

三次元砂防管内図に搭載する地上レーザを用いた現地調査手法の検討

株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○植野 惣
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 松尾 雅伸
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 堀 太成

1. はじめに

我が国では砂防事業が継続的に推進されており、数多くの砂防施設が整備されている。その中で、調査・設計・施工・維持管理に至るまで砂防事業プロセスの一連を長年にわたり推進しているため、砂防事務所には膨大な関連データが蓄積されている。加えて、インフラストックは年々増加しており、維持管理の対象は拡大の一途をたどっている。一方で、急速な人口減少と高齢化が進行しており、行政機関においても人材・財源の確保が困難となっている。このため、持続可能な砂防事業の推進にあたり、技術の高度化による作業の効率化、省力化が求められている。

このような現状を踏まえ、砂防事務所に蓄積された膨大なデータを一元的に管理・運用・活用することで、砂防事業の効率的かつ効果的な推進を図ることを目的に、過年度までに三次元砂防管内図の整備を行った。本投稿では三次元砂防管内図に砂防施設の現状データ（写真、点群）を搭載する際のデータ取得方法、今後の展望について述べる。

2. 現地調査の課題

三次元砂防管内図へ搭載する砂防施設の情報取得にあたり、過年度までの調査では、LeicaBLK360 を用いて点群データと全天球画像を同時に取得している。これにより、施設損傷状況や樹種、周辺崩壊地の状況確認等、多くの情報を取得できるメリットがある。その一方で、計測時には5mピッチで三脚の据付を行う必要がある他、砂防現場特有の高所・傾斜地での据付の際には安全確保が必要となる。

そのため、作業の効率化、安全確保の観点から、上記以外の計測技術の汎用性を検討する必要がある。

3. 現地実証試験方法

調査に用いる機器は、調達の容易性、機器の重量、データ整理の容易性の観点から、以下の3つの機材を選定した。これに、過年度まで使用してきた LeicaBLK360 を含め、4種類の機材について検討を行った。

3.1 LeicaBLK360

LeicaBLK360 で計測したデータは、PC上で撮影時点の施設周辺の現場状況のパノラマビューを生成するため、品質の高いデータの蓄積が可能である。一方、現場では三脚を据付けて5m程度の密な間隔で点群・全天球画像の取得作業が必要となる。このため、砂防堰堤のような平坦な現場の場合は機器の据付が可能であるが、斜面对策工では作業者の安全確保の面から現場での安全帯・ロープの使用等、作業実施の面で危険を伴う場合が多い。



図-1 LeicaBLK360 と調査状況

3.2 THETA X

THETA X は、小型で撮影解像度が高く容易に入手可能な機材であるが、点群取得機能を有していない。撮影画像をフォトグラメトリソフトに読み込ませることで三次元点群の取得は可能であるが、生成された点群はLiDARに比べてノイズ点が多いことから、対象物の形状によっては処理ができず形状の把握が困難となることがある。



図-2 THETA X と調査状況

3.3 iPad Pro・iPhone Pro

iPad・iPhoneに搭載されたLiDARセンサーを利用することで、測量用の地上レーザスキャナよりも手軽に現場の三次元データを取得可能である。iPad・iPhone LiDARの使用には、3Dスキャンと計測後の点群データを合成するための専用アプリのインストールが必要である。データの合成はクラウドを使用せずiPad・iPhone内部で処理を行うため、携帯電波の届かない山間部でもその場で合成状況の確認を行うことが可能である。



図-3 iPad Pro・iPhone Pro と調査状況

3.4 Lixel L2Pro

Lixel L2Proは本体重量1.0kg~1.7kgであり、ハンディ型の取り回しの良さに加え、次世代リアルタイムSLAM技術で撮影することから、高精度(±2cm)の点群データを生成する機材である。歩いて撮影するだけで最大周囲300mの環境をスキャンすることが可能である。

点群の合成にはガウシアンブラッキング技術(図-5点群データ参考)を用いているため、生成されるデータは高精度・高画質の3D空間となる。



図-4 Lixel L2Pro と調査状況

L2Proが妥当であると考えられる(表-1)。さらに、Lixel L2Proによる計測データは過年度までに整備を行った三次元砂防管内図へ搭載可能であるため、今までと同じ操作で高精度のデータを確認することが可能となる。

今回計測されたデータは高精度・高画質の3D空間となるため、土石流シミュレーションの重ね合わせや対策効果の可視化にも活用可能である。この技術を用いることで、今後の住民との合意形成、行政マネジメントの更なる円滑化・効率化に繋げることができると期待される。



図-5 Lixel L2Proによる取得データ

4. 調査方法比較結果、今後の展望

選定した4機種による現地計測の結果、作業効率・作業時の安全確保に加え、取得データの精度より、Lixel

表-1 調査方法比較

計測方式 製品(メーカー)	地上レーザスキャナ方式 Leica BLK360G2 (Leica Geosystems)	全天球画像取得カメラ方式 THETA X (RICOH)	iPad/iPhone LiDAR方式 iPad Pro・iPhone Pro(Apple) ※LiDARスキャナ対応モデルに限る	LiDAR SLAM方式 Lixel L2Pro (XGRIDS)
機材写真 作業状況				
取得データ	点群 ○ 画像 ○ : 全天球画像	○ : 全天球画像・動画	○	○ 3DGS技術により、点群でありながら写実的な表現を実現
画像計測精度	画素数 3,350万画素(合成後) ○ 撮影範囲 360° 全周囲 ○	最大6,000万画素 ◎ 360° 全周囲 ○	LiDARは点群の取得のみ。 ※iPad・iPhoneで通常のカメラ撮影は可能。 ○	4,800万画素×2カメラ ○ 360° 全周囲 ○
点群計測精度	取得方式 LiDAR方式 測定精度 ±4mm(10m時) ◎ 点群密度 680,000点/秒または80,000点/m ² (2m離れた対象物) ◎ 計測範囲 約0.5m~45m(機器据付地点からの仕様上の距離) ○	フォトグラメトリ方式(写真点群) △ ±数cm~10cm程度 △ 10,000点/m ² (2m離れた対象物) ○ 約0.4m~20m(高所ロードを併用) ○	LiDAR方式 △ ±数cm~10cm程度 △ 数万点/秒または10,000点/m ² (2m離れた対象物) ○ 約0.2m~5m ○	LiDAR方式 ○ ±10mm ○ 1,000,000点/m ² ◎ 0.5m~120.0m ○
現場適応性	三脚が設置可能な据付場所から高さ10m程度以内の構造物・傾斜地	45度以下の昇降可能な傾斜地	45度以下の昇降可能な傾斜地、高さ5m以内の構造物・傾斜地	歩行可能範囲で適用可能
計測方法	・三脚の頂部に精密な計測機材を取り付けた状態で運搬・計測する。三脚は斜面勾配45度まで据付けが可能。 ・作業実施時に両手が塞がれるため、傾斜地での作業時には、ロープ・安全帯による安全確保、補助員による三脚の転倒防止が必要。 ・点群精度を確保するため、5m程度に1か所の据え付けが必要。	・ヘルメットに装着した計測機材を用いて歩行し、計測ポイントで停止して撮影する。 ・歩行中は両手を塞ぐことなく斜面の昇降作業が可能であるが、作業員の安全確保の観点から、45度程度の斜面勾配まで適用可能である。 ・計測地点毎の画像を接合する仕組みではなく、定点での撮影を目的とした機器であるため、特に計測する密度の制約はない。	・首掛け式のタブレットを用いて歩行しながら計測する。 ・歩行中は両手を塞ぐことなく斜面の昇降作業が可能であるが、作業員の安全確保の観点から、45度程度の斜面勾配まで適用可能である。 ・リアルタイムで計測点群を接合する仕組みであるため、対象形状によってはゆっくりと歩行もしくは停止しながらの計測が必要。また計測距離が長くなると合成誤差が生じる。	・ハンディスキャナ(LixelL2Pro)を用いて歩行しながら計測する。 ・歩行中は片手が塞がることとなるため、作業員の安全確保の観点から、作業員と補助員の2人体制で計測を行うことが望ましい。 ・バックパックモジュールや延長ポールなどのアクセサリを併用すれば1人で安全に調査実施可能 ・UAVにも装着できるため、歩行可能範囲外においても測定可能。
調査時の作業人員(計測コスト)	傾斜地での作業は三脚の足場を固定する作業員、タブレットを操作する作業員の2名が必要である。 △	タブレットを操作する作業員1名が最低必要である。 △	タブレットを操作する作業員1名が最低必要である。 ○	計測機を操作する作業員1名が最低必要である。 ○
操作性	メーカーの専用アプリをタブレット(iPad等)で操作、三脚据え付けが必要 △	メーカーの専用アプリをタブレット(iPad等)で操作 ○	iPad・iPhone本体の計測アプリや3Dスキャンアプリで操作 ○	メーカーの専用アプリをスマートフォンで操作 ○
計測速度	1回のスキャンで 約 60 秒 △	1回の撮影で 約 10 秒 ○	連続計測 ◎	連続計測 ◎
現地計測(10m ² 程度)	外業 約 10 分 △	約 3 分 ◎	約 4 分 ○	約30秒 ◎
データ処理	内業 約 15 分 △	約 9 分 ○	約 4 分 ◎	約 10 分 ○
合計作業時間	約 25 分 △	約 12 分 ○	約 8 分 ◎	約 10 分 ○