飛行性能の高い翼果の構造

3615 下條裕生 3602 伊澤悠 3525 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ると考え、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。その後、落下している翼果に横風を当てて飛行距離の長い翼果の条件を探した。

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。



図2 トウカエデの翼果

2. 目的

自然界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で、 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で身 のまわりで何に応用されているか探究する。

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

〈I〉飛行時間について

まず、どのような翼果が飛行時間の長いのかを 調べるために次のような仮説を立てた。

「より軽くて、翼の表面積が大きい翼果はより 飛行時間が長い」

4. 実験 1

1) 目的

模型を設計するため、自然界にあるトウカエデ の翼果の全長、質量を測定する。また、落下時間 のデータをとり、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 下時間を測定する。

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。



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。(グラフ中の○ の中)

落下時間と質量, 落下時間と全長についての関 係を調べるためそれぞれ以下のグラフにまとめた。

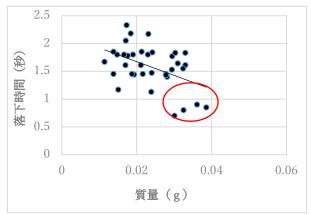
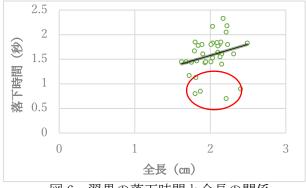


図5 翼果の落下時間と質量の関係



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	$2.3 \times 10^{-2} \mathrm{g}$	1.96 cm	1.6 秒
飛行時間 最大	$1.8 \times 10^{-2} \mathrm{g}$	2.17cm	2.33 秒

最軽量は 1.4×10^{-2} g, 全長最大は 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

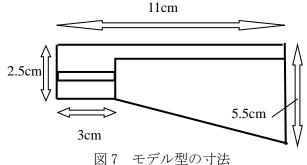
上の考察をもとに翼の形状が飛行にどのような 影響を与えるかを調べるため、紙製の翼果の模型 を製作し,落下の仕方や落下時間の違いを比べる。

2) 方法

模型の形は実験1の結果のより得たデータを元 に制作した模型を「モデル」として観察より3種 類、計4種類とした。重心を安定させるために翼 の先端に重りを付けた。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。

使用した材料

- 方眼画用紙
- ・コピー用紙
- ・セロハンテープ(重り固定用)



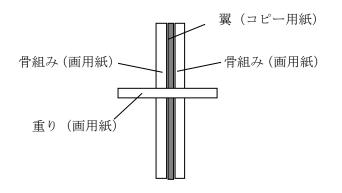


図8 模型を横から見た図

翼の両側に骨組みを貼り付け、重りを翼面と垂直となるように取り付ける。

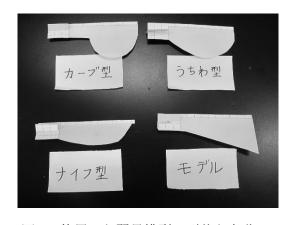


図9 使用した翼果模型の形状と名称

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 cm²	61 cm²	52 cm²	29 cm²

各模型を4つずつ作り、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 定する。

3) 結果

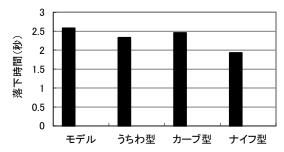


図 10 翼果模型ごとの落下時間の平均値

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。うまく回らない模型が多い型だった。カーブ型は渦を巻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、落下速度は速かった。

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つずつ製作する。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べる。各模型の表面積と質量は表3で示す。

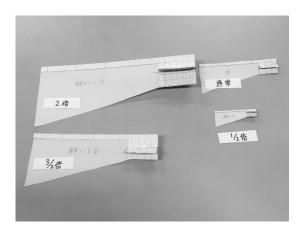


図 11 使用した翼果模型の名称

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 cm²	39 cm²	87.8 cm²	156 cm²
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,色をつけ,回転の 中心と位置を比べる。

3) 結果

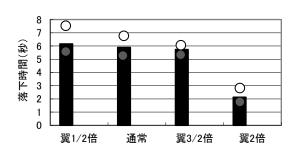


図 12 翼果模型ごとの落下時間の平均値

○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 ぼ手を離し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。

4) 考察

実験の結果より、模型の表面積が大きくなるに つれて、飛行時間が下がっていった。翼2倍が他 の三種類と比べて, 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. 実験 4

1) 目的

実験 2.3 を通して模型の種類によって回転を 始める位置がかなり違うことに気づいた。

回転を始める位置が落下時間に影響するのでは ないかと考え実験 2,3 で用いた各模型の回転開 始地点を調べた。

2) 方法

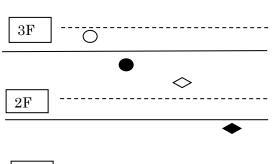
実験 2,3 で用いた各模型を三階(8.4m)から落下 させ、回転が始まった位置を観察した。



図 13 実験 4 の様子

3) 結果

- i) 実験2の模型の回転開始位置
 - モデル型 うちわ型
 - ◇ カーブ型 ◆ ナイフ型



1F

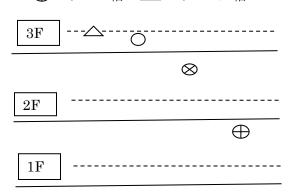
モデル型は手を放してからすぐ、うちわ型、カ ーブ型は三階と二階の間, ナイフ型は二階を通過 したあたりだった。

ii) 実験3の模型の回転開始位置

○ モデル型

⊗ モデル 3/2 倍

⊕ モデル 2 倍 △ モデル 1/2 倍



1/2 倍はモデル型よりも回り始めるのが早く, 3/2 倍は三階と二階の間, 2 倍は一階に入った直 後ぐらいだった。

4) 考察

最初は表面積と長さ、質量によって落下時間が 変化すると考えていたが、落下中に受ける力の違 いから,回転を始める位置が変化し,それも全体 の落下時間の差につながっていると考えた。

〈Ⅱ〉飛行距離について

次に、どのような翼果が飛行時間の長いのかを 調べるために次のような仮説を立てた。

「より軽くて、翼の表面積が大きい翼果はより 飛行距離が長い」

8. 実験 5

1) 目的

飛行距離の長い翼果の条件を探る。翼果は回転 して落下するものとして, 翼果の質量, 全長, 飛 行距離の関係, 翼果が横風を受けた時, どのよう な影響を受けるかを調べる。

2) 方法

ハナノキの翼果20個を無作為に選び、質量、全 長を測定する。その後直径 35cm の扇風機を床か ら0.9mの高さに固定し、1.8mのパネルで囲んだ。 そしてハナノキの翼果を、横風を受けるようにそ れぞれ2回落下させた。

また,風速を測定すると 4.0m/s であった。

3) 結果

表4実験5の結果

全長	質量	1回目	2回目
2.69cm	1.69g	100.9cm	70.9cm

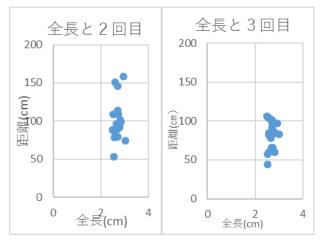


図14 全長と飛行距離

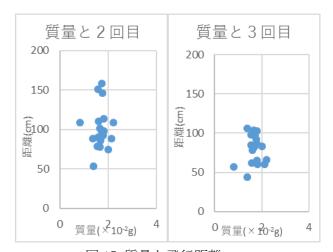


図15 質量と飛行距離

4) 考察

扇風機を使った実験ではデータのばらつきが大 きかったため、関係を読み取れなかった。ばらつ きの原因は、扇風機の乱流のせいだと考えた。

9. 実験 6

1) 目的

データのばらつきを減らすために扇風機の代わ りに整流装置を使って実験する。(整流装置が起こ す風は流れが整っているため、データのばらつき を軽減できると考えた。)

2) 方法

実験5の扇風機を整流装置に代えて同様に実験を行った。整流装置の風速は4.0m/sに設定した。

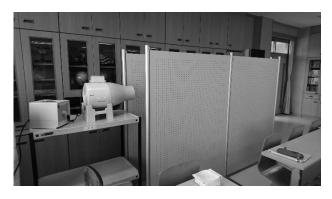


図 16 実験 6 の様子

3) 結果

表5 実験6の結果

全長	質量	1回目	2回目
2.76cm	1.78g	115.0cm	121.9cm

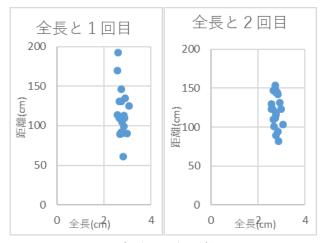


図17 全長と飛行距離

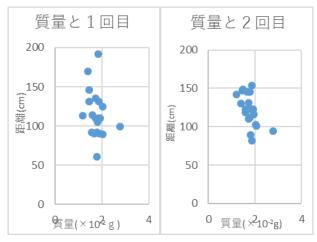


図 18 質量と飛行距離

4) 考察

扇風機を用いた時よりもデータのばらつきは 小さくなった。しかし、ばらつきがなくならな いことから、同じ翼果でもいつも同じように落 下しないことが分かる。

一回目と二回目でデータの差が小さい翼果は、 比較的質量が小さかった。これは質量が小さい 分、風に乗りやすかったからだと考えた。

また,一回目と二回目でデータの差が大きい 翼果は,全長も質量も大きかった。これは風が 当たる面積が大きいため,バランスが悪くなっ たと考えた。

10. 結論

- ・質量が小さい翼果は飛行が安定し、落下時間が 長い傾向がある。
- ・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。
- ・自然界では風が整っていないため、より遠く へ飛ぶためには風の当たり方が重要である。

11. 今後の展望

落下時間については形状と落下開始地点の関係、飛行距離については横風下における翼果の 揚力について研究したい。

12. 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

• 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

・市河 三英・川瀬 恵一・斎藤 茂勝・三村 昌史 杉本 剛

「翼果は横風の中を飛ぶ」

·「第5章 乱流」

www.esst.kyushu-u.ac.jp/textbook/chap05.pdf