

放射光を用いた電子 Cold Collision 実験

北島昌史
東工大院理工

原子には原子核が存在することを実証したラザフォードの散乱実験[1]以来、原子のみならず原子核・素粒子のような微小な対称の内部状態は、性質の分かっている粒子を対称に衝突させる散乱実験によって明らかにされてきた。量子力学創成期から散乱問題の代表的なモデルが、電子と原子・分子の衝突であり、理論・実験の両面から広く研究されてきた。特に、支配的な相互作用がクーロン力と既知であることは、現代においても、電子-原子・分子衝突を有限系の少数多体問題における複雑なダイナミクスを最も精密に検証できる格好の場として、その重要さはゆるぎない。また、電子-原子・分子衝突の理解は種々の反応素過程の解明やプラズマ科学、大気科学、核融合科学、放射線作用などの広範な分野の基礎としても必須である。

さて、電子の衝突・散乱過程では、電子の衝突エネルギーが低くなると、電子の de Broglie 波長が長くなり、量子力学的効果による特有の現象が現れることが知られている。さらに、衝突エネルギーが 100 meV 程度以下ともなると、電子の de Broglie 波長は数十 Å 以上となり原子・分子のサイズよりもはるかに大きくなる。このような状況での電子衝突は電子 Cold Collision と呼ばれており特異的な物理現象の発現が期待され大変興味深い[2,3]。

ところで、電子-原子・分子衝突実験では、エネルギーの揃った電子ビームが必要であるが、一般的に用いられている熱フィラメントを電子源とする手法では、100 meV 以下で十分な強度を保ちながら安定した電子ビームを供給することは困難である。これは、数百 meV 程度のエネルギー拡がりのある熱電子が電子源であること、減速に伴うビームの発散が大きくなること、空間電荷の制限、エネルギー分解能と電子ビーム強度の相反関係等々、実験における本質的な限界があるからである。この制限を打ち破ることに成功し、10 meV を下回る超低エネルギーの電子ビームの生成を可能にしたのが、VUV の放射光により原子を光電離させて生成した光電子を電子源として用いる新しい手法である。我々が開発した「しきい光電子源」を用いた電子 Cold Collision 実験装置を図 1 に示した[4]。本講演では、我々が KEK-PF で行っているしきい光電子源を用いた電子 Cold Collision 実験について紹介し、放射光で生成する 2 次ビームを利用した実験の可能性について考えたい。

- [1] H. Geiger and E. Marsden, Proc. Roy. Soc. A, **82**, 495 (1909); E. Rutherford, Phil. Mag., **21**, 669 (1911).
- [2] D. Field *et al.*, Acc. Chem. Res. **34**, 291 (2001).
- [3] H. Hotop *et al.*, Adv. At. Mol. Opt. Phys. **49**, 85 (2003).
- [4] M. Kurokawa *et al.*, Phys. Rev. A **82**, 062707 (2010); M. Kurokawa *et al.*, Phys. Rev. A **84**, 062717 (2011); K. Shigemura *et al.*, Phys. Rev. A **89**, 022709 (2014).

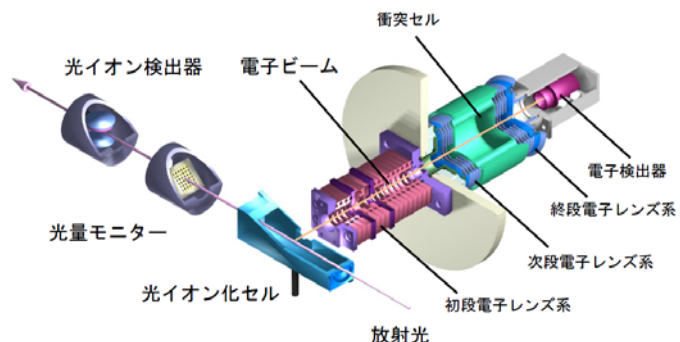


図1 しきい光電子源を用いた電子 Cold Collision 実験装置の概略図。放射光により生成したしきい光電子を、浸み出し電場により形成される緩いポテンシャル勾配によって電子レンズ系へと導き、電子ビームへと成形する。