

測量手法の多様化によるシームレスな点群データの取得

田邊 真 (株式会社フジヤマ)

1. はじめに

近年、3次元計測化が進む中、深淺測量においても高密度、高精度な3次元データの取得が要求されるようになってきた。本報告で3次元計測を行ったダム下流部は、水深や水流等々が変化に富んでおり、その状況に応じ、計測における様々な工夫が必要となった事例である。

2. 概要

本事例の対象となるダム(図1)は、上水道・農業用水・工業用水・発電など、多目的ダムとして稼働しており、河川水の供給のため、常時発電もしくはゲート放流による放水を行っている。本調査は、当該ダムにおいて平成30年度にダム直下の河床洗掘対策工事が完了し、効果観察として継続したモニタリングが必要となったことから、多様な計測手法を組み合わせ高精度な3次元地形を把握したものである。

河床部は、水深0~5mであり、ダムもしくは発

電所からの放水により、流速が場所により大きく異なる。また、水中には洗掘対策用の護床ブロックが敷設されている。このような現地条件において、UAVレーザ、ナローマルチビーム測深機、シングルビーム測深機、マルチスキャニングソナー、RTK-GNSS、トータルステーション(以下「TS」という)、地上型レーザスキャナ(以下「TLS」という)の7つ機器を使用し複合的計測を行った。現地状況に応じて、計測方法を選択し点群データ合成等の工夫を行ったことで、シームレスな河床状況の把握及び今後の管理に必要な3次元データを取得することができた。本報告では、計測方法や各計測データの合成方法とその成果について述べる。

3. 現地状況

計測範囲は、17haである。計測対象は、水中部を中心に隣接する陸地及びダム堤体部、堤外地堤防法面を含むものである。ダムの主たる現地状況を図2に示す。



図1 本調査ダム下流部



図2 本調査ダム現地状況

- ①A地点は、発電所放水口より常に水が放水されており、堤高24.5mの擁壁によりRTK-GNSSの受信が芳しくない箇所である。
- ②B地点は、水中部に護床ブロックが設置されている。
- ③C地点は、水深が5mと計測域内で最も深く旋回流がある。
- ④D地点は、水の流が速く、水深0.5m以下の浅瀬となっている。

このように変化に富んだ地形に対し、最適な機器の選択と計測方法を工夫することが、高密度、高精度な3次元地形データ取得に繋がる。以下に、計測機器（方法）と計測箇所について述べる。

4. 計測機器（方法）・計測箇所

本計測においては、計測箇所の条件により7つの計測機器を選択し、計測を実施した。それぞれの計測機器による作業方法と計測状況について述べる。

①シングルビーム測深

計測域全体の水中部に対して、大まかな地形（水深）や護床ブロック等の水制構造物の位置の把握を行うため、測深を行った。

②ナローマルチビーム測深機（図3）

シングルビーム測深機の測深結果を基に小型のマルチビーム測深機を使用して、ダム直下の水深の深い箇所や護床ブロックの密集箇所等の詳細な3次元地形データを取得した。



図3 ナローマルチビーム

③マルチスキャニングソナー（図4）

発電所放水口部は、高さ24.5mの擁壁により、RTK-GNSSの取得が困難であるため、水底部に設置するマルチスキャニングソナーを使用した。マルチスキャニングソナーは、数箇所に設置、SLAM処理により、データ合成を行った。



図4 マルチスキャニングソナー

④RTK-GNSS（図5）

水深0.7m以下の浅瀬部については、船舶の使用ができないため、シングルビーム測深機、ナローマルチビーム測深機ともに測深ができないことから、ヘルメットにRTK-GNSSアンテナを取り付け、徒歩による計測を行った。



図5 RTK-GNSS

⑤ TLS

発電所放水口における陸上部の計測を行い、マルチスキャニングソナーのデータと合成し、放水口施設全体の3次元データとした。

⑥ UAVレーザ (図6)

計測区域全体の計測を実施した。陸上部の計測は、もちろんのこと、本ダム堤体部、水上に出ている護床ブロックを計測した。



図6 UAVレーザ

⑦ TS

放水口やダム堤体の直下で作業船が近づけない箇所について、反射スタッフにより、水底部を計測した。

なお、このような様々計測を行ったが、放水口直下の流速が速く水深の深い箇所、浅瀬で流速が速く人の立入りが困難な箇所については、計測ができず欠測とせざるを得ない箇所も生じた。

5. 計測データの合成

様々な機器及び計測方法により、3次元地形データを取得することができた。最終的には、各機器で計測された3次元地形データをノイズ除去後、合成してダム下流部全体の3次元地形データを作成する必要がある。主な3次元地形データ合成を以下に述べる。

① 護床エブロック部の合成

護床エブロックは、水中に沈んでいる部分と水上に露出する部分があり、これを1つの護床エブロックとして表現する必要がある。

水中に沈んでいる部分は、ナローマルチビー

ム測深機により取得されたデータ、水上部に出ている部分は、UAVレーザで取得されたデータを合成して、護床エブロック1つ1つの敷設状況(図7)を表現することができた。



図7 護床エブロック合成データ

② 放水口部の合成

発電所放水口は、放水口と流路により構成されており、周りが擁壁により囲まれている。水中部は、マルチスキャニングソナーで取得されたデータ、水上部はTLSで各々のデータを取得し合成した。マルチスキャニングソナーは、

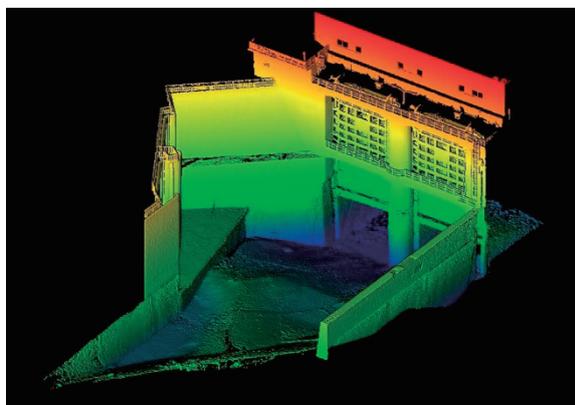


図8 放水口合成データ

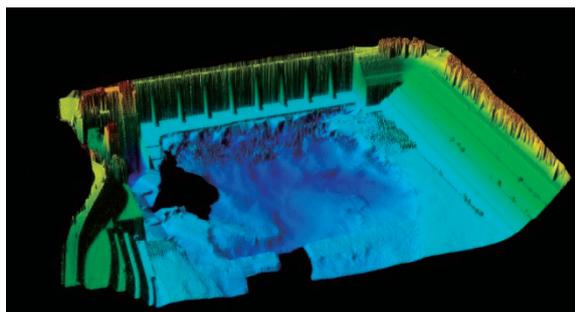


図9 ダム下流部全体データ

表1 測定機器間での計測較差

測定機器	比較機器	最大較差
シングルビーム測深機	RTK-GNSS	0.06m
ナローマルチビーム測深機	シングルビーム測深機	0.04m
RTK-GNSS	TS	0.05m
RTK-GNSS	UAVレーザ	0.04m
UAVレーザ	TS	0.05m
マルチスキャニングソナー	TLS・TS	0.08m

位置情報が取得できないためTLSで取得したデータと重複する箇所により合成、位置座標を付与した。これにより、放水口全体(図8)を表現することができた。

③ダム下流部全体の合成

①、②及び各計測データを合成したものを(図9)に示す。各計測データは、国家座標により合成処理され、高密度・高精度な3次元地形を作成することができた。

なお、各機器による3次元地形データ合成時に接合部分での計測較差を表1に示す。

本調査の計測間較差については、事前に発注者と協議し、計測較差を0.1mと定めた。結果は、表1に示したとおり、許容較差に収まっており、シームレスな3次元地形データを作成することができた。

6. まとめ

様々な機器を利用することにより、ダム直下の変化に富んだ地形を短期間で3次元化することができた。特にUAVレーザとナローマルチビーム測深機・シングルビーム測深機を併用することにより、水上部・水中部に跨った護床ブロックにおいても、位置や敷設状況を確実に捉えることができた。また、マルチスキャニングソナーを用いて放水口の水中部を詳細に捉えたことは、発注者の要求を十分に満たすことができたものと自負する。

7. 今後の課題

本事例では、7つの機器を使用し、地形状

況に合わせ、複合的な計測を実施した。

しかしながら、本事例においては、2つの課題が残った。

- ①放流口直下や浅瀬で流速が速い箇所については、計測を行うことはできなかった。シームレスな点群データの取得を目指し、今後さらなる工夫が必要と考える。
- ②ダム直下の河床地形は、降雨・出水によるダム放流により変化する。そのため、河床地形の把握は、安全性を確保したうえで短期間に正確な計測が求められる。

これらの課題の対応として、陸部及び水中部の同時計測が可能なグリーンレーザ測深を使用する手法があげられる。今後は、このような新たな技術の検証を行うとともに、さらなる安全性・正確性・効率の向上を目指していきたい。

また、本事例においては、入社5年未満の若手技術者が意欲及び創意工夫を持って現地計測を行った。当社での3次元計測の多くは、若手技術者により行われている。立入りが地形的に厳しい現場でも間接的に計測できる3次元計測は、安全かつ効率的に実施できるとともに、女性技術者にも、現地作業において、活躍の場を大きく広げる新たな測量手法と言える。今後、3次元計測を基として、多くの女性技術者・若手技術者が測量業界に進出してくることを期待する。

■謝辞

本稿の執筆にあたって、データの提供及び助言について、ご協力いただいた電源開発株式会社様に深く感謝の意を表します。

■執筆者

田邊 真(たなべ まこと)
株式会社フジヤマ
空間情報部 空間計測課

