

# 電磁加速式バリスティックレンジのレール間距離の電動制御に関する研究

Research on electric control of distance between rails of  
electromagnetic accelerated ballistic range

学生氏名：高野 寛仁<sup>1)</sup>

指導教員 廣瀬裕介<sup>1)</sup>，研究協力者 森田 迅亮<sup>2)</sup>

1)サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 流体研究室 2) 慶応義塾大学大学院

キーワード:バリスティックレンジ

## 1. 緒 言

昨今の宇宙開発は、目覚ましい発展を遂げている。米 SpaceX 社は、従来では使い捨てであったロケットを、再使用可能にする試みを行い、実験上でも成功させている。しかし、ロケットそのものには以前と変わらず液体酸素とケロシン系の燃料を使用している。これはコスト面や環境保護の観点からすれば改善の余地があると言えるだろう。この問題を解決するために、電磁加速を用いたバリスティックレンジ(以下,EML と示す)による射出方法を提案した。EML はローレンツ力を用いて飛翔体を射出する装置である。[1]今年度は、従来は手動でレール幅を調整していたものを、電動によって制御し、個人の技量に左右されない安定した射出を目指す。

## 2. 方 法

### 2-1 理論

プロジェクトイル(以後飛翔体と呼称する)は、5mm の立方体である。バリスティックレンジのレール間距離は詰まりを防止するため、飛翔体の 5mm に加え若干の隙間を要する。今回は 5.02mm の幅を作るよう設計した。なお、幅に関してはモータ制御であるため、プログラムの変更によって容易に幅を変更できる。

### 2-2 機材

今回は設計及び製造、プログラムの簡略化のために LEGO を使用した。制御には LegoMindstorms NXT を使用し、その他部品も同系統のものを用いている。レールを LEGO によって稼働できるよ

うにするため、レール下にはミニガイドレールを設置し、モータの小さいトルクでも稼働できるようにした。ミニガイドレールに用いるキャリッジはガタによる精度低下を防ぐため、若干の抵抗感がある与圧タイプを用いた。また、バリスティックレンジのレールには、LEGO のモータとギアによって稼働できるように、ラックギアとレールの保持器の合併した部品を 3D プリンタで製造した。両種の画像を図 1 に示す。稼働時の精度及びトルクの確保のため、減速比は 45:1 として設計した。作成したモータ及びギアの構造を図 2 に示す。

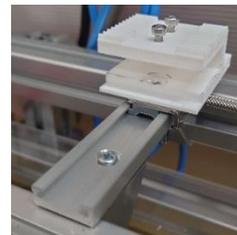


図 1 ミニガイドレールとレール固定具



図 2 駆動用ギア

### 2-3 実験方法

射出に使用するのは各辺 5mm のアルミ製の立

方体である。前述の通り、5.02mm の隙間を確保するためにモータの回転角度は  $623^\circ$  とした。また、条件を統一するため、射出時の設定電圧は 140V とした。電動制御後は人の手による修正は一切行わない。

#### 2-4 実験手順

射出するまでの手順をここに示す。

- 1, レール保持器にレールを差し込み、上部のボルトを締めて固定する。
- 2, レールに通電用ケーブルを接続する。
- 3, 射出方向から見て左側のキャリッジを固定する。
- 4, 右側にモータとギアを接続し、左側のレールと接触させる。
- 5, NXT のソフトを起動し、ボタンを押す。
- 6, モータによってレール間の幅が広がったのを確認し、右側のキャリッジを固定する。
- 7, 飛翔体支持用のアクリル板を差し込む。
- 8, 飛翔体を射出機に設置し、レールへの侵入口にネオジム磁石を設置する。
- 9, 充電操作を行う。
- 10, ピンを抜き、射出する

#### 3. 結果

電動にてレールを制御し、射出実験を行った。射出実験自体は 7 回行ったが、そのうちの 6 回で詰まりを起こし、かつ通電したのは 2 回のみであった。解決のため、平均約 84 ミリテスラのネオジム磁石を飛翔体侵入口に設置した。その後射出に成功し、射出成功時の様子が図 4 である。射出時の設定電圧は 140V であり、射出後の残存電圧は 40V であった。また、光センサ式の速度計で計測した飛翔体の初速は 2.9m/s であった。

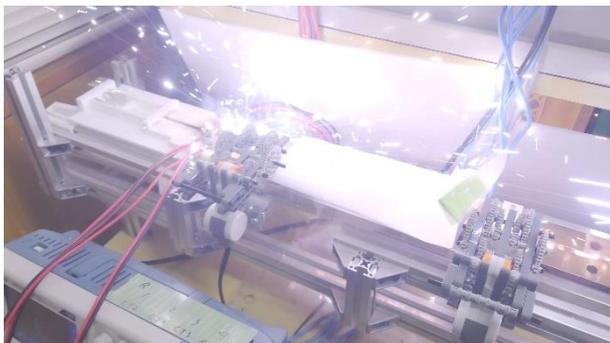


図 4 射出時の様子

射出された飛翔体とレールを図 5, 6 に示す。射出において最も理想的なのは、レール全体に接触の痕跡が残り、かつ残存電圧が 0V という状況である。しかし両方の状態及び初速を鑑みると、接触点が一か所しかなく残存電圧が約 40V であったという点において、やはりまだ電動制御の精度は低いと考えられる。

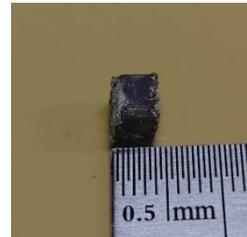


図 5 射出された飛翔体



図 6 射出後のレール

#### 4. 結 言

電動制御による射出に成功したが、精度や初速の観点からまだ改善点が多く残されている。手動に頼らないという点においては従来型に比べ改良が進んだとも言えなくもないが、当初の目標である「個人の技量に左右されない安定した射出を目指す。」という部分に関して、安定射出ができたとは言いがたい。

#### 5. 今後の予定

電動制御での射出が成功したが、未だに稼働量について不安定な部分が随所に見受けられるため、その個所の改善を行いつつ、手動制御と電動制御時の初速の安定性の違いについて検討するべく実験を実施する。