

【D30】低速風洞内における超小型飛行体の位置制御

05E2042 永瀬 嘉大 05E2063 吉田 友宏
(指導教員 河村 良行教授 指導院生 柴田 光紀)

1. はじめに

平成 19 年度の研究では、位置制御システムを使用し固定翼機と羽ばたき飛行機のヨーイング角を制御し安定飛行させていた^[1]。

本研究では、位置制御システムを見直し、ヨーイング角及び機体の位置を制御することにより目標位置に機体を安定飛行させること、また、モータと風洞の風によって受動的に決まっていた機体の高さを制御することを目標にしている。

2. 熱線風速計による風速分布測定

大型低速風洞を使用しての飛行実験は、風洞に設置してある風洞出口ダクトの中で行っていたが、風洞出口ダクトの外でも飛ばせるのではないかと考え、風洞出口ダクトの外での風速分布を調べた。測定には、熱線風速計を使用した。風速は風洞出口ダクトの開口部中心を 2.0 [m/s] に設定し、測定点の間隔は 5 [cm] で Z 方向に 13 点、Y 方向に 11 点を取り、出口から X 方向に 0, 20, 40, 60 [cm] の間隔で風速分布測定を行った。

風洞の開口部内では、Z 方向と Y 方向の風速分布に大きな変化はなく一定であった。風洞の開口部から X 方向に離して計測したが風速分布に大きな変化は見られない。風洞の開口部内での風速差は最大 0.03 [m/s] であり、風速は一定であった。このことから、風洞の開口部から X 方向に離しても機体の飛行には影響がないと考え、風洞の開口部から X 方向に離して飛行実験を行った。

3. 使用した機体

平成 19 年度で使用した固定翼機では、機体が脆く、再現性が無かった

本年度は、丈夫な素材で作られた固定翼機「ウルトラライトプレーン HF」(タイヨー社製)、羽ばたき飛行機として「I-wing」(シーシーピー社製)を使用し、飛行実験を行った^[2]。

4. 風洞内での制御飛行

4.1 制御システム概要

制御システムの流れを図 2 に示す。機体に取り付けたマーカーを CCD カメラを通じて画像処理装置によって位置や角度を検出する。検出した情報を PC に送り、機体の位置を修正するために制御量を計算して、D/A 変換機を通して電力増幅回路とインバータに電圧をかける。電力増幅回路で増幅された電圧が銅線を通じて機体に搭載されたモータとラダーが駆動する。インバータを通じて風洞送風機のモータを操作することで風速を変化させる。無線制御は、電力増幅回路の代わりに D/A 変換機から送信機に電圧をかけて、赤外線で機体に取り付けた受信機に信号を送る。信号に応じて受信機から機体に搭載されたモータとラダーを動かした。

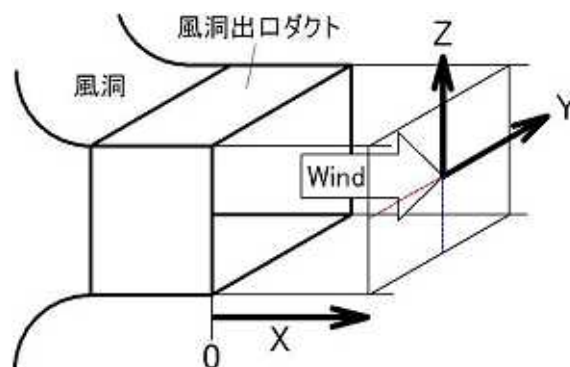


図 1 風速測定領域図

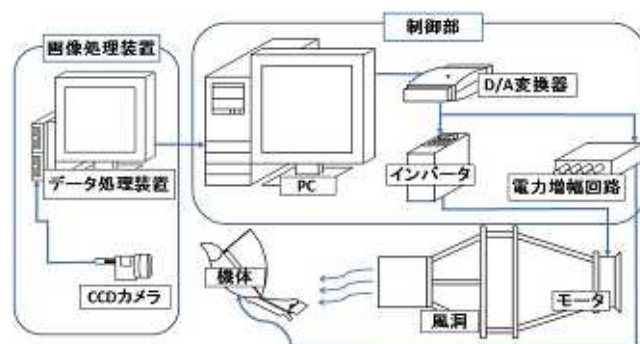


図 2 制御システム

4.2 ヨー角の制御

ヨーイング角を一定の角度に保ち、風洞内で安定飛行させるために、

(1)

を用いた。ラダーにかかる電圧 V は、機体の目標角 θ_{ta} 、現在の機体角 θ_n 、現在の機体角の 1 つ前の機体角、サンプリングタイム T_s として、PD 制御を用いた。

飛行結果を図 3、図 5 に示す。機体のヨーイング角は、固定翼機と羽ばたき飛行機共々、目標角度の 0 [deg] を中心として ± 10 [deg] 以内で安定している。左右の位置は、受動的に決まるため、留まる位置が変動していた。

4.3 左右方向の位置制御(Y 軸)

ヨーイング角のみの制御では、機体の左右の位置は受動的に決まってしまう。そのため、左右の位置制御を行うために、

(2)

を用いた。式(3)の制御式は、目標位置 V_{ta} と現在位置 V_n の偏差と目標角度 θ_{ta} と角度位置 θ_n の偏差によって変化させることで左右の位置を制御している。

位置制御飛行では機体のヨーイング角の目標角度を0[deg]、Y軸の目標位置を250[mm]として、位置制御を行った。飛行結果を図4、図6に示す。

羽ばたき飛行機は、Y軸の目標位置付近で安定して飛行している。また、固定翼機は、揺れながらもY軸の目標位置を中心として飛行している。

機体のヨーイング角は、目標角度の0[deg]を中心として ± 10 [deg]以内で安定している。また、図6は全制御が効いているかを確認するため、飛行途中に全制御を停止にした。その結果、機体は目標位置から外れ、すぐに落ちた。このことから、全制御によって機体が風洞内で留まっていることが分かる。

4.4 機体の前後方向の制御(X軸)

機体の前後方向を制御するために、

(3)

を用いた。モータにかける電圧を V 、機体の目標位置 X_{ta} 、現在の機体位置 X_n 、現在の機体位置の1つ前の機体位置とし、PD制御を用いた。

風洞の風速を一定にし、モータ電圧を前後方向の制御によって機体が釣り合うように調整を行った。機体が一定位置に留まると、受動的に高さが決まった。

4.5 上下方向の高さの制御(Z軸)

機体の高さは、機体の前後方向の制御によって、機体が一定位置に留まると受動的に決まっている。

機体の高さを変動させるためには、風洞の風速だけを変化させることで変えられるのではないかと考え、上下方向の高さの制御を行った。

機体の上下の高さ制御を行うために、

前の機体位置とし、PD制御を用いた。

固定翼機と羽ばたき飛行機の両方で、飛行実験を行ったが、風洞の風速を変化させるだけでは機体の高さが十分に変わることが出来なかった。しかし、風速と同時に、高さに合わせて機体のモータ電圧を変化させることで高さを変えることが出来た。

5. 結言

これらのことをまとめると以下ようになる。

(1)大型低速風洞の風洞出口ダクト外での風速分布測定を行った結果、風速が一定であったため、風洞出口ダクト外での飛行実験が可能となった。

(2)ヨー角の目標角度を保ったまま、目標位置までの偏差を無くす方法に変更し、機体が目標位置付近に留まることができるようになった。

(3)風速と機体のモータ電圧を同時に変化させることで高さを変えることができた。

今後は、高さ制御システムを見直し、上下方向の位置を自由に制御できるようにすることを課題とする。

<参考文献>

[1]近藤篤：平成19年度修士論文「低速風洞内における羽ばたき飛翔体位置制御システムの開発」

[2]田中光一 編著：電子工作シリーズ「みんなでつくるラインドア・プレーン」、CQ出版社

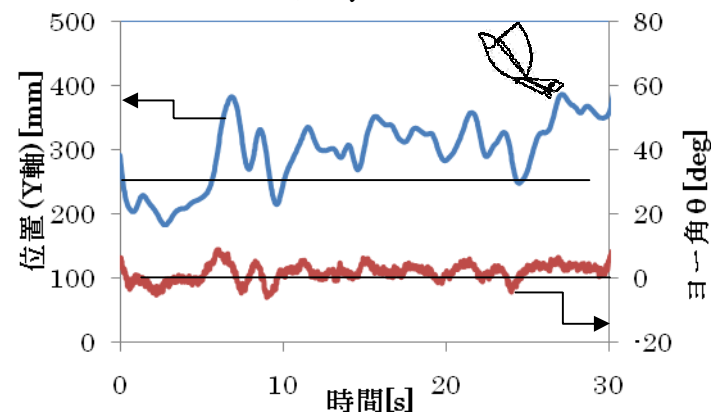


図3 羽ばたき機の飛行安定性(ヨー角のみ)

(4)

を用いた。風洞のモータにかける電圧を V 、機体の目標位置 Z_{ta} 、現在の機体位置 Z_n 、現在の機体位置の1つ

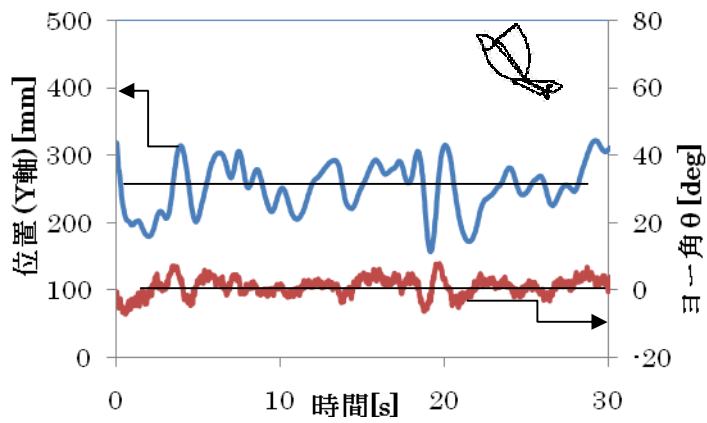


図4 羽ばたき機の飛行安定性(ヨー角+位置制御)

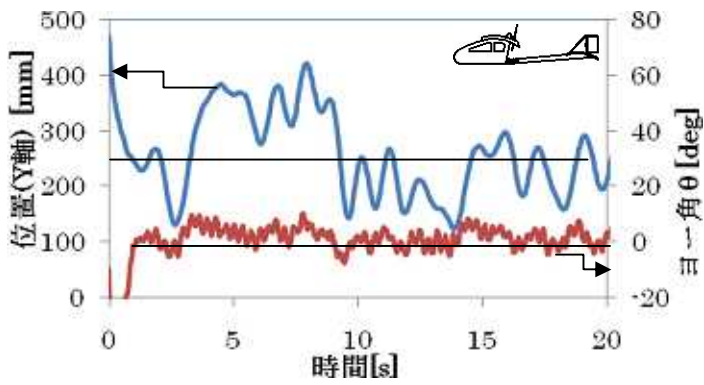


図5 固定翼機の飛行安定性(ヨー角のみ)

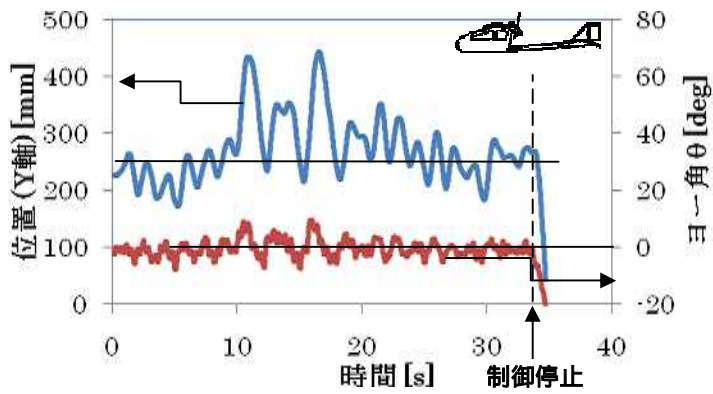


図6 固定翼機の飛行安定性(ヨー角+位置制御)