

第II部門

ステレオ計測による側岸凹部流れの水面一流速変動特性

神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○安藤 敬済
 神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 松原 隆幸
 神戸大学工学部 正会員 藤田 一郎
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 椿 涼太

1. はじめに

開水路の側岸に凹部を設置した流れはその比較的単純な水路形状にも関わらず、水理条件や凹部形状によって流れや水面変動は複雑に変化する。これまで、速度場においては PIV などの面的かつ定量的な計測によりその解明が進んでいるが、水面形を面的に計測された例が少なく、速度場と比較してその研究は進んでいない。そこで本研究ではステレオ画像を用いた水面計測法¹⁾を応用し、水面形と表面流速(PIV)を同時計測することにより水面変動と流速変動の関係性、および凹部形状が変動パターンに与える影響について整理を行った。

2. 実験概要

水理条件は凹部を閉じた場合の直線水路の状態で水深 4.0cm, フルード数 0.8 の等流となるように設定した。凹部形状としては長さを 30cm と固定し、幅を 7, 8, 9, 10cm と変化させた。なお、主流幅は 10cm で固定してある。撮影には 2 台の CCD カメラを用い、658×491pixel のグレースケール画像を 75fps で 2300 枚 (約 30 秒相当) 撮影した。

3. 水面変動強度分布

図-1 に各ケースの水面変動強度 h' 分布を示す。図をみると全ケースともに凹部下流

端で高い値を示している。これは主流から流入してきた流れの凹部下流端への衝突が原因であると考えられる。また、case07・case08 では凹部対岸上流部付近で高い値がみられ、case09・case10 では凹部対岸中流部から下流部にかけて高い値を示している。このことから case07・case08 と case09・case10 では異なった水面変動構造を有していることが推測できる。

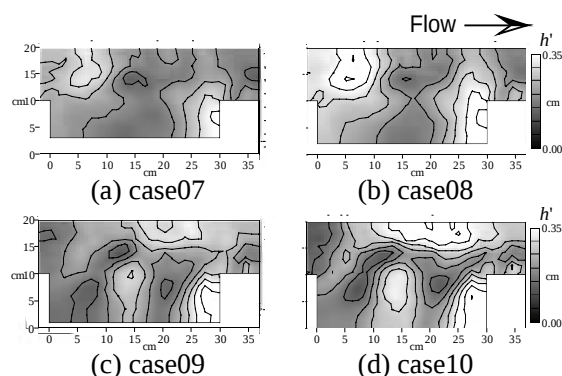


図-1 水面変動強度分布

4. POD 分解²⁾

POD は多変量解析の分野で主成分分析と呼ばれている手法と同様の操作を施すことで、時空間データを幾つかのモードに分解することができる解析法で、それぞれのモードはさらに空間変動成分と時間変動成分に分割される。例えばある時空間変動データ $h(x, y, t)$ を考える。

Takazumi ANDO, Takayuki MATSUBARA, Ichiro FUJITA and Ryota TSUBAKI

ここで、 x, y : 空間座標, t : 時間座標である。POD では、この変動を最も良く再現できる空間変動パターン $\Phi_k(x, y)$ と時間変動成分 $a_k(t)$ の積により表現する。ここで、 k : モードであり、次式のモード n までの累積において *error* が最小となる組み合わせを得る。

$$h(x, y, t) = \sum_{k=1}^n \Phi_k(x, y) a_k(t) + \text{error}. \quad (1)$$

それぞれのモードの時空間変動を再構成する場合は空間変動パターン $\Phi_k(x, y)$ と時間変動成分 $a_k(t)$ の積を計算する。POD はその仕組みから1つのモードでセイシュのような定常波を表現する。

それぞれのケースで寄与率が最も大きいモード1の空間変動パターン $\Phi_k(x, y)$ を図-2 に示す。なお、図中の等高線は振動していない部分を示している。case07・case08では流下方向にセイシュのような振動パターンを示し、case09・case10では横断方向に振動していることが確認でき、明らかに振動パターンが異なることがわかる。また、時間変動成分 $a_k(t)$ からパワースペクトル解析により卓越周期を検出したところ case07 で 2.04(s), case08 で 1.92(s), case09・case10 で 0.71(s) となり、変動周期にも明らかな違いがみられた。

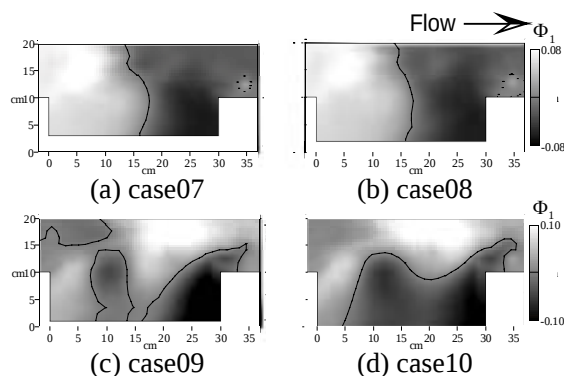


図-2 空間変動パターン

5. 水面変動と流速変動の相関性

水面形と表面流速を同時計測することにより得られたデータから水面変動と流速変動（流下方向成分）との相関係数 R を算出した。結果を図-3 に示す。case07・case08では凹部内で値が高い。これは水面変動と凹部内に形成された大規模循環が共鳴しているためと考えられる。また、case09・case10ではせん断層で高い値をしめしていることが確認できる。これはせん断層中の渦と水面変動が共鳴したためと考えられる。

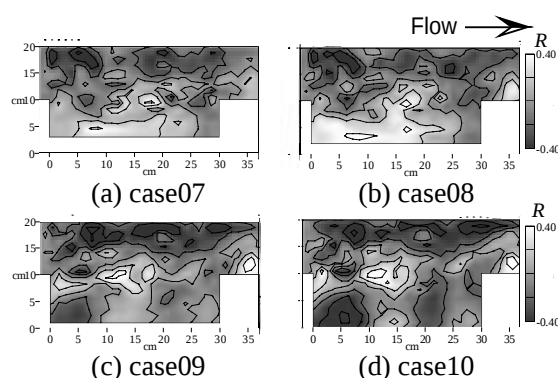


図-3 相関係数分布

6. おわりに

水理条件一定の下、凹部形状（凹部幅）を変化させ、水面形と表面流速を同時計測したところ、多少の形状変化でも水面変動構造が大きく変化することが確認できた。また、流速変動と相関が高いことも確認できた。

参考文献

- 1) 椿涼太, 藤田一郎: ステレオ画像を利用した自由水面の水位分布計測法の開発, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.523-528, 2004.
- 2) 田村幸雄: 固有直交関数展開のランダム変動場への応用のすすめ, 風工学会誌, 第 65 号, pp.33-41, 1995.