

加熱円柱の後流の温度

小山 隆行・布施 肇・加治屋厚廣
(受理 昭和62年 5月30日)

TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE WAKE BEHIND A CYLINDER

Takayuki OYAMA, Hajime FUSE and Atsuhiko KAJIYA

Temperature distributions and fluctuations behind a 20 mm cylinder were measured at $Re=10000$ and $Re=18000$. The following conclusions were drawn.

- (1) The diffusion effect of a separated shear layer was confirmed.
- (2) The frequency of temperature fluctuation is below 10 Hz near the rear stagnation point at $Re=10000$.

1. 緒 言

レイノズル数が大きくなると円柱後方ははく離流となり流れは非常に複雑になる。このようなはく離流にさらされる円柱背面の熱伝達に関して数多くの研究が報告されているけれども、その結果は必ずしも一致せずその原因も不明である。¹⁾ これまで著者らは加熱円柱まわりの局所熱伝達率や非加熱の円柱を用いた後流の速度分布や変動流速のパワースペクトル等の測定により、背面からの熱伝達機構にはせん断層の拡散効果が大きく熱伝達のよいタイプとそうでないタイプの2種類のあることを明らかにした。²⁾ このような流れ場だけでなく後流の温度場を明らかにすることも円柱背面からの熱伝達機構を解明するために重要である。今回は直径20mmの加熱円柱を用いて後流温度の測定を行なった。なお、後流温度分布に関しては例えば安達ら³⁾により等温度線図が報告されている。

2. 記 号

- X : 円柱中心より主流方向の距離
Y : 円柱中心より主流と直角方向の距離
D : 加熱円柱直径
t : 温度
TR : 無次元温度 = $(t - t_{\infty}) / (t_0 - t_{\infty})$
Re : レイノズル数 = $U_{\infty} D / \nu$

- U : 速度
 ν : 流体 (空気) の動粘性係数
添字
 ∞ : 主流
O : 円柱前方岐点

3. 実験装置および方法

実験に用いた風洞は吹き出し型でノズル出口にダクト (400×160×1620, 単位 mm) が接続され、ダクト出口より400mmの位置に水平に加熱円柱はおかれた。加熱円柱は直径20mmでその構造は既報¹⁾と同じである。後流温度の測定には図1に示すような直径2.3mm

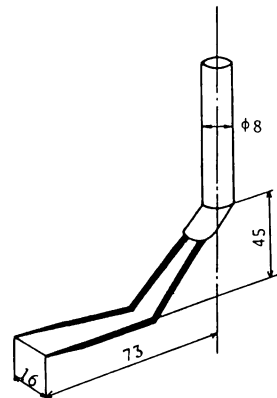


図1 熱電対プローブ

のアルメルとクロメルの棒を鋭くとがらせた先端に直径0.03mmのアルメル・クロメルの細線をハンダ付けした熱電対を用いた。温度変動の測定は熱電対の起電力を直流増幅器により増幅(約280倍)し、次に定電圧発生器により逆電圧をかけて平均値を除去し変動成分のみを電磁オシロで記録した。レイノズル数は $Re = 1.0 \times 10^4$ と $Re = 1.8 \times 10^4$ の2種類で、加熱円柱は熱流束一様の条件で温度の測定は行なわれた。図2に温度分布の測定位置を示す。

4. 実験結果および考察

図3に X/D をパラメータとして後流の温度分布を示す。横軸は距離 Y を円柱直径 D で除した無次元距離、

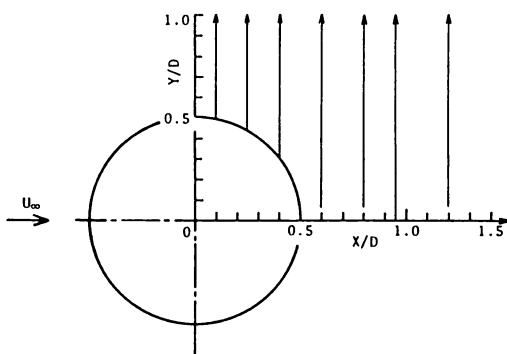
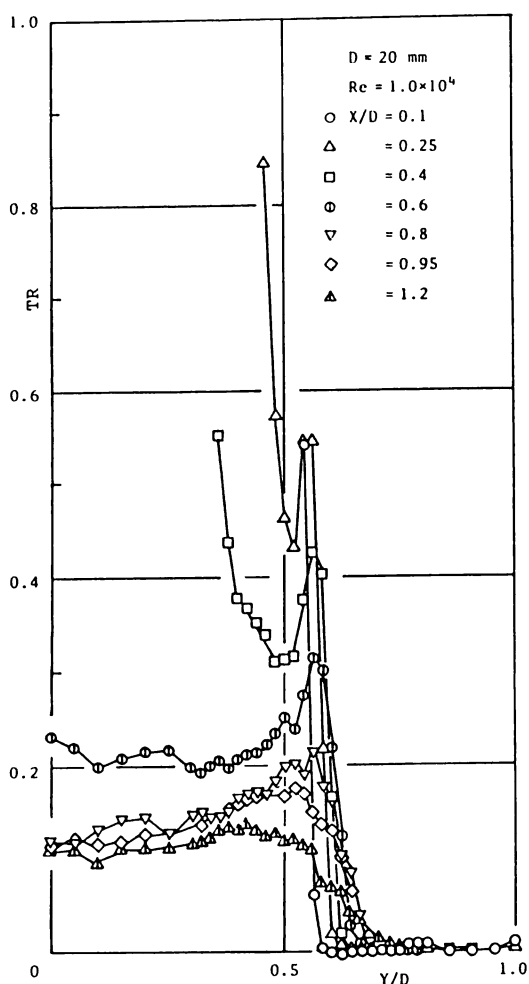
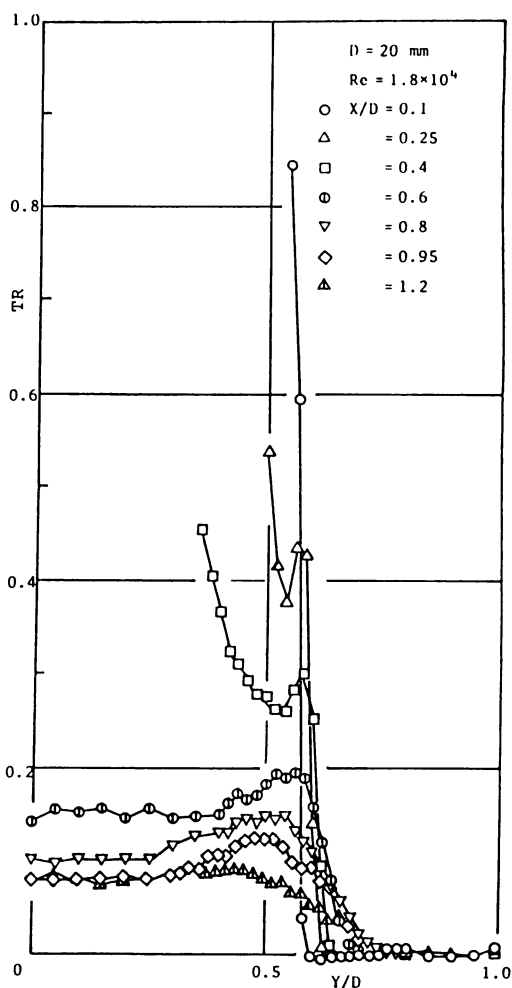


図2 温度の測定位置



(a)



(b)

図3 後流の温度分布

縦軸は測定温度と主流温度の差を円柱前方岐点の表面温度と主流温度の差で除した無次元温度を示している。

したがって距離Yが大きくなり主流内の位置では無次元温度はTR=0となる。

はく離直後のX/D=0.1の温度分布は円柱前面上に発達した温度境界層の熱がはく離せん断層に運ばれるため図のような形をしている。X/D=0.25ないし0.4において、円柱表面近くでは流体が加熱されるため温度はかなり高くなり、円柱表面から離れるとともに温度は下がり極小値をとり、続いてはく離せん断層内で再び温度は上昇し極大値になった後、主流温度TR=0まで下がる。この極小値となる位置がはく離せん断層の内側の境界、TR=0となる位置が外側の境界を示している。そして極大値をとる位置より内側(死水域側)の温度勾配は外側(主流側)のそれと比べてゆるやかになるのが早いことがわかる。

図4はX/D=0.4と0.6でRe=1.0×10⁴と1.8×10⁴の温度分布を比較したものである。Re=1.0×10⁴でははく離せん断層の温度勾配はかなり急であるが、Re=1.8×10⁴になると勾配は小さくなり、またX/D=0.4より0.6の位置で勾配は小さくなり、せん断層は拡散しそして後方岐点近傍の流体温度は下がることわかる。また死水域内では主流と直角方向の温度は大体一定である。

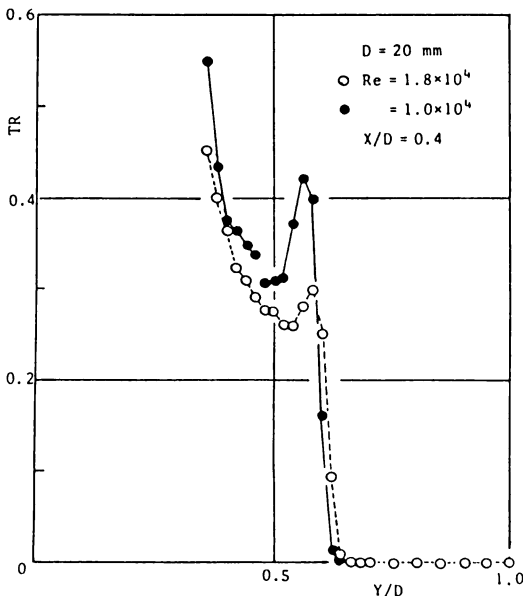


図4 後流の温度分布の比較 (a)

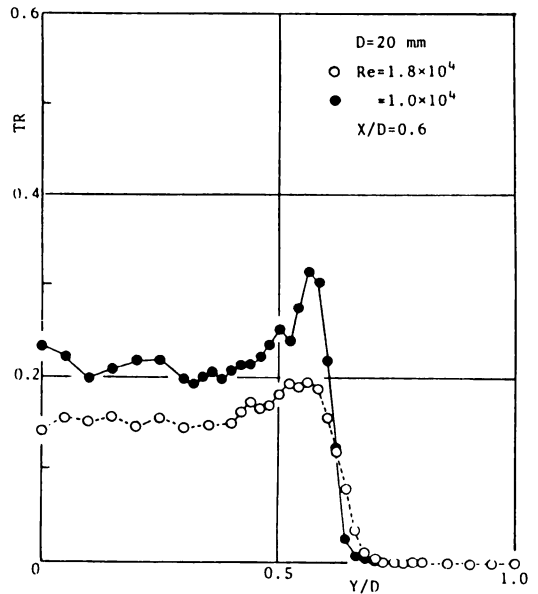


図4 後流の温度分布の比較 (b)

次に後方岐点で後流中心上 (Y/D=0)の温度分布を図5に示す。縦軸の無次元温度に用いた主流温度はここでは死水域内で円柱より離れた位置で一定となる温度を用いている。この図より死水域内で温度が一定となり始める位置はRe=1.0×10⁴でX/D≒1.1、Re=1.8×10⁴でX/D≒1.0であり、Re=1.8×10⁴の方が温度境界層は薄く熱伝達のよいことがわかる。これらの温度は時間平均の温度であり、背面熱伝達に関係した温度変動を観察するため熱電対の出力を電磁オシロで

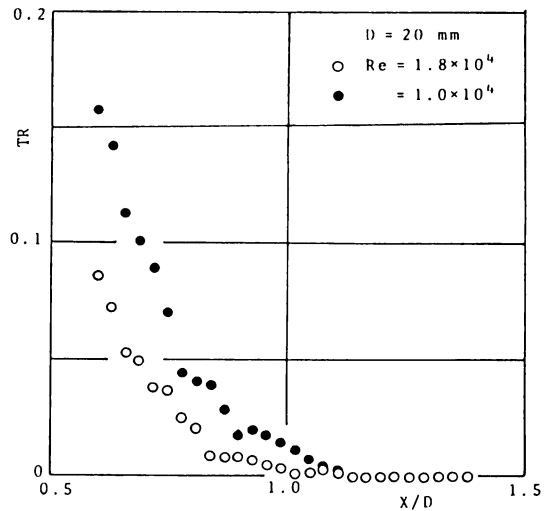


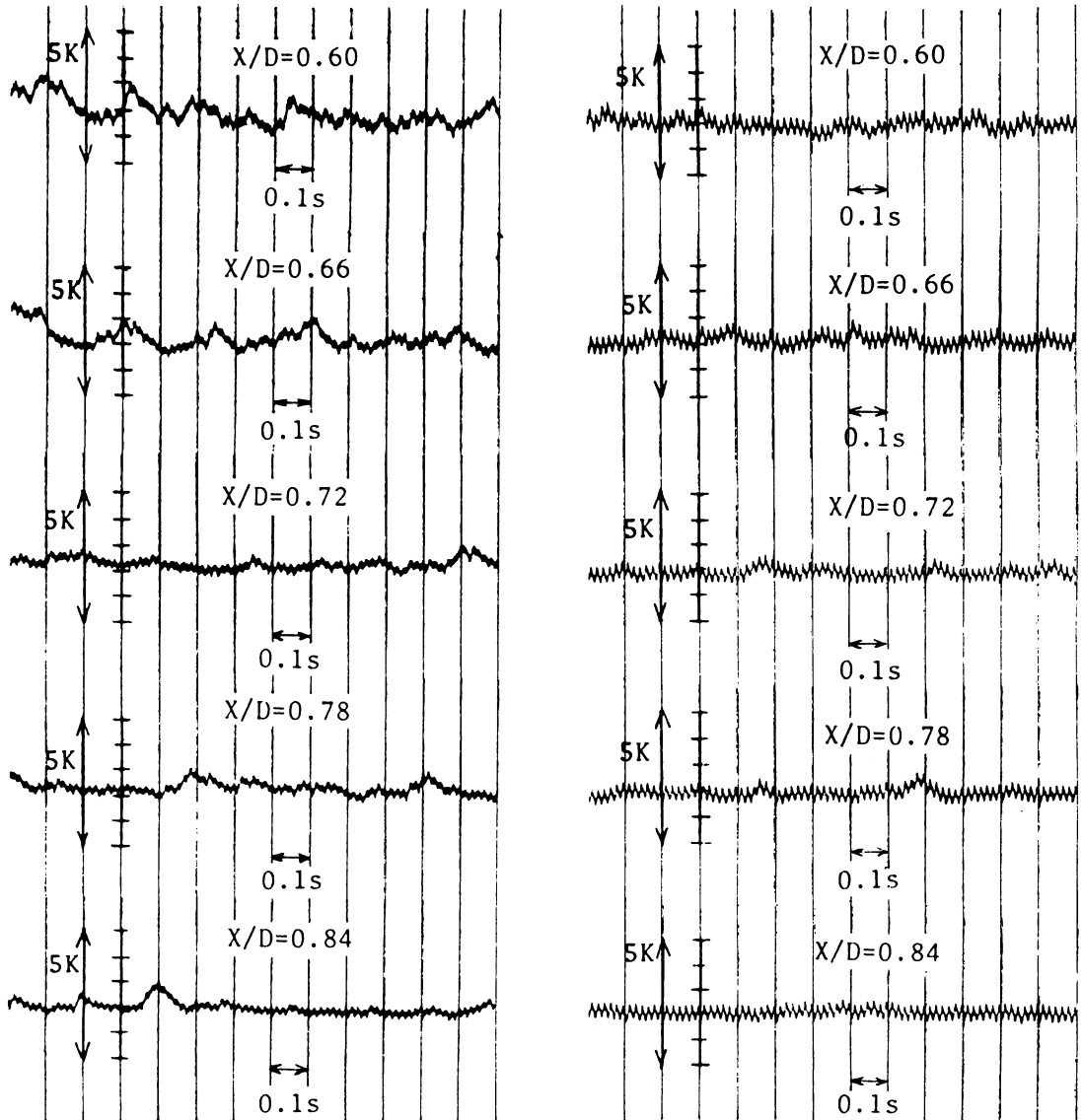
図5 後方岐点近傍の温度分布

記録した。

その温度変動を示した図6からわかるように、 $Re=1.0 \times 10^4$ では後方岐点よりかなり遠方まで温度変動が生じているが、 $Re=1.8 \times 10^4$ では後方岐点の円柱表面近くにおいてほとんど温度変動は見られないが、この点については熱電灯の線径が0.03mmのため応答性の問題があり今後検討を要する。また、 $Re=$

1.0×10^4 の場合後方岐点より遠ざかると間欠的な温度上昇が現われ、周囲の流体より温かい流体塊の通過することがわかる。

温度変動の周波数は10Hz以下のかなり低い周波数成分で、この研究報告の後の論文に示したように後方岐点近傍 ($X/D=0.6, Y/D=0$) での速度変動のパワースペクトルにおいてもこのような低周波成分が生じて



(a) $Re=1.0 \times 10^4$

(b) $Re=1.8 \times 10^4$

図6 後方岐点近傍の温度変動

いる。

5. 結 論

直径20mmの加熱円柱を用いてレイノズル数 $Re=1.0 \times 10^4$ と 1.8×10^4 で後流の温度を測定し以下のことがわかった。

(1) はく離せん断層の温度勾配は下流にゆくにしたがいゆるやかとなり、すなわち拡散が生じ背面の温度も下がり拡散効果が確認された。

(2) 円柱後方岐点近傍の後流の温度変動はレイノズル数 $Re=1.0 \times 10^4$ では10Hz以下の低周波であり、同

じ位置での速度変動のパワースペクトルと一致している。

最後に、本研究を昭和61年度の卒業論文として行なった高木俊宏、川越誠司の両君に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 布施・ほか2名, 機論, 50-453, B(昭59), 1302
- 2) 布施・ほか3名, 機論, 51-470, B(昭60), 3392
- 3) 安達・ほか2名, 機論, 45-390, B(昭54), 241