

デジタル画像を用いたひび割れ幅計測システムの研究

岡山大学大学院 環境生命科学研究科 学生会員 ○壺阪知広
岡山大学大学院 環境生命科学研究科 正会員 西山哲
京都大学大学院 工学研究科 正会員 矢野隆夫
株式会社 開発設計コンサルタント 菊地輝行

1. 序論

土木構造物の新しい点検技術として、デジタル画像を用いたひび割れ幅計測手法の開発が行われている。この技術は維持管理をより効果的・安価に行うことができ、客観性、表現性、簡易性に優れている¹⁾。この技術は近年開発が進んでいる調査・診断ロボットへも導入されているが、デジタル画像計測において、一般的にデジタル一眼レフカメラを用いておりロボットへの導入を考えると操作性があり、軽量、安価なカメラが良い。本研究では、数種類のカメラを用いて室内実験を実施し、カメラによる精度の違いを検証し、デジタル画像計測への影響を検証し考察を行った。

2. デジタル画像計測の基本理論

2.1 計測の概要²⁾



図2-1 計測の様子

図2-1は計測の様子を示したものである。本研究で用いるひび割れ幅計測手法は、デジタルカメラで計測対象(反射ターゲット)を任意の位置、姿勢から撮影し、撮影画像をコンピューターで解析してターゲット円上の重心間距離を計測し、ひび割れの変位量を算出する。

2.2.1 共線条件式³⁾⁴⁾

図2-2に示すようにカメラの原点(レンズ中心)、対象空間点(ターゲット)、その画像上の点は一直線上に存在するという条件に基づき以下の共線条件式が得られる。

$$x = -c \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = -c \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

式(2.1)

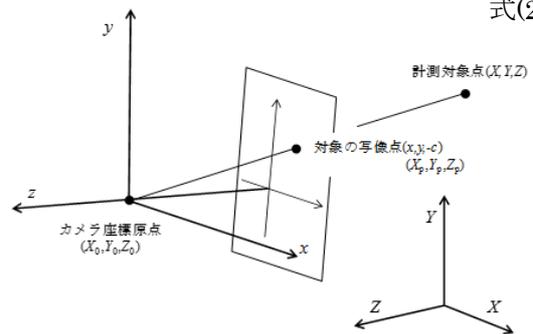


図2-2 共線条件の概念

2.3 ターゲット円の重心計算¹⁾

ターゲット円の重心計算では画像を形成する最小単位である画素について、その明度に一定の閾値を与え、閾値以上ならばその値を重みとして重心計算を行い、閾値以下の場合は0として扱う。ここで、 x_0, y_0 は重心計算範囲の原点、 a_x, a_y はそれぞれの画素数、 $q(i,j)$ は画素 (i,j) の明度である。

$$x = x_0 + a_x \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (q(i,j) \times x_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q(i,j)}$$

$$y = y_0 + a_y \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (q(i,j) \times y_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q(i,j)}$$

式(2.2)

3. 本手法の検証実験

3.1 実験の概要

検証実験では、230万画素デジタルビデオカメラ、1210万画素デジタルカメラを用いた。また1350万画素デジタル一眼レフカメラの結果²⁾と比較も行った。1210

キーワード デジタル画像計測, 維持管理, デジタルカメラ, 共線条件式, 反射ターゲット

連絡先 〒700-0089 岡山県岡山市北区津島本町3-31 片山ハイツB202 TEL 080-6164-9626

万画素カメラでは動画と静止画を撮影した。反射ターゲットは 50mm×50mm のものを使用し、マイクロメーター付き変位装置を用い 0mm, 0.1mm, 0.3mm, 0.5mm, 1.0mm の変位を与えた。図 3-1 は装置および実験条件の概略である。

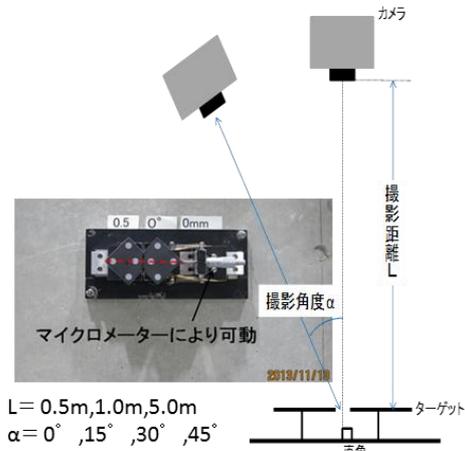


図 3-1 実験装置と実験条件

3.2 カメラの種類と精度の関係の検証

計測結果を以下の表に示す。なおデジタル一眼レフカメラの撮影距離 5.0m 及び撮影角度 15° のところは、それぞれ 1.5m と 10° の結果である。表 3-2 の撮影

表 3-2 撮影距離と pixel 数, 精度の関係

	撮影距離	0.5m	1.0m	5.0m
ビデオカメラ	直径ピクセル数	102	41	計測不能
	外的精度(mm)	0.27	0.38	計測不能
	内的精度(mm)	0.16	0.28	計測不能
デジカメ 動画	直径ピクセル数	62	29	6
	外的精度(mm)	0.02	0.09	0.94
	内的精度(mm)	0.03	0.1	0.68
デジカメ 静止画	直径ピクセル数	62	30	5
	外的精度(mm)	0.03	0.05	0.36
	内的精度(mm)	0.02	0.02	0.34
デジタル一眼 静止画	直径ピクセル数	137	67	44
	外的精度(mm)	0.02	0.04	0.08
	内的精度(mm)	0.01	0.02	0.04

距離別の結果を見ると、静止画、動画とも直径 pixel 数が約 30pixel 以上あれば外的精度・内的精度ともに 0.10mm 以下で計測でき、この直径 pixel 数から撮影距離が決まるということがわかる。230 万画素ビデオカメラは直径 pixel 数を見ると 0.5m で約 100pixel だが精度が低い。原因として考えられるのは、230 万画素ビデオカメラでは photoshop で画像の解像度を大きくしている。元の画像は 0.5m で約 5pixel とかなり少なく、また変換後の画像(図 3-3)を重心計算するとターゲット円が歪むため計測精度が低下したと考えられる。次に表 3-4 の撮影角度別の結果を見ると、1210 万画素デジタルカメラ、1350 万画素デジタル一眼レフカメラでは 0° から 45° で撮影角度が大きくなると少しばらつきがあるものの外的精度・内的精度ともに 0.10mm

以下で計測が可能であることがわかる。

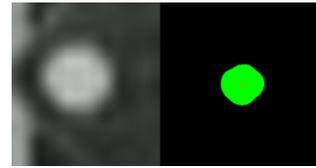


図 3-3 230 万画素ビデオカメラ 変換後画像

表 3-4 撮影角度と pixel 数, 精度の関係

カメラの種類	撮影角度	0°	15°	30°	45°
ビデオカメラ	外的精度(mm)	0.27	0.36	0.68	0.34
	内的精度(mm)	0.16	0.25	0.57	0.25
デジカメ 動画	外的精度(mm)	0.02	0.07	0.04	0.04
	内的精度(mm)	0.03	0.04	0.07	0.03
デジカメ 静止画	外的精度(mm)	0.03	0.03	0.03	0.06
	内的精度(mm)	0.02	0.02	0.02	0.04
デジタル一眼 静止画	外的精度(mm)	0.01	0.01	0.03	0.02
	内的精度(mm)	0.01	0.01	0.01	0.02

4. 結論と今後の課題

4.1 結論

本研究では、近年研究が行われているデジタル画像計測においてより操作性があり、軽量、安価なカメラを用いた場合の精度への影響を検証した。静止画、動画ともにターゲット円の直径 pixel 数が約 30pixel 以上あれば計測精度 0.10mm 以下の精度で計測可能である。ただし、カメラ自体の pixel 数が少ないと重心計算後の画像のターゲット円が歪み計測精度が低下する。また、本研究で用いたカメラでもデジタル画像計測の理論が適用できることが検証された。

4.2 今後の課題

本研究における今後の課題について述べる。本研究ではレンズやフラッシュなどを考慮しておらず、これらが計測精度にどのような影響を与えるか検証する必要がある。

参考文献

- 1) 龍明治, 大西有三, 西山哲, 中井卓巳: デジタル画像計測による斜面モニタリングシステムの研究, 地盤工学ジャーナル, Vol.3, No.2, pp.109-119, 2009
- 2) 金澤彬: デジタル画像を用いたひび割れ幅計測手法の研究, 京都大学修士論文, 2013
- 3) 秋本圭一, 服部進: 画像計測の基礎, 岡山職業能力開発短期大学校紀要, Vol.11, p23-38, 1997
- 4) 秋本圭一: 情報化施工のためのデジタル画像計測法に関する研究, 京都大学博士論文, 2002