

量子情報科学

① ビジョンの概要

最先端の物理学と情報学を統一した学問体系である量子情報科学は、物理学の多様性と情報の普遍性を基礎として、現在進行形で多彩な学術展開と科学技術革新を生み出し続けている。我々のビジョンは、量子情報科学が持つ極めて高い普遍性から派生する多種多様な知を学術的な立場から体系化すること、体系化された多様な知を元に新しい価値と技術イノベーションを創出し、量子情報科学を中心とした「知の循環」を生み出すことである。

② ビジョンの内容

1925 年に数学的基礎が築かれた量子力学は、それ以降の自然科学の基礎を確立すると同時に、現代社会の根幹をなす科学技術を多数生み出した。一方、情報の概念は、コンピュータやインターネット等へと応用され、高度情報化社会の技術基盤を形成するに至った。一見すると相異なる「物理」と「情報」が最も新しい形で統一された学問体系が「量子情報科学」である。量子情報科学は、「重ね合わせ」や「量子も

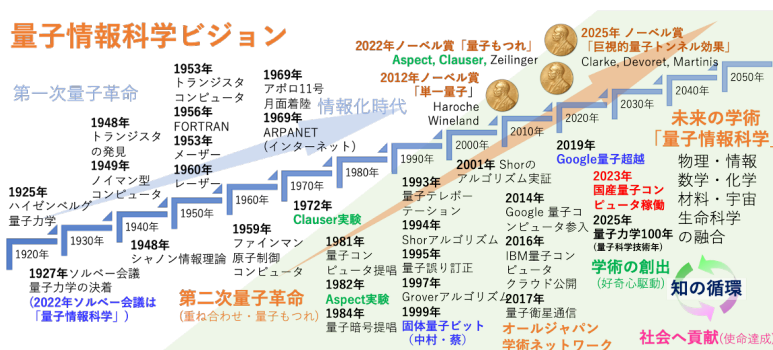


図1 量子情報科学のビジョン

等」等のミクロの世界に特徴的な量子力学的現象にまで適用可能な形で「情報」の概念を拡張するものであり、情報という概念の普遍性と量子力学の適用範囲の多様性に基づいた多種多様な研究が急速に進んでいる。基礎科学においては、量子情報という概念が持つ高い普遍性を基礎として、物理、情報、数学、化学、材料、生命科学の広範囲な分野で同時多発的に新しい研究が自然発生している。また、量子情報の概念に基づく科学技術革新は既に世界的な潮流となっており、特定の問題を現在のスーパーコンピュータ以上の速度で解く量子コンピュータや、衛星を用いた 1,000km 超の量子セキュア通信、超高感度の量子センシング等、目覚ましい進展が見られる。2012年に「重ね合わせ」の制御に関して、2022年には「量子もつれ」の研究に対してノーベル物理学賞が与えられたことから、その学術的な重要性和世界的な注目度の高まりがわかる。量子情報科学を中心とした基礎科学の新展開と科学技術の創出はこれから更に加速することは間違いなく、欧米各国では、量子情報科学を「次世代の知」として強力に支援する枠組みが構築され始めている。

本学術振興のビジョンは、量子情報科学が持つ高い普遍性から派生する多様な知を体系化し、それを新しい価値・科学技術の創出へと繋げることである。このビジョンの元で国内の量子技術イノベーション拠点の参画組織や各大学がボトムアップで整備を進めている量子情報科学の研究組織を含む幅広い人材を有機的に連携させる体制整備を行い、学術の面からの量子情報科学の振興、および、量子情報科学ネットワーク拠点を通じた学術とイノベーションの「知の循環」を目指す。

③ 学術研究構想の名称

量子情報科学

④ 学術研究構想の概要

本構想では、国内の「量子情報科学」の研究機関の学術研究の連携体制を構築し、国際的な連携強化に繋げ、量子情報科学の学術フロンティアを開拓し、多様な量子人材育成を行う。以下に主要な活動を挙げる。

- ・量子情報に基づく、宇宙・物質・化学・生命にわたる複雑で多彩な自然現象の理解と応用
- ・量子情報を多彩かつ精密に制御可能な新規量子技術と、その利用による新しい科学技術
- ・量子情報を基礎として量子技術を深く理解し、社会の多様なニーズに自在に応用できる量子人材の輩出

⑤ 学術的な意義

本構想では、量子情報研究組織と研究グループが有機的に繋がる「量子情報科学ネットワーク拠点」を構築し、学術的な立場から「量子情報科学」の一大潮流に貢献する。その重要性は、研究交流を活性化し量子情報科学の普遍性と多様性を多分野融合的に追求すること、そして、人材育成を加速させ、理工学から生命科学・社会科学に至るまで幅広い領域に貢献できる量子人材を輩出することにある。

本構想によって、量子情報の高い普遍性をベースとした多くの波及効果が期待される。既に物理、情報、数学、化学、材料、生命科学で量子情報科学に触発された研究が自然発生的に進んでいるが、ネットワーク拠点を通じて横の繋がりを強化することで、既存の手法では理解が難しい複雑な現象を量子情報・技術を用いて分野横断的に解明できると期待される。また、次世代の情報化社会をけん引することも見込まれる。これら基礎科学と応用技術の発展は、どちらが欠けても成り立たない。アカデミアを中心とした「好奇心駆動型の量子情報科学」と社会実装を目指す「使命達成型の量子情報科学」が両輪となった研究活動を進めることで、多種多様な革新的ブレークスルーへと繋げる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在、第2次量子革命の最中にあることは世界共通の認識であり、各国で「量子情報科学」への積極的な取り組みが見られる。これらの取り組みでは、「使命達成型」の研究開発や産業化の強化だけではなく、人材育成も含めた「好奇心駆動型」の基礎研究への強力な支援が含まれる。我が国においては、「使命達成型」の研究開発や産業化へ向けて強力な政策が推し進められているが、学術への取り組みの強化が遅れている。本構想では、「好奇心駆動型」の基礎研究を強力に推進し、既存の「使命達成型」の研究との強固な連携を図る。

⑦ 社会的価値

本構想の「量子情報科学」は情報時代の多様な課題を解決し、その進展を飛躍させるものであり、大きな社会的価値がある。産業競争力の強化、革新的な医療と健康管理、カーボンニュートラルの実現、情報時代の安全とセキュリティの確保に貢献する。材料開発では、既存材料の性能を最大化し、新性能を持つ材料の開発を加速する。化学・創薬分野では、高精度量子化学計算による窒素固定法の解明や新しい触媒の探索、新薬の発見や生産コストの削減を実現する。医療・生命科学分野では超高感度の量子センサにより生命活動を理解する。経済分野では、迅速で低エネルギー消費の大規模計算により、短期的ポートフォリオの最適化と長期的リスク分析に対応し、また巡回セールスマン問題等の最適化問題を解くことで、輸送・交通等の物流の合理化・省エネ化を実現する。

⑧ 実施計画等について

主要大学の10を超えるセンター・拠点の運営および設備強化を行い、研究、国内連携、国際連携等を積極的に支援する。QIH 参画国立研究所においては、量子コンピュータ開発、量子デバイス開発、量子セキュアクラウド開発、量子マテリアル開発、量子機能物質開発、量子生命科学などの環境を積極的に活用した共同研究の促進および人材育成を行うための運営強化や設備強化を行う。また、若手主宰者、研究員、研究支援者等を積極的に雇用する。国際会議、スクール、研究会等を開催し、成果報告も含めた広報活動を行う。連携中核組織である大阪大学量子情報・量子生命研究センター(QIQB)と理研量子コンピュータ研究センター(RQC)に、連携中核組織としての運営組織を設置し、取りまとめを含めた運営を行う。

所要経費 486 億円（内訳：連携中核機関（QIQB, RQC）および各研究センター・拠点の運営経費 105 億円、主宰者・研究員・研究支援者の人件費 148 億円、設備備品費および消耗品費 205 億円、国際会議・スクール・研究会等の開催費 18 億円、広報・成果報告・出版費 10 億円）

⑨ 連絡先

北川 勝浩（大阪大学量子情報・量子生命研究センター）

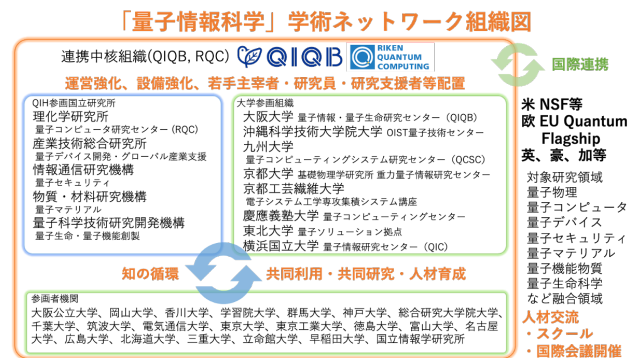


図2 学術ネットワーク組織図