

FEM メッシュデータを利用したひずみ場計測システムの構築

徳島大学 学生会員 ○藤田翔平
正会員 上野勝利 渦岡良介 鈴木壽

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。画像解析による物理模型の変位計測と数値解析との間でメッシュデータを共有させることで、様々な形状の物理模型の解析を可能とし、より精細な解析結果も得る事が出来る。そこで、本研究では、画像解析ソフト SKIP¹⁾ を改良し数値解析との間でメッシュデータ共有への対応をおこなった。FEM メッシュデータ（以下、FEM メッシュ）を画像解析ソフト SKIP に入力し、SKIP で自動生成されたメッシュデータ（以下、SKIP メッシュ）と解析結果を比較した。FEM メッシュを用いた解析の検証を行った。

2. 画像解析手法

模型地盤の変位場解析のための手法として CCIP (Cross collection and Isoparametric) 法を用いる。CC 法は相互相関法の一つであり、式 (1) より変形前後の 2 画像から変換された相互相関係数 R_{12} を算出する。これを基に変形後の画像座標を求める。図 1 に変形前後の一次元ベクトルデータを示す。

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

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。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

CCIP 法は最初 Linux 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。しかしながら、Linux 上での作業は一般的でない。そこで Windows 上

のプログラムを開発し、操作性を向上した。本論文で用いる解析プログラムは Windows 版である。

4. FEM メッシュの共有

図 2 に FEM メッシュを共有した変位場計測の流れを示し、以下について説明する。

1 FEM メッシュの作成

FEM プリポストプログラムで作成する。

2 節点、要素データのフォーマット変換

外部メッシュデータの節点、要素データを SKIP のフォーマットへ変換する。

3 変換した FEM メッシュデータの入力

変換したデータを SKIP に入力することで、FEM メッシュを共有させる。

5. 被写体、解析結果の検証

図 3, 図 4 に使用した FEM メッシュを示す。図 5 ~ 図 7 に SKIP メッシュと FEM メッシュの POST 処理結果を、図 8 ~ 図 10 に対応する節点の変位計算の比較結果をそれぞれ示す。POST 処理では大きな違いは確認できなかったが、FEM メッシュ 2 では所々に色が塗られていない箇所が生じた。各節点の変位結果は、FEM メッシュ 1 と FEM メッシュ 2 の値はほぼ等しくなった。また、SKIP メッシュと比較しても誤差はほとんど見られない。

6. 結論

解析を通して得られた結論を以下に示す。

POST 処理では、FEM メッシュと SKIP メッシュでは大きな違いは確認できなかった。FEM メッシュ 2 について、POST 処理時、色が塗られていない箇所が確認できた。POST 処理プログラムの改善が必要である。変位計算では、FEM メッシュ 1 と FEM メッシュ 2 はほぼ同じ値を示した。SKIP メッシュと比較しても大きな誤差は確認できない。よって、FEM メッシュデータを用いた画像解析は妥当なものであるといえる。また、FEM メッシュを用いることで変位の集中度合に応じて自由にメッシュ作製でき、より精細な解析結果を得ることができる。

参考文献

- 1) Ueno, K. et.al. (2014): Surface kinematometry by ... , *Physical Modelling in Geotechnics*, Vol.1, pp.337-343.

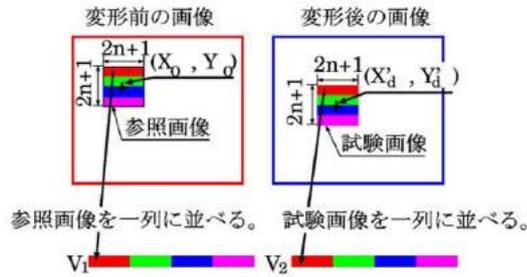


図 1 パターンマッチングの原理

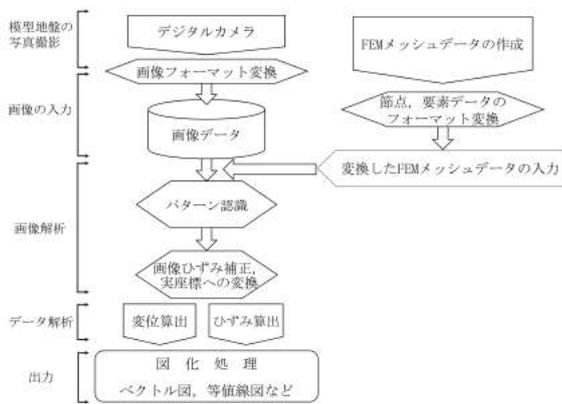
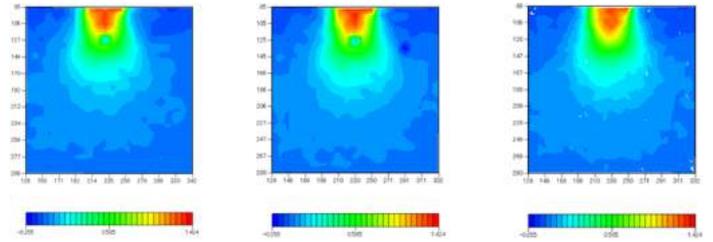
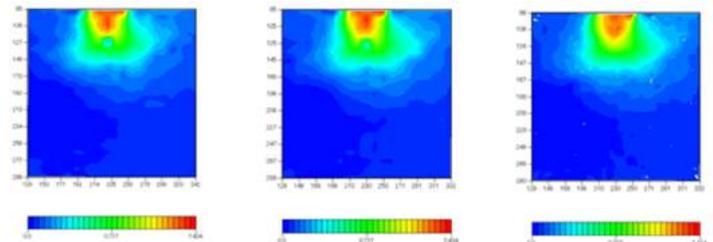


図 2 変位場計測の流れ



(α)SKIPメッシュ (β)FEMメッシュ1 (γ)FEMメッシュ2
図 6 Y 方向変位



(α)SKIPメッシュ (β)FEMメッシュ1 (γ)FEMメッシュ2
図 7 合変位

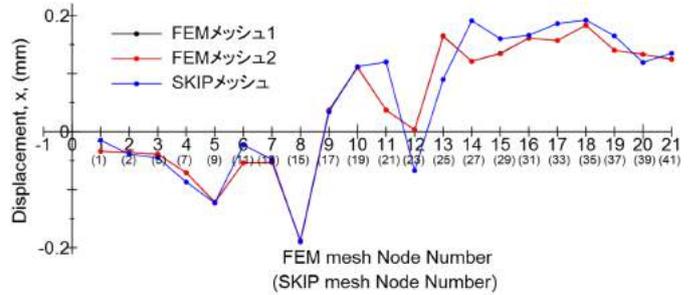


図 8 x 変位

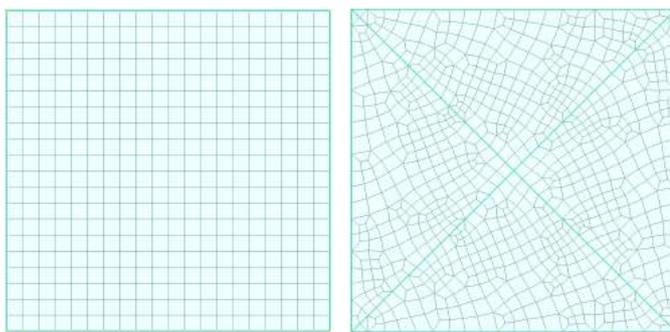


図 3 FEMメッシュ1 図 4 FEMメッシュ2

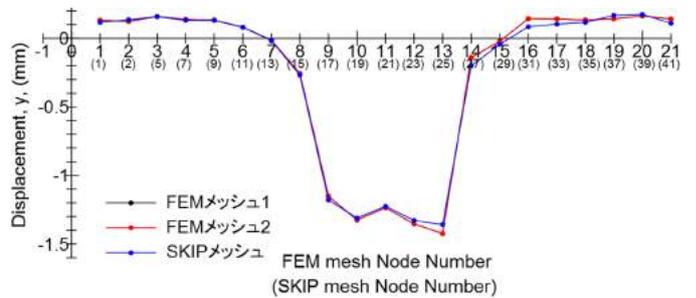
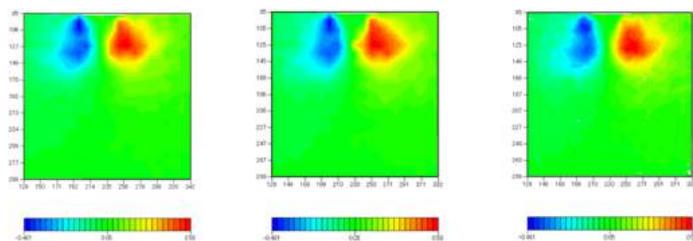


図 9 y 変位



(α)SKIPメッシュ (β)FEMメッシュ1 (γ)FEMメッシュ2
図 5 X 方向変位

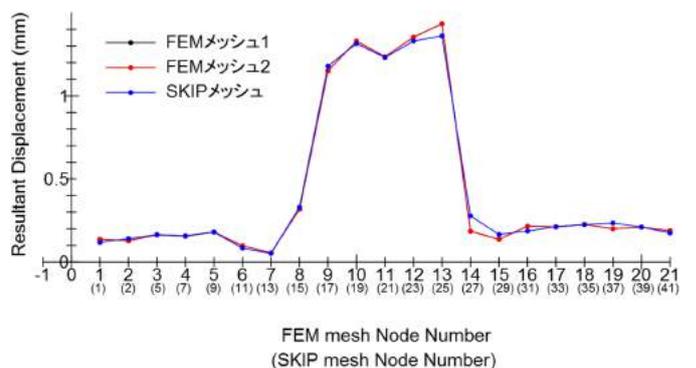


図 10 合変位