

土工事のUAV写真測量による起工測量・出来形計測の実践

株式会社 パスコ 正会員 ○宮辻和宏, 五十嵐善一, 間野耕司, 非会員 堺浩一, 斉藤健志, 森島章仁
松塚建設株式会社 非会員 今西裕昭

1. 背景・目的

国土交通省では、ICT 技術を導入し、建設全体の生産性向上を図る i-Construction を進めている。その取り組みの一つに、土工事における UAV 写真測量を用いた起工測量と出来形計測への適用がある。UAV 写真測量は、機材を安価に導入でき、更に Structure from Motion (SfM) ソフトを用いて容易に 3 次元形状を復元できる為、測量を担当できる人材を増やし生産性向上に寄与できると考える。しかし現状は、測量のノウハウを有する人材でなければ、要求精度を確保した写真測量を簡単に行うことが難しく、現場状況に合わせた計測計画、測量知識に基づく写真撮影とデータ処理が必要となる。本稿は、UAV 写真測量による起工測量と出来形計測の実践から得られた精度確保の留意点と、作業効率化の為にパスコで構築したシステムを紹介する。

2. 実施場所

実施場所は、奈良県五條市清水地区の土工事現場である。この地区は平成 23 年台風 12 号の土砂災害により斜面崩落が発生した山間部にあり、災害復旧工事として河川護岸設置と道路建設が進められている。南北に 170m、東西に約 125m の現場であり、高低差約 80m の急斜面が隣接する切土盛土区間の多い現場である。

3. UAV 写真測量によるデータ取得

本現場では、2016 年 8 月に起工測量、2017 年 5 月に中間現況計測、2017 年 11 月に出来形計測を実施した。このデータ取得では、「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 29 年 3 月」と「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 29 年 3 月」に基づき、UAV 写真撮影と標定点・検証点の計測を実施した。その要求精度は 0.05m と設定した。この UAV 写真撮影では、地上画素寸法 0.01m 以下、写真重複度を進行方向 90%、コース間 70% の撮影コースを計画した。その際、高低差のある地形で 0.01m の地上画素寸法を確保する為に、飛行方向は斜面沿いを基本とし、地形に合わせてコースごとで撮影高度を設定した（図 1）。さらに高低差が大きい地形において SfM ソフトによる処理時の画像マッチングポイント数を確保する為に、斜め撮影のコースを追加した。標定点と検証点は、計測日ごとに設置し、その位置座標を計測した。事前検証として、短い計測時間で基準点測量ができるネットワーク型 RTK-GNSS 測量（VRS）と工事用基準点の座標成果を比較した結果、計測毎に 0.03m から 0.05m 程度の較差を確認した。そこで 0.05m の位置精度を確実に確保する為に、VRS は使用せず、トータルステーションを用いて、常に同じ 2 点の工事用基準点から標定点・検証点を計測した。

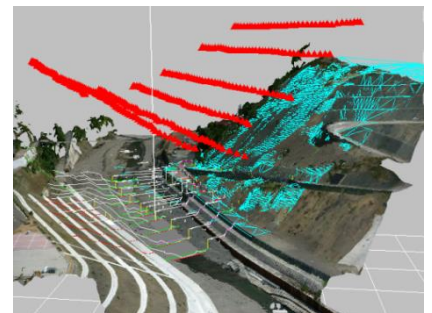


図 1 段撮による撮影位置の表示

4. 3 次元形状の復元と精度管理

3 次元形状の復元は、SfM ソフトウェアである Street Factory（AIRBUS 社製）を用いた。本対象地区は、急崖な谷地形であり、一部に白いコンクリートの護岸被覆が存在する。谷地形は斜面による影領域が発生しやすい為、写真の特徴点抽出が難しくなり、復元した 3 次元形状の精度が低下しやすい。また、晴天時に白いコンクリートを撮影したカメラ画像で 3 次元形状を復元した場合、コンクリート部の画像がほとんど同色を示す為正常な画像マッチングができず、多くの異常点が発生する。その為、東向き斜面を午前、西向き斜面を午後に撮影し、影領域の軽減

キーワード i-Construction, 起工測量, 出来形計測, UAV, SfM, 3 次元データ

連絡先 〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8F 株式会社パスコ Tel06-6630-1935

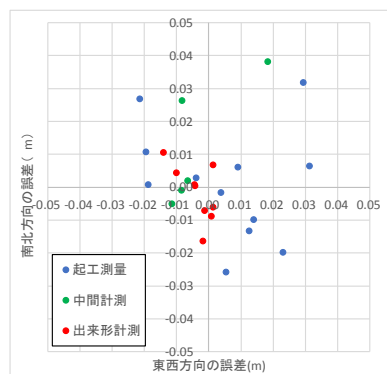


図2 平面位置誤差

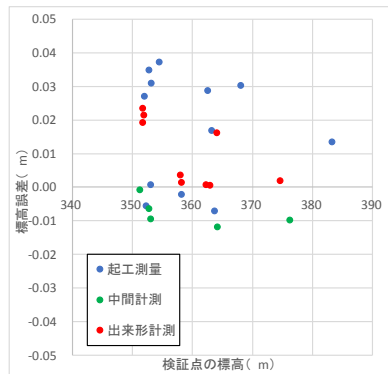


図3 標高誤差

表1 検証点での精度検証結果

	起工測量	中間計測	出来形計測
検証点数	12	5	9
最大較差 (m)	0.031	0.018	-0.014
平均較差 (m)	0.005	-0.003	-0.004
標準偏差 (m)	0.018	0.012	0.005
平均二乗誤差 (m)	0.019	0.013	0.007
検証点数	12	5	9
最大較差 (m)	0.032	0.038	-0.016
平均較差 (m)	0.001	0.012	-0.002
標準偏差 (m)	0.017	0.019	0.009
平均二乗誤差 (m)	0.017	0.023	0.009
検証点数	12	5	9
最大較差 (m)	0.037	-0.012	0.024
平均較差 (m)	0.017	-0.008	0.010
標準偏差 (m)	0.017	0.004	0.010
平均二乗誤差 (m)	0.024	0.010	0.014

を図った。影領域を少なくし、日向領域との色ムラを少なくしたカメラ画像を用いて3次元形状を復元することで、精度低下や異常点の軽減を図った。

こうして復元した3次元データと検証点の位置座標を比較した。その結果を表1、平面位置誤差分布を図2に、検証点の標高と標高誤差分布を図3にそれぞれ示す。表1から全計測で0.05mの位置精度が確保できていること、図2と図3から計測日ごとに系統的な誤差がほとんど無く良好な成果を得られたことが確認できた。

5. 出来形管理・検査確認と効率化を目指したシステム構築

パスコでは、i-Constructionの現場業務支援システムとして、PADMS i-Conを開発した。開発コンセプトは、土量計算や出来形確認(図4)および電子納品成果の作成支援だけでなく、発注者の立会時や検査時に、施工者が設計データや計測結果の確認を迅速に行えるシステム環境の提供である。

これまで、施工者は設計図と現況地形の違いを確認する為に、複数の図面を比較・確認する必要があったが、PADMS i-Conでは標準断面、3次元設計データ、及び出来形計測時の点群データを同一画面上で重ね合わせて表示することができる(図5)。これらのデータを簡単な操作により任意の視点や断面表示から簡単に表示できる為、設計の不具合や2次元の出来形ヒートマップ表示だけでは把握できない詳細状況を視覚的にわかりやすく把握できる。検証点の状況等も視覚的にわかりやすく確認することができる(図6)。出来形管理においては、発注者や施工者は精度管理表の数値だけでは、誤差要因を把握することが難しいが、今回の出来形検査業務では、実測の測量成果を取込み、様々な形式の3次元データと重ねて表示することで、計測時の現場の状況を再現した。これにより、短時間でデータの確認と精度確保の証明ができたことで、円滑な検査作業に寄与することができたと考える。

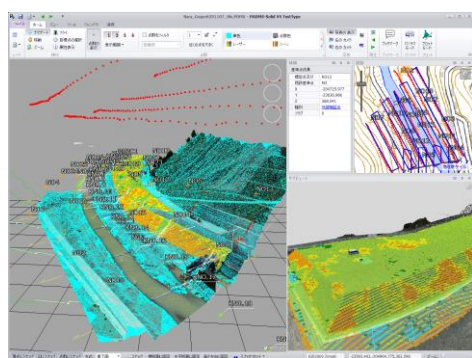


図4 PADMS i-Con 3次元表示画面



図5 PADMS i-Con 断面表示

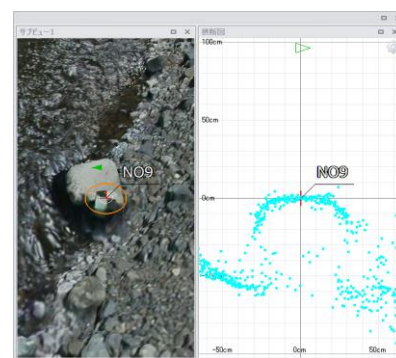


図6 検証点の画面確認

7. まとめ

本稿は、UAV写真測量による起工測量から出来形計測までの実践から得られた精度確保の為の留意点と、作業効率化の為に構築したシステムを紹介した。今後はこの実践で得られた知見をUAVに関するスクール等の講習会を通じて広めるとともに、構築したシステム等を提供することで、生産性向上に寄与していきたいと考える。最後に、この実践は、国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所の工事業務で実施させて頂いた。感謝の意を表す。