

自転車の発電器を転用した 自力・自家発電装置の構築 - その2

- 風力発電機の製作 -

金野茂男、武田智行

1. 初めに

先に、普通の自転車の発電器に変更を加え、低速回転でも十分な発電量が得られる発電器としたことを報告している⁽¹⁾。同型のものを幾つか製作しているが、その1つの概観を写真1で示している。示している改変発電器では、タイヤに当たる回転部分に平板を取り付け、指などで回転できるようにしている。首部分には、平滑回路、充電素子、LED、スイッチが配置された襟巻き状基板がはまっている。平板を2秒で1回転しても、所謂ゆっくりと回転しても、結構LEDは明るく点灯する。当然、早く回転すれば、より明るくLEDは点灯する。充電用に、1Fの電気2重層コンデンサを使用している。コンデンサが充電していない初期時、数分以上努力して充電を行えば、つまり平板を回し続ければ、後は、手を休めていても、LEDは明るく点灯し続ける。



写真1 改変発電器

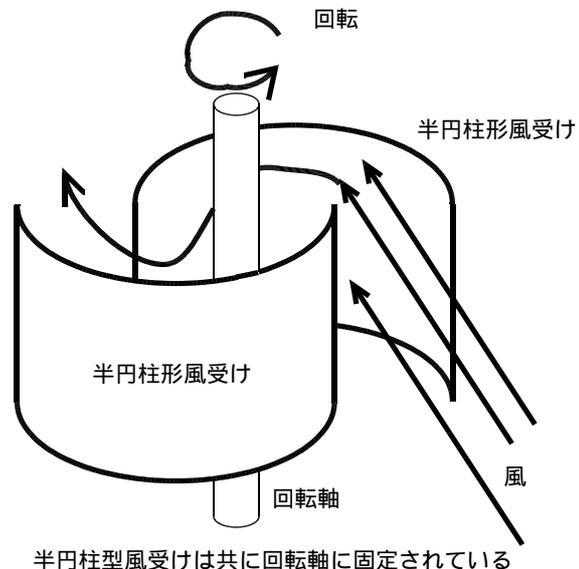


図1 サボニウス型風車

この改変発電器を用いて、どのような発電システムを構築するかを考えていた。人体に取り付けることも考えているが、当面1つの案として風力発電システムを考えた。どのような形式の風力発電装置にするか、プロペラ型か、風車型か？ プロペラ型が一番効率がありそうであるが、プロペラの形状の仕上げに困難と苦勞を伴いそうである。またプロペラの回転軸は水平軸となっており、それに直接に改変発電器を取り付けるのは簡単であるが、そうすれば、発電された電気を外に取り出す方法で苦勞をしそうである。組み合わせギアを用いればよいのかもしれない。風車型は風受け部分のピッチなどにそれほど気苦勞をする必要が無いが、効率は下がるであろうし、発電された電気の取り出し方法では、プロペラ型と同じような苦勞が残っている。その他に、これらの方式では、支柱などの強度も気にしながら製作しなければならないであろう。等々と考えているうちに、とあるURL⁽²⁾で、効率はそれほどではないようであるが、個人の制作においては、極めて合理的と思われる方法での風力発電装置が公開されていた。

バケツを中心軸から真二つに切断し、回転軸の周りにそれらを少しずらして配置すれば、全方向からの風に対して、常に一定の方向に回転するという「サボニウス型」風車である。風車の回転軸は垂

直軸となっており、発電機の取り付けには結構な方式である。図1に、サボニウス型風車の概略図を示している。参考文献(2)の説明を幾分か引用する。サボニウス風車は、風速計に使用されているロビンソン風速計(風受けが半球形状をしている)の改良型であり、2つのバケット(半円柱型風受け)の間を通り抜ける風も利用して効率を高めたものである。プロペラ型風車よりは効率が劣るが、僅かの風でも回転を始めるといった特徴がある。

著者からすれば、サボニウス型風車は、回転軸が垂直軸である事、風受け部分の構造が単純であり、容易に製作できる事、に魅力を感じた。自作改変発電器を、この風車に取り付けることにした。以下で製作過程などについて説明をする。

2. 製作過程

制作においては、極力費用をかけないことにした。費用があまりかかりすぎるとは、手作りの意義が半減しよう。電力会社から電力を、電器メーカから電池を購入した方が安ければ、何も手作りする必要も無い、とも言えよう。

発電装置全体の固定用架台として、L字キトーアングルを使用することにした。学校の廃品置き場などから調達したものであり、入手費用は無料であった。拾ったものに長さを合わせたので、架台の大きさは、高さ約200cm×縦約80cm×横約80cmとなった。写真2。



写真2 装置の架台



写真3 回転支持板の取り付け

架台の上面と中段に、自転車の車輪をベニヤ板に固定した回転支持板を取り付ける。写真3。車輪からは、タイヤとチューブは不要なので取り外している。本校では年度替わりには、卒業生が放棄していく自転車の台数は少なくはない。車輪はこれらから頂いたものである。無料。

風車部は2枚の回転支持板の間に取り付けることになる。風車部はサボニウス型とする。前試験で

は、廃品置き場にあった合成樹脂製のゴミ箱を真二つに切断して作成し、回転特性を視認した。参考文献(2)で述べられているように、一応、弱い風でも滑らかに回転することがわかった。が、この「弱い風」とはどの程度のことを指すのか、なかなか難しいようである。また、この風力発電装置の制作において、今まで全く気にとめてもいなかったことだが、栃木県の小山市は、無風状態の日が多いのではなかろうかと言うことである。関東平野の北側のど真ん中に位置している。隣の群馬県は、空っ風で有名であるが。待てども待てども、殆ど風が吹かないのである(10月下旬であるが)。おぼろげな記憶では、小山も冬には結構風が吹くように思っているのであるが。風車が回転するのかわしていないのか、風車に張り付いて24時間監視しているわけにはいかない。回転数の自動測定装置を用いて、常時観測ができるようにすることにした。これについては後述しよう。

半円柱型風受け部に、前試験で使用したゴミバケツでは小さすぎる。他の材料を思案した。架台の水平面の大きさが80cm×80cmなので、その程度までの大きさの円柱パイプを思案した。土管を思いついた。昔は土管と言えば、コンクリート製土管であったが、近年は合成樹脂製の土管が良く使用されているようである。道路の排水工事などの終わった後ならば、転がっているのではないかと考えたが、目にしたものは、直径は良かったのであるが、長さが30cm余りと、短かった。それはそうだ、長ければ、他の所で使用できるから、持ち帰るであろう。捨てるわけがない。廃品で作れば、それに越したことはないのだが、本作品を展示発表しようとしている学園祭の期日が近づいてきている。他の材料を見つけなければならない。何軒かのホームセンターをはしごして、幅が半間、長さが1間、厚さが3mmほどの合成樹脂製板を見つけた。商品名は「Pボード」であったと思う。これを2枚購入し(費用は千円程度)、必要な長さに切り出し、風受け部とした。この風受け部を固定するために、円形の上板と下板の間に太さ約9mm、長さ約120cmの軟鉄製ボルトを6本使用した。これにより、円形上板と円形下板はしっかりと固定された。2枚の円板の間に、曲げたPボードを挟み入れた。図2に、本装置のサボニウス風車部の概略図面を示している。写真4に、出来上がった枠組みを示している。この後、ボルトの間に、Pボードを取り付けた。

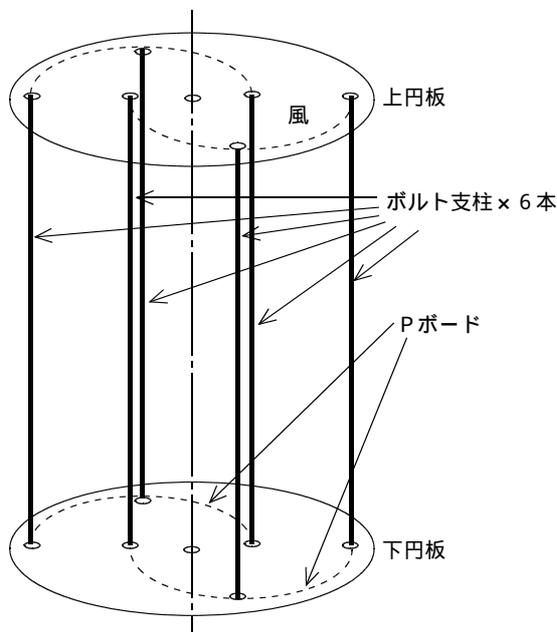


図2 サボニウス風車部の概略図面



写真4 サボニウス風車の枠

6本のボルトは200cm長のもを購入（費用2千円前後か）している。他のものでも代用できよう。角材、竹、園芸用の棒、樹脂製棒等々。展示日が近づいてきているので、Pボードと同じく購入することにした。樹脂製土管が一番良さそうであるが、支えと風受けを兼ねてもらえるからである。長いボルトなども不用となろう。費用は限りなく無料に近づく。

軟鉄製支柱ボルトとPボードの間の接続には、屋内で、壁に電線を固定する際に使用される固定クリップを用いている。このクリップの使用により、しっかりとPボードを支柱ボルトに固定することができた。このクリップは購入したが、代用品は幾らでもありそうである。写真5に、Pボードとボルトの間の固定の様子を示している。1枚のPボードの固定に、両端に各1本のボルトを使用している。Pボードの半円柱形上を維持させるために、もう1本のボルトを使用している。これにはクリップは使用していない。順風がPボードに当たれば、その形状は維持され続けよう。逆風が吹き込んだ時、Pボードが凹むかもしれない。これを避けるためである。その他に、風受け部の略図からわかるように、Pボードの取り付けに、合計4本のボルトを使用しても、これらはほぼ1本の直径に沿って配置されることになる。これでは、構造的に、風受け部の強度が稼げない。2本を追加することにより、風受け部の強度を保証することにもなっている。



写真5 Pボードの固定部分の様子



写真6 改変発電機のサボニウス風車部への取り付け

下の回転支持板の下部に、改変発電機を取り付ける。写真6。発電機の固定には、発電機自身についている自転車の前輪フレームに取り付けるための金具をそのまま用いる。が、キトーアングルの既製穴位置での固定では、なかなか良い取り付け位置が見つからない。この事情は試せば直ぐわかる。シャコマンを利用して、好位置に改変発電機が取り付けられるようにしている。車輪の回転軸（直径8mm 雌ねじ）と改変発電機の回転軸（直径5mm 雌ねじ）との間の接続には、真空用ゴムホースを用いている。このゴムホースは結構肉厚があるうえに、比較的伸縮及び曲がり易い。ということは少しぐらいの軸のズレは問題とならないということでもある。違径の金属パイプなどの接続素子を使用するならば、軸あわせが大変であろうが。両回転軸にゴムホースを差し込み、家庭用ガスホースなどの固定用円形クランプで締め付けている。なを、真空用ゴムホースは著者の研究室にあったから用いただけである。家庭用ガスホースなどでも代用できよう。後は、回路基板を発電機と接続すれば、組み立て完了である。



写真7 完成した風力発電装置



写真8 動作試験中

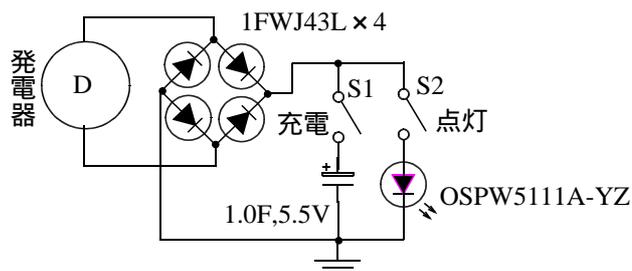


図3 平滑、充電、発光回路

写真7に、一応完成した姿を示している。なかなか風が吹いてくれないので、扇風機の風を当てて動作試験を行っている様子を、写真8に示している。

板材にはベニヤ板を用いている。本装置は室外に置くことになるので、防水処理が必須である。ベニヤ板には防水ペンキを塗って仕上げた。

平滑、充電、発光回路は参考文献(1)で紹介している回路そのままである。回路図を図3に再掲する。実物は写真7, 8で見れる。架台の右側中央部分に固定している。

3. 特性試験のための下準備

学園祭に間に合って完成した。装置は風がなければ、手で回すと、LEDは点灯する。学園祭中も殆ど風は吹かなかった。仕方がないので、写真8のように、扇風機で風を送って、風力発電装置の展示とした。

装置の定常的な特性試験を行いたい、が、なかなか風が吹いてくれない。装置を屋上に設置し、24時間体制で風車の回転をモニターすることにした。そのために、回転数自動計測装置を製作した。適当な回転数カウンタがあれば、それを用いても良いであろうが、通常回転数カウンタは積算型である。計測時間間隔の設定機能はない。パルスカウンタや周波数カウンタが使えるそうであるが、これらの機器ではサンプリング時間は長くても1秒である。本装置のために、数分以上の計測時間間隔の設定ができる回転数カウンタを自作し、計測装置を作ることにした。図4に計測装置のブロック図を、図5に電子回路図を示す。

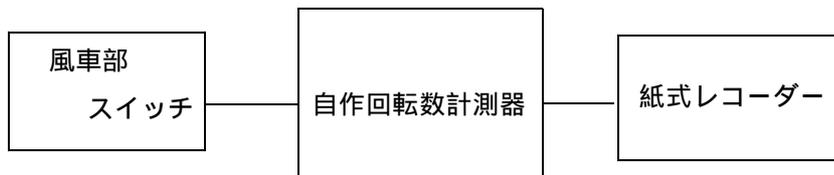


図4 計測装置のブロック図

ワンチップマイコンPICの外部クロック割り込み機能を利用し、長時間タイマーの機能を持たせた。計測時間間隔はロータリスイッチで選択する。対応表を、表1に示している。風車部の下部の円板の端の1点に、長ネジを取り付け固定した。このネジは風車が1回転する毎に、アーム型開閉スイッチのアームを押す。この開閉スイッチ(今のところスイッチ1だけを使用)の状態をPIC側でモニターし、設定された定時間にわたってスイッチの開閉回数を計数加算する。得られた計数値の8ビット数値(255~0)はR-2R方式のD/A変換により、電源電圧(一応+5V)と0Vの間の電圧値に変換する。この電圧値を、ペン方式紙式記録計で記録する。

計測時間間隔の設定にもよるが、回転数値が255以上になると事は当然ある。その場合には、アセンブラプログラム中でオーバーフローを起こす。これを避けるために、プログラム中で、回転数値の最大値は255で押さえている。

インターバル・パルス・アウトの出力は、ロータリスイッチで選択した定時間毎に0V 電源電圧(多分5V近い値) 或いはその逆の電圧が出力される。2ペンレコーダならば、残りの端子に、この出力電圧を入れることにより、計測時間間隔を明瞭に視認することができよう。表2に、PICに書き込んだアセンブラプログラムの流れ図を示す。

図5の回路図を基板に作り上げる時、予想もしない不調動作を味わった。これ解決するために、結構時間を食われた。発振専用IC555の動作による不調である。555からのパルスPICに入力させると異常動作を起こす。寄生高周波発振のようである。が、今のところ、原因は正確にはわからない。回路図に示しているように、555の電源端子付近に100μFの電解コンデンサを付加したら、異常動作することはなくなった。素子などの相互位置関係によって、異常動作したり、正常動作するのかもしれない。

4. 特性試験の結果

4階建ての屋上で、24時間体制の無人動作試験を行った。11月9日から11日にかけての結果、やはり無風状態が長いようであるが、時折、結構回転しているというデータが得られた。なを、この間は昼は、目視及び体感では殆ど無風のものであった。今後、より長期間の試験運転を行うことを考えている。

装置全体は安定して動作している。長期間の使用が可能であろう。今後、この装置の架台を使用しながら、変種を製作していくかもしれない。

5. 終わりに

終わりに当たって思いつくことを書き下す。

(1) 本装置は廃品などの再利用、手持ちの寝ている材料の利用により、極力お金をかけないこと、即ち製作原価が0円をめざしていた。しかし、展示予定の学園祭が間近に迫っていた。風受け用にPボード、支柱に長いボルト、Pボードの固定にクリップ、などを購入してしまった。本文にも書いているが、これらは他のもので十分に代用できよう。そうすれば、製作原価は限りなく0円となる。

(2) 本装置では、風受け部の形状の大きさに比較すると、取り付けしている発電器が小さすぎている感がある。サボニウス風車の風受け部の形状は、本装置の形状より、幅は狭く、高さが長い方が良さそうである。そうすれば、同じ風速でも、本装置の場合より回転数が大きくなる。ということは、発電器の回転数が上がるので発電電力が稼げると言うことである。

(3) 本装置の上面の支持板に取り付けている車輪軸に、下に取り付けているように、別の発電器を付加することができる。そうすれば、発電器2台の仕様となる。

(4) 近年、自転車の車輪のハブ部分に発電器が納まった形式の自転車が出回っている。参考文献(2)では、このハブ型発電器を使用した風力発電装置を紹介している。本装置の少しの変更で、このハブ式発電器を用いることに何らの障害もないであろう。むしろ、製作がより簡単になる。上下に2個のハブ式発電器を設置することもできよう。但し、ハブ式自転車はまだ数が少ないようである。

(5) 写真7, 8からわかるが、発電器の大きさに比して、風車部は結構大きい。特に気にかけて大きくしたわけではない。装置の枠としたキトーアングルの長さをそのまま用いたら、写真の大きさの枠となった。ならば、風車もそれに対応した大きさにしようと言うことである。大きければ、当然回転力が大きくなるので、大きいことに越したことはないであろうと考えた。

が、風車の大小について考えると、大きければ、回転力は強いが、回転速度は遅くなる。逆に、小さければ、回転力は弱い、回転速度は速くなる。本装置で使用している改変発電器で発電をするならば、風車の直径の大きさはもっと瘦せた方が良さそうである。高さは、そのままでも良いであろう。高さは高いほど、当然ながら良く風を受けてくれるからである。風車の直径を今の直径の半分以下にした風車部の製作を考えている。その際には、風車部を同形状の風車2段とし、90°位相をずらした形に仕上げようと考えている。1段のサボニウス型風車では、風車が停止している時、真横から風が吹いては、風車は回転しない。このことは図1から見てとれよう。実際製作した本装置ではこのことが良くある。そのような場合には、風車を少し変移させれば、しっかりとした連続回転をするようになる。風車を2段重ねとすれば、この欠点が回避されよう。

(6) 回転支持板に、自転車の車輪を固定し、ハブ部分の回転軸を応用している。車輪は普通自転車のものである。この部分は、冗談に大きすぎる感がある。子供用の三輪車の車輪で十分ではなからうか。

(7) 自転車の前輪を持ち上げて、手で前輪を回転させると、通常は、前輪が滑らかに回転するであろう。滑らかにである。この「滑らかに」という単語も、相対的であろう。車輪のハブ部にはベアリングが納まっており、滑らかに回転できるようになっているが、このベアリングの性能はあまり良くないようである。小さい力で回転力を加えては、車輪は回転しない。結構大きな力を加える必要がある。一端回転すると車輪の慣性モーメントの大きさ故に、「滑らかに」回転しているというわけである。風力発電で、「弱い風」でも風車部が良く回転するようにするためには、今回使用した自転車の車輪以外に、より小さい力で回転。即ち、性能の良いベアリングを用いている回転軸があるものが良

さそうである。

(8) 自転車の車輪を用いたのは、ハブ部分の回転軸を使用したかったためである。回転軸とその固定部分が組み合わさっているものとして、自転車の車輪を思い出しただけである。他のより性能の良いものを探すのも良いであろう。

参考文献

(1) 「自転車の発電器を転用した自力・自家発電装置の構築 - その 1 」、金野茂男、小山高専電子制御工学科、2008年8月。

(2) 参考先のURL <http://www2.hamajima.co.jp/~elegance/kawamura/jikkenki/savonius/savonius.htm>

2008年11月12日

後日に加筆

11月初めに開催された学園祭に、本装置を展示した。あいにく無風状態が続いたため、仕方なく近くに扇風機を配置し、強制的に風を当てて、展示動作をした。時折適当な風も吹いてはくれていたが。

自転車のハブ部分の回転軸と、発電器の回転軸の間の接続に、厚肉のゴムホースを差し込んで使用していたが、長期間の試験運転中に、このホースが破断してしまった。回転時、常に捻れ力が作用するので、やはり持ちこたえられなかった。この接続部分を、金属材料である真鍮の六角棒に変更した。六角棒の中心に、両端から必要な直径の穴を開け、ハブの回転軸と発電器の回転軸を差し込み、側面からネジ止めをした。写真9にその様子を示している。これにより、発電器はしっかりとハブの回転軸に固定された。また、風車は一方向にしか回転しないので、発電器を特にしっかりと固定する必要も無くなった。つまり、取り付けが容易もなった。真鍮ならば、まさかねじ切れることもあるまい。

冬になれば、木枯らしが吹き荒れるので、それを期待した。12月になり、結構自力回転する時間が長くなって来て喜んでいた。が、強風の元で結構良く回転はしてくれたが、合成樹脂製の風受け板にひび割れが発生しているのを見つけた。支柱ボルトにクリップで取り付けられた部分である(写真5参照)。固定用クリップの数を増やしたが、遂に、突風のせいで完全に風受け板が吹き飛んでしまった。

風受け板をトタン板とすることにした。写真10に、修理後の装置を示している。トタン板を必要な長さ以上に切り出し、固定シロ部分を支柱ボルトに巻き付け、しっかりと折り曲げる事で、トタン板の支柱ボルトへの取り付けは、取り付け用クリップなどを用いなくても、簡単に、しっかりと取り付けることが出来た。最初からトタン板にすれば良かったと思っている。

風が強すぎると、装置全体が動かされることもわかった。そのため、現在、装置は屋上の手すり部分に止めつけている。



写真9 接続部品の変更



写真 1 0 風受け板の変更

この装置の制作において、労力は仕方がないとしても、材料に極力費用をかけないことが重要である。トタン板も何処からか廃品として入手することも出来よう。支柱ボルトも、コンクリート建築用の軟鉄棒を使用することにすれば、工事現場などから、入手出来そうである。