

未来の乗り物リニアを作りたいPart V

沼津市立大岡中学校

1年 眞辺 開

1 動機

本研究を継続して今年で5年目になる。研究を始めた小学2年生のころに磁石で遊ぶことが好きだった自分は、ニュースで「リニアモーターカー」という磁力で浮上して走行する鉄道があることを知った。さらにそれはまだ社会では実現されていないという事を知り、自分の手で模型のようなものを作りたいと思い、研究に至った。

2 今年の研究の目標

昨年までの研究で、電磁石と永久磁石が反発する力と、引き合う力を利用してリニアの模型を走らせてきた。しかし、電磁石と永久磁石を反発させているとき、双方を近づけすぎると、電磁石の中心にある鉄芯と永久磁石が引きつく力のほうが強くなり、反発させているつもりでもお互いに引き合ってしまう。

そこで、今年は「電磁石と永久磁石を強く反発させる」ことを課題とした。

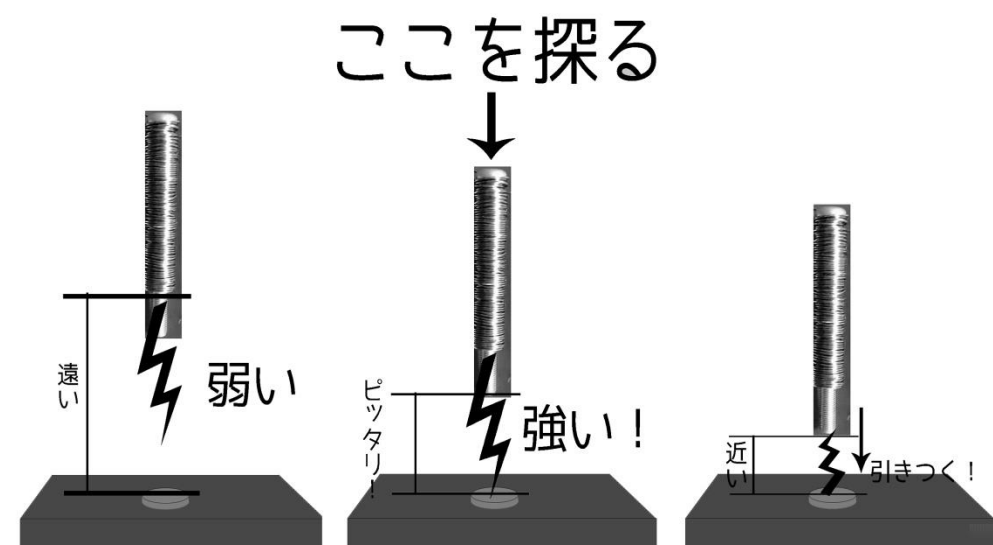
そして、電磁石と永久磁石の反発力を利用し、昨年よりも速いリニアモーターカーの模型を作りたいと考えた。

図のように、電磁石と永久磁石は、

近づけすぎると引き合ってしまう。(図右)
ちょうどいい距離に置くと反発力は強くなる。(図中央)
遠くしすぎると反発力は弱くなる。(図左)

そこで、電磁石と永久磁石を反発させるとき、一番反発力が強い「ちょうどいい距離」を探ることにした。

これについての規則性やちょうどいい距離を見つけることができれば、リニアを走行させるときの反発力も強くなるはずだ。



3 実験の方法

電磁石が反発する力を強くする方法として次頁の表にある通り、実験パターンを考えた。主に関係していそうな「電磁石と永久磁石の距離」と「電磁石と永久磁石の角度」の2つを大きな条件とし、その中にさらに変える小さい条件も加えまとめた。これによって、表にあるすべての条件を全通り実験することができる。

電磁石と永久磁石の間の距離			
	条件		
	鉄芯←→コイル間	鉄芯の太さ	磁石
"1-1-1"	短	細	フェライト
"1-1-2"	長	細	フェライト
"1-1-3"	短	太	フェライト
"1-1-4"	長	太	フェライト
"1-2-1"	短	細	ネオジム
"1-2-2"	長	細	ネオジム
"1-2-3"	短	太	ネオジム
"1-2-4"	長	太	ネオジム
2	永久磁石の位置を中心とした点から電磁石の角度		
	条件		
	鉄芯←→コイル間	鉄芯の太さ	磁石
"2-1-1"	短	細	フェライト
"2-1-2"	長	細	フェライト
"2-1-3"	短	太	フェライト
"2-1-4"	長	太	フェライト
"2-2-1"	短	細	ネオジム
"2-2-2"	長	細	ネオジム
"2-2-3"	短	太	ネオジム
"2-2-4"	長	太	ネオジム

表の項目については以下の通りだ。

【永久磁石】

・ネオジム磁石 … 永久磁石の中でも比較的強い磁石。

・フェライト磁石 … 汎用性があり、比較的多く流通しているものだが、永久磁石の中では磁力は弱い。

【電磁石とコイルの間の距離】

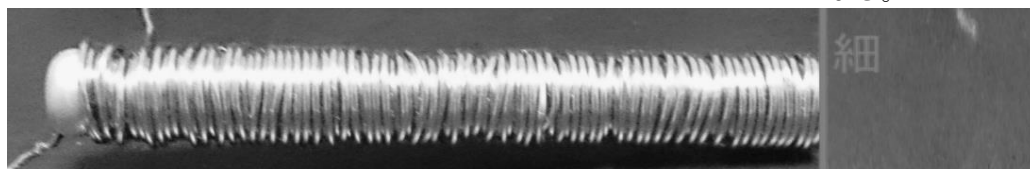
・鉄芯 <-> コイル 間短… 鉄芯の先端とコイル部分の先端の間の距離が短いことを表す。(図上)

・鉄芯 <-> コイル 間長 … 鉄芯の先端とコイル部分の先端の間の距離が長いことを表す。(図下)

【鉄芯の太さ】

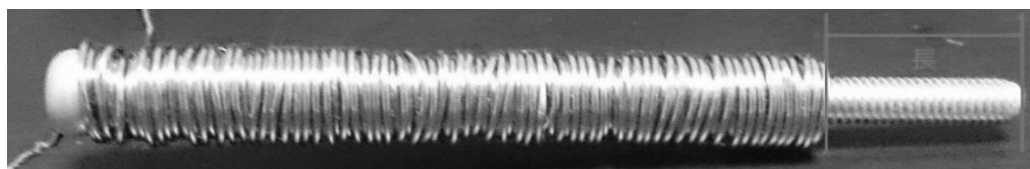
・鉄芯 太 … 鉄芯が太いことを表す。吸着力の場合は太ければ強くなる。

・鉄芯 細 … 鉄芯が細いことを表す。吸着力の場合は細ければ弱くなる。



短い

電磁石とコイルの間の距離

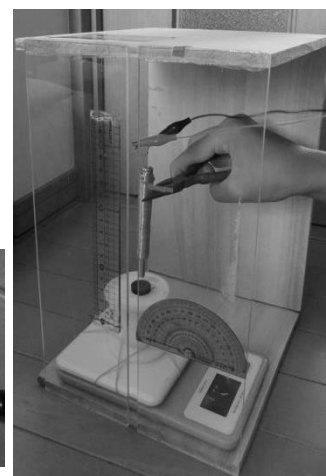


長い

実験は自作の装置にて行った、写真のような装置でカメラで記録しながら反発力を重さとして測定し、アクリル板についている定規と分度器で永久磁石と電磁石の間の距離と角度を測定した。

電磁石をだんだん近づけていき、一番反発力が強い位置の距離と角度を記録とした。

実験は3回ずつ行い、平均値を求めた。



4 実験の結果

前頁のような方法で実験を行い、結果をまとめた。具体的な数値は省略させていただくが、以下のようことが分かった。

- ・永久磁石は強さではあまり変わらない。

ネオジム磁石の一番反発力が高い距離は大体 6mm 程度と長く、あまり近づけることができない。しかし、磁石自体の磁力は強力である。

フェライト磁石の一番反発力が高い距離は大体 4mm 程度と短く、近い位置まで電磁石を近づけることができた。しかし、その分磁石の磁力が比較的弱い。

そのため、磁石の強弱ではあまり変わらないことがわかる。

- ・電磁石の鉄芯は太いほうが強くなる。

これは昨年の実験で吸着力が強くなることが分かっていたの実験だったが、反発力でも同様のことがいえた。

- ・鉄芯 $\longleftrightarrow$ コイル間の距離は短いほうが強くなる。

これは昨年の研究では実験もしておらず、自分も正直変わらないであろうと予想していたが、大幅に結果が変わった。鉄芯 $\longleftrightarrow$ コイル間の距離が短い場合、長い場合よりも 10g ほど強くなった。

5 実験結果の統計

実験から得た結果を統計にまとめ、相関を取りどの条件が一番関係性があるのを探ってみることにした。相関係数については無知であったが、インターネット等で探りながらまとめた。

※相関係数（そうかんけいすう、英: correlation coefficient）は、2 つの確率変数の間にある線形な関係の強弱を測る指標である。相関係数は無次元量で、-1 以上 1 以下の実数に値をとる。相関係数が正のとき確率変数には正の相関が、負のとき確率変数には負の相関があるという。また相関係数が 0 のとき確率変数は無相関であるという。

たとえば、月の平均気温 と かき氷の売上（気温が上がると売上も上がる）

月の平均気温 と 灯油の消費量（気温が下がると消費量は上がる）

一日のゲーム時間 と 母親に怒られる回数（たくさん遊ぶとより怒られる）

これらは相関係数が 1 または -1 に近く、相関があるといえる。

つまり、相関係数が 1 または -1 に近いほどその数値に関係性があるという事である。

今回の実験データから相関係数を求めた。

	距離	反発力
距離	1	
反発力	0.267	1

	角度	反発力
角度	1	
反発力	0.256	1

左が、「電磁石と永久磁石の間の距離」と、「電磁石と永久磁石の反発力」の表、

右が、「電磁石と永久磁石の間の角度」と、「電磁石と永久磁石の反発力」の表である。どちらも黒塗りにになっているところが相関係数であり、約 0.2 と 1 と 0 では 0 に近くなってしまった。このことから「電磁石と永久磁石の距離や角度とその反発力には弱い相関性があり、あまり関係性がない」ということが分かった。

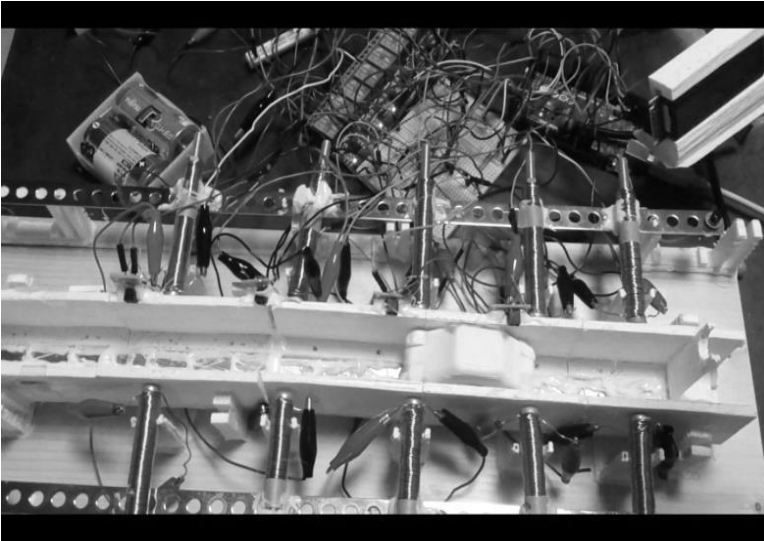
6 リニアモーターカー模型の作成と走行

実験から、電磁石の反発力を強くする条件が分かった。

そこでこれを応用し、リニアモーターカーの模型を走らせることにした。

今年は、レール、車両を 3D プリンタにて制作した。3D プリンタは 101hero という格安(100\$)の PIRON 3D PRINTER を使用した。

モデルを作成し、レールと車両、電磁石を設置し、丸2週間かけてリニアが完成した。



このような装置でリニアモーターカーの模型を走らせた。結果、1.3 秒で 325mm のレールを走った。したがってこのリニア模型の時速は 0.9km/h である。

スケールスピードは 74.7km/h であった。もしこのリニアをビッグライトで実物大にしたときのスピードが 74.7km/h であるということだ。

7 まとめと感想

今年の研究のまとめをする。

【電磁石の反発力を強くするためには…】

・鉄芯とコイルの間隔は狭くする。(これによって結果が大きく変わることもわかった。)

鉄芯とコイルの間隔を狭くすることによって反発力が強くなる理由として考えられたのは、電磁石の磁場はコイルから発生しているものであるから。ということだ。

(もしこの考えが正しければ、鉄芯とコイルの間隔を狭くすることで電磁石の吸着力も変わるのではないか?)

・永久磁石側の磁力を変えても反発力に差はあまりない。

これはネオジム磁石の一番反発力が高い距離は大体 6mm 程度と長く、あまり近づけることができない。しかし、磁石自体の磁力は強力である。それに対し、フェライト磁石の一番反発力が高い距離は大体 4mm 程度と短く、近い位置まで電磁石を近づけることができた。しかし、その分磁石の磁力が比較的に弱いため、磁力は強弱によって変化しないことがわかった。

・鉄芯は太いほど強くなる。

これは昨年の研究にて吸着力を調べた際にもいえたことである。吸着力と強くなる条件が同じ場合もあるようだ。

今年はこれまでの研究の中でもリニアの走行速度や安定性が劇的に飛躍した研究であったと思うので、来年からはレールに曲線もつけたりしてもっと工夫していきたい。

自分が無知の状態で何気なく取り入れてしまった相関係数では、自分で調べて計算をする苦勞を知ったものの、その分実験結果からの統計をまとめ、考察をすることができた。しかし、結果はあまりいいものではなかったので、来年以降はもっと関係性の高い規則などを見つけないと思った。