

トポロジカル磁性体：巨大仮想磁場による機能性

Novel Effects due to Giant Fictitious Field in Topological Magnets

東大物性研 中辻 知

ISSP, Univ. of Tokyo, Satoru Nakatsuji

E-mail: satoru@issp.u-tokyo.ac.jp

19 世紀における電磁気学の発見以降、「磁場」はまず「外部磁場」としてモータや発電に利用されてきた。その後、長い研究の歴史を経て、強磁性体内の局所的「内部磁場」を制御する方法が開発され、スピントロニクス分野の応用技術が生み出されてきた。しかし、21 世紀になると、量子力学における波動関数の位相に起因する仮想的な磁場「仮想磁場」が、物質内部の電子状態に作用することが認識されるようになり、その大きな利点と可能性から、仮想磁場の設計及び制御が次世代の応用技術を育てるための非常に重要な課題となっている。ここでは、強相関電子系の電子構造のトポロジー利用することで、数 100 テスラ級の仮想磁場が実現可能なこと、また、それにより新しい機能性が次々に発見されていることを、私たちの最近の研究を例にご紹介する。

まず、仮想磁場の存在を特徴づける物性として異常ホール効果がある。我々は異常ホール効果がこれまでの常識を破り、磁化を持たないスピン液体で現れるのみならず[1]、 Mn_3Sn という物質では反強磁性体においても量子ホール効果の 50% にも上る大きな効果として現れることを発見し、その発見の背後には仮想磁場の存在があることを突き止めた[2,3]。この効果は物質に必然的に存在する乱れなどに非常に強靱で、温度揺らぎにも強い量子効果である。室温以上でも現れるこの量子効果の応用展開は様々な視点で注目される。その一つに、反強磁性スピントロニクスがある。これまで反強磁性体の状態を「読む」方法は、異方的磁気抵抗効果など、数 $\text{m}\Omega$ 程度の微弱な抵抗変化によってきた。一方、今回発見した巨大ホール効果では、50nm の薄膜で 1Ω 程度という大きな抵抗変化として現れるとともに、符号の変化も伴う。これは磁気状態の極めて正確な読み取りを可能とする。さらに、この効果はエネルギーハーベスティングにも有用である。仮想磁場を利用すれば反強磁性体においても強磁性体と同程度の大きなネルンスト効果を実現できること、さらにこれを増強することによりトポロジカル磁性体が熱電素子として利用できる可能性が明らかになりつつある [4]。講演では、これらの機能性に加えて、磁性体の仮想磁場の起源となる電子構造のトポロジーについても解説する。この研究は、物性研究所の肥後友也、富田崇弘、M. Ikhlas、大谷グループ、理研の有田グループとの共同研究であり、その一部は CREST-JST(JPMJCR15Q5)からの支援を受けて行われたものである。

[1] Y. Machida, S. Nakatsuji, S. Onoda, T. Tayama, and T. Sakakibara, Nature 463, 210 (2009).

[2] S. Nakatsuji, N. Kiyohara and T. Higo, Nature 527, 212 (2015).

[3] N. Kiyohara, T. Tomita, S. Nakatsuji, Phys. Rev. Applied 5, 064009 (2016).

[4] Muhammad Ikhlas, Takahiro Tomita, Takashi Koretsune, Michi-To Suzuki, Daisuke Nishio-Hamane, Ryotaro Arita, Yoshichika Otani, Satoru Nakatsuji, Nature Physics (2017).