

第 III 部門

スマートフォンを用いた道路面上からの斜面計測と三次元モデル生成

京都大学工学部

学生員 ○西尾 美由莉

京都大学大学院工学研究科

正会員 木村 優介

京都大学大学院工学研究科

フェロー 木村 亮

1. 研究の背景と目的

現在、山間部の道路斜面における小規模な崩落地では、復旧工法の選定や構造物の設計にあたり、ポールや巻き尺を用いた簡易測量により現地地形図が作成されている。この測量では斜面に降りての作業が必要となるため安全性に欠け、人手と時間を要し、効率的な工法の選定・設計を進めることが難しい。比較的安価な機器を用いた道路面上からの撮影で写真測量を行い、必要十分な精度が確保できれば、崩落地の面的な状況が安全にかつ短時間に把握できるとともに、設計上重要な断面の特定を効率的に進めることも可能になる。山腹崩壊地におけるデジタルカメラを用いた地形計測として、斜面前方から撮影については検討されているものの¹⁾、斜面上側からの計測については明らかにされていない。そこで本研究では、簡易な計測機器としてスマートフォンのカメラとアプリケーションを使用し、必要な精度を保ちつつ簡易に行うことのできる測量方法の検討のため、仮想崩落地での計測を行った。

2. 計測概要

仮想崩落地は、京都大学桂キャンパス B クラスタ図書館横斜面(写真 1)を計測対象とし、斜面上辺方向 10 m、斜面方向 5 m を崩落箇所として想定した。まず斜面の撮影を行い、その写真を用いて SfM ソフトウェア(Pix4Dmapper)上で三次元モデルを生成した。そして、図のように斜面上に設置した対空標識の 1~5 に関して、トータルステーション(SOKKIA iM-107F)で計測した座標値と三次元モデル上での座標値を図に示した座標系で比較し、精度検証を行った。

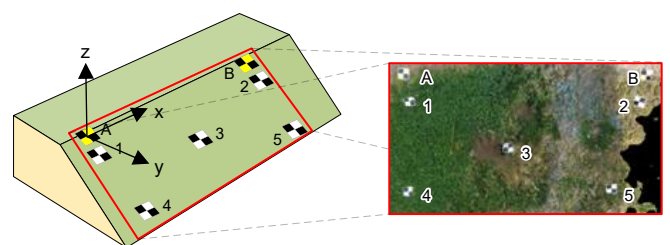
使用した撮影機器は iPhone 12 Pro で、撮影には Pix4Dcatch というアプリケーションを用いた。このアプリケーションによって、iPhone 12 Pro に搭載された移動量や回転角を検出する装置(慣性計測装置)、およびレーザーで被写体との距離を測る装置(LiDAR: Light

Detection and Ranging)を用いて、画像の位置情報や撮影方向の補正が可能になる。

図 2 に撮影パターンを示す。撮影には iPhone を取り付けることのできる全長 4.5 m のロッド(LUMICA Bi Rod 6C-4500)を使用し、ロッドを伸ばす方向を変えた 3 つのパターンを設定した。各パターンは対象範囲全体を撮影できるように、複数のカメラレンズの方向での撮影を組み合わせた。それぞれのパターンについて撮影は 2 回ずつ行った。



写真 1 計測対象斜面



計測範囲と対空標識

モデル生成例

図 1 対空標識の位置とモデル生成例

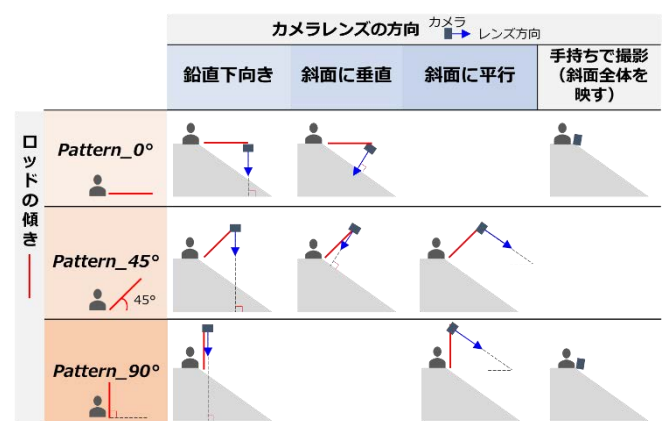


図 2 撮影パターン

3. 実験結果と考察

図3にモデル生成結果を示す。Pattern_0°については、高さ2mほどの高茎草本が存在した部分に欠損が生じた。原因として、撮影方向から見た草本の背面の地物について撮影することができず、情報の欠損が生じたことが考えられる。Pattern_45°については、大きな欠損および誤った位置での地面の生成がみられた。これは、カメラの角度調整の際に、固定が外れてロッドの軸を中心にカメラが回転したことで、画像の位置情報が正しく記録されなかったためと考えられる。Pattern_90°については、2回とも欠損なくモデル生成ができた。

各対空標識について、トータルステーションでの計測値と三次元モデル上での座標値の平方平均二乗誤差

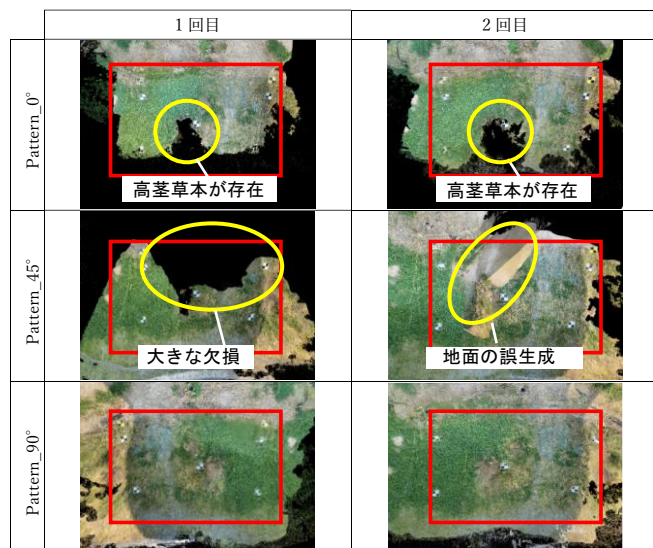


図3 モデル生成結果（赤枠は計測範囲）

表1 平方平均二乗誤差一覧
(Pattern_45° 1回目は対空標識の座標値取得に失敗)

撮影パタン	1回目	2回目
Pattern_0°	0.342 m	0.068 m
Pattern_45°	-	0.277 m
Pattern_90°	0.073 m	0.379 m

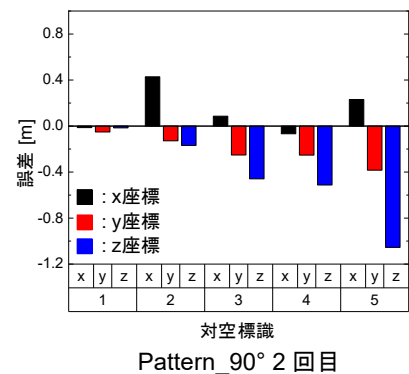
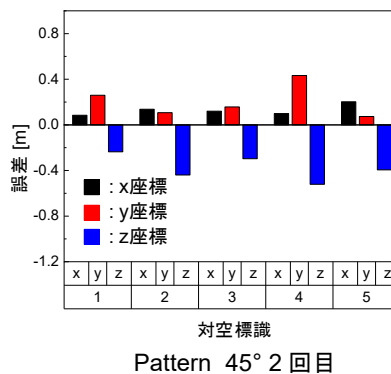
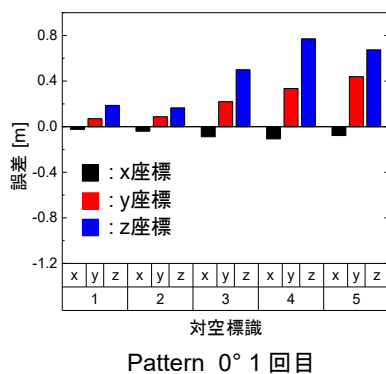


図4 座標軸ごとの誤差

を表1に示す。現在のポール等を用いた計測の想定誤差が0.1m程度であることを考慮すると、Pattern_0°の2回目とPattern_90°の1回目については、十分な精度が確保できているといえる。

図4に平方平均二乗誤差が0.1mを上回ったPattern_0°の1回目、Pattern_45°の2回目、Pattern_90°の2回目の座標軸ごとの誤差を示す。Pattern_0°の1回目でPattern_90°の2回目については、y, z軸方向の誤差が原点から離れるにつれて大きくなっている。これは、生成されたモデルのz軸の方向、もしくはyz平面内の長さに誤差が生じたためと考えられる。この誤差の低減のため、崩落現場の写真に写る範囲内で、以下のような補足的な計測を行い、それをもとにモデル生成後に座標変換を行うことが考えられる。鉛直に立てた棒を使用し鉛直軸の補正を行う／道路横断方向に任意の2点間の距離を測り長さの補正を行う。他方、Pattern_45°の2回目については誤差に明確な傾向が見られなかった。

4. 結論

ロッドを伸ばす方向を工夫することで、スマートフォンを用いた道路面上からの撮影のみでも周囲の植生に対応してモデルを生成することができた。精度に関しては、安定して必要な精度を確保するには至らなかったが、現地での補足的な作業のもと、モデル生成後に座標変換の処理を行うことで誤差を低減できる可能性が示された。

謝辞：実験場所の提供にあたり、桂キャンパス実証研究促進ファンドの支援を受けた。また研究実施にあたり昭和機械商事株式会社の協力を得た。ここに謝意を記す。

参考文献

- 1) 柴田健一，鈴木洋佑，今泉文寿，早川裕弐：デジタルカメラと簡易レーザー距離計による山腹崩壊地の計測手法，砂防学会誌，Vol.64, No.2, pp.27-30, 2011.