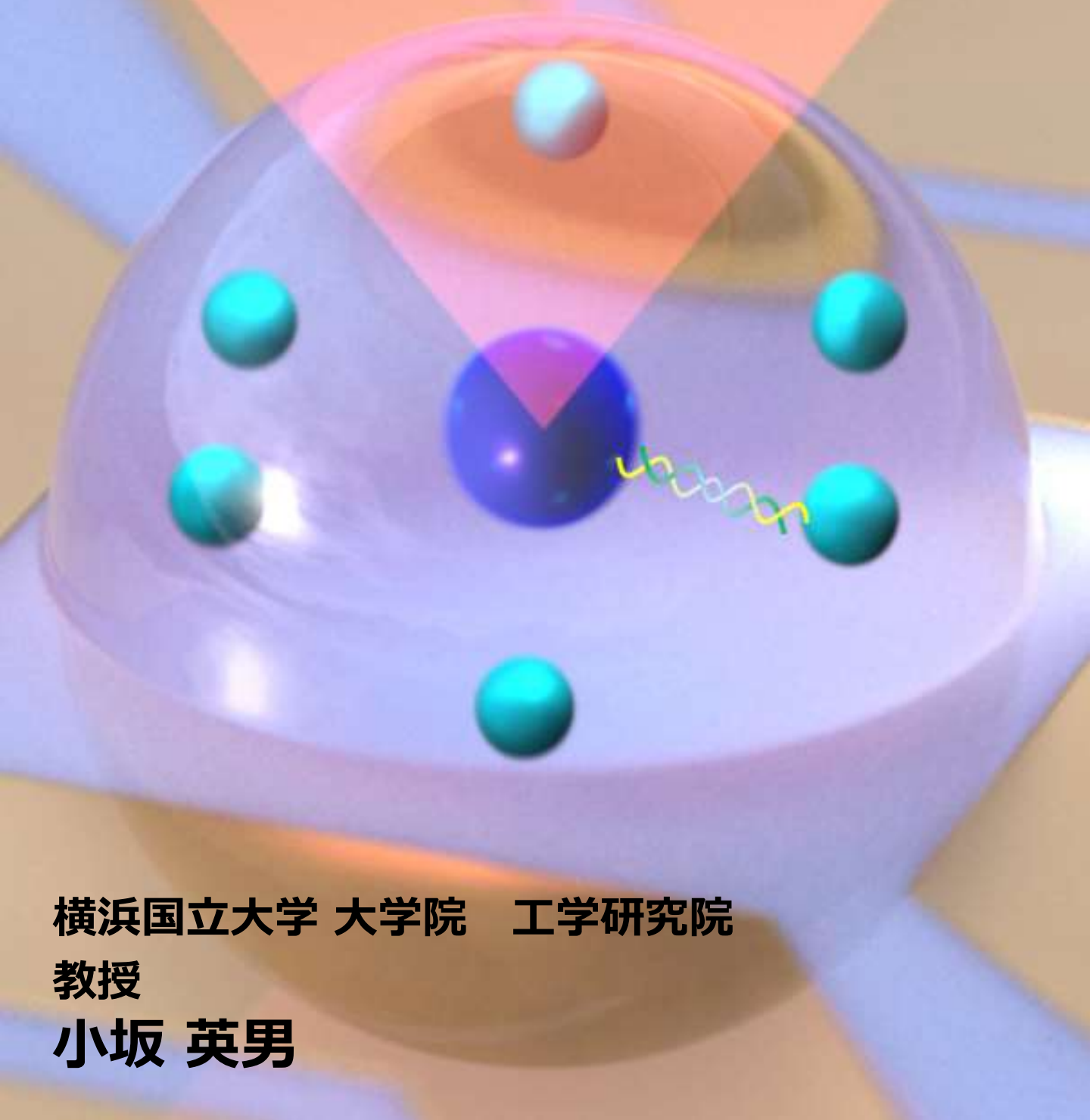


# ダイヤモンドへの量子 テレポーテーション

-絶対安全な量子インターネットの構築へ向けて-



横浜国立大学 大学院 工学研究院

教授

小坂 英男

# 量子テレポーテーション

テレポーテーションとは、SFで物質を瞬間移動することを意味しますが、これは不可能です。ところが、量子（りょうし）の世界ではこれが可能です。

量子というのは電流の構成要素である電子（でんし）や光の構成要素である光子（こうし）といった波のように振る舞う根源的な粒子のことです。

この波のような性質を、離れた場所に瞬間移動のように伝える技術を量子テレポーテーションと呼びます。

我々はこのような量子テレポーテーションをダイヤモンドを用いて実現しました。



図：量子テレポーテーションのイメージ。シュレーディンガーの猫と呼ばれる量子の状態を離れた場所にレポート（科学雑誌Newton様ご提供）

# ダイヤモンドの中の小宇宙

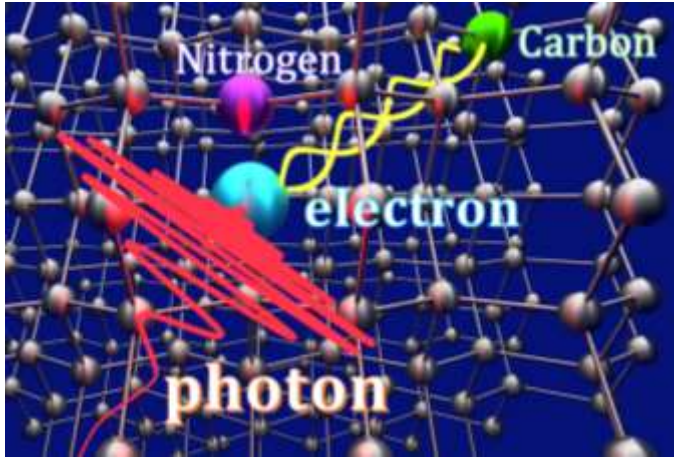


図：ダイヤモンドの中の原子構造  
C=炭素、V=欠陥、N=窒素

ダイヤモンドは炭素（ $^{12}\text{C}$ ）で構成されています。この炭素の一つが欠け（左図中のV）、その隣の炭素が窒素（左図中のN）に置き換わった複合欠陥をNV中心と呼びます。その周囲には、中性子が一つ多い炭素同位体（ $^{13}\text{C}$ ）が天然で約1%存在します。

このような量子の小宇宙で、光子と中性子を「量子もつれ」という状態にして、光子から中性子への量子テレポーテーションの実験を行いました。量子もつれとは簡単にいうと、離れた地点にある2つの量子が相互関連性を持つ状態のことです。

# 量子もつれと光子の吸収で状態を転写

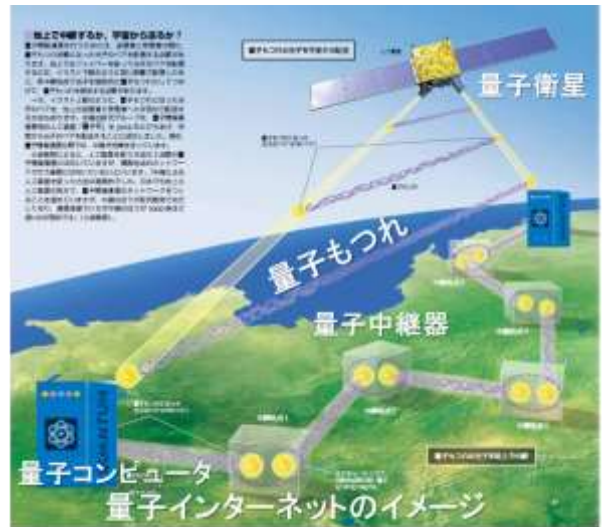


図：ダイヤモンドの中で行われる量子テレポーテーションの原理図

量子テレポーテーションの原理を説明します。まず、欠陥に捕まった電子と炭素同位体の中性子を量子もつれ状態に準備します。その後、外から入ってきた光子が電子に吸収されて特殊な状態に遷移したときに、光子の状態が炭素同位体の中性子に転写されます。この際、中性子は光子とは直接相互作用していないため、テレポーテーションに例えられます。

## 量子インターネットの世界へ

量子コンピュータを使うと、これまでのデジタルコンピュータでは宇宙の終わりまで計算時間を要するような問題に数日で答えられるようになります。私たちは、量子テレポーテーションを繰り返すことで、この量子コンピュータを量子通信でつないだ量子インターネットを構築しようとしています（右図）。量子インターネットの実現により大量のデータを安全に送受信できるようになり、社会が大きく変わると考えられています。世界に量子インターネットが繋がる瞬間をとっても楽しみに待ち望んでいます。



図：量子インターネットのイメージ  
(科学雑誌Newton様ご提供)

この研究に取り組んでいるのは

### 小坂 英男 (こさか ひでお)

横浜国立大学 大学院 工学研究院 教授

京都大学 大学院理学研究科 物理学第一専攻修士。博士（工学）。  
日本電気（NEC）基礎研究所、米国カリフォルニア州立大学ロサン  
ジェルズ校（UCLA）、東北大学を経て現職。子供のころの夢は、ウル  
トラマンになって地球にテレポーテーションでやってくること。

研究室URL：<http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/kosaka.html>



## 本棚 参考図書のご紹介

高校生向け書籍

より詳しく知りたい人は



科学雑誌Newton別冊  
「量子論のすべて 新訂版」  
量子テレポーテーション  
小坂英男、武田俊太郎



量子テレポーテーション  
ブルーバックス  
古澤明



量子暗号と量子  
テレポーテーション  
新たな情報通信プロトコル  
共立出版 大矢 雅則、渡邊 昇

### 最近の論文

- Sen Yang, Hideo Kosaka, Joerg Wrachtrup, et.al., "High fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin", **Nature Photonics**, 10, 507-511(2016).
- Yuhei Sekiguchi, Hideo Kosaka\*, et.al., "Geometric spin echo under zero field", **Nature Communications**, 7, 11668 (2016).
- Yuhei Sekiguchi, Hideo Kosaka\*, et.al., "Optical holonomic single quantum gates with a geometric spin under a zero field", **Nature Photonics**, 11, 309 (2017).
- Kodai Nagata, Hideo Kosaka\*, et.al., "Universal holonomic quantum gates over geometric spin qubits with polarised microwaves", **Nature Communications**, 9, 3227 (2018).
- Kazuya Tsurumoto, Hideo Kosaka\*, et.al., "Quantum teleportation-based state transfer of photon polarization into a carbon spin in diamond", **Communications Physics (Nature publishing)**, 2, 74 (2019).