

インフラロボット活用最前線 ～ドローン×デジタル技術がもたらす未来～

春田健作・吉田達也・伊藤 英

1. はじめに

道路施設の5年に一度の法定点検（定期点検）も2020年には2巡目の点検となった¹⁾。これにより、全ての道路管理者が、初めて統一的な基準による点検、健全性診断がなされたことになる。全国一斉に、点検作業を行っているため、各地で有資格者の確保が難しく入札不調となった、また、点検作業時の点検車、交通規制手続き、交通整理員の確保が課題となった。これまでの点検作業に関する課題と考えらえる点を以下に列記し、インフラロボットの活用が少しでもこの分野の課題解決となるヒントとしたい。

2. 現場で起こっている課題

(1) 有スキル者の減少

- ・経験豊富な技術者の引退（高齢化）
- ・さらに、その経験豊富な技術者が、夜間に限られた交通規制時間内に、現場で奔走し、落ち着いた情報収集・診断・考察ができない。

(2) 交通規制（交通整理員）の予定が優先

- ・点検作業より交通規制に労務・コストがかかる。規制準備に2時間かけ、点検作業は15分という事もある。
- ・効率的な点検工程よりも、交通整理員の予定が優先されることが多い。

(3) 点検調書への対応

- ・点検調書は、記号化されたルール等で記録するため、人事異動の多い施設管理者の担当者が調書を理解し、細部の状態を把握できない。
- ・そのため、点検者が点検調書に対する説明資料を作成し、点検業務を進める上で、付随した労務が発生している。
- ・全国で点検マニュアルも異なるため、同じ点検作業内容であっても、取りまとめる手法、システム、データ形式に対応しなければならない。

- ・結果として、点検記録作成そのものに経験が必要となり、橋梁等構造物の設計・建設の専門家であっても、点検調書は作成できない（理解できない）という状況にある。

(4) 点検コスト

- ・定期点検を委託業務として発注している場合、点検調書作成、協議に対する労務が省力化されておらず、2巡目の点検では前回の点検結果と対比し考察する作業も加わり、結果的にコストダウンが図られていない。
- ・点検費がコストダウンできないため、点検1巡目で発見した措置すべき損傷（一般的に、健全性判定Ⅲ、Ⅳ）の補修工事を進めていくための予算に投資することができず、大規模な修繕が進まない点である。

筆者らは、インフラ施設を保全する立場の経験を経て、維持管理の分野にこそロボットの導入・デジタル化といった新技術導入の必要性を感じており、本報告では、ドローンを中心とした実践事例を紹介している。

3. 実践から学ぶ

3.1 非GPS環境ドローン（機体開発）

橋梁の下面（床版下、桁間）には、日常生活を支えるインフラ施設を添加しており、その点検を合理化するため、ドローンによる点検に取り組んでいる。ドローンで橋下面の自動撮影ができれば、橋梁下面へのアプローチするための、交通規制、それに伴う各種申請、協議が省かれることになる。

(1) 自律飛行型ドローン

橋梁下面は非GPS環境かつ鋼部材が多く、飛行位置保持するための、コンパスに障害がでるため、操作者のスキルに頼った飛行となる。そのため、飛行の自律化（自動飛行、自動撮影）を目指した機体を開発した(図-1)。

しかし、現場で実践しトライアルしたことで、機体開発の方向性を転換することになる。

費用対効果を考えると、点検の現場は、1日に幾つも現場をこなす必要がある。そのため、利用す



呼名	B-01
重量	4.5kg
Size	1,173mm
飛行時間	25分
カメラ	2,040万画素

図-1 自律飛行型ドローン (B-01)

るドローンは機能重視し大型化し、運搬、セットアップに時間が要するものでは現場数をこなせないという課題に直面する。

さらに、機体が大型化すると、構造物に接近できなくなり、搭載するカメラを高解像度化することになり、サイズも機体コストも上がる事になる。

(2) ドローンの小型化、衝突回避機能の強化

点検現場では、短時間に現場数がこなせること、点検者が容易にアプローチできない部位にこそ、ドローンの活用が望まれると分析し、大型機の開発から小型で操作性の良い機体開発に方針転換することとなった(図-2)。新型の機体は、SLAM技術により全方向の障害物を認知し衝突回避する。パイロットの力量によらず衝突回避するため、操縦スキルがなくても、例えば、鋼桁間に進入し、版桁の下フランジ上面や支承部を調査することができる(図-3)。そのため、これまで、必須であった交通規制や点検車手配なしで、大半の部材の状態を把握し、健全性把握するために技術者が近接、触診し情報を得なければならない部位のみアプローチするといったことが可能となる。例えば、現行の道路橋の定期点検要領(2019年2月)³⁾では、「近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる場合と定期点検を行う者が判断した場合は、近接目視を基本とする範囲とする。」と改定があり、点検者が見たい部位を見たい角度で接写することが重要となってくる。また、ドローンの操作には、相当のトレーニングコストが必要であったが、機体自ら衝突回避するため、熟練した技術が必要ではなく、点検者がデジカメ同様、ツールとして利用できると考えている。



呼名	J2/Skyd0i R2 for Japanese Inspection
重量	775g
Size	270mm
飛行時間	23分
カメラ	1,200万画素

図-2 全方向衝突回避機能付きドローン(J2)



(下フランジ上面)



(支承部)

図-3 狭隘部のドローン撮影

3.2 地表面の情報を得る(UAV レーザー)

図-4は、斜面の変状モニタリングのため、ドローンにより地表面のデータを採取した事例である。図中上から、空撮状況写真、レーザーによる点群画像、その点群データから画像では判別できない地表面の形状を切り出している。地上から設置型レーザー計測も可能であるが、計測器の設置場所に制約がある場合や、広域に計測する場合はドローンを用いるのが作業性で優れる。

レーザー空撮は、活用の幅を広げているものの、機器が高価なため、汎用性の高い技術にはなっていない。機器が廉価になること、点群データを扱える技術者の育成、データ加工が容易なシステム(点群処理ソフト)の開発に期待している。

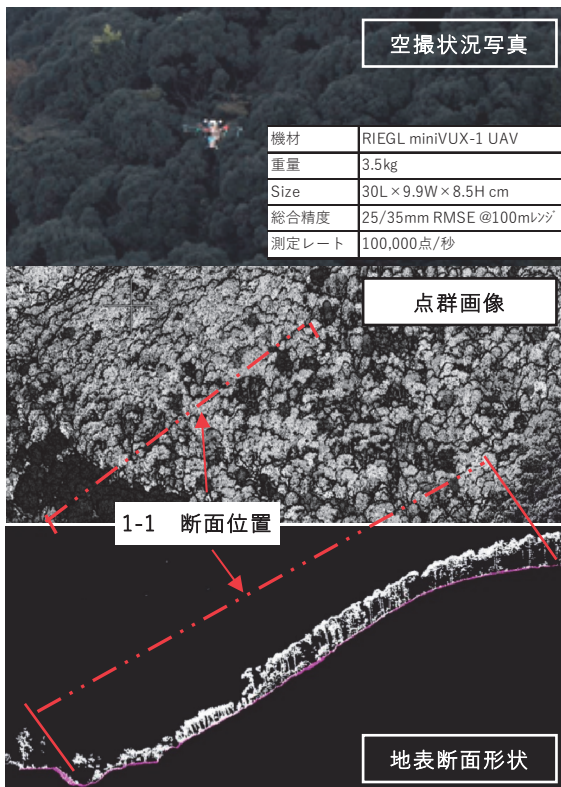


図-4 UAVレーザーによる斜面計測

3.3 見え方を変える（マルチスペクトルカメラ）

図-5は、農業用のセンサー技術を、公園等の管理へ適用を検証した事例である。植生の活性度は図中（右）の緑色が最も活性が高く健康であることを示し、オレンジ色、黄色、赤色になるにつれ、活性の低下を示している。上空から撮影した画像情報に加え、赤外線を用いた情報を付加することで、植生管理に熟練者でなくても直感的に植生の健康状態や、植生範囲の規模や変化が把握できれば、公園等の維持管理を効率化するツールとなると考えている。植生毎に、データの評価に工夫が必要な技術であることから、現在、定期的にデータを取得しているところである⁴⁾。

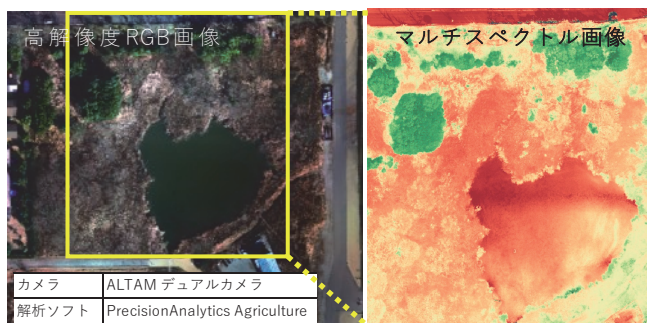


図-5 近赤外線カメラによる植生状況解析画像



図-6 踏査困難箇所の地滑り調査

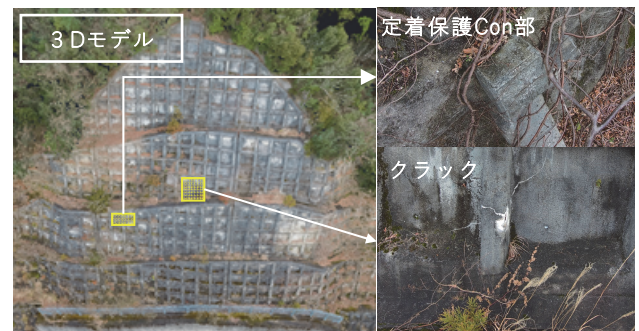


図-7 斜面・法面調査への適用

3.4 危険な所を見る技術（被災箇所、法面点検）

大規模に地滑りを起こした被災現場や、法面点検（防災点検）のために技術者が近接する際に危険が伴う場所でドローンによる情報収集に対する期待が高い。図-6は、踏査困難箇所の地滑り調査へ技術を活用した事例である。地滑り区域は危険で、高低差が100mほどあり、下から見上げる状況では状況把握ができない。調査員の安全性向上と、調査設計までの期間短縮に期待できる。

図-7は、法面点検へ応用し、点検時に急勾配な場所で技術者が危険な作業を行うことなく、近接相当の画像を取得した事例である。法面施設の点検では、外観部の変状（吹付モルタルや梁のクラック、倒木など地山状況など）の情報が必要となることから、ドローンと3D技術を用いた調査は、定期的点検に適性が高いと考えられる。

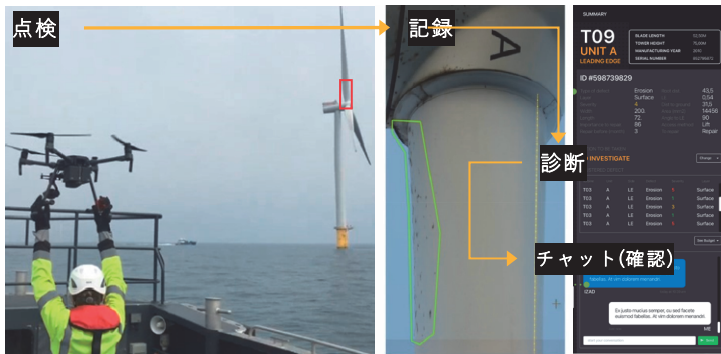


図-8 海上風力発電施設の点検・記録・診断・措置



図-9 記録はスマホで共有

4. インフラ管理はデジタル化で変わる

4.1 点検・記録・診断・補修（分業と連携）

海外の海上風力発電施設の点検から措置までの仕組みを紹介する（図-8）。海洋風力発電の「①点検」は、ロープアクセス等で実施していたが、ドローンに置き換えて、作業効率を向上した。「②記録」は画像をクラウド上で管理し、点検者劣化部を抽出する。「③診断」は、設計・補修技術を所有する他国の技術者が実施し、診断のランクに応じて、管理者による意思決定がなされる。「④チャット（確認）」で、関係者に認識違いがないか、情報を共有し確認を行う。クラウドシステムでデータ共有し措置まで至る。プラットフォーム上で、それぞれの役割を持った関係者が維持管理に携わり、その一連がデータとして残る仕組みである。

4.2 キングファイルからスマホへ(業務効率向上)

デジタル化すると、スマートフォンで関係者間の取得したデータ、記録、指示等の内容が閲覧できる（図-9）。これまで、紙ファイルや記録簿で行っていた、担当部署間の引継ぎ作業、関係者が重複して現場へ出張していた行為もなくなる。また、常備していた補修部品などのストックも、早い段階で必要分が確認できるため、抱える必要がなくなり、一連の業務効率が大幅に向上する。

5. おわりに

インフラロボットの活用は、これから本格導入へ向かっていくと感じている。一方で、経験豊富な技術者の知見を後世に残していくためにも、重要なツールとなるため、多くの技術者と伴に実践する機会に取り組んでいきたい。

謝 辞

報告事例での実践の機会を頂いた関係者の皆様、また、多くのアドバイス頂きました技術者の皆様に謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省ウェブサイト：メンテナンス年報
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen_maint_index.html
- 2) 例えば、国土交通省ウェブサイト：点検支援技術性能カタログ（案）、2019.2
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo5_2.pdf
- 3) 国土交通省ウェブサイト：道路橋定期点検要領（平成31年2月）
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf
- 4) 国土交通省 近畿地方整備局「新技術を活用した公園のスマート化に向けた社会実験」
https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000328.html

春田健作



(株)ジャパン・インフラ・
ウェイマーク建設・土木部
技師長
HARUTA Kensaku

吉田達也



(株)ジャパン・インフラ・
ウェイマーク建設・土木部
チーフエンジニア
YOSHIDA Tatsuya

伊藤 英



Aarodyne Group
エアロダイナジャパン(株)
代表取締役社長
ITOH Akira