

## 光による量子インターネットの進展

### Recent Advances in Quantum Internet with Photons

阪大基礎工<sup>1</sup>, 阪大 QIQB<sup>2</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, QIQB, Osaka Univ.<sup>2</sup>,

E-mail: yamamoto@mp.es.osaka-u.ac.jp

様々物理系で実現される「量子」をつなぐネットワークは量子インターネットと呼ばれるようになり、急速に研究が進展している。量子インターネットは任意のノードが量子もつれによりつながっているため、量子暗号に代表される量子計算機に耐性のあるセキュリティ通信に利用できるだけでなく、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を可能にする。また、原子時計の同期や遠鏡アレイの長基線化といった応用も検討されている。

我々のグループでは、光ファイバー通信による量子インターネットの基礎技術をこれまで研究してきた。量子インターネットの基本ノードは物質と光の量子もつれの生成が基本となり、これまで、冷却原子、イオントラップ、NV センター、量子ドット、超伝導、ナノメカニクス等で実験が行われてきている。長距離光ファイバー通信を考えると最も低損失な 1550 nm 帯の光との量子もつれが有力であるが、これまでの系はより短い波長の光との量子もつれが大半であったため、長距離通信への利用が進んでいなかった。これを解決する手段として、短波長から 1550 nm 帯への量子周波数変換の研究を進め、これまでルビジウム原子、カルシウムイオン、NV センターに対応する変換器を実現してきた。最近では、これを利用し冷却ルビジウム原子と 1550 nm 帯光子との量子もつれに成功している[1]。

長距離光ファイバー通信への次のステップは量子中継である。光子損失を量子的な手法で極限まで減らすこの手法の基本原理は「適応 Bell 測定」と呼ばれる損失耐性のある Bell 測定である。この「適応 Bell 測定」は伝統的に量子メモリを基本としたプロトコルで検討されてきたが、光で実現する「全光」量子中継[2]が注目されている。最近、我々はこの「全光」量子中継を実験的に実証することに成功した[3]。本発表では、量子インターネットに向けて、このような我々の取り組みを中心に解説する。

[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] K. Azuma, K. Tamaki, and H-K. Lo, "All-photonic quantum repeaters," Nature Communications 6, 6787 (2015).

[3] 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-photonic quantum repeaters," Nature Communications, 10, 378 (2019).