



Motivation どんな問題に取り組むのか？

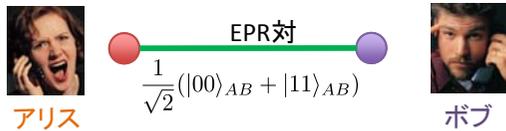
量子力学は物理現象の記述において、最も成功を収めている理論です。情報が実体であるとすれば、情報処理の究極的限界は量子力学に従うはずですが。このようなパラダイムシフトに基づき、これまでにない、数多くの革新的な情報処理の可能性が示されてきています。その代表例の一つが量子通信です。量子通信は、物理法則によって安全性が保障できる量子暗号から、究極的には量子テレポーテーションに至るまで、従来の通信の枠を超えた新たな通信技術です。とりわけ量子暗号は、東京に施設されたファイバーを利用した「東京QKDネットワーク」を通じてフィールドテスト段階にあり、実用化に近い状況にあります。しかしながら、このような現状の量子通信は、ファイバーを通じた光パルスの直接伝送に基づいており、その通信距離は、光子損失により、数百キロメートルに制限されています。私達は、「グローバル量子インターネット」実現のため、「量子中継」と呼ばれる技術の理論提案を行っています。

Originality and Impact 新規性とインパクトは？

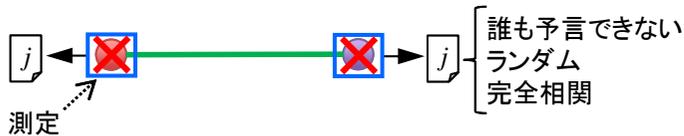
量子中継とは、送受信者間に中継地点を設け、それを利用することによって、たとえ送受信者が遠く(例えば、数千キロメートル)離れていたとしても、効率的に量子通信を行うための方式のことです。最初の方式は、1998年にBriegelらにより提案され、その後も、様々な研究チームが数多くの改善案を提案してきました。しかし、これら既存の提案は、共通して、脆弱な量子状態を忠実かつ長時間保存できる量子メモリを必要としていました。これは、世界的な量子メモリ開発競争を引き起こしましたが、量子メモリ開発は依然として、原理検証実験の段階に留まっています。そこで私達は、量子中継方式から、量子メモリを取り去る術を、世界に先駆けて提案しています。このアプローチは過去に類をみないもので、結果として、通信レートに一切の原理限界を持たない方式の提案に至っています。さらには、物質量子ビットを一切利用しない全光学的量子インターネットが可能であることも理論的に明らかにしました。

量子通信

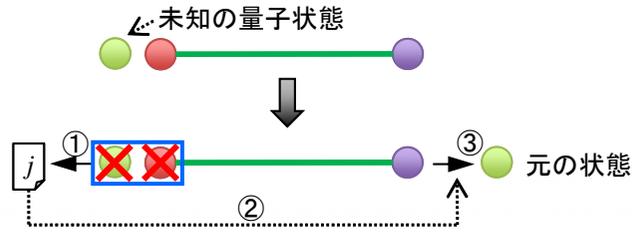
もしアリスとボブがEinstein-Podolsky-Rosen (EPR) 対を共有していたら



1) 量子暗号: 秘密鍵が得られる。



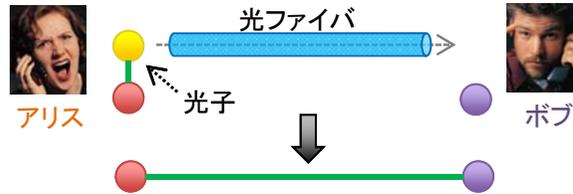
2) 量子テレポーテーション: 量子状態をテレポートできる。



EPR対は量子通信のリソース

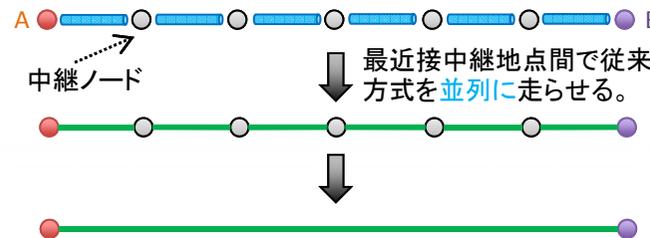
どのようにEPR対を共有するのか？

従来方式: アリスの量子ビットともつれ状態にある光子をファイバーを通じて伝送



光子損失が距離に対して指数関数的に増大
→ 通信可能距離は数100km程度に留まってしまう。

量子中継: 中継ノードを利用し、光子損失からの通信距離限界を打破する方法



量子中継における必須事項

従来方式: 最近接中継ノード間で運ぶEPR対が生成された際には、EPR対は保存される必要がある。

→ 中継ノード○は量子メモリが必要。→ チャレンジング!

私達のアプローチ: 量子メモリを取り去る

利点: 原理限界を持たない通信レート

1) 量子状態の直接伝送に耐性を持たせる方法

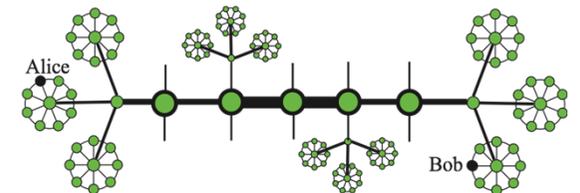


2) 全光学的方法: 全光学化の流れの究極形



量子インターネット:

どこの、誰とでも「量子的」につなげる。



東 浩司 (azuma.koji@lab.ntt.co.jp)

William J. Munro (william.munro@lab.ntt.co.jp)

