

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 量子インターネットの理論的研究

2. 個人研究者名

東 浩司（日本電信電話（株）NTT物性科学基礎研究所 特別研究員）

3. 事後評価結果

量子インターネットは量子計算、量子通信、量子計測といった様々な量子技術を包含する上位概念である。この量子インターネットのあり方と意義を科学的に検討するのが本課題である。

東博士は、本研究開始以前の2015年に、量子メモリなしで量子状態の長距離伝送を可能とする「全光量子中継」、また直接伝送量子鍵配送の距離限界 [Takeoka-Guha-Wilde (TGW) 限界、400km 程度] を打破する「全光都市間量子鍵配送」という概念を発表した。ちょうどさきがけの応募時（2018年）には、より簡潔なセットアップでTGW限界を打破するTwin-field量子鍵配送プロトコルを東芝ケンブリッジ（以下、TC）のグループが発表した。このような背景をもとに東博士は本さきがけ研究を提案した。

1 光子干渉に基づくTCのTwin-field量子鍵配送に関して、プロトコルの簡潔化・効率化を行うとともに、無限長の鍵サイズに対して安全性を証明することに東博士らは成功した。さらには実用性を鑑み、鍵サイズが有限長のときの安全性を証明することにも成功した。そして、これらTwin-field量子鍵配送の貢献をもとに、TGW限界を超える性能を持つ量子鍵配送方式についての分野の現状を示し(Physics Todayに総説論文)、さらには任意の量子ネットワーク上の2者間や複数間の通信への展開を図りながら(AVS Quantum Scienceに総説論文)、量子インターネット実現の核である量子中継方式・技術に対する知見、量子テレポーテーション、超精密時刻同期、クラウド量子計算などの議論を深めることで量子インターネットの今後の進路を明確に提示した(Review of Modern Physicsに総説論文を投稿中)。また、量子インターネットの超長基線望遠鏡応用に関わるということで、ブラックホールの熱力学の第二法則に関する研究を実施した。

東博士らの貢献により、量子インターネットの学術的研究は総説としてまとめられるレベルまで発展した。今後は量子計算と量子通信を2本柱とした量子インターネットのシステム設計が重要となる。量子計算は独自の規格で発展可能である一方、量子通信は世界中をつなぐインフラであるため、拡張可能なグランドデザインに基づき協調して国家間レベルで検討すべき課題が含まれる。東博士には、量子インターネット発展に向けた国際協調のリーダーになってもらいたい。