

# さきがけ 物質と情報の量子協奏

令和 6年 4月 24日

研究総括

小林 研介

東京大学 大学院理学系研究科 教授



科学技術振興機構

# 目次

## ■背景

## ■領域概要

- 募集・選考の方針
- 具体的な研究の例 (1), (2), (3)
- 選考にあたって

## ■領域運営の方針

- 研究総括
- 領域アドバイザー
- 研究期間・研究費

## ■メッセージ

# 背景

## ■ 量子科学への期待

- 社会のニーズに応え、大変革をもたらす革新的技術

## ■ 量子状態の繊細さと量子制御の複雑さは人類全体にとっての大きな挑戦

- 複数の方式の量子ビットが並列して開発
- 将来優位に立つ量子ビット型については現時点でも未確定

## ■ 大規模量子コンピュータのための要素技術がすべて出揃っているわけではない

- 実験面・理論面・ソフトウェア面での基礎研究が必要

## ■ 量子制御技術はいまなお未踏の地

- 新しいアイデアひとつで既存の方法論・世界観を変える可能性を秘めた挑戦の場

# 領域概要

## 【目的】 革新的量子制御技術の創成

- 量子物性と量子情報を融合し協奏的發展の場を構築
- 量子多体系の制御と機能化 & 新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用
- 将来の基盤技術となる可能性を持つアイデアを創出し、日本発のゲームチェンジを目指す

文部科学省の令和4年度戦略目標

「量子情報と量子物性の融合による革新的量子制御技術の創成」

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/2021/mext\\_00100.html](https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2021/mext_00100.html)

# 募集・選考の方針

## さきがけ「物質と情報の量子協奏」

気鋭の若手研究者に、量子という視点から物質と情報に関して協奏的な研究を推進する機会を与え、次の10～20年を先導する新たな量子制御技術の創成を目指す。

# 募集・選考の方針

## 物質

トポロジ

量子多体現象・素励起  
非平衡・散逸

...

量子制御技術にとって  
未開拓かつ豊穡な資源

量子  
協奏

## 情報

量子もつれ

量子計算・計測  
量子通信・暗号

...

将来的に実現可能な  
物理系を念頭においた研究

大規模量子情報処理のための要素技術の選択肢を増やす試み  
さらには世界的なゲームチェンジを引き起こす起爆剤

# 具体的な研究の例 (1)

- ①量子多体系の制御と機能化 と
- ②新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用に関する野心的な研究

## 物質 ⇄ 情報

- 量子情報に基づいた量子物質における新しい量子状態制御手法の開拓
- 新原理量子ビット・量子センサ・量子シミュレーションの提案と実証
- 将来的に実現可能な物理系を念頭においた量子アルゴリズムの提案と実証

# 具体的な研究の例 (2)

## ①量子多体系の制御と機能化

- 新たな量子物性現象が期待できる新物質・新材料を設計・合成し、量子制御技術への応用を探索・実証
  - ・ トポロジカル絶縁体、量子スピン液体、量子液晶など
  - ・ 通常の物性探索ではない量子制御技術への具体的な応用
- 非平衡周期駆動によって実現される新しい量子制御技術の開拓
  - ・ 量子ポンプ、フロケ状態、時間結晶など
- 量子位相が関わる新機能開拓
  - ・ 非線形光学効果、シフトカレントなど
- 将来的に実現可能な物理系を念頭においた量子情報研究
  - ・ 量子アルゴリズム、量子インスパイア、量子機械学習など



# 具体的な研究の例 (3)

## ②新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用

- 物質中に発現する種々のトポロジカル構造や素励起を利用した新原理量子ビットや量子センサの提案と実証
  - ・ マヨラナ粒子、マグノン、スキルミオン、メロンなど
- 固体量子ビット・量子センサ基盤の高度化とその応用
  - ・ 量子ドット、超伝導回路、ダイヤモンドNVセンタなど
- 量子系の高度化・小型化・チップ化およびそれらを利用した量子シミュレーションへの展開
  - ・ 冷却原子系、イオントラップ、光回路など

ここにあげた例は、世界でも既に取り組みが始まっているテーマでもあります。このような例に当てはまらない、選考する側が驚くような斬新で挑戦的な手法・アイデアの提案が集まることを期待します。

# 選考にあたって (1)

## ■ 独創的革新的なアイデアや概念を期待します

- 量子制御技術における自身の提案の**価値**はどこにあるのか？
- 新しい**イノベーション**をもたらす可能性があるのか？
- 期待される革新的な機能や学理としての**普遍性**は何か？

## ■ 以下のポイントにも注目します

- 国際的な研究動向を踏まえた自身の提案の**優位性・独創性**
- 期間内でどこまで研究を**推進**できるか？
- 将来の社会的課題への解決に資する応用への**展望**

## ■ 新しい挑戦も歓迎します

- これまで量子物性または量子情報のどちらかの分野だけで研究されてきた方からの**挑戦的な提案**も歓迎します

# 選考にあたって (2)

審査の観点には科研費（若手や基盤など）とは異なります

- 審査は 総括 + 多彩な分野のアドバイザー（10名）で行います。
- 3年半の研究期間全体を使った野心的な計画を！短期的成果を求める小さくまとまった計画は採択しません。
- 新分野開拓、分野横断的な研究計画を歓迎します。
- 実績よりも計画の新規性・革新性を重視します。質的な新規性を持つ研究を。ただし単に無謀な計画は採択しません。実現可能性を綿密に検討してください。
- 学術的重要性や波及効果を分野外の人にもわかりやすく説明してください。

# 領域運営の方針

本研究領域では、さきがけ研究者が短期的な成果に固執することなく、3年半腰を据えてじっくり独創的研究に取り組めるような環境を提供できるように、研究総括・領域アドバイザーが一丸となってサポートします。

## ■ 協奏的・分野横断的な研究連携・研究交流

- 領域内での研究者との交流 → 研究の視野と人脈を広げる
- 関連するCREST、さきがけ研究領域等での研究者との交流
- 海外との共同研究や国内外の関連コミュニティとの連携を推進

## ■ 円滑な研究展開をバックアップする体制

- 領域会議 (半年に1回) + サイトビジット 等
- 総括、領域アドバイザー、他研究者からの率直かつ建設的な意見

# 研究総括：小林研介

## 電子状態の理解と制御に関する研究

### ■ 強相関電子系

- ◆ 一次元スピン系・超伝導体などの光電子分光

### ■ メゾスコピック系

- ◆ 位相・コヒーレンス・多体効果・非平衡
- ◆ 量子液体・近藤効果・超伝導接合・磁気抵抗
- ◆ ゆらぎ・ショット雑音・ゆらぎの定理

### ■ スピントロニクス

- ◆ スピン依存伝導・磁壁・電界制御

### ■ 量子センサ

- ◆ ダイヤモンドNV中心による精密物性計測

# 領域アドバイザー

氏名	所属
井上 慎	大阪公立大学 大学院理学研究科 教授
宇都宮 聖子	アマゾンウェブサービスジャパン合同会社 技術統括本部 プリンシパル機械学習・量子ソリューションアーキテクト
大岩 顕	大阪大学 産業科学研究所 教授
岡 隆史	東京大学 物性研究所 教授
川畑 史郎	法政大学 情報科学部 教授
桐原 明宏	日本電気(株) セキュアシステムプラットフォーム研究所 ディレクター
芝内 孝禎	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
武岡 正裕	慶應義塾大学 理工学部 教授
西岡 辰磨	大阪大学 大学院理学研究科 教授
松野 丈夫	大阪大学 大学院理学研究科 教授

# さきがけ1&2期生とアドバイザー

	物質 (12課題)	情報 (12課題)
<b>実験</b> (14課題)	<p><b>浅場 智也 (京大)</b> チューリング機構を用いたマヨラナ準粒子の創発</p> <p><b>黒山 和幸 (東大)</b> 電荷・スピン・光子のテラヘルツ量子インターフェース</p> <p><b>Lin Chaojin (東工大)</b> カイラル朝永ラッテンジャー液体による集積量子回路の創成</p> <p><b>笠原 裕一 (九大)</b> 量子スピン液体における創発準粒子の電気的検出技術の確立</p> <p><b>佐藤 拓朗 (分子研)</b> キラルな分子性物質を舞台にした強相関スピントロニクスの開拓</p> <p><b>成田 秀樹 (京大)</b> ハイブリッド超伝導体を用いた革新的量子制御技術の創出</p> <p><b>横内 智行 (理研)</b> 新規量子ビット実現に向けた量子スキルミオンの創出</p>	<p><b>稲田 聡明 (東大)</b> 物性と時空の融合による新規量子アンプの実現</p> <p><b>遠藤 護 (東大)</b> 光周波数コムによるマルチコア光子量子コンピュータプラットフォーム</p> <p><b>高島 秀聡 (千歳科学技術大)</b> 多光子量子もつれジェネレーターの開発</p> <p><b>野口 篤史 (東大)</b> イオントラップ技術による物性の創造</p> <p><b>衛藤 雄二郎 (京大)</b> 高輝度量子光源によるフーリエ限界を超えた時間分解ラマン分光</p> <p><b>佐々木 遼 (理研)</b> 集積フォノン回路によるカイラル量子ネットワークの創出</p> <p><b>Le Thu Hac Huon (産総研)</b> メタオプティクスを用いた単一冷却原子アレイ生成制御</p>
	<p><b>松野 丈夫</b>   <b>桐原 明宏</b>   <b>芝内 孝禎</b></p>	<p><b>大岩 顕</b>   <b>宇都宮 聖子</b>   <b>井上 慎</b></p>
<b>理論</b> (10課題)	<p><b>赤城 裕 (東大)</b> CP<sup>N</sup>スキルミオニクス—スキルミオンと情報の量子統合</p> <p><b>高三 和晃 (東大)</b> 非平衡物質相を利用した革新的量子デバイス技術の創出</p> <p><b>山田 昌彦 (東大)</b> 量子と古典の境界に挑戦する行列積くりこみ群法</p> <p><b>Chiu Ching-Kai (理研)</b> Mastering Quantum Complexity: The Path to Scaling and Controlling topological Majorana bound states</p> <p><b>沼澤 宙朗 (東大)</b> 強相関系の非平衡開放系ダイナミクスと量子情報</p>	<p><b>森 貴司 (慶應大)</b> 散逸と非平衡外場駆動の結合による量子制御の理論構築とその応用</p> <p><b>山崎 雅人 (東大)</b> 固有状態熱化仮説の破れと場の理論の量子シミュレーション</p> <p><b>内野 瞬 (早稲田大)</b> 強結合な量子開放系の定式化と冷却原子シミュレータへの応用</p> <p><b>小澤 知己 (東北大)</b> 量子幾何とトポロジーを用いたAMO量子技術の開発</p> <p><b>水田 郁 (東大)</b> 非平衡量子系の物理に基づく汎用大規模量子アルゴリズム</p>
	<p><b>岡 隆史</b>   <b>川畑 史郎</b></p>	<p><b>武岡 正裕</b>   <b>西岡 辰磨</b></p>

# 研究期間・研究費

2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度
		1 年次 採択					
			2 年次 採択				
					3 年次 採択		

- 研究期間：2024年10月～2028年3月（3年半）
- 研究費総額：上限 4,000万円（直接経費）



# メッセージ

- 本さきがけでの挑戦をきっかけとして、今後10-20年間で量子制御技術に新潮流を生み出すという意欲に満ちた、志の高い研究者の皆さんからの熱意あふれる提案をお待ちしています。
- 本さきがけに集う研究者の皆さんが、切磋琢磨しあい、協奏的に高め合う環境を整えます。

