

希土類系高温超電導線材を用いた起磁力700kA実機大コイルの開発

水野克俊 杉野元彦 田中実 小方正文

希土類系高温超電導線材を用いて浮上式鉄道用の車載超電導磁石と同じサイズのコイルを製作し、実機と同等の起磁力700kAを発生させることに成功しました。希土類系高温超電導線材は他の超電導線材と比較して高い温度で運用できるため、車載超電導磁石の運用が容易になります。また、冷凍機消費電力も低減されるので車載電源設備の軽量化も可能になります。

この様な大型の希土類系高温超電導磁石の開発事例は世界的にも少なく、製作手法も確立されていませんでした。そのため、基礎検討から着手し、巻線方法の検証やコイルの設計・製作に至るまで一貫して行いました。また、超電

導コイルは励磁時に強力な電磁力を受けるため、補強のためにコイルケースに収める必要があります。そのため、構造解析に基づき、アルミ合金製のコイルケースも設計・製作しました。励磁試験では、コイル温度35Kで起磁力700kAが実証されました。

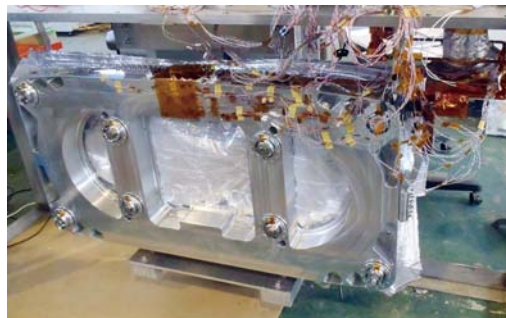


図 実機大希土類系高温超電導コイル外観

地上コイル及び超電導磁石の設計における電気的ギャップ縮小の効果

米津武則 渡邊健 鈴木江里光 笹川卓

従来、超電導磁気浮上式鉄道車両の電気的ギャップは一定として設計されてきましたが、現在鉄道総研で開発中の希土類系高温超電導磁石を搭載すれば電気的ギャップの縮小が可能となります。電気的ギャップの縮小が地上コイル・超電導磁石の設計に与える効果について、計算機シミュレーションにより検討しました。

電気的ギャップの縮小により、磁気抗力・LSM消費電力の減少といったメリットが得られる一方、上側単位浮上案内コイル引剥し力・LSM電圧の増大といったデメリットが存在するという計算結果が得られました。

また、電気的ギャップの縮小と同時に、超電導磁石の起磁力を低減させることにより、上述のメリットが低減する

ものの、デメリットを解消した設計が可能な場合が存在するという計算結果も得られました。

これらの計算結果は一例ですが、今後も、超電導磁気浮上式鉄道車両の最適設計について検討していきます。

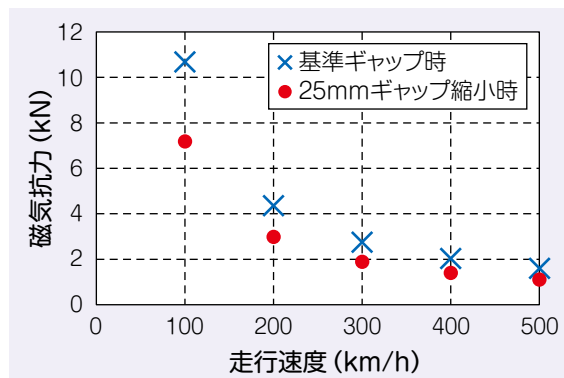


図 電気的ギャップの縮小による磁気抗力への影響の計算例

浮上式鉄道用推進コイル接続ケーブルの振動特性評価

太田聡 饗庭雅之 鈴木正夫 高橋紀之

超電導磁気浮上式鉄道において地上コイルは、車両走行区間の全線にわたって敷設されるため、莫大な個数が必要となります。地上コイルの一種である推進コイルは、多数個のコイルが直列に接続される回路を構成します。そのため、車両の走行時には、車両の超電導磁石の移動磁界と自身に流れる電流により、電磁力と高電圧が加わります。推進コイル間を接続するケーブルに関しても、推進コイルと同様な耐久性が求められます。筆者らはこれまで、接続ケーブルの接続部に重点を置き、長期課通電試験や機械加振試験を通して耐久性評価を行ってきました。本稿では、接続ケーブル本体の振動特性を把握するための電磁加振試験を行い、接続ケーブルのモデル化により図のような低周波にピークを有する振動周波

数特性を得たので詳細を報告します。本電磁加振試験によって得られた特性により、接続ケーブルの長期耐久性試験方法を策定できると考えられます。

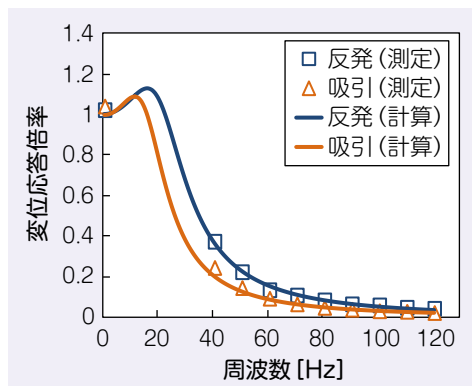


図 電磁加振試験により得られたケーブル変位の振動周波数特性

センサタグと保守用車間の路車間通信による地上コイル状態監視

田中実 高橋紀之 池田遼平 依田裕史 鈴木正夫

浮上式鉄道用地上コイルは数が多いため、保守管理には多大な労力が必要となります。一層の省力化のため、RFタグとセンサを組み合わせたセンサタグにより地上コイルの状態監視を行い、車載アンテナを搭載した保守用車との路車間通信により、効率良く状態監視結果を収集するシステムを構築しました。

宮崎実験線のガイドウェイにて、模擬台車を使った路車間通信試験をしたところ、電池不要のパッシブタグを用いたシステムでは、識別番号と温度判定結果を時速40kmまで収集できることを確認しました(図参照)。また、任意のタイミングでセンシングが可能なセミパッシブタグを用

いたシステムでは、識別番号と温湿度、照度、三軸加速度センサによる異常判定フラグを時速55kmまで収集できることを確認しました。

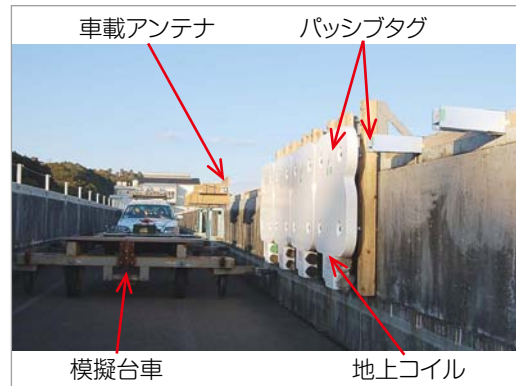


図 パッシブタグ路車間通信試験

鉄道車両内における低周波磁界の可視化・評価システムの開発

加藤佳仁 笹川卓

低周波磁界に関する規制、および規格等に関しては、2012年に鉄道の地上電力設備から発する商用周波数の磁界に対しての規制が導入される等、動きが活発になっています。その中で、鉄道車両内の低周波磁界に関しては、測定方法等について国内外で整備が進んでいます。

そこで、鉄道車両内に発生する低周波磁界を評価する方法を検討し、この検討結果に基づき、評価に必要なシステム等を構築することとしました。具体的には、車両内磁界の測定から解析および評価までを、国内外の測定規格に適合す

る手法により直流磁界/交流磁界それぞれについて迅速に行うことができる「車内磁界解析評価システム」と、交流磁界の分布の把握、磁界源の探索等を目的とし、交流磁界の強度分布と周波数特性をリアルタイムに表示するハンディタイプの「交流磁界可視化装置」を開発しました。

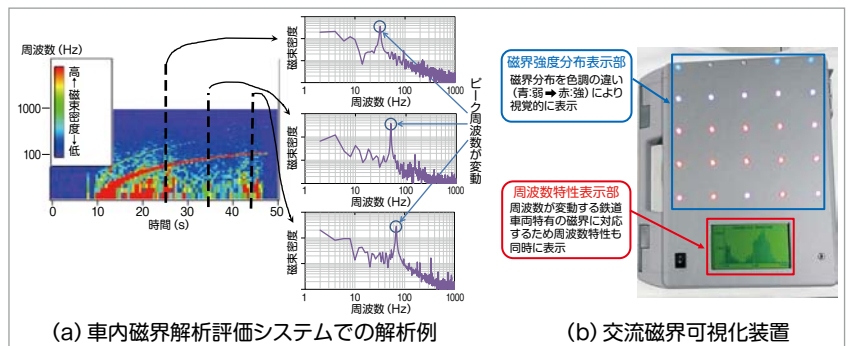


図 開発したシステム類

異なる動作温度の磁気作業物質を直列配置した磁気ヒートポンプ

宮崎佳樹 脇耕一郎 池田和也

鉄道車両空調のノンフロン・省エネルギー化の観点から、現行の蒸気圧縮式冷凍に変わり得る冷房技術として、磁気ヒートポンプ技術の開発を目指しています。鉄道車両空調は、たとえば外気温35℃程度のときに車内温度を25~28℃程度に維持しています。この場合、熱交換を考慮すると、空調に用いられる冷凍機の高温度端と低温端の温度差は20~30℃以上が必要です。一方、単一の材料を用いた磁気ヒートポンプで生成できる温度差は、無負荷の場合で15~20℃程度であり、磁気ヒートポンプを空調応用へ適用するためには、生成温度差の拡大が必須です。生成温度差を拡大するために、異なる動作温度を有するガトリニウム系磁気作業物質を組み合わせ

積層した磁気ヒートポンプの基礎試験を行い、得られた特性について解析と比較検証を行った結果、鉄道車両空調のために必要な温度差を生成する指針を明らかにしました。

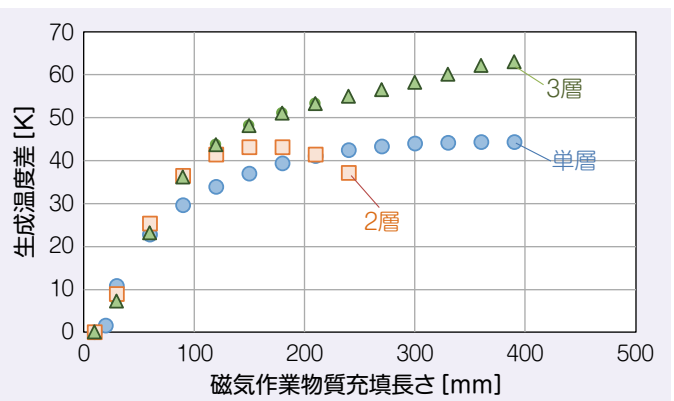


図 磁気作業物質積層数と充填長さの計算結果

高速車両に向けたリニアレールブレーキの小型軽量化の検討

依田裕史 坂本泰明 浮田啓悟 笹川卓

非接触式渦電流レールブレーキは、レールと車輪との間の粘着条件によらず安定したブレーキ力を発揮でき、粘着係数の低下する高速域において特に有用となる装置です。しかし、これによる減速分の運動エネルギーは、すべてレールに生じる渦電流のジュール発熱となって消費されるため、レールが加熱され軌道へ影響を与える可能性があります。この課題を解決すべく、鉄道総研では運動エネルギーの一部を車上で消費するにより、レール発熱を低減可能かつ停車時においても動作可能なブレーキシステム「リニアレールブレーキ」の開発を行っています。このシステムを高速車両へ適用するためには、台車に搭載される電機子の小型軽量化が重要となります。この課題に対し、コイル導体よ

りも鉄心量の削減割合を大きくすることで、制動距離への影響の大きい高速域でのブレーキ性能低下が抑制可能であることを、電磁界シミュレーションにより示しました。

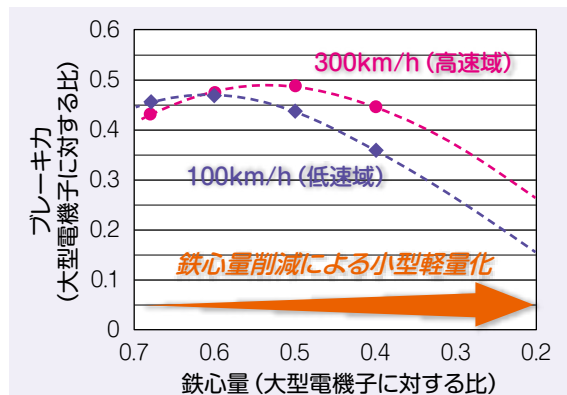


図 速度によるブレーキ力の鉄心量依存性 (シミュレーション結果)

超電導フライホイール蓄電システムの信頼性検証と鉄道への応用

山下知久 小方正文 松江仁 宮崎佳樹 杉野元彦 長嶋賢

2015年9月に山梨県米倉山こめくらやまの太陽光発電所に超電導フライホイール蓄電システムの実証実験施設が完成し(図)、日照条件に影響され不安定な太陽光発電電力の出力平滑化効果検証を目的とした実証実験を開始しました。

超電導フライホイール蓄電とは、装置内に内蔵した大型の円盤(フライホイール)を回転させることで電力を運動エネルギーに変換・貯蔵し、必要に応じて再び電力に変換可能なシステムで、コア技術は鉄道総研が考案した強力な磁気反発力を利用してフライホイールを機械的損失なく非接触回転浮上させる超電導磁気軸受です。

超電導磁気軸受は、高温超電導コイルと高温超電導バルク体からなるもので、今回、期待寿命20年に対する信頼性と補機電力が出力の1%以下であることを検証しました。

超電導磁気軸受を用いた超電導フライホイール蓄電システムで、太陽光発電所との系統連系試験を実施し太陽光の発電電力の平滑化効果検証と最高出力300kW、蓄電容量25kWhを実証しました。この新しい蓄電システムの電気鉄道への応用展開の考え方についても紹介します。

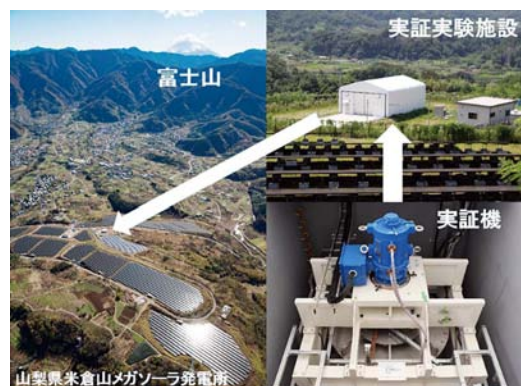


図 山梨県米倉山実証実験施設と実証機外観