

流れ可視化装置の製作

渡 部 英 昭

Making of a smokewire device for the flow visualization

Hideaki WATANABE

(平成28年11月26日受理)

Making and performance evaluations of a flow visualization device with a plated smokewire and carried out visualization experiments of the flow pattern for the wake of a horizontal and non-heated circular cylinder. Velocity of the main flow $U_0=0.8\text{m/s}$, diameter of the circular cylinder $D=13\text{mm}$ and the Reynolds number of this flow field is nearly 700. Using the present device to visualize this flow field, it appears that ①suitable flow visualization experiments are carried out by using this device, ②there is no substantial contamination effects for the flow pattern by inserting this device into the flow field.

1. 緒言

我々の身の周りではあらゆる瞬間に「流れ」が存在し、その中では様々な流体现象が生じている。そして人類はこれまで、これらの流体现象を日々の生活や科学の発達に利用してきた。しかし、多くの場合、我々はこれらの流れの現象の存在を感じることはできても肉眼で確認することはできない。その理由は、対象とする流体が気体である場合、気体そのものを見ることができないためである。数多の先人が、種々の方法を使って流れ現象を肉眼で知ろうと努力してきた。例えば定温度型熱線流速計や各種風速計の開発は、流れ場内での高精度な平均量や統計量の測定データを提供することにより、肉眼で確認し得ない多くの流れ現象の解析を可能にした。しかし、未知なる流体现象の存在を知りたい場合は、これらの方法と言えども必ずしも万能ではない。一方、もし流れの形を肉眼で確認することができれば、直感的に流れ現象を理解できるだけでなく、その中から新たな現象の発見も容易である。ここに流れの可視化の価値がある。これまで煙やドライアイス、気泡、微粒子のトレーサー、油膜、物体表面にタフトと呼ばれる毛糸や絹糸を短く切って貼り付けたもの、等を用いて各種の可視化法が実用化され、流体力学の進歩に貢献してきたが、それぞれの手法には長短がある⁽¹⁾。本研究では、これらのうち、スモークワイヤーを用いた可視化装置を製作し、実際に流

れの可視化を行うことを目的とする。

2. スモークワイヤー可視化装置の製作

2.1 原理

スモークワイヤー法は、極めて簡単な原理を用いた可視化法であり、気流中にニクロム線等の金属細線を張り、油等の適当な発煙剤を表面に塗布して電流を流すと、ジュール熱によって白煙を発生させることができる⁽¹⁾。これを研究対象とする流れ場内に流せば、煙は流れに沿って下流方向へ移動し、流れ方向をX軸、鉛直方向をY軸とした場合のX-Y平面内で流脈線を形成し、カメラ等を用いて静止画像化すれば、瞬間的な流れ現象を肉眼で確認することができる。

2.2 スモークワイヤー法の長所と短所

スモークワイヤー法の長所と短所は以下の通りである⁽¹⁾。

長所

1. 高圧電源などの特別な装置が不要であり、手軽である。
2. 気流中に張られる金属細線が非常に細いため、ほとんど流れを乱すことがない。
3. 流脈線を形成できる。
4. 非定常流れにも使用することができる。
5. 発熱量のうちのほとんどが油の蒸発に使われ、

気流に伝達される熱量はわずかなので、流れの温度上昇をほとんど生じない。

短所

- 1. 高速流れには向かず上限は30m/s程度である。
- 2. 煙は空気より軽いため上昇速度（5cm/s程度）が生じ、あまりに低い速度の流れには使えない。
- 3. 連続的に煙を発生することができない。

2.2 スモークワイヤー装置の設計

設計したスモークワイヤー装置を図1に示す。流れ場内に金属細線を張る場合、線の剛性が小さいため自立できず、よって線を支持するフレームが必要となる。今回設計した装置では、スパン方向幅380mm、高さ395mm、流れ方向の幅は台座部分を60mm、側板部分を30mmとした。台座部分の幅を大きくしたのは、風洞測定胴（一辺40cmの正方形断面）への設置時に安定性を増すためである。台座および天板には厚さ1mmの鉄板を使用し、左右の側板は厚さ5mmの亚克力板とした。側板を亚克力材にした理由は、本装置の場合、天板を正電極、台座を負電極（グラウンド）としても機能させるため、両者間が導通が生じるのを防ぐ必要があるからである。ニクロム線は、流れに乱れを生じさせず、かつ適度な電気抵抗値を持つ、素線直径

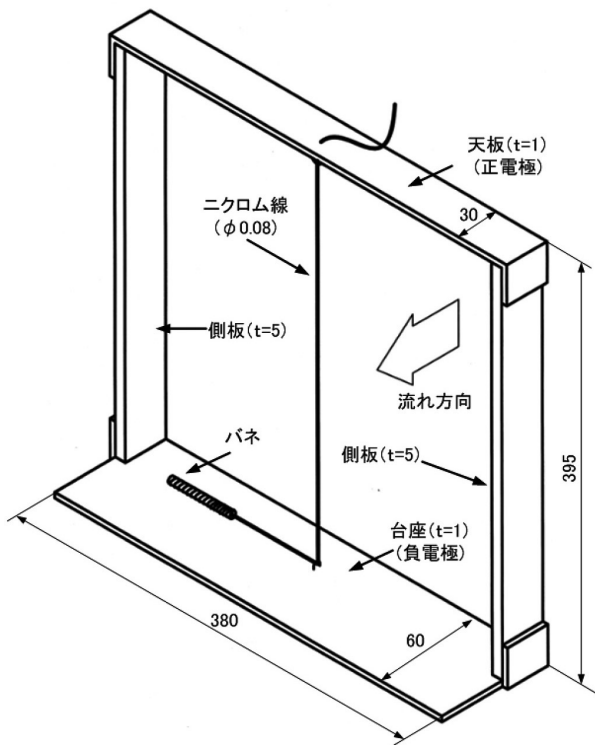


図1 スモークワイヤー装置

φ0.080mm（ニラコ製）を使用した。また、流脈線を、より明確にしたいため、このニクロム線に図2のように直径約0.12mmになるよう、長さ約3mmの銅めっきを1mm置きに施した（関下ら、2001）。ニクロム線への銅めっき法は、まずめっきしない部分に非導通性ペイントを塗布し、そのあと図3に示す、銅板の電極を持ち内部に硫酸銅水溶液を満したためっき装置にニクロム線を垂らし、ニクロム線側を直流電源の負電極、銅板を正電極にそれぞれ接続する。この際、ニクロム線にたるみができるのを防

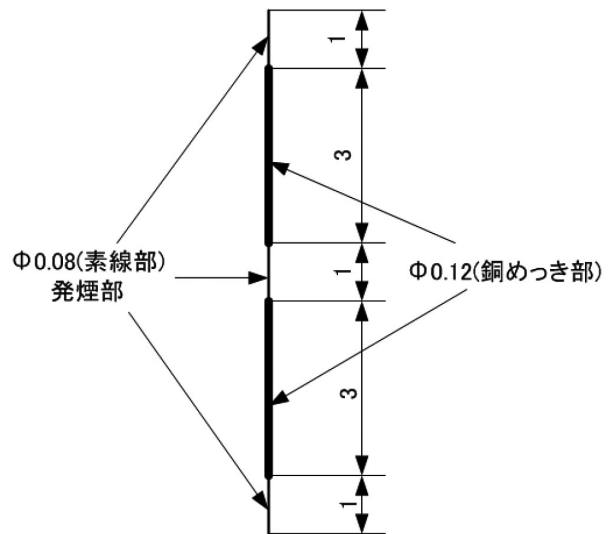


図2 銅めっき部の詳細

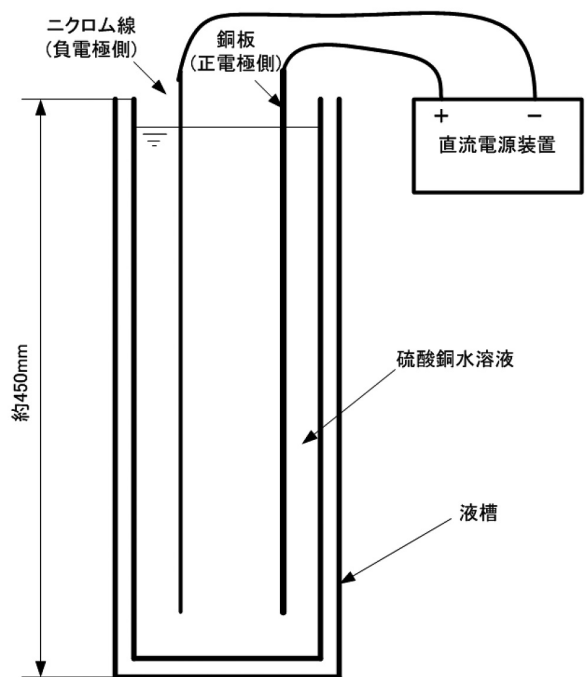


図3 銅めっき装置

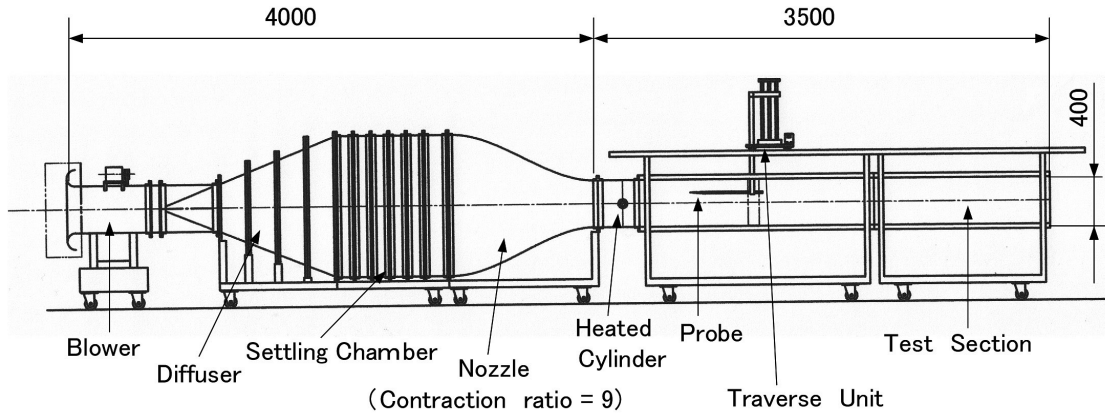


図5 使用した風洞

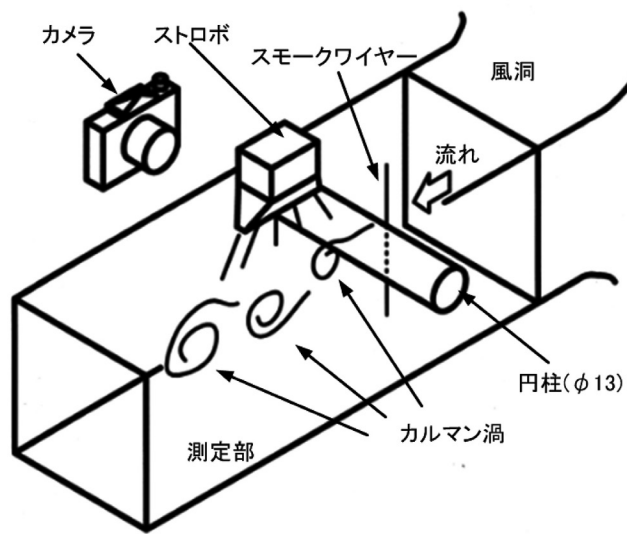


図6 可視化実験の状況

面から外へ突出させることにより円柱端部で生じる影響を無くした。可視化実験の状況を図6に示す。今回製作したスモークワイヤー装置は円柱の直上流側に設置し、風洞外部に設けた直流電源装置を用いてニクロム線加熱用の直流電流を供給している。撮影用カメラは風洞測定部の横に、ストロボライトはカメラと直角に下向きで発光するよう風洞測定部の上方に、それぞれ設置した。撮影の度に発煙剤をやわらかい筆でニクロム線表面に塗布した。

実際に円柱後流カルマン渦列の可視化写真を図7に示す。実験条件は、一様流速 $U_0=0.8\text{m/s}$ 、円柱は非加熱とし、スモークワイヤー装置への印加電圧は約 35V_{DC} 、遅延時間は約 800ms 、シャッタースピードは $1/200$ 秒、絞り f は 6.3 、焦点距離 18mm である。上下に渦が千鳥状に配置された、典型的なカルマン渦列が鮮明に現れていることから、①本装置のフレーム部は流れを大きく乱してはいないこと、②選

択した $\phi 0.08$ のニクロム線および銅めっき部分は流れを乱していないこと、③発煙剤として使用した流動パラフィンとベンゼンの配合比率は適切だったこと、④印加電圧は適切だったこと、などが分かった。

なお、図8に、バネを取り付けなかったワイヤーが発熱により膨張して振動し流れ場に乱れを生じた例を示す。図の縦方向に見られる縞模様が、その乱れである。

今後、この装置を使用して様々な流れ場の可視化実験を行っていく予定である。

4. 結論

スモークワイヤー可視化装置の製作を試み、以下の結論を得た。

①本装置の使用により適切な可視化実験を行えることがわかった。

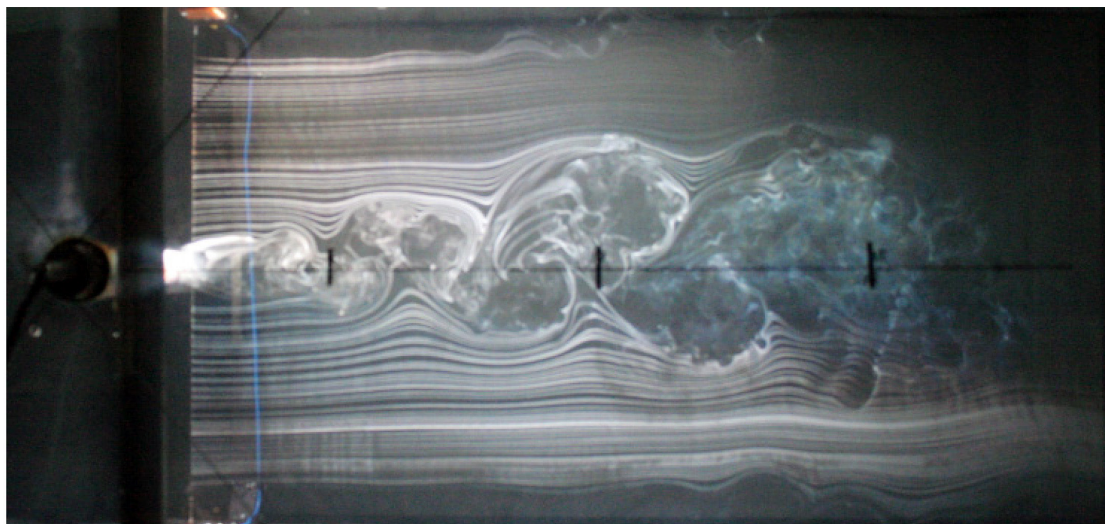


図7 非加熱円柱後流の可視化写真

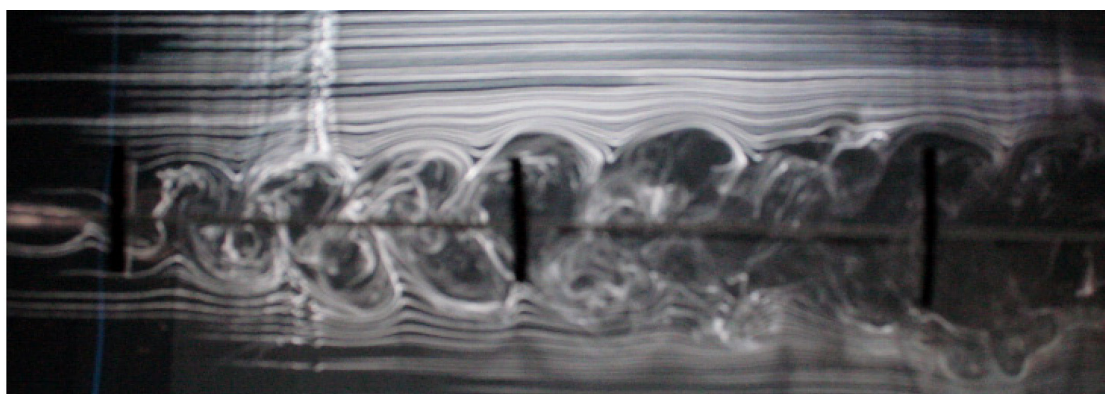


図8 ワイヤ膨張により生じた乱れ

②本装置を流れ場内に置いても流れ場を変形するような重大な影響を与えることはなかった。

5. 参考文献

- (1) 流れの可視化学会編, 新版流れの可視化ハンドブック, 1992, pp273-275.
- (2) 関下信正, 蒔田秀治, 大江広行, 伊藤弘志, 多線式メッキ煙線法による乱流場の瞬間像の解析, 日本機械学会論文集B編, Vol.67, No.661, pp.2243-2250, (2001-9).