

光周波数コム技術とその応用 Optical Frequency Comb Technology and Its Applications

小澤 陽
Akira Ozawa

横浜国立大学 総合学術高等研究院

概要

原子や分子を光で操作する量子科学・計測科学においては、対象となる原子・分子の遷移を、正確な周波数の光によって制御することが必要である。近年、著しい進展を遂げている大規模量子コンピュータの実現においても、原子やイオンを量子ビットとして用いる方式は主要な実現方式の一つであり、このような光制御技術の重要性はますます高まっている。さらに、量子計算に加えて、量子通信における通信経路の位相安定化や、量子通信に用いられる量子メモリの操作においても、光の周波数を精密に制御する技術は重要な役割を果たす。可視光の光電場は、数百 THz という極めて高い周波数で振動しているため、通常の電子回路技術を用いてその振動を直接観測・制御することは困難である。光周波数コムは、この光の周波数・位相情報を、マイクロ波や RF などの電子的に計測・制御可能な周波数領域と、位相関係を保ったまま結び付ける技術である。光周波数コムを含むレーザー精密分光技術は、2005 年のノーベル物理学賞の対象となった。光周波数コムを用いると、マイクロ波、RF 周波数標準に基づいて正確に周波数校正された光を生成できる。逆に、原子や分子の遷移に安定化されたレーザー光を基準として、安定な RF 信号を生成することも可能である。中性原子やイオンを用いた量子コンピュータ装置において、多数の遷移を同時に精密制御するためには、このような光周波数コム技術が不可欠である。本講演では、光周波数コム技術の基礎から、基礎物理学への応用、さらには近年発展している量子技術への応用までを概説する。さらに、量子計算の主要な実現方式の一つであるトラップイオン量子計算を取り上げ、その概要と、光周波数コムによる周波数制御との関係についても議論する。

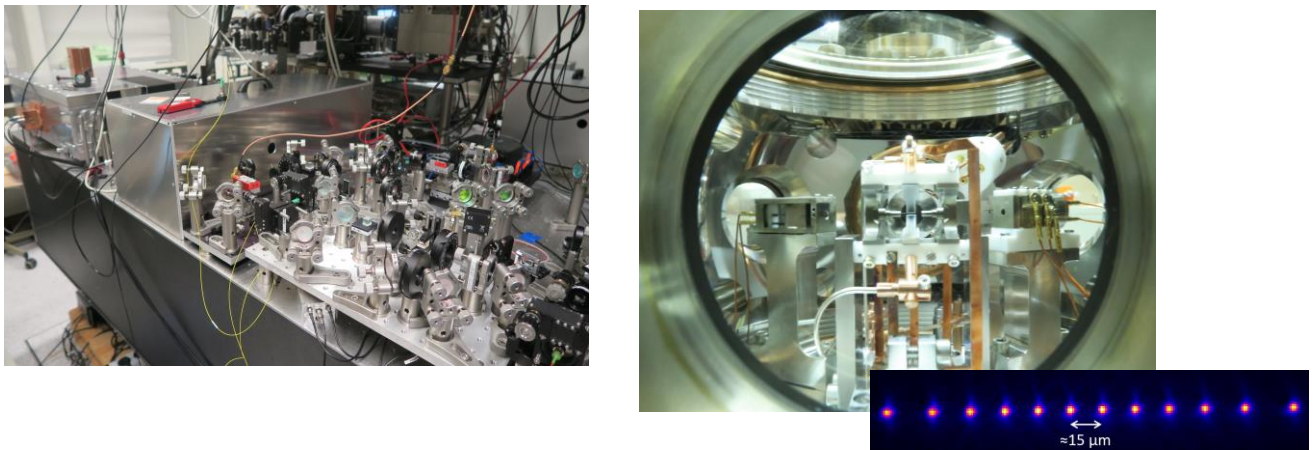


図 1 光周波数コム装置の一例（左） イオントラップ装置とトラップイオンの蛍光観測（右）

Abstract

Precise optical control of atomic and molecular transitions is essential for many applications in quantum science, such as precision spectroscopy, large-scale quantum computing, quantum communication, and quantum memories. Optical frequency combs provide a phase-coherent link between optical frequencies and electronically accessible microwave and radio-frequency signals, enabling optical frequencies to be calibrated precisely against RF references. This talk reviews the fundamentals of optical frequency-comb technology and its applications in fundamental physics and quantum technologies.