

立入困難区域における UAV 自律飛行を用いた緊急調査デバイス遠隔配置手法の検討

国際航業株式会社 ○鈴野愛斗, 島田徹, 永田直己, 山田大介, 小林実和, 河野孝俊, 廣木雪乃

1. はじめに

河道閉塞発生時には、決壊による二次災害を防ぐため、土砂災害防止法に基づき地形計測等による迅速な状況把握が必要である。しかし、現場環境によっては人による立入調査は危険かつ困難なため、安全で効率的な調査技術が求められている。

近年では様々な調査や災害対応での UAV 活用事例が増加しており、緊急調査においても「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」¹⁾に UAV を活用した無人調査手法が明記されている。一方、現在の調査手法では、UAV を用いて地形計測デバイスを直接運搬・配置する手法は確立されていない。そのため、UAV によるデバイス遠隔配置手法の検討は、今後の調査の安全性と迅速性を向上させる上で重要な技術開発であると考えられる。

本稿では、河道閉塞発生時の緊急調査を想定し、地形計測デバイスの遠隔配置手法の確立を目的として、河道閉塞現場を仮想した不整地でのデバイス配置実験を実施した結果と課題を示す。

2. 実験概要

地形計測デバイスを遠隔で不整地に運搬・配置する操作は、デバイスを三脚に固定した状態で UAV によって運搬し、目標地点に到達後、自動的にデバイスを切り離すことにより実現する(図1)。ただし、災害現場ではデバイスの配置可能な場所は必ずしも平坦とは限らず、傾斜地での設置を考慮する必要がある。傾斜地に三脚を立てる場合には、配置予定地点の傾斜度や斜面方位が事前に分かっているならば、一脚の長さを現地の傾斜度に応じて他の二脚よりも短くし、方向制御装置を用いて斜面最大傾斜方向(上流側)に短くした脚を配置することで、三脚の安定性が向上すると考えられる。



図1 UAVによるデバイス運搬の様子

本実験では、傾斜度の異なる複数の斜面を設定し、UAV を用いた遠隔運搬・配置を行い、安定したデバイス配置のための技術的課題を抽出した。

3. 実験手法

重量約10kgの地形計測デバイス(デバイス模倣品・三脚・把持装置・方向制御装置含む)を大型UAV(ペイロード:40kg)で運搬し、傾斜地に配置した。UAVによる運搬は、配置地点から50m程度離れた位置から行った。本来は自律飛行による運搬を想定しているが、安全のため今回の実験では、離陸から切り離しまでをオペレータが目視操作で実施した。

三脚の安定性は、デバイス設置部の高さ・重量・傾斜角度・開脚角度・風速などの条件を考慮し、短い脚の長さ(b2)を幾何学的に算出した(図2)。

実験では傾斜度の異なる斜面を3箇所選定し、それぞれの地形条件に応じて脚の長さを設定して配置実験を行った(表1)。また、斜面勾配が大きい地点では、開脚角度を大きく調整し、安定性への影響を検証した。

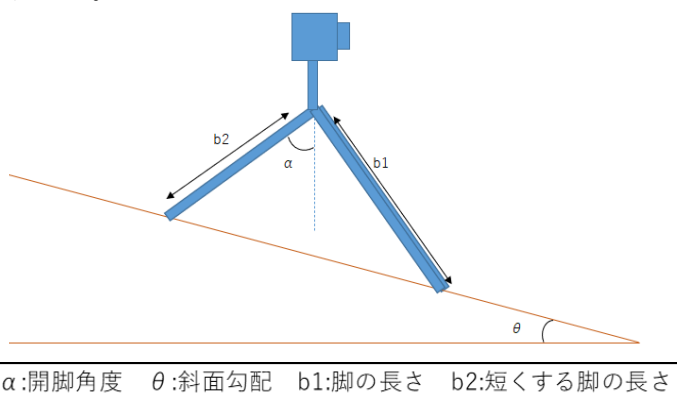


図2 デバイスの斜面配置イメージ

表1 実験条件と実験結果

		地点A 勾配28°	地点B 勾配20°	地点C 勾配10°
1回目	開脚角度	25°	25°	25°
	脚の長さ	81cm	93cm	106cm
	結果	転倒	転倒	中断
2回目	開脚角度	25°	25°	25°
	脚の長さ	81cm	93cm	106cm
	結果	成功	転倒	成功
3回目	開脚角度	45°	45°	
	脚の長さ	56cm	63cm	
	結果	成功	成功	

4. 実験結果

実験結果は表1の通りである。各実験の詳細を以下に示す。

(1) 地点A (斜面勾配 28°)

- 1回目：短い脚が先に接地し、把持装置が外れる前に三脚が斜面上方に引きずられたため転倒した。
- 2回目：配置に成功した (図3)。
- 3回目：開脚角度を 45° に広げ、配置に成功した。

(2) 地点B (斜面勾配 20°)

- 1回目：接地直後立っていたが、斜面方向とそれに対応する脚の位置ずれによりバランスを崩して転倒した (図4)。
- 2回目：把持装置が外れる前に三脚がずれて斜めになり、修正が不可能となったため三脚を斜面に倒して設置した。
- 3回目：開脚角度を 45° に広げ、配置に成功した。

(3) 地点C (斜面勾配 10°)

- 1回目：把持装置に三脚がかかりにくく、かつ方向制御装置にエラーが発生し配置を中断した。
- 2回目：配置に成功した。

5. まとめ

実験結果から得られた課題を以下に整理する。

(1) デバイス設置箇所の条件

実験結果より、デバイスを安定して配置させるには、最大傾斜度 10~20° 程度の斜面勾配を選定する必要がある。

(2) 開脚角度の条件

開脚角度を大きくすると、配置後安定性が向上するが、開脚角度を大きくしすぎると、デバイスの設置高さが低下し、草木に遮られる可能性がある。そのため、植生のない地点を選定するか、配置する脚の長さを長くしてデバイスの設置高さを維持しつつ、脚の角度を大きくして配置を安定させる必要がある。

(3) 三脚接地時の挙動

理想的には3本の脚が同時に接地するのが望ましいが、実験では風や地形の凹凸などの影響で、一部の脚が先に接地し、その脚を軸として三脚が回転し正しい斜面方向とずれてしまうケースが見られた。そのため、UAV 運搬時の揺れを抑え、デバイスをなるべく水平に降ろす工夫が必要である。

6. おわりに

本稿は、JST【ムーンショット型研究開発事業】グラント番号【JPMJMS2032】の支援を受けたものである。現地実験にあたって試験フィールドの提供について国土交通省利根川水系砂防事務所にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

今後は、実験で得られた課題の解決に取り組むとともに、様々な環境・条件下での実験を重ね、より安定したデバイス配置手法を確立する。さらに、自律飛行による実証検証を行い、社会実装を目指す。

【参考文献】

- 1) 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、令和5年5月、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

実験の様子



図3 地点A 2回目 (成功)



図4 地点B 1回目 (転倒)