

国立研究開発法人 理化学研究所

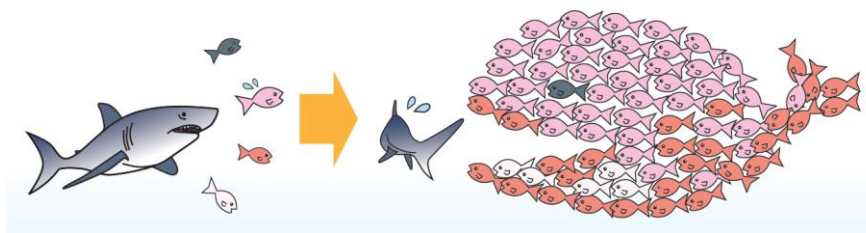
創発物性科学研究事業
Center for Emergent Matter Science

十倉 好紀

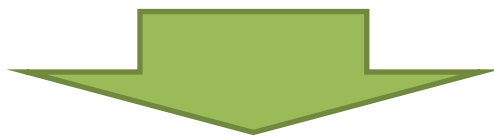
平成28年8月16日

創発性 (emergence) とは？

多数の要素が集まったときに、個々の要素からは予測できなかった性質が現れること



個々の構成要素（電子、スピン、分子等）を組み合わせることにより、単なる要素の集合としては予測不可能な、驚くべき物性や機能が現れる



『創発物性科学』

創発現象の原理を明らかにし、新しい物性や機能を生み出そうとする新しい学問領域

環境に負荷をかけずにエネルギーを効率よく作り出し、一方で、エネルギーの消費を極限にまで低減 ⇒ 環境調和型持続性社会の実現を目指す

本研究は、現代の世界的課題—環境調和型持続型社会の実現—を目指し、新しい物性科学を創成することでこの問題の解決に基盤的に貢献する。

(1) 多体系の創発現象の理念と原理を提案する強相関量子系の**物性物理学**

(2) 分子設計に基づく機能性ナノ構造体の**超分子機能化学**

(3) 量子科学の成果を応用へとつなげる**量子情報エレクトロニクス**

の3分野間の有機的連携で、次のエネルギー機能の課題を解決する。

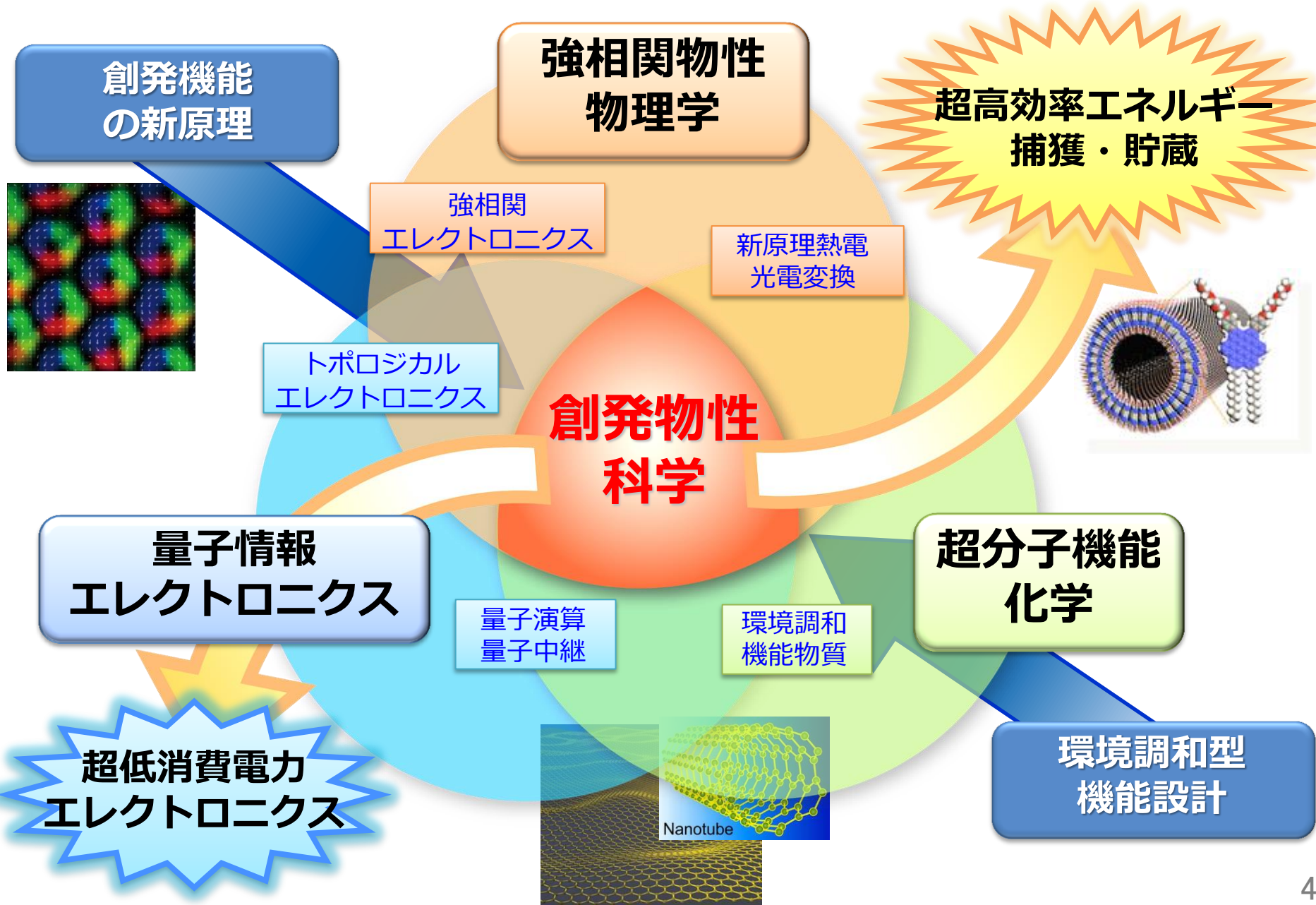
環境調和型超高エネルギー収集・変換

創発現象を活用することで、太陽光発電などのエネルギー収集機構、電池・熱電素子などのエネルギー変換機構が直面している、既存技術の延長では突破できない性能向上の限界を突破する。また、環境・資源に負荷を与えずに機能を生み出すことが可能なナノ化学反応場を創成する。

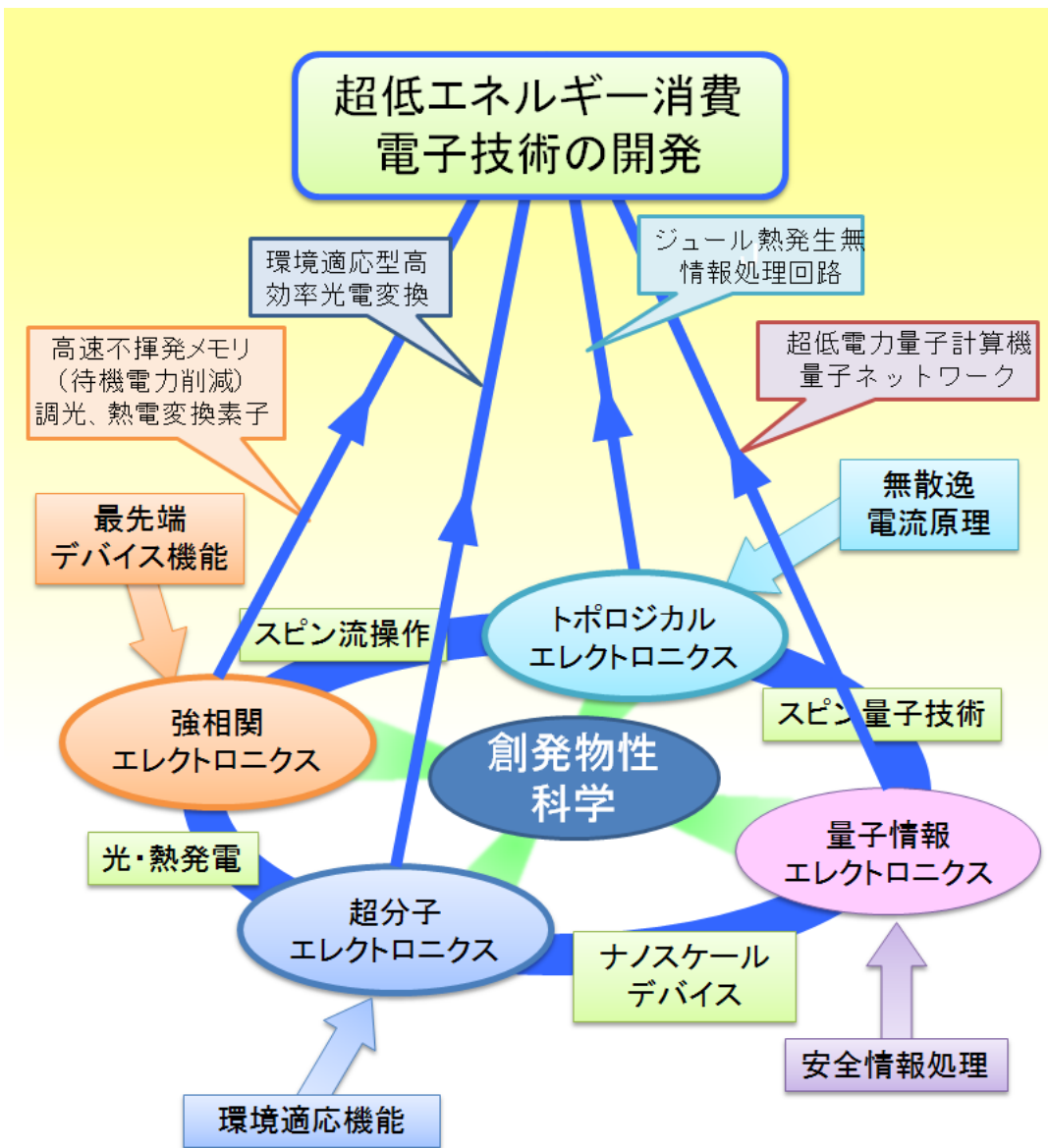
超低エネルギー消費エレクトロニクス

電子の量子力学的集団運動を用いることで、わずかの刺激にエネルギーの損失なく巨大な応答を示す系を実現することが出来る。具体例としては、(i)外場誘起相変化現象によるデバイスへの応用、(ii)超低エネルギー消費スピントロニクス、(iii)高機能界面・分子系の開発、など。これらを量子情報処理技術へ展開する。

持続可能社会に向けて



創発物性科学に基づく電子技術



ながおさ

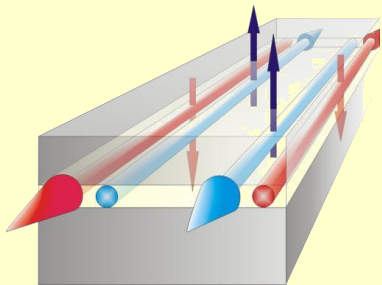
部門長：永長 直人

研究目標

膨大な数の電子が強く相互作用している状態：強相関電子系の電子の運動を利用・制御することにより、超低消費エレクトロニクス、超低損失エネルギー輸送、超高効率な電気・磁気・光・熱の相互エネルギー変換機能の学理（学問体系）を構築する。

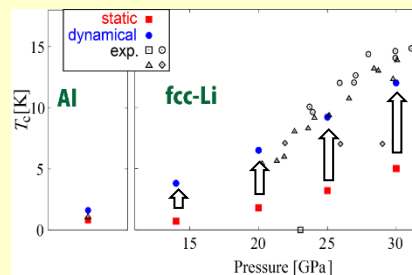
研究テーマ

エネルギーロスのないエレクトロニクスの開発



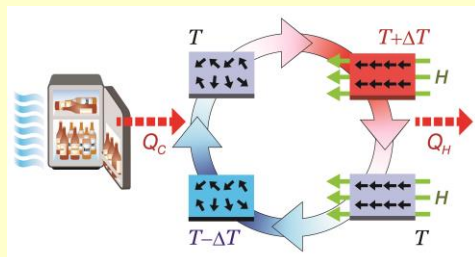
固体中において電子が波として振る舞う性質を利用して、熱の発生を伴わない電流の流れを作り出す。

超伝導転移温度の理論的評価法の開発



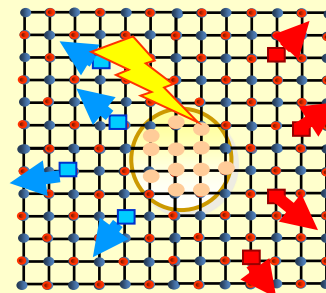
第一原理電子状態計算に基づき超伝導転移温度を評価し、物質設計への指針を与える。

巨大磁気熱量材料の開発



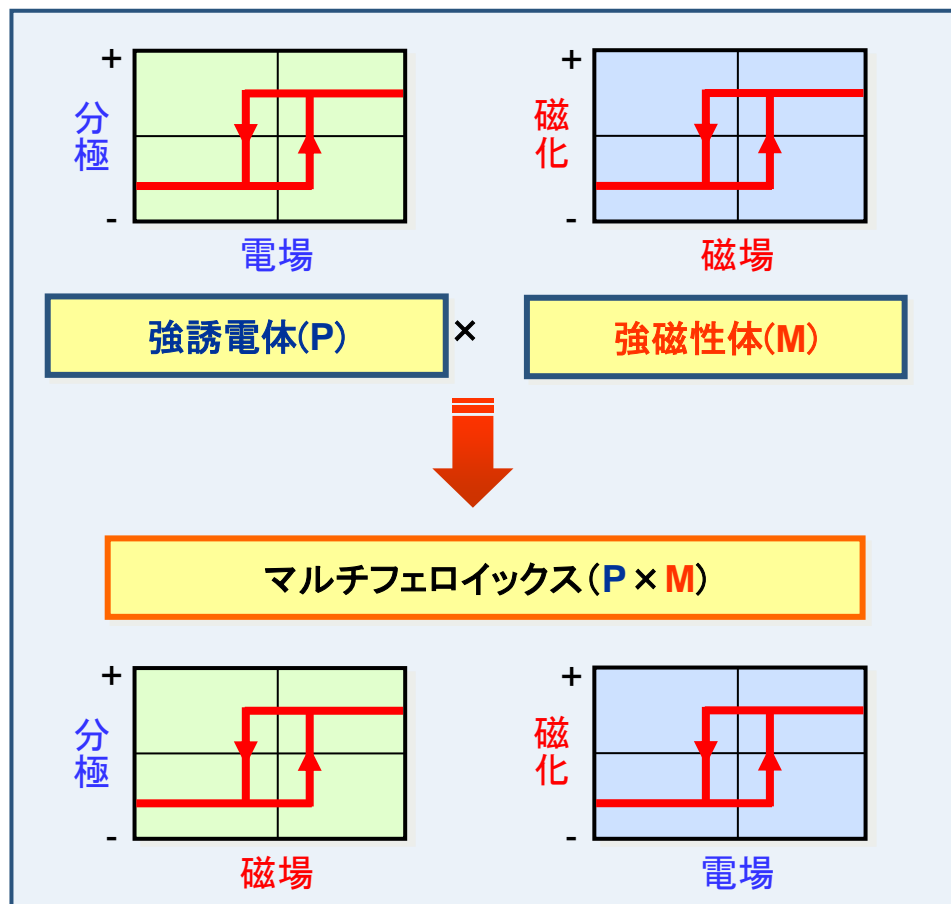
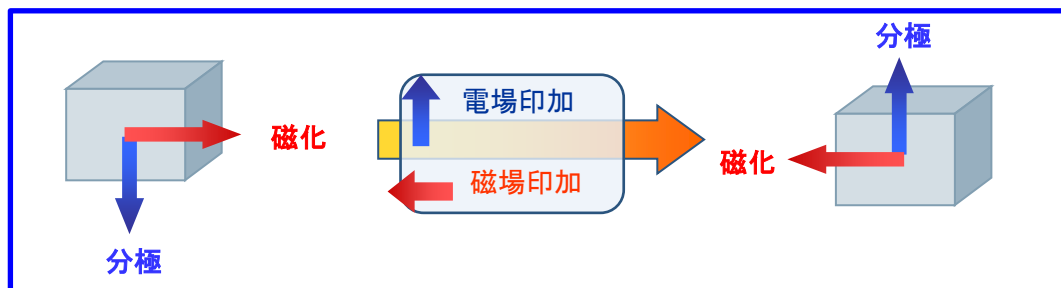
強相関電子系の多自由度を活用して、巨大磁気熱量効果を示す物質を開発する。

強相関太陽電池の開発

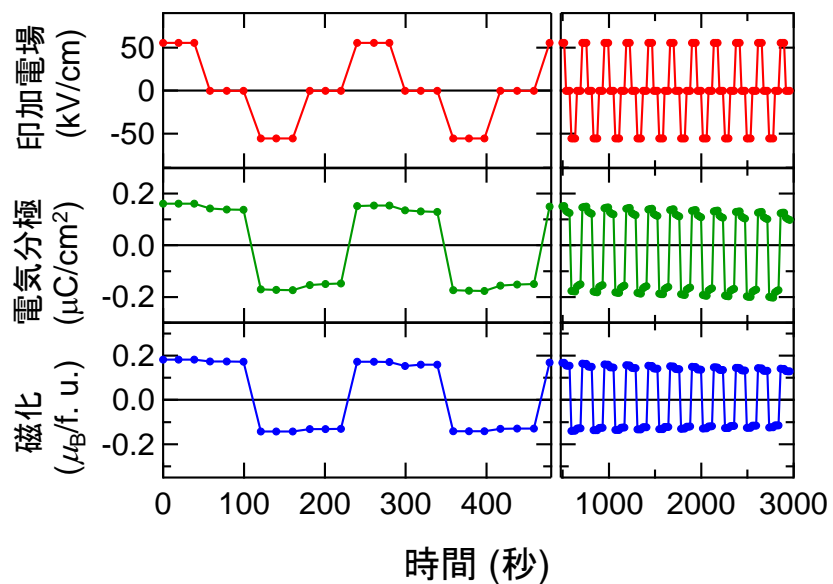


電子の集団運動としての金属-絶縁体転移を利用した太陽光エネルギーの捕獲の原理を追求する。

磁気と電気の強い結合をつくる -マルチフェロイックス-

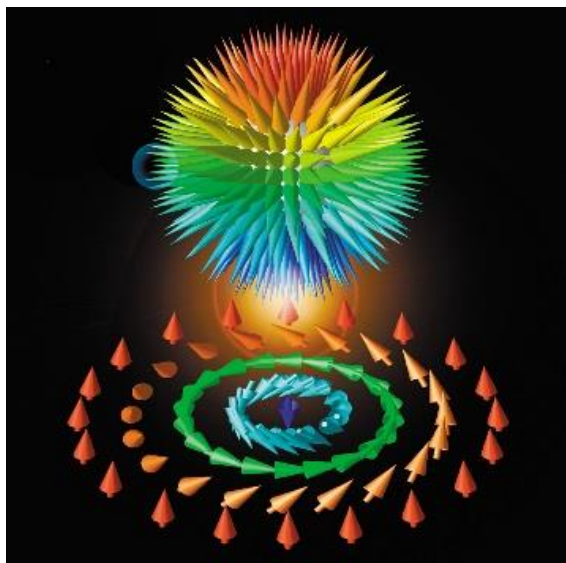


低消費電力磁気メモリデバイスへの道筋



徳永、十倉他

スキルミオン (Skyrmion) とは



核物理学でT.Skyrmeにより1962年に提唱されたバリオンとメソンのモデル

固体中で多数のスピンの作るナノスケールの「創発性粒子」として実現

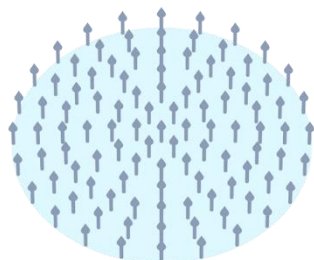
トポロジーにより「保護」され、特異なダイナミクスを持つ



Tony Skyrme
(1922–1987)

スキルミオン数

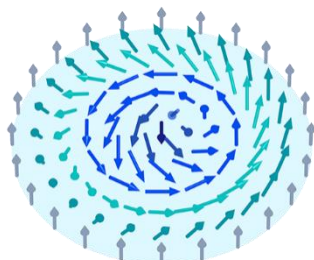
$$N_{sk} = 0$$



種数

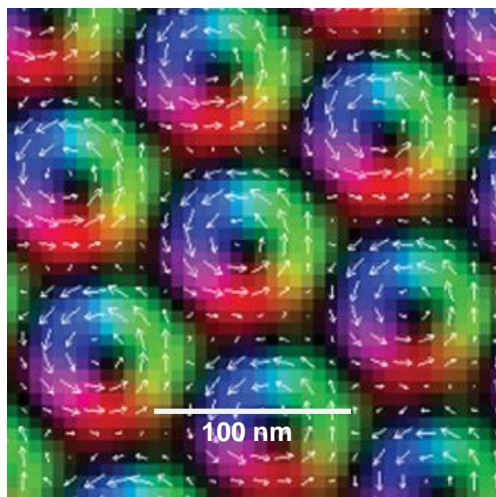
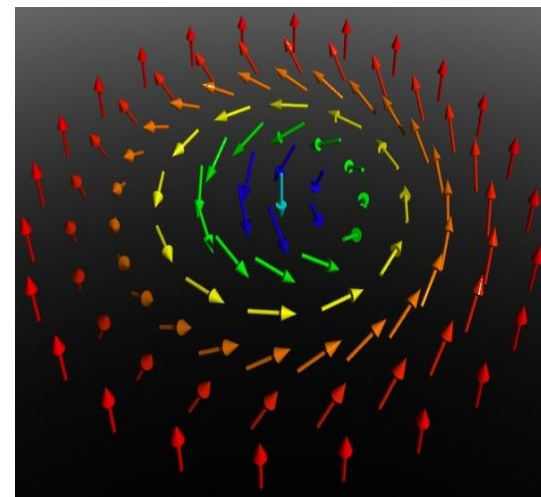
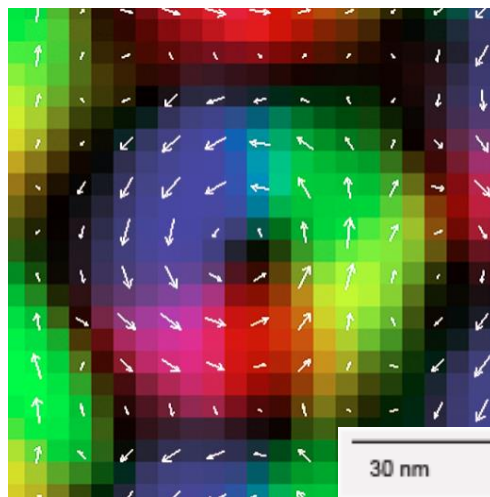
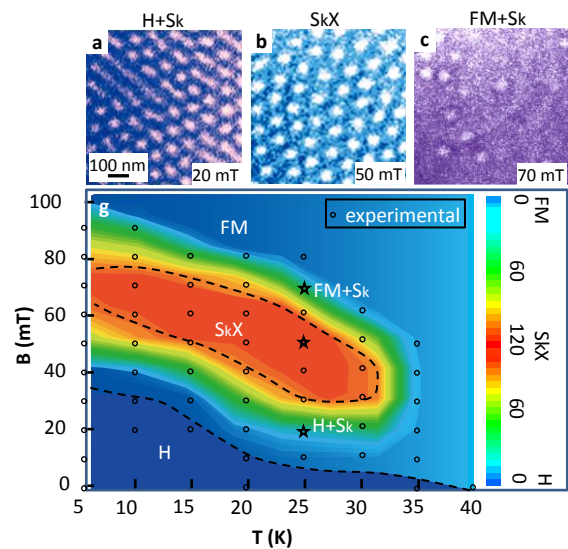
$$g = 0$$

$$N_{sk} = 1$$

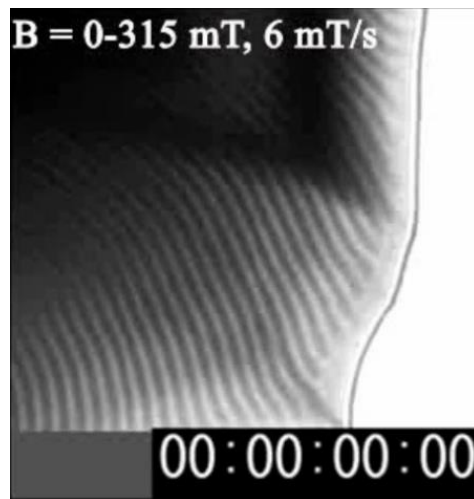


$$g = 1$$

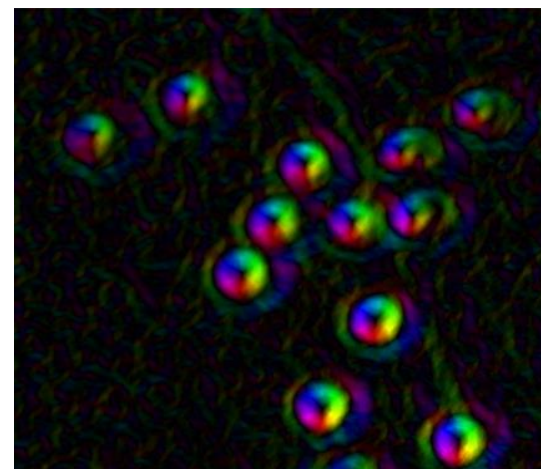
トポロジカル粒子としてのスキルミオンの観測



結晶

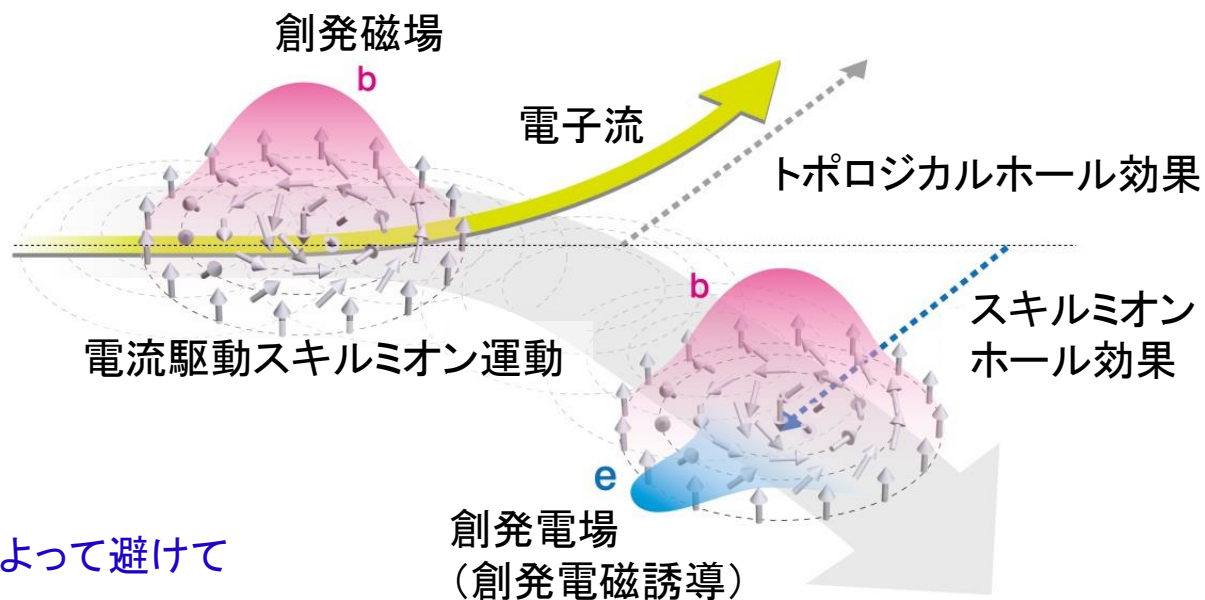


結晶化過程

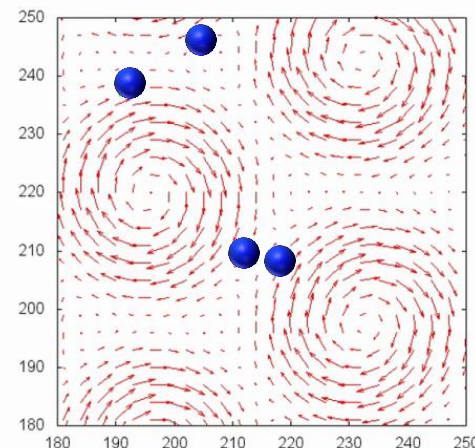
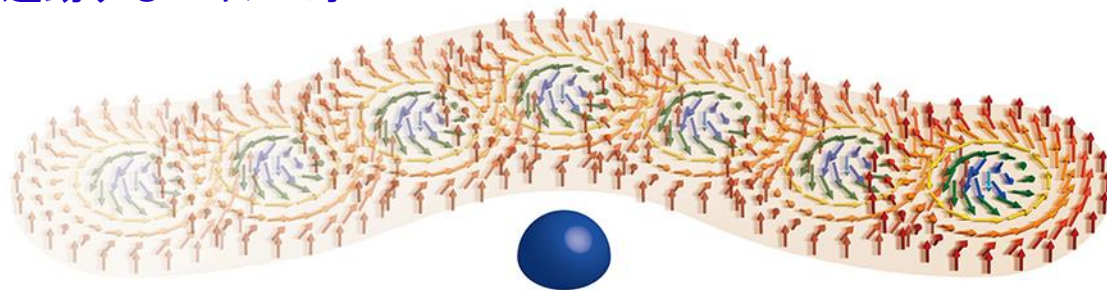


孤立粒子 気体

スキルミオンと創発電磁場のもたらす種々の現象



不純物を「回転運動」によって避けて運動するスキルミオン



● 不純物

超低電流密度 ($\sim 100 \text{A/cm}^2$) で駆動可能

→ 超低消費電力: 1fJ/b (フェムトジュール/ビット) 以下

(磁壁の電流駆動 $\sim 10^7 \text{A/cm}^2$)