

ロケットのロール制御の条件についての考察

平井利治、安福隆亮、神尾直輝、目見田聡馬、清水亮介、前田耕佑、辻中隆晃、

藤原靖士、堀畑大地、田島克海、長谷崎和洋*

徳島大学創新教育センターロケットプロジェクト

※徳島大学大学院理工学研究部

1 ロケットプロジェクトについて

我々は液体燃料と固体燃料を使用するハイブリッドロケットの製作・打上を主な活動としており、この活動を通して技術者としての心得や、自ら考え動く力、団体としての運営能力の習得を目指している。また、地域の小学生を対象にロケット関連の教室を開催し、モノづくりによる地域貢献も行っている。現在我々はハイブリッドロケットを滑空させて、パラシュートによる落下減速を行わずに回収させることを目指している。そのためフィンの一部を稼働させて、ピッチ、ヨー、ロール方向の制御を行う機体を作ることを目的として実験を行った。今回は限界感度法を用いたPI制御を行い、ロール制御を行う際の適切なゲインを決めるための実験を行った。

2 実験を行うための製作

実験を行うためには可動翼を動かすための機構の作成、試験機体の作成、風洞装置の作成、ゲインを決めるためのプログラムの作成、などを行う必要があり、担当を決めて分担作業を行った。

2.1 実験装置

図1のような装置を用いて実験を行った。送風機で上から13.5m/sの風をストローで作った整流部を通して、試験機体に流し込む。制御はジャイロセンサが試験機体のロール回転の角速度を検知し、その値に応じてサーボモータが動き、その動きを傘歯車を用いた機構を通してフィンが繋がった軸を回転させる。

2.2 測定方法

最初に比例ゲインのみ設定し7分間試験機体を振動させ、0.1秒ごとの角速度の値をSDカードに記録した。この時の持続振動をしたときの比

例ゲインを K_c とする。

次に得られた振動時間と角速度のデータを窓関数にかけて高速フーリエ変換(FFT)をすることでパワースペクトルのグラフが求まる。その中で一番強い周波数成分から周期 T_c を算出した。

得られた周期から限界感度法を用いて制御パラメータである比例ゲイン K_p と積分ゲイン K_i を以下の式(1)、(2)から求める。

$$K_p = 0.45K_c \quad \dots (1)$$

$$K_i = \frac{K_p}{0.83T_c} \quad \dots (2)$$

最適な K_p 、 K_i の値が式から定まった後、その値周辺を微調整で変化させ、実験を行って各ゲインごとの収束時間を比べながら適切なゲインを考察する。本実験ではフィンの形状を4種類にしてそれぞれに実験を行った。各フィンを図2のように左からa、b、c、dに対応させる。今回の実験では試験機体を強制回転させて、ロール制御を行った。制御を始めて角速度が $\pm 5 \text{deg/s}$ 以下になったとき収束したとみなして考える。また10秒以内に停止するまでの時間を収束時間とし、10秒以降経過して停止、または振動を続ける場合は発散していると考えた。

3 実験結果

実験より、以下のような散布図が得られた。図3、図4のプロットは10秒以内に試験機体が収束した場合のみを抽出したものである。図3より、可動翼の面積が大きいほど比例ゲインの値を小さくする必要性があり、可動翼の面積が小さいほど比例ゲインの値が取れる範囲が大きくなることが分かる。また図4から積分ゲインにも同じようなことがいえた。

4 考察

翼面積が大きいほど風から受ける力が大きい
ため、比例ゲインが大きいとオーバーシュートが
発生する。そのためこの場合収束させるためには
比例ゲインを小さくして制御を行う必要がある。
翼面積が小さい場合比例ゲインを大きくしても
風から受ける力が小さいため、比較的大きい比例
ゲインを使用した場合でも、収束することができる。

5 今後の展望

今回の実験によりロール制御を行う際の可動
翼の大小によるゲイン決定の方法を見つけるこ
とができた。今後はさらに収束する範囲内のゲ
インのデータ点を増やして、収束時間が最も短く
なるゲインを探していきたいと考える。しかし有
翼機体を打ち上げるためにはロール制御と同時
にピッチ・ヨーの制御を行うことが必要である。
また実際のロケットの打ち上げの際は速度は絶
えず変化するため、それも考慮する必要がある。
そのためこれからは新たな機構の作成、その機構
での適切ゲインの決定、打ち上げの状況に合わせ
た環境設定を主に考えたいと思われる。

6 実験を通した学び

今回の実験を行うためには学科で学んだ知識
を実践的に生かすことができた。そして自分たち
で考えたアイデアを実現することで主体性を持
って活動する力を養うことができた。

7 参考文献等資料

- ① 限界感度法による制御パラメータの決め方
<http://power.nagaokaut.ac.jp/convenience/pdf/files/5apidcontrol.pdf> (閲覧日 2017/10/31)
- ② Hamming 関数
<http://www.wakayama-u.ac.jp/~kawahara/signalproc/TeXfiles/Timewindow.pdf> (閲覧日 10/31)

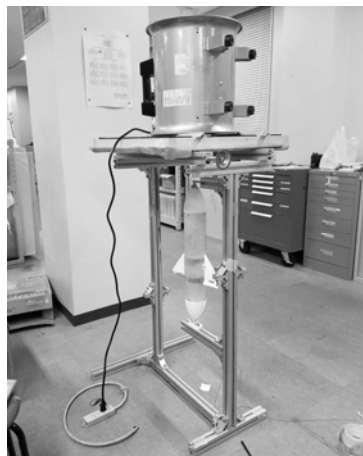


図1 実験装置の外観図

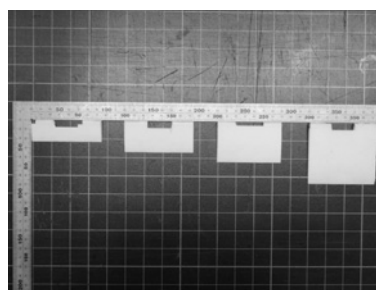


図2 可動翼の外観図

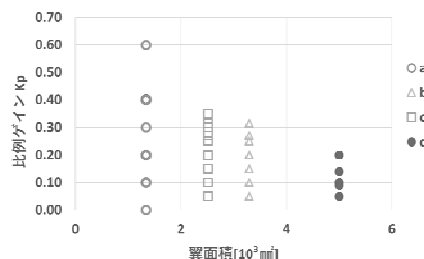


図3 比例ゲインと翼面積の関係図

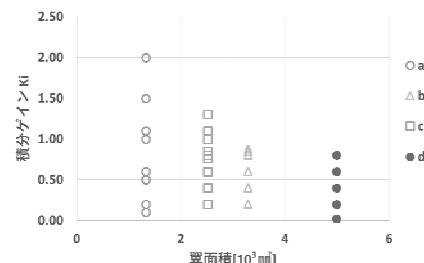


図4 積分ゲインと翼面積の関係図

ポ
ス
タ
ー
発
表