

小型無人航空機の 自律制御システムの基礎開発

松本 和樹[†] 阿部 寛大[†] 佐藤 聖阿伽士[†] 吉田 悠馬[†] 宮野 智行[†]
[†] 東京都立産業技術高等専門学校 航空宇宙工学コース

1. はじめに

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)とは無人飛行機の略称であり、加速度センサや角速度センサを使用しマイコンにて自機の飛行状態を解析、判断して自律的に飛行する小型の飛行体である。近年、UAVの研究、実用化は軍用から一般家庭用、救助用まで多岐にわたり、その活躍の場を今も広げている。本研究では、外乱に対してもUAVが安定した飛行を行えるように、無人航空機の飛行制御シミュレーション解析を行い、無人航空機の飛行性能、制御アルゴリズム、制御パラメータ等の相関関係を考察する。開発した自律制御システムをUAVに搭載し、飛行実験を行い今後どのようにUAVとして活用して行くかを検討する。

2. 飛行制御シミュレーション解析

飛行制御シミュレーションには制御系解析ソフトウェア Matlab を用いた。UAV 実験機の飛行性能パラメータを Matlab に設定し、飛行制御シミュレーション解析を行った。突風を想定した外乱考えると外乱が連続する場合、その大きさと周期が飛行の収束に影響を与える。1回目の外乱発生から数秒後に2回目の外乱を発生させる。ロールレートの場合では外乱が1回だと瞬時に修復するが、連続発生すると、外乱の間隔の影響が大きく、 -2deg/sec 前後まで振れ、修復する際の目的量を大きく超える(図1)。ロール角は外乱1回だと直ぐに本来の姿勢に収束するが、2回連続の外乱だとロール角がとて大きく減少し、修復にもゆっくりと行っている(図2)。また、数秒毎に3回、4回と連続しておきた場合も修復により時間が係り、オーバーシュートの増加、ロール角がさらに減少するなどの現象が確認された(図3)。

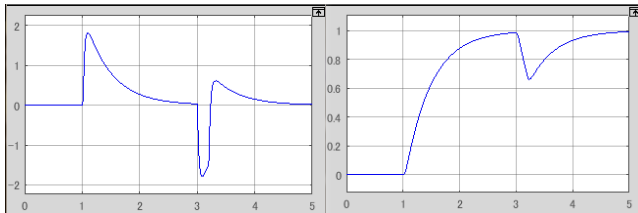


図1 ロールレート(外乱2回)

図2 ロール姿勢角

3. 自律制御システム

UAV 実験機に搭載する制御回路を製作した。コントローラには Arduino を用いた。実験結果において比例・積分制御により制御系統が安定した。制御入力のオーバーシュートが少し大きいのは積分時間が少なく出力値が振動していることによる。限界感度法は実機制御において良好な応答が得られたという点から実用的であると考え。実

験結果において、理論上印加電圧は出力電圧に比例するが、実験結果の曲線部分は、モータの静止摩擦や整流子による電圧降下というような非線形特性の影響があると推察する。今回作成した制御回路を図4に示す。

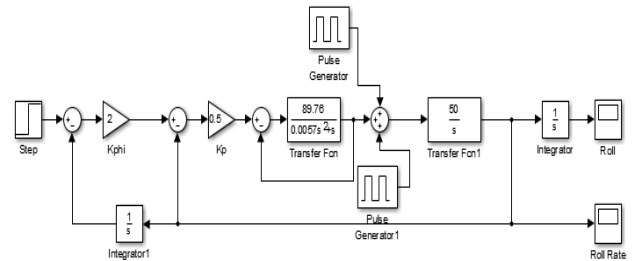


図3 姿勢角制御ブロック線図

4. 飛行実験

飛行試験は直線飛行、旋回飛行の2種類で実施した。UAV 実験機を図5に示す。直線飛行の結果は、直進性は良好であったが、エレベーター加振を実施した際に機体がシミュレーションより過度に反応すること、また、ピッチアップにより機首が上がると、その状態から水平飛行への復帰が難しくなる等の問題点が残った。旋回飛行では飛行中のラダー加振、及び旋回半径のデータを取得した。また UAV 実験機はラダー機であるため、旋回はラダー操舵のみで行っている。結果は、ラダー加振ではドリフトが発生し、それによりバンク及び失速の兆候が見られた。次にこれらの結果を踏まえ、ゲインを小さくし再飛行実験を実施した結果、バランスを保ちつつ機体は傾き、旋回を行った。

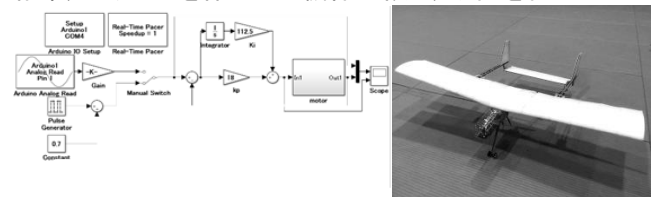


図4 制御系ブロック図

図5 UAV 実験機

5. むすび

飛行性能、制御アルゴリズム、制御パラメータのバリエーションを増やし、機体や飛行性能パラメータ、外乱の組み合わせや大きさを変えた場合の飛行シミュレーション解析、飛行実験を行っていく。その中で、本年度作成する小型無人航空機に搭載するために、重畳する外乱に耐えられる制御系の作成、ピッチ軸やヨー軸とのカップリングも収束可能となる制御系の提案を行う。

参考文献

[1] 片柳亮二,航空機の飛行力学と制御,2007/11, 森北出版
 [2] 足立修一,制御のためのシステム同定,2011,電機大出版