

強磁性カイラル構造のマイクロマグネティクス計算

富田知志、児玉俊之、柳久雄、葛西伸哉*、三俣千春*

(奈良先端大、*物材機構)

Micromagnetics simulation of ferromagnetic chiral structures

S. Tomita, T. Kodama, H. Yanagi, S. Kasai*, C. Mitsumata*

(NAIST, *NIMS)

はじめに

時間反転対称性と空間反転対称性が共存した系、すなわち磁性体のカイラル構造が物性物理において興味を持たれている。特に電磁波の偏光には無依存だが進行方向には依存して屈折率が異なる磁気カイラル効果が期待されている。磁気カイラル効果は、外場によって切り替え可能な非相反マジックミラーの実現という応用の観点のみならず、光にとっての「磁場」である人工的ゲージ場の実現という基礎研究の立場からも大変興味深い。しかしながら天然の物質での磁気カイラル効果は、表裏の屈折率差にして 10^{-8} 程度と極めて小さく、その観測には強磁場もしくは低温が不可欠であった。そこで我々は人工構造（磁気カイラルメタ分子）での共鳴現象を用いることで、室温及び弱磁場にも関わらずマイクロ波領域で屈折率差が 10^{-3} 程度と比較的大きな磁気カイラル効果の観測に成功した[1]。更に高周波化に向けて応力誘起自己巻き上げ法を用いた磁気カイラルメタ分子の微細化を進め[2]、ミクロンサイズの単一メタ分子の強磁性共鳴(FMR)を調べている[3]。今回はこれらの実験と相補的に進めてきたマイクロマグネティクス計算の結果について報告する。

計算方法

実験と同じ幅 $9\mu\text{m}$ 、厚さ 60nm の強磁性体の短冊が、時計回り (CW) もしくは反時計回り (CCW) に5周巻いたカイラル構造を計算機中でモデル化した。カイラル構造の直径は $50\mu\text{m}$ であった。カイラルピッチは $10\mu\text{m}$ で、長さは $50\mu\text{m}$ となる。短冊を $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ のメッシュで切った。厚さ方向は1メッシュで、1周は52メッシュとなる。メッシュの中心に磁気モーメント (800emu/cc) を配置した。カイラル軸 (z軸) と外部直流磁場との成す角を θ とした。直流磁場の強さと θ を変化させながら、磁気モーメント間の交換相互作用及び双極子相互作用を取り入れ、磁気モーメントの運動方程式である LLG 方程式を直接解いた。なお交換固さは 10^{-6}erg/cm 、ダンピング定数は 0.01 とした。マイクロ波の周波数は 9GHz とし、マイクロ波磁場の強さは 0.5Oe であった。温度は絶対零度であった。

計算結果

図に計算で得られた共鳴信号を示す。横軸は直流磁場の強さ、縦軸は x 方向の磁気モーメントの強度である。赤色が $\theta=0$ 度、緑色が $\theta=15$ 度に対応する。各色で \triangle が CW、 \blacksquare が CCW の結果に対応する。直流磁場は強磁性膜の面内に向けた $\theta=0$ 度の場合、 950Oe 付近に共鳴が見て取れる。これは磁気モーメントの一斉歳差運動であるキッテルモードの FMR と考えられる。一方 $\theta=15$ 度では、強磁性膜面に対して直流磁場が傾いているため、反磁場によって共鳴磁場が 1000Oe 付近に高磁場シフトしている。これらの計算結果は、実験結果[3]を定性的に再現している。 $\theta=0$ 度の場合、CW でも CCW でも共鳴磁場は同じであった。これに対して $\theta=15$ 度では、CCW の共鳴磁場は CW よりも若干高磁場にみえる。講演では FMR 信号の印加磁場角度及びカイラリティへの依存性について詳細に報告する予定である。

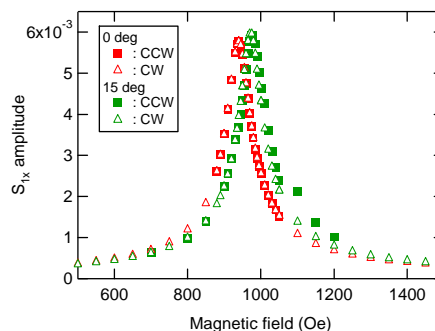


Fig. Calculated FMR signals.

参考文献 [1] S. Tomita et al., *Phys. Rev. Lett.* **113**, 235501 (2014). [2] T. Kodama et al., *Appl. Phys. A* **122**, 41 (2016). [3] T. Kodama et al., submitted.