

筑波大学 工学研究科 学生会員 秋山 成央

筑波大学 構造工学系 正会員 武若 聡

筑波大学 構造工学系 正会員 西村 仁嗣

1. はじめに

画像による流れ場の解析は、点計測での測定法に比べ瞬間的な流れの状況を把握することが可能で、非定常現象を解析する際に有効である。これまでに流速を推定する方法としては、PTV (粒子追跡法)、PIV (相関法)、あるいは PSV (流跡線法) といった方法が提案されている。

本研究は最終的には碎波時の波動場の圧力分布を推定することを目指す、ここではその前段階として、開水路に設置した Hump 上の流れを対象として定常流速場および圧力場の推定を試みた。流速場の推定は PSV および PIV を組み合わせた方法を用い、推定された流速分布から圧力場を推定した。推定結果はピトー管による流速および圧力測定結果と比較した。

2. 解析方法

2.1 流速場の推定

流速場の推定には PSV^{1),2)}と PIV³⁾を合わせた手法を用いる。PSV は流跡線の輝度勾配から流跡線の傾きおよび長さを決定するもので、画像の輝度分布が流速値に反映され比較的滑らかな流速分布を得る事が出来る。特に流跡線の傾きに関しては良好な結果が得られる。しかし、流跡線の長さを決める際の前提条件として、流体中に散布されたトレーサ粒子が一樣に存在していることが必要であり、これを鉛直断面内で実現することは難しい。さらに流跡線による解析は流れの向きを決定できないという欠点もある。これに対して PIV では流れの向きと大きさは簡単に求めることが出来るが、トレーサの移動距離が小さい場合にはその推定分解能が著しく低下する。本研究では PSV と PIV の欠点を補うために PSV から推定される流れの向きと PIV から推定される

流速の大きさを合成することにより流速場を推定した。具体的には、ある点で PIV から得られた流速値を、絶対値を変えずに、PSV から得られる流跡線の傾き方向に修正した。この方法について予備的な検討を行ったところ、一見すると滑らかな妥当性のある流速分布が得られた。ただし、この PSV と PIV を組み合わせる手法の合理性については今後検討を深める必要がある。

2.2 圧力場の推定

画像解析により推定された流速値をもとに鉛直方向の運動方程式(1)を用いて圧力分布を求める。

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} - g \quad (1)$$

3. 実験装置とビデオ撮影

実験には長さ 8m、幅 20cm、高さ 20cm、勾配 1/1000 のアクリル製矩形水路を用い、水路内には高さ約 6cm の Hump を設けた。流れは常流で Hump に接近し、Hump 上で水面は低下する。

撮影には高速度カラービデオカメラ (HVC、フォトロン社製) を使用した。画像は 256×256 画素、256 階調 RGB で毎秒 183 枚 (シャッタースピード: 約 5.3×10^{-3} 秒) 取得される。可視化トレーサには加熱により比重調整を施した直径約 1.7mm の白色

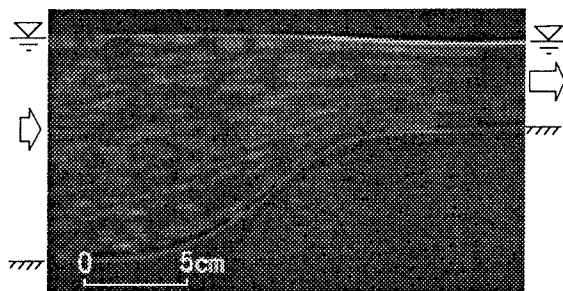


図-1. PSV に用いた流跡画像の例

キーワード: 画像解析, PSV, PTV

連絡先: 〒305 茨城県 つくば市 天王台 1-1-1, TEL 0298-53-5486, FAX 0298-53-5207

ポリスチレンビーズを使用した。PSVの対象としたのは図-1の画像である。これはHVCより得られた画像の256×150画素の範囲(約23.0×13.5cm)を切り出し、連続する画像を10枚重ねて流跡像を作成したものである。PIVには重ね合わせに用いた画像のうち1枚目と10枚目を使用した。PSVにおいては輝度勾配の平均化領域を31×31画素と設定した。PIVにおいてはテンプレートを21×21画素と設定した。それぞれの手法ともに画像の前処理として加重平均フィルターによる平滑化を行う。

画像解析の推定結果の妥当性を検討するために、ピトー管を用いてほぼ水平流とみなせる断面における水平流速および数断面の圧力分布を測定した。図-2にその結果を示す。ただし、圧力は静水圧を差し引いて表示した。

4. 画像解析結果

4.1 流速分布

画像解析により得られた流速分布を図-3に示す。急縮部の水面および底面付近や画像右端でいくつか誤判定ベクトルがあるものの、流れ場全体にわたって非常に滑らかな流速分布が得られている。測線①における水平流速分布をピトー管による測定結果と比較したのが図-4である。表面近傍の流速が小さく推定されているものの、全体的な傾向は捉えられている。

4.2 圧力分布

運動方程式(1)の左辺を推定された流速分布から評価する。ここで画像解析により得られた流速値を直接適用すると滑らかに変動する圧力分布を求めることができない。現在これについて検討を加えている。

5. おわりに

PSVとPIVを組み合わせた方法により、流速分布を求めた。圧力場の推定についてはさらなる検討が必要であり、今後は非定常現象の解析を目指す。

参考文献

- 1) 平工良三・鈴木敏夫：トレーサ画像による流れ場計測の一手法(第2報), 関西造船協会誌, 第214号, pp.59-64, 1990
- 2) 遠松 篤・藤田一郎・平工良三：流跡線画像解析(PSV)に関する検討, 土木学会第52回年次学術講演会, pp.572-573, 1997

- 3) 西村仁嗣・武若 聡：VTR画像の相関解析による碎波時内部流速分布の推定, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.45-48, 1988

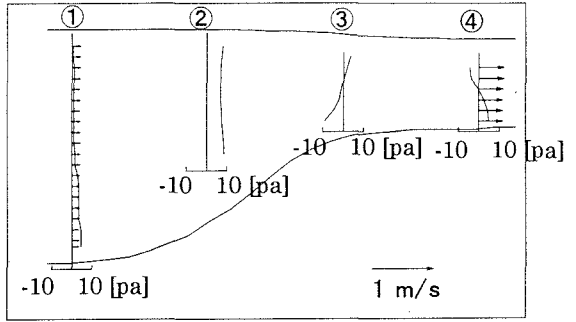


図-2 ピトー管による流速および圧力分布

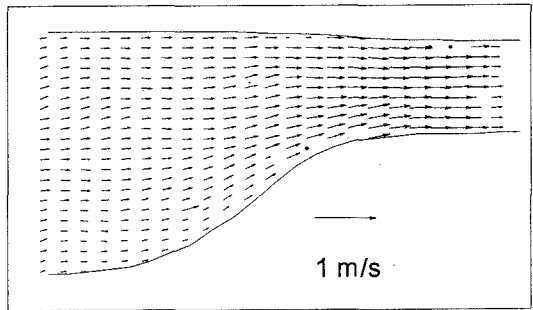


図-3 画像解析による流速分布

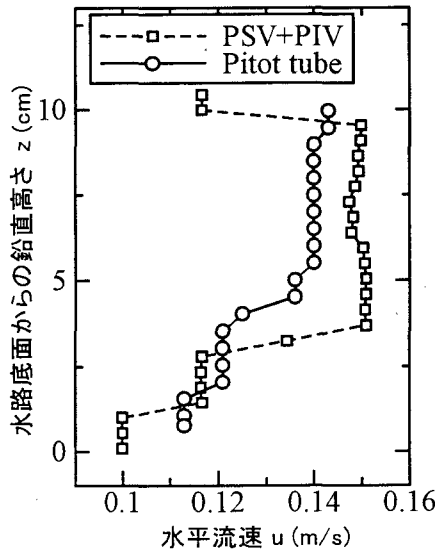


図-4 測線①における水平方向流速の比較