

神戸大学大学院 学生員○椿 涼太 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 近畿大学理工学部 正会員 竹原 幸生
 神戸大学工学部 学生員 富尾 恒一

1. はじめに

近年、河道、特に水際部における環境面の機能を保全・復元する方策として、緩斜面を含む変化に富んだ地形を創出することが試みられている。そのような方策の一つとして、水制が注目され、従来からあるものの整備や新たな施工が各地で進められている。しかし、その治水面に与える影響を現地レベルで十分に検討されているとは言えない。一方、現地画像計測手法として LSPIV(Large Scale Particle Image Velocimetry)法があり、表面流速分布や流量推定を精度良く行なえることが藤田らによって報告されている¹⁾。本研究では宇治川水制群に LSPIV 法を適用し、表面流速の計測を行った。

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、 x 座標に関する関係式は以下のように与えられる。

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

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varpi & -\sin \varpi \\ 0 & \sin \varpi & \cos \varpi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、レンズ歪みは

$$\Delta x = dr^2 x, \quad \Delta y = dr^2 y, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

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、標定点はどの条件でも従来型より少ない数で済むことがわかる。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兩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 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 点それぞれ設置した。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 6.6m(水位+O.P 値)で、かぶり水深が-1.21m の非越流状態であった。1 つのアングルで無歪み画像を生成した。水制群全域を撮影するのは困難であったため、3 つの水制区間に分けて撮影を行った。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。

Ryota TSUBAKI, Ichiro FUJITA, Yasunori MUTO, Kohsei TAKEHARA, Kouichi TOMIO



図-1 宇治川全水域図

($X=120\sim 170\text{m}$, $Y=-620\sim -780\text{m}$)

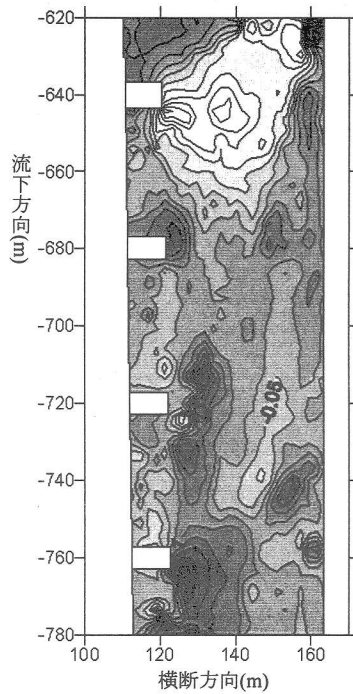


図-2 流下成分のコンター図

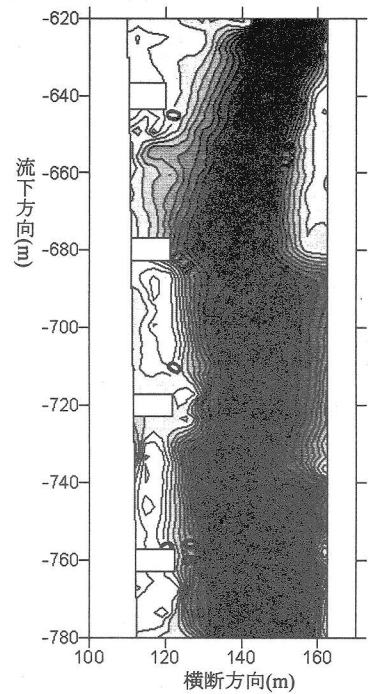


図-3 横断成分のコンター図

4. 解析結果

LSPIV によって得られた表面流速分布の流下方向成分と横断方向成分を図-2 および図-3 に示す。各流速成分のコンターは滑らかにつながっており、およそ $160\times 60\text{m}$ 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。で主流速のコンターが $Y=-620\sim -680\text{m}$ 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。この点は、図-3 に示した横断方向成分が水制先端付近で河道の中央に向かっていること（プラスの成分が多い）からも把握できる。横断流速成分は最下流の水制先端で最も大きくなっているが、これは河道幅が流れ方向に狭くなっていることとも関連していると思われる。この点は、主流速が流れ方向に加速していることから確認できる。

5. おわりに

LSPIV における幾何補正の方法を改良した結果、極めて良好な画像変換が可能となったことを示した。今後は、画像計測を継続して行い、水位が異なる場合の水制の機能を現地レベルのスケールで調べて行く予定である。現地観測においては、明石高専神田佳一先生、近畿大学高野保英先生、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。

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.