

4 回転翼自律飛行ロボットにおける姿勢検出システムの構築

Construction of Attitude detection system for 4-rotor autonomous flying robot

荒 和正*¹ 橋本 理寛*² 本田 泰*³
Kazumasa Ara Yoshihiro Hashimoto Yasushi Honda

*^{1,2}室蘭工業大学 情報電子工学系専攻
Division of Information and Electronic Engineering - Muroran Institute of Technology

*³室蘭工業大学 しくみ情報系
College of Information and Systems - Muroran Institute of Technology

The aim of this project is a construction of a 4-rotor autonomous flying robot which is able to learn control operations without any instruction programs beforehand and obtain autonomous movements. In this study, an attitude detection system is constructed by using a low-pass filter for signals obtained from an accelerometer. Noises by motor vibration are reduced about 50 percent from original signals.

1. はじめに

ロボットの自律行動とは反応行動、計画行動、適応行動、協調行動などから構成される。[1] 回転翼機は空中静止と比較的自由な移動ができる。特に小型の回転翼機は建物内などの障害物が多い場所や狭い空間での飛行が可能である。

本研究では小型の汎用ボードコンピュータを 50cm x 50cm x 15cm 程度の大きさの 4 つのプロペラを持つ回転翼機に搭載し、人間の操作情報や空間情報を取得するシステムを構築し、取得した情報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 4 回転翼自律飛行ロボットの開発を目指す。本論文では機体の構成と、反応行動にあたる姿勢制御のためのシステム構築について述べる。

2. 機体構成

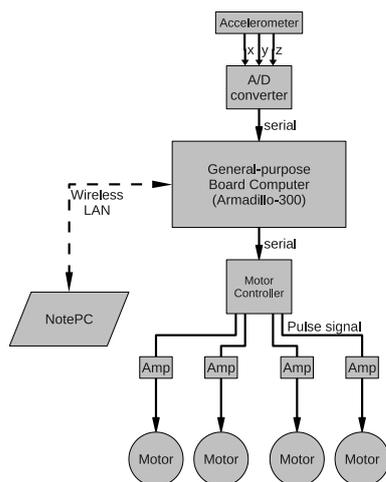


図 1: 4 回転翼自律飛行ロボットの構成と無線 LAN 通信

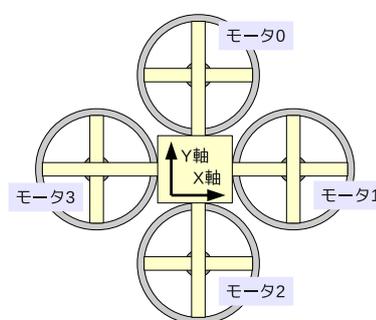


図 2: 4 回転翼自律飛行ロボットのモータ配置

小型の汎用ボードコンピュータとバッテリー、デバイスが搭載できる 4 翼の回転翼機を製作した。機体の姿勢制御のために、図 1 のような機体構成とした。汎用ボードコンピュータには、入力として姿勢を検知するための 3 軸加速度センサが接続されている。出力には 4 組のプロペラ・モータが汎用ボードコンピュータに接続されている。モータの区別のため、加速度センサの Y 軸正方向をモータ 0、X 軸正方向をモータ 1、Y 軸逆方向をモータ 2、X 軸逆方向をモータ 3 とする。図 2 は飛行ロボットを上から見た模式図であり、加速度センサの軸とモータの配置を示している。

汎用ボードコンピュータには無線 LAN モジュールが搭載されているため、同じく無線 LAN を搭載したノート PC などデータをやり取りすることができる。

2.1 3 軸加速度センサ

センサの値は A/D コンバータを通してシリアル通信で汎用ボードコンピュータへ送信される。

機体が静止状態の場合、機体にかかる加速度は重力加速度-1G だけである。しかし、センサの値は温度ドリフトなどによりオフセット値がずれるため、毎回始動時に補正を行う。機体を水平面に置き、始動時にセンサ値を取得し、X 軸、Y 軸方向を 0G、Z 軸方向を-1G として補正する。

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, Email honda@csse.muroran-it.ac.jp

2.2 モータコントローラ

自律飛行を実現するために汎用ボードコンピュータからの指令によってモータを動作することができるモータコントローラが必要である。飛行ロボットに搭載しているモータは一般的なブラシレスモータで、アンプが受信機から受け取ったパルス信号のパルス幅に応じて回転数を変化させる仕様となっている。モータを動作させるパルス信号の規格は周期が 20msec、パルス幅は 1.0~2.0msec であり、この信号を再現することで、モータの回転数を制御する。モータコントローラの構築には PIC を用いる。PIC で汎用ボードコンピュータから制御値をシリアル通信で受信し、制御値に応じてパルス信号を生成、出力する。

3. モータ振動とフィルタリング

モータの回転数を上げるとモータの振動が大きくなり、加速度センサが検知する振動も大きくなる。図 3 は例として、4 つのモータが出力 70 % で動作している時の加速度センサ X 軸の値 (重力加速度に変換した値) を示したグラフである。0.5G において、重力に対する機体の傾きにすると $\arcsin(0.5)=30^\circ$ となる。0°~30° の範囲で傾き検知の誤差が出ることになる。

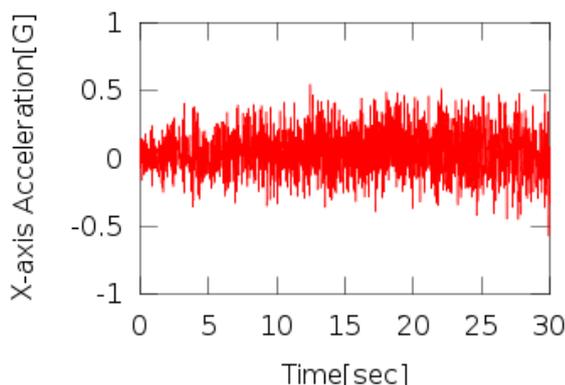


図 3: モータ出力 70 % 時の加速度センサ X 軸の値

モータ回転時と停止時の加速度センサ値を周波数スペクトルで比較する。モータ出力 70 % 時の加速度センサ値の周波数スペクトル (図 4) と、モータ停止時に機体を手で揺らした時の加速度センサ値の周波数スペクトル (図 5) とを比較すると、モータ回転時のモータ振動は高周波成分をより多く含むことがわかる。

例として、図 3 の値にカットオフ周波数 10Hz のバターワース・ローパスフィルタを適用する。(図 6) フィルタ適用後の機体傾きの誤差は $\arcsin(0.26) \approx 15^\circ$ となり、フィルタ適用前のより約 2 倍の精度になっている。取得した加速度にローパスフィルタを適用することでモータ振動をある程度除去できると考えられる。

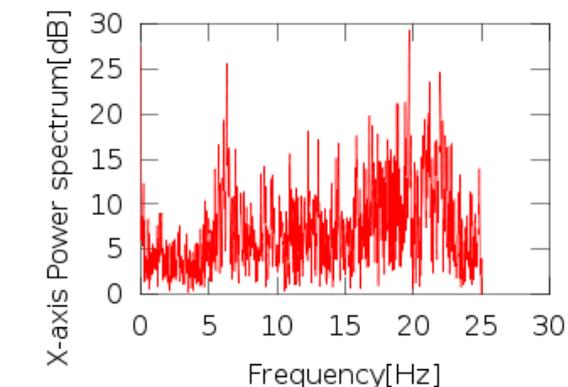


図 4: 図 3 の周波数スペクトル

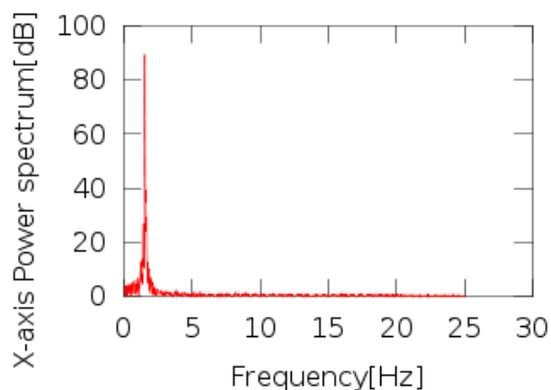


図 5: モータ停止時に機体を揺らした時の周波数スペクトル (加速度センサ X 軸)

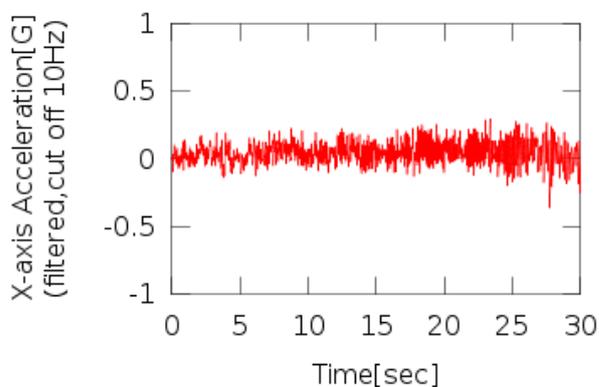


図 6: モータ出力 70 % 時の加速度センサ X 軸の値

3.1 加速度センサによる傾き検知

モータ静止状態で機体を y 軸方向に 15 °、30 °傾けたときの加速度センサ Y 軸の値をそれぞれ図 7、図 8 に示す。15 °では $-1[G] \times \sin 15^\circ = -0.26[G]$ 、30 °では $-1[G] \times \sin 30^\circ = -0.5[G]$ となり、センサ値は妥当であると考えられる。

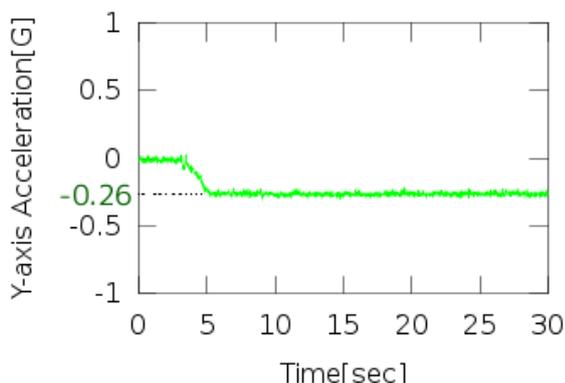


図 7: 機体の Y 軸方向が傾斜 15 °における加速度センサ Y 軸の値

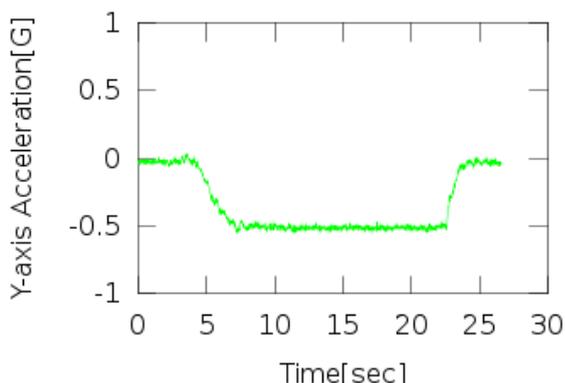


図 8: 機体の Y 軸方向が傾斜 30 °における加速度センサ Y 軸の値

モータ出力 60 % で動作中に機体を y 軸方向に 30 °傾けたときの加速度センサ Y 軸の値を図 9 に示す。

図 9 の値に対して、カットオフ周波数 10Hz のバターース・ローパスフィルタを適用した値を図 10 に示す。

図 9 のグラフと図 10 のグラフを比較すると、フィルタ適用後のセンサ値はフィルタ適用前に比べて振幅が約半分となっている。

4. まとめ

飛行ロボットが姿勢制御に必要な情報を得られるシステムを構築した。重力の検知を意図した 3 軸加速度センサから得られる加速度データは、回転するモータの振動も含んでいる。モータ振動は高周波成分を多く含むため、ローパスフィルタを適用することで振動の除去を行った。フィルタを適用した加速度データを用いて姿勢制御を試みる事が可能となった。

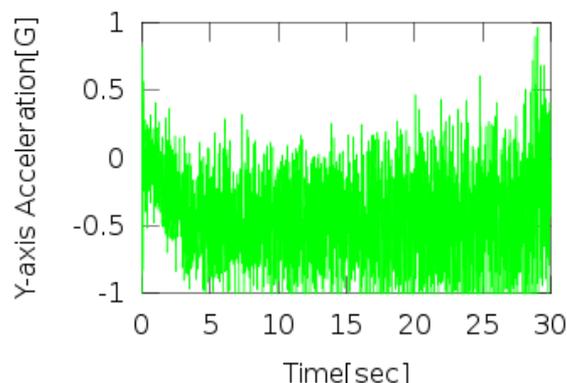


図 9: モータ出力 60 %、機体の傾斜 30 °における加速度センサ Y 軸の値

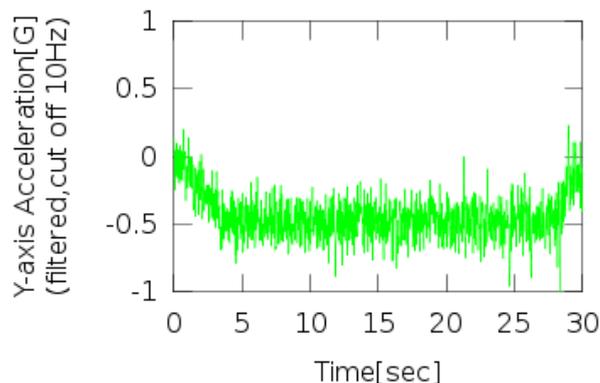


図 10: 図 9 にカットオフ周波数 10Hz のフィルタを適用

参考文献

- [1] 浅田稔、國吉康夫:「ロボットインテリジェンス」, 岩波書店 (2006).