

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2）

アジア航測株式会社 ○滝澤雅之, 岡野和行, 井之本 信, 吉安征香, 鈴木 心
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 小林正直, 竹下 航, 岸本優輝

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、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と考えられる。

岡野ら¹⁾は、平行に設置したインターバルカメラの映像を用いた実体視を行い、三次元モデルを作成できることを示した。また、カメラアングルが固定できた場合、1回の標定で複数の任意時期の三次元モデルを作成できる可能性も示した。

ここではインターバルカメラの固定手法を改善し、複数の任意時期で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有効性を確認した。

2. 調査対象箇所

調査対象箇所は、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 調査対象箇所

3. カメラ配置とカメラ固定手法

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、20分に1回5秒間の動画撮影を行った。動画の解像度はフルHD（1920×1080ピクセル）とした。

カメラの設置台数は計6台とし、図2に示すA～Fの配置とした。カメラの固定方法については、新たにSMALLRIG社製のボールヘッドマジックアーム付きのクランプを用いて固定する手法を採用した。

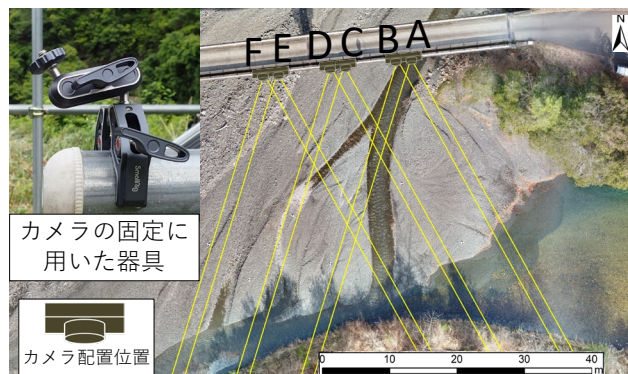


図2 インターバルカメラの配置

4. 外部標定要素を固定した複数時期の実体視

取得した動画を実体視して三次元モデルの作成を行った。三次元モデルは表1に示すNo1～No5の5時期で作成した。また、UAVによる空撮も行い、SfM解析による三次元モデルを作成した。No.1およびNo.5の2時期は、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点を設置し、インターバルカメラ撮影開始時の外部標定要素設定と、UAV-SfMによる三次元モデル作成に使用した。

No1のモデルは、画像に映り込んだ標定点を用いて画像の標定を行い、三次元モデルを作成した。その他の4モデルは、No1のモデル作成時に得た外部標定要素を用いて三次元モデルを作成した。新しい固定手法でカメラがしっかり固定されたため、いずれの時期のモデルも作成ができた。一方で、5月末のデータ回収時にAカメラのアングルがずれてしまったため、No2～No5ではABモデルは作成できなかった（表1）。カメラの固定が可能な場合、ある1時期に標定を行えば、撮影した期間から任意時期のモデルが作成できることが分かった。

今回作成した複数時期の三次元モデルと2022年12月にUAV-SfM解析で取得された三次元モデルを用いて、複数時期の横断面を作成して合流点の河床変動状況を確認した（図3 横断取得位置は図4のA～B間）。作成した横断面から、2022年12月から2023年5月にかけて合流点の河床は低下しており、その後2023年の出水に伴い河床が上昇していると考えられる。

表1 使用した映像の日程とモデル作成結果

No	日程	モデル作成結果			標定条件
		AB	CD	EF	
1	2023年5月25日	○	○	○	標定点あり
2	2023年6月16日	×	○	○	No1モデル作成時の外部標定要素
3	2023年8月1日	×	○	○	
4	2023年8月30日	×	○	○	
5	2023年12月25日	×	○	○	

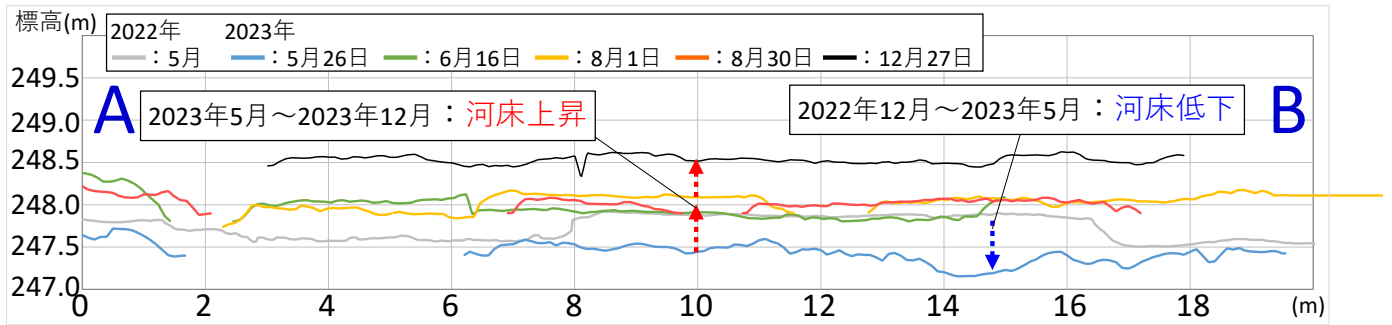


図3 実体視したモデルから作成した複数時期の横断面図

また、作成した三次元モデルを用いてオルソ画像も作成した。作成した複数時期のオルソ画像から滝川・栗平川合流点の河床が高頻度で変動していることが分かる(図4)。栗平川の滞筋は、各時期で異なっている。横断面図の比較より土砂堆積が推測されることから、滞筋沿いに流出した土砂が堆積して河床が上がり、土砂流出後は堆積土砂の縁に滞筋が変化するためと考えられる。

5. 三次元モデルの精度検証

SfM解析による三次元モデルがあるNo1とNo5のモデルは、実体視から作成したモデルとSfM解析で作成したモデルで標高値の差分を求めた。結果No1モデルは、全体の86%で差が $\pm 0.25\text{m}$ 以内となった。一方でNo5のモデルは、全体の21%で差が $\pm 0.25\text{m}$ 以内となった。No5のモデルの差分値はカメラ設置位置から遠くなるほど差が大きくなった。その要因はカメラを長期間設置することによる俯角の僅かな差の蓄積と考えられる。そのため、長期間の観測時は、精度を確保するための新たな標定点の設置が必要と考えられる。

6. 三次元モデルから標定点を取得した実体視

UAV-SfM解析で作成した三次元モデルから、河床の特徴点の座標値を取得した(図5)。この座標を取得した地点を実体視での標定点として使用し、三次元モデルが作成可能か試行した。結果、作成した三次元モデルの全体の96%以上で、UAV-SfM解析で作成した三次元モデルとの差が $\pm 0.25\text{m}$ 以内となった。

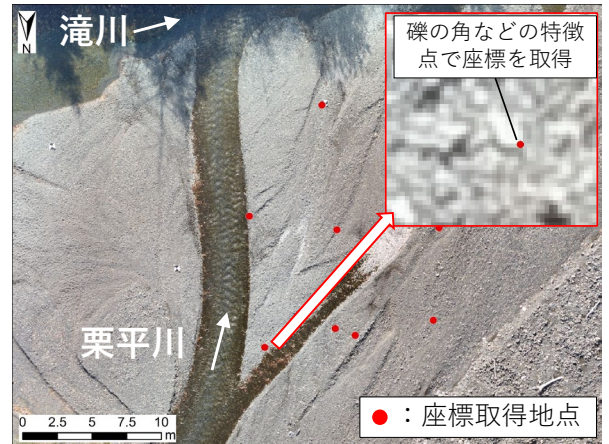


図5 座標を取得した地点

7. おわりに

インターバルカメラを用いることで、撮影期間中の任意時期の三次元モデルを取得できることが分かった。取得した三次元モデルからは、滞筋の変化等の合流点の土砂流出状況の一部を把握できた。インターバルカメラを用いた実体視は、河床変動状況等の詳細把握に有効と考えられる。一方で、外部標定要素のみの三次元モデルは、長期間観測時の精度確保に課題が残った。UAV-SfM解析で取得した地形データから標定点を設定したモデルの精度が良かったことから、カメラより遠方の任意地点に、UAV-SfM解析のモデルから標定点を設定することで精度を向上させることが考えられる。

また、カメラアングルがずれた場合は、外部標定要素のみではモデルが作成できなかった。災害後の河床変動の把握等では屋外での簡易的なカメラ設置となる可能性が高く、カメラアングルのずれ発生は十分にあり得る。確実なモデル作成のためには、標定点となりうる護岸構造物等の不動点を撮影画角に含めることが望ましい。

今後、撮影目的に応じた適切なカメラ台数と撮影範囲の検討や精度確保のための手法検討を行い、合流点等の非一様性の特徴を持つ地点の観測手法として確立させることは重要である。

参考文献

- 岡野和行, 滝澤雅之, 井之本 信, 吉安征香, 鈴木 心, 山本悟司, 小杉 恵, 竹下 航, 北本 楽: 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, 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, p. 481-482, 2023

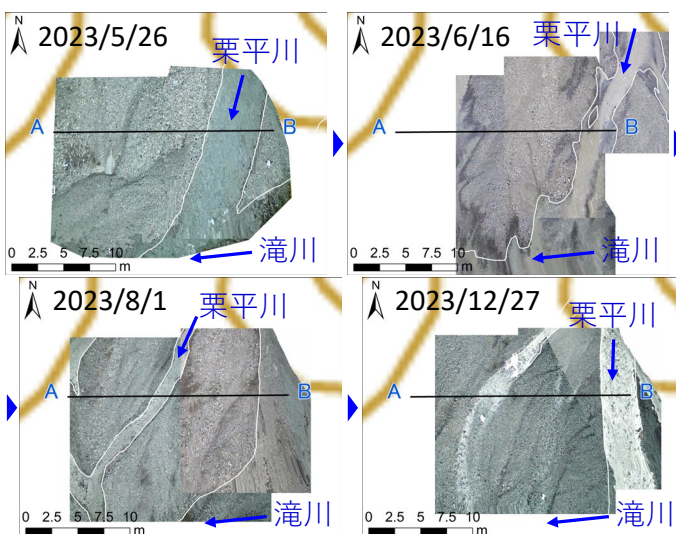


図4 複数時期のオルソ画像の比較