

リニアモーターカーと電磁誘導

2年5組 山口 桃子

2年5組 林 浩章

2年5組 都築 孝一

2年5組 清水 幸大

指導者 教諭 浅井 祥二

1 課題設定の理由

私たちは、11月に日本科学未来館の見学へ行った。そこで超伝導の実験を行い、磁石が空気中に浮くという不思議な現象を体験した。その中で、超伝導と最近話題になっている「リニアモーターカー」の関連性を学んだ。

その後、リニアモーターカーに興味を持ち、調べていると、ちょうど私たちがそれまで研究していた電磁誘導が、リニアモーターカーに関係していることが分かった。

そこで、電磁誘導を用いたリニアモーターカーの原理を調べようと思い、この課題を設定した。

2 仮説

リニアモーターカーは、磁石の斥力によって浮上し、交流電流が流れ推進する。そのため、磁石を敷き詰め、その上に電流を流したアルミパイプを置くことで、リニアモーターカーの簡単な原理を再現する装置ができるのではないかと考えた。また、リニアモーターカーの浮上の原理は、ピン効果（磁束が超伝導体の中に閉じ込められて超伝導磁石となり、物質を浮かせる現象）を利用したものではなく、磁石の斥力によるものだと考える。

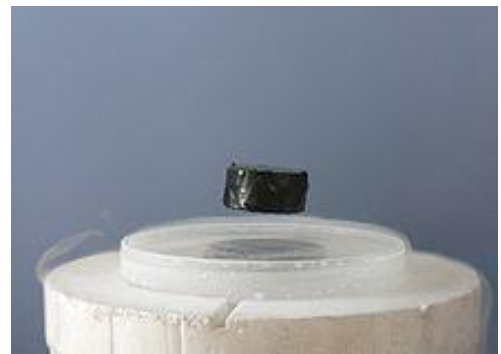


写真1: 電磁誘導

3 実験および実験結果

(1) 仮実験（電磁誘導について）

電磁誘導について理解を深めるため、簡単な実験を行った。

<仮説>

- ① コイルの巻き数を増やすと、起電力は大きくなる（比例）。
- ② コイルの半径を長くしても、起電力は変化しない。
- ③ 磁石が強くなると、起電力は大きくなる（比例）。
- ④ 磁石を速く動かすと、起電力は大きくなる。

<方法>

- ① コイルの巻き数を 50 回巻、100 回巻、150 回巻、200 回巻と増やしていき起電力の大きさを測った。
- ② コイルの半径を 1.5cm、2.0cm、2.5cm、3.0cm と徐々に大きくしていき、同じく起電力の大きさを測った。
- ④ 磁力の強い磁石と磁力の弱い磁石を用いて、起電力の大きさを測った。
- ⑤ 磁石の出し入れを徐々に早くしていき、それに伴う起電力の変化を追跡した。

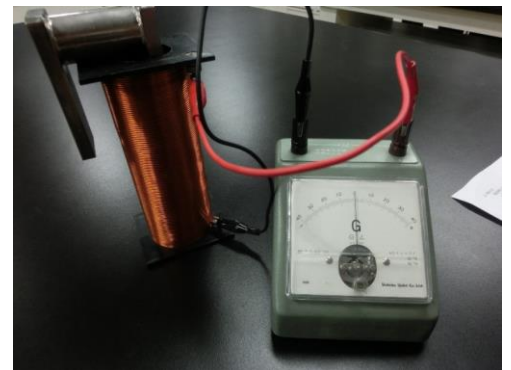


写真2: 仮実験

<条件>

調べる項目以外の条件は、すべて同じにした。

<実験結果>

結果を以下の表1にまとめた。

表1: 仮実験の結果の整理

コイルの巻き数(回)	起電力(A)
50	4.0
100	8.0
150	12.0
200	17.8
半径の長さ(cm)	起電力(A)
1.5	4.7
2.0	4.0
2.5	5.0
3.0	5.0
磁石の強さ(N 極)(テスラ)	起電力(A)
磁石 1 0.027629	11.4
磁石 2 0.049462	14.2
磁石 3 0.043132	13.9
磁石を動かす速さ(回 / 秒)	起電力(A)
1	12.2
2	20.0 以上
3	20.0 以上
4	20.0 以上

<考察>

コイルの巻き数 N[回]

動かす時間 T[秒]

磁石の強さ M[テスラ] とすると

$$V = NM/T$$

となると予想できる。しかし、実際の関係式は

$$V = -N\Delta\Phi/\Delta T \quad (\Phi; \text{磁束} \rightarrow \Phi = B \cdot S \quad B; \text{磁束密度} \quad S; \text{面積})$$

となっている。負の符号がついているのは、磁束の変化を打ち消す向きに誘導電流が発生するからである。また私たちの実験で、コイルの半径と起電力が関係しなかったのは、最終的には、磁石をコイルの中に入れてしまうからだと考えられる。

(2) 本実験 (リニアモーターカーと誘導電流)

リニアモーターカーが浮上している理由は、超伝導のピン止め効果とは関係なく、仮実験で確認した電磁誘導を利用して、磁石による斥力によって浮上している。また、進むのも磁石の引力、斥力によるものである。そこで、超伝導をリニアモーターカーに応用する理由は何かを探るために、次の実験を行った。

- 1 リニアモーターカーに見立てた電磁石を作る。
- 2 1のリニアモーターカーの下に S、N 極を交互に並べられた磁石を敷き詰める。
- 3 1のリニアモーターカーに電源装置を利用して交流電流を流し、S、N の磁界を交互に発生させる。
- 4 磁石の斥力と引力を利用して、磁石上を走らせる。

<実験結果（本実験）>

A 電源装置で交流電流を流したとき

磁石に近づけると、電磁石の先が小刻みに動いた。しかし敷き詰めた磁石の上は、走らなかった。

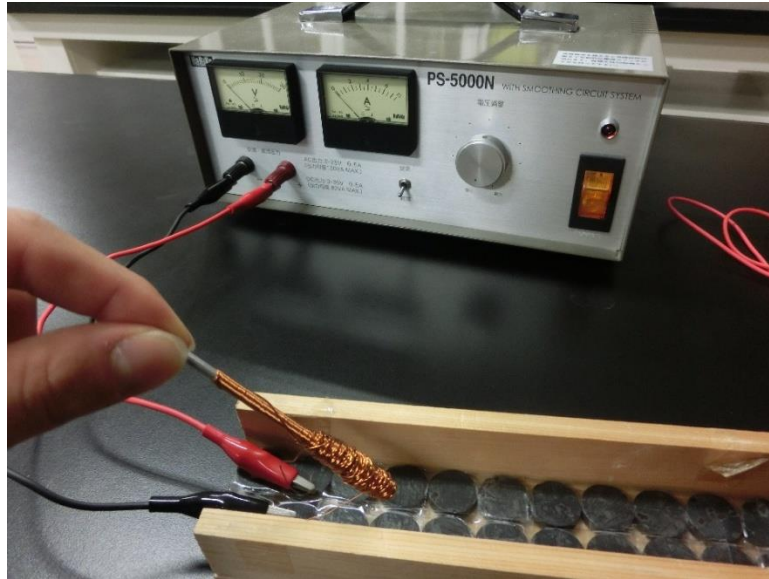


写真3:本実験 A

B 電磁誘導を利用して交流電流を流したとき

磁石に近づけても反応がなかった。やはり敷き詰めた磁石の上は、走らなかった。

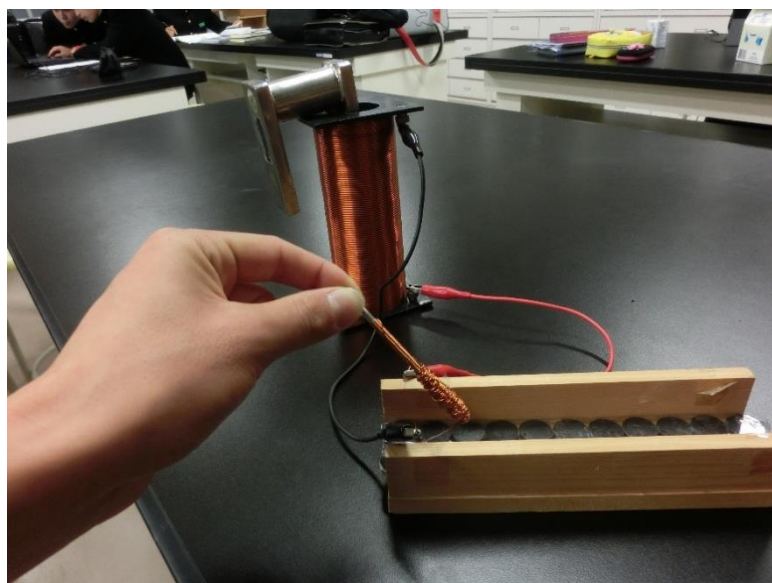


写真4:本実験 B

4 まとめと今後の課題

(1) 本実験で失敗した理由の考察

電源装置を利用した際は、交流が切り替わるのが速すぎたため、発生する磁界が下に敷き詰められた磁石とうまく反応しなかったからだと考えられる。

電源装置を利用して交流電流を流した際には、電流が弱すぎたため、発生する磁界が下に敷き詰められた磁石とうまく反応しなかったからだと考えられる。

(2) 解決方法

電源装置の交流が切り替わる速さは一定である（60回 / 秒）。これを手動で交流電流を作るようにする（電磁誘導）。また、発生する磁界を強くするには仮実験の結果から考察し、発電用コイルに以下のような改善を施す必要がある。

- ・コイルの巻き数を増やす
- ・コイルの半径を小さくする
- ・磁石を強力なものにする など。

(3) 今回の実験を通して

今回、目標としていたリニアモーターカーの実験を成功させるには至らなかった。原因は発電用コイルにあると考えられる。今後は、模擬リニアモーターカーを走らせるために必要な具体的な条件を、実験を通して調べていきたい。

電磁誘導やリニアモーターカーについて調べていく中で、教科書で学んだ事柄が私たちの生活を支えているということ、改めて実感した。しかし、深く追究していけばいくほど、より高度で専門的な知識が必要とされている。今の段階では分からないことが多いが、これからの授業、RSの時間を通して、理解を深めていきたいと思う。そして、この先は私たちが先駆者として日本の科学を引っ張っていけるようになりたい。

参考文献

- ・山梨県立リニア見学センター
<http://www.linear-museum.pref.yamanashi.jp/about/structure.html>
- ・リニア中央新幹線ホームページ
<http://www.linear-chuo-shinkansen-cpf.gr.jp/sikumi.html>