

圧電素子と電磁誘導で得られる電気エネルギーの比較研究

岡山県立倉敷天城高等学校 高橋 優大

要 旨

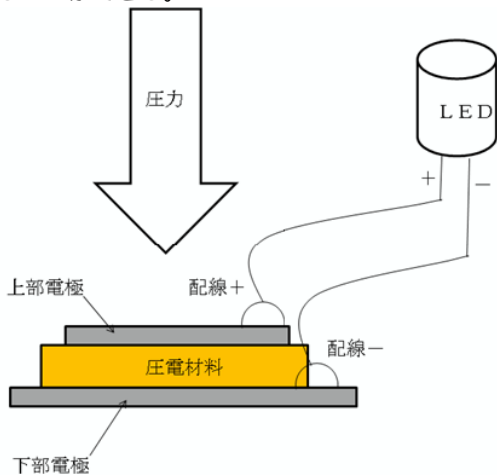
床発電の発電方法において、一般的によく使われている圧電素子と電磁誘導を比較研究した。その結果、1ストローク（1回の足踏みに相当する動き）で瞬間的に発生する電力は電磁誘導の方が大きいですが、トータルで得られる電気エネルギーは圧電素子の方が大きいことが明らかになった。

キーワード：圧電素子，電磁誘導，電気エネルギー

1. 序論

私たちは床発電に興味を持ち、調べたところ、圧電素子が使われていることを知った。一般的な発電方法である電磁誘導による発電方法ではなく、なぜ床発電には圧電素子が使われているのか、という疑問を持った。そこで、二つの発電方法にどのような違いがあるのか興味を持ち、比較研究することにした。

圧電素子や電磁誘導を用いるとLED電球を一瞬だが光らせることができる。



圧電素子とは「ひずみまたは応力を加えると電荷が誘起され、逆に電圧を加えると、ひずみまたは応力が生ずる性質をもつ素子」(培風館：物理学辞典)である。圧電素子はライターやインクジェットプリンターのヘッドのノズル等に使われている。

一方磁石にコイルを近付けたり、遠ざけたりすると起電力が生じる。この現象は電磁誘導によるもので一般的な発電機はこの原理を応用したものである。

電力 P は、電圧 V 、電流 I 、時間 t を用いると次の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{電力} & P = I \cdot V \\ \text{電気エネルギー（電力量）} & Q = I \cdot V \cdot t \end{aligned}$$

これらの公式を用いて圧電素子と電磁誘導で発生する電気エネルギーをそれぞれ求め、比較する。

2. 研究内容

本研究では足踏み1回を、机上での手による操作に置き換え、1ストロークで発生する電力及び電気エネルギー（電

力量）を比較することにした。

実験1では電流計、電圧計の読みの最大値を掛け合わせることで、電力の最大値を見積もることにした。

実験2ではオシロスコープの波形から区分求積法を用いて、1ストロークにおける電気エネルギーを見積もることにした。

実験1と実験2の結果から、電力と電気エネルギーについて、圧電素子と電磁誘導の特徴を比較、考察する。

実験1.

<目的>

電流計と電圧計の読みから、公式 $P = I \cdot V$ を用いて圧電素子と電磁誘導で発生する電力を求め比較する。

<器具>

圧電素子、自作コイル（2000回巻）、磁石、電流計、電圧計

* 磁石本校物理教室にある比較的強い磁石を用いた（3cm離れた位置で約30mT）

<実験方法>

圧電素子は、水平な実験机の上に置き、上から指で押さえつけた（写真1）。ほぼ同じ力になるように、これを10回行った。本文中の測定データはすべて、この10回分を平均したものである。

圧電素子とコイルを電流計と電圧計を使って振幅の最大値を記録する。

それぞれの値を $P = I \cdot V$ の式に代入して瞬間的に発生する電力を見積もり比較する。

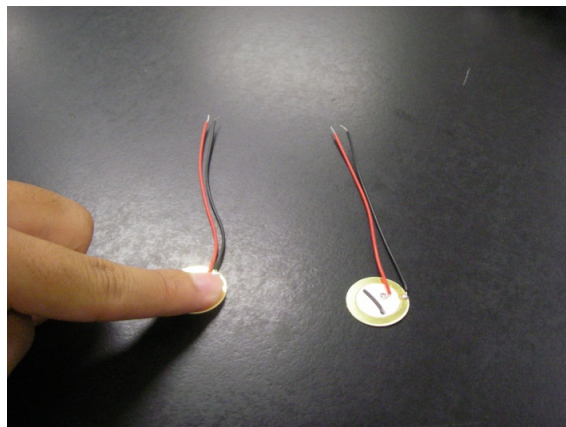


写真1 圧電素子

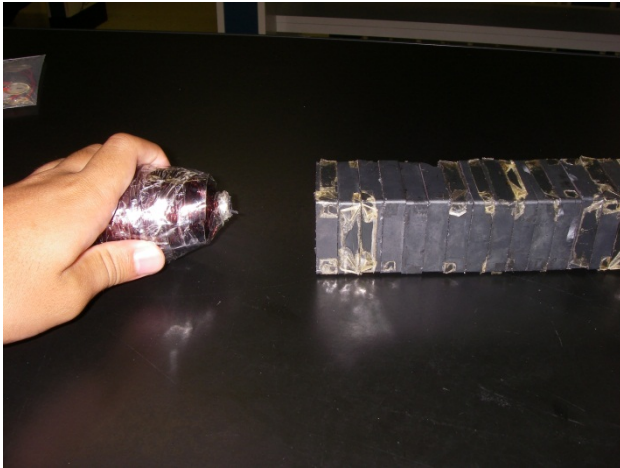


写真2 コイルと磁石（電磁誘導）

< 結果 >

表1 電流計・電圧計による測定値と電力の最大値

	圧電素子	電磁誘導
電流のピーク I [A]	10×10^{-6} [A]	8.0×10^{-5} [A]
電圧のピーク V [V]	4.0 [V]	4.0 [V]
電力の最大値 P [W]	4.0×10^{-5} [W]	3.2×10^{-4} [W]

表1の電力の最大値を比較すると電力については、瞬間的に発生する電力は電磁誘導の方が圧電素子よりも大きい傾向が見られた。

実験2 .

< 目的 >

オシロスコープの波形から区分求積法を用いて発生するトータルの電気エネルギーを見積もる。

< 器具 >

圧電素子, 自作コイル (2000回巻), 磁石, オシロスコープ, 定規

< 実験方法 >

電磁誘導については, コイルを水平にして, 磁石に素早く近づけて離すという操作を行った (写真2)。ほぼ同じ力になるよう, これを10回行った。本文中の測定データはすべて, この10回分を平均したものである。

オシロスコープを用いて, 圧電素子, 電磁誘導それぞれの電圧の波形を記録する。

(1) 単純な電気エネルギーの見積もり

実験1で見積もった電力に, 実験2で測定した時間の幅 (写真3, 写真4の矢印) をかけることによって単純な電気エネルギーを見積もった。

(2) 区分求積法による見積もり

より正確な電気エネルギーを見積もるために, 区分求積法を用いた。

オシロスコープの波形を写真に撮り, 表計算ソフトウェアを使って区分求積法により電気エネルギーを求めた。根拠となる式は次のとおりである。

$$Q = 1/R \int_0^t V^2 dt$$

なお, 抵抗 R は実験1で得られた電圧 V , 電流 I のピークの値を用いて次の式で求めた。

$$R = V/I$$

< 結果 >

表2 単純な電気エネルギーの見積もり

	圧電素子 (時間は.10[s])	電磁誘導 (時間は0.020[s])
実験1の電圧を用いた単純な見積り	4.0×10^{-6} [J]	6.4×10^{-6} [J]

表3 実験1から求めた抵抗値

	圧電素子	電磁誘導
抵抗 R	4.0×10^2 [k Ω]	2.0×10^2 [k Ω]

表4 区分求積法による電気エネルギー

	圧電素子	電磁誘導
区分求積法による電気エネルギー	1.3×10^{-6} [J]	4.3×10^{-7} [J]

< 考察 >

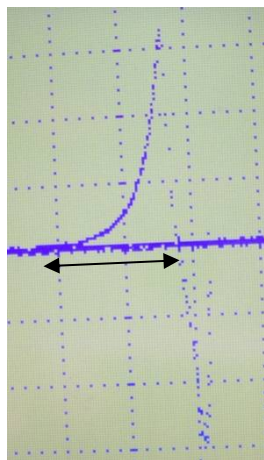


写真3 圧電素子 (オシロスコープ)
縦軸 (電圧) の1目盛りは2.0[V]
横軸 (時間) の1目盛りは0.050[s]

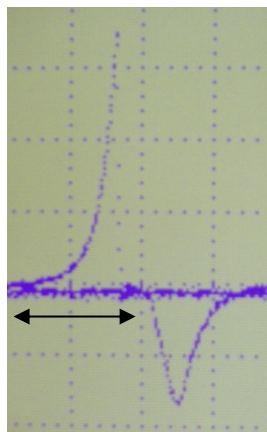


写真4 電磁誘導 (オシロスコープ)
縦軸 (電圧) の1目盛りは2.0[V]
横軸 (時間) の1目盛りは0.010[s]

写真3, 写真4は縦軸が正の波だけを考えた。写真3の時間の幅は0.10[s]で, 写真4の時間の幅は0.020[s]であった。また, 写真3のピーク時の電圧(縦軸)は6.7[V]で, 写真4のピーク時の電圧(縦軸)は6.9[V]であった。

表2と表4より, 区分求積法で求めた圧電素子の電気エネルギーは単純な見積りのおよそ1/3であった。一方区分求積法で求めた電磁誘導の電気エネルギーは単純な見積りのおよそ1/10であった。

3. 結論

1ストロークによって瞬間的に発生する電力については, 電磁誘導の方が大きいという傾向が見られた。一方, トータルで発生する電気エネルギーについては, 圧電素子の方が大きいという傾向があることが明らかになった。

圧電素子を10個並列に並べたとすると, 本文の10倍の電気エネルギーが得られることより, 1ストロークによる発電においては, 圧電素子の方が電磁誘導に比べて圧倒的に

効率が良いと考えられる。

足踏みの動きを電気エネルギーに変換するには, 電磁誘導よりも圧電素子の方が効率よく電気エネルギーに変換できることが分かった。

今後は, ビルの床に圧電素子を敷き詰めることによって, 節電が可能になるのではないだろうか。

* 謝辞

貴重なご指摘やアドバイスを下さった仲達修一先生ありがとうございました。

文 献

- 1) 石山たいら, 大上丈彦「マンガでわかる微分積分」(2011) ソフトバンク クリエイティブ株式会社
- 2) TDK テクマガ編集部「電気と磁気の不思議な世界」(2008) ソフトバンク クリエイティブ株式会社