

## 山地河川における地上型グリーンレーザを用いた効率的な水面下河床地形計測方法

東京大学大学院農学生命科学研究科

○三浦直子 浅野友子

## 1. 背景

山地河川を詳細かつ定量的に調査することは、山地河川の水や土砂の流れに関する理解を深め、洪水被害対策を立てる上で重要であるが、アクセスの不便性や調査に関わる危険性の高さから、定量的な調査が限られ実行が困難であることが課題であった。これに対して著者らは、地上型グリーンレーザを利用して、水面下 60 数 cm までの深さで河床を $\pm 2 \sim 3$  cm の誤差で面的に計測できることを明らかにし、山地河川における新たな定量調査方法の可能性を示してきた (Miura and Asano, 2013)。本研究では、さらにどのような計測方法が山地河川でのレーザ計測に適しているか検証し、山地河川における地上型グリーンレーザを用いた効率的な水面下河床地形計測方法を示す。

## 2. 方法

## 2.1 対象地

対象とした山地河川は伊豆半島に位置する東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林樹芸研究所内を流れる青野川であり、流域面積は約 2.7 km<sup>2</sup> である。Montgomery and Buffington(1997) の分類によると、その形態は step-pool または step-pool cascade に当てはまる。



図 1. Pool 部のプロット(左)と cascade 部のライトランセクト(右)

## 2.2 レーザ計測

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、2015 年 2 月に青野川の約 40 m を対象に計測した。異なる計測方法が取得データに与える影響を見るため、計測対象範囲内の pool 部には 1.2 × 4.2 m のプロットを設立し(図 1. 左)、計測するセンサの地上からの高さを 50 cm(PH50)、100 cm(PH100)、150 cm(PH150)と変えて計測した。また、計測点密度を 10 m で 1 mm 間隔(PD1)と 5 mm 間隔(PD5)に設定して計測し、さらに、4 方向(P1, P2, P3 と P4)から計測して単一方向のみの計測データと複数方向からの計測データの合成とでデータの精度に違いが出るか検証した。cascade 部では 3 つのライトランセクト(S1, S2 と S3)を設置して 3 方向(上流、下流および左岸)から計測した(図 1. 右)。全ての計測は PD1 以外は計測点密度を 10 m で 5 mm 間隔となるように設定し、計測距離は 9 m 以下となるようにした。計測データの水面下補正を含む処理は三浦ら(2015)に従った。

## 2.3 現地調査

プロットとライトランセクトは糸(釣り糸)を使用して河川内に水平に設置し、等間隔にプロットで 75 地点、ライトランセクトで合計 89 地点の検証地点を設け、トータルステーションで位置情報を記録し、測量ポールで河床から糸までの高さを計測して、これを真値とした。

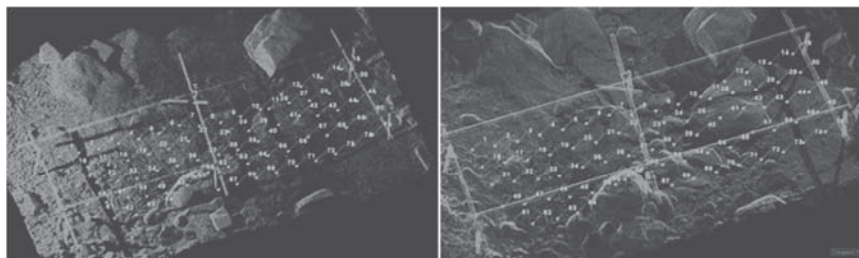


図 2. 単一方向のみの計測データ(左)と複数方向からの計測データの合成(右)

## 2.4 計測データの精度検証

レーザデータの点群から Digital Terrain Model(DTM)を作成し、各検証地点で河床から糸までの高さを算出して真値と比較した。

## 3. 結果と考察

Pool 部で高さを変えて計測した結果、50 cm 高くなるにつれて計測点数は、262,599 から 340,828 へ、さらに 416,858 へと増加し、レーザデータから得られた河床から糸までの高さを真値と比較したところ、相関決定係数はセンサ位置が高くなるほど高くなった。このことは、センサの計測位置を高くすることで水面下への入射角を大きくし、より多くの計測点を取得することで結果的に DTM の精度を高めたと考えられる。計測点密度の間隔を変えて計測した結果、計測点数は PD1 データで 824,019 と PD5 データ(451,2347)の約 2 倍となったが、河床から糸までの高さの比較では相関決定係数は 0.92 で同じであった。このことから、計測点密度の間隔を 1 mm に狭めても取得データの精度を高めることはできず、かえって取得データを増加させ計測や処理時間を長くするだけであり、河床計測には 10 m で 5 mm 間隔の計測で十分であることが示唆された。単一方向のみの計測データと複数方向からの計測データの合成の比較では(図 2)、河床から糸までの高さにおける真値との相関決定係数が単一方向のみの計測データでは 0.93 であるのに対して、複数方向からの計測データの合成で 0.98 となり、真値に対する平均二乗誤差においても 3.7 cm から 2.0 cm に向上した。これは、単一方向のみの計測では大きな岩の影などでデータが十分に取得できない部分があり、結果的に DTM の精度が下がっているのに対して、複数方向からの計測データの合成ではそれぞれの方向から計測することでデータを補完し合って影の影響を除いていると言える。Cascade 部で真値とレーザデータ計測(水面下補正と水面下補正なし)による河床から糸までの高さを比較した結果(図 3)、レーザデータ計測では真値より著しく過小評価している検証地点があり、また、水面下補正処理の有無で作成された DTM に精度の違いはほぼ見受けられなかった。これらは、白く泡立って水が流れている部分ではレーザが表面で反射して河床までほとんど届かないこと、大きな岩の隙間などはレーザが行き届いていないこと、cascade 部では水面の高さが複雑に変化しているため現行の水面下補正処理方法に限界があることが原因と考えられた。以上のことから、山地河川においてレーザ計測を行う場合は、レーザの水面下への入射角を最大にしてより多くの計測点数を確保するためにセンサを可能な限り対象地の近くで高く設置すること、点密度を 10 m で 5 mm 間隔となるように設定して計測時間の短縮とデータ処理の効率化を図ること、複数方向から計測して物の影による影響を除くことがデータの精度を向上させる上で重要であることが明らかになった。さらに、cascade 部では、レーザ計測と同時に撮影する写真の RGB 情報をレーザ点群に付与して白く泡立っている部分の点群を特定して除去すること、除去した部分や岩の隙間などは従来の測量によって補完することでデータの精度を上げることができると考えられる。現行の水面下補正方法は cascade 部には適さないため、屈折の影響を少なくするためにレーザ計測は水量の少ない時期に行うことが求められるが、この場合は ±5 cm ほどの誤差を含む可能性に留意する必要がある。

## 謝辞

本研究は科学研究費(26340001)の補助をいただいた。データ計測に当たってはライカジオシステムズ株式会社の村山氏および株式会社ウィンディネットワーク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

- Miura, N., Asano, Y., 2013. Green-wavelength terrestrial laser scanning of mountain channel. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W2, 187-192.  
Montgomery, D.R., Buffington, J.M., 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Geol. Soc. Am. Bull., 109, 596-611.  
三浦直子, 浅野友子, 2015. 地上型グリーンレーザによる山地河川の河床地形計測, 平成 27 年度砂防学会 栃木大会, 宇都宮。

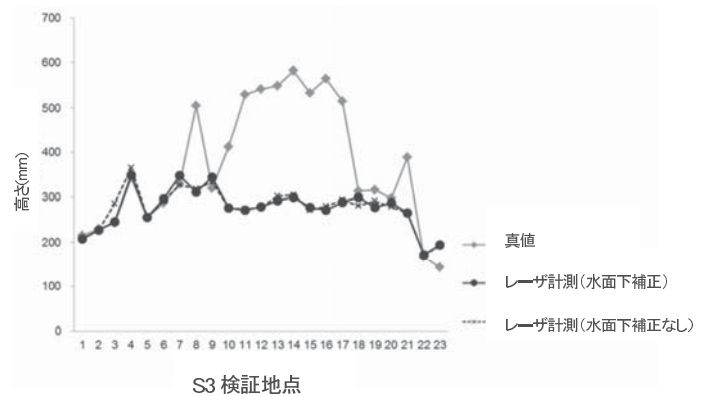


図 3. ライトランセクトでの河床から糸までの高さの比較