

東北大学 Windnauts における人力飛行機への取り組みについて



撮影 井上剛

Taking H.P.A. in Windnauts Tohoku University

中村 寿 (東北大学 大学院)
安倍 祥 (東北大学)
沢田 雅洋 (東北大学)
後藤 卓也 (東北大学)
達 永里子 (東北大学)
石川 智己 (東北大学)
青木 太助 (東北大学 大学院)

Key Words : Human Powered Aircraft, FAI, CFRP, Stiffness, Stability, Safety

Abstract

We challenged to get FAI record by "FirstLady" in 2000. To our regret, we cannot get FAI record, as we cannot prove the flight height of 2 m. But we succeed in own take-off by woman pilot and studied much. We introduce the result of flight of FAI record and our team "Windnauts Tohoku University".

1. 緒言

東北大学 Windnauts は 7 年前に結成された。当初は鳥人間コンテストの滑空機部門に参加していたが、かねてからの目標であった人力飛行機の製作を 3 年前から始め、現在に至るまでに 3 機の人力飛行機を製作した。滑空機からの決別を図り、人力飛行機の製作の第一歩となった「政宗・改 寒冷地仕様」(1999 年)。鳥人間コンテストには書類審査で不合格となったものの、FAI 記録飛行をめざし、女性パイロットによる自力離陸に成功した「FirstLady」(2000 年)。そして、今年度の鳥人間コンテストで 1000m 越えを記録した「風人」(2001 年)。

特に「FirstLady」においては、アクティブギャルズの吉川氏をはじめとし、多くの方々のご助力により、実に多くのことを学ぶことができた。まだまだ歴史も浅く、技術面でも運営面でも未成熟だった Windnauts が「風人」で成功を収めたのも、ここでの蓄積があったからである。そこで、本報では「FirstLady」による FAI 記録飛行の結果報告を中心に、我々 Windnauts が製作した機体と技術を紹介する。

2. 各機体の紹介

2.1 「政宗・改 寒冷地仕様」(第 1 図)

滑空機から人力プロペラ機に移行した最初の機体である。奇抜を避け、あくまで飛ぶ飛行機の製作を念頭に、いわゆる「Daidalos」タイプと呼ばれるオーソドックスな設計とした。着陸張線を使用していなかったため、離陸時は翼持ち台で強制的に上半角をつけて発進する必要があった。構造部材に本格的に自作カーボンを使用し始めた最初の機体でもある。製作に手間取り、十分な試験飛行ができなかったため、鳥人間コンテスト本番では飛行張線に翼持ち台を引っ掛けてしまい、離陸に失敗した。記録は 16m である。設計・製作・運営などあらゆる面において多くの反省点を残す結果となった。

2.2 「FirstLady」(題目下の写真)

微小パワーで安全にフライトできる高性能な機体をめざし、女性パイロットを起用するも、鳥人間コンテスト書類審査に不合格した。その直後より FAI 記録飛行挑戦に目標を変更して製作を行ってきたが、プラットフォームからの離陸にすら成功したことの無い Windnauts にとって自力離陸は困難の連続であった。結果は自力離陸には成功したものの、飛行高度 2m を証明することができなかったため、FAI 記録の樹立はできなかった。

2.3 「風人」(第 2 図)

これまでに得られた技術を結集し、機体のほとんどを製作しなおした。構造部材に用いる CFRP の実に 90% 近くを自作 CFRP で供給した。また、メンテナンスの煩雑さや製作精度の確保の難しさから、ギアボックスによる動力の伝達を取りやめ、ねじりチェーンによる伝達に変更した。結果は第 25 回鳥人間コンテストにおいて 1709.50m を記録した。



第 1 図 「政宗・改 寒冷地仕様」



第 2 図 「風人」

3. 「FirstLady」による FAI 記録飛行の結果

FAI 記録飛行とは FAI (Fédération Aéronautique Internationale) により認定される世界記録のことである。人力飛行機の部門には General と Feminine のカテゴリがあり、それぞれに Sub-Class I-C、Sub-Class I-D、Sub-Class I-E が設けられている。「FirstLady」は Feminine カテゴリの Sub-Class I-C に挑戦した。

記録飛行は 2000 年 11 月 4 日と 5 日に、日本初の女性パイロットによる日本記録樹立チーム、アクティブギャルズとともに行われた。これは、世界でも稀有な女性パイロットによる 2 機同日記録飛行への挑戦であった。結果は第 1 表のとおりである。

記録の取得にはさまざまな条件が課せられているが、もっとも困難な条件は飛行高度 2m を証明することである。今回はこの条件を満たすことができなかったため、FAI 記録の樹立にはいかなかった。しかし、女性パイロットによる自力離陸に成功した。これは日本で 3 例目である。記録飛行の樹立にいらなかった理由としては、次の 2 つが挙げられる。

露対策を採っていなかった為に主翼の性能が落ちた

ラダーが効かなかった

両日ともフライト時は天気恵まれたものの、その準備時は濃霧であった。このため、翼に大量の露が付着し、有害抵抗と機体重量の増加が発生した。初日は露を想定していなかったため、これに対する対策はまったくとれなかった。2 日目は初日の反省から、組み立て中から翼を新聞紙とビニール袋で覆い、それでも付着した露はあらかじめ用意しておいた大量の布や新聞紙でふき取るようにした。しかし、非常に濃い霧のため十分に露を落とすことができなかった。

フライトは両日とも横風の状態であったが、ラダーが十分効かなかった。このため、飛行中は終

始ラダーを打ちっぱなしにしており、抵抗が増大した。横風の中で十分な試験飛行を行わなかったことが原因である。また、初日のフライトでは時間に追われたクルーが慌ててしまい、機体の方向調整が不十分であったことも原因である。

第 1 表 FAI 記録飛行の結果

飛行実施日	2000 年 11 月 4 日 (土)	2000 年 11 月 5 日 (日)
パイロット	隅川 真由美	
天気	晴れ	晴れ
滑走路方向	南北	
風向	北北西	北北西
風速 [m/s]	2.5 ~ 3.0	0 ~ 0.5
滑走距離 [m]	56.839	56.133
飛行距離 [m]	113.248	100.844
滞空時間 [s]	24.95	17.10
最高高度	測定できず 推定 約 1.4 m	測定できず 推定 約 1.4 m
備考	フライト前の天気は濃霧	フライト前の天気は濃霧

4 . FAI 記録飛行による技術力の向上と「風人」への応用

FAI 記録飛行を通して学んだことは多々あるが、一言で言うなら次のとおりであろう。鳥人間コンテストの「人力プロペラ機」と実際の航空機と同様に離陸・上昇・飛行・下降・着陸のプロセスを踏む「人力飛行機」との違いを学んだ。「人力プロペラ機」は高さ 10 m のプラットフォームの位置エネルギーに支えられた離陸であり、上昇のプロセスを必要としない。特に、女性パイロットによる「人力飛行機」では離陸と上昇のプロセスでその少ない体力を使いいきり、飛行に移れない場合が多々ある。これは「人力プロペラ機」以上に操縦性能、低抵抗な機体、高効率な推力系が必要なことを意味する。また、着水ではなく着陸のプロセスを必要とする「人力飛行機」ではより高い安全性が要求される。以下、近年の「人力プロペラ機」では軽視されがちな点を挙げる。

4 . 1 機体の剛性と操縦性能

操縦性能に影響を及ぼす要素として、主翼とテールの剛性がある。特に、テールの剛性が低いと舵を打ったときのレスポンスが低下する。これは機体が操縦しにくくなるだけでなく、操舵と運動の位相遅れに起因する急激な頭上げ、もしくは頭下げを引き起こす。すなわち失速または地面とのクラッシュにつながるので非常に危険である。

また、主翼の剛性も操縦性能に大きな影響を与える。近年、CFRP が安価になってきたことから、これを主翼の一次構造部材に使用する機体がほとんどである。CFRP の高比強度という特徴から、大きく剛性を落としても設計上は破壊に至らない。したがって、「人力プロペラ機」では軽量化のために剛性を低下させ、大きくたわむ翼がよく見かけられる。主翼の剛性の低下、特にねじり剛性の低下は、低迎角時に主翼の圧力中心が後退することによりねじり下げモーメントが増大し、ねじり下がる方向に発散を引き起こす。また、曲げ剛性の低下は左右の揚力にアンバランスを生じるため、最悪スパイラルに陥る。

この観点から、「風人」では剛性を落とすような軽量化を行わず、むしろ更なる高剛性化を目指した。第 25 回鳥人間コンテストに出場した機体の中ではトップクラスの剛性であった。試験飛行などを通して操縦性能の向上は確認できたが、テールの剛性はワイヤーによるところがある。したがって、次機ではワイヤーなしですむよう、更なるテールビームの高剛性を目指すことが課題といえる。しかし、主翼に関して高剛性化を目指すといっても、どこまで目指せばよいかは依然不透明である。したがって、主翼がたわむことによる空力的な影響をより詳細に解析する必要がある。

4.2 安全性

「人力プロペラ機」と「人力飛行機」では飛行プロセスの最後に着水か着陸かという違いがある。したがって、安全性に対する対策にも若干違いがある。しかし、「人力プロペラ機」も試験飛行を行う際は着陸をするので、これを想定した安全対策をとる必要がある。われわれが FAI 記録飛行で学んだ安全性に関することで、ぜひ「人力プロペラ機」にも採用してほしいのが、主翼桁と胴体フレームの回転接合である。回転接合だと着陸時および（あってはならないことだが）クラッシュ時の衝撃を和らげることができる。特に、横滑りしながらの着陸では、その効果が大きい。ただし、プラットフォームからの離陸をする際には逆に離陸が難しくなるので、本番では固定したほうがよい。

この観点から、「風人」は鳥人間コンテスト出場機体であるが、主翼桁と胴体フレームを回転接合にした。構造部材には高伸度のカーボクロスを手レイアップにより積層し、常温硬化させた自作 CFRP を用いた。幸いにも「風人」の試験飛行ではクラッシュはなかったが、試験飛行時の安全性への寄与は大きいと考える。

5. まとめ

FAI 記録飛行の結果報告を中心に、そこで得たことと東北大学 Windnauts の紹介を行った。まだまだ技術力・運営ともに先人たちにはかなわないが、これからも鳥人間コンテストを通して活動を続けてゆき、あくまで「人力飛行機」を製作するという意識の元、活動に取り組んでゆきたい。

参考文献

- 1) 吉川俊明、坂本慎介、服部高資、佐多宏太、乾嘉行、吉田雄一、西畑浩憲、矢崎茂明：世界初！ストレススキン翼機による女性パイロットの人力飛行に成功！！、航空情報 9 月号、(2001) pp.31-45

謝辞

FAI 記録飛行に際し、吉川俊明氏をはじめとし、乾嘉行氏、トリッパ、名古屋大学 Aircraft に多大なるご助力とご支援をいただきました。特に、吉川俊明氏、早川聖氏、野尻勲氏には技術面のみならず製作への姿勢に関してまでご助力をいただきました。この場をかりて厚く御礼申し上げます。また、フライトの実現にご協力いただきました航空協会、飛行場関係者、測量士の方々に深く感謝の意を表します。グライダートレーニングに関して小田健二先生と東北大学学友会航空部、体力トレーニングに関して堀琴乃氏と淵本隆文教授にご指導とご教示をいただきました。謹んでお礼を申し上げます。ご協力いただきました実に多くの関係者皆様に心からお礼申し上げます。最後になりましたが、FAI 記録飛行におけるアクティブギャルズ「CHicK-2000」のパイロット堀琴乃氏と東北大学 Windnauts「FirstLady」のパイロット隅川真由美氏のご努力とご協力に厚く御礼申し上げますとともに、賞賛の念を送らせていただきます。