マルチコプタ（ドローン）の橋梁点検への展開

大日本コンサルタント（株）　正会員　○平山　博
大日本コンサルタント（株）　正会員　小林　大
川田テクノロジーズ（株）　フェロー会員　越後　滋
川田テクノロジーズ（株）　金平　徳之
産業技術総合研究所　加藤　晋

１．はじめに

我が国においては，高度経済成長期に大量にストックされた社会インフラが一斉に高齢化し始めている．道路橋においては，道路法施行規則の一部を改正する省令・告示に基づき，近接目視点検を 5 年に 1 回を基本として行ない，健全性を 4 段階に区分することが義務付けられた．一方，メンテナンスに掛かる予算不足や技術者不足が顕在化し始めており，メンテナンスの効率化が社会課題なっている．本稿は，このような社会課題の解決に対する取り組みとして，マルチコプタ（ドローン）の適用を検証した事例を報告する．なお，報告する検証は，NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」助成事業の内容の一つとして，大日本コンサルタント（株），川田テクノロジーズ（株），産業技術総合研究所の 3 社で共同して実施したものである．

２．対象・検証内容

マルチコプタは，移動の自由度や速さと言った機動性に優れ，橋梁点検への適用が期待されている．一方で，①桁下における非 GPS 環境や橋梁周辺の風の乱れに対する機体安定性の確保，②人間であれば容易に目視できる部材の裏側や陰への機体やカメラ装置の送り込み，③逸走や墜落に対する安全性の確保が課題となっている．このような状況を考慮して，マルチコプタ適用の有効性が高いと考えられる高橋脚を念頭に，「損傷図」「損傷写真」「所要時間・人工」の観点で検証を行なった．検証対象橋脚の外観を**写-1** に示す．柱部の地上高は，20m 程度である．

写-1　検証対象橋脚外観

（1）使用したマルチコプタ（写-2）

・プラットフォーム機体　DJI 社製のマルチコプタ MATRICE100 に同社製の超音波センサとステレオカメラによる機体安定制御装置を装備した．機体安定制御装置については，柱表面とカメラ装置の間隔を自律的かつ 1m に制御可能とするように改造を行なった．なお，検証の現場は，非 GPS 環境であった．

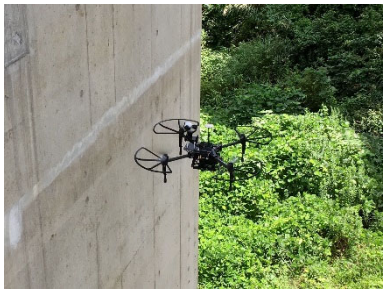
・カメラ装置　DJI 社製の 3 軸スタビライザ付き Zenmuse X3 カメラを使用した．なお，撮影フォーマットは、4K 動画（4096×2160）とした。

・コンタクトデバイス　柱表面とカメラ装置の間隔を 1m に保持するとともに先端に取り付けられたクラックゲージをあわせて写し込むためのコンタクトデバイスを装備した．

写-2　使用したマルチコプタ外観

（2）撮影飛行

撮影飛行当日は，晴天かつ無風と言える状況であった．操縦は，地上から行ない，機体安定制御装置により柱表面とカメラ装置の間隔を自律的かつ 1m に制御し（**写-3**），また，平面位置についても機体安定制御装置により自律的に制御して行なった．そのため，操縦者は，基本的に上下方向の移動の操縦であった．なお，上下方向の移動速さは，目測により 0.5m/s を目安とした．



写-3　撮影飛行状況

キーワード　ドローン，マルチコプタ，長寿命化，メンテナンス，維持管理，点検
連絡先　〒170-0003　東京都豊島区駒込 3-23-1　大日本コンサルタント株式会社　インフラ技術研究所　TEL 03-5394-7604

3．検証結果

(1) 損傷図

損傷図は，撮影動画の解像度のまま柱の 4 面それぞれをパノラマ画像化し，点検員が PC モニタ上で目視確認して作成した．事前に行なった高所作業車（近接目視点検）による損傷図との比較を**図-1** に示す．なお，両図の作成者は，異なる点検員である．マルチコプタと高所作業車の損傷図の差は，マルチコプタでは検出が困難なうきを除き，ひびわれの位置形状，検出の相違である．例えば，a,b,c のひびわれは，同一のひびわれと考えられるが位置形状が相違しており，d と e,f のひびわれは，検出の相違である．この理由を以下に考察する．

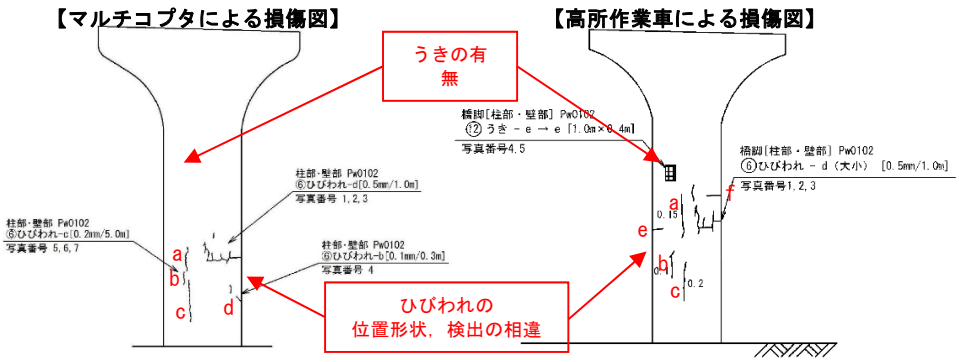
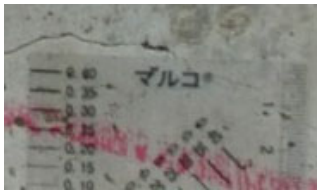


図-1 マルチコプタによる損傷図と高所作業車による損傷図の比較

- **位置形状の相違について** マルチコプタの場合は，パノラマ画像に写り込むひびわれをトレースしているが，高所作業車の場合は，現場においてフリーハンドで作成した野帳に基づき図化している．
- **検出の相違について** マルチコプタの場合は，画像に写り込んだひびわれ（本検証では幅 0.1mm 程度以上を検出できている）を全て図化しているが，高所作業車の場合は，0.1mm 程度以下のひびわれの図化や診断に影響のない範囲で図化を省略している可能性がある．

なお，マルチコプタの場合のひびわれ幅は，最も幅が広いと考えられるひびわれを現場で抽出してコンタクトデバイスによりひびわれを撮影（**写-4**），画像に写し込んだクラックゲージに基づき幅を計測（**写-5**）したうえで，その他のひびわれを画像目視により推定した．

写-4 コンタクトデバイスによるひびわれ撮影状況



写-5 コンタクトデバイスによるひびわれ撮影写真

(2) 損傷写真

マルチコプタと高所作業車において，同等と言える損傷写真を撮影できた（**写-6, 7**）。なお，両写真のアスペクト比の違いは，撮影フォーマットの違いによる．なお，マルチコプタにおいては，健全部も含めた全体の損傷写真としてパノラマ画像を残せるため，全体的な劣化や損傷の進行の把握が可能となる．

写-6 マルチコプタによる損傷写真

写-7 高所作業者による損傷写真

(3) 所要時間・人工

マルチコプタの撮影飛行から損傷図，損傷写真作成に要した時間・人工を**表-1** に示す．なお，パノラマ画像化に要する時間・人工は含んでいない．なお，損傷図の作成にあたっては，高解像度のパノラマ画像を PC モニタ上で目視確認する際に，拡大や縮小，あるいは移動を小刻みに繰り返す手間が大きく，今後の課題となった．

表-1 所要時間および使用人工

	所用時間	使用人工	備考
現場での撮影飛行	2 時間	0.75 人工	3 人 1 班，280m2
損傷図，損傷写真作成	8 時間	1 人工	点検員 1 人が実施
合計＝	10 時間	1.75 人工	

4．まとめ

本検証橋脚（柱）においては，マルチコプタで検出が困難なうきを除き，近接目視点検成果に比較して劣ると言えず，損傷の位置形状の正確性については，むしろ優れる結果となった．今後は，動画からのパノラマ画像化、画像解析などによる損傷位置形状の検出支援やひびわれ幅の推定が低コストで可能となることにより，限定的な適用と考えられるがマルチコプタの橋梁点検への展開が期待できる．