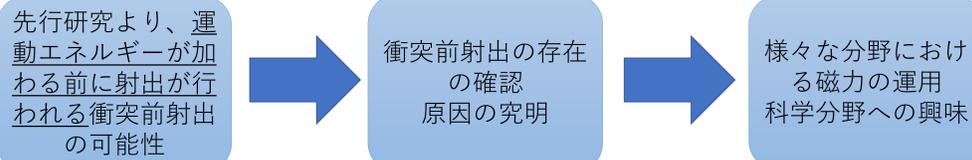


# ガウス加速器の射出球発射のメカニズムを探る

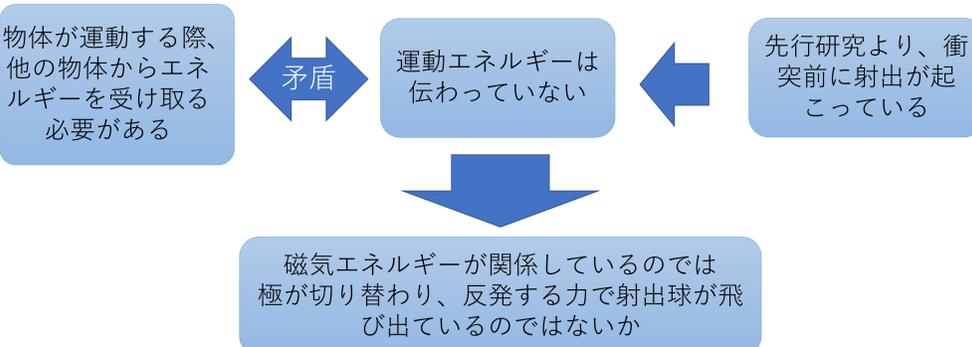
松山南高等学校 ガウス班

嶋田颯太 竹井美織 中嶋滉 御崎勇太 指導教諭 露口猛

## 1.目的



## 2.仮説



## 3.実験方法

### (1) 衝突前射出の検証 (実験①)

まず衝突前射出の有無と衝突直前と直後の速度を求めるため、ハイスピードカメラを用いて衝突の瞬間を撮影、1フレームごとに確認した。(図1)使用道具は、ネオジウム磁石(球型)/鉄球 ( $r = 0.47\text{cm}$ )/ハイスピードカメラ (1000・4000・8000枚/s)/レール (幅0.75cm)である。



図1 ハイスピードカメラでの撮影

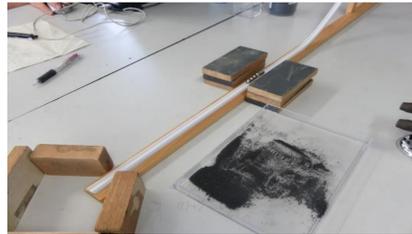


図2 磁場の変動の撮影

### (2) 衝突時の磁場の変動の測定 (実験②)

加速器の上に鉄粉をまいた透明容器を置き、射出時の磁場の様子を撮影した。(図2)

また、射出球側の磁場の変化を(A)~(D)の条件のもと、センサーを用いて測定した。(図3)使用道具は、ネオジウム磁石(球型)/鉄球 ( $r = 0.47\text{cm}$ )/磁力計 (20Hz)である。

(A) 衝突球の速度を1.24m/sとして測定。

(B) 衝突球の速度を0.11m/sとして測定。

(C) 指で衝突球を抑え、ゆっくりと磁石へ近づけ測定。図3 磁場の変動の測定

(D) 磁石の近くで衝突球を保持し、ゆっくりと近づけ測定。



図3 磁場の変動の測定

## 4.結果

(1)1000fpsのとき、衝突前射出らしきものは確認することが出来たものの、非常にまれな現象であり、発生する条件もはっきりしなかった。



図4 衝突直前



図5 衝突の瞬間



図6 衝突直後

そこで、より高速撮影可能なカメラ(4000fps)で撮影した。その様子を図7~9に示す。



図7 衝突直前



図8 衝突の瞬間



図9 衝突直後

衝突前後のフレームを見比べると、衝突の瞬間をとらえて衝突球と射出球ともに接触している様子が伺える。限られた条件でしか撮影できなかったが、得られた全ての映像について衝突の瞬間を検証したところ、いずれの条件下でも衝突前射出を確認することはできなかった。しかし同時射出は多数確認することができた。

一方、動画から計算した衝突前後の速度を表1に示す。

表1 衝突球と射出球の速度

| 射出側<br>球数 | fps  | スタート<br>高 | 衝突球側 |      | 射出球側 |      | 速度比<br>(直後/直前) |
|-----------|------|-----------|------|------|------|------|----------------|
|           |      |           | 加速前  | 衝突直前 | 衝突直後 | 加速後  |                |
| 2個        | 4000 | 20cm      | 0.67 | 1.14 | 1.11 | 1    | 0.97           |
|           |      |           | 0.67 | 1    | 1.25 | 1.33 | 1.25           |
|           |      |           | 0.77 | 0.95 | 1.29 | 1.29 | 1.35           |
| 2個        | 8000 | 30cm      | 0.78 | 1.03 | 1.38 | 1.29 | 1.34           |
|           |      |           | 0.87 | 1    | 1.29 | 1.33 | 1.29           |
| 4個        |      | 20cm      | 0.68 | 0.89 | 1.25 | 1.14 | 1.41           |

表1から、次のことが分かった。

- ・スタートの高さと衝突直前の速さには関係がない。
- ・射出球側の球数と速度比にも関係がなく、速度比はほぼ一定である。
- ・ガウス加速器で、必ず加速されるわけではない。

### (2) 衝突時の磁場の変動の測定 (実験②)

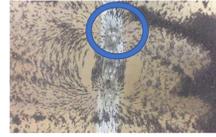


図10 衝突前の磁場

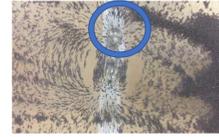


図11 衝突瞬間

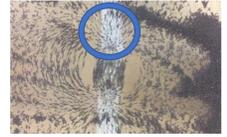


図12 衝突後

図10~12は衝突前後の磁場の変化を示す。図中に囲まれた部分の様子が変化しており、その点に特に注目した。そこで、図3にあるように磁場センサーを用いて、射出球周辺の磁場の変動を測定した。衝突前後で射出球側において、S極の磁場が弱まることを確認できた。また、仮説で述べた磁極の反転、つまりS極からN極への変化は確認できなかった。(図13) 磁場の変動値は(表2)の通りである。衝突前後での磁場の変動幅は衝突の速度には関係ないことが分かった。

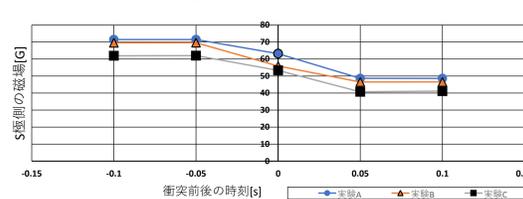


図13 衝突前後の磁場の変化 (射出球側)

表2 実験(D)の結果

| 実験 | 衝突球速度 [m/s] | 衝突前磁場 [G] | 衝突後磁場 [G] | 磁場の变化 [G] |
|----|-------------|-----------|-----------|-----------|
| A  | 1.24        | 71.5      | 48.6      | 22.8      |
| B  | 0.11        | 69.6      | 46.4      | 23.1      |
| C  | ほぼ0         | 62.0      | 40.7      | 21.2      |

さらに実験(D)の結果を図14に示す。

磁石に衝突球を近づけるにつれ、S極側の磁場が強まることを確認できた。また、衝突球が磁石に当たっても射出球が飛び出ず、(A)~(C)のような磁場の弱まりはなかった。

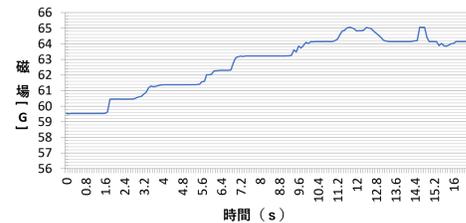


図14 実験(D)の結果

## 5.考察

衝突前後における磁極の反転は見られず。

速度による計算、目視での確認では衝突前射出は確認できず。

今回の条件下では両現象の確認はできなかった。

実験とは違い、磁石は固定されておらず、回転していた

磁石を磁極が反転し続けるように回転させれば、衝突前射出も確認できるのではないか

磁石が二つ並べた鉄球に当たった際にガウス加速器のように鉄球が加速されて飛び出すという現象が確認された

## 6.まとめ・今後の展望

- ・衝突前射出は確認できず、同時射出は確認することができた。
- ・衝突の前後に磁極の反転は起こらず、先行研究で明らかになったエネルギー保存則に従った加速が行われていると考えられる。
- ・使用する鉄球の数と位置で磁場の様子が変わるが、あくまで鉄球の存在によってその場の透磁率が変化することによる。
- ・磁石を固定せず、その磁極が反転し続けるように回転すれば、衝突前射出も確認できるのではないかと考える。

今後は今回までの実験結果を踏まえつつ、さらなる原因解明に努めていきたい。

## 6.参考文献・謝辞

愛媛大学工学部機械工学科の向笠忍准教授にハイスピードカメラをお借りし、ハイスピードでの動画撮影が可能になり、精密な測定ができました。この場を借りてお礼申し上げます。

[1]井上空詩、渡部聖、長田真奈、袖ノ木舞乃(2018)「ガウス加速器におけるエネルギー保存のメカニズムを探る」『2018信州総文祭自然科学部門論文集』pp.78-79、第42回全国高等学校総合文化祭長野県実行委員会事務局