

i-Construction の全面活用に向けた UAV 写真測量精度の考察

日本国土開発(株) 正会員 ○佐野 健彦
日本国土開発(株) 佐藤 裕
日本国土開発(株) 正会員 中村 裕希

1. はじめに

2016 年度から導入を目指している i-Construction¹⁾は、建設現場の生産性向上に向けて、測量・設計から施工、さらには管理に至るまでの全プロセスにおいて、情報化を前提としたシステムであり、土工事における生産性を 5 割向上する目的で導入される。i-Construction の考え方に沿った土工事への全面活用に関しては、すでに佐野ら²⁾によって大規模造成工事現場を対象として全プロセスを一気通貫で実施した実績について、有効性およびその可能性は報告されている。i-Construction の全面活用においては、無人飛行機 Unmanned Aerial Vehicle(UAV)による出来形検査の精度が重要である。2016 年 3 月末時点において、出来形検査を実施する際の撮影高度や撮影方法などを明記した手引き書やガイドラインなどの基準は整備されていない。本稿では、UAV の撮影高度の違いによる写真測量の精度検証結果について報告するとともに最適な撮影高度に関して考察する。

2. UAV 写真測量による精度検証の概要

UAV 写真測量の撮影高度による測量精度の違いを検証するため、撮影高度は 50m および 80m とした。写真測量の対象は、延長 325m、平均幅 45m、平均高さ 8m の盛土構造物とし、撮影対象エリアは 1.2ha であった。精度検証は、UAV 写真測量によって得られた 3 次元点群データと盛土の管理断面に設置した 118 点の地上測量における結果との差分を求めて比較した。

(1) 使用した 3 次元計測技術とその特徴

UAV 写真測量は、3D マップ上で現地状況などを踏まえて飛行計画を作成し、その計画に基づいて現地で飛行させデジタル写真を撮影する。撮影されたデジタル写真は、画像処理を経て、図-1 に示すオルソモザイク写真および DSM に変換される。この処理において 3 次元点群データを取得出来る。写真測量に用いた UAV およびデジタルカメラの諸元を表-1 に示す。それぞれの

表-1 写真測量に用いた機器諸元および撮影概要

4 発マルチローター UAV enRoute Zion QC730			一眼レフデジタルカメラ SONY α 6000	
本体寸法	479.42(mm)× 479.42(mm)		焦点距離 f	16(mm)
撮影高度 H	50(m)	80(m)	露出時間 T	1/1250(秒)
飛行時間 T	8.5min	10min	絞り値	22
平均飛行速度 V	3.5(m/s)	3.5(m/s)	シャッター 間隔	2(秒)高度 50m 5(秒)高度 80m
撮影エリア面積	3.56(ha)	4.86(ha)	撮影素子サ イズ d_s	23.5(mm)
地上分解能 ΔXY	12.24 (mm/pix)	19.58 (mm/pix)	有効画素数 $m(=m_x \times m_y)$	6000×4000 =2400 万(pix)
オーバーラップ サイドラップ 撮影枚数	80.00% 70.00% 211(枚)	80.85% 81.28% 88(枚)	画像分解能 ϕ_p	0.003917 (mm/pix)

表-2 使用アプリケーションの一覧

用途	アプリケーション名
UAV 飛行計画	Mission Planner Ver.1.3.32
デジタル写真画像処理	Pix4D mapper Ver.2.0.104
点群処理	TREND-POINT 2016Ver.3

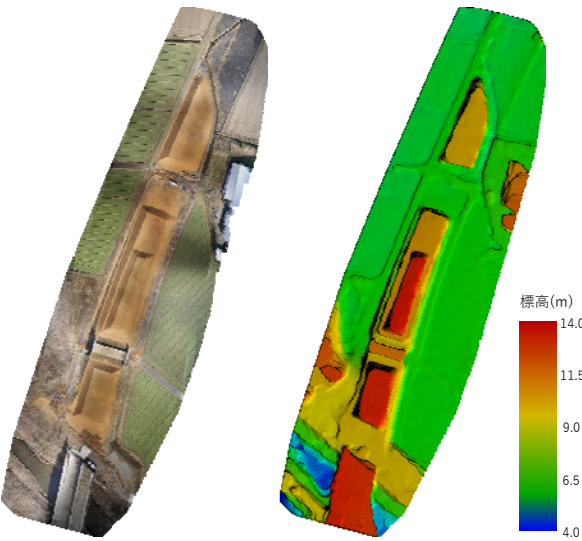


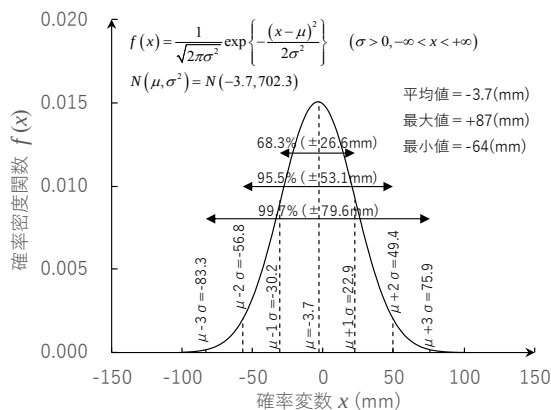
図-1 オルソモザイク写真と DSM



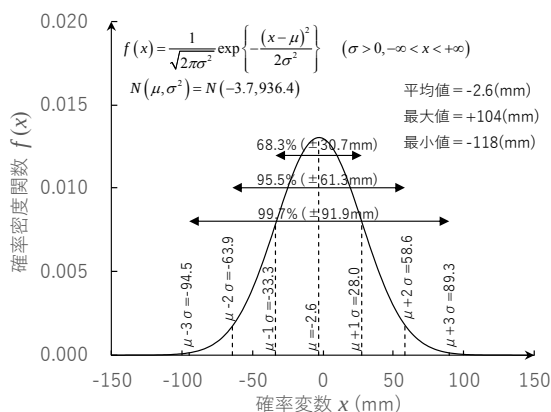
図-2 UAV 写真測量に用いた対空標識

キーワード UAV, 写真測量, i-Construction, 情報化施工, CIM

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発(株)土木本部 TEL. 03-5410-5750 E-mail : takehiko.sano@n-kokudo.co.jp



(a) 撮影高度 50m の測定誤差



(b) 撮影高度 80m の測定誤差

図-3 撮影高度の違いによる精度比較

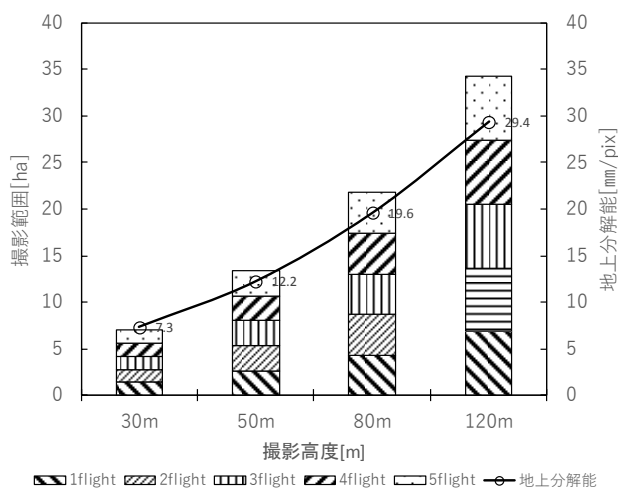


図-4 撮影高度による一日あたりの撮影範囲および地上分解能の関係

ステップにおいて用いたアプリケーションを表-2 に示す。

(2) 対空標識の設置および画像処理手法

UAV は、GPS 測位によって撮影時の位置座標を取得しているため、撮影写真から生成される 3 次元点群モデルは、GPS 精度の座標値を有しているが、GPS 座標値は誤差を含んでいる。誤差を小さくするために、図

ー2 に示す、地上に設置した 6 箇所の対空標識によって補正した。6 箇所の対空標識における平均 RMS 誤差は、撮影高度 50m で 0.018m、撮影高度 80m で 0.023m であり、3 次元モデルは十分な精度を有していることを確認した。表-1 に示す地上分解能は、式(1)より算定した。

$$\Delta XY = H \times \delta_p / f, \quad \delta_p = d_x / m_x \quad (1)$$

ここで、 ΔXY は地上分解能(mm/pix), H は撮影高度(mm), δ_p は画像分解能(mm/pix), f は焦点距離(mm), d_x は x 方向撮影素子サイズ(mm), m_x は x 方向画素数(pix)である。図-1 に示すオルソモザイク写真および DSM データは、UAV 写真測量により得られた写真画像を、表-2 に示す Pix4Dmapper を使用しバンドル調整法を用いた標定計算によって処理することで得た。

3. 地上測量と UAV 写真測量の比較による精度検証

図-3(a)および(b)は、118 箇所の地上測量による標高値と UAV 写真測量によって得られた 3 次元点群データの差を正規分布であると仮定して図示したものである。撮影高度 50m の図-3(a)は、 2σ 区間(95.5%信頼区間)で ± 53.1 mm であった。一方、撮影高度 80m の図-3(b)は、 2σ 区間(95.5%信頼区間)で ± 61.3 mm であった。両者を比較すると撮影高度が低い方がデータのバラツキは小さくなっていることがわかる。図-4 は、撮影高度による一日あたりの撮影範囲および地上分解能の関係を示したものである。

4. まとめ

本稿では、i-Construction の全面活用に向け、UAV 写真測量による可能性および撮影高度の適用範囲について検証した。今回の検討範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 土工事における基準高の施工管理基準値³⁾は-50mm ~ +50mm であることから、UAV を出来形検査に用いる場合の撮影高度は 50m 未満の飛行高度とする必要がある。
- 2) 撮影高度は、求められる測量精度に応じて選択することで効率的な土工事を行うことが出来る。

参考文献

- 1) 建設記者クラブ配布資料 2015.11.24(国土交通省)<http://www.mlit.go.jp/common/001111976.pdf> (2016 年 1 月 4 日時点)
- 2) 佐野健彦, 佐藤裕, 鈴木一帆: ICT を全面活用した造成工事の実績および精度検証, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会, 土木学会, VI-24, 2016
- 3) 土木工事施工管理基準及び規格値(案), 国土交通省, 2013