

航空機製造技術の研究と実践

— 本科・専攻科・名古屋聾学校の連携による鳥人間コンテスト挑戦 —

愛知県立愛知総合工科高等学校専攻科 教諭 小林 弘典

1. はじめに

愛知県立愛知総合工科高等学校は、2016年に開校した県立の工業科高校で、愛知工業高校と東山工業高校を統合し、愛知県の工業科高校の中核として設立された。本校では、生徒の専門的な技術・技能を高めるため、本科で3年と専攻科で2年の5年一貫教育を実現している。専攻科は、2017年から国家戦略特別区域制度を活用し、名城大学を指定管理法人として、全国で初めて公設民営化された。ものづくり愛知の次世代を担い、産業界のリーダーとなる技術者の育成をめざしている。専攻科では、2学科4コースを設置し、より実践的な学びを達成するため、実習に重点を置き、各コースの基礎から専門的な内容を学ぶ「コース実習」と、コースに関係なく混合で生徒自身が興味・関心のあるテーマを選択する「総合実習」がある。

2. 鳥人間コンテストへの挑戦

専攻科1年生のコース実習において、三菱重工の技術者から航空機製造について学ぶ実習がある。この生徒らの実践的な技術力向上の場として、実際に飛行する航空機製作が最も効果的であると考え、鳥人間コンテストへの挑戦を決めた。鳥人間コンテスト出場という大きな目標を設定することで、生徒のモチベーションが上がり、主体的かつ積極的に学ぶとともに、ものづくりの楽しさ、大変さ、やりがいなどを体験的に学ばせることを目標とした。また、本科や

名古屋聾学校の生徒らにも協力してもらい、校種を超えた連携を深めることや、開校間もない本校を全国にPRすることもねらいとした。



写真1 航空機製造実習の様子

3. 鳥人間コンテスト出場決定

鳥人間コンテストは、毎年夏に琵琶湖で行われる手作り飛行機で飛行距離を競う大会で、滑空機部門と人力プロペラ機部門があり、本校は滑空機部門へエントリーした。鳥人間コンテストに出場するには、機体設計図などによる書類審査に合格しなければならず、5～6倍の高い倍率を乗り越えて、鳥人間コンテスト出場が決まった。鳥人間コンテスト出場決定後、校舎に大きな横断幕を掲げ、本格的な機体製作がスタートした。専攻科生10名、本科機械加工科・機械制御科3年生16名、名古屋聾学校3年生



写真2 航空機を製作した32名の生徒

6名の総勢32名の生徒が共同で航空機製作を行った。

4. 機体設計

(1) 機体設計コンセプト

機体は、愛知県の県鳥であるコノハズクをモチーフとした。コノハズクは、大きな翼で長距離滑空できる鳥で、獲物を狙い水面ギリギリを静かに滑空する姿をイメージした。主翼はコノハズクの翼のように大きく後退角を付け、尾翼は特徴的な耳（羽角）を表現するため、2つの垂直尾翼をもつ双垂直尾翼とした。胴体部分が翼の下にくる高翼低胴型にすることで、コノハズクの滑空する姿を再現した。機体名はコノハズクの上をいくコノウエと、目標飛行距離の300mを合わせて「コノウエ300M」とした。



図1 コノウエ300Mとコノハズク

(2) 機体設計図

航空機設計会社である株式会社シーアールイーの技術指導のもと、機体設計を行った。機体は、動力をもたないグライダータイプで、全長6.4m、全高2.01m、全幅23.6mである。機体重量は44kgで、主翼面積21.8㎡、水平尾翼面積1.82㎡とした。翼の縦横比を表すアスペクト比は28で、翼型はNACA 4412を採用

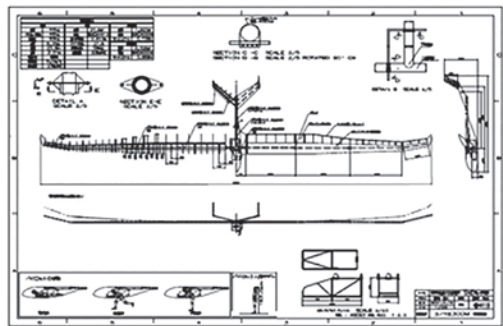


図2 コノウエ300M機体設計図

した。パイロットを含めた総重量を90kgと設定し、パイロットの目標体重は46kgとした。

(3) 操縦方法

飛行機の操縦には3つの回転要素がある。機体の前後を上下に動かす「ピッチ」、機体の左右を水平方向に動かす「ヨー」、機体の左右を回転方向に動かす「ロール」である。ピッチで機体の速度と高度を調整し、ヨーとロールで旋回する。コノウエ300Mも3要素の操縦が必要であり、操作方法を次のように設計した。

① ピッチ

パイロットが体を前後に動かし、重心位置を変えることで機体を操作する体重移動式

② ヨー

垂直尾翼を可動式にして、パイロットの手元のスイッチで操作するサーボモーター式

③ ロール

パイロットが左右に動き、体重移動で重心位置を左右に動かす体重移動式

パイロットを務める生徒は、体重移動での滑空機操作を体得するため、ハンググライダーで飛行訓練を実施した。

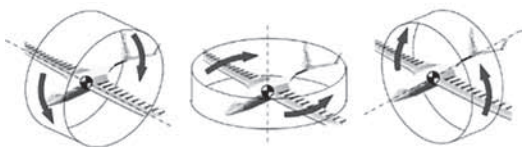


図3 航空機の3つの操縦要素

(4) 安全性重視の設計

鳥人間コンテストは、琵琶湖湖上に組まれた高さ10mのプラットホームから離陸し、琵琶湖面に着水するまでの飛行距離を競う大会である。10mの高さから飛び出すため、翼が折れるなどして機体が墜落すると大きな事故につながる。そのため、翼の構造や取り付け方、コックピット内部の構造、パイロットの脱出方法など細部にわたって安全性重視の設計を行った。

5. 機体製作

機体製作は、各校の生徒が実習の時間を使って進めたが、製作期間が3か月と短かったため、授業後や土、日曜日にも作業を行った。製作には、旋盤、フライス盤、帯鋸盤、パイプベンダーなど本校に設置してある様々な工作機械を活用した。リブの切り出しにはレーザー加工機を使用し、アルミパイプの溶接にはTIG溶接、翼の結合部には、5軸マシニングセンタや3Dプリンターで加工した部品を使用した。

(1) 主翼

コノウエ 300 Mの主翼は、両翼合わせて23 mになる。翼は軽量化のため、主桁をカーボン製のCFRPパイプにし、リブは発泡材のウッドラックを使用した。翼の前面にはスチレンペーパーを貼り滑らかな翼型を造形した。後縁にはバルサ材、ストリンガーには桧材を使用して強固にし、翼全体を熱収縮フィルムで覆った。

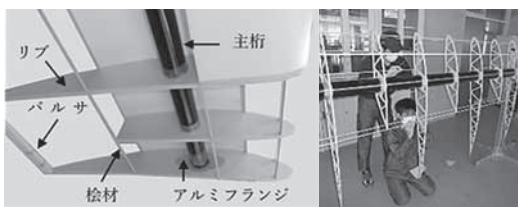


写真3 主翼構造と製作の様子

(2) 尾翼

尾翼は、正面から見た姿がコノハズクの耳(羽角)のようになるよう双垂直尾翼とした。水平尾翼は45°の後退角の付いたV字形とし、テールビームとの接合部には、精度15 μ の3Dプリンターで製作した樹脂パーツを使用した。

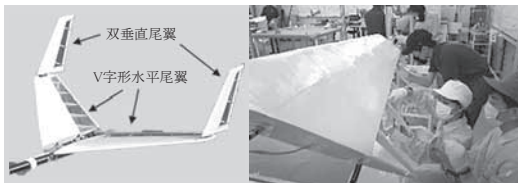


写真4 尾翼構造と製作の様子

(3) リブ

リブは、翼型を造形する上で最も重要な部品

で、飛行中の風圧に耐える強度と軽量であることが求められる。他チームではスタイロフォームを使用しているが、本校はウッドラックと呼ばれる発泡材を採用した。ウッドラックは発泡材の中では硬く、手作業で切り出すのは困難であるが、レーザー加工機により正確かつ迅速に、様々な形状のリブを切り出すことができた。

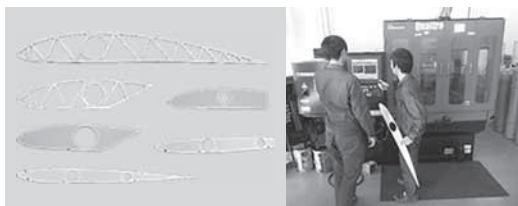


写真5 レーザー加工機と様々な形状のリブ

(4) 迎角 (むかえかく)

滑空機が揚力を得て飛行するには、翼の迎角の設定が重要になる。迎角は、気流と翼弦(翼の前縁と後縁を結んだ線、コード)とのなす角度で、迎角が大きいほど得られる揚力は大きくなるが、抵抗も大きくなり推進力は減少する。そのため、迎角の設定が滑空機の飛行距離に大きく影響する。コノウエ 300 Mは、主翼の迎角を4°、水平尾翼の迎角を-6°とした。水平尾翼は、下方へ力がかかるように迎角を設定することで、機体前部を上昇させる力を与えた。主翼と水平尾翼の迎角の差は10°となる。

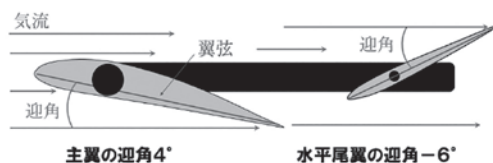


図4 主翼と水平尾翼の迎角

6. 組立練習と走行練習

機体は23 mを超える大きさのため、大会会場まで機体を分解して輸送し、現地で組み立てる。今大会は、新型コロナウイルスの影響で参加人数が20人までと制限されており、大会当日を見据え20人で組立練習を実施した。また、プラットホームからの離陸を想定した走行練習をグラウンドや体育館で実施した。真夏の暑さの

中、校種を超えた生徒らが声を掛け合い懸命に走る姿にチームの一体感を感じた。プラットホーム上の助走 10 m で初速が決まり、飛行距離に大きく影響するため、念入りに走行練習を繰り返した。



写真6 組立練習と走行練習

7. 第43回鳥人間コンテスト

2021年7月31日(土)滋賀県彦根市の琵琶湖松原湖岸で「第43回鳥人間コンテスト2021」が開催された。

(1) 機体審査

大会前日、機体審査のため機体を一度組み立て、強度・構造・操縦性能など安全に飛行できる機体であるかのチェックを受けた。無事機体審査に合格し、翌日の本番を待った。

(2) 大会当日

大会当日は、朝5時から組み立てを開始し、7時から順番にフライトしていく。本校は12チーム中9番目のフライトで、フライト直前まで機体調整を行った。

(3) フライト結果

「3・2・1 ゴー」パイロットを務める生徒のかけ声とともに、左右の翼持ちと尾翼持ちの生徒が走り出し、10 m の助走後、コノウエ300 Mはプラットホームから琵琶湖の空へ飛び立った。自分たちの手で作り上げた機体を実際に飛行する姿を見たときの感動は、想像を超えるものであった。コロナ禍で、機体製作に携わった生徒全員で大会に参加できなかったことが、非常に残念に感じた。コノウエ300 Mは風を捉え、美しい弧を描き、琵琶湖上空をコノハズクのごとく優雅に滑空した。フライト結果は、飛行距離 153.73 m、飛行時間 29 秒、滑空機部門

において、出場13チーム中7位の成績であった。



写真7 離陸から飛行の様子

8. まとめ

目標の 300 m を達成できなかった主な原因として、ピッチ操作が思い通りにできなかったことが挙げられる。離陸後すぐに機体を前傾にして、大きな推進力を得る必要があったが、尾翼が重すぎてそれができず、飛行距離が伸びなかった。しかし、初出場で 150 m を越えるフライトができたことは大きな成果であり、生徒が主体的かつ積極的に活動し、高いモチベーションを維持しながら、懸命に滑空機製作を続けた結果である。

今回の鳥人間コンテスト挑戦を通して、ものづくりの楽しさ、大変さ、やりがいなど十分に体感させることができた。また、読売テレビやCBCテレビなどのテレビ放送、朝日新聞の記事など、愛知総合工科高校のPRもできた。

9. おわりに

今回の教育実践を通して、本科、専攻科、名古屋聾学校の生徒らが、学年や学校の垣根を越えて連携できたことは非常に大きな成果である。今後もこの活動を継続していき、連携の更なる強化と、愛知県の航空機産業の発展に貢献できる人材の育成につなげる。



写真8 プラットホームから飛び立つ機体