

MultiWii によるマルチコプター飛行制御に関する検討

山口 宥人[†] 沢田 安里[†] 宮野 智行^{††}
[†] 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科

1. はじめに

近年、物資の運搬や被災地へのレスキュー、農薬散布など様々な分野で無人航空機が活用されている。その背景として、先進国を中心とする少子高齢化における慢性的な労働不足、人件費高騰による省力化、無人化の促進と低コスト化などが進んできたことが挙げられる。特に輸送系や測量、建築、土木の分野における求人倍率は高く深刻な状況に陥っている。それらより、無人飛行機の高精度かつ簡易な制御法に関して様々な研究が活発に進められている。その中でもマルチコプターは回転翼機であり、機体性能が高度化しており一般に広がっていることから国内における注目度も高まってきている。本研究ではマルチコプターの飛行安定性において PID 制御のゲイン値の設定法を提案し、ゲイン値による制御特性を研究すると共に、マルチコプターの積載量による姿勢制御へ与える影響について実験を行った結果を評価し報告する。

2. 理論

PID 制御はフィードバック制御の一手法であり、目標値と現在値の偏差、その積分、及び、微分の3つの要素を用いて制御を行う。PID 制御の調整部 $C(s)$ に含まれる3つの要素による制御を、それぞれ比例動作、積分動作、微分動作という。目標値と現在値の差を偏差として制御に用いることが望ましいが、実際には推定した姿勢必ずしも現在姿勢とはならず、目標値と推定値の差を偏差として使用することとなる。偏差に定数 K_P を乗じた比例動作、偏差を積分し定数 K_I を乗じた積分動作、偏差を微分し定数 K_D を乗じた微分動作となり、それぞれの操作量を合わせた量が $u(s)$ となり、式 (1) と表される。

$$u(s) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

さらに、積分・微分時間を用いて式(2)と表すことができる。

$$u(s) = K_P \left\{ e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (2)$$

式(2)では K_P は比例ゲイン、 T_I は積分時間、 T_D は微分時間と呼ばれ $T_I = K_P / K_I$ 、 $T_D = K_D / K_P$ となる。

3. 実験

機体の姿勢維持の挙動を確認する。徐々に K_P の値を増加させていき限界感度法より T_I と T_D を求める。提案した手法によりパラメータを決定した後、機体に荷重を吊り下げて、姿勢変動の挙動を確認する。必要であればその状態において追実験を行った。

4. 実験結果

K_P の変更による姿勢制御の応答 (機体傾斜角) についての実験結果を図 1 に示す。

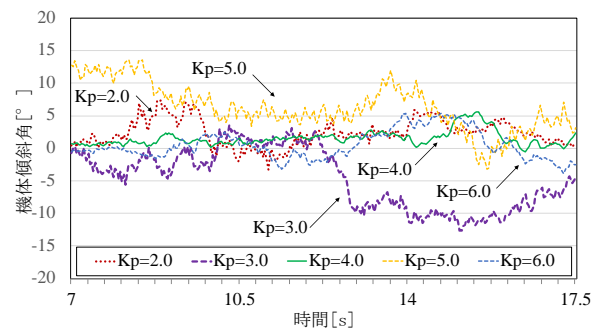


図 1 K_P 値による姿勢変化

図 1 に示すように、55%のスロットルを一定時間加えた場合に $K_P = 4.0$ は傾斜角の差が 6° 以下で 2° 付近の傾斜角で振動しており最も機体の挙動が安定していた。また、 $K_P = 2.0$ では振動の幅が最大で 7° 付近まで増加し、 5° 近い振動も数回発生しており、全体的にバイアスをもった姿勢角となっている。 $K_P = 3.0$ では最大 -13° 付近まで傾き、マイナス方向に対する傾斜が最大となった。 $K_P = 5.0$ においても傾きが最大 $+13^\circ$ 付近まで達し、姿勢の変動が全体的に不安定で、 0° 付近で安定することはなかった。 $K_P = 6.0$ では図 1 に示される範囲においては 5° 程度の傾きの後、振動し傾きが 15° 付近まで悪化した。

5. まとめ

実験結果から $K_P = 5.0$ では姿勢の不安定性が発生したことから機体の安定限界値は $K_P = 4.0$ 付近であると考えられる。安定限界値よりゲインが大きいと、姿勢変化に対する反応が大きくなり、機体が不安定となる。そのため微小な初期誤差からでも姿勢が発散する傾向にある。 $K_P = 3.0$ において安定を保持できなかった原因は MultiWii 起動時の初期姿勢が水平でなかったことによる姿勢角のアライメント誤差によるものと推定される。センサのバイアス誤差については、機体が初期のオフセット角で安定するため今回の原因ではないと考えた。これらより提案の手法により決定したゲイン値を用いて、マルチコプターの安定した飛行制御が行えることが実験によって確認された。

参考文献

- [1] 須田信英, PID 制御, 朝倉書店, pp.1-38, 1993.
- [2] 寺嶋一彦, 兼重明宏, 制御工学, 実教出版, pp.145-150, 2016.