

デバイス応用に向けたスピン流と熱流の結合理論

Theory of spin and heat transport in solids: towards device applications

東工大院理工¹, さきがけ-JST² ◯村上 修一^{1,2}

Tokyo Tech.¹, PRESTO-JST², ◯Shuichi Murakami^{1,2}

E-mail: murakami@stat.phys.titech.ac.jp

スピン流はスピンの流れであるが、特に電荷の流れを伴わないスピン流を純粋スピン流と呼ぶ。こうした純粋スピン流は電荷の流れを伴わないため、従来の電流に基づいた伝導現象とは質的に異なる物性現象が期待される。特にこの点により熱輸送や散逸についても特異な性質が期待される。本研究においてはこうしたスピン流と熱輸送の関係について、JST さきがけにて行った研究成果を2項目紹介する。

第一に、トポロジカル絶縁体でのエッジ状態のスピン流と、それに伴う熱電輸送現象である。トポロジカル絶縁体は、バルクは絶縁体であるが、試料のエッジや表面にギャップレス（金属的）な表面状態が必ず生じ、そこには純粋スピン流が流れているという新奇な量子状態である[1,2]。トポロジカル絶縁体として知られている物質は、

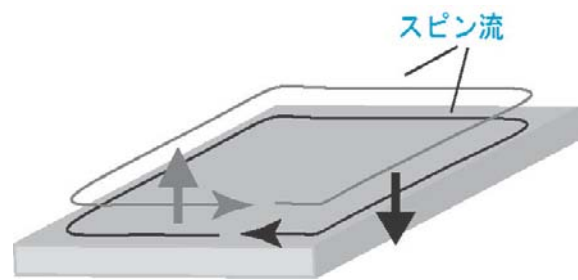


図1：2次元トポロジカル絶縁体

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ や Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 など、効率のよい熱電変換材料として知られているものが多く、これらによる熱流とスピン流の関係が示唆される。これを調べるため、nmサイズの幅を持つ2次元トポロジカル絶縁体を考え、その熱電輸送を計算した[1]。その結果、室温では通常、バルクのキャリアが優勢な熱電輸送になっているが、低温になるとエッジ状態の非弾性散乱長が長くなることに伴い、エッジ状態のキャリアが支配する熱電輸送へとクロスオーバーすることが分った。バルクとエッジの輸送は互いに競合するため、このクロスオーバーによって、温度低下に従って熱電変換性能指数 ZT は一旦減少し後に増大に転ずるといった特徴的な温度変化を示す。またこのクロスオーバーの起こる温度は、10nm程度の幅のリボン状の系だと約5K-10Kであるということが分った。

第二に、磁性絶縁体中のスピン波（マグノン）の熱ホール効果についてである[3]。磁性絶縁体中のスピン波の流れは一種のスピン流であるが、同時に熱を運んでおりこれによる熱ホール効果を計算した。その結果マグノンのバンド構造に起因するベリー位相が熱ホール効果をもたらすことや、またマグノンが自転運動（軌道運動）をすることが分った。講演ではこのホール効果に関して、DyaloShinskii-Moriya 相互作用が効いている磁性体中のマグノンや、YIGなどの静磁的なスピン波モードの例に関して説明する[3]。

- 1) R. Takahashi and S. Murakami, Phys. Rev. B 81, 161302 (R) (2010).
- 2) M. Wada, S. Murakami, F. Freimuth, G. Bihlmayer, arXiv:1005.3912.
- 3) R. Matsumoto, S. Murakami, preprint (2010)