

LTE 通信を活用したレベル 3.5 飛行による UAV 渓流点検

国土交通省 九州地方整備局 阿蘇砂防事務所 大木 鉄夫、竹下 一路、園田 明花里*
 アジア航測株式会社 ○鳥田 英司、佐藤 厚慈、滝澤 雅之、新田 寛野
 ※ 現所属：九州地方整備局 川内川河川事務所

1 はじめに

従来の渓流点検は、調査員による現地踏査に頼ることが多く、険しい山岳渓流や災害発生直後の緊急調査では、迅速性や安全性の確保が大きな課題であった。

近年では、無人航空機（以下、UAV という）の進歩に伴い、点検調査等への活用が進んでいる。特に、補助者を配置しない遠隔地での目視外飛行を想定したレベル 3.5 飛行は、これまでの UAV 点検の制約を大きく緩和でき、多方面で導入が進んでいる。しかし、山岳部や渓流沿いでは、通常無線通信による操縦は通信途絶のリスクが高く、摘要範囲がどうしても限定されていた。

本研究では、LTE 通信網を UAV の制御通信と映像伝送に活用し、災害直後でも安全な離発着場所から、広範囲かつリアルタイムで安定した渓流点検を実施することを目的とした。

2 検討手法

熊本県阿蘇市に位置する土石流危険渓流「上の小屋川 1」と「上の小屋川 2」という隣接する二つの渓流（図 1）で土石流の危険が高まっているという想定で、土石流警戒区域外の安全な場所に離発着地点を設定し、UAV のレベル 3.5 飛行による一括点検を試行した。



図 1 点検対象渓流と離発着点の位置

2.1 検討手順

検討の項目および手順を下図に示す（図 2）。

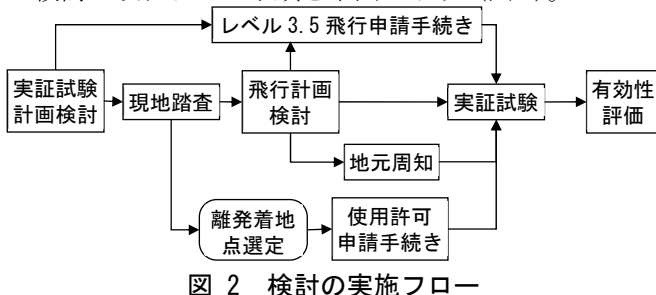


図 2 検討の実施フロー

2.2 使用機器

UAV は砂防施設点検や災害調査で広く利用されている DJI 社製の Mavic3Enterprise (RTK 測位モジュール搭載)、LTE 通信装置は KDDI スマートドローン社の上空電波パッケージを採用した。カメラは機体に搭載された広角カメラ（4/3 型 CMOS センサー、解像度 20MP、焦点距離 24mm（35mm 判換算））を使用した（図 3）。

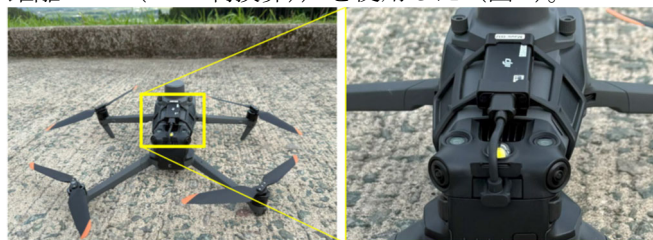


図 3 使用 UAV と機体側 LTE モジュール

3 飛行計画

飛行計画は、機体の標準飛行アプリ DJI Pilot2 を使用して、以下の点に留意して作成した（表 1、図 4）。

- 人家上空は原則として飛行しない。
- 点検対象外の空域の滞留時間は最小限とする。
- 渓流部は高々度の俯瞰動画・静止画撮影とする。
- 源頭部・氾濫域の点検は端部でカメラ仰角と機種方位を自動制御する俯瞰動画撮影とする。
- 計画飛行時間は機体の最大飛行時間 46 分の 50% 以内を目安とし、さらに十分余裕をもつこと。

表 1 飛行計画一覧

| Way Point 数 | 対地高度 (m) | 飛行距離 (m) | 飛行速度 (m/秒) | 飛行時間 (分：秒) |
|-------------|----------|----------|--------------------------------|------------|
| 71 | 120 | 6,444 | 河道： 8.0 端部： 1.0 域外： 15.0 | 13：36 |

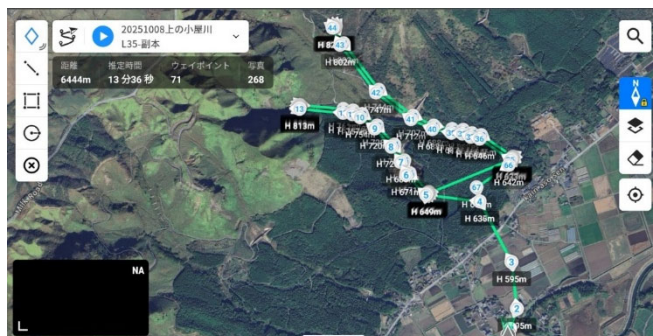


図 4 飛行計画図

作成した飛行コース下の障害物の有無や離隔を確認するために、既往の航空レーザ測量成果より DSM（地形

表層モデル)を構築し、飛行コースと地表面の比較縦断面図を作成した(図5)。

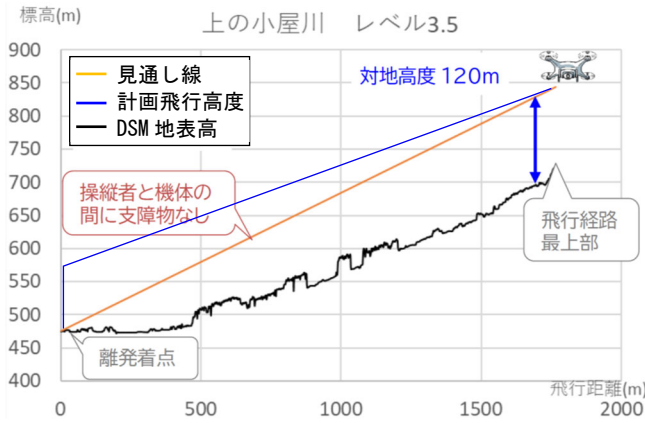


図5 離隔確認図

4 検討結果

4.1 点検画像

RTKによる正確な自機位置の測位により、飛行計画どおりの位置ブレのない点検画像が得られた。

溪流部の俯瞰動画は溪岸の侵食や砂防施設の重大な損傷の有無を確認出来る画質であった。また、2秒間隔でタイムラプス撮影した静止画は、拡大することで鋼材のさび発生も確認できた(図6)。重大な欠損以外の比較的小さな欠損等の損傷も確認可能と考えられる。



図6 溪流部点検結果(動画切り出しと静止画拡大)

源頭部の俯瞰動画撮影では、流域源頭部の状況を左岸から右岸まで漏れなく撮影でき、カルデラ壁上部のガリー侵食や、溪岸の表装崩壊の状況も把握できた。動画の切り出し画像を拡大することで、岩壁下部の崩壊礫の堆積状況も確認できた(図7)。



図7 源頭部点検結果(動画切り出しと部分拡大)

4.2 飛行制御

離発着地点から最も遠い上の小屋川2の上流端までは約1.9kmの距離があった。通常の操縦装置の無線伝送距離は、障害物がない状態で1.5~2.0km程度と言われており、通信ロスの可能性がある距離だが、遅延がほとんどない、安定した飛行を実施できた(図8)。



図8 操縦装置画面(左・右:カメラ、中:マップ)

但し、実飛行時間は計画13分に対して18分を要し、着陸時のバッテリー残量は44%だった。気温25.0℃前後、ほぼ無風の気象条件下での予想以上の電力消費の原因は、離発着場所と最遠点の高度差(約270m)で、上昇下降の電力消費が大きかったためと推測される。

また、上の小屋2の復路、集落手前のウェイポイントで一時的に送信機側のLTEの受信状態が低下する事象が発生した。しかし、短時間で回復し、その後は安定した通信状態であった(図9)。



図9 操縦装置画面(左:マップ、中・右:カメラ)

5 まとめ

緊急時を想定して、溪流域外の安全な場所からレベル3.5(目視外自律飛行)によるUAV点検を試行した。

結果は、溪流の流路や溪岸部、源頭部斜面共に概況把握が可能な画質の動画・静止画を撮影し、本手法の有効性を確認できた。一方、飛行計画や一時的な通信品質の低下等の解決すべき問題点も明らかとなった。

今後も安全で効率的な溪流点検の検討を進めたい。

【参考資料】

- 1) 砂防関係施設点検要領(案)(令和4年3月、国土交通省砂防部保全課)
- 2) 砂防設備点検におけるUAV活用の手引き(案)(令和2年3月、北陸地方整備局河川部)