

土工管理に UAV を活用する場合の効果的な運用方法について

安藤ハザマ 正会員○早川健太郎 正会員 黒台昌弘
正会員 武石 学 正会員 澤 正樹
正会員 足立有史 正会員 木付拓磨

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction の目的は、ICT の全面的な活用をもって生産性の向上と魅力ある建設現場を目指すことである。それを実現するために 15 の基準類が整備されており、そのうち、UAV に関しては出来形管理に関するものが公開されている。ところで、土工事の施工管理には、盛土などの品質と形状（出来形）で管理するものや施工の進捗を数量（出来高）で管理するものがある。前述の基準では前者に相当するものが詳細に定められているが、後者については精度確認方法の規定にとどまっている。

そこで、当社では、日々の施工管理においてタイムリーな情報が必要となる「出来高管理」に着目し、UAV を活用する場合の効果的な運用方法について検討したので、本稿にて報告する。

2. 実験で使用した機器

表-1 使用した機器とパラメータ

機器		地上分解能40mm	地上分解能10mm
		Inspire1	QZ730
カメラ	カメラ	ZENMUSE X3	α 6000
	レンズ	20mm固定焦点	16mm固定焦点
	飛行高度	対地75m	対地50m
パラメータ	飛行速度	4.6m/s	3.5m/s
	オーバーラップ	90%	90%
	サイドラップ	60%	60%
	シャッタースピード	1/1250	1/1250
	ISO	100	200
	絞り値	2.8	5.6
	インターバル	2秒	2秒

表-1 に実験で使用した機器と撮影時のパラメータを示す。これらを変更することで地上分解能(Ground Sampled Distance、以下 GSD)を可変とし、GSD が 40mm と 10mm の 2 ケースで 3D モデリングを行った。なお、撮影した写真から 3D 点群データを作成し比較するために PhotoScan(Agisoft 社製)、TREND-POINT(福井コンピュータ社製)を用いた。

3. 実験概要と手順

本実験は大規模造成工事ヤードの一角(約 450m×220m 高低差 30m)にて実施した(図-1)。この実験ヤードを表-1 の 2 ケースの GSD で空撮して 3D モデリングを行い、測定精度と作業時間を比較した。実験の手順を以下に示す。

①標定点と検証点の設置：A3 サイズの標定点と検証点を実験ヤードに設置し、3D モデリングの精度確認に利用した。どちらの実験ケースでも標定点 11 点、検証点 6 点(図-1,2)である。

②標定点と検証点の座標取得：TS 測量により実験ヤードに設置した標定点と検証点の XYZ 座標を測量した。

③UAV による 3D モデリング：事前にオーバーラップ、サイドラップ、飛行高度、飛行速度、飛行ルートを求め、UAV の自動航行により直下写真を撮影した。GSD 40mm の場合は実験ヤード全体を 2.5 往復(図-1)して撮影したが、GSD 10mm の場合は 5.5 往復(図-2)が必要であった。

④ 3D モデリング結果の比較検討：撮影した写真を PhotoScan で解析し 3D 点群データ(図-3)を作成して、両者の比較検討を行った。

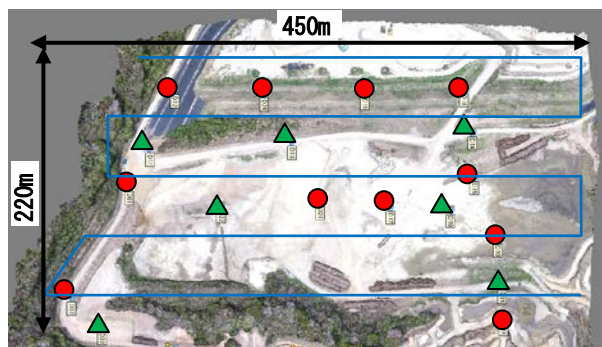


図-1 GSD 40mm の空撮範囲

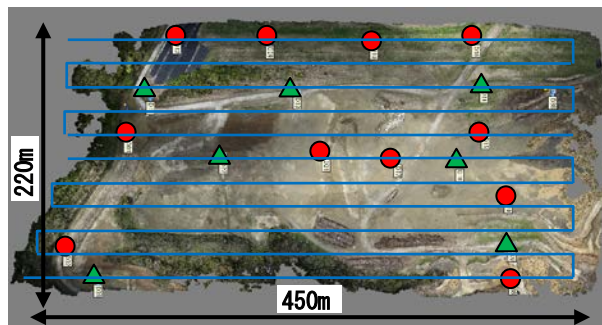


図-2 GSD10mm の空撮範囲

● 標定点 ▲ 検証点 — 飛行ルート

キーワード i-Construction, UAV, 3D 点群データ, 出来形管理, 土量管理, 精度検証

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 先端・環境研究部 TEL 029-858-8815

4. 結果

表-2 TS 測量と 3D モデリングの測定精度

1)測定精度の比較

	TS測量との座標較差(検証点)					
	X SD(mm)	Y SD(mm)	Z SD(mm)	X MAX(mm)	Y MAX(mm)	Z MAX(mm)
GSD 40mm	22	21	41	56	54	93
GSD 10mm	19	36	17	35	61	32

2 ケースの方法により得られた

3D モデルに含まれる検証点の精度

を表-2 に示す。i-Construction 基準では起工測量では $\pm 100\text{mm}$ 、出来形測量では $\pm 50\text{mm}$ 以内の精度を必要としており、GSD10mm は出来形測量基準を概ね満足している。これに対して GSD40mm は TS との最大較差が Z 座標で 93mm であり起工測量の基準を満たしている。

国土交通省が導入している空中写真測量を用いた出来形管理要領(H28.3)によると、部分払い用出来高(土量)計測で、算出値を 100%計上しない場合は、検証点の精度は $\pm 200\text{mm}$ 以内であればよいとされている。この基準と本実験の GSD40mm を比較すると、Z 座標の最大較差が 93mm と要求精度の半分以下となっている。このことから、GSD40mm での測定精度は土量の出来高管理に十分活用できると考える。



図-3 3D モデリングで得られた点群データの例

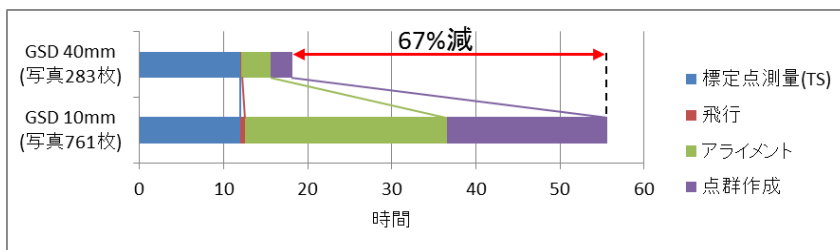


図-4 2 ケースの GSD での作業時間比較

2) 作業時間の比較

2 ケースの GSD による作業時間を図-4 に示す。現地での作業時間(飛行)を比較する。GSD 10mm の場合 UAV の飛行時間は 36 分であるのに対し、GSD 40mm の場合は 9 分と 1/4 の飛行時間で作業が終了した。空撮写真の解析時間については、GSD 10mm の場合は、空撮写真のアライメントと 3D 点群データ作成を合わせて約 43 時間要するのに対して、GSD 40mm の場合はおよそ 1/7 の約 6 時間となった。

このようになった理由としては次のようなことが考えられる。写真の GSD を粗く設定すると UAV の飛行高度が高くなるため、撮影範囲が広がるとともに UAV の飛行速度が速くなる。結果として UAV の飛行時間が短くなることに加えて、空撮写真枚数が減ることで解析時間が削減される。

今回の実験では、GSD 40mm の写真を用いて 3D モデリングを行うことは、GSD 10mm と比較して約 67%の作業時間を削減できることが明らかとなった。

5. まとめ

以上のような実験結果をもとに、土工管理に UAV を活用する場合の効果的な運用方法をまとめると、図-5 に示す模式図となる。GSD を 40mm とすることで 3D モデリングの精度は落ちるが、より広い範囲を短い時間で解析することができる。これを定常的に実施される土量管理に適用することで、作業時間が削減され情報をタイムリーに得ることができるだけでなく、出来高管理に必要な土量の計測頻度を増やすことが可能になる。このように、土工管理を出来形管理と出来高(土量)管理に区別して考え、それぞれに適した UAV の運用を上手く使い分けることで、土工管理全体の生産性を上げられると考える。

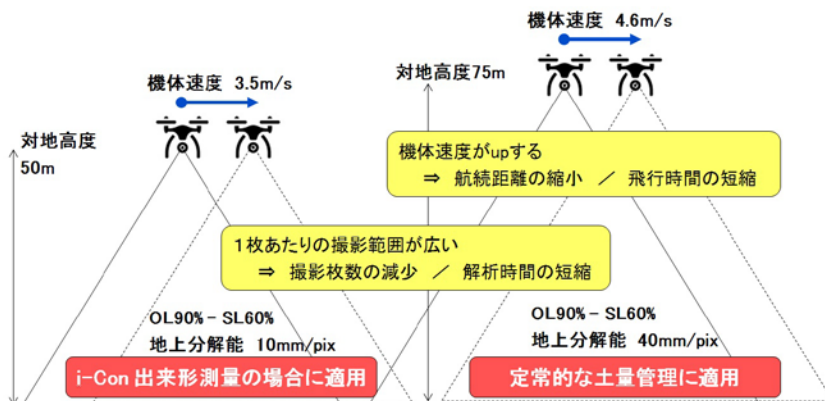


図-5 土工管理における用途別の UAV 飛行方法