

# 電磁加速を用いた小型バリスティックレンジの性能試験

## Performance Test of Compact Ballistic Range using Electromagnetic Acceleration

森田迅亮<sup>1)</sup>

指導教員 米盛弘信<sup>2)</sup>, 廣瀬裕介<sup>1)</sup>

1) サレジオ工業高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 流体研究室

2) サレジオ工業高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 産業応用研究室

キーワード：バリスティックレンジ, 電磁加速, 射出装置, EML

### 1. 緒言

近年, 各大国において宇宙開発事業の発展は著しく, 年間約 100 本ものロケットが打ち上げられている[1]. しかし, それらのロケットは射出時に 1 秒あたり約 5 トンもの燃料を消費していることから, 環境破壊につながっていると考えられる[2]. また, 現在存在する弾道射出装置は JAXA・ISAS といった国家研究機関や大学等における専用の試験施設でしか実験を行なえず, 実験を行う場所に関して様々な制約が生じるという欠点がある. 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(以降 EML)の開発を提案した[3]. 2020 年度の卒業研究において製作した制御回路は, サイリスタの破損が多く, 正常に ON 動作ができなかった. また, 2021 年度の実験において使用したアルミニウム合金製のレールが射出時に発生する火花放電の熱に耐えられず融解する問題があった. そこで, 本研究では絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ(以降 IGBT)を用いた新たな制御回路, および新たに銅を用いたレールを製作することにより, システム全体の耐久性の向上を図った.

本稿では, 新たな射出部を製作して実施した射出実験に関する内容を報告する.

### 2. 射出方法

図 1 は本研究で設計した射出部を含む全体の制御回路, 図 2 は射出実験における実験構成である.

EML はシステム上, 飛翔体がレールに突入するために電磁力以外による初速を与えなければならない. そこで, 本実験ではバネを利用した射出機構を設計し, 射出部に搭載した. 動作手順として, 初速器内に設置されたバネを押し込むようにして押し出し棒を配置する. その後, 初速器本体と押し出し棒にそれぞれ位置合わせ用の穴が空いているため, そこに固定杭を差し込む. 最後に固定杭に接続されたワイヤーを引っ張ることにより, 押し出し棒先端に配置された飛翔体がレールに突入するという仕組みである. 充電回路においてはコンデンサ  $C$  を充電完了後, 制御回路に示したフォトカプラ (P.C.) の 1 次側に接続されたスイッチ  $S_T$  を ON にする. 飛翔体がレールへ侵入することにより, レール間に電流  $I_c$  が流れ, ローレンツ力により飛翔体が射出される. 本制御回路におけるコンデンサからの電流は, 内部抵抗等を見れば ON 時の過渡状態において無限大となる. そのため, 本実験では安全対策として P.C. を射出スイッチ  $S_T$  と充電部の間に挿入し, アイソレーションをとっている. また,  $R_E$  はホーロー抵抗であり, 射出後にスイッチ  $S_D$  を切り替えることで残ったエネルギーを熱に変換して放電を行っている. 使用したホーロー抵抗の定格は  $13.2\Omega$ ,  $15kW$  である. 今回はアルミニウム合金よりも硬度が高い銅(C1100)を用いてレールを製作し, 実験を行った.

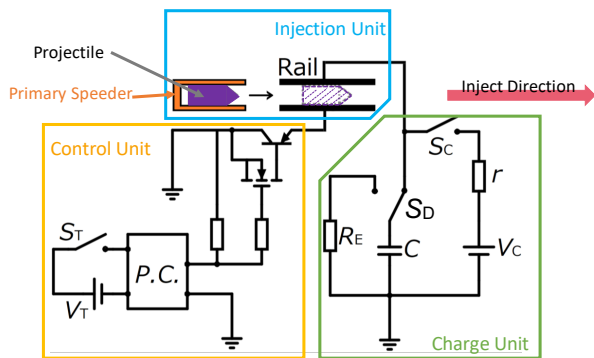


図 1 EML システムの回路

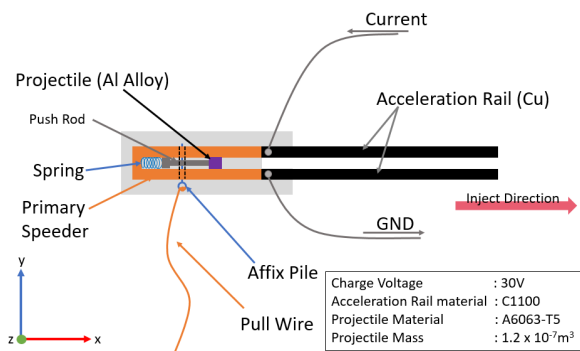


図 2 射出部の実験構成

### 3. 射出実験

図 3 は、新たに製作した射出機による実験結果、図 4 は射出時の様子、図 5 は同実験で射出した飛翔体を捉えた写真である。コンデンサ  $C$  の充電電圧  $V_C$  は 30V、飛翔体は立方体であり、体積は  $1.2 \times 10^{-7} \text{m}^3$ 、材料は T6063-T5 のアルミニウム合金を採用している。図 2 では最初に飛翔体が両端のレールに触れ、通電した時点の電流値を示しており、1 度目の通電後、約 0.0484sec 後にもう一度両レールに触れたことにより 2 度目の通電が確認できる。1 度目の通電時の電流値は 636A、2 度目の通電時には 376A を計測し、飛翔体の射出を確認した。

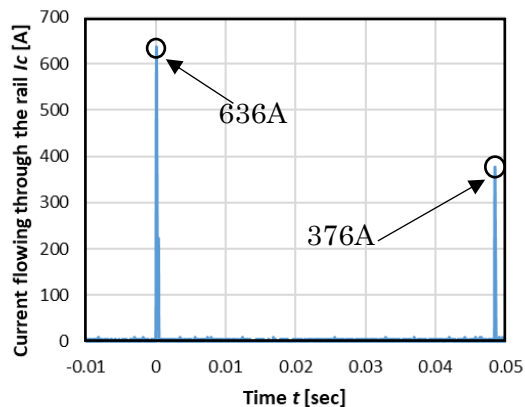
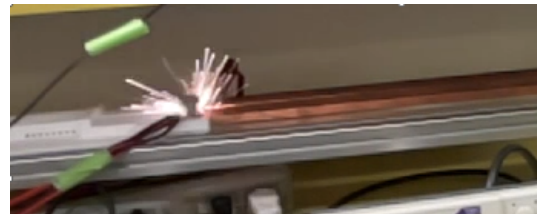


図 3 射出時の出力電流波形



(a) 射出後 0s



(b) 射出後 0.048s

図 4 射出時のレールの様子

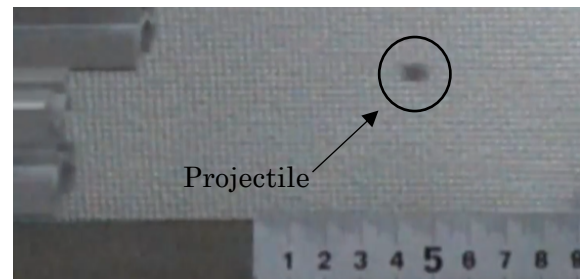


図 5 射出後の飛翔体

### 4. 結言

本研究では、EML の開発および飛翔体の性能測定を最終目的として、射出実験に耐えうる制御回路の設計と再製作したレールを用いて行った射出実験の結果を報告した。今回の結果として、飛翔体の射出を確認した。今後は引き続き射出実験を行い、EML の性能評価を行う予定である。

### 参考文献

- [1] Statista, “Number of satellites launched from 1957 to 2019”  
<https://www.statista.com/statistics/896699/number-of-satellites-launched-by-year/>  
(閲覧日：2022 年 10 月 10 日)
- [2] NASA. “Space Shuttle Propulsion Trivia”  
[https://www.nasa.gov/sites/default/files/113069main\\_shuttle\\_trivia.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/113069main_shuttle_trivia.pdf)  
(閲覧日：2022 年 10 月 10 日)
- [3] 森田迅亮. “電磁加速を用いたバリスティックレンジの開発”. サレジオ工業高等専門学校卒業論文(2021)