

1. 基本事項

技術番号	BR010018-V0221		
技術名	橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調査作成支援システム(ひびわれ)		
技術バージョン	Ver.1	作成: 2021年10月	
開発者	ジビル調査設計株式会社 有限会社インテス 福井大学		
連絡先等	TEL: 0776-23-7155	E-mail: minamide@zivil.co.jp	調査部 南出重克
現有台数・基地	4台	基地	福井県福井市大願寺
技術概要	<p>橋梁点検支援ロボットは、橋面上に設置した幅0.95m~1.25mの自走式クローラータ車をベースマシンとし多段式の鉛直ロッドに吊られた長さ7~10mの水平アーム上に高精細ビデオカメラを搭載した近接目視支援用台車とクラック幅を計測するためのクラックゲージ台車を遠隔操作して橋梁定期点検を支援する技術である。</p> <p>橋梁点検調査作成支援システムは、損傷の種類・発生位置・程度等の状況を人がタブレットに入力し、撮影した損傷写真データと紐づけて損傷写真台帳を作成する技術である。</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、橋台等)/支承部/	
	変状の種類	腐食/亀裂(塗膜割れ)/脱落/破断/防食機能の劣化/ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/抜け落ち/床版ひびわれ/うき/変色・劣化/変形・欠損/漏水・滞水/支承の機能障害 ※ただし、画像で確認できる範囲のみ	
	物理原理	静止画/動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		橋面上の操作ベースマシンより桁下にアームを挿入し、アーム上を移動する各種点検台車を遠隔操作で近接目視・打診点検を支援する。 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保存などの処理を行う。	
移動装置	移動原理	【アーム型】 橋面上に設置した操作ベースマシンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。橋面上からの遠隔操作にて水平アーム上を移動する各種点検用台車により点検を支援する。	
	運動制御機構	通信	有線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	○スタンダード機 950×3080×2270mm(幅×長×高) 水平アーム長 7000mm(最大長) 鉛直ロッド長 15000mm(最大長) 総重量1.7t ※橋梁総幅員14mまでに適用 ○ハイグレード機 1250×3360×2250mm(幅×長×高) 水平アーム長 10000mm(最大長) 鉛直ロッド長 7500mm(最大長) 総重量2.5t ※橋梁総幅員20mまでに適用	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	・動力源:内燃機関式(ディーゼル) ・電源供給容量:発電機(ガソリン)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能		
計測装置	設置方法	桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	カメラ台車(長さ620mm×幅390mm×高さ800mm)	
	センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm) ・ピクセル数(縦3352×横5986) ・焦点距離9mm~111.6mm ・動画フレーム 30fps ・画像形式:RAW画像、合成画像
		パン・チルト機構	・水平0° ~360° ・鉛直0° ~270° ・角度は無段階変化可能
		角度記録・制御機構機能	-
		測位機構	損傷形状の測定は、幅・長さ測定用ゲージを直接損傷個所に宛がって計測する。 損傷位置の簡易測定法として、画像より部材(主桁・横桁等)からの相対的な位置関係を測定。
	耐久性	カメラ台車:走行台車モーター、旋回モーター IP規格適合外(小雨程度で使用可能(実績値))	
動力	センシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリーからの供給		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能		
データ収集・通信装置	設置方法	桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	カメラ台車(長さ620mm×幅390mm×高さ800mm)	
	データ収集・記録機能	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	センシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリーからの供給	
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"/> 無 【性能値】 伸縮式ロッド1630~2550mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能可能 曲がり回数 0回 【標準試験値】 伸縮式ロッド1630~2550mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能可能 曲がり回数 0回 	【風速の条件】 平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。 【天候】 晴れ・曇り・小雨は対応可能。 降雪時は不可 【外気温】 0℃~35℃ 【日照条件】 昼間作業を基本とする。 小雨時や夜間など桁下が暗い場合は、台車付属の照明使用する。
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 アーム型 水平アーム長 スタANDARD機(3~7m) ハイグレード機(7~10m) 鉛直ロッド長 スタANDARD機(2.5~9m) ハイグレード機(1.9~7.5m) 【標準試験値】 アーム型 水平アーム長 スタANDARD機(3~7m) ハイグレード機(7~10m) 鉛直ロッド長 スタANDARD機(2.5~9m) ハイグレード機(1.9~7.5m)	同上
運動位置精度	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】 測位機構の利用無し 位置精度は、橋梁部材との位置関係より把握する。 (必要に応じて損傷位置記録のための全景・近景写真データを取得する。)	同上

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

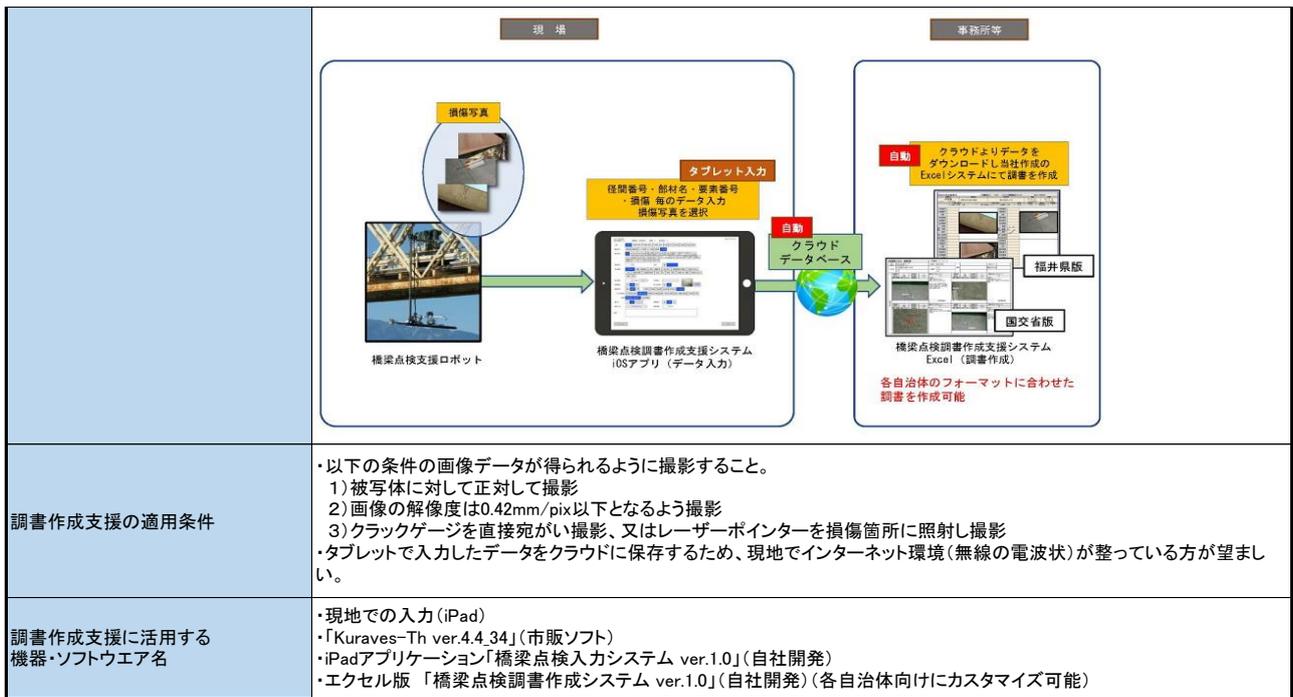
4. 計測性能

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	・撮影距離 2.0m ・画像分解能 0.42mm/Pixel (画角:縦1400mm (ピクセル3352) 横2500mm (ピクセル5986) ・ラップ率 20~30%
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	(0.1mmのひびわれを検出する場合の条件) ・撮影速度 静止状態 ・撮影距離 2.0m ・クラック幅計測用のゲージを直接クラック箇所にあてがって撮影する。
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	・撮影速度 静止状態 ・撮影距離 2.0m ・ラップ率30%
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	・撮影速度 静止状態 ・撮影距離 2.0m ・ラップ率 20~30%
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	照度100ルクス以上

※「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。(手動) ②画像より変状及び、ひびわれを手動で抽出する。(手動) ③抽出した変状の形状、ひびわれ幅・長さを手動で計測する。(手動) ④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)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	Kuraves ver.4.4.34(市販ソフト)	
	検出可能な変状	画像処理によって検出可能な変状を記載する。 ・ひびわれ(幅0.1mm)、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、鋼材腐食、漏水	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ <ul style="list-style-type: none"> ・合成画像からの手動検出 以下にその手法を示す。 ①画像正対化 <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート表面の型枠線等を目印に各写真毎に画像のあおり処理及びスケール合わせを行う。 ②画像合成 <ul style="list-style-type: none"> ・正対化された画像を各要素毎に合成し連続写真を作成。 ・画像の明るさ調整・コントラスト調整等の明瞭化処理の実施。 ③損傷位置の抽出 <ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ強調化処理をした合成画像をCADソフトに貼りつけて目視確認による手作業でデジタルトレースを行う。 ・ひびわれや損傷の判定は写真内に写り込んでいるクラックゲージを元に計測する。 ・損傷図CADの作成 ・撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> 1) カメラ: デジタルビデオカメラ 2) 撮影設定: 自動 3) ISO感度: 自動 4) ラップ率: オーバーラップ 30%、サイドラップ 30% 5) 画質: 2,000万画素相当 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 	
	ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅: 画像内に写り込んでいるクラックゲージを元に計測 ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測 	
	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 ・面的な損傷の形状計測方法(レーザーポインター照射法) レーザーポインター照射法は、直径20cmの円形に配置したレーザーポインターを損傷個所に照射し損傷と対比させて形状を測定する方法。 	
	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"> ・機械学習は未使用である。 ・人の判断によるひびわれの検出: 再現率100% (「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進(橋梁維持管理技術)」の平成29年度試行検証における結果) 	
	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: ポリライン CAD上で画像の上に変状と考えられる範囲を技術者の判断で人力により変状を描画する(図化する)とともに、変状の長さ・幅・面積の値を数値化する。 	
	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	10MB
		カラー／白黒画像	カラー: 可／白黒画像: 可
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.42mm/Pixelであることが必要	
その他留意事項		-	
出力ファイル形式	JPEG／DXF		
調書作成支援の手順	①損傷データ入力 <ul style="list-style-type: none"> ・現場点検にて損傷を確認した段階で損傷の種類・発生位置・程度等の情報をタブレットに入力する。 ②損傷写真データの入力 <ul style="list-style-type: none"> ・損傷発生状況を撮影した写真データをタブレットに取り込み入力データと紐づけを行う。 ③入力データ及び写真データをクラウドサーバー内のデータベースに保存する。 ④クラウドサーバー内のデータベースより任意のフォーマットでのExcel調書を自動作成する。		



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	スタンダード機: 橋梁総幅員14mまでに適用 ハイグレード機: 橋梁総幅員20mまでに適用 ・構成: 歩道付き(2.0m以上)が望ましい。(車道規制不要)	-
	桁下条件	桁高: 3.0m未満	-
	周辺条件	支間長: 5.0m以上	-
	安全面への配慮	高所からの転落を防止するために安全帯の使用	-
	無線等使用における混線等対策	有線での通信であり無線対策は特になし	-
	道路規制条件	・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動) ・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動)	-
その他	現地でのロボット組み立てスペースとして、幅3m×長さ10mのエリアが必要となる。 【風速の条件】 平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。 【天候】 晴れ・曇り・小雨は対応可能。 降雪時は不可 【外気温】 0℃~35℃	-	

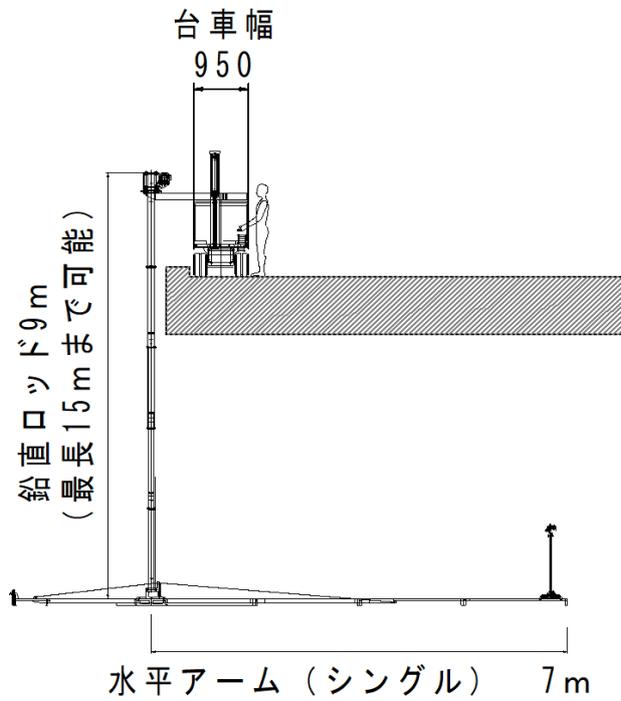
6. 留意事項(その2)

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	橋梁点検の実務経験及び橋梁構造に関する知識を有する事	-
必要構成人員数	スタンダード機 2名(ロボットオペレータ1名・補助員1名) ハイグレード機 3名(ロボットオペレータ1名・補助員2名)	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	不整地運搬車 運転技能講習	-
作業ヤード・操作場所	橋面上(歩道上・車道上) 作業ヤード範囲・操作場所:5㎡	-
点検費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋/鋼橋] 橋長 50m 全幅員 10m 部位・部材[上部工・下部工] 活用範囲 [500㎡] 検出項目【基本事項の変状の種類に記載】 (費用) 合計 250,000円(経費含まない)	-
保険の有無、保障範囲、費用	・保険:有 ・保障範囲:ロボット本体 ・費用:ロボットリース費用に含む	-
自動制御の有無	-	-
利用形態:リース等の入手性	オペレーター付きリース(全国可能) ジビル調査設計株式会社 TEL0776-23-7155	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	適用できない条件 平均風速7m/s以上の場合は計測中止(ハイグレードは平均風速5m/s)	-

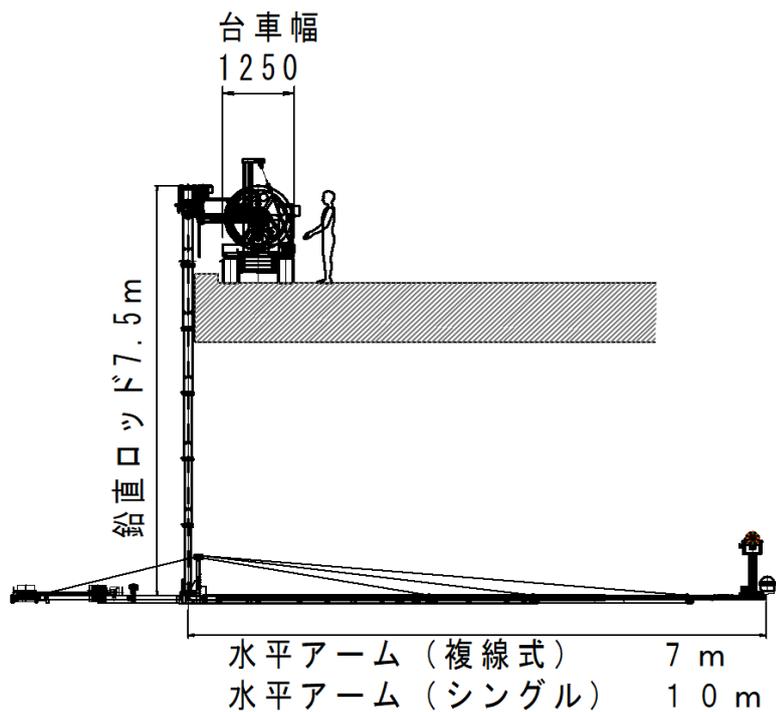
7. 図面

断面図

橋梁点検支援ロボット (スタンダードタイプ)



橋梁点検支援ロボット (ハイグレードタイプ)



1. 基本事項

技術番号	BR010019-V0221		
技術名	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ		
技術バージョン	HV-HT3100TB	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社日立産業制御ソリューションズ 三井住友建設株式会社		
連絡先等	TEL: TEL: 03-3251-7245	E-mail: yoshitaka.chiba.tx@hitachi.com	株式会社日立産業制御ソリューションズ 営業統括本部 組込み営業本部 組込み営業第二部 千葉
現有台数・基地	75台(内、レンタル会社28台) 2021/3/30現在	基地	東京、静岡、大阪、兵庫、広島、福岡(レンタル会社)
技術概要	<p>点検員が近接するのに足場や脚立、梯子、ロープアクセス等を必要とする部位に対して、それらを必要とすることなく、点検員が離れた場所よりカメラで視準して点検することを可能とする技術である。</p> <p>点検ロボットカメラの向き、倍率(光学30倍ズーム)、撮影等をカメラから離れた操作端末(タブレットPC)から点検者が遠隔操作し、点検画像を取得する。操作は容易である。</p> <p>操作端末に表示した点検画像に対し、擬似的なクラックスケール、L型スケールを点検者の操作で表示することができ、損傷の大きさを定量的に点検者が計測可能である。</p> <p>高所型ポール、懸垂型ポールは伸縮可能で、カメラの視準位置を変更することができる。この機能により、点検者の位置からは死角となっている部位まで点検が可能である。</p> <p>また、点検カメラおよびポールユニットの装置一式は、軽量で、可搬性があり、設置も容易である。</p>		
技術区分	対象部位	上部構造/下部構造/支承部/路上/箱桁内	
	変状の種類	腐食/亀裂/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水	
	物理原理	画像・動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>(1)カメラユニット 雲台付き点検カメラは、レーザー距離計(Laser Range Finder)および照明を搭載し、暗所でも撮れる高感度カメラである。懸垂型、高所型の使用形態とも共通で、操作端末(タブレットPC)から、点検カメラの向き、レンズ倍率、静止画・動画の切り替え、画像の保存等を遠隔操作する。</p> <p>(2)懸垂型ユニット 懸垂型は、橋面の高欄に架台ユニット基部を据え付け、下方に伸ばし、ユニット先端に付けた点検カメラにより、桁側面・下面や支承部などを点検調査するタイプである。ポールは、欄干笠木から最大4.5m(延長ポール付加で6.0m)伸長する。</p> <p>(3)高所型ポールユニット 高所型は、地上面に設置し、上方に伸ばし、床版・桁下面や支承部などを点検調査するタイプである。ポールユニットは、地上面から最大10.5m伸長する。</p>	
移動装置	移動原理	<p>(1)点検カメラ ・懸垂型ポール、高所型ポール先端に取り付けられた点検カメラは、操作端末(タブレットPC)からの遠隔操作にて点検カメラの視準方向を電動で変更する。移動原理は、電動である。</p> <p>(2)懸垂型ポール ・懸垂型:橋面の高欄笠木に、架台ユニットを固定し、懸垂させ、アームを鉛直下方向(最大6.0m)に電動により伸長し、架台ユニット下端に設置した点検専用カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した高欄から、架台ユニットを別の場所に移動するには、高欄から取り外して人力により移動して、再度設置作業を行う。 移動原理は、鉛直下方向への伸長は電動、設置場所の移動は人力である。</p> <p>(3)高所型ポールユニット ・ポール型(高所型):地上に三脚を有したポールユニットを設置し、ポールを鉛直上方向(最大10.5m)に人力により伸長し、ポールユニット上端に設置した点検カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した場所から、別の場所に移動するには、ポールを下げ、人力により移動して、再度設置する。 移動原理は、ポール伸長および設置場所移動は人力である。</p>	
	運動制御機構	通信	(1)点検カメラ 無線通信(操作端末(タブレットPC)から、無線通信により点検カメラを遠隔操作・制御する。) 周波数:5GHz帯(W56規格)
		測位	(1)点検カメラ 点検カメラ内臓の雲台部に搭載されている角度センサーにより、基準位置からの点検カメラの視準角度を常時計測している。 <計測範囲>左右:-180° ~+180° 上下:-90° ~+90°
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・点検カメラ:235x160x130[mm] 重量:1.7kg(バッテリー込み) ・高所ポールユニット:1730x200x160[mm](収納時) 重量:10.5kg ※設置時の三脚の占有平面範囲:1500x1500[mm]程度 ・懸垂架台ユニット:1350x280x210[mm](収納時) 重量:12.5kg 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<p>点検カメラ:電動(専用バッテリーより供給)</p> <p>高所型ポール:手動</p> <p>懸垂型ポール:電動(専用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)	<ul style="list-style-type: none"> ・点検カメラ:約3時間 (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる) ※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能 ・懸垂型ポール:約4時間(約100往復) ※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能 	
	設置方法	<p>点検カメラをポール先端に付け、ポールを伸長し、点検箇所を視認できる位置に点検カメラの撮影位置を設定する。懸垂型ポールは電動駆動、高所型ポールは手動で伸長させる。</p> <p>最大長 高所ポール:10.5m 懸垂型ポール:4.5m(標準) ※延長ポール付加で6.0m</p>	
外形寸法・重量(分離構造の場合)	・点検カメラ:235x160x130[mm] 重量:1.7kg(バッテリー込み)		
計測装置	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3.1mm×横5.6mm) ・ピクセル数(縦1080Pixel×横1920Pixel) ・焦点距離(4.3~129mm) ・(動画の場合)フレーム数(15fps) ・画像形式:静止画(JPEG)、動画(MPEG4)
		パン・チルト機構	点検専用カメラのパン・チルト機構部の可動範囲 水平:-180° ~+180° 鉛直:-90° ~+90°
	角度記録・制御機構機能	角度記録機能有(静止画像のExifデータに保存):カメラのパン・チルト機構部の原点位置に対する相対角度を記録	
	測位機構	<ul style="list-style-type: none"> ・パン・チルト角度測位:ロータリーエンコーダ(静止画像のExifデータに保存) ・対象物までの測距:レーザーレンジファインダー(静止画像のExifデータに保存) ・疑似クラックスケール:静止画面上に表示/保存 	
	耐久性	・カメラユニットは、IP2相当(IP2は防滴対応)	
動力	<p>点検専用カメラに装着するバッテリー:使用時間 約3時間 (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる)</p> <p>※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能</p>		

	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	点検カメラに装着する専用バッテリー:使用時間 約3時間(気温:0℃~40℃) (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる(2灯常時点灯時、約2時間)) ※予備バッテリーとの交換で稼働時間の延長可能
データ 収集・ 通信 装置	設置方法	操作端末(タブレットPC)は、点検者の手元にあり、点検者の手元から点検カメラを制御する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	タブレットPC:280x180x10[mm] 程度 700g程度
	データ収集・記録機能	点検者が操作端末(タブレットPC)を操作し、点検カメラから静止画/動画の点検画像、点検カメラの画角情報(ズーム倍率)、点検対象物までの距離情報などを取得し、操作端末(タブレットPC)内臓HDDに保存する。 点検画像を記録する際、点検画像に擬似的なクラックスケール、L型スケールを点検者の操作で付加して記録することが可能
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 無線(Wifi) ・通信規格 5.6GHz帯(W56規格) ・通信距離 20m以下
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・認証方式:WPA2 ・暗号化方式:AES
	動力	タブレットPC内臓のバッテリーにより動作
	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の使用時間と同じ。連続4~6時間(気温20℃の場合)使用可能 ※外部バッテリー接続にて、使用時間の延長可能。

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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 checked="" type="checkbox"/> 【高所型の場合】 スペース 250x200mm以上 ※点検カメラの外形に依存 進入深さ 10.5m(ポール型) 曲がり 0回 【懸垂型の場合】 スペース 250x200mm以上 ※点検カメラの外形に依存 進入深さ 4.5m(補助ユニット追加で6.0m) 曲がり 0回	1方向からのからの侵入に限る。
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input checked="" type="checkbox"/> 操作端末から点検専用カメラまでの無線通信による操作可能 距離:20m程度以内 【高所型の場合】 ポールは、上方向に最大10.5m伸長 【懸垂型の場合】 アームは、高欄笠木から下方向に最大4.5m(延長ポール付加 で6.0mまで対応)	風速5m/s以内(高所型) 風速10m/s以内(懸垂型) 天候: 筐体は、防滴使用であるが長時間の雨天時使用は不可 外気温: -10°C以上40°C以下 照度: 概ね、10 lx以上
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	-
		【性能値】 標準試験と同じ 【標準試験値】 連続自動撮影機能を使用した場合、8秒/枚 移動方向ラップ率:10~50%可変設定		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	被写体距離: 8.2~9.2 m 照度: 5.8~75.4 kLux 風速: 6.1~7.0 m/s
		【性能値】 標準試験と同じ 【標準試験値】 ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.04mm ひびわれ幅 0.10mm 計測精度 0.09mm ひびわれ幅 0.20mm 計測精度 0.06mm ひびわれ幅 0.30mm 計測精度 0.06mm ひびわれ幅 1.0mm 計測精度 0.27mm		
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	被写体距離: 9.2 m 照度: 8.2~75.4 kLux 風速: 6.1 m/s
	【性能値】 標準試験と同じ 【標準試験値】相対誤差4.22%			
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	被写体距離: 9.2 m 照度: 8.2~75.4 kLux 風速: 6.1 m/s	
	【性能値】 標準試験と同じ 【標準試験値】水平方向: 112mm(絶対誤差) 鉛直方向: 78mm(絶対誤差)			
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	照度: 8.2~75.4 kLux	
	【性能値】 フルカラーチャート識別可能 【標準試験値】 フルカラーチャート識別可能			

※「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点検者が点検カメラから操作端末(タブレットPC)送られてくる動画から、操作端末(タブレットPC)にて点検カメラを制御し、カメラの視点変換(雲台制御)、ズーム倍率可変、照明のON/OFFなどをしながら変状箇所を見出だす。 ②点検者が変状箇所を見出した後、点検者が静止画撮影操作を行い、静止画像データを操作端末(タブレットPC)画面上に表示する。 ③点検者は、操作端末(タブレットPC)画面上に表示されている静止画像上に擬似クラックスケールを表示し、擬似クラックスケールを点検者が対象箇所に向けて移動し、ひびわれ幅を定量的に評価する。 ④点検者が擬似クラックスケールを表示した静止画像データを保存する。</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>橋梁点検ロボットカメラ操作アプリ</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>腐食/亀裂/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水</p>	
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>擬似クラックスケールの表示原理(静止画撮影時) (1)点検カメラから対象物までの距離を点検カメラが自動計測 (2)点検カメラのズーム倍率から静止画撮影時の撮影画角(角度)を操作アプリで自動算出 (3)(1)及び(2)から静止画の画角サイズ(静止画の縦/横の距離)を操作アプリで自動算出 (4)画角サイズから擬似クラックスケールのメモリ間隔を操作アプリで自動算出し、擬似クラックスケールを操作端末の静止画上に自動表示 (5)対象物撮影静止画に角度がある場合は、角度補正機能によりあり角度を点検カメラが再度計測し(4)の結果に角度補正情報を付加した擬似クラックスケールを操作端末の静止画面上に表示 (6)点検者が擬似クラックスケールを操作端末(タブレットPC)画面上を指で移動し、点検者が計測する。</p>
		<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>前記、擬似クラックスケールの表示原理(静止画撮影時)にて、擬似クラックスケールを操作端末(タブレットPC)画面上に表示させた後、指で擬似クラックスケールを移動し、点検者が計測する。</p>
		<p>ひびわれ以外</p>	<p>・点検者が画像を確認して、変状を静止画で保存</p>
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>機械学習はしない。 点検作業開始前にクラックスケールシートを壁などに貼りつけ、そのクラックスケールシートを点検カメラで撮影した静止画上に擬似クラックスケールを表示させ、両者を比べることにより、精度が確保されているかの確認ができる。</p>
		<p>変状の描画方法</p>	<p>点検者が変状箇所と判断した場合、変状箇所を点検者が静止画で記録。</p>
		<p>ファイル形式</p>	<p>静止画:JPEG 動画:MPEG4</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル容量</p>	<p>静止画:約500KB/枚</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0.2mmを検出するためには0.6mm/Pixel以下であることが必要</p>	
<p>その他留意事項</p>		<p>・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けがやや難しい。(例:直線であれば蜘蛛の巣と判断)</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>静止画:JPEG 動画:MPEG4</p>		
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②画像データ、点検調書の様式をPCに取り込み、PC上で点検調書へ画像データを貼り付ける ③画像データに番号を付ける。 ④点検調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑥PCに入力したデータを保存する。</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。 1)計測するひびわれ幅に合わせ、撮影する画角を決めて撮影する。 2)対象物と正対して撮影することが望ましいが、角度をつけて撮影してもよい。 角度をつけた撮影時は、角度補正機能を有効とすること。</p>		
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>・橋梁点検カメラ操作アプリ(自社開発ソフト) ・後から測るビューワ(自社開発ソフト): 後からクラックスケールを付加するソフト</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)	
道路幅員条件	制約なし	-	
点検時現場条件	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下に河川敷があり、点検員が入れる場合は、高所型を地面に設置して作業が行える ・点検員が入れない場合は、懸垂型を欄干笠木に設置して作業が行える ・ポール先端のカメラから桁下面までの高さは20m以内が望ましい 	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・電線、引込み線、電車線路およびその周辺では絶対に使用しない。(感電防止) ・雷が発生している場合は、絶対に使用しない。(落雷防止) 	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・点検員の作業範囲は、第三者が立ち入らないように交通規制する。(概ね2m四方) ・懸垂型は、落下防止ベルトで、高欄と架台ユニットとを結ぶ。 	-
	無線等使用における混線等対策	操作端末の画面に警告文を表示	-
	道路規制条件	・懸垂型架台ユニット、高所型ポールユニットは、設置箇所において交通規制する。(概ね2m四方)	-
	その他	現地への運搬方法 ・架台ユニット、ポールユニット、点検カメラは、宅配便および車両(ライトバン等)で搬入する。車両駐車箇所より、橋梁までは手運搬。	撮影条件 ・対象面の直交軸と、カメラ視準軸のなす角が45°以下が望ましい。

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	特に求められる資格は無し。	-
	必要構成人員数	高所型:1名(2名が望ましい) 懸垂型:2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	橋面または地面(点検カメラから対象物までの距離20m程度以内)	-
	点検費用	機器購入:約300万円、機器レンタル:3~5万円/日 作業費用(参考) コンクリート桁橋(300m ²):240,000円 コンクリート箱桁橋内部(550m ²):330,000円	作業費用内訳(参考): 計測費用[直接人件費]+計測費用[直接経費]+解析費用[直接人件費]
	保険の有無、保障範囲、費用	機材の故障に対する保険、人的被害および検査対象物の損傷に対する保険は、作業者が必要に応じ任意加入。 補償範囲、費用は、保険会社と都度設定必要。	レンタル時は、機器の故障に対する保険にレンタル会社で加入済。 (補償範囲は、最大、機材の新規購入費用まで)
	自動制御の有無	決められは範囲を自動で撮影する機能有。	-
	利用形態:リース等の入手性	購入またはレンタルで装置を入手可能。 ※業務委託は、行っていません。	初期導入時の操作説明・操作指導は有料にて実施可能。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	機器の不具合は、販売会社がサポート。	-
	センシングデバイスの点検	点検開始前に壁に貼ったクラックスケールシートを撮影し、疑似クラックスケールのメモリがあることを確認する。	-
その他	-	-	

7. 図面

使用機材外観

懸垂型

最大長：
通常 4.5m、
延長ポール
使用時6.0m

高所型

最大長：10.5m

左方向180° 右方向180°
上方向90° 下方向90°

無線通信

操作端末

無線通信

RF

照明

点検専用カメラの首振り角度

ポールユニットに設置した橋梁点検ロボットカメラ
(点検専用カメラは、懸垂型、高所型において共通)

現場使用例

懸垂型を用いた点検

高所型を用いた点検

懸垂型

高所型

懸垂型および高所型を用いた点検

1. 基本事項

技術番号	BR010020-V0221		
技術名	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	O・T・テクニサーチ株式会社 東北工業大学		
連絡先等	TEL: 022-343-9961	E-mail: htoriumi@ottr.jp	調査部 石垣 克典
現有台数・基地	1台	基地	仙台市泉区
技術概要	<p>「診れるんです」(みれるんです)は、主に、橋梁上部構造の床版下面、橋台・橋脚側面等の点検等において、近接目視が困難な部位に対して、カメラを通して橋上や地上(橋下)等のタブレット端末から確認・写真撮影することで近接目視を支援することができる簡易型の装置であり、その撮影画像を用いて、コンクリートのひびわれ幅、ひびわれ長さ等、各種損傷の大きさとその位置を導出させることができる技術である。</p> <p>橋梁両側高欄部等より橋軸直角方向に吊下げられた最長12mの両端ヒンジのアルミ製棒部材に固定した最大6台のカメラを用いて、床版下面・桁、橋脚・橋台の壁面等をタブレット端末で常時リアルタイムに確認し、静止画撮影・保存する。</p> <p>例えば、装置全体を橋軸方向に所定の間隔で逐次移動させることで、床版下面・桁等全体の撮影が可能となる。</p> <p>これらによって得られた撮影画像等を人がコンピュータディスプレイ上で確認し、ひびわれ幅、ひびわれ長さ等、各種損傷の大きさやその位置等の情報を導出するものである。</p> <p>各カメラは、カメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続され、無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへの操作を可能にし、撮影画像はタブレット内に保存される。</p> <p>なお、HUBとWi-Fiルーターへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行われる。</p> <p>上記の仕様により、機械・電気・LAN環境的にトラブルが極めて少なく、安定した点検作業が長時間可能となる。</p> <p>また装置一式は小型乗用車でも運搬可能であり、少ない通行規制の下、最低2名での点検が可能である。</p>		
技術区分	対象部位	Co橋/鋼橋/上部構造(主桁、床版下面)、下部構造(橋脚、橋台)	
	変状の種類	ひびわれ、床版ひびわれ、その他(コンクリート表面の変状)	
	物理原理	静止画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・最長12m(50cm刻みで対応可能)の両端ヒンジのアルミ製棒部材は、最大でも約2m以下に分解可能で、各部材を、特製の接続用部品を用いてキャンバーが付くように接続する。 ・各カメラは、カメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続され、さらにHUBに繋がるWi-Fiルーターと無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへのパン・チルト・ズーム・露出調整、撮影の操作を行います。撮影画像はタブレット内に保存する。 ・HUBとWi-Fiルーターへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行う。 ・撮影した全画像は、一括して専用のExcelマクロ処理で読み込むことにより簡易的に画像合成され、損傷位置特定を支援する。なお、損傷写真の抽出、損傷程度の評価(ひびわれ幅・ひびわれ長さの計測等も含む)は、撮影した写真をコンピュータディスプレイ上で確認することでの実施となる。 	
移動装置	移動原理	<p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数台の撮影用カメラは、撮影対象場所に応じて予めそれぞれ位置を決め、それらの位置になるよう、吊下げられた棒部材上にそれぞれ固定する(点検中、カメラは棒部材上を移動しない)。また、橋軸方向への装置(カメラが固定された棒部材)の移動は、装置を吊下げているロープを高欄の位置にて人力で行う。 	
	運動制御機構	通信	<p>「通信未使用」</p> <p>装置全体(カメラが固定された棒部材)の運動(移動)はすべて人力</p> <p>なお、個々のカメラのパン・チルト等の運動には、人が存在する橋上または地上までは有線LAN、その場所(橋上または地上)と操作用端末間は無線LANを使用。</p>
		測位	測位機構なし
		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>幅:500mm(両端部)、200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外)</p> <p>高さ:200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外)</p> <p>長さ:点検対象橋梁の幅員相当(最大12m、0.5m刻みで自由に設定可能)</p> <p>最大重量(15kgf)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	カメラ1台当たり 15cm×15cm×20cm(高さ) 1kgf 最大6台使用	
動力	<p>全て人力で行うため、バッテリーなどの仮設電源は不要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・棒部材(カメラ一体)の吊下げ・吊上げは、高欄部に設置する専用ウインチを使用して、人力で行う。 ・棒部材の橋軸方向の移動は、上記専用ウインチを含め人力で移動する。 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	装置の移動はすべて人力		
設置方法	移動装置に市販のクランプを用いて計測装置(カメラ)を取付ける。		
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)	カメラ1台当たり 15cm×15cm×20cm(高さ) 1kgf 最大6台使用で 6kgf	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・光学ズーム 18倍 ・1/3型 MOSセンサー ・焦点距離(4.7mm~84.6mm) ・ピクセル数(縦960Pixel×横1280Pixel)
		パン・チルト機構	<p>使用するカメラ自体のパン・チルト機構部の可動範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平0° ~350° ・鉛直-30° ~90°
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> ・各カメラは吊下げた棒部材上に固定されており、橋上での装置の吊下げ位置、吊下げ量(撮影対象場所における被写体距離)が各撮影ごと明確なため、予定した撮影対象場所(被写体)が撮影できるよう、カメラのパン・チルト操作をタブレット端末で制御 ・各写真は、撮影位置が特定できるファイル名にて、タブレット端末内で自動保存
		測位機構	各カメラは吊下げた棒部材上に固定されており、装置の吊下げ位置も撮影ごと明確なため、各撮影画像の座標は容易に確定できる。
	耐久性	-	
	動力	<p>バッテリーなどの仮設電源が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各カメラはカメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続されており、HUBへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行う。 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>6時間(外気温:10°C、6台のカメラに対して1分に1回の写真撮影の場合の実績)</p> <p>各カメラは、PoE対応HUBとの間を有線LAN接続することで、小型電源装置から給電される。</p> <p>なお、連続稼働時間は、小型電源装置の性能や外気温、撮影頻度により左右される。</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	各カメラは有線LAN接続されHUB(橋上に設置)へ、HUBに繋がるWi-Fiルーターと無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへのパン・チルト・ズーム・露出調整、撮影の操作を実施。なお、撮影画像はタブレット内に保存される。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ300mm×幅400mm×高さ200mm)、最大重量(15kgf) * 充電式の小型電源装置を含む 	
	データ収集・記録機能	各カメラからの撮影データは、有線LANケーブル、HUB(橋上に設置)、Wi-Fiルーター経由で、無線接続されたタブレット内に保存される。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	IEEE802.11g	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	WPA2-PSK	
	動力	<p>バッテリーなどの仮設電源が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カメラの稼働、HUB、Wi-Fiルーターの動作のため、小型電源装置を用いる。 	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	小型電源装置(AC100V、出力電圧:最大300VA、内蔵バッテリー容量32Ah)1台で、連続約6時間(気温10°C)使用可能		

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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】 未検証 【標準試験値】 高欄部等から吊下げられたアルミ製棒部材上にカメラは固定されており、狭隘部へのカメラの進入は不可能である。	-
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】 高欄等から吊下げられたアルミ製棒部材上のカメラは固定されているが、高欄等での吊下げ位置を人力で移動させることで、可動できる。そのため、最大可動範囲は各対象橋梁ごと異なる。 なお、アルミ製棒部材自体の長さは最大12m、橋梁の幅員に合わせて50cm刻みで調整可能である。	-
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	被写体距離を変化させる方向の揺れがない状態
		【性能値】 未検証 【標準試験値】 各カメラは、撮影時には静止状態。		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm?縦45cmの場合 色調差を処理することで、0.1mm単位で区別することが可能。 同一条件(被写体距離、倍率)で撮影した「クラックスケール」の画像を、損傷写真とディスプレイ上で重ね合わせることで長さを計測 * 最小ひびわれ幅の検証は、模擬ひびわれとして、「クラックスケール」上の各幅の「線」を用いた室内実験結果によって行った。
		【性能値】 未検証 【標準試験値】 最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度：－ 理由「被写体距離の誤差によって計測精度は異なる」 なお、精度の良い計測は、桁下面、床版下面のみ対象。		
	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】 計測精度：10%以下		被写体距離90cm、カメラ倍率1.2倍で橋脚に1.0m間隔でチョーキングされた箇所を撮影し、ディスプレイ上で撮影した写真を張りあわせ、スケールで計測した寸法と比較した場合。	
位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm?縦45cmの場合	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 橋軸方向：100mm(絶対誤差) 橋軸直角方向：100mm(絶対誤差) 撮影時の装置の揺れにより、撮影すべき被写体位置が最大で100mm程度ずれる可能性があるため。			
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 未検証			

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>撮影した写真から、ひびわれ幅、ひびわれ長さ、損傷の位置を計測する原理は、下記①～⑤の条件により以下の通りである。</p> <p>①アルミ製棒部材の吊下げ場所は予め指定の場所。(手動)</p> <p>②図面等より、点検対象位置(撮影被写体面)とカメラの距離は所定の距離に設置。(手動)</p> <p>③各カメラはアルミ棒部材上の予め指定の場所に固定。(手動)</p> <p>④各カメラの撮影方向は、被写体部位に正対。(手動)</p> <p>⑤カメラのズーム(倍率)は、予め定めた所定の倍率に設定。(手動)</p> <p>以上①～⑤の条件で撮影することで各写真の撮影位置は明確に特定できる。さらに、点検時と同一条件(被写体距離、カメラ倍率)で予め撮影した「クラックスケール」等の写真と点検時に撮影した写真とを、経験豊富な専門技術者がPC上で比較することで、ひびわれ幅、ひびわれ長さ、各種損傷の寸法等を計測できる。(手動)</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	写真画像を取り込めるソフトであれば、どのようなものでも可能(例 エクセル)。 なお、損傷の検出や計測自体は、ソフトではなく、専門技術者が実施する。		
	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	人が各写真画像を確認して、人力で変状を検出する。	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	コンピュータディスプレイ上に疑似的なクラックスケールを設置して手動で検出	
		ひびわれ以外	人が各写真画像を確認して、人力で変状を検出する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
	取り扱い可能な画像データ	変状の描画方法	-	
		ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	-	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		被写体距離とカメラの光学ズームの調整により、被写体の大きさが、横60cm?縦45cm以下の場合、色調差を処理することで、0.1mm単位で区別することが可能。		
その他留意事項	-			
出力ファイル形式	-			
調書作成支援の手順	-			
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	・幅員12m程度以下 -
	桁下条件	・桁下高25m程度以下 ・桁下に組み立て作業ができるスペース(幅員×0.8m程度)があること。スペースが無い場合は、橋上に同様の作業スペースが確保でき、「桁下高>幅員」であれば点検可能 -
	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	Wi-Fi接続を利用 -
	道路規制条件	装置の設置・撤去時及び調査中は交通規制の必要がある。 両路肩部それぞれ幅70cm程度の部分交通規制 -
	その他	風速10m/s以内 雨天、降雪時は計測不可 気温0°以下または40°を超える時は計測不可 被写体面は概ね50lx以上であること -

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)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	最低2名だが、巻き上げ装置操作2名+タブレットによるカメラ操作1名の計3名を標準とする。	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	無	-
作業ヤード・操作場所	組立作業ヤードは橋下を基本とし、その範囲は橋梁幅員×作業幅1.0m程度必要。 装置の移動操作は橋上 タブレットによるカメラ操作は、橋上・橋下ともに可	-
作業条件・運用条件 点検費用	橋 種:コンクリート橋を基本 橋 長:60m(支間長15m・4径間) 全幅員:6.0m 計測部位:床版 活用範囲:360m ² 検出項目:ひびわれ 計測費用約24万(直接人件費+直接経費) 解析費用約27万(直接人件費) ※ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。	-
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
自動制御の有無	無	-
利用形態:リース等の入手性	開発者による受託点検のみ	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	× 現時点では、開発者による受託点検を前提としているため	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-

7. 図面

桁下作業範囲



橋軸方向に幅50cm程度

橋面作業範囲



地覆端部より橋軸方向に幅70cm程度

1. 基本事項

技術番号	BR010021-V0121		
技術名	二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術		
技術バージョン	大型機:ver.03、中型機:ver.03	作成: 2021年10月	
開発者	富士通株式会社		
連絡先等	TEL: 044-754-2311	E-mail: fj-SS-infra-mainte@dl.jp.fujitsu.com	富士通株式会社防災システム事業部 荒川 博史
現有台数・基地	2(大型・中型各1台)	基地	川崎市中原区
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚などのコンクリート部材に二つの車輪を接触させて、一定間隔を保ちながら近接撮影を行う点検支援ロボット(以下、二輪型マルチコプタと呼ぶ) ・二輪型マルチコプタで収集した画像からオルソ画像を合成し、損傷検出・損傷記録が可能 ・二輪型マルチコプタで収集した画像等の点検データと部材情報を3D-CADモデル上で自動的に整理 		
技術区分	対象部位	コンクリート橋/桁橋・ラーメン橋・床版橋/コンクリート部材の内上部構造(主桁、横桁、床版)、下部構造(橋脚、橋台[堅壁、翼壁のみ])	
	変状の種類	ひびわれ/床版ひびわれ/剥離・鉄筋露出	
	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"> ・二輪型マルチコプタは基本的に一体構造であり、クアッドロータマルチコプタに車輪、ワイヤーガード、撮影カメラを搭載した機構である。 ・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。 	
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、基本的に人が操縦して飛行させる。 	
	通信	無線通信2.4GHz	
	測位	—	
	自律機能	—	
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	プロペラガードを装備しかつ車輪がさらにプロペラガードの役割になっている	
	外形寸法・重量	<p>大型:車輪径100cm、幅120cm、重量 6.4kg(カメラ、電源搭載時)</p> <p>中型:車輪径50cm、幅50cm、重量 1.65kg(カメラ、電源搭載時)</p>	
搭載可能容量 (分離構造の場合)	基本的に一体構造であるが、最大推力は大型:14.0kg、中型:3.0kgである。		
動力	大型:	<ul style="list-style-type: none"> ・当装置専用の有線給電装置から有線により給電 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:有線給電 ・定格容量:DC360V→DC22.2V、最大出力2000W 	
	中型:	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:LiPo/バッテリー 4S(14.8V) 4200mAh 70Cmax 	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>大型(有線給電):20~30分程度(外気温5°C~45°C)</p> <p>中型(バッテリー):8分程度(外気温5°C~45°C)</p> <p>※有線給電の場合、運用上、連続稼働時間は20~30分程度</p>	
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>アクションカメラ(GoPro HERO6)</p> <p>センサーサイズ:5.9 × 4.4mm</p> <p>ピクセル数:横3840Pixel × 縦2160Pixel</p> <p>焦点距離:15mm~48mm(35mm換算)</p> <p>フレーム数:60fps</p>
		パン・チルト機構	手動で調整
		角度記録・制御機構機能	—
		測位機構	撮影後のソフトウェア処理により対象に対する撮影位置を算出可能
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・防水10 m(ハウジング装着時 60 m) ※GoPRO社独自のテストによる。 	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・計測装置のバッテリーにより供給(内蔵) 	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	20~30分程度(外気温5°C~45°C)		
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	計測装置の記録メディア(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	計測装置のSDカードに記録する。独立した動力は不要	
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】 壁面接触状態で50cmの距離から近接撮影可能 【標準試験値】 未検証	壁面に車輪を接触させた状態の撮影距離 【風速の条件】 ・平均風速5m/s未満 【天候】 ・雨天時不可 【外気温】 ・5°Cから45°Cまで 【日照条件】 ・400Lx以上
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 【飛行型】 中型:3000mm×2000mm×2000mm (縦×横×高さ) 【標準試験値】 未検証	中型機での狭小個所侵入実験結果より算定 【風速の条件】 ・平均風速5m/s未満 【天候】 ・雨天時不可 【外気温】 ・5°Cから45°Cまで 【日照条件】 ・400Lx以上
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 【飛行型・接触型】 大型:40m(目視操作可能な範囲) 中型:30m(目視操作可能な範囲) 【標準試験値】 未検証	目視操作可能な範囲 【風速の条件】 ・平均風速5m/s未満 【天候】 ・雨天時不可 【外気温】 ・5°Cから45°Cまで 【日照条件】 ・400Lx以上
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	性能値の算出条件 接触移動時にモーションブラー等が起きず、ひびわれ視認が可能なオルソ画像を合成することができる撮影条件 大型機: 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】2.7m 中型機: 【画素分解能】0.2mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】0.5m
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	性能値の算出条件 撮影画像を元に作成したオルソ画像からのひびわれ幅検出結果と実際のひびわれ幅の誤差を元に評価 【撮影距離】0.5m 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	性能値の算出条件 撮影画像を元に作成したオルソ画像とひびわれスケッチツールで人が計測した結果と、実際のひびわれ長さの誤差を評価 【撮影距離】0.5m 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	性能値の算出条件 撮影画像を元に作成したオルソ画像とひびわれスケッチツールで人が計測した結果と、ひびわれ位置の誤差を評価 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無	性能値の評価方法 被写体と正対して撮影した画像を元に作成したオルソ画像で遊離石灰、錆汁を検知できることで評価 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影

※「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. 二輪型マルチコプタにて点検対象を近接撮影(手動) 2. SfM解析により3Dモデル及びオルソ画像を作成(自動) 3. 富士通社製クラックスケッチソフトを使用し、3Dモデル上に損傷をトレース(手動) 4. 橋梁の形状・部材情報を有する3D-CADモデルを作成(手動) 5. 点検データ管理システムにて、点検データと部材情報を統合管理(手動)</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>SfM解析: AgiSoft 社製PhotoScan 損傷描画: 富士通社製クラックスケッチソフト(動作条件: windows 64bit版)</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(幅:0.1mm以上), 鋼材腐食, 漏水</p>	
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・撮影画像から合成したオルソ画像を用いて、富士通社製クラックスケッチソフト上で目視により検出 ・撮影条件・仕様等 「GoProHero6」 1) 撮影設定: ・大型二輪型マルチコプタ: RES:4K、FPS: 60、FOV: 広角 ・中型二輪型マルチコプタ: RES:4K、FPS: 30、FOV: 広角 2) ISO感度 ・最小: 100 ・最大: 800 3) シャッター速度 輝度200~999lx: 1/240 輝度1000~4999lx: 1/480 輝度5000~15000lx: 1/960 輝度15000~lx: 自動 4) WB: 自動 5) シャープ: 高 6) ラップ率: オーバーラップ 80%、サイドラップ 50% 7) 注意事項: ・動画撮影時、日付、時刻を合せること</p>
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>		<p>・形状: 富士通社製クラックスケッチソフトにて描画 ・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: ソフトにて、起終点を人力で指定し、描画したひびわれの長さを自動計測</p>
	<p>ひびわれ以外</p>		<p>・撮影画像から合成したオルソ画像を用いて、富士通社製クラックスケッチソフト上で目視により検出 ・形状: 富士通社製クラックスケッチソフトにて描画</p>
	<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>		<p>-</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: ポリラインで領域指定</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>MP4</p>
	<p>ファイル容量</p>		<p>MP4 4GB(長時間連続撮影を行うと、ファイルを自動的に分割し保存)口 4GB(長時間連続撮影を行うと、ファイルを自動的に分割し保存)</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0.3mm/Pixel以下であることが必要</p>	
<p>その他留意事項</p>		<p>・損傷部分の画像がぼやけてる等、目視にて判別が難しい場合は検出が困難</p>	
<p>出力ファイル形式</p>		<p>・損傷のトレース結果をオルソ画像上に重畳し、JPEGファイルとして出力 ・橋梁の3D-CADモデル上に損傷形状を重畳し、IFCファイルとして出力 -IFCファイルは、汎用IFCビューア(BIM Vison等)で閲覧可能 -前もって、設計情報(設計図等)から、3D-CADモデルの作成が必要 ・画像データ毎に、下記の情報をCSVファイルとして出力 -3D-CADモデル上の座標位置 -撮影した橋梁の部材情報(径間番号、部材名、要素番号)</p>	
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>① 適応条件に記載の条件下で、二輪型マルチコプタにより画像データを取得 ② 画像データからSfM解析により3Dモデル及びオルソ画像を作成 ③ 富士通社製クラックスケッチソフトを使用し、オルソ画像上で損傷目視検出、損傷を手動でトレースし記録・保存 ④ 設計情報(設計図等)から、橋梁の3D-CADモデルを作成 →部材毎に3次元構造(寸法等)を確認し、橋梁の3D-CADモデルを作成 →径間番号、部材名、要素番号を3D-CADモデルへ付与 ⑤ 3Dモデル、損傷抽出結果、3D-CADモデルを富士通社製点検データ管理システムで一元管理 ⑥ 点検データ管理システムからの出力データを用いて、点検調書を作成</p>		
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 ・橋梁のIFCモデル作成のために設計情報(設計図等)を入手</p>		
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>SfM解析: AgiSoft 社製PhotoScan 損傷描画: 富士通社製クラックスケッチソフト(動作条件: windows 64bit版) 点検調書作成支援: 富士通社製調書作成ツール</p>		

6. 留意事項(その1)

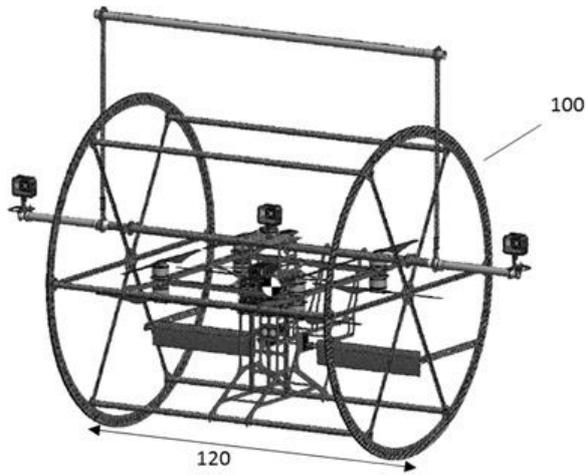
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
点検時現場条件	道路幅員条件	制約なし	—
	桁下条件	桁下高さ2m以上	—
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・二輪型マルチコプタの離発着スペースが確保できること ・飛行経路上、草木の繁茂等の障害物がないこと 	—
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・二輪型マルチコプタ本体を有線給電装置等のワイヤーと接続した上で運営する事で、点検対象橋梁からの離脱飛行を防止 	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> ・点検対象橋梁上の歩道や検査路が利用できる場合、道路規制不要 ・歩道や検査路が利用できない場合には、現場条件の確認が必要 ・歩道利用できる場合は、歩道規制を実施(規制範囲は幅1.5m×長さ5.0mを点検対象に合わせて移動) 	—
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間計測不可 ・強風(5m/s以上)時計測不可 ・雨天時計測不可 ・使用温度範囲:5℃~45℃ 	—

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	二輪型マルチコプタの特性を理解し、点検対象を撮影する際に、的確かつ安全な飛行計画を立案できること	—
必要構成人員数	現場責任者1名、操縦者1名、補助作業員1名	道路や検査路を使用する場合は別途、作業員が必要
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ドローン検定資格を保有していて、二輪型マルチコプタの操縦特性の説明を受けた者に限る	—
作業ヤード・操作場所	・点検対象コンクリート面、及び二輪型マルチコプタ本体が見通せるエリア ・点検場所の近傍又は点検装置を吊り下げながら移動できる範囲に二輪型マルチコプタの離発着が可能な水平の作業ヤード(5m ²)が必要	—
作業条件・運用条件 点検費用	機体価格:500万円程度(1機当たり) 【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋脚高 35m 全幅員 6m 部位・部材[橋脚] 活用範囲 [720]m ² 検出項目 [ひびわれ、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 65万円(経費含まず)	オプションやサポートの有無により価格は変わります 直接費のみで、経費(管理費等)は別途計上
保険の有無、保障範囲、費用	今後検証	—
自動制御の有無	—	—
利用形態:リース等の入手性	機体販売または点検サービス リースについては実施していない	—
不具合時のサポート体制の有無及び条件	フライト中、制御不能となった場合はケーブルにより一定範囲以上飛行しないよう範囲を制限している。	—
センシングデバイスの点検	製造者による点検前後の機体整備を実施	—
その他	点検個所の近傍に離発着可能な場所がなく、かつ点検個所から離れた離発着場所から機体を吊り下げながら点検個所まで移動できない場合、対応困難	—

7. 図面

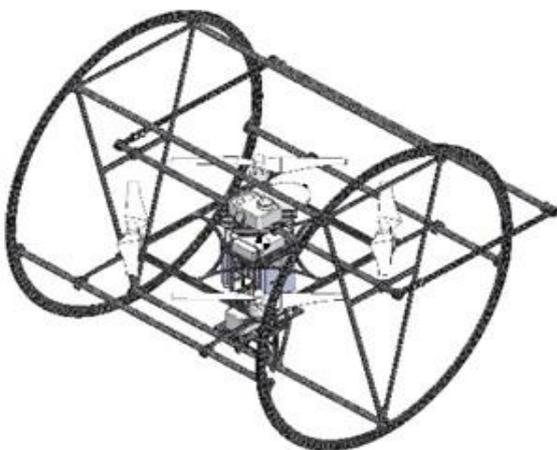
大型二輪型マルチコプタ図面



大型二輪型マルチコプタ操縦装置



中型二輪型マルチコプタ図面



中型二輪型マルチコプタ操縦装置



1. 基本事項

技術番号	BR010022-V0121		
技術名	遠方自動撮影システム		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社東設土木コンサルタント 有限会社ジーテック キャノンマーケティングジャパン株式会社		
連絡先等	TEL: 03-5805-7261(代表)	E-mail: tcc@touseitu.co.jp	事業推進部 中川光貴
現有台数・基地	10台	基地	東京都文京区、群馬県高崎市、長野県安曇野市、新潟県新潟市
技術概要	<p>・ロボット雲台により高解像度連続自動撮影を効率的に行い、合成、オルソ化した画像を平面化する。ひびわれは(AIインスペクションEYeforインフラ)による自動検出と技術者チェックで効率的かつ高精度に解析を行う。損傷管理支援ソフトCrackDraw21により損傷記録を径間や要素(部位)ごとにデータベース化し、調書の大部分を自動化・作成支援する。複数回の撮影・解析により、凍害や床版疲労などのひびわれ進行状況を客観的に把握、見える化し、これまで点検者の経験と技量に頼らざるをえなかった維持管理を客観的に行うことができ、適切なアセットマネジメントに寄与する。</p> <p>・地上からの撮影で安全性が高く、高所作業車などを必要としない。ある程度の強風時でも対応可能。</p> <p>・「近接目視非効率、困難箇所の点検」、「損傷の数値管理、進行性の客観的把握」、「点検充実化」に効果大。</p>		
技術区分	対象部位	鋼橋/Co橋/上部構造(床版、コンクリート高欄・地覆)/下部構造(橋脚・橋台)	
	変状の種類	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	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機器はロボット雲台にセンシングデバイスであるデジタルカメラを設置して計測を行うものである。種々のデジタルカメラ、レンズ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。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>【据置】 地上に撮影機材(三脚、ロボット雲台、一眼レフカメラ)を設置し、撮影対象範囲を連続的に撮影。1回の設置で概ね45°の範囲まで撮影可能。機材が大がかりではないため、次の径間や要素への移動は、人力で容易に可能。</p>	
	運動制御機構	通信	・有線(ロボット雲台からカメラへのシャッター信号)
		測位	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		自律機能	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	<p>・分離構造 ・最大外形寸法(L600mm×W600mm×H1500mm程度) ・最大重量(約7kg)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>・最大外形寸法(一般的な一眼レフカメラが搭載可能、焦点距離600mmのレンズも搭載可能) ・最大重量(4.5kgまで搭載可)</p>	
動力	<p>バッテリーなどの仮設電源が必要 ロボット雲台標準バッテリー ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:7.2V、4,300mA 外付けポータブルバッテリー(市販品) ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:3.7V、42,000mA</p>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ロボット雲台の連続稼働時間は、上記ポータブルバッテリー使用で8時間以上(気温10°C~25°Cの場合)		
計測装置	設置方法	・ロボット雲台の上にデジタルカメラをボルト・ナットにより取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>・計測装置:最大外形寸法(長さ70mm~600mm×幅100mm×高さ30mm程度、レンズ込み) ・最大重量(約2kg~4kg、使用レンズによる)</p>	
	センシングデバイス	カメラ	<p>主に使用するデジカメの諸元(Canon製カメラ EOS 5Dsなど) センサーサイズ:36mm×24mm、ピクセル数:8688×5792、焦点距離:11mm~1200mm(現場状況により、適切なレンズ、エクステンダーを使用)、ダイナミクスレンジ:24.7bit</p>
		パン・チルト機構	<p>・パン(水平):360° ・チルト(垂直):約300° ※上記パン・チルトはロボット雲台によるもの</p>
		角度記録・制御機構機能	・ロボット雲台により、撮影方向や範囲を任意に設定可能。
		測位機構	・撮影した連続画像を自動で合成し、合成、オルソ化した画像を図面に合わせて精度良く取り込む仕組みのため、測位機構を必要としない。
	耐久性	一般的な一眼レフカメラの耐久性を備える	
	動力	<p>・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・カメラに搭載されるバッテリー</p>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>・約2時間/1バッテリー (外気温:23°C、雲台の移動時間も加味して平均10~20秒に1回撮影の場合。バッテリー交換により1日作業に対応可。)</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	・ロボット雲台とデジタルカメラを電動シャッターケーブルでつなぐ。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・電動シャッターケーブル延長20cm程度	
	データ収集・記録機能	・デジタルカメラ内のSDカードにデータを保存する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・電動シャッターはロボット雲台のバッテリーから供給、データ保存はデジタルカメラの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 ※ <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 「据置」であるため、参考としてロボット雲台のパン、チルト可能な角度を示す。 【性能値】 未検証 【標準試験値】 ・水平(パン):360° ・鉛直(チルト):約300°	-
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	左記検証時の条件 【画素分解能】 0.2~0.3mm/pix (床版ひびわれ0.05mm幅対象) 【撮影ラップ率】 30~40%
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	左記検証時の条件 【画素分解能】 0.2mm/pix 【使用カメラ】Canon製
	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	左記検証時の条件 【画素分解能】 0.36mm/pix 【撮影角度】0°、30°、-30°、45° それぞれで検証 【検証サンプル数】 長さ: 608 位置: 168 【使用カメラ】Canon製
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	左記検証時の条件 【使用カメラ】Canon製

※「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>【画像処理】 ①撮影した画像を1径間または1要素ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせはパターンマッチングにより行う(自動)。その後、図面に合致するようにオルソ補正を行う(半自動)。 【ひびわれAI解析】 ②AI(インスペクション EYE for インフラ)により、床版ひびわれやひびわれを自動で検知し、かつ幅の推定・分類を自動で行う(自動)。自動検知結果を損傷図作成支援ソフトCrackDraw21に取り込む(手動)。以下、CrackDraw21を使用する。 【損傷図作成】 ③図面、オルソ画像を取り込み、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う(手動)。 ④ひびわれ自動検知結果の技術者チェックを行い、必要に応じて技術者が修正する。幅のチェックはデジタルクラックスケール機能や幅のキャリブレーションウィンドウ機能を使う(手動)。 ⑤ひびわれ以外の損傷は、技術者が撮影画像を確認しながら解析・手動トレースする(手動)。 ⑥ひびわれの長さ、幅、方向、その他損傷の寸法、面積、解析した全損傷の位置(径間番号、部材名、要素番号)は自動算出、識別され、同時にデータベース化される(手動)。</p>	
<p>ソフトウェア名</p>	<p>【画像処理】独自ソフトや市販ソフト(サービス対応) 【ひびわれAI解析】画像ベースインフラ構造物点検サービス「インスペクション EYE for インフラ」(サービス対応) 【損傷図作成、調書作成支援】CrackDraw21(サービス対応またはソフト販売)</p>	
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(幅および長さ)、床版ひびわれ(幅および長さ)、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、その他(骨材露出など)</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・AI(ディープラーニング)による自動検出後、技術者によるAI検知結果のチェック、修正を行う。 ・このAIは、橋梁床版(PC、RC)、橋脚、橋台、トンネル、その他コンクリート構造物に関する多数の現場で撮影された画像群に対して作成された教師データに基づく。 ・教師データの作成は、画像による変状解析実績が豊富な土木技術者やコンクリート診断士が行い、幅についてはクラックスケールによる実測値も教師データに採用している。 ・AIの検知精度は、画像条件(解像度や画質、ブレ、ボケ、コンクリートの汚れ状況、対象構造物や対象部位など)により上下するが、画像条件に応じてAIの最適化を行い、可能な限り高い精度で検知する。 ・撮影条件 1) カメラ: センサーサイズAPS-C以上の一眼レフカメラ 2) 撮影設定: 現場状況による(ブレ、ボケ、明るさ、被写界深度に留意し適切な設定とする) 3) ISO感度: 現場状況によるが、1600以下を推奨 4) 撮影角度: 原則45度以内 5) ラップ率: オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上 6) カメラの設定画質: 最高 7) 画質フォーマット: JPEG 8) 撮影解像度: ・床版ひびわれ幅0.05mmを対象とする場合、画素分解能0.2~0.3mm/pix ・ひびわれ幅0.2mm以上を対象とする場合、画素分解能0.5mm/pix ※1画素の1/4程度の幅しかない細いひびわれであっても、ピントよく撮れていれば、そのひびわれは周囲との濃淡差をもって画像に写り、画像からの目視やAIによる検知が可能である。 9) 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>・幅: AIにより自動推定。その後CrackDraw21による疑似的なクラックスケールやキャリブレーションウィンドウ機能(チョーキングにより幅の真値がわかるひびわれなどを別窓で表示・拡大・縮小して確認できる機能)で人が確認。 ・長さ: CrackDraw21によりひびわれ沿いの長さを自動計測。 (CrackDraw21で起終点を人が指定し、直線距離を計測することも可能)</p>
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、CrackDraw21で変状を手動トレース</p>
	<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・ある橋梁におけるAI(インスペクション EYE for インフラ)のひびわれ検知精度評価結果 正解率(%) = AIが正しく検知した延長/画像から技術者が解析したひびわれ延長 × 100 誤検知率(%) = AIが誤検知した延長/AIが検知した全延長 × 100 【事例1】幅0.2mm以上が記録対象、撮影解像度0.5mm/pix 正解率: 98%、誤検知率: 2% 【事例2】幅0.05mm以上が記録対象、撮影解像度0.2~0.3mm/pix 正解率: 92%、誤検知率: 1% ・技術者によるAI検知結果チェック、修正後に正解率100%になるという解釈で問題ない。 ・精度算出にあたっては、すべてのAI検知結果に対し、土木技術者が正解か誤検出かを評価している。また、評価対象範囲の画像を入念に確認し、未検出の延長を割り出して評価している。</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>	<p>ファイル形式: jpeg、png、bitmap ファイル容量: ・PCによるが、Windows(64bit)で動作可能な容量。 ・点検範囲が広大な場合でも、画像分割で対応可能。 カラー/白黒画像: カラー/白黒画像ともに取り扱い可。 画素分解能: ・ひびわれ幅0.05mmを検出するためには、0.2~0.3mm/pix以下 ・ひびわれ幅0.2mm以上を検出するためには、0.5mm/pix以下 その他留意事項: ・ひびわれにチョークが完全に重なっている場合など、AIでのひびわれ検出が困難な場合でも、CrackDraw21による技術者解析で記録・対応可能。</p>

	出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式の場合】 画像:jpeg、損傷図:/DXF/SXF、損傷データ一覧:csv 【専用ファイル形式の場合】 cd2(CrackDraw21のオリジナルファイル形式。画像、損傷図、損傷データベース等一式。)、ビューワでの納品も可。</p>
	調書作成支援の手順	<p>①CrackDraw21の図面上で、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う ②CrackDraw21の損傷図上で、技術者が損傷程度の判定を行い、損傷程度をプルダウン入力する。調書6の「メモ」は手入力する。 ③損傷程度の入力を行った損傷に対し、旗上げを自動で行う。CrackDraw21の図面に取り込み済みのオルソ画像から調書6用の写真切り出しを自動で行う。 ④調書5、調書6の大部分をエクセル書式に自動で出力する。</p>
	調書作成支援の適用条件	<p>・撮影した画像をCrackDraw21の図面上に取り込むこと</p>
	調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<p>CrackDraw21(自社開発、販売可)</p>

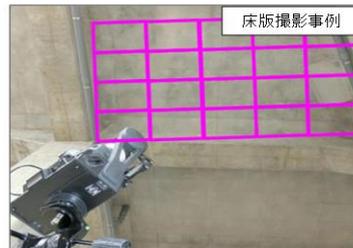
6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
道路幅員条件	-	-
点検時現場条件	桁下条件	三脚を据えることができる。 ・点検対象に対し撮影角度45°以内で三脚を据えることができる。 ・最大撮影距離 床版:80m以内(幅0.05mmのひびわれ対象の場合) 橋脚、橋台:100~120m以内(幅0.2mm以上のひびわれを対象とする場合)
	周辺条件	撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可 撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可
	安全面への配慮	三脚設置箇所が安全であれば問題なし
	無線等使用における混線等対策	-
	道路規制条件	基本的に必要なし 跨道橋が点検対象で、三脚設置箇所が車道の場合は、一部規制や交通誘導員が必要な場合あり。点検対象橋梁については、特に規制の必要なし。
	その他	現地状況によるが、下横構などの撮影死角がある床版でも、その裏側を地上から撮影し、点検できる場合あり。(対応可否は図面や現地踏査で判断) ・日中に撮影を行う ・雨がレンズにつくような天候では撮影不可
		-

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)
調査技術者の技量	カメラ、画像、撮影などに関する知識が必要。	-
必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
操作に必要な資格等の有無、 フライト時間	-	-
作業ヤード・操作場所	三脚設置箇所(5m2程度)	床版: 桁下の地上部 橋脚、橋台: 桁下や橋脚、橋台の周辺地上部
作業条件・運用条件 点検費用	<p>【撮影、画像処理、変状解析】</p> <p>●橋種 [鋼橋]</p> <p>橋長 35m 全幅員 10 m 部位・部材 [床版] 活用範囲 [350]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 250,000円(機械経費含む、諸経費等含まない)</p> <p>●橋種 [コンクリート橋]</p> <p>橋長 18m 全幅員 10 m 部位・部材 [床版] 活用範囲 [180]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 150,000円(機械経費含む、諸経費等含まない)</p>	<p>・現地状況や対象数量により積算条件が異なるため、案件ごとに見積もり対応。</p> <p>・左記費用は参考。現地踏査、計画準備、調書作成、旅費交通費、一般管理費等の諸経費は含まない。</p> <p>・橋脚、橋台、地覆高欄なども見積もり対応可能。</p>
	<p>●橋種 [コンクリート橋]</p> <p>橋長 18m 全幅員 10 m 部位・部材 [床版] 活用範囲 [180]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 150,000円(機械経費含む、諸経費等含まない)</p>	<p>・橋脚、橋台、地覆高欄なども見積もり対応可能。</p>
保険の有無、保障範囲、費用	-	地上設置による安全な撮影のため
自動制御の有無	-	地上設置による安全な撮影のため
利用形態:リース等の入手性	<p>・撮影～画像処理～損傷解析～調書作成の請負</p> <p>・上記工程の一部の請負も可</p> <p>・撮影機材のリースは不可(機材の紹介は可)</p> <p>・損傷図作成支援ソフトCrackDraw21の販売とサポートは可</p>	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	<p>CrackDraw21</p> <p>・購入から1年は無償サポートあり</p> <p>・2年目以降は保守契約によるサポートあり</p>	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	三脚を安全に設置できない現場では対応困難	-

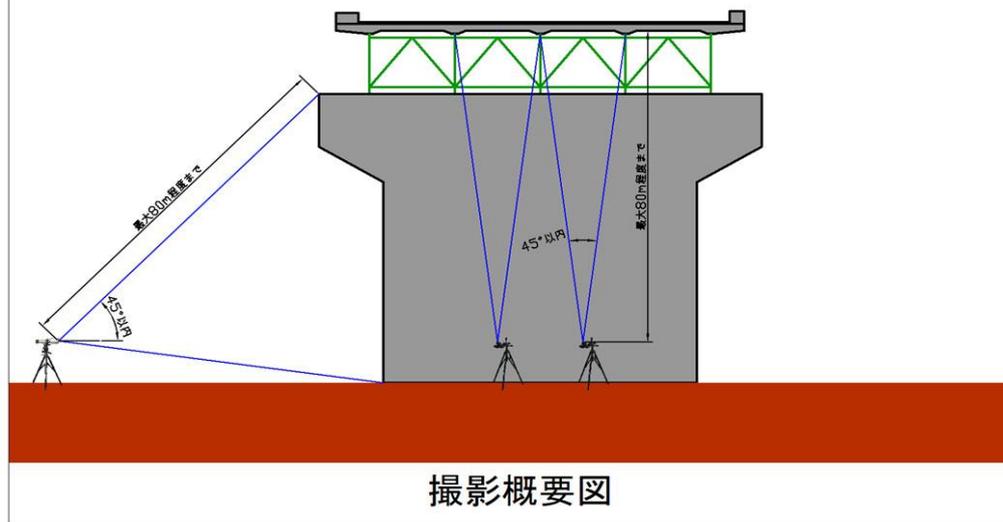
7. 図面



床版撮影事例



高橋脚撮影事例



1. 基本事項

技術番号		BR010023-V0121	
技術名		画像によるRC床版の点検記録システム	
	技術バージョン	-	作成: 2021年10月
開発者		国際航業株式会社	
連絡先等		TEL: 042-307-7240	E-mail: info-kkc@kk-grp.jp インフラマネジメント事業部 伊礼貴幸
現有台数・基地		2台	基地 東京都府中市晴見町2-24-1
技術概要		<p>・本技術は、写真測量技術を用いて橋梁のRC床版のひびわれ点検を行うものである。床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ちの変状検出が可能であり、橋梁の通常点検、定期点検、中間点検等に適用できる。</p> <p>・従来技術では特殊車両やチョーキング等の費用に加え、点検漏れや点検結果にバラツキがあったが、本技術の活用により、特殊車両やチョーキング等の抑制によるコストの縮減、画像処理による品質の向上、座標を用いた劣化状況のモニタリングが可能である。</p> <p>・計測機器は「デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット、PC(操作端末)」で構成される。床版に標定点を照射し、標定点の3次元座標とデジタルカメラにより床版の高精細画像を取得する。標定点座標(レーザー光)をもとにカメラ画像の歪みを補正した正射投影画像を生成して座標を付与し、その画像からひびわれ等の変状を計測し記録する。</p>	
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／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／抜け落ち	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は「デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット、PC(操作端末)」で構成される。デジタルカメラは床版の高精細画像を取得、標定点照射装置は床版に照射した標定点の3次元座標を取得、コントロールユニットは標定点照射装置の制御とデータ通信、PC(操作端末)はデジタルカメラのパラメータ操作や標定点照射装置の操作を行うとともに多様な点検データをストレージに記録する。		
移動装置	移動原理	【据置】 ①機材を地上に設置する場合：手動による移動(床版1パネルごとに2人の作業者が機材を持ち上げて移動) ②流れの緩やかな水部の場合：機材をゴムボートに乗せて移動		
	移動制御機構	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	移動装置と一体的な構造 (デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニットで構成)		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ(W90cm×D90cm×H130cm 3.5kg [三脚使用時、設置面が不安定な場合は1脚でも可]) ・標定点照射装置(W48cm×D54cm×H108cm 26kg [三脚使用時]) ・コントロールユニット(W41cm×D27cm×H54cm 20kg) ・作業スペース(2m×2m以内) 		
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・機種(Canon製一眼レフカメラ EOS 5DsR) ・センサーサイズ(縦36mm×横24mm) ・ピクセル数(縦8,688pixel×横5,792pixel) ・レンズ(単焦点レンズ、撮影距離に応じて選定) 	
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平 -180° ~ +180° ・鉛直 -60° ~ +120° 	
		角度記録・制御機構機能	自動雲台により全方向の制御が可能	
		測位機構	自動雲台の角度とレーザー距離計で計測した距離によって、床版に照射した標定点(4点)の3次元座標を取得	
	耐久性	IPコードなし(棒人、防止性能)		
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラ：内蔵バッテリー ・移動装置(コントロールユニット)に搭載する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)	連続稼働時間(4時間程度)、バッテリー交換により終日使用可能		
	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		<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラで取得した画像：USBケーブル経由でPCのストレージに保存 ・標定点照射装置で計測した座標：WiFi経由でPCのストレージに保存 		
通信規格(データを伝送し保存する場合)		【USBケーブル】		
		<ul style="list-style-type: none"> ・通信規格 SuperSpeed USB(USB3.0) ・接続方式 A-MicroB ・通信速度 500Mbps ・通信距離 3m 		
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		【WiFi】		
	<ul style="list-style-type: none"> ・通信規格 2.4GHz及び5GHz同時通信 ・通信速度 1000Mbps ・通信距離 100m 			
動力	移動装置(コントロールユニット)に搭載する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)	連続通信時間(4時間程度)、バッテリー交換により終日使用可能			

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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 ※	有	撮影距離25m以内であれば、幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で計測可能
	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	-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	-

※「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撮影した画像(中心投影画像)の歪みを補正して正射投影画像を作成し、その画像を床版1パネル単位に接合する。接合は型枠跡やひびわれの交点等を参考に参照する。(下記参照) ②ひびわれの形状は、変状を半自動トレースにより座標化して記録する。(下記参照) ③ひびわれ幅は、画像上に疑似的なクラックスケールを表示し、目視で判読して記録する。同時に幅の計測位置の座標を自動で記録する。 ④ひびわれの長さは、形状の座標値から自動計算する。 ⑤ひびわれ以外の変状の形状は、目視で画像を確認しながら手動で変状範囲をトレースして座標値を記録する。 ⑥ひびわれ以外の変状の面積は、変状範囲の座標値から自動計算する。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>①撮影支援ソフト(自社開発) ②画像処理ソフト(自社開発) ③ひびわれ判読ソフト(自社開発) ④レンズキャリブレーションソフト(自社開発)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>①ひびわれ(形状、長さ、幅、幅の計測位置) ②剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち(変状の範囲、面積)</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひびわれ ・半自動トレースによる検出(人が大まかに形状をトレース、その結果をもとにひびわれ判読ソフトで画素の色調を自動検出してひびわれを構成する座標値を記録する)</p>
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法 ・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測(疑似的なクラックスケールは、画像表示の倍率に応じて自動でサイズが変わる) ・長さ:ひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算</p>
	<p>ひびわれ以外 形状は人が画像を確認して変状範囲を人力でトレース、面積はひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算</p>
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価) -</p>
	<p>変状の描画方法 ・ひびわれ(連続した折れ点で形状を示す、ひびわれ幅により表示色を設定する) ・ひびわれ以外(連続した折れ点で変状範囲を示す)</p>
	<p>ファイル形式 JPEG、TIFF、BMP ファイル容量 60MB(25000×15000 Pixel)／ファイル カラー／白黒画像 カラー／白黒画像とも可 画素分解能 幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で検出するため、0.4mm/Pixel以下の分解能が必要 その他留意事項 -</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>・標定点データ／テキストデータ ・画像データ／JPEG、TIFF、BMP ・損傷データ(ひびわれ、ひびわれ以外)／SHP(シェープファイル:GISデータフォーマット) ・点検調書データ／EXCEL、PDF ・その他(橋梁台帳、現況写真、一般図等)／JPG、PDF、DXF、SXF等)</p>
<p>出力ファイル形式</p>	<p>・標定点データ／テキストデータ ・画像データ／JPEG、TIFF、BMP ・損傷データ(ひびわれ、ひびわれ以外)／SHP(シェープファイル:GISデータフォーマット) ・点検調書データ／EXCEL、PDF ・その他(橋梁台帳、現況写真、一般図等)／JPG、PDF、DXF、SXF等)</p>
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①撮影 ・PC(操作端末)に橋名、径間番号、要素番号を入力し、点検データを格納するフォルダを自動生成する ・対象パネルの画像と標定点座標(3次元座標)を取得する ・取得する画像は以下の2種類 a 全体画像:パネル全体を1枚で撮影したもの(広角撮影) b 分割画像:パネルを高画質で分割撮影したもの(望遠撮影) ②画像処理 ・標定点の座標をもとに、全体画像(中心投影画像)を正射投影画像に変換する ・全体画像(正射投影画像)をもとに分割画像(中心投影画像)を正射投影画像に変換する ・分割画像(正射投影画像)をパネル単位に接合する ③損傷図 ・ひびわれの形状を半自動トレースで取得する ・ひびわれ幅は、作業者が画像上に表示される疑似クラックスケールをもとに判読する ・ひびわれ幅の計測位置は、ひびわれ判読ソフトにより自動取得し、ひびわれの長さは自動計算する ・ひびわれ以外は、作業者が変状範囲をトレースして取得する ・ひびわれ以外の面積は、ひびわれ判読ソフトで自動計算する ・点検調書(損傷図)に表示する旗揚げ情報を手動で入力する ・点検調書(損傷写真)に使用する画像を手動で切出す ④点検調書 ・損傷図の作成(損傷図は画像と重ね合わせて表示、ひびわれは幅ごとに色分け表示) ・損傷写真の作成 ⑤記録 ・標定点データ、画像データ(生画像データ、正射投影画像データ)、損傷データ(ひびわれやその他の損傷のベクトルデータ、寸法データ)、点検調書を点検記録管理ソフトに格納する</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>①標定点データ ・1パネルに4点の標定点をレーザー照射し3次元座標を取得 ・標定点の位置精度(1cm以内／撮影距離10mの場合) ②全体画像(広角撮影) ・パネル全体を1枚の画像で取得、あおり角:60°以内 ③分割画像(望遠撮影) ・解像度:0.4mm/pix以下、画像の重複率:30%以上、あおり角:60°以内</p>
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>①ひびわれ判読ソフト(自社開発) ②点検記録管理ソフト(自社開発)</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	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影距離(25m未満) ・桁下に計測機器(デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット)を設置できること ・作業スペース(2m×2m以内) ・ゴムボートから撮影する場合(水深1m以内、流速1m/秒以内) 	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下は平坦でなくても三脚の長さを調整して撮影機器を設置可能 ・検査路がある場合は検査路から撮影 ・橋梁点検車に計測機器を搭載して撮影することも可能
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	橋梁点検車から撮影する場合は、高所作業に必要な安全対策が必要	-
	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"> ・天候(日中かつ荒天以外であること) ・外気温(5~40°であること) ・その他(計測機器に結露がないこと) 	-

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	習熟のために1~2日程度のレクチャーが必要	-
	必要構成人員数	3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	計測機器より5m以内	-
	点検費用	105千円/250㎡(1橋)	左記費用は直接原価のみ(旅費・交通費、搬送費、点検記録管理ソフトへの点検データの搭載は含まない)
	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	自動制御有	撮影支援ソフトにより、自動雲台に連結するレーザポイントとレーザ距離計の制御、カメラのシャッターやパラメータ制御等を行う
	利用形態:リース等の入手性	開発者による受託業務	-
	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	・標定点照射装置の位置精度を維持するため、計測機器を搬送した場合は当該装置のキャリブレーションを行う ・新たなレンズを使用する場合は、最初に1回だけ当該レンズのキャリブレーションパラメータを作成する	-
その他	-	-	

7. 図面

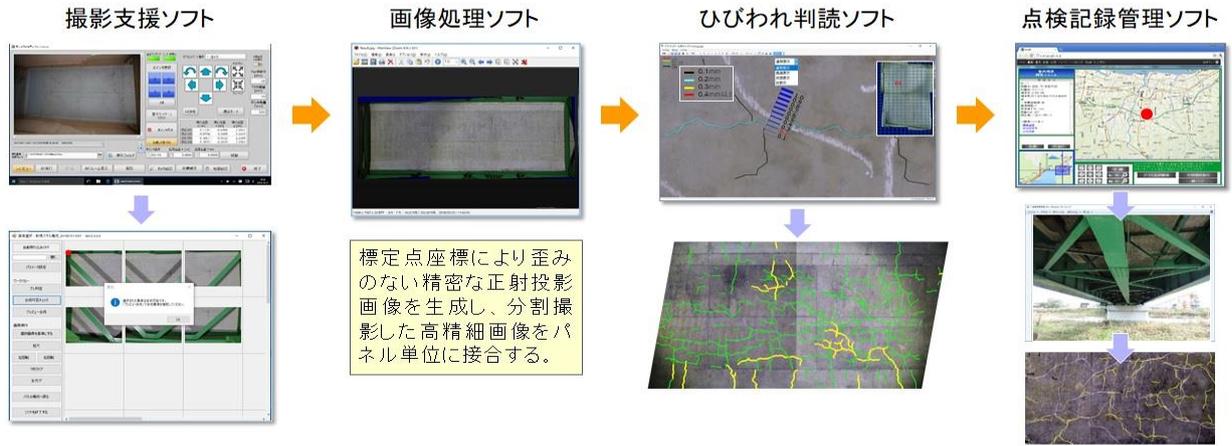
本技術の作業プロセス



撮影機器の構成



主なアプリケーションソフト



多様な条件による撮影

地上からの撮影



水部からの撮影



橋梁点検車からの撮影



1. 基本事項

技術番号	BR010024-V0121		
技術名	社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」		
技術バージョン	Ver1.3	作成: 2021年10月	
開発者	富士フイルム株式会社		
連絡先等	TEL: 03-6447-5179	E-mail: infra_service@fujifilm.com	産業機材事業部 川尻洋平、佐藤康平
現有台数・基地	無制限	基地	東京都港区
技術概要	<p>本技術は、コンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うシステムである。本技術の活用により従来人手で対応していた検出作業を削減できるため、省力化による施工性の向上及び経済性の向上が図れる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>計測機器による撮影</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>画像処理による合成・損傷検出</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>JPG/CAD/EXCELに出力</p>  </div> </div>		
技術区分	対象部位	上部構造(床版等)／下部構造(橋脚、橋台等)／点検施設	
	変状の種類	自動検出:コンクリート ひびわれ／床版ひびわれ、剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本技術はコンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うソフトウェアのため計測機器は持たない。 写真を撮影する計測機器については、一眼レフカメラまたはドローンを使用して当社の推奨する撮影条件で撮影した写真を推奨。</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	-	
	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	下記仕様を満たすミラーレス一眼カメラを推奨。または、フルサイズ一眼レフカメラ。 ・センサーサイズ:縦15.6mm×横23.5mm(APS-C以上) ・焦点距離(mm):14mm~400mm ・ピクセル数:(1000Pixel×1000Pixel以上) ・ダイナミクスレンジ(bit):8bit以上 ・コントラストAFは使用しない事を推奨 ドローンで撮影した画像を使用する場合はお問い合わせ下さい。
		パン・チルト機構	必要ではない。
		角度記録・制御機構機能	必要ではない。
		測位機構	必要ではない。
	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 ※	有	<p>【標準試験値】</p> <p>【撮影速度】静止撮影(ドローン・ロボット含む)</p> <p>【照度】</p> <p>検証実施した照度の条件:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証 <p>【画素分解能】0.3mm/pixel</p> <p>【被写体との距離】1.4m~30.0m</p> <p>【正対撮影】</p> <p>被写体表面の法線ベクトル概ね±20° 以内</p> <p>【補助手段】</p> <p>撮影対象の実寸を手動入力(格間・橋脚の実寸等)する事でひびわれ幅・長さを自動計測</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	同上
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	同上
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【照度】</p> <p>検証実施した照度の条件:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像を「ひびみっけ」で当社クラウドへアップロードする。(手動) ②撮影した画像を自動合成機能でつなぎ合わせる。(自動) ③ひびわれ自動検出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを検出する。(自動) ④合成後画像中の長方形領域の4頂点を指定し、前記長方形領域の実寸サイズ(mm)を入力する。(手動) ⑤ひびわれ幅・長さを自動計測する(自動)(下記アルゴリズム参照) ⑥自動検出されたひびわれを目視確認し、端点が隣接するひびわれの連結(ボタン押下で自動処理)、ひびわれ長さ・幅に対応したフィルタリング(幅・長さを指定しボタン押下で自動処理)、誤抽出結果の削除(手動)、未抽出箇所のトレース(手動)など、ひびわれ抽出結果の編集を必要に応じて実施する。 ⑦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マーキングする。(手動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.3)(当社クラウドサービス)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)(自動検出) ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水(目視検出)	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データは日本全国47都道府県のRC橋やPC橋の下部構造(橋脚、橋台)や上部構造(主桁、床版)、トンネル覆工コンクリート、ボックスカルバート、ダム、護岸、堤防などのコンクリート構造物におけるひびわれ・床版ひびわれに関する写真に、ひびわれ・床版ひびわれに該当する画素の正解情報を付与したデータを用いて学習させている。 ・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%以上、サイドラップ 30%以上 5) 撮影角度: 正対(被写体表面の法線ベクトルに対し概ね±20°以内) 6) 画質: 最高(ファイン等) 7) 画像フォーマット: JPEG 8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅: 自動検出されたひびわれの画素数幅をひびわれ横断方向の画素の濃淡分布を考慮してサブピクセル精度で計測し、前記画素数幅を1画素当たりの実寸サイズ(※)を用いて、実寸幅に換算することで、サブピクセル精度(0.05mm単位)でひびわれの幅を自動計測。 ・長さ: 自動検出されたひびわれの画素数長さを「1画素当たりの実寸サイズ」(※)を用いて実寸長さに換算することで、ひびわれの長さを自動計測。 ※変状検出手順④で入力された長方形領域の4頂点に対する実寸サイズ情報より算出
		ひびわれ以外	・人が画像を確認し、変状箇所を手動でマーキング
		画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	・ひびわれ検出: 検出したひびわれの総延長および本数の再現率・適合率がともに95%以上 [日本全国47都道府県から収集したAI学習に使用していない当社所有画像で評価] $\text{本数の再現率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{真のひびわれ本数}}$ $\text{本数の適合率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{検出したひびわれ本数}}$ $\text{総延長の再現率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{真のひびわれ総延長}}$ $\text{総延長の適合率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{検出したひびわれ総延長}}$
		変状の描画方法	・ひびわれ: ポリライン ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水: 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	ファイル容量: 200MB/枚。
		カラー/白黒画像	カラー画像(RGB/8bit)
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出・幅計測するためには0.3mm/pixel以下であることが必要 ・ひびわれ幅0.2mmを検出・幅計測するためには0.6mm/pixel以下であることが必要	
その他留意事項	・三脚・自動雲台での撮影について、初回撮影時は当社または当社代理店による撮影講習を行うことで、正確に撮影する事をサポートする。 ・ドローンを使用した撮影についてはご連絡をお願い致します。 ・ひびわれにチョークが重なりひびを目視できない場合や汚れて目視できない場合等、目視でも見えないひびは検出が不可 ・画像サイズ: 1000×1000ピクセル～8800×6500ピクセル。前記サイズを超える場合はご相談ください ・画像やExif情報を編集しないこと ・当社「ひびみっけ」アプリをインストールして使用すること		
出力ファイル形式	・画像: JPEG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセル以下の場合)、PNG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセルより大きい場合) ・CAD: DXF ・ひびわれ数量積算表: CSV		
調書作成支援の手順	①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。 ②変状検出結果(画像、CAD、数量表)のデータを当社クラウドからダウンロードする ③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、ダウンロードしたデータを読み込み、点検調書(損傷図)の所定の項目に貼り付ける。		
調書作成支援の適用条件	・適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取扱可能な画像データ」を参照		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.3)(当社クラウドサービス)		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	-	-
	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	マニュアルに沿って操作すれば解析可能 ※撮影についても一眼レフカメラについては当社・代理店にて初回サポートすることで技量は問いません。 ※※ドローン撮影についてはお問い合わせ下さい。	
必要構成人員数	ソフトウェア操作者:1名	-	
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-	
作業ヤード・操作場所	現場・事務所	現場でも写真合成の確認が可能です。	
作業条件・運用条件	点検費用	<p>・撮影:撮影した計測機器(ドローン・ロボット等)の仕様に基づける</p> <p>・解析:社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」費用 橋種[コンクリート橋] 橋長 35m 全幅員 10m 部位・部材[床版] 活用範囲[350]㎡ 検出項目[ひびわれ]</p> <p><費用> 0.1mmひびわれ検出の場合 合計 約110,000円 0.2mmひびわれ検出の場合 合計 約35,000円</p> <p>対象となるひびわれ幅で写真の枚数が増減するため費用が変わる。 サービス料のみで、消費税・一般管理費等は作業者の人件費等は含まず。</p>	<p>社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」費用 写真1枚辺り~400円(消費税別) 使用量に応じて減額。 HPよりお問い合わせ頂ければ見積もり試算表が入手可能です。</p>
	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	<p>・利用形態:ソフトウェアサービス 社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」のソフトウェアは当社HPよりユーザー登録を行えば無償でインストール可能</p>	<p>・ソフトウェアを通じて解析を行った写真1枚毎に課金を行う従量課金型ソフトウェアサービス ・「ひびみっけ」ホームページURL: https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infraser vice/hibimikke</p>
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	ソフトウェア利用に関する問い合わせは当社HPまたは代理店にて対応致します。	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

7. 図面

点検フロー



撮影についてはお問い合わせ下さい。

ひび検出



0.1mm以下の細かいひびなど除去可能

1. 基本事項

技術番号	BR010025-V0021		
技術名	斜張橋ケーブル点検ロボットVESPINAE(ヴェスピナエ)		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社 長大 長崎大学 協和機電工業株式会社		
連絡先等	TEL: 092-737-8362	E-mail: info_vespinae@chodai.co.jp	第2構造技事業部第7構造技術部 藤木剛、梯誌修
現有台数・基地	1	基地	福岡市中央区渡辺通1-1-1サンセルコビル6F
技術概要	本技術は、斜張橋ケーブルの外観近接目視点検を行う点検ロボットである。点検対象ケーブルをフレームで取り囲む構造を採用し、プロペラ推力によってケーブルに沿って上昇・下降する機構としている。また、フルHDビデオカメラを上下左右に4台搭載し、ケーブル全周を全長にわたり撮影し、取得した動画を用いて点検を行う。		
技術区分	対象部位	斜張橋ケーブル	
	変状の種類	ケーブル表面の亀裂、変形・欠損	
	物理原理	動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		移動装置部: フレーム、プロペラ、モーター、ガイドローラー、フルHDビデオカメラ、バッテリー、発信機、受信機 地上操作部: 操縦用送信機 地上機材部: 充電器、バッテリー、画像確認用モニター、画像確認用アンテナ、PC、発電機	
移動装置	移動原理	【接触型】【懸架型】 フレーム外側に4つのプロペラ、内側に8輪のガイドローラーを配置し、プロペラ推力によりケーブルに沿って上昇・下降する機構	
	運動制御機構	通信	2.4GHz
		測位	ガイドローラーに取り付けられたエンコーダにより移動距離を測定
		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	最大外形寸法(W1156mm×H1156mm×L400mm)※一体型重量(7.2kg)
	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: リチウムイオンバッテリー5000mAh ・電源定格出力: 電圧22.2V	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	ケーブル角度30°の場合: 約20分(外気温0~40°C 使用条件などで短縮の可能性あり)	
計測装置	設置方法	移動装置に固定	
	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 As-200V×4台(フルHD: 200万画素(1920×1080画素))
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構機能	-
		測位機構	-
	耐久性	防水防塵性なし	
	動力	バッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約2時間(0~40°C 使用条件などで短縮の可能性あり)		
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	記録メディアに保存(SDカード)	
	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	計測装置と一体	
	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 checked="" type="checkbox"/>		<p>【性能値】 斜材径: φ80~260mm 斜材角度: 0~90°</p> <p>【標準試験値】 斜材径: φ170、180mm 角度: 24°</p>
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input checked="" type="checkbox"/>		<p>【性能値】 斜材径: φ80~260mm 角度: 0~90°</p> <p>【標準試験値】 斜材径: φ180mm 角度: 24°</p>
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input checked="" type="checkbox"/>		<p>【性能値】 斜材径: φ80~260mm 角度: 0~90° 表面: ポリエチレン、ふっ素樹脂 表面凹凸: 無処理</p> <p>【標準試験値】 斜材径: φ170、180mm 角度: 24° 表面: ポリエチレン</p>

※「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】 斜材径: φ80~260mm 角度: 0~90° 表面: ポリエチレン、ふっ素樹脂 表面凹凸: 無処理 風速: 8m/s以下</p> <p>【標準試験値】 斜材径: φ170、180mm 角度: 24° 表面: ポリエチレン 表面凹凸: 無処理 風速: 3.2m/s</p>
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 検出率=100% 最小幅0.1mmを確認</p> <p>【標準試験値】 検出率=新技術で検出した損傷の内、正解した箇所/模擬損傷の数 =100%(8箇所/8箇所) 最小幅0.1mmを確認。</p> <p>【性能値】 斜材径: φ80~260mm 風速: 8m/s以下 照度未検証</p> <p>【標準試験値】 斜材径: φ170、180mm 風速: 3.2m/s 照度未検証</p>
	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 ※	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>取得した動画を変状検出ソフトにより以下の自動処理を行う。 ① 入力した画像の内、線状になっている箇所を強調(自動) 上記によって、正常時と損傷時の画像差分を増す(自動) ② 学習対象となる正常画像、および検査対象画像を深層学習を用いて特徴量化(自動) 特徴量化された正常画像からの距離で異常度を判定(自動) ※深層学習で使用しているデータ ・ImageNet(画像セット) ・CIFAR-10(画像セット) ・線状強調で加工した斜張橋の正常画像、キズ画像 ③ 特徴量の内容(方向)で凹み/キズ/汚れの各々の所属確率を算出(自動)</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>斜張橋損傷検出システム(仮)</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>白色もしくは黒色ケーブルの凹み、キズ、汚れ (ストライプケーブルは検出精度に課題あり)</p>	
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・該当なし(異常部の検出は可能であるが、ひびわれやその他損傷との区別は出来ない)</p>
		<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・該当なし</p>
		<p>ひびわれ以外</p>	<p>・損傷箇所強調方式: 線状強調 ・特徴量化: MobileNetV2, PCA ・所属確率算出: SVM</p>
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>変状部の振り分け精度は39枚の画像で71.8%</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>変状の描画方法</p>	<p>Webシステムにて、PNG画像として表示</p>
		<p>ファイル形式</p>	<p>動画(MP4)</p>
		<p>ファイル容量</p>	<p>-</p>
		<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー</p>
<p>画素分解能</p>		<p>MPEG4動画(1920px × 1080px, 30FPS)</p>	
<p>その他留意事項</p>	<p>・損傷種類の判別や汚れとの選別は技術者が実施する。</p>		
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>帳票一覧表: xlsx, 画像: jpeg</p> <p>① 動画にて異常箇所の静止画抽出と動画上の抽出時間を確認(自動) ② 異常箇所を技術者が確認し損傷形態を推定(手動) ③ 損傷確認位置の動画上の時間を確認(手動) ④ 位置計測の時間と照合し、損傷位置を確認(手動) ⑤ 損傷一覧表(損傷位置、損傷写真名)を作成(手動) 以降は発注者要望により実施 ⑥ 損傷写真、位置を基に損傷図、写真帳作成</p>		
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・画像解析は本計測機器にて取得した動画に限る。 ・その他調書作成については別途相談にて実施可能。</p>		
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>機器: Microsoft Azure Virtual Machines 言語: Python ライブラリ: OpenCV, Keras, scikit-learn, Flask, openpyxl</p>		

6. 留意事項(その1)

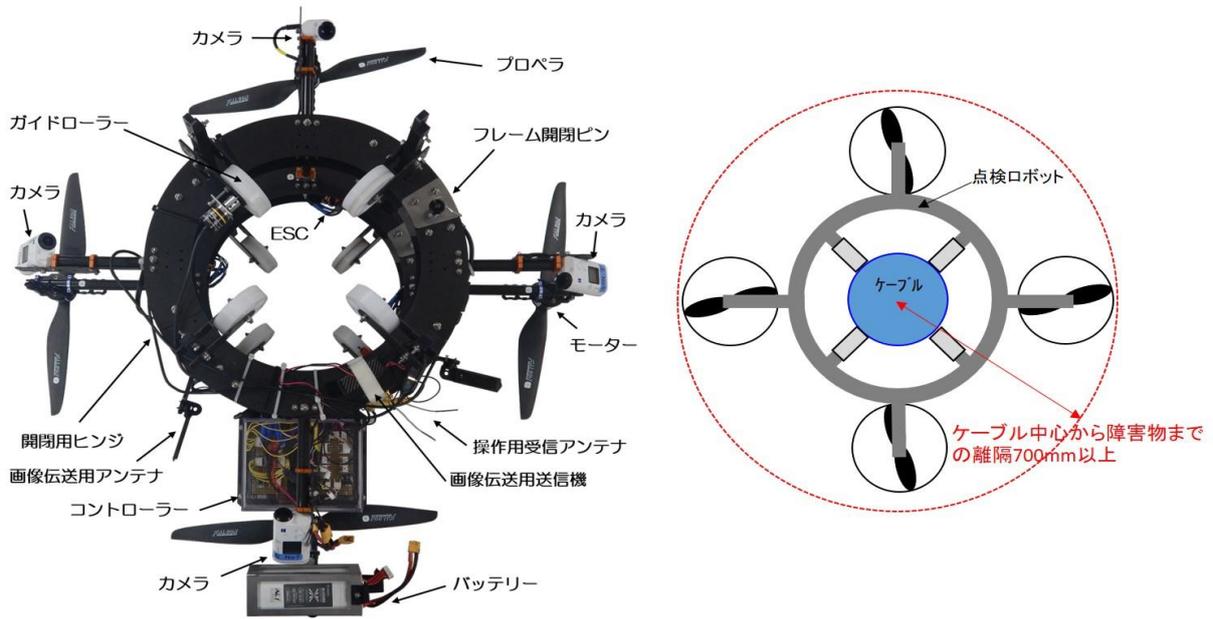
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	交通規制が不要な場合は、計測中において、交通には支障はない。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	道路以外に資機材搬入路がない場合(歩道がない等)は、交通規制が必要。 資機材の設置スペース(3m×0.7m程度)が確保できない場合は交通規制が必要。 移動装置部の取付けに高所作業車等が必要な場合は交通規制が必要	-
その他	以下の場合適用不可 <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブル径φ80mm～φ260mm以外(別途相談可能) ・ケーブル表面に10mm以上の段差がある場合 ・物理的に越えられない障害物がある場合(ケーブル同士を制振対策で繋いでいる場合等) ・ケーブル断面が矩形の場合 ・ケーブル周囲の離隔が700mm以上確保できない場合 ・降雨、降雪の場合 ・風速8m/s以上の場合 	-	

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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・株式会社長大の担当者より、事前に技術指導を受けた調査技術者が実施	-
	必要構成人員数	・現場管理者1名、操縦者1名、作業員1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格不要	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置部を目視可能な範囲(最大500m以内)	-
	点検費用	ケーブル総延長4800m(平均75m×64本):280万円 ※点検計画、現地踏査、現地調査6日間、調査結果(結果一覧表、損傷写真Jpeg、動画データ)、ロボット損料	-
	保険の有無、保障範囲、費用	各種保険を会社にて加入済み。	-
	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	調査業務を株式会社長大へ業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時は調査業務を実施する株式会社長大が対応する。	-
	センシングデバイスの点検	調査開始前に動作確認を行う。	-
その他	-	-	

7. 図面

機体各部名称及び障害物との離隔



対象ケーブル中心から700mm以内に隣接ケーブルや、照明柱等の障害物がないこと。

機体取付状況及び稼働状況



1. 基本事項

技術番号	BR010026-V0021		
技術名	ドローン・AIを活用した橋梁点検・調書作成支援技術		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社インフラストラクチャーズ 東北大学大学院工学研究科インフラ・マネジメント研究センター		
連絡先等	TEL: 022-796-9935	E-mail: konno@infrastructures.jp	インフラシステム部 今野 真一郎
現有台数・基地	2台	基地	宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11 東北大学大学院工学研究科 総合研究棟1106号室
技術概要	<p>本技術は橋梁点検の業務において、ドローンを使用し、対象部位を近接写真撮影した映像に対して、AI による画像解析を行い、ひびわれを抽出し、点検、診断業務に活用する。</p> <p>AIによる画像解析の特徴: ひびわれがもつ局所的な形状特徴をパターン化して抽出。 検出: 機械学習によるパターン(ベクトル)識別</p> <p>・出力ファイル JPEG、DXF、SVG、CSV、PNG、XSL</p>		
技術区分	対象部位	Co橋、橋台、橋脚、床版	
	変状の種類	ひびわれ、床版ひびわれ	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		ドローン+カメラ	
移動装置	移動原理	飛行型	
	運動制御機構	通信	OcuSync 2.0システムにより、デュアル周波数帯への自動切り替えに対応し、飛行範囲は最大8km。
		測位	GPS・RTK
		自律機能	ドローンの重心をDJI Pilotアプリで調整
		衝突回避機能(飛行型のみ)	前方・上下方向に障害物検知機能搭載 衝突防止ビーコン
	外形寸法・重量	展開状態: 887 × 880 × 408mm 折りたたみ状態: 716 × 242 × 236mm 4.42kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	6.14kg	
動力	バッテリー		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	32分(計測装置と連動)		
計測装置	設置方法	下方ジンバルマウント	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	152 × 137 × 61mm 549g	
	センシングデバイス	カメラ	213万画素
		パン・チルト機構	操作可能範囲: チルト+30° ~ -90°、パン±320° 機械的な可動範囲: チルト+50° ~ -140°、パン±330° 最大制御速度: チルト120° /s、パン180° /s
		角度記録・制御機構	レーザー距離計(LRF)/ズーム/広角カメラを備えた、ハイブリッドセンサー ソリューション
	測位機構	GPS・RTK	
	耐久性	IP43	
	動力	バッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	32分(移動装置と連動)		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラ内蔵	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	SDカード	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	バッテリー(移動装置と連動)	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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】 構造物(橋台、橋脚)までの距離:2m 停止飛行時:水平移動無し	【標準試験値】 風速:7.3m/s~10.m/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 ※ 無 【性能値】 周りに障害物が無い事を確認出来れば可能。 上下、前後 2m以上 【標準試験値】 未検証	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 149m 【標準試験値】 未検証	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 ・垂直方向:±4m ・水平方向:±2m 【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 ※	有	<p>【性能値】 未検証 【標準試験値】 飛行距離:10.0、所要時間:21秒 撮影速度=10.0/21=0.48m/sec</p> <p>【標準試験値】 風速:8.0~9.2m/s 気温:10.5℃</p>
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証 【標準試験値】 最小ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.13mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.14mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.11mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.10mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.61mm</p> <p>【標準試験値】 カメラ名称: Zenmuse X5s 被写体距離: 2.0m 照度: 4.5~7.7kLux 風速: 8.0~9.2m/s 気温: 10.5℃ 焦点距離: 15mm 絞り: f2.8、4.0 ISO値: 100 フォーカス: オートフォーカス 画像Pixel数: 5280 × 3956</p> <p>ひびわれを検出するための原理・アルゴリズム、AIを利用した検出方法と条件</p> <p>①検出原理: 統計的画像特徴抽出と事例学習からの識別による統計的パターン認識アプローチ ②機械学習法: liner SVM (統計的パターン認識アプローチ) ③学習法: ディープニューラルネットワーク ④教師データ: 実データ(専門家がひびわれ箇所をトレース)約1000枚</p> <p>⑤画像(写真)の撮影条件・仕様:</p> <p>1)カメラ: デジタル一眼レフ推奨 2)解像度0.3mm/pix(最小ひびわれ幅0.1mmとした場合) 3)ラップ率: 縦/横 50%以上 4)ISO感度: 1000~25600 5)画質フォーマット: JPEG</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>【標準試験値】 カメラ名称: Zenmuse X5s 被写体距離: 2.0m 照度: 4.5~7.7kLux 風速: 8.0~9.2m/s 気温: 10.5℃ 焦点距離: 15mm 絞り: f2.8、4.0 ISO値: 100 フォーカス: オートフォーカス 画像Pixel数: 5280 × 3956</p> <p>ひびわれ幅/長さ: 基準長として、処理画像の横幅を実寸で入力し、1画素(pixel)あたりの実寸をソフトに認識させる。ひびわれとして自動検出された箇所の画素(pixel)を乗じることで、ひびわれ幅/長さを算出する。</p>
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【標準試験値】 フォーカス: オートフォーカス 画像Pixel数: 5280 × 3956</p> <p>ひびわれ幅/長さ: 基準長として、処理画像の横幅を実寸で入力し、1画素(pixel)あたりの実寸をソフトに認識させる。ひびわれとして自動検出された箇所の画素(pixel)を乗じることで、ひびわれ幅/長さを算出する。</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 【標準試験値】 フルカラー識別可能</p>	<p>【標準試験値】 カメラ名称: Zenmuse X5s 被写体距離: 2.0m 照度: 4.5~7.7kLux 風速: 8.0~9.2m/s 気温: 10.5℃ 焦点距離: 15mm 絞り: f2.8、4.0 ISO値: 100 フォーカス: オートフォーカス 画像Pixel数: 5280 × 3956</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		①撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ化してパノラマ合成を行う。(手動) ②撮影画像単体もしくは①でパノラマ化した合成画像を、AIひびわれ自動検出システムにて、ひびわれを検出する。(自動) ③検出したひびわれを目視で確認し、誤検出部(型枠筋、表面気泡等)があれば手動で削除する。(手動) ④抽出したひびわれは図化(DXF形式)やIDごとのひびわれ長さ/幅のリスト(XLS)で出力される(自動化) ⑤ひびわれ以外(漏水、遊離石灰、剥離等)は、撮影画像を目視。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・ひびわれ検出ソフト名: C2finder ・オルソ画像編集ソフト: Pix4D mapper		
	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	ひびわれを検出するための原理・アルゴリズム、AIを利用した検出方法と条件 ①検出原理: 統計的画像特徴抽出と事例学習からの識別による統計的パターン認識アプローチ ②機械学習法: liner SVM (統計的パターン認識アプローチ) ③学習法: ディープニューラルネットワーク ④教師データ: 実データ(専門家がひびわれ箇所をトレース) 約1000枚 ⑤画像(写真)の撮影条件・仕様: 1)カメラ: デジタル一眼レフ推奨 2)解像度0.3mm/pix(最小ひびわれ幅0.1mmとした場合) 3)ラップ率: 縦/横 50%以上 4)ISO感度: 1000~25600 5)画質フォーマット: JPEG	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・ひびわれ幅/長さ: 基準長として、処理画像の横幅を実寸で入力し、1画素(pixel)あたりの実寸をソフトに認識させる。ひびわれとして自動検出された箇所の画素(pixel)を乗じることで、ひびわれ幅/長さを算出する。 ・幅0.5mm以上のひびわれは、自動検出が不可のため、人が画像を確認してトレースする	
		ひびわれ以外	・人が画像を確認して、変状をトレース	
		画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	・ひびわれの検出精度: 80%以上(点検技術者による結果に対して) ・検出精度の評価方法: MAP (Mean Average Precision)	
		変状の描画方法	・ひびわれ: ポリライン	
	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	100MB以下	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要		
出力ファイル形式	JPEG(検出結果)/DXF(ひびわれ図)/PNG(ひびわれ強調図)/XSL(ひびわれ数量表)			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	-			

6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-
	桁下条件	桁下高さ3m以上 桁端部などの奥まった所での、撮影はNG
	周辺条件	ドローン空撮対象物付近に、お生い茂る、草、木、枝などある場所は、撤去が必要(ドローンのセンサーに影響が有り、飛行困難な為)
	安全面への配慮	人や障害物に注意して、操縦を配慮する。 川に落下しない様に、十分に注意して操縦を行う。 通行中の車に影響が及ばない様に注意して操縦を配慮する。
	無線等使用における混線等対策	飛行現場やその周辺の電波状態を確認を行い、飛行に影響があるのかを測定します。測定した電波がドローンの操縦に影響が出る可能性がある場合、正常性を確認出来るまで飛行しない。
	道路規制条件	-
	その他	17インチプロペラと高性能モーターで、強風時(10m/s)でも安定した空撮が可能。氷点下でも動作可能な高耐久性ドローン

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	ドローン空撮経験者、映像デバイスに関連する業務経験者、パソコン(ハード/ソフト)の情報処理能力	-
必要構成人員数	ドローン飛行操縦1人、撮影者1名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	フライト時間1000時間以上	-
作業ヤード・操作場所	飛行中の機体の目視確認が可能な場所で、撮影対象物の目視確認出来る所	-
作業条件・運用条件 点検費用	<p>対象となる橋梁条件を設定し、その点検費用を記載する。ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。</p> <p>橋梁条件 橋種[コンクリート橋] 橋長30m 全幅員7m 部位・部材[上部工・下部工] 活用範囲280m2[上部工210m2+下部工70m2] 検出項目[ひびわれ] <費用>合計538,700円(直工費) ※コンクリート橋・鋼橋を問いません。</p>	<p>・橋梁ごとに、点検内容や成果品に応じて、個別に費用を見積もりします。</p> <p>・事前に現地の確認をさせていただきます。</p> <p>・架橋条件により、飛行が困難な場合があります。</p>
保険の有無、保障範囲、費用	保険有り	-
自動制御の有無	自律制御:有	-
利用形態:リース等の入手性	購入品のみ	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制:有り 故障時、ドローンメーカーにセンドバックにて対応	-
センシングデバイスの点検	各部エアークリーン	-
その他	-	-

7. 図面

<https://infrastructures.jp/services/>

「機体」



体格(mm) 887×880×378 mm 重量 6.14 (バッテリー2個)
 最大運用可能風速 10m/s 飛行時間 32分

障害物回避

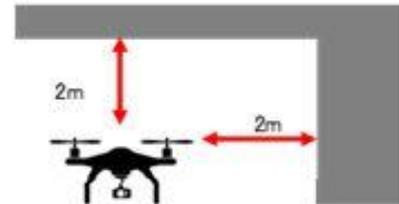
FlightAutonomy(フライトオートノミー)システムの前部、下部、上部に設置されたセンサーが障害物を検知し、障害物を回避して正確にホバリングするので、安心して飛行を行えます。



D-RTK 2 モバイルステーション



障害物がある場合も、内蔵の高利得アンテナがさまざまな衛星からの信号良好に受信します。



上: カメラから2mまで
 横: カメラから2mまで
接近可能距離

前方ビジョンシステム	障害物検知範囲	0.7~30m
	障害物検知角度	水平60°、垂直54°
	動作環境	明確な模様 of 地表と適切な明るさのある状態 (>15ルクス)
上方赤外線センサー	障害物検知範囲	0~5m
	FOV	±5°
	動作環境	大きなもので、反射しない障害物に限る

1. 基本事項

技術番号	BR010027-V0021		
技術名	画像撮影システムを用いた橋梁点検画像の取得技術		
技術バージョン	バージョン1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社フルテック		
連絡先等	TEL: 0766-54-6198	E-mail: i.sawamoto@fulltec.co.jp	技術部 技術一課 澤本一生
現有台数・基地	1	基地	富山県高岡市福岡町矢部601
技術概要	<p>本技術は風速12m/s以下の強風下で運用可能なUAVを対象とした画像撮影システムである。使用する機体は12m/s以下の強風下での飛行が可能であり、GPSによる位置補正を行うとともに、人力による安定した飛行性能を保持している。画像撮影の際は、モニターおよび送信機を使用して、機体の操作と並行して対象物の撮影を行う。このような特性から、強風下においては機体の操作に専念し、撮影専門の作業者を用意することが望ましいが、操縦者を補助するこの画像撮影システムは、UAVの送信機と画像転送装置を接続することにより、操縦者の目視外の地点に設置したビデオモニターに伝送されたUAVからのリアルタイムな映像や音声を確認しながら相互通信することにより、対象部分をより正確に撮影することを可能とするものである。なお、本技術はUAVだけでなく、ポールカメラ等の点検装置にも使用できる。</p> <p>本システムを用いて送信された映像や音声は、橋梁の劣化損傷を診断する専門家により監視され、飛行現地で点検するUAVオペレータに撮影対象部位や詳細な映像取得位置、撮影方法(角度、照度、ズーム)等を指示することができるほか、専用操作機(パソコン)から、間接的にUAV搭載カメラの操作を可能にすることができる。</p> <p>画像診断システムを使用する際の解析精度はUAV搭載カメラの性能に左右されるが、本システムは広範囲な機種別のUAVや撮影機器に対応できることから、コンクリート橋や鋼橋に区別されことなく、撮影機器の特徴を活かした画像情報の取得を支援することができる。</p>		
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 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	・静止画/動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・UAVの上方もしくは下方に取り付けられたカメラにより対象物を撮影し、例えば、画像解析システムの「t.WAVE」を使用してひびわれの解析を行うものである。 ・対象物を撮影する際に、操縦者のみならず、目視外にいる技術者が対象物を画像を通して確認し、カメラの制御を行い撮影する機能を有している。 ・撮影終了後にSDカードから撮影データを取り出し、ローデータ等をPCに取り込み解析を行う。なお、目視外にあるPCに伝送された音声や画像は、伝送時の解像度で保存することができる。 	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機体は風速12m/s以下での飛行が可能な機体を使用し、GPSによる位置補正を行い、人力による安定した飛行を可能としている。RTKを用いることにより、機体内部のコンパスを使用せず安定した飛行が可能となる。 	
	運動制御機構	通信	・周波数:2.4GHz帯、出力:0.6W
		測位	<p>【GNSS使用可能な環境の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS ・RTK <p>【GNSS使用不可能な環境の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ビジョンセンサー
			自律機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・機体の前方、後方及び上方、下方に備えられたビジョンセンサー及び赤外線センサー
	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:L883mm×W886mm×H398mm ・最大重量:約4.91kg 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大重量:1.23kg	
動力	<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:7660mAh、22.8V 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・33分(ペイロード無)、24分(最大離陸重量:6.14kg)		
計測装置	設置方法	・移動装置の下部および上部に手動により固定、取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法:W140mm×W132mm×H98mm ・重量:0.461kg 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・DJI製カメラ、型番:ZENMUSE X5S ・センサーサイズ:4/3 CMOS、ピクセル数:横5280mm×縦3956mm、焦点距離:12mm~45mm(レンズの変更が可能) ・シャッタースピード:8s~1/8000s、ISO幅:100~25600
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平:320° ~-320° ・鉛直:30° ~-120°
		角度記録・制御機構機能	・ジンバルにて方向の制御可能
		測位機構	・ドローン本体からGPS測位情報を伝達する
	耐久性	-	
	動力	・移動装置から電源を供給	
	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	<p>【画像撮影システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動装置に取付 <p>【画像伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アタッチケース 据置型
外形寸法・重量(分離構造の場合)		<p>【画像撮影システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法:150×85×150 ・約0.47kg <p>【画像伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法:W463×H353×D140 ・約6Kg 	
データ収集・記録機能		<p>【画像撮影システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ収集・記録機能はない <p>【画像伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デジタル画像・音声データ 双方向多拠点同時リアルタイム伝送 機能(記録機能は無し) 	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		<ul style="list-style-type: none"> ・無線LAN:2.4G/5G (別途接続するLTE4G/5G無線ルーター:通信会社の規格による) 	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		・セキュリティ:AES暗号化方式	
動力		<p>【画像撮影システム】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動装置に取付けたモバイルバッテリーより給電 <p>【画像伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AC100V又はDC19V 	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		<ul style="list-style-type: none"> ・データを転送後、計測装置あるいは移動装置内のSDカードならびに伝送先パソコンに保存する ・通信可能時間:時間制限無し 	

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"/> 有 【性能値】 未検証 【標準試験値】 構造物(橋台、橋脚)までの距離:2m 風速:6.1m/s 停止飛行時:水平移動無し 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 ※ <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】 5km 【標準試験値】 未検証	障害物、電波干渉のない場合
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 [GPSあり] ・垂直方向:±0.5mまたは±0.1m(下方ビジョンシステム有効時) ・水平方向:±1.5mまたは±0.3m(下方ビジョンシステム有効時) [D-RTK] ・垂直方向:±0.1m ・水平方向:±0.1m 【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 ※	有	-
		【性能値】 0.29m/sec 【標準試験値】 0.29m/sec		
	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】 最小ひびわれ幅 0.05mm 0.19mm ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.14mm ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.14mm ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.27mm ひびわれ幅 1.0mm 計測精度 0.70mm		
	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	-	
	【性能値】 フルカラー識別可能 【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

<p>変状検出手順</p>	<p>・本技術における画像処理は、大成建設株式会社開発ソフトである、「コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE」を使用して、変状を検出した。以下に、t.WAVEによる変状検出手順を示す。 ・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): 画像内に矩型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。</p>		
<p>ソフトウェア情報</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」(大成建設株式会社開発ソフト) 必要スペック: Windows10、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>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・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</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出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$\sqrt{2}$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>・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の範囲にある場合は79%、±0.3mmの範囲にある場合は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の範囲にある場合は68%、±0.3mmの範囲にある場合は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種類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>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>変状の描画方法</p>	<p>ひびわれ: ポリライン</p>
		<p>ファイル形式</p>	<p>・JPEG、BMP</p>
		<p>ファイル容量</p>	<p>・制限なし</p>
		<p>カラー／白黒画像</p>	<p>・カラー</p>
<p>画素分解能</p>		<p>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0.2~0.8/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</p>	<p>・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用ファイル形式</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用ファイルとして、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添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、0.2mm~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。
<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 ・Windows10 ・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	・道路幅員に制限なし	-
	桁下条件	・桁下高5m以上	-
	周辺条件	・民家等の建物や電線がある場合は管理者の許可が必要 ・付近に重要施設等がある場合は別途届出が必要	-
	安全面への配慮	・カラーコーンや看板等の設置による注意喚起	-
	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	・発着地点や操縦者の位置に道路がある場合は、関係機関に連絡して指示に従う	-
	その他	・風速12m/s以下かつ雨天でない場合に適用される	-

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)
調査技術者の技量	【機体制御】 ・GPSをOFFにした状態で自由に操作できるレベル 【カメラ操作および画像撮影システムの操作】 ・変状の違いや特徴がある程度把握できるレベル 【画像伝送装置の操作】 ・技量は求められない	-
必要構成人員数	・操縦者1名、補助者2名以上	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローン総飛行時間10時間以上	-
作業ヤード・操作場所	・ドローンが操縦者の目視内にある場所	-
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/鋼橋] 橋長 20m 全幅員 12.5m 部位・部材 [上部構造(主桁、横桁、床版)・下部構造(橋脚、橋台壁面)] 活用範囲 500m2 検出項目 [ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/床版ひびわれ] <費用>合計500,000円 (1,000円/m2)	「道路橋定期点検要領平成31年2月 国土交通省道路局」に基づいて実施するため、別途仕様(点検要領等)に準ずる場合は、見積対応となる場合がある。
保険の有無、保障範囲、費用	・賠償責任保険に加入 対人:100,000千円 対物:50,000千円	-
自動制御の有無	・自動制御機能は使用しない	-
利用形態:リース等の入手性	・業務委託	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・UAVに関する不具合が生じた場合は自社内で確認し、修繕可能な範囲で対処する。状況を判断してメーカーへの修理対応とする。	-
センシングデバイスの点検	・1か月毎に動作確認等の点検を行う。	-
その他	・機器の紛失時には対応が困難	-

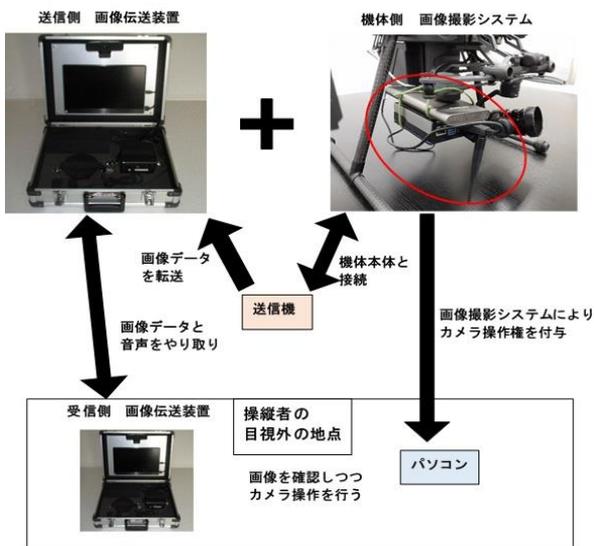
7. 図面

【点検用UAV】

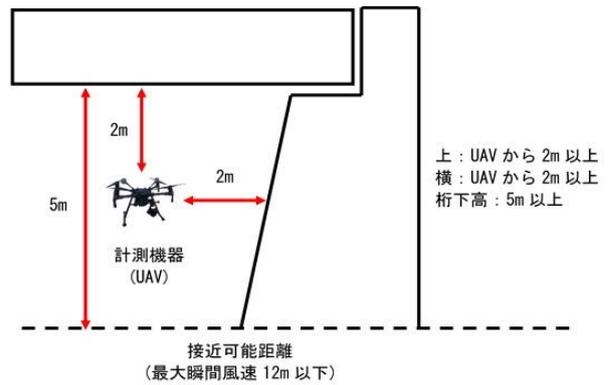


サイズ	883mm × 886mm × 427mm	重量	約4.91kg(バッテリー2個搭載時)
プロペラ径	17インチ	飛行時間	34分(ペイロードなし)
耐風性能	12m/s	保護性能	IP43

【画像撮影システム】



【接近可能距離】



1. 基本事項

技術番号	BR010028-V0021		
技術名	無人航空機(マルチコプター)を利用した橋梁点検画像取得装置 M300RTK-i		
技術バージョン	ver 1.0.0	作成: 2021年10月	
開発者	DJI JAPAN 株式会社 株式会社FLIGHTS 大日本コンサルタント株式会社		
連絡先等	03-6712-9185 TEL: 03-5860-1023 (代表連絡先)	E-mail: akihiro.ban@dji.com infra@droneagent.jp (代表連絡先)	DJI JAPAN 株式会社、株式会社FLIGHTS(代表連絡先) 栗原(代表連絡先)、加塩、阿世知、長嶋
現有台数・基地	4台	基地	DJI JAPAN株式会社 〒108-0075 東京都港区港南1丁目2-70 品川シーズンテラス11F 株式会社FLIGHTS 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂1-19-12 道玄坂今井ビル6階
技術概要	・本技術は、ドローンに搭載されたフルサイズセンサデジタルカメラにより、損傷の状態把握に使用する部材表面のデジタルカラー画像を撮影する技術である。ドローンに搭載されたステレオカメラや赤外線を利用した障害物検知システムを使用して、広範囲を面的に画像撮影を行なうことが可能である。		
技術区分	対象部位	・上部構造(コンクリート)／下部構造(コンクリート)	
	変状の種類	・ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／補修・補強材の変状／うき／変色・劣化／漏水・滞水／変形・欠損	
	物理原理	・静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		ドローン 光学デジタルカメラ(フルサイズセンサー)	
移動装置	移動原理	【飛行型】 4枚羽のドローンを飛行させ、ドローンに搭載した光学デジタルカメラにより部材表面のデジタルカラー画像を撮影する。 ドローンの飛行は、計測対象部材の状況に応じて自動飛行と手動飛行を使い分ける。	
	運動制御機構	通信	・通信種別:無線 ・周波数帯:2.4GHz帯小電力データ通信システム ・出力:100mW以下
		測位	・GNSSおよびRTK測位システム ・デュアルビジョンカメラ ・赤外線センサー
		自律機能	・GNSSおよびRTK測位システムにより自動ホバリングおよび自動飛行 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する ※衝突回避については、付属のアプリケーションにて任意の距離に設定が可能
	外形寸法・重量	810x670x430mm(長さx幅x高さ) カメラ搭載時 約7.1kg	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	2.7 kg	
	動力	・名称 TB60 ・容量 5935 mAh ・バッテリータイプ LiPo 12S ・電力 274 Wh ・正味重量 約1.35 kg ※飛行には2本のバッテリーが必要。上記項目は1本の仕様。	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	約45分の飛行が可能 ※カメラを搭載し、気温25度、無風、ホバリング状態での飛行時間。	
	設置方法	・機体上部もしくは下部に専用アタッチメントに装着。 ・専用工具、ボルト、ナットなどは不要。	
計測装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・DJI Zenmuse P1 ・198x166x129mm ・約800g	
	センシングデバイス	カメラ	センサー:センサーサイズ(静止画):35.9×24 mm(フルフレーム) センサーサイズ(最大動画記録領域):34×19 mm 有効画素数:45 MP ピクセルサイズ:4.4 μm 対応レンズ: DJI DL 24mm F2.8 LS ASPHレンズ(ENTERPRISE)(レンズフードとバランスリング/フィルター付き)、FOV 84° DJI DL 35mm F2.8 LS ASPHレンズ(ENTERPRISE)(レンズフードとバランスリング/フィルター付き)、FOV 63.5° DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ(ENTERPRISE)(レンズフードとバランスリング/フィルター付き)、FOV 46.8°
		パン・チルト機構	・3軸(チルト、ロール、パン) チルト:-125° ~+40° ロール:-55° ~+55° パン:±320° ※制御精度 ±0.01°
		角度記録・制御機構 機能	・あり
		測位機構	・ドローン本体からの測位情報を利用して画像に記録 ・なお、画像の位置情報は、飛行撮影後にSfM(Structure from Motion)技術によりも解析可能。
	耐久性	・保護等級 IP4x ・動作環境温度-20° ~50°	
	動力	・ドローン本体のバッテリーを使用	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・ドローン本体のバッテリーに依存	
	データ収集・通信装置	設置方法	・SDカード(UHS-1以上に規格)をカメラに装着。
		外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・W24mm×H32mm×D2.1mm(SDカード外形寸法)
データ収集・記録機能		・カメラに装着したSDカードに直接書き込み。	
通信規格 (データを伝送し保存する場合)		-	
セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		-	
動力	・機体/バッテリーに依存		

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】 停止飛行時: 水平移動無し ホバリング: 15秒間	構造物までの距離: 2.5m 風速: 4.6m/s
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 水平8km 【標準試験値】 未検証	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 ホバリング精度 (GPSあり、Pモード) 垂直: ±0.1 m (ビジョンシステム有効時) ±0.5 m (GPS有効時) ±0.1 m (RTK有効時) 水平: ±0.3 m (ビジョンシステム有効時) ±1.5 m (GPS有効時) ±0.1 m (RTK有効時) 【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 ※	有	延長9.533mに分布する7個の供試体を風速3.1~11.3m/sの環境下で静止撮影 ※撮影時(シャッターを下ろす)際は静止
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	■カメラ名称:ZENMUSE P1 ■被写体距離:3.0m ■照度:5.6~77.5kLux ■風速:3.1~11.3m/s ■気温:17.8~19.0℃ ■焦点距離:35mm ■シャッター速度:1/1000 秒 ■絞り: f5.6 ■ISO値:auto ■フォーカス:中心タッチフォーカス ■画像Pixel数:8192x5460
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	■カメラ名称:ZENMUSE P1 ■被写体距離:3.0m ■照度:6.1~80.6kLux ■風速:4.5m/s ■気温:18.4℃ ■焦点距離:35mm ■シャッター速度:1/1000秒 ■絞り: f5.6 ■ISO値:auto ■フォーカス:中心タッチフォーカス ■画像Pixel数:8192x5460
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	■カメラ名称:ZENMUSE P1 ■被写体距離:3.0m ■照度:6.1~80.6kLux ■風速:4.5m/s ■気温:18.4℃ ■焦点距離:35mm ■シャッター速度:1/1000秒 ■絞り: f5.6 ■ISO値:auto ■フォーカス:中心タッチフォーカス ■画像Pixel数:8192x5460
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	■カメラ名称:ZENMUSE P1 ■被写体距離:3.0m ■照度:6.1~80.6kLux ■風速:4.5 m/s ■気温:18.4℃ ■焦点距離:35mm ■シャッター速度:1/1000秒 ■絞り: f5.6 ■ISO値:auto ■フォーカス:中心タッチフォーカス ■画像Pixel数:8192x5460

※「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、変状の検出は、発注者(管理者、建設コンサルタント、点検会社)が行なうことを基本としている。</p> <p>・変状の検出は、以下に示す手順で行なうことを想定している。</p> <p>①SfM(Structure from Motion)ソフトを用いて、既知の寸法を割り当てることができ、必要な寸法を計測することができる範囲で画像を3次元化し、2次元オルソモザイク画像を作成する。</p> <p>②2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とともに、画像編集ソフトやCADソフトを用いて変状の大きさや位置を計測する。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。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>・2次元オルソモザイク画像の作成にあたって、計測精度が確認されているSfM(Structure from Motion)は市販のSfMソフトを使用した。</p> <p>・画像編集ソフトやCADソフトは任意。ただし、ソフト上に2次元オルソモザイク画像を貼り付けたとき、画質が保持されることの確認が必要。</p>	
	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・補強材の変状／うき／変色・劣化／漏水・滞水／変形・欠損</p>	
	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		-	
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	-	-	
点 検 時 現 場 条 件	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下高3m以上 ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係法規および飛行許可承認に添付した飛行マニュアルを遵守すること。
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・安全索の運用を含め、飛行の支障となる物件、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。 ・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1/2以上(ただし、最小10m)の空間を確保することが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係法規および飛行許可承認に添付した飛行マニュアルを遵守すること。
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・飛行区域に第三者が立ち入らないように関係機関と協議を行なうことを基本とし、現地状況に合わせて適切な体制の監視員を配置する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係法規および飛行許可承認に添付した飛行マニュアルを遵守すること。
	無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> ・付近に機体の無線操縦に影響する強い電波を発信する施設(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所など)がないことを確認する。 ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係法規および飛行許可承認に添付した飛行マニュアルを遵守すること。
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> ・飛行する範囲が道路直上などにおよぶ場合は、交通規制など別途安全対策の併用を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関係法規および飛行許可承認に添付した飛行マニュアルを遵守すること。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天時の運用は不可とする。 ・濃霧の場合も運用は不可とする。 	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・DJI CAMPスペシャリスト認定講習、および株式会社FLIGHTSが開催する事業用ドローン操縦士修了程度の技能。または国土交通省ホームページ記載の講習団体の講習修了者に限る。	-
必要構成人員数	操縦者1名 補助者2名 計3名で運用	・現場条件により、操縦補助者(カメラオペレーター)や警備員の追加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	・DJI CAMPスペシャリスト認定講習、および株式会社FLIGHTSが開催する事業用ドローン操縦士修了程度の技能。または国土交通省ホームページ記載の講習団体の講習修了者に限る。 ・資格取得に必要なフライト時間以上は必要ない。	-
作業ヤード・操作場所	・機体の挙動が把握できる位置で、操縦者が安全かつ安定して立てること。 ・操縦者に対して必要かつ適切な助言が可能な位置に操縦補助者が安全かつ安定して立てること。	・操縦者もしくは操縦補助者が常に機体を目視できる範囲で飛行させること。
作業条件・運用条件 点検費用	【橋梁条件】 部位・部材[橋脚/柱] 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=320,000円(経費含む) 飛行撮影費=160,000万円(経費含む) 損傷図画(※1)作成費=160,000万円(経費含む) ※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0.5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	・ドローン運用者が適切な損害保険に加入する。	-
自動制御の有無	・GNSSおよびRTK測位システムにより自動ホバリングおよび自動飛行 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う。 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する ※衝突回避については、付属のアプリケーションにて任意の距離に設定が可能	-
利用形態:リース等の入手性	・購入可能 ・リース可能 ・業務委託	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり。	-
センシングデバイスの点検	・サポート体制あり。	-
その他	河川流路上を飛行する際には、下部ビジョンセンサーをOFFにすること。	-

7. 図面

装置画像 (前面)



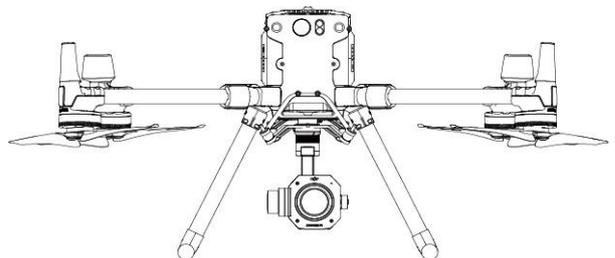
装置画像 (側面)

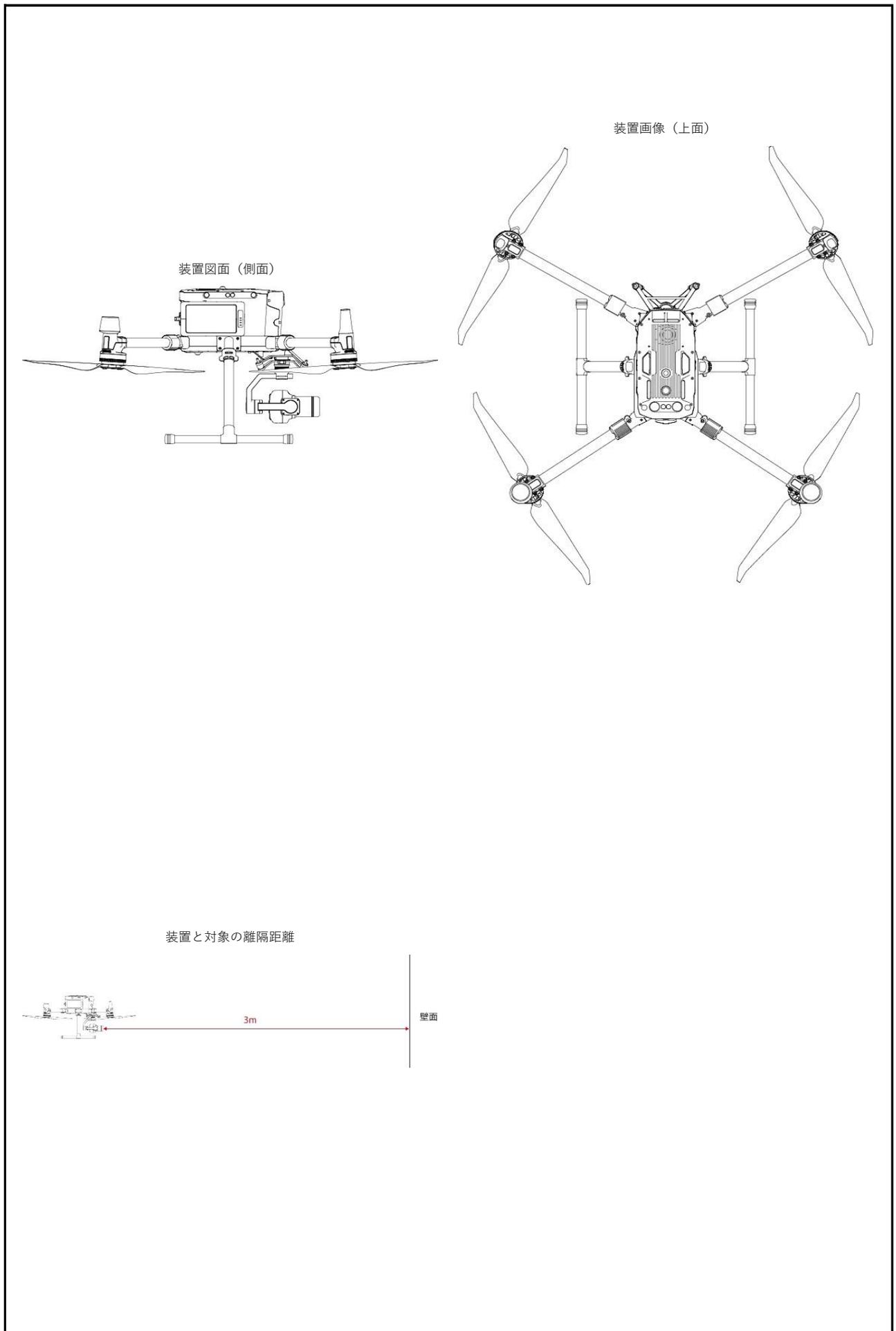


装置画像 (上面)



装置図面 (前面)





1. 基本事項

技術番号	BR010029-V0021		
技術名	非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム		
技術バージョン	Ver1.01	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社IHI		
連絡先等	TEL: 050-3822-5730	E-mail: shionaga4803@ihi-g.com	技術開発本部 技術基盤センター システムエンジニアリンググループ 塩永 亮介
現有台数・基地	2台	基地	(株)IHI 横浜事業所内 (神奈川県横浜市磯子区新中原1番地)
技術概要	<p>橋梁の点検業務において、非GNSS環境型のUAV「FIND-6」を用いて、点検に必要な画像を取得する技術。本UAVの特徴としては、傾斜した6枚のプロペラで姿勢制御を行うことで、UAV自体の姿勢を変えることなく、ロータの出力を変化させることで水平方向の並進力を制御できる。</p> <p>また点検対象がコンクリートの場合は、取得した画像をAIによるひびわれ自動検出システム「i-Crack+」を用いて、点検調書の作成に必要なひびわれ損傷図を出力する。</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, 橋台等)	
	変状の種類	コンクリート部材: ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/抜け落ち/床版ひびわれ	
	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、傾斜した6翼のUAV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専用のアタッチメントにより固定して画像計測を行うものである。このアタッチメントは、基部に防振ゴムを有し、全方位にカメラを向けることができるジンバルを介してカメラを固定する。</p> <p>撮影された画像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SDカードを取り外して、所定の場所に保存・処理される。移動装置の測位は、魚眼カメラによる画像から自己位置を推定したデータを使用している。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>傾斜した6枚のプロペラを有し、トータルステーション等の別置機材が不要な非GNSS環境型UAVが、パイロットの操作によって飛行する。(パイロットは有視界範囲内)</p> <p>測位は、UAV前面に搭載した魚眼カメラの画像を使用してVisual-SLAMを行い、自己位置推定を行っている。</p> <p>耐風性能は、平均風速10m/s(瞬間最大風速12.4m/s)までの突風であっても安定した飛行性能を有する。</p>	
	運動制御機構	通信	<p>縦横系周波数: 2.4GHz帯, 出力: 2.5mW/MHz</p> <p>画像伝送系周波数: 5.8GHz</p>
		測位	<p>UAV前面に搭載した魚眼カメラの画像を使用してVisual-SLAMを行い、自己位置推定を行う。</p>
		自律機能	<p>自律機能: 有</p> <p>制御機構: UAV前面に搭載した魚眼カメラの画像を使用してVisual-SLAMを行い、自己位置推定を行い制御する。</p>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>安全ロープの装着</p>
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・分離構造 ・最大外形寸法(長さ1450mm×幅1320mm×高さ600mm) ※上側に計測装置を付けた場合 ・最大重量(9.9kgf) ※計測装置(デジタル一眼レフカメラ+ジンバル)1.0kgf積んだ場合 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>専用の計測装置を外した場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法(長さ1450mm×幅1320mm×高さ400mm) ・移動装置重量(8.9kgf) ・搭載可能最大重量(1.0kgf) 	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリー ・定格容量: 23.1V、11000mA(5500mA×2) 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>6.5分(外気温: 25°Cの場合)</p>		
計測装置	設置方法	<p>移動装置上部のパイプ2本(直径12mm, 中心距離150mm), に計測装置をボルト・ナットにより取り付けを行う。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>計測装置(デジタル一眼レフカメラ+ジンバル)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法: 長さ112mm×幅145mm×高さ200mm ・最大重量: 1.0kgf(デジタル一眼レフカメラ+ジンバル) 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・SONY製カメラ 型番 UMC-R10C ・センサーサイズ(23.2mm×15.4mm), ピクセル数(5456pixel×3632pixel), 焦点距離: 52.5mm(35mm換算) ※レンズにSEL35F28Z(SONY製)を使用した場合
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平-330° ~ 330° ・鉛直-45° ~ 135°
		角度記録・制御機構機能	<p>ジンバルにて上記パン・チルトの制御可能</p>
		測位機構	<p>-(画像に対して座標を付していない)</p>
	耐久性	<p>防水防塵性能: 無し</p>	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルは移動装置のバッテリーより供給(12V) ・移動装置搭載の小型パソコンより供給(Micro USB) 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>-(移動装置のバッテリーから給電)</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	<p>データ収集装置(SDカード)は移動装置の上部に計測装置とともに取り付ける。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>-(計測装置と一体)</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 ・撮影現場にて、パソコンへ保存 	
	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>-</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 ※ 有		(検証時の条件) 屋内での送風機による平均風速11.7m/s(最大風速12.4m/s)の 一様流 ※この際の制御の測位はOptitrack(3Dモーションキャプチャ)を使用 屋内での2台の送風機による平均風速9.45m/s(最大風速10.7m/s)の乱流(迎角45度) ※この際の制御の測位はOptitrack(3Dモーションキャプチャ)を使用
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ 無 狭隘部への進入は想定していない。		-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 有 【性能値】 100m 【標準試験値】 100m		(検証時の条件) ・目視範囲内の飛行 ・安全ロープを用いてドローンが逸脱しないようにつなぐ
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 ※	有	(検証時の条件) ・被写体距離:2.7m ・風速:0.3~1.2 m/s
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	(検証時の条件) ・カメラ:UMC-R10C(SONY製) ・レンズ:SEL35F28Z(SONY製) ・被写体距離:2.7 m ・照度:8.8~79.7 kLux ・風速:0.3~1.2 m/s ・気温:16.2~18.1℃ ・焦点距離:52.5mm ・シャッター速度:1/2000秒 ・絞り:f4.0 ・ISO値:自動 ・フォーカス:自動
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	(検証時の条件) 上欄「計測精度」の検証時の条件と同じ
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	(検証時の条件) 上欄「計測精度」の検証時の条件と同じ
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	(検証時の条件) 上欄「計測精度」の検証時の条件と同じ

※「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撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ化してパノラマ合成を行う。(手動)</p> <p>②撮影画像単体もしくは①でパノラマ化した合成画像を、AIひびわれ自動検出システムにかけ、ひびわれを検出する。(自動)</p> <p>③検出したひびわれを目視で確認し、誤検出部(型枠筋、表面気泡等)があれば手動で削除する。(手動)</p> <p>④抽出したひびわれは図化(DXF形式)やIDごとのひびわれ長さ/幅のリスト(XLS)で出力される。(自動)</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状(漏水、遊離石灰、剝離等)は、撮影画像を目視で確認し手動で抽出する。(手動)</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>・「i-Crack+ ver.1.05」(自社開発ソフト)</p> <p>(AIにより最小ひびわれ幅0.1mmのひびわれを自動的に検出するソフトウェア)</p>	
	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	<p>ひびわれ</p> <p>①検出原理:ひびわれをセグメンテーションして出力する検出器に、ひびわれ形状を指示してトレーニングする方法を採用した機械学習(統計的パターン認識アプローチ)</p> <p>②機械学習法:多層畳み込み層およびプーリング層を有するニューラルネットワーク</p> <p>③教師データ:道路橋上部工、下部工、トンネル内壁、貯蔵庫等を主としたコンクリート表面の撮影画像について、ひびわれをトレースした教師データ 約700枚</p> <p>④画像(写真)の撮影条件・仕様:</p> <p>1)カメラ:デジタル一眼レフ推奨</p> <p>2)解像度0.3mm/pix(最小ひびわれ幅0.1mmとした場合)</p> <p>3)ラップ率:縦/横 50%以上</p> <p>4)ISO感度:1600以下</p> <p>5)画質フォーマット:JPEG</p> <p>※本ソフトのAIひびわれ検出技術には「C2finder」を使用している。「C2finder」は、テクノハイウェイ株式会社の登録商標です。</p>	
	ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>・ひびわれ幅/長さ:基準長として、処理画像の横幅を実寸で入力し、1画素(pixel)あたりの実寸をソフトに認識させる。ひびわれとして自動検出された箇所の画素(pixel)を乗じること、ひびわれ幅/長さを算出する。</p> <p>・幅0.5mm以上のひびわれは、自動検出が不可のため、人が画像を確認してトレースする。</p>	
	ひびわれ以外	人が画像を確認して、変状をトレース	
	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:80%以上(点検技術者による結果に対して)</p> <p>・検出精度の評価方法:MAP(Mean Average Precision)</p> <p>検出結果に、誤りが含まれていない割合(Recall)と、正解のうちどれだけ検出できたかの割合(Precision)の2指標から軸から、結果を集計し平均を算出したもの。既往の精度検証評価ではMAP82.4%を確認</p>	
	変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン	
	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	100MB以下
		カラー/白黒画像	カラー/白黒
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		画像の照度が足りないと、所定の検出精度をえられないことがある	
出力ファイル形式	JPEG(ひびわれ検出結果)/DXF(ひびわれ線図)/PNG(ひびわれ強調図)/XSL(ひびわれ数量表)		
調書作成支援の手順	-		
調書作成支援の適用条件	<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> <p>1)被写体に対して正対して撮影</p> <p>2)画像の解像度は、</p> <p>最小ひびわれ幅0.2mmの損傷図を作成する場合:0.6mm/pix以下となるよう撮影(コンクリート部位)</p> <p>最小ひびわれ幅0.1mmの損傷図を作成する場合:0.3mm/pix以下となるよう撮影(床版ひびわれ)</p>		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	指定なし(汎用ソフトで対応可)		

6. 留意事項(その1)

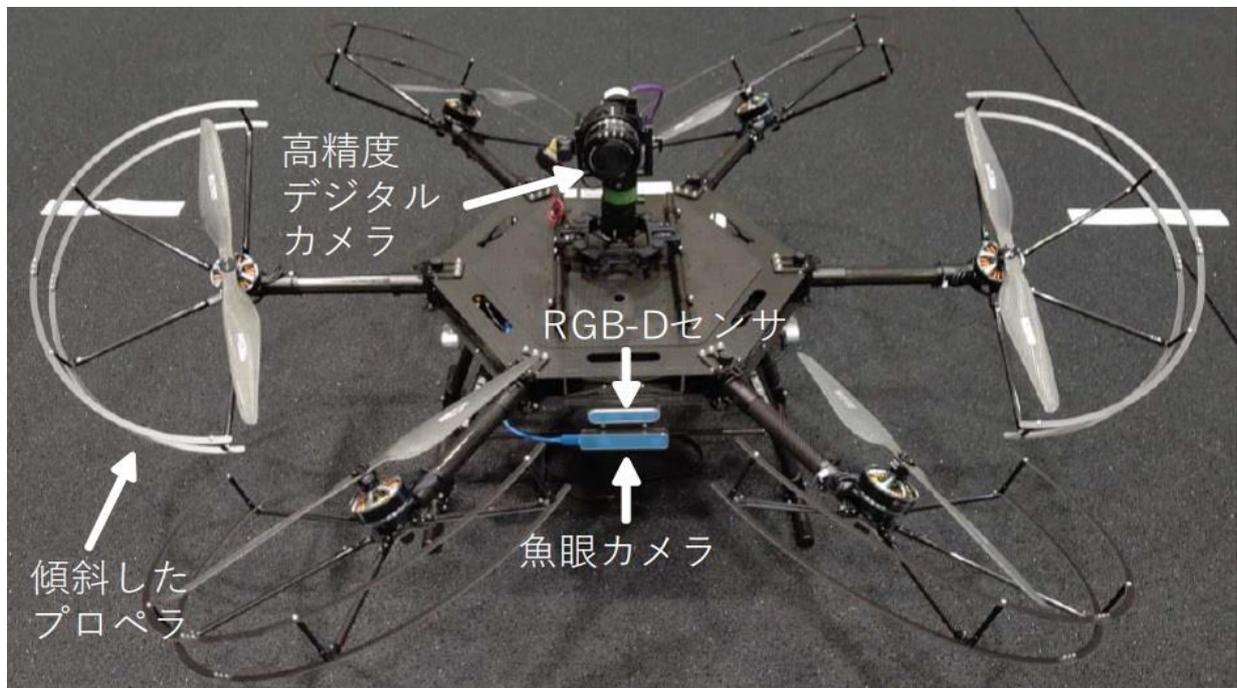
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
点検時現場条件	道路幅員条件	制限なし	-
	桁下条件	桁下高さ5.0m以上	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> 飛行経路から3m程度内に樹木や架線など飛行を阻害する恐れのある障害物がないこと UAVの通信を妨害する電磁波を発する無線装置やアンテナがないこと 	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> 飛行中は操縦者および補助者による監視を行い、注意喚起の看板の設置 作業範囲に併せて逸脱防止用の安全ロープの使用 	-
	無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> 機体操縦系は2.4GHz、画像伝送は5.8GHz帯電波を使い分け 機体操縦系の通信異常時はその場でホバリング 	画像伝送に5.8GHz帯電波を使用するため、飛行の際は電気用品安全法による許可が必要
	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はない。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となる。	-
その他	<ul style="list-style-type: none"> 気温0°C以下は計測不可 降雨/降雪以外であること 平均風速11.7m/s以下 日照条件640Lux以上であること 	本UAVは、機体の測位に魚眼カメラによるVisual SLAMを適用している。Visual SLAMは周囲の環境(天候、照度、撮影対象など)に左右されやすい特徴があるため、本UAVを使用して点検業務を行う際は、十分に現場調査および飛行テストを行うことが望ましい。	

6. 留意事項(その2)

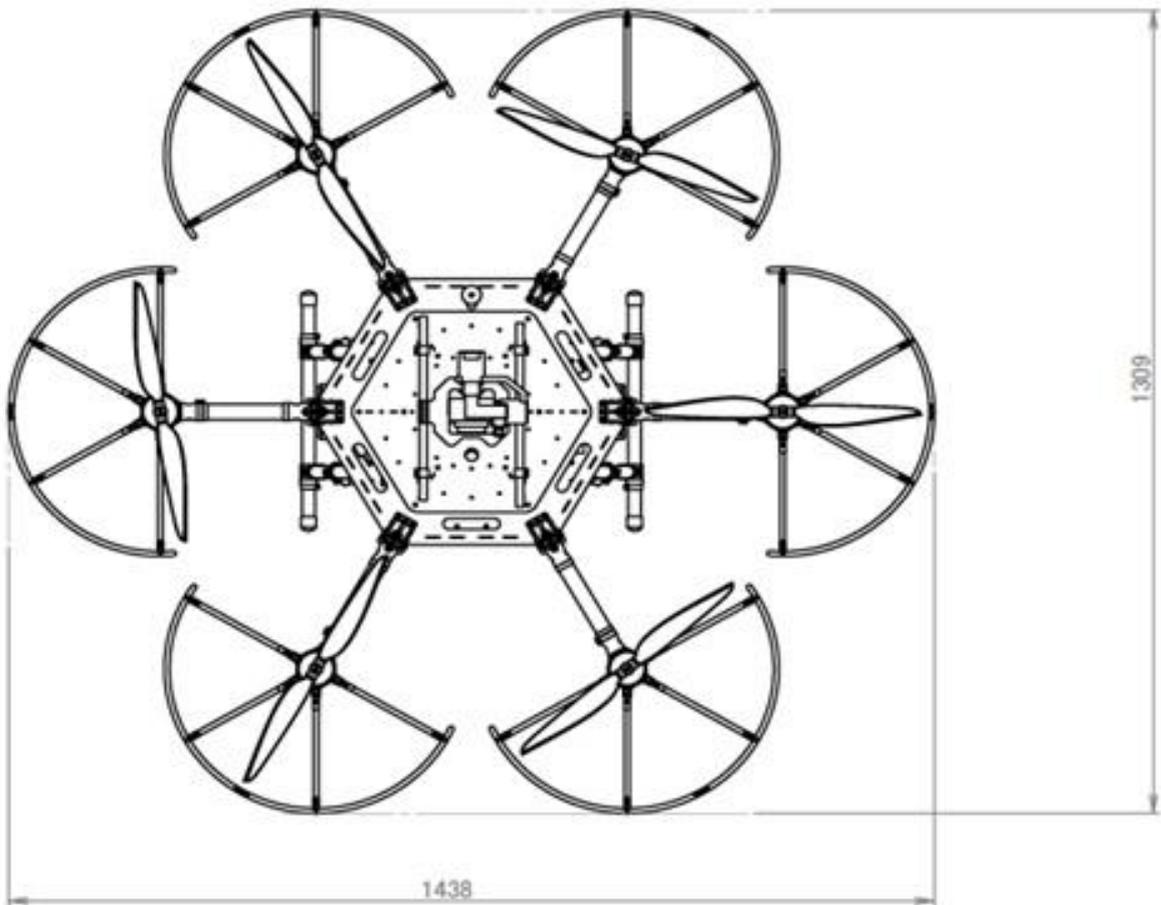
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	国交省指定の講習を受講し、かつ飛行経験10時間以上	自社指定チームでの運用を基本とする
必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	国交省指定の講習を受講し、かつ飛行経験10時間以上	自社指定チームでの運用を基本とする
作業ヤード・操作場所	・作業ヤード: 9m2(3m×3m) ・操作場所(離発着エリア): 9m2(3m×3m)	-
作業条件・運用条件 点検費用	<p>【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 15m 全幅員 10m 部位・部材 [床版, 橋脚] 活用範囲 [1000]m2 検出項目 [ひびわれ]</p> <p>【UAV撮影】 点検業務: 33.6万円(3人/チーム, 1日作業) 機械経費: 2.0万円(ドローン機体費用, 1日作業) ※交通費, 誘導員費等は含まない 【ひびわれ検出】 解析業務: 56.0万円(含、AIシステム損料) ※点検調書(記録様式)に作成は含まない</p>	但し、現地条件や要求仕様によって異なる
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	自律制御有	-
利用形態:リース等の入手性	業務受託	自社が点検業務を請け負い、自社指定チームで運用し、損傷図と損傷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	自社サポート有	-
センシングデバイスの点検	飛行100時間毎に定期点検を行う	-
その他	-	-

7. 図面

非GNSS環境型UAVの外観



UAVの外形寸法



1. 基本事項

技術番号	BR010030-V0021		
技術名	球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検		
技術バージョン	バージョン1	作成: 2021年10月	
開発者	(株)エイテック		
連絡先等	TEL: 06-4869-3365	E-mail: kimura-mt@kk-atec.jp	空間情報調査部 木村光晴
現有台数・基地	1台	基地	兵庫県尼崎市
技術概要	球体ガードと360°カメラを搭載したドローンで、橋梁狭隘部を近接飛行・撮影し、損傷状況を把握する技術。		
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)/支承部	
	変状の種類	亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水	
	物理原理	360°動画(視点を任意に変更し、全球360°見渡せる動画) サンプル動画: https://www.youtube.com/watch?v=i-ijxJR2S2Q&feature=youtu.be	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン(DJIファントム4Pro) ・球体ドローンガード(PAUI社製) ・360°カメラ(Insta360onex) 	
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、人が操縦して飛行させる。 	
	移動制御機構	通信	周波数2.4Ghz無線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	球体ガードによりドローン本体は対象物と物理的に接触しない。また、球体ガードは2軸構造になっており、ドローン本体はガード接触時においても水平飛行を維持出来る。
	外形寸法・重量	球体ガード直径75cm、重量2.5kg	
	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 ・電源供給手法:リチウムイオンバッテリー 		
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	ドローンに直接ナットでマウント固定	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	高さ120mm×幅20mm×厚み30mm、重さ115gの360°カメラ	
	センシングデバイス	カメラ	360°カメラ 5.7k動画
		パン・チルト機構	全球360°を一度に撮影
		角度記録・制御機構機能	水平360°、鉛直360°
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	カメラ内臓バッテリーにより駆動	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	15分		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラに記録メディア(マイクロSD)を差し込む	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	マイクロSD記録メディア 7mm×5mm	
	データ収集・記録機能	・記録メディア マイクロSD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	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 【標準試験値】 風速3.7m/s
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	操縦者の目視範囲
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 ※	有	<p>【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上【標準試験値】 風速1.3~2.7 m/s</p>
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 最小ひびわれ幅0.1mm</p> <p>【標準試験値】 ひびわれ幅0.05mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.12mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.14mm ひびわれ幅1.0mm 計測誤差0.64mm</p> <p>【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上</p> <p>【標準試験値】 風速1.3~2.7 m/s 照度7.7~65.6 kLux</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】 水平方向100mm(絶対誤差) 鉛直方向100mm(絶対誤差)</p> <p>【標準試験値】 水平方向65mm(絶対誤差) 鉛直方向68mm(絶対誤差)</p> <p>【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上</p> <p>【標準試験値】 風速3.7m/s 照度8100~27000lux</p>
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 水平方向100mm(絶対誤差) 鉛直方向100mm(絶対誤差)</p> <p>【標準試験値】 水平方向65mm(絶対誤差) 鉛直方向68mm(絶対誤差)</p> <p>【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上</p> <p>【標準試験値】 風速3.7m/s 照度8100~27000lux</p>
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 フルカラー識別可能</p> <p>【標準試験値】 フルカラー識別可能</p> <p>【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上</p> <p>【標準試験値】 照度8100~27000lux</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視点を任意に変更できる360°動画を専用のビューアソフトで再生 ②ソフト画面上で、動画を視ながら人がくまなく探索し、変状を検出する。 ③変状があった場合、ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示する。 ④電子クラックスケールと変状を比較し、変状の規模、ひびわれの幅等を判読する。 長さは、電子クラックスケールに付随した物差し部分で計測する。 ⑤抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。 (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する。)</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	360MViewer(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	手動で以下の変状を検出 亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	視点を任意に変更できる360°動画を視ながら人がくまなく探索し、ひびわれを検出する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示後、人が手動で判読する。
		ひびわれ以外	視点を任意に変更できる360°動画を人がくまなく探索し、変状を検出する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	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することで、±10cmの精度で処理を行う。
	取り扱い可能な画像データ	変状の描画方法	抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。
		ファイル形式	mp4
		ファイル容量	15分10G
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		1画素当たり、0.1mm	
その他留意事項	-		
出力ファイル形式	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	・桁下高1m~40mまで可能 ・桁下に操縦者が進入でき、ドローンを直接目視可能で、撮影者とドローンとの距離は40m以内。
	周辺条件	・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ないこと ・UAVの通信を妨害する電磁波を発する無線装置やアンテナがないこと。
	安全面への配慮	・自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム) ・球体ガードで接触による墜落を防止。
	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飛行している。
	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	・日中に撮影する必要がある。 ・平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風

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	自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)	-
	必要構成人員数	操縦者1名、補助者2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操縦離発着半径3m以上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋] 橋長 200m 全幅員 12 m 部位・部材[上部工] 活用範囲 [3000]m ² 検出項目 [亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水] <費用> 合計 1,400,000円(経費含む)	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。自社業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。 対人賠償1億円、対物賠償5億円	-
	自動制御の有無	なし	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合発生時は、自社にて対応する	-
	センシングデバイスの点検	自社で定期的実施	-
その他	-	-	

7. 図面

説明図面及び写真

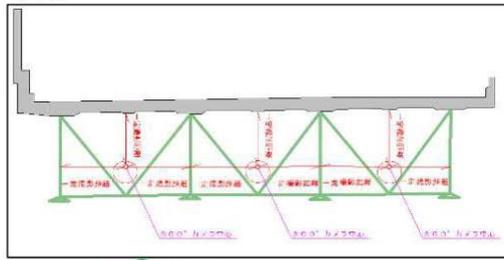
<ドローン機体>



機体諸元

サイズ	750mm球体	重量	2.5kg	耐風性能	5m/s	飛行時間	15分
360°カメラ	Insta360onex	対象物までの最大接近距離	0.50m				
球体ガード	PAUI社製 2軸構造で外側ガードの衝突影響を本体はほぼ受けない。						

<ドローン飛行イメージ図>

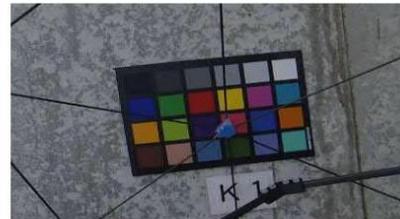
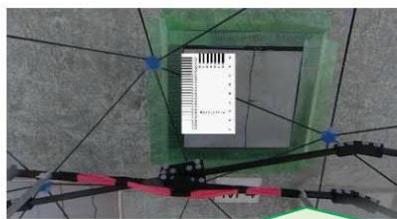


球体ガードの2軸構造により、構造物接触においても、本体は水平飛行を維持

<360° 画像イメージ図>



360° カメラ動画撮影により、撮影後に任意の方向の確認が可能



専用ビューアで、電子クラックスケールを表示し、損傷規模を確認

サンプル動画 : <https://www.youtube.com/watch?v=-ijxJR2S2Q&feature=youtu.be>

1. 基本事項

技術番号	BR010031-V0021		
技術名	無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術		
技術バージョン	1.0	作成: 2021年10月	
開発者	夢想科学株式会社 国立大学法人 長崎大学		
連絡先等	TEL: 097-574-5428	E-mail: izumi@anaheim-laboratory.com	泉 保則
現有台数・基地	1台	基地	大分市明野高尾2-2-2
技術概要	水面から検査対象であるコンクリート床版や桁下面までの高さが4~7m程度の河川橋での床版点検を行う水上型ドローン(KENBOT2)を開発。床版や桁下面を水上型ドローンにて下から撮影を行い、撮影された画像はひびわれ自動抽出ソフトを利用して外観目視点検を行う技術。		
技術区分	対象部位	鋼橋(コンクリート床版) コンクリート橋(床版、桁下面)	
	変状の種類	ひびわれ (鉄筋露出、漏水、遊離石灰など画像から確認できる損傷)	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>無線操作の水上型ドローン(KENBOT2)に、従来の技術(BR01016-V0120)の橋梁点検用ドローン3号機に搭載しているカメラジンバルユニットを搭載。河川橋の下の水上より床版や桁下面の撮影を行う。</p> 												
移動原理	<p>【水上型ドローン】 双胴船構造の小型無人ボートに6つのスラスト(スクリュー)を配置し、うち4つのメインスラストはひし形方向に配置にすることで全方位への推力を発揮し全方位への移動を可能としている。あとの2つの補助スラストは通常の船舶と同様に後方に平行に配置して、速度が必要な場合の前後移動時に使用する。</p> 												
移動装置	<table border="1"> <tr> <td>運動制御機構</td> <td>通信</td> <td>周波数: 2.4Hz帯, 出力: 100mW</td> </tr> <tr> <td></td> <td>測位</td> <td>GPS+GNSS</td> </tr> <tr> <td></td> <td>自律機能</td> <td>自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>衝突回避機能(飛行型のみ)</td> <td>-</td> </tr> </table>	運動制御機構	通信	周波数: 2.4Hz帯, 出力: 100mW		測位	GPS+GNSS		自律機能	自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	運動制御機構	通信	周波数: 2.4Hz帯, 出力: 100mW										
		測位	GPS+GNSS										
		自律機能	自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。										
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-										
	<table border="1"> <tr> <td>外形寸法・重量</td> <td>サイズ: 1400*1100*750mm 重量: 35kg</td> </tr> </table>	外形寸法・重量	サイズ: 1400*1100*750mm 重量: 35kg										
	外形寸法・重量	サイズ: 1400*1100*750mm 重量: 35kg											
<table border="1"> <tr> <td>搭載可能容量(分離構造の場合)</td> <td>-</td> </tr> </table>	搭載可能容量(分離構造の場合)	-											
搭載可能容量(分離構造の場合)	-												
<table border="1"> <tr> <td>動力</td> <td> <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 ・定格容量: 22.2V、17000mA × 4本 (44.4V) </td> </tr> </table>	動力	<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 ・定格容量: 22.2V、17000mA × 4本 (44.4V) 											
動力	<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 ・定格容量: 22.2V、17000mA × 4本 (44.4V) 												
<table border="1"> <tr> <td>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</td> <td>・3~4時間(気温15度の場合)</td> </tr> </table>	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・3~4時間(気温15度の場合)											
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・3~4時間(気温15度の場合)												
<table border="1"> <tr> <td>設置方法</td> <td>・水上ドローン荷台部にカメラジンバルを設置する。</td> </tr> </table>	設置方法	・水上ドローン荷台部にカメラジンバルを設置する。											
設置方法	・水上ドローン荷台部にカメラジンバルを設置する。												
<table border="1"> <tr> <td>外形寸法・重量(分離構造の場合)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・サイズ: 450*450*450mm ・重量: 3.2kg </td> </tr> </table>	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・サイズ: 450*450*450mm ・重量: 3.2kg 											
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・サイズ: 450*450*450mm ・重量: 3.2kg 												

計測装置	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(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
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・チルト:水平0° ~上90° ・パン:±180°
		角度記録・制御機構機能	<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
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影座標がEXIFに記録されるが非GPS環境下での使用前提なので使用しない。 ・撮影後の画像解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 防塵等級:IP00 防水等級:IP00 (テスト未実施) 	
	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 	
	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、水上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。 	
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体構造	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	一体構造のため、計測装置寸法に含まれる	
	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 	
	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 ※		-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 流速0.1m/s以下 【標準試験値】 流速0.036~0.044m/s
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 流速流速0.1m/s以下 機器を操作するには水深40cm以上が必要 【標準試験値】 流速0.036~0.044m/s
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 ※	有	【性能値】 - 【標準試験値】 風速0m/s
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	(昨年度掲載技術とカメラは同様のため、引用) 【性能値】 最小ひびわれ幅0.2mm 【標準試験値】 日照部 ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.00mm ひびわれ幅1.0mm計測誤差0.00mm 日陰部 ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.05mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.00mm ひびわれ幅1.0mm計測誤差0.00mm 暗室 【性能値】 0.1m/s 【標準試験値】 ひびわれ幅0.05mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.12mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.14mm ひびわれ幅1.0mm 計測誤差0.64mm ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.1mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.05mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅1.0mm計測誤差0.00mm 日照部 風速0m/s 照度10000Lux 【標準試験値】 日照部 風速0m/s 照度93000Lux 日陰部 風速0m/s 照度1000Lux 暗室 風速0m/s 照度0Lux
	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】 - 【標準試験値】 風速0m/s 照度5800Lux 0.4%(相対誤差)
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 - 【標準試験値】 風速0m/s 照度5800lux 未検証 【標準試験値】 水平方向10mm(絶対誤差) 鉛直方向21mm(絶対誤差)
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 - 【標準試験値】 照度93000Lux 照度 1000Lux 照度 0Lux 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

<p>変状検出手順</p>	<p>1)ひびわれ自動抽出ソフトを使用したAI解析 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、目視にてソフト画面を確認しながら手動で抽出して描画する。 ⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p> <p>2)Photoscan(SfMソフト)を使用した手動解析 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してトレースする。 ※SfM参考文献: https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>1) 画像合成(3Dモデル、オルソ画像):AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト) 2)AI解析:富士フィルム社製「ひびみつけ ver.4.0」(市販ソフト)</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ (変形、欠損、漏水、遊離石灰、鉄筋露出)</p>	
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>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>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>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:起点/終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測</p>
		<p>ひびわれ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を手作業でトレース</p>
		<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>1) 作業員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) 作業員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>最大6000×4000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>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>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や濡れているは検出が困難 ・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>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。	-
	桁下条件	水面から床版までの高さは4m~7m以内であること。	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・水深40cm以上であること。 ・操作するものが直接水上ドローンを目視できる位置に配置できること。 ・水上ドローンやゴムボートを水面に降ろせるスロープや階段が必要。 	-
	安全面への配慮	座礁などの制御不能になる恐れがある場合は、ロープで係留する。 河川敷からの操作で死角が生じる場合には、ゴムボート上から操作を行う場合がある。	-
	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	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天、6m/s以上の強風、結露発生時は使用不可。 ・水の流速1m/s以下 	-

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	流れのある河川の中で定点保持が可能であること。	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名(ゴムボート使用時は3名)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲:15m2 ・操作場所:水上型ドローンが見通せる河川敷上、もしくはゴムボート上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種:コンクリート橋 橋長 58m 全幅員 16.7m 部位・部材[桁、床版、橋脚、橋台] 活用範囲[1200]m2 検出項目[ひびわれ] <費用> 合計69万円(経費含む)	※業務範囲:点検撮影~成果品(3Dモデル、オルソ画像、損傷図) 作成まで(調査作成は含まず) ※橋梁点検用ドローン4号機による橋脚、橋台など床版以外の部位点検を含む。
	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	GPS環境下での自動航行、定点保持が可能	-
	利用形態:リース等の入手性	夢想科学にて業務請負にて対応	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	修理、メンテナンスは夢想科学で実施	-
	センシングデバイスの点検	送信機アプリにてコンパス異常検知の場合はコンパスキャリブレーションを行う必要あり。	-
その他	-	-	

7. 図面

KENBOT2全景



バッテリー格納



水上ドローン操作の送信機



ゴムボート使用時の持ち込み機材



準備作業風景



作業スペース15m²程度必要

1. 基本事項

技術番号		BR010032-V0021		
技術名		水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検		
技術バージョン		バージョン1	作成: 2021年10月	
開発者		(株)エイテック		
連絡先等		TEL: 06-4869-3365	E-mail: kimura-mt@kk-atec.jp	空間情報調査部 木村光晴
現有台数・基地		1台	基地	兵庫県尼崎市
技術概要		・当該技術の特徴 水面フローターと360°カメラを搭載したドローンで、溝橋中を滑走又は飛行し、損傷状況を把握する技術。		
技術区分	対象部位	みぞ橋水路		
	変状の種類	腐食/亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水		
	物理原理	動画		

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン(DJIファントム4Pro) ・360°カメラ(Insta360onex) ・水面フロータ部位 	
移動装置	移動原理	【水面滑走、飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、人が操縦して飛行させる。	
	運動制御機構	通信	周波数2.4Ghz無線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	プロペラガード(水平)
	外形寸法・重量	縦横50cm、高さ30cm、2.2kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	専用の360°カメラ、照明器具を搭載後は不可。	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給手法:リチウムイオンバッテリー 		
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	ドローンに直接ナットでマウント固定	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	高さ120mm×幅20mm×厚み30mm、重さ115gの360°カメラ	
	センシングデバイス	カメラ	360°カメラ 5.7k動画
		パン・チルト機構	全球360°を一度に撮影
		角度記録・制御機構機能	水平360°、鉛直360°
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	カメラ内臓バッテリーにより駆動	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	15分		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラに記録メディア(マイクロSD)を差し込む	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	マイクロSD記録メディア 7mm×5mm	
	データ収集・記録機能	・記録メディア マイクロSD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 ※		-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 流速 0.500m/s 機器を操作するには水深15cm以上が必要</p> <p>【標準試験値】 流速 0.234m/s 水位 50cm</p>
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 流速 0.500m/s 機器を操作するには水深15cm以上が必要</p> <p>【標準試験値】 流速 0.234m/s 水深 50cm</p>
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 ※	有	【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上 【標準試験値】 風速1.3~2.7 m/s
	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0.1mm 【標準試験値】 ひびわれ幅0.05mm 計測誤差0.03mm ひびわれ幅0.1mm 計測誤差0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測誤差0.12mm ひびわれ幅0.3mm 計測誤差0.14mm ひびわれ幅1.0mm 計測誤差0.64mm 【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上 【標準試験値】 風速1.3~2.7 m/s 照度7.7~65.6 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	【性能値】 2.00%(相対誤差) 【標準試験値】 1.76%(相対誤差) 【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上 【標準試験値】 風速0m/s 照度5800Lux
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 水平方向100mm(絶対誤差) 鉛直方向100mm(絶対誤差) 【標準試験値】 水平方向65mm(絶対誤差) 鉛直方向68mm(絶対誤差) 【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上 【標準試験値】 風速3.7m/s 照度8100~27000lux
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 フルカラー識別可能 【標準試験値】 フルカラー識別可能 【性能値】 撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外、平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 照度500lx以上 【標準試験値】 照度8100~27000lux

※「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視点を任意に変更できる360°動画を専用のビューアソフトで再生 ②ソフト画面上で、動画を視ながら人がくまなく探索し、変状を検出する。 ③変状があった場合、ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示する。 ④電子クラックスケールと変状を比較し、変状の規模、ひびわれの幅等を判読する。 長さは、電子クラックスケールに付随した物差し部分で計測する。 ⑤抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。 (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する。)</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	360MViewer(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	手動で以下の変状を検出 亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	視点を任意に変更できる360°動画を視ながら人がくまなく探索し、ひびわれを検出する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示後、人が手動で判読する。
		ひびわれ以外	視点を任意に変更できる360°動画を人がくまなく探索し、変状を検出する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	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することで、±10cmの精度で処理を行う。
	取り扱い可能な画像データ	変状の描画方法	抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。
		ファイル形式	mp4
		ファイル容量	15分10G
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		1画素当たり、0.1mm	
その他留意事項	-		
出力ファイル形式	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	溝橋において、人が調査し難い空間から高さ20cmの空間まで進入可能
	周辺条件	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ないこと
	安全面への配慮	・自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)
	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	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。
	その他	・日中に撮影する必要がある。 ・平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風

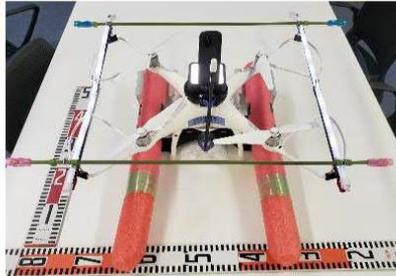
6. 留意事項(その2)

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	自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)	-
	必要構成人員数	操縦者1名、補助者2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操縦離発着半径1m以上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [溝橋] 橋長 30m 幅員 3m 部位・部材[下部工・上部工] 活用範囲 [90]m ² 検出項目 [腐食/亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水] <費用> 合計 500,000円(経費含む)	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。自社業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。対人賠償1億円、対物賠償5億円	-
	自動制御の有無	自律制御無し	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	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、自社にて対応する	-
	センシングデバイスの点検	自社で定期的実施	-
その他	-	-	

7. 図面

説明図面及び写真

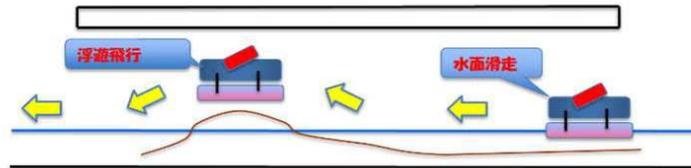
<ドローン機体>



機体諸元

サイズ	500mm×H300mm	重量	2.2kg	耐風性能	5m/s	飛行時間	15分
360°カメラ	Insta360onex	対象物までの最大接近距離	0.50m				

<ドローン飛行・滑走イメージ図>



みぞ橋狭小空間を滑走又は飛行し、360° 動画撮影を行います。

<360° 画像と撮影イメージ>



360° カメラ動画撮影により、撮影後に任意の方向の確認が可能。

1. 基本事項

技術番号	BR010033-V0021		
技術名	CRシステム(クラック記録システム)		
技術バージョン	Ver.1.0	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社エスジーズ 株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン		
連絡先等	TEL: 0859-32-3308	E-mail: honsya@sgs45.co.jp	ITシステムチーム 沢村一朗
現有台数・基地	1台	基地	鳥取県米子市東山町8-1
技術概要	<p>当システムは、コンクリート構造物の表面を電動首振り雲台により自動撮影した画像から、ひびわれ・漏水・断面欠損等可視的に確認可能な損傷を記録するシステムである。</p> <p>取得画像はあおり補正画像に変換したうえで、特徴点抽出により画像合成を行う。ブロック分けした画像をマニュアルトレースすることにより、各損傷を記録する。記録した損傷はエクセルの数量表、DWG形式のCADデータとして出力可能である。</p>		
技術区分	対象部位	Co橋/下部構造(橋台・橋脚)/縦壁、柱	
	変状の種類	ひびわれ/遊離石灰/剥離・鉄筋露出/その他(砂筋、汚れ)	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		当システムは、デジタルカメラ、自動首振り雲台、三脚、ポータブル電源及びコントロールユニットで構成されている。	
移動装置	移動原理	【人力】撮影位置までの移動は撮影機材を人力で運搬。	
	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	①撮影対象物までの距離・高さを計測し、撮影角度の許容範囲内に収まる事を確認する。 ②三脚を据えて雲台を設置。QCamコントロールユニットと雲台を接続し初期動作確認。デジタルカメラを水平かつ撮影対象物に垂直となるよう取り付けれる。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・デジタルカメラ(自動首振り雲台、三脚及び300mm望遠レンズ使用) 100cm×100cm×150cm カメラ1.0kg、レンズ0.8kg、雲台1.0kg、三脚5.1kg ・ポータブル電源 23cm×15.3cm×16.7cm 4.1kg ・QCamコントロールユニット 32cm×28cm×11cm 1.0kg ・作業スペース 2m×2m×2m程度	
	センシングデバイス	カメラ	・機種 Nikon D850 ・撮像範囲 FX(36mm×24mm) ・画像サイズ 4,544万ピクセル(=8,256×5,504) ・レンズ AF-S Nikkor 28-300mm f/3.5-5.6G ED VR 焦点距離300mm 絞りf/16以上 ISO3200 シャッター速度1/30秒
		パン・チルト機構	・水平 左45° ~右45° ・垂直 上45° ~下30°
		角度記録・制御機構機能	QCamコントロールユニットとスマートフォンをWifi接続し、スマートフォンから計測諸元(距離、焦点距離、撮影角度、重複割合)を入力。撮影角度等はユニット内部のUSBに記録され、画像正置化のデータとして使用する。
		測位機構	カメラから撮影対象物までの水平かつ垂直距離を人力で計測。その他カメラ高さ、撮影対象物の幅、高さを撮影前に人力で計測する。また計測値から撮影角度を計算する。
	耐久性	IPコードなし	
	動力	・デジタルカメラは専用バッテリー(リチウム充電電池 EN-EL15a)使用 ・雲台およびQCamコントロールユニットはバッテリー等の仮設電源が必要(弊社システムではポータブル電源より供給12VDC、8~10A電源ケーブル接続)	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	デジタルカメラバッテリーはポータブル電源から充電する事により終日使用可能	
	データ収集・通信装置	設置方法	デジタルカメラ内部の記憶媒体(XQDまたはSD)に保存
外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・画像データ : XQDまたはSD ・撮影距離、角度データ : USB(QCamコントロールユニット内部に接続)	
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		デジタルカメラは専用バッテリー(リチウム充電電池 EN-EL15a)使用	
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 ※	有	Nikon D850(35.9mm, 8,256ピクセル)で距離10m, 焦点距離0.3mの時、1mあたりのピクセル数 $= (8,256 \times 0.3) / (10 \times 0.0359) \approx 6,899$ ピクセル、0.2mmのひびわれは $6,899 \times 0.2 / 1,000 = 1.38$ ピクセルとなり撮影可能となる。
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	計測構造物に金定規を張り付け、画像上のピクセル数と計算上のピクセル数との比率をもとに画像を補正する。
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	-

※「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撮影した画像の歪を補正しあおり補正画像に変換したうえで、型枠跡やひびわれ等の特徴点抽出により画像合成する。(自動)</p> <p>②画像上でひびわれ等損傷をマニュアルトレースする。(手動)</p> <p>③ひびわれ幅はトレース後に線種を変更する事により特定される。(手動)</p> <p>④ひびわれ長さや遊離石灰等面積は自動計算のうえ表示される。(自動)</p> <p>⑤ひびわれ長さ等損傷データはExcelの数量表として自動作成される。(自動)</p> <p>⑥ひびわれ等損傷図はDWGデータとして自動作成される。(自動)</p>	
ソフトウェア名		<p>①自動連続撮影システムQCam(自社開発) デジタルカメラ、自動首振り雲台をコントロールユニットで操作し、対象物の画像を自動撮影。動力はポータブル電源による。撮影指示はWiFi接続したスマートフォン又はタブレット端末から送信。</p> <p>②画像合成システムImageCombine(自社開発) 自社開発したソフトにより取得画像の歪を補正し、あおり補正画像に変換したうえで画像を合成する。</p> <p>③損傷図作成支援システムDTTrace(自社開発) 自社開発したソフトによりブロック分けした画像をマニュアルトレースし各損傷を記録。Excelの数量表、DWG形式のCADデータとして出力する事が可能。</p> <p>※③はMicrosoft Windows10のもとMicrosoft Office Excel 2019(数量表作成)、Microsoft Visio 2019(作図、DWG作成)を併用します。</p>	
検出可能な変状		<p>①ひびわれ(形状、長さ、幅)</p> <p>②遊離石灰/剥離・鉄筋露出/その他(砂筋、汚れ)(変状範囲、面積)</p>	
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	画像上でひびわれをマニュアルトレースする
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>撮影対象物に金定規を張り付け、同一長さにおける画像上のピクセル数と計算上のピクセル数との比率をもとに画像を補正したうえでソフト画面上で計測する。</p> <p>①幅 画像上で線幅を選択し決定する</p> <p>②長さ マニュアルトレースした距離をソフトにより自動計測</p>
		ひびわれ以外	画像上で変状範囲をマニュアルトレースする。トレースした範囲(面積)は計測ソフトにより自動計測される。
		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	<p>①ひびわれ 曲線(幅によって色変更可能)</p> <p>②ひびわれ以外 範囲をハッチング(変状毎に色変更可能)</p>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG FINE
		ファイル容量	-
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	0.2mmのひびわれを検出するため画像上で1ピクセル/0.2mm以上必要。ただし計測可能なひびわれ幅の最小値は画素分解能の性能に関わらず0.1mmである。
		その他留意事項	<p>・ひびわれにチョークが重なっている場合は識別が困難。</p> <p>・コケ、カビ等計測対象物の汚損が著しい場合、ひびわれが識別不可。</p> <p>・計測対象物に直射日光が当たっている画像はひびわれの識別が困難。</p>
出力ファイル形式	全体画像 JPEG、損傷図 DWG、損傷数量表 xlsx		
調書作成支援の手順		-	
調書作成支援の適用条件		-	
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		-	

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下高2.0m以上	三脚を最も低くした状態で雲台・カメラを設置した時の高さが1.5mとなるため。
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	撮影終了するまでシステムを停止出来ないため車輛等往来の無い場所にカメラを設置する。	-
	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"> ・降雨、降雪時、強風時(風速7.5m/s以上)、冬季等計測機器に結露の恐れがある場合の撮影不可。 ・直射日光が強く当たる面ではオートフォーカスが正常に機能しない事がある。 ・上記を避けるため撮影対象物の日当たり等を事前に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	貸出にあたり操作方法等の指導を受けた技術者	-
	必要構成人員数	2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	作業スペース 2m×2m×2m程度	三脚を最も低くした状態で雲台・カメラを設置した時の高さが1.5mとなる。
	点検費用	機器貸出料 200千円/日(1日あたり 下部工2基、100㎡見当)	左記費用に指導料、交通費、その他諸経費は含まれません。
	保険の有無、保障範囲、費用	動産総合保険加入済	-
	自動制御の有無	オートフォーカス、自動露出補正、自動シャッター、カメラの撮影角度及び方向変更	-
	利用形態:リース等の入手性	有り	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り	-
	センシングデバイスの点検	作業前点検(シャッター速度等デジタルカメラ設定、雲台の初期動作、デジタルカメラの姿勢(水平、方向)、Wifi接続状況)	-
その他	-	-	

7. 図面

【撮影状況】



【撮影機器及び本技術の作業プロセス】



デジタルカメラ Nikon D850
300mm望遠レンズ使用
自動首振り雲台



QCam(自動連続撮影システム)
コントロールユニット

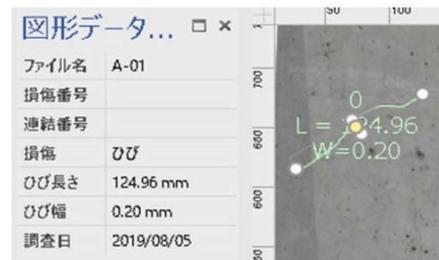


ポータブル電源



ファイル名	損傷番号	連結番号	損傷	ひび長さ (mm)	ひび幅 (mm)
B-06	1	1	ひび	157.81	0.25
C-04	5	3	ひび	154.94	1.00
D-05	2	1	ひび	143.26	0.35
E-06	3	1	ひび	153.94	0.35
F-03	2	3	ひび	174.73	0.35
G-05	4	1	ひび	196.43	0.50
I-04	1	3	ひび	154.26	0.20

損傷一覧表 (エクセル)



損傷図 (DWG)

【精度確認試験実施状況】

【ひびわれ幅精度確認結果】

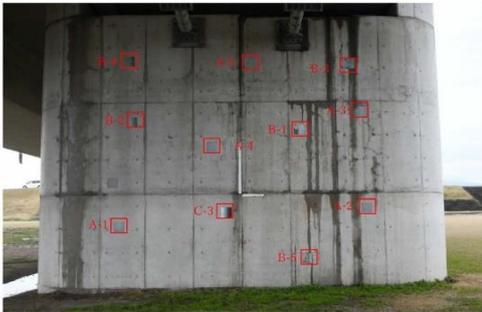


図1 撮影対象物および疑似ひびわれシート設置

表1 ひびわれ幅真値との差分 (mm)

シート名	作業者	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
A-1	Aさん	0.2	0.2	0.25	0.1	0.05	-0.15	0.1	0.25	-0.1	0.05
	Bさん	0.1	0.3	0.25	0.2	0.15	0.15	0.05	0.25	0.1	0.15
	Cさん	0.3	0.3	0.15	0.1	0.25	0.35	0.4	0.25	0.2	0.25
A-2	Aさん	-0.2	-0.25	-0.15	-0.15	0	0.05	0	0	-0.1	0.1
	Bさん	-0.1	-0.05	0.05	-0.15	0.1	0.15	0.2	0.1	0	0.2
	Cさん	-0.2	-0.05	-0.25	-0.25	-0.1	-0.35	-0.3	-0.1	-0.2	-0.3
A-3	Aさん	-0.15	-0.05	-0.05	0.2	0.5	0.15	0.05	0.05	0.2	0.1
	Bさん	0.25	0.05	0.05	-0.1	-0.15	-0.15	-0.05	0.05	0.2	0.1
	Cさん	-0.05	-0.15	-0.15	-0.1	-0.25	-0.15	-0.05	-0.15	-0.2	-0.1
A-4	Aさん	0	0.1	0.1	0.05	0	0.2	0	0	0	0
	Bさん	-0.1	0.2	0.2	0.05	0.1	0	0.1	0.1	0	0
	Cさん	-0.1	0.2	0.2	-0.15	0.3	0.2	0.3	-0.1	0.2	0.2
A-b	Aさん	0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.05	-0.05	-0.1	0	-0.05	0
	Bさん	0.3	0.4	0.2	0.4	0.25	0.15	0.5	0	0.05	0.1
	Cさん	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.05	-0.15	-0.1	-0.1	-0.15	-0.3
B-1	Aさん	-0.05	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.15	-0.25	-0.1	0.1
	Bさん	0.15	0.1	0.1	0	0.2	0.1	0.15	-0.05	0	0.1
	Cさん	-0.15	-0.1	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.05	-0.15	-0.1	-0.1
B-2	Aさん	0.3	0	0.3	0.5	0.1	0.15	0.1	0	0.05	0
	Bさん	-0.3	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	0.15	-0.4	0	0.05	0.2
	Cさん	0.3	0.1	0	0.3	0.2	-0.25	-0.1	0	-0.05	0
B-3	Aさん	0	0	0	0.4	0.2	0.05	0	0.5	0.3	0.3
	Bさん	0.3	0.3	0.1	0.4	0.1	0	0.25	0.3	0.1	0.1
	Cさん	-0.3	0	0.1	0.4	0.2	-0.3	-0.05	-0.2	0.2	0.2
B-4	Aさん	-0.15	-0.2	0.05	-0.1	0	-0.1	-0.1	0	-0.2	-0.2
	Bさん	0.05	-0.1	0.05	0.2	0	0.1	0.05	0	0	0.1
	Cさん	-0.05	0.1	-0.05	-0.2	-0.1	0	-0.1	-0.1	0	-0.05
B-b	Aさん	0.1	-0.1	-0.15	-0.25	-0.1	-0.15	0	0	0.05	-0.25
	Bさん	0	0.1	-0.05	-0.25	0.1	0.15	0	0.5	0.05	0.25
	Cさん	-0.1	-0.1	0.05	0.05	0.1	-0.05	0	-0.2	-0.05	-0.05

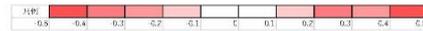
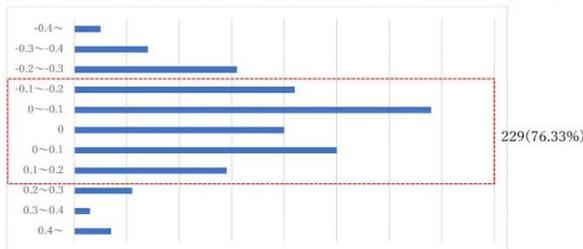


表2 真値との差分分布 正解率(誤差±0.2mmの場合) (mm)



【長さ計測精度確認結果】

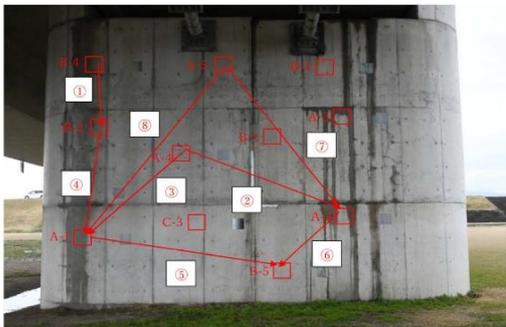


図2 2点間距離計測位置

表3 2点間距離算出値・真値及び差分

算出箇所	算出値	真値(テープ計測値)	差分
① B-4 ~ B-2	1,257mm	1,250mm	7mm
② A-4 ~ A-2 ※	3,114mm	3,160mm	-46mm
③ A-4 ~ A-1 ※	2,318mm	2,320mm	-2mm
④ B-2 ~ A-1	2,069mm	2,070mm	-1mm
⑤ A-1 ~ B-5	3,355mm	3,370mm	-15mm
⑥ A-2 ~ B-5	1,615mm	1,610mm	5mm
⑦ B-1 ~ A-2	1,973mm	1,940mm	-7mm
⑧ A-5 ~ A-2	3,533mm	3,540mm	-7mm
⑨ A-5 ~ A-1	3,979mm	3,980mm	-1mm

※差分は真値(テープ計測値)と算出値の差を示すが、真値測定をテープ計測により実施したため、テープの撓み又はねじれの影響により若干差分が大きくなった箇所が部分的に発生したものと推測される。

【模擬ひびわれシートによるひびわれ視認性の検証】

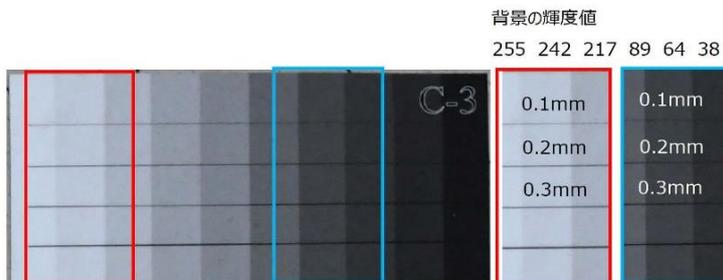


図3 輝度と視認性との関連検証

画像を拡大するとノイズは表れるものの、輝度値64程度であっても0.1mm幅の線を視認可能である。
高感度撮影が可能なカメラによる画像のため、背景の輝度が低い場合でも目標解像度に応じたひびわれの視認は可能と推測される。

1. 基本事項

技術番号	BR010034-V0021		
技術名	望遠撮影システムを用いたコンクリート床版点検支援技術		
技術バージョン	1.0	作成: 2021年10月	
開発者	夢想科学株式会社		
連絡先等	TEL: 097-574-5428	E-mail: izumi@anaheim-laboratory.com	泉 保則
現有台数・基地	1台	基地	大分市明野高尾2-2-2
技術概要	地上から望遠カメラとビームライトを搭載した遠望撮影システムを用いて、コンクリート床版や桁下面の点検を行う技術		
技術区分	対象部位	コンクリート橋/床版、桁下面 鋼橋/コンクリート床版	
	変状の種類	ひびわれ (変形、欠損、漏水、遊離石灰、鉄筋露出)	
	物理原理	静止画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は台車に固定された三脚に装備されたデジタルカメラ、望遠レンズ、並びに照明装置、モニター、バッテリーによる構成となる。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。	
移動装置	移動原理	手押し台車による人力による移動	
	移動制御機構	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	サイズ:縦900mm 横600mm 高さ1500mm 総重量:28kg	
	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		手押し台車に三脚を固定し、望遠撮影カメラシステムを装着する。	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-	
計測装置	センシングデバイス	カメラ	・カメラ:SONY α7R III センサーサイズ35mm 4240万画素 ・レンズ:SONY SEL100400GM 100mm~400mm F4.5-5.6 ・フラッシュ:SONY HVL-F60RM ・ビームライト(メイン):GODOX SL200WII SL200W II 74000lux@1m ・補助ライト:IMALENT MS18 輝度100000lm
		パン・チルト機構	手動 チルト:下-30° ~上90° パン:左右90°
		角度記録・制御機構機能	制御機能なし カメラ内蔵のジャイロによる角度記録はEXIF情報として記載
		測位機構	・カメラと同軸に装備されたレーザーポインタにて撮影方向の確認を行う。 ・撮影した画像を解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。
	耐久性	-	
動力	台車に搭載されたAC100V出力リチウムイオン蓄電池もしくは発電機からの外部給電(AC100V)を各ユニット(カメラ、フラッシュ、LED)へ供給		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	カメラ、フラッシュ、LEDは搭載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、台車のバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。		
設置方法		記録メディア(SDカード)に保存	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-	
データ収集・通信装置	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"/> 無 【性能値】 台車と操作者が入れるスペースがあること 【標準試験値】 未検証	・作業スペースが台車運用が可能な平坦であること ・車輪が転がせる程度の整地が必要
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/> 無 【性能値】 バッテリー駆動の場合: 特になし 外部給電の場合: 発電機から30m以内 【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】 カメラの光軸と合わせたレーザーポイントを搭載しており、移動の際はポイントを頼りに台車の位置を人力で調整する。 【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 ※		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	カメラ名称:ILCE-7RM3(SONY) 被写体距離:10.5~20.0m 照度:7.275~79klks 風速:57~6.8m/s 気温:18.2~18.7°C 焦点距離:A_279mm、F_282mm、C_181mm シャッター速度:1/250~1/800秒 絞り:F5.6 ISO値:100 フォーカス:オート(7.1以上) 画像Pixel数:7952×5304
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	カメラ名称:ILCE-7RM3(SONY) 被写体距離:10.50m 照度:7.275~79klks 風速:3.7m/s 気温:17.9°C 焦点距離:100mm シャッター速度:1/250~1/800秒 絞り:F6.3~9 ISO値:100 フォーカス:オート(7.1以上) 画像Pixel数:7952×5304
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	カメラ名称:ILCE-7RM3(SONY) 被写体距離:10.50m 照度:7.275~79klks 風速:3.7m/s 気温:17.9°C 焦点距離:100mm シャッター速度:1/250~1/800秒 絞り:F6.3~9 ISO値:100 フォーカス:オート(7.1以上) 画像Pixel数:7952×5304
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	カメラ名称:ILCE-7RM3(SONY) 被写体距離:10.5m 照度:7.275~79klks 風速:6.8m/s 気温:18.7°C 焦点距離:229mm~400mm シャッター速度:1/200~1/250秒 絞り:F5.6 ISO値:100、125 フォーカス:オート(7.1以上) 画像Pixel数:7952×5304

※「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)ひびわれ自動抽出ソフトを使用したAI解析</p> <p>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。</p> <p>②ひびわれの自動抽出機能により、ひびわれを抽出する。</p> <p>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。</p> <p>④ひびわれ幅、長さが自動抽出される。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にてソフト画面を確認しながら手動で抽出して描画する。</p> <p>⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p> <p>2)Photoscan(SfMソフト)を使用した手動解析</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</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してトレースする。</p> <p>※SfM参考文献: https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>1)画像合成(3Dモデル、オルソ画像):AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト)</p> <p>2)AI解析:富士フィルム社製「ひびみつけ ver.4.0」(市販ソフト)</p>		
	検出可能な変状	ひびわれ (変形、欠損、漏水、遊離石灰、鉄筋露出)		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>手動によるひびわれ抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>Photoscanを用いた手動計測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	
		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)	<p>1)作業員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。</p> <p>2)作業員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実寸値と狂いが生じていないかを確認。</p>	
		変状の描画方法	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)	
	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	最大8800×6500ピクセル(撮影画像1枚)	
		カラー/白黒画像	カラーのみ	
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要		
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たり、濡れている場合は検出が困難 ・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可 		
出力ファイル形式	<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</p> <p>【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>			
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	地上から床板までの高さ:20m以下	-
	周辺条件	床版直下を台車が平行に移動するためのスペースが確保できること	-
	安全面への配慮	台車移動時は転倒しないよう二人作業で行うこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	台車移動範囲に道路等がかかる場合は、誘導員の配置や道路使用許可などの申請が必要な場合あり	-
	その他	雨天、砂嵐、結露発生時は使用不可	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・望遠撮影システムの操作訓練を受けた者	-
必要構成人員数	2名	-
操作に必要な資格等の有無、 フライト時間	-	-
作業ヤード・操作場所	床版直下(床版面積と同等の地上範囲)	-
作業条件・運用条件 点検費用	<p>【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] ■点検事例 橋長 60m 全幅員 15m 部位・部材『 [床版のみ] 活用範囲 [900]m² 検出項目 [ひびわれ] <費用> 合計 550,000円(経費含む)</p>	<p>状況に応じて概算費用は変動しますので、橋梁ごとに見積いたします。 点検範囲は現場撮影から損傷データ(損傷合成画像、DXF)提出までで、調書作成は含みません。</p>
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	-	-
利用形態:リース等の入手性	夢想科学にて業務請負とする	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時は夢想科学にて対応する	-
センシングデバイスの点検	レンズの汚れやカメラのセンサークリーニングは点検ごとに行う。	-
その他	-	-

7. 図面

カメラ部



望遠撮影システム使用風景1



望遠撮影システム使用風景2

