解 説

小型無人ヘリ SPIDER とポール搭載カメラ Giraffe による構造物点検システムの紹介と現場検証報告

Introduction to Infrastructure Inspection System and On-site Demonstrations using Unmanned Aerial Vehicle “SPIDER” and Pole-camera “Giraffe”

渡 辺 豊* *ルーチェサーチ株式会社

Yutaka Watanabe* *Luce Search Co., Ltd.

1. は じ め に

当社は平成 26 年度より国土交通省の「点検ロボット」の現場検証に応募し、小型無人ヘリとポール搭載カメラを用いた点検システムで「橋梁点検」に参画してきた。平成 27 年度の現場検証での点検状況と評価結果について紹介する。

2. 技 術 概 要

2.1 小型無人ヘリ SPIDER を用いた点検システム

ヘリコプター型の点検ロボットにデジタルカメラを搭載し、橋梁等の構造物の損傷状況を撮影することで、足場や橋梁点検車を使用することなく、安全かつ容易に構造物全体の健全度を把握することができる。図 1 に機体の外観、表 1 にその仕様を示す。撮影に用いる無人ヘリは、放射状に延びた複数のアームの先端にモータと羽根を備えており、機体に内蔵された GPS / ジャイロセンサにより安定した飛行を可能にしている。橋梁下面を撮影する場合は、カメラを機体上面に、バッテリーを下面に載荷する。この機体は事前にルートを設定し、自動的に飛行する自律航行が可能であるが、橋梁下面の撮影では GPS 電波が遮られるため、操縦者の手動操作となる。

2.2 ポール搭載カメラ Giraffe を用いた点検システム

無人ヘリでは接近しにくく地上から目視確認することが困難な支承・杓座・落橋防止装置などを、はしごや高所作業車を用いることなく確認するためにこのシステムを開発した。伸縮可能なポールの先端にカメラの自動姿勢制御装置と遠隔装置を搭載し、カメラは手元のコントローラおよび無線接続のタブレットで遠隔操作する。自動姿勢制御機能によりポールが揺れてもカメラは自動的に姿勢を保ち、リアルタイムで画像を見ながらシャッターが切れ、容易に見たい箇所を撮影することができる。自由度 2 のジャイロ機構を有するカメラ装置の外観を図 2 に、その仕様を表 2 に

図 1 SPIDER

図 2 Giraffe

表 1 SPIDER 仕様

項目	仕様
機体重量	8kg (カメラを含む)
外形寸法	950x950x400mm
飛行時間	20分 (リチウムポリマー電池)
耐風	10m/s
カメラ解像度	4, 240万画素

表 2 Giraffe 仕様

項目	仕様
最大長	10m
最小長	1.5m
重量	1.5kg
連続使用可能時間	60分
カメラ解像度	1, 200万画素

示す。

3. 現場検証と検証結果の評価

3.1 現場検証

現場検証は平成 27 年 10 月 28 日に、国土交通省から指定された蒲原高架橋（一般国道 1 号、静岡市清水区）において、現場検証委員会の立会の下実施された。与えられた 2 時間の検証時間で、機材搬入・システムの調整・撮影を実施した。点検の状況を図 3 に示す。検証時間帯は晴れ、平均風速は 1.3 [m/s]、最大瞬間風速は 2.8 [m/s] であった。図 4 は桁下面の損傷状況画像を示す。撮影したデータを画質調整・ゆがみ補正した後、合成処理を行い 1 枚の画像（オルソ）を作成、これにより損傷個所の位置が明確に特定さ

原稿受付 2016 年 7 月 8 日

キーワード: Robot, UAV, Infrastructure Inspection

*〒 731-0152 広島市安佐南区毘沙門台 4-16-21

*Asaminami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima

図 3 現場検証

図 4 桁下面の損傷状況画像

れる [2].

3.2 検証結果の評価

現場検証委員会は、橋梁点検結果を評価するための基本要件として、①点検調書（損傷図など）の作成・支援、②目視点検支援（ひびわれ、剥離、遊離石灰などの検出）、③足場を必要とする部位を足場なしで点検可能、④現場での点検作業結果の記録、整理、調書作成費用や手間を削減できる、⑤現場での安全確保、の 5 項目を基本要件として設定した。また、⑥強風、太陽光、照明などの影響を受け難い、⑦損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる、⑧現場への搬入、設置および撤去が容易なこと、⑨ほかの多くの現場において効果を発揮できる（汎用性）、⑩性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すことが可能、の 5 項目を期待項目と設定し、応募した点検システムを評価した。

現場検証委員会は評価結果とともに、現場検証で確認した事項も含め、ロボット活用の目的である橋梁点検に対す

る支援効果の程度を考察し、総合的な評価として「試行的導入」に向けた位置付けを 4 段階に分類した。当社が応募した点検ロボットシステムは、最上位評価「I. 試行的導入に向けた検証を推奨する」の評価を受けた [1].

4. 今後の課題

評価結果の細部をみていくと、検証現場では、安定した飛行と画像取得技術は一定の評価を受けたが、飛行体の安定性が高いものの操縦者の技量に依存する部分が多いとの指摘もあり、衝突などへの安全性についても同様で、制御や機能面での安定性と安全性の向上を図ることが望まれるとの付記事項があった。

こうした技術面・品質面でさらに改良を加えるとともに構造物点検が公共事業の一環であることにも鑑み、点検業務の効率化を図ることが必要であると認識している。

謝 辞 本システムの開発に際し、国土交通省の次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進橋梁維持管理技術の公募に応募し、現場検証を実施し、評価を受けた。国土交通省総合政策局公共事業企画調整課および一般財団法人橋梁調査会の皆様には、多様な助言と指導をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- [1] 国土交通省 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：次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進橋梁維持管理技術の現場検証・評価の結果，2016.
- [2] 渡辺，名取，小倉，十河：“小型無人ヘリとボール搭載カメラを用いた構造物点検および点検調書作成支援システム”，第 16 回建設ロボットシンポジウム講演会予稿集，セッション 1，O1-2，2016.

渡辺 豊 (Yutaka Watanabe)

ルーチェサーチ株式会社代表取締役社長。2006 年広島大学総合科学部総合科学科卒業。2011 年ルーチェサーチ株式会社創業、小型無人ヘリの開発と活用分野拡大に注力。写真測量・構造物点検・取得データの解析処理などの業務を通じ、システムの改良・技術向上を図り、現在小型レーザを積載した無人ヘリによる計測を推進している。土木学会会員。