

差分進化法を用いた磁束クリープ・フローモデルの パラメータ推定における評価方法の検討

Investigation of evaluation method in parameter estimation of flux-creep flow model using differential evolution

九州工業大学¹、九州大学²、[○]小田部 莊司¹、田口 拓人¹、鶴田 祐基¹、伊原 大輔¹、
木内 勝¹、船木 亮平²

Kyushu Inst. of Tech.¹, Kyushu Univ², [○]E. S. Otabe¹, T. Taguchi¹, Y. Tsuruda¹, D. Ihara¹, M. Kiuchi¹, R. Funaki²
E-mail: otabe@cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

現在、高温超伝導体は工学分野において実用化に向けて盛んに研究が行われている。高温における電界-電流密度特性(E - J 特性)を求めるには、磁束クリープ・フローモデルを用いることが有効であると知られている。磁束クリープ・フローモデルを用いるには、ピン力の最頻値などのパラメータを推定する必要があり、通常は実験値と理論値をフィットさせる。これまではメッシュ法(mesh)を用いてパラメータ推定を行っていたが、近年高速化の手法として差分進化法(DE) [1]が注目されている。本研究では、DE を用いて磁束クリープ・フローモデルのパラメータを自動推定し、パラメータ推定の可能性について考察する。

2. 推定方法

今回求めるパラメータは、ピン力の最頻値 A_m 、ピン力の分散 σ^2 、磁束クリープがないと仮定した仮想的な臨界電流密度の磁界依存性 γ 、磁束クリープがないと仮定した仮想的な臨界電流密度の温度依存性 m の4つである。今回は中間層が CeO_2 の $\text{GdBa}_2\text{Cu}_6\text{O}_{7-\delta}$ 超伝導線材でSQUIDを用いた緩和測定により求めた E - J について、DEを用いてこれらのパラメータを求める。1解析1000世代とし、初期集団30個、交叉率を0.9、スケーリングパラメータ F を0.5として解析を行う。本研究では、交叉方法についてはDE/rand/1/binを用いる。DE/rand/1/binは基本ベクトルのための親を集団からランダムに選択し、親を一定確率で交叉することによって子を生じさせる方法である。親の選択は3個体 x_1, x_2, x_3 を重複しないようにする。子ベクトルは $x' = x_1 + F(x_2 - x_3)$ で求められる x' と親を交叉し、生成する。距離 d の指標として、

$$d = \frac{1}{N} \sum (\ln(E_{\text{cal}}) - \ln(E_{\text{exp}}))^2 \quad (1)$$

を用いる。但し、実験値 E_{exp} 、理論値は E_{cal} 、実験時の測定回数は N とする。

3. 結果と考察

Fig. 1にDEとmeshで求めたパラメータ群をもとに作成した E - J データの比較を、Fig. 2にスケーリングパラメータ F を変更した場合の世代数と距離 d の関係を示す。Fig. 1を元にDEとmeshそれぞれで求めた E - J データと実験データとの距離 d を求めるとDEでは 7.60×10^{-3} 、meshでは 4.18×10^{-2} にな

った。従って、DEの方がmeshより高い精度でパラメータ推定を行うことができた。また、Fig. 2よりスケーリングパラメータ F の値が小さいほどパラメータの推定が早い段階で行われていることがわかる。しかし、 F の値が小さすぎる場合には、 d が大きな値のパラメータを推定しており、局所解に陥っている。そのため、適切な F の値を設定することがDEでパラメータ推定を行うために重要である。

[1] R. Storn and K. Price, Journal of Global Optimization, 11 (1997) 341 – 359.

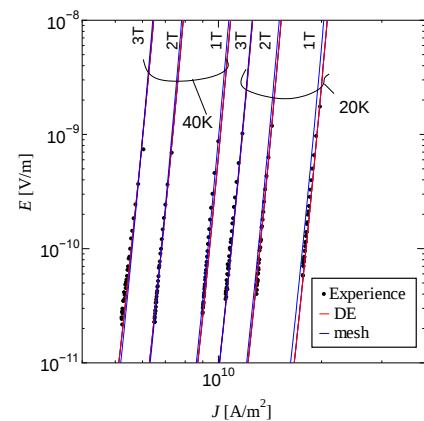


Fig. 1: Comparison of the experimental, and calculated data by the mesh method and differential evolution

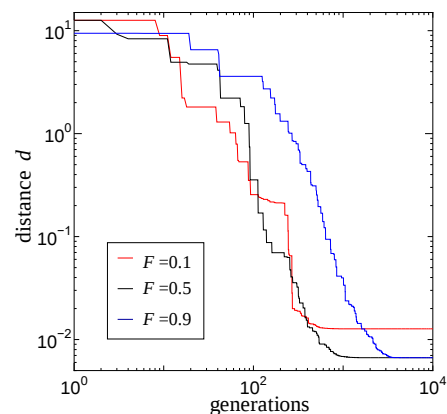


Fig. 2: Relation between number of generations and distance in various scaling parameters F