写真計測技術を用いた道路斜面点検手法の高度化（その２）

土木研究所寒地土木研究所　正会員　○日外　勝仁
土木研究所寒地土木研究所　正会員　日下部 祐基
土木研究所寒地土木研究所　正会員　伊東　佳彦

１．はじめに

本研究は，日常的に実施されている道路斜面点検の高度化を目的に，情報の取得・加工が容易なデジタルカメラ写真を活用した客観的な変状箇所把握手法について検討するものである．カルテ点検時などに撮影される斜面写真に対し，撮影時期の異なる２枚の写真を客観的に比較することで，背景差分法による崩壊などの変状箇所の自動抽出および写真測量による崩壊変動量の計測が行えることを目標としている．前回報告[1)]では背景差分法を用いた変状箇所抽出の実現性を検討し，機材・撮影条件や差分抽出における必要条件について整理した．本稿では，背景差分法・変動量計測法の共通課題である「抽出可能な変化量の推定」，「変化量の把握が可能な撮影条件」について検討を行ったので報告する．

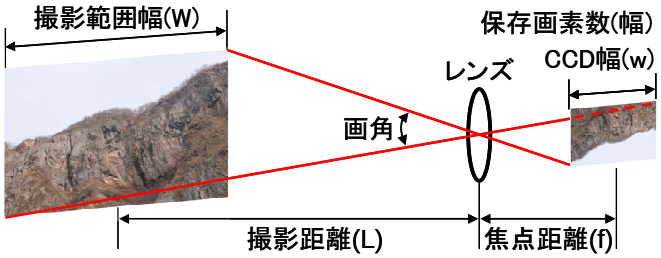
２．検討課題

今回検討する撮影条件とは，「CCD（撮像素子）の大きさ・保存画素数・焦点距離」等のデジタルカメラの仕様及び撮影地点から撮影対象までの「撮影距離」である．これらはカメラの機種や設定によって値が変化するが，機種に依存しない撮影条件を調べるため，本研究では「分解能」（**図-1**）という指標を定めた．「分解能」はカメラのセンサが持ちうる最小感度のことで，認識できる最小の変化量を表す．

背景差分法や変動量計測法において抽出可能な面積や体積の精度を検証するために，模型実験では，分解能別の面積・体積の既知な模型の計測精度検証を行い，また，実物実験では，現地斜面において変化の識別が可能かどうかについて検討を行った．

３．模型実験結果

模型は，変動量計測法の対応点の取得が可能となるように正面以外からでも模型の頂点がすべて写る形状とし，異なる大きさの供試体を作成した（**表-1**，**図-2**）．実験に用いたカメラの仕様を**表-2** に示す．



撮影範囲(幅)を求める．　$W = L \times \frac{w}{f}$

分解能を求める．　$\text{分解能} = \frac{\text{撮影範囲幅（W）}}{\text{保存画素数(幅)}}$

図-1　分解能の算出方法

表-1　模型の大きさ

辺長(cm)	面積(cm^2)	体積(cm^3)
5	25	36
10	100	292
25	625	4557
50	2500	36458

表-2　デジタルカメラの仕様

機種	Nikon D80
CCD	23.6×15.8mm
保存画素数	3,872×2,592
焦点距離	24mm

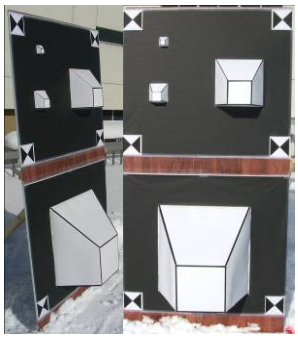


図-2　模型

表-3　分解能別の模型の面積･画像数と特徴点の判読

分解能 (D80(f=24mm)での撮影距離)	模型の面積・画素数と特徴点の判読 5(cm) 25(cm^2)	10(cm) 100(cm^2)	25(cm) 625(cm^2)	50(cm) 2500(cm^2)
2.5mm (10m)	27 ○ (420個)	103 ○ (1600個)	632 ○ (9800個)	2550 ○ (39540個)
7.6mm (30m)	26 × (44個)	98 × (169個)	632 ○ (1088個)	2528 ○ (4355個)
12.7mm (50m)	26 × (16個)	98 × (61個)	600 × (372個)	2515 ○ (1560個)
17.8mm (70m)	28 × (9個)	107 × (34個)	619 × (196個)	2566 ○ (812個)
25.4mm (100m)	26 × (4個)	103 × (16個)	645 × (100個)	2451 × (380個)
実面積	25	100	625	2500
実面積との偏差/実面積	8%	4%	2%	2%
誤差の最大値/実面積	14%	7%	4%	3%
誤差/実面積の割合	5%未満；17件，5-10%；2件，10%以上；1件			
計測値/真値の平均	102.08%	計測値/真値の標準偏差		4.19%

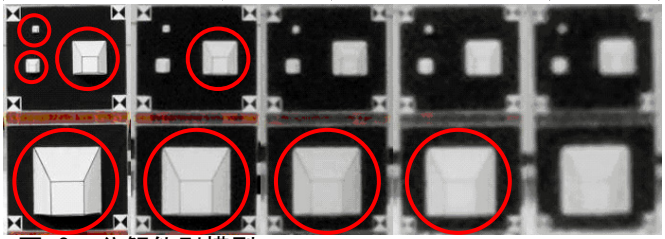


図-3　分解能別模型（左から 2.5, 7.6, 12.7, 17.8, 25.4(mm)）

キーワード　斜面点検，デジタルカメラ，背景差分法，写真測量，変動量計測
連絡先　〒062-8602　北海道札幌市豊平区平岸１条３丁目１番34号　TEL;011-841-1775 FAX;011-842-9173

本検討ではカメラと焦点距離を固定し撮影距離を変えることで分解能の違いを検証したが，実務においては撮影距離が概ね決まることから，必要とする分解能に応じた焦点距離のレンズ選択が必要となる．

対象物の面積は，撮影された画像の画素数を計測し，分解能より算出した．変動量測定法では，画像上の複数の対応点(複数の画像に写っている同一場所を示す点)から 3 次元座標を計測することから，各模型画像において，頂点や輪郭などの特徴点を判読して対応点の取得が可能であるか調査した（**表-3**, **図-3**)．半数以上の画像で輪郭が不明瞭または潰れており，特徴点の判読が不可能となったが，分解能が大きくなるに従い模型の輪郭を表現している画素数が少なくなるため，「標本化」や「量子化」(デジタルカメラの内部で処理)の影響を受けやすくなる[2]ことが原因と考えられる．特徴点が判読可能な対象物の画素数は 420 画素以上であり，面積の計測誤差は概ね(19/20 件)10%以内に収まる結果となった．

また，判読における人為的なバラツキについても検証するため，5 人の計測者が体積計測を行った．なお，体積算出には，3 次元写真計測ソフトウェアである KURABO Kuraves-K[3] を使用した．実体積を 100%とし，模型画像から算出した計測体積の比率を**図-4** に示す．計測体積の比率は 80～105%の範囲に収まり，計測者間のバラツキは，模型の大きさが 50cm のもので 5%程度，10cm のもので 20%程度となった．

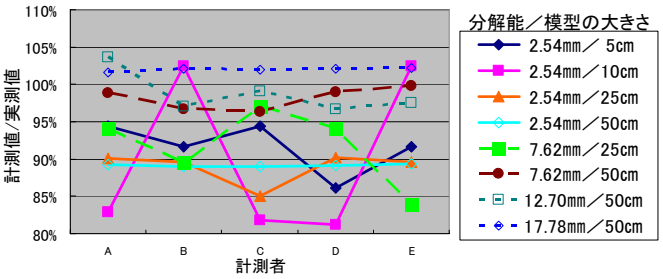


図-4　計測者別の体積比較

4．実物実験結果

実物実験は，現地斜面の中腹において浮石を移動させて人為的に変化箇所とし，計測を行った(**図-5**)．

(浮石 A;約 40×15×15 cm, 浮石 B;約 30×25×10 cm)

図-5　移動させた浮石

表-4　実物実験に使用したカメラ仕様と面積計測結果

機種名	CCDｻｲｽﾞ(mm) 保存画素数	焦点距離 (mm)	分解能 (mm)	画素数		面積(cm²)	
				浮石A	浮石B	浮石A	浮石B
Nikon E5000	8.8×6.6 2,560×1,920	7.1	26.6	(85)	(61)	判別不能	判別不能
		17.4	6.9	601	578	449	451
Nikon CoolPix S2	5.7×4.3 2,592×1,944	5.8	20.8	(84)	(78)	判別不能	判別不能
		21.4	8.8	855	824	398	398
Nikon D80	23.6×15.8 3,872×2,592	17.0	19.7	(98)	(93)	判別不能	判別不能
		24.0	14.0	233	230	460	449
		35.0	9.6	476	453	416	416
		70.0	4.8	1822	1761	404	404
				面積平均		438	423
				標準偏差/面積平均		0.065	0.059

分解能が 20 mm以上で計測画素数が 100 画素以下のケースでは，背景差分法で変化が判別できなかった．面積の平均値を 100%としたときの，各分解能のバラツキも±10%以内に収まり，標準偏差を平均で除した値も 5～6%程度で面積測定が可能であった（**表-4**)．

背景差分法では画像の輝度の差分から変化箇所を抽出する手法であるため，浮石移動前後の変化箇所の画像の色を調査したところ，浮石に一部雪が被るなどし，変化箇所の輝度が全体的にほぼ同じであった箇所では，差分として抽出されなかった．

5．まとめ

模型実験と実物実験の結果に基づき，背景差分法と変動量計測法における撮影条件についてまとめた．

模型実験では，対象物がある程度の大きさで捉えられている場合は，数画素の変化でも抽出可能であったが，実物実験では，変化箇所の輝度の差が非常に小さいことにより抽出できない場合もあり，面積計測にも輝度の差が影響する．対象物が画像上で判別できる大きさの場合は，分解能や撮影距離に関わらず，実際の面積の±10%以内の誤差で面積の測定が可能であった．

変動量計測法での変化の抽出では，3 次元の計測において明瞭な特徴点（対応点）の判読が必須となり，そのためには対象物の画素数が約 1000 画素以上必要である．模型実験では実際の体積の 25%程度の誤差で体積の測定が可能であった．

以上より，変化量の把握が可能となる撮影条件は，「対象物が変化の前後で輝度の差がある場合に，画像上で判別できる大きさの分解能であること」，「画素数が約 1000 画素以上あること」の 2 点となる．

参考文献

1) 日外勝仁，岡崎健治，伊東佳彦：写真計測技術を用いた道路斜面点検手法の高度化，平成 19 年度全国大会第 62 回年次学講演会，土木学会，2007.
2) 村上伸一：画像処理工学，東京電機大学出版局，1996.
3) KURABO Kuraves-K URL：http:// www. kurabo. co. jp/ el/3d/kuraves_01. html