

GdRu₂Al₁₀における格子非整合磁気秩序 Incommensurate Magnetic Structure in GdRu₂Al₁₀

松村武*, 高井駿, 谷田博司, 世良正文

広島大学大学院先端物質科学研究科, 〒739-8530 東広島市鏡山 1-3-1

Takeshi Matsumura*, Shun Takai, Hiroshi Tanida, and Masafumi Sera

Department of Quantum Matter, AdSM, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, 739-8530, Japan

1 はじめに

最近, 強い c-f 混成効果と長距離磁気秩序が共存するという, 新しい型の近藤半導体 CeRu₂Al₁₀ が注目を浴びている. 斜方晶 YbFe₂Al₁₀ 型構造をとり, 転移温度 T₀=27.3 K という, Ce 化合物としては異常に高い転移温度をもつ点の特徴である. 注目すべき点がいくつかある. まず, T₀ 以下で反強磁性が成長する一方で, χ_b および χ_c は垂直帯磁率に相当するにもかかわらず, 帯磁率がすべての方向で急激な減少を示し, スピンシングレットを形成するような振る舞いをみせる. しかし, その詳細なメカニズムは全く明らかになっていない. また, 常磁性状態で $\chi_a > \chi_c > \chi_b$ であり, a 軸が容易軸であるにもかかわらず, T₀ 以下での秩序モーメントは c 軸を向く. この秩序モーメントの向きは圧力や元素置換で容易に変えることができ, c-f 混成効果が重要な働きをしていることが示唆される.

この異常な秩序状態の形成について, 一連の希土類化合物での秩序状態を比較検討することは重要であり, SmRu₂Al₁₀ に引き続き, GdRu₂Al₁₀ の磁気秩序状態を明らかにするため, 共鳴 X 線回折実験を行った. 磁気構造を調べるに当たり, 通常は中性子回折が有用であるが, Gd は強力な中性子吸収体であるため, 共鳴 X 線回折のほうが有利である. さらに, 放射光の高い空間分解能により, 詳細な波数変化を明瞭にとらえることができた.

2 実験

Al フラックス法で作製した単結晶試料を用い, BL-3A の超伝導マグネットが搭載された 2 軸回折計で共鳴 X 線回折実験を行った. 結晶の ab 面が散乱面と一致するように試料をとりつけ, 逆格子空間(h, k, 0)内で信号の探索を行った.

3 結果および考察

最低温度 2K での信号探索の結果, 散乱ベクトル $Q=q+\tau$ で表される点に回折ピークが現れることを確認した. ここで $q=(0, 0.764, 0)$, τ は格子の逆格子ベクトルである. 図 1 は $Q=(6, 0.764, 0)$ でのエネルギースペクトルである. 7.258 keV (E1) で非常に強い共鳴を示している.

図 2 に伝播ベクトルの温度変化を示す. 最低温度では $q=0.764$ の位置にあったピークは, まるで秩序変数である磁気モーメントの温度変化であるかのように, 連続的に変化する. 転移温度直下では, 格子整合位置であり, SmRu₂Al₁₀ での伝播ベクトルと同じ, $q=0.75$ に近づくように見える. このことに何らかの意味があるのかどうか, 他の物質との比較検討が必要である.

さらに, 偏光解析の結果も含めて磁気構造を考察すると, 図 3 に示すように, bc 面内での磁気モーメントが回転しながら b 軸方向に伝播するサイクロイド型磁気構造であることがわかった.

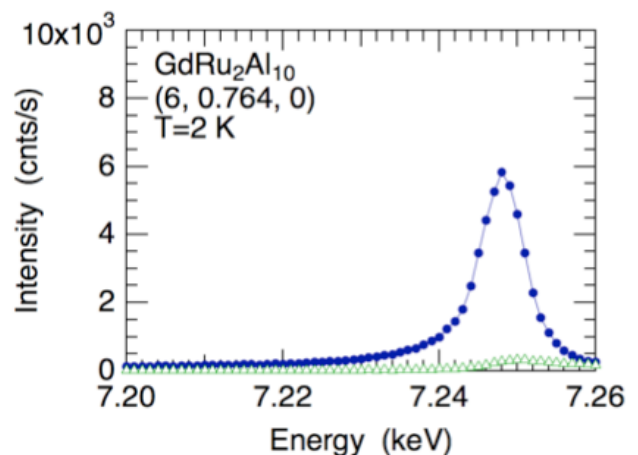


図 1 : 2K における $Q=(6, 0.764, 0)$ でのエネルギースペクトル.

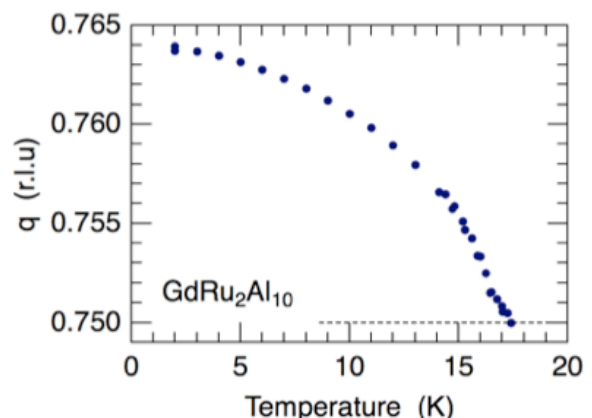


図 2 : 伝播ベクトルの温度変化.

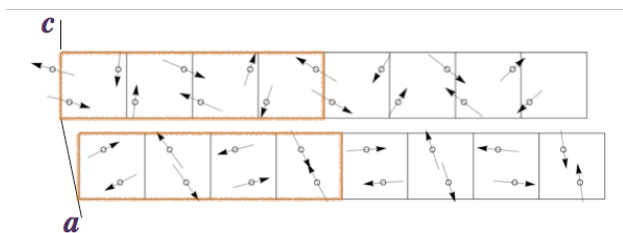


図 3 : GdRu₂Al₁₀ の磁気構造.

温度変化に伴って伝播ベクトルが変化する例は他にも見られるが、今の場合には RKKY 相互作用そのものが秩序変数の大きさに依存して変化しているものと考えられる。SmRu₂Al₁₀ など、他の同型物質では、磁気異方性が強いこともあって、ほぼ一定の伝播ベクトルを保ったまま、ただ強度が変化するという、通常の秩序のふるまいがみられるのに対し、GdRu₂Al₁₀ では異方性が弱くなったことが原因で、RKKY 相互作用がもつ本来の姿が浮かび上がってきたのではないかと考えている。

特に、転移温度直下で格子整合に近い伝播ベクトルをもち、温度降下に伴ってずれていくという振る舞いは、低温で格子整合秩序にロックインするという通常の現象とは逆であり、何を表しているのか興味深い。

4 まとめ

GdRu₂Al₁₀ の磁気秩序状態を明らかにするため、共鳴 X 線回折実験を行った結果、 $q=(0, 0.764, 0)$ で表される、b 軸方向の格子非整合磁気秩序を形成することがわかった。また、温度を上げると、伝播ベクトルが秩序変数の大きさに比例して連続的に変化し、転移温度に向かって格子整合な $q=0.75$ に近づいていくという、一見非常に奇妙な温度変化を示すことがわかった。

* tmatsu@hiroshima-u.ac.jp