

風メガホンによる風力発電の効率化

亀井威雄 矢野貴正 青葉実優 渡谷麻奈

指導者：荒江房利

要 旨

本研究では、風メガホンを開発し、風メガホン出口に設置したプロペラの回転による仕事率を測定することで、風力発電の効率を高める方法を検証した。風メガホンの形状により、プロペラの回転による仕事率がどう変化するかによって、仕事率が最大になる風メガホンの形状を調べた。また、風メガホン内の風速を測定することで、プロペラに均等に風があたるとき、プロペラの回転による仕事率が最大になることがわかった。

In our research, we made our own “wind megaphones” and verified how to increase the efficiency of their wind power generation by measuring the power of a propeller’s rotation. The propeller was set up at the wind megaphone’s exit end. We investigated the shape of the wind megaphone when the power(in watts) was at a maximum. We also tried to observe the effects of the shapes of the wind megaphones on the propeller’s rotational speed. As a result, we measured different wind speed and found that the power of a propeller’s rotation was at a maximum when the wind hit the propeller equally.

キーワード：風力発電，風メガホン，プロペラの回転による仕事率，風速

1. 序論

近年、環境問題が話題になっているため、自然エネルギーに注目が集まっている。私たちは、その1つである風力発電に興味をもった。風力発電機は、強い風がないと回らないと言われているが、少量の風で効率よく発電する方法はないか考えた。そこで、プロペラに風メガホンをつけるといいのではないかと考え、効率よく発電できる風メガホンの形状について研究することにした。

た風量の安定した送風機)を用いた。なお、送風機から発生する風を風速計で測定したところ、風はほぼ一定であった。

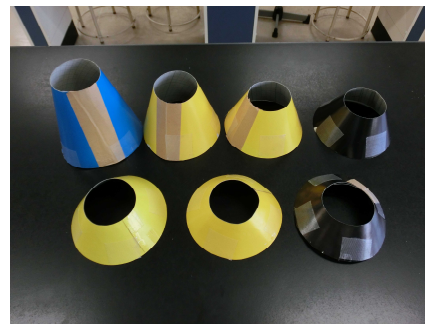


図1 風メガホンの完成写真

準備物

風メガホン (画用紙)，プロペラ (プロペラ，ねじ，台車のナット，糸，クリップ)，送風機，スタンド，風速計，ストップウォッチ

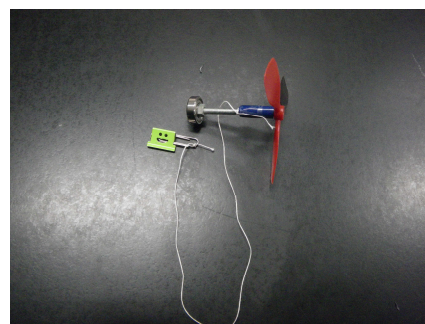


図2 プロペラの完成写真

2. 研究内容

本実験では、市販の画用紙で円錐型の風メガホンを作成し、風メガホンとした(図1)。また、市販の3枚羽根根のプロペラに、ねじと台車のナットを取り付け、プロペラとした(図2)。送風機は、(ケニス株式会社) (風の流れを整える整流格子の付い

風メガホンの定義

風メガホンに向かって風が入ってくる面を「入口」、風メガホンからプロペラに向かって風が出ていく面を「出口」、風メガホンの角度を「 θ 」とする(図3)。入口面積と出口面積を固定し、 θ を変数とする。

風力発電の効率を高める方法の一つとして、出口の面積を入口の面積より小さく設定し、出口を通る風の量を増やすことで、プロペラの回転による仕事率を上げ、発電の効率を上げようと考えた。

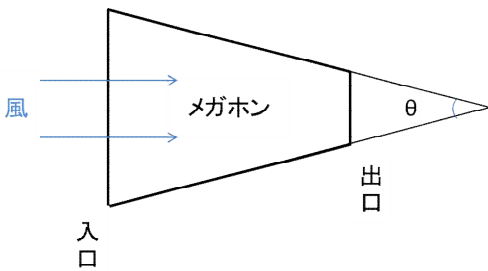


図3 風メガホンの定義図

実験1. プロペラによる測定1

<目的>

風メガホンの角 θ によって、プロペラの回転による仕事率が変わることを検証する。

<方法>

- ① $\theta=30, 60, 90, 120, 150, 180^\circ$ の風メガホンを用意する。
- ② 送風機に風メガホンを取り付け風メガホンとプロペラの間隔が5 cmになるように設置する。
- ③ 送風機からプロペラに風(強)を送り、プロペラが、おもりをつけた一定の長さの糸を巻き取る時間を風メガホンごとに測定する。
- ④ おもりを引きあげる仕事と③の測定時間から、プロペラの回転による仕事率を求める。

このとき、プロペラの3枚の羽根のうち1枚に色を塗り、その羽根を上にした状態から送風機を回す。また、プロペラの回り始めの誤差をなくすため、プロペラが一周したときから測定を開始する。糸を巻き上げる時間が短いほど、プロペラの回転による仕事率は大きくなる。

<仕事率の計算>

プロペラの回転による仕事率を $P[\text{w}]$ 、おもりの質量を $m(=1.19 \times 10^{-3} \text{ kg})$ 、重力加速度を $g(=9.8 \text{ m/s}^2)$ 、おもりを巻き上げる距離を $h(=0.278 \text{ m})$ 、かかる時間を $t[\text{s}]$ とすると

$P=mgh/t$ より、

$P=1.19 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 0.278 / t [\text{w}]$ となる。

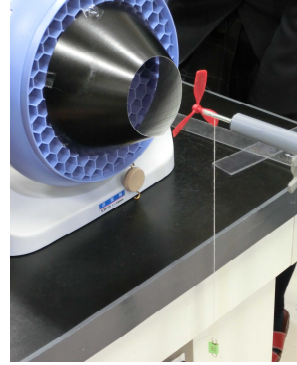


図4 プロペラによる測定の様子

<仮説>

風メガホンの θ が小さいほど筒の部分が長くなり、 θ が大きいほど筒の部分が短くなる。 θ が小さいとき、筒の部分が長すぎて摩擦が大きくなるため、糸を巻き上げるのに時間がかかる。一方、 θ が大きいとき、角度が急になるため、筒内の壁に風があたってはね返り、風が集まりにくくなり、糸を巻き上げるのに時間がかかる。そのため、 θ が小さすぎず、大きすぎず、1番風が集まりやすい θ があるのではないかと考えた。

これらのことから、私たちは図5のようなグラフを予想する。

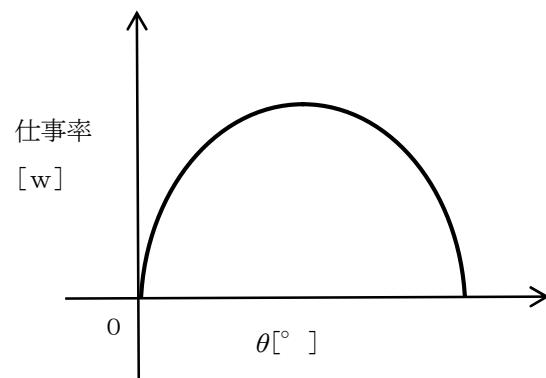


図5 予想図

<結果>

実験結果は、以下の図のようになった。

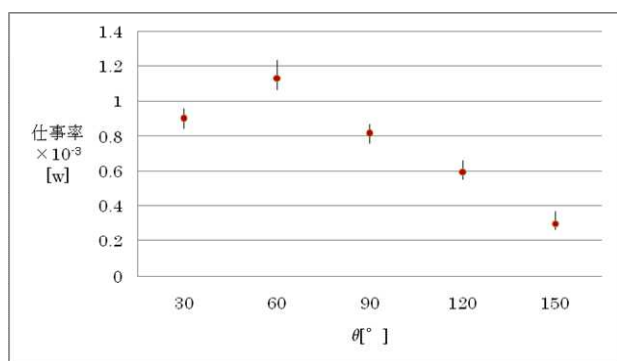


図6 プロペラによる測定1

風メガホンの θ とプロペラの回転による仕事率の関係1

縦軸エラーバーは、プロペラの回転による仕事率の最大値と最小値を示している。

風メガホンの θ が30, 60, 90° のとき、120, 150° よりプロペラの回転による仕事率が大きくなった。 θ が180° のときはプロペラが風を受けても回らず、糸を巻き取ることが出来なかった。

実験2. プロペラによる測定2

<目的>

実験1で風メガホンの θ が30, 60, 90° のときにプロペラの回転による仕事率が大きいことがわかった。そこで、プロペラの回転による仕事率が最も大きくなる θ を調べるため、 θ を30, 40, 50, 60, 70, 80, 90° と細かくして実験する。

<方法>

- ①実験1と同様に装置を設置する。
- ②風メガホンの θ を30, 40, 50, 60, 70, 80, 90° に変え、プロペラが糸を巻き取る時間を測定する。
- ③おもりを引き上げる仕事と②の測定時間から、プロペラの回転による仕事率を求める。

<結果>

実験結果は、以下の図のようになった。

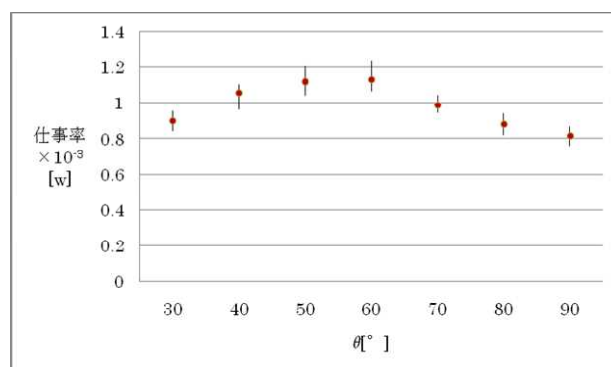


図7 プロペラによる測定2

風メガホンの θ とプロペラの回転による仕事率の関係2

縦軸エラーバーは、プロペラの回転による仕事率の最大値と最小値を示している。

θ が30° から大きくなるにつれてプロペラの回転による仕事率が大きくなった。 $\theta=50^\circ \sim 60^\circ$ で最大になり、 θ がそれより大きくなるとプロペラの回転による仕事率は小さくなった。

実験3. 風速計による測定

<目的>

実験2では、プロペラで測定したため、風メガホンの出口全体の風による仕事率を測定したことになる。風メガホンの出口の中心部と周辺部とで風の流に違いはあるのかと考え、風速計で風メガホンの出口の中心部と周辺部の風速を測定することにした。

<方法>

- ①実験1と同様に装置を設置する。
- ②風速計で、風メガホンの中心部の風速を測定する。
- ③風メガホンの θ を30, 40, 50, 60, 70, 80, 90° に変え、風速を測定する。
- ④測定部を周辺部に変え、同様に②～③の実験をする。

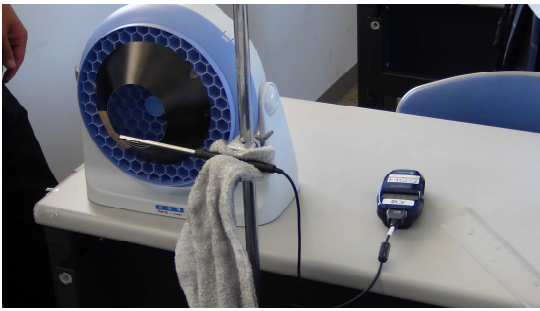


図8 風速計による測定の様子

<結果>

実験結果は、以下のグラフのようになった。

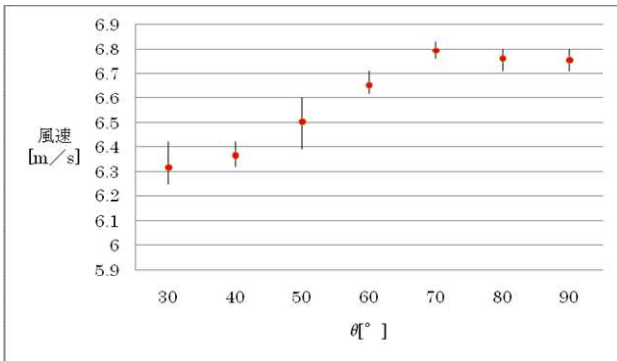


図9 風速計による測定（風メガホンの中心部）

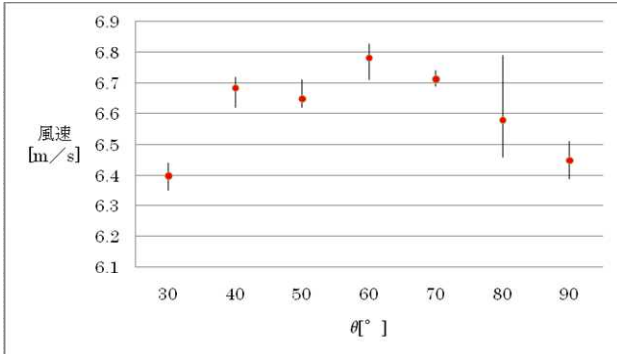


図10 風速計による測定（風メガホンの周辺部）

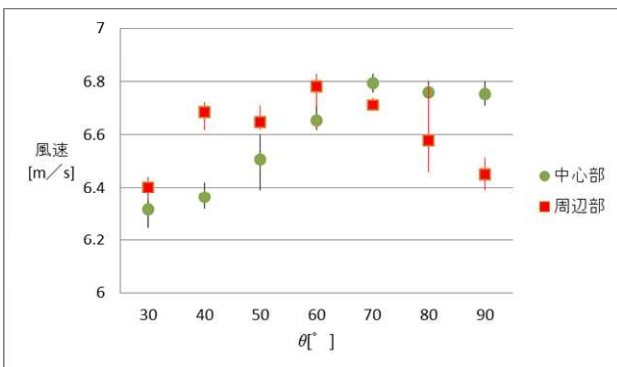


図11 風速計による測定（図9と図10の合成）

図11において、丸は風メガホンの中心部での測定値、四角は風メガホンの周辺部での測定値を示している。縦軸エラーバーは、風速の最大値と最小値を示している。

θが30°から大きくなるにつれて、風メガホンの中心部の風速は大きくなった。また、θが60~70°では、風メガホンの中心部と周辺部の風速がほぼ同じだった。

3. 結論

実験2・3より、θが60°のときプロペラの回転による仕事率と風速がともに最大になっていた。このとき、実験3より、風メガホンの中心部と周辺部の風速がほぼ同じだった。

これらのことから、風メガホンを取り付けたときに、風力発電の効率を高めるためには、風メガホンから出た風がプロペラに均等に当たるようにすればよく、そしてそれはθ=60°のときであることがわかった。

今後は、実際に風力発電機に取り付けようと考えている。しかし、以前、大型の風力発電機にメガホン型の装置を取り付けたことがあり、圧力がかかって倒れてしまったそう。そのため、大型の風力発電機にメガホンを取り付けることは、不可能だと考えた。そこで、非常時でも使える家庭用の小型発電機にメガホンを取り付けて、実際に風力発電の効率が高くなるか調べようと考えている。

【文献】

國友正和 ほか10名

「物理基礎」数研出版株式会社 (2012)