

II-111

非対称乱流後流発達初期の乱流特性

神戸大学工学部 正 員 中山昭彦

神戸大学工学部 学生員 池宮俊二

神戸大学工学部 正 員 川谷 健

1. はじめに 一様流れの中に置かれた物体の下流に出来る後流は二次元の場合でも一般的な場合詳しくは理解されていない。近年計算流体力学の進歩でいろいろな流れの数値解析がなされているが、建物や橋脚の回りの流れ等の土木構造物の規模でのレイノルズ数の流れの直接シミュレーションは現在のコンピュータの規模では無理である。乱流モデルを用いレイノルズ方程式を解く方法では、多くの場合、壁関数に代表される現象的相似則が設定出来る場合は実験値によくあう結果が得られている。壁面則に頼らない場合、極端に高い数値計算の格子密度が必要になる事、また局部的に低いレイノルズ数の場合にも適応できる乱流モデルの開発が難しい事、などにより計算結果も信頼性が低い¹⁾。壁面則は境界層の境界条件として用いられるが、流線型物体の場合、これの延長と考えられる後縁付近の後流発達初期領域ではどうなるのかという疑問がある。平板後流のように、圧力勾配がなく、対称な場合は精度の高い計測がなされ、境界層に準ずる相似則がみだされている²⁻⁴⁾。しかし、より一般的な、すなわち非対称で圧力勾配があり、流線の曲率もある場合、壁面せん断流と自由せん断流の両方の特性を呈する後流初期段階でのこの種の相似則が適用できるかどうかは解っていない。本著者ら⁵⁾は、平板の対称後流から一歩一般化し、異なる厚さと速度のスケールをもった境界層の融合による二次元乱流非対称後流の特性を調べる実験を行い平均流速分布の相似性を見いだした。その後、乱流特性について詳しく調べたのでここに報告する。実験の概要は参考文献5)で説明したとうり、非対称性に重点をおくため、また複雑な影響を避ける為平均圧力は一定な場合のみに限って調べた。

2. 実験概要 実験は図-1に示すような可塑性の薄板で出来たモデルを使って行われた。この薄板の形を変えたり表面に粗度を施す事によりモデル板の後縁で性質の異なった境界層を生成した。後縁から上流側約10cmの部分は風洞の天井と床に平行に置かれ後流域で圧力が一定になるようにされている。2つの非対称後流及び比較の為の対称後流について詳しく計測した。非対称のケースAは薄板モデル後縁上下面での境界層厚さは異なる($\delta_u/\delta_L=5$ 、添え字 u は上面、 L は下面境界層をさ

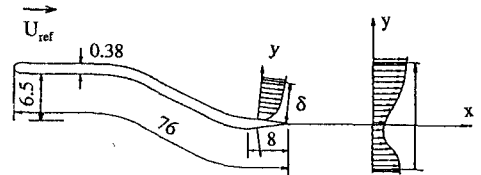


図-1 実験モデルの概要（単位は cm）

す）が、摩擦係数 C_f は殆ど同じ ($C_{fu}/C_{fL}=0.98$) 境界層が融合する場合、ケースCは厚さも C_f も大きく違う場合 ($\delta_u/\delta_L=6$ 、 $C_{fu}/C_{fL}=0.75$) である。いずれの場合も、モデルの全長(76cm)に基づいたレイノルズ数を 1×10^6 に保ち熱線流速計を用いて乱流計測した。

3. 乱流応力及び乱流構造パラメーター 測定結果の抜粋が図-2に示されてある。一番左に比較の為の対称後流のデータを、中央に長さスケールのみ非対称のケースA、右側に長さスケール及び C_f も異なるケースCを示す。平均流速分布の計測結果でから、境界層の壁面則が後流でも継承される事が解ったので⁵⁾、これに従いそれぞれの側の摩擦速度 u_τ と動粘性係数 ν で無次元化した値をプロットした。内部後流部及び境界層壁面層の延長部を重点的に見るため $y u_\tau / \nu < 500$ の範囲を拡大した図である。 $x=0$ でのデータでやや不規則的な値を示しているのは後縁による局部的乱れの為と思われる。非対称ケースAの乱流応力分布の $y u_\tau / \nu < 200$ では対称の場合と同様の相似性が見られる。非対称ケースCの場合、境界層厚の薄く C_f の大きい側では内部後流が急速に拡散し相似性は認められない。下二段に乱流モデルに使われる構造パ

メーターを示してあるが同様の傾向が見られる。

4. 結論 厚さ及び摩擦係数の異なる境界層が合流して出来る後流の発達初期段階における乱流応力及び乱流構造に関する量を計測し、対称後流と比較し特性を調べた。スケールのみによる非対称後流は対称後流に準じた相似性が見られたが、 C_f も異なる場合、壁面則に準じた相似性は極めてはやい段階で消滅することが解った。

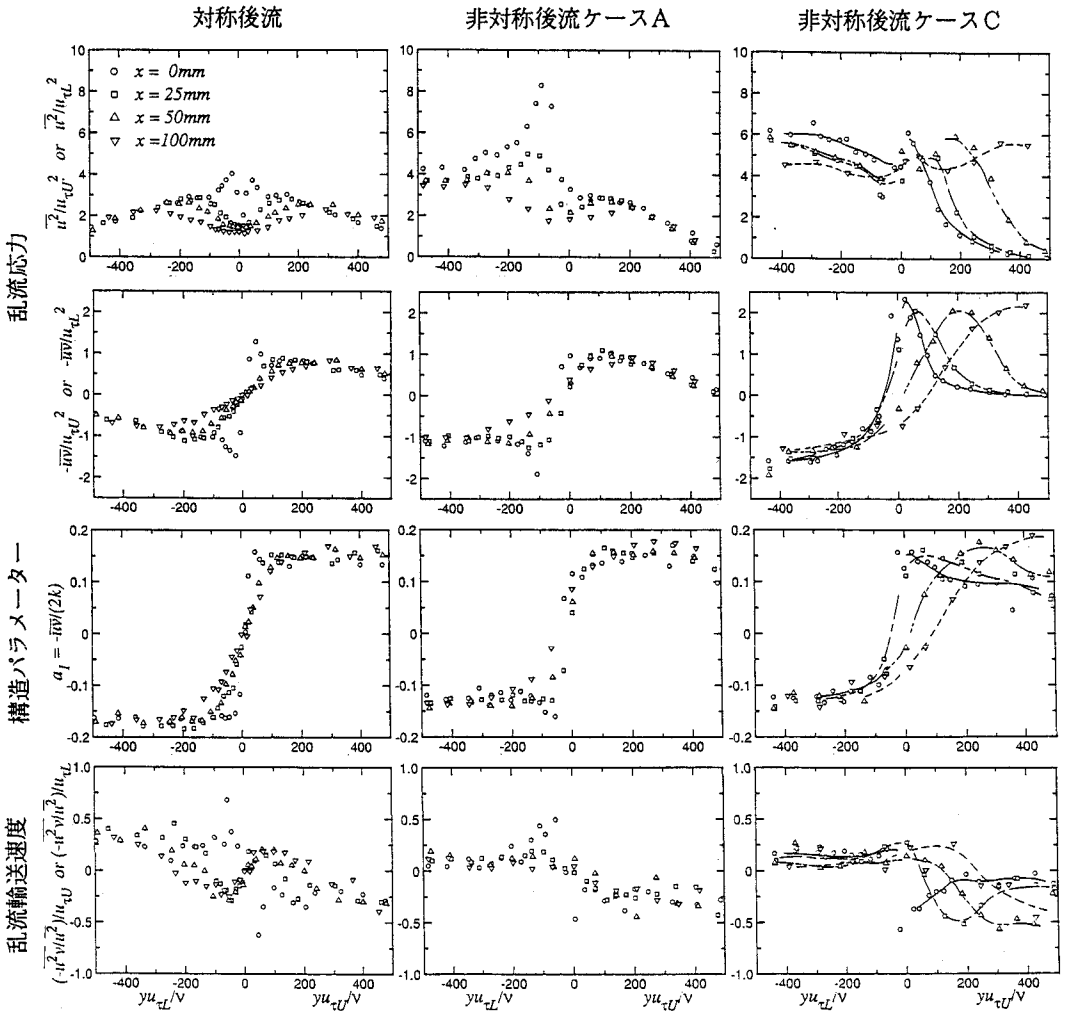


図-2 乱流応力、構造パラメーター $a_1 = -\overline{uv}/(2k)$ 及び乱流輸送速度 $\overline{u^2}/u_\tau^2$

参考文献： 1) Rodi, W. : Refined Flow Modelling and Turbulence Measurements, Tokyo, 1988. 2) Andreopoulos, J. and Bradshaw, P. : J. Fluid Mech., 100, 639, 1980. 3) Bogucz, E. A. and Walker, J. D. A. : AIAA paper 87-0483, 1987. 4) Nakayama, A. and Liu, B. : J. Fluid Mech. 217, 93, 1990. 5) 池宮、中山、川谷：第46回年次学術講演会講演集、Ⅱ、pp. 346-347, 1991.