

SfM を用いた堆積土砂量の連続計測技術に関する実験的研究

高知工業高等専門学校 学生会員 ○田村誠悟 高知工業高等専門学校 学生会員 上原有稀
高知工業高等専門学校 正会員 岡田将治

1. 序論

河川中の土砂は水の流れによって移動している．河川中の掃流力が大きい箇所では多くの土砂が移動しやすく，掃流力が縦断的に変化し，限界掃流力を下回る箇所では土砂堆積が生じる．治水・利水・生態系の保全を行う上でこれらの関係を把握することが重要である．萬矢ら¹⁾は ADCP（超音波ドップラー多層流向流速計）を用いて実河川における掃流砂量の計測を試み，有効性を示しているが，種々の水理条件下において比較した事例が少なく，十分な精度検証が行えていない．そこで上原ら²⁾は水理条件を任意に設定できる移動床実験水路を用いて，水路下流端に土砂捕捉するトレイを設け，ADCP のボトムトラック流速から推定した土砂量と実際にトレイに堆積した土砂量を比較し精度検証を行っている．しかし ADCP を用い計測される掃流砂量は時間変化を計測しているのに対して，トレイに堆積した土砂量の時間変化を計測することは容易ではない．そこで本研究では，ADCP の下流に設置した沈砂池に堆積する土砂量の時間変化を複数台のデジタルカメラを用い，通水中におけるインターバル撮影を行う．それらの画像から SfM(Structure from Motion)法により，三次元地形モデルを作成して堆積量の時間変化を算出する技術の検討を行った．

2. 実験方法

図-1 に本研究で使⽤した水路幅 27cm の移動床水路の縦断図を，表-1 に水理条件を示す．カメラは珪砂が堆積するトレイの上に設置し横 27cm，縦 30cm の区間で撮影を行った．トレイから 22cm 程離れた位置に，カメラを設置した．撮影した画像を写真測量ソフト(Agisoft 社 Photoscan)を使用して三次元地形モデルを作成した．これに測量から求めた標点座標を入力し，DEM (Digital Elevation Model : 数値標高モデル) データを出力した．このデータを用いて地盤高コンターとして表し，砂の堆積量を求めた．まず，撮影枚数の違いによる精度の検証を行うために，対象範囲をレーザー変位計(キーエンス社製：IL-2000，IL-600×2 台，1 秒間に 10 回の計測が可能)で計測した結果を正として，4 枚と 5 枚と 9 枚画像から得られた結果を比較した．表-2 に示すように通水後のデジタルカメラ画像を用いた SfM 解析により推定した土砂量と実際の土砂の堆積量を比較したところ，約 10%以内の精度で計測が行えることを確認している．

3. 実験結果と考察

図-2 に通水中のインターバル撮影により得られたデータから算出した土砂量の時間変化と ADCP より計測した水深との関係図を示す．多少結果にはばらつきはあるが，実験を開始して 400 秒後あたりまでは絶え間なく砂が堆積していることがわかる．こ

表-1 実験の水理条件

流量(L/min)	1970
下流端水深(cm)	17
水路勾配	1/100
珪砂(mm)	0.7

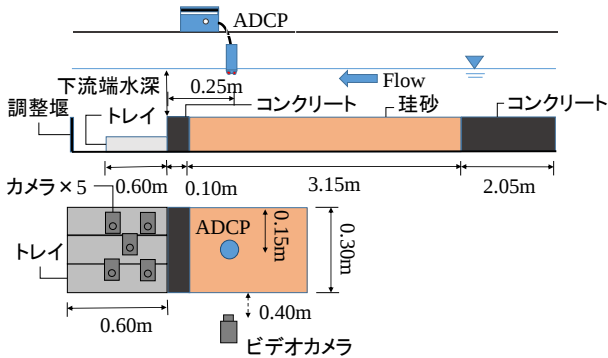


図-1 実験水路の全体図

表-2 SfM とレーザー変位計による堆積土砂量の比較

	SfM			レーザー 変位計
	4 枚画像	5 枚画像	9 枚画像	
堆積土砂量(L)	1.19	1.10	1.12	1.07
SfM / レーザー	1.12	1.03	1.04	1.00

のことは実験中の動画からも確認している。そして、500 秒後あたりからは砂が断続的に堆積している。これには、図-3 に示す河床変動が大きく関係している。実験は河床がフラットな状態から行っており、河床変動が起こるまでは土砂は絶え間なく堆積していくが、時間が経過すると 240 秒あたりから小さな河床波が形成される。550 秒で計測された河床波が 720 秒後には移動していることが図-3 からわかる。

そういった河床波ごとに土砂が堆積するようになるため図-2 のような結果になったと言える。

水深と比較してみても分かるように実験開始より 440 秒後から 640 秒後、750 秒から 900 秒のように水深が低くなっているときには土砂は堆積していない。また、640 秒後から 750 秒後、900 秒後から 980 秒後の水深が高くなっているときに土砂が堆積していることがわかる。

4. 結論

複数台のデジタルカメラを用いてインターバル撮影を行い、トレイに堆積した土砂量の時間変化を算出することが可能であることを確認できた。また、通水中に計測が可能であるため実験の大幅な効率化が図れ、精度も約 10% 以内と許容できる範囲の値を示している。しかし、土砂が激しく舞う場合、移動する場合において SfM 解析により推定した堆積土砂量にばらつきがあるため、今後は SfM 解析の精度向上を目的に実験を行っていく必要がある。そのために考えられる対策としては水位を上げてカメラとトレイとの距離を離すことにより、カメラ 1 台当たりの撮影範囲を広げ、オーバーラップを多く確保する。カメラの解像度を上げるなどがあげられる。

参考文献

- 1) 萬矢敦啓, 岡田将治, 江島敬三, 菅野裕也, 深見和彦: ADCP を用いた摩擦速度と掃流砂量の算定手法, 水工学論文集, 第 54 巻, pp. 1068-1098, 2010.
- 2) 上原有稀, 岡田将治, 松山海人: ADCP で計測された河床面移動速度を用いた掃流砂量算定手法に関する実験的研究, 平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会予稿集, II-14, 2017.

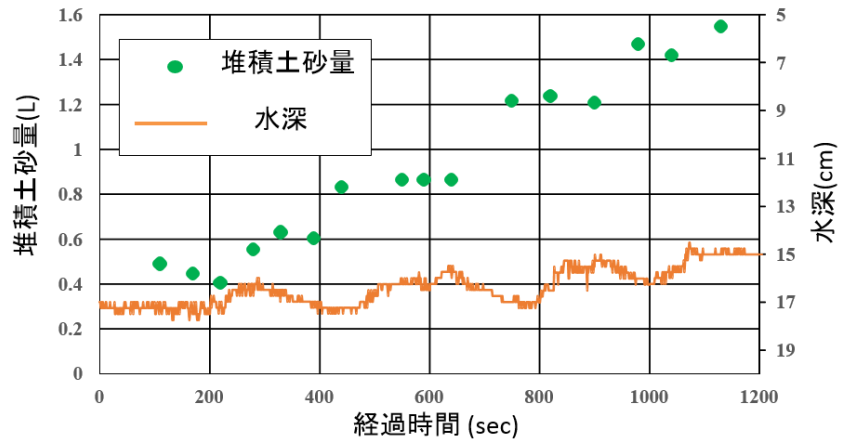


図-2 堆積土砂量と水深の時間変化

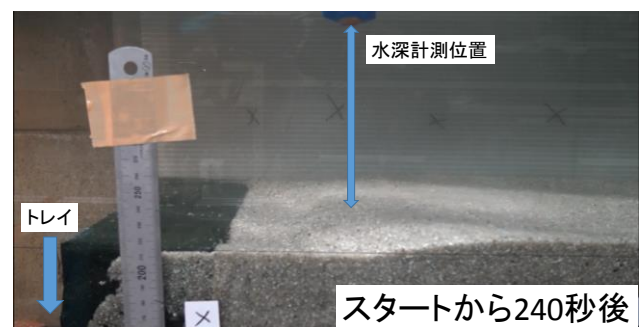


図-3 通水中の河床形状の様子