

「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

H29 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)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 (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 大学院 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

- 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

- 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

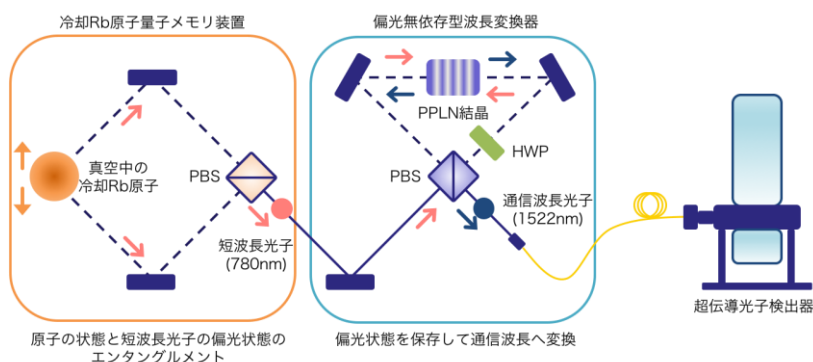
## § 2. 研究実施の概要

現在の通信のセキュリティは量子コンピューターの出現によって脅かされることがわかっている。一方、量子暗号は量子コンピューターでも破れない。そこで量子暗号が重要となるが、それが必要なのは今である。なぜなら、今使わなければ解読はされなくても盗聴はされるので、量子コンピューターができた時解読されるからである。これはDNA情報のように長期保護したい場合に脅威である。量子コンピューターは現実のものとなりつつあるため、量子暗号の重要性は一層増している。

量子暗号は盗聴そのものがない暗号である。「量子中継」が不要な短距離量子暗号は実用レベルにあるが、量子中継が必要となる長距離量子暗号はまだ課題があり、それが量子ネットワークの長距離化を阻んでいる。本研究課題ではその解決に向けた基礎技術を開発している。

現在のネットワークでは光ファイバーでの光損失が少ない通信波長帯(1550nm帯)の光を使い、光増幅器により長距離化を行っている。量子ネットワークでは光増幅器は(重ね合わせを壊すので)使えないため、光の量子状態を壊さない長距離化の方法として量子中継が提案されている。その中核となるのは量子メモリであり、光ファイバー通信波長帯(1550nm帯)で動作する必要がある。

本年度は量子メモリとして冷却 Rb 原子とその共鳴波長である波長 780nm の光子の偏光状態のエンタングルメントを生成し、新開発の偏光無依存波長変換器により 780nm の光子を通信波長帯へ変換し、最終的に冷却 Rb 原子の集団励起状態と通信波長帯光子の偏光状態をエンタングルさせることに成功した(論文1, 下図参照)。別の候補として単一カルシウムイオンからの 866nm の光子を通信波長帯へ変換することにも成功し、10km 光ファイバーを使った長距離光子配送を行った(論文2)。さらに、超伝導ナノワイヤ単一光子検出技術として、超伝導信号処理回路の適用による低ジッタ同時計数器の開発に成功した。また、量子暗号プロトコルにおける公開情報の開示タイミングに依存した安全性に関しても新たな知見(論文3)が得られるなど理論的にも多くの進展が見られた。



1. R. Ikuta, T. Kobayashi, T. Kawakami, S. Miki, M. Yabuno, T. Yamashita, H. Terai, M. Koashi, T. Mukai, T. Yamamoto, N. Imoto, "Polarization insensitive frequency conversion for an atom-photon entanglement distribution via a telecom network", Nature Communications 9, 1997 (2018).

2. T. Walker, K. Miyanishi, R. Ikuta, H. Takahashi, S. V. Kashanian, Y. Tsujimoto, K. Hayasaka, T. Yamamoto, N. Imoto, M. Keller, "Long-distance single photon transmission from a trapped ion via quantum frequency conversion", Phys. Rev. Lett. 120, 203601 (2018).

3. K. Tamaki, H-K. Lo, A. Mizutani, G. Kato, C.C.W. Lim, K. Azuma, M. Curty, "Security of quantum key distribution with iterative sifting", Quantum Science and Technology, 3, 014002, (2017).