

ドローンによる空撮測量の精度検証と施工管理への適用

鹿島建設(株) 正会員 ○松永たかこ
 鹿島建設(株) 正会員 加藤 康生

1. はじめに

大規模造成工事では施工計画等の作成や、切盛土工事の進捗管理のために地形測量を行うことが不可欠である。一般的には光波測量機や GNSS 測量機を使用して行うが、測量作業に時間を要するうえ、安全上の観点から重機稼働中は測量作業をすることができない。しかし、土量バランスを考慮した運土や土配計画を管理していくためには、日々の切盛土工量をリアルタイムに把握することが重要となる。一方で高精度な測量が可能な 3D レーザー測量が普及しているが、コスト面や現地での作業時間の制約などの課題がある。そこで、最近急速に普及が進んでいるドローン (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) を使用した高精度な空撮測量を開発し、稼働中の大規模造成工事に適用した。3D レーザー測量との精度比較において良好な結果が得られ、測量や土量管理等の施工管理業務の大幅な省力化ができたのでここに報告する。

2. ドローンによる空撮測量の手順

本工事において実施した空撮測量の手順は以下のとおりである (図-1)。

①基準点の設置

空撮を行う範囲内で地形変更を伴わない位置に基準点 (ターゲット) を複数箇所に設置する (写真-1)。別途、地上測量で基準点の座標を測量する。なお、2 回目以降の撮影も同じ基準点を使用するため、この作業は最初の 1 回だけで良い。

②ドローンによる空撮

ドローンにより対象エリアの空撮を行う。この際、準備工で設置した基準点 (ターゲット) が写るように撮影する。

③データ処理

空撮により得られた写真データを画像処理ソフトで合成し 3 次元データ化する。この 3 次元データを CAD ソフトで読み込むことで現地地形平面図、縦横断面図の作成や土量計算による工事の進捗管理を行う。

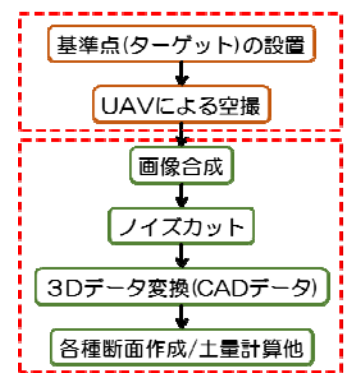


図-1 空撮測量の手順



写真-1 基準点(ターゲット)

3. 開発の経緯

空撮測量の精度は、撮影カメラ・ドローン機種・使用する画像処理ソフトの組み合わせによって大きく異なる。当初、小型でかつ広角撮影が可能なカメラを使用した。測量誤差は 10cm 以上となり、最も大きいところでは 80cm 程度となった。この原因としては、広角レンズによる撮影は広い範囲を撮影できるが、写真端部の歪みが強く、写真を合成・解析した際に補正しきれなかったことが考えられた。

そこで画素数が高く標準レンズを装着した一眼レフタイプのカメラを使用した。これに合わせてドローン機種も一眼レフカメラが搭載可能な 6 翼タイプに変更した (写真-2)。また、画像処理ソフトについても数種類を試行し最適な組み合わせを検討した。



写真-2 使用したドローン機体

4. 精度の検証

精度検証は同一の約 2ha の範囲で空撮測量および 3D レーザー測量を実施し、その結果を比較した。

キーワード ドローン, 空撮測量, 精度検証

連絡先 〒330-0844 埼玉県さいたま市大宮区下町二丁目 1 番地 1 鹿島建設(株)関東支店土木部 TEL048-658-7800

3D レーザー測量は、高精度の地形測量が可能で3次元図面を出力できるため、これを基準として精度の検証を行った。また、同じ範囲で光波測量による地形測量（20m 間隔の断面測量）を実施し、その結果についても比較した。

3D レーザー測量と空撮測量（図-2）では、得られた 28 万点に及ぶ地形データ群（点群）での比較を行った。光波測量との精度の比較としては、光波測量と同位置の断面図を 3D レーザー測量のアウトプットから作成し、それぞれの誤差を比較した。これは点群データで約 1 万 9000 点での比較となった。

図-3 には、各測量方法により得られた断面図を重ね合わせたものを示す。3D レーザー測量と空撮測量については、ほぼ合致していることが分かる。一方で、光波測量は、目視により判断される地形の変化点でしか測量できていないため、特に測点間では誤差が大きくなった。

図-4に、3D レーザー測量に対する空撮測量および光波測量の誤差分布を示す。空撮測量の結果は 90%以上が $\pm 6\text{cm}$ の範囲となり、99%が $\pm 10\text{cm}$ の範囲となった。これに対して、光波測量による誤差は約 93%が $\pm 10\text{cm}$ であった。この結果から、切盛土工事における測量として、ドローンによる空撮測量は従来行われてきた光波測量より高精度な結果が得られることがわかり、十分に施工管理に適用可能と言える。

5. 施工管理への適用実績

鹿島ではこの測量技術を稼働中の大規模造成工事に適用し、下記の目的で使用した。

①地形測量

得られた地形図を基に土地利用計画（切盛計画）や仮設道路計画を作成した。

②土量計算

現況地形と計画データを重ね合わせ切盛土工事

の進捗を把握し、土配計画の修正や土量バランスの調整を実施した。

現地での作業は空撮のみなので、重機の稼働を止める必要もなく、短時間で広範囲の測量が可能となった。また、重機稼働中の人力作業も不要となったため安全性の向上にもつながった。

今回適用した空撮測量と、3D レーザー測量および光波測量で約 2ha の敷地を対象とした所要時間と概算費用の比較を表-1 に示す。ドローンによる空撮測量は、光波測量と比べると 1/5 程度のコストでより高精度の測量を行うことができた。

6. おわりに

大規模造成工事においてドローンによる空撮測量が精度や効率性で高い効果が得られることを確認した。今後はターゲット間隔や飛行高度、画像処理時の写真のラップ率など測量精度に関わるパラメータの検証を行い、より効率的な測量技術を検討する。

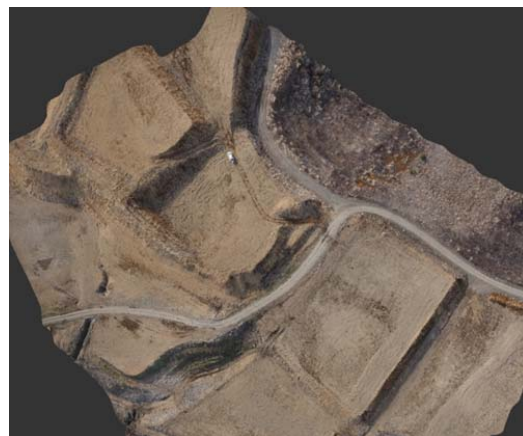


図-2 空撮測量による点群データ

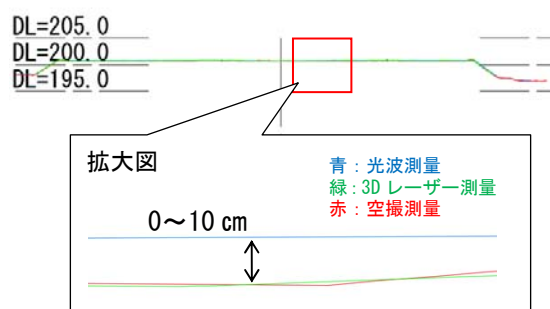


図-3 測量により得られた断面図の比較

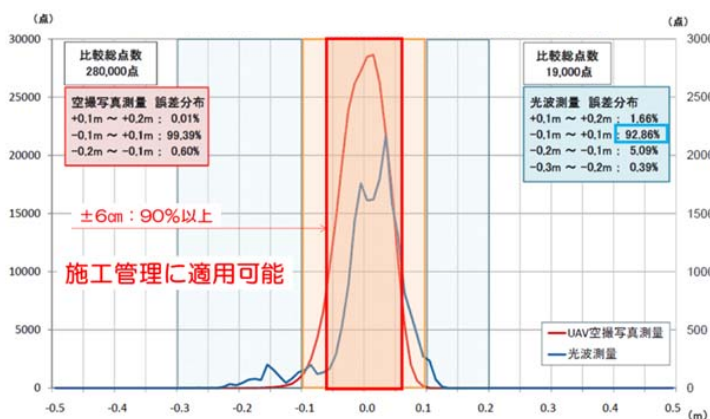


図-4 測量誤差の分布

表-1 測量に要する日数・費用の比較

測量方法	測量面積	測量日数	成果品作成日数	概算費用 空撮測量を1.0とした場合
空撮測量	約 2ha (平坦)	1 時間	1 人工 (1 日)	1.0
3D レーザー測量		1 日	2 人工 (2 日)	4.0
光波測量		3 日	10 人工 (5 日)	5.6