

UAV を用いたゼロオペレーション(無人自律飛行)による砂防施設点検の実証実験について

国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 小竹利明^{※1}, 山田拓^{※2}, 柴田俊^{※3}
 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 木下篤彦
 中電技術コンサルタント株式会社 ○河井恵美, 荒木義則, 大盛泰我, 能島佑佳, 久家政治

1. はじめに

平成 23 年の紀伊半島大水害による大規模崩壊を伴う河道閉塞箇所は、天然ダムの決壊等の危険性が高く、出水直後は危険で人が立ち入ることが出来ない。また、その後の対策工事中においても、大規模崩壊地の再崩壊や天然ダムの越流崩壊等、出水に伴う大規模な土砂移動現象が発生しており、このような場所での調査や点検は、UAV が有効な手段¹⁾になり得る。UAV を用いた自律飛行における限界接近距離 (30m 相当) では、砂防堰堤の本体、水叩き等の摩耗やひび割れ等を詳細に確認し難いことが課題であった。

本稿では、障害物を回避しながら機体を構造物に近接させることができる Visual SLAM 技術が搭載されている機体を用いて、機体が Dock (箱型格納庫) から自動で飛び出し、撮影を行い、自動で収納される操縦者無しの完全自律飛行における砂防施設点検の実証実験結果を報告する。

2. 実証実験の概要 (UAVによる自動巡回・画像取得)

実証実験は、熊野地区 (和歌山県田辺市) において 2020 年 12 月 25 日に行った。離着陸地点は、過去の実績より河道閉塞部から土砂流出した場合でも車でのアクセスが可能な地点 (1 号堰堤下流側の河道閉塞部から下流約 0.3km) とし、機体の操縦者と補助者 (地上局システム: 機体制御情報・画像情報等の監視者) を配置した。

完全自律による UAV の飛行ルートを図-1、使用機体の諸元と完全自律飛行の概念図を図-2 に示す。

実証実験では、アメリカ製の Skydio2 を用いた。この機体は、Visual SLAM 技術を搭載しており、自動的に障害物を回避することができるため、より安全な点検の実施に有効である。

完全自律飛行は、1 号砂防堰堤の維持管理のための点検用写真の撮影や、砂防堰堤に堆積した土砂や流下した土砂の状態や砂防堰堤の被災状況を確認するために、1 号砂防堰堤に対して、下流側、上流側、真上から対地高度 25m、50m で撮影するルートを計画した。

Skydio2 は、GPS による機体制御を行わず、Dock (箱型格納庫) 位置を x,y,z=0,0,0 とした空間を作成し飛行を行うため、事前に、手動操作により撮影対象範囲と Dock (箱型格納庫) の位置情報を設定した上で、自律飛行を実施した。

なお、実証実験では、飛行開始の操作は操縦機で行う必要があったが、今後、PC 等を通じて、遠隔での操作が可能になることが期待される。

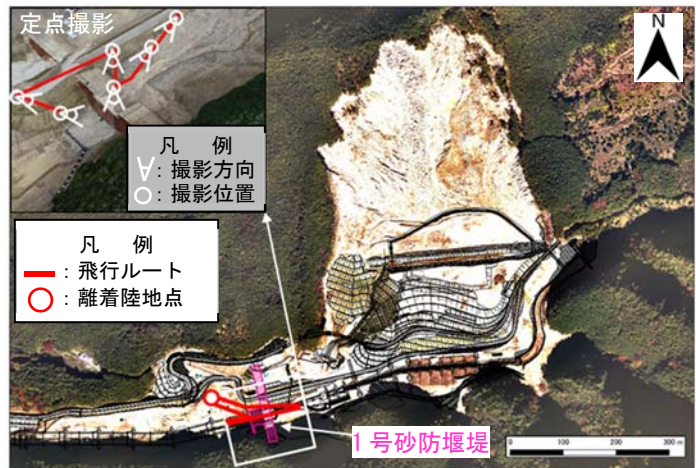


図-1 熊野地区 (和歌山県田辺市) の UAV 飛行ルート

Skydio2 の諸元		
項目	細別	仕様
機体諸元	機体重量	775g
	機体寸法	223×273×74mm
撮影条件	気象条件	風速 11m/s 以下
	撮影時間	約 23 分
	撮影範囲	3.5km
機体諸元	動画	800 万画素
	静止画	1200 万画素

図-2 使用機体の諸元と完全自律飛行の概念図

※1 現所属：国土交通省水管理・国土保全局砂防部、※2 現所属：国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム、※3 現所属：長野県姫川砂防事務所

3. 実証実験の結果

3.1 飛行の結果

熊野地区において、完全自律飛行（操縦者無し飛行）による砂防堰堤の点検の適用性実証として、5回（準備飛行：3回、完全自律飛行：2回）の飛行を実施した。

飛行結果より、機体が Dock（箱型格納庫）から自動で飛び出し、撮影を行い、自動で収納されることを確認した。

今回の実証実験結果より、UAV の離着陸場所（ドローンポート）に Dock（箱型格納庫）を設置することが出来れば、将来的には、作業員が現地に行く必要がなくなり、より安全で効率的な砂防関係施設の点検実施に活用できると考えられる。

なお、Dock（箱型格納庫）、機体、プロポ間の通信は、2.4GHz 帯を使用しており、離着陸地点周辺における電波環境の制約を受けるため、重機が同一周波数帯の電波を出していないことを確認すると共に、使用していない時間帯や場所を選定する必要がある。

3.2 砂防施設の点検結果

完全自律飛行により、砂防堰堤に堆積した土砂や流下した土砂の状態や砂防堰堤の被災状況を確認した。

自動的に障害物を回避する機能により、構造物に近接（接近距離：1.5m）した撮影を安全に実施することで、地上からでは把握が困難な水通し袖小口部の変状を把握することができた。また、近接撮影した画像より、詳細な 3次元モデルを作成することができた。

しかしながら、1回の計測でカバーできる範囲が狭いため、砂防堰堤全体を撮影するためには、複数回のフライトを行う必要がある。

4. おわりに

本稿では、天然ダム対策のための砂防事業が行われている熊野地区において、UAV の完全自律飛行の実証実験を行った結果、機体が Dock（箱型格納庫）から自動で飛び出し、撮影を行い、自動で収納されることを確認した。背後地に大規模崩壊地があり、降雨等により土砂移動が頻繁に繰り返されている地区では、砂防関係施設への土砂流出の危険性が高く、砂防堰堤等の規模も比較的大きいことから、UAV の完全自律飛行を行うことで安全性の向上に寄与できると考えられる。

UAV の自律飛行では、GPS の受信、風や地形の影響により限界接近距離は、約 30m であったが、今回の実証では、Visual SLAM 技術を用いて自動的に障害物を回避する機能により、施設へ 1.5m まで接近させることができ、詳細な画像の撮影が可能となった。今回実証した完全自律飛行による詳細な画像の撮影は、安全性や作業の効率性の向上となり、維持管理の点検に有効である。

参考文献

- 1) 砂防関係施設点検要領(案), 国土交通省砂防部保全課, 令和 2 年 3 月.
- 2) 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 2 年 3 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

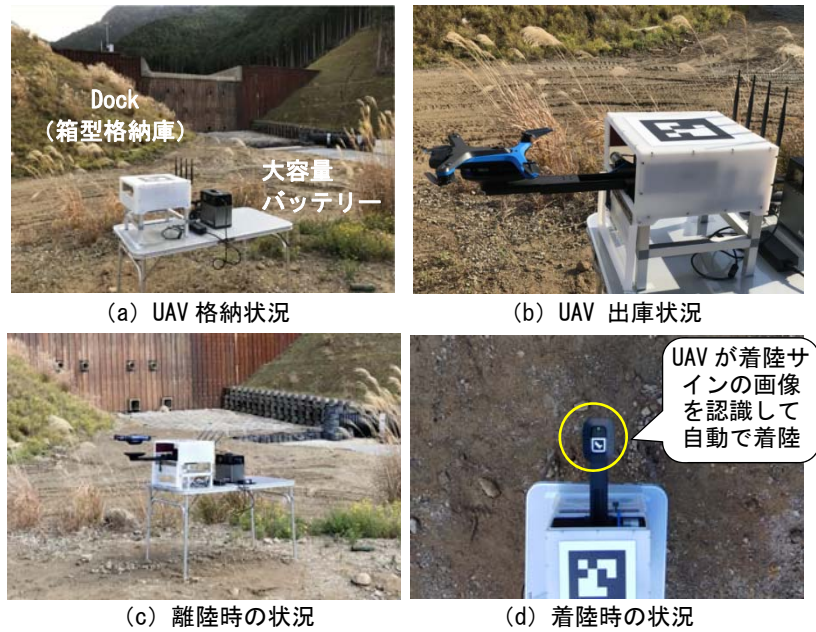


図-3 実証実験の飛行状況

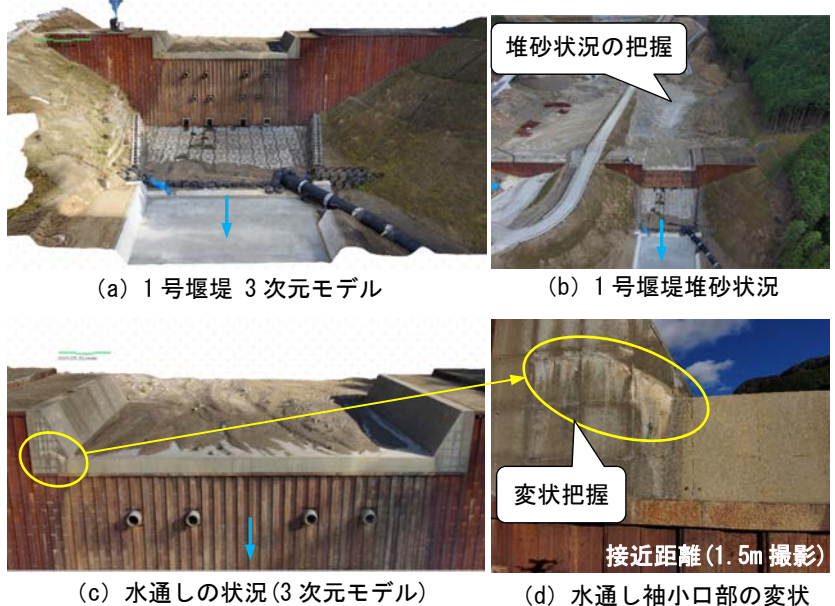


図-4 砂防施設の点検結果 ※矢印は流下方向を示す。