

# 自律飛行ロボットにおける学習システムの構築

佐々木 俊哉<sup>1</sup>, 本田 泰<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

<sup>2</sup> 室蘭工業大学 しくみ情報系領域

## 概要

固定翼型の飛行ロボットの学習システムの構築について述べる。本研究では、飛行ロボットが地上からの指令やあらかじめプログラムされた指令ではなく、人間による操作を学習し自律的な飛行を行うことを目指している。本論文では、学習に必要な位置情報と操作信号を1つのデータストリームとして制御用ボードコンピュータに入力する、機体の学習データの取得システムについて述べる。

## Construction of a learning system for an autonomous flying robot

Toshiya Sasaki<sup>1</sup>, Yasushi Honda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Sciences and Systems Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

<sup>2</sup> College of Information and Systems, Muroran Institute of Technology, Japan

## Abstract

We describe a construction of a learning system for an autonomous flying robot. The aim of this project is that the flying robot automatically learns control operations without any instruction programs beforehand and autonomous movements are obtained by the flying robot. The learning system for autonomous flying robot is constructed by a PIC circuit which treats control signals and GPS data simultaneously as a data stream.

## 1 はじめに

無人航空機 (UAV) は航空機をコンピュータで制御し自動飛行するという発想から生まれたものである。近年、無人航空機は様々なところで活躍が期待されて来ている。例えば災害現場などの人間が立ち入ることができない現場での情報収集、被災地での不明者の探索、空中写真の撮影など活躍が期待される。

現在開発されている無人飛行機の多くは数メートルのサイズを持つ [1] 比較的大型の固定機翼となっており、外乱にたいして強い反面、取扱いが大がかりとなり墜落などの事故の際の被害が甚大となると考えられる。いっぽう、数十センチ程度の小型の固定機翼機は外乱には弱い、扱いが比較的容易であり、墜落時の被害等のリスクも低いと考えられる。

小型の固定機翼機の制御法として、フィードバック制御や部分的にニューラルネットワークを組み込んだフィードバック誤差学習等により飛行制御を行うという構想もあるが、それらは、飛行制御を行う際に比例航法等を用いて飛行制御のための計算を行っている。[2]

本研究では、1m 以下の翼幅と長さを持つ固定機翼機と小型のボードコンピュータを組合せ、人間による操縦情報や位置情報のデータを取得するシステムを構築し、それらのデータを元に学習システムに学習をさせ、飛行制御のために比例航法等の計算は用いず、学習システムのみで自律飛行可能な飛行ロボットの開発を目指している [3]。本論文では PIC 回路を用いてロボット制御信号と GPS データを同時に取得するシステムについて述べる。このシステムは

自律飛行ロボットの学習データを取得するための重要な役割をになっている。

## 2 飛行ロボットにおける知的機能

自律ロボットにおける知的機能の階層構造を図1に示した。反応行動については、飛行ロボットに搭載しているジャイロセンサーによる自動姿勢制御機構により、飛行時の姿勢を維持し墜落を回避することを実現している。本研究では飛行ロボットに学習システムを組み込むことで、計画行動・適応行動という知的機能の獲得を目指している。

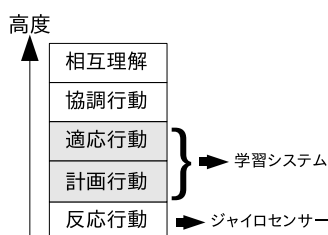


図 1: ロボットにおける知的機能の階層構造

## 3 学習システム

飛行ロボットへ知的機能を搭載し自律飛行を実現するために、本研究では人間の操作情報と位置情報を教師データとしたニューラルネットワークでの学習システムの構築を目指している。具体的には教師データ取得時に人間が通常のラジコン飛行機のように操縦を行い、その時の操作情報（ラダー・エレベータ）と位置情報（緯度・経度・高度）を保存しオフライン学習を行う。学習が完了したニューラルネットワークを飛行ロボットに搭載したボードコンピュータ上で稼働させることにより自律飛行を実現を目指している。

## 4 教師データ取得システム

学習システムに用いる教師データを取得するために、教師データ取得時の飛行ロボットは図2のような構成とした。

人間の操作情報を取得するため、レシーバーから出力されるラダー、エレベータの操作信号（パルス信号）をそれぞれ分岐し、一方はPIC回路経由でボードコンピュータ (Armadillo-300) へ送り、もう一方はジャイロセンサーを介してラダーサーボ、エレベータ

サーボへ直接送信する構成としている。エルロンとモーターの操作信号は今回学習データとして用いないため直接エルロンサーボとモーターコントロール用のアンプに入力した。位置情報に関してはGPSモジュールからPIC回路を経由してNMEA-0183フォーマットでボードコンピュータへ送信を行っている。

取得した教師データはボードコンピュータの無線LANの圏内であれば、リアルタイムに地上のノートパソコン等で受信可能となっているため、地上のノートパソコンの画面上で現在地情報・速度情報・操作情報などのグラフィカルな表示等も可能となっている。

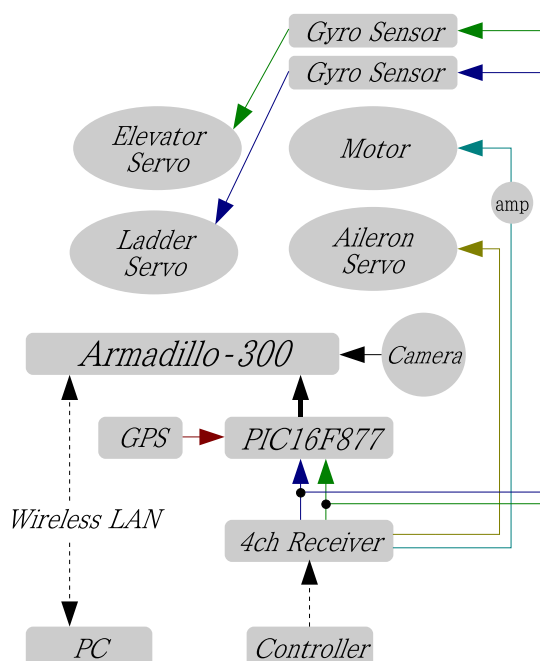


図 2: 学習用データの取得時の飛行ロボットの構成

### 4.1 PIC回路 (PIC16F877)

飛行ロボットに搭載しているPIC回路は図3のような回路図となっている。PIC回路の役割は操作信号・位置情報をそれぞれ受け取り、一つのデータとしてまとめてボードコンピュータへ送信することである。

まず、操作信号の処理に関して、飛行ロボットに搭載されているサーボは受け取った操作信号（パルス信号）のパルス幅に応じてサーボ角が変化仕様となっている。そのため、PIC回路では送られたラダーとエレベータの操作信号のパルス幅を計測し

数値化を行っている。

また、GPS モジュールから送信されるデータは NMEA-0183 フォーマットで 5 回/秒で送信されている。GPS モジュールと PIC との間には電圧差があり直接通信できないため、RS-232 Transceivers を用いて GPS モジュールからの信号を RS232 レベルに一度変換し、さらに TTL レベルへと変換を行い PIC へ入力している。PIC 内部では教師データとして必要な位置情報を含む行のみを抽出している。

これらの位置情報・操作情報の各データを PIC 回路で結合・整形を行い、ボードコンピュータ (Almadillo-300) で受信できる電圧レベルへ信号の変換を行い、図 4 の様な形式としてボードコンピュータへ送信している。ボードコンピュータはシリアルインターフェイスを 2 個しか持っておらず、コントロール信号と GPS データを 1 つのデータストリームにすることによって、1 つのシリアルインターフェイスを介して 2 種類のデータを取得することが可能となった。

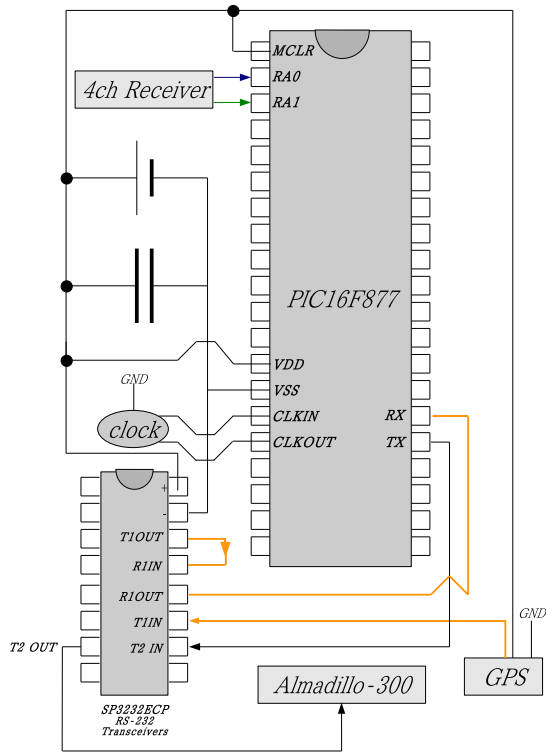


図 3: PIC 回路図

```

SGPGGA,081225.600,4220.6075,N,14056.7424,E,1,7,1.72,7.0,M,34.6,M,+,50
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:122(237) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:128(267)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
ladder:124(238) elevator:129(268)
SGPGGA,081226.200,4220.6074,N,14056.7423,E,1,7,1.72,6.8,M,34.6,M,+,58
    
```

図 4: 実際の飛行で取得したデータ

す。方位角 (*deg*) は真東を基準とし、ラダーの操作量はコントローラの操作量に応じて  $1.0 \leq \text{操作量} \leq 1.0$  の範囲で表現しており、全区間のラダー操作量の積算値の傾きが正の値を取るとき飛行ロボットは反時計回りに、負の値を取るときは時計回りに旋回する。

図 5 より、ラダー操作量の積算値の傾きの変化に応じて方位角の傾きも変化していることが確認でき、本研究で開発したシステムによって、ラダーの操作に応じた飛行ロボットの動きを正しく取得できていると考えられる。

また、図 6 に実際の飛行から得られたデータを地図上にインポートできる形式に変換し、地図上に直径約 100m の飛行ルートを白線で表示したものを示す。

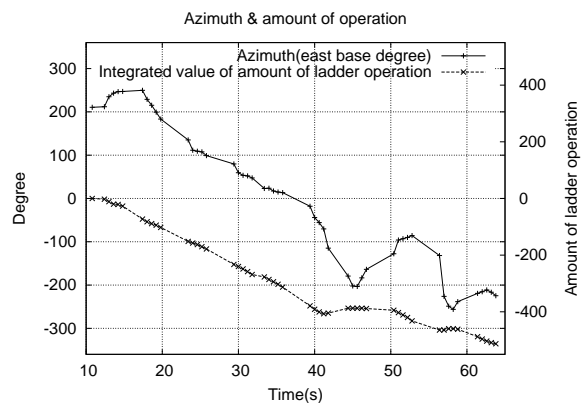


図 5: 方位角とラダーの操作量

## 4.2 取得データ

取得したデータから算出した飛行ロボットの方位角、及び全区間のラダー操作量の積算値を図 5 に示



図 6: 実際の飛行ルート

- [2] 松浦晃子、鈴木真二:ニューラルネットワークを用いたUAVの誘導飛行制御、日本機械学会交通・物流部門大会講演論文集、巻:15th 頁:245-248 (2006)
- [3] 本田 泰、佐々木 俊哉:第 14 回交通流のシミュレーションシンポジウム論文集 (2008) 25-27

## 5 まとめ

汎用コンピュータと PIC 回路を機体に搭載することで、人間による操作情報と位置情報が取得可能なシステムを構築した。このシステムを利用することにより、ニューラルネットワークをはじめ他の学習システムを用いた知的システムの利用も可能となった。

本システムでは学習データの取得のみが可能となった。これはボードコンピュータの処理における時間遅れを回避して安全性を確保するための処置である。今後は学習データの取得と、自律飛行が同一のロボットで可能となるシステムの開発を行う予定である。

今回取得したラダー操作量の積算値等のデータは、学習システムの学習データとして有効に使えるのではないかと考えられる。また、学習システムとして搭載予定のニューラルネットワークの具体的な設計や、自律飛行可能なニューラルネットワークを形成するためには、より多くの学習データを取得し、入力値としてどのように学習データを与えるのが最適であるかなど、今後の課題として検討が必要である。

学習システムによって飛行ロボットの自律飛行が可能となれば、飛行中にボードコンピュータを利用した様々な情報処理が可能となり、飛行ロボットの応用的な利用が期待される。

## 参考文献

- [1] <http://microuav.com/>