

ライトプレーン改造計画3

浜松市立神久呂中学校

1年 小笠原 裕真

1 動機

〈昨年度の研究について〉

過去2年間で、ライトプレーンについて、「どうすればもっと安定して、長く飛ばすことができる」のか、主翼のはたらきに注目して研究を行いました。

昨年度の研究で、次のようなことが分かりました。

① 主翼への折り込みによって生まれる揚力の大きさは

前 < 後ろ < 前後

② 折り込みを入れる位置によって生まれる揚力の大きさは

中央部のみ(1cm) < 中央部のみ(2cm) < 端まで(1cm)

③ 主翼の両端を折り曲げると揚力が上がるが、主翼の前後に入れる折り込みと組み合わせると揚力の上昇以上に空気抵抗が強くなり、飛距離も伸びず、挙動も不安定になる。

12タイプのプレーンの記録を総合的に比べてみると・・・

	A 1cm折れと端折れ			B 2cm折れと端折れ			C 端まで1cm			D 端まで1cmと端折れ			平均値
cm	①前	②後	③前後	④前	⑤後	⑥前後	⑦前	⑧後	⑨前後	⑩前	⑪後	⑫前後	
1回目	280	273	337	367	357	252	428	296	455	210	448	373	
2回目	277	261	372	321	294	350	393	298	414	360	394	411	
3回目	215	400	248	374	450	404	384	340	410	306	415	359	
4回目	396	340	306	273	390	382	251	400	463	337	414	395	
5回目	365	256	372	262	394	326	254	354	443	403	314	332	
6回目	391	366	353	251	300	335	382	232	384	297	338	309	
7回目	358	292	349	468	251	307	365	312	460	380	291	380	
8回目	205	303	288	342	364	323	337	453	471	323	384	368	
9回目	330	280	290	449	413	394	271	542	394	247	380	310	
10回目	270	351	417	394	413	324	394	481	397	364	415	280	
平均	308.7	312.2	333.2	350.1	362.6	339.7	345.9	370.8	429.1	322.7	379.3	351.7	350.5
最大値	396	400	417	468	450	404	428	542	471	403	448	411	436.5
最小値	205	256	248	251	251	252	251	232	384	210	291	280	259.25
最大値-最小値	191	144	169	217	199	152	177	310	87	193	157	131	177.25

□・・・平均値以上、□・・・最高値

12タイプの記録を集計して、平均値以上のものを青枠、最高値のものを赤枠で表しました。

すると、Aの中央部1cm折り込み+端折れよりも、B、C、Dの値が高くなっていることが分かります。特に、Dの端まで1cm+端折れや、Cの端まで1cmのみが高い値を出していました。

特に、DよりもCの方が赤枠を全て記録していることから、飛距離が伸びている順位は・・・

第1位 C（両端まで1cm折り込み）

第2位 D（両端まで1cm折り込み+端折れ）

第3位 B（2cm折り込み+端折れ）

第4位 A（中央部1cm折り込み+端折れ）

といった順番になりました。前のページの考察と同じことがここからも分かりました。

【考察】

このように屋外で、ゴム動力ありの状態でも12タイプの機体を飛ばしてみました。ぼくは、揚力と重力のバランスがよく、水平に遠くまで飛んでいく飛び方が好きです。でも、揚力が強くて高く上昇する機体も、長く飛んでくれるので楽しかったです。

そこで、「水平に安定して飛ぶプレーン」と、「高く安定して飛ぶプレーン」について、どの機体が優秀だったか、総合的にまとめます。

<実験結果のまとめ>

○動力無し

	A 1cm折れと端折れ			B 2cm折れと端折れ			C 端まで1cm			D 端まで1cmと端折れ			平均値
cm	①前	②後	③前後	④前	⑤後	⑥前後	⑦前	⑧後	⑨前後	⑩前	⑪後	⑫前後	
1回目	280	273	337	367	357	252	428	296	455	210	448	373	
2回目	277	261	372	321	294	350	393	298	414	360	394	411	
3回目	215	400	248	374	450	404	384	340	410	306	415	359	
4回目	396	340	306	273	390	382	251	400	463	337	414	395	
5回目	365	256	372	262	394	326	254	354	443	403	314	332	
6回目	391	366	353	251	300	335	382	232	384	297	338	309	
7回目	358	292	349	468	251	307	365	312	460	380	291	380	
8回目	205	303	288	342	364	323	337	453	471	323	384	368	
9回目	330	280	290	449	413	394	271	542	394	247	380	310	
10回目	270	351	417	394	413	324	394	481	397	364	415	280	
平均	308.7	312.2	333.2	350.1	362.6	339.7	345.9	370.8	429.1	322.7	379.3	351.7	350.5
最大値	396	400	417	468	450	404	428	542	471	403	448	411	436.5
最小値	205	256	248	251	251	252	251	232	384	210	291	280	259.25
最大値-最小値	191	144	169	217	199	152	177	310	87	193	157	131	177.25

○動力あり

挙動	上昇(中)	上昇(中)	上昇(強)	水平	上昇(中)	上昇(強)	水平	下降気味	水平	水平	上昇(強)	上昇(強)	
安定性	中	低	中	中	中	中	やや低	低	高	高	中	中	

この研究を通して、ライトプレーンの挙動について、主翼の加工の仕方によって、水平に飛ぶプレーンや高く上昇するプレーンなど、自分のイメージしたような飛び方をするプレーンを作ることができるようになりました。

そこで今年は、「尾翼」に注目して研究を行いたいと思います。これまで、尾翼には手を付けてきませんでしたが、これまでの研究から、尾翼には飛行中の姿勢を安定させる役割があるのではないかと感じる場面が多くありました。

そのため今年は、主翼はそのまま、尾翼にだけ切れ込みを入れて、主翼の研究で発見した「空気抵抗」や「揚力」などについても考えながら、より飛距離が伸びる尾翼の形について、追究することができるのではないかと、研究することにしました。

2 本研究のねらい

尾翼にさまざまな折り込みを入れ、進み方や浮き上がり方の変化を調べ、より安定して遠くまで飛ばすためには、どのような尾翼の形がよいのか確かめる。

3 研究方法

	研究内容 (変える条件)
6タイプの尾翼の折り込みによって、飛距離と挙動はどう違うのか。	A 尾翼の前に1cmの折り込みを入れ、下方へ曲げる。 B 尾翼の前に1cmの折り込みを入れ、上方へ曲げる。 C 尾翼の後ろに1cmの折り込みを入れ、上方へ曲げる。 D 尾翼の後ろに1cmの折り込みを入れ、下方へ曲げる。 E 尾翼の前後に1cmの折り込みを入れ、前を上方へ曲げ、後ろを下方に曲げる。 F 尾翼の前後に1cmの折り込みを入れ、前を下方へ曲げ、後ろを上方に曲げる。

まず、それぞれの形の尾翼を作成し、飛行実験を行います。それらをゴム動力無しで、無風の我が家の廊下で繰り返し飛行させて、その飛距離と挙動について記録していきます。繰り返し飛ばしながら、きちんと飛行した10回分を記録として残り、その飛距離や挙動から、主翼の折り込みの効果を考えていきます。



4 課題 6タイプの尾翼の折り込みによって、飛距離と挙動はどう違うのか。

【方法】

昨年度の研究結果をふまえて、プレーンの尾翼に前後3タイプ、計6タイプの切れ込みを作りました。

【結果】 加工した6タイプのプレーンを手で飛ばし、その飛距離と挙動を調べました。

A 尾翼の前に1cmの折り込みを入れ、下方へ曲げる。

Aは、真っすぐになめらかに滑空する飛び方が多かったです。右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが529cm、一番短くて379cmでした。

最大値では70cm以上、最小値でも70cm以上飛距離が伸びています。また、平均で比べてみても、90cm以上飛距離が伸びていることが分かります。

このように、無加工のもの比べてみても、全体的に飛距離がかなり上がっているのが分かります。

飛んでいる姿勢を見ても、ほとんどブレを感じずに、安定して飛んでいるのが分かりました。空気の抵抗を感じるような飛び方をすることも無く、すうっと浮くように飛んでいきました。



cm	無加工	A前 下折れ
1回目	453	379
2回目	337	451
3回目	396	491
4回目	293	521
5回目	366	511
6回目	429	413
7回目	367	401
8回目	373	472
9回目	373	480
10回目	332	529
平均	371.9	464.8
最大値	453	529
最小値	293	379
最大値-最小値	160	150

B 尾翼の前に1cmの折り込みを入れ、上方へ曲げる。

Bは、安定して飛ぶときと、不安定に飛ぶときにはっきりと分けられました。

安定しているときは、真っすぐに滑空して飛んでいきました。しかし、不安定に飛ぶときは、挙動が左右にブレやすく、曲がって飛んでいくことが多くありました。そのため、飛距離も伸びにくく、よい結果にはなりませんでした。

右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが419cm、一番短くて251cmでした。無加工のもの比べると、最大値では30cm以上、最小値でも40cm以上飛距離が縮んでいます。また、平均で比べてみても、40cm以上飛距離が縮んでいることが分かります。このように、無加工のもの比べてみても、全体的に飛距離が随分と下がっているのが分かります。



cm	無加工	B前 上折れ
1回目	453	251
2回目	337	407
3回目	396	378
4回目	293	395
5回目	366	399
6回目	429	317
7回目	367	419
8回目	373	301
9回目	373	351
10回目	332	315
平均	371.9	353.3
最大値	453	419
最小値	293	251
最大値-最小値	160	168

C 尾翼の後ろに1cmの折り込みを入れ、下方へ曲げる。

Cは、比較的ブレにくく、真っすぐ飛ぶときが多くありました。挙動も、左右には曲がりやすく、全体的に安定感がありましたが、最後には失速して急下降して落ちることが多かったです。

そのため、もう一つ飛距離が伸びにくく、全体的には少し飛び方に重い印象がありました。

右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが391cm、一番短くて213cmでした。

無加工のもの比べると、最大値では60cm以上、最小値では80cm以上と、大幅に飛距離が縮んでいます。また、平均で比べてみても、100cm以上飛距離が縮んでいることが分かります。

このように、無加工のもの比べてみても、全体的に大幅に飛距離が下がっているのが分かりました。



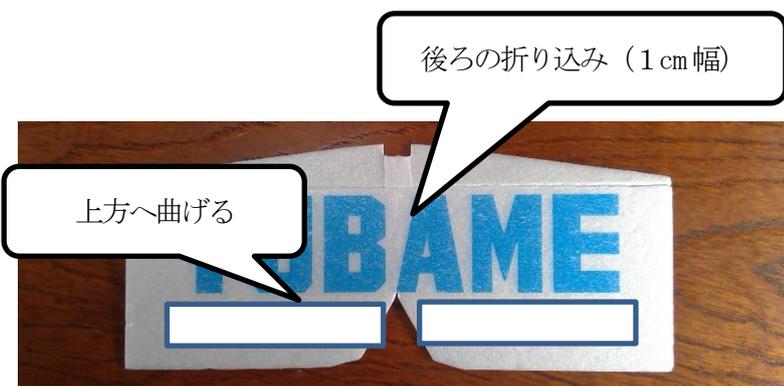
cm	無加工	C後 下折れ
1回目	453	242
2回目	337	251
3回目	396	256
4回目	293	213
5回目	366	306
6回目	429	261
7回目	367	391
8回目	373	250
9回目	373	253
10回目	332	284
平均	371.9	270.7
最大値	453	391
最小値	293	213
最大値-最小値	160	178

D 尾翼の後ろに1cmの折り込みを入れ、上方へ曲げる。

Dは、飛ばしてみると、速度があまり出ずあまり飛ばない印象でした。左右にはあまりブレることはなく、比較的真っすぐ飛ぶ感じがありましたが、挙動は今一つ不安定だと感じました。飛ぶときには、上下にブレるように、ゆっくり下降していくため、あまり飛距離が伸びていきませんでした。

右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが383cm、一番短くて209cmでした。

無加工のもの比べると、最大値では70cm以上、最小値では90cm以上と、飛距離が伸びなかったCよりも、さらに飛距離が縮んでいます。ただし、平均で比べてみると、飛距離は50cm減に留まっていた。このことから、飛ばすごとの飛距離の変化は小さいものの、全体的には飛距離が伸びないことが分かります。



cm	無加工	D後 上折れ
1回目	453	209
2回目	337	289
3回目	396	281
4回目	293	383
5回目	366	340
6回目	429	346
7回目	367	343
8回目	373	320
9回目	373	381
10回目	332	352
平均	371.9	324.4
最大値	453	383
最小値	293	209
最大値-最小値	160	174

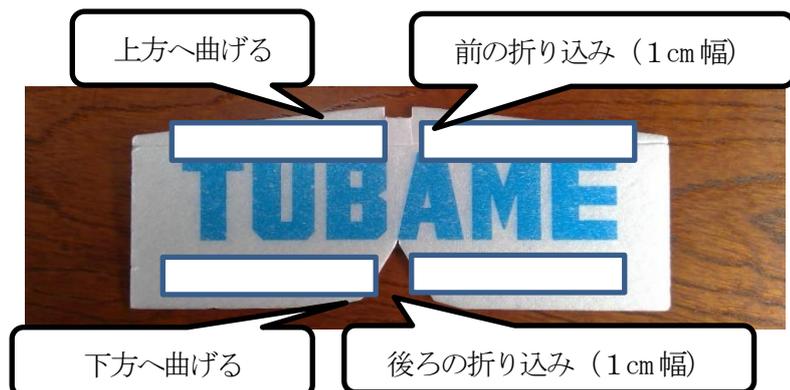
E 尾翼の前後に1cmの折り込みを入れ、前を上方へ曲げ、後ろを下方に曲げる。

Eは、飛ばしてみると、風に乗らない感じで、ほとんど飛ばない印象でした。挙動もグラグラとブレることもほとんど無く、すぐに下降していき、そのまま勢いよくストンと落ちてしまう感じでした。

これまでの中で最も飛ばない感じで、浮く力がほとんど感じられない様子でした。

右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが261cm、一番短くて163cmでした。

無加工のものとは比べると、最大値では190cm以上、最小値でも130cm以上と、大幅に飛距離が縮んでいきます。平均値で比べてみても、飛距離は170cmも減ってしまい、無加工のものとは比べて、浮いて飛んでいく力が大きく失われてしまっていることが分かりました。



cm	無加工	E前上折れ 後下折れ
1回目	453	221
2回目	337	163
3回目	396	261
4回目	293	171
5回目	366	228
6回目	429	251
7回目	367	202
8回目	373	183
9回目	373	190
10回目	332	221
平均	371.9	209.1
最大値	453	261
最小値	293	163
最大値-最小値	160	98

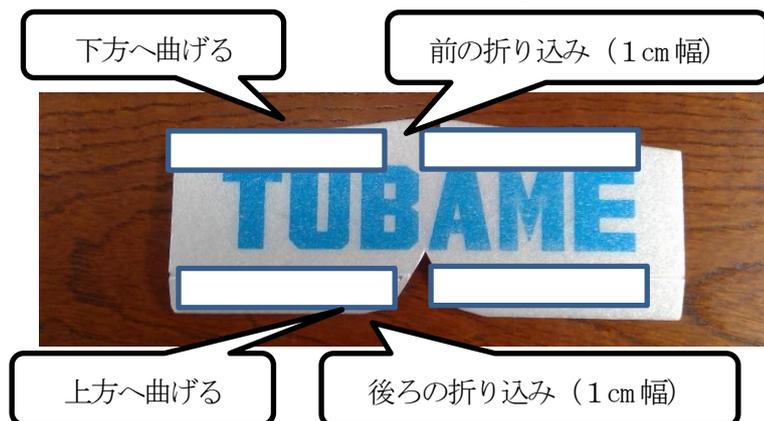
F 尾翼の前後に1cmの折り込みを入れ、前を下方へ曲げ、後ろを上方に曲げる。

Fは、飛ばしてみると、これまでの中で一番上昇する力の大きさを感じました。ただ、上昇する力が大きいせいか、飛ばしてみると機体が斜め上を向いてしまうことが多く、上昇の途中で失速して落下するという飛び方が多く見られました。

右の表を見てみると、一番遠くまで飛んだのが361cm、一番短くて279cmでした。無加工のものとは比べると、最大値では90cm以上、最小値では20cm以上、飛距離が縮んでいます。

平均値で比べてみると、飛距離は50cmほど減少しており、無加工のものとは比べて、飛距離が縮んでしまっていることが分かりました。

一方で、最大値-最小値の値を見ると、A~Fの中で最も値が小さくなりました。そのため、飛距離はさほど伸びないものの、安定した飛距離を出しやすいことが分かりました。



cm	無加工	F前下折れ 後上折れ
1回目	453	311
2回目	337	323
3回目	396	281
4回目	293	333
5回目	366	314
6回目	429	279
7回目	367	311
8回目	373	361
9回目	373	319
10回目	332	355
平均	371.9	318.7
最大値	453	361
最小値	293	279
最大値-最小値	160	82

【考察】

6タイプの飛距離の結果は、以下のようになりました。

cm	1 cm折れ						無加工
	A前 下折れ	B前 上折れ	C後 下折れ	D後 上折れ	E前上折れ 後下折れ	F前下折れ 後上折れ	
1回目	379	251	242	209	221	311	453
2回目	451	407	251	289	163	323	337
3回目	491	378	256	281	261	281	396
4回目	521	395	213	383	171	333	293
5回目	511	399	306	340	228	314	366
6回目	413	317	261	346	251	279	429
7回目	401	419	391	343	202	311	367
8回目	472	301	250	320	183	361	373
9回目	480	351	253	381	190	319	373
10回目	529	315	284	352	221	355	332
平均	464.8	353.3	270.7	324.4	209.1	318.7	371.9
最大値	529	419	391	383	261	361	453
最小値	379	251	213	209	163	279	293
最大値－最小値	150	168	178	174	98	82	160
特徴	なめらか	安定は滑空	真っすぐ	速度があまり出ない	すぐ下降	上昇する力が大	少し上昇
	滑空	×だと左右に曲がる	最後に急下降	上下にブレ ゆっくり下降	風に乗らない	失速して落下	途中で落下

昨年度まで研究した主翼では、どのタイプで試してみても、折り込みは前よりも後ろに入れる方が揚力が生まれやすかったですが、尾翼では、前に折り込みを入れた方が飛距離が伸びることが分かりました。

しかし、無加工と比べて飛距離が伸びたのは、尾翼の前側に下向きの折り込みを入れたAだけで、あとは無加工よりも飛距離が落ちてしまいました。折り込みを入れたときの飛距離の落ち方は・・・

B（前の上折れ）→C（後の下折れ）→D（後の下折れ）→F（前の下折れ 後の上折れ）→E（前の上折れ 後ろの下折れ）の順に飛距離が落ちていきました。

つまり、前の折り込み→後ろの折り込み→前後の折り込みの順に、飛距離が伸びなくなります。

Fは、Aと同じ折り込みをもち、さらに後ろ側を跳ね上げることで、さらに揚力が得られるので飛距離が伸びるのではないかと期待しましたが、思ったより飛距離が伸びなかったです。もしかしたら、ゴム動力ありのときの方が、強い揚力とうまく釣り合ってよく飛ぶのではないかと思います。

5 まとめ

6タイプの尾翼の折り込みによって、飛距離と挙動はどう違うのか。

- ・無加工と比べると、飛距離が伸びたのは、前に下向きの折り込みを入れたときのみだった。
- ・B（前の上折れ）→C（後の下折れ）→D（後の下折れ）→F（前の下折れ 後の上折れ）→E（前の上折れ 後ろの下折れ）の順に飛距離が落ちる。
- ・前の折り込み→後ろの折り込み→前後の折り込みの順に、飛距離が縮む。

6 感想

今回の研究を通して、尾翼の形を変えていくと、プレーンの動きがどのように変わっていくのか、その形と動きの関係について分かったと思います。

○プレーンを安定して飛ばすためには、次のような尾翼の形にするとよいと分かりました。

- ・尾翼の前方の部分に折り込みを入れる。

○プレーンを上昇させるためには、次のような尾翼の形にするとよいと分かりました。

- ・揚力を大きくしたいときは、尾翼の後ろ側を、上折れにする。
- ・少し上げたいときだと、加工しない方がいい。

今回、去年プレーンを大量に購入した在庫に、7種類の加工をしました。加工をするときには、何回か失敗してうまくいかないこともありました。しかし、丁寧に作っていくことで、研究に使える個性的なプレーンをたくさん作ることができました。

今年は、昨年度に続き7タイプのプレーンを何度も何度も飛ばし、その飛距離や挙動をノートに記録していきました。去年のデータの表し方を参考にしたり、家族に相談したりしたので、わりとうまく研究結果を表現できたのではないかと思います。

今年の研究は、全てが室内での実験や分析でした。隣の部屋は、クーラーが付いていて、僕が実験をしている部屋は、プレーンの軌道が変わらないように、クーラーをつけずに、窓も開けていませんでした。そのため、そのような部屋で、何時間か同じ動作をしていると、暑さで自分が何をしているのかが分からなくなってしまったりすることがありました。

それにより、真っすぐ飛ばすことができずに、細い廊下の壁に当たってしまうなどのミスが相次ぐなどして、なかなか実験が進まないときもありましたが、無事に最後までやりきることができ、達成感を得ることができました。

実験全体を振り返って、加工を失敗したり、うまく飛ばせなかったりすることもあって大変でしたが、最終的に自分が追究したいことがはっきりしたので、すっきりしました。

今年の研究から、まだまだ追究してみたい内容があります。

- これまでの研究の結果を生かして、主翼の加工と、尾翼の加工を組み合わせ、より安定して、長い距離を飛ぶことができるライトプレーンをつくる。
- 揚力や空気抵抗について分かったことを生かして、プレーンの形を大胆に変える。
- 他の尾翼の加工の仕方も試してみる。

このように、まだまだ知りたいことがたくさん生まれてきます。今年の研究では、うまく揚力の強さを調節できるようになったと思います。これで、プレーンに大きな加工をして重さが増えても、うまくバランスを取ることができるのではないかと考えています。

これからも自分の疑問を追究して、プレーンに詳しくなっていきたいと思っています。