

# Yano E plus

[www.yano.co.jp/eplus/](http://www.yano.co.jp/eplus/)

## 《次世代市場トレンド》

### ◆次世代量子技術シリーズ(2)～量子シミュレーション～

冷却原子、固体電子系と光の結合系、イオントラップなどを対象、量子スピンモデル問題について検証するシミュレーションが進展

### ◆スマートセンシングシリーズ(5) プリンテッドセンサー関連市場④グラフェンセンサー編

グラフェンセンサーの開発段階が進み、海外の取り組みが活発

### ◆環境対策車市場の動向と今後の展望(補)

世界の自動車生産に占める環境対応車は11%(2021)から大幅に増加するもののその内訳は混沌としている

## 《注目市場フォーカス》

### ◆非侵襲生体センシングの動向

非侵襲的生体情報計測によるヘルスケア実現に向け、涙液や唾液、生体ガスなどに対するリアルタイム計測システムが求められている

## 《タイムリーコンパクトレポート》

### ◆車載用リチウムイオン電池市場

地球環境が問いかける

「サステナブル」なxEV、LiBビジネスの在り方



築する。

④Quantum Technology Flagshipハードウェア・プラットフォーム用のソフトウェア・スタックとベンチマークを開発する。

## 5-2. 学校法人 沖縄科学技術大学院大学学園／沖縄科学技術大学院大学(OIST)

沖縄科学技術大学院大学(OIST)の量子システム研究ユニット(トーマス・ブッシュ教授)では、量子システムにおける量子効果、量子工学の基礎、量子系における熱力学を理論的に研究している。研究目的によって、冷却原子系やナノ光学デバイスなどの様々な系を選び、解析計算からGPUや機械学習などの数値計算を行っている。

### <強い原子相関が存在する冷却原子系におけるスピン軌道相互作用に関するシミュレーション>

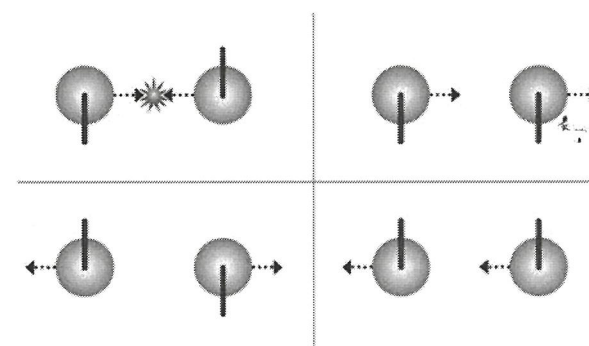
OISTのトーマス・ブッシュ教授と臼井彩香ジュニアリサーチフェローの研究グループは、アイルランド国立大学ダブリン校、英国ダラム大学と協力して、冷却原子系において、2個の原子の合成スピン軌道相互作用(SOC:Spin-Orbit Coupling)に対する接触相互作用の影響をシミュレーションした(図6)。元々、SOCは、電子など荷電粒子のシステムにおいて、最初に議論された効果である。共同研究グループは、こうしたSOCを、電子の性質に起因するスピン効果ではなく、原子の内部構造を利用した擬スピンに人工的に生成できる効果として考えた。

巨視系の研究を行なう場合、例えば、 $10^{23}$ 個ほどの多粒子の状態を調べようとすると、大まかな振る舞いは解析可能であるが、近似的なアプローチであるため、一つ一つの原子の状態を正確に記述することはできない。そのため、弱い量子特有の効果を見逃すことになる。量子的効果の研究は、基礎的興味だけでなく、それを応用した量子工学の発展にもつながる。そこで、この効果を詳しく調べて、リソースになりえるか、強い相関を持つかなどを調べることは重要である。

系を正確に記述するため、研究グループは、図6に示すような2個のボース粒子しか持たない系でシミュレーションを行なった。図6では、青色の(垂直な)線で擬スピンの方向を示す。例えば、電子がより内側の軌道に存在する状態の原子を下向き

スピンの方向で表現する。ここでのSOCは、上向きの擬スピンに正の運動量を与え、下向きの擬スピンには負の運動量を与える。

図6に示すように、擬スピンの方向によって、SOCは重心運動を与える場合と相対運動を与える場合がある。それに対して、接触相互作用は、2個の粒子が接近した場合に発生する。つまり、相対運動の変化に反応する(図6左上)。このことに注目し、異なる方向の擬スピン同士の接触相互作用が、どのようにSOCに影響するのかを調べた。



(出所：沖縄科学技術大学院大学プレスリリース  
<https://www.oist.jp/ja/news-center/news/2020/5/7/35096>)

【図6. スピン軌道結合のタイプの模式図】

このようにスピン軌道結合した粒子を仮想的にシミュレーションした結果、接触相互作用がSOCに及ぼす影響が、2粒子の系と多粒子の系では異なることがわかった。また、この系は正確に記述できるため、多粒子の系ではわからなかった量子的効果を解析することができ、結果として、2粒子の系では強い量子もつれ状態がみられることが明らかになった。

今回の研究によってもたらされた新たなフレームワークは、SOCが非平衡ダイナミクスにおいて、どのように影響するかを研究するために活用することができ、例えば、量子もつれの動的生成の効率的なシミュレーションを可能にするものといえる。このような量子技術における強い相関関係の研究は、量子コンピューターなどの量子情報処理において、量子もつれ状態を作り出す基礎となる知見を得ることにつながる。