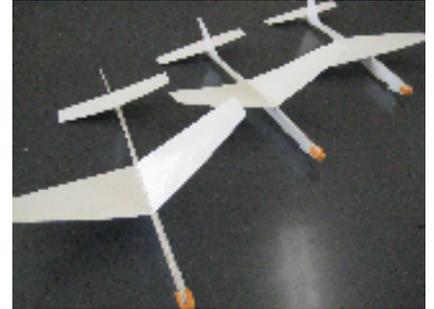


# ペーパープレーン

## 要旨

ペーパープレーンの **White Wings** を使って、上反角による滞空時間の違いを調べた。上反角が、なさすぎたり、有りすぎたりすると飛ばしたときに飛行経路が不安定になると考えた。また、標準の  $15^\circ$  は最もよく飛ぶと予想した。 $0^\circ$  は確かに予想通り不安定に飛んだ。しかし、 $30^\circ$  は  $15^\circ$  とほとんど変わらずに飛んだ。次に、風洞装置を使って、ペーパープレーンが滞空しているときと同じ状態を作り、空気の流れが上反角の大きさの違いによってどう変わるのか調べた。



## 本文

### 1. 目的

ペーパープレーンの一番よく飛ぶ重心の位置と機体の各部分の役割を調べる。  
**White Wings** を使って、上反角の働きについて調べる。

### 2. 使用した器具・装置など

- ・ 工作用紙
- ・ ケント紙
- ・ ソフランテープ→機首用ゴムスポンジに変更
- ・ のり→接着剤（セメダイン）に変更
- ・ はさみ
- ・ バルサ板
- ・ ゴム
- ・ ラッカー
- ・ 風洞装置
- ・ 風速計
- ・ はかり（小数第一位まで計測）

### 3. 研究・実験の手順

#### 〔実験1〕

##### ・実験の手順

ペーパープレーンをケント紙と工作用紙で作り、重心の位置によって、飛び方がどう異なるかを調べる。機体の先端には、安全のためにソフランチテープを3センチつけた。

製作したペーパープレーンは、重心の位置をそれぞれ変えて、レーザー539とレーザー538それぞれケント紙と工作用紙で1号機から7号機まで計28機作成した。

(写真レーザー539)

主翼の位置を前後に動かすことで、重心の位置を変更した(2.4号機は、尾翼の役割を調べた)



1号機－基本

2号機－垂直尾翼なし

3号機－主翼を後ろに5ミリ移動

4号機－主翼を後ろに10ミリ移動

5号機－主翼を前に5ミリ移動

6号機－主翼を前に10ミリ移動

7号機－水平尾翼なし

#### <仮説>

2号機－垂直尾翼は、機体の左右の安定のためにあるので、ないと機体は左右どちらかに曲がる。

7号機－水平尾翼は、機体の水平方向の安定のためにあるので、ないと機体は胴体を中心に回転する。

3.4号機－重心が後ろにあるので、上昇せずに落ちる。

5.6号機－重心が前にあるので、急上昇して急降下する。

#### <結果>

水平尾翼のない2号機は飛ばすと、機体がローリング（横揺れ）した。

垂直尾翼がない7号機は飛ばすと、機体がヨーイング（偏揺れ）した。

3～6号機はあまりにも飛ばなかったため、可児市で開かれている可児飛行機クラブの例会へ行っ

て学んできた。すると、一番よく飛ぶ重心の位置は、主翼の前から75パーセントのところであるとすでに研究されていることが分かったので、今年度はテーマを変えた。

〔実験2〕

・実験の手順

二宮康明氏設計の CubIII という機体を使って、上反角による比較実験を行う。

上反角とは、飛行機を前方から見て、主翼端が付け根より何度上向きに傾いているかという角度である。

ア.White Wings 専用紙をつかって CubIII を自力製作する

イ.上反角を  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$  それぞれつける

ウ.ゴムで飛ばしてみ、タイムを計測する。

またどのように飛ぶかも調べるためにビデオ撮影する。

製作に使う紙は、ペーパープレーン専用の 205 kg という強さの紙を用いた。

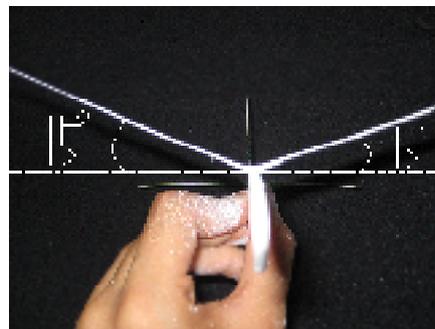
主翼や尾翼の強度に関係するので、紙の目も強い方を考えて製作した。

<機体の重さ>

$0^\circ$  ——6.95g

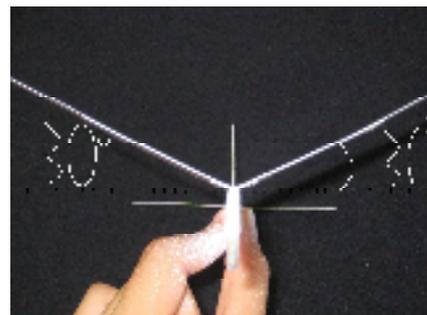
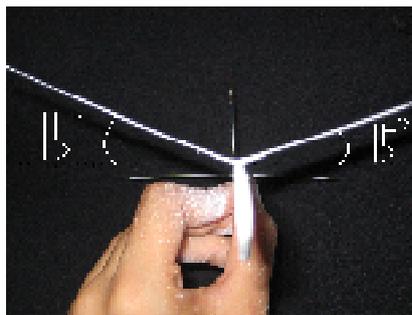
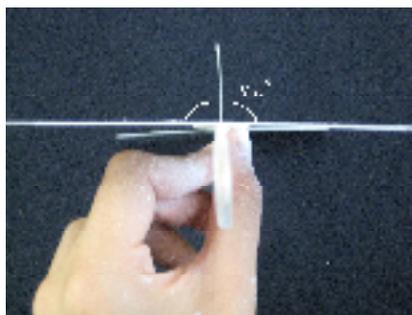
$15^\circ$  ——6.57g

$30^\circ$  ——6.59g



誤差 0.5g 以内に収めることができた。調節は同一の者が行ったので影響なし。

下の写真は、左から上反角  $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$  である。



<仮説>

上反角は、機体の安定のためにつけるもので、適度な角度でなければ飛ばしたときに機体が不安定になる。White Wings では  $15^\circ$  ほどつけるよう指示がある。上反角が  $0^\circ$  の機体や  $30^\circ$  の機体はまっすぐ飛ばないといったような不安定な様子が見られる。

#### 4. 結果に対する考察・わかったこと

##### [上反角 0° ]

打ち上げて、旋回せずにすぐに落ちてしまっている。

空気抵抗が少ないのか、高く飛んだ。

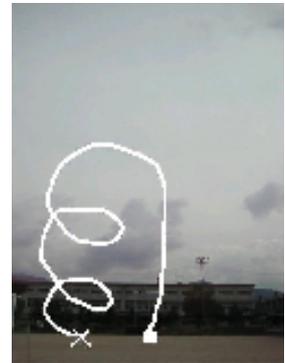
また、逆さまになって、主翼が下になって飛ぶ様子が見られた。



##### [上反角 15° ]

あまり高くは上がらず、頂点に達した後、すぐに緩やかに円を描いて降下した。

最も理想的といえる飛び方で、滞空時間も長く記録した。

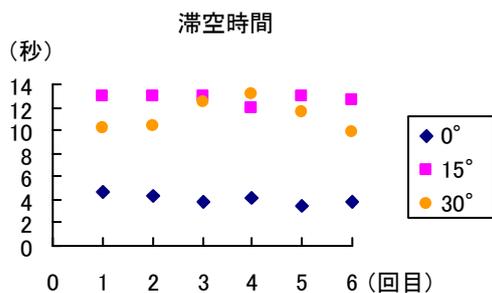


##### [上反角 30° ]

蛇行しながら上昇している。

頂点に達した後旋回に入るのが遅く、しばらくしてから緩やかに円を描いて下降した。

滞空時間に差が見られる。

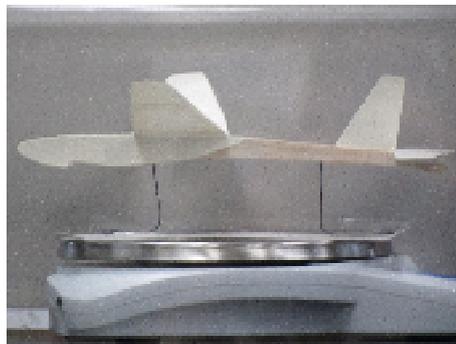
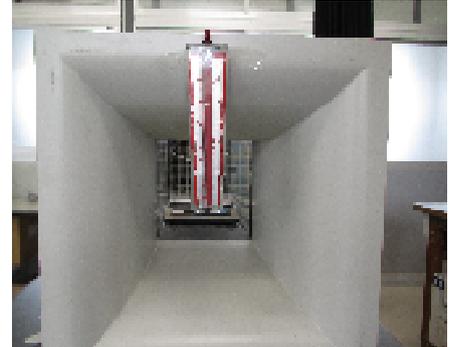


左のグラフは、滞空時間をまとめたものである。  
滞空時間の差が大きいことが見て取れる。

〔実験3〕

風洞装置を使って、White wings が滞空しているときと同じ状態を作るために、フラットを起こす風速を調べた。主翼が風にあおられて、安定してない状態をフラットという。実際に飛ばしたときにフラットすると、機体の安定が保てないのですぐに落ちてしまう。風洞の中にはかりを置き、その上に White wings を固定する。風が吹いたときに、どのくらい軽くなるか、つまり揚力が発生しているのかを調べる。風速は、風洞装置の風の出口に風速計をつけて計測した。

左：数値の計測  
 右：風速を計っている様子  
 下：横から見た様子



<結果>

スモールスケール、80パーセントに縮小。

上反角 (°)	0°	15°	30°
風速 (m/s)			
2.0	4.2 g	3.7	フラット
3.0	5.2	フラット	
4.0	フラット		

風洞装置の風速では強すぎて、早々にフラットを起こしてしまい、実験は失敗だった。

#### 〔実験4〕

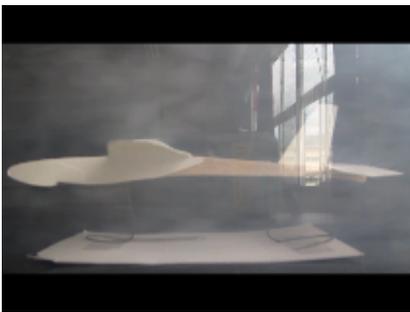
##### ・実験の手順

上反角の違いによる空気の流れの違いを調べる。空気の抵抗を考えて、先端の衝撃吸収ゴムはつけない。キャンバーは通常つけるものなので、各機体、差ができないようにつける。また、風洞装置の中に White wings が元の大きさでは入らなかったため、スモールスケールを作製した。

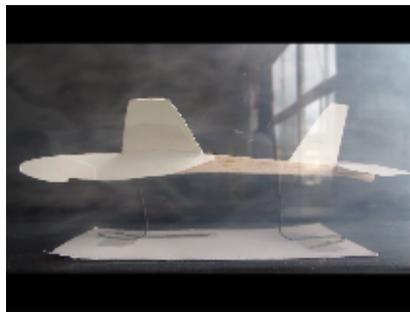
##### <仮説>

上反角が  $15^\circ$  のときが、最も安定する。 $0^\circ$  のときは、そのまま通り抜けてしまって、揚力が発生する様子が見られない。 $30^\circ$  のときは、失速する原因となる空気の流れの乱れが見られる。

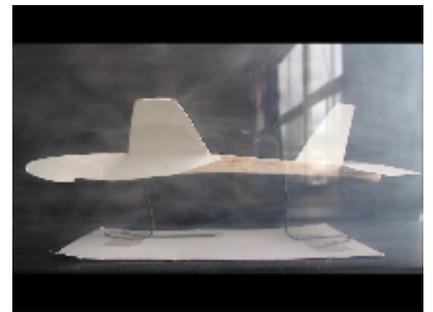
##### <結果>



上反角  $0^\circ$



上反角  $15^\circ$



上反角  $30^\circ$

真正面から風を当てた結果、予想と違ってどの機体もあまり大きな違いは見られなかった。実験2より、上反角は機体の安定性にかかわるとわかったので、つまり、上反角は横からの風によって機体が傾いた時の安定性にかかわる。

#### 5. 考察

上反角は、機体が横から風にあおられたときの安定性（ローリング安定）にかかわる。その最適な角度が  $15$  度であることが分かる。

#### 6. 協力・参考文献

・可児飛行機クラブ

・使用したペーパープレートの設計図

→二宮康明氏設計、レーザー539・レーザー538、White Wings CubIII