

1. 基本事項

技術番号		BR010085－V0025			
技術名		非GPS環境対応の自律飛行ドローンとAIを活用した橋梁点検支援技術			
技術バージョン		－		作成:	2025年3月
開発者		Accuver 株式会社			
連絡先等		TEL:	03-6430-2580	E-mail:	sales@accuver.jp Accuver株式会社 営業部 浜岡
現有台数・基地		2台		基地	東京都港区西新橋
技術概要		LiDAR搭載ドローンによって生成された橋梁の3Dモデルを基に、橋梁の画像を自動で撮影し、AIで損傷を分析する点検支援技術です。回転型LiDARを搭載したドローンがリアルタイムで3Dモデルを生成します。点検箇所を指定すると、点検経路が自動的に作成されます。ドローンが自動で取得した画像データはオルソ画像化され、AIによって損傷箇所とその程度を自動的に検出し、結果はデジタル形式で管理されます。			
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,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン,斜張橋,外ケーブル） 下部構造（橋脚,橋台） 路上（防護柵） 排水施設（排水管） H形鋼桁橋（上部構造（主桁）,床版）			
	損傷の種類	鋼	②亀裂 ⑤防食機能の劣化		
		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 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ		
		その他			
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑬変色・劣化 ⑯漏水・滞水		
検出原理	画像（静止画）				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・移動装置：ドローン ・計測装置：デジタルカメラ、LiDARモジュール ・データ収集・通信：LTE(3D点群データ)、USBストレージ(撮影データ)
移動装置	機体名称		SIVION Wing
	移動原理		【飛行型】 ドローン機体下部にある回転型LiDARによる「LiDAR SLAM」技術を搭載しており、機体内部で3D処理を行い、機体周辺の状況を把握し移動時に障害物を回避する。橋梁下部のような非GPS下でも飛行が可能。
	運動制御機構	通信	通信種別: 無線通信 周波数: 2.4GHz、出力: 10 mW/MHz LTE通信: LTE FDD Band1/3/5/8/26/18/19, LTE TDD Band39/41 (Optional)
		測位	GPS LiDAR SLAM
		自律機能	自律機能有、制御機構への入力 LiDAR SLAMによる3D点群データ。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	LiDARセンサーと SLAM技術による衝突回避機能により、ドローンの半径3m(デフォルト)以内の障害物を回避する。
	外形寸法・重量		分離構造 最大外形寸法 L 630mm x W 630mm x H 500mm 最大重量 11.96kg
	搭載可能容量(分離構造の場合)		最大外形寸法 L 155mm x W 230mm x H 200mm(ドローンに結合した場合の高さは625mm) 最大重量 8kg ※ カメラ、ジンバル、LiDARモジュールで約3kg、追加で別途5kgまで搭載可能
	動力		動力源: 電気式 電源供給: バッテリー 定格容量: 22.2 V 30,000 mAh x 2
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		1フライト 35分(外気温25℃の場合) 本体が過熱した場合は冷却が必要。
計測装置	設置方法		カメラ(SONY ILX-LR1) ・結合部の白い線に対してカメラを反時計回りに回転させる。取り外しの時はボタンを押して時計回りに回転し分離させる。 SIVION LiDARモジュール ・専用ブラケットM3の標準ボルトで固定。固定後、ドローン本体と専用ブラケットでモジュールの取り付けボタンを押したままスライドさせる。取り外しの時は逆方向にスライドさせる。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		カメラ(ジンバルを含む) ・最大外形寸法 L 155mm x W 230mm x H 200mm ・最大重量 0.9kg SIVION LiDARモジュール ・最大外形寸法 L 323mm x W 145mm x H 120mm ・最大重量 1.69kg
	センシングデバイス	カメラ	SONY ILX-LR1 ・センサーサイズ: 35.9mm x 23.9mm ・ピクセル数: 9504 × 6336 ・焦点距離: SEL35F188F (35mm)、SEL55F18Z (55mm)
		パン・チルト機構	・水平: 0° ～ 359° ・鉛直: -20° ～ 90°
		角度記録・制御機構 機能	角度記録あり、ジンバルは全方向に制御可能。
		測位機構	LiDAR-SLAM(画像座標に連動)
	耐久性		-
	動力		移動装置のバッテリーより供給(SIVION LiDARモジュール:XT60ケーブル接続、ジンバルカメラ:専用電源ケーブル接続)
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		35分(外気温:25℃、移動装置のバッテリーと共有、移動装置と同じ動作時間)
	設置方法		計測装置と一体的な構造。
データ収集・通信装置	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(SSD)に保存。 ・計測機器のデータ収集:計測データは記録メディアに保存され、USBメモリ等で計測データをコピーし外部に保存する。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)		-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-
	動力		移動装置のバッテリーより供給。
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		バッテリーからの給電により連続35分(気温 25℃の場合)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
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 2024年 変化量:0cm	・構造物までの距離:1.4m ・風速:2.2m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
		標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:16.0cm(19.3cm) 鉛直方向 最大移動量:14.8cm(17.8cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:37.9cm(50.0cm) 鉛直方向 最大移動量:51.1cm(26.8cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:61.7cm(74.6cm) 鉛直方向 最大移動量:20.2cm(17.8cm)	
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 桁下空間:高さ5.0m進入可能	風速:4.7m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 有		
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 飛行距離 50m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 無		
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「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 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・撮影速度:0.108 m ² /sec 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・撮影速度:0.161 m ² /sec	「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・風速:5.6 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:113 sec 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・風速:1.0 m/s ・撮影面積:12.22 m ² ・撮影時間:76 sec
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	【自社試験結果】 ・カメラ名称: SONY ILX-LR1 35mmレンズ ひびわれ幅(実測) 0.1mmに対する計測精度 (対象のひびわれから3箇所を指定し10回撮影。 それぞれの箇所に於いて10回の平均値を算出) 1箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.103mm 計測精度 0.003 2箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.090mm 計測精度 0.010 3箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.104mm 計測精度 0.004 ・カメラ名称: SONY ILX-LR1 55mmレンズ ひびわれ幅(実測) 0.1mmに対する計測精度 (対象のひびわれから3箇所を指定し10回撮影。 それぞれの箇所に於いて10回の平均値を算出) 1箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.105mm 計測精度 0.005 2箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.105mm 計測精度 0.005 3箇所: ひび割れ幅(検出値) 0.098mm 計測精度 0.002	【自社試験】 ・カメラ名称: SONY ILX-LR1 35mmレンズ / 55mmレンズ 被写体距離 = 5m 焦点距離 = 35mm / 55mm シャッター速度 = 1/800sec フォーカス = ワイド ※試験の詳細は技術マニュアルを参照のこと。
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・最小ひびわれ幅:0.08mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.06mm 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・最小ひびわれ幅:0.04mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.01mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.06mm	「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・被写体距離:4.0 m ・照度:4.06~62.3 kLux ・風速:0.0~4.6 m/s ・気温:7.7 ℃ ・焦点距離:35 mm ・シャッター速度:1/3200 秒 ・絞り:F1.8~22 ・ISO値:800 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:6240× 4160 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・被写体距離:4.0 m ・照度:3.51~46.8 kLux ・風速:0.0~3.6 m/s ・気温:6.2~7.3 ℃ ・焦点距離:55 mm ・シャッター速度:1/3200 秒 ・絞り:F1.8~22 ・ISO値:800 ・フォーカス:オートフォーカス ・画像Pixel数:6240× 4160
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
				「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」

4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・相対誤差:0.1% 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・相対誤差:0.8%		・真値:3.758 m ・計測値:3.760 m ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83〜7.78 kLux ・風速:0.0〜5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・真値:3.758 m ・計測値:3.729 m ・被写体距離:6.0 m ・照度:4.83〜6.71 kLux ・風速:0.0〜1.8 m/s
		性能確認シートの有無 ※		有	
	位置精度	性能値	未検証		-
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・絶対誤差:(Δx , Δy) = (0.053, 0.109) m 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・絶対誤差:(Δx , Δy) = (0.022, 0.022) m		「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.323, -1.760) m ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83〜7.78 kLux ・風速:0.0〜5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・真値:(x, y) = (-3.376, -1.651) m ・計測値:(x, y) = (-3.354, -1.629) m ・被写体距離:6.0 m ・照度:4.83〜6.71 kLux ・風速:0.0〜1.8 m/s
		性能確認シートの有無 ※		有	
	4-4 色識別性能	性能値	未検証		-
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・フルカラーチャート識別可能 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・フルカラーチャート識別可能		「SIVION Wing+SEL35F18F(35mm)」 ・被写体距離:5.0 m ・照度:5.83〜51.4 kLux ・風速:0.0〜5.6 m/s 「SIVION Wing+SEL55F18Z(55mm)」 ・被写体距離:4.0〜6.0 m ・照度:4.83〜47.1 kLux ・風速:0.0〜1.8 m/s
		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		1. SfMソフトウェア（下記①）を使用して、SfM処理による3Dモデルを作成する。（手動） 2. 作成した3Dモデルを構造物損傷自動検出ソフトウェア（下記②）に入力し、2Dオルソ画像を生成する。（手動） 3. 生成された2Dオルソ画像からAIによる損傷検出を実行する。（自動）	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	① SfMソフトウェア：米国Bentley Systems製「iTwIn Capture」(市販ソフトウェア) ② 構造物損傷自動検出ソフトウェア：「SIVION Editor ver1.0」(自社開発ソフトウェア)	
	検出可能な変状	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	AIによる自動検出。 ディープラーニングのニューラルネットワーク(Transformer block, Brief Block, Reconstruction block)を活用。 AI学習データは橋梁（橋脚、橋台、下部構造）、トンネル、貯水池、ダム、擁壁、港湾等の様々な施設物のひびわれ写真に、エンジニアによる損傷のラベル付けとタグ付けしたデータである。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	ひびわれ箇所のピクセル（画素）を自動検出し、アルゴリズムによりピクセル単位で計算して、ひびわれの幅や長さを自動算出する。
		ひびわれ以外	AIによる自動検出 ディープラーニングのニューラルネットワーク（畳み込みニューラルネットワーク）を活用。 AI学習データは、橋梁（橋脚、橋台、下部構造）、トンネル、貯水池、ダム、擁壁、港湾などの様々な施設物の剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち等の写真を対象に、エンジニアによる損傷のラベル付けとタグ付けしたデータである。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ひびわれの検出：再現率 86.9%
		変状の描画方法	ひびわれ：ポリライン ひびわれ以外：ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	自社開発ソフトウェア：FBX、GLTF SfMソフトウェア：JPEG、PNG、PCD
		ファイル容量	撮影画像(JPEG)：8MB～20MB
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	・0.3mmのひびわれ幅を検出するためには、0.3mm/ピクセル以下であること。 ・ただし、現場での撮影条件などを考慮し、安全率を適用して撮影対象との離隔を決定する。
		その他留意事項	・ひびわれにチョークが重なっている場合、検出が困難になる場合がある。 ・学習されていないタイプの画像が入力された場合、誤認識が発生する可能性がある。 ・低解像度の画像を使用した場合、検出に失敗する可能性がある。
	出力ファイル形式	・撮影画像データ：PNG（カメラ） ・3Dデータ：FBX（SfMソフトウェア） ・損傷リストデータ：xlsx（自社開発ソフトウェア） ・損傷図データ（CAD）：dxf（自社開発ソフトウェア） ・報告書：docx（自社開発ソフトウェア）	
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②取得したデータは、itwin capture（SfMソフトウェア）で3D整合を行う（拡張子FBX） ③SIVION Editor（構造物損傷自動検出ソフトウェア）で3Dから2Dオルソ画像に変換し、AIにより損傷を自動検出する。 ④検出結果に対し、エンジニアが最終チェックを行う。 ⑤損傷リストや損傷図、報告書を自動出力する。 ⑥点検調書の様式をタブレットまたはPCに取り込み、画像データの確認、操作が可能となるように調整する。 ⑦画像データをタブレットまたはPCに取り込み、画像データに番号を付ける。 ⑧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。 ⑨出力結果(⑤)から損傷画像を手動で選択し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑩タブレットまたはノートPCに入力したデータを保存する。	
調書作成支援の適用条件		・以下の条件により画像データが得られるように撮影する。 1) 現場でSIVION Webに接続し、自動経路生成機能で点検経路を作成し撮影準備を行う 2) 画像の解像度は0.25mm/ピクセル（被写体との距離：35mmレンズ基準4m、55mmレンズ基準5m）以下となるよう撮影する。 3) 撮影された画像は点検自動化モジュールに保存されるため、ドローンとUSBを介して接続状態を維持する。 ・SIVION WebはタブレットやノートPCを通じて接続される為、現地でインターネット環境（無線の電波状態）が整っている必要があります。	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		米国Bentley Systems製「iTwIn Capture」(市販ソフトウェア) 構造物損傷自動検出ソフトウェア：「SIVION Editor ver1.0」(自社開発ソフトウェア)	

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	桁下進入時は、高さ6m以上必要	-
	周辺条件	・民家、太さ0.5cm以下の電線、電波塔がある場合は不可。 ・自動点検の場合は、LTE通信が可能な空間であること。	-
	安全面への配慮	・自動点検機能を使用する際は、事故防止のため、操縦者はドローンの状態を常に監視し、緊急時には手動制御による緊急対応を行う必要がある。 ・飛行中は、操縦者とは別に安全管理員を配置することで、第三者への配慮や構造物への接近に問題がないか監視を行う。	-
	無線等使用における混線等対策	LTE通信の干渉や中断が発生した場合は、手動制御モードで使用する。	-
	道路規制条件	必要に応じて通行規制を行う。	-
	その他	・ドローンの飛行が可能な地域や場所であること。	・風速5m/s以下推奨(メーカー仕様の12m/s以下に対して、操作性や安全性を考慮) ・動作温度: -5℃～40℃の範囲で動作可能 ・夜間計測不可 ・雨天時計測不可 ・照度10000lux以下は非推奨。 ・撮影対象が光の反射が激しい場合は不可

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	ドローンの安全飛行に関する知識が必要で、業務を行うために必要な操縦技量の習得者。	国土交通省の定める「無人航空機飛行マニュアル」に準ずる。
	必要構成人員数	現場責任者(安全管理員)1名、操縦者1名、補助員1名を基本とする。	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」の「無人航空機を飛行させる者」の登録者。	国土交通省の定める「無人航空機飛行マニュアル」に準ずる。
	作業ヤード・操作場所	離着陸やバッテリーの交換、充電作業等を行うため、約5m四方の平坦な場所があること。	離着陸地点の周囲5m以内に構造物がないこと。
	点検費用	【橋梁条件:例】 橋種[コンクリート橋] 橋長 10m 部位・部材[下部構造] 範囲[100]m² 検出項目[ひびわれ / 剥離・鉄筋露出 / 漏水・遊離石灰] 【費用】業務委託 ・¥500,000～(1日7時間作業で1,000㎡程度、現場状況により増減) ・作業内容: 撮影飛行、画像解析 【費用】販売 ハードウェア ・ドローン (SIVION Wing):¥3,500,000(カメラ、ジンバル含む) ・SIVION LiDAR Module:¥7,400,000(SIVION Web S/W込み) ソフトウェア ・SIVION Editor: ¥2,000,000/年 ・Bentley iTwn Capture: ¥1,780,000 (※ 円ドル為替レートにより価格が変わります)	・橋梁規模や構造、現場の特有な条件、成果物の内容に応じ、別途見積もりが必要 ・交通規制、ガードマンの費用、拘束費や旅費は含んでいない
	保険の有無、保障範囲、費用	業務委託: 賠償責任保険 対人10億円、対物10億円 販売: ドローン購入者が適切な損害保険に加入する	-
	自動制御の有無	自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	販売または業務委託	-
	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	自動点検機能を実行する前にドローンを目視で点検し、一度手動飛行試験を実施することを推奨。	-
	その他	飛行前にフライトチェックを実施する。	-

7. 図面

