

電気二重層キャパシタに充電するための 手回し発電装置の開発

岡野内 悟* 角 弘幸**

Development of a Dynamoelectric Device which Charges Electricity
to an Electric Double Layer Capacitor with Rotating a Handle

Satoru OKANOUCI and Hiroyuki SUMI

Abstract

We develop a dynamoelectric device which charges electricity to an electric double layer capacitor with rotating a handle by a human power. The structure of this device is as follows. Attached an arm of a handle to the output axis of a geared-motor, electricity occurs with rotating the handle. Electricity that occurred is stored to an electric double layer capacitor through a diode to prevent inverse currents. Handle is rotated with 1 time of pace in a second, and current flows 2 amperes on the average, this device can accumulate electricity from 0.5 volts to 2.5 volts in 100 seconds to a capacitor of 100 farads. It is possible to move a small size motor for a model more than 2 minutes with this electricity quantity. By using this device, importance of electricity energy can be caused experienced.

Key words: Electric double layer capacitor, Power generation by human power, Robot contest

1. はじめに

近年、電気二重層キャパシタと呼ばれる、従来のキャパシタ（コンデンサともいう）とは違った大容量の蓄電素子が注目されている。現在の電気二重層キャパシタは電池と比較して蓄電できる電気量が少なく高価であるという問題点はあるが、構造が簡単で充放電時の制約が少なく半永久的に使えるという特長を生かし、様々な分野での利用が期待されている¹⁾。我々も電気二重層キャパシタを乾電池の代わりに模型用ギヤボックスを動かす電源に使用することを想定し、電気二重層キャパシタの充放電の特性を調べたり関連装置の開発を行ったりしている^{2) 3) 4)}。

今回は商用電源やバッテリーなどの電源を一切使わず人間が手でハンドルを回して発電し、発生した電気を電気二重層キャパシタに蓄える装置の開発を行う。この装置を使うことにより、学生が自分の製作したロボットなどを自分が発電した電力を使って動かすことが可能となり、日常は何

気なく使っている乾電池の能力の高さや電気エネルギーの重要性を身を持って体験させ、エネルギーの大切さを意識させる教材としての利用も考えている。

2. 開発の方針と手回し発電装置の構成

2.1 開発の方針

本研究の目的は、中学生以上の普通の人が無理なくハンドルを回して発電し、実用に耐えうる電気を電気二重層キャパシタに蓄えることが可能な装置を開発することである。また、安価で入手しやすい部品や材料を使用し、手軽に製作することを前提とする。そのため、次のような方針に従って設計を行う。

(1) 安価で扱いやすいブラシ付き直流サーボモータの回転軸を回転することで発電する。

(2) 手でハンドルを回転する速度とサーボモータの回転速度の比を容易に変更できるように、サー

ボモータにギヤヘッドを取り付けたギヤ付モータを用いる。

(3)ギヤ付モータの出力軸にハンドル(アーム)を取り付け、手で回転して発電する。

(4)回転させるハンドルの回転半径は普通の人が回しやすいように 20 [cm] 以下とする。

(5)発電の際、普通の人が容易に実現できるハンドルの回転速度を 1 秒間に 1 回転程度と考える。よって、ハンドルの回転速度は約 60 [rpm] とする。

(6)発電時にハンドルを回転させるために加える力はハンドルを回し続ける時間や個人の筋力にもよるが、およそ 5.0 [N] 以下とする。

(7)回転の持続時間は、2 分以内とする。

(8)使用する電気二重層キャパシタはエルナー社の DZ2R50107 を使用することを想定し、静電容量は 100[F]、電圧は 2.5[V] で充電完了とする。

以上の方針を実現できるかどうかを検討するため、ギヤ付モータを回転した場合に生ずる電圧を実際に測定する。

2. 2 手回し発電で生ずる電圧

発電に使用するギヤ付モータは、日本サーボ株式会社のブラシ付直流サーボモータにギヤヘッドを取り付けた DME44 シリーズ 6DG タイプを使用する⁵⁾。モータの定格は 12[V]1.3[A]で、ギヤの減速比は 5 から 1800 まで幅広く選べる。発電の際にギヤヘッドを約 60 [rpm] で回転させるため、カタログ上での定格回転速度がこれに近い 72 [rpm] のギヤ比 50 のギヤヘッドを用いる。なお、モータ回転速度はハンドル回転速度のギヤ比倍となる。

測定はギヤ付モータ DME44S6HPA&6DG50 の出力軸に長さ 20[cm]のハンドル(アーム)を取り付け、これを 60[rpm] (1 秒間に 1 回転)程度で回し、モータの電極を開放した状態(何も接続していない状態)の電圧を測定する。写真 1 は、測定に使用したギヤ付モータ DME44S6HPA&6DG50 である。

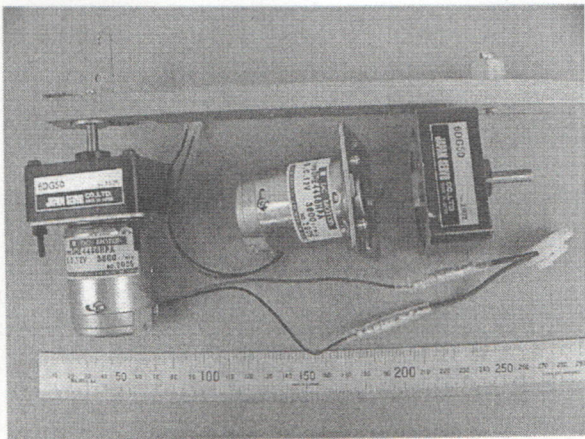


写真 1 ギヤ付モータ DME44S6HPA&6DG50

写真中央がギヤ付モータのモータ部分、右の黒い塊がギヤヘッドである。これを組み立てたものが写真の左側のギヤ付モータで、上部の横長の棒が出力軸にとりつけたハンドル(アーム)である。

このギヤ付モータに生ずる電圧の変化を図 1 に示す。

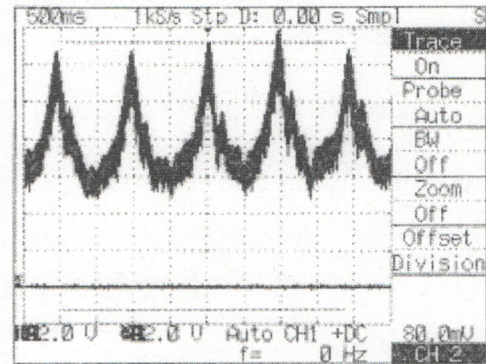


図 1 発生電圧の変化 (ギヤ比 50)

横軸が測定時間で 2 目盛当たり 1 秒、縦軸がハンドルを回転することで生ずる電圧で 1 目盛当たり 2.0[V]ある。電圧は大きく変化しているが発生電圧の極性(正負)は変化せず、常に +5[V]程度の電圧は維持している。変化をおおまかに見ると、発生電圧は 1 秒間に 1 回の割合で 5[V]から 13[V]の間を周期的に変化している。これは、直流モータでは誘導電圧がモータの回転速度に比例することから、ハンドルが 1 回転する間の回転速度の変動が現れたものと考えられる。実際にハンドルを 1 回転するとき、アームの位置(角度)により回転速度が変化しているのを実感できる。アームを押して引き寄せるときは回転がスムーズで速く、手前に引き寄せてから押し出すまでの間はギクシャクして回転が少し遅くなる。また、生ずる電圧は最低でも 5[V]を維持しているため、想定している電気二重層キャパシタ 2.5[V]までの充電には適当である。

次に、参考のためギヤヘッドをギヤ比 30 のものと交換し、同様の測定を行った。結果を図 2 に示す。図 1 と同様に、発生電圧の変化からおおよそ 1 秒間に 1 回の割合でハンドルを回転しているのがわかる。ギヤヘッドのギヤ比を小さくした分、同じ速度でハンドルを回してもサーボモータの回転速度は遅くなる。そのため、発生する電圧は全体的に低くなり、最低 4 [V] になっている。

一方、ハンドルを回すのに必要な力はギヤ比 50 のときに比べ、ギヤ比 30 の方が小さく、楽にハンドルを回せる。この測定ではモータの両端の電極を開放し、充電を行わない電氣的に負荷のない状態であるが、実際に充電を行う際は電氣的な負荷

がかり、ハンドルを回すときの力は増加する。そのため、ハンドルの回転速度を変えたり、必要によりアームの長さやギヤヘッドのギヤ比を変えたりすることで回す力の大きさを調整する。

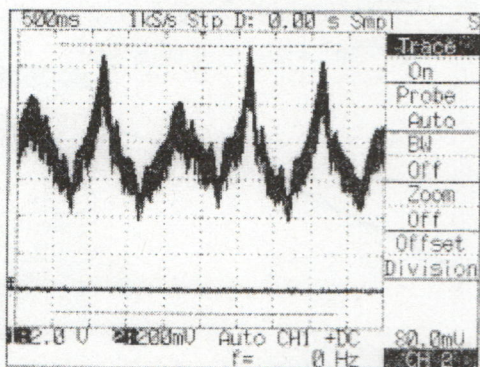


図2 発生電圧の変化 (ギヤ比 30)

2. 3 手回し発電装置の構成

先の発生電圧の測定結果をもとに、考案した手回し発電装置の構成を図3に示す。

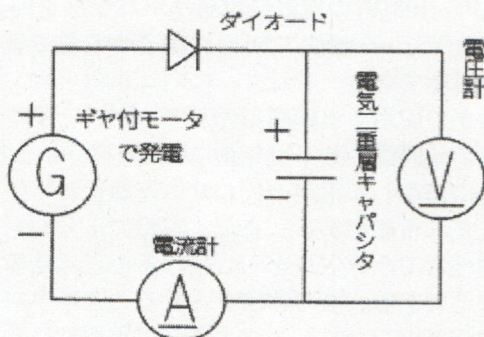


図3 手回し発電装置の構成

ギヤ付モータの出力軸をハンドルで回して発電し、電気二重層キャパシタに充電する。この際、ハンドルの回転方向を間違えない限り、キャパシタの正極には正の電圧、負極には負の電圧がかかるため充電できる。しかしながら、ハンドルを逆回転したり、キャパシタに電気の溜まった状態でハンドル回転をやめたりすると電流が逆方向に流れることになる。そのため、ダイオードを入れて電気の逆流を防止する。なお、ダイオードを入れるとわずかながら電圧の降下と抵抗による損失がある。今回はダイオード1個を用いたが、ダイオード4個を使ってダイオードブリッジを組み、発生する電圧の極性が変化した場合でも充電できるように構成することも可能である。この際、ダイオード2個分の損失となる。

電流計は充電が適切に行われているかを判断する目安となる。充電の際には、充電電流を一定に保つようにハンドルの回転速度を加減する。こ

の電流の時間積分が電気二重層キャパシタに蓄えられた電気量となる。

電圧計は充電完了の目安に使う。充電電圧が適当な目標電圧 (2.0[V]から2.5[V]) に達すると充電完了とする。

3. 手回し発電装置の製作と充電結果

3. 1 手回し発電装置の製作

製作した手回し発電装置の発電部分を写真2に示す。発電装置の枠の部分は12 [mm] 角の木材と鉄製の金具を使って製作した。

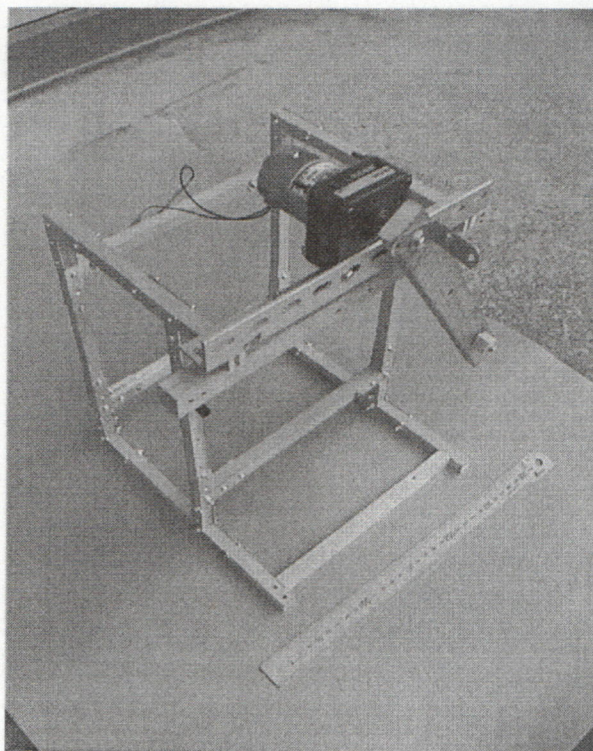


写真2 製作した手回し発電装置

充電する際の発電装置の構成が写真3である。

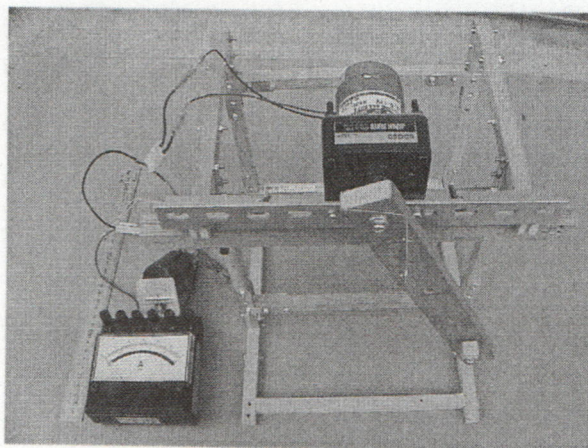


写真3 充電する際の発電装置の構成

写真右が手回し発電装置の発電部分で、左下の四角い黒い塊が電流計である。電流計の上部に電圧計のついた電気二重層キャパシタが見える。

3. 2 充電結果と検討

製作した手回し発電装置の性能を確かめるため、何度も電気二重層キャパシタへの充電実験を行った。その結果、充電電流は2[A]を目安にハンドルを回転するのが妥当であると考えられる。この際にハンドルに加える力は約4.5 [N] で、電気二重層キャパシタの電圧が0 [V] から2.5 [V]までの充電時間も約2分間(計算上は100秒間)であり、開発の方針を満足する。しかし、実際の競技などで2分間も連続してハンドルを回転し続けるのは、苦痛である。そのため、現実的な方法として、模型用モータが比較的良く回転する約1 [V] から2[V]までの電圧1[V]の増加分を充電することを想定する。充電電流2[A]を目安にハンドルを回転したときの充電電圧の変化を図4に示す。

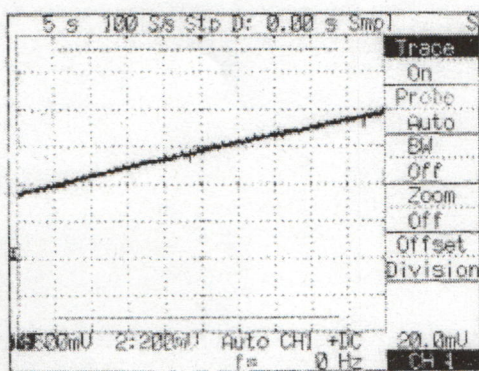


図4 充電電圧の変化 (50秒間で1.0 [V] 増加)

横軸は測定時間で1目盛当たり5[秒]、縦軸は充電電圧で1目盛当たり0.5 [V] である。

初期電圧は約0.9[V]から充電が進み、50秒間で約2[V]に達している。実際にはハンドルを数回転する間、0.5 [A] 程度の電流変動があるものの平均的には2[A]を目安にハンドルを回転した。電流がほぼ一定で、電圧の変化も1.0 [V] とあまりないため、充電電圧はほぼ直線的に上昇している。

次に、100秒間で2.0 [V] の増加分を充電した結果を図5に示す。横軸は測定時間で1目盛当たり10[秒]、縦軸は充電電圧で1目盛当たり0.5[V] である。電気二重層キャパシタの初期電圧は0.3 [V] で充電電流2[A]を目安にハンドルを回転すると、100秒間で2.3[V]まで充電できた。図4と比較して、時間とともに充電電圧の上昇が少しずつ鈍っている。これは、ハンドルを手で回転する時間が長くなると電流2[A]のペースを保つこと

が難しくなり、充電の方式が2[A]の定電流充電から発電の際に生ずる約5.0[V]の一定電圧による定電圧充電の方式に近づいたためと考える。よって、このカーブは定電圧充電の際の充電曲線の一部となって現れたものと考えられる。

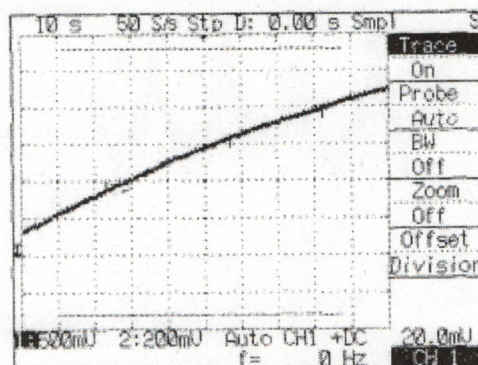


図5 充電電圧の変化 (100秒間で2.0 [V] 増加)

4. おわりに

今回の開発した手回し発電装置を使用することにより、100[F]の電気二重層キャパシタを約50秒間で1[V]、100秒間で2[V]に相当する電気量の充電が可能である。これは、校内ロボットコンテストなどで使用する模型用ギヤボックス1個を1分から2分間動かせる電気量に相当する。よって、試合毎に充電して電池の代わりに電源として使用することは可能である。また、実際に1分間も一定のペースでハンドルを回し続けることは結構大変なことである。この体験をさせることで単にものを作るだけでなく、エネルギーの重要性についても意識させたいと考えている。

参考文献

- 岡村 勉夫：電気二重層キャパシタと蓄電システム第2版(2001)、日刊工業新聞社
- 砂田 亮介：電気二重層キャパシタを用いた小型蓄電装置の試作、平成13年度卒業論文
- 豊饒 光成、吉岡 賛：電気二重層キャパシタを電源とする模型製作のための基礎研究、平成14年度卒業論文
- 岡野内 悟：電気二重層キャパシタのための急速充電器の開発、大島商船高等専門学校紀要、第36号、pp27～pp31、(2003)
- 2004 MOTOR GENERAL CATALOGUE、B-24 (2004)、日本サーボ株式会社