

3D レーザスキャナを用いた河川表面流速と水位計測

中央大学理工学部
中央大学理工学部

学生員 ○奥平 崇
正会員 岡田 将治

国際航業株式会社
中央大学理工学部

正会員 清水 真人
正会員 山田 正

1. 序論

従来、洪水時における河川の流速計測法としては、浮子法やビデオカメラによる画像解析法および超音波流速計、電磁流速計などが用いられてきた。藤堂・清水ら¹⁾は河川に浮子を流し、3次元の位置データを計測できる3Dレーザスキャナを用いて、浮子の平面的な位置を求めることによって河川の表面流速を計測すること

が可能であることを示した。本論文では河川表面流速を求めるだけでなく、3DレーザスキャナによってZ方向の位置データから水面形計測の可能性について検証を行った。

2. 観測概要・方法

多摩市を流れる大栗川は、高水敷、法面、低水路ともにコンクリート張りの都市河川で河床の横断形状が予め測定している。観測現場に選んだ大栗川橋付近の写真を図-1に示す。図中の白点は座標変換をする際の基準点である。観測現場より約30m上流に東京都の雨量計(柚木雨量)、水位計(大栗川橋水位)が設置され、同地点における雨量・水位を常時観測している。2002/10/7/2:00~3:30までの柚木雨量と大栗川橋水位のハイドログラフを図-2に示す。雨量のピークと流出のピークに時間差がほとんどなく、水位が短時間で2m近く上昇するのが分かる。このため、降雨が生じてから観測現場に向かう場合、流出のピークを逃す可能性がある。そこで著者ら²⁾は観測現場に無線ネットワークカメラを設置し、遠隔操作により常時河川の流況を撮影し、その画像を解析することで河川表面流速を計測することを試みてきた。新たに3Dレーザスキャナを併用することで互いの精度を検証する。また同時に3Dレーザスキャナの3次元データを利用し、水面形を計測することで、新しい流況観測法を提案できる可能性を示す。観測は大栗川の高水敷上に3Dレーザスキャナ(リーグルジャパン(株), LMS-Z210)を設置して観測を行った。3Dレーザスキャナは計測したい1フレーム範囲の計測時間を出来るだけ短くするために水平方向で設置した。3Dレーザスキャナにより捉えたCRT画像を物理座標に変換するために、観測をする前にトータルステーションを用いてそれらの基準点(計10点)の3次元の位置を測量した。水面では反射強度が極端に低く、3Dレーザスキャナでは水面位置が計測できないため、浮子を流すことで表面流速及び水面位置を測定した。なお浮子には反射板を固定し、どの方向から見ても反射するようにした。3Dレーザスキャナを設置した様子と測定に用いた浮子

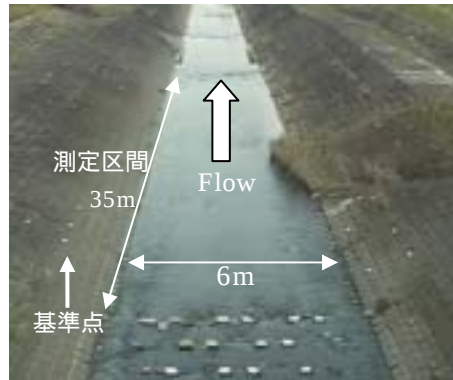


図-1 大栗川の観測地点付近の全景

大栗川観測現場付近・大栗川橋上より下流側を撮影した。図中の白点は座標変換をする際の基準点

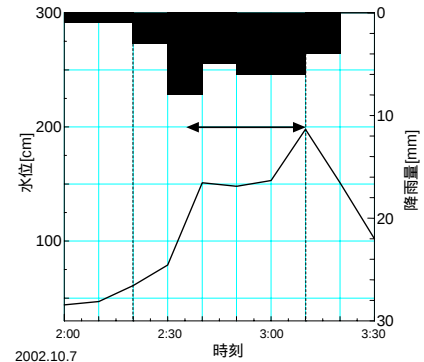


図-2 大栗川降雨量・水位

2002/10/7/2:00~3:30

降雨量ピークと流出のピークの遅れ時間が約35分と短い。



図-3 3Dレーザスキャナと測定に用いた浮子

リーグルジャパン(株)LMS-Z210
機械精度 400m まで±25mm
直径10cmの浮子に反射板を十字に付けた

キーワード 3Dレーザスキャナ, 水面形

連絡先 〒112-0003 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1805

を図-3に示す。このときの3Dレーザスキャナの減フレーム間隔を6秒に設定した。同時にビデオカメラによる画像解析結果及びブライス式流速計を用いて水面付近の流速を観測し、3Dレーザスキャナで計測した表面流速の測定結果と比較した。

3. 座標変換

3Dレーザスキャナはレンズの位置を原点として固定し、レンズの向きを回転させながらレーザを出しているために座標系が1フレーム毎に変化する。そのためフレーム毎に使用されている座標系を統一するために座標変換が必要になる。CRT座標を (x,y,z) 、物理座標を (X,Y,Z) とし、以下の式(1)を用いて座標変換を行った。

$$\left. \begin{aligned} x &= aX + bY + cZ \\ y &= dX + eY + fZ \\ z &= gX + hY + iZ \end{aligned} \right\} (1)$$

$a \sim i$ の値については基準点のうち3点の物理座標と、それに対応するCRT座標を代入して決定した。

4. 解析結果および考察

3Dレーザスキャナにより得られた浮子のCRT座標を座標変換することにより、物理座標に変換した。フレーム毎に浮子の物理座標位置を計測することで、河川表面流速ベクトル分布を求めた。流下する浮子の位置変化を3Dレーザスキャナで追いかけて算出した河川表面流速ベクトル分布図を図-4に示す。フレーム毎の X,Y 座標の変化より、フレーム毎に浮子が進んだ方向を求め、その距離をフレーム間の時間で割ることで河川表面流速ベクトルを求めた。3Dレーザスキャナでは平均流速約0.39m/sであった。このときのブライス式流速計を用いた表面付近の平均流速測定結果は約0.4m/sであった。各浮子のフレーム毎の鉛直方向の位置を図-5に示す。図-5より水面形状の縦断方向の変化が求められた。最小二乗法を用いて水面勾配を求めると約1/130になった。

3Dレーザスキャナを用いた大栗川の表面流速ベクトル分布を求めることができた。それと同時に鉛直方向の浮子の位置を測定することにより流下方向への水面高さを捉えることができた。精度に関してはさらに検討を行う必要があるが、広い範囲の表面流速ベクトルと水面形を測定できるなど新しい流況計測器として有効であると言える。

謝辞：東京都土木技術研究所より雨量・水位データを提供して頂いた。記して謝意とする。

参考文献

- 1) 藤堂正裕, 清水真人：地上型3Dレーザスキャナによる河川流速の計測，空間情報技術の実際，(社)日本写真測量学会編，pp.127-133, 2002
- 2) 本永良樹, 小林隆文, 岡田将治, 山田正：無人洪水流観測システムに関する検討，第22回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，日本自然災害学会，pp117-118, 2003

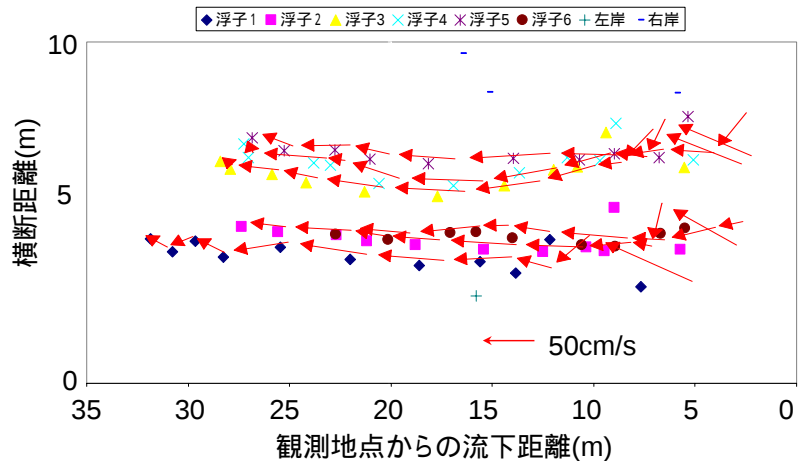


図-4 河川表面流速ベクトル分布

〔各浮子の時間ごとの位置からベクトルを求めたブライス式流速計では平均0.4m/s程度で結果とほぼ一致する。〕

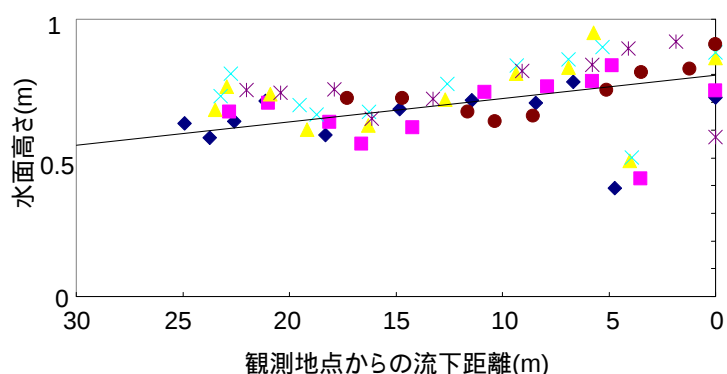


図-5 浮子の鉛直方向位置の流下方向への変化

〔最小二乗法を用いて水面勾配を求めると約1/130になった〕