

東 俊行

理化学研究所 東原子分子物理研究室

埼玉県和光市広沢 2-1

toshiyuki-azuma@riken.jp



## エキゾチック原子分光による基礎物理検証

原子分子物理における相互作用は、基本的には電磁気力によって支配されている。これを記述する理論的枠組みは量子電磁力学(Quantum ElectroDynamics: QED)であり、物理学理論として最も成功し、かつ高精度に検証されてきた。この理論がどこまで正しいのか、或いはどこで破られているのを追求する検証実験が長年積み重ねられてきた。

今回の発表では、我々が取り組んでいるエキゾチック原子を利用した検証実験を紹介する。負ミュオンや陽電子といったエキゾチックな粒子が構成要素であるエキゾチック原子は特殊で一見奇妙である。ところが、これを対象とする原子物理研究は特性を生かした普遍的で極めて有用なプローブとしてエキゾチックな粒子を利用している。

最初の例が、励起ミュオン原子の脱励起過程に伴って放出されるミュオン X 線エネルギー精密分光によるアプローチである。負ミュオンは電子と同じように負の電荷を帯びているため、原子に負ミュオンが捕獲されると最終的に負ミュオンと原子核から構成される 2 体系のミュオン原子が生成される。より詳しくは、最初高励起原子準位に捕獲された負ミュオンはミュオン X 線を放出しながら次々と下の準位へ脱励起する。ここで、束縛負ミュオンの Bohr 半径は電子の  $1/200$  であるため原子核に極めて接近し、原子核による非常に強い電磁場に晒される。我々は、J-PARC MLF 施設において真空中に孤立したミュオン原子から放出されるミュオン X 線を超伝導カロリメーターを用いて測定し、そのエネルギーを精密に決定することで強電場下における QED 効果をプローブすることに取り組んでいる。

もう一つの例は、負ポジトロニウムイオンすなわち陽電子 1 個と電子 2 個というレプトン 3 個で構成される 3 体系を孤立真空中に用意し、波長可変赤外レーザー光を使って電子脱離させることにより、負ポジトロニウムイオンの電子結合エネルギーすなわち Electron Affinity を正確に決定する仕事である。これは近年進展してきた 3 体系の精密理論計算によって明らかになってきた QED 効果を敏感に測定できるという特徴を備えている。

いずれの実験も現在有望な実験結果が得られつつあり、発表では具体例とともに検証対象の QED 効果の具体的内容や実験で期待される精度について議論する。