

## 外部磁場中の異常ホール効果が誘起する巨視的電場の伝播方程式

### Macroscopic Kinematics of Anomalous Hall Electric Field under an External

### Magnetostatic Field

○酒井 政道 (埼玉大院理工)

○Masamichi Sakai (Saitama Univ.)

E-mail: sakai@fms.saitama-u.ac.jp

一定の磁気モーメント  $\vec{m}$  ( $z$  方向とする) をもってスピン偏極したキャリア (質量  $M$ 、電荷  $q$ 、数密度  $n$ ) の電流密度  $\vec{j}$  ( $x$  方向とする) に対して垂直な電場  $\vec{E}$  ( $y$  方向とする) が存在するとき、単位体積あたりに磁気力  $q^{-1}c^{-2}\vec{j} \times \text{rot}(\vec{m} \times \vec{E})$  が作用して、定常状態では  $y$  方向に電場が発生するのが、異常ホール効果(AHE)の古典的あるいは巨視的説明である[1]。この解釈に従えば、AHEの結果として発生するホール電場は、同時に AHE の原因となっており、巨視的なホール電場が発生するとしたら、それは自己無撞着に決定している場である。本研究では、このような自己無撞着性を考慮するときに巨視的にはどのような現象が期待されるかという問題を理論的に調査する。なお、イオン格子や不純物イオンによるクーロン電場が原因で発生する微視的機構による異常ホール効果についてはここでは、考慮しない。

計算に使ったモデルでは、AHE の原因となる巨視的横電場を、静的な外部磁場  $\vec{B}$  を  $z$  方向に印加することによって導入する。したがって、上記の磁気力の他に通常のローレンツ力  $\vec{j} \times \vec{B}$ 、全電場からの力  $nq\vec{E}_{total}$ 、さらに、隠れた運動量  $c^{-2}(\vec{m} \times \vec{E})$ [2]に起因する力  $-nc^{-2} \frac{\partial}{\partial t}(\vec{m} \times \vec{E})$  を加えて、与えられた電磁場下での電流密度  $\vec{j}$  の運動をドルーデモデルで記述する[3]。一方、電流密度  $\vec{j}$  の運動はマックスウェル方程式を通じて、電磁場に影響を与える。最終的には、ホール電場  $E_H$  を自己無撞着に決定する方程式として、非線形な伝播方程式：

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[ M \frac{\partial}{\partial t} \frac{E_H}{qB + \frac{m}{c^2} \frac{\partial E_H}{\partial y}} + \frac{M}{\tau} \frac{E_H}{qB + \frac{m}{c^2} \frac{\partial E_H}{\partial y}} - \frac{m}{qc^2} \frac{\partial E_H}{\partial t} \right] = \mu_0 n q^2 \frac{\partial}{\partial t} \frac{E_H}{qB + \frac{m}{c^2} \frac{\partial E_H}{\partial y}}$$

が得られる。ただし、伝導電流に比べて変位電流が十分小さいとする低周波近似を用い、ホール効果実験の境界条件 ( $j_y = 0$ ) を考慮した。当日は、この伝播方程式の解についても議論する。

[1] E. M. Chudnovsky, Phys. Rev. Lett. **99**, 206601 (2007).

[2] W. Shockley and R. P. James, Phys. Rev. Lett. **18**, 876 (1967).

[3] 酒井政道: 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-P1-47, (2015).