

1. 基本事項

|         |       |                                                                                                                                                                                |                                          |                              |         |
|---------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|---------|
| 技術番号    |       | BR010087－V0126                                                                                                                                                                 |                                          |                              |         |
| 技術名     |       | 水上ドローンを活用した溝橋や桁下面点検支援技術                                                                                                                                                        |                                          |                              |         |
| 技術バージョン |       | 1                                                                                                                                                                              |                                          | 作成:                          | 2026年3月 |
| 開発者     |       | 西部マリン・サービス株式会社<br>株式会社IML<br>東北大学大学院工学研究科インフラ・マネジメント研究センター<br>慶応義塾大学 理工学部管理工学科 岡田有策研究室                                                                                         |                                          |                              |         |
| 連絡先等    |       | TEL: 0836-88-1173                                                                                                                                                              | E-mail:                                  | mlom-drone@uyeno-group.co.jp | 業務部 末永  |
| 現有台数・基地 |       | 1                                                                                                                                                                              | 基地                                       | 〒756-0885 山口県山陽小野田市西沖5番地     |         |
| 技術概要    |       | 本技術は、水上ドローンを用いて、橋梁の桁及び床版下面の画像を撮影し、撮影した画像から作成（SfM）する3Dモデルを用いて、剥離・鉄筋露出や変形・欠損、漏水・遊離石灰等の損傷の位置把握・寸法計測を行う技術である。<br>水上ドローンは、幅1.0m、高さ0.5m以上の空間があれば進入可能であり、水面上を移動しながら機体に設置されたカメラで撮影を行う。 |                                          |                              |         |
| 技術区分    | 橋種    | 鋼橋<br>コンクリート橋                                                                                                                                                                  |                                          |                              |         |
|         | 対象部位  | 上部構造（主桁,横桁,床版）<br>下部構造（橋脚,橋台）<br>溝橋（ボックスカルバート）（頂版,側壁・底版・隔壁・その他）                                                                                                                |                                          |                              |         |
|         | 損傷の種類 | 鋼                                                                                                                                                                              | ①腐食<br>⑤防食機能の劣化                          |                              |         |
|         |       | コンクリート                                                                                                                                                                         | ⑦剥離・鉄筋露出<br>⑧漏水・遊離石灰<br>⑨抜け落ち            |                              |         |
|         |       | その他                                                                                                                                                                            |                                          |                              |         |
|         |       | 共通                                                                                                                                                                             | ⑩補修・補強材の損傷<br>⑪変色・劣化<br>⑫漏水・滞水<br>⑬変形・欠損 |                              |         |
|         | 検出原理  | 画像（静止画）                                                                                                                                                                        |                                          |                              |         |

2. 基本諸元

|                   |                     |                                                   |                                                                                                                                                                                |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計測機器の構成           |                     | ・移動装置：水上ドローン<br>・計測装置：アクションカメラ<br>・データ収集・通信：SDカード |                                                                                                                                                                                |
| 移動装置              | 機体名称                |                                                   | BlueROV2                                                                                                                                                                       |
|                   | 移動原理                |                                                   | 【ボート型】<br>機体に搭載された4基の水平スラスターおよび4基の垂直スラスターを、ノートパソコンにインストールされた操縦用ソフトウェアと汎用ゲームコントローラーを用いて手動操縦する。<br>機体の移動は前後、左右、上下および旋回運動が可能である。<br>進水時に水平になるように機体バランスを取り外し可能なウレタンにより調整する。        |
|                   | 運動制御機構              | 通信                                                | テザーケーブルによる有線通信                                                                                                                                                                 |
|                   |                     | 測位                                                | -                                                                                                                                                                              |
|                   |                     | 自律機能                                              | 深度・姿勢保持機能                                                                                                                                                                      |
|                   |                     | 衝突回避機能(飛行型のみ)                                     | -                                                                                                                                                                              |
|                   | 外形寸法・重量             |                                                   | ・最大外形寸法<br>L460mm×W580mm×H430mm<br>・最大重量<br>15kgf                                                                                                                              |
|                   | 搭載可能容量 (分離構造の場合)    |                                                   | -                                                                                                                                                                              |
|                   | 動力                  |                                                   | ・バッテリーなどの仮設電源が必要<br>・動力源：電気式<br>・電源供給：リチウムイオンバッテリーもしくはリチウムイオンポリマーバッテリーを使用<br>・定格容量：14.8V、18Ah                                                                                  |
|                   | 連続稼働時間 (バッテリー給電の場合) |                                                   | 60分                                                                                                                                                                            |
| 計測装置              | 設置方法                |                                                   | 計測装置であるカメラおよび撮影補助用の高輝度水中ライトを、移動装置の前面上部に据え付けられた取付用ステーに専用のアタッチメントを介して取付を行う。                                                                                                      |
|                   | 外形寸法・重量(分離構造の場合)    |                                                   | ・カメラ最大外形寸法<br>L45mm×W90mm×H150mm<br>・カメラ最大重量<br>0.3kgf<br>・高輝度水中ライト最大外形寸法<br>L60mm×W115mm×H145mm<br>・高輝度水中ライト最大重量<br>700g<br>(外形寸法・重量はいずれもアタッチメント含む)                           |
|                   | センシングデバイス           | カメラ                                               | GoPro: 2台<br>※GoPro HERO10 Black以降のモデルを使用<br>・センサーサイズ<br>1/2.3インチ(縦4.55 mm × 横6.17 mm)<br>・ピクセル数<br>縦4176pixel × 横5568pixel<br>・焦点距離<br>2.7mm<br>※いずれもGoPro HERO 10 Blackのスペック |
|                   |                     | パン・チルト機構                                          | ・パン<br>0°～360°<br>・チルト<br>-90°～90°<br>※手動でカメラマウントのスクリューねじを緩めて行うため、調整する際はいったん撮影を中断する必要あり                                                                                        |
|                   |                     | 角度記録・制御機構 機能                                      | -                                                                                                                                                                              |
|                   |                     | 測位機構                                              | -                                                                                                                                                                              |
|                   | 耐久性                 |                                                   | ・動作温度<br>-10℃～35℃<br>・防水性能<br>水深60mまで<br>※メーカー公称値                                                                                                                              |
|                   | 動力                  |                                                   | ・動力源：カメラおよびライト内に搭載する取り外し可能なリチウムイオンバッテリーより供給                                                                                                                                    |
|                   | 連続稼働時間(バッテリー給電の場合)  |                                                   | ・カメラ：50分<br>・ライト：120分                                                                                                                                                          |
|                   | 設置方法                |                                                   | 計測装置であるGoPro内蔵の取り外し可能なMicroSDカードに保存                                                                                                                                            |
| 外形寸法・重量 (分離構造の場合) |                     | -                                                 |                                                                                                                                                                                |
| データ収集・記録機能        |                     | 記録メディア (MicroSDカード) に保存                           |                                                                                                                                                                                |

|            |                              |   |
|------------|------------------------------|---|
| データ収集・通信装置 | 通信規格 (データを伝送し保存する場合)         | - |
|            | セキュリティ (データを伝送し保存する場合)       | - |
|            | 動力                           | - |
|            | データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合) | - |

3. 運動性能

| 項目         | 性能           |                                                                                                                                           | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件                                                                                  |
|------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-1 安定性能   | 性能確認シートの有無 ※ | 無                                                                                                                                         |                                                                                                       |
|            | 性能値          | -                                                                                                                                         | -                                                                                                     |
|            | 標準試験値        | -                                                                                                                                         | -                                                                                                     |
| 3-2 進入可能性能 | 性能確認シートの有無 ※ | 有                                                                                                                                         |                                                                                                       |
|            | 性能値          | 未検証                                                                                                                                       | -                                                                                                     |
|            | 標準試験値        | 標準試験方法 水上部(溝橋)(2024)<br>実施年 2024年<br>「BlueROV2:室内照明有り」<br>W2.0m×H0.7m×L0.8mの空間を進入可能<br><br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>W2.0m×H0.7m×L0.8mの空間を進入可能 | 「BlueROV2:室内照明有り」<br>水深0.5m<br>流速無し および 流速有り(流速0.262～0.564m/s)<br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>水深0.5m<br>流速無し |
| 3-3 可動範囲   | 性能確認シートの有無 ※ | 無                                                                                                                                         |                                                                                                       |
|            | 性能値          | ・最大深度<br>100m<br>・最長距離(操縦者から移動装置間)<br>300m                                                                                                | 最長距離はテザーケーブルの長さに依存                                                                                    |
|            | 標準試験値        | -                                                                                                                                         | -                                                                                                     |
| 3-4 運動位置精度 | 性能確認シートの有無 ※ | 無                                                                                                                                         |                                                                                                       |
|            | 性能値          | 未検証                                                                                                                                       | -                                                                                                     |
|            | 標準試験値        | 未検証                                                                                                                                       | -                                                                                                     |

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

| 項目   |                | 性能           |                                                                                                                                 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|----------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計測装置 | 4-1 計測速度(撮影速度) | 性能確認シートの有無 ※ | 無                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|      |                | 性能値          | 5 m/分                                                                                                                           | ・撮影対象と計測装置間の距離<br>1m<br>撮影対象と計測装置間との距離により撮影時間は増減する                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|      |                | 標準試験値        | -                                                                                                                               | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      | 4-2 計測精度       | 性能確認シートの有無 ※ | 有                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|      |                | 性能値          | 未検証                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |                | 標準試験値        | 標準試験方法 剥離・変形(2024)<br>実施年 2024年<br>・平均面積(86.75cm <sup>2</sup> )の相対差:5.8cm <sup>2</sup><br>・平均面積(86.75cm <sup>2</sup> )の相対比:6.7% | ・剥離4箇所平均面積(真値):86.75cm <sup>2</sup><br><br>※BlueROV2は下記カメラを搭載<br>GoPro HERO 10 BLACK:1台<br>GoPro HERO 11 BLACK:1台<br><br><GoPro HERO 10 BLACK><br>・被写体距離:-<br>・照度:2698~3009 Lux<br>・風速:0.0~11.0 m/s<br>・気温:4.7℃<br>・焦点距離:2.7 mm<br>・シャッター速度:自動(1/32~1/1024)<br>・絞り:F2.4<br>・ISO値:自動(100~898)<br>・フォーカス:オート<br>・画像Pixel数:5568×4176<br><br><GoPro HERO 11 BLACK><br>・被写体距離:-<br>・照度:2698~3009 Lux<br>・風速:0.0~11.0 m/s<br>・気温:4.7℃<br>・焦点距離:2.7 mm<br>・シャッター速度:自動(1/256~1/1024)<br>・絞り:F2.4<br>・ISO値:自動(100~678)<br>・フォーカス:オート<br>・画像Pixel数:5568×4872 |
|      |                | 性能確認シートの有無 ※ | 有                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|      |                | 性能値          | 未検証                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |                | 標準試験値        | 標準試験方法(2019)<br>実施年 2024年<br>「BlueROV2:室内照明有り」<br>・相対誤差:1.0%<br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>・相対誤差:1.1%                                 | 「BlueROV2:室内照明有り」<br>・真値:0.517 m<br>・計測値:0.512 m<br><br>・被写体距離:-<br>・照度:872 Lux<br>・流速:無し<br><br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>・真値:0.517 m<br>・計測値:0.523 m<br><br>・被写体距離:-<br>・照度:89.4 Lux<br>・流速:無し                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|      | 4-3 オルソ画像精度    | 性能確認シートの有無 ※ | 有                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|      |                | 性能値          | 未検証                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|      |                | 標準試験値        | 標準試験方法(2019)<br>実施年 2024年<br>「BlueROV2:室内照明有り」<br>・絶対誤差:( $\Delta x, \Delta y$ ) = (0.001, 0.009) m                             | 「BlueROV2:室内照明有り」<br>・真値:(x, y) = (-0.376, -0.355) m<br>・計測値:(x, y) = (-0.377, -0.346) m<br><br>・被写体距離:-<br>・照度:872 Lux<br>・流速:無し                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|           |  |            |                                                                                                         |   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |
|-----------|--|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4-4 色識別性能 |  |            | 「BlueROV2:室内照明無し」<br>・絶対誤差: $(\Delta x, \Delta y) = (0.000, 0.009) \text{ m}$                           |   | 「BlueROV2:室内照明無し」<br>・真値: $(x, y) = (-0.376, -0.355) \text{ m}$<br>・計測値: $(x, y) = (-0.376, -0.364) \text{ m}$<br><br>・被写体距離:－<br>・照度:89.4 Lux<br>・流速:無し |                                                                                                                       |
|           |  | 性能確認シートの有無 | ※                                                                                                       | 有 |                                                                                                                                                          |                                                                                                                       |
|           |  | 性能値        | 未検証                                                                                                     |   |                                                                                                                                                          | -                                                                                                                     |
|           |  | 標準試験値      | 標準試験方法(2019)<br>実施年 2024年<br>「BlueROV2:室内照明有り」<br>・フルカラーチャート識別可能<br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>・フルカラーチャート識別可能 |   |                                                                                                                                                          | 「BlueROV2:室内照明有り」<br>・被写体距離:－<br>・照度:872 Lux<br>・流速:無し<br><br>「BlueROV2:室内照明無し」<br>・被写体距離:－<br>・照度:89.4 Lux<br>・流速:無し |

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

|                        |                |                                                                                                                                                                                             |                                                      |
|------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 変状検出手順                 |                | ①撮影した画像のうち画像処理に必要な対象橋梁が写っていない画像を除く(手動)<br>②撮影した画像を用いてSfM処理による3Dモデル(点群・メッシュ)を作成(自動)<br>③作成された3Dモデルから構造物に事前貼付した測量テープまたは構造物の図面寸法を既知の値とし、変状寸法を計測(手動)                                            |                                                      |
| ソフトウェア情報               | ソフトウェア名        | 3DFlow社製「3DF Zephyr ver.7.531」(市販ソフト)                                                                                                                                                       |                                                      |
|                        | 検出可能な変状        | コンクリートの剥離・鉄筋露出・漏水・遊離石灰<br>その他補修・補強材の損傷、変色・劣化、漏水・滞水、変形・欠損                                                                                                                                    |                                                      |
|                        | 損傷検出の原理・アルゴリズム | ひびわれ                                                                                                                                                                                        | -                                                    |
|                        |                | ひびわれ幅および長さの計測方法                                                                                                                                                                             | -                                                    |
|                        |                | ひびわれ以外                                                                                                                                                                                      | 人がソフトウェア上で作成された3Dモデルおよび撮影した画像をもとに目視で変状の有無及び寸法の確認を行う。 |
|                        |                | 画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)                                                                                                                                                                       | -                                                    |
|                        |                | 変状の描画方法                                                                                                                                                                                     | エクスポートしたオルソ画像上でマーキングを行う。                             |
|                        | 取り扱い可能な画像データ   | ファイル形式                                                                                                                                                                                      | jpeg、png、tiff、bmp                                    |
|                        |                | ファイル容量                                                                                                                                                                                      | 無制限<br>ただし、処理時間は使用するPCの性能に依存する                       |
|                        |                | カラー／白黒画像                                                                                                                                                                                    | カラー<br>白黒画像                                          |
|                        |                | 画素分解能                                                                                                                                                                                       | 変状の測定精度0.20mm以下を求める場合、0.40mm/pixel以下であることが必要         |
|                        |                | その他留意事項                                                                                                                                                                                     | -                                                    |
|                        | 出力ファイル形式       | ply、obj、stl                                                                                                                                                                                 |                                                      |
| 調書作成支援の手順              |                | ①3DF Zephyr上で作成した3Dモデルにおいて設計図面などから既知の寸法がわかる点を制御ポイントとし、その点間の寸法を基準距離として設定<br>②①の設定を用いて損傷箇所部分に制御ポイントを設定し、測定<br>③点検調書掲載用に損傷箇所部分のオルソ画像を作成<br>④市販の画像編集ソフトを用いて③のオルソ画像に点検調書の様式に従い損傷の種類や状況を入力し、保存する。 |                                                      |
| 調書作成支援の適用条件            |                | ・撮影方法<br>①2台のカメラを被写体に対して向けて同時に撮影<br>②被写体に対して前後左右方向に往復して撮影<br>③照度を一定に保つために、搭載された高輝度水中ライトを桁下面に向けて照射                                                                                           |                                                      |
| 調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名 |                | ・3Dモデル・オルソ画像の作成に使用するパソコン<br>OS: Windows 11/10<br>・3DFlow社製「3DF Zephyr ver.7.531」(市販ソフト)<br>・Microsoft社製 ペイント(市販ソフト)                                                                         |                                                      |

6. 留意事項(その1)

| 項目          |                | 適用可否／適用条件                                    | 特記事項(適用条件) |
|-------------|----------------|----------------------------------------------|------------|
| 点検時<br>現場条件 | 道路幅員条件         | -                                            | -          |
|             | 桁下条件           | 水深0.5m以上<br>橋梁桁下の水中に航行の障害となる突起物がないこと         | -          |
|             | 周辺条件           | 点検する桁下において船舶の交通が頻繁な場合は不可                     | -          |
|             | 安全面への配慮        | 操縦不能となり周囲への衝突の危険がある場合はテザーケーブルを手練り寄せて引き上げる    | -          |
|             | 無線等使用における混線等対策 | -                                            | -          |
|             | 道路規制条件         | -                                            | -          |
|             | その他            | 大雨の場合計測不可。<br>移動を阻害する水面上の浮遊物や植物があれば撮影前に除去する。 | -          |



6. 留意事項(その2)

| 項目        |                     | 適用可否／適用条件                                                                                                                                                                          | 特記事項(適用条件) |
|-----------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量            | 水上ドローンの特性を理解したうえで調査対象の橋梁および周辺の環境から適切な調査方法を計画できること。                                                                                                                                 | -          |
|           | 必要構成人員数             | 操縦者1人、補助者1人、現場責任者1人<br>合計3名                                                                                                                                                        | -          |
|           | 操作に必要な資格等の有無、フライト時間 | 流れのある水面において水上ドローン操作経験を有する者                                                                                                                                                         | -          |
|           | 作業ヤード・操作場所          | ・作業ヤード範囲:2m×2m程度<br>・操縦場所:操縦者から移動装置の位置および方向が目視により確認できる場所                                                                                                                           | -          |
|           | 点検費用                | 【橋梁条件】<br>橋種:コンクリート橋・鋼橋<br>橋長:40m<br>全幅員:15m<br>部位・部材:橋梁の桁及び床版下面<br>活用範囲:500㎡/日<br>検出項目[腐食/防食機能の劣化/剥離・鉄筋露出/変色・劣化/漏水・滞水/変形・欠損]<br><費用><br>橋梁点検外勤費用:300,000円<br>3Dモデル作成等内勤費用:70,000円 | ※諸経費は含まない  |
|           | 保険の有無、保障範囲、費用       | 第三者への賠償保険<br>支払限度額:1億円                                                                                                                                                             | -          |
|           | 自動制御の有無             | 自律制御無し                                                                                                                                                                             | -          |
|           | 利用形態:リース等の入手性       | 購入品のみ                                                                                                                                                                              | -          |
|           | 不具合時のサポート体制の有無及び条件  | 水上ドローン国内正規代理店による修理・メンテナンスサービス                                                                                                                                                      | -          |
|           | センシングデバイスの点検        | 無し                                                                                                                                                                                 | -          |
|           | その他                 | 取水口付近など機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難<br>使用可能水温:0～30℃                                                                                                                                     | -          |

## 7. 図面

計測機器構成

