

# 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 学生会員 ○堂ノ本 翔平  
菱田伸鉄工業(株) 非会員 菱田 聡

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司  
クモノスコーポレーション(株) 非会員 藤田 誠二

## 1. はじめに

我が国では橋梁の高齢化の進展に伴い、多数の橋梁を効率良く点検する必要がある。しかし、足場や橋梁点検車を用いた現行の点検手法では信頼性が高い一方でコストや時間が膨大となり、現実的に点検が困難となる場合も想定される。近年、橋梁点検における近接目視点検を補助する役割として Unmanned Aerial Vehicle (以下 UAV: 無人航空機) や点検ロボットの活用による橋梁点検の効率化が検討されている<sup>1)</sup>が、実用化され実橋梁に適用されたものは見られないのが現状である。

本研究では、RC床版のひび割れと主桁の腐食と塗膜劣化の損傷検知の支援を目的とし、橋梁点検に実用化されている光波測量器であるひび割れ計測機と飛行ロボットを組み合わせた点検支援システムを提案している。ひび割れ計測機は地上から計測を行うために計測時に死角や暗所といった計測困難な箇所が残存する点が問題となる。そこで、独自開発した UAV である飛行ロボットの持つ画像情報取得機能や移動・照明機能を暗所や死角部における計測支援に活用し、ひび割れ計測機のひび割れ計測機能や位置情報取得機能を支援・補完させた総合的な橋梁点検支援システムを目指し、実橋梁での実証実験を行う。提案する橋梁点検支援システムを図-1 に示す。飛行ロボットとひび割れ計測機の外観を図-2 に示す。

## 2. 対象橋梁の選定

点検対象となる橋梁の条件を機器ごとに示す。ひび割れ計測機では①主桁の下面構造が単純であること(鋼I桁、コンクリートT桁など)②橋脚部、橋台部がRCであること、飛行ロボットでは①飛行状態を常時、確認が可能であること、②第三者の上空を飛行せずに点検が可能であることなどが挙げられる。

## 3. 飛行ロボットへの搭載機器

図-1 に示すように、飛行ロボットは移動機能の他に搭載機器を利用した画像取得機能、照明機能を保有している。画像取得の際は動画用の 4K ビデオカメラ

(SONY 製 FDR-AX30) と静止画用の一眼レフカメラ (SONY 製 ILCE-7R), レンズ (SONY 製 SEL35F28Z) を、また照明機能の際は LED ライトを搭載する。

## 4. 橋梁点検フロー

橋梁点検支援のフローは i) ひび割れ計測, ii) 損傷データの取得, iii) 飛行ロボットによる画像取得となっている。橋梁点検支援のフローの詳細を図-3 に示す。

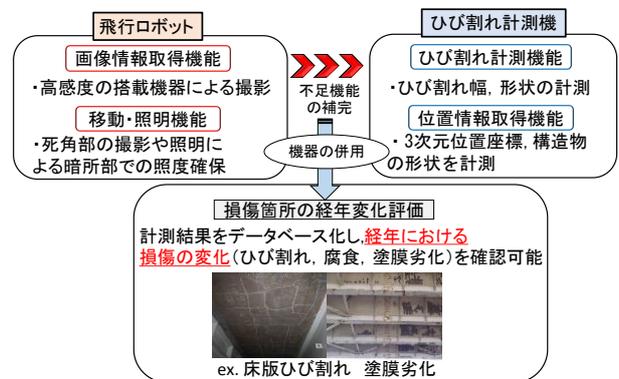


図-1 橋梁点検支援システム

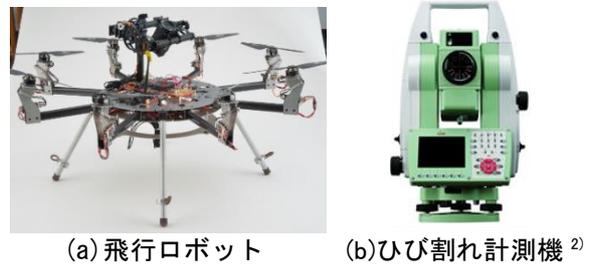


図-2 使用機器

① ひび割れ計測機による計測 i) ひび割れ計測, ii) 損傷データの取得



② 飛行ロボットによる橋梁計測 iii) 飛行ロボットによる画像取得



図-3 橋梁点検支援のフロー

5. 計測結果

5.1 飛行ロボットによる計測 (※鋼橋の場合)

図-4 に鋼橋における飛行ロボットによる取得画像を示す。図-4 に示す (b), (c) は 4K ビデオカメラで撮影した動画から静止画としてその一部を切り出したものであり、塗膜の状況把握が可能であった。

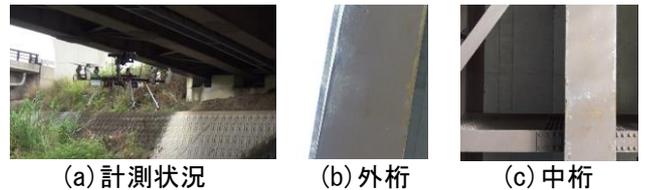


図-4 塗膜画像の取得

5.2 飛行ロボットとひび割れ計測機の併用による計測

ひび割れ計測機でのひび割れ計測には 125 lx の照度が必要となる。図-5 (b) に飛行ロボットに LED 照明を搭載時の照射状況を示す。暗所部を照明により照らすことで、ひび割れ計測機による計測が可能となった。

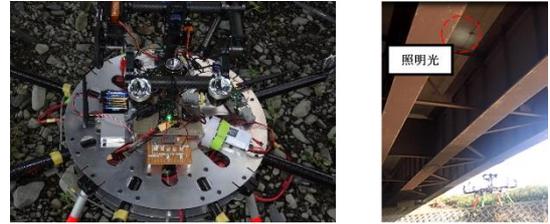


図-5 飛行ロボットによる照射状況

図-3 の橋梁点検支援のフローで示す飛行ロボットの撮影機器による橋梁全体画像の取得方法を一例として 4K ビデオカメラを使用した場合について以下に記す。

4K ビデオカメラでは約 1 秒間に 30 フレームの静止画を撮影することが可能となっており、フレームを重ね合わせる (オーバーラップ・サイドラップ) ことで、1 枚の橋梁全体画像を取得することができる。この画像は飛行ロボットが様々な方向に移動、撮影することで 3D 画像とすることができる。取得方法を図-6 に示す。

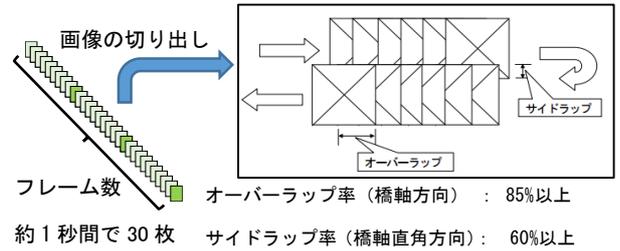


図-6 3D 画像の取得方法

3D 画像の特徴は①ひび割れ計測機から得た、ひび割れデータを付加することで画像内での損傷位置の座標付けが可能となること、②3D 画像の特徴点と比較することで飛行ロボットの撮影位置の正確な特定が可能となること、③ひび割れの有無を確認できることである。

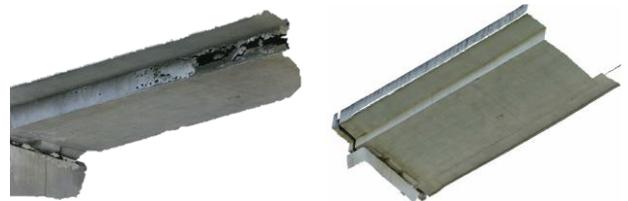


図-7 3D 画像

得られた 3D 画像の例を図-7 に示す。図-7 では飛行ロボットで計測した場合 (a) と手動で計測した場合 (b) の 2 つの場合を示している。これは飛行ロボットの飛行安定性の指標として、ブレが生じにくい手動の場合と比較するためである。図-7 (a) からわかるように、飛行ロボットで取得した 3D 画像では、支承部付近の画像の抜け落ちていることがわかる。

7. まとめ

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。

6. 3D 画像取得の際の適切な撮影条件

3D 画像の精度が変動する撮影条件の支配要因として ①撮影機器、②点検対象物との距離、③飛行速度、④撮影回数が挙げられる。適切な撮影条件を表-1 に示す。

表-1 適切な撮影条件

撮影条件	説明
①撮影機器	詳細部(損傷多発箇所)の撮影には一眼レフカメラを使用 橋梁全体の撮影には4Kビデオカメラを使用
②点検対象物との距離	対象箇所から4m以内から撮影を行うと、3D画像からひび割れの有無を確認可能
③飛行速度	手動による計測結果より、歩行速度より少し遅い程度 (1~2km/h)での飛行であれば、3D画像にブレが生じない
④撮影回数	1主桁当たり、1往復の撮影を行い、また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。

- 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 3D 画像の取得が可能となった。
- 3) 実証実験の結果に基づき、精度の良い 3D 画像の取得のための適切な撮影条件を、①撮影機器、②点検対象物との距離、③飛行速度、④撮影回数に着目して示した。

参考文献

1) 「評価結果 (橋梁維持管理)」 < <http://www.mlit.go.jp/common/001125338.pdf> > (2016/4/3 アクセス)  
 2) 「ひび割れ計測システム」 < <http://www.kankou.co.jp/topics/kumonos/> > (2016/4/4 アクセス)