

自由せん断流における大規模渦の時空間特性

九州大学工学部 学生員○山本 賢一

正 員 小松 利光

正 員 栗谷 陽一

学生員 杉尾 俊治

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進め、内部波高計の出力データを検出指標として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現象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時間的・空間的拡がりと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。上層流としては淡水を用い、下層流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層が形成される。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 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、その差の大きいものから順に極値のペアを30個採用する。このようにして採用された極小、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 $\sim$ を付ける)を求めた。これらを時間的につなぎ合わせることで、一周期 T にわたる各変動量の随伴した時間変動 pattern が得られる。

(2) 大規模渦の空間特性；図-1は $y=0$ での流速に乗って見た変動流速分布である。以下の図はすべて図-1と同時刻、同座標に相当する。回転渦形の流下と共に各々の変動 pattern が流下する様子が明瞭に認められる。図-2に示す $\tilde{u}$ の分布から大規模渦の回転により下層水は上層へ、上層水は下層へ連行されている様子が認められ、下層水が連行される現象の方が顕著である。図-3に質量flux $\tilde{u}v$ を示す。 $\tilde{u}v$ は連行と直接関係しており、 $\tilde{u}$ の図と対応した動きを見せている。ほぼ正の領域にあるが、実質的な質量fluxの輸送は渦の上昇部分で成されている。図-3に示す Reynolds 応力 $\tilde{u}v$ と同様な動きをしており渦の上昇部分と下降部分でピークをもつ。図-2,3,4 すべてに共通して言えることは、各変動量のピークは渦の上昇部分でおおよそ傾角 20° 前後で引き伸ばされる傾向がある。

これらの事から、大規模渦は上昇部分と、下降部分で、各々乱れ強度が強く運動量を大きく輸送しており、質量については、上昇部分での輸送の方が卓越している。また、これらの変動 pattern は渦と共に流下するが、渦の回転により、斜めに引き伸ばされる。

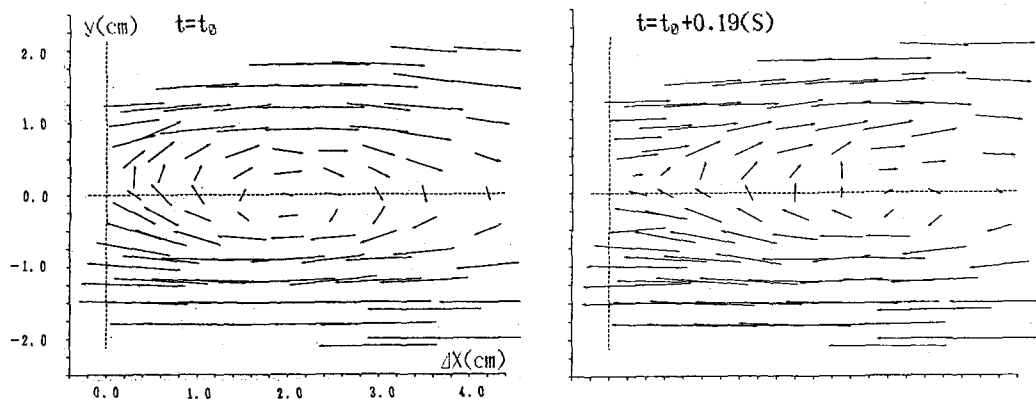


図-1 流速変動分布のアンサンブル平均

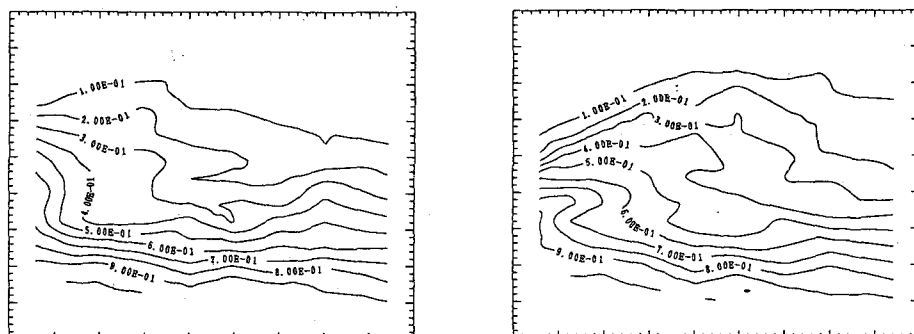


図-2 濃度分布 $\tilde{c}$

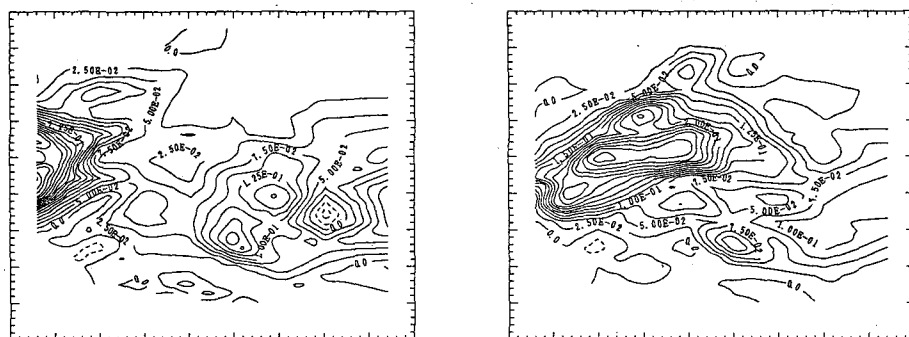


図-3 質量flux $\tilde{u}v$

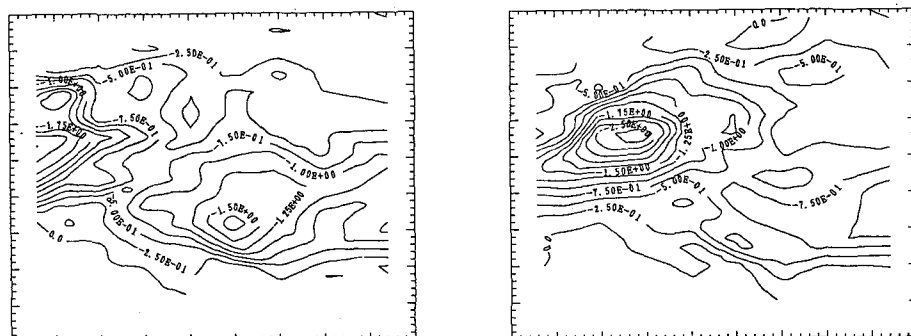


図-4 Reynolds応力 $\tilde{u}v$