

SfM 法による花崗岩掘削実験供試体の表面形状計測

呉工業高等専門学校 学生会員 ○平本 晴也
呉工業高等専門学校 正会員 河村 進一
呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久

1. 目的

ステレオ写真の原理を用いて、デジタルカメラの画像から 3D モデルを作成することが可能になり、ドローンによる写真測量を使った ICT 土工が実用段階に入ってきている。この計測原理を用いて、土木構造物の表面形状を計測し、施工や維持管理を効率化する方法について検討する。本研究では、コンクリートまたは石造の構造物を対象として、2 台のカメラの設置方法や撮影距離とマーカーサイズの関係、撮影角度の許容範囲について検討する。

2. 3D モデルの作成方法

デジタル一眼レフカメラ Nikon D5300 を用いて、対象構造物の写真を撮影し、SfM 法による三次元形状復元ソフト Agisoft PhotoScan Professional v1.3 により、構造物の 3D モデルを作成する。PhotoScan では、カメラ位置の推定、点群作製、表面形状の 3D モデル作製を比較的簡単な手順で実行できる。図-1 は、円盤状の岩石供試体の底面にディスクグラインダで溝をつけたものを 2 台のカメラで撮影し、撮影された画像が図-2 である。図-3 は 2 枚の写真から作成した 3D モデル表面に写真の画像を貼り付けたテクスチャ表示とメッシュ表示したものを示している。図-2 の供試体の周りには、PhotoScan で自動検出可能なマーカーを配置して、その座標値を計測することで 3D モデルと現実の座標との対応が可能となる。

3. 撮影距離とマーカーサイズの検討

マーカーとは、ある対象物の 3D モデル作成する際にその対象物の周りに置く PhotoScan で自動検出可能な印のことで、検出したマーカーの座標値を予め計測して、その座標値を入力することで 3D モデルと現実の座標との対応が可能となる。写真上の共通点を PhotoScan の操作画面から設定することも可能であるが、一般的にマーカーを使用した方が 3D モデル作成の効率化を図

れる。写真の画像サイズに比べてマーカーが大きすぎるとモデル化可能な画像範囲が狭められ、マーカーが小さすぎると写真からマーカーを自動検出できなくなる可能性がある。直径 7cm のマーカーのサイズを 100%, 50%, 20% の 3 種類、距離を 1m~7m に変えてマーカーサイズの検討を行った結果を表-1 に示す。1~3m の撮影距離では 20% のマーカーと 3D モデルは認識可能であった。

4. 最適撮影角度の検討

本研究では、ステレオ写真の原理を用いているので、撮影する対象物から 2 台のカメラは平行に設置しておくのが一般的であり、PhotoScan のマニュアルでも 3D



図-1 マーカーとカメラの配置

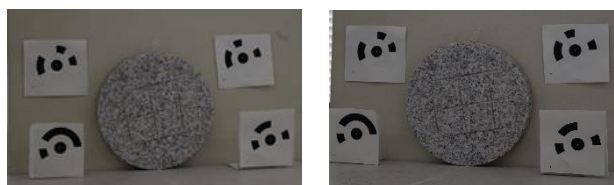


図-2 撮影した写真

キーワード：花崗岩，SfM，形状計測

連絡先：〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11 呉高専 環境都市工学分野 河村進一 s-kawamura@kure-nct.ac.jp

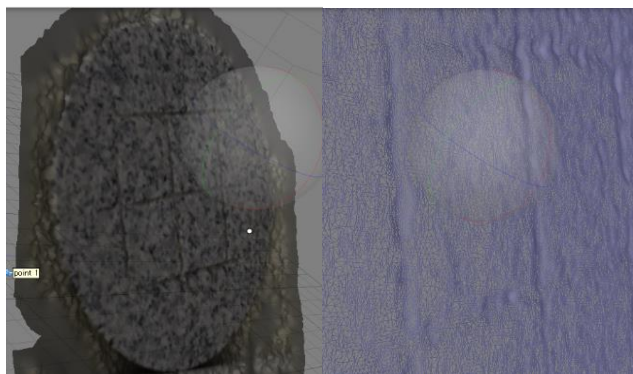


図-3 PhotoScan による 3D モデル

(左：テクスチャ表示，右：メッシュ表示)

モデル作成には撮影角度 10 度以下にするように推奨している。しかし、例えば、掘削機で岩盤を削っている様子をリアルタイムで撮影する場合、必ずしも正面から撮影を行える条件とは限らない。そのような場合のための撮影角度の許容範囲を検討しておく必要がある。また、同じ対象物を撮影した 2 枚の写真からモデル化する際に、撮影角度を大きくつけすぎると、対象物を同じものとして認識しないということなどの不具合が生じてしまう。よって、本実験において、最適な撮影角度の検討を行った。

5. 最適撮影角度の検討

本研究では、ステレオ写真の原理を用いているので、撮影する対象物から 2 台のカメラは平行に設置しておくのが一般的であり、PhotoScan のマニュアルでも 3D モデル作成には撮影角度 10 度以下にするように推奨している。しかし、例えば、掘削機で岩盤を削っている様子をリアルタイムで撮影する場合、必ずしも正面から撮影を行える条件とは限らない。そのような場合のための撮影角度の許容範囲を検討しておく必要がある。また、同じ対象物を撮影した 2 枚の写真からモデル化する際に、撮影角度を大きくつけすぎると、対象物を同じものとして認識しないということなどの不具合が生じてしまう。よって、本実験において、最適な撮影角度の検討を行った。

図-4,5 はディスクカッタービットを使った多段型掘削試験機で掘削した岩石供試体を 3D モデルで表したものである。結果は、図-4 より撮影角度 0 度、10 度の時では高密度点群表示で実際の対象物の掘削した溝の周囲の岩石の欠けやくぼみを鮮明に再現できており、十分な量の計測点確保できていた。図-5 より 20 度、30 度の時では全体的には図-4 と変わらないが、角度をつけたことにより溝の左側部分が死角となり作成した 3D

モデルに穴が開いていた。40 度からは撮影角度が大きすぎることで、2 枚の写真に写った供試体を Agisoft PhotoScan で同じものとして認識することができず写真のアライメントの精度が非常に悪い。50 度では、モデルの高密度クラウド処理を実行することもできなかった。結果の評価項目としては、アライメント・高密度クラウド表示・3D メッシュ表示を採用して行う。表-5 より、角度が大きくなっていくほどに各項目共に精度が下がっていることが確認でき、20 度からモデルに穴があり、掘削量を判定するうえで適切ではない。よって、撮影角度 10 度までが許容範囲内であるという結果が得られた。

6. まとめ

本研究を行っていくうえで、3D モデル作成の工程の効率化を図るため、PhotoScan で自動認識可能なマーカの適切なサイズについて検討する必要がある、その結果、撮影距離 1~3m で 20%のマーカまで認識可能であった。そして、その結果に基づき最適撮影角度の検討を行った。結果は、角度をつけるほどモデルの精度は落ち、2 台のカメラで表面形状を計測できている許容範囲は 10 度までであることが分かった。解決策としては撮影角度を 10 度以下になるように設置するかカメラを増やしてモデルの穴を補完できるような位置に設置することが必要であると考ええる。今後は、3 次元データから効率よくモデルを評価する方法を検討することや、点群のデータから効率よく表面を認識する方法を検討し、掘削量の判定をリアルタイムでおこなえるようにしたいと考えている。

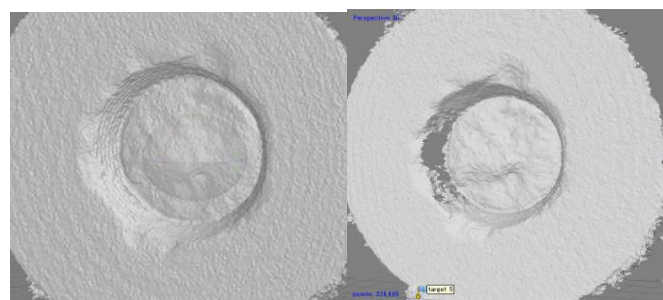


図-4 (左側) 撮影角度 10 度の 3D モデル
(高密度クラウド表示)

図-5 (右側) 撮影角度 20 度の 3D モデル
(高密度クラウド表示)