

パターン認識法による開水路大規模乱流の諸特性(オー報)

大阪大学工学部 正員 室田 明
運輸省 正員 ○小田 勝也
大阪大学大学院 学主員 福原 輝幸

1. 緒論: 開水路流れの bursting は主流方向変動流速成分 u の時系列に顕著に反映され、のこぎり歯状の変動として把握できることが知られている。^{1), 2)} 著者らはこのようなのこぎり歯状の変動を抽出するパターン認識法により bursting の時間的特性を明らかにした。¹⁾ 本報では、パターン認識法によってどのような変動パターンが検出されやすいかを検討するために、大規模変動の特性をより忠実に表現すると考えられる検出基準を提案し、さらに検出基準による変動特性の変化について検討を加える。

2. 実験条件およびパターン認識法: 実験は断面

平均流速 $U_m = 10.0$ cm/sec, 水深 $H = 7.0$ cm, レイノルズ数 $Re = 6770$ の実験条件のもとで、2成分熱線流速計を用いて行われた。実験装置、実験方法ならびにパターン認識法の詳細については前報¹⁾を参照され

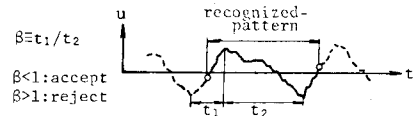


図-1 検出基準の模式図

たい。著者らの用いたパターン認識法では、Wallace et al.²⁾とは異なり、特定の検出基準を採用していない。しかしながら、アンサンブル平均パターンはのこぎり歯状の変動を明瞭に示しており、のこぎり歯状の変動特性が検出基準に起因するものでないことが明らかである。 u -時系列がこのような変動特性を持つことを考慮して図-1に示す検出基準を決定した。

3. 結果: 図-2(a), (b) はそれぞれ、内部領域¹⁾ ($y^+ \equiv yU_m/\nu \approx 30$, $y/H \approx 0.09$ U_m : 摩擦速度, ν : 動粘性係数) における平均周期程度 ($T_B^+ = 1.0 - 1.25$, $T_B^+ \equiv T_B U_m/H$ T_B : パターン長, U_m : 主流速) の場合の accept, reject の u , v および uv のアンサンブル平均パターンを示す。accept, reject とともに低速部 ($u < 0$) から高速部 ($u > 0$) への移行は急激であり、低速流体から高速流体への遷移が急激かつ明確であることがわかる。accept パターンでは、 $\langle u \rangle < 0$, $\langle u \rangle > 0$ の領域のいずれにおいても $\langle u \rangle$ と $\langle v \rangle$ は明らかな負の相関を示す。一方 reject パターンでは、sweep 的な運動 ($\langle u \rangle > 0$, $\langle v \rangle < 0$) が ejection 的な運動 ($\langle u \rangle < 0$, $\langle v \rangle > 0$) よりも顕著に認められる。上述の傾向は、ここに示した一例にとどまらず、外部領域²⁾を除き確認できる。すなわち reject の場合には $u > 0$ の部分の占める時間的割合の大きいパターンを抽出しやすく、accept では ejection 的な流動を呈す

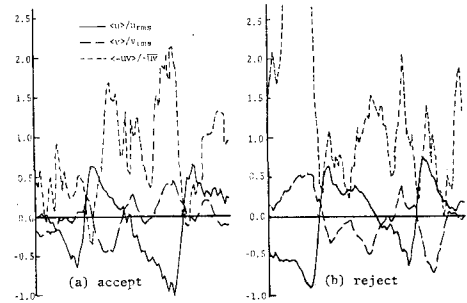


図-2 アンサンブル平均パターン

Akira Murota, Katsuya Oda, Teruyuki Fukuhara

る $u < 0$ の部分が卓越するパターンを抽出しやすい傾向が示唆される。

表-1 は検出されたパターンのパターン長の特性値の水深方向変化を示すものである（図-3 も併せ参照されたい）。内部・遷移領域²⁾ ($y^+ = 30, 100$) では、accept されたパターンで、最頻値が長周期側に片寄り、同時に平均値も accept の方が大きい。したがって、accept された場合には、時間的により大規模の変動を抽出しやすい。また accept パターンの方が検出されたパターン数、時間的占有率とも大きいことから、急激な加速とその後に生起する緩やかで比較的長時間持続する減速というのこぎり歯状の大規模変動が支配的で、bursting が卓越した大規模乱流構造であることがうかがわれる。外部領域 ($y^+ = 255$) になるとのこぎり歯状の変動パターンがすでに崩れており、bursting の特性であると考えられる急激な加速が不明確になっていると思われる。

検出基準によるアンサンブル平均の形状の違いを定量的に評価するために、アンサンブル平均パターンの振幅、極大値、極小値等を accept パターンと reject パターンで比較した。この結果を図-4 に示す。ここに添字 ac, re はそれぞれ accept, reject パターンを表わし、 $\langle a_m \rangle$ は $\langle u \rangle$ の振幅、 $\langle a_m > 0 \rangle_{\max}$, $\langle a_m < 0 \rangle_{\max}$ は $\langle u \rangle$ の極大値、極小値、 $\langle -u \rangle_{\max}$ はレイノルズ応力 $-\langle u'v' \rangle$ の極大値である。これらの特性値の比がすべて 1.0 より小さいことから、accept パターンの方が変動レベルの高いことが示される。極小値の比は極大値の比よりもかなり小さく、accept パターンの低速部で変動レベルが特に高いことがわかる。また、極大値、極小値とも accept パターンの方が大きな値を示している。したがって、大規模乱流の特性を典型的に示す変動が検出基準の適用によって抽出されることが示唆されよう。

4. 結論: 1) 本報で提案した検出基準によって、より秩序だた組織乱流構造の抽出が可能となる。2) 結果的に検出基準は高速部 ($u > 0$; 高速渦, sweep) よりむしろ、大規模の低速部 ($u < 0$; 低速渦, ejection) を抽出しやすい傾向を持つ。3) 具体的な大規模変動の特性としては、accept では加速に続きその後短時間のうちに減速が始まる変動が検出されやすく、reject の場合には高速部がほぼ一定の流速を保持して持続した後、減速に移行するような変動であると推察される。

4. 結論: 1) 本報で提案した検出基準によって、より秩序だた組織乱流構造の抽出が可能となる。2) 結果的に検出基準は高速部 ($u > 0$; 高速渦, sweep) よりむしろ、大規模の低速部 ($u < 0$; 低速渦, ejection) を抽出しやすい傾向を持つ。3) 具体的な大規模変動の特性としては、accept では加速に続きその後短時間のうちに減速が始まる変動が検出されやすく、reject の場合には高速部がほぼ一定の流速を保持して持続した後、減速に移行するような変動であると推察される。

〈参考文献〉 1) 室田・福原・小田, 才 25 回水講演文, 1981 2) Wallace et al., J. Fluid Mech., vol. 83, 1977

$y u_* / \nu$	y/H		mode (M)	mean (s)	S.D. (s)	Pattern number	Fraction of time
30.0	0.09	all	0.53	1.55	1.34	668	1.0
		accept	0.63	1.47	1.14	398	0.659
		reject	0.50	1.13	0.86	270	0.341
100.0	0.29	all	0.28	1.12	1.05	785	1.0
		accept	0.50	1.21	1.19	478	0.658
		reject	0.25	0.9	1.00	509	0.342
255.0	0.70	all	0.15	0.52	0.56	334	1.0
		accept	0.15	0.60	0.65	284	0.611
		reject	0.15	0.43	0.40	250	0.389

unit: $T u_* / H$

表-1 時間規模の特性値

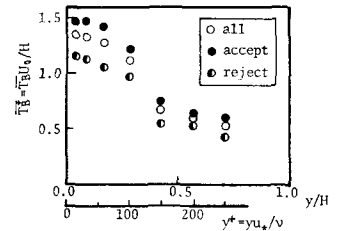


図-3 平均パターン長の水深方向変化

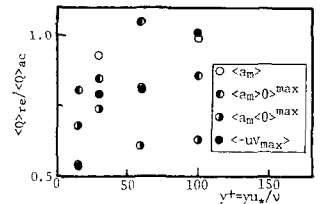


図-4 平均パターンの特性値