

A2

よく飛ぶペーパープレーン

印部雄登、山崎航大

要旨

H30 年度の先行研究「よく飛ぶペーパープレーン」を参考にして、より遠くまで飛行することができるペーパープレーンを作ることを目標として研究を行った。具体的には、主翼の形状、重心に着目して研究を進め、それらの飛距離との関係を解明していく。

1 目的

『よく飛ぶ紙飛行機を作る』という講座内の目標で『よく飛ぶ』の定義を先行研究同様に飛距離に設定して翼の形と重心に注目して研究する。目標飛距離はこの研究では設定しない。

2 方法

- インターネットや本、過去の研究などを用いて紙飛行機の飛ぶ原理を調べる。
- 過去の研究などから翼の形、重心の位置を決定する。
- 決定した事項に基づき二種類の紙飛行機を制作し、各条件で 5 回ずつ実験する。
- 先の実験で得られたデータと流体解析ソフトによる風洞シュミレーションによって得られたデータをもとに考察し繰り返し実験する。考察は重心、翼形状、射出角度に重きを置く

3 結果・考察

航空機の飛ぶ原理や過去の研究の考察に基づき翼形状、胴体形状は現実に存在する航空機を参考に製作した。

数ある機体の中から比較的飛行特性に優れた、また翼形状が大きく異なる二機を選定した。フェアチャイルド社の A-10 とロッキード社、ボーイング社の F-22 である。この二機種を選定した理由は数ある航空機の中でも比較的安定性に優れた設計をしているため、また飛ぶために必要な揚力が比較的高いためである。以降 A-10 モデルを A 型、F-22 モデルを B 型と呼称する。

重心位置は機体の中心、その前後 2.5 cm の三か所である。射出は装置を用いて初速を一定にし、射出角度は 10 度ずつ変えていく。初速、実験環境はほとんど等しく重さなどの条件でも変わらない。



(図) 左から順に A 型、B 型

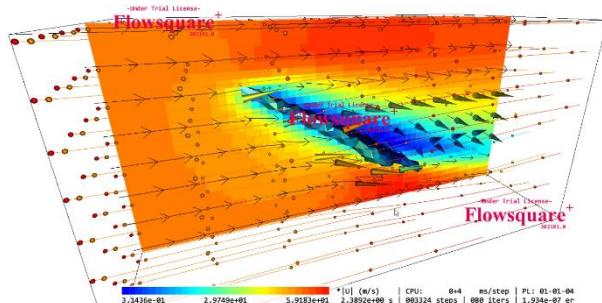
	90°	80°	70°	60°	50°
①	4.1	4.8	5.3	5.6	3.4
			4.6	4	3.2
	4.07	4.6		5	2.7
	4.5	3.5	4.7	5.5	
	4	5	4.4	5	
平均	4.1675	4.475	4.75	5.02	3.1
②	2.05	2.1	3.7	3.2	4
	2.05	2.25	4	3	3
	2.2	2.3	3	4	3
	2	2.25	3.3	3.1	3.2
	2.05	2.35	3.1	3.7	2.85
			4		
平均	2.07	2.25	3.516667	3.4	3.21
③	1.8	1.6	2.1	2.7	
	1.8	1.7	2	2.3	
	1.8	1.6	2	1.9	
	1.85	1.6	2.1	2.3	
	1.55	1.55	2.4	2.2	
平均	1.76	1.61	2.12	2.28	

(図) A 型の実験結果 (①が重心が機体中央、②が前方に重心、③が後方に重心)

	90°	80°	70°	60°	50°
④	2.05	2.15	2.3	2.2	2.9
	1.4	2	2.3	2.5	2.85
	2	2	2.25	2.4	2.9
	1.55	2	2.2	2.5	3.1
	2	2.05	2.2	2.35	2.6
平均	1.8	2.04	2.25	2.39	2.87
⑤	5	4	2	2	2.15
	3	2.7	2.3	2.15	1.8
	5	3	2.2	2	1.65
	2.8	3.2	2	1.8	2.25
	5	3	2	2	2.1
	4.6	3.1			
平均	4.233333	3.166667	2.1	1.99	1.99
⑥	1.1	1	1.45	1.4	1.4
	1	1	1.3	1.5	1.75
	1.05	1.05	1.25	1.3	1.8
	1.05	1.7	1.75	1.3	2
	1.65	2.3	1.15	1.3	1.5
				2.3	
平均	1.17	1.41	1.38	1.516667	1.69

(図) B 型の実験結果 (⑤が重心が機体中央、④が前方に重心、⑥が後方に重心)

また、Flowsquare+を用いて、風洞シミュレーションも行った。シミュレーションは、A型、B型のモデルを用意し、角度を90度から40度まで、10度ずつ変更しながら行った。



(図) Flowsquare のシミュレーションの様子

○実機体の飛行実験の結果と Flowsquare のシミュレーションを照合しながら考察

(予備知識として迎え角を大きくとると揚力は増加する。)

各機体の特徴の比較

	A型	B型
機体面積	小さい	大きい
翼面荷重	大きい	小さい
揚力	小さい	大きい
尾翼面積の割合	高い	低い

各機体の考察される性質の比較

	A型	B型
安定性	高い	低い
全体的な記録	高い	低い

実験結果と事前学習、シミュレーションから、飛距離には、揚力や安定性、迎え角など様々な要素が関係していることが分かった。

数ある要素の中から、私たちは安定性と揚力に注目した。

このことを踏まえて見直すと、A型は安定性に重きを置いた機体、B型は揚力に重きを置いた機体であった。

A型は主翼の面積が小さく揚力は小さいが、機体が傾いたときに水平に戻す働きがある水平尾翼の揚力の割合が機体全体に対して大きく、空中での横転が起こりにくい設計であった。B型は主翼の面積が大きく揚力も大きかったが、水平尾翼の割合が小さく決して安定している機体とは言えなかつた。

A型は迎え角を大きくとると最高到達地点（滑空を開始する地点）が高くなり記録は伸びるが、一定以上の迎え角をとると、主翼が生み出す機首

上げの力を水平尾翼だけで戻しきれなくなったので、①では50度から急激に飛距離が低下したと考えられる。

②では重心が中心よりも前にあるため、常に機首下げの力が働いていて、飛行の様子からその力は水平尾翼では相殺しきれず常に機首下げを行っていたが、そのことが射出角度を大きくした際に機首を水平に戻すのに貢献し、②では射出角度を大きくするにつれ飛距離が伸びたと考えられる。

B型は揚力が大きく、安定性を高める尾翼が小さい。そのため角度をつけ揚力が増すと、機体が傾いたときに水平に戻せなく（戻しにくく）なり、安定する前に墜落してしまい、⑤のように角度をつけると記録が落ちると考えられる。これは、実験の様子からも見て取れる。

④でも②と同様に重心を移動したことにより発生した機首下げの力が射出角度を大きくした際に、機首を水平に戻すのに貢献し、射出角度を大きくするにつれ飛距離が伸びたと思われる。

③と⑥では、迎え角と重心から大きな機首上げの力が発生し、どちらも飛距離が伸びなかつたと考えられる。

4 結論

主翼と水平尾翼の揚力などのバランスのとれた、安定性の高い機体を最高到達地点で水平になる角度で打ち出すとペーパープレーンの飛距離が伸びると考えられる。

5 反省とこれから

飛行という行為は様々な要素が複雑に絡み合っているため、飛距離に関係する要素が多く、よく飛ぶ条件を明確に示すことができなかつた。また、機体についても飛距離に関係する要素に関しての仮説が甘かつたため、結果を考察する際に考慮する要素をうまく絞り込むことができなかつた。ここでは触れていないが、新しい手がかりが得られたのに深めることができなくて残念に思う。

機会があればもっと深めていきたい。

6 参考文献

丹波博士の工作、実験 紙飛行機教室
<http://www.tamba-jun.com/genri/genri.html>

飛行機の水平尾翼によるピッチング安定の仕組み
<https://pigeon-poppo.com/pitching-stabilizer/>