

小型無人飛行機（UAV）を用いた法面保護工の機能診断調査 Functional diagnostic of slope protection using an unmanned aerial vehicle

○池田典明※ 長田実也※ 浅野将人※
IKEDA Noriaki NAGATA Jitsuya ASANO Masato

1. はじめに

本調査は、農林水産省農村振興局が策定した「地すべり防止施設の機能保全の手引き～統合版～」に基づき、地すべり防止施設の機能診断を実施するに当たり、近接目視点検が困難な法面保護工等に対して小型無人飛行機（以下、UAV という）を用いた空撮・測量技術の適用可能性を確認するとともに、目視主体の点検との対比により結果の精度について検証を行ったものである。

2. 調査概要

調査概要として、表-1 に調査地一覧を表-2 に UAV・カメラ仕様一覧を示す。

表-1 調査地一覧表
Table.1 Investigation a list

地区名	地すべりブロックの規模	地すべり対策工法	法面保護工の特徴	調査内容別の実施年度		
				UAV地形測量	近接撮影	中望遠撮影
法面A	6 ha	排土、吹付け法砕工、擁壁、アンカー、ロックボルト	大規模な地すべり対策工	H29	H30	H30
法面B	1 ha	アンカー（現場打ち受圧板）	急斜面で近接目視が困難	H29	H30	H30
法面C	0.6 ha	排土、承・排水路、水抜きホーリング	法面全面が草木に覆われている	H30	H30	H30

表-2 UAV及びカメラ仕様
Table.2 UAV and Camera spec

調査内容	UAV機種名	最大離陸重量 （カメラ・バッテリー含む）	GPS ホバリング精度	障害物 検知機能	カメラ名	使用レンズ （35mm換算）	CMOSサイズ	写真解像度 （Pixel）	撮影高度
UAV地形測量	Inspire 1	3,500g	垂直±0.5m,水平2.5m	無	ZENMUSE X3	3.61mm （20mm）	1/2.3インチ	4000×3000	40～60m
近接撮影									10～15m
中望遠撮影	Inspire 2	4,250g	垂直±0.5m,水平1.5m	有	ZENMUSE X5S	45mm （90mm）	4/3インチ	5280×3956	30m以上

3. 調査結果

（1）UAV を用いた地形測量

UAV を用いた地形測量を行うため、UAV 測量の一般的な高度（40～60m）で画像を撮影し、撮影した画像を基に、被写体の 3 次元点群データを取得（Pix4D 解析ソフト）した。取得データより、等高線コンター図及びオルソ写真平面図を作成するとともに、撮影した画像から変状の把握を行った。

なお、撮影前に現地に対空標識を設置するとともに、撮影プログラムを作成して、自律飛行により撮影を行った。

図-1 は、UAV 地形測量により作成した等高線と地上測量により作成した等高線を重ねたものである。

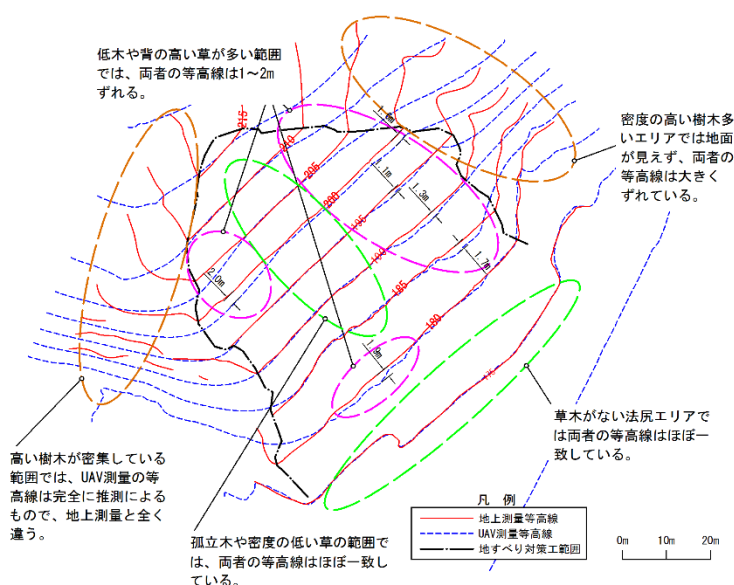


図-1 UAV 地形測量と地上測量図（等高線重ね図）

Fig.1 ground survey of UAV and ground survey

※中央開発(株) (Chuo Kaihatsu Corporation) ※近畿農政局 (Kinki Regional Agricultural Administration Office)
[キーワード] UAV, 法面保護工, 機能診断調査, 近接撮影, 中望遠撮影

図-1 より植生の少ない範囲では、両者の等高線はほぼ一致するが、植生（低木や背の高い草）がある範囲では1～2 m程度の差異が生じた。また、植生の多い範囲（高い樹木）では、等高線が大きくずれるか、作成ができなかった。なお、等高線だけでは法面の変状につながるような変位を認識できなかった。

（２）UAV を用いた詳細点検

平成 29 年度に実施した写真測量用の画像では、点検画像の解像度が低く、画像判読の精度が低かったため、平成 30 年度の調査では、精度の向上を図るため UAV による近接撮影と中望遠レンズによる撮影を実施した。調査内容は下記のとおりである。

- ・近接撮影（飛行高度 15m 以内）による点検写真撮影
- ・中望遠レンズによる撮影（飛行高度 30m 以上）による点検写真撮影

写真撮影は、調査対象の全面撮影（斜面の正面から撮影）と変状箇所のみ（変状のわかる最適な方向からの撮影）の 2 方法で行った。また、事前に撮影プログラムによる飛行計画を策定し、自律飛行による写真撮影を行った。

取得できたデータの精度を評価するために、目視点検によって抽出された変状（変状写真）に対して、UAV 点検写真を対比・整理して取得できたデータの精度について考察を行った。

■ UAV 地形測量用の写真画像で判読可能なもの

- ・モルタルの剥離や排水溝の落葉の堆積など比較的広い範囲で目立った変状
- ・それ以外の変位は判読困難

■ 近接撮影及び中望遠撮影で判読可能なもの

- ・アンカー受圧板のコールドジョイント
- ・現場打ちコンクリートに発生した明瞭なひび割れ（ひび割れ目幅 8～10mm）
- ・法枠表面の剥離、吹付けモルタルのふくれ
- ・ロックボルトキャップの緩み（支圧プレートの回転を確認）

■ 判読できなかったもの

- ・吹付法枠工に発生したひび割れと法枠表面の浮き
- ・真横方向からの目視でしか確認できないロックボルトキャップの緩み
- ・樹木と隣接する箇所の変位（アンカー受圧板側面のコールドジョイントなど）
- ・植生により隠れた水路等の変状

UAV 地形測量用の画像よりも、近接撮影や中望遠撮影では解像度の高い写真データが取得できるため、より詳細な部位まで判読が可能となった。なお、今回得られた近接撮影と中望遠撮影のデータ精度には、ほとんど差がなかった。また、撮影方向により判読が不可能なこともあるので、変状箇所を最適な方向から写す撮影と、新たな変状の有無を把握するために全面撮影を行うことが望ましい。さらに、以下の課題も認められた。

- ・晴天時の撮影では、陰になった部分の判読ができなかった。
- ・中望遠レンズは被写界深度が浅いため、ピントが合わない部分が認められた。

4. まとめ

UAV を用いた法面保護工の機能診断調査において、空撮・測量技術の適用可能性と目視主体の点検との対比により結果の精度について検証を行った。

その結果、植生の少ない法面保護工では、UAV 地形測量により精度良く地形の把握をすることができた。また、UAV を用いた詳細点検（近接撮影や中望遠撮影）により比較的広範囲に渡る変状や明瞭なひび割れなどは判読が可能であった。