

# ガウス加速器の射出球は鋼球がよいのか？

理数科 2 年 長田 真奈 柚ノ木 舞乃  
井上 空詩 渡部 聖  
指導教諭 本藤 雅彦

## Abstract

We confirmed that the mechanical energy before and after the colliding has been conserved. And we made a hypothesis about the magnetic force between a magnet and steel.

At first, we thought that non-magnetic substance is suitable for an ejected ball, but it was wrong. So we examined why this phenomenon had happened.

## 1 目的

先行研究によると、ガウス加速器では衝突の前後でエネルギーが保存されることが確認されている。私たちは、飛び出す鋼球(以下、射出球)が飛び出すとき磁石から後方に磁力を受けることから、「射出球に非磁性体を用いると、球は射出時に後方に引き寄せられないため、磁性体の場合に比べて射出時の速さが大きくなる」との仮説を立てた。本研究では、仮説の検証を通してガウス加速器のメカニズムの解明を目的としている。

## 2 方法

### (1) 射出球が鋼球の場合のエネルギー保存の確認

【本研究における基本的関係式】

$$\underbrace{\left( \frac{1}{2} mV_0^2 \right)}_{E_0} + \underbrace{\left( W_{in} \right)}_{\text{磁石が衝突球を引き寄せる仕事}} = \underbrace{\left( \frac{1}{2} mV^2 \right)}_E + \underbrace{\left( \frac{1}{2} MV_m^2 \right)}_{\text{鋼球列の運動エネルギー}} - \underbrace{\left( W_{out} \right)}_{\text{磁石が射出球を引き戻す仕事}}$$

ア 速度測定器、力センサー、PC計測システム等を用いて、上式の各量を測定する。

イ 上式の $E_0$ と $E$ の比( $E/E_0$ )を計算し、エネルギー保存が成り立つことを確認する。

### (2) 仮説の検証

射出球として真鍮球を用いて、(1)と同様の計測を行い、射出速度を比較する。

## 3 結果

(1) 射出球が鋼球の場合、 $E/E_0$  (平均値) = 0.86 となり、エネルギー保存がほぼ成り立つことが確認できた。

(2) 射出球として真鍮球を用いたところ、真鍮球の射出速度は鋼球より小さくなった(図 1)。また、真鍮球の場合の $E/E_0$ の値は0.55 となり、エネルギー保存も成立しないことが分かった。

## 4 考察

(1) 射出速度の違いの原因が反発係数にあると考え、反発係数を測定した。結果は最大でも「鋼球-鋼球」の0.9 弱となり(表 1)、エネルギー保存則が成り立つ原因は弾性衝突によるものではないと考えた。比較として、鋼球と加熱により磁性を喪失させたネオジム球の間の反発係数は0.40 となった。

(2) 【基本的関係式】の項を用いて、射出球が鋼球である場合の、衝突球が磁石に衝突する直前の速さ $V_1$ 、射出球が鋼球列から離れる瞬間の速さ $V_2$ を計算し、衝突前後の相対速度の大きさ： $-(V_m - V_2)/(V_1 - 0)$ を求めたところ、およそ1.07 となった。

## 5 結論

私たちは、ガウス加速器の衝突前後でエネルギー保存が成り立つのは球の弾性衝突によるものではなく、磁石による仕事(エネルギー)が鋼球の運動エネルギーに変換される現象であるためと考える。これは、使用した球の反発係数や衝突する瞬間の映像から確認できる。これらは磁力による現象であることから、私たちの仮説は誤りであり、射出球は磁性体であることが望ましいと考える。

一方で、衝突前後では相対速度の大きさが一定であることから、磁力による加速で、衝突する球の材質間の反発係数に関係なく、弾性衝突に類似した状態になるのではないかと考えている。

## 6 参考文献等

○滋賀県立膳所高等学校 理数科課題論文集 2013 「ガウス加速器を用いた電磁石の研究」

○牧原義一、杉本佳隆 2012 「ガウス加速器における仕事とエネルギーの測定」

三重大学教育学部研究紀要第63巻

○茨城県立日立第一高等学校物理部 2017 「ガウス加速器の放出速度の決定とエネルギー収支」

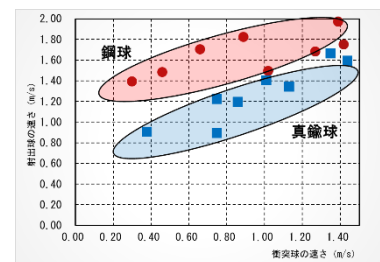


図 1 射出球の材質と射出速度

表 1 射出球の材質と射出速度

材質	反発係数
鋼-鋼	0.83
鋼-真鍮	0.48
鋼-ネオジム	0.40