

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 磁性体における創発電磁気学の創成

東京大学・大学院工学系研究科・教授 ながおさ なおと
永長 直人

研究分野：数物系科学

キーワード：磁性

【研究の背景・目的】

固体電子論は近年新しい展開を見せている。その源流は、高温超伝導と量子ホール効果、に遡ることができる。前者は、**電子相関**の物理を開拓し、後者は**トポロジー**の概念を固体物理学に導入する端緒となった。現在、この2つの潮流が合流するところに「創発性」という概念が構築されつつある。本研究は、このような背景下、固体中、特に磁性体中に焦点を絞って新しい電磁気学の創成を行う。電子状態・スピン状態をトポロジーの観点から理論・実験双方から研究し、実空間における非自明なスピン構造（スキルミオン、モノポール、など）と運動量空間におけるベリー位相構造とを統一的に記述する理論的枠組みを構築するとともに、磁性、誘電性、量子輸送現象、光学特性、熱輸送現象における新現象を、新物質・超構造において第一原理計算を援用して予言し、その実験的検証を行う。トポロジカル磁性体の探索とともに、時間依存現象（ダイナミクス）に着目し、非散逸性電流による超低電力消費デバイスの基礎学理創成を目指す。

【研究の方法】

概念形成と第一原理計算を援用した理論設計を起点に、物質設計・試料作製、物性測定グループと、中性子散乱を主としたスピン構造、スピンドイナミクスの研究を行うグループを両翼として3者の密接な連携のもとに磁性体の創発電磁気学を建設する。より具体的には、次の3つの方向で研究を進める。

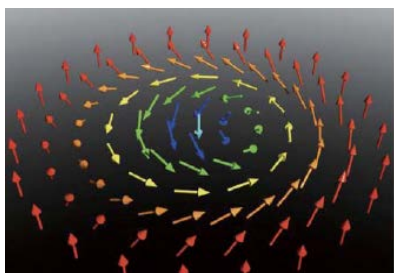


図1：スキルミオン構造

(i) 実空間構造によるトポロジカル磁性体の研究：

ヘリカル磁性体薄膜において実現するスキルミオン構造（図1）は理想的な創発電磁気学の舞台である。中性子小角散乱によるスピン構造の解明を基礎に、スキルミオンのホール効果、スピン起電力、電流駆動相転移、雑音現象などを理論・実験から明らかにし、「スキルミオニクス」の創成を目指す。

(ii) 運動量空間でのベリー位相効果の研究：

トポロジカル絶縁体に磁性原子をドーピングして磁性体を作り、量子化異常ホール効果の実現を目指す。また、金属酸化物超構造や界面におけるトポロジカル絶縁体・トポロジカル磁性体の設計を行い、MBEによる試料作製、電気2重層トランジスタによるキャリア制御などを駆使してその実験的研究を行う。

(iii) 創発電磁気学のダイナミクスの研究：

マグノンを中心とした磁気励起の織り成す時間依存創発電磁気学を研究する。エレクトロマグノンの光電気磁気結合効果（光ME効果）や方向2色性などの進んだ磁気光学効果、絶縁体スキルミオン結晶の光学測定・中性子散乱実験を行う。

【期待される成果と意義】

固体の中の電子に固有の「創発電磁気学」の学理の構築は、基礎物理の進展に大きく寄与するばかりでなく、以下のように応用までいらんだ機能開拓につながる事が期待される。

- (1) 低い電場、磁場で巨大な「創発磁場」の制御：スピン構造の時間変化させ創発電磁誘導を用いて巨大な電気磁気効果などの新機能が開拓される。
- (2) 室温、極小磁場での量子ホール効果と非散逸性カレント
- (3) テラヘルツ・マイクロ波の非相反性応答：テラヘルツ周波数領域におけるダイオード機能

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Emergent phenomena at oxide interfaces
H.Y.Hwang et al. Nature Materials 11, 103 (2012).
- Emergent electromagnetism in solids
Naoto Nagaosa and Yoshinori Tokura, PHYSICA SCRIPTA T146, 014020 (2012)

【研究期間と研究経費】

平成24年度～28年度
167,700千円

【ホームページ等】

<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/nagaosa-lab/>