

1. 基本事項

技術番号	BR010080-V0025		
技術名	たおれん棒(ロッドカメラ)を用いた点検支援技術		
技術バージョン	-		作成: 2025年3月
開発者	株式会社メンテナンス・ネットワーク 株式会社空撮技研		
連絡先等	TEL: 011-816-7888(㈱メンテナンスネットワーク) 0875-54-2600(㈱空撮技研)	E-mail: s.iida@mntnet.co.jp info@multicopter.co.jp	北海道札幌市白石区東札幌2条5丁目1-25 リサーチビル4F ㈱メンテナンス・ネットワーク 技術部 飯田翔太 香川県観音寺市大野原町萩原2351 ㈱空撮技研 代表取締役 合田豊
現有台数・基地	1台	基地	北海道札幌市白石区東札幌2条5丁目1-25
技術概要	本技術は、最長11.5mまで伸長可能な長尺ロッドにプロペラ推力式パワーユニットを装着、先端に撮影用カメラ・LEDライトを装着し、それらを有線・無線接続したタブレット等で操作し、部位・部材を安定した姿勢で撮影する。撮影した画像からオルソ画像を作成し、その画像からひびわれの長さや幅の検出を行う技術である。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン,斜張橋,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,照明施設) 排水施設(排水管) 点検施設 添架物 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版,支承部(支承本体)) RC床版橋(上部構造(主桁),支承部(支承本体))	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ ⑪うき
		その他	⑬遊間の異常 ⑭支承部の機能障害
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑮定着部の異常 ⑯変色・劣化 ⑰漏水・滞水 ⑱変形・欠損		
検出原理	画像(静止画/動画)		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:長尺ロッド、パワーユニット ・計測装置:ジンバルカメラ(Osmo Pocket3)、タブレット(iPadOS、Android) ・データ収集:MicroSDカード 	
移動装置	機体名称	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺ロッド:Bi Rod 11.5C-11500 ・パワーユニット 	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> 【人力型】 ・人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。 	
	運動制御機構	通信	<ul style="list-style-type: none"> ・無線 ・周波数:315MHz帯、出力:0.0001W
		測位	-
		自律機能	<ul style="list-style-type: none"> ・自律機能有。加速度センサで姿勢を検知し制御ソフトでプロペラを駆動(自律アシスト機能)
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・分離構造:移動装置の上部先端に計測装置(ジンバルカメラ)を取り付ける。 ・最大外形寸法(長さ11.5m×幅320mm×高さ320mm) ・最大重量(約5.1kg) <ul style="list-style-type: none"> 【長尺ロッド】 ・寸法 最長11.5m(収納時約1.7m)×ロッド外径最大50cm ・重量 約3.5kg 【パワーユニット】 ・寸法 幅320mm×奥行320mm×長さ580mm ・重量 約1.6kg(バッテリー込) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺ロッド先端に重量1.5kgまで積載可能 	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・リポバッテリー 	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・約30分(屋外無風時) 	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置の上部に計測装置をボルトにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(自由雲台 直径φ35mm×高さ73mm)が必要である。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 【ジンバルカメラ】 ・計測装置:最大外形寸法(長さ139.7mm×幅42.2mm×高さ33.5mm) ・最大重量(179g) 【タブレット】 ・計測装置:最大外形寸法(長さ248.6mm×幅179.5mm×高さ7mm) ・最大重量(477g) 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・DJI製ジンバルカメラ 型番 Osmo Pocket3 ・センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm)、ピクセル数(縦2160pixel×横3840pixel)、焦点距離(20mm) ・タブレット(iPadOS、Android)
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平 -235°~58° ・鉛直 -100°~90°
		角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにて全方向の制御可能(タブレット上の操作)。 ・水平方向の限度以上回転させる場合は、長尺ロッドを回転させる。
	測位機構	-	
	耐久性	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・内臓バッテリーを動力とする。 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・連続稼働時間30分 		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラに搭載された記録メディア(MicroSDカード)によりデータ収集 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・記録メディア(MicroSDカード)に保存 	
	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 ※	-	
	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 桁間に進入する場合(2022) 実施年 2024年 桁間に進入(2.8m×2.4m×3.7m)	・風速:0.0~5.8m/s ・2.8m×2.4m×3.7m(平面寸法A)
3-3 可動範囲	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 桁橋(2024) 最大可動範囲 9m	・被写体距離:1.0m ・照度:7.49~57.5kLux ・風速:0.0~5.8m (トラス部材の上弦材を撮影)
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「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 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 ・撮影速度:0.049 m2/sec	・風速:3.4 m/s ・撮影面積:12.37 m2 ・撮影時間:253 sec	
	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 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.07mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.05mm	・被写体距離:0.5 m ・照度:6.36~60.1 kLux ・風速:0.0~4.8 m/s ・気温:19.0 °C ・焦点距離:6 mm ・シャッター速度:1/725~1/240 秒 ・絞り:F2.0 ・ISO値:50 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:3840×2160	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	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(2019) 実施年 2024年 ・相対誤差:0.2%	・真値:2.871 m ・計測値:2.878 m ・被写体距離:1.0 m ・照度:11.1~55.3 kLux ・風速:0.0~9.5 m/s
		位置精度	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) 実施年 2024年 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.007, 0.051) m	・真値:(x, y) = (-2.467, -1.468) m ・計測値:(x, y) = (-2.474, -1.417) m ・被写体距離:1.0 m ・照度:11.1~55.3 kLux ・風速:0.0~9.5 m/s
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	・フルカラーチャート識別可能	-		
	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 ・フルカラーチャート識別可能	・被写体距離:1.0 m ・照度:9.27~55.3 kLux ・風速:0.0~9.5 m/s		

※「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ジンバルカメラにより対象物を正対し撮影、Windows搭載PCに画像を保存する。(手動) ②画像による3次元モデル作成ソフトiTwinCapture Modelerを使用して、3Dメッシュモデルを復元する。(自動) ③上記ソフトの関連ソフトiTwinCapture Editorを使用して、3Dメッシュモデルから2次元オルソ画像を抽出する。(自動) ④C2finderを使用して、オルソ画像からひびわれを自動検出する。(自動) ⑤生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。(手動) ⑥ひびわれ以外の損傷については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。(手動)		
		※なお、オルソ画像が必要ではない場合は②、③を省略して検出を行う。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・Bentley Systems社製「iTwinCapture Modeler」(市販ソフト) ・Bentley Systems社製「iTwinCapture Editor」(市販ソフト) ・テクノハイウェイ社製「C2finder」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)、遊離石灰		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(ディープラーニング)によって自動検出 ・AIの教師データは、RC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)、山岳トンネル側壁・アーチ部におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真と、技術者によるひびわれ、床版ひびわれと判断した部位の情報とを用いて学習させている。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: OsmoPocket3 2) 撮影設定: Auto 3) ISO感度: ISO1600以下 4) 画質: 最高(ファイン) 5) 画質フォーマット: JPEG 6) 撮影角度: 正対位置から±25° 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと。検出範囲内にボケ、ブレが発生していないこと。	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・ひびわれ境界を特定し、ひびわれ幅および長さを算出する。 ・メートル単位への変換は、1画素のサイズが対応する画像中の対象のサイズ(mm)を指定するか、対象とカメラ間の距離(mm)と画角(度)を指定することで自動計算する。画角は、撮影画像中のEXIF情報に35mm換算焦点距離があればそれを自動取得して計算することも可能。	
		ひびわれ以外	・遊離石灰の析出範囲をAI(ディープラーニング)によって自動検出 ・AIの教師データは、RC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)、山岳トンネル側壁・アーチ部における遊離石灰に関する写真と、技術者による遊離石灰と判断した部位の情報とを用いて学習させている。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひびわれの検出結果を、あらかじめ技術者が作成した正解データとの一致度について、Mean Average Precision法により計算した検出精度が95%であった。 ・性能評価には、当社が保有する画像データのうち、評価用に無作為に選出した画像を用いた。評価用画像は、機械学習のトレーニングデータとしては用いていない。	
		変状の描画方法	・ひびわれ: ポリライン、指定したひびわれ幅ごとに指定色で描画 ・遊離石灰: ポリゴン、指定色で塗りつぶし	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・JPEG形式	
		ファイル容量	・特に制限はないが、使用する情報端末の性能による。	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要。 ・ただし検出可能なひびわれ幅の最小値は、画素分解能の性能に関わらず0.05mmである。		
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合、ひびわれが埋まっている状態は検出が困難		
出力ファイル形式	・元画像と検出結果の重畳画像: JPG ・CAD用の形状および数値情報: DXF/SXF/SVG ・ひびわれ幅ごとの総長: CSV			
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件により画像データを取得を行う。 ②Webブラウザ等を利用して、画像データを検出サービスにアップロードする。 ③生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。 ④利用者が使用するCADソフト等を用い、ダウンロードしたファイルを読み込み、損傷図等に張り込み、整形する。		
調書作成支援の適用条件		・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1) 被写体に対して正対して撮影することが望ましいが、10%の精度低下が供用される場合は±25度以内とする。 2) 画像の解像度は0.6mm/pix以下となるよう撮影 3) 撮影時は、ひびわれ検出精度が制約を受けるため、被写体の照度を500lux以上とする。		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・現地での入力: タブレット(iOS、Android)、Windows搭載PC ・点検調書データのダウンロード: OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome、Edge、Firefox ・Bentley Systems社製「iTwinCapture Modeler」 ・Bentley Systems社製「iTwinCapture Editor」 ・テクノハイウェイ社製「C2finder」		

6. 留意事項(その1)

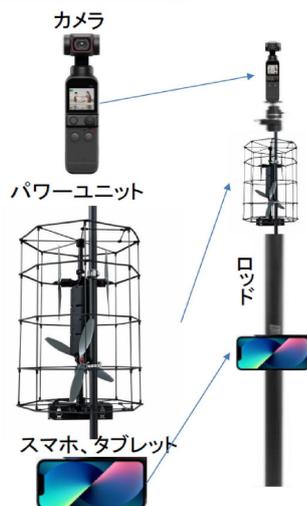
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下高さ12m未満 ・桁下に人が進入できる箇所	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・設置位置に急斜面やぬかるみがないこと ・プロペラ回転始動する場合は必ず1m以上離して起動すること	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・桁下での設置のため、桁下が車道や私有地ではない限り規制無し	-
	その他	・気温0~35℃ ・風速3m以上の場合は、適用不可 ・雨、雪、濃霧、雷の場合、適用不可	-

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	・撮影知識および技術を有する者	-
	必要構成人員数	・現場責任者(点検員)1名、撮影者(点検補助員)1名 ・合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・撮影対象橋梁の桁下 ・作業ヤード:長さ2.0m 以上×幅0.5m 以上	・移動装置の動作(加速度センサーのキャリブレーション)において起動時は横に倒して3秒間おいておく必要がある。
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 28m 全幅員 10.5m 部位・部材[桁、床版] 活用範囲 [294]m ² 検出項目 [ひびわれ] <費用> 合計 88,000円(経費含まない)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険には無加入	-
	自動制御の有無	・自律アシスト機能有	・加速度センサーにより自律させる ・25度以上傾けると動作が停止する
	利用形態:リース等の入手性	・販売および業務受注	・販売は閑空撮技研により行う ・業務に関しては、下記①②より選択 ①現場作業から解析作業までの業務委託 ②現場作業のみ
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制有り	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

7. 図面

使用機器



ロッドの自立を制御する仕組み

【パワーユニット】 ロッドの自立を制御する仕組み

- 加速度センサでロッドの傾きを検知しプロペラの起こす推力でポールを常に正立させる
- プロペラ4枚は90度ずらして配置しているので、360度の傾きに対応できる

特許取得済み

プロペラ (4枚)

原理紹介動画はこちらから

検証方法・実施手順



Step1 ロッドカメラを点検対象構造物の下に据置

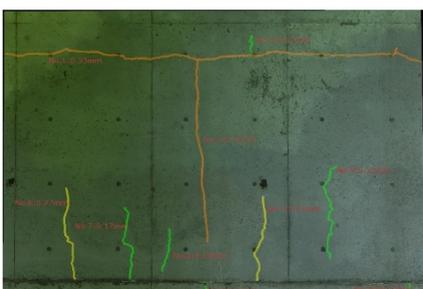


Step2 ロッドに装着されたジンバルカメラを無線接続されたスマホ、タブレット上で操作し、橋梁の上部・下部・支承などの損傷位置を確認し撮影

※タブレット画面



Step3 取得した画像からオルソ画像を作成し、オルソ画像からひびわれ自動検出させ、ひびわれ幅・延長などを確認



1. 基本事項

技術番号	BR010081-V0025		
技術名	ドローン(AVATA2、Neo、Skydio2+)による画像取得技術(ひびわれ)		
技術バージョン	—	作成:	2025年3月
開発者	株式会社シーテック		
連絡先等	TEL: 052-959-2711	E-mail: info@drone-serv.jp	株式会社シーテック ドローン事業部DRONE-SERV運営担当: 栗原敏郎
現有台数・基地	Skydio2+ 1機 AVATA2 2機 Neo 2機	基地	名古屋市中区丸の内
技術概要	Skydio2+、AVATA2、Neoの3種類のドローンを、侵入箇所の寸法に応じ使い分けて変状画像を取得し、コンクリート部材に対しては、オルソ画像を作成し、AI処理によりひびわれを抽出する		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁、横桁、縦桁、床版、対傾構、横構、主構トラス、アーチ、ラーメン、PC定着部) 下部構造(橋脚、橋台) 支承部(支承本体、アンカーボルト、落橋防止システム、沓座モルタル、台座コンクリート) 路上(高欄、防護柵) 排水施設(排水管) 点検施設 添架物 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版・側壁・底版・隔壁・その他、翼壁) H形鋼桁橋(上部構造(主桁)、床版、支承部(支承本体)) RC床版橋(上部構造(主桁))	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ
		その他	
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑪定着部の異常 ⑫変色・劣化 ⑬漏水・滞水 ⑭異常なたわみ ⑮変形・欠損 ⑯土砂詰まり ⑰沈下・移動・傾斜		
検出原理	画像(動画)		

2. 基本諸元

計測機器の構成		[Skydio2+] ・移動装置:ドローン ・計測装置:ドローン一体型デジタルカメラ ・データ収集・通信:microSDカード [AVATA2] ・移動装置:ドローン ・計測装置:ドローン一体型デジタルカメラ ・データ収集・通信:microSDカード [Neo] ・移動装置:ドローン ・計測装置:ドローン一体型デジタルカメラ ・データ収集・通信:機体内部ストレージ・有線コード	
移動装置	機体名称	[Skydio2+] [AVATA2] [Neo]	
	移動原理	【飛行型】 4個のプロペラモーターにより、自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動も可能	
	運動制御機構	通信	[Skydio2+]・周波数:2.4GHz、出力:10mW [AVATA2]・周波数:2.4GHz、出力:20 dBm 以下 [Neo]・周波数:2.4GHz、出力:20 dBm 以下
		測位	[Skydio2+]・GPS、GLONASS、Visual-SLAM [AVATA2]・GPS、Galileo、BeiDou、ビジョンポジショニング [Neo]・GPS、Galileo、BeiDou、ビジョンポジショニング
		自律機能	[Skydio2+]・GPS、GLONASS、Visual-SLAMによる自律飛行 [AVATA2]・GPS、Galileo、BeiDou、ビジョンポジショニング(下方:ToF有効検知高度:10 m、高精度ホバリング範囲:0.3~10 m、測定範囲:0.3~20 m、FOV:水平 78°、垂直 78°)(後方:測定範囲:0.5~20 m、FOV:水平 78°、垂直 78°)(動作環境:地表の様相が明瞭で反射率>20%の拡散反射面、適切な明るさがある状態(通常の屋内の照明条件で15ルクス以上) [Neo]・GPS、Galileo、BeiDou、ビジョンポジショニング(下方:20%を超える拡散反射率を持ち、非反射性の識別可能な表面、十分な明るさのある環境(照度15ルクス以上、通常の室内照明条件))
		衝突回避機能(飛行型のみ)	[Skydio2+]・Visual-SLAMによる障害物検知により、機体から87cmの距離を保って衝突を回避する [AVATA2]・下方/後方ビジョンポジショニングとプロペラガードにより衝突を回避する [Neo]・下方ビジュアルポジショニングとプロペラにより衝突を回避する
	外形寸法・重量	[Skydio2+]・一体構造(移動装置+計測装置)・最大外形寸法(L229mmxW274mmxH126mm)・飛行時重量 800g [AVATA2]・一体構造(移動装置+計測装置)・最大外形寸法(L185mmxW212mmxH64mm)・飛行時重量 377g [Neo]・一体構造(移動装置+計測装置)・最大外形寸法(L130mmxW157mmxH48.5mm)・飛行時重量 377g	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給:移動装置のバッテリーより供給 [Skydio2+]・定格容量:11.4V 5410mAh [AVATA2]・定格容量:2150 mAh [Neo]・定格容量:1435 mAh	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	[Skydio2+]・1フライト最大27分 [AVATA2]・1フライト最大23分(試験条件:カメラパラメーターは1080p/30fpsに設定、動画モードオフの状態、無風環境下の海拔0 mの高度を、バッテリー残量が100%から0%になるまで、定速21.6 km/hで前方に飛行) [Neo]・1フライト最大18分(プロペラガード装着時は最大17分)(試験条件:カメラパラメーターは1080p/30fpsに設定、動画モードオフの状態、無風環境下の海拔20 mの高度を、バッテリー残量が100%から0%になるまで、定速2 m/sで前方に飛行)	
計測装置	設置方法	・移動装置と一体構造。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	カメラ	[Skydio2+]・製造元Skydio カメラモデル:2+ (※SONY製 IMX577)・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056 x 3040)、焦点距離(20mm ※35mm換算) [AVATA2]・製造元DJI カメラモデルFC8485・センサーサイズ(1/1.3インチ)、ピクセル数 4000×2256 (16:9)、4000×3000 (4:3)、焦点距離(12 mm※35mm換算)、フォーカス調整:0.6 m [Neo]・製造元DJI カメラモデルFC8485・センサーサイズ(1/2インチ)、ピクセル数 4000×3000 (4:3)、4000×2256 (16:9)、焦点距離(14 mm※35mm換算)、フォーカス調整:0.6 m
		パン・チルト機構	[Skydio2+]・鉛直-90°~90° [AVATA2]・鉛直-85°~80° [Neo]・鉛直-90°~60°
		角度記録・制御機構 機能	角度はジンバルにて鉛直方向の制御あり
	測位機構	[Skydio2+]・GPS、GLONASS、Visual-SLAM、IMU、移動制御装置と併用 [AVATA2]・GPS、Galileo、BeiDou、IMU、移動制御装置と併用 [Neo]・GPS、Galileo、BeiDou、IMU、移動制御装置と併用	
	耐久性	—	
動力	・移動装置のバッテリーより供給 2-1-711		
連続稼働時間(バッテリー)	[Skydio2+]・4時間(外気温20℃、1回20分の測定)本体が過熱した場合は冷却が必要 [AVATA2]・約10時間(最大駆動時間:DJI FPV送信機3)		

	給電の場合)	【Neo】・モバイル端末を1台も充電していない場合:3.5時間、モバイル端末充電時:1.5時間(最大駆動時間:DJI RC-N3送信機)
データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置と一体構造 【Skydio2+】・移動装置の Slots に microSD カードを設置する 【AVATA2】・移動装置の内部ストレージ46 GB 又は、Slots に microSD カードを設置する 【Neo】・内部ストレージ22 GB
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	【Skydio2+】・移動装置の Slots に microSD カードを設置する 【AVATA2】・移動装置の内部ストレージ46 GB 又は、Slots に microSD カードを設置する 【Neo】・内部ストレージ22 GB に記録
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	【Skydio2+】・microSD カード 【AVATA2】・移動装置の内部ストレージ46 GB から有線による通信又は、Slots に microSD カード 【Neo】・内部ストレージ22 GB から有線による通信
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	・移動装置のバッテリーより供給
	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 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2024年 「Skydio2+」変化量:0cm 「AVATA2」変化量:0cm 「Neo」変化量:0cm 標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 「Skydio2+」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:5.6cm(8.3cm) 鉛直方向 最大移動量:14.8cm(9.0cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:29.0cm(14.5cm) 鉛直方向 最大移動量:25.6cm(11.6cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:21.9cm(22.3cm) 鉛直方向 最大移動量:43.8cm(15.0cm)	「Skydio2+」 ・構造物までの距離:0.6m ・風速:6.2m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間 「AVATA2」 ・構造物までの距離:0.5m ・風速:4.0m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間 「Neo」 ・構造物までの距離:0.3m ・風速:3.4m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
		「AVATA2」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:53.3cm(103.7cm) 鉛直方向 最大移動量:9.9cm(19.9cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:60.2cm(47.1cm) 鉛直方向 最大移動量:23.8cm(17.9cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) ※機体が不安定なため、飛行を中止 「Neo」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:38.8cm(39.1cm) 鉛直方向 最大移動量:6.9cm(18.6cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:63.4cm(207.0cm) 鉛直方向 最大移動量:50.3cm(15.3cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) ※機体が不安定なため、飛行を中止	
性能確認シートの有無 ※	有		
3-2 進入可能性能	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入する場合(2022) 実施年 2024年 「Skydio2+」 桁間に進入 (2.8m×2.4m×3.7m) 「AVATA2」 桁間に進入 (2.8m×2.4m×3.7m) 「Neo」 桁間に進入 (2.8m×2.4m×3.7m)	「Skydio2+」 風速:4.8m/s 2.8m×2.4m×3.7m(平面寸法A) 「AVATA2」 風速:4.8m/s 2.8m×2.4m×3.7m(平面寸法A) 「Neo」 風速:4.8m/s 2.8m×2.4m×3.7m(平面寸法A)
	性能確認シートの有無 ※	有	
3-3 可動範囲	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 「Skydio2+」 飛行距離 50m 「AVATA2」 飛行距離 50m 「Neo」 飛行距離 50m	-
	性能確認シートの有無 ※	無	
3-4 運動位置精度	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-
			2-1-713

※「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
4-1 計測速度(撮影速度)	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) 実施年 2024年 「Skydio2+」 ・撮影速度:0.049 m ² /sec 「AVATA2」 ・撮影速度:0.035 m ² /sec 「Neo」 ・撮影速度:0.021 m ² /sec		「Skydio2+」 ・風速:6.2 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:248 sec 「AVATA2」 ・風速:4.0 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:352 sec 「Neo」 ・風速:6.2 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:570 sec
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 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 「Skydio2+」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.11mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.36mm 「AVATA2」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.09mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.34mm 「Neo」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.15mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.09mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.33mm		「Skydio2+」 ・被写体距離:1.0 m ・照度:6.01~8.94 kLux ・風速:0.0~3.4 m/s ・気温:6.9 °C ・焦点距離:4 mm ・シャッター速度:1/219 秒 ・絞り:F2.8 ・ISO値:100 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:4056×3040 「AVATA2」 ・被写体距離:0.5~1.0 m ・照度:4.52~7.33 kLux ・風速:0.0~6.4 m/s ・気温:7.2 °C ・焦点距離:3 mm ・シャッター速度:1/320 秒 ・絞り:F2.8 ・ISO値:100 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:4000×3000 「Neo」 ・被写体距離:0.5~1.0 m ・照度:4.01~24.8 kLux ・風速:0.0~9.9 m/s ・気温:6.9 °C ・焦点距離:3 mm ・シャッター速度:1/1000 秒 ・絞り:F2.8 ・ISO値:100 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:4000×3000
計測装置 長さ	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
		2-1-714 標準試験方法(2019)		「Skydio2+」 ・真値:3.758 m ・計測値:3.703 m ・被写体距離:0.5~1.0 m ・照度:4.52~7.24 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「AVATA2」

4-3 オルソ画像精度	計測精度	標準試験値	実施年 2024年 「Skydio2+」 ・相対誤差:1.5% 「AVATA2」 ・相対誤差:3.2% 「Neo」 ・相対誤差:0.6%	・真値:3.758 m ・計測値:3.639 m ・被写体距離:1.0 m ・照度:5.77~29.9 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「Neo」 ・真値:3.758 m ・計測値:3.782 m ・被写体距離:1.0 m ・照度:6.01~8.94 kLux ・風速:0.0~3.4 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
4-4 色識別性能	位置精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「Skydio2+」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.004, 0.139) m 「AVATA2」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.033, 0.201) m 「Neo」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.011, 0.032) m	「Skydio2+」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.380, -1.512) m ・被写体距離:0.5~1.0 m ・照度:4.52~7.24 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「AVATA2」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.343, -1.450) m ・被写体距離:1.0 m ・照度:5.77~29.9 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「Neo」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.387, -1.683) m ・被写体距離:1.0 m ・照度:6.01~8.94 kLux ・風速:0.0~3.4 m/s
		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) 実施年 2024年 「Skydio2+」 ・フルカラーチャート識別可能 「AVATA2」 ・フルカラーチャート識別可能 「Neo」 ・フルカラーチャート識別可能	「Skydio2+」 ・被写体距離:0.5~1.0 m ・照度:4.52~7.24 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「AVATA2」 ・被写体距離:1.0 m ・照度:5.77~29.9 kLux ・風速:0.0~7.2 m/s 「Neo」 ・被写体距離:1.0~1.5 m ・照度:6.01~24.7 kLux ・風速:0.0~3.4 m/s

※「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変状箇所撮影(手動) ②点検写真と照合(手動) ③オルソ化(自動) ④ひびわれ解析(自動) ⑤ひびわれ以外の変状は、可視画像を目視にて確認抽出(手動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	オルソ化:Metashape、DJI Terra、PIX4Dmapper ひびわれ解析:MIMM-AI	
	検出可能な変状	ひびわれ、剥離、漏水、遊離石灰	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	MIMM-AIを利用 ・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データは、トンネルの覆工展開30km分の画像を人手でひびわれの損傷の領域入力をしたデータ学習させている ・撮影条件、仕様等 1) デジタルカメラ、ビデオカメラ 2) 画像フォーマット(カラー:jpg形式、JPEG形式) 3) 正対した画像であること(あおり補正後の画像でも適用可能)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・画像検出技術を用いた算出を、可視画像で補正 ・幅:校正された輝度分布から、ひびわれ幅を検出する(ひびわれ幅を検出する際、校正版の画像が必要) ・長さ:自動抽出した画像をベクター情報に変換する長さはそのベクター情報より算出する
		ひびわれ以外	・画像検出技術を用いた算出を、可視画像で補正 ・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動抽出 ・AI教師データはトンネルの覆工展開30km分の画像を人手でひびわれ以外の損傷の領域入力をしたデータを学習
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ひびわれの検出:検出したひびわれの再現率70%以上(学習に用いていない教師データを用いて評価) 再現率=AIが正しく検出したひび割れ/正解のひびわれ
		変状の描画方法	画像・CADデータとして排出 ・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・jpg形式、JPEG形式
		ファイル容量	・画像1枚あたり、最大20000×20000Pixel
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.05mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下	
その他留意事項		・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする ・ひびわれにチョークが重なっている場合は、幅計測の精度が低下する可能性がある ・画像を人が見た時に、損傷の識別が難しいもの(汚れや、低解像度画像)は検出精度が低下する可能性がある	
出力ファイル形式	・DWG形式(MIMM-AI) ・3Dデータ:OBJ等(市販SfMソフト) ・オルソ画像:JPEG、GeoTiff(市販SfMソフト) ・動画データ:mp4(市販ソフト)		
調書作成支援の手順	①適応条件に則った画像(jpg形式、JPEG形式)および対象物の寸法情報、校正版画像取得 ②提供したデータからAIで、ひびわれ、損傷を抽出する ③抽出結果(DWG)を出力し、提出する		
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること 1) 被写体に対して正対して撮影した画像、もしくは、あおり補正後に合成した画像やオルソ画像 2) ひびわれ幅0.05mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	—		

6. 留意事項(その1)

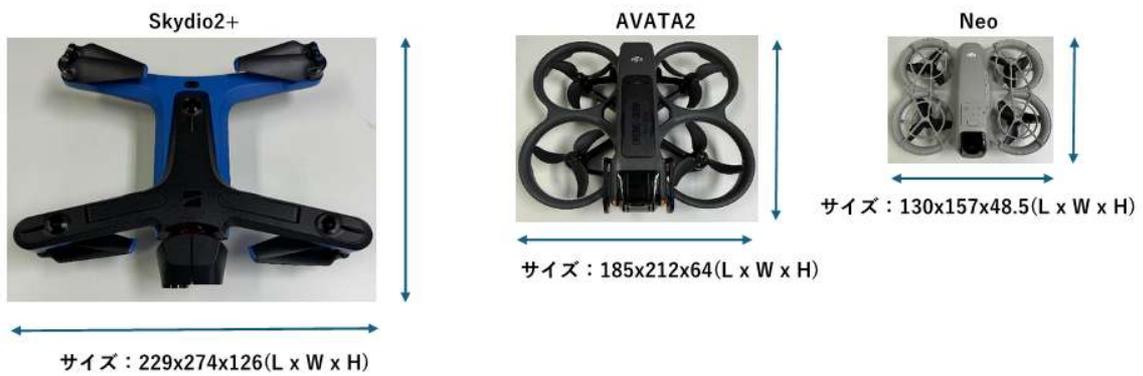
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	・特になし	—
	桁下条件	・桁下1m以上の高さ空間確保	・植生がある場合は伐採が必要 ・飛行空間に飛行の妨げとなるもの(釣り糸や紐等)がある場合は、除去が必要
	周辺条件	・照度100Lux以上 ・飛行空域に障害物がないこと	・飛行空間に飛行の妨げとなるもの(釣り糸や紐等)がある場合は、除去が必要
	安全面への配慮	・ドローン運航管理(航空法)に準拠	—
	無線等使用における混線等対策	・飛行現場やその周辺の電波状態、飛行に影響の有無を確認して、正常性を確認できたら飛行する	—
	道路規制条件	・道路上の飛行は管理者との協議による	・監視員を配置する
	その他	【Skydio2+】 ・動作外気温:-5~40℃ ・風速5m/s以下 ・雨天、夜間計測不可 【AVATA2】 ・動作外気温:-10~40℃ ・風速5m/s以下 ・雨天、夜間計測不可 【Neo】 ・動作外気温:-10~40℃ ・風速5m/s以下 ・雨天、夜間計測不可	—

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	・ドローン国家資格等を保有する等のドローン操縦資格保持者	—
	必要構成人員数	・パイロット1人、補助者(サブパイロット)1人 合計2名以上	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・無人航空機操縦者技能証明書の資格保持者	・一等無人航空機操縦士 ・二等無人航空機操縦士
	作業ヤード・操作場所	・機体と対象部位を目視可能な場所とする	—
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 50m 全幅員 12 m 部位・部材 [上部工/下部工/橋脚/橋台] 検出項目 [ひびわれ/腐食/漏水/剥離等] 活用範囲 [600]㎡ <費用> 合計300,000円(経費・内業を含まない)	・ひびわれ解析は、現場条件ごとに都度見積対応となります
	保険の有無、保障範囲、費用	・対人・対物保険加入、機体故障時の動産保険加入	—
	自動制御の有無	【Skydio2+】・自立制御あり 【AVATA2】・自立制御なし 【Neo】・自立制御なし	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポートあり	—
	センシングデバイスの点検	・航空法に遵守した機体点検	—
その他	・解析対象はコンクリート表面に限る	—	

7. 図面

三機種 (Skydio2+, AVATA2, Neo)



【機材一覧】

Skydio2+, AVATA2, Neo狭隘部飛行状況と損傷部抽出



Skydio2+狭隘部侵入不可飛行状況



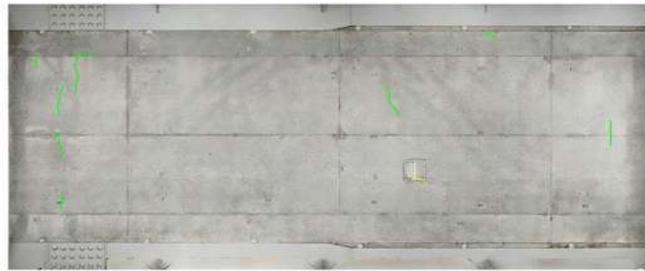
AVATA2狭隘部侵入飛行状況



Neo狭隘部侵入飛行中状況



狭隘部撮影例



オルソ画像作成損傷部抽出

1. 基本事項

技術番号	BR010082-V0025			
技術名	ドローンと台車(D-RAFT)を活用した点検支援技術			
技術バージョン	-		作成:	2025年3月
開発者	株式会社コードデザイン 株式会社構研エンジニアリング 合同会社サブマリン			
連絡先等	TEL:	011-688-6864	E-mail:	hello@dfield.jp 株式会社コードデザイン 佐藤正則・杉山尚元
現有台数・基地	DJI MATRICE350RTK(ドローン):2台 D-RAFT(台車):2台		基地	北海道札幌市西区
技術概要	【構成概要・活用効果】 ・本技術は、移動装置である「ドローン」や「台車(D-RAFT)」に、一眼レフカメラを積載して画像を取得し、画像解析する事で、コンクリート部材の変状検出を行う技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(防護柵,地覆) 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) H形鋼桁橋(床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(動画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:ドローン(4軸8枚羽) ・計測装置:ジンバルカメラ(移動装置と一体型) ・データ収集・通信:カメラに内蔵されるSDカード <p><D-RAFT></p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:台車(車輪・フロート) ・計測装置:一眼レフカメラ(3台での同時撮影可能) ・データ収集・通信:カメラに内蔵されるSDカード 	
移動装置	機体名称	DJI MATRICE350RTK(ドローン)、D-RAFT(台車)	
	移動原理	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4軸8枚羽のドローンであり、任意の方向に飛行、移動する。 ・基本的にGNSS測位により自律飛行が可能であるが、現場条件によっては人が操縦して飛行させる。 <p><D-RAFT></p> <p>【人力】</p> <p>車輪を有する人力による台車であり、フロートを取り付けることで静水面でも作業が可能である。</p>	
	運動制御機構	通信	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信種別:無線 ・周波数帯:2.4000~2.4835 GHz ・伝送距離:8km(最大)
		測位	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・GNSSおよびRTK測位システム ・ビジョンシステム ・赤外線検知システム
		自律機能	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・GNSSおよびRTK測位システムによる自動ホバリング ・ビジョンシステムおよび赤外線検知システムによる自動ホバリング
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビジョンシステム・障害物検知範囲:前方/後方/左/右:0.7~40 m 上方/下方:0.6~30 m
	外形寸法・重量	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・展開時外寸(プロペラなし):810×670×430 mm(長さ×幅×高さ) ・折りたたみ時外寸(プロペラ有り):430×420×430 mm(長さ×幅×高さ) ・重量:6.47~9kg(バッテリー、カメラ、ライト搭載時) <p><D-RAFT></p> <ul style="list-style-type: none"> ・外寸:幅560mm×奥行1000mm×高さ1,100mm~4,000mm(用途・環境によって変更可能) ・重量:22kg~29kg 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2.7kg <p><D-RAFT></p> <ul style="list-style-type: none"> ・150kg 	
	動力	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バッテリー 	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・55分(ベイロードなし、8m/sで飛行、バッテリー残量0%まで)-->カタログ値 ・約30分(カメラ搭載、安全の為バッテリー残量20%まで)-->運用時統計 ・約20分(カメラ・ライト1灯・ライト用バッテリー搭載、安全の為バッテリー残量20%まで)-->運用時統計 	
設置方法	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・機体上部あるいは下部にカメラを装着 <p><D-RAFT></p> <ul style="list-style-type: none"> ・専用治具およびジンバルに一眼レフカメラを固定 ・実施環境によってはドローンを搭載 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Zemuse P1 <ul style="list-style-type: none"> 重量:約800 g サイズ:198×166×129 mm ・Zemuse H20シリーズ <ul style="list-style-type: none"> 重量:828±5 g サイズ:167×135×161 mm <p><D-RAFT></p> <ul style="list-style-type: none"> ・SONY α 6000(最大3台を同時使用) <ul style="list-style-type: none"> 重量:344g サイズ:約120.0 x 66.9 x 45.1 mm 		
	<p><DJI MATRICE350RTK></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Zemuse P1 2-1-722 <ul style="list-style-type: none"> センサーサイズ:35.9×24.0mm 有効画素数:8192×5460pixel 		

計測装置	センシングデバイス	カメラ	使用レンズ:DJI DL 50mm F2.8 LS ASPH ・Zenmuse H20シリーズ センサーサイズ:7.5×5.6 mm (1/1.7インチ) 写真サイズ:5184×3888pixel 光学ズーム:最大23倍 <D-RAFT> ・SONY α 6000 センサーサイズ:23.5×15.6mm 有効画素数:6000×4000pixel 使用レンズ:SONY E PZ 16-50mm F3.5-5.6 OSS
		パン・チルト機構	<DJI MATRICE350RTK> ・Zenmuse P1 チルト:-130°~+40° ロール:-55°~+55° パン:±320° ・Zenmuse H20シリーズ チルト:-120°~+30° ロール:-55°~+55° パン:±320°
		角度記録・制御機構 機能	<DJI MATRICE350RTK> ・ジンバルにて方向の制御可能。
		測位機構	<DJI MATRICE350RTK> ・ドローン本体からの測位情報を利用して画像に記録する事が出来る。 <D-RAFT> ・スマートフォンアプリからの測位情報を利用して画像に記録する事が出来る。
	耐久性	<DJI MATRICE350RTK> ・Zenmuse P1 動作環境温度-20°~50°、保護等級 IP4x ・Zenmuse H20シリーズ 動作環境温度-20℃ ~ 50℃、保護等級IP44 <D-RAFT> ・SONY α 6000 防塵、防水性はなし	
	動力	<DJI MATRICE350RTK> ・ドローン本体のバッテリーから供給 <D-RAFT> ・カメラに搭載されるバッテリー、若しくは別途積載のポータブル電源から供給	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<DJI MATRICE350RTK> ・ドローン本体のバッテリーに依存 <D-RAFT> ・カメラに搭載されるバッテリーを使用する場合 ファインダー使用時:約310枚撮影分 液晶モニター使用時:約360枚撮影分 ・別途積載のポータブル電源を使用する場合 10時間以上	
	データ収集・通信装置	設置方法	<DJI MATRICE350RTK> ・Zenmuse P1 SDカードをカードスロットに挿入 ・Zenmuse H20シリーズ microSDカードをカードスロットに挿入 <D-RAFT> ・SONY α 6000 SDカードをカードスロットに挿入
		外形寸法・重量(分離構造の場合)	・SDカード ・microSDカード
		データ収集・記録機能	カメラ内のSDカード、若しくはmicroSDカードに保存
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		バッテリー(移動装置と連動)	
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 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK」変化量:0cm 標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:16.5cm(14.1cm) 鉛直方向 最大移動量:3.1cm(2.2cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:22.2cm(19.6cm) 鉛直方向 最大移動量:6.9cm(5.3cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:44.2cm(39.4cm) 鉛直方向 最大移動量:13.3cm(10.4cm)	「DJI MATRICE350RTK」 ・構造物までの距離:0.8m ・風速:2.2m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
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 桁間に進入しない場合 (2022) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK」 桁下空間:高さ5.0m進入可能	「DJI MATRICE350RTK」 風速:2.2m/s
3-3 可動範囲	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 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK」 飛行距離 50m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「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
4-1 計測速度(撮影速度)	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) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・撮影速度:0.048 m ² /sec 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・撮影速度:0.068 m ² /sec 「D-RAFT」 ・撮影速度:0.064 m ² /sec		「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・風速:4.7 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:252 sec 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・風速:5.6 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:180 sec 「D-RAFT」 ・風速:4.4 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:192 sec
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 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.09mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.06mm 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm 「D-RAFT」 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm		「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・被写体距離:2.0 m ・照度:3.93~52.1 kLux ・風速:0.0~4.7 m/s ・気温:3.5 °C ・焦点距離:50 mm ・シャッター速度:1/640~1/1000 秒 ・絞り:F5.6 ・ISO値:200 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:8192×5460 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・被写体距離:3.0 m ・照度:4.04~45.0 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s ・気温:4.4 °C ・焦点距離:13 mm ・シャッター速度:1/160~1/640 秒 ・絞り:F5.6 ・ISO値:200 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:5184×3888 「D-RAFT」 ・被写体距離:3.0 m ・照度:3.39~55.3 kLux ・風速:0.0~4.4 m/s ・気温:6.0 °C ・焦点距離:42 mm ・シャッター速度:1/400~1/1600 秒 ・絞り:F5.6 ・ISO値:200 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:4000×6000
計測装置 長	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	2-1-725 標準試験方法(2019)		「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・真値:3.761 m ・計測値:3.752 m ・被写体距離:3.0 m ・照度:5.26~7.96 kLux ・風速:0.0~4.8 m/s

4-3 オルソ画像精度	サイズ計測精度	標準試験値	実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・相対誤差:0.2% 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・相対誤差:0.1% 「D-RAFT」 ・相対誤差:0.3%	「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・真値:3.761 m ・計測値:3.757 m ・被写体距離:3.0 m ・照度:4.04~45.0 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s 「D-RAFT」 ・真値:3.761 m ・計測値:3.751 m ・被写体距離:3.0 m ・照度:6.75~7.63 kLux ・風速:0.0~6.0 m/s
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-	
4-4 色識別性能	位置精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.000, 0.014) m 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.002, 0.002) m 「D-RAFT」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.002, 0.002) m	「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.376, -1.637) m ・被写体距離:3.0 m ・照度:5.26~7.96 kLux ・風速:0.0~4.8 m/s 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.374, -1.653) m ・被写体距離:3.0 m ・照度:4.04~45.0 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s 「D-RAFT」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.374, -1.653) m ・被写体距離:3.0 m ・照度:6.75~7.63 kLux ・風速:0.0~6.0 m/s
	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証	-	
4-4 色識別性能	位置精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・フルカラーチャート識別可能 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・フルカラーチャート識別可能 「D-RAFT」 ・フルカラーチャート識別可能	「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse P1」 ・被写体距離:2.0~3.0 m ・照度:5.26~58.0 kLux ・風速:0.0~4.8 m/s 「DJI MATRICE350RTK+Zenmuse H20シリーズ」 ・被写体距離:3.0 m ・照度:4.04~45.0 kLux ・風速:0.0~6.4 m/s 「D-RAFT」 ・被写体距離:3.0 m ・照度:5.33~7.63 kLux ・風速:0.0~6.6 m/s
	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	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。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像のボケ、ブレ等をチェックする。(AIビジョンアシスト・自動) ②チェックした画像を径間ごとや部材ごとなどのようにつなぎ合わせる。(ひびみっけ・自動) ③自動抽出機能により、ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、床版ひびわれを抽出する。(ひびみっけ・自動) ④ひびわれ幅、長さが自動抽出・積算される。(ひびみっけ・自動) ⑤解析後のデータはDXF、合成画像、検出画像、積算結果CSVで出力される。(ひびみっけ・自動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・AIビジョンアシスト(株式会社コードデザイン) ・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(富士フィルムクラウドサービス・使用・掲載の許諾取得済)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)(自動検出) ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水(自動検出)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・富士フィルム社の社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」を使用する。 ・仕様・詳細についてはひびみっけに準拠する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・撮影画像をひびみっけのサイトにアップロードして解析を行う。 ・合成画像上にひびわれの番号、幅、長さが自動で計測され出力される。
		ひびわれ以外	・撮影画像をひびみっけのサイトにアップロードして解析を行う。 ・合成画像上に剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の検出結果が出力される。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・以下のいずれかの方法によって、自動抽出された損傷と比較してキャリブレーションを行い、精度を確保する。 ①損傷個所にクラックスケールを当ててカメラで記録する。 ②「クラックスケールシート」を計測対象に貼り付け、カメラで記録する。 ③計測対象に近い環境の類似の対象に「クラックスケールシート」を貼り付け、カメラで記録する。
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG形式
		ファイル容量	200MB程度/画像
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/pixel以下であることが必要。 ・ひびわれ幅0.2mmを検出するためには0.6mm/pixel以下であることが必要。	
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出ができない場合がある。 ・著しい汚れが表面に生じている場合、ひびわれを検出できない場合がある。	
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 ・JPEGもしくはPNG形式(撮影画像、合成画像、検出画像) ・DXF形式(変状データ) ・CSV形式(ひび幅長さの積算表)		
調書作成支援の手順	①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。 ②変状検出結果(画像、CAD、数量表)のデータを「ひびみっけ」クラウドからダウンロードし納品する。		
調書作成支援の適用条件	・適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取扱可能な画像データ」を参照		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(富士フィルムクラウドサービス)		

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 現場条件	道路幅員条件	<共通> 特に制限はない。	-
	桁下条件	<DJI MATRICE350RTK> ・桁下高4m以上。 ・飛行経路周辺(半径5m)に障害物が存在しない事。 <D-RAFT> ・桁下高5m以下。 <共通> ・撮影対象の照度が2,000lux以下の場合「特記事項」を参照。	<共通> ・「ひびみつけ」撮影におけるカメラ設定推奨値を実現するため、被写体の照度が2,000luxを下回る場合に、ドローン及びD-RAFTに定常光ライトを積載する事を検討する。
	周辺条件	<DJI MATRICE350RTK> ・天候:雨天及び風速8m/s以上作業不可。 ・風速5m/s以上の場合、撮影の続行を検討する。 ・飛行経路周辺(半径5m)に障害物が存在しない事。 <D-RAFT> ・水上利用の場合、流れの無い水上、若しくは係留ロープ使用によって固定出来る事。	-
	安全面への配慮	<DJI MATRICE350RTK> ●無人航空機関連法令を遵守する。 ・DID人口集中地区/航空局へ許可申請(包括申請含む)。 ・空港等周辺/管轄する空港や自衛隊と協議を行い、許可を受ける。 ・第三者、人や車が往来する箇所/補助者を増員するなどし、注意喚起や人払いを行う。 ・緊急用務空域/常に把握し飛行させない。 ・国の重要施設/届け出によって許可が受けられない場合は飛行させない。 ・私有地/土地等の管理者の許可を受けて実施する。 ・飛行空域を管轄する警察署に作業実施を前もって通報する。	-
	無線等使用における混線等対策	<DJI MATRICE350RTK> ・送受信機間の通信状況およびGNSSの電波強度を常時監視する。	-
	道路規制条件	<DJI MATRICE350RTK> ・ドローンの離発着箇所および道路上の撮影に及ぶ場合は、道路使用許可や交通規制など別途安全対策の併用を検討する。	-
	その他	-	-

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)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	<共通> ・実施管理者1名、操縦者1名	<共通> ・周辺条件や配慮すべき安全面の条件に応じて補助者を増員させる事がある。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	<DJI MATRICE350RTK> ・本サービス指定チームにて運用(ドローン操縦歴3年、500時間以上)。	-
作業ヤード・操作場所	<DJI MATRICE350RTK> ・離発着場所として平坦な3m四方の場所を可能な限り確保する。 ・直上に架空線などがないこと。 ・操縦者もしくは管理者から目視が可能であること。	-
作業条件・運用条件 点検費用	<DJI MATRICE350RTK> 【橋梁条件】 ・橋種: [コンクリート橋] ・部位・部材 橋脚・橋台 ・活用範囲 1,000㎡/日-->実施時間6時間程度 ・検出項目 ひびわれ 【費用】 ・約650,000円 <D-RAFT> 【橋梁条件】 ・橋種: [溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁)] ・部位・部材 頂版・側壁 ・活用範囲 500㎡/日-->実施時間5時間程度 ・検出項目 ひびわれ 【費用】 ・約375,000円	<共通> 【実施内容】 ・小規模橋梁など、実働8時間以内で実施可能な場合は、複数箇所合算での実施が可能。 ・1班2名体制。 ・ひびみつけ利用料を含む。 ・出張費(交通費・宿泊費)は含まない。 ・現場状況等により費用が変わるため、案件ごとの見積が必要。 【納品物】 ・撮影画像。 ・ひび幅長さの積算表。 ・対象箇所の合成画像。 ・対象箇所の検出画像。 ・.dxfフォーマットによる変状データ(ひびわれにあつてはポリライン、 その他の変状にあつてはポリゴンにて表現)。 ・別途、3次元モデルの構築、閲覧ビューアーの提供も対応可能。
保険の有無、保障範囲、費用	<共通> ・対人・対物、1事故10億円	-
自動制御の有無	<DJI MATRICE350RTK> ・GNSSおよびRTK測位システムにより自動ホバリングおよび自動飛行を行う。 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う。 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する。 ※衝突回避については、コントローラーにて任意の距離に設定が可能。	-
利用形態:リース等の入手性	<共通> 業務委託	・対象物の撮影のみも承ります。 ・橋梁全体の3Dモデル撮影・構築も承ります。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
センシングデバイスの点検	<DJI MATRICE350RTK> ・飛行前点検の実施 ・飛行20時間毎の点検整備の実施 ・メーカーメンテナンス(1回/年)	-
その他	・D-RAFTは、ドローンでは進入できないような桁下高の低い橋などで使用する場合もあれば、ドローンと併用する場合もある。	-

7. 図面

Matrice350RTK 外観

前面



上面



D-RAFT 外観

前面



側面



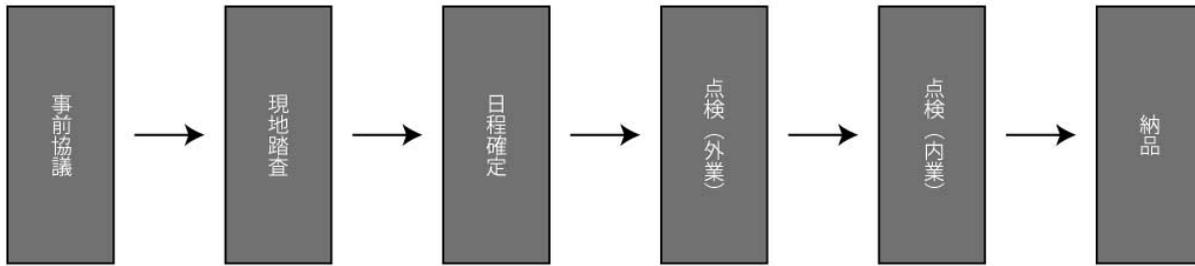
カメラ 3 台での同時撮影



静水面での利用



ワークフロー



外業における機材選定の基準

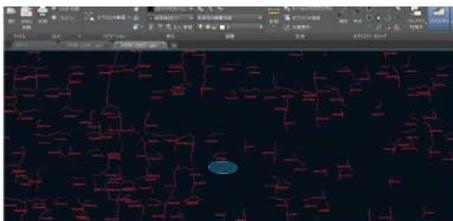
桁下高 4m 以上の橋梁の点検
↓
ドローンを用いる

桁下高 4m 以下や安全面を考慮した際に
ドローンの使用が困難な場合やボックス、静水面
↓
D-RAFT を用いる

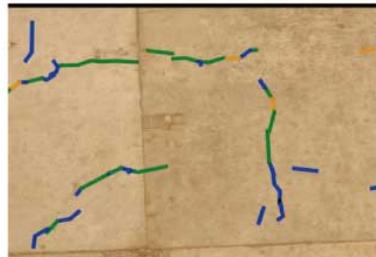
納品物

※損傷の判定は自動判定です。
※ご要望に応じて、橋梁全体の 3D モデルの製作にも対応しております。

1) 「変状データ」(.dxf)



2) 対象箇所の「検出画像」(.jpg)



3) 対象箇所の「合成画像」(.jpg)



4) ひび幅長さの「積算表」(.csv)

	A	B	C
1	ひびわれラベル番号	ひびわれの幅(代表値)(mm)	ひびわれの長さ(mm)
2	1	0.13	113.94
3	2	0.16	9.98
4	3	0.19	852.86
5	4	0.18	404.3
6	5	0.18	132.69
7	6	0.4	36.29
8	7	0.21	320.87
9	8	0.14	80.53
10	9	0.14	29.38
11	10	0.16	168.56
12	11	0.16	29.99
13	12	0.17	247.46

1. 基本事項

技術番号	BR010083-V0025		
技術名	構造物接近対応型ドローン(Dualer-NQ8)を用いた橋梁点検支援技術		
技術バージョン	—	作成:	2025年3月
開発者	西日本プラント工業株式会社		
連絡先等	TEL: 092-533-1727	E-mail: koukyouPJ@npc21.jp	西日本プラント工業株式会社 エンジニアリング本部 土木建築部 廣野
現有台数・基地	1台	基地	福岡県福岡市中央区高砂1-10-1
技術概要	構造物接近対応型ドローン(Dualer-NQ8)に一眼レフカメラを搭載し、対象構造物を撮影する。撮影した画像や生成したオルソモザイク画像から構造物の損傷を目視で抽出し、AI画像解析により損傷位置や幅などを把握する点検支援技術である。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,対傾構,主構トラス) 下部構造(橋脚,橋台,基礎) 支承部(支承本体,アンカーボルト,沓座モルタル,台座コンクリート)	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ ⑪うき
		その他	
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑪定着部の異常 ⑫変色・劣化 ⑬漏水・滞水 ⑭変形・欠損		
検出原理	画像(静止画/動画)		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:ドローン(自作機) ・計測装置:一眼レフカメラ(SONY製 ILX-LR1) ・データ収集・通信:SDカード 	
移動装置	機体名称	Dualer-NQ8	
	移動原理	【飛行型】 8枚のプロペラを有するドローンで、手動操作及び自動操縦(GPS環境下)で飛行する。	
	運動制御機構	通信	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数:2.4GHz帯 ・出力:10mW/MHz
		測位	・GPS、RTK
		自律機能	・自律機能有(GPS環境下)
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・プロペラガード
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法:L550mm×W550mm×H610mm ・重量:4.5kg(バッテリーを除く) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大重量:1kg	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給:移動装置のバッテリーより供給 ・定格容量:22.2V 16,000mAh 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・1フライト最大10分(一眼レフカメラ:SONY ILX-LR1搭載時)		
計測装置	設置方法	・機体上部もしくは下部に装着	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 【下部装着時(SONY ILX-LR1)】 ・外形寸法:170mm×180mm×210mm(ジンバル、ダンパー含む) ・重量:995g(ジンバル、ダンパー含む) 【上部装着時(SONY ILX-LR1)】 ・外形寸法:198mm×100mm×136mm(上部装着台含む) ・重量:660g(上部装着台含む) 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・センサー:35mmフルサイズCMOS ・有効画素数(静止画):約6100万画素 ・有効画素数(動画):約5080万画素
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> 【下部装着時(GREMSY PIXY LR SP)】 ・チルト:-120°~+40° ・パン:±326° ・ロール:±40° 【上部装着時(上部装着用治具)】 ・パン・チルト機構なし
		角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> 【下部装着時】 ・角度記録、ジンバルにて全方向の制御可能 【上部装着時】 ・手動にて進行方向0°~90°の角度調整が可能
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> 【下部装着時】 ・ジンバルからの測位情報を利用して画像に記録 【上部装着時】 ・測位機構なし
	耐久性	・防水防塵機能無し	
	動力	・ドローン本体の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)	・ドローン本体のバッテリー残量に依存	
データ収集・通信装置	設置方法	・SDカードをカメラに挿入	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・24mm×32mm×2.1mm(SDカード外形寸法)	
	データ収集・記録機能	・カメラに装着したSDカードに直接書き込み	
	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	・ドローン本体のバッテリーより供給	
	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 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2024年 変化量:0cm ※標準試験方法 室内・人工風(2023)については、機体が不安定なため試験を中止	・構造物までの距離:0.8m ・風速:4.2m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
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 桁間に進入する場合(2022) 実施年 2024年 桁間に進入(3.7m×3.7m×5.6m)	風速:3.2m/s 3.7m×3.7m×5.6m(平面寸法B)
3-3 可動範囲	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 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 飛行距離 50m	-
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 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 ・撮影速度:0.041 m ² /sec	・風速:4.2 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:298 sec	
	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 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 ・最小ひびわれ幅:0.04mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.16mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.67mm	・被写体距離:1.3 m ・照度:3.57~50.4 kLux ・風速:0.0~4.3 m/s ・気温:0.6 ℃ ・焦点距離:35 mm ・シャッター速度:1/1250 秒 ・絞り:F4.5~18(オート設定) ・ISO値:500 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:9504×6336	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	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(2019) 実施年 2024年 ・相対誤差:0.1%	・真値:3.758 m ・計測値:3.762 m ・被写体距離:1.3 m ・照度:4.88~7.24 kLux ・風速:0.0~3.7 m/s
	4-3 オルソ画像精度	位置精度	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) 実施年 2024年 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.012, 0.015) m	・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.388, -1.636) m ・被写体距離:1.3 m ・照度:4.88~7.24 kLux ・風速:0.0~3.7 m/s
4-4 色識別性能	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(2019) 実施年 2024年 ・フルカラーチャート識別可能	・被写体距離:1.3 m ・照度:4.76~58.6 kLux ・風速:0.0~4.8 m/s		

※「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		<p>(1)ドローン (Dualer-NQ8) に搭載した一眼レフカメラによって、橋梁部材を撮影し、点検写真を取得する。 (2)取得した点検写真をもとに、SfM解析ソフトウェアにより3次元モデル及びオルソモザイク画像を作成する。 (3)オルソモザイク画像を画像表示ソフトウェアを用いてモニタにて目視で変状を検出する。 (4)ひびわれ幅と錆面積を算出する場合には「ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0」を利用する。 ①対象物の撮影画像及び撮影画像に映る特定の対象物の長さ情報を株式会社エヌ・ティ・ティ エムイーへ共有する。 ②撮影画像に映る特定の対象物の長さ情報から画素スケール (cm/px) を設定し、AI解析システムによりひびわれ・錆を検出する。 ③検出したひびわれ・錆箇所における画素情報を用いてひびわれ幅・錆面積を算出し、撮影画像にひびわれ・錆の検出結果とひびわれ幅・錆面積の情報を重ね合わせた画像を生成する。</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"> ・株式会社エヌ・ティ・ティ エムイー「ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0」(市販ソフト) ・Agisoft社「Metashape」(市販ソフト) 		
	検出可能な変状	腐食(錆)、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、ひびわれ、剝離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、床版ひびわれ、うき、補修・補強材の損傷、定着部の異常、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・錆AI解析システム ver1.0」はAI(畳み込みニューラルネットワーク)と画像処理技術により自動検出する	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	【「ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0」による自動検出の場合】 ・ひび検出領域を長方形で切り出す。長方形の縦横比を元に縦横方向どちらの幅を算出するか選定。縦方向の場合、各列のひび検出部と背景部の輝度情報を計測し、差分数値から相対的な幅を自動計測。手動で指定した画素スケール (cm/px) を用いて実寸幅に換算し、サブピクセル精度でひびわれの幅を自動計測。 【目視による解析の場合】 ・クラックスケール等と比較して幅と長さを判定する。	
		ひびわれ以外	【「ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0」による自動検出の場合】 ・AI(畳み込みニューラルネットワーク)と画像処理技術による自動検出AIにより変状箇所を自動検出し、検出された変状箇所における画素情報を用いて錆面積を算出する 【目視による解析の場合】 ・画像表示ソフトウェアを用いて目視で判定する。(ゆるみ、うき等オルソ画像による目視では検出できない場合がある)	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	【ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0】 ・ひびわれ検出:学習に用いていない画像85枚に対してひびわれ箇所の正解データを手動で作成。解析結果からひび割れの総延長及びひび割れ密度の予測値を取得。画像毎のひび割れ密度の誤差率の絶対値を合算し枚数で平均した平均誤差率で評価。 ひび割れ密度:ひび割れの総延長cm/面積m ² 平均誤差率:16% ひびわれ幅:幅の正解値がわかっている画像20枚(幅 0.05:8箇所、0.1:12箇所、0.2:15箇所、0.3:6箇所)に大して解析を実施し幅の予測値を取得。ひび幅毎に予測平均と計測精度で評価。 (予測平均:予測値の総和/データ数、計測精度:正解値と予測値の誤差(mm)の平均二乗誤差) ・錆検出:学習に用いていない錆の写っている画像40枚に対して、「検出した錆面積」と「人が目視で確認した錆面積(正解値)」を比較し誤差率を算出。画像毎の誤差率の絶対値を合算し枚数で平均した平均誤差率で評価。 平均誤差率:30%	
		変状の描画方法	【ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0】 ・ひびわれ:ポリライン ・錆:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG、PNG	
		ファイル容量	200MB	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		【ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0】 ・ひびわれ幅0.1mmを検出・幅計測するためには0.4mm/pixel以下であることが必要		
その他留意事項		【ひびわれ・錆AI解析システム ver1.0】 ・画像サイズ:10000×30000pixelまで、それより大きいサイズの場合は相談が必要。 ・検証ではドローンを使用しているため写真映りの異なる他の撮影機器を用いた場合、AIの解析結果が同様の精度がならない場合がある。 ・撮影距離は固定(推奨撮影距離1m)、撮影距離を変えた写真を併せて解析したい場合には事前相談が必要。 ・鋼材の錆面積は防食機能の劣化も含めて検出され、減肉量の判定は不可。		
出力ファイル形式	画像:PNG ひびわれ数量、算出幅積算表:CSV CADデータ:DXF			
調書作成支援の手順	—			
調書作成支援の適用条件	—			
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	—			

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 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	・桁下3m以上	—
	周辺条件	・飛行の障害となる構造物や草木等がないこと。 ・暗所で飛行しないこと。	—
	安全面への配慮	・飛行区域に第三者が立ち入らないように関係機関と協議を行うことを基本とし、現地状況に合わせて適切な監視人、侵入防止措置を実施する。 ・風速(5m/s)以内であることを確認する。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	・飛行する範囲が道路直上などにおよぶ場合は、管理者と協議の上で必要に応じ通行規制を行うこと。	—
	その他	・夜間や雨天時、濃霧の場合の運用は不可とする。	—

6. 留意事項(その2)

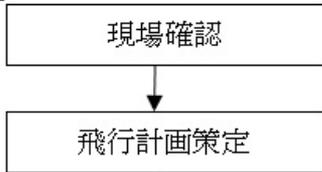
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・機体操縦者は国土交通省が発行する飛行許可、承認書を持つもの。	—
	必要構成人員数	・機体操縦者1名 ・カメラ操縦者1名 ・監視人1名	・必要に応じて、監視人の増員が必要。
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・機体操縦者は国土交通省が発行する飛行許可、承認書を持つもの。	—
	作業ヤード・操作場所	・機体の挙動が把握できる位置で、操縦者が安全かつ安定して立てること。	・機体操縦者が常に機体を認識できること。
	点検費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋・鋼製橋] ・橋長50m ・全幅員15m ・部材・部位[床版下面、橋脚、橋台] ・活用範囲[750㎡] ・検出項目[腐食/亀裂/ゆるみ・脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/剥離/鉄筋露出/漏水・遊離石灰/抜け落ち/床版ひびわれ/うき/補修・補強材の損傷/定着部の異常/変色・劣化/漏水・滞水/変形・欠損] ＜費用＞ 合計 750,000円	・1班3名体制で現場は1日での実施を想定。 ・橋脚の構造や周辺状況により変動あり。 ・費用内訳(外業:160,000円、内業:420,000円、機械経費:170,000円) ※上記には諸経費を含む。内業は損傷図作成のみで点検調書作成は含まない。また、計画準備、現地踏査、関係機関協議、第三者被害予防措置、業務報告書、旅費交通費は含まない。費用は対象橋梁の規模、撮影条件、劣化状況に基づき個別見積にて対応。
	保険の有無、保障範囲、費用	・有 保険範囲:対人5億円、対物5億円	・指定者による操縦に限る。
	自動制御の有無	・有(GPS環境下)	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・契約整備工場にて修理対応	—
	センシングデバイスの点検	・各飛行前に日常点検を実施する。 ・年に一回、自主点検を実施する。 ・各飛行前に低空での挙動確認を実施する。	—
その他	—	—	

7. 図面

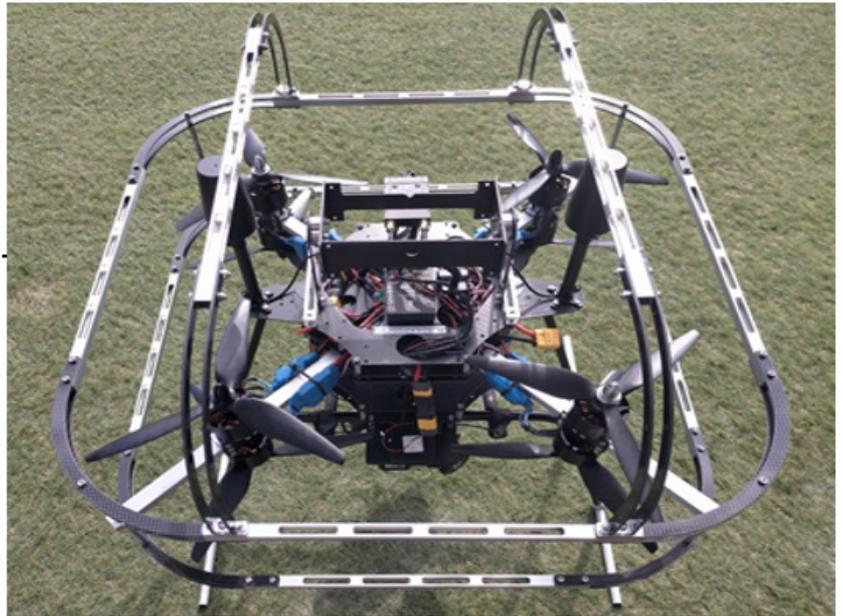
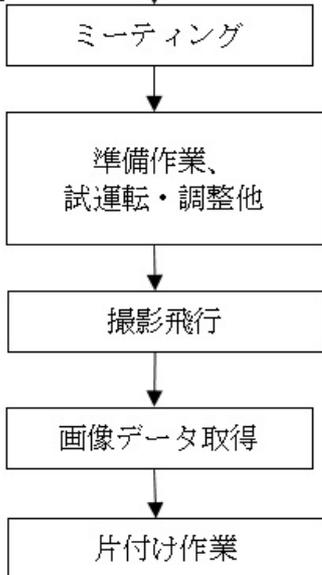
外観写真及び業務フロー図

『業務フロー』

【事前調査】

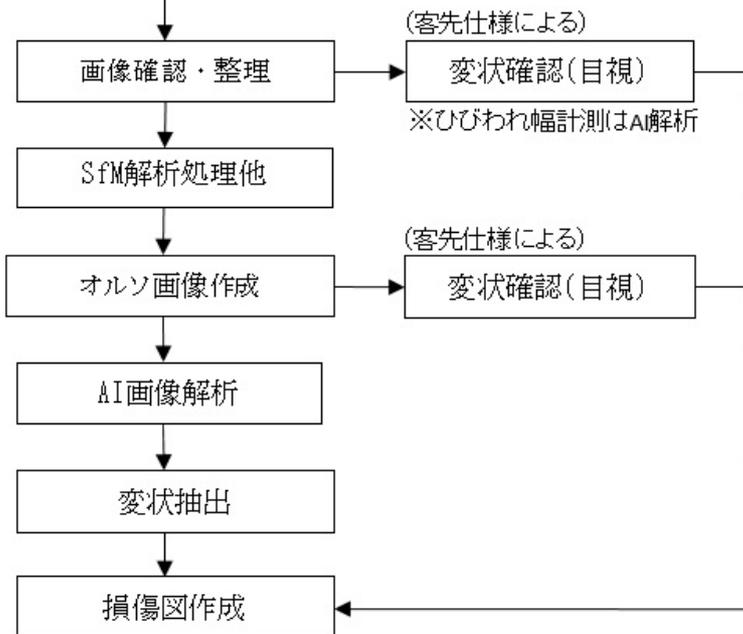


【現地作業】



機体外観写真

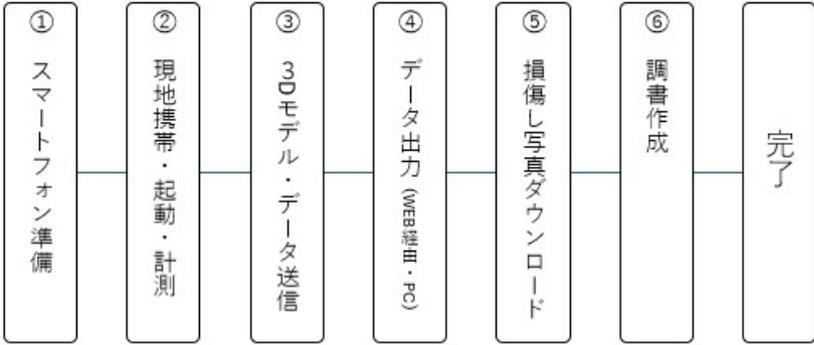
【内 業】



1. 基本事項

技術番号	BR010084-V0025			
技術名	スマートフォンによる3次元モデルを活用した点検支援技術			
技術バージョン	—	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社ベシスコンサルティング 株式会社マブリィ			
連絡先等	TEL: 03-6240-0340	E-mail: k.hayakawa@basisconsulting.co.jp	東京都文京区本郷一丁目5-11水道橋ごんぴら会館4F 新技術推進部 早川昂次	
現有台数・基地	10台	基地	①東京都文京区本郷一丁目5-11水道橋ごんぴら会館4F ②兵庫県丹波市春日町多田165	
技術概要	スマートフォンのLiDAR機能と写真撮影を組み合わせ、3次元モデルと画像を組み合わせたモデルにより、画像だけでなく部材寸法も取得する技術である。オルソ画像を自動作成する技術を搭載し、AIソフトを用いてひび割れを自動抽出する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,中央分離帯,伸縮装置,遮音施設,縁石,舗装) 排水施設(排水ます,排水管) 点検施設 添架物 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁,周辺地盤,その他(路上)) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版,支承部(支承本体)) RC床版橋(上部構造(主桁),支承部(支承本体))		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他	⑬遊間の異常 ⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害	
共通		⑩補修・補強材の損傷 ⑰定着部の異常 ⑱変色・劣化 ⑲漏水・滞水 ⑳異常なたわみ ㉑変形・欠損 ㉒土砂詰まり		
検出原理	画像(静止画/動画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・計測装置: LiDAR搭載のスマートフォン、タブレット (iPhone 13 pro, 14 pro, 15 pro, iPad pro 2020以降) ・データの収集・通信: スマートフォン本体に格納・携帯電話通信 () 又はWIFIネットワークでWEB上のデータをアップロード		
		 <p style="text-align: center;">作業フロー図</p>		
移動装置	機体名称	-		
	移動原理	-		
	運動制御機構	通信	-	
		測位	-	
		自律機能	-	
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	-		
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-		
動力	-			
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-			
計測装置	設置方法	・ハンディで計測装置一式を保持して撮影、またはポールに設置して撮影		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・iPhone 15 pro H 147.5mm x W 71.5mm x D 7.85 mm, 206 g		
	センシングデバイス	カメラ	・スマートフォン・タブレット (iPhone12 Pro / 13Pro / 14pro/ 15Pro, 2020年以降のiPad Pro) 内蔵カメラ	
		パン・チルト機構	-	
		角度記録・制御機構 機能	・撮影角度は、スマートフォン内蔵のLiDARセンサーやジャイロセンサー、GNSS機能を用いる	
		測位機構	・計測位置は、スマートフォン内蔵のLiDARセンサーやジャイロセンサー、GNSSを用いる	
	耐久性	・IEC規格60529にもとづくIP68等級		
	動力	・スマートフォン内蔵バッテリー (リチウムイオン)		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・3時間			
データ収集・通信装置	設置方法	-		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	-		
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・携帯電話用回線 (LTE、5G等) またはwifiにより、Web上にアップロードする		
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	・スマートフォン内蔵のバッテリーによる		
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・データ転送通信可能時間: 10分 都市部は3Dモデル×1(30MB) 1分以内なら伝送可 山間部は3Dモデル×1(30MB) 10分以内なら伝送可		

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 ※	-	
	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 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「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 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 ・撮影速度:0.078 m ² /sec	・風速:4.2 m/s ・撮影面積:12.37 m ² ・撮影時間:159 sec	
	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 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.38mm	・被写体距離:1.0 m ・照度:57.7~62.4 kLux ・風速:0.0~3.2 m/s ・気温:9.8 °C ・焦点距離:7 mm ・シャッター速度:1/1040 秒 ・絞り:F1.8 ・ISO値:80 ・フォーカス:- ・画像Pixel数:4032×3024	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	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(2019) 実施年 2024年 ・相対誤差:2.4%	・真値:2.871 m ・計測値:2.803 m ・被写体距離:2.0 m ・照度:5.47~62.1 kLux ・風速:0.0~4.7 m/s
		位置精度	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) 実施年 2024年 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.045, 0.057) m	・真値:(x, y) = (-2.467, -1.468) m ・計測値:(x, y) = (-2.422, -1.411) m ・被写体距離:2.0 m ・照度:5.47~62.1 kLux ・風速:0.0~4.7 m/s
4-4 色識別性能	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(2019) 実施年 2024年 ・フルカラーチャート識別可能	・被写体距離:1.0~2.0 m ・照度:5.47~62.4 kLux ・風速:0.0~4.7 m/s		

※「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スマートフォンで対象部位を計測する(手動操作) ②LiDAR機能とカメラ機能を用いて自動でオルソ画像を生成する(自動処理) ③オルソ画像又は撮影画像をAIソフト(MIMM-AI)へ投入する(手動操作) ④ひび割れ解析(自動処理)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・MIMM-AI	
	検出可能な変状	・ひびわれ、漏水・遊離石灰	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AIモデル(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・教師データ:トンネル覆工表面30km区間の画像を人手で領域入力したデータを学習 ・撮影条件 機材:デジタルカメラ、ビデオカメラ 画像フォーマット:Jpg形式 撮影:正体画像(オルソ画像等あり補正した画像でも適用可)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	幅:校正された画像の輝度分布からひび割れ幅を検出する 長さ:AIが画像検出したデータを、可視画像と照らし合わせ補正する
		ひびわれ以外	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出したデータを、可視画像と照らし合わせ補正する
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れの検出:検出したひび割れの再現率70%以上 ※再現率:AIが検出したひび割れ数/正解のひび割れ数で評価
	変状の描画方法	・画像及びCADデータとして排出 ※ CADデータの扱い ひび割れ:ポリライン ひび割れ以外:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・Jpg形式、JPEG形式
		ファイル容量	・最大20000×20000Pixel/画像1枚あたり
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		・最小分解能 ひび割れ幅0.05mm(0.3mm/Pixel以下で撮影が必要)	
その他留意事項		・画像の歪み、あおり、台形補正をした壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっていると検出不可 ・照度が低い(500lux以下)、壁面の汚れ(目視で観察不可)の場合は検出精度が低下する	
出力ファイル形式	・DWG形式 ・画像データ:TIFF形式 Jpg形式 ・Obj形式		
調書作成支援の手順	①現場でスマートフォンにより損傷写真組み込みの3次元モデルを作成 ②3次元データを携帯回線経由でクラウド上にアップロード ③PC端末で3次元モデルと損傷写真を受け取り ④画像をダウンロードして調書作成する ⑤損傷図が必要な場合、AI解析で損傷図を作成する		
調書作成支援の適用条件	・データ転送時に携帯回線等のインターネット環境が必要 ・PC端末(WEB接続可能なもの)		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・mapryGIS ・SIMPL(KT-230223-A 社会インフラ管理プラットフォーム)		

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 現場条件	道路幅員条件	—	・部材への撮影離隔5m以内に接近が必要
	桁下条件	・桁下高さ1m以上	・点検員が桁下で撮影し移動できる姿勢を保持する必要がある
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	・道路上の作業の場合は、車両交通に注意が必要である ・頻繁に大型車が通行する道路では見張員を設ける等の対応を行う	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	—	—

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	・操作方法習得者	—
	必要構成人員数	1名以上	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	—	—
	点検費用	[適用条件] 橋種:[コンクリート橋(床版橋)] 橋長:6m 全幅員:12m 部位・部材:下部工・床版・路面(舗装) 検出項目:ひびわれ、漏水・遊離石灰、舗装の異常 活用範囲 72m2 <費用> 150,000円(点検員を派遣した場合) 作業時間 0.5日	・アプリケーション購入契約可(月額15,000円)
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託 ・アプリケーション購入による技術利用	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—	

7. 図面

■ 図面
 ・技術について以下に紹介する。



スマートフォン寸法・カメラ



計測状況 (手持ち撮影/自撮り棒撮影)



距離計測



撮影方向確認



3モデルと写真の紐づけモデル

1. 基本事項

技術番号	BR010085-V0025		
技術名	非GPS環境対応の自律飛行ドローンとAIを活用した橋梁点検支援技術		
技術バージョン	—	作成:	2025年3月
開発者	Accuver 株式会社		
連絡先等	TEL: 03-6430-2580	E-mail: sales@accuver.jp	Accuver株式会社 営業部 浜岡
現有台数・基地	2台	基地	東京都港区西新橋
技術概要	LiDAR搭載ドローンによって生成された橋梁の3Dモデルを基に、橋梁の画像を自動で撮影し、AIで損傷を分析する点検支援技術です。回転型LiDARを搭載したドローンがリアルタイムで3Dモデルを生成します。点検箇所を指定すると、点検経路が自動的に作成されます。ドローンが自動で取得した画像データはオルソ画像化され、AIによって損傷箇所とその程度を自動的に検出し、結果はデジタル形式で管理されます。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン,斜張橋,外ケーブル) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(防護柵) 排水施設(排水管) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版)	
	損傷の種類	鋼	②亀裂 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ
		その他	
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水		
検出原理	画像(静止画)		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置: ドローン ・計測装置: デジタルカメラ、LiDARモジュール ・データ収集・通信: LTE (3D点群データ)、USBストレージ (撮影データ) 	
移動装置	機体名称	SIVION Wing	
	移動原理	【飛行型】 ドローン機体下部にある回転型LiDARによる「LiDAR SLAM」技術を搭載しており、機体内部で3D処理を行い、機体周辺の状況を把握し移動時に障害物を回避する。橋梁下部のような非GPS下でも飛行が可能。	
	運動制御機構	通信	通信種別: 無線通信 周波数: 2.4GHz、出力: 10 mW/MHz LTE通信: LTE FDD Band1/3/5/8/26/18/19, LTE TDD Band39/41 (Optional)
		測位	GPS LiDAR SLAM
		自律機能	自律機能有、制御機構への入力にはLiDAR SLAMによる3D点群データ。
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	LiDARセンサーと SLAM技術による衝突回避機能により、ドローンの半径3m (デフォルト) 以内の障害物を回避する。	
	外形寸法・重量	分離構造 最大外形寸法 L 630mm x W 630mm x H 500mm 最大重量 11.96kg	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	最大外形寸法 L 155mm x W 230mm x H 200mm (ドローンに結合した場合の高さは625mm) 最大重量 8kg ※ カメラ、ジンバル、LiDARモジュールで約3kg, 追加で別途5kgまで搭載可能	
	動力	動力源: 電気式 電源供給: バッテリー 定格容量: 22.2 V 30,000 mAh x 2	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	1フライト 35分 (外気温25℃の場合) 本体が過熱した場合は冷却が必要。		
計測装置	設置方法	カメラ (SONY ILX-LR1) ・結合部の白い線に対してカメラを反時計回りに回転させる。取り外しの時はボタンを押して時計回りに回転し分離させる。 SIVION LiDARモジュール ・専用ブラケットM3の標準ボルトで固定。固定後、ドローン本体と専用ブラケットでモジュールの取り付けボタンを押したままスライドさせる。取り外しの時は逆方向にスライドさせる。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	カメラ (ジンバルを含む) ・最大外形寸法 L 155mm x W 230mm x H 200mm ・最大重量 0.9kg SIVION LiDARモジュール ・最大外形寸法 L 323mm x W 145mm x H 120mm ・最大重量 1.69kg	
	センシングデバイス	カメラ	SONY ILX-LR1 ・センサーサイズ: 35.9mm x 23.9mm ・ピクセル数: 9504 x 6336 ・焦点距離: SEL35F188F (35mm), SEL55F18Z (55mm)
		パン・チルト機構	・水平: 0° ~ 359° ・鉛直: -20° ~ 90°
		角度記録・制御機構 機能	角度記録あり、ジンバルは全方向に制御可能。
	測位機構	LiDAR-SLAM (画像座標に連動)	
	耐久性	-	
	動力	移動装置のバッテリーより供給 (SIVION LiDARモジュール: XT60ケーブル接続、ジンバルカメラ: 専用電源ケーブル接続)	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	35分 (外気温: 25℃、移動装置のバッテリーと共有、移動装置と同じ動作時間)	
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体的な構造。	
	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 (SSD) に保存。 ・計測機器のデータ収集: 計測データは記録メディアに保存され、USBメモリ等で計測データをコピーし外部に保存する。	
	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	移動装置のバッテリーより供給。 2-1-749	
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	バッテリーからの給電により連続35分 (気温 25℃の場合) 使用可能。	

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 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2024年 変化量:0cm 標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:16.0cm(19.3cm) 鉛直方向 最大移動量:14.8cm(17.8cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:37.9cm(50.0cm) 鉛直方向 最大移動量:51.1cm(26.8cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:61.7cm(74.6cm) 鉛直方向 最大移動量:20.2cm(17.8cm)	・構造物までの距離:1.4m ・風速:2.2m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
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 桁間に進入しない場合 (2022) 実施年 2024年 桁下空間:高さ5.0m進入可能	風速:4.7m/s
3-3 可動範囲	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 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 飛行距離 50m	-
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。

4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・相対誤差:0.1% 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・相対誤差:0.8%	<ul style="list-style-type: none"> ・真値:3.758 m ・計測値:3.760 m ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83~7.78 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 <ul style="list-style-type: none"> ・真値:3.758 m ・計測値:3.729 m ・被写体距離:6.0 m ・照度:4.83~6.71 kLux ・風速:0.0~1.8 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
4-4 色識別性能	位置精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.053, 0.109) m 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.022, 0.022) m	「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 <ul style="list-style-type: none"> ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.323, -1.760) m ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83~7.78 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 <ul style="list-style-type: none"> ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.354, -1.629) m ・被写体距離:6.0 m ・照度:4.83~6.71 kLux ・風速:0.0~1.8 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
4-4 色識別性能	位置精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・フルカラーチャート識別可能 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・フルカラーチャート識別可能	「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 <ul style="list-style-type: none"> ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83~51.4 kLux ・風速:0.0~5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 <ul style="list-style-type: none"> ・被写体距離:4.0~6.0 m ・照度:4.83~47.1 kLux ・風速:0.0~1.8 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	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。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	1. SfMソフトウェア(下記①)を使用して、SfM処理による3Dモデルを作成する。(手動) 2. 作成した3Dモデルを構造物損傷自動検出ソフトウェア(下記②)に入力し、2Dオルソ画像を生成する。(手動) 3. 生成された2Dオルソ画像からAIによる損傷検出を実行する。(自動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	① SfMソフトウェア: 米国Bentley Systems製「iTwIn Capture」(市販ソフトウェア) ② 構造物損傷自動検出ソフトウェア: 「SIVION Editor ver1.0」(自社開発ソフトウェア)	
	検出可能な変状	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	AIによる自動検出。 ディープラーニングのニューラルネットワーク(Transformer block, Brief Block, Reconstruction block)を活用。 AI学習データは橋梁(橋脚、橋台、下部構造)、トンネル、貯水池、ダム、擁壁、港湾等の様々な施設物のひびわれ写真に、エンジニアによる損傷のラベル付けとタグ付けしたデータである。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	ひびわれ箇所のピクセル(画素)を自動検出し、アルゴリズムによりピクセル単位で計算して、ひびわれの幅や長さを自動算出する。
		ひびわれ以外	AIによる自動検出 ディープラーニングのニューラルネットワーク(畳み込みニューラルネットワーク)を活用。 AI学習データは、橋梁(橋脚、橋台、下部構造)、トンネル、貯水池、ダム、擁壁、港湾などの様々な施設物の剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち等の写真を対象に、エンジニアによる損傷のラベル付けとタグ付けしたデータである。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ひびわれの検出: 再現率 86.9%
		変状の描画方法	ひびわれ: ポリライン ひびわれ以外: ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	自社開発ソフトウェア: FBX, GLTF SfMソフトウェア: JPEG, PNG, PCD
		ファイル容量	撮影画像(JPEG): 8MB~20MB
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・0.3mmのひびわれ幅を検出するためには、0.3mm/ピクセル以下であること。 ・ただし、現場での撮影条件などを考慮し、安全率を適用して撮影対象との離隔を決定する。	
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合、検出が困難になる場合がある。 ・学習されていないタイプの画像が入力された場合、誤認識が発生する可能性がある。 ・低解像度の画像を使用した場合、検出に失敗する可能性がある。	
出力ファイル形式	・撮影画像データ: PNG(カメラ) ・3Dデータ: FBX(SfMソフトウェア) ・損傷リストデータ: xls(自社開発ソフトウェア) ・損傷図データ(CAD): dxf(自社開発ソフトウェア) ・報告書: docx(自社開発ソフトウェア)		
調書作成支援の手順	①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②取得したデータは、itwin capture (SfMソフトウェア) で3D整合を行う(拡張子FBX) ③SIVION Editor (構造物損傷自動検出ソフトウェア) で3Dから2Dオルソ画像に変換し、AIにより損傷を自動検出する。 ④検出結果に対し、エンジニアが最終チェックを行う。 ⑤損傷リストや損傷図、報告書を自動出力する。 ⑥点検調書の様式をタブレットまたはPCに取り込み、画像データの確認、操作が可能となるように調整する。 ⑦画像データをタブレットまたはPCに取り込み、画像データに番号を付ける。 ⑧点検調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑨出力結果(⑤)から損傷画像を手動で選択し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑩タブレットまたはノートPCに入力したデータを保存する。		
調書作成支援の適用条件	・以下の条件により画像データが得られるように撮影する。 1) 現場でSIVION Webに接続し、自動経路生成機能で点検経路を作成し撮影準備を行う 2) 画像の解像度は0.25mm/ピクセル(被写体との距離: 35mmレンズ基準4m、55mmレンズ基準5m) 以下となるよう撮影する。 3) 撮影された画像は点検自動化モジュールに保存されるため、ドローンとUSBを介して接続状態を維持する。 ・SIVION WebはタブレットやノートPCを通じて接続される為、現地でインターネット環境(無線の電波状態)が整っている必要があります。		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	米国Bentley Systems製「iTwIn Capture」(市販ソフトウェア) 構造物損傷自動検出ソフトウェア: 「SIVION Editor ver1.0」(自社開発ソフトウェア)		

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 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下進入時は、高さ6m以上必要	-
	周辺条件	・民家、太さ0.5cm以下の電線、電波塔がある場合は不可。 ・自動点検の場合は、LTE通信が可能な空間であること。	-
	安全面への配慮	・自動点検機能を使用する際は、事故防止のため、操縦者はドローンの状態を常に監視し、緊急時には手動制御による緊急対応を行う必要がある。 ・飛行中は、操縦者とは別に安全管理員を配置することで、第三者への配慮や構造物への接近に問題がないか監視を行う。	-
	無線等使用における混線等対策	LTE通信の干渉や中断が発生した場合は、手動制御モードで使用する。	-
	道路規制条件	必要に応じて通行規制を行う。	-
	その他	・ドローンの飛行が可能な地域や場所であること。	<ul style="list-style-type: none"> ・風速5m/s以下推奨(メーカー仕様の12m/s以下に対して、操作性や安全性を考慮) ・動作温度: -5℃~40℃の範囲で動作可能 ・夜間計測不可 ・雨天時計測不可 ・照度10000lux以下は非推奨。 ・撮影対象が光の反射が激しい場合は不可

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	ドローンの安全飛行に関する知識が必要で、業務を行うために必要な操縦技量の習得者。	国土交通省の定める「無人航空機飛行マニュアル」に準ずる。
	必要構成人員数	現場責任者(安全管理員)1名、操縦者1名、補助員1名を基本とする。	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」の「無人航空機を飛行させる者」の登録者。	国土交通省の定める「無人航空機飛行マニュアル」に準ずる。
	作業ヤード・操作場所	離着陸やバッテリーの交換、充電作業を行うため、約5m四方の平坦な場所があること。	離着陸地点の周囲5m以内に構造物がないこと。
	点検費用	<p>【橋梁条件:例】</p> 橋種[コンクリート橋] 橋長 10m 部位・部材[下部構造] 範囲[100]m ² 検出項目[ひびわれ / 剥離・鉄筋露出 / 漏水・遊離石灰] <p>【費用】業務委託 ・¥500,000~(1日7時間作業で1,000㎡程度、現場状況により増減) ・作業内容: 撮影飛行、画像解析</p> <p>【費用】販売 ハードウェア ・ドローン (SIVION Wing):¥3,500,000(カメラ、ジンバル含む) ・SIVION LiDAR Module:¥7,400,000(SIVION Web S/W込み) ソフトウェア ・SIVION Editor: ¥2,000,000/年 ・Bentley iTwn Capture: ¥1,780,000 (※ 円ドル為替レートにより価格が変わります)</p>	・橋梁規模や構造、現場の特有な条件、成果物の内容に応じ、別途見積もりが必要 ・交通規制、ガードマンの費用、拘束費や旅費は含んでいない
	保険の有無、保障範囲、費用	業務委託: 賠償責任保険 対人10億円、対物10億円 販売: ドローン購入者が適切な損害保険に加入する	-
	自動制御の有無	自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	販売または業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り	-
	センシングデバイスの点検	自動点検機能を実行する前にドローンを目視で点検し、一度手動飛行試験を実施することを推奨。	-
その他	飛行前にフライトチェックを実施する。	-	

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR010086-V0025			
技術名	自走式斜材点検ロボット(斜材表面の変状)			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社			
連絡先等	TEL: 03-5339-1723	E-mail: m.takano.aa@c-nexco-het.jp	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 土木技術部 構造技術課 高野 真希子 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-23-7 新宿ファーストウエストビル8F	
現有台数・基地	2台	基地	東京:中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 大阪:株式会社日本工業試験所	
技術概要	斜張橋およびエクストラードード橋の斜材表面の外観目視を自走式斜材点検ロボットで行う技術である。4つのビデオカメラで斜材表面全周を撮影し、変状の位置、形状、寸法を記録し、保存する。変状箇所はカメラのズーム機能により詳細を確認することができる。この撮影を橋面からの遠隔操作で実施する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(斜張橋)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(斜材表面の亀裂)	
		共通	㊦変形・欠損	
検出原理	画像(静止画/動画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置: モーター駆動(一対の駆動輪で鉛直方向にケーブルを挟み込む) ・計測装置: ネットワークカメラ(移動装置と一体構造) ・データ収集・通信: PC (Wifi) 	
移動装置	機体名称	自走式斜材点検ロボット	
	移動原理	【設置型】 ・本計測機器は移動装置と計測装置が一体構造であり、ケーブルに設置し、移動させながら計測を行うものである。	
	運動制御機構	通信	無線LAN 周波数: 2.4GHz、転送速度: 400Mbps
		測位	ロータリーエンコーダーにより計測位置を測定
		自律機能	自律機能なし
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・一体型 ・最大外形寸法(L730mm×D790mm×H1250mm) ・最大重量(約62kg) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・CNTバッテリー 定格出力DC24V/20A、電池容量652Wh 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	5時間		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ネットワークカメラ 4台 ・画素数: 210万画素(1920×1080ピクセル) ・焦点距離: 2.5~7.88mm
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・パン角度: 350° ・チルト角度: 90°
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	本体の測位装置に依存
	耐久性	防水、防塵性なし	
	動力	制御部に内蔵したバッテリーにより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	5時間		
データ収集・通信装置	設置方法	制御部に内蔵(データ収集・通信装置は制御BOXに収納し、移動装置下方に吊す形で取付ける)	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法(L350mm×D203mm×H450mm) ・重量 約14kg 	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・記録メディア(レコーダー)に保存 ・モニタリングと同時に記録・保存 	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	WiFi 通信規格: 5.18GHz~5.7GHz 通信速度: 最大866Mbps 通信距離: 0~0.2km	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	マルチSSID	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・本体部: 制御部に内蔵したバッテリーにより供給 ・地上制御部: 地上に設けたバッテリーにより供給 	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続4時間程度(0~50℃)使用可能	

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 ※	-	
	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	・上下間最短180mm ・左右間最短390mm	設計値 ・斜材外径φ90~200mm ・斜材角度60°以下 ・斜材延長 300m
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル)(2021) 実施年 2025年 ・ケーブル間隔 4m	・ケーブル間隔4m(上下) ・ケーブル径:φ170,180mm ・角度:24°
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・斜材延長 300m	設計値 ・斜材外径φ90~200mm ・斜材角度60°以下
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル)(2021) 実施年 2025年 ・延長:73.11m	・ケーブル径:φ180mm ・角度:24°
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「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 ※	有		
		性能値	・移動速度 0.1m~0.2m/min	設計値 ・斜材外径φ90~200mm ・斜材角度60°以下 ・斜材延長 300m	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2025年 ・撮影速度 往路(主桁→主塔):0.092m/s 復路(主塔→主桁):0.087m/s ・単位時間当たりの撮影面積 往路(主桁→主塔):0.052m ² /s 復路(主塔→主桁):0.049m ² /s	・ケーブル径φ180mm ・角度:24° ・表面:ポリエチレン ・表面凹凸:無処理 ・風速:1.8m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・クラックスケール0.1mm程度	設計値 ・斜材外径φ90~200mm ・斜材角度60°以下 ・斜材延長 300m	
		標準試験値	標準試験方法 斜材の変状(2024) 実施年 2025年 ・検出率:100% ・的中率:100%	・ケーブル径φ180mm ・風速:1.8m/s ・検出率=正解箇所数/損傷箇所数(真値) =100%(30箇所/30箇所) ・的中率=正解箇所数/箇所数(誤検出含む) =100%(30箇所/30箇所)	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
4-4 色識別性能	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(2019) 実施年 2025年 ・フルカラーチャート識別可能	・被写体距離:0.3m~∞ ・照度:49.8kLux ・風速:0~1.8m/s		

※「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		・現場での検出手順 ①現場にて点検員がモニタリング映像により目視点検を行う(手動) ②点検時変状があれば野帳に位置情報と変状の種類を記録する(手動) ③前回点検記録があれば過去の変状データと照合し、進展の有無を確認する(手動) ・内業での検出手順 ①4台のカメラの映像データをケーブルごとの映像に分類する(手動) ②変状があった場合、記録映像から静止画を抽出する(手動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・動画ソフト:ACTUNI株式会社「AD-Vision」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	斜材表面の亀裂、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	・現場のモニタリング映像により点検員が変状箇所を記録(手動) ・現場での記録を元に、点検員が人力で記録映像から静止画を抽出 ・点検員が画像を確認して、変状を人力でトレース	
		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	・斜材表面の亀裂:ポリライン ・変形・欠損:ポリライン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・動画ファイル:dvr, idx, pos 画像出力:BMP	
		ファイル容量	8GB程度(最長ケーブル長300m程度の場合)	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		・映像サイズ:1920×960 ・ビットレート:4096kbps		
その他留意事項		損傷の分類などの選別は点検員が行う		
出力ファイル形式	・動画ファイル:dvr, idx, pos 画像出力:BMP			
調書作成支援の手順	・変状検出手順により変状箇所の画像データを取得する ・報告様式をエクセルにて作成 ・報告様式に従い、ケーブル番号、部材名を手動入力する ・変状位置、変状の種類、その状況を旗揚げする ・該当の変状写真を張り付ける ・調書を出力する			
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像が得られるように撮影を行うこと 1)4台のカメラで全周方向360°を撮影できるように15%程度のラップに調整する 2)カメラのピント調整、逆光対策の照明(昼間撮影)、夜間照明(夜間撮影)を行う 3)1)、2)の調整は、カメラ前方部のケーブルにスケール付きのテープを巻き付け、その撮影映像により行う ・測定装置の駆動指令、取得画像の転送はWifi通信により行うため、現地の電波状況を確認する			
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・現地での入力:野帳への記載(紙媒体) ・調書データ:Microsoft社「EXCEL」(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 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	照明柱などの支障物がある場合には、ロボットの付け替えが必要となる。	-
	安全面への配慮	取り付け、取外し時には高所作業車を用いてバケット内で作業を行う。	-
	無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> ・本機と他の無線機器を遠ざける ・他の無線機器と同時作業を避ける ・アクセスポイントのチャンネルを固定する 	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> ・取り付け、取外し時には高所作業車を用いてバケット内で作業を行う ・地上制御部積載車両を設置する ・上記条件から車線規制を要する(1車線規制) 	-
	その他	以下の気象時には点検は実施しない。 <ul style="list-style-type: none"> ・降雨・降雪 ・強風時(平均風速6m/sec以上) ・濃霧 	<ul style="list-style-type: none"> ・下方の定着部など斜材以外は適用できない ・当該ロボットは斜材点検に特化している

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	-	-
	必要構成人員数	作業:技師B 2名、技術員2名 安全管理:1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格不要	-
	作業ヤード・操作場所	40m2程度(高所作業車と調査用車両の駐車スペース) 操作場所:対象ケーブル定着部付近	-
	点検費用	ケーブル延長1,200m(平均300m×4本/1日) ・調査費用 (現場作業)50万円/日(規制費用は含まない) (内業)10万円/日 ・その他 日当・宿泊費は実費相当 見積りにより対応	-
	保険の有無、保障範囲、費用	動産保険を会社にて加入済	-
	自動制御の有無	自律制御なし	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時は調査業務を担当する中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)が対応する。	-
	センシングデバイスの点検	月1回の頻度で可動点検を実施	-
	その他	-	-

7. 図面

自走式斜材点検ロボット 全景

自走式斜材点検装置による点検状況



点検手順

付属部位詳細(カメラ)

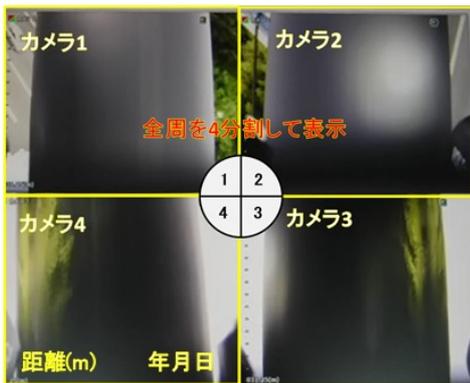


自走式斜材点検装置・地上制御部の構築

点検装置の取付け

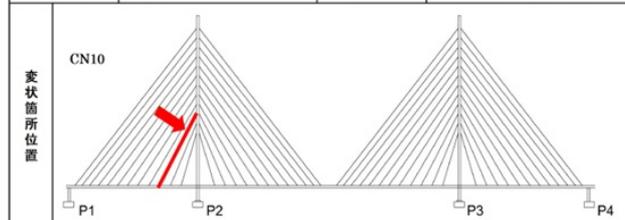
点検装置による点検

- 規制工**
 - ・1車線規制
- 点検準備工**
 - ・斜材点検ロボットの取付・調整
 - ・地上制御部の構築
- 点検工**
 - ・斜材点検ロボットによる点検
 - ・地上でのモニタリング
- 片付け・規制離脱**



ビデオカメラによる撮影状況

橋梁名		点検年月日	
斜材番号	北側 CN10	撮影開始位置	桁測定着部から 3.74 m
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 83.73 m
変状名	当てきず	変状位置	桁測定着部から 87.47 m



変状箇所位置	斜材全体		変状部状況	
	カメラNo.1	カメラNo.2	カメラNo.4	
変状写真	カメラNo.3		カメラNo.4	
	カメラNo.3		カメラNo.4	



地上制御部

地	カメラNo.3	カメラNo.1	天	カメラNo.2	カメラNo.4	地
変状位置	L=160					
地	天					地

点検結果記録事例(カメラ点検)

1. 基本事項

技術番号	BR010087-V0025		
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:	2025年3月
開発者	西部マリン・サービス株式会社 株式会社IML 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 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	<p>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。</p> <p>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。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 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 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち
		その他	
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑪変色・劣化 ⑫漏水・滞水 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		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:水上ドローン ・計測装置:アクションカメラ ・データ収集・通信:SDカード 	
移動装置	機体名称	BlueROV2	
	移動原理	<p>【ボート型】</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 L460mm×W580mm×H430mm ・最大重量 15kgf 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源:電気式 ・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 ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ最大外形寸法 L45mm×W90mm×H150mm ・カメラ最大重量 0.3kgf ・高輝度水中ライト最大外形寸法 L60mm×W115mm×H145mm ・高輝度水中ライト最大重量 700g <p>(外形寸法・重量はいずれもアタッチメント含む)</p>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> GoPro:2台 ※GoPro HERO10 Black以降のモデルを使用 ・センサーサイズ 1/2.3インチ(縦4.55 mm × 横6.17 mm) ・ピクセル数 縦4176pixel × 横5568pixel ・焦点距離 2.7mm ※いずれもGoPro HERO 10 Blackのスペック
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・パン 0°~360° ・チルト -90°~90° ※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	<ul style="list-style-type: none"> ・動作温度 -10℃~35℃ ・防水性能 水深60mまで ※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)	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ:50分 ・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)	2-1-766		
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) 実施年 2024年 「BlueROV2:室内照明有り」 W2.0m×H0.7m×L0.8mの空間を進入可能 「BlueROV2:室内照明無し」 W2.0m×H0.7m×L0.8mの空間を進入可能	「BlueROV2:室内照明有り」 水深0.5m 流速無し および 流速有り(流速0.262~0.564m/s) 「BlueROV2:室内照明無し」 水深0.5m 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 100m ・最長距離(操縦者から移動装置間) 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	
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㎡/分		・撮影対象と計測装置間の距離 1m 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) 実施年 2024年 ・平均面積(86.75cm ²)の相対差:5.8cm ² ・平均面積(86.75cm ²)の相対比:6.7%		・剥離4箇所の平均面積(真値):86.75cm ² ※BlueROV2は下記カメラを搭載 GoPro HERO 10 BLACK:1台 GoPro HERO 11 BLACK:1台 <GoPro HERO 10 BLACK> ・被写体距離:- ・照度:2698~3009 Lux ・風速:0.0~11.0 m/s ・気温:4.7℃ ・焦点距離:2.7 mm ・シャッター速度:自動(1/32~1/1024) ・絞り:F2.4 ・ISO値:自動(100~898) ・フォーカス:オート ・画像Pixel数:5568×4176 <GoPro HERO 11 BLACK> ・被写体距離:- ・照度:2698~3009 Lux ・風速:0.0~11.0 m/s ・気温:4.7℃ ・焦点距離:2.7 mm ・シャッター速度:自動(1/256~1/1024) ・絞り:F2.4 ・ISO値:自動(100~678) ・フォーカス:オート ・画像Pixel数:5568×4872	
計測装置	長さ計測精度		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(2019) 実施年 2024年 「BlueROV2:室内照明有り」 ・相対誤差:1.0% 「BlueROV2:室内照明無し」 ・相対誤差:1.1%		「BlueROV2:室内照明有り」 ・真値:0.517 m ・計測値:0.512 m ・被写体距離:- ・照度:872 Lux ・流速:無し 「BlueROV2:室内照明無し」 ・真値:0.517 m ・計測値:0.523 m ・被写体距離:- ・照度:89.4 Lux ・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)-769 実施年 2024年 「BlueROV2:室内照明有り」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.001, 0.009) m		「BlueROV2:室内照明有り」 ・真値:(x, y) = (-0.376, -0.355) m ・計測値:(x, y) = (-0.377, -0.346) m ・被写体距離:- ・照度:872 Lux ・流速:無し
位置精度		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)-769 実施年 2024年 「BlueROV2:室内照明有り」 ・絶対誤差:($\Delta x, \Delta y$) = (0.001, 0.009) m		「BlueROV2:室内照明有り」 ・真値:(x, y) = (-0.376, -0.355) m ・計測値:(x, y) = (-0.377, -0.346) m ・被写体距離:- ・照度:872 Lux ・流速:無し	

4-4 色識別性能		「BlueROV2:室内照明無し」 ・絶対誤差: $(\Delta x, \Delta y) = (0.000, 0.009)$ m	「BlueROV2:室内照明無し」 ・真値: $(x, y) = (-0.376, -0.355)$ m ・計測値: $(x, y) = (-0.376, -0.364)$ m ・被写体距離: - ・照度: 89.4 Lux ・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) 実施年 2024年 「BlueROV2:室内照明有り」 ・フルカラーチャート識別可能 「BlueROV2:室内照明無し」 ・フルカラーチャート識別可能	「BlueROV2:室内照明有り」 ・被写体距離: - ・照度: 872 Lux ・流速: 無し 「BlueROV2:室内照明無し」 ・被写体距離: - ・照度: 89.4 Lux ・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) 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) 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 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 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 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 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 ③点検調書掲載用に損傷箇所部分のオルソ画像を作成 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 ①2台のカメラを被写体に対して向けて同時に撮影 ②被写体に対して前後左右方向に往復して撮影 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 OS: Windows 11/10 ・3DFlow社製「3DF Zephyr ver.7.531」(市販ソフト) ・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 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	水深0.5m以上 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。 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 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 ・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】 橋種:コンクリート橋・鋼橋 橋長:40m 全幅員:15m 部位・部材:橋梁の桁及び床版下面 活用範囲:500㎡/日 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] <費用> 橋梁点検外勤費用:300,000円 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 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 使用可能水温:0~30℃	-	

7. 図面

計測機器構成

