

様々な超伝導体の $E-J$ 特性における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

Parameter estimation of flux-creep flow model using differential evolution of $E-J$ characteristics in various superconductors

九州工業大学¹、九州大学²、[○]小田部 莊司¹、米中友浩¹、木内 勝¹、船木 亮平²

Kyushu Inst. of Tech.¹, Kyushu Univ.², [○]E. S. Otabe¹, T. Yonenaka¹, 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る、通常は実験値と理論値をフィットさせる。前回の発表で、差分進化法(DE) [1]を用いることによりこれまでのメッシュ法(mesh)とくらべて高速にまた精度よくパラメータ推定ができることを示した[2]。DEによるパラメータ推定では、たとえばどのくらいの世代数においてパラメータ推定が完了するかなど不明な点も多い。そこで本研究では、具体的な様々な超伝導体の $E-J$ 特性について DE を用いてパラメータ推定を行ない、その特徴について考察を行なう。

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。試料は希土類酸化物超伝導体であり、 $E-J$ 特性は四端子法または SQUID を用いた緩和測定により求めた。これらの実験データについて、DE を用いてピンニング・パラメータを求める。典型的には、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成する方法である。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。評価値として距離 d 、

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

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 に同じ希土類酸化物超伝導体の $E-J$ 特性について 6 つの異なる磁界と温度の条件のデータを用いた場合と 4 つの場合での、世代数と距離 d の関係を示す。それぞれ 5 回試行した。これによると 6 つ

の条件の異なるデータを用いたほうが、早く結果が収束して、ピンニング・パラメータの推定を完了することができる。一方で、4 つの異なるデータを用いた場合も世代数が必要であり時間がかかるが、最終的には結果は収束してピンニング・パラメータの推定が可能であることがわかる。推定して得られたピンニング・パラメータはどちらの場合も同じであった。また最終的な距離 d の値の比は 1.3 であり、データの数の比に近かった Fig. 2 に個体ごとのピンニング・パラメータの分布の様子を示す。ピン力の最頻値 A_m が早い段階から推定が完了している様子が分かる。

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

[2] 小田部ら, H29 春季応用物理学会 16a-318-4.

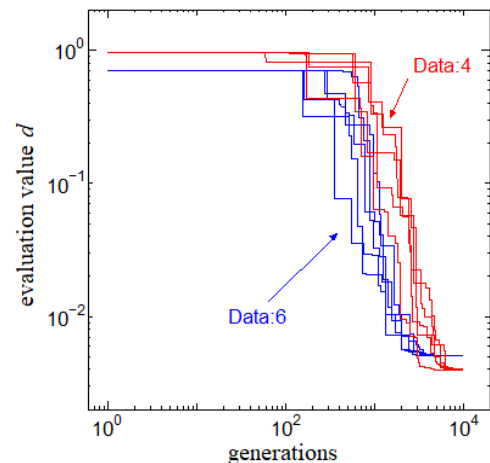


Fig. 1: Relation between number of generations and distance in various scaling parameters F

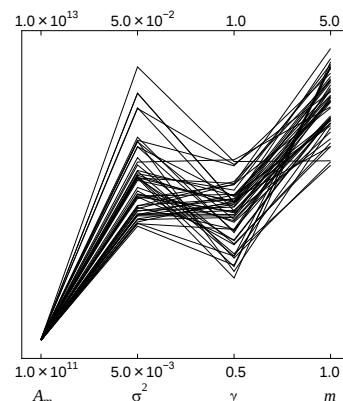


Fig. 2: Distribution of pinning parameters for the number of data of 6 at 1000 generations.