



Title	後縁を舵面に用いるエレボンの開発とそれによる機体性能向上に関する研究
Author(s)	涌田, 悠佑
Citation	平成28年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2017
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/60344">https://hdl.handle.net/11094/60344</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 平成28年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏名	わくた ゆうすけ 涌田 悠佑	学部 学科	工学部 電子情報工学科	学年	2年				
ふりがな 共 同 研究者名	はなだ たくみ 花田 拓実	学部 学科	工学部 環境・エネルギー工学科	学年	2年				
	みしま ゆき 三嶋 夕稀		理学部 化学科		2年				
アドバイザー教員 氏名	尾崎 雅則	所属	工学研究科						
研究課題名	後縁を舵面に用いるエレボンの開発とそれによる機体性能向上に関する研究								
研究成果の概要	エレボン搭載翼の流体中における動作特性を調べた。更にエレボン搭載翼を実際の機体に搭載する幅で製作した場合の動作特性を調べ、理論値と実測値の比較検討を行うことにより問題点等を明らかにした。								

### 1、研究目的

無尾翼人力飛行機の作製にあたり、その縦方向の操舵（ピッチ操作）方法として、これまで主翼とコクピットを可動式にし、機体の重心移動により操作する方式（ブランコ式）を用いてきた。

しかし、操作に対する反応過敏、プロペラの失速などの問題により、ブランコ式が機体性能向上の技術的ボトルネックとなっている。そこで、その解決策として主翼とコクピットとを固定し、エレボン（ピッチ操作とロール操作を行う動翼）によるピッチ操作を行う方式の導入を検討した。本研究では、エレボンの導入に関して、風洞実験・動作試験並びに計算機シミュレーションにより検討を行った。

### 2、研究計画

本実験では風洞実験用の幅1m（図1）のエレボン搭載翼とエレボン動作試験用の幅3m（図2）のエレボン搭載翼を製作した。まず幅1mのエレボン搭載翼を作製し、9月30日に工学研究科研究用風洞において試験を行った。その後、幅3mのエレボン搭載翼を製作し、11月23日に動作試験を行った。



図1：幅1mのエレボン搭載翼



図2：幅3mのエレボン搭載翼

### 3、実験の目的・手順

#### 3.1、幅 1m のエレボン搭載翼の風洞試験

表 1 幅 1m のエレボン搭載翼の詳細な諸元

翼幅(mm)	1000
翼弦長(mm)	750
テーパー比	1 (矩形)
翼型	reedit_feat.dae21 (自主開発)
フラップ範囲	後縁より 215mm
フラップ可動範囲(deg)	±10
構造	パイプ桁-発泡リブ構造

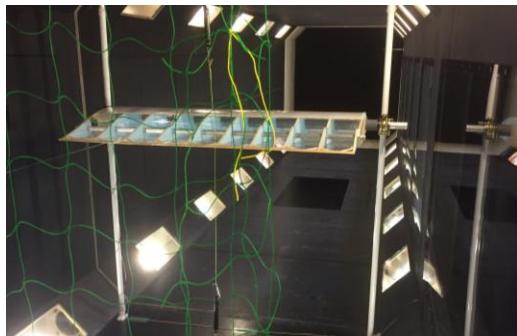


図 3 幅 1m エレボン搭載翼の風洞実験の様子

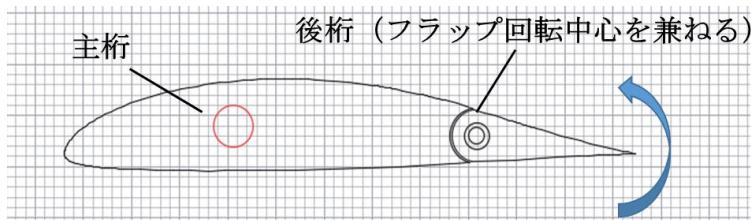


図 4 幅 1m のエレボン搭載翼断面図

本実験の目的は、風洞内で翼を空気流の中に置き、空気力によって翼に発生する縦回転モーメントを計測すること、そして計測値と空力解析によって求めた理論値とを比較することにより、解析と実際の値の整合性を評価することである。

具体的な手順として、翼の桁を風洞壁面に固定し、上下方向の回転は自由な状態にした。また、後桁に紐を通し、風洞上下面に固定したばねはかりに繋ぎ、翼の迎角が  $0^\circ$  で静止するように張力をかけた。ばねばかりの値を零点調整し、翼の回転モーメントを計測できるようにした。そして空気の流速は  $8.0\text{m/s}$  とし、順次フラップの動作角を変化させばねばかりの値を読み取った。

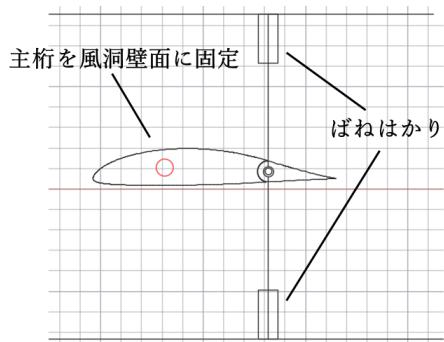


図 5 風洞実験概略図

3.2、幅 3m のエレボン搭載翼の動作試験について



図 6 幅 3m のエレボン搭載翼動作試験

表 2 幅 3m のエレボン搭載翼の詳細な諸元

翼幅(mm)	2700
翼根翼弦長(mm)	830
翼端翼弦長(mm)	750
翼型	reedit_feat.dae21 (自主開発)
フラップ範囲	後縁より 215mm
フラップ可動範囲(deg)	±10
構造	パイプ桁-発泡リブ構造

実験時には、飛行中のモーメントを再現するため、単二電池を重りとして用いフラップの後縁に 2.5N の荷重をかけ、フラップをサーボモーターで 6.0V の電圧で駆動させた。

なお、実際には空気力はフラップの動作角が増すごとに増えるが、今回は再現せず、重力による一定の荷重とした。実機に後縁フラップ式のエレボンを搭載する場合を想定し、予想される荷重に対して舵面を動かすことができるかどうかの検証を目的とした。

#### 4、計算機シミュレーション

##### 4.1、幅 1m のエレボンの風洞試験

空力解析ソフト「xflr5」の 2 次元翼解析モードでフラップを再現した翼型を生成し、3 次元翼解析モードで翼を再現して、渦格子法<sup>[1]</sup>により揚力と風圧中心を算出、モーメントの理論値を計算した。



図 7 xflr5 において後縁舵面を生成

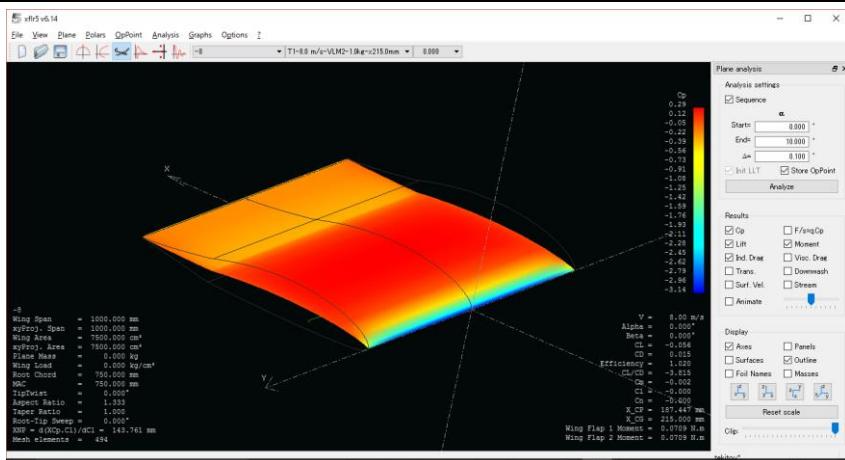


図 8 xflr5 による 3 次元翼解析

#### 4.2、幅 3m のエレボン搭載翼の動作試験

まず、幅 3m のエレボン搭載翼の動作試験に使用した理論について、xflr5 を用いて解析すると、迎角  $3^\circ$  、フラップ動作角  $+8^\circ$  の際にフラップが空気力で動作角と逆の方向に回転しようとするモーメントは、 $0.55\text{N}^*\text{m}$  であった。

### 5、実験結果・考察

#### 5.1、幅 1m のエレボン搭載翼の風洞実験の結果

表 3,4 に以上の理論より求めた理論値と実際に風洞内でエレボンの舵面を動かして得た実測値の比較を示す。

表 3 風洞実験結果

フラップ動作角(deg)	実装値より算出したモーメント(N*m)	理論モーメント値(N*m)
7	-0.929	-2.34
4	-0.650	-2.14
0	-0.496	-1.24
-2	-0.248	-0.970
-5	-0.0619	-0.517
-8	0.0619	-0.0519

表 4 ばねはかり実測値

フラップ動作角	下ばねはかりの値(N)	上ばねはかりの値(N)
7	0	2.9
4	0	2.1
0	0	1.6
-2	0	0.8
-5	0	0.2
-8	0.2	0

※フラップ後縁が下を向く方向への回転を正とする。以下同じ

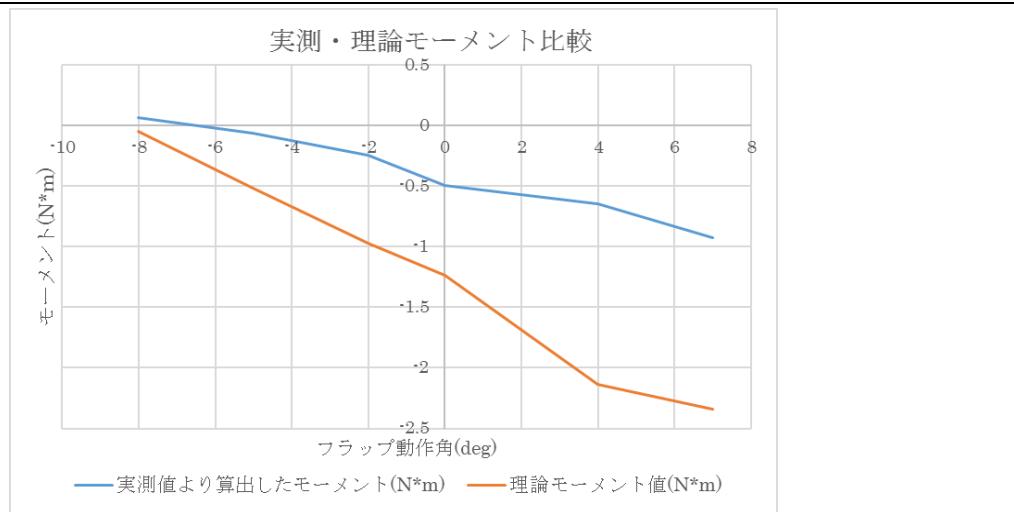


図9 理論値・実測値の比較

以上の事より、考察として理論値よりも実測値のほうが負（前縁が下がる方向）のモーメントが弱くなってしまっており、フラップ部分で気流が剥離し、翼の後ろ側の揚力が発生していないことが考えられる。また、剥離の原因としては、フラップ開始地点に存在するフィルムの切れ目が有力と考えられる。

### 5.2、幅3mのエレボン搭載翼の動作試験の結果・考察

モーメントに対してフラップを保持することはできたが、モーメントに打ち勝ってフラップを持ち上げることができなかった。また考察としては、サーボモーターのカタログスペック上はトルクが足りているため、何らかの原因でサーボモーターがトルクを発揮できなかつたと考えられる。

原因としては、リンクージの摩擦・送電過程でのサーボ給電電圧の降下・リンクージのクランク部分の長さが短いことによる疑似的なモーメントの増大などが考えられる。

## 6、結論・今後の課題

今回の研究で、後縁フラップ式の動翼について、外皮フィルムの切れ目が大きく空力的性能変化を招くこと、フラップの駆動時にアクチュエーターのトルク伝達を阻害する要素が想定より大きいことが確認できた。また、幅1mのエレボン搭載翼の風洞試験の結果から実験時舵面にシミュレーションから想定される大きさの力がかかっていなかったこと、そして幅3mのエレボン搭載翼の動作試験より今回の製作方式では理論上想定される最大の負荷をかけた場合動作できないことが確認できたので、風洞試験においてもシミュレーション通りの力がかかっていた場合は舵面を動作させることができなかつた可能性が考えられる。総括として、今回製作したものと同じ方式でエレボンを人力飛行機に搭載することは困難である。今後の課題として、空力面・駆動方式面で実用に堪える方式の後縁フラップの開発、また実機搭載を考慮した重量面での評価を試みたい。

## 7、謝辞

まず本研究の指導教員を引き受けてくださいました尾崎先生に心よりお礼を申し上げます。また、実験の際には風洞をお貸しいただいた工学研究科附属研究用風洞棟様、施設の操作等についてご助力頂きました川端先生にもお礼を申し上げます。

## 8、参考文献

- 【1】 牧野光雄, 航空力学の基礎 (第三版), 産業図書株式会社, p148-157