

電磁加速を用いたバリスティックレンジの開発

Development of Ballistic Range Using Electromagnetic Acceleration

学生氏名 森田 迅亮

指導教員 教員氏名 廣瀬裕介

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 航空宇宙システム研究室

キーワード：電磁加速, バリスティックレンジ, EML

1. はじめに

近年、先進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 1 本あたりに約 110 トンもの燃料を消費している[2]ことから、環境破壊に繋がっていると考えられる。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。本研究ではロケットの発射に用いるための EML の設計及び開発を最終目的としている。本稿ではその前段階として小型 EML の設計及び製作、射出制御盤の製作と、射出時に必要なエネルギー量の計算を行う。

2. 小型 EML の概要

Figure1 は本研究で製作した EML の概略図である。また、Table1 は選定した材料のパラメータである。レール長さは 2 [m]であり、その隙間は 10 [mm]である。レール材質はアルミ合金では比較的抵抗率の低い A6063-T5 を採用しており、エネルギーの損失を防いでいる。

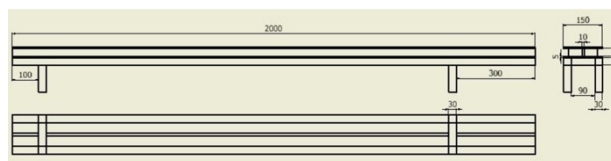


Fig 1 Outline of EML

Table 1 Parameters of Elements used in EML

名称	材料名 / 型番	定格 / 抵抗値	寸法 (H×W×D)
直流安定化電源	HAR-P100	300 [V]	-
レール	A6063-T5	48.5 [Ω]	30×2000×50 [mm]
コンデンサ	-	350 [V]- 57300 [μF], 5157 [J]	-
飛翔体	A6063-T5	0.24 [Ω]	15×50×10 [mm]

3. EML と EML 制御盤の製作

Figure2 は EML の射出制御用に制作した制御盤の配線図である。本研究では飛翔体を射出する際、電磁力による加速をする前に、レール端からの空気圧により初速を与えている。その際、空気を流すための制御盤の製作も行った。

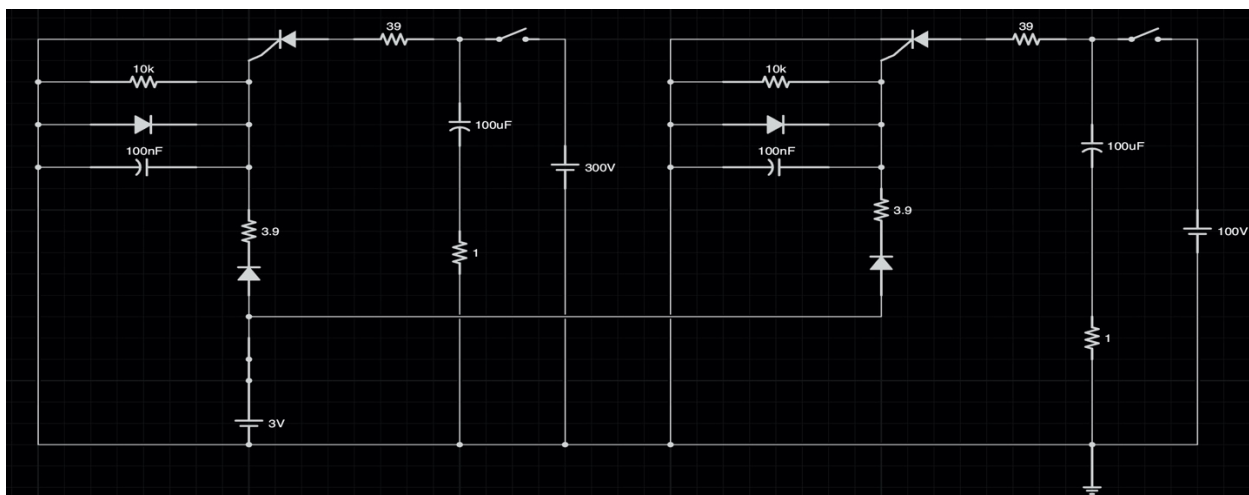


Fig2 Circuit of Control Panel

EML 制御盤の回路設計に関して、電磁弁用とレール用のスイッチの計 2 つを使用する予定であったが、それらのスイッチは電子的に制御がされていないものであった。両者を同期させた実験を実施する場合、必ず同じタイミングでの作動は困難のため、スイッチ 1 つで全てを動作可能な回路を設計した。具体的には 2 つのサイリスタを回路に組み込むことにより制御盤の回路の製作を行った。

4. 必要エネルギー量計算

本項目では EML から飛翔体を射出し、その速度が音速に達するために必要なエネルギーの計算を行う。Table1 より、本研究で扱う飛翔体の材料は A6063-T5 であり、その寸法は $15 \times 50 \times 10$ [mm] であるため体積は 7.5×10^{-6} [m³] となる。A6063-T5 は 2700 [kg/m³] であるため、飛翔体は

$$2700 : x = 1 : 7.5 \times 10^{-6}$$

$$x = 0.02025 \text{ [kg]} \dots (1)$$

となる。

必要なコンデンサのエネルギー量は飛翔体の質量が 0.02025 [kg]、目標到達速度が音速の 344 [m/s] であることから、 m を質量、 v を速度とした時、運動エネルギーの式 $J = 1/2 mv^2$ より、

$$J = \frac{1}{2} \cdot 0.02025 \cdot 344^2 = 1198 \text{ [J]} \dots (2)$$

となる。(2)式より飛翔体を超音速で打ち出す際に必要なエネルギー量の計算結果が得られた。本研究で生成できる総エネルギー量は使用するコンデンサの仕様から 5157 [J]と既知のため、理論上、この飛翔体を超音速で射出することは十分に可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、ロケットの発射に用いるための EML の設計及び開発を最終目標として、小型 EML の製作を行った。また、射出に必要なエネルギー量を計算し、現在の実験装置を使用することにより 0.02025 [kg]の飛翔体が 344 [m/s] 以上に到達することがわかった。今後は実際に飛翔体の射出実験を行い、電圧量、飛翔体の素材を変更し、データを取得する予定である。

参考文献

- [1] 宇宙技術開発株式会社. ロケット打ち上げ情報予定計画と結果.
https://www.sed.co.jp/tokusyuu/rocket_2019.html
- [2] 宇宙航空研究開発機構. 宇宙情報センター.
http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/solid_liquid_rockets.html