性 能 カ タ ロ グ

■画像計測技術（橋梁）

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010001－V0020			
技術名		コロコロチェッカー			
	技術バージョン	なし		作成： 2020年3月	
開発者		西松建設株式会社 佐賀大学理工学部理工学科			
連絡先等		03-3502-0247	E-mail ：	seiji_matsuura@nishimatsu.co.jp yuki_tezuka@nishimatsu.co.jp	西松建設 松浦誠司、手塚裕紀
現有台数・基地		1台	基地	神奈川県愛甲郡愛川町	
技術概要		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。			
技術区分	対象部位	上部工（斜材） 斜張橋斜材（φ90～200㎜、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	画像／動画			

2. 基本諸元

計測機器の構成			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。 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。
移動装置	移動原理		（型式）【接触型】【懸架型】 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。
	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）	該当なし
	外形寸法・重量		・一体構造（移動装置＋計測装置） ・最大外形寸法（L500mm×W500mm×H500mm 部分的な凸部を除く） ・最大重量（約29kg）

画像計測技術（橋梁）

移動装置	搭載可能容量 （分離構造の場合）		該当なし
	動力		・動力源：電気式 ・電源供給容量：リチウムイオンバッテリー、容量 348Wh（87Wh×4個） ・電源定格出力：電圧14.4V、最大電流10A ・モータ定格出力：120W（30W×4個）
	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）		・該当なし
	センシングデバイス	カメラ	・フルハイビジョンビデオカメラ　4台 ・約207万画素（横1,920画素×縦1,080画素）
		パン・チルト機構	・機構なし
		角度記録・制御機構 機能	・機構なし
		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）		・該当なし
	データ収集・記録機能		・記録メディア（SDカード）に保存 ・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
	通信規格 （データを伝送し保存する場合）		・該当なし
	セキュリティ （データを伝送し保存する場合）		・該当なし
	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）
	データ収集・通信可能時間 （データを伝送し保存する場合）		・該当なし

画像計測技術（橋梁）

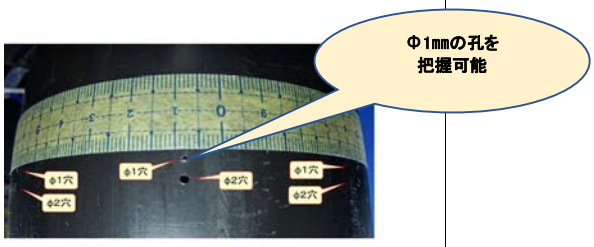
3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 （飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※ 無 ・該当なし	―
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ 無 【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	機器外寸が500㎜×500㎜×500㎜であり、ケーブル中心から最遠部までの距離は360㎜、隣接するケーブルの直径の最大値Φ230㎜の場合、360+230/2 ≒ 500 < 600
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ 無 ・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。	―
運動位置精度	検証の有無の記載 ※ 無 ・図面上の調査距離を正値として、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。 （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。

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載※ 無 撮影速度5±0.5m/min（0.075～0.092m/s）	斜材角度65°以下 ・その他の条件は、6. 留意事項（その1）の点検時条件の通り
	計測精度	検証の有無の記載※ 無 ・最小変状（ひびわれ）幅1.0mm：1mmの孔が視認できることを確認済み。 ・ひびわれ幅（上記の1mmの孔の大きさ）については計測しないため、計測精度も検証していない。 ・1mm以下の損傷や傷や汚れについて、視認できることは、実績の検査の際に確認しているが、定量的な検証はしていない。.  	・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）の点検時条件の通り
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載※ 無 ・移動距離の情報とカメラ画素の移動量から長さ（ひびわれの範囲）を計測している。 （未検証）	同上
	位置精度	検証の有無の記載※ 無 ・図面上の調査距離を正値として、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。 （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。
	色識別性能	検証の有無の記載※ 無 ・フルカラー識別可能 （未検証）	・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）の点検時条件の通り

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		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個所を抽出する。 ②損傷個所の情報を保存し、映像を静止画で出力する。 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。 （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。）	
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	・該当なし
		ひびわれ以外	・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、ケーブル全面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1920×1080 7) 画質フォーマット：動画：mkv、抽出した静止画：JPG ・損傷範囲の大きさは、損傷を検知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。
		画像処理の精度 （学習結果に対する性能評価）	・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。
		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。
	取り扱い可能な画像データ	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
		その他の留意事項	・損傷と汚れの選別は技術者の判断で行う。
	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	

画像計測技術（橋梁）

調書作成支援の手順	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 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。
調書作成支援の適用条件	・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。
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・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：Windows7Professioal SP1 64bit 日本語版　以降、Internet Explorer11以降

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

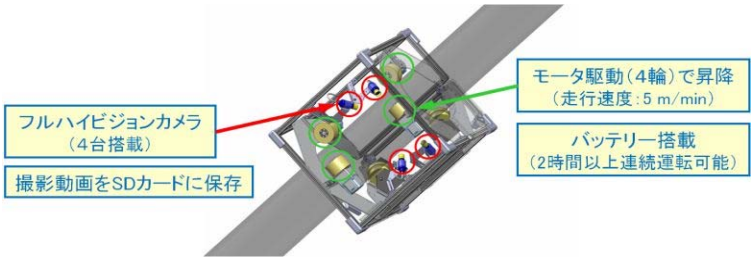
項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	適用条件なし	―
	桁下条件	適用条件なし	―
	周辺条件	・降雨降雪がある場合は作業中止 ・風速10m/s以上の場合は作業中止 ・照明灯などの障害物がある場合は高所作業車と併用	―
	安全面への配慮	・交通規制の必要がない条件であれば、計測中の交通には支障しない	―
	無線等使用における混線等対策	・'なし	―
	道路規制条件	・道路外に搬出入スペースがない場合に交通規制が必要 ・装置の設置・撤去のスペース（幅1.5m×長さ1.5m）がない場合は交通規制が必要 ・高所作業車が必要な場合は交通規制が必要	―
	その他	下記の場合は適用不可 ・斜材径φ90～230㎜以外。斜材長が300mを超える場合 ・直径5㎜以上の段差がある場合 ・斜材角度が65°を超える場合 ・斜材の色が黒色等の濃色でない場合 ・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	―

6. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
作業条件・運用条件	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	―
	操作場所	計測機器から300m以内	―
	点検費用	斜材延長'5000m、調査から報告書作成、12日間で220万円	―
	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	―
	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	―	―

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

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010002－V0020		
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： 2020年3月	
開発者		（株）アルファ・プロダクト／（株）長大		
連絡先等		TEL：03-6457-2666	E-mail ： t.hara@alpha-product.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都立産業技術研究センター開発支援ラボ３１３
技術概要		1、特長 ・足場不要で外観検査ができる技術。 ・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,塗装の剥離、腐食、欠損等を画像確認できる。 2、機器構成 ・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	上部構造（床版下面、塔柱）、下部構造		
	変状の種類	腐食、防食機能の劣化、変形・ 欠損		
	物理原理	画像（静止画）		

2. 基本諸元

計測機器の構成			・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ついで移動する。
	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）		—

画像計測技術（橋梁）

計測装置	設置方法		・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）		・デジタル1眼レフカメラ：幅１４６×高さ１２４×奥行78.5mm、約1005g。 ・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	・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		・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）		―

画像計測技術（橋梁）

3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 （飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※		—
	—		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
	—		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
	—		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—
	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※		雨天、降雪、強風時は撮影不可。
		—		
	計測精度	検証の有無の記載 ※	無	・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。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。 ・実際の撮影ではオーバーラップを0.1mとする。 ・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。 ・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。 ・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。
		・未検証 (撮影画像1ピクセル当たり最小分解能は0.06mmであり、通常は0.1mmまたは0.2mmで設定する。この設定値に画像ピクセル数を乗じれば撮影範囲が決定される。この撮影範囲にて変状を判定する.)		
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載※	有	
		（照度： 8307 lx） 0.96%（相対誤差）		
	位置精度	検証の有無の記載※	有	
		（照度： 8307 lx） X座標： 絶対誤差 0.052m Y座標： 絶対誤差 0.005m		
	色識別性能	検証の有無の記載※	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値を決める。 ・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。
		（照度： 223.9 lx） ・フルカラー識別可能		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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PCの画面上で拡大する。 ②画像を見ながら変状を人間が確認する。 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。 ④扱いやすい区分で画像を接合する。 ⑤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。	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	画像接合ソフト/Autopano giga4 画像編集ソフト/Adobe Photoshop エクセル	
	検出可能な変状	腐食、防食機能の劣化、変形･欠損	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	—
		ひびわれ幅及び 長さの計測方法	—
		ひびわれ以外	・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、人が詳細に確認する。 ・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。
		画像処理の精度 （学習結果に対する性能評価）	人間が行う
		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。
	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	・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のようになる。 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。
		その他の留意事項	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		—	

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	特になし	—
	桁下条件	・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。	・箱桁内部では充電式の特殊ストロボ使用
	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	特になし。	—
	無線等使用における混線等対策	特になし。	—
	道路規制条件	特になし。	—
	その他	・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ドットが認識されず、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（適用条件等）
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：日本写真家協会員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	—	—
	操作場所	—	—
	点検費用	約44万円/約850カット/約1100m2 （撮影、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

❶ レンズフード
❷ レンズ
❸ デジタル1眼レフカメラ
❹ 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。
❺ 三脚
❻ 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。
❼ 簡易測量機能付きレーザーポインター

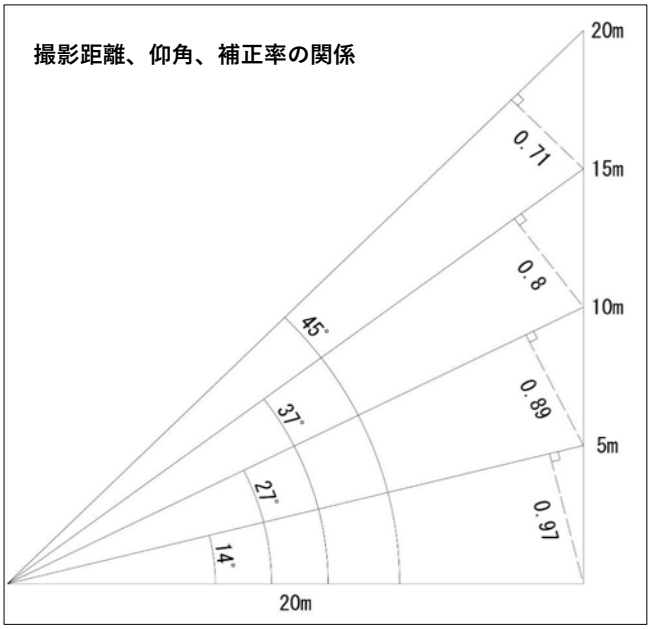
❹

❻

❼

画像計測技術（橋梁）

・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。



仰角に対する鉛直方向の見かけ上の圧縮の例。
仰角が37～45度では、実際の垂直の長さが
0.71倍になる。
仰角によってこの圧縮率は異なるため、
高さ区分によって圧縮率を計算し、
変状総括表の高さ方向の数字を補正する。

水平方向の歪は、望遠レンズを使用するため、
ほとんど影響がない。

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010003－V0020		
技術名		構造物点検調査ヘリシステム（SCIMUS：スキームス）		
	技術バージョン	Ver.1.03	作成：2020年3月	
開発者		中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京（株）		
連絡先等		TEL：03-5339-1717	E-mail： r.hori.aa@c-nexco-het.jp	経営企画部事業開発課　堀
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		構造物点検調査ヘリシステムとは、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。 【飛行及び撮影方法】 ●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。 【変状の抽出】 ●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	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		

2. 基本諸元

計測機器の構成			基本ベース機器 ・・・ ドローン（4枚羽、電動モータ、バッテリィ）、ガードフレーム、GNSS装置、自律飛行装置、飛行制御ボード、(衝突防止装置) 画像撮影機材 ・・・ カメラ（動画、静止画）、SDガードに保存 カメラ制御機材 ○カメラ方向制御 ・・・ ① 自動 ジャイロ(カメラの水平垂直制御)付可動雲台(90°) ② 手動 可動雲台(水平360° 垂直90°)、雲台手動制御機器 ○カメラ撮影制御 ・・・ 地上画像確認モニタ、手動撮影機器
移動装置	移動原理		【飛行型】 機体は、4枚羽のドローンであり、基本的にはGNSS測位により自律飛行可能であるが、現場条件によっては、人が操縦して飛行させる。 （構造物下面では位置制御に使用する公共座標（GPS等）が不感であるためドローンの移動の指示は操縦装置から手動で行う。）
	運動制御機構	通信	【無線通信】 操縦系周波数2.4GHz帯，画像伝送系周波数5.8GHz帯
		測位	・GNSS測位（全地球航法衛星システム）
		自律機能	IMU（ジャイロ、加速度計）、磁気センサ、バロメータによるデータをフライトコントロールプログラムにより制御する。
		衝突回避機能（飛行型のみ）	・係留ロープの装着 ・プロペラガード（水平・垂直）
	外形寸法・重量		・外形寸法 L1,091mm×W1,091mm×H178mm ・重量 約5.4kg
	搭載可能容量 （分離構造の場合）		・最大外形寸法 200×200×200mm ・最大重量 4kg
	動力		・動力源：電気式 ・電源供給容量：バッテリー ・定格容量：22．2V×2個、計20500mA
	連続稼働時間 （バッテリー給電の場合）		・20分（外気温：20℃の場合）

画像計測技術（橋梁）

計測装置	設置方法		機体上部または下部に可動雲台又は回転雲台を取り付け、カメラをボルトにより取付ける。
	外形寸法・重量 （分離構造の場合）		・SONY製カメラ　α7RⅢ：126.9×95.6×737.7mm　657g 55mm：70.5×64.4mm　120g ・CANON製カメラ　EOS　R：135.8×98.3×84.4mm　660g 50mm：39.3×69.2mm　160g
	センシングデバイス	カメラ	・SONY製カメラ　α7RⅢ（センサーサイズ　35mmフルサイズ　4240万画素　横7952×縦5304） 焦点距離55mm ・CANON製カメラ　EOS　R（センサーサイズ　35mmフルサイズ　3030万画素　横6720×縦4480） 焦点距離50mm
		パン・チルト機構	・水平0°　～360° ・鉛直0°　～90°
		角度記録・制御機構 機能	撮影は、ジャイロ機構により制御された可動雲台を用いてカメラを撮影対象面に向けて行う。また、鈑桁溶接部や支承部を撮影する場合は、FPVモニタでカメラ映像を確認し、回転、チルトを手動で行う。いずれも撮影角度を記録する機能はない。
		測位機構	カメラに搭載されているGNSS測位（全地球航法衛星システム）
	耐久性		防塵・防水性能無し
	動力		計測装置として使用しているカメラに内蔵されているリチウムイオンバッテリ（交換可能）
	連続稼働時間 （バッテリー給電の場合）		・SONY製カメラ　α7RⅢ　：190分（20℃） ・CANON製カメラ　EOS　R　：140分（23℃）
データ収集・通信装置	設置方法		撮影された画像は、撮影と同時にカメラに内蔵されている画像記録装置に収納される。
	外形寸法・重量 （分離構造の場合）		一体構造（カメラに内蔵）
	データ収集・記録機能		画像記録装置にSDカードをデータ記録媒体として挿入しておき、物理的にデータを収集する。
	通信規格 （データを伝送し保存する場合）		データ伝送は行わない。
	セキュリティ （データを伝送し保存する場合）		データ伝送は行わない。
	動力		計測装置として使用しているカメラ内蔵のリチウムイオンバッテリ（交換可能）
	データ収集・通信可能時間 （データを伝送し保存する場合）		データ伝送は行わない。

3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 （飛行型のみ）	検証の有無の記載　※	有	風速：2.5m/s（検証時の風速）
	ホバリング時：0 cm		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載　※	無	
	幅2.5m×奥行2.5m以上の水平空間があること		
最大可動範囲	検証の有無の記載　※	無	・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）
	130m		
運動位置精度	検証の有無の記載　※	無	GNSSの衛星の数により変動
	―		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※ 有 ・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 %	（検証時の条件値） ・移動距離： 10 m ・被写体距離： 3 m ・風速：0.6 m/s
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 有 検出可能な最小ひびわれ幅0.1mm （照度167.1 lx） ひびわれ幅 0.1mm 誤差 0.04mm ひびわれ幅 0.2mm 誤差 0.03mm ひびわれ幅 0.3mm 誤差 0.04mm ひびわれ幅 1.0mm 誤差 0.06mm	（検証時の条件値） ・カメラ：SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離：3m ・照度：167.1 lx ・風速：1.0m/s ・気温：10.2℃ ・焦点距離：55mm ・シャッター速度：1/500-1500 秒 ・絞り：f3.5 ・ISO値：100-1600
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※ 有 （照度 10300 lx） 0.14%（相対誤差）	（検証時の条件値） ・カメラ：SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離：3m ・照度：10300 lx ・風速：1.4m/s ・気温：12.0℃ ・焦点距離：55mm ・シャッター速度：1/500-1500 秒 ・絞り：f3.5 ・ISO値：100-1600
	位置精度	検証の有無の記載 ※ 有 （照度 10300 lx） X座標： 絶対誤差 0.002m Y座標： 絶対誤差 0.009m	（検証時の条件値） ・カメラ：SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離：3m ・照度：10300 lx ・風速：1.4m/s ・気温：12.0℃ ・焦点距離：55mm ・シャッター速度：1/500-1500 秒 ・絞り：f3.5 ・ISO値：100-1600
	色識別性能	検証の有無の記載 ※ 有 （照度 50.9 lx） フルカラー識別可能	（検証時の条件値） ・カメラ：SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離：3m ・照度：50.9 lx ・風速：0m/s ・気温：13.3℃ ・焦点距離：55mm ・シャッター速度：1/500-1500 秒 ・絞り：f3.5 ・ISO値：100-1600

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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。 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。 ③ 抽出したひびわれを人が展開図化及び表化する。	
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「Kuravesu」に取込み、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	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0.1㎜を検出するためには、0.3㎜/画素以下であることが必要である。
		その他の留意事項	・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）	

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

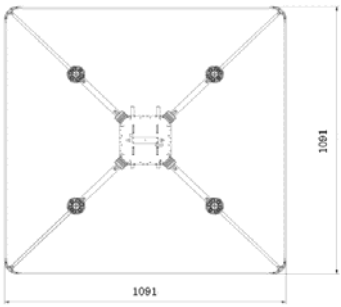
項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	制約無し	－
	桁下条件	桁下に人が侵入できる箇所	① 床版、橋脚 ・・・ 可動雲台(上横方向) ② 桁間(進入可能な場合) ・・・ 回転チルト雲台(水平360° 垂直90°)
	周辺条件	撮影(飛行)箇所周辺に民家等の建物や電線、樹木がある場合及び電波塔などがある場合は不可	－
	安全面への配慮	係留ロープ使用 計測中の注意喚起表示 気象観測装置の設置	－
	無線等使用における混線等対策	通信は2.4Ghz帯（2.400GHz～2.497Ghz）の周波数帯域でスペクトラム分散方式で行う。	－
	道路規制条件	橋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	－

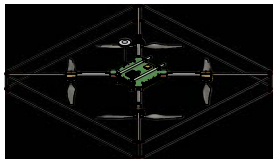
6. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
作業条件・運用条件	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	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。 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。 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。 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。 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。 ③専門会社による操縦研修を受講したもの。 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。	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。
	操作場所	飛行体を目視確認可能な位置	－
	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		－

7. 図面

ベース機体図面

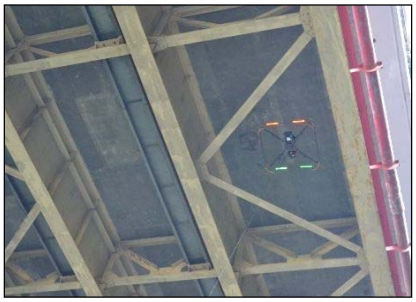




単位：mm

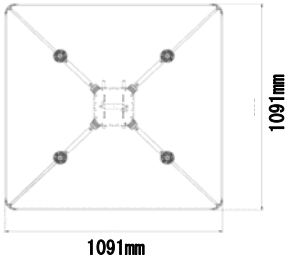
機体（カメラ含む）

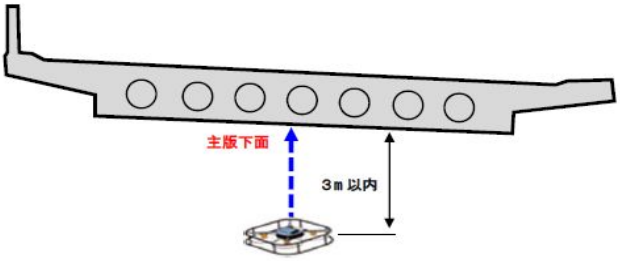
計測（撮影）状況



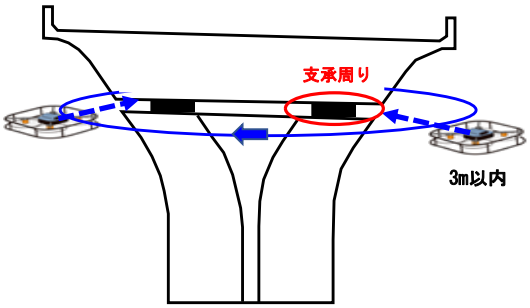
画像計測技術（橋梁）

撮影距離及び機体寸法

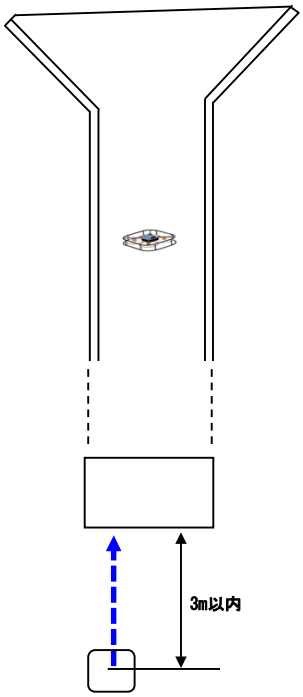




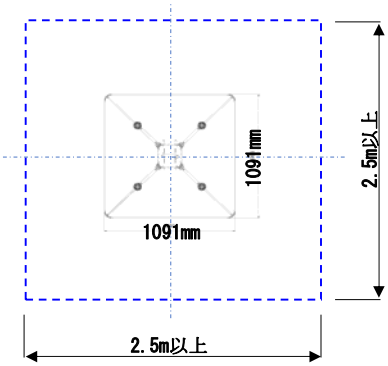
上部工撮影距離



支承周り撮影距離



下部工撮影距離



狭小部進入性能

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010004－V0020			
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： 2020年 3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			・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に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		【懸架型】 ・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。 写真１．走行ユニットの下フランジ設置（把持）状況 写真2．昇降装置
移動装置	運動制御機構	通信	・有線式
		測位	・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）	―

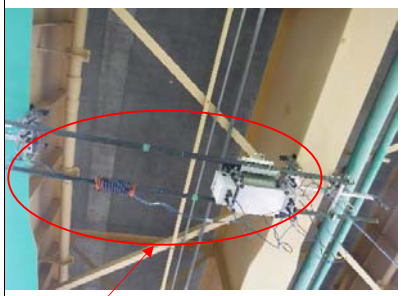
画像計測技術（橋梁）

移動装置	外形寸法・重量		・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		・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		・「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	・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	・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	・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		・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）		・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

画像計測技術（橋梁）

3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 （飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※ ［ ］ —	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ ［ ］ 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	—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ ［無］ 【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 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	検証の有無の記載 ※ ［無］ 未検証	—

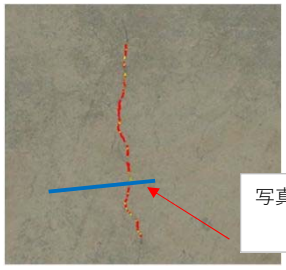
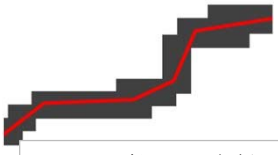
※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載※ ［無］ 静止画像撮影時は停止	【移動方向ラップ率】 30% 【画素分解能】 0.5mm/Pixel
	計測精度	検証の有無の記載※ ［有］ （最小ひびわれ幅0.05mm） 計測精度 （照度 243.9 lx） ひびわれ幅 0.05mm 0.06mm ひびわれ幅 0.1mm 0.104mm ひびわれ幅 0.2mm 0.04mm ひびわれ幅 0.3mm 0.04mm ひびわれ幅 1.0mm 0.52mm 超解像度を使用	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 1.0m
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載※ ［有］ （照度26200 lx） 0.17%（相対誤差）	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 3.0m
	位置精度	検証の有無の記載※ ［有］ （照度 26200 lx） X方向： 0.011mm （絶対誤差） Y方向： 0.023mm （絶対誤差）	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 3.0m
	色識別性能	検証の有無の記載※ ［有］ （照度 93.8 lx） フル色カラー識別可能	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 1.0m

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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。	
ソフトウェア情報	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） ・腐食	
	変状検出の原理・アルゴリズム	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。  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
		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）
		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
		変状の描画方法	・点群データ(ラスタ画像) 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

画像計測技術（橋梁）

<table>
<tr><td rowspan="6">ソフトウェア情報</td><td rowspan="5">取り扱い可能な画像データ</td><td>ファイル形式</td><td>JPEG （弊社のロボットにて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>ファイル容量</td><td>6MB程度 （弊社のロボットにて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>カラー／白黒画像</td><td>カラー （弊社のロボットにて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>画素分解能</td><td>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）</td></tr>
<tr><td>その他の留意事項</td><td>・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</td></tr>
<tr><td>出力ファイル形式</td><td colspan="2">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</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の手順</td><td colspan="2">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。
⑤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</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の適用条件</td><td colspan="2">・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ク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で可能であること。</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援に活用する
機器・ソフトウェア名</td><td colspan="2">・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
・「イクシスクラウド ver1.0」（自社開発ソフト）</td></tr>
</table>

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
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（適用条件等）
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	―
	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	無し	―
	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	自社点検項目に従い実施
	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）

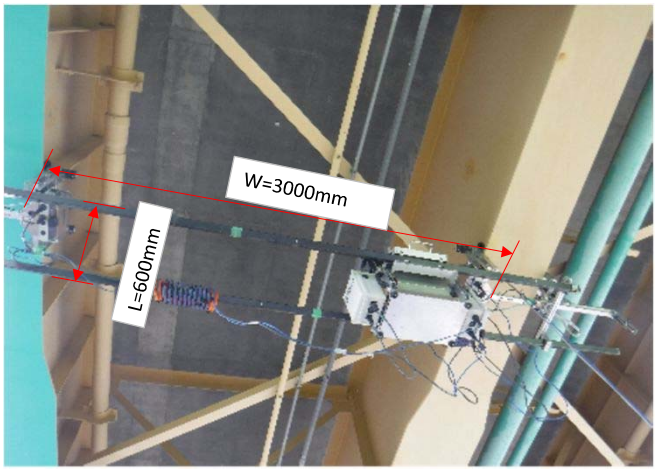


写真1.　外寸図記載

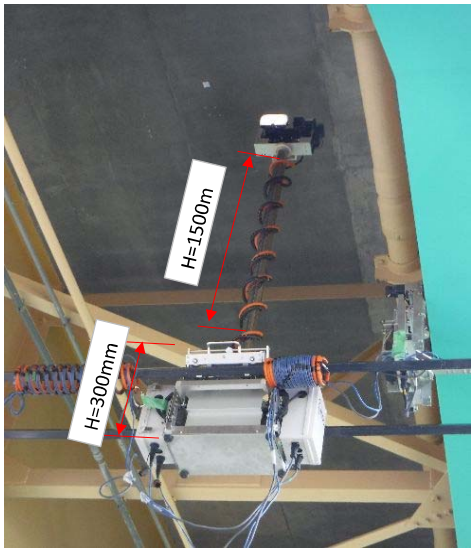


写真２．　外寸図記載

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術技術番号		BR010005－V0020		
技術名		可視画像を用いたAIによるひび割れ自動検出技術		
	技術バージョン	1.0.3	作成： 2020年 3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 ： i.sugiyama@skylinkjapan.com	経営企画室　杉山 逸郎
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		—

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

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能（飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
	計測精度	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
	位置精度	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—
	色識別性能	検証の有無の記載 ※ [ ] —	—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		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の画像をシステムにアップロードする。 ④各点検箇所の画像の撮影情報（撮影日、撮影カメラ・レンズ、撮影距離）を登録する。 ⑤各点検箇所の画像に対して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各点検箇所の画像に対して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）	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「3CLink」	
	検出可能な変状	・ひびわれ（位置、幅、長さ）	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・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、入力画像は一度一遍が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、入力画像の一遍のピクセル数が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
		ひびわれ幅および長さの計測方法	【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。

画像計測技術（橋梁）

ソフトウェア情報	変状検出の原理・アルゴリズム	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）	【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。） 【ひびわれ幅の算出精度】 標準供試体を画像分解能0.08㎜/pixelで撮影し、ひびわれ幅計測を行ったところ、0.1㎜幅のひびわれを±0.07㎜、0.2㎜幅のひびわれを±0.08㎜、0.3㎜幅のひびわれを±0.15㎜、1.0㎜幅のひびわれを±0.33㎜の精度で計測
		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	【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：0.1㎜のひびわれを検出する場合、0.4㎜/pixel以下の画像分解能が必要） 【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：0.1㎜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0.1㎜/pixel以下の画像分解能が必要である）。
		その他の留意事項	・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		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。	
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		・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	

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

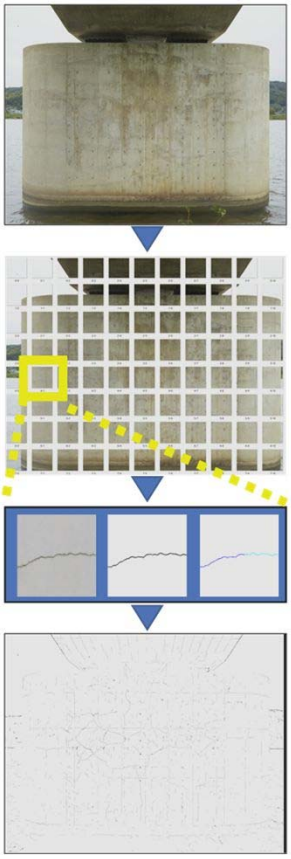
項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	該当なし	—
	桁下条件	該当なし	—
	周辺条件	該当なし	—
	安全面への配慮	該当なし	—
	無線等使用における混線等対策	該当なし	—
	道路規制条件	該当なし	—
	その他	該当なし	—

6. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	該当なし	—
	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	該当なし	—
	操作場所	ノートPC がインターネットに接続できる環境	—
	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	該当なし	—
	自動制御の有無	該当なし	—
	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	該当なし	—
	その他	該当なし	—

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.

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010006－V0020		
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	Ver.1	作成：2020年 3月	
開発者		クモノスコーポレーション株式会社		
連絡先等		TEL：072-749-1188	E-mail ： miyamoto@kankou.co.jp	クモノス総合事業部
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		・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。 ・「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。 ・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。 ※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。 ※2. フルサイズセンサーのデジタル1眼レフカメラ ※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データのみの出力となる。		
技術区分	対象部位	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	画像と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			・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。 〈KUMONOS計測手順〉 1. 損傷及び形状を直視できる箇所に人力にて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図化ずる。 〈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。 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。
移動装置	移動原理		人力
	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		―

画像計測技術（橋梁）

移動装置	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）		—

画像計測技術（橋梁）

3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能（飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※		—
	—		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
	—		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
	—		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—
	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※	無	【画素分解能】 0.5mm/Pixcel 【移動方向に垂直な方向の視野】 2,896mm 【移動方向ラップ率】 30%
		静止状態で撮影者が任意の速度でカメラ撮影を行う。 1日1,000㎡程度の撮影が可能である。		
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	【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
		（照度 281.0 lx） 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		
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※	有	—
		（照度 787.9 lx） 0.03%程度（相対誤差）		
	位置精度	検証の有無の記載 ※	有	【撮影角度】 対象面から45度以下が望ましい
		（照度 787.9 lx） 水平方向： 2mm（絶対誤差） 鉛直方向： 1mm（絶対誤差）		
	色識別性能	検証の有無の記載 ※	有	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。
		（照度 106.1 lx） フルカラー識別可能		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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。 ②画像解析ソフトにCADデータを読み込む。 ③撮影した画像を1枚ごとにあおり補正しつなぎ合わせる。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。 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。 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。 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。 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。 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。 ⑨自社開発数量抽出ソフトにて損傷の数量を抽出する。	
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
		その他の留意事項	・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 lx 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（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	制限なし	—
	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。	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（適用条件等）
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	—
	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	—
	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）	—
	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	—
	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

1.外形寸法

KUMONOS

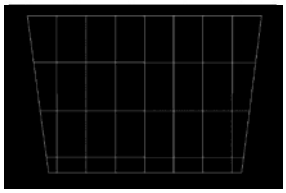
203×226×325(mm)

高解像度カメラ

152×117×76(mm)

２．計測フロー

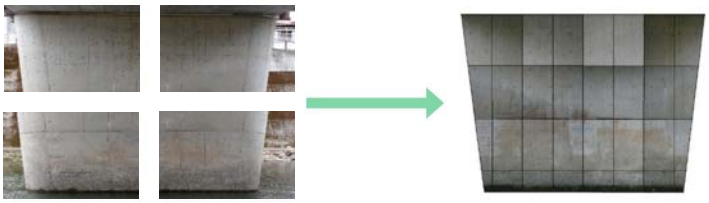
①KUMONOSによる形状計測と、代表ひび割れの計測



形状計測データ

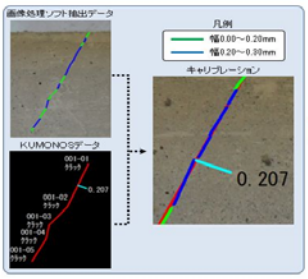
代表ひび割れの計測データ

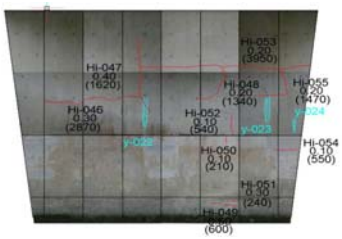
②画像補正ソフトを用いた画像補正



撮影写真　　編集

③写真からひび割れを抽出し、データからキャリブレーション⇒成果図





画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010007－V0020		
技術名		画像解析を用いたコンクリート構造物のひび割れ定量評価技術		
	技術バージョン	Ver.01	作成：2020年3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	担当：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		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、幅や長さなどを定量的に評価する技術であり、ここにウェーブレット変換を用いて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。 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、ひびわれ幅ごとのひびわれ長さのヒストグラムを描画する。また、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。 ウェーブレット変換を用いたひびわれ画像解析は、注目しているひとつの画素とその周囲の画素の輝度値を用いた解析処理手法であり、これによって得られるウェーブレット係数と予め設定されているその閾値に基づいて、ひびわれを判別している。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、画素ごとにひびわれ幅を定量的に評価することができる。このようなことから、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、幅や長さなどを算定することができる。		
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）		―

画像計測技術（橋梁）

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

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能（飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※		—
	—		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
	—		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
	—		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—
	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※		—
		—		
	計測精度	検証の有無の記載 ※		—
		—		
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※		—
		—		
	位置精度	検証の有無の記載 ※		—
		—		
	色識別性能	検証の有無の記載 ※		—
		—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<table>
<tr><td colspan="2">変状検出手順</td><td colspan="2">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。
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。
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。
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。
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。
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。
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。</td></tr>
<tr><td rowspan="6">ソフトウェア情報</td><td>ソフトウェア名</td><td colspan="2">「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、MS Excel2013以降</td></tr>
<tr><td>検出可能な変状</td><td colspan="2">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）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">変状検出の原理・アルゴリズム</td><td>ひびわれ</td><td>・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、注目している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いる。
・撮影条件・仕様等
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</td></tr>
<tr><td>ひびわれ幅および長さの計測方法</td><td>【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。
【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√2倍した長さで算定される。</td></tr>
<tr><td>ひびわれ以外</td><td>―</td></tr>
<tr><td>画像処理の精度
（学習結果に対する性能評価）</td><td>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。
・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%
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。</td></tr>
<tr><td>変状の描画方法</td><td>ひびわれ：ポリライン</td></tr>
</table>

画像計測技術（橋梁）

<table>
<tr><td rowspan="5">ソフトウェア情報</td><td rowspan="4">取り扱い可能な画像データ</td><td>ファイル形式</td><td>JPEG、BMP</td></tr>
<tr><td>ファイル容量</td><td>制限なし</td></tr>
<tr><td>カラー／白黒画像</td><td>カラー</td></tr>
<tr><td>画素分解能</td><td>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。</td></tr>
<tr><td>その他の留意事項</td><td>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。</td></tr>
<tr><td>出力ファイル形式</td><td colspan="2">BMP／DXF／MS Excel用ファイル形式</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の手順</td><td colspan="2">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。
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。
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）
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。
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）
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。</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の適用条件</td><td colspan="2">・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) 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4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以下に設定すればよい。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。）
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。</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援に活用する
機器・ソフトウェア名</td><td colspan="2">・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
・MS Excel2013以降</td></tr>
</table>

画像計測技術（橋梁）

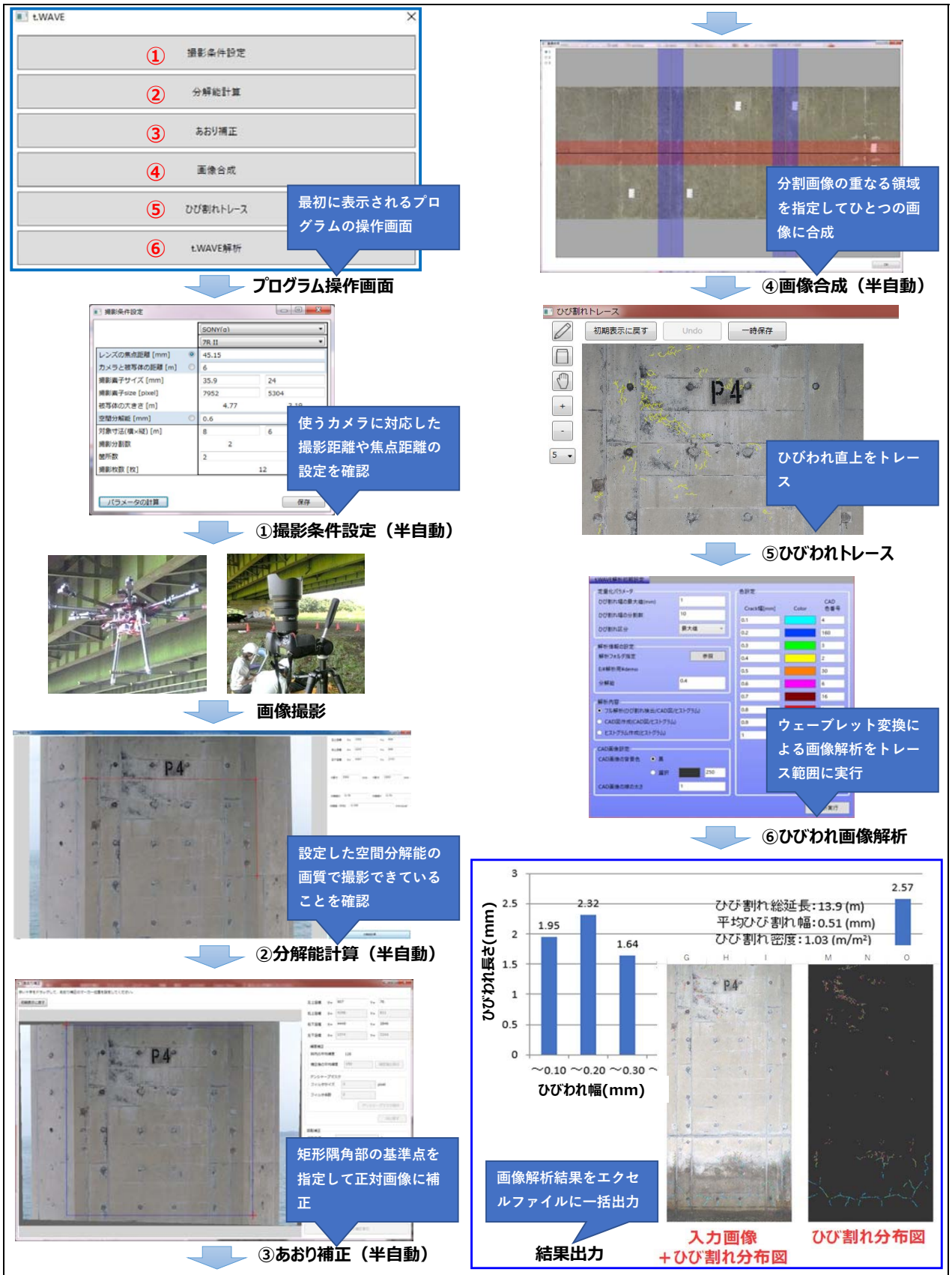
6. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
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（適用条件等）
作業条件・運用条件	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	―	―
	操作場所	現場、オフィス等	―
	点検費用	―	―
	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）	導入2020/10頃予定
	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



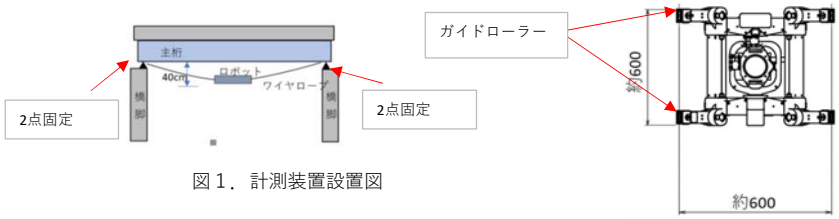
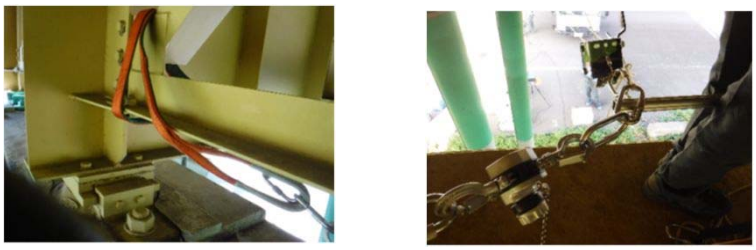
コンクリートのひびわれ画像解析の実施フロー図

画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010008－V0020		
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： 令和元年 12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			・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、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。 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。
移動装置	移動原理		【懸架型】 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。  図１．計測装置設置図  写真１．ワイヤ敷設状況
	運動制御機構	通信	・有線式
		測位	・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）
		自律機能	―
		衝突回避機能（飛行型のみ）	―

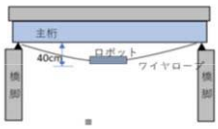
画像計測技術（橋梁）

移動装置	外形寸法・重量		・一体構造（移動装置＋計測装置）： ・最大外形寸法（L600mm×W600mm×H300mm） ・最大重量（15kgf）
	搭載可能容量 （分離構造の場合）		―
	動力		・動力源：電気式 ・電源供給容量：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		・「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。 写真１．移動装置設置状況
	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	・CANON製カメラ　型番EOS70 ・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）
		パン・チルト機構	・水平30°　～-30° ・鉛直30°　～-30°
		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供用
	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
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

画像計測技術（橋梁）

3. 運動性能

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能（飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※ ／ ——	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ ／ ——	—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ 無 【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。  	ロープには、980Nの張力を掛けること
運動位置精度	検証の有無の記載 ※ 無 手動にて位置を確定させる	—

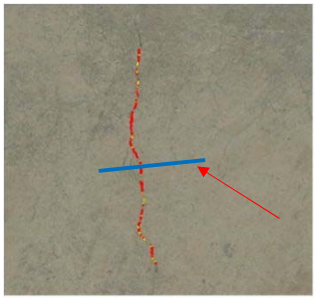
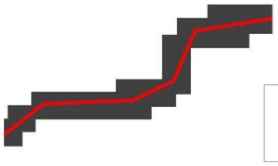
※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※ 無 静止画像撮影時は停止	—
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 有 最小ひびわれ幅0.05mm （照度 261.3 lx） 計測精度 ひびわれ幅 0.05mm 0.03mm ひびわれ幅 0.1mm 0.10mm ひびわれ幅 0.2mm 0.06mm ひびわれ幅 0.3mm 0.03mm ひびわれ幅 1.0mm 0.09mm 超解像度を使用	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 1.0m
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※ 有 （照度 91.2 lx） 0.86%	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 3.0m
	位置精度	検証の有無の記載 ※ 有 （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）	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 3.0m
	色識別性能※	検証の有無の記載 ※ 有 （照度 91.2 lx） フルカラー識別可能	【撮影速度】 0m/s （停止して撮影） 【被写体との距離】 1.0m

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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）。
ソフトウェア情報	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）
	変状検出の原理・アルゴリズム	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。  写真１．　ひび割れに直交する線
		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．　ひび割れ長さ解析図
		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）
		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
		変状の描画方法	・点群データ(ラスタ画像) 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

画像計測技術（橋梁）

<table>
<tr><td rowspan="6">ソフトウェア情報</td><td rowspan="5">取り扱い可能な画像データ</td><td>ファイル形式</td><td>JPEG（当社計測装置にて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>ファイル容量</td><td>6MB程度（当社計測装置にて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>カラー／白黒画像</td><td>カラー（当社計測装置にて撮影した画像）</td></tr>
<tr><td>画素分解能</td><td>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）</td></tr>
<tr><td>その他の留意事項</td><td>・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</td></tr>
<tr><td>出力ファイル形式</td><td colspan="2">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</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の手順</td><td colspan="2">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むみ様式を設定する。
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。
⑤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</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援の適用条件</td><td colspan="2">・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ク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で可能であること。</td></tr>
<tr><td colspan="2">調書作成支援に活用する
機器・ソフトウェア名</td><td colspan="2">・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
・「イクシスクラウド ver1.0」（自社開発ソフト）</td></tr>
</table>

画像計測技術（橋梁）

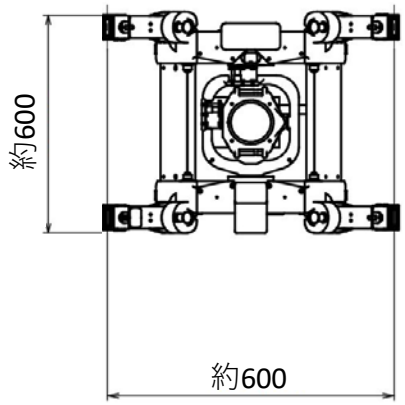
6. 留意事項（その1）

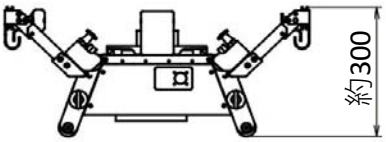
項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	―	―
	桁下条件	桁下と移動装置の離隔幅は、400mm以上を保持すること。	―
	周辺条件	―	―
	安全面への配慮	高所作業における一般的な安全事項実施のこと	―
	無線等使用における混線等対策	―	―
	道路規制条件	装置設置位置（橋脚天端）へ立ち入りの際に交通規制を行う可能性がある。	―
	その他	計測装置設置・撤去時作業足場を設けること	―

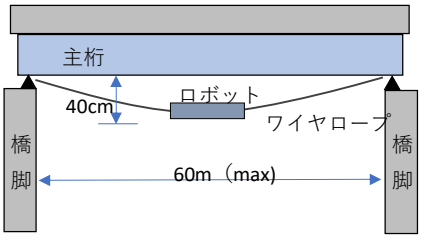
6. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
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	―
	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







画像計測技術（橋梁）

1. 基本事項

技術番号		BR010009－V0020		
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：2020年3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	建設・土木担当
現有台数・基地		14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		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。前面部には写真データを取得するためのデジタルカメラを具備し、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によって動作を制御する。 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、腐食具合などを撮影することができる。		
技術区分	対象部位	上部構造（主桁、横桁、床版）／下部構造（橋脚、橋台）／支承部／路上／その他		
	変状の種類	腐食／ゆるみ・脱落／破断／ひびわれ／床版ひびわれ／変形・欠損／漏水・滞水／支承部の機能障害／その他		
	物理原理	画像／動画		

2. 基本諸元

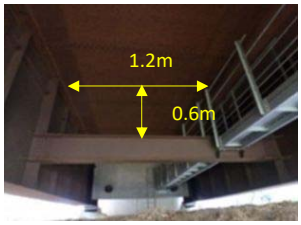
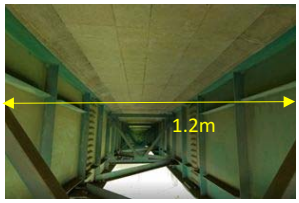
計測機器の構成			本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の上面部と底面部に各3基ずつ、計6基の魚眼カメラを具備する。 計測機器を稼働させるためのバッテリーは磁力で計測機器本体の底面部に装着および脱着する。 移動装置の前面部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを具備し、飛行中、動画の自動撮影を実施する。静止画を撮影する場合、操縦者が操作する送信機に有線接続されたタブレット端末から撮影ボタンによる操作が必要となる。計測したデータはカメラに内蔵されるmicroSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後、送信機に有線接続されたタブレット端末からダウンロード、もしくは計測機器本体のバッテリーを取り外した裏側に挿入されている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		【飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、搭載された6基の魚眼カメラの映像から周囲との距離を計算し、360°を常時監視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	無線通信を利用。 周波数：2.4GHz帯、出力：10mW/MHz
		測位	・GPS ・GLONASS ・vSLAM
		自律機能	・自律機能有、vSLAMによる制御機構への入力は6基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）	・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。

画像計測技術（橋梁）

移動装置	外形寸法・重量		・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）
	搭載可能容量 （分離構造の場合）		―
	動力		・動力源：電気式 ・電源供給容量：バッテリー ・定格容量：11.4V、−4,280mAh（48.79Wh）
	連続稼働時間 （バッテリー給電の場合）		23分（外気温：−5～40℃の場合） ※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
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	・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]）
		パン・チルト機構	・鉛直−110°　～90°
		角度記録・制御機構 機能	・ジンバルにて方向制御可能。角度記録なし。
		測位機構	・GLONASS、SLAM、IMU、飛行運動制御機構と供用
	耐久性		―
	動力		・移動装置のバッテリーより供給（直接接続）
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		・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
	通信規格 （データを伝送し保存する場合）		機体内部のmicroSDカードに保存する
	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

「 2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 （飛行型のみ）	検証の有無の記載 ※ 無 －	・計測器が雨に晒されないこと ・風速11.2m/s未満の自然風であること
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ 無 1.2m幅の狭隘部への進入を確認できた。   	・本検証においては風速3m/sで実施
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ 無 操作場所からの最大距離200m （狭小部進入による電波の回り込みを含む）	・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	検証の有無の記載 ※ 無 GPS/GLONASSの精度に準ずる	－

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

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	検証の有無の記載 ※ 無 【風速1.4m/s、被写体距離2.0mの時】 0.7m/s	－
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 有 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm 【照度 253.2lx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0.17mm 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	－
	長さ計測精度 （長さの相対誤差）	検証の有無の記載 ※ 有 【照度 16000lxの時】 0.03%（相対誤差）	－
	位置精度	検証の有無の記載 ※ 有 【照度 16000lxの時】 水平方向：1mm（絶対誤差） 鉛直方向：1mm（絶対誤差）	－
	色識別性能	検証の有無の記載 ※ 有 【照度 90.3lxの時】 フルカラー識別可	－

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		－	
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	－	－
		－	－
		－	－
		－	－
	取り扱い可能な画像データ	－	－
		－	－
		－	－
		－	－
		－	－
	出力ファイル形式	－	
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		－	

画像計測技術（橋梁）

6. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
点検時現場条件	道路幅員条件	特になし	－
	桁下条件	桁下高さ1m程度は進入のために必要	－
	周辺条件	特になし	－
	安全面への配慮	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	－
	無線等使用における混線等対策	特になし	－
	道路規制条件	現場状況により飛行制限を事前確認する 例）走行車両からの視認できる範囲は飛行させないなど （地覆高さ以下の飛行にするなど）	－
	その他	－	－

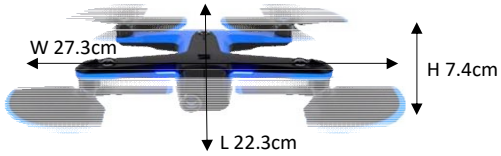
6. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項（適用条件等）
作業条件・運用条件	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
	操作場所	一般的な無人航空機の飛行環境に準ずる	照度が確保できない閉空間は飛行不可（箱桁内部など）
	点検費用	費用の目安 幅員8m×橋長50mの場合：約50万円 （交通費含まず、点検調書作成含む）	・「道路橋定期点検要領平成31年2月国土交通省 道路局」に基づき実施のため、別途仕様（マニュアル等）に準じる場合は、見積り対応となる場合があります ・データの納品手法（3次元化等）は別途計上
	保険の有無、保障範囲、費用	対人・対物補償保険有	－
	自動制御の有無	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	・基本、当社の研修受講者による点検実施 ・ただし、用途（条件）に応じてレンタル可能のため、要問合せ	－
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	基本、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	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	－	－

7. 図面

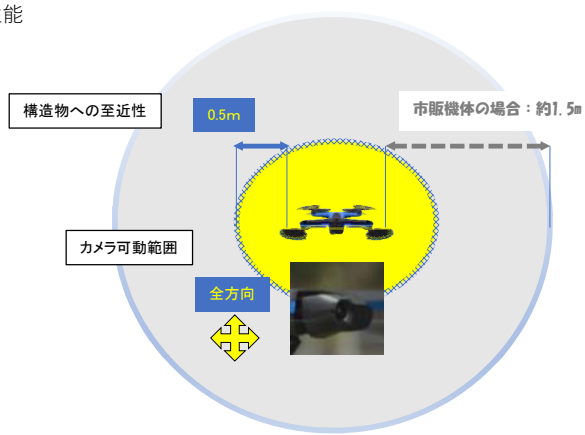
■外観

■サイズ



■機体上面（ケース収納時）

■機体底面

【凡例】 魚眼カメラ

■狭小部への進入性能