

コイルガンの変換効率向上に向けての研究と成果

河野潤平

徳島大学工学部電気電子工学科 2年

1. コイルガンプロジェクトの目的・目標

コイルガンとは、コイルに電流を流した際に発生する磁界の引力を利用して磁性体を加速し、発射する装置である。現在主流の発射装置である火薬や化学燃料を用いたものに対し、電気エネルギーのみで発射可能である点や、射出速度の調節が比較的容易であるといった特徴を持つ。ただし投入電流に対して得られる出力が低いという欠点があることから、当プロジェクト研究ではコイルガンの設計及び製作を通して電磁気学の知識を深め、最終的によりエネルギー効率の良いコイルガン——具体的には、今年度はエネルギー効率 10%を超えるコイルガンを開発することを目標としている。なお、ここでのエネルギー効率とは発射された鉄球の運動エネルギーを、使用した電気エネルギーで割ったものである。

2. 活動内容

コイルガンプロジェクトは 17 人で構成されており、リーダーを中心として本体班と電子回路班に分かれて活動を行う。リーダーは全体の活動状況を確認し、指示を出す。本体開発班はコイルガンの本体の製作をし、電子回路班は発射回路の製作や発射プログラムを担当している。コイルガンプロジェクトが所属している工学部創生学習開発センターでは報告会が年間 2 回ある。この報告会では教員の方達に改善すべき点を指摘して頂き活動に反映する。

3. 開発内容

目標達成を目指すにあたって、電子回路の工夫と、装置の工夫が必要となる。コイルガンの動作には高電圧・大電流が必要であることから、現在当プロジェクトが設計・製作したコイルガンでは一旦大型の電解コンデンサに電荷を蓄え、コイル

に放電するという方式を採用している（図 1）。

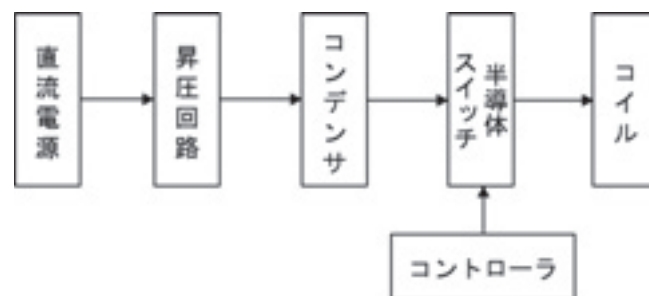


図 1. コイルガンの発射プロセス

この時、コンデンサから流れる電流が全て加速対象に対する加速力とはならず、一部は発射された対象を引き戻す減速力として作用することが分かっている。したがってマイコンとスイッチング回路を用いて放電時間を制御し、減速力が作用しないようにする必要がある。

エネルギー効率向上のために当プロジェクトは昨年度まで使用していた単一コイルで鋼球を加速する単段加速式コイルガンを今年度は段階加速式という方式を採用することとなった。段階加速式の利点は、複数のコイルにより鋼球に作用する力が最大となるように磁界を発生させることである。それによりエネルギー効率の向上が期待できる。

また、コイルの形状やコイルからの距離によって磁束密度が変化するほか、金属部品の有無など装置の規格・形状も加速力に大きな影響がある。さらにはコイルガンの作動に際しては 140A が流れることから、筐体を製作するときは漏電や感電にも留意しなければならない。以上のことから、現在当プロジェクトには電気電子工学科と機械工学科の学部生が所属しているが、電気電子工学科は前者の電子回路的工夫について研究し、機械工学科は後者の装置的工夫に取り組んでいる。

4. 開発成果

当プロジェクトは今年度で発足から3年目であるが、現在の成果として発射可能なコイルガンの開発と、コイルガンの要であるコイルを自動で巻くコイル巻器の製作が完了している。コイルガン本体の性能としては、直径10mmの鋼球を水平方向に打ち出す際のエネルギー効率が3%、初速は9m/sとなっている。コイル巻器は予め設定した任意の巻き数を自動で巻取り、目標値に到達すると停止する。

今年度はコイルガンに、項目2において前述した段階加速式に対し、電流を制御するスイッチング回路を導入予定である。現在スイッチング回路の試作は完了したが動作確認が出来ていない段階である。従って、段階加速式コイルガンの製作には至っていない。

5. 開発の中で生じた問題点とその解決策

・スイッチング素子の変更

コイルガンの動作時には大電流が流れることから、当プロジェクトではスイッチングに一般的な物理スイッチではなく半導体スイッチを採用している。しかし当初使用していた素子の仕様では今年度導入予定である電流が流れる時間を制御する回路に不適切であることが判明した。したがって仕様変更に伴い、新規に部品を購入し、新たなスイッチング回路を設計・製作することで対策とした。

・加速経路の材料変更

また、当初は比較的低価格かつ、加工が簡単なアルミパイプを加速経路をして採用していたが、コイルに電流を流した際、アルミパイプ内に渦電流が生じることで加速の妨げとなっていることが分かった。したがってこれを絶縁体であるアクリルパイプに換えることで渦電流の発生を防ぎ、実際の発射実験においてもエネルギー効率が1.6%から3.0%まで向上した。

6. 今後の展望

今年度はスイッチング回路の製作とともに段

階加速式コイルガンを製作し、動作確認の際にエネルギー効率10%を越えられなかった場合はスイッチング回路の調整、コイルの増加と共に実験を重ね目標のエネルギー効率10%を達成する。