

紙飛行機の基礎についての研究Ⅱ

1 はじめに

2年生の夏休み、僕は紙飛行機の基礎についての研究をした。その研究によって揚力と重心についてのことがわかったが、中には不明確なものもあり、考察に関しては疑問点が残った。

また、飛行機を飛ばすための要素は揚力と重心のみではないので、今回はさまざまな実験を通じ、自作の紙飛行機を改良していくことによって、紙飛行機がより遠くに安定して飛ぶには、どのような条件が必要なのか知ろうと思い、実験した。

2 各実験の目的と流れ

今回の研究では次のように各実験を進めていった。

実験1 主翼とおもりの関係を調べる。

実験2 水平飛行時の最適な重心位置について調べる。

実験3 主翼の縦の長ささと横の長ささと、飛行距離について調べる。

実験4 飛行時の水平尾翼の傾きが飛行にどのような影響を与えるか調べる。

実験5 実験1～実験4のデータを基にオリジナル機を作る。

実験6 実験5でわかった新たな疑問点、修正点について実験によって調べる。

※ 僕が行った実験は、方法が一般的ではないため、この実験の結果は他とは比較できない。

※ 各実験の詳細はそれぞれの実験ごとに記載した。

3 実験内容と結果

(1) 実験1《主翼とおもりについて》

ア 準備物……電子天秤、ケント紙、定規、粘土

イ 方法……幅 50mm×100mm で 2.3g のケント紙の翼の前方に粘土のお

もりをつけて高さ 285cm の地点から落下させる。落下させた真下の位置から何 cm 離れた地点に着地したか調べる。



ウ 結果……次の表の通り(単位は cm)
表 1

		1回目	2回目	3回目	4回目	平均
おもりの質量(g)	0.5	20	10	12	10	13
	0.8	35	80	89	20	56
	1	75	62	89	87	78
	1.2	10	10	50	30	25
	1.5	0	20	0	25	11
	2	100	26	45	10	45

エ 考察……50×100 mmの翼では、全体の質量が、(おもりの 1.0g)+(翼自体の質量)の 3.3 g のときが、最も遠くへ、安定して滑空した。そのときの重心位置は、前から 20mm だった。

翼 1cm²あたり 66mg 以下で重心位置が翼の重心より前にあるものが滑空に適しているのではないかと考えた。速度が出ればもっと重くても滑空すると思う。

これで滑空のデータが得られた。次は紙飛行機での重心の位置のデータをとる。

(2) 実験2《機体の翼と重心の関係》

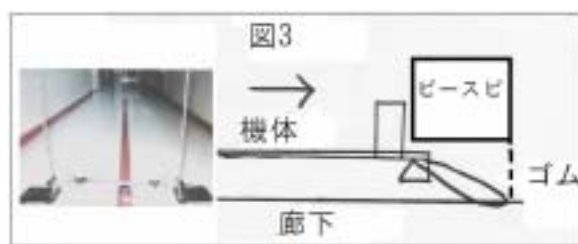
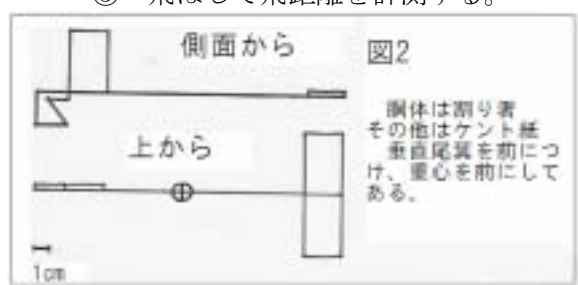
ア 準備物……ケント紙、メジャー、

割り箸、ゴムひも（白くて太いもの
12 コール）

※ ビースピ、スタンド、棒（発射速度
測定のため）

イ 方法

- ① 図2のような飛行機の胴体を作り、
その胴体に胴体の中心から 2cm 手前
に翼の重心がくるようにしたもの、
（-2cm とする）同様に 0cm、+2cm、
+4cm の機体を作る。
- ② 図3のような発射・速度測定装置を
作る。
- ③ 飛ばして飛距離を計測する。



ビースピに垂直尾翼を通過させ速度を測る。

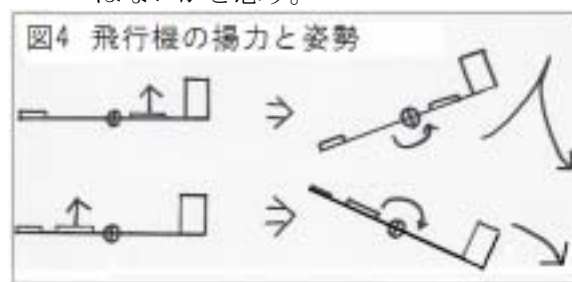
ウ 結果……次の通り

表 2

	1 回目		2 回目		3 回目		4 回目	
	距離 (cm)	速さ (km/h)	距離	速さ	距離	速さ	距離	速さ
-2	160	49.02	20	46.92	340	52.86	255	51.16
0	510	54.16	550	52.23	555	53.83	495	46.92
2	510	47.69	510	50.14	540	51.01	435	50.73
4	460	47.95	330	47.17	300	50.72	440	51.31

エ 考察……0cm、2cm の機体が一番よく
飛行した。主翼の位置によって揚力の作
用点は変わるから、とりつける位置が悪
いと機体の重心を軸とした前後の揺れ
が起こってしまう。主翼が後ろすぎると
機首下げが起こり地面へ突っ込んでし
まう。逆に前すぎると、機体の前半分に
力が働き機首上げを起こし、抵抗が大き
くなって墜落する。ジェット機は推進力

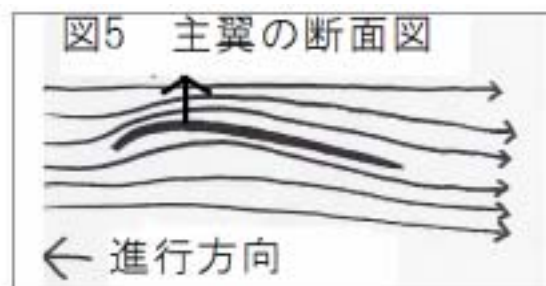
があるので一定の速度で水平に飛行で
きるが、紙飛行機は投げるときの力だけ
で進むため、一定の速度で水平飛行でき
ない。だから、機首を少し下向きにする
ことによって、揚力と前方への推進力の
バランスを取り飛行を続けられるので
はないかと思う。



(3) 実験 3 《主翼の縦と横の比について》

ア 準備物……実験 2 と同じ

イ 方法……実験 2 と同じ型の胴体に 8×
10cm、4×20cm の主翼をそれぞれ取り
付けた飛行機を実験 2 の発射装置で飛
ばし距離を測定する。（ただし、水平尾
翼の操作は一切行わず、主翼にキャンバ
ー〔図 5 参照〕をつけてある。主翼の重
心位置は機体の重心と同じ位置にして
ある。）



主翼のたわみがキャンバー。上の気流
が速くなり負圧になる。

ウ 結果……次の通り

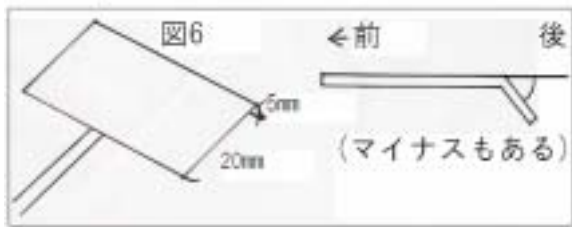
表 3

	1 回目		2 回目		3 回目		4 回目		平均
	距離 (cm)	速さ (km/h)	距離	速さ	距離	速さ	距離	速さ	
8 × 10	320	53.18	280	53.03	300	52.86	360	54.5	315
4 × 20	495	52.29	510	48.75	420	48.21	525	51.61	487.5

エ 考察……細長い主翼の方がよく飛ん
だ。グライダーは翼を細長くして、主翼

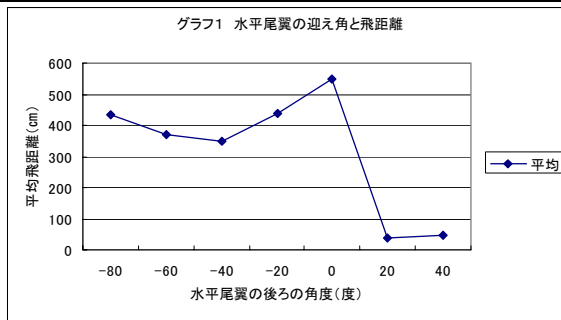
の端で空気が翼の下から上へ移るのを防いでいるそうだが、紙飛行機の場合は、それはあまり問題にならないと思う。それよりも、今回の場合は、 $8\times 10\text{cm}$ の主翼は縦が長いため、キャンバーの湾曲が大きくなってしまい、機首下げを起こしてしまったことが大きな原因だと思う。

- (4) 実験4《水平尾翼の迎え角について》
 ア 準備物……実験2・3と同じ
 イ 方法…… $4\times 20\text{cm}$ の主翼を機体の重心に取り付けた飛行機の水平尾翼を図6のようにし、そのへりの角度によって飛び方がどのように変わるか調べる。



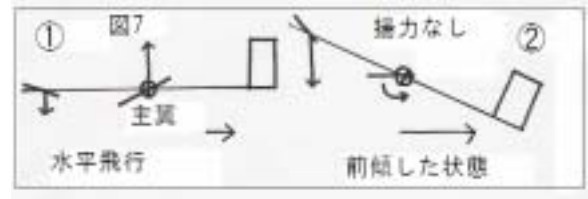
ウ 結果……次の表、グラフの通り
 表4

	1回目		2回目		3回目		4回目		平均
-80	420	47.17	450	51.01	395	51.01	465	51.01	432.5
-60	495	48.21	360	47.69	390	51.01	240	53.82	371.25
-40	405	52.54	405	51.12	285	56.98	300	50.72	348.75
-20	525	53.18	435	53.18	390	52.23	405	53.5	438.75
0	330	55.53	330	53.18	300	51.61	360	56.25	550
20	-	52.54	-	51.31	150	48.21	-	51.31	37.5
40	180	47.95	-	51.92	-	49.85	-	51.31	45



エ 考察……-80~0度までは、紙の強度などから調整が難航したのでばらつきが出てしまったが、+20度になったら明らかに低下しているのが確認できた。紙飛行機は飛行する際にほとんど下を向く。そのときに、水平尾翼が機首を上

げるはたらきをして、滑空の状態へ移行しているのではないかと思った。



水平尾翼の下向きの力がはたらき、①では適度な機首上げの姿勢、②では水平飛行の姿勢へと移行する。

- (5) 実験5《以上のことを生かしてよく飛ぶ紙飛行機を作る》
 ※この実験は作成した紙飛行機ごとにまとめている。

ア 1号機

- ① 特徴 実験4の紙飛行機の主翼を後退翼に変えた。ローリングの安定を狙った。
 ② データ ゴムカタパルトを使って飛ばすと平均で520cm飛んだ。ローリングは安定しなかった。
 ③ 考察 あまり進歩がない。後退翼だけではローリングは安定しないことがわかった。

イ 2号機

- ① 特徴 翼面積を前回より大きくし、上半角を大きくつけ、ローリングの安定を試みた。
 ② データ ゴムカタパルトを使って飛ばすと平均で382.5cm飛んだ。ローリングは不安定だった。
 ③ 考察 胴体に対し、主翼が重過ぎるためにかえってローリングが大きくなってしまったと思う。

ウ 3号機

- ① 特徴 折り紙飛行機をモデルにしてデルタ翼機を作り、ローリングの安定を試みた。
 ② データ ゴムカタパルトでは最高で585cm飛んだ。手投げでは安定していた。
 ③ 考察 今までの中では一番よいが三角翼機は特殊なのかもしれない。

エ 4号機

- ① 特徴 3号機を大型化。主翼を4号

機より横長にした。

② データ ゴムカタパルトでは最高 600cm とんだ。手投げでも滑空した。

③ 考察 3号機よりも軽いので、より「飛ぶ」感じが出てきた。機体の軽量化に改善の余地がある。

オ 実験 5 を通してのまとめ
この実験でわかったことは

① 横揺れを抑えることが滑空へつな
がる

② 翼の軽量化が必要

③ 重心の前方に重さを集中させる
の 3 点。飛距離を伸ばす課題は、

① 機体の質量が重過ぎる。

② 機体の強度を上げる。

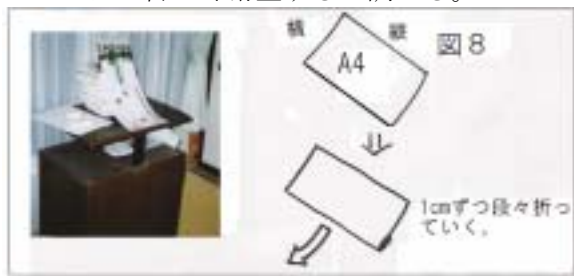
③ 機体を水平発射した後の姿勢の制
御。

の 3 点が考えられる。

(6) 実験 6 《重心と主翼と滑空の関係》

ア 準備物……A4 のコピー用紙、メジャ
ー、滑走路（本、下敷き、台で作る）

イ 方法……写真のような滑走路を作る。
次に A4 のコピー用紙の長い辺を端から
1cm ずつ折っていく、何回折ったとき
に一番よく滑空するか調べる。

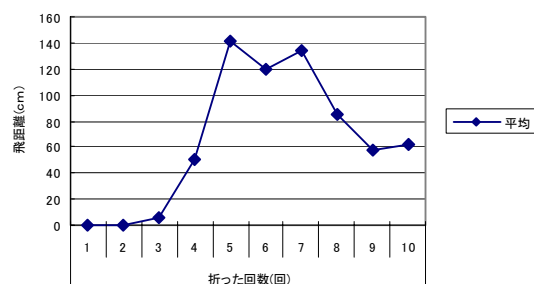


ウ 結果……次の通り

表 5

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
折った回数回	1	2	3	4	5	
	-	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	-	0
	-	-	15	-	13	5.6
	40	26	40	46	100	50.4
	188	108	137	149	125	141.4
	102	126	116	143	108	119
	94	111	148	71	247	134.2
	65	93	98	98	69	84.6
	57	60	47	55	68	57.4
	64	58	76	58	54	62

グラフ2 折った回数と平均飛距離



エ 考察……5・6・7 回折ったものが滑空
した。特に 7 回折ったものはその中で
翼面積が一番小さいにも拘らず
245cm も飛んだ。また、5 回の計測に
は入っていないが 300cm 飛んだとき
もあった。なので 7 回折ったときの重
心の位置を基にして紙飛行機を作った。
この実験では翼の縦の長さとの先端
から重心までの距離の比の値が約 3.0
だった。これはどの飛行機にも通用す
るのだろうか。

4 全体を通して

今回の研究は実際に紙飛行機を製作する
という実践的なものだった。飛行機は様々
な要素が含まれていて、実験を単純に比較する
のは困難である。でも自分なりに疑問点を持
ち、改良することができたと思う。最後に作
った飛行機は、「よく飛ぶ翼に胴体を付属す
る」という考え方でできたもので、シンプ
ルで揺れにも対処することができた。

新たな課題は、

① 三角翼の揚力について

② 揚力係数を用いた計算

③ 揚力の作用点の作図

だと思う。

今回の結果を生かしてさらに長い距離を
滑空させたい。これからも本で調べたり先生
方に伺ったり実験したりして知識を増やし
たい。そして計算で臨機応変に対応できる無
駄のない完全な飛行機を作りたい。

参考文献

「図解雑学 飛行機の仕組み」
水木新平 櫻井一郎 著 ナツメ社
「よく飛ぶ紙飛行機集」二宮康明著