



紙飛行機の飛行特性と改良効果の検証

～構造改良による飛行性能変化の実証的分析～



1. 動機

僕はこれまでにたくさんの紙飛行機を折ってきました。しかし、その中でうまく飛ばすことができる機体はごくわずかでした。寸法を正確に作っても飛ばないことがあり、「どうしてだろう」と疑問に思いました。そこで、「工夫を加えればもっとよく飛ぶ紙飛行機が作れるのではないか」と考え、この実験に取り組むことにしました。

2. 研究の目的

紙飛行機に工夫を加えることで、通常よりも「よく飛ぶ」紙飛行機を作る方法を考えることを目的としました。

3. 「よく飛ぶ」の定義

本研究でいう「よく飛ぶ」とは、

- ・滞空時間（長く空中に浮いている）
- ・飛行距離（遠くまで飛ぶ）
- ・機体安定性（まっすぐ飛び、ぶれない）

のいずれか、または複数に優れていることと定義します。

機体安定性の区分と項目

機体安定性の項目は、時間や距離では測れないため下記を参考にランク付けする

- I. 機体がまっすぐ飛んだか (a)
- II. バランスを崩していないか (b, c)
 - ・左右に振れない (b)
 - ・回転しない (c)
- III. 飛行中に不自然な上下運動や急降下がないか (d, e)
 - ・上下運動しない (d)
 - ・急降下しない (e)

評価基準

- ・A ... 3つの区分すべてを満たした
- ・B ... 2つの区分を満たした
- ・C ... 1つの区分だけ満たした
- ・D ... どの区分も満たさなかった

小文字表記のルール

B または C の場合、満たせなかった項目を小文字で記録する。

例：

- ・Bc ... B 評価（2 区分は満たした）が「回転してしまった」
- ・Bde ... B 評価で「上下に揺れ」「急降下した」

- Cbcde ... C 評価で「まっすぐ飛んだ」以外は満たさなかった

※同じ大文字評価の中では、小文字の順番によって安定性の高さを比較する ($a > b > c > d > e$ の順に優れているとみなす)。

4. 仮説

① フラップ実験

フラップがあった方が、安定性と滞空時間が延びると考えた。

理由は、実際の航空機でもフラップを使うことで空気抵抗を増加させ、

- 機体を安定させるとき
 - 低速でも失速せずに飛行させたいとき
- に利用されているからである。紙飛行機でも同じ効果が期待できると予想

② ウイングレット実験

ウイングレットは、最近の航空機でよく見られる翼端の反り返り構造である。

垂直安定板に似た役割を果たすとされる。

垂直安定板があることにより航空機の横揺れを防いでいる。

紙飛行機に応用すれば、機体の安定性が高まると予想した。

③ 翼面積実験

グライダーは翼の長さ (= 翼面積) が広いほど揚力を得て遠くへ飛べると考えた。

この原理から、翼面積が大きい紙飛行機は滞空時間・飛行距離ともに伸びると仮定した。

④ 機体重心位置実験

すべての物体には重心があり、重心の位置を前後させることで飛行特性が変化する。

おもりを機首に付けて重心を前にすると、降下する力が働きやすくなり、滞空時間は短くなるが飛行距離は大きく伸びると予想した。

逆に、重心を後ろにすると失速や不安定さが増すと考えられる。

5. 実験方法

今回の実験では、同じ条件で紙飛行機を飛ばすために「発射台」を作成した。材料は身近なストローや割り箸で作ることができる。

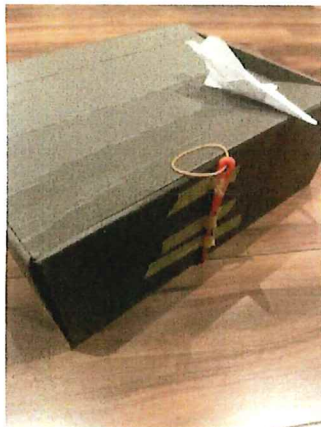
用意するもの

- 曲げられるタイプのプラスチックストロー (1 本)
- 輪ゴム (1 本)
- セロハンテープまたはマスキングテープ

作り方の手順

1. ストローを準備する
2. 輪ゴムをセットする
3. ストローを折り曲げる
4. 輪ゴムとつなぐ
5. 高さを調整する

こうして作った発射台を使うことで、毎回同じ力・同じ角度から発射できるため、記録が安定して比較しやすくなる。



※発射台

記録方法

- タイマーで滞空時間を測定
- メジャーで飛行距離を測定
- 5 回繰り返し、平均を計算

今回の実験はベースを一つ作成し、そこから一つずつ条件を変えて行う「対照実験」という手法を用いたいと思う。

6. 実験結果

ベース機体（改良なし）

滞空時間	1.76 秒～0.73 秒	平均 1.13 秒
飛行距離	135.0cm～213.3cm	平均 162.5cm
安定性	Be	

割と安定していたが、記録のばらつきが大きかった

フラップ上向き

滞空時間	0.63 秒～1.16 秒	平均 0.98 秒
飛行距離	216.4cm～437.5cm	平均 339.7cm
安定性	Cac	

距離は大幅に伸びたが、上下運動や回転が目立ち、安定性は低かった。

フラップ下向き

滞空時間	0.58 秒～1.44 秒	平均 1.03 秒
飛行距離	224.9cm～522.6cm	平均 334.3cm
安定性	A	

距離は安定して伸び、平均値も高かった。安定性も A 判定で、非常に安定していた。

ウイングレット上向き

滞空時間	0.49 秒～1.18 秒	平均 0.87 秒
飛行距離	208.5cm～286.2cm	平均 244.6cm
安定性	Bc	

飛行距離が短く安定性も不十分

ウイングレット下向き

滞空時間	0.51 秒～1.14 秒	平均 0.77 秒
飛行距離	185.0cm～294.6cm	平均 260.0cm
安定性	A	

滞空時間は短めだが、ほとんどの飛行で真っすぐ飛び、安定性は非常に良かった。

翼面積実験（翼を大きくした機体）

滞空時間	0.91 秒～1.48 秒	平均 1.28 秒
飛行距離	269.2cm～391.7cm	平均 330.6cm
安定性	A	

滞空時間が全体で最も長く、飛行距離も大きく伸びた。安定性も良好で、バランスの取れた改良となった。

おもり位置実験

おもり機首

滞空時間	平均 0.96 秒
飛行時間	平均 520cm
安定性	Ba

最も遠くまで飛んだが、滞空時間は短め。

おもり中心

滞空時間	平均 0.84 秒
飛行時間	平均 366.5cm
安定性	Bc

バランス型だが安定性はやや不十分。

おもり後ろ

滞空時間	平均 0.63 秒
飛行時間	平均 70cm
安定性	Cac

すぐに失速し、飛距離も極端に短かった。

※各機体の写真や詳細なデータは、別紙 機体写真を参照

7. 考察（単体改良のまとめ）

- 滞空時間は翼面積を広げた機体が最も長かった。（平均 1.28 秒）
 - 飛行距離は機首におもりをつけた機体が最も遠くへ飛んだ。（平均 520cm）
 - 安定性はフラップ下、ウイングレット下、翼面積大が A 評価で良好だった。
- 単体改良ではそれぞれの効果が明確に表れたが、「滞空時間、飛行距離、安定性」の 3 つを同時に満たす機体はまだ得られなかった。

8. 仮説（複合実験に向けて）

単体改良の結果をふまえ、

- 翼面積を広げれば滞空時間が長くなり、安定性が増す
- フラップ下で飛行距離が増す
- おもりを機首に付けても飛行距離が伸びる

これらを組み合わせれば「滞空時間・飛行距離・安定性」を同時に改善できると考えた。

9. 複合実験の結果

翼面積大 + おもり機首

滞空時間	0.63 秒～1.93 秒	平均 0.94 秒
飛行距離	172.9cm～352.8cm	平均 289.4cm
安定性	Bb	

単体の効果ほどの成果は出ず、安定性もやや低下した。

翼面積大 + フラップ下

滞空時間	0.61 秒～1.83 秒	平均 0.95 秒
飛行距離	285.4cm～454.1cm	平均 360.2cm
安定性	Bc	

安定性も優れていて、滞空時間も予想以上に伸びた

翼面積大 + フラップ上

滞空時間	0.51 秒～1.76 秒	平均 0.93 秒
飛行距離	194.9cm～294.1cm	平均 244.8cm
安定性	Bb	

安定性が低下し、飛距離もあまり伸びなかった。

10. 考察

「翼面積大 + フラップ下」などの組み合わせ実験を行ったところ、各要素を足しても“いいところ取り”にはならなかった。特化していた性能が弱まる場合もあった。

つまり、紙飛行機は一つの要素に特化した改良を行うと良い結果が得られることが分かった。

11. 結論

今回の研究を通して、次のことが分かった。

1. 紙飛行機は「よく飛ぶ」の意味が一つではない。

「滞空時間を延ばしたい」「飛行距離を伸ばしたい」「安定して飛ばしたい」など目的によって改良方法が異なる。

2. 一番効果のあった改良

- 滞空時間を延ばすなら → 翼面積を広げる（平均 1.28 秒で最長）
- 飛行距離を伸ばすなら → おもりを機首につける（520cm で最長）
- 安定性を高めるなら → 下向きフラップや下向きウイングレット（A 評価で安定）

3. 改良を組み合わせても「いいとこ取り」にはならない。

- 翼面積大＋フラップ下などを試したが、単体のときほどの効果は出なかった。
- むしろ滞空時間や安定性が悪化する場合もあった。
- つまり、「何でも盛り込むより、**目的を一つ決めて改良する方が良い**」ことが分かった。

12. 今後の課題

1. ブレーキ板の実験

ブレーキ板とは、実際の航空機が着陸時に速度を落とすために主翼や胴体から立ち上げる板である。

フラップが「揚力を増やして速度を落とす」のに対し、ブレーキ板は「抵抗だけを増やす」という違いがある。

紙飛行機に取り付けた場合、滞空時間が延びる可能性がある一方で、飛行距離や安定性が低下する可能性がある。今後、実際に試して確かめたい。

2. 翼の角度の研究（上反角・下反角）

今回は平らな翼の紙飛行機を使ったが、実際の航空機では「上反角」や「下反角」と呼ばれる角度が付けられている。紙飛行機でも同じように翼の角度を変えることで、安定性や飛行の仕方に違いが出ると考えられる。この点を実験で確かめたい。

3. ウイングレット方向の違いの解明

現代の航空機では上向きのウイングレットが採用されているのに、今回の実験では下向きのウイングレットの方が安定性が高いという結果が出た。なぜこの違いが生まれたのか、空気の流れや紙飛行機特有の要因を調べて解明したい。

4. その他の未検証（紙質、サイズ、発射条件など）

紙の材質を変える（画用紙やアルミホイルなど）、紙のサイズを変える（A4 以外）、発射角度や発射高さを工夫するなど、今回試せなかった改良方法は数え切れないほどある。次回以降の研究で、こうした新しい条件も取り入れて実験を進めたい。

13. まとめ

今回の実験から、紙飛行機は「3つの特性すべてを同時に伸ばすことは難しい」が「目的に合わせた改良で特化型の機体を作ることができる」と分かった。

紙飛行機は小さな実験道具であるが、航空機の仕組みにも通じる奥深さを持っていると感じた。

別紙データ

ベース機体詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	1.76	135.0
2 回目	0.73	143.1
3 回目	0.88	159.6
4 回目	1.11	213.3
5 回目	1.19	161.3
平均値	1.13	162.5

フラップ上詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.98	263.0
2 回目	1.16	437.5
3 回目	0.96	417.2
4 回目	0.76	216.4
5 回目	0.63	364.5
平均値	0.98	339.7

フラップ下詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.78	522.6
2 回目	1.44	224.9
3 回目	0.58	289.6
4 回目	0.93	304.5
5 回目	1.44	330.1
平均値	1.03	334.3

ウイングレット上詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	1.03	230.2
2 回目	1.14	227.3
3 回目	1.18	208.5
4 回目	0.49	270.8
5 回目	0.53	286.2
平均値	0.87	244.6

ウイングレット下詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.51	253.7
2 回目	0.83	294.6
3 回目	0.58	278.8
4 回目	0.81	288.0
5 回目	1.14	185.0
平均値	0.77	260.0

翼面積大詳細データ

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	1.48	275.5
2 回目	1.39	391.7
3 回目	1.19	379.7
4 回目	1.43	337.0
5 回目	0.91	269.2
平均値	1.28	330.6

詳細データ平均

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
ベース平均	1.13	162.5
フラップ上平均	0.98	339.7
フラップ下平均	1.03	334.3
ウイングレット上平均	0.87	244.6
ウイングレット下平均	0.77	260.0
翼面積大平均	1.28	330.6
おもり機首平均	0.96	520.0
おもり中心平均	0.84	366.5
おもり後ろ平均	0.63	70.0

翼面積大 + おもり機首

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.69	321.4
2 回目	0.79	270.0
3 回目	0.68	330.1
4 回目	0.63	352.8
5 回目	1.93	172.9
平均値	0.94	289.4

翼面積大 + フラップ下

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.78	383.5
2 回目	1.83	454.1
3 回目	0.76	346.2
4 回目	0.61	331.9
5 回目	0.76	285.4
平均値	0.95	360.2

翼面積大 + フラップ上

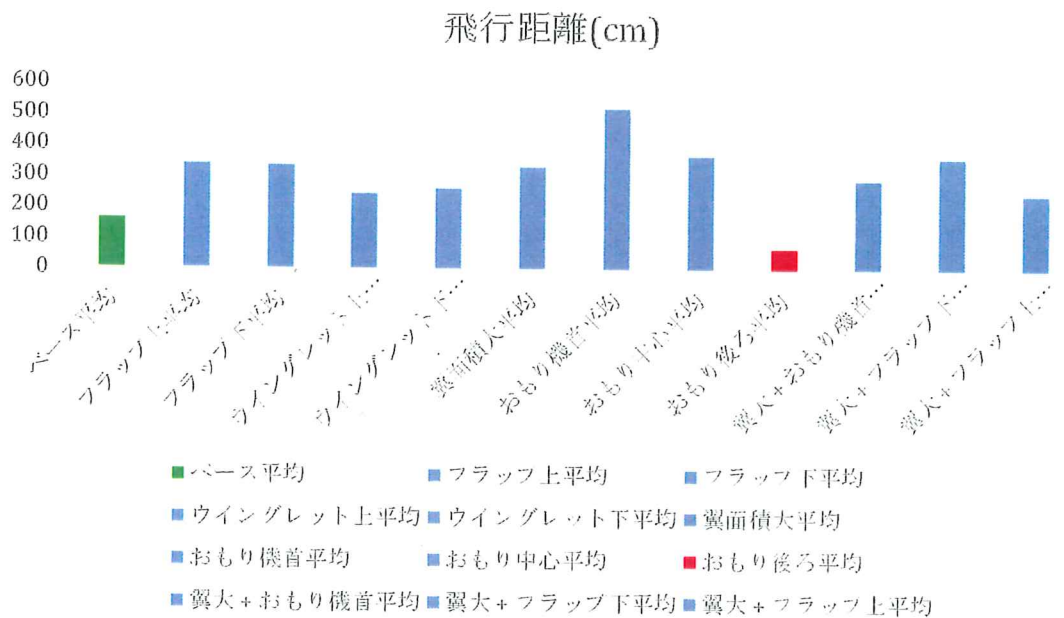
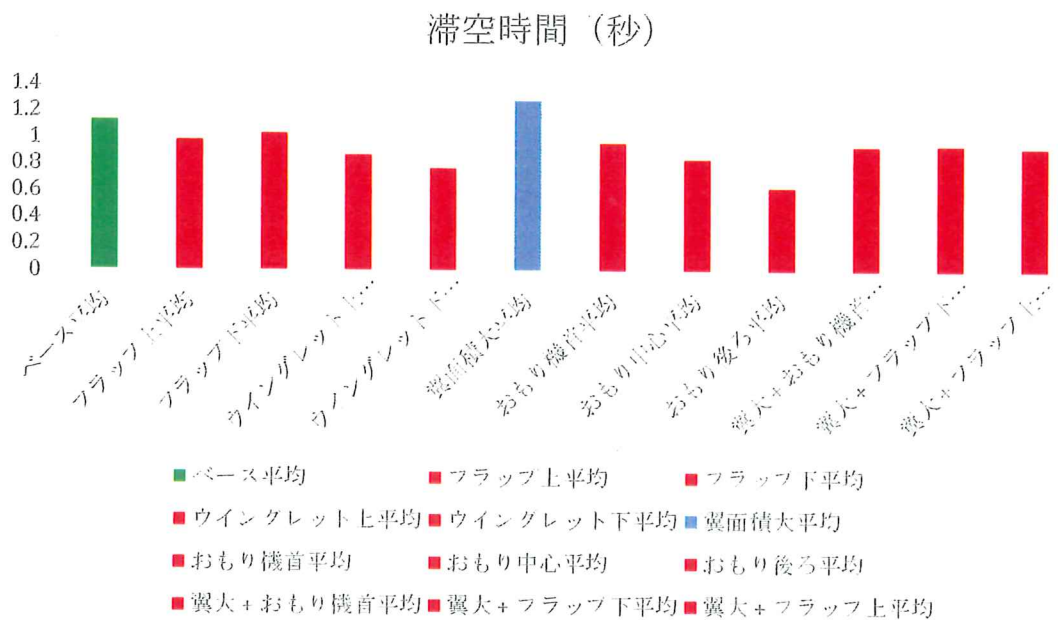
	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
1 回目	0.79	285.2
2 回目	1.01	294.1
3 回目	1.76	227.0
4 回目	0.59	194.9
5 回目	0.51	223.0
平均値	0.93	244.8

詳細データ平均

	滞空時間(秒)	飛行距離(cm)
ベース平均	1.13	162.5
翼面積大 + おもり機首平均	0.94	289.4
翼面積大 + フラップ下平均	0.95	360.2
翼面積大 + フラップ上平均	0.93	244.8

別紙データ (グラフ)

ベースは緑、ベースより低い値のものは赤、ベースより高い値のものは青としている

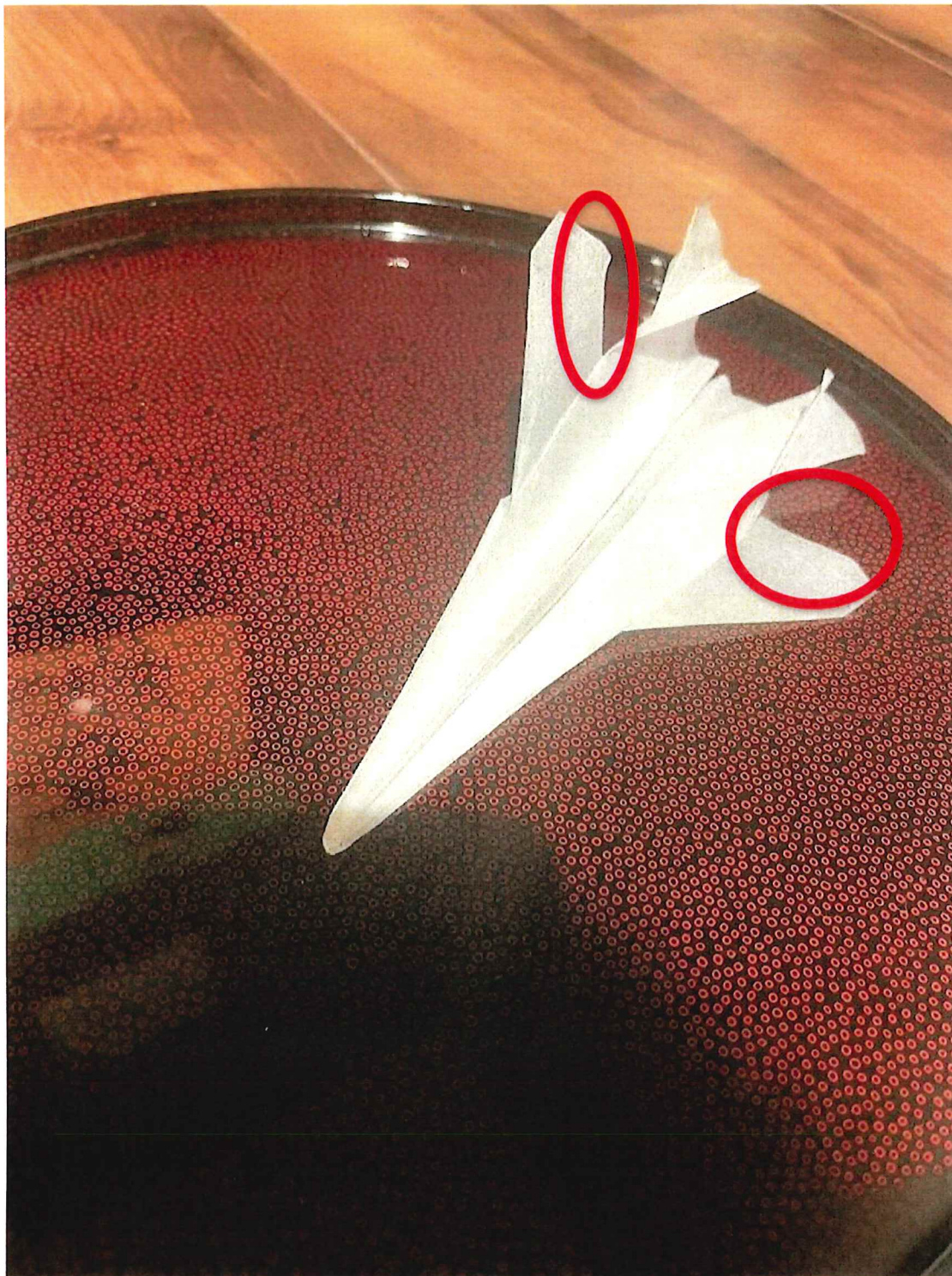


別紙 各機体の写真

ベース機体 この機体を量産し、他の機体のベース機体とした



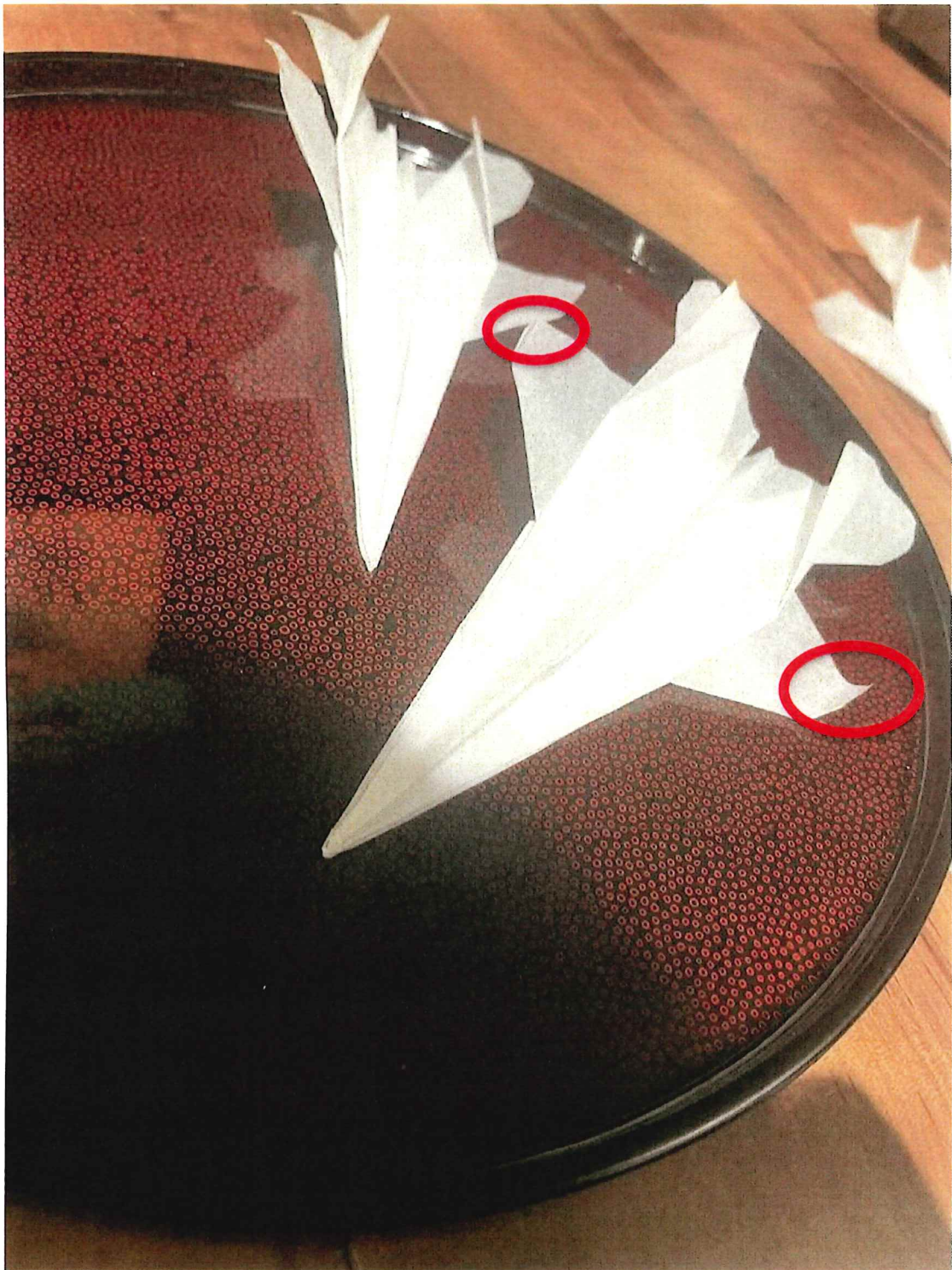
フラップ下 赤丸で囲ってある部分がフラップである



フラップ上 赤丸で囲ってある部分がフラップである



ウイングレット上 赤丸で囲ってある部分がウイングレットである
比較用にベース機体も並べてある



ウイングレット下 赤丸で囲ってある部分がウイングレットである



翼面積大 赤丸で囲ってある右が翼面積大機体
比較用にベース機体も並べてある



おもり機体 この写真では機首におもりをつけているが実験時にはおもりを移動させてそれぞれの検証を実施



おまけ

今回の実験のために作成した紙飛行機たち。これ以外にも没にした紙飛行機や折り間違えてゴミ箱行きになった紙飛行機も沢山あった。ちなみに一機作るのに 30 分以上かかる



おまけ 2 発射台から機体を飛ばすところ

