

大規模土砂生産流域におけるインターバルカメラを用いた簡易観測手法について（その3）

アジア航測株式会社 ○中村 有汰, 岡野 和行, 滝澤 雅之, 近藤 幸子, 井之本 信, 松田 紋佳
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 竹下 航, 岸本 優輝, 小林 正直, 高原 晃宙

1. はじめに

深層崩壊をはじめとした大規模な土砂生産が発生した後、生産された土砂が流域からどのように流出するか等の土砂動態を把握することは、土砂・洪水氾濫対策のための土砂動態予測を行う上で非常に重要である。特に、合流点や蛇行区間など河川の非一様性が高い箇所では、土砂と水の移動が相互に影響し円滑な流下が阻害されることによって、河床上昇や洪水氾濫が発生する可能性がある。しかし、合流点や蛇行区間における河床変動状況等の詳細は明確にされておらず、継続的な観測による現象の明確化とメカニズムの解明が必要である。

滝澤ら¹⁾は、平行に設置した複数台のインターバルカメラの撮影画像から、実体視により三次元モデルを作成できることを示した。当手法は、複数の任意時期において三次元モデルを作成できるため、出水前後の土砂動態の把握手法としての活用が期待される。一方で、自社独自ツールを使用している点、技術者による手作業が多い点が、手法の一般的化に向けた課題の一つであった。

そこで、より簡易かつ汎用性の高い手法である SfM 解析で、複数の任意時期のインターバルカメラ画像を用いた三次元モデルの作成が可能かを確認し、河床変動状況の把握手法としての有効性を確認した。

2. 対象箇所

対象箇所は、平成 23 年台風第 12 号で流域内に深層崩壊が発生した栗平川と、本川である滝川との合流点とした（図 1）。



図 1 対象箇所

3. インターバルカメラ配置諸元

栗平川の合流点直上流にかかる橋梁に、インターバルカメラ（Hyke 社製：HykeCam SP2）を設置し、30 分に 1 回 10 秒間の動画撮影を行った。動画の解像度はフル HD とし、動画から得た画像を SfM 解析に用いた。

カメラの設置台数は計 11 台とし、図 2 に示す A~K の配置とした。橋梁の手前側と奥側の河床をカメラ撮影画角内

に収めるために、約 20°、約 30°、約 45° の複数角度で重力方向に傾けたカメラを配置した。

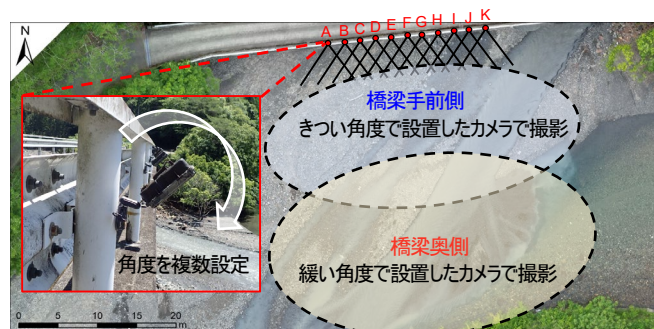


図 2 インターバルカメラの配置

4. 簡易手法によるモデル作成の試行と精度検証

インターバルカメラで取得した 2024 年 6 月上旬の動画を PIX4Dmappar (Pix4D 株式会社) により SfM 解析し、三次元モデルの作成を行った。より簡易なモデル作成手法を検討するため、表 1 に示す 3 種類の標定方法でモデルを作成した。また、同時期に UAV を用いた空撮も行い、SfM 解析による三次元モデルを作成した。作成したインターバルカメラ-SfM モデルと実績が多く精度が確保されていると考えられる UAV-SfM モデルとの差分値を算出することで、各手法の精度を検証した（図 3）。

表 1 モデル作成手法の概要

手法	位置情報設定方法	UAV-SfMモデルとの差分結果 ±0.25m以内（水域除外）
手法①	標定板によりGCP設定	96.5%
手法②	UAV計測データによりGCP設定	98.3%
手法③	カメラの外部及び内部標定要素を設定	94.6%

手法①では、撮影する動画の画角内に VRS（Virtual Reference Station：仮想基準方式）で座標を取得した標定板を設置し、GCP（グラウンドコントロールポイント）を設定した。なお、精度検証用である UAV-SfM モデルも同様の GCP を用い標定した。UAV-SfM モデルとの比較の結果、砂州部の差の約 97%が±0.25m以内となり、良好な精度であることが確認された。

手法②では、UAV-SfM モデルより取得した特徴的な地物の三次元座標を用いて標定を行った。当初、モデル中央部の地物のみで標定していたためモデルに傾きがみられた。このため、カメラの手前側と奥側の地物 GCP を追加設定した。GCP 追加後のモデルと UAV-SfM モデルとの比較の結果、砂州部の差の約 98%が±0.25m以内となり、良好な精度であることが確認された。

手法③では、手法①による SfM 解析時に得られるインターバルカメラの外部標定要素及び内部標定要素（カメラ情報）を用いて SfM 解析を行った。UAV-SfM モデルとの比較の結果、砂州部の差の約 95%が±0.25m以内となり、良好な精度であることが確認された。

全手法において良好な精度のモデルを作成することができたが、手法①にはモデル作成の度に標定板の配置と座標計測が必要であり、手法②もモデル作成の度に同時期の UAV-SfM モデルが必要となることから、この2手法は継続的な河床状況把握には適さないと考えられる。一方、手法③は一度の正確なカメラ情報の取得で、その後撮影した動画からもモデル作成が可能となるため、継続的な河床状況把握を行うのに適した手法と考えられる。

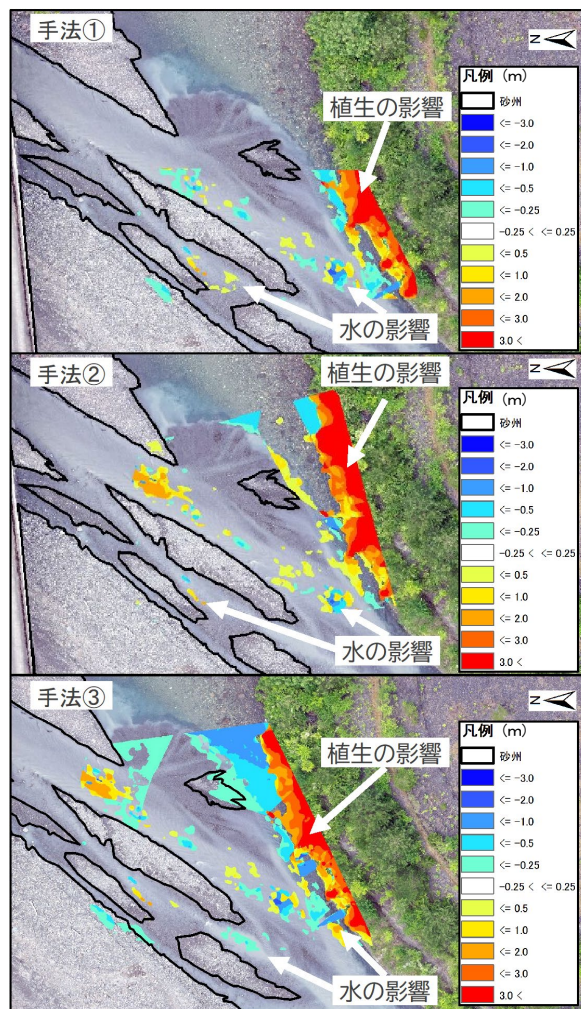


図3 各手法の検証結果

5. 異なる時期のデータを用いた手法③の精度検証

手法③で複数の任意時期で三次元モデルの作成が可能かを確認するため、異なる時期のデータを用いたインターバルカメラ-SfM モデルと UAV-SfM モデルとの差分比較を行った。使用データは2024年10月及び12月のインターバルカメラ撮影画像及び UAV 計測データとし、SfM 解析時に設定するカメラ情報は6月データによる手法検証時と同じ値とした。

10月データによる検証では、カメラ情報のみによる標定を行った結果、カメラ姿勢の変化の影響とみられる UAV-SfM モデルとの乖離が出た。このため、カメラの画角内にある擁壁の端点(2箇所)の三次元座標を UAV-SfM モデルにより求め、GCP として付与することにより精度向上を試みた。12月データによる検証についても同様の GCP を用いた。また、12月データによる検証では、カメラ姿勢に大

きな変化があった I~K はモデル化の対象外とした。

検討の結果、両時期共に、砂州部の差の70%以上が ± 0.25 m以内となった(図4, 図5)。

以上より、カメラ姿勢の変化の影響によりカメラ情報のみによる作成モデルの精度は低くなるが、構造物等の不動地物による GCP 付与を追加で実施することにより異なる時期の河床モデルが作成可能と考えられる。

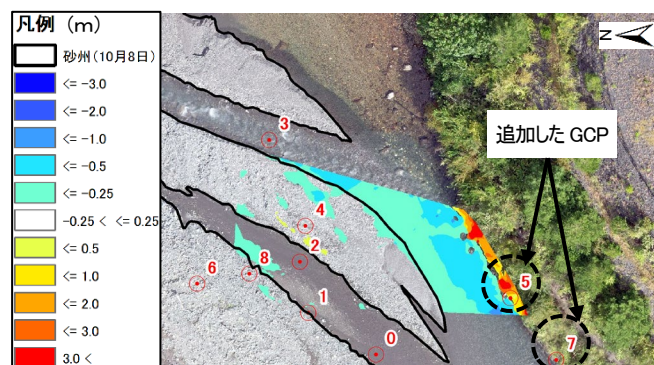


図4 10月データによる手法③の検証

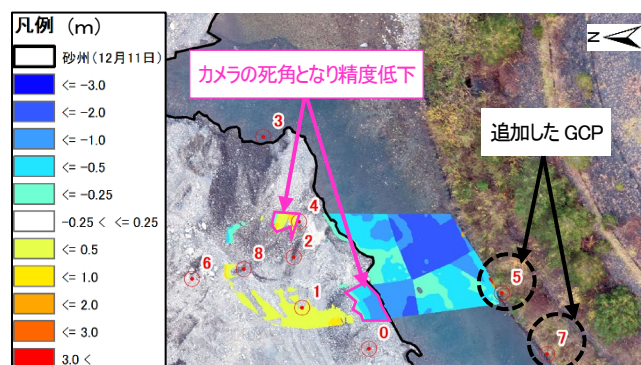


図5 12月データによる手法③の検証

6. おわりに

インターバルカメラ画像を用いた簡易かつ汎用性の高い SfM 解析を行うことで、撮影期間中の任意時期の三次元モデルが作成可能であることが分かった。作成モデルからは、土砂流出や流水による侵食に伴う溝筋の変化等の河床変動状況の一部を把握できた。本手法による継続的な河床モデルの作成は、河床変動状況等の詳細な時間変化の把握に有効であると考えられる。一方、カメラ姿勢の大きな変化により精度が低下するという課題が残った。構造物端点等の GCP 付与である程度精度が向上したことから、本手法による河床状況把握の際には、標定点となりうる護岸構造物等の複数の不動点を撮影画角に含めることが望ましい。

今後、異なる地域における大規模土砂生産時等に本手法を適用し、具体的な事例を増やすことで適用性を検証することが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 滝澤雅之, 岡野和行, 井之本 信, 吉安征香, 鈴木 心, 小林正直, 竹下 航, 岸本優輝: 大規模土砂生産流域におけるインターバルカメラを用いた簡易観測手法について (その3), 令和6年度砂防学会研究発表会概要集, p. 391-392, 2024