

# 紙プロペラ

## —進化するプロトタイプ—

園田湧太郎, 栄泰生, 黒木慧己, 山本咲  
延岡高等学校 Nobeoka High School

**Abstract** 科学の甲子園宮崎県予選での実技競技を通じ、課題となった紙プロペラの風力不足に対処するため、紙プロペラの可能性を検討し、速度向上の実験を行うことが目的。調査・研究方法では、羽根の形状、枚数、長さの要素に注目し、競技コースを使用して速度を比較する対照実験を実施。結果、1枚の紙から作成した全長8.7cmの2枚の羽根が最速であった。多角的な視点から、電子天秤を用いて、その推進力を重さとして測った。結果、約9cmの羽根が、一定のモーター出力に対して最適であることを確認し、回転軸まわりの慣性モーメントと羽根のバランスが重要であることが判明。今後の展望では、反転機構搭載での最速走行を目的とし、効率的で信頼性の高い機構の研究を進め、風力を最大限に活用しプロペラの効率向上を探求する。

**Keyword** シャトルウインドカー / 紙プロペラ / 反転機構 / 慣性モーメント

### 1. 序論

#### (1) 研究背景

第12回科学の甲子園宮崎県予選での実技競技に参加し、プロペラの向きを変えずに往復走行可能なシャトルウインドカーを製作したが、風力不足についての課題が明確になった。そこで、紙プロペラの可能性に着目し、速度を向上させるための実験を行うことにした。

#### (2) 研究の目的

上記の背景のもと、本研究は科学の甲子園の実施条件を模倣し、紙プロペラの可能性を探求することを目的とする。先行研究から得られた課題に着目し、紙プロペラの速度と強度を向上させるための要素を明らかにすることを目指す。

#### (3) 過去の研究成果



左図のように科学の甲子園で使用したモデルをもとに研究を進めた。羽根の形は今回最終的にたどり着いたものと同じであり、この際の羽根の全長は12.0cmであった。

↑科学の甲子園で作成したシャトルウインドカー

#### (4) 研究仮説

- ①羽根の形状 スクリュー型が最適。  
サーチュレーターは、直進性の高い風を発生させ空気を循環させる性能に特化している。直進性の高い風は、今回作成する紙プロペラに必要な要素である。よって、サーチュレーターのプロペラであるスクリュー型の形状が良いと考えた。
- ②羽根の枚数 多いほどよい。  
空気と触れる面積が大きいほうが風を起こしやすいと考えたため、枚数が多いほど速くなる。
- ③羽根の長さ  
回転数と羽根の重さのバランスがとれるものがよい。

### 2. 調査方法

#### (1) 材料

科学の甲子園と同じものを使用する。

#### (2) 実験方法1

仮説に記載した通り羽根の形状、枚数、長さの3つの要素に着目し対照実験を行う。プロペラの性能を評価するために条件を変えたプロペラをそれぞれ車体に取り付け3mの競技コースを走らせる。そのタイムをストップウォッチで10回ずつ測定し平均速度を比較する。

### (3) 実験方法2



電子天秤にプロペラを上向きに配置し、モーターの駆動による質量の差を測定する。この実験値はプロペラの推力として考えることができる。10秒間の数値の平均値を算出する。

↑プロペラの推力測定の様子

### (4) 式 下記の公式を考察で用いる

$$(公式1) j = \int x^2 dm$$

$$(公式2) j_1 = \int_{-r_1}^{r_1} x^2 dm \quad ※ \text{長い羽根の場合}$$

$$(公式3) j_2 = \int_{-r_2}^{r_2} x^2 dm \quad ※ \text{短い羽根の場合}$$

(j 慣性モーメント) (x 距離) (m 質量)

(r 羽根の半長、 $r_1 > r_2$ )

## 3. 本論

### (1) 実験結果1

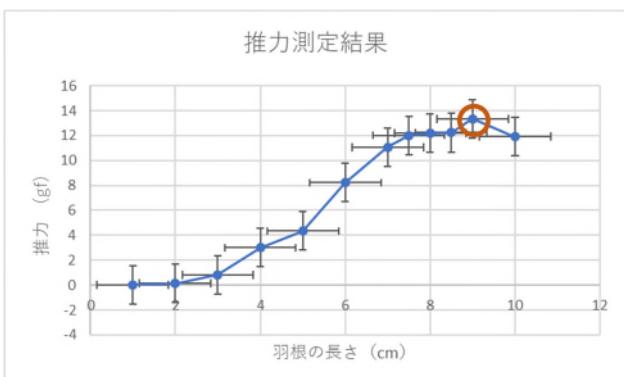
①羽根の形状 一枚紙

②羽根の枚数 2枚羽根

③羽根の長さ 8.7cmが最も速かった

### (2) 実験結果2

下のグラフより、9cmのとき推力が最大となった。



### (3) 考察

①厚紙でスクリュー型の再現を試みたが、実際に動かしたところ振動が大きくなり、逆に無駄が生じてしまった。よって、1枚の紙を切り抜いたものを採用した。

②羽根の枚数が多くなるほど風が緩やかになり、逆に少ないと風量が多くパワフルになるため、今回は枚数の少ない2枚羽根が適していると考えられた。

③2つの実験を経て、効率の良いプロペラの長さとして約9cmという結果が得られた。その理由を慣性モーメントを用いて考察した。慣性モーメントとは、回転のしにくさの程度を表す量のことである。慣性モーメントが大きいほど回転しづらくなる。そしてこれは距離の2乗と質量に比例する。(公式1)つまり、回転軸からの距離が大きければ慣性モーメントも大きくなり、質量が大きくなれば慣性モーメントも大きくなる。また、長い羽根と比べて短い羽根のほうが、羽根の全長が長く質量も大きいので慣性モーメントが大きくなり、回転しづらくなる。よって、長い羽根は回転数が少なく、(公式2)短い羽根は、回転数が多いと考えられる。(公式3)回転数が少なすぎても風を生まず、空気と触れる面積が小さすぎても風を生まないため、両者のバランスの取れる羽根の長さが実験の結果として得られたと考える。

## 4. 結論

①1枚紙が最適だった

②2枚が最速だった

③今回の前提条件の場合9.0cm付近が最速となった

## 5. 展望

私たちは、推力に関する実験を行うにあたって推力の公式を調べた。すると、どの公式にも回転数が含まれていたため回転数を測定することができればより深い研究になると考える。また、反転機構にも触れてていきたい。

## 6. 謝辞

延岡高等学校の黒木雄斗先生には、たくさんご教授いただいた。この場を借りて心からの感謝を申し上げる。

## 7. 参考文献

- 科学の甲子園全国大会事前公開競技  
「シャトルウインドカデモンストレーション」 <https://www.youtube.com/watch?v=pClu18Z0tIk>  
閲覧日12月13日
- 第10回科学の甲子園全国大会実技競技③  
「シャトルウインドカー」解説

