画像計測技術　＋
AI による損傷検出サービス

点検支援技術「BR010028-V0122」による
橋梁点検のデモンストレーション

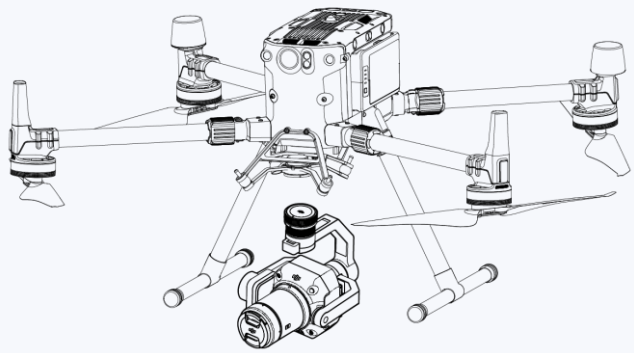
2023/12/14
株式会社FLIGHTS　堀田　毅

1

本日ご紹介する点検技術

M300RTK-i

BR010028-V0122
DJI JAPAN、株式会社FLIGHTS、
大日本ダイヤコンサルタント 共同開発



2

本日ご紹介する点検技術

FLIGHTS橋梁点検システム

- 無人航空機(マルチコプター)を利用した
  橋梁点検画像取得装置 M300RTK-i
- 特徴
  市販機材を利用、経済性に優れる
  画像取得時は自動飛行、自動画像取得
  （間隔制御、正対制御）
  飛行直後に画像の精度管理実施

  現地踏査から損傷図作成までの業務委託
  ＋
  点検事業者にアプリ提供、実施を支援

3

本日ご紹介する点検技術

M300RTK-i

- 点検対象
  鉄筋コンクリート製橋脚、
  それに類する形状のコンクリート構造物
  （ロープ高所作業やゴンドラ車と
  競合する点検手法）

  上部工：暗い、狭い、面が多い
  鋼構造：鋼材き裂、減肉はわからない
  被覆の劣化程度もわからない

4

ドローンを利用した橋梁点検

点検の流れ（従来手法と置換え可）

- 現地踏査　ドローン飛行が可能か確認
- 飛行計画　どの様に飛行させるかを計画
- 現場作業　**画像取得**
  精度管理（取得画像の品質管理）
- 画像合成　測量と同じくSfM技術を利用
  MetaShape、Pix4Dなど
- 損傷図作成　手作業（Cad等）、AIによる検出
- 点検調書作成

下線部は必ず点検技術者が実施

5

技術的な背景

画像取得
「画素分解能」と「被写界深度」

ドローンの性能
「距離一定」と「正対」

6

ドローンを利用した橋梁点検

画像取得　取得する画像の条件

点検要領の記述を満足する

⇒

「…、自らの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情報が得られると判断した方法により…」

例えば、コンクリートのひび割れであれば0.2mmを確実に判読できることが必要。

7

ドローンを利用した橋梁点検

画像取得　画素分解能

- 撮像素子の画素１個で何mm？
- 過去の研究論文から
  三脚支持、一眼レフでの検証から、検出したい損傷の2倍から3倍の画素分解能があればよい。
  0.1mmのひび割れ
  ⇒　**0.3mm/Pixelの分解能**
- 撮像素子の画素数、レンズの焦点距離、被写体との間隔（距離）で決まってくる。

8

ドローンを利用した橋梁点検

画素分解能　0.2mm/Pixel

9

ドローンを利用した橋梁点検

画素分解能　0.8mm/Pixel

10

ドローンを利用した橋梁点検

画像取得　被写界深度

- 画像のピントが合っている範囲
  ⇒
  橋脚では、画像全面でピントが合いにくい
- 理由）暗い　⇒　絞りを開ける　⇒
  被写界深度が浅くなる
  暗い　⇒　シャッター速度を遅く
  ⇒　ドローンの動きでブレる
- 対応）**周辺部のピントが合わない部分を捨てる　⇒　ラップさせて合成**

11

ドローンを利用した橋梁点検

被写界深度

12

ドローンを利用した橋梁点検

被写界深度　画素分解能＝0.4mm
ｆ＝2.8　画像中央

13

ドローンを利用した橋梁点検

被写界深度　画素分解能＝0.4mm
ｆ＝2.8　画像端部

14

ドローンを利用した橋梁点検

ドローンに必要な条件

- 安定性　　安定した飛行、操縦
- 耐風性能　現場での風況に対応
- 堅牢性　　過酷な現場環境に対応
- 可搬性　　運びやすい
- 経済性

これら一般的な事項以外に、、、

15

ドローンを利用した橋梁点検

ドローンに必要な条件

- **被写体との距離を一定に保つ制御**
- 一定でないと画像合成後の解像度にムラが生じる
  最悪、うまく合成できない
- 衝突回避、衝突防止制御は、距離を一定に保つ制御ではない
  余裕を見込んでいたり、離れたりする

16

ドローンを利用した橋梁点検

ドローンに必要な条件

- **被写体の正面に向く、正対する制御**
- 正しく向かないと画像合成後の解像度にムラが生じる
- 一般のドローンにこの機能は無い
- 目視で、手動操縦で対応することは困難、なんらかの制御、補助が必要

17

画像取得飛行

自動飛行 と 自動画像取得

飛行後、精度管理作業

18

ドローンを利用した橋梁点検

精度管理（品質管理）

新支援技術利用のガイドライン(案)

2-1 点検支援技術使用計画
6) 精度管理計画
　点検支援技術の特性上、所要の性能を担保するために現場での精度検証が必要なものについては、**その方法、頻度等を整理した精度管理計画**が整理されることが望ましい。

19

ドローンを利用した橋梁点検

精度管理（品質管理）

- **所要の性能を担保**
  性能＝0.2mmのひび割れが確認できる
- 千枚以上ある画像を目視で確認するのは非効率的、不可能。
- 0.2mmのひび割れを確実に判読できるという、**あらかじめ検証した画像取得方法**を満足しているかを現場で確認する。**距離、角度、撮影パラメータ等**

20

内業作業

画像合成 と 損傷検出
損傷図、調書作成

21

ドローンを利用した橋梁点検

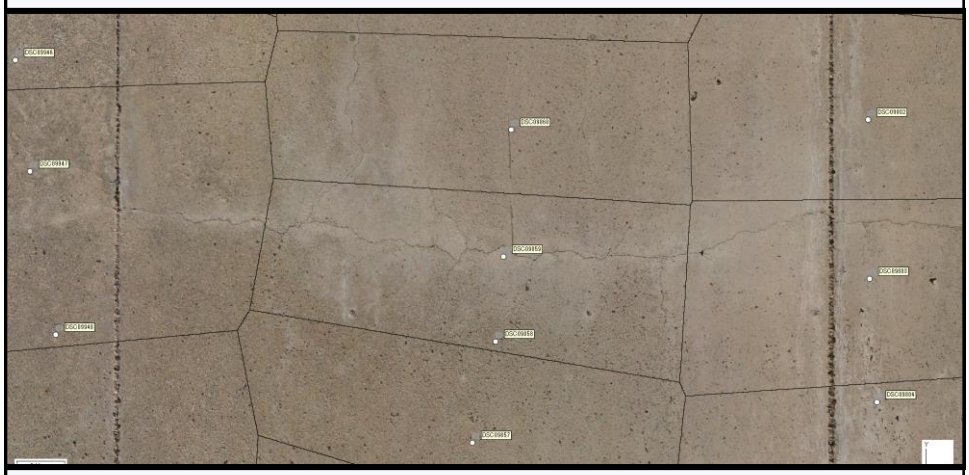
画像合成

- 数百枚以上/1基の画像を取得
- 面毎に1枚の画像に合成する
  MetaShapeなどのSfMソフトを利用
- **1枚の画像の中央付近のみを利用**して合成しオルソモザイク化する
  取得画像⇒画像間の一致点を抽出
  ⇒MVS技術で3次元点群化⇒メッシュ構築
  ⇒メッシュに画像を貼付けてオルソ化
- 単なるつなぎ合せる手法とは異なる

22

ドローンを利用した橋梁点検

画像合成　オルソモザイク化



23

ドローンを利用した橋梁点検

損傷図作成

- 手作業　　CADソフト、描画ソフト
  合成した画像をレイヤーに入れる
  ⇒　損傷（ひび割れ）をなぞる
  ⇒　画像レイヤーを非表示＝損傷図

- ＡＩ検出　専用サービスを利用する
  処理する画像によって最適化する
  ⇒　品質の揃った教師データで学習
  ⇒　損傷を正しく検出
  ⇒　人間の点検結果との整合は困難

24

ドローンを利用した橋梁点検

損傷図作成

25

まとめ

26

ドローンを利用した橋梁点検

経緯

- 2012/12 笹子トンネル天井板落下事故
- 2014/6　道路橋定期点検要領
  5年に一度、近接目視を原則
- 2019/2　ガイドライン、性能カタログ
- 2019/3　道路橋定期点検要領の改定
  「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情報が得られると判断した方法」

27

ドローンを利用した橋梁点検

新技術利用のガイドライン（案）

性能カタログは「お墨付き」ではない

発注者
受注者
相互に
内容を
確認

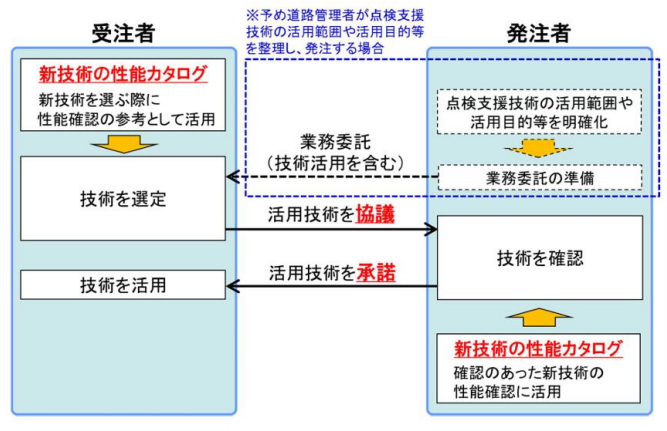


図-1　点検支援新技術活用の流れ

28

ドローンを利用した橋梁点検

現状

- 定期点検で使用できる支援技術は数少ない
- 市販の小型ドローンでの定期点検は困難
  カメラ性能が低く撮影枚数増大、非効率
- 点検対象はコンクリート構造物

- 一般的に、ドローンが活躍できる場面
  異常時点検
  緊急を要する概要把握、災害対応
  状況把握
  これまで見れていない箇所の確認
  点検車が届かない、人が近づけない等

29

ドローンを利用した橋梁点検

長所・短所、メリット・デメリット

- 橋上、陸上から近づけないところも可能
  デジタルデータを取得するので、加工、転用、再利用が可能
  デジタルデータなので、正確、客観的データ取得、解析に点検技術者を必要としない
- 暗いと画像の精度（品質）が得られない
  気象条件、許認可の制約がある
  上部工は非効率的、鋼構造は損傷を把握できない（定期点検の場合）

30

ドローンを利用した橋梁点検

工期、費用、その他

- 現場作業は約150㎡/時間
  1日分の取得画像を処理して損傷図まで
  仕上げるのに約１週間
- 損傷図作成まで含め、経費を除く
  約350~500千円/現場日数(日)
  約1000円～500円/点検面積(m^2)
  規模、形状、周辺環境などで増減
- 点検手法の一つ、得意不得意がある。
  ドローンが取得する**画像を用いた点検**。

31

ドローンを利用した橋梁点検

課題（展望）

（当該技術において）

- 上向きカメラへの対応（開発中）
  梁構造、上部構造への適用

（点検支援技術全般で）

- 点検手法、要領の見直し
  画像診断技術の進化、応用、定着
  近接目視の代替ではなく、棲み分け

32

資料

33

資料

1　取得画像のサンプル

ひびわれ（従来点検）

大日本コンサルタント株式会社 NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD. FLIGHTS Powered by KAWADA Technologies

34

資料

1　取得画像のサンプル

ひびわれ（画像計測技術）

資料

1　取得画像のサンプル

欠け（従来点検）

資料

1　取得画像のサンプル

欠け（画像計測技術）

資料

2　画像による点検の概要

土木研究所の資料を参照
橋梁３次元モデルの構築（検証事例）
~UAV撮影からオルソモザイク画像作成まで~
https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/3jigenmodel/3jigenmodel.pdf

資料

3　画素分解能の研究論文、報告

安藤ハザマ
輝度と幾何学的特性を用いたひび割れ画像計測手法の開発

大林組
画像処理によるコンクリート構造物のひび割れ計測

大成建設
ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析

輝度と幾何学的特性を用いたひび割れ画像計測手法の開発

ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析

画像処理によるコンクリート構造物のひび割れ計測

大日本コンサルタント株式会社 NIPPON ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD.　EFLIGHTS　Powered by KAWADA Technologies

39

資料

4　Web講習会、Facebook案内

ドローンを利用した橋梁点検無料座学講習会

ドローンを利用した橋梁点検無料座学講習会

マルコFacebook

マルコFacebook

EFLIGHTS　大日本ダイヤコンサルタント株式会社 Dia Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.

40