

[L10]

低速風洞の製作とその特性評価

02E1040 辻田 隆浩 02E1072 湯地 信介
(指導教員 河村 良行 教授)

1. 緒言

一般に模型飛行体に及ぼす空力特性を測定する風洞実験を行う場合には、支柱やワイヤなどにより支持する必要がある。この状態で風洞実験を行うと気流と支持装置とが干渉し、流れに支持部の影響が現れる。これを解決する為に、風洞内でラジコン飛行機を位置制御システムによりコンピュータ制御することで、支柱やワイヤなどを使用せずに飛行でき、支持装置と気流との干渉を避けることができると考えられる。そこで、本研究では飛行体を飛行させる事を目的とした低速風洞の製作及びその特性評価を行う。

2. 低速風洞製作

今回製作した低速風洞を図1に示す。風洞の形状は、インターネットの風洞に関する論文¹⁾を参考にした。風洞の寸法は、およそ1.8[m]の机上で実験することができるよう、全長を1.4[m]、横幅を送風機の内径300[mm]、送風機の取り付け部を内径に合わせ300×300[mm]、送風機の吹き出し口を無線ラジコン飛行機が十分入る大きさの300×300[mm]、集合胴は縮流比が2:1になるように高さを600[mm]、縮流胴の形状は、Witosznskiの式²⁾を使用した。風の整流には、昭和飛行機工業株式会社のアルミハニカム(セルサイズAL1/8)を使用した。

3. 実験及び考察

3.1 スモークワイヤ法の実験

アクリル測定部の気流のばらつきを測定する為、スモークワイヤ法により、送風機駆動電圧を30,40,50,60[V]、測定部上面から3,9,18,27[cm]の位置にニクロム線を横に張り煙の流線を側面から撮影した。測定部の気流は、各駆動電圧において流線が一直線になっていて乱流状態や渦などは発生していないと分かった。この測定範囲では、気流が安定していると考えられる。

3.2 飛行時間法実験

測定部での風速を測定するために、各駆動電圧で発泡スチロールの粒を飛ばし、高速度カメラで撮影した。(撮影範囲は、図1から見た測定部の手前から5~7[cm]の断面である。)風速を計算する為に、1フレーム間の発泡スチロールの粒の移動量をパソコン画面上のピクセル位置で測定した。



図1 低速風洞全体

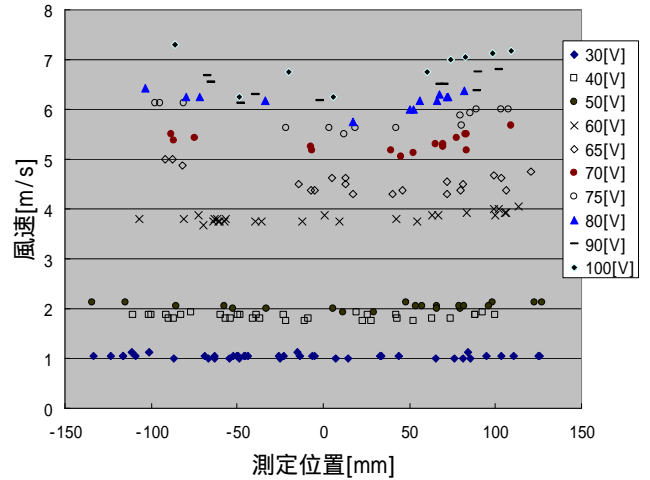


図2 飛行時間法による風速分布

図2は、断面の中央を基準とした各駆動電圧での風速を測定した分布である。この図より、風速4[m/s]付近までは風速のばらつきは少ないが、風速が上がると乱れが出てくる。また、駆動電圧が40~50[V]の間では、風速があまり上がっていない。50~60[V]の間では、風速が急に上がっている。

風速が上がるとばらつきが出てくるのは、まず画像解析での誤差がある。風速が上がるにつれて発泡スチロールの粒がぼやけてくる。最高で±5[pixel](風速では±0.3[m/s])の誤差があると考えられる。次に風洞全体の長さが足りず、拡散胴や縮流胴で風の剥離が起きている可能性があると考えられる。

送風機にかかる電圧によって風速の上がり方に差があるのは、送風機のプロペラにかかる揚力や抗力が影響していると考えられる。(無負荷時では、駆動電圧30[V]以上は約60[rps]で回転した。)揚力係数は迎え角17度付近を境に凸のグラフになり、抗力係数は急激に増加する。駆動電圧40~50[V]の間では、風に対するプロペラの迎え角が17度以上なので、抗力係数は減少するが揚力係数は最大に近づいている為、風速があまり上がらないと考えられる。50~60[V]の間では迎え角が17度以下なので、揚力係数、抗力係数ともに減少する為、急激に風速が上がると考えられる。

3.3 熱線風速計の測定実験

3.3.1 熱線風速計の試作

測定部の風速を測定するために熱線風速計³⁾を製作した。熱線風速計の測定値を風速に直すにはKingの式を利用するのが一般的ではあるが、この式には熱線の形状による定数、熱線・周囲流体の温度が必要であり、今回製作した熱線風速計には温度センサなどを付けていなかった為、この式を使うことができなかった。そこで、熱線風速計を校正するために画像解析で求めた各駆動電圧での風速から図3の回転数-風速のグラフ(回転数 各駆動電圧のグラフと飛行時間法より求めた基準から±10[mm]の範囲の風速に

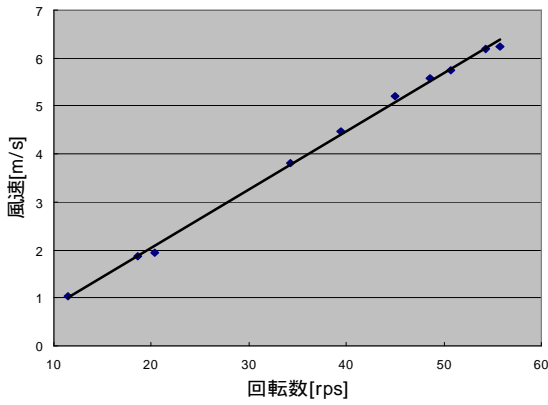


図3 回転数 風速

より関係を出した。)を作成し、その値に直線性があると考
え近似式、

$$y = 0.1216 x - 0.3892 \quad (1)$$

を導出した。この近似式(1)に、各回転数での熱線風速計の
値を代入し、図4の熱線風速計の測定値 風速のグラフを
作成した。熱線風速計で得られた値より風速が出せるよう
に近似式、

$$y = 4.611 E - 5 x^6 - 3.775 E - 3 x^5 + 0.1272 x^4 - 2.254 x^3 + 22.15 x^2 - 114.4 x + 242.2 \quad (2)$$

を導出した。図4のグラフから、この熱線風速計の測定範
囲は風速 4[m/s]程度であると分かった。測定値は熱の移動
量で決まり、風速が速くなると熱の移動量が小さくなるの
で、感度が鈍る。よって風速 4[m/s]以上は測定し難いと考
えられる。

3.3.2 熱線風速計による風洞の特性評価

図5・6は各回転数のとき試作した熱線風速計の値を近
似式(2)に代入し、風速に変換したグラフである。図5
は横方向、図6は縦方向に測定点を移動したときの風の分
布である。図5は同じ回転数での風速に大きな違いはみら
れないので、風のばらつきはほとんどないと考えられる。
図6は中央より上端と下端の風速が速くなっている。これ
は縮流胴の距離が足りずに風速が速くなると風の剥離など
が起り、風速にばらつきが出てくると考えられる。

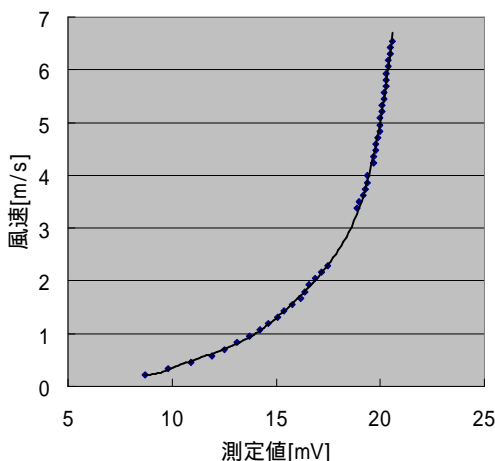


図4 熱線風速計の測定値 風速

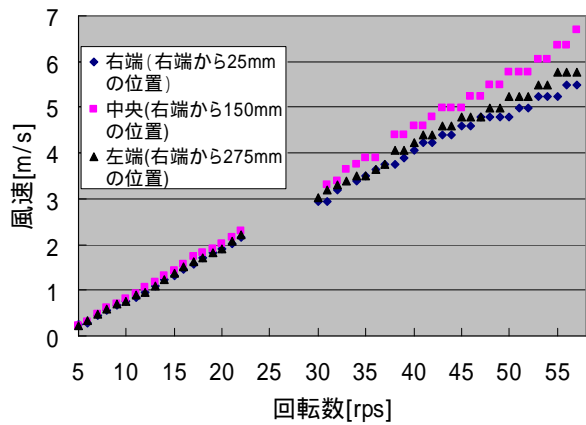


図5 横方向の風の分布

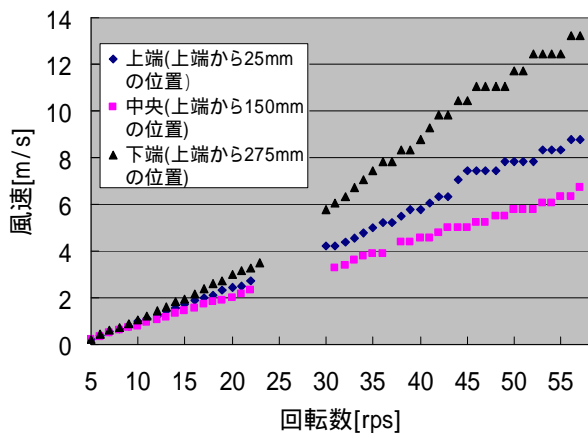


図6 縦方向の風の分布

4. 結言

今回木製の低速風洞と風速測定及びファンの回転数測定
のための装置を製作した。風洞の飛行時間法実験及び特性
評価の結果、風速 4[m/s]程度まで風は安定しているが、風
速が上がるとばらつきが出てくる。特に縦方向の風速に大
きなばらつきがみられ(どちらの実験でも中央の風速より
も上下の方が早い。)風速 2.5~3.5[m/s]の範囲では送風機
の回転が急激に増加して安定しない。また、風速測定のため
の熱線風速計は毎回校正する必要があり、風速が上がると
測定できなくなる。そのため、風速 4[m/s]以降の測定は
今の段階では正確ではない。そして、スモークワイヤ法に
よる流線の撮影では一直線になっていて乱流状態や渦など
は発生していない。このことから、風速 2[m/s]程度まで
あれば無線ラジコン飛行機をアクリル測定部で飛行させて
も、十分安定な飛行ができると考えられる。

参考文献

- 1) 榑原保志：「木製簡易風洞の製作とその利用～理科教
材化への試み」
<http://rika.shinshu-u.ac.jp/sakaki/fudo.htm>
- 2) 岡本史紀：「工学基礎 流体力学」, 森北出版株式会社
(1995) .
- 3) トランジスタ技術編集部 編：「楽しい製作で学ぶ初め
てのトランジスタ回路」, CQ 出版社 (2001)