
九州工業大学 大学院情報工学研究院 電子情報工学研究系 超伝導応用工学研究室 Applied Superconductivity Engineering Labo. in Kyutech (Kyushu Inst. of Tech.)

(1) 研究室概要

九州工業大学にはいくつか超伝導関連の研究室があります。我々の超伝導工学応用研究室は1990年に当時の松下照男教授(現在は九州工業大学名誉教授)が九州大学から赴任されて飯塚市にある情報工学部に設立され、以来ほぼ1/4世紀になろうとしています。この研究室では、材料と応用の中間の部分について研究しています。つまり、材料は企業や研究所などで専門家が作ったものを提供していただき、その材料について電磁気学に基づく独自の測定や解析を通じて知見を得て、さらに独自の超伝導応用機器の基礎について検討をしてきています。ここでは材料の基礎特性の評価と独自の超伝導用機器の基礎研究について紹介します。

(2) 研究室構成

松下照男名誉教授

小田部荘司教授

木内勝准教授

Vladimir Vyatkin研究員、技術職員、秘書

博士前期課程学生、学部学生 合計10名強

共同研究先:九州工業大学内の他のグループ、東京大学、名古屋大学、中部大学、福岡工業大学など

(3) 最近の主な研究内容

・GdBCO超伝導コート線材の磁化緩和特性

希土類酸化物銅系超伝導体は、高い臨界温度と臨界磁場を持つことから実用に向けてさまざまな研究開発が行われています。超伝導体の応用の一つに超伝導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)があります。現在でもシャープの亀山工場には落雷などの事故の時の電圧が一瞬低下する現象「瞬低」対策として2 GJのSMESを導入しています。これには従来の金属系超伝導体が使われているので、磁場が低く、また液体ヘリウムを寒剤として使って4.2 Kを保つ必要があり、大きさも20 m×30 m×10 mという巨大なものです。これを希土類酸化物銅系超伝導体の線材に置き換えると10 m×10 m×3 mで収まると見積もられています。しかし運転温度が20 Kであることから、磁気エネルギーで貯蔵されたエネルギーは超伝導体の磁化緩和という現象により徐々に失われてしまいます。したがって、線材の磁化緩和を正確に測定し、理解する必要があります。本研究では、材料や製法の違いによる線材における、磁化緩和特性を評価してSMESの設計指針を与えることを行っています。

・磁束クリープ・フローモデルによる電磁特性の評価

前節で磁化緩和現象を紹介しましたが、この現象は磁束クリープ・フローモデルにより理論的に説明されていて、理論により実験結果を精度よく再現できることが知られています。実際にこのモデルにより、超伝導体の電界の電流密度依存性(E - J 特性)、臨界電流密度の磁界依存性(J_c - B 特性)、不可逆磁界の温度依存性(B_i - T 特性)など磁化緩和特性以外の様々な超伝導体の電磁特性をも評価することができます。

このモデルには積分を含む膨大な計算が必要です。また必要な物性パラメータは3から5つあり、これらを決定するのに手間がかかります。そこで、遺伝的アルゴリズムや最急降下法を使って、自動的にこの複雑な計算をする方法について研究を行っています。また最近のPCでは、グラフィック処理専用のGPUというICが載せられており、これを用いてCPU単体では得られない計算処理能力を使うことができます。このGPUの物理計算への利用についても研究を進めています。その結果、これまでの1/10の時間で、また精度のよりよい計算ができることを確かめています。

・有限要素法を用いた電磁特性の計算

有限要素法は工学の分野では非常にポピュラーであり、特に計算機の処理能力が向上している近年では、さ

さまざまなシミュレーションに当たり前のように使われています。しかし超伝導体は電界-電流密度特性における非線形性が非常に大きくて収束演算を必要とし、有限要素法で計算するには、他分野と比べて莫大な計算量が要求されました。我々のグループで有限要素法を導入した当初は小規模なモデルしか計算ができませんでしたが、最近ではかなり本格的な計算も可能となってきています。また適応範囲も、超伝導体内の磁界分布計算が主ではありますが、電界や電流密度などの基本的な電磁気の値にとどまらず、さらに損失や力など複雑な物理量を計算することができるようになりました。

依然として有限要素法を利用するには超伝導特有の現象をよく理解してモデルを組み立てる必要はありますが、計算機能力が向上したことで、かなり分野について計算をすることが可能となっており、研究室の一つのツールとして応用の可能性を検討し続けることにしています。

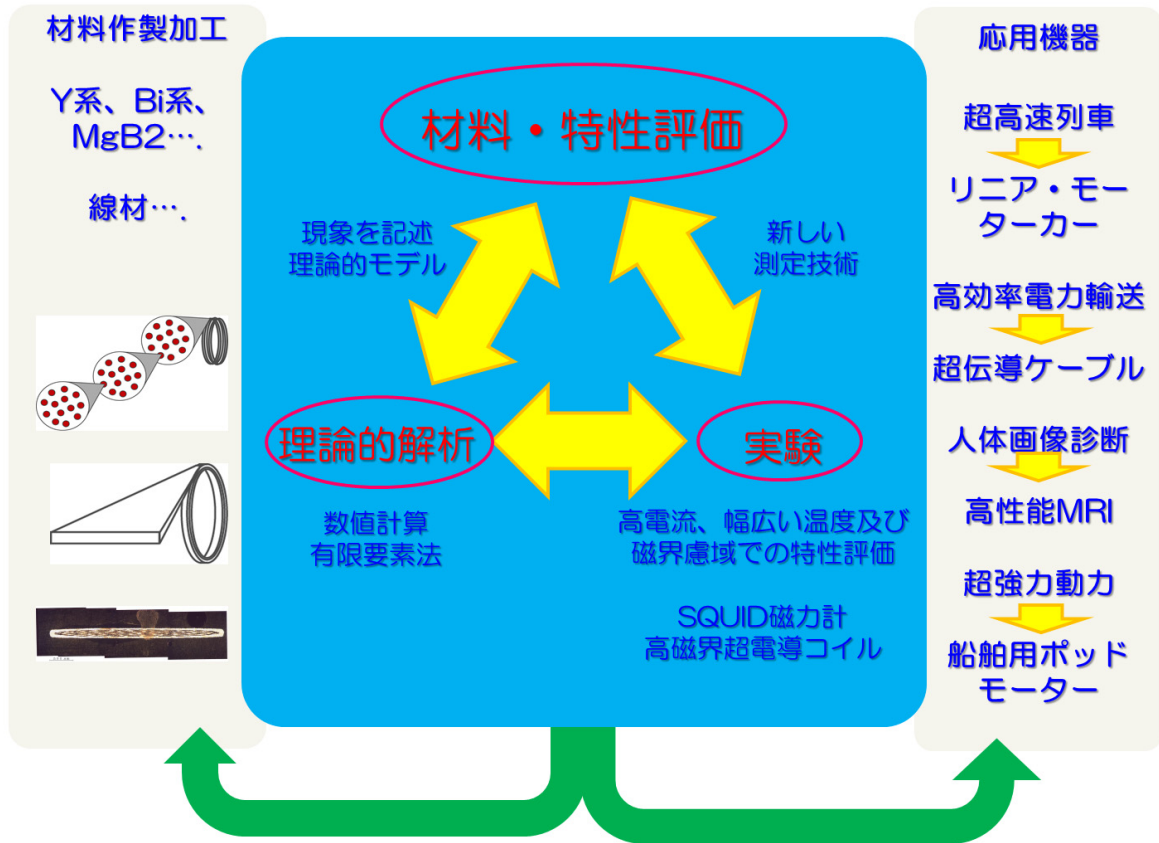
・縦磁界効果利用超伝導電力ケーブルの基礎研究

科学技術振興機構 (JST) の先端的低炭素化技術開発 (ALCA) の補助事業に採択されて、「高性能超伝導電力ケーブルの開発」という課題名で研究を進めています。これは超伝導電力ケーブルの構造を工夫することで、流れる電流と内部に発生する磁界の向きがほとんど平行な状態にする(縦磁界)ことにより、超伝導電力ケーブルの電流容量を格段に増やすことができる可能性を確かめるものです。

まず現在開発中である希土類酸化物銅系超伝導コート線材が縦磁界において臨界電流密度がどのように向上するのかを測定しています。しかしコート線材は磁界異方性が強く、コート線材の面に垂直な磁界がかかると臨界電流密度がすぐに減少してしまいます。したがって、コート線材を一枚で測定しても、ケーブル状にしたときの性能を測定することができないこととなります。そこでコート線材のサンプルの周りにもいくつかダミーのコート線材を配置することによって、より正確な縦磁界下での臨界電流密度測定を行っています。これは有限要素法によっても周りの磁界分布を計算して、コート線材の面に垂直な磁界成分が低減できていることを確かめています。

次に縦磁界効果を利用した超伝導電力ケーブルの設計に資するように、電流容量の計算をおこなっています。ケーブルはテープ状の線材をフォーマーの上に並べる構造をしており、その臨界電流は磁界の値や電流との角度によって複雑に変わります。また流れる電流によって多層構造である電力ケーブルの内部の磁界構造は変わります。これらを矛盾無く求める方法を開発しています。またこの計算結果が正しいかどうかを有限要素法により検証を進めています。

さらに、実際に模擬ケーブルを作製して実際に4000 Aという大電流を通電して、その性能について検証しています。実際に作製すると、テープ線材単体の性能に比べてテープ線材を複数使ってケーブルにすると性能が向上することが確かめられました。また巻き方を工夫してより縦磁界の状態に近い状態を作ることにより、ケーブル全体の性能が向上することも確かめることができました。



(4) 連絡先

〒820-8502 福岡県飯塚市川津680-4

九州工業大学 大学院情報工学研究院 電子情報工学研究系
超伝導応用工学研究室

教授 小田部 荘司

Tel. & FAX 0948-29-7683

otabe@cse.kyutech.ac.jp

<http://aquarius10.cse.kyutech.ac.jp>

<http://aquarius20.cse.kyutech.ac.jp>

<http://aquarius30.cse.kyutech.ac.jp>