



生物模倣の高效率な 小型風車を作る



東京都立小石川中等教育学校 佐藤圭一郎

概要

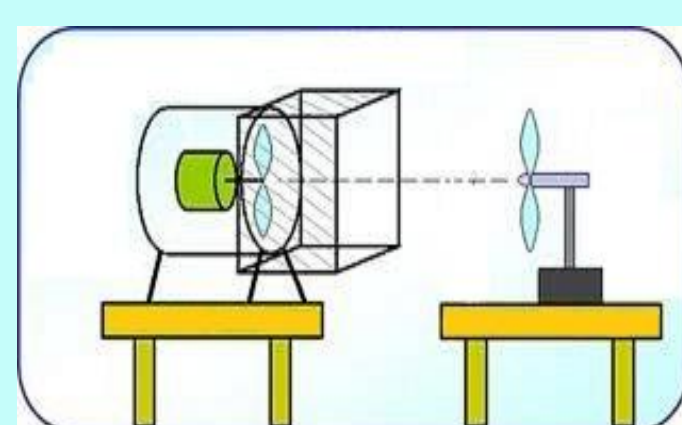
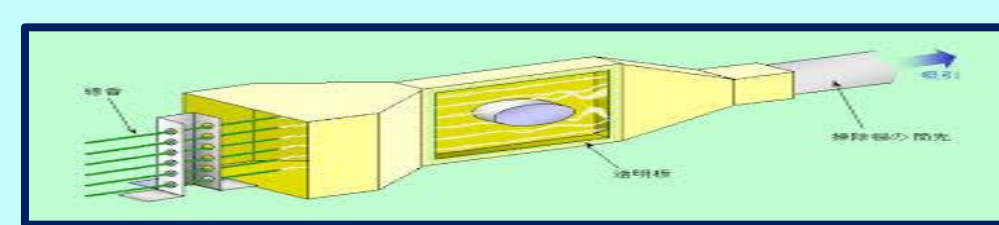
日本大学で行われる風力発電コンペ（WINCOM）で高い発電量を得るために2014年から発電効率の高いブレードを作るための研究を行った。生物模倣のブレードを制作して実験を重ねた。ここでは、2013年のWINCOM初出場時からの風車のブレードに関する実験、その結果などをまとめた。



目的

WINCOM（風力発電コンペ）の規定、縦横高さ80×80×80
重量が20kg以内で発電効率の良い小型風車を製作する。また、この目的のために風洞を作り、ブレード周りの空気の流れを可視化し、発電量を記録する。

実験方法



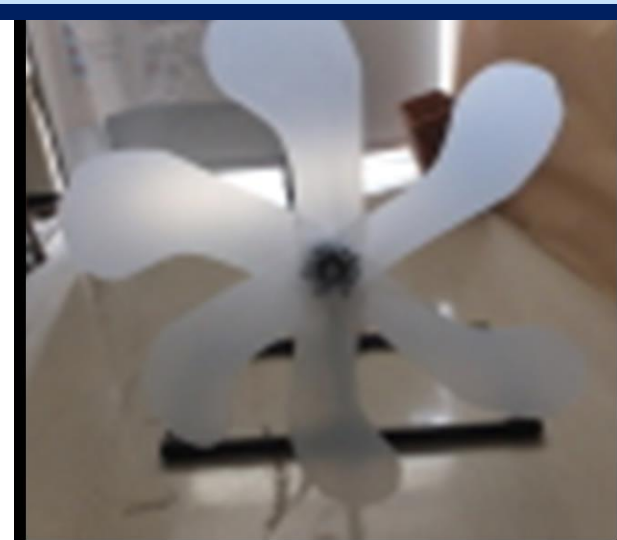
- ・水平軸、プロペラ式、6枚ブレードで凹凸を付けたブレード（2mmPP板、長さ35cm、幅15cm）を製作し、ピッチ角は35度で取り付け、発電量を比較する。
- ・低風速～高風速それぞれの発電効率を計測する。
- ・自作の風洞で、それぞれのブレードの周りの空気の流れを観察する。

自作風洞

風洞とは、人工的な空気を作り出すトンネル型の装置。送風機から風を送り出し、ハニカムを通し、整流して層流を作る。小型風車の発電量を計測したり、回転数を計測したりする。また、流動パラフィンで煙を作り、ブレード周りの空気の流れを可視化する。

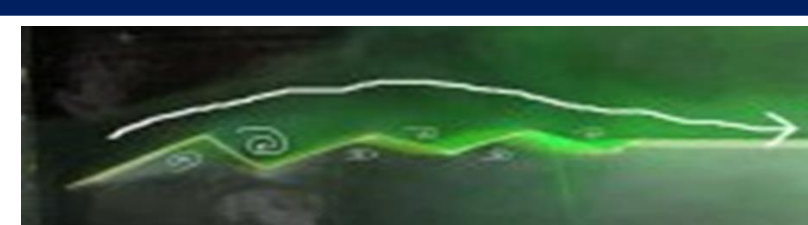
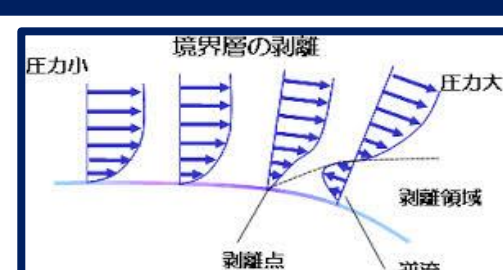
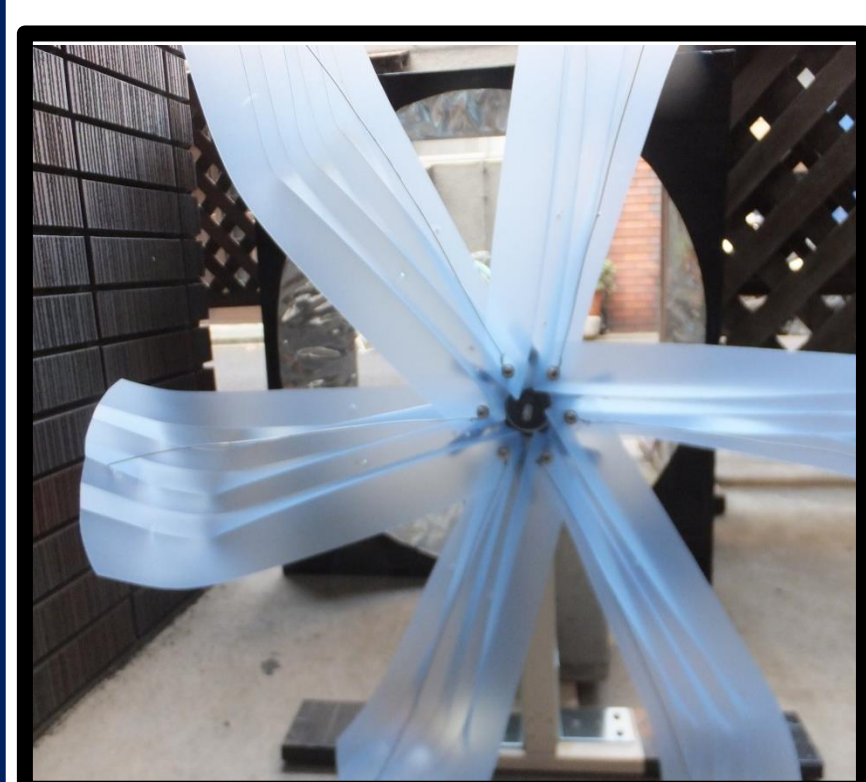


未加工型



厚さ1mmのPP板で、ダイナモとブレードの取り付け角度（ピッチ角）は35度で固定した。トンボの羽根型に比べて低風速時の発電量が低く、高風速時にはブレードがブレてしまった。

トンボの羽根型



トンボの羽根のようにブレードに凹凸を付けた形にした。実験の結果、平板型に比べて低風速時から発電を始めた。また、高風速時でも凹凸のある形状のため、剛性が増し、ブレードはブレなかった。

凹凸(密)型



試作を繰り返し、今回は等間隔に直径8mm,高さ5mmの丸い突起（鉤）を付けたタイプを制作した。

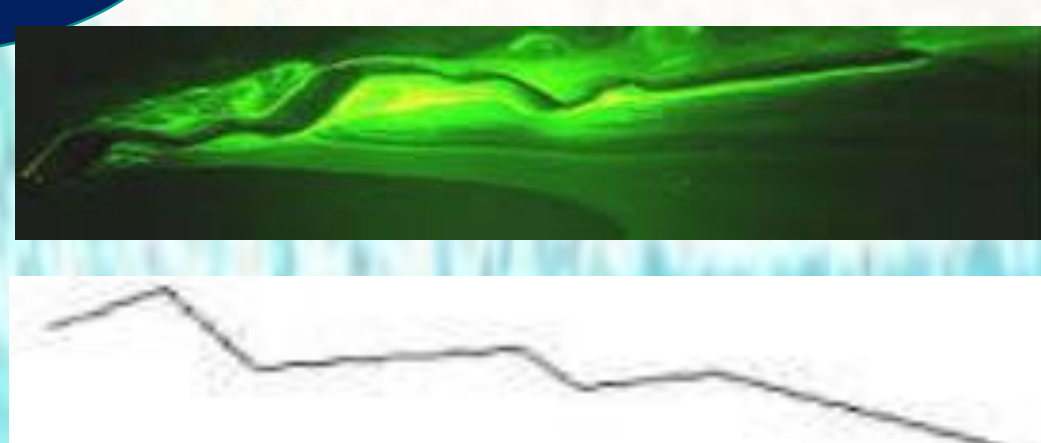
昆虫の翅脈型



昨年制作したトンボ羽根型ブレード（写真右）を参考に、昆虫の翅脈を模した凹凸を付けた形にした。凹凸は建築用接着剤を用いて付けた。

実験

トンボの羽根断面



楓の種



鷗



蝶

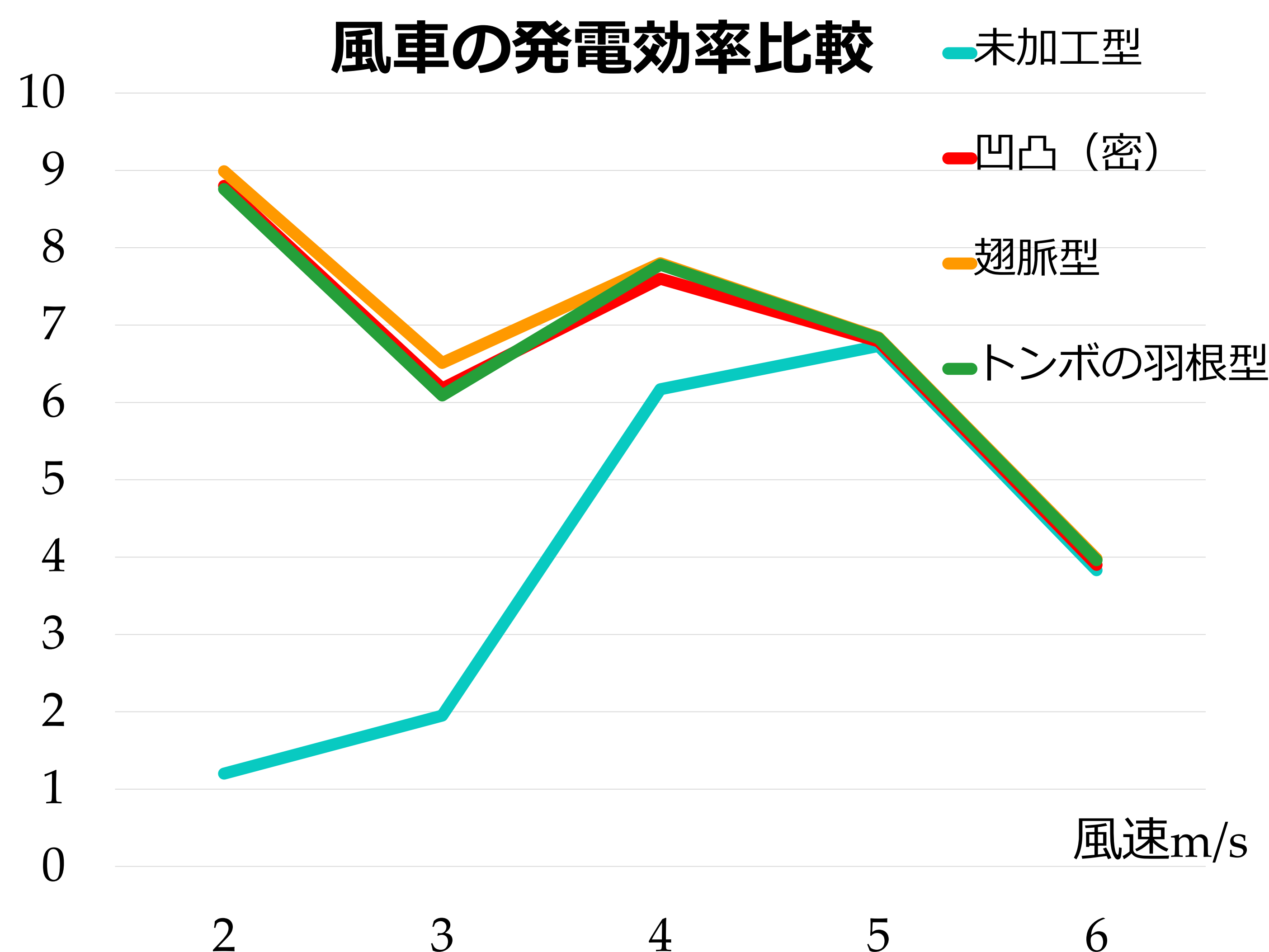


結果

昆虫の翅脈型の方が未加工型のブレードと比べて発電効率が高かった。

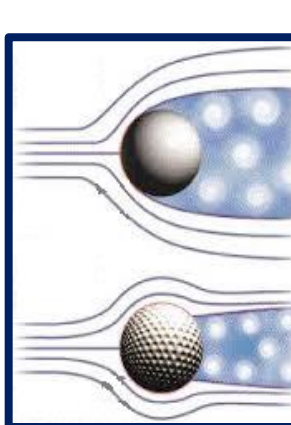
発電効率Cp

風車の発電効率比較



考察

未加工型風車は、ブレードの形状が大きな剥離を引き起こしているため、低風速時の電力出力が低いと考えられる。凹凸が無いゴルフボールがそれほど飛ばないのと同じ原理ではないだろうか。最高出力は風速5 m/sの時であり、それから徐々に減少していくのは風速が増加するにつれてブレードのブレが増加したためと考えられる。



トンボの羽根型では、全ての風速において未加工型を上回っている。これは風洞実験の写真で示したように、トンボの羽根型ブレードの凹凸が細かい渦を作り、NACA型のような空気の流れができ、剥離点を後退させることが出来るからだと考えられる。

昆虫の翅脈型では、全ての風速において未加工型、凹凸（密）型を上回っている。これは風洞実験の写真で示したように、ブレードの凹凸が細かい渦を作り剥離点を後退させ、滑らかに動き、ブレードの回転数を上げたことで発電量の増加につながったと考えられる。また、トンボの羽根型ブレードよりも軽量で、低風速時に発電ができたと考えられる。

流体内の物体に働く力には、慣性力（物体の密度×速度×面積）と粘性力（物体の表面積×速度の勾配）がある。低レイノルズ数域では慣性力が減り、粘性力の効果が増加する。そこでの発電に適したブレードは、同じく低レイノルズ数域で飛行している昆虫の翅を模したブレードが適していると考えられる。

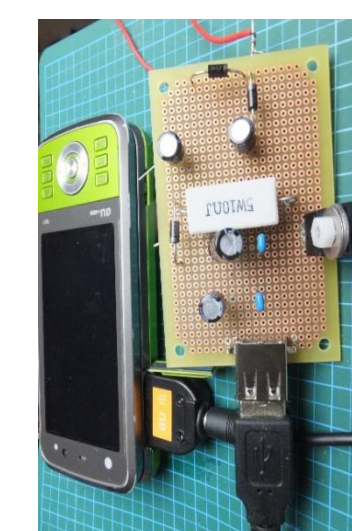
結論

粘性力に注目するなら、小さな渦を起こし、剥離点を遅らせることが発電量の増加に重要である。よって昆虫の翅脈型ブレードは、未加工型ブレードよりも小さな渦が発生しやすく、より早く回転し、高い出力電力を得た。



展望

ブレードに凹凸を付けることで発電量の増加があるので、どのような凹凸の形状が最も発電効率が良いかについて実験を進めていきたいと考えている。また、携帯電話などに充電ができるような回路の製作をしている。



参考文献

流れの科学 アッシャー・H・シャピロ著 今井功訳 河出書房新社 1981年
超小型風車の製作 三野正洋 著 パワー社 2011年
自分で作るハブダイナモ風力発電+ 川村康文 著 総合科学出版 2012年
自宅で楽しむ発電 中村昌宏 著 SB新書 2013年
手作り風車ガイド（改訂版） 松本文雄・牛山泉 著 パワー社 2006年