

2025 年度 事前課題の説明

～自作の電磁石でクリップをいくつ持ち上げられるか？～

【背景】

2050 年のカーボンニュートラル実現を目指して、自動車や航空機などの輸送機器の電動化だけでなく、社会全体で電動化による脱炭素システムが強く求められるようになり、電気電子工学の高度な専門知識を持つ人財の価値が高まっている。

図 1 は本学と企業が共同で開発した高効率モータである。モータの性能を決める主要部品は、鉄心、コイルおよび磁石であり、如何に小形で高効率と高出力を両立するかが研究課題となっており、世界中で研究が行われている状況である。

本課題では、鉄心やコイルなどを用いて電磁石を製作し、磁気吸引力により多くのクリップを持ち上げるシステムを検討する。

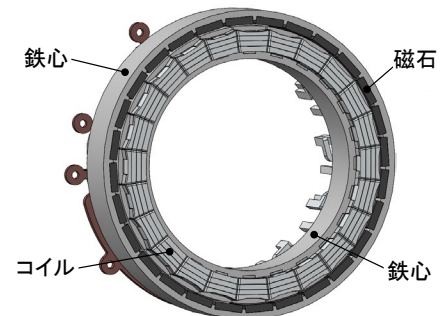


図 1 本学と企業が共同で開発した高効率モータ

【課題】

図 2 に電磁石を用いたクリップ持ち上げシステムの例を示す。円柱形状の鉄心にエナメル線を巻き、図 3(a)に示す被膜剥離前のエナメル線の先端をヤスリやカッター等で削り、図 3(b)に示すように被膜を剥離した後、コイルの両端に充電式単三電池を接続すると電流が流れ電磁石となり、磁気吸引力により鉄製のクリップを持ち上げることができる。

図 4 に磁気吸引力の解析結果の例を示す。図 4(a)は、I 字型鉄心にコイルが 500 回巻かれており、電流を 1 A 流したときの磁束密度分布を表している。鉄心に接しているクリップの磁束密度は高く、鉄心から離れるにつれて磁束密度は減少する。図 4(a)において、クリップ全体にかかる磁気吸引力は 0.28 N である。図 4(b)は、C 字型鉄心にコイルが 2 箇所に分かれて設置されており、それぞれ 250 回巻かれている。それぞれのコイルに電流が 1 A 流れており、このときの磁気吸引力は 0.76 N である。

本課題では、図 4 の例のようにクリップを直列に並べて、可能な限り多く持ち上げるためのシステムを検討する。鉄心の材料や形状、コイルの巻数や配置、電流の大きさや向き等を自由に工夫し実験結果を報告する。

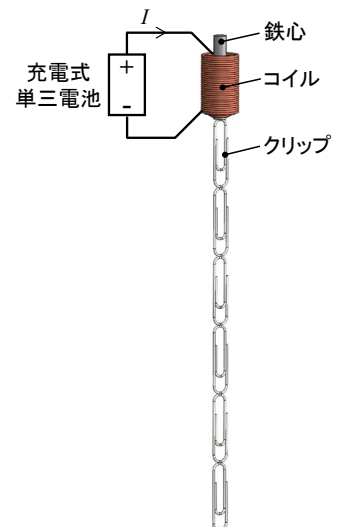


図 2 電磁石を用いたクリップ持ち上げシステム



(a) 被膜剥離前



(b) 被膜剥離後

図 3 エナメル線の被膜

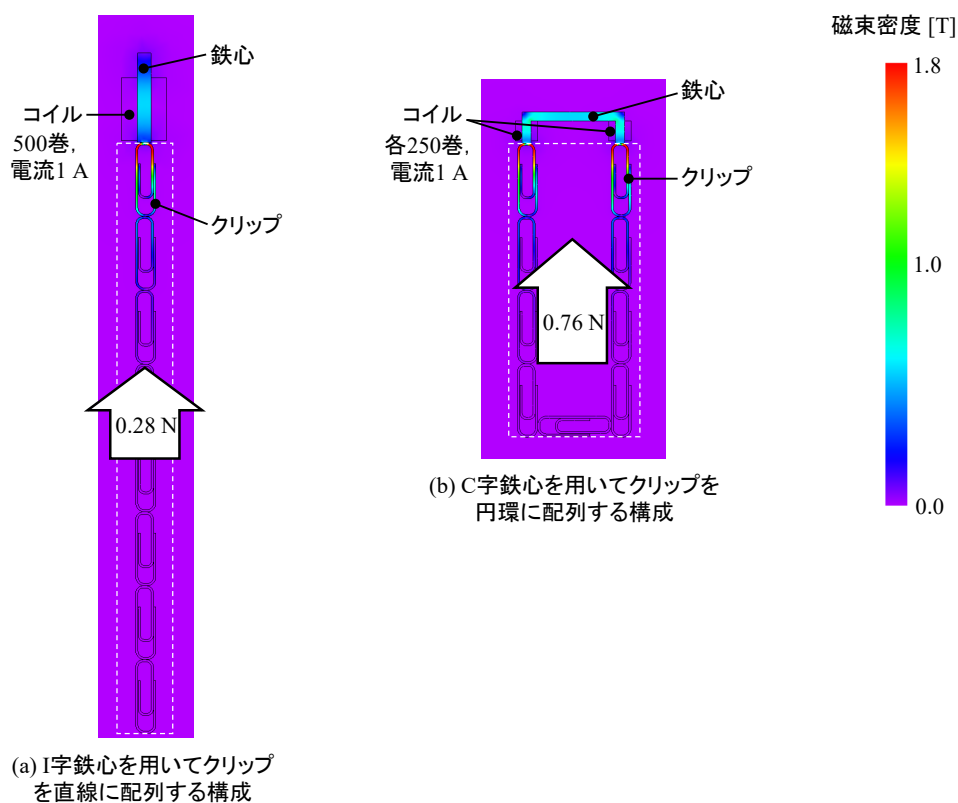


図4 鉄心形状やコイルの配置の改良による磁気吸引力の向上

【実験条件】

1. 同封のエナメル線（直径 $\phi 0.4$ mm，長さ 14 m $\times$ 2）と充電式単三電池および各自で準備する鉄心を用いて電磁石を製作し，同封のクリップを直列に並べて持ち上げることができた個数を記録する。
2. 鉄心の材料や形状，コイルの巻数や配置，電流の大きさや向き等を自由に工夫し，多くのクリップを持ち上げることができる構成を発案する。鉄心は各自で用意する。
3. クリップの連結について，図 5(a)(b)に示す連結なしと連結ありのどちらでも構わないが，図 4(a)(b)の例のように直列に並べること。
4. エナメル線や配線ケーブル，その他の部品を追加で購入し使用しても構わない。ただし，電池は同封の充電式単三電池を用いること。

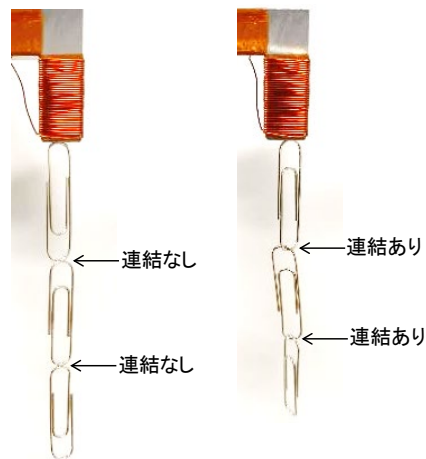


図5 クリップの連結有無はどちらでも可

※注意事項

- 電池の使用本数や接続方法は任意とするが，**多数直列接続するとコイルに流れる電流が増加し，発熱により火傷や火災の原因になる恐れがあることに注意する（図 6 参照）**。過度な数を使うこと，および長時間の通電は避けること。また，**コンセントにそのまま電線を挿すようなことは絶対に行わないこと**。



図6 電池ボックス使用時の注意点（乾電池3本を10秒間接続したときの状態）

- 電池ボックスの使用について：長時間通電したままにすると，発熱により火傷や火災の原因になるため，使用していないときはこまめに接続を切るか電池を取り外すこと。

【課題発表会の実施内容】

- ・ 製作した電磁石の構造やシステムについて発表する。そのための説明用レポートも各自作成する。
- ・ 全体説明の後にグループに分かれ，一人ずつ製作した電磁石を使用して 10 秒間クリップ持ち上げの実演を行う。
- ・ 各グループで最も多くのクリップを持ち上げた人は，チャンピオン決定戦に進み，再度実演を行う。

【レポート報告事項】

1. 使用した鉄心の材料と形状が分かる写真を貼り付け，それを選定した理由を図と文章を用いて説明する。
2. コイルの設置位置が分かる写真を貼り付け，設置位置と巻数をどのように決めたかを説明する。
3. 電池とコイルの接続が分かる写真を貼り付け，なぜそのように接続したかを説明する。また，コイルに流れる電流は約何 A であるか推定値と計算方法を説明する。
4. 製作した実験装置全体が分かる写真を貼り付け，構成や工夫した点などを図と文章を用いて説明する。
5. 最も多くのクリップを持ち上げている時の写真を貼り付け，その個数を示す。様々な構成で試した場合，製作した全ての装置の写真とクリップを持ち上げている時の写真，さらにクリップの個数を記録してレポートに記載する。
6. 5 で持ち上げることができたクリップの個数を 3 倍に増やすためには，何をどのように改良すれば良いか。改良案となぜそのように考えたのか理由を論理的に説明する。

以上