

みちびき CLAS を活用した UAV の運行安全性の高い点検手法

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 森下淳、堀智幸*1、大畑隆史、伊藤美沙、西崎涼真
株式会社建設技術研究所 ○今井健太、笹山隆、伊藤巧、矢作和樹
*1 現 国土交通省中部地方整備局河川部

1. はじめに

近年、砂防関係施設の点検において点検者の安全性や作業時間の短縮が期待された UAV 点検が活用されている。UAV による施設点検は毎点検時に同じ画角で撮影できること、操縦者の技術に依存しない自律飛行が活用可能なことが注目されている。しかし、UAV の自律飛行時、機体との通信にメートルレベルの精度である GPS のみを使用すると、機体位置のずれが大きく、機体の衝突やズーム時に目的物の写真が撮れないリスクがある。広角で撮影する場合は機体位置のずれの影響は小さいが、損傷部等を詳細に確認することが難しい。損傷部等を詳細に確認する方法として、施設に近接して撮影する方法があるが、去年の自律飛行データどおりに飛行しても、植生の生長を考慮すると衝突リスクが高くなるため、光学ズームを利用する方法を検討する。機体位置のずれを小さくする方法として、センチメートル級測位補強サービスである RTK があるが、LTE 回線が利用可能な範囲でのみ活用でき、LTE 圏外では活用できない。多治見砂防国道事務所管内には LTE 圏外となるエリアに施設が多く存在することから自律飛行による点検が困難となることが課題となる。

本稿は、LTE 圏外でもセンチメートル級測位精度を確保できるよう、準天頂衛星みちびきのセンチメートル測位補強サービス CLAS を活用した UAV 空撮の実証試験結果について報告する。また、より高度な UAV 点検の手法として、空撮画像から作成した 3D モデルによる施設変状の定量的な計測を試行するとともに、変状の規模が把握可能な撮影距離について検証した。

2. CLAS 実証試験

2.1 試験実施箇所

実証試験は LTE 圏外となるエリアで行うものとし、多治見砂防国道事務所管内の木曾川流域に位置する橋ヶ谷第 2 砂防堰堤と越百川第 3 砂防堰堤を対象に実施した(図 1)。



図 1 試験実施箇所

2.2 試験方法

対象施設の現況を把握するため、予備飛行による周囲の障害物と十分に距離をとった位置から、3D データ作成に必要な写真測量用の撮影・地形を 3D モデル化する。次に、3D データを専用ソフトへ読み込ませ、衝

突回避ルートを作成し、飛行計画を作成する。作成した飛行計画を繰り返し用いて、使用する機材と条件を変えて試験を行った。条件変更はローカル RTK の構築環境として、基準局に DJI 社製の D-RTK2 を用いるケースと CLAS 対応基準局 ChronoSky Base を用いるケースの 2 手法の違いを確認するために実施した。これら手法の特徴の違いは、基準局の座標を決める際に、測量により正確に座標位置を把握するか、あるいはみちびき衛星から送信される CLAS 補正・補強情報を用いて把握するかであり、どちらの手法も基準局位置の精度を高めて、機体位置精度を高めることにある。

本試験では、同一の自律飛行データを使用しても、基準局の位置精度が正確でないと機体位置にずれが生じることを検証するものとした。設定した条件は表 1 のとおりとし、各施設で実施した。

表 1 設定した条件内容

No.	条件内容	実施箇所
①	外部からの補正・補強情報を利用しない単独測位 (D-RTK2、ChronoSky Base共に利用しない)	橋ヶ谷第 2 砂防堰堤
②	CLAS による補強情報を利用しないローカル RTK (D-RTK2 を利用)	越百川第 3 砂防堰堤
③	CLAS による補強情報を利用したローカル RTK (ChronoSky Base を利用)	橋ヶ谷第 2 砂防堰堤 越百川第 3 砂防堰堤

2.3 使用機材

3D モデル作成や実証試験に使用する UAV、基準局、ソフトウェアは表 2 に示すものとした。

表 2 使用機材

UAV		
	DJI 社製 Mavic 3 Enterprise RTK モジュール付	
基準局		
	DJI 社製 D-RTK2	コア ChronoSky Base
ソフト ウェア		
	Agisoft 社製 Metashape 用途：モデリング作成	コア社製 ChronoSky Eyes 用途：飛行計画作成、 写真・3次元データ閲覧

2.4 実証試験結果

2.4.1 橋ヶ谷第 2 砂防堰堤

表 1 に示した条件①と条件③で実施した結果、条

件①と③では画角が異なることが判る(図 2)。また、条件③で 2 回飛行したが、CLAS の活用により同じ画角の写真が撮影されることを確認した。



図 2 撮影結果(条件①,条件③)

2.4.2 越百川第 3 砂防堰堤

表 1 に示した条件②と条件③で実施した結果を図 3 に示す。上記と同様に条件③を 2 回飛行した。



図 3 撮影結果(条件②,条件③)

CLAS を利用しない場合、鋼管や接合部などが撮影範囲外となった。条件①と条件②で異なる方法であるが、設置する基準局の位置が正確ではない場合、基準局の位置座標のずれに起因し、機体位置のずれに伴う画像のずれが生じたと推測される。

また、ローカル RTK に必要な基準局の設置は事前に基準点観測を行い、そのデータを持ち帰り基線解析を要するため、対象施設を 2 回以上訪れる必要がある。一方、CLAS を利用する場合、撮影当日に地点計測を行うことで高精度な位置座標を算出できることから、対象施設での事前作業が不要となり効率化が図れた。

3. 3D モデルの再現性

高精度な飛行位置座標を持つ UAV 飛行が実施できることで、点検作業への活用の幅が広がると考える。今回は、カメラ性能・SfM 処理時の 3D データとしての復元性に関する実証試験を行った。

試験方法は平らな石の上に、点検の際に確認すべき変状を模擬した黒線を印刷した紙を並べ、1 辺 1cm と 1 辺 2cm の角材を用いて、1cm から 5cm の段差を 8 種類表現した。マニュアルによる UAV 空撮を行い、対地 5m、7.5m、10m を目安に接近状況による 3D データとしての復元性を確認した。

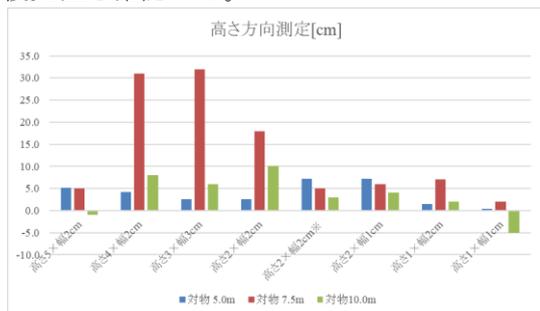


図 4 角材高さ測定結果まとめ

結果、図 4 に示すとおり対物 5m にて撮影した写真から作成した 3D モデルは数 cm 程度の誤差はあるものの計測できることが確認できた。

よって、数 cm 程度の変状を把握するには砂防施設から 5m 程度まで近接した撮影が必要であることが分かった。危険度の高い飛行となることから、RTK と光学ズームによりリスクを下げられるが、RTK が使用できない LTE 圏外では CLAS の活用により基準局の設置に伴う測量が不要となり、効率が良くなると考えられる。

次に、光学ズーム機能の確認として、越百川第 3 砂防堰堤付近にあるアンカーを同じ位置から光学ズームあり・なしで撮影し、3D データとしての再現性を検証した(図 5)。この検証は、点検作業における効率・安全性の観点から、被写体への接近の必要性について確認することを目的とした。

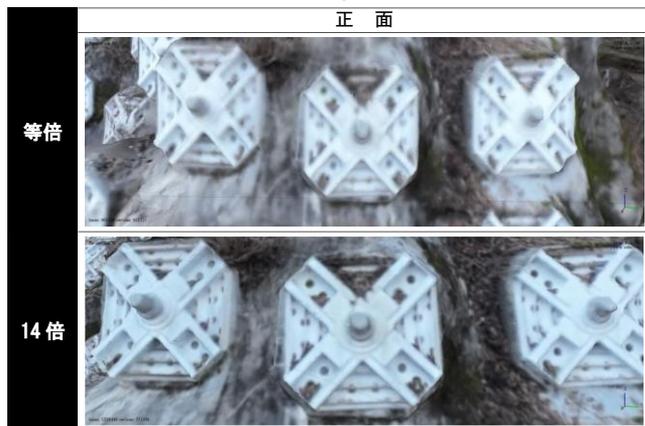


図 5 作成した 3D モデル

検証の結果、光学ズームを利用した撮影の方がより鮮明に形状が表現されている。よって、光学ズームの利用により、モデルの精度向上に伴う形状の把握が可能となる。

4. まとめと今後の展望

砂防関係施設の点検において、対象エリアが LTE 圏外であっても CLAS を活用することで、機体位置の誤差が小さくなり、センチメートル級の誤差で同画角の撮影が可能であること確認できた。このことから画像の差分解析による新規変状の発見や変状の進行把握が容易となり、事務所点検要領¹⁾に沿った施設点検が可能となる。

なお、光学ズーム撮影で新規損傷部の抽出を行う際には、対象となる写真枚数が過多となり、作業が煩雑になると想定される。今後は AI 技術による「変状評価の自動化」の検討や「ひび割れ検出サービス」の活用により、作業の効率化を図っていきたい。

参考文献 1) 多治見砂防国道事務所：砂防設備等巡視点検運用の手引き書(案)R5.3

技術協力

CLAS：株式会社 コア