

# 飛行制御研究用無人機 GAV-5 の開発

## Development of GAV-5 UAV for flight control research

○長谷川 知恭, 佐藤 淳

○Tomoyasu Hasegawa, Atsushi Satoh

岩手大学

Iwate University

キーワード： GAV-5, 飛行制御

連絡先： 〒 020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5  
岩手大学大学院 工学研究科 機械システム工学専攻

佐藤 淳, Tel: 019-621-6404, E-mail: satsushi@iwate-u.ac.jp

### 1. 緒言

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)とは遠隔操作・自律制御により飛行可能な無人航空機のことである。無人という特性から、人間が近づき難い危険な場所での活動や調査へ利用されており、JAXA<sup>1)</sup>をはじめとする様々な研究機関で研究・開発が進められている<sup>2)</sup>。UAVの研究・開発には機体、シミュレーションプログラム、飛行試験環境などを含む研究基盤が必要である。

通常、UAVは外乱の影響や、視界外での飛行において発生する通信の遅延などを考慮し、機体の姿勢安定化のための制御系を搭載している。また、自律飛行には機体の姿勢安定化に加え、誘導・航法制御が必要となる。そのため、UAVには、飛行制御系が必要となる。

飛行制御系の研究・開発には、計測・制御用機器を搭載した研究用機体や、その空力データが必要となる<sup>3)</sup>。そのため、市販のラジコン機は以下の点で研究用機体として不十分である。

- 空力特性や慣性特性のデータが不明。ま

た、翼型にメーカー独自のものを用いていることが多く利用可能な空力データが存在しない

- 長時間(数十分以上)の飛行やラジコン用機器以外の機器の搭載を想定していないため機内容積が小さい

そのため、本研究では様々なミッションへの汎用性を確保し、搭載機器の変更を想定したペイロードや迅速な制御系の改良・更新が可能な特徴を有する飛行制御研究用無人機 GAV-5 の開発を行った。

### 2. 機能要求

飛行制御の研究用機体には運動モデルの決定に必要な応答データの取得や、応用的ミッションのためのウェイ・ポイント方式での自律飛行などを行うために、飛行中にリアルタイムでの計測・制御が可能なシステムを搭載する必要がある。また、試験の効率を考えると、ある程度

長時間の試験飛行が可能であることが望ましい。そのため、研究用機体への機能要求は以下のよう設定した。

### 1) 計測情報

- 姿勢角 (ヨー, ピッチ, ロール), 角速度
- 加速度
- 緯度, 経度, 対地高度, 方位
- 対気速度
- 横滑り角, 迎え角

### 2) 制御機能

- 任意の動的制御器の実装機能 (MATLAB/Simulink 環境を利用)
- アクチュエータコマンドの発生

### 3) 飛行性能

- 30 分以上の計測飛行
- 地表高度 250m 以下, 目視可能範囲での飛行
- 動力・ラジコン機器を除いた計測機器, 電源搭載のためのペイロードとして 1[kg] を想定

## 3. 飛行制御研究用無人機 GAV-5

GAV-5(Fig.1) の諸元を Table 1 に示す。

Table 1 GAV-5 緒元

全長	1465mm
全幅	2404mm
全備重量	3330 g
ペイロード	1000 g 以上
翼型	Eppler E197
動力	ブラシレスDCモータ
バッテリー	11.1V 5000mAh LiPo バッテリー× 1 (モータ・サーボ用電源) 11.1V 1300mAh LiPo バッテリー× 2 (センサシステム制御系電源/フラップ用電源)



Fig. 1 研究用無人機 GAV-5

制御基板とセンサシステムは胴体内部に搭載し, GPS アンテナは機体上部に, ピトー管は左翼端に設置している。

今後搭載予定の迎え角・横滑り角センサは右翼端に設置する予定である。

また, 3DCAD を用いた設計と NC 工作機械による加工により現物合わせを可能な限り排除し, 複数製作時の個体差が発生しないようにすることで製作時・補修時の再現性を確保した。

## 4. 搭載機器

### 4.1 ANS1 PIC 制御基板

岩手大学 佐藤研究室が開発した ANS1 PIC 制御基板 (Fig.2, 寸法: 60mm × 70mm × 30mm, 重量: 34.6g) は mbed マイコンと PIC マイコンで構成された小型 UAV への搭載を意識した小型軽量, 低コストな制御基板である。基板上のシステム構成は Fig.3 に示す。

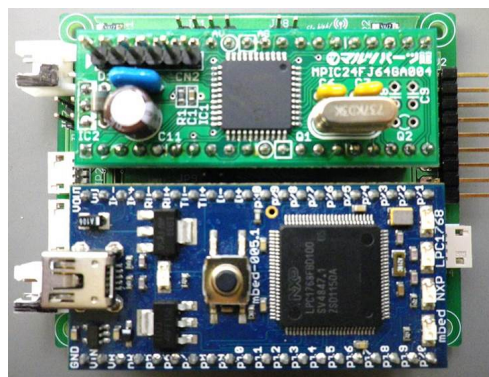


Fig. 2 ANS1PIC 制御基板

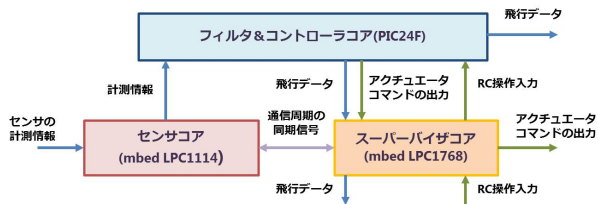


Fig. 3 基板上のシステム構成

制御系の開発において、研究者がソフト/ハードウェアの知識に精通していない場合、開発には多大な労力を用する可能性がある。そこで、制御系の開発を容易にするため、本制御基板ではMATLAB/Simulinkが持つ自動コード生成機能を利用して、Simulinkブロックで制作した制御系の処理を自動的にCコードへ変換、PIC24Fマイコンへ実装することが可能になっている。開発・実装は以下の流れで行う。

- 1) 実機のセンサ・アクチュエータに対応する入出力ブロックを利用し、Simulink上で制御系を作成
- 2) Cコード自動生成、コンパイル
- 3) PIC24Fへ書き込み
- 4) 実機と接続した状態でHIL検証

これにより、制御用プログラムを手作業で開発する必要がなくなり、ハードウェアの知識を持たないものでも制御系の開発を容易に行える。

## 4.2 センサシステム

搭載しているセンサシステムと各センサで計測している状態量を Table 2 に示す。

Table 2 センサーと計測項目

装置	計測項目	品名
IMU(Inertial Navigation Unit)	3軸まわりの角度・角速度, 3軸方向の加速度, 磁気方位	HIROBO IMU-05
GPS(Global Positioning System)	緯度, 経度, 海拔高度	PA6C
ピトー管	対気速度	SSCDRRN002ND 2A3
気圧高度計	温度, 気圧高度	MA5611

## 4.3 搭載システムの全体構成

システムは Fig.4 に示すように ANS1 PIC 制御基板とセンサシステム, アクチュエータ, 無線通信機器で構成される。

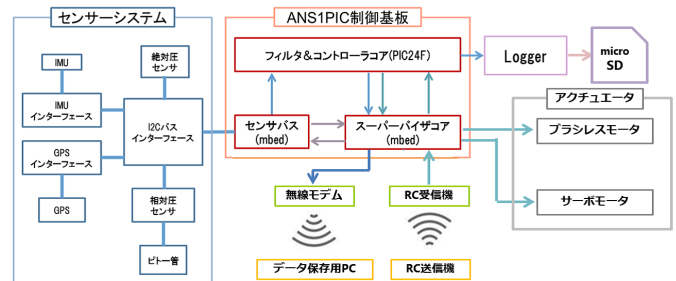


Fig. 4 飛行制御システムの構成

各センサで計測されたデータはI2Cバスインターフェースを経由して制御基板に送信される。全データ(コントローラ状態, パイロット入力, 機体状態, 位置情報, エアデータ)はmicroSD内に保存される。同時に、一部のデータは地上局のデータ保存用PCに送信され、搭載システムが正常に動作しているかの確認が可能である。

## 5. 搭載システムの動作確認試験

GAV-5 に搭載したシステムの正常な動作を確認するための飛行試験を行った。

### 5.1 飛行試験 (H27年4月8日実施)

予め、岩手大学工学部で実施した地上試験においてシステムの正常動作を確認したので、飛行試験を実施した。試験時は手投げによる離陸、胴体着陸による回収を行った。当日の試験環境を Table 3 に示す。

Table 3 飛行試験環境

場所	岩手大学農学部農場
海拔高度	224m
盛岡市の大気圧	1007hPa
盛岡市の気温	6℃
天気	晴れ
現地の風速	最大風速 10.0m/s(現地での計測)

## 5.2 試験結果

約 21 分間の計測を行った。飛行を行った 15 分から 16 分の区間での計測結果を Fig.5~Fig.11 に、飛行経路の結果を Fig.12 に示す。相対高度は計測開始時の高度を基準とした気圧高度である。

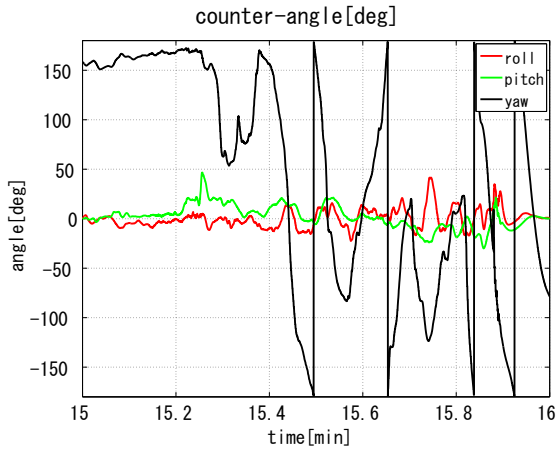


Fig. 5 各軸周りの角度

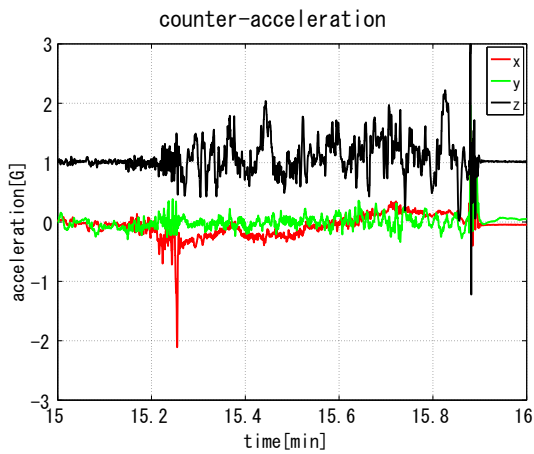


Fig. 6 各軸周りの加速度

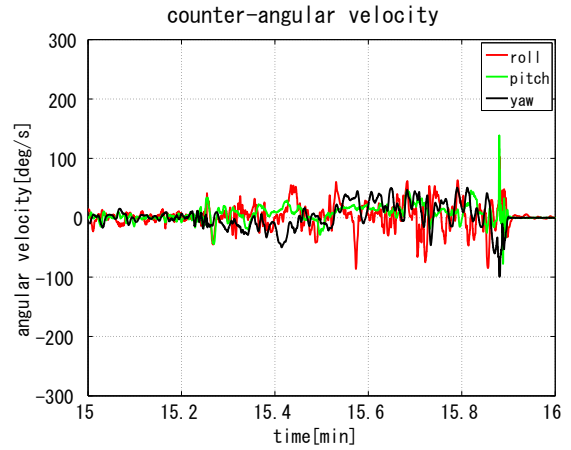


Fig. 7 各軸周りの角速度

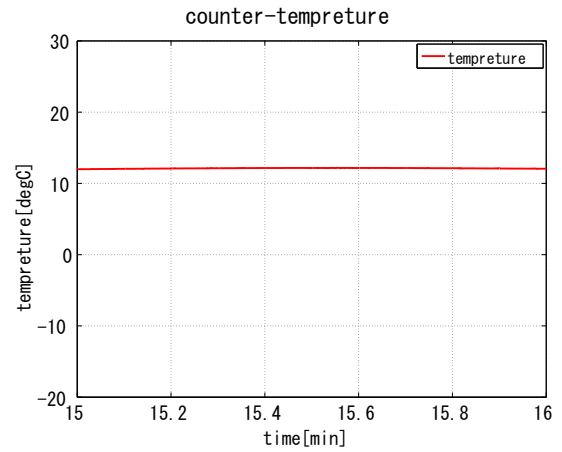


Fig. 8 胴体内温度

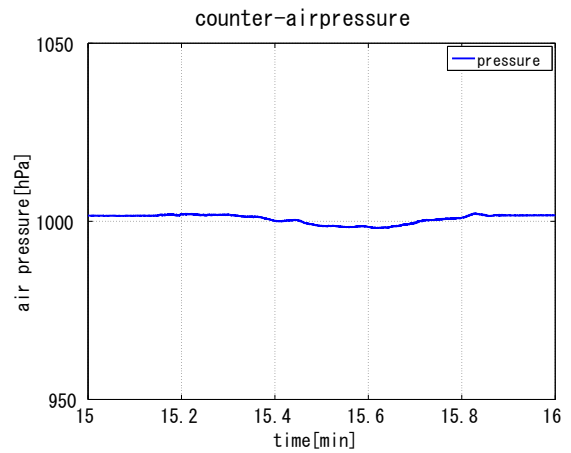


Fig. 9 大気圧

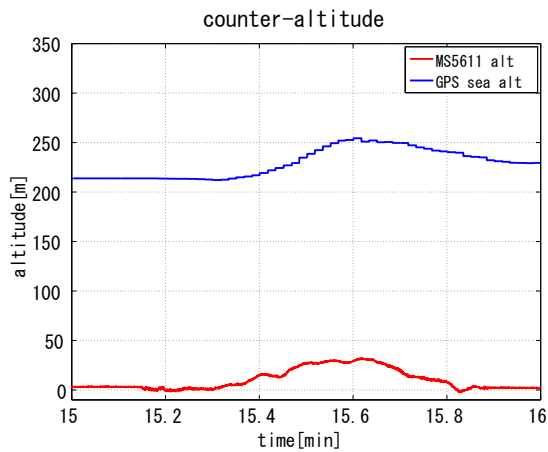


Fig. 10 相対高度および GPS 高度

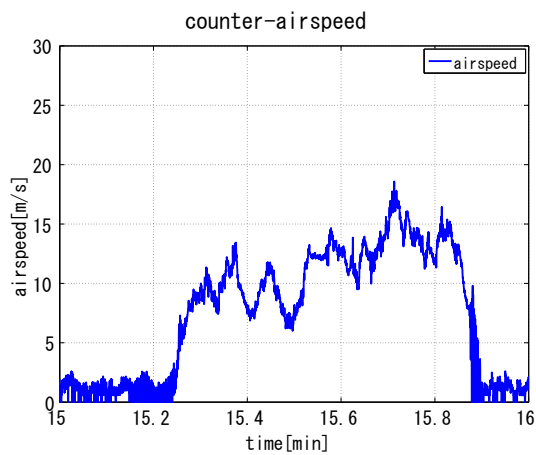


Fig. 11 対気速度

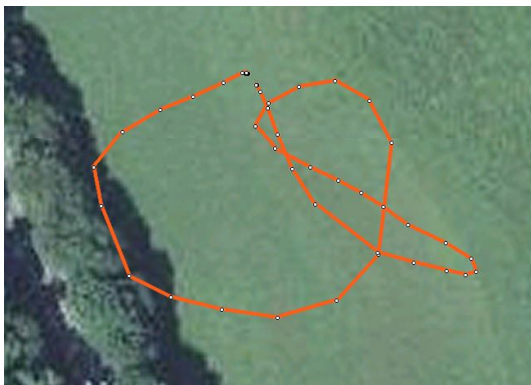


Fig. 12 飛行経路

計測結果より、各センサの計測値や GPS でプロットした経路には不自然なジャンプが発生しておらず、Table 3 と比較しても値がかけ離れて

いないため計測は正常に行われていたと考えられる。

## 6. 結言

本研究では UAV の飛行制御開発の研究基盤を構成する主要要素のひとつである飛行制御研究用無人機 GAV-5 の開発を行った。本機体は佐藤研究室で開発した ANS1 PIC 制御基板およびセンサシステムを搭載し、ソフト/ハードウェアの知識を必要とせず MATLAB/Simulink 環境で制御系の開発が可能である特徴を持っている。また、飛行試験から搭載機器が正常に動作することも確認できた。

今後は迎え角・横滑り角センサの開発と風洞試験による空力パラメータの決定、飛行試験データに基づくシステム同定実験を行う予定である。

## 参考文献

- 1) JAXA Multipurpose Unmanned Aerial Vehicle Team “多目的小型無人航空機の開発と気象観測飛行実験”，宇宙航空研究開発機構，
- 2) 野波健蔵 “民生用自律無人航空機 UAV・MAV の研究開発の現状と展望”，日本機械学会論文集 C 編，Vol.72, No.721(2006)，pp.2697-2705
- 3) Andrei Dorobantu, Will Johnson, F. Adhika Lie, Brian Taylor, Austin Murch, Yew Chai Paw, Demoz Gebre-Egziabher, and Gary Balas, *An Airborne Experimental Test Platform: From Theory to Flight*, 2013 American Control Conference(2013) 659-673