

橋梁点検におけるインフラ点検ロボットの導入状況

春田健作・上原敏文・諸戸順子・菊本健太

1. はじめに

平成27年12月の航空法改正により、初めて無人航空機（以下「ドローン」という。）の飛行に関する規定が整備され、京都府では、大規模災害に備え「災害時等における無人航空機の運用に関する協定」を（一社）ドローン撮影クリエイターズ協会と締結した。道路施設の維持管理の分野においても、ドローンや画像処理技術の期待は大きく、平成25年には第三者被害対策として実施した道路ストック総点検にあわせ、赤外線、デジタルカメラ画像による3次元化や、出来形計測への適用性を検証した¹⁾。現在は、維持管理分野にかかわらず多様な場面で活用の幅を広げている。

平成26年の道路法改正で、全ての道路管理者が実施する5年に1度の道路橋定期点検は、近接目視点検によることとなり、コストが増大している状況においては、今後のインフラ点検ロボットの開発、普及による効率化への期待も高い。

本報では、橋梁点検におけるドローン等の新技術の導入状況、道路管理者自ら操作し試行錯誤した内容、普及拡大に向けて建設コンサルタントと意見交換した内容について報告する。

2. 橋梁点検への導入例

2.1 吊り橋点検（長大橋）の効率化

(1) 吊り橋点検の課題

吊り構造の橋梁は、吊り材や主塔は高所作業車でアプローチする。主桁側面や床版下面へは一般に橋梁点検車や特殊高所技術（ロープアクセス）を用いることになる。桁橋であれば、点検車は調査、記録作業を行いながら前後に移動できるが、吊り橋の場合、ハンガーケーブル毎に作業床のブーム伸縮が必要となるため、作業時間にロスが発生する。また、作業床の旋回範囲が制限され、点検記録写真が「接写しかとれない」、「斜めからになる」など、正面で撮影できない部材もある。



図-1 点検対象の吊り橋（橋長115m，幅員5m）

また、自治体が管理する吊り橋の多くは、ぎりぎり乗用車が離合できる程度の幅員のものが多く、点検車等を設置すると全面通行止めを余儀なくされる。そのため、点検作業の効率化は、交通規制に要するコスト、利用者へのサービスに直結する。

(2) 試行内容

表-1の技術を用いて、どの程度のデータが取得できるか、作業時間、費用を比較した。また、吊り構造の場合、点検時に外観目視だけではなくサグ量、主塔の倒れなど特有な変形も観測することとしたため、3Dレーザースキャナを併用している。

表-1 点検対象の吊り橋（橋長115m，幅員5m）

計測機器	名称・仕様等
ドローン	TKF-HEXA Pro(10min/charge)
搭載カメラ	3,600万画素
3D Laser Scan	GLS-2,000 (TOPCON)

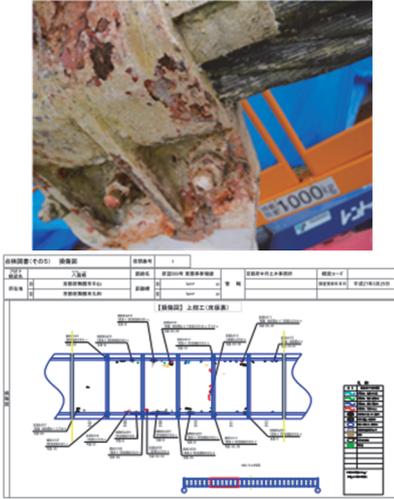
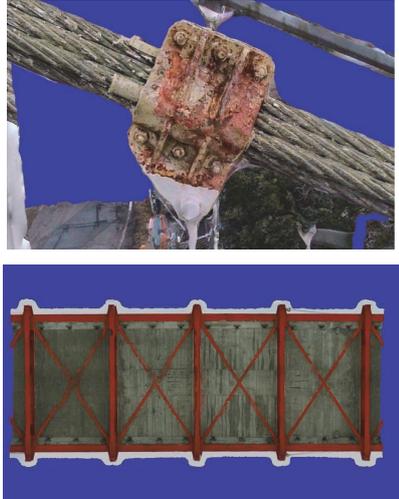
(3) 長大橋のデータ取得の効率化²⁾

点検作業では、継手部のボルトや金具に緩みがないか、適宜コンクリート部材のたたき点検により浮きがないか確認する。

橋梁の点検作業は、経験のある技術者が現地で健全性の診断するため観察・調査を行い、点検補助員が野帳に損傷図等の記録をする、分業している場合が多い。そのため、データがこれまでより

Introduction of Robot Technology for Bridge Inspection, Action in Kyoto

表-2 点検記録の比較

	従来の記録手法（野帳・デジタルカメラ）	ドローンで撮影した画像を解析
取得記録		
記録手法	①（現場）高所作業車や点検車等でデジタルカメラ撮影、野帳に記録。 ②（内業）撮影した写真と野帳を基に、CAD等に落とし込み。 ③（記録）Excel形式やPDF形式で保存。	①（現場）ドローンに搭載のデジタルカメラで橋梁を撮影。 ②（内業）画像データを、解析ソフトで合成等を行う。ひび割れ図等の劣化記録を短時間に作成することができる。 ③（記録）立体画像データや画像記録を保存し、2次元図面化も可能。
時間*1	（現場）4日+（内業）5日	（現場）2時間+（内業）2時間
費用*2	450万円	150万円

（※1） 図-1の吊り橋の近接点検（触診）と別に、記録を取得するための作業時間と内業に必要な時間とした。
 （※2） 記録様式作成や画像処理に必要な概算費用で、交通規制等の仮設備は含まない。

効率的に取得・記録できれば作業時間短縮につながり、結果としてコストも縮減できる可能性がある。さらに構造物を3次元化データとすることで、将来的には、遠隔で専門技術者と詳細な協議等もできることも考えられる。

表-2は、吊り橋（図-1）を従来の手法（野帳とデジタルカメラ）で記録を作成した場合と新技術を用いた場合で対比している。高所作業車と点検車を用いた場合、現場作業は4日間程度の交通規制を要した。ドローンで撮影する場合、2時間程度で部材の画像が撮影でき、大幅に作業時間を短縮することとなる。点検記録となる写真は、カメラの性能によるところが大きいですが、調書化し出力した場合、差異は感じられなかったが、技術者の観察した結果と照合が必要となる。ドローンで撮影した場合、部材からの距離・撮影方向を調整できるため、俯瞰したような写真（例えば、床版パネル毎の全体写真）が得られる。ただし、橋梁の近傍でドローンを飛行させる場合、GPS通信が瞬間的に途切れたり、風により機体が流されたりするため、相当な操縦技術が必要であった。



図-2 吊り橋の3Dモデル

「3Dレーザースキャナ」は、従来の地形測量と同じような作業で、点群データを取得し解析処理により3次元データを作成する(図-2)。

導入を試みた吊り橋のような長大橋であれば、鋼部材の腐食、床版のひび割れの観察のみで健全性を判断することは難しく、ケーブル部材や各点構造の触診、アンカレッジ部の斜面・積ブロックの状態、主塔部の倒れなどの変形状を把握することも重要な診断情報となるため、今後、ドローンによる調査、測量機器を点検に導入することも有用であると思われる。

2.2 点検計画時点における導入事例

定期点検の作業は、事前に現地踏査により点検

手法を計画してから実施する。例えば、図-3のような海上の橋梁で、点検車でアプローチできない場合、ボートやフロート足場を用いて点検する。その際、ドローンで橋梁の状態や点検条件を下見し、点検経路計画、資機材の準備、点検重点箇所の特定、関係者協議が実施できることで、ボート上作業が省力でき安全で効率的な作業につながった。導入した会社も、特殊な足場上の作業は未だ得意ではなく、点検員の安全確保のためにも効果があったと感じている。



図-3 現地踏査状況

3. ドローン活用の展開

ドローン導入の試行的な導入を踏まえ、その活用が多方面に拡大している。一部の事例を以下に紹介する。

3.1 施工状況の確認

図-4は、施工途中の現場状況を撮影したものである。工事説明や進捗把握に有用である。



図-4 アーチ橋の耐震補強・進捗確認（職員が撮影）

3.2 災害復旧状況確認

図-5は、斜面崩落をドローン搭載のカメラ画像から面積算定した事例である。操縦者が離隔500mから撮影し、数時間で処理ができる。

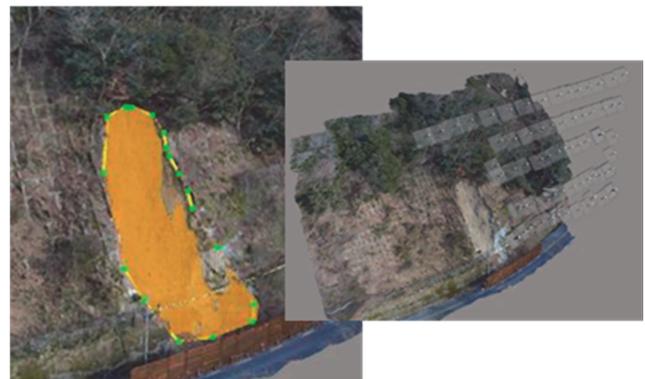


図-5 斜面崩落の範囲計測

3.3 多様な利用へ（防災活動、広報PR活動）

京都府のドローン導入は、施設調査や点検で活用する目的だったが、維持管理分野を超えて防災訓練³⁾、観光系PR活動⁴⁾（図-6）に利用されている。

4. インフラ点検ロボット導入への課題

つい数年前比べ、ドローンの飛行安定性能や搭載カメラ性能が格段に向上し、価格も安価になっている。地元で業務展開している中小規模の建設コンサルタント・測量会社もドローンを所有するようになった。ここでは、地元建設コンサルタントが、新技術や点検ロボット導入にあたり課題として感じている点を示している。

(1) 高額な設備投資

ドローンの機体本体は、技術革新が目覚ましく新機種が発売される毎に安価になってきている。しかし、測量業務等に利用するためには、点群データを得るためのレーザー装置や解析ソフトも必要になる。これらの価格は未だ相当高額である。それに、未だどのような精度を求める業務内容になるかわからないため、購入する設備を選定するのに躊躇している状況にある。



防災訓練写真³⁾

広報PR映像：桜⁴⁾

図-6 多様な利用事例

(2) 希少な実践の機会

未だ、ドローンを活用する委託業務は稀で、地元コンサルタントが受注する機会は少ない。そのため、企業は実践経験を積むために適用できそうな業務で提案を行い、承認を得た場合のみ現場で実践できる状況にある。その際、精度検証が必要となるため、従来の手法(測量)と重複して成果を提出している。そもそも、ドローンやレーザー測

量が認められない場合は、試行し実践する機会がない。

(3) 作業規程（照査、検査要領）の必要性

既に、大手企業では施工現場の土量管理等でドローン活用している事例も報告されている⁵⁾。中小企業は、未だあまり実践経験がないため、業務をどのようにプロセス管理し、精度管理すれば、成果品が検査を合格するのか不安を抱いている。また、成果品のデータが大きくなるため、整理、納品方法について協議が必要となる（例えば、3Dデータを構築しても、納品先PC端末が対応せずPDF形式で納品することもある。）。

(4) 技能者の育成不足

ドローンの操縦・撮影・解析処理技術は、それぞれ技能として身につける必要がある。中小企業は分業や外注による業務遂行が難しい体制にあるため、自前の技術者を育成することになる。

(5) 事前周知徹底の必要性

例えば、ドローンによる撮影対象が道路橋の場合、近くを通行中の一般利用者から、何らかの通報があると、違法行為がなくても、業務を中断し警察や発注者、通報先へ事情説明が必要となる。そのため、飛行許可以外に、関係しそうな機関（警察、病院など）に周知を図っている。一定の飛行に関する手続きのルール化が望まれる。

5. まとめ

ドローン等の新技術導入は、技術者の技能を代替することが目的ではなく、的確な情報取得、作業効率向上のために試みた。実践して活用方法や課題に気づき、他分野へ普及のきっかけとなった。以下に関係者から寄せられた意見等を記す。

(1) 橋梁点検では、ドローンの活用が作業性を向上させる。それにより、5年以内に行う法定点検に加え、適時橋梁の監視が可能になる。現状、長

大橋を所管する道路管理者(特に、町村)は、法定点検のために全事業費をつぎ込む状況にあり、その余力はない。

(2) ドローンの普及は、これまで現場作業に就業できなかった身体的ハンディキャップを抱える技術者や性別に関わらず活躍の機会にもつながる。

(3) 災害時にはドローンの活用が期待されている。そのためにも、継続的に地域で運用される必要があり、地元中小企業への普及、施設点検での活用がその機会として有力であると感じている。

謝 辞

本報告は、これまで公共施設の維持管理のために新技術導入の試みを紹介している。ドローン活用の取組に際し、助言や提案を頂いた京都府各関係職員、(一社)ドローン撮影クリエイターズ協会、パシフィックコンサルタンツ(株)、計測リサーチコンサルタンツ(株)、塩見測量設計(株)、(株)キクチコンサルタンツ、サンスイコンサルタンツ(株)の関係各位に謝意を示します。

参考文献

- 1) 大島由光、上原敏文、春田健作：道路橋点検における非破壊検査技術の実証例（京都府）、平成26年度土木学会全国大会発表会概要集、VI-510、2014
- 2) 木本、春田、菊本、寸田：無人航空機（ドローン）の道路施設管理への展開（京都府：八雲橋・大津南郷宇治線）平成28年度土木学会全国大会発表会概要集、VI-738、2016
- 3) 古橋勝也：行政分野におけるUAVの活用事例～防災・減災の視点から～、第2回UAV活用フォーラム発表資料、2016
<http://www.sparj.com/UAVapp/UAV2016/speakers/Haruta&FuruhashiUAV2016.pdf>
- 4) 京都府：コミュニティサイト「KYOTO SIDE」
<https://ja-jp.facebook.com/kyotopref/>
- 5) 田島僚：i-Construction導入施工工事事例および検証-本当に使えるi-constructionへの「カイゼン」-、土木施工、Vol.58、No.1、pp.42～45、2017

春田健作



(一財)京都技術サポートセンター土木課 参事
Kensaku HARUTA

上原敏文



京都府中丹振興局中丹東土木事務所道路計画室主査
Toshifumi UEHARA

諸戸順子



京都府山城振興局山城南土木事務所施設保全室主査
Junko MOROTO

菊本健太



京都府建設交通部都市計画課
Kenta KIKUMOTO