

# Fe<sub>3</sub>Pt における巨大磁場誘起歪の機構解明

## Mechanism of giant magnetic field-induced strain in Fe<sub>3</sub>Pt

阪大・工 福田 隆, 山本 将貴, 掛下 知行  
東北大・金研 小山 佳一, 野尻 浩之  
T. Fukuda<sup>1</sup>, M. Yamamoto<sup>1</sup>, T. Kakeshita<sup>1</sup>, K. Koyama<sup>2</sup> and H. Nojiri<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Osaka University  
<sup>2</sup> Institute for Materials Research, Tohoku University

### 1. はじめに

Fe<sub>3</sub>Pt は磁場によりバリエント再配列が可能な強磁性形状記憶合金である。これまでに我々は、Fe<sub>3</sub>Pt に磁場を加えると磁場方向に大きく収縮することならびに、その歪の原因が磁場によるバリエント再配列によるものであることを明らかとしてきた[1]。

ところが、最近 Fe<sub>3</sub>Pt の規則度を上昇させると、磁場方向に伸びる(約 0.5%)ことを見出した。これは、規則度の低い合金の挙動とは全く逆である。しかしながら、この歪の原因が磁場によるバリエント再配列によるものであるという明確な証拠はいまだ見いだせていない。磁場によるバリエント再配列であることを明確にするには、まず、低温でどのようなマルテンサイト相が生成しているかを明確にする必要がある。これには低温X線回折が適切である。さらに、磁場中 X 線回折により、バリエント再配列に伴う回折強度の変化が検出可能であると期待できる。そこで、本研究では、極低温における磁場中 X 線回折を行い、マルテンサイト相の構造を調べるとともに、磁場によるバリエント再配列が実現しているか否かを明確にすることを目的とした。

### 2. 方法

Fe<sub>3</sub>Pt 合金は、電解鉄(99.99 mass%)および Pt 板(99.95 mass%)をアーク溶解することにより得た。作製したインゴットを用いて Ar 雰囲気中で FZ 法により単結晶を育成した。得られた単結晶試料の方位を背面ラウエ法により決定し、すべての面が{100}<sub>p</sub>面と平行になるよう、立方体状試料および板状試料を切り出した。それぞれの試料に 1373 K で 24 時間の均一化処理を施した後、規則化処理(1073 K から 773 K まで 30 日間の徐冷、その後室温まで炉冷)を施した。母相の長範囲規則度は、板状試料を用いて X 線回折により測定し、その結果、規則度は  $S = 0.88$  となった。

帯磁率測定は、超伝導量子干渉計(SQUID)を用いて、4.2 K から 300 K の温度範囲で行った。結晶構造には、金研 5T-CSSM(X 線回折装置)を用いて板状試料の{100}<sub>p</sub>面に X 線を照射し、10 K から 295 K の温度範囲で 400 反射の回折プロファイルを測定した。

### 3. 結果

#### 3-1 帯磁率の温度依存性

$S = 0.88$  の Fe<sub>3</sub>Pt の変態挙動および磁氣的性質を調

べるために冷却過程ならびに過熱過程における帯磁率を測定した。その結果を Fig. 1 に示す。Fig. 1 からわかるように、温度の低下にともない、60 K 付近から帯磁率の急激な上昇が見られる。これはマルテンサイト変態によるものであると考えられる。すなわち、0.02 T の磁場下において  $S = 0.88$  の Fe<sub>3</sub>Pt は 60 K 付近でマルテンサイト変態すると考えられる。また、加熱過程においては、帯磁率は 60 K 付近まで下降し、60 K 以上の温度においては、温度の上昇にともなって緩やかに上昇する。なお、通常マルテンサイト変態においては、変態にともない帯磁率は低下する。これは生成するマルテンサイト相の磁気異性が母相のそれに比べて大きいためである。これに対し、 $S = 0.88$  の Fe<sub>3</sub>Pt においては 60 K 付近で帯磁率が上昇する。これは磁場中でマルテンサイト変態した際、磁場方向に対して有利な磁区構造が形成されたためであると考えられる。

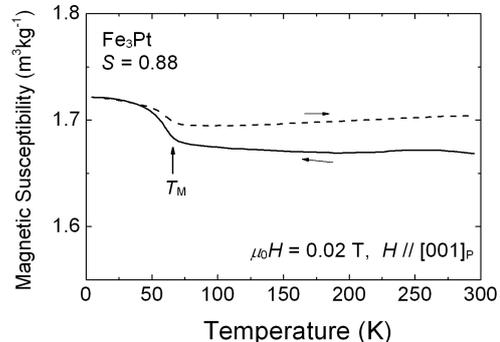


Fig. 1 Temperature dependence of magnetic susceptibility of Fe<sub>3</sub>Pt with  $S = 0.88$ . The martensitic transformation temperature  $T_M$  is indicated with an arrow.

#### 3-2 $S = 0.88$ の Fe<sub>3</sub>Pt のマルテンサイト相の結晶構造

Fig. 2 に  $S = 0.88$  の Fe<sub>3</sub>Pt の各温度における 400 反射の回折プロファイルを示す。Fig. 2 からわかるように、60 K 以上で 1 つであったピークが、それ以下の温度においては 2 つのピークに分離している。これらのピークは低角側からそれぞれ、マルテンサイト相の 004 反射、マルテンサイト相の 400 および 040 反射であり、このピーク分離は fct マルテンサイト相への変態を意味している。得られた X 線回折パターンを用いて、 $S = 0.88$  の Fe<sub>3</sub>Pt の各温度における格子定数を求めた(Fig. 3)。

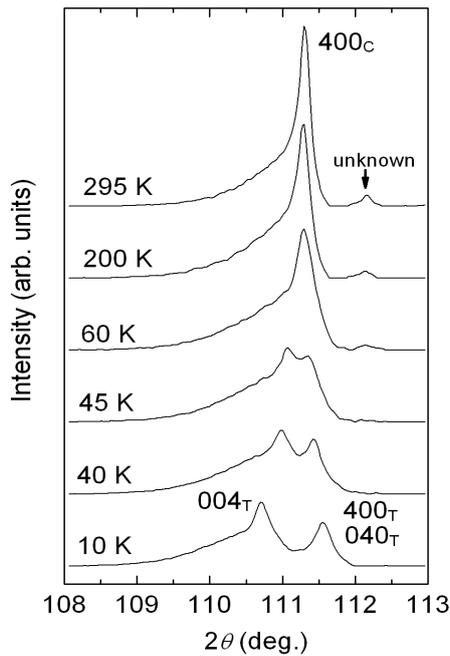


Fig. 2 X-ray diffraction pattern of  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  with  $S = 0.88$  taken in the cooling process. The peak split is due to martensitic transformation.

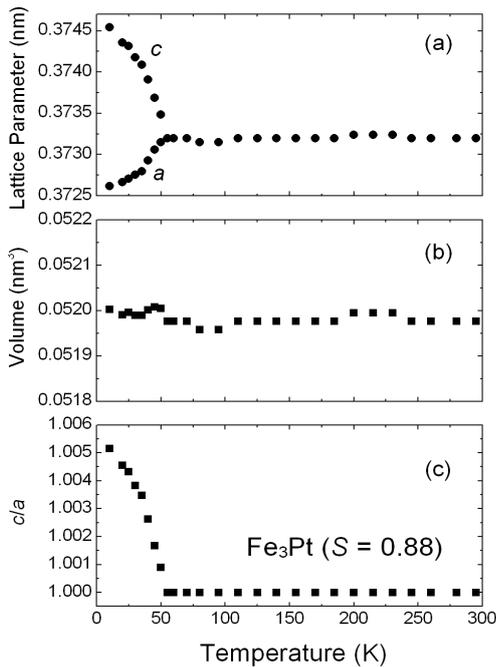


Fig. 3 Temperature dependence of lattice parameters (a), unit cell volume (b) and axial ratio  $c/a$  (c) of  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  with  $S = 0.88$ .

Fig.3(a)からわかるように、格子定数は 60 K で  $a$  と  $c$  に分裂する。この温度は帯磁率の急激な変化が起こる温度と一致する。変態の前後で格子定数は連続的に変化し、60 K 以下では温度低下にともない  $a$  は減少し、 $c$  は増加する。10 K において  $a = 0.3726$  nm,  $c = 0.3745$

nm となる。次に、各温度における格子定数から単位胞の体積の温度変化を求めた(Fig. 3(b))。Fig. 3(b)より、マルテンサイト変態前後で体積変化がほとんどないことがわかる。以上に示すように、 $S = 0.88$  の  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  における母相から fct マルテンサイト相への変態は弱い1次の変態である。Fig. 3(c)に軸比  $c/a$  の温度依存性を示す。Fig. 3(c)からわかるように、軸比  $c/a$  は 60 K 以下の温度においては温度低下にともない増加し、10 K において最大約 1.005 となる。

ところで、本研究で用いられた  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  よりやや規則度の低い  $S = 0.75$  の  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  のマルテンサイト相は軸比  $c/a$  が 1 より小さい fct 構造をとる[2]。このことから、 $S = 0.88$  の  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  のマルテンサイト変態は、これまでに知られているものと大きく異なっていると言える。

#### 4. まとめ

今回の実験により、 $\text{Fe}_3\text{Pt}$  のマルテンサイト相に従来とは異なる  $c/a > 1$  の構造を有するものが存在することが明らかとなった。これは、実験計画当初には予想しなかった重要な成果である。一方、当初目的のひとつである磁場によるバリエント再配列については未だ確認が取れておらず、これは今後の課題である。

#### 謝辞

本研究はグローバル COE プログラム「構造・機能先進材料デザイン教育研究拠点」の支援のもと実施されたものである。

#### 参考文献

- [1] T. Kakeshita, T. Takeuchi, T. Fukuda, M. Tsujiguchi, T. Saburi, R. Oshima and S. Muto: Appl. Phys. Lett., **77** (2000) 1502
- [2] T. Sakamoto, T. Fukuda, T. Kakeshita, T. Takeuchi and K. Kishio: Sci. Technol. Adv. Mater., **5** (2004) 35.