

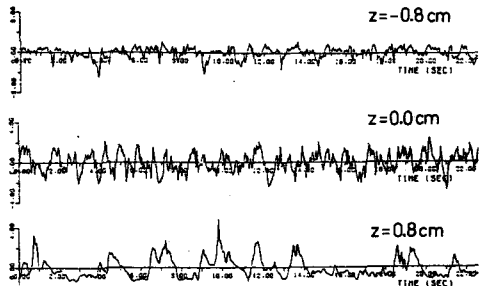
混合層におけるコヒーレント構造の抽出基準について

大阪大学工学部 正 員 室田 明
 大阪大学工学部 正 員 中辻 啓二
 大阪大学大学院 学生員 ○戸上 拓也

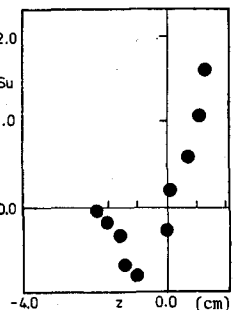
1. まえがき；一般に、コヒーレントな大規模構造に関する情報を、計測した流速信号の横例的平均操作によって得ることは困難である。本報告では、二次元表層密度噴流の遷移領域を対象に、条件付標本抽出法によって抽出した信号とLagrange的に可視化観測した大規模渦動との関連を明らかにすることを試みる。

2. 実験装置および実験内容；実験には、長さ6m、幅0.15m、高さ0.5mのアクリル製水路を用い、上層に淡水を放流、下層に塩水を供給することによって定常的な密度噴流を発生させた。放流口流速は11.3 cm/sec、上層と下層との密度差は0.0013 g/cm³である。流速ならびに密度の同時計測は、二方向熱線流速計および電導度計を用い、放流口から流程方向に8 cmの位置で鉛直方向に行った。この位置は、大規模渦動が明瞭に可視化観測される位置である。

3. 変動量時系列の特性；図1は、流程方向変動流速 u の時系列を示す。同図には、 $z = -0.8, 0.0, 0.8$ cmの時系列が示されており、各々混合層上縁部、中心部および下縁部に対応している。 z 軸は、放流口水深位置を0とし上方を負、下方を正とし、時系列の縦軸は u のr.m.s.値で無次元表示している。中心部においては連続的な乱流変動が観測されるのに対して、上縁・下縁部においては各々負および正の卓越的なピークが間歇的に現れる。また、図には示さないが、 $z = 0.8$ cmにおいては、鉛直方向変動流速 v 、レイノルズ応力の平均値まわりの変動 $-u'v'$ の時系列に各々対応するピークが観察できる。これらの卓越的なピークは時間的に不規則に現れるが、幾何学的には離散的なパルジ状を示す。図2は、変動流速 u の歪度 S_u の分布を示す。 S_u は混合層上縁領域で負、下縁領域で正となる傾向を有しているが、これは時系列中の卓越的なピークが高次モーメントに直接影響することを表す。

図1 変動流速 u の時系列

4. 検出関数の選定；混合層下縁における変動流速 u の時系列を詳細に観察すれば、時間的に急上昇しその後漸減する形状であることがわかる。ここでは、変動流速 u の時間微分 $(\frac{du}{dt})^3$ を検出関数として採用し、その極値を基準として条件付抽出を行った。抽出手順の流れ図は、図3に示す。

図2 変動流速 u の歪度 S_u の断面内分布

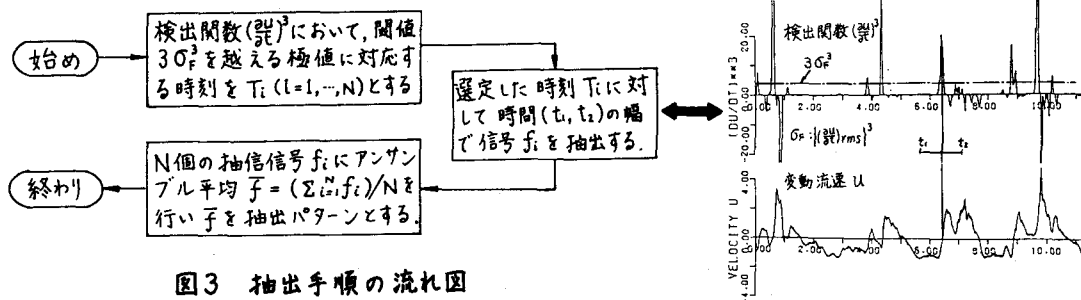


図3 抽出手順の流れ図

5. 抽出結果；混合層内部および外部における水質輸送を採求する際には、界面近傍の測定点における平均パターンを検討するのが適当である。抽出は、 $z = -0.80, -0.65, 0.0, 0.65, 0.80 \text{ cm}$ で行った。図4は、 $z = -0.65, 0.0, 0.80 \text{ cm}$ における変動流速 u, v 、レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ 、変動浮力 b の抽出パターンを示している。各々、40秒間の計測データからの20~30個の抽出信号をアンサンブル平均操作したものである。図中の縦軸は、放流口位置における最大流速 $U_0 (= 11.3 \text{ cm/sec})$ 、最大浮力 $B_0 (= 1.27 \text{ cm/sec}^2)$ を用いて無次元化し、 $u/U_0, v/U_0, -\overline{uv}/U_0^2, b/B_0$ で表示してある。変動流速 u の抽出パターンは、混合層下層側(流れの低速度側)で正のピークを有する形状を呈するのに対し、一方、変動流速 v の抽出パターンは、 u のパターンのピークと同位相で負のピークを持つ。ここで、 $v < 0$ は下向きの変動流速を表す。両者がピークをとる位相は、抽出開始時刻より約0.15秒遅れておりパターン形は相似形であると思なすことができる。このような規則的なパターンの存在は、流れ場において秩序性を有する構造の存在を予想させる。また、 $u > 0, v < 0$ の抽出パターンは、高速度流体の低速度側への輸送、換言すれば、鉛直方向の運動量輸送を示すものであると理解できる。さらに、レイノルズ応力のパターンが正であることを考えれば、秩序立った構造と運動量輸送およびレイノルズ応力生成の関連性を見出すことができ興味深い。他方、抽出された変動浮力 b には、予想に反して短周期の変動が顕著される。特に、混合層下縁部では周期1.1秒の成分が現れており、これはバイサラ振動数に対応している。このことから、剪断効果の卓越した領域であっても、スカラー量である浮力変動には先のコヒーレンス特性のみならず密度流固有の特性が強く関与しているものと推察される。

参考文献: Rajagopalan, S. & Antonia, R. A. (1981) J. Fluid Mech., Vol 105

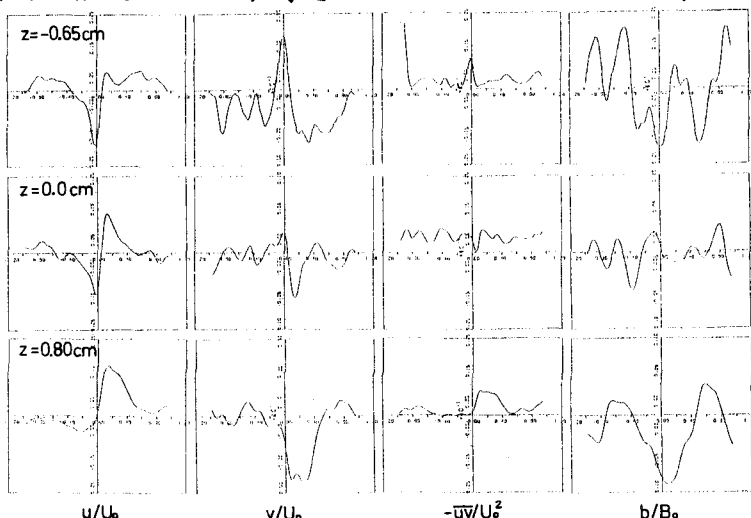


図4 抽出パターンの断面内変化