

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

1. はじめに

高レイノルズ数下の壁乱流では、壁近くの内層に比して外層の占める割合が大きく、そこでの大規模な秩序構造を解明することが重要であり、その試みは木下¹⁾をはじめとして多くの研究者によって数多くなされてきた。しかし、壁乱流はもともと内・外層の秩序運動が相互作用過程を伴いながら激しく混合する流れ²⁾であり、内層内の秩序運動が発達あるいは大規模化する機構を解明することでそれから外層の秩序運動とどのような相互関係を持つかについては、従来の研究においてほとんど考察がなされていない。

本研究は、内層内に固有な秩序構造として存在するOSS渦³⁾が単独であるいは集団でどのように大規模化を遂げてゆくかに注目し、さらには、内・外層の秩序構造の規模がどのように相違するかについて若干の考察を試みたものである。可視化法には、レーザー・スリットによる横断面視法³⁾が用いられた。その結果、秩序構造の大規模化には、OSS渦のさまざまな複合が重要な役割りを果たすことが明らかとなった。

2. 流れの可視化法

実験は、長さ10m、幅60cm、深さ15cmの滑面開水路で行われた。水路勾配は $1/1000$ 、平均流速4.75cm/s、水深6.6cm、摩擦速度の29cm/s、 $Re(U_{max} H/2) = 3660$ 、 $Re(U_{max} \theta/\nu) = 351$ である。トレーサーには蛍光染料(フルオレセインナトリウム4、比重1.005)が用いられた。その他、可視化法の詳細については文献³⁾にあり、ここでは省略する。

3. OSS渦

壁乱流の内層には、図1のモデルとして示されるような縦渦対の構造が常に形成され、この渦の規模と傾斜角の平均値は図内の表に示されるほどのものであり、これが単独では決して外層領域に発達して大規模化することはない³⁾。もうひとつのこの渦の特徴は、従来の馬蹄型渦モデルやヘヤピン渦モデルにおいて考えられていたような渦の足元の横渦成分とも言うべき部分が存在しないことである。このOSS渦の空間的な発生頻度分布を表わしたのが図2である。これより、OSS渦の発生最頻値が $x^+ = 20$ 前後であることが明らかである。

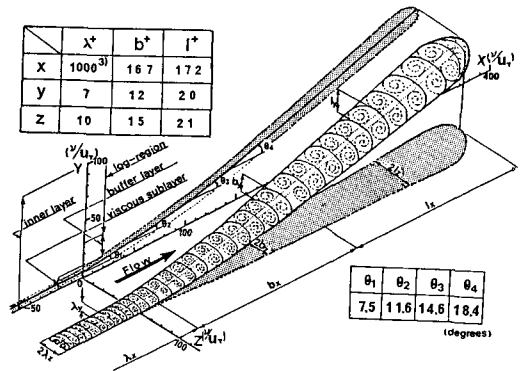


図1 OSS渦モデル

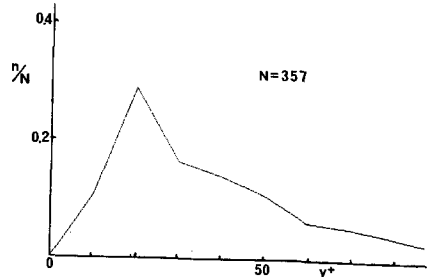


図2 OSS渦の発生頻度分布

4. 外層における秩序構造の規模

図3に示されるような横断面写真から、外層における秩序構造の姿、z方向スケールを図4に示されるような方法で読み取り、その平均値が以下に示すように求められた。

$$L_y = 81 \lambda_{Oz}$$

$$L_z = 114 \lambda_{Oz}$$

外層の秩序構造の規模は、図1内に示されたOSS渦の規模に比して明らかに数倍以上の大きさを示している。

4. 秩序構造の大規模化の機構

図3は横断面可視化写真の1例であり、秩序構造が大規模化して外層にまで及んでいる典型例のひとつである。白く映る部分がトレーサの存在する部分であり、それらは主として壁からの上昇流を反映している。この写真から、大

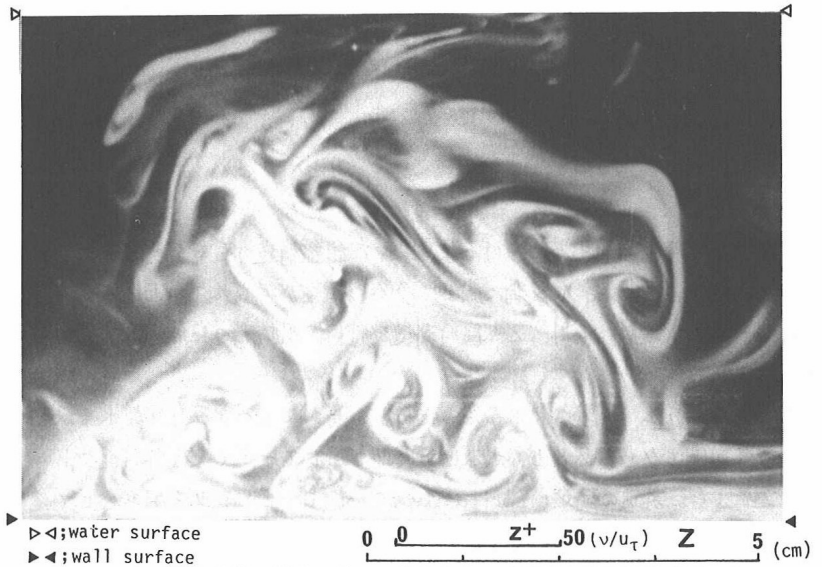


図3 さまざまな渦の複合によって構成された大規模な秩序構造(CASE A)

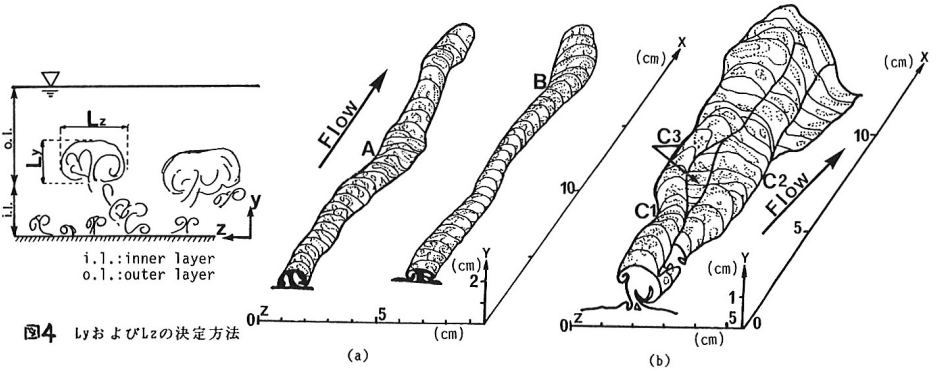


図4 L_y および L_z の決定方法

規模な秩序構造の中には、内層外端付近まで単独で発達した3つのOSS渦をはじめとして多数の渦が形成されていることが明らかであり、秩序構造の大規模化に渦の複合が非常に重要な役割を果たしているように思われる。

また、Taylorの仮説のもとに図5(a),(b),(c)に示されるような秩序構造の3次元構造図が描かれた。太実線は単独の渦の輪隔を示し、細実線は1枚の画像内の形象を、点線は渦中の構造をそれぞれ表わしている。OSS渦A,Bは単独であり、他の渦との相互関係を持たない。ところが、OSS渦C₁~C₃, D₁~D₄においては、それぞれ3つ、4つの渦の複合が起こり、全体としては大規模化が明らかに遂げられているようである。

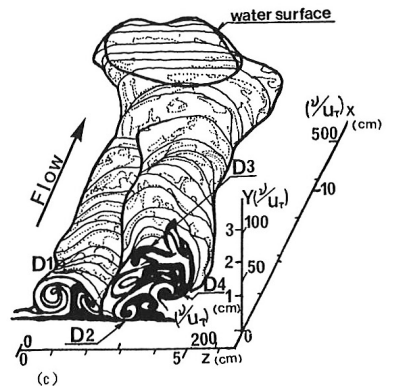


図5 秩序構造の大規模化の機構

以上をまとめると、壁近くでは、単独のOSS渦が発達して、

参考文献

自らの規模を拡大させる以外には、すべて渦のさまざまな複合によって大規模化が達成されるように思われる。

1) 木下: 論文集, 345/II-1, 1984

2) Kline: AFOSR, 1978

3) 大成他: 論文集 363/II-4, 1986