

学生番号	10232057	氏名	鶴田祐基
論文題目	GPGPU によるメッシュ法を用いた磁束クリープフローの パラメータ推定における計算の高速化		

1. はじめに

超伝導体の応用のためには、超伝導体材料の電界-電流密度 ( $E$ - $J$ ) 特性を知ることが必要となる。 $E$ - $J$ 特性を求める手法の一つとして、磁束クリープ・フローモデルがある。磁束クリープ・フローモデルの計算においては、最適なピンニングパラメータを求めることが必要であり、ピンニングパラメータを求める方法の一つとしてメッシュ法がある。

メッシュ法は、各パラメータを分割し、分割したパラメータを組み合わせることで格子状にし、その格子上の全ての点について計算を行うので、局所解に陥らない利点があるが、パラメータの分割を細かくする程、計算時間が著しく増大する欠点がある。計算時間の削減には、並列処理が有効であることが知られている。並列処理の手法の一つとして GPGPU がある。

本研究では、GPGPU でメッシュ法を用いた磁束クリープ・フローモデルの計算を行い、計算の高速化および精度の向上を目的とする。

2. 計算方法

今回、ピンニングパラメータは、ピン力の最頻値  $A_m$ 、ピン力の分散  $\sigma^2$ 、磁束クリープがないと仮定した場合の仮想的な臨界電流密度の磁場依存性  $\gamma$ 、磁束クリープがないと仮定した場合の仮想的な臨界電流密度の温度依存性  $m$  の 4 つである。このピンパラメータを用いて推定した  $E$ - $J$ 特性と、実験値の  $E$ - $J$ 特性を比較し、最適なパラメータを決定した。精度評価においては、以下の式を用いた。

$$d = \frac{1}{M} \sum (\log(E_{\text{exp}}) - \log(E_{\text{theo}}))^2$$

ここで、 $d$ は評価値、 $E_{\text{exp}}$ は実験値、 $E_{\text{theo}}$ は理論値、 $M$ はサンプル数である。GPU と CPU の計算時間を比較するために、メッシュ法のプログラムを GPU と CPU でそれぞれ動かす、その計算時間、および分割数との関係について調査した。

3. 結果・考察

表 1 に計算に用いたピンニングパラメータの範囲を示す。メッシュ法の分割数を変化させた場合の GPU と CPU の計算時間を図 1 に示す。図 1 より、分割数を増やす程、GPU と CPU の計算時間の差が指数関数的に増大していることが分かる。図 2 に、分割数を変化させた場合の  $d$  の変化を示す。図 2 より分割数を増やす程、メッシュ法においては  $d$  が小さくなる傾向がある。したがって、メッシュ法で精度よくピンニングパラメータを計算する場合、GPGPU を用いることによって、分割数が増加しても計算時間の増大が抑えられ、精度を高める可能性がある。

本研究以前には、遺伝的アルゴリズムや最急降下法など、様々な手法によってパラメータ解析の精度が高められてきた。その研究のほとんどが CPU による結果である。したがって、メッシュ法だけでなく他の手法においても GPGPU の利用によって、計算時間の短縮が見込める可能性がある。

表 1 パラメータの範囲

	最大値	最小値
$\log_{10} A_m$	12.0	10.0
$\sigma^2$	$1.5 \times 10^{-2}$	$5.0 \times 10^{-3}$
$\gamma$	0.70	0.50
$m$	6.0	2.0

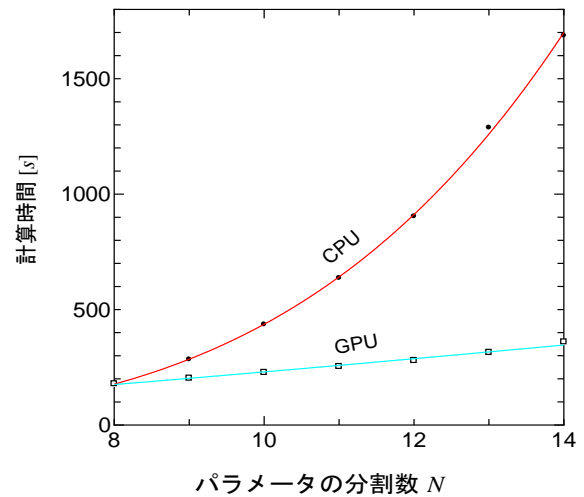


図 1 GPU と CPU の計算時間

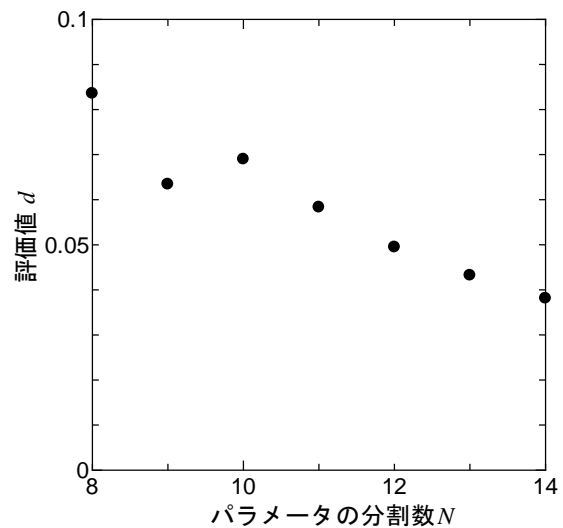


図 2 分割数  $N$  と評価値  $d$  の関係