

学生番号	16232084	氏名	安谷 葵
論文題目	有限要素法を用いた超伝導線材の接合面の形状による臨界電流特性の評価		

### 1. はじめに

1987年に $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO)が発見されて以来、線材化の工夫がなされ、イットリウム系高温超伝導線材(Coated Conductor; CC)は実用的なレベルまで開発は進んでいる。CCは機械特性が良く、妥当なコストであるとともに、臨界電流値( $I_c$ )が高く、 $I_c$ の高磁場での劣化が低い。そのため超高磁場NMR/MRIや送電ケーブルなどの各種応用機器への適用が期待されている[1]。また超伝導線材は現在数百メートル単位でしか作ることができないため、超伝導ケーブルとして実現するためには線材同士を低抵抗で接合し、長距離での送電を可能にすることが必要である。これらを実現するためには、CC間の接合技術が必要となってくるため、超伝導線材接合技術の開発が進められている。そこで本研究では、超伝導線材を接合した時の電気特性および機械特性を明らかにするために有限要素法を用いて接合をシミュレーションし、臨界電流の変化および応力の分布の違いを評価した。

### 2. 解析方法

本研究では、電気特性の解析のために JMAG、機械特性の解析のために COMSOL Multiphysics®を使用し、有限要素法を用いて計算した。超伝導線材は、厚さ  $100\ \mu\text{m}$  の銅板と  $1\ \mu\text{m}$  の YBCO 超伝導体、 $5\ \mu\text{m}$  の銀板の層で構成されているものとする。これで銀板を合わせるように二本上下重ねた場合のモデルを作成し、左から電流を流した時の臨界電流を、有限要素法を用いて計算した。線材を並列に接合した時に重なっている幅の割合のことをラップ率といい、重なっている長さのことをラップ長という。この時ラップ率を有しラップ長を変えたもの(Fig. 1(a))と、線材の接合部の形を変えたもの(Fig. 1(b))をモデルとして作った。なお臨界電流密度の磁界依存性( $J_c$ - $B$ 特性)は YBCO の実験結果を用いた。

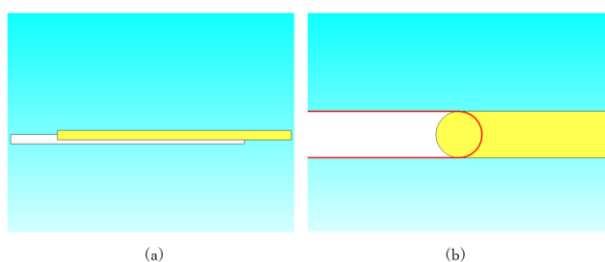


Fig. 1 ラップ長または接合部の形を変えた時のシミュレーションモデル

### 3. 結果と考察

Fig. 2 に示すのは JMAG で解析したラップ率 60%でラップ長を変化させたときの臨界電流の値である。電界はシミュレーションした結果を電極間距離で割った結果である。電界が  $100\ \mu\text{V/m}$  の時の電流を臨界電流と定義した。ラップ長を大きくするにしたがって臨界電流も大きくなり、一定の長さで臨界電流が飽和していることがわかる。

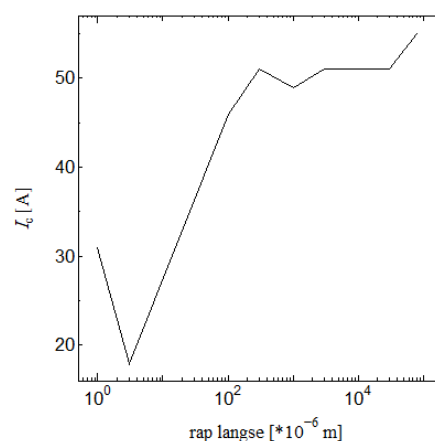


Fig. 2 rap rate 60%の時の臨界電流のラップ長依存性

Fig. 3 には接合部の形を変えたものを COMSOL で解析した応力分布の結果を示す。接合部が円であったものが捻じ曲げた時に一番応力がかかっていることがわかる。有限要素法を用いて電氣的、機械的特性を評価することができた。

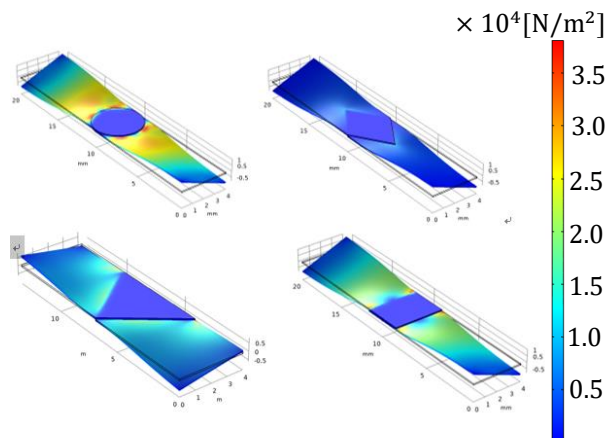


Fig. 3 接合部の形を変えた時の捻じ曲げた時にかかる応力分布

### 4. 参考文献

[1] Y. Park *et al.*: NPG Asia Materials 6 (2014) e98