第Ⅰ部門

# UAVやAIを活用した 砂防施設点検の省力化の試み

瀧　駿佑[1]・吉原　遼[2]

滋賀県　県土整備部　技術管理課

滋賀県　東近江土木事務所　河川砂防課

滋賀県東近江土木事務所管内では，砂防堰堤約135基，渓流保全工93箇所（総延長80km以上）の砂防施設を管理している．

これまで基本的に，施設の点検は委託業務を発注し実施してきたが，緊急点検や予算の都合により，当所では一部の施設を職員直営で実施したところ，外業の過酷さ，施設損傷具合の判定の難しさ，職員の拘束時間など想定以上に労力を要した．

こうした経緯から，少しでも省力化できる手立てが無いかを考え，その中でUAVや学習型AIの活用を試みた．

本稿では，その結果や課題について報告する．

キーワード 砂防施設点検，UAV点検，3Dモデル，学習型AI

## 1. はじめに

砂防施設は土砂災害の防止・軽減に不可欠な社会基盤であり，老朽化への対応として長寿命化計画に基づく予防保全が全国的に重要視されている．本県でもこれを受け，「滋賀県砂防関係施設長寿命化計画」（令和3年3月策定）を策定し，同計画および「滋賀県砂防関係施設点検要領」（以下，点検要領）に基づき，各施設を状況に応じて5年または10年ごとに点検することが義務付けられている．

従来，調査や点検については建設コンサルタントへ委託してきたが，近年，災害対応の緊急性や予算上の都合から，職員による直営点検の機会が増えてきており，今後もこの傾向が続くと予想される．このため，緊急時に職員で対応できるよう，東近江土木事務所管内では2024年度より一部施設の直営点検を試みている．

## 2. 砂防施設点検の現状と課題

これまで委託が主であった点検業務について，職員自ら実施することにより多様な課題に直面した．

(1) 点検作業における安全性と効率性の課題

砂防施設は広範囲に分散し，多くが山間部の急峻な地形や高所に設置されている．そのため，施設間の移動や点検作業に多大な時間を要し，効率の悪さが課題として顕在化した．堰堤天端や急斜面での近接目視点検（**写真-1**）は，落石，滑落，危険生物との遭遇といった事故の可能性を伴う高所での作業であり，作業員の身体的・精神的な負担が大きく，安全面への不安も感じた．施設が安全に点検できる形で設計・施工されていない点も点検という行為について懸念を抱かせる要素になっている．

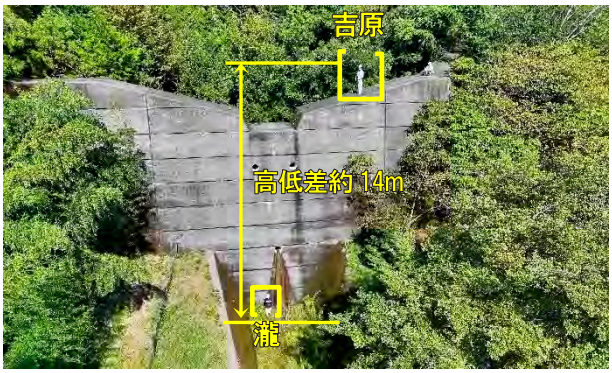



**写真-1**　点検状況

(2) 点検結果の評価とデータ管理における課題

点検によって得られる施設の状態把握は，職員個々の経験や知見に依存する傾向が強く，判定に担当者間の個人差が生じ，統一した基準が不足していると感じた．また，点検結果の記録や写真データの整理，台帳の管理などの事務処理も多くの労力を要した．

(3) 人材育成・技術継承と組織体制における課題

職員が砂防施設の点検業務を行う中で，組織体制と人材育成に関する課題が顕現された．点検従事者には，森林・山地での移動能力，動植物に関する知識，専門的技能，高所作業における危険回避能力など，多岐にわたる専門知識や実務能力が求められる．しかし，これらの専門性や適格性の確保，および継続的な育成については不足が懸念される状況であった．適切な適性確認や訓練が不十分なまま業務に従事した場合，作業の確実性に対する懸念が生じるケースも存在した．また，熟練技術者の退職が進む中で専門知識やノウハウの継承が滞り，点検判断に個人差が生じる傾向が見られた．加えて，点検作業は多忙な通常業務に加え，精神的・肉体的な負担を伴うため，職員の業務負荷を高め，働き方改革にも逆行する側面がある．近接施設を効率よく点検できたとしても，現場作業は半日で3基程度が限界であり，内業も考慮すると，係の人員配置では時間的にも実施体制が整っていないと感じた．このような状況下では，限られた人員で膨大な業務量を処理することが困難であると強く感じた．

現状と課題を踏まえると，客観的な点検結果を最小限の労力で得るための点検手法の確立が喫緊の課題であり，業務の合理化，すなわち省力化が不可欠である．従来の点検が業務委託主体であったことを踏まえると，相対的に減少傾向にある土木職員の負担を軽減するため，無人化を目指すような省力化策の導入は避けて通れない．現場の撮影，測量，判定，図面化といった個々の分野で無人技術の存在は示されており，国土交通省がUAV（無人航空機）の「自律飛行」に着目している点からも，その可能性は高いと判断される．

上記背景から，本研究では，従来の点検要領に準拠しつつも，省力化手法を模索する中で，国土交通省によるUAV活用や，砂防学会におけるAIによる健全度判定の研究といった近年の取り組みに注目した．これらを踏まえ，本研究は砂防施設点検の省力化に向けた手法の一端として，UAVとAIの活用を試みた．

## 3. UAVによる施設点検について

### (1). UAV点検の実施概要

本章ではUAVを活用した点検に関して報告する．

まず，点検に使用したUAVであるが，2025年度に各土木事務所に支給されたDJI Matrice 4T(**写真-2**)を使用した．本機は写真測量が可能であり，これらのデータから3次元モデルを作成することができる．当機の活用によって，地形や立地状況を現場に行かずとも状況を把握することで，現場への立入りを避け，従来の点検における外業負担の軽減に繋がると考えた．



**写真-2** DJI Matrice 4T

UAV点検方法は，滋賀県内の点検要領にUAVに関する明確な記載がないことから，国土交通省が公表する砂防関係施設点検要領（案）や砂防現場におけるUAV自律飛行点検マニュアルを参考とした．点検においては，UAVによる空撮だけでなく，従来の徒歩点検で撮影するアングルも併用し，UAVで取得したデータとの比較検証を行った．点検対象は砂防堰堤と渓流保全工とし，必要な箇所をUAVで撮影した．取得した画像データは，統合管理プラットフォーム『DJI FlightHub2』を活用し，3Dモデル上で任意のアングルからスクリーンショットを撮影できる機能を用いることで，点検写真の管理を試みた．渓流保全工においては，UAVの飛行ルートを設定し，次回以降の自動撮影が適用可能かについても検証した．

### (2). UAV点検の成果

UAV点検を通じ，点検業務の省力化と安全性向上において，以下の成果があった．

まず，UAVの活用により，外業の負担軽減を図ることができた．従来，作業員が直接足を踏み入れることが困難であった堰堤の急峻な斜面や高所の点検が可能となり，砂防堰堤天端など高所への昇降を回避でき，職員の危険を直接的に軽減できたと認識している(**写真-3**)．

次に，点検作業の効率化も図れた．従来，半日を要した特定の砂防堰堤の点検が，UAVによるデータ取得では1時間にまで短縮できた．延長が長く，目視点検に多くの労力を要する流路工や護岸工といった箇所においても，空撮により点検時間の短縮を図れた．



**写真-3** UAV点検状況
（草木繁茂により天端への昇降が困難なため，UAV使用している状況）

さらに，3Dモデルや撮影データの利活用性も確認できた．UAVで作成した3Dモデルや撮影写真を通じ，一部の現場においては直接立ち入ることなく状況を確認できた．水位のない箇所，構造物が明確に撮影できる箇所においては，Lasデータ（点群データ）をCAD（V-nasClear）で読み込み，点群間での長さや断面を計測することで，洗掘深度や大きなひび割れなどの損傷状況について概ねの寸法計測を行うこともでき，スケール棒を用いることなく損傷具合を把握できた（**写真-4**，**写真-5**）．




**写真-4**　点検した堰堤及び渓流保全工の３Dモデル

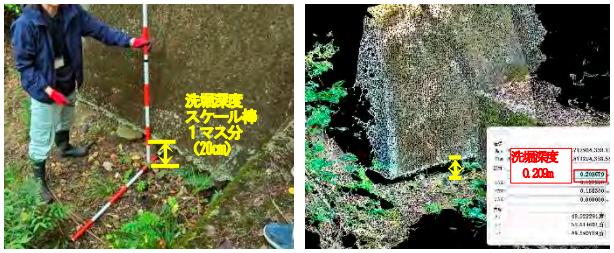



**写真-5**　損傷を計測した例（袖部土留壁の洗堀）
（左：実際の計測写真　右：点群データの計測状況）

(3) UAV点検の課題と考察

UAV点検の利点をもたらす一方，運用における課題として，3Dモデルでの微細な変状判読，吸出し深さの推定や水溜まりがある箇所の損傷状況の判断は，UAVデータのみでの確認は難しい側面が見られた．草木繁茂が激しい箇所や狭隘な場所ではUAVが安全に接近して撮影できる範囲に制約があり，目視確認の死角となる部分も存在した（**写真-6**）．また，飛行ルートの設定による自動撮影については，草木繁茂や狭隘な場所ではUAVの接近範囲に限りがあり，次年度も確実に利用できる保証がない箇所が多いことも明らかになった．3Dモデル作成時の撮影条件（撮影の距離や角度，枚数不足など）によっては，データにずれが生じる場合もあった（**写真-7**）．

そのほか，運用上の留意点として，UAVの飛行に伴う羽音により周辺住民から問い合わせを受けるケースがあり，特に民家近くの渓流においては事前の周知徹底が必要であることを痛感した．また，徒歩点検以上に，降雨や風などの気象条件が厳しく，実施時期に制約があると感じた．



**写真-6** 3Dモデルで把握できない側壁護岸の吸出し状況
（左：3Dモデル　右：徒歩点検の写真　UAVで護岸裏面が撮影できない現場であり，損傷を把握できない）

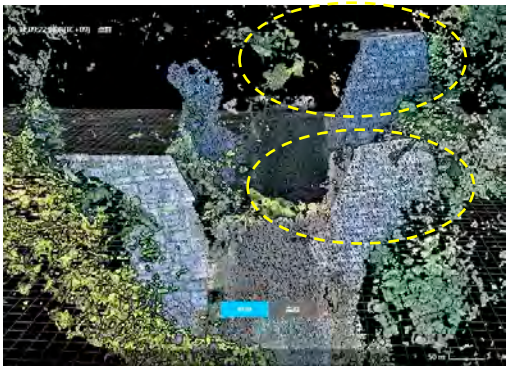


**写真-7**　ずれの生じた点群データ
（堤体の点群データがずれて２重になっている）

総括として，微細な変状の判読や現場での詳細な状況確認，草木繁茂による死角箇所など，UAV単独では網羅しきれない点検項目が存在するため，現状では完全にUAVのみで点検業務を代替することは難しいと考える．

また，点群データ取得にあたっては，草木が生い茂る中，撮影アングルや撮影間隔に配慮して点群データを取得する必要があり，UAVの操作技術の習熟も求められると感じた．

## 4.　AIによる施設の変状レベルの判定について

(1) AI活用の経緯

本章では，AIを活用した施設の変状レベル（損傷度合い）の判定に関する試みについて報告する．

砂防施設点検要領においては，施設の変状レベル（損傷度合い）を，健全な状態をa，中程度の変状をb（経過観察程度），重度な変状をc（要対策）とする3段階で評価することが定められている（**図-1**）．

| | |
|---|---|
| 変状レベル | a：当該部位に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、当該部位の性能の劣化が認められない状態 |
| | b：当該部位に損傷等が発生しているものの、現状では対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態 |
| | C：当該部位に損傷等が発生しており、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態 |

**図-1**　変状レベルの考え方

しかし，点検要領で施設の損傷状況に関する考え方が整理されているものの，2. (2)で述べた課題のように，点検者によっては変状レベルの判定にばらつきが生じる事例が見受けられる．初めて砂防事業を担当する職員が損傷状況を正確に判断することが困難な場合も想定される．これらの現状から，客観的に変状レベルを判断できる仕組みを構築できないかと考え，その解決策としてAIの活用に着目した．

近年，土木事務所においても「設計図書整合性チェックシステム」などAIの活用に向けた動きが進んでいる．この「設計図書整合性チェックシステム」は，利用者が入力したデータを蓄積し，そこから学習することで精度を高めていく学習型AIであり，本研究における変状レベル推定モデルの構築において，そのデータ蓄積と学習のメカニズムから着想を得た．このシステムを参考に，損傷状況の写真をAIに学習させ，変状レベル推定モデルの作成を試みた．

当初，高精度な自動学習機能を持つツールを検討したが，基本的にそれらにはプログラミング能力が求められることが判明した．今回の試行は職員の判断を補助する位置づけとし，操作性，日本語対応を重視し，複数のAIツールを比較検討して，ノーコードでモデル構築が可能で，パソコン操作に疎くても扱えるGoogleのTeachable Machineを採用することとした．

(2) 変状レベル判定モデルの作成

Teachable Machineは，ユーザーが任意のクラスを設定し，それぞれのクラスに対応する画像や音声などのデータを学習させてモデルを作成し，入力されたデータがどのクラスに最も近いかを百分率（確率）で出力できるAIツールである．

本研究では，この仕組みを活用し，砂防施設の変状レベルをabcの3段階で判定するモデルを試作した（**写真-8**）．




**写真-8**　モデル試作状況

試作モデルの学習には，東近江管内における点検結果の画像データを用い，他の管内のデータを入力して変状レベルの判定を行った．その結果をもとに，AIによる判定と人間による目視判定がどの程度一致するかを確認した．

AIの判定では，入力画像に対して各クラス（a・b・c）の所属確率が算出され，そのうち最も確率の高いクラスをAIの最終判定結果とした．この判定結果が人間の判定結果と一致している場合を「一致」とみなし，それ以外を「不一致」として整理した（**写真-9**）．




**写真-9**（左：堰堤が洗堀しており，人間の判定で変状レベルcとした画像
右：モデル判定結果，変状レベルcの割合が最も高いため，この場合は「一致」とみなす）

また，モデル作成においては，学習データ数が不足するという課題に直面した．既存の研究では，一般的に1,000枚程度の学習データで75%程度の識別率が達成可能と報告されている[1]．しかし，本研究で初期に利用可能な画像データは約250枚と限定されており，特に変状レベルbおよびcに該当する写真が少ない状況であった．このデータ不足を補うため，既存画像を明暗調整および左右反転させるデータ拡張処理を適用した．これにより，総データ数を約1,000枚に増加させた．ただし，このデータ拡張はあくまでデータの量を補うものであり，新たな情報量が付加されたわけではない（**写真-10**）．




**写真-10** 堰堤のひび割れ(変状レベルc)の学習データの例

(3) 結果と考察

当所以外の施設点検の成果写真277枚（a：161枚，b：61枚，c：55枚）の写真について，試作したモデルについて変状レベル判定を実施した結果，各変状レベルの一致率は以下の通りであった（**図-2**）．

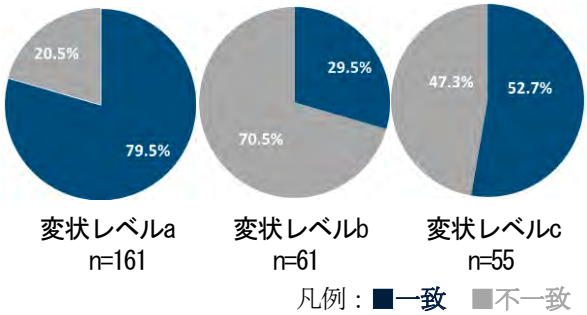



**図-2** AIモデルの一致率

変状レベルaの一致率は79.5%であり，最も高い割合を示した．これは健全な状態のデータ数が豊富であり，かつ特徴も比較的均一であったことが要因ではないかと考察している．

対照的に変状レベルbは29.5%，変状レベルcは52.7%と，これらのレベルはaと比較して一致率が低い結果となった．これら中・重度変状に共通する主な要因として，学習データの量が限られていることに加え，ひび割れや剥離といった変状の種類が多岐にわたり，AIが特徴を正確に捉えることが困難であったことが挙げられる．特に，変状レベルbの一致率が最も低かった背景には，軽微な変状であるため健全な状態や重度な変状との境界が曖昧であり，特徴の識別がモデルにとって特に難しい傾向にあることが考えられる．さらに，人間による「経過観察」という判定自体が主観的要素を含みやすく，モデルが明確なパターンを学習しにくかった可能性も否定できない．

以上の結果から，AIモデルの判別能力は，学習データの量と質，および各変状レベルにおける損傷状況の明確さに影響を受けることが考えられる．特に，AIが誤判別した画像の中には，人間にとっても判別が困難な画像や，撮影時の条件（草木繁茂や日当たり具合）により特徴が不明瞭な画像が散見された．このような状況から，AIモデルの判別能力は学習データの質に大きく左右されることを改めて認識した．

また，AIの判定結果の傾向として，特定のひび割れ，例えばアルカリ骨材反応に起因するひび割れを正しく認識することが困難であった事例が確認された．具体的な例として，石灰成分が流出して白く変色したひび割れに対して，変状レベルaや変状レベルbと判定する結果が見られた（**写真-11**）．これは，学習データ内に変状レベルaの画像として打継目からの遊離石灰が生じている堰堤の画像が含まれており，AIが遊離石灰の画像を健全な状態の特徴として学習してしまった可能性が考えられる．さらに，同一施設の損傷画像であっても，撮影アングルや明暗の違い，遠近の差によって判定結果が変動する結果が見られた．




**写真-11** 誤った判定事例
（左：アルカリ骨材反応のひび割れにより，人間の判定は変状レベルcと判定した画像
右：モデル判定結果，変状レベルaの割合が高い）

これらの課題を踏まえ，今後のモデルの判別能力向上と将来的な活用に向けては，学習データの質と量の両面からの改善が重要であると考える．

まず，データ品質の均一化が求められる．今回の研究で学習に使用した画像データは，自身が健全度を判定・分類したものであり，その判断が100%正しいとは断言できない側面がある．このため，客観的な判定基準の統一が必要であると考えられる．また，アングル，明暗，撮影範囲などを統一した収集ルールを設けることで，データ自体の信頼性を高めることが望ましい．

次に，学習データの量的拡充も重要となる．全事務所の過去から現在に至るまでの広範なデータを学習させることで，モデルの汎用性および判別能力の向上につながると思われる．

今回のモデルは試作段階であるものの，学習内容の通りに損傷度合いを判定した事例も確かにあった．このことから，上記のような適切な画像データを継続的に学習させることで，将来的に職員の知識や経験を強力にサポートする有効なモデルを構築できる可能性を感じた．

## 5. 最後に

今回の研究を通じ，砂防施設点検でUAVやAIの活用によって，従来の点検業務が抱える安全性への不安や現場・事務作業の負担，評価のばらつきといった課題を肌で感じた．一方で，これらの技術が砂防施設の点検においてなぜ活用が進められているのか，そして省力化に役立つ可能性も感じることができ，点検実務の現状課題への理解も一層深めることができた．

UAVは，高所作業を避けられることで安全性の向上が期待でき，点検時間の短縮にもつながった．AIの試作モデルからは，画像判定の傾向を知ることができ，職員の判断補助や客観性確保の可能性を感じた．外業負担の軽減や変状レベルの判断補助における具体的な利点も経験でき，今後の技術活用を考える上で貴重な体験となった．

しかしながら，UAVやAIの活用についての理解を深める一方で，本研究を通して，本県の施設点検要領（案）については改善すべき点があると感じた．例えば，「3.

UAVによる施設点検について」でも触れたが，本県においてはUAV点検に対する考え方が整理されていない.本県が管理する砂防施設は国管理の砂防施設と比べると，狭く，目視外飛行が求められる現場が多く，管理施設数も多い.したがって，本県の現場の特徴を取り入れた独自の運用ルールを整理することが望ましいと考える.

また，施設の変状レベル判定では，経験や主観による判定のばらつきが出ることから，点検要領における事例の充実や，判定基準を更に明確化することが望ましい.点検帳票の作成負担についても，河川巡視点検で使われているような，現場で入力した点検結果や位置情報を常にサーバーへ共有できるシステムがあれば，作業負担はかなり減らせるだろう.

砂防施設の点検は，土砂災害対策やメンテナンス工事を進める上で，重要な調査である．今回の試みが，今後も効率的で質の高い点検が続けられる体制や環境を整える一助となることを，心から願う.

**付録**

試作した変状レベル判定モデル

※古いスマートフォンやiphoneではカメラが作動しない場合があります.

**参考文献**


1) 村上智哉・山野亨・秦雅之・荒木義則・河井恵美(2023)：AIを用いたUAV砂防巡視点検結果からの変状箇所の自動抽出（砂防学会研究発表会概要集）
2) 石田哲也・後藤 健・宮島邦康・黒崎 弘(2021)：UAVによる砂防施設点検(土木技術資料 2021年63巻3号)
3) 長山孝彦・藤田正治・水山高久・本田尚正・池田暁彦・三池力・村松広久・中野雅章，伊藤隆郭(2019)：砂防堰堤の損傷特性に及ぼす流域諸元の影響（砂防学会研究発表会概要集）
4) 馬場基樹・橋本康平(2023)：令和インフラDXを利用した市町への技術支援および活用方法の提案について
5) 令和７年４月国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課：砂防現場におけるＵＡＶ自律飛行点検マニュアル（案）令和７年４月
6) 国土交通省砂防部保全課：砂防関係施設点検要領(案)（令和７年4月改定）
7) 滋賀県土木交通部流域政策局砂防室：滋賀県砂防関係施設長寿命化計画(令和８年３月)
8) 滋賀県土木交通部流域政策局砂防室：滋賀県砂防関係施設点検要領(案)（令和８年３月）
9) DJI FlightHub2
https://enterprise.dji.com/jp/flighthub-2
10) Teachable Machine
https://teachablemachine.withgoogle.com/train/image