

## 研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ  
研究領域「トポロジカル材料科学と革新的機能創出」  
研究課題「対称性の表現に基づくトポロジカル材料の探索」

## 食塩は結晶の角に分数の電荷を持っている イオン結晶の工業応用に新展開を期待

近年、「トポロジカル絶縁体」という物質内部が絶縁体でありながら、表面は伝導性などの興味深い性質を示す新物質が注目を集めています。研究が進むにつれ、実はトポロジカル絶縁体ではない普通の絶縁体の中にも、結晶の角に分数の電荷を持つ物質が存在する可能性が明らかになりました。しかし、こうした性質を持つ絶縁体の例は、人工的に作られた2次元構造物質などに限られていました。

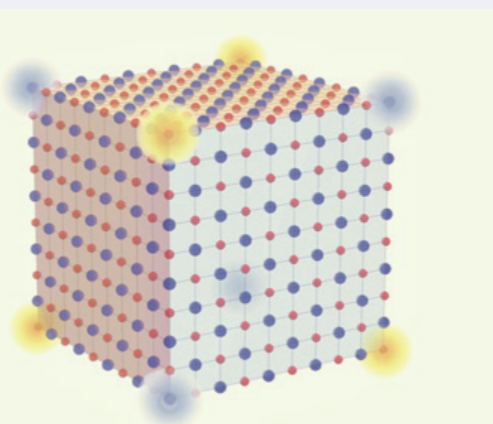
東京大学大学院工学系研究科の渡邊悠樹准教授の研究グループでは、これまでのさきがけの研究で、絶縁体結晶の角に現れる電荷の大きさを、多極子を用いて表す一般的な公式として導き出していました。今回の研究では、この公式を用いて、塩化ナトリウム(NaCl/

食塩)の立方体の結晶が角に電気素量の8分の1の大きさに量子化した電荷を持つことを発見しました。さらに、原子間力顕微鏡を用いて試験電荷と角電荷

の間に働くクーロン力を測定することで、結晶の角に現れる分数電荷を実験的に検証できることが可能であると明らかになりました。

この発見は、他のイオン結晶でも同様に表面や角に特徴的な電荷を持つ可能性を示唆しています。電荷同士はクーロン相互作用によって互いに引きつけ反発しあうため、表面や角に現れる電荷はイオン結晶の集団として物質に大きな影響

を及ぼします。こうした特性を利用することで、産業や工業などのあらゆる場面でこれまでにない新たな展開が期待されます。



塩化ナトリウム結晶とその角の電荷の概念図  
赤い球が塩化ナトリウム結晶のNaイオン、青い球がClイオンを表す(実際の結晶にはより多数のイオンが含まれます)。角のオレンジ色の雲が+e/8、水色の雲が-e/8の電荷を表す。

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開」  
研究課題「技能獲得メカニズムの原理説明および獲得支援システムへの展開」

## 研究成果

## 緊張によるミスは聴覚情報エラーが原因 ピアノ演奏のパフォーマンス向上策を発見

どんなに高度な技能を持つ音楽家やアスリートでも、緊張するとパフォーマンスが低下することがあります。この背景には、認知機能や自律神経機能の異常が存在するとされていました。

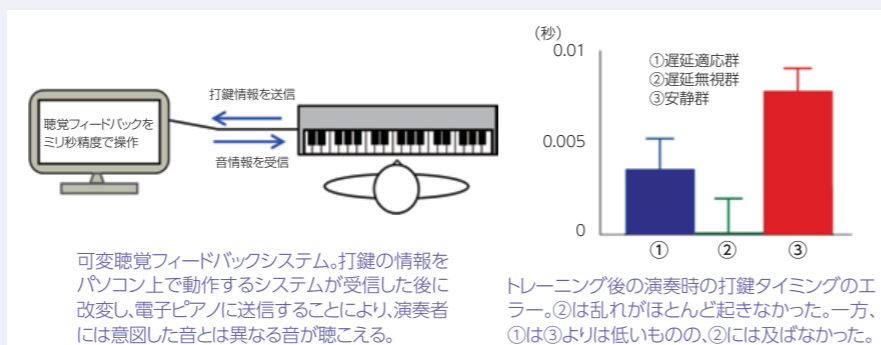
ソニーコンピュータサイエンス研究所の古屋晋一研究員らは、ピアノの発音のタイミングやピッチ、音量を任意に操作できる「可変聴覚フィードバックシステム」を用いて、緊張すると聴覚情報のエラーからミスが起こることを発見しました。具体的には、被験者の演奏中に一時的にピアノの発音タイミングを80ミリ秒遅らせたところ、緊張している場合のみ演奏者の聴覚情報に乱れが生じて、直後に打鍵するタイミングが不正確になることを確認しました。緊張状態では聴覚と運動を統合する機能が低下し、異

常な聴覚刺激に対して過剰に手指動作が反応してしまい、ミスが起こることを示しています。

次に被験者を①遅延を取り戻すようにする遅延適応群、②遅延を気にせず弾き続ける遅延無視群、③特になにもしない安静群の3グループに分けて事前練習をした後に、上記と同じ実験を行いました。すると、②のグループでは発音タ

イミングを遅らせても演奏に乱れが起こりませんでした。

この結果は、トレーニングによって、緊張していても安定したパフォーマンスを発揮できることを示唆しています。今後は、他分野でも応用可能なトレーニング法の開発や、緊張下での身体動作に関わる脳と身体と心のメカニズムの解明が望まれます。



## 研究成果

ムーンショット型研究開発事業  
ムーンショット目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性汎用量子コンピュータを実現」  
研究開発プロジェクト「誤り耐性型大規模汎用量子コンピュータの研究開発」

## 大規模光量子コンピュータ実現へ前進 高性能な量子光源モジュールを開発

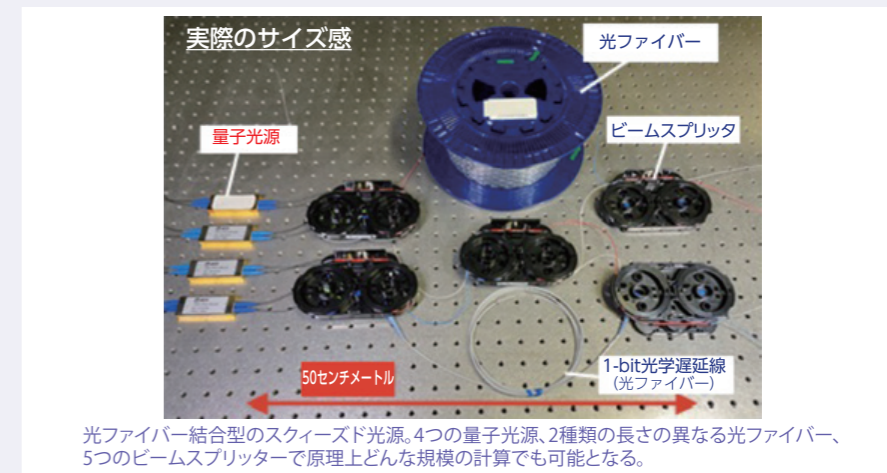
量子コンピュータは量子力学特有の現象を利用することで、超並列計算による高速処理が実現できるため、世界中で研究開発が盛んに進められています。中でも光の量子である光子を用いて計算する「光量子コンピュータ」は、他の方式で必要とされる冷凍・真空装置が不要で、小型化も実現可能です。しかし、光量子の源となる「スクィーズド光」の生成が難しく、高性能な量子光源は存在しませんでした。

こうした問題を解決するために、日本電信電話(NTT)は東京大学、理化学研究所と共同で、低損失な光ファイバー結合型の量子光源モジュールを開発しました。これと光ファイバー部品を組み合わせた系で、6テラ(テラは1兆)ヘルツ以上の広帯域にわたって光量子コン

ピュータの性能を制限する「量子ノイズ」が75パーセント以上圧搾されたスクィーズド光の生成に、世界で初めて成功しました。装置はおおむね50センチメートル以内の手頃な大きさです。

この成果により、光ファイバーと光通

信デバイスを用いた安定的でメンテナンスフリーな光量子コンピュータの実現が視野に入ってきました。今後は光源をさらに改良して量子ノイズを減らし、あらゆる場面で積極的に使用できる汎用的な実機開発を目指します。



## 研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出」  
研究課題「固体高分子電解質電解技術に基づく革新的反応プロセスの構築」

## 高速の電気分解が可能な装置を開発 医薬品前駆体を合成、わずか19秒で

地球環境保護への関心が高まる中、有機物合成に伴って発生する有害な廃棄物を比較的少なく抑えられることから、電気分解を利用した合成反応が注目を集めています。ピーカーなどに溶液をためるバッチ型電解装置が一般的ですが、装置容量に対する電極の大きさに制限があり、反応には数時間以上を要していました。そのため、不安定ですぐに分解してしまう化学種を用いた反応には適用が困難でした。

京都大学大学院工学研究科の永木愛一郎准教授らの研究グループは、装置内部の溶液に流れをつくり、溶液が電極を通過する4秒間で電気分解が完了するフロー反応装置を開発しました。これにより、電気分解で発生した反応性の高い不安定な炭素カチオン種が速やか

に別の場所へ運ばれて、失活する前に次の反応に利用できるようになります。さらに反応剤を加えることで、注意欠如・多動性障害(ADHD)などの治療薬として使われているメチルフェニデートの前駆体を、合計わずか19秒で連続的に合成することにも成功しました。

この成果により、従来のバッチ型電解装置では困難とされていた、不安定な

化学種を用いた分子変換反応への道が開けました。また、フロー反応を続けることにより、望んだ量の化合物を望んだタイミングでつくる「オンデマンド合成」に適用可能であることも実証しました。研究チームは今後、この装置をさまざまな反応に応用し、有機電解合成のブレイクスルーを目指した研究開発を進めていきます。

