

パンタレイ風車の効率化

～風の有効活用～

2年3組 鼻野 翔 2年4組 加藤 景士 2年4組 竹本翔乃介
2年4組 濱田 闘志 2年4組 毛利 優進
指導者 中村 俊貴

1 課題設定の理由

現在の風車では、騒音問題や風が強すぎると過回転し破損するなどの問題がある。そこで、風が強すぎても過回転しないパンタレイ風車でこれらの問題を解決しようと考えた。

また、パンタレイ風車は向かってくる風を約90%以上無駄にしてしまうので、その問題を解決し、パンタレイ風車の効率化を行おうと考えこの課題を決定した。

2 パンタレイ風車について

パンタレイ風車はリングと円柱翼によって構成されている。円柱翼後方にリングを付けて距離を調節すると回転する。円柱翼は従来の風車に用いられるブレードとは異なり、ペットボトルや金属製の円柱など様々なもので応用でき、低コストである。回転するメカニズムは、リングと円柱翼の間に縦渦が生じることで流速に差が生じ、円柱に揚力がはた

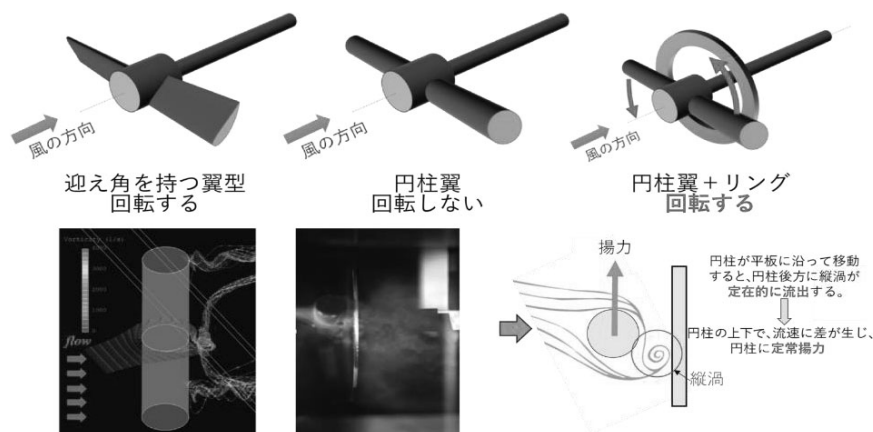


図1 パンタレイ風車の原理

出典：株式会社パンタレイ 風車事業ホームページ

<https://www.pantarhei-nagaoka.com> > windmill

らくことで回転する（図1）。低回転でありながら高いトルクを持っており、安全性が高く住環境適応性が高い。また、円柱翼とリングとの距離を調整することで縦渦の発生を減少させ、回転速度の調整ができる点などがメリットとしてあげられる。しかし、前述にもあるように風を全て縦渦の発生に使うことが出来ず約90%を無駄にしてしまい従来の風車より効率が悪い点がデメリットとしてあげられる。

3 仮説

- (1) 円柱翼を長くし、太くすることによって発電できる電気量が増えるのではないかな。
- (2) リング部分を大きくすることによって、発電量が増えるのではないかな。
- (3) リングの大きさと円柱翼の長さには関係性があり、それらの改善により、回転効率が従来より上昇するのではないかな。

4 研究の方法

(1) 小型のパンタレイ風車の作成

ペットボトルの蓋と全長 5cm 程のストローを用いて擬似的に従来のパンタレイ風車と似た形状の小型のパンタレイ風車を作成した(図 2)。風を真っ直ぐ当てるためにサーキュレーターを用いて角度を調整しながら実験を行った。この時、パンタレイ風車とサーキュレーターの距離は 140 cm とする。

従来のものと同じようにリングと円柱翼であるストローの距離を一定にした場合に激しく回転を行い、リングとストローの距離を限りなく近くした時に回転が停止した。また、リングとストローとの距離を限りなく遠くした場合にも円柱翼の回転は停止した。

今回の実験ではサーキュレーターの風が回転を帯びながら発生している(図 3)ことを考慮していなかったため、ストロー自体の回転が円柱翼とリングとの間に生じる縦渦によるものなのか、サーキュレーターによって生じる風によるものなのか判断出来ない。また、リングとストローの距離を限りなく近くした時に停止したのは単に距離を近づけすぎた結果、摩擦が生じたことより、一時的に停止しただけであると考察した。さらに、風車自体の大きさを小さくしすぎた結果、パンタレイ風車を固定することが出来ず、班員が手で持った状態での実験だったこともあり、これらの実験の正確性は立証することが出来ないと判断した。このことを考慮し、更に大きなパンタレイ風車を擬似的に作り、できる限り従来のものと似たような構造になるように改善をしながら進めていく。

(2) 大型のパンタレイ風車の作成

小型のパンタレイ風車の時と比べて大きく改善しなければならない点はリングと円柱翼のサイズとパンタレイ風車自体の固定、サーキュレーターの風に生じる渦を出来る限り減少させた状態での回転の3つであると判断した。この事からリングも円柱翼もさらに大きいものを使用することにより、縦渦の発生をより簡易的にすることができるよう、それぞれ発泡スチロールとペットボトルを使用することにした。パンタレイ風車の固定については、実験用スタンドを用いてリングと円柱翼をそれぞれ固定し、円柱翼の部分のみを前後に動かせるようにした。これによって、風を真っ直ぐ受けながらリングと円柱翼の隙間を調整出来るようにした。サーキュレーターに生じる風はダンボールを網目状に組み合わせた箱を風洞としてサーキュレーターとパンタレイ風車の間に設置することによって発生する渦を纏った風がひとつひとつの隙間に入り、渦をできるだけ消失した形でパンタレイ風車の元

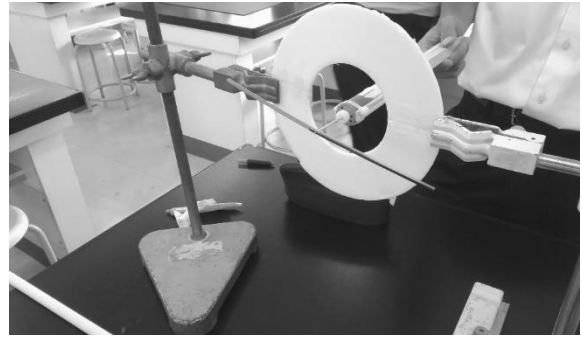


図 2 円柱翼が細い小型のパンタレイ風車

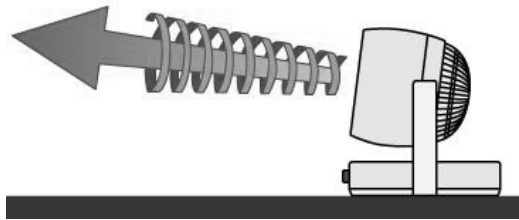


図 3 サーキュレーターの風の動き

出典：株式会社ライフテックスホームページ

<https://life-techs.jp> > air-circulator

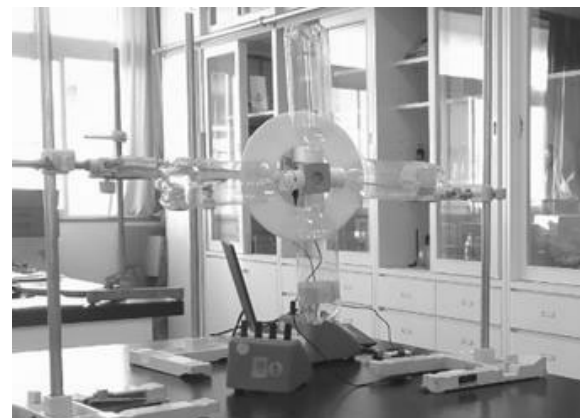


図 4 円柱翼が太い大型のパンタレイ風車

に届くと想定し作成を行った（図4）。

(1)のパンタレイ風車と比べて装置の全体を変えたことにより、測定の安定性は確保出来たと考える。風洞を設置したことにより、同じような向きで回転することも無くなったため、ある程度はサーキュレーターによる渦を消失させることが出来たと考える。また、円柱翼の材質をペットボトルに変えたことにより、回転の速さが上昇し、ストローの時よりも多くの回転による電力を生み出すことができ、リングの材質を発泡スチロールに変えたことにより、大きさの柔軟な変更や縦渦のできる面積が拡大したため、小型のパンタレイ風車よりも発電効率が上昇するのではないかと思う。しかし、材質をペットボトルに変更したことにより、重心が安定していなかったため、重心の安定の確保を第1に考える必要があり、より強固な円柱翼を作っていく必要がある。重心が安定していないので回転を始めて数秒経つとブレードが落下したため、安定性に不備が見られた。ブレード自体が斜めになっていたのが原因と考えたので、もっと安定したブレードを作っていくかなければならない。

5 実験

4の(2)で作った装置を利用してパンタレイ風車を回転させ、電圧を測定する。測定にあたり円柱翼であるペットボトルの大きさやリングの大きさも変更しながら行っていく（図5）。電圧の測定はPCに接続したデータロガー（Dr.DAQ）を用いて信号を取り込み、高精度デジタル波形解析が行えるオシロスコープアプリ（Pico Scope）を用いてPCの画面上に測定する電圧を表示することによって行う。これらの波形を解析し、円柱翼とリングを変えて出てきた波形に生じる変化を読み取り、記録する。また、測定する電圧の平均値は、より安定性のある記録にするため、100秒のうち、40秒から60秒の間の値を抽出し、算出したものとする。

パンタレイ風車は、1つの角材に4本のペットボトルの固定を行い、ベアリングと軸部分の隙間をなくすために、グルーガンを用いた固定を行った。

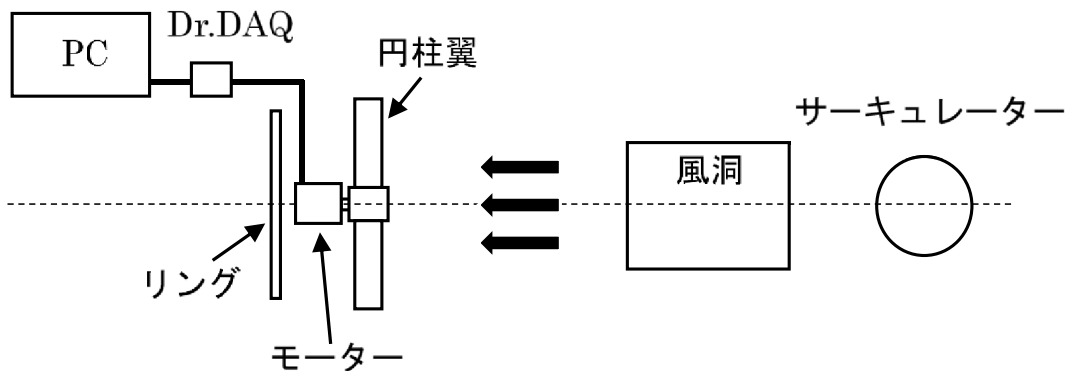


図5 実験装置

6 結果

今回計測したグラフは、波形がほぼ一定の形状になっていたため、計測の正確性はあると考えた。この結果より、大リングのパンタレイ風車の電圧の平均値は約0.23V、小リングのパンタレイ風車の電圧の平均値は約0.06Vという結果になったので、大リングは小リングよりも約4倍発電することができると分かった。

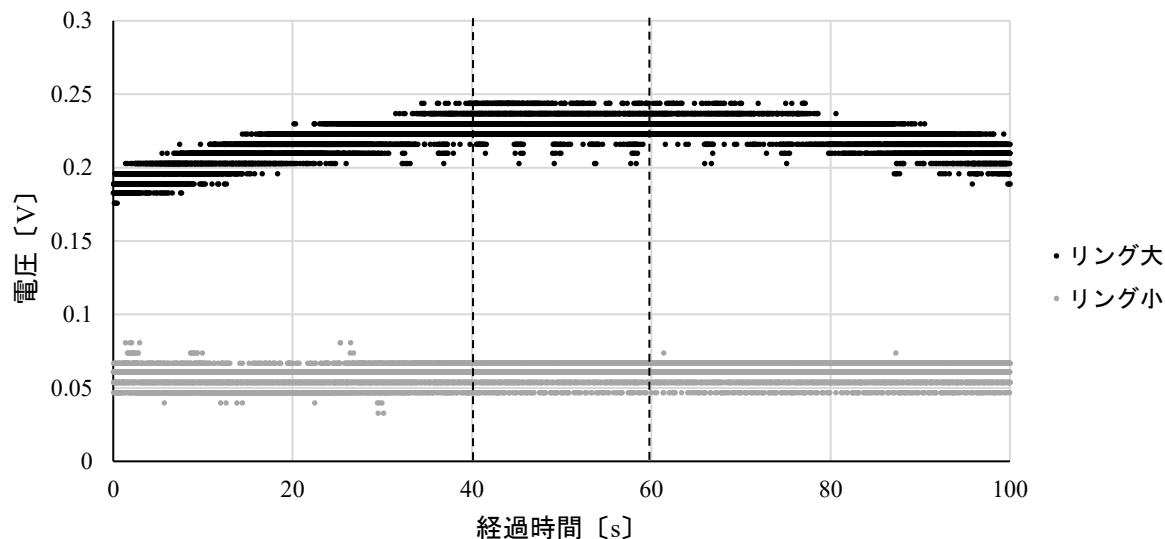


図6 リングの大きさの違いによる電圧の変化

表1 リングの大きさと電圧の関係

	小リング	大リング	ブレード
外径 [cm]	10.25	19.75	28.25
内径 [cm]	5	6.5	—
面積 [cm ²]	80.26	347.81	632.02
電圧 [V]	0.061	0.231	—

※電圧は40～60秒の電圧の値の平均値

7 考察と今後の課題

パンタレイ風車のリングと円柱翼の大きさを大きくすればするほど、リングと円柱翼の間に生じる縦渦の量が多くなることから、リングがたくさん回転し電圧が高くなったと考察する。また、電圧の平均値に約4倍ほどの差があったが、発電量が微量なことから、直接的な効率化に成功したとは言いきれないと考える。だが、今回用いたリングや、円柱翼はどれも単位がcmだったので、大きくした際に今回の実験と同様の結果を得られることができればかなりの効率化といえる。図4のブレードを用いた際に、小リングでの実験時には、発電効率が減少したことから、ブレードとリングの大きさには、関係性があると考えた。今後はリングやブレードの大きさを変更しつつ、最適な関係を探していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって、協力いただいた先生方や、パンタレイ風車の制作を行った株式会社パンタレイにこの場を借りて、謝辞を申し上げます。

参考文献

- ・株式会社パンタレイ 風車事業 新動力技術「縦渦リニアドライブ」
<https://www.pantarhei-nagaoka.com> > windmill
- ・ライフテックス サーキュレータの効率的な使い方とは？
<https://life-techs.jp> > air-circulator