

中継機 UAV の活用と高高度飛行による電波不感地帯における砂防施設点検の実施

国土交通省 東北地方整備局 福島河川国道事務所 木村修一※1 佐々木瞭※2
 アジア航測株式会社 ○熊倉 歩 西村直紀 千葉一博 古賀勇輝 中島秀
 ※1 現 国土交通省 東北地方整備局 新庄河川事務所 寒河江川砂防出張所
 ※2 現 国土交通省 東北地方整備局 東北国営公園事務所

1 はじめに

出水や地震、火山噴火等に伴う土砂災害が発生した際には、下流域への被害を低減するため、砂防施設の点検および流域の状況把握が求められている。福島河川国道事務所が管理する直轄砂防流域は、屈曲した河道や深い谷地形が多く、災害時には人が立ち入ることが困難な箇所が広く存在している。

近年、UAV（無人航空機）の技術発展により、作業員の立ち入りに危険が伴う砂防施設点検などにおいて有効な調査手段となっている。一方、山地流域では尾根地形や樹林等の遮蔽物により、通常の飛行では操縦者からの操縦用通信電波が届かない電波不感地帯が生じやすいという課題がある。

そこで本稿では、出水・地震・火山噴火時の緊急調査および臨時点検を想定し、電波不感地帯においても UAV による無人調査を可能とする手法として、①中継機 UAV の活用および、②対地高度 150m 以上の高高度飛行による砂防施設の点検の実証試験を実施し、その有効性と課題について検証した。

2 対象箇所と試験手法

実証試験を行う対象箇所は、阿武隈川水系の直轄砂防流域管内の荒川流域に位置する荒川第 10 堰堤および荒川第 9 堰堤の周辺とした（図 1）。

当該箇所は、急峻な谷地形と屈曲した河道形状を有している。事前調査により試験対象箇所の電波通信状況を確認したところ、左岸から張り出した高さ



図 1 対象箇所

20m 程の尾根地形が遮蔽物となり、尾根の下流側（図 2 の送信機の位置）から無線通信を発信した場合に、尾根より上流側では無線通信が届かない電波不感範囲が生じることが確認された。

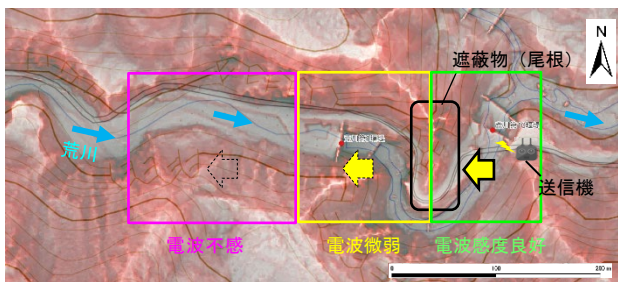


図 2 対象箇所の電波不感範囲

2.1 中継機 UAV を用いた点検手法の検討

本手法は、中継機 UAV を尾根上や上空の見通しの良い位置に滞空させることで、遮蔽物の影響を回避し、操縦信号および映像信号のリアルタイム中継を可能とする方法である。中継機を用いた砂防施設や流域状況の点検は、全国的に事例が多くなく、操縦および映像の電波伝送をリアルタイムで実施した事例も限られている^{1) 2) 3)}。

試験は UAV の操縦者が機体と直接通信できない状況を想定して、操縦・映像伝送用の無線通信を中継する中継機 UAV を上空に配置し、電波不感範囲内で UAV 調査を行う手法を検討した。試験のイメージを図 3 に示す。まず中継機 UAV を尾根より高い対地高度 50 m に配置した。次に基地局から中継機 UAV を介して電波不感範囲内の調査機 UAV を手動操作できるか確認した。さらに、調査機のカメラ映像を中継機 UAV・基地局・Starlink を介して遠隔地（宮城県仙台市）にリアルタイム配信できることを確認した。

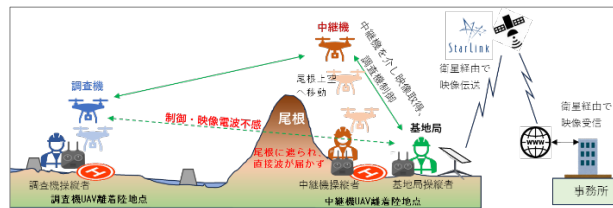
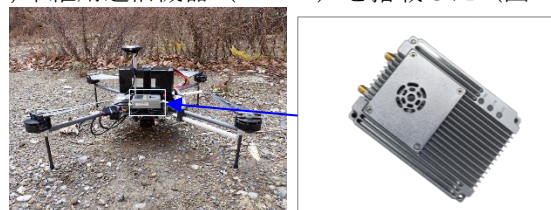


図 3 中継機 UAV 実証試験イメージ

試験には UAV 機体として AT-Quad 18 を 2 台使用し、中継用通信機器（HN15IP）を搭載した（図 4）。



AT-Quad 18 HN15IP
 図 4 使用した UAV と中継用通信機器

2.2 高高度飛行による点検手法の検討

本手法は、操縦者からの見通し範囲内で調査用 UAV を単独で対地高度 150m 以上の高さに飛行させることで、送信機と機体の直接通信を維持しつつ、広範囲の状況把握を可能とする手法である。中継機より汎用的な機体で電波不感地帯での通信を確保することができるメリットがある。

試験に使用する UAV 機体として、巡視点検業務等で使用される汎用機である Mavic 3 Enterprise を選定した。また、事前に空域調整と特定飛行の飛行申請を行った。飛行申請から承認まで 2 週間を要した。

試験方法は、高度を約 150m, 300m と変化させて、

操縦可能範囲を確認した(図5)。また、撮影写真を SfM 解析することでオルソ画像と・DSMを作成した。

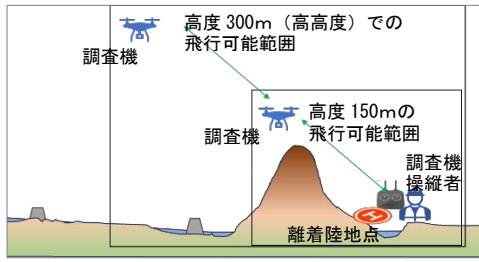


図5 高高度飛行による電波不感範囲における実証試験概要

3 実証試験の結果

3.1 中継機 UAV を用いた点検手法の結果

試験の結果、中継機 UAV を介することで、基地局から 150~200m以上離れた電波不感地帯において調査機 UAV を対地高度 0~30mで手動操縦することができた(図6, 図7)。ただし電波強度の計測結果から、

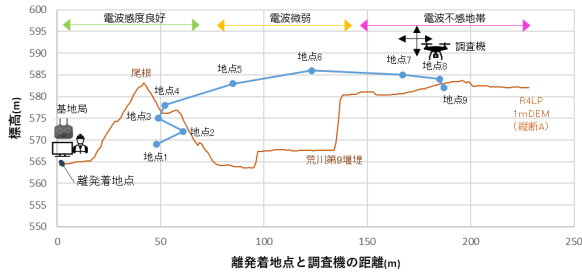


図6 中継機 UAV を介した電波不感範囲での調査機の操縦

中継機 UAV の高度や機体姿勢、アンテナの向きにより通信品質に影響を及ぼし通信が不安定化する可能性が確認された。適切な位置選定を行うことで、操縦に支障のない通信環境を確保できた。



図7 中継機 UAV の飛行状況

また、中継機 UAV と Starlink を介して、調査機 UAV で撮影した砂防堰堤のリアルタイム映像を安定して遠隔地に伝送できることを確認した。

3.2 高高度飛行による点検手法の結果

高度を高くするほど、操縦可能距離は長くなり、広範囲の施設や流域の状況を概略的に把握できた(図8)。対地高度 298m, 地上解像度 8 cm の写真から解像度 7.4 cm/pixel のオルソ画像と DSM を作成した。

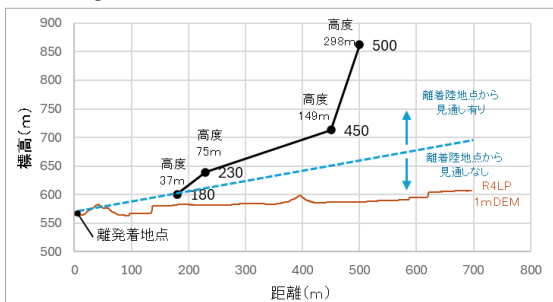


図8 対地高度の違いによる UAV の操縦可能距離

4 考察

今回の試験結果から、中継機 UAV を用いた通信補完方式は、急峻な谷地形を有する砂防流域において、電波不感地帯を解消しつつ手動操縦による緊急点検やリアルタイム映像伝送を行うのに有効な手法であるといえる。今回は試験飛行のため飛行距離を 200 m以内に限定したが、中継用通信機器のカタログスペックは伝送距離 15 kmであるので、中継機の配置や電波環境が良好な場合はより長距離を飛行できる可能性がある。一方で、機材が汎用化されていないこと、機材構成や運用の複雑さや運用人員の増加といった課題がある。

高高度飛行は、汎用機体でも実施可能で、今回のように遮蔽物により電波不感地帯や視界不良が生じる状況でも飛行距離を延ばすことができ、また 150m以下の通常飛行より広範囲を視認することが可能である。今回の試験では、対地高度 298mでの撮影により、流域の概況や火山灰の降灰範囲を把握するために十分な解像度のオルソ画像が得られた。一方で、対地高度 150m以上での飛行は特定飛行に該当するため、空域調整と飛行申請の手続きに 2 週間を要したことが課題である。予め長期間飛行申請を行っておくことで、発災時に即時対応することが可能になる。

5 まとめ

本研究では、屈曲した河道や深い谷地形を有する砂防流域を対象に、電波不感地帯においても UAV による無人調査を可能とする通信確保手法として、中継機 UAV を用いた通信補完方式と、高高度飛行の 2つの手法で実証試験を実施した。その結果、中継機 UAV を活用することで、尾根地形等の支障物により直接 UAV 送信機の電波が届かない範囲との通信を可能にし、UAV の手動操縦や映像伝送ができることを確認した。活用場面としては、施設の健全度確認、天然ダムのモニタリングに有効であると考えられる。また、高高度飛行は、汎用機体が利用可能であり、飛行申請をしておけば発災後にすぐ飛行でき、通常高度(150m以下)より広範囲を視認可能なことが長所である。活用場面としては、広域調査や火山灰の降灰範囲調査など概況把握の初動調査に有効であると考えられる。

以上より、災害発生直後の調査対象や現地状況、機体・人員体制に応じて中継機 UAV と高高度飛行を使い分ける運用が実務上有効であると考えられる。今後は、溪流ごとに地形や電波状況を考慮して中継機 UAV と高高度飛行の適否を検証し、砂防施設の維持管理や災害対応への実装が進められることが望ましい。

参考文献

- 1) 小竹利明, 山田拓, 柴田俊ら(2021), 栗平地区における公共 BB 搭載 UAV による映像伝送の実証実験について, 2021 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 447-448
- 2) UAV 点検の改善手法について (2024), 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 419-420
- 3) 北本 楽, 柴田 俊, UAV を用いたレベル 3 飛行(目視外補助者無し飛行)による河道閉塞および砂防施設の点検・調査活用について (2021), 令和 3 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 一般部門(安全・安心) I :No. 09