



Meister

Challenge & Creation



2023 年度 活動報告書



目次

- 1 はじめに
- 2 23代について
- 3 2023年度鳥人間コンテストについて

～各班活動報告～

- 4 代表
 - 5 全体設計
 - 6 パイロット
 - 7 翼班
 - 8 P フレーム班
 - 9 駆動班
 - 10 プロペラ班
 - 11 電操班
 - 12 フェアリング班
-
- 13 おわりに
 - 14 2023年 Meister 部員集合写真
 - 15 2023年機体『REVIVAL』 三面図

1 はじめに

私たちは7月29日、30日に行われた第45回鳥人間コンテストの人力プロペラ機部門に出場しました。本番直前でも様々な機体トラブルが重なる中、無事鳥人間コンテストに出場してパイロットの体力の限界まで飛べたこと、ご支援してくださった全ての関係者に心より感謝申し上げます。16分間のフライトの末、飛距離は3851.83mで、順位は13機中4位でした。入賞も見えていたため率直に悔しい気持ちもありますが Meister 全部員が一丸となって機体を完成させる努力をただけではなく、我々を見守ってくださった皆様の存在があってこそ飛べたと強く感じ、深く感謝しております。本報告書では、2023年の代としての活動目標と鳥人間コンテスト当日の詳細、そして今年1年の Meister の活動、機体設計、活動への思いや考えについて代表、パイロット、全体設計、各班主任より報告させていただきます。

2 23代について

2-1. 目標

私たち23代は Meister 創部30周年にあたる年に執行代となり、4年生4名、3年生12名が執行代として2年生17名とともに1年間活動してきました。

さて、23代の活動を振り返るうえで当初の目標について書きたいと思います。私たちの機体名の「REVIVAL」という名前は、代替わり後初めての8月の会議にて、強豪校としての Meister を復活させるという意味を込めて決定されました。一代上の21代は難しい状況のなか何とか活動を維持してくださりましたが、コロナや火事による人員不足や引き継ぎ、連携の失敗が複合的な要因となり、昨年の鳥人間コンテストでは離陸直後に墜落してしまう結果となりました。これを受けて鳥人間コンテストにおける記録や順位のみならず、代を超えて Meister が飛躍していけるような強い活動基盤を作り、去年の雪辱を果たすことを目標としました。

体制を立て直すにあたり、まずは機体の設計、製作サイクルを戻す必要がありました。近年の Meister はコロナや火事による度重なる活動制限によって、2015年以降、7年間で3回しか鳥人間コンテストに出場しておりません。8年ぶりに前年度に引き続き出場することとなった23代では1年で機体を製作しなければならないにも関わらず、引き継ぎ度合いの事情から代替わりの1ヶ月前に突然全体設計を交代することになり、さらに墜落の原因究明を行う必要があったため、代替わりの時点ですでに相当な遅れを取っていました。23代にとって1年で機体を完成させること自体が、全員で諦めることを検討するほどに非常に難しい課題でした。その上、前年度に引き続き「機体完成の遅れ→翌年の設計開始の遅れ→翌年の機体完成の遅れ」という負の循環が発生しかねない状況だったため、代を超えて Meister を立て直すには早めのロールアウトが必要でした。そのため、21代よりも1ヶ月早く、昔の代よりも1ヶ月遅い4月末を目標に製作活動を行いました。遅れた分をパイロットのラジコンによる操縦練習や、試験飛行の効率化で解決するように試みました。その結果、記録としては悔しさの残るものとなりましたが、目標時期に機体を完成させ、試験飛行では飛び切りまで行い、設計・製作ともに早期から後輩に引き継げたことに関しては代としてとても満足して

います。

また、失われた技術を取り戻すため、OBは現役に口を出さないという風潮から、聞けることは何でも聞くという姿勢への転換を意識しました。特に桁巻きに関しては、OBの皆様が多なる協力をしていただき4年ぶりに行うことができました。また、桁焼きに関しては、外注を続けていくのは予算の面で将来性がないと考え、他団体の協力を得て Meister としては初めての方法で焼成しました。財政や技術や引継ぎにおいて、Meister が長く続きうる将来性のある選択をとることを代として心がけました。

近年では、火災による炉の焼失やコロナウイルスによる対面活動自粛など、様々な困難のなか先輩方が Meister を必死の思いでつないでくださりました。そんな中、これからの代の下地作りにも注力しながら、自分達の機体で後悔のないフライトをすることを目標としてきました。

2-2. 製作スケジュールとテストフライト

2022年4月にコンセプト会議を開始し、東工大スパコン”TSUBAME”を用いた解析と炉に関する話し合いを行い、パイロットは川見に決定されました。6月はTSUBAMEのANSYSセミナーに参加し、プロペラや熱流体の解析に関する勉強を行いました。7月、全体設計を変更することになり、西森に決定されました。6、7月は21代のテストフライトで忙しく、車輪収納などのコンセプトもありましたが検証する時間がありませんでした。7月末に鳥人間コンテストに出場しました。目の前で機体が墜落する様子を見て、人力飛行機の難しさを知り、設計コンセプトを一から考え直すことを余儀なくされました。

当初はパイロットの操縦問題としていましたが、機体設計の問題も徐々に明らかになり、設計にかなり時間を割くことにしました。7月の突然の交代で中々全体設計の勉強が足りず、機体の問題であった翼型の選定をやりなおし、そしてプログラミングを導入して設計の刷新を行おうとしていたり、予算案が突然変わったりして、結局9月中旬に翼班に設計を渡すという異例の遅れとなりました。マンドレルが切断されていたなどの問題から、翼端は設計をやりなおし、主翼の設計が完全に終了したのは10月中旬でした。ロールアウトを早めるというコンセプトのなか、この時点で製作日程は1ヶ月遅れることとなりました。8月に桁巻きをするという方針を立て、9月に準備をおこない、10月から12月は桁を巻きました。10月下旬にAIOLIAに見学に行き、桁の新しい焼成方法を取得し、11月からは新しい焼成方法を試行し始めました。そこからは接合部の製作とリブ切を並行して進め、2月19日に荷重試験を行いました。4月にかけて二次構造とコクピットの製作を行い、GWで機体が完成することとなりました。

5月7日にASUを行い、5月13日に大和飛行場で初回TFを行いました。最低限の機体トラブルシューティングと転がし試験を行い、5月27日の第2回では初回のジャンプ後にロールして翼が接地したのですぐに終了しました。6、7月は、桶川飛行場で3～8回目のTFを行いました。3回目は離陸後高度を上げきれず滑走路灯に衝突してしまい、墜落して車輪・椅子・フェアリングが大きく損傷しました。機体の修復後、ASUで再度重心測定を行って4、5回目のTFに臨み、次第に操舵練度も向上していきました。6回目を最後とする予定でしたが雨により満身に飛べなかったため、本番二週間前の7月15日に第7回TFを行いました。この日は初めて飛び切りを4本成功

させ、歓喜しておりましたが、最後の飛び切りで離陸直後にラダーを擦って脱落させ、ロールして右翼を折る事故を起こしました。そこから C 桁を桁から全部再製作するという決定をし、一週間で桁巻、桁焼、リブ切り、リブ立て、ラダー修復を行い、ピッチトリム、主翼強度、ラダー動作確認のために本番 1 週間前に最終 TF を行いました。そして本番 3 日前に ASU を行い、7 月 29 日に鳥人間コンテストに出場しました。

3 第 45 回鳥人間コンテストについて

第 45 回鳥人間コンテストは、2023 年 7 月 29、30 日に彦根で開催され、私たちは 1 日目の人力プロペラ機部門に出場しました。私たちの機体「REVIVAL」は、13 機中、11 番機として飛行し、約 16 分間飛行の末、全体で 4 位となる直線距離 3851.83m を飛行しました。

この日は前日からの予報通り快晴で、朝は風もなく非常に恵まれた天候で、午前中は多くのチームが安定した飛行でチーム記録を更新しました。しかし、8 番機前に強風で競技が一時中断するなど昼にかけて段々と湖陸風が強まり、日大 NASG が風に煽られて離陸に失敗、都立大 T-MIT も強風の中 2km を飛んだ末に着水という、難しい天候へと変化していきました。また、気温もどんどん高くなり、尾翼サーボがダウンしたり、部員に体調不良者が出たりなど、世界各国で記録的な暑さとなった本年らしい猛暑日でした。

私たちがプラットホーム上に上がった 14 時ごろには向かい風 5m/s、気温 37°C というコンディションでした。離陸では、向かい風の影響からプラットホーム上で両輪が浮上しましたが、ピッチが乱れることなく、安定して離陸することに成功しました。その後、機体は、真っ直ぐ竹景島へと向かっていましたが、16 分ほど経ったころ、パイロットの体力が尽きて着水に至りました。



(写真 1 : 本番の飛行経路)

機体が安定したフライトを見せながら、この距離に終わってしまった原因としては、離陸直後から風に煽られて他大学が離陸後に着水する様子を意識するあまり、機体浮上後も高回転数で漕ぎ続けてしまい、体力を消耗してしまったからです。向かい風に対して過剰なパワーで漕ぎ続けた結果、離陸後 1 分で高度は 20m を超えていました (写真 2)。本来向かい風に対しては低高度で出力を抑えながら飛ぶべきでしたが、とにかく風に煽られて着水したくないという意識から冷静な判断ができず、また、表示器を回転数計と 5m 以下の高度計のみに絞っていたため、自分が高高度で必要以上

に体力を消耗していることになかなか気づくことができず、対地速度を稼げないまま、2km 付近で急速に体力の限界に至りました。そこからの 1.8km は西森からの掛け声でなんとか繋がれた意識の中、気力だけで飛行していました。



(写真2：離陸後1分での高度)

また、離陸直前にエレベータニュートラルがずれるというアクシデントがあり、同様の原因で墜落した去年の結果が思い出されたのも、テイクオフからなかなか足を緩めることができず漕ぎ続けてしまった遠因でした。尾翼に関する機体の詳しい状況は全体設計の5-6節を参照してください。

また、フライト中ハイドレーションのホースが外れてしまい、一度も水を飲むことができませんでした。多少高出力で飛んでも、3位大工大の8kmの記録は越えられるだろう、という思いがあったのですが、フェアリングから風は入ってきていたものの、37°Cという経験したことのない暑さと水分不足により、3.8kmで身体の限界に達し、着水に至りました。

各班活動報告

Meister はパイロット、全体設計、代表の三役を中心とした組織で、部員は翼班、P フレーム班、電操班、プロペラ班、駆動班、フェアリング班の6つの班に分かれて製作活動しております。この6つの班の主任がそれぞれの部品に対し、責任をもってスケジューリングから製作までを行いました。ここでは継承された技術や昨年の経験をもとに、今年1年間で部員達が工夫してきたことや新たに挑戦してきたことについて報告するとともに、各主任の活動への思いについて記させていただきます。

4 代表

4-1. 代表として

今年一年間 Meister の代表をやらせていただいてたくさんの経験と学びをさせていただきました。周りの人に助けてもらいながらなんとか一年代表をやり切ることができました。本当にありがとうございました。

代表として個人的に心掛けていたのは、ここに取り立てて書くようなことでもなく少し恥ずかしいですが、この人の言うことを聞いてあげてもいいと思ってもらえるように、自分は必死で頑張ること、人に対する感謝の気持ちを伝えることや謝罪すること、そして尊重する気持ちを忘れないようにということです。部員に対してどうしても自分の未熟な部分が出てしまい許せないこともありましたが、できるだけ誠実に仕事をし、人と関わられるように努力しました。

4-2. チームの在り方

私たちの代がチームを作り上げる上で意識していたことは、主に以下の3つです。

- ・ コミュニケーションの円滑化

コロナの影響でコミュニケーションが希薄になってしまいましたが、個人的にはチームの仲間に対する思いやチームに対する帰属心が、製作活動に対するやる気に直結すると思っていたので、部員同士がかかわりあえる機会を増やしました。

- ・ 代として将来性のある選択を取ることを目標にする

今まで Meister がつないでこられた上に自分たちの活動が存在することや、後輩についてきてもらうため、またこれからの Meister の成長に期待して、代としてできるだけ将来性のある選択を取るようにすることや、引継ぎを大切にすることを代のはじめにコンセプトとしてあげました。

- ・ 安全管理をしっかりとる

昨年度の鳥人間コンテストにおいて、発進時とその後の状況を受けて、パイロットの安全について不安を感じました。危険な時であってもパイロットが飛ばないという選択をするのは、一年の皆の努力を知っているからこそ非常に難しいことです。パイロットがどう

したら安全な選択を取れるかについて複数名の OB に話を聞いて深く考え、安全チェックリストを作成し、危険な時はルールで安全な選択が取れるようにしました。

参考写真：チェックリスト

4-3. さいごに

人力飛行機を製作し、鳥人間コンテストに出場してフライトする過程は想像以上に大変で、本当にたくさんの方に助けられました。OBの皆様やさまざまな企業の方、学校の教授・事務の方やものづくり教育研究支援センターの方々にご無理なお願いをしてしまうことも多々ありましたが、皆やさしく応えてくださりました。また部員のみならず厳しいスケジュールに精一杯ついてきてくれました。鳥人間コンテストでプラットフォームから自分たちの飛行機が飛んでいくのを見たときの感動は一生忘れないです。鳥人間コンテストに出場するにあたり関わったすべての皆様に重ねてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

文責：23代代表 入江真優



5 全体設計

5-1. はじめに

全体設計、電装操舵主任、ボートマン(ナビゲーター)兼任の西森湧也と申します。2年の6月に猛勉強を始めてこのポジションに交代することになりました。この1年機体設計に関して考えたこと、本番の状況と結果について記そうと思います。

昨年の Meister の本番フライトは、電装系統のトラブルと機体のセッティングの調整の不備で離陸直後に失速してロールして墜落、という非常に悔しく残念な結果でした。全体設計としてはこの事実を重く受け止めて機体設計としては確実に飛ぶ、ということ意識してきました。昨年度はコンセプトとしてエルロンを装備しましたが、機体の問題でテストフライトでも安定して飛ぶことが出来ませんでした。そして機体トラブルシューティングが順調に行かないまま本番を迎えてしまいました。飛行練習機会が無かったのでパイロットの操縦技術も問題点として感じました。また、去年も設計が一人であったため仕事が集中して教育に時間を割くことができず全体設計の引き継ぎがうまく行かず、機体の設計としての改善ができない状態でした。

それを受け、次の4つを全体設計として意識しました:

- ・ロバストな機体性能(主翼設計、機体速度、上反角)
- ・パイロットの操縦技術の向上
- ・チームのオペレーションの質の向上(タスク分配、TF効率化)
- ・後輩への引き継ぎ

機体の概観は例年の Meister 通りで、世界記録を持つ Daedalus 型でリカンベントのコクピット形状、片持ちの薄肉大口径の桁と肉抜きされた大量のリブ、シャフトドライブの駆動系と前方の2枚のプロペラ、フライ・バイ・ワイヤの操縦方式となっています。

5-2. ロバストな機体設計

まず、機体設計をするにあたり機体の様々なパラメータを決定する際にロバストな性能となることを意識しました。風乱に強くなるために機体速度は歴代 Meister で最高である 7.7m/s に設定しました。

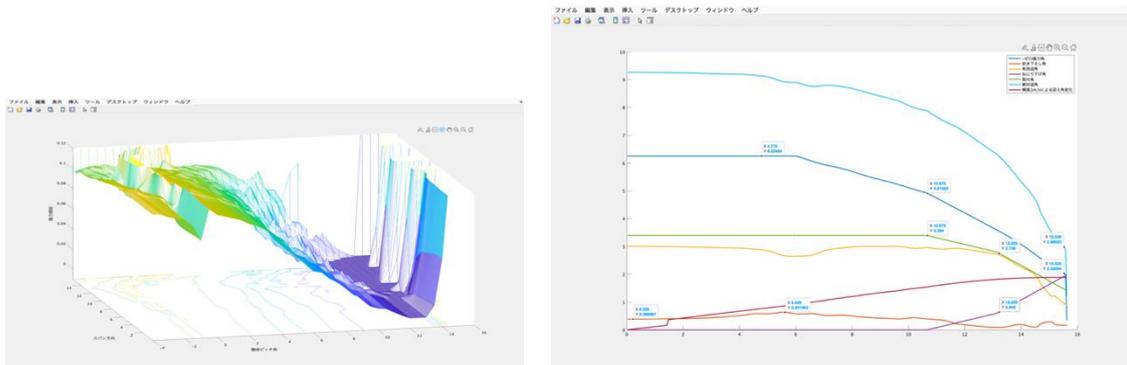
主翼の(左右対称面の)断面形状である翼型に関してですが、去年の機体に使用された翼型が悪かったことが機体挙動の不安定に直結したと分析しました。

- ・高速機向けの翼型を低速で使用したために取付迎え角が過剰
- ・設計点における揚抗比のみの評価であったために性能がピーキーである
- ・翼型の選定思想が無かったために翼端に適切な翼型が用いられていない
- ・エルロンやエレベータの電装、機構的なトラブルで迎え角が変化する可能性がある
- ・構造計算無くリブの肉抜きをしている(剛性が低い)ため性能が設計点から変化している

これらの結果として翼端失速を起こしやすい機体になってしまったと考えました。そこで設計思想から学びはじめ、有名な DAE シリーズや歴代の Meister が開発した翼型、外部より提供

された翼型などを比較していきました。最終的には失速特性の良さ、桁穴径の制約、揚抗比、実績から、優勝実績のある BIRDMAN HOUSE 伊賀やチームあざみ野と同じ翼型を使用することにしました。これはそのチームの空力設計者の太田氏に問い合わせ提供して頂いたものです。

設計点だけでなく使用する迎角範囲で空力性能の解析を行いました。東北大学や日本大学が最後ピッチアップして耐える戦法があるので、それを可能にするべく失速までの迎え角の余裕を大きく取り、ピッチアップすると大きく低出力になるような設計としました。



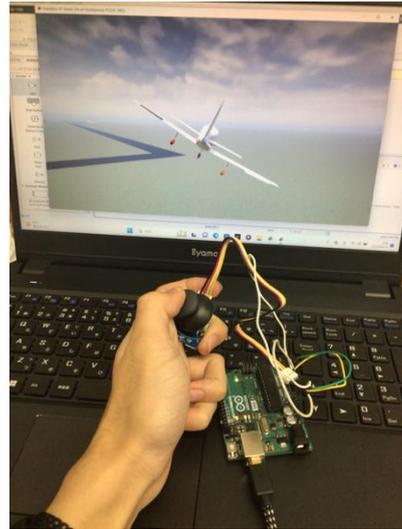
(迎角と飛行性能の関係の解析)

主翼の骨組みである CFRP 製の桁は確実に飛ぶことを意識して安全率を上げて風乱に強くなるように剛性を強化しました。桁径は重量が軽くなるように太くしました。主翼の端を上を反らせると上反角効果と呼ばれるロール安定の効果が空力的に生じて横滑りをしにくくなり、横転する形で機体が落ちにくくなりますが、ある程度大きな上反角が必要とされます。しかし主翼が大きいたわむ(剛性を落とす)と操縦性が悪く別の不安定さも増すこととなります。そして桁径が太いためたわみ量も小さくなります。その操縦性と剛性、上反角効果のトレードオフを止揚する解決策として、初期上反角をチームとして初めて導入しました。初めて故に製作工数の増加や主翼迎え角の再現性、接合部の破損などの問題は発生しましたが、去年から初めてかんざし方式の接合を採用したことで初めて過去にはできなかった初期上反角をつけることが出来ました。

5-3. パイロットの操縦技術の向上

まずテストフライト期間を多く取り、パイロットが十分な操縦訓練を積むことができるように、RO を早めることを目標としました。翼やフレームの班主任と頻りに連絡や調整を取って班の納期を積極的に話し合いました。主翼は設計を突如交代して設計思想も断たれた状態でクリティカルパスに関わっていたので RO 時期と設計のクオリティの駆け引きで苦悩していました。

また、テストフライトはとても貴重な時間なので、代替的な手段を色々検討しました。ラジコン飛行機を購入してパイロットと一緒に飛ばして機体挙動に関する直感や瞬間的な判断力を鍛えました。私は電装班としてラジコンのメカニクな部分の勉強をしてラジコン機体を完成させました。周りや先輩に聞ける人がおらず機体の通信や操作方法で苦戦しました。



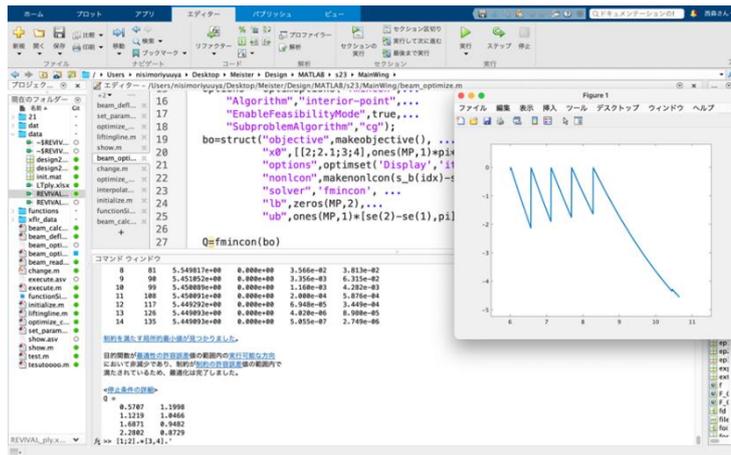
(左:ラジコン”プットレーナー”, 右 MATLAB のフライトシミュレータに Arduino 接続)

また、様々な種類のフライトシミュレータにも手を出しました。最初は漫然とプレイしていてあまり効果を実感できませんでしたが、ある程度テストフライトをこなすと、実機の飛び方がリアルに再現されている、というパイロットの感想もあり、一緒にプレイしながら本番の操舵の指示出しについても検討しました。

5-4. 引き継ぎ

Meister は従来桁を自作してきましたが、コロナや火事で一旦その技術が失われた中、桁を外注するほうが金銭、工数、時間、労力的にも圧倒的なメリットがありました。後輩への引き継ぎ(将来的な選択肢の広がり)やコミュニケーションを活発化したいという考えから桁を自作する(巻く)という決意をしました。また、保有している金属のテーパードレルも自チームのユニークさにつながると考えました。当初は外部の炉で焼成を行う予定でしたが、新しい焼成方法を Twitter で知って、そのチームに見学しにいきました。結果的に焼成も、以前の焼成方法の欠陥を改善してこの1年で自チームで安全に行えるようになりました。今年の C 桁は新しい焼成方法によって製作されています。

設計を MATLAB プログラムで自動化することも行ってきました。最適化ソルバーを多用して ply 構成や翼弦長分布、翼型選定の最適化を自動ですることにより、色々な案を素早く検討できるようにし、設計律速の状況を解消しようと努めました。後輩にプログラムを引き継ぎ、設計者のセンスに頼っていた作業を自動化で効率化して脱属人化をめざし、時間や思考のリソースを他に割けるようにしました。



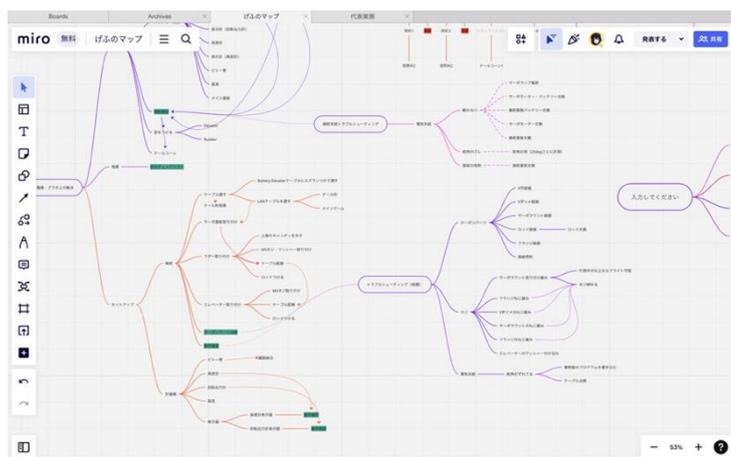
(設計最適化プログラム)

5-5. チームオペレーションの質の向上

まずコロナによって必要なコミュニケーションが生まれず先輩後輩、班同士、OB 現役間、など様々な面で必要な調整が為されなかったと設計者的に考えました。桁巻は 6 回ほどの徹夜作業を伴う過酷な作業ですが、その中で自然と部員の結束力が高まるだろうと考えました。

そして僕が全体設計と電装操舵班の主任を兼任していて、去年の代と全く同じ状況であることがまず問題だと考えました。それどころか操縦訓練のために機体完成(機体設計)を急がされ、僕の設計や電装の能力も低い状態での交代だったため代替わり直後は絶望しておりました。なので腹を括って他人に積極的に仕事を任せることを意識してきました。本来的には全体設計は全体を俯瞰する役割で、特定の業務を行わないものだと考えました。

他大では空力と構造で設計者が 2 人いる中、自チームで設計の全貌を把握しているのが僕一人という状況が異常だと考え、有志の後輩 6 人で設計班を作りました。設計班として設計思想の引き継ぎや議論、分析等を行い、数人で設計を凝らせる環境を目指しました。部品の図面を書く仕事は班主任や直属の後輩に全て任せました(CAD が書けない全体設計は稀有だと思います)。色々不備があり沢山迷惑をかけてしまいましたが、代わりに自分は分析と計算に集中しました。自分しかできない、ということを極力減らし、真に自分しか出来ないことをする、ということ意識しました。マインドマップに膨大なタスクや意見、評価を書いてまとめ、最善の選択が取れるように意識しました。



(Miro マインドマップによる機体トラブルシューティングのフロー可視化)

テストフライトは滑走路を使える時間が限られていたので、チーム内の連絡態勢をととのえてメニューや破損対応を素早く行い効率を最大化するような組織づくりを意識しました。

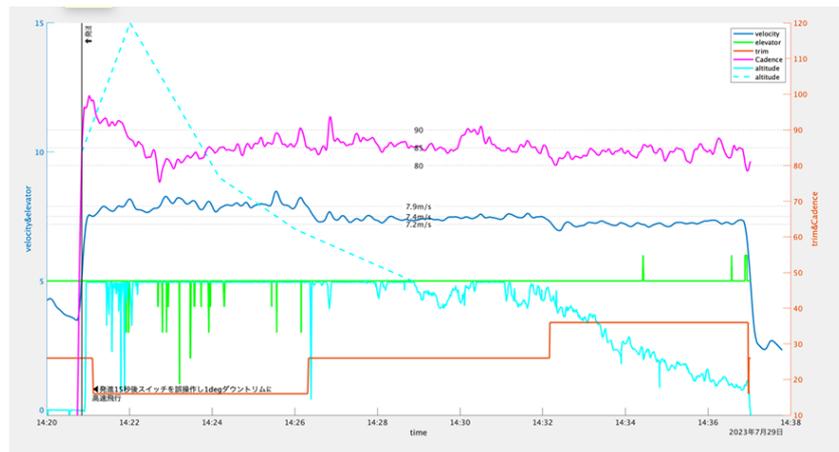
5-6. 結果

当日、他チームが発進後すぐに桁折れを起こしたり風に流されたりして翻弄されており、私達の機体も主翼破損による強度不安や尾翼トラブルなどを抱えていたため、発進して定常飛行に入るまでは緊迫して全く気の抜けない状況でした。トランシーブで色々問題が起きていることの報告を受けましたが、今まで色々一緒に対処法を考えてきた班員を信頼し、冷静に判断するとともにその状況を丸ごと楽しもうという気で臨みました。

心配とは裏腹に綺麗な発進をして機体は安定して直進し続けました。発進後から高度の余裕を保とうと回転数を通常より大きくして機体はかなり高度をあげて23mほどになりました。電操トラブルによりエレベータトリムもニュートラル舵角が本来-1.6degのところ、0.6deg 高速側にズレ、-1.0deg となっており、設計方針的に飛行効率が悪い状態でした。そこで離陸時はトリムを1段階操作して、-2.0deg で飛ぶはずでしたが、離陸後20秒後、ラダー操作のはずみでトリムを誤って操作して結局高速の-1.0deg で最初は飛んでおりました。飛行ログを見る限り例年より早い8.0m/sで飛んだものの、強い向かい風のなか対地速度を稼ぐこともできず、ボートが途中エンジンを止めてゆっくり走行するぐらい強い風でした。機体設計におけるパイロットの要求出力も高く設定してあったり、高度が高くて地面効果が得られなかったりなど、巡航出力225Wに対して上昇角度から推算して400Wの出力で飛んでいたと考えられます。そこで体力を消耗してしまい水が飲めないトラブルもあって徐々に高度が下がり体力が尽きて着水しました。

機体性能的には10kmは十分飛べるポテンシャルがあったと考えていて入賞出来なかったことが大変惜しいですが、毎週2,3回徹夜して最後まで全力を尽くしたので設計者として一片の悔いありません。最後はチームの総合力、完成度が敗因だと正直に思います。設計段階から遅延が発生していたことが原因でテストフライト開始時期が遅れ、直前の7月にリスクを負ってテストフライトを行わざるを得ず、結果的に大破損を招いてしまいましたが、大事な主翼の設

計を妥協するわけには行かず、どうしようもない状態でした。テストフライトで挙動を適切に確認できなかったこと、パイロットの慣れの問題から 2 度以上のピッチアップする機能を実装しなかったため、ピッチアップで耐える戦法を検証することはできませんでした。高度を上昇させることを想定していなかったこと、出力計を搭載していなかったこと、パイロットの声をこちらが正確に聞き取れなかったこと、直下にいるボートから機体の高度がわかりにくいことから、パイロットの大変さを客観的に把握することが出来なかったことができていませんでした。



(実際の鳥人間コンテストのフライトデータ解析結果)

5-7. 最後に

本番 2 週間前に折れた主翼を 1 区間全て作り直す怒涛のスケジュールについてきてくれた部員は大変頼もしく感謝しています。Twitter で他のチームの設計者と競いあい、徹夜して必死に考えたら考えた分だけチームがレベルアップしていくのが実感できて楽しくて、1 年間のすべてを捧げる努力を惜しみませんでした。後輩には設計の知見を積極的に伝えて仕事を任せて、自動化されたプログラムもあるので、それらを活かして来年はさらなる飛躍ができることを期待しています。REVIVAL が本当の意味で Revive するのは来年だと思っています。そしてこの度は Meister を支えてくださった OB や社会人の皆様、飛行場や工場の方々、そしてものづくりセンターのスタッフ、顧問の先生方、家族の支えがあって飛べたと実感しています。本当にありがとうございました。後輩たちの作り上げる Meister も引き続き応援よろしく願い申し上げます。

文責：全体設計 兼 電操班主任 西森湧也



6 パイロット

6-1. はじめに

「飛行距離を最大化する」ことを目標に、入部から鳥人間コンテスト本番までの2年間、あらゆる手段でこの目標に向かって練習を重ねてきました。その中でも、トレーニング、減量、操舵の3つの観点から振り返りたいと思います。

6-2. トレーニング

私が学部1年の時は、コロナウイルスで活動ができなかったため、実際に入部したのは2年生の時、2年生の夏から本格的にトレーニングを開始しました。昔からスポーツやトレーニングが好きで、自分の筋肉が遅筋優位で先天的に持久力系競技に適していることは理解していたため、比較的計画的にトレーニングを進めることができました。トレーニングは、FTPと呼ばれる1時間出し続けられるパワーの平均値の指標を高めることを目標に主にエルゴサイザーを用いて行いました。また、外を走る際は機体と同じ姿勢のリカンベントを使用しました(写真1)。実家が大岡山にあったために、平日2時間以上トレーニングを行うことができ、結果としてFTPは160W→260W、設計出力の221Wでは90分以上漕ぐことができるようになりました。

本番半年前の1月にはコロナウイルスに感染し、約2ヶ月ずっと肺に詰まるような感覚が残り、どんなに練習しても出力が上がらない暗いトンネルのような時期もありましたが、部員の助けを借りて地道に練習を続け、4月に240W、5月に250Wを更新しました。また、6月以降は琵琶湖を想定して暖房を32°Cに設定してトレーニングをし、暑熱順化を行いました。

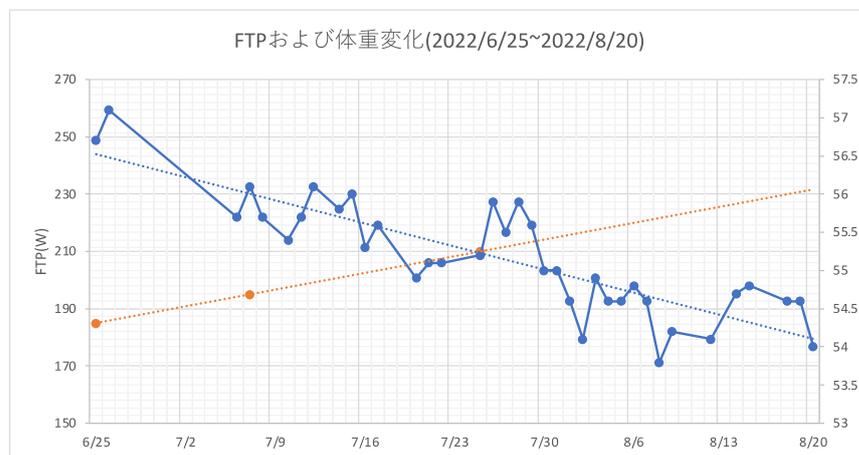
2年から3年にかけては21代の山口さんと、3年から4年にかけては24代の鈴木と一緒にトレーニングしていました。自転車で遠出をしたり、部室で大声で鼓舞し合いながらエルゴを漕いだり、楽しい時も苦しい時も、お互い支え合って一緒に成長してくれた二人には本当に感謝でいっぱいです。



(写真1：リカンベント)

6-3. 減量・栄養管理

減量に関しては、歴代パイロットの中でも最も真剣に向き合った自負があります。初めの1年間はパワー向上率を最大化することを目標とし、同等のトレーニングに対して最大限の成長が見込めるよう、タンパク質と糖質を常に潤沢に摂取していました。その結果体重が55kg→58kgに増加しました。2年目の初めに、約2ヶ月間減量に取り組みました。これは、自分がカロリー制限に対して、どの程度のペースで体重が落ちるかを調べ、本番何ヶ月前から減量を始めれば良いかを決定することを目的としていました。結果としては、2ヶ月でFTPを20W向上させながら約3kgの減量ができることがわかりました。(図1) これをもとに、本番4ヶ月前から減量を開始することを決め実行しました。



(図1：FTP向上と体重減少)

本番前の減量においては、1年前のデータや日々の体重変化量をもとに、2200kcal~1600kcalの間で、炭水化物220~300g、脂質20g、タンパク質120~150gの割合で摂取し(図2)、4ヶ月間で体重58kg→52.5kg、体脂肪率13%→6%に減量しました。57kgの7%が4kgなので体脂肪の減少率以上の減量幅ですが、野球部時代の筋肉が落ちた影響が強く、概ね脚の筋肉は減らさずに減量できたのではないかと思います。



(図2：本番2ヶ月前の1週間の摂取カロリー 写真2：本番直後の足のコンディション)

しかし、減量生活の中で、出力の伸びは鈍化し、日常生活で気力が出ず、操縦練習やチーム運用などに向き合う時間も減ってしまいました。厳しい脂質制限でテストステロン値が低下したことが遠因だったように思います。また、減量を進める中で、体内のエネルギーが枯渇し、活動量が減少して消費カロリーが低下、さらに摂取カロリーの制限が必要となる、といった悪循環が何度か起きていました。



(図3：ハイカーボデイの導入 写真3：本番の装備品)

定期的に 3000kcal 近いエネルギーを取ることで停滞の打破を図りもしたのですが (図3)、根本的な解決には至らず、大きな悩みの種となりました。しかしながら、常に体組成やカロリーをモニタリングし、数字と向き合うことで、感情に左右されない定量的な評価に努めました。

また今年には装備品にもこだわりました。国内最軽量のシューズ LAKE CX301 を株式会社キルシュベルク様から提供いただき両足で 200g の軽量化、21 代パイロットの山口さんからは引退時に国内最軽量のヘルメット KABUTO FLAIR を買っていただき、約 100g の軽量化ができました (写真3)。機体や体重を軽くする上での 300g は本当に大変ですが、既製品においても細部まで追求できたのはご支援のおかげです。改めて本当に色々な方々のご支援によって活動が支えられていることを実感しました。本当にありがとうございました。

6-4. 操舵

練度向上は、23代でのテーマでもあり、かなり早い段階から練度向上のための施策を話し合っていました。しかし、ラジコンの故障や、フライトシュミレーター的环境構築のため、実際に本格的な練習を開始したのは4月になってからでした。それでも全体設計の西森と深夜や早朝の大岡山キャンパスの丘でラジコンを飛ばしたり、エルゴでトレーニングをしながらフライトシュミレーターをやったりして、操縦練度の向上に努めました。トレーニングに傾倒しがちな自分を引っ張って一緒にラジコンを作って練習してくれた西森には感謝しかありません。

また、昨年より早いロールアウトと、テストフライトの運用性を高めたことで、回数・充実度ともに十分な練習機会を得ることができました。最終的には4本の飛び切りを成功させることができました。TFにおける操舵に関しては、毎週TFが終わるごとに、17代の先輩方にYouTubeの動画を見ながら手厚いフィードバックをいただけたことが練度向上に大きく繋がりました。この場をお借りして改めて感謝申し上げます。ありがとうございました。

6-5. その他

最後に、製作面で今年から新たに取り組んだことをいくつか報告します。

・楽々翼ラックラックの設計・製作

TFの運用性を高めるために、14人ほど必要な翼ラックの運搬をなんとかできないかと考え、翼ラック用の車輪、楽々翼ラックラックを設計し、代表の入江と製作しました。トラックの積み込みで重ねることを踏まえ、ラック下辺の角材に木材とキャスターで作った脱着式車輪をはめ込む仕様としました。結果として、最低二人でほとんど力を使わずに運べるようになりました。しかし、車輪の悪路走行性の問題から飛行場では採用されず、ASUの倉庫⇄アリーナでの運用に留まりました。

・桁焼きの確立

予算の都合と、自作桁を復活させたいという思いから、23代では桁巻きを4年ぶりに行いましたが、焼成に関しては学内で行えず、19代と同様に炉を借りるために福島県までトラックで桁を運搬して行っていました。しかし、一度に左右の桁の一方しか焼けないこと、試験桁を他の桁に先行して製作することなどを踏まえると全ての桁を焼くにはトラックが最低でも3往復必要で、炉の使用料と合わせると予算的に将来性がないと考えていました。そんな中、10月に急遽マンドレル内部に電熱線を通す方法があることを知り、見学に行き、翌週には材料を揃えて実行しました。荷重試験が迫っていたため、大学に申請するための準備ができず、倉庫から徒歩2分の実家の通路で行いました。その間、温度管理や安全確保に関してノウハウが溜まり、現在では24代が正式にもものづくりセンターの許可を得て学内で桁巻きと桁焼きを一貫して行っております。

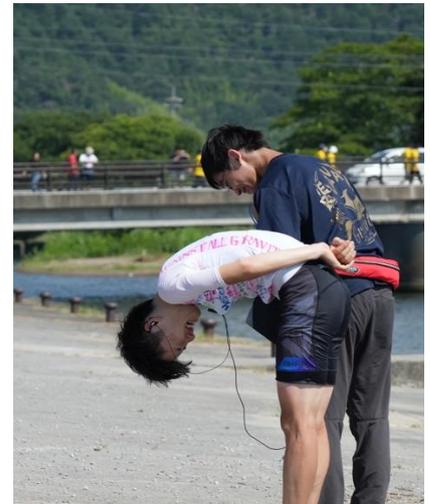


(写真4,5：自宅での桁焼きの様子)

6-6. おわりに

改めて、部員、OB・大学関係者の皆様、各企業の皆様、本当に周りの方々に恵まれ、支えられた3年間でした。人力飛行機のパイロットとしてかけがえのない経験をさせていただいたことに心から感謝しております。3年間、ありがとうございました。

文責：23代パイロット 川見昂瑠



7 翼班

7-1. はじめに

今年度の翼班は22代、23代混合で現在の4年生一人、3年生3人で上の代が合計4人と2年生6人で当初始まりましたが、内3人が10月までに辞めてしまい、4月上旬ころに一人が追加で入ってきたため、実質、合計7～8人で活動いたしました。翼は複数人いないとできない作業が存在したり、製作精度を出すために多くの人数が必要な作業などもあり、これだけで

は多いとは言えない人数で作業を行いました。無事翼を完成させることができ、本番で何事もなく綺麗に機体を飛ばすことができました。翼班の活動報告書にはなるのですが、全体の中での翼班主任という立場や、プロペラとフェアリングのデザイナー、機体名決定者としての報告も誠に勝手ながら、併せて最後にさせていただければと思います。

7-2. Meister の翼

Meister の翼は、CFRP 製のパイプにスタイロフォームという軽量の断熱材を主な素材とした骨組みを作成し、上からフィルムを貼って翼を完成させております。今年は、ロステクもあって、過去の翼ほど限界までトラス抜きをしたわけではありませんでした。主翼端の過強度な翼は、7 回目のテストフライトで一度機体がクラッシュして桁が折れた際にも二次構造において変化することなく、過強度のお陰で翌週までに翼の修復が間に合い、テストフライトを本番までにもう一度行うことができたという点では、後輩に良い教訓として残すことができたと思います。翼設計のロステクも取り戻すことができたため、今年に関しては結果としてよい設計であったと言えるでしょう。

今年に関しては、例年よりも製作期間が短かったこと、主任である私ですら経験したことのない作業などもあり、精度が自慢となっている、Meister の翼としては、あまり満足のいく精度を出せた翼とは言えなかったのですが、それでも決めた期間までに翼を完成させ、全ての作業を後輩に経験させ、後輩につなげることができたのは良い点であったと言えます。来年以降は、今年の経験を活かし、ロステクを生まないようにしつつ、より良い翼を作ってくれると信じています。

一方、Meister の翼は、他の大学と比較して製作方法が非常に独特で、最近では、他大、他チームで Meister のような翼製作方法を取っているチームは貴重となっています。骨組みとなっているリブの枚数などは、他チームのおよそ 2 倍あり、木材などの生体材料を使用していない、洗練された翼となっています。このことは、過去から受け継がれてきた、リブ枚数に関する思想や、リブの厚さなどを継承しているものであり、伝統的な良さを継承した翼となっています。



写真1：Meisterの翼

7-3. 教育の徹底、そして他班との交流

今年に関しては、7月に設計者が交代したことにより、例年であれば、1年のうちから設計者は勉強をして、8月末ころには翼の平面系が翼班に届けられ、9月より翼の製作が開始するのですが、一月ほど遅れたため、貴重な夏休みに製作ができず、非常に少ない期間と少ない人手で作業をしなければなりませんでした。そのため、様々な工夫を致しました。

期限内に翼製作を完了させ、テストフライトを十分に行うために二つ行ったことがあり、まず行ったこととしては、翼班と比較して活動頻度の少ない班から人員を募り、翼班以外でもできる雑用などを多く手伝ってもらいました。プロペラ班、フェアリング班、駆動班の主に1年生には多く協力をしてもらいました。結果として、翼班の製作知識や、その製作の大変さを多くの後輩にも伝えることができたと思います。このことは、今年だけでなく、来年以降にも役立つと思います。二つ目としては、去年は作業に来てもやることがない、と言ったことがあったため、このようなことが起こらないように、誰に何の作業をやらせるかを考え、様々な作業を同時並行で行ったことが挙げられます。このために、エポキシ樹脂を用いた硬化作業のために必要な1plyカーボンを先代の引退後1週間後という、早期に入手することにしました。他班の人も含めると、非常に多くの人っていて、人によってできる作業に限りがあったり、得意不得意があるため、様々に考えて、作業を進めました。この考え方は、私がバイト先で学んだことをもとにしており、自身の経験が活きていて様々な経験が活きることを体感したと同時に、この考え方がなければ、翼の完成は難しかったと言えるほどです。今まで出会った方々にも感謝を申し上げたいです。

また、今年も、先にも述べたように、主任である私ですら体験したことのない作業がいくつもあり、残っている人間もノウハウがきちんと継承されていないことから、翼製作の精度を出

すために非常に苦労しました。したがって、今年の翼製作で私が最も重要視したことは、後輩に必ず体験したことのない作業を無くすことでした。Meister 内にある wiki も参照しつつ、後輩たちとどのようにしたら製作精度が出せるかなども考えつつ、また先ほど述べた、作業人員の配置も考えつつ、全ての作業を経験させることができました。

7-4. Meister 内の翼班主任として、デザイナーとして

今年に関しては、先述したロステクや、設計者の交代、そして1年次にコロナ禍出会ったことなどから、交流なども少ないことも影響して、動き出しに関しては、まず、1年で完成させることの難しさ、そしてその状況の異常さを全員に伝えることから私の活動は始まったように思います。そもそも鳥人間コンテスト出場を目指すのかどうかというところの話が10月まで決断されなかったという点もありましたが、無事鳥人間コンテスト出場でき、結果を残せたことは何より Meister にとって財産になったと思います。翼班主任として、その作業の多さから、他班との干渉や、班員内での設計方針等のすり合わせ、そして、他班の主要な人たちとのコミュニケーションは積極的に図りました。

このことはプロペラとフェアリングのデザインにも生かしており、機体名の「REVIVAL」には、今まで挙げたような惨状からの脱却を目指すという意味での復活・再生を望んだ機体名を提案し、今年の機体名となりました。また、プロペラには、パイロットに見える向きで、部室に書いてある文字で、彼のスローガンともなっている「Against All GRAVITY」を文字に入れ、表側には、復活の象徴とも呼べる、不死鳥をイメージしたデザインにしました。プロペラ班も後述するフェアリングのデザインと同様、過去にない程難しいデザインを仕上げてくださりありがとうございました。フェアリングデザインも不死鳥そして、フェアリング設計のコンセプトである、TSUBAME から、燕をイメージしたデザインにしました。また、以前では行っていなかった、フェアリングの前面を始めてデザインしました。非常に作るのが難しい前面のデザインを綺麗に印刷して作り上げてくれたフェアリング班の人たちには感謝いたします。

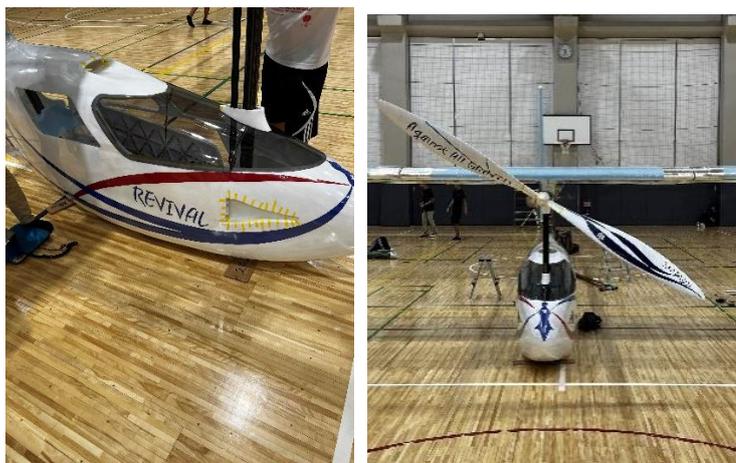


写真2：機体デザイン

7-5. おわりに

これまでも書いてきましたが、1年前に翼班主任になった時には、不安だらけで、実際に翼が完成するまでは気をずっと張りつめていましたが、完成して、無事に機体が飛ばせた今となっては部員だけでなく、様々な方々からの支援あってこそ、綺麗な翼が完成できたと思います。後輩を始めとした部員全員、また、スペースを貸して下さったものづくりセンターの方々、車出しをして下さったOBさん、材料の支援をして下さった企業の方々、シフトを散々調整してくださり相談にも乗って下さった、バイト先の社員さん方、そして最後に家族に、心より感謝申し上げます。

文責：23代翼班主任 安藤一生



8 P フレーム班

8-1. はじめに

23 代 P フレーム班は、2019 年以來行われていなかった桁巻き作業の復活や鳥人間チーム AIOLIA さんの技術協力で以前の Meister とは異なった桁焼成を行い、主翼や胴体用のカーボンパイプを自作できるようにしました。私たちの代では使用する 14 本の桁のうち 6 本を自作しましたが、後輩の 24 代以降では機体で用いる全ての桁を自作することが可能となりました。また、昨年機体から用いたかんざし方式による主翼桁接合を進化させ、桁を斜めに接合する「斜めかんざし」を新たに試み、1.5deg の初期上反角をつけることができました。

8-2. 活動の流れについて

P 班としては、主翼や胴体のカーボンパイプの製作や主翼と胴体を接合するカーボンパーツの製作等を行いました。また、フレーム班としては、パイロットが 1 番漕ぎやすい姿勢で機体を飛ばせるようにトレーニングで用いるエルゴメーターから寸法を取り、設計及び製作を行いました。今回は、桁巻き,桁焼き,斜めかんざし,フレーム相貫に焦点を絞って報告させていただきます。

8-3. 桁巻きについて

23 代では、CR,CL,DR,DL,MB,Tail 桁の 6 本を自作しました。始めはどのように巻くべきなのか全く分からない状況でしたが、桁巻きを経験したことのある 19 代や 21 代の OB の方々に協力していただき、無事 Meister で継承されてきた桁巻きのノウハウを後輩にも伝承させることができました。また、TF でクラッシュし CR 桁が折れた際にも 19 代の OB が駆けつけて下さり、TF から 2 日で翼班に桁を渡すことができました。OB の方々ありがとうございました。



8-4. 桁焼きについて

2022 年 9 月時点で Meister は桁を焼成するための炉を所持しておらず外注桁の利用のみとな

っていましたが、茨城を拠点にしている鳥人間チーム AIOLIA さんに技術指導をいただき CFRP を積層したマンドレル内部に電熱線を通して焼成し、自作桁を製作しました。

- ・ **焼成方法**

- ・ 直径 0.5mm の電熱線を束ねて撚って 1 本の巻きぐせをなくした線にします。
- ・ マンドレル表面に熱電対をつけてブリザーで外周を覆い放熱を防ぎます。
- ・ マンドレル内部に電熱線を通し片側からバネによるテンションをかけてたわみを防ぎスライダックに繋がります。
- ・ セットアップが完了したら電源をつけて昇温を開始し 5 分ごとに温度管理を行います。90°C定常 30 分 130°C定常 120 分、温度上昇を 1°C/min の工程を経て焼成終了となります。

- ・ **安全対策**

Meister は炉関連で過去火事を起こしているため、安全対策は十二分に検討しました。まず、マンドレルや電熱線に触れる部品は全て耐熱性材料を用いて作成しました。また、回路のショートや感電を防ぐため実際に用いる電熱線が加熱で発生するたわみと耐用引張強度を試験的に測定し、シミュレーションを行いました。使用前には回路の抵抗を測定し、異常がないことを確認して回路にもものが覆われていない状態で電圧をかけました。更に事故があった場合の対処法や避難経路の確保、焼成終了後の放熱の温度管理など二重三重の安全対策を施しました。

- ・ **反省点**

桁焼きの性質上、積層したカーボン間に空気が混入しないために桁巻き終了後なるべく迅速に桁焼きを行う必要があったため、2~3 日連続の作業になります。そのため、全てのトラブル対応にノウハウを持った人員を増やすとともに上手くシフトを作り人員の交代を流動的にする必要がありました。

8-5. 斜めかんざしについて

2019 年度まで用いられた接マン方式による桁接合では、接合部で初期上反角をつけることが構造上不可能でした。しかし、昨年の機体から採用されたかんざし方式ではかんざし部分を斜めにやすることによって初期上反角をつけられました。

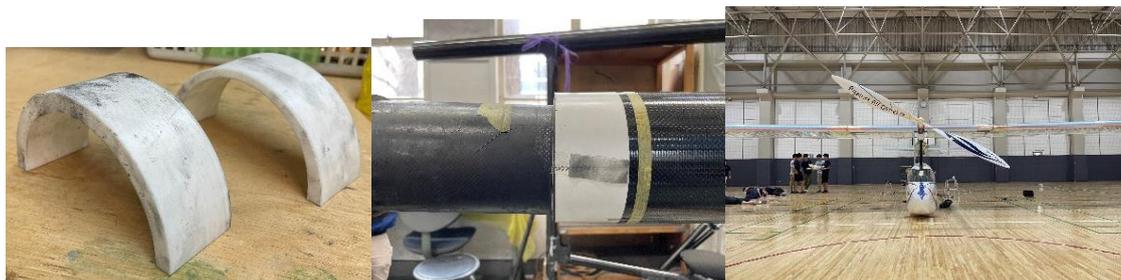
- ・ **製作について**

3D プリンターで 1.5deg の傾斜がつくように治具を作り、その治具と接するまで長い角材でカーボンをやすります。その際、僅かな傾斜の違いでも 4m 以上ある桁は大きく傾きが変化してしまうため、やする度に接合し 1.5deg になるよう慎重な作業が求められる作業でした。

- ・ **反省点**

私たちは、円環に加工したヒノキを桁にエポ固定した上に 3K カーボンを積層して接合部に傾斜ができるようやすりました。しかし、この方法ではカーボン層の厚い箇所が生まれ重量増加の原因になりやすいという問題点があり、比較的造形のしやすい発泡ウレタン等をヒノキの代わりに用いて予め斜めに成形することでカーボン層を減らし、軽量

化できると考えられます。また、接合のしやすさをあまり考えずにこの斜めかんざしを設計、製作したため、接合者には接合のコツを身につける必要がありました。



8-6. フレーム相貫について

フレーム相貫とは、フレームに用いられる 6 本の桁を接合する作業のことです。フレームは、パイロットを安全に守ることが第一の目的ですが、私たちはデジタル水平器を用いて精度の良さにも重きを置いて製作を行いました。まず、安全面について接触面のやすりやパテ盛り、CFRP による積層によって設計値以上に強度がでるように製作し、TF 中の 2 度のクラッシュにも無傷でパイロットを守ることができました。また、製作精度についても 6 本の桁が全て同一平面上に相貫され、かつパイロットの理想の姿勢になるように 0.1deg 単位で製作することができました。



8-7. おわりに

今までのものづくりセンターのスタッフさんや OB の方々などたくさんの人たちのご協力なしではなし得なかった貴重な体験でした。心からの感謝を申し上げます。来年度も後輩達が更に技術を洗練して素晴らしい機体を製作していくのでお力添えいただきますよう、よろしくお願いいたします。(村田)

23 代では、桁を自作するという決断が遅れたこともあり桁製作は例年よりも遅くなり機体完成への不安を抱えながらも、斜めかんざしへの挑戦なども行い、8 回のテストフライトや琵琶湖での綺麗なフライトができ、充実した Meister 生活を送ることができました。このような経験ができたのは、苦楽を共にした P フレーム班員や OB の方々、ものづくりセンターの方々、桁の製作や焼成を行っていただいた企業の方々の支援のおかげです。心より感謝申し上げます。

今後とも Meister をよろしく願いたします。(大友)

文責：23 代 P フレーム班主任 大友正晴

23 代 P フレーム班 村田健大朗



9 駆動班

9-1. はじめに

こんにちは、2023 年度の駆動班主任をしました二見裕樹です。私たちの班はパイロットからの力をプロペラに伝達する機構の製作を担当しています。エネルギーのロスをいかに小さくするかという点と軽量化の二点を目標に日々活動を行ってきました。今年度はコロナの影響により技術継承が途絶えてから 2 年目の代であり前年度のフィードバックを経ての設計・製作が可能となった久しぶりの代でした。

前年度との大きな変更点は

- ・拠点をセンターから工場へ
- ・ユニバーサルジョイントの自作化
- ・NC 機器の積極利用
- ・長時間の回転試験

が主に挙げられます。

また本年度も(株)小原歯車工業様からまがりばかさ歯車を、(株)ミスミグループ本仕様から学生ものづくり支援をいただきました。この場をお借りして、お礼申し上げます。

9-2. 活動拠点の変更

駆動班の活動拠点をものづくりセンターからオープンファシリティセンター、通称工場に変更いたしました。これは極限まで肉抜きをするという人力飛行機の駆動の特性上、加工負荷が少ない放電加工機を積極的に利用したいとの考えからこのような経緯となりました。結果フライス盤や旋盤の NC 化やファインカットやウォータージェットといった新しい機械の利用が

可能となりました。それによって設計→製作→評価→再設計のサイクルタイムが大幅に短縮され、新しい機構の開発が容易になりました。

またチタン合金をはじめとする難削材の切削も可能となり去年度よりも高い精度の部品で構成された駆動系が完成しました。



9-3. ユニバーサルジョイントの自作化

今年は Meister では初となる自作ユニバーサルジョイントの実用化を果たしました。今まではアジャスターと呼ばれる部品によって UJ とドライブシャフト間の回転固定をしていましたが、去年度異音や不具合の原因となっていたためこれらを一体型にすべく自作することになりました。初めのほうの作品ではスムーズに動か かったり強度不足によるねじれが見られたりとうまくいかなかったのですがひとつずつ解決していき既製品に劣らない軽量で高剛性のものが作れたと思います。

また軸との回転固定に従来はキーを使っていたのですが、これをはじめに六角形を、最終的には角柱スプラインを用いて回転固定をするように変えていきました。私自身も回転試験でこれを試したのですが従来品より明らかに力がダイレクトに伝達できていると実感できました。直角度等の精度がとても求められる部品でしたがやりがいのある仕事の一つとなりました。



9-4. NC 機器の利用

良い機材が利用できるようになったため CAM にて G コードを生成し機械に入れることで自動的に加工してくれる NC 機器を積極的に利用することにしました。これにより従来ではでき

なかった形状(3次元加工)ができるようになり駆動班の製作物の幅が大きく広がりました。来年度はマシニングセンタでの5軸加工を目指すようです。

9-5. 長時間の回転試験

今年の駆動班の目標として70km問題なく動く駆動系というものがありました。これは飛行時間で2~3時間に相当します。例年 Meister では多くとも数分の回転試験でぶっつけ本番という形式をとっていましたが今年は3時間同じセットでの試験を実施しました。最後のほうは少しギアの音が鳴り始めましたがこの試験では十分70km耐えるということがわかりました。今年はパワーメーターの完成が間に合わなかったみたいなので駆動効率測定はかないませんでした。来年以降はできるように願っています。

9-6. さいごに

Meister での三年間は飛行機とモノづくりが好きな私にとって一生の経験になりました。駆動班としての製作物もとても満足がいきます。これはものづくりセンター・工場の技師のみならず、OBOGの方々、そして何より Meister の仲間達など数えきれない人々の協力のおかげです。本当にありがとうございました。駆動班員の次期駆動班長の金子と次期パイロットの鈴木には安心して後を任せられそうです。正直まだ現役でいたいのですがこれからはOBという立場から Meister の発展を願って微力ながら支援させていただきたいと思います。

文責：23代駆動班主任 二見裕樹



(奥右:4年二見 奥左:3年加藤 前左:鈴木 前右:金子)

10 プロペラ班

10-1. Meister のプロペラについて

人力飛行機でのプロペラは、チームによって様々な製法があるパーツの一つです。今までに Meister が採用した主な手法は、「カーボンペラ」と「バルサペラ」の二つとなっています。

世界一軽い木材と言われるバルサ材を、プロペラのリブや外皮に用いて作るバルサペラはここ数年の Meister で搭載されていました。レーザー加工で切り出したバルサリブを桁に通し、

そこに薄いバルサシートを段差がないように貼り合わせることで外皮を形成します。



(写真：バルサペラの製作、プリプレグシートの積層)

カーボンペラはカーボンが外皮となるのですが、具体的にはロハセルを2枚のプリプレグシート（樹脂が含有されているカーボン布）で挟むサンドイッチ構造となっています。この構造で応力に対する強度を稼ぐことが出来るため、中に入れるリブはバルサペラよりも格段に少ないです。このような「セミモノコック構造」が Meister のカーボンペラとなっています。

また、プリプレグシートを積層するプロペラの型は自作しているため、型の製作精度が何よりも重要です。また積層する型（雌型という）は凹面で作ることが難しいため、初めに凸面の雄型と言われる型を作って、一度転写する必要があります。

10-2. 今年挑戦した取り組みについて

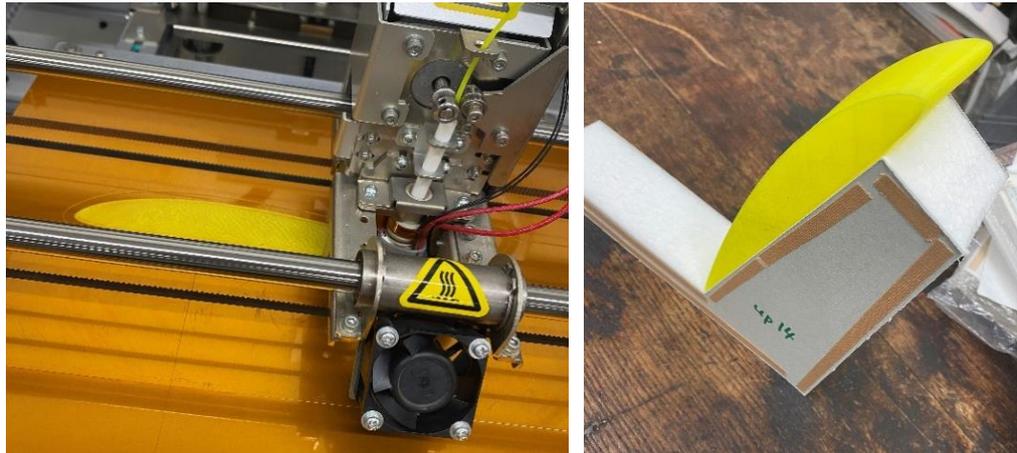
・ ウェット積層でのカーボン外皮の製作

今年は何年ぶりにカーボンペラを製作しようと考えましたが、現在 Meister はプロペラの型が入るサイズの炉を所有していないため、前述したプリプレグシートを加熱して硬化させるのが難しい状況でした。型を持って外部で炉を使わせていただくということも考えましたが、費用やその他の事情からカーボンをエポキシ樹脂で含浸させるウェット積層を行ってみることを考えました。具体的な構造は日本大学理工学部航空研究会さんを見学した時を参考に、サンドイッチするためのコア材をバルサシートにして、バルサをカーボンをクロスで挟んだ構造で外皮を作ることになりました。こちらはバルサの価格や加工の知識も考慮した選択です。貼り合わせにおける構造は変化させず、ウレタン樹脂、バルサで作ったホタテと呼ばれるリブ、グラスバブルスを用いた従来のやり方を踏襲することになりました。

・ 3D プリントによる雄型作成

また人員と時間が制約されている状況を鑑みて、3D プリントを所々に用いることを試みました。東工大のものづくりセンターには、熱で溶かした樹脂をノズルから押し出して積み上げていく FDM 方式の 3D プリントが存在しています。中にはいきなり雌型をプリントしてしまうチームもありますが、印刷するものの大きさや形によって精度が変わることから、今回はプロペラのブレード部分のみを印刷して、他で作った土台に載せることにしま

した。



(写真：東工大の3Dプリンタ、雄型の断面)

- ・ **長時間回転試験**

長時間フライトすることを想定し、駆動系やプロペラの耐久試験を実施しました。静止している中、パイロットが回転数を落とさず回し続けられるようにピッチを変えた治具も用意して対応しました。結果駆動系やプロペラの確認だけでなく、パイロットが長時間コックピット内で漕ぐ経験も得られたと感じています。

10-3. 製作過程

今年は計5本のブレードを作り、その中の2本目と3本目をTF用ペラ、4本目と5本目を本番用ペラにしました。

- ・ **雄型の製作**

雄型は上面と下面の2種類を作ります。発泡スチロール部の土台は積層のために保護樹脂を塗った後にパテを盛り、凸凹がなくなるまでやすります。その後は3Dプリンタ部分を接着し、その部分も含めてサフを吹いて磨き上げました。出来上がった雄型に離型処理をした後ゲルコート塗り、ガラスクロス、ガラスマット、カーボクロス積層して雌型を作る「大積層」と呼ばれる作業を行いました。



(写真：3D プリンタと土台の接着を終えサフまで吹いた段階)



写真 大積層の様子

・ 外皮製作

雄型を取り外して、雌型の修正を終えたら外皮製作の準備に取り掛かります。コア材のバルサは割れやすいので、事前に型に沿うように水を塗って曲げておきます。この際バルサが水を吸って重くなるので、つける水の量には慎重に調整しました。

バルサの準備ができれば、0.6mm 厚のカーボンをエポキシ樹脂で含浸させて、真空引きを行い、丸1日かけて硬化を待ちました。



(写真：バルサ曲げ、真空引きを行った雌型、出来上がった外皮)

・ 貼り合わせ

出来た外皮をセットアップ用の治具において、ウレタン樹脂を前縁に流し込みました。後縁には接着ののりしろを稼ぐためにスタイロを使用しました。最後に桁を固定して上面と下面を貼り合わせればプロペラのブレードが出来上がります。表面処理をした後、塗装をして完成となります。



(写真：塗装済みのプロペラ)

プロペラの諸元は以下の通りです。

ブレード枚数	2枚
推力	24.4 N
ペラ半径	1.44 m
回転数	129 rpm
設計効率	90%
重量	524 g
ピッチ角	0度固定

貼り合わせの段階で少し重くなってしまったため、クリアーは用いず、やすりのみで仕上げることにしました。

10-4. 反省点

ウェット積層は主剤と硬化剤を混ぜると硬化が始まるため、時間という制約が生じ、積層の難易度がかなり上がったように思えました。回を重ねるうちに部員の練度は上がったものの、前縁の部分は難しかったので、今後ウェット積層を続けていくのであれば、上面を前縁部が丸ごと含んだ型から前縁と後縁でぴったり切った型の形状に変えるのが良いかと考えました。

3Dプリンタの使用は失敗も往々にしてありました。ステンレスマスターとパテを用いて形成する従来の方法の方が製作のモチベーション的にも良いと感じました。

ただ研究した結果はプロペラ製作のみならず、今年斜めかんざしを作るうえでの治具製作に役に立ったため、新しい挑戦としては良かったと思います。

10-5. おわりに

カーボンペラは数年ぶりの製作で、私自身執行代ながら技術も知識も足りない中でチームを引っ張っていくことになりました。しかしそんな中で一生懸命作業を進め、多くのアイデアも提案してくれた班員たちには本当に感謝しかありません。来年はもっと素晴らしいプロペラを製作すると確信しています。

最後に、この1年は特にOBの方々やものづくりセンターのスタッフの皆さんをはじめとす

る全ての方々によって支えられてこの活動が出来ていると実感しました。心より感謝申し上げます。

文責：23代プロペラ班主任 石田愛翔



11 電操班

11-1. はじめに

23代電装・操舵班の主任の西森湧也と申します。電操班は尾翼の駆動機構と飛行計器類の製作を担当しています。3年2人と2年生2人で活動しておりました。12月頃から操舵機構の製作を開始し、日々改善を重ねる中、テストフライト期間中にまでもつれこんでセンサーやディスプレイの開発をしておりました。テストフライト、本番当日も色々なトラブルに見舞われましたが、最後はパイロットを無事に送り出してナビゲートし、飛行データを取得することに成功したのは感無量でした。

11-2. テストフライト～鳥コン当日～

テストフライトの最初のほうは機構の接着が剥がれたり、操縦系統の電装がショートして壊れたりなどのトラブルシューティングに追われていました。GWを後輩と全日返上して基板開発に取り組み、後半では基板の電気トラブルは一切起きませんでした。とても精度が必要な水平尾翼のニュートラル角度が毎回様々な原因からズレてしまうトラブルが発生して苦戦していました。最後の方はダウンリンクのシステムが整備され、リアルタイムで舵角や回転数を取得し、ナビゲーターから指示へとつなげることができました。去年の反省を受けて破損チェックを徹底し、毎回舵角を測定して異常がないかをチェックしていました。

鳥人間コンテスト当日は組み上げを朝に急いで行き、舵角の調整を行いました。昼頃強風により競技中断を迫られた中、尾翼を駆動するサーボモータがシャットダウンする、その熱で操

舵機構の一部が溶けて機構が崩壊するという事件がありました。コマンド方式サーボでログを取得していたので見たところ、ラダーのサーボは温度が 75 度になっておりました。シャットダウンしたときは 90~120 度を超えていたと思われます。急いで熱冷却シートを貼り、用意してあった予備の操舵パーツに差し替えて対処できました。対策後にログを確認したら飛行中もずっとサーボの温度は 38 度でした。プラットフォームに上がった後、ケーブルが断線する、水平尾翼の舵角が少しずれる、などのトラブルが発生しました。電気配線を 2 系統通していた冗長性があったため、時間がないので片側のみで対応、またトリム調整スイッチの使用して舵角を調整することによって迅速な対応を取って安全にフライトできる状態にすることができました。去年の反省を受けて離陸前にも入念な舵角や操舵機構のチェックを行い安全に気を配ることができたおかげで飛ぶことができました。

マインドマップでチェック項目と対処方法、重要性の価値判断について反復的に考えて認識を一致させて練習を重ね、主任である僕がボートに乗っているときに当日もし何か起きても迅速に対応できることを意識しました。実際にフライトの 4 分前にもケーブルの問題と舵角のズレの問題が発覚して修正することができました。舵角はエレベータは-1.6deg にしようとしたが、本番直前のズレで-1.0deg になってしまい、急遽パイロットと相談してトリムスイッチで調整して-2.0deg で飛ばすことにしました。それで離陸は問題ありませんでしたが、帰ってログを確認すると、トリムが誤って操作されて離陸 20 秒後、再び-1.0deg になっていました。

ロガーシステムにより PC 上でリアルタイムで操舵を見られているものの、このとき全体設計(ボートマン)は舵角対応により急遽トリムの仕様が変更された影響を正確に判断することができていませんでした。トリムの誤操作は PC で見られるからすぐ気付けるだろうと考えていましたが、離陸に神経を使い、そのあと高度が高く機体を見ることに気を取られ、トリム操作に気づけていませんでした。また、回転出力計の開発も全体設計西森の担当であったため作業が間に合わず、出力データを取得する事ができませんでした。結果として、パイロットの異常操舵を察知することができず、飛行効率の低下を招いたと思われます。

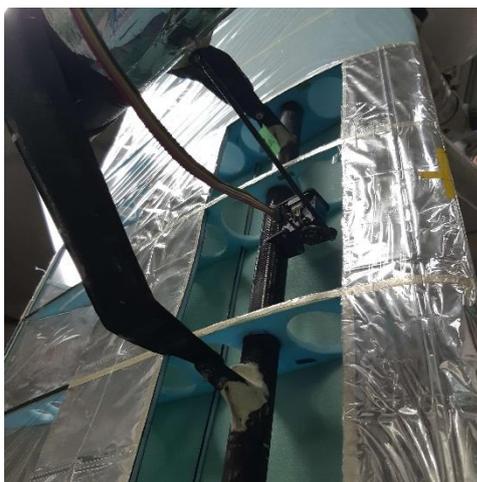
着水してボートから下船したあと、PC のボタンを押して、無事に鳥人間コンテストで取得できた飛行データをすべて保存することができました。

11-3. ソフトウェア化のコンセプト

去年はフライト直前に計器のスマホが途切れてしまって対処できませんでしたし、電氣的なトラブルを起こして舵角がズレてしまう部分がありました。そこで既製品を積極的に使用して物理的な信頼性を向上させるとともに、豊富なライブラリを利用するなどして開発期間を短縮し、デバッグが容易になることを意識しました。通信モジュールには全て TWELITE を使用して、その SDK を利用することで外部マイコンを無くしてセンサーの省スペース化と信頼性、デバッグ性の向上につとめました。RaspberryPiPico も TWELITE も Arduino ベースの Library があるので、それを用いてコードを単純化して後輩と共同作業できるようにしました。

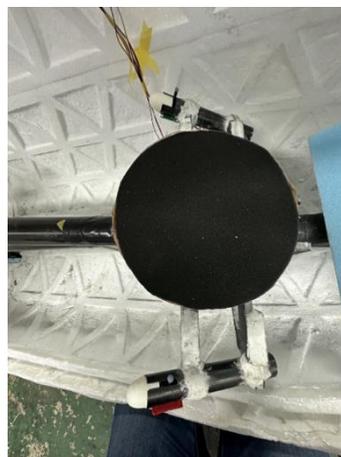
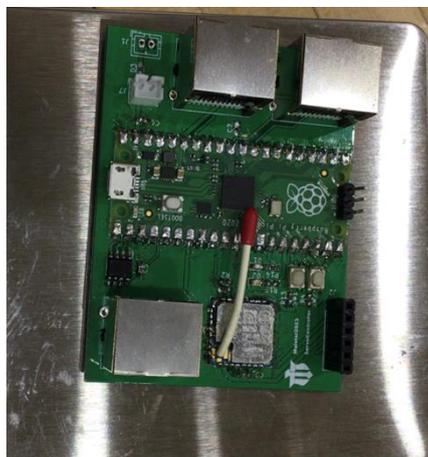
11-4. 操舵

今年の操舵機構は、破損があまり無かった昨年と同じ機構を踏襲しました。今年度の操舵機構を示します。切れ角等の再設計や、強度を高めるために追加のカーボン繊維をまきつけることも行いました。



操縦桿は使うジョイスティックの品番を変えて分解能を去年より高く設定しました。左右でエレベータとラダーの操縦桿を分ける仕様にしました。

(左:操縦桿基盤,右:コクピットの椅子)



基板に関しては再設計、発注を6回繰り返して納得の行くまで究極に開発がしやすく壊れにくい基板を追求しました。舵角がズレたときもすぐに対処できるようにしました。

舵角を測定しやすいように、専用の治具を3Dプリンタで作成しました。また、安全チェックリストを用意して、具体的にどういう破損やエラーが起きたら棄権するか、を線引きしました。これが当日の命運を分けて去年の二の舞いにならなかった要因と考えています。

11-5. 電装

◇ 回転出力計

回転出力計はマイコンを通信モジュールと兼用する形で TWELITE 単体にし、基板を最小化しました。しかし、忙しかったため出力計の製作が本番に間に合わなかったため、当日のパイロットの体力消耗をすぐに把握できなかったのは悔しいところです。

◇ 高度計 姿勢角計

高度センサと姿勢角センサをメイン基板に集約しました。本当は SD カードへの保存の機能を搭載し、機体データを収集しようと思っておりましたが運用を変更しました。



(対気速度計ピトー管、高度・姿勢センサ)

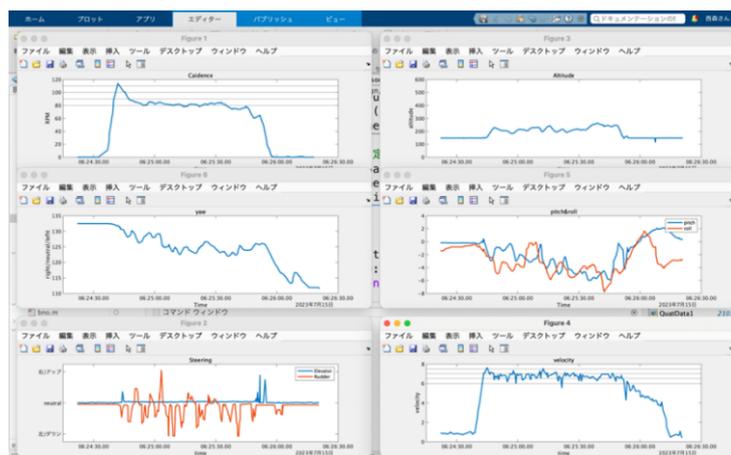
◇ 速度計

今年は部内で初めてピトー管の製作に挑戦しました。後輩が率先して、風洞施設を借り 3D プリンタで通気孔部分を造形し基板開発をしてくれました。

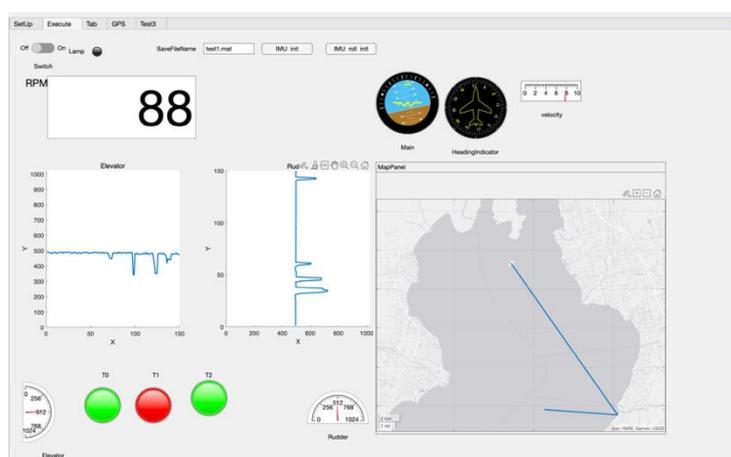
◇ ロガー

PC 上でリアルタイムに状況を把握できるよう工夫しました。他の班員がセンサー開発や操舵基板の対応で忙しく、班主任ただ一人で本番まで 1,2 ヶ月しか残されていない中、

急ピッチで開発を進めるために、MATLAB の App Designer の機能を使用して機体のセンサーデータが送信した無線データを MONOSTICK で受け取りシリアル通信で PC にログとして残し、リアルタイムで表示もする、という一連の機能を MATLAB で実装しました。これによって生データに色々な処理をほどこしてグラフを描画することも即座にできるようになりました。現状ログを解析中ですが、取れたデータを元に来年の設計に活かす流れが出来たら良いなと思っています。全体設計の項目で飛行ログを記載しています。



(テストフライトで実際に取得したログの解析結果)



(鳥人間コンテストでフライト中に実際に使用した自作のダウンリンク用 MATLAB アプリ)

11-6. 最後に

班主任が全体設計と兼任していて忙しく、機体製作が最後まで遅れた班で舵角がズレてうまく飛ばないなど、全体には色々迷惑をかけましたが、後輩の積極的な提案もあって開発側としてとても使いやすい基板に粘って仕上げられたと思います。来年は色々検証を行って事故の起きない工夫をし、今年時間が無くて取得できなかった GPS や出力のデータを収集して判断に持ち上げられるよう、信頼性の高い製品づくりを頑張ってください。

全体設計 兼 電操班主任 西森湧也



12 フェアリング班

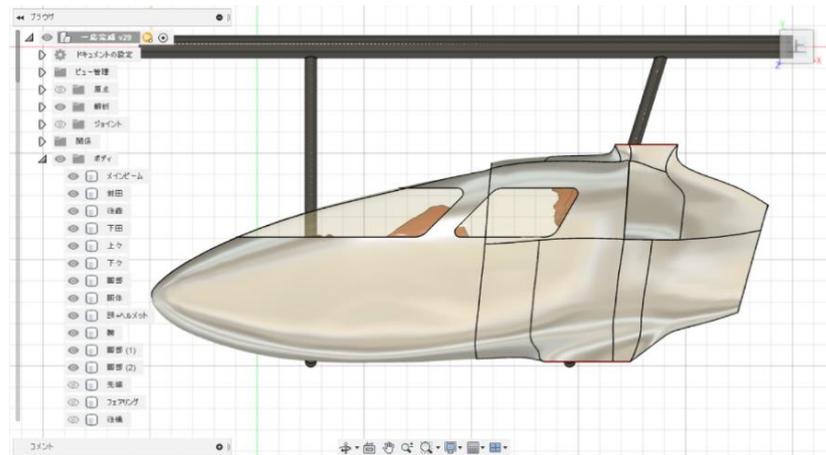
12-1. はじめに

我々Meisterでは、パイロットを覆うコックピット部分の流線形のカバー（カウル）のことをフェアリングと呼んでいます。代々作られている Meister のフェアリングの特徴は、キャノピーと呼ばれる窓の部分を除く全てのパーツが発泡スチロールで作られていることです。他チームではフェアリング全体にバルサ材等を用いて骨組みを入れているチームが多くありますが、Meister では可能な限りの軽量化やパイロットの安全の確保を図るために形状維持に必要な最低限の骨組みを除いて発泡スチロールのみで製作しています。また、製作方法においては接線切り出し法と呼ばれる方法を用いることで精度よく設計通りの機体が製作可能になると同時に、パーツの分割を減らすことが可能となっているため、つなぎ目が少なく美しいボディを実現できます。今年のフェアリングについては、代々の製作方法を継承しながらも、フェアリング設計・パーツ分割・トラス抜き・ダクト・組み立て・フィルム貼り・キャノピー・固定方法・前田後藤フェアリング・翼根フェアリングで工夫した点や改良した点、挑戦した点があるので、それらに焦点を当ててご報告します。

12-2. 23 代の設計・製作について

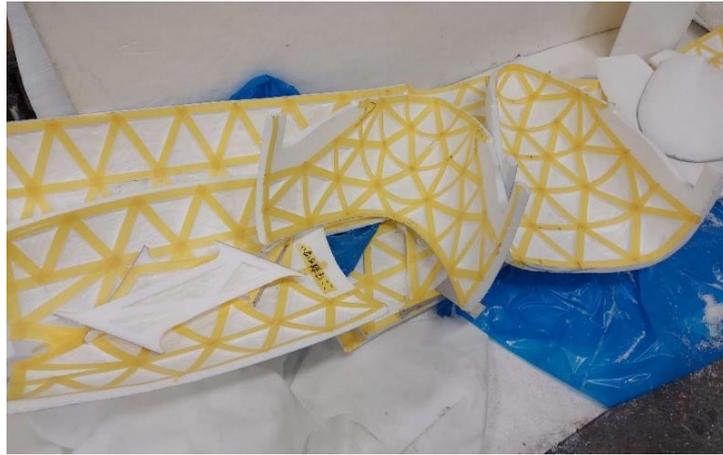
今年のフェアリングは、

1. 車輪や後藤フェアリングによる抗力を少なくするために、フェアリング下端からの突起物を少なくする。
2. パイロットが寝ている姿勢を希望していたので、正面投影面積を小さくし全長を長くすることで、ベロモービルのような形状にする。（ベロモービルとはフェアリングのついたリカンベント型自転車であり、その形状は人力飛行機においても応用できると考えた。
3. 前田フェアリング下と後藤フェアリング下、後藤ソックスをフェアリング部分に含ませる。をコンセプトに設計しました。



アウトレットを複雑な形状にしたい事やコンセプトの”3”を実現するために、Fusion360のサーフェスを用いて設計を行いました。この機能を用いることにより、フェアリング表面をより自由度高く操作することができました。モックアップを基に側面図を決めた上で、パイロットをモデリングし、奥行き方向の複数の位置での断面図を描き、それを高さ方向の複数の位置での断面図においてスプライン曲線で各点を結び、その抗力を xflr5 を用いて計算し、数値を比べた上で再度奥行き方向の断面図の形状を適宜変更しました。例年は高さ方向の断面に翼型を用いているようですが、最大翼厚位置を前に持ってきたかったため、自分でスプライン曲線を描き、その抗力が翼型と比較してそれほど変わらなかったため、スプライン曲線を断面に用いることにしました。コンセプト”1”を実現するために、フェアリングをL字に取り付けることを想定し、前田ソックスを廃止し、後輪についても後藤ソックスに出来る限り隠れるようにしました。フェアリング後縁については、フェアリング全長が長くなってしまったためカムテールを採用し、後縁もアウトレットにしました。また、低速における NACA ダクトの空気取り込み量や 2022 年の東北大学のフェアリングを参考にし、パイロット顔正面（フェアリング上部）に、低速でも風を取り込みやすいエアスクープをインテークとして採用しました。全長が長くなったりパーツが複雑化したりしたため、14 パーツに分割して製作を行いました。

基本的な製作方法は例年と変わりませんが、今年の最も大きな特徴としてトラス抜きを行いました。夏休み中の簡単な試作を通して、Meister オリジナルの熱線による粗トラス抜きの手法を新たに考えました。トラス抜きの手順は、1. 各パーツを厚さ 2cm で均一となるように Medium で比較的滑らかになるまでやする 2. 骨となる部分を幅 2cm のマステで描く 3. 肉抜きする部分を専用の熱線で粗トラス抜きする 4. 粗トラス抜きした部分を Medium～Fine でやすって表面を整える 5. マステを剥がす、となります。



インテークの一つとなる前縁のNACAダクトについては、ANSYS Discovery を用いて解析を行った上で設置場所を決めました。組み立ては、事前に接着できるパーツを繋げておくことで相貫やすりがしやすくなり、必要な人数や時間も大幅に縮小されました。また、フェアリング下端の固定もL字に直接ハポボンで接着してしまうことにより、固定も強固になりフェアリング下からの車輪飛び出しも最小限に抑えられました(前田・後藤について一切外から見えない)。組み立てに使うフィルム貼りについても、フィルムを事前に一周してマステで仮止めすることにより、最小2人でフィルム貼りができるようになりました。インテークから入った風をパイロットに届くようにするために、紙無しスチレンボードを用いてダクトを製作しました。キャノピーについては、横の窓は平面に近かったため熱縮フィルムや窓フィルムを張って窓としました。正面窓は、面積が大きく柱を入れないと途中で凹んでしまったため、レーザーカットしたバルサ材を取り付けることで対応しました。前年度使っていなかった遮光フィルムも新たに発注し、設置を再開しました。また、装飾(小物)についても、今までU字・リアマウントフェアリングで分かれていた部品を一つにして、メインビームから翼根へと伸びる翼根フェアリングを新たに設計・製作しました。



12-3. おわりに

昨年度本番用しか作製しなかったことや、私の設計完了が遅れたこと、トラス抜きを行ったことにより、テストフライト用と本番用の2つのフェアリングを作るためのスケジュールを立てることや、そのスケジュール通りに製作を進めることに大変苦労しました。しかし、今年はフェアリング班が5人いたため、班員の協力もあり無事に2つのフェアリングを作り上げることができました。また、本番の1週間前までテストフライトを行ったことにより、最後はとても過密なスケジュールになりましたが、組み立てを事前に進めていたことにより本番用ロールアウトを無事に本番に間に合わせるすることができました。今年のフェアリングは色々な方にお褒め頂き、自分でも納得のいく物が作れて良かったと思っています。設計や解析が遅れ、他班にも様々な迷惑をかけてきましたが、無事に最後まで作り上げることができたのは、こんな頼り

ない私に必死についてきてくれた後輩と、代表と兼任しながらも一生懸命作業に参加してくれた同輩、必要な時に真摯になってお手伝い頂いた歴代 OB の皆さんのおかげです。本当にありがとうございました。

文責：23 代フェアリング班主任 駒場啄舞



13 おわりに

振り返るとこの1年間、楽しいこともあれば大変なこともありましたが、何より充実した1年間でした。いまの私たちにしかできない、かけがえのない経験ができたことは、部員全員にとって一生の財産となりました。

鳥人間コンテストでの記録としては決して満足のいくものではありませんでしたが、設計から製作、フライトまでの一貫したものづくりのプロセスに真摯に向き合い、先輩方が災難の中なんとかつないでくださった Meister を復活に向けてさらに一步前進させることはできたように思います。いつの日か胸を張って強豪といえるような Meister に復活できることを心から願っております。

最後に、Meister に関わってくださったすべての皆様に心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。来年以降もどうか Meister をよろしく願いいたします。

Meister23代 一同

14 鳥人間コンテスト集合写真



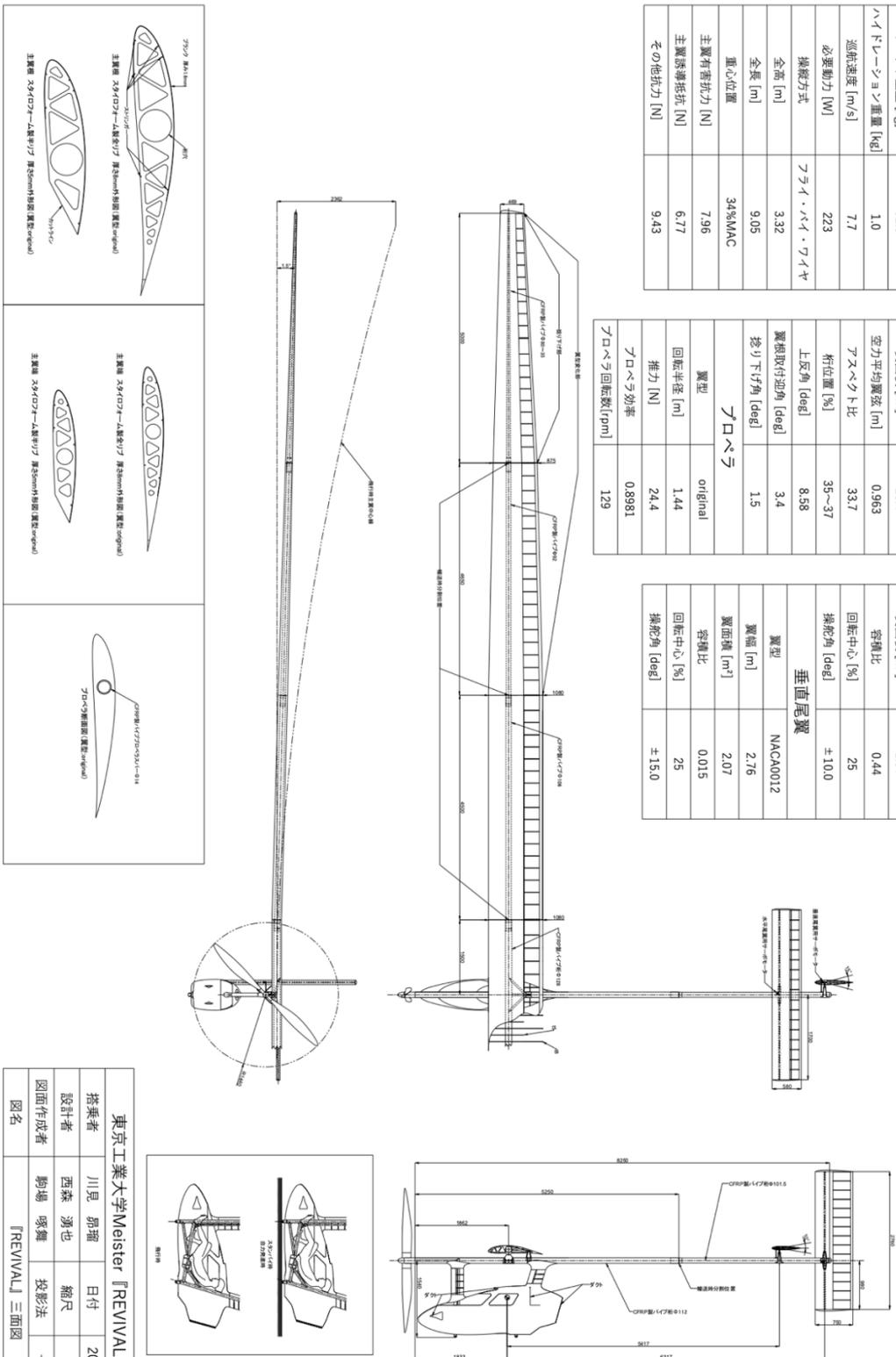
Meister2023		
代表 入江真優	パイロット 川見昂瑠	全体設計 西森湧也
翼班	pフレーム班	プロペラ班
翼班主任 安藤一生	p フレーム班主任 大友正晴	プロペラ班主任 石田愛翔
翼設計 武内悠仁	村田健大朗	田中大地
篠田高志	塩松祐華	本吉信二
有本航	上田賢治	加藤遼太郎
伊藤周平	小野実紀	川見昂瑠
塚本萌加	樹野光平	
山崎翔太	矢柴裕雄	
齋藤諒人		
フェアリング班	電操班	駆動班
フェアリング班主任 駒場啄舞	電操班主任 西森湧也	駆動班主任 二見裕樹
楠佳泰	長谷川恒平	加藤優奈
山岸優和	鈴木悠太	鈴木涼介
イリアスアユブ	長谷部匠	金子明弘
入江真優		

15 今年度機体『REVIVAL』 三面図

機体諸元	
総重量 [kg]	89.5
機体乾燥重量 [kg]	36.0
パイロット重量 [kg]	52.5
ハイドレーション重量 [kg]	1.0
巡航速度 [m/s]	7.7
必要動力 [W]	223
操縦方式	フライ・バイ・ワイヤ
全高 [m]	3.32
全長 [m]	9.05
重心位置	34%MAC
主翼有善抗力 [N]	7.96
主翼誘導抵抗 [N]	6.77
その他抗力 [N]	9.43

主翼	
翼型	original
翼幅 [m]	32
翼面積 [m ²]	26.4
空力平均翼弦 [m]	0.963
アスペクト比	33.7
桁位置 [%]	35~37
上反角 [deg]	8.58
翼根取付迎角 [deg]	3.4
捻り下り角 [deg]	1.5
翼型	プロペラ original
回転半径 [m]	1.44
推力 [N]	24.4
プロペラ効率	0.8981
プロペラ回転数 [rpm]	129

水平尾翼	
翼型	NACA0012
翼幅 [m]	3.4
翼面積 [m ²]	1.97
容積比	0.44
回旋中心 [%]	25
操舵角 [deg]	±10.0
翼型	垂直尾翼 NACA0012
翼幅 [m]	2.76
翼面積 [m ²]	2.07
容積比	0.015
回旋中心 [%]	25
操舵角 [deg]	±15.0



東京工業大学 Meister 『REVIVAL』			
搭乗者	川尻 昂輝	日付	2023.2.5
設計者	西森 湧也	縮尺	1:25
図面作成者	駒場 啄舞	投影法	
図名	『REVIVAL』 三面図		