

Starlink・国産 UAV を活用した砂防施設点検事例

アジア航測株式会社 ○吉安征香, 佐藤厚慈, 鈴木心, 上杉温子, 江口友章, 新井瑞穂
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 竹下航, 岸本優輝, 小林正直, 高原晃宙

1. はじめに

社会資本の老朽化により適切な維持管理が重要視される中、砂防施設の点検作業においても省力化や安全性向上のために UAV の自律飛行技術の活用事例が増加している。急峻な地形や植生が繁茂する山間部の砂防施設において、安全に UAV 自律飛行を行うためには一定の精度で機体の位置を把握・制御する必要がある。また、点検時に撮影する定点写真やオルソ画像、撮影写真から作成する 3D モデルを複数時期で比較することにより、変状や堆砂状況を把握するためにも位置精度の確保は重要である。

位置精度を確保するために LTE によるネットワーク型 RTK 測位の利用が進められているが、LTE 圏外の砂防施設や溪流では位置精度が確保できないことが課題となる。

そこで、SpaceX 社が提供している衛星を活用したブロードバンドインターネット「Starlink」を用いて LTE 圏外の施設で UAV 自律飛行による点検を実施し、位置精度の検証を行った。

また、砂防施設の点検に用いられる主力機は、性能や価格面より中国製が大半を占めているが、小型国産機「SOTEN」が開発されたことに伴い、その有用性の検証も行った。

2. Starlink を活用した砂防施設点検

2.1. 実証内容

2.1.1 対象地

実証対象地は、奈良県宇陀郡御杖村の高見谷第1堰堤とした。当該堰堤は LTE 圏外の山間部に位置し、堰堤より 400m ほど下流の左岸側に上空が開けた場所がある。本実証ではここを離発着地点に設定した(図 1)。

2.1.2 使用機材

使用機体は、RTK-モジュールを搭載した DJI 社製の「Mavic3E」とした。「Mavic3E」は、送信機をインターネットに接続することで、ネットワーク RTK の使用が可能となる。本実証では、Starlink (図 2) を活用し、LTE 圏外でもネットワーク RTK が利用可能な環境を構築した。

2.1.3 点検内容

補助者を配置した目視外自律飛行により、定点撮影とオルソ撮影を実施した。

定点撮影は、令和2年度に撮影された6アングル(施設の上流, 真上, 下流など)と同様の画角で撮影した。



図 1 高見谷第1堰堤 離発着地点・撮影範囲

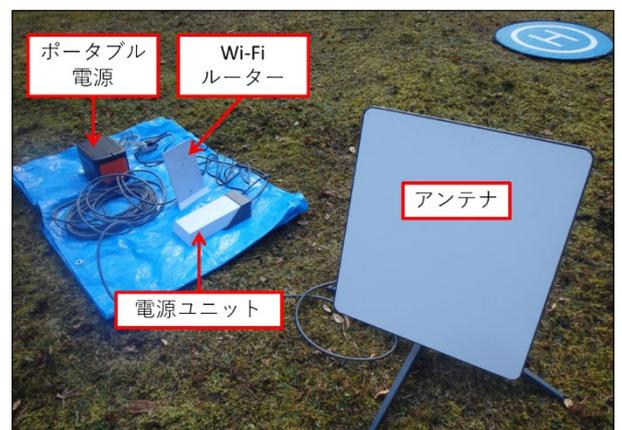


図 2 Starlink の機材構成

撮影手順は、以下のとおりである。

【撮影手順】

- ① 撮影位置や飛行高度、カメラの俯角・ズーム倍率を調整し、ウェイポイントを登録
- ② 登録したウェイポイントに従った自律飛行による定点撮影

オルソ撮影は、対象砂防施設の周辺及び堆砂敷を網羅する範囲とした。撮影結果より SfM 解析で DSM (地形表層モデル) とオルソ画像を作成した。オルソ撮影では、オープンデータの標高をもとに、対地高度を一定に保ち飛行する地形フォロー機能を活用した。

2.2. 実証結果

2.2.1 点検結果

離陸から着陸まで Starlink を活用した自律飛行により、安全に定点撮影およびオルソ撮影を実施できた。定点撮影については、令和2年度の点検結果と同一画角で撮影できた。また、ウェイポイントの記録から高い位置精度で飛行できていたことを確認した。オルソ

撮影については、事前に計画したラップ率や地上解像度を満たす撮影ができた。

2.2.2 精度検証結果

堰堤の天端とその周辺に設置した検証点5点について、作成したオルソ画像から緯度経度を、DSMから高さを抽出した。その後、オルソ画像内の検証点座標と検証点測量成果の差分（誤差）を集計し、オルソ画像に付与されている座標の正確性を確認した。

その結果、水平方向で4~8cm、三次元距離は5~10cmの誤差となり、高い位置精度のオルソ画像を作成できることが確認できた。

3. 国産 UAV を活用した砂防施設点検

3.1. 実証内容

3.1.1 対象地

実証対象地は、三重県伊賀市の三谷川堰堤とした（図3）。当該堰堤はLTE圏内に位置する。本実証では、堰堤下流の平地を離発着地点として設定した。

3.1.2 使用機材

使用機体は、RTK-モジュールを搭載した小型の国産 UAV「SOTEN」とした（図4）。「SOTEN」は、LTEをRTKモジュールで受信することによりネットワークRTKの使用が可能となる。また、中国製の主力機との精度比較のために、RTK-モジュールを搭載した「Mavic3E」でも同様の点検を実施した。

3.1.3 点検内容

2機体とも、補助者を配置した目視外自律飛行により、定点撮影とオルソ撮影を実施した。いずれの撮影も2.1.3と同様の手順により実施した。なお、定点撮影は、令和3年度に撮影された16アングルと同様の画角で撮影した。

3.2. 実証結果

3.2.1 点検結果

2機体とも、離陸から着陸まで自律飛行により安全に定点撮影およびオルソ撮影を実施できた。定点撮影については、「Mavic3E」と同様に過年度の点検結果と同一画角で撮影が可能であり、ウェイポイントの記録からも高い位置精度で飛行できていたことを確認した。一方、オルソ撮影については、飛行計画通りの位置および枚数で撮影できたものの、ピントが合わない写真やブレのある写真が含まれていた。

3.2.2 精度検証結果

2.2.2と同様に、三谷川堰堤周辺に設置した検証点（6点）で座標の誤差を集計した。その結果、「Mavic3E」では水平方向に1~6cm、三次元距離は6~11cmの誤差であった。一方、「Mavic3E」と比べて「SOTEN」では、水平方向に13~24cm、三次元距離は41~54cmの誤差であった（図5）。このため、「SOTEN」で撮影し

たオルソ画像の位置精度は、施設や周辺状況、概略の堆砂量、土砂災害発生時の土砂移動状況の把握には活用が可能と思われるが、施設の損傷など、より細かな精度を求める点検には有効とは言いがたい結果となった。

4. おわりに

本実証では、Starlink および小型の国産 UAV「SOTEN」の有用性を確認した。その結果、Starlink を活用することで、LTE圏外においても、高い位置精度のもと安全に UAV 点検を実施できることが確認できた。

また、「SOTEN」による定点撮影では、中国製の主力機と同等の操作性や飛行性能を有し、自律飛行による点検が可能であることが確認できた。一方、オルソ撮影に関しては、撮影画像に一部ブレ等の問題が生じた他、位置精度も誤差が大きかったことから、その原因を含め、さらなる検証を行う必要がある。



図3 三谷川堰堤 離発着地点・周辺状況



図4 使用した国産 UAV

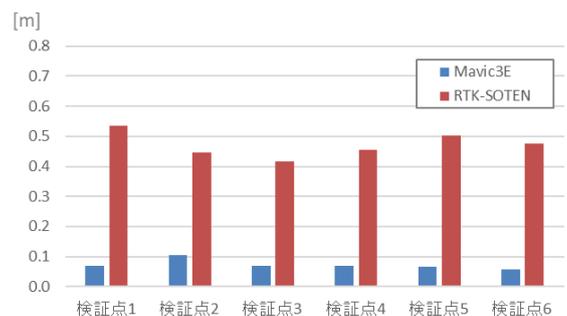


図5 3Dモデルにおける三次元距離誤差