

急流河川における横断水面形の計測の試み

日本工営株式会社　○保谷 智之・木佐 洋志・川瀬 遼太・松岡 暁・伊藤 隆郭・菅沼 健
国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 藤平 大・野坂 隆幸※1・唐木 理富※2
京都大学名誉教授 藤田 正治、京都大学 宮田 秀介
※1 現：関東地方整備局 河川計画課、※2 現：利根川下流河川事務所

1. はじめに

国総研資料¹⁾等で示されているように、山地溪流での流砂の実態や降雨に対する流出の応答を把握することで、砂防基本計画の策定、総合的な土砂管理方針の検討、流域治水や土砂・洪水氾濫への対策など、砂防事業への反映が期待される。そのため、富士川砂防事務所では、山地溪流における流砂量・水理量について、管内の流域で様々な観測手法を用いて観測を実施している。

本稿では、二次元レーザ測距儀を用いた水面形計測を通じて流出流量の推定精度向上を目的として、機器の性能試験と実際の砂防堰堤の水通し部での流れの断面形状計測への適用の試みについて報告する。

2. 急流河川における横断水面形の計測の課題

ロボット産業分野で使用されるレーザ測距儀の一つである二次元レーザ測距儀の適用においては、大坂ら²⁾は二次元レーザ測距儀を用いて、土石流水面の横断形状の計測に成功した。また、吉永ら³⁾は土石流水深と水脈飛距離を計測し土石流流速を推定した。

これらの実績は土石流に対してであり、常時の清水や掃流砂流に対しての検証は課題として残されている。本稿では、急流河川の流水断面の把握における二次元レーザ測距儀の適用性を検証した。

3. 使用機器概要

二次元レーザ測距儀の例として、本検討で使用した機器(製品名：セーフティレーザスキャナ、SZ-V32N、KEYENCE 製)の構成を図1に、また、同機器の仕様を表1に示す。近距離(数十 cm)からの精密な測定精度(例えば mm 単位以下)を求められる一般的なレーザ測距儀と比較すると、二次元レーザ測距儀は、距離の測定精度が低いものの、ほぼ同時刻(160ms～1280ms)のうちに一定範囲(数十 m)の形状を計測できる。この特性は、山地溪流での流砂量観測分野にて利点となると考えられる。

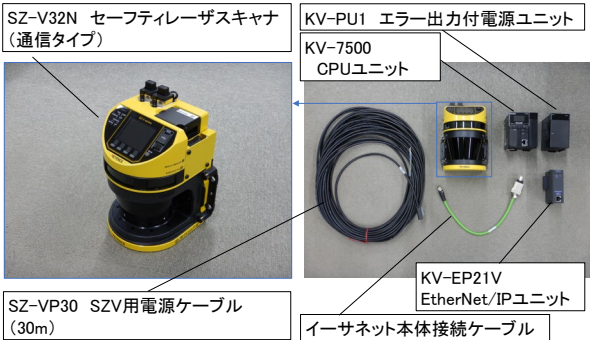


図1 使用機器構成例 (KEYENCE 製 SZ-V32N の場合)

表1 使用機器仕様例 (KEYENCE 製 SZ-V32N の場合)

項目		名称・値
製品名		セーフティレーザスキャナ SZ-V32N (KEYENCE 製)
質量		センサー本体部：約 2.3kg
検出能力	検出角度	190° (−5° ～185°)
	最小角度	0.2° (スキャン角度は 0.2° 毎の任意値設定可能)
	最大測定距離	60m
	スキャン周期	160ms～1280ms
光源	種類、波長	赤外レーザダイオード 905nm
	レーザークラス	クラス1 (JIS C6802)
定格	電源電圧	DC24V (バッテリー)、AC100V (専用コンバータ)
	消費電力	13.4W (負荷なし)～50.8W (負荷あり)

4. 計測特性把握のための試験

二次元レーザ測距儀の計測特性の把握のため、次の 3 つの簡易試験を行った。

- ◆簡易試験 1：計測可能距離、計測精度の確認
- ◆簡易試験 2：流水の水面の計測可否の確認
- ◆簡易試験 3：雨滴等の影響の確認 (雨滴を模擬)

以下に、簡易試験の内容と結果をまとめる。

- 1) 簡易試験 1：計測精度などの確認
- 以下の試験結果より、砂防現場での水位観測としては必要な十分な計測精度を持つことを確認できた。
- 計測可能距離：仕様どおり、60m の距離まで計測できることを確認した (紙面の都合上、詳細は省く)。
 - 計測精度：計測距離 10m 付近に目標物を置き、光軸 90°での計測値を 2 分間隔で約 1.5 時間記録した。図 2 の縦軸に計測値を、横軸には計測時刻を示す。図 2 によると、実測値(10m)より 25～30mm 程度小さい距離が計測された。時刻経過に伴う計測値の振れ幅は、大きくても ±10mm 程度であった。
- 2) 簡易試験 2：流水の水面の計測可否(図 3)
- 直線水路に水を流し、縦断方向の水面形状を計測した。その結果、流水が濁った場合に水面を計測できた。
- 清水のケースでは、実測の水位に近い計測値もあったが、水路底面付近を計測する箇所が多かった(清水の条件では、水面を捉えられていない光軸が多く見られた)。
 - 白色塗料で白濁させた流水では水面形状が計測された。
- 3) 簡易試験 3：雨滴等の影響
- 降水を模した散水の強度によっては測線上の雨滴が検知され、水面形状計測のノイズとなる可能性が示された。

○降水を模擬して、散水装置で散水（散水強度：約5mm/min）を行った場合、散水範囲でレーザが反射される光軸が、散発的に1～2箇所みられた。（図4）
○霧吹きを用いたケース（0.7mm/min程度）では、散水範囲を通過する光軸は、その殆どが散水箇所で反射されて計測できなかった。霧や降雨強度に応じて現場ごとに計測に支障がないかを判断する必要がある。

5. 現場での試行観測

富士川水系の早川支川の春木川栃原砂防堰堤天端右岸袖部（図5）にて、試行観測を行った。観測日時は①2023/3/13（降雨前）、②2023/6/3（降雨後）である。なお、降雨後の計測に先立って発生した2023年台風第2号による近隣の雨量状況を図6に示す。図7に二次元レーザ測距儀で計測された降雨前と降雨後の形状を重ね、幅約40mの水通しのうち右岸側袖部周辺を拡大して示す。

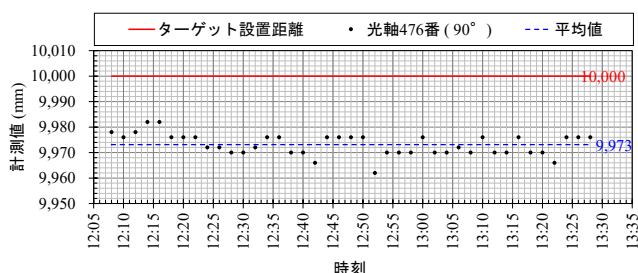


図2 光軸90°の距離計測値の時系列変化（計測原点から10m先にターゲットを設置、2分間隔で計測）

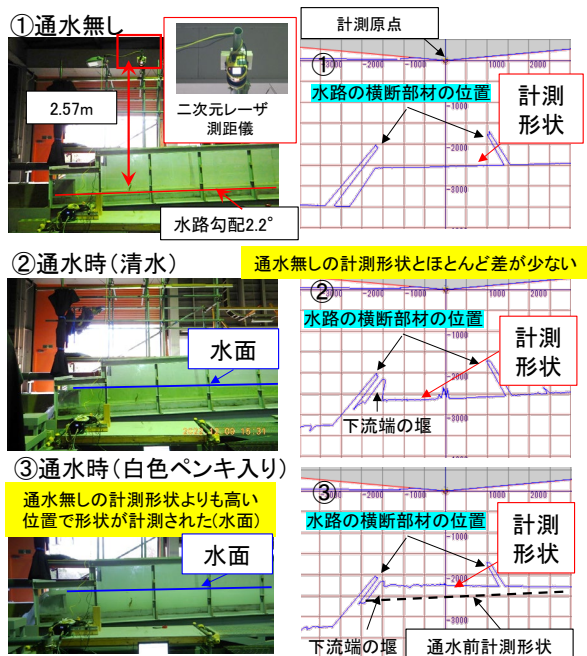


図3 二次元レーザ測距儀による流水の水面の計測形状

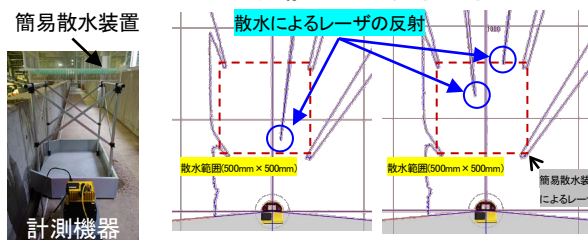


図4 簡易散水装置による散水条件での計測

図7に①降雨前の計測形状を黒点、②降雨後の計測形状を青点で示す。①と②の形状の差は増水した河川水位を示すと判断できる。二次元レーザ測距儀による欠損部での①②の水位差は最大で0.30m程度である。別途同時刻の堰堤の摩耗による欠損部の直上の既設超音波式水位計によると観測日時①②の水位差は0.30mであったので、二次元レーザ測距儀の計測結果と整合する。従って、二次元レーザ測距儀は、現場水位計測として最低限許容できる精度（図2より±10mm程度）を示しつつ、幅約40mの水通しに沿って断面状に計測が可能であった。

6. おわりに

流出流量の推定精度向上を目指し、二次元レーザ測距儀の適用性を検証するため、機器の性能試験と栃原砂防堰堤の水通し部での流れの断面形状計測を試みた。機器特性の確認と、現場での降雨前と降雨後の水面形状把握ができた。しかし、降雨中の計測試験は実施できなかったため、今後の課題として、降雨・出水時の現場観測にて河川の濁り具合・水深・降雨強度による形状計測精度への影響を検証する必要があると考えられる。

参考文献

- 岡本ら：山地河道における流砂水文観測の手引き（案），国総研資料，No.686，p.2，2012
- 大坂ら：桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定，砂防学会誌，Vol.65，p.46-50，2013
- 吉永ら：レーザスキャナを用いたナップ飛距離及び水深の計測方法の提案と流速推定への応用，砂防学会誌，Vol.70，p.46-53，2017

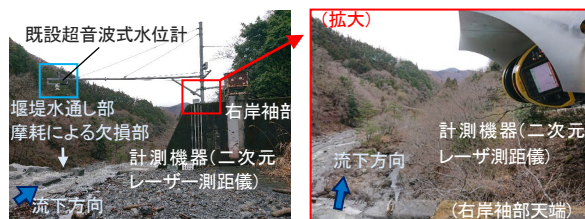


図5 栃原砂防堰堤での設置状況

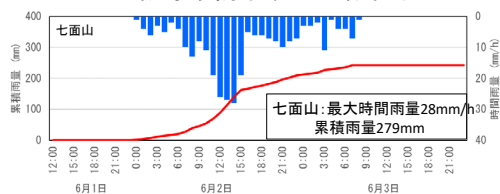


図6 2023年台風第2号雨量状況（七面山雨量観測所）

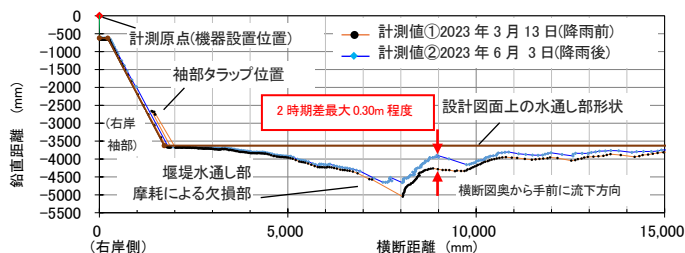


図7 栃原砂防堰堤での二次元レーザ測距儀の計測結果