

効率よく発電する風車の条件

2612 喜多川百華 2631 松林瞳明

要旨

海岸沿いの映像を見ているとき、風車が映っていた。風車の形は細長く、羽は3本であった。私たちが想像する風車は、オランダの風景などでよく見る、家の屋根についている大きな風車であった。よく考えてみれば、大きな風車はゆっくり回るため発電に向かない気がした。発電するというに着目すると、大きさや形はどのようなものが最適であるかということが気になり始めた。そのため、この実験を始めた。より弱い風でよく発電する風車を効率の良い風車と定義して、羽の取り付け角度、本数、幅、長さを変えて流れた電流の値を測定したところ、取り付け角度が大きく、長さが短い羽の風車がよく発電した。

1. 目的

より弱い風でよく発電する風車を効率の良い風車と定義し、その風車の条件を見つける。

2. 事前実験

2-1. 内容

モーターが安定して発電できるものであるか調べる。

2-2. 使用した器具・装置

- ・竹串
- ・厚紙
- ・発泡スチロール
- ・ストップウォッチ
- ・電流計
- ・みのむしリード線
- ・モーター（マブチモーターRE260）
- ・送風機

（送風機についている目盛りのうち5と7の強さの風で実験する。風速計で測ってみると5は風速2.9m/s、7は風速3.7m/sであった。）

2-3. 実験方法

- ①竹串と厚紙で横4cm×縦12cmの長方形の羽を作る。
- ②作った羽3本を丸く切った発泡スチロー

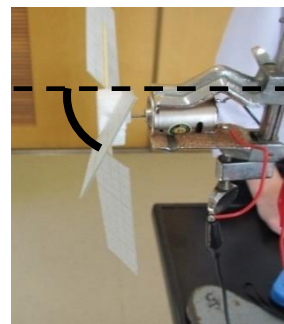
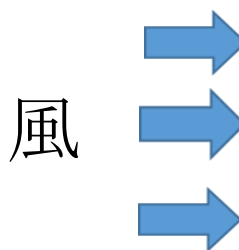
ルの回転軸に挿して固定する。取り付け角度は 60° とする。取り付け角度とは、<図1>に示した角度である。

③モーターと回転軸を両面テープで貼り付け力学スタンドに設置し、電流計を繋ぐ。<図2>

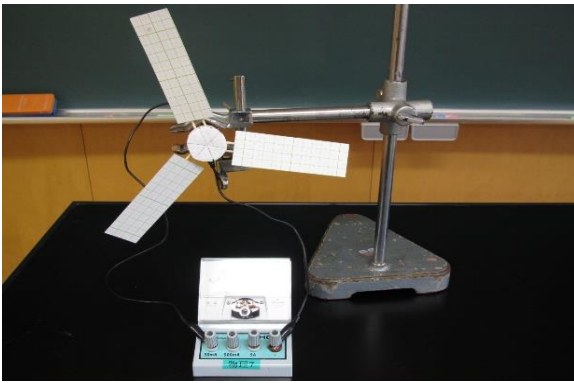
④風車から送風機までの距離は60cmとし、風車に送風機についている目盛りの7の風を当てる。送風機とは一定の強さの風を送る装置である。<図3>

⑤風を30分間あて続け、30秒おきに電流計の値を記録する。またその様子をiPhoneのカメラで動画を撮り、1分おきに10秒間の風車の回転数を調べる。

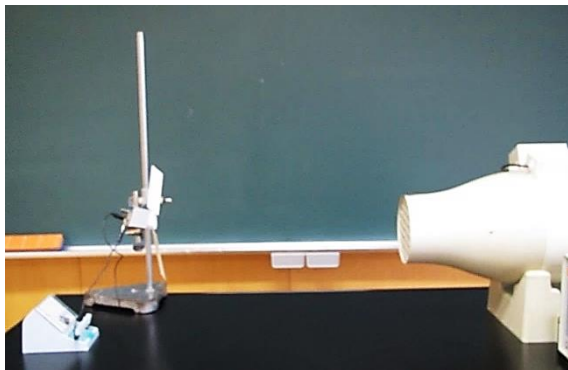
※実験室は無風の状態で行ったため、風の影響はないとする。



<図1 羽の取り付け角度について>

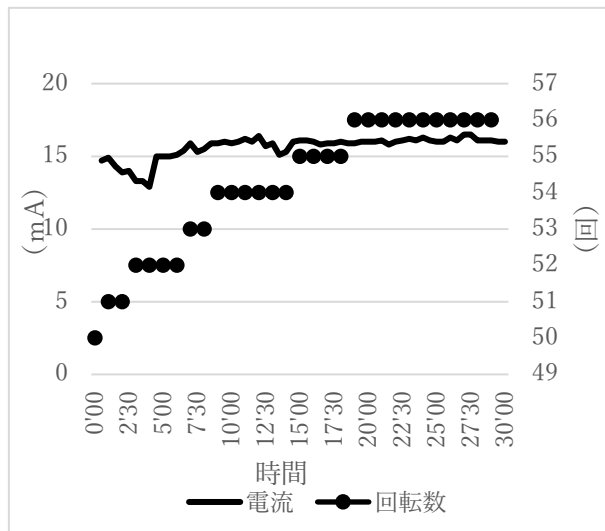


<図2 風車と検流計の接続>



<図3 実験セットアップ>

2-4. 結果



<図4> 電流値の時間変化

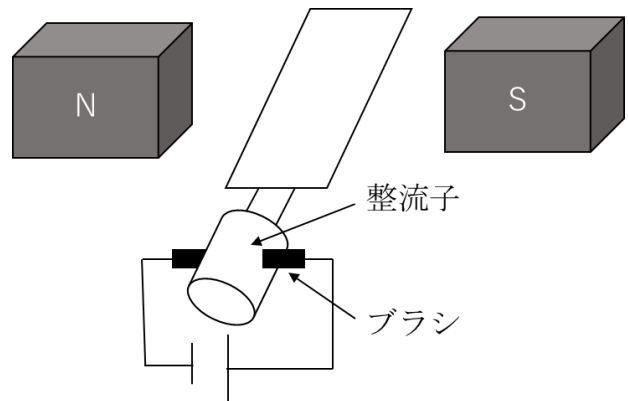
<グラフから読み取れること>

- ・4分30秒ごろから電流の値に変化がない。
- ・回転数が多いほど電流の値は安定している。
- ・回転数は時間の経過とともに増えている。

2-5. 結論

4分30秒まで電流の値が安定しないのは、モーターが長い間使用されていなかったためモーターの整流子とブラシの接触面積が小さかったからだと考える。<図5>

私たちは30分間電流を流し続けたことによって接触面積が大きくなって安定した電流が流れるようになったと考えこのモーターを実験で使用することにした。



<図5 モーター内部の構造>

3. 実験1

3-1. 内容

羽の取り付け角度を 0° 、 30° 、 60° 、 90° と変え、流れる電流の大きさを測定する。

3-2. 使用した器具・装置

事前実験と同様。

3-3. 実験方法

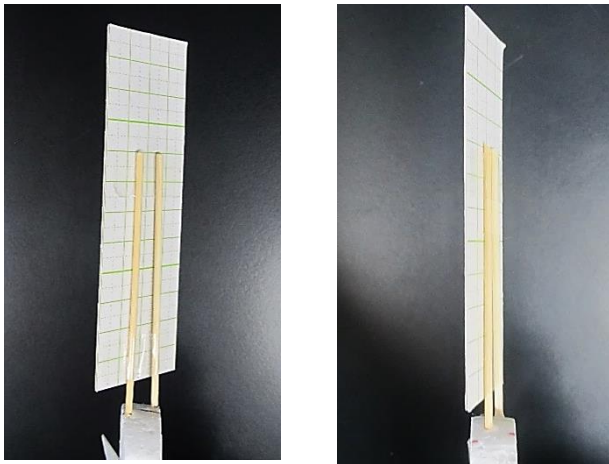
主な実験方法は事前実験と同様に行う。各風車に送風機の5と7の風をあて、風を当て始めてから60秒後まで10秒ごとに電流計の値を記録する。結果のグラフはその平均値をとったものである。

<条件>

- ・横4cm×縦12cmの長方形の羽を使用する。
- ・羽の本数は3本とする。
- ・羽の取り付け角度を 0° 、 30° 、 60° 、 90° と変える。

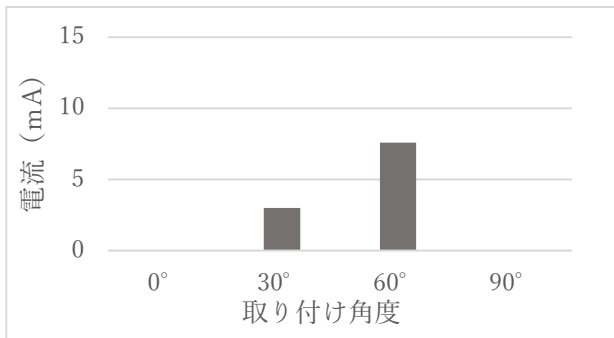
3-4. 仮説

- 取り付け角度が 0° と 90° の羽の風車は羽が傾いていないことから風車を回す方向に風の力が加わらないため回らないと考える。
- 取り付け角度が 30° の風車は横から見た羽の面積が大きく、風車を回す方向に風の力が加わりやすいため一番発電する。

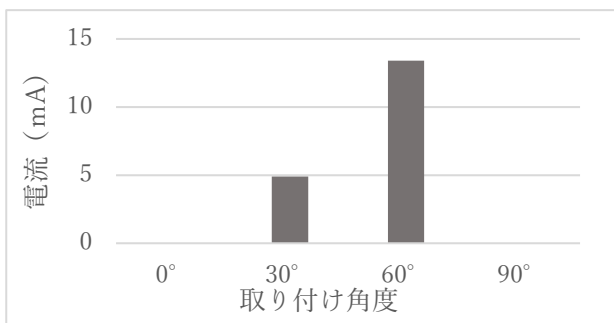


30° 60°
 <図6 風車側面から見た時の羽の角度>

3-5. 結果



<図7 風力5, 取り付け角度を変えた時の電流の値>



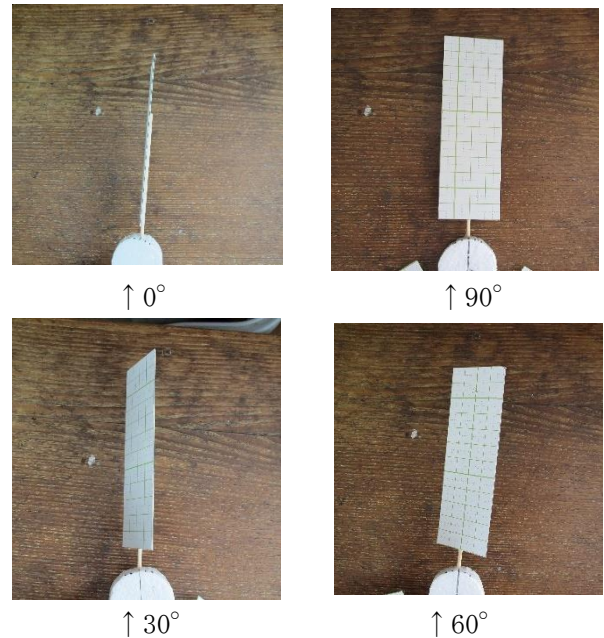
<図8 風力7, 取り付け角度を変えた時の電流の値>

<グラフから読み取れること>

- 取り付け角度が 0° と 90° の風車は発電しない。
- 取り付け角度 30° と 60° の風車では 60° の風車のほうがよく発電する。
- 風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。

3-6. 考察

取り付け角度が 0° のとき、羽が正面から風を受ける面積が非常に小さいため風車は回らない。取り付け角度が 90° のとき、羽は正面から風を受けるのみとなり、風車を回転させる力は働かなかった。この風車を回転させる力を以降、トルクと呼ぶ。取り付け角度 30° と 60° の風車を比べると 60° の風車のほうがよく発電していたのは正面から見える面積が 60° のほうが大きく、空気抵抗が大きかったためだと考える。<図9>



<図9 風車前面から見た時の羽の角度>

以降、取り付け角度は 60° で実験を行う。

4. 実験2

4-1. 内容

羽の本数を1本~7本と変えたとき流れる電流の大きさを測定する。

4-2. 使用した器具・装置

実験1と同様。

4-3. 実験方法

主な実験方法は実験1と同様に行う。

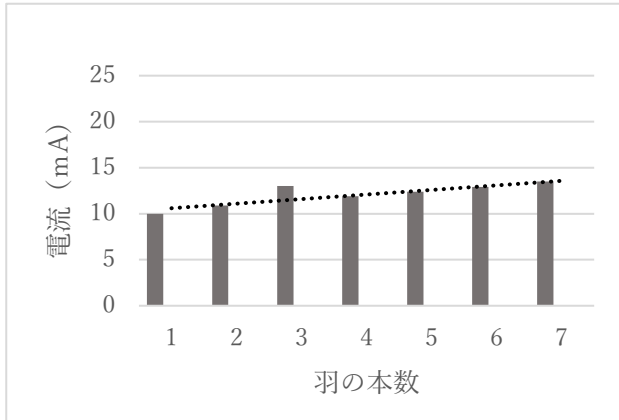
<条件>

- ・横4cm×縦12cmの長方形の羽を使用する。
- ・羽の本数を1~7本と変える。

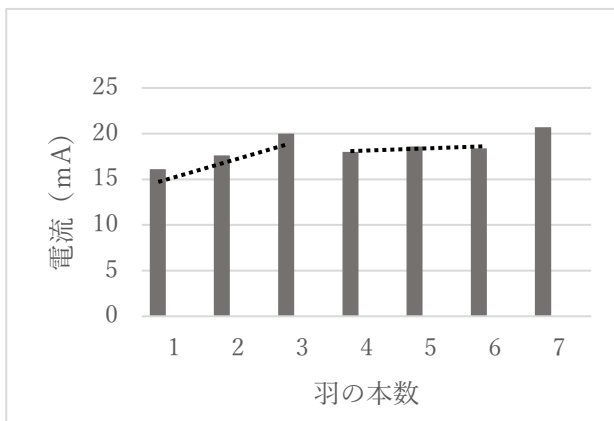
4-4. 仮説

- ・羽の本数が多い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

4-5. 結果



<図10 風力5, 羽の本数を変えた時の電流の値>



<図11 風力7, 羽の本数を変えた時の電流の値>

<グラフから読み取れること>

- ・右上がりの傾向がみられるが、その変化は小さい。
- ・羽の本数が3本の風車は7本の風車と同じくらい発電する。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。
- ・風力が7のとき、羽の本数が3本までは右上がりであって上がっていたのに、4,5,6は頭打ちになっている。

4-6. 考察

羽の本数が多いほど、受ける空気抵抗は大きくなるため流れる電流の値は大きくなる。この実験では、「弱い風でよく発電する風車」について調べているため、風力5のときの結果に注目すると、羽が3本の風車はほかの風車と比べてよく発電していた。実際の風車の羽も3本であることから何か理由があるのではないかと考えた。今後、羽の本数が3本になる理由を調べるため、追実験を行う。風力が7のときの傾向がわからないため、こちらも追実験を行い、この結果が正しいか調べたい。また、羽の本数が多いほど、風車の質量は大きくなり、電流の値の変化が羽の本数によるものだけではないため、改善する必要がある。

以降、羽の本数は3本で実験を行う。

5. 実験3

5-1. 内容

羽の幅を変えたときの流れる電流の大きさを測定する。

5-2. 使用した器具・装置

実験1と同様。

5-3. 実験方法

主な実験方法は実験1と同様に行う。

<条件>

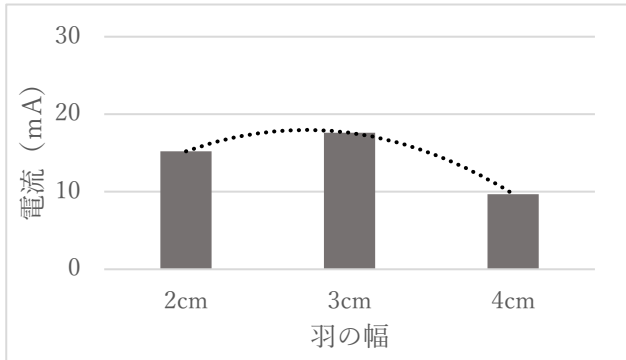
- ・羽の長さは12cmとする。

- ・羽の幅を 4cm、3cm、2cm と変える。

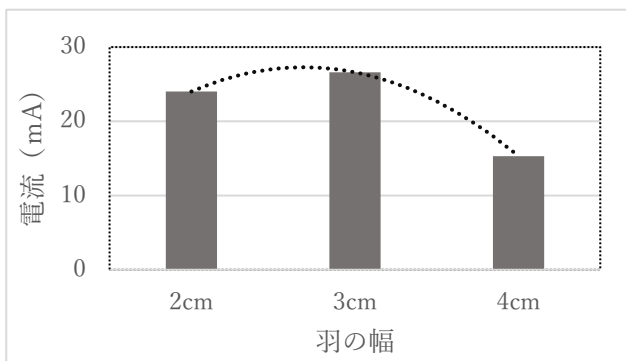
5-4. 仮説

- ・羽の幅が長い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

5-5. 結果



<図 12 風力 5, 羽の幅を変えた時の電流の値>



<図 13 風力 7, 羽の幅を変えた時の電流の値>

<グラフから読み取れること>

- ・幅が 3cm の風車、2cm の風車、4cm の風車の順に流れる電流の値が大きい。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。
- ・羽の幅の最適値がある。

5-6. 考察

近似曲線を見ると、羽の幅には最も風車が回りやすい最適値があることがわかる。今回の実験ではサンプルの量が少ないため、近似曲線も正確とは言えない。実験対象を増やす必要がある。

6. 実験 4

6-1. 内容

羽の長さを変えたときの流れる電流の大きさを測定する。

6-2. 使用した器具・装置

実験 1 と同様。

6-3. 実験方法

主な実験方法は実験 1 と同様に行う。

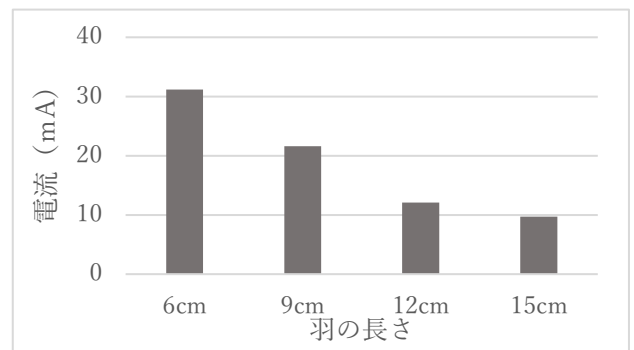
<条件>

- ・羽の幅は 4cm とする。
- ・羽の長さを 15cm、12cm、9cm、6cm と変える。

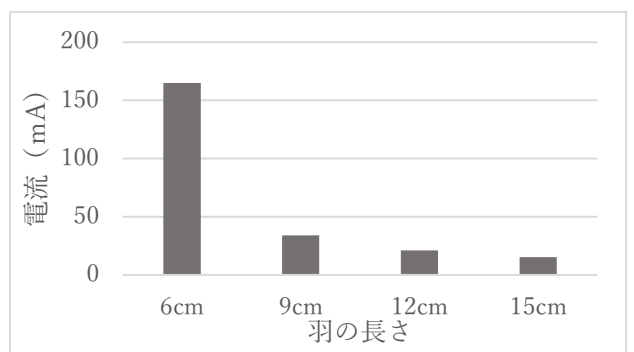
6-4. 仮説

- ・羽の長さが長い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

6-5. 結果



<図 14 風力 5, 羽の長さを変えた時の電流の値>



<図 15 風力 7, 羽の長さを変えた時の電流の値>

<グラフから読み取れること>

- ・羽の長さが短くなるほど、流れる電流の値は大きくなる。
- ・羽の長さが6cmの風車は風力5と風力7のときの流れる電流の値の差が大きい。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。

6-6. 考察

羽の長さが短い、つまり空気抵抗が小さい風車がよく発電していた。このことから、風車の質量が回転数に関係していると考えられる。トルクと質量（回転数）の関係を今後の実験で解明したい。

7. 展望

- ・羽が3本のとき風車がよく回った理由を調べる。
- ・羽の形を長方形以外の形にする。
- ・風車の質量のみを変える。
- ・羽の幅の実験対象を増やす。

8. 参考文献

<https://www.mabuchi-motor.co.jp/>

<http://mini4wd.rei-farms.jp/mini4wd/2842/>