

橋梁点検におけるドローンの未来

コンクリート構造物の補修・
補強に関するフォーラム2017
～構造物の健康寿命を延ばすためのシナリオ～

橋梁点検におけるドローンの未来



大日本コンサルタント株式会社
インフラ技術研究所・保全エンジニアリング研究室
小林 大

目次

- 1 はじめに
- 2 橋梁点検×ドローン
- 3 無人航空機の飛行に関するルール
- 4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？
- 5 橋梁点検におけるドローンの未来

1 はじめに ～自己紹介～

氏名	小林 大 (だい)
所属	大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 保全エンジニアリング研究室
専門	点検・補修設計を始めた橋梁のメンテナンス分野

商号	大日本コンサルタント株式会社 NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.
設立	1963年1月23日
資本金	13億9,900万円
代表者氏名	新井 伸博
株式上場	東京証券取引所 市場第二部
本店住所	〒170-0003 東京都豊島区駒込3-23-1
電話番号	03-5394-7611
従業員数	614名 (2016年6月30日現在)
事業所	本社、東北支社、東京支社、北陸支社、中部支社、大阪支社、九州支社 横浜支店、中国支店、四国支店、 盛岡事務所、福島事務所、宇都宮事務所、新潟事務所、岡山事務所 沖縄事務所、ハノイ事務所、マニラ事務所、札幌営業所、ほか営業所

2 橋梁点検×ドローン ～ロボット現場検証～

✓国交省現場検証に臨んだドローン達



※ 「橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果 平成28年3月30日
次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会」より抜粋

橋梁点検におけるドローンの未来

2 橋梁点検×ドローン ～ロボット現場検証～






 NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」

3 無人航空機の飛行に関するルール

(1) 飛行ルール適用の範囲

- 航空法において、**無人航空機を飛行させる際の基本的なルール**が平成27年12月10日より義務化。
- 無人航空機とは、**人が乗ることができない**飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの。
- 機体本体の重量とバッテリーの重量の合計**200g未満の重量のものを除く**。



※ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン 国土交通省 航空局」より要約

3 無人航空機の飛行に関するルール

(2) 罰則

- これらのルールに違反した場合には**50万円以下の罰金**が課されることあり。
- 屋内や網等で**四方・上部が囲まれた空間**については適用外。

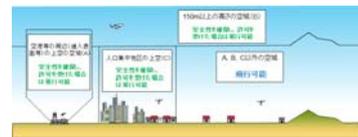
人口密集地において無許可でドローン（W=12kg）を飛行させ墜落した事件では、罰金20万円の略式命令が出された。

※ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン 国土交通省 航空局」より要約

3 無人航空機の飛行に関するルール

(3) 飛行の禁止区域

- 有人の航空機に衝突**するおそれや落下した場合に**地上の人などに危害**を及ぼすおそれが高い空域。
- 私有地**でも同様。
- これらの空域で無人航空機を飛行させようとする場合には、**安全面の措置**をしたうえで**国土交通大臣の許可**が必要。



※ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン 国土交通省 航空局」より要約

橋梁点検におけるドローンの未来

3 無人航空機の飛行に関するルール

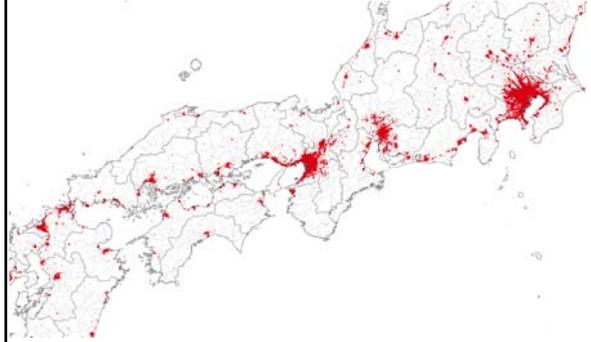
(A) 空港周辺の空域



※ 地理院地図（電子国土）より

3 無人航空機の飛行に関するルール

(B) 人口集中地区の上空



※ 総務省統計局HPより

3 無人航空機の飛行に関するルール

(4) 飛行の方法

- ・ 日中（日出から日没まで）に飛行させること。
- ・ 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること。
- ・ 第三者又は第三者の建物、第三者の車両などの物件との間に距離（30m）を保って飛行させること。
- ・ 祭礼、緑日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと。
- ・ 爆発物など危険物を輸送しないこと。
- ・ 無人航空機から物を投下しないこと

※ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン 国土交通省 航空局」より要約

3 無人航空機の飛行に関するルール

(4) 飛行の方法（続き）

- ・ これらのルールによらない場合は、安全面の措置をした上で 国土交通大臣の承認が必要。

<承認が必要となる飛行の方法>



(夜間飛行) (目視外飛行) (30m未満の飛行) (対外上空飛行) (危険物輸送) (物件投下)

※ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン 国土交通省 航空局」より要約

橋梁点検におけるドローンの未来

【ドローン墜落事故例の紹介】

- 2017.02 / 神奈川 (工事現場)
神奈川県藤沢市で **工事現場の撮影中** にドローンが墜落。ヘルメットを被った **作業員に直撃して顔を数針縫う怪我**。
- 2016.06 / 福岡 (高速道路)
福岡高速1号線付近でドローンが制御不能になり **高速道路上に落下して車と接触**。
- 2015.10 / 広島 (新幹線)
JR山陽新幹線新尾道駅近くの **新幹線線路脇にドローンが墜落**。新幹線の線路保守点検時に発見。

※ 詳しくは、国土交通省ホームページ「[無人航空機\(ドローン・ラジコン機等\)の飛行ルール](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)」をご参照ください。

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？

(1) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証におけるドローンの評価

・『行く』『見る・撮る』『検出する』『記録する』と言った **機能に対する可能性と課題** についてコメント。

1) 『行く』

- ・移動範囲の **広さ、速さ** に優位性あり。
- ・一方、主桁などで **囲まれた空間への進入**、や **耐風安定性、安全性** が課題。
- ・2カ年の現場検証を通じて **安定性は大幅に向上**、**空間認識や自律制御の導入** などが進み **適用範囲の拡大** が見込まれる。

※ 「橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果 平成28年3月30日 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会」より要約

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？



写 橋梁の緊切目視を代替する飛行ロボットシステム
国立大学法人東北大学ほか
※ 「橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果 平成
28年3月30日
次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁
維持管理部会」より抜粋・加筆



写 マルチコプタを利用した橋梁点検システム
川田テクノロジーズ株式会社、大日本コンサル
タント株式会社ほか



写 産業用UAV H2001
株式会社デンソー、ヒロボー株式会社
※ 株式会社デンソーHPより抜粋・加筆

橋梁点検におけるドローンの未来

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？

2) 『見る・撮る』

- いくつかの技術については点検情報の取得に**実用的なレベル**。
- 品質は「**カメラ本体の性能**」「**マウント方法**」「**撮影方法の工夫**」に左右される。

3) 『検出する』

- **ひびわれの自動検出**については**実用的な精度に至らず**。

4) 『記録する』

- (直轄版) **橋梁定期点検要領**に基づく**紙調査**で評価。
- 多くは一定の品質を有しており**支援効果を確認**。

※ 「橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果 平成28年3月30日
次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会」より要約

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？

5) まとめ

- **囲まれた空間内や強風時の飛行が難しい**。
- 桁下においては十分な航法衛星を捕捉できず機体の安定が難しいため、**操縦者に高い技量が求められる**。
- **損傷の自動検出が困難**。
- 機体の点検区域外への暴走や墜落に対する**第三者に対する安全対策が不十分**。



- (直轄版) **橋梁定期点検要領**に対して点検情報の取得に**実用的なレベル**のものがある。

※ 「橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果 平成28年3月30日
次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会」より要約

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？

(2) マルコ®現場実証

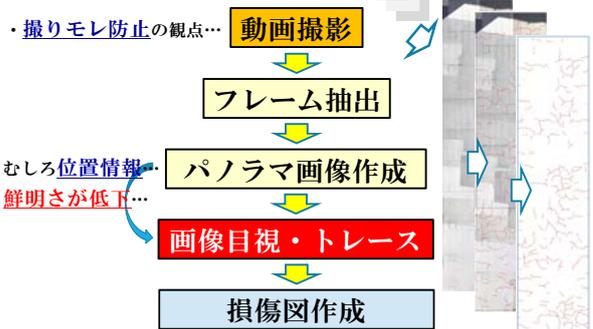
- (直轄版) 「**橋梁定期点検要領**」を念頭に、ドローンにより取得した**画像の目視**により**0.1mm幅のひびわれ**の検出を目標。
- 実際の**高橋脚**に対してドローンを飛行・撮影。
- **4K動画**で壁面から**離隔1m**程度の飛行で目標を満足。
※ 使用カメラ装置により異なる。
- 立ち合った点検員から**安全性**について強く指摘。



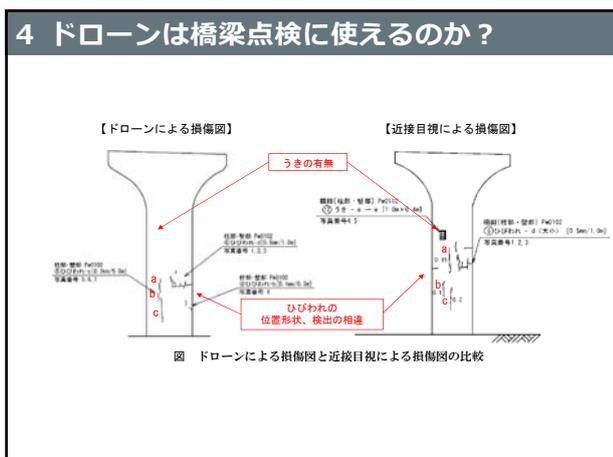
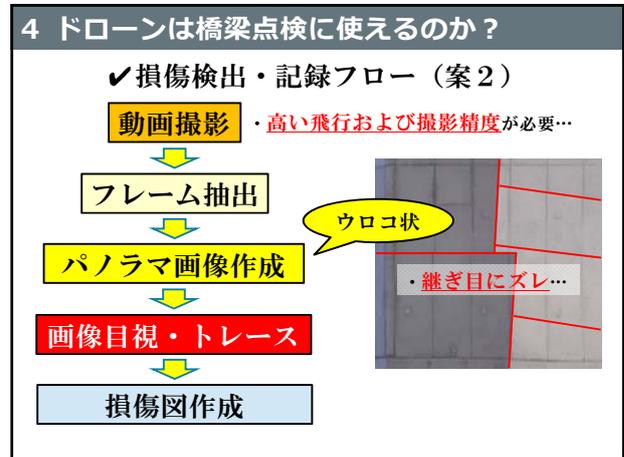
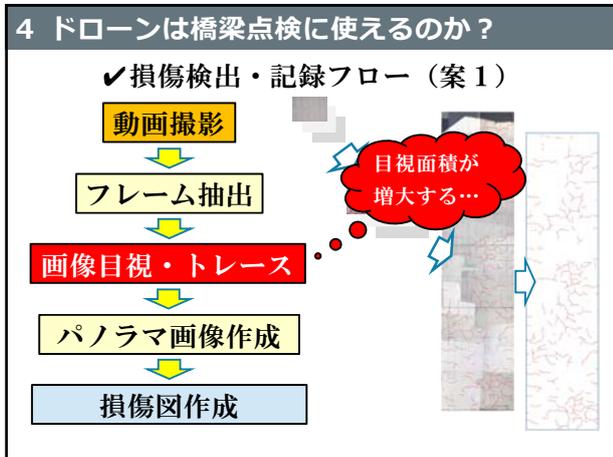
写 飛行状況

4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？

✓ 損傷検出・記録フロー (普通は・・・)



橋梁点検におけるドローンの未来



- ### 4 ドローンは橋梁点検に使えるのか？
- ドローンにより取得した高橋脚の画像を目視して、（直転版）橋梁定期点検要領に基づく損傷図の作成を試行。
 - 飛行および撮影条件がよく操縦者の技量が高いことを条件とすれば、近接目視の代替レベルにあることを確認。
 - 近接目視点検（※）と比較してうきを除き同等の成果。
※ 同一橋脚に対して別途実施。
 - ロープアクセスに対してコスト縮減が期待できる結果。
 - 飛行および撮影条件がよければ普及品のドローンやカメラ装置で十分であるが、耐風性の高い機体、衝突防止装置や航法衛星に頼らない機体安定装置の普及、第三者に対する物理的な安全装置の充実が課題。

橋梁点検におけるドローンの未来

5 橋梁点検におけるドローンの未来

・機体や飛行制御の高度（安全）化

・カメラの高性能化
・ポストシステムの最適化

自動点検領域へ

機体・飛行制御による
安全性の天井

点検支援領域

物理的
安全性の壁

第三者、点検員の
物理的安全性

図 点検支援領域から自動点検への概念図

25

5 橋梁点検におけるドローンの未来

写 安全対策を実施した飛行状況

マルチコプタ
メインロープ
連結ロープ
メインロープ
安定用錘

ロータ巻込み防止
連結ロープ
兼
スライド環

図 点検車からの安全飛行

飛行体の安全装置 特願2016-242244

26

5 橋梁点検におけるドローンの未来

【Phase1】

- ・第三者被害予防措置範囲外かつ、高橋脚の柱、コンクリート橋など適性の高い部材や橋に限定されるが、安全対策が実施された飛行により画像を撮影し、画像目視環境の整備、画像解析や画像鮮明化技術の支援のもと点検員が画像目視を行ない、損傷図や損傷写真を作成。
- ・パノラマ画像に直接損傷を旗揚げし、損傷図や損傷写真に替えることも。

【Phase2】

- ・更に損傷の自動検出。

【Phase3】

- ・そして診断の自動化へ。

インフラメンテナンス国民会議

【目的】 産学官民の技術や知恵を総動員するプラットフォームとして平成28年11月28日設立

【体制】

国民会議の取り組みによるインフラメンテナンスのイメージ

革新的技術の開発と実装の加速化
（オープンイノベーションの推進）

建設関連産業
大学
研究機関
多様な産業分野

施設管理者
民間企業のノウハウ活用
（民間委託における制度・運用の改善）

市民・NPO
（インフラへの関わりを深める活動）

海外市場への拡大
（海外市場展開への挑戦）

ベストプラクティスの水平展開
（優秀な取組を表彰）

大日本コンサルタント（株）は「インフラメンテナンス国民会議」の会員です。

橋梁点検におけるドローンの未来

