

# 道路法面の近接目視点検における UAV の活用とその効果

国際航業（株） ○小野尚哉, 田中貴人, 山本奈穂  
 (一財)京都技術サポートセンター 小松吉則

## 1. はじめに

膨大な数の道路法面等の点検には莫大なコストと時間がかかる。特に急峻箇所や高所では、ロープワークや高所作業車による作業となり、作業効率の低下とコスト増大が著しい。一方で技術者の減少、施設の老朽化、災害の激甚化は進行中である。このため各種新技術を活用して、蓄積されたデータを比較し変状進行箇所を的確に把握することや、危険箇所や災害予兆を効率的に把握することが求められている<sup>1)</sup>。本稿ではそのような課題を解決するために、SLAM 技術・自律飛行機能・熱赤外線画像等が利用可能な UAV による点検と道路土工構造物点検要領に基づく近接目視点検を同時試行し、作業性、点検精度等を比較・検証したものである。

## 2. 従来の点検方法の概要と課題

道路事業では、道路の安全性の向上や第三者被害の防止および効率的・効果的な維持修繕のための基礎資料を得ること等を目的として、下記の点検が実施されており、それぞれに課題がある。

### (1) 道路防災点検

構造物やその周辺の地形、地質、変状等を、点検要領等に基づき専門技術者が評価するものである。

この点検においては、見逃し災害（点検対象以外の災害）、点検技術者不足、データ蓄積不良、既往災害の教訓の活用不足、対策効果の過大評価、地質や力学物性を活用する体系不足などが課題である<sup>2)</sup>。

### (2) 道路土工構造物点検

土工構造物に対して、点検要領等に基づいて近接目視により変状の状況を確認し、その結果をもとに健全性を診断するものである。

この点検は近接目視で行うため急峻地の高所作業を伴うことが多く、その場合、ロープワークや高所作業車の利用が必要となり、点検効率の低下や高コスト化、点検結果の品質低下やばらつきなどの課題が生じやすい。

## 3. UAV を活用した点検の方法

道路の防災・減災における沿道リスクへの対応について、新技術を活用した点検手法の積極的導入が求められているが、法面等の点検における UAV 適用についての報告例<sup>3)</sup>は少ない。本稿では法面の点検に UAV を活用する効果を検証するために、次の点に着目して実施した。

- ①汎用性確保のため市販 UAV・カメラを利用（表-1）
- ②従来の点検方法との比較による具体的な有効性検証
- ③各種撮影方法の適応性検討

表-1 主な使用機器

機材	重量・カメラ仕様	撮影種別
Phantom4 Pv2.0	重量:1375g カメラ:2000 万画素	詳細(状況写真、オルソ、3D) 概略、全景
Matrice 100	重量:3400g 赤外線カメラ: ZenmuseXT32 万画素	熱赤外線画像 (1 時期のみ簡易)
Skydio R2 for Japan Inspection (J2)	重量:775g カメラ:1200 万画素	近接 ※Visual SLAM

※注)Visual SLAM:実機では機体上下の 6 つのカメラの画像からリアルタイムに 3D 点群を生成し、この 3D 点群マップ上で自己位置を推定する機能であり、これにより障害物を自律的に回避し近接撮影を行う。

## 4. 検証結果

### (1) 従来の点検方法との比較・検討方針

UAV を用いた点検は、画像撮影と画像による健全性診断からなる。診断上は可能な限り高分解能画像を用いることが望ましいが、その撮影には施設への近接が必要であり、必然的に撮影枚数(=撮影時間)が増え作業性は低下する。また、後処理においては画像確認や SfM による多視点ステレオ写真測量(三次元モデル生成)等の作業量も増大する。よって、点検精度と作業性の相関も併せて検討するため、撮影解像度別に以下の 4 種の撮影を試行し、点検精度や作業性の整理、比較を行った。

- ①全景撮影:低分解能(1 法面について 1~数枚)
- ②概略撮影:中分解能( // 100 枚以内)
- ③詳細撮影:高分解能( // 2,000 枚以内)
- ④近接撮影:超高分解能(手持ちカメラレベル任意枚)

### (2)各撮影方法の比較検証結果

各撮影方法の抜粋画像を図-1 に、各撮影手法や解析内容、作業性等を比較検討した結果を表-2 に示すとともに、各 UAV 撮影の結果と各々の適用場面を以下に述べる。

- a)全景撮影:得られる情報は最小限であり近接目視点検の代替は難しいが、遠距離撮影のため道路規制なしで撮影でき、低コストで効率的に対象のり面の概要を把握できる。このため、詳細調査点検を実施する箇所の選定や、以降の調査時の見取り図としての活用が期待できる。
- b)概略撮影:遠望目視レベルの分解能であるが、道路上を飛行しない範囲で最近距離から撮影するため、規制なしで取得可能な最も高品質な画像であり、顕著な変状の把握が可能である。このため、詳細な情報が必要であるが道路規制が困難でロープアクセス等も難しい場合や、後述の詳細撮影ほどコストが掛けられない場合における利用が想定される。
- c)詳細撮影:10m 程度の近距離から撮影する手法であり、幅 2mm 程度の亀裂も明瞭に確認でき、法面の近接目視が概ね可能である。ただし、コストは最も高く、また、

道路上の飛行を伴うため、道路規制が必要となる。このため、他の手法が採用出来ない箇所（ロープアクセス等でも近接不能なり面など）に対し、詳細な調査が必要となった場合に適用効果が高い。

d)近接撮影：数 10cm～1m 程度の極至近距離から撮影するため、ロープアクセスによる近接目視撮影と同レベルの画像取得が可能である。実機のカメラ解像度等に因り前述の詳細撮影には不向きであるが、概略撮影レベルの法面全体画像を取得することも可能である。このため、法面全体を限なく調査する段階ではなく、定期点検箇所や変状箇所のピンポイント撮影に最も効果を発揮する。

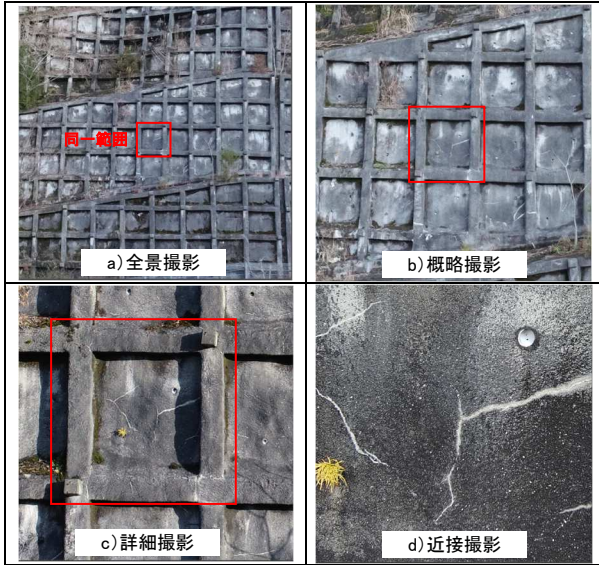


図-1 UAV 撮影画像分解能の対比(各 1000×1000pixel)

表-2 UAV 撮影手法の比較結果

種別	a)全景撮影	b)概略撮影	c)詳細撮影	d)近接撮影
撮影概要 ※幅100m×高さ40m以下の法面規模を想定	・低解像度：全景撮影 (1法面を1～数枚)	・中解像度：中距離撮影 (1法面100枚以内)	・高解像度：詳細撮影 (1法面2000枚以内)	・高解像度：近接撮影 (変状箇所等のピンポイント撮影)
撮影距離	50～100m	20～50m	10m前後	1m～数10m
撮影コスト	安価	比較的安価	高価	比較的安価
交通規制の有無	規制不要(見張りが必要)	規制不要(見張りが必要)	規制必要	規制必要
日当り計測可能数	15法面/日	7法面/日	2法面/日	7法面/日
SfM等の画像解析可能数	なし (撮影画像の納品のみ)	4法面/日	1法面/4日	なし
今回の変状トレース可能	—	—(試行では変状トレースは実施せず)	0.3法面/日(今回、実施)	—
特徴	のり面全体の状況が把握出来る 以降の調査時の見取り図として活用可能	現地踏査等の良質なスケッチ基図となる。 主要な亀裂等の変状の把握が可能	幅2mmレベルの亀裂等の変状の詳細把握が可能	近接目視と同程度以上の視認性が確保出来る

図-1、表-2 に示す通り、得られる成果の品質は UAV 画像の撮影距離に依存し、詳細に撮影すると近接目視と同等の画像が取得できること、撮影距離を利用目的に応じて任意に設定することで、UAV の活用方法を選択できることが明らかとなった。

### (3)従来の近接目視点検と UAV 適用点検の比較検証結果

UAV の活用は、詳細点検箇所のスクリーニングや現状の記録（アーカイブ）に高い効果があること、従来の近

接目視点検は、重要施設や災害発生の危険性が高い斜面の詳細調査への適用が効果的であるが、現場条件によっては UAV の活用が効果的である<sup>3)</sup>。

### (4)UAV 熱赤外線画像点検の比較検証結果

温度異常部として抽出された箇所について、近接目視による浮き等の分布箇所との対比を行い、抽出精度を検証した。その結果、温度異常箇所の約 8 割が近接目視点検において何らかの異常を記載した箇所であった。なお、今回は対地標識設置と長時間通行規制を回避するために 1 時期の温度画像のみで評価したにも関わらず良好な結果が得られたのは、日射、気候が熱画像による点検に最適であったためであると推察され、適用範囲の拡大のためには、2 時期の熱画像による温度差分析が望ましい。

## 5. UAV を用いた法面点検の適用効果

### (1) UAV の活用効果

次のような効果が期待できる。

- ・俯瞰して見るため、わかりやすい画像を撮影でき、斜面全体や急崖などの危険箇所の把握が容易である。
- ・詳細点検箇所の選定や現状記録に高い効果がある。
- ・構造物や変状の正確な位置と規模を把握でき、二時期の画像による経年比較が容易である。
- ・人が急峻地で作業する必要がないため、一般の技術者でも点検でき、安全性が向上する。
- ・撮影方法や画像処理方法を目的に応じて設定できるため、様々な適用方法の採用や組合せが可能である。
- ・点検結果を蓄積、活用することで経年劣化等の変状進行を精緻に把握できるため、より正確な評価・診断が可能となることを期待できる。

### (2) 留意点

- ・路肩等に十分なスペースがない場合は、離着陸の際などに一時的な通行規制が必要となる。
- ・植生繁茂箇所では限定的な利用となり、陰となる部分は撮影できないため、落葉時期の撮影を推奨する。
- ・操作ミス等で UAV が墜落する可能性は否定出来ないため、現場毎に安全対策と機材回収計画が必要である。

## 6. 今後の展望

さらなる効果的な点検には、維持管理システムと連携したデータの自動集積と一元管理による効率化・最適化、技術者不足対応のための危険箇所の机上抽出方法の高度化(AI 等)、ロボット化、危険度・優先度評価方法の確立等が必要であり、これらの実現を目指していきたい。

### 《引用・参考文献》

- 1)国土交通省基本政策部会(2019):道路の防災・減災について,第68回基本政策部会配付資料,国土交通省 HP.
- 2)佐々木ほか(2018):防災点検の有効性と災害の低減に向けて,道路防災点検講習会資料.
- 3)小野ほか(2020):道路法面および自然斜面の目視点検における UAV の活用とその効果,全地連技術フォーラム論文集.