

電子エネルギー損失分光法による

Arの 3s3p⁶4p遷移に現れる干渉効果の観測

山田千樫研究室 0313039 小林 甫

概要

電子衝撃による電離は 2 通りの経路で起こりうる。一つは束縛電子が直ちに飛び出す経路（直接電離）と、もう一つは有限の寿命を持った準束縛状態がつかられ、それが自動電離する経路（間接電離）である。この二つの経路の間で干渉が起き、その結果、散乱電子のスペクトルに非対称なピークやディップが生じる。この形状のことを一般に Fano プロファイル（図 1）と呼ぶ。図 1 のように、Fano プロファイルの形状は主に形状因子 q の値によって決まっている。 q は、散乱による波動関数の位相のずれを表わす量である。本研究では、電子エネルギー損失分光法を用いて、Ar 原子の電子衝突電離に現れる Fano プロファイルの形状因子 q を求め、その運動量移行に対する依存性について調べた。

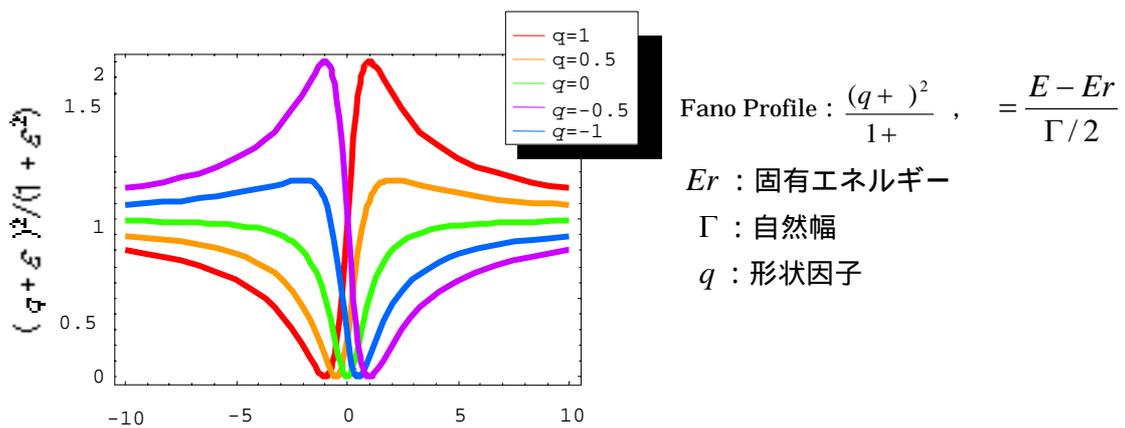


図 1 : Fano プロファイル

干渉効果についての研究は、主に光吸収の観測によって進められてきた。一方、電子エネルギー損失分光法を用いた散乱電子の観測による干渉効果の研究は、入射電子が高エネルギーの場合を除くとほとんど行われていない。Arの 3s3p⁶4p遷移についての、Madden

が求めた光吸収の観測による q の値と、中国科学技術大学において測定された入射電子エネルギー 2.5keV 、散乱角が 4° の場合の運動量移行 K^2 と q の値を表 2 に示した。本研究では同じ遷移に対して、電子エネルギー損失分光法を用いて、入射電子が低エネルギーの場合における K^2 と q の関係を調べ、光吸収のデータや、入射電子が高エネルギーの場合のデータと比較することを目的とした。

Madden R. P et al 光吸収 Phys.Rev. 177 136 $K^2 = 0$ $q = -0.22$	2.5keV 4deg Chin.Phys.Lett vol.20 No.10 1718(2003) $K^2 = 0.896$ $q = 0.085$
--	---

表 2 : 過去の研究データ

・実験

() 原理

電子エネルギー損失分光法 (Electron Energy Loss Spectroscopy : EELS) とは、ある一定のエネルギー E_i の電子を標的に入射させ、衝突後、散乱されてきた電子のエネルギー E_s を観測するというものである。ここで、次のようなエネルギー保存則が成り立つ。

$$E_i = E_s + E \quad (E : \text{エネルギー損失量})$$

E は、標的に与えられたエネルギーに対応しているため、このエネルギー損失量 E を調べることによって、入射電子が標的の内部状態にどのような変化を及ぼしたかがわかる。

また、入射電子の運動量ベクトルと散乱電子の運動量ベクトルの差を運動量移行と呼ぶ。この運動量移行の大きさ K^2 は、入射電子、散乱電子の運動量ベクトル k_1 、 k_2 と散乱角 θ を用いて、

$$K^2 = k_1^2 + k_2^2 - 2 k_1 k_2 \cos \theta$$

と表される。

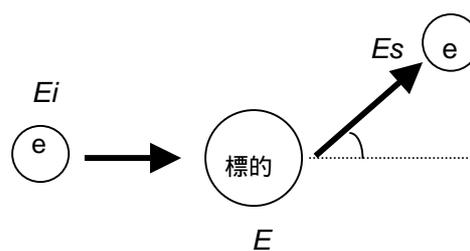
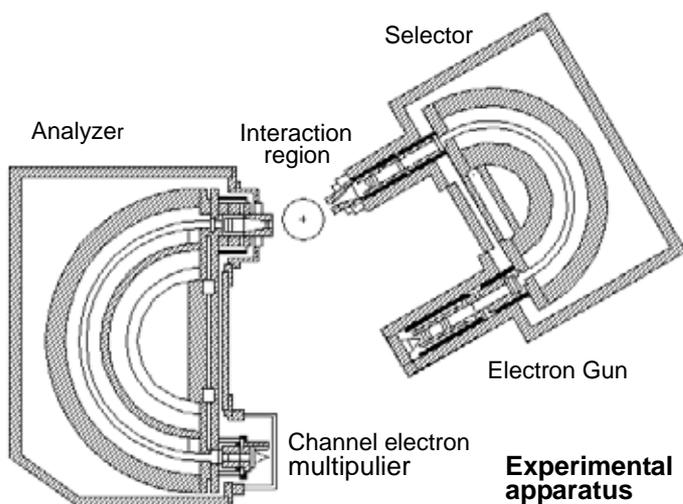


図 3 : 衝突の概略

() 装置

図4に実験装置の概略を示す。図に示すように、主に、電子銃、入射電子エネルギー選別器、衝突領域、散乱電子エネルギー分析器、検出器から成り立っている。装置全体系は1500[/s]のターボ分子ポンプで排気されており、真空度は背圧で 1×10^{-6} [Pa]程度、実験は $1 \sim 5 \times 10^{-3}$ [Pa]程度のガス圧で行った。選別器、分析器は、2台の150[/s]のターボ分子ポンプによってそれぞれ独立に差動排気されている。表5はこの装置の測定可能領域である。



衝突エネルギー	20 ~ 500[eV]
電子電流	10 ~ 20[nA]
分解能	50 ~ 75[meV]
散乱角	- 5 ~ 110[deg]

図4：実験装置

表5：測定可能領域

() 結果

入射電子エネルギー500eVで得られたArの3s副殻励起領域のエネルギー損失スペクトルを図5に示す。図5に見られるように、3s3p⁶4p遷移や3s3p⁶5p遷移は窪みとして観測される。今回は3s3p⁶4p遷移について q を求めた。図6にArの3s3p⁶4p遷移における、 q と運動量移行 K^2 の関係を示す。光吸収のデータはMaddenによるもの、入射電子エネルギーが2500eV、散乱角4°のデータは中国科学技術大学によるものである。入射電子エネルギー200eVのデータは、過去に我々の研究室で求めたものである。図6より、 K^2 がゼロに近づいていくにつれて光吸収のデータに収束していくような傾向が見られる。入射電子のエネルギーが200eVと500eVのときで収束の仕方に差があるように見えるが、その理由は現在、実験と理論の両面から調べている。

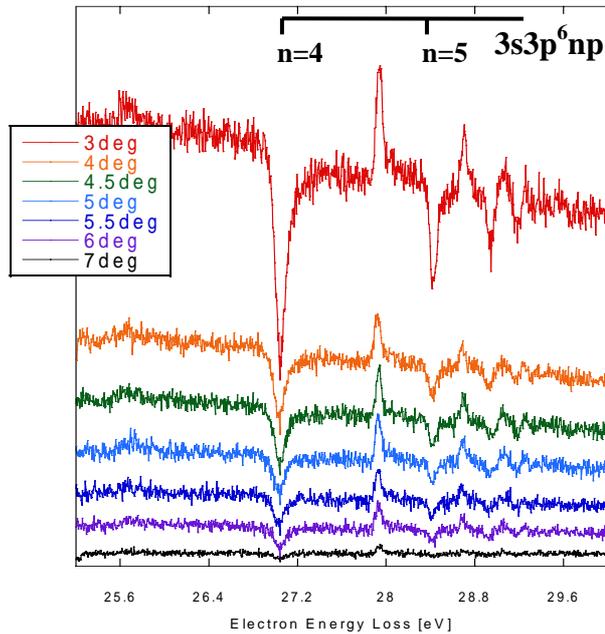


図5: 入射電子エネルギー500eVで得られたArの電子エネルギー損失スペクトル

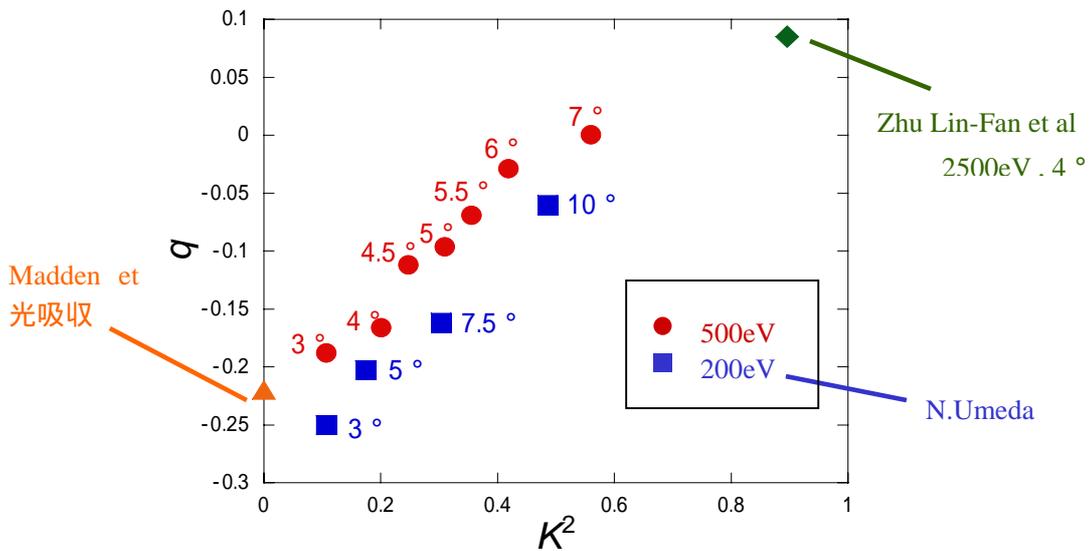


図6: q と運動量移行 K^2 の関係

．今後の課題

散乱角が大きい場合、散乱電子のカウント数が減ってしまい、エネルギー損失スペクトルの観測が難しい。今後の課題として、大散乱角の観測ができるように装置を改良し、入射電子が高エネルギーの場合のデータとの関係性をさらに詳しく調べることが挙げられる。また、入射電子のエネルギーが200eV、500eV以外の場合について観測してみることも、 q 値の振る舞いのさらなる理解のために必要である。