

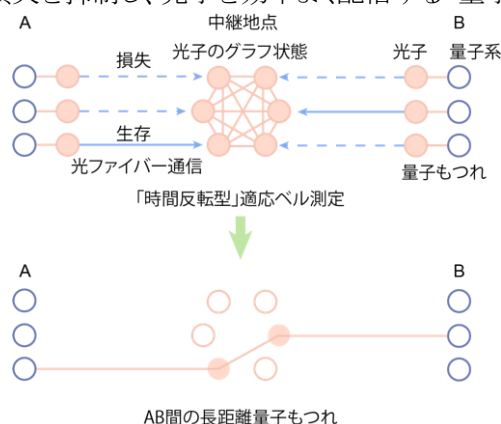
井元信之

大阪大学理学研究科
特任研究員

グローバル量子ネットワーク

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題では、地球規模のグローバル量子ネットワークに向けた要素技術の研究を 2016 年から実施している。このような大規模量子ネットワークは、「量子インターネット」とも呼ばれ、2018 年にはヨーロッパの Quantum Flagship において、Quantum Internet Alliance がスタートし、アメリカでも Chicago Quantum Exchange 等において大規模プロジェクトがスタートしている。量子インターネットの最終目標は、現在のインターネットのように、地球上の任意の「量子」情報端末を結び、量子力学の下で許される究極の情報処理ネットワークを形成する。そのため、現在のインターネットの粋を超えた様々な応用を持つ。例えば、ネットワーク上のユーザーに、任意の（量子コンピュータも含む）盗聴行為に対しても安全なセキュリティ通信を提供する。これにより、安全な投票や首脳会談、金融取引、遺伝情報や生体情報等のやり取りを可能とする。また、分散型量子計算、クラウド量子計算、あるいは量子コンピュータネットワーク構築の基礎であり、高精度のナビゲーションシステムへの応用や望遠鏡アレイの長基線化への期待がある。このような「量子インターネット」を実現するためには任意のユーザー間に量子もつれを配信することが重要となる。現在の光ファイバー網を利用してこれを実現するためには、光ファイバーでの損失を抑制し、光子を効率よく配信する「量子中継」が必要となる。これまで、必要となる量子メモリと通信波長帯光子の量子もつれ（エンタングルメント）生成を、冷却 Rb 原子、偏光無依存波長変換器および光ファイバー通信波長帯での超伝導光子検出器等の開発および高性能化によって実現しており、本研究課題では本年度、その成果となるハイインパクトな論文をいくつか出版した。特に、「量子中継」の核となる「適応ベル測定」を光で実現する全光量子中継の原理を世界初で実証した



成果は日本だけでなくヨーロッパでも大きく取り上げられた(論文 1、右図参照)。また、超伝導回路による光子検出回路の実現(論文2)や光子統計の厳密な推定法(論文3)といった量子ネットワークに欠かせない手法が得られた。

【代表的な原著論文】

1. Y. Hasegawa, R. Ikuta, N. Matsuda, K. Tamaki, H. -K. Lo, T. Yamamoto, K. Azuma, N. Imoto, “Experimental time-reversed adaptive Bell measurement towards all-photon quantum repeaters”, *Nature Communications* 10, 378, 2019
2. Shigehito Miki, Shigeyuki Miyajima, Masahiro, Yabuno, Taro Yamashita, Nobuyuki Imoto, Rikizo Ikuta, Robert A. Kirkwood, Robert H. Hadfield, and H. Terai, “Superconducting coincidence photon detector with short timing jitter”, *Applied Physics Letters*, vol. 112, 262601, 2018
3. Masahiro Kumazawa, Toshihiko Sasaki, and Masato Koashi, “Rigorous characterization method for photon-number statistics”, *Optics Express*, vol. 27, issue 4, pp 5297–5313, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1)「阪大」グループ(研究機関別)

- ① 研究代表者:井元 信之 (大阪大学理学研究科 特任研究員)
- ② 研究項目
 - ・量子通信システム

(2)「NTT 実験」グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者:向井哲哉 (日本電信電話株式会社NTT物性科学基礎研究所・量子光物性研究部、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・冷却原子量子メモリの開発

(3)「NICT」グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者:三木茂人 (国立研究開発法人情報通信研究機構・フロンティア創造総合研究室、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・高効率・低雑音を兼ね備えた光子数識別器の開発

(4)「東大」グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者:小芦雅斗 (東京大学工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・光による原子集団の制御測定理論と量子通信プロトコルの開拓

(5)「NTT 理論」グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者:東浩司 (NTT 物性科学基礎研究所・量論 G・研究主任)
- ② 研究項目
 - ・量子通信プロトコル提案・理論的解析

(6)「富山大」グループ(研究機関別)

- ① 主たる共同研究者:玉木潔 (富山大学・大学院理工学研究部(工学)・教授)
- ② 研究項目
 - ・量子暗号プロトコル提案・理論的解析