

## 大規模土工現場における PPK 技術を活用した UAV 測量による土量管理事例

(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

## 1. はじめに

令和2年3月改定の国土交通省の管理要領「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）」によって，SfM（Structure from Motion）の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法（RTK，ネットワーク型 RTK，PPK，自動追尾 TS 等）を併用する場合は，標定点の設置は任意とすることが可能となった。これにより，大規模土工現場における UAV 測量の課題の1つであった対空標識の設置手間を削減することができ，空撮業務の効率化を進めることが可能となった。

当現場においては，PPK 技術を活用した UAV 測量を先駆けて導入し，土量配分計画や出来形測量等の土量管理への活用を行ってきた。

本論文では，大規模土工現場における PPK 技術の活用による「生産性向上」の確認と，PPK 技術を活用することで早期に実施することができた土量バランスの調整事例について報告する。

## 2. 現場概要及び課題

現場は南北方向に 1,500m，東西方向に 1,800m，開発面積にして 138ha，その内造成面積は 95ha である。高低差は造成前 170m（標高 25~195m），造成後 145m（標高 25~170m）であり，小尾根や小沢が複数発達した起伏ある地形となっている（図1）。各流域の最下流部には全部で 8 箇所の調整池（計 6.8ha）を整備する計画である。工事全体の掘削土量は 590 万 m<sup>3</sup> であり，重ダンプ 30 台，積込み重機 3 機（6.0m<sup>3</sup>BH×1 機，4.0m<sup>3</sup>BH×2 機）により 10,000~15,000m<sup>3</sup>/日の土量を動かしている。大規模な現場で生産性向上を図りながら，土量バランスを考慮した造成計画の見直しを行う必要があるため，迅速な土量（変化率）把握が極めて重要である。

## 3. UAV 空撮計画

上記の現場状況及び課題を踏まえて計画を行った。

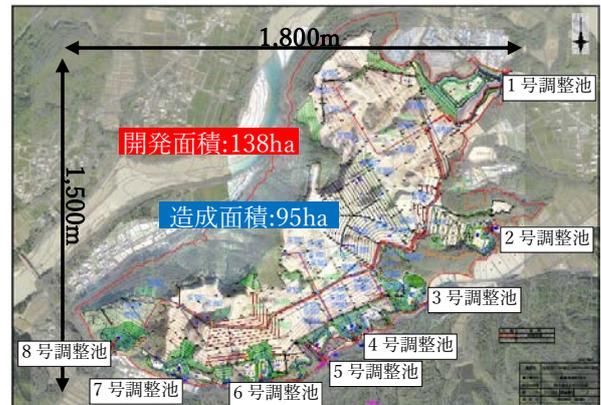


図 1 全体平面図

UAV は KLAU PPK 搭載の Phantom4 Pro を使用した。

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）を用いた干渉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できる。

空撮範囲は広大で，高低差があるため，現場を現況地形に応じて複数の範囲に分割し，飛行計画を作成した（図2）。高度は対地高度が大きくなるように，地上画素寸法を 2.0cm/px を目標として 72m と設定した。空撮写真のラップ率はオーバーラップ 80%，サイドラップ 60%とした。PPK によるデータ補正を行うため標定点は設置せず，精度の検証は標高が既知の仕上り盤を元に鉛直精度の確認を行った。

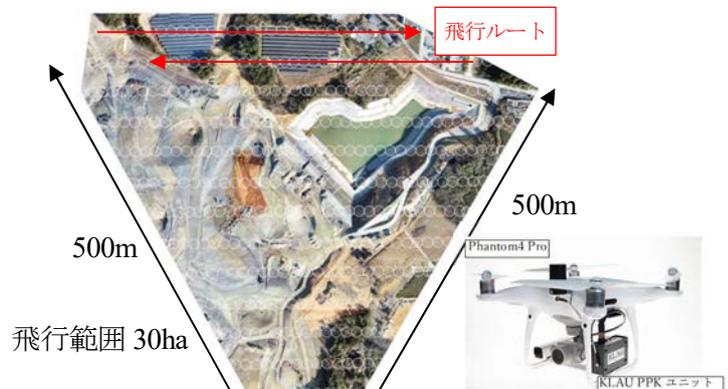


図 2 空撮範囲例（1号調整池付近）

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

#### 4. 検証結果

空撮は2020年2月～2021年3月までの期間で7回実施した。138haの測量であれば空撮2日、解析1日、土量計算1日の計4日で測量結果を得ることができた。これにより、従来の対空標識の設置および回収にかかる時間（設置2日、回収1日）を短縮することができた。PPKによる機体の位置情報はほぼ全ての写真で精度3.0cm以内であった。標定点を完全に省略しているため、最大0.6mの鉛直方向にオフセットされた誤差が生じたが、必要に応じて点群処理ソフトで補正を行うことで精度を確保した（図3）。

以上より、①従来より迅速に空撮が可能であること、②高い精度を確保できることが確認できた。

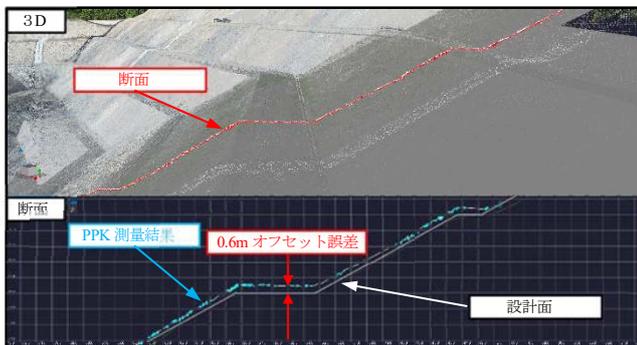


図3 鉛直方向のオフセット誤差

#### 5. 土量調整事例

工事を進めていくと土量が不足する可能性があることが判明した。当初の土量計算書によると、表1に示すように平均土量変化率  $C=1.14$  と想定されており、切土量590万 $m^3$ に対して盛土量675万 $m^3$ の計画であった。しかし、定期的に空撮を実施し、土量を算出した結果、平均土量変化率  $C=1.08$ （実績）となり、約35万 $m^3$ の不足土量が発生する可能性があった。主な原因としては、①現場の軟岩は風化が著しく、実際は  $C=1.20$  より小さい値であるため、②中硬岩が想定よりも少ないためであると推定される。軟岩の土量変化率を  $C=1.10$  と仮定すると、平均変化率は  $C=1.09$  となり現状とほぼ合致する。実際は、これらの要因が複合することで当初想定との乖離が生じていると考えられる。

表1 土量収支

	地山の土量	土量変化率	締固め後の土量
	(千 $m^3$ )		(千 $m^3$ )
土砂切土量	1,333	$C=0.90$	1,200
軟岩切土量	3,125	$C=1.20$	3,751
中硬岩切土量	1,424	$C=1.25$	1,781
構造物残土	20	$C=0.90$	18
合計	5,900	平均土量変化率 $C=1.14$	6,750

以上より実績の土量変化率による不足土量を考慮して設計変更を行い、土量調整盤を盛土3段分（15m）下げること土量調整を行った（図4）。

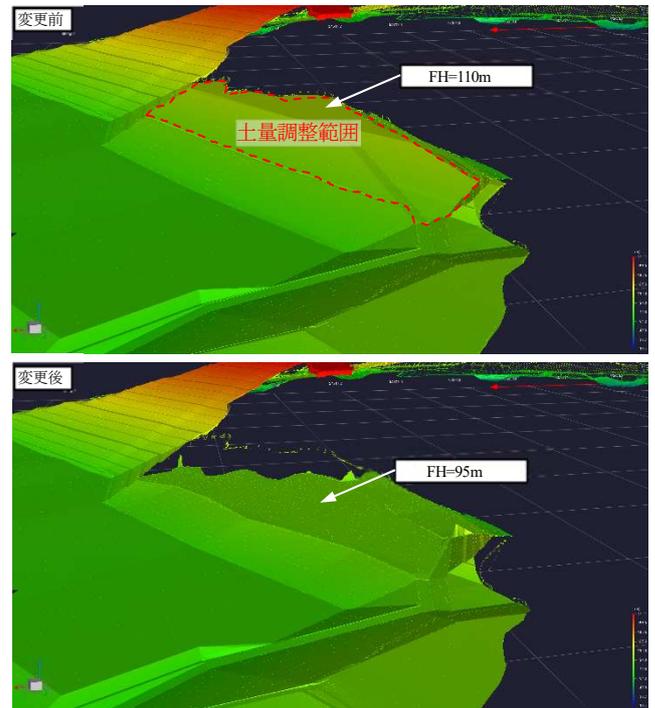


図4 土量調整

#### 6. 考察・今後の課題

PPK技術を活用することで迅速に土量を把握することができ、「生産性向上」を図ることができた。現場の不足土量を早期に把握することができ、変更可能な段階で設計を見直すことができたため、現場の土量管理に非常に有用であると考えられる。

今度の課題としては、鉛直方向のオフセット誤差の改善が挙げられる。PPK技術を活用したUAV測量において、標定点を完全に省略すると、鉛直方向のオフセット誤差が生じる。当現場においては、工事の進捗に伴ってできる標高が既知の仕上り盤を元に補正を行っているが、工事の初期段階では、仕上り盤がないため補正することができず、標定点を設置せざるを得ない。オフセット誤差が生じる原因は、機体の位置情報が正しくても、SfM解析における地表面までの距離の推定精度が高くないためであると考えられる。（地表面に標定点があれば、地表面までの距離を高い精度で推定できる。）より一層の効率化と高い精度の確保を目指して、オフセット誤差を改善できる空撮手法を検証していきたい。