

## 二輪型マルチコプタを用いた橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発について

株式会社ドーコン 正会員 ○大山 高輝  
 株式会社ドーコン 正会員 菅原登志也  
 富士通株式会社 非会員 羽田 芳朗  
 富士通株式会社 正会員 長谷川英司

### 1. はじめに

富士通株式会社、北海道大学、東京大学、名古屋工業大学、および株式会社ドーコンは2014年度よりコンソーシアムを組み、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」のうち、「ロボット技術の研究開発」を受託し、橋梁構造物に接触しながら移動可能な二輪型マルチコプタを用いた「橋梁点検支援ロボットシステム」を開発している。<sup>1)2)3)</sup> 本論文では、開発した二輪型マルチコプタの概要、昨年実施した実証試験結果について報告する。

### 2. 橋梁点検ロボットシステム開発の背景

現状の橋梁点検作業は、橋梁点検車・高所作業車等の作業機械、梯子・脚立・足場等、橋梁の形式や現場の制約条件に応じ、適用性の高い足元条件を選択し、近接目視点検を行っている。特に、高橋脚や主塔を有する斜張橋等では、通常使用可能な作業機械では近接点検が不可能であり、ロープアクセス等の特殊高所技術(写-1)を用いた点検を行う機会が増えている。しかし、特殊高所技術を有する点検技術者の不足や、点検コストが高いことが喫緊の課題であり、点検コストの削減や省力化を目的とした、ロボット技術の開発が進められている。このような背景から、筆者らは、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)が安価で入手可能になったこと、測量等の実績も増えてきたことに着目し、作業機械や特殊高所技術に代替が可能な二輪型マルチコプタを開発した。

### 3. 二輪型マルチコプタの特徴

筆者らは、耐風安定性を向上させるため、マルチコプタの車軸に2つの車輪を取り付けた二輪型マルチコプタを開発した。<sup>3)</sup> (写-2) 点検の際は、マルチコプタを浮遊させて写真撮影を行うのではなく、対象となる部材に車輪を押し付けるよう接触して移動し動画を撮影する。車輪と構造物間の摩擦力を利用し、耐風安定性を確保することができる。また、常に対象部材と一定の距離を保つことができるため、定量的な損傷評価が必要なひびわれ幅を、撮影された画像から確認できるという特徴がある。ひびわれ幅は、4K解像度の動画撮影に対応したカメラを用いることで、最小幅0.1mmを視認できる。(写-3)

### 4. 高橋脚での実証実験

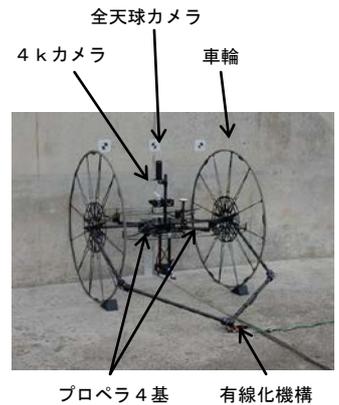
二輪型マルチコプタの仕様検討、有効性検証のため、様々な実証実験を行っている。ここでは、2017年4月に岐阜県「各務原大橋」で実施された岐阜大学SIP地域実装支援チーム主催の点検ロボット現場検証<sup>4)</sup>に参加した内容を紹介する。

点検対象の各務原大橋は、平成25年に供用開始した10径間連続フィンバック  
 キーワード 橋梁点検、ロボット技術開発、UAV、二輪型マルチコプタ

連絡先：〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1 株式会社ドーコン交通事業本部構造部 TEL:011-801-1540



写-1 高橋脚での特殊高所技術による点検状況



幅	1180mm
高さ	1000mm(車輪径)
奥行	1000mm(車輪径)
重量	4.0kg(カメラ除く)

写-2 開発機体の概要



写-3 撮影画像(0.1mmのひびわれ幅視認可能)

橋であり、橋長 594m の長大橋である。現場検証は、P9 橋脚（高さ 10m 程度）で実施した。（写-4）実証内容は、「橋脚全体の損傷を確認すること」が目的であったため、橋脚全面を走査し、壁全体の動画を撮影した。（写-5）事務所に戻った後、撮影した動画からキャプチャーした近接画像をつなぎ合わせるため、SfM（Structure from Motion）による 3 次元モデル生成を行い、橋脚全体のオルソ画像を作成した。この合成画像を用いることで、壁全体の損傷状況を合成画像上で確認することが可能となる。

画像処理ソフトでひびわれをトレースした損傷図を示す。（図-1）通常、高橋脚等面積の広い損傷図を作成する場合は、現地でチョーク等を使用してマーキングを行い、それを遠望から確認しつつ、型枠のライン等を目印にして紙にスケッチし、事務所を持ち帰ってから現地写真などを参考に CAD ソフトで損傷図を清書している。そのため、点検現場の作業、事務所での内業に多くの時間を要する上、ひびわれの正確な位置を再現するのは困難である。本研究で高精細な合成画像を生成することができ、損傷図作成の作業時間を大幅に削減し、正確な損傷図作成が可能となったことが確認できた。



写-4 各務原大橋全景



写-5 橋脚全面の点検作業状況

### 5. 終わりに

本報告では、橋梁点検用ロボットシステムの開発のうち、二輪型マルチコプタの概要と、高橋脚での実証について報告した。開発した二輪型マルチコプタにより、コンクリート橋脚に対し、幅 0.1mm のひびわれが視認可能となった。また、高精細な近接画像を取得することにより、高精度な損傷図の作成が可能となった。以上より、高橋脚に対し、人が行う近接目視点検をマルチコプタで代替し、点検外業や、損傷図作成等の内業を効率化・省力化できる可能性を示すことができたと考える。

謝辞：本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）によって実施されました。

<参考文献> 1) Yoshiro Hada et al., “Development of a BridgeInspection Support System Using Two-WheeledMulticopter and 3D Modeling Technology”, Journal of Disaster Research Vol.12 No.3 pp. 593-606, 2017 2) Manabu Nakao et al., “Development of a BridgeInspection Support Robot System that Uses a Two-Wheeled Quad-Rotor Helicopter”, Proceedings of The Fourteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction(EASEC), pp.293-301, 2016. 3) 山田萌 他, “高橋脚橋梁点検用二輪型マルチコプタの研究開発”, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016 4) 岐阜大学 SIP 実装プロジェクトウェブサイト, <http://me-unit.net/>.

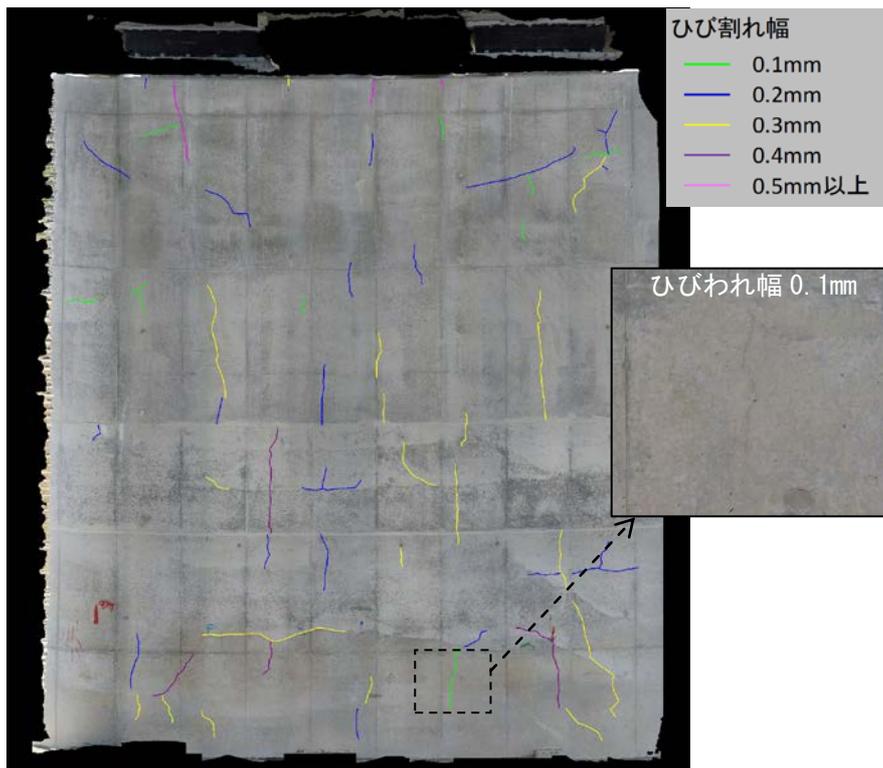


図-1 生成した合成画像を用いたひびわれ損傷図