

複雑地形現場における UAV-3D 土工計測の適用性について

株式会社昭和土木設計 正会員 ○佐々木 高志 正会員 村上 功 正会員 藤原 聖子
東急建設株式会社 正会員 太田 啓介
株式会社タックエンジニアリング 正会員 千葉 一博 非会員 原田 昌大

1. はじめに

i-Construction における「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）」¹⁾では、比高差が大きく複雑な地形の現場では、飛行高度を変えながら撮影しなければならないなど、計測の効率化が十分に発揮できないケースも考えられる。

一方、基準^{1,2)}では地上解像度の規定を設けており、当該現場（図-1）のような地形条件の場合、地上解像度に差が生じるため精度への影響が懸念される。

本稿における UAV 活用の目的は、施工中における概算土量の把握が主であり、基準に定められている精度を必要としない。そこで、土量把握のための UAV 計測を効率的に行うために、一定高度で撮影した場合の地上解像度の差が、検証点の精度に及ぼす影響の把握を目的として、本取り組みを行った。

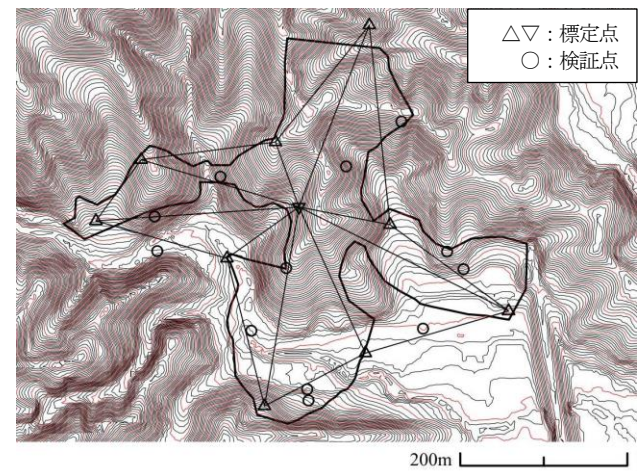


図-1 対象エリア地形図及び基準点配置

2. 検証方法

当該区域において UAV-3D 空間計測と計測精度の高い RTK-GNSS（リアルタイムキネマティック）による 2 種類の計測を行うこととした。検証点を基準に定められた要求精度に対する密度 0.36km² 当り 1 点を満足するよう配置し、各々の計測値を比較することによって精度検証を行った。

(1) UAV-3D 空間計測の特性

画像解析技術である SfM（Structure from Motion）を用いた 3D 点群からなる高密度多点計測である。この計測において、算出土量に影響を及ぼす主要因としては、次の点等があげられる。

- a) 比高差によって、地上解像度に差が生じる。
- b) 地表面が同一色などで特徴が希薄な場合、色の三属性（色相、明度、彩度）のバランスが崩れ、解析精度に影響をおよぼす傾向にある。
- c) 植生などがある場合、透過して地表面情報を取得できない。
- d) フィルタリング時のノイズ等の処理レベルによって、異なる結果が得られる可能性がある。

(2) RTK-GNSS の特性

UAV-3D 空間計測であげた各種要因を考慮する必要がない。一方、山間部などで通信環境の影響を受ける。

3. UAV-3D 空間計測の方法及び条件設定

基準点（標定点及び検証点）設置にあたっては、計測対象エリア及び周辺の比高差などを考慮し、高地と低地にバランスよく配置した。基準点の配置を図-1、UAV-3D 空間計測条件を表-1 に示す。

表-1 UAV-3D 空間計測条件

計 測 対 象 面 積	約 950,000m ²
最 大 比 高 差	約 70m
カ メ ラ	NEX-7（SONY 社製）
画 素 数	2430 万画素
焦 点 距 離	16mm（35mm 換算 24mm）
地 上 画 素 寸 法	22mm～32mm
撮 影 対 地 高 度	90m～130m
ラ ッ プ 率	オーバー：90% サイド：60%
標 定 点 数	10 点
要求精度／検証点密度	0.2m／0.36km ² 当り 1 点
検 証 点 数	12 点（0.08km ² 当り 1 点）

キーワード：UAV（Unmanned Aerial Vehicle）、3D 空間計測、SfM（Structure from Motion）

連絡先：岩手県紫波郡矢巾町流通センター南 4 丁目 1-23 株式会社昭和土木設計 TEL 019-638-6834

なお、取得データの同時性を確保するため UAV-3D 空間計測と同時に RTK-GNSS 実測を行った。

UAV-3D 空間計測における標高値は、図-2 に示すフローにしたがって取得した。画像解析・3D 地形形状復元 SfM ソフトウェアは、Pix4Dmapper Pro（Ver.2.1.61）を使用した。

また、RTK-GNSS による計測にあたっては、GNSS 衛星の配置状況を確認し、各検証点を実測した。

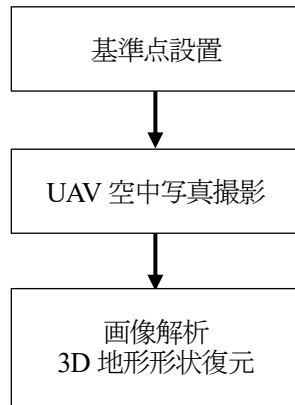


図-2 UAV-3D 空間計測

4. 標高値の精度検証

2 種類の計測により得られた標高値を表-2 に示す。RTK-GNSS 実測値を標準とした場合、UAV-3D 空間計測との較差の平均値は 0.027m、（参考値：標準偏差 0.032m）であった。この結果から較差は、「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）」の部分払い用出来高計測に示されている 3 次元点群データの要求精度 0.2m を満足している。

なお、平面位置（X、Y）の較差も、精度内に収まっていることを確認した。

UAV-3D 空間計測において当初、懸念された比高差による地上解像度の違いが、各々求められた標高値の較差に与える有意な影響は見られなかった。

表-2 標高値（Z）の比較（単位：m）

検証点	RTK-GNSS	UAV	較差
T1	78.178	78.147	-0.031
T2	57.397	57.409	0.012
T3	39.841	39.869	0.028
T4	29.002	29.052	0.050
T5	24.321	24.321	0.000
T6	27.922	27.925	0.003
T7	31.735	31.683	-0.052
T8	45.759	45.734	-0.025
T9	47.659	47.597	-0.062
T10	54.353	54.332	-0.021
T11	22.188	22.201	0.013
T12	19.516	19.537	0.021

5. UAV-3D 空間計測の課題

UAV-3D 空間計測の課題として、以下のような事項があげられる。

- 生産効率化の向上を図るためには、地形条件を考慮した撮影計画、解析技術、フィルタリング処理のノウハウを蓄積する必要がある。
- 点群データをもとに土量を短時間で正確に把握することが可能であるが、基準点の配置や空撮、フィルタリング処理などによって計算値に差異が生じる可能性がある。
- 計測が長期間にわたる場合は、基準点の亡失を防ぐための保護が必要である。また、植生により対空標識が死角になることもあるので、それらを考慮した基準点の配置が求められる。
- 建機が稼働している現場では、車両の通行により地表面の模様の変化、土埃により画像が不明瞭になることなどに留意する必要がある。

6. まとめ

本稿においては、地上解像度が異なるような場合でも、基準精度の確保が可能であり、概算土量の把握程度であれば問題ないことが確認できた。また、計測準備段階において机上計画及び現地踏査を実施し、比高差などの地形条件を踏まえて、基準点の配置バランスに配慮したことも、精度の確保に寄与したと考えられる。

現在、i-Construction の推進によって、ICT を活用した建設現場の生産性の向上を図るための取り組みが進められている。このような中、UAV-3D 空間計測は、建機が稼働している現場においても作業の安全性を確保しながら、ある程度広い範囲でも短時間で計測することが可能である。

一方、トータルステーションや地上レーザースキャナは、UAV に比較して精度は高いものの、計測に長時間を要するとともに、作業時の安全性の確保が課題といえる。

今後も多様な条件下での計測事例をかさね、UAV-3D 空間計測の適用性の研究が一層すすむことを望む。

参考文献

- 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）H28.3 国土交通省
- UAV を用いた公共測量マニュアル（案）H28.3 国土交通省