

## 複素時定数 TDGL 方程式に基づく 第2種超伝導体におけるホール効果のシミュレーション

### Simulation for the Hall effect in type-II superconductors based on the TDGL equation with the complex-valued time-constant for the order parameter

有明高専<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> ○松野 哲也<sup>1</sup>, 馬渡 康德<sup>2</sup>

Natl. Inst. of Tech., Ariake Coll.<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, ○Tetsuya Matsuno<sup>1</sup>, Yasunori Mawatari<sup>2</sup>

E-mail: tetsuya@ariake-nct.ac.jp

## 1 はじめに

複素時定数を持つ時間依存ギンツブルグ・ランダウ (time-dependent Ginzburg-Landau: TDGL) 方程式に基づいたシミュレーションによって第2種超伝導体における量子化磁束の運動に関するホール効果 [1] の再現を行い, ホール効果のメカニズムの理解を深めることを本研究の目的とする.

ここでは, 印加電流と垂直な方向に発生するフロー電圧 (ホール電圧) が複素時定数の虚数成分の大きさによりに依存するか, 電流電圧特性, ピンニングの効果を調べた.

## 2 方法

本研究ではオーダーパラメータ  $\psi$  の時定数  $\tau_\psi$  が複素数 ( $\tau_\psi^{-1} = g_0 + ig_1$  ( $g_0, g_1$  は実数,  $i$  は虚数単位)) の TDGL 方程式

$$\begin{aligned}\tau_\psi \frac{\partial \psi}{\partial t} &= (\nabla - i\mathbf{A})^2 \psi + \alpha \psi + \beta |\psi|^2 \psi \\ \tau_A \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} &= \text{Im}[\psi^* (\nabla - i\mathbf{A}) \psi] - \nabla \times \nabla \times \mathbf{A}\end{aligned}$$

を用いた ( $\alpha > 0, \beta < 0$ ). ここではスカラーポテンシャルがゼロとなるゲージを採用し, ベクトルポテンシャル  $\mathbf{A}$  の実装にはリンク変数 [2] を用いた. 実数  $\tau_A$  は  $\mathbf{A}$  の時定数である.

ここでは, 陽的幾何学的数値積分法 [3] によって TDGL 方程式を解いた. シミュレーション領域は正方形の2次元平面, 印加磁界は平面に垂直, 印加電流は正方形の辺に平行な  $y$  方向とした. また  $y$  方向に関して周期的であるとする周期的境界条件を採用し, 印加電流に平行な両端には印加磁界と印加電流の合計磁場が成立するようにベクトルポテンシャルの値を設定した.

## 3 結果

図1にフロー電圧の時定数依存性を示す. 時定数が虚部を持つときフローは印加電流に平行な成分を持ちうることを確認できた. また, その虚数成分の大きさによってはホール電圧は正にも負にもなりうるということがわかった.

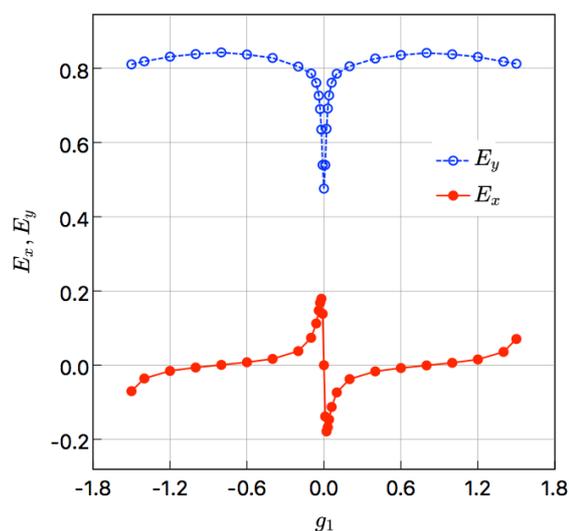


図1: The  $g_1$  dependencies of the flow voltages  $E_x$  and  $E_y$ , each of which is the  $x$  and  $y$  component, respectively. The  $y$ -direction is as the same as the that of the applied electric current. The  $x$ -direction is perpendicular to the electric current. The parameters are as follows:  $g_0 = 0.01$ ,  $\alpha = -\beta = 20$ ,  $\tau_A = 10$ , the applied magnetic field ( $z$ -direction) = 4.0, the applied electric current ( $y$ -direction) = 1.0, the simulation area =  $8 \times 8$ , the spatial grid =  $80 \times 80$ , temporal discretization = 0.01.

## 参考文献

- [1] Alan T. Dorsey, Phys. Rev. B **46** (1992) 8376.
- [2] R. Kato and Y. Enomoto, Phys. Rev. B **47** (1993)
- [3] E. Hairer, C. Lubich and G. Wanner: "Geometric Numerical Integration, 2nd ed.," Springer 2005.