

飛行性能の高い翼果の構造

2516 下條裕生 2502 伊澤悠 2527 波多野圭介

要旨

回転しながら落下する翼果に興味を持ち、トウカエデをモデルとした模型製作と落下実験を通して翼果の中でよく飛ぶ形状の条件を見つけることにした。まずトウカエデの翼果の質量と全長、落下時間を測定した。翼の形状が飛行に影響を与えと考え、測定結果と観察をもとに4種類の模型を製作し、翼果の翼の形状における飛行の変化を調べた。その後同じ型で長さ、表面積、質量の異なる相似な模型を製作し、相似における飛行の違いを調べた。また、各模型の重心の位置を調べ、回転の中心の位置と比べた。回転の中心と重心は一致していて、表面積が大きくなるにつれて、落下時間が短くなっていった。

1. はじめに

私たちは生活の中で回転しながら落ちる翼果を見て興味を持ち、研究することにした。

翼果とは、果皮の一部が平らな翼状に発達した果実のことで、風に乗って親木から遠くへ飛んでいく種のことである。

世界には多くの種類の翼果が存在する。図1のニレ属やホップノキ、アルソミトラのような中心に種子がある翼果は、滑空するように飛行する。

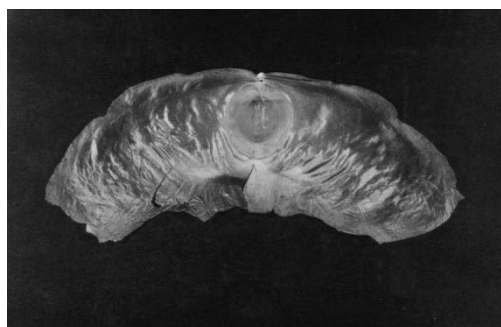


図1 アルソミトラの翼果

図2のようにカエデ属やトネリコ属の翼果は片側に種子があり、そこから翼が伸びている。この形の翼果は回転しながら落下する。本研究ではこの形状の翼果について研究を行った。



図2 トウカエデの翼果

2. 目的

自然にある翼果の構造を理解し、飛行時間が長く、飛行距離も長い翼果の模型を作ることによって、世界中の様々な翼果の中でよく飛ぶ形状の条件を見つける。また、翼果の飛行のメカニズムや社会で何に使われているか探求する。

3. 仮説

より遠くまで翼果が飛ぶための条件は飛行時間が長いこと、飛行距離が長いことだと考えた。

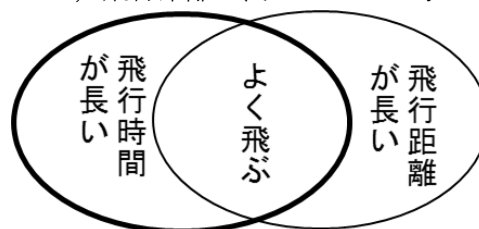


図3 よく飛ぶ翼果についての概念図

まず、どのような翼果が飛行時間の長いのかを調べるため、より軽くて、翼の表面積が大きい翼果はより滞空時間が長いという仮説を立てた。

回転時の翼の表面積が大きくなるため、空気抵抗を受けやすくなるのではないかと考えた。

4. 実験1

(1) 目的

模型を設計するため、自然にあるトウカエデの翼果の全長、質量を測定する。また、落下時間のデータを取り、今後の研究に役立てる。

(2) 方法

トウカエデの種36個の全長を定規、質量を電子ばかりを用いて測定する。また、2.0mの高さ

から種子を落下させ、ストップウォッチを用いて落下時間を測定した。図4の矢印のように種の先から翼の先までを全長とした。



図4 トウカエデの全長

使用した器具、材料

- ・トウカエデの種子 36個
- ・ストップウォッチ
- ・電子測り
- ・定規

(3) 結果

測定していた際に翼の表面積がとても大きかったり、翼が極端に尖っていたりと特徴的な翼の形状をもつ翼果があることに気付いた。また、落下時の回り方もぶれずに安定して回ったものや、渦巻き状の軌跡を描いて回ったもの、ほとんど回らなかったものもあった。それを図5中の○の中に示した。落下時間と質量、落下時間と全長についての関係調べるためそれぞれ以下のグラフにまとめた。

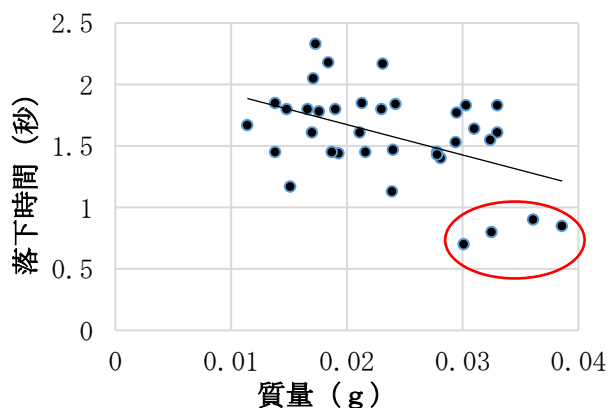


図5 翼果の落下時間と質量の関係

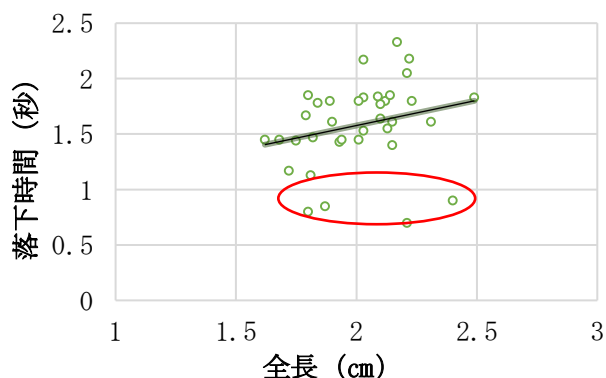


図6 翼果の落下時間と全長の関係

表1 各模型の質量と表面積

	質量	全長	落下時間
平均値	$2.3 \times 10^{-2} \text{ g}$	1.96 cm	1.6 秒
飛行時間最長	$1.8 \times 10^{-2} \text{ g}$	2.17 cm	2.33 秒

表中に飛行時間が最長のものを記したが、他に最軽量のものは $1.4 \times 10^{-2} \text{ g}$ 、全長が最長のものは 2.49 cm であった。

(4) 考察

図5, 6のグラフの楕円を除いた部分より、質量が小さいほど比較的落下時間が長い傾向があること、図5のグラフより、全長が大きい方が落下時間の長い傾向があることがわかった。このことから、質量が小さく、全長が大きいほど、落下時間が長いことがわかった。

また、同じぐらいの全長、質量でも大きな誤差が出るのは、翼の形状にも関係があるのでないかと考えた。

5. 実験2

(1) 目的

上の考察をもとに翼の形状が飛行にどのような影響を与えるかを調べるため、紙製の翼果の模型を製作し、落下の仕方や落下時間の違いを比べる。

(2) 方法

模型の形は実験1の結果のより得たデータを元に製作した模型を「モデル」として観察より3種類の形状を追加、計4種類とした。重心を安定させるために翼の先端におもりを付けた。測定誤差を減らすために各模型はそれぞれ4つずつ製作し、模型の条件をなるべく揃えるために、翼以外はすべて同じパーツを使用した。パーツは図8に示した。

使用した材料

- ・方眼工作用紙
- ・コピー用紙
- ・セロハンテープ(おもり固定用各 5.0cm 使用)

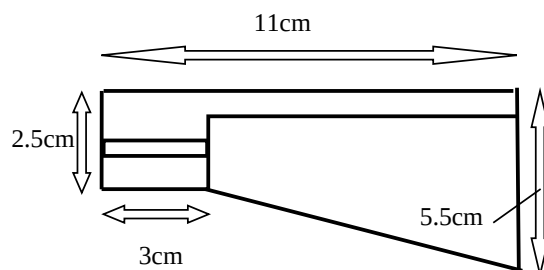


図7 作製したモデル型の寸法

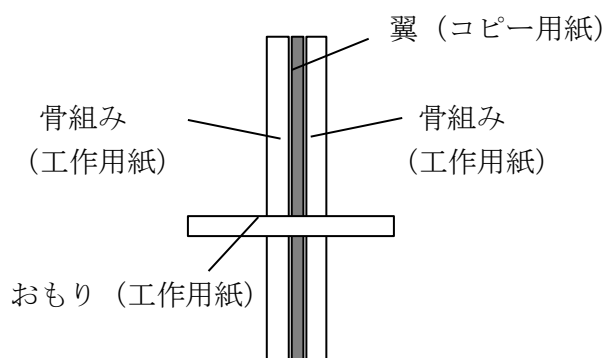


図8 作製したモデルを横から見た図

翼の両側に骨組みを貼り付け、おもりを翼面と垂直となるように取り付けた。

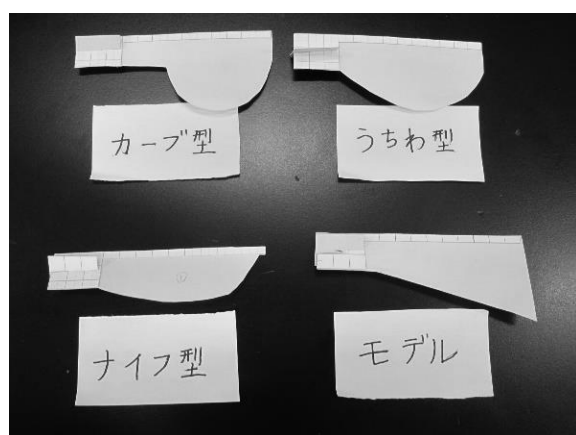


図9 使用した翼果模型の形状と名称

うちわ型とナイフ型は翼果の表面積が飛行にどう関係するか、カーブ型は翼の幅が飛行にどう関係するか調べるためのものである。うちわ型は翼側の表面積が大きくうちわのような形をしていて、ナイフ型は表面積が小さく尖っている。カーブ型は、種子側は細くなっているが、翼側はうちわのような形をしている。

表2 各模型の質量と表面積

	モデル	うちわ	カーブ	ナイフ
質量	1.4 g	2.2 g	1.9 g	1.1 g
表面積	39 cm ²	61 cm ²	52 cm ²	29 cm ²

各模型を4個ずつ作り、それぞれ3回ずつ4.0mの高さから無風の状態で落下させ、落下時間を測定した。

(3) 結果

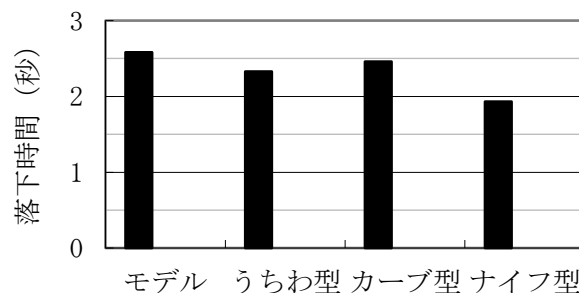


図10 翼果模型ごとの落下時間の平均値

モデルは最も安定して飛び、一番飛行時間が長かった。うちわ型は落としてから回り始めるまでの時間が長かったが、回りだしてからの落下は一番ゆっくりだった。また、回転しにくい模型が多い型でもあった。カーブ型は螺旋を描きながら落下していた。ナイフ型は回転しながら落下したが、回転時の落下速度は速く、落下時間も短かった。

(4) 考察

うちわ型はカーブ型よりも翼の表面積が大きく、他の三種類よりも空気抵抗を大きく受けるため回転が乱れ、安定した落下にならなかったと考えた。

モデルを除く3つの型の中で最も落下時間の長いカーブ型は渦を巻くように落下したため、垂直に落下するよりも移動距離が長くなったため逆に落下時間が長くなったと考えた。渦を巻くように回ったのは、重心が関係していると考えた。

最後に、ナイフ形は翼の表面積が小さすぎたため揚力が小さくなり落下時間が短かったと考えた。

6. 実験3

(1) 目的

実験2で一番安定して飛んだモデル型を用いて、同じ型でも、表面積が飛行にどのような影響を与えるか調べる。また、重心の位置を調べ、重心の位置と飛行の関係を調べる。

(2) 方法

モデル型を基準として、1/2倍に各パーツを縮小した模型、3/2倍、2倍に拡大した模型を4つずつ製作した。また、今回は学校の三階(8.70m)から模型を3回落下させ、落下時間や回り方を比較した。

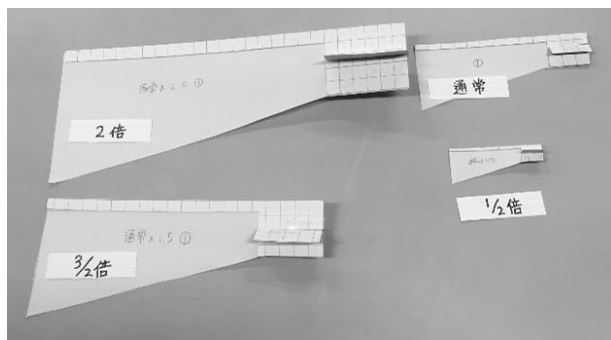


図 11 使用した翼果模型の名称

表 3 各模型の表面積と質量

	翼 1/2 倍	通常	翼 3/2 倍	翼 2 倍
表面積	9.8 cm ²	39 cm ²	87.8 cm ²	156 cm ²
質量	0.38 g	1.42 g	3.28 g	5.66 g

その後、模型の重心を調べ、印をつけ、回転の中心との関係調べた。

(3) 結果

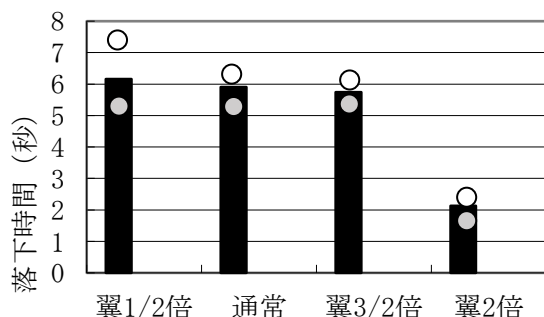


図 12 翼果模型ごとの落下時間の平均値

○は飛行時間の最大値を示し、●は最小値を示している。最も長く飛んだのは翼 1/2 倍の 7.48 秒、最も短かったのは翼 2 倍の 1.89 秒だった。1/2 倍は落とす回数が増えるたびに、落下時間が短くなっていった。

全体を通して、回転速度と回り方に大きな違いが見られた。翼の表面積が大きくなるほど回転の速さがゆっくりになっていった。3/2 倍、2 倍は回り始めるのが二階を通過した後、通常、1/2 倍はほぼ手を離れた直後から回り始めた。2 倍はどの模型も安定して飛んでいなかった。

また、重心の位置と回転中の模型を観察すると、重心と回転の中心は一致していた。

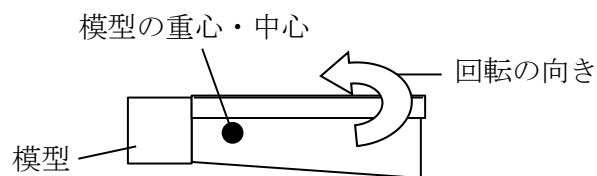


図 13 回転の中心と模型の重心

(4) 考察

実験の結果より、模型の表面積が大きくなるに連れて、飛行性能が下がった。翼 2 倍が他の 3 種類と比べて、著しく落下時間が短かったのは、質量が大きすぎたため、回転しなかったからだと考えた。

また、4 種類の模型を比較すると、質量が小さいほど落下時間が長いことが読み取れる。表面積を大きくすれば確実に落下時間が長くなるわけではないことがわかった。

7. 結論

質量が小さく、表面積が大きいほど飛行時間が長い傾向があるが、表面積が大きすぎると回転がぶれ、安定した飛行になりにくい。

8. 今後の展望

密度による飛行の変化も研究するため、大きさを一定にして質量を変える。そのために、材質を変え、模型を作る。

今回の実験は無風時を想定してのものだったが、風が吹いている状態での翼果の飛行を考えて、実験をしていきたい。また、単純な滞空時間のみの研究だったので、飛行距離が長い翼果の条件も研究していきたい。

9. 参考文献

寺島幸生・森愛実

「カエデの翼果の落下実験と翼果の模型作りを行う探究活動」鳴門教育大学

澤村 陽一・石原 卓

「Volume Penalization 法による翼果まわりの流れの数値解析」名古屋大学大学院工学研究科 酒井健二

「自由落下回転体の空力メカニズムの研究」

第一工業大学

須藤 春香 佐野 史

「自然の造形の巧みさを実感できるカエデの翼果模型の教材開発」群馬大学