

1. 研究の背景と目的

地盤変形の可視化技術において、より簡便に変形を計測する方法として、画像解析手法が近年取り入れられている。

本論文では、実際にこの手法を用いて検定を行い、実測値と解析値の変位量の誤差について考察する。検定には物体の平行移動を撮影するという手法を用いており、この検定結果により、精度良く撮影・解析するための条件を見つけるとともに、模型実験での撮影・解析での実用を目的とする。

2. 変位場計測手法

変位場計測手法にはCCIP (Cross-collection and Iso parametric) 法を用いる。CCIP 法のシステムにおける変位の測定に用いられる CC 法は、相互相関法の一つであり、式 (1) から変形前後の 2 画像から変換された相互相関係数 R_{12} を算出し、これをもとに変形後の画像座標 (X_d, Y_d) を求める。また、図 1 に変形前後の画像の一次元のベクトルデータを記す。

$$R_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{(2n+1)^2} v_{1i}v_{2i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{(2n+1)^2} v_{1i}^2 \sum_{i=1}^{(2n+1)^2} v_{2i}^2}} \quad (1)$$

ここで v_{1i}, v_{2i} はそれぞれベクトル V_1, V_2 の i 番目要素である。

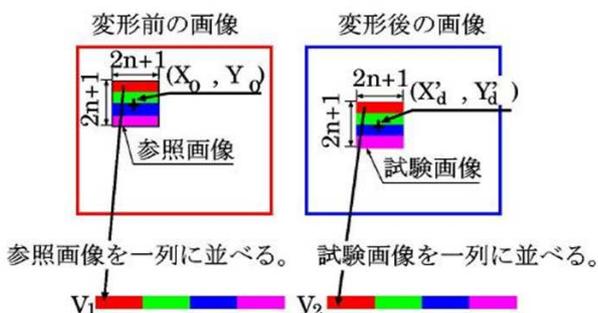


図 1 パターンマッチングの原理

この相互相関係数を求め、その最大値となる位置を検査領域内の粒子群の平均的な移動位置として推定する。

3. 解析プログラムについて

CCIP 法は最初 Linux(TM) 上で開発された。Linux などの unix 系 OS では、小規模な単機能のプログラムを組み合わせ、種々の処理を行うことが一般的である。小規模のプログラムは作成や管理が容易であり、開発の速度を早めることが出来るとの考えに基づいている。CCIP 法でも世界各地で過去に開発された種々のプログラムと、新たに開発したプログラムを組み合わせ、模型実験の変位場計測処理を行っている。なお、一部のプログラムは Windows にも移植されている。

また、本論文で用いる解析プログラムは Windows 版である。図 2 に Windows 版の起動画面を示す。

以下、起動画面の各項目について説明する。

- ① 取り込まれた解析画像が表示される。また、解析後には新たに解析結果が加わる。画像をクリックすることで解析結果を参照することが出来る。
- ② 画像を解析する際に設定するメッシュが表示される。また、解析後はメッシュの変形が表示される。
- ③ 左から、システム、表示、設定、実行という項目が並ぶ。これらの項目により、画像ファイルの入力から解析の実行までを行う。
- ④ 解析の進行状況を表示しており、変位の解析をリアルタイムで参照することが出来る。
- ⑤ 画像ファイルをグラフィックとして表示している。グラフィックを直接クリックすることにより、メッシュ範囲の指定、標点位置の指定が可能である。また、コマンドによる入力も可能である。

4. 検定実験

検定実験には、平行移動する物体を撮影し、移動前後の画像の解析を行う。

検定には図 3 に示す検定装置を用いた。

図 4 に検定方法について示す。標点が記してあるアクリル板を通して平行移動する物体を撮影することで、

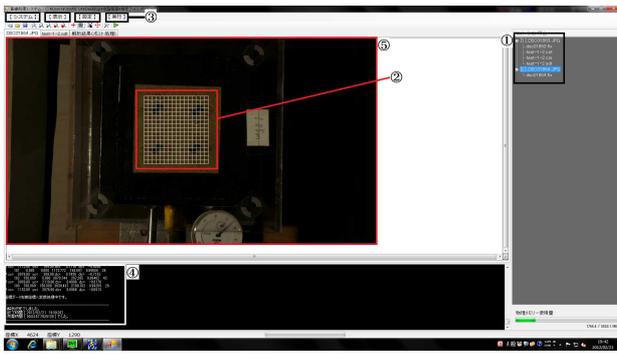


図 2 Windows 版システムの起動画面

4つの固定点を確保する。ジャッキを動かし、変位計で変位を計測しながら撮影を行う。

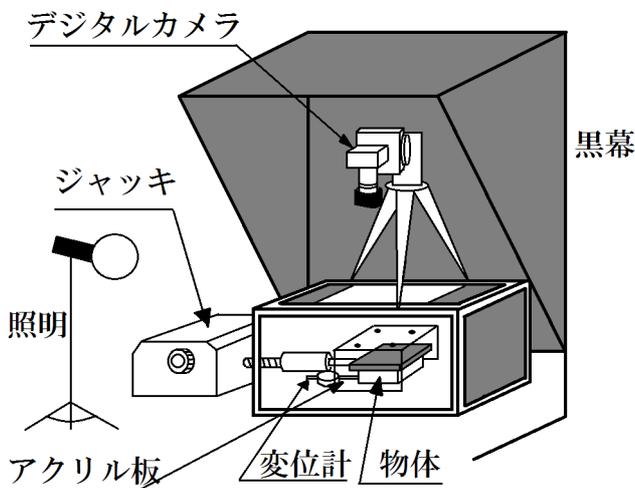


図 3 検定装置



図 4 検定方法

4.1 撮影・解析における条件

撮影条件として、黒幕、黒画用紙を用いることにより被写体以外の物の画像への映り込みを抑え、また、照明器具を用いることにより、明暗のムラを抑える。

また、画像解析をする上で、よりシャープな画質で撮影することが求められるため、しぼりを極力しぼる

こととする。

解析条件として、パターンマッチングを行う際の微小画像の寸法(ピクセル)を20,30,40の3パターンに指定して解析することにより、それぞれの解析結果をもとに、パラメータと精度の関係について検証する。

解析には、変位0.02mm, 0.05mm, 0.10mm, 0.20mmで平行移動する物体をそれぞれ撮影し、解析する。

4.2 検定画像の解析結果

得られた画像をそれぞれの微小画像の寸法($m\text{mask}=20$, $m\text{mask}=40$)で解析し、変位量0.02mmにおける1画素毎の変位量における実際の数値と解析数値を比較し、1画素毎の誤差(図5, 図6)について検証する。

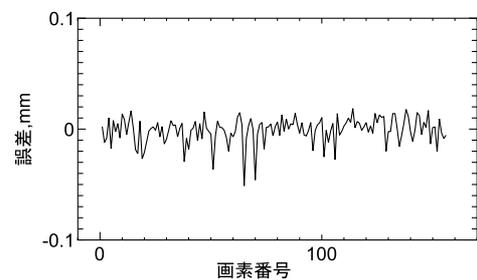


図 5 $m\text{mask}=20$ における誤差 (mm)

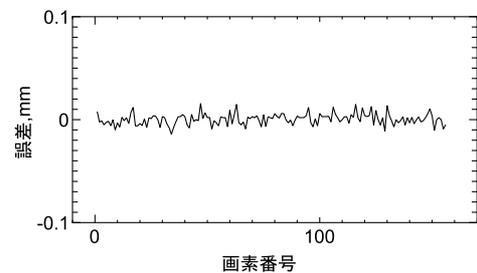


図 6 $m\text{mask}=40$ における誤差 (mm)

5. 結論

撮影、解析を通して得られた結論を以下に示す。

- 黒幕、黒画用紙の使用により、被写体以外の物の画像内への映り込みを消す必要がある。
- 照明器具により均一な光を当てることで明暗のムラをなくす必要がある。
- カメラの設定をマニュアル露出に設定し、またしぼりは極力しぼる必要がある。
- 変位量0.2mm以下の解析に対して、パターンマッチングに用いる微小画像の寸法パラメータは40ピクセルが適当である。