1. 基本事項

技術番号	BR010028−V0425					
技術名	無人航空機(マルチコプター)を利用した橋梁点検システム					
技術バージョン	ver 1.1.1				**作成：**	2025年3月
開発者	DJI JAPAN 株式会社 株式会社FLIGHTS 大日本ダイヤコンサルタント株式会社					
連絡先等	TEL：	03-5860-1023（代表連絡先）	E-mail：	infra@droneagent.jp	株式会社FLIGHTS FLIGHTS CONTROL事業部 伊東　三友紀	
現有台数･基地	DJI MATRICE 300 RTK　15台 DJI MATRICE 350 RTK　5台		**基地**	北海道北広島市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 宮城県仙台市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 新潟県新潟市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 石川県白山市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 富山県高岡市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 東京都江東区　DJI MATRICE 300 RTK 1台 千葉県習志野市　DJI MATRICE 350 RTK 1台 三重県三重郡菰野町　DJI MATRICE 300 RTK 1台 三重県三重郡菰野町　DJI MATRICE 350 RTK 1台 三重県鈴鹿市　DJI MATRICE 300 RTK 2台 京都府京都市　DJI MATRICE 350 RTK 2台 京都府京田辺市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 広島県広島市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 愛媛県四国中央市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 愛媛県松山市　DJI MATRICE 350 RTK 1台 福岡県福岡市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 大分県大分市　DJI MATRICE 300 RTK 1台 沖縄県島尻郡　DJI MATRICE 300 RTK 1台		
技術概要	本技術は、ドローンに搭載されたデジタルカメラで撮影した部材表面のデジタルカラー画像に基づき状態の記録を行なう技術である。 1日約1000m2（画素分解能=0.3mm/pixの場合）、1500m2（画素分解能=0.5mm/pixの場合）の画像撮影が可能。					
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） 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 ⑫うき			
		その他				
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑱定着部の異常 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉒異常なたわみ ㉓変形・欠損			
	検出原理	画像（静止画）				

2. 基本諸元

計測機器の構成			本計測機器は、回転翼を4基装備したクワッドコプタに、光学デジタルカメラを搭載したものである。
移動装置	機体名称		DJI MATRICE 300 RTK DJI MATRICE 350 RTK
	移動原理		移動原理は、回転翼により下向きの気流を発生させることにより浮上し、4基の回転翼の推力（回転数）をそれぞれ変化させることにより前後左右に移動したり、その場で水平に回転したりする。また、それらを組み合わせて曲線的に飛行をすることもできる。
	運動制御機構	通信	・通信種別：無線 ・周波数帯：2.4000～2.4835 GHz ・出力：100mW以下 ・最大伝送距離：8km（障害物や電波干渉がない場合）
		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測位システムによる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る自動ホバリング。
		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障害物を検知して自動的に停止して衝突を回避する。同機能は、前後左右上下の6方向に機能し、衝突回避距離を任意に設定することが可能。
	外形寸法・重量		・外形寸法=810x670x430mm（長さx幅x高さ） ・重量=約7.1kg（※1） ※1 カメラ搭載時
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		・2.7 kg
	動力		・電気（バッテリー）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		・約45分（※1）の飛行が可能 ※1 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。
計測装置	設置方法		機体上部あるいは下部のハードポイントに直接カメラ装置を装着可能。専用工具、ボルト、ナットなどは不要。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		198x166x129mm、約800g
	センシングデバイス	カメラ	Zenmuse P1 ・センサーサイズ（静止画）=35.9×24.0mm ・写真サイズ=8192×5460pixel ・使用レンズ： DJI DL 24mm F2.8 LS ASPHレンズ（ENTERPRISE）、 DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ（ENTERPRISE）
		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°
		角度記録・制御機構 機能	・あり
		測位機構	・飛行撮影後に画像の位置情報をSfM（Structure from Motion）技術により解析も可能。
	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カードをカメラに装着。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・SDカード　外形寸法:W24mm×H32mm×D2.1mm
	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
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 <DJI MATRICE 300 RTK> 停止飛行時：水平移動無し 実施年　2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> 停止飛行時：水平移動無し 実施年　2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> 停止飛行時：水平移動無し 標準試験方法　室内・人工風（2023） 実施年　2023年 <DJI MATRICE 300 RTK> ・試験施設の環境条件（磁場等）により飛行不可能 <DJI MATRICE 350 RTK> ・試験施設の環境条件（磁場等）により飛行不可能	実施年　2021年 <DJI MATRICE 300 RTK> ホバリング時間＝15秒 構造物までの距離＝2.5m 風速＝4.6m/s 実施年　2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> ホバリング時間＝60秒 構造物までの距離＝2.0m 風速＝4.5m/s 実施年　2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> ホバリング時間＝60秒 構造物までの距離＝1.5m 風速＝2.6m/s
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　2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> 桁間は対象外（試験を実施せず） 桁下空間高さ5.0mに進入可能を確認 実施年　2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> 桁間は対象外（試験を実施せず） 桁下空間高さ5.0mに進入可能を確認	実施年　2022年 風速＝4.2m/s 実施年　2023年 風速＝2.6m/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＝8km	カタログ値 障害物や電波干渉がない場合
	標準試験値	標準試験方法　飛行体（ドローン）（2022） 実施年2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> ・50m	風速 2.6m/s
3-4 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 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	カタログ値 ビジョンシステム動作条件として、「模様が明瞭で、充分な照度条件下 (> 15 lux)」な制御対象があること
	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　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 撮影速度＝14.5／274＝0.053m/sec 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 撮影速度＝12.22／336＝0.036m^2/sec	実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 風速：0.0～4.2m/s 飛行距離：14.5m 撮影時間：4分34秒（＝274秒） ※撮影時（シャッターを下ろす）際は静止 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 風速：3.3 m/s 撮影面積：12.22 m^2 撮影時間：5分36秒（＝336秒）
	4-2 計測精度		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	【独自試験結果】 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 最小ひびわれ幅=0.1mm 計測精度 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	-
			標準試験値	標準試験方法　ひびわれ　地上（2019） 実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 計測精度 ひびわれ幅：0.05mm、計測精度：0.06mm 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：0.07mm ひびわれ幅：1.0mm、 計測精度：0.38mm 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 最小ひびわれ幅：0.1mm ひびわれ幅：0.05mm、計測精度：- ひびわれ幅：0.1mm、 計測精度：0.06mm ひびわれ幅：0.2mm、 計測精度：0.03mm ひびわれ幅：0.3mm、 計測精度：0.03mm ひびわれ幅：1.0mm、 計測精度：0.36mm	実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 被写体距離：3.5m 照度：9.81～72.3 kLux 風速：0.0～4.2m/s 気温：12.0～12.9℃ 焦点距離：50mm 撮影モード：フルオート 画像Pixel数：8192x5460 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 被写体距離：2.6 m 照度：2.14～3.61 kLux 風速：0.0～4.0 m/s 気温：3.9 ℃ 焦点距離：24 mm シャッター速度：オート 絞り：オート ISO値：オート フォーカス：オートフォーカス 画像Pixel数：8192×5460
	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　※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法（2019） 実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 精度：100.02% 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 精度：99.9%	実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 真値：5.590m 測定値：5.591m 被写体距離：3.5m 照度：10.3～76.0 kLux 風速：0.1～4.5m/s 気温：11.3℃ 焦点距離：50mm 撮影モード：フルオート 画像Pixel数：8192x5460 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 真値：3.761 m 計測値：3.757 m 被写体距離：2.6 m 照度：3.64～4.64 kLux 風速：0.0～3.1 m/s
			性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	未検証	-
					実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ

		位置精度	標準試験値	標準試験方法（2019） 実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 絶対誤差：(Δx, Δy) = (0.002m, 0.003m) 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 絶対誤差：(Δx, Δy) = (0.000m, 0.001m)	真値：(x, y) = (-5.077m、-2.340m) 計測値：(x, y) = (-5.079m、-2.337m) 被写体距離：3.5m 照度：10.3～76.0 kLux 風速：0.1～4.5m/s 気温：11.3℃ 焦点距離：50mm 撮影モード：フルオート 画像Pixel数：8192x5460 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 真値：(x, y) = (-3.376, -1.651) m 計測値：(x, y) = (-3.376, -1.650) m 被写体距離：2.6 m 照度：3.64～4.64 kLux 風速：0.0～3.1 m/s
	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　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ フルカラーチャート識別可能 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ フルカラーチャート識別可能	実施年　2022年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　50mmレンズ 被写体距離=3.5m 照度=13.5～74.3 kLux 実施年　2024年 ・カメラ名称：ZENMUSE P1　24mmレンズ 被写体距離：2.6 m 照度：3.64～9.83 kLux 風速：0.0～5.0 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		変状の検出は、以下に示す手順で行う。 ①SfM・MVS技術により3次元モデルを構築する。(自動) ②構築した3次元モデルを基準にして画像を正射変換（オルソ化）し、画像中央部の精度の良い領域をつなぎ合わせたオルソモザイク画像を作成する。(自動) ③オルソモザイク画像を市販AIひびわれ推定サービスにインプットし、ひびわれの推定および幅計測を行う。(自動) なお、「機械等によるひびわれ図の生成に関する参考資料（案）　令和4年3月」に基づき、ひびわれの推定結果および幅計測結果への加工は原則行わないが、要望があれば、人の画像目視により照査を行う。 ④ひびわれの推定結果および幅計測結果をDXF形式で出力する。(手動) ⑤CADソフトでひびわれの起終点を指定し、その直線長さをひびわれの長さとする。(手動) ⑥ひびわれ以外の変状については、人の画像目視により検出および計測を行う。（手動）	
ソフトウェア情報	ソフトウエア名	-	
	検出可能な変状	-	
	損傷検出の原理・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・ソフトウエア名		-	

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	橋脚道路幅員による直接的な適用の制限はない。	道路幅員が広い場合は、被写体照度の低下、特に橋脚（柱）上端部の被写体照度低下に注意が必要。
	桁下条件	・桁下高≧3.0mであることが望ましい。 ・桁下は陸上でも水上でも適用可能。 ・飛行空間に飛行に支障を与える草木の繁茂などがない。 ・橋脚周辺5mの範囲の飛行空間確保が必要。 ・飛行撮影に必要な明るさがあること（目安1,000lux以上）	水上での適用に際しては、操縦者の立ち位置の自由度が低いため、操縦者と機体の見とおしの確保に注意が必要。
	周辺条件	以下に示す場合は、不測の事態を考慮して、当該場所の付近への影響を予め現地で確認・評価し、補助者の増員等を検討して適用の可否を判断する。 ・第三者の往来が多い場所や学校、病院等の不特定多数の人が集まる場所が周辺にある場合。 ・高速道路、交通量が多い一般道、鉄道が周辺にある場合 ・高圧線、変電所、電波塔及び無線施設等の施設が周辺にある場合。 ・30m以内に人又は物件がある場合。	-
	安全面への配慮	・無人航空機の関連法案を遵守する。 ・第三者の上空では飛行させない。	-
	無線等使用における混線等対策	・送信機に表示される送信機と機体の通信状況を常時監視し、通信状況が不安定な場合は飛行を中断する。	-
	道路規制条件	以下に示す条件下では、当該場所付近への影響を予め現地で確認および評価を行い、交通規制の有無を検討する。 ・人又は物件から30m以上の距離を確保できる離着陸場所を確保できない場合 ・第三者の立入管理措置が困難な場合	-
	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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・ドローンの操縦時間が10時間以上の飛行実績が望ましい。 ・システムを運用する際は関連法令を遵守すること。	・システム運用の場合は初回導入講習の受講が必要。
	必要構成人員数	基本構成人員数 ・操縦者1名 ・補助者兼精度管理者1名	・現場条件を踏まえて、適切な人数の補助者を配置する。
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローンの操縦時間が10時間以上の飛行実績が望ましい。 ・システムを運用する際は関連法令を遵守すること。	・システム運用の場合は初回導入講習の受講が必要。
	作業ヤード・操作場所	・機体の離着陸地点は3m×3mの平坦な場所が望ましい。 ・操縦者は機体の挙動が把握できる位置で安全かつ安定して立てることが望ましい。	・補助者を配置する場合は、補助者が飛行経路全体を見渡せる場所に安定して立てること。
	点検費用	＜橋梁条件＞ ・点検対象部位・部材 上部構造（主桁）※.コンクリート製の箱桁および中空床版 下部構造（橋脚・橋台）※RC製の橋脚およびこれに準じる部材 ・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／定着部の異常／変色・劣化／漏水・滞水／異常なたわみ／変形・欠損 ＜費用＞ ・作業内容 飛行撮影、画像解析 ・成果物 ①ひびわれ図（※1）作成までの場合 　ひびわれ図、精度管理結果報告書 ②損傷図画（※2）作成までの場合 　損傷図画、損傷写真、精度管理結果報告書 ・作業効率 作業時間7時間で1日1500㎡程度（※3） ・費用 費用には交通費・宿泊費・その他経費を含む ①ひびわれ図作成までの場合 　1500㎡の場合：300,000円～（㎡単価：200円～） ②損傷図画作成までの場合 　1500㎡の場合：450,000円～（㎡単価：300円～）	（※1）：ひびわれ図とは、AI検出システムを用いて近接目視と同等の0.05mm以上のひびわれを抽出したCAD図。 （※2）：損傷図画とは、近接目視点検の野帳に相当するCAD図。 （※3）：作業効率は現場状況により増減有り。
	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	・有（自動飛行撮影アプリによる非GNSS環境下での自動飛行撮影）	-
	利用形態：リース等の入手性	・橋梁点検システムのアプリケーション購入 ・橋梁点検業務委託	下記からお問い合わせください。 お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP　:https://drone-infrastructure.com/ mail :infra@droneagent.jp
	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。	下記からお問い合わせください。 お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP　:https://drone-infrastructure.com/ mail :infra@droneagent.jp
	センシングデバイスの点検	・サポート体制あり。	下記からお問い合わせください。 お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP　:https://drone-infrastructure.com/ mail :infra@droneagent.jp
	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。	「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」に則っていることを確認済。

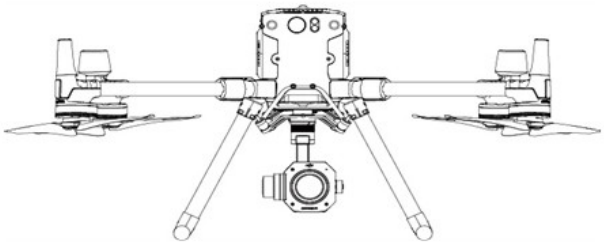
7. 図面

装置画像（前面）

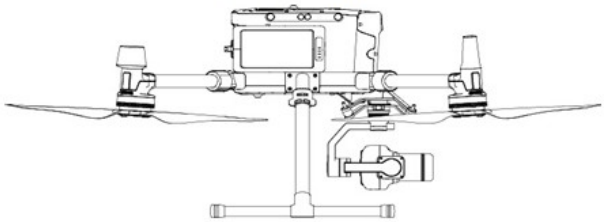
装置画像（側面）

装置画像（上面）

装置図面（前面）



装置図面（側面）



装置画像（上面）

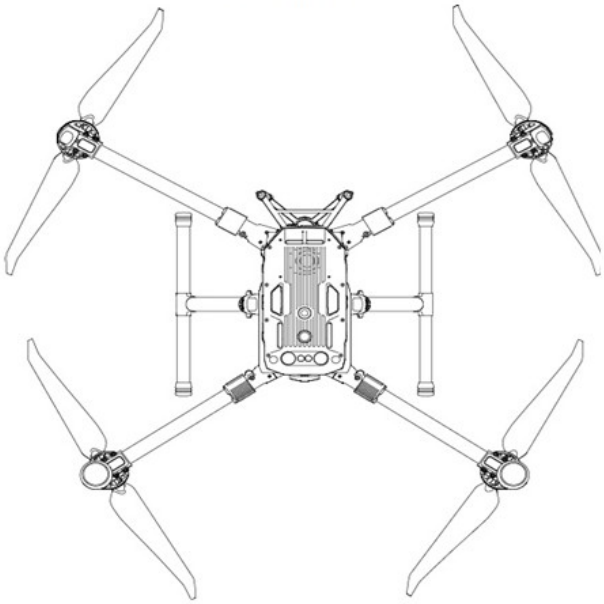


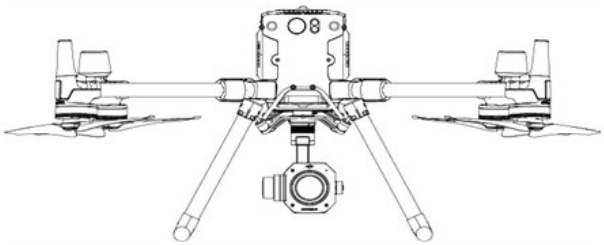
図-7.1　MATRICE 300 RTK

装置画像（前面）

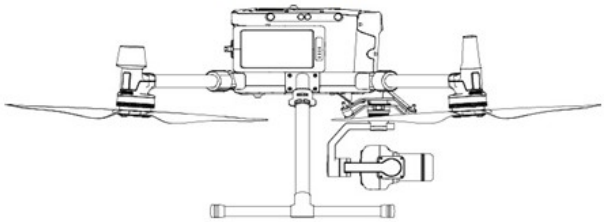
装置画像（側面）

装置画像（上面）

装置図面（前面）



装置図面（側面）



装置画像（上面）

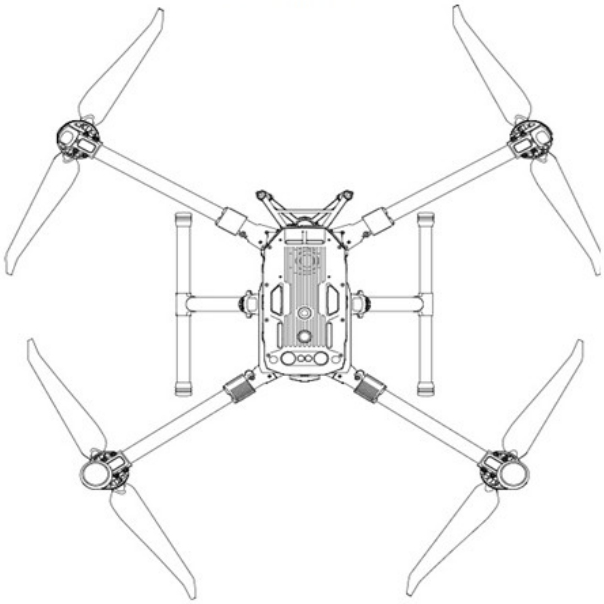


図-7.2　MATRICE 350 RTK

図-7.3　飛行撮影現場