

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 情報熱力学的スピントロニクス創成

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授

すずき よししげ
鈴木 義茂

研究課題番号： 20H05666 50344437

キーワード： 磁気スキルミオン、情報熱力学、スピントロニクス

【研究の背景・目的】

これまで、「スピン流」の生成と制御・変換に注力してきたスピントロニクスの分野に「情報流(正確には移動エントロピーと呼ばれる)」の概念を導入し、スピントロニクスで扱う電子スピン系(主に強磁性体)における情報熱力学の学理を構築するとともに、より省エネルギーで知的な情報デバイス・システムを構築する基礎を確立する(図1参照)。

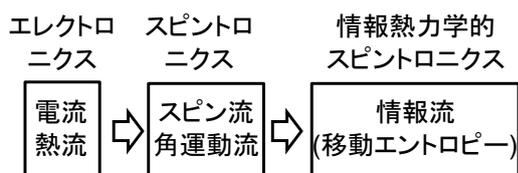


図1 スピン流から情報流(移動エントロピー)を扱うスピントロニクスへのパラダイムシフト。

【研究の方法】

具体的には磁気スキルミオンの熱運動(図2参照)を利用した情報熱機関を実現し、情報熱力学的に見たスピントロニクス素子の性能を明確化するとともに情報熱機関に必要な低消費エネルギーで高感度なセンシング技術を追求する。さらに、これらの応用として超低消費エネルギースピントロニクス計算機の動作を実証する。(図3参照)

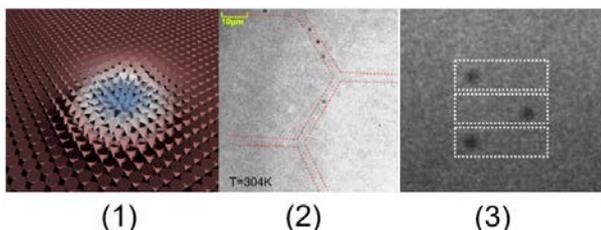


図2 (1) 磁気スキルミオンの磁気構造の模式図。小さな円錐形の頂点は薄膜中の磁化の向き(N極の向き)を示している。(2)局所的なポテンシャル制御を用いて作ったスキルミオンチャネル。スキルミオンはトラップされることなくスムーズに三叉路をブラウン運動により通り抜ける。(3)長方形の井戸に入ったスキルミオン間の相互作用。スキルミオンは等価なエネルギー状態間を熱的に振動する。

【期待される成果と意義】

スピントロニクスの学理と技術を拡張・発展させることによって生物系が行っているのと同程度のエネルギー効率をもち、かつ、ヒトの脳と同程度の情報処理を行うことができるIT機器を実現することが原理的に可能であるかとの「問い」に答えることが本研究の成果となる。

本研究では単に情報熱力学をスピントロニクスに適用するのではなく、情報熱力学を指導原理として、熱力学的限界に迫る素子とシステムを作り出す点に工学的な意義がある。

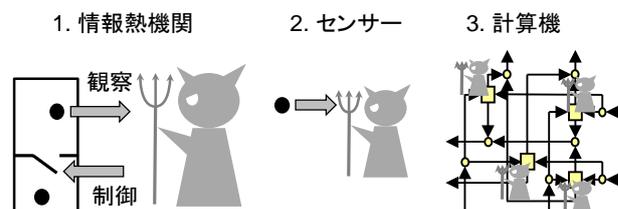


図3 情報熱力学的スピントロニクスの3つの研究開発要素。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] “Skyrmion Brownian circuit implemented in continuous ferromagnetic thin film”, Yuma Jibiki, Minori Goto, Eiiti Tamura, Jaehun Cho, Soma Miki, Ryo Ishikawa, Hikaru Nomura, Titiksha Srivastava, Willy Lim, Stephane Auffret, Claire Baraduc, Helene Bea, and Yoshishige Suzuki, Applied Physics Letters, 117, 082402 (2020).
- [2] “Theory of Skyrmionic Diffusion: Hidden Diffusion Coefficients and Breathing Diffusion”, E. Tamura, Y. Suzuki, arXiv : 1907.06926.

【研究期間と研究経費】

令和2年度～6年度 147,400千円

【ホームページ等】

<http://suzukilab.jp.org/>