

さきがけ「量子の状態制御と機能化」

研究領域事後評価報告書

1. 研究領域としての成果について

(1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

- ① 研究課題の選考方針は適切であったと評価できる。
 - ・研究課題の募集にあたって「3年でコンパクトな成果を出すのではなく、研究終了後10年で量子状態制御の新しい潮流を生み出し、続く10年で時代のうねりとなり得る」ことを期待するとの指針を示し、量子状態制御に関する幅広い分野からの挑戦的提案を多く採択しており、適切な選考方針であった。
 - ・採択された分野や所属は、単に表面上の数だけのバランスを追求したものではなく、様々な研究者が属する母集団の分布が適切に反映されたものとなった。複数回のさきがけの採択を避けたことも、より多くの若手研究者に挑戦の機会を与えるための潔い判断であったと考えられる。
 - ・採択された研究課題のポートフォリオが示されており、偏りなく採択されたと認められる。グランドデザインが大きい研究については、提案者自らが貢献する部分を特定して推進する研究も対象とする等、分野の特性に応じた配慮も行われている。
 - ・『量子現象をただ観るのではなく、制御して機能化するフロンティアを切り拓く独創的で意欲的な研究』を推進する観点から、横軸に「制御」と「機能化」というポートフォリオも示すと、より明確になったのではないかと考えられる。例えば、現状では横軸に「計算」とあり、量子コンピュータとして考えた場合には当然、計算が目的になるわけだが、さきがけとしては計算に限定する必要は必ずしもなく、計算は機能化して生まれた機能のひとつと位置付けることができるだろう。
- ② 領域アドバイザーは、広い専門分野で活躍する第一線の研究者から構成されており、専門分野や所属等に偏りは認められず、適切であったと評価する。
 - ・領域アドバイザーは量子技術に関して日本を代表する研究者12名から構成され、専門分野は半導体、超伝導、光、冷却原子、物性、数理科学の実験・理論にわたり、万遍なくカバーされている。所属は大学を中心として、企業、元企業の研究者も加わるなど、産学双方の視点が盛り込まれた構成である。
 - ・本研究領域の分野の広がりや考慮すると、計算理論の専門家、センサや新機能材料、通信・暗号理論、バイオの専門家の追加も有意義であった可能性がある。一方で、適正な人数という観点も考慮する必要があるとあり、全体として適切であったと評価する。
- ③ 本研究領域では、領域会議等における総括・アドバイザー・研究者間の真剣な議論と適切な助言・激励を与える工夫により、研究の進捗・発展を促す適切なマネジメントが実施されたと評価する。
 - ・領域会議、サイトビジット、各種イベントを通じて進捗状況の把握と指導がこまめに行わ

れた。特に領域会議の発表当日に総括と領域アドバイザーの間で打ち合わせが行われ、戦略目標に沿ったオリジナリティのある研究につなげるような激励を含む親身なフィードバックを遅滞なく返したことは高く評価できる。また進捗に応じてサイトビジットの優先順位をつけたことや、アドバイザーの人選等の工夫を凝らしたことも評価できる。

- ・新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、速やかに領域会議やサイトビジットをオンラインで開催し、コロナ禍においても最大限に領域活動の継続を図ったことも評価できる。
- ④ 本研究領域の特筆すべき成果として、多くの量子科学分野の人材を輩出したことは高く評価できる。研究課題間及び他の研究領域等との融合・連携、研究費配分上の工夫等も適切であったと評価する。
- ・同じ戦略目標を有する CREST と合同でワークショップが行われるなど、連携・協働がはかられた。またさきがけ研究者同士の連携だけでなく、国際共同研究にこぎつけるなどの国を跨いだ連携も行われた。研究費は実験・理論に対してめりはりのある配分が行われ、初年度や異動時の増額、設備などの故障にともなう対応など、研究が効率的に遂行されるように配慮された。大規模スクールの主催、国内・国際特許の出願もあり、国内外の若手研究者や産業にも大きな影響力を与えたと考えられる。
- ・8割近くの研究者が研究期間中または終了後すぐにキャリアアップを果たしているとともに、「若手科学者賞」等の顕彰・受賞も十分以上の質・量を得ており、優れた人材輩出・成長の様子がうかがえる。
- ・本研究領域に採択された複数の研究者が、研究終了後に他のさきがけ領域や ACT-X の領域アドバイザーに就任しているほか、多くの研究者がムーンショット型研究開発事業の課題推進者になるなど、我が国の中核的な量子科学分野の人材として成長しており、人材育成に果たした役割は大きい。
- ・コロナ禍の影響もあり、研究期間中の海外研究者との交流は制限があったかと思うが、今後に期待したい。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

- ① 研究成果に関する評価は以下の通りである。
- ・研究成果は、研究総括が当初明言したとおり、単なる「先見性のある研究者たちのさきがけた基盤のうえに築かれた流れに参加するだけの追従」にあたるコンパクトな成果にとどまらず、各分野において新しい方向性を切りひらく、新しい視点やコンセプトを発案する、要素技術を整備する、世界最高の数値を記録する、等の長期スパンでの飛躍発展を見越したものが数多く生まれた。個々人の数的な成果についてばらつきはあるものの、領域全体としては大多数の研究成果が非常に質の高い論文誌に掲載され、また世界的に引用されていることもそれを裏付けている。
- ・本研究領域の研究者間の共著や共同研究も生まれ、異分野の融合もはかられた。量子計算と機械学習の融合、新たな誤り訂正符号の提案、超伝導・スピンハイブリッド量子ビット

の提案、超伝導・フォノンハイブリッド量子系の構築、ヘリウム表面上電子の量子計測・制御の基礎技術開発、原子核時計の実現へ向けた基礎技術開発等、学術的・技術的に大きなインパクトをもち、国際的にも高い水準にある独創的研究成果を多く創出しており、戦略目標の達成に大いに資するものである。

- すべての研究成果が現時点で既に高い評価を得ている必要は必ずしもないと思うが、藤井研究者、山下研究者、野口研究者などの成果は、十分に独創的・挑戦的・先駆的な内容であり、国内外からも高く評価されている。これは彼らの現時点での成果論文の引用数の多さからも明らかであると考えられる。
- 一方で、研究期間中に当初目標を達成できなかった研究課題や、戦略目標との関連が理解しにくい研究成果なども散見された。これらについては、今後の努力により、研究総括の指針である「研究終了後 10 年で量子状態制御の新しい潮流を生み出し、続く 10 年で時代のうねりとなる」研究に発展することを強く期待したい。

② 社会的・経済的価値の創造ならびに社会的なインパクトに関する評価は以下の通り。

- 量子情報処理や量子通信・量子ネットワークが実用化されれば、従来の古典的情報処理、通信技術では実現不可能な全く新しい社会的・経済的価値が創造されるであろうことは疑いがない。量子計算と機械学習の融合、新たな誤り訂正符号の提案等の研究成果は、学術的・技術的に高い価値をもつばかりでなく、知的財産権も取得しており、実用化されれば大きな社会的・経済的価値を創造する先駆的研究となり得るものである。
- 十分な数の原著論文公表や学会発表に加え、所属組織や新聞記事などにおける成果のプレスリリースも積極的に行われたことから、本研究領域の存在を通して国内の量子技術研究の最先端と量子機能の重要性をアピールすることにつながった。特に、本研究領域の研究期間は IBM、Google が量子コンピュータを提供するタイミングと重なっていたこともあり、これらの PR や会議の主催を通して、国際的にみて関連分野の最先端の研究が若手研究者により国内でもアクティブに行われていることを世に示したと考えられる。
- 本研究領域の研究成果や人材が、我が国の量子技術イノベーション戦略の実施内容につながっており、これは現時点で新しい潮流を生み出しつつあるものであり、高く評価される。
- 将来の社会的なインパクトについては、現時点では不確実性が多いが、スタートアップを立ち上げるなど社会実装に向けた取り組みも行われており、時代のうねりとなる動きも生まれつつある。

以上より、本研究領域は戦略目標の達成に資する成果の創出に十分に貢献をしたと評価できる。

以上