



○研究の背景と目的

電磁誘導は発電機やIH調理器、非接触ICカードなどに利用されているが、その周囲には金属などのさまざまな物質が存在する。こうした物質が電磁誘導にどれだけ影響するかについての研究は少ない。コイルの周囲の条件が及ぼす影響を明らかにすることを目的に本研究を行った。

○結論

鉄は、透磁率が高い強磁性体である。そのため、コイル内に鉄が存在する場合には、鉄の量がより多く、コイルのより内部にあるとき、磁気遮蔽によって誘導電流が減少し、それにつれて電力量も減少するが、その影響には下限が存在する。

○実験方法

- ①図1のような装置を作製した。
- ②コイルから75cmの高さから棒磁石をパイプに沿って落下させ、コイルの中を通過させた。
- ③電流計でコイルに流れる誘導電流を測定した。
- ④測定した誘導電流の値から電力量を算出した。
(抵抗が一定と考えると(電力)=(電流)²とし、台形積分法を用いて時間で積分し、電力量を求めた。)
- ⑤電力量について、10回の平均を求めた。



図1 装置

○実験1 コイルの周囲の物質による影響

【方法】

- A. コイルの内側・外側に5cmに切った鉄線195本を縦向きに並べた。
- B. コイルの内側に5cmに切った銅線195本を縦向きに並べた。
- C. コイルの内側に50重のアルミホイルを円状にして置いた。
- D. コイルの内側に130巻きのニッケル線を置いた。

【結果】

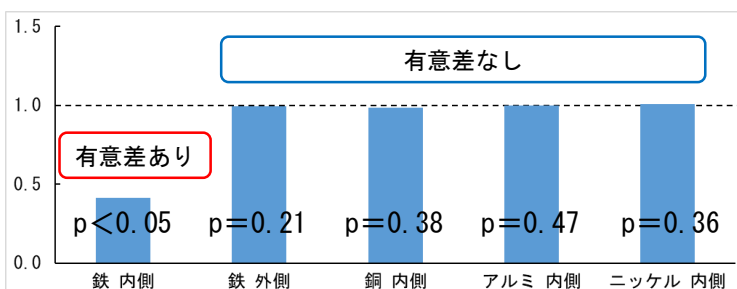


図2 なしの場合を1とした時の電力量の比率 (なしの場合とも検定、N=10)

【考察】

コイル内の鉄が影響を及ぼしたのは、鉄は銅やアルミニウム、ニッケルに比べて透磁率が高く、強磁性体であるからだと考えられる。

○実験2 鉄の量による影響の変化

【方法】コイル内に置く5cmの鉄線の本数を増やしていった。

【結果】

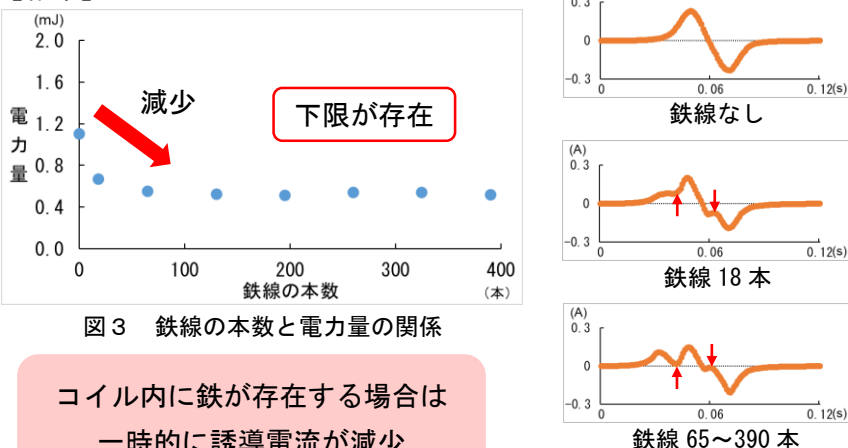


図3 鉄線の本数と電力量の関係

コイル内に鉄が存在する場合は一時的に誘導電流が減少

図4 磁石落下時の誘導電流の変化

【考察】

鉄の量を増やしたときに電力量に下限が存在するのは、0Aを下回るまで電流が減少することがないからだと考えられる。

○実験3 鉄の位置による影響の変化

【方法】コイル面を基準として、コイル内の5cmの鉄線の上端の位置を2cmずつ上下させた。

【結果】

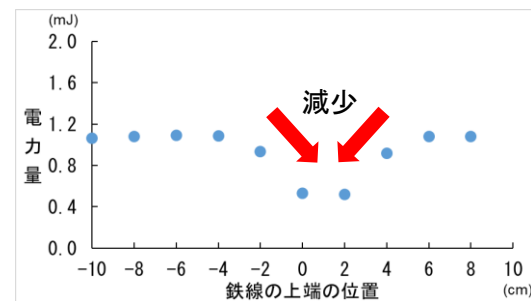


図5 鉄線の上端の位置と電力量の関係

一時的に誘導電流が減少する
タイミングが移動

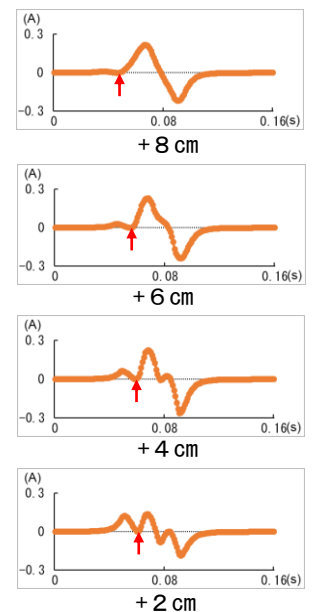


図6 磁石落下時の誘導電流の変化

【考察】

鉄がコイルの近くに存在するほど、一時的な誘導電流の減少が急になるため、影響が大きくなる。

○実験4 磁束密度の変化の測定

【方法】棒磁石につけた糸を約1m/sで引き、棒磁石を下から上にパイプの中を通過させた。鉄線の中心から真横に2.5cmの位置に磁気センサーを搭載したスマートフォンを置き、鉄線の外側となる空間の磁束密度の変化を記録した。

【結果】

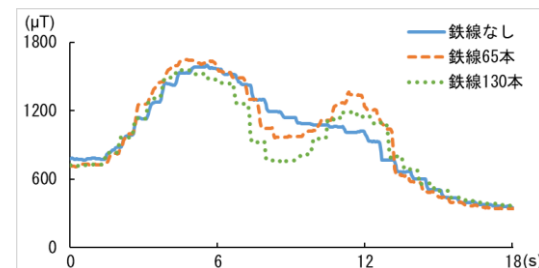


図7 鉄線の本数ごとの磁束密度の変化

【考察】

鉄が存在する場合には、磁束密度が誘導電流の変化と同じように一時的に減少したことから、磁束が妨げられたと考えられる。

○考察

【コイル内に鉄が存在する場合に影響が見られた要因】

- ① 鉄によって磁束密度が大きくなる。
→ 誘導電流が流れ始めるタイミングが早くなる・誘導電流が増加
- ② 鉄によって磁気遮蔽が起こる。
→ 誘導電流が減少

・妨げられた磁束の変化(図8)が鉄線を貫く磁束の変化と一致
・0.02秒(図8矢印)が磁石の下端が鉄線の上端を通過してから、磁石の中心が鉄線の上端を通過するまでの時間と一致

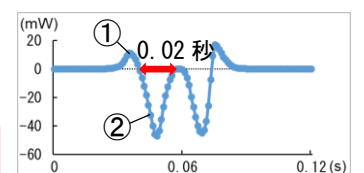


図8 内側に鉄がある条件での電力の減少量 (鉄線65本・位置+2cm)