

リニアモーターカーの加速度

奈良県立奈良北高等学校

目的

リニアモーターカーの加速度を増加させるために必要な条件を探る。

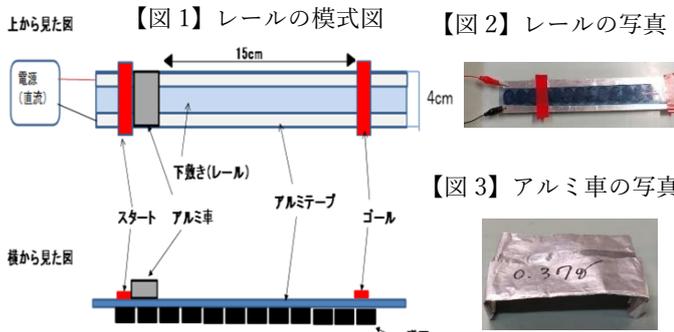
仮説

磁界中に置かれ、通电しているアルミ車には電磁力が働き、レール上を進む。電磁力が一定であるなら、 $ma=F$ より、アルミ車の質量と加速度は反比例の関係となる。

実験 I アルミテープ、銅パイプのレールを用いて、アルミ車の質量と加速度の関係を調べる

〈手順 I〉

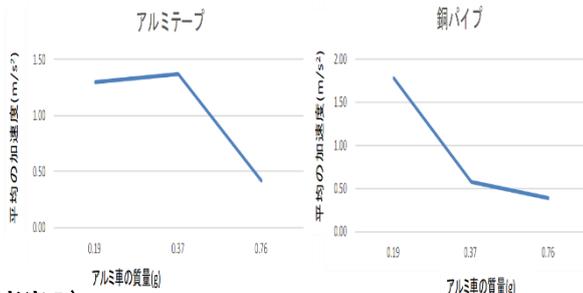
- 【図 1】～【図 3】のようなリニアモーターカーの模型を作成する。
- レールにはアルミテープ、銅パイプを用いる
- アルミ車が走る距離を 15cm とする。3 種類のアルミ車(質量 0.19g、0.37g、0.76g)を用意し、スタートからゴールまでに要する時間を測定し、加速度を求める。これを 5 回繰り返す。
- 電源装置の電圧は 10V とする。



〈結果 I〉

アルミテープではアルミ車の質量 0.37g が加速度最大、次に 0.19g となり、銅パイプでは、0.19g が最大、次 0.37g となった。

【図 4】質量と加速度の関係



〈考察 I〉

レールがアルミテープよりも、銅パイプの方が反比例に近いグラフとなった。これは、アルミテープでは凹凸ができてしまい、摩擦力が大きくなったためと考える事ができる。よって、以後の実験では、銅パイプのレールを用いる。

実験 II レールの温度を 9°C、23°C としてアルミ車の質量と加速度の関係を調べる。

〈手順 II〉

- レールの温度を 9°C(氷水を使用)、23°C(室温)とする。
- レールは銅パイプ、アルミ車の走る距離を 30cm とする。実験 I と同様に加速度を求める。
- アルミ車は 4 種類(質量 0.19g、0.37g、0.76g、1.00g)
- 電源装置の電圧は 10V、電流を測定し、平均値を出す。
- テスラメータにより磁束密度を測定し、平均値を出す。

〈結果・考察 II〉

【表 1】9°C、23°C における電流と磁束密度の平均

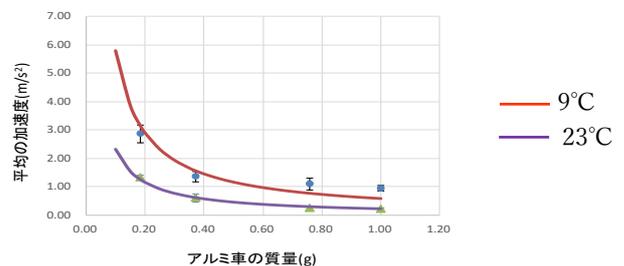
	9°C	23°C
平均の電流(A)	1.8	0.6
平均の磁束密度(mT)	2.58	2.58

電流を I(A)、磁場の強さを B(T)、銅パイプの間隔を ℓ (m) とすると、磁場中で、通电しているアルミ車には $F=IB\ell$ の力が生じている。アルミ車の運動方程式 $ma=F$ より、

$$ma=IB\ell \text{ となり、} a=\frac{IB\ell}{m} \text{ となる。この式に } \ell=0.15(\text{m})、$$

表 1 より、 $B=2.58 \times 10^{-3}(\text{T})$ 、 $I=1.8(\text{A})$ [9°Cの時]、 $I=0.6(\text{A})$ [23°Cの時] をそれぞれ代入し、図 5 の分数関数のグラフを得た。これは、実験データ(● ▲)とよく一致しており、加速度と質量の関係は反比例であると言える。また、全ての質量で 9°Cの方が 23°Cよりも加速度が大きくなった。これは、低温の方が導体の抵抗が小さく、電流が大きいため、加速度が大きくなったと考えられる。

【図 5】9°C、23°C におけるアルミ車の質量と加速度の関係



結論

リニアモーターカーの加速度を増加させるためには、「抵抗が小さいレール」「質量が小さい物体」「低温環境」が必要である。

今後の課題

レールの温度設定の数を増やし、銅の抵抗率の温度係数も考慮し、温度と加速度の関係を調べる。

