

教育用小型可視化風洞の製作と基礎データ測定

荒賀 浩一*, 村田 圭治*

Making and velocity measurement of compact visualization wind tunnel

Koichi ARAGA and Keiji MURATA

As a first step of low turbulence visualization wind tunnel production, it was produced a small and simple visualization wind tunnel. Basically, Visualization wind tunnel was made of acrylic. It was using a 12V DC fan for PC as a blower. The velocity distribution measurement, It was used a simplified hot-wire anemometer. The original plastic honeycomb was used for straightening grid. As a result, the uniform flow is obtained in spite of simple structure. The average velocity measured by using HWA and it measured by using Karman vortex visualization were almost matched. In the future, it is planned to use this visualization wind tunnel at various scientific events.

Keyword: Wind tunnel, Flow visualization, velocity profile, honeycomb

1. 緒言

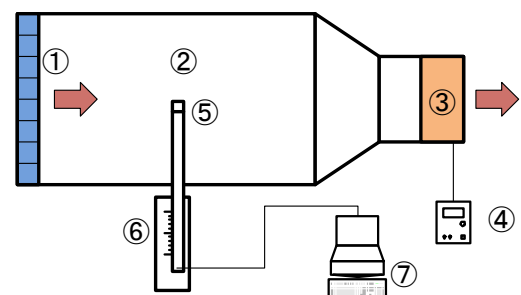
流体中の物体に作用する流体抵抗を計測する手法として、また、物体周りの流れの状態を把握するために、可視化風洞は必要不可欠な実験装置である。本研究室においても、卒業研究の一環として可視化風洞を製作した。ここで、ひと口に可視化風洞といっても、様々なものがあり自動車メーカー等が所有する超大型のものから、手作りの超小型のものまで、用途としても、研究開発用から趣味で用いるものまで多種多様なものが存在する^{1), 2), 3)}。当然ながら、どの可視化風洞が優れているのかケースバイケースであり、小学生の学習教材のように単に全体的な流れを見ることが目的であれば、小型で簡易・安価なものが最適であろうし、壁面乱流計測等を対象とするのならば、乱れが適切に制御された精密な風洞が必要となってくる。そこで、本研究室においては、低乱れ可視化風洞製作の第一段階として、各種イベントでも応用出来るような小型の可視化風洞を製作した。今回の風洞製作は小型可搬を第一に、円柱等の物体周りの流動状態を定性的に把握できるということを主目的におくものとした。したがって、流体の定量的計測において必要不可欠である、風洞内の乱れ強さを抑えることは今後の課題とした。風洞の形式については、比較的小型で低乱れを実現しやすい、開放型の吸い込み型風洞とした。

この可視化風洞により、学生の流体现象に関する知識を深めさせるだけではなく、流体力学になじみのない小中学生等を対象に、流体现象自体に触れてもらうことも目的とした各種イベントでの使用も想定している。本報告におい

ては製作した可視化風洞の速度分布等の基礎データおよび可視化撮影結果について報告する。

2. 実験装置および方法

製作した可視化風洞の概略図を図1に示す。可視化風洞はアクリル製とした。可視化風洞は大きく分けて、可視化部、縮流部、送風機部から構成される。可視化部は一辺150mmの正方形断面とし、全長は300mmとした。送風機は市販のPC用12VDCファンを用い、定電圧電源にて電圧(風量)をコントロールした。今回の風洞ではコンパクトに作ることを主な目的としたため、比較的乱れが生じにくい吸い込み型風洞とするとともに、本来は整流のために必要である風洞入り口部の縮流部を省略し、入り口部に整流格子のみ設置した。一般に整流格子にはアルミハニカム等が使用されることが多いが、今回は市販のプラスチック製飲料用ストロー(内径7mm)を張り合わせたストローハニカムを整流格子に用いた。速度分布測定には市販の簡易型熱線流速計(精度 $\pm 0.1\text{m/s}$)を用いた。速度分布測定



①Honeycomb ②Wind tunnel ③DC Fan
④Power supply ⑤HWA ⑥Travers device ⑦PC

*近畿大学工業高等専門学校
総合システム工学科 機械システムコース

Fig. 1 Experimental apparatus

位置は垂直方向（Z方向）は下面より75mmとし、断面方向（Y方向）はリニアガイドを用いたトラバース装置により10mm～150mmまで5mm間隔で測定した。可視化撮影・動画撮影にはレーザーシート光および市販のデジタルカメラ（120fps）を用いた。

3. 実験結果および考察

熱線流速計を可視化部入口より流れ方向 $X=150\text{mm}$ 、壁面より $Y=75\text{mm}$ の位置（断面中心）とし、DCファンの電圧変化（6V～15V）に伴う中心速度の変化を調べた結果を図2に示す。図のように、整流格子設置時において（with HC）、DCファンの電圧を変化させることで、およそ0.15 m/sから0.5 m/sまで可視風洞中央部の流速を変化させることができるのがわかる。このような状況下において、可視化風洞の入り口部の整流格子の有無における速度分布の変化を調べた。電圧10V、 $X=190\text{mm}$ の測定結果を一例として図3に示す。プロットは測定の平均値、エラーバーは変動の大きさを表す。図3より、整流格子がない流れは速度分布が一様でないだけでなく、速度変動が大きいのがわかる。一方、整流格子がある流れは比較的、速度変動も少なく、流れは一様な流れであり、ストローハニカムが十分な整流効果を示しているのがわかる。したがって、本実験で製作

した小型可視化風洞において、簡易なストローハニカムを風洞入口部に設置するだけでも比較的良好な2次元流れが実現できることがわかる。

このような流動特性を有する可視化風洞において、円柱周りの流動の様子を可視化撮影した。円柱として風洞入り口から150mmの位置に直径13mmの亚克力パイプを設置した。可視化撮影用に風洞上流部より煙を注入した。煙は市販の舞台用スモーク発生装置（Z-800II）により発生させ、塩ビ管および流量調整FAN等を介して可視化風洞内に煙を注入した。また、光源にはレーザーシート光（カトウ光研 PIV Laser G50）を用いた。管路中心面における可視化実験の外観図を図4に示す。上流側から流下したスモークが円柱に衝突し、下流においてカルマン渦が形成されている様子がわかる。次に、亚克力パイプ後流の流れを風洞上方より可視化動画撮影した。撮影には市販のデジタルカメラ（Panasonic DMC-TZ40）を用いて120fpsのハイスピード動画撮影を行った。得られた可視化実験の結果の一例として、ファン電圧=8Vの結果を図5に示す。中心速度はおよそ0.25m/sであり、円柱直径を代表長さとしたレイノルズ数はおよそ200である。なお、図5は撮影した動画から5コマおきにて切り出した可視化画像（5/120s 間隔=24 fps）

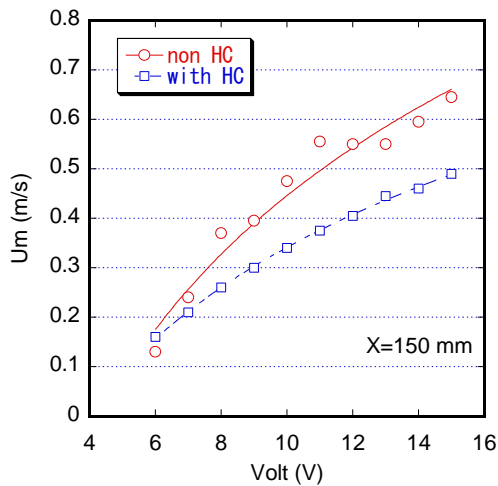


Fig. 2 centerline velocity

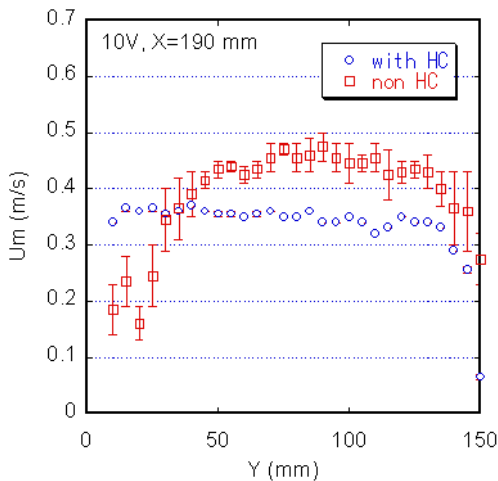


Fig. 3 velocity profile



Fig. 4 flow visualization

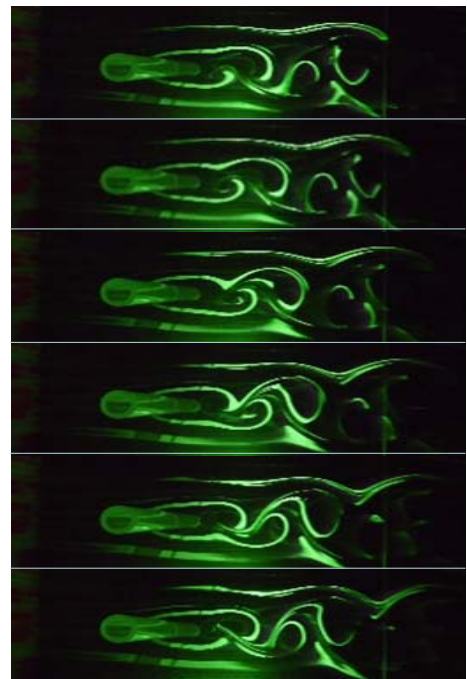


Fig. 5 Karman vortex (24 fps)

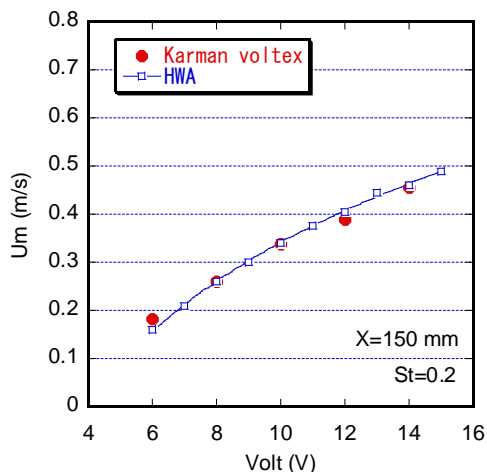


Fig. 6 centerline velocity (Karman voltex)

を参考として示している。図のように、円柱後方に規則的に左右（上下）交互にカルマン渦が発生・流下している様子がわかる。また、この動画から1秒間に発生する渦（片側）を計測すると10個の渦が発生していることがわかった。ストローハル数を $St=0.2$ として⁴⁾主流の平均流速を計算すると、およそ $Um=0.26\text{m/s}$ となる。このようなカルマン渦の撮影実験をファンに印加する電圧を変化させて行い、各条件においてストローハル数より主流の平均流速を算出した。得られた結果を図5に示す。図6の横軸は印加電圧、縦軸は主流の平均流速である。なお、図中には図2で示した断面中心速度の結果を参考として併記している。図のようにカルマン渦から算出した主流の平均速度●は、熱線流速計から測定した速度□とほぼ一致する事がわかった。しかしながら、 0.15m/s の微風速および 0.5m/s 以上の風速においては、FANの風量の問題や、風洞内の速度が安定しなかったことから、本実験においては測定できなかった。

4. まとめ

小型でシンプルな構造の可視化風洞を製作し、その性能を測定した。その結果、以下の事がわかった。

1) ストローを用いたハニカムを整流格子に用いることで、一様な流れを実現できた。

2) 煙による可視化実験において、円柱周りのカルマン渦を確認できた。

3) カルマン渦の発生数より算出した平均流速は熱線流速計から得られた平均流速とおおよそ一致した。

4) 本実験においては、装置の関係で中心速度が $0.15\text{m/s} < Um < 0.5\text{m/s}$ の領域のみでしか可視化実験ができなかった。

今後は整流部等を改良することで、流速測定範囲を広げること検討している。また、実際に各種イベントにおいてこの可視化実験装置の使用を検討中である。

参考文献

- (1) 角田ら、可変風速型風洞実験装置について、近畿大学次世代基盤技術研究所報告, Vol. 3 (2012), 109-115.
- (2) 石原、自動車の空気力学, 日本流体力学会誌, Vol. 21(2002), 62-67.
- (3) 田島ら、試作風洞の特性, 苫小牧高等専門学校紀要, Vol. 27(1992), 37-41.
- (4) 機械工学便覧, A 5 流体工学, 日本機械学会編, (1992), 99-100.