1. 基本事項

技術番号		BR010027−V0425				
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：**	2025年3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	ICT事業部　ICT推進室　主任 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		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、対象部分を撮影するものである。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。 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。				
技術区分	**橋種**	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（主桁,横桁,床版） 下部構造（橋脚,橋台）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ			
		その他				
		共通				
	検出原理	画像（静止画／動画）				

2. 基本諸元

計測機器の構成			移動装置:ドローン 計測装置:ジンバルカメラ データ収集・通信:SDカード
移動装置	**機体名称**		Matrice 210 RTK V2
	移動原理		【飛行型】 ・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	【GNSS使用可能な環境の場合】 ・GPS ・RTK 【GNSS使用不可能な環境の場合】 ・ビジョンセンサー
		自律機能	・自律機能有 【GNSS使用可能な環境の場合】 ・制御機構へのソース:GPS 【GNSS使用不可能な環境の場合】 ・制御機構へのソース:ビジョンセンサー
		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		・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		・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)		・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**	・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	・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**		【画像撮影システム】 ・移動装置に取付 【画像伝送装置】 ・アタッシュケース　据置型
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		【画像撮影システム】 ・外形寸法:150×85×150 ・約0.47kg 【画像伝送装置】 ・外形寸法:W463×H353×D140 ・約6Kg
	データ収集・記録機能		【画像撮影システム】 ・データ収集・記録機能はない 【画像伝送装置】 ・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)		・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		【画像撮影システム】 ・移動装置に取付けたモバイルバッテリーより給電 【画像伝送装置】

		・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)	・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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無　※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法　地上・自然風（2019） 実施年　2021年 「Matrice 210 RTK V2」 ・変化量：0cm 実施年　2024年 「Matrice 210 RTK V2」 ・変化量：0cm 標準試験方法　室内・人工風（2023） 実施年　2024年 「Matrice 210 RTK V2」 ・風速：3.0m/s　正面（側面） 水平方向　最大移動量：40cm（36cm） 鉛直方向　最大移動量：5cm（3cm） ・風速：5.0m/s　正面（側面） 水平方向　最大移動量：67cm（75cm） 鉛直方向　最大移動量：11cm（5cm） ・風速：8.0m/s　正面（側面） 水平方向　最大移動量：72cm（105cm） 鉛直方向　最大移動量：8cm（8cm）	実施年　2021年 「Matrice 210 RTK V2」 ・構造物までの距離：2.0m ・風速：6.1m/s ・停止飛行時：水平移動無し ・ホバリング：15秒間 実施年　2024年 「Matrice 210 RTK V2」 ・構造物までの距離：1.0m ・風速：5.6m/s ・停止飛行時：水平移動無し ・ホバリング：60秒間
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無　※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法　桁間に進入しない場合（2022） 実施年　2024年 「Matrice 210 RTK V2」 ・桁下空間：高さ5.0m進入可能	「Matrice 210 RTK V2」 ・風速：5.6m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無　※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離：5000m	・障害物、電波干渉のない場合
	標準試験値	標準試験方法　飛行体（ドローン）（2022） 実施年　2024年 「Matrice 210 RTK V2」 ・飛行距離　50m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無　※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目			性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	4-1 計測速度（撮影速度）		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法（2019） 実施年　2021年 「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・撮影速度：0.29m/sec	「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・風速：2.6 m/s ・飛行距離：6.0 m ・所要時間：21 sec
	4-2 計測精度		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法　ひびわれ　地上（2019） 実施年　2021年 「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・最小ひびわれ幅：- ・ひびわれ幅0.05mm 　計測精度：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1mm 　計測精度：0.70mm	「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・被写体距離：2.0 m ・照度：5.5〜73.6 kLux ・風速：2.6〜2.8 m/s ・気温：13.7〜19.1 ℃ ・焦点距離：15 mm ・シャッター速度：1/120〜1/400 秒 ・絞り：F5.6 ・ISO値：100 ・フォーカス：オートフォーカス ・画像Pixel数：5280×3956
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無　※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
		位置精度	性能確認シートの有無　※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
	4-4 色識別性能		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法（2019） 実施年　2021年 「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・フルカラーチャート識別可能	「Matrice 210 RTK V2+ZENMUSE X5S」 ・被写体距離：2.0 m ・照度：5.4 kLux ・風速：6.1 m/s

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		・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。	
ソフトウェア情報	**ソフトウエア名**	・「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	
	検出可能な変状	・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）	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・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
		ひびわれ幅および長さの計測方法	【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√2倍した長さで算定される。
		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)	・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。
		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、BMP
		ファイル容量	・制限なし
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲は0.2～0.8/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。
		その他留意事項	・ひびわれ直上がチョーキングされている場合は、ひびわれを正確に検出することが難しい。 また、検出された場合でも、ひびわれ幅を定量的に評価することも難しい。
	出力ファイル形式	BMP／DXF／MS Excel用ファイル形式	
		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	

調書作成支援の手順	る。 本画像解析を実行して得られる結果は以下のファイルである。 1)入力画像（あおり補正、画像合成などを実施した後の画像）（BMP形式）（自動） 2)ひびわれ図（DXF形式）（自動） 3)入力画像上にひびわれ図を重ねた画像（BMP形式）（自動） 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）（自動） このひびわれ図は、ひびわれ幅の範囲ごとに色分けして表示することができる。また、Excelファイルのヒストグラム上には、以下の値が自動的に表示される。 5)ひびわれ総延長（自動） 6)平均ひびわれ幅（自動） 7)ひびわれ密度（単位面積あたりのひびわれ長さ）（自動） 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。
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1)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。
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウエア名	・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）

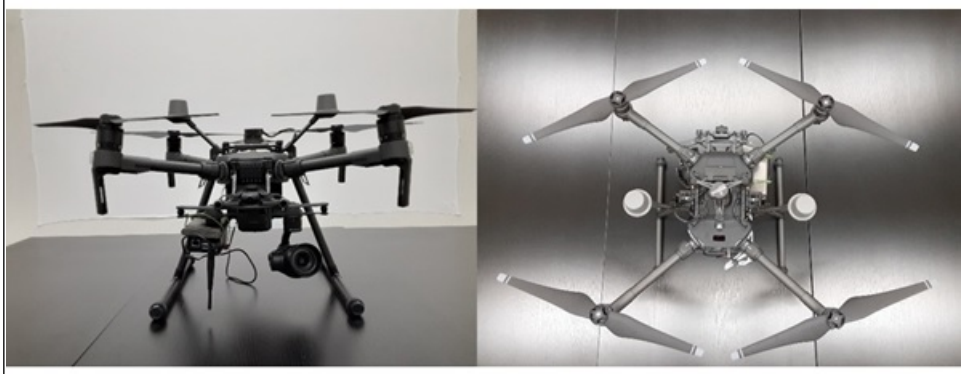
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	・道路幅員に制限なし	-
	桁下条件	・桁下高3m以上	-
	周辺条件	・民家等の建物や電線がある場合は管理者の許可が必要 ・付近に重要施設等がある場合は別途届出が必要	-
	安全面への配慮	・カラーコーンや看板等の設置による注意喚起	-
	無線等使用における混線等対策	・使用する周波数を変動させながら使用している	-
	道路規制条件	・発着地点や操縦者の位置に道路がある場合は、関係機関に連絡して指示に従う	-
	その他	・風速12m/s以下かつ雨天でない場合に適用される	-

6. 留意事項（その2）

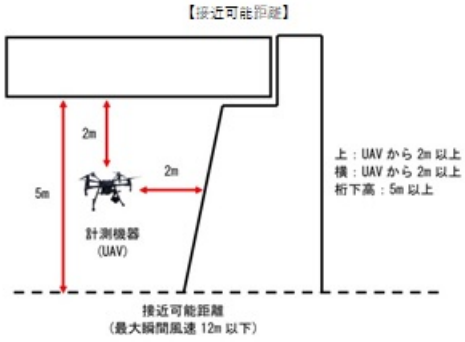
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	【機体制御】 ・GPSをOFFにした状態で自由に操作できるレベル 【カメラ操作および画像撮影システムの操作】 ・変状の違いや特徴がある程度把握できるレベル 【画像伝送装置の操作】 ・技量は求められない	-
	必要構成人員数	・操縦者1名、補助者2名以上	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローン総飛行時間10時間以上	-
	作業ヤード・操作場所	・ドローンが操縦者の目視内にある場所	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種［コンクリート橋/鋼橋］ 　橋長　20m 　全幅員　12.5m 　部位・部材　［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350,000円　(700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】