

15. 効率の良い垂直軸型風車の形状の研究Ⅱ

静岡県立焼津中央高等学校 科学部

2年 小原優輝・瀧下友祥 1年 大石竜輝・田川凌大

1 研究の目的

本研究は、昨年度の研究を引き継いだものである。昨年度では垂直軸型風車の中で、受けた風の力をそのまま回転する力に変える抗力型風車について研究した。この抗力型風車と、受けた風によって発生する揚力を利用して回転する揚力型風車との性質の違いを知るために今年度は、揚力型風車について研究することにした。

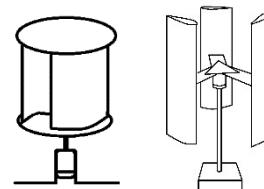


図1：抗力型(左)と揚力型

2 風車の製作

今回研究するにあたって、揚力型の「直線翼型風車」に加え、抗力型と揚力型の両方の特徴を持つシグナスミル(登録商標)を参考にして製作した「シグナスミル型風車」の2種類の型の製作を試みた。羽は厚さ0.3mmのアルミ板を、それ以外の金属パーツは厚さ0.5mmのアルミ板を用いて製作した。接合部の板には市販の低発泡塩ビ板と0.5mmのアルミ板を用意した。

(1) 条件

比較ができるように条件を変えたものを用意することにした。条件は、ア羽の形状 イ枚数 ウ接合部の板の素材の3つを変えた。

ア「羽の形状」

まず、風車が回転するにあたって、形状によって効率が変わってくるのではないかと考えた。よって、比較をするためにいくつか形状を変えたものを製作することにした。

製作するにあたって昨年度の研究の揚力型風車を標準の型(以下0型と表す)として、図2の方法で0型の形状を変えたP型とQ型を製作した。

● P型の形状設定(図2より) … 線分ABより上側を拡張

P型は、0型の形状をなるべく崩さないように大きさを拡張したものにすることにした。0型の左右の頂点を結んだ線分ABの垂線と、羽の周(断面)との交点から5.0mmの場所をとる。これを繰り返して、得られた点を滑らかな線で結んだ。しかし滑らかな線で結ぶ際、0型の形状に近づくため、左右の頂点A,B付近は交点から5.0mm拡張されておらず、線分ABより上側のみを拡張してある。

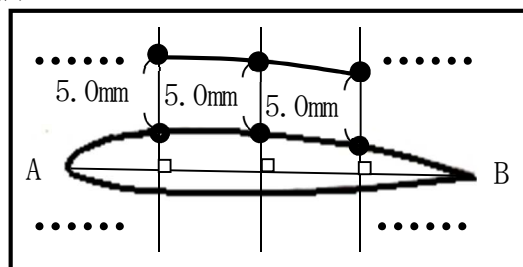


図2：形状の設定(断面図)

● Q型の形状設定(図2より) … 線分ABの上下両側を拡張

Q型はP型の設定とは異なり、0型の羽の周(断面)をなるべく全体的に大きさを拡張したものにすることにした。したがって、P型とは違って0型の形状は最低限の程度のみ意識し、左右の頂点A,B付近もなるべく5.0mm拡張された形状になっている。

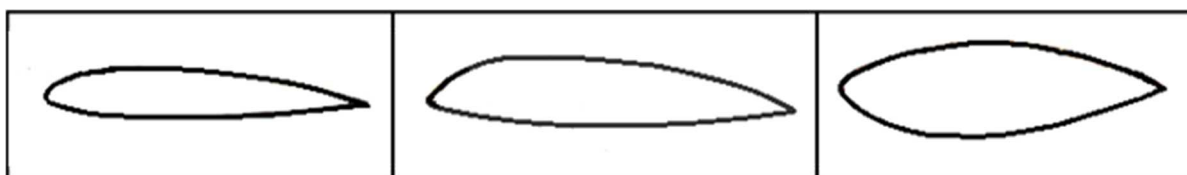


図3：製作した型の形状(左から0型、P型、Q型)

● シグナスミル型の製作(図4より)

シグナスミル型を製作し、直線翼型と比較して回転効率の違いを調べる。製作に至っては、0型、P型、Q型の形状をもとに製作した。図4より羽の周(断面)の左頂点から、巻尺を使い3cmの場所まで(図のX部)を残して、左右の頂点を結んだ線より下の部分(図のY部)を取り除いたものである。

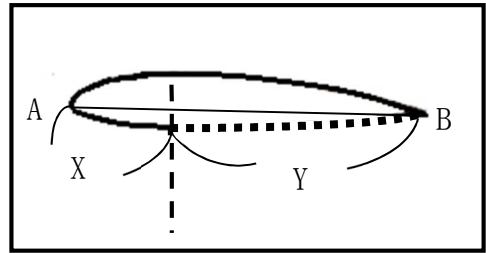


図4：シグナスミル型の設定(図は0型)

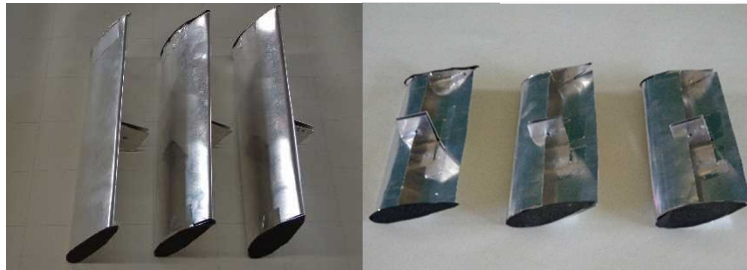


図5：直線翼型(左)と、シグナスミル型(右)の羽(それぞれ左から0型、P型、Q型)

イ「枚数」

羽の枚数を変えると、効率がどのように変わってくるのかを調べる。

図6より、今回は3枚のものとして4枚のものを用いた。なお、羽と羽の間隔を、3枚のものでは約120度で固定し、4枚のものは約90度で固定した。



図6：3枚のもの(左)と、4枚のもの(右) (写真は直線翼型)

ウ「接合部の板の素材」

回転の安定化への効果、接合部の板の素材を変えることによる質量差の回転数への影響を調べるために羽と中心を繋ぐ部分の板(厚さ3.0mm)を図7のように低発泡塩ビ板(以下塩ビ板と表す)を用いたもの、0.5mmのアルミ板を用いたものとを付け替えて実験した。なお、塩ビ板、アルミ板は重ねて、それぞれ3mmの厚さに揃えてあり、大きさも同じである。

以上のア、イ、ウの条件を変えることにより、実際にどうなるのか予想した。

アより、0型を上側だけ拡張したP型は、より揚力が生かされ、Q型は全体的に拡張したので、0、P型とは効率が異なってくると予想した。また、シグナスミル型は揚力に加え抗力も回転に利用するので、直線翼型よりも回転効率が良いのではないかと予想した。

イより、羽の枚数を増やすことにより、4枚のものの方がより風を受け、回転数の伸びが良くなると予想した。

ウより、羽の接合部の板を塩ビ板からアルミ板に変えることにより、板のたゆみが減少し、回転が安定して回転数の向上に繋がるのではないかと予想した。

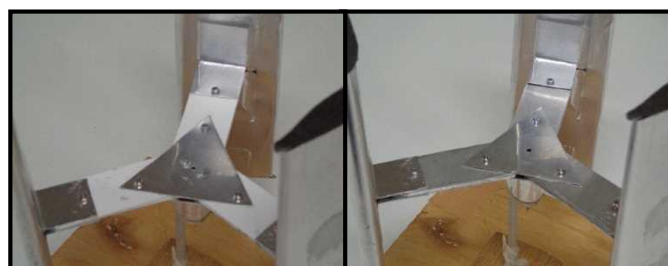


図7：接合部の板の素材 塩ビ板(左)と0.5mmアルミ板(右)

(2) 製作した風車の質量

製作した風車の質量は表1のようになった。

	3枚 塩ビ板	4枚 塩ビ板	3枚 アルミ板	4枚 アルミ板
直線翼 O	135	175	172	231
直線翼 P	139	184	179	240
直線翼 Q	145	192	185	248
シグナスミル型 O	104	141	144	193
シグナスミル型 P	114	152	152	204
シグナスミル型 Q	118	159	158	211

表1：製作した風車の質量(単位はグラム、小数点第1位以下は四捨五)

3 実験方法

揚力型風車の回転性能を調べるために回転数を計測した。直線翼型とシグナスミル型の風車で条件ア、イ、ウを変えて研究するため、羽や接合部を別々に作り、組み替えられるようにした。製作した風車の大きさは縦、横、高さを20cmに統一した。そして計測には昨年度と同様、製作した風洞、回転計デジタルタコメーター、扇風機を使用した。また、風洞の内部には整流効果のある円筒を入れてある。

計測方法は、初めに風速を3.0m/sから6.0m/sまで1.0m/sごとに設定してから風車を風洞の図8の位置(風車の軸が扇風機から138cm)になるように設置する。そして5秒ごとに回転数を記録し、それを10分間繰り返し、1つの型につき計120回分の回転数のデータを取った。

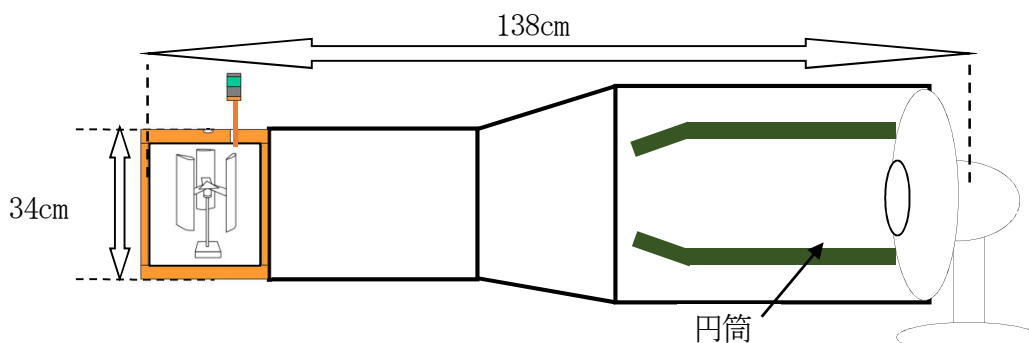


図8：風洞内部

4 実験結果

実験で得た回転数の数値を型、風速ごとに平均を求め、O、P、Q型ごとのグラフを作成し風車の性能を、比較することにした。(図9)

羽根の形状についてはシグナスミル型は直線翼型よりも効率が良くと予想したが、これはQ型の場合のみ言え、O型の接合部の板にアルミ板を用いた3枚直線翼型を例に、他の型では一概に言えないことが分かった。

羽の枚数については全体的には3枚のものが回転数の伸びが良い。よって、予想に反して3枚のものの方が回転数が高い結果となった。

接合部の素材については予想のように接合部の板にアルミ板を用いた方が効率が良くとは一概に言えないことが分かった。

全体的に見て、O型の接合部の板にアルミ板を用いた3枚直線翼型のものが、3m/sを除いて最も回転数が高いと言える。

5 考察

(1) 実験の考察

羽の形状については、O, P, Q 型のうち最も厚い Q 型の回転数が直線翼型では劣っていることから、揚力を利用して回る直線翼型においては、厚くなるほど回転の効率が悪くなる。それに対して揚力と抗力の両方を利用して回るシグナスミル型は厚いほうが回転の効率が良くなると考えられる。

羽の枚数については予想に反して 3 枚のものの方がよく回った型が多かったため、羽の枚数を増やすことにより、風車自体が重くなってしまう問題があることが考えられる。

接合部の板の素材については、Q 型の 4 枚シグナスミル型で接合部の板に塩ビ板を用いたものは、5.0m/s~6.0m/s 間の伸びが悪くなったことから、接合部の板のたゆみが回転に悪影響を及ぼしたのではないかと考えられる。よって予想にあった接合部の板を塩ビ板からアルミ板に変えることで、接合部の板のたゆみが減少するという効果は十分にあると考えられる。しかし塩ビ板を用いた方がよく回ったことから、接合部の板を塩ビ板からアルミ板に変えることにより質量が大きくなりすぎて回転数に悪影響をもたらしているという問題もあると考えられる。

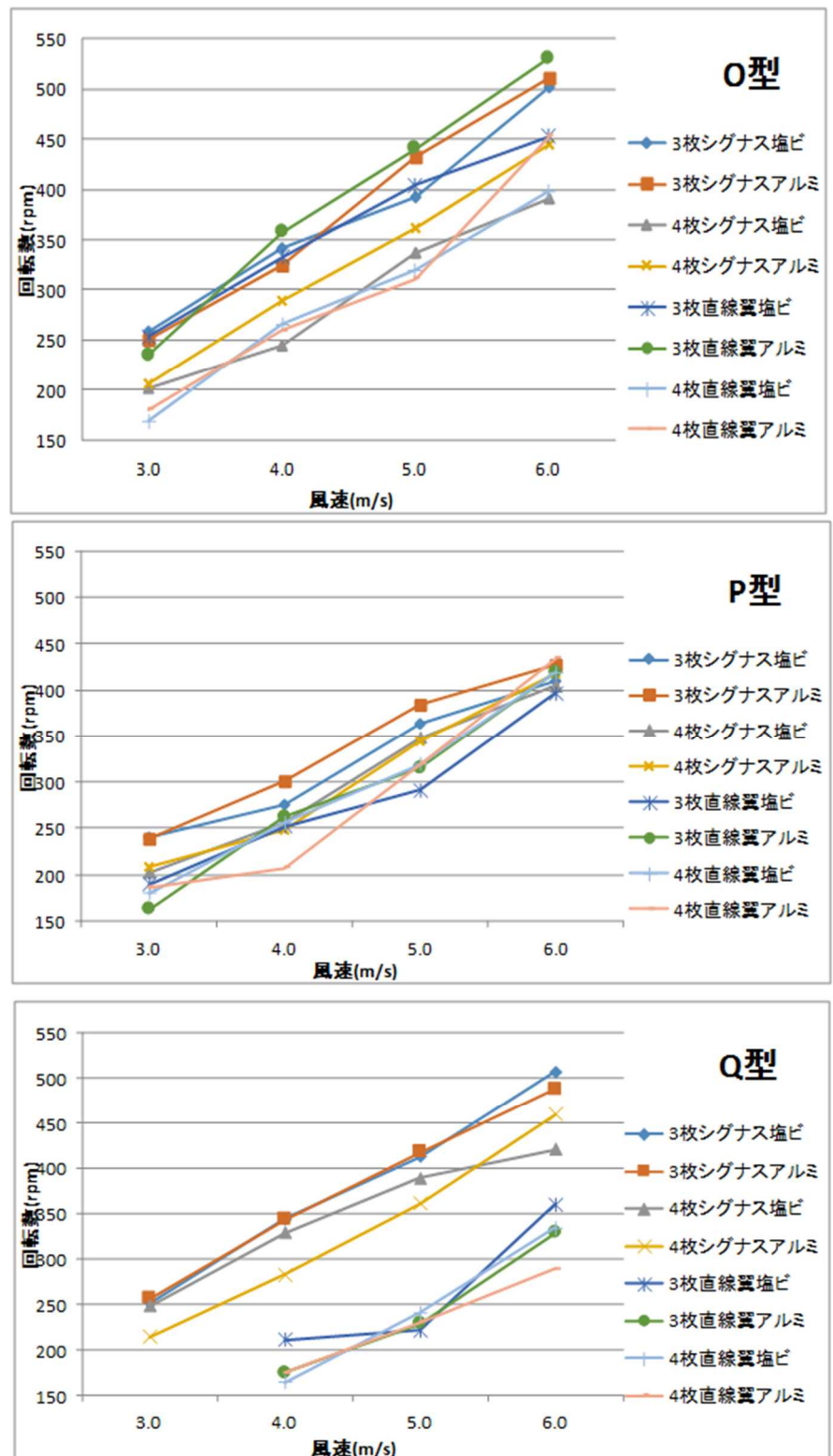


図9: O型、P型、Q型に分けたグラフ

6 屋外での風速測定

(1) 測定方法

昨年度と同じ、高所 (I)、建物間 (II)、建物が入り組んでいる所 (III) の三箇所を選び、その場で風速を風速計 (コンパクトアネモメーター温度計搭載デジタル風速計 天衡商事) を使用して、2秒に一回風速をとるのを10秒間繰り返し、その平均を取り、私たちが測った日の中でどの位の風速が吹いている日が多いのかを調べた。

(2) 考察

Iにおいては、まれに強い風が吹き、平均風速が0.79m/sと比較的高いので、3.00m/sでの回転数があまり低くなく、高風速での伸びが良かった0型の3枚直線翼型で接合部の板にアルミ板を用いた風車が適していると考えられる。

IIにおいては0m/sの日が最も少ないことから3.00m/sで回転数が高かった0型の3枚直線翼型、3枚シグナスミル型で接合部の板に塩ビ板を用いたものと、Q型のシグナスミル型で接合部の板に塩ビ板かアルミ板を用いたものが適していると考えられる。

IIIにおいては、IIの次に0m/sだった日が少なく、1.00m/s近くの風が吹く日が多いのでIIと同じく3.00m/sで回転数が高かった風車が適していると考えられる。

またここで、昨年度の抗力型風車と今年度の揚力型風車を比較して考える。

低風速でも高い回転数を出すことのできる風車が設置に適していることは双方にも言えることである。

昨年度ではIIの場所に抗力型のアルミ製のS字型風車(図:10)を設置することが適していると、結論を1か所に絞ったが、今回は3か所それぞれに適した風車を考えた。よって、揚力型及び抗力も利用したシグナスミル型は適材適所な風車の設置の仕方が必要なのだと分かった。



図10: 抗力型アルミ製のS字型風車

7 結論

今年度で製作した揚力型風車は昨年度の抗力型と違い、風速が低いと回転することが厳しいが、回転し始めると抗力型に劣らない回転数であった。また、羽をモーターに直接繋げる構造であるため、回転が安定していた。

昨年度では、最も回転数が高い結果となった抗力型のアルミ製のS字型風車は、風が貫流しない構造になっているので、屋外に設置した場合、回転数は高いが突風などの影響を強く受けて風車が破損する可能性が予測できる。一方、揚力型風車では風が貫流するので、突風などの影響は少ないと思われる。

このように抗力型、揚力型風車にはそれぞれ長所、短所があることがわかったので**風車の特徴を活かした環境や場所**に設置していくことが求められる。

8 今後の課題と展望

今後の課題としては、製作した風車は実際にどれくらいの発電が可能なのかを調べたい。

また、発電用のモーターと充電電池を風車に実装したり羽の材質や厚さを変えたり、低風速でも回転が可能なように改良するなど、風車を屋外での計測に適した形にしたいと考えている。そして、実用化に向けてこれまでは同じ風速で回転効率を比較してきたが、これからは実際に屋外(ランダムな風の中)に風車を設置して計測を行うことも視野に入れていきたい。そのためにはまず風車の耐久性を高め、雨、突風などの天候にも耐えられる風車を開発するとともに、引き続き屋外での風速を計測して効率のよい場所、環境を詳しく調べる事と発電量か回転数を累積して計測する機器が必要である。まだ実用化には様々な課題が残っているが、それに向けてのステップを一つひとつ確実に踏んでいきたい。