

圧電素子と電磁誘導の床発電

岩手県立一関第一高等学校理数科3年 佐々木智教 伊藤颯 山川誠一 山田裕次郎
SASAKI Tomonori, ITO Hayate, YAMAKAWA Seiichi and YAMADA Yujiro

要約

私たちは、圧電素子と電磁誘導が発電を行う際にそれぞれの利点があることに興味を持った。自分たちで圧電素子、電磁誘導を用いた装置をそれぞれ作成して、最後に組み合わせる事で、組み合わせる前後の電力量の大きさを比較した。結果、それぞれの電力量の和が組み合わせたときの電力量を上回ることがわかった。

〈キーワード〉 圧電素子 電磁誘導 発電

ABSTRACT

We became interested that piezoelectric elements and electromagnetic induction has different benefits. At first, we made the experimental equipment both piezoelectric elements and electromagnetic, then we combined them and compared the amount of electric power. As a result, the electric power that the sum of two experimental equipment was more strength than the experimental equipment that we combined it.

Keywords: Piezoelectric element , electromagnetic induction

1 はじめに

東日本大震災以降、化石燃料エネルギーが見直され再生可能エネルギーの注目度が高まってきている。そこで私たちは太陽光発電のような生活に密着した自家発電の方法を見つけたいと考えた。先行研究を調べると JR 東日本が 2006 年に行った「床発電システム」実証実験の結果を見つけた。それは改札の下に多くの圧電素子で構成されたユニットを積層状に置き、駅の利用者がその上を踏むことで発電する実験である。圧電素子とは圧力を加えられると電圧が発生する「圧電効果」を持った石英やトルマリンのような誘電体を電極で挟み込んだものである。圧電素子はモーターやギア等の部品を必要とせずに発電でき発電ユニットの軽量化に適している。2006 年に行われた第 1 回目の実証実験では初日の発電量は約 10000Ws であり、100Ws の電球を 10 秒間発行させるほどの電力が得られた。また、発電機の導入の 3 週間後に得られた発電量は初日の発電量に比べ約 1/3 であった。この結果より、発電量が著しく小さいことと発電機の使用期間が長くなるにつれては発電量が小さ

くなる耐久性の低さが課題であると示唆されている。そこで、私たちはこれらの課題を改善しさらに発電量を増加させることを目的として圧電素子にコイルを用いた電磁誘導を加え、新たな発電機モデルを作ろうとしました。2007 年の 2 回目の JR 東日本の実験では緩衝材の工夫、素子の個数、設置面積の拡大を行ったところ初日の発電量は約 500Kw であり、私たちもこの方法で課題を解決した。電磁誘導を用いる意図として、圧電素子は踏む力に対して発電できる電力は一定だが、電磁誘導ではストロークを確保したり、磁力を強めたりまた、コイル内部を通過する磁石のスピードを変化せることで発電できる電力を増加させることができると考えたためである。

2 方法

まず、圧電素子、電磁誘導の特性を理解することを目的としてそれぞれの発電機を制作した。

Fig.2 は圧電素子の発電機であり、天板についたネオジウム磁石が踏む運動に合わせて 5000 巻きコイル 3 つの内部を乗降し磁界が

変位するように制作した。また、Fig. 4 は電磁誘導を用いた発電機であり、圧電素子7つを緩衝材の上に敷きその上にアクリル板を置いて一様に圧力がかかるようにした。また、Fig. 6 は電磁誘導の回路の中に圧電素子を組み込んだ複合型の床発電機を制作した (Fig. 1 は Fig. 6 の回路図)。これらを用いて Beats Per Minute=100 で1回踏むことを1セットとして以下2つの実験をした。

- ① 1セットの電気をためたコンデンサをオシロスコープで放電し、最大電圧を計測した。
- ② 1セットの電気をためたコンデンサにオシロスコープで放電し、電力量を計測した。

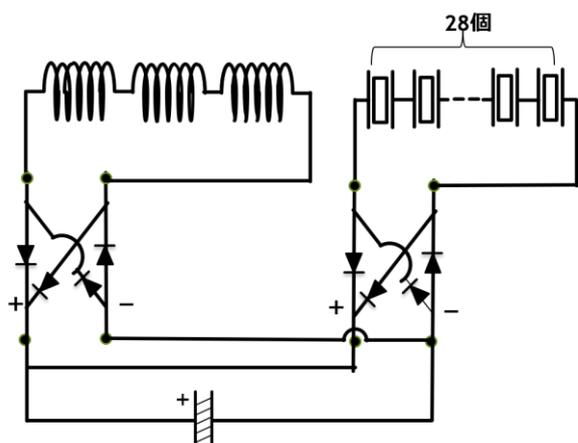


Fig.1 Circuit diagram of experiment 3.

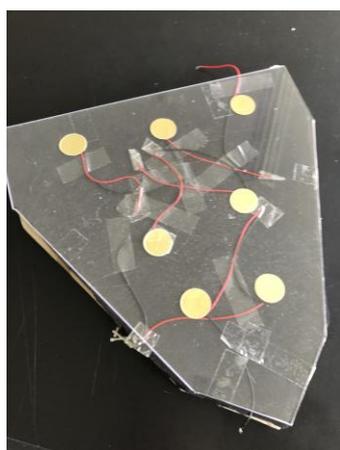


Fig.2 Power generator with Piezoelectric elements

3 結果

実験①では、Fig. 2 のような圧電素子 7 個

による床発電機を製作した。先行研究より圧電素子の耐久性の低さを鑑みて緩衝を底に敷いた。結果として Fig. 3 が得られた。Fig. 3 より最大電圧は 9V~3V に分布しより先行研究のような電力の低下がみられ、約 3000 回の試行でも発電量の低下が見られた。

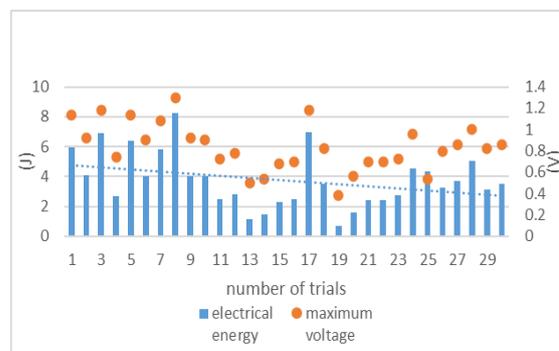


Fig.3 Maximum voltage and electric energy in case of Piezoelectric element

実験②では、電磁誘導のみによる発電を、コンデンサによる放電を用いて行った。使用した装置は以下の Fig.4 の通りで、5000 巻コイルを 3 個、ネオジウム磁石を 3 個使った。バネにつながれた天板をコイルの上に置き、その上を踏むことで天板に繋がれたネオジウム磁石が連動してコイルの内部を動き磁界を変化させることで電力が生まれる。計測方法は、コンデンサによる方法を用いる。

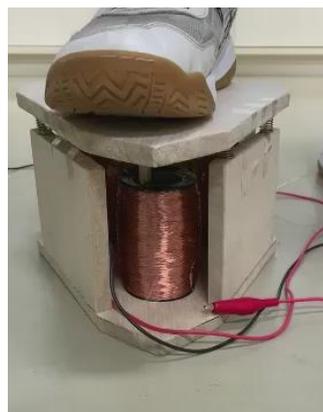


Fig.4 Power generator used electromagnetic induction

Fig5.から、最大電圧は概ね 0.50~1.0V, 電力量が 2.0~6.0 J であることが分かる。また、発電量 (J) の近似直線はやや右肩下がりに見えることから、電力量踏む回数を重ね

るごとに低下していることが明らかである。これは先行研究では示されていない結果なので原因を考える必要がある。

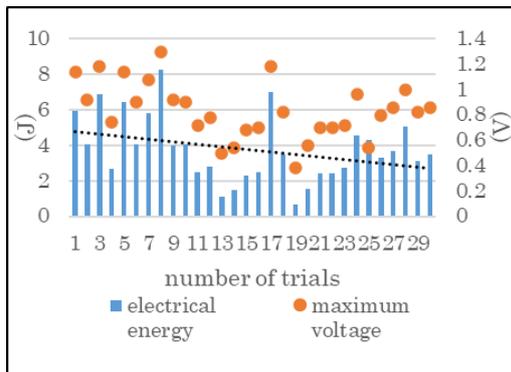


Fig.5 Maximum voltage and electric energy in the case of electromagnetic induction.

実験③では、圧電素子と電磁誘導による発電装置を組み合わせる新しい装置 (Fig.6) を製作した。30回の試行を重ねた。コイルの巻き数や個数は変わらないが、圧電素子の数を7個から28個に増やした装置を電磁誘導の装置の天板上に設置し、電磁誘導による装置はネオジウム磁石の数を3個から6個に増やし、発電量の増加を狙った。さらに、実験②で天板とコイルを据えた装置を上下につないでいるバネに変形が見られたため、バネの個数を6個から9個に増やして耐久性を確保することを試みた。組み合わせた新しい装置の天板を踏むことで圧電素子、電磁誘導の装置両方に圧力が加わり電力が発生すると見込んだ。計測方法はコンデンサによる放電を用いる。



Fig.6 Power generator used electromagnetic induction and piezoelectric elements.

Fig7.から、最大電圧がおよそ1.5~2.0V、電力量が10~15Jに集中して分布していることが分かる。また近似直線は実験②と同様に、わずかに右肩下がりであることが分かる。試行回数が少なく、全体の傾向をつかみきれないので、今後回数を重ねていく必要がある。

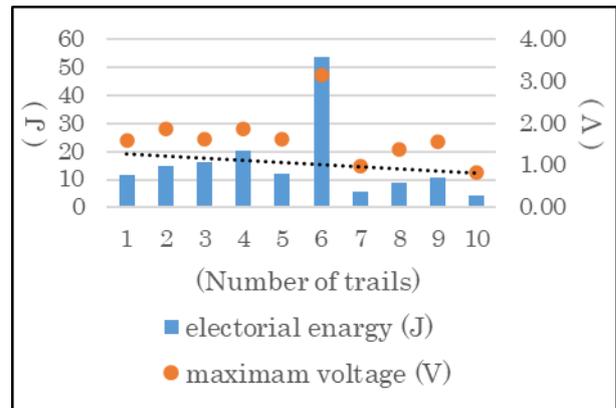


Fig.7 Maximum voltage and electric energy in the case of electromagnetic induction and piezoelectric elements.

4 考察

実験①で圧電素子を用いた発電装置は、施行するごとに発電量が低下することがわかる (Fig.3)。この実験で用いた回路は圧電素子全てを直列に繋ぎ、ブリッジダイオード、コンデンサを繋いだものであり、しかし発電が全くできなくなることはないことから断線の可能性は低いと考えられる。そのため圧電素子そのものの発電量が低下したのだと考える。

実験②では、コイルを用いた実験でも試行を重ねるごとに発電量の低下が見られた。Fig.8は実験後の装置のバネである。これよりバネの変形が磁石の運動の変位を減少させたため、発電量が低下したと考える。

実験③では、それぞれの部分において実験装置①②と同じ機構であるため、この結果は実験①、②と同じ理由より導かれたと考えた。また実験③とは別に圧電素子、磁石の和を増やした実験装置をそれぞれべつに計測したところ、Table 1の結果になった。装置を組み合わせたものは組み合わせる前のものの発電量の和とくらべて発電量が劣っている。特に圧電素子の働きの低下は著しいことは明らかであり、それはばねで上下する電磁誘導の実

験装置の天板の上に圧電素子を設置したため圧電素子に加わる衝撃が緩和されたためであると考えた。



Fig.8 Picture of damage to the spring after the trial.

Table 1 Graphs comparing generator with Piezoelectric elements or coils to combined.

	Jenerator 4 (imporved model with piezoelectoric ereamental)	Jenerator 5 (improved model with coils)	Jnerator 6 (combined Jenerator 4 with 5)
Average of erectorical energy (J)	25.38	4.61	15.80
Ratio of 4 & 5 to 6	100		52.68

全ての実験において一度コンデンサに蓄電してからそれを放電したものを計測しているため、コンデンサの性質から実際の発電量はその2倍であると推測できるが、発電された電力量を直接測るための実験をしなくてはならないと考える。

謝辞

本論文の作成にあたり、丁寧なご指導と適切な助言をいただいた佐々木隆弘先生、柿木康児先生に感謝します。

参考文献

床発電システム開発の取り組み 小林三昭
林 寛子. 電気設備学会誌. Vol.31 No6