

Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} 型構造を持つウラン系新物質の磁気構造
 Magnetic structure of new Uranium compound with Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} type structure

松本裕司¹⁾, 太田玖吾¹⁾, 田端千紘²⁾, 金子耕士²⁾, 芳賀芳範²⁾

Yuji MATSUMOTO¹⁾, Kyugo OHTA¹⁾, Chihiro TABATA²⁾, Koji KANEKO²⁾, Yoshinoro HAGA²⁾

¹⁾富山大学 ²⁾原子力機構

(概要)

$T_{m1} = 9$ K、 $T_{m2} = 24$ K をもつ反強磁性体である $U_2Pt_6Al_{15}$ の中性子散乱実験を JRR-3 の TAS-1 において行った。その結果、磁気構造が I 相($T < T_{m1}$)は $k_1 = (1/2\ 0\ 0)$ 、 $k_2 = (1/2\ 1/2\ 0)$ 、II 相($T_{m1} < T < T_{m2}$)は $k_3 = (1/3\ 0\ 0)$ を持つことを明らかにした。

キーワード：磁気構造の決定、ウラン系新物質

(1 行あける)

1. 目的

本研究の対象物質である、六方晶 Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} 型構造を持つウラン系化合物 $U_2T_6X_{15}$ ($T =$ 遷移金属, $X =$ Al, Si, Ga) の構造は、空間群 194 ($P6_3/mmc$) で磁性を持つ U を含む U_2X_3 層と TX_2 層の積層構造となっている。 U_2X_3 層内の最近接の U-U 間距離は 4Å 程度、 U_2X_3 層間の U-U 間距離は 8Å 程度であることから $U_2T_6X_{15}$ 系では U_2X_3 層内に 2 次元の磁気的相互作用が期待できる。六方晶 Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} 型構造で $U_2T_6X_{15}$ の結晶構造を解いた場合、 U_2X_3 層の U は 2/3, X は 1/3 のランダムな欠損がある。また、 $U_2T_6X_{15}$ は X 線回折で散漫散乱が観測されていることより c 軸方向に積層不整があることが分かっている。このことから、 $U_2T_6X_{15}$ の積層不整を平均した構造が六方晶 Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} 型構造であると仮定すると $U_2T_6X_{15}$ の結晶構造を直方晶で取り直すことができる。直方晶で構造を取り直すと U_2X_3 層の U と X のランダムな欠損と積層不整の両方を説明することができ、 U_2X_3 層はサイトに欠損が無く U がハニカム格子を形成していると考えられる。そのため、六方晶 Sc_{0.6}Fe₂Si_{4.9} 型構造を持つ $U_2T_6X_{15}$ は U がハニカム格子を形成している構造の積層不整を平均したものと扱うことができ、幾何学的フラストレーションに由来する物性の発現が期待される。

我々は、 $U_2T_6X_{15}$ 系のウラン系化合物の結晶育成と物性測定を行っている。これまで、 $U_2Pd_6Al_{15}$ ^[1] と $U_2Pt_6Al_{15}$ ^[2] に加えて、新物質の $U_2Pt_6Ga_{15}$ ^[3] と $U_2Pt_6Al_{12}Si_3$ の育成に成功している。この一連の化合物について、統一的に磁気構造を明らかにすることで、この結晶構造に由来する物性を明らかにできると考えており、2021 年 11 月に行った $U_2Pt_6Ga_{15}$ の中性子散乱実験では $U_2Pt_6Ga_{15}$ は (1/6 1/6 0) の磁気構造を持つことと、磁気モーメントが c 軸方向に向いている可能性が高いことを明らかにした。今回の 2022 年の 6 月の中性子散乱実験では、さらに $T_{m1} = 9$ K、 $T_{m2} = 24$ K の反強磁性体である $U_2Pt_6Al_{15}$ の I 相($T < T_{m1}$)と II 相($T_{m1} < T < T_{m2}$)の磁気構造を決定するため JRR-3 の TAS-1 において、 $U_2Pt_6Al_{15}$ の中性子散乱実験を行った。

2. 方法

JRR-3 の TAS-1 において、4 K 冷凍機を用いて、詳細な中性子散乱実験を行い $U_2Pt_6Al_{15}$ の I 相と II 相での磁気構造を決定する。六方晶表記で (h0l), (hk0) 面において測定を行った。

3. 結果及び考察

$U_2Pt_6Al_{15}$ の中性子散乱実験を行った。(h0l), (hk0) 面において磁気反射の探索を行った。図 1 に I 相である 4 K での (h 0 0) 方向にスキャンした時の磁気散乱の結果を示す。(3/2 0 0) の明瞭な磁気散乱が観測された。図 2 に I 相での (h 0 l), (h k 0) 面、II 相での (h 0 l) 面の磁気反射の探索の結果を示す。I 相で

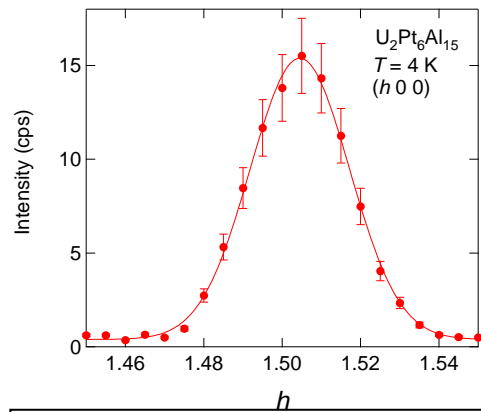


図 1 $U_2Pt_6Al_{15}$ の 4 K での (h 0 0) 方向にスキャンした時の磁気散乱

は、 $k_1 = (1/2\ 0\ 0)$ 、 $k_2 = (1/2\ 1/2\ 0)$ の2つの基本反射に由来する磁気反射が観測された。II相では $k_3 = (1/3\ 0\ 0)$ の基本反射に由来する磁気反射が観測された。 l が奇数の磁気散乱は消失せず観測されていることより U_2Al_3 層間には反強磁性的な相関があると考えられる。

図3に k_1 、 k_2 、 k_3 の温度依存性を示す。I相では k_1 、 k_2 の磁気散乱が観測され、 k_3 の磁気散乱も非常に弱く観測された。 T_{m1} 近傍で強度の温度依存性に1次転移に由来するヒステリシスが観測された。また T_{m1} 近傍で k_1 、 k_2 は急激に減少して消失、 k_3 は急激に増大した。II相では k_3 の磁気散乱の強度は昇温とともに減少し、 T_{m2} 近傍で2次転移的に消失した。

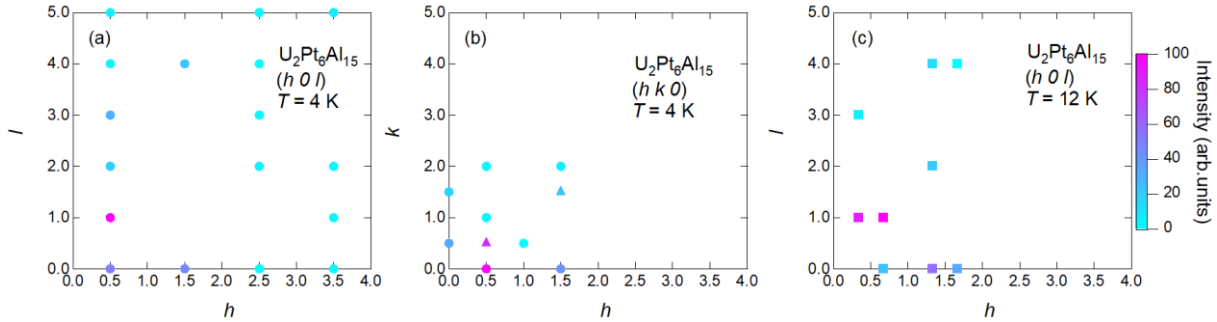


図2 $U_2Pt_6Al_{15}$ のI相での(a) $(h\ 0\ l)$ 面、(b) $(h\ k\ 0)$ 面、II相での(c) $(h\ 0\ l)$ 面の磁気散乱。●が k_1 に由来する磁気反射、▲は k_2 に由来する磁気反射、■は k_3 に由来する磁気反射を示す。

これらの結果は、2023年の日本物理学会春季大会で発表し、2023年6月に開催されるThe 10th International Workshop on the Dual Nature of f-Electrons、2023年7月に開催されるSCES2023で発表予定である。

4. 引用(参照)文献等

- [1]Y. Haga *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. Suppl. A **77**, 365 (2008).
- [2]Y. Haga *et al.*, JPS Conf. Proc. **29**, 013003 (2020).
- [3]Y. Matsumoto *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 074707 (2021).

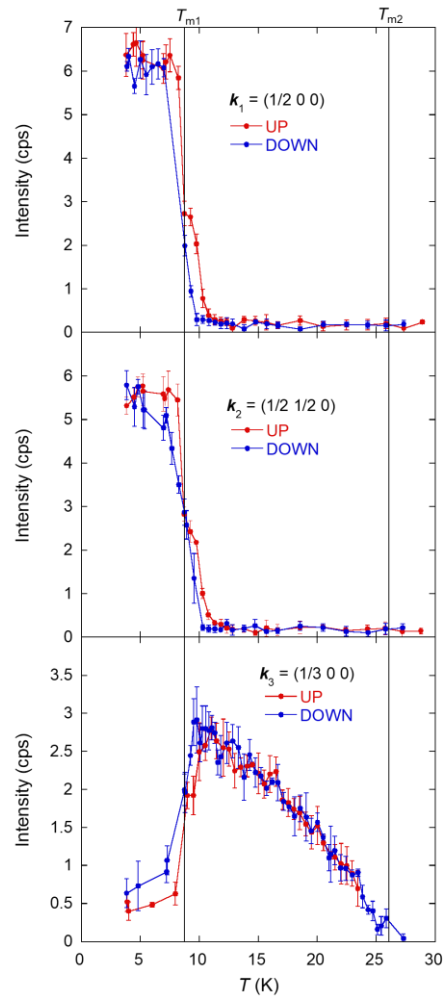


図3 $U_2Pt_6Al_{15}$ の k_1 、 k_2 、 k_3 の散乱強度の温度依存性