

# Physics of Multipolar Moments of $f$ -Electrons

神戸大学 理学部 斯波 弘行<sup>1</sup>

## [講演要旨]

$f$  軌道は比較的原子の内部にあるから、波動関数の混成が余り大きくなく、結晶場の対称性が高い場合には、 $f$  軌道の内部自由度が低温まで残り、低温でそれに伴う各種の相転移が起こる。このような内部自由度を記述するには多重極モーメント multipolar moment を用いると便利である。multipolar moment とは、具体的に低次から挙げると、3つの dipole, 5つの quadrupole, 7つの octupole, ... である。この内、dipole と quadrupole はある程度馴染みがあるが、それ以上の多重極モーメントは通常お目にかからないので、その存在を忘れることがある。しかし、結晶が立方対称性を持ち、結晶場基底状態が  $\Gamma_8$  4重項のときは7つの octupole を考慮しないと完全な記述は出来ない<sup>1)</sup>。このような系の励起は、良く知られた反強磁性体のスピン波励起と異なり、軌道励起が絡んだ特有の励起である<sup>2)</sup>。

結晶場基底状態が  $\Gamma_8$  4重項である現実の系としては、単純立方格子の  $\text{CeB}_6$ 、面心立方格子の  $\text{TmTe}$  と  $\text{NpO}_2$  がある。講演ではこれらの物質の研究の現状を概観した。

(1)  $\text{CeB}_6$  : この物質は quadrupole の antiferro 的な秩序が起こる系であるが、この物質の磁場下での振るまいを理解するには、磁場と反強四重極秩序の協力により反強  $T_{xyz}$  octupole が誘起されることを考慮しなければならない。なお、反強  $T_{xyz}$  octupole は B の NMR の line の分裂を引き起こす<sup>3)</sup>。また、隣り合う ce イオンの多重極間の相互作用を調べると、 $T_{xyz}$  octupole が重要になるミクロな根拠があることが分かる<sup>4)</sup>。

(2)  $\text{TmTe}$  : この物質は波数ベクトル  $(1/2, 1/2, 1/2)$  の反強 4重極秩序を示す。磁場下での中性子によって、磁場誘起反強磁気モーメントが観測されている。この反強磁気モーメントと 4重極秩序パラメーターについて、対称性に基づく一般的な考察が可能である<sup>5)</sup>。

(3)  $\text{NpO}_2$  : この物質は比熱の異常が 25K で見い出されながら、この相転移の秩序パラメーターは謎であった。最近、共鳴 X 線散乱実験がなされ、それとこれまでの実験との整合性から、 $(1/2, 1/2, 1/2)$  の triple- $q$  の octupole order と推論されている<sup>6)</sup>。triple- $q$  octupole が  $(1/2, 1/2, 1/2)$  の triple- $q$  quadrupole を誘起し、これが共鳴 X 線散乱で検出されたという解釈である。しかし、今のところ octupole の直接的な証拠はない。

## 参考文献

- [1] R. Shiina et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **66**, 1741.
- [2] R. Shiina et al.: preprint.
- [3] O. Sakai et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **66**, 3005 (1997); R. Shiina et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **67**, 941 (1998).
- [4] H. Shiba et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **68**, 1988 (1999).
- [5] O. Sakai et al.: preprint.
- [6] J. A. Paixao et al.: Phys. Rev. Lett. **89**, 187202-1 (2002).

<sup>1</sup> E-mail: shiba@phys.sci.kobe-u.ac.jp