

新設研究室紹介

電子物性工学専攻量子工学講座量子電磁工学分野（北野研究室） 「量子性の理解とその工学への応用」

電子工学で利用される光（電磁波）、電子、原子などの振舞いは究極的には量子力学に支配されている。しかし、実際にはこれらを古典力学にしたがう波動あるいは粒子として扱うことで十分な場合が多い。これは我々が物質の量子性を自由に制御し、十分利用する方法をまだ手に入れていないことの反映である。量子性の本質の一つである量子コヒーレンスが、通常的环境下では非常に壊れやすく、容易に維持できないことが、古典描像が十分機能している理由である。しかし、最近の量子光学を中心とする実験技術の進展により、コヒーレンスの維持や、その制御が可能となってきた。また、従来不可能であった、複数の粒子間のコヒーレンス、すなわちエンタングルメントの創出も実現されている。そして、これらの技術を利用した、量子通信、量子暗号、量子計算などの試みが始まっている。本研究室では、このような量子性の理解と、それを生かした技術の開発を目指して以下のような研究を進めている。

1. 原子のレーザー冷却

レーザーの輻射圧を利用することにより、気体原子を超低温（mK ~ μ K）に冷却することが可能である。冷却により熱運動が抑制された原子に対して分光を行うと、ドップラー効果や相互作用時間の有限性に制約されない高精度の周波数測定を行うことができるため、次世代時間標準や高精度計測への応用が期待されている。また、レーザー冷却された原子はその運動量の低下に伴って、ド・ブロイ波長が長くなる。この波動性を利用した原子波干渉計はジャイロスコープをはじめとするさまざまな高感度センサーに応用することができる。

2. 量子コヒーレンス

Berryの位相や量子Zeno効果など、量子系を特徴づける現象に関する研究を行っている。前者は量子状態を表す空間の幾何学構造を反映する位相であるが、偏光状態を例にとって研究を進めている。後者は量子コヒーレンスの破壊による遷移の抑制効果であるが、この効果を量子系の制御に用いることを提案し検証実験を進めている。

3. 近接場光学

光が物体で全反射する場合に発生するエバネセント波を用いて物体表面の微細形状や誘電体や金属表面近傍の電磁界に関する研究を行なっている。近接場の技術により、波長より小さい構造を観測することができる。また少数光子によって比較的強い電磁場を発生させることができ、光子の制御が容易になる。究極的には、1個の光子を1個の原子と制御された環境下で相互作用させる技術を確立する必要があるが、ここでも近接場光学は重要な要素となる。

人間の直感や常識はその大部分が古典的物理に頼って形成されており、現状の工学的工夫もその制約を大きく受けている。一方、量子の世界は古典の世界に比べて遥かに自由度が大きく豊かな内容を秘めている。量子世界の機微の理解とそれを生かした質的に新しい技術を志向したい。