

【D24】大型低速風洞の製作と風洞内飛行体位置制御システムの開発

04E1009 小川 和海 04E1037 直井 紘志
(指導教員 河村 良行教授 指導院生 近藤 篤)

1. 緒言

風洞を用いて羽ばたき翼機のメカニズムの解析を行うには、機体を支持棒やワイヤ等の支持装置に固定する必要がある。しかし、支持装置を使用すると測定部内の空気の流れに影響を与えてしまい、本来の飛行状態と異なってしまふと考えられる。

本研究では、この問題を解決するため支持装置を使用せずに機体を制御し、風洞の内部で留ることのできるシステムを開発することを目的とする。

2. 大型低速風洞の設計製作

過去に製作した低速風洞の測定部は 300×300 [mm] と機体の大きさに対し制御範囲が狭く制御を行うことが難しかったため、新たに大型低速風洞の設計製作を行った。今回、設計した大型低速風洞の形状は、平成 17 年度に製作した低速風洞を参考にした^[1]。風洞内に空気の拡散と整流のため、厚さ 100 [mm]、セルサイズ 3 [mm] のコルゲート形状のハニカムを 2 枚配置した。送風機は、測定部の最大風速が 5 [m/s] 程度になるように最大流量 166 [m³/s] の送風機を選定した。設計製作した風洞の仕様は、全長 4.5 [m]、高さ 1.6 [m]。縮流比は 3:1、風速は 0~4.8 [m/s]、測定部は 750×600 [mm] である。図 1 に製作した大型低速風洞を示す。

3. 風洞評価

3.1 熱線風速計による風速分布測定

大型低速風洞の風速分布を調べるため、0.01 [m/s] まで読み取ることができる熱線風速計を使用した。風速は測定部内の中心の風速を 2.0 [m/s] に設定し、測定点の間隔は 5 [cm] で垂直方向 11 点、水平方向 15 点で測定を行った。

3.2 スモークワイヤ法による流線測定

測定部内の流れを観察するために木枠を製作し、風洞に取り付け測定を行った。ワイヤには 0.23 [mm] のニクロム線を使用し、垂直方向のワイヤには煙を一定に発生させるため、5 [mm] の間隔に結び目を付けた。

3.3 測定結果

風速分布の結果を図 2 に示す。水平方向の風速分布にほぼ変化はなく、垂直方向の風速分布も±15 [cm] 位までは、ほぼ変化はないが測定部の上端、下端が、わずかに風速が強くなっている。流線は、風速分布に風速が強くなっている位置に流れの乱れを確認できたが、他に大きな乱れは確認できなかった。

この測定で、風洞測定部の垂直方向における風速分布にわずかな乱れがあることが分かった。しかし、測定部の端部以外の風速差は、最大 0.04 [m/s] であり、流線は一様であった。このことから機体の飛行には大きな影響はないと考えた。

4. 羽ばたき翼機の流線の可視化

4.1 測定方法

機体固定時、無支持の場合をスモークワイヤ法で観

察するために、ハイスピードカメラ((株)デジモ社、VCC-H8000)を用いて、機体の中心から 50 [mm] と翼端 100 [mm] での流線を撮影した。

4.2 撮影結果

機体を固定した場合を図 3 に、無支持飛行させた場合を図 4 に撮影したものを示す。渦を比較すると、無支持飛行の方が機体の下方に向け発生しており、大きいという違いを観察することができた。撮影した動画は以下の URL に示す。

<http://www.fit.ac.jp/~y-kawa/packages/movie.html>



図 1 大型低速風洞

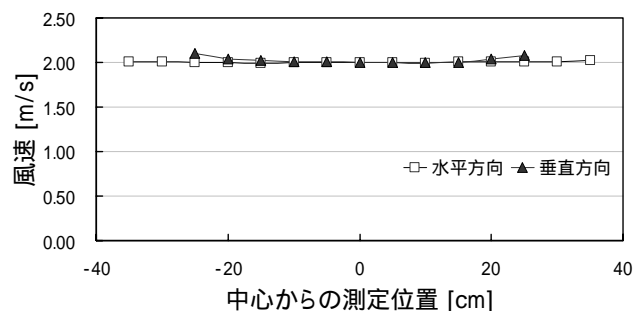
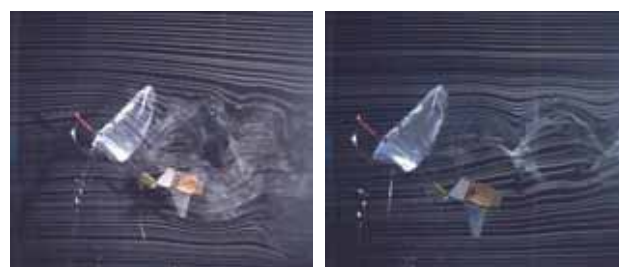


図 2 風速分布



(a) 50 [mm] (b) 100 [mm]

図 3 機体固定時の流線



(a) 50 [mm] (b) 100 [mm]

図 4 無支持飛行時の流線

5. 風洞内での制御飛行

5.1 機体

風洞での制御実験には固定翼機(株)タカトミー製、エアロソアラ)と羽ばたき翼機、2種類の機体を用いた。固定翼機には左右の方向をコントロールするラダーと前進をコントロールするプロペラが搭載されている。羽ばたき翼機は固定翼の機体と同様に左右の方向をコントロールするラダーを搭載し、前進は羽ばたき周波数によってコントロールされる。また、画像センサでこの機体の位置、角度を検出するために、機体上面と機体の左側面にカラーマーカーを取り付けた。

5.2 制御概要

制御システムの概要を図5に示す。機体に取り付けたマーカーを画像センサによって検出する。検出した情報をパソコンで取り込み、機体の位置を修正するための制御量を計算した後に、DA変換器によってアナログ電圧として電力増幅回路、インバータに印加する。電力増幅回路によって増幅されたアナログ電圧は電線を通じて、機体に搭載されるモータ、コイルアクチュエータに印加され、それぞれを駆動させる。羽ばたき翼機のみ風洞の送風機を用いて、風速の制御を行う。アナログ電圧をインバータに印加し、インバータによって風洞送風機のモータをコントロールしている。

5.3 角度制御飛行

機体のヨーイング角を一定に保つことで、機体を風洞内部に留めることができるのではないかと考え、機体の上面に取り付けたマーカーの角度をヨーイング角としてラダーによるヨーイング角の制御を行った。

はじめに、固定翼機を用いて制御を行った。飛行結果を図6に示す。左右の位置は、50[mm]、前後の位置は20[mm]、また、高さの制御は行っていないが、50[mm]以内に留まっている。PD制御を用いているため、機体のヨーイング角は目標角度の8[deg]には届かないが、安定している。

次に羽ばたき翼機を用いて制御を試みた。しかし、高さ方向の釣合いが取れず、風洞内で飛行できなかった。そこで、風洞の風速を変化させることにより機体の高さの制御を加えた。その結果、羽ばたき翼機においても風洞内で飛行することが可能となった。飛行結果を図7に示す。左右が80[mm]、前後が80[mm]、高さが60[mm]以内に留まっている。ヨーイング角は固定翼機と同様の理由で目標角度の6[deg]に届いていないが大きく乱れているところはない。

制御ありとなしを比較すると、両機体とも制御を止めて1[s]前後で左右の位置が0[mm]になっていることから、この制御によって風洞内に機体が留まっていることが分かる。

5.4 位置制御飛行

角度制御飛行の左右の位置は、機体のヨーイング角のみを検出して、目標角度になるように行っているため、機体のヨーイング角によって間接的に位置が決まってしまう。そのため、風洞内部で飛行する際の左右の位置を自由に指定することはできない。そこで、機体が飛行する際の左右の位置を指定できるように位置制御を行った。角度制御飛行の際には、機体のヨーイング角を常に一定の角度に保つことで風洞内部に留め

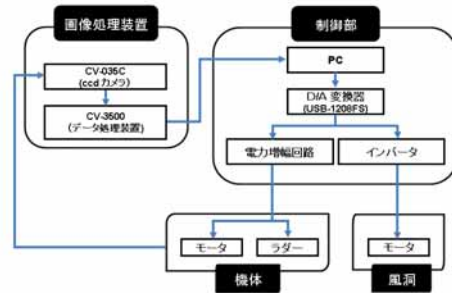


図5 制御システム

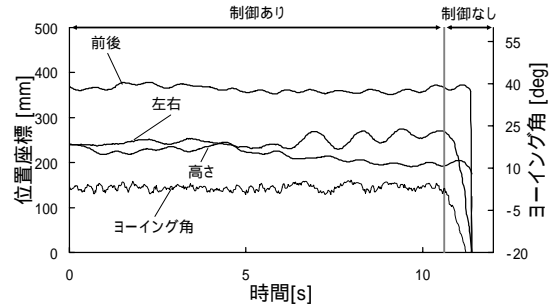


図6 固定翼機の飛行データ

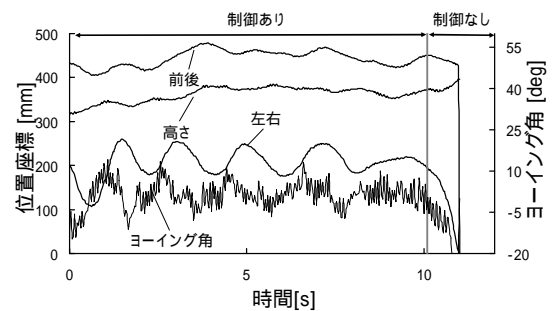


図7 羽ばたき翼機飛行データ

ていたが、位置制御飛行では機体のヨーイング角の目標値を左右の位置の偏差によって、変化させることで位置をコントロールしている。

その結果、固定翼機は指定した左右の位置付近で飛行できるようになった。羽ばたき翼機は、左右の位置のずれが大きく位置を制御することはできなかった。これは、今回用いた機体の安定性が風洞で飛行させるのに十分でなかったことが原因であると思われる。

6. 結言

以上、これらのことをまとめると以下ようになる。

- (1) 縦 600[mm] × 横 750[mm]の測定部をもつ大型低速風洞を設計製作した。
- (2) 製作した大型低速風洞を用いて、スモークワイヤ法による流線の可視化を行うことできた。
- (3) 固定翼機、羽ばたき翼機共に風洞内での飛行が可能になった。固定翼機では風洞内での左右の位置を指定することができるようになった。

今後の課題はこのシステムを用いて、羽ばたき翼機の飛行解析を行うことである。

<参考文献>

- [1] 辻田隆浩、湯地信介：福岡工業大学工学部知能機械工学科、平成17年度卒業論文「低速風洞の製作とその特性評価」