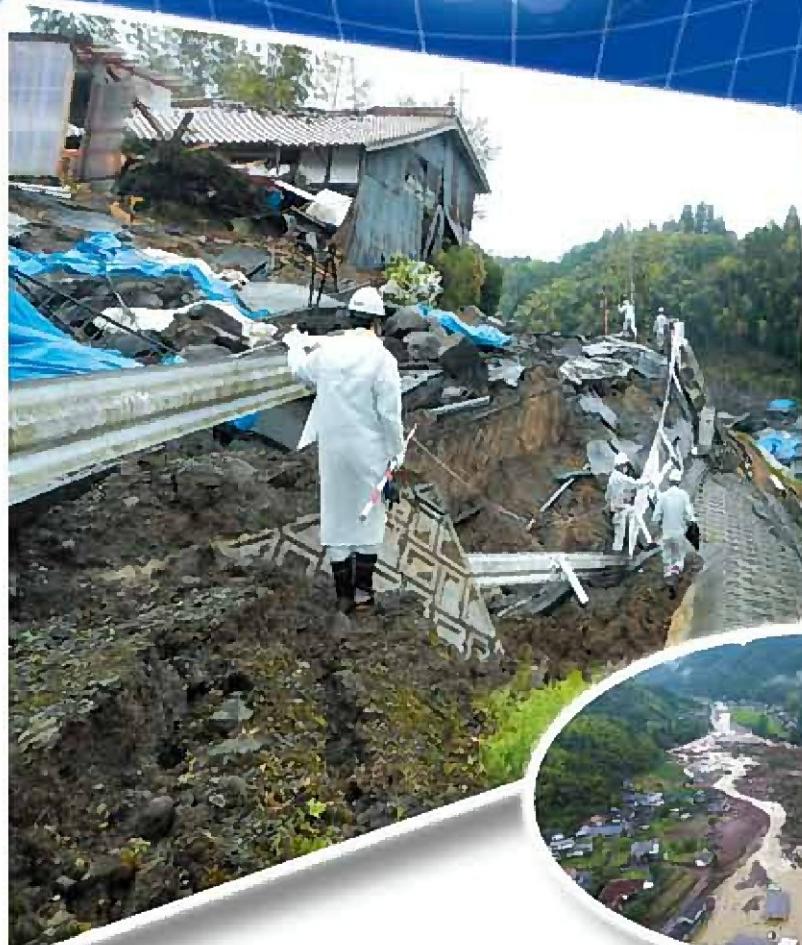


第14回 技術発表会 論文集



2018.11.13 (火)
ホテル熊本テルサ



文化財保存における3次元レーザースキャナーの有効活用と課題

株式会社有明測量開発社 測量1部文化財調査G 島浦健生

近年、めざましく普及する地形や画像のデジタル化の流れは、文化財調査の実測においても例外ではなく、2次元の図面を基本としてデジタル方式が取り入れられるようになった。さらに、現在では3次元による計測が可能となり、3次元レーザー測量・写真測量共に様々な場所で利活用されるようになってきている。

今回は、平成28年の熊本地震の後、益城町より平成29年度布田川断層帶3次元計測調査業務を受託し、3次元レーザースキャナーの活用とそれに伴い発生した課題、その改善策等検討した事案を報告する。

キーワード：3次元レーザースキャナー、デジタル写真、3次元モデル

1. はじめに

熊本地震で地表に表れた断層のうち図-1で示した3か所の地区が平成28・29年に益城町指定文化財に指定された。その後、学術上価値が高く、地震の被害を将来に伝える災害遺構としても貴重であることから平成30年2月に国の天然記念物に指定された。

今回の計測は、国の天然記念物となり、今後保存・整備を行って行く上で、消失してしまう情報の記録保存及び今後の整備における3次元モデルの活用を目的として、熊本地震で隆起した益城町内杉堂地区・谷川地区の2カ所の断層及びその周辺について3次元計測を行うものであった。



図-1 天然記念物指定断層位置図

2. 3次元レーザースキャナーによる計測と課題

(1) 3次元レーザースキャナーの特性

3次元レーザースキャナーは対象物にレーザーを照射し、大量の座標を持つ点群データを短時間に計測が可能である。また、点群には色を持たせることでリアルな3次元画像を表現できる。

設置方法はトータルステーションと同様で器械点と後視点の座標を規準とする。また、立体構造物を対象とする場合は周囲の4方向に観測点が設けられ、編集時における合成のために同一の観測点を計測する必要がある。

今回使用した当社所有の3次元レーザースキャナーは、表-1で示したGLS-1500(TOPCON)である。

表-1 TOPCON GLS-1500 主な仕様



型式	GLS-1500
測距方式	パルス方式
測定距離	反射強度90% 330m 反射強度18% 150m
距離精度	4mm(δ)/1~150m
角度精度	6"
スキャンスピード	30,000点/秒
計測密度	最大1mm/20m
測定範囲	鉛直 ±35°(最大) 水平 360°(最大)
レーザークラス	クラス1(JIS C6802)

(2) 計測箇所

図-2は、共役断層の模式図である。共役断層とは地殻に水平方向の同じ力（圧縮又は引っ張り）が働いたとき、互いに90度程度斜交した断層面が形成され、ずれの向きが逆向きになる断層の組である。対象地の1つである谷川地区は、この共役断層が同一の土地範囲内に露出している全国的に見ても珍しい場所である。

今回の計測箇所は、図-3で位置を示した断層と傾いた家屋及び納屋を主として行った。

対象面積は1690m²、そのうち家屋及び納屋は約378m²である。本体断層は、延長約34m、幅約1mを測り、共役断層は、延長約46m、幅約1.5mを測る。

(3) 計測上の課題

図-4を1例として示しているが、断層・家屋共に凹凸が激しく1方向からのみの計測だと死角になり情報の不足する部分が多くなる。一度で広範囲の計測を行っても細部を測ることが出来ず、詳細な計測を行う為レーザースキャナーの設置箇所が増え多くの時間を要した。

また、機械よりも上にある屋根（特に棟の部分）等をレーザースキャナーで計測するためには足場を組むなど仮設費の計上が余儀なくされ、調査期間の長期化及びコスト増が課題となつた。

費用と期間を抑えつつ計測予定箇所の点群を補完するため、次章で述べる作業を対策として検討し、実行した。

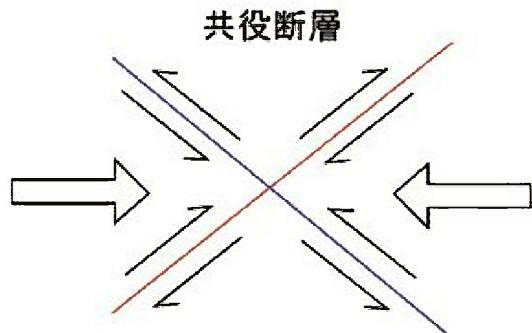


図-2 共役断層模式図



図-3 谷川地区 断層位置図

3. デジタル写真の活用による点群の補完と工数削減対策

(1) 対策

今回使用したレーザースキャナーでは色情報付きの点群が毎秒3万点取得できるが、断層等凹凸が激しく詳細な情報を必要とする部分をトレースできる密度まで高めるためにはレーザースキャナーの設置箇所を密にしなければならない。

レーザースキャナーは範囲・密度によっても変るが、1か所の計測に約30分を要する。このため、レーザースキャナーの点群とデジタル写真データを組み合わせることで工数削減を図った。

家屋の詳細な計測で多くの時間を取られたため、それ以外の凹凸の少ない土地範囲内の平面形状及び高い位置にある計測の難しいものに関しては、①ドローンを使用しての写真測量を行い3次元デジタルデータ化した。そのデータを点群化したものをレーザースキャナーで計測した点群と併せることで不足部分を補った。

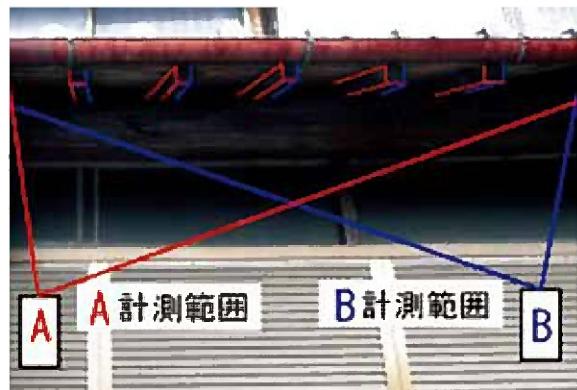


図-4 軒下計測範囲模式図

また、断層等詳細なトレースを行う部分に関しては、②デジタルカメラによる写真測量を別途行い3次元データよりオルソ画像を作成し作業を行った。②の作業は①の作業と違い限定された部分での作業であったため、レーザースキャナーによる計測作業と並行して行うことができた。しかし、種別の違う方法を用いたため精度管理の面でいくつかの対策を行うこととなった。

(2) 精度管理

計測作業の精度は6mm以内との指定があったためこれに準じた精度で計測を行うために以下の方法で精度管理を行った。

3Dレーザースキャナーを使用して計測は、4点～5点の基準点を使用することで誤差3mm以内の精度を確保して測量を行った。

ドローンを使用した写真測量は、8点の基準点を使用し25mの高度から撮影を行ったが精度が誤差の大きいところで5cmと非常に悪い結果となり、再度計測を行った。2度目は、基準点の数は同じく8点としたが計測の高度を15mと低くし、写真の枚数を増やすことにより歪みの減少を測ることによる精度の確保を試みた。これにより、誤差約5mm以内の精度の確保に成功した。

デジタルカメラを使用した写真測量は、断層の細かい凹凸の計測を主としての計測であったため、基準となる点を1つの断層につき約25点（約2mに1点）とし、1～1.5mの高さから撮影した結果誤差5mm以内の精度を確保できた。

これにより図-6で示すように、測量での精度を確保した上で作業工程を短縮することができた。

4. 文化財における3次元モデルの活用

図-7のように、3次元モデルを作成することにより測量段階での情報を形状化し視覚的に確認することが出来る。

対象物によっては、変状や損傷なども確認出来るため、修復の原資料として生かすことも可能である。

作成した3次元モデルからは任意の位置で図-8・図-9のような立面や断面の図化が可能となり、必要な部分のみ測量を行い図面を作成していた文化財の従来の測量作業と比べ応用の幅は広くなる。

計画数量			
種別	計測範囲	精度	工数
3Dレーザースキャナーによる計測	全域	6mm未満	20日

実施数量			
種別	計測範囲	精度	工数
3Dレーザースキャナーによる計測	構造物及び断層	3mm以内	13日
ドローンによる写真測量	全体平面	5mm以内	2日
デジタルカメラによる写真測量	断層部分のみ	5mm以内	1日
			計 16日

機械の仕様上の精度が基準値以上
工夫による精度確保

工夫による精度確保

図-5 数量比較表



図-6 3次元モデル



図-7 立面オルソ画像 1



図-8 立面オルソ画像 2

6. おわりに

今回の業務では、3次元レーザー測量の点群をドローン及びデジタルカメラでの写測量真から作成した点群で補い、精度を確保した上で現場工数の削減を行うことができた。

文化財で行う測量は、基本的に 消失する情報を記録により保存することを目的として行っている。今までではフィルム写真による色の情報と手書き図面による位置の情報を個別に記録してきた。現在は写真図面共にデジタル化に移行しつつあり、3次元情報の取得を目的とした依頼も増えてきている。3次元モデルの活用により前記した2つの情報の記録を1度に高精度で行うことを業務提案できるよう技術を習得し研鑽していきたい。

参考文献

- 1) 布田川・日奈久断層帶の活断層図「阿蘇」「熊本改訂版」 国土地理院
- 2) 米村 大, 3次元レーザーを活用した文化財の実測 第9回 技術発表会, 2011.
- 3) 大和 宏明, 3次元レーザースキャナーとデジタル写真を活用した文化財の実測, 第10回 技術発表会 2011.

(2018.9.14提出)