

無人航空機における自律制御の精密化

Refinement of Autonomous Flight Control for Unmanned Aircraft.

基盤ソフトウェア学講座 0312012130 沼里 和樹

指導教員： 澤本潤 杉野栄二

1. はじめに

近年、小型無人航空機は高画質カメラや多種多様な高精度センサ類、制御システム等を搭載し、無人航空機を用いた災害時の被災者の捜索や被災地の測量、宅配サービス、子供の見守りシステム等、様々な分野で無人航空機の活躍が期待されている。それに伴い、GPSを用いた自律制御の精密化に関する研究や、パソコンに依存しない自動制御を行える無人航空機の開発等が行われている。

無人航空機の自律制御は主にGPSと画像処理を利用した制御を行っている。しかし、GPSを用いた自律制御には ± 2 メートル程度の誤差や、通信時の機体移動による現在位置と通信時の位置のズレが発生し、正確な機体制御を妨げる。この問題を解決するために、カルマンフィルタを用いた機体制御¹⁾のような機体制御の精密化や、画像処理を用いた対象との位置把握に関する研究²⁾が行われているように、より精密な自律制御手法の開発が求められる。

そこで、本研究ではGPSを用いず、前方向カメラを利用した画像処理のPID制御や、各種センサを組み合わせた自律制御のシステムを提案する。提案するシステムでは、図1に示すパロット社のAR.Drone2.0に搭載されたカメラ、各種センサを用い、機体の制御はwi-fiを用いたパソコンとの通信によって行う。

2. システム構成

本研究では、ある色のついた物体を機体制御のマーカーとした画像処理を利用し、撮影した画像の中心とマーカーの重心位置の差を修正し、機体をマーカーに合わせた移動をさせることで機体移動の誤差を減らし、自動制御の精密化を行わせる。前述した画像処理による機体制御は取得画像における中心とマーカーの重心との差であり、機体の角度や移動距離を考慮したものではないために機体が安定しない。

そこで、機体の角度、移動距離について、初期位置と現在位置との差に制限を設け、センサから受け



図1 AR.Drone2.0

取った角度、移動距離がその制限を超えた場合に機体の角度、位置の修正を行うことで機体位置を安定させ、自律制御をより精密にする。

2.1. 画像処理について

前カメラの画像からマーカーを検出し、画像上でのマーカーの位置とその重心を求めるアルゴリズムを次のように実装した。実際に起動したマーカー検出後の画面を図2、2値化の画面を図3に示す。

- 1) 元の画像をHSV変換する。
- 2) H成分とS成分、V成分の指定色部分を2値化し、指定色部分とそれ以外を区別する。
- 3) 得られた2値化画像から、輪郭をすべて抽出する。
- 4) 検出された2値化画像の中から、輪郭の大きいものをマーカーとする。
- 5) マーカーの重心を取得する。
- 6) マーカーの重心と画像の中心の差から偏差を検出。
- 7) 検出した偏差から移動方向と移動速度を指定する。

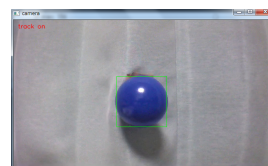


図2 2値化前の画像

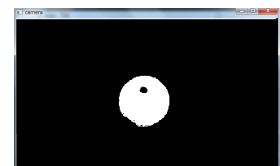


図3 2値化後の画像

2.2. PID 制御について

前カメラの画像から抽出したマーカーと画像の中心の差から移動速度を算出するにあたって、PID 制御のアルゴリズム³⁾を次のように実装した。PID 制御において、偏差、積分項、微分項を制御するゲイン値 p ゲイン、 i ゲイン、 d ゲインをそれぞれ k_p 、 t_i 、 t_d とする。

- 1) 画像の中心とマーカーの重心の偏差を算出
- 2) イベント時間を検出
- 3) 積分項を画像とマーカーの偏差にイベント時間をかけて算出。
- 4) 微分項を今回偏差から前回偏差を引いたものをイベント時間で割り算出。
- 6) 操作量を $k_p * (\text{重心と画像の偏差} + (\text{積分項} / t_i) + (t_d * \text{微分項}))$ の式に当てはめて算出。

3. システム設計

本研究では、無人航空機に AR.Drone2.0 を、制御プログラムの作成には CVDrone を使用している。AR.Drone2.0 には加速度センサ、ジャイロセンサ、磁気センサが搭載されており、本研究ではこれらセンサと前方向カメラを利用した自律制御を行う。具体的なシステム構成を図 4 に示す。

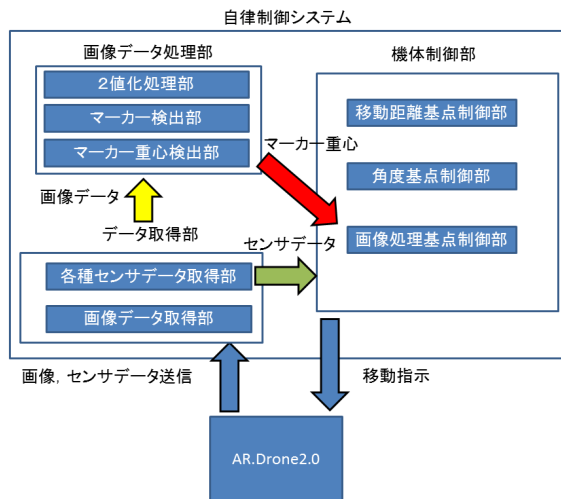


図 4 システム構成

4. 実験内容

実装したシステムについてマーカーのサイズは直径 6.5cm、AR.Drone2.0 とマーカー間は 2.0m の距離から自律制御を行う。本実験は画像処理と各種センサを組み合わせた場合の自動制御がより精密化されているかを見るためのものであり、比較対象とし

て単純に直進移動指示のみを出した場合の機体の挙動との比較を目的としている。実装したシステムについて速度*時間で割り出した横方向の移動距離と、画像処理のみを利用したについて観測したグラフを図 5 に示す。図 5 の縦軸は機体の横方向の移動を示したものであり、初期位置から左方向を+ 右方向を-としている。横軸は経過時間を示す。

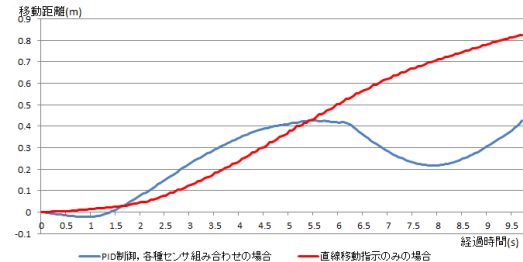


図 5 横方向の機体の移動について実装システムと直進移動指示の場合の比較

5. 実験評価

図のグラフから、画像処理、各種センサを組み合わせたと、直進移動指示をさせた場合では、機体の動きに明らかな差があることが見て取れる。また、初期位置ではなく、マーカーが画像の中心にくる位置を基準に制御を行っていることも見て取れる。

6. おわりに

本研究では、無人航空機の精密な制御について画像処理、3 軸加速度センサ、3 軸ジャイロセンサを組み合わせた方法を提案し、AR.Drone2.0 による実装、評価を行った。また、本実験ではマーカーを利用した直線移動に対する制御についての検証を行ったが、複雑な経路移動についても実装や、長距離の場合のマーカーと基準位置のズレを修正することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 藤山雷太, 諏訪敬祐: AR. Drone を用いた自律型観測システムの最適制御, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 第 15 号, (2014,4)
- 2) 横田恵助, 大矢晃久: "小型自律飛行ロボットを用いた見守りシステムの研究 ~対象人物の位置推定と追従制御~", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 1A1-F04, (2013.5).
- 3) 須田信: PID 制御, 日本ファジィ学会誌, Vol.7, No.4, pp.768-771, (1995).