

開水路乱流における大規模組織構造の時空間特性

徳山高専 正員 ○渡辺勝利
正員 佐賀孝徳

1. はじめに

乱流現象における大規模組織構造は、流れ場の様々な物理量の生成や輸送に深く関わっていることからその解明は流体力学、水工学上の重要な課題である。これまでも乱流境界層や開水路乱流においてそれらに関する究明がなされているが、その詳細な構造的性については不明な部分が少なくない。そこで本研究では、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に関する検討を行った。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ 10m、幅 60cm、高さ 15cm の総アクリル樹脂板製の直線開水路を使用した。可視化実験においては、トレーサーに蛍光染料水溶液を用いた平面視、横断面視、縦断面視を行った。大規模組織構造を捉えるために、横断面視、縦断面視においては図-1に示すように、照明にレーザースリット光および複数のビデオカメラを用いて広い領域を撮影した。実験条件は、表-1に示すとおりである。

3. 実験結果および考察

図-2は、流れの可視化の結果を示している。(a)は横断面視の一例である。ここでは、水深のほぼ9倍の領域（水路幅の3/4）が可視化されている。図中の LCS1~5 は大規模組織構造を示しており、これらは複数の渦構造から形成され、水深の1~2倍程度の横方向のスケールを有している。同図(b)は縦断面視である。図中の ST1, ST2 は大規模組織構造の縦断面形象を捉えており、それらは横断面同、様複数の構造が流れ方向に連なって大規模な領域（水深の4~6倍）を形成している。

図-3は、1/15秒間隔で大規模組織構造の横断面形象画像を2階調化し、それらを30秒間を重ね合わせ、立体的に表したものである。図中の赤色の部分は、大規模組織構造が水表面まで到達した領域を示している。これより、横断方向には4つないしは5つの大規模構造が形成され、それが時間あるいは流れ方向に連なって形成されている。大規模組織構造同士の境界は染料のない深い谷のような領域が形成され、そこは相対的に高速域となることが推測される。同図(b),(c)は、時空間構造図の $y/H=0.9, 0.3$ における（水平断面を2値画像で示している。前者においては、(a)の赤い領域と同様な分布が認められる。後者には壁近くであることから縦縞状の形象と水表面付近の形象の特徴が観察される。

横断面視において水表面に到達した大規模組織構造の横方向スケール (Z_n) およびそれらの横方向間隔 (Z_L) を計測した。その結果を図-4に示す。これより、 Z_n は Z_n/H の 1.0~1.5 で最頻値となり、平均値は約 1.4 を示している。また、 Z_L についても同様に Z_L/H の 1.0~1.5 で最頻値を示しており、平均値は 1.6 となっている。

キーワード：開水路乱流、大規模組織構造、流れの可視化

連絡先（〒745-8585 山口県徳山市久米高城 3538 ・ Tel/Fax 0834-29-6326

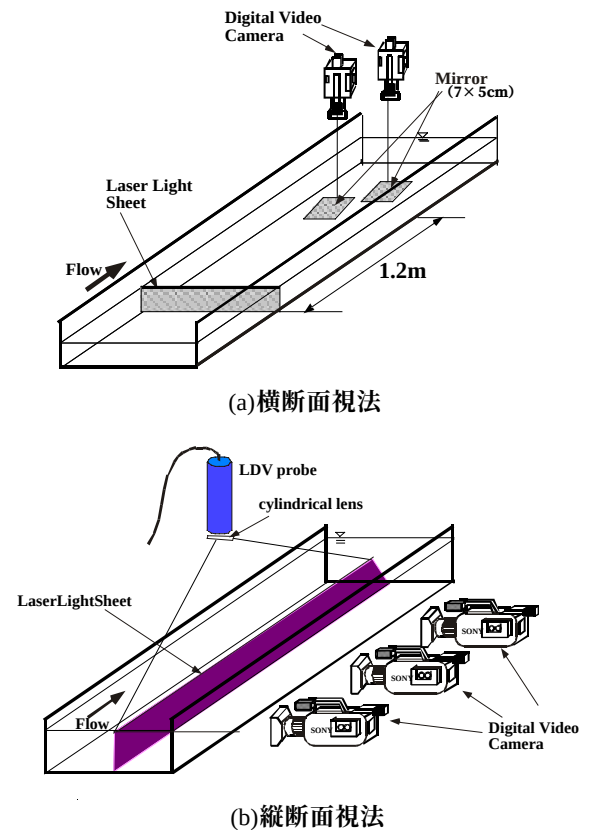


図-1 流れの可視化

表-1 実験条件

	水深 H (cm)	平均流速 U _m (cm/sec)	レイノルズ数 Re (U _m ・H/ν)	摩擦速度 U _* (cm/sec)	水温 (°C)	動粘性係数 ν	水路勾配	水路幅水深比 B/H
CaseA	5.0	8.8	4046	0.529	17	0.01084	1/1000	12
CaseB	5.0	8.5	4727	0.501	25	0.00897	1/1000	12

開路乱流の普遍的構造である並列らせん流は、水深の2倍のスケールの縦渦と結びつけられるが、それに比べて本研究で得られた大規模組織構造の平均横方向スケールはやや小さい。今後、並列らせん流と大規模組織構造の相互関係の詳細な検討が必要である。

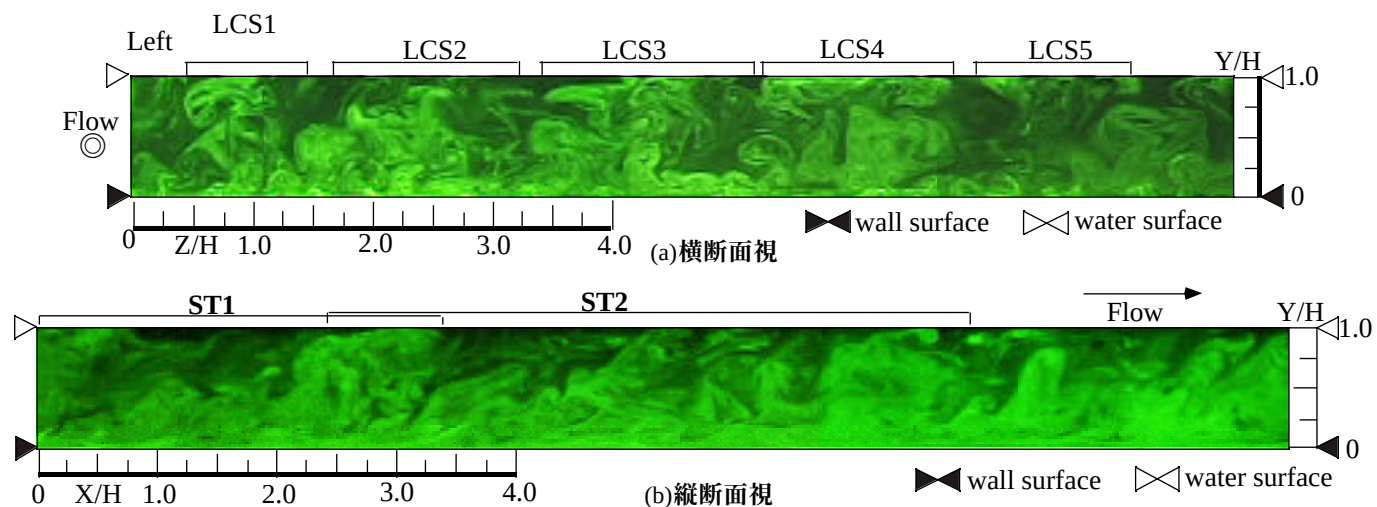


図-2 流れの可視化結果

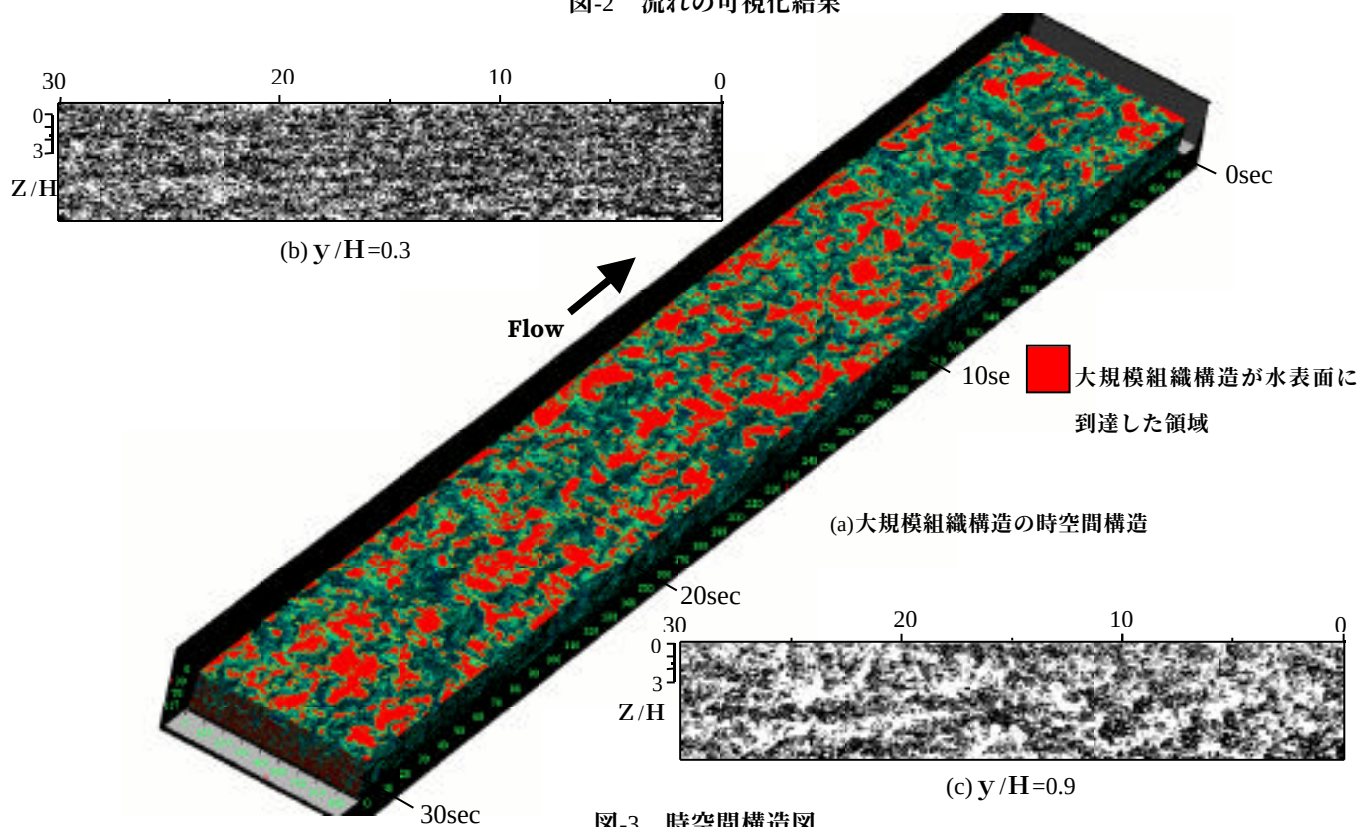


図-3 時空間構造図

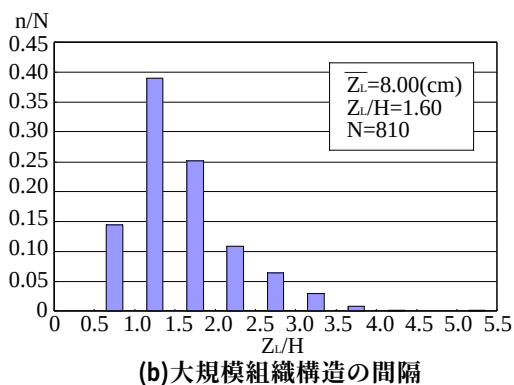
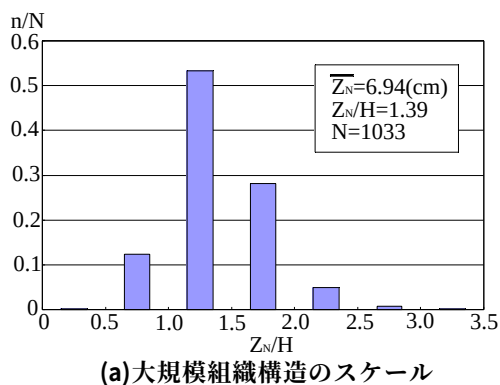


図-4 大規模組織構造のスケールと間隔