

ニュータイプ無人航空機設計計画

ー 電脳飛行 ー

構成員	代表者		長岡	賢 (創成 M1 年)		
	一田	剛 (創成 M2 年)	岡屋	達也 (創成 M2 年)	竹下	知宏 (創成 M2 年)
	青戸	亮太 (創成 M1 年)	小栗	稜滋 (創成 M1 年)	岸田	侑子 (創成 M1 年)
	末広	将嵩 (創成 M1 年)	増川	拓磨 (創成 M1 年)	柳下	里音 (創成 M1 年)
	大坪	宙熙 (工学 B4 年)	河原	遼太 (工学 B4 年)	桑原	将志 (工学 B4 年)
	澤田	大 (工学 B4 年)	澤村	久佳 (工学 B4 年)	土屋	友哉 (工学 B4 年)
	日野	匠峻 (工学 B4 年)	満塩	桜太 (工学 B4 年)	三輪	俊介 (工学 B4 年)
						他 1 名

1. 本プロジェクトの目的

回転翼機であるマルチコプターと固定翼機両方のメリットを有するハイブリッド UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の設計と開発を目指す。このプロジェクトを通して工学への理解を深めるだけでなく、通常の授業では経験できないものづくりの難しさや楽しさを学ぶ。

「オープンキャンパス」などのイベントにも参加し、地域の方々や高等学校の生徒に山口大学の活動の一つとして「電脳飛行」と「山口大学おもしろプロジェクト」について知ってもらい、ものづくりのおもしろさ、楽しさを伝える。

2. 活動内容

最近の UAV 事情としては、昨今ドローンの代名詞ともなった回転翼機であるマルチコプターは利点として空中停止を行うことが可能で定点撮影に優れるので、個人の趣味における使用から橋の橋脚の点検などといった企業における使用が盛んに行われている。欠点としては複数のプロペラを回転させて飛行を行うためバッテリーの消費が激しく飛行時間が固定翼機と比べて短いこと、また、固定翼機と比べると速度が低く長距離の移動には向かない、といった点が挙げられる。一方、固定翼機の利点として基本的にはプロペラは 1~2 個であるのでマルチコプターと比べてバッテリーの消費が少ないこと、高速度を出しやすいといったことから長距離長時間の飛行が可能である。欠点としてはマルチコプターのような空中停止が困難であることや旋回時バンクするため定点撮影が困難である、といった点が挙げられる。

現在構想し、製作を行っているハイブリッド UAV の特性について述べる。自分達が考えているハイブリッド UAV は基本ベースである固定翼機の主翼翼下に下向きのプロペラを取り付ける構造をしている (写真 1)。通常

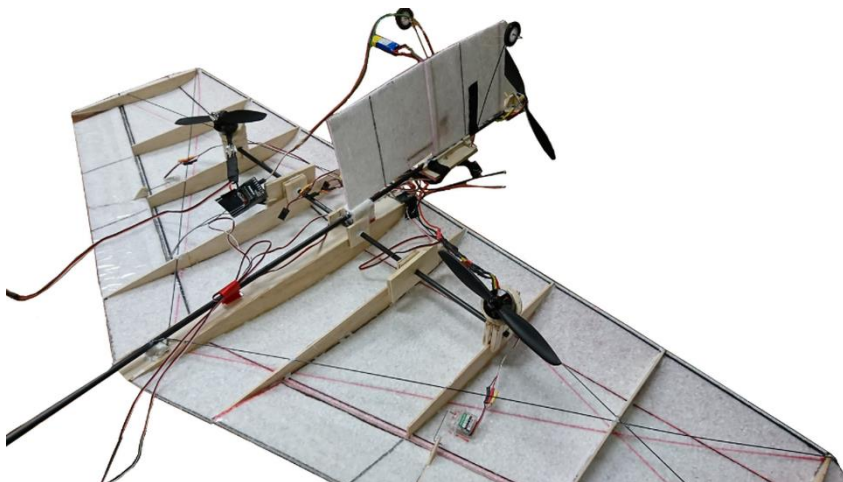


写真 1 ハイブリッド UAV 翼下部分画像

の飛行機は旋回する際に機体を傾ける必要がある。機体を左右に傾けることで普段は垂直上向きの揚力の向きを斜めにし、回転中心方向に向心力を作りだして旋回する。この旋回時の機体の左右の傾きをバンクと呼ぶ。バンク旋回時にはある程度速度がないと高度が維持できず、機体を傾ける必要があるため機体にカメラを搭載した場合の安定的な定点撮影は困難となる。一方、自分達の機体は機体重心付近に設置した横力板と呼ぶ追加の操舵翼を設置し、横力板の操舵およびラダーの操舵によって図1に示すような横滑りを発生させることで低バンクでの旋回が可能となっている。また、横力板を用いた低バンク旋回時、翼両端の速度差によりローリングモーメントが発生する。これを打ち消すためにエルロンを利用すると旋回内側主翼が失速し、機体の姿勢が崩れるため図2に示すようにロール旋回時には左右プロペラの推力を変更し、ロール制御を行うことでエルロンの補助といった機能を持たせる。離陸時や通常飛行時には下向きの推力として利用し、STOL機能（Short Take- Off and Landing, 短距離離着陸機能）の付与や失速速度を小さくすることを目標とする。

これらの特性によってマルチコプターの安定性と固定翼機の長距離長時間の飛行性の両方を有するハイブリッドUAVを製作することを今年度のプロジェクト内容に定めている。

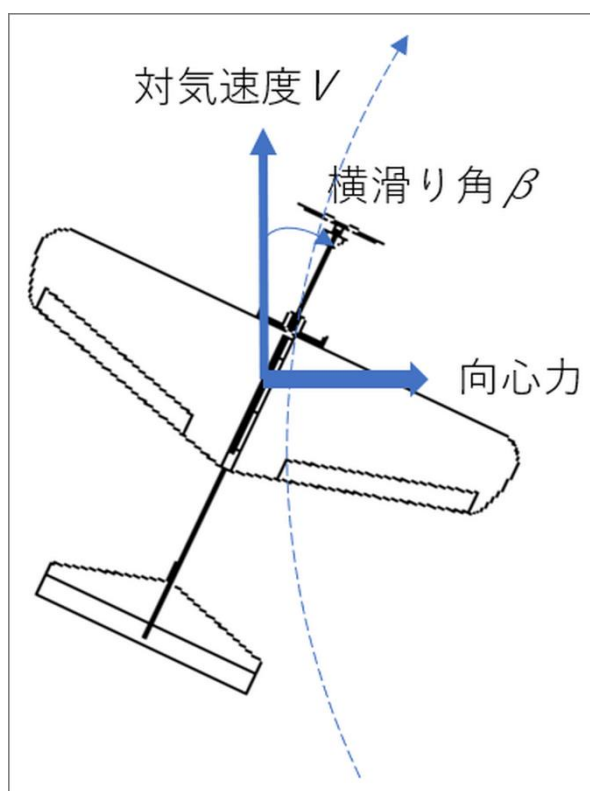


図1 横力板特性

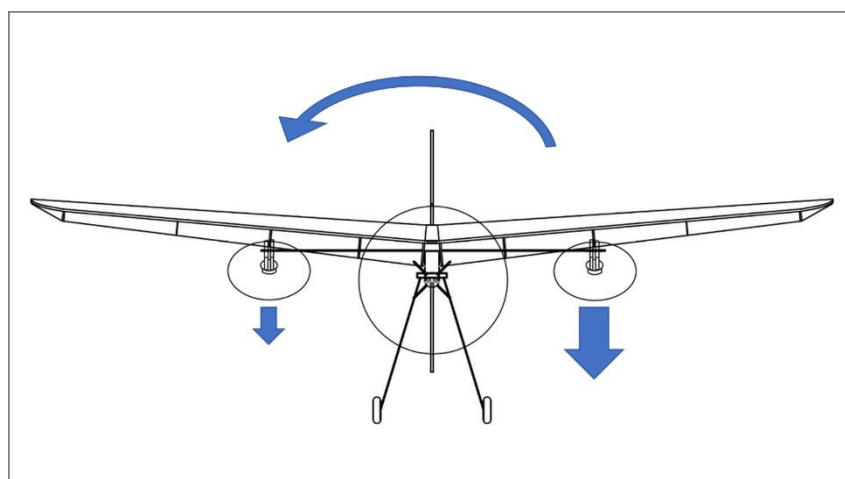


図2 主翼下部プロペラによるロール制御

3. 活動状況

大まかな活動状況について表 1 に示す。

表 1 活動状況

時期	活動内容
5 月 中旬	活動開始, 製作する新型機について構想や思索
6 月 中旬	新規メンバーに機体製作方法などを教えるための機体製作
7 月	6 月中旬からの機体製作続き, 機体完成およびテスト飛行
8 月 下旬	新型機としてハイブリッド UAV の方針が決定, 製作開始
9 月 中旬	ハイブリッド UAV の 1 号機が完成, 試験飛行
9 月 下旬	1 号機の修復, 補強
10 月	1 号機の修復, 「ホームカミングデー」と「自主活動交流会」への参加
11 月	2 号機の製作および完成, 飛行試験, 「常盤祭」への参加
12 月	2 号機の修復, 改良
2 月	「自主活動交流会」への参加

4. 機体製作状況

4.1 試作零号機

昨年度から製作を進めていたプロトタイプを零号機と呼ぶ(写真 2)。本機体は昨年度製作した横力板機を改造した物であり, 主翼下に約 45 度の角度を付けてプロペラを設置している(写真 3)。また, 効果についての検証が難しいため設置による効果が不明であるが, 主翼翼端に主翼下部プロペラが地面に接地しない効果を兼ねてウイングレットを設置している。主翼の翼型形状を形作る骨組み構造であるリブにモーターを直接設置しているため, 強度に問題があること, プロペラ位置および角度の変更が不可能であるという問題点が存在した。



写真 2 試作零号機

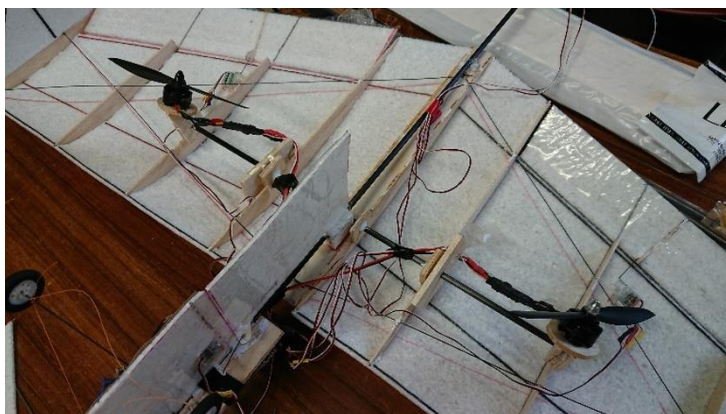


写真 3 主翼下部プロペラ構造

4.2 1号機

試作零号機では主翼骨組みリブに直接モーターを設置していたため強度に問題があった。また、モーターの位置や角度が調整できないため理想的な位置と角度が把握できない、という問題点があった。そのため1号機(写真4)では、リブにモーターを直接設置しない構造およびプロペラ位置角度の調整機構(写真5)を持った機体を製作した。これによって試作零号機ではプロペラ位置は固定で角度を45度から変更することができなかったのに対してプロペラ位置、角度の調整が可能となった。



写真4 1号機

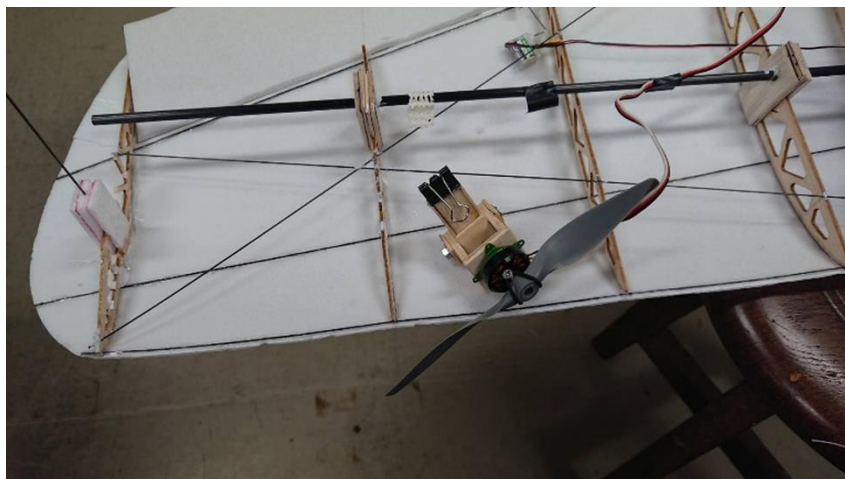


写真5 プロペラ位置、角度調整機構

1号機の飛行試験時、左右プロペラが同時に回転しないという問題が発生した。アンプが故障している可能性およびモーター本来の特性ということが考えられたため両方とも別の物に変更した。また、飛行中に何度か操縦不能となる事態が発生した。原因は配線の被覆がしっかりと行われていない部分があり飛行時にArduinoマイコンと接触し、ショートしているためであることが判明したので被覆を再度行なった。上記問題は解決したが零号機と比べて飛行が安定せず飛ばしにくい機体となった。

何度も飛行し、墜落しているうちに各部が破損し、飛行が困難な状態となってしまったため強度に余裕を持たせた2号機を製作することを決定した。

4.3 2号機

1号機は飛行試験中の墜落が多く、各部の損傷の悪化により飛行が困難な状態となったので2号機を製作することにした。2号機では1号機において解決しきれずにいた強度問題を解決するために、リブの厚みを2mmから3mmとした。また、モーター固定部分の強化や脚部分の強度を高めた。補助モーターは今まで使用していた物よりも軽い物に変更し、主翼下部に搭載した補助プロペラの性能向上を目的として翼に空気取り入れ口を開けた。写真6、写真7に2号機の画像、写真8にリブ部分の画像を載せる



写真6 2号機



写真7 2号機（上から）

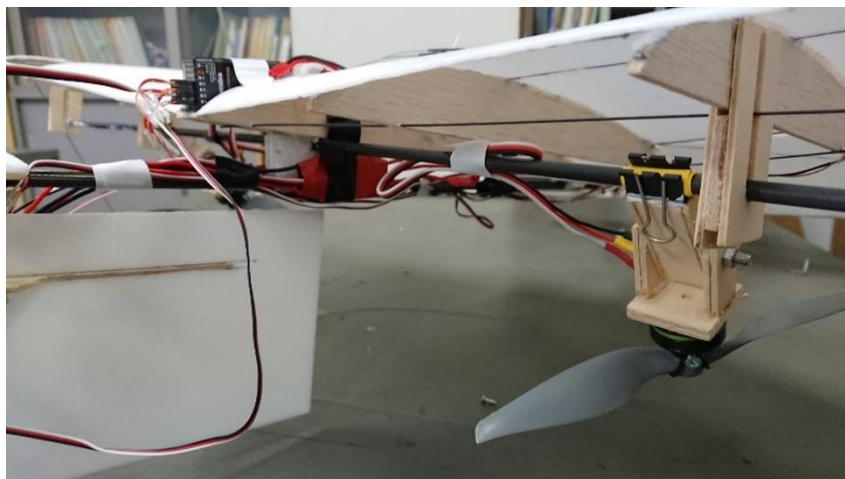


写真8 2号機リブ部分

補助モーターの位置を変化させながら飛行試験を続けた結果、重心付近に近い程飛行時の安定性が増すことが分かった。しかし、モーター3個を搭載したことで重量がかさんでいるため低速時に安定して飛行を続けることができなかった。その後の話し合いではモーター角度を飛行中に変化させる機能や抜本的に機体設計を変える必要があるのではないかとといった案が出た。今回、今までのノウハウを活かして機体の設計や製作を行ったが飛行試験中の墜落による破損といった強度問題を解決することができずにいた。今後機体の軽量化によって墜落時の衝

撃を小さくすることや機体主軸としてカーボンパイプを使用せず、更に強度の高い物を使用するといった改善案が必要であると考えられる。

5. イベントへの参加

5.1 「ホームカミングデー」と「自主活動交流会」への参加

平成 30 年 10 月 27 日に吉田キャンパスで行われた「ホームカミングデー」にて「山口大学おもしろプロジェクト」の採択プロジェクトとして展示を行うとともに、同日開催であった「自主活動交流会」に参加した。交流会では本学や医学部のチームと交流することができ、自分達とは異なるプロジェクトの活動について知ることができた。また、飛行機製作を行っているプロジェクトがあり活動の参考とすることができた。この両機会において「電腦飛行」の活動について広く認知していただけたのではないかと考えている。

5.2 「常盤祭」への参加

平成 30 年 11 月 17 日に工学部常盤キャンパスで開かれた「常盤祭」に「電腦飛行」として参加した。昨年度の反省を踏まえ、より多くの方に興味を持ってもらうために看板や案内の紙を貼るといった工夫を行った。また、実際に機体を飛行させる展示飛行を行うことで説明一辺倒とならないようにした。結果として昨年よりも多くの方に来場いただき、学生だけでなく高等学校の生徒や地域の方といった幅広い世代の方に活動を知ってもらうことができた。写真 9 に「常盤祭」で撮影した画像を示す。

参加者の方に話を聞くと、パンフレットではなく体育館入口に設置した看板を見て興味を持った、とのことだったので、体育館前だけでなく食堂付近や正門といった目に留まりやすい場所に看板を置くことで更に多くの方に来ていただけるのではないかと考える。



写真 9 「常盤祭」での展示飛行の様子

5.3 「自主活動交流会」への参加

平成 30 年 2 月 22 日に常盤キャンパスで行われた今年度 2 回目の「自主活動交流会」には「電腦飛行」のメンバー 3 人が参加した。交流会では、工学部だけでなく医学部や本学の「山口大学おもしろプロジェクト」の方ともグループワークを行い、お互いへの理解を深めることができた。

6. まとめ

今年度、「電腦飛行」は新しいコンセプトを持ったハイブリッド UAV の設計や製作という新しい目的に挑戦した。マルチコプターの安定性と固定翼機の長距離長時間の飛行性の両方を兼ね備える機体の製作を目的として活動を行った。結果としては推進用モーター 1 個に加えて旋回用の補助モーター 2 個を搭載したことで機体重量が増加し、飛行時の安定性を保つことができなかった。当初の目的達成とはいかなかったが、何度も機体を製作したり、修理や改良したりしていくことでメンバーの機体製作技術の向上や新型機製作のノウハウ、中々上手いものづくりの難しさについて学ぶことができた。参加したイベントの一つである「常盤祭」では昨年の反省を踏まえることでより多くの方に活動に興味を持ってもらうことができた。

今後も「電腦飛行」は今までのノウハウを活かしつつ新たな飛行機を設計や製作し、ものづくりの楽しさ、難しさを学び、発信していくことで更なる飛躍を遂げていきたいと考えている。