C107

粒子シミュレーションによる 水深平均流速の画像計測に関する検討

森山 陽一[○](神戸大学大学院), 藤田 一郎(神戸大学), 出口 恭(神戸大学大学院)

Image analysis of depth-averaged velocity distribution

Yoichi MORIYAMA and Ichiro FUJITA and Takashi DEGUCHI

ABSTRACT

In the relatively small model experiment of river flow, the order of water depth becomes several centimeters and the measurement of mean velocity distribution using probe type instruments becomes difficult. In this research, in order to measure the depth-averaged velocity directly from image analysis, dye injection method is used. As a first step, particle simulation assuming particles moving with different speeds at multiple planes is performed. The PIV result indicates that the obtained velocity almost coincides with the mean velocity.

Keywords: Particle simulation, PIV, Depth-averaged velocity

1. はじめに

通常, 浅い水深の河川流の模型実験において平面的な流速値を計測しようとする場合には, 表面にトレーサを散布して表面流速を求めることが多く, 実河川流に対しても表面流速を画像から求める方法(LSPIV)¹⁾が開発されている。また, トレーサとして染料を用いることで水深平均流速に近い値を得ることも試みられている²⁾。本研究では, こうして得られた流速値の精度を検証するために模擬粒子パターン画像によるシミュレーションを行い, 実験結果との比較検討を行った。

2. 粒子シミュレーション概要

トレーサとして染料を用いることで, 表面流速よりも水深平均流速に近い流れを得ることが出来る理由は染料が水中で拡散することで, 上からの撮影によって様々な深さに分布する流れを追跡することが可能となるからであると考えられる(Fig. 1)。しかし, 実際には染料の分布などの状況から, 必ずしも平均的な値が得られてい

ないことが明らかとなった。そこで, 本研究においては適切な校正係数を求めるため, Fig. 2 に示すように水深方向を何層かに分割し, 各層に速度の異なる粒子が存在する流れ分布を想定した。次にそれを真上から見た画像を生成し, PIV 解析を行うことで各層に配置した粒子のパラメータによる解析値の変化について検討した。画像サイズは $300 \times 300 \text{ pixel}$, テンプレートサイズは $30 \times 30 \text{ pixel}$ である。また, 画像生成に際して実際の実験画像に近いものを生成するために以下の様な検討を行った。

Fig1. Vertical velocity distribution

Fig2. Assumption of the flow layer in the particle simulation

Fig.3 The effects of number of layer

Fig.4 The effects of particle size and its brightness

Fig.5 The effects of the number of particles

2.1 分割層の数による影響

まず、分割層を 2~10 種類まで変化させ、理論値との比較を行った。なお、鉛直流速分布は簡単に線形分布を仮定し、この段階では全ての粒子の輝度値と粒径は等しいものとなっている。平均流速の理論値に対する解析値の比率および相関係数の平均値の推移を Fig. 3 に示す。層数が多くなると粒子の移流の様子が滑らかになるため、相関係数は上昇すると予想されるが、平均流速の比率は常に高い値を得、8 層以降はほぼ一定の値を示した。そこでこれ以降では水深を 10 段階に分割し、水深ごとに線形的に流速を与えることとした。

2.2 輝度値および粒径による影響

次に、粒子の輝度値および粒径を水深によって変化させるを試みた。パラメータの設定についてはどちらについても最下層と最上層の粒子のみを与え、2~9 層に

ついては水深に対して線形的に与えるものとした。その際最上層での粒子のパラメータは一定とし、最低層の粒子の粒径を最上層の粒子の粒径の $1/X$ 、同様に輝度値を $1/Y$ とし、 X と Y の値をそれぞれ 1~5 まで変化させた。 X 、 Y に対する解析値の理論値に対する比率のコンター図を Fig. 4 に示す。この図より輝度値および粒径の変化の程度が大きくなると、解析値が理論値よりも大きくなっていくことが確認できる。また、変化の様子は線形的であり、輝度値と粒径の影響は同程度であることがわかる。

2.3 個数による影響

最後に粒子数を変化させ、その影響を調べた (Fig. 5)。粒子数はここまでのケースでは全層での合計を 4000 個として固定していたが、ここでは 2000~16000 個まで変化させた。輝度値および粒径を $X=Y=2$ とした場合、比率および相関係数の平均値の推移を粒子数に伴いプロットしたところ比率は単調増加、相関係数は単調減少の傾向を示した。また、 $X=Y=1$ とした場合には相関係数は単調減少、比率はほぼ一定であった。これより、 $X=Y=2$ の場合に見られた比率の上昇は輝度値および粒径における影響が個数の増加によって強調されたと考えられる。相関係数については粒子数が増えることでテンプレート内の濃淡パターンが複雑になることで、粒子数の増加に伴い低い値となる事が予想されるので、今回の結果は妥当であると言える。

3. 実験結果との比較による考察

以上のように粒子の発生パターンを様々に変化させたところ、どの段階においてもシミュレーション画像による解析値は少なくとも理論値より大きな値を得ることが明らかとなった。その程度は粒子の輝度値や粒径、粒子数などによって異なるが、実験結果での比率はいずれも今回のシミュレーションにより得られた比率の範囲内に収まっていたため、校正係数の目安として有効であることが確認された。

4. おわりに

今回の研究の結果、解析結果が理論値よりも大きな値を得ていることが確認できたが、その程度については粒子の輝度値や粒径、個数などの要因が大きく、適切な校正係数を求めるにはさらに厳密な条件を設定する必要がある。今後は流速分布を対数則に基づいて与えるなど、さらに実際の流れ場に近い条件を設定し、適切な校正係数を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 藤田一郎: トレーサーを利用した実河川水制周辺流れのビデオ画像解析, 水工学論文集, vol.42, pp.505-510, 1998.
- 2) 森山陽一, 藤田一郎, 出口恭: 水深平均流速を対象とした可視化画像計測法の開発, 平成 19 年度土木学会関西支部年次学術講演会 第 II 部門, II-63, 2007.