

CREST・さきがけハイブリッド領域 量子・古典の異分野融合 による共創型フロンティアの開拓

研究総括

井元 信之

東京大学 特命教授室 特任教授



科学技術振興機構

目次

- 背景
- 本研究領域の基本方針
- 本研究領域の実施体制
- 募集・選考の方針
- 研究テーマ例(1)
- 研究テーマ例(2)
- 研究テーマ例(3)
- 領域運営の方針
- 領域アドバイザー
- 2023年度採択課題
- まとめ

背景

- 量子は日本および世界の潮流・うねりである
 - ・ 量子コンピュータ、量子通信、情報・AI研究の進化と多様化
- 異分野融合は不可避→既融合の発展・まだ見ぬ融合も!
 - ・ 量子×(情報+通信+暗号+計測+化学+経済+・・・無尽蔵!)
 - ・ 量子といえど古典技術は不可欠。量子古典ハイブリッドで飛躍!
- 既終了各種量子プロジェクト間のコラボ展開の場の不足
 - ・ 終わってそれまでというのではなく、新たな発展・組み替えも奨励
- 文部科学省の令和5年度戦略目標
 - ・ 目標名:量子フロンティア開拓のための共創型研究

https://www.mext.go.jp/content/20230314-mxt_chousei01-000028067_000003.pdf

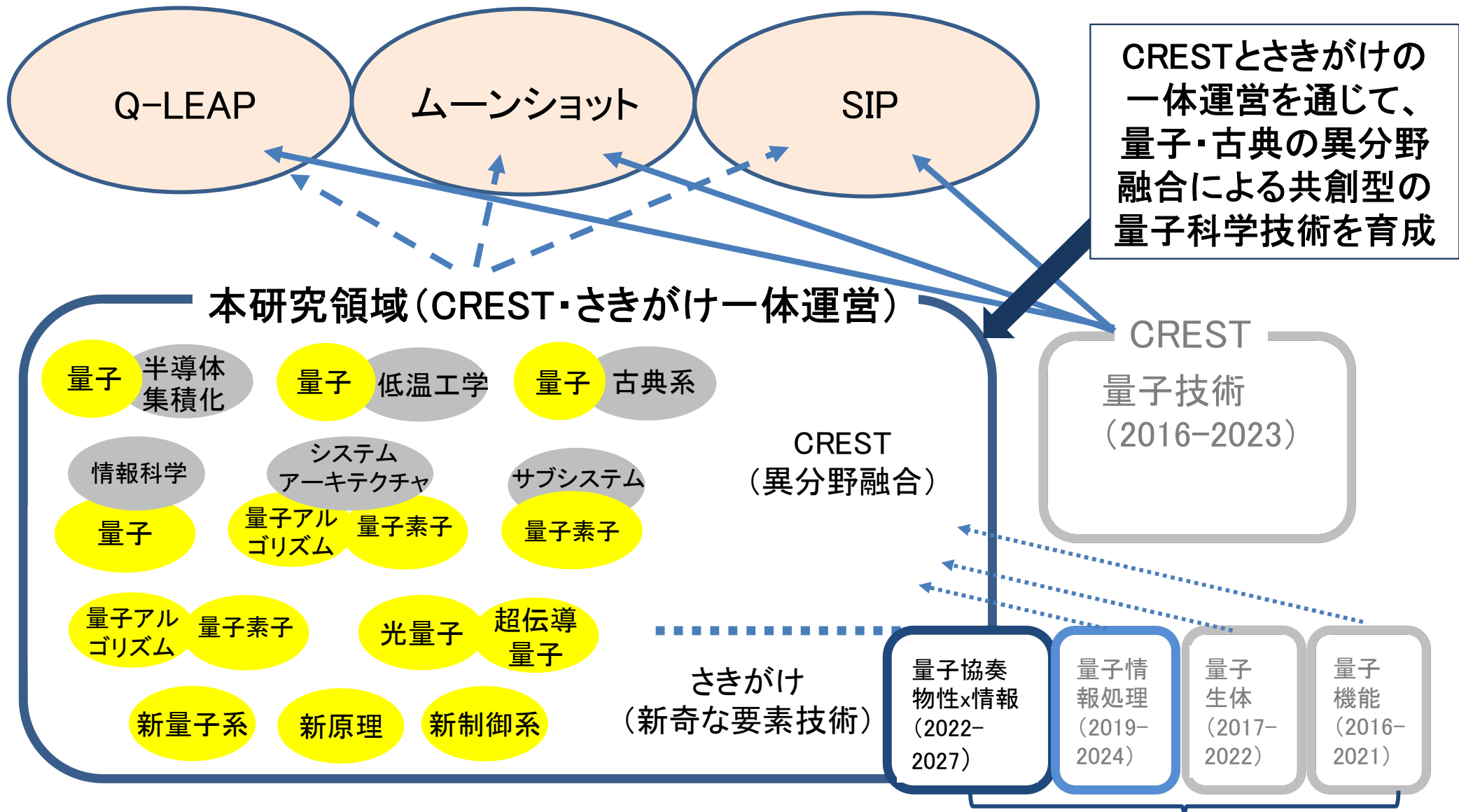
本研究領域の基本方針

- 量子システム開発から使い方の研究まで幅広く包含
 - 将来的な量子科学技術の発展を目指し、量子システムを「作る」ために多分野を結集することから、既存システムを様々な分野の発展のために「使う」研究まで含めます。
作るにせよ使うにせよ、分野的には数理学・情報工学・電気電子・機械工学・材料化学・生命科学などと量子との共創を、
レイヤー的には基礎科学・材料・デバイス・システム・アプリケーションを通貫するようなブレイクスルーを目指します。
 - 一つの提案だけで広範な共創を含むこともあるでしょうし、小規模の提案が研究期間中に集まって共創する可能性も考えたいと思います。そのための情報交換の支援には労を惜しみません。

本研究領域の実施体制

- CRESTとさきがけの一体運用
 - 前ページの基本方針を貫くため、CRESTとさきがけを一体的に運用するハイブリッド型の領域として実施します。
 - 具体的にはCRESTとさきがけの双方が互いに理解し合い、コラボが発生する可能性も視野に入れ、成果発表などを合同で行うことを企画します。
 - アドバイザーもCRESTとさきがけで別々に編成せず、一体として編成します。これにより、アドバイザー全員が全貌を共有し、有機的な、統一感のある指導を実現します。

本研究領域の実施体制(イメージ)



募集・選考の方針

● CRESTとさががけの違いについて

- CRESTは、量子と量子以外の分野、量子の中での異なる原理・手法・技術、異なるレイヤーが連携・融合することで**新たな量子フロンティア領域に繋がるような共創的な提案**を期待します。また、提案者が研究実績を有しているか、及びチーム体制が適切かどうかを重視します。

(1課題あたり研究費上限:総額3億円、

チャレンジ的な連携・融合のための原理検証までを主とする場合は総額1.5億円)

- さががけは、新しい量子系・制御系・原理など、単独の分野であっても提案者自身の**新奇で尖った提案**を期待します。また、提案内容が提案者本人の着想によるものか(本人のオリジナルの提案と判断できるか)を重視します。

(1課題あたり研究費上限:総額4,000万円)

※金額は直接経費

募集・選考の方針

- CRESTとさきがけの違いについて(続き)
 - CREST・さきがけのいずれにしても、他のもっと大型のプロジェクトの一部タスクを下請けするような提案は遠慮願ひ、先々を切り拓く芽を育てる提案を期待します。勿論CRESTは5年半で完了する開発型提案も歓迎します。

研究テーマ例（1）

● 技術分野（レイヤー）や学術分野の融合例

● システム化を目指した技術分野の融合例

- 量子コンピュータ・量子通信・量子暗号・量子センサーにおいてシステムアーキテクチャ・コンパイラ・qubit制御・3D実装・エラー訂正・量子中継等のレイヤー内またはレイヤー間の新奇な制御
 - ・量子ビットの例：超伝導・イオン・光・原子・半導体など
 - ・超伝導の例：クライオCMOS、マイクロ波制御、冷却技術など

● 基礎学理や学術分野の融合例

- 素粒子・宇宙の新理論(実験困難)を量子物性系でシミュレーション
- 脆弱な生体物質を量子計測により安全波長・微弱光で分光
- 異なるハードqubit系を組み合わせたコンピュータ・通信のプロトタイプ

研究テーマ例（2）

● 新奇的な量子系や制御方式

- これまで利用提供のないqubit系（例：浮遊電子、transmon以外の超伝導qubitなど、他にないポテンシャルを有しているもの）
- これまで利用提供のあるqubit系の新奇的なトポロジー配置とその作製・制御・量子計算上の優位性分析等の提案
- Qutrit系やqudit系による計算・通信・計測の具体的提案、およびこれらと既存のqubit系との混在・融合の方法など

研究テーマ例（3）

- エラー対処・訂正／アルゴリズム等、使い方の研究
 - エラー緩和・エラー訂正・フォールトトレラント
 - 新奇な手法やその組合せ、既存の手法の新奇な実現法
 - mitigation、誤り訂正、early FTQC一般、full FTQCなどの研究
 - 量子技術の応用・新規な使い方
 - 新奇な課題や分野への応用、既存の課題や分野での新規な使い方
 - 量子コンピュータの能力を最大限に発揮させるための研究
 - VQE、QAOAに相当する「問題を量子コンピュータで解くための手法」の研究
 - 他の分野と量子技術の組合せ
 - 素粒子・宇宙、物性物理、化学、材料工学、電気電子、情報処理、機械工学、計算科学、最適制御、機械学習、AI、基礎数理など

注：研究テーマ例(1)(2)(3)はあくまでも例であり、これらの例に含まれなくとも、斬新な提案で可能性のあるものは勿論歓迎されます。短期的開発から未来志向のものまで、ねらいと特徴を書いてください。また、世界情勢の中での位置づけや提案の根拠(新奇性や実現性など)も書いてください。

領域運営の方針

本研究領域ではCREST研究チームおよびさきがけ研究者が心おきなくそれぞれの研究に取り組み、交流も滞りなく進められるよう、研究総括および領域アドバイザーが一体となってサポートします。

● 領域会議等

- 領域会議は年2回程度、サイトビジットは適宜行います。
- 総括、領域アドバイザー、研究者からの真摯な提言を促します。

● 研究交流等

- 領域内はもちろん、領域外の交流も奨励します。
- 国内・海外との交流も促進します。

領域アドバイザー

氏名	所属
石内 秀美	元 先端ナノプロセス基盤開発センター(EIDEC) 代表取締役社長
井上 弘士	九州大学 大学院システム情報科学研究所 教授
小芦 雅斗	東京大学 大学院工学系研究科 教授
上妻 幹旺	東京工業大学 科学技術創生研究院 教授
高柳 匡	京都大学 基礎物理学研究所 教授
竹内 繁樹	京都大学 大学院工学研究科 教授
樽茶 清悟	理化学研究所 創発物性科学研究センター グループディレクター
富田 章久	北海道大学 大学院情報科学研究所 教授
中村 泰信	理化学研究所 量子コンピュータ研究センター センター長
平野 琢也	学習院大学 理学部 教授

氏名は五十音順

2023年度採択課題 (CREST 7件、さきがけ 12件)

※C:CREST、さ:さきがけ

分野	量子技術	量子計測	量子コンピュータ	量子通信・暗号	新量子技術・その他
超伝導・半導体		さ沓間弘樹 光子数分解可能なスケラブル単一光子検出器	C 徳永裕己 分散量子コンピューティング さ野入亮人 大規模化可能なシリコン量子コンピュータ単位構造 さ小川和久 常在ZZ相互作用を用いた量子計算		さ新田龍海 超伝導量子センサーと暗黒物質探索の共創的融合
原子・分子	C 高橋義朗 超低温原子の高精度量子計測				2分野に関連
光・スピン	さ上ノ町水紀 核スピンを介した量子診断技術 C 小林研介 量子スピン顕微鏡で切り拓く極限物性 C 水落憲和 生命現象解明のための高感度量子センシング顕微鏡 C 楊井伸浩 スピン超偏極分子材料の創出に基づく量子医療診断	さ沓間弘樹	さ高野哲至 光導波路による中性冷却原子デバイスの集積化		さ新田龍海 超伝導量子センサーと暗黒物質探索の共創的融合
情報・AI		さ沓間弘樹 光子数分解可能なスケラブル単一光子検出器	さ福井浩介 誤り耐性光接続によるハイブリッド量子ネットワーク さ奥田拓也 格子ゲージ理論シミュレーションへの量子情報理論的アプローチ	さ山崎隼汰 高速な定数空間オーバーヘッド誤り耐性量子計算	さ竹森那由多 k-RDM推定量子アルゴリズムが拓く量子新奇準周期系 さ早川龍 量子位相的機械学習法の開発
新奇・その他	さ福島知宏 強結合電気化学エネルギー変換		C 山内薫 イオントラップqudit-boson型量子演算		C 上田正仁 浮揚ナノ粒子が拓くハイブリッド量子

まとめ

- 本領域のCRESTおよびさきがけ研究を通じてこれまでにない新展開に挑まれるみなさんが、現在日本および世界で行われている開発の次に来る新しい芽を数多く創出されることを切に願い、本CRESTおよびさきがけに意欲的な提案をしていただけることを心待ちにします。
- 本領域は分野間・レイヤー間の共創による異次元の新展開を主眼としています。始まった後もチーム間共創が生まれる可能性を大切にします。そのために必要な支援や環境を、状況を見つつ整備して行く所存です。
- 昨年度に応募・不採択の方の、提案(目標、内容、計画、体制など)を見直しての積極的な再応募も期待しています。