

II-169 自由せん断流における大規模渦の時空間特性

九州大学大学院 学生員○山本 賢一
九州大学工学部 正 員 小松 利光
九州大学工学部 正 員 粟谷 陽一

1. まえがき 著者らは今回混合せん断流における大規模渦の解析を更に進め、内部波高計の出力データを検出指標とした条件付サンプリングを行い、大規模渦構造と随伴する種々の物理量の時空間構造の変動 pattern を得ることができた。ここでは大規模渦の流速変動及び連行や乱流特性との関係について考察を加えている。

2. 実験装置・実験条件 実験は長さ5m、幅15cm、高さ40cm の二次元水路を用い、混合層流れを作るため水平の仕切り板を水路床より25cmの所に設置した。上層流($U_1=12.5\text{cm/s}$)としては淡水を用い、下層流($U_2=1.0\text{cm/s}$)としては内部波高計で混合層の界面変動が測定できるように塩水を用いた。上下層は仕切り板の末端（この点を座標原点とし、流下水平方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる）で接触し速度差により激しい渦動状態が引き起こされ混合せん断流が形成される。混合層がほぼ直線的な拡がりをしめす $x \leq 30\text{cm}$ の領域では密度効果が無視できるとして、測定をこの領域に限定した。測定は2方向 x 型 hot film 流速計、密度は電気電導度計、界面変動は内部波高計を用いた。内部波高計を $x=7\text{cm}$ に固定し、ほぼ同一点として結合した電導度計と hot film を内部波高計から Δx だけ離し、各々の Δx に対し鉛直方向に測線を取り、内部波高と流速と密度を同時測定した。得られたデータはデータレコーダに収録し、A-D変換の後統計処理を行った。サンプリング間隔は $\Delta t=1/125(\text{sec})$ 、データ個数は1測点当り $N=16,384$ 個とした。

3. 実験結果とその考察

(1) 条件付サンプリングによるアンサンブル平均；大規模渦の卓越周波数($f_L=0.88\text{Hz}$)を用いた条件付サンプリング法により、仮想界面変動 η の時系列中から極小、極大のペアを大規模渦の数($f_L \times$ 測定時間=149個)だけ選び出す。その際、時系列において変動即ち極小、極大間の差の大きいものはそれだけダイレクトに大規模渦の影響を受けていると思われるので、ここでは強い渦のみの平均をとるため、その差の大きいものから順に極値のペアを30個だけ採用する。できるだけ信頼性の高い値をえるため、採用された

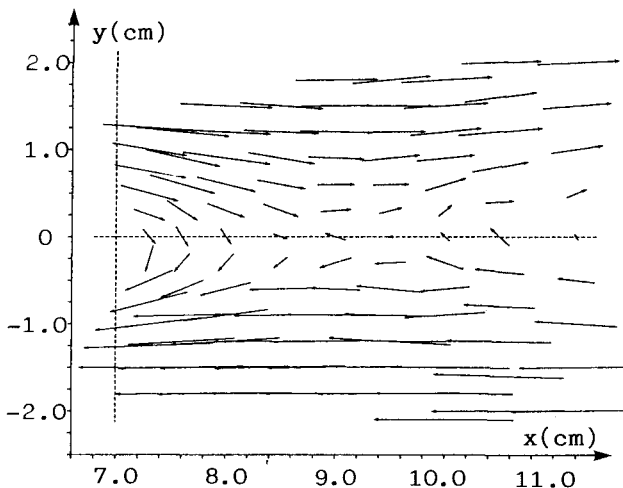


図-2 変動流速分布

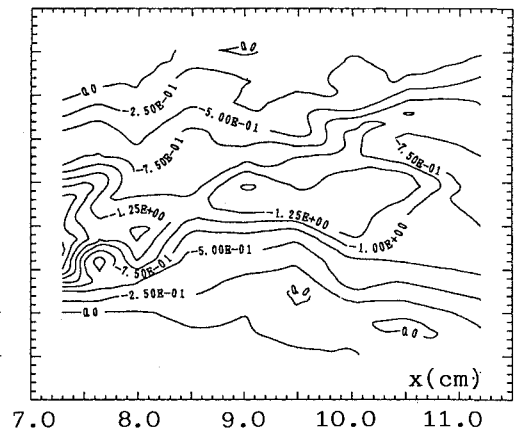


図-3 Reynolds応力 $\overline{u'v'}$

極小、極大の各々の点の前後にわたって $3 \Delta t$ 間隔で $\eta, u, v, \rho, \rho u, \rho v, uv$ についてのアンサンブル平均値（以後～を付ける）を求めた後、これらを時間的につなぎ合わせた。その際、アンサンブル平均値が一致しない極小値と極大値の中間領域では両者の平均を取ることににより整合させた。このようにして、より明確な大規模渦構造とそれに随伴する乱流特性量の空間構造が時間と共に流下してゆく様子を再現することができた。

図-1は一周期に渡る $\tilde{u}, \tilde{v}$ を $x=7.3\text{cm}$ の一断面に渡って示したものである。混合せん断流の中心付近では大規模渦の通過に従って、 $\tilde{u}, \tilde{v}$ がほぼ正弦波や余弦波に近いきれいな時間変化をするが、せん断流の上部領域では大規模渦の周波数より高い周波数の変動を示している。また下部領域の下層水との境界付近では $\tilde{u}$ の変動は位相が逆転するという特長的な性質を示す。これは、一断面で測定された乱れの power-spectrum が必ずしも一定の周波数で卓越しないという事実に対応している。

（2）大規模渦の空間特性；図-2は $y=0$ での流速に乗って見た変動流速分布である。図-2と同時刻、同座標に相当する Reynolds応力 $\tilde{uv}$ の分布を図-3に示す。

両図を対応させてみると、Reynolds応力は渦の上昇部分と下降部分でピークを持つが、予想したほど局所的ではない。そして、全域に渡って負値をとっているが、特に大規模渦と大規模渦の中間領域でもかなり大きな Reynolds応力の存在することが分かる。これは大規模渦の2次元性からは説明できず、大規模渦の3次元性によるものと思われる。

この他、 $\tilde{\rho}, \tilde{\rho'}, \tilde{\rho u}, \tilde{\rho v}$ については、どれも大規模渦の回転及びその流下に伴って各々の変動 pattern が流下する様子が明瞭に認められた。そのうち $\tilde{\rho}$ に関しては前回までは確かな変動を捉えることができなかったが、今回サンプリングの条件を上述のように変えることで明確な変動 pattern が得られた。

これらの事から、大規模渦は上昇部分と下降部分で各々強い乱れ強度を持ち、運動量や質量も主にこの部分で鉛直方向に輸送されている事が裏付けられた。

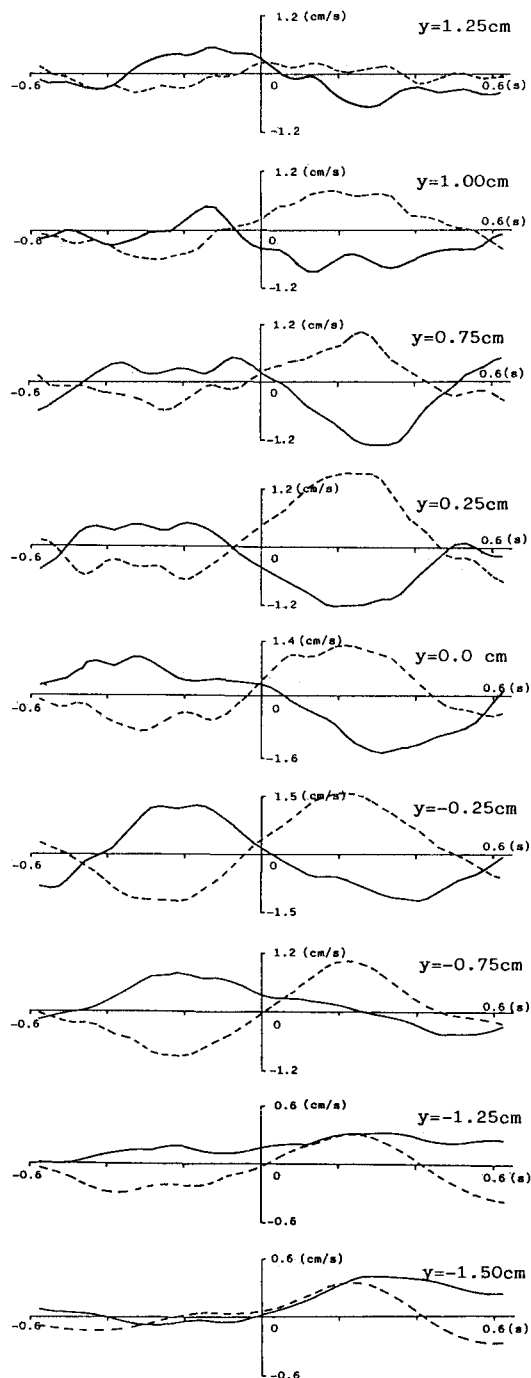


図-1 u, v のアンサンブル平均