

画像計測による合流部表面流況の解析

岐阜大学工業短期大学部 正員 藤田 一郎

岐阜大学工学部 正員 河村 三郎

岐阜大学工学部 学生員 〇和田 賢

1. はじめに

開水路合流部では、合流点で剥離した流れが本流側壁に再付着して再循環領域（剥離泡）が形成される。再循環領域は非定常な伸張・収縮を繰り返しており、合流後の拡散現象等に重要な影響を及ぼしていると考えられるが、この領域の時間変動特性あるいは剥離渦の運動に関する十分な検討は行われていない。再循環領域の挙動は空間的なものであり、点計測による解析ではこのような二次的な時間変動特性の把握は困難である。そこで本研究では、近年著しく発達してきた画像計測手法の一つである相関法¹⁾を合流部表面流況に対して適用し、剥離渦を含む二次的な大規模渦運動の非定常特性について検討を行った。

2. 実験装置および画像処理装置

実験には本流水路（長さ10m、幅0.3m）と支流水路（長さ2.5m、幅0.2m）を直角に合流させた循環式の合流水路を用いた。実験条件は流量比 Q_r （＝支流流量 Q_2 ／全流量 Q_3 ）とレイノルズ数 Re （＝ $U_m H_3 / \nu$ ）の影響を調べるために表-1のように設定した。ここに、 U_m ：合流後の断面平均流速、 H_3 ：合流後断面の平均水深。水路幅・水深比は一定（ $B_3/H_3=6.0$ ）とした。表面流況は平均粒径が1mm程度のおがくずをトレーサとして可視化し、水路上方に設置したCCDカメラを通して合流部の状況をVTRに記録した。用いたCCDカメラには1/1000秒のシャッター機能があり、瞬間的なトレーサの分布状況を静止画像的に記録できる。ビデオ画像には1/100秒読みのタイムカウンタにより画像時刻も記録した。

画像計測にはパソコン用の画像処理装置（8ビット、 256×256 画素、4画面）を用いた。得られた濃淡画像データはミニコンピュータに転送し、相関法の計算および結果の出力を行った。本研究では150組（300枚）～250組（500枚）の画像データを処理している。一組の画像の時間間隔 Δt と流速データのサンプリング間隔 Δt_s も表-1に示している。 Δt は画像上のトレーサ粒子の最大移動画素が5～6程度になるように決めた。

表-1 実験条件

RUN	Q_r (l/s)	Q_r	H_3 (cm)	U_m (cm/s)	Fr_2	Re_3	Δt (sec)	Δt_s (sec)
B1	2.5	0.2	5.0	16.67	0.238	8300	0.0667	0.133
B2	2.5	0.4	5.0	16.67	0.238	8300	0.0667	0.133
B3	2.5	0.6	5.0	16.67	0.238	8300	0.0667	0.133
A2	5.0	0.4	5.0	33.33	0.476	16700	0.0333	0.133
C2	1.2	0.4	5.0	8.00	0.114	4000	0.1333	0.267

3. 結果および考察

相関法によって得られた瞬間的な流速ベクトルを図-1、流線の時間変動を図-2に示す。これにより支流の流れが合流点で剥離してせん断層が形成され、その一部が側壁に再付着して剥離泡が生じている様子がわかる。図-2の最初の画像では剥離泡は最も発達した状態であり、時間経過につれて下流側の渦塊が分離して下流し、剥離泡が二つに分裂しつつある様子が得られている。このような剥離泡の分裂あるいは発達の特性について次に検討する。

剥離泡側の側壁に沿う流向の時間変化を図-3に示す。Xは剥離点から下流に取った座標である。メッシュの入った領域が順流、入らない領域が逆流の状態を示している。順流と逆流の境界が再付着点にほぼ対応する。どのケースにおいても発達してきた逆流域がいくつかの再付着点によって複数の領域に分断されている。分断された下流側の部分は時間とともに下流し消失する。そして上流側の逆流域は再び発達し、同様の分裂・発達を繰り返している。逆流領域が下流に細長く伸びている部分の傾きは分裂した渦塊の移動速度を表しているが、その値はレイノルズ数や流量比によらず、剥離泡外部の一樣流速の1/2程度であることがわかる。分裂・発達の周波数は大規模な変動と小規模な変動が不規則に混在しているため明確ではないが、レイ

ノルズ数の増大に伴う周波数の増加傾向は認められる。また、瞬間的な再付着点距離は平均値を中心に $\pm 50\%$ 程度変化しており、剥離泡が大規模な変動を繰り返していることがわかる。図-3から読み取った再付着点距離の平均値は流量比 Q_r の増大にともなって増大し、レイノルズ数 Re_3 の増大にともなって若干の減少傾向を示している。

$$u/u_m = 1.0$$

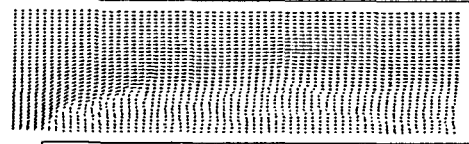


図-1 流速ベクトル (RUN B3)

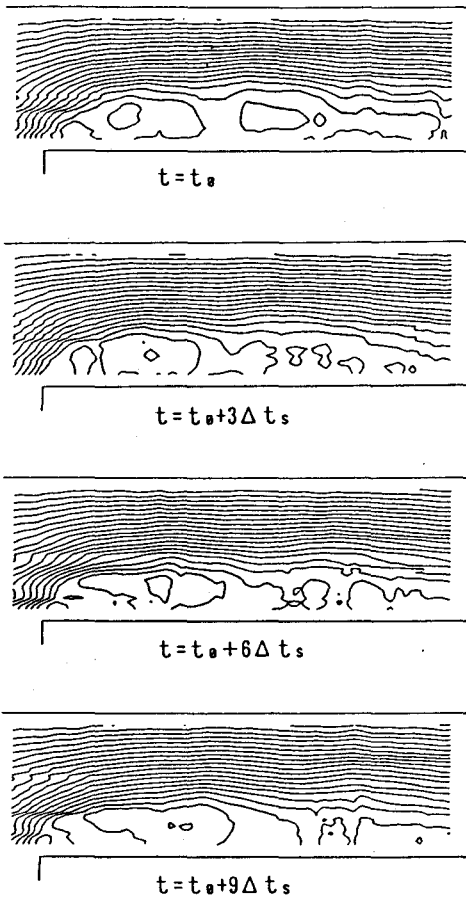


図-2 流線の時間変動 (RUN B3)

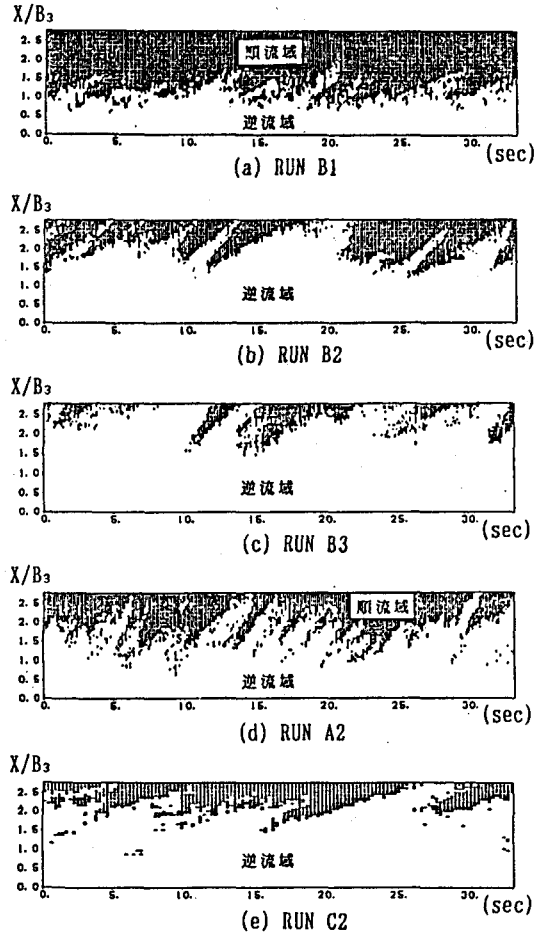


図-3 再付着点変動

4. おわりに

本研究をまとめると次のようである。

- (1) 画像計測手法の一つである相関法を利用して合流部剥離泡の時間変動特性を示すことができた。
- (2) 剥離泡から分裂した剥離渦の移動速度は主流流速の $1/2$ 程度であることがわかった。

参考文献

- 1) 藤田・河村・旧井: 画像処理による開水路合流部の流れの解析, 流れの可視化, VOL.8, No.30, pp.263-266, 1986.