

UAV 写真測量精度の向上に対する実証実験結果

西武建設株式会社 正会員 ○須長真介, 二村憲太郎, 川前勝三郎, 金野直樹

1. 緒言

現在, i-construction の提言の基, ICT 技術の活用による UAV 等による 3 次元測量の運用が本格化しており, 各種基準類の整備が行われている. しかし, 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)平成 28 年 3 月(以下, 出来形管理要領)には計測精度・写真のラップ率等の必要許容値についての記載はあるが, その精度を得るための詳細なカメラ設定等については暗黙知となっている. この暗黙知について具体的な数値を明確とし, UAV 写真測量利用者の裾野を広げ, より一般化させることで現場生産性の向上への寄与を目的とする.

2. 実験概要

2.1 実験内容

同一箇所において, カメラ設定・対空標識の条件を変更した状態で UAV 計測を実施し, 現地測量にて座標を確定した標定点(XY 座標はトランシット, Z 座標はレベルにて測量)と専用ソフトにて写真を 3D 化した時の標定点座標を比較する.

まず, 対空標識の材質・大きさを変化させ, XYZ 座標の最大誤差を比較する. その後, 最大誤差が小さい対空標識を用いてカメラ設定条件を変更させた UAV 測量を実施し, その最大誤差を確認することで最適なカメラ設定を決定する. ここで, 比較対象を最大誤差としたのは, 出来形管理要領において, 標定点の最大誤差が ±50mm 以内と規定されているためである. また, 実験箇所は高低差が大きい場合, 標定点の設定箇所による誤差が大きくなることから, フラット面が多い当社保有施設の駐車場で実施した. (図-1) 計測は 2016 年 10 月~11 月に実施し, 天候は晴れ・ほぼ無風の状態で実施した.



図-1 計測箇所全景

表-1 カメラ固定値

飛行高さ	60m
シャッタースピード	1/640 s
進行方向ラップ率	90%
隣接コースラップ率	60%

表-2 UAV 諸元

製造社名	株式会社エンルート	
名称	Zion PG700	
寸法	988×988×230	
ローター数	4枚	
材質	カーボンファイバー製	
積載可能重量	5.0kg(バッテリー込み)	
カメラ	ソニー α 6000	
撮影サイズ	6000×4000画素	

表-3 対空標識種類及び撮影時の識別程度

ケース名	CASE-1	CASE-2	CASE-3
写真			
下地	プラスチック段ボール(無色)	プラスチック段ボール(白色)	ビニール板(半つや消し白)
黒部分	アスファルトルーフィング	アスファルトルーフィング	半つや消し黒塗
寸法	200×200	200×200	100×100

※遺跡調査用対空標識

2.2 カメラ固定値・測量機器諸元

出来形管理要領に則り, 飛行高さ・ラップ率・シャッタースピードを固定した. シャッタースピードは写真のにじみ率が 75%以下¹⁾になるように設定した. 固定値を表-1 に示す. また, 測量機器の諸元を表-2 に示す.

3. 対空標識比較検討結果

3.1 対空標識種類

対空標識の材質及び撮影した識別程度を表-3 に示す. 比較は 3 種類で実施した. CASE-1 は, pix 単位で白黒の境界線が明確であり, 標識センターの設定が容易である. CASE-2 は白部分の反射が影響し, 実物よりも下地の白部分が膨張し, 標定点センターの設定には精度を欠く. CASE-3 は, 白部分及び黒部分の反射が影響し, にじみが多く標定点センターの設定が困難である. 本測量は, 1cm/pix を認識できる高度で計測を実施しているため CASE-3 程度の寸法があれば識別設定は可能であるが, 実測量においては

キーワード UAV, 写真測量, 測量精度

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3811 E-mail:s-sunaga@seibu-const.co.jp

写真のにじみ等が発生し困難となる。また、材質はできるだけ反射が少ない材質が望ましいことが分かった。

3.2 対空標識における測量誤差

対空標識ごとの XYZ 座標の最大誤差を表-4 に示す。比較の結果、XY 座標においては大差が見られなかったが、Z 座標において CASE-3 の精度が大きく劣った。

4. カメラ設定値比較

4.1 ISO 値比較検討結果

ISO 値が大きくなると写真が明るく映るがノイズが多くなる。このため ISO 値の違いによる誤差変動を確認した。F 値を 8 に固定し、対空標識を CASE-1 とした場合の XYZ 座標の最大誤差を表-5 に示す。比較の結果、最大誤差に大きな違いは見られなかった。識別度については、図-2 に示す通り、ISO 値が小さくなると写真自体は暗くなるが、標定点の陰影が明確になり識別度は高くなり、写真のにじみが少ない傾向となる。

4.2 F 値 (絞り値) 比較検討結果

F 値は数値が大きいほど絞り込む (光の通る穴を小さくする) 状態となるため、数値が小さいほど全体のピントが合わず、ぼやける傾向にある。このため、ISO 値を 100 に固定し、対空標識を CASE-1 とした場合の F 値 4 と 8 の比較を行った。XYZ 座標の最大誤差を表-6 に示す。表-6 より F 値 4 は XY 座標が F 値 8 に比べ劣る結果となった。

4.3 高さ精度の向上

検証の結果、全ての座標値を±50mm 以内に抑えることは困難であり、特に高さ方向の誤差が顕著であった。図-3 に示す B/H が大きくなるほど Z 誤差が少ない (ラップ率が 90%×60%より 80%×60%の方が Z 誤差が少ない) という知見²⁾より、ISO 値 100, F 値 8, 対空標識 CASE-1 を固定し、ラップ率を変更させた場合の比較値を表-7 に示す。表-7 より、XY 座標については大差がなく、Z 座標誤差が 80%ラップの方が小さくなった。Z 誤差への対応として有用であると考えられる。

図-3 基線長と高度関係図

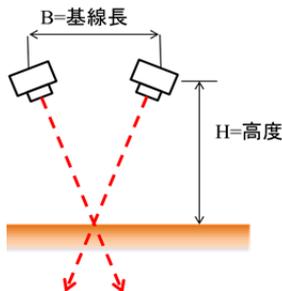
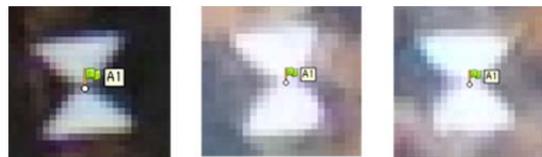


表-4 対空標識 XYZ 座標の最大誤差

絞りF	8.0		
ISO	100 (m)		
ケース	X誤差	Y誤差	Z誤差
CASE-1	0.021	0.023	0.066
CASE-2	0.052	0.059	0.072
CASE-3	0.031	0.029	-0.102

表-5 ISO 値別 XYZ 座標の最大誤差

F値	8		
ISO値	X誤差	Y誤差	Z誤差
100	0.021	0.023	0.066
200	0.024	0.027	0.086
800	0.013	0.020	0.061
1000	0.022	0.032	0.085
2500	0.025	0.031	0.080



ISO100 ISO800 ISO2500

図-2 ISO 別対空標識の識別度

表-6 F 値別 XYZ 座標の最大誤差

ISO値	100		
F値	X誤差	Y誤差	Z誤差
4	0.047	0.084	0.063
8	0.021	0.023	0.066

表-7 ラップ率変更時の XYZ 誤差

絞りF	8.0			
ISO	100			
ラップ率	標定点	X誤差	Y誤差	Z誤差
90%×60%	A1	-0.021	0.020	0.011
	A2	-0.001	-0.023	0.000
	A3	0.006	0.007	0.047
	A4	0.001	0.023	0.066
	A5	0.019	0.016	-0.003
	誤差平均値	0.001	0.009	0.024
	最大誤差	0.021	0.023	0.066
80%×60%	A1	-0.025	0.009	-0.001
	A2	0.008	-0.026	-0.003
	A3	0.017	0.019	0.032
	A4	0.000	0.031	0.051
	A5	0.010	0.021	-0.001
	誤差平均値	0.002	0.011	0.016
	最大誤差	0.025	0.031	0.051

表-8 実証実験結果まとめ

対空標識	200×200mmが限界 反射が少ないもの
ISO値	100
F値	8
ラップ率	80%×60%

本実験結果まとめを表-8 に示す。本条件にて計測を実施した場合、誤差±100mm の精度で 3D データを作成することができた。ただし、晴天時以外において表-8 の設定で測量した場合、写真が暗くなりすぎて解析時の視認が困難になるため、現場の照度によって F 値を下げる等の現場対応が必要になる。照度と F 値の関係を明確にし、簡易な条件設定を確立しつつ、更なる精度向上を目指していきたい。

【参考文献】1) UAV による河川調査・管理への活用の手引き【改定版】平成 28 年 3 月 国土交通省

東北地方整備局東北技術事務所 p 75

2) 野村努 デジタル写真食糧による三次元地形モデルの自動生成 高知工科大学 2002 年度修士論文