

UAVを用いた写真測量における生産性向上事例

(株)大林組 正会員 西 彰一 正会員 ○星野 拓馬
正会員 杉浦 伸哉

1. はじめに

本工事は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋地震により被害を受けた岩手県山田町の復興事業である(図-1)。切土約300万m³及び盛土約60万m³場外への搬出土量が240万m³の土工事が計画されていた。土工の出来形管理上、高い精度で迅速に土測量成果を把握することが求められていた。

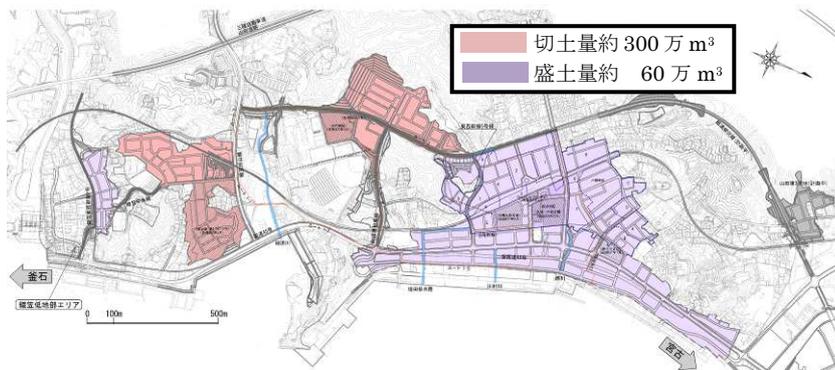


図-1 山田町震災復興事業概要図

2. 大規模土工事における出来形管理の課題と改善策

土工事の月々の出来形管理は、方眼測量により土量を算出することで行われている。方眼測量は、重機の稼働中実施するのは危険であること及び測量中に土量の変化がないようにするため、休工日に行われることも多い。そのため、職員の休日出勤など負担が大きい。また、施工面積の広い現場では測量作業やデータ整理に時間と労力がかかることが課題である。このような点から建設業界の長期的な人手不足を考慮すると、方眼測量は現場への負担が大きく、情報化や機械化により省力化を図り生産性を向上させることが求められている。

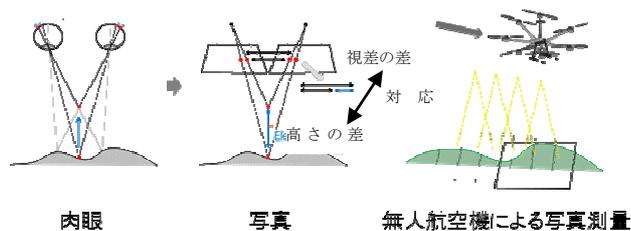


図-2 三次元情報取得原理

UAV(無人航空機)による写真測量では、搭載したデジタルカメラで連続写真を撮影する。個々の写真の視差から高さを算出し、対象物の位置や形状を3次元情報として取得する(図-2)。

さらに、GCPと呼ばれるX、Y、Zの座標値を持つ既知点を現場に設置し、補正することで3次元情報の精度を高める(図-3)。UAVを使用した写真測量で土量を計測し、出来形管理をすることにより、作業時間の短縮、作業人員の縮小が可能になり、負担軽減になると考えた。しかし、UAVによる写真測量は土工事の出来形管理をするのに必要な精度を確保する手法が確立されていないのが現状である。そこで、UAVを用いた写真測量と方眼測量の結果を比較、検証し、精度を確保するのに必要な手法を確立した。



図-3 GCP

3. UAVを用いた写真測量の成果

UAVを使用した写真測量は、事前に座標値を持たせたGCPを配置し、UAVの飛行ルートを決め、飛行させて写真を撮影する。撮影した写真をもとに、解析ソフトにより座標値を求め土量を算出する。UAVによる写真測量を実施すると同時に、方眼測量を行い、それぞれの方法で算出した土量を比較することにより、精度を検証した。精度を検証するにあたり、20m毎に設置するメッシュ点での高さについて平均誤差±10cm、最大誤差±50cmを基準値として設定した。検証の結果として以下のことが確認できた。

表-1 切土量比較

| | 切土量(m ³) |
|------|----------------------|
| 方眼測量 | 54,300 |
| UAV | 53,900 |
| 差 | 400 |

(1) 切土量の精度

検証を1か月間隔で行い切土量を算出し比較を行うと、切土量の誤差は1%以下

キーワード 震災復興事業, UAV, 方眼測量, ICT

連絡先 〒980-0001 仙台市青葉区上杉1-6-11 日本生命仙台勾当台ビル (株)大林組東北支店 TEL:022-267-8541

という結果が得られた(表-1)。また、UAV測量の結果が方眼測量の結果と比較して約 8.6cm 高い傾向が確認できた。

(2) 高度による精度の差

UAVが飛行する高度を変えることで、写真の撮影枚数および飛行時間に影響がある。飛行高度を高くすると、飛行時間は短くなり、バッテリーの消費を抑えることができ、撮影する写真の枚数が削減できるのでデータ処理の時間を短縮することができる。一方、高度を高くすると、写真の枚数が少なくなり、精度への影響が懸念された。そこで、飛行高度を 60m 及び 100m の 2 通りで精度を比較した。その結果、平均誤差が±10cm 以内に収まる箇所の割合は、飛行高度 60m の場合は全体の約 76%であり、飛行高度 100m では約 68%である。飛行高度が低い方が精度は高くなるが、何れにおいても平均誤差の基準値を満たしており、最大誤差についても基準値を満たしている(表-2)。このことから、高度による有意な差はないと考えられる。

表-2 測量記録比較表

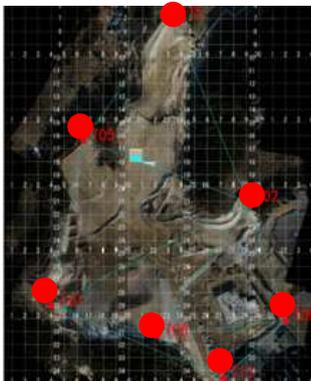
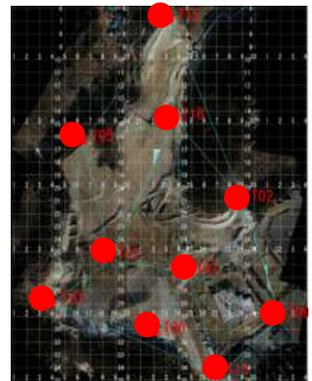
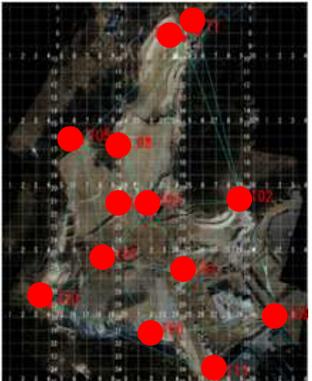
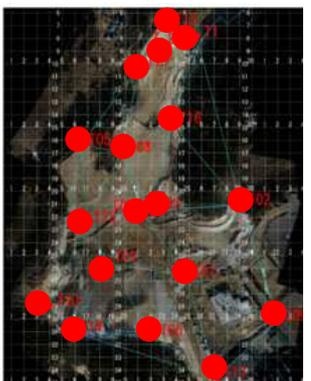
2016/2/13撮影データ

| 比較対象 | 比較点数(個) | | | | 平均誤差 (cm) | 最大誤差(cm) | | ±10cm以内の 点の割合(%) |
|--------------|---------|---------|---------------|--------|-----------|----------|------|------------------|
| | 対象数 | ±10cm以内 | 10cm以上-50cm以内 | 50cm以上 | | -値最大 | +値最大 | |
| UAV60m - 実測 | 121 | 92 | 29 | 0 | 5.8 | -12.2 | 39.1 | 76.0 |
| UAV100m - 実測 | 121 | 82 | 39 | 0 | 8.6 | -12.9 | 46.1 | 67.8 |

(3) GCPの数と精度の関係

UAVを用いた写真測量では、現地の座標を持つGCPにより補正することで精度を確保するため、GCPを適切に配置することが重要となる。従来の知見から、カメラの光軸が撮影する地面に対して、鉛直で写真の撮影ができない箇所は、写真測量の特性上、精度を確保しづらく、特に 25%勾配以上の斜面部で誤差が生じやすい傾向が確認できた。検討の結果、GCPを約 150m 間隔及び 25%勾配以上になる箇所では約 100m 毎に合計 18個配置することで基準値とする平均誤差±10cm及び最大誤差±50cm 以内の条件を満たすことを確認できた(表-3)。

表-3 GCPの配置と精度の関係

| 外周部のみ 7 個 | 約 200m 間隔 10 個 | 約 150m 間隔 13 個 | 約 150m 間隔+斜面部 18 個 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|  |  |  |  | |
| 比較対象 | 平均誤差 (cm) | 最大誤差 (cm) | | ±10cm 以内の 点の割合 (%) |
| (7 点) - 実測 | 13.0 | -16.4 | +49.5 | 33.9 |
| (10 点) - 実測 | 12.7 | -14.4 | +50.9 | 45.5 |
| (13 点) - 実測 | 9.1 | -19.0 | +50.6 | 55.4 |
| (18 点) - 実測 | 8.6 | -12.9 | +46.1 | 67.8 |

4. あとがき

本現場の事例では、従来の方眼測量で、準備工 1 日、計測作業 3 日、データ整理 3 日の計 7 日要していたのに対し、UAVを用いた写真測量では、準備工 1 日、撮影作業約 4 時間、解析時間 3 日の計 5 日となり約 3 割の時間短縮が可能となった。

UAVを用いた写真測量は土工事の出来形管理に必要な精度が確保できる手法であり、かつ、時間、コストを縮減することができる。今後は、電波障害のある場所、架空線のある場所及び人通りのある場所で適用が可能か検証を進め、適用範囲を広げていくことが求められる。