

砂防現場における汎用デジタルカメラを用いた簡易計測に関する検討

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○厚井高志・加藤誠章・三上幸三※・池田暁彦・道畑亮一

※現国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所

日本コントロールシステム株式会社 八重沢学・原崇司・島田和彦

1. はじめに

砂防現場では施設規模や移動土砂量の把握など様々な場面で、地形や崩壊・地すべりの規模（崩壊幅、土砂量等）を定量的に把握する必要がある。これまで、デジタルカメラを用いた簡易な計測システムがいくつか開発されているが、既存システムの多くは、現地に標定点を設置しなくてはならないなどの制約があり、砂防現場で汎用的に活用するには困難が伴う。実際の砂防現場において活用できるようにするには、①可搬性の高い機器（デジタルカメラ、簡易レーザー測距器、等）を用いること、②遠隔計測のみから構成されること、③計測を簡略化したことあるいは現場の制約条件による計測精度の変化を事前に認識可能であること、が求められる。しかしながら、以上の条件を全て満たす計測システムは確立されておらず、その技術開発は重要な課題と言える。

デジタルカメラを用いた計測システムには、ある計測対象物（崩壊地等）に対して、異なる地点から写真撮影を実施し、得られた2つの写真画像の対応点（異なる画像に写っている同一の点）等を三次元演算により処理し、崩壊幅など計測対象長さを計測するものがある。その際、対象物までの距離と撮影地点間の距離の比（基線比）により計測精度が異なるが、基線比と計測精度との関係は十分に検証されていない。今後、砂防現場のように現地条件に左右される場所で、同様の計測システムを運用しようとした場合、基線比による計測精度を予め把握しておくことで、信頼性高いデータを得ることが期待される。そこで、本研究では現地でデジタルカメラを用いた写真撮影を実施し、基線比に着目して、砂防現場での運用を視野に入れた撮影条件を整理した。

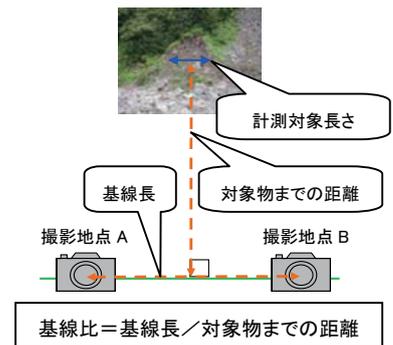


図1 基線比の概念

2. 方法

2.1 計測手法

デジタルカメラ写真画像を用いた計測は、既存計測システムである Zodiac II を使用して実施した。ただし、写真画像は、スケール情報を持たないため、長さが既知である基準尺を設定する必要がある。基準尺は、画像内に写り込むようにポール等の基準を設置する『画像内基準尺方式』と、写真を撮影した地点からレーザー測距器により把握した目標物までの距離を利用する『対象物までの距離基準尺方式』の2方式を採用した。

2.2 現地調査

現地調査は、異なる基線比の精度の比較を主目的とした外濠公園グラウンド（東京都千代田区）、および、砂防現場での適用についての確認を主目的とした日向砂防堰堤堆砂域の左岸崩壊地、稲荷川流路工（いずれも日光砂防事務所管内）で実施した。写真撮影は、一般的なデジタルカメラ（有効画素数 1000 万画素前後）を使用して複数人で実施し、撮影は三脚等で固定せず手持ちで行った。また、対象物までの距離の測定には、簡易レーザー測距器を使用し、測定は、写真撮影時と同様に三脚等で固定せず手持ちで実施した。

2.3 計測誤差の比較

計測システムで演算した計測対象長さの計測値について、その実測値に対する計測誤差を算出し、基線比ごとに比較した。基線比一覧を表1に示す。

表1 基線比一覧

対象物までの距離(m)	基線長(m)	基線比
外濠公園グラウンド		
25	2.5	0.10
	5.0	0.20
	10.0	0.40
	20.0	0.80
	40.0	1.60
50	5.0	0.10
	10.0	0.20
	20.0	0.40
	40.0	0.80
75	80.0	1.60
	7.5	0.10
	15.0	0.20
	30.0	0.40
日向砂防堰堤	60.0	0.80
	110.0	1.47
	日向砂防堰堤	
40	4.0	0.10
	12.0	0.30
	24.0	0.60
	32.0	0.80
稲荷川流路工		
40	10.0	0.25
	20.0	0.50
	30.0	0.75
	40.0	1.00
	50.0	1.25
140	10.0	0.07
	20.0	0.14
	30.0	0.21
	40.0	0.29
	50.0	0.36

3. 結果と考察

3.1 基線比と計測誤差の関係（外濠公園グラウンドの検討結果）

基線比ごとの測定誤差を整理した結果、水平方向の計測においては、基線比による明確な計測誤差は生じず、概ね±4%以内の範囲に収まった（図2）。また、この結果は、対象物までの距離（25m、50m、75m）にかかわらず同様であった。奥行方向の計測においては、水平方向の計測に比べて測定誤差が大きくなる傾向が見られた（図3）。特に基線比が0.2以下の場合、測定誤差が全体的に大きくなった。基準尺の設定方式の違いについては、今回の調査では明確な差異は確認できなかった。

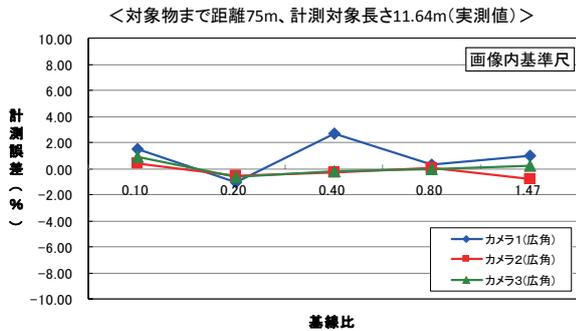


図2 水平方向の計測誤差と基線比の関係（外濠公園）

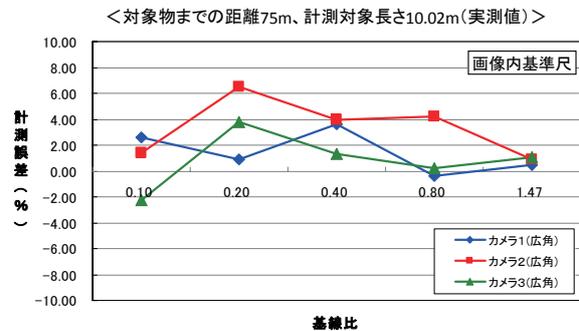


図3 奥行方向の計測誤差と基線比の関係（外濠公園）

3.2 砂防現場における確認結果

日向砂防堰堤堆砂域の左岸崩壊地の基線比ごとの測定誤差を整理した結果、いずれのカメラにおいても基線比が0.3以上で測定誤差が概ね±6%以内に範囲に収まる傾向がみられた（図4）。稲荷川流路工においては、対象物までの距離が40mの場合と比較して140mの場合に、基線比や使用カメラによらず計測誤差がばらつき、誤差が大きくなる傾向があった（図5）。対象物までの距離140mで誤差が大きくなったのは、十分な基線比（最大0.36）を確保できなかったことや、対象物が遠いため対応点の選択に誤差が生じたことが影響していると考えられる。

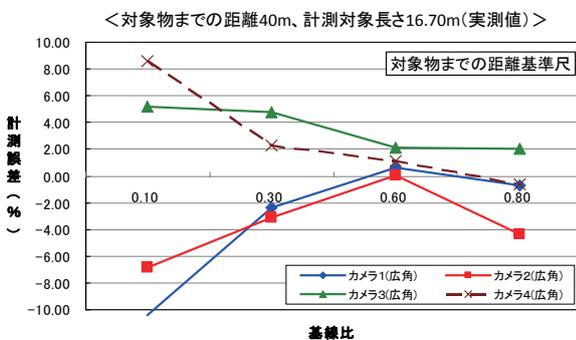


図4 水平方向の測定誤差と基線比の関係（日向砂防堰堤）

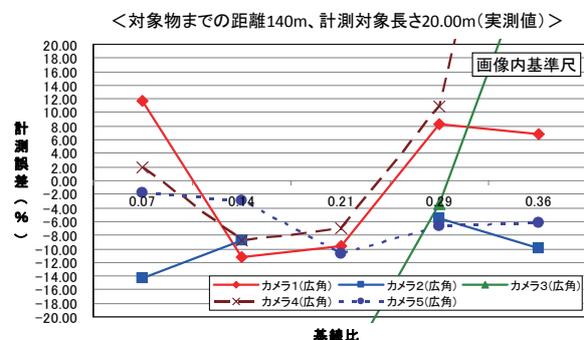


図5 水平方向の測定誤差と基線比の関係（稲荷川流路工）

4. まとめ

デジタルカメラを用いた簡易計測のための撮影条件を検討した結果、1) 基線比を0.3以上程度確保すること、2) 奥行方向の測定誤差が大きい傾向から、対象物に正対して写真撮影をすること、3) 対応点の取得に無理のない鮮明な写真画像を使用すること、で精度の高い計測結果が得られることが確認された。一方、基準尺の設定方式による明確な違いはないことから、対象物に直接アクセスできない現場でも、『対象物までの距離基準尺方式』を採用することにより、遠隔計測のみで『画像内基準尺方式』と同精度の計測が可能であることも確認された。

本研究で得られた撮影条件を考慮することにより、計測対象長さで最大6%程度の誤差となり、これを体積誤差に換算すると最大19%程度の誤差となる。以上の誤差が許容される範囲においては、長さや面積、体積の演算機能を実装した計測システムにより、調査実施者によらず砂防現場に必要な崩壊幅・面積や土砂量（体積）の推定が、デジタルカメラによる写真撮影やレーザー測距器による計測のみで容易に実施できることになる。

本研究にあたり、日光砂防事務所には現地調査の実施にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。