

レールガンにおける貯めた電気量と飛翔距離の関係性

北海道札幌啓成高等学校 理数科（2023年入学）2班
青木心 坂本晃介 堀裕翔 村山歩

We began our research on the relationship between the amount of electricity stored in a railgun and its flying distance. In order to conduct this research, we first created a circuit that would serve as the basis for our research and conducted experiments to see if it would work properly. The circuit worked fine, and we were able to begin our research. In subsequent experiments, a rail gun was used, and the flying distance was investigated by varying the amount of electricity. We made several improvements to the rail gun before the flying object actually flew, and as a final discussion of the results of the experiments, we found that there is a linear relationship with a positive slope between the amount of electricity stored and the flying distance when flying an object with a rail gun.

キーワード：relationship, electricity, railgun, distance

1. 序論

今回理数科の課題研究を行うに当たり、我々はスリングによって物体を射出する研究を行いたいと考えた。しかし、原始的なものを調べる実験には個人差、試行回数の増加に伴う実験者の技術の上達といった数値化が難しいパラメータが多く、研究が困難であると判断した。そこで、数値化が容易である電気の力を利用し、物体を射出することにした。そこで我々の目に止まったのがレールガンであった。レールガンの先行研究を調べたところ、インターネット上に公開されているものは数が多くなく、未だ不明な点があると考えられた。このことから、我々はレールガンで物体を射出する際にためた電気量とそれによる飛翔距離に関係性があるかどうか調べることにした。レールガンとはローレンツ力をを利用して飛翔体を射出する装置のことで、ローレンツ力とは磁場中を運動する荷電粒子が磁場から受ける力のことである。

2. 装置の作動を確認する実験

2.1 実験の目的

この実験は作成した装置が正常に作動するかを確認するものである。

2.2 装置の作成

使用する材料

- DC/DC コンバータ（入力：5~12v 出力：300~1000v）→電源の電圧を上げる
- コンデンサ (400v 820μF) × 8 →電気を貯めて放電
- 磁石
- アルミ製のレール 5
- 導線（銅製）
- タッパー（プラスチック製）→接触による事

故の防止

- 切替スイッチ

2.3 実験方法

実験には以下の物品を使用した。

- 鉛製飛翔体
- 電源装置
- 電源装置から出力する電圧は 6V に固定する
- 作成したレールガン

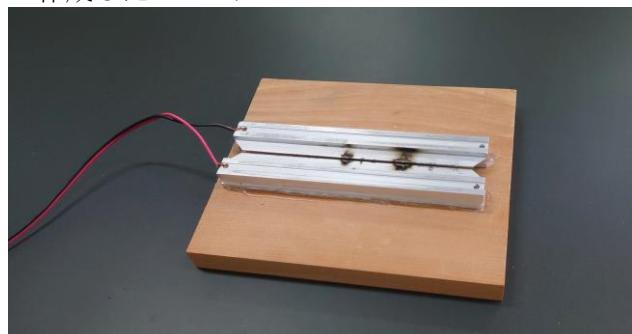


写真 1 レール部分

2.4 実験結果

各部品、コンデンサからの放電正常でスパーク発生。だが、鉛玉は前に飛ばなかった。

2.5 考察

実験結果より、鉛玉が前に飛ばなかった理由として考えられるのは鉛玉が発生した熱で溶けてくつついてしまった。飛翔体が重すぎて前に飛ばなかった等がある。

3. 電気量を変化させる実験

3.1 実験の目的

この実験は先述したレールガンと飛翔体を用いて、コンデンサに貯める電気量を変化させた際の飛翔体の移動距離を測定するものである。

3.2 実験方法

実験には以下の物品を使用した。

- ・作成したレールガン
- ・鉛製飛翔体
- ・電源装置

電源装置から出力する電圧は 6V に固定する。飛翔体はレールの導線接続部より 11.5cm 離れた位置に固定して実験を行った。また、実験においてコンデンサ間の電位差は 50V ずつ、50V から 300V まで行った。

3.3 実験結果

それぞれの電気量においてスパークは発生したが、飛翔体の移動は確認されなかった。また飛翔体の融解とレールとの固着が確認された。

3.4 考察

実験結果より、我々が作成した実験器具では飛翔体を動かすほどのローレンツ力が得られない、または発生していないと考えられた。この考察を踏まえ、我々は飛翔体に課題があると考えた。

4. 新しい飛翔体を用いての実験

4.1 実験の目的

実験 2 の考察より飛翔体を変えて発射することができるのかどうかを確認する。

4.2 新しい飛翔体

これまでの実験より飛翔体にアルミ製のボールチェーンの一粒を用いることにした。

4.3 実験方法

実験には以下の物品を使用した。

- ・作成したレールガン
- ・ボールチェーンの一粒
- ・電源装置

実験 1 と同様に実験を行った。

4.4 実験結果

飛翔体の飛翔が観測された。また飛翔のモデルは下図のようになる。

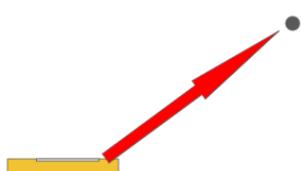


図 1 飛翔のモデル

4.5 考察

飛翔体を軽量化させたことによって発射することができた（ローレンツ力が発生した）と考えられる。

よって、本題である貯めた電気量と飛翔距離についての実験にはボールチェーンを使用するべきである。

ただし、これまでの実験によるレール部分の消耗を考慮するため新しいレール部分を作成する必要がある。

5. 貯めた電気量と飛翔距離についての実験

5.1 実験の目的

この実験は実験 3 で用いたレールガンのレール部分を変更することによって、レールガンにおけるコンデンサに貯めた電気量と飛翔距離の関係性を調べるものである。

5.2 新しいレールの作成

アルミ製の板（長さ：72mm、厚さ：1mm）2 枚の間に 2mm になるように並列で固定する。またレールの下に磁石（240mT）を N 極が上になるよう並べた。

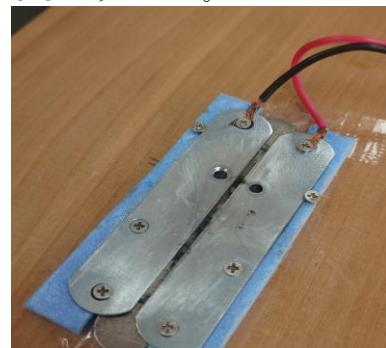


写真 2 新しいレールモデル

5.3 実験方法

実験には以下の物品を使用した。

- ・新たに作成したレールガン
- ・ボールチェーンの一粒
- ・電源装置

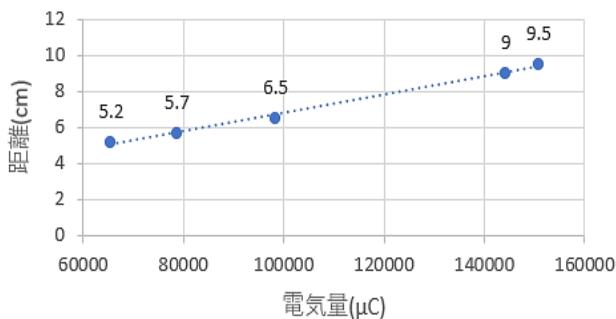
また、実験においてコンデンサ間の電位差は 40V から 60V まで 5V づつ変化させ実験した。

5.4 実験結果

結果は以下の表及びグラフのようになる。電位差の変化量は単調に増加しなかった。ためた電気量と飛翔距離には比例関係があった。

表1 ためた電気量と飛翔距離について (n=5)

実験前の電位差(V)	40	45	50	55	60
電位差の変化量(V)	30	33	35	33	37
実験後の電位差(V)	10	12	15	22	23
距離(cm)	5.2	5.7	6.5	9	9.5
電気量(μC)	65600	78720	98400	144320	150880



グラフ1 ためた電気量と飛翔距離について

5.5 考察

結果よりためた電気量と飛翔距離には比例的な関係があると推測される。

ただし今回の実験は試行回数が少ないと上の考察は信憑性に欠ける。

また、試行回数が少い理由はレールの耐久性の低さによる。実験条件を各実験で同じにするためレール上の飛翔体の位置を固定したが、実験のたびにレールと飛翔体の接触部分が熱で溶けて、変形してしまう。このことを考慮したため、試行回数が少なくなってしまった。

6. まとめ

以上の研究からレールガンにおける貯めた電気量と飛翔距離には比例的な関係があると推測された。

また、反省点はまだ考慮できていない要素や試行回数の少なさ、追実験したい項目が残されていることである。

しかし、本研究には小規模でありながらも実際にレールガンを自作し発射させることができたという点に意義がある。

最後に、技術発展によるレールガンの実用化を期待すると同時に、将来その発展に携わる一員として活躍することを楽しみにしている。

7. 参考文献

- (1) 鎌水峻介(2013), 可搬型レールガンへの挑戦, 山形中央高等学校化学部