

LSPIV 解析の現地適用法に関する検討

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 Δt 、テンプレートサイズ S_T 、探索領域の広さ B_D 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・吉野川第十堰地点で表面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実証的検討を行った。

2. 現地観測 観測地点は、吉野川第十堰の分流地点である樋門付近で撮影した。また、LSPIV 解析の信頼性を検討するための PTV 流速としてはエビセンを流し、それによって PTV 流速を求めた。ついでパターンスケールの検討などから解析パラメータの設定基準の検討を行った。

3. 検討概要 洪水時の場合の画像には、ボイル渦などによる浮遊土砂が水面に作る比較的スケールの大きい模様が面トレーサーとなっているのに対して、第十堰地点での画像内には、細かい複数の波が存在している。LSPIV 解析では、パターンスケールの大きさが解析パラメータの設定基準になり解析結果にも影響してくるので、まず画像内にどのようなスケールの波が存在しているかを3つの方法で推定した。解析対象とする点を6点設定し、それらを中心とした水平に連なる251個の画素群を検査線として、輝度の空間的な自己相関係数を求め、その積分値から輝度パターンの平均スケールの推定を試みた。図-1の L_m が自己相関係数が0以上の範囲での積分値を表し、輝度パターンの平均スケールに相当し、6点の平均パターンスケールは4.7~25.6pixと推定される。

つぎに、輝度の時間的な自己相関係数を求め、そのずらし時間と推定流速(PTV 流速)との積から平均パターンスケールを推定した。輝度の時系列データセットには1/30sec間隔で、900フレームのデータを用い、求められた自己相関曲線の積分値 L_m が輝度パターンの平均通過フレーム数に相当し、フレーム時間間隔(1/30sec)との積から通過時間が推定でき、PTV 流速の値との積によって平均パターンスケールとした。6点の L_m は6.1~9.4で、推定流速はPTV 解析から約2.5~3.0m/s、画像解像度は0.07m/pixであり、これらから6点の平均パターンスケールは7.14~13.4pixと推定された(図-2)。

3つ目の推定として、輝度の時系列データセットからスペクトル推定し、波の周波数を求め推定流速(PTV 流速)との積からパターンスケールを推定した。スペクトル推定方法としては、時系列データセットに対してある時間幅 τ の自己相関関数 $C(\tau)$ を求め、 $C(\tau)$ のフーリエ変換であるパワースペクトル密度関数 $P(f)$ と、長周期現象の一部のデータからでもスペクトルが検出でき、周波数が接近している波形もはっきりと分離できる最大エントロピー法の2つの推定法で推定した。図-3に推定結果を示すが、解析点によって多数の周波数の波が存

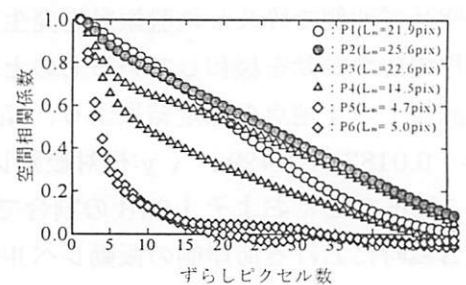


図-1 輝度の空間的自己相関係数

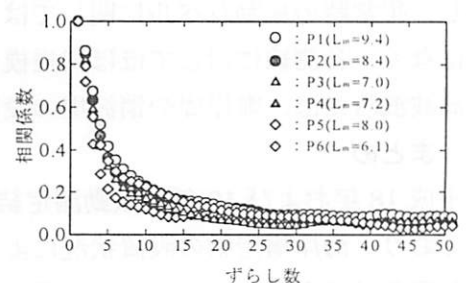


図-2 輝度の時間的自己相関係数

在する箇所もあれば、1Hz 以下の大きな周期をもつ波が多い箇所も見られる。パターンスケールとしては細かい波もあるがピークの出現頻度の高い周波数 0.4~3.0 の範囲についてのみ求め、11.9~107.1pix を平均パターンスケールとした。

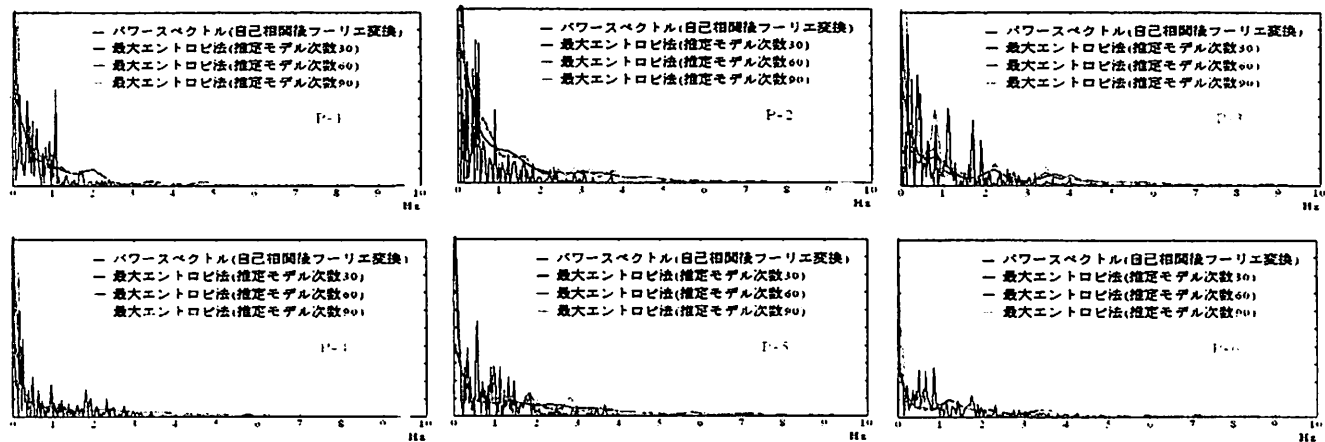


図-3 輝度時系列データのスペクトル推定

3つの方法で画像内のパターンスケールを推定したが、スケールの大きさは推定方法によって異なる。1次検出流速を求める際のパラメーターである S_T は、テンプレート内部のパターンが周辺のものとは有意な差を持つように定めるべきことが重要で、平均パターンスケールと同等かそれ以下の大きさでは内部の輝度分布が一樣になり、逆に大きすぎるとパターンのひずみ、変形によって異常値が増える可能性がある。 S_T が周辺のものとは有意な差を持つように設定すべきということから平均スケールの1.5~2.0倍程度が適当ではないかといえる。そこで3つの推定法で求めた平均パターンスケールの重複部分である15pix前後を平均スケールとみなし、その1.5~2.0倍である30pixを S_T の最適値として横断測線上の流速分布を解析した結果を図-4に示す。時間間隔倍数 Δt については1, 3, 5, 7と変化させ、探査範囲 B_D については推定流速（PTV流速）の2倍程度に設定してPTV流速との適合性を調べた。時間間隔倍数が小さい1, 3の場合ではPTV流速より過大評価され、逆に $\Delta t=7$ では過小評価されている。これは Δt が小さすぎるとパターン移動があったとしてもピクセル単位でしか解析されないため空間分解能が低下し、また大きすぎると本来マッチングすべきパターンではなく第2のパターンが出現するためと考えられる。時間間隔倍数 Δt は本来マッチングすべきパターンが消え類似したパターンが入る可能性を抑えるために、フレーム間のパターン移動量がパターンの最小スケールの2倍以下が適当ではないかといえる。

4. まとめ

第十堰でのビデオ映像を基に、パターンスケールの推定を行い、LSPIV解析のパラメーター設定要領について検討した。パターンスケールの推定から、 Δt は輝度パターンの最小スケールの2倍以下、

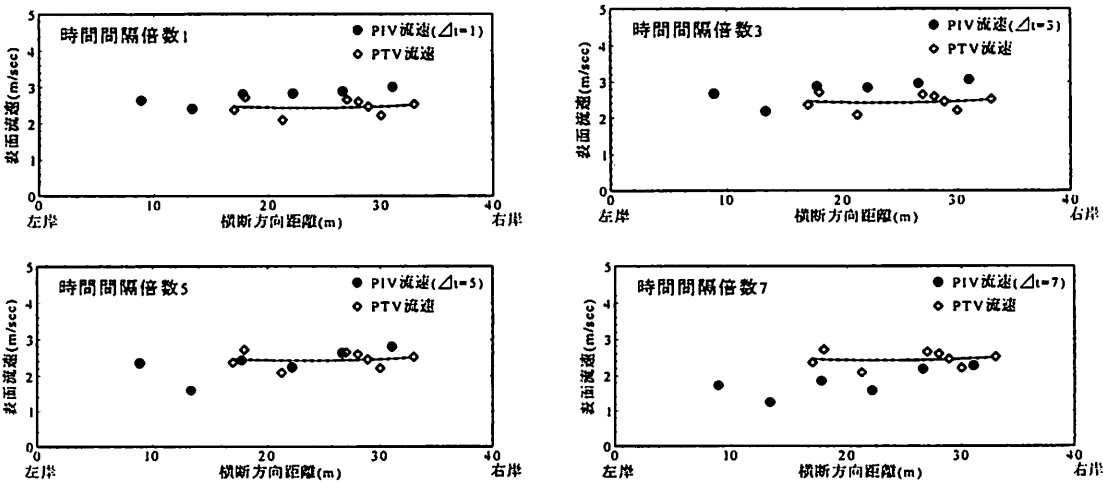


図-4 LSPIV 解析と PTV 解析による流速横断分布の比較

S_T は解析画像内に存在する輝度パターン平均スケールの1.5~2.0倍程度、 B_D は推定流速の約2倍程度に設定すれば適合性の高い時間平均流速が得られることが確認された。