

電腦飛行

代表者 田島佑一（創成 M1 年）
構成員 菅野祐介（理工学 M2 年） 橋本竜一（理工学 M2 年） 野本正晃（創成 M1 年）
福田雄太（創成 M1 年） 栗屋和樹（工 B4 年）
一田剛（工 B4 年） 稲垣貴斗（工 B4 年）
岡屋達也（工 B4 年） 竹下知宏（工 B4 年）

1. 本プロジェクトの目的

平成 28 年 8 月に開催予定の第 12 回全日本学生室内飛行ロボットコンテストの一般部門と自動制御部門への出場、および上位入賞を目標とする。また、コンテストに出場するための小型無人飛行機的设计・製作および飛行練習を通して、機械工学（特に航空工学およびメカトロニクス工学）への理解を深めるとともに、普段の講義等では体験できないものづくりの難しさや楽しさを学び発信していくことを目的としている。室内ロボットコンテストでは、インターネット中継がされるなど全国に情報発信される。それを好機として、山口大学の知名度向上のためアピールを行う。

2. 活動状況

平成 28 年 8 月 26 日～29 日に開催された第 12 回全日本学生室内飛行ロボットコンテスト（以下、飛行ロボコンと呼称する）に出場するため、6 月 7 日から活動を開始した。9 月までのプロジェクト活動は、飛行ロボコンに向けての機体製作や試験飛行を主に行い、飛行ロボコンに出場した。飛行ロボコンでは、参加チームは「facebook」でのブログの更新や、「Youtube」での飛行動画の提出等があり、これらを行うことでプロジェクトの活動の発信を行った。また、他にもプロジェクトの活動内容を発信するために工学部のオープンキャンパスに参加した。

まずは飛行ロボコンに向けての活動を報告する。飛行ロボコンには 4 つの部門がある。“一般部門”，“自動操縦部門”，“ユニークデザイン部門”，“マルチコプター部門”である。私たち電腦飛行は、プロジェクトメンバー間の話し合いのもと、一般部門と自動操縦部門の 2 部門に参加することに決定した。一般部門は、一般的な航空機について、その飛行特性や性能、パイロットの操縦技術を競う部門である（すべて手動で操縦）。自動操縦部門は、自動操縦装置を搭載した模型航空機について、自動操縦装置の性能やそれを踏まえた機体特性を競う部門である。以下、可読性を考慮し、一般部門と自動操縦部門の機体製作における活動について分け、最後に大会の結果と反省について報告する。

(1) 一般部門（はやぶさ）

• 試作機

一般部門では、すべてのミッションが手動操縦であることから操縦者の飛ばし易さに重点を置いた機体設計を行った。手動操縦を行う部分はエルロン、エレベータ、ラダーと呼ばれる 3 つの舵と、スラストと呼ばれる推力を発生させる動力源である。(写真 1) 本試作機は実際に飛ばし易かった「よこりょくん」の試作機をモデルに設計を行った。また、数あるミッションの中で比較的点数の高い宙返りに注目をして、前年度に製作し、宙返りができた「ニンバス 200」にアスペクト比を近づけるために翼幅を大きくすることでアスペクト比を増加させた。アスペクト比とは翼の細長さを表す値であり、アスペクト比を大きくすることで、安定性能の向上に繋がるといった効果がある。表 1 に前年度製作した「ニンバス 200」との比較を示す。

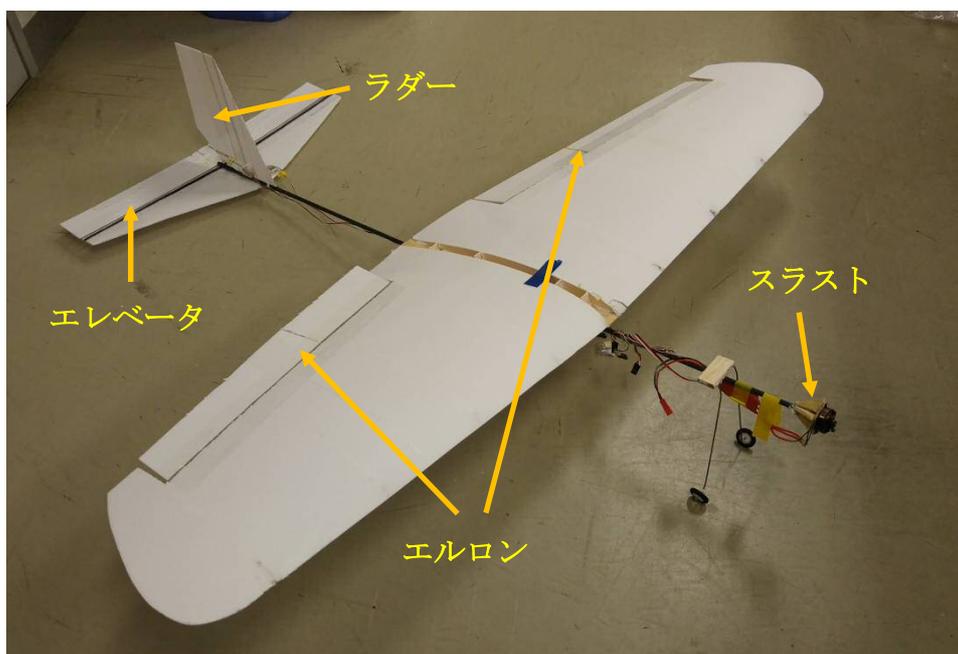


写真1 機体の3舵と動力源

表1 ニンバス 200 とはやぶさ試作機の比較

	ニンバス 200	はやぶさ
全長[mm]	1145	1075
全幅[mm]	1240	1174
主翼面積[mm ²]	329220	300610
アスペクト比	4.7	4.6
空虚重量[g]	190	224

設計図をもとに構成員全員で機体の製作に取り組んだ。前年度の経験を活かして、試作機の段階から軽量化や強度の向上のために材料の選別を行った。今年度の機体の特徴としては、「翼面積を減らし、エルロンを搭載することで機動力を高めた機体」である。エルロンとは、飛行機の横転方向を制御するための補助翼である。機体の翼面積を小さくして、機動力を高めることでなるべく短時間でミッションをこなせるような狙いがある。(写真2)

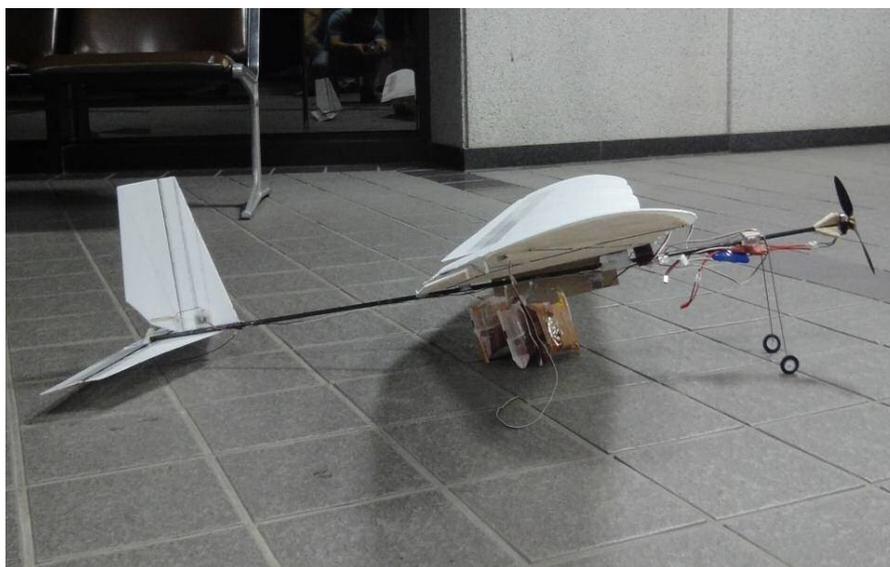


写真2 はやぶさ試作機

- **改良点**

飛行テストを行ったところ、操縦しやすく機動力に関しては期待通りの性能が発揮できた機体が出来上がった。しかし、機動力が高く、補強を行っていないため主翼にかかる負担が大きく、飛行中に翼の変形が見られ強度に不安点が残った。また、機体重量が大会規定値に達していないため、全体的な軽量化も必要になった。以上のことを踏まえて主翼の補強と全体的な軽量化が改善点として重要視された。

- **大会出場機**

改良点を踏まえてメンバー全員で本番機の製作を行った。本番機は主翼の強度を上げるためにカーボンロッドを3本、主翼に埋め込むことで強度を上げた。また、全体的な軽量化としては、胴体を使用したカーボンパイプを分割することで胴体部分のカーボンパイプ分の軽量化を図った。(写真3) また、今年度は翼型の形状を維持するための構造部材である「リブ」と呼ばれる部分に対して肉抜きや、リブ自体を投下機構にすることで軽量化を行った。肉抜きの際は、レーザー加工を用いることで正確な肉抜きされたリブの製作を行うことで作業効率を上げた。(写真4) 投下機構は、救援物資輸送というミッションがあり、約20gの輸送物資を最大3つまで搭載して、目的地に物資を投下する際に使用される。前年度までは1つの物資に対して1つのサーボモータを用いていたが、今年度は軽量化のためサーボモータ1つで全ての物資を投下できる機構の製作を行った。また、操縦の際は「プロポ」と呼ばれるホビー用の送信機を用いるため、操縦者が投下しやすいように1つのスイッチのみで投下できるように設定をした。しかし、プロポのスイッチには最大3段スイッチ(アップ、センター、ダウン)しかない。よって、3段スイッチ1つで物資を3つ投下できる機構の製作を行った。投下機構のイメージ図を図1に示す。以上の軽量化を行うことで192gの「はやぶさ」大会出場機が完成した。(写真5)

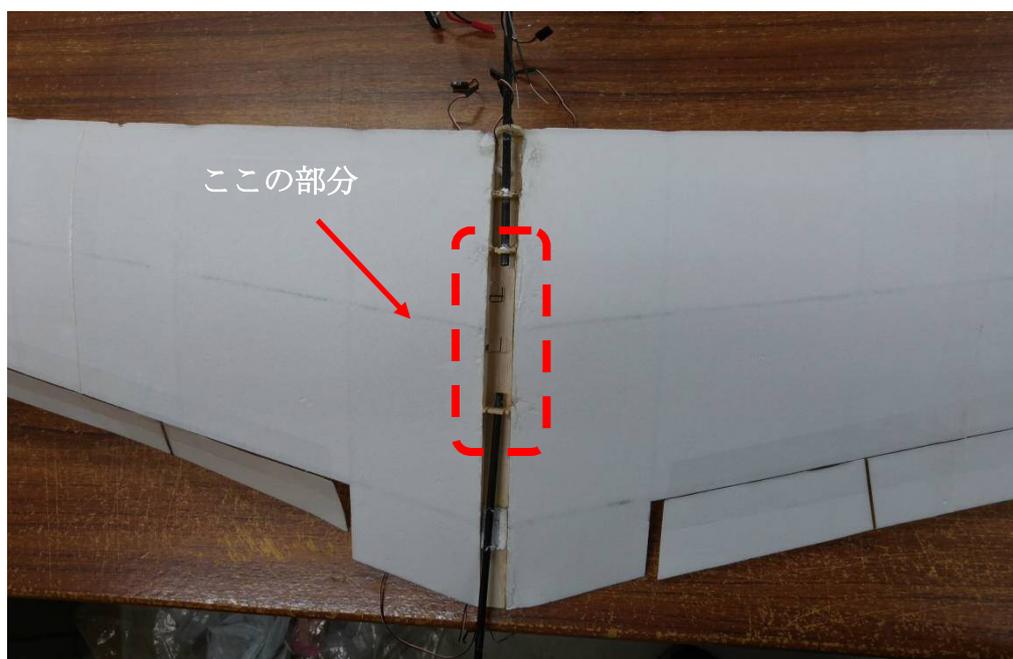


写真3 軽量化のためのカーボンパイプの分割



写真4 レーザー加工によって作成されたリブ

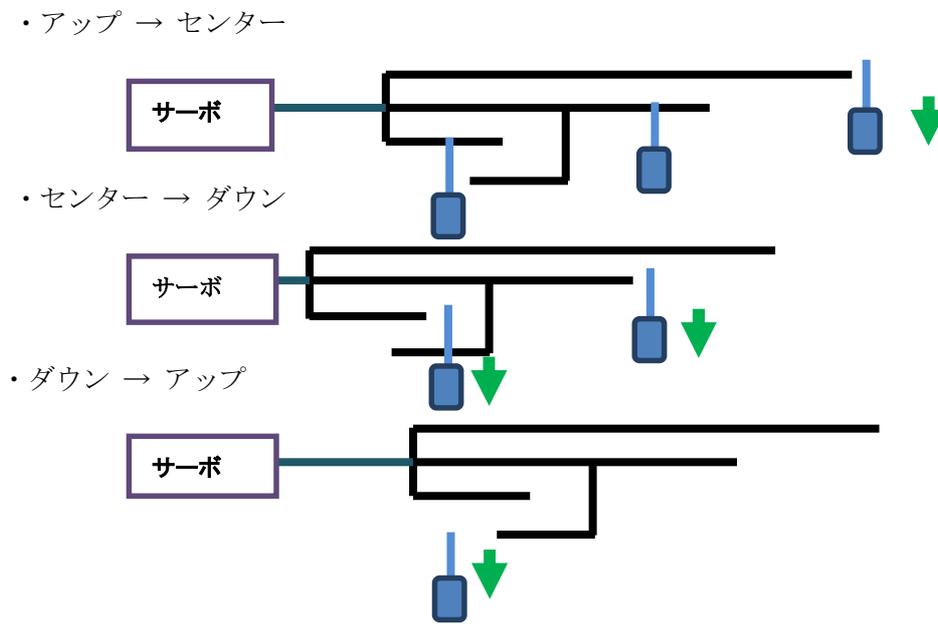


図1 投下機構イメージ



写真5 はやぶさ大会出場機

(2) 自動操縦部門（よこりょくん）

• 試作機

自動操縦部門の機体は前年度の機体「あまつばめ」と同様に「バンクせずに旋回する」ことを重要視して、初の試みとなる横力板の搭載した機体の製作を行った。機体のモデルは過去の操縦の経験上、機動性があり、かなり飛ばし易い機体を選抜して、その機体に横力板を取り付けることにした。横力板とは機体の上下に取り付けられた垂直平板のことをいう。(写真6) 通常の飛行機は左右に傾いて旋回を行う。機体を左右に傾けることで、普段は垂直上向きである揚力の向きを斜めにして、回転の中心方向に向心力を作り出して旋回している。この時、機体の左右の傾きをバンクと呼ぶ。機体をバンクさせずに横滑りさせ、横力板が受ける風圧による力を向心力として旋回する。横滑り旋回する機体のイメージ図を図2に示す。前年度はバンクする旋回に比べると小回りがきかず、ゆっくりとした旋回になってしまうといった欠点が生じていたが、今年度は下の横力板を機体の前方に付けて可動式にすることで、機体のモーメント力を増加させて小回りが可能な機体を製作した。

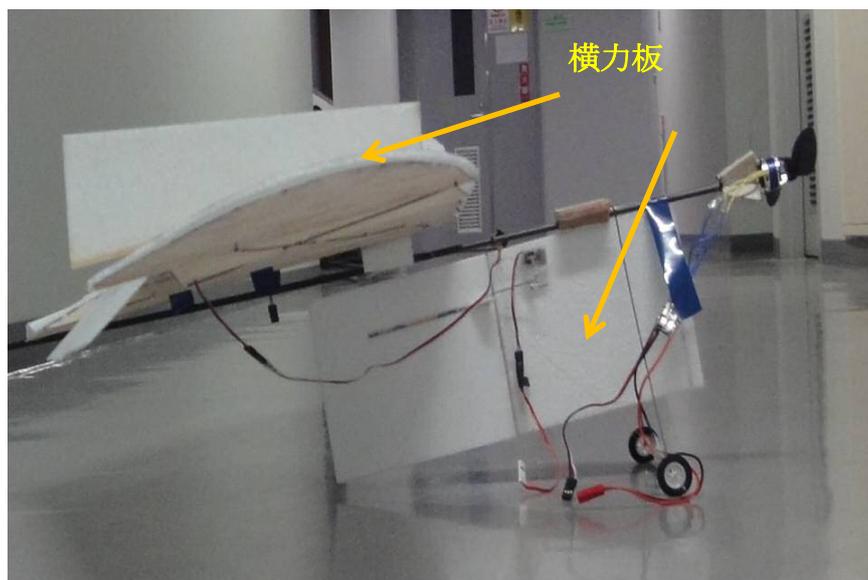


写真6 横力板機

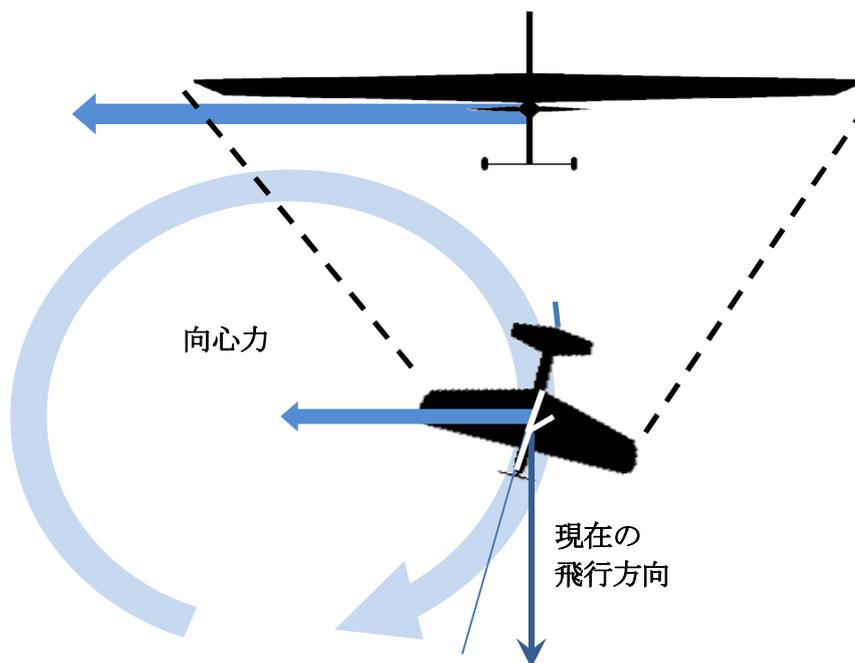


図2 横滑り旋回する機体のイメージ

通常の旋回は主翼についているエルロンを操舵して、特定のバンク角まで機体をバンクさせてその状態を維持する。この操作を自動制御で行おうとすると、若干複雑である。自動操縦部門では水平旋回や8の字飛行、上昇旋回などを自動で行うミッションがある。大会までの開発期間は2ヶ月と短いため、飛行制御ソフトウェア開発において、前年度のノウハウを活かした制御則を用いることにした。また、自動制御を行う際には、バンクを補正する制御装置を用いることで機体を安定させ、制御の単純化をできるようにした。以上をもってよこりょくん試作機が完成した。(写真7)



写真7 よこりょくん試作機

- **自動制御装置の開発**

自動制御装置の開発は主に“制御装置の開発”，“制御則の決定”，“プログラミング”に分別できる。制御装置は、開発期間を短縮するため出来合いのモジュールを組み合わせることによって製作した。装置の要となるマイコンに、9軸センサー（加速度、ジャイロ、地磁気）と気圧高度計、3色LEDそして受信機を接続した。制御装置のシステム（アビオニクス）を図3に示す。次に、どのような方法を用いて制御するか（制御則）を決定した。機体は低バンク旋回可能となるように設計しており、バンクを補正する制御装置を用いるため、複雑な制御は必要としない。そこで、制御則として単純な比例制御を用いた。比例制御とは、センサーから得たデータを定数倍し、その値を入力とする制御則である。この方法を用いて、エルロン、エレベータ、ラダー、スラストの制御を行う。前年度は旋回において、垂直尾翼についているラダー（方向舵）のみの制御に限定していたが、今年度は全ての舵とスラストを用いて制御を行った。最後にセンサーからデータを得るためのプログラムや制御の計算、モータに出力するプログラミングを行った。

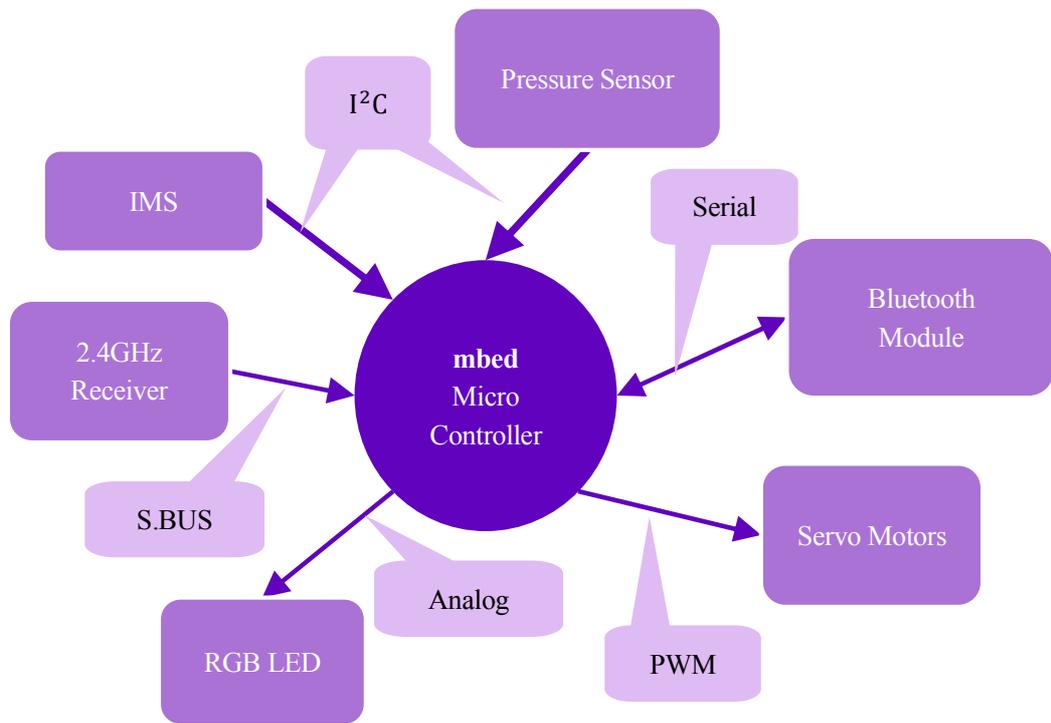


図3 アビオニクス

今年度は、前年度チャレンジすらできなかった自動着陸を行った。プロポからのスイッチが ON になることで自動着陸が開始されるように設定した。自動着陸は地上カメラを用いて機体がカメラフレーム上の 1 点に収束するように比例制御をかけた。その際、「bluetooth」を用いて、カメラ映像の水平方向と垂直方向のデータを機体に送ることで制御を行った。機体の検出は機体に取り付けた 3 色 LED を用いた。自動着陸のイメージ図を図 4 に示す。

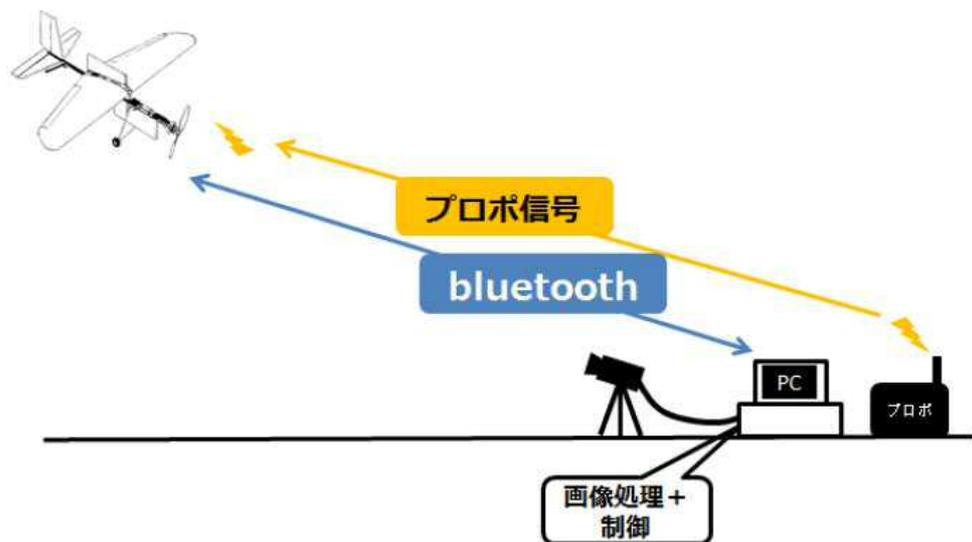


図4 自動着陸イメージ

- 改良点

飛行テストを行ったところ、舵がききやすく運動性が高く、ある程度の低速飛行にも対応できる機体が出来上がった。しかし、重量 250g 以下という厳しい制限が大きな課題であり、物資を搭載した際にはモータの推力が足りず離陸が難しいように感じた。よって、十分な推力が得られるモータを用いるために全体の軽量化が改良点として重要視された。

- **大会出場機**

改良点を踏まえてメンバー全員で本番機の製作を行った。全体的な軽量化としては、可動部以外の素材をEPP（発砲スチロール）よりも軽いデプロンという比較的EPPに似た素材を用いた。また、一般部門の「はやぶさ」と同様にリブの肉抜きやリブ自体を投下機構にすることで軽量化を行った。山口大学のロゴのシールを機体翼面に貼ることで、大学外へのアピールを狙った。（写真8）



写真8 よこりょくん大会出場機

(3) 飛行ロボコンの結果と反省

大会までの残された期間を主に飛行練習に当て、8月26日～28日に開催される飛行ロボコンに挑んだ。大会の日程については図5に示す。今年度の飛行ロボコンは私たちが参加した一般部門は15チーム、自動操縦部門は10チームと前回の大会より開催が1ヶ月早いことから、出場チームが減っていた。大会結果は一般部門が予選敗退、自動操縦部門は予選突破し、5位という結果になった。今年度は大会までの時間が短く、一般部門では練習不足や郵送後の翼の故障等が原因で残念な結果になってしまった。また、自動操縦部門では練習では成功していた自動着陸だが、画像処理を用いるため会場の明るさや人の動きなどで誤認識が起きてしまい失敗に終わってしまった。しかし、大会では前年度より多くの自動ミッションにチャレンジすることができ、今回の目標である「ロボットらしい飛行ロボット」より近づくことができたと思われる。今年度も自動着陸を成功させたチームはいなかったが、成功間近なチームもあり、全体的にレベルが上がっているように感じた。大半の大会上位のチームは「ペイロード搭載」というミッションを行っていた。「ペイロード搭載」とは、重量19gの消しゴムを最大3つまで搭載でき、搭載する消しゴム数につき獲得点数が増加するといったミッションである。私たちのチームでは、大会直前まで重量の問題に悩まされていたため、このミッションは行えなかった。来年以降、大会に出場できる機会があれば、全てのミッションがこなすことができる機体を製作したいと考えている。また、大会ではチーム毎の特徴が表れた様々な機体を見ることができ、大会主催者の方からも機体製作についてのアドバイスをもらうことができたのは、今後新たに機体を製作する上で良い刺激となった。ポスターセッションは、機体設計のノウハウや自動制御システム、機体製作の工夫など、他大学と詳細な機体の技術交換をすることができ大変有意義な時間であった。全体の結果として上位に入賞することはできなかったが、ポスターのほうで、「はやぶさ」と「よこりょくん」の両方が特別賞を得ることができ、大学のアピールに繋がったのではないかと考えられる。写真9に大会の様子を示す。

	8月26日		8月27日		8月28日
8:00	staff 到着	8:00	staff 到着	8:00	staff 到着
8:30	駐車場開場	8:00	開場、順次飛行練習開始 (26日に練習できなかったチーム優先)	8:00	開場、飛行練習開始
9:00	搬入開始	9:00	運営スタッフ、アルバイトmtg	9:30	決勝1(マルチコプター部門)
9:30	会場設営	10:00	開会式	10:30	決勝2(ユニークデザイン部門)
11:00	チーム受付	10:30	予選1(マルチコプター部門)	11:30	休憩
11:30	設営終了	11:00	予選2(ユニークデザイン部門)	12:30	決勝3(一般部門)
	設営完了次第、飛行練習開始	11:30	休憩	13:30	決勝4(自動操縦部門)
17:00	飛行練習終了	12:30	予選3(一般部門)	14:30	競技終了
17:30	退出	14:30	予選4(自動操縦部門)	15:00	表彰式
		16:30	ポスターセッション開始		各賞の発表と表彰
		18:00	ポスターセッション終了	16:30	閉会
		18:00	決勝進出チーム発表	16:30	搬出開始
		18:00	交流会		
		19:00	退出	18:30	搬出完了、撤収

図5 大会日程



写真9 大会の様子

以上が飛行ロボコンに向けた活動報告である。続いて、オープンキャンパスでの活動を報告する。オープンキャンパスは平成28年8月5日に行われた。私たち電腦飛行は、活動内容をまとめたポスターと、製作した飛行機、前年度に自動操縦部門に出場した機体の展示を行った。今年度は場所が悪くあまり人が来なかったが、来てくれた高校生や親御さんに飛行機やプロジェクト活動に関する説明や自動制御を見せ、実際に製作した機体に触れてもらうことで興味をもってもらった。オープンキャンパスに参加することで山口大学や電腦飛行のアピールに繋がった。写真10にオープンキャンパスの様子を示す。



写真 10 オープンキャンパスの様子

3. 活動予定

今後の活動として飛行ロボコンでの反省を行い、来年以降の活動に役立てるようにノウハウをまとめた資料作りや操縦者の練習を行う。また、10月29日に山口大学吉田キャンパスで行われるホームカミングデーや工学部で行われる11月27日に山口大学常盤キャンパスで開催される常盤祭に参加し、おもプロ活動のアピールをする予定である。さらに、地域住民参加型のイベントである「紙飛行機教室」も開催や機体にカメラを積んで動画の撮影、マルチコプターの製作を行うことを考えている。マルチコプターは飛行ロボコンの部門の一つであり、来年度以降にマルチコプター部門の出場を考えている。最終的にはレスキューロボットコンテストのような社会的かつ実用的な大会に出場を目標として、電脳飛行の活動を社会の役に立つような方向にしたいと考えている。

4. 上半期の予算執行報告

上半期の予算執行状況を表2に示す。

表2 上半期の予算執行状況

機体（材料・消耗品など）	34,505 円
機体（電装系など）	22,628 円
旅費など	379,640 円
その他（郵送料など）	29,787 円
合計	466,560 円