

【理工系(数物系科学)】

研究課題名	エキゾチック原子の分光による基礎物理量の精密測定
研究代表者名	はやの りゅうご 早野 龍五 (東京大学・大学院理学系研究科・教授)

人工原子の分光で理科年表記載の基礎物理定数表を更新する

エキゾチック原子は、反陽子など、電子以外の負電荷の粒子が原子核のまわりを回っている、自然界には存在しない奇妙な原子です。加速器を使って人工的に作り、それらが放出・吸収する光の周波数を精密に測定する(分光する)ことで、通常原子の分光では得られない基礎物理定数を精密に決めることができます。基礎物理定数表は精密実験の精華であり、その精度向上は理学全般に大きく貢献します。

本研究では、(1)反陽子ヘリウム原子と(2)K中間子ヘリウム原子、これら2種類のエキゾチック・ヘリウム原子を高精度で分光し、陽子・電子質量比などの基礎物理定数の精度を格段に高めることをめざしています。前者の研究はCERN研究所(スイス)の反陽子減速器施設で、また後者の研究は東海村のJ-PARC加速器のハドロン実験施設で推進します。

(1)私たちは最近、反陽子ヘリウム原子のレーザー分光により、基礎物理定数の一つである陽子・電子質量比を約1ppb(10億分の1)の精度で求め、その結果が最新版の基礎物理定数表(「理科年表平成20年」記載)に反映されました。本研究では分光精度を更に10倍以上向上させ、陽子・電子質量比の決定精度を格段に高めることを目指します。

稀少な反陽子ヘリウムを確実にレーザー遷移させるため、従来の分光法では大強度のパルス・レーザーが必要でしたが、パルス・レーザーに内在する種々の技術的制約から、1ppbが精度の限界でした。本研究ではCW(連続発振)レーザーを用いた分光法を新たに開発し、1ppbの壁の突破を目指します。

(2)一方、K中間子ヘリウム原子は、K中間子と原子核の間の強い相互作用を精密に調べる上で重要です。我々は東海地区に完成予定の世界最新鋭の大強度陽子加速器J-PARCにて、K中間子ヘリウム原子の精密X線分光実験を行い、K中間子と原子核の間に働く力の強弱をめぐる、10年に及ぶ理論的な論争に決着をつけることをめざしています。なお、これはJ-PARCが完成して最初に行われる実験です。

【キーワード】

反陽子：陽子の反粒子。陽子と質量が等しく電荷が負

K中間子：湯川の π 中間子の仲間で、ストレンジネスという量子数を持つ負電荷粒子

【部会における所見】

本研究は、これまでCERNに独自に設置したレーザー分光装置を用いて実施された特別推進研究「反水素原子の分光」での優れた成果を踏まえ、反陽子と電子の質量比を、陽子と電子の質量比の測定精度を凌駕する世界最高精度で測定することを目指す野心的かつ深い意義を持つ研究テーマである。提案者の独創になるCWレーザーによる2光子分光法とこれまでの高い研究実績によって、基礎物理定数である質量比を 10^{-10} 以下で決定することが十分に期待できる。同時に提案されている、K中間子ヘリウム3原子のX線測定ともども、周到に準備された実験計画であり、特別推進研究に値する。