

II-114

河川合流部の三次元乱流特性

九州大学大学院 学生員 松尾 誠
 熊本大学工学部 正 員 大本照憲
 九州大学工学部 正 員 平野宗夫
 鹿児島県庁 正 員 福永和久

1.はじめに：本川と支川が流速差を持たず、ほぼ平行に合流する流れ場の下流部において発生する二次流は、内的な要因すなわち乱れの非等方性に規定されている。著者らは、前報¹⁾において、このような二次流構造を解明するために、同規模の流れが平行に合流する場を想定し、全潤辺滑面の場合における二次流の挙動及び乱流特性について実験的考察を行った。本研究は、前報と同一の境界条件において本川と支川に流速差のある場合の三次元乱流特性について検討を行ったものである。

2.実験装置及び方法：実験水路は、長さ6m、幅25cm、高さ23.5cmのアクリル製樹脂の可変勾配水路である。隔壁として厚さ1mmのステンレス板が水路の上流端より長さ2mにわたって水路中央に設置されている。流速変動は、表-1の水利条件下で隔壁より下流に0.5cm, 20cmおよび50cmの三断面において計測された。センサーには、熱線流速計システムにX型エンドフロブロープを使用し、流速の主流方向成分と鉛直方向成分、および主流方向成分と横断方向成分の同時計測が同一地点で行われた。

3.実験結果

(1) 主流速および二次流：座標系は、隔壁の末端における河床位置を原点とし、主流方向にx軸、横断方向にy軸、鉛直方向にz軸をとる。図-1は、断面平均流速で無次元化した主流速および二次流ベクトルの流れ方向の変化を示したものである。主流速の等値線より、本川と支川の流速差によって生ずる鉛直渦が流下に従って拡散し、また、鉛直方向のせん断効果により引き延ばされることが示唆される。二次流に関しては、 $x=0.5\text{cm}$ では $y/H=0$ に向う周囲流体の連行および隔壁近傍で上昇流が観察され、 $x=20\text{cm}$ および 50cm では、 $y/H=0.5$ の底面付近から $y/H=0$ の自由水面に向う斜め上昇流の存在が注目さ

表-1 実験条件

流 量	$Q=0.79 \text{ l/sec}$
水 深	$H=3.13 \text{ cm}$
断面平均流速	$U_m=10.1 \text{ cm/sec}$
本川平均流速	$U_1=15.1 \text{ cm/sec}$
支川平均流速	$U_2=5.0 \text{ cm/sec}$
フルード数	$Fr=0.182$

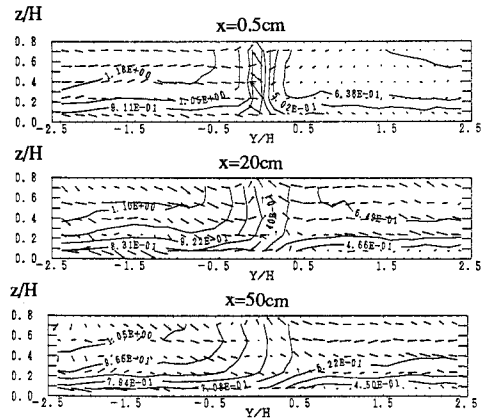


図-1 主流速の等値線および二次流ベクトル

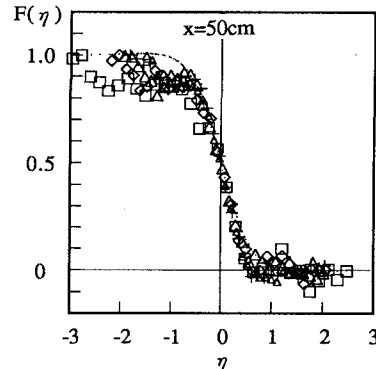
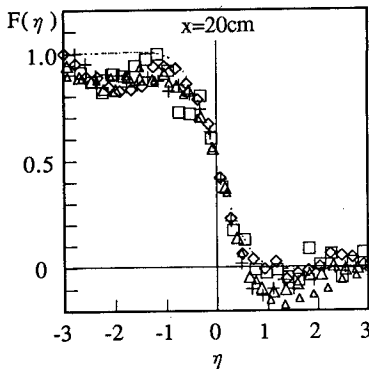


図-2 無次元主流速分布

れる。図-2は、主流速の自己相似性を調べるために、無次元表示されている。流速に対しては、極大流速と極小流速の差 $\Delta U=U_{\max}-U_{\min}$ を用いて $F(\eta)=(U-U_{\min})/(U_{\max}-U_{\min})$ とした。また、横軸 y に対しては代表長さに上記の代表流速を主流速の横断方向変化率の極大値で割った値 $\delta=(U_{\max}-U_{\min})/(\partial U/\partial y)_{\max}$ を用いて $\eta=(y-y_c)/\delta$ に座標変換した。ここに、 y_c は $(U_{\max}+U_{\min})/2$ となる y 座標である。主流速の横断分布 $F(\eta)$ は、 $|\eta|<1$ の領域では鉛直方向および流下方向共にほぼ相似性が成り立っているが、 $|\eta|>1$ の領域では波打ち、二次流の主流速への影響が現れている。図-3および4は、それぞれ $x=20\text{cm}$ における二次流の横断成分 V および鉛直成分 W の横断分布である。図-3より $y/H=0$ の近傍で二次流 V の符号が変化する y/H の値は水路床に向うに従って大きくなっていることが注目され、図-1および4より、この位置で強い上昇流の発生していることが認められる。また、図-4より、隔壁延長線上で上昇流となり、隔壁より水深スケール離れた位置で下降流となる二次流パターンを示す傾向を持つのは、本川と支川に流速差がない場合と類似しており、コーナ二次流が変形したことが予想される。

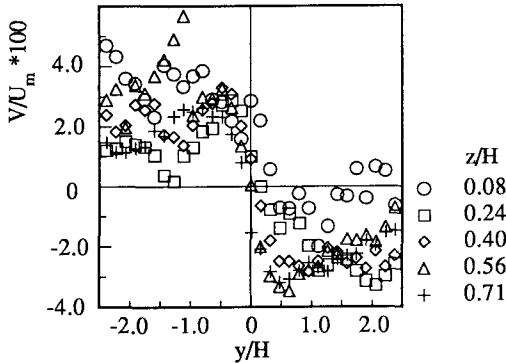


図-3 二次流 V の横断分布 ($x=20\text{cm}$)

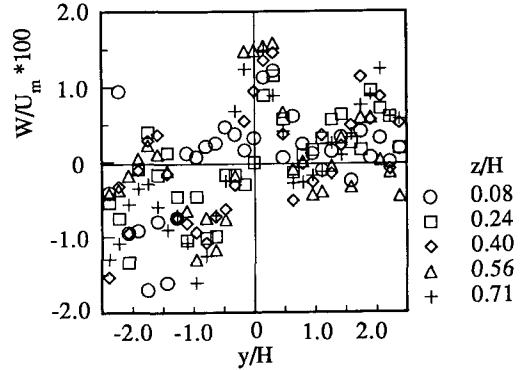


図-4 二次流 W の横断分布 ($x=20\text{cm}$)

(2) レイノルズ応力：図-5および6は、それぞれ $x=20\text{cm}$ における主流方向と横断方向の流速変動からなるレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ および主流方向と鉛直方向の流速変動からなるレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ の横断分布である。図-5より $-\overline{u'v'}$ は、その絶対値が極大値を示す位置は $y/H=0$ の近傍で主流速の変曲点に当たることが認められた。なお、 $-\overline{u'v'}$ の相似性については、 $-\overline{u'v'}/(U_{\max}-U_{\min})^2$ と η との関係図から、 $-\overline{u'v'}$ の横断分布は鉛直方向には $|\eta|<1$ の領域ではほぼ相似形であるが、流下方向には相似形となっていないことが認められた。鉛直方向の流速変動による主流方向の運動量の輸送を示す $-\overline{u'w'}$ は、極小となる位置が $y/H=0$ から低速流域側に若干偏移していることおよび高速流域に当る $y/H<-1$ の領域では二次流の影響により波状分布していることがわかる。

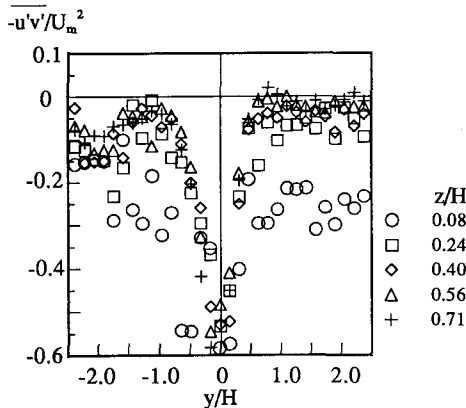


図-5 レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断分布 ($x=20\text{cm}$)

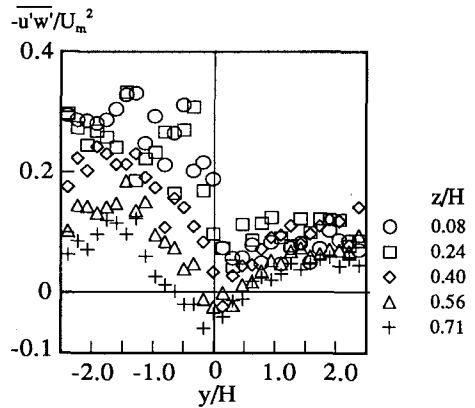


図-6 レイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ の横断分布 ($x=20\text{cm}$)