

# 「大阪府立大学・堺・風車の会」 ～鳥人間コンテストへの取り組み～

“Osaka Prefecture University -Sakai- WindMill Club”

～ Efforts to Birdman Rally ～

こぎそ のぞむ  
小木曾 望\*



## 1. はじめに

大阪府立大学の小木曾と申します。本日は、「大阪府立大学・堺・風車の会」～鳥人間コンテストへの取り組み～という演題にてお話をさせていただきます。

外に展示してある機体は、今年の鳥人間コンテストで琵琶湖を飛んだ機体です。コックピットは発泡スチロール製で着水時に大破しましたので、今日つけてあるのは練習用で使ったものです。それから主翼の前縁部などもちょっと破損してしまっていて、今日は垂直尾翼が取り付けられませんでした。それはマウント部分が壊れたことによるものです。

どんな機体かという、主翼は(今日は半分しか付いていませんが)差し渡しで23mの長さ、高さ3.4m、全長6.7mです。機体の質量が約30kgで、設計速度としては9.7m/secということで、100mを10秒ちょっとで飛ぶくらいの機体です(写真-1)。

## 2. 鳥人間コンテストについて

それでは、鳥人間コンテストについて説明したいと思います。



写真-1 鳥人間コンテスト用機体



写真-2 特別講演講師 小木曾望氏

います。鳥人間コンテストは、大空を自分の力で自由に飛んでみたいというコンセプトのもとで、1977年にスタートした読売テレビの長寿番組です。会場は琵琶湖のある彦根市松原水泳場です。

1977年にスタートした後、1986年第10回大会から人力プロペラ機部門と滑空機の部門に分かれました。その後、1994年の第18回大会に「堺・風車の会」が初参加しました。2006年の第30回大会には人力プロペラ機にタイムトライアル部門という距離ではなくて、速度を競う部門ができました。この2006年から府大のチームはタイムトライアル部門に出場しております。2009年は残念ながらリーマンショックのあおりを受け、大会が中止となってしまいました。その後、2010年から大会スポンサーとして岩谷産業株式が付けてくれることになり、大会が復活し、2013年の今年第36回大会を迎えました。テレビ番組としてはかなりの長寿番組だと思います。これがプラットホームです。飛行機が飛び出す場所です。高さ10mのプラットホーム、長さも10mです。

鳥人間コンテストの競技部門については、滑空機が1部門、プロペラ機が2部門あります。滑空機は高さ10mのプラットホームから滑空して、飛距離を競うものです。現在の記録としては500mを超えています。滑

\*大阪府立大学大学院 准教授

1966年3月生まれ、岐阜県出身。1997年大阪府立大学大学院博士後期課程修了、同年大阪府立大学工学部助手。2002年から現職。

空の場合は揚抗比若しくは滑空比といいますが、1 m降りる間に何m進むかということを見ると、それが50倍を超えるという非常にすばらしい記録が生まれています。

それからプロペラ機のディスタンス部門は、距離を競うということで鳥人間コンテストの花形部門となりますが、現在の記録は36 km、2時間近く飛んでいます。飛んでいるチームとその応援団には楽しいのですが、見ているほうは何も見えなくて、テレビ的にも何も映すものがない状況ということで、人気低迷の一つの原因となっていました。その打開策としてタイムトライアル部門というものができました(図-1)。

現在は、片道500 mを旋回して戻ってくるまでの飛行時間を競うもので、昨年までの記録は2分8秒です。観客席から見ていると、すべて飛行しているところが見えるという楽しさもあります。このタイムトライアルというのは2006年から始まったものでして、比較的新しい競技になります。最初の年は500 mではなくて、片道1 kmを飛行していました。プラットホームから100 m先がスタートラインです。そこから飛行しまして3本あるポール(のうちの1本)を回って戻ってきて、スタートラインを越えるまでの時間(タイム)を競うというもので、テレビ局の起死回生の策として始まりました。2006年はエアロセプシーというヤマハのチームですけれども、初めて琵琶湖の対岸に達したチームが7分2秒という記録を打ち立てました。

そのとき府大のチームは、1 kmでポールは回ったのですけれども、ゴール200 m前で着水してゴールはできませんでしたが、ポールを回ったということで2位となりました。その後2007年、2008年と連続優勝をいたしまして、これから花形の時代が訪れると思っていた矢先、2009年が中止となってしまいました。2010年から復活しましたが、問題点がありまして、何とゴールできるチームが少なかった。つまり、実際問題として1 kmを超える飛行を達成できるチームというのは、数えるほどしかいなかったというのが現実でした。多くのチーム

がボッチャンと湖面に落ちてしまいました。

そこで2009年の中止後、2010年からルールが変更され、片道が500 mとなりました。往復で1 kmです。その代わりに旋回ポールが3本から1本に減少しました。ですからスタートしてゴールすると往復で1 kmになり、さらなるスピードアップが図られる競技に生まれかわりました。この変更のおかげで、ゴールできるチームが増加しましたので、レースとしては大変おもしろくなりました。さすがに同時にスタートすることはできませんが、ゴールした記録、結果を基にどちらが勝ったか負けたかというレースとしてのおもしろさが増えました。また、500 m先ということで、観客席から旋回する様子がよく見えるようになりました。どのぐらいのスピードアップかというと、以前は秒速でいうと8 m/secぐらいだったものが10 m/secを超えるようになっています。それが何で決まるかというと、これはパイロットのパワーです。このグラフは、横軸が時間、縦軸がパワーです。ワットで書いていまして、一般人と一流の運動選手によってももちろん違いますけれども、飛行時間が5分から2分に減るということで、一般から見てもだいたい300 Wのものが350 Wぐらい出る。この50 Wの違いというのはかなり大きいです。このようにしてスピードアップが図られるようになってきております。

### 3. 「堺・風車の会」の成績

これまでの成績は、1994年に初参加し、1996年この頃はディスタンス部門ですが、9761 m、10 km弱ですが、これは当時の飛行記録で優勝しました。次の年は残念ながら台風で中止となり、その次の年は4位、その後1999年、2000年と連覇をいたしました。勝つと低迷するのか、その後はよくなかったのですけれども、2003年は15 kmでチームとしてはいちばんよく飛んでいます。この年に日大のチームが琵琶湖大橋まで到達するという32 kmという大飛行したために、これだけ飛んでも4位でした。

2004年に部室が火事で焼けるというトラブルがありました。火事が直接の原因ではないのですけれども、その後いろいろあって棄権、その後、復活して(2005年は)4位です。2006年からはタイムトライアルに出て2位、優勝、優勝といいところまできていたら、2009年大会が中止になりました。これを機に大変な状況になりまして、学生たちがどんどん退部し、いろいろな問題が起きました。2010年の大会直前の6月に、もう出場は無理だということで辞退するつもりだったのですが、全国に

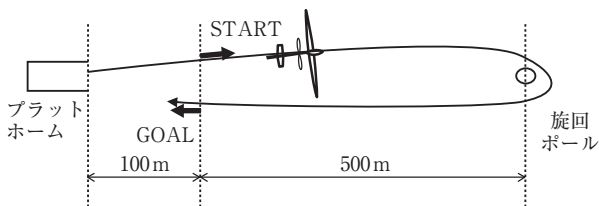


図-1 タイムトライアル部門競技図

いる卒業生OBたちが協力してくれまして、何とか大会には出ることができました。残念ながら途中で着水してしまったために、記録がなしという結果になってしまいましたが、クラブは存続することができました。次の年も何とか出場することができ、昨年ようやくゴールまで飛行することができて、4位という結果を残すことができました。

本当に2010年に卒業生たちが立ち上がってくれなければ、現在の鳥人間クラブはなくなっていたと思います。卒業生が立ち上がったというのはどういうことかという、卒業生も大阪ばかりにいるわけではなくて、東京の方面に就職している学生もたくさんいますが、週末にわざわざやってきて、機体を製作してくれました。それで今の3年生、4年生の代に技術を伝えることができ、クラブが存続できました。来てくれて本当に感激しました。このクラブは、非常に大きな力をもっているなどということを感じた年でした。これまでの記録をまとめると次の表になります(表-1)。

現在の部員数ですが、約32名。残念ながら女性部員がいないというのがちょっと寂しいところですが、一時期少なかった部員も本年に幹部を務めた3年生が6名、2年生が10名、1年生が7名と、以前の学年と比べると非常に多くの学生が集まるようになりました。

表-1 「堺・風車の会」のこれまでの記録

	年度	成績	順位	備考
D E I S T A N S S U E	1994年	51.46m	12位	
	1995年	623.66m	6位	
	1996年	9761.58m	優勝	当時の新記録
	1997年	台風のため中止		
	1998年	1495.47m	4位	
	1999年	4913.46m	優勝	
	2000年	7945.85m	優勝	
	2001年	2182.86m	4位	
	2002年	3004.26m	2位	
	2003年	15299.83m	4位	チーム記録
	2004年	出場辞退		
2005年	10266.48m	4位		
T T D E P A R T M E N T	2006年	200m前着水	2位	1km折返しタイム 2分42秒68
	2007年	4分37秒62	優勝	新記録
	2008年	5分10秒00	優勝	
	2009年	大会中止		
	2010年	記録なし		500m折返しに変更
	2011年	記録なし		
	2012年	2分46秒48	4位	

#### 4. 「大阪府立大学・堺・風車の会」

「堺・風車の会」の発足は1993年で、大学のクラブではなくて産官学連携チームとして始まりました。堺市役所と堺の商工会議所が、もともとは町おこしのために始めたものです。仕掛け人が大阪府立大学の、現在亡くなってしまわれましたが、宮南名誉教授がこの方たちに声を掛けてつくられたのが最初です。1994年に初出場ですが、この年は過去に準優勝したチームから機体を譲り受け、再製作しての出場となっています。

この年に入学した学生が機体作成などに力を貸すようになり、翌1995年からは学生たちが自分たちで設計した機体で出場しています。ですから1996年というのは始めた学生が3年生になったときに初優勝しました。その後、大学のクラブにしたいという考えから、優勝した後クラブにするのに、どういうわけか半年かかりましたけれども、1997年2月に文化部のクラブとして承認されました。その次の年から「大阪府立大学」というのが名称に付くようになりました。

なぜ「風車の会」という変わった名前かということ、堺地区に大浜という、このへんでいうと海岸のほうですが、田んぼが広がっていた頃の灌漑用<sup>かんがい</sup>に風車がたくさんあったそうです。そこから取られた名前ということです。「堺・風車の会」、大学のほうはウインドミルクラブということで登録していますが、特徴としては毎年、学生が自分たちで設計・製作した機体で出場しています。自分たちの目標を立て、自分たちの機体を一から設計していますので、多少使い回すところはありますけれども、改良設計ではなく一から全て設計しています。社会人として商工会議所等のメンバであった方々には、学生の人間教育の場として指導していただいております。学生のモチベーション向上に大きく寄与しております。

なお、技術的なものは卒業生が支援を行っています。産官学連携チームとして出場しているのは、この「大阪府立大学・堺・風車の会」だけでして、ここが他の大学チームとは大きく異なります。「鳥人間の本」というのが2000年に出ていますが、そこにチームの紹介をしています。

#### 5. 年間のスケジュール

年間のスケジュールですが、9月にだいたいテレビ放映がありますので、ここで新体制がスタートし、古い機体、前の機体を使って新しいパイロットが慣れるための試験飛行を主に大学のグラウンドで行っています。さらに、勉強会とか、設計するための勉強なども行います。11月に大学祭である白鷺祭がありますが、ここで模擬



店を出して、機体製作費用を稼ぐということをやっています。1月ぐらいに設計を行って、本体の主要部材であるFRP、炭素繊維複合材料のパイプを発注します。この部材の価格が高いのです。部材が納入され、製作します。この部材の製作が完了した後、主翼の桁の試験を行います。それから3月ぐらいに図面が完成し、参加の申込みを行います。春休みの期間に製作し、初飛行。4月、5月、6月というのは新入部員の勧誘、Tシャツ作成、Tシャツ販売を行います。今日もちょっとやっていたのですが、機体の製作費のために毎年作っては売っています。あと、試験飛行、調整などをやって本番を迎えます。だいたい2年生の秋から3年生の夏にかけて主要メンバとして活動することになります。ですから、現在は2年生が来年の大会に向けての体制づくりを行っております。

## 6. 人力飛行機について

さて、人力飛行機について簡単にお話したいと思います。飛行するというのはテレビ番組でもあり、派手でもあります。それは1日だけのことで、その1日のために非常に地味な準備が必要となります。上に反っている主翼、中に胴体フレームがあり、それをフェアリングで囲っていますが、それに加えてプロペラ、垂直尾翼、水平尾翼などがございます。

今日も一部分だけ展示していましたが、主翼というのは表面にフィルムを貼っていますが、このような構造となっています。尾翼はこのようになっています。これは垂直尾翼、ここに水平尾翼があります。

これは、大会直前の飛行する前のときです。今日、付いているフェアリングは練習機用のものですが、本番用のフェアリング、ここに130というシールを貼りました。大阪府立大学創基130年ということで、このシールを貼りました。左側は「ヘロン」です。ヘロンというのが機体名です。反対側に「気合だあ！」と書いていますが、これは毎年ずっと書き続けています。

プロペラは、このようになっています。これは胴体の真ん中に付いています。今日は胴体をつなぐシャフトが壊れてしまったためにプロペラは付けられていませんが、このようなプロペラを付けます。プロペラ本体は表に置いていました。

それから駆動系は、このようになっています。ちょっとフェアリングに隠れて見えないところですが、胴体を見ると自転車みたいです。ここにペダルがあって、チェーンを介してこのプロペラを回しています。そのためにここがサドル、座るところで、ここが

チェーン、下がこぐところ、チェーンが斜め上に回り、ここに昨年度から採用したギアボックスで回転方向を変えて、ここにチェーンが巻いていますが、これが上側に通ってプロペラを回すという駆動系を使っております。

飛行機の性能と設計ですが、目標タイムは2分5秒、125秒としたようです。昨年のチーム記録に対して40秒弱減らす。1kmの飛行で40秒減らすということで、実現する速度は、大体9.7m/sec、往復103秒で旋回20秒ぐらいという設計をしたと後から聞きました。これだけの速度を上げようとする、これまでの設計ではだめということで、様々な工夫をしました。飛行機の性能は何で決まるかという、水平飛行している状態の図ですけれども、重力と揚力が釣り合い、推力と抗力が釣り合いますから、プロペラでの推力が抵抗と釣り合う。それだけプロペラは推力を出さなければいけないし、主翼で発生する揚力が重力を支えなければいけない。大体重さとしては約90kgの重量に見合うだけの揚力が必要で、軽くすれば揚力も小さくてすみやすから、軽量化が不可欠であります。

パイロットの出せるパワーというのは、先ほどもちょっと見てもらいましたが、350Wで2分、300Wで3分ぐらいと、この辺りを見積もり、機体のプロペラの特長、少ないパワーで高速化することが理想ですけれども、そのようなことは難しいので、そこをどうするかというのが設計となります。

プロペラであれば、大体揚抗比と何とかかんとかということで、いろいろな設計をしております。揚力についても迎角をどうするかだとか、翼型をどうするかだとか、平面形状をどうするか。かなり細長い翼を使っているのには、それなりに空気抵抗を減らすための理にそうよう細長い翼を使っています。戦闘機、旅客機、グライダーなどと比べると、グライダーが細長いのは空気抵抗を減らすためです。

そのほか、安定性のためには重心の位置も重要になります。これはちょっと昔の写真ですが、テストフライトをする前には機体全体をつり下げて、パイロットが乗って、水平の位置になるようにバランスを取ります。何でバランスを取るかというと、おしりのところにおもりを載せます。乾電池を載せています。たくさん載せなければいけなくなると、それだけ重くなりますから、あまり載せずに重心がとれたほうが有利ではあります。

飛行時間を短くするためには、何が関係するかということ、もちろん気象条件とか、パイロットの精神状態も

もちろん重要です。それがパイロットのパワーに影響して、それが直接的には影響します。機体の速度、速度の2乗が揚力になりますから、速度の2乗と主翼の面積が揚力に関係して、これと重力が釣り合っていますよとか、空気抵抗とプロペラ推力が釣り合わなければいけませんよという条件から、どのようにしてバランスを取るかということが重要となります。

飛行機としては、ほかに考えなければいけないものに安定性と操縦性というものがございます。水平尾翼というのは飛行機をヒッチング、横から見たときの姿勢の安定性のために使われますけれども、水平尾翼の面積、若しくは垂直尾翼の面積をどの程度にしなければいけないか。面積というか、本当のことをいうと重心からの距離も関係しますがモーメントになります。

操縦系ですけれども、人力機の場合は尾翼全体が動く、全可動舵面となっていて、水平尾翼全体が昇降舵となっていて、こちらが上に上がったり下がったりします。これが垂直尾翼そのものは方向舵として、舵として左に向いたり右に向いたりします。補助翼というのが主翼に付いているのが普通ですが、大型機では付いているのが普通です。ただし人力飛行機はほとんど付いていなくて、うちの機体にはないです。ただ、高速化のためには旋回性能も重要ですので、それが付いているチームも増えてきています。

それから安定性のために主翼が上に反っていないとよくないので、これは上反角といいますけれども、それを付けるために剛性を確保するなども考えなければいけません。人力機の主翼は飛行したときに、浮き上がったときに上に大きく反りますが、これは方向に対する安定性を確保するためです。そのほかいろいろ釣り合いを考えて設計します。

設計の問題とは、どういうものか。ここにあるのは教科書です。Aircraft Performance StructureとかAerodynamicsとかPropulsionとか様々な教科書があります。何回も絵を描いても失敗で、午前2時になっても終わらないというのが実際の設計過程です。こういう設計を実際に人力飛行機でも行っています。

次に、設計した飛行機を製作していきます。まず主翼が重要になります。主翼が揚力を発生するか、それから主翼の桁が強度を十分にもっているか、剛性をもっているかというのを調べます。そのために主翼自体を逆さまに置いて揚力分のおもりをつり下げます。このときのたわみ量を測ります。これが設計値どおりであるか。若し



写真-3 主翼主桁強度・剛性試験

くはおもりを載せるときに折れないかどうか。よく鳥人間コンテストの本番で、飛び出した瞬間に折れてしまって墜落する機体がありますが、それはこういう強度試験というのをやっていないからそうなるわけです。今年は、1月か2月の寒いときにやりました(写真-3)。主翼の桁を手で持っています。地面の上に机を並べて、その上に立っていますが、なぜそんな高いところに載せているか。これは中央にやぐらを組んでいます。ここにペットボトルをつり下げているのですが、これがそれぞれの位置にかかる揚力です。これは計算されている値で、それをどんどん掛けていきます。ペットボトルがぶら下がっていますが、これは重さが真ん中ほど大きくて、端に行くほど小さくなりますが、揚力分布です。これを掛けていくと先ほどより、ちょっとたわんできています。中央から順番に掛けています。どんどん下がって行って、最終的にはこのぐらいまで下がって、このときのたわみが幾つかというのを測っています。

それから主翼の詳細な構造を作成します。箱に入っているのが主翼です。7本ありますが、それぞれどのようにつくっているか。先ほどの黒いのが主桁です。これに対して後ろ桁があり、後縁部材があり、リブというのはスタイロフォーム、スタイロフォームというのは断熱材ですけれども、これで翼型の形をつくってあります。これを差して上からブランク材というもの、これもスタイロフォーム、それを切っています。それを貼って、最後にフィルムを貼ります。

最初にリブの準備をします。リブの形を1個1個切り出して型紙をつくります。この長さが1個1個違うので、それを作っています。それをスタイロフォームに貼り付けて、これを切っていくわけです。できましたら、軽量化のために穴を開けていきます。ブランク部材も同じように型を作って、それをスタイロフォームに貼り付けて、熱線カッターで切っていきます。左右を合わせて、



これを熱線ですっと回すと切れていくという地味な作業です。一応、毒ガスが出ますので、ガスマスクを着けてやっています。

できたプランク材、先ほどのリブ、これは主翼です。こういうものの組立ては最初にリブを主桁に通して、これがまっすぐ付いているかどうか、道糸をはって確認します。それに垂直に付いているかどうか1個ずつ確認する。さらに、これにプランク材を付けて、翼型を維持するための部材です。さらに、その上にフィルムを貼って完成です。非常に地味な作業です。胴体はFRPです。これもフレームを組み立てていきます。これをグルグル巻きにして硬化させるというようなことを行います。あと、ギアボックスなどの金属部品も加工します。金属部品の加工につきましては難しいところがあるので、ほとんど大学の生産センターで協力をしていただいています。簡単なところは自分たちでつくるのですけれども、どうしても難しいところは大学の職員さんに協力していただいています。それがないとたぶんできません。

プロペラもつくるのですが、プロペラの写真が少なく、プロペラ製作の様子がよく分かりませんでした。完成するとこんな感じです。あと、フェアリングですけども、フェアリングを付けるというのはかなり飛ぶようになってからですが、バルサ板、いちばん下が発泡スチロール、この辺は薄いスチレン材なども使います。

## 7. フライトについて

テストフライトを行います。最初は大学のグラウンドで行います(写真-4)。今年度は泉大津フェニックスというところを借りて行いました(写真-5)。その後、滑走路を使いました。今年度は岡山県にある笠岡空港、それから南紀白浜空港の旧滑走路を使ってのテストフライトを行いました(写真-6)。テストフライトを行うことで、ちゃんと飛行機が飛べるかどうか。あと、壊さずに回収できるかどうかということも含めて調整をしていきます。先ほども言いましたが、テストフライトをする前に重心合わせというのを行います。これは主翼を取り付けるところで飛行機全体をぶら下げて、これが水平になるようにおもりを付けています。

そういうことを踏まえて、本番への飛行を迎えることになります。ですから、見た目は派手に見えますけれども、かなり地味な活動をずっと続けているということになります。



写真-4 大阪府大グラウンドにて初飛行(3/26)



写真-5 泉大津フェニックスにてテストフライト(5/5)



写真-6 南紀白浜空港旧滑走路にてテストフライト(6/29)

## 8. おわりに

最後ですけれども、勝ち負けを越えて得られるものはたくさんあり、それが学生の活動を通して私自身が成長する機会をもらっていると思っています。これを学生に、本当はフィードバックしなければいけないと思っているのと、学生の成長というのを間近で見られるということにぜひたくを感じることができております。

ただ、やはり勝つことで得られることというものもたくさんありますので、勝負はやはり勝たないといけないと思います。ご清聴、ありがとうございました。