

埼玉大学 工学部 学生員 ○田中昌宏  
正員 池田駿介  
野本健司

1. まえつき

せん断流における物体後流の現象を説明することは、実際の多くの構造物がせん断流中に存在することから、重要な課題である。Maul & Youngは風洞において、金網を設置することにより、瘦形のかつ乱れの低いせん断流を生じさせ、円柱のような二次元物体後流の渦の振動数の測定から「物体後流ではスパン方向にセル構造が存在し、一つのセルの中では振動数が一定になっている」という実験結果を報告している。これに引きつづき、Mair & Stansbyは風路内面に発達する境界層の後流の現象に影響しているという観点から、End plateの効果を含め同様な実験結果を報告している。彼らはともにセル構造の成因としてせん断流の持つ渦度を挙げておられるが、本研究はスモークワイヤ法による流線の可視化を含め、彼らの研究を参考に一様流及びせん断流における物体後流の現象を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置及び方法

実験は長さ2m、高さ・幅50cmのアクリル製の観測部を有するエッセル型の低乱風洞で行なわれ、流速分布、乱れ強度及び渦の振動数の測定は熱線流速計を使用し、AD変換機能と有するミニ・コンピュータにより解析を行い、特に渦の振動数はスペクトル解析により決定した。可視化はスモーク発生装置、リターダ、ストロボカメラのシャッターに連動させ、スモークワイヤの張る位置、カメラの位置の変化によっていろいろな角度からの撮影を試みた。せん断流の流速勾配は網の枚数を増やすことにより図-1に示すa, b, c, 3つのタイプのせん断流を生じさせ、乱れ強度( $=\sqrt{u^2}/U$ )はいずれも0.5%~0.7%であった。物体は直径 $D=16, 26, 32, 48$  mmの円柱を使用した。また、本実験はRe数が $10^3 \sim 10^4$ の範囲で行なわれた。

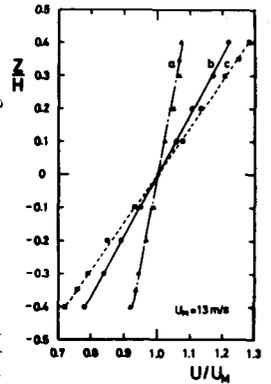


図-1. せん断流の流速分布

3. 実験結果及び考察

図-2は流速勾配の変化とセルの波長の関係を示すもので、横軸にストローハル数、 $S_n = fD/U$  (= $\pi$ に、 $f$ =渦の振動数、 $D$ =円柱の直径、 $U$ =風路中央の流速)をとり、縦軸にスパン方向の距離、 $z$ を風路中央を原点と鉛直上向きを正にとり、風路の高さ、 $H$ を割って無次元化した量をとったもので、図-1に示した3つの流速勾配に対応し、円柱の直径は26mmである。セルのほきりみられるタイプ-b, cの間にはセルの波長及びz方向の位置に変化がないが、タイプ-cの方でセル間の振動数の差が多少大きくなっている点が観測された。

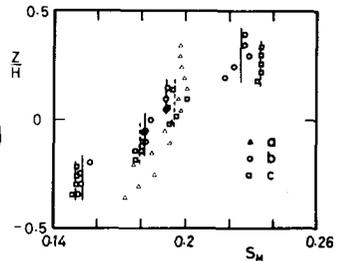


図-2. D=26mmの場合のストローハル数の変化

図-3, 4は $D=48$ mmの円柱に対する $S_n$ の分布を示すもので、図-3は風路上下内面から5cm離れたところにはEnd plateを設置した場合である。図-3の中央付近の点はスペクトル分布が平坦であることから、セル間の境界が不安定な状態になっていると考えられ、図-4にみられるように、End plateを設置するとこの不安定領域が消えることかわ

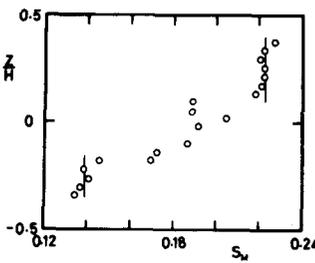


図-3. D=48mm End plateなし

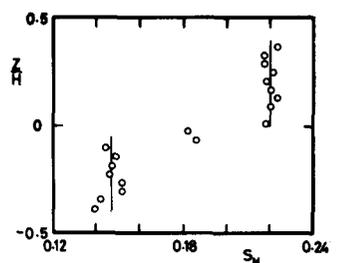


図-4. D=48mm End plateあり(間隔8D)

かる。図-5, 6はともに $D=32\text{mm}$ の円柱にそれぞれ、間隔 $12D$ ,  $8D$ のEnd plateを設置した場合で、間隔 $8D$ の場合は2つのほっそりしたセルがみられ、間隔 $12D$ の場合は中央付近の $S_H$ の分布が一定になっているが、図-3の場合とは異なり1つのセルと考えられる。以上から、セルの長さは直径の4倍と

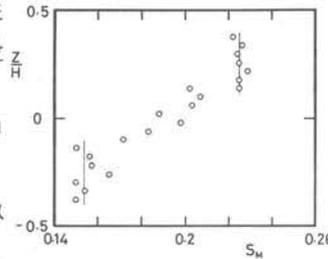


図-5.  $D=32\text{mm}$  End plateあり(間隔 $12D$ )

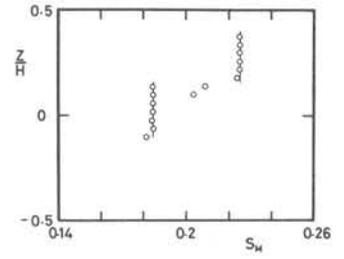


図-6.  $D=32\text{mm}$ , End plateあり(間隔 $8D$ )

みるのが妥当であり、セルの安定性は円柱端の境界条件に大きく影響されていると考えられる。次にセル構造の原因を探る上で、図-7に示すテーパ管一様流中に置き、渦の振動数の測定を試みた。図-8はその結果であり、明らかにセル構造が存在し、これからセル構造の発生はせん断流の持つ渦度によるものではないことが知られる。なお以上図-3~8の実験結果はタイアーの流速勾配に対応するものである。



図-7. テーパー管

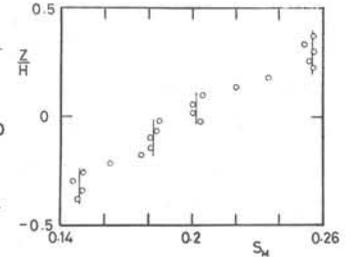


図-8. テーパー管の場合の $S_H$ の分布(一様流)

以上のような事実を確認する為には本研究ではスモーフワイヤ法を用いて様々な方向から可視化を行った。その結果、一様流とせん断流の間には明瞭な差異は見られず、むしろ共通してカルマン渦は着しい次元性と帯びていることが判明した。写真-1は図-4の実験に対応しており、スモーフワイヤを円柱より上流にスパン方向に張り、流下する壁を撮影したものである。これを見ると、セルの境界における渦軸の傾きの変化、流線の集中による渦構造の存在などが観察される。写真-2は同じ円柱で流は一様流であるが、渦軸がいくつか切れかとも不規則に傾いていること、さらに流線の集中がカルマン渦のまわりをむき位置で顕著であることが観察される。写真-3はスモーフワイヤを円柱と直角方向に3本張り、カルマン渦の片方を撮影したもので、カルマン渦の3次元性を示す一つの例である。図-9は一様流中において円柱後流の流線の集中による渦の波長、 $\lambda$ の測定を4種類の直径の円柱、4種類の流速に対してそれぞれ行った結果を示している。これから $\lambda$ は $Re$ 数に関係なく、ほぼ $D$ に等しいことがわかる。この波長の結果はスペクトル解析から得られた波長とは異なっているが、一様流、せん断流に関係なく発生すること、及び直径 $D$ に比例するという点については共通している。

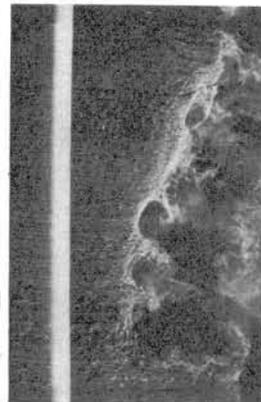


写真-1. せん断流の後流,  $D=48\text{mm}$



写真-2. 一様流の後流,  $D=48\text{mm}$

なお、後流の3次元特性の発生原因については今後の研究課題である。

参考文献: Main, W.A. and Stansby, P.K. (1975) SIAM J. Appl. Math., 28, 519.  
Maull, D.J. and Young, R.A. (1973), JFM, 60, 401.

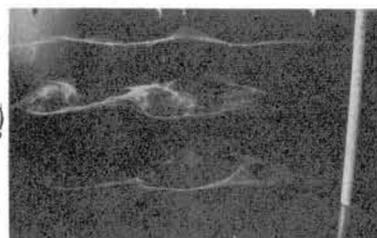


写真-3. カルマン渦の三次元性

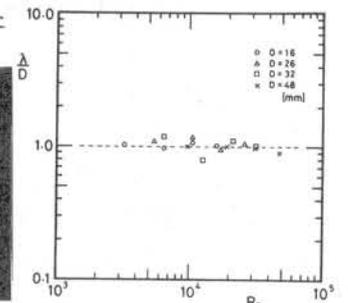


図-9. 可視化法から得られた渦の波長