

第 部門 越流・非越流状態の宇治川水制周辺流れの現地計測

神戸大学工学部 学生員 ○ 冨尾 恒一 神戸大学工学部 正会員 藤田 一郎
 京都大学防災研究所 正会員 武藤 裕則 神戸大学大学院 学生員 椿 涼太
 近畿大学理工学部 正会員 竹原 幸生

1. はじめに

著者らが河川表面流の現地画像計測手法として開発してきた LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry) では、河川の両河岸に配置した標定点座標を利用して斜め画像の幾何補正を行ってきた¹⁾。しかしながら、実際河川の計測においては標定点の両岸設置は必ずしも容易ではない。あるいは、宇治川に設置した標定点のように洪水によって大半の標定パネルを流失した場合もあった。そこで、本研究では標定点座標だけではなく、カメラ座標の情報等を活用して幾何補正が可能となるように工夫し、LSPIV の適用範囲の拡大を図ると同時に、越流・非越流状態の水制周辺流れを計測し比較検討した。

2. LSPIV 法の改良

本研究では従来の画像変換係数算出法²⁾を見直し、カメラ座標 (X_0, Y_0, Z_0) 、カメラ傾き (ω, ϕ, κ) 、焦点距離 c 、及びレンズ歪み $(\Delta x, \Delta y)$ をベースとする変換式³⁾を用いることとした。すなわち、 (x, y) を CRT 座標、 (X, Y, Z) を測量(物理座標)とすると、例えば x 座標に関する関係式は以下のように与えられる。

$$x = -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} + \Delta x \quad (1)$$

ここで、 Δx はレンズ歪みで

$$\Delta x = dr^2 x, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

で与えられる。画像変換に必要な標定点の数を従来型と比較したのが表1である。これより、カメラに関する情報を考慮することで必要な標定点の数を減らせることがわかる。特に、河岸から撮影する際には、必ずしも十分な数の標定点を両岸に設置できない場合があるため、式(1)の導入は実用的に非常に有効なものとなる。ただし、画像変換を正確に行なうためには表1に示した数よりも多くの標定点がある方がよい。

表 1

	未知数の数	標定点の数
従来型	11	6
改良型	8	4
改良型(カメラ座標既知)	5	3
改良型(カメラ座標、レンズ歪み既知)	4	2

3. 観測概要

観測は2003年6月29日および12月13日に京都大学防災研究所内の気象観測塔で行われた。画像変換の際に必要な標定点は右岸側に8点、左岸側10点それぞれ設置されている。本研究で用いた画像は鉄塔40mから撮影されたものである。撮影時の水位は6月29日では10.66m(水位+O.P.値)で、かぶり水深が2.85mの越流状態、12月13日では6.6m(水位+O.P.値)で、かぶり水深が-1.21mの非越流状態であった。4基設置された水制群全域をカバーするために、3つのアングルで撮影を行った。生成した画像を重ねあわせ、全域図にしたものを図-1に示す。画像は解像度0.1m/pixelで生成した。河岸が滑らかにつながっており、高精度の画像変換が行われたことがわかる。6月29日観測時には左岸側の標定が流されてしまったため、右岸側に残された2つの標定点座標とカメラ座標を利用して画像変換を行った。

キーワード： 水制周辺流れ，PIV，画像計測，幾何補正

連絡先： 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-803-6439 FAX 078-803-6439

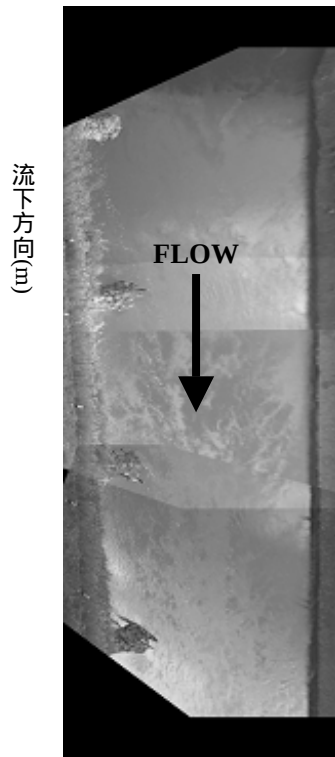


図-1 宇治川全水域図

(X=120 ~ 170m, Y=-620 ~ -780m)

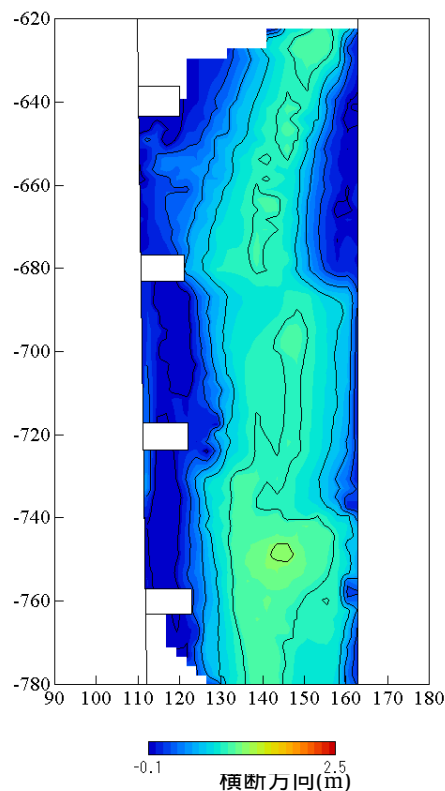


図-2 流下成分のコンター図

(12月13日 非越流状態)

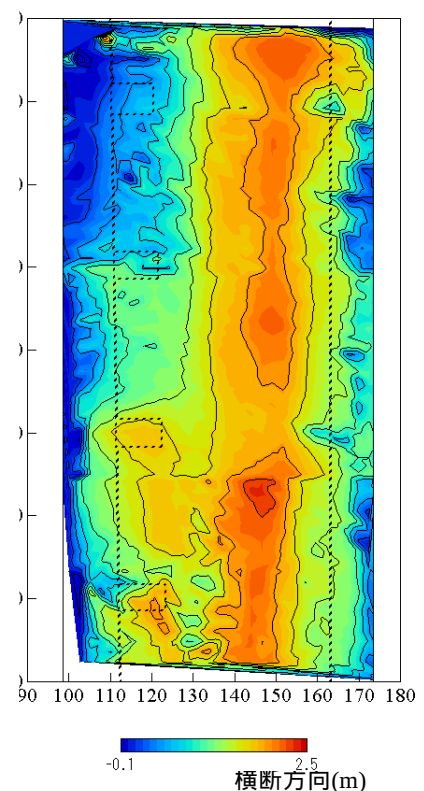


図-3 流下成分のコンター図

(6月29日 越流状態)

4. 解析結果

LSPIVによって得られた越流状態及び非越流状態の表面流速分布の流下方向成分を図-2および図-3に示す。各水位条件における流速成分のコンターは滑らかにつながっており、およそ160x60mの領域において良好な画像計測が行われたことがわかる。対象とした宇治川の河道区間では、最上流の水制の上流側で砂洲が発達しており（図-1の左上の範囲外の部分）、そのために平水時は流れが蛇行して画像計測領域内の上流端では左岸から右岸側（水制側）に向かう流れが生じている。主流速のコンターがY=-620~-680mの範囲で水制側に向かっているのはそのためである。LSPIVはこの流れの偏流に伴う左岸側の流れの剥離の状況をうまく捉えている。また、主流速分布が対岸側にシフトしていることから、水制が本来の水はねの役割を十分果たしていることが確認できる。越流状態(図-3)では水位が上昇し上流側の砂州を乗り越えて主流が流下するために流れの直線性が増大していることがわかる。また、上流側の水制付近では流速が低減しているのに対し、下流側の水制近傍では局所的に流速が増大している状況も確認できる。

5. おわりに

LSPIVにおける幾何補正の方法を改良した結果、極めて良好に画像変換が行えること示した。今後は、さらに多様な越流、非越流状態の画像計測を行い、水制の機能を現地レベルのスケールで詳細に調べて行く予定である。現地観測においては、京大防災研究所の馬場先生、明石高専の神田佳一先生、近畿大学の高野保英先生、ならびに各大学の学生諸氏の協力を得た。ここに謝意を表します。なお、本研究は関西支部共同研究（研究代表：大阪大学 出口一郎）からの補助を得た。

参考文献

- 1) 藤田・綾・小澤：河川表面流のモニタリング手法 LSPIV の改良，神戸大学都市安全センター研究報告，第4号，pp.97-105，2000
- 2) 藤田一郎，中島丈晴：実河川流計測における LSPIV の汎用化と水制間流れへの適用，水工学論文集，第44巻，pp.443-448，2000
- 3) 日本写真測量学会編：写真による三次元測定，共立出版株式会社，pp.5-9，pp.172-177，1983.