

【基盤研究 (S)】

理工系 (化学)



研究課題名 化学制御 Chirality が拓く新しい磁性

広島大学・大学院理学研究科・教授

井上 克也

研究分野: 機能物性化学

キーワード: キラル磁性, スピントロニクス, スピン位相, マルチフェロイクス

【研究の背景・目的】

天然に産出する磁鉄鉱の強磁性は、人類が最も早く知った物性の一つです。右手と左手の関係に代表される掌性 (Chirality、キラリティ) も哲学や科学の問題として非常に古くから考えてこられた形に関する問題です。本研究の目的は、掌性を持つ磁性体に関する科学原理を明らかにすることです。

科学的には 1884 年にケルビン卿が chirality の概念を提唱し、その後 19 世紀前半のアラゴからパステールへと受け継がれ、結晶・分子の chirality と自然光学活性の研究が合流して進展してきました。しかし、ともに光の偏光面が回転する現象であり、M. ファラデーが見出した磁気光学効果との関係が明らかにされたのは、20 世紀後半になって、chirality と磁場の協奏効果として磁気不斉二色性 (MChD) が量子論的に予言されたのが初めてです。このように、100 年以上に渡って連綿と続く chirality 研究の歴史の中で、底流にある「化学と物理」、「構造 chirality と磁気 chirality」といった対概念を包摂統合する研究の流れを創るため、2006 年度より本研究計画代表者を中心とする化学・物理研究者の連携によって 2 つの基盤 A を実施しました。Chiral 磁気構造では、スピンの巻き方が定まるため、らせんピッチが巨視的な秩序パラメータとなりえます。このため、スピンの位相を巨視化することができます。本研究計画ではこれを新たな視点とし、「結晶と磁性の chirality」研究の第二段階として《スピンの位相をマクロスケールで制御する》研究の流れを確立します。また、物質科学との関係ではスピン自由度の情報を伝える技術《スピントロニクス》が、現在活発な研究分野となっていますが、Chiral 磁性結晶は、新しいスピントロニクス研究の舞台を提供します。

【研究の方法】

本研究は、スピン位相のマクロ制御による機能性材料の創製を目指す新しい試みです。研究計画では、化学 (井上 (広島大学)・菊地 (首都大学東京)・美藤 (九州工大)) と物理 (秋光 (青山学院大学)・岸根 (放送大学)・戸川 (大阪府立大学)・鳥養 (山梨大学)・松浦 (東京大学)) の連携をさらに深め、この分野を大きく発展させます。具体的な研究内容を以下に示します。

- (1) 分子性・無機 chiral 磁性体の物質設計・制御戦略の確立
- (2) 結晶・磁気 chirality の定量化
- (3) 電場・磁場・応力を外部パラメータとする

chirality のコントロール

(4) 新たなスピントロニクス分野の開拓

【期待される成果と意義】

電磁気の基本要素に磁場、電場と光があります。それぞれの要素はスピン、電荷と光子であり、電荷の位相がマクロサイズで揃った現象が超伝導、光子の位相が揃ったものがレーザーに相当します。今までスピンの位相がマクロレベルに揃った例は見つかりませんでした。我々の Chiral 磁性体で、最近発見しました。右手と左手が本質的に混ざりあわないのが原因と考えられます。このスピン位相がマクロスケールで揃った状態は、未知の様々な協同現象が見つかる可能性が高いと考えられ、本研究は基礎的見地から研究して行きます。

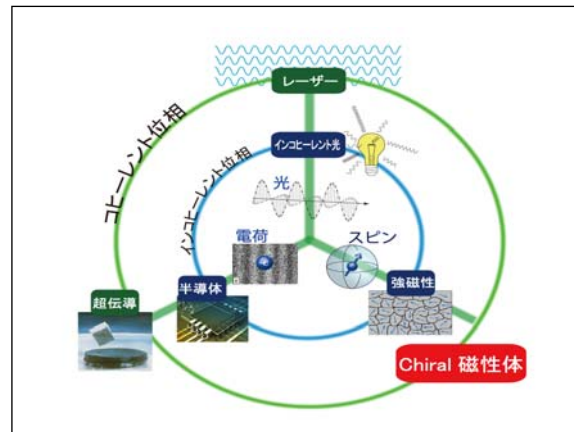


図1 光・電荷・スピンの位相とコヒーレンス

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Chiral Magnetic Soliton Lattice on a Chiral Helimagnet, Y. Togawa, et. al., Phys. Rev. Lett., 108, 107202 (2012)
- Giant nonlinear magnetic response in a molecule-based magnet, Mito Masaki et. al., Phys. Rev. B, 79 12406 (2009)
- K. Inoue and J. Kishine, Chapter 4: "Magnetism and Chirality" Multifunctional Molecular Materials, Pan Stanford Publishing Group, 2012

【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 29 年度
185,100 千円

【ホームページ等】

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/kotai/kxi@hiroshima-u.ac.jp>