

量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出
平成 28 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

井元信之

大阪大学大学院基礎工学研究科
教授

グローバル量子ネットワーク

§ 1. 研究実施体制

(1)「阪大」グループ

- ① 研究代表者:井元信之 (大阪大学基礎工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・量子通信システム

(2)「NTT 実験」グループ

- 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

- 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

- 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
 - ・制御・測定理論・量子通信プロトコル提案・安全性解析

(5)「NTT 理論」グループ

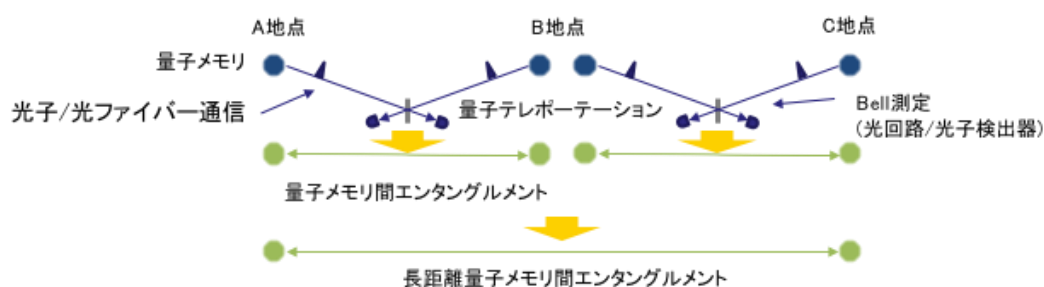
① 主たる共同研究者: 玉木 潔 (NTT 物性科学基礎研究所 量光部、主任研究員)

② 研究項目

・制御・測定理論・量子通信プロトコル提案・安全性解析

§ 2. 研究実施の概要

現在の光通信は光ファイバーの最小損失と最大通信速度を実現する光通信波長帯(1550 nm 帯)を用い、光ファイバー型光増幅器や再生増幅中継器を所々用いることで長距離化を実現し、さらに、分散したサーバーに情報を蓄積するといった多彩なシステムの融合によって、グローバルな通信ネットワークが構成されている。一方、量子通信においては、光通信波長帯の使用は同じだが、光増幅器の使用や途中で古典情報に落とすサーバーへの情報蓄積は許されない。そこで、量子信号を保存する量子メモリを含んだ長距離量子通信システムとして量子中継技術が提案されている(下図参照)。



このようなシステムでは、量子メモリに蓄積された量子状態を読み出して光の量子状態に転写し、長距離光ファイバー通信によって量子状態を運び、離れた量子メモリへその量子状態を書き込む仕組みが必要である。しかし、これまで実現されてきたものでは量子メモリ間の距離は1kmを超える程度である。量子メモリは個々の物理系の共鳴波長付近の光と量子エンタングルメントを生成するが、どれも短波長であり、光ファイバー7km程度の損失が通信波長帯の100kmの損失と等しくなる。これが量子通信の長距離化を阻んでいる。

本研究では、短波長の光の量子状態を壊さずに通信波長帯に非常に効率よく変換する量子波長変換器、量子メモリとして開発を行っている冷却 Rb 原子集団、それに超伝導光子検出を用いて上記の長距離量子通信システムの基本ノードを構成し、これによる量子情報通信を実現することを目的に研究を行っている。本年度は、最も基本的な要素技術である単一原子励起状態の準備を通信波長光子検出により実現した[1]。加えて、新設計のアバランシェ型超伝導光子検出器の開発に成功し、世界最高性能を示す事ができた[2]。

[1] Rikizo Ikuta, Toshiki Kobayashi, Kenichiro Matsuki, Shigehito Miki, Taro Yamashita, Hirotaka Terai, Takashi Yamamoto, Masato Koashi, Tetsuya Mukai, Nobuyuki Imoto, "Heralded single excitation of atomic ensemble via solid-state-based telecom photon detection", *Optica*, Vol. 3, Issue 11, pp. 1279-1284 (2016).

[2] Shigehito Miki, Masahiro Yabuno, Taro Yamashita, and Hirotaka Terai, "Stable, high-performance operation of a fibercoupled superconducting nanowire avalanche photon detector", *Optics Express*, Vol. 25, Issue 6, pp. 6796-6804 (2017).