

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

アジア航測株式会社 ○岡野和行, 滝澤雅之, 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 山本悟司, 小杉 恵, 竹下 航, 北本 楽

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し、流下経路にある河床がどのように変動するかという情報は、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流況や河床変動状況の詳細は明確にされておらず、精度の高い土砂動態予測のためには、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。

近年、国内の多くの地域で実施されている航空レーザ測量は、 1m^2 に1点程度の解像度で数 km^2 以上の広域で実施される場合が多く、空間分解能に優れたデータである。しかし、費用等の面から1年に1回程度以上の頻度でしか実施されない場合が多く、上記のような現象の解明に必要な十分な時間分解能を有していない。一方、流砂水文観測は10分に1回程度の流砂量や流量が観測され、時間分解能は非常に高いが、流域内の1点、あるいは数点でしか実施されていない場合が多く、空間分解能が低い。

ここでは簡易なインターバルカメラを複数台設置し、一定の広がりをもつオーバーラップした画像データを20分の時間間隔で取得した。それらに写真測量技術を応用して3次元データを作成し、合流点の河床変動状況の把握が可能かどうかを検証した。

2. 調査対象箇所

調査対象範囲は、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. 簡易観測の試行と最適配置の選定

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。

最適配置を検討するために、図2に示す4つのケースで動画を取得し、写真測量による3次元データ作成を行った。また、検証用に撮影範囲を含む合流点近傍を対象にSLAM(Simultaneous Localization and Mapping)技術を用いた地上レーザ計測を実施した。その結果得られた標高値との差をとることで、各ケースで作成した3次元データの精度を検証した。なお、3次元データは10cm間隔の標高値とした。

その結果、2台のインターバルカメラを平行に設置するケースが最もSLAM計測結果との差が小さかった。また、カメラ間隔は最短間隔とした1mで、砂州上の約80%が誤差25cm未満となった。

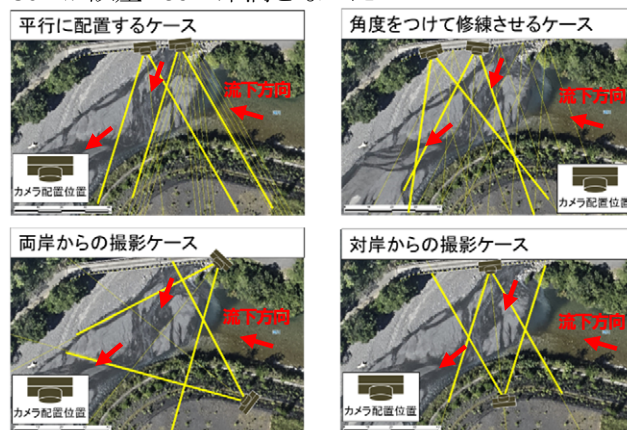


図2 インターバルカメラの配置



図3 インターバルカメラの設置状況

表1 配置ごとの誤差

ケース	配置内容	SLAMとの差分結果 ±25cm以内		SLAMとの差分結果 ±10cm以内	
		水域除外	全域	水域除外	全域
ケース1	平行	79.9%	28.7%	57.2%	16.2%
ケース2	角度5°	49.5%	21.8%	25.4%	10.9%
ケース3	両岸から	検証可能な 3次元モデルは作成できなかった			
ケース4	対岸から				

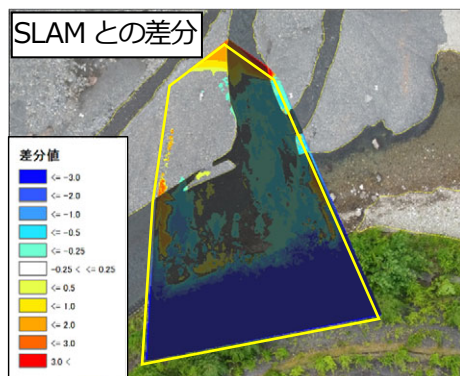


図4 SLAM 計測結果との差分（ケース1：GCP 6点）

試行時には、インターバルカメラによる動画の画角内の6点に対しVRS（Virtual Reference Station：仮想基準方式）を用いて座標を取得し、標定を行った。しかし、動画の画角内には不動点は少なく、河床の礫などを標定点（以下、GCPとする）としたため、現象を把握したい降雨イベント時やその直後の動画では、多数のGCPによる標定が困難であるということが分かった。

そこで、GCPの数を減らしたケース、当該動画に映り込んだGCPは用いず、事前に別の動画でGCPを用いて算出したカメラ設置諸元をそのまま適用したケースの2つのケースを追加で実施し、誤差の比較を行った。

その結果、GCPを1点としたケースでは誤差25cm以内は全体の数%程度となり、非常に精度が悪い結果となった。それに対し、事前にGCPを6点使用して算出したカメラ諸元をそのまま適用したケースでは、GCPを6点使用した時と同様の精度で3次元データを作成することが分かった（表2）。このことから、インターバルカメラが動かないようにしっかり固定できれば、インターバルカメラ設置時に標定することで、その後の出水等でカメラ設置時にGCPとした特徴点が亡失しても、河床変化を計測することができることが分かった。

表2 標定方法による誤差

ケース	カメラ設置諸元 K、 ω 、 ϕ	GCPの 設置数	SLAMとの差分結果 (水域除外)	
			±25cm以内	±10cm以内
ケースA (ケース1)	GCPを用いて設定	6点	79.9%	57.2%
ケースB	GCPを用いて設定	1点	3.1%	0.5%
ケースC	ケース1の値を使用	0点	84.3%	55.3%

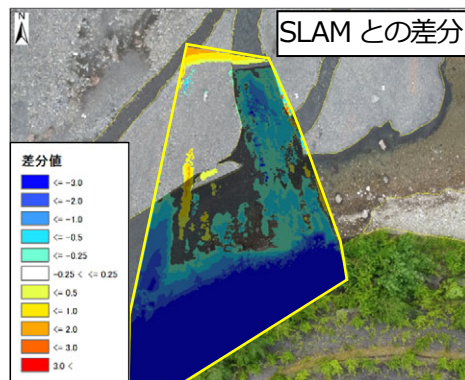


図5 SLAM 計測結果との差分
(ケースC：GCP 有のカメラ設置諸元使用)

4. おわりに

インターバルカメラを用いることで、合流点付近の砂州など、一定の広がりを持った範囲の3次元データを詳細な時間間隔で取得できることが分かった。今後、大規模土砂生産時に適用し、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。

また、合流点や蛇行区間などの現象を把握するためには、流況の把握も重要である。簡易水位計や動画から流量や流速分布を把握するなど、他の観測機器や解析手法と組合せて、より詳細に現象を把握することも可能である（図6）。さらに、数年に1回の航空レーザ計測、降雨イベント前後のUAV撮影などと組合せ、空間的な広がりを持った変化の中でのトラブルスポットの現象の詳細な時間変化を捉えることで、流域全体の土砂動態をより詳細に把握することも、今後の土砂・洪水対策の予測モデル精度向上に寄与すると考えられる（図7）。

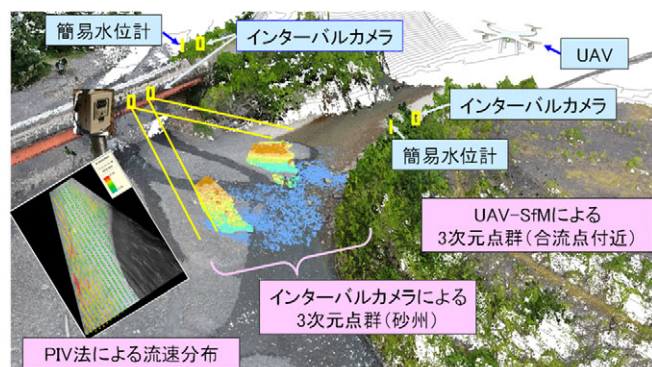


図6 UAVや簡易水位計との組合せ計測イメージ

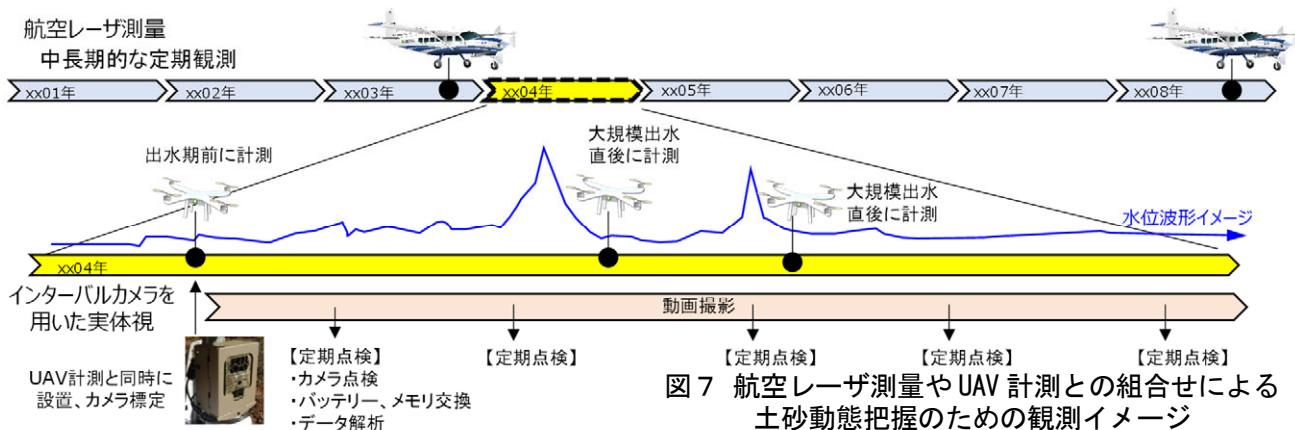


図7 航空レーザ測量やUAV計測との組合せによる土砂動態把握のための観測イメージ