

## アクティブカメラを用いたヘリコプターの自動制御

### Autonomous flight of unmanned helicopter using active camera.

○今井航, 荒井翔悟, 橋本浩一

○ Ko Imai, Shogo Arai, Koichi Hashimoto

東北大学

Tohoku University

キーワード: アクティブカメラ (active camera), 自律飛行 (autonomous flight)

連絡先: 〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 情報科学研究科 橋本・荒井/鏡研究室,  
TEL 022-795-7021, FAX 022-95-4090, E-mail: shimada@ic.is.tohoku.ac.jp

## 1. 緒言

アクティブカメラを用いた制御と固定カメラのみを用いた制御には以下の違いがある, 1. アクティブカメラによって計測性能の向上が期待できる. 例えば, 制御対象の状態変化に対する特徴量変化が大きくなるようにアクティブカメラを制御することで推定誤差が小さくすることができる. 2. 観測方程式の特性がアクティブカメラの状態によって変化. 3. 制御対象とアクティブカメラの一体的な制御を考える必要がある. 2, 3の課題に取り組むためにヘリシステムを構築することにした. 本論文では構築の現況について報告する.

## 2. システム構成

### 2.1 アクティブカメラを用いたシステム

本稿で提案するシステムは, 小型ヘリコプタ, 送信機, 2台の固定カメラ, 1台のアクティブカメラ, 3台の計算機, DA変換機, 送信機から構

成される (Fig. 1). ヘリコプタの下部には直径 5[cm]4つの緑色のマークが取り付けられている. 2台のカメラはヘリコプタをそれぞれ別方向から見下ろすように設置されている. カメラは事前にキャリブレーションされており, 位置・姿勢は既知である. カメラと接続している PC をクライアント PC と呼び, そうでない PC をサーバ PC と呼ぶ. 全 PC は互いに UDP 通信を行う. 固定カメラは ViewPLUS 製 Dragonfly Express である. アクティブカメラは三菱重工製六軸ロボットアーム PA10 (Fig. 2) の先端に ViewPLUS 製 Grasshopper を取り付けたものである. ヘリコプタは HIROBO 製 X.R.B SR SKY ROBO Shuttle (Fig. 3) である. 各固定カメラのクライアント PC はカメラ画像平面上のマーク位置を計測し, サーバ PC へ送信する. アクティブカメラのクライアント PC はさらに現在のカメラの位置姿勢情報も同時に送信する. サーバ PC は得られたマーク位置情報, 各カメラの位置・姿勢情報よりマークおよびヘリコプタの三次元位置・姿勢を復元する. サー

バ PC はヘリコプタの目標位置・姿勢と復元された現在の位置・姿勢をもとに PID 制御を行い、ヘリコプタへの入力電圧を計算する。計算された入力電圧は、DA 変換機と送信機を介してヘリコプタへ送信される。

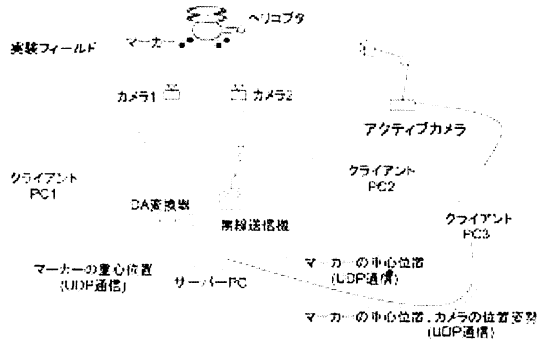


Fig. 1 System configuration



Fig. 2 PA10

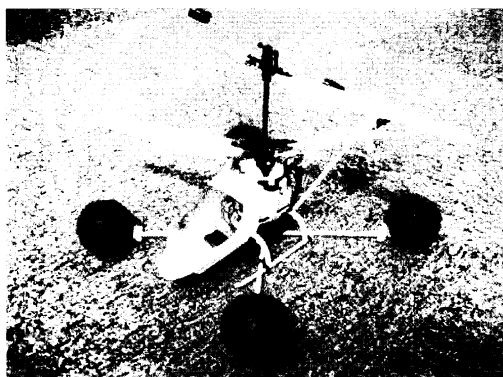


Fig. 3 Fig. 3 X.R.B SR SKY ROBO Shuttle

## 2.2 アクティブカメラを用いないシステム

固定カメラ 4 台のみを用いてヘリコプタの自動制御を行う。ヘリコプタは初期位置から一定高度まで上昇し、30 秒間ホバリングした後着陸するよう目標を設定する。ヘリコプタを自動制御した際のデータを図 4, 5 に示す。図 4 は横軸が時間 [sec], 縦軸はカメラがマーカを検出できているかを表している。図 5 は横軸が時間 [sec], 縦軸はヘリコプタの高度を表しており、赤線は目標値で青線は復元されたヘリの高度である。図 4, 5 より、マーカが 4 つしか検出できていなくても安定して目標に追従する飛行が行えている。

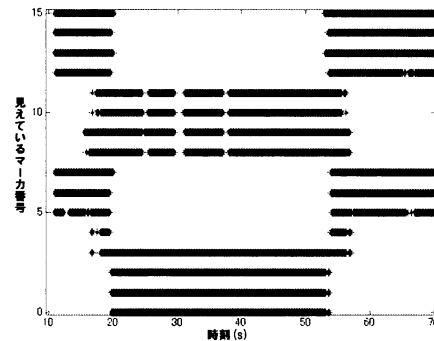


Fig. 4 マーカ検出

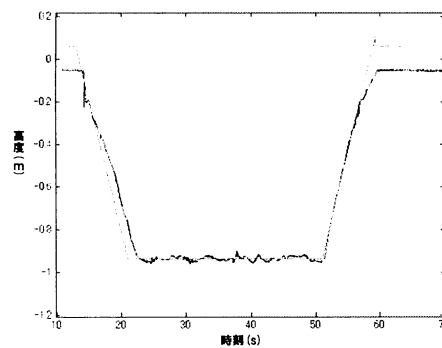


Fig. 5 ヘリコプタの高度

### 3. アクティブカメラの導入

#### 3.1 アクティブカメラ

固定カメラに比べアクティブカメラを用いるメリットは2つある。1つ目は固定カメラの数を削減できることである。なぜならアクティブカメラはカメラの位置・姿勢を目標物体の位置に応じて変化させることで、固定カメラ複数台分の視野を得ることができるからである。2つ目はヘリコプタの三次元位置・姿勢の復元精度が向上することである。アクティブカメラは、目標物体に対して画像特徴変化量が大きい画像を得られるような位置・姿勢にカメラを移動させることでマーカの推定誤差を小さくすることが出来る。

#### 3.2 アクティブカメラを用いたマーカトラッキング

ヘリコプタを手動で飛ばし、アクティブカメラによるマーカトラッキングを行う。トラッキングは画像ベース法で、マーカ重心がカメラ画像の中心近傍に存在するようにアームをPID制御する。ただし、カメラの位置は変わらずピッチ、ヨー方向の回転のみ行う。結果を図6、7に示す。図6はマーカ重心のカメラ画像面上での軌跡を表しており、画像中心を原点として縦軸が-240 240[pixel]、横軸が-320 320[pixel]である。図7はカメラの回転を表しており、縦軸がピッチ方向の回転[deg]、横軸がヨー方向の回転である。図6より、カメラはマーカ重心を視野内に捉えられているが、ヘリの位置が急激に変化するとカメラの追従が不十分である。

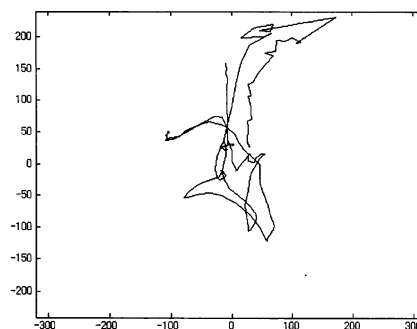


Fig. 6 画像平面上的のマーカ重心座標

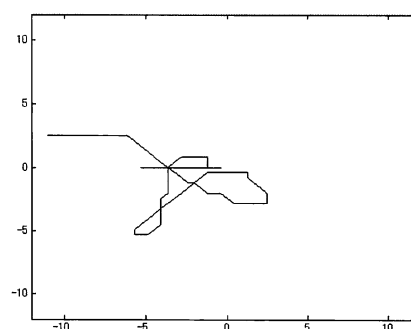


Fig. 7 カメラの回転

### 4. 結言

アクティブカメラを用いたマーカトラッキングを行うことが出来た。しかし、実際にヘリコプタの自律飛行システムに用いるにはトラッキングの精度をあげる必要がある。今後の課題は、トラッキングの精度を向上させアクティブカメラを用いたヘリコプタの自律飛行を実現させること、及びよりヘリコプタの三次元位置・姿勢復元の精度をあげるための最適なカメラの位置・姿勢を考え、それを制御に加えることである。