

性能カタログ

■画像計測技術（橋梁）

画像計測技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号	BR010016-V0120		
技術名	橋梁点検用ドローンによる構造物2次元画像解析と3Dモデル構築技術		
技術バージョン	Ver.4	作成: 2020年 3月	
開発者	夢想科学株式会社 株式会社plus-b 株式会社日技 長崎大学		
連絡先等	TEL: 097-574-5428	E-mail :	izumi@naheim-laboratory.com 泉 保則
現有台数・基地	3台	基地	大分市明野高尾2丁目2-2
技術概要	<全機種共通技術> 橋梁点検用ドローンにより撮影されたカメラにより撮影された画像より3Dモデルを構築し、超解像度オルソ画像を出力することにより外観目視点検の支援を行う技術。 <機種概要> 2号機、3号機・・・大型機(橋台、橋脚、床版対応、照明付き) 4号機・・・小型機(橋台、橋脚対応、照明なし)上向き撮影不可 ※2, 3, 4号機それぞれ1台保有		
技術区分	対象部位	<2号機、3号機> ・下部構造(橋脚、橋台) ・上部構造(主桁外側面、床版)	
		<4号機> ・下部構造(橋脚、橋台) ・上部構造(主桁外側面)	
	変状の種類	ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水 ※全機種適用	
	物理原理	画像 ※全機種適用	

2. 基本諸元

計測機器の構成	本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラが装着されている。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。 ※全機種共通		
移動装置	移動原理	【飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的にGPS測位により自律飛行が可能である。移動に際しては人が操縦して飛行させる。4号機に関しては非GPS環境下でビジョンポジショニング技術によって定点保持が可能となる。 ※全機種共通	
	通信	・周波数:2.4Hz帯, 出力:100mW ※全機種共通	
	測位	<2号機、3号機> ・GPS+GNSS+D-RTK	
		<4号機> ・GPS+GNSS ・ビジョンポジショニングシステム(全方向)	
	自律機能	<全機種共通> ・自律機能有、制御機構への入力GPS-GNSS。 <4号機> ・非GPS環境下ではビジョンポジショニングシステムへ移行する。	
衝突回避機能(飛行型のみ)	<2号機、3号機> ・プロペラガード(水平) <4号機> ・ビジョンポジショニングシステム(全方向障害物検知)による自動衝突回避機能 ・プロペラガード(水平)		

画像計測技術(橋梁)

移動装置	外形寸法・重量	<p><2号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L1300mm×W1300mm×750mm) ・最大重量(14kgf) 	
		<p><3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L1360mm×W1360mm×800mm) ・最大重量(15kgf) 	
		<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L322mm×W242mm×84mm) ・最大重量(0.9kgf) 	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
	動力	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:リチウムポリマーバッテリー ・定格容量:22.2V、17000mA×2本(44.4V) 	
	<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:リチウムポリマーバッテリー ・定格容量:15.4V、3850mA 		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・15分(外気温:20°Cの場合) 		
	<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・25分(外気温:20°Cの場合) 		
設置方法	・折り畳みアームを展開する。		
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-		
計測装置	カメラ	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサーサイズ(縦16.7mm×横23.4mm) ・ピクセル数(縦4000Pixel×横6000Pixel) ・焦点距離(16~50mm@APS-C) ・ダイナミックレンジ(Dレンジオプティマイザー(オート/レベル設定<Lv1-5>)) ・オートHDR(露出差オート/露出差レベル設定<1.0-6.0EVの間で1.0EVごと6段階>)) ・測光補助用LED(30W*2)搭載 ・外部フラッシュ搭載 	<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサーサイズ:1インチCMOS ・ピクセル数:縦5472pixel×横3648pixel ・FOV:約77° ・焦点距離:35mm判換算:28mm ・絞り:F2.8-F11 ・Dlog-M(10bit)、HDR動画対応(HLG 10bit)
	センシングデバイス	<p><2号機、3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・チルト:水平0°~上90° ・パン:±180° 	
		<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・チルト:上30°~下90° 	
	角度記録・制御機構機能	<p><2号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作でパン、チルト操作可能 	
		<p><3号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作でパン、チルト操作可能 ・4か所の測距センサーにより、水平(床版)、鉛直(橋脚)での被写体との自動正対補正が可能 	
		<p><4号機></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御 ・手動操作はチルト方向のみ 	
測位機構	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影座標がEXIFに記録されるが使用しない。のちに画像解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。 ※全機種共通 		
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・特になし、雨天、砂嵐、濃霧等は飛行不可 ※全機種共通 		
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 ※全機種共通 		

画像計測技術(橋梁)

データ収集・通信装置	設置方法	一体構造 ※全機種共通
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	一体構造のため、機体寸法に含まれる ※全機種共通
	データ収集・記録機能	・記録メディア(SDカード)に保存 ※全機種共通
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給 ※全機種共通
	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はドローンのバッテリーより給電されるため、バッテリー交換の必要はなし。 ただし、ドローンのバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。 ※全機種共通
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—

3. 運動性能

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

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 (飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・風速5m/s以下 ・照度500lx以上
	<2号機、3号機> ◆非GPS環境下 ・ホバリング性能: 水平/垂直方向±200mm(目測) ・送信機より手動で制御 ・風速2~3m/s ◆GPS環境下 ホバリング性能: 水平/垂直方向±50mm(目測) ・送信機より手を放して測定 ・風速2~3m/s		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・風速5m/s以下 ・照度500lx以上
	<4号機> ホバリング性能: 水平/垂直方向 ±50mm(目測) ・非GPS環境下 ・送信機より手を放して測定 ・風速1m/s以下		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	無	— <ul style="list-style-type: none"> ・風速5m/s以下 ・機体と操縦者の間に障害物がないこと ・無線障害がないこと ※操縦者スキルを鑑みた安全率で判断
	<2号機、3号機> 可動範囲: 100m(目測範囲) ロープ係留の場合: 50m(非GPS環境下)		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> ・風速5m/s以下 ・機体と操縦者の間に障害物がないこと ・無線障害がないこと ※操縦者スキルを鑑みた安全率で判断
	<4号機> 直接目視できる範囲(約100m)		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	—	—

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

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※		—	
		<全機種共通> 基本的に静止して撮影する			
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有		【撮影速度】0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】3~3.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 【風速】5m/s以下 【照度】500lx以上
			<2号機、3号機> ◆日照部 照度 9300lxの時 検出可能な最小ひびわれ幅 0.2mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.03mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.00mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.00mm ◆日陰部 照度 1000lxの時 検出可能な最小ひびわれ幅 0.2mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.05mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.03mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.00mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.00mm ◆暗室 照度 0lxの時 検出可能な最小ひびわれ幅 0.3mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.10mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.05mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.03mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.00mm		
			検証の有無の記載 ※	有	
		<4号機> 検出可能な最小ひびわれ幅 0.1mm 照度 93.5lxの時 ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.00mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.00mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.00mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.00mm		【撮影速度】0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】2~2.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 【風速】5m/s以下 【照度】日陰 500 lx以上	
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※	有		—
			<2号機、3号機> 照度 5800lxの時 0.4%(相対誤差)		
		検証の有無の記載 ※	有		—
		<4号機> 照度 7763lxの時 0.03%(相対誤差)			
位置精度	検証の有無の記載 ※	有		—	
		<2号機、3号機> 照度 5800lxの時 水平方向:10mm(絶対誤差) 鉛直方向:21mm(絶対誤差)			
	検証の有無の記載 ※	有		—	
	<4号機> 照度 7763lxの時 水平方向:1mm(絶対誤差) 鉛直方向:2mm(絶対誤差)				
色識別性能	検証の有無の記載 ※	有		—	
		<2号機、3号機> 照度 93000、1000、0lxの時 フルカラー識別可能			
	検証の有無の記載 ※	有		—	
	<4号機> 照度 93.5の時 フルカラー識別可能				

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

5. 画像処理方法

変状検出手順		<p>1) 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する。</p> <p>※SfM参考文献: https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</p> <p>2) ひびみつけを使用したAI解析 ※詳細は富士フィルム社「ひびみつけ」概要を参照</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、長さを自動抽出される。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。</p> <p>⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>1) 手動解析: 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	・自動: ひびわれ(幅および長さ), 手動: 鉄筋露出、欠損、漏水		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>1) 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。 <p>2) AIを用いたひびわれ抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・富士フィルム社の社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」を活用するが、その詳細についてはひびみつけの仕様準拠する。 	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>1) 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 <p>2) ひびみつけを用いた自動計測</p> <p>撮影画像をひびみつけのサイトにアップロードして解析を行い、抽出されたひびわれで関係ないものの排除などの修正を行う。合成画像上にひびわれの番号、幅、長さが自動で計測され書き込まれている。</p>	
		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	
		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	ひびみつけ使用時: 最大8800 × 6500ピクセル	
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		
その他の留意事項		<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けが困難 ・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可 		
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式の場合】</p> <p>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】</p> <p>3Dモデル: PSX(Photoscan)、OBJ、メタデータ: CSV(カメラ座標)</p>			

画像計測技術(橋梁)

6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	橋脚幅は制限なし	係留ロープが障害物と干渉しない 直接目視できる範囲内での飛行
	桁下条件	桁高30m未満 桁下は操作者が進入できる箇所 等	—
	周辺条件	民家等の建物や電線がある場合は所有・管理者の承諾が必要。 電波塔など電波外乱等がある場合は不可。 空港規制圏内や重要施設近傍では別途届け出が必要。	—
	安全面への配慮	計測中は注意喚起の看板(カラーコーン等)の設置	—
	無線等使用における混線等対策	使用する周波数を変動させながら使用している。	—
	道路規制条件	操縦者が移動する範囲内に道路などが通る場合は、所轄警察署への届け出をして指示に従う。	—
	その他	—	—

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	機体操作:GPS、高度制御をOFFにした状態で風のある屋外にて機体がどの向きでも自由に操作できるレベル。 カメラ操作:ドローン操縦者とコミュニケーションを取り、狙い通りの高精細撮影が出来て、抜けのない高密度な3Dモデルを構築できるレベル。	夢想科学の認定する操縦レベルに達している事
	必要構成人員数	<2号機、3号機> ドローン操作1人、カメラ操作1人、ロープ操作1人 合計3名	—
		<4号機> ドローン操作1人、補助(解析、安全管理)1人 合計2名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	夢想科学が行う教育カリキュラムを受講し、各種試験(機体操作、カメラ操作、画像解析)を合格した者	夢想科学の教育カリキュラム受講者のみ操作が可能
	操作場所	基本的にドローンの直下にて操作を行う。	—
	点検費用	<2号機、3号機> 約160万円/日 (人件費+機材費+データ解析) ※2日で高さ20mの橋脚2か所と床版は3径間 状況によって変動	現場は3名体制 橋脚は4号機を使用する前提
		<4号機> 約100万円/日 (人件費+機材費+データ解析) ※1日で高さ30mの橋脚3~5か所 状況によって変動	現場は2名体制
	保険の有無、保障範囲、費用	事業活動包括保険に加入。 対人、対物5億円	—
	自動制御の有無	<全機種共通> 自動運転機能等なし	—
	利用形態:リース等の入手性	<全機種共通> 業務委託とリースのどちらでも対応	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	修理、メンテナンスは自社で行う。	—
センシングデバイスの点検	<4号機> 6か月に1度、ビジョンポジショニングシステムのキャリブレーションを行う。	—	
その他	山間等の機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難	—	

7. 図面

橋梁点検用ドローン2号機



橋梁点検用ドローン3号機



橋梁点検用ドローン4号機



狭小進入可能性能

