

## 安全な量子情報通信ネットワークの実現に向けて ～ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションを実証～

初版投稿：2017/06/23，最新版投稿：2017/06/23

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

### 次世代高度情報通信ネットワークの実現に向けて

現代の情報処理・情報通信の根幹を担う電子（エレクトロニクス）に代わり、電子のスピンや光子などの量子状態を利用し膨大な情報量を扱うことを可能とする量子コンピューティングや、盗聴者がいると必ず検知できる究極に安全な通信技術として期待される量子暗号通信の実現に向けた研究開発が活発化しています。特に量子通信の実現には、情報を載せる光子1個を必要とときに簡便かつ確実に生成できる単一光子源や、安全で長距離の通信を可能とする量子中継技術の開発が必要となっています（図表1）<sup>1),2)</sup>。



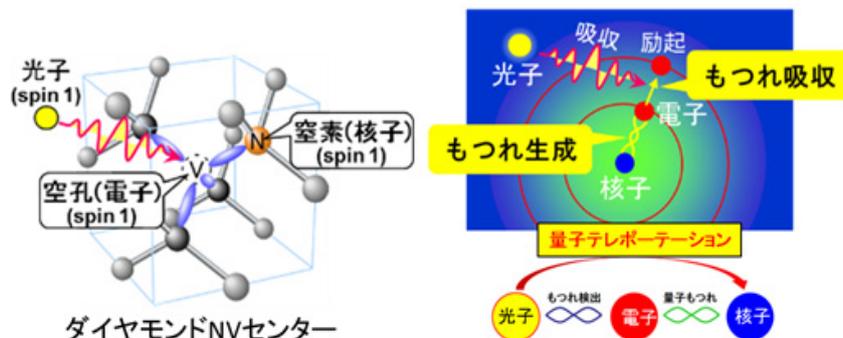
図表1 次世代高度情報通信ネットワーク<sup>2)</sup>

### ダイヤモンドで量子テレポーテーションを実証

2016年6月、横浜国立大学、シュトゥットガルト大学、マックスプランク研究所の共同研究グループは、ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションの実証に成功したと発表しました<sup>3)</sup>。ダイヤモンドの不純物である窒素・空孔(NV)センターを利用して、入射する単一光子と空孔の局在電子の量子状態の重ね合わせ（量子もつれ）を測定し、それを核スピンに転写する量子テレポーテーション技術を開発しました（図表2）。この量子テレポーテーションは量子中継を可能とする技術で、これにより世界規模の通信が実現できると考えられています。

また、ダイヤモンドを用いた量子デバイスは実用面でも優れているとされています。情報を伝搬する単一光子源として開発の進むシリコン量子ドットなどの従来の半導体材料を用いた素子では、極低温環境や超高パワーレーザーを必要としていました。一方、ダイヤモンドは

透明で広いバンドギャップ(5.5eV)を持つため、可視光やフォノン散乱(熱)の影響がなく室温においても簡便かつ安定的に単一光子を生成することが可能です。この量子情報素子の実用化に向けた課題はまだ多くありますが、単一光子源の作製・制御と集積化、光学的あるいは電気的な読み出し技術など、欧米を中心に研究開発が進められています。



図表 2 ダイヤモンド NV センターと量子テレポーテーションの概念図<sup>2)</sup>

### 医療・バイオ分野への応用展開への期待

ダイヤモンド NV センターを利用した量子技術は、量子情報分野以外への応用も期待されています。例えば、核スピンを利用したセンシングの感度を劇的に向上させることも可能とするため、医療用の MRI (核磁気共鳴画像法) や創薬に用いる NMR (核磁気共鳴) の高感度化、高分解能化に向けた研究開発も活発化しています。このようにセンシングや情報通信など多様な分野への応用が期待されていますが、実用化に向けてはアプリケーションへの適用技術と併せて、ダイヤモンド結晶の不純物、欠陥制御、すなわち結晶成長反応過程、不純物取り込み反応過程など化学合成プロセスに関する基礎的な研究がより重要となります。

### 参考文献

1. 水落憲和、「ダイヤモンド中の NV 中心を用いた単一光子発生と量子情報素子への応用」、光学、**43**、376 (2014).
2. 横浜国立大学ホームページ 小坂・堀切研究室; <http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/research.html>
3. H. Kosaka et.al., "High fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin", Nature Photonics, **10**, 507-511(2016).

### 参考

- ・ 小柴等、「量子コンピュータ時代の新暗号」、KIDSASHI (2016.9)

### これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス(2015年：第10回)
- ・ 世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号(2010年：第9回)
- ・ 高い安全性を保证する量子情報光通信システム(2005年：第8回)