

液晶化学に倣う異方的な電荷分布を有する新規な磁気異方性材料の創成

東京大学大学院理学系研究科 准教授 岡林 潤

低消費電力にて動作する磁気デバイスの開発を目指したスピントロニクスの研究分野では、超高記録密度化のためにナノスケールに素子化した際に漏れ磁場のない垂直磁気異方性材料と、面内-面直間の磁気異方性を外的に制御できる系の創出が学術的・産業的に切望されている。しかし、垂直磁気異方性は軌道磁気モーメント L および高次の異方的な電荷四極子分布 $Q(=3L_z^2 - L^2)$ と関連しており、これらを計測できる手法が限られているため、材料設計指針が立っていないのが現状である。そこで、磁性薄膜の界面に生じる格子ひずみの外的操作を通して電子状態を変調できれば、自在かつ可逆的に軌道磁気モーメントと垂直磁気異方性の制御が可能となり、既存の磁気記録デバイスの概念を超えた機能性を付与できることに着目する。

一方、異方的な形状分布に関しては、ネマチック液晶状態の制御において高分子化学の分野で進んでいる。微弱な刺激(電圧やひずみなど)による液晶転移など、スピン軌道物性との類似性があるはずであり、図1のように、液晶物性の概念を固体界面の電荷分布制御に応用する全く新しい材料設計に着目する。

本研究では、薄膜界面に生じる格子ひずみを電圧ピエゾ効果と力学的応力によって能動的に操作し、垂直磁気異方性を制御できる物質系を設計し、実現させる。そのために、軌道磁気モーメントを計測できる磁気円二色性(XMCD)および異方的な電荷分布を測定する磁気線二色性(XMLD)の測定法を応用して、外場印加時の非平衡状態を観測できる新しいオペランド磁気分光法を開発する。そして、この新手法を用いて「外的な格子ひずみを用いた磁気異方性の操作を実現させ、微視的な電子論からの解明」、および「液晶を模倣したひずみ効果による可逆的な軌道磁気モーメントの操作を世界で初めて実証し、面内-面直の磁気異方性の制御」を実現させ、物理学と化学の融合分野の学術を展開する。

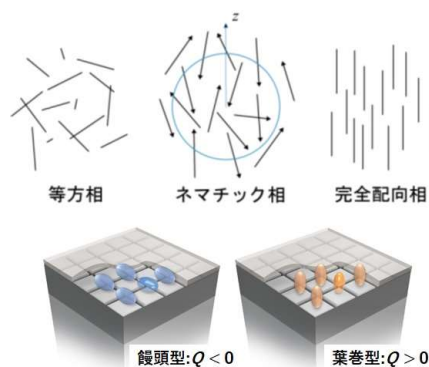


図1: 液晶系と本研究の界面スピン軌道系における異方性の対比。異方的な配向分布 Q (葉巻、饅頭型)を外的制御する類似性がある。下段は J. Okabayashi et al., Appl. Phys. Lett. 115, 252402 (2019)より抜粋。

【実用化が期待される分野】

磁気記録、スピントロニクス、低消費電力デバイス、量子コンピューティング