

学生番号	08232052	氏名	高野 智弘
論文題目	縦磁界効果を利用した高温超伝導直流電力ケーブルの 磁界構造の FEM による数値的解析		

1. 背景と目的

超伝導体に電流を磁界に対して平行に流した状態を縦磁界といい、様々な奇異な現象が起こることが知られている。これらの現象を縦磁界効果という。縦磁界効果の一つでは、臨界電流密度(J_c)が横磁界下と比べて大幅に増加する。そのため縦磁界効果を利用することで、機器の特性を改善できる可能性があるとして、縦磁界効果を超伝導直流電力ケーブルに応用することが考案された。しかし通常のケーブル構造では特性の変化はないため、超伝導線材の配置が重要となる。これまでの研究では、様々な配置で近似計算による導出が行われたが、ケーブル構造が複雑であるため結果が正確であるかを確かめる必要がある。

本研究では、株式会社フォトンが開発した有限要素法(FEM)を用いて解析することができる PHOTO-Series を用いる。繰り返し近似による近似計算によって得られる結果を、FEM によって得られる結果と比較して、近似計算によって得られる結果の正確性を確認する。

2. 解析方法

解析モデルは内側に 3 層、外側に 3 層の導体を配置したものである。縦磁界効果を得るために、各層に角度 θ_i をつけた電流を流す。また、内側導体の最も外側に流す電流の角度を θ_{max} とすると、 θ_i と θ_{max} は、 $\theta_i = (i - 1)/(n - 1) \times \theta_{max}$ の関係となる。今回のモデルは内側が 3 層のため、第 3 層目に流す電流の角度が θ_{max} である。今回、ケーブルの中心から内側導体の最内層までの距離は 20 mm、各層の導体の厚さを 140 μm とし、内側導体 3 層のみに超伝導線材の磁界依存性を考慮した電流を流した。FEM での計算、繰り返し近似による近似計算によって、ケーブル中心部に加えらる縦磁界と外側に加えらる横磁界を導出し、結果をそれぞれ比較することで近似計算の正確性を確認する。

3. 結果及び考察

図 1, 2 にケーブルの第 1 層に 2000 A の電流を流したときの、 $0^\circ \leq \theta_{max} \leq 80^\circ$ でのケーブル中心部の縦磁界、導体外部の横磁界の大きさを示す。図より FEM での計算と繰り返し近似による近似計算は、共にほぼ一致していることが分かる。

計算結果が一致したことから、ケーブルの縦磁界、横磁界の大きさを求めるのに繰り返し近似計算は有効であるということが分かった。また、本研究では内側に 3 層、外側に 3 層の導体を配置した解析モデルで計算を行った。しかし、縦磁界と横磁界の大きさは各層の磁界の大きさの足し合わせであることから、導体の層を増やした場合でも結果は一致すると考えられる。

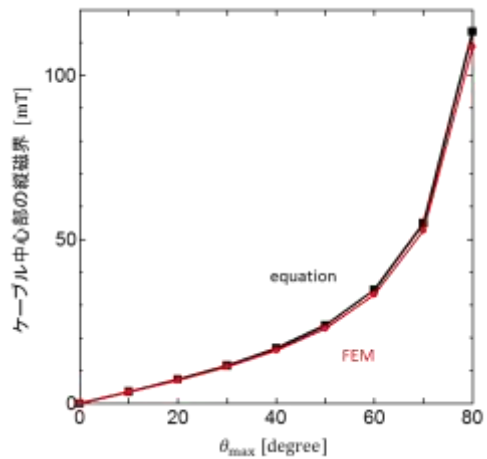


図 1: ケーブル中心部の縦磁界

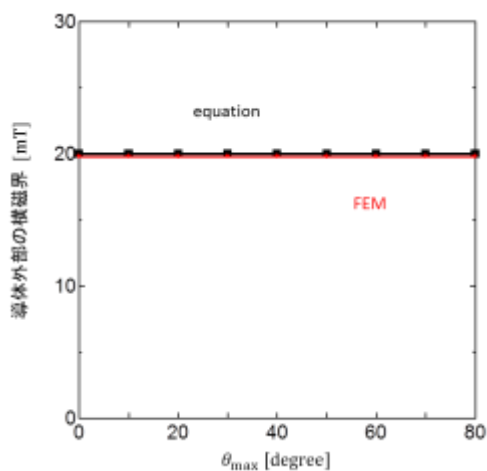


図 2: 導体外部の横磁界