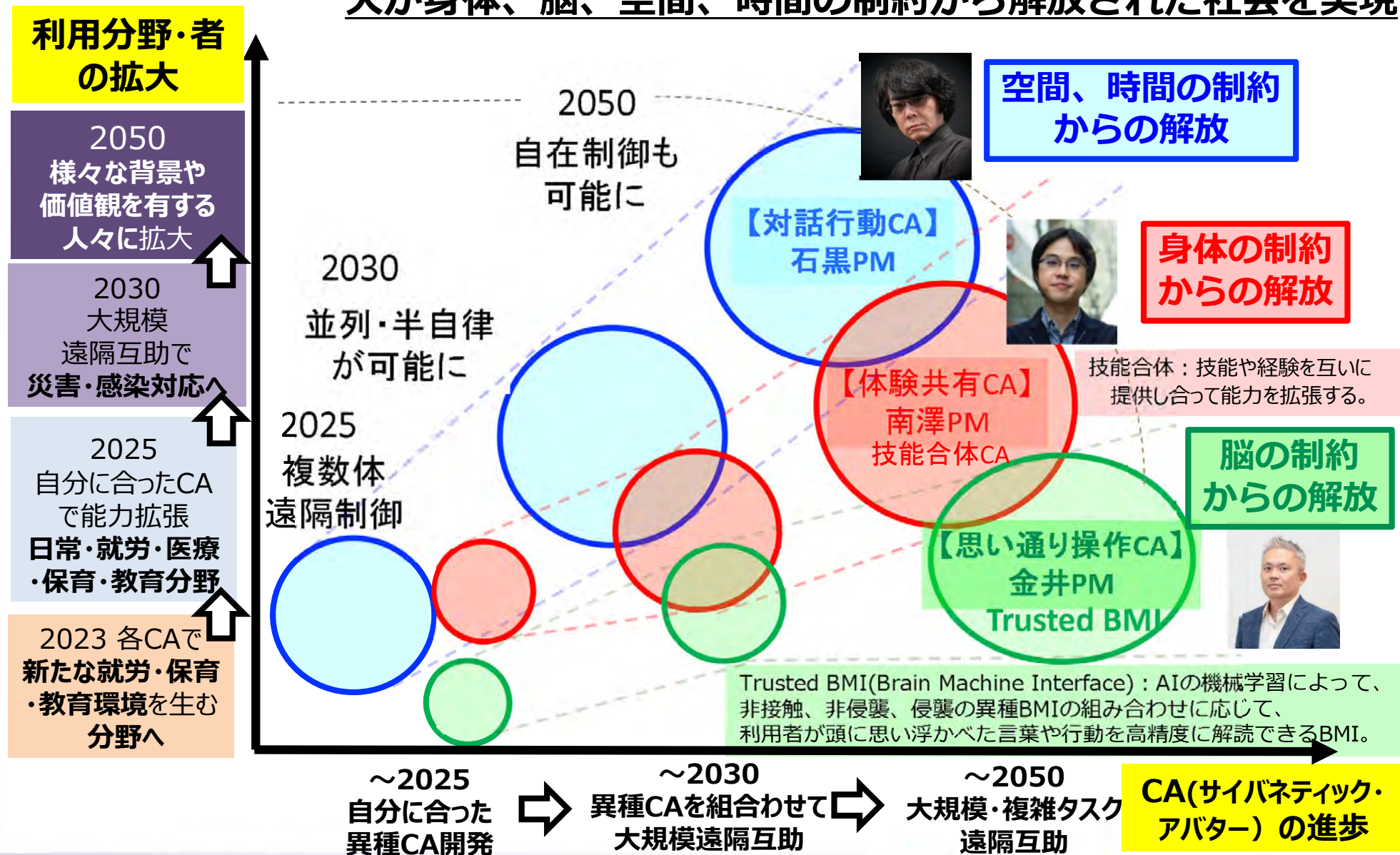
脳の制約からの解放を目指す

重い障害を抱える人も社会活動に参画



これまでの取組状況(ポートフォリオ)

人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現



プログラムを取り巻く状況

第1層 アプリケーション

空間、時間の制約からの解放

アメカ、ソフィア

アストロ（見守り・エンタメ向け家庭用ロボット）

身体の制約からの解放：

メタバース, グリー（新たな仮想生活空間）

Avatarin (Newme)、Orihime

脳の制約からの解放

ニューラリンク（侵襲、

サルリアルタイムカーソル操作）

スタンフォード大学（侵襲、90文字入力/分）

アリゾナ州立大学（非侵襲、3機ドローン同時制御）



第2層 ミドルウェア

OMG Robotics-DTF、ISO/TC 299 (Robotics)

OMG : Object Management Group

DTF : Domain Task Force

対話行動

OpenAI(GPT-3), LINE(HyperCLOVA)（対話能力）

体験共有：Facebookリサーチ：

触覚・感情等デジタルセンシング、身体感覚提示

Sweden Karolinska Institute(身体所有感)

思い通り操作：

スタンフォード大学（脳触覚フィードバック：

BMI義手の動作が20.9秒から10.2秒に短縮）

Kernel: 携帯型近赤外分光法脳波計(TD-fNIRS)

手術不要BMI, 体内CA: ナノトランスデューサー, Stentrode, optogenetics

エクソソームDDS, 分子ロボット群制御

第3層 コア技術

第4層 基礎研究・ELSE課題

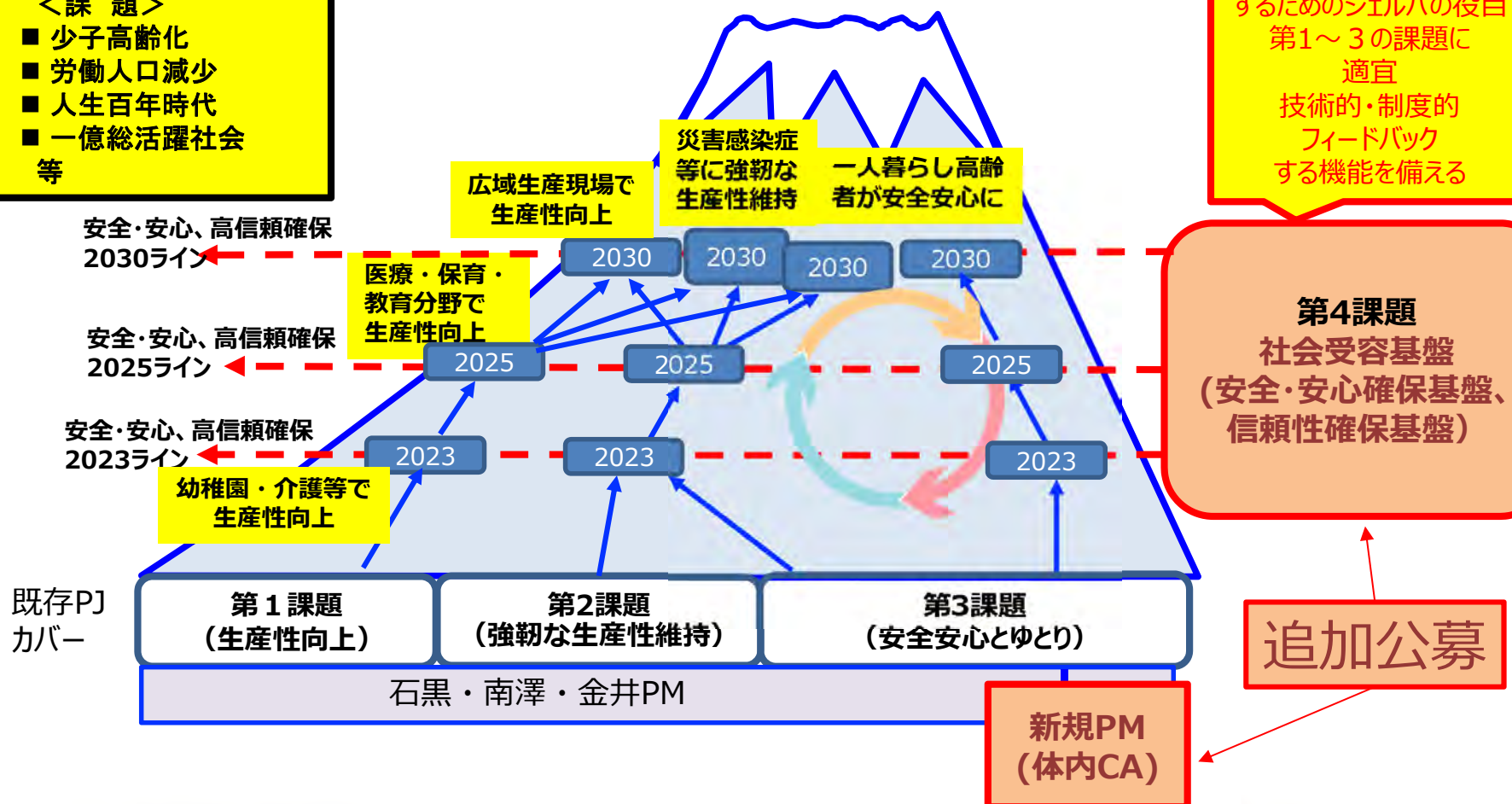
IEEE Neuroethics Framework

目標達成に向けた課題とその克服

目標1

高齢者から重い障害のある人まで、
能力を拡張して、労働生産性を向上させ、
活力に満ちた安心安全な生活を送れる社会の実現

【社会】
急進的イノベーションで
少子高齢化時代を切り拓く
＜課題＞
■ 少子高齢化
■ 労働人口減少
■ 人生百年時代
■ 一億総活躍社会
等



目標達成に向けた追加公募の狙い

- 世の中の情勢の変化、人の多様な価値観、社会受容に応じて柔軟に目標全体の価値を高め、新たな強化策も図りながら、ポートフォリオマネジメントを実施
- **（新規PMの追加）** 2050年の社会像から解決すべき研究課題を研究開発プログラムで計画し、既存の3人のPMの研究課題に**共通**する横断的技術・制度課題を横串して目利き、解決する「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」を構築する。
- **（新規PMの追加）** 多くの医師や看護師による問診、体外の診察だけでなく、**体内も複数の体内CAを操作して見守られる**日常生活の変革を行うため、**体内CA**を研究開発する。

社会受容基盤: 追加採択PM・プロジェクト一覧

新プロジェクト	氏名	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
①安全・安心確保基盤	新保 史生 (慶應義塾大学 教授)	アバターを安全かつ信頼して利用できる社会の実現	2050年までに、サイバネティック・アバターを安全かつ信頼して利用できるCA基盤の礎となる認証・公証及び情報セキュリティ基盤を整備するため、CA操作者の認証（ユーザ認証技術）、CAの識別と認証（CA認証技術）及び操作者（利用主体）とCA本体の連結性及び実存状態の担保（CA公証）に関する研究を行います。アバター生活実現のために克服すべき社会的課題解決のため、ELSE（Ethical, Legal, Social and Economic）研究基盤を構築し、新次元領域法学（AI・ロボット・アバター法）の展開を目指します。
②信頼性確保基盤	松村 武 (情報通信研究機構 室長)	M×Nマルチペアリング型無線プラットフォームの研究開発	CAの活動に応じたエリア最適化を実現するスマートスポットセルが複数協調し、中広域の複数CA制御を可能とするインテリジェントローカル無線ネットワークを開発します。また、インターネットを介した操作者との通信品質と各CAの動作に応じた適切なトラフィック制御を行うマルチペアリング型無線プラットフォームを構築します。それにより、2050年にはM人の操作者がN体のCAを協調制御可能な無線プラットフォームの実現を目指します。

※研究開発プロジェクト名及び概要は作り込みを経て変更される場合があります。

体内CA: 追加採択PM・プロジェクト一覧

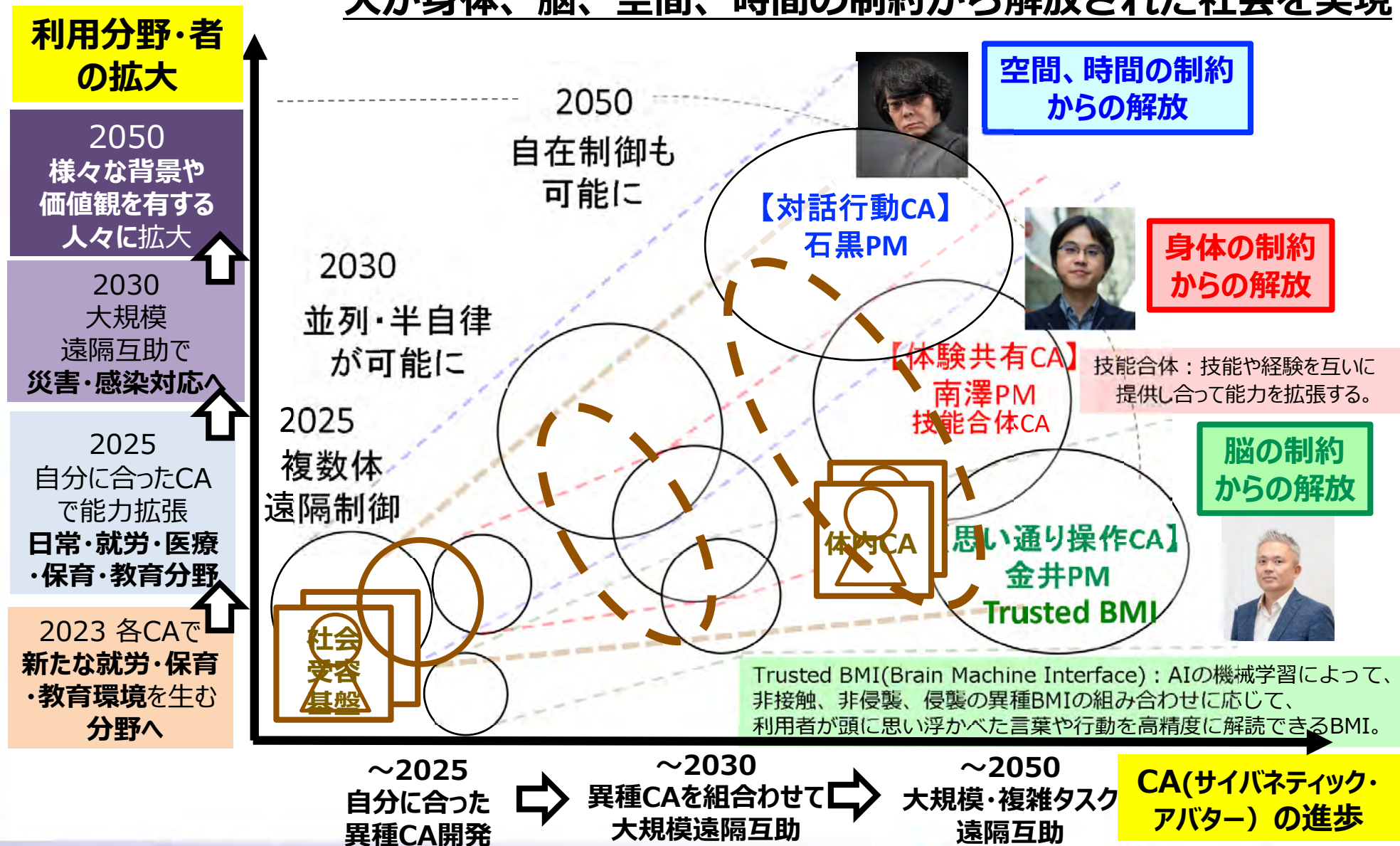
新プロジェクト	氏名	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
体内CA	新井 史人 (東京大学 教授)	生体内サイバネティック・アバターによる健康・医療の実現	本プロジェクトでは、バイオ機能を利用した画期的なナノ・マイクロバイオシステムである“ナノ・マイクロバイオアバター”の実現を目指します。学際の研究分野において、2030年までに、分子の相互作用とバイオ機能を次元横断的理解に基づき、アバターナノマテリアル、アバターセル、およびサイバネティック評価システムを創成します。2050年までに、生物個体内でオンデマンドに情報取得・伝達できる“アバター”の実現を目指します。
体内CA	山西 陽子 (九州大学 教授)	ナノ・マイクロバイオアバターが拡張するバイオ秩序の共創フロンティア	本プロジェクトでは、バイオ機能を利用した画期的なナノ・マイクロバイオシステムである“ナノ・マイクロバイオアバター”の実現を目指します。学際の研究分野において、2030年までに、分子の相互作用とバイオ機能を次元横断的理解に基づき、アバターナノマテリアル、アバターセル、およびサイバネティック評価システムを創成します。2050年までに、生物個体内でオンデマンドに情報取得・伝達できる“アバター”の実現を目指します。

※研究開発プロジェクト名及び概要は作り込みを経て変更される場合があります。

研究開発の進め方等について(1)

(ポートフォリオ(茶色のPMを追加・強化))

人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現



研究開発の進め方等について(2)

(プロジェクト構成の考え方・資金配分方針)

【プロジェクト構成の考え方】

✓ 社会受容基盤(新保、松村)

- プログラム内では、既存3プロジェクトおよび体内CAの研究開発を横断的に安全・安心で高信頼を確保できるCA基盤を構築する。
- プログラム外では、必要となる研究開発・制度課題を明確にし、国内外に提言や意見交換の場を提供できる体制を構築する。目標3との合同戦略会議も新PMの研究課題も含め継続して行う。

✓ 体内CA (新井、山西)

- 一人ひとりが安全安心で健康な日常生活を維持するために、体内でナノ・マイクロ・ミリサイズレベルで複数CAが連携・協調して遠隔制御する研究開発を立ち上げる。
- 既存プロジェクトのBMI-CAや生体影響調査等との効果的な連携を図る。
- 目標3だけでなく、目標2との連携も検討する。

【資金配分方針】

- ✓ PD裁量経費を十分に確保してプロジェクト単独の進捗、プロジェクト間連携度合いなど、目標全体の価値が上がっているかどうかの観点で、PDが適切なタイミング、規模を考慮し、追加で都度、PD裁量経費から拠出していく。

研究開発の進め方等について(3)

(社会実装に向けた方策・国際連携促進等【助言】)

【社会実装等の方策】

既存3プロジェクト（ソシオCA）及び社会受容基盤プロジェクトと連携して、下記を推進

- ✓ 実・仮想空間CA基盤（プラットフォーム）の国際標準化を推進
- ✓ 既存プロジェクト：コンソーシアムメンバーの意向及び社会動向・国際競争力を勘案して、開発中のCAの中で、潜在利用者が見込めるCAシステムの実用化を検討
- ✓ 社会受容基盤プロジェクト：
 - ・安全・安心・信頼性の視点から既存プロジェクトの成果を横断的に目利きし、最新データに基づいて補完すべき研究開発・制度課題を抽出
 - ・既存プロジェクトの研究開発課題に横串し（追加・修正課題など）を実施
 - ・国内外に向けて、課題解決や制度改革の提言や利用者・ステイクホルダーの意見集約・理解を深める活動を実施し、必要に応じて、既存プロジェクトにフィードバック。

【国際連携促進】

- ✓ 世の中にCAが受け入れられるために、国際アドバイザリーボード委員会（International Advisory Board Committee, IAB）を9月に創設し、段階的に拡充してプログラムの成果・マネジメントおよび2050年までの目標について、国内外の有識者から助言を頂き、今後の研究開発を加速・推進する。
- ✓ 国際シンポジウムを併催して、目標1に関する国内外の未来志向研究動向を国内外の研究者・PMを中心にトークとパネル討論を実施

以下、参考資料

【参考】公募等に関する基礎情報

追加募集テーマ

① 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

既存の研究開発プロジェクトの目標に合わせて、次のa. CA の安全・安心確保基盤と
b. CA 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研究開発

a. 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・規制が必要かを研究し制度や政策として提言する研究開発

b. CA の信頼性確保基盤の研究開発

通信機器等を研究開発する企業等が参画する体制を有し、Beyond 5G を前提とした大型複合商業施設など電波条件の悪い実証実験環境を構築し、CA 遠隔操作時の通信機能高度化によるCA の信頼性確保基盤を実現する研究開発

② 体内で活用できるCA の研究開発

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

【参考】公募等に関する基礎情報

1. 公募期間、審査・採択スケジュール

（公募期間） 令和4年3月1日～令和4年5月10日

（審査・採択） 令和4年5月11日～6月 書類選考
7月2日 面接選考
7月28日 採択

2. 応募者

11人（社会受容基盤 7人、体内CA 4人）

3. 採択者数

4人（社会受容基盤 2人、体内CA 2人）

4. その他

8月～ 作り込み（ポートフォリオ構築に向けた研究計画の見直し）※

10月以降 契約・研究開始

5. 研究開発規模・実施期間

（研究開発期間） 2022年度～2025年度の4事業年度

（研究開発規模） 研究開発期間中の総額最大20～30億円（間接経費を含む）を目安。

※作り込みで実施する内容：

- ✓ 研究開発プロジェクトの内容のブラッシュアップ（見直し及び具体化）
- ✓ 具体的な研究開発計画及び研究開発体制の立案
- ✓ 研究開発体制の構築 など

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(石黒PM)

※2022年3月時点

- 対話行動CAで**実証実験を2月から開始**
- 社会実装に向けアバター共生社会企業コンソーシアム（8月）、アバター共生社会倫理コンソーシアム（8月）と自ら会社（AVITA株式会社）を立ち上げ（6月）
- 生体影響調査のための基盤構築・基礎研究の着実な成果
（論文誌論文10編，国際会議論文40編）

【就労・保育】保育園：2021年2月～

- ・高齢者がCAを遠隔操作して保育士の代わりに**園児に挨拶しよう運動**を実施。**保育士と同レベルの業務を達成可能。**
遠隔保育業務に対して高齢者の評価は高い（就労の可能性）

【就労】アミューズメントパーク：2021年3月～

- ・**CA6体を4人で遠隔操作（複数遠隔制御）**
- ・館内案内・展示説明は高い利用率（来場者の67%と推定）で、70%以上利用客がサービスに満足し再利用率を表明
- ・カフェ前でCAが推薦したメニュー**購入数が3倍**に増加

【就労】小売り：2021年11月～

- ・商品場所案内などの業務を**CA20体を4人で遠隔操作して実現（1人5体の複数遠隔制御）**
- ・75%以上利用客がサービスに満足，80%以上が再利用率を表明

関連報道：<https://avatar-ss.org/media/index.html>

対話行動CAの就労・保育・教育環境での**利用(者)拡大を推進中**

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(南澤PM)

※2022年3月時点

身体の制約からの解放を目指す

- CAが接客する「分身ロボットカフェDAWN」常設実験店をオープン(6月)
 - 社会実装に向け身体共創社会推進コンソーシアムを立ち上げ
(18企業2コミュニティ参画)
 - ELSE課題に対しサイバネティック・アバター社会研究会設立
 - SIGGRAPH Asiaに4件採択。
- 実環境の継続的CA利用者の課題抽出が可能に
(障害者60名が参加)
 - 1人の障害者がCA複数体を操作可能にする
実証実験(～2022年度1Q)
 - 複数の障害者が単体CAで技能合体して
操作可能にする実証実験(～2022年度3Q)

南澤PMホームページ:

<https://cybernetic-being.org/>



OriHime-Dによる受付・配膳

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(金井PM)

※2022年3月時点

脳の制約からの解放を目指す

- 非接触、非侵襲等の異種BMIデータ
収集可能な東京リサーチスタジオ設立(7月)
 - ⇒ 課題推進者間の横断的データ活用やAI統合解析が可能に
- IEEE International Brain Initiative Neuroethics Workshopへ参加し、
BMI利用ガイドブックの制作にも着手

金井PMホームページ:<https://brains.link/>



BMIデータ収集



BMIによるストリートビューの操作

目標6における 研究開発の進め方等について

第六回戦略推進会議(令和4年9月9日)

プログラムディレクター 北川勝浩

(大阪大学 教授)

目次

- プログラムディレクター(PD)について
- 研究開発プログラムの概要
- これまでの取組状況
- プログラムを取り巻く状況
- 目標達成に向けた追加公募の狙い
- 追加採択PM・プロジェクト一覧
- 研究開発の進め方等について
- 【参考】公募等に関する基礎情報

プログラムディレクター(PD)について



北川 勝浩

大阪大学大学院基礎工学研究科 教授

大阪大学世界最先端研究機構 量子情報・量子生命研究センター長

量子科学分野にて、世界の研究者から注目される研究成果を出すなどの、中心的研究者。2018年、大阪大学量子情報・量子生命研究部門の初代部門長に就任。

- 1983年 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所 入所
- 1993年 大阪大学 助手
- 1994年 大阪大学 博士(理学)
- 1996年 大阪大学 講師
- 1997年 大阪大学 助教授
- 2003年 大阪大学基礎工学研究科 教授
- 2021年 大阪大学世界最先端研究機構 量子情報・量子生命研究センター長

電子情報通信学会 量子情報技術研究専門委員会委員長(2011-12)

光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)アドバイザリーボードメンバー

株式会社QunaSys (量子ソフトウェアスタートアップ)創業メンバー(2018.2)

米国物理学会、日本物理学会会員

ムーンショット目標6

2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現

<ターゲット>

- 2050年頃までに、大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータ*1を実現する。
- 2030年までに、一定規模のNISQ量子コンピュータ*2を開発するとともに実効的な量子誤り訂正を実証する。

*1 誤り耐性型汎用量子コンピュータは、大規模な集積化を実現しつつ、様々な用途に応用する上で十分な精度を保証できる量子コンピュータ。

*2 NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum)量子コンピュータは、小中規模で誤りを訂正する機能を持たない量子コンピュータ。

社会を大きく変革させる
汎用量子コンピュータを実現

2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる大規模で多用途な量子コンピュータを実現。



参考：総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会（令和2年1月30日）会議資料

研究開発プログラムの概要(目指す社会像)



研究開発プログラムの概要(目指す社会像)

食料・エネルギー・環境問題の解決

窒素固定

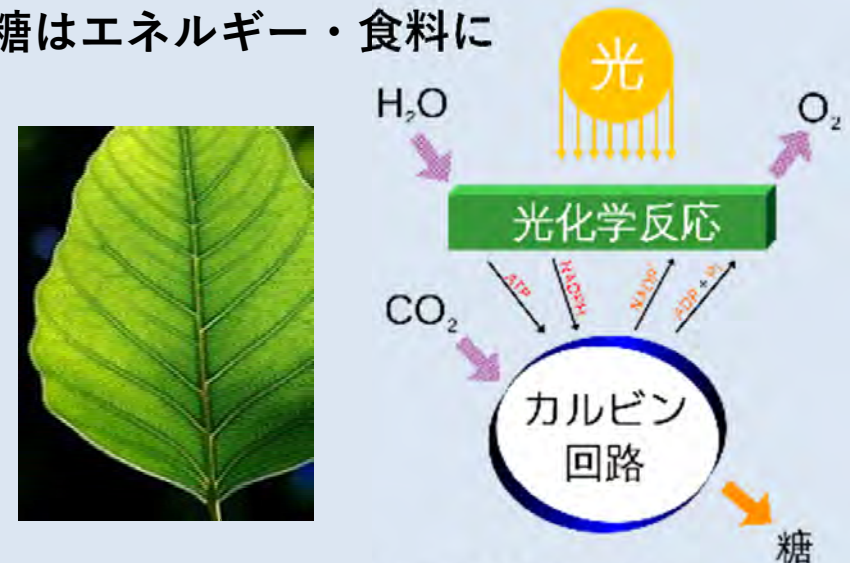
- 化学肥料：アンモニア合成の工業化
百年前～ハーバー・ボッシュ法
高温400～600℃、高圧200～1000気圧
- 人類の全エネルギー消費の数%占める



- 菌の生物窒素固定
- 量子コンピュータによる解明に期待
- 人工的に模倣して省エネルギー化

光合成

- 太陽光をエネルギー源として二酸化炭素と水から酸素と糖を生産
- 二酸化炭素（温室効果ガス）を減らして地球温暖化を緩和
- 糖はエネルギー・食料に



- 天然光合成の高効率の鍵は量子性
- 量子コンピュータによる解明に期待
- 模倣してありふれた元素で人工光合成

研究開発プログラムの概要(目指す社会像)



複数の量子コンピュータをネットワークで連携させることで、大規模な計算を高速で行う

「省エネ」な生物の営みを正確に理解

20世紀初頭に発明されたハーバー・ボッシュ法は窒素肥料の原料となるアンモニアの工業生産を可能にし、人類の繁栄を支えてきた。しかし現在、窒素肥料の生産には人類が消費する全エネルギーの数%が費やされており、地球環境に大きな負担をかけている。

一方で、菌が行う天然の窒素固定(空气中に存在する窒素分子を、窒素化合物に変換する反応)は、ハーバー・ボッシュ法に比べるとはるかに省エネルギー、省資源だ。窒素固定を人工的に再現できれば、エネルギー問題、食料問題、地球温暖化など、私たちが抱える様々な問題の解決につながるだろう。

なぜ、生物は当たり前のように複雑な反応を効率よく行うことができるのか。その秘密は反応に関わる物質を構成する量子のふるまいにあると考えられているが、複雑に絡み合う量子状態はスーパーコンピュータを使っても厳密に計算することが難しい。しかし誤り耐性型汎用量子コンピュータがあれば、生物が行う反応中の量子状態を厳密に計算(再現)することができる。

持続可能な安全で豊かな社会



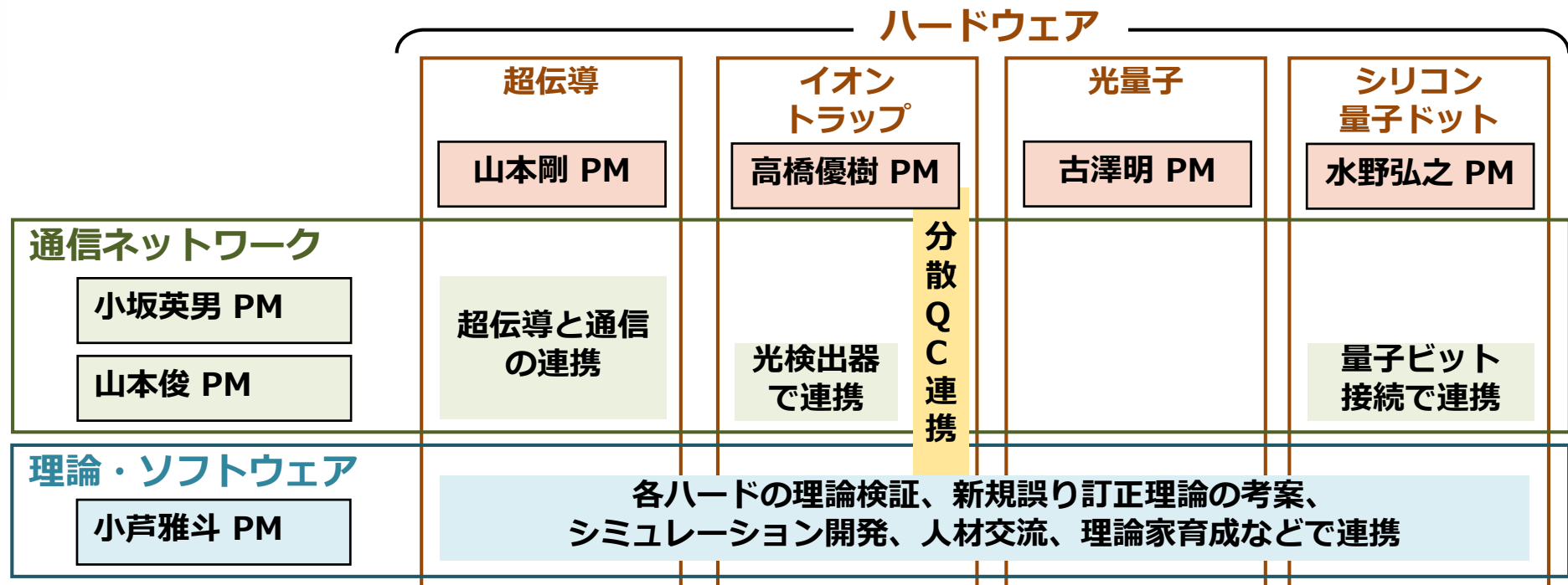
人工光合成の実現。太陽の光と水を使って、地球温暖化の原因となる二酸化炭素を酸素と有機化合物に変える。

様々な反応の量子状態を厳密に計算し、物質の性質を正確に予言することが可能になるため、創薬や室温超伝導物質などの材料開発が飛躍的に加速する。



人工窒素固定の実現。省エネルギーでありながら、空气中的窒素から窒素化合物を効率よく合成できる。

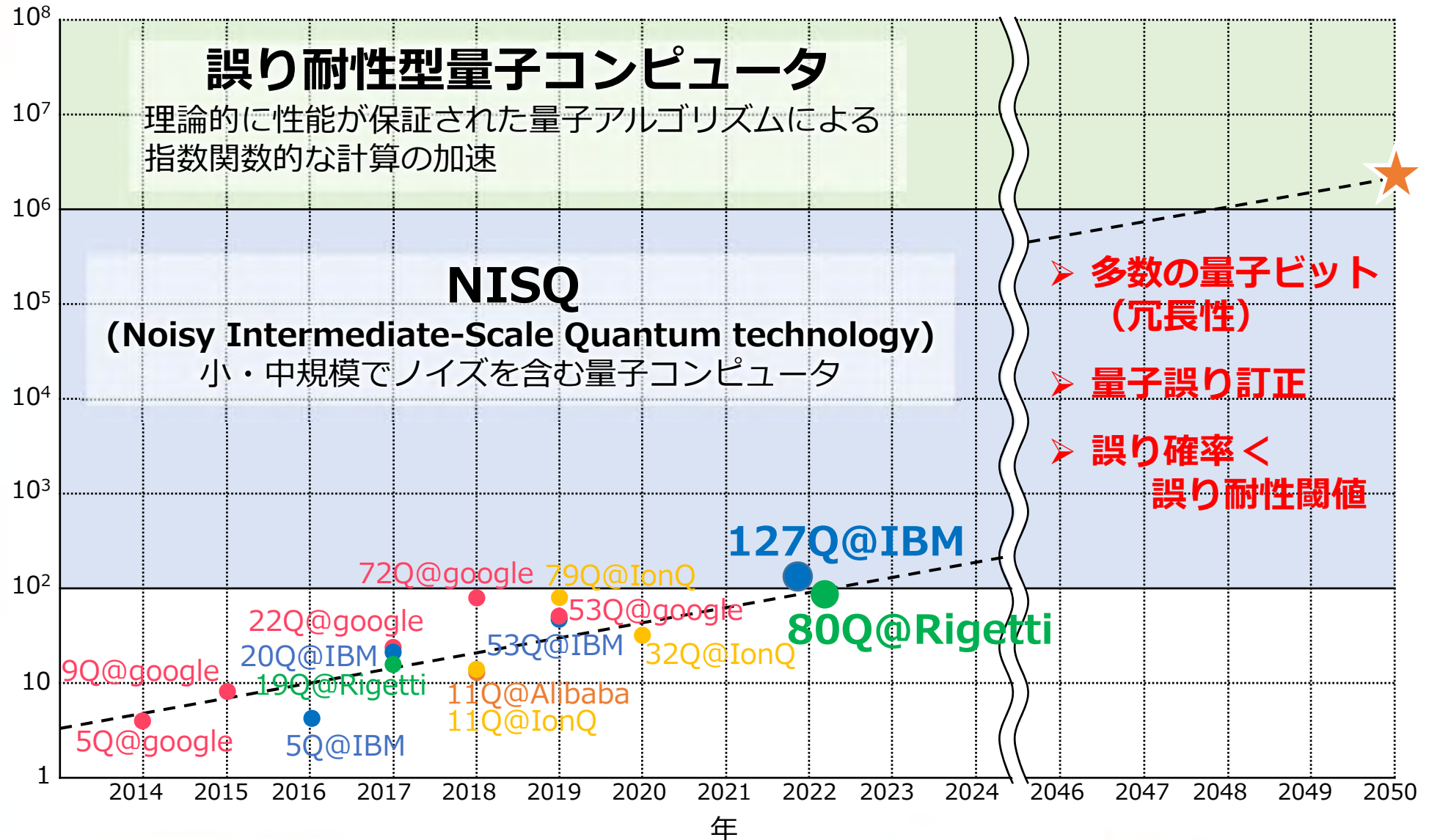
これまでの取組状況(プロジェクト構成)



PM	研究開発プロジェクト
山本 剛（日本電気株式会社）	超伝導量子回路の集積化技術の開発
高橋 優樹（沖縄科学技術大学院大学）	イオントラップによる光接続型誤り耐性量子コンピュータ
古澤 明（東京大学）	誤り耐性型大規模汎用光量子コンピュータの研究開発
水野 弘之（株式会社日立製作所）	大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発
小坂 英男（横浜国立大学）	量子計算網構築のための量子インターフェース開発
山本 俊（大阪大学）	ネットワーク型量子コンピュータによる量子サイバースペース
小芦 雅斗（東京大学）	誤り耐性型量子コンピュータにおける理論・ソフトウェアの研究開発

研究開発プログラムを取り巻く状況(研究開発の状況)

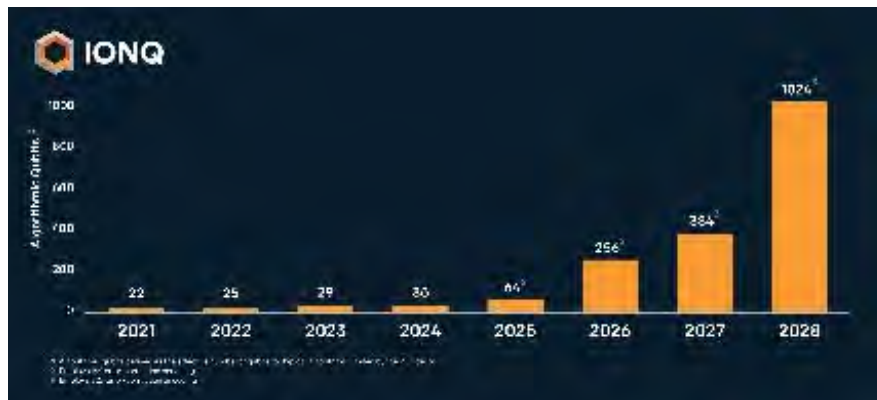
量子ビット数



研究開発プログラムを取り巻く状況

海外企業の野心的ロードマップでは

- 2023年 IBM, Google 1000物理量子ビット
<https://research.ibm.com/blog/ibm-quantum-roadmap>
- 2028年 IonQ 1024論理量子ビット(32:1 error-correcting encoding)
(IonQはAlgorithmic qubitという言葉を使っている)
<https://ionq.com/posts/december-09-2020-scaling-quantum-computer-roadmap>



Within the decade, Google aims to build a useful, error-corrected quantum computer.

Googleは10年以内に誤り訂正された有用な量子コンピューターを作ることを目指している。

- 2029年 Google 1000論理量子ビット(100万物理量子ビット) ↑
<https://blog.google/technology/ai/unveiling-our-new-quantum-ai-campus/>
1000論理量子ビット：願望、科学的根拠？いくつかのブレークスルーが必要
Quantum Innovation 2021でのIonQ, Honeywell, IBM, Google, PsiQuantumの発表とQ&Aからの感触

研究開発プログラムを取り巻く状況

海外コンサルティンググループの見方は？

例えば、ボストンコンサルティンググループ

What Happens When 'If' Turns to 'When' in Quantum Computing?

2021-07-21

By Jean-François Bobier, Matt Langione, Edward Tao, and Antoine Gourévitch

<https://www.bcg.com/ja-jp/publications/2021/building-quantum-advantage>



ハードウェアの現状 (上記URLのExhibit 6. 参照)

超伝導、イオントラップ、光量子、量子ドット、冷却原子の現状比較
どの技術が勝ち残るかは決着がついていない。
量子ビットの品質、接続性、ビット数の競争が続いている。

量子コンピュータの3つの開発ステージによる価値の推移 (Exhibit 8. 参照)

2030年まではNISQ

2030年以降は誤り訂正による量子優位性

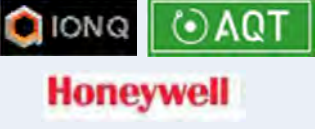
2040年以降は誤り耐性

創造される経済的価値はステージを上がるとともに飛躍的に増大

研究開発プログラムを取り巻く状況(世界の研究開発動向)

世界の量子コンピュータ開発状況

- ✓ 国益と情報セキュリティを念頭にした政府系資金の研究開発
- ✓ 先行者利益確保を狙う民間投資による開発競争
- ✓ 超伝導、イオントラップはNISQとして提供（誤り耐性なし）
- ✓ 誤り訂正の初歩的な実験

ハード方式	超伝導	イオントラップ	光量子	半導体	中性原子
特徴	回路構成 マイクロ波帯域	単一原子 理想的な光制御	ノイズ耐性 常温動作	回路構成 高集積性	高集積性 接続性
海外の状況					
波及効果、スピンアウト	超高感度磁気センサ、光子検出器	超高精度時計、ジャイロセンサ	量子ネットワーク、量子セキュリティ	量子ドットアレイセンサー	量子メモリ、量子シミュレータ
日本の強み	世界初の実現 (1999年; 蔡, 中村)	光結合技術 光格子時計など周辺	光量子計算創始者 (1998年; 古澤)	量子ドット制御、集積回路技術	量子シミュレータ、光格子時計

NISQの範囲でさえ

- 世界的に **Winning方式が決まっていない**
- 世界が、どの方式でも、しのぎを削っている

研究開発プログラムを取り巻く状況(主要国の量子技術政策)

政策動向		内容・予算規模
 米	- 量子情報科学の国家戦略概要 (2018.9) - 国家量子イニシアティブ法 (2018.12)	~1,400億円 (\$1.28B) / (2019-24) 「国家量子イニシアティブプログラム」 DOE: 140億円 (\$125M) /年 量子情報研究センター (最大数5) NSF: 56億円 (\$50M) /年 量子研究・教育センター (最大数5) NIST: 89億円 (\$80M) /年 量子情報研究・計量標準、ワークショップ
 中	科学技術イノベーション第13次5ヶ年計画 (2016)	> 1,200億円/ (2016-20) 「国家重点研究計画」 「量子情報科学国家実験室」(合肥市)。第1研究棟完成 (2020年)
 EU	Quantum Manifesto (2016.5)	~1,300億円 (€1B) / (2019-28) 「Quantum Flagship」20課題が採択
 独	- ハイテク戦略2025 (2018) - BMBF「量子技術」(2018.9) - 未来パッケージ (2021.1)	~840億円 (€650M) / (2019-22) 量子計算、量子通信、計測、量子分野の技術移転と産業の参画推進 ~2,600億円 (€2B) / (2021-2025) 量子通信、量子コンピューティング、量子センサおよび周辺技術(電子機器、光源、光学部品、材料、インターフェースなど)の研究開発
 英	量子技術国家戦略 (2014.12)	~600億円 (~£400M) / (2015-19) 「UK National Quantum Technologies Programme」 量子イメージング、量子センシング、量子通信、量子コンピューティング & シミュレーションの4つのhubs構築など
 仏	MESRI「国家量子戦略」(2021.1)	~2,300億円 (€1.8B) / (2021-25?) 量子戦略の7本の柱(量子コンピュータ、量子センサ、量子暗号通信など)を中心に、産業のバリューチェーン、人材育成・科学研究・技術実験を大幅に強化

出典：内閣府「第10回量子技術イノベーション会議」資料

目標達成に向けた追加公募の狙い

量子技術全体を底上げしつつ、目標に向かってオールジャパン体制で研究開発

2050 大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現

2040 分散処理型NISQ量子コンピュータの実証 量子誤り訂正下での有用タスク計算

2030 一定規模のNISQ量子コンピュータの開発と量子誤り訂正の有効性実証

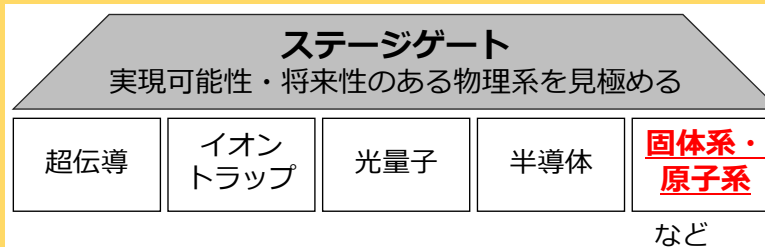
＜通信ネットワーク＞

量子メモリの開発、光子と量子メモリ間の量子インターフェイス技術の確立や量子中継器・量子通信システム・テストベッド構築など

- ・ 光源や検出器
- ・ 量子メモリ
- ・ 量子インターフェイス技術
- ・ 量子中継器
- ・ 量子通信システム
- ・ テストベッド構築

＜ハードウェア＞

量子誤り訂正システムの設計・実装、量子ビット・量子ゲート基盤の確立など



＜誤り耐性＞

○理論・ソフトウェア
○誤り訂正システム
低オーバーヘッド量子誤り訂正符号や量子アルゴリズム、誤り訂正システムの開発など

- ・ 量子誤り訂正理論
- ・ ミドルウェア、コンパイラ
- ・ アルゴリズム、アプリケーション
- ・ 誤り訂正システム

新規PJの追加や計画前倒し等により、各カテゴリの研究開発を加速・強化

追加採択PM・プロジェクト一覧

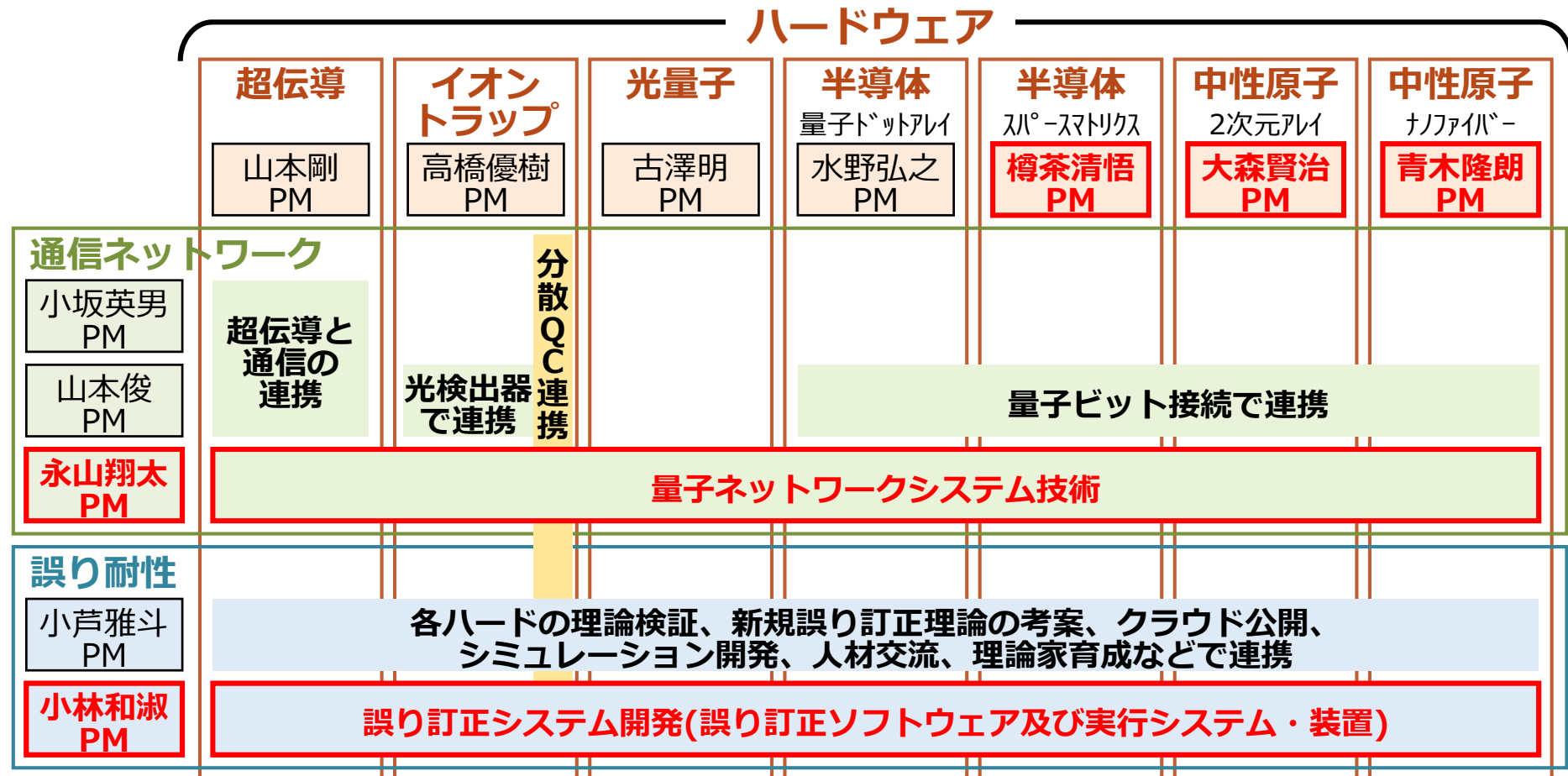
	PM	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
ハードウェア (半導体)	樽茶 清悟 (理化学研究所 グループディレク ター)	拡張性のあるシリ コン量子コンピュ ータ技術の開発	シリコン量子コンピュータは産業技術との互換性や集積性の点で優れていますが、まだ大規模化への展開が見えていません。本研究では、 スパースな集積化と中距離量子結合により拡張性のある単位構造を作製 し、その繰り返しにより量子コンピュータを大規模化します。2030年までに大規模化に適した基盤技術を開発し、その後半導体産業と連携して開発を加速し、2050年には汎用量子コンピュータを実装します。
ハードウェア (中性原子)	大森 賢治 (自然科学研究 機構分子科学研 究所 教授/研 究主幹)	大規模・高コヒー レンスな動的原子ア レー型・誤り耐性量 子コンピュータ	光ピンセットを用いて大規模に配列させた 冷却原子量子ビット の各々を、 自在かつ高速に移動させつつゲート操作、誤り検出・訂正を行う動的量子ビットアレーを実装 します。さらに、緊密な産学連携の下で全ての構成要素を統合・パッケージ化し、従来に無い高い安定性とユーザビリティを達成します。これらのイノベーションにより、2050年までに経済、産業、安全保障に革新をもたらす誤り耐性量子コンピュータの実現を目指します。
ハードウェア (中性原子)	青木 隆朗 (早稲田大学 教授)	ナノファイバー共振 器QEDによる大規 模量子ハードウェ ア	日本発の独自技術である ナノファイバー共振器QEDに基づく新方式の量子コンピューターハードウェアを開発 します。単ユニットの10,000物理量子ビット程度までの大規模化とその分散化、さらに最終的な社会実装までを推進します。それにより、2050年には、圧倒的に大規模な量子ビット数を持つ分散型の誤り耐性汎用量子コンピューターと量子インターネットの実現を目指します。
量子 ネット ワーク	永山 翔太 (慶應義塾大学 特任准教授/ (株)メルカリ シニアリ サーチャー)	スケーラブルで強 靱な統合的量子通 信システム	分散型大規模量子コンピュータの主要技術である汎用量子通信ネットワークのテストベッドを構築し、実運用を見据えた 通信アーキテクチャやプロトコル等の原理・技術実証にハードウェア・ソフトウェアを統合して取り組みます 。本プロジェクトの成果は分散型大規模量子コンピュータのみならず量子インターネットにも繋がり、両者を両輪とする、量子情報を自在に生成・流通・分散処理する世界の実現に貢献します。
誤り耐性 (誤り訂正 システム)	小林 和淑 (京都工芸繊維 大学 教授)	スケーラブルな高 集積量子誤り訂正 システムの開発	誤り耐性汎用量子コンピュータを実現するために、 エラー訂正のための古典ハードウェア向けアルゴリズムとスケーラブルバックエンド、スケーラブルな量子-古典間入出力フロントエンド 、それらのLSI化、量子-古典入出力の高帯域・低電力化のための極低温動作光集積回路の技術課題に取り組みます。それにより2050年に100万物理量子ビット規模の汎用量子コンピュータの誤り訂正システムを実現します。

※研究開発プロジェクト名及び概要は作り込みを経て変更される場合があります。

研究開発の進め方等について(1)

(プロジェクト構成の考え方、資金配分方針【助言・承認】)

- 世界最先端グループの中で競争できる**統合的な**量子コンピュータ開発を加速。
- **量子誤り訂正に必要な規模まで量子ビット数を増やす技術**を開発し、適した**量子誤り訂正方式の開発**を目指す。
- 量子通信を用いた**分散型など量子コンピュータの大規模化を可能にする技術**を開拓する。
- **誤り耐性に必要な技術**を先回りして**研究開発**に取り組んでいく。
- 国内外の研究開発動向やプロジェクトの進展を踏まえ、**民間、その他の研究開発投資の活用**も含め、進め方を判断。



研究開発の進め方等について(2)

(社会実装に向けた方策・国際連携促進等【助言】)

- ✓ 可能な限り早期に**クラウド公開※**など、外部への公開を検討し、**社会実装の早期実現**を目指す。
- ✓ **数理科学分野の研究者と連携**し、研究者層の充実・強化と、理論研究の更なる発展を促す。
- ✓ 2050年までの息の長い研究開発に相応しい、若手PMがイニシアティブを取れる**未来志向の研究体制を構築**する。
- ✓ タイムリーな情報発信、アウトリーチにつとめ、量子ネイティブな人材育成を行うとともに、産業界との協業も広く求めていく。
- ✓ **日米欧国際会議**を通じた、国際連携と国際競争。
- ✓ 各PMの作成するデータマネジメントプランに基づき、適切な研究データの管理・利活用を図るようプロジェクトの実施体制を整備する。

※クラウド公開: 量子コンピュータにインターネットからアクセスして利用できるようにするサービス

以下、参考資料

【参考】公募等に関する基礎情報

追加募集テーマ

募集する研究開発テーマ	新規プロジェクトに求める要件
誤り耐性獲得に有望な量子ハードウェア(固体系)の研究開発	誤り率の小さい高性能な量子ビットを量子誤り訂正に適した配置で2次元的に拡張し、2030 年までに誤り訂正を実証するために十分な規模まで拡張可能な固体系量子ハードウェアの研究開発プロジェクトを募集します。具体的には、少なくとも量子ハードウェア単体として1000 物理量子ビット程度まで拡張可能な固体系量子ビットの提案を期待します。 シリコン半導体製造技術やその周辺技術などを駆使し、高集積なシリコン量子コンピュータの実現を目指す研究開発プロジェクトを実施しています。これに対して、例えば、半導体系において数ビット程度の小規模な高品質の量子ビットの集積性を向上させるアプローチにより目標達成を目指す研究開発が考えられますが、半導体に限らず、固体系で誤り耐性に適した拡張可能な量子ハードウェアの研究開発プロジェクトの提案も歓迎します。
誤り耐性獲得に有望な量子ハードウェア(原子系など)の研究開発	誤り率の小さい高性能な量子ビットを量子誤り訂正に適した配置で2次元的に拡張し、2030 年までに誤り訂正を実証するために十分な規模まで拡張可能な原子系量子ハードウェアの研究開発プロジェクトを募集します。具体的には、少なくとも量子ハードウェア単体として1000 物理量子ビット程度まで拡張可能な原子系量子ビットの提案を期待します。 例えば、近年、冷却原子系で数百物理量子ビットのアナログ量子シミュレータが実現し、大規模な量子ビット系としても注目されており、量子誤り訂正可能な量子コンピュータとして動作させるような研究開発が考えられますが、原子系に限らず固体以外で誤り耐性に適した拡張可能な量子ハードウェアの研究開発プロジェクトの提案も歓迎します。
大規模量子通信ネットワークのテストベッド構築と実証的研究開発	新設・既設は問わないが量子通信ネットワークのテストベッド環境において、高品質で高密度な量子情報の通信を可能とする大規模量子通信ネットワーク技術やシステム構築に係る実証的研究開発を行う研究開発プロジェクトを募集します。 早期に量子通信ネットワークの実証的研究開発を進めるために、既存の通信ネットワークの研究開発プロジェクトと密接に連携し、これらの研究開発プロジェクトの成果を活用することが望まれます。また、理論・ソフトウェアの研究開発プロジェクトや量子ハードウェアの研究開発プロジェクトとの連携により、大規模分散型量子コンピュータの実現に貢献することを期待します。
量子誤り訂正用情報処理システムの研究開発	誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現に向け、量子誤り訂正のためのエラーシンドローム解析を高速に行う古典的な情報処理システムを開発する研究開発プロジェクトを募集します。量子誤り訂正による量子優位性の獲得と誤り耐性獲得の実現を加速する大規模で高速な情報処理システム(ハードウェアおよびソフトウェア)を実装する提案を求めます。具体的には、2030 年までに量子誤り訂正による量子優位性を実現するために、100～1000 論理量子ビットを量子アルゴリズムで利用可能とする量子誤り訂正システムを実装し、さらに、分散型を含む 1000 論理量子ビット以上の誤り耐性型汎用量子コンピュータに拡張可能な誤り訂正システムの提案を歓迎しますが、提案されるシステムの実装規模や構成などはこれに限るものではありません。

【参考】公募・選考等に関する基礎情報

1. 公募期間、審査・採択スケジュール

(公募期間) 令和4年3月1日～令和4年5月10日

(審査・採択)	令和4年5月11日～6月	書類選考
	6月25日、26日	面接選考
	7月28日	採択

2. 応募者 11人

3. 採択者数 5人(大学等の公的機関 4人、民間企業等 1人)

4. その他 8月～ 作り込み(ポートフォリオ構築に向けた研究計画の見直し) ※ 10月以降 契約・研究開始

5. 研究開発規模・実施期間 (研究開発期間) 2022年度～2025年度の4事業年度 (研究開発規模) 研究開発期間中の総額最大20～30億円(間接経費を含む)を目安。

※作り込みで実施する内容:

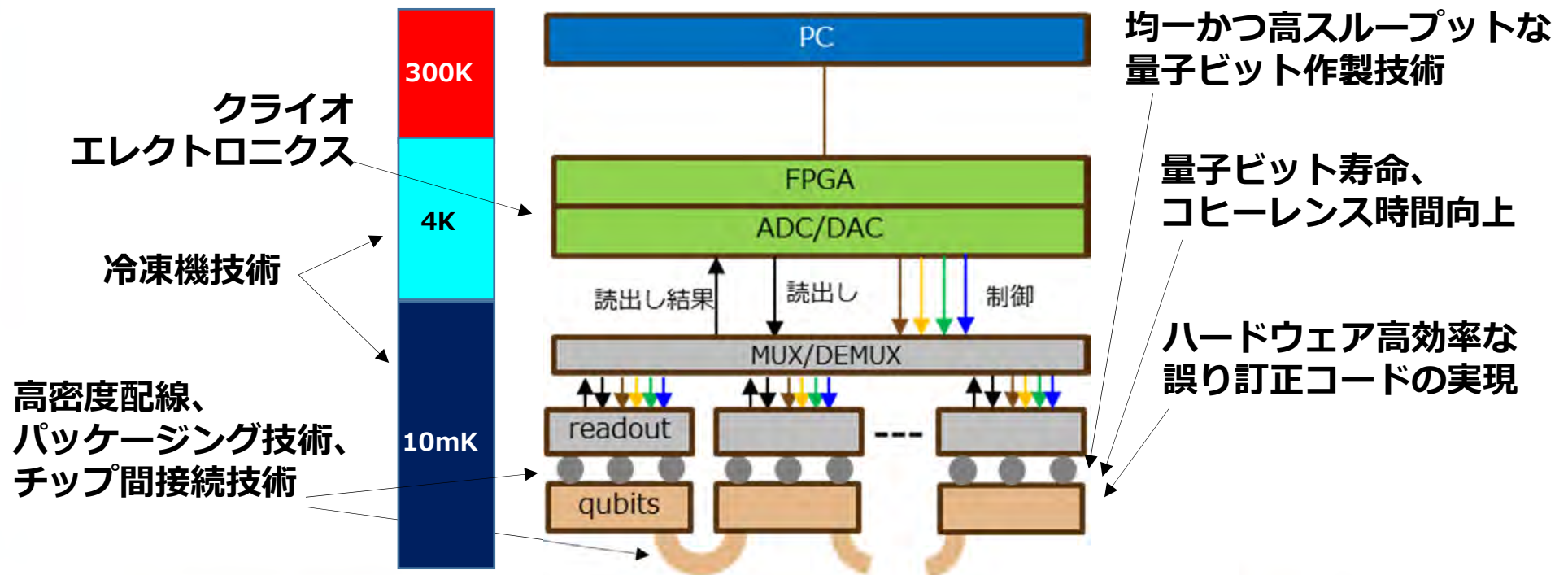
- ✓ 研究開発プロジェクトの内容のブラッシュアップ(見直し及び具体化)
- ✓ 具体的な研究開発計画及び研究開発体制の立案
- ✓ 研究開発体制の構築 など

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(山本剛PM) ※2022年3月時点

量子ハードウェア1 超伝導方式

超伝導量子ビットの高集積化と制御を可能とするための**要素技術の開発が進展**

液浸露光装置を用いて従来より抵抗値ばらつきの少ない量子ビットを作成し、高集積化に貢献

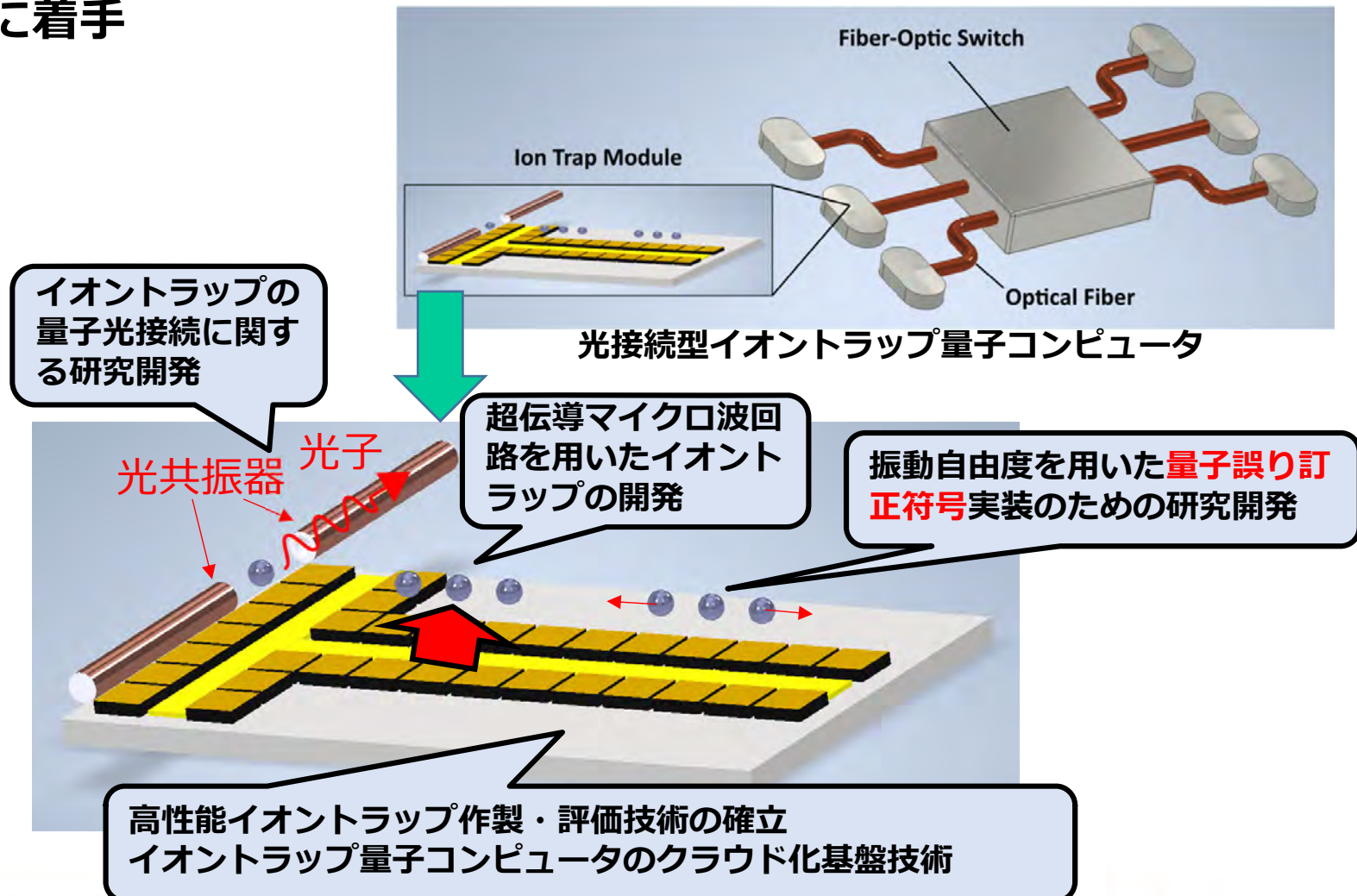


【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(高橋PM)

※2022年3月時点

量子ハードウェア2 イオントラップ方式

イオントラップの作製と性能検証を完了し、量子誤り訂正符号実装のための研究開発に着手



【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(古澤PM)

※2022年3月時点

量子ハードウェア3 光量子方式

- ✓ **ラックサイズで大規模光量子コンピュータを実現する基幹デバイスを実現**
- ✓ 6THz以上の広帯域にわたって量子ノイズが75%以上圧搾された連続波のスクィーズド光の生成に、世界で初めて光ファイバ光学系で成功
- ✓ 光通信デバイスを用いた安定的かつメンテナンスフリーな、現実的な装置規模の光量子コンピュータ開発を可能とし、**実機開発を大きく前進**



基本構成部品

- 4つのスクィーズド光源
- 2つの遅延線 (光ファイバ)
- 5つのビームスプリッタ

どんな規模の計算も実現可能

12/22プレス発表 (NTT、東大、理研、JST)

出典: <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20211222-2/index.html>

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(水野PM)

※2022年3月時点

量子ハードウェア4 シリコン量子ドット方式

誤り耐性型シリコン量子コンピュータの実現に向けた研究開発が進展

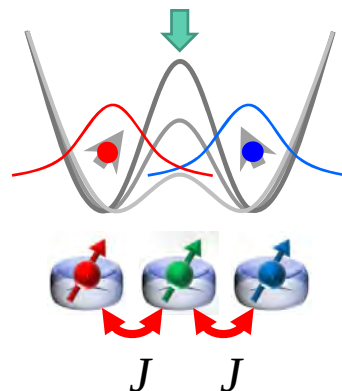
世界初の3量子ビット ユニバーサル操作を実証

- ✓ シリコン集積チップによる大規模量子演算の原理検証として重要な結果であり、今後の集積チップ開発にフィードバック。



Si/SiGe三重量子ドット試料

交換相互作用をゲート電圧制御

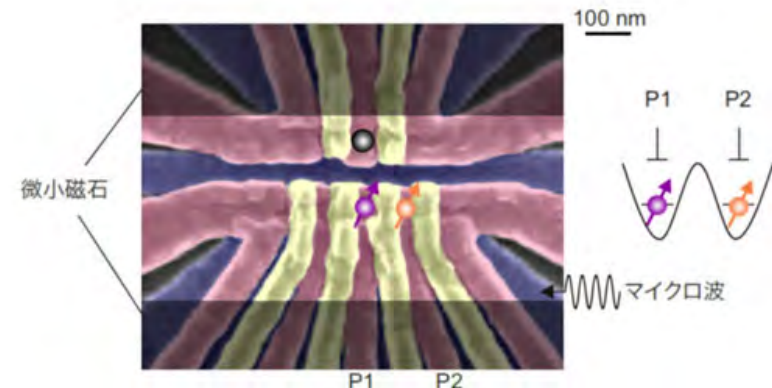


$$F_{\text{GHZ}} = 88\%, |\text{GHZ}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\uparrow\uparrow\rangle + |\downarrow\downarrow\downarrow\rangle)$$

K. Takeda *et al.*, Nat. nanotechnol. 16, 969 (2021)

シリコン量子ビットで高精度な ユニバーサル操作を実証

- ✓ シリコン量子ドットデバイス中の電子スピンを用いて、**高精度なユニバーサル操作を実証**
- ✓ 世界で初めて**誤り耐性閾値以上の2ビット操作忠実度（99.5%）を実証**



用いた試料の電子顕微鏡写真

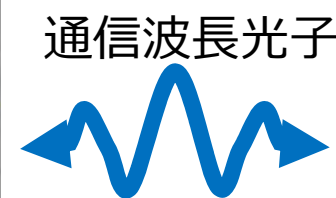
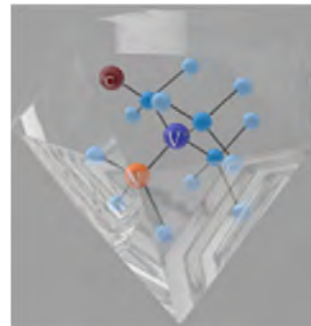
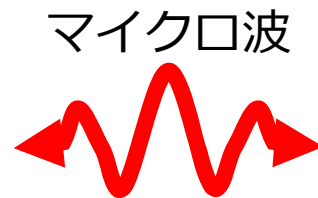
出典：https://www.riken.jp/press/2022/20220120_1/

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(小坂PM)

※2022年3月時点

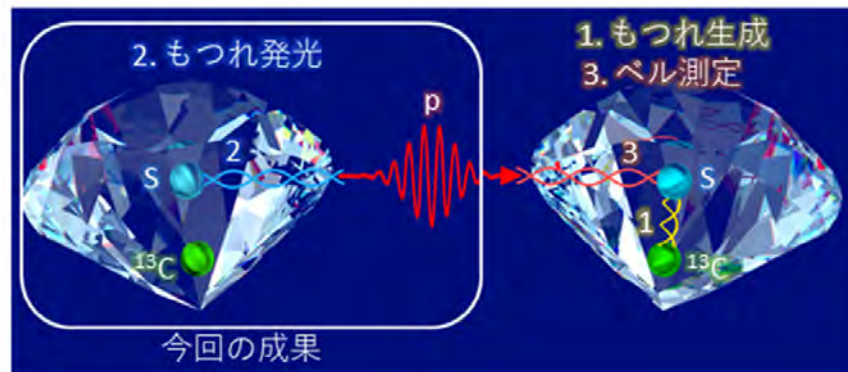
量子通信ネットワーク1

ノイズ耐性のある量子インターネットへの道を拓く
世界初、ダイヤモンド中の電子と光子の幾何学的な量子もつれの生成に成功



超伝導や半導体等の
量子ビット

波長変換や量子中継



遠隔ダイヤモンド間の量子もつれの
生成手順と今回の成果の概念図

出典: <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20211215/index.html>

本研究成果のポイント

- 異なる量子系と互換性の高いゼロ磁場での量子ビットと光子の量子もつれ生成に成功。
- 量子インターネットに必要な量子中継器の実現に向け前進。

12/15プレスリリース (横国大、JST)

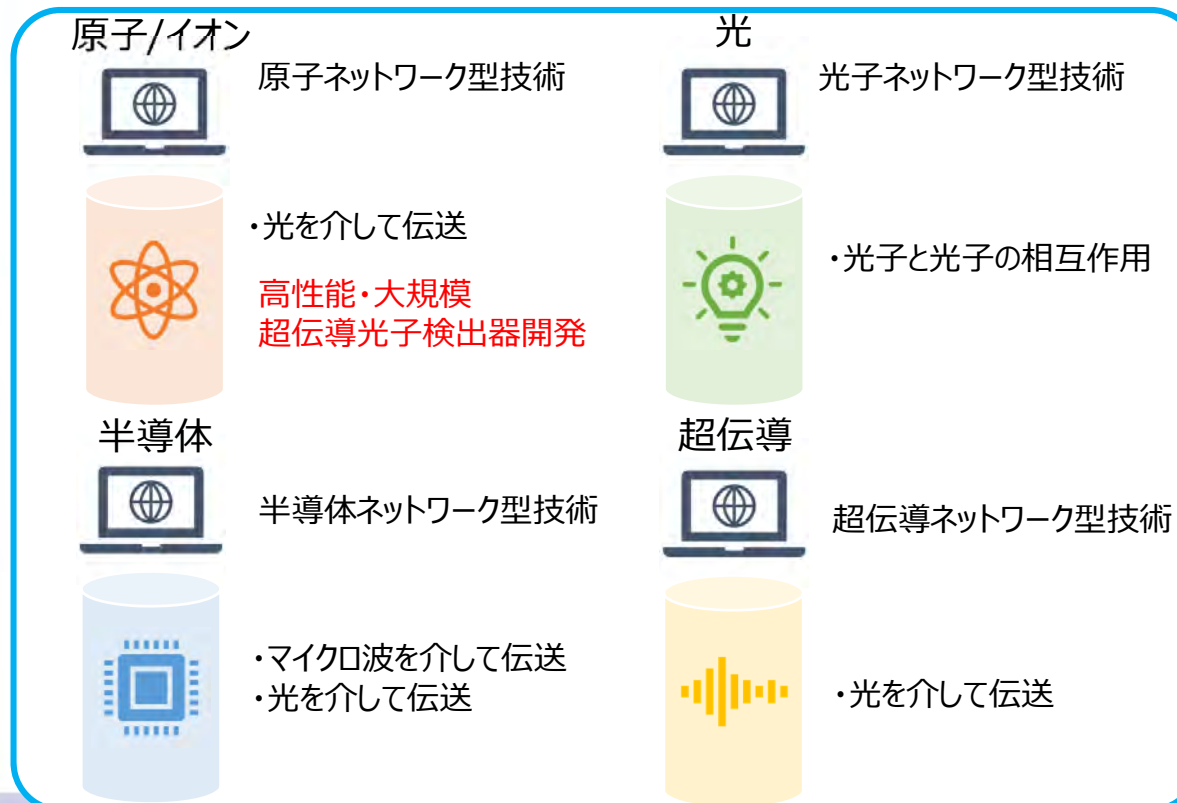
【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(山本俊PM)

※2022年3月時点

量子通信ネットワーク2

「各ハードウェアと光との量子インターフェース」の**基礎原理の実証**、
「多重化光子検出技術」の**システム検証のための立ち上げが進捗**

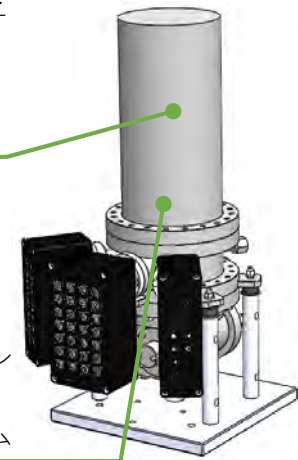
- ✓ 様々な量子コンピュータを接続する手法をオールインクルーシブに研究
- ✓ 超伝導ナノワイヤ光子検出器(SNSPD)開発が順調に進み、**10チャンネル冷凍システムが完成**



SNSPD素子



多チャンネル
SNSPD
冷凍システム



連携



- ・目標6内ハードウェア
- ・誤り耐性

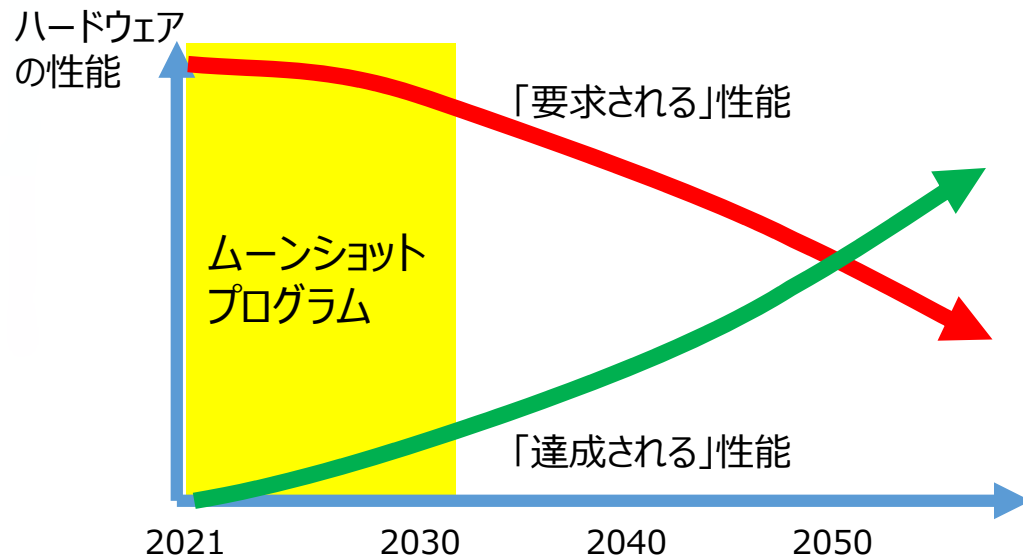
【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(小芦PM)

※2022年3月時点

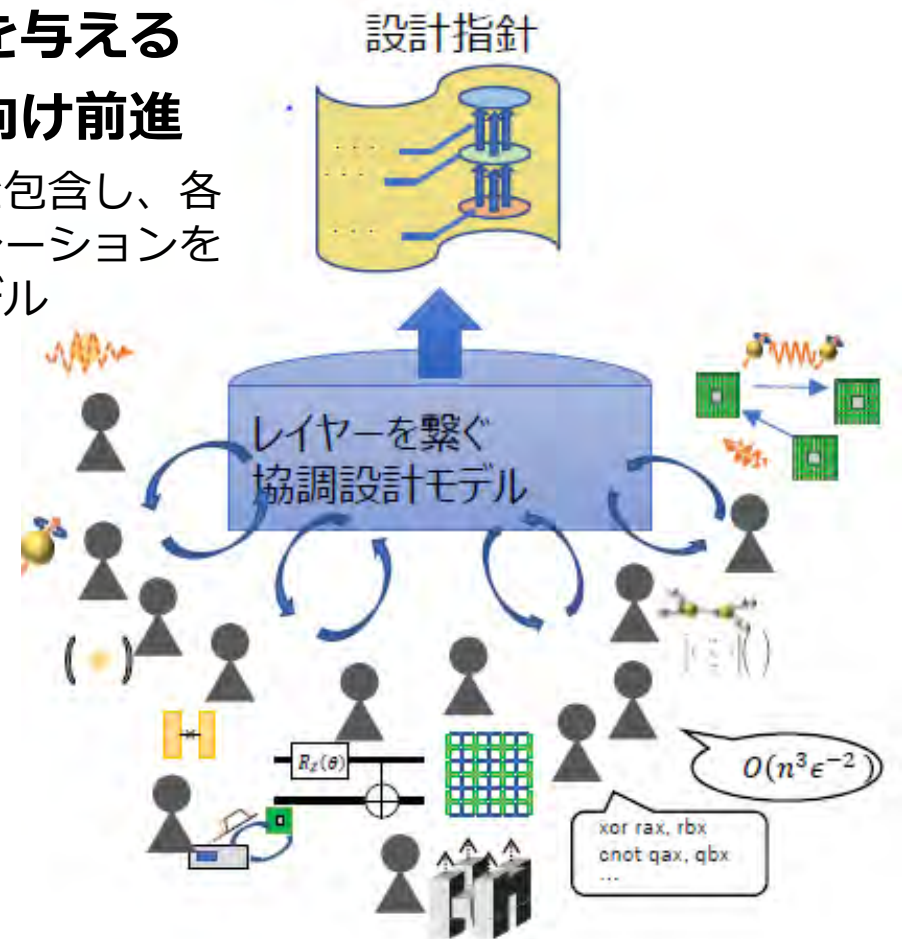
誤り耐性

誤り耐性型量子コンピュータの設計指針を与える クロスレイヤー協調設計モデルの構築に向け前進

- ✓ 誤り耐性型量子コンピュータの様々なレイヤーを包含し、各レイヤーの性能指数をもとに、最適化やシミュレーションを通じてシステム全体としての性能を予測するモデル
- ✓ 超伝導NISQ*のミニマムモデルを構成



誤り耐性型量子コンピュータを大規模化するためのハードウェア要求性能を大幅に低減する



*NISQ:

Noisy Intermediate-Scale Quantum technology
小・中規模でノイズを含む量子コンピュータ

目標3における 研究開発の進め方等について

第六回戦略推進会議(令和4年9月9日)

プログラムディレクター 福田 敏男

(名古屋大学 名誉教授)

目次

- プログラムディレクター(PD)について
- 研究開発プログラムの概要
- これまでの取組状況
- プログラムを取り巻く状況
- 目標達成に向けた追加公募の狙い
- 追加採択PM・プロジェクト一覧
- 研究開発の進め方等について
- 【参考】公募等に関する基礎情報

プログラムディレクター(PD)について



福田 敏男

名古屋大学未来社会創造機構 客員教授

知能化ロボットシステム研究の先駆者であり、微小から大規模で複雑なシステムまでを統一的に扱えるシステム研究の第一人者。

1977年 東京大学 大学院博士課程 修了

1977年 通産省工業技術院 機械技術研究所 研究員 主任研究官

1983年 東京理科大学 工学部機械工学科 助教授

1989年 名古屋大学 工学部機械工学第2学科 教授

2002年 名古屋大学 大学院工学研究科

マイクロシステム工学専攻・機械システム工学科教授

2013年 名古屋大学 名誉教授、名城大学理工学部メカトロニクス工学科 教授

2019年 名城大学大学院理工学研究科 教授

2022年 名古屋大学未来社会創造機構 客員教授

IEEE President-Elect(2019年)、President and CEO(2020年)、Past President(2021年)

2005年文部科学大臣表彰科学技術賞、2013年度産学官連携功労者表彰文部科学大臣賞、2015年紫綬褒章受章、2022年瑞宝章中綬章受章

ムーンショット目標3

2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現

<ターゲット>

- 2050年までに、人が違和感を持たない、人と同等以上の身体能力をもち、**人生に寄り添って一緒に成長する**AIロボットを開発する。
- 2030年に一定のルールの下で一緒に行動して90%以上の人が違和感を持たないAIロボットを開発する。
- 2050年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、**自動的に科学的原理・解法の発見を目指す**AIロボットシステムを開発する。
- 2030年までに特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットを開発する。
- 2050年までに、人が活動することが難しい環境で、**自律的に判断し、自ら活動し成長する**AIロボットを開発する。
- 2030年までに、特定の状況において人の監督の下で自律的に動作するAIロボットを開発する。

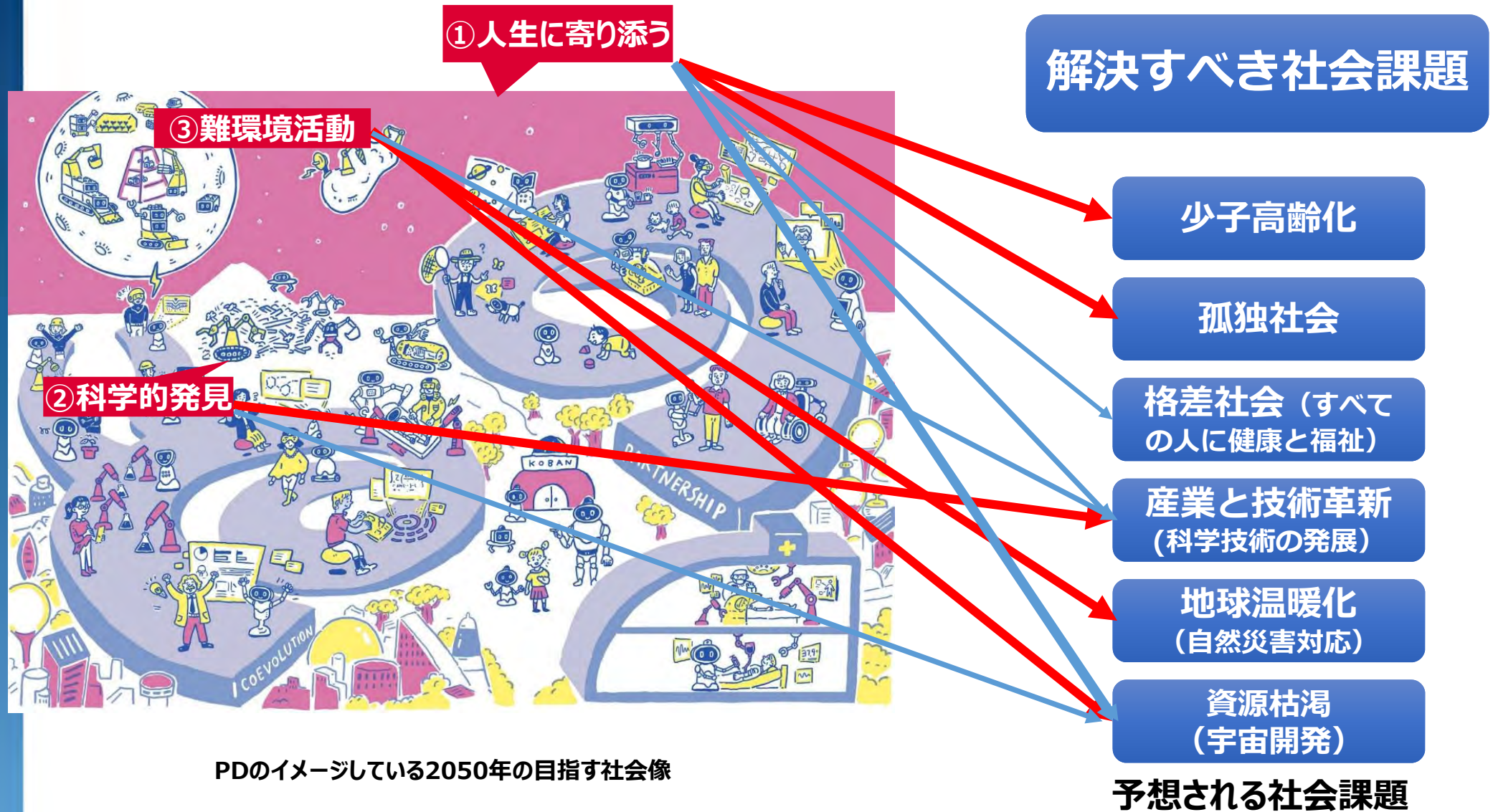
人とロボットが共生する社会

- 2050年までに、人と同じ感性、同等以上の身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長するAIロボットを開発。

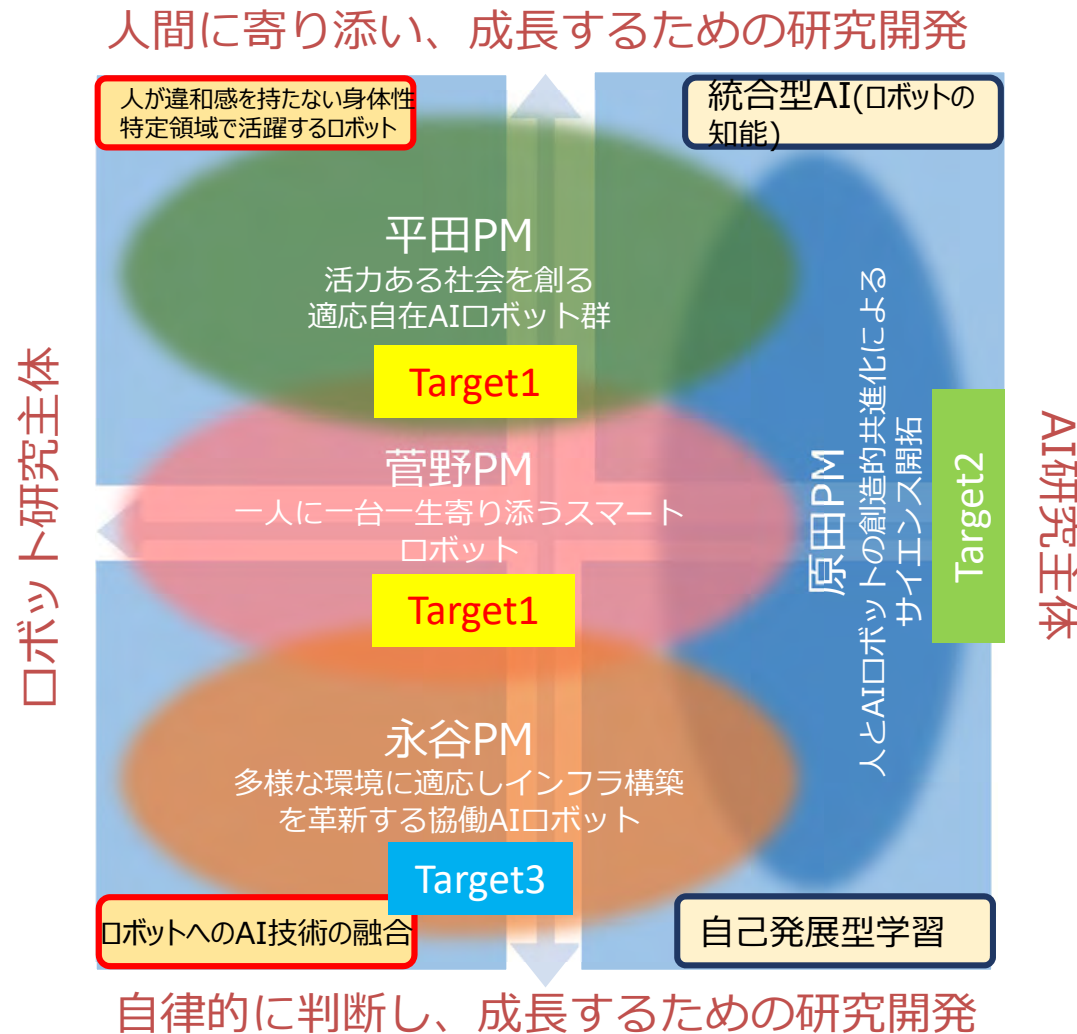


参考：総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会（令和2年1月30日）会議資料

研究開発プログラムの概要(目指す社会像)



これまでの取組状況(プロジェクト構成)



Target1

2050年までに、人が違和感を持たない、人と同等以上の身体能力をもち、**人生に寄り添って一緒に成長する**AIロボットを開発する。

Target2

2050年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、**自動的に科学的原理・解法の発見を目指す**AIロボットシステムを開発する。

Target3

2050年までに、人が活動することが難しい環境で、**自律的に判断し、自ら活動し成長する**AIロボットを開発する。

プログラムを取り巻く状況(AI研究)

国内外の動向

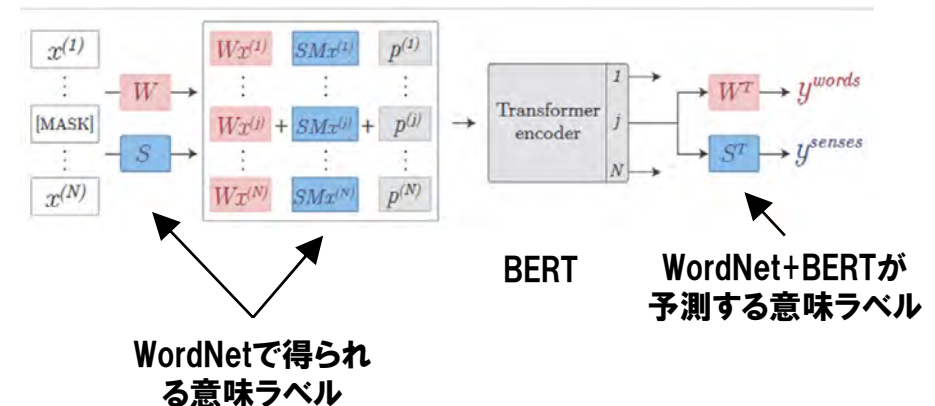
人生に寄り添うAI:

- 米国Affectiva社は顔画像から深層学習により23の表情と8の感情を認識する。
- ➡ 人間の行動や感情の認識技術の製品化も行われているが、**人間の認知や情動に基づいて行動変容**を引き起こすようなAI研究はほとんど見られない。



科学的原理・解法の発見:

- イスラエルのAI21 Labs社は、言語モデルのBERTと意味ネットワークのWordNetを組み合わせることで、文脈を考慮した単語の意味予測を行う技術を開発した。
- ➡ 深層学習と知識・記号推論の融合はホットな研究領域であるが、**科学的原理・解法の発見への適用は発展途上段階**である。



目標達成に向けた追加公募の狙い(AIの強化)

プロジェクトの研究開発状況

人生に寄り添うAI:

- VRを利用した体験計測・自己効力感計測により、**ユーザーの動作から注意の変化や動作予測**を行ない、自己効力感の発生・継続メカニズムを解明中。

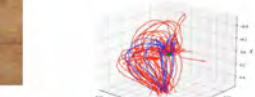
科学的原理・解法の発見:

- 効果的に解空間を探索するためのアルゴリズムを開発し、新しいバイオスティミュラント(植物等に良い影響を及ぼす化合物)発見のための**実験数を削減**。



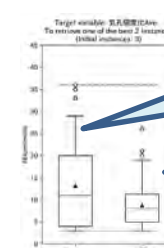
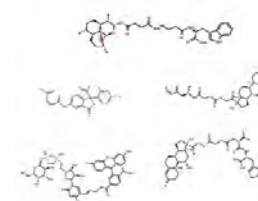
VR環境(けん玉を実施)

注意力等の計測結果



腕の動きの計測結果

AIが見つけた
候補化合物



科学者が正解に
たどり着くまでの
実験数(13回)

AIが正解にたど
り着くまでの実験
数(7回)

課題

- 自己効力感向上、科学的な仮説創出等の**研究開発中のAI研究の難易度は高く**、より新しい視点での技術開発やプロジェクトの目標や課題の見直しによる**研究開発の加速**が必要な状況。
- 昨年度から、AI分科会を通じて、各プロジェクトのAI研究を強化しているが、まだ成果は限定的。

公募の趣旨

AI研究の加速・強化 → 未知の発見

各プロジェクトの横断的なAI研究として**Awareness AI技術**を強化し、**目標全体の底上げを図る**。

プログラムを取り巻く状況(難環境の場)

国内外の動向

地上の難環境:

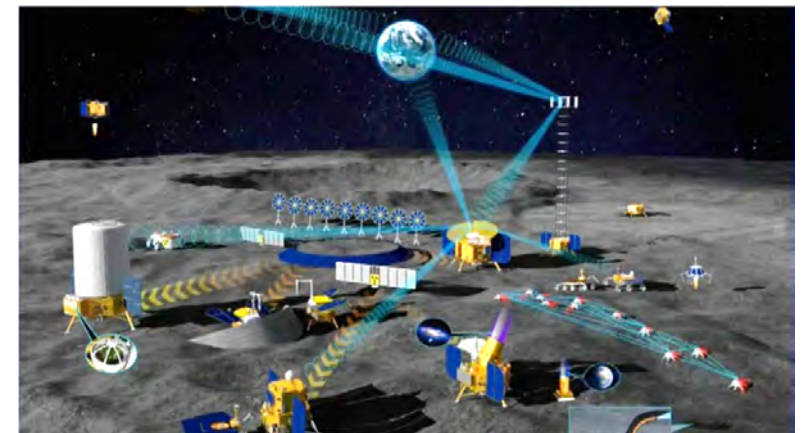
- 洞窟探査を行うDARPAの地下チャレンジが開催され、自律型のロボットとドローン等を組み合わせた探査技術の研究開発が進んでいる。
- ➡ 自律型のAIロボットによる探査技術は進展しているが、土工作业を含む**災害対応への取り組みはあまり見られない。**

月面・宇宙での難環境:

- 中国、ロシアによるILRS計画が発表され、月面極限環境への積極的にチャレンジしている。
- 2022年5月の日米首脳会議では宇宙開発での連携強化を確認した。
- ➡ 月面・宇宙での国際競争が激化している状況において、**難環境でのAIロボット研究開発成果が月面という実環境で実証できるチャンス。**



地下チャレンジ優勝のCERBERUSチームのロボット



ILRS(International Lunar Research Station)計画

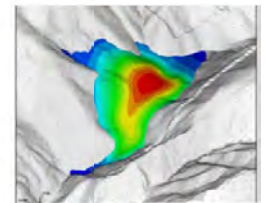
目標達成に向けた追加公募の狙い(難環境の場の拡大)

プロジェクトの研究開発状況

地上の難環境:

- 河道閉塞の応急対応をターゲットに、環境が変動する軟弱不整地の環境情報取得と予測を行うセンシング・AIシステムであるDynamic Synthesis、**革新的機能を搭載するロボット群、動的協働AIの要素研究、プロトタイピング**を実施中。

河道閉塞の
災害現場



災害対応ロボット群

地盤変形予測



月面・宇宙での難環境:

- 月面の着陸拠点構築をターゲットに、**調査・整地を目的とした小型ロボットシステムをプロトタイピング**し、JAXAの模擬環境にてテスト中。

課題

- 月面難環境対応においては、現状では**着陸拠点構築に向けた限定的な取り組み**しかできていない。

公募の趣旨

難環境の場の拡張 → 未開の探索

- 月面という**極限環境**において、**効率的に拠点を構築**できる革新的なAIロボット技術にも着手する。
- 月面以外でも、人そのものが**立ち入ることが困難な場所**や良好な通信が困難な**極限環境**で活動するAIロボットの早期開発

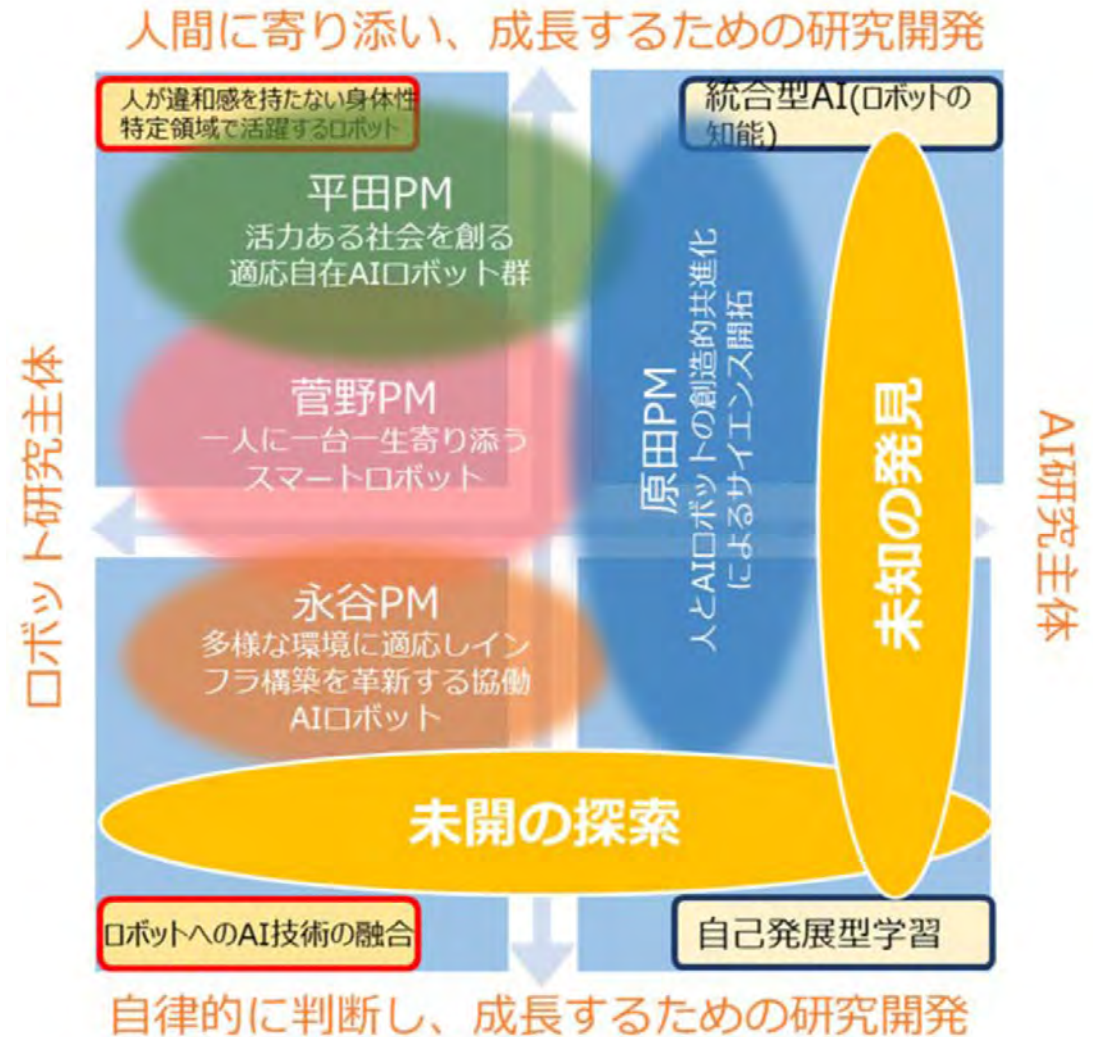
目標達成に向けた追加公募の狙い

1. AI研究の加速・強化 → 未知の発見

- 各プロジェクトの**横断的**なAI研究として Awareness AI技術を強化し、**目標全体の底上げ**を図る。
 - ✓ 新しい**気づき**を促すAI
 - ✓ より良い**選択・行動**を促すAI
 - ✓ 新しい科学的発見を行うための**仮説**を推論するAI

2. 難環境の場の拡張 → 未開の探索

- 月面という**極限環境**において、効率的に**拠点を構築**できる革新的なAIロボット技術にも着手する。
 - ✓ 人そのものが立ち入ることが困難な真空下や良好な通信が困難な場として**宇宙などの極限環境**
 - ✓ **地球上の難環境**(被災地、海底など)での活動も想定



追加採択PM・プロジェクト一覧 (1/2: AI加速・強化)

PM	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
牛久 祥孝 (オムロンサイニックス(株) プリンシパルインベスティゲーター)	人と融和して知の創造・越境をするAIロボット	イノベーションにおいて、持続的な性能向上には演繹的思考が、パラダイムの破壊には帰納的思考と創発による知の創造や、分野を回遊する知の越境が必要です。本研究では2030年までに、 研究者の思考を論文から理解するAI を構築した後、人と対話しながら主張→実験→解析→記述のループを回して研究できるAIロボットを実現します。2050年には 研究者とAIが融和し、ノーベル賞級の研究成果を生み出す世界 を目指します。
大武 美保子 (理化学研究所 チームリーダー)	ありたい未来を共に考え行動を促すAIロボット	自分の想いや考えを言葉にして気づきを得て、よりよく生きるための行動ができるよう促す、行動変容支援ロボットを開発します。 会話での言葉や様子から、多くの人の知恵や知識、体験を収集し 、特定の人々の気持ちや考え、価値観にあった逸話や声掛けを通じ、新しい視点や方法を提示して、行動を促す技術を開発します。それにより、2050年には、「ありたい未来を共に考え、そのための行動を促すAIロボット」の実現を目指します。
下田 真吾 (理化学研究所 ユニットリーダー)	主体的な行動変容を促すAwareness AIロボットシステム開発	ロボットと普段の生活を共にする中で、私達の持つ様々な可能性に気付かせられて、それを一緒に大きく育ててくれる 、そんなAwareness AIロボットシステムの構築がこのプロジェクトの目標です。物質的な豊かさを追求する時代が終わり、安心や生きがいといった内面的な豊かさに重きを置き、様々な価値観を認め合う現代社会において、将来への希望を持って生活できる社会の実現を目指していきます。
森島 圭祐 (大阪大学 教授)	人・AIロボット・生物サイボーグの共進化による新ひらめきの世界	超小型センサ、通信機器、行動制御ユニットが搭載された 生物サイボーグ群から得られる行動情報と周辺環境情報を解析して得られる行動原理 に基づいて、人々の行動を誘発したり、人々とロボット群との違和感のない連携を実現するAIによる自己組織化プラットフォームを構築します。それにより、2050年には、人々とロボットが協調して活躍する世界を目指します。

※研究開発プロジェクト名及び概要は作り込みを経て変更される場合があります。

追加採択PM・プロジェクト一覧 (2/2: 難環境対応)

PM	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
上野 宗孝 (JAXA 技術領域主幹)	AI ロボットにより拓く新たな生命圏	有人宇宙探査の到達点は人類を含む生命体が地球からの従属性を振り切り、月・火星という 極限環境において独立した生命圏を築く 挑戦です。本プロジェクトは、この到達点をバックキャストした要素をAIロボット技術を発展・活用させながら、スマート技術、行動変容技術等を有した拠点システムの構築に向けた研究開発を行い、2050年には 人類が長期的に活動可能な生命圏 を実現します。
國井 康晴 (中央大学 教授)	進化型群知能による確率的空間認識と協調建築作業	単純機能の小型ロボットが群を形成して知能を発揮し、 群全体で共通した機能の更新・拡張、機体の新規追加が群を進化させる仕組み の研究開発を行います。さらに多数のロボットが協力して玉転がしの要領でロボット拠点コンテナを搬送し、コンテナが自ら展開することで活動拠点となる 進化型群知能活動拠点構築システム を開発します。それにより2050年には進化型ロボット群知能により構築された月面活動拠点の実現を目指します。
吉田 和哉 (東北大学 教授)	月面探査／拠点構築のための自己再生型AIロボット	月面において未到探査および拠点構築を行う担い手として、 再構成が可能なAIロボットシステム を提案し、その実現に向けた研究開発を行います。月面に持ち込んだ資材を有効活用し、 状況に応じてモジュールの組み換えや、月面で得られる資源を用いてパーツの修復を行うことができる自己再生型AIロボット の技術を確立します。それにより、2050年には月面での探査と資源活用が促進され、持続的な有人活動拠点の実現を目指します。

※研究開発プロジェクト名及び概要は作り込みを経て変更される場合があります。

研究開発の進め方等について(1)

(プロジェクト構成の考え方、資金配分方針【助言・承認】)

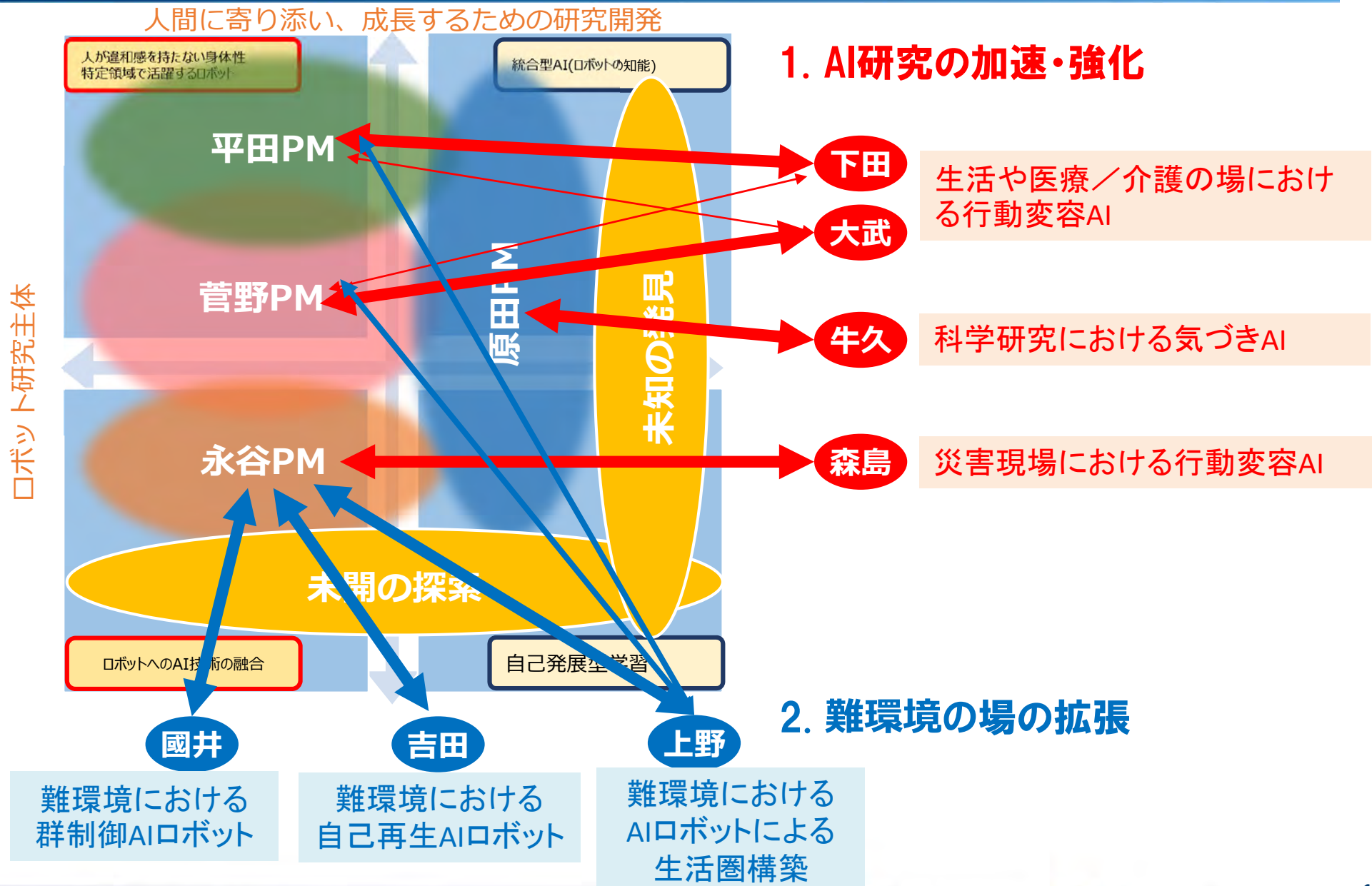
1. プロジェクト構成の考え方

- ✓ 新規プロジェクトは、プログラム内で独立しないよう、既に推進しているプロジェクトと連携を促し、プロジェクト間で相乗効果が得られるように留意する。
- ✓ 成果最大化の観点から既存PMも含めた相互補強関係を適正化するため、プロジェクトの進捗状況を踏まえて、継続、中止、他のプロジェクトとの統合を判断する。
- ✓ 既存プロジェクト、新規プロジェクト間で、AI分科会、ROS(Robot Operating System)分科会、ELSI研究会を実施するほか、目標1との合同戦略会議も新規プロジェクトの研究課題を含めて継続して行う。

2. 資金配分方針

- ✓ 既存PMは、評価会の結果により、来年度の予算を決定する。
- ✓ 予算配賦の方針については、当初は、有効性検証等に必要な額の配賦や研究開発計画とし、その後は、当初期間の進捗状況を考慮した額を配賦する。

研究開発の進め方等について(連携)(2)



研究開発の進め方等について(3)

(社会実装に向けた方策・国際連携促進等【助言】)

3. 社会実装に向けた方策

- ✓ 研究開発過程において生じた知財、技術、部品などのスピンアウト、スピンオフによる社会実装の可能性を考えながら、各プロジェクトを推進。
- ✓ プロジェクトへの企業の積極的参加を推進。
- ✓ 本プログラム内で設置した、リビングラボ等を通じた企業との情報交換の推進
- ✓ 展示会などでのアウトリーチ活動の推進
 - IROS2022で展示ブースを借り、既存PM成果を展示

4. 国際連携促進

- ✓ 各PMにおける海外との共同研究、人材交流の促進
- ✓ 海外向けシンポジウム等の開催
 - 目標1との合同開催(2021年3月)
 - カーネギー財団主催のMoonshot Workshop(2021年7月)
 - ICRA2022のWorkShop(2022年5月@米国)
 - EUでのWorkShop(2022年9月@スイス)
 - IROS2022におけるWorkShop(2022年10月@京都)

以下、参考資料

【参考】公募等に関する基礎情報

追加募集テーマ

① 人の発想・ひらめき・行動変容を誘発させるための AI 技術

科学的発見、認知能力向上につながる人の発想、ひらめきを創発させる、または、各個人のモチベーションを高める行動変容を誘発させるためのアウェアネス AI 技術

研究課題の例：

- ✓ 新仮説と既存知識との妥当性を評価し、新仮説が導く結果を予測するAI 技術
- ✓ 理想の将来像の見える化、意欲を掻き立てる推薦により、自発的な行動変容を促すAI 技術

② 宇宙を活動の場とした拠点構築のための AI ロボット技術

月面という極限環境において、効率的に拠点(居住モジュール、通信・エネルギー供給などのインフラ、食料生産工場など)を構築できる革新的な AI ロボット技術

研究課題の例：

- ✓ 複数ロボットの協働による重量物運搬や組み立てなどの協調作業の実現
- ✓ 自己修復機能や再構成機能によるインフラ構築のロバストな協働作業の実現

【参考】公募等に関する基礎情報

1. 公募期間、審査・採択スケジュール

（公募期間） 令和4年3月1日～令和4年5月10日

（審査・採択） 令和4年5月11日～6月 書類選考

6月26日、27日 面接選考

7月28日 採択

2. 応募者

20人(AI 14人、難環境 6人)

3. 採択者数

7人(AI 4人、難環境 3人)

4. その他

8月～ 作り込み（ポートフォリオ構築に向けた研究計画の見直し）※

10月以降 契約・研究開始

5. 研究開発規模・実施期間

（研究開発期間） 2022年度～2025年度の4事業年度

（研究開発規模） 研究開発期間中の総額最大20～30億円(間接経費を含む)を目安。

※作り込みで実施する内容：

- ✓ 研究開発プロジェクトの内容のブラッシュアップ(見直し及び具体化)
- ✓ 具体的な研究開発計画の立案
- ✓ 研究開発体制の構築 など

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(菅野PM)

※2022年3月時点

「一人に一台一生寄り添うスマートロボット」

目指すAIロボット

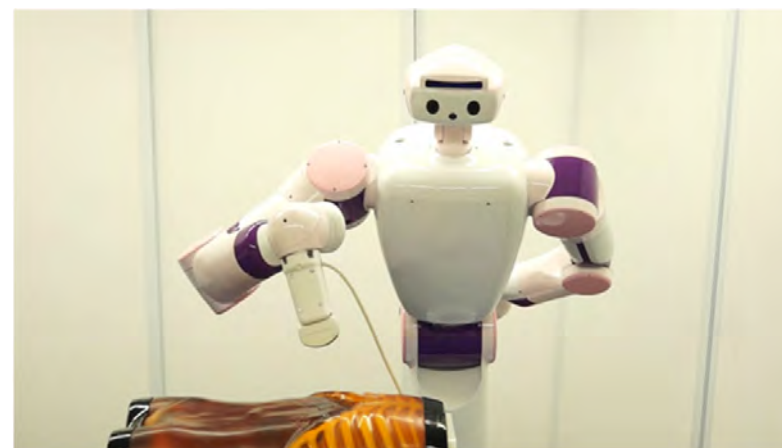
複数の家事を行ったり、人に優しく接触して介護を行うなど、人に寄り添うAIロボット(一台で汎用的に実行する人間協調AIロボット)

成果

- ・ 「調理補助」を「一台で汎用的」に行うための、調理タスク動作の自動化を達成(ICRA2021BestPaper)【AI技術】
- ・ 「拭き掃除」「看護」を行うための、柔軟な身体制御の試作完了(Dry-AIREC)【ロボット技術】



Dry-AIRECによる片付け、拭き掃除 (10倍速)



生体模擬モデルに対しプローブを把持して超音波検査模擬動作を実施

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(永谷PM)

※2022年3月時点

「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働AIロボット」

目指すAIロボット

月面や被災現場を含む難環境において、想定と異なる状況に対して臨機応変に対応し、作業を行うことが可能な協働AIロボット

成果

- ・ **「想定と異なる状況」**を把握するための、環境認識センサポットの開発と、それから得られた複数データを解釈して、未知環境の既知化と地盤変動予測の検討を実施【AI技術】
- ・ **「減災」**の為に、地震などで出来た自然ダム(河道閉塞)の決壊を防ぐために、溜まった水を排水するための自律排水ホースロボットの試作を行った。月面調査AIロボットの試作を行った。【ロボット技術】



永谷プロジェクト1st試作
(環境認識センサポット)



永谷プロジェクト1st試作
(自律排水ホース)



月面調査AIロボット

【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(原田PM)

※2022年3月時点

「人とAIロボットの創造的共進化によるサイエンス開拓」

目指すAIロボット

既存の知識から仮説を立て、自ら装置などを再構成しながら実験し、得られたデータから再度仮説立てる一連のループを自律的に実行し、科学原理・解法を発見するAIロボット

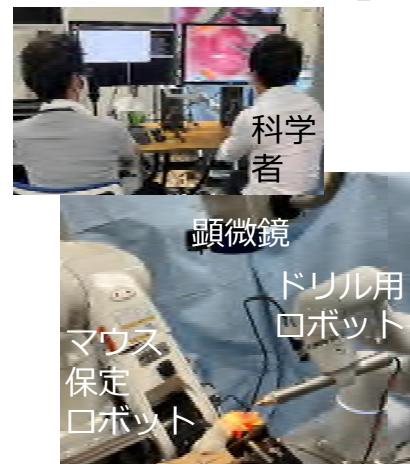
成果

- サイエンス実験を「**自律的**」に行うためのプラットフォームを新規開発。ロボット遠隔操作によって熟練科学者でも困難な実験タスクを実施し、自律化のための技能データ収集開始【ロボット技術, AI技術】
- 「**人間だけではできなかったサイエンス実験**」を可能とするため、高精度センサを統合したマイクロツールの試作完了【ロボット技術】

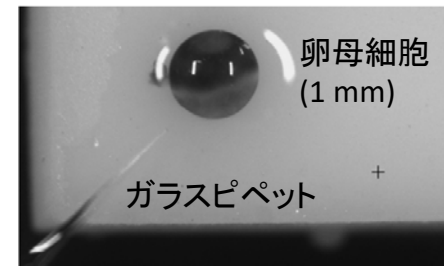


AIロボット・プラットフォーム新規開発

Japan Science and Technology Agency

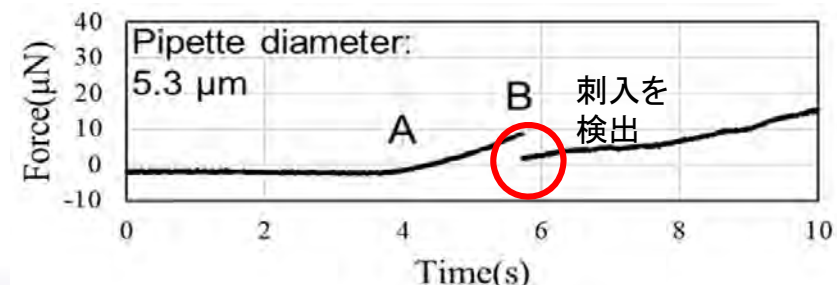


遠隔操作による
サイエンス実験



センサを統合した
マイクロツール
(分解能: 0.62 μN)

先端直径5.3 μm のガラス
ピペットの刺入力 平均9.26 μN



【参考】既存プロジェクトの進捗・成果(平田PM)

※2022年3月時点

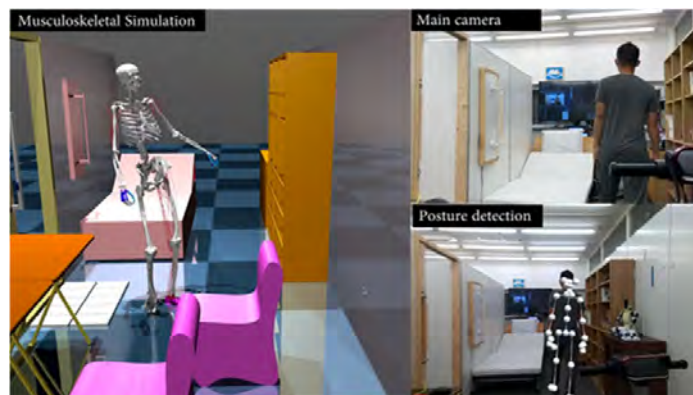
「活力ある社会を創る適応自在AIロボット群」

目指すAIロボット

支援が必要な人への身体補助、人のモチベーションを推論して支援を行うAIロボット(形態が変化する適応自在AIロボット)

成果

- 「**個人のニーズ**」を把握し、身体支援を行うため、ユーザーの動作から、注意の変化や動作予測を行う為の、**筋骨格運動シミュレータ**のプロトタイプ開発完了【AI技術】
- 「**形態が変化する適応自在AIロボット**」を実現するための、ヒトをやさしくかつしっかり支える**Nimbus Holder**の試作完了【ロボット技術】(Nimbus: 人の身辺や物の周囲に漂っている雰囲気や光の雲の意味)



骨格系運動シミュレーション



形態が変化する能動版Nimbus Holder機構の挿入・伸展動作(4倍速)

資料 2 - 4



【機密性 2 / 関係者限り】
2022年9月9日
NEDO ムーンショット型
研究開発事業推進室

目標 4 における 研究開発の進め方等について

2022年9月9日

目 次



1. プログラムディレクター(P D)について
2. ムーンショット目標・研究開発構想について
3. 2022年度公募等に関する基礎情報
4. 研究開発の進め方等について(資金配分の考え方)
5. 採択プロジェクト一覧
6. 研究開発の進め方等について(社会実装の方策等)

1. プログラムディレクター(PD)について



- ムーンショット目標 4
「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」
- プログラムディレクター (PD)
公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE) 理事長
山地 憲治 氏

エネルギーシステム工学の第一人者。地球環境問題やエネルギー問題に関するモデル分析が専門。ICEF運営委員会 委員、IPCC第3次及び第4次報告書(WG3)代表執筆者など国際的に活躍。

エネルギー・資源学会会長、日本エネルギー学会会長、日本学術会議会員等を歴任。現在は、総合資源エネルギー調査会・新エネルギー小委員会委員長等、政府の各種審議会委員を務める。



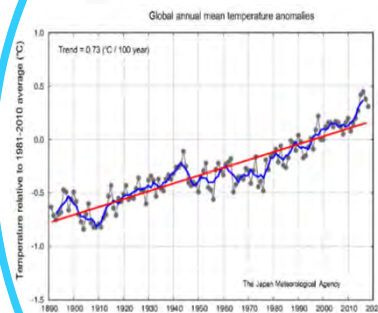
2. ムーンショット目標・研究開発構想について

2.1 目標設定の背景



Cool Earth

Clean Earth



地球温暖化



窒素化合物

プラネタリー

バウンダリー※



海洋プラスチック
ごみ

※人間社会が発展と繁栄を続けられるための“地球の限界値”。これを超えると人間が依存する自然資源に対して回復不可能な変化が引き起こされる。

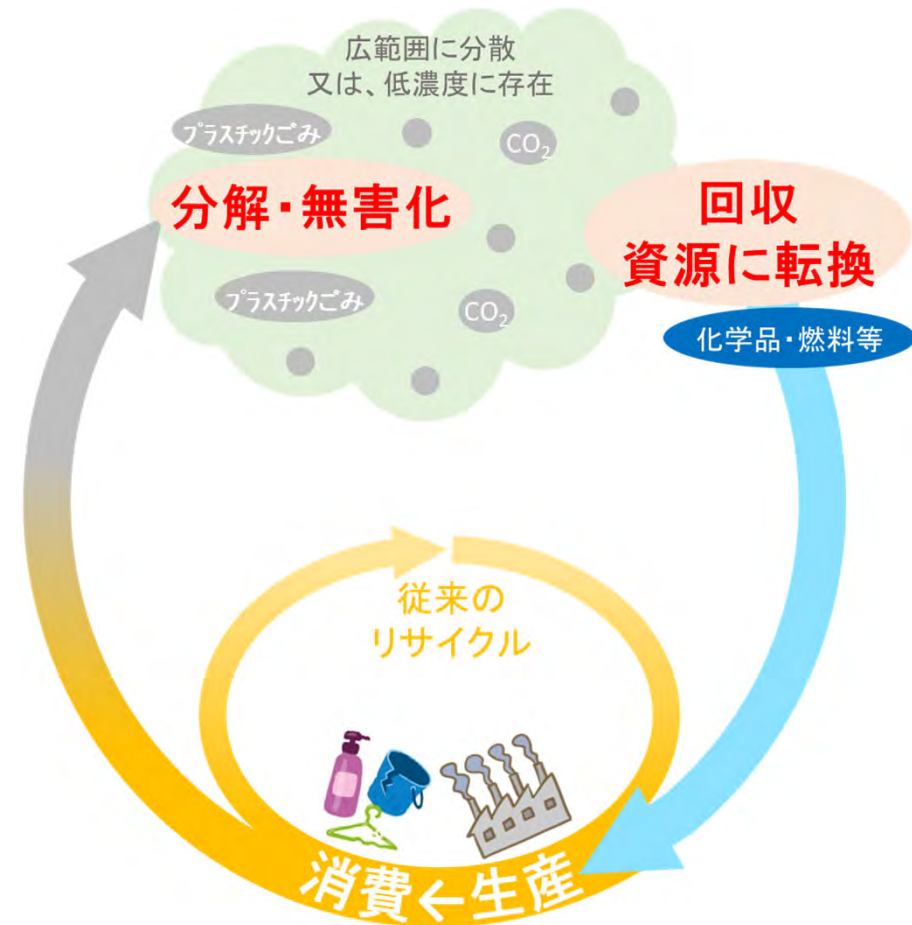
2. ムーンショット目標・研究開発構想について

2.2 ムーンショット目標 4



2050年までに、 地球環境再生に向けた 持続可能な資源循環を実現

地球環境再生のために、
持続可能な資源循環の実現による、
地球温暖化問題の解決(Cool Earth)
と環境汚染問題の解決(Clean Earth)
を目指す。



新たに実現する資源循環の例

2. ムーンショット目標・研究開発構想について

2.3 研究開発構想 ～研究開発の方向性(1)～

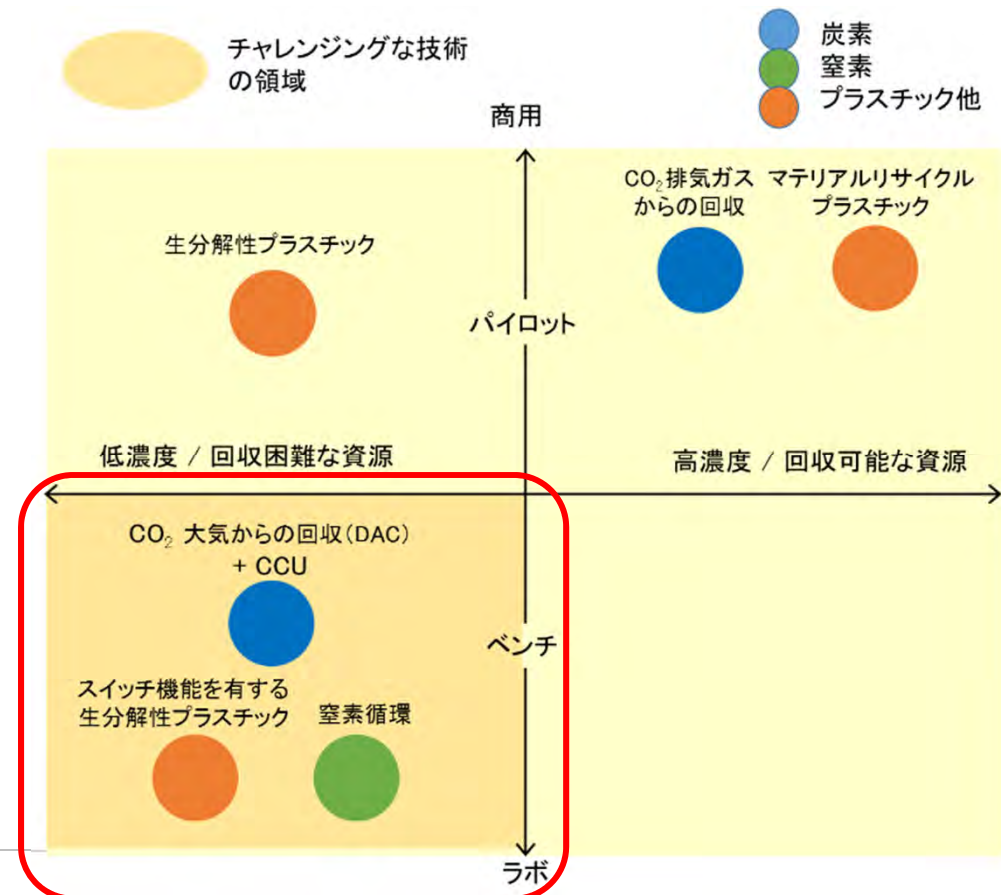


対象物質

持続可能な資源循環実現のため、地球温暖化問題や環境汚染問題の要因物質のうち、従来技術では回収が難しいもの

- 広く環境に拡散された物質
- 低濃度な状態で環境へ放出される物質

※ 現在、環境中に排出されていない物質や従来技術での回収が容易な状態にあるものは対象外。



2. ムーンショット目標・研究開発構想について

2.3 研究開発構想 ～研究開発の方向性(2)～

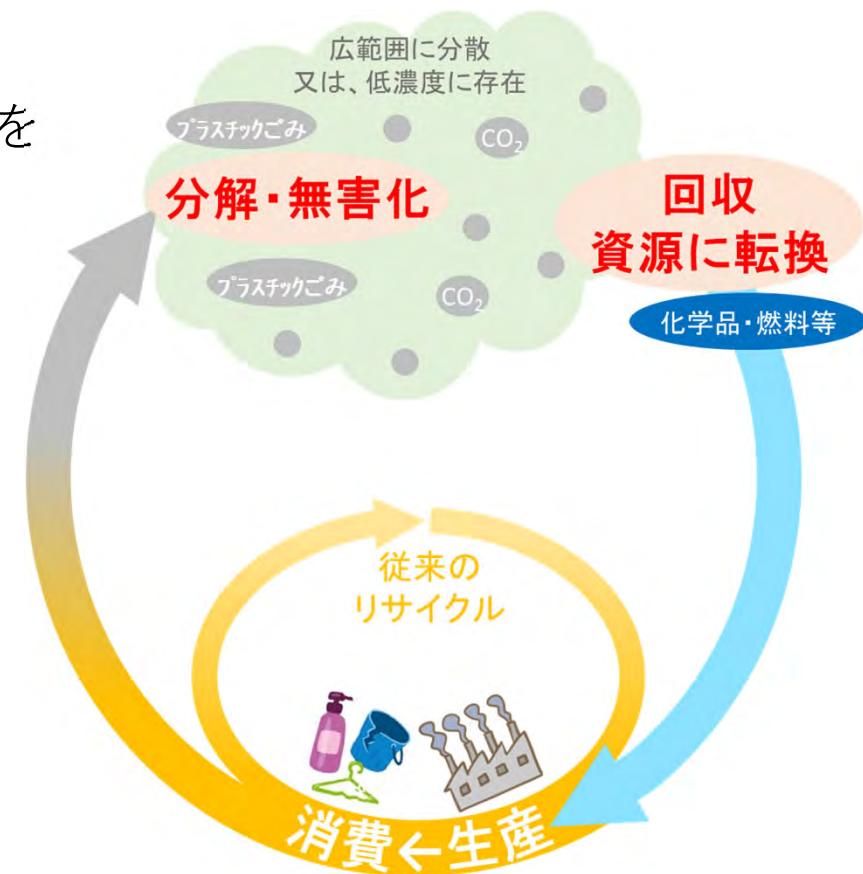


対象技術

対象物質に対して持続可能な資源循環を実現する方法

- 対象物質を回収し有益な資源に変換する技術
- 対象物質を分解又は無害化する技術

※ 地球環境の再生には有効であっても、直接的に資源循環を構築しない方法(対象物質の排出削減・抑制、貯留等)は対象外。



新たに実現する資源循環の例

2. ムーンショット目標・研究開発構想について

2.4 研究開発構想 ～目標達成に向けた計画～



Cool Earth & Clean Earth

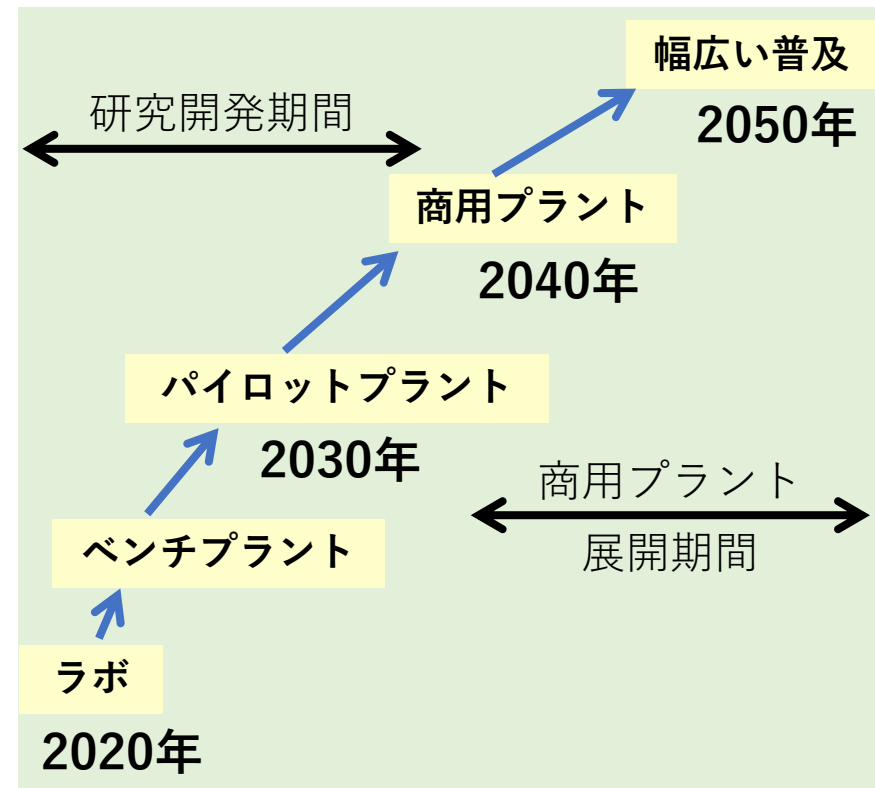
2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

Cool Earth

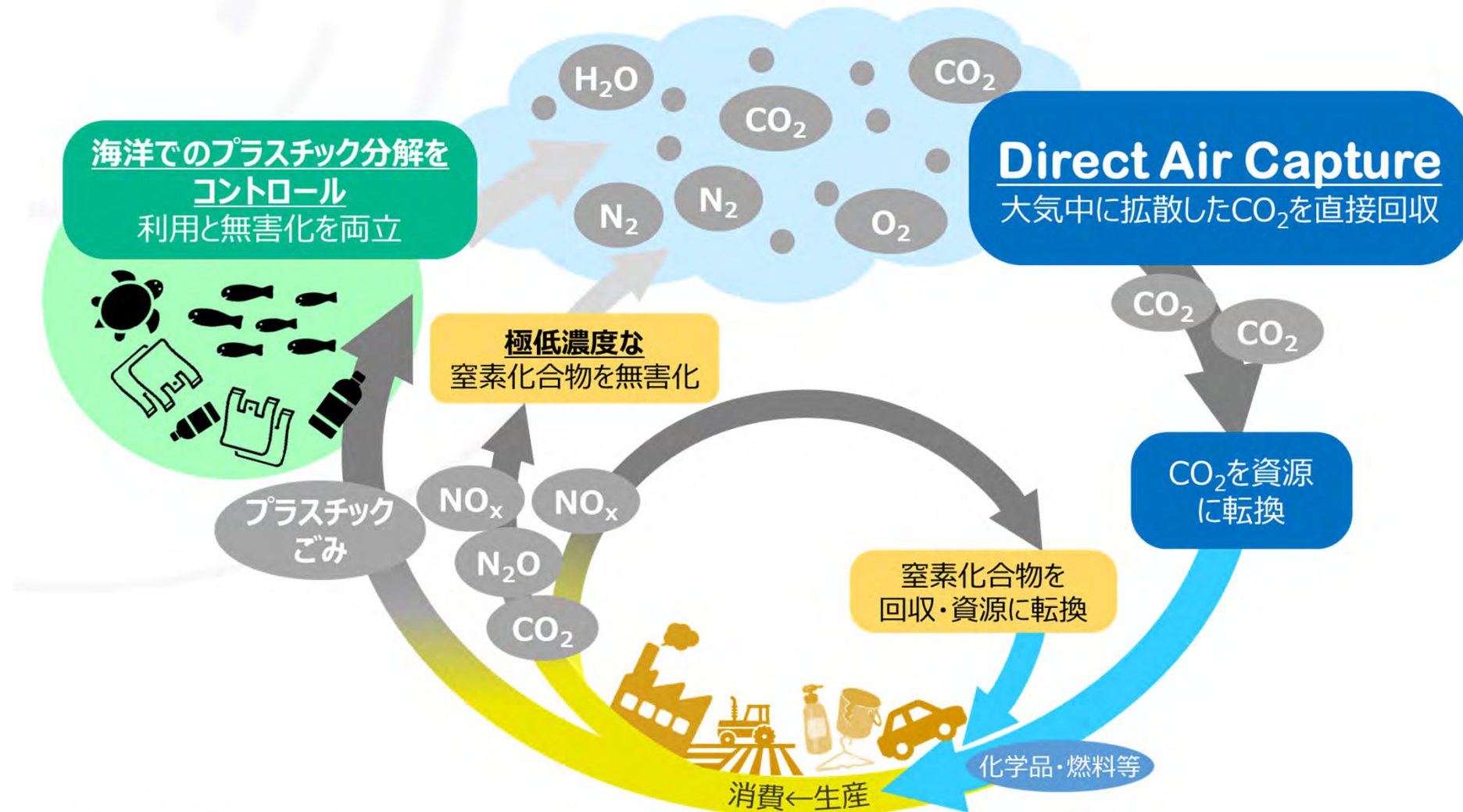
2030年までに、温室効果ガスに対する循環技術を開発し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点からも有効であることをパイロット規模で確認する。

Clean Earth

2030年までに、環境汚染物質を有益な資源に変換もしくは無害化する技術を開発し、パイロット規模または試作品レベルで有効であることを確認する。



【参考】持続可能な資源循環の実現に向けて 取り組む研究開発



【参考】ムーンショット目標4のプロジェクト一覧



Clean Earth

<海洋プラスチック>

生分解のタイミングやスピードをコントロールする
海洋生分解性プラスチックの開発

	研究開発プロジェクト	PM
11	非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発	(国大)東京大学 伊藤 耕三
12	生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発	(国大)群馬大学 粕谷 健一
13	光スイッチ型海洋分解性の可食プラスチックの開発研究	(国大)北陸先端科学技術大学院大学 金子 達雄

Cool Earth

<炭素(CO₂)循環>

温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発

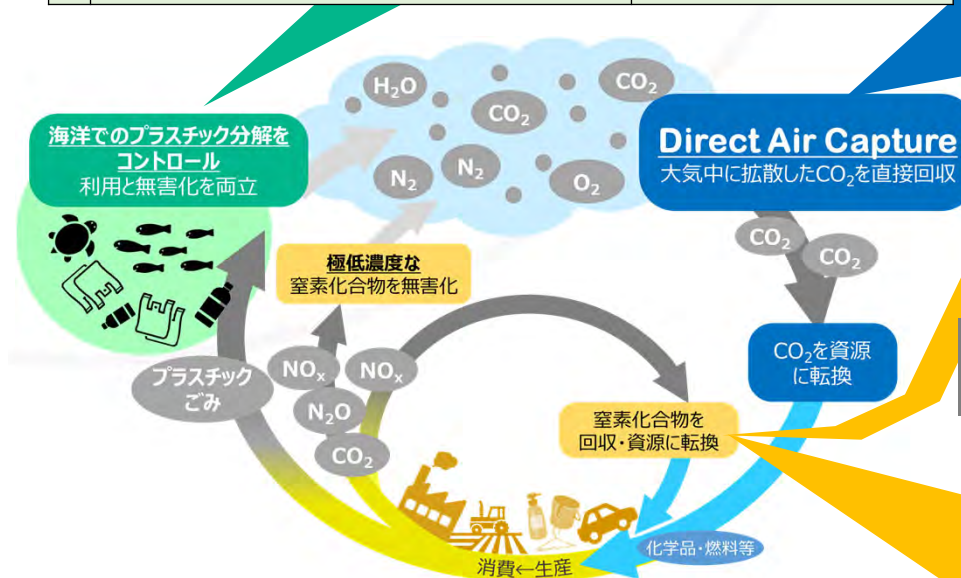
	研究開発プロジェクト	PM
1	大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄
2	電気化学プロセスを主体とする革新的CO ₂ 大量資源化システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和
3	C ⁴ S研究開発プロジェクト	(国大)東京大学 野口 貴文
4	冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発	(国大)東海国立大学機構名古屋大学 則永 行庸
5	大気中CO ₂ を利用可能な統合化固定・反応系(quad-C system)の開発	(国大)東北大学 福島 康裕
6	“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO ₂ 循環システムの研究開発	(国大)九州大学 藤川 茂紀
7	電気エネルギーを利用し大気CO ₂ を固定するバイオプロセスの研究開発	(国研)産業技術総合研究所 加藤 創一郎
8	資源循環の最適化による農地由来の温室効果ガスの排出削減	(国大)東北大学 南澤 究

Clean Earth

<窒素循環>

窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

	研究開発プロジェクト	PM
9	産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出ープラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	(国研)産業技術総合研究所 川本 徹
10	窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	(国大)東京大学 脇原 徹

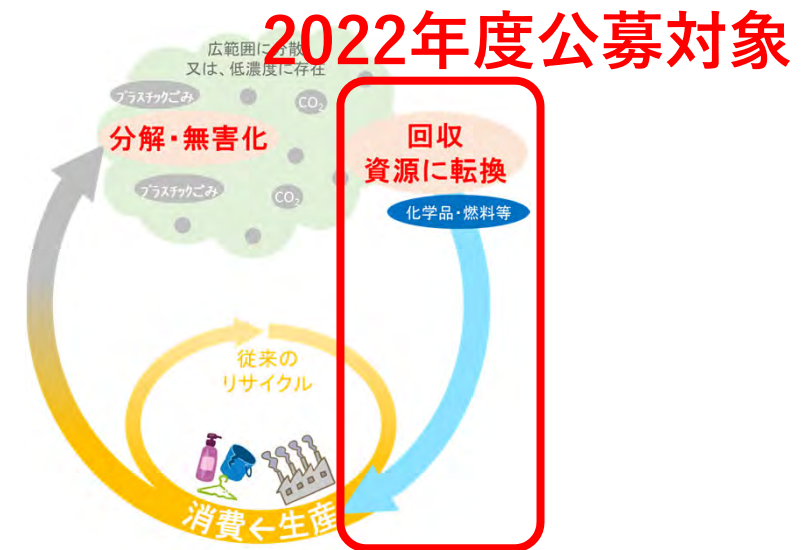


3. 2022年度公募等に関する基礎情報

3.1 公募の背景と対象物質・対象技術



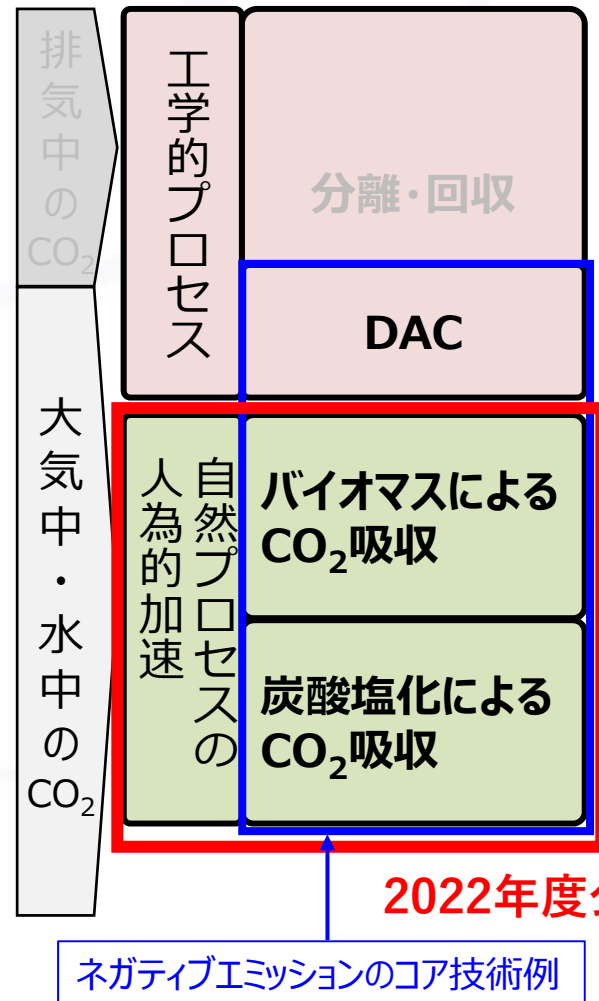
自然のCO₂吸収源を活用し、
人為的にCO₂の吸収速度を
加速させる技術



- 地球温暖化問題の解決（クールアース）を目的として、二酸化炭素を自然プロセスの人為的加速により回収・吸収する技術を募集
- 二酸化炭素削減ポテンシャルをベンチ試験レベルで検証
- 事業期間：2022年度～2024年度（約2.5年）
- 予算上限：5億円/PJ

3. 2022年度公募等に関する基礎情報

3.2 対象技術の例



【バイオマスによるCO₂吸収】

例えば、大量のCO₂を吸収が可能な植物等（樹木や草類、海藻や海草類など）、人為的にバイオマスのCO₂吸収を加速させる技術

【炭酸塩化によるCO₂吸収】

例えば、玄武岩などの岩石を粉砕・散布するなど、人為的に風化を加速させる技術（風化促進）

出所）MS目標4 研究開発構想 図6 を基に作成

3. 2022年度公募等に関する基礎情報

3.3 公募等に関する基礎情報



1. 公募期間

4月27日～7月4日（68日間）

5月13日 公募説明会開催（約80名参加）

2. 審査・採択スケジュール

7月12日～7月27日 事前書面審査

8月9日、10日 面接審査

9月9日 戦略推進会議

9月中旬 採択決定予定

9月下旬以降 契約手続き・研究開始予定

3. 応募者（受理件数）

18件

4. 採択候補

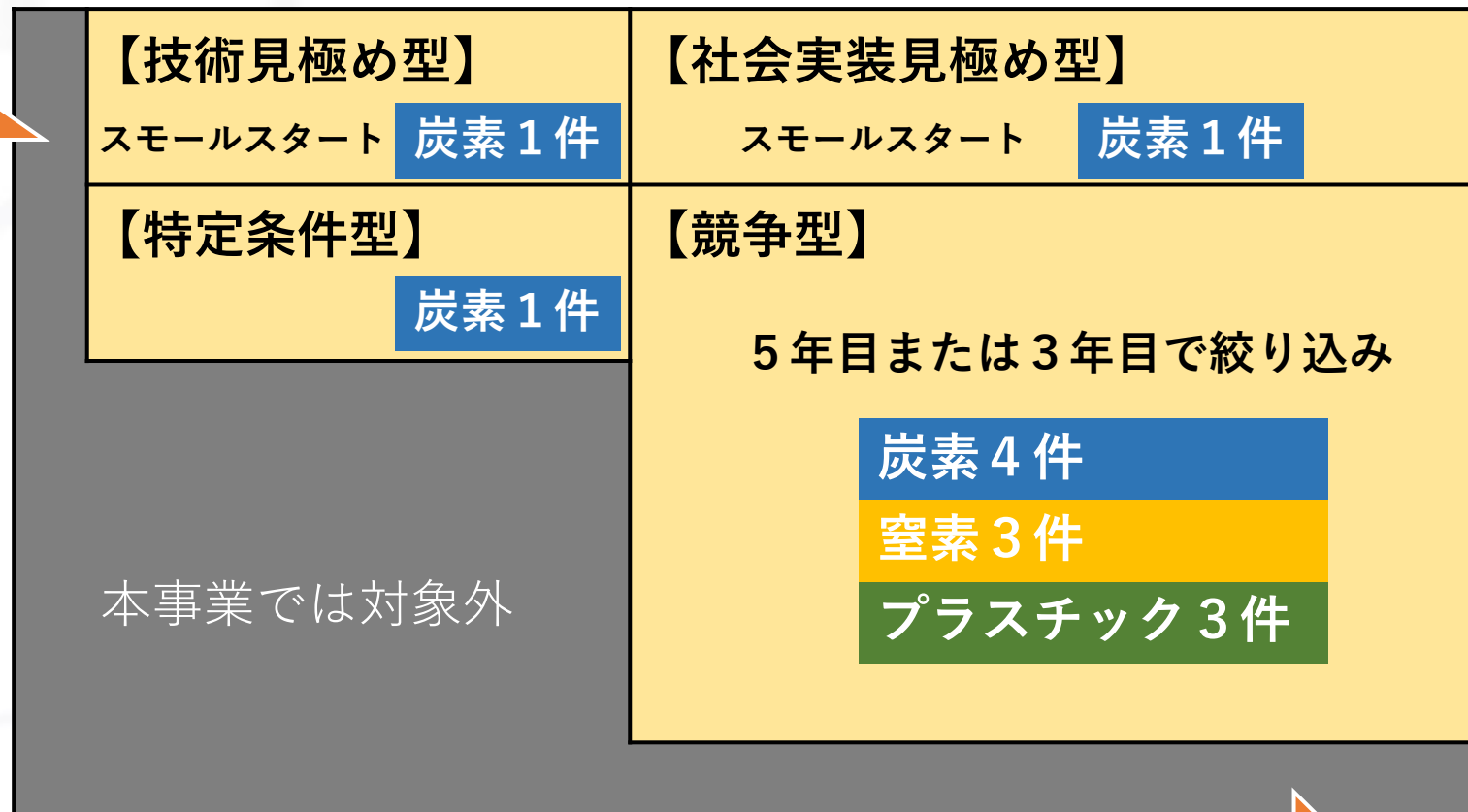
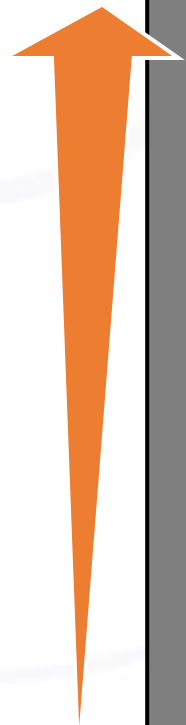
5プロジェクト

4. 研究開発の進め方等について(資金配分の考え方)

4.1 ムーンショット領域と資金配分の考え方(1)



挑戦的

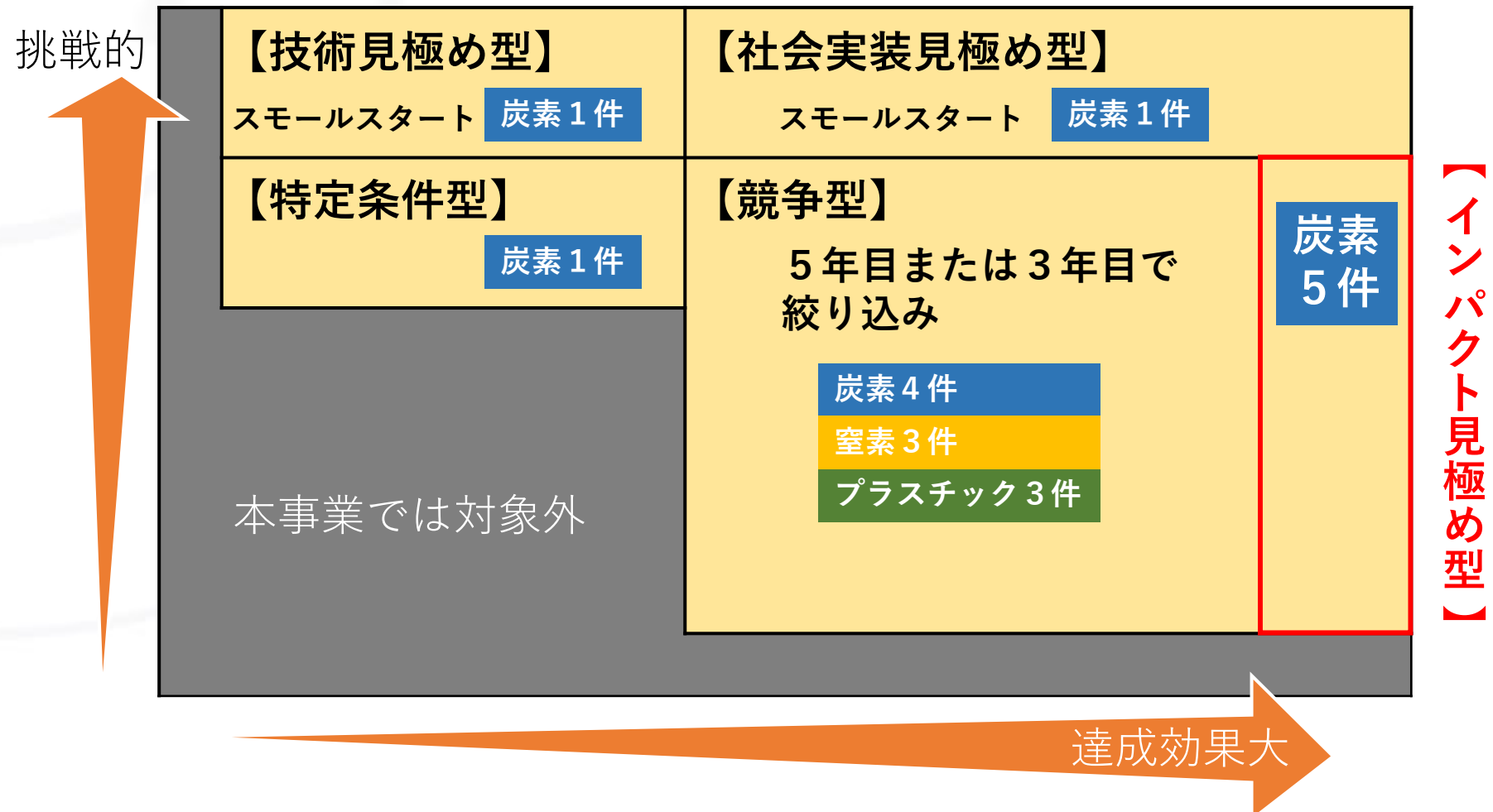


達成効果大

※ ポートフォリオ: プロジェクトの構成(組み合わせ)や資源配分等の方針をまとめたマネジメント計画

4. 研究開発の進め方等について(資金配分の考え方)

4.1 ムーンショット領域と資金配分の考え方(2)



※ ポートフォリオ:プロジェクトの構成(組み合わせ)や資源配分等の方針をまとめたマネジメント計画

4. 研究開発の進め方等について(資金配分の考え方)

4.1 ムーンショット領域と資金配分の考え方(3)



【競争型】

類似の領域や技術であり、競わせながら研究開発を推進するもの。
5年目または3年目に絞り込み。ここに重点配分。

【特定条件型】

特定の条件下においては有意であり技術的にもユニークなもの。

【見極め型】(スモールスタート)

技術等を見極めが必要と評価したもの。「見極め」に絞った計画に見直し、小規模に開始。

- ①技術見極め型：技術的難易度が極めて高いことに加え、新市場の創出も求められる（市場の評価基準も作る必要がある）もの
- ②社会実装見極め型：技術的難易度が極めて高いことに加え、市場適応性の観点で見極める必要があるもの
- ③インパクト見極め型：技術的效果と普及ポテンシャルを見極める必要があるもの ※今回の公募対象

5. 採択プロジェクト一覧

対象物質	技術分類 (CO ₂ 回収)	採択候補のプロジェクトとPM
炭素	バイオマス (陸上)	「炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現」 【PM】 農業・食品産業技術総合研究機構 矢野 昌裕 シニアエグゼクティブリサーチャー
炭素	バイオマス (陸上)	「遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO ₂ 資源化植物の開発」 【PM】 産業技術総合研究所 光田 展隆 副研究部門長
炭素	バイオマス (水圏)	「機能改良による高速CO ₂ 固定大型藻類の創出とその利活用技術の開発」 【PM】 京都大学 植田 充美 特任教授
炭素	炭酸塩化	「岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発」 【PM】 早稲田大学 中垣 隆雄 教授
炭素	炭酸塩化	「LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発」 【PM】 産業技術総合研究所 森本 慎一郎 チーム長

炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現



PM 矢野 昌裕

農業・食品産業技術総合研究機構
シニアエクゼクティブリサーチャー

提案時の金額

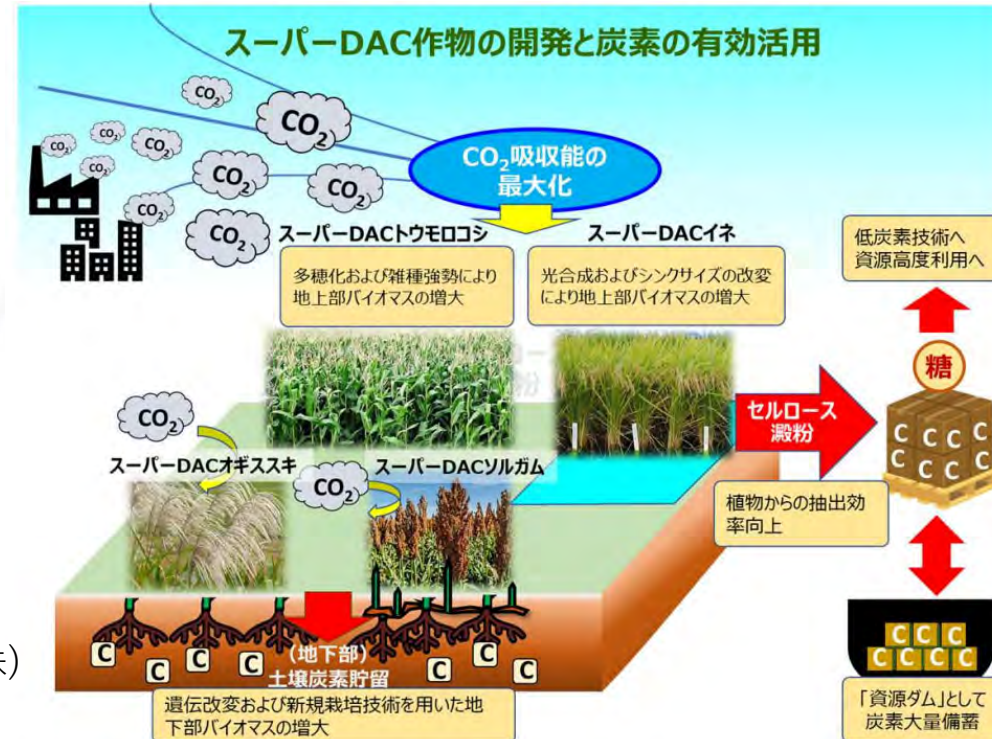
5億円（上限）※

提案時の研究体制

農業・食品産業技術総合研究機構、
名古屋大学、東京農工大学、東京大学、
京都大学、信州大学、理化学研究所、
埼玉大学、滋賀県立大学、朝日アグリア(株)

提案時の研究概要

世界陸地の1/10 を占める農地でのCO₂吸収速度を飛躍的に向上するため、水稻、トウモロコシ、ソルガムの品種開発に必要な遺伝子の単離・選定、ならびにゲノム編集等を用いた遺伝子改変素材の開発を行い、近縁野生種との交雑後代から育種素材を作出する。また、作物残渣分解および根圏炭素貯留の評価技術や茎葉セルロース等の回収・利用技術を開発する。



遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生 の統合で生み出す次世代CO₂資源化植物の開発



PM 光田 展隆

産業技術総合研究所
副研究部門長

提案時の金額

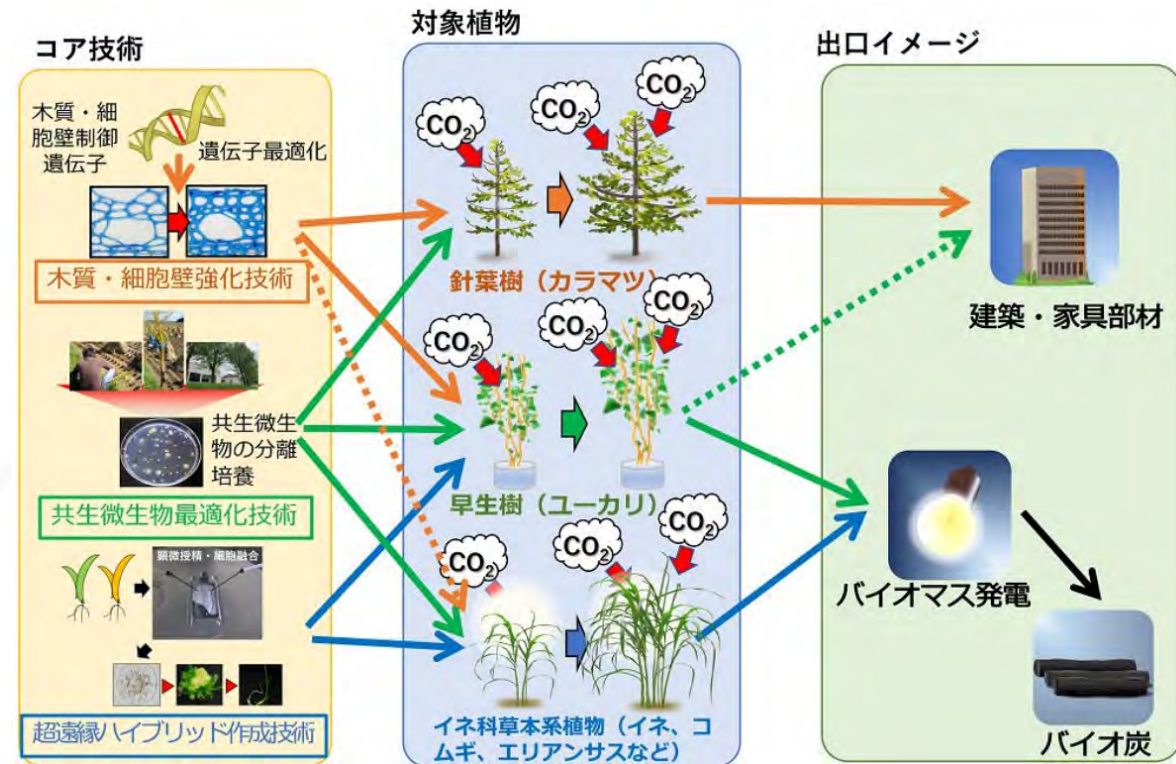
5億円（上限）※

提案時の研究体制

産業技術総合研究所、
東京都立大学、住友林業(株)

提案時の研究概要

ゲノム編集により木質・細胞壁成分を増強させた針葉樹や温帯型早生樹、新イネ科バイオマス植物の開発に加え、それらの栽培適地を超遠縁ハイブリッド作成技術により拡大させる。さらに、植物のバイオマス生産を増強させるような微生物の探索とその適用技術を開発する。



機能改良による高速CO₂固定大型藻類の創出とその利活用技術の開発



PM 植田 充美

京都大学 特任教授

提案時の金額

5億円（上限）※

提案時の研究体制

京都大学、三重大学、
Green Earth Institute(株)、
関西化学機械製作(株)

提案時の研究概要

陸上植物よりCO₂固定能が高い大型藻類の選抜・育種その他、それらのCO₂固定能加速に向けたCO₂固定酵素遺伝子系のゲノム編集と編集株の作製を行う。また、微生物機能を利用した大型藻類の利活用技術向上も行う。



岩石と場の特性を活用した風化促進技術 “A-ERW”の開発



PM 中垣 隆雄

早稲田大学 教授

提案時の金額

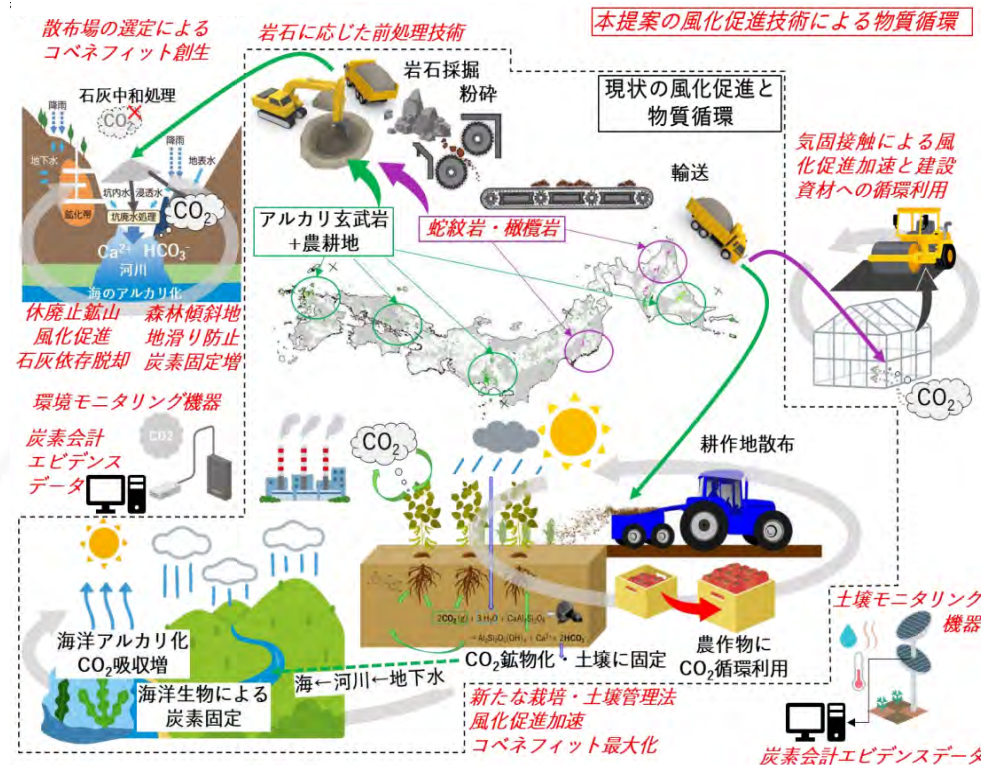
5億円（上限）※

提案時の研究体制

早稲田大学、北海道大学、
京都府立大学、
三菱重工エンジニアリング(株)

提案時の研究概要

岩石の特性に合わせた採掘・粉砕の前処理に加え、工業的方法、場の選定、耕作地散布のベンチスケール試験を行い、それぞれのCO₂吸収速度・固定量およびコベネフィットの予測モデルを構築する。これを基にパイロット実証規模へのスケールアップ設計のための方法論を確立する。また、国際的な認証・標準化に資する炭素会計情報基盤を整備する。



LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発



PM

森本 慎一郎

産業技術総合研究所
環境・社会評価研究チーム長

提案時の金額

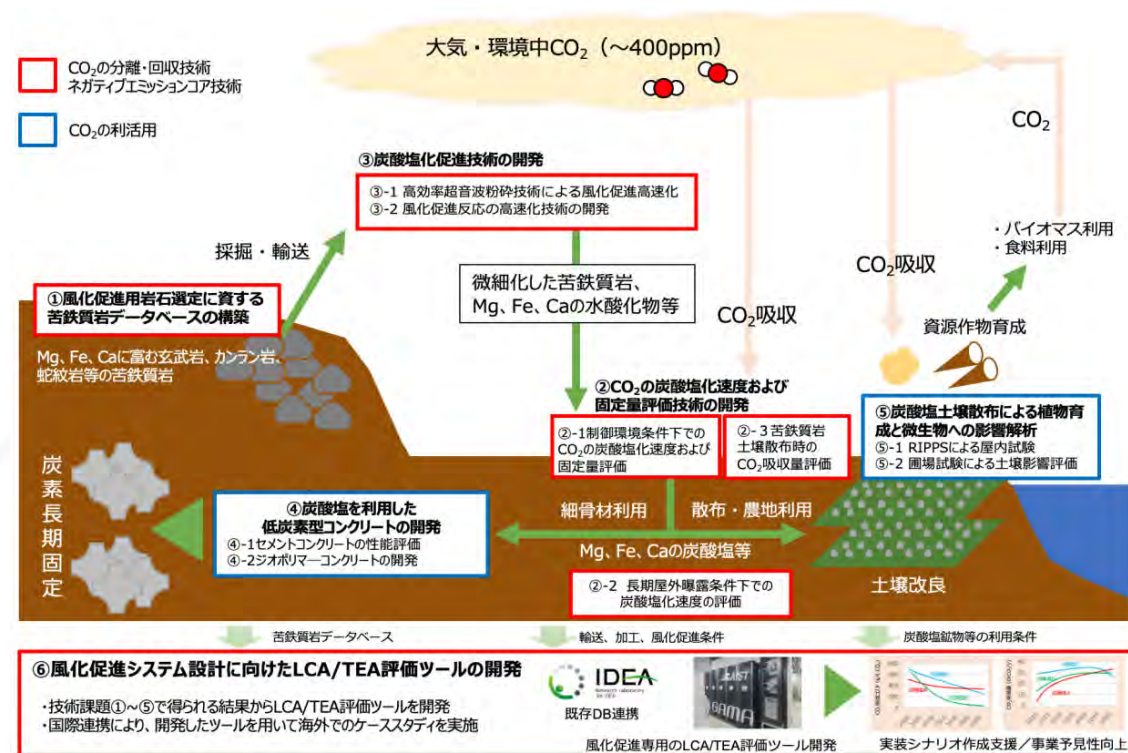
5億円（上限）※

提案時の研究体制

産業技術総合研究所、九州工業大学、
理化学研究所、(株)大林組、
AGCエスアイテック(株)

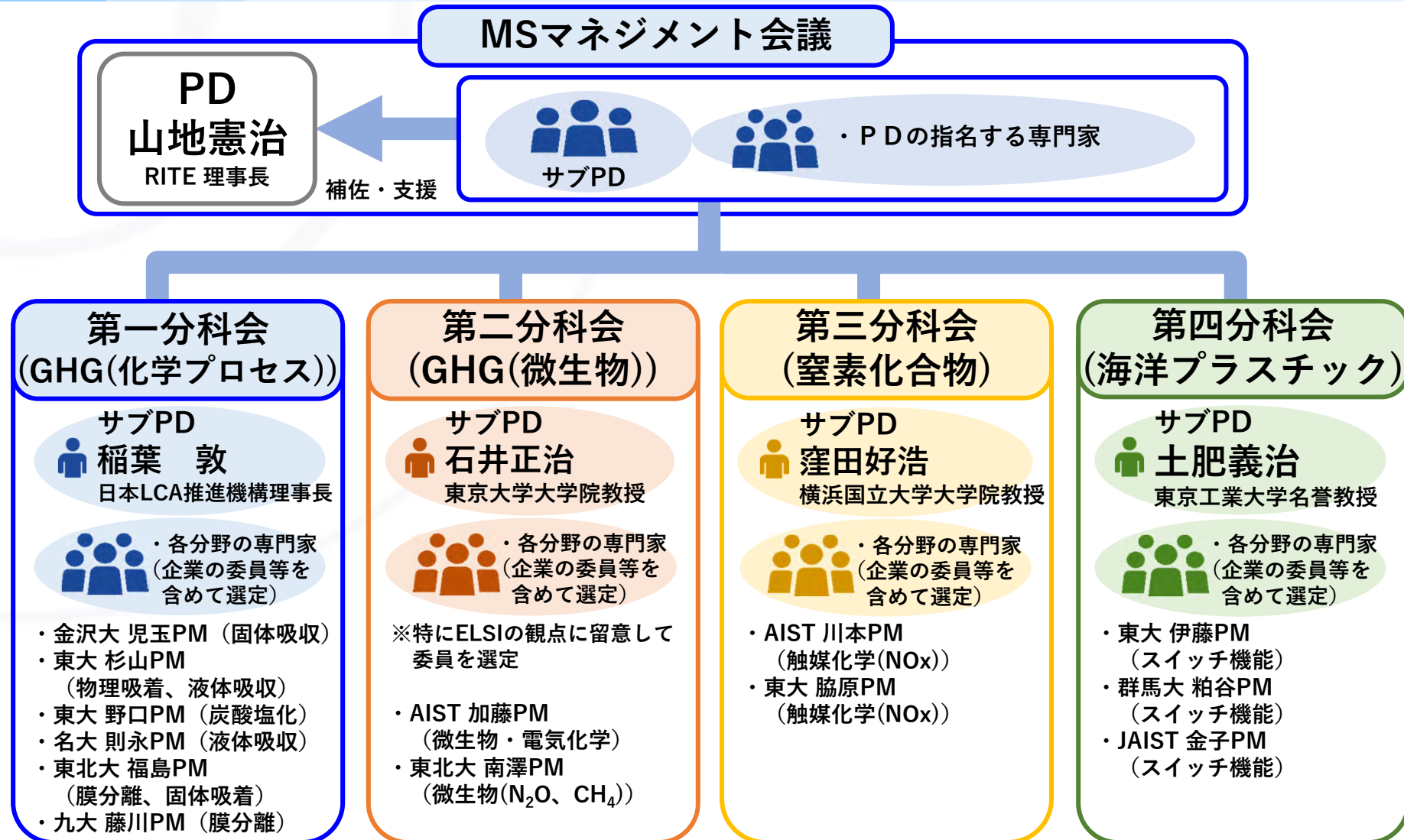
提案時の研究概要

大気中の希薄なCO₂を苦鉄質岩等の炭酸塩化（風化現象）によって吸収し、生成した炭酸マグネシウム等の炭酸塩を利活用するトータルシステムを開発する。また、そのシステムの評価基盤を開発し、LCA（Life cycle assessment）とTEA（Techno-economic assessment）の観点から最適化を行う。



6. 研究開発の進め方等について(社会実装の方策等)

6.1 社会実装等の方策(橋渡し、民間との連携、民間投資)(助言事項)



6. 研究開発の進め方等について(社会実装の方策等)

6.2 国際連携促進(助言事項)



ICEF※サイドイベントの様子



※ 世界のリーダーが一堂に会して技術イノベーションによる気候変動対策を協議することを目的として、2014年以降、日本政府主導の国際会議として毎年東京で開催。約80の国及び地域からハイレベルな有識者が参加。

PMによる国際連携の例

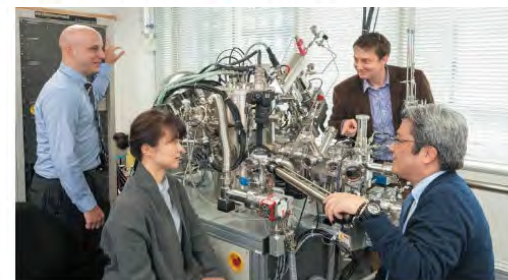


Japan's moonshot project to capture carbon

From households to industrial parks, versatile units could 'filter' carbon dioxide from the air under an ambitious moonshot project led by Kyushu University.

Produced by

nature research custom media KYUSHU UNIVERSITY



出典) <https://www.nature.com/articles/d42473-020-00521-1>