

松村 仁、早野 誠治、斎藤 兆古 (法政大学)

Equivalent Current Estimation in Permanent Magnet  
Hitoshi Matsumura, Seiji Hayano, Yoshifuru Saito (Hosei University)

1. まえがき

永久磁石は外部に電源を必要としないことから、広範に直流磁界源として多くの電気機器に利用されている。現在、計測機器を始めとして永久磁石を使用している装置では、磁石の磁化が極めて重要な工程であり、磁石材料がいかに優れたものであっても、適切な磁化を行わないとその性能を十分に発揮させることができない。

筆者等は以前に、2次元的に分布する磁化を等価的な電流に置き換え、逆問題としてこの等価磁化電流分布を周辺磁界から推定することを行った[1]。本稿では、モデルを3次元に拡張し、等価磁化電流分布の推定を行う。

また、従来から筆者等は、この逆問題解析手段として、Sampled Pattern Matching 法 (以下、SPM法と略記) を提唱してきた[2]。このSPM法にループ電流モデルを用いたループSPM法を提案し、このループSPM法を用いて磁性体内部の等価磁化電流分布推定を行う。その結果、磁性体内部の等価的な電流分布が推定可能であることを示す[1-3]。

2. ループSPM法

従来のSPM法では、主に電流双極子を用いて電流分布を推定していたのに対し、ループSPM法ではループ電流を用いている点に特徴がある。電流双極子単体では電流の連続条件

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad (1)$$

を満足しない。これに対して、ループ電流は(1)式を満足する。このことから、ループ電流モデルを用いたループSPM法はより自然な解析方法であるということがいえる。

また、従来のSPM法では可能な限り解の一般性を失わない拘束条件として、電流の振幅を単位値1、あるいは0としていたのに対し、ループSPM法では、ループ電流の振幅を単位値1とする単位ループ電流を用いる。さらに、ループ電流の回転方向は時計回りと反時計回りの場合があるため、ループ電流が反時計回りの場合を単位値+1、電流が存在しない場合を0、時計回りの場合を-1とする[1-3]。

3. 等価磁化電流分布推定

<3.1> 計算機シミュレーション まず、ループSPM法の妥当性を検証するため、次のような計算機シミュレーションを行う。図1(a)に示すように対象領域内に電流を仮定し、測定面上で測定された磁界分布から対象領域内の電流分布を推定した結果を図2に示す。

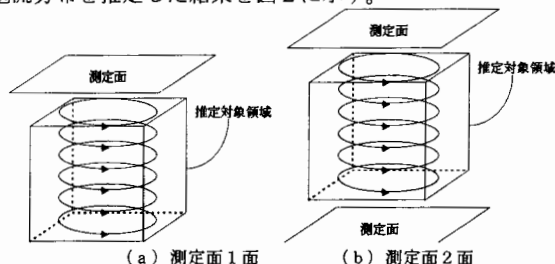
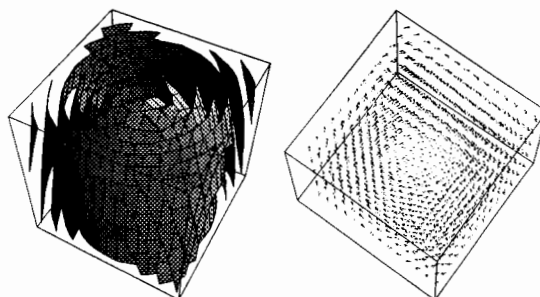


図1. シミュレーションモデル

Fig.1. Simulation model



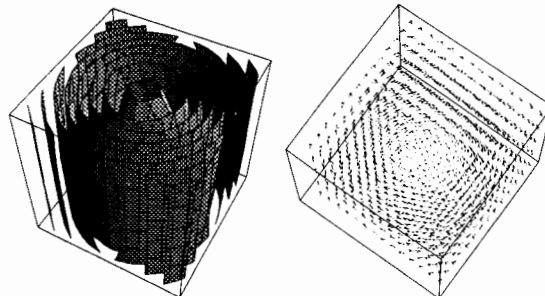
(a) ループ電流分布 (b) 電流ベクトル分布

図2. 推定結果

Fig.2. Estimated result

図2(a)はループ電流分布を等高線で三次元表示したものである。この図から明らかなように、測定面から距離が遠くなるほど同心円が広がる円錐状に推定された。これは測定面から距離が遠くなるほど推定解が拡散するような傾向があることを示している。

そこで、図1(b)に示すように、推定対象領域を挟むようにして測定面を上下に設定する。それぞれの測定面上で測定された磁界分布から電流を推定し、これらの推定解の平均値を解とすることを考える。この結果を図3に示す。図3は図2に比べ、下方の広がりが無くなったのが判る。



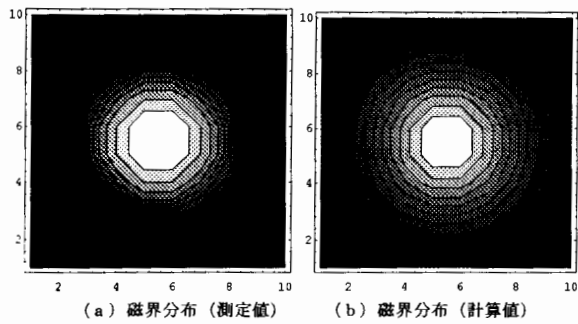
(a) ループ電流分布 (b) 電流ベクトル分布

図3. 推定結果

Fig.3. Estimated result

また、図4に示した測定面が1面のときの測定された磁界分布と、推定された電流分布から測定面上に計算された磁界分布との相関係数は約0.99であり、図5に示した測定面が2面のときの相関係数も約0.99と同程度の精度を保つことができた。

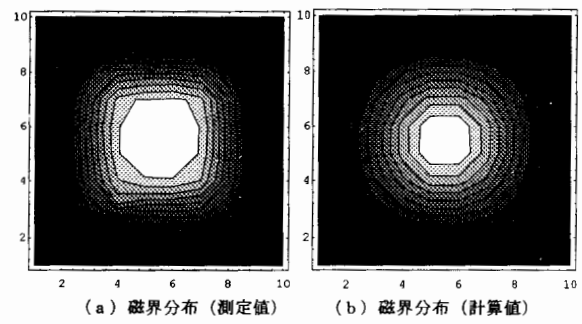
このことから、測定面を増やし、それぞれの磁界から推定した結果の平均を取ることでより妥当な推定解が得られることが判明した。



(a) 磁界分布 (測定値) (b) 磁界分布 (計算値)

図4. 測定面が1面のときの磁界分布

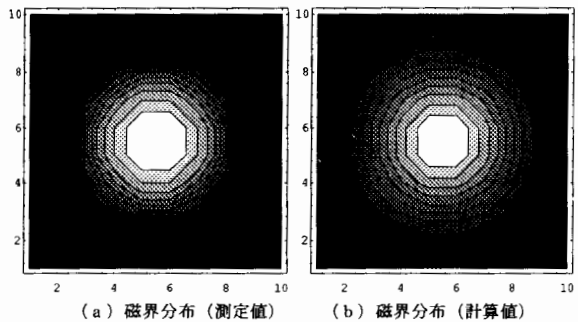
Fig.4.Magnetic field distribution



(a) 磁界分布 (測定値) (b) 磁界分布 (計算値)

図8. 磁界分布

Fig.8.Magnetic field distribution



(a) 磁界分布 (測定値) (b) 磁界分布 (計算値)

図5. 測定面が2面のときの磁界分布

Fig.5.Magnetic field distribution

<3.2>実験 図6に推定対象となるサマリウムコバルト永久磁石とその磁界測定の際の概略図を示す。また、図7に推定された電流分布を示す。

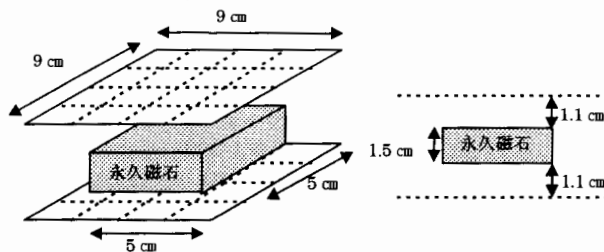
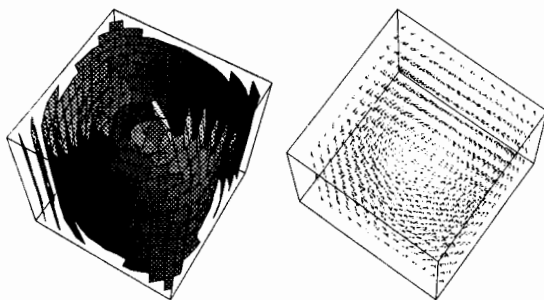


図6. 実験概略図

Fig.6.Schematic diagram of experiment



(a) ループ電流分布 (b) 電流ベクトル分布

図7. 推定結果

Fig.7.Estimated result

図7から、磁石の四角い形状に沿った形で電流分布が推定されたことが判る。また、実際に測定された磁界分布と推定された電流分布が測定面上に作る磁界分布との相関係数は約0.98となった。

### 5. まとめ

本稿では、磁性体の磁化状態を等価的に電流で置き換え、この等価磁化電流を周辺磁界からループSPM法を用いて推定した。その結果、測定面との距離が大きくなるほど推定解が曖昧になるため、推定対象領域を挟むようにして推定面を2面設定することで、より精度の高い推定解が得られることが判明した。

### 参考文献

- [1] 松村 他、「磁性体の等価磁化電流分布推定の基礎的検討」、電気学会マグネティックス研究会資料、MAG-96-194 (1996年)
- [2] 斎藤、電学論A、114巻6号、1994年6月、pp.432-438.
- [3] 土井 他、「ループ電流モデルによる磁界系逆問題解析」、電気学会マグネティックス研究会資料、MAG-96-151 (1996年)