

2002 JAPAN INTERNATIONAL BIRDMAN RALLY

第 26 回鳥人間コンテスト選手権大会

“アクティブギャルズ”
堀琴乃 吉川俊明
名古屋大学 Aircraft
佐多宏太

人カプロペラ機部門優勝
“東京工業大学 Meister”

各部門のチャンピオン 左から、
人カヘリコプター ; Rodney Bordallo 氏
人カプロペラ機 ; 梶原聖太氏
滑空機 ; 大木祥資氏



各部門とも昨年の覇者が連覇達成！

斬新なアイデアの機体が見事なフライト！！

来年も真夏の暑い夜、

お茶の間のテレビでお会いしましょう！

の合い言葉通り、今年も真夏の風物詩『第 26 回鳥人間コンテスト選手権大会』が、琵琶湖東岸松原水泳場で、7月 27 日（土）、28 日（日）に開催された。

今回は、昨年鳥人間コンテストの新たな可能性を探るべく参考競技として設けられた『人カヘリコプター』部門が、さらなる発展と可能性を目指して正式競技に採用された。

競技はコンテストを通して穏やかな天候に恵まれ、殆どのチームが公平なコンディションのもと、1 年間の練習の成果と蓄積した実力を如何無く発揮できるチャンスに恵まれた。

『人カヘリコプター』部門には 7 チームがエントリーしたが、滞空時間は 4. 秒台に留まり、人カホヴァリングの難易度の高さを伺わせた。25 チームがエントリーした『滑空機』部門は、昨年に続いて 400m を越える大フライトを達成し、その実力を確認した。『人カプロペラ機』部門には 17 チームがエントリーし、久々に 10.000m 以上の大記録が期待されたが、残念ながら 5.000m を越えたのは優勝チームのみとなった。

今大会は大記録こそ少なかったが、滑空機部門と人カプロペラ機部門では、基礎技術を確立し、それらを的確に継承、自分達の歴史を着実に積み上げつつ有るチームの台頭が目立った。産声を上げたばかりの人カ



滑空機部門優勝 “みたか+もばらアドベンチャーグループ”



人カヘリコプター部門優勝 “東大阪青年会議所トライズ”

ヘリコプター部門は、滑空機が 300m、プロペラ機が 2000mを超えるのにそれぞれ 15 年、16 年を費やしたように、温かく長い目で支える必要を感じさせた。天候に恵まれたことも幸いし、過去数年間地道に研究開発に取り組んできたチームの斬新でユニークな設計の機体が素晴らしい結果を記録、コンテストの夢に掛けた情熱の深さを認識させた。

《滑空機部門》

優勝

“みたか+もばらアドベンチャーグループ”

414.33m

話題は、昨年 400mの大台を記録した“みたか+もばらアドベンチャーグループ”とその記録をターゲットに結成された“新記録飛行計画 BeTRec”に集中した。

“BeTRec”は、かつての学生鳥コン出場者の実力 OB・OG を集中させた超実力派チーム。パイロットの栗野けんじ氏は、第 17 回大会の同部門で東京都立大学チームを優勝に導いた経験を持つ。彼のスタートは、その気迫と猛烈なスピードから‘ロケットスタート’と呼ばれ、滑空機部門の模範とすべき出発方法と評価された。職業も現役パイロット。機体は洗練され、チャンピオンに勝るとも劣らない。17 回大会を彷彿とさせるロケットスタートで一直線に滑空。振れの無い安定した滑空は 361.65mを記録、準優勝に輝いた。

昨年脅威の 417.49mを記録した“みたか+もばらアドベンチャーグループ”は、機体を改造・発展、洗練させて臨んだ。主翼は誘導抵抗の減少に翼端形状を見直し、テールブームは空気抵抗の最小化に再設計された。昨年はブームが木製の為、スタート直後のダイブに続く引き起こしに必要な剛性の確保に大断面が必要で、主翼との接合部に大きなフィレットを必要とした。今年はそれを細いタイプに改良し、主翼との接合部をスリム化、テールブームとフィレット全体の表面積を大幅



準優勝 “新記録飛行計画 eTRec”

順位	チーム名	飛行距離 (m)
1	みたか+もばらアドベンチャーグループ	414.33
2	新記録飛行計画 BeTRec	361.65
3	ふくちやま・舞夢MY夢	271.23
4	夜鳥の会	266.95
5	東京都立大学 MaPPL	236.08
6	都立航空高専 Team RTR	212.83
7	FLYING FISH	185.63
8	日本文理大学鳥人間クラブ	160.68
9	BLACK tulip (大阪工業大学体育会航空部)	67.25
10	ハマハマ+シズダイ	52.48
11	Team キンモク	49.55
12	室蘭工業大学航空研究会	35.32
13	東京都立科学技術高校専攻科	22.48
14	崇城大学鳥人間チーム	21.85
15	ULIS 航空宇宙技術研究会	20.31
16	日本宇宙少年団中遠分団コスモジュピリアンス	20.12
17	立命館大学飛行機研究会	18.47
18	愛媛県立新居浜工業高校	17.77
19	滋賀県立大学 with 吉本興業	9.71
20	武蔵工業大学航空研究部	8.46
-	Kite	測定不能
-	創価大学鳥人間研究会	測定不能
-	IMB プロジェクト	失格
-	東亜大学 Team Flying	失格
-	桜井余暇連の会	失格

に減らして抵抗を半減させた。各部の仕上げには細心の注意が払われ、流れるようなラインは芸術的なまでに仕上げられた。

出発は、穏やかな向い風の中、テイクオフ・ランニング中の機体の浮き防止に細心の注意が払われ、テール保持には万全が期された。

フライトは、微塵のロスも無く正に完璧！

(飛距離は僅か 3.16m及ばなかったが飛行コースは昨年に酷似、本誌 2001 年 11 月号参照)

今回の結果をチームの島崎氏に振り返ってもらった。「ここ数年にない素晴らしい状況で飛べたのは大変良かったのですが、新記録を狙うには風速がもう 1m/s



3位 “ふくちやま・舞夢MY夢”



“ハマハマ+シズダイ”の二人乗り機 ‘浜燕XX’

ほど少なく（当日は2～2.5m/s）なってほしかったです。去年は背風だったため「参考記録」などと言われましたが胸を張って400mオーバーの記録を出せたと言えます。」

次回の目標は？ の問いに、「性能的には450mが見えて来たので狙います。」

常人なら顔中に満面の微笑を浮かべて「500m！」と答えるところだろうが、さすがは実力者！

**** 次回はきっと羽ばたく ****

今回のコンテストでも様々な試みが見られた。

“ハマハマ+シズダイ” 52.48m

滑空機部門で始めて2人乗りチャレンジ。選手に与えられた出発条件のうち、一人乗り機の場合、高さ10mの位置エネルギーは皆ほぼ同等だが、運動エネルギーには大きな開きがある。10mの助走路では、通常パイロットによるランニングスタートが最速で、顕著な例が前述の栗野氏の‘ロケットスタート’だ。

パイロット福森啓太氏は、‘キムラス’号シリーズではランニングスタートを採用した。更なる高速化とテイクオフ直後の重心移動の防止、抜群の操縦技術の駆使を狙った‘浜燕’号シリーズではランニングスタートに代わって、コクピットにペダリング式の走行輪を装備した。この時点で獲得可能な運動エネルギーは

最大に達した。今回更に大きな運動エネルギーと位置エネルギーの獲得、高翼面荷重による高速巡航飛行を目指して、二人乗りの‘浜燕xx’に進化した。

いよいよスタート。「気持ち悪い！ コクピットから足が4本も出て、まるでムカデ競争？」と身震いした直後、滑らかに出発。さすがは・・・が、引き起こし高度が思ったより高く、期待したエネルギーを獲得していない。再度、降下～増速、湖面に接近した瞬間、予測を越えたGが主翼を破壊。同氏の強烈なダイブと大胆な引き起こしには定評がある。引き起こし直後に機体腹部を僅かに湖面にかすって水飛沫を上げる独特のアピールを知らない人は無い。氏独自のアイデアを盛り込んだ引き起こし直後のユニークで大胆な作戦の公開は次回に持ち越された。来年も目が離せない。

立命館大学飛行機研究会 18.47m

第19回大会から意欲的に無尾翼機に挑戦。残念ながら飛行距離は2桁台前半に留まっている。

鳥コン無尾翼機の父；糸谷浩氏いわく「性能的な限界を感じて新しいフレームを作ると、必ず距離は伸びない（=同じフレームを使って2～3回飛行してある程度の記録を達成する）」⁽¹⁾。

今年は、ロール制御にエルロンを装備し、その捻り応力の抵抗にはリブとリブの間にリア・ハーフリブをトラス配置させ、前回に比して3割の軽量化を達成した。ピッチ制御はウエイトシフト。フライトは18.47mと残念な結果に終わったが、ほんの一瞬にピッチ制御の可能性を見出したようだ。

機体の剛性を更に向上させれば、

次回はきっと定常滑空が目指せる！

が、定常滑空のピッチ制御には究極のテクニックが要求され、『フライトは±1cmのウエイトシフトが数サイクルの連続』。まだまだ次の大きな壁が立ちほだかっている。

エルロン取り付け状況



立命館大学飛行機研究会



独特のフォルムのジョイントウィング機

上；武蔵工業大学航空研究部



武蔵工業大学航空研究部

Wind Seeds 8.46m

チームは第16回大会に初出場した。以後地道な活動を継続している名門チーム。当時の代表は鳥コン関係者なら誰でもご存知の‘とりっば’西畑氏。

(<http://www.torippa.org/>)

今回は、第18回大会で市村氏が挑戦した**結合翼 (joined wing) 機**を再設計しての挑戦だ。独特の主翼は、前翼（後退角と上反角）と後翼（前進角と下反角）を菱形に結合するため、高い工作精度が要求される。2枚の翼を結合したトラス構造は正確に組めば構造面で有利（狂ったら直らない！）。空力面では翼の系が閉じているメリットも大きいですが、結合部の流体干渉が懸念される。

ピッチ制御はウエイトシフト、ロール制御はフライトに成功してから・・・とのことであるが、短いモーメントながらも後翼のサポートにVテールを設けているので、彼等のことならきっと解決するだろう。

飛んで欲しい機体の一つ。出発時に速度を確保、CGの移動無しに乗り込めれば滑空できる。

と思っていたら、乗り込みに失敗、失速した。

次回は飛び乗りをやめ、乗ったまま走り出せば（足を引っ込めるだけのレイアウト）きっと飛ぶ！

《人力ヘリコプター部門》

優勝

“東大阪青年会議所トライズ” 4.07秒

人力ヘリコプター部門には7機がエントリーした。昨年参加の4チームはいずれも前回の機体を改良し、今回新たに参加した3チームもそれぞれが独特の工夫を凝らしていた。

積極的に地面効果を利用しようと工夫した機体、コアキシャル（同軸）カウンターロ・テティングタイプのローターに、サイクリックピッチレバーやコレクティブピッチレバーを取り付け、実機顔負けのトランスミッション装備の凝りに凝った機体からローターのスパーにビールの空き缶を利用した環境配慮設計のエコ・ヘリまで7機種種のオン・パレードとなった。今後のこの部門の進むべき方向を示唆するまでの結果には至っていない。現状の目標は、10秒の壁を越えることになる。これは時間的には滑空機の100mフライトに匹敵し、決して容易では無い。

シコルスキー賞に代表される人力ヘリコプター競技に比べてむしろハンディーも多い。狭いプラットフォーム上での不安定な地面効果やプラットフォーム離脱後の地面効果が消失した湖上でのホヴァリング、これらの条件変化は、ローターに大きな負担を強いるとともに、機体の姿勢制御性能も要求する。

今回はローターが満足に回転している機体が見られなかった。今後の課題に、

ローターの回転を確保できる駆動系の設計製作
回転数と揚力に耐えられるローターの設計製作
等が掲げられる。

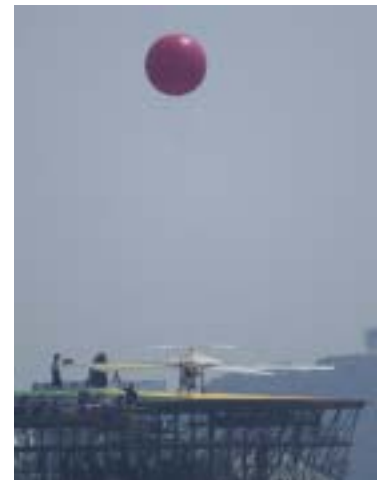
人力ヘリコプターのホヴァーパワーには現在の最新技術を駆使しても500Wが必要で、ローターシステムにはテールローターが不要な2重反転ローターが有望だ。20kgの補助浮昇装置は、ホヴァーの補助や降下時



上；“オクムラ・ガレージ” 2.10秒 準優勝

左“阪南大学かくや姫”は湖面に直行 1.28秒

右；“関門友の会” 1.50秒





左；“神奈川大学航空工学研究部”

1.21 秒

右上；“なにわトライアスロンクラブ”

測定不能

右下；“K-ONECHALLENGER”

測定不能

下；ヘリウムガスの充填状況



間の延長に役立つものの、機体の前進には大きな負担を強いるデメリットも問題だ。

滞空時間の延長には、2つの方法が考えられる。一つは純粋に自力ホヴァーを追求する方法、もう一つは、滞空時間の延長にオートジャイロのフライトをイメージした飛行距離を獲得する方法で有る。

自力ホヴァーが無理でも、ローターが滑らかに回転し、ある程度の揚力を発生すれば、ランニング・テイクオフの可能性が出る。機首を風上に向け、車輪を装備して機体とプラットフォームの摩擦抵抗を極力減少させ、サポーターが押し出す。サポーターの加速によるトランスレーショナルリフト（遷移揚力）が有効利用できれば10秒の壁を超えられるかもしれない。

《人カプロペラ機部門》

優勝

“東京工業大学 Meister” 6201.74m

美しいブルーの主翼の機体が登場した。フライングワイヤーもランディングワイヤーも付いていない。翼

端に小さなウイングレットを取り付けたスパン 30m を誇る堂々のキャンティレバー楕円翼機だ。

‘なまら’ 登場！

今年はディフェンディングチャンピオンに相応しい機体に仕上がった。主翼は、前縁部にハーフリブを配置してリブのピッチを昨年の半分にした。しかも上面全体をスタイロフォームで被覆し、翼型保持に万全を期している。尾翼も同様の被覆だ。何と云ってもコクピットのフェアリングの工作精度が向上した。エアインテークからベント廻りの工作にもエンジンの冷却効率に配慮した繊細な工作が見られる。CFRPモノコック構造のプロペラも‘飛び’を感じさせる。

入念な機体チェック完了後滑らかに発進。安定した優雅なフライトは、安心と期待のうちに視界から消えた。昨年の3823.70mを大幅に上回るのも確実だ。

22分の大フライトを終えて着水。アナウンスが会場に響き渡る。「素晴らしい記録が出ました。東京工業大学 Meister の飛行距離は、6201.74mです。」



順位	チーム名	滞空時間(秒)
1	東大阪青年会議所トライズ	4.07
2	オクムラ・ガレージ	2.10
3	関門友の会	1.50
4	阪南大学かくや姫	1.28
5	神奈川大学航空工学研究部	1.21
-	K-ONE CHALLENGER	測定不能
-	なにわトライアスロンクラブ	測定不能

プラットフォームを圧倒する巨大なバルーン



準優勝 “大阪府立大学・堺・風車の会” ‘SHRIKE’

チーム記録を大幅に更新して優勝に輝いた。
当面の目標は、『30分、10000m』とのこと。

準優勝 大阪府立大学・堺・風車の会
3004.26m

3位入賞 東北大学 Windnauts
1290.79m

大阪府立大学・堺・風車の会は、これまでの小型軽量高速飛行タイプの機体から、スパン32mの大型低速機にシフトして挑戦。3004.26mを飛んで、今年の4位から準優勝に躍進した。

東北大学 Windnauts は、ランディングワイヤー無しで上反角を維持できる軽量・高剛性機 ‘Windy’ で臨んだ。必要馬力220wの低出力機は、飛行高度を3mに制限、地面効果を利用して飛行したが、琵琶湖特有の‘きまぐれ風’に機体を湖面に叩き付けられて着水。パイロットの体力に余裕を残したままの残念な飛行ながら、



3位入賞 “東北大学 Windnauts” ‘Windy’

1290.79mを飛んでチーム初の3位入賞。

次回は1000m達成

今年の大会は、‘学生新御三家チーム’の誕生を伺わせる他、斬新なアイデアや工夫を凝らし、こつこつと地味な活動を積み上げ、その成果を实らせたチームに素晴らしいフライトが飛び出した。

金沢工業大学

夢考房人力飛行機プロジェクト 572.17m

何と！ 凄いい！！

カナード（先尾翼）方式、2枚の垂直尾翼を主翼に取り付け、2重反転プッシャープロペラ装備の機体がついに大フライトを達成した！

思わず2重反転ギヤボックスに見入ってしまう。視線はシャフトからプロペラに・・・

- ・前後のペラの空き寸法をどうして決めたのだろうか？
- ・前部のペラのダウンウォッシュを考慮して後部のペラのブレード角を設定したのだろうか？

主翼に目を移すと、片側の主翼に2本のフライングワイヤーが付いている。ラダーと主翼の固定方法は？ オッ、しっかり固定されて、滑らかに作動しそうだが、しかし、2枚有ると云ってもあの大きさとスパン29.4mの機体を旋回させられるのだろうか？

カナードに目を向ける。それを支えるブームは華奢に見えるが・・・ テイクオフの準備が出来たようだ。何と！ カナードを保持するサポーターがコクピットの前にいる。コクピットに突き飛ばされなくても、2本のフライングワイヤーをかわせるのか？

そんな疑問や心配は、出発の瞬間に消え去った。

パワフルで安定したフライトは、
見事572.17mを飛翔！

順位	チーム名	飛行距離 (m)
1	東京工業大学 Meister	6201.74
2	大阪府立大学・堺・風車の会	3004.26
3	東北大学 Windnauts	1290.79
4	つくば鳥人間の会	921.06
5	芝浦工業大学 Team Birdman Trial	846.84
6	日本大学理工学部航空研究会	692.51
7	早稲田大学航空宇宙研究会 (WASA)	608.17
8	金沢工業大学夢考房人力飛行機プロジェクト	572.17
9	東京大学飛行理論実践委員会 F-tec	310.36
10	横浜エアロスペース	168.54
11	東海大学人力飛行機研究会	61.50
12	京都大学バードマンチーム Shooting Stars	57.62
13	有人飛翔体研究会	48.18
14	飛びたい野田！ 空でいい野田！	45.24
15	近畿大学工学部 人力飛行機同好会	30.34
16	HUES (広島大学工学部 ES 教室)	16.62
-	千葉大学航空宇宙研究会	失格



思わず覗き込む二重反転ドライブユニット
細部に渡って緻密な設計が伺われる。



金沢工業大学 夢考房人力飛行機プロジェクト 'Plus'

チームは '94年に設立され、'99年にプッシャー式カナード機に取り組みはじめた。それ以来、直進性と旋回制御に苦心の連続、今回ついに通常のラダー機構から一方のラダーのみを作動させ、その抵抗で旋回するドラッグ・ラダー方式にまで発展した。

チームの目標距離 1000mフライトの達成もいよいよ視野に入った。 次回も頑張れ！

近畿大学工学部人力飛行機同好会 30.34m

このチームは、瀬戸内海横断を目指して10年前に流体力学研究室のゼミと平行して創設された。'サテラ2002'号は、鳥人間コンテストでは珍しい応力外皮(ストレススキン)構造のキャンティレバー翼を採用している。気流の変化の激しい瀬戸内海に対応すべく、小型・軽量・高速機は、将来の展開が楽しみな機体の一つだ。ストレススキン翼の抱える問題の一つに、マサチューセッツ工科大学のマーク・ドレラ博士の指摘⁽²⁾があるが、ストレススキン翼採用の人力飛行機の



近畿大学工学部人力飛行機同好会 'サテラ' の出発



カナード、二重反転&プッシャープロペラ、主翼に取り付けた2枚の垂直尾翼など独特の設計製作技術を駆使した 'Puls' の見事なフライト

外皮に用いられる材料が、この用途に対して十分な剪断係数を持っていない事がある。テストフライトの繰り返しと長距離飛行による繰り返し応力がこの問題を提示するが、我が国ではまだ解決されていない。

昨年は男性パイロットで臨み、出発直前プラットフォームの片隅で両手を合わせている二人の女性メンバーがいた。今大会ではその内の一人がパイロット、もう一人がリーダーに成長してチームを指揮していた。

フライトは、滑らかにスタートし、プラットフォーム先端で主翼は既に十分リフトしていたものの、出発直後に片翼のスパーの接合部が破壊して空中分解。

次回も頼もしいレディース・パワーに期待！

広島大学工学部エンジニアリング・システム 教室HUES 16.62m

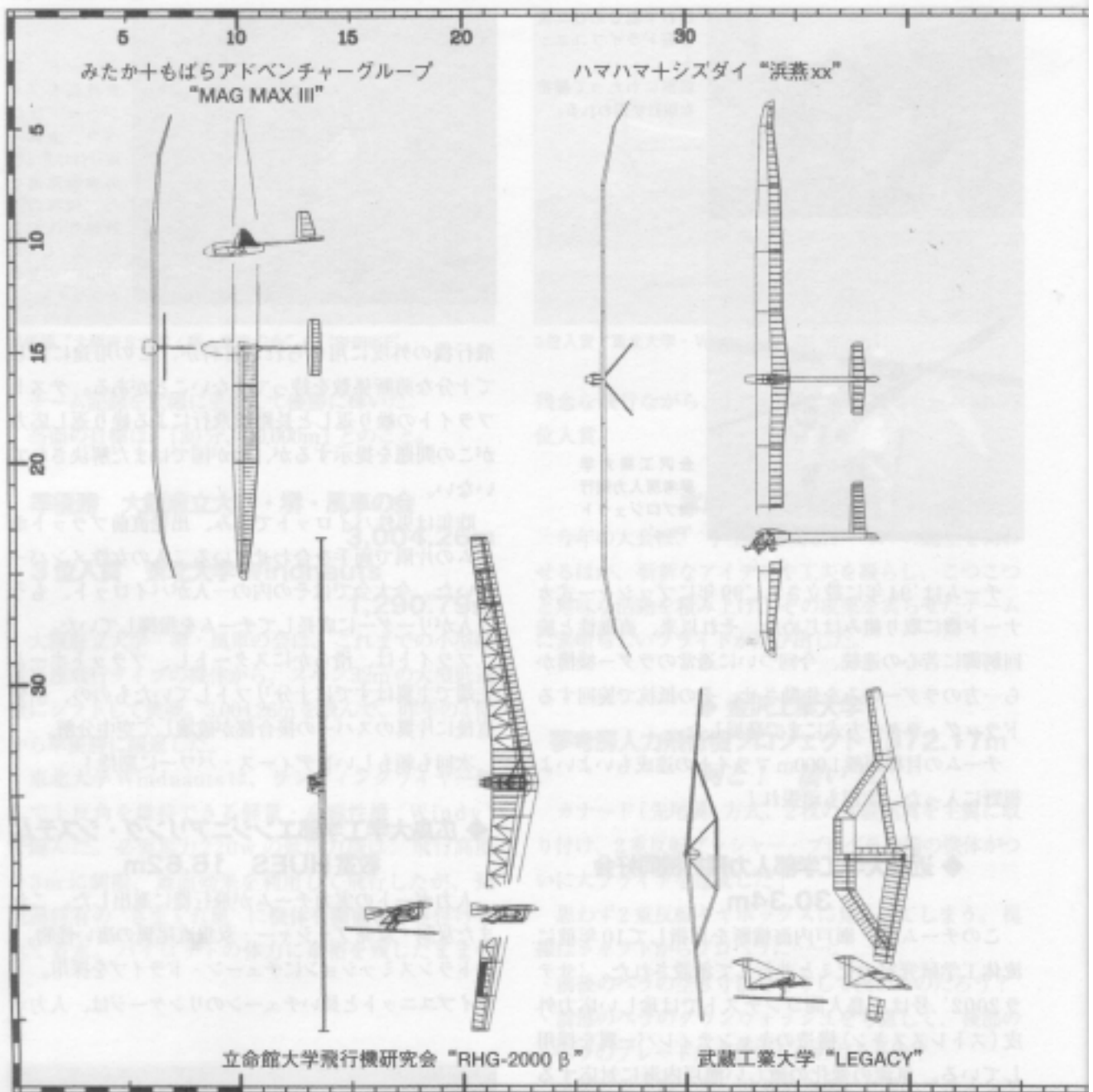
人力ボートの実力チームが飛行機に進出した。これまた双胴・双発プッシャー・双垂直尾翼の凄い怪物。

トランスミッションにチェーン・ドライブを採用。ドライブユニットと長いチェーンのリンケージは、人



"広島大学 HUES"

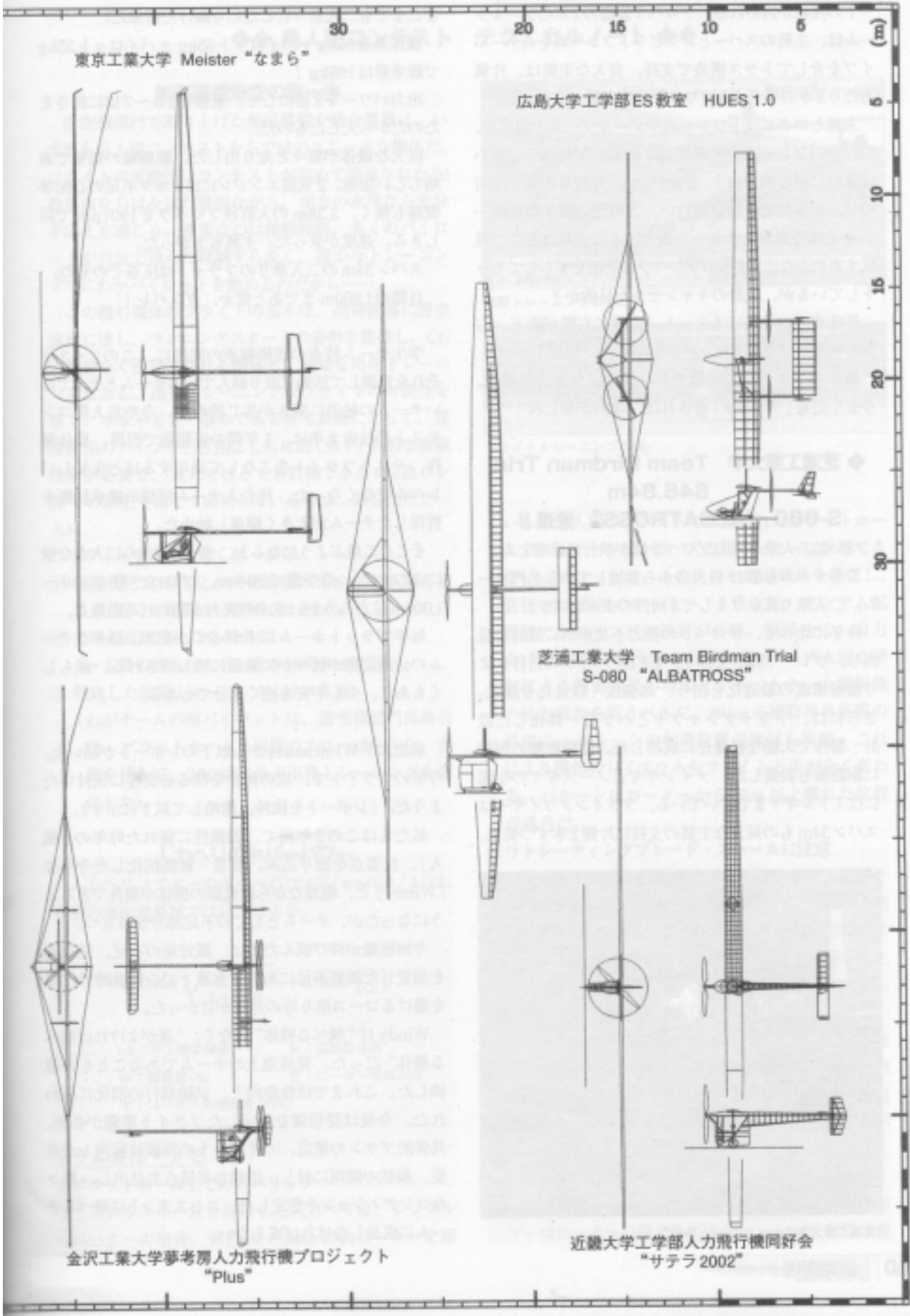
2002 JAPAN INTERNATIONAL BIRDMAN RALLY



機体の主要諸元														
部門	チーム名	機体名	翼長 (m)	全長 (m)	全高 (m)	面積 (m ²)			重量			アスペクト・		
						主翼	尾翼		機体 (kg)	パイロット (kg)	総重量 (kg)	レシオ	翼面 (kg/m ²)	翼幅 (kg/m)
							水平	垂直						
滑空機	みたかもばらアドベンチャーグループ	MAG MAX III	21.00	5.50	2.00	17.72	1.50	0.96	35.0	57.0	92.0	24.89	5.19	4.38
	ハマハマ+シズダイ	浜燕xx	25.35	6.02	3.06	27.09	2.62		50.0	120.0	170.0	23.72	6.28	6.71
	武蔵工業大学航空研究部	LEGACY	14.70	3.48	1.52	12.83	3.04	4.50	25.0	55.0	80.0	16.84	6.24	3.20
	立命館大学飛行機研究会	RHG-2000 β	22.00	3.01	0.72	27.54	-	-	33.0	52.0	85.0	17.57	3.09	3.86
プロペラ機	東京工業大学 Meister	なまら	30.00	9.68	3.71	31.30	3.15	1.78	40.0	61.0	101.0	28.75	3.23	3.37
	北沢大学専科人力飛行プロジェクト	Plus	29.60	8.20	3.40	24.50	2.88	0.52 X 2	38.0	52.5	90.5	35.77	3.69	3.06
	近畿大学工学部人力飛行機同好会	サテラ	26.00	7.78	2.70	20.90	2.16	1.50	34.0	43.0	77.0	32.34	3.68	2.96
	芝罘工業大学 Team Birdman Trial	S-080 "ALBATROSS"	34.00	8.40	3.50	49.70	2.45	2.60	55.0	110.0	165.0	23.26	3.32	4.85
	広島大学工学部 ES 教室	HUES 1.0	22.30	5.87	2.61	28.50	3.88	0.88 X 2	41.1	55.0	96.1	17.45	3.37	4.31

※武蔵工業大学航空研究部 "LEGACY" は、主翼面積：前翼+後翼、垂直尾翼：結合翼、AR：Aw²/b、翼荷荷重：W/(前翼長+後翼長)を示す。

第26回鳥人間コンテスト選手権大会



術が問われる。プロペラ装備の2本のテールブームは、主翼のスパーとコクピットフレームをステーパイプを介してトラス構造で支持。長大な主翼は、片翼あたり2本のフライングワイヤーで支持された。

主翼とコクピットフレームやテールブームの固定度、飛行中のフレームの変形が気になる。プロペラは互いに反対に回るのかな？ 内回りか、外回りか？ 左右の推力が変化できれば面白い、と外野の勝手な想像・・・主翼の変形とチェーン張力による変形はどこで吸収するのかな？ 2本のプロペラは位相をずらしてセットしているが、脈動のキャンセルが目的か？

興味津々のうちにスタート。直後に右翼が沈下、右側のペラがプラットフォームを叩く。残念！

機体のシステムに問題やトラブルは無かった様子。上手く出発(サポート)できれば、次回が楽しみ！

芝浦工業大学 Team Birdman Trial 846.84m

S-080 “ALBATROSS” 飛進！！

ついに二人乗り人力プロペラ機が飛行に成功した。このチームも第19回大会から参加している名門チーム。二人乗りシフトして4回目のチャレンジ。

昨年に比べて、プロペラの推力不足解消に設計を見直しブレード剛性を向上。CFRPパイプの自作により積層構成の最適化を図り、高強度・軽量化を達成。更には、ドライブシャフトとハブを一体化した設計・製作で大幅な軽量化に成功した。離陸距離の短縮に駆動輪も装備した。メインギヤとノーズギヤの間にはミドルギヤまで付いている。フライングワイヤーはスパン34mもの長大な主翼の支持に片側2本ずつ装備。



どこまでも二人乗りにこだわり続けた結果だ。

機体重量 55 k g+パイロット 55 k g+パイロット 55 k gで

総重量は 165 k g！ 出力パワーを2倍にして、重量を1.6~7倍に押さえたのだからたいしたものだ。

巨大な機体が悠々と走り出した。駆動輪の効果で素晴らしい加速。2気筒エンジンにはトルク不足の心配等微塵も無く、3.38mの大直径プロペラを190 r pmで回しきる。速度が乗った。主翼も上がった。スパン34mの二人乗りのフライトは圧巻そのもの。

目標の1000mまであと僅か、ガンバレ！！

学生チーム特有の技術継承の問題に、この2~3年それを意識して活動に取り組んでいるチームとそうでないチームの結果に開きが生じ始めた。今や鳥人間コンテストの技術水準は、1年間の短期間で習得、機体製作、テストフライトをこなして通用する程生易しいレベルで無くなった。社会人チーム同様の継承技術を習得したチームが大きく躍進し始めた。

そこそこ飛ぶように成ると、チームは更に大きな壁にぶつかる。滑空機で200m、プロペラ機で500~1000m位だろうか。本来の実力が問われる距離だ。

毎年プラットフォームが上がっていると、様々なチームの活動姿勢が鮮やかに湖面に映し出される。頼もしくもあり、少し不安を抱く部分でも有る。

東北大学Windnautsから以下のレポートが届いた。今年のフライトで、次の何かを探る必要性に気付いたようだ。(レポートを抜粋、簡略して以下に示す。)

私達はこの2年間で、操縦性に優れた昨年の「風人」、反省点を盛り込み、軽量・低抵抗化した今年の「Windy」と、粗雑ながら最低限の機体が製作できるように成ったが、チームとしての不足部分が目立つ。

今回距離が伸び悩んだのは、風対策の不足、琵琶湖を想定した調整不足に有る。強風下での操縦練習、風を避けるコース採り等の対策が甘かった。

Windyは“飛べる機体”でなく、“**運がよければ飛べる機体**”だった。発展途上のチームで有る事を再認識した。これまでは性能向上、試験飛行の消化に迫られた。今後は琵琶湖を想定したフライト準備が必要。具体的プランの策定、パイロットの操縦技術向上が重要。現状の問題に対し、的確な妥協点を見出し、様々なコンディションを想定したコンスタントに飛べるチームに成長しなければ成らない。

鳥人間コンテスト テクニカルノート

無尾翼機滑空の第一歩

滑空機部門で取り上げた無尾翼機や結合翼機はいずれも鳥人間コンテストならではのユニークな機体だ。フライトの可能性はコンテストが開催された 20 数年前なら甚だ疑問ながら、現在の水準なら充分手応えを感じる。重要なのは操縦技術。多くのパイロットが自分で飛んだ経験すら無く、僅かなトレーニングで俄かパイロットを勤めるのだから・・・

この種の機体のフライトの基本は、出発直前に滑空速度に達し、ランニングスタートの姿勢を維持し、CG の移動無く滑空に移れる機体と、適切な出発トレーニングに有る。出発トレーニングがフライトの可能性を導く。本来不安定の極みである無尾翼機にとって、速度確保のダイブや引き起こしには超(鳥?) 人的な操縦技術が必要で、常人ではとても制御出来ない(鳥コン 26 年の歴史を通じて成功しているのは糸谷氏ただ一人)。

フライトを成功に導く第一歩は、

軽量化と高剛性化が出発直後のダイブを不用とする。(重くて柔らかい機体では走れない)

主翼の高剛性化は必須条件

(=主翼の撓みはスパン長の 10 分の 1 以下)

徹底した出発トレーニング⁽³⁾の実施

(我がチームの堀パイロットは、滑空機部門出場当時、プラットフォームと同様のスロープを作り実機を使って、300 回に及ぶ出発トレーニングを消化した。)

人力ヘリのホヴァーパワー

人力ヘリコプターのホヴァーパワー P (watts)⁽⁴⁾は、通常の地面効果域では以下による。

$$P = 1.3K W \sqrt{\frac{W}{2\pi R^2 \rho}} + 0.78W V \frac{C_D}{C_L}$$

ここに、 1.3 : 浮上効率係数 K : 面効果係数
W : 総重量(N) R : ローター半径(m)
V : ローター先端速度(m/s)

テクニカル・メモ

プラットフォーム上でのホヴァリング

シコルスキー賞を目指した人力ヘリは、シングルローターの場合、直径 20~30m の大ローターを用いる。鳥人間コンテストでは限られたプラットフォー



出発トレーニングの例



フライトトレーニングの例

でのスタートなので、大直径ローターは採用できない。プラットフォームの高さと地面効果を考慮し、直径 10m 程度のローター、2 重反転、タンデム配置等でホヴァリングの検討が必要。結果的に、自力ホヴァーは非常に厳しい。ソリディティの大幅な増加による地面効果の増大とプラットフォーム離脱後の抗力増加を狙うべきだ。20kg の補助浮昇装置の活用、バルーンの配置位置の検討も重要。これにより機体のレイアウトやフライト方法が全く変わる。バルーンはローターから 20m 以上離れた位置が適当だ。

リトレーティングブレード・ストールに注意

プラットフォーム離脱後は、ローターのリトレーティングブレード・ストール(後退翼失速)に注意が必要。機速が速い時、ローター回転数が低い時に生じ易い。ローターブレードにフラッピング機能を与えて対応。

ペダリングの脈動対策⁽⁵⁾

ペダリングの脈動は、ローターブレードの回転速度に直接影響し、ブレードに速度変化が生じる。最大入力パワーは、脈動の無い場合に比べて 2~3 倍に増加する。対策として、フライホイールやオーバルドラムの使用が効果的。

ローターの迎角⁽⁶⁾

地面効果がある場合、ローターの回転に必要なパワーはローターの迎角に依存し、 $\alpha = 7^\circ$ 付近で最小を示す。 $\alpha = 4^\circ$ 以下ではブレードが地面に吸着されて回転不能となる。

ソリディティ：ローターブレードがその回転面に締める割合
リトレーティングブレード・ストール（後退翼失速）：

機体が前進すると、同一ローターディスク内で、機体の進行方向に向かって左右非対称な揚力が生じる（アドバンスングブレード（前進翼）とリトレーティングブレード（後退翼）による揚力差）

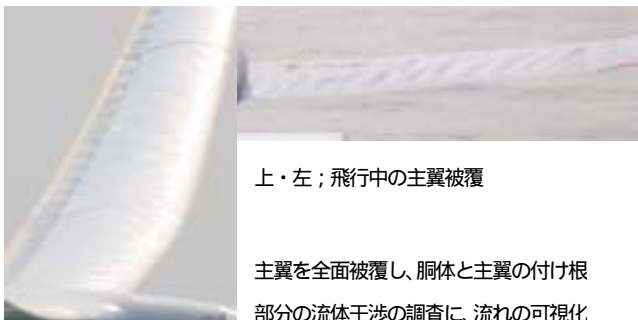
主翼の表面精度

1次被覆材の面外座屈

通常主翼は、翼型保持の観点から前縁をスタイロフォームやスチレンペーパーで被覆するが、注意点に、1次被覆材の面外座屈の問題が有る。漸く主桁の荷重試験の必要性が認識され、定着した。問題は、試験が主桁の曲げ試験に終始している点で、特に人力プロペラ機部門では、大きな曲げ変形を許容する風潮が有るのも重要。主桁同様、1次被覆材の面外座屈に注意が必要。

2次被覆材による摩擦抵抗の低減

鳥人間コンテストの機体の主翼は効率の点で一般航空機と大差無い。発泡スチロールやスチレンペーパー（1次被覆）の主翼は、一般航空機に比べて断面の精度と保持が満足でない。にも関わらず効率に大差ないのは被覆に起因する。フィルム（2次被覆）で被覆された主翼表面は、ジャンボジェットやセスナに比べて摩擦係数が1桁小さい（高性能グライダーの磨き込んだ表面より更に小さい）。逆に、主翼表面に塗装すると摩擦係数が1桁上がる。我々がストレススキン翼の開発当初、外皮をFRP加工した



上・左；飛行中の主翼被覆

主翼を全面被覆し、胴体と主翼の付け根部分の流体干渉の調査に、流れの可視化のための毛糸を取りつけた機体



まま風洞実験したときの思わぬ結果から判明した。CLに大きな変化はないがCDが約1桁増大する。滑空機の優勝機の主翼をラッカー塗装してフライトさせると、350m飛ぶのもやっとに成る。空気抵抗の低減化に胴体やコクピット・フェアリングにフィルム被覆するのも普通に成った。

主翼の1次構造

【構造材】

木造、高張力アルミ、CFRPと様々有る。

【構造形態】

単桁構造；捻り応力に抵抗できる閉断面単桁構造
応力外皮構造⁽⁷⁾；外皮に捻り応力、桁が曲げと剪断応力を負担。構造効率に優れる。

木造；滑空機部門では優勝機をはじめ多くの機体に、人力プロペラ機でも“つくば鳥人間の会”が用いるなど多くの優秀な実績を持つ。

滑空機は出発時の速度不足の補いに、スタート後ダイブする。主翼が撓んだり振動すると高精度な引き起こしが出来ない。スパン20m前後のキャンティレバー翼で同一重量の場合、木造が撓みと振動を最小化できるので滑空機に多用される。

高張力アルミ；コンテストが始めて開催された20数年前、実機関連の参加企業がこぞって用いた。歴史は古く海外の人力機では1960年台にコンコルドの開発技術者チームの“パフィン”が有名。接合は接着剤。重量と比強度の点で鳥人間に不向きなため廃れた。

CFRP；重量と比強度で有利なため多用されている。比強度が大きいので部材厚さが薄くなる。弾性率が大き



面外座屈防止対策例

フルコードリブの間にハーフリブを配置し、更にその間にバルサリブを入れた。バルサリブは、翼根と翼端でピッチと厚さを変化。

ULTRA CHiC “KoToNo MAGIC”

いにも関わらず、薄肉化による断面2次モーメントの減少や断面自体の変形も重なり、撓みの増大に要注意。積層構成の最適化により、UDをパイプ上下に集中配置した場合等、座屈の検討に慎重を要す。

スパンが30mを越える人カプロペラ機では、応力面と重量面最も有利なCFRPが用いられる。

*** 使用上の注意 ***

1) 一般にCFRPを用いた単桁構造の翼は前後方向の剛性も満足でないことが多い。滑空機では撓み増大の他、飛行中主翼が前後に振動する事もある。この距離のロス意外に大きく、リアスパー配置の検討も必要。滑空機の場合、主翼の撓みはスパンの1/10以下を目安にすべきだ。

2) 応力外皮構造の場合は複雑で、前ページの被覆材の面外座屈は致命傷になる。外皮(サンドイッチ部材の外皮と芯材)の材料によるが、GFRPの場合で撓みはスパンの1/20以下、CFRPで1/15以下が目安。厳密には歪度で管理する。

又、外皮に用いるサンドイッチ板は、上下の表面材とコア材の重さを同一にした時に最軽量化できる⁽⁹⁾。

*** 高翼面荷重による高速飛行 ***

今年の滑空機の結果を見る限り、距離は出発速度とその減衰を最小化したコース採りで決まった。かつてのコンテストの牽引役、故楠正彰氏が18年前に示したように「減速区間」の粘り⁽⁹⁾が結果を左右した。

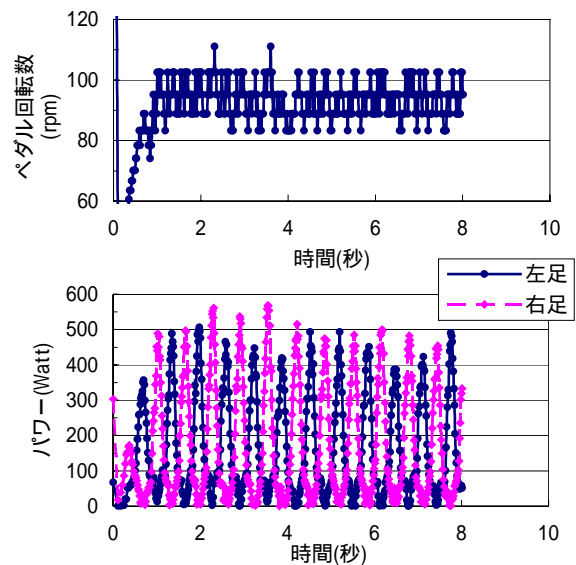
実機グライダーでは高速巡航速度の実現にしばしばウォーターバラスト(水タンクの搭載)が使われる。通常、グライダーはこれにより上昇時にペナルティーを支払うが、その必要の無い鳥コン滑空機には優位になる。ますます二人乗り‘浜燕xx’に注目!



“つくば鳥人間の会”
‘Ancow’は、スプ
ースと航空ベニヤを組
み立てたボックス単桁
でスパン25mのキャン
ティレバー翼の人力飛
行に成功。
921.06mを飛んで4
位入賞。主翼の剛性は、
今大会を誇る

ペダリングによる脈動の考察

人体エンジンのパワーの抽出に、簡単に効率的な手法が両足を使った自転車ペダリングである。ペダリングの厄介な問題に“脈動”がある。上死点と下死点で出力パワーがほぼ0になり、片足が単気筒の2気筒エンジンの特徴を持つ。以下に、我々の機体にプロペラを実装して90rpmでペダリングしたデータ例を示す。パワーは、左右の足に関して測定した。ピーク値は瞬間的に500Wを超える。平均パワーは右足100W、左足100Wで合計200Wになる。



グラフから、

脈動はプロペラやローターの回転に、ペダル回転数の2倍のサイクルで加速と減速を繰り返す。

人体エンジンの(両足の合計)出力(=平均)パワーは、ピーク値の1/2を少し下回る値を示す。

これは以下を示唆する。

人体エンジンは、常時、(両足の合計)出力(=平均)パワーの2倍のパワーをパルス出力しており、プロペラを含めた駆動系の設計は、それ以上に対応しなければ成らない。例えば、定常飛行300Wの人力飛行機で駆動系を300Wで設計すると、プロペラシャフトやブレードは、予想以上に変形し運用効率が低下する(低剛性の駆動系やプロペラ装備の機体が、漕いでも漕いでも前進しない主要原因)。安全率を2.5倍に設定しても、実際の変形は計算値を越え、効率も低下する。これは、我々が脈動の実態把握の実測から明らかになり、**脈動の増幅⁽¹⁰⁾**と呼ぶ。

人力ヘリでは、ローター回転数がプロペラ機に比べて一段と低いので問題は更に深刻で、内藤晃氏による

と、『ローターブレードは鋸刃状入力で駆動されローターの必要パワーは平均入力の2~3倍に増加する。駆動系やローターブレードは過酷な繰り返し荷重を受けて極めて短時間に破壊される。』⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾とある。人力ヘリがホヴァリング出来ない理由に、上記の“脈動の増幅”と“必要パワーは平均入力の2~3倍に増加”を見抜けなかったことも有った。

同じ人力の乗り物でも、人力ポートの場合はスクリュウの回転数が毎分100回転に達するので、駆動系の設計注意点が異なるのは興味深い。

*** 脈動対策 ***

脈動は、出力源の人体とそれを伝達する系の2つについて対策しなければ成らない。

【人体エンジン】 脈動の少ないペダリングを心掛ける。エルゴメーターを用いたトレーニングは体力向上に有効ながら、それ自体にフライホイール効果が大きく、脈動制御に有効でない。プロペラ実装の実機トレーニングが最も有効。滑らかなペダリングスキルの獲得には、“掻き回すように漕ぐ”⁽¹¹⁾事が重要。

【伝達系】 トランスミッションはフライホイールやオーバलगヤ使用が有効で、2人乗りではペダリングの位相をずらす事でも可能。詳細を以下に示す。

フライホイール効果

フライホイール効果(以下、FW効果)とは、回転体の速度変化を制御する効果を言う。慣性モーメント I [kgm²]、角速度を

$$W = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad [J] \text{ で表される。}$$

慣性モーメント I は回転体固有の値で、半径 r [m]と質量 M [kg]に関連する(回転軸を中心軸とした円板では $I=Mr^2/2$)、

直径 D [m]、全重量 G [kg]の回転体の GD^2 をFW効果定数と呼び、運動エネルギー W は $W \propto GD^2 \omega^2$ で表される。

FW効果定数が大きいと、運動エネルギー W が大幅に変化しても、回転数の変化は小さい。減速時にフライホイールがエネルギーを放出、増速時にエネルギーを吸収する為、FW効果定数 GD^2 が大きい程速度変化は小さい。

以下のグラフは、我々のパイロットが人力飛行機“CHICK-2000”を用いた実測値による。プロペラに与えるトルク (T_{in}) は代表値として、

$$T_{in} = (2|\sin(3\pi t)| + 2) \quad (kgf \cdot m)$$

を用いる。(ペダリングの回転数 90rpm)

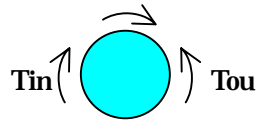
FW効果は GD^2 が大きいほど効果がある。人力飛行機や人力ヘリでは軽量・低速回転が良い点に相反す

る。ここでは実際の制御効果を、プロペラ回転数を140rpm付近に固定し、慣性モーメント I [kg・m²]を変化させた時と二人乗りについて述べる。

140rpm

人力飛行機の伝達系モデルとしてプロペラをフライホイールと見なして、下図のモデルを考える。

運動方程式は、

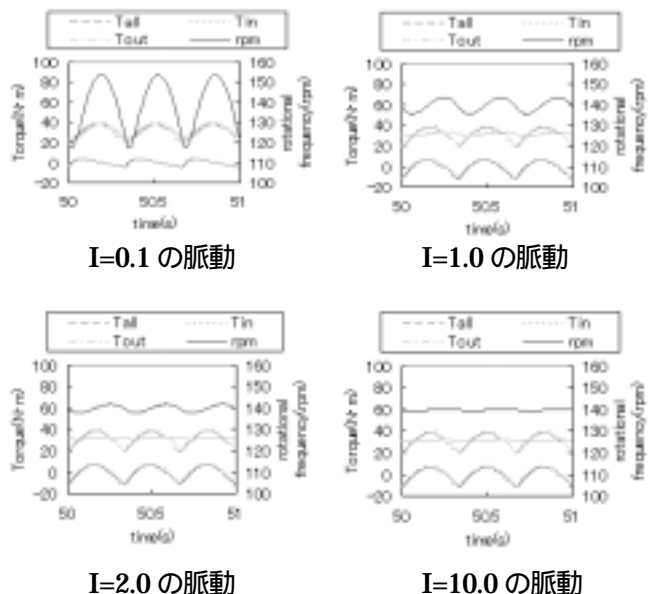
$$I \omega \dot{\omega} = T_{in} - T_{out} = T_{in} - C \omega^2$$


ここに、 I [kg・m²]は慣性モーメント、 C は平均回転数が140rpmとなるよう設定 ($C=0.15$)、

上式を $I=0.1, 1.0, 2.0, 10.0$ に関して解いた結果を以下に示す。グラフの内、上から、プロペラ回転数 (rpm)、トルク入力 (T_{in})、プロペラからのトルク入力 (T_{out})、 $T_{in}-T_{out}$ (T_{all})を示す。($I=1.0$ が基準値)

定常状態の確認に、計算開始から50~51秒のグラフを示す。基準値に比べ $I=2.0$ では振幅は約半分、 $I=10.0$ ではほとんどなくなる。逆に、 $I=0.1$ では、約4倍の脈動が見られる。上述の相反を考慮し、有効なFW効果を検討する価値が有りそうだ。

トルク加算データ (T_{all})には負の部位があるが、我々のペダルチェーンドライブシャフトプロペラで構成される系においてドライブシャフトのトルク計測データで負の部位はなかった。チェーンのばね効果で足回りの回転の減速を緩和し、プロペラ回転数を減速させないメリットが有ることによる。



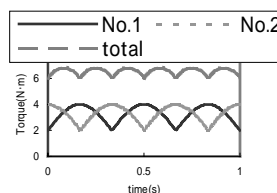
2人乗り

2人乗りではペダリングの位相をずらしてそれぞれのトルク変動をキャンセルし、振幅を小さくする(2人乗りで位相を片足につき90度ずらしたトルク変動のグラフ。No.1、No.2はそれぞれのパイロット入力トルク、totalはNo.1とNo.2を加算したものの)。

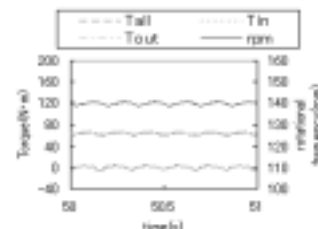
トルク変動が半分になる。これを先のモデルに適用し、プロペラの回転数が140rpmになるようにCを2倍(C=0.3)すると、同じ回転数で出力が2倍になるプロペラを想定したグラフを示す。

振幅は基準値に比較して約1/4になっている。I=2.0

のグラフと比較してもさらに脈動は抑えられて、二人乗りの脈動制御効果は慣性モーメントを大きくするよりも効果的である。



トルク合成



2人乗りの脈動

終わりに

今年のプラットフォームは昨年にも増してワクワク・ドキドキの連続でした。

このレポートに使用した写真や図面は、1年間の努力の結晶を琵琶湖で余すところ無く表現した選手や関係者の皆様のご好意により提供頂きました。蓄積された技術や熱い情熱が込められた貴重なものばかりです。この紙面をお借りしてお礼申し上げます。

プラットフォームに上げられるのは一握りのチームです。チャンスを手にしたチームは不幸にしてそれができなかったチームの分まで頑張らなければなりません。原稿を書いている今、図らずも今回の書類選考を通過できなかったチームが、次のコンテストで琵琶湖の

空に羽ばたくことを目指してテストフライトに取り組んでいます。今週末も彼等のテストフライトに立ち会います。ガンバレ全国の鳥人間!

このレポートが、今後の鳥人間コンテストの発展に役立つ事を期待します。

昨年に続いてコンテストのレポートのチャンスを頂きました本誌編集部の皆様にご感謝の意を表します。

来年も真夏の暑い日中

プラットフォームでお会いしましょう!

堀琴乃(東陶器機・株) 吉川俊明(株・浅沼組)

佐多宏太(名古屋大学大学院)

アクティブギャルズ <http://www.fsinet.or.jp/~active-g/>

《写真提供》 とりっぱ <http://www.torippa.org/>

《資料提供》 みたか+もばらアドベンチャーグループ、ハマハマ+シズダイ、立命館大学飛行機研究会、武蔵工業大学 Wind Seeds、東京工業大学 Meister、近畿大学工学部人力飛行機同好会、芝浦工業大学 Team Birdman Trial、広島大学工学部 ES 教室、金沢工業大学夢考房人力飛行機プロジェクト、松本自身

参考文献

- (1) 糸谷浩ら：鳥人間コンテストにおける無尾翼機の変遷と滑空記録、日本航空宇宙学会 第1回スカイスポーツシンポジウム講演集、1995 1B2
- (2) TECHNICAL JOURNAL OF THE IHPVA Number 52 Summer 2001 Project Review Chick-2000 Project Team "Active Gals" pp16-17
- (3) 吉川俊明ら：鳥人間コンテスト 滑空機のテスト飛行方法について、日本航空宇宙学会 第3回スカイスポーツシンポジウム講演集、1997 pp 49-56
- (4) 内藤晃、人力ヘリコプターの初ホバー、日本航空宇宙学会誌 VOL42. NO490, 1994.11 pp654-656
割石義典ら：人力ヘリコプターの設計について、日本航空宇宙学会 第1回スカイスポーツシンポジウム講演集、1995 1B4
後藤秀樹ら：人力ヘリコプター YURI の動力測定、日本航空宇宙学会 第2回スカイスポーツシンポジウム講演集、1996 pp 55-60
- (5) 内藤晃、人力ヘリコプターについて、日本航空宇宙学会誌、VOL.43 NO.498,1995.7 pp379-386
Akira Naito, UNKNOWN PROBLEMS IN HUMAN- POWERED HELICOPTER, AIAA&MUSEUM OF FLIGHT International Human-Powered Flight Symposium, 1994 pp8-1~8-7
- (6) 内藤晃、人力ヘリコプターの初ホバー、日本航空宇宙学会誌 VOL42. NO490, 1994.11 pp654-656
- (7) 吉川俊明ら：人力飛行機 Chick-2000 における応力外皮構造の開発、日本航空宇宙学会 第6回スカイスポーツシンポジウム講演集、2000 pp 59-62
- (8) 柳原序：設計きほんのき(その7)、日本ソーラー・人力ポート協会 会報27号 2000.12 pp 6-9
- (9) 楠正彰：第8回バードマンラリー優勝記、月刊スカイスポーツ'84年10月号
- (10) 吉川俊明ら：人力飛行機のペダリングに関する考察、日本航空宇宙学会 第8回スカイスポーツシンポジウム講演集、2002
- (11) 隅川真由美ら：人力飛行機の女性パイロットにおける体力トレーニング手法、日本航空宇宙学会 第6回スカイスポーツシンポジウム講演集、2000 pp43-46