

近畿大学大学院総合理工学研究科	学生員	○奥野 訓史
近畿大学理工学部	正会員	江藤 剛治
近畿大学理工学部	正会員	竹原 幸生
近畿大学理工学部	正会員	高野 保英

1. はじめに

現在、室内実験ではビデオカメラなどの機器の発達により、一度に多くの流れの情報を得ることができる高精度な計測手法として画像計測が用いられている。実河川の計測でも画像計測は有効な手段として考えられる。さらに、撮影方法として有人ヘリコプターによる空中撮影を加えることで、広範囲での流れ場画像計測が可能になると考えられている。昨年の研究でヘリコプターを用いた画像計測で実河川の表面流を計測することが可能であった。しかし、直接流速測定を行ったものと比較は行っていない。そこで、本年はヘリコプターを用いたPTVから得られた表面流速と、ADCPによる計測で求められた直接の流速の比較・検討を行う。

2. 実験方法

平成14年7月3日15時に国土交通省近畿地方整備局、神戸大学などと共同で、宇治川、木津川、桂川の三川合流地点より宇治川上流1km付近の計測を行った(図.1参照)。この地点では標定が設置されている場所である。この日の天候は晴れ、気温33℃、水温26.2℃であった。撮影時は下流から上流に強い風が吹いていた。流れを可視化するためのトレーサー粒子としては、環境への負荷が小さいこと、安価であること、上空300mから撮影しても確認可能な大きさであることを考慮して、昨年同様直径約15cmの煎餅を使用した。煎餅は市販されているもので、主成分は澱粉である。煎餅が河川全幅一様に流れるように、河川横断方向に進むボートと撮影場所より上流の左岸2箇所の岸、合計3箇所から約6千枚の煎餅を散布した。ヘリコプターは国土交通省近畿地方整備局の「きんき号」を使用し、高度300mからビデオカメラで流れ場を撮影した。ビデオカメラは池上通信機製造で、フレームレートは1/30秒であった。表面流速の計測はヘリコプターから行ったが、内部流速の計測は日本ミクニヤ株式会社がADCPを用いて行った。計測範囲は標定点設置場所から上流に300m、下流に300mで、計測間隔は流れ方向に約50m、横断方向に約5mであった。計測水深は20cm、50cm、100cm、150cm、200cm、250cmであった。



図.1 観測場所

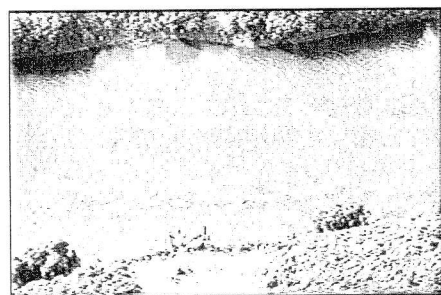


図.2 撮影領域

3. 表面流の計測

3.1 解析方法: 解析にはトレーサー粒子が多く流れ、標定点が9つ以上写っている1秒間隔の連続する1分間(60枚)の画像を使用した。一例を図.2に示す。川岸の白い点が標定点(70m間隔程度で17点設置)であり、川の白い点が煎餅である。その連続する画像にPTV(Particle Tracking Velocimetry)を適用し、トレーサー粒子の移動量を算出する。画像上の座標で得られたPTVの結果を実空間に変換する。画像上の座標(x_p, y_p)から実空間上の座標(X, Y)に変換するには¹⁾、カメラの内部パラメーター(レンズ光軸と画像の交わる画像上の座標(x_p, y_p))、レンズ光軸と画像面のなす角度(ϕ, θ)、焦点距離(c)など)及び外部パラメーター(カメラレンズ中心位置(X_0, Y_0, Z_0))、カメラ姿勢(α, β, γ)などの情報が必要となる。画像上

の座標 (x_p, y_p) と実空間上の座標 (X, Y, Z) の関係は次式で表される。

$$\begin{aligned} x_p &= -c \frac{X'}{Z'} & (1) \\ y_p &= -c \frac{Y'}{Z'} & (2) \end{aligned} \quad \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここで、 $(a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{33})$ はカメラ外部パラメータ (α, β, γ) によって決まる。 $O-XYZ$ 座標系は地上座標系であり、 $O'-X'Y'Z'$ は実空間上のカメラレンズ位置を中心とした座標系である。 C はデジタル画像座標と実空間の変換係数(画素/長さ)となっている。 Z については別途観測された水位情報を用いた。水面位置 Z が既知であれば、(3)式より Z' が決定される。画像ごとの平均誤差の最大は14cmであり、1pixelが15cm×15cmであることから精度のよい変換ができていると考えられる。これにより、(1)、(2)式より画像の座標で得られているPTVの結果を実空間へ変換した。川岸の情報も画像から読み取り、画像の座標から実空座標に変換する。

以上の解析によって得られた流れ場には河川下流から上流へ流れる結果になるものもあった。これは波や太陽の水面からの反射光の影響が影響していると考えられた。そこで、波や太陽の水面からの反射光の画像上での輝度値を数十点調べると煎餅の中心のそれよりも小さい値となった。そこで、輝度がある程度以下(今回は輝度値220以下)のものを粒子とみなさないようにして、上記の解析手順で再度解析を行った。

3.2 結果・考察: 図.3にPTVの結果及び川岸のデータを実空間変換したものを示す。1分間の平均流速分布を図.4に示す。全体的に右岸に寄った流れとなったのは、河川が湾曲しているためだと考えられる。中央の流速0の部分は煎餅が殆ど無かったためだと考えられる。画像によっては煎餅と変わらない輝度や大きさの太陽の反射光を追跡している場合もみられた。

4. 水深20cmの内部流速と表面流速の比較

図.3、図.4のA断面付近のPTVで得られた1分間の表面の平均流速と、ADCPから得られた実測流速を比較したものを図.5に示す。図.3の目盛り間隔と図.5の目盛り間隔は相似である。図.3で原点が岸の外にあるのは左岸側で植生がかぶって本当の岸の境界が撮影されていなかったからである。比較を行ったのは表面に一番近い水深20cmの地点である。図.5にはADCPで得られた河床形状を示す(下向きを正)。PTVで得られた表面流速が実測流速より速いという結果となった。これは下流から上流へ風が吹いていたためだと考えられる。表面流と実測流速の形状は似ているが、左岸から65m付近では大きな差がみられた。65m付近では目視により潜り込む流れがあるように見えるが、PTVから得られた表面流では再現できていない。今後、PTVによる表面流の観測結果を境界条件とする数値計算により、内部流が予測できるか検討する。

参考文献：1) 除 剛・辻 三郎：3次元ビジョン，共立出版，1998

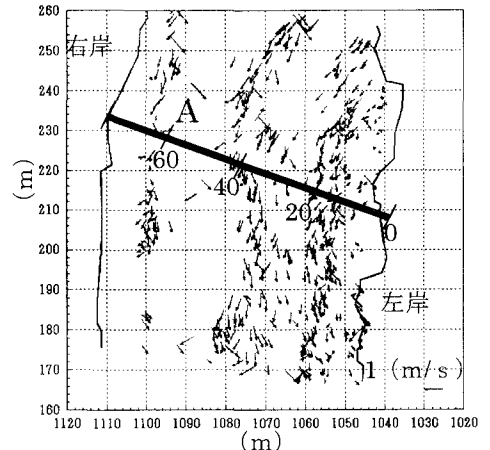


図.3 実空間変換を行った PTV の結果

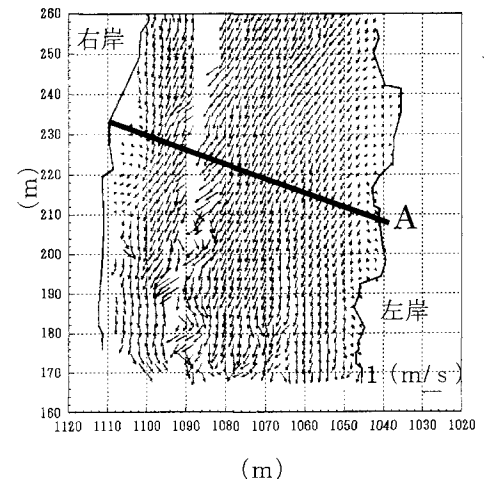


図.4 1分間の平均流速分布

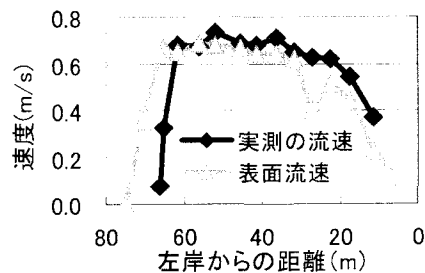


図.5 表面流速と内部流速の比較

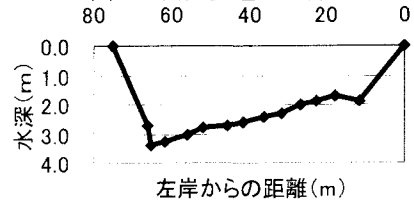


図.6 河床形状