

Feedback effects in Dirac and Rashba ferromagnets

大阪大学基礎工学部 河野 浩, 酒井章雄, 藤本純治, 川端 優
東洋大学理工学部 柴田 絢也

強磁性体をベースにしたスピントロニクス現象のひとつに、電流に駆動された磁化ダイナミクスがある。これは、電流に伴うスピン流が、磁化にトルク（スピントルクとよばれる）を及ぼすことにより生じる現象である。また、その逆過程として、磁化の運動によりスピン流が誘起されるが、これはスピンに依存した起電力（スピン起電力とよばれる）の発生による。このように、スピン流と磁化ダイナミクスは、スピントルクとスピン起電力によって互いに影響を及ぼしあう。したがって、磁化の運動またはスピン流が互いに相手を誘起することにより、自分の作用が自分自身にはね返ってくる、いわゆるフィードバック効果が期待される。たとえば、磁化の運動がスピン流を誘起し、そのスピン流が逆に磁化にトルクを及ぼすことにより「フィードバック・トルク」が生じる。通常の（スピン軌道相互作用の効果の弱い）強磁性体では、このトルクは（intrinsicな）Gilbert 減衰トルクへの gradient 補正を与える [1]。

最近、磁性体スピントロニクスの分野でも、界面や非対称構造に由来する Rashba 型スピン軌道相互作用の効果が話題となっている。また、これに類似した系として、トポロジカル絶縁体表面に実現する 2次元 Dirac 電子系に強磁性体を近接させた系が理論的に考察され、実験もなされつつある。このような系（Rashba 強磁性体、Dirac 強磁性体）では、新しい型のスピントルクとスピン起電力が存在することが知られている。本発表では、これらによるフィードバック効果について報告する。

まず、フィードバック・トルクは、通常の Gilbert 減衰トルクの形をとり [2,3]、intrinsic な（フィードバック効果を考えずに計算した）Gilbert 減衰トルクに一致することが分かった [3,4]。これは、この系においてフィードバック・トルクは intrinsic な Gilbert 減衰トルクそのもの（付加的寄与でなく）を与えることを意味する。これにより、Gilbert 減衰定数が電気伝導度に比例するという（少し変わった）性質が、そのトルクの異方性も含めて、自然に理解できることになる。

さらに、もうひとつのフィードバック効果として、磁化ダイナミクスによる電気伝導度の変調（“magnon-drag conductivity”）を考えることができる [3]。これは、電流が磁化の運動を誘起し、それがスピン起電力を発生させることによる。特に、2次元 Dirac 電子（トポロジカル絶縁体の系）の量子ホール状態における散逸（Joule 熱）の発生や、ホール伝導度の量子化の破れなど「低周波交流に対する量子ホール状態の脆弱性」について議論する [3]。これは、量子ホール状態を保証するギャップの原因である磁化がそれ自身ダイナミクスをもつことに起因する。

[1] S. Zhang and S. S.-L. Zhang, Phys. Rev. Lett. **102**, 086601 (2009).

[2] K.-W. Kim, J.-W. Moon, K.-J. Lee and H.-W. Lee, Phys. Rev. Lett. **108**, 217202 (2012).

[3] A. Sakai and H. Kohno, submitted to Phys. Rev. B.

[4] S. Kawabata, A. Sakai, J. Fujimoto, J. Shibata and H. Kohno, in preparation.