

UAV を用いた高高度飛行による大規模土砂災害の初動調査への適用に関する実証実験

中電技術コンサルタント株式会社 ○能島佑佳, 荒木義則, 河井恵美, 久家政治, 舟津智司
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 小杉恵, 竹下航, 北本楽

1. はじめに

平成 23 年の紀伊半島大水害では、台風第 12 号に伴う記録的な豪雨により、紀伊半島の 3,000 箇所を超える地区で土砂災害が発生し、17 箇所で大規模な河道閉塞が形成された。河道閉塞の発生を確認し、湛水池の決壊により下流域に土石流等の重大な土砂災害の発生が想定される場合は、土砂災害防止法に基づいた緊急調査が実施される。緊急調査では緊急調査着手の判断から緊急調査終了の判断まで、時系列に応じた調査項目等が設定されている。河道閉塞形成直後の初動調査では、被害区域および時期の想定に関する調査として土石流氾濫計算のため河道閉塞形状の計測が必要となる。このような場面において、UAV の撮影データを用いて作成した点群データの活用が有効¹⁾になると考えられる。しかしながら、大規模土砂災害の発生直後においては、河道閉塞の形成により地形形状は大きく変化しているため、航空法に則った対地高度 149m 以下で地形に追従する飛行は困難であり、飛行の安全性を考慮すると対地高度 150m 以上の高高度からの撮影が必要と考えられる。

本稿では、【初動期】における河道閉塞形成前の地形データを用いた高高度飛行のルート設定方法、次ステップとなる【継続監視期】における河道閉塞形成後に取得した地形データを用いた地形追従飛行のルート設定方法、これら 2 種類の飛行方法で撮影した写真をもとに作成した点群データと航空レーザ (LP) データの比較により精度確認等を行った結果を報告する。

2. 実証実験の概要

本実証実験では、河道閉塞形成直後の初動調査を想定し、紀伊半島大水害による大規模な河道閉塞が発生した長殿地区を対象に行った事例を示す。UAV 離着陸地点は、河道閉塞形成直後において立ち入り可能な地点とした。また、大規模災害の発生直後において、捜索、救助を目的とする場合は、「飛行ルールの特例」により飛行の禁止空域(航空法第百三十二条)等の航空法による規定が適用されない場合も考えられるが、本実証実験では対地高度 150m 以上の許可を得た飛行とした。

河道閉塞の点群データ作成を目的とした UAV 飛行ルートの概念図を図-1 に示す。

高高度飛行は、初動調査への適用を想定し、河道閉塞形成直後の地形データがないことから、飛行範囲内の山頂等の最大標高地点より安全な離隔距離を確保し、一定高度による撮影を行う計画とした。

地形追従飛行は、復旧工事中等、河道閉塞形成後の地形データが取得された段階を想定し、出水による地形変化が少ない地点を飛行する計画とした。崩壊斜面は、未崩壊の対岸斜面からの水平撮影と斜め撮影の組み合わせとした。対象となる河道閉塞は規模が大きいため、撮影角度を変化させることで、写真のオーバーラップ率：80%，サイドラップ率：60%となるよう留意した。地形追従飛行により作成した点群データは、高高度飛行により作成した点群データと比較し、精度確認に活用する。

本実証実験の高高度飛行に用いた UAV 飛行ルートを図-2 に示す。飛行高度は、崩壊地頂部より約 250m 上空に設定した。飛行ルート間隔は、崩壊斜面部、河道部毎に設定し、写真のオーバーラップ率：80%，サ

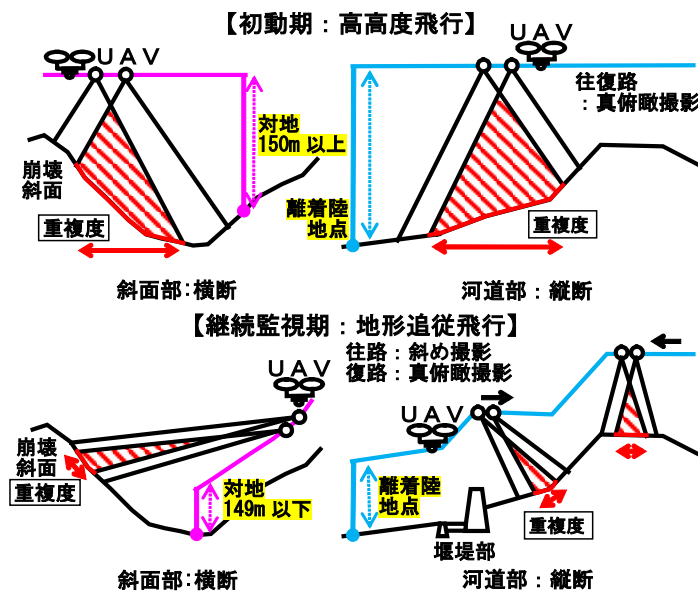


図-1 UAV 飛行ルートの概念図

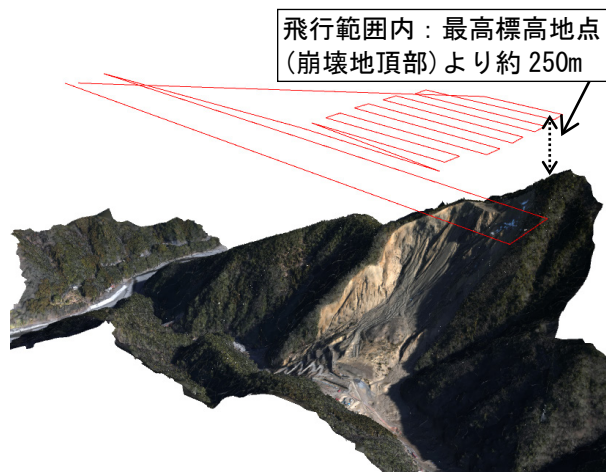


図-2 長殿地区における UAV 飛行ルート

イドラップ率：60%となるよう留意した。また、機体の測位方式は PPK 測位を用いた。高高度飛行では、飛行時間：約 22 分、撮影枚数：865 枚、解析時間（点群データ作成時間）：約 3.7 時間であった。

3. 実証実験の結果

精度確認では、高高度飛行による点群データと地形追従飛行による点群データについて、地形的に大きな変化がないと考えられる同時期の LP データとの差分解析を実施した。差分解析結果を図-3、図-4に示す。

高高度飛行、地形追従飛行において、河川の縦断方向と崩壊地の縦断方向も含め、全体的に LP データとの差分は±0.5m 未満であり、地形の顕著な歪みは確認されなかった。高高度飛行による点群データと地形追従飛行による点群データは、3 次元形状において十分な精度の確保ができていることを確認した。また、河道閉塞天端部における撮影写真の地上画素寸法は、高高度飛行では離隔距離：615m、地上画素寸法：約 77mm、地形追従飛行では離隔距離：149m、地上画素寸法：約 19mm であった。

以上より、初動期では、精度が粗い調査結果であってもより迅速な情報提供が必要となることから、高高度飛行による調査が有効な手法であり、継続監視期では、より詳細な状況把握が必要となることから、地形追従飛行による調査が有効な手法であることを確認した。

地形追従飛行による点群データと高高度飛行による点群データの差分解析結果を図-5 に示す。差分解析結果より、崩壊斜面下部の緑色箇所は、対策工事における地形変化箇所であり、河道閉塞部の変化箇所を視覚的および定量的に示すことができた。

本実証実験の対象とした長殿地区では、河道閉塞形成から 11 年経過した令和 5 年 3 月末現在においても緊急調査が継続しており、航空レーザ測量等の地形データも取得されている。初動調査で取得した高高度飛行による点群データは、LP データや地形追従飛行による点群データと比較し同等の精度（標高較差：±0.5m 程度）であったことから、二時期の比較による河道閉塞の形状変化の把握や復旧計画に活用可能になると考える。

4. おわりに

本稿では、高高度飛行による撮影データを用いて点群データを作成し、河道閉塞形成前の地形データを用いた飛行ルートの設定や LP データとの比較による精度の確認を行った。設定した高高度飛行による飛行ルートは、河道閉塞形成前の地形データを用いて作成できることや飛行範囲内の最大標高点より上空を飛行することから、飛行ルート作成作業における迅速性や安全性の向上に繋がった。また、高高度飛行による点群データは、LP データや地形追従飛行による点群データと比較し同等の精度（標高較差：±0.5m 程度）であったことから、初動期における河道閉塞形状の計測に有効な手法であると考えられる。

参考文献

- 1) UAV の自律飛行による天然ダムの緊急調査及び被災状況把握に関する手引き, 令和 3 年 7 月, 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。

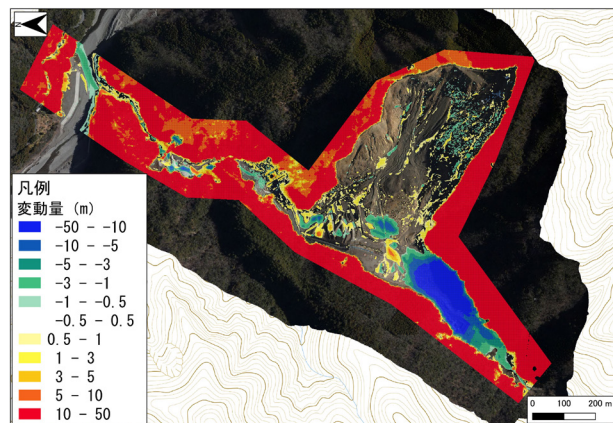


図-3 LP データと UAV データ (高高度飛行) の差分解析結果

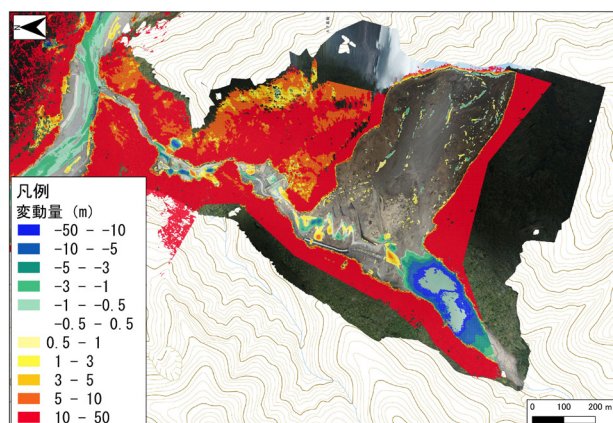


図-4 LP データと UAV データ (地形追従飛行) の差分解析結果

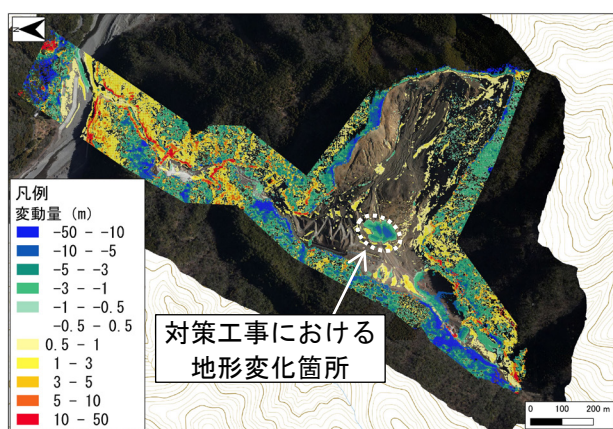


図-5 UAV データ (地形追従飛行) と UAV データ (高高度飛行) の差分解析結果