

## 河川管理のための SLAM 技術を導入した三次元レーザ点群の活用方法

岡山大学大学院 環境生命科学研究科 学生会員 ○秋山 菜乃香  
 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 正会員 西山 哲  
 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 学生会員 崎田 晃基  
 可視化ビジョン 山崎 文明

### 1. 序論

近年、地球温暖化などの気候変動により記録的な降雨が増加しており、全国各地で毎年のように堤防決壊等の大規模災害が発生している<sup>1)</sup>。平成30年7月豪雨では、37箇所 で堤防が決壊し、甚大な被害を引き起こされた。また、現在の河川管理の点検は200mおきに目視点検により定性的に判断している<sup>2)</sup>。そこで点群測量が注目されている。点群測量とは、レーザ測量機器などを用いて高密度三次元地形データを取得する測量方法のことである。従来の測量では、1点1点測量した「点」を繋ぎ合わせていたデータが、この測量により、「面」として見えるデータを取得できるようになる。点群測量を用いることによって、河川管理の効率化・高度化につながる<sup>3)</sup>と考えられる。本研究では、点群測量に用いられる様々な手法の中でも、携帯型レーザ計測システムに着目する。車両の自動運転技術で実用化されているSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を導入する<sup>4)</sup>。SLAMとは、掃除ロボット等に使われる地図作製技術の1つで、一般的に自己位置を推定するにはGPSを用いるが、GPSを使わずとも自己位置推定が可能である。システムの機器構成が簡単で済むことから、携帯型レーザスキャナと組み合わせることで、歩行しながらの三次元レーザ測量が実現できる。このような背景を鑑み、SLAM技術を用いた三次元レーザ点群測量の河川管理への適用の検討を目的とする。

### 2. 使用機器

表-2.1にレーザスキャナの仕様を含めたシステムの特徴、図-2.1に本研究で試行する携帯型レーザ計測システムの外観を示す。用いるレーザは、近赤外線波長のものである。

表-2.1 携帯型レーザ計測システムの仕様

|            |             |
|------------|-------------|
| レーザ波長      | 903nm       |
| レーザ測定最大範囲  | 80-100m     |
| レーザスキャンレート | 300,000Hz/s |



図-2.1 携帯型レーザ計測システムの外観

### 3. 河川堤防計測結果

#### 3.1 計測現場と作業概要

図-3.1に三次元レーザ点群を取得した計測現場を示す。図の赤枠で囲まれた岡山県旭川14.8-15.4kの約600m区間で計測を実施した。2020年4月に計測し、徒歩により約90分で計測を完了した。ランドマーク等を設置することなく、約600m区間を連続的に歩行して得た三次元データと、約150~200m区間に分割し歩行して得たデータを統合したものを検証した(図-3.2)。



図-3.1 計測現場

キーワード 河川管理, 堤防, 三次元レーザ点群, SLAM

連絡先 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中3-1-1 岡山大学環境生命科学研究科 TEL 086-251-8152



(a) 約 600m 区間を連続して歩行



(b) 約 150~200m 区間に分割して歩行

図-3.2 計測軌跡

### 3.2 計測結果によるシステムの特性

#### (1) 点密度

図-3.3 は、携帯型レーザ計測システムによって得られたレーザ点群による再現結果、表-3.1 は点密度である。どちらの歩行方法でも高密度で堤防の再現が可能で、高水敷内の徒歩による計測も容易であるため、樋門形状も詳細に把握することが可能である。



図-3.3 携帯型レーザ計測システムによる再現結果

表-3.1 点密度

| 歩行方法                 | 点密度                          |
|----------------------|------------------------------|
| 約 600m 区間を連続して歩行     | 約 600~5600 点/m <sup>2</sup>  |
| 約 150~200m 区間に分割して歩行 | 約 800~11000 点/m <sup>2</sup> |

#### (2) 精度検証結果

表-3.2 は同現場で計測されたグリーンレーザ搭載ドローンの精度と比較した携帯型レーザ計測システムの精度を検証した結果である。RMS は二乗平均平方根誤差である。分割して歩行することで約 0.3m の精度が得られた。これは河川管理施設等の形状把握のための許容誤差に相当することから、陸上の河川管理施設等の形状把握が期待できる。連続して歩行した結果と分割して歩行した結果に差が見られるのは、SLAM 技術の誤差が累積するという課題であると考えられるため、SLAM 技術を用いる場合は分割して歩行する必要がある。

表-3.2 精度検証結果

| (単位 : m)             | RMS  |
|----------------------|------|
| 約 600m 区間を連続して歩行     | 0.49 |
| 約 150~200m 区間に分割して歩行 | 0.31 |

### 4. 結論

本研究では、河川堤防の形状を三次元的に再現し、今後の河川管理のための計測手法として期待されている SLAM 技術を導入した携帯型レーザ計測システムを用いた計測を試行した。システムの機器構成が簡単で済むことから、携帯型レーザスキャナと組み合わせることで、歩行しながらの三次元レーザ測量が実現できる。また、地上付近で計測するため、約数百~数万点の高密度で計測することが可能である。しかし、SLAM 技術は GNSS 測位の精度に依存しないが、本研究でも観察されたように歩行に伴って誤差が累積するという課題がある。ただし、約 150~200m に分割して計測することで、±0.3m 程度で精度を取得できたため、陸上の河川管理施設等の形状把握に有効である。よって、200m おきに設置されている河川距離標間を歩行することによって、河川延長の短い中小河川への適用に期待できる。今後、2 時期の計測データ間での堤防の変状抽出や SLAM 技術による徒歩に伴う誤差が累積するという課題を調査する必要がある。

**謝辞** 本研究は国土交通省岡山河川事務所のプロジェクト研究により実施されたものである。

### 参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局:水害レポート2019, pp. 2-6, 2019.
- 2) 国土交通省 水管理・国土保安局 河川環境課: 堤防河川管理施設及び河道の点検・評価要領, pp. 1-5, 2019.
- 3) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課河川保全企画室: 河川管理用三次元データ活用マニュアル(案), 2020.
- 4) 塚田義典, 窪田諭, 田中成典, 梅原喜政: モバイルセンシングユニットを用いた 3 次元計測結果と SLAM による高精度化に関する研究, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol 74, No. 2, p. II\_110-II\_117, 2018.