

ハルバッハ配列による電磁誘導の効率化

西山 皓貴 杠沙映

要旨

本研究では往復運動による電磁誘導で得られる電圧を増やすことが目的である。発電量を増加させるために特定の方向への磁場強度を最大化するハルバッハ配列を用いることを考えた。実験で使用する磁石 1 個, 3 個のハルバッハ配列, 5 個のハルバッハ配列の 3 種類の磁束密度の高い方に鉄芯を差したコイルを付け, 手動で 10 秒間往復運動をさせて 1 秒間ごとの電圧の最大値を測定した。その結果磁束密度が高くなるほど得られる電圧が増加したため, ハルバッハ配列で電磁誘導で得られる電圧を増やすことは可能であると考えた。また, 磁石が 3 個の場合と 5 個の場合の磁束密度に大きな変化がなかったため, 7 個の場合でも磁束密度は大きく変化しないと考えた。よって, 本実験で得ることのできる電圧は 5 個の場合がほぼ最大であると考えた。今後の展開としてハルバッハ配列の磁石の個数増やすことで電圧が増加するかを考える必要がある。

キーワード: 電磁誘導, ハルバッハ配列, 発電効率

I. はじめに

電力は現代の人間の生活において必要不可欠なものである。発電用燃料の燃焼や施設の運用によって地球温暖化の原因となる温室効果ガスである二酸化炭素が排出される。また, 災害時などに電力が得られなくなることによって生活が困難になる可能性があると考えられる。そのため災害時などでも容易に必要な発電量を確保する方法が必要である。

三輪・橋本(2024)より磁石を入れたカプセルの周りに 6 個のコイルを取り付け上下左右前後の振動で発電が可能だった。得ることのできた電圧は最大で 0.148V で発光ダイオードを使用できるほどの十分な電圧を得ることはできなかった。そこで本研究は電磁誘導の法則より強力な磁力を利用すればより高い電圧を得られると考えハルバッハ配列という配列を採用し, 振動方向を限定して発電を行った。

※ハルバッハ配列とは図 1 のように磁石を並べ片側に強力な磁界が発生する配列のこと。強力なネオジウム磁石をそのままこのように並べるのは難しいためケースを用いた。



図 1 ハルバッハ配列

II. 手法

実験準備

1. コイル

三輪・橋本(2024)と同じコイルを作成するためにプラスチック製のボビンケースに 0.3mm の導線を 300 回巻きつけたものを 3 個直列に繋ぎ, 鉄釘を入れた。(図 1)

2. 磁石

ネオジウム磁石(高さ 30mm, 横 10mm, 縦 10mm)の磁石を図 2, 3, 4 のように並べ, 図 5 のような磁石ケースに入れた。

3. 電流計

コイルの導線の両端にワニ口クリップで繋いだ。

4. ガウスメーター

図 1 ~ 3 の磁石の磁束密度を測定するために用いた。

上の 1,2 を用いて図 7 のような実験装置を作った。



図 2 実験に用いたコイル

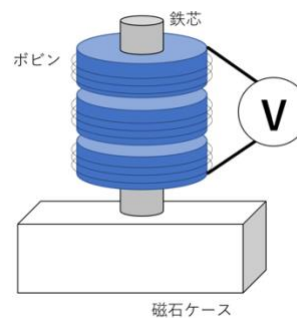


図 7 実験装置

III. 結果

スローで撮影した動画を見て,1 秒間ごとの電圧の最大値を調べて平均値を求め,表にした。

表 1 それぞれの配列の磁束密度と電圧の平均値

	磁束密度(mT)	電圧の平均値 (V)
磁石 1 個	39	0.155
磁石 3 個	173	0.241
磁石 5 個	184	0.383

表 1 より磁石 1 個のみのときの起電力と 3 個配列、5 個配列のときの起電力をそれぞれ比べると,3 個配列のとき平均値が 0.155V から 0.241V に上昇した。5 個配列のとき平均値が 0.155V から 0.383V に上昇した。最大値は 3 個配列のときが最も大きくなったが、平均値は 5 個配列のときが最も大きくなった。

IV. 考察

平均値より、高い電圧を安定的に発生させられたのは 5 個の磁石を用いたハルバツハ配列のときである。5 個ハルバツハ配列の時が鉄芯の両端の磁束密度の変化量が最も大きいため、電磁誘導の法則より最も発電量が大きくなったと考えられる。しかし表より磁束密度と発生する電圧は比例しないと考えた。また、5 個ハルバツハ配列以上に使用する磁石の個数を増やしても磁界のうち電磁誘導に影響を及ぼす部分はほぼ変化しないと考えられる。

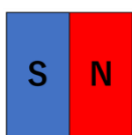


図 3 磁石 1 個

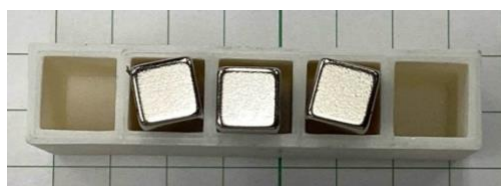
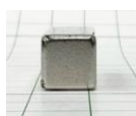


図 3 磁石 3 個を使った配列

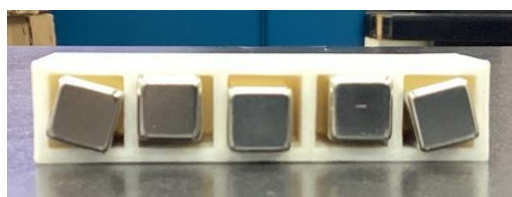


図 5 磁石 5 個を使った配列

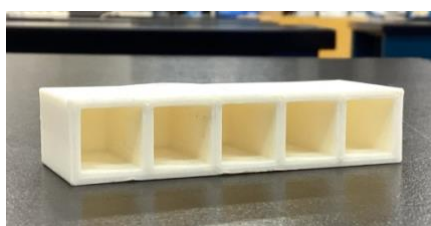


図 6 磁石ケース

V. 結論

今回得られた電圧は三輪・橋本（2023）が行った実験による値（0.148V）比較して十分に大きいと言える。今回の実験ではより強力な磁石を用いたという要因があるが、さらに強力な配列を用いることで起電力が大きくなったため、発電量を増やすという目的に適していると考ええる。今回の実験では手で振動させたため測定値にばらつきが生じてしまったが、ばねを用いた単振動によって振動させることで安定した値が得られるうえに、振動による腕の疲労で振動数が減少することがないためより長く発電を続けることができる。しかし発光ダイオードを使用できるだけの電圧には届かず、実用的であるとは言えない。また電流の向きが連続的に変わるため、蓄電には向いていない点が課題である。

謝辞

本研究において助言、実験装置の製作をしていただいた中川先生をはじめとする物理担当の先生方に感謝いたします。

文 献

関西電力：事業概要，原子力発電について
https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/nuclear_power/necessity/zerocarbon.html#zerocarbon02

橋本和佳奈・三輪瑠奈（2024）：全振動の方向を電力に変換可能な装置の作成

田中実（2020）：ファラデーの電磁誘導の法則
NeoMag：ハルバツハ配
列.https://www.neomag.jp/mag_navi/glossary/glossary_main.php?title_name=ハルバツハ配列&srsltid=AfmBOooMj38PB3mkRYM-Y8w8-e2EKf_3zmcZCiTui_e16IepQon7uVne