

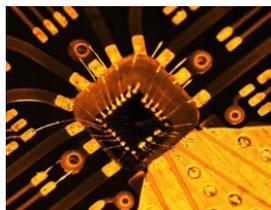
# 量子情報と量子物性の融合による革新的量子制御技術の創成

量子力学の世界に特有な量子もつれなどの性質を新たなテクノロジーへ転換することを目指し、「量子情報」と「量子物性」の融合によって、次世代を先導する新たな量子機能化・制御技術を創成

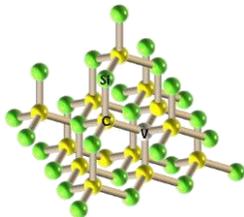
量子情報

## 量子情報

量子コンピュータや量子センシング等、新たな産業や技術基盤の創出につながる量子科学のフロンティアを開拓



高精度ユニバーサル操作を実現したシリコン量子コンピュータチップ  
[https://www.riken.jp/pres/s/2022/20220120\\_1/](https://www.riken.jp/pres/s/2022/20220120_1/)



新規スピン欠陥・単一光子源の創製  
<https://doi.org/10.1088/1361-6463/aad0ec>

## 量子科学技術の新潮流

- 量子コンピュータの大規模化や量子センシング技術の高精度化などに向けて、重ね合わせやもつれなどの量子状態を巧みに操り、『量子多体系』における非平衡状態や散逸現象を高度に理解するとともに制御・機能化

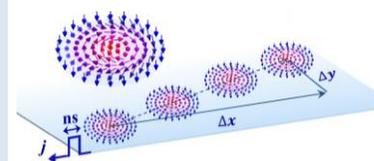
量子多体系・・・電子など量子力学的に振る舞う多数の粒子が相互作用する系

- 将来のデバイス化など実用化を見据え、**新奇材料などの物性物理の知見を駆使し、融合的な幅広い基礎的研究を推進**



## 量子物性

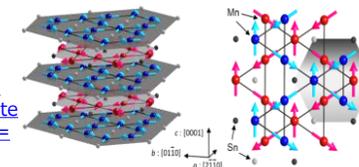
“トポロジー”など新たな物質観に基づく新物質創出やその基礎学理構築による物質科学のフロンティアを開拓



電流パルスによるスキルミオン制御  
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-27073-2>

ワイル粒子の電氣的制御

<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=10521>



研究例

- 量子多体系における新現象、新状態、新準粒子の探索や解明
- 新奇な量子物性現象の量子シミュレーションや制御手法の高度化、新現象の発現が期待できる物質系の設計、合成、機能化
- 新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用に関する研究

散逸現象

トポジカル物性

量子スピン液体

固体量子ビット

非平衡状態

計測・制御技術

スキルミオン

冷却原子



▶▶ これまでになかった優れた特性を持つ量子ビットや量子センサデバイス等の創成につながる新技術シーズを創出

量子技術やその研究成果を社会システムに取り込み、生産性向上、カーボンニュートラル社会、SDGs等の社会課題解決を実現

## 令和4年度戦略目標

### 1. 目標名

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

### 2. 概要

量子技術は将来の我が国及び世界の社会に大きな変革をもたらす革新的技術とされ、国内外で研究開発競争が激化している。一方で、量子状態制御の繊細さや複雑さに起因して、例えば、量子コンピュータでは、将来的に優位に立つ量子ビット型は決まっていな目される等、新たな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ている。この新たなアイデアの創出には「量子情報<sup>※1</sup>」の理解の深化が不可欠であるが、このためには、我が国が強みを持ち量子制御技術の基盤となる物性物理学の知見を広く活用することが極めて重要である。すなわち、量子情報と「量子物性<sup>※2</sup>」を組み合わせることが日本発のゲームチェンジを実現する上で有効であると考えられる。

そこで、本戦略目標では、量子情報と量子物性の融合を図り、両者の結節点となる「量子多体系<sup>※3</sup>」を理解・機能化・制御する研究開発を実施する。これにより、革新的な量子制御技術を生み出し、これまでにない量子デバイスや量子材料の創製に繋げる。

※1：量子ビットなど、“0”と“1”の重ね合わせで表されるような量子状態が有する情報

※2：物質や材料において発現する量子力学的な性質

※3：電子など量子力学的に振る舞う多数の粒子が相互作用する系

### 3. 達成目標

本戦略目標では、「量子情報」と「量子物性」を融合することにより、次の10～20年を先導する新たな量子機能化・制御技術を生み出し、これまでにない量子デバイスや量子材料の創製に繋がる新技術シーズの創出を目指す。具体的には、以下の2つの達成を目指す。

- (1) 量子多体系の制御と機能化
- (2) 新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用

### 4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3.「達成目標」の実現を通じ、量子技術による不連続なイノベーションを起こし、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

#### ・生産性革命の実現

近い将来、急速な高齢化・労働人口の減少等が見込まれる中、技術革新を先取りし、IT（デジタル）、AIに続く「量子革命」を通じて、我が国の産業競争力の強化、これによる生産性の飛躍的向上を実現。

#### ・健康・長寿社会の実現

我が国が諸外国に先駆けて超高齢化社会を迎える中、量子技術を用いた革新的な医療や健

健康管理等を通じて、世界に冠たる健康・長寿社会を実現。

- ・国及び国民の安全・安心の確保

個人情報をはじめ、秘匿性の高いデジタル情報が急速に増大する中、量子的な効果を応用した通信・暗号技術により、高度セキュリティ社会を実現し、国及び国民の安全・安心を確保。

## 5. 具体的な研究例

### (1) 量子多体系の制御と機能化

量子多体系における新現象、新状態、新準粒子の探索や解明を行う。新奇な量子物性現象の量子シミュレーションやその制御手法の高度化、新現象の発現が期待できる物質系の設計、合成、機能化に関する研究を行う。具体例として以下の研究等を挙げるが、これらに限らない多様な研究を想定する。

- ・量子多体系における散逸現象や非平衡状態に関する研究
- ・新奇な量子物性現象が期待できる新物質・新材料の設計・合成・機能化・評価
- ・新現象や新状態を実現するための量子多体系の計測・制御技術の高度化

### (2) 新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用

量子多体系で発現する新現象・新状態の特性をセンシングや情報処理等の機能に転換し、新しい量子デバイスの創製を目指した研究を行う。具体例として以下の研究等を挙げるが、これらに限らない多様な研究を想定する。

- ・トポロジカル絶縁体、量子スピン液体、スキルミオン等のトポロジカル物性のデバイス応用
- ・量子ドット、超伝導回路、ダイヤモンドNVセンター等固体量子ビット基盤の高度化
- ・冷却原子系、イオントラップ、光回路等の高度化・小型化・チップ化

## 6. 国内外の研究動向

量子技術は、将来の我が国及び世界の経済・産業等、社会に大きな変革をもたらす可能性を有した革新的技術とされ、経済安全保障上も重要な技術である。特に量子コンピュータを対象に巨額な投資がなされ民間企業も含めて国内外で開発競争が激化するとともに、近年、「量子超越性」を実証したとする報告がなされる等、量子技術への期待が高まっている。

### (国内動向)

平成28年度戦略目標「量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓」、平成29年度戦略目標「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」、平成31年度戦略目標「量子コンピューティング基盤の創出」等に基づくCREST/さきがけの研究領域により、長期的な視点に立った量子技術に関する基盤的研究が進められ、量子情報処理や量子センシング、量子通信・暗号等、今日の量子技術の礎が築かれた。

また、令和2年1月に政府が策定した「量子技術イノベーション戦略」に沿って、光・量子

飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）や共創の場形成支援プログラム等の大型プロジェクトが推進され、量子コンピュータ、量子ソフトウェア、量子センシング等の社会実装や拠点化を指向した研究開発が実施されている。ムーンショット型研究開発制度（目標6）においても、2050年を目標に誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現を目指す挑戦的な研究開発が進行中である。なお、当戦略については、現在、産業競争力強化や社会課題解決等に向けて量子技術を活用して産業・社会にトランスフォーメーション（QX）を起こすことを目指して見直しの議論が進められている（令和4年4月目途決定予定）。

#### （国外動向）

量子科学技術に関して、米国は2019年から5年間で最大13億ドル（約1,400億円）規模を投資、EUは2018年から10年間で10億ユーロ（約1,300億円）規模のプロジェクトを開始、中国は2016年から5年間で約70億元（約1,200億円）の研究計画を実施する等、競争が激化している。

GoogleやIBMなど海外企業は量子コンピュータのクラウドサービスの提供を開始するなど一部で社会実装を進めている。中国でも巨額投資がなされ、量子情報科学拠点の形成が進むとともに、超伝導方式や光量子方式で量子超越性の実証実験がなされる等、インパクトのある成果が創出され始めた。

## 7. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年7月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 科学研究費助成事業データベース等を用いた国内の研究動向に関する分析及び研究論文データベースの分析資料を基に、科学技術・学術政策研究所科学技術予測センターの専門家ネットワークに参画している専門家や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の各分野ユニット、日本医療研究開発機構（AMED）のプログラムディレクター等を対象として、注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。
2. 上記アンケートの結果及びJST-CRDS戦略プロポーザル「量子2.0～量子科学技術が切り拓く新たな地平～」や有識者インタビュー等を参考にして分析を進めた結果、若手研究者にターゲットを絞り多様な分野との融合・連携を図ることで、次の10年の新たな潮流を生み出す量子状態制御に係る研究開発の推進が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「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」を特定した。
3. 令和3年11月に、文部科学省とJSTは共催で、注目すべき研究動向「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」に関係する産学の有識者が一堂に会するワーク

ショップを開催し、近年の量子情報や量子物性分野での研究成果創出や人材輩出、今後期待される量子技術によるイノベーション創出の加速に有効な融合・連携研究等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

## 8. 閣議決定文書等における関係記載

「第6期科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月26日閣議決定）

### 第3章 2. ③量子技術

・量子コンピュータ、量子計測・センシング、量子通信・暗号等をはじめとする主要技術に関する研究開発の抜本的強化、量子技術イノベーション拠点の形成、国際協力の促進、戦略的な知的財産マネジメントと国際標準化、優秀な人材の育成に加え、既存技術と組み合わせることによる短中期での実用化も含めた、量子技術の産業・社会での利活用の促進等、基礎基盤的な研究開発から社会実装に至る幅広い取組を、我が国の産学官の総力を結集して強力に推進する。

「量子技術イノベーション戦略」（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）

## IV. 量子技術イノベーション実現に向けた5つの戦略

### 1. 技術開発戦略 (1) 主要技術領域

- ・量子技術の基盤となる技術領域として、以下の4つを「主要技術領域」として設定する。
  - ・量子コンピュータ・量子シミュレーション
  - ・量子計測・センシング
  - ・量子通信・暗号
  - ・量子マテリアル（量子物性・材料）
- ・量子技術は、今後の飛躍的な発展が見込まれる一方、未だ基礎研究段階にある技術領域が多く、我が国の技術・人材等の厚みを増す観点からも、幅広い領域を対象として中長期的視野に立ったサイエンスベース（基礎研究段階）での研究開発等を着実に推進していくことが極めて重要である。

## 9. その他

本戦略目標では、次の10～20年の新潮流となるような、若手研究者からの挑戦的・独創的な研究提案を強く期待する。また、上記5. に示したような「量子情報」と「量子物性」の融合研究だけでなく、量子情報に資する量子物性研究（あるいはその逆）等、相互の領域への寄与が見込めるような研究を進めることが望ましい。

本戦略目標で対象とする研究分野や研究者層は、応用物理学会や日本物理学会のそれと深く関係することから、当該学会にてシンポジウム講演や特別セッション等を設定することで潜在的な応募者への宣伝や連携の促進等を行うことが期待される。

また、本戦略目標の実現においては、上記6.（国内動向）に示した量子技術関係の戦略目標

に加えて、平成 30 年度戦略目標「トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出」、令和 2 年度戦略目標「情報担体と新デバイス」等、現行の戦略目標で実施している研究と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。