

成層せん断流の乱流構造(5) 四象限区分しきい値法の適用

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 〇 浅 田 浩 章

1. まえがき ; 四象限区分しきい値法は、流速変動 u , v の正負によって、各瞬間の乱流運動を図-1のように4つの象限に区分する条件付解析手法である。室田・中辻・角谷¹⁾は成層せん断流においてこの手法を用いた統計量解析を行ない、時間占有率は小さいが、 u , v の絶対値の大きい、第I, III象限の運動が乱流輸送に貢献していることを示した。本研究では、この第I, III象限の運動、および内部境界面近くで特異な挙動を示す第IV象限の運動を検出し、位相平均操作によってその変動パターンを検討する。解析は前報²⁾と同じく噴流型のせん断流卓越領域 ($Rih=0.021$)と 成層流型の浮力支配領域 ($Rih=0.234$)の二断面のデータを用いた。

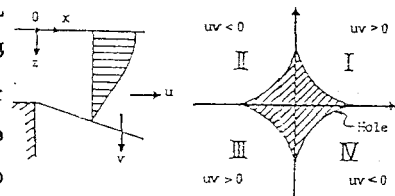


図-1 四象限区分と座標系

2. せん断流卓越領域 ($Rih=0.021$) における変動パターン ; 図-2は組織的乱流構造の発達するせん断流卓越領域の $z/H=0.85$ の位置における第I, III象限運動の変動パターンを示す。 H は内部境界面水深である。検出原点は各象限の運動の開始時点 ($uv=0$) とした。縦軸はすべて表層における流速 U_s と浮力 B_s で、また横軸の時間 t^* は U_s, H で無次元化してある。図-2(a)の第I象限の運動では、流速 u , v , 浮力 b がそれぞれの立ち上がりで一致した大きな変動を示す。それを反映して乱流フラックス uv , vb も位相の一致した大きな変動を示しており、第I象限の運動が運動量、浮力の乱流輸送に大きく貢献していることがわかる。また、 u , v 変動の時間スケールを比べると、 u のほうがやや長くなっており、この差によって第I象限の運動のあとに副次的な第IV象限の運動が現われている。変動パターンとしては、大規模な第I象限の運動に続いて短時間の第IV象限運動があり、その後に持続時間の長い第III象限運動がひきずられるように続く。このI-IV-IIIの変動パターンは検出されたサンプルのうち50%以上で認められる。図-2(b)の第III象限運動を検出した図においても、 $t^* = -3.0$ からこのI-IV-IIIのパターンを認めることができる。ただし、同図では位相のずれによるスクランブル効果で多少平滑化されている。第I象限のものと各サンプルを比べると、第I象限のサンプルに続いて第III象限のサンプルが検出されることが多く、強度の面からみてもこのI-IV-IIIの変動パターンが一組となった乱流構造が存在すると考えられる。このパターンは見方を変えれば、組織渦の通過と、それにひきずられるように下層から連行される流体を検出していると考えられることでもできるであろう。

図-3は内部境界面 ($z/H=0.98$) における変動パターンである。図-2と比べて各変動

Akira MUROTA, Keiji NAKATSUJI, Hiroaki ASADA

の振幅が小さくなっている。また、図-3(a)の第I象限運動の図をみると u , v , b 間の位相がずれている。 $z/H=0.85$ と異なり、 vb が uv に比べて小さな変動となり、浮力の乱流輸送が成層化によって抑圧されていることがわかる。図-3(b)は第IV象限運動の図である。 v の変動スケールが u のスケールに比べてさらに小さくなり、それによって $z/H=0.85$ でみられたI-IV-IIIパターンの中の第IV象限運動が強くなっている。内部境界面で第IV象限運動の貢献が大きくなるのは、このように v のスケールが浮力によって抑圧されるためである。またこの事実は、浮力の効果が鉛直方向のスケールに対してより強く働くという前報の結果とも一致している。

3. 浮力支配領域 ($Rih=0.234$)

における変動パターン ; 図-4は浮力支配領域の $z/H=0.85, 0.99$ における第I象限の運動を示す。図-2, 3と比較して乱流運動は強度、スケールともに小さくなっており、浮力効果が強いことを示している。特に v 変動のスケールが小さくなり、個々のサンプルをみると uv 変動が2~4個のピークに連続した形となっているものが多い。また図-3でみられた成層効果による u, v, b 間の位相のずれが、 $z/H=0.85$ の位置においてもみられる。浮力輸送を示す vb の強度がこの位相のずれによって uv に比べて小さくなっている。

参考文献: 1) 室田・中辻・角谷; 第28回水理講演会論文集, 1982 2) 室田・中辻・浅田; 関支講演集, 1984

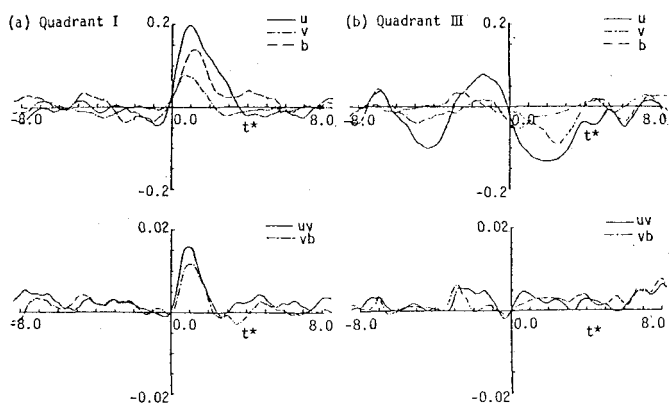


図-2 $Rih=0.021$, $z/H=0.85$

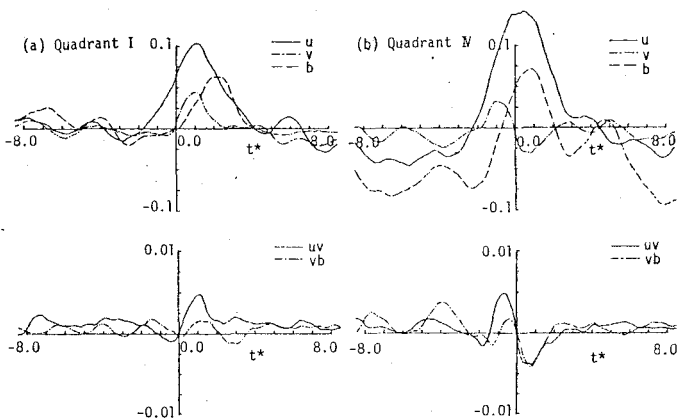


図-3 $Rih=0.021$, $z/H=0.98$

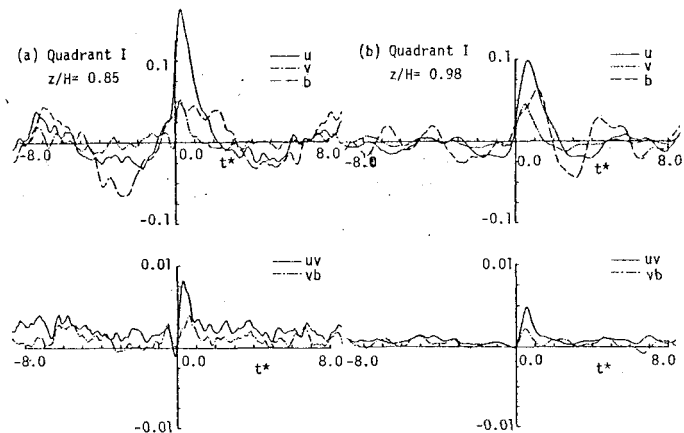


図-4 $Rih=0.234$, $z/H=0.85, 0.99$