

LSPIVによる吉野川竹林近傍の流況観測

徳島大学大学院 学生員 ○和久田 敦志
徳島大学工学部 正会員 岡部 健士
徳島大学工学部 正会員 竹林 洋史

1. はじめに LSPIV技術の信頼性向上に向けて、斜め画像の幾何補正法や画素単位で検出したトレーサー移動量のサブピクセル補正法、異常流速ベクトルの検出・補正法などに改良を加えるとともに現地計測システムの開発も行われ、現地向けのLSPIVのノウハウはほぼ確立されてきた。しかしトレーサー移流速度の検出に使用する画像対の時間間隔、テンプレートサイズ、探索領域の広さなど主要な解析パラメータの設定基準の確立が曖昧なままである。また、時間平均流速ベクトルを求める際の平均操作は異常値を排除したうえでなされるべきであるが、その方法に関する定量的な検討はこれまでほとんどなされていない。そこで本研究では、徳島県内の一級河川・吉野川に発生した比較的大規模な洪水を対象にLSPIV解析用のビデオ映像を収録した。ついで、流木など水面浮遊物を対象にしたPTV解析の結果を表面流速の真値として参照しながら、LSPIV解析パラメータの最適設定の要領や効果的な平均操作法の確立に資するための検討を行った。

2. 観測概要 観測地点は、徳島県三好郡太刀野付近の吉野川で、河口から約63.5km上流、角の浦大橋の直上流に位置する。洪水水面のビデオ撮影は、平成17年9月6日から7日にかけて、台風14号の影響で発生した洪水流を対象として行った。ピーク流量は、7日の午前2時に記録され、9327 m^3/s となっているが、撮影は照度がビデオ撮影に十分な程度まで増加した同日午前6時頃から開始した。撮影にはデジタルビデオカメラ（SONY製、DCR-HC1000）を用い、カメラは角の大橋に設置し、左岸竹林の低水路側外縁に沿う横断方向80m、縦断方向60mの範囲を画角に納めるようにした（図-1参照）。

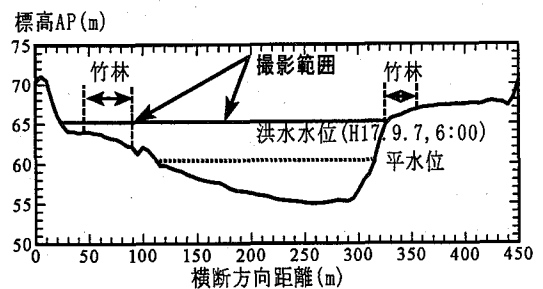


図-1 河道横断面図（解析断面付）

3. 解析パラメータ LSPIV解析のアルゴリズムにはいくつかの解析パラメータが含まれている。まず、表面流速ベクトルの時系列データセットを得る1次検出においては、時間間隔 Δt 、テンプレートサイズ S_T およびマッチングの探索範囲すなわち模様の移流量を求める画像上でのテンプレートの最大移動量 B_D が基本パラメータである。LSPIVではパターンマッチングの不成功や誤検出などに起因して結果の信頼性に影響を及ぼすことがある。今回は現地用LSPIV解析の適正要領の確立を目指し、撮影領域の中央部に一本の横断測線を設定し、はじめにPTV解析によってそれに沿う流速分布を求めそれを真値とする前提のもとに検討を行った。ただしLSPIV解析は、横断測線上に左岸からの距離が105、125および145mである3点（以下それぞれP-1、P-2およびP-3と呼ぶ）を代表点として、これらについてのみ実施した。PTV解析は1秒間隔で流木や浮遊ゴミなどをトレーサーとして検出し、単純平均することで平均流速と決定した。図-2にPTV解析による流速ベクトルの大きさの横断分布を示す。これよりP-1、P-2およびP-3のPTV流速を1.95、3.50、および4.35 m/s と決定した。

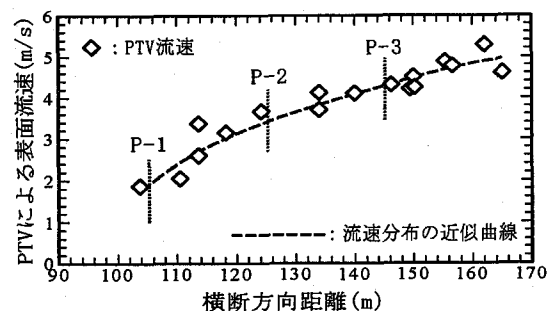


図-2 PTV解析の結果

に一本の横断測線を設定し、はじめにPTV解析によってそれに沿う流速分布を求めそれを真値とする前提のもとに検討を行った。ただしLSPIV解析は、横断測線上に左岸からの距離が105、125および145mである3点（以下それぞれP-1、P-2およびP-3と呼ぶ）を代表点として、これらについてのみ実施した。PTV解析は1秒間隔で流木や浮遊ゴミなどをトレーサーとして検出し、単純平均することで平均流速と決定した。図-2にPTV解析による流速ベクトルの大きさの横断分布を示す。これよりP-1、P-2およびP-3のPTV流速を1.95、3.50、および4.35 m/s と決定した。

4. 選択的平均操作の方法および検討 1次検出の流速データセットからいかにして異常値を検出・排除し適合性の高い時間平均流速を求めるかについては、実験室レベルのPIV解析などでは移動平均操作を利用しているが、平均操作対象範囲の設定法は経験的である。今回は次のような選択的平均操作法を考案した。流

速の1次検出が適正ならば、そのデータは洪水水面での変動流速と類似した統計的特性を有するであろうから、この条件を満たすデータのみについて選択的平均操作を施すというもので、具体的な手順は次のようである。①ある区間幅 N_A を設定し、単純移動平均の流速 V_{1M} を求める。②輝度の相互相関係数 R_C と第1画像のテンプレートの輝度の標準偏差 S_B との積 $R_C S_B$ に閾値 $(R_C S_B)_{TH}$ を設定し、 $(R_C S_B)_{TH} \leq R_C S_B$ の条件で抽出した V_{1M} の歪度 γ_3 と尖度 γ_4 を計算する。③ N_A と $(R_C S_B)_{TH}$ を種々に変化させながら①と②を繰り返して、 γ_3 と γ_4 が洪水水面の変動流速におけるものに最も近くなる N_A と $(R_C S_B)_{TH}$ の組み合わせを見出し、これに対応する V_{1M} のデータから時間平均流速を求めた。時間平均流速の計算には選択的平均操作法を適用することを前提に、パラメータ Δt 、 S_T および B_D の設定値がLSPIV解析の結果に及ぼす影響を調べた。このとき、平均操作法のパラメータである洪水水面の変動流速の歪度 γ_{3F} および尖度 γ_{4F} は、既存の実験成果を参考にそれぞれ0.3、3.25とした。また平均操作の V_{1M} を与える N_A と $(R_C S_B)_{TH}$ の組み合わせは、 $|\gamma_3 - \gamma_{3F}| + |\gamma_4 - \gamma_{4F}|$ が最小となる条件で選定した。

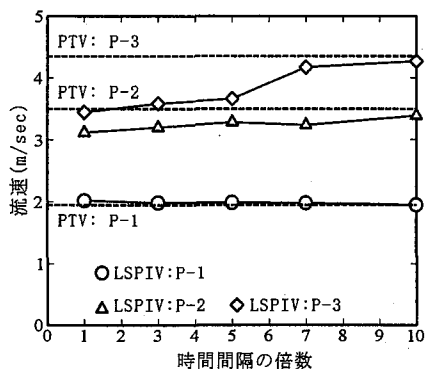


図-3 Δt による解析値の変化

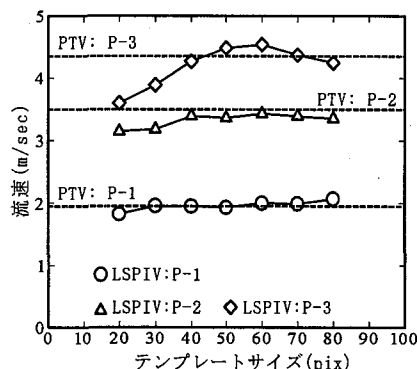


図-4 S_T による解析値の変化

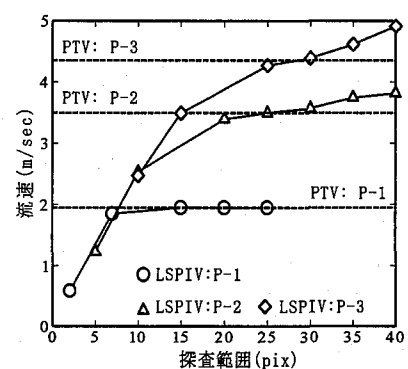


図-5 B_D による解析値の変化

まず図-3は Δt とLSPIV流速との関係を描くとともに、PTV流速とを比較したものである。ただし、図では Δt の大きさがビデオ撮影の基本周期である1/30secの倍数で示してある。解析対象点P-1では Δt が解析結果にほとんど影響していないが、P-2、P-3では Δt が極端に小さい場合にLSPIV流速がPTV流速よりかなり過小評価され、2種の流速の良好な適合は1/3secの狭い範囲においてしか認められない。図-4では S_T がLSPIV流速に及ぼす影響を示す。P-1の結果は S_T によりほとんど変化しないが、P-2、P-3では、 $S_T = 40 \sim 60\text{pix}$ の範囲で2種の適合性が最も高くなっている。この範囲は輝度パターンの最大スケール $L_{\max}$ の1.5～2倍に相当し、P-1でも $S_T = 30 \sim 70\text{pix}$ の広い範囲で適合性が高いことから、 $S_T = (1.5 \sim 2) L_{\max}$ が適切と判断される。さらに図-5では $\Delta t = 1/3\text{sec}$ 、 $S_T = 40\text{pix}$ として B_D の影響を調べた。なおP-1、P-2およびP-3についてPTV流速と設定した Δt に見合う第2画像での移動量 D_2 を求めると、 B_D が D_2 の約2倍以下の範囲では、全ての解析対象点においてLSPIV流速が真値より過小評価された。一方、約2倍以上になるとP-2、P-3のものは B_D の増加とともに漸増する傾向を呈している。これは移流に伴う輝度パターンの変形が第1画像のテンプレートにおける輝度分布の個性を消滅させる程度に進んで流速の誤検出を生んだためである。いずれにしても B_D は D_2 の2倍程度が適切といえる。最後にLSPIV流速1次検出の解析パラメータの適正設定要領に従うとともに、選択的平均操作法を適用して横断測線上の流速分布を再解析した結果を図-6に示す。求められた表面流速の横断分布は、PTV解析結果との適合性が十分に高められている。

5. おわりに 本研究は吉野川に発生した大規模洪水の表面ビデオ映像を用いて、現場向けのLSPIV解析法の信頼性向上に向けた実証的検証を行ったものである。今後は、他の河川や多様な洪水を対象としたケーススタディーを通じて、本成果の一般化を図る予定である。

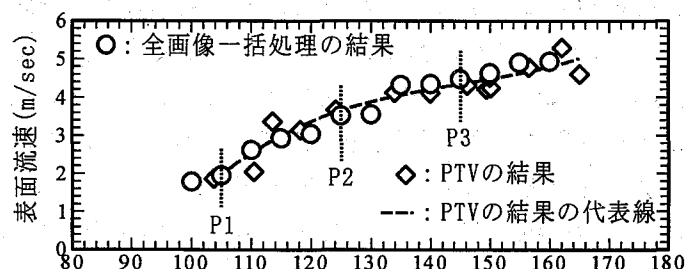


図-6 LSPIV解析とPTV解析による流速横断分布の比較