

固定翼型自律飛行ロボットの学習システム

Learning system of autonomous flying robot with wings

本田 泰*1 佐々木俊哉*2
Yasushi Honda Toshiya sasaki

*1室蘭工業大学 しくみ情報系

Muroran Institute of Technology, College of Information and Systems

*2室蘭工業大学 情報工学科

Muroran Institute of Technology, Dept. of Computer Science and Systems Engineering

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

現在開発されている無人固定翼機の多くは数メートルサイズの比較的大型機体をもつ [1]。これらの無人機が数キロから数十キロメートル上空を飛行する場合、障害物などもほとんど無く、機体を取り巻く環境の変化が機体自体に与える影響の程度も相対的に小さい。したがって、安定した飛行姿勢の維持と、飛行軌道の制御あるいは計画が可能となっている。いっぽう、数十センチ程度の小型の固定翼機は、風などの環境の変化が機体自体に与える影響の程度は相対的に大きく、姿勢の維持や軌道の計画を行うために、自律的な知的機能が要求される。また、固定翼型飛行ロボットの場合、回転翼型飛行ロボットと異なり、常にある程度の速度で移動しており、外部環境の変化にたいする適応的な行動が必須となる。

小型の固定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お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]。この例の様に、従来の固定翼型航空機の自動制御においては、並進 3 自由度と回転 3 自由度をすべてセンサーによって感知し複雑な計算過程を経てコントロールする手法を用いている。

最近、オプティカルフローを用いて、障害物などを反応行動によって回避しながら飛行可能な自律飛行ロボットが研究されている [3]。この研究では、少ない種類のセンサーや単純な計算過程によって障害物回避飛行などの反応行動に成功しているが、広い範囲の飛行軌道の計画に対する知的機能は実現されていない。

本研究では、1m 程度の翼幅と長さを持つ固定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した学習システムを用いて、計画行動や適応行動のための知的機能を獲得する自律飛行飛行ロボットの開発を目指している [4, 5]。本論文ではこのような自律飛行ロボット研究のテストベッドとして、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。

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 [6]。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。

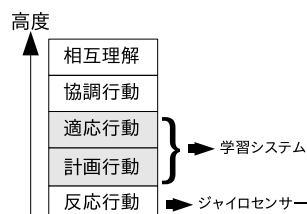


図 1: 飛行ロボットにおける知的機能の階層構造

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）を保存する。

3. 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 (Almadillo-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

連絡先: 本田 泰, 室蘭工業大学 しくみ情報系, 室蘭市水元町 27-1, TEL 0143-46-5465, Fax 0143-46-5499, honda@csse.muroran-it.ac.jp

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．

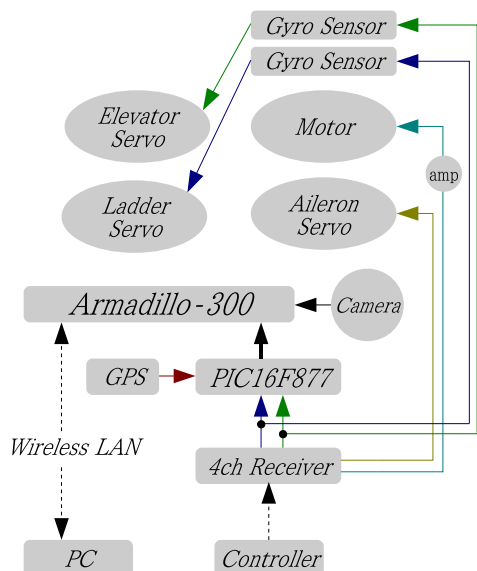


図 2: 学習用データの取得時の飛行ロボットの構成

3.1 取得データ

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図 3 に示す．また，取得したデータから算出した飛行ロボットの方位角，区間毎のラダー操作量の積算値，及び全区間のラダー操作量の積算値を図 4 に示す．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，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 4 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．

状況に応じて飛行ロボットを任意の方位角へ向かわせるために必要なラダー操作量を計算出来るような学習システムを構築することにより，自律飛行が実現できると考えられる．

4. まとめ

飛行ロボットの位置情報と人間による操作情報を学習データとして同時に獲得可能なシステムを汎用ボードコンピュータと PIC 回路を利用することで構築した．汎用ボードコンピュータはセンサー情報の取得やロボットの制御に必要なインターフェイスを多く持っているわけではないが，専用の PIC 回路を開発することにより，これらの情報を同時に獲得できた。ま



図 3: 実際の飛行ルート

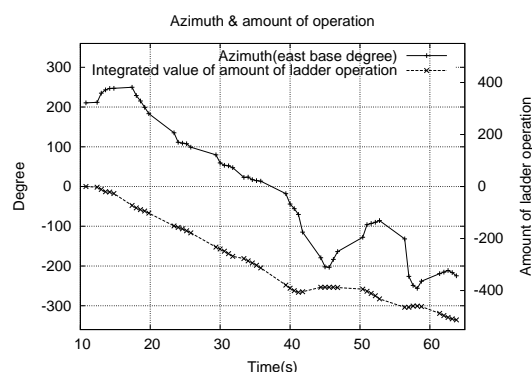


図 4: 方位角とラダーの操作量

た，自律飛行を実現可能な範囲の反応時間で，これらの情報を獲得可能であることもわかった．

参考文献

- [1] <http://microuav.com/>
- [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] A. Beyeler, J.-C. Zufferey, D. Floreano: *Auton Robot* **27**, 201-219 (2009).
- [4] 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，25-27 (2008).
- [5] 佐々木 俊哉，本田 泰:第 15 回交通流のシミュレーションシンポジウム論文集，61-64 (2009).
- [6] 浅田稔，國吉康夫:「ロボットインテリジェンス」，岩波書店 (2006).