

1. はじめに

淡水・塩水界面のような内部境界面に生ずる界面波とその碎波に伴う乱れ拡散は、界面抵抗や渦散の概念と形成する物理機構として基本的に重要であるが、乱れ構造や拡散過程はFlow regimeによって著しく異なるので、流動形態に依りて説明が必要である。本報告は、淡水二層流において乱れ拡散が生じている場合に、その密度混合と連行のトリガーとしての役割を果たす機構において、淡水・塩水界面付近での乱れの歪度、尖度および構造関数と乱れの計測結果から求め、界面付近の乱れの構造について考察したものである。

2. 実験の概要

実験に用いた水路は水平な2次水路²⁾である。流すのは、淡水が静止塩水層(10 cm)の上で、水深10 cmで水平に流出する2次元アレイメントとした。密度差は0.019、淡水流量は1.2 l/secであり、流出端での内部フルード数は約0.586である。なお、淡水・塩水接触開始点を $X=0$ (流出端)とし、それに鉛直上向きに Y をとった。また、速度変動は H と F_{Hm} を用いて計測し、その統計処理に際してはデータを150 Hzでサンプリングし、総数5000個のデータを用いて解析した。

3. 結果とその考察

界面付近の乱れの特性は水深や界面状態(界面波やその碎波によって生ずる乱れ拡散)に依存する。普通、乱れの統計的性質は相関関数やスペクトルによって知ることができ、このようなセン断流場において確率分布などの特性によって検討することが行われると、乱れの性質が一層明瞭になると考えられる。

そこで、主流方向の速度変動の歪度と $S_u = \overline{u'^3} / (\overline{u'^2})^{3/2}$ 、尖度と $F_u = \overline{u'^4} / (\overline{u'^2})^{4/2}$ によって求め、図1に示した。ここに、 $u' = u - \bar{u}$ である。また、 $X=30$ cmについては水深方向の速度変動の歪度 S_v と尖度 F_v も示した。

図によれば、界面($Y/Y_0=0$)ではガウス分布のゼロに近い、ほぼ正の非対称性を示し、流速の確率分布は流速の遅い、オハタ少い $u' < 0$ となる確率が高く、また、その尖度が小さく、excessは負を示すので、確率分布はガウス分布よりフラットであり、値の大きい u' の存在する流況が生じているといえる。他方、界面近傍($0.05 \leq Y/Y_0 \leq 0.15$)では、流速の確率分布はその大きい、オハタ多量の非対称性を示し、 $u' < 0$ である確率が高く、尖度が大きいことから平均流速付近に流速の分布が集中することになるので、 u' は小さな値になっていると思われる。

次に、 $X=30$ cmでの水深方向の速度変動の確率分布の特性から、 Y/Y_0 が0.05の場合のように $v' < 0$ となる確率が存在するが、界面を離れると $v' > 0$ となり、しかも尖度の変化から v' の大きな値が出現する確率が高い、こ

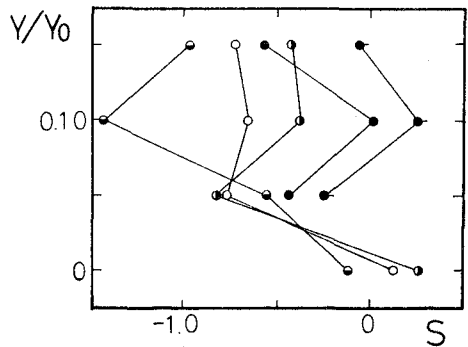


図1(a) 速度変動の歪度の鉛直分布

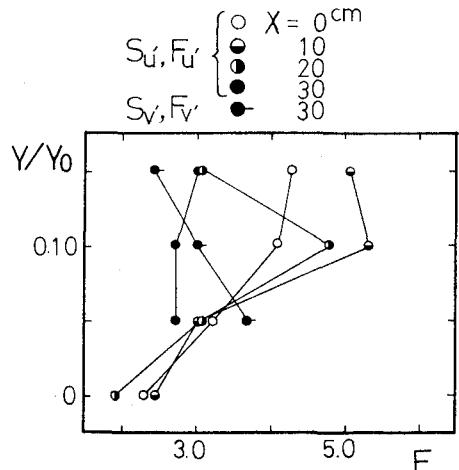


図1(b) 速度変動の尖度の鉛直分布

とがわかる。

以上の点から、界面の極く近傍では界面波の碎波によって比較的大きな渦動運動が生じ、上層流体の下層への巻き込みがある。界面を離れるところでは、渦動運動による周期的な上昇が卓越する。局所的にはこのような渦の対が水流方向に存在しているものと思われる。また、歪度と尖度は流下するにつれともにガウス分布に近づく傾向を示している。

次に、セン断流場での乱れの性質と知る上で有用な、周知の構造度数を局所的等安性と仮定し、

$$D(\tau) = [u(\tau) - u(\tau + \tau)]^2$$

によって求め、図2に示した。

図によれば、界面近傍の乱れは界面波とその碎波に伴う乱れ拡散の影響を受け、周期的過程とランダム過程から成り立っている。界面を離れるに従ってランダム過程が卓越するようになり、界面波が流木乱れに及ぼす影響が淡くなるのがわかる。(なお、界面波が拡散する塩分に及ぼす影響の程度は流木乱れのそれに対してさらに淡く、界面を離れるとたちまちに相関は消失する。)

構造度数が示す周期的変動のうち、 $X=10, 20, 30\text{ cm}$ の、それぞれ $Y/Y_0=0, 0.05, 0.10$ にみられる約 $1.0 \sim 1.25$ 秒の周期は、最も出現頻度の高い界面波に属するものであり、また、 $X=10, 20, 30\text{ cm}$ の、それぞれ $Y/Y_0=0.05, 0, 0.05$ の周期 $0.5 \sim 0.8$ 秒は、界面波が碎波し、下層流体が上へ放出されることによって生ずる乱れの発生周期に相当していると考えられる。

4. あとがき

流塩2層の接触により界面付近に乱れ拡散が生じている流場の場において、流木乱れがもつ2, 3の性質について示した。しかし、構造度数が示す周期性は、ほぼ、速度変動が周期的成分とランダム成分から成り、後者のランダム過程にKolmogorovのいう“ $2/3$ 乗則”が適用される。さらに、周期的成分とランダム成分との間の相関が無視しうるとすれば、ほぼ、周期的過程が示す周期と考えられるが、2点の点、および、流木乱れが有する周期的過程と界面波、その碎波に伴う乱れの発生周期との関係については、さらに検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) T. Iwasaki and T. Abe: Turbulence in the weakly mixing zone of the interface, Coastal Eng. in Japan, Vol. XV, 1972.

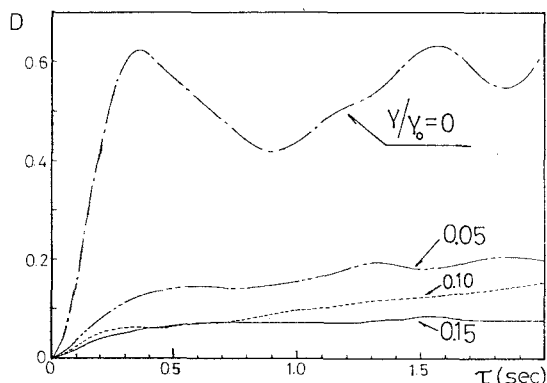


図2(a) 構造度数の鉛直方向の変化 ($X=10\text{ cm}$)

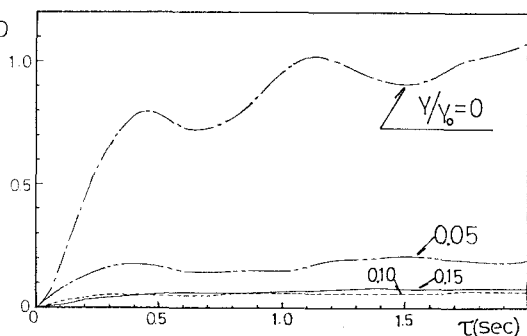


図2(b) 構造度数の鉛直方向の変化 ($X=20\text{ cm}$)

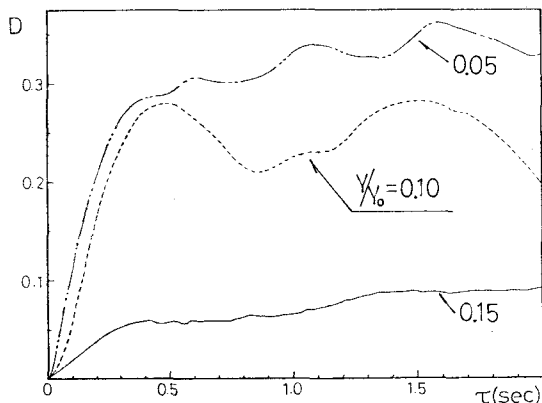


図2(c) 構造度数の鉛直方向の変化 ($X=30\text{ cm}$)