

第Ⅲ部門

OCMにおけるテンプレートのパターンが変位計測精度へ及ぼす影響の考察

大阪大学	学生員	○山本 健史
大阪大学	正会員	小泉 圭吾
大阪大学	正会員	小田 和広
地球観測 (株)	非会員	福田 芳雄

1. はじめに

斜面の変位計測手法として、筆者らは画像センシング技術の1つであるオリエンテーション・コード・マッチング (OCM) に着目し、その精度評価を行ってきた。OCM は濃度情報の集合として表現される一般的な画像イメージを、輝度勾配をもとに算出したオリエンテーション・コードと呼ばれる数値の集合として取り扱う¹⁾。これによって、撮影環境の変化によって引き起こされる画像全体の不均一な輝度変化や、部分的な陰影等の影響を受けにくくなる。福田ら²⁾が行った精度評価では、一種類のパターンを用いて、画素幅と計測誤差に正の相関があることが確認されたが、パターンが計測精度に影響を与える可能性も考えられる。本研究では、従来のパターンと、今回新たに作成したパターンの精度評価を行い、これらを比較することで、パターンが変位計測精度へ及ぼす影響を考察する。

2. パターンの選定

OCM を用いるにあたって、画像のキャプチャー時に混入するノイズの影響が相対的に大きくなる輝度変化の少ない画像領域において、ノイズの影響を軽減させることが望ましい。そのため、本手法においては、画像の水平方向と鉛直方向の微分値の絶対値の和が閾値以下であったときには無効な画素として扱っている。ここで、福田らが精度検証に用いたテンプレートのパターンを図-1 (左) に示す。このパターンの輝度変化のある領域は、白黒の境界部分のみとなり、先述のような閾値を設定することによって、それ以外の領域は無効な画素として扱われる。有効な画素が少ないほどノイズによる計測精度への影響が相対的に大きくなると考えられるため、パターン全体で輝度変化があれば、より高精度な計測ができると考えられる。そこで本研究では、図-1 (右) のような従来のパターンよりも細かいパターンを用いて計測精度の比較を行う。

3. 計測精度の検証

3.1 実験概要

屋内実験室において、図-2 に示すように、テンプレートに設定する2種類のパターン (それぞれ縦 30mm×横 30mm) を貼り付けたハイトゲージ (HD30-AX : ミットヨ製, 器差±0.02mm, 繰返し精度 0.01mm) とカメラを正対させて設置する。そして、ハイトゲージの回転駆動ハンドルを用いてテンプレートを鉛直上向きに 0.10mm 移動させたときのカメラ画像による計測データを記録した。カメラは USB3.0 インターフェースカメラ (PointGrey 社製, Flea3 1.3M), レンズは (Edmund 社, 9-90mm) を用い、画素幅 (画像の1画素のサイズ) は福田ら²⁾がパターン①の精度検証を行った際に用いた値を参考に 0.20mm/pixel から 1.00mm/pixel まで順に計測を行った。

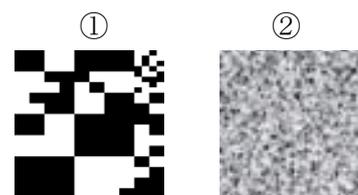


図-1 パターン

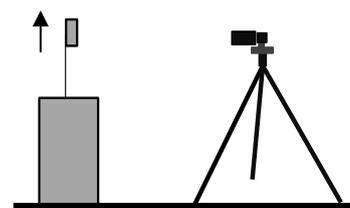


図-2 実験概要図

Takeshi YAMAMOTO, Keigo KOIZUMI, Kazuhiro ODA and Yoshio FUKUDA

t-yamamoto@civil.eng.osaka-u.ac.jp

3.2 実験結果

計測結果の評価基準として、ここでは計測結果の平均値と 3σ (σ : 標準偏差), さらに, 基準値の 0.10mm と計測結果の平均値の差に 3σ を加えたものを計測誤差と定義し, これらを用いることとする.

表-1 にパターン①, ②の各画素幅における計測結果を示す. パターン①の計測結果において, 画素幅が大きくなるにつれて 3σ が大きくなっていることが分かる. また, 画素幅 0.80mm/pixel, 1.00mm/pixel では, 平均値がそれぞれ 0.06mm, 0.02mm で誤差が大きく, 精度よく計測できていない. また, パターン②の計測結果において, 基準値に対して平均値の誤差は, 画素幅 0.60mm/pixel までは ± 0.01 mm で, 画素幅 0.60mm/pixel より大きな画素幅では ± 0.03 mm と, 精度よく計測できている. しかし, 3σ は画素幅 0.90mm/pixel で急増していることが分かる. 図-3 は, 画素幅と計測誤差の関係を示したグラフである. この図から, 画素幅 0.90mm/pixel を除いて, パターン②のほうが計測誤差が小さく, 高精度な計測が可能であるといえる.

3.3 考察

画素幅 0.90mm/pixel を除いた全ての画素幅に対して, パターン②のほうが高精度に計測することができた. これはパターン②のほうが有効な画素幅が多く, ノイズの影響がパターン①に比べて小さいためであると考えられる. 画素幅 0.90mm/pixel でパターン②の 3σ が急増した要因は以下のようなことが考えられる. 画素幅が大きくなることで, 1 画素内に輝度の強弱が混在するため, 輝度が均される. その結果, コントラストの弱い画像になり, ノイズの影響を受けやすくなる. 図-4 はパターン②の画素幅 0.20mm/pixel と 0.90mm/pixel におけるテンプレートを示しており, 両者のコントラストの差が確認できる. 以上のことから, パターンを画素幅と同じサイズの粗さにすることで, より高精度な計測が可能になると考えられる.

4. まとめ

画素幅を小さくすると同時に, 画素幅と同じサイズの粗さのパターンをテンプレートに用いることで, より高精度な計測ができることが確認された.

謝辞: 本研究の一部は, 科研費(24310139)の助成を受けて行われた. ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) Fukuda Yoshio, et al. : Vision-based displacement sensor for monitoring dynamic response using robust object search algorithm, Sensors Journal, IEEE 13.12, pp4725-4732, 2013.
- 2) 福田芳雄, 小泉圭吾, 山本健史, 小橋俊也, 小田和広, 櫻谷慶治, Maria Feng : 画像センシング技術を用いた斜面変形計測に関する実験的研究, Kansai Geo-Symposium 2016, pp.243-248, 2016

表-1 計測結果

画素幅 (mm/pixel)	パターン①			パターン②		
	平均値 (mm)	3σ (mm)	計測誤差 (mm)	平均値 (mm)	3σ (mm)	計測誤差 (mm)
0.20	0.10	0.01	0.01	0.10	0.00	0.00
0.30	0.09	0.01	0.02	0.09	0.01	0.02
0.40	0.08	0.01	0.03	0.09	0.01	0.02
0.50	0.11	0.03	0.04	0.10	0.01	0.01
0.60	0.10	0.03	0.04	0.10	0.02	0.02
0.70	0.10	0.09	0.09	0.08	0.04	0.06
0.80	0.06	0.05	0.08	0.12	0.03	0.05
0.90	0.10	0.03	0.03	0.08	0.12	0.14
1.00	0.02	0.09	0.17	0.13	0.10	0.12

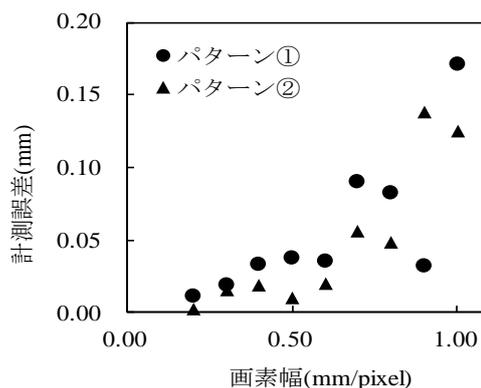


図-3 画素幅と計測誤差の関係

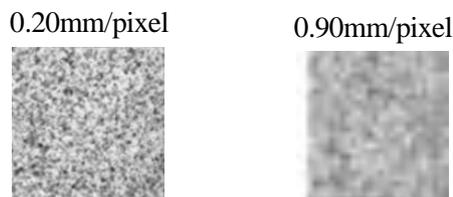


図-4 パターン②のテンプレート