

## 【01】

## 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

国際航業（株） ○小野尚哉，田中貴人，王てい，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および自然斜面の点検には莫大なコストと時間がかかる。一方で技術者不足、施設の老朽化、災害の激甚化は進行中である。このような現状に対し、各種新技術を活用し、危険箇所や災害予兆を効率的に把握することや、蓄積されたデータを比較し変動箇所を確実に把握することが求められている<sup>1)</sup>。筆者等は、これまで航空レーザデータ等を活用した実証を行ってきたが（例えば、王ほか(2019)<sup>2)</sup>）、それとは異なる観点として、本稿では将来のロボット化も期待できる UAV の活用効果に着目し、危険箇所の効率的な把握について検証した事例を報告するものである。

## 2. 従来の点検方法の概要と課題

安全性の向上および効率的な維持修繕のために措置の必要性判断を行うことや、災害の発生要因を発見し、要因を除去または災害に対して防護するための処置を施すことなどを目的として、下記の点検が実施されている。

## (1) 道路防災点検

点検要領（平成18年9月）等に基づき、現地踏査により構造物やその周辺に対して地形、地質、変状等の状況を確認して安定度調査表を作成し、その結果に基づき点検技術者が総合評価を行うものである。

この点検においては、見逃し災害（点検対象以外の災害）、人手不足、データ蓄積、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>3)</sup>。

## (2) 道路土工構造物点検

道路土工構造物点検要領（平成29年8月策定）に基づき土工構造物に対して近接目視を行って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。

この点検においては、点検箇所が高所で危険な作業を伴うため、ロープワーク（写真-1）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、点検方法や結果のバラツキなどの課題が生じている。



写真-1 ロープワークを利用した急峻な法面の点検状況例

## 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る

ているが、法面における UAV の適用に関する報告例は少ない。よって、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

表-1 主な使用機器

| 機材 <sup>①</sup>                                 | 写真 <sup>②</sup> | 情報 <sup>③</sup>                                   | 撮影種別 <sup>④</sup>   |
|---|-----------------|---|---|
| Phantom4 Pv2.0 <sup>⑤</sup>                     |                 | 重量:1375g <sup>⑥</sup><br>カメラ:2000万画素 <sup>⑦</sup> | 詳細 <sup>⑧</sup><br>※状況写真 <sup>⑨</sup><br>※オルソ、3D <sup>⑩</sup><br>概略 <sup>⑪</sup><br>全景 <sup>⑫</sup> |
| Skydio R2 for Japan Inspection(J2) <sup>⑬</sup> |                 | 重量:775g <sup>⑭</sup><br>カメラ:1200万画素 <sup>⑮</sup>  | 近接 <sup>⑯</sup>   |

## 4. 検証結果

## (1) 法面への適用結果

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判った<sup>4)</sup>。

表-2 UAV 画像の撮影枚数（撮影距離）の比較

| 種別                     | UAV概略撮影   | UAV詳細撮影                      |
|------------------------|---|------------------------------|
| のり面の視認性比較              |   |                              |
| 亀裂の視認性                 | 幅2mmの亀裂は確認できるが不明瞭である。<br><br>近接目視で確認された亀裂(幅2mm) | 幅2mmの亀裂が明瞭に確認できる。<br>        |
| 撮影概要<br>※L100m×h40mの場合 | 中解像度:中距離撮影(1法面100枚以内)<br>比較的安価                  | 高解像度:近距離撮影(1法面2000枚以内)<br>高価 |
| 交通規制                   | 規制不要(見張り必要)                                     | 規制必要                         |
| 撮影距離                   | 20~50m  | 10m前後                        |
| 計測数                    | 7法面/日   | 2法面/日                        |
| SfM等の画像解析数             | 4法面/日   | 1法面/4日                       |
| 変状トレース<br>(未検証)        | -   | 0.3法面/日(今回、実施)               |
| 特徴                     | 現地踏査等の良質なスケッチ基図となる。<br>主要な亀裂等の変状の把握が可能          | ヘアクラックレベルの詳細な変状の把握が可能        |

また、UAV を活用した点検と従来の近接目視点検を比較した結果、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ことが判った(表-3)。

表-3 従来の近接目視点検と UAV を活用した点検の比較

| 区分         | 近接目視(ローアクセス含む)  | UAV 点検(可視画像)  |
|------------|---|---|
| 平面図・断面図・展開 | 利点<br>吹付の亀裂内部や打音結果等、 <b>近接ならでは情報は反映されていない。着目すべき箇所が強調され、点検時のポイントが分かり易い。</b>                            | 短時間で対象のり面の概要を取得することができる。<br>斜面全体を写真で示すことができるため、 <b>位置精度を大幅に向上</b> することができる。全景や概略状況把握の場合、道路至近を飛行せず撮影が可能なたため規制等が不要。   |
|            | 欠点<br>作成に手間がかかる。スケッチによる作図作業となるため、 <b>位置精度が低下し易い。</b>  | 得られる <b>情報は映像のみ</b> である。 <b>植生の影響</b> により視認性が大きく低下する。   |
| 断面図        | 利点<br>着目すべき箇所が強調され、 <b>模式化された図面</b> となるため、 <b>のり面の構造や構成する施設、点検時のポイント等が分かり易い。</b>                      | いつでも <b>任意の断面を取得</b> することができる。<br>断面図のみならず、 <b>3次元鳥瞰図等も作成</b> できるため、現地状況が判り易い。  |
|            | 欠点<br>現地での簡易な測量で作成するため、 <b>断面作成箇所は点検時に決定</b> する必要がある。   | SIMを行うため、撮影、データ処理の <b>手間が大きい</b> 。<br>植生等、 <b>障害物のある部分では地表面の情報が取得出来ない。</b>  |
| 現地状況       | 利点<br><b>落ち葉や堆積土砂を除去した上での状況や、打音等の結果など、現地の様々な情報を取得</b> できる。至近距離からの撮影や開口亀裂内部などの撮影が可能。                   | <b>人による点検では不可能な角度からの写真</b> が取得できるため、対象箇所の状況が分かりやすい。<br>別機体となるが、適宜、 <b>至近距離からの撮影が可能</b> である。   |
|            | 欠点<br>現地での移動や観察等の作業に <b>手間がかかる</b> 。<br>全体を概観する写真の撮影が困難である。   | <b>画像から分かる事以上の情報は得られない</b> 。<br>障害物の背後はUAVの近接が困難である。  |
| 総括         | ・コストが高いものの、対象物に近接し <b>詳細かつ多様な情報が得られる調査手法</b> であり、 <b>重要施設や、災害発生危険性が高い斜面</b> などに対する調査手法として有効であると考えられる。 | ・のり面全体の情報を取得しているため、 <b>⇒見逃していた変状があっても逃して確認することが出来る。</b><br>⇒二時期の画像による経年変化比較も可能である。<br>・ <b>全量撮影</b> では、画像情報に限られるが手軽にのり面の全容を把握することが可能であり、 <b>詳細な点検が必要な箇所のスクリーニング</b> のほか、 <b>現状の記録(アーカイブ)</b> として有効であると考えられる。<br>・詳細撮影は、コストや映像以外の情報取得が困難等の課題がある。 |

(2) 自然斜面への適用結果

自然斜面における UAV の活用により、踏査による点検の一部を代替できることを確認した(写真-2、3)。なお、自然斜面においては植生が繁茂していることが多いため、自然斜面全体の調査ではなくカルテの着目点の確認のような定点調査に向いており、落葉時期に撮影すると効果的である。



写真-2 従来の点検方法と UAV による遠望撮影の比較



写真-3 UAV で林間に侵入し撮影した事例

5. UAV の活用効果と課題

(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。
- ・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を行うことができる。
- ・人が斜面を歩く必要がないため、山歩きに不慣れた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み合わせが可能である<sup>4)</sup>。

(2) 課題と対応策

次のような課題があり、技術向上や工夫を要する。

- ・幅2mm の亀裂を正確に把握する詳細撮影は高コストとなるため、詳細撮影は近接不能のり面や、変状卓越箇所などを対象とする。本質的な改善策として、撮影・解析の自動化等によるコスト低下が期待できる。
- ・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を行う。
- ・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を立案する。

6. 今後の展望

UAV を活用した画像データ等の点検結果を蓄積し、後続作業で活用することで経年劣化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が期待できる。また、今後の技術革新等で最適な点検手法は変化していくものと考えられることから、UAV を含む新技術の活用方法について継続的に検討する必要がある。そして、さらなる効果的な点検のためには、維持管理システムと連携したデータの自動集積とデータの一元管理による効率化・最適化、技術者不足に対応するための危険箇所の机上抽出方法の高度化(AI 等)、ロボットの利用促進、危険度・優先度の評価方法の確立等が必要となると考えられ、今後は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)王ほか(2019):航空レーザーデータ等を活用した斜面・法面点検技術の効果,応用地質学会講演論文集.
- 3)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.
- 4)小野ほか(2020):道路法面の近接目視点検における UAV の活用とその効果,応用地質学会講演論文集(投稿中).