

デジタルクリノメータと写真測量による露頭の三次元モデリング

豊田 守*・柴原 幹*・西開地 一志*・水野 将志*

3D Modeling of Outcrops with Digital Inclinometers and Photogrammetry

Mamoru TOYODA*, Miki SHIBAHARA*, Kazushi NISHIKAICHI*, Masashi MIZUNO*

* ジーエスアイ株式会社 GSI CO., LTD., 2-8-37 Chuo, Mito-shi, Ibaraki, 310-0805 JAPAN.

キーワード： 地質情報

Key words: geological information

1. はじめに

写真測量は、デジタルカメラで撮影した複数視点画像から対象物の三次元座標を得る技術である。従来、写真測量を行うためには高価な測定用カメラと図化機が必要であったが、近年、安価なデジタルカメラでも解像度が大幅に向上したことから写真測量に利用できるようになってきた。また、図化機が無くても写真から対象物を三次元化を実現するソフトウェアが進歩していることから、容易に三次元化が可能となってきた。

今回、地質調査の対象としている露頭について写真測量による三次元モデル化を試みた。露頭を三次元モデル化することにより、現地では直接測れない地層や亀裂面の構造を三次元モデルから取得することが可能となる。

現地作業を簡便化するためにカメラは市販のデジタルカメラを用い、撮影は自由な姿勢で行った。対象物の位置と姿勢を決める標定点には、国立研究開発法人産業技術総合研究所が開発した Apple 社 iPhone 用デジタルクリノメータ(Geolino for iPhone)と測量標尺を組み合わせて利用した。

2. 露頭の三次元モデリングの目的

地質図をつくるための最初の作業は、地質技術者が露頭観察から得られたデータを地形図上に書き込んでいくことである。ただし、そのデータの内容は技術者の経験や能力によって大きく異なる。露頭をそのまま三次元化することができれば、多くのデータを記録することができ、調査のレベルの画一化が図れる。また、現場に向かず、他の技術者を交えた技術指導や現場管理が可能となる。さらに、作成された三次元モデルを使って、割れ目解析や地山の安定性評価などに利用できる。

3. 写真測量の準備

露頭の写真測量に用いる機材は、一人で持ち運びが可能な以下の3種の機材を用意した。

- ① デジタルカメラ
- ② 測量標尺とデジタルクリノメータ (iPhone)
- ③ ドローン (ZEROTECH 社 Dobby D100B-H)

第1図に機材の写真を示す。



第1図 使用機材

測量標尺に張り付けたデジタルクリノメータは線構造と走向傾斜を同時に計測するモードで使用する。計測画面を第2図に示す。



第2図 線構造と走向傾斜同時計測画面

ドローンは、高い位置の露頭の撮影に利用し、折り畳み式で4K動画の撮影が可能な機種を選定した。

写真から三次元モデルを作成するソフトウェアは Agisoft社の PhotoScan Standard Edition, Ver1.3 を用いた。

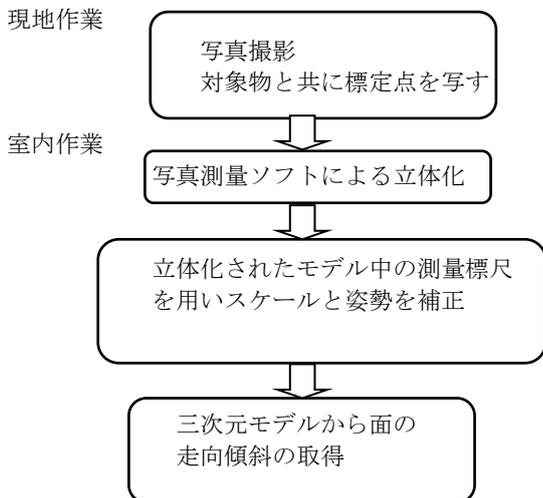
三次元モデルの表示とモデル上での面の走向傾斜と距離の計測にはジーエスアイ社の三次元モデルビューアー Geo3DView を用いた。

本来、写真測量はカメラのレンズによる歪み補正など高度な調整を行うことで精度を上げられるが、今回はあえてそれらを省略して、基本を踏まえた上で、可能な限りラフな手段で検証を行った。

3. 三次元モデル作成手順

現地では、標定点となる測量標尺とデジタルクリノメータを組み合わせた機器を露頭の前において写真撮影をする。写真撮影は、露頭の前を平行移動しながら、60%以上のオーバーラップ領域を設けながら撮影する。露頭が高い場合は、ドローンにて空中から動画撮影を行い動画から静止画を切り出す。測量標尺について、iPhone 画面の計測値が読み取り可能な大きさで撮影をした。

三次元モデルの作成手順を図3に示す



第3図 写真測量による三次元モデル作成作業フロー

4. 写真測量精度の検証

露頭の写真測量を行う前に、階段を重なり合った地層に見立てて検証を行った。

対象とした階段の写真を図4に示す。階段下左側に標定用のデジタルクリノメータを置き、最上段左側に距離検定用の標尺、右側に姿勢検証用に標尺を斜めに置いた。階段下を平行移動しながら第5図に示す13枚の写真撮影した。

撮影された写真から PhotoScan を用いて第5図に示す三次元モデルを作成した。



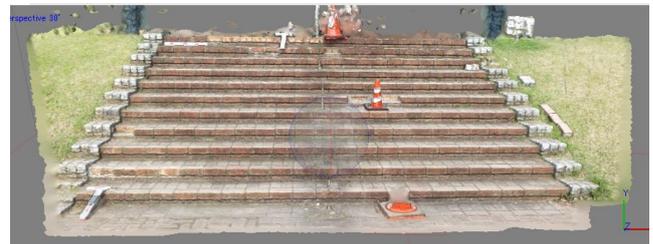
第3図 標定用の標尺の姿勢と緯度経度



第3図 標定用の標尺(下段)と検定用の標尺(最上段)



第4図 複数視点画像



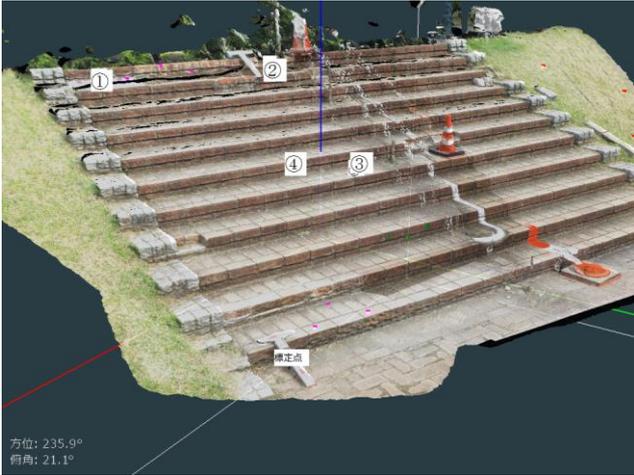
第6図 写真測量による三次元モデル

写真測量による三次元モデルを測量標尺を用い姿勢とスケールを補正した。XY座標については緯度経度から、平面直角座標(19座標系)のmとした。第7図に補正された三次元モデルと実測値との比較箇所を示した。

第1表に、実測値と三次元モデル上での計測値の比較を示した。①は0.70mの標尺を階段最上段に水平に置いてある。②は標定用の標尺を斜めに置いた。③は階段半ばの水平面、④は階段半ばの垂直面である。③の走向が大きく異なるのは、面が水平に近く走向が定まらないためである。最大の誤差は、走向傾斜では5度、長さでは0.028mであった。

第1表 実測値と三次元モデル上での計測値との比較表

計測位置 No	長さ(m)		走向傾斜	
	実測	モデル	実測	モデル
①	0.700	0.728	—	—
②	0.560	0.554	N67W26E	N62W24E
③	—	—	N25E2W	N10E1W
④	—	—	N72W88E	N69W86E



第7図 標定点で修正した三次元モデルと検証箇所

5. 露頭の三次元モデリング

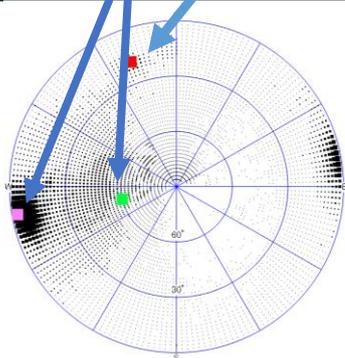
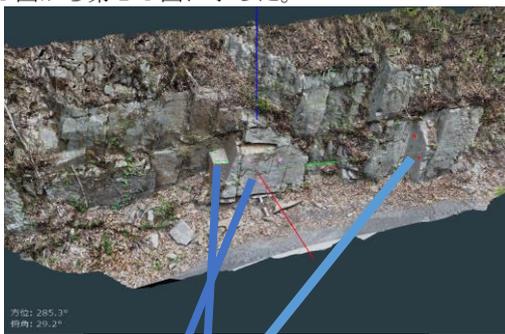
実在の露頭にて三次元モデルの作成を試みた。利用した場所は、茨城県大子町の八溝山と神奈川県三浦半島の荒磯海岸の2か所である。

八溝山は中生代付加体の岩石からなり、地層面傾斜は60度以上で、露頭は割れ目が多い複雑な様相を示している。一方、三浦半島は、新生代新第三紀の火山性堆積物からなり、堆積構造が明瞭に観察できる。露頭の状況が極端に異なる2か所を選定した。

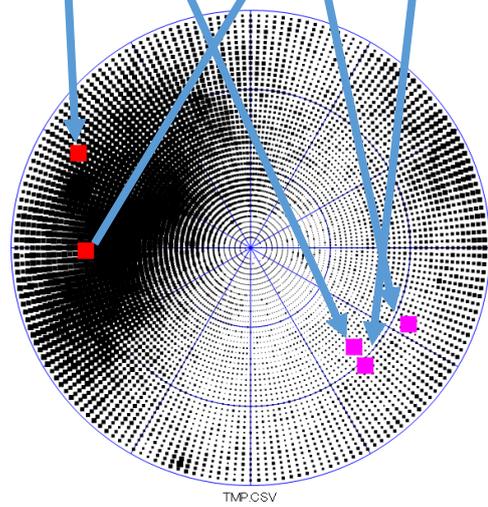
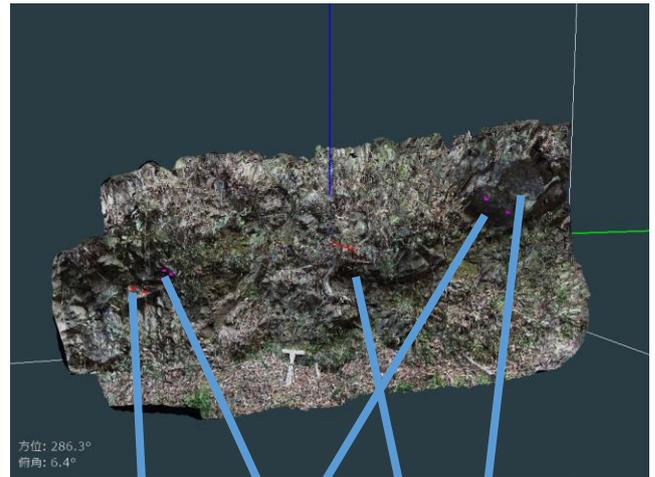
5.1 八溝山

三次元モデル作成後、構成するポリゴンの走向傾斜をポリゴンの面積を重みとして2度刻みに累積し、その分布をシュミットネットにプロットした。図化はメッシュごとに累積した面積値の合計の最大値が10になるように「規格化」し、「規格化」した値を点の大きさ(0から10ピクセル)にしてプロットを行った。また、露頭の面構造とシュミットネットと関係を露頭ごとに作成した。

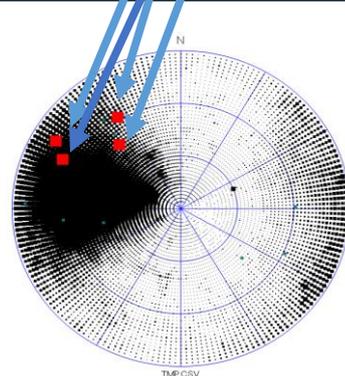
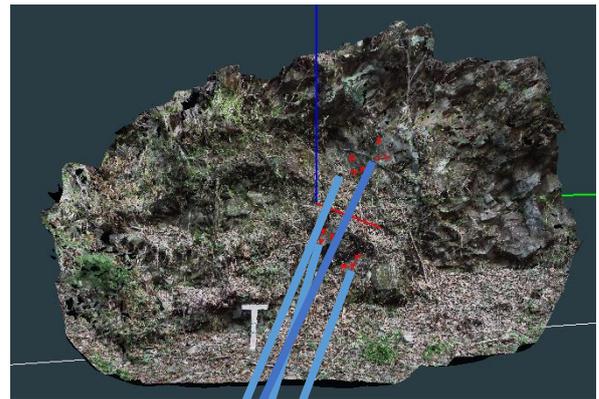
各露頭での三次元モデル作成結果と走向傾斜のネット図を第8図から第13図に示した。



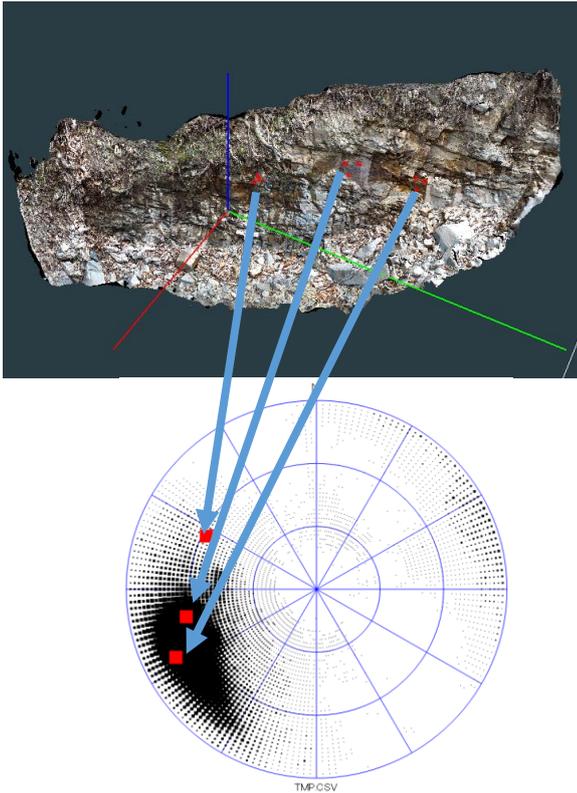
第8図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図



第9図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図



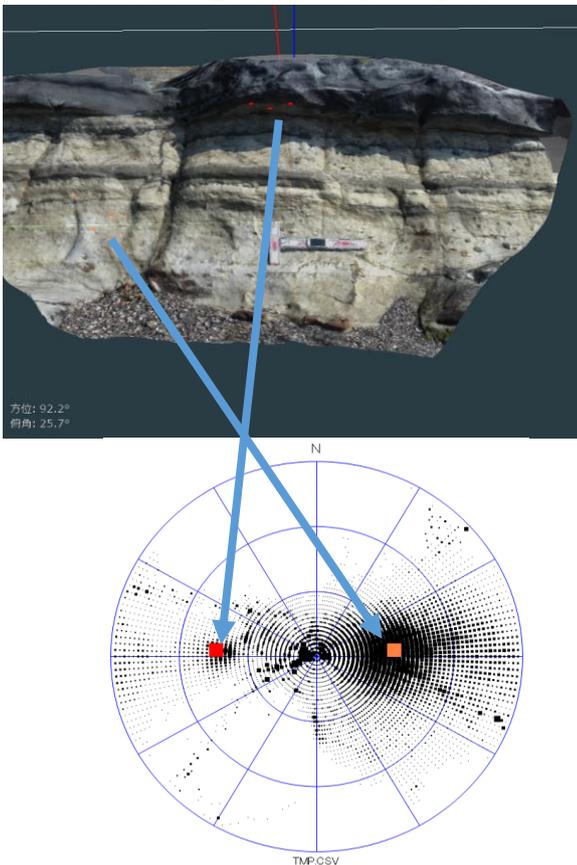
第10図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図



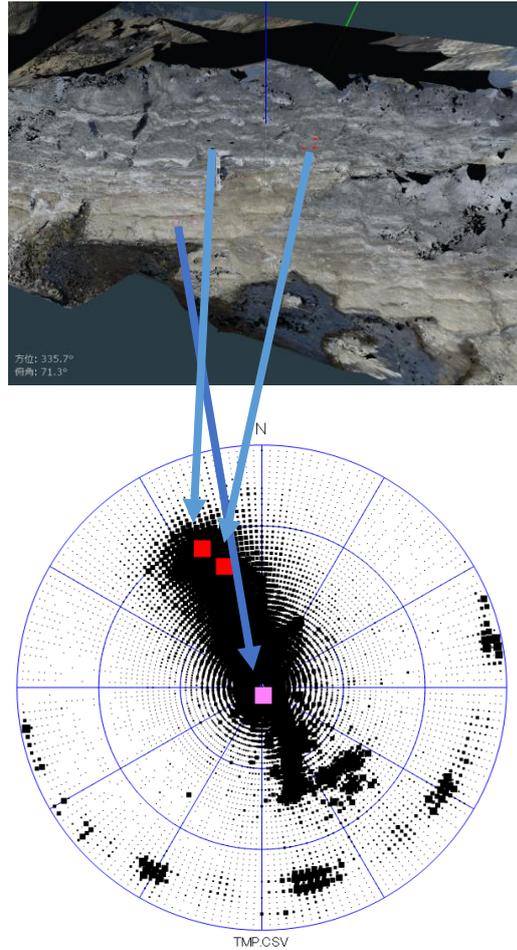
第11図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図

5.2 神奈川県三崎市荒磯海岸

三浦半島は、新生代新第三紀の火山性堆積物からなり、堆積構造が明瞭に観察できる。



第12図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図



第13図 三次元モデルと走向傾斜のシュミットネット図

今回対象とした露頭は幅5～10mで高さは3～5m程度であった。撮影には1箇所あたり5分程度の時間を要した。写真から三次元モデルを作成する時間は1箇所30分程度を要した。

6. まとめ

2ヶ所の現場を徒歩にて写真測量を行ったが、いずれの現場でも装備は軽量で作業の負担にはならなかった。露頭での作業は、スケッチを行う従来の踏査よりも短時間で完了した。三次元モデルができることで、層理面や亀裂面の走向傾斜は、室内作業で計測できる。

さらに多くの露頭にて本手法を検証し、割れ目解析や地山の安定性評価への応用法を見出すことが今後の課題である。

文 献

- 田中 龍児 (2016) 民生用デジタルカメラによる写真測量の高度化に関する研究、第一工業大学研究報告第28号 (2016) pp. 53-59
 藤井 幸泰 (2003) 三次元写真測量による数値地形モデルの作成法、深田地質研究所年報、No. 4, p. 89-97 (2003)