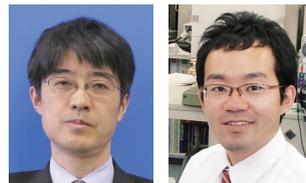


# 道路に近接した斜面の状態を地震後に早期に把握できる技術に関する研究

(研究期間：令和元年度～令和3年度)

社会資本マネジメント研究センター 熊本地震復旧対策研究室  
 室長 西田 秀明 主任研究官 宮原 史



(キーワード) 道路、斜面、状態把握

## 1. 背景と目的

平成28年熊本地震では、地盤変状の影響によって道路の機能に支障をきたす被害が発生し、その中には、急峻な斜面に近接するため調査や復旧に長時間を要した道路もあった(写真-1)。この教訓から、このような斜面沿いの道路において地震直後の通行可否や応急復旧の判断をできる限り速やかに行うためには、斜面に生じた変状の有無、範囲、程度を早期かつ面的に把握することが重要な要素の一つになると考えられる。

そこで当研究室では、近接が容易でない道路斜面の早期かつ面的な変状の把握に資する維持管理手法を提示するため、既存の技術を活用した変状把握の可能性や、維持管理に実装するにあたってデータの取得や取得した情報の解釈に際して考慮すべき事項等を検討している。本稿では、実装にあたって考慮すべき事項について、熊本地震の復旧現場での計測を踏まえて得られた知見を示す。



写真-1 急峻な斜面に近接する道路

## 2. 検討方法

### (1) 形状計測方法

本稿では、戸下大橋の下側斜面(写真-1右)で、復旧工事の進捗状況や植生の条件が異なる3月、8月、

11月の計3回の計測結果を示す。計測は、急峻な斜面の形状を近接せずとも面的に把握できる可能性がある技術として、UAV搭載型レーザスキャナ、地上レーザスキャナの2種類を用いて行った(写真-2)。

### (2) 計測結果の比較による検証方法

各技術で取得した3次元点群データを用いて、斜面の3次元形状を三角形の面で構成するTINモデルを作成した上で、計測時期や計測方法が異なる様々なケース間で点群とTINモデルの鉛直座標の差分(図-1)を算出して差分図を作図し、計測結果を比較した。比較は、復旧工事の施工による形状変化に加え、地形条件や表面性状が計測結果に与える影響を検証するため、図-2に示す4つの地点に着目して行った。本稿で検討結果を紹介する地点のうち地点2は3月から



写真-2 検討に用いた技術

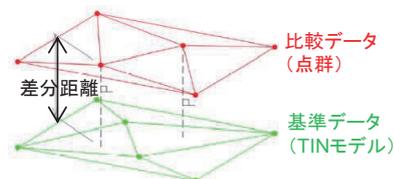


図-1 差分の算出イメージ

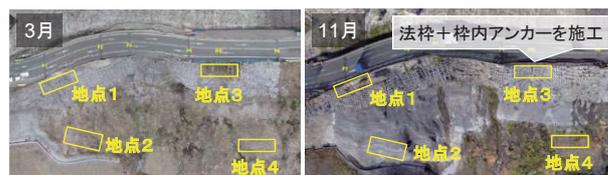


図-2 計測結果の比較における着目箇所

11月にかけてモルタル吹付が行われている一方、地点3は3月から8月にかけて法枠と枠内アンカーの施工が行われている。

### 3. 計測結果の比較による検証

#### (1) 基本計測精度の検証

図-3に、モルタル吹付後の11月の地点2における、地上レーザとUAVレーザの計測結果の差分図を示す。全面的に差分が0に近くっており、差分絶対値の平均も0.023mと小さい結果となった。形状が滑らかであり、かつ植生も少ない条件であれば、最小2cm程度の形状変化を把握できる可能性があると考えられる。

#### (2) 実装にあたって考慮すべき事項の検証

図-4に、地点3における法枠と枠内アンカー施工前後（3月と11月）のUAVレーザの計測結果の差分図を示す。3月と11月のいずれも地表点密度は全面的に100点/m<sup>2</sup>以上である。この図では、設計厚30cmの受圧板が施工された箇所が30cmの正の差分を表す赤色に着色されていることから、施工による面的な形状変化を把握できていることが分かる。

図-5に、地点3における、法枠と枠内アンカー施工後の11月の地上レーザとUAVレーザの計測結果の差分図を示す。地表点密度は、UAVレーザでは全面的に100点/m<sup>2</sup>以上である一方、地上レーザでは20点/m<sup>2</sup>と小さくなっている。

図-5から、差分が0に近い領域が多い一方、枠内の

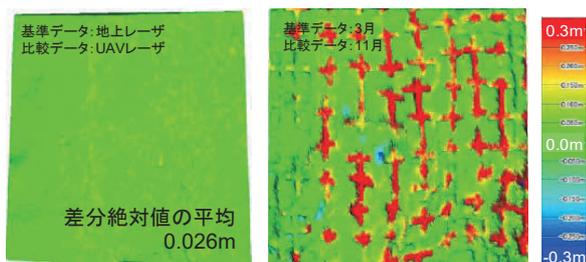


図-3 差分図(11月, 地点2, 地上レーザとUAVレーザの差)

図-4 差分図(地点3, UAVレーザ, 3月と11月の差)

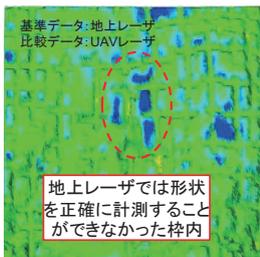


図-5 差分図(11月, 地点3, 地上レーザとUAVレーザの差)

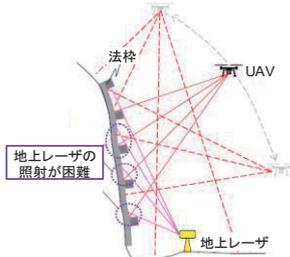


図-6 地上レーザの照射が困難となる条件の例

一部が30cmの負の差分を表す青色に着色されており、地上レーザがUAVレーザよりも斜面を凸状の形状として計測していることが分かる。これは、計測器の設置位置と計測対象の形状の関係から、地上レーザでは枠内の凹部の形状を正確に計測することができなかったことを意味している（図-6）。一方で、計測器の位置が移動するUAVレーザを用いた場合は地上レーザの場合に比べると凹部の形状を捉えることはできるものの、飛行ルートが計測精度に大きく影響を与えることが確認された。

一般に、地形や地物の位置、形状等の測量を行う場合には、国土地理院が制定しているマニュアルが参照されることが多いと想定される。しかし、以上の結果からは、道路斜面の維持管理を目的とする場合には、同マニュアルに従うだけでなく、要求される計測精度を確保するため、計測対象の形状や表面性状、現場条件も考慮した適切な計測方法で取得したデータを用いることを求める必要があるといえる。具体的な要求事項の一案として、計測対象の形状や表面性状に応じて要求される地表点密度を設定することが有効である可能性があることが確認された。

なお、本稿に示した地点以外の結果からは、特に急峻な箇所では、地形に起因し近接するデータの鉛直座標の変化が大きいため、今回採用した鉛直座標の差分を算出する方法では形状変化が把握し難い場合があることや、TINモデルの作成方法や植生のフィルタリング方法によっても算出結果が異なること等、データ処理上の課題も確認された。実装にあたっては、これらデータ処理の方法についても考慮する必要があり、今後の研究課題である。

### 4. 今後の研究の展望

斜面の表面性状により精度が大きく異なることを踏まえると、着目箇所精度検証し、その結果から精度の限界を踏まえた具体的な活用方法とともに、計測対象や現場条件に応じた計測方法設定の考え方、データ処理方法設定の考え方等を提示する必要がある。計測対象となる変状や要求精度の設定の考え方の検討にあたっては、土工構造物の性能発現メカニズムに関する検討とも整合させる必要がある。