

翼果の飛行性能を探る

愛媛県立松山南高等学校 翼果班

玉井健登 水田涼斗 毛利和暉 指導教諭 大西大輔

1 はじめに

植物の種子の中には、少しでも長く空中にいて、種子をできるだけ遠くに運ぶため、翼果とよばれる翼をもつものがある。私たちは、その種子の飛行性能の高さに興味を持ち、それが風力発電やヘリコプター、ドローンなどの羽に応用できるのではないかと考えた。下籾ら (2018) によると、質量が小さく、全長と単位質量当たりの面積が大きい翼果の滞空時間が長いことが分かっている。本研究では、トウカエデの翼果(図1)を用いて、それらのパラメータの最適条件を探るために研究を行った。



図1 トウカエデの翼果

2 仮説

実験を行う前によく飛ぶ翼果の定義を「落下時間が長く空中にいる時間の長い翼果、つまり、落下速度の小さい翼果」とした。またマルチコプターやドローンなど羽を回転させて空中に浮かぶものは回転数を多くすることで安定して空を飛んでいることから、私たちは翼果も同じようによく飛ぶ翼果の回転数は大きいと仮説を立てた。

3 実験方法

【実験Ⅰ】 5種類のトウカエデの翼果を使用し、その質量や全長、面積などを測定した。面積は、複写した後、台形の複合体として計算した(図2)。翼果を落下させると、どの翼果も20cm落下したところから安定して回転し始めることが分かった。よって、図3のように、落下距離20~120cmの100cmの区間について、落下時間と回転数を動画再生アプリ「Coach's eye」でのスロー再生によって測定し、回転数と落下速度を計算した。

【実験Ⅱ】 図4のように、翼果を翼と軸、種子の3つのパーツに分け、軸と種子の部分の大きさを固定した模型を作り、翼果の最適条件を探った。軸の幅を15mm、18mm、21mmに変えて実験を行い、次に面積だけを変え、翼果の面積と落下速度及び回転数の関係を調べた。翼果の面積は、翼の四分円の半径を10~24mmの間で2mmずつ変えた8種類の模型を作成し、実験Ⅰと同様に回転数と落下速度を測定した。

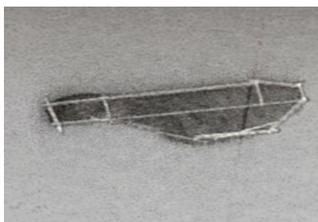


図2 面積の計算

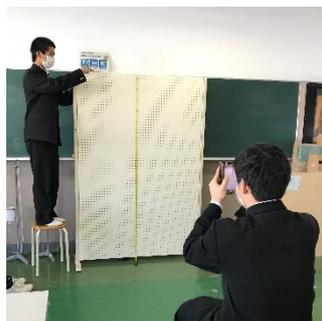


図3 翼果の落下実験

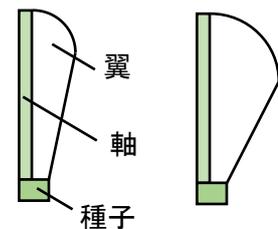


図4 翼果の模型

4 実験結果・考察

(1) 【実験Ⅰ】

測定結果を以下の表1及び図5～10に示す。結果から、回転数が大きくなるほど落下速度は速くなっていることが分かった。これは回転数が大きくなること、空気抵抗と揚力が小さくなるからではないかと考えている。また、面積に対する質量比や質量に対する面積比が変化しても落下速度や回転数はあまり変化しておらず、明らかな相関は得られなかった。これは先行研究とは異なる結果であった。このことから、どの翼果も自然界では、出来るだけ遠くに飛ばし効率よく繁殖させるためにある程度バランスがとれており、質量と面積のバランスには最適条件が存在するものだと考えた。

(2) 【実験Ⅱ】

測定結果を図11～図14に示す

ア 軸の幅について

図11, 12より軸幅21mmのものが最も回転数が小さく落下速度が遅いということが分かった。また軸の幅が短くなるにつれて回転数が大きくなり落下速度が遅くなるのではなく、軸の幅15mmのものを境にそれぞれ関係性が変わっていることが分かった。このことから、私たちは軸の幅15mmのものが本当に最も飛ばない条件であるのか、軸の幅をもう少し細かく変化させようと考えた。

イ 面積について

図13, 14のように、面積が大きくなるにつれて、回転数は小さくなることが分かった。これは、軽くて小さい翼果は空気抵抗が小さく、回転しやすいからだと考え。しかし、回転数が大きくても落下速度が遅くなっているわけではないので、回転数が多いものがよく飛ぶとは限らないのではないかと考えている。以上より、面積と落下速度の関係には最適値が存在するものと思われ、面積を大きくしていくにつれて、落下速度が小さくなるわけではないことが分かった。

表1 翼果の落下実験における測定結果

翼果	①	②	③	④	⑤
全長[cm]	1.64	1.5	1.47	1.10	1.58
質量[g]	0.014	0.014	0.012	0.004	0.016
面積[cm ²]	0.545	0.55	0.285	0.23	0.765
回転数[回/s]	27.6	34.1	34.6	34.1	31.2
落下速度[m/s]	0.87	0.95	0.96	0.98	0.99

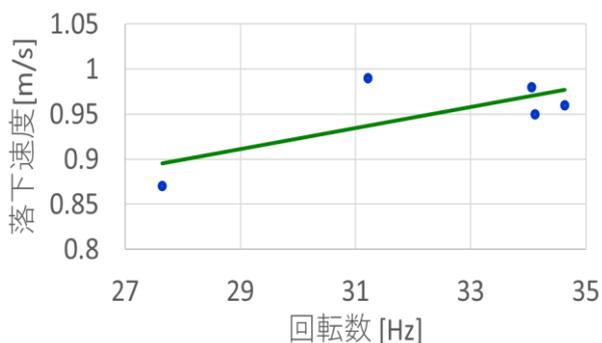


図5 回転数と落下速度

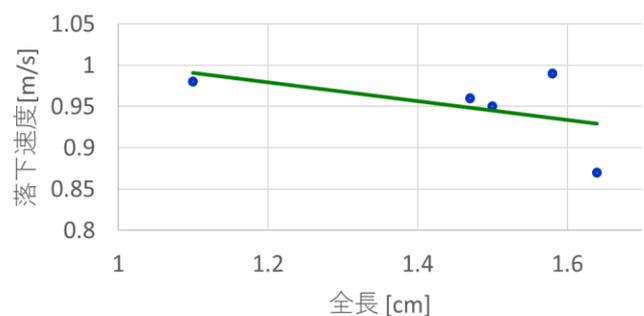


図6 全長と落下速度

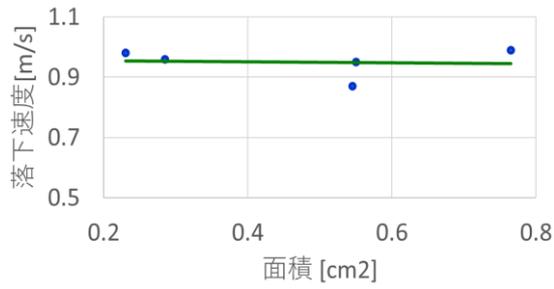


図7 面積と落下速度

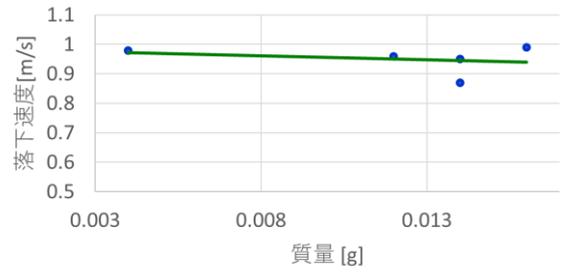


図8 質量と落下速度

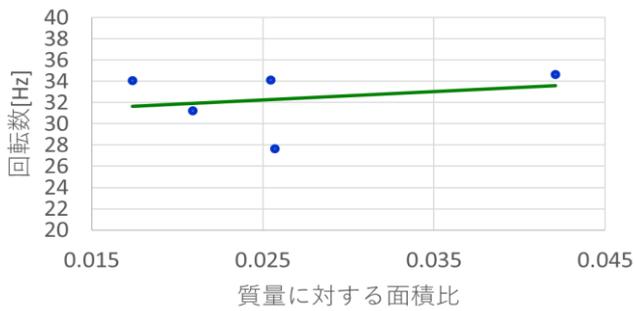


図9 質量に対する面積比と回転数

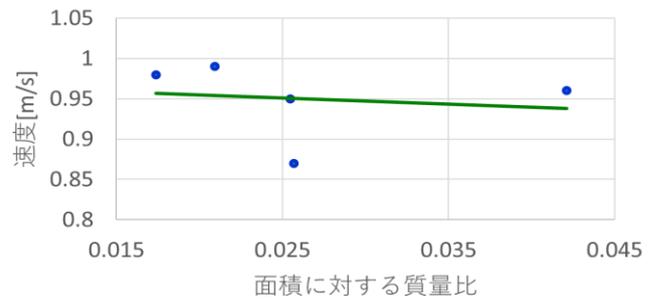


図10 面積に対する質量と回転数

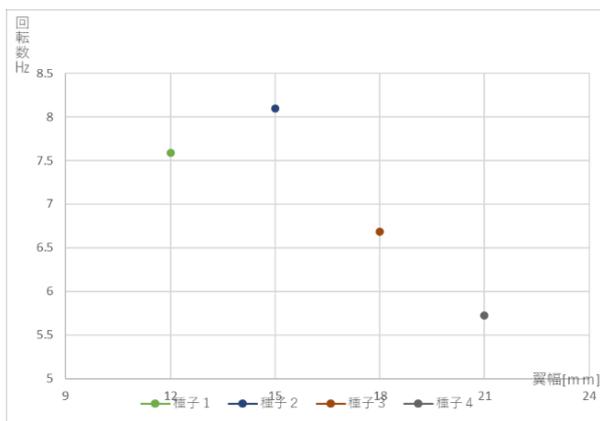


図11 軸の幅と回転数

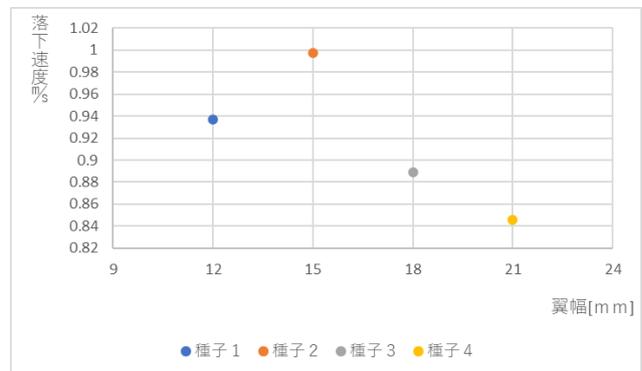


図12 軸の幅と落下速度

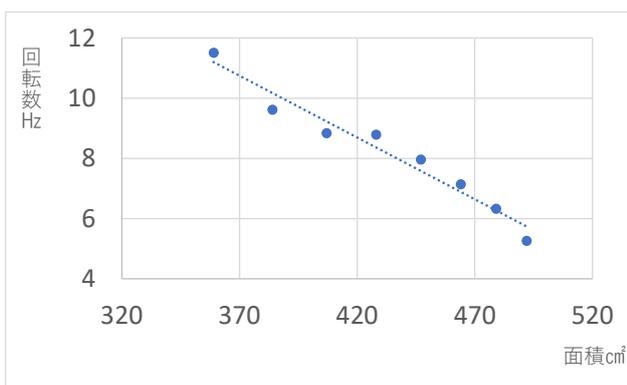


図13 面積と回転数

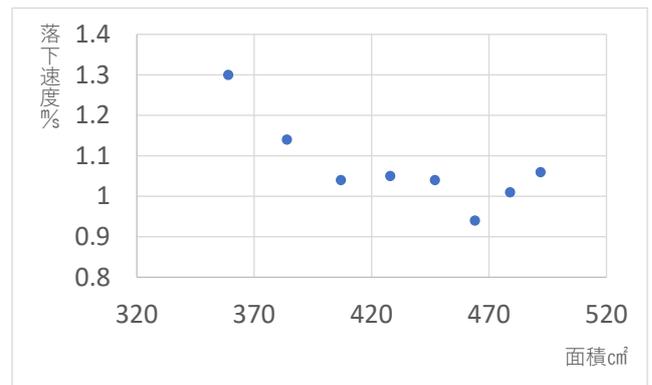


図14 面積と落下速度

5 今後の課題

模型 8 個を作り実験を行ったが、翼果の最適条件を探るにはサンプル数が少なかったので、もう少しサンプル数を増やしていきたい。よく飛ぶ翼果の質量と面積のバランスには、最適条件が存在するものと考え、模型を作成し、様々な条件を変えながら、さらに細かくそのメカニズムなどを分析し、翼の質量に対する面積比などの最適条件を探ろうと考えている。また、現在、作成した翼の模型で、**図 15** に示す風力発電用モーターを作成し、その発電能力について**図 16** のように調べている。その結果を**表 2**、**図 17** に示す。

また、翼果は揚力を得るために、その表面には渦が発生していると考えている。翼果が落下しているときの流体(空気)の可視化を行い、翼果が揚力を得るメカニズムについて詳しく調べていきたい。

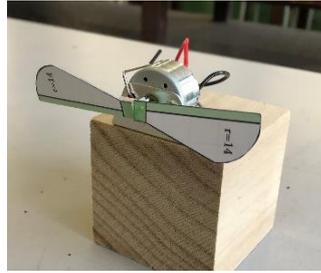


図15 風力発電用モーター



図16 発電実験

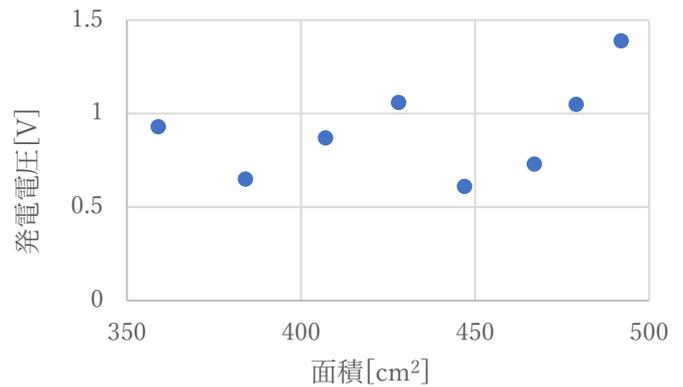


図17 面積と発電電圧

表 2 翼の面積と発電量の関係

面積 [cm ²]	359	384	407	428	447	467	479	492
発電電圧 [V]	0.93	0.65	0.87	1.06	0.61	0.73	1.05	1.39

6 参考文献

- ・下籾裕生・伊澤悠・波多野圭介 (2018) 「飛行性能の高い翼果の構造」 岐阜県立恵那高等学校