# ひび割れ計測機と飛行ロボットによる橋梁点検支援システムに関する研究

大阪市立大学大学院 教授 プロジェクトリーダー 〇山口 隆司 大阪市立大学大学院 学生 堂ノ本 翔平 菱田伸鉄工業(株) 菱田 聡 クモノスコーポレーション(株) 藤田 誠二 近畿地方整備局 道路部,近畿技術事務所,大阪国道事務所





# 1.研究背景•目的

- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.安全対策・橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

## 1. 研究背景•目的

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



# 従来の点検手法

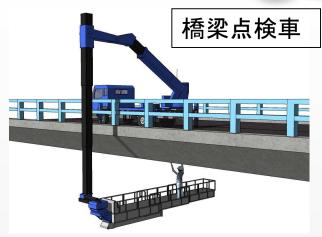
• 信頼性



- コスト
- 時間







■ 橋梁点検における近接目視点検を補助する役割として点検ロボットが検討

飛行型ロボットの適応



既存の技術



独自開発を行った飛行ロボット (UAV) により実際に橋梁点検に実用化されているひび割れ計測機の保有機能を支援させた総合的な橋梁点検支援システムの構築を目的とする



- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.安全対策・橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

# 2.飛行ロボット「アルバトロス」

OSAKA CITY UNIVERSITY

## 1) 役割

撮影機器 (4Kビデオカメラ・一眼レフカメラ) での情報を収集, 照明機器による ひび割れ計測機の支援



飛行ロボット

一眼レフカメラ(静止画用)	ILCE-7R,SEL35F28Z
イメージセンサ	35mmフルサイズ
総画素数	3640万画素
有効画素数	3640万画素

SONY 4Kビデオカメラ(動画用)	FDR-AX30
イメージセンサ	1/2.3型 Exmor R CMOSセンサー
総画素数	1890万画素
記録画素数	2060万画素
有効画素数	829万画素

# 2.飛行ロボット「アルバトロス」

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



## 2) 仕様

サイズ(mm)	1320(W,D) 510(H)
機体重量(kg)	7
可搬重量(kg)	3
飛行時間(分)	15



飛行ロボット

一般的なドローンとして,有名なファントムと比べ,大きさが約4倍,機体重量が約5倍となっており,大きなドローンとなっている

# 2.飛行ロボット「アルバトロス」





飛行ロボット

- 3) 特徴
- □ 撮影飛行性能向上のため, プロペラを傾斜配置 空中での位置合わせが容易
- □ <u>ジンバルの上面配置</u> ジンバルを下面配置から上面配置とすることで橋梁点検に適した機体構成を実現
- □ <u>用途に最適なシステム開発のための,カスタマイズが可能</u> 要求性能に応じた,機体のサイズ変更,機能付加,新たな機器搭載が可能

# 使用機器諸元



SONY 4Kビデオカメラ(動画用)	FDR-AX30
イメージセンサ	1/2.3型 Exmor R CMOSセンサー
総画素数	1890万画素
記録画素数	2060万画素
有効画素数	829万画素

一眼レフカメラ(静止画用)	ILCE-7R,SEL35F28Z
イメージセンサ	35mmフルサイズ
総画素数	3640万画素
有効画素数	3640万画素

# 2.飛行ロボットの計測範囲 OSAKA CITY UNIVERSITY コンクリート橋 桁内部 CERT! 鋼橋 支承部

塗膜劣化·腐食

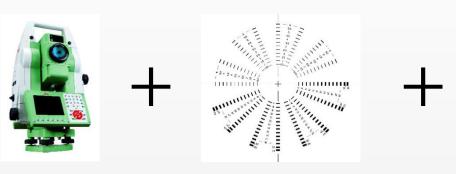
# 2.ひび割れ計測機「KUMONOS」

OSAKA CITY UNIVERSITY



## 1) ひび割れ計測機とは

- □ ひび割れの幅・形状・3次元位置座標が計測できる
- □ クラックゲージ内蔵光波測量器とデータ処理やCADデータに変換するためのソフトウエア



光波測量器

内蔵クラックゲージ



NETIS: KK-080019-V

解析ソフトウエア

## 2) 適用事例

適用範囲は、橋梁・コンクリート構造物全般・擁壁・ダム・堰堤・トンネル・建物であり、コンクリート表面に発生した変状状況やコンクリート構造物全体の変形状況等も把握



橋梁の劣化調査状況

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



## (3) KUMONOSの特徴

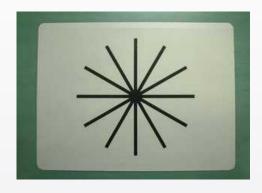
# ① 内蔵クラックゲージで幅を計測45m先のO.2mmの幅が計測可能

器械からの距離(m)	最小計測幅(mm)
1.5	0.007
5	0.022
10	0.044
20	0.088
40	0.177
50	0.221
60	0.265
80	0.353
100	0.441

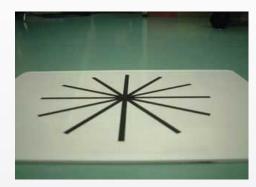
## ② 角度補正プログラム内蔵

NETIS: KK-080019-V

斜めから見た時の幅を使って、真の幅に補正



正面から見た場合



斜めから見た場合

### 幅が異なって見える



#### 自動的に補正(正しい幅を計算)

### ③ 構造物の形状を計測

展開図や立面図等も簡単に作成でき,変状・変形等の進行状況を定量的に把握



- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.安全対策・橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

# 3.橋梁点検支援システムとは?

OSAKA CITY UNIVERSLTY

## 飛行ロボット

## 画像情報取得機能

・高感度の搭載機器による撮影

## 移動•照明機能

・死角部の撮影や照明による暗所部での照度確保 (



不足機能の 支援

機器の併用

## ひび割れ計測機

## ひび割れ計測機能

・ひび割れ幅、形状の計測

## 位置情報取得機能

・3次元位置座標,構造物 の形状を計測

## 計測結果のデータベース化

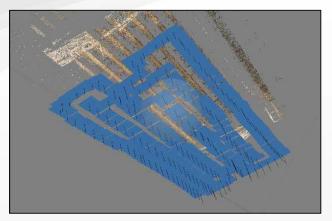
経年変化(ひび割れ、腐食、塗膜劣化)を確認



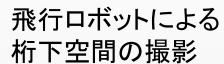
ex. 床版ひび割れ 塗膜劣化

# 3.橋梁点検支援システムとは?





桁下空間





画像解析





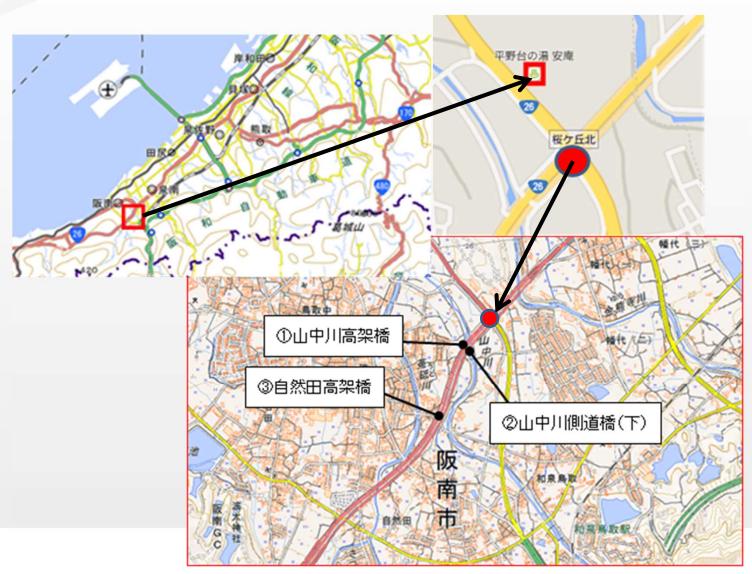
- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.安全対策・橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

# 対象橋梁位置図

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



## 大阪府阪南市鳥取中632-1 第二阪和国道 国道26号線



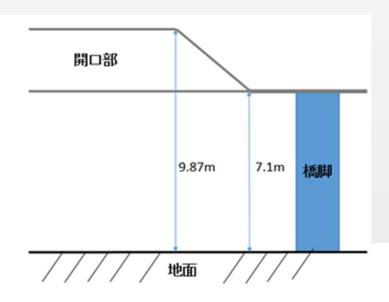
# 4.山中川高架橋(コンクリート橋)







架設年	2001年
直近点検年	2015年6月22日
支間長(m)	49. 5m
橋梁形式	3径間連続ポステンPC箱桁橋

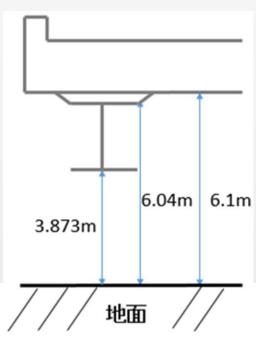


# 4.山中川側道橋(鋼橋)





架設年	_
直近点検年	2015年8月18日
支間長(m)	45
橋梁形式	鋼 5主桁橋



# 自然田高架橋(コンクリート橋)

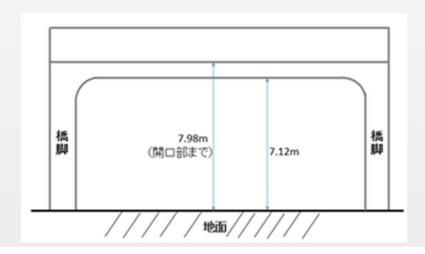






諸元

架設年	2002年
直近点検年	2015年7月6日
支間長(m)	23.5
橋梁形式	3径間連続プレビーム桁橋





- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.安全対策・橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

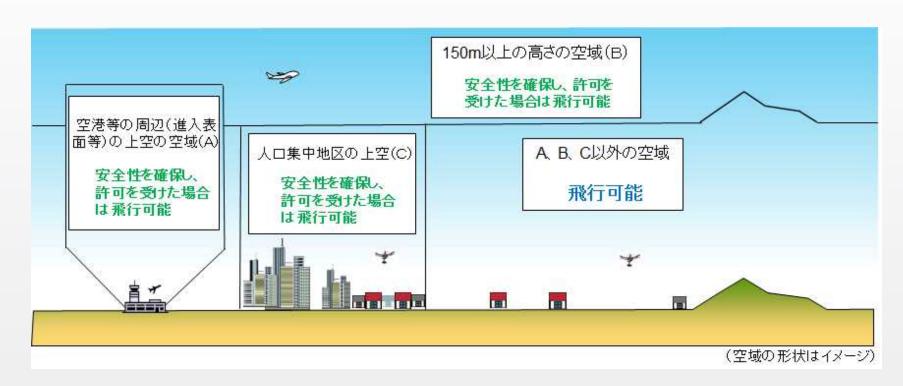
# 安全対策

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



## 航空法 平成27年12月10日に改正

(A)空港等の周辺空域、(B)地表や水面から150m以上の空域、(C)人や家屋が密集している人口集中地区の上空には許可が必要



# 5.橋梁点検フロー(コンクリート橋)

OSAKA CITY UNIVERSITY

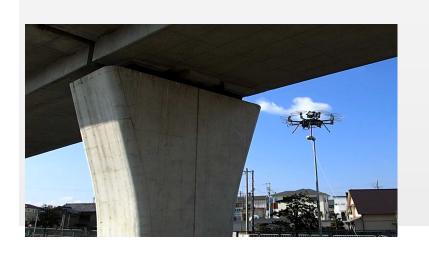


# ①ひび割れ計測機による計測



- i) ひび割れ計測 (ひび割れ計測機能)
  - ・ひび割れ幅,形状の計測
  - ・死角, 暗所部の把握
- ii) 損傷データの取得(位置情報取得機能)
  - ・3次元位置座標の取得

# ②飛行ロボットによる橋梁計測(画像情報取得機能、移動・照明機能)



- i) 飛行ロボットによる画像取得
- •橋梁全体図を撮影
- <u>→ひび割れ計測機の計測データとの合成</u>
- 照明機能によるひび割れ計測機の支援



- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

# 6.計測結果(鋼橋)

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



4Kビデオカメラより取得した画像 (動画から切り出し)



# LED照明の照射状況

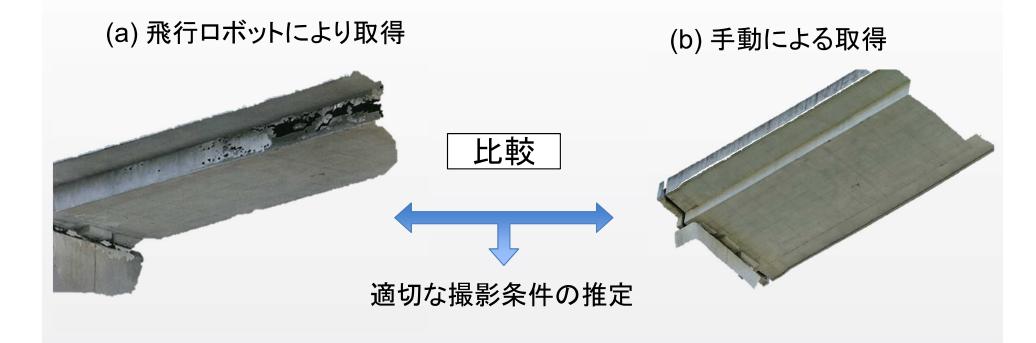


## 6.計測結果(コンクリート橋)

OSAKA CITY UNIVERSITY



手動または、飛行ロボットから取得画像に対して、それぞれ画像解析を行った.



総合的な橋梁点検支援システムの構築するため 撮影機器・点検対象物との距離・飛行速度・撮影回数を推定

# 6.計測条件 (コンクリート橋)

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



## 撮影機器

4Kビデオカメラを使用した場合

## 点検対象物との距離

4m以内から撮影を行うと、取得画像からひび割れの有無の確認が可能であった

## 飛行速度

1km~2km/hでの飛行速度であれば、 取得画像にブレが生じない

## 撮影回数

画像の重ね合わせ(サイドラップ率)を考慮し,対象物から4m程度までの距離から撮影する場合,1主桁当たり,1往復の撮影を行い,橋軸直角方向に1m間隔で飛行させる



- 1.研究背景•目的
- 2.使用機器
- 3.橋梁点検システム
- 4.選定橋梁
- 5.橋梁点検フロー
- 6.計測結果・計測条件
- 7.まとめ

# 実験結果 まとめ

#### OSAKA CITY UNIVERSITY



独自開発したUAVである飛行ロボットによりひび割れ計測機の機能を支援・補完させた総合的な橋梁点検支援システムの構築を目指し、実証実験を行った. 得られた結果を以下に示す.

- 1) 照明機器を搭載した飛行ロボットを用いることで、暗所部でのひび割れ計測が可能となり、ひび割れ計測機の支援を行うことが可能となった. 照明機器は、対象箇所の照度が125 lx以上となるように選定を行う.
- 2)飛行ロボットとひび割れ計測機を併用することで、橋梁の損傷位置データを付加された画像の取得が可能となった.
- 3) 点検対象物の距離に関しては4Kビデオカメラを使用した場合, 4m以内から撮影を行うと, 取得画像からひび割れの有無の確認が可能であった. 1km~2km/hでの飛行速度であれば, 取得画像にブレが生じない. 対象物との距離が4mの場合, 1主桁当たり, 1往復の撮影を行い, サイドラップ率を考慮し橋軸直角方向に1m間隔で飛行させる

# 点検の過程 まとめ 課題

#### OSAKA CITY UNIVERSITY





飛行ロボットということで、目視点検が 困難とされている桁内部や支承部の 撮影が可能



撮る・見る

搭載機器による、影響が大きく、飛行 ロボットの飛行が不安定な場合におい て、取得画像の精度が悪くなる



検出する



記録する

一様な精度を得るためには、飛行高度を統一・ および飛行安定性の確保が必要がある.そのために、測位センサ等の搭載が求められる

飛行ロボットにより効率的に画像取得が可能かつ、経年変化の確認も容易となる

# 飛行ロボットの現状





サイズ (mm)	1320(W,D) ,510(H)
機体重量(Kg)	6
可搬重量(Kg)	3
飛行時間(分)	15