

# 人力飛行機の胴体フェアリングの設計・製作

岩崎 洋平<sup>1</sup> ・ 酒井 謙二<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 第一工業大学 学科学生 航空宇宙工学科

<sup>2</sup> 第一工業大学 教授 航空工学科

(〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2)

<sup>2</sup> E-mail:k-sakai@daiichi-koudai.ac.jp

## The Design and the Fabrication of the Body Fairing for the Man Powerd Airplane

Daiichi Institute of Technology

<sup>1</sup>Youhei IWASAKI, <sup>2</sup>Kenji SAKAI

The body fairing has been designed and fabricated for the Daiichi Institute of Technology's man powered airplane. The body fairing for the man powered airplane is useful to keep safety for the pilot and to reduce the airplane drag. And also it must be considered to keep the inside temperature low, because the contest will be held at summer season.

By using this body fairing, the Daiichi Institute of Technology's man powered airplane fligted at the distance of 208m at the Biwako man powered airplane contest at July 31, 2011.

**Key Words:** Man Powered Airplane, Body Fairing, Design and Fabrication

### 1. はじめに

航空設計研究部は5年前に再開してから、毎年琵琶湖で開催される鳥人間コンテストを目指してきたが、昨年度、久々に出場できる機会を得た。これまで、胴体フェアリングの設計・製作は試験飛行にはなくても特段困らなかつたため、後回しにされていた。

しかし、出場に際しては、パイロットの安全性の観点や空気抵抗低減の観点から製作は必要と判断された。

昨年度の部員には、胴体フェアリングの製作の経験がなかつたため、先行している崇城大学の人力飛行機の製作過程の見学を参考にしながら、短時間で製作できる方法を開発し、半年はかかる言われたフェアリングを2ヶ月程度で製作することができた。その概要を報告する。

### 2. フェアリングに求められる条件

#### 2.1 空力性能

飛行機である以上、空気抵抗は最低限に抑える必要がある。プロペラを脚力で回す人力飛行機なら尚更である。今回のつばめでは、必要プロペラ推力か

ら胴体の抗力係数値は 0.2 以下に抑えるべきとのデータがあるため、この数値を目標値とする。

#### 2.2 軽量性

重力に逆らい飛行するため軽さは絶対条件である。しかし軽さを求めるあまり、他の要件を満たせないようでは、そのフェアリングは無いほうがマシと言える。航空機設計研究部ではこれまでフェアリングを製作してこなかつた。他チームのデータからフェアリング重量は1~2kgが妥当とし、この数値を目標とする。

#### 2.3 居住性

ここで言う居住性とは、パイロットの動きを妨げない事、パイロットのコンディション低下させない事の2点を指す。

飛行中のパイロットは常にペダリングと操舵、目視の動作を行う。これらの動作をフェアリングが妨げる事があってはならない。そのためフェアリングには十分な大きさが必要となるが、前面投影面積が大きなフェアリングは空気抵抗を増大させてしまう。そのため上述の動作を妨げずに且つ必要最低限の前面投影

面積とすることを目標とする。

温室効果やパイロット自身の激しい運動で上昇する内部温度は、パイロットのコンディションを著しく低下させる。そのためフェアリングには空気のインテークとアウトレットを設けるが、冷却効果を高めるべくそれらを大きくすると抗力を生んでしまう。更に、最適な位置に配置しなければ冷却効果を得られない。この点に関しては具体的な数値や結果を得るにも実機サイズで膨大な試行錯誤が必要となる。

## 2.4 安全性

パイロットの命を預けて飛行する以上、安全に関しては十二分に留意しなければならない。フェアリングに関して言えば、非常時の脱出を妨げない事と万が一の怪我防止が挙げられる。脱出に関しては弱い力で破砕できる脱出口を作成することを目標とする。怪我防止に関してはパイロット前面や顔近傍にはバルサ材など先鋭形状にならないものを使用し、また金属を用いる場合は面取りと防護カバーを施すことで対処する。着水時に破砕した際、救助ダイバーの安全と琵琶湖の環境を鑑みて破片飛散を防止する必要もある。

## 3. フェアリングの設計

### 3.1 各数値の決定

#### 3.1.1 胴体フレーム

フレームを構成する CFRP パイプの配置、直径などの構造は担当者により既に設計されているので、これに合わせる。

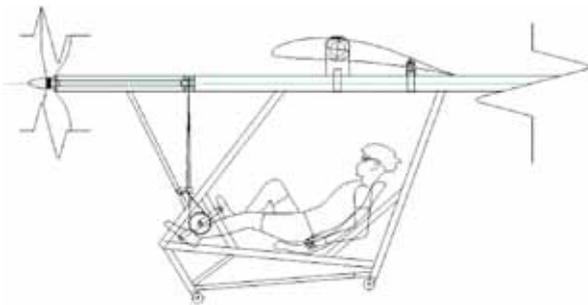


図 3.1 胴体フレーム側面図

#### 3.1.2 クランク周辺

クランク軸を中心としてペダルとパイロットのつま先や膝が回転するが、回転運動を妨げない大きさが必要となる。クランク周りの必要スペースは、パイロットに搭乗させて計測し実寸を採る。実寸ぎりぎりではなく回転直径に 200mm、幅に左右各 200mm の余裕を持たせる数値とする。

#### 3.1.3 操縦桿周辺

操縦桿はパイロットの腰下に配置されている。尾翼動作時に操縦桿の上下・左右運動が必要となるため、

この可動範囲を確保しなければならない。フェアリングのなかでも最も幅を要する箇所である。これもパイロット搭乗による実寸を計測する。

#### 3.1.4 パイロット頭部周辺

パイロットは頭部を守るためにヘルメットを着用し、また視界確保のため首振り運動を行う。よって頭部周辺もある程度の余裕がなくてはならない。ただし、フェアリング上辺と胴体フレームとのクリアランスが少ないため余裕を 150mm とし、クリアランスは 186mm とする。

#### 3.1.5 パイロット肩部・腰部・上腕部周辺

頭部周辺と操縦桿周辺との間に距離があり、その間に肩や肘の幅を要する部分を納めるスペースが必要となる。これもパイロット搭乗による実寸を計測する。

### 3.2 各数値の計測

フェアリングは 3 次元部品のため計測も 3 次元での計測を行わなくてはならない。そのため、ある 1 点を基準点とし 3 軸での数値を計測する。今回は胴体フレーム先端中心部を基準点の座標(x=0,y=0,z=0)とした。

計測箇所	x	y	z
頭	2010	-510	0
目	2030	-610	40
肩	2100	-800	225
腰	1830	-1090	160
膝	1500	-810	150
踵	1050	-1250	150
クランク	1000	-975	×
水平 0° 拳	1850	-1130	320
水平 0° 肘	2200	-1100	300
水平 0° 操縦桿	2200	-1250	300
水平+10° 拳	1940	-1010	340
水平+10° 肘	2250	-1070	320
水平-10° 拳	1800	-1250	340
水平-10° 肘	2120	-1100	275
垂直 10° 拳	1900	-1160	380
垂直 10° 肘	2230	-1070	200
垂直 10° 操縦桿(前)	2160	-1250	300
垂直 10° 操縦桿(後)	2300	-1250	300

表 3.1 実寸計測値

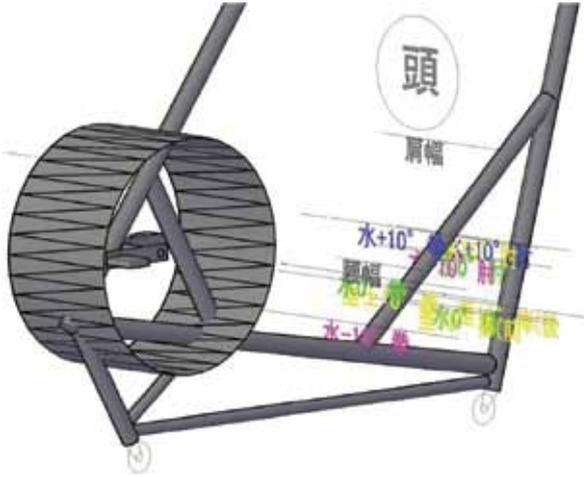


図 3.2 実寸計測値を 3 次元 CAD に打ち込み

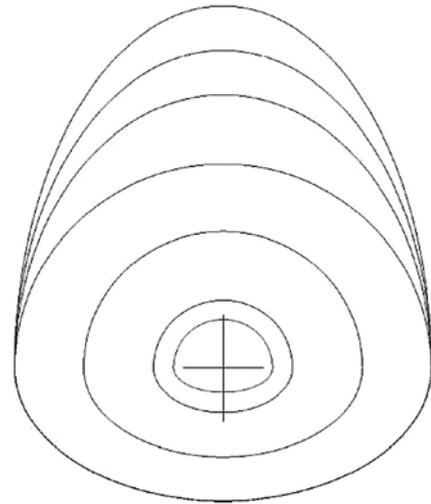


図 3.4 フェアリング正面図

### 3.3 フェアリング形状の設計

上述の各数値条件を満たす外形を設計する。流麗な形状で設計すると、曲面を多用した立体を考えなければならない。使用ソフトである AutoCAD はミッドレンジ CAD と呼ばれ、必要寸法や通る点を出す事は出来るが、立体となると能力不足が目立つ。美しい流線型を求めるとすれば、考えられない時間と労力が必要となるだろう。そのため出来るだけシンプル且つ製作が容易となる形状を目指す。

CATIA や UNIGRAPHICS などのハイエンドソフトを導入することが出来れば、より流麗で滑らかな形状での設計が可能になるだろう。

#### 3.3.1 全体図

全体図を便宜上 3 つの部位に分ける。先頭部と中間部と終端部とする。出来るだけシンプルな形状となるようインテークからはじまり先頭部から中間部に向かい、断面積を増やし、終端部でパイロットを格納する。全体の形状は崇城大学エアロスペースのフェアリングを参考にした。



図 3.3 崇城大学エアロスペースのフェアリング

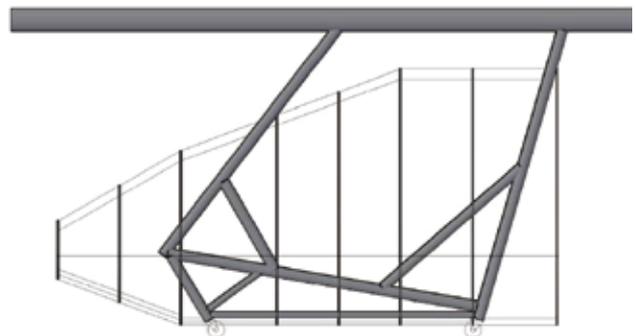


図 3.5 フェアリング側面図

#### 3.3.2 脱出口

脱出口はフェアリング右側に設ける。またこれはパイロットの搭乗窓も兼ねるものとする。窓のような形状で製作し、パイロットが搭乗後に外から嵌めこみ、PPテープで目張りすることで固定する構造とする。

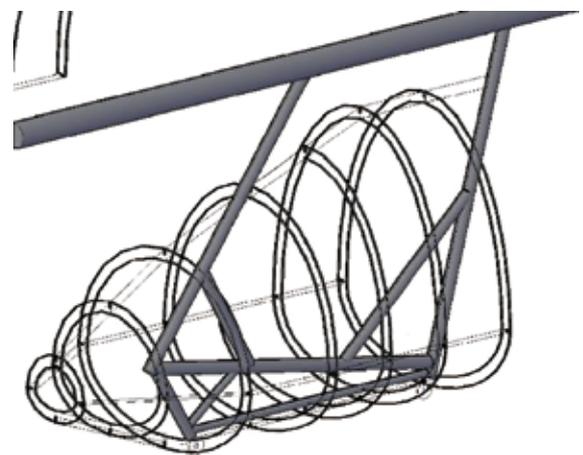


図 3.6 フェアリング左斜め前側面図

### 3.3.3 インテーク

インテークについてはフェアリング最先端部に設ける。圧力分布の解析シミュレーションソフトがないため、インテークをどこに設ければ良いのかデータが全くない。上述の崇城大学のフェアリングを参考にした。

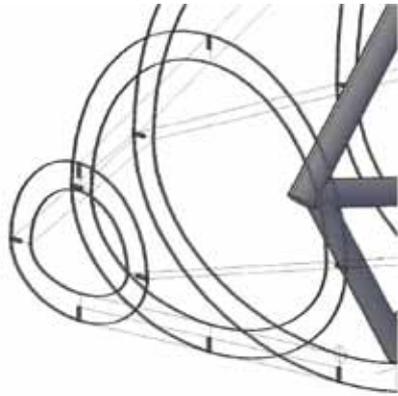


図 3.7 インテーク

### 3.3.4 アウトレット

アウトレットについてはフェアリング最終端部に設ける。圧力分布の解析シミュレーションソフトがないため、インテークをどこに設ければ良いのかデータが全くない。上述の崇城大学のフェアリングを参考にした。

全体形状は終端部が窄まる形状ではなく、開放した形状とし、これをアウトレットとした。



図 3.8 アウトレット

## 4. 「つばめ」フェアリングの製作

### 4.1 先頭部分

材料はエスレンウッドパネルとバルサ材を用いる。ウッドパネルを輪状とそれを繋げる骨組状に切り出し、

組み合わせる。現物合わせではなく、各部品にあらかじめ切り欠けを作っておく。図 4.1 における一番小さい輪状パーツの穴はそのままインレットとなる。



図 4.1 先頭部分のエスレン骨組

ウッドパネルだけでは強度を保てないので、バルサ材による補強を行う。



図 4.2 先頭部分組み上げ後

またバルサ材は折れると先鋭部が生じ、パイロットを傷つける恐れがある。そのためバルサ材を生で使用するのは大変危険があるので、パイロットの安全・飛散防止のためバルサ材には PP テープを巻いておく。骨組が完成した後、外皮を貼る。

### 4.2 舟艇部分

フェアリング本体の下半分を舟艇部分と便宜上呼ぶ。この舟艇部分は発泡スチロールにより製作する。CNC フライスを使用出来ない大きい部品となるので、人力による削りだしを行う。削りだしは大型の発泡ブロック 1 個からの削りだしではなく、発砲スチロール板から同じ形状を切りだして貼り合わせる工法を採用した。

### 4.3 パイロット格納部の骨組

パイロット格納部の骨組もエスレンウッドパネルで製作する。これも部品に切り欠けを作り、各々を組み合わせる。



図 4.3 パイロット格納部の骨組

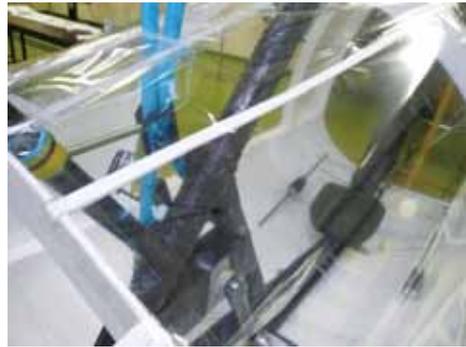


図 4.6 PP フィルム製外



図 4.7 射光フィルム製外皮



図 4.4 フェアリングの骨格完成後

4. 5 完成

4. 4 外皮

骨格が出来上がったら、外皮を貼りつける。外皮は3種類の材料を使用する。強度が必要な部分はエスレンシートを選んだ。また強度が必要でない部分、またパイロットの視線部分はPPフィルムを選んだ。そして日差しを遮る必要がある部分は遮光フィルムを選んだ。遮光フィルムについては業者が取り扱うようなものではなく、DIY量販店で取り扱っている家庭窓用の市販遮光フィルムである。



図 4.8 フェアリング完成図(左翼から)



図 4.5 エスレンシート製外皮



図 4.9 フェアリング完成図(右翼から)

## 5 「つばめ」フェアリングの評価

### 5.1 重量

フェアリングの全重量は 2.5kg であった。当初の目標であった 1~2kg を超えてしまった。これは発砲スチロール製の舟艇が重量の大半を占めている。厚さを 50mm で設計し製作したが、これは手による削り出しで部品の製作をした為である。CNC フライスで完全に機械式にすれば厚さを更に薄く出来て、計量化が図れると考えられる。また初めて製作であり薄くすると強度的に不安ということもあった。

### 5.2 居住性

飛行後にパイロットからの聞き取りを行った。パイロット内部は風の流入が激しく、居住性は快適であったとのことだ。しかし風の流入が多かったということで、流入量を減らしても良いかもしれない。インテークを小さくするか、設ける場所を先頭部から変更するか改良の余地が生まれた。

### 5.3 安全性

機体が着水後、機体は沈まずに湖面に浮いたままであった。これは舟艇を発砲スチロールで製作したため浮力が生まれ飛行艇のような構造になったと考えられる。パイロットが溺死する危険性を排除できたということで安全性については良好であった。また部品の飛散も確認出来なかった。しかしこれは機体が後部の着陸脚からゆっくり湖面に着水したからだと考えられる。湖面に機首から飛び込んだ場合は違った結果が出るかもしれない。

### 5.4 空力特性

機体にデータロガー等を搭載していないため、実際の飛行時の動画から飛行速度等を計算した。その結果、平均飛行速度は 4.6m/s である。この結果は、設計速度 7m/s より低い値である。この原因として、「プロペラの推力不足」「翼後縁の振れ」「パイロットの出力不足」も考えられるが、胴体フェアリング抵抗係数が、設計値 0.2 より大きくなっていることも考えられる。今後の改良としては、操舵方式を現状の横に振る方式から縦に振る方式の採用によって改良して、フェアリング幅を狭くすることが考えられる。正面面積の削減が次世代機へ反映する改善点であると考えられる。



図 5.1 水平定常飛行中の機体



図 5.2 着水後も沈まない機体

## 6. おわりに

今回の卒業研究を通して、人力飛行機製作において今まで手付かずであった胴体フェアリングの設計・制作方法のたたき台を作ることができた。本研究を元に、後輩たちが更に人力飛行機の活動を盛り上げてくれれば幸いである。また、計画、実行、評価、改善という「ものづくり」のサイクルを経験できたことは、エンジニアとして働く上で、非常に有意義であった。

## 7. 参考文献

- ・井門義明 '人力飛行機の胴体フェアリングの空力設計' 平成21年度 卒業研究