

1. 背景

近年、地上型レーザを用いて河川の水面下を含む河床地形を計測する試みが行われている。国外では、地上型グリーンレーザを利用して河床地形を計測し、水面下で屈折したレーザデータを補正し(Smith et al. 2012)、河床の粒径分布や粗度を表すためのデータ処理方法(Brasington et al. 2012)が報告されている。国内では、著者らが、山地河川において河床地形を効率的、定量的に調査する新たな方法を提示した(Miura and Asano 2016)。さらに、山地河川の複雑な水面勾配をもつ部分に適用できる水面下データの補正方法を開発した(Miura et al. 2016)。これら一連のデータ処理を経て取得・作成された高精度かつ高密度の山地河川の河床地形データの利用方法は多岐にわたることが期待される。本研究では、ケーススタディとして二時期に計測したレーザデータを用いて山地河川の河床変動を把握することを試みる。

2. 方法

2.1 対象地 対象とした山地河川は京都大学防災研究所流域災害研究センター穂高砂防観測所内のヒル谷試験流域に位置し、試験堰堤直下の長さ約 13.5 m の範囲である(図 1 写真)。河床勾配は 9%で、2015 年 5 月に堰堤内に堆積した土砂 56.6m³の排砂実験が行われたため、対象範囲の河床には所々に流されずに残った土砂がある状態であり、複雑な微地形を形成している。水深はレーザ計測を行った 2015 年 6 月の時点で 6 cm から 14.8 cm、10 月の時点では 4 cm から 16.5 cm の範囲であった。

2.2 現地計測 レーザデータは、地上型レーザセンサで緑の波長域(532 nm)のレーザ光を発する Leica ScanStation C10 を用いて、排砂実験直後の 2015 年 6 月と 4 か月後の 10 月に計測した。最も近いアメダス地点「栃尾」の観測値によると、計測を行なった二時期の間の総降水量は 902.5mm、最大 1 時間雨量が 20.5mm の降雨があった。河川を囲むように 6 か所にセンサを設置し、10 m で 5 mm 間隔となる設定とし、全てのデータは比較的短い距離(<20 m)で計測した。全ての計測データのうち、水面下のデータについてはブロック分割を行い Miura et al. ((2016)の方法で屈折を補正した後に、影となる部分でデータ欠損がでないように目視で確認しながら任意で使用するデータを選択して合成した(図 1)。合成データはフィルタリング処理を行い、空中に浮遊するポイントや下部のエラーポイントを取り除いた。



図 1. 対象地の計測時の写真(下流側から撮影)と合成したレーザデータ 6 月計測(左)と 10 月計測(右)。レーザ点群は RGB 情報を付与して表示している。

2.3 河床変動の把握 二時期の間の地形の変化を捉える方法には、最も一般的な Digital Elevation Model (DEM)を用いて差分を取る方法(DEM of difference; DoD)、点群を用いて近傍の点同士の距離を計算する方法

(Direct cloud-to-cloud comparison with closest point technique; C2C), 点群の点とメッシュデータ間の距離を計算する方法(Cloud-to-mesh distance; C2M)や3次元で点群間の距離を計算する方法(Multiscale Model to Model Cloud Comparison; M3C2; Lague et al. 2013)がある。本研究対象地のように複雑な地形を有する河床に対しては、点群の密度や地表面の粗度の影響を受けずに計算できることから、M3C2を採用することとした。計算にはオープンソースソフトウェアの CloudCompare v2.3(EDF R&D 2017)を使用した。

3. 結果と考察

10月計測時には、6月計測時に堆砂していた土砂の一部が移動したことは見た目にも明らかであった(図1)。図2は2015年6月から10月にかけての河床の変動距離の頻度分布である。この計算にはM3C2を用いている。変動距離はプラスよりもマイナスで多くなっていた。また、全データの99%は-0.39 mから0.36 mの範囲に分布していた。水面下データの屈折補正を行った時点で位置精度で最大1.86 cmの誤差を含む可能性が認められたため、2 cm以下の変動距離は除外した。図3に2015年6月から10月にかけての河床の変動距離の空間的分布を示す。この期間の最も大きな変動箇所は対象範囲の中央付近であり、排砂実験により堆積していた土砂がまとまった範囲で流されたことが分かる。対象範囲全体でも変動距離がマイナスの部分が多いこと、範囲は小さいが、プラスの部分が見られること、一方で大きな石が移動した形跡は見られないことから、主に細かい土砂が流されて移動し、一部は移動した先で再び堆積した以外は対象範囲より下流に流されたと考えられる。対象範囲の計測時の写真との比較でも、変動箇所は概ね妥当であった。

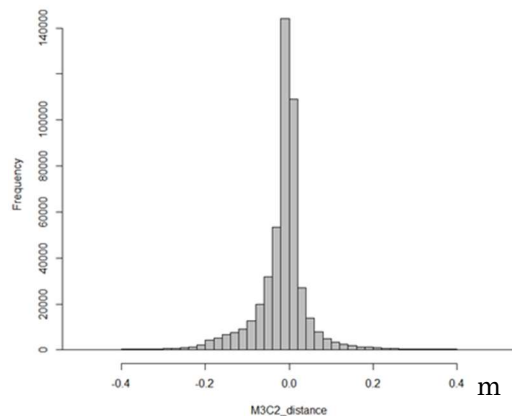


図2. M3C2による2015年6月から10月にかけての河床の変動距離の頻度分布

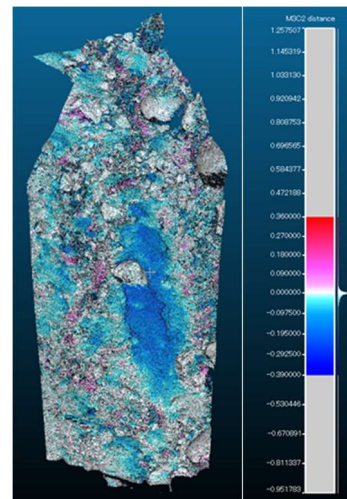


図3. 河床の変動距離の空間的分布。赤色はプラス、青色はマイナスの変動距離を示している。

謝辞

本研究は科学研究費(26340001)の助成を受けた。計測に当たっては、京都大学防災研究所流域災害研究センター穂高砂防観測所宮田秀介助教及びスタッフの皆様と産機エンジニアリング株式会社にご協力いただいた。この場を借りて謝意を表したい。

参考文献

- Brasington, J., Vericat, D., & Rychkov, I. (2012). Modeling river bed morphology, roughness, and surface sedimentology using high resolution terrestrial laser scanning. *Water Resources Research*, 48, W11519
- EDF R&D (2017). CloudCompare (version 2.7) [GPL software] < <http://www.cloudcompare.org/> > (Accessed 25.01.17). In
- Lague, D., Brodu, N., & Leroux, J. (2013). Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 10-26
- Miura, N., & Asano, Y. (2016). Effective Acquisition Protocol of Terrestrial Laser Scanning for Underwater Topography in a Steep Mountain Channel. *River Research and Applications*, 32, 1621-1631
- Miura, N., Asano, Y., & Moribe, Y. (2016). Improved correction method for water-refracted terrestrial laser scanning data acquired in the mountain channel. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B8, 349-352
- Smith, M., Vericat, D., & Gibbins, C. (2012). Through-water terrestrial laser scanning of gravel beds at the patch scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37, 411-421