

# 電磁石の性質

1年1組 中平 晃正 1年1組 宮下 恵輔 1年2組 大野 誠貴  
1年4組 上杉 悠真 1年4組 山本 海斗  
指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

日本は科学技術立国であるとともに、我々日本人は電気エネルギーを大量に消費しながら生活している。しかしながら、化石燃料等のエネルギー資源に乏しい国にとっては、限られたエネルギー資源から電気エネルギーとして無駄なく取り出す技術革新は、重要な課題であると考えた。そこで、発電システムにおける電磁誘導において、エネルギー効率を高める工夫の一つとして、それに必要な磁場を発生させる電磁石に着目し、その性質を調べようと考えた。

## 2 仮説

図1のような電磁石において、次の(1)~(4)の仮説を立てる。

(1) コイルの巻き数が増えるほど、鉄芯の先端部付近の空間に発生する磁場<sup>\*1</sup>の強さは大きくなる。コイルの導線を多層に巻かないとすると、コイルの巻き数が増えるほど、鉄芯の先端部から離れた位置に巻いていくことになり、一定巻き数当たりの磁場の強さは小さくなる。※1 「鉄芯の先端部付近の空間に発生する磁場」を「磁場」という。



図1 電磁石

(2) コイルの巻き数を一定にした場合、コイルに流す電流の強さが大きくなるほど、それに比例して磁場の強さは大きくなる。

(3) コイルの巻き数を一定にした場合、コイルを巻く位置が鉄芯の先端部から離れるほど、磁場の強さは小さくなる。

(4) 鉄芯の先端部に限りなく近い空間では、コイルの断面に垂直で、コイルの中心を通る直線上の位置が、最も磁場が強い。また、そのほかの位置では、磁場の強さが激減する。

## 3 実験・研究の方法

(1) 実験器具 (図2)

ア 電磁石

鉄芯 (長さ300mm、幅37mm、厚さ4mm) に直径0.5mmのエナメル線を隙間なく巻き付けて単層のコイルを作る。基本パターンとしては、鉄芯の端を5mm残してエナメル線を25回巻き、そこに電流5.0Aを流す。

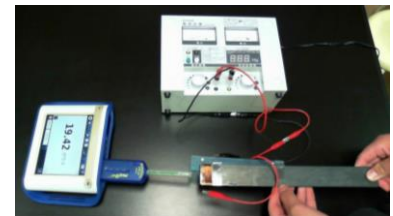


図2 計測の様子

イ 磁気センサー (Spark、島津製作所製)

鉄芯の先端部から10mm離れた位置の磁束密度を計測する。磁気センサーが計測する磁束密度の単位はG (ガウス) である。今後、一つの実験条件において30回ずつ計測して平均値をとる。一般に、磁束密度の単位にはT (テスラ) が用いられ、 $1\text{T} = 1 \times 10^4\text{G}$ で換算できる。そして、磁束密度  $B$  [T] と磁場の強さ  $H$  [A/m] には、 $B = \mu_0 H$  の関係がある。ただし、真空の透磁率を  $\mu_0$  [N/A<sup>2</sup>] とする。

ウ 電源装置 (ADS-20V、株式会社ヤガミ製)

(2) 実験条件

【実験1】 コイルの巻き数を25、50、75、100回として計測する。

【実験2】 コイルに流す電流の強さを1.0、2.0、3.0、4.0、5.0Aとして計測する。

【実験3】 コイルを巻く位置を鉄芯の先端部から5、50、100、150、200mm離して計測する。

【実験4】 電磁石の鉄芯の先端部近くについて、その空間の磁場の様子を計測する。

## 4 結果と考察

(1) 【実験1】 コイルの巻き数と磁場の強さの関係

図3より、巻き数を増やすほど磁場の強さは大きくなり、ほぼ比例している。図2より、コイル1巻き当たりの磁束密度はコイルの巻き数に規則性は見ることができなかった。しかし、コイル1巻き当たりの磁束密度を大きくするためには、最適な巻き数があるのではないかと新たな仮説が考えられる。

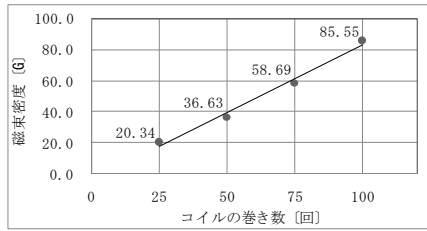


図3 磁束密度とコイルの巻き数

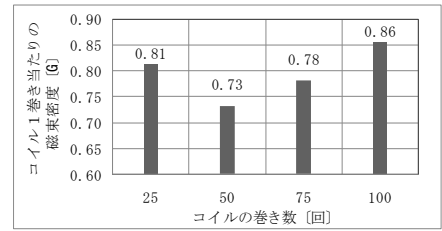


図4 コイル1巻き当たりの磁束密度とコイルの巻き数

(2) 【実験2】コイルに流す電流と磁場の強さの関係

図5より、コイルの巻き数を一定にした場合、電流の強さを大きくするほど、磁場の強さは大きくなるが、図6より、電流の強さが大きくなるほど、1A当たりの磁束密度は少しずつ小さくなる。電流の強さが大きくなるとエネルギー変換効率が小さくなるデメリットが明らかになった。

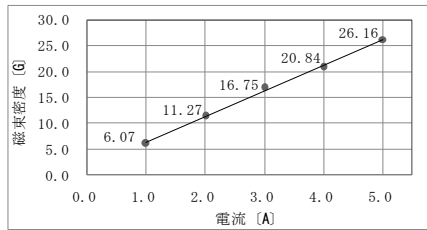


図5 磁束密度とコイルに流す電流の強さ

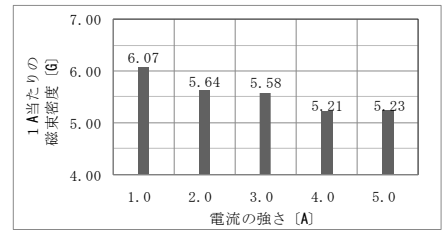


図6 1A当たりの磁束密度と電流の強さ

(3) 【実験3】コイルを巻く位置と磁場の強さの関係

図7より、鉄芯の先端部からコイルを巻き始める位置の距離が5mmから50mmのときには、磁場の強さはあまり減少しない。一方、その距離が100mm以上のときには、磁場の強さに大きな減少が生じ、その距離が大きくなるほど、磁場の強さは減少する。よって、強い磁場を得るためには、鉄芯の先端部にコイルを巻くべきである。

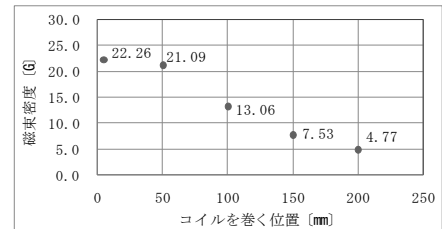


図7 磁束密度とコイルを巻く位置

(4) 【実験4】電磁石の鉄芯の先端部近くの磁場の様子

図8より、磁場の強さが大きいのは先端部付近のごく一部で、そこから少し離れるだけで磁場の強さは急激に小さくなる。

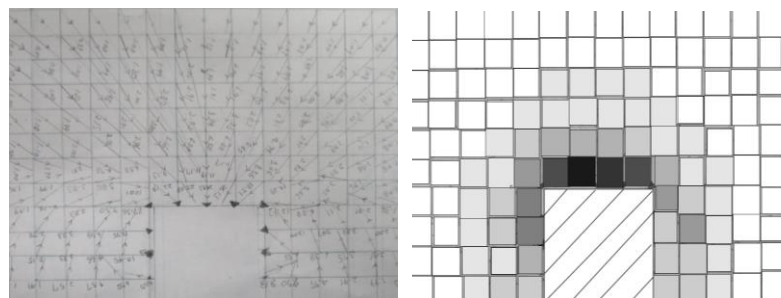


図8 鉄芯の先端部近くの磁場の様子  
(左: 計測データ、右: 磁場の強さが大きい空間を濃く表示)

5 まとめと今後の課題

磁場の強さを大きくするには、コイルの巻き数を増やしたり、コイルに流す電流の強さを大きくしたり、コイルを鉄芯の先端部近くに巻いたりするとよい。しかし、電気エネルギーを磁気エネルギーに変換するときのエネルギー損失に着目した場合、最適なコイルの巻き数や巻き方があると仮説が立つ。さらに、実用的な電磁石の製作を考えると、鉄芯の形状やコイルも多層に巻くことなどの工夫が考えられる。本実験は、既習事項を詳しく調べたに過ぎないかもしれないが、興味深く結果を考察できた。今後、課題設定の理由に述べたように発電に関わる研究に発展させたい。

参考文献

特になし