

PSII-13 レイノルズ数と壁乱流内層の組織構造の相互関係

徳山高専 正員 大成 博文
 徳山高専 正員 佐賀 孝徳
 徳山高専 正員 渡辺 勝利
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

流れには、小さな水路の流れから自然界の流れまで、各種各規模のレイノルズ数の異なる流れが存在する。著者らは、これまでに壁乱流に形成された組織構造に関する研究を継続的に進めてきている^{1)・2)}。ところが、これらの結果は比較的lowレイノルズ数下の実験で得られたものであり、これをそのままより高レイノルズ数の流れや自然界の流れの解明に適用するには、少なくない無理が存在すると思われる。そこで、同一水路内でレイノルズ数を系統的に変化させ、それによって組織構造の何が変化し、何が不変なのかを明らかにすることが重要である。本論では、前報の結果³⁾を踏まえてその考察がさらに進められた。

2. 実験方法

実験には、幅60cm、長さ10m、深さ15cm アクリル製滑面開水路が用いられた。水路勾配は一定の1/1000とされ、上下流端にはそれぞれ整流用ハニカムと水位調節用堰が設置された。流れの可視化法には横断面視法¹⁾が用いられた。本実験では、表1に示されるようにレイノルズ数と水深が系統的に変えられた。また、流速計測にはレーザー流速計が使用された。

3. レイノルズ数と組織構造の相互関係

(1) 平均流速分布特性

図1に本実験で得られた平均流速分布の一例が示されている。これより対数分布則に従うことが明らかであるが、本計測値は、Nezuら⁴⁾の提案式により従うようである。また、同一レイノルズ数でも水深が異なるとウエイク領域が変化し、水深が増すごとにその領域が増加するようである。

(2) 壁縦渦構造

内層には、常に「壁縦渦(wall streamwise vortex)」構造が顕著に形成される¹⁾。この構造は、縦渦成分が顕著なヘヤピン型の渦対を有し、壁近くの流速変動成分の形成に直接重要な役割を果たす²⁾ことから、壁近くの乱れエネルギーの発生や輸送に寄与する重要な組織構造と考えられる。そこで、この壁縦渦構造がレイノルズ数の変化に伴って、どのような特徴を示すかが検討された。

図2には、バッファー層および内層対数領域に形成された壁縦渦の縦横スケールの平均値が、各レイノルズ数ごとに内部変数表示で示されている。これらの各スケールは、壁縦渦を構成する渦対のそれぞれの渦の横断面形象から読み取られた。これより、レイノルズ数の増加に伴って、バッファー層では壁縦渦の規模があまり変化しないが、内層対数領域ではそれが徐々に増える傾向にあることが明らかである。ところが、図3に示されるように、同

表1 実験条件

CASE	H (cm)	U (cm/s)	U _c (cm/s)	Re (10 ³)
A-1	4.0	5.87	0.43	2.0
A-2	6.0	4.02	0.34	2.0
A-3	8.0	3.02	0.24	2.0
B-1	4.0	8.81	0.58	3.0
B-2	6.0	5.87	0.40	3.0
B-3	8.0	4.40	0.29	3.0
C-1	4.0	11.14	0.77	4.0
C-2	6.0	7.42	0.52	4.0
C-3	8.0	5.71	0.35	4.0
D-1	6.0	9.51	0.59	5.0
D-2	8.0	7.13	0.45	5.0
D-3	10.0	5.75	0.32	5.0
E-1	6.0	11.41	0.70	6.0
E-2	8.0	8.56	0.50	6.0
E-3	10.0	6.85	0.41	6.0
F-1	4.0	19.43	1.11	7.0
F-2	8.0	9.98	0.54	7.0
F-3	10.0	7.99	0.43	7.0
G-1	4.0	22.82	1.34	8.0
G-2	8.0	11.41	0.68	8.0
G-3	10.0	9.13	0.54	8.0

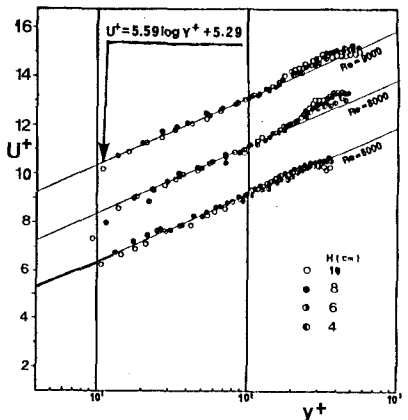


図1 平均流速分布

じ内層対数領域のデータを外部変数とともに表すと、その値はレイノルズ数に関係なくほぼ一定値を示すようである。このことは、外層からの相互作用が内層の対数領域にまで及んでいることを示唆していて真に興味深い。

(2)大規模組織構造の形成過程

もうひとつの注目点は、内層から外層にまで及ぶ大規模な組織構造がレイノルズ数に応じてどのように変化するかという問題である。これには、組織構造の大規模化の機構を解明する課題が付随する。そこで各レイノルズ数ごとに、開水路乱流に形成された組織構造の横断面形象が、そのビデオ映像をもとに丹念に観察された。図4に、大規模組織構造の時空間構造の一例が示されている。この図の(a)は、流れ方向に横断面形象を重ねた時間構造図、(b)は、大規模組織構造の側面図、(c)はその横断面スケールが最大の地点（(b)の階段状の実線で表された高さに相当する）を流れ方向に連ねた平面形状が示されている。これより、3つの壁縦渦が複合して、二つの大規模組織構造が形成され、さらにその二つによってより大規模な組織構造が形成されていることが明らかである。レイノルズ数がより小さい場合には、これよりもより低次の大規模化の過程が形成されるようである。

参考文献

- 1)大成他：土論, 363, 1985.
- 2)佐賀他：土論, 393, 1988.
- 3)佐賀他：水講, 33, 1989.
- 4)Nezu, I and Rodi, W: ASCE, 112, 1986.

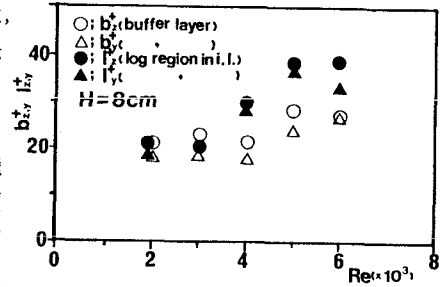


図2 壁縦渦の縦横スケール（内層表示）

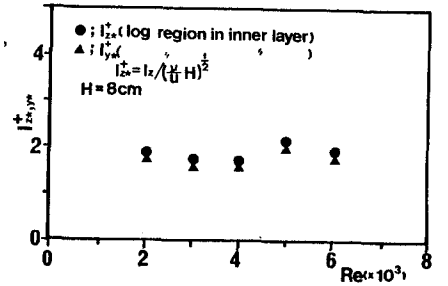


図3 壁縦渦の縦横スケール（内・外層表示）

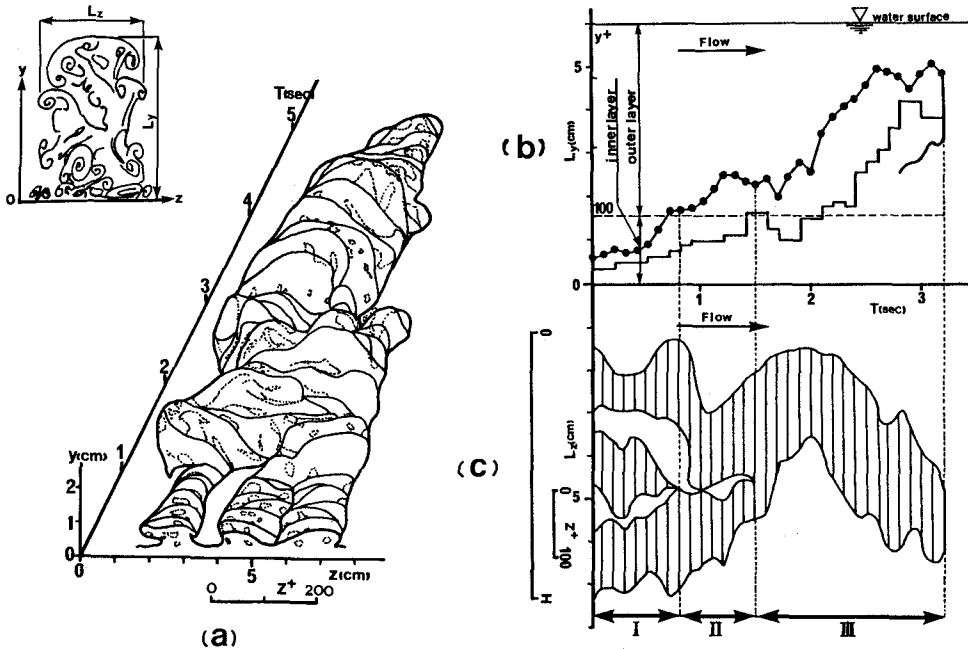


図4 大規模組織構造の時空間構造図（CASE F-2）