

## 社会インフラの維持管理におけるドローンと非破壊検査の今後と展望

岡山大学大学院 学生会員 ○平手 克治  
 有限会社丸重屋 非会員 柏原 優也  
 岡山大学大学院 正会員 西山 哲

### 1. はじめに

近年、ドローンは小型ながら高性能な製品が安価で市場に出回るようになり、ビジネスでの利活用が進んでいる。また、導入の主流となっている農業・空撮・測量分野以外の、社会インフラ点検分野でも注目されつつある。2012年12月の笹子トンネル天井板落下事故を契機に、道路ストックである橋梁やトンネル等の老朽化が問題視され、保守点検・維持管理を急ピッチで進めなければならない。一方で、管理者の人手不足は深刻な状況であり、その救世主としての役割をロボットやドローンが担うことを期待されている。しかしながら、現状ではマンパワーによる点検を完全に代替できるまでには至っていない。他方で、民間所有のインフラについては、土木系業務等での維持管理手法のノウハウを蓄積しつつあり、関係法令や環境整備が整う以前から、ノウハウを活用した生産性向上の動きがある。現場や管理者は、正確なデータや解析結果をより早く手軽に取得したいとのニーズも多く、当該ニーズに応えるような成果も出始めている。さらに、ドローン操縦スクールの開校やドローン関連法令の制定、新型ドローン製品の開発により、多様な現場（職場）でのドローンの利活用を推進する動きは非常に活発であり、社会的にもたいへん注目されている。本論文では、未来の維持管理手法としてのドローンを使用したインフラメンテナンスにおける非破壊検査方法の一部と次々に登場するドローン操縦スクール等によって確立する認定資格の必要性について整理し考察する。

### 2. ドローンビジネスの展望

エンターテイメント目的でドローンを使った仕事について一際目立つのが、動画投稿サイト（youtube や Facebook, instagram など）、CM 撮影やテレビ番組等で使用する映像である。ドローンは小型化し、飛行を自在に制御できるようになり、数年前はクレーン機材や有人航空機（ヘリコプターなど）等を用いて撮影していた場面も、ドローンにより短時間で迫力のある映像を安価に、そして、より安全に撮影できるようになった。その他の分野では、ドローンによる物流革命があげられる。具体的には手紙・物資の無人配送等が可能になりつつあり、実用化に向けての実験が繰り返し行われている。このように技術革新や使用者の工夫により、可能性をあげるときりがなく、今後のドローン市場の拡大は容易に予想できる。

#### (1) 土木・測量分野での利活用

土木・測量分野においては、深刻な人員不足や工事単価の高騰が課題となり、従来の労働集約型手法では点検、調査の生産性維持が困難となっている。i-Construction の取り組みの中でも特に ICT 土木を導入することにより、ドローンでの計測、起工測量、出来形測量を行い、人的負担を軽減することができる。出来形管理においてドローンをはじめ ICT 技術の利活用により、成果品の精度が管理でき、作業が効率化し、作業の安全性が確保されるとともに、品質が均一化され、一連の作業時間の大幅な短縮が見込まれる。

#### (2) ドローン飛行時の法令整備

無人航空機の飛行に係る法律とルールを図1に示す。ドローンを飛行させる場合には、あらかじめ国土交通省地方航空局等の許可を受ける必要がある。手軽に扱えるドローンだが、一歩間違えれば凶器にもなり得る。国土交通省航空局のウェブサイトには、事故トラブル等の一覧が掲載されており、安易に扱えば重大な事故

キーワード ドローン, 維持管理, 非破壊検査

連絡先 〒607-8214 京都府京都市山科区勸修寺平田町 57 有限会社丸重屋/京都本店マネージメントグループ

TEL 075-591-1919

を起こしかねないことが分かる。法令整備とコンプライアンス遵守、保険会社の保証範囲の明確化と利用者の保険加入などの社会基盤整備の構築が急務である。

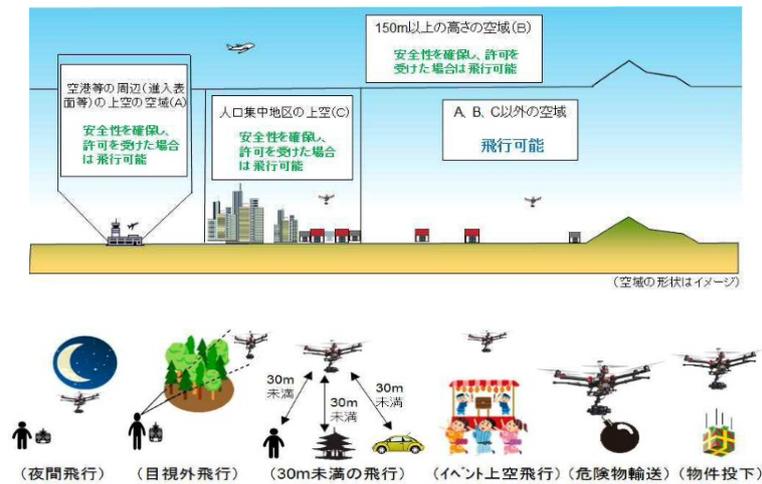


図1 無人航空機に係る航空法 1)

### 3. ドローンによる非破壊検査方法

ドローンを活用したインフラメンテナンスでの非破壊検査方法としては、ドローンにさまざまな情報機器を搭載し、空域から取得したデータを分析・解析し、当該データを活用することにより、幾多の用途使用への応用が期待できる。最もシンプルなのがドローンに光学カメラを搭載しての空撮だが、その撮影画像を解析して三次元モデルを作成することや、建造物のひび割れや遊離石灰などを検出し、変状図を作成することもできる。また、赤外線カメラを搭載して、サーモグラフィによる検査や、レーザを搭載することにより点群データの取得、グリーンレーザを使用すれば水面下の地形を面的に計測することも可能である。本論文では、赤外線カメラと三次元モデルの作成について記載する。

#### (1) 赤外線カメラによるサーモグラフィ検査

赤外線サーモグラフィとは、検出素子を用いて物体表面から放射される赤外線放射エネルギーを検出し、これを見かけの温度に変換して、温度分布を二次元で表示する視覚的方法である。この方法は航空機、プラント、電子基板などの異常発熱部の検出だけでなく、医療分野においては血行障害、炎症、腫瘍、自律神経障害などの診断にも利用されている。建造物の検査においては、気温上昇や日射などによる建造物の自然の加熱、または人工的な加熱に起因して、タイル・モルタルの浮き部やコンクリート中の豆板、空洞、漏水部、ひび割れなどの欠陥部より生じる異常な反射を捉え、熱伝導率や比熱等の熱的性質が健全部とは異なる色で表示される。土木・建築分野において、物体の表面温度分布（熱画像）に対して赤外線映像装置を用いて測定し、熱画像上に現われる表面温度の差から、内部欠陥の存在を推定する方法である。赤外線カメラは、物体の表面温度分布を映像として記録できる温度計であるといえる。建造物の非破壊検査の分野では、非接触で迅速に大面積の測定ができるという長所が活かせるために注目されている。ドローンによる赤外線カメラは主に次の①～⑧の用途に利用されている（写真1）。①壁仕上げ材の浮き（剥離）調査 ②吹付けのり面の老朽化調査 ③橋梁のコンクリート浮き（剥離）調査 ④連続繊維補強材の施工不良調査 ⑤各種建造物の漏水調査 ⑥住宅の断熱性能の評価 ⑦太陽光発電パネルの損傷調査 ⑧遭難者の探索 等

#### (2) 撮影画像からの三次元モデルの作成

SfMとはStructure from Motionの略語であり、ドローンによる複数の空撮写真から三次元点群データを得る自動作成手法のことである。近年、ドローンは機体の低価格化とともに、搭載するジャイロセンサやカメラ、レーザ等の機材の急速な性能向上や小型化により、ドローン測定の普及が進んでいる。また、機体自体がバランスを取って飛行できる制御システムが開発されたことや、機体の操縦が簡単になったこともドローン普及の

大きな要因である。また、画像から簡単に三次元モデルを作成することができる SfM ソフトウェアも普及してきている。ドローンで地形や構造物等を空中から撮影し、その写真を SfM により三次元化を行う、つまり「ドローンと SfM ソフトウェア」を組み合わせた写真測量と三次元モデル作成が可能となった。SfM の注意点としては、対象物が解析に適しているかどうかを判断する必要がある。対象物によって、鮮明に撮影できるものとできないものがあり、ドローンからの撮影で、写真がピンボケやハレーションを起こしている場合は使用できない。その他にも解析に適した画像の撮影やマッチング処理、一定のオーバーラップとサイドラップの確保が必要であるなど、SfM の技術は万能ではないことが注意点である（写真 1）。

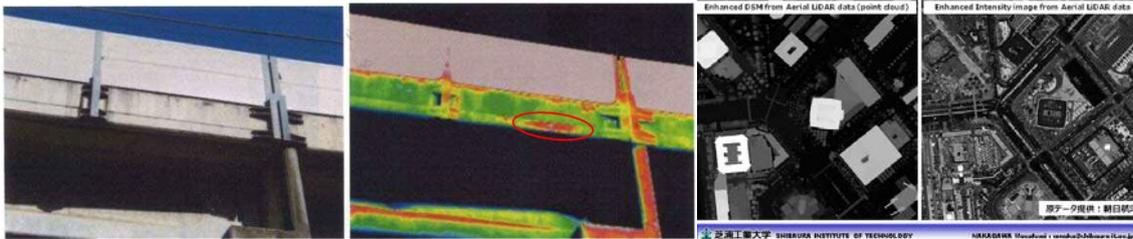


写真 1 高架橋のコンクリートの浮き 2)

#### 4. 教育による飛行の安全性・信頼性の認証や資格の発行

近年になってドローンは障害物を検知して自動で回避する機能を搭載する等、機体の性能は確かに向上しているが、利用者の裾野が広がれば、事故はさらに増えかねない。たとえ航空法のルールを守り、国交省から飛行許可を得てドローンを飛ばしていたとしても、ひとたび事故を起こして人や物を傷つけば、操縦者や所有者である個人や企業は重い責任を負わなければならない。また、ドローンを使って映像や情報を取得するのは良いが、その内容や精度等を管理・監修する、もしくは資格として一定要件以上の資質の有る技術者を認定・登録するような体系・体制をもつ組織の創造が必要となる。具体的には、ドローンによる測量は初期投資が比較的安価のため、測量業者等が導入しはじめている。しかし、航空測量の手法を使用しないと得られないであろう三次元モデル等の成果品が、SfM ソフトウェア等の普及により簡単に作成できる反面、成果品の精度評価及び管理に疑問が残るのが実情である。また、航空測量の知識が無いと、本来求められる精度が確保できない。それらを知らないままドローンを導入している企業が多い。このような中、産声を上げた(一社)ドローン測量教育研究機構(以下、DSERO という)は、ドローンの安全性を最重点目標としつつ、精度の高いドローン測量技術の教育および普及を目指すとともに、ドローンによる測量技術の能力の検定を実施し、資格証を交付する機関である。

二つの資格名称と問われる資質を下記に記載する。

##### ① 「DSERO-ドローン測量管理士」

(内容) 測量結果を使う人の技術として、適切に精度を管理するための知識を養う資格。

##### ② 「DSERO-ドローン測量技能士」

(内容) ドローンを安全に運航使用し、測る人の技術として、精度を管理できる実技能力を養う資格。

DSERO により「UAV を用いた公共測量マニュアル」の知識の有無の確認、有資格者の技術の見える化、ドローン測量業界の技術力向上と統一的管理等の担いが組織的監修のもと可能となる(図 2)。



図 2 (一社)ドローン測量教育研究機構 HP 6)

## 5. おわりに

ドローン技術は、日進月歩で日々進化している。既存の非破壊検査方法を活用したインフラメンテナンスはまだ始まったばかりであり、関連した技術開発だけではなく、その他の技術情報の収集や現場でのデータ蓄積・分析がまだまだ必要な段階である。また、ドローン技術を普及させるためには、技術者の育成を行うことや、法令整備によるドローンを安全に飛ばせる環境の整備、ドローン教育による飛行の安全性・信頼性の確保、認定資格の発行、ドローンの機器のさらなる性能の向上が必要である。2013年の道路法改正等を受け、2014年7月より、「橋梁」「トンネル」および「道路附属物等」について、5年に1回の頻度で近接目視による定期点検を実施している。これらの定期点検が2018年度で一巡することを受け、国土交通省は2019年2月に道路橋定期点検要領を改定した。その要領の定義では、「近接目視に加えた打音、触診、その他の非破壊検査等による状態の把握や、応急措置を含む」と明記されている。今回の道路橋定期点検要領の改定は、近接目視を補完する非破壊検査等を人の手やロボット・ドローン等を使用することによる効果的な社会インフラ維持管理手法への転換を見据えた道筋となる。ドローンの現在の用途は測量への利活用が主流だが、単なる測量空撮機の枠を超え、赤外線カメラにより、のり面・急傾斜地の点検に用いたり、災害時の遭難者の探索、目視点検が困難なダムや橋梁等のインフラ点検への導入が期待できる。今後のドローン・ロボット技術の最大の需要は、膨大な社会インフラの点検となる。

機器管理・設備面では、ドローンの機器本体は登録制や車検性、免許制、強制保険加入等のように自動車業界と同じ仕組みで推進していかないと社会実装されないと料する。今後、ドローンを使用した点検調査を実施するにあたり、課題①～⑤を下記に記載する。

① 属人化しない「誰でも同じようにできる」

② 技術者とドローンの役割分担

ドローンの役割：ルーチンワーク → 標準化

技術者の役割：ブレインワーク → 教育

③ 構造物の点検・安定度判定等経験工学的考察に基づく属人性の高い業務をどう省人化・省力化するか。

④ マネジメントシステムから見た今後の取組

体系 = QMSによる教育訓練

体制 = 組織的にエラー防止

ツール = チェックリストやそれに関するエビデンス

⑤ ドローンの機械的課題としては、強風に弱いこと、GPS感度の低い地域での高度維持が困難であること（高度制御を気圧計とGPS（衛星利用測位システム）に依存しているため）等があげられる。

### 《参考文献》

- 1) 国土交通省：無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール資料
- 2) 日本非破壊検査協会：赤外線サーモグラフィ試験 II 2012より
- 3) 芝浦工業大学：中川研究室資料
- 4) 国土交通省道路局：道路構造物点検要領平成31年2月
- 5) 日本コンクリート工学会：コンクリート診断技術 '18 [基礎編]
- 6) KKC ドローンスクール：DSERO ドローン測量管理士認定テキスト[（一社）ドローン測量教育研究機構監修]
- 7) 平手克治「国内および海外のドローン市場の現状と課題」『検査技術』第24巻1号，日本工業出版，2019年1月号，P23-28