

二次流を伴う流れの「バースティング」特性について

京都大学工学部 正員 中川博次
京都大学工学部 正員 富永晃宏

京都大学工学部 正員 板津家入
京都大学大学院 学生員 若井 健

1. まえがき 著者は開水路流れにおいて *Sand ridge* を模した稜型突起を横断方向に水深の2倍間隔で配列することによ、2、突起部で上昇、溝部で下降する安定な2次流が形成されることを示した¹⁾。この時の乱流構造は横断方向に変化し、上昇部で低速かつ乱れ大、下降部で高速かつ乱れ小となることを示されたが、壁面乱流における乱れ発生的大部分に寄与するバースティングの構造を検討することも必要と考えられる。ここでは、Wallace³⁾のと同じパターン認識法²⁾及び u - v 平面の四象限区分法によ、2、これを調べた。

2. 実験結果と考察 実験は、水深4cm、レイノルズ数1200で行い、サンプリング周波数は400Hzで処理時間は50秒である。詳しい結果は文献1)を参照されたい。図-1はレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ のコンターであり、図中の矢印は2次流の回転向きを表す。2次元乱流と異なり横断方向に大きく変化し、上昇部で大、下降部で小となり、特に下降部の水面付近で $-\overline{uv} < 0$ の領域が広範囲に現われているのが注目される。 $z/h = 0$ では、 $y/h = 0.6$ 付近で既に0とな、ている。この y 方向の分布を示したものが図-2で、 y 及び h' はそれぞれの底面からの高さ及び水深である。バースティングの最も著しい壁面近傍では、どれもほぼ同じ値をとるが、壁から離れるにつれて上昇部と下降部の差異が大きくなり、明らかな2次流の影響を示している。

このレイノルズ応力の内部構造を検討するためにまずWallace³⁾の行なったと同様のパターン認識法による解析を行なった。この上昇部と下降部の $y/h' = 0.2$ のパターンを図-3に示す。前報²⁾で述べたのと同様に、上昇部に比べ下降部の方が *ejection* 事象に対する *sweep* 事象の割合が小さくなる傾向が認められる。また、下降部の水面近傍の $-\overline{uv}$ が負になる部分のパターンを図-4に示す。ここでは u と v の位相が 180° ずれた通常のパターンと異なり 90° ずれる傾向にある。すなわち、 u が正から負に移るところで v が正、 u が

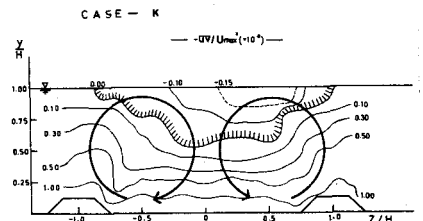


図-1: レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ のコンター

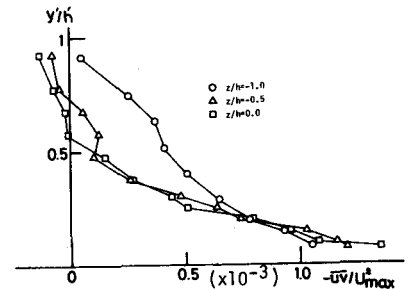
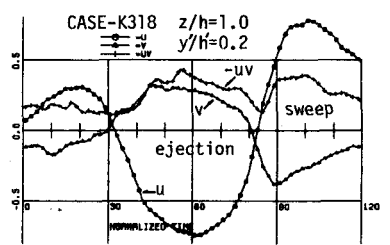
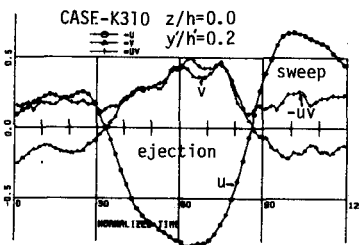


図-2: レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の y 方向分布



(a) 下降部のパターン (b) 上昇部のパターン

負から正に移るところで $\bar{u}\bar{v}$ が負となる。 $-\bar{u}\bar{v}$ が負の領域はいずれも同様のパターンが得られた。次にこのパターン認識法から得られたバースティング周期の横断方向分布を示したものが図-5である。前報と同様に y 方向には若干増加する傾向があるものの z 方向には系統的な変化は見られず、 $\bar{w} \cdot U_{max}/h$ は、ほぼ一定値2~3をとるとみなすことができる。

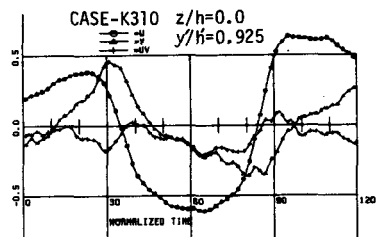


図-4: $-\bar{u}\bar{v} < 0$ 領域のパターン

パターン認識法による図-3では2次元の影響がそれほど明確ではなかったため、次に瞬時の $-\bar{u}\bar{v}(x)$ を $u-v$ 平面の四象限に区分し、 $|u\bar{v}(x)| \geq H|u\bar{v}|$ なるしきい値 H を設けて平均する条件付サンプリング手法を用いた。この条件付平均 $\bar{H}$ に対してプロットしたものが図-6である。ここで $RS_i (i=1,4)$ は、それぞれの象限からの寄与率を意味し、 RS_5 は $|u\bar{v}| < H$ となる事象を表し、いずれも $u\bar{v}$ で無次元化してある。図中の実線は中川、祇津の理論値である。⁴⁾ RS_2 すなわち

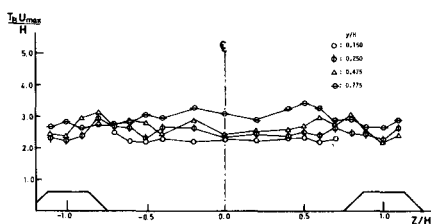


図-5: バースティング周期の z 方向分布

ejection事象からの寄与率と RS_4 すなわちsweep事象からの寄与率を比較すると RS_2 は下降部の方が大きく、 RS_4 は上昇部の方が大きい。すなわち、下降部ではejectionに対するsweepの寄与が小さいと言える。また下降部ではしきい値 H に対する寄与率の減衰が早い。しきい値 $H=0$ の時の RS_4/RS_2 を示したものが

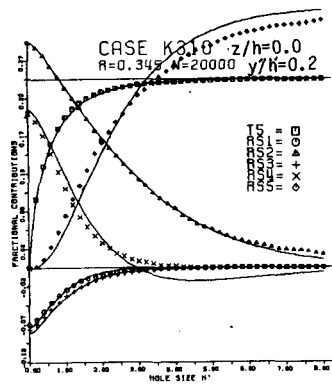
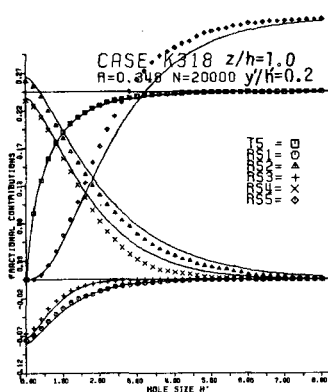


図-6 (a) 1/11スケール構造(上部)

(b) 下降部

でない) 滑面乱流においては $RS_4/RS_2 \approx 0.7 \sim 0.8$ であるが、これに対して上昇部で大きく下降部で小さくなっており、その中間では底面近くで下降部に近く水面に近づくにつれて上昇部の値に近づく傾向が見られる。また中川、祇津は $RS_2(H_{0.5}) = 0.5 RS_2(H=0)$ となる $H_{0.5}$ をしきい値としたとそのejection発生周期をバースティング周期と定義したが⁵⁾、ここで求めると、パターン認識の結果と同じく、 $\bar{w} \cdot U_{max}/h = 2 \sim 3$ となり、系統的な変化は見られなかった。

3. あとがき

以上から、2次元が存在する場合には、バースティング周期は変化しないが、ejection事象とsweep事象からの $-\bar{u}\bar{v}$ への寄与率が変化することが明らかになった。

<参考文献> 1) 中川、祇津、富永、大石、明面支部年誌(1982)。2) Wallace et al.; J.F.M. vol 83, (1977)。

3) 富永、中川、祇津、土木学会年誌(1981)。4) Nakagawa & Hasegawa; J.F.M. vol 80, (1977)。5) Nakagawa & Hasegawa, Memos, Res. Eng. Kyoto Univ. (1977)。