

切土法面の 3D モデルを生成する場合の UAV 飛行上の留意点

安藤ハザマ 正会員○黒台昌弘 正会員 早川健太郎
 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 には 15 の要領基準類が整備されており、このうち UAV 画像から作成した 3D 点群データを用いる出来形管理要領には、主に河川堤防等の盛土構造物を対象にした作業プロセスや精度管理基準が示されているものと理解している。多くの道路工事や敷地造成工事では切土・盛土・平地が出現し、起伏に富んだ地形の中で工事を進めるが、こういった地形において UAV の飛行高度に留意せず撮影を行うと、取得された画像の地上分解能(Ground Sample Distance : 以下 GSD という)がばらつき、このことが最終成果物である 3D モデルの精度に影響を及ぼす可能性が考えられる。

そこで、本稿では、実工事における切土法面を対象として、UAV 飛行時の対地高度や画像の GSD を地形形状に応じて可変とする実験を実施し、その結果を考察して飛行上の留意点を整理したので以下に報告する。

2. 実験内容

1) 実験エリアの概要

切土法面を含む実験エリアとして、図-1(1)(2)の 2 か所を選定した。図-1(1)はすり鉢状の地形の一部分であり、狭い領域の中で高低差を有する地形となっている。GSD を一定にして飛行させる場合、地形の起伏変化に合わせて高度を変化させなければならないため、正確な飛行計画と高度な飛行技術が必要となる。図-1(2)は整地が完了した平坦面に隣接して比高約 30m の切土法面が 2 つ存在しているエリアである。UAV は平坦面から切土法面に向けて横方向に移動し、GSD を変化させないために法面では対地高度を一定に保ちながら上昇する方式をとる。

2) 使用機材

それぞれの実験で使用した UAV を図-2 に示す。バッテリーで駆動するロータータイプの UAV を採用した。使用したカメラは SONY α 6000 で、GSD の大きさに合わせて焦点距離の異なるレンズを装着している。

3) 実験ケース

図-3 および表-1 に示すように、実験エリア 1, 2 に相当する実験ケース 1, 2 を設定した。標定点と検証点の配置は図-1(1)(2)に示すとおりである。標高が最高となる法面上段と最低となる法面下段に加えて、法面中段にも設置している。
 ①ケース 1 : 本ケースでは、あえて地形に関わらず飛行高度を一定にして飛行させ、GSD が一定でないことのモデリングへの影響を確認することとした。法面中段を GSD 設定基

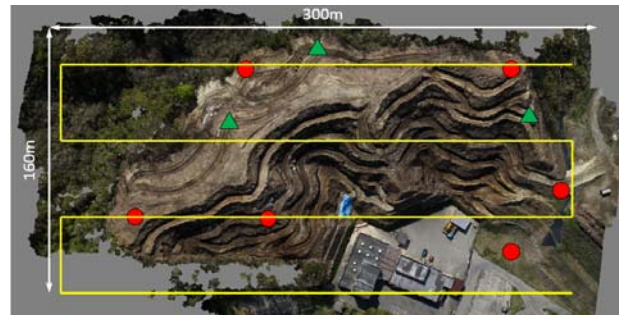


図-1(1) 実験エリア 1

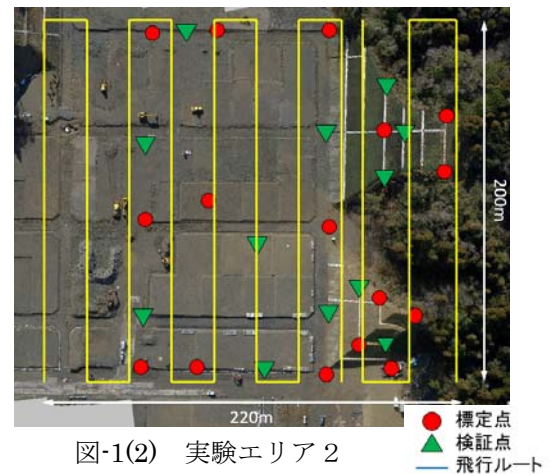


図-1(2) 実験エリア 2

● 標定点
 ▲ 検証点
 — 飛行ルート



(1)実験ケース 1(実験エリア 1) (2)実験ケース 2(実験エリア 2)
 図-2 実験に用いた UAV 機体

キーワード i-Construction, UAV, 3D モデル, 切土工事, 飛行上の留意点

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

準面とし、ここを GSD=20mm とし飛行計画を立てた。したがって、法面最上段では対地高度 60m、GSD=17mm、法面最下段では対地高度 100m、GSD=24mm となる。

②ケース2：地表面と UAV との距離、すなわち、対地高度を一定に保ち、実験エリア全体を同一の GSD にて撮影する飛行計画とした。標高が最低となる平坦面を GSD 設定基準面とし、実験エリア全体で GSD=10mm となるよう飛行させた。平坦面から切土法面での撮影に移行すると、UAV の飛行高度は徐々に上昇することとなる。

3. 実験結果

2つの実験において撮影した写真から SFM 手法を用いて作成した 3D モデルの一部分を図-4(1)(2)に示す。樹木や周辺部分を除き、地形を再現できていることが明瞭に見て取れる。そこで、この 3D モデルから標定点における座標を抽出し、事前に実施した TS 測量による結果と対比した。

①ケース1：GSD が 17~24mm の範囲にある複数の写真を用いて生成された 3D モデルについて、検証点座標の較差は表-2 に示すように、標準偏差で X,Y,Z 座標ともに 50mm 以下となっているが、最大較差は Y,Z 座標で 100mm を超える結果となっている。i-Construction 基準が GSD=10mm の時に起工測量で±100mm 以下、出来形測量で±50mm 以下となっており、高低差に富む地形であっても、GSD=20mm 前後の範囲において飛行させることで、起工測量の精度を概ね満足できている。

②ケース2：対地高度を一定に保持し、実験エリア全体で GSD=10mm となるよう飛行させた結果、検証点での較差は、平均値と標準偏差で X,Y,Z 座標ともに 10mm 以下となり高精度にモデリングできていることが分かる。また、最大較差でも X,Y,Z 座標で 50mm を下回り、i-Construction 基準を十分満足していることが分かる。

4. まとめ

本稿では、切土法面を含むエリアでの実験を通じて、UAV 写真から 3D モデルを精度よく作成する場合の、現地での UAV 飛行方法や地上分解能(GSD)の設定の考え方を整理した(図-3)。GSD を計測エリア内で一定にして 3D モデリングすると規定の精度が確保できることを明確にするとともに、起伏や高低差といった地形の特徴と UAV 飛行上の制約から GSD を一定にできない場合でも、GSD の設定基準面を法面の中段に配置するなどの柔軟な考え方を導入することで、所定の精度が実現できることを示した。今後は、どのような地形であっても安定して高精度な 3D モデリングが実施できる手法を検討していきたい。

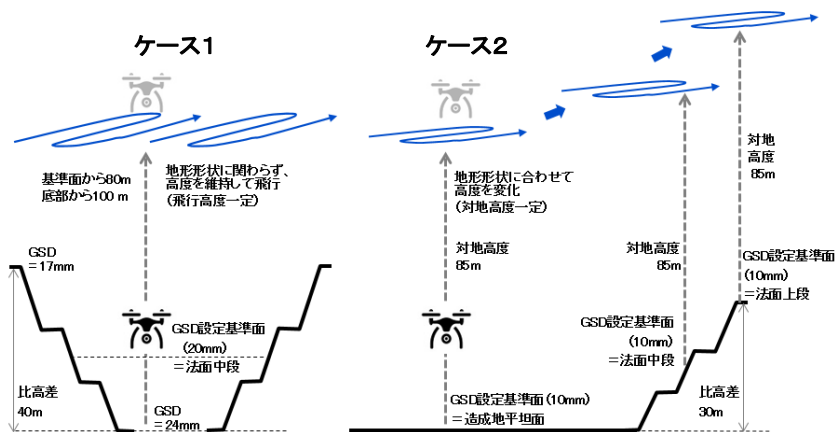


図-3 実験ケース別の飛行手順

表-1 実験ケースの諸元

		ケース1	ケース2
実験諸元	UAV機体	QZ730(エンルート)	M600(DJI)
	カメラレンズ	SONY α6000(16mm)	SONY α6000(35mm)
	シャッタースピード/ISO/絞り	1/1250 / 200 / 5.6	1/1250 / 100 / 5.6
	撮影インターバル	2 sec	2 sec
	OL/SL	90 / 60	90 / 60
	飛行高度	GSD設定基準面から80m 高度変化なし	GSD設定基準面から85m 地形形状に合わせて可変
	地上分解能(GSD)	20 mm	10 mm

表-2 実験結果

		ケース1			ケース2		
精度		X	Y	H	X	Y	H
	平均値(mm)	-9	-39	-83	1	-1	2
	標準偏差(mm)	15	49	39	8	4	8
	最大較差(mm)	30	108	130	25	10	20
	標定点数/検証点数	6 / 3			16 / 12		

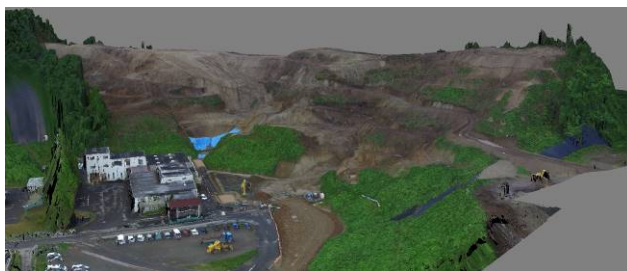


図-4(1) 実験ケース1の3Dモデル



図-4(2) 実験ケース2の3Dモデル