

# 風車におけるソリディティ原理の研究

池淵優志・近藤紘太郎・田中大貴

## 【概要】

私たちは、風力発電の風車を調べていたところ、効率よく風車を回すためにソリディティの原理が関係しているのがわかった。私たちは、実際に模型風車をつくり、枚数、面積、角度においてしらべた。

枚数、面積においては原理どおりにいった。しかし、角度においては、うまくいかなかった。今後はなぜ角度が理論どおりいかなかったのか、調べてみたい。

When we research windmill, “the principle of solidity” relates it. We made the model of windmill and researched it in terms of the numbers(experiment i ),areas(ii ), angles(iii).

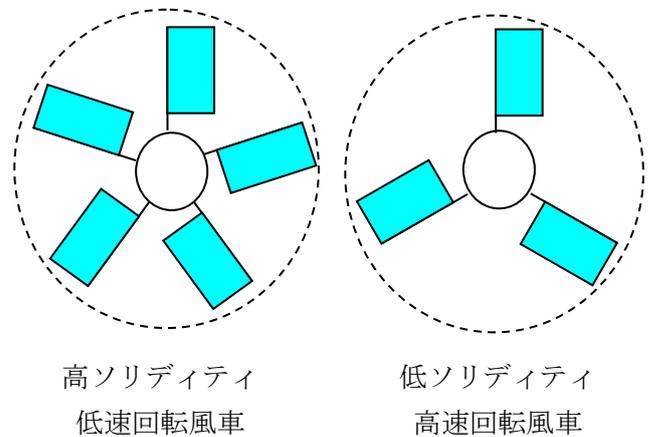
Experiment(i ),(ii) resulted accurate result. But (iii) wasn't good. We want to research experiment(iii) particularly.

## 【研究の目的】

風力発電で使われている風車は、3枚の細長い羽根を使って発電する。一方で、アメリカや欧州ではたくさんの羽根をとりつけ発電する多翼型風車が存在する。私たちは、この違いについて前から疑問を抱いていた。そこで、様々な参考文献を読んでいくと、「ソリディティの原理」が関係していることがわかった。私たちはこのソリディティの原理に興味を持ち、研究してみようとおもった。

## 【ソリディティとは】

ソリディティとは、正面から見える羽根の面積を風車が1回転してできる円の面積で割った値のことである。このソリディティの値が低いほど、たくさん回転するが、機動性は悪くなる。つまり、正面から見た羽根の面積が小さく、かつ、1回転した面積が大きい風車ほど、たくさん発電できるということである。



## 【仮説】

ソリディティの原理が正しければ、ソリディティが低くなるように枚数が少なく、面積が小さく、角度が大きいほど、多く発電できるはずである。

### 【実験器具・装置・材料】

プラスチック製下敷きを切り取り羽根を作成、ネジをつかって車の玩具のホイール部分に装着し、風車を作成した。羽根にはある程度の風に耐えられるように、アルミホイルで補強してある。風が羽根全体にあたるように風車と30センチの距離から扇風機の風をあてる。風車が回り発電した電気量を、デジタルマルチメーターで測定する。扇風機の強さは、弱（風速 1m/s）中（風速 2m/s）強（風速 3.5m/s）に調節することができるので、実験ではこの3つの風速を用いて測定した。



図1 自作模型風車

### 【実験】

ソリディティの原理を調べるにあたって3つの実験を行った。

#### 実験(1):枚数によるソリディティ変化の実験

下敷きを横 5cm, 縦 10cm に切り取り、2~5枚の風車を作成、正面から角度は 30° に調節。それぞれ発電量(mW) を測定した。1枚の羽根は初速をつけないと回転かたため条件がわりあわないと判断し、測定しなかった。

#### 結果と考察(1)

扇風機の弱, 中, 強とも枚数が少なくなるほど発電量が大きくなった。枚数が少ないほど正面から見える羽根の面積が小さくなり、ソリディティが低くなるほどより多く発電することができているので、この実験からはソリディティの原理が正しいことが分かる。

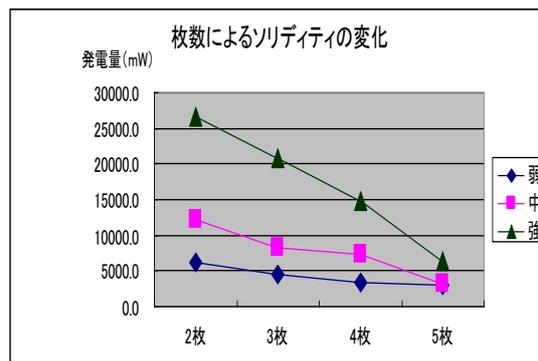


図2

#### 実験(2): 面積によるソリディティ変化の実験

切り取る下敷きの横を 3~6cm に分け(縦は円の面積自体が変化するので 10cm に統一しておく)、それぞれ 2~5枚の風車をつくり、正面から角度は 30° に調節。発電量 (mW)を測定した。横 1cm と 2cm については、補強しても羽根が風の強さに耐え切れず曲がってしまうので、計測することができなかった。

## 結果と考察(2)

3,4,5枚については、横が1cmずつせまくなるにつれて発電量が5~10%増加していることから、ソリディティの原理が正しいことがわかる。しかし、2枚だけ横が5cmの時に最も発電できるという結果になった。

この結果の原因として、2枚は羽根を回転させたときに風車の振動が他の枚数に比べて格段に大きくなった。この振動によって発電量が減少してしまったのではないかと予想した。枚数が多い風車が存在する理由は、風車が回転して発生する振動を軽減するためだと予想することができる。

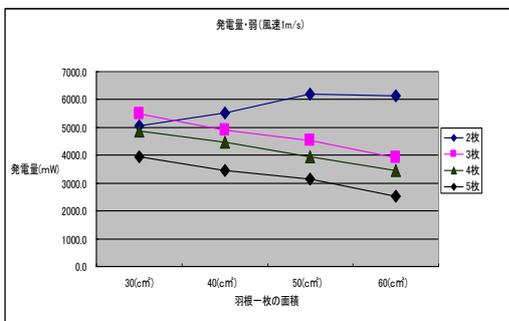


図 3

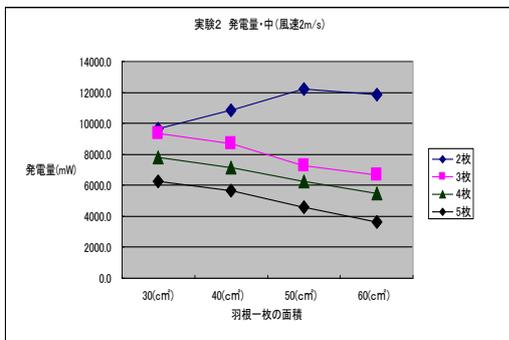


図 4

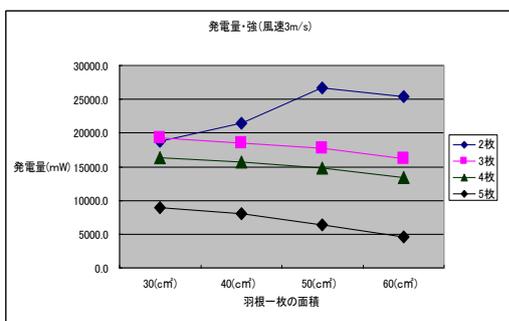


図 5

## 実験(3): 角度によるソリディティ変化の実験

下敷きを横5cm,縦10cmに切り取り, ホイールに取り付けた3枚の羽根を正面から30°, 45°, 60°に角度を変えて測定した。角度は三角定規を用いて正確に測定した。

## 結果と考察(3)

ソリディティ原理からいけば、発電量は60° > 45° > 30° とならなければならないが、結果はその真逆となった。この原因として、空気抵抗の問題が挙げられる。角度を60°にした場合、ソリディティは低くなるが、側面から受ける風の抵抗が角度30°よりもかなり大きくなる。以上のことから、羽根の形状を変更し、側面から受ける風の抵抗を減らすことで、60°が一番発電できるようになるのではないかと考えた。

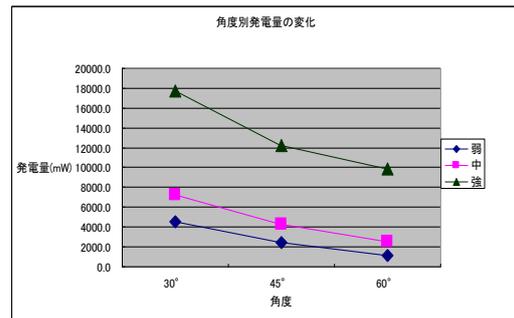


図 6

## 実験3': 形状の変更

抵抗が大きいとみられる羽根の外側部分を1cm,2cmカットし、実験(3)と同様の条件で羽根の枚数を3枚にして測定した。

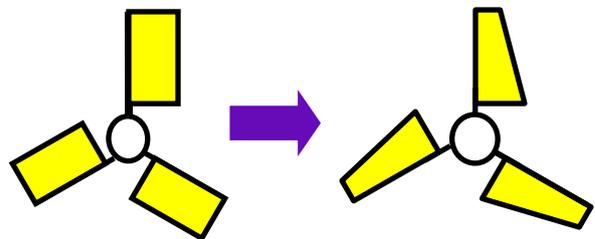


図 7

### 結果と考察(3')

結果は変わらず、発電量は  $30^\circ > 45^\circ > 60^\circ$  となった。このことから、空気抵抗以外にも原因があると考えた。

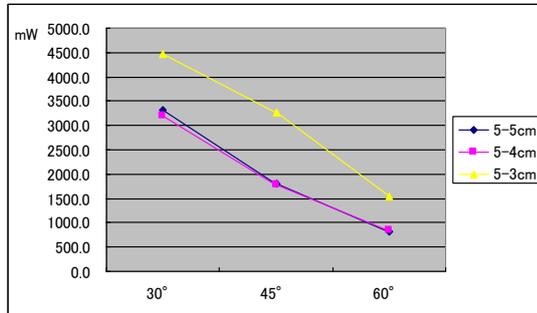


図 8

#### 【結論】

羽根の枚数と面積ではソリディティの原理は成り立つ。だが、角度では原理は成りたたなかった。

その原因は空気抵抗以外のものだと考えられる。その原因には羽根の重心の位置が異なり、効率よく羽根が回転していない、風速が非常に弱く、最大限に回転していなかった、などがあげられる。

今後は、その原因をつきとめてそりディティ原理を分析していきたい。

#### 【感想】

#### 【引用文献 (参考文献)】

大人の科学 Vol.18