

研究レポート

翼果モデルを用いた回転体の 風力発電についての研究

愛媛県立松山南高等学校 翼果班

代表者 八尋 大蔵(3年)

叶 響喜(3年) 鴻上 瑛望(3年) 指導教諭 大西 大輔

継続研究

前年1月～12月[実験1～4]

今年1月～8月[実験5]

1. 研究の背景（動機）

より高い効率でエネルギーを入手できるようになると、現在地球全体の問題となっているエネルギー問題の解決策になる。また、火力発電による地球温暖化の進行防止、原子力発電による放射性物質の削減にもつながると考えている。そこで、空中を回転しながら落下するモミジやトウカエデの翼果(図1)を見て、風力発電のブレードに生かせないかと考えた。



図1 モミジの翼果

2. 研究の目的

先行研究では、翼果型ブレードを用いた風力発電では、ブレードの面積や質量には最適条件があることが分かっている。私たちは、先輩の研究を引き継ぎ、条件を変えながら翼果型ブレードの最適条件を詳しく調べ、その結果を利用してより効率の高い発電を目指したい。

3. 実験方法

【実験1】（前年）

翼果型ブレード(図2, 3)を用いた実験装置(図4)を作成し、その翼果型ブレードを用いて対照実験を行う。まず、ブレードの幅と取り付け角度を変化させて実験を行った。実験データをもとに実験装置の改良を重ね、実験結果から最適条件を見つける。図2のように、ブレードの幅を12mm、14mm、16mmのものを、水平に対して30°、35°、40°の角度で固定し、2枚羽のブレードを作成した。これを下からの風で安定してホバリングさせるため、図3のように、15mmに切った直径5mmのストローを2枚羽の中心に取り付け、直径3mmの竹ひごをストローに通し、これを軸として回転させることにした。



図2 翼果の模型

図4のように翼果型ブレードを安定してホバリングさせるため、変圧器を用いてサーキュレーターからの風の強さを調整した。また、ブレードの回転数は、図5の光センサーを用いて、ブレードが回転によって光センサーに入る光を遮る周期の逆数から回転数を算出した。一つの条件につき10回データを取り、その平均値を測定結果とした。

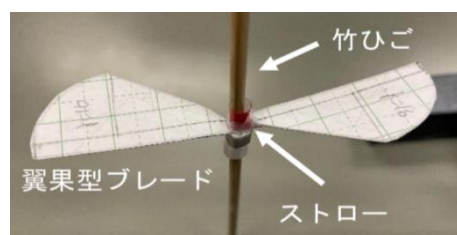


図3 翼果型ブレード

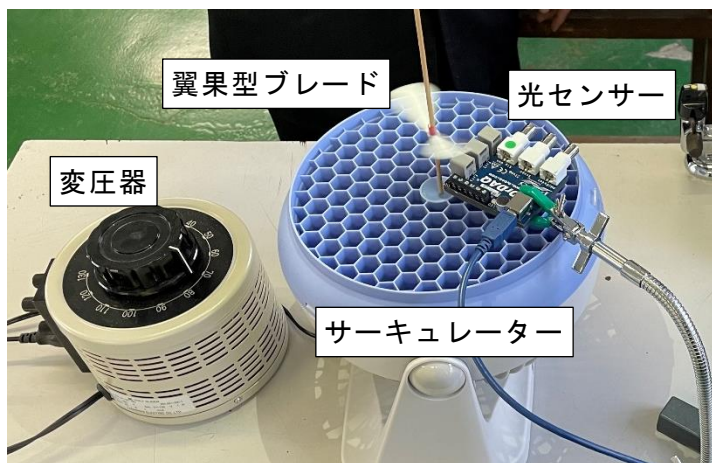


図4 実験装置



図5 光センサー (DrDAQ)

【実験2～5までの実験方法】

実験で使用するブレードは、方眼用紙を用いて作成する。穴あけパンチを用いて穴を開け、開けた穴に長さを切り揃えたストローを通し、角度を付けて固定する。磁石を取り付けたストローを、上に向けたサーキュレーターの上部に固定した竹ひごに通す。図6のようにコイルを、磁石と同じ高さに固定し、ブレードが回転することで、コイルの回りを磁石が回転するようにした。そして、図7のような実験装置を作り、サーキュレーターで下から上に向かって風を送ると、風を受けたブレードが回転し、取り付けられた磁石も共に回転する。回転する磁石と、その横に取り付けられたコイルとの間で電磁誘導によって起電力が発生する。このようにコイルから流れた電圧を測定した。実験2～5まで全て同様にして実験を行った。

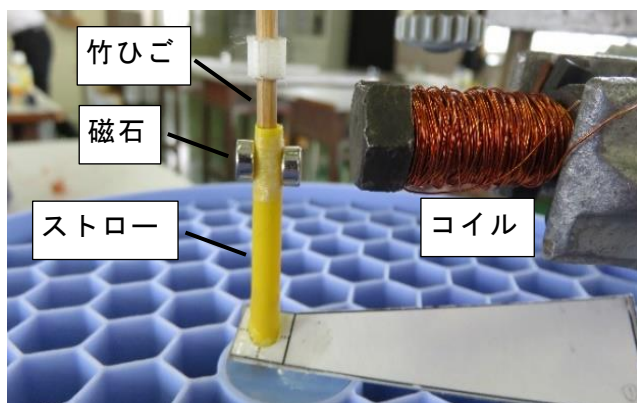


図6 ブレードの設置

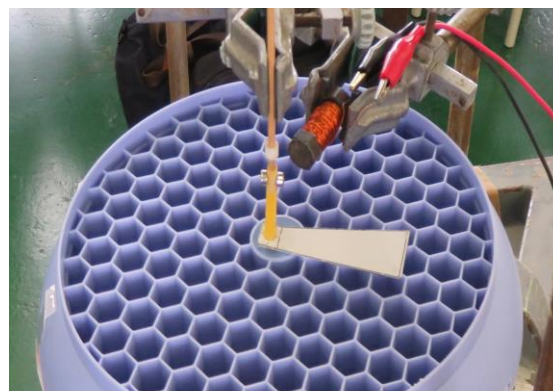


図7 実験装置

【実験2】（前年）

台形の縦の長さを揃え、横の長さを変えた7種類の台形状のブレードを作成(図8)し、発電量を測定した。

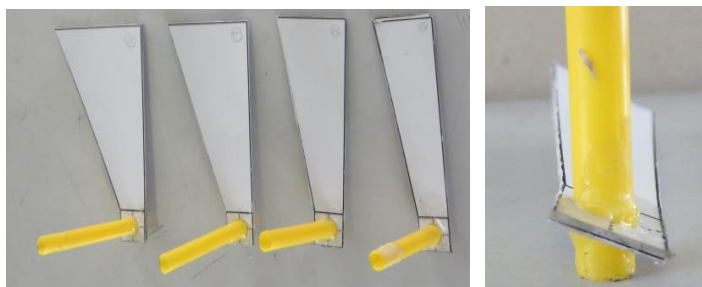


図8 台形ブレード

【実験3】（前年）

実験2では、ブレードの面積が変わると重心の位置が変わるので、実験3では重心を揃えるために長方形のブレードを用いて実験を行った。ブレードは、縦の長さを5cmに固定し、縦の長さを2cmから8cmまで0.5cmずつ変えた13枚のブレード(図9)を作成し、発電量を測定した。

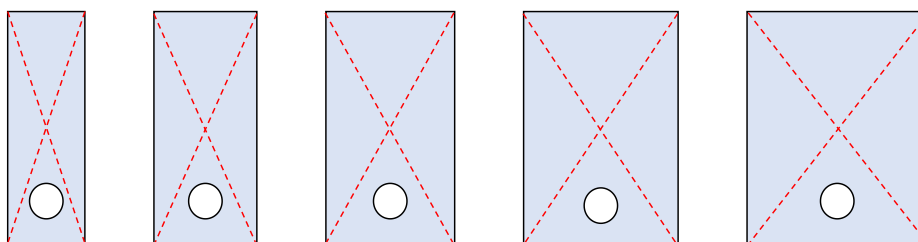


図9 重心を揃えたブレード

【実験4】（前年）

実物の翼果の表面に無数の筋があることから、表面の形状がブレードの回転に影響を与えているのではないかと考えた。そこで、表面の形状を変えることで発電量がどのように変化するかを調べることにした。

まず、表面に粗さの違う紙やすり(番手120, 180, 320, 1000, 1500)を張り付けたブレードと、紙やすりを張り付けなかったブレードを作成し、合計で六種類のブレードを作った。そして、これまでと同様の方法で発電量を測定した。なお、面積の違いによる発電量の変化も確認するために、これまでと同様に面積を変えた長方形のブレードを作成した(図10)。

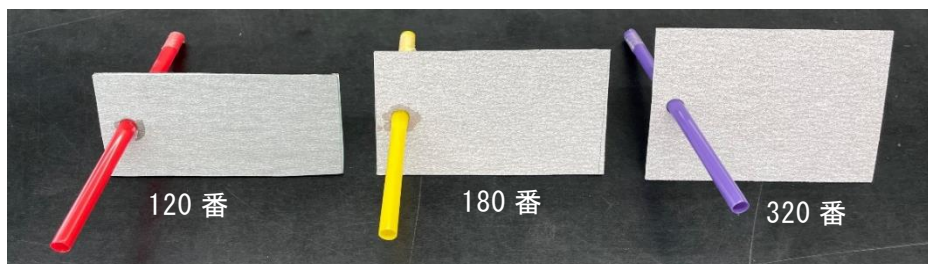


図10 表面に紙やすりを付けたブレード

【実験5】（今年）

実験4ではブレードの表面に不規則な凹凸を付けて実験を行ったが、今回の実験5ではブレードの表面に規則的な凹凸を付けて実験を行うことにした。そこで、段ボールの中芯のような溝のある形状を用いた。ブレードの表面に溝のある紙を張り付け、溝の角度を 0° から 90° まで 10° ずつ変えた10個のブレードを作成(図11)し、発電量を測定した。

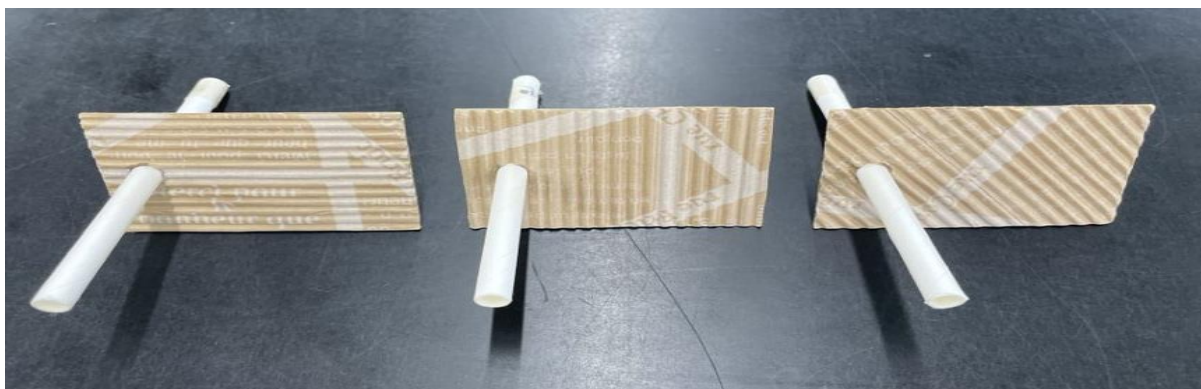


図11 溝を付けたブレード

4. 結果と考察

【実験1】

実験の結果は表1、図12のようになった。今回の実験では、ブレードの幅が3種類しかないため、ブレードの幅と回転数の関係性を見出すことはできなかった。また、ブレードの角度と幅が最も小さいものが安定して回転することが分かった。それ以外のブレードでは、測定結果にばらつきが生じた。

表1 ブレードの角度と回転数（10回の平均値）

回転数 [Hz]		ブレードの半径 [mm]		
		r=12	r=14	r=16
取付角度	30°	24.59	10.82	16.15
	35°	13.51	10.69	16.96
	40°	17.91	17.48	14.75

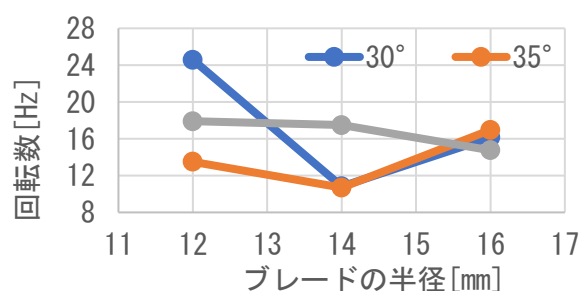


図12 ブレードの角度と回転数

【実験2】

実験の結果は図13のようになった。このグラフから、ブレードの面積と発電量の間には、比例関係が見られる。これは、羽の面積が増えるにつれて風を受ける部分の面積が増え、羽の回転が早くなったからだと考えている。

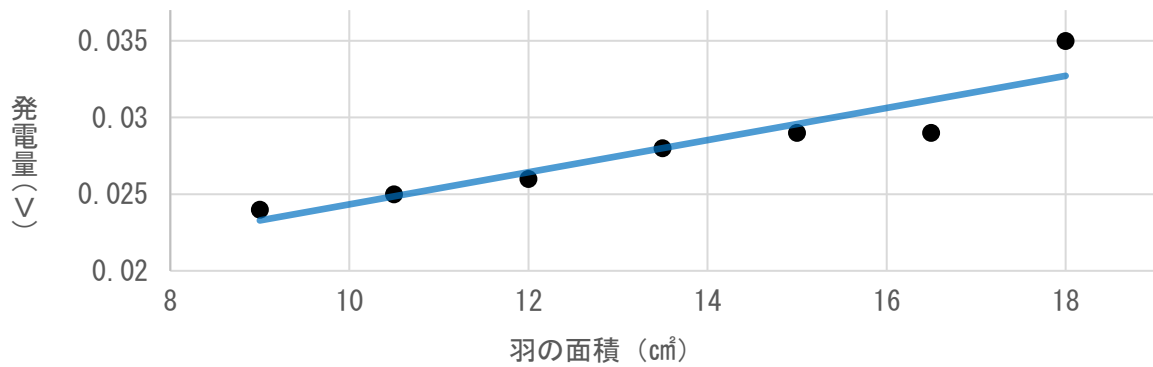


図 13 羽の面積と発電量の関係

【実験3】

実験の結果は図14のようになった。グラフからは、ある一定の数値を境に数値が上昇から減少に転じていることが読み取れる。このことから、やはりブレードの面積と発電量の間には最適条件が存在することが分かった。しかし、このような結果になった原因はまだ分かっていない。

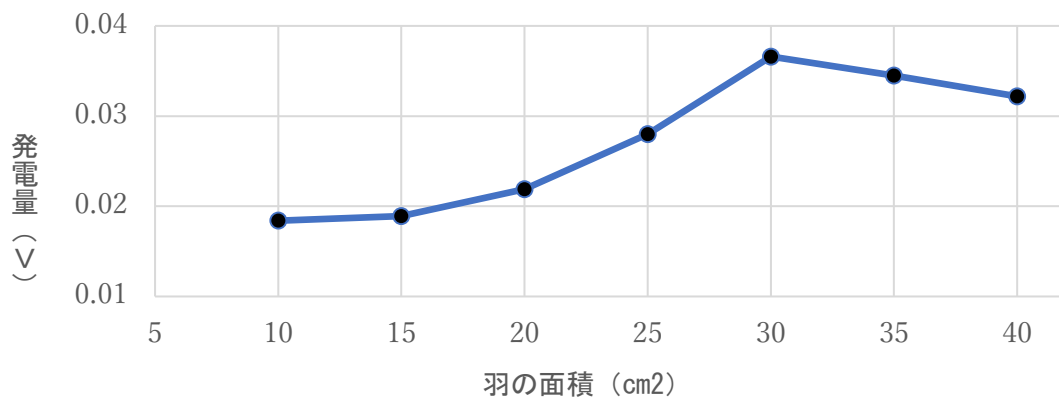


図 14 重心を揃えたブレードの面積と発電量の関係

【実験4】

実験の結果は図15のようになった。グラフから、紙やすりを張り付けた3種類のブレード（番手120, 180, 320）では発電量にあまり差が見られなかったが、紙やすりを張り付けていないブレードは紙やすりを張り付けたブレードより発電量が大きく、番手の数が大きい（表面が滑らか）2種類のブレードは番手の数が小さい（表面が粗い）ブレードより発電量が大きいことが分かる。つまり、表面が滑らかなほど発電量

が大きという結果になった。これは、紙やすりの表面の凹凸が空気抵抗を受け、その分発電量が下がったからではないかと考えている。

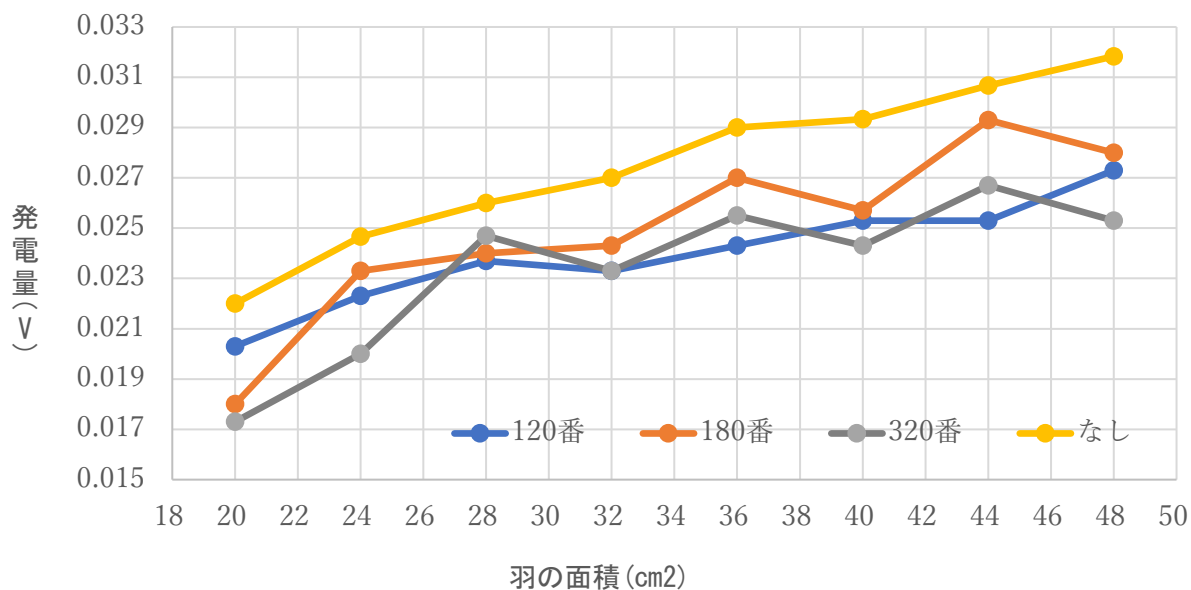


図 15 紙やすりを付けたブレードの面積と発電量の関係

【実験5】

実験の結果は図16のようになった。グラフから、溝の角度と発電量には関係が見られないことが分かった。このような結果になった理由として、溝が左右対称であるため、力が打ち消しあったからではないかと考えている。

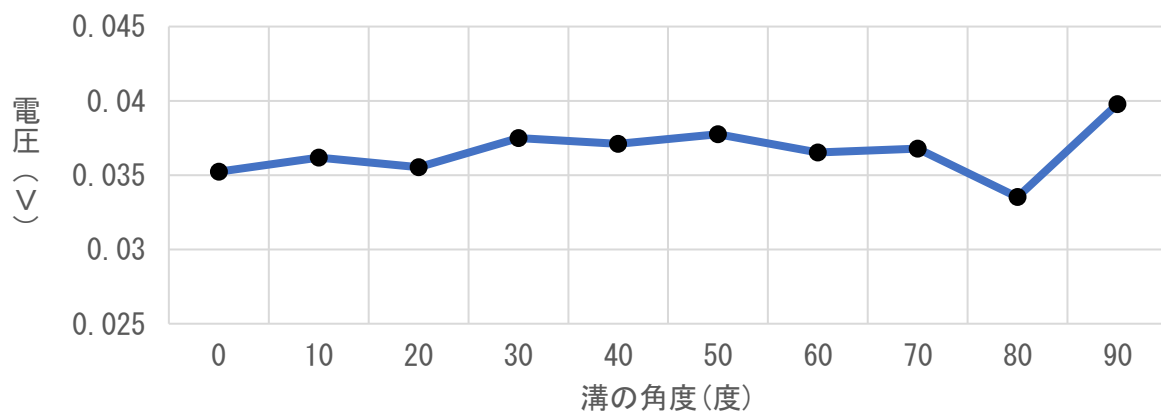


図 16 溝の角度と発電量の関係

5. 結論

実験3では面積30cm²が発電量の最大値であるのに対し、実験4のやすりなしでは面積30cm²以降も発電量が増加していることから、ブレードの縦と横の比によって最大値が変化していくのではないかと考えられる。また、実験4より表面の形状が発電量と関係

することが分かり、表面が滑らかなほど発電量が大きいことが分かった。実験3で面積30cm²を堺に発電量が減少に転じている。この原因が分かっていないため今後新たな実験を通して解明していきたい。実験4では、番手120, 180, 320番と満遍なく全ての粗さの紙やすりを用いられなかった為、実験結果に偏りが出たとも考えられる。今後は、様々な粗さのブレードを用いて実験していきたい。また、ブレード表面の形状をさらに変え、ブレード表面の形状と発電量の関係も探していきたい。そして、風洞実験を行い、ブレードに風が当たったあとの空気の流れなどについても調べていきたい。

6. 参考文献

- ・愛媛県立松山南高等学校翼果班(2021)「翼果モデルによる効率的な風力発電方法の研究」
- ・下籾裕生、伊澤悠、波多野圭介(2018) 「飛行性能の高い翼果の構造」
- ・愛媛県立八幡浜高等学校自然科学部(2015) 「イロハモミジの翼果の形状と落下時間についての研究」