

# 水中カメラ画像のSfM/MVS処理による 三次元地形データの取得について

野口 航平・神谷 光顕・高木 透・西川 貴史 (中日本航空株式会社)  
 芹澤 正義・金森 純也 (ビジオテックス株式会社)

## 1. はじめに

三次元測量技術が著しく発展を遂げている現在、水底三次元データの取得には主にマルチビーム測深やグリーンレーザ測深が用いられている。特にグリーンレーザ測深は、効率的かつ広範囲に水陸一連の三次元地形データを取得できる手法として、河川、ダムの地形測量に多く用いられている。

一方で、補備測量など極小範囲における水底三次元データの取得に際し、UAVグリーンレーザ測深の活用は、費用が割高になることが課題となっている。またUAVグリーンレーザは導入コストやUAV操縦ライセンスの問題から、誰でも手軽に活用するにはハードルが少し高いといえる。

本稿では、この課題を踏まえ「安価」かつ「手軽」に水底三次元データを取得できる「水中カメラ画像のSfM/MVS処理（水中SfM）による三次元地形データの取得」について検証を実施した結果を報告する。

## 2. 水中SfM概要

本手法は、水底地形を水中カメラで連続撮影し、その撮影データをSfM (Structure from Motion) およびMVS (Multi-View Stereo) と呼ばれる、写真から3次元点群データを取得する技術を用いて、水底三次元データを取得する手法である。

## 3. 水中写真の撮影方法

水底地形の撮影には防水対策を施したGoPro (図1) を使用し、ゴムボートで移動しながら一定の水深で撮影できるよう専用の艀装用支柱

(図2) を製作した。またRTK-GNSSにより写真の撮影位置情報を取得するため、支柱の頭頂にGNSS受信機を取付けた (図3)。



図1 GoPro Hero11

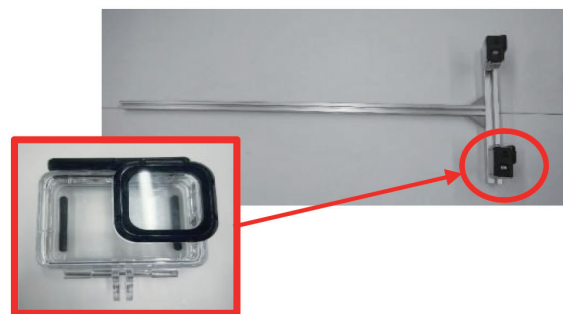


図2 艀装用支柱・防水対策 (ハウジング)



図3 撮影状況

## 4. 実地検証

透明度の高い河川 (三重県 蓮川) を検証フィールドとして、水中SfMの実地検証を行っ

た。検証はおおよそ10m×60mの長方形エリア（水深約1～5m）を設定（図4）し、水中SfMとマルチビーム測深で得られた水底三次元データとの比較を行った。また、水中SfMで生成された点群に座標を付与するために、長方形エリアの四隅にGCP（Ground Control Point）を設置し、座標観測をした（図5）。標識はコンクリートブロックに白黒のペンキを塗布し作成した。



図4 検証フィールド（三重県 蓮川）

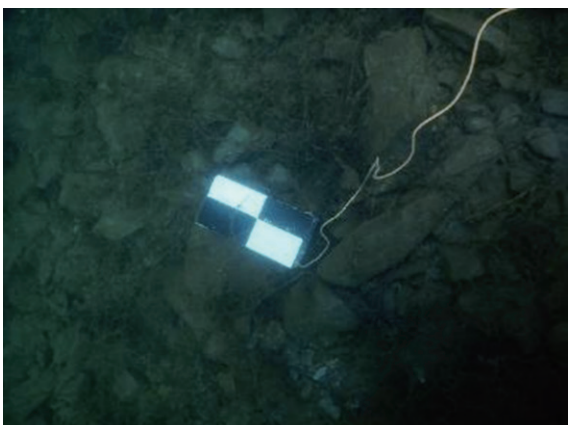


図5 GCPの設置

#### 4.1 撮影諸元

撮影方法は動画と静止画（0.5sインターバル撮影）の2パターンで実施した。画質は各々の最高

画質で撮影し、画角は狭角で固定した（表1）。ゴムボートの航行スピードは約1m/sとした。

表1 撮影諸元

撮影方法	動画	静止画 (0.5s間隔)
撮影時間	8分	10分
画質	4k (16:9)	5568*4872
画角	狭角	狭角

#### 4.2 撮影データのSfM/MVS処理

動画データについては0.5s間隔でフレーム抽出を行い、画像として取扱った（図6）。動画データ、静止画データともに撮影位置情報を付与しSfM/MVS処理を行った。



図6 撮影された連続写真

#### 4.3 SfM/MVS処理結果

動画データのSfM処理については、アライメ

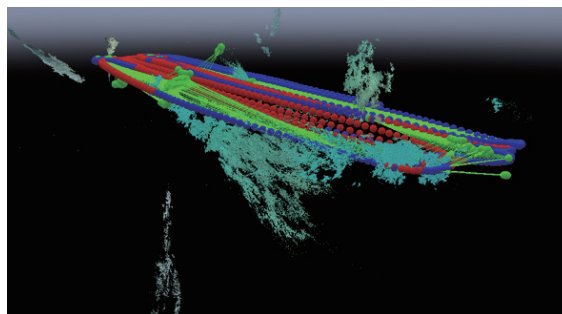


図7 アライメント処理結果（動画データ）

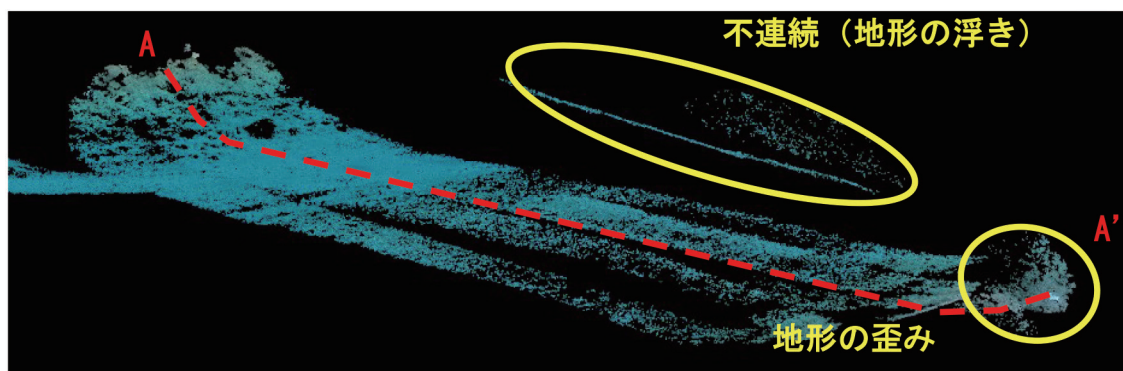


図8 静止画データのSfM処理結果（座標つき点群）

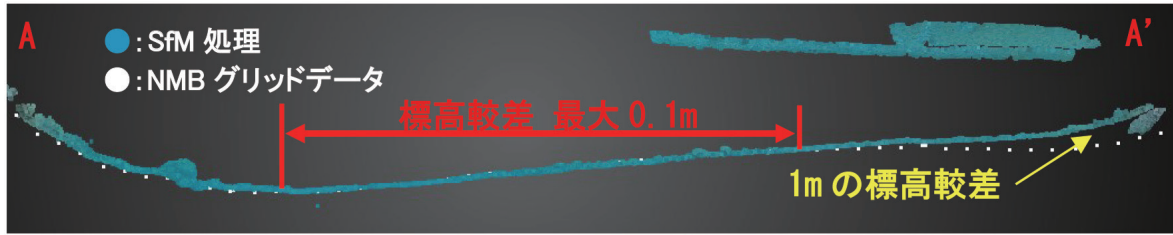


図9 SfM処理点群とマルチビーム測深グリッドデータとの比較

ント処理 (図7) を行ったものの、不規則な並びとなりその後のMVS処理まで至らなかった。

一方、静止画データのSfM処理については、アライメント処理結果で一部マッチングエラーが確認されたものの、一連の地形データが得られそうな結果が出たため、MVS処理により点群化しGCPによって座標を付与した (図8)。

## 5. 検証結果

前述で得られた地形データとマルチビーム測深で得られた地形データ (1mグリッドデータ) を断面で比較した。図9に断面比較の結果を示す。水深の深い中央部 (水深3~5m)

については概ね地形は合致 (標高較差 最大0.1m以内) していたが、水深の浅い水際部 (水深1~2m) については反りが見られ、特にA'側については上方向への系統誤差により1m程度の標高較差が生じた。

## 6. マッチングエラーの原因

本検証のSfM/MVS処理におけるマッチングエラーの原因として、以下が考えられる。

### ① 使用写真が不鮮明

動画データはインターバル撮影データに比べ画質が低いことに加え、一部で船の航行による水泡が映り込んだことが原因として推察される。

### ② 連続写真のラップ率不足

本検証では、流心直角方向のみの航行で、かつ川の流れもあり隣接コース間隔にばらつきがあったため、全体的に十分なサイドラップを確保することができなかった。また水深の浅い

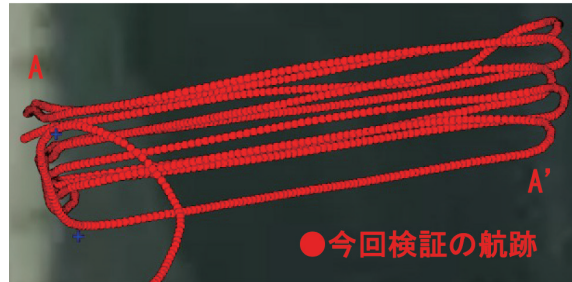


図10 本検証の航跡

箇所では航行速度が速く、オーバーラップ率が低かったことも原因として推察される。

### ③ カメラのレンズパラメータの推定不良

本検証の撮影データからレンズパラメータを推定したが、前述のラップ不足のため、最適なレンズパラメータの推定に至らず、マッチングエラーや精度低下につながったと推察される。

## 7. まとめ

本検証の結果、陸上のSfM/MVSとは異なり、水中特有の課題がいくつか認められたが、「水中SfMによる水底三次元データ取得」は可能であることが確認できた。

### 7.1 今後の課題および対策 (案)

水中SfMを活用するうえで、今後の課題および現時点で考え得る解決策は、以下が考えられる。

#### ○水中ならではの阻害要因の除去

6項の①で記載した航行中に発生する水泡については、水面からカメラまでの距離 (喫水距離) を十分に確保することで、改善が図れると考える。また浅瀬部については波や植生の影が写真に写り込み (図11)、影の揺らぎがマッチング

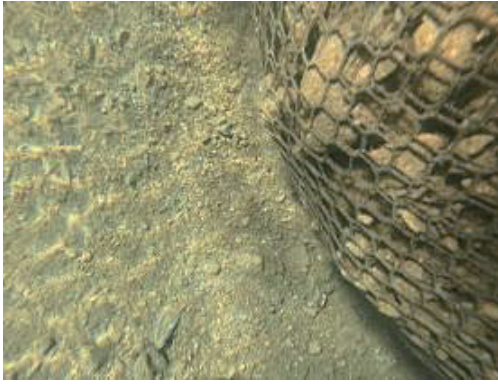


図11 浅瀬部の影

エラーの要因となるため、カメラ直上に日射が当たらないよう遮蔽物を置く工夫をする。

#### ○連続写真のラップ率の確保

今回は流心直角方向のみの測線設定で、かつラップ率を考慮した航行速度の検討も足りなかった。対策としては流心方向のコースを加える（クロスコース撮影）、浅瀬部は低速での航行、複数回の航行、カメラ台数を増やす、視野角の広いカメラ（360°カメラ等）を使用することが挙げられる。またマニュアル操船では計画通りの測線を航行することが困難なため、ラジコンボートを用いた自動航行も視野に入れて検討する。

#### ○最適なレンズパラメータの設定

今回は現地写真データを用いてレンズパラメータを推定したが、前述の通りラップ率が低く最適値の推定に至らなかった。この対策として、事前に大きな水槽等を用いたポアサイトを準備し、十分なラップ率の連続写真を撮影し、そのデータをSfM/MVS処理にかけ最適値をあらかじめ算出しておくことで、SfM/MVSの精度向上につながると考える。

## 7.2 今後の展望

精度担保は、水の透明度に依存するが、今後の展望として以下が考えられる。

- 極小範囲で水底三次元データの取得を、UAVグリーンレーザより安価に実施可能
- UAVグリーンレーザで死角となる植生下、構

造物下の水底三次元データの取得

- 橋梁下部工の洗掘調査、水中構造物の点検等への利活用

本検証では全域での精度担保に至らなかったが、現時点の課題を一つ一つ対策し、将来的には実業務で用いる計測手法の選択肢の一つとなるよう、検証を進めていく。

## 8. 謝辞

本技術報告の作成にあたっては、蓮ダム管理所（国土交通省）からの検証フィールドのご提供をはじめ、多くの皆様にご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

## ■参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局：河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説
- 2) 岡田将治・安田晃昭・松山海人・松岡直明：UAVと小型ワイヤレス超音波測深機を組み合わせた 効率的なダム貯水池地形計測技術の提案 河川技術論文集 第24巻 2018年6月

## ■執筆者

**野口 航平** (のぐち こうへい)

中日本航空株式会社

調査測量事業本部

kohei.noguchi@nnk.co.jp



## (共著者)

中日本航空株式会社

調査測量事業本部

**神谷 光顕** (かみや みつあき)

**高木 透** (たかぎ とおる)

**西川 貴史** (にしかわ たかし)

ビジオテックス株式会社

**芹澤 正義** (せりざわ まさよし)

**金盛 純也** (かねもり すみや)