

◎新技術◎

High Technology
エレクトロニクス先端技術の最新情報

新 技 術



【写真1】小坂横浜国大教授
前は、量子を使った技術について小坂教授(写真1)にその基本的な考え方をうかがった。今回は、最新の研究成果と量子技術の今後についてお話し頂く。

「正確で速い量子操作が可能に」

Q：先生の最新研究成果について教えてください。

A：量子を使った技術では、いかに正確に速く量子のスピンを操作できるかがカギです。

私達の研究の成果は、マイクロW級の微弱強度のレーザー(写真2、3)で従来の約100倍の速度の1nsかつ従来の約3倍高精度で量子スピン操作を可能にしたことです。

Q：それはどのような技術で可能になったのでしょうか。

A：私達は、情報保持と集積化に優れるダイヤモンド(炭素)中の電子(量子)スピンを情報単位として扱う窒素空孔中心(NV)での単一電子スピンを研究しています。

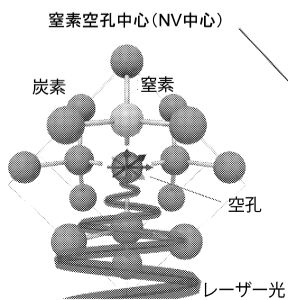
この方法では、レーザー光の局所電場を利用して電子スピンの選択的制御をします(図1)が、従来の手法では強い磁場を印加し、量子系にどのくらい大きなエネルギー差を付けられるかが重要でした。

Q：量子の右左スピンにどれだけ差をつけられるかということですか？

A：大雑把に言えばそうです。我々の手法では、磁場を印加せずに逆に厳密に排除することで、量子系のエネルギー差をなくし、代わりに補助的な量子操作空間を利用して、これらを実現しました(図2)。

Q：逆転の発想ですね。

A：そうですね。これによ



【図1】ダイヤモンド中のNV中心とレーザー光による電子スピン制御

「量子コンピュータ・通信の現状と将来」その2
最新の研究成果と量子技術の今後

横浜国立大学大学院工学研究院・小坂英男教授に聞く

り、量子集積メモリーなど量子コンピュータ・通信の高速化・実用化に向けた技術に道が開かれたと思います。そして、この技術で最も良い点は、量子操作の際、操作対象の温度を絶対零度にそれほど近づけなくてよいということです。従来の手法では、温度を3272℃以下とほぼ絶対零度に保つ必要がありましたが、新手法では、3263℃程度まで上げられます。将来的には、さらに常温に近い温度で操作できるように研究を進めます。これで、量子を操作する装置の取り扱いが簡単になります。

「量子コンピュータ・通信の現状」

Q：我が国での量子を使った技術開発の現状はどうでしょうか。

A：やや出遅れ感があります。そもそも量子研究自体、あまり積極的にはされてきませんでした。

Q：それはなぜでしょうか。

A：やはりEPRパラドックス(注1)などの影響が大きいですよね。最近、やっと我が国でも動きだしました。

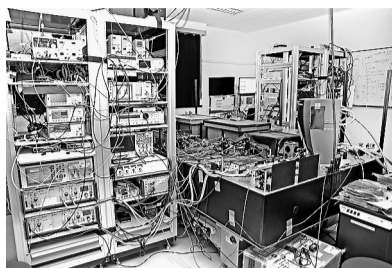
Q：我が国ではどの分野の量子研究が進んでいますか。

A：特定目的に特化した量子コンピュータの開発です。例えば、因数分解を専門にするものとかです。半面、デジタル汎用コンピュータの置き換えなど大規模なものはあまり進んでいないようです。

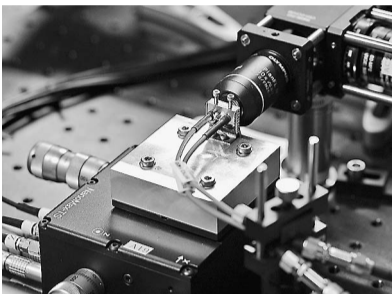
「量子コンピュータより量子通信が重要」

Q：量子技術の開発で何か問題はありますか。

A：私達の研究の中心は、量子通信ですが、量子暗号化された量子通信ネットワークの実用化が最重要課題なのにそれがあまり一般には認識されていないという点です。



【写真2】量子操作実験装置の外観



【写真3】ダイヤモンドにレーザーを照射する部分。本来は極低温に冷却されている

Q：というと？

A：現在の情報通信技術の最も根幹は、通信の暗号化技術です。つまり、セキュリティが確保できない通信は利用できません。特に電子通貨や電子商取引にはこれらが欠かせません。しかし、現在使われている暗号技術は、RSA(注2)というものが主流で、素因数分解を応用したものです。つまり、原理的には、現在の暗号はどれも解読不可能なのではなく、コンピュータの性能の制限から事実上不可能になっているだけで、量子コンピュータが実用化され、多Qbit化が進むと、解読されてしまいます。この量子コンピュータの解読に対抗できるものは、量子暗号化(注3)した量子通信ネットワークしかないのです。

もし、量子通信が実用化できない状況で量子コンピュータが実用化、性能が向上すれば、安全な電気通信は失われ、我々は、手渡しで情報を伝える原始時代に逆戻りしてしまうかも知れません。

Q：それは大ごとですね。先生の今後のご研究は？

A：やはりこの、量子通信ネットワーク構築に向けた研究で

しょう。総務省も量子通信衛星の実験に乗り出すなど期は熟してきています。

—どうもありがとうございました。(おわり)

<取材協力：横浜国立大学大学院工学研究院物理情報工学専攻 小坂・堀切研究室>

注1：EPRパラドックス

アインシュタイン、ポドルスキー、ローゼンの3人の学者の頭文字をとった名前のパラドックス。量子もつれの状態にある二つの量子の片方を操作すると、それに合わせてもう一つの量子は操作した量子と反対の状態となるが、このとき、2つの量子は離れていても瞬時に反対の状態をとる。つまり、時間と空間を超越する(量子テレポーテーション)ことになるが、このような事象はありえないとアインシュタインらは主張していた。しかし、この現象が観測されたため、現代の量子力学に理論上破綻のないことが逆に証明された。

注2：RSA暗号

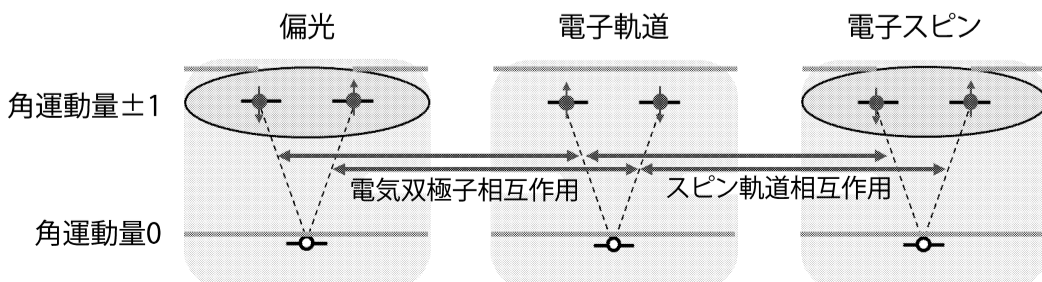
発明者であるリベスト、シャミア、エーデルマンの頭文字をつなげてこのように呼ばれる。桁数が大きい合成数の素因数分解問題が困難であることを安全性の根拠とした公開鍵暗号(暗号化鍵を公開できる暗号)の一つである。

注3：量子暗号

通常は量子鍵配送のことを意味する。量子もつれの性質を利用すると、暗号鍵の安全な伝送とたとえ盗聴されても、盗聴されたことが分かる伝送が可能とされる。

小坂英男(こさか ひでお) 院 授 略歴：

1963年生まれ
1987年 京都大学理学部卒業
1989年 京都大学大学院理学研究科物理学第一専攻修士課程修了
1999年 工学博士(京都大学)
1989~2003年 日本電気株式会社 光エレクトロニクス研究所 および米国カリフォルニア州立大学ロサンゼルス校(UCLA) 客員研究員
2003~2014年 東北大学助(准)教授
専門・研究分野：物性物理(物性I)、量子物性、量子物理、量子情報
所属学会・団体：日本物理学会、応用物理学会
主な役職：応用物理学会新領域グループ「量子情報研究」幹事
現在、横浜国立大学 大学院工学研究院教授



【図2】磁場を排除し、物理系のエネルギー差をなくすと、レーザーの偏光(電場の向き)と対応して電子軌道制御が可能となり、スピン軌道相互作用を経由して電子スピンも制御可能となる