

川辺川流域における UAV 自律飛行による砂防施設点検の試行

国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所 中村良一, 須田木諭
日本工営(株) ○田方 智, 古屋海砂, 大屋俊祐, 太田敬一

1. はじめに

これまで砂防施設の点検においては、主に目視(人力)による点検が行われてきた。しかしながら、砂防施設は急峻な山地地形を呈する箇所設置されていることが多く、施設までのアクセスに労力や時間を要する。また、点検路が整備されておらず、安全面にも課題を有する。加えて、豪雨後や地震後に迅速に施設点検や土砂・流木の流出状況の調査が要求されるにもかかわらず、道路や斜面の崩壊等により現地にたどり着けないことが懸念される等の課題もある。近年、砂防分野では UAV 等を活用した砂防施設点検や流域調査が進められており(例えば、北本・柴田¹⁾)、全国的にも UAV を活用した砂防施設点検の方法が検討されている。ここでは、川辺川流域において管内の特性をふまえ、UAV 等を活用した砂防施設点検の事例と試行結果、加えて土砂災害時の衛星通信を活用したリアルタイム映像配信の試行結果について報告する。

2. 川辺川流域における砂防施設の特性

2.1 川辺川流域の地形・地質特性

今回対象とした川辺川流域は、流域面積約 533km²であり、流域内は非常に急峻な山地地形を呈しており、非常に谷が深い形状となる特徴を有している。また、地質的には「秩父帯」や「四万十帯」の付加堆積岩類が広く分布しており、脆弱で、豪雨後等には崩壊や土石流等が発生しやすい状況下にある。

2.2 管内砂防施設の特性

管内の砂防施設は 146 施設あり、川辺川流域全体に点在している。これらの砂防施設に対し、年間複数回の定期点検や応急点検が行われているが、砂防施設にアプローチするための道路が切り立った溪岸に沿って設置されており、点検が必要な豪雨後や地震後に崩壊等で通行が困難となるリスクを有している。

管内の砂防施設に発生している変状は、洗堀、摩耗、ひび割れが多く、健全度 C と判定される施設は 22 箇所程度ある。

2.3 UAV を活用する砂防施設のスクリーニング

本検討では管内 146 施設をアクセス性や目視(人力)点検に要する時間、安全性、道路途絶の実績等により UAV の活用により効果的かつ安全に点検を実施することができる施設を抽出し、現地にて離発着箇所の有無や樹木の繁茂状況、GNSS 捕捉状況、LTE 通信環境等の調査を行い、適用する飛行レベル区分を行った。

3. 久連子川における長距離飛行による砂防施設点検

川辺川流域には、河川延長が長く砂防施設が連続的に配置されるという特性を有する流域がいくつかある。特にこのような流域は河川沿いに道路を有する場合が多く、急峻な谷沿いに道路があるため、道路山側の斜面が切り立っていることが多い。そのため、豪雨後や地震後に斜面崩壊や道路面の崩壊等で通行が不可能となることが多く発生する。

本検討で対象とした久連子川においても 2022 年 9 月に九州を横断した台風 14 号に伴う豪雨後に久連子川沿いの道路の複数箇所でも崩壊が発生し、上流側の砂防施設へのアプローチが困難な状況となった。



図-1 久連子川飛行計画

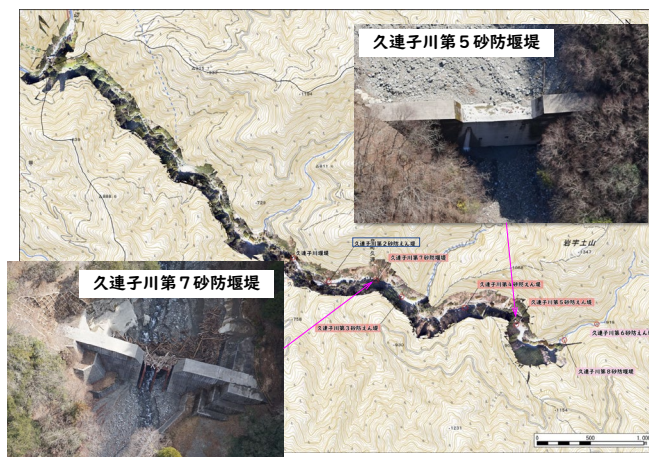


図-2 久連子川における長距離飛行による施設点検状況

そこで、本検討では河川延長が長く、砂防施設が連続的に配置され(堰堤 8 基)、実際に豪雨に伴う崩壊等で通行不可となった久連子川において長距離飛行が可能な固定翼を用いた施設点検(概括的な点検)・流域調査の飛行計画し、検証試験飛行を実施した。

飛行計画を図-1 に示すが、基地(離発着箇所)を流域中流の「古代の里」とし、砂防堰堤の配置区間を含む総飛行距離 13.3km を飛行範囲とした。使用する機体は長距離飛行が可能な固定翼機(エアロボウイング)とし、2000 万画素の撮影が可能なカメラを搭載し、16mm と 35mm で垂直写真の撮影を行うとともに、撮影写真から点群データを作成した。なお、本飛行の本来の位置づけは長距離を目視外自律飛行させ施設点検を行うことを想定しているが、本検討では安全を考慮して補助者を置いた飛行とした。

図-2 に固定翼機を用いた飛行による施設点検状況を示す。総飛行距離 13km、飛行時間 13 分であり、目視(人力)による点検では 270 分を要する実態と比べ、大幅な時間短縮となった。撮影された写真についても土砂・流木の流出状況を十分に把握することが可能であった。また、作成した点群データから 20cm 程度の堰堤水通し部の摩耗状況を確認することも可能であった。

4. 宮園地区における全自動飛行による砂防施設点検

川辺川流域には人家近傍の土石流危険渓流に砂防堰

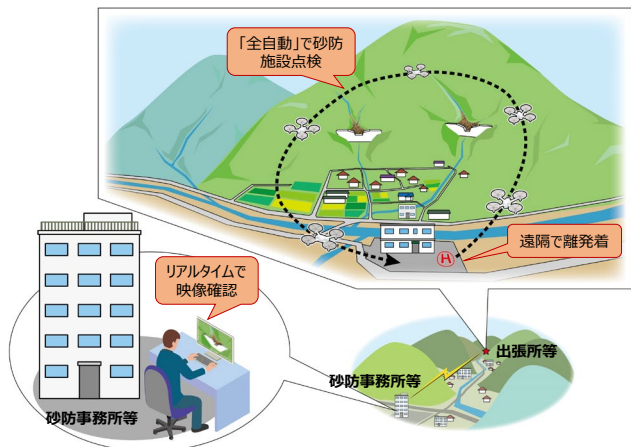


図-3 宮園地区における全自動飛行イメージ



図-4 宮園地区における全自動飛行による施設点検状況

堤が設置され、豪雨後には溪流からの土砂・流木の流出状況や除石の必要性の確認等のため、頻繁に目視(人力)やUAVを用いた現地確認が行われている。このような砂防施設は豪雨・地震後の迅速な状況確認が必要であるが、アクセスする道路が途絶すること等も想定される。このような場合、あらかじめ設定した箇所からUAVを離発着させ、設定されたルートで飛行、定点写真を撮影する一連の工程を遠隔で操作することができれば、現地に赴くことなく遠隔地から被害状況の確認が可能となる。

本検討では、人家近傍に砂防堰堤が設置され、砂防監督官詰所を基地(離発着所)とすることが想定できる宮園地区を対象として全自動飛行による点検の計画、検証試験飛行を実施した(図-3)。使用する機体は、全自動飛行用のLTEのアンテナ・モジュールを搭載したMATRIS 300 RTKを用いた。本来は遠隔地からの目視外自律飛行を想定しているが、検証試験飛行では安全を考慮して砂防監督官詰所に操縦者を置き、遠隔操作を模した飛行を行った。

図-4に全自動飛行による施設点検結果を示すが、撮影画像は土砂・流木の流出状況や施設の変状を確認する精度を有していることが確認され、遠隔操作により遠隔地から被害状況の確認ができること、撮影画像がリアルタイムでクラウド保存され、迅速に状況確認が可能であることから全自動飛行による施設点検の有用性が示された。一方、現状では設定コマンド数(WP+撮影アクション)に制限があるため、詳細点検に用いるような細かい設定・撮影が課題であると考えられる。

5. 異なる機体の適用性検証

川辺川流域における砂防施設の特性である谷が深い箇所位置し、アクセスが困難な葉木第3砂防堰堤を対象と



使用した水中ドローン (BlueROV2)



図-5 水中ドローンによる洗掘調査の状況

し、3種のUAV機体を用いた砂防施設点検への適用性の比較検証を行った。ここでは、定期点検(詳細点検)を想定し、砂防堰堤の各部位を確認するための飛行ルートや撮影画角を設定した。使用した機体は、汎用的に使用することを想定した機体としてMavic pro2、位置精度の高いRTKが搭載された機体としてMATRIS 300 RTK、樹木繁茂等の障害物が多い場合に使用する機体としてSkydio2とした。

自律飛行により詳細点検を行う場合には、毎回の点検で同精度の情報を取得することが可能となる位置精度の高いRTKを搭載した機体の使用が望ましく、またズーム機能が搭載された機体を用いることで砂防施設に接近しすぎず安全な撮影が可能となる。一方、Visual SLAM機能により自律的に衝突を回避するSkydio2は樹木を避けるような飛行も確認され、障害物が多い箇所でも適用性が高くなることが期待されるが、カメラの仕様がズーム機能等を有しておらず、撮影された画像を用いた変状確認の観点ではやや劣ることが想定された。

6. 水中ドローンおよびソナーを活用した洗掘箇所の調査

川辺川流域において多く発生している砂防施設の変状である洗掘に対し、水中ドローンおよびソナーを用いた調査手法の適用性について検討を行った。対象箇所は平瀬砂防堰堤の水叩部を対象としたが、流れや落水等がある状況下においても水中カメラにより水面下の撮影が可能であり、状況を確認することができた(図-5)。また、ソナーを用いた調査と組み合わせることにより、洗掘深(河床高)を定量的に評価することができた。

7. 衛星通信(STARLINK)を活用した映像配信

衛星通信サービス「STARLINK」を利用したUAV撮影映像のリアルタイム配信の試行を行った。撮影対象は、2022年9月の台風14号による豪雨に伴い管内樅木地区で発生した地すべりとした。UAV撮影映像の配信には「Microsoft Teams」を利用した。樅木地区は川辺川上流域に位置し、携帯回線エリアではあるものの映像のリアルタイム配信は困難であったのに対し、衛星通信(STARLINK)はダウンロード速度で携帯回線の約20倍(56Mbps)、アップロード速度で約10倍(18Mbps)を有し、状況を把握するための映像伝送は問題なく行うことができた。

7. おわりに

本検討では、川辺川流域の特性や砂防施設やその変状の特性をふまえ、目視外自律飛行(レベル3)を想定したUAVによる砂防施設点検を目的とした飛行計画を検討し、検証試験飛行や山間地における衛星通信を活用したリアルタイム配信の試行を行った。今後は、管内の各施設に対してUAVを用いた点検計画の検討、検証試験、DX化をふまえた点検データのデータベース化、UAVを活用した施設点検マニュアルの作成等を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 北本楽・柴田俊:近畿地方整備局研究発表会論文集 一般部門(安心・安全)I, 2021