

## 論文の内容の要旨

論文題目 Study on Eddy Current Problem in High  
Speed Operation of HSST-type Maglev System  
(HSST 形磁気浮上鉄道の高速度運転における渦電流問題に関する研究)

氏名 杜 剣

従来のレール上の車輪で走行する列車と比べて、磁気浮上鉄道(磁気的に空中に浮上した)システムは、低い環境汚染、低い維持費および高速の実行の長所を持っています。空中に浮上方法によれば、MAGLEV 運輸方式は 2 つのグループに分類することができます:電磁吸引制御浮上(EMS)および電磁誘導浮上(EDS)。更に、速度または適用によって 2 種類の EMS システムがあります。トランスラップッドが、推進のためにリニア同期モーター(LSM)を使用して、ドイツで発展した 1 つの高速の EMS 磁気浮上鉄道システムです。もう一つは、推進のためにリニア誘導モーター(LIM)を使用して、日本で開発されていた HSST と称する低い速度の EMS 磁気浮上鉄道システムです。

電磁吸引制御浮上(EMS)およびリニア誘導モーター(LIM)技術を使用する磁気浮上鉄道システムは、低い速度の適用のために通常使用されます。例えば、HSST システムの商用ラインは今名古屋(日本)に近く、2005 年に 100km/h までの速度で操作されるでしょう。200km/h まで EMS-LIM システムを操作することができるかもしれないと信じられていますが、鋼レールに引き起こされた渦電流の影響はより重大になると考えられています。薄層に裂かれていない鋼レールは、そのようなシステムの中で通常使用されます。従って、渦電流は磁石を移動させることにより容易に引き起こされます。引き起こされた渦電流は浮上力を縮小し、LIM によって推進力に対して抗力を生成します。したがって、EMS-LIM システムを約 200km/h 作動させるために、渦電流を計算し、それがどのように浮上力と推進力に影響を与えるのかを考察することが必要です。

渦電流の計算に従事していたこの研究は、研究対象とする EMS-LIM システムが低速から 200km/h まで走行する場合に、鋼レールの中で生成される渦電流が、浮上力と推進力にどのような影響を与えるのか考察しました。この計算では、HSST-100L システムが計算モデルとして使用されました。また、商用ソフトウェア(JMAG スタジオ)は数値解析のために使用されました。

この研究は浮上システムのみに対処し、計算用の EMS-LIM システムの推進システムを考慮しませんでした。

EMS-LIM 磁気浮上鉄道システムの各モジュールの電磁気特性は、適切なモデルおよび境界条件で計算されるべきです。この点から、この計算では、合計 4 つのモデルが使用されます。それらは、1-マグネットモデル、1-モジュールモデル、7-マグネットモデルと 10-マグネットモデルです。

本論文は合計 6 章から構成されています。

第 1 章では、初めは、既存の交通網に関する調査が与えられました。この調査に基づいた、雑踏のような非軌跡境界交通手段、安全性、雑音、エネルギー消費および伴う温室効果によって引き起こされた多くの問題が報告されました。これらの障害を克服することができる交通手段として、磁気浮上鉄道システムは示唆されました、そしてこの研究の背景を示されました。その後、この研究の目的が述べられました。

第 2 章では、1-マグネットモデルの計算を報告しました。1-マグネットモデルの計算が 1-マグネットシステムの基本の電磁気特性を示します。この計算は、22km/h、108km/h と 216km/h で三つの速度での 1-マグネットシステムの渦電流を計算しました。この計算においては、実験によって測定された鋼レールの伝導率および  $BH$  カーブを含めて導入されました。本章の中で最初に、マクスウェルの方程式に基づいた渦電流計算の理論式の導き方が与えられました。また、行った鋼レール材料の導電率と  $BH$  カーブの測定実験を紹介しました。その後、計算結果が示されました。最後に、渦電流が浮上力と推進力に与える影響が考察されました。その結果は、推進力に対する影響は無視できるほど小さいことに対して、浮上力の縮小割合が 42.2%まで上昇し、この浮上力で、列車を空中に浮上させることができないことが分かりました。

第 3 章では、表皮効果をめぐって議論をしました。まず最初に、理論式の導き方と計算例を述べました。その後、1-マグネットモデル計算の表皮効果が議論されました。レールにマグネット先端部の上に当たるエリアでは、あるセクションの上の渦電流ループが、レールの表面で引き起こされたループより推進方向に沿ってはるかに大きな距離をカバーすることが分かりました。その後、フーリエ分解によって、その原因を究明しました。その次、レールの中にある線に沿って、フラックス密度  $B$  の大きさは単調に減少しませんということとフラックス密度大きさの速度依存性が考察されました。最後に、皮膚深さに関する議論と結合して、メッシュ有効性が確認されました。

EMS-LIM システムでは、モジュールが基本構造となっています。様々な位置でのモジュールは異なる境界条件を持っているかもしれないし、異なるモデルによって計算されるべきです。これらの異なるタイプのモジュールを計算するために、3 つの多重磁石モデルが導入されました;それらは 1-モジュールモデル、7-マグネットモジュールおよび 10-マグネットモデルでした。第 4 章では、これらのモデルの速度 216km/h である条件での計算が報告されました。これらの計算によって、計算用の EMS-LIM システムにおける各磁石に働く力を得ることができました。

計算用の EMS-LIM システムでは、左右側にはそれぞれ 10 個のモジュールが配置されています。また、各モジュールには 4 つのマグネットを持っています。従って、各側に合計 40 個のマグネットを持っています。第 5 章では、計算用の EMS-LIM システムの 1 つ側にある 40 個のマグネットに働く浮上力の分布を報告しました、それで、浮上力が 216km/h 速度で十分にならないと結論を下しました。最後に、浮上力を償うために、3 つの手段が提

案されました。

第 6 章ではこの研究を要約し、結論を示しました。