

## 結晶光子場によるコヒーレント共鳴励起を用いた原子物理

東 俊行

(首都大学東京・大学院理工学研究科・教授)

### 【研究の概要等】

高速イオンが結晶という周期配列を通過する際、イオンは時間とともに変化する振動電場を感じる。この電場エネルギーがイオンの内部自由度の準位差に一致すれば、イオンの準位は共鳴的に励起され得る。コヒーレント共鳴励起と呼ばれるこの過程において、数10 ギガ電子ボルトの高エネルギー重イオンを用意すれば、オングストローム単位の結晶格子周期間隔を考慮すると、周波数領域にして  $10^{18-19}$  ヘルツすなわち X 線領域に相当する準位間遷移が可能になる。これは、原子物理にとって X 線領域の位相の揃った、偏光方向が任意に選択可能であるユニークな励起源として捉えられ、光を使わない量子状態の操作を可能にするとともに、新しい精密原子分光法として利用できるという特徴を持ちあわせる。よって本研究では、高エネルギー重イオンビームと高純度シリコン結晶を利用して、(1) 光を使わない X 線領域のコヒーレントな 3 準位系量子状態の操作として、2 重共鳴による X 線領域のポンプ・プローブ実験やドレスド原子の観測、さらに、(2) 多価重イオンの精密原子分光によって強電場下の量子電磁気学の検証を行う。

### 【当該研究から期待される成果】

従来、内部構造をもたない荷電粒子と周期場の相互作用はブロッホ波という概念により理解が進んでいるが、本研究により、内部構造をもつ原子と周期結晶場が作り出す新しい量子系のダイナミクスの詳細が明らかになると期待される。そのために、原子準位が強く振動電場と結合する様子をラビ振動として測定し、実際のコヒーレンスを直接観測する。さらに、安定原子核として最も重く、価数の大きいウラン原子イオンの内殻準位間遷移を精密測定することにより、通常の分光的手法と比較して、より高い精度で強電場下の量子電磁気学理論を検証できると期待される。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Azuma, Y. Takabayashi, C. Kondo, T. Muranaka, K. Komaki, Y. Yamazaki, E. Takada, and T. Murakami, "Anisotropic X-Ray Emission from Heliumlike Fe<sup>24+</sup> Ions Aligned by Resonant Coherent Excitation with a Periodic Crystal Potential", *Phys. Rev. Lett.* **97**, 145502(2006).
- C. Kondo, S. Masugi, Y. Nakano, A. Hatakeyama, T. Azuma, K. Komaki, Y. Yamazaki, T. Murakami, E. Takada, "Three-Dimensional Resonant Coherent Excitation of Nonchanneling Ions in a Crystal", *Phys. Rev. Lett.* **97**, 135503(2006).

【研究期間】 平成19年度－23年度

【研究経費】 28,800,000 円  
(19年度直接経費)

【ホームページアドレス】 <http://atom.phys.metro-u.ac.jp/>