

47 リニアモーターカーと摩擦

Linear motor cars and friction

要旨

鉄車輪支持式のリニアモーターカーの運動に摩擦力がどれほどかかわっているかを調べるために、モデルを作成し、運動の様子を調べた。その結果摩擦力の影響が大きくなるカーブの部分では運動に与える影響が大きくなることが分かった。

1 研究背景と研究目的・意義

1.1 研究背景

リニアモーターカーには、車輪を地面につけずに浮上コイルで浮上しながら推進コイルで進む磁気浮上式と車輪を持ちながらリニアモーターによって推進力を得る鉄車輪支持式があり、現在は鉄車輪支持式が時速 70km-100km 程度で運行している。しかし、JR 東海（2024）は超電導リニアを「最高時速 500km で走行する」としており、現存するリニアとの速度の差に摩擦力はどれほど関わっているのかという点が不明であることが分かりその関係を調べたいと思いこのテーマを設定した。

1.2 リサーチクエストと先行研究・事例

リサーチクエストは、「リニアモーターによる推進力制御は、車輪支持式のブレーキ性能にどのように影響するのか」とする。

リニアモーターカーとは回転機のモーターを直線上に引き延ばしたもののことを言う。しかし、リニアモーターカーは和製英語で本来の意味として用いられていない。

1.3 研究の目的、意義

リニアモーターカーが快速を飛ばせる理由は路線と接触していないので、摩擦が働いていないからである。もし、摩擦が働いたら速度はどうなるのかを調べ、その真相に迫っていく。

リニアモーターカーによる高速移動が可能になることで、物流面でのさらなる効率化が期待される。

1.4 仮説とその根拠

直線よりも接地面がより多いカーブ部分の方がブレーキの影響を受けやすく、速度も下がりがやすい。

2. 研究方法 1

2.1 研究の目的とリサーチクエスト・仮説との関係

リニアモーターカーと摩擦の関係を調べるために、摩擦と関係があるブレーキについての探究をする。

そのために、模型を作成し、どのようにしてリニアモーターカーが静止するかを調べる。また、計測が物理的に不可能になった場合や、模型が完璧ではないため実際のリニアモーターカーと重量などの点で大きく差異が生じた場合、問題が複雑すぎる場合に困難となる。

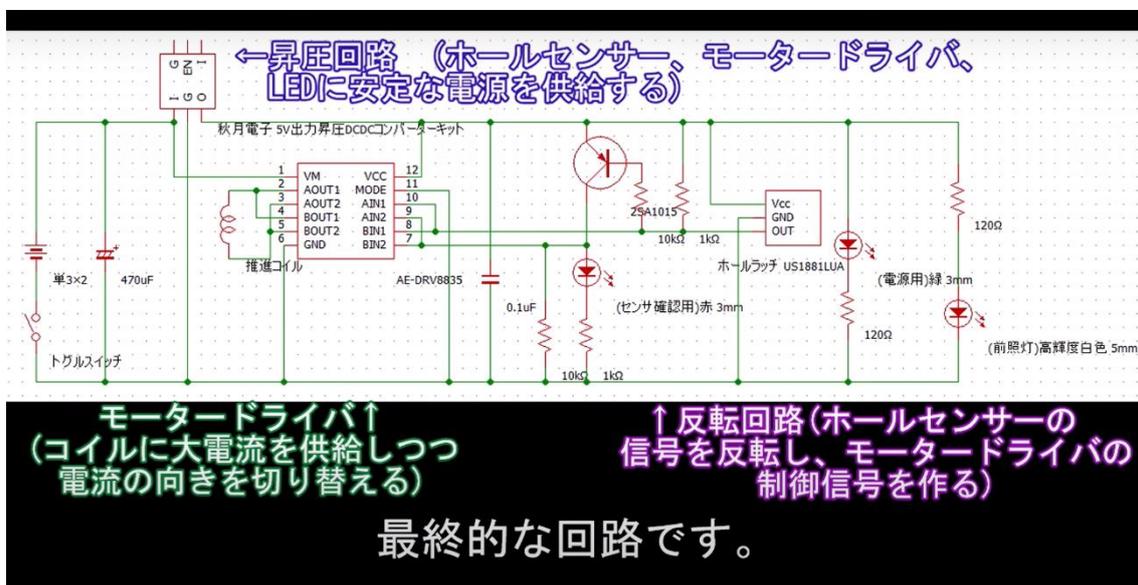
(補足) 模型の製作について

今回の模型の作成では全面的に先行研究「<https://www.youtube.com/watch?v=4WQAKy34jVA>」を参考にして製作した。下に示す電子回路を作成し、それをプラレールの車体を基にした台車の上に乗せ、台車の下面(タイヤが付いている面)にホールラッチ、コイルを取り付けた。スイッチは電池ボックスに付属しているスイッチをそのまま使用した。

(注1) 台車の下面にコイルを取り付けるわけであるので、台車には下面とレールの間の空間を広げるための改造が必要である。その際スムーズに走れるようにすることを意識するべきである

(進んだ注) 空間を空けすぎると推進力がなくなるため調整が必要である

(注2) コイルは0.4~0.6mm、10m巻きのエナメル線を巻いたものが最適である



2.2 研究と分析方法

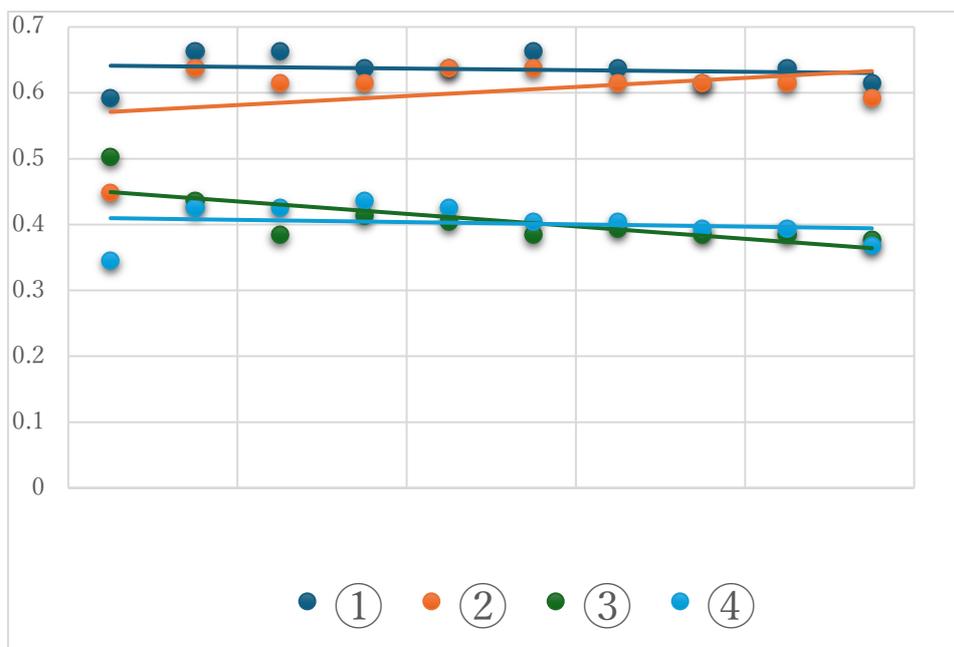
超電導リニアの模型の作成は技術・費用面で不可能である。そこで、磁力センサーが逆の磁力を検知した際に磁界の向きが変わる電磁石を制御する回路を作成。それを搭載した

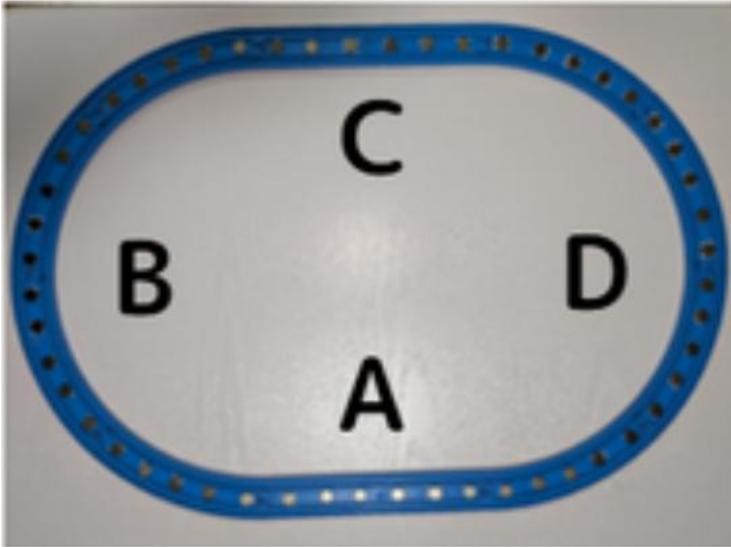
車を磁気の違う磁石を複数個取り付けたレールの上に乗せて反発・引き付けあいの力を利用して走らせる。

レールのうち直線の部分を A, C、曲線の部分を B, D として、A の部分で模型を動かし始めることとした。A, C の部分それぞれに同じ向き of 極を 7 個ずつ並べて加速度を減少させるブレーキを設置し、さらに A でゆっくりと手を放す、初速度を与えて離すという二通りの実験を行った。また、B, D でも同様に実験を行い、その速度を調べた。速度の導出については模型を十周走らせ一周ごとにかかった時間を計測し、そこから速度を導出した。

2.3 結果

A, C にブレーキを設置した場合は、若干の速度逓減は見られたものの、止まることなく進み続け、一定の速度に達した。しかし B, D にブレーキを設置した場合、手で初速度を与えた場合には一週目の D で静止し、ゆっくりと手を離した場合には一週目の B で静止した。





すべて交互・手で押す	0.592	0.663	0.663	0.637	0.637	0.663	0.637	0.614	0.637	0.614
すべて交互・手を放す	0.448	0.637	0.614	0.614	0.637	0.637	0.614	0.614	0.614	0.592
A,Cに7個ずつ・手で押す	0.502	0.436	0.385	0.414	0.404	0.385	0.394	0.385	0.385	0.377
A,Cに7個ずつ・手で少し押す	0.345	0.425	0.425	0.436	0.425	0.404	0.404	0.394	0.394	0.368
B,Dに7個ずつ・手で押す	Dで停止									
B,Dに7個ずつ・手を放す	Bで停止									

2.4 考察

- ・初速度を与えても最終的な速度は変わらなかった。
- ・直線の部分よりもカーブでのブレーキの影響の方がはるかに大きく、これには摩擦の影響も大きいと考えられる。

4. 結論と今後の展望

4.1. 結論

車輪支持式のリニアモーターカーではレールとの間に直線よりもカーブでの摩擦の力が大きい。

4.2 今後の課題

車輪支持式リニアモーターカーの実験はできたが磁気浮上式のリニアモーターカーの実験はできなかった。

課題として磁気浮上式のリニアモーターカーの実験も行っていきたい。

5. 謝辞

この研究に携わってくださった皆様方に多大なる感謝を申し上げます。

6. 引用文献・参考文献

<https://linear-chuo-shinkansenir-central.co.jp/about/>

www.linear-chuo-shinkansen-cpf.gr.jp/sikumi.html

<https://www.linear-museum.pref.yamanashi.jp/about/index.html>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/リニアモーターカー/>

<https://www.electricity-magnetism.org/ja/リニアモーターカーの原理-方程式と応用/>

<https://www.all-senmonka.jp/moneyizm/79203/>

<https://www.pressance.co.jp/yuzusachi/magazine/market-trend/nagoya/901/>