

■宇都宮聖子 情報学プリンシプル研究系 助教

【タイトル】

量子コンピューター実現に向けて新たな原理を解明

【本文】

1980年代に物理学者、ファインマンが発想した量子計算は、量子力学を基礎にしており、従来のコンピューターの「0」「1」という2つの状態に加えて、両者を「重ね合わせた状態」を無数に用いることで超並列処理を可能にしようというものです。量子コンピューターは飛躍的に計算能力を向上させられる次世代の“夢のコンピューター”ですが、その実現には高い技術的なハードルが横たわります。このため、まず、物質の電子の状態を量子力学的にシミュレートする手法について、実験によって物性を解明しながら、理論的なアルゴリズムの考察を組み合わせたアプローチを試みています。

超流動や超伝導のメカニズムをシミュレーション

流体の粘性がゼロになる「超流動」や、物質の電気抵抗がゼロになる「超伝導」は、量子論的効果に基づいた特殊な物理現象です。これらは「量子多体现象」と呼ばれ、そのメカニズムはスーパーコンピューターを用いてもまだ解明がなされていませんでした。これらの現象では、相互作用している多数の粒子がすべてエネルギーの最も低い基底状態へと落ち込む「ボース・アインシュタイン凝縮 (BEC)」が生じます。1925年にアインシュタインが予言したもので、95年には冷却原子気体によって観測されました。

私たちは「励起子ポラリトン」と呼ばれる新たな光半導体素子を開発し、この複雑な現象を人工的に模擬する量子シミュレーションに成功しました。励起子ポラリトンとは、正の電荷を持つ「正孔」と「電子」からなる粒子（励起子）に光子を強く結合させた複合粒子であり、質量は励起子の約1万分の1で、臨界温度が質量に反比例するために室温という高温下においてもBECが実現できるようになりました。光を情報の入・出力に用いることで、多粒子系が示す複雑なふるまいを高速で解き明かすことが可能になったのです。

固体における超流動状態を初めて観測

2008年には、固体中でもBECを生じさせて、励起子が摩擦を受けずに流れる「超流動」現象を観測することに、初めて成功しました。すでに流体（ヘリウム4液体やアルカリ原子気体）における「超流動」の実証と理論的研究については、ノーベル賞の対象にもなっており、固体をめぐる世界で競争が激化しています。

固体の超流動の実現は、超伝導体と並ぶ新しい固体材料の開発へ道を開くもので、様々な発光素子、電子素子、量子効果デバイスとして工業的な応用が期待されているほか、これまでにない新たな原理に基づく量子コンピューター実現に向けた可能性も広がります。

私は電子情報学の出身ですが、量子コンピューターには、数学、物理学、応用化学など、様々な分野を融合して新しい物を作り出していく面白さがあります。既存の枠組みにとらわれず、精度の高い量子シミュレーターを完成させたいと思っています。(取材・構成 塚崎朝子)