

Nd-Fe-B 磁石における強磁性共鳴の温度依存性

西野正理¹、宮下精二²

(¹ 物材機構、² 東大院理)

Temperature dependence of the ferromagnetic resonance of Nd-Fe-B magnets

Masamichi Nishino¹ and Seiji Miyashita²

(¹NIMS, ²Univ. of Tokyo)

イントロダクション

ネオジウム磁石 Nd₂Fe₁₄B は高い保磁力を持つ永久磁石として知られ、モーターや発電機など広い範囲で商用に利用されている[1]。しかし、保磁力機構は未解明の部分も多く、その解明には磁化ダイナミクスの機構の理解が不可欠である。磁石の理論計算は、マイクロマグネティクスにおける連続体モデルによるシミュレーションの研究が主に行われてきたが、機構のミクロなスケールからの解明には、原子論からの微視的なモデルに基づくダイナミクスの解析[2]が必要である。我々は、微視的モデルからの磁石の動的特性の理解をめざしている。今回我々は、ネオジウム磁石の原子論的スピンモデルを用いて強磁性共鳴周波数の温度依存性を調べ、その非単調な振る舞いを見いだした。

磁化ダイナミクス

スピンモデルは次のように与えられ、
$$\mathcal{H} = - \sum_{i < j} 2J_{ij} \mathbf{s}_i \cdot \mathbf{s}_j - \sum_i D_i (s_i^z)^2 + \sum_i \sum_{l,m} \Theta_{l,i} A_{l,i}^m \langle r^l \rangle_i \hat{O}_{l,i}^m$$

交換相互作用や磁気異方性の値は、第一原理計算あるいは実験から決められたものを使用した[3,4,5]。

モデルは T=150 K 付近で磁気再配列転移を示し、実験値をほぼ再現する。また、臨界温度は T_c~800 K であり、実験値の T_c~600-700 K よりは少し高いが、総じてモデル化が妥当なことを示している。我々は、磁化ダイナミクスを記述する基礎方程式である Landau-Lifshitz-Gilbert(LLG)方程式に熱揺らぎ(温度効果)を正しく取り込んだ方法論(Stochastic LLG法)[2]を用いて Power Spectrum を計算した。このピーク位置に相当する周波数が共鳴周波数に相当する。我々は、Power Spectrum の温度依存性の解析において、図1のようにピークの周波数位置が温度上昇とともに一度上昇して下降するという、非自明な振る舞いを見出した。本講演では、この非自明な温度依存性は磁気再配列転移を示す系に普遍的なものであり、その起源は、再配列においておこる内部磁場の特徴的な変化に由来することを理論的に示す。

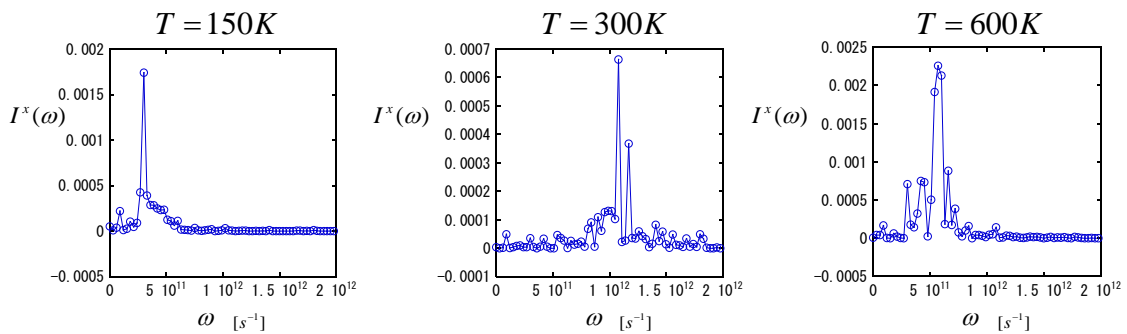


図1 Power Spectrum の温度依存性。

参考文献

- 1) S. Hirose, M. Nishino and S. Miyashita, Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. 8, 013002 (2017).
- 2) M. Nishino and S. Miyashita, Phys. Rev. B. 91, 134411 (2015).
- 3) Y. Toga *et al.*, Phys. Rev. B 94, 174433 (2016).
- 4) M. Nishino, Y. Toga, S. Miyashita, H. Akai, A. Sakuma, S. Hirose, Phys. Rev. B 95, 094429 (2017).
- 5) T. Hinokihara, M. Nishino, Y. Toga, and S. Miyashita, Phys. Rev. B 97, 104427 (2018).