

大規模土工における PPK 技術を活用した UAV 測定の検証結果

(株)鴻池組 ○井ノ崎 郁弥 正会員
 (株)鴻池組 國富 和真 正会員
 (株)鴻池組 後藤 弘信
 (株)鴻池組 上野山 則夫

1. はじめに

大規模土工における UAV 測定の課題として、対空標識の設置手間が挙げられる。対空標識は空撮結果の補正及び精度の検証のために必要となり、空撮対象が広範囲であればあるほど多くの対空標識を設置しなければならない。そのため大規模な現場では対空標識の設置及び測量に多くの時間を費やすこととなる。また、重機や重ダンプ等の建設機械が多く稼働する現場において、対空標識を設置する作業は危険が伴い、仮に対空標識を設置できたとしても掘削及び盛土作業の障害となる場合や、工事の過程で移動や再設置を余儀なくされる場合があるため、極力少ない対空標識を用いて要求精度を維持できる空撮手法が求められる。

本論文では、対空標識の設置手間を削減できる空撮手法として、PPK 技術を活用した UAV 測量を行い、空撮精度の確認及び空撮業務の効率化について検証を実施した。

2. 方法

UAV は KLAU PPK 搭載の Phantom4 Pro を使用した。従来の UAV 測量では、機体の位置情報を単独測位方式により決定しているため、位置情報に数メートル程度の誤差を含んでいる。そのため、幾つか対空標識を設置して位置情報を補正する必要があった。

PPK 技術 (Post Processing Kinematic-後処理キネマティック方式-) は全国の電子基準点の測位データを元に算出される仮想基準点情報 (VRS) を用いた干涉測位を後処理で行うことができるため、現場内に固定局を設置することなく高精度に機体の位置情報を決定することが可能である。これにより位置情報を補正するための対空標識の設置を大幅に削減できることが期待される。

以下に PPK 技術の検証方法を示す。

① 空撮精度の確認

50m×50m (2,500m²) の平坦な地形に対空標識 (全て検証点とする) を 9 箇所設置し、位置精度 0.05m 及び 0.10m となる高度にて、オーバーラップ 80%, サイドラップ 60% で空撮を実施。空撮後、PPK によるデータ補正処理を行い、SfM 解析処理の後、各検証点における位置精度の確認を行う。

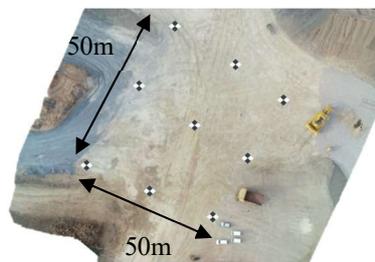


図 1 空撮範囲

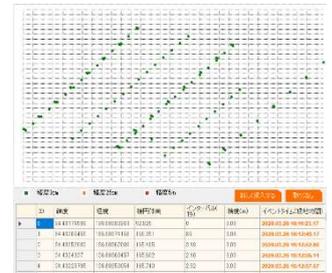


図 2 PPK 処理

② 空撮業務の効率化の検証

現場内の 10ha の範囲に対空標識 (全て検証点とする) を 3 箇所設置し、位置精度 0.10m となる高度にて、オーバーラップ 80%, サイドラップ 60% で空撮を実施。空撮後、PPK によるデータ補正処理を行い、SfM 解析処理の後、各検証点における位置精度の確認を行う。また、対空標識の設置手間について従来の UAV 測量との比較を行う。

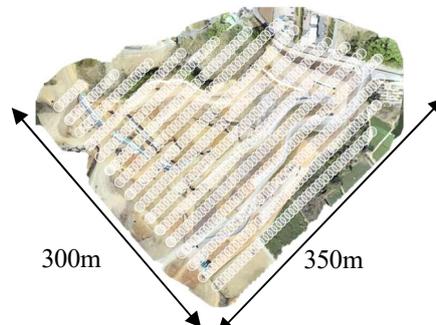


図 3 空撮範囲

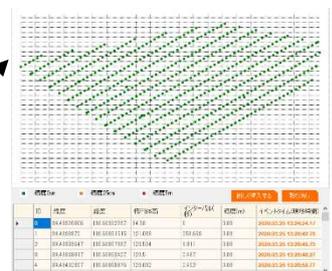


図 4 PPK 処理

キーワード UAV, PPK, ICT, 大規模土工

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 本町南ガーデンシティ TEL:06-6245-6567

3. 検証結果

① 空撮精度の確認

検証結果を図5及び表1に示す。空撮はGPS/GNSS信号良好であり、PPKによる機体の位置情報は全て精度3.0cm以内であった。検証点における位置精度も0.05m, 0.10m以内をクリアする結果となった。

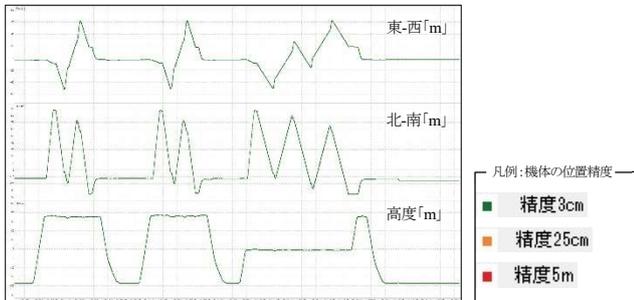


図5 飛行中の機体の位置精度

表1 検証点における位置精度

対地高度 [m]	RMS Error[m]			位置精度 [m]	
	x	y	z	<	
36.0	0.039	0.011	0.039	<	0.05
72.0	0.050	0.013	0.035	<	0.10

② 空撮業務の効率化の検証

検証結果を図6及び表2に示す。空撮はGPS/GNSS信号良好であり、PPKによる機体の位置情報は全て精度3.0cm以内であった。検証点における位置精度も0.10m以内をクリアする結果となった。

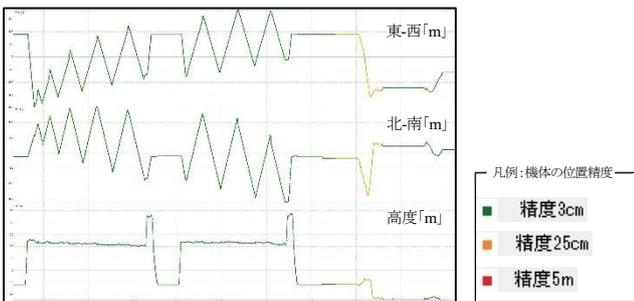


図6 飛行中の機体の位置精度

表2 検証点における位置精度

対地高度 [m]	RMS Error[m]			位置精度 [m]	
	x	y	z	<	
72.0	0.041	0.011	0.088	<	0.10

従来の UAV 測量では 10ha の範囲を位置精度 0.10m 以内で空撮する場合、「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）」の基準を用いると、標定点と検証点合わせて 25~30 箇所程度の対空標識を設置する必要がある。今回の PPK 技術による UAV 測量では最低限の 3 箇所のみでの設置であったが、要求精度を維持することができ、対空標識の大幅な削減による空撮業務の効率化が確認できた（表3）。

4. 考察・今後の課題

以上の検証結果より、従来の UAV 測量と同等の空撮精度で測量を行えることが確認でき、また、対空標識を大幅に削減することで、空撮業務の効率を上げることができた。

GPS/GNSS の測位データを用いた測量における測位誤差の大きな要因としては、天球上の取得衛星数が不足する場合や、配置に偏りが生じる場合等が挙げられる。測位精度が悪くなると、機体の位置情報を正しく捕捉できないため、空撮としての精度が悪くなってしまう。衛星配置に関する指標である PDOP（Position dilution of precision-位置精度低下率）の値が大きい場合、測位の精度が悪くなる可能性があるため、インターネット等により PDOP の値が小さい時間帯を確認して飛行計画を立てることが重要である。また、GNSS アンテナとカメラの中心は相違であるため、機体の傾き等の姿勢情報を IMU で計測して補正処理を行っているが、定期的に IMU キャリブレーションを実行して、常に正確な姿勢情報が得られるようにしなければ空撮結果に誤差が生じる可能性があると考えられる。

今後の課題として、高低差のある大規模な土工現場においては、要求精度を満たすために所定の高度で空撮を分けて実施する必要があるため、空撮回数が多くなってしまうことが挙げられる。可能な限り広範囲を1度で空撮できるように、空撮が高高度であっても高い位置精度で測量することができれば、より一層の空撮業務の効率化が進むと考えられる。

表3 (例) 空撮にかかる時間の比較 (10ha)

	現場状況の確認 飛行計画の作成	対空標識の 設置・測量	空撮実施	PPK 処理	SfM 解析 処理	対空標識の 回収	合計時間	SfM 解析処理を除く 時間
UAV 測量	15 分	90 分 (30 箇所)	60 分	—	300 分	60 分	555 分 (9.25 時間)	255 分 (4.25 時間)
PPK+UAV 測量		10 分 (3 箇所)		30 分		5 分	420 分 (7.00 時間)	120 分 (2.00 時間)

全体の 24%削減