

性能カタログ

■画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号	BR010001-V0121		
技術名	斜張橋斜材点検装置 コロコロチェッカー		
技術バージョン	なし	作成: 2021年10月	
開発者	西松建設株式会社 佐賀大学理工学部理工学科/伊藤幸広教授		
連絡先等	TEL: 03-3502-0218	E-mail: yuki.tezuka@nishimatsu.co.jp yuusuke_takahara@nishimatsu.co.jp	西松建設 手塚裕紀、高原裕介
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県愛甲郡愛川町
技術概要	<p>コロコロチェッカーは、斜張橋の斜材保護管表面全周をカメラで撮影するワイヤレスの自走式ロボットである。撮影画像を用いて斜材表面の全周の損傷等の形状・寸法・位置を、近接目視と同様に確認し、記録を保存する。損傷検出ソフトによる画像解析によって変状を自動で抽出し、損傷の位置・形状等を展開図などの帳票として出力保存でき、損傷は原画像を拡大することによって詳細を確認することができる。搬入・設置スペースを確保できれば、通常は交通規制を必要としない。また、人による作業は橋面上だけであり、高所作業を必要としない。</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(斜材) 斜張橋およびエクストラードード橋の斜材(φ90~230mm、角度65°以内)	
	変状の種類	斜材表面の亀裂、変形・欠損	
	物理原理	静止画/動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は、斜材を抱き込む形で装着し、斜材を駆動車輪と従動車輪とで挟み込み、電動モーターにより斜材上を昇降することができる。</p> <p>斜材上を移動しながら機器に内蔵した4台のカメラにより、保護管の全周を連続的に動画撮影する。撮影した画像は機器に内蔵されるSDカードに記録・保存され、計測終了後に取り出して専用ソフトによる処理を行う。機器の操作は、操作用ノートPCにより行う。操作用ノートPCは無線LANにより計測機器と接続する。操作用ノートPCにより機器の操作とリアルタイムのカメラ映像の確認ができる。</p>	
移動装置	移動原理	<p>(型式)【接触型】【懸架型】</p> <p>本体下側部分を開けて本体内部の駆動車輪と従動車輪により斜材保護管を囲むようにセットして本体下部を閉じる。駆動車輪を電動モーターで駆動させることにより、斜材上を昇降する。</p>	
	運動制御機構	通信	・無線LAN:IEEE802.11n 2.4GHz対応
		測位	・従動輪に設置された距離計(エンコーダー)により斜材上の位置を測定
		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	<p>・一体構造(移動装置+計測装置)</p> <p>・最大外形寸法(L500mm×W500mm×H500mm 部分的な凸部を除く)</p> <p>・最大重量(約30kg)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	<p>・バッテリーなどの仮設電源が必要</p> <p>・動力源:電気式</p> <p>・電源供給容量:リチウムイオンバッテリー、容量 348Wh(87Wh×4個)</p> <p>・電源定格出力:電圧14.4V、最大電流10A</p> <p>・モータ定格出力:120W(30W×4個)</p>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・2時間以上(0~40℃ 使用条件などで短くなる可能性がある)		
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	<p>・フルハイビジョンビデオカメラ 4台</p> <p>・約207万画素(横1,920画素×縦1,080画素)</p>
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構機能	-
		測位機構	・走行機構と共用
	耐久性	・防水、防塵性なし	
動力	・移動装置、計測装置共有のバッテリーより供給(Vマウント型バッテリーパック)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・2時間以上(0~40℃ 使用条件などで短くなる可能性がある)		
データ収集・通信装置	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)	-	
	データ収集・記録機能	<p>・記録メディア(SDカード)に保存</p> <p>・操作用ノートPCに送られたリアルタイムのモニタリング画像はモニタリングのみでPCには保存されない</p>	
	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、計測装置共有のバッテリーより供給(Vマウント型バッテリーパック)	
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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 【接触型】 ・斜材ケーブル間距離600mm以上 ・ケーブル間隔が上記以下のツインケーブルでは適用不可 【標準試験値】 未検証	機器外寸が500mm×500mm×500mmであり、ケーブル中心から最遠部までの距離は360mm、隣接するケーブルの直径の最大値φ230mmの場合、 $360+230/2 \approx 500 < 600$
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 ・操作用ノートPCと本機とのWi-Fi通信が可能な見通し距離300m(周囲の環境や電波状況により変化) ・見通しのよい平地にて510mの距離で操作用ノートPCと本機間のWi-Fi通信が可能なことを確認した。 【標準試験値】 未検証	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 図面上の調査距離を正值として、距離計で得られた距離を補正することで、斜材方向の位置の誤差を補正している。 【標準試験値】 未検証	・斜材角度65°以下 ・撮影速度5±0.5m/min(0.075~0.092m/s) ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)の点検時条件の通り ・左記補正は、調査後の解析段階で実施し、調査開始点の位置と距離計の走行距離、図面上の距離を損傷検出ソフトに入力することで、自動的に補正している。

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・斜材角度65° 以下 ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)、(その2)の点検時条件の通り
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影速度5±0.5m/min(0.075~0.092m/s) ・カバーで覆われた機器内部においてLED照明を用いて撮影するため日照条件は問わない。 ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)、(その2)の点検時条件の通り
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	無	同上
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・斜材角度65° 以下 ・撮影速度5±0.5m/min(0.075~0.092m/s) ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)、(その2)の点検時条件の通り ・左記補正は、調査後の解析段階で実施し、調査開始点の位置と距離計の走行距離、図面上の距離を損傷検出ソフトに入力することで、自動的に補正している。
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・カバーで覆われた機器内部においてLED照明を用いて撮影するため日照の条件は影響しない。 ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)、(その2)の点検時条件の通り

※「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>・取得した映像について損傷検出ソフトにより下記の処理を行う ①映像を再生し、フレーム毎に自動判定で損傷箇所を抽出する。(自動) ②損傷箇所の情報を保存し、映像を静止画で出力する。(自動) ③出力した画像を目視確認し、汚れなど明らかに損傷ではないと判断できるものは除外する。(手動) (損傷の検出は、画像の濃淡変化から自動判定しているため、キズやひびわれなどの損傷以外に、汚れも損傷として 検出される場合がある。)</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「傷検知アプリケーションPhase3.0」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・斜材保護管表面のキズ、亀裂、ひびわれ、変形・欠損	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・該当なし(ひびわれを損傷として検出するが、ひびわれ以外の損傷との区別はできない)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	-
		ひびわれ以外	<p>・映像の濃淡変化について、ソフトが自動で輝度のしきい値を決定し、しきい値を超えた部位を損傷と自動判定して抽出する。 ・カメラ画角内の明るさの差を自動で補正して損傷を判定して抽出することで、ケーブル全体の損傷の検出精度を確保している。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:フルハイビジョンビデオカメラ 2) 撮影設定:シャッター速度固定 3) 撮影速度:5±0.5m/min(0.075~0.092m/s) 4) LED照明:機器周囲を黒いカバーで覆い遮光することで、日照等の影響を排除 5) ラップ率:映像による連続撮影 6) 画質:動画、静止画ともに約207万画素(横1,920画素×縦1,080画素) 7) 画質フォーマット:動画:mkv、抽出した静止画:JPG</p> <p>・損傷範囲の大きさは、損傷を検出した箇所が含まれる斜材方向および斜材と直角方向の範囲の大きさをソフトにより自動算出する。 ・画素数から損傷範囲の大きさを演算している。斜材表面とカメラの距離が固定されており、損傷範囲の大きさは、斜材表面のカメラに最も近い場所で画素数当りの長さを基準に算出される。このため、カメラから遠い部分については、長さの誤差が発生する。この誤差は 斜材径が小さいほど大きくなる。</p>
		画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	<p>・損傷に対する検出精度の検証は行っていない。 ・損傷の検出は、画像の濃淡変化から自動判定しているため、キズやひびわれなどの損傷以外に、汚れも損傷として検出される場合がある。出力した画像を目視確認し、汚れなど明らかに損傷ではないと判断できるものは除外する。</p>
		変状の描画方法	・映像の濃淡変化について、ソフトが自動で輝度のしきい値を決定し、しきい値を超えた部位を損傷と自動判定して抽出し、静止画像上に範囲を線で表示する。
		取り扱可能な画像データ	<p>ファイル形式 動画:mkv、抽出した静止画:JPG ファイル容量 4GByte カラー/白黒画像 カラー 画素分解能 傷の長さ1mmを検出するためには、(0.2)mm/Pixel以下であることが必要 その他留意事項 ・損傷と汚れの選別は技術者の判断で行う。</p>
	出力ファイル形式	帳票:html、帳票一覧表:html、報告書xlsx、映像:mkv、画像jpg	
	調書作成支援の手順	<p>斜材保護管に関する各管理者の点検調書は、管理者により求められる書式が異なる。本技術の損傷検出ソフトから出力した帳票類(帳票:htmlファイル、報告書:EXCELファイル、映像:mkvファイル、画像:jpgファイル)でよい場合は、そのまま提出する。 CADによる展開図が必要な場合は、帳票のhtmlファイルの展開図をCADに書き写す。損傷の一覧表については、帳票 一覧表のhtmlファイルの内容をコピーしてEXCEL等の表に貼り付けて活用することが可能である。 本技術の専用ソフトによる帳票作成の手順は下記の通りである。 ①本計測機器により画像データを取得する。 ②ソフトをインストールしたPCを立ち上げ、所定のフォルダに撮影した動画の全データをコピーする。 ③ソフトを起動し、路線名、橋梁名、橋梁の諸元等の必要情報を入力する。 ④出力先のフォルダを選択する。 ⑤ソフトの開始ボタンをクリックして処理を開始すると出力先のフォルダに調査結果調書の展開図および損傷一覧表が自動作成される。また、損傷箇所の画像ファイルについてフォルダが自動作成され、各画像が自動保存される。 ⑥自動抽出された調査結果調書の損傷一覧表の画像を確認し、報告書に載せる損傷を選択し、報告書作成ボタンをクリックすると報告書(ケーブルNo.、距離、損傷の大きさ、撮影日等の項目と該当箇所の画像が掲載された表)が自動作成される。 ⑦調査結果報告書、調査結果調書(展開図、損傷一覧表)、損傷箇所連続画像、動画ファイルを電子データで取りまとめて提出する。調査結果報告書、調査結果調書、損傷箇所連続画像は印刷物として提出する。</p>	
調書作成支援の適用条件	<p>・本計測機器により取得された画像であれば、本技術の専用ソフトによる帳票作成が可能 ・斜材保護管に関する発注者の点検調書は、管理者により求められる書式が異なる。点検調書が本技術のソフトから出力した帳票類でよい場合は、そのまま提出する。 ・CADによる展開図が必要な場合は、帳票のhtmlファイルの展開図をCADに書き写すことで活用可能。損傷の一覧表の書式が指定されている場合、帳票一覧表のhtmlファイルの内容が活用可能。</p>		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<p>・損傷検出ソフト「傷検知アプリケーションPhase3.0」(自社開発ソフト) ・アプリの実行環境OS:Windows7Professional SP1 64bit 日本語版 以降、Internet Explorer11以降</p>		

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	・照明灯などの障害物がある場合は高所作業車と併用
	安全面への配慮	・交通規制の必要がない条件であれば、計測中の交通には支障しない
	無線等使用における混線等対策	-
	道路規制条件	下記の場合には交通規制が必要となる。 ・道路外に搬出入スペースがない場合 ・装置の設置・撤去のスペース(幅1.5m×長さ1.5m)がない場合 ・斜材への装置取付の際、高所作業車が必要な場合 歩道通行止めまたは車道部1車線規制などは斜材位置と搬出入スペースにより異なる。
その他	下記の場合は作業中止 ・降雨、降雪がある場合 ・風速10m/s以上の場合 ・直射日光等の影響により装置内温度が40°Cを超える場合	

6. 留意事項(その2)

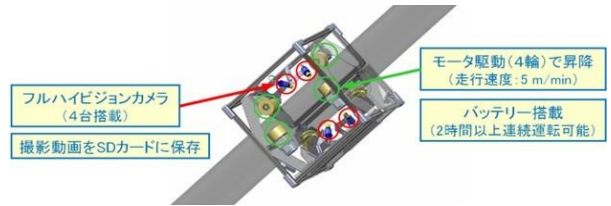
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・専門技術者が実施する	-
必要構成人員数	技師1名、技術員2名、見張り1名 合計4名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格不要	-
作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操作用PCの配置範囲として4㎡ 搬出入車両1台分駐車スペース 高所作業車が必要な場合は高所作業車駐車スペース 操作場所:計測機器より300m以内	-
点検費用	【橋梁条件】 橋種 [斜張橋] 部位・部材 [斜材保護管] 活用範囲 [斜材総延長 5,000]m 検出項目 [保護管表面の傷、亀裂、ひびわれ、欠損] <費用> 調査から報告書作成 合計 5,000千円 (諸経費除く)	高所作業車が不要の場合
保険の有無、保障範囲、費用	第三者への損害および橋梁等への損害に対する賠償保険を調査業務の都度加入する。	-
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	調査業務を西松建設か提携コンサルが実施する。	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時には調査業務を担当する西松建設あるいは提携コンサルが対応する。	-
センシングデバイスの点検	調査開始前の動作確認	-
その他	下記の場合は適用不可 ・斜材径φ90~230mm以外。 ・斜材長が300mを超える場合 ・直径5mm以上の段差がある場合 ・斜材角度が65°を超える場合 ・障害物が高い位置にある斜材 ・斜材断面が矩形 ・保護管の被覆がない斜材 ・間隔の狭いツインケーブルの斜材	-

7. 図面

測定状況の例



コロコロチェッカーの特徴



斜材点検の手順



1. 基本事項

技術番号		BR010002-V0121		
技術名		超望遠レンズによる高層構造物の外観検査技術		
	技術バージョン	R2	作成: 2021年10月	
開発者		株式会社アルファ・プロダクト 株式会社社長大		
連絡先等		TEL: 03-6457-2666 082-545-6653	E-mail: t.hara@alpha-product.co.jp arii-k@chodai.co.jp	技術部 原 徹
現有台数・基地		3	基地	東京都江東区青海2-4-10 東京都立産業技術研究センター 製品開発支援ラボ313
技術概要		<p>1、特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ・足場不要で外観検査ができる技術 ・90m離れた地点から撮影した画像で、1ピクセルあたり0.3mmの精度を持つ ・撮影距離40mで1ピクセルあたり0.2mm、撮影距離100mで1ピクセルあたり0.5mm ・撮影範囲を厳守することで精度は原理的に維持される ・撮影した画像をPCのモニターで拡大表示し、細部を詳細に見ることで鋼構造物の塗装の剥離、腐食、欠損等を把握することができる <p>2、機器構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1眼レフカメラ1台、三脚、望遠レンズ、レリーズ(リモートコントロールシャッター)、簡易測量機能付レーザー距離計、レーザー墨出器 ・夜間は照明使用 ・箱桁内部では充電式特殊ストロボ使用 		
技術区分	対象部位	主塔、床板下面、下部構造		
	変状の種類	腐食、塗装の剥離、変形、欠損、ひびわれ		
	物理原理	画像(静止画)		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・デジタル1眼レフカメラ ・大型三脚 ・望遠ズームレンズ ・レリーズ(リモートコントロールシャッター) ・接眼レンズアダプター ・簡易測量機能付きレーザー距離計 ・レーザー墨出器 	
移動装置	移動原理	人力。撮影ポイント毎に人間が装置一式をかっいで移動する。	
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザー距離計で撮影対象との距離を測定し、事前の設定精度に適合する撮影距離の位置を決定する。 ・三脚をセットし、カメラとレンズ、レンズフード、レリーズ、接眼レンズアダプターを取り付ける。 ・撮影対象の照度に合わせた露出を設定し、撮影する。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタル1眼レフカメラ:幅146×高さ124×奥行78.5mm、約1.0kg ・レンズ:AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VRの場合、径約108×長さ268mm、約2.3kg ・三脚(Husky3段、折り畳み時:長さ77×幅15×高さ12cm、3.7kg) 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・Nikon D850(最高精度の場合) 4575万画素、シャッター速度:1/8000-30秒、ISO 64-25600、AF ・使用頻度の高いレンズ/AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VR 焦点距離:200-500mm、f値:5.6、画角:12度20分-5度 レンズは現場条件により適宜選択する。
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構機能	簡易測量機能付きレーザー距離計(LEICA DISTO D810)
		測位機構	-
	耐久性	防塵、防滴構造(メーカー表示に記載はない)	
	動力	カメラ内蔵バッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約1840コマ(CIPA/カメラ映像機器工業会規格):0℃~40℃、湿度85%以下(結露しない事)		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラ本体のスロットにSDカードをセットする。	
	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"> ・カメラ本体にセットしたSDカードもしくはXQDカードに記録。 ・8256×5504pix. JPG. FINEモードの場合、1画像サイズは約22MB。 ・64GBSDカード1枚で約1900枚記録可能。 ・SDカードはUHSスピードクラス3以上を推奨。 	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※		雨天、降雪、強風時は撮影不可。
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	<p>・事前に1ピクセル当たりの精度を設定し、撮影範囲を決定する。</p> <p>例) 6000×4000ピクセルのカメラを使用し、1ピクセル当たりの精度を0.2mmとする場合、撮影範囲は6000×0.2=1.2m、4000×0.2=0.8mとなる。</p> <p>・実際の撮影ではオーバーラップを0.1mとする。</p> <p>・この撮影範囲を対象構造物で確認するために、型枠の跡や打継(事前に図面で確認)を指標とする。</p> <p>・これらの指標が使用できない場合は、墨出レーザーで垂直の区分を、また簡易測量機能付きのレーザーポインターで水平の区分を指定する。</p> <p>・カメラの仰角による歪は高さを区分しての補正が可能である。①レンズ焦点距離に対して自動補正する自社ソフトを使用する。②横方向の歪は無視できるため、縦方向に対して高さ別に区分して手動で補正する。仰角14度では補正率は3%である。</p>
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	<p>・カメラ: Nikon D850(4575万画素)</p> <p>・レンズ: AI AF Zoom-Nikkor 80-400mm f/4.5-5.6 G ED VR</p> <p>・リモートコードMC36A</p> <p>・撮影距離: 10.5m</p> <p>・仰角: 22~30度</p>
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>・カメラ: Nikon D850(4575万画素)</p> <p>・レンズ: AI AF Zoom-Nikkor 80-400mm f/4.5-5.6 G ED VR</p> <p>・リモートコードMC36A</p> <p>・撮影距離: 10.5m</p> <p>・仰角: 22~30度</p>
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	<p>・カラーチャート設置場所と同じ明るさでのコンクリート表面を撮影し、補正の基準とする。</p> <p>・照度の分かっている社内データのコンクリート画像と上記画像を比較して補正値を決める。</p> <p>・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。</p>

※「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撮影した画像をPCの画面上で拡大し、変状を確認する。 ②腐食や塗装剥離については画像で人間が確認する。 ③確認した変状は種類別にマーキングする。 ④画素サイズから変状の範囲を計算し、画像上で記入する。 ⑤扱いやすい区分で画像を接合する。 ⑥接合画像をエクセルに貼り付け、接合した区分単位で変状の総括表を作成する。 ※撮影時の仰角が大きくなるほど高さ方向の長さが圧縮される。この歪は通常は画像では補正せず、変状の総括表作成後に総括表の対象区分の仰角から、変状の高さのみ一括で補正する。 ※画像の歪補正も可能であるが、費用が追加される。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>画像接合ソフト/Autopano giga4 画像編集ソフト/Adobe Photosyop エクセル</p>	
	検出可能な変状	腐食、塗装の剥離、変形、欠損	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>・床板のひびわれについては目で確認し、長さ幅はピクセル単位で計算する。 ・計測したひびわれは画像上でマーキングし、長さ幅は変状の総括表に記入する。</p>
		ひびわれ幅および長さの計測方法	PCの画像上で、ピクセル単位でカウントし、撮影時の画素の大きさから長さ幅を計算する。
		ひびわれ以外	<p>・画像編集ソフトを使用し、画像をモニター上で原寸の約1/3程度に拡大し、詳細に確認する。 ・必要に応じてさらに拡大して確認する。 ・画像上で変状をマーキングする。 ・JPGデータで保存し、エクセルに貼り付ける。</p>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	人間が行う
	取り扱い可能な画像データ	変状の描画方法	画像編集ソフトで、画像の変状箇所に手でマーキングする。
		ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	制限なし
		カラー／白黒画像	どちらも可
画素分解能		<p>・撮影距離とカメラ、使用レンズによって異なるが、最も性能の高い構成では以下ようになる。 撮影距離100mで撮影画像の1ピクセルあたり0.5mm、撮影距離90mで1ピクセルあたり0.3mm、40mで1ピクセルあたり0.2mm。</p>	
その他留意事項	解像度を補正する技術は使用しない。		
出力ファイル形式	JPEG		
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	<ul style="list-style-type: none"> ・歪を最小限にするために、焦点距離70mm以上のレンズを使用するが、その最短撮影距離は1.1m。これにボディとレンズの奥行、撮影者のスペースを考慮し、仰向けに寝て撮影するとして、実際の最短撮影距離は2.0m。 ・立って撮影する場合の最短撮影距離は3.1m。 ・明るさについては照明を使用するので問題はない。夜間撮影も問題ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・箱桁内部では充電式の特種ストロボ使用で、密閉空間でも安全に撮影可能。
	周辺条件	人が歩いて撮影箇所に行ける事	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・対象との距離を正確に測定するためにレーザー距離計を使用するが、直射日光が強く当たる面ではレーザーポイントが認識されず、測定不能になる場合がある。 ・同様にレーザー墨出機のレーザーも、直射日光が強く当たる面では識別できない場合がある。 ・上記を避けるために、太陽の角度と対象面の位置を確認し、撮影時間を選定する必要がある。 ・対象との距離を正確に測定するためにレーザー距離計を使用するが、直射日光が強く当たる面ではレーザーポイントが認識されず、測定不能になる場合がある。 ・同様にレーザー墨出機のレーザーも、直射日光が強く当たる面では識別できない場合がある。 ・上記を避けるために、太陽の角度と対象面の位置を確認し、撮影時間を選定する必要がある。 	-

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	・撮影についてはカメラに対する相応の知識と屋外撮影の経験が必要。(例:日本写真家協会相当の撮影技術保持者) ・要請により上記会員で当社の講習を受けた撮影者を派遣することができる。 ・当社での撮影請負も可能。	-
	必要構成人員数	撮影者1名、補助1名。 (照明が必要な場合※はさらに1~2名必要。) ※1.28Klux以下。	-
	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	約74万円/約850カット/約1100m ² /照明使用 (撮影、歪補正、画像接合) ※交通費等別、税別	-
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	オートフォーカス、手振れ補正、自動露出	-
	利用形態・リース等の入手性	・機材込みでの撮影者の派遣 ・調査業務の受注も可	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	撮影前の点検	-
その他	・水濡れは厳禁 ・また湿度が高い状態ではレンズが曇るので対策が必要 ・対象面の明るさが1.28Klux以下の場合には照明が必要	-	

7. 図面

床版撮影



- ① レンズフード
- ② レンズ
- ③ デジタル一眼レフカメラ
- ④ 接眼レンズアダプター
カメラを上に向けて撮影する時、ファインダーの画像を90度偏向させて表示する。
- ⑤ 三脚
- ⑥ レリーズ (リモートシャッター)
シャッターを直接指で押すと揺れるため、ケーブルを介して手元でシャッターを押すアダプター。
- ⑦ 簡易測量機能付きレーザーポインター



主塔撮影



- ・大阪府斜張橋での撮影例。
- ・撮影距離90m。
- ・アナログカメラ使用。



撮影画像

ES	幅0.1mm	幅0.2mm	幅0.3mm	幅0.4mm	合計
ES-1-1	27.6331	4.9427	4.3166	2.8878	39.7802
ES-1-2	23.7374	6.5828	5.6519	0.6280	36.6001
ES-1-3	9.0511	2.1640	3.1227	1.2112	15.5490
ES-2-1	19.7715	4.7402	4.7036	1.5679	30.7831
ES-2-2	16.2742	1.9394	0.9821	0.1091	19.3048
ES-2-3	18.2711	2.8758	3.9317	0.9829	26.0615

コンクリート主塔の
東側南面の1段目2段目のひび割れの総括表

1. 基本事項

技術番号	BR010003-V0121		
技術名	構造物点検調査ヘリスシステム(SCIMUS:スキームス)		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)		
連絡先等	TEL: 03-5339-1717	E-mail: h.fujioka.aa@c-nexco-het.jp	経営企画部 技術開発課 藤岡 博邦
現有台数・基地	3台	基地	神奈川県相模原市橋本台1-10-7
技術概要	<p>構造物点検調査ヘリスシステムとは、無人航空機(以下「ドローン」という)に搭載したデジタル一眼レフカメラ(以下「カメラ」という)を用いて橋梁を撮影し、変状を把握する技術である。撮影は、FPVモニタ(機体に取り付けたカメラからの映像を無線で伝送してディスプレイで確認するシステム)で確認しながら行う。</p> <p>【飛行及び撮影方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●上部構造(床版)・・・カメラを垂直方向に設置し、ドローンは床版下面を定速で飛行させ、連続撮影しながら床版面を撮影する。 ●上部構造(主桁、横桁等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンを桁間に侵入させて地上からFPVモニタにより撮影アングルを制御し各部位の撮影を行う。 ●下部構造(橋脚、橋台等)・・・カメラを水平方向に設置し、ドローンは橋脚側面を定速で飛行させ、連続自動撮影しながら橋脚面を撮影する。 ●橋梁付属物(支承、排水装置等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンをホバリングさせて地上からFPVモニタにより撮影アングルを制御し撮影を行う。 <p>【変状の抽出】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ひびわれ・・・連続撮影した画像をソフトウェアでオルソ補正、結合した後、技術者が目視にて幅、長さについて抽出し展開図への記入及び表に取りまとめる。 ●その他の変状・・・撮影した画像を技術者が拡大するなどを行い、展開図への記入及び表にとりまとめる。 		
技術区分	対象部位	鋼橋/Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台等)/橋梁付属物(支承、排水装置等)	
	変状の種類	コンクリート: ひびわれ/剥離 鋼部材: 腐食/防食機能の劣化/ボルトナットのゆるみ(合いマークの確認)・脱落 その他: 付属物の損傷/漏水・滞水等	
	物理原理	静止画像/動画像	

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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 未検証 【標準試験値】 停止飛行時: 水平移動なし	風速: 2.5m/s(検証時の風速)
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 未検証 【標準試験値】 構造物(床版、主桁)までの距離: 70cm	風速: 2.5m/s(検証時の風速)
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 130m(係留ロープを用いた実測値の最大) 【標準試験値】 未検証	・目視範囲内の飛行 ・係留ロープを用いて一定のテンションでドローンをつなぐ(安全対策)
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	GNSSの衛星の数により変動

※「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	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】 ・撮影速度:0.20m/sec ・移動方向に垂直(水平)方向の視野:36.2437° ・移動方向のラップ率:40%
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証(搭載する高解像度カメラによる) 【標準試験値】 検出可能な最小ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.04mm
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 0.14%(相対誤差)
	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】 X座標:絶対誤差 0.002m Y座標:絶対誤差 0.009m
	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】 フルカラー識別可能

※「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 撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ補正し結合する。(自動) ② 結合した画像中のひびわれ等について、人が抽出(描画)して長さ・幅を計測する。(手動) ③ 抽出したひびわれを人が展開図化及び表化する。(手動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	Agisoft社製「Metashape」(オルソ補正結合処理) 保全工学研究所社製:「Kuraves」(ひびわれ描画)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)、漏水(範囲)、鉄筋露出(長さ)	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	オルソ補正結合された画像をKuravesを使用しPC画面でトレースし抽出する。 1)カメラ: デジタル1眼レフ 2)撮影モード: マニュアルモード 3)ISO感度: ISO1600以下(フラッシュ使用) 4)ラップ率: 40%以上 5)画質: 最高(ファインモード) 6)画質フォーマット: JPEG 7)解像度0.3mm/PIX以下(最小ひびわれ幅0.1mmの場合)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	長さ: オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuraves」に取り込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定して計測する。 幅: オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuraves」に取り込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定し、ソフトウェア中のクラックスケールにて幅を計測する。
		ひびわれ以外	オルソ補正、結合した画像で人が抽出する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	近接目視と同等
		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	30MB
		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/画素以下であることが必要である。	
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は、検出が困難		
出力ファイル形式	JPEG形式		
調書作成支援の手順	① 画像データを取得する。 ② 上記変状検出手順①～③によりひびわれ展開図を作成する。 ③ ひびわれ展開図を確認しながら、橋梁点検支援システム「橋視郎」で国土交通省定期点検要領様式を作成・出力する。		
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。 1) カメラレンズを被写体に向けて撮影(なるべく正対する) 2) 画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 3) ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.1mm、計測精度0.1mm」となるように撮影		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	JIPテクノサイエンス社製「橋視郎 ver7.0」(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	桁下に人が侵入できる箇所	① 床版、橋脚 …… 可動雲台(上横方向) ② 桁間(進入可能な場合) …… 回転チルト雲台(水平360°垂直90°)
	周辺条件	撮影(飛行)箇所周辺に民家等の建物や電線、樹木がある場合及び電波塔などがある場合は不可	-
	安全面への配慮	係留ロープ使用 計測中の注意喚起表示 気象観測装置の設置	-
	無線等使用における混線等対策	通信は2.4Ghz帯(2.400GHz~2.497Ghz)の周波数帯域でスペクトラム分散方式で行う。	-
	道路規制条件	橋梁等の場合道路上の通行者の視界に入らないよう、地覆より上には飛行させない。	-
	その他	離発着場所 □3m×3m 平面が必要 雨天、強風(5m/s)時飛行不可	-

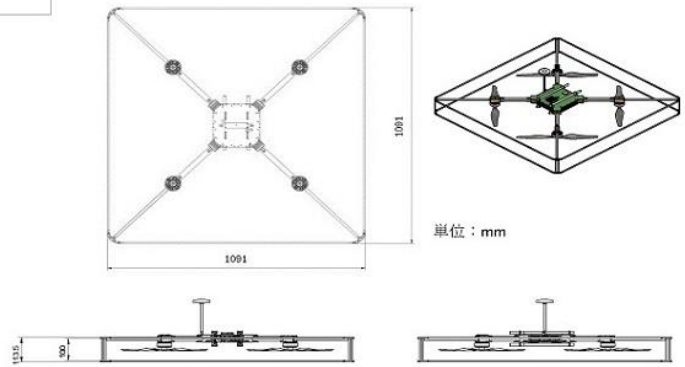
6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	JUIDA無人航空機操縦技能、無人航空機安全運航管理者	-
必要構成人員数	現場責任者1人、操作者1人、撮影者1人、補助者1人 合計4名	現場責任者は「道路橋点検士」資格保有者
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	<p>操縦者は高度な操縦技術をもち、機体の保守に関する知識、ドローンの安全に対する知識を持つ者が行う。以下の要件のうち、①かつ②を満たすと共に、③又は④のいずれかを満たすものとする。</p> <p>①航空法の申請に必要な10時間以上の訓練飛行を行ったもの。</p> <p>②この訓練飛行は、屋外の訓練を含み、訓練内容は実際の現地条件に合致したものとする。</p> <p>ここでいう現地条件とは、係留用ケーブルを結束した状態、飛行高さ(距離)、風速条件をいう。</p> <p>なお、風速は地上1.5mでの10分間平均風速5m/sでの屋外訓練を行い、限界状態を経験する。</p> <p>③専門会社による操縦研修を受講したもの。</p> <p>④民間資格JUIDA操縦技能証明と同等以上の資格を有するもの。</p>	モニタ撮影を実施する場合は、無線三級陸上無線技士資格が必要。
作業ヤード・操作場所	飛行体を目視確認可能な位置 離発着場所 □3m×3m 平面が必要	-
点検費用	床版 800㎡/日 550,000円/日 橋脚 2,000㎡/日 450,000円/日	現地状況により異なる
保険の有無、保障範囲、費用	動産保険および施設賠償責任保険加入済	-
自動制御の有無	自律制御有	-
利用形態:リース等の入手性	業務受託	飛行機材、撮影機材等トータルなシステムとなっているため機体等のリースや販売、持ち込み機器の採用は難しい。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社サポート	-
センシングデバイスの点検	計測ごとに、現地で、撮影機器のキャリブレーションを行う。 (撮影距離の確認、クラックスケール等による画素、幅の確認)	-
その他	第三者影響範囲(交差道路、民家)は適用不可	-

7. 図面

ベース機体図面

ベース機体図面

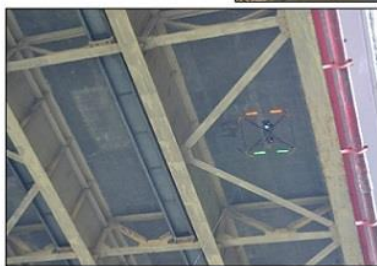


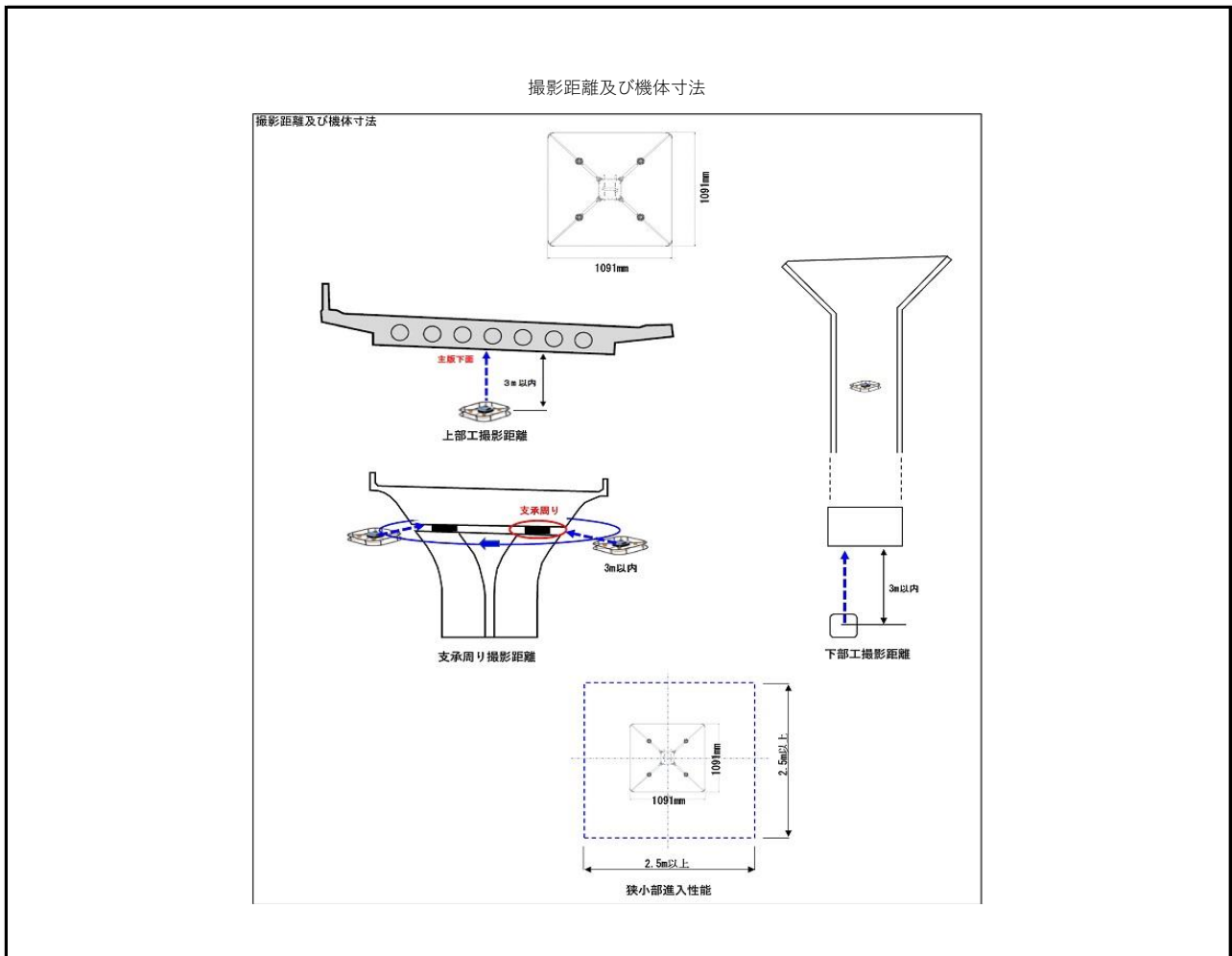
機体 (カメラ含む)



計測状況

計測 (撮影) 状況





1. 基本事項



技術番号	BR010004-V0121		
技術名	主桁フランジ把持式点検装置(Turretsタレット)		
技術バージョン	Ver1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社イクシス		
連絡先等	TEL: 044-589-1500	E-mail: fujino@ixs.co.jp	藤野和広
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県川崎市幸区新川崎7-7
技術概要	本技術は、橋梁各部の点検時に自走式ユニット機能を有するロボットにてカメラ撮影を行い取得した画像データを用いて専用アプリケーションで床版のひびわれの自動検出と主桁鋼材の腐食状態測定を行う技術である。		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)、上部構造(主桁)(下フランジ下面及び外桁外面を除く)	
	変状の種類	床版ひびわれ/腐食	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 本計測機器は画像取得機能を有した移動式ロボットある移動装置内にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。 アタッチメント部は、昇降及び橋梁横断方向へ移動する機構を有する装置により測定デバイスレンズ部が測定箇所へ近接し画像データを取得することが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後にカメラから取り外し専用サーバーに伝送処理を行う。 	
移動装置	移動原理	<p>【懸架型】</p> <ul style="list-style-type: none"> 橋梁の主桁下フランジを挟む形で本体左右走行ユニットを設置する。 下フランジ上を自走し径間方向を、カーボンレール上を観測装置が自動走行し幅員方向を測定し本体に搭載された自動昇降機構(伸縮式)と橋梁横断方向へ移動する機構を有する装置を用いて測定対象物の状況に応じた撮影位置を調整する。 撮影終了後、機器を次の点検位置へ移設する。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真1. 走行ユニットの下フランジ設置 (把持) 状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真2. 観測装置</p> </div> </div>	
	運動制御機構	通信	・有線式
		測位	<ul style="list-style-type: none"> 回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着) 測定最大距離200m
		自律機能	・測定箇所自動移動機能、撮影カメラ装着ユニット部自動姿勢調整機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> 一体構造(移動装置+計測装置): 最大外形寸法(L600mm×W3000mm×H300mm) 最大重量(25kgf) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> 動力源: 電気式 電源供給容量: 外部電源 定格容量: 100V、500mA 	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
	計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 「移動装置と一体的な構造」・橋梁の主桁下フランジを挟む形で本体左右走行ユニットを設置する。 隣接する下フランジ間距離は、最低1000mm～最長2800mm以内
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"> センサーサイズ(縦222.5mm×横15.0mm)、ピクセル数(2020万画素)、焦点距離(50mm)
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> 水平30° ～-30° 鉛直30° ～-30°
		角度記録・制御機構機能	・橋梁縦断横断方向、PAN軸、Tilt軸、ズーム自動制御可能
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> 回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着) 測定最大距離200m以内
耐久性		・IP66	
動力		・外部電源(発電機等AC100V出力)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		-	
データ収集・通信装置		設置方法	・ノート型パソコン(オペレーティングシステム Windows10)
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	最大外形寸法(W270 mm×L188 mm×H19 mm) 最大重量 (1.1kgf)	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> 計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを記録メディア(SDカード)に保存 上記記録メディア(SDカード)に保存されたデータをインターネット(VPN)経由で専用サーバーへ伝送しハードディスクに保存 	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 通信方法 LTE 通信規格 2.1GHz帯 通信速度 22Mbps～43Mbps 通信距離 数m～数km 	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	・認証方式: WPA、WPA2-PSK	

	動力	・外部電源(発電機等AC100V)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・データ収集・通信可能時間の制限は、無し

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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 最大外形寸法(L600mm×W3000mm×H300mm+昇降装置 H1500mm)が進入できる空間があること 【標準試験値】 未検証	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 【懸架型】 橋脚縦断方向は、最大200m 横断方向は最大2.8m、鉛直方向1.5m 【標準試験値】 未検証 写真1. 鉛直方向可動部 	 写真2. 横断方向可動部
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-


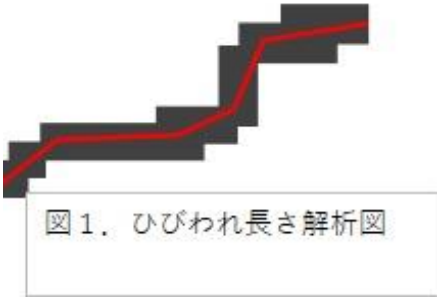
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	【移動方向ラップ率】 30% 【画素分解能】 0.5mm/Pixel
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 最小ひびわれ幅0.05mm) 【標準試験値】 (照度 243.9 lx) ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.06mm ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.104mm ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.04mm ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.04mm ひびわれ幅 1.0mm 計測精度0.52mm 超解像度を使用
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 (照度26200 lx) 0.17% (相対誤差)
	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】(照度 26200 lx) X方向: 0.011mm (絶対誤差) Y方向: 0.023mm (絶対誤差)
	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】(照度 93.8 lx) フル色カラー識別可能

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>①ひびわれの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを抽出する。 ③ひびわれ幅、長さを自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。 ②撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。ロボットの位置情報等を基に自動でつなぎ合わせる。 ⑤抽出したひびわれをDXFに自動で変換する。 ⑥ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で入力する。</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名 ・「イクシクラウド Ver1.0」(自社開発ソフト) WEBアプリケーションの為、随時バージョンアップをして提供します。</p>	
	<p>検出可能な変状 ・ひびわれ(幅、長さ) ・腐食</p>	
	<p>ひびわれ</p>	<p>・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出 検出方法及びひびわれ幅算出 ①取得画像からひびわれ位置を検出(コンクリート部分とひびわれ部の色の違いにより判別) ②ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。 ・撮影条件・仕様等 弊社ロボットに搭載のカメラ(撮影条件調整済)にて撮影 【移動方向ラップ率】 30% 【被写体との距離】 ひびわれ幅分解能 0.05mm 測定距離 0.5m以内 ひびわれ幅分解能 0.1mm 測定距離 2.0m以内 ・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出に用いる教師データは、コンクリート構造物としてRC床版橋におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約5橋分、総数10径間)を解析しソフトウェア開発者が学習させている。</p> 
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ幅自動(算出) ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。 ・長さ:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ沿いの長さを自動(算出)計測 ①ひびわれとして抽出された画像領域(下図黒)を細線化し、形状を折れ線として抽出する? ②折れ線を構成する各線分について2点座標間の距離を算出して合計することで、ひびわれの全長をピクセル単位で求める??</p> 
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を矩形で囲む、もしくはフリーハンドで書き込む</p>
	<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・ひびわれの検出:検出率95%(測定対象面積200㎡の場合)</p>
	<p>変状の描画方法</p>	<p>・点群データ(ラスター画像) ただし、ひびの幅・長さを算出する際や、DXFに変換する際に、内部的にベクタとしてひびを扱う</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式 JPEG (弊社のロボットにて撮影した画像) ファイル容量 6MB程度 (弊社のロボットにて撮影した画像) カラー／白黒画像 カラー (弊社のロボットにて撮影した画像) 画素分解能 ひびわれ幅 ①0.1mmを検出(測定点との距離2.0m以内) 0.2mm/Pixel (当社計測装置のロボットにて撮影した画像) その他留意事項 ・超解像技術を利用 ・弊社のロボット以外で撮影した画像に関しては応相談 ・測定対象において勾配がある場合は、勾配率を調査入力が必要</p>

出力ファイル形式	WEBアプリケーションにてビューワを提供、以下の情報をダウンロードで提供 JPEGで個別の損傷抽出した画像と、つなぎあわせた1径間の画像 DXFで1径間の損傷位置の図面
調書作成支援の手順	①事前に点検対象橋梁名、測定対象径間数など事前に専用アプリケーションに入力する。 ②点検調書の様式を専用アプリケーションに取り込み、処理様式として設定する。 ③点検ロボットで計測記録した画像データ専用サーバーに伝送する。 ④損傷抽出機能、損傷サイズの計算機能 専用サーバーに伝送された複数枚の画像データを専用アプリケーションで解析を行う。 ひびわれ、鋼材変色箇所を自動検出しひびわれ幅、ひびわれ長さ、鋼材変色データ(RGB値)を算出する。 ⑤外部サーバー上の専用アプリケーションで取得した複数毎の画像データの合成を自動で行う。 ※画像データのラップ率は30%で重ね合わせ画像データ類似点を検出し重ね合わせる。 ⑥専用アプリケーションで合成した画像データをディスプレイで確認し3次元座標値を2点を指定し座標値を手入力し画像解析を行うことで画像データの各画素データの座標値が算出される。 ⑥損傷マップの自動作成機能 前工程で得られた損傷個所の位置情報から損傷マップを自動作成、ひびわれ幅損傷マップは、ひび幅により色分けして表示される。 ⑦クラウドから点検調書データをダウンロードし、出力する。 ※インターネット網に接続しているパソコンが必要
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 ※センシングデバイス(カメラユニット)部は、内臓の角度で傾き値を取得し自動正対する機能を有する。 2)ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.1mmの場合は、画像の解像度は0.5mm/pix以下となるよう撮影する。測定点と計測装置距離は、2.0m以内 ・現地のPCで入力したデータを専用サーバーに伝送保存するため、測定環境下でインターネット網(電話回線又は、無線の電波状)を用いてデータ伝送が可能であること。
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:弊社より提供のPC(現場での作業時のみ) ・点検調書データのダウンロード:ブラウザ Chrome ・「イクスクラウド ver1.0」(自社開発ソフト)

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	桁下と移動装置の離隔は、400mm以上を保持すること。 桁下空間として1.5mが必要。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	高所作業における一般的な安全事項実施のこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	装置設置位置(橋脚天端)へ立ち入りの際に交通規制を行う可能性がある。	-
	その他	計測装置設置・撤去時作業足場を設けること	-

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	計測装置設置・測定マニュアル(イクシス社製)の理解	-
	必要構成人員数	操作1人、補助員1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格作業は無し	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置外観が視通できる範囲	-
	点検費用	1回計測(500㎡)で ¥2,000,000-(計測装置レンタル費+画像解析費)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	対人・対物で最大3億円の動産保険に加入	-
	自動制御の有無	無	-
	利用形態・リース等の入手性	レンタル / 画像解析	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	製品提供会社(イクシス社)による自社点検	-
	その他	-	-

7. 図面

- ・ 一体構造 (移動装置 + 計測装置) :
- ・ 最大外形寸法 (L600mm × W3000mm × H300mm + 昇降装置H1500mm)
- ・ 最大重量 (25kgf)

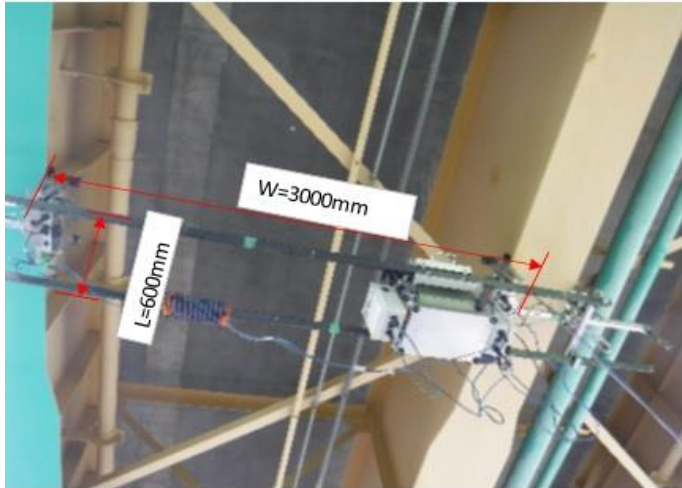


写真1. 外寸図記載

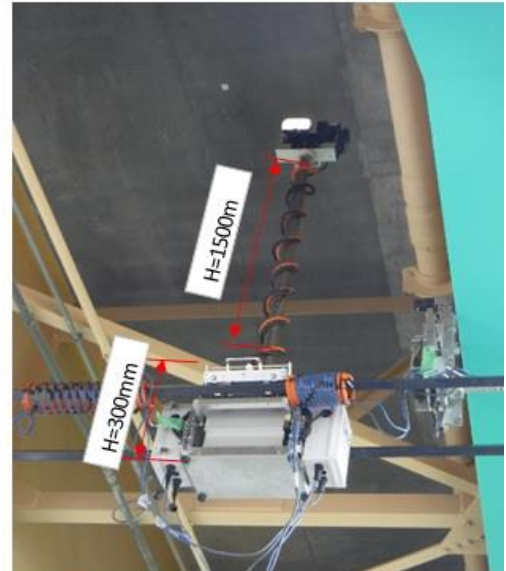


写真2. 外寸図記載

1. 基本事項

技術番号	BR010005-V0121		
技術名	可視画像を用いたAIによるひびわれ自動検出技術		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社WorldLink & Company 国立大学法人金沢大学		
連絡先等	TEL: 075-708-3494	E-mail: h.konishi@skylinkjapan.com	プラットフォームソリューション営業部 小西
現有台数・基地	AIサーバー1台 Webサーバー1台	基地	解析に使用するAIサーバーは金沢大学内に設置されている
技術概要	この技術は点検箇所を撮影した画像を入力として、コンクリート構造物の代表的な損傷であるひびわれを人工知能(AI)により自動で検出し、ひびわれ幅の長さ、幅を自動で計算する。当該技術で出力される結果は、ひびわれ領域をピクセル単位で検出し、ひびわれ幅の情報でひびわれ領域を色付けした画像ファイルである。		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)／下部構造(橋脚、橋台)	
	変状の種類	ひびわれ／床版ひびわれ	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		-	
移動装置	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	-	
	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	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-		
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)	-	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	<input type="checkbox"/>	-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	<input type="checkbox"/>	-
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	<input type="checkbox"/>	-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	<input type="checkbox"/>	-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	<input type="checkbox"/>	-

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>①カメラとレンズ情報をシステムに登録する。 ②撮影した橋梁全景画像をシステムにアップロードし、各径間ごとに径間全景画像のアップロードを行う。 ③各径間ごとに点検箇所画像をシステムにアップロードする。 ④各点検箇所画像の撮影情報(撮影日、撮影カメラ・レンズ、撮影距離)を登録する。 ⑤各点検箇所画像に対してAIによるひびわれ自動検出処理を行う。 ⑥型枠の跡やPコンの跡による誤検出が多い場合、ノイズ除去処理を実行する。 ⑦各点検箇所画像に対してAIによるひびわれ幅・長さの自動計測を行う。 ※当システムにはあおり補正等の機能はない。(画像提供側にて補正後の正対画像を準備する必要がある)</p>	
<p>ソフトウェア名</p>	<p>3CLink</p>	
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(位置、幅、長さ)</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p> <p>・AIによってひびわれをピクセル単位で自動検出を行う(畳み込みニューラルネットワークに基づき、画像内の物体をピクセル単位で検出するセマンティックセグメンテーション手法でひびわれを自動検出)。 【教師データ】約10万枚(256×256ピクセルの画像) ①ひびわれが生じているコンクリート表面の画像を256×256ピクセルに分割し、コンクリートに生じているひびわれを有している画像データを収集した。その後、コンクリート表面に生じているひびわれの位置を手作業によりピクセル単位でトレースした教師データを用いている。なお、当該技術では、汎用性を広くするため、橋脚および床版に生じているひびわれを混合して教師データを作成している。 ②教師データ数を大幅に増加させることで、AIによるひびわれの検出精度が大幅に向上することから、深層学習を用いた疑似画像生成手法(GAN)を用いて、256×256ピクセルに分割された、コンクリートひびわれを有する画像を増量させた。コンクリート表面に生じうる複数のひびわれパターンを手作業で指定し、GANのインプットデータとし、大幅に教師データを増量している。 【モデルの学習】 教師データを用いて、畳み込みニューラルネットワークに基づく画像内の物体をピクセル単位で検出するセマンティックセグメンテーション手法により画像内のひびわれ箇所の色情報、形状などの特徴量を自動で設定して、ひびわれをピクセル単位で自動で検出するモデルを学習。 【出力結果】 AIは入力画像に対して、ピクセルごとにひびわれである確率を計算する。利用者はひびわれである確率に対して閾値を設定する。AIは利用者が設定した閾値以上のピクセルを着色し、ひびわれ検出画像を出力する。利用者はAIによるひびわれ検出画像を確認し、誤検出・見逃しの程度に応じてAIに入力する閾値を再度検討する。なお、入力画像は一度一画が256ピクセルの正方形の画像セットに分割され、それぞれの画像ごとにひびわれ検出を行い、出力画像を連結することで入力画像を再現する。そのため、入力画像の一画のピクセル数が256の倍数でない場合、入力画像の右側、および下側の端数にあたるピクセル領域は検出処理が行われない。 【ノイズ除去】 ひびわれ検出のノイズとして検出される型枠跡、Pコン跡の除去のため、ひびわれ検出と同様に作成した教師データセット(データ数はそれぞれ約1万枚)とアルゴリズムでそれぞれのノイズを橋梁画像から検出するAIを学習する。ひびわれ検出結果の画像と重ね合わせ、ノイズ検出箇所を白色化することでこれらのノイズを除去する。 【解析可能な画像の条件】 1) 画像分解能: 計測したい画像上のひびわれ幅が、撮影時の画像分解能より小さい場合、ひびわれ幅の測定誤差が生じる。 2) 撮影時の明るさ: 照度1000ルクス以上。照度が足りない場合は照明器具を使用する。 3) 撮影角度: 仰俯角30度以内。 4) 画質: 最高画質。 5) 画質フォーマット: JPEG、PNG 6) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</p>
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>【ひびわれ長さの自動計測】 ひびわれ長さの自動計測では、まず、AIによってひびわれ領域を出力した画像を256×256ピクセルの画像に分割し、Zhang-Suenの細線化アルゴリズムに基づき、幅1ピクセルになるまで細線化を施す。細線化処理を施して出力される画像データは、256×256ピクセルの画像の中にn個のピクセルで構成されるひびわれ形状を有する画像データである。得られたn個のピクセル数に1ピクセルの長さ(画像分解能)を乗じ、ひびわれ長さを算出する。このひびわれ長さの算出方法では、画像に対して水平方向、垂直方向に直線であるひびわれ以外は、誤差が生じる。 【ひびわれ幅の自動計測】 ひびわれ幅は、AIによって検出されたひびわれの領域のピクセル数をひびわれ長さのピクセル数で割った値に1ピクセルの長さ(画像分解能)を乗じて算出する。ひびわれ幅の算出方法では、画像に対して水平方向、垂直方向に直線であるひびわれ以外は、誤差が生じる。また、1ピクセルの長さ(画像分解能)より短いひびわれ幅は1ピクセルの長さに切り上げて検出されるため、誤差が生じる。</p>
	<p>ひびわれ以外</p>	<p></p>

	画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	<p>【ひびわれの検出精度】 再現率約80%(AIに入力する閾値が50%である場合) (ひびわれがピクセル単位で記録されている実橋梁(コンクリート橋脚)の画像を評価用データとし、AIによりピクセル単位でひびわれの有無を判定する。 評価用データのひびわれと判断されているピクセルの内、AIがどの程度検出できているかを再現率として評価した。)</p> <p>【ひびわれ幅の算出精度】 標準供試体を画像分解能0.08mm/pixelで撮影し、ひびわれ幅計測を行ったところ、0.1mm幅のひびわれを±0.07mm、0.2mm幅のひびわれを±0.08mm、0.3mm幅のひびわれを±0.15mm、1.0mm幅のひびわれを±0.33mmの精度で計測</p>	
	変状の描画方法	・ひびわれ:ピクセル単位で表示	
	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	2GB/画像
		カラー/白黒画像	カラー/白黒画像
画素分解能		<p>【ひびわれ検出】 検出したいひびわれ幅の4倍以下の画像分解能が必要(例:0.1mmのひびわれを検出する場合、0.4mm/pixel以下の画像分解能が必要)</p> <p>【ひびわれ幅の計測】 計測したい画像上のひびわれ幅が、撮影時の画像分解能より小さい場合、ひびわれ幅の測定誤差が生じる(例:0.1mmのひびわれ幅を「ひびわれ幅および長さの計測方法」で記載した精度で計測するためには0.1mm/pixel以下の画像分解能が必要である)。</p>	
その他留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影時の明るさは照度1000ルクス以上である画像であること。照度が足りない場合は照明器具を使用すること。 ・点検箇所に対して仰俯角30度以内で撮影された画像であること。 ・画像フォーマットはJPEGかPNGであること。 ・デジタルズーム機能は使用していない画像であること。 ・画像内に立体的な汚れ(泥の塊など)がある場合、誤検出が発生しやすい。 ・撮影機器のブレ補正機能を使用していない場合、ひびわれの検出が困難になる。 ・あおり補正等、正対画像を作成する処理は当該技術に含んでいない。 		
出力ファイル形式	JPEG、PNG		
調書作成支援の手順	<p>①「取り扱い可能な画像データ」の条件に合った画像データをシステムにアップロードする。 ②画像データに対して、ひびわれ検出処理、ひびわれ幅・長さ計測処理を行う。 ③AIによって検出されたひびわれ領域を自動計測したひびわれの幅の値によって色付けしたものを画像ファイルで出力する。</p>		
調書作成支援の適用条件	ひびわれ検出処理とひびわれ幅・長さの計測処理を行うために、使用するノートPCがインターネットに接続できる環境が整っていること。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"> ・現地での入力:ノートPC ・ひびわれ検出結果の画像ファイルのダウンロード OS Windows8.1以降、ブラウザ Google chrome ・3CLink 		

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	-	-
	安全面への配慮	-	-
	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)

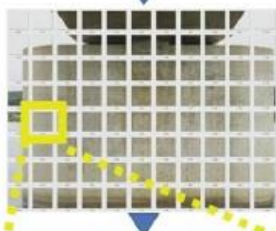
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-
	必要構成人員数	操作・現場責任者:1人 合計1人
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-
	作業ヤード・操作場所	ノートPC がインターネットに接続できる環
	点検費用	1スパン当たりの検査に10万円
	保険の有無、保障範囲、費用	-
	自動制御の有無	-
	利用形態:リース等の入手性	WEB上のシステムにブラウザ経由でアクセスする。システムのアカウント作成・維持に1アカウント当たり年間1万円。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり サポートは原則、メールサポート、緊急時のみ電話サポート
	センシングデバイスの点検	-
その他	-	

7. 図面

当該技術の処理フローを以下に示す



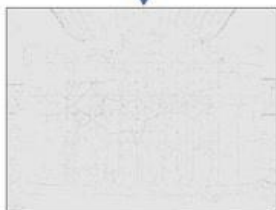
1. 点検箇所の画像をAIに入力する.



2. 入力画像を256ピクセルの正方形に分割する.



3. 分割された画像それぞれに対してAIによるひび割れ検出、ひび割れ長さ、ひび割れ幅計測を実施した結果の画像を出力する.



4. 分割された画像のひび割れ検出結果画像を結合した画像を出力する.

1. 基本事項

技術番号		BR010006-V0121	
技術名		光波測量機「KUMONOS」及び高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム「シン・クモノス」	
	技術バージョン	-	作成: 2021年10月
開発者		クモノスコポーレーション株式会社	
連絡先等		TEL: 072-749-1188	E-mail: miyamoto@kankou.co.jp 社長特命室 宮本 彬彦
現有台数・基地		3セット(KUMONOS+カメラ) ※KUMONOSのみは10セット	基地 大阪府箕面市、神奈川県川崎市、福岡県福岡市
技術概要		<p>・当該技術は、遠方より損傷の形状や幅を計測できる光波測量機「KUMONOS」(※1)と高解像度カメラ(※2)の撮影・補正を組み合わせることで、構造物表面の変状確認が可能な技術である。</p> <p>・「KUMONOS」で計測した形状や幅をもとに写真を補正することができる。とともに、現地の情報をデジタルデータとして保存できる。</p> <p>・KUMONOS単体でも確認は可能(※3)だが、高解像度カメラ画像を組み合わせた作業でも、損傷の量に関係なく、一定の時間で現場作業を進めることができる。</p> <p>※1. 光波測量機にクラックスケールを内蔵し、対象物及び損傷の形状や幅を遠方より正確に計測・自動図化できるシステム。</p> <p>※2. フルサイズセンサーのデジタル1眼レフカメラ</p> <p>※3. 損傷量が少ない場合、KUMONOS単体による調査が可能。カメラでの撮影を行わないため、画像は出力されない。CADデータのみ出力となる。</p>	
技術区分	対象部位	Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版、塔柱)/下部構造(橋脚、橋台)/路上(高欄)	
	変状の種類	ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水/遊離石灰/鉄筋露出/変色	
	物理原理	静止画/光波測量機によるレーザー計測	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機はクラックスケール内蔵トータルステーション「KUMONOS」及び高解像度カメラにより構成する。「KUMONOS」にて対象物の形状や代表的な損傷(ひびわれ等)の位置座標を計測し、高解像度カメラにて損傷を画像に保存する。損傷の量や計測箇所から構造物までの位置関係で配置を任意で確定し、各装置を設置し、計測する。データは各機器のSDカードに保存され、専用解析ソフトを用いて図化処理及び画像処理を実施する。</p> <p><KUMONOS計測手順> 1. 損傷及び形状を直視できる箇所にKUMONOSを設置する。 2. 目視にて形状を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて変化点を計測する。 ※写真補正のための形状を計測する。 3. 目視にてひびわれ・損傷を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて幅・形状を計測する。 4. 計測したデータをパソコンに保存し、KUMONOS専用解析ソフトを用いてCAD図化する。</p> <p><高解像度カメラ撮影手順> 1. 損傷及び形状を直視できる箇所にカメラを設置する。 2. 形状と損傷が抽出できる画角で撮影する。 3. 撮影した画像をパソコンに保存する。</p> <p>KUMONOSの計測データを基にカメラで撮影した画像のあおり補正を行う。</p>	
移動装置	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	対象物及び損傷が直接目視確認できる地上部分に三脚を用いて機器(KUMONOS及びカメラ)を設置する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	KUMONOS: 203 × 226 × 325 (mm) ※測量三脚を除く 高解像度カメラ: 152 × 117 × 76 (mm) ※望遠レンズを除く	
	センシングデバイス	カメラ	[カメラ] ・CANON製カメラ 型番 5DS ・センサーサイズ(縦24mm × 横36mm)、ピクセル数(縦5,792pixel × 横8,688pixel)、焦点距離(24mm ~ 600mm)
		パン・チルト機構	[カメラ] 使用するカメラ用三脚のパン・チルト可動範囲 ・水平0° ~ 360° ・鉛直-30° ~ 90°
		角度記録・制御機構機能	[KUMONOS] ・2級A光波測量機(5")の性能に準ずる精度。 [KUMONOS及びカメラ] ・計測・撮影者が調整ねじを利用して直接制御をおこなう。
		測位機構	[KUMONOS] ・KUMONOSにより基準点観測を行うことで任意の座標系における測位を行う。
	耐久性	[KUMONOS] ・IP66 [カメラ] ・3分程度の小雨	
	動力	・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリー ・定格容量: 11.1V、5.9Ah(KUMONOS)、7.2V、1865mAh(カメラ)	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	KUMONOS ・連続稼働時間8時間(外気温: -20度 ~ 55度) カメラ ・連続稼働時間1時間45分(外気温: 23度)		
データ収集・通信装置	設置方法	[KUMONOS及びカメラ] 移動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	[KUMONOS及びカメラ] ・記録メディア(SD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	[KUMONOS及びカメラ] ・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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	【画素分解能】 0.5mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】 2.896mm 【移動方向ラップ率】 30%
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 ・最小ひびわれ幅0.007mm(器械から対象物までの距離が1.5mの場合) 【標準試験値】 ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.019mm ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.033mm ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.064mm ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.040mm ひびわれ幅 1.0mm 計測精度 0.122mm 【性能値】 デモクラックパネルを使用 【標準試験値】 ・撮影速度: 静止状態 ・被写体との距離: 一般的に市販されている望遠レンズ(600mm)を使用し、1ピクセル当たり0.5mmを確保できる距離は約70mとなる。 補助手段: KUMONOSを併用する
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【標準試験値】 ・撮影角度: 対象面から45度以下が望ましい
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値及び標準試験】 カメラのシャッター速度を変更することで、曇天時や日陰部分の識別も可能。

※「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		①KUMONOSで計測したデータを自社開発KUMONOS解析図化ソフトでCAD化する。(自動) ②画像解析ソフトにCADデータを読み込む。(手動) ③撮影した画像を一枚ごとにおおひ補正つなぎ合わせる。補正及びつなぎ合わせでは、KUMONOSにて計測した形状を使用する。画像はJPEGにて保存する。(手動) ④ひびわれの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれ形状・幅を抽出する。(自動) ⑤抽出したひびわれ形状・幅を目視で確認し、DXFデータにて保存する。(手動) ⑥CADソフトにて自動抽出データ・画像・KUMONOS計測データを合成する。(手動) ⑦CADソフトにてひびわれ形状及び幅を確認し、起終点及び変化点を手動でつなぐ。(手動) ⑧ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。(手動) ⑨自社開発数量抽出ソフトにて損傷の数量を抽出する。(自動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・自社開発KUMONOS解析図化ソフト ・市販CADソフト ・市販画像解析ソフト(ただし、CADが読み込み可能で、1ピクセルの1/5程度の幅のクラックが自動抽出できるものとする) ・自社開発数量抽出ソフト	
	検出可能な変状	・自動抽出:ひびわれ(形状・幅・長さ) ・手動抽出:写真から確認できる損傷(ひびわれ・遊離石灰・剥離・鉄筋露出・豆板等)	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: 絞り優先設定 3) ISO感度: ISO200以下 4) ラップ率: オーバーラップ 30%程度 5) 画質: 5,030万画素 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと ・コンクリート部分とひびわれ部の色の違いによる自動検出(ひびわれのみ、その他は手動検出)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅: 画像解析ソフトによる自動抽出及びKUMONOS計測した幅 ・長さ: CAD上起終点及び変化点を人力で指定する。 ・長さ: 数量抽出ソフトによりひびわれ長さを集計
		ひびわれ以外	・KUMONOSにて計測した損傷を自社開発解析図化ソフトでCAD化する。 ・人が画像を確認して、変状を人力でトレースする。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・テストパネル(ひびわれの輪郭がはっきりしたもの)の場合、100%ひびわれ形状・幅を抽出可能。
		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
		ファイル容量	撮影画像1枚当たり20MB程度
		カラー/白黒画像	通常はカラーを使用する。
画素分解能		・ひびわれ幅0.2mmを検出するためには1mm/Pixel以下であることが必要 ※自社基準として0.2mmを計測する場合は0.5mm/Pixel以下を使用	
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困難 ・コンクリート表面が著しく汚れている場合は検出が困難 ・対象面が球体の場合は抽出不可能 ・現場の明るさが281?以下で撮影した画像の場合は抽出が困難 ・表面被覆箇所等、施工目地がなく寸法がわからない箇所の損傷を撮影した場合は抽出が困難(対象物にマーキングを行う場合は対応可能) ・トンネル内部や橋脚柱部側面の円柱形状について、断面形状が複雑に変化するものは抽出が困難	
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 画像ファイル: JPEG 図面データ: DWG・DXF		
調書作成支援の手順	本システムより出力した成果を活用し、調書作成を目的として、調書に貼り付けるために損傷図等を作成することができる。 <手順> ①適応条件に記載の条件により画像データおよび図面データを取得する。 ②調書の様式をパソコンに取り込み、パソコン上で画像データおよびCADデータの確認、操作が可能となるように調整する。 ③画像データおよび図面データをパソコンに取り込み、各編集ソフトを起動する。 ④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。 ⑤損傷が映っている写真を手動で抽出し、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。 ⑥調書に使用できる形式(JPEG等)で損傷図を変更し、保存する。		
調書作成支援の適用条件	・適応条件に記載の条件により取得した画像データおよび図面データであること。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	・画像データ・CADデータ編集用パソコン: OS Windows10 Pro ・画像解析ソフト(市販ソフト) ・CADソフト(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	点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入できないほど水辺でないこと。	
	周辺条件	損傷が直接目視でき、機材を設置できる足場があること。	機材設置に必要な最小スペース 幅1m,高さ1.5m
	安全面への配慮	・光波測量機が発射するレーザーを車・人等に向けない。 ・機材設置場所をカラーコーン等で明示する。	
	無線等使用における混線等対策	-	
	道路規制条件	・歩道上に機材を設置する場合は交通誘導員等が必要、道路上に機材を設置する場合は道路規制が必要。	
	その他	高解像度カメラを使用した場合、最大70m離れたところから点検できる。 大雨の場合、計測不可。	1ピクセル0.5mmで撮影するためには600mmの望遠レンズを使用する必要がある。テレコンバーターを使用することで撮影距離を延長することができる。

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	クモノス技術者検定(レベル1)の終了 クモノス技術者検定(レベル2)の終了	自社にて年1回実施。 レベル1:壁面・平面が計測できる レベル2:曲面が計測できる
	必要構成人員数	最低必要人員は1名。 カメラと光波測量機を同時に使用する場合は2名。	-
	操作に必要な資格等の有無、 フライト時間	クモノス技術者検定(レベル1)の終了 クモノス技術者検定(レベル2)の終了	自社にて年1回実施。 レベル1:壁面・平面が計測できる レベル2:曲面が計測できる
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	KUMONOS技術者が現場で橋脚を計測した場合、KUMONOS計測の場合、1,000㎡計測費用約26万円/1,000㎡(直接人件費)、解析費用約27万円/1,000㎡(直接人件費) レンタルの場合、約41万円/週(技術指導費2人含む) 【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 50m 全幅員 20 m 部位・部材 [床版・橋脚] 活用範囲 [1000]m ² 検出項目 [ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水/遊離石灰/鉄筋露出]	-
	保険の有無、保障範囲、費用	任意	-
	自動制御の有無	無	-
	利用形態:リース等の入手性	1. KUMONOS技術者が現地計測 2. 購入 3. レンタル(自社にて対応)	-
	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。計測サポート・成果作成サポート体制を社内にて構築している。但し、弊社から購入・レンタルした企業に限る。	-
	センシングデバイスの点検	測量機器の校正点検を1回/年実施する	-
その他	計測・撮影する際の精度を担保するための照度は281Lxとする。	-	

7. 図面

ひび割れ計測システムKUMONOS



<https://youtu.be/KbFOMyMZuw>

高解像度カメラ



1. 基本事項

技術番号	BR010007-V0121		
技術名	画像解析を用いたコンクリート構造物のひびわれ定量評価技術		
技術バージョン	Ver.01	作成: 2021年10月	
開発者	大成建設株式会社		
連絡先等	TEL: 045-814-7228	E-mail: kenichi.horiguchi@sakura.taisei.co.jp	技術センター 堀口賢一
現有台数・基地	-	基地	大成建設(株)技術センター 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1
技術概要	<p>本技術は、コンクリートのひびわれをデジタル画像から画像解析により抽出し、定量評価する技術であり、画像解析にウェーブレット変換を用いることを特徴とする。また、ひびわれを抽出して、定量的に評価するためには、いくつかの処理プロセスを経る必要があるが、本技術ではこれらを手順通りに実施できるようにひとつのプログラムソフトに集約してシステム化している。これにより、コンクリートのひびわれ図(CAD図)を半自動で描画できる。また、ひびわれ幅ごとのひびわれ長さのヒストグラムを自動で描画し、ひびわれ総延長、平均ひびわれ幅、およびひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)を自動で算出できる。</p> <p>本技術の主な処理プロセスは、以下①～④のとおりである。①コンクリートのひびわれの写ったデジタル画像を入力画像として、ひびわれ近傍を太線でトレースしてひびわれ候補領域を指定する。②この範囲の全ての画素に対してウェーブレット変換を行い、一つひとつの画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいてひびわれを判別する。③ひびわれと判別された画素を抽出して、ひびわれ図をCAD形式ファイルに出力する。④ウェーブレット係数から画素ごとにひびわれ幅を算定し、ひびわれ長さのヒストグラムを描画し、ひびわれ総延長、平均ひびわれ幅、およびひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)を算出する。</p> <p>ウェーブレット変換による画像解析は、ひびわれ位置の画素とその周囲の画素の輝度値を用いた処理の結果に基づいてひびわれを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひびわれの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくい。また、デジタル画像上のひびわれを検出するのに適している。また、ウェーブレット係数とひびわれ幅の相関が高いことから、カメラの種類や撮影方法によらず、検出したいひびわれの最小幅に対応した画質の画像を撮影できれば、目視が困難な箇所でも画像からひびわれの位置を特定し、幅、長さなどを算定できる。</p>		
技術区分	対象部位	コンクリート部材 上部工(主桁、橋桁、床版)、下部工(橋脚、橋台)	
	変状の種類	ひびわれ/床版ひびわれ	
	物理原理	画像解析	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本技術は、①撮影条件設定、②分解能計算、③あおり補正、④画像合成、⑤ひびわれトレース、ならびに⑥ひびわれ画像解析の各プログラムから構成されており、これらをひとつのプログラムソフトに統合してシステム化したものである。	
移動装置	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	-	
	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	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
動力	-		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-		
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)	-	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※		-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※		-
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※		-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※		-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※		-

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>本技術では、コンクリートのひびわれをデジタル画像から抽出し、ひびわれの幅や長さを定量的に評価できる。ひびわれの抽出結果や定量的な評価結果は、以下に示すような処理プロセスごとの個別のプログラムソフトを実行することで得られるが、各プログラムソフトをひとつに集約して、ひびわれ画像解析システムとしている。</p> <p>①撮影条件設定(半自動): 目標とする空間分解能のデジタル画像を撮影するために、使用するカメラやレンズごとに撮影距離や焦点距離を設定する。</p> <p>②分解能計算(半自動): 撮影画像が、目標とした空間分解能で撮影されていることを確認する。</p> <p>③あおり補正(半自動): 画像内に矩形の隅角部を基準点に指定して、正対画像に補正する。</p> <p>④画像合成(半自動): 分割して撮影した画像の重なる領域を指定して、ひとつの画像に合成する。</p> <p>⑤ひびわれトレース(手動): ひびわれ直上をひびわれ幅より数倍太い線でトレースする。</p> <p>⑥ひびわれ画像解析(自動): トレース範囲内の全ての画素を対象に、ウェーブレット変換による画像解析を実行する。また、この結果に基づいて、ひびわれ図やひびわれの幅、長さなどを出力する。</p>		
<p>ソフトウェア名</p>	<p>「コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE?(ティー・ドット・ウェーブ)」(自社開発ソフト) 必要スペック: Windows10 64bit, MS Excel2013以降</p>		
<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ (幅、長さ、ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)をひびわれ全画素に対して算定)</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひびわれ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影画像に対してウェーブレット変換による画像解析を行い、画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいて、画素ごとにひびわれの判別を行う。 ・ウェーブレット変換による画像解析は、ひびわれ位置の画素とその周囲のコンクリート面の画素の輝度値を用いた解析処理の結果に基づいてひびわれを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひびわれの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくい。 ・撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> 1) 本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲: 0.2~0.8mm/pixel 2) カメラ: デジタル一眼レフカメラ(推奨), デジタルカメラ 3) 撮影設定: 三脚固定の場合は絞り優先設定(F6.3以上を推奨) UAV撮影の場合は露出速度優先設定(1/500秒以下を推奨) 4) ISO感度: 200以下 5) ラップ率: 30% 6) 画質: 最高(ファイン) 7) 画質フォーマット: JPEG 8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと 	
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p> <p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>【ひびわれ幅】 ひびわれと判別された画素のウェーブレット係数は、ひびわれ幅の実測値と高い相関がある。これを用いて、本画像解析システムには、予めウェーブレット係数からひびわれ幅を算定する計算式が組み込まれているため、ひとつの画素ごとにひびわれ幅を算定できる。 ただし、これにより算定できるひびわれ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4倍から2倍の範囲となる。例えば、撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合、算定できるひびわれ幅は0.2mmから1.6mmの範囲となる。</p> <p>【ひびわれ長さ】 撮影画像の空間分解能と、ひびわれと判別された画素の数を乗じて算定される。ただし、隣り合う画素が斜め45°方向の部分については、空間分解能を$\sqrt{2}$倍した長さで算定される。</p>	
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>-</p>	
	<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>実際のコンクリートのひびわれ幅の実測値と本手法による解析値を比較したところ、以下の通りであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影画像の空間分解能が0.4mm/pixelの場合 測定点数144点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は79%、±0.3mmの範囲にある割合は93% ・撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合 測定点数216点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は68%、±0.3mmの範囲にある割合は81% <p>なお、実測値は2人の点検員が同じ場所のひびわれ幅をクラックスケールで計測したものであり、解析値はカメラを3機種用いて同じ場所のひびわれ幅を本手法により推定したものであり、ここではその全てのデータに対して比較している。</p>	
	<p>変状の描画方法</p>	<p>ひびわれ: ポリライン</p>	
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式: JPEG, BMP ファイル容量: 制限無し カラー/白黒画像: カラー</p> <p>画素分解能 本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲は0.2~0.8mm/pixelである。この時に算定できるひびわれ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4~2倍の範囲である。 ・例えば、空間分解能0.4mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.1~0.8mmとなる。 ・例えば、空間分解能0.8mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.2~1.6mmとなる。 ただし、定量的に評価できるひびわれ幅の最小値は0.1mmである。すなわち、空間分解能0.2mm/pixelの画像であっても、この場合に評価できるひびわれ幅の最小値は、空間分解能の1/4である0.05mmではなく、0.1mmとなる。</p> <p>その他留意事項 ひびわれ直上がチョーキングされている場合は、ひびわれを正確に検出することが難しい。また、検出された場合でも、ひびわれ幅を正確に定量的に評価することも難しい。</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>BMP/DXF/MS Excel</p>		

<p>調書作成支援の手順</p>	<p>本画像解析を実行すると、出力結果がBMP形式やDXF形式、MS Excelファイルとして、自動的に所定のフォルダー内に保存される。また、これらをMS Excelのシート上に一括して貼付したファイルが自動的に生成される。そのため、点検調書などを作成する時に、個別ファイルを専用のアプリケーションを立ち上げることなく、MS Wordなどの文書ファイルに効率的に貼付することができる。</p> <p>本画像解析を実行して得られる結果は以下のファイルである。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)入力画像(あおり補正、画像合成などを実施した後の画像)(BMP形式) 2)ひびわれ図(DXF形式) 3)入力画像上にひびわれ図を重ねた画像(BMP形式) 4)ひびわれ幅ごとのひびわれ長さに関するヒストグラム(MS Excelファイル) <p>このひびわれ図は、ひびわれ幅の範囲ごとに色分けして表示することができる。また、Excelファイルのヒストグラム上には、以下の値が自動的に表示される。</p> <ol style="list-style-type: none"> 5)ひびわれ総延長 6)平均ひびわれ幅 7)ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ) <p>なお、予め書式に合わせたMS Excel形式の出力フォーマットを作成しておけば、書式に合わせて出力を自動化することもできる。</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>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。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 撮影画像の空間分解能が、0.2~0.8mm/pixelの画像であること。 2) 検出したいひびわれの最小幅に対して、空間分解能をその最小幅の2倍以下の範囲に設定した画像であること。 (例えば、検出したいひびわれの最小幅が0.2mmのとき、撮影画像の空間分解能を0.8mm/pixel以下に設定) 3) 被写体に正対した時の法線に対して、30°以内の角度で撮影した画像であること。
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE?(ティー・ドット・ウェーブ)(自社開発ソフト) ・Windows10 64bit ・MS Excel2013以降

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	-	-
	安全面への配慮	-	-
	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)

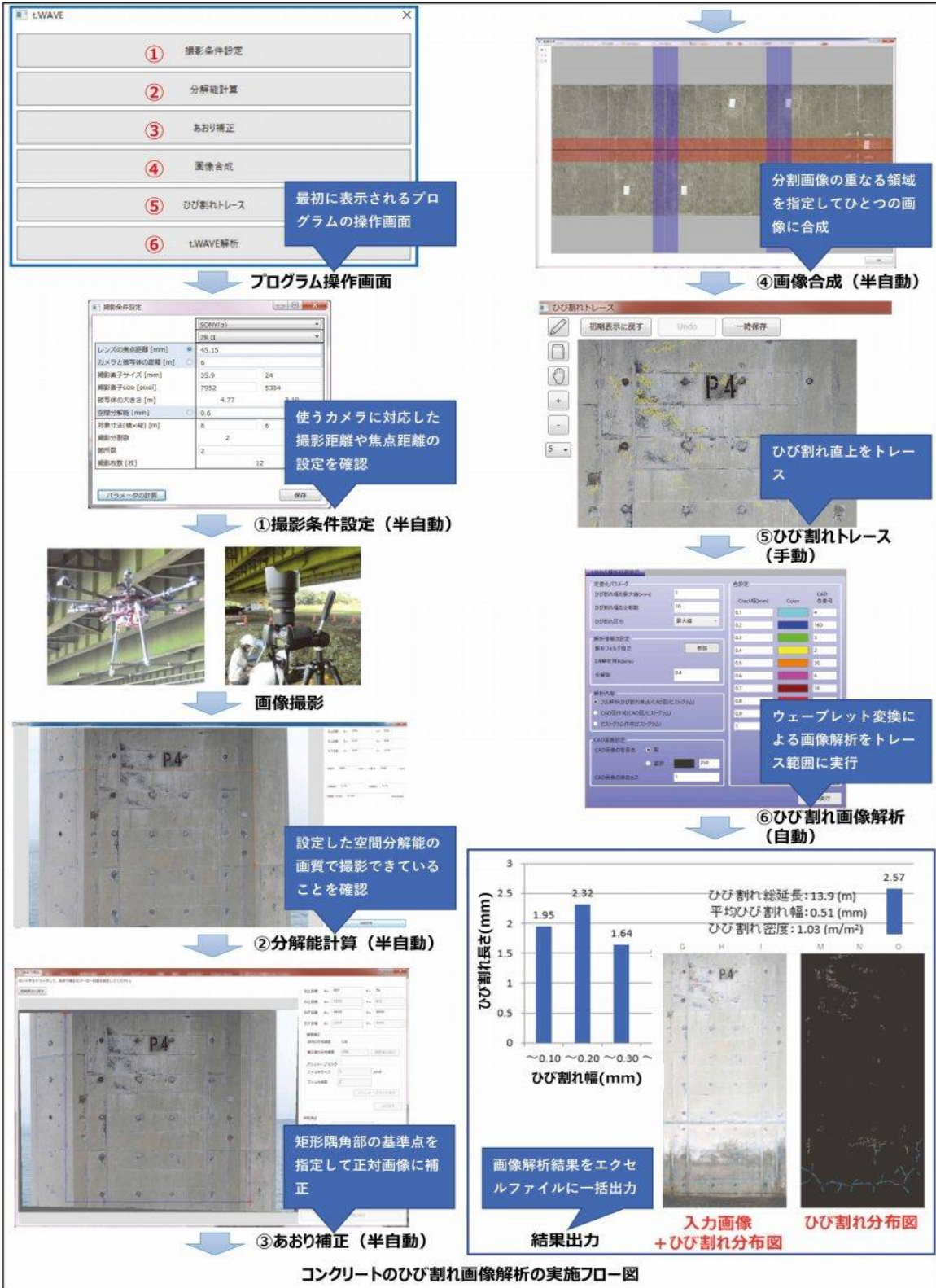
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	特に必要なし	マニュアルに従って操作すれば解析可能
必要構成人員数	ひびわれ画像解析プログラム操作1人	-
操作に必要な資格等の有無、 フライト時間	-	-
作業ヤード・操作場所	現場, オフィス等	-
点検費用	調査費用:100万円(現地撮影), 200万円(画像解析) 機械経費:30万円(UAV使用) その他費用:100万円(交通費・管理経費など) 合計:430万円	橋梁橋脚の側面3,000m ² (高さ10m×周長15mの橋脚側面20面)を地上から視認して操縦可能なUAVを用いて撮影して、本技術によるひびわれ画像解析を実施した場合(現地撮影費用と屋内画像解析費用の合算)
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	プログラムソフトの購入品, あるいは一定期間のレンタル (ソフト価格:200万円/3ライセンス, レンタル価格:30万円/月)	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	プログラムの導入および使用方法に関するサポートあり	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-

7. 図面

コンクリートのひび割れ画像解析の実施フロー図

画像計測技術(橋梁)




7. 図面



1. 基本事項


技術番号	BR010008-V0121		
技術名	ワイヤ吊下式目視点検ロボット		
技術バージョン	バージョン1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社イクシス		
連絡先等	TEL: 044-589-1500	E-mail: fujino@ixs.co.jp	藤野和広
現有台数・基地	10台	基地	神奈川県川崎市幸区新川崎7-7
技術概要	本技術は、構造物の高所の目視点検をワイヤ架設式の移動式ロボットにてカメラ撮影を取入れて行う技術で、取得した画像データを用いて専用アプリケーションで床版のひびわれの自動検出を行う技術である。		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)	
	変状の種類	床版ひびわれ	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機器は画像取得機能を有した移動式ロボットある移動装置内にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</p> <p>・アタッチメント部は、姿勢自動調整装置により測定デバイスレンズ部が測定箇所に対し常時正対し画像データを取得することが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</p> <p>計測データは計測終了後にカメラから取り外し専用サーバーに伝送処理を行いサーバー内の専用アプリケーションで画像解析を行う。</p>
移動装置	移動原理	<p>【懸架型】</p> <p>計測装置は、懸架型であり測定起点側と終点側にそれぞれ2箇所ずつ計4点で固定されたロープ2本をガイドローラーがロープ上に設置する機構で計測位置へ移動し停止して測定(静止画撮影)する作業を一定間隔で繰り返す。移動範囲であるロープ上の移動装置の撮影位置への移動位置調整は、本体の設置されているワイヤーを手動または、自動巻取りウインチ装置で行う。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図1. 計測装置設置図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真1. ワイヤ敷設状況</p> </div>
	運動制御機構	<p>通信</p> <p>・有線式</p> <p>測位</p> <p>・回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着)</p> <p>自律機能</p> <p>-</p> <p>衝突回避機能(飛行型のみ)</p> <p>-</p>
	外形寸法・重量	<p>・一体構造(移動装置+計測装置):</p> <p>・最大外形寸法(L600mm×W600mm×H300mm)</p> <p>・最大重量(15kgf)</p>
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-
	動力	<p>・動力源:電気式</p> <p>・電源供給容量:外部電源</p> <p>・定格容量:100V、500mA</p>
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
	設置方法	<p>・「移動装置と一体的な構造」移動装置の側面部左右2箇所(計4箇所)に専用アタッチメントで2本のロープを挟みこむ様に設置する。</p> <div style="text-align: center;">  <p>写真1. 移動装置設置状況</p> </div>
計測装置	<p>外形寸法・重量(分離構造の場合)</p> <p>-</p> <p>センシング</p> <p>カメラ</p> <p>・CANON製カメラ 型番EOS70</p> <p>・センサーサイズ(縦222.5mm×横15.0mm)、ピクセル数(1800万画素)、焦点距離(18mm)</p> <p>パン・チルト機構</p> <p>・水平30° ~-30°</p> <p>・鉛直30° ~-30°</p>	

	デ バ イ ス	角度記録・制御機構 機能	・PAN軸、Tilt軸自動制御可能
		測位機構	・移動装置測位機構と共用
	耐久性		・IP66
	動力		・外部電源(発電機等AC100V出力)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		-
デ ー タ 収 集 ・ 通 信 装 置	設置方法		・ノート型パソコン(オペレーティングシステム Windows10)
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		最大外形寸法(W270 mm×L188 mm×H19 mm) 最大重量 (1.1kgf)
	データ収集・記録機能		・データ収集・記録装置から計測したデータを記録メディア(SDカード)に保存 ・上記記録メディア(SDカード)に保存されたデータを通信装置は、インターネット経由で専用サーバーへ伝送する。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		・通信方法 LTE ・通信規格 2.1GHz帯 ・通信速度 22Mbps~43Mbps ・通信距離 数m~数km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		・認証方式:WPA、WPA2-PSK
	動力		・外部電源(発電機等AC100V)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		・データ収集・通信可能時間の制限は、無し

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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 【懸架型】 ロープは2本、長さは、最小5m～最大60m範囲で径間起点側と終点側に敷設し測定点のロープ高さ設置位置は、桁下40cm以上離隔すること。 【標準試験値】 未検証 	ロープには、980Nの張力を掛けること
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 手動にて位置を確定させる 【標準試験値】 未検証	-


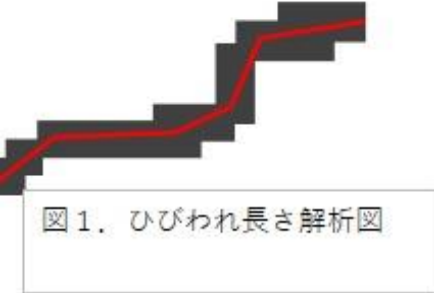
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	-
		静止画像撮影時は停止		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	撮影速度:0m/s (停止して撮影) 被写体との距離:1.0m 照度:261.3 lx
		【性能値】 最小ひびわれ幅0.05mm 【標準試験値】 ひびわれ幅 0.05mm 計測精度0.03mm ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.10mm ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.06mm ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.03mm ひびわれ幅 1.0mm 計測精度0.09mm 超解像度を使用		
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 (照度 91.2 lx) 0.86%			
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【撮影速度】 0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】 3.0m	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】(照度 91.2 lx) X方向(測定画面水平方向) -0.069mm (絶対誤差) Y方向(測定画面鉛直方向) -0.044mm (絶対誤差)			
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	【撮影速度】 0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】 1.0m	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】(照度 91.2 lx) フルカラー識別可能			

※「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ひびわれ箇所の自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを抽出する。 ②撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。ロボットの位置情報等を基に自動でつなぎ合わせる。 ③ひびわれ幅、長さを自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。	
ソフトウェア名	・「イクシスクラウド Ver1.0」(自社開発ソフト) WEBアプリケーションの為、随時バージョンアップをして提供します。	
検出可能な変状	・ひびわれ(幅、長さ)	
ソフトウェア情報	ひびわれ	・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出 検出方法及びひびわれ幅算出 ①取得画像からひびわれ位置を検出(コンクリート部分とひびわれ部の色の違いにより判別) ②ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。 ・撮影条件・仕様等 ・弊社ロボットに搭載のカメラ(撮影条件調整済)にて撮影 【移動方向ラップ率】 30% 【被写体との距離】 ひびわれ幅解像能 0.05mm 測定距離 0.5m以内 ひびわれ幅解像能 0.1mm 測定距離 2.0m以内 ・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出に用いる教師データは、コンクリート構造物としてRC床版橋におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約5橋分、総数10径間)を解析しソフトウェア開発者が学習させている。  写真1. ひびわれに直交する線
	ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ幅自動(算出) ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。 ・長さ:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ沿いの長さを自動(算出)計測 ①ひびわれとして抽出された画像領域(下図黒)を細線化し、形状を折れ線として抽出する? ②折れ線を構成する各線分について2点座標間の距離を算出して合計することで、ひびわれの全長をピクセル単位で求める??  図1. ひびわれ長さ解析図
	ひびわれ以外	・人が画像を確認して、変状を矩形で囲む、もしくはフリーハンドで書き込む
	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:検出率95%(測定対象面積200㎡の場合)
	変状の描画方法	・点群データ(フスタ画像) ただし、ひびの幅・長さを算出する際や、DXFに変換する際に、内部的にベクタとしてひびを扱う
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式 JPEG (当社計測装置にて撮影した画像) ファイル容量 6MB程度 (当社計測装置にて撮影した画像) カラー／白黒画像 カラー (当社計測装置にて撮影した画像) ひびわれ幅 ①0.1mmを検出(測定点との距離2.0m以内) 0.2mm/Pixel (当社計測装置のロボットにて撮影した画像) その他留意事項 ・超解像技術を利用 ・当社計測装置以外で撮影した画像に関しては応相談
出力ファイル形式	WEBアプリケーションにてビューワを提供、以下の情報をダウンロードで提供 JPEGで個別の損傷抽出した画像と、つなぎあわせた1径間の画像 DXFで1径間の損傷位置の図面	

<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①事前に点検対象橋梁名、測定対象径間数など事前に専用アプリケーションに入力する。 ②点検調書の様式を専用アプリケーションに取り込み様式を設定する。 ③点検ロボットで計測記録した画像データ専用サーバーに伝送する。 ④損傷抽出機能、損傷サイズの計算機能 専用サーバーに伝送された複数枚の画像データを専用アプリケーションで解析を行う。 ひびわれ、鋼材変色箇所を自動検出しひびわれ幅、ひびわれ長さ、鋼材変色データ(RGB値)を算出する。 ⑤外部サーバー上の専用アプリケーションで取得した複数毎の画像データの合成を自動で行う。 ※画像データのラップ率は30%で重ね合わせ画像データ類似点を検出し重ね合わせる。 ⑥専用アプリケーションで合成した画像データをディスプレイで確認し3次元座標値を2点を指定し座標値を手入力し画像解析を行うことで画像データの各画素データの座標値が算出される。 ⑦損傷マップの自動作成機能 前工程で得られた損傷個所の位置情報から損傷マップを自動作成、ひびわれ幅損傷マップは、ひび幅により色分けして表示される。 ⑧クラウドから点検調書データをダウンロードし、出力する。 ※インターネット網に接続しているパソコンが必要</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・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 ※センシングデバイス(カメラユニット)部は、内臓の角度で傾き値を取得し自動正対する機能を有する。 2)ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.1mmの場合は、画像の解像度は0.5mm/pix以下となるよう撮影する。測定点と計測装置距離は、2.0m以内 ・現地のPCで入力したデータを専用サーバーに伝送保存するため、測定環境下でインターネット網(電話回線又は、無線の電波状)を用いてデータ伝送が可能であること。</p>
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>・現地での入力:弊社より提供のPC(現場での作業時のみ) ・点検調書データのダウンロード:ブラウザ Chrome ・「イクシクラウド ver1.0」(自社開発ソフト)</p>

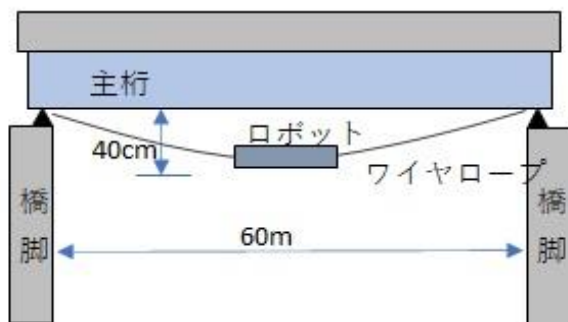
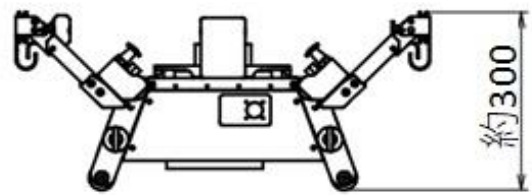
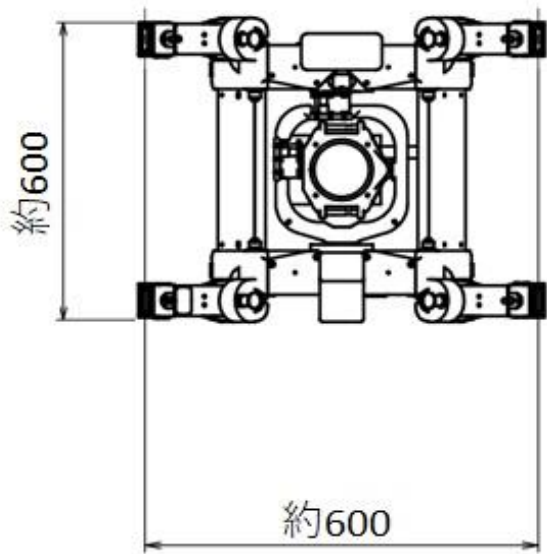
6. 留意事項(その1)

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	桁下と移動装置の離隔幅は、400mm以上を保持すること。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	高所作業における一般的な安全事項実施のこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	装置設置位置(橋脚天端)へ立ち入りの際に交通規制を行う可能性がある。	-
	その他	計測装置設置・撤去時作業足場を設けること	-

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	計測装置設置・測定マニュアル(イクシス社製)の理解	-
	必要構成人員数	操作1人、補助員1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格作業は無し	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置外観が視通できる範囲	-
	点検費用	1回計測(計測面積500㎡) ¥1,000,000--(計測装置レンタル費+画像解析費)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・対人・対物最大3億円の動産保険に加入	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態:リース等の入手性	レンタル	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	製品提供会社(イクシス社)による自社点検	自社点検項目に従い実施
	その他	-	-

7. 図面



1. 基本事項

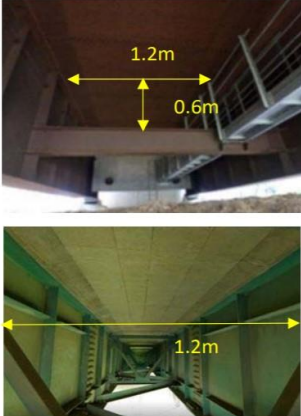
技術番号	BR010009-V0121		
技術名	全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク		
連絡先等	TEL: 03-6264-4648	E-mail: jiw_dbk@jiw.co.jp	事業推進部 建設土木担当
現有台数・基地	J2:300台 X2:5台	基地	〒104-0061東京都中央区銀座1-6-5 銀座Bビル3F 〒537-0021大阪府大阪市東成区東中本3-16-23 NTT東成ビル3F
技術概要	<p>本技術は狭小部に進入可能なインフラ点検用ドローンに関するものである。本計測機器は飛行中、画像処理によって構造物をリアルタイムで3次元空間として把握し、画像処理の機能によって一定の離隔(J2:1m、50cm、X2:1.5m)を確保しながら障害物との衝突を自動的に回避するドローンである。これらの機能は非GPS環境下に於いても動作する。前面部にはsonyのセンサーを用いたデジタルカメラを搭載している。点検用途で利用するための角度変更が可能なチルト、およびブレ防止のジンバル(3軸ジンバル)によって動作を制御する。</p> <p>本技術を利用した場合、ドローンによる橋梁の狭小部(部材間)をタブレット端末またはプロポ(送信機)を用いて撮影することができる。狭小部への進入に際して障害物を自動的に回避する機能を有することから、桁間、トラス部材間、フランジ上面、支承付近など、塗装剥がれやひびわれ、腐食状況などを撮影することができる。</p> <p>追加技術としてのX2では、J2の機能をそのままに、赤外線カメラ、ズーム機能等を備えている。</p> <p>ドローンで撮影した画像をオルソモザイク作成及びひびわれ図、三次元の点群作成等を可能としている。</p>		
技術区分	対象部位	鋼橋/Co橋/上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台)/支承部/路上	
	変状の種類	腐食/ゆるみ・脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/床版ひびわれ/抜け落ち/変形・欠損/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/変色・劣化/補修・補強材の損傷/漏水・滞水/支承部の機能障害/土砂詰り/舗装の異常	
	物理原理	静止画/動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の上面部と底面部に各3点ずつ、計6点の魚眼カメラを搭載している。 ・計測機器を稼働させるためのバッテリーは磁力で計測機器本体の底面部に装着および脱着する。 ・移動装置の前面部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを装着し、飛行中、動画の自動撮影を実施する。静止画を撮影する場合、操縦者が操作する送信機に有線接続されたタブレット端末から撮影ボタンによる操作が必要となる。計測したデータは計測機器に内蔵されるmicroSDカードに記録・保存される。 ・計測データは計測終了後、計測機器に挿入されているmicroSDカードから処理用端末にコピーし、処理を行う。 	
移動装置	移動原理	<p>【J2、X2】</p> <p>〈飛行型〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機体は4枚羽のドローンであり、搭載された6点の魚眼カメラの映像から周囲との距離を計算し、360°を常時画像解析することで一定の離隔を常に確保し続け、障害物との衝突を回避する。画像処理によって飛行する傍ら、GNSS測位による計測データへの位置情報付与なども可能である。 	
	運動制御機構	通信	<p>【J2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無線通信を利用。 ・周波数:2.4GHz帯、出力:10mW/MHz <p>【X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周波数:2.4GHz帯、出力:10mW/MHz
		測位	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS ・GLONASS ・V-SLAM
		自律機能	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自律機能有、V-SLAMによる制御機構への入力には6点の魚眼カメラ及びメインカメラの映像信号。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<ul style="list-style-type: none"> ・映像信号を用いた全天球方向の近接物認識により、プロペラから約1mの離隔を確保する。アグレッシブモードという近接撮影モードを利用する際は、プロペラから50cmまでの距離での近接が可能となる。
外形寸法・重量	<p>【J2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置):(L223mm×W273mm×H74mm) ・最大外形寸法:(L223mm×W273mm×H74mm) ・最大重量(775g) <p>【X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置):(L663mm×W569mm×H211mm) ・最大外形寸法:(L663mm×W569mm×H211mm) ・最大重量(1325g) 		
搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
動力	<p>仮設電源:無し</p> <p>【J2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・移動装置のバッテリーより供給 ・定格容量:11.4V、-4,280mAh(48.79Wh) <p>【X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・移動装置のバッテリーより供給 ・定格容量:11.4V、-8200mAh(95Wh) 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>【J2】</p> <p>23分(外気温:-5~40°Cの場合)</p> <p>【X2】</p> <p>35分(外気温:-5~40°Cの場合)</p> <p>※連続飛行をする場合、一度手元に戻し、電源断→バッテリー交換→電源入(約2分)が追加される</p>		
計測装置	設置方法	<p>【J2、X2】</p> <p>移動装置と一体的な構造</p>	
	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	<p>【J2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SONY製カメラ 型番IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056pixel×3040pixel)、焦点距離(20mm[35mm換算]) <p>【X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SONY製カメラ 型番IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056pixel×3040pixel)、焦点距離(20mm[35mm換算]) ・赤外線カメラ FLIRボソン320(ジンバル) ・センサー(非冷却マイクロボロメーター)、ピクセルサイズ(12μm)
		パン・チルト機構	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉛直-110° ~90°
		角度記録・制御機構機能	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにて方向制御可能。角度記録なし。
		測位機構	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GLONASS、V-SLAM、IMU、飛行運動制御機構と共用
	耐久性	-	
動力	<p>【J2、X2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動装置のバッテリーより供給(直接接続) 		

	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>【J2】 ・5時間(外気温30℃、20分に1回の計測)</p> <p>【X2】 ・1時間(外気温12℃、25分に1回の計測) 外気温が高いときには、冷却時間が必要。</p>
データ 収集・ 通信 装置	設置方法	<p>【J2、X2】 移動装置と一体的な構造 移動装置のmicroSDスロットにSDカードを挿入する</p>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	<p>【J2、X2】 ・記録メディア(microSDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを有線接続された送信機経由でタブレット端末に伝送し、内部ストレージに保存、もしくはmicroSDを取り出し、パソコンなどの内部ストレージにコピーする</p>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	<p>【J2、X2】 機体内部のmicroSDカードに保存する</p>
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	移動装置と一体であるバッテリーから供給
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 未検証 【標準試験値】 【X2】 水平移動無し	【J2】 ・計測器が雨に晒されないこと ・風速11m/s未満の自然風であること 【X2】 風速 1.2m/s
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 ・J2 1.2m幅の狭隘部への進入可能 ・X2 未検証 【標準試験値】 【J2】 1.2m幅の狭隘部への進入可能 【X2】 3.0m幅の狭隘部への進入可能 	【J2】 風速:3m/s 【X2】 風速:4m/s
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 未検証 【標準試験値】 【J2】 【飛行型】 操作場所からの最大距離300m (狭小部進入による電波の回り込みを含む) 【X2】 不明	・周囲に電波を発するものがないこと ※送信機のカタログスペック上、3.5kmまで電波伝送可能 だが、本計測装置と併用して通信距離が200mを超える場 合には、計測装置からタブレット端末への映像伝送に乱れ が生じる場合がある。
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 【J2、X2】 GPS/GLONASSの精度に準ずる 【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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	【標準試験値】 【J2】 風速:1.4m/s 【X2】 風速:0.1m/s 飛行距離:6.0m 所要時間:36秒
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【標準試験値】 【J2】 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.096mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.17mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.13mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.14mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0mm 【X2】 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm 【照度 253.2luxの時】 ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.096mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.058mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.082mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.10mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.31mm 【標準試験値】 【J2】 被写体距離:2.0m 照度:253.2lux 【X2】 被写体距離:1.5~2.0 m 風速:0.1~1.2 m/s 照度:11.9~76.8 kLux
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	【標準試験値】 【J2】 被写体距離:2m 風速:1.7m 照度:16000lux 【X2】 被写体距離 4m 風速 1.6 m/s 照度 14.7~40.7 kLux
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【標準試験値】 【J2】 被写体距離:2m 風速:1.7m 照度:16000lux 【X2】 被写体距離 4m 風速 1.6 m/s 照度 14.7~40.7 kLux kLux
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	【J2】 照度:90.3lux 【X2】 照度:11.9~76.8 kLux

※「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	ドローンで撮影し、得られた画像データから変状を検出する手順を示す。 スティッチ(合成画像)及び損傷画像、3次元点群情報等から損傷の位置、大きさの把握を行う。 ①撮影した画像を正対画像及び1径間及び部材毎でつなぎ合わせる。(スティッチの作成)(手動) ②ひびわれの自動検出ソフトでの抽出及びスティッチ画像でクラックスケールと比較を行う。(自動及び手動) ③自動で抽出したものについては、目視で確認し、手動で消去及び追記を行う。 ④損傷画像でひびわれ以外のの変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出を行う。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	富士フイルム株式会社「社会インフラ画像診断サービス ひびみっけ」(市販ソフト)	
	検出可能な変状	・ひびわれ0.1mm以上、鋼材の腐食、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・「ひびみっけ」はSkydio2Iによって撮影した画像から近接目視点検の代替として画像診断を行う。 ドローンでの損傷の撮影は正しいカメラ設定と撮り方でないと損傷が写らない可能性があります。 撮影後、「ひびみっけ」は撮影した画像の合成とAIによる損傷検出を行い、画像診断を行う際のサポートを行うツールです。 ・撮影条件及び仕様等 カメラ機種:ドローン内蔵カメラ(1200万画素) 撮影モード:マニュアルモード ISO感度:ISO 200 SSシャッタースピード:床版撮影時(晴天時500 lux以上):1/240秒以上 橋脚撮影時:Auto設定 検出性能:ひび幅0.2mmのひび:0.6mm/画素 詳細:次章撮影距離参照 画質:最高(ファイン・スーパーファイン等)
	ひびわれ幅および長さの計測方法	手動の場合 スティッチ画像で確認できるひびわれを同尺度のクラックスケールを当て込み幅及び長さの計測を行う。 自動の場合 「ひびみっけ」により幅および長さを抽出し作成する。	
	ひびわれ以外	スティッチ画像で確認できる損傷をを同尺度のクラックスケールを当て込み幅及び長さの計測を行う。	
	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	
	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 橋梁部材データ:点群データ	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG、DXF、DWG、TIFF、PNG
	ファイル容量	カラー／白黒画像	カラー可、白黒可
	画素分解能	その他留意事項	検出性能:ひび幅0.2mmのひび:0.6mm/画素 画像の品質に精度が伴う。
出力ファイル形式	JPEG、DXF、DWG、TIFF、PNG		
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所得する。 ②過年度損傷写真及び新規損傷を径間番号、部材名、位置等がわかるように野帳に記入し、フォルダ整理を行う。 ③点検調書の更新及び損傷図作成等作成する。 ④スティッチ画像作成 ⑤ひびわれ図の作成 ⑥三次元点群作成 ⑦作成データを保存し、受け渡しを行う。		
調書作成支援の適用条件	桁内や曇天時は光量が足りず撮影が困難です。 ドローンを移動しながら撮影する場合は、1mph内の速度とし、1shot/sの撮影間隔で撮影する必要がある。 内蔵カメラはISO200より上げると画質劣化の可能性があります。F値 F2.8 対象から正対して撮影する必要があります。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	現地での撮影:J2、X2 データダウンロード、OS:windows8以上、ブラウザ、Chrome		

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)
道路幅員条件	-	-
桁下条件	【J2】 桁下高さ1m程度は進入のために必要 【X2】 桁下高さ2m程度は進入のために必要	-
周辺条件	-	-
安全面への配慮	【J2、X2】 飛行中は操縦者および補助者による監視し、作業中看板の設置。 バッテリーと移動装置を配線構造ではなく、マグネットの接続端子構造にしているため、衝撃を受けた際に本体と外れることにより、発火の危険性が少ない構造となっている。	-
無線等使用における混線等対策	事前に無線の混線状況を確認すること	-
道路規制条件	-	路面上での作業を行う時は、第三者及び影響範囲においては、管理者と協議の上、規制等を行う。
その他	【J2】 ・現場での離着陸箇所を確認を行うこと ・夜間計測不可 ・雨天計測不可 ・風速(11.2m/s)以上は飛行不可 ・照度が100lux以下は離陸不可 【X2】 ・現場での離着陸箇所を確認を行うこと ・雨天計測不可	-

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)
調査技術者の技量	飛行ソフトウェア操作性について一般的な知識が必要	当社の講習を受講すること
必要構成人員数	現場責任者1人、操作員1人、補助員1人 合計3名	現場条件により、現場責任者は操作員又は補助員を兼ねることも可、その場合の必要構成人員数は2名となる
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	当社が実施する講習を受講していること	目視外飛行やその他法令で制限される事項については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	【J2、X2】 一般的な無人航空機の飛行環境に準ずる 作業ヤード範囲:1m 操作場所:計測機器より300m以内	【J2】 照度が確保できない閉空間は飛行不可(箱桁内部など) 離着陸箇所の機体から上空が2m未満の場所は飛行不可 【X2】 離着陸箇所の機体から上空が2m未満の場所は飛行不可
点検費用	【J2】 【橋梁条件】 直轄国道 橋梁定期点検要領による目安 橋種[コンクリート/鋼橋] 橋長 70m 幅員 20m 部位・部材[上部工・下部工・路面除く] 活用範囲[1400㎡] 検出項目[静止画、動画] <費用>合計 600,000円(経費含む) 作業時間:1日 3人1班体制時 【X2】 見積対応	・橋種、撮影メニュー及び橋長が短い橋梁等、現場状況に応じて見積り対応となる場合がある ・データの納品手法(3次元化、オルソモザイク作成)は別途計上
保険の有無、保障範囲、費用	【J2、X2】 対人・対物補償保険有	-
自動制御の有無	【J2、X2】 対象物へ接近するための自動飛行モード有	特定箇所への接近動作を自動で行うものであり、ウェイポイントによる広域の自動航行ではない
利用形態:リース等の入手性	【J2】 当社の研修受講者による点検実施 用途(条件)に応じてレンタル可能のため、要問合せ 【X2】 販売対応予定	技術対応の例 ・点検委託 ・オペレーター付き派遣 ・レンタル対応
不具合時のサポート体制の有無及び条件	【J2】 不具合時対応は、当社講習を受講者が実施	-
センシングデバイスの点検	【J2、X2】 飛行前にセンサーカメラに付着した塵・汚れなどは清潔な布で拭き取ること	
その他	-	-

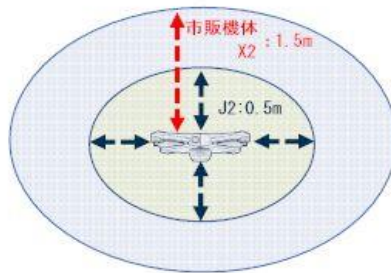
作業条件・運用条件

7. 図面

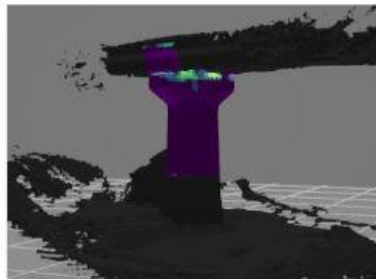
J2		X2	
外観	機体サイズ	外観	機体サイズ
			
V-SLAM (魚眼レンズ)		V-SLAM (魚眼レンズ)	
			

下面にも同様に3箇所あり

狭隘部への進入性能



3D画像



オルソ画像、ステッチ、画像処理



1. 基本事項

技術番号		BR010010-V0121	
技術名		デジタルカメラを用いた画像計測ソリューション	
	技術バージョン	1.0.0.0	作成: 2021年10月
開発者		株式会社 ニコン・トリムブル	
連絡先等		TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp ジオスペーシャル事業部マーケティング課
現有台数・基地		量産可能	基地 -
技術概要		<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラとタブレットPC(Windows10)を接続して使用する。 ・現場に合わせて、一脚や台車付き三脚と組み合わせて、人力により撮影を行う。(図2参照) ・望遠レンズを使用することで、10m遠の0.2mm幅のひびわれを計測できる。 <p>【ソフトウェアによる撮影・画像合成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カメラからタブレットPCに画像を取り込むことで、リアルタイムに確認用合成画像を生成し、取り漏れがないことを確認しながら撮影ができる。(図3参照) ・環境に合わせて、カメラの設定をひび計測に適切な値に自動で調整します。 ・撮影後に、高解像度合成画像を生成する。 <p>【自動ひびわれ検出・幅計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高解像度合成画像から、自動でひびわれを検出・幅計測ができる。 ・計測したひびわれは、画像と合わせてDWG/DXFとして出力できる。 <p>【ソフトウェア構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高解像度合成画像の生成、自動ひびわれ検出・幅計測は、クラウド/オフィスPCのどちらでもできる。 	
技術区分	対象部位	溝橋(ボックスカルバート)、上部構造(床版)、下部構造(橋脚、橋台)	
	変状の種類	ひびわれ、床版ひびわれ	
	物理原理	画像/動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・本計測機器は、デジタルカメラ、一脚、タブレットPC、タブレットホルダで構成される。 ・舗装環境では三脚と台車を使用するなど、現場に合わせて構成を変えることができる。 ・撮影面に対し、略正対した姿勢で撮影を行う。(相対角30° 以内) ・床版に対し、本計測機器ごと水平に移動し、対象領域を網羅するように撮影を繰り返す。 ・タブレット上に、確認用合成画像をリアルタイムに生成する。 ・合成画像上に、現在視準している領域枠を重ねて表示することで撮影位置の調整をサポートする。 ・画像データは、タブレットPCに保存される。
移動装置	移動原理	<p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影面に対し、略正対した姿勢で撮影を行う。(相対角30° 以内) ・床版に対し水平に移動し、対象領域を網羅するように撮影を繰り返す。
	運動制御機構	<ul style="list-style-type: none"> 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	人力
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
	設置方法	一脚に雲台を介して、カメラを取り付ける。
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法、重量は使用する一脚により変動する。(図2の構成で: 約40cmx40cmx150cm、3.6kgf) ・デジタルカメラ寸法・重量 <ul style="list-style-type: none"> - 外形寸法: 約126.5mm x 93.5mm x 229mm - 重量: 約1.0kg
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> カメラ <ul style="list-style-type: none"> カメラ: (株)ニコン製デジタルカメラZ50 レンズ: (株)ニコン製レンズAF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G またはAF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED またはNIKKOR Z 20mm f/1.8 S センサーサイズ: 23.5mm x 15.6mm ピクセル数: 5568x3712 焦点距離: 40mm (AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G) または90mm (AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED) または20mm (NIKKOR Z 20mm f/1.8 S) パン・チルト機構 <ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向: 上下90° 水平方向: 360° 角度記録・制御機構機能 <ul style="list-style-type: none"> ・撮影済み画像とのオーバーラップが適切な値になったとき、自動撮影を行う。 ・タブレット上に、確認用合成画像をリアルタイムに生成する。 ・合成画像上に、視準している領域枠を重ねて表示することで撮影位置の調整をサポートする。 ・カメラ画像により、撮影開始場所からの相対位置および、面に対する相対角を記録する。 測位機構 <ul style="list-style-type: none"> ・高解像度合成画像の生成時に、各画像の撮影位置および自己位置を測位する。 ・目印となるマーカーなどの座標値を記録しておくことで、ひびわれ自動計測ソフトウェアへの取り込み時に、測地系座標を付与できる。
	耐久性	防水・防塵なし
	動力	カメラは、内蔵バッテリーにて駆動する。
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約320コマ撮影可能 (標準的な使用例で約1時間に相当)
	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・データはタブレットPC(Windows10、市販品を使用可能)に保存される。 ・一脚に、タブレットホルダを介し、タブレットPCを取り付ける。 ・カメラとタブレットPCをUSBケーブルで接続する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	使用するタブレットPCにより変動する。
データ収集・通信装置	データ収集・記録機能	タブレットPCの記憶装置に保存する。
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)	USB規格の有線通信により、デジタルカメラとタブレットPCは通信を行う。
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)	-
データ収集・通信装置	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	タブレットPCは、内蔵バッテリーにて駆動する。
データ収集・通信装置	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	使用するタブレットPCにより変動する。

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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 30cm角の間口があれば進入、撮影可能 【標準試験値】 未検証	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 撮影中は測位精度の管理を行っていない。 【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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	雨天のもとでの作業不可 照度10000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30° 以内
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	雨天のもとでの作業不可 照度10000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30° 以内
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	雨天のもとでの作業不可 照度10000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30° 以内
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	雨天のもとでの作業不可 照度10000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30° 以内
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	雨天のもとでの作業不可 照度10000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30° 以内

※「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		<ol style="list-style-type: none"> 1. 撮影画像の合成とあおり補正を行う。合成およびあおり補正は、画像のオーバーラップ部や撮影ログ情報などから自動で行われる。 2. 作成した合成画像にスケールを与える。スケールは、撮影距離もしくは合成画像上の2点間距離の指定で付与する方法と、3点以上の既知点を指定しスケールと位置情報を付与する方法がある。 3. 合成画像から、ひびわれの自動抽出、自動幅計測を行う。 4. 抽出したひびわれをソフトウェア画面上で目視で確認し、ひびわれ以外の抽出結果を削除する。 5. CAD機能を用いて、ひびわれの番号・名称の記載を行う。 6. ひびわれ以外の変状の記載、床版外形のトレースを行う(オフィスPC版のみ)。 7. 表計算ソフトを用いる場合はひびわれリストの出力を行う。また、CADを用いる場合はDXF/DWGの出力を行う。 	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	オフィスPC版自社開発ソフト Trimble Business Center Ver.5.30以降 クラウド版自社開発ソフトSightFusion for Inspection Ver.1.0以降	
	検出可能な変状	ひびわれ(幅および長さ)	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<ul style="list-style-type: none"> ・画像解析による自動検出 画像上の陰影の違いを利用した輪郭抽出を適用する。検出感度は調整可能。 ・撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> 1) 本計測機器を使用して撮影を行う 2) 撮影モード: マニュアルモード 3) ISO感度: ISO500以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50% 5) 画質: 最高(ファイン) 6) 画質フォーマット: JPEG
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前準備: 合成画像上に写っている2点間の実際の距離を別途計測しておく(例: コンクリートブロックの角と角)。この計測結果を基準に計算した1ピクセルの大きさを用いて幅・長さを算出する。 ・幅: 検出されたひびわれ近傍の陰影の強度分布を解析する。陰影の強さと見えの関係のキャリブレーション情報を内部に有するため、1ピクセル以下の幅も計測可能(0.5ピクセル程度まで)。ただし、キャリブレーション情報はカメラとレンズの組み合わせにより、異なるため、指定のカメラ・レンズの使用が必要。 ・長さ: 検出されたひびわれの始点と終点の画像上の座標に、1ピクセルの大きさを乗ずることで算出する。
		ひびわれ以外	・人が画像を確認して、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)	・ひびわれの検出: 再現率85% (0.2mmのひびを有するサンプルについて、下記の“画素分解能”に記載の距離で撮影、ひびわれ計測を行い、“計測結果のひびわれ長さ/実際のひびわれ長さ”を再現率としている。)
		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	本計測機器を使用して撮影した、画像およびプロジェクトファイルを使用する
		ファイル容量	1プロジェクトあたり、最大200枚まで撮影可能
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		ひびわれ幅が約0.5ピクセル以上の大きさを持つことが必要となる。 使用するレンズと計測する最小ひびわれ幅の組み合わせは、下記の通り。 最小ひびわれ幅0.10mmを計測する場合 NIKKOR Z 20mm f/1.8 S : 推奨距離1.5m以下 AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G: 推奨距離2.5m以下 AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED: 推奨距離4.0m以下 最小ひびわれ幅0.20mmを計測する場合 NIKKOR Z 20mm f/1.8 S : 推奨距離3.0m以下 AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G: 推奨距離5.0m以下 AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED: 推奨距離10m以下	
出力ファイル形式	DXF/DWG		
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	床版の直下で作業可能なこと	-
	周辺条件	照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター速度を長く設定する	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	桁下が道路である場合は、作業場所について制限が必要	-
	その他	・平面であること ・R形状は不可	-

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)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	作業員1人	-
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	・床版の直下(相対角30° 以内で撮影できる位置) ・床版から10m以内	-
点検費用	クラウド版自社開発ソフトSightFusion 使用料 月額10万円~	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
自動制御の有無	あり 指定オーバーラップになったときに、自動シャッターを行う	-
利用形態:リース等の入手性	・ソフトウェアは、購入または月額課金制 ・カメラ、レンズは指定機種を使用する ・タブレットPCはOSがWindows10のものを使用する ・機材について未所有の場合は購入	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り 担当営業経由にてサポートを行う	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	最新の対応カメラ、レンズについてはお問合せ下さい。	-

7. 図面

図1. 撮影条件概要

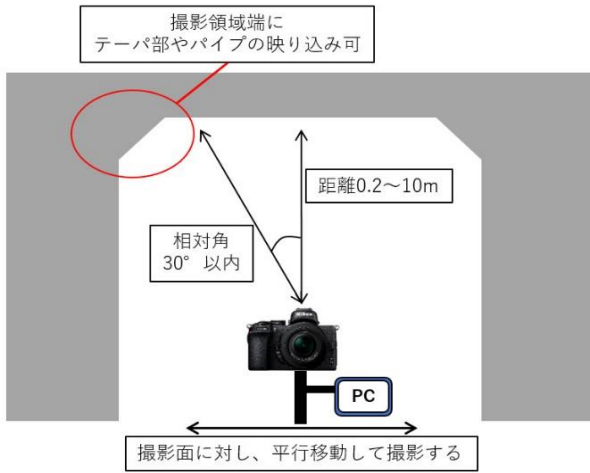
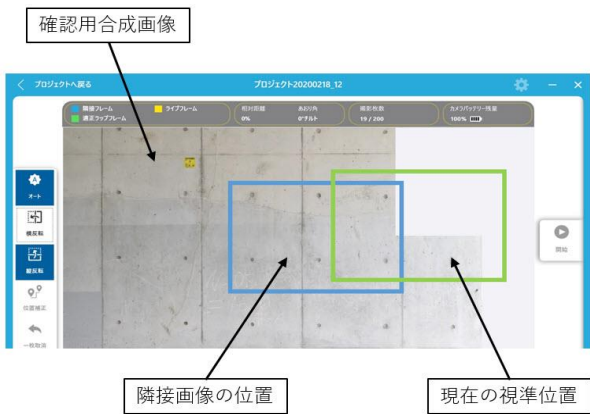


図2. 外形



構成例
(一脚、パナソニック タフパッドFZ-M1、タブレットホルダー)

図3. 使用時のタブレット画面



1. 基本事項

技術番号		BR010011-V0121		
技術名		画像計測ソリューションNivo-i		
	技術バージョン	1.1.1.2	作成: 2021年10月	
開発者		株式会社 ニコン・トリムブル		
連絡先等		TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp	ジオスペーシャル事業部マーケティング部マーケティング課
現有台数・基地		5台	基地	東京都大田区南蒲田
技術概要		<p>【画像トータルステーション】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本製品は画像センサを内蔵したサーボトータルステーションであり、画像撮影時の水平角・垂直角・対象までの距離を計測できる。 ・角度および距離情報から撮影画像をオルソ化し、相対位置を付与することができる。 ・後方交会法などにより、画像に測地系座標を付与することもできる。 ・モーターを内蔵しているため、指定した領域の撮影を自動で行うことができる。 <p>【自動ひびわれ検出・幅計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高解像度合成画像をひびわれ自動検出ソフトウェアに取り込み、自動でひびわれを検出・幅計測ができる。 ・計測したひびわれは、画像と合わせてDWG/DXFとして出力できる。 		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)、下部構造(橋脚、橋台)		
	変状の種類	ひびわれ/床版ひびわれ		
	物理原理	画像/動画		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・本計測機器は、画像センサを有するサーボトータルステーションである。 ・本計測機器は、測量用三脚に取り付けられ、固定した位置で回転しながら視準方向を変えて撮影を行う。 ・撮影面に対し、相対角45°以内であればひびわれ計測可能な画像を撮影することができる。 ・計測データはUSBメモリに出力され、計測終了後にひびわれ計測ソフトで解析することができる。 	
移動装置	移動原理	【据置】 測量用三脚に本機を固定して計測を行う。	
	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)	-	
	設置方法	測量用三脚に本機を固定する。	
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・約173mm x 174mm x 315mm ・約5.2kg 	
	センシングデバイス	カメラ	画像計測ソリューションNivo-iの内蔵カメラ ピクセル数:1920x1080
		パン・チルト機構	鉛直方向:-40° ~90° 水平方向:360°
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> ・本体のタッチパネル部から、撮影領域を指定する。 ・撮影領域から撮影計画を生成し、自動撮影を行う。このとき、内部に有するモーターにより、水平軸および垂直軸を回転する。これを繰り返すことで、指定した領域を自動撮影する。 ・撮影時の角度および対象までの距離を記録する。
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> ・測距・測角センサによる後方交会法などにより、自己位置を測位できる。 ・撮影時の測距・測角値により、撮影した画像位置および画像上のひびわれの位置を測位できる。
	耐久性	IP55	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約8時間		
データ収集・通信装置	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)	-	
	データ収集・記録機能	内部記憶装置またはUSBメモリに記録する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	USB規格	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 標準偏差0.5mm以内 測角精度:2" (約0.0006°) 測距精度:±(3+2ppm×D)mm (Dは対象までの距離) 【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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45° 以内
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45° 以内
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45° 以内
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45° 以内
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45° 以内

※「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		<ol style="list-style-type: none"> 1. 撮影画像をあおり補正し、位置を付与する。あおり補正、位置付与は、測角・測距情報から行われる。 2. あおり補正済み画像から、ひびわれの自動抽出、自動幅計測を行う。 3. 抽出したひびわれを、ソフトウェア画面上で目視で確認し、ひびわれ以外の抽出結果を削除する。 4. CAD機能を用いて、ひびわれの番号・名称の記載を行う。 5. ひびわれ以外の変状の記載、床版外形のトレースを行う。 6. 表計算ソフトを用いる場合はひびわれリストの出力を行う。また、CADを用いる場合はDXF/DWGの出力を行う。 		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	オフィスPC版自社開発ソフト Trimble Business Center Ver.5.20以降		
	検出可能な変状	ひびわれ		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<ul style="list-style-type: none"> ・画像解析による自動検出 ・画像上の陰影の違いを利用した輪郭抽出を適用する。検出感度は調整可能。 ・撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> 1) 本計測機器を使用して撮影を行う 2) 撮影設定は自動で調整される 	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事前準備: 画像までの斜距離を本計測器は得ることができる。この計測結果から計算した1ピクセルの大きさを用いて幅・長さを算出する。 ・幅: 検出されたひびわれ近傍の陰影の強度分布を解析する。陰影の強さと見えの関係のキャリブレーション情報を内部に有するため、1ピクセル以下の幅も計測可能(0.5ピクセル程度まで)。 ・長さ: 検出されたひびわれの始点と終点の画像上の座標に、1ピクセルの大きさを乗ずることで算出する。 	
		ひびわれ以外	<ul style="list-style-type: none"> ・人が画像を確認して、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)	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれの検出: 再現率85% (0.2mmのひびわれを有するサンプルについて、下記の“画素分解能”に記載の距離で撮影、ひびわれ計測を行い、“計測結果のひびわれ長さ/実際のひびわれ長さ”を再現率としている。) 	
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> ・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	本計測機器を使用して撮影した、画像およびXMLファイルを使用する	
		ファイル容量	1プロジェクトあたり、最大1000枚まで撮影可能	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれ幅が約0.5ピクセル以上の大きさを持つことが必要となる。 本計測器における最小ひびわれ幅との組み合わせは、下記の通り。 最小ひびわれ幅0.10mmを計測する場合 推奨距離20m以下 最小ひびわれ幅0.20mmを計測する場合 推奨距離40m以下 		
その他留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・濡れた面のひびわれは検出が困難 ・対象面との相対角45°以下 			
出力ファイル形式	DXF/DWG			
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	-			

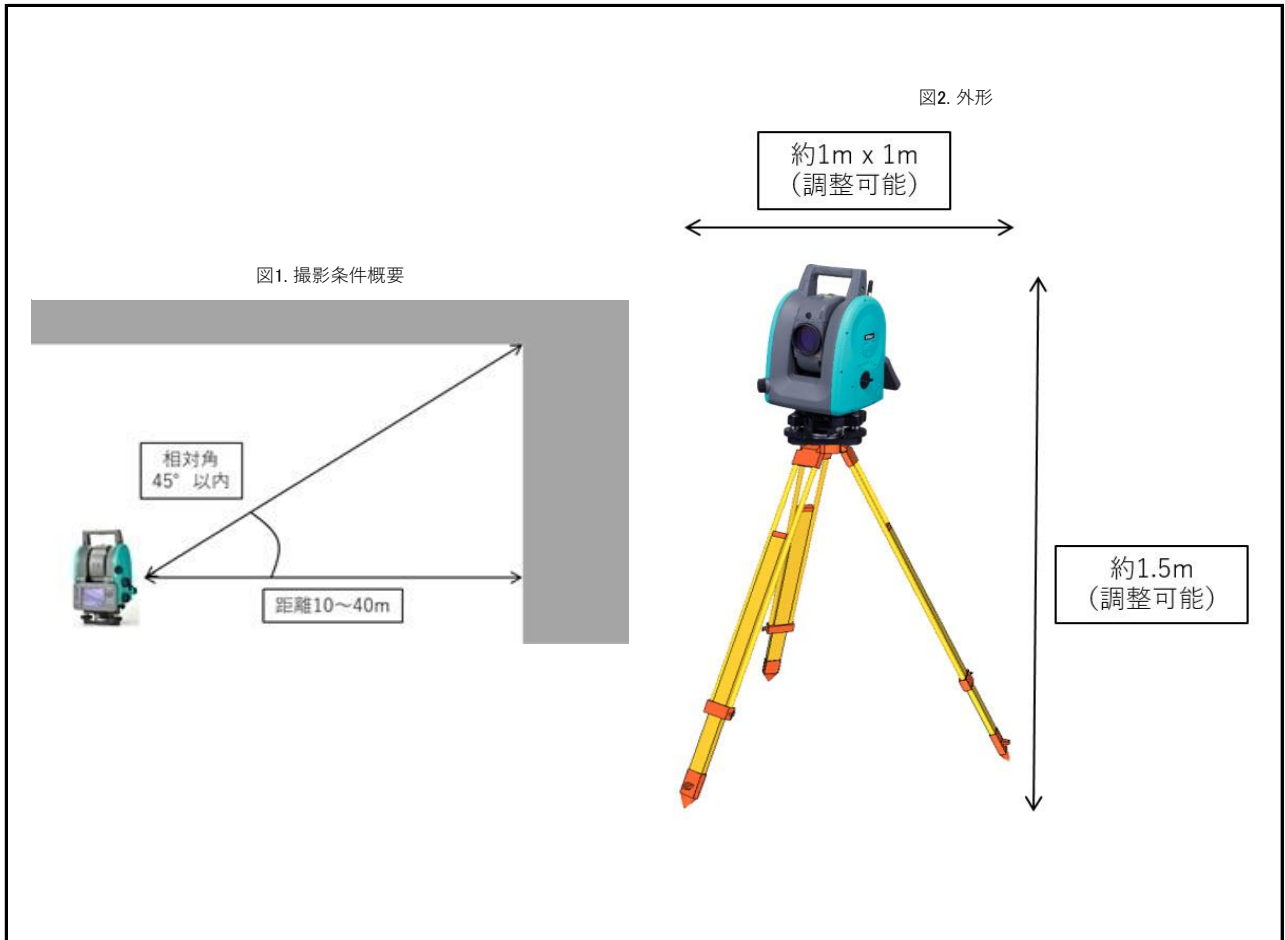
6. 留意事項(その1)

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	-	-
	周辺条件	照度500lx以下の時は、投光器が必要	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・平面であること ・R形状は分割すれば撮影可能 	-

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	作業員1人	-
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	・橋脚・橋台の全体を視認可能な位置 ・相対角45° 以内で撮影できる位置 ・橋脚・橋台から10~40m以内	-
点検費用	・ Nivo-iレンタル費用 35万円/月~ ・ Trimble Business Center購入標準価格 100万円 (ソフトは購入のみ)	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
自動制御の有無	あり 自動で回転、撮影を繰り返すことで対象面を自動で撮影する	-
利用形態:リース等の入手性	・ソフトウェアは、購入またはレンタル ・Nivo-i本体はレンタル	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
不具合時のサポート体制の有 無及び条件	有り 担当営業経由にてサポートを行う	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-

7. 図面



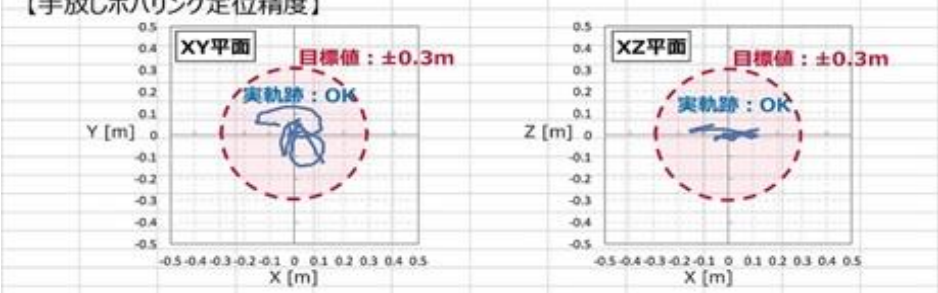
1. 基本事項

技術番号	BR010012-V0121		
技術名	UAVを用いた近接撮影による橋梁点検支援システム		
技術バージョン	Version 1.1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社デンソー まちづくりシステム開発部UAVソリューション事業推進室		
連絡先等	TEL: 0566-87-3386	E-mail: kei.yoshidaj6t@jp.denso.com satoshi.kochiyama.j7m@jp.denso.com	株式会社デンソー まちづくりシステム開発部UAVソリューション事業推進室 吉田 敬(よしだ けい)
現有台数・基地	13台	基地	愛知県刈谷市
技術概要	<p>本技術は橋梁の点検の業務において、カメラ搭載の可変ピッチプロペラ付UAVを用いて高精度の近接写真撮影を行い、抽出した変状から損傷図を作成し、点検写真と損傷図を納品するサービスである。 詳細は、以下HP参照ください。 https://www.denso.com/jp/ja/business/products-and-services/other-industries/industry/UAV/</p>		
技術区分	対象部位	コンクリート橋 上部構造(主桁、横桁、床版)／下部構造(橋脚、橋台、壁面)	
	変状の種類	ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／床版ひびわれ	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は可変ピッチ機構付き6翼のUAV (Unmanned Aerial Vheicle) である移動装置の上部もしくは下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</p> <p>目的に合わせ、撮影距離を調整し、安定した飛行性能により、高品質の写真撮影を実現している。計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p> <p>移動装置の位置・速度制御には測量用トータルステーション(TS)を使用する。移動装置に取り付けたプリズムをトータルステーションから視準し移動装置の位置・速度を測定する。</p>
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>機体は、可変ピッチ機構付き6翼のUAV (Unmanned Aerial Vehicle)であり、測量用トータルステーション(TS)を用いて、橋梁下のGNSS測位ができない場所でも、設定した経路を正確に飛行が可能である。</p> <p>機体には、プリズムが装着されており、TSは、常にUAVの正確な位置を計測している。その位置情報を電波でUAVへ伝えていく。UAVは、あらかじめ設定された航路と、実際の位置(TSの計測値)とを比較することで位置ずれを補正しながら、飛行する。可変ピッチ機構とTSを利用した位置補正により、瞬間10m/s程度の突風があっても、xyz軸各軸±0.3mの誤差で飛行が可能である。</p> <p>また、レーザー測距センサーを前・上・下の3方向に装着しており、衝突回避や、対象物との距離を一定にするために用いている。</p> <p>これら機能により、対象物との距離を一定に保ち、正対した写真撮影を実現している。</p>
	通信	無線通信、2.4GHz帯、10mW
	測位	トータルステーション自動追尾測位
	自律機能	自動飛行機能有、制御機構への入力は、トータルステーションによるUAVの位置・速度測位情報
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	衝突回避制御(レーザー測距センサーを前・上・下の3方向の装着しており、あらかじめ設定した距離以上には接近しない制御をしている)
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置に対して、上側もしくは下側に計測装置を装着 ・最大外形寸法(L1530mm×W1500mm×H755mm、上側に計測装置を付けた場合) ・最大重量(11.8kgf)
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・専用の計測装置を外した場合 ・最大外形寸法(L1530mm×W1500mm×H520mm) ・重量(9.8kgf)、ペイロード(2kgf)
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:25.9V、9.0Ah x 2 ・十分な予備バッテリーを用意する場合は、バッテリーの充電設備は特には不要
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・最大15分(外気温:25°Cの場合)	
計測装置	設置方法	移動装置の上部または下部の取付穴に計測機器を取り付ける。計測機器には押し込みによる固定・固定解除式の取付治具が4個取り付けられており、これを移動装置側の取付穴に挿入することで計測機器を移動装置に固定する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置:最大外形寸法(L210mm×W190mm×H255mm) ・最大重量(2kgf)
	センシング カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・SONY製カメラ 型番α6000シリーズ ・センサーサイズ(縦15.6mm×横23.5mm)、ピクセル数(縦6000pixel×横4000pixel)、焦点距離(50mm)
	パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平0° ~360° ・鉛直0° ~90°
	角度記録・制御機構 機能	ジンバルにて上記パン・チルトの制御可能
	測位機構	トータルステーション測位座標
	耐久性	防水・防塵性能についてIPコード非該当
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・センシングデバイスであるカメラに内蔵されるバッテリーにより駆動 ・十分な予備バッテリーを用意する場合は、バッテリーの充電設備は特には不要
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	約1時間程度(写真枚数による。バッテリー残量の低下で交換。)	
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置の上部または下部に計測装置とともに、データ通信装置を取り付ける。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置:最大外形寸法(L210mm×W190mm×H255mm) ・最大重量(2kgf)
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・記録メディア(SDカード)に保存 ・撮影現場にて、専用ストレージへ保存
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input checked="" type="checkbox"/> 有 【性能値】 自然風に対して計測装置をxyz軸各軸 $\pm 0.3\text{m}$ 範囲内に維持する。 【標準試験値】 未検証 構造物近傍での安定性能、運動位置性能 各橋脚大橋 P2橋脚付近での実験結果 【手放しホバリング定位精度】 	【性能値】 平均風速 5m/s (最大風速 10m/s)の自然風
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 L約 6.5m ×W約 7.5m ×H約 4.5m 【標準試験値】 未検証	【性能値】 平均風速 5m/s (最大風速 10m/s)の自然風
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 パイロットから 150m 程度まで 【標準試験値】 未検証	【性能値】 平均風速 5m/s (最大風速 10m/s)の自然風
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 速度 0.8m/s 飛行時において、計測装置の位置ログと自動追尾型トータルステーション測定との誤差はxyz軸各軸 $\pm 0.3\text{m}$ 。 【標準試験値】 未検証	【性能値】 平均風速 5m/s の自然風

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 【標準試験値】 風速:1.8 m/s 移動距離: 10m
		標準撮影:0.8m/s(対物距離3.9m、0.3mm/pixel)		
		<国交省検証結果による結果> 試験日:令和2年1月21日 【性能値】 0.0~1.0m/sまで設定可能 標準撮影:0.6m/s(対物距離3.9m、0.3mm/pixel)		
		【標準試験値】 撮影速度:0.58m/s		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 0.1mm以上のひびわれの検出可 【標準試験値】 ひびわれ幅:計測精度 0.05mm:(0.1mm未満と検出可能も計測不能) 0.1mm : 0 0.2mm : 0 0.3mm : 0 1.0mm : 0
長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 99.4%	【性能値】 平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 照度:500 lx以上 【標準試験値】 照度:21800 lx
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】 X軸方向: 0.022m Y軸方向: 0.014m	【性能値】 平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 照度:500 lx以上 【標準試験値】 照度:21800 lx
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】 照度:2614 lx フルカラー識別可能	【性能値】 平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 照度:500 lx以上 【標準試験値】 照度:2614 lx

※「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>各写真は、対象物との離隔距離が一定で、正確にオーバーラップ、サイドラップが確保されているため、高品質なオルソモザイク画像が生成できる。</p> <p>①写真撮影(自動飛行で撮影、ピンぼけ写真抽出、ラップ率確認は自動)</p> <p>②写真選別(自動)</p> <p>③オルソモザイク画像作成(自動)</p> <p>④変状抽出(手動)</p> <p>変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認できるものを抽出 同じ離隔距離で撮影したクラックスケールと比較することで、ひびの幅を計測 長さは、ピクセルの数で計測</p> <p>⑤抽出した変状を損傷図としてCAD図へ転記(手動)</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	-		
	検出可能な変状	-		
	変状検出の原理・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	-	
		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	-	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	-	
		ファイル容量	-	
		カラー／白黒画像	-	
画素分解能		-		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	-			
調書作成支援の手順	<p>デンソーが損傷図を作成し、納品する。 その手順は、「画像計測・調書作成支援」「変状検出手順」のとおり</p>			
調書作成支援の適用条件	<p>デンソーが納品する損傷図は、点検診断員の判断で作成したものであるが、納入先にて点検調書作成の際は、損傷図の確認、必要に応じ編集が必要となる。</p>			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<p>標準損傷図作成、dwg形式で出力。応相談。</p>			

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)
道路幅員条件	制限なし	-
桁下条件	桁下高さ6m以上(対物離隔3.9mの標準撮影の場合)	-
周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・トータルステーションから見通せること ・飛行経路から3m程度内に樹木や架線など飛行を阻害する恐れのある障害物が無いこと ・UAVの通信を妨害する電磁波を発生する無線装置やアンテナが無いこと 	-
安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・安全教育を含むドローン専用研修を修了したドローン指定チームにて運用 ・3方向距離センサーによる衝突防止機能 ・想定区域外への逸脱防止のためのキルスイッチ、ジオフェンス ・機体、機材の定期点検、現場での簡易点検とテストフライト 	-
無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> ・機体操縦系は2.4GHz、画像伝送は5GHz帯電波を使い分け ・機体操縦系の通信異常時は自動着陸制御 	-
道路規制条件	橋面より上を飛行しない場合は、道路面の規制は特に必要ない。橋梁下の飛行エリア内の道路についてなど、現場環境に応じて交通規制の検討が必要。	-
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・500lx程度以上の明るさが必要 ・気温5℃以下は撮影不可 ・雨天時は撮影不可 	-

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	デンソー指定チームにて運用	-
	必要構成人員数	デンソー運用チームは、3人(機体操作者、ジンバルカメラ操作者、テレメトリ・監督者)	現場の状況に合わせ、安全監視補助者が必要か検討する
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	デンソー指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	基地局:半径3m以上, 離発着:半径3m以上	-
	点検費用	1,100円/㎡(標準撮影、各務原大橋3径間(180m)の場合。上部工3783m ² + 下部工705m ² 計3783m ²)	橋梁毎に、点検撮影仕様、点検撮影部位に基づき個別に費用見積もりします。
	保険の有無、保障範囲、費用	有。 デンソー業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。	-
	自動制御の有無	自動飛行制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	デンソーが請け負い、デンソー指定チームで運用し、損傷図と撮影写真を納品物とする	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合発生時は、デンソーにて対応する	-
	センシングデバイスの点検	社内規定により飛行100時間毎に定期点検を行う	-
その他	-	-	

7. 図面

UAV機体説明

<UAV機体>



機体諸元

体格(mm)	1530 x 1500 x 525	プロペラ径	18インチ x 6ローター	重量	10.0kg(バッテリー含む)
耐風性能	10m/s	パイロード	2.0kg	飛行時間	15分

<非GPS環境での位置制御と衝突回避>

①自己位置計測→位置&速度制御
: TSLレーザー追尾による高精度測位



プリズムをレーザー追尾

位置情報

②対物距離計測→衝突回避
: 光センサによる3方向計測

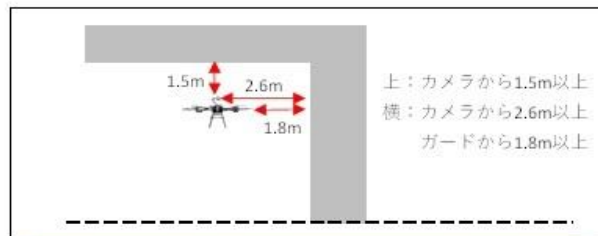


上方
下方 前方



<測距センサの役割>

通常	撮影距離および他の2方向距離をテレメトリで送信
異常近接検知	設定距離以下に近づかない自律制御用信号として活用



上: カメラから1.5m以上
横: カメラから2.6m以上
ガードから1.8m以上

参考: 接近可能距離(最大瞬間風速10m以下)

紹介WebページとQRコード

詳細情報が、以下URLからご覧いただけます。

<https://www.denso.com/jp/ja/business/products-and-services/other-industries/industry/UAV/>

そのQRコードも以下に示します。



1. 基本事項

技術番号	BR010013-V0121		
技術名	高精細画像による橋梁下面や主塔のクラック自動抽出システム		
技術バージョン	R2	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社アルファ・プロダクト 株式会社社長大		
連絡先等	TEL: 03-6457-2666 082-545-6653	E-mail: t.hara@alpha-product.co.jp arii-k@chodai.co.jp	技術部 原 徹
現有台数・基地	3	基地	東京都江東区青海2-4-10 東京都立産業技術研究センター 製品開発支援ラボ313
技術概要	<p>1、特長 NETIS KT 130046-V</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高精細画像から自動でクラックを抽出するシステム。最小精度はクラック幅・長さとも0.1mm。 ・撮影範囲を厳守することで精度は原理的に維持される。 ・複数年度のデータを比較することで、クラック経時変化の確認も行える。 <p>2、機器構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デスクトップパソコン ・自動抽出ソフト ・画像接合ソフト <p>3、測定原理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影するカメラのセンサー画素数に設定精度を乗じた数値が撮影範囲になり、1画素が設定精度となる。 <p>画素数6000×4000のカメラで設定精度を0.2mmとすると、撮影範囲は1.2m×0.8mとなる。</p> <p>こうして撮影された画像を自社開発の抽出ソフトで処理することにより、ピクセル単位でクラックがカウントされ、ピクセル2個の幅のクラックは幅が0.4mmと計算される。</p>		
技術区分	対象部位	床板下面、下部構造	
	変状の種類	床版と主塔、橋台側面のひびわれ	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		-	
移動装置	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	-	
	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	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-		
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)	-	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

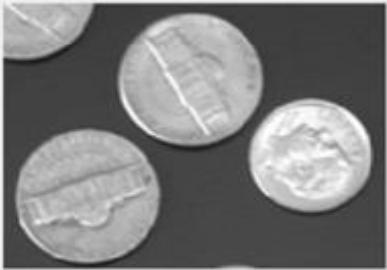
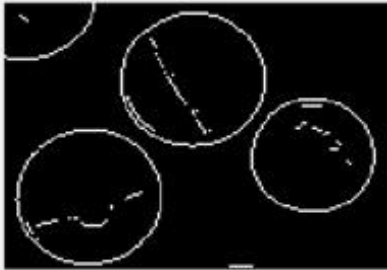
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	センサーと撮影範囲の関係を厳守する事
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	センサーと撮影範囲の関係を厳守する事
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	センサーと撮影範囲の関係を厳守する事
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	・カラーチャート設置場所と同じ明るさでのコンクリート表面を撮影し、補正の基準とする。 ・照度の分かっている社内データのコンクリート画像と上記画像を比較して補正值を決める。 ・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>①設定した精度に合わせて、幅別表示の色を設定する。精度0.2mmであれば、0-0.2mm、0.2-0.4mmというように、0.2mm単位で幅別の表示色を設定する。※ ②ひびわれの自動抽出ソフトを起動し、画像を認識させる。 ③デフォルトのガウス係数で(1.5)ガウス型ラプラシアンフィルターを適用する。※1 ④デフォルトの輝度設定で(128)2値化する。※2 ⑤ここでクラックがピクセル単位で認識される。 ⑥デフォルトの閾値で(孤立点除去半径:5)孤立点を除去する。※3 ⑦デフォルトの亀裂長さ閾値(3)と走査間隔(1)で亀裂を接合する。※4 ⑧クラックの長さや幅が計算され、幅別に設定したいμm表示される。 ⑨ベクターデータに変換する。※5 ⑩画像をさらに扱いやすい大きさに接合し、(トンネルでは1スパン)JPEGデータで保存する。 この時に、画像のみ、あるいはクラックと画像両方での保存のどちらかを選択する。</p> <p>※1、コンクリートクラックは割れであるから、断面は3角形となり、割れに入射した光は入射方向には反射しない。また、コンクリート表面は微細なスポンジ状であり、人工的な目地等ではその縁は細かいギザギザなので、精細に見れば目地の境界線のコントラストはシャープではない。しかしクラックは割れであるので、境界線のコントラストはシャープである。この2点から、クラックは周囲との明暗差が大きく、エッジがシャープである。この特徴でクラックを選別するが、さらにその差を強調するフィルターがラプラシアンフィルターであるが、ノイズに対する感度が高いため、ある程度の平滑化をガウシアンフィルターで前処理している。ガウシアンフィルター+ラプラシアンフィルターである。</p> <p>※2、ガウス型ラプラシアンフィルターでコントラストを高めてから2値化する。フルカラーでの明度の段階は256階調であり、クラック判別のために中間値128以上をクラック、それ以下はクラックでないとする。つまり階調を捨てて、白と黒だけの2値画像に変換する。クラックは黒となる。 ※3、上記の工程を経ても、ノイズ等が残る。ノイズとクラックの違いは連続する点であるかどうかなので、半径5ピクセル以内に点がない場合はノイズとして消去する。 ※4、ある長さのクラックが、白の1ピクセルを間にしてまた続く場合は、連続するクラックとしてよいので、3ピクセル以上のクラックが1ピクセル開けて連続する場合は接合する。 ※5、これまでの2値画像データはラスターデータ(座標軸上でのビットマップデータ)で、各ピクセルはxyの座標で表されるが、多数のクラックを扱うとデータ量が大きくなるため、ベクターデータに変換する。 ベクターデータでは、ある点からの方向と長さの数式でクラックが記録される。 ※幅別色分け表示とは別に、クラック長さやクラック幅の平均値、及びクラック最大幅の位置を数値で表し、1本の黒い線で表示したクラックの横に表示するモードも選択できる。</p>			
	<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名 ・クラック自動抽出ソフト FOCUS-α Ver.2.85 ・画像接合ソフト AUTOpano giga 4</p>		
<p>検出可能な変状</p>		<p>ひびわれ(幅および長さ)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Original Image</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Sobel</p>  </div> </div>		
<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>		<p>ひびわれ</p>	<p>変状検出手順参照</p>	
		<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>ピクセル単位でのカウントによる。設定精度が0.2mmであれば、1ピクセルが0.2mmとして幅と長さについてカウントし、測定値とする。</p>	
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>対応しない</p>		
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>計測性能に記載</p>		

	変状の描画方法	ピクセル単位のビットデータをベクター変換し、DXFもしくはJPGに変換する。
取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
	ファイル容量	制限なし
	カラー／白黒画像	どちらも可
	画素分解能	・最小分解値の制限はないが、撮影するカメラのセンサー精度とレンズの分解能が精度の限界となる。通常では0.1mm。 ・経験での最小値は0.065mm。ただし撮影距離は1.5m。
	その他留意事項	コンクリート表面に張り付いた蜘蛛の巣はひびわれとの見分けが困難。
出力ファイル形式	JPEG／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	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	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	・撮影についてはカメラの対応の知識と経験が必要。経験豊富な撮影者を派遣することができる。 ・ソフトの操作は社内講習。	-
	必要構成人員数	1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ソフトの販売はない。	-
	作業ヤード・操作場所	室内	-
	点検費用	約57万円/1100m2 (クラック抽出、画像接合、DXFデータ変換)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	クラック抽出そのものは全自動	-
	利用形態:リース等の入手性	・画像撮影からクラック抽出までの受注作業 ・画像からの抽出作業。(ただし画像の撮影条件による)	-
	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	-	-
その他	-	-	

7. 図面

クラック抽出プロセス

画像からのクラック自動抽出プロセス

オリジナルソフトを使用、抽出処理時間約20秒。(4200万画素画像1枚当たり)

※汚れやペイントをクラックとは認識しないアルゴリズムを搭載。クラックのみを抽出する。

大阪工業大学 小堀研一教授監修。

クラック自動抽出精度と撮影の関係

①カメラの1画素(ピクセル)を設定精度に合わせて撮影する。
 <0.2mm精度の場合>
 使用カメラNikon D7100/2410万画素→6,000×4,000ピクセル
 撮影範囲→6,000×0.2mm、4,000×0.2mm=1.2m×0.8m

デジタルカメラ	画素	抽出精度	撮影範囲	データサイズ
1620万画素	4928×3280	0.2mm	0.98m×0.65m	7.9MB
2410万画素	6000×4000	0.2mm	1.2m×0.8m	12MB
3680万画素	7360×4912	0.2mm	1.47m×0.98m	16.3MB

設定精度	幅別区分	色別表示	クラック長さ累計
0.1mm	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm以上	任意の5色	0.1mm単位
0.2mm	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0mm以上	〃	0.2mm単位
0.3mm	0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm以上	〃	0.3mm単位

②レーザーポインターで撮影範囲を指定して撮影する。
 ③ソフトが画像からクラックを抽出、ピクセル単位で幅と長さをカウントする。

自動抽出ソフトでの段階別処理画像

ガウス型ラプラシアンフィルタ設定

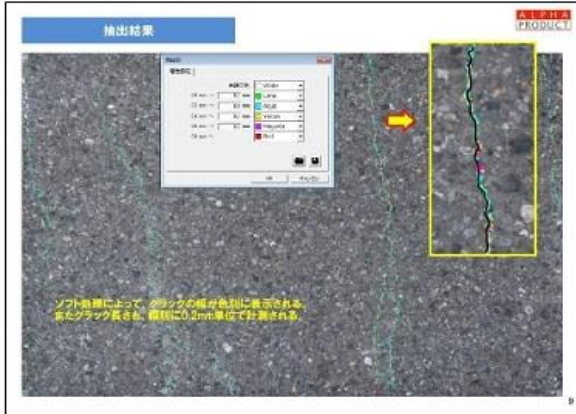
・データは羽田空港滑走路での実証試験で採取したもの。

2値画像設定

孤立点除去

ラスタ→ベクター変換

クラック抽出プロセス



2通りのクラック表示

① 詳細表示
 クラックを幅別に色分け表示。集計は幅別の長さ集計。

② 簡易表示
 ・クラック単位での長さ表示。
 ・クラック幅は、クラック単位での最大値と平均値を表示。最大幅の位置表示。

L:28.8mm
 W:0.5mm@Max(0.38mm@Av)



ひび割れ	長さ (mm)	平均幅 (mm)	最大幅 (mm)
クラック①	305	0.65	1.2
クラック②	1607	0.64	1.4
クラック③	380	0.61	1.0
クラック④	322	0.67	1.4



1. 基本事項

技術番号	BR010014-V0221		
技術名	構造物点検ロボットシステム「SPIDER」		
技術バージョン	第3次	作成: 2021年10月	
開発者	ルーチェサーチ株式会社 株式会社建設技術研究所		
連絡先等	TEL: 082-209-0230	E-mail: ryosuke_a@luce-s.jp	有木 峻将
現有台数・基地	3台	基地	広島県東広島市
技術概要	<p>コンクリート構造物表面を、飛行型ロボット(ドローン)に搭載したカメラで撮影して、静止画像を取得する。この画像から構造物全体のオルソ画像を作成し、損傷部分の位置を明確にする。オルソ画像からひびわれや遊離石灰などの損傷性状を抽出し、点検調書作成の支援をする技術である。</p> <p>使用するドローンは2タイプあり、【機体SPIDER-6】はGPS電波が届く空間では自律飛行、橋梁下面などGPS電波が届かない空間では操縦者の手動操作による。一方【機体SPIDER-ST】は、GPS電波が届く、届かないにかかわらず自律飛行でき、さらに衝突回避機能も有する。</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)／下部構造(橋脚、橋台)	
	変状の種類	ひびわれ／床版ひびわれ	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は複数枚の羽のドローンである移動装置の上部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</p> <p>アタッチメントにより種々のデジタルカメラ(規定の重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</p> <p>計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>【機体SPIDER-6】機体は6枚羽のドローンで、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> <p>【機体SPIDER-ST】機体は8枚羽のドローンで、LiDAR-SLAMセンサを搭載している。LiDARからのレーザで、周辺の物体の形状情報を得て、自己位置を推定するとともに3次元空間を把握する。この空間の中に飛行ルートを定義し、以降は自律飛行が可能である。</p>	
	運動制御機構	通信	<p>無線通信</p> <p>・周波数: 2.4GHz帯, 出力: 0.5W</p>
		測位	<p>測位方式</p> <p>【機体SPIDER-6】 GNSS単独測位</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術</p>
		自律機能	<p>自律機能有</p> <p>【機体SPIDER-6】 制御機構への入力はGNSS, IMU</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術</p>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>【機体SPIDER-6】 プロペラガード(水平)</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術による衝突回避機能</p>
	外形寸法・重量	<p>一体構造(移動装置+計測装置):</p> <p>【機体SPIDER-6】最大外形寸法(L950mm×W950mm×H500mm)、飛行時重量(6.8kgf)・・・バッテリーを含む機体6.1kgf、カメラ他0.7kgf</p> <p>【機体SPIDER-ST】最大外形寸法(L1100mm×W1100mm×H600mm)、飛行重量(12.6kgf)・・・バッテリーを含む機体11.2kgf、レーザ・センサ1.4kgf</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>一体構造のため、記載なし</p>	
	動力	<p>・動力源: 電気式</p> <p>・電源供給容量: バッテリー</p> <p>・定格容量: 22.2V、16000mA</p>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>バッテリー給電</p> <p>【機体SPIDER-6】 1フライト最大25分</p> <p>【機体SPIDER-ST】 1フライト最大20分</p>		
計測装置	設置方法	<p>移動装置と一体的な構造</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>一体構造のため、記載なし</p>	
	センシングデバイス	カメラ	<p>SONY α7R</p> <p>・センサーサイズ(縦35.9mm×横24.0mm)、ピクセル数(縦7360pixel×横4912pixel)、焦点距離(0~45mm)</p>
		パン・チルト機構	<p>・水平0° ~ 360°</p> <p>・鉛直0° ~ ±90°</p>
		角度記録・制御機構機能	<p>・ジンバル水平方向、上下方向制御可能、機体上部もしくは下部方向どちらでも装着可能</p>
		測位機構	<p>・IMU、運動制御機構と共用</p> <p>・マーカを特に必要としない</p>
	耐久性	<p>-</p>	
	動力	<p>・移動装置のバッテリーより供給</p>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>・機体バッテリーの時間と同様</p> <p>【SPIDER-6】 最大25分(外気温: 15°C)</p> <p>【SPIDER-ST】 最大20分(外気温: 15°C)</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	<p>移動装置と一体的な構造</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>一体構造のため、記載なし</p>	
	データ収集・記録機能	<p>記録メディア(SDカード)に保存</p>	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<p>-</p>	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<p>-</p>	
	動力	<p>移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)</p>	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	<p>-</p>		

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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 有 【性能値】 未検証 【標準試験値】 構造物(橋脚、主桁下面)までの距離: 150cm、停止飛行時: 水平移動無し	瞬間最大風速1.2m/s未満の自然風(実証試験時)
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 有 【性能値】 未検証 【標準試験値】 最小所要空間寸法 縦5000mm×横5000mm高さ5000m m (機体の上下左右に、2mの余裕を確保する)	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 未検証 【標準試験値】 電波通信可能距離は、1000mであるが、橋脚高50m、桁長 200mまでは実績あり	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> -	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	水平方向10mの撮影移動時間から算出
		【性能値】 未検証 【標準試験値】 【機体SPIDER-6】 0.32m/s 【機体SPIDER-ST】 0.25m/s		
	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】 【機体SPIDER-6】 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm 照度 560lxの時 ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.06mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.08mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.1mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.1mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0mm 【機体SPIDER-ST】 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm 照度 762lxの時 ひびわれ幅0.05mm 計測結果なし ひびわれ幅0.1mm 計測結果なし ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.1mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.1mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0mm		
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 【機体SPIDER-6】 照度 8581lxの時 0.00%(相対誤差) 【機体SPIDER-ST】 照度 2005lxの時 0.00%(相対誤差)			
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】 【機体SPIDER-6】 照度 8581lxの時 水平方向:3mm(絶対誤差) 鉛直方向:2mm(絶対誤差) 【機体SPIDER-ST】 照度 2005lxの時 水平方向:1mm(絶対誤差) 鉛直方向:2mm(絶対誤差)			
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】 【SPIDER-6】 照度 158lxの時 フルカラー識別可能 【SPIDER-ST】 照度 118lxの時 フルカラー識別可能			

※「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撮影画像枚数が多量のため、SfMを活用する。撮影した画像を、市販のソフトを活用して、オルソ(合成)画像を作成する。この後、必要に応じて自社ソフトにより幾何学的補正した画像と入れ替えを行う。</p> <p>②オルソ画像をCAD図面上に貼り付け、ひびわれ性状を手動でトレースする。</p> <p>③画像と対象構造物のスケールを一致させ、画像上に疑似的なクラックスケールを設置して、手動でひびわれ幅を読み取る。</p> <p>④画像と対象構造物のスケールを一致させ、重畳したひびわれ線に対して、CAD上で描画したひびわれ線を手動で計測する。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>オルソ画像作成ソフト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Pix4D社「Pix4DMapper」 ・Bentley社「ContextCapture」 ・自社ソフト 		
	検出可能な変状	<p>・ひびわれ(幅および長さ)、鉄筋露出、漏水・遊離石灰</p>		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>損傷位置を明確にするため、オルソ画像を作成する。ドローンによる撮影は、構造物全体を撮影するため、取得枚数が多量となるため、Pix4D、ContextCaptureなどの市販ソフトおよび自社ソフトでSfMを活用する。作成したオルソ画像をCAD上に貼り付け、ひびわれ性状を人が検出する。</p>	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ幅および長さは、画像とリンクさせたCADを使用する。 ・幅:画像と対象構造物のスケールを一致させ、画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ:画像と対象構造物のスケールを一致させ、重畳したひびわれ線に対してCAD上で描画したひびわれ線を計測 	
		ひびわれ以外	<ul style="list-style-type: none"> ・画像とリンクさせたCADを使用し、人が画像による損傷を確認し、その変状を人力でトレース ・長さ、大きさについては、ひびわれでの計測方法と同様 	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<p>機械学習ではないため、記載せず</p>	
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<p>撮影画像:JPEG等の画像ファイル形式</p>	
		ファイル容量	<p>特に制限はないが、画像を使った後作業者のPC性能により、オルソ画像の解像度を低減あるいは分割し対応可能</p>	
		カラー/白黒画像	<p>カラー/白黒画像の両方取り扱い可能</p>	
画素分解能		<p>・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</p>		
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・現地状況によっては、枯れた植物や蜘蛛の巣が画像に写り込んでいることに注意が必要 		
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式】 画像:JPEG等、損傷図:DXF等</p>			
調書作成支援の手順	<ul style="list-style-type: none"> ・本技術では画像による判読可能な損傷に対して、損傷図作成までの支援技術である。 ・損傷図作成までの手順は以下のとおり。 <ol style="list-style-type: none"> ①撮影画像をオルソ画像として作成する。 ②実寸にて対象構造物のCAD図面を作成し、オルソ画像を構造図にマッチさせる。 ③画像上において損傷(ひびわれ等画像で判読できる損傷)をトレースする。 ④ひびわれ幅については、疑似的なひびわれスケールにて判読・判定する。 ⑤長さについては、CADにより計測する。 ⑥CADによる出力を実施する。 			
調書作成支援の適用条件	<p>・適用条件は特になし。</p>			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<p>・オートデスク社製「AUTOCAD LT 2020」(市販ソフト)</p>			

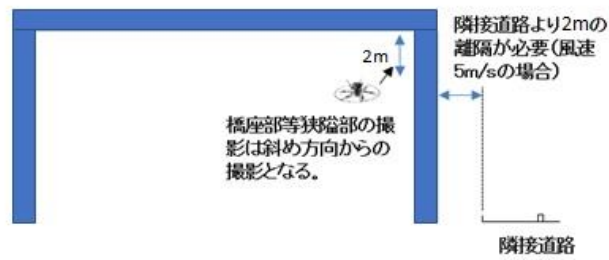
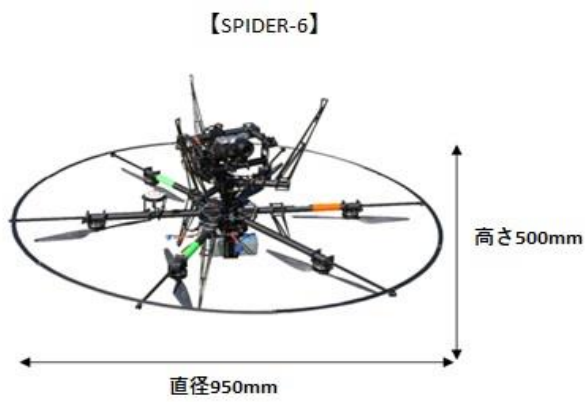
6. 留意事項(その1)

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2m以上	-
	周辺条件	・周辺に5m以内樹木や架線等が無いこと ・強い電波、電磁を発信している施設がないこと	-
	安全面への配慮	・計測中は注意喚起の看板の設置 ・構造物に近接する樹木、架線の事前現場調査	-
	無線等使用における混線等対策	他の無線利用者との混乱を防ぐため、使用する周波数を、時間の経過とともに自動的に変動させている	-
	道路規制条件	・走行中のドライバーの視界にドローンが入らないように飛行させる ・橋脚を撮影する際、近接した道路がある場合は交通規制が必要となる	-
	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	センシングデバイスとして用いるカメラは、一般的なデジカメであるため、構造物点検の経験者であれば特に技量は問わない。	-
必要構成人員数	3人(機体操作、撮影、安全管理)	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内講習10時間以上を経て、航空局への申請書に記載した操縦者	-
作業ヤード・操作場所	飛行中の機体が目視できる場所	-
点検費用	参考金額 面積:280㎡ 写真撮影のみ 約50万 オルソ画像作成まで 約95万 損傷図作成まで 約125万	・作業内容は、写真撮影からオルソ画像作成・損傷図作成まで ・参考金額はコンクリート橋脚 1基分を想定 ・交通費は含まれない ・点検調書の作成は含まれない ・現地条件により撮影の可否判断となる
保険の有無、保障範囲、費用	対物保険加入(物損、作業員、第三者対象)	-
自動制御の有無	装置の自動制御の有り	-
利用形態:リース等の入手性	自社所有装置を用いて業務委託で対応	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社で対応	-
センシングデバイスの点検	使用するデジタルカメラについては、特に点検は不要。	-
その他	-	-

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR010015-V0221		
技術名	非GPS環境対応型ドローン及びボールカメラを用いた近接目視点検支援技術		
技術バージョン	Ver.2	作成: 2021年10月	
開発者	三信建材工業株式会社 株式会社自律制御システム研究所		
連絡先等	TEL: 0532-34-6066	E-mail: kaihatsu@sanshin-g.co.jp	開発室
現有台数・基地	大型機 : 3機 小型機 : 1機 ボールカメラ : 1本	基地	三信建材工業㈱ 愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割35-1
技術概要	<p>【構成概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動体となるドローン(大型機、小型機)や伸縮型ポールに高解像度カメラを搭載し、撮影画像を解析ソフトウェアにて処理することにより、構造物表面の変状を検出する技術。ドローンによる点検作業では足場や作業車を用いないため、新設時、定期点検時、状態把握・数量調査時など、任意のタイミングで適用可能。 ・ボールカメラは、ドローンの離着陸スペースが確保できない現場やドローンが進入できない狭隘部で地上高さ7.5m以下の範囲について適用する。 <p>【移動装置の特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドローン(大型・小型共)は橋梁点検専用開発したものであり、非GPS環境(桁下等のGPS電波を受信できない環境)においても、Visual SLAM制御による自動飛行制御と衝突回避制御を備えており、安全に近接撮影を行うことが可能。GPSを使用できる環境であれば、GPSによる自動飛行制御に切替え、使用できる。 ・ボールカメラは人の支持により撮影を行うため、移動は人力による。 <p>【検出対象と、その検出方法】</p> <p>○検出対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人間の目視により発見できる変状 コンクリート表面に生じたひびわれ、床版ひびわれ、欠損、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、腐食 <p>○検出方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影画像を専用ソフトウェアを用いて図面と合成することにより、画像に寸法情報を付与する。その画像上で変状部をトレースすることにより、変状規模(ひびわれ幅、長さ、等)を自動算出することが可能。 ・ひびわれ幅は任意の場所で計測することが可能。 ・クラウドとAIを活用した解析手法を行うことも可能。 <p>【提出可能な主な成果物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影画像 ・撮影画像に変状部をハイライト表示したもの(損傷写真として利用可能) ・オルソモザイク画像(撮影対象面の画像を合成したもの) ・オルソモザイク画像に変状部をハイライト表示したもの ・画像から検出した変状部をまとめた損傷図(CADとして出力可能) ・撮影画像を三次元合成することにより、三次元成果品納品マニュアルに準拠した成果物にも対応可能。 		
技術区分	対象部位	鋼橋、Co橋/床版橋、箱桁等/上部構造(桁下面・側面、床版、地覆等)、下部構造(橋脚、橋台) Co橋/T桁/上部構造(桁下面・側面(内側面は要相談)、床版(桁間が狭い場合は要相談)、地覆等)、下部構造(橋脚、橋台) 鋼橋/鋼桁/上部構造(桁下面・側面(内側面は要相談)、床版(横構や対傾構がある、桁間が狭い場合は要相談)、地覆等)、下部構造(橋脚、橋台) その他(ボックスカルバート)	
	変状の種類	コンクリート/ひびわれ、床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、変形・欠損、その他 鋼/腐食、破断、防食機能の低下、変形・欠損、その他	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p><大型機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・6枚羽のドローンである移動装置の上部にセンシングデバイスであるデジタル一眼レフカメラを固定して計測を行うものである。 ・固定方法は一般的なカメラの三脚固定用のネジと同様であり、それに対応した種々のデジタルカメラ(規定重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに挿入されたSDカードに記録・保存される。 <p><小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・4枚羽のドローンである移動装置の上部にセンシングデバイスであるデジタルスチルカメラを固定して計測を行うものである。 ・搭載できるカメラは1機種に限られ、専用のジンバルに固定する。 ・計測したデータはカメラに挿入されたSDカードに記録・保存される。 <p><ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・伸縮型ボールの先端にセンシングデバイスであるデジタル一眼レフカメラを固定して計測を行うものである。 ・固定方法は一般的なカメラの三脚固定用のネジと同様であり、それに対応した種々のデジタルカメラ(規定重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに挿入されたSDカードに記録・保存される。 <p><全共通></p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測データはカメラからSDカードを取り出して処理を行う。
移動装置	移動原理	<p><大型機></p> <p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・6枚プロペラのドローンであり、GNSSを活用できる環境であればGNSSによる自律飛行が可能であり、床版下等のGNSSの電波を精度良く受信できない環境(非GPS環境)では、Visual SLAMによる自律飛行を可能としている。 <p><小型機></p> <p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4枚プロペラのドローンであり、以下<大型機>と同様。 <p><ボールカメラ></p> <p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・伸縮型ボールを人が支持し、人力で移動する。
	通信	<p><大型機、小型機></p> <p>無線通信</p> <p>【操縦装置/機体間】 2.4GHz帯、2.5mW</p> <p>【基地局/機体間】 920MHz帯、20mW</p> <p>【搭載カメラ/地上モニタ間】 5.7GHz帯、800mW</p>
	測位	<p><大型機、小型機></p> <p>【GNSSを使用できる環境下の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS <p>【GNSSを使用できない環境下の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カメラによる測位(Visual SLAM) ・レーザーレンジファインダーによる測位
	自律機能	<p><大型機、小型機></p> <p>自律飛行機能有り。</p> <p>【GNSSを使用できる環境下の場合】</p> <p>制御機構への入力ソース・・・GPS</p> <p>【GNSSを使用できない環境下の場合】</p> <p>制御機構への入力ソース・・・カメラ(Visual SLAM)、レーザーレンジファインダー×2基</p>
	衝突回避機能(飛行型のみ)	<p><大型機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロペラガード(水平方向) ・ステレオカメラによる測域(水平方向)と、レーザーレンジファインダーによる測域(水平方向、鉛直方向)の自動制御による衝突回避機能を搭載 ・適用箇所(現場)により、ステレオカメラによる測域とレーザーレンジファインダーによる測域を使い分ける <p><小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロペラガード(水平方向) ・ステレオカメラによる測域(水平方向)と、ToFレーザーによる測距(6方向:前後・左右・上下)による衝突回避機能を搭載
	外形寸法・重量	<p><大型機></p> <p>【分離構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 : L 1,120mm × W 1,230mm × H 530mm ・最大重量 : 約9Kg <p><小型機></p> <p>【分離構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 : L 704mm × W 704mm × H 300mm ・最大重量 : 約4Kg <p><ボールカメラ></p> <p>【分離構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 : 7,500mm(収納時:1,550mm) φ38mm ・最大重量 : 約3.2Kg
	運動制御機構	

搭載可能容量 (分離構造の場合)		<p><大型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 最大外形寸法 : L 200mm × W 200mm × H 100mm 最大重量 : 約1Kg
		<p><小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 最大外形寸法 : L 200mm × W 200mm × H 100mm 最大重量 : 約0.5Kg
		<p><ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> 最大外形寸法 : L 150mm × W 150mm × H 150mm 最大重量 : 約0.5Kg
動力		<p><大型機、小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 動力源 : 電気式 電源供給方法 : バッテリー 定格容量 : 22.2V、10000mAh (Ver.1:2本、Ver.2:1本)
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		<p><大型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 約10~15分(外気温15℃の場合) <p><小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 約25~30分(外気温15℃の場合)
設置方法		<p><大型機、小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 移動装置(ドローン)の上部に計測装置をボルトにより取付を行う。 ドローンの上部にはジンバルが搭載されており、一般的なカメラ取付ネジにて取付可能。 <p><ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> ボールカメラ先端の専用雲台に計測装置をボルトにより取付を行う。
外形寸法・重量 (分離構造の場合)		<p><大型機、ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> 計測装置 : デジタル一眼レフカメラ 最大外形寸法 : L 72mm × W 113.3mm × H 65.4mm 最大重量 : 507g <p><小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 計測装置 : デジタル一眼レフカメラ 最大外形寸法 : L 80mm × W 70mm × H 68mm 最大重量 : 322g
計測装置	カメラ	<p><大型機、ボールカメラ搭載用></p> <ul style="list-style-type: none"> センサーサイズ : 縦24mm × 横35.9mm ピクセル数 : 5,304pixel × 横7,952pixel 焦点距離 : 35mm 記録形式 : RAW、JPEG <p><小型機搭載用></p> <ul style="list-style-type: none"> センサーサイズ : 縦15.4mm × 横23.2mm ピクセル数 : 縦3,632pixel × 横5,456pixel 焦点距離 : 16-50mm 記録形式 : RAW、JPEG
	パン・チルト機構	<p><全共通></p> <ul style="list-style-type: none"> 水平 : 0° 鉛直 : 0° ~90° ※ドローンVer.1は、ジンバルを換装することにより、水平360°、鉛直-90° ~0° に対応可能。
	角度記録・制御機構機能	<p><大型機、小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> ジンバルにて方向の制御可能。 <p><ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> 電動雲台にて方向の制御可能。
	測位機構	<p><全共通></p> <ul style="list-style-type: none"> ドローン本体及びボールカメラからの測位情報伝達はなし。 ※画像に座標を付す場合、撮影画像を解析ソフトウェア上で合成し、任意の原点からの座標として設定する。
	耐久性	<p><全共通></p> <ul style="list-style-type: none"> 計測装置における防塵、防水性はなし。 ※ドローンはIP54に適合
動力		<p><大型機、ボールカメラ搭載用></p> <ul style="list-style-type: none"> カメラに搭載されるバッテリーからの電源供給。 <p><小型機搭載用></p> <ul style="list-style-type: none"> ドローン本体から有線電源供給。
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		<p><大型機、ボールカメラ搭載用></p> <ul style="list-style-type: none"> 約30分/約9000枚(外気温15℃、2秒に1回の撮影) 2回のフライトに対し、1回のカメラバッテリー交換が必要。
設置方法		<p><大型機、小型機></p> <ul style="list-style-type: none"> 移動装置(ドローン)の上部に計測装置をボルトにより取付を行う。 ドローンの上部にはジンバルが搭載されており、一般的なカメラ取付ネジにて取付可能。 <p><ボールカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> ボールカメラ先端の専用雲台に計測装置をボルトにより取付を行う。

データ 収集・ 通信 装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<大型機、ポールカメラ> 計測装置 : デジタル一眼レフカメラ ・最大外形寸法 : L 72mm × W 113.3mm × H 65.4mm ・最大重量 : 507g <小型機> 計測装置 : デジタル一眼レフカメラ ・最大外形寸法 : L 80mm × W 70mm × H 68mm ・最大重量 : 322g
	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)	-
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ 有 外乱収束距離(機体視点) 【性能値】 <大型機、小型機> 全方位:±0.5m 【標準試験値】 <大型機> ・前後: ±0.12m ・左右: ±0.49m ・高度: ±0.10m <小型機> 停止飛行時:水平移動無し		・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・天候条件: 晴天、曇天 <大型機> ・検証時の外乱条件: 瞬間風速3m/sec未満の自然風 <小型機> 風速:4.6m/s ホバリング:15秒間
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 <大型機> 縦5,000mm×横5,000mm×高さ4,550mm <小型機> 縦2,000mm×横2,000mm×高さ2,000mm <ボールカメラ> 縦300mm×横400mm×高さ300mm 【標準試験値】 <大型機> 縦5,000mm×横5,000mm×高さ4,550mm <小型機> 縦2,000mm×横2,000mm×高さ2,000mm <ボールカメラ> 縦300mm×横400mm×高さ300mm		<大型機、小型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・天候条件: 晴天、曇天 <大型機> ・検証時の外乱条件: 瞬間風速3m/sec未満の自然風 <小型機> ・検証時の外乱条件: 風速:4.6m/s <ボールカメラ> 必要地上空間: 2m四方
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 <大型機、小型機> ・GNSSによる自律制御が有効な場合 約300m ・Visual SLAMによる自律制御が有効な場合 約50m <ボールカメラ> ・垂直方向: 地上高さ7.5m ・水平方向: 約6m 【標準試験値】 <大型機、小型機> ・GNSSによる自律制御が有効な場合 約300m ・Visual SLAMによる自律制御が有効な場合 約50m <ボールカメラ> ・垂直方向: 地上高さ7.5m ・水平方向: 約6m <ボールカメラ> ・垂直方向: 地上高さ7.5m ・水平方向: 約6m		<大型機、小型機> ・周囲に強力な電波を発する施設がないこと ・天候条件: 晴天、曇天 <ボールカメラ> ・地上平均風速5m/sec未満 ・天候条件: 晴天、曇天
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 <大型機、小型機> ・水平方向: ±0.5m以内 ・鉛直方向: ±0.5m以内 【標準試験値】 <大型機> ・水平方向: ±0.5m以内 ・鉛直方向: ±0.5m以内		<大型機、小型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・天候条件: 晴天、曇天 <大型機> ・検証時の外乱条件: 瞬間風速3m/sec未満の自然風 :

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	<p><大型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・地上平均風速 : 0~5.0m/sec程度の自然風 ・天候条件 : 晴天、曇天</p> <p><小型機> 飛行距離:6.0m 所要時間:20秒</p>
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p><大型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・地上平均風速 : 0~5.0m/sec程度の自然風</p> <p><ポール型> 被写体距離: 3.0 m 照度: 8.5~59.1 kLux 風速: 14.0 m/s</p> <p><小型機> 被写体距離: 3.0 m 照度: 4.965~77.2 kLux 風速: 4.0~6.0 m/s</p>
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	<p><大型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・地上平均風速 : 0~5.0m/sec程度の自然風</p> <p><ポール型> 被写体距離: 3.0 m 照度: 43.3 kLux 風速: 14.6 m/s</p> <p><小型機> 被写体距離: 3.0 m 照度: 8.377~74.3 kLux 風速: 3.8~7.3 m/s</p>
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p><大型機> ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・地上平均風速 : 0~5.0m/sec程度の自然風</p> <p><ポール型> 被写体距離: 3.0 m 照度: 43.3 kLux 風速: 14.6 m/s</p> <p><小型機> 被写体距離: 3.0 m 照度: 8.377~74.3 kLux 風速: 3.8~7.3 m/s</p>
		性能確認シートの有無 ※	有	

	<p>色識別性能</p>	<p>【性能値】 フルカラー識別可能</p> <p>【標準試験値】 <大型機> ・フルカラー識別可能</p> <p><ポール型> ・フルカラー識別可能</p> <p><小型機> ・フルカラー識別可能</p>	<p><大型機> ・日向 : 67klx ・日向/日陰混在① : 51.8klx / 9.5klx ・日向/日陰混在② : 13.9klx / 7.6klx</p> <p><ポール型> 照度: 43.3 kLux</p> <p><ポール型> 照度: 8.377~77.2 kLux</p>
--	--------------	---	--

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>変状規模は、寸法情報を付与した画像に対し、1画素当たりの実寸法を計算することにより計測する。画像への寸法情報を付与するためには、専用のソフトウェア上で予め取り込んだ図面や型枠跡など、画像と照合できる既知の情報が必要となるため、以下の手順で変状の検出を行う。</p> <p>① 図面、もしくは点検対象物の現地実測値(全体、型枠跡等)を解析ソフトウェアに取り込む。(手動) (図面はCADやPDFでも可能だが、寸法情報が記載されている必要がある)</p> <p>② 撮影した画像を解析ソフトウェアに取り込み、図面と合成することにより、画像に寸法情報を付与。(手動) 合成においては型枠跡や付属物、実測値等を参考にする。</p> <p>③ ②が難しい場合、撮影画像から点検対象面全体のオルソ画像を作成し図面と合成。その画像に撮影画像をさらに合成する。(手動)</p> <p>④ 合成された画像を目視で確認し、各種変状部分をマウスでトレースする。(手動)</p> <p>⑤ トレースされた変状規模は、1画素当たりの実寸値を基に自動で計算され、出力される。(自動) (ひびわれ:延長、ひびわれ幅) (その他の変状:変状部を四角形で囲った場合の縦×横の規模)</p>																																				
<p>ソフトウェア情報</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="472 573 718 728"> <p>ソフトウェア名</p> </td> <td data-bbox="718 573 1457 728"> <p>・ひびわれ解析ソフト 【動作環境】 OS:Windows7以上 CPU: Intel Pentium3 400MHz以上 HDD:最低500MB / 使用する画像枚数(容量)によって増加 メモリ:128MB以上 / 使用する画像枚数(容量)によって増加</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 728 718 772"> <p>検出可能な変状</p> </td> <td data-bbox="718 728 1457 772"> <p>コンクリート/ひびわれ、床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、変形・欠損、その他鋼/腐食、破断、防食機能の低下、変形・欠損、その他</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 772 718 1523"> <p>変状検出の原理・アルゴリズム</p> </td> <td data-bbox="718 772 1457 1523"> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 772 877 1030"> <p>ひびわれ</p> </td> <td data-bbox="877 772 1457 1030"> <p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1030 877 1176"> <p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p> </td> <td data-bbox="877 1030 1457 1176"> <p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1176 877 1209"> <p>ひびわれ以外</p> </td> <td data-bbox="877 1176 1457 1209"> <p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1209 877 1254"> <p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> </td> <td data-bbox="877 1209 1457 1254"> <p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1254 877 1310"> <p>変状の描画方法</p> </td> <td data-bbox="877 1254 1457 1310"> <p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1310 718 1523"> <p>取り扱い可能な画像データ</p> </td> <td data-bbox="718 1310 1457 1523"> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 1310 877 1344"> <p>ファイル形式</p> </td> <td data-bbox="877 1310 1457 1344"> <p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1344 877 1377"> <p>ファイル容量</p> </td> <td data-bbox="877 1344 1457 1377"> <p>40MB程度/画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1377 877 1411"> <p>カラー/白黒画像</p> </td> <td data-bbox="877 1377 1457 1411"> <p>カラー画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1411 877 1444"> <p>画素分解能</p> </td> <td data-bbox="877 1411 1457 1444"> <p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1444 877 1523"> <p>その他留意事項</p> </td> <td data-bbox="877 1444 1457 1523"> <p>・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 ・着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</p> </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1523 718 1700"> <p>出力ファイル形式</p> </td> <td data-bbox="718 1523 1457 1700"> <p>【汎用ファイル形式の場合】 JPEG、DXFをはじめとするCAD拡張子</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="164 1523 472 1579"> <p>調書作成支援の手順</p> </td> <td data-bbox="472 1523 1457 1579"> <p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を出力。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="164 1579 472 1646"> <p>調書作成支援の適用条件</p> </td> <td data-bbox="472 1579 1457 1646"> <p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を実施。 その際の撮影条件等は上記参照。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="164 1646 472 1700"> <p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p> </td> <td data-bbox="472 1646 1457 1700"> <p>調書作成支援機能は該当なし。</p> </td> </tr> </table>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>・ひびわれ解析ソフト 【動作環境】 OS:Windows7以上 CPU: Intel Pentium3 400MHz以上 HDD:最低500MB / 使用する画像枚数(容量)によって増加 メモリ:128MB以上 / 使用する画像枚数(容量)によって増加</p>	<p>検出可能な変状</p>	<p>コンクリート/ひびわれ、床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、変形・欠損、その他鋼/腐食、破断、防食機能の低下、変形・欠損、その他</p>	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 772 877 1030"> <p>ひびわれ</p> </td> <td data-bbox="877 772 1457 1030"> <p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1030 877 1176"> <p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p> </td> <td data-bbox="877 1030 1457 1176"> <p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1176 877 1209"> <p>ひびわれ以外</p> </td> <td data-bbox="877 1176 1457 1209"> <p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1209 877 1254"> <p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> </td> <td data-bbox="877 1209 1457 1254"> <p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1254 877 1310"> <p>変状の描画方法</p> </td> <td data-bbox="877 1254 1457 1310"> <p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p> </td> </tr> </table>	<p>ひびわれ</p>	<p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p>	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p>	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p>	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p>	<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p>	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 1310 877 1344"> <p>ファイル形式</p> </td> <td data-bbox="877 1310 1457 1344"> <p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1344 877 1377"> <p>ファイル容量</p> </td> <td data-bbox="877 1344 1457 1377"> <p>40MB程度/画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1377 877 1411"> <p>カラー/白黒画像</p> </td> <td data-bbox="877 1377 1457 1411"> <p>カラー画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1411 877 1444"> <p>画素分解能</p> </td> <td data-bbox="877 1411 1457 1444"> <p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1444 877 1523"> <p>その他留意事項</p> </td> <td data-bbox="877 1444 1457 1523"> <p>・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 ・着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</p> </td> </tr> </table>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p>	<p>ファイル容量</p>	<p>40MB程度/画像</p>	<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー画像</p>	<p>画素分解能</p>	<p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p>	<p>その他留意事項</p>	<p>・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 ・着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</p>	<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式の場合】 JPEG、DXFをはじめとするCAD拡張子</p>	<p>調書作成支援の手順</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を出力。</p>	<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を実施。 その際の撮影条件等は上記参照。</p>	<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>・ひびわれ解析ソフト 【動作環境】 OS:Windows7以上 CPU: Intel Pentium3 400MHz以上 HDD:最低500MB / 使用する画像枚数(容量)によって増加 メモリ:128MB以上 / 使用する画像枚数(容量)によって増加</p>																																				
<p>検出可能な変状</p>	<p>コンクリート/ひびわれ、床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、変形・欠損、その他鋼/腐食、破断、防食機能の低下、変形・欠損、その他</p>																																				
<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 772 877 1030"> <p>ひびわれ</p> </td> <td data-bbox="877 772 1457 1030"> <p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1030 877 1176"> <p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p> </td> <td data-bbox="877 1030 1457 1176"> <p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1176 877 1209"> <p>ひびわれ以外</p> </td> <td data-bbox="877 1176 1457 1209"> <p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1209 877 1254"> <p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> </td> <td data-bbox="877 1209 1457 1254"> <p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1254 877 1310"> <p>変状の描画方法</p> </td> <td data-bbox="877 1254 1457 1310"> <p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p> </td> </tr> </table>	<p>ひびわれ</p>	<p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p>	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p>	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p>	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p>	<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p>																										
<p>ひびわれ</p>	<p>・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: マニュアル設定 3) ISO感度: ISO600以下 4) ラップ率: オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 撮影照度: 300lx以上 8) 注意事項: 仰角45° 以内で撮影すること</p>																																				
<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅: 解析ソフト上で検出したひびわれの任意の場所を横断指定することにより、指定範囲のひびわれの画素(pixel)の数を計測し、かつ、その画素のサブピクセル処理を行うことにより1画素よりも小さい値でひびわれの幅に該当する部分のデータを計測し、その値と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。このサブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ: 解析ソフト上で検出したひびわれの沿いの長さを、上記手法に基づき自動計測</p>																																				
<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p>																																				
<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>AIによる機械学習を行わないため、対象外</p>																																				
<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひびわれ: ポリライン ・ひびわれ以外: ポリゴン</p>																																				
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="718 1310 877 1344"> <p>ファイル形式</p> </td> <td data-bbox="877 1310 1457 1344"> <p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1344 877 1377"> <p>ファイル容量</p> </td> <td data-bbox="877 1344 1457 1377"> <p>40MB程度/画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1377 877 1411"> <p>カラー/白黒画像</p> </td> <td data-bbox="877 1377 1457 1411"> <p>カラー画像</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1411 877 1444"> <p>画素分解能</p> </td> <td data-bbox="877 1411 1457 1444"> <p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 1444 877 1523"> <p>その他留意事項</p> </td> <td data-bbox="877 1444 1457 1523"> <p>・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 ・着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</p> </td> </tr> </table>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p>	<p>ファイル容量</p>	<p>40MB程度/画像</p>	<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー画像</p>	<p>画素分解能</p>	<p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p>	<p>その他留意事項</p>	<p>・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 ・着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</p>																										
<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式</p>																																				
<p>ファイル容量</p>	<p>40MB程度/画像</p>																																				
<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー画像</p>																																				
<p>画素分解能</p>	<p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要</p>																																				
<p>その他留意事項</p>	<p>・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 ・着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</p>																																				
<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式の場合】 JPEG、DXFをはじめとするCAD拡張子</p>																																				
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を出力。</p>																																				
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を実施。 その際の撮影条件等は上記参照。</p>																																				
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>調書作成支援機能は該当なし。</p>																																				

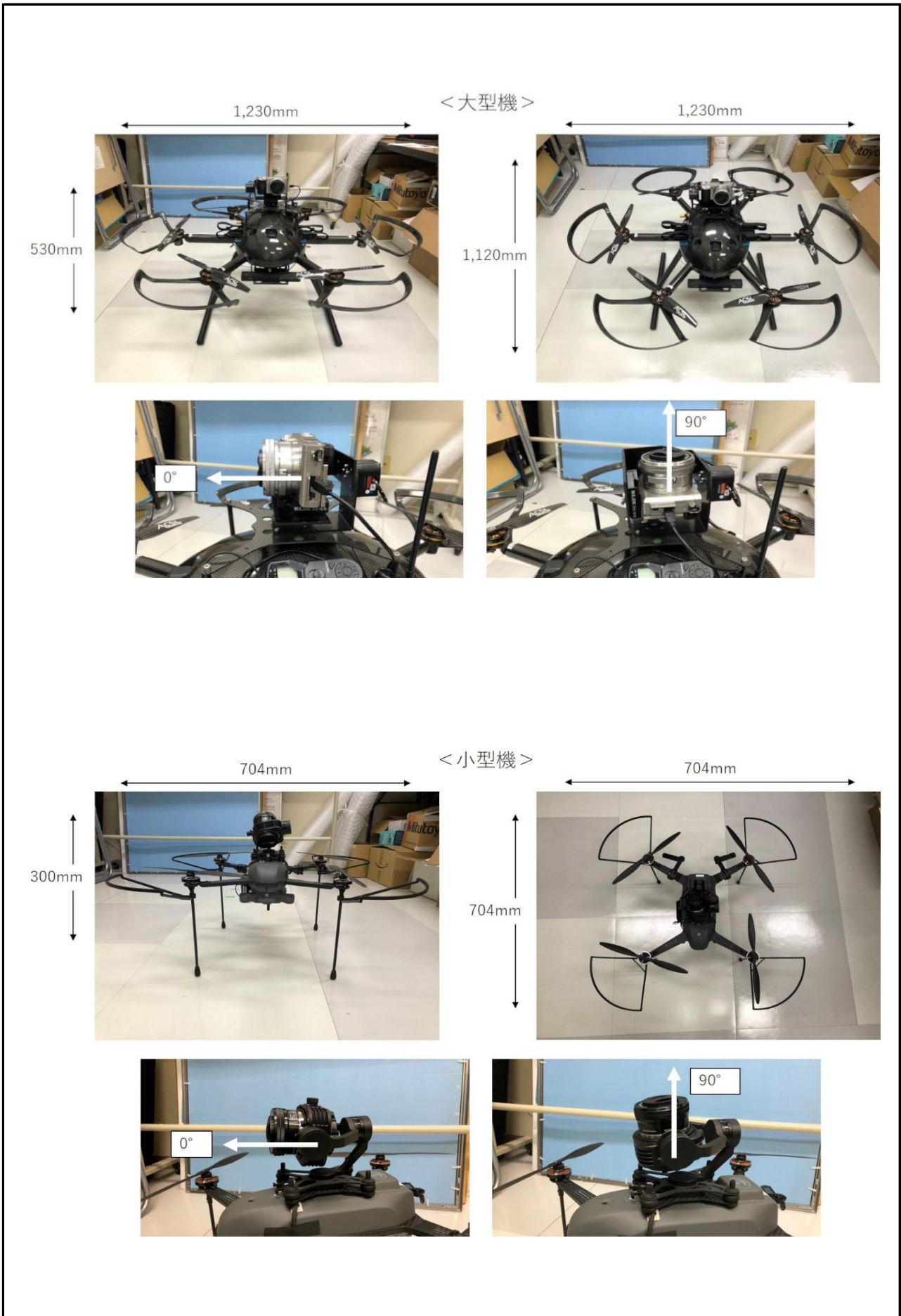
6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
道路幅員条件	-	-
桁下条件	<大型機、小型機> ・桁高3m以上、50m未満。 <ポールカメラ> ・桁高10m未満 <全共通> ・桁下には人が進入できること。	-
周辺条件	<大型機、小型機> 民家等の建物や電線がある場合は不可。 電波塔などがある場合は不可。	(電波塔の例) 放送局、携帯電話電波発信基地局、変電所、等
安全面への配慮	<大型機、小型機> (運用面) 計測中は注意喚起の看板の設置。 飛行経路内には関係者であっても極力立ち入らない。 (機体面) 機体にはプロペラガードを装着。 Visual SLAM制御により、障害物との衝突回避機能有り。 <ポールカメラ> ・急斜面やぬかるみがないこと。	-
無線等使用における混線等対策	<大型機、小型機> 機体と操縦装置の通信で用いられている2.4GHz帯の電波は、周波数拡散方式の1つであるFHSSを用い、使用する周波数を変動させながら通信している。	主にトラック等で使用される無線の周波数帯(430MHz等)とは異なる周波数帯を中心に使用。 使用周波数 : 920MHz、2.4GHz、5.7GHz
道路規制条件	<大型機、小型機> 点検対象橋梁の路面上の交通規制は必要ない。 点検対象橋梁の桁下に交差道路や側道が近くに存在し、危険と判断した場合は道路規制が必要となる。	-
その他	<大型機、小型機> ・水面上でのVisual SLAM制御不可。 <全共通> ・日中に計測を行う(最低必要照度:300?) ・気温0~40℃ ・雨、雪、濃霧、雷の場合は計測不可。 ・現場へは一般的な業務用バンで運搬。 ・バッテリー等の充電が必要となる場合は、小型発電機を使用する。	-

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	<p><大型機、小型機> 国土交通省航空局への飛行許可・承認申請において、登録した操縦者が従事すること。 操縦者は、機体の基本操縦習得とVisual SLAMや基地局ソフトウェアの使用方法等の講習・認定を受けること。</p>	講習・認定実施団体： (一社)社会インフラメンテナンス推進協議会
	必要構成人員数	<p><大型機、小型機> 操縦者1人、補助者2人 合計3名</p> <p><ポールカメラ> ポールカメラ支持1人、補助者1人 合計2名</p>	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	<p><大型機、小型機> 国土交通省航空局への飛行許可・承認申請において、登録した操縦者が従事すること。 操縦者は、機体の基本操縦習得とVisual SLAMや基地局ソフトウェアの使用方法等の講習・認定を受けること。</p>	講習・認定実施団体： (一社)社会インフラメンテナンス推進協議会
	作業ヤード・操作場所	<p>・作業ヤード範囲 : 3m×3m</p> <p><大型機、小型機> ・操作場所 : 飛行する機体が目視できる位置</p> <p><ポールカメラ> ・操作場所 : ・急斜面やぬかるみがないこと。</p>	-
	点検費用	<p>【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋] 橋長 : 50m 全幅員 : 10m 部位・部材 : 床版下面、橋脚 活用範囲 : 床版下面 500㎡、橋脚 600㎡ 検出項目 : ひびわれ、床版ひびわれ、 剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰</p> <p><費用>合計 635,000円</p>	交通費、諸経費等は別途。 費用は対象橋梁の現場数や現場環境、劣化状況により変動するため、個別見積りにて対応。
	保険の有無、保障範囲、費用	<p>保険加入あり 対人・対物 : 3億円</p>	-
	自動制御の有無	<p>自動制御あり</p> <p>・GNSS使用環境下 : GPS方式 ・GNSS使用不可環境下 : Visual SLAM方式</p>	-
	利用形態:リース等の入手性	現場作業から解析作業までの業務委託。	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障の場合、機体メーカーのサポート体制あり。場合によっては、現場再点検作業。	現場にはマシントラブルに備え、2台の装置を搬入。
	センシングデバイスの点検	<p>チェックリストに基づく日常点検及び、機種メーカーによる1年毎のオーバーホール。</p> <p>(適用できない条件等)</p>	-
その他	<p>・ドローンの飛行範囲に樹木や送電線等があり、飛行経路の確保が難しい場合(ポールカメラや地上から手撮りで補足可能)</p>	-	


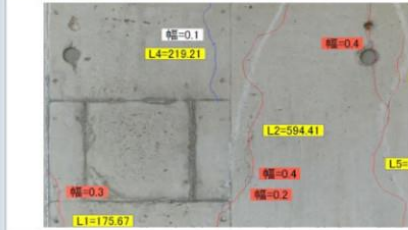
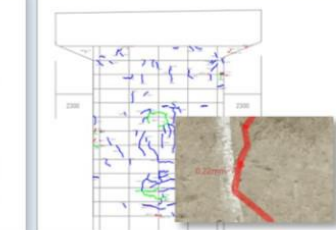
7. 図面



<ポールカメラ>



ワークフロー | ドローン点検

点検 (外業)	報告書作成 (内業)		
ドローンによる写真撮影 点検困難箇所へのアクセスの実現 スケッチ作業の削減	画像合成/ひびわれ検出 損傷図の生成 ひびわれの発見を支援	結果の 確認・修正	損傷図作成 効率化・高度化
			
Visual SLAMにより、GPSを受信できない環境でも自動飛行可能	画像解析技術により、ひびわれ幅0.1mmから検出、規模計測	画像解析の結果から、損傷図、損傷写真等を作成	

外業(ドローン飛行・撮影)から内業(画像解析、損傷図作成)まで一貫して行います

1. 基本事項

技術番号	BR010016-V0221		
技術名	橋梁点検用ドローンによる構造物2次元画像解析と3Dモデル構築技術		
技術バージョン	4.0	作成: 2021年10月	
開発者	夢想科学株式会社 株式会社日技 長崎大学		
連絡先等	097-574-5428 TEL: 097-574-8135 095-819-2512	E-mail:	izumi@anaheim-laboratory.com info@nichigi-jpn.com iyamamoto@nagasaki-u.ac.jp
現保有台数・基地	3機(2号機、3号機、4号機)	基地	大分(研究所)、長崎(長崎大学)
技術概要	<全機種共通技術> 橋梁点検用ドローンにより撮影されたカメラにより撮影された画像より3Dモデルを構築し、超解像度オルソ画像を出力することにより外観目視点検の支援を行う技術。 <機種概要> 2号機、3号機・・・大型機(橋台、橋脚、床版対応、照明付き) 4号機・・・小型機(橋台、橋脚対応、照明なし)上向き撮影不可		
技術区分	対象部位	<2号機、3号機> ・コンクリート橋 ・下部構造(橋脚、橋台) ・上部構造(主桁外側面、床版) <4号機> ・コンクリート橋 ・下部構造(橋脚、橋台) ・上部構造(主桁外側面)	
	変状の種類	ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水 ※全機種適用	
	物理原理	画像 ※全機種適用	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の上部または下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラが装着されている。 ・操作は無線操縦となる。 ・計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 ・計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。 ・ドローンを飛行させるにあたり、仮設電源などの外部設備は不要(ただし、バッテリー充電用の2000Wクラスの発電機は必要) <p>※全機種共通</p>
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的にGPS測位により自律飛行が可能である。移動に際しては人が操縦して飛行させる。 ・4号機に関しては非GPS環境下でビジョンポジショニング技術によって定点保持が可能となる。 <p>※全機種共通</p>
	通信	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数: 2.4Hz帯, 出力: 100mW <p>※全機種共通</p>
	測位	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS+GNSS+D-RTK <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS+GNSS ・ビジョンポジショニングシステム(全方向)
	自律機能	<p><全機種共通></p> <ul style="list-style-type: none"> ・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。 <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・非GPS環境下ではビジョンポジショニングシステムへ移行する。
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロベラガード(水平) <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビジョンポジショニングシステム(全方向障害物検知)による自動衝突回避機能 ・プロベラガード(水平)
外形寸法・重量	<p><2号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L1300mm×W1300mm×750mm) ・最大重量(14kgf) <p><3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L1360mm×W1360mm×800mm) ・最大重量(15kgf) <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L322mm×W242mm×84mm) ・最大重量(0.9kgf) 	
搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
動力	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: リチウムポリマーバッテリー搭載式 ・定格容量: 22.2V、17000mA×2本(44.4V) ・外部設備は不要 <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: リチウムポリマーバッテリー搭載式 ・定格容量: 15.4V、3850mA ・外部設備は不要 	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・15分(外気温: 20°Cの場合) <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・25分(外気温: 20°Cの場合) 	
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・折り畳みアームを展開する。 	
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	

計測装置	カメラ	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサーサイズ(縦16.7mm×横23.4mm) ・ピクセル数(縦4000Pixel×横6000Pixel) ・焦点距離(16~50mm@APS-C) ・ダイナミックレンジ(Dレンジ最適化マイザー(オート/レベル設定 <Lv1-5>))、 ・オートHDR(露出差オート/露出差レベル設定 <1.0-6.0EVの間で1.0EVごと6段階>)) ・測光補助用LED(30W*2)搭載 ・外部フラッシュ搭載
		<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサーサイズ: 1インチCMOS ・ピクセル数: 縦5472pixel×横3648pixel ・FOV: 約77° ・焦点距離: 35mm判換算: 28mm ・絞り: F2.8 ? F11 ・Dlog-M (10bit)、HDR動画対応 (HLG 10bit)
	パン・チルト機構	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・チルト: 水平0° ~ 上90° ・パン: ±180°
		<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・チルト: 上30° ~ 下90°
	角度記録・制御機構機能	<p><2号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作でパン、チルト操作可能 <p><3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作でパン、チルト操作可能 ・4か所の測距センサーにより、水平(床版)、鉛直(橋脚)での被写体との自動正対補正が可能 <p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作はチルト方向のみ
測位機構	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影座標がEXIFに記録されるが使用しない。のちに画像解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。 <p>※全機種共通</p>	
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・特になし、雨天、砂嵐、濃霧等は飛行不可 <p>※全機種共通</p>	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給 <p>※全機種共通</p>	
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、フラッシュ、LEDはドローンのバッテリーより給電されるため、バッテリー交換の必要はなし。 ただし、ドローンのバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。 <p>※全機種共通</p>	
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造 <p>※全機種共通</p>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造のため、機体寸法に含まれる <p>※全機種共通</p>
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・記録メディア(SDカード)に保存 <p>※全機種共通</p>
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給 ・外部設備は不要 <p>※全機種共通</p>
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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※	有	・風速5m/s以下 ・明るさ500lx以上
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	<4号機> ・照度500lx以下では、ビジョンセンシングが無効となる
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	・風速5m/s以下 ・機体と操縦者の間に障害物がないこと ・無線障害がないこと ※操縦者スキルを鑑みた安全率で判断
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	-

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p><2号機、3号機> 【撮影速度】0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】3~3.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 【風速】5m/s以下 【照度】500lx以上</p> <p><4号機> 【撮影速度】0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】2~2.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 【風速】5m/s以下 【照度】日陰 500 lx以上</p>
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	-
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 <2号機、3号機> 照度 5800lxの時 水平方向: 10mm(絶対誤差) 鉛直方向: 21mm(絶対誤差)</p> <p><4号機> 照度 7763lxの時 水平方向: 1mm(絶対誤差) 鉛直方向: 2mm(絶対誤差)</p>	
		性能確認シートの有無 ※	有	

	<p>色識別性能</p>	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 <2号機、3号機> 照度 93000、1000、0lxの時 フルカラー識別可能</p> <p><4号機> 照度 93.5の時 フルカラー識別可能</p>	
--	--------------	--	--

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>1)Photoscan(SfMソフト)を使用した手動解析法 ①撮影した画像を1部材ごとに振り分け、それらの画像をPhotoscanに取り込む。 ②3Dモデル合成後に点検対象部材の面ごとのオルソ画像を出力し、CADに縮尺を合わせて貼り付け損傷を目測で抽出しトレースする。 ③損傷ごとに番号を振り、長さをCAD上で計測して追記する。 ④幅を計測する際は、元画像とクラックスケールの縮尺を合わせて合成して目測で幅を計測し、③の損傷概要に追記する。 ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。 ※SfM参考文献: https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</p> <p>2)ひびみっけを使用したAI解析法 ※詳細は富士フィルム社「ひびみっけ」概要を参照 ①撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。 ②ひびわれの自動抽出機能により、ひびわれを抽出する。 ③抽出したひびわれを目視で確認し、筋状の汚れ等ひびわれ以外の抽出結果を手動で削除する。 ④ひびわれ幅、長さが自動抽出される。 ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。 ⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p>		
<p>ソフトウェア名</p>	<p>1)手動解析:AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト) 2)AI解析:富士フィルム社製「ひびみっけ ver.4.0」(市販ソフト)</p>		
<p>検出可能な変状</p>	<p>・自動:ひびわれ(幅および長さ)、手動:鉄筋露出、欠損、漏水</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>1)手動によるひびわれ抽出 ・60%以上のラップ率で撮影された画像より、各部材の面ごとに高密度オルソ画像を生成し、それをCAD上に添付して技術者が人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画を行う。</p> <p>2)AIを用いたひびわれ抽出 ・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」を活用するが、その詳細についてはひびみっけの仕様に準拠する。</p>	
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>1)Photoscanを用いた手動計測 ・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ:起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測 2)ひびみっけを用いた自動計測 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い、抽出されたひびわれで関係ないものの排除などの修正を行う。合成画像上にひびわれの番号、幅、長さが自動で計測され書き込まれている。</p>	
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p>	
	<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>1)作業者から手の届く範囲にひびわれがある場合 損傷個所にクラックスケールを当ててカメラで記録し、自動抽出された損傷と比較して判断。 2)作業者から手の届く範囲にひびわれがない場合 コンパネ目地の寸法(縦/横)を現場で計測しておき、CADに張り付けたオルソ画像から同じ個所を計測して狂いが生じてないかを確認。</p>	
	<p>変状の描画方法</p>	<p>ひびわれもしくはそれ以外の変状は、CAD上で技術者の判断で、画像の上に変状と考えられる範囲を人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画する(図化する)</p>	
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG</p>
		<p>ファイル容量</p>	<p>ひびみっけ使用時:最大8800×6500ピクセル</p>
<p>カラー/白黒画像</p>		<p>カラーのみ</p>	
<p>画素分解能</p>		<p>・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</p>	
<p>その他留意事項</p>		<p>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けが困難 ・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式の場合】 画像:JPEG、オルソ画像:TIFF、CAD:DXF、メタデータ:CSV 【専用ファイル形式の場合】 3Dモデル:PSX(Photoscan)、OBJ、メタデータ:CSV(カメラ座標)</p>		
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>-</p>		
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>-</p>		
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>-</p>		

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	橋脚幅は制限なし	係留ロープが障害物と干渉しない 直接目視できる範囲内での飛行
	桁下条件	桁高30m未満 桁下は操作者が進入できる箇所 等	-
	周辺条件	民家等の建物や電線がある場合は所有・管理者の承諾が必要。 電波塔など電波外乱等がある場合は不可。 空港規制圏内や重要施設近傍では別途届け出が必要。	-
	安全面への配慮	計測中は注意喚起の看板(カラーコーン等)の設置	-
	無線等使用における混線等対策	使用する周波数を変動させながら使用している。	-
	道路規制条件	操縦者が移動する範囲内に道路などが通る場合は、所轄警察署への届け出をして指示に従う。 歩道部通行止め 車道部片側相互通行 等	-
	その他	基本的に橋梁下より操縦を行うが、離発着地点や操縦者の移動範囲の草刈りが必要な場合あり。	-

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	機体操作:GPS、高度制御をOFFにした状態で風のある屋外にて機体がどの向きでも自由に操作できるレベル。 カメラ操作:ドローン操縦者とコミュニケーションを取り、狙い通りの高精細撮影が出来て、抜けのない高密度な3Dモデルを構築できるレベル。	夢想科学の認定する操縦レベルに達している事
必要構成人員数	<2号機、3号機> ドローン操作1人、カメラ操作1人、ロープ操作1人 合計3名 <4号機> ドローン操作1人、補助(解析、安全管理)1人 合計2名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	夢想科学が行う教育カリキュラムを受講し、各種試験(機体操作、カメラ操作、画像解析)を合格した者	夢想科学の教育カリキュラム受講者のみ操作が可能
作業ヤード・操作場所	基本的にドローンの直下にて操作を行う。 ・橋脚、橋台:操縦者移動範囲は外側5m程度 ・床版:床板直下 ・作業ヤード5m2	-
作業条件・運用条件 点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] <2号機、3号機> 橋長 94m 全幅員 9.7 m 部位・部材[橋脚、床板、橋台] 活用範囲 [2500]m2 検出項目 [ひびわれ、遊離石灰、カケ、鉄筋露出] <費用> 合計 1,500,000円(経費含む) <4号機> 幅員 10 m 高さ 20m 部位・部材[橋脚、橋台] 活用範囲 [2000]m2 検出項目 [ひびわれ、遊離石灰、カケ、鉄筋露出] <費用> 1,000,000円(経費含む)	参考 橋種 [コンクリート橋] 高さ 30m 全幅員 10 m 部位・部材[橋脚のみ] 活用範囲 [900]m2 検出項目 [ひびわれ] <費用> 合計 600,000円(経費含む)
	保険の有無、保障範囲、費用	事業活動包括保険に加入。 対人、対物5億円
自動制御の有無	<全機種共通> 自動運転機能等なし	-
利用形態:リース等の入手性	<2号機、3号機> 自社製作 <4号機> ネット販売等にて入手可能	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	修理、メンテナンスは自社で行う。	-
センシングデバイスの点検	<4号機> 6か月に1度、ビジョンポジショニングシステムのキャリブレーションを行う。	-
その他	山間等の機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難	-

7. 図面

橋梁点検用ドローン2号機



橋梁点検用ドローン3号機



1. 基本事項

技術番号	BR010017-V0221		
技術名	マルチコプタ点検システム「マルコ」		
技術バージョン	AXM2000-K2000-B-C02	作成: 2021年10月	
開発者	川田テクノロジー株式会社 大日本コンサルタント株式会社		
連絡先等	TEL: - -	E-mail: kobayashi_dai@ne-con.co.jp	大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所 技術開発部 保全エンジニアリング研究室 小林 大
現有台数・基地	5台	基地	栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台122-1 川田テクノロジー(株)内
技術概要	<p>本技術は、マルチコプタ(※1)に搭載した光学デジタルカメラにより、鉄筋コンクリート橋脚(柱)に発生する「ひびわれ」、「剥離・鉄筋露出」などの変状を検出して計測するもので、定期点検時の状態把握に活用することを想定している。</p> <p>変状の検出および計測は、現場で部材表面の静止画を撮影した後、室内で2次元オルソモザイク画像を作成し、同画像を技術者が目視することにより行なう。</p> <p>変状の検出および計測結果は、定期点検時の状態把握に活用される。</p> <p>※1 ドローン的一种で複数の回転翼を有する無人航空機。</p>		
技術区分	対象部位	鋼橋/Co橋/下部構造(橋脚)	
	変状の種類	ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/補修・補強材の損傷/うき(※1)/変色・劣化/漏水・滞水/変形・欠損 ※1 段差のついたひびわれなど部材表面に顕在化している場合のみ検出可能	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は、4ロータ(2枚羽根)マルチコプタ(ドローン)である移動装置の上部にスタビライズドジンバルを介して取り付けられたデジタルカメラにより変状の検出および計測を行なうものである。 なお、デジタルカメラは、SONY社製のα6000カメラに限定している。 計測したデータは、カメラに装着したSDカードに記録・保存され、計測終了後にSDカードをカメラから取り外して処理を行なう。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】 機体は、4ロータ(2枚羽根)マルチコプタ(ドローン)であり、IMUおよび対物センサにより半自律飛行が可能である。</p>	
	運動制御機構	通信	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数帯: 2.4GHz帯 ・出力: 100mW以下
		測位	<ul style="list-style-type: none"> ・2D LiDAR ・超音波センサ
		自律機能	<ul style="list-style-type: none"> ・自律機能あり、制御機構への入力は2D LiDARおよび超音波センサ
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<ul style="list-style-type: none"> ・自動間隔一定制御(前方および上方) ・安全ロープの装着 ・ロータガード ・機体上部バンパーおよび機体下部スキッド
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法 運用時: 865mm × 865mm × 530mm (L × H × W) 梱包時: 600mm × 600mm × 400mm (L × H × W) ・最大重量: 約8kgf 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ※ 移動装置は計測装置(SONY社製 α6000カメラ)専用設計であるため「一体的な構造」と評価した。 	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源: 電気式 ・電源供給形式: 機体搭載/バッテリー ・定格容量: 22.2V、10000mA 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・8分(地面効果のないホバリングに対する評価で、外気温: 0~40℃、飛行開始時点のバッテリー温度25℃の場合) 		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置と一体的な構造。 ※ 移動装置は計測装置(SONY社製 α6000カメラ)専用設計であるため「一体的な構造」と評価した。 	
	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"> ・カメラ: SONY社製 α6000 ILCE-6000 ・センサーサイズ(APS-Cサイズ、23.5 x 15.6mm)、ピクセル数(縦6000Pixel × 横3376Pixel)、焦点距離(20mm(35mm換算30mm))
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平(-)30° ~ (+)30° ・鉛直(-)15° ~ (+)105°
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> ・スタビライズドジンバルのパン・チルト機構可動範囲内で制御可能。
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置(デジタルカメラ)内蔵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"> ・およそ3時間(外気温: 0℃~40℃、実撮影時間1時間程度) 		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・移動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	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置(デジタルカメラ)に装着したSDカードに保存。 ・計測装置からSDカードを取り出し画像データをハードディスクに保存。 	
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 ・前方向の自動間隔一定制御に対して±40cm(※1) ・前方の自動正対制御に対して±5° ・以上の自動制御継続最大時間=60s ※1. 上方向の間隔一定制御は、自然環境下における検証未実施。
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	※本技術は、狭小な空間に進入することを想定しておらず、機体やカメラと計測対象部材の間隔を、以下の数値以上とすることが望ましい。 ・縦(前方)に対して機体から1.6m (自動間隔一定制御) ・横(幅)に対して機体中心から2.5m ・高さに対してカメラから2.0m (上方に対しては自動間隔一定制御)
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 ・1,000m 【標準試験値】 ・電波到達距離を最大稼働範囲として評価した。
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 未検証 【標準試験値】 ・超音波距離計動作条件: -40°C~+65°C ・2D LiDAR動作条件: -10°C~+50°C、85%RH以下、15000lx以下

※「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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・0.5m/s以下</p> <p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・実際の点検時と同様の飛行経路や飛行撮影仕様に基づき、実際の構造物に対して性能を確認。 ・平均風速1~3m/s。</p>
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・実際の点検時と同様の飛行経路や飛行撮影仕様に基づき、実際の構造物に発生したひびわれに対して性能を確認。 ・平均風速3m/s程度。 ・被写体照度2000lx程度(照明未点灯) ※ 写る範囲を500lx程度底上げする照明の利用可。 ・ひびわれ幅計測用の2次元オルソモザイク画像は、「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成。他のソフトを使用する場合は、別途、性能確認が必要。 ※ 性能確認用画像データセット提供可。 ・「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、JPEG(90)。 ・「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、TIFF(LZW)。</p>
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・Agisoft社製Metashape(市販ソフト) 相対誤差=0.06% ・Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト) 相対誤差=0.37% ※ 精度は、2次元オルソモザイク画像作成時のソフトの手动操作の影響を受けるため、必ずしもソフトの性能の差ではない点に注意が必要。</p> <p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・真値10438mmに対する長さ計測精度。 ・実際の点検時と同様の飛行経路や飛行撮影仕様に基づき、実際の構造物の画像の撮影を行ない、「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像に対する評価。他のソフトを使用する場合は、別途、性能確認が必要。 ※ 性能確認用画像データセット提供可。 ・「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、JPEG(90)。 ・「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、TIFF(LZW)。</p>
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・Agisoft社製Metashape(市販ソフト) 水平絶対誤差=7mm 鉛直絶対誤差=7mm ・Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト) 水平絶対誤差=8mm 鉛直絶対誤差=38mm ※ 精度は、2次元オルソモザイク画像作成時のソフトの手动操作の影響を受けるため、必ずしもソフトの性能の差ではない点に注意が必要。</p> <p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・水平方向真値272mm、鉛直方向真値10044mmに対する位置精度。 ・実際の点検時と同様の飛行経路や飛行撮影仕様に基づき、実際の構造物の画像の撮影を行ない、「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像に対する評価。他のソフトを使用する場合は、別途、性能確認が必要。 ※ 性能確認用画像データセット提供可。 ・「Agisoft社製Metashape(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、JPEG(90)。 ・「Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト)」により作成した2次元オルソモザイク画像は、画素分解能0.4mm、TIFF(LZW)。</p>
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・フルカラーチャート識別可能</p> <p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 ・実際の点検時と同様の飛行撮影仕様に基づき性能を確認。 ・被写体照度10000lx以上(照明未点灯)</p>

※「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>本技術のサービス範囲は、画像の撮影までとし、2次元オルソモザイク画像の作成、変状の検出および計測は、建設コンサルタントや点検会社が行なうことを基本としており、以下に示す手順で行なうことを想定している。</p> <p>① SfM (Structure from Motion) ソフトを用いて3次元モデルを作成し、変状検出範囲の2次元オルソモザイク画像を作成する。(自動)</p> <p>② 2次元オルソモザイク画像をモニタに映し、技術者が目視して損傷を検出する。なお、AIや画像解析による変状検出支援サービスを利用する場合でも、技術者が2次元オルソモザイク画像を目視して照査を行なうこと。(手動)</p> <p>③ 画像編集ソフトやCADソフトを用いて変状の大きさ(長さや幅)や位置を計測する。なお、ひびわれ幅の計測は、計測時に取得した幅が既知のひびわれ画像などを用いて技術者が目視で計測を行なう。(手動)</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"> ・Agisoft社製Metashape(市販ソフト) ・Pix4D社製Pix4Dmapper(市販ソフト) 		
	検出可能な変状	<p>ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／補修・補強材の損傷／うき(※1)／変色・劣化／漏水・滞水／変形・欠損</p> <p>※1. 段差が付いたひびわれなど部材表面に顕在化している場合のみ検出可能。</p>		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>・ひびわれの検出は、技術者がモニタに映した2次元オルソモザイク画像を目視確認して行なう。なお、AIや画像解析による変状検出支援サービスを利用する場合でも、技術者が2次元オルソモザイク画像を目視して照査を行なうこと。</p>	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>・ひびわれ幅の計測は、計測時に取得した幅が既知のひびわれ画像などを用いて技術者が目視で行なう。</p> <p>・ひびわれ長さの計測は、画像編集ソフトやCADソフトを用いて行なう。</p>	
		ひびわれ以外	<p>・ひびわれ以外の変状の検出は、モニタに映した2次元オルソモザイク画像を技術者が目視確認して行なう。</p> <p>・同計測は、画像編集ソフトやCADソフトを用いて行なう。</p>	
		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	<ul style="list-style-type: none"> ・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、JPEG2000、TIFF、PNG、BMPなど	
		ファイル容量	-	
		カラー／白黒画像	カラー画像	
画素分解能		<p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには、画素分解能0.4mm/pixel以下であることが必要。</p>		
その他留意事項		<p>・ひびわれから遊離石灰が析出している場合、チョーク線が重なっている場合などは、ひびわれの検出が困難。</p>		
出力ファイル形式	JPEG、JPEG2000、TIFF、PNG、BMP			
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)

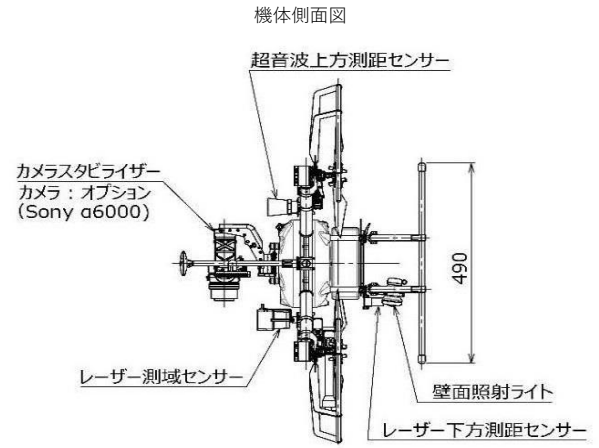
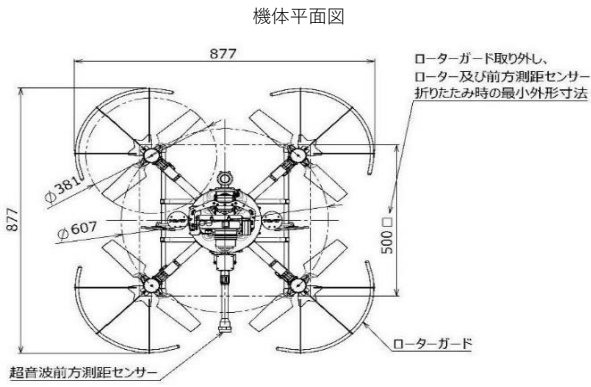
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
道路幅員条件	-	-
桁下条件	・桁下高5m以上。	-
周辺条件	・飛行音が迷惑となる場合は不可。 ・高圧線、変電所などがそばにあり操縦などに使用する無線に影響を与える場合は不可。	-
安全面への配慮	・注意喚起看板の設置 ・警備員の配置 ・安全索の設置	-
無線等使用における混線等対策	・操縦装置と機体をリンクする際には双方を十分に近づけ、第三の操縦装置とリンクさせないように徹底する。 ・同じ点検現場で2機以上同時に飛行させる場合は操縦者同士が声を掛け合い、操縦装置と機体をリンクさせるタイミングが合わないよう徹底する。	-
道路規制条件	-	-
その他	・離陸時点でのバッテリーの温度を25℃以上に管理すること。 ・要求画像性能に対して必要な被写体照度を確保できること。被写体照度が不足する場合は、機体に搭載される照明装置の使用を検討する。 ・飛行撮影中、突風などにより機体の姿勢が乱された場合に姿勢を立て直すための空間として、計測対象部材から最大飛行高さの1/3以上(最小10m)の空間を確保することが望ましい。 ・飛行空域に物件、草木の繁茂などがないこと。 ・ダウンウォッシュにより地面などから砂塵が飛散しないこと。あるいはその抑止が可能なこと。	-

6. 留意事項(その2)

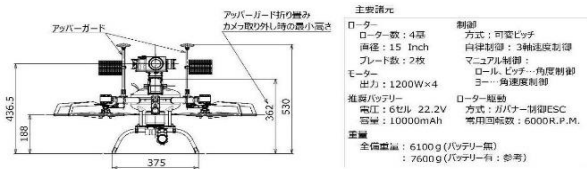
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・操縦者および補助者は、操縦技能認定講習会修了者に限る。	・操縦技能認定講習会については、以下のURLを参照。 https://drone-infrastructure.com/
必要構成人員数	・精度管理者1名、操縦者1名、補助者1名の合計3人。	・現場条件により、補助者の追加や警備員の配置が必要な場合がある。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・操縦者および補助者は、操縦技術認定講習会修了者に限る。	・操縦技能認定講習会については、以下のURLを参照。 https://drone-infrastructure.com/
作業ヤード・操作場所	・機体直接目視飛行の場合は、機体の上昇および下降ラインの正面に操縦者が安全かつ安定した姿勢が取れること。操縦者の機体の見上げ角を60度程度に抑えることが望ましい。 ・FPVを併用する場合は、機体を直接目視が可能な場所に安全かつ安定した姿勢が取れること。 ・操縦者に対して必要かつ適切な助言が可能な位置に補助者が安全かつ安定した姿勢が取れること。	・FPV(First Person View)を併用することが望ましい。 ・FPV装置は、操縦者が保有する装置を設置する。なお、機体には、FPV装置用電源が装備されている。
点検費用	【橋梁条件】 部位・部材[橋脚/柱×1基] 活用範囲(柱断面形状、高さ、柱表面積)[6m×6m、30m、720m ²] 検出項目[ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/補修・補強材の損傷/うき/変色・劣化/漏水・滞水/変形・欠損] <費用> 合計=350千円(経費含む) 飛行撮影費=19万円 損傷図画(※1)作成費=16万円 ※1 損傷図画とは近接目視点検の野帳に相当するCAD図。	・点検費用に記載した金額は、現場作業日数0.4日を考慮した金額としている。・本技術のサービス範囲は画像撮影までを基本とするが、点検費用は、従来技術との比較がし易いように近接目視点検の野帳に相当するCAD図の損傷図画作成までとしている。・拘束費や旅費を含んでいない。 ・現地状況により変動あり。
保険の有無、保障範囲、費用	-	・使用者が適切な保険に加入することを条件とする。
自動制御の有無	・自律制御あり。	-
利用形態:リース等の入手性	・購入 ・レンタル(※1) ・リース(※1) ・代行 ※1. 操縦技能認定講習会修了者に限る。	・機体購入に関する問い合わせ先 田屋エンジニアリング(株) 担当: 安田 メール: yasuda@taya-eng.co.jp URL: http://www.taya-eng.co.jp/ ・レンタル、リース、代行に関する問い合わせ先 (株)FLIGHTS 担当: 長嶋、栗原 メール: infra@droneagent.jp URL: https://drone-infrastructure.com/
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり。 ・メールによるサポート(一次受付)	・購入機体に関するサポート窓口 田屋エンジニアリング(株) 担当: 安田 メール: yasuda@taya-eng.co.jp URL: http://www.taya-eng.co.jp/ ・レンタル、リース機体に関するサポート窓口 (株)FLIGHTS 担当: 長嶋、栗原 メール: infra@droneagent.jp URL: https://drone-infrastructure.com/
センシングデバイスの点検	-	・不具合時のサポート体制と同様。
その他	・水深の深い水上など機体の墜落時に回収が困難な現場では適用不可。	-

作業条件・運用条件

7. 図面



機体正面図および諸元



機体写真



測定状況説明図 (1)



測定状況説明図 (2)

