

開水路乱流における大規模組織構造と二次流れ

徳山高専 正会員 ○渡辺勝利

徳山高専専攻科 学生員 國弘栄司

1. はじめに

壁乱流に形成された大規模組織構造は、流れ場における運動量や物質の輸送に重要な役割を果たすと考えられることから、その解明は水工学、流体力学上の重要な課題である。本研究では、流れの可視化法を用いて開水路乱流に形成された大規模組織構造の時空間特性および瞬時二次流れの形成への寄与を考察した。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ 10m、幅 60cm、高さ 15cm の透明アクリル樹脂板製の直線開水路を使用した。組織構造の可視化には蛍光染料注入法を用いた。本手法のトレーサーには蛍光染料水溶液（比重 1.005）を、照明にはレーザースリット光を用いた。大規模構造と二次流れの関係を考察するために図-1 に示す DPTV 法を用いた。本手法では前出の蛍光染料水溶液と微細粒子（平均粒径 150 μ m、比重 1.04）を同時に注入し、それらがレーザースリット光とスライドプロジェクターによる光膜を通過する際の流動状況を、下流に設置した鏡を通して撮影した。実験条件は表-1 に示している。

3. 実験結果および考察

図-2 は、大規模組織構造の横断面視の一例を示している。この大規模構造は複数の渦構造が複合、合体して形成されるが、その時空間構造は図-3 に示すように、底壁から流れ方向へ規模を増大させながら発達し、水表面まで到達するような形態となっている。

図-4 は、Case B と C における大規模構造のスケール計測結果を示している。両ケースは水路幅水深が大きくレイノルズ数が異なる条件であるが、スケール計測結果はほぼ同様な分布傾向を示している。横方向スケール（ L_z ）は水深の 1~15 倍、流れ方向スケール（ L_x ）は水深の 2.5~3 倍、横方向の配置間隔（ Z_L ）は横方向スケールと同様で水深の 1~15 倍でそれぞれ最頻値を示している。林ら¹⁾は粗面開水路流れにおける流速計測から、大規模構造の横幅スケールが水深の 13 倍程度あることを見出している。これは、壁面の境界条件の差異はあるが、本計測結果とほぼ同様であり興味深い。Nezu らは条件付抽出法によって、大規模構造の流れ方向スケールを水深の 2~3 倍であると推定している。本計測結果は Nezu らの結果とほぼ一致している。

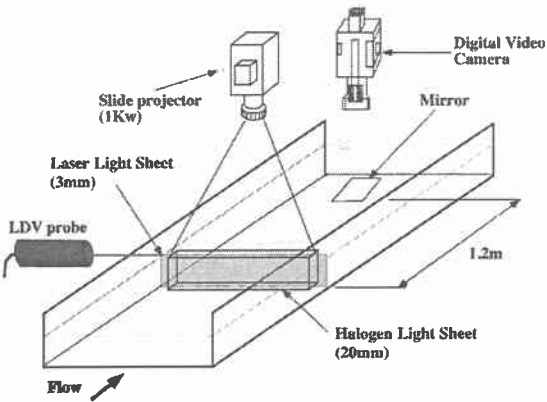


図-1 横断面 DPTV 概要

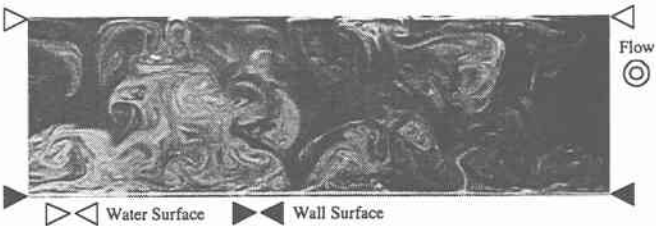


図-2 大規模組織構造の横断面形象

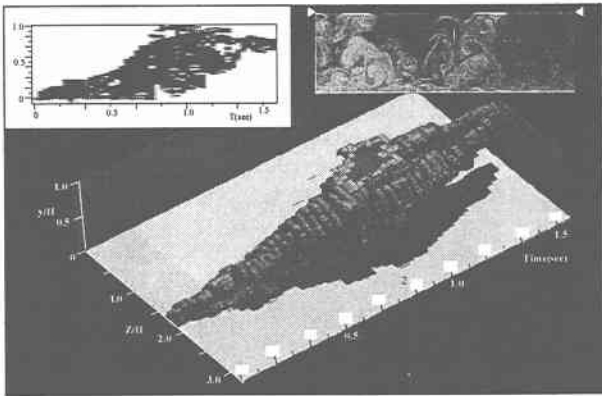


図-3 大規模組織構造の時空間構造図

表-1 実験条件

CASE	水深H(cm)	平均流速 Um(cm/sec)	レイノルズ数 Re=Um*H/ν	水路幅水深比 B/H
A	3.4	16.6	5000	18
B	5.0	8.5	4727	12
C	2.6	7.3	2136	23
D	4.6	8.2	3824	13
林ら ¹⁾	8.9	18.6	11600	7.74

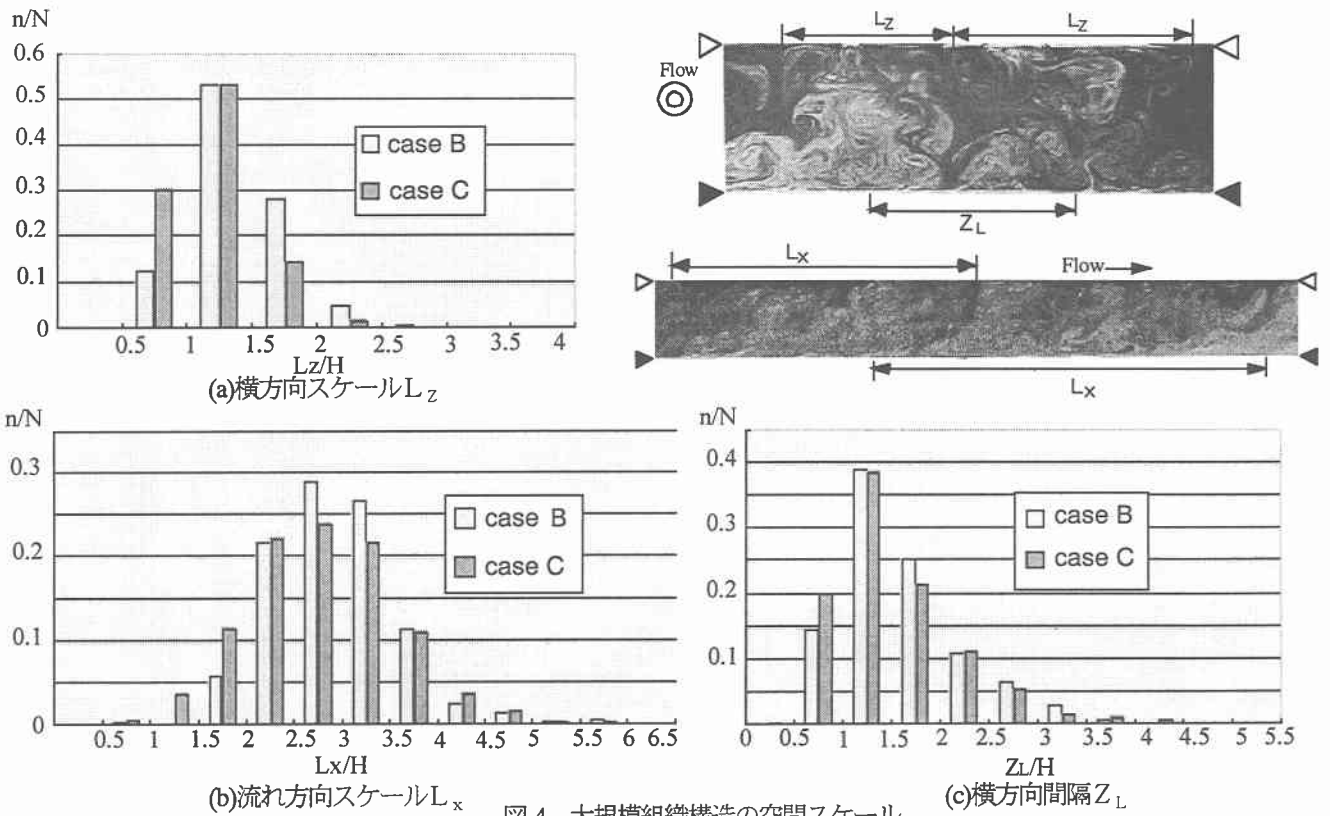


図4 大規模組織構造の空間スケール

図-5 は、横断面 DPTV の解析結果を示している。(a)は瞬時二次流ベクトルと横断面形象の重合図である。これより、大規模構造の形成領域内では顕著な上昇流や渦運動が形成され、それが染料流脈形象と良好に一致していることが認められる。(b)は渦度の等値線を示している。等値線は、0.5/sec 間隔で描かれており、実線は正（時計方向）、破線は負（反時計方向）の渦度を示している。これより、大規模構造内には正負の渦度が形成され、時計方向の回転を示す染料流脈形象には正の値が分布し、反時計方向の回転を示す形象には負の値が分布していることが明らかである。(c)はレイノルズ応力 ($-vw$) 等値線を示している。等値線は 0.05cm² 間隔で描かれており、実線が正、破線が負の値を示している。 $-vw$ の正負の大きな値は渦巻き形象を示す大規模構造の対角位置に形成される特徴的な分布を呈している。

4. おわりに

流れの可視化法により開水路乱流に形成された大規模組織構造の特徴を検討した結果、それらの時空間特性、瞬時二次流れの形成への寄与が明らかとなった。

参考文献

- 1) 林ら：開水路流れにおける縦渦構造に関する実験的研究，第16回乱流シンポジウム講演論文集，pp238-243.1984.
- 2) I.Nezu&H.Nakagawa:Turbulence in Open-Channel flow,IAHR MONOGRAPH SERIES,1993.

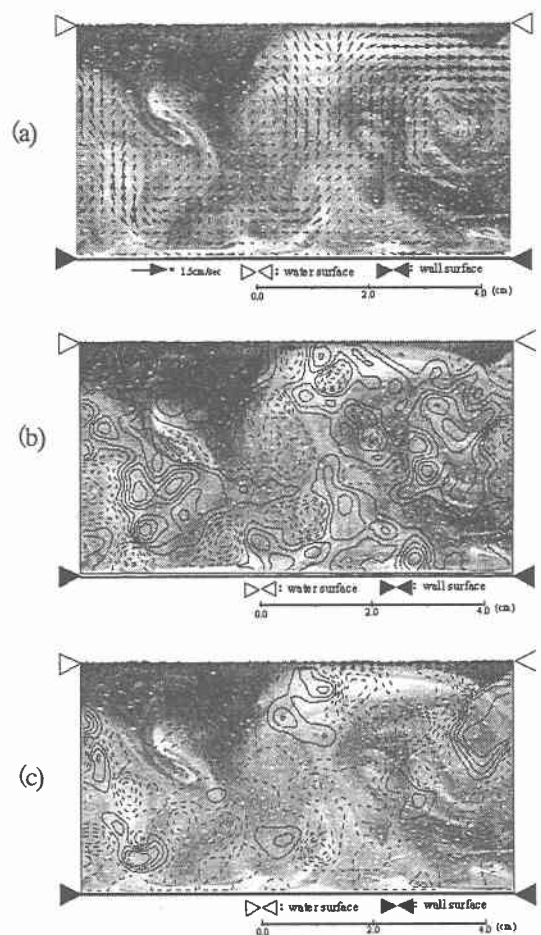


図-5 大規模組織構造と二次流との相互関係 (Case D)