

相対運動における電磁場の実験的検証

山本 昂哉

(指導教員 佐藤 憲史)

1. はじめに

電磁場は相対的に運動する座標系で変換される。観測者が電荷に対して運動している場合、電場と同時に磁場が観測される。しかし、これを実験的に検証した例はない。本研究では静電場（または静磁場）のみが存在する系に対して運動する観測者から磁場（静磁場に対しては電場）が生じることを実験的に検証し、電磁気学の学習に役立つ学生実験を検討する。

2. 実験方法

実験① 静電場中において運動する系で磁場が観測されることを検証する。図 1(2)に示すように電場と垂直の方向に速度 v で動かすと、運動する系では電場と運動の方向のそれぞれと垂直な方向に

$$B' = \gamma \frac{vE}{c^2} \quad (1)$$

の磁場が発生する。これは運動する系から見ると、電荷が反対方向に運動し、電流が発生することを意味している。

電動のこぎりに取り付けたコイル(バーアンテナ)を、ギャップ 12mmの固定された平行平板コンデンサ内で往復直線運動させる。平行平板コンデンサに印加する電圧を変化させ、コイルの両端に発生した誘導起電力をアンプ(NF JAPAN : DTK-233669)で 1000 倍に増幅し、デジタルマルチメータ(Agilent : 34410A)で測定する。

実験② 静磁場中において運動する系で電場が観測されることを検証する。図 1(2)に示すように磁場と垂直の方向に速度 v で動かすと、運動する系では磁場と運動の方向のそれぞれと垂直な方向に

$$E' = \gamma vB \quad (2)$$

のローレンツ力に対応する電場が発生する。

電動のこぎりに取り付けられた 2pF の平行平板コンデンサを 16mm の間隔で固定された磁石の間で直線往復運動させる。コンデンサの両端の電圧をデジタルマルチメータで測定し、磁石がある場合と、磁石がない場合の比較をする。

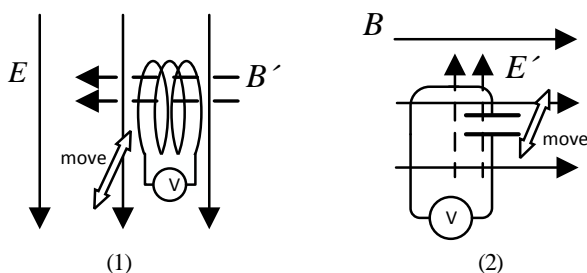


図 1 相対運動による電磁場の変換

3. 結果

実験①の結果を図 2 に示す。得られた時間波形をフーリエ変換し、電動のこぎりの振動周波数(86Hz)における相対強度を図示する。電場の強さは横軸の電圧に比例する。コンデンサに印加した電圧を 0V、780V、1500V、2000V、0V、0V と変化させた。0V の 2 つの点は電圧を印加した場合より大きい。信号強度の印加電圧に対する明確な依存性は見られなかった。

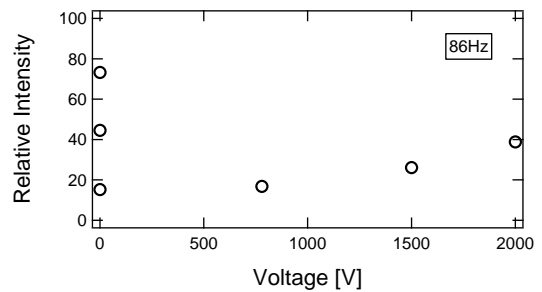


図 2 印加した電圧を変化させたときの相対強度

実験②の結果を図 3 に示す。電動のこぎりの振動周波数(87Hz)に対応する周期の時間波形が観測された。磁場がある場合はアンプなしで振幅約 160mV であり、磁場がない場合に比べて、電圧の振幅比で約 4 倍大きい。

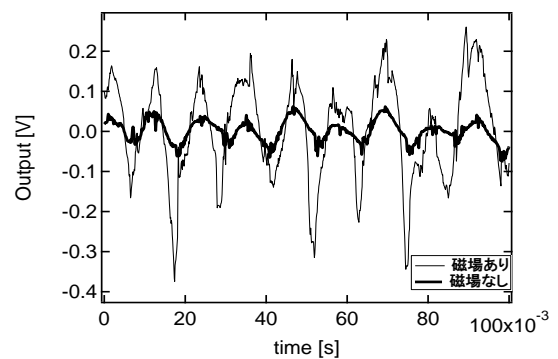


図 3 コンデンサの両端の電圧波形

4. まとめ

静電場中において運動した系で電磁場の変換による電圧の理論値は小さく、それに対して外乱が大きいため、測定するのが困難であった。印加する電圧によらず、実験するごとに強度が増加したため、電場に対応する依存性は見られなかった。

静磁場中において運動した系で観測された電圧は理論値の 2 桁ほど大きく、その理由は不明である。磁場が不均一である場合の配線による電磁誘導が考えられるが、閉ループの導線を振動させた場合の誘導起電力は振幅約 1mV であり、電磁誘導が原因とは考えにくい。

学生実験に適用するためにはさらなる検討が必要である。