

UAV の自律飛行による
砂防関係施設の自動巡視・点検
に関する手引き

令和5年5月

国土交通省 近畿地方整備局
大規模土砂災害対策技術センター

改訂履歴

手引き名称	年月	備考
UAV の自律飛行による 砂防関係施設の 自動巡視・点検に関する手引き	令和3年7月	初版発行
UAV の自律飛行による 砂防関係施設の 自動巡視・点検に関する手引き	令和5年5月	<p>一部改訂 ※実証実験により得られた知見、法令の改正内容を反映 主な改訂項目 (本編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1.2 適用範囲 ・ 1.3 UAV 自律点検の効果事例 ・ 2.1.1 関連法令の種類 ・ 2.1.2 飛行の禁止空域 ・ 2.1.3 飛行の方法 ・ 2.1.4 管理者との調整 ・ 2.1.5 飛行カテゴリーの決定 ・ 2.1.6 航空法に対する許可・承認の申請手続き等 ・ 2.1.7 飛行計画の通報(旧ドローン情報基盤システム (飛行情報共有機能)) ・ 2.1.8 飛行日誌 ・ 2.3.1 機体・操縦アプリケーションの種類 ・ 2.3.3 プロポとの通信強度(機体制御・画像転送) ・ 2.3.5 機体の登録 ・ 2.4 気象条件による制約 ・ 2.5.1 第三者上空の飛行の禁止等 ・ 2.5.2 無人航空機を使用する際の情報流出防止策 ・ 3.1 UAV の比較 ・ 4.1 基本方針 ・ 5.4 標定点無しによる3次元点群データの精度向上 ・ 5.6 遠隔操作による目視外補助者なし飛行による点検 ・ 6.3 保険への加入 ・ 6.5 事故・災害発生時の対応 ・ 6.6 第三者が立ち入った場合の措置 (参考資料) ・ UAV の自律飛行による点検個票 ・ 航空法の許可・承認の申請事例1(回転翼150m以上) ・ 航空法の許可・承認の申請事例2(目視外補助者なし飛行) ・ 航空法の許可・承認の申請事例3(回転翼150m以上) ・ 航空法の許可・承認の申請事例4(目視外補助者あり飛行・人物から30m未満の飛行) ・ 無人航空機に係る事故/重大インシデントの報告書 ・ 無人航空機(UAV)一覧表 ・ 目視外飛行で補助者を配置しない場合の申請書記載例 (令和4年12月4日まで) ・ 目視外飛行で補助者を配置しない場合の申請書記載例 (令和4年12月5日以降)

目 次

1. はじめに	1-1
1.1 目的	1-1
1.2 適用範囲	1-3
1.3 UAV 自律点検の効果事例	1-6
2. 無人航空機 (UAV) の制約条件	2-1
2.1 無人航空機を取り巻く関連法令による制約	2-1
2.1.1 関連法令の種類	2-1
2.1.2 飛行の禁止空域	2-5
2.1.3 飛行の方法	2-9
2.1.4 管理者との調整	2-12
2.1.5 飛行カテゴリーの決定	2-14
2.1.6 航空法に対する許可・承認の申請手続き等	2-16
2.1.7 飛行計画の通報 (旧ドローン情報基盤システム (飛行情報共有機能))	2-20
2.1.8 飛行日誌	2-22
2.2 その他の制約 (国有林、猛禽類等)	2-24
2.2.1 国有林野内での調査について	2-24
2.2.2 希少猛禽類の生息に配慮した留意点	2-26
2.3 機体の制約	2-27
2.3.1 機体・操縦アプリケーションの種類	2-27
2.3.2 GNSS の受信状況	2-29
2.3.3 プロポとの通信強度 (機体制御・画像転送)	2-30
2.3.4 バッテリー (飛行時間) による制約	2-33
2.3.5 機体の登録	2-34
2.4 気象条件による制約	2-35
2.5 その他	2-36
2.5.1 第三者上空の飛行の禁止等	2-36
2.5.2 無人航空機を使用する際の情報流出防止策	2-36
3. 機体の選定	3-1
3.1 UAV の比較	3-1
3.2 UAV の標準仕様 (案) について	3-3
3.3 UAV 点検の機材	3-4

4. UAV の自律飛行による点検方法	4-1
4.1 基本方針	4-2
4.2 点検計画	4-5
4.3 健全度の評価	4-6
4.4 点検の事例	4-7
4.5 点検個票（案）の作成	4-15
5. 点検高度化に向けての試行	5-1
5.1 3次元モデルの活用	5-2
5.1.1 試行概要	5-2
5.2 AI 技術の活用	5-4
5.2.1 試行概要	5-4
5.3 Visual SLAM 技術の活用	5-5
5.3.1 試行概要	5-5
5.4 標定点無しによる3次元点群データの精度向上	5-6
5.4.1 試行概要	5-6
5.5 2機体同時飛行による目視外補助者なし飛行による点検	5-10
5.5.1 試行概要	5-10
5.6 遠隔操作による目視外補助者なし飛行による点検	5-11
5.6.1 試行概要	5-11
6. 安全管理	6-1
6.1 飛行前点検と現場状況に応じたフェールセーフの設定	6-1
6.2 飛行中の監視	6-2
6.3 保険への加入	6-3
6.4 害獣・害虫への対策	6-4
6.5 事故・災害発生時の対応	6-5
6.6 第三者が立ち入った場合の措置	6-9
7. データの整理	7-1
7.1 データ整理方法	7-2
7.2 CIM モデルを活用した砂防関係施設の維持管理への提案	7-4

○参考資料

- ・基準類との関係（概念図）
 - ・UAVの自律飛行による点検個票（赤谷地区）
 - ・UAVの自律飛行による点検個票（長殿地区）
 - ・UAVの自律飛行による点検個票（栗平地区）
 - ・UAVの自律飛行による点検個票（熊野地区）
 - ・航空法の許可・承認の申請事例1（回転翼150m以上）
 - ・航空法の許可・承認の申請事例2（目視外補助者なし飛行）
 - ・航空法の許可・承認の申請事例3（回転翼150m以上）
 - ・航空法の許可・承認の申請事例4（目視外補助者あり飛行・人物から30m未満の飛行）
 - ・入林届の申請様式等（近畿中国森林管理局）
 - ・無人航空機に係る事故／重大インシデントの報告書
 - ・無人航空機（UAV）一覧表
 - ・目視外飛行で補助者を配置しない場合の申請書記載例（令和4年12月4日まで）
 - ・目視外飛行で補助者を配置しない場合の申請書記載例（令和4年12月5日以降）
-

1. はじめに

1.1 目的

本手引きは、河道閉塞対策が進められている4地区（赤谷・栗平・長殿・熊野地区）の実証実験を踏まえ、大規模な崩壊地を有する場所や流域が広く砂防関係施設が上下流で連続する場所、砂防関係施設の規模が比較的大きい場合等において、UAVの自律飛行による自動巡視・点検を行う方法や留意点を示したものであり、砂防関係施設の定期点検等において、UAVを活用することで効率的・効果的な施設点検を促進させることを目的としている。

【解説】

現在、砂防関係施設の点検と健全度評価は、「砂防関係施設点検要領(案)：令和2年3月国土交通省砂防部保全課（以下、“点検要領(案)”という）」に基づいて行われ、「砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)：令和2年3月 水管理・国土保全局砂防部保全課（以下、“長寿命化ガイドライン(案)”という）」により長寿命化計画が策定されている。

点検要領(案)には、UAVを活用することで効率的・効果的な施設点検を促進させる観点から、定期点検等の基本的な方法として、目視による方法に加え、UAVによる方法についても同等に活用していくことが示されている。

UAVの砂防関係施設点検については、北陸地方整備局河川部において「UAVによる砂防関係施設点検要領(案)：令和2年3月」、「砂防施設点検におけるUAV活用の手引き(案)：令和2年3月」が作成され、UAVを活用した施設点検方法や概括的な健全度評価の方法、留意点等が示されている。


紀伊山系砂防事務所管内は、現在、河道閉塞対策（赤谷・栗平・長殿・熊野地区等）等において、砂防関係施設の整備が逐次進められている。これらの地区は、背後地に大規模崩壊地があり、降雨等により土砂移動が頻繁に繰り返されている。このため、砂防関係施設への土砂流出の危険性が高く、砂防堰堤等の規模も比較的大きいことから、UAVを活用するメリットが高いと考えられ、「点検員の安全確保」、「作業の効率化」、「高度利活用」が期待される。

UAVの飛行方法には、「手動飛行」と「自律飛行」の2つの方法がある。本手引きでは、「自律飛行」によるUAVの活用を基本として、4つの地区（赤谷・栗平・長殿・熊野）における実証実験を踏まえて、具体的なUAVの自律飛行による自動巡視・点検の活用方法や留意点をとりまとめたものである。

【砂防関係施設の点検において「自律飛行」が有効な理由】

- 安全な位置から飛行させる必要があります、離れた場所からの点検となるため自律飛行が有効。
- 砂防関係施設の状態の変化を把握するためには、定点撮影や予め設定した飛行ルートでの繰り返し撮影等の自律飛行が有効。

なお、無人航空機（UAV）等の技術は、日進月歩であることから、今後、国産の産業用ドローン、AI技術、Visual SLAM技術等による新技術等を積極的に活用した実証実験を繰り返し、課題の改善を図り、その結果や意見等を反映して、手引きの内容を逐次更新していく必要がある。

 ポイント

自律飛行とは、予め設定した飛行ルートに沿って機体を自動飛行させる方法である。また、UAVの自動飛行には、GNSS※による機体の位置制御が必要になるため、離着陸地点で十分なGNSS数（8機以上）を捕捉できれば、離着陸も含めた全自動航行も可能な場合がある。なお、GNSSの捕捉状況は、UAV操縦用（プロポ）画面より確認可能である。

※GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)：米国のGPS、日本の準天頂衛星（QZSS）、ロシアのGLONASS、欧州連合のGalileo等の衛星測位システムの総称。

出典：国土交通省 国土地理院 HP (https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.html)

1.2 適用範囲

本手引きは、長寿命化ガイドラインに記述された下図「P II-1、図-2.1」のうち、破線で囲まれた「施設の点検」、「施設の健全度の把握」を適用場面とし、自律飛行によるUAV点検（以下、「UAV自律点検」と言う）の方法について記述したものである。

【解説】

長寿命化計画策定フローにおいて、本手引きの適用範囲は、「施設の点検」「施設の健全度の把握」である。しかしながら、「UAVの自律点検」だけでは、点検要領（案）に示されている全ての調査項目を満足できない場合もあることに留意する必要がある。

「UAV自律点検」では、UAVを飛行させる場所や範囲、砂防関係施設の種類、部位、着目点等によって得意・不得意があるため、適用場面については、十分に留意する必要がある。

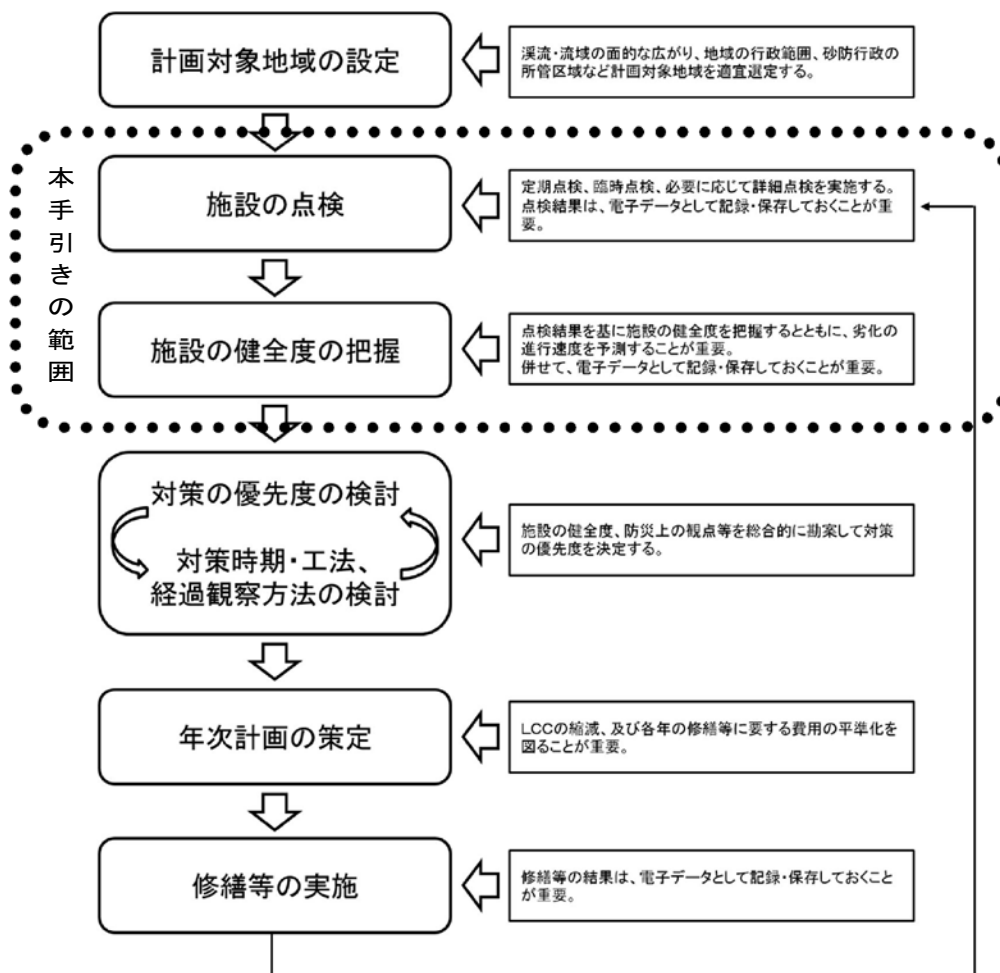


図1.2-1 長寿命化計画策定フローと本手引きで扱う範囲

※長寿命化ガイドラインP II-1、図-2.1 に加筆

点検要領（案）に示されている砂防設備及び設備周辺状況等の主な点検項目について、手引きでは、砂防施設の点検部位のうち、特に砂防施設の機能・性能に影響を与える損傷に対して、UAV自律点検の適用性を整理した。

ここで、「定点」とは、「UAVの自律点検で撮影した写真」であり、「モデル」とは「UAVの自律点検において撮影したデータを用いて作成した3次元モデル」のことである。

なお、本手引きと参考とした基準類との関係（概念図）は、巻末参考資料を参照されたい。

【参考：基準類】

- 砂防関係施設点検要領（案）令和2年3月 国土交通省砂防部保全課
- 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）令和2年3月 水管理・国土保全局砂防部保全課
- UAVによる砂防関係施設点検要領（案）令和2年3月 北陸地方整備局河川部
- 砂防施設点検におけるUAV活用の手引き（案）令和2年3月 北陸地方整備局河川部

表 1.2-1 UAV 点検の適用性

種別	部位	材料	点検項目	UAV 自律点検		地区
				定点	モデル	
砂防 堰堤	本体	コンクリート	摩耗	×	○	栗平
			ひび割れ	—	—	—
			洗堀	—	—	—
			漏水	—	—	—
		鋼製	変位変形（不透過）	○	○	熊野
			腐食（不透過）	—	—	—
		石積	欠損（水通し）	—	—	—
	欠損（本体）		—	—	—	
	袖部	コンクリート	ひび割れ	○	×	赤谷
			漏水	—	—	—
		石積	欠損	—	—	—
	水叩き	コンクリート	摩耗	×	○	赤谷
			洗堀	○	○	赤谷
	側壁 護岸	コンクリート	ひび割れ	○	×	赤谷
			洗堀	—	—	—
		石積	欠損	—	—	—
	安全設備		損傷・劣化	○	×	栗平
	溪流保全工		摩耗	×	○	赤谷
		ひび割れ（仮排水路側壁護岸）	×	×	長殿	
		ひび割れ（ブロック積）	—	—	—	
		洗堀	○	○	赤谷	
		側壁護岸背後土砂流出	○	○	熊野	
		土砂堆積	○	○	長殿 熊野	

【定点】：UAV の自律点検で撮影した写真

【モデル】：UAV の自律点検において撮影したデータを用いて作成した 3 次元モデル

- ：変状レベルが評価可能であった事例
 ×：変状レベルが評価できなかった事例
 （今後、より接近した撮影を行い、変状把握が可能かどうかの検討が必要）

1.3 UAV 自律点検の効果事例

砂防関係施設への土砂流出の危険性が高く人力点検に危険が伴うような場合や砂防堰堤等の規模が大きい施設等では、UAV を活用するメリットが高いと考えられ、「点検員の安全確保」、「作業の効率化」、「高度利活用」が期待できる。ここでは、実証実験を踏まえて、リスク回避の事例および高度利活用の事例を以下に示す。

表 1.3-1 リスク回避の事例

(1) 危険箇所の点検 (安全性の向上)	(2) 自律飛行による点検 (点検の効率化)
 <p data-bbox="199 1070 767 1171">砂防関係施設への土砂流出の危険性が高い場合でも、離れた場所からの飛行により安全な点検が可能。</p>	 <p data-bbox="794 1070 1362 1171">予め設定した飛行ルートでの繰り返し撮影は、砂防関係施設の状態変化の把握に有効。</p>
(3) 変状の近接撮影 (点検の遠隔化)	(4) 俯瞰的な撮影 (点検の遠隔化)
 <p data-bbox="199 1742 767 1872">施設に近づくことができず近接目視ができない箇所においても、UAV により近接撮影が可能。また、任意の位置から対象を正面からも撮影することが可能。</p>	 <p data-bbox="794 1742 1362 1872">俯瞰的な撮影ができるため、上流の堆積や斜面の状況等周辺の状態を含めた点検が可能。また、災害時でも安全かつ迅速に被災状況の把握が可能。</p>

表 1.3-2 高度利用の事例

(1) オルソ画像の作成(点検の高度化)



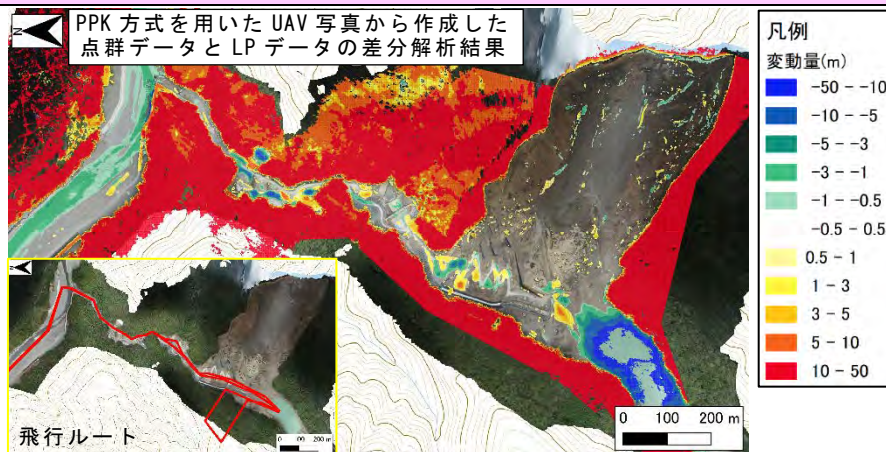
空撮画像の SfM 解析等によりオルソ画像を作成することで、施設周辺の状況把握やベースマップとしての活用、災害時における崩壊等の変動把握が可能。

(2) 3D モデルの作成(点検の高度化)



空撮画像の SfM 解析により 3D モデルを作成することで、3D モデルで定量的な経年変化の把握が可能。

(3) 差分解析



画像解析により作成した 3 次元点群データを用いて差分解析を行うことで、2 時期における土砂移動状況の把握が可能。(LP データと比較する場合は、植生影響に注意する必要がある。) また、PPK 方式(Post Processing Kinematic: 後処理キネマティック)を用いることで、より精度の高い 3 次元点群データが作成可能。

2. 無人航空機（UAV）の制約条件

無人航空機（UAV）の自律飛行による砂防関係施設の自動巡視・点検では、関連する法令や使用する機体等の制約条件を考慮する必要がある。

2.1 無人航空機を取り巻く関連法令による制約

2.1.1 関連法令の種類

無人航空機（UAV）を活用する場合には、関連法令（16種類）による制約を受ける。大規模土砂災害において無人航空機（UAV）を活用する場合には、主に「航空法」、「道路法」、「道路交通法」、「民法」、「森林法」、「電波法」等に留意する必要がある。

【解説】

無人航空機（UAV）を活用する場合に関連する法令（16種類）の種類と主な概要、事前手続き等を以下に示す。

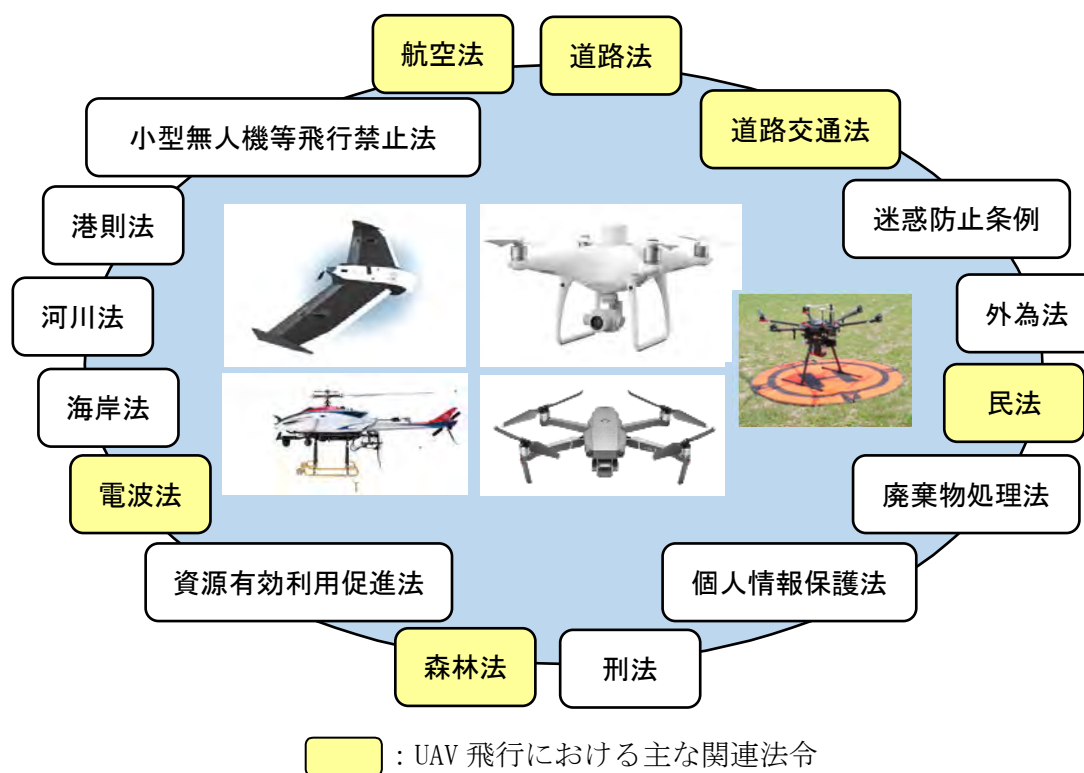


図 2.1.1-1 UAV を取り巻く関連法令

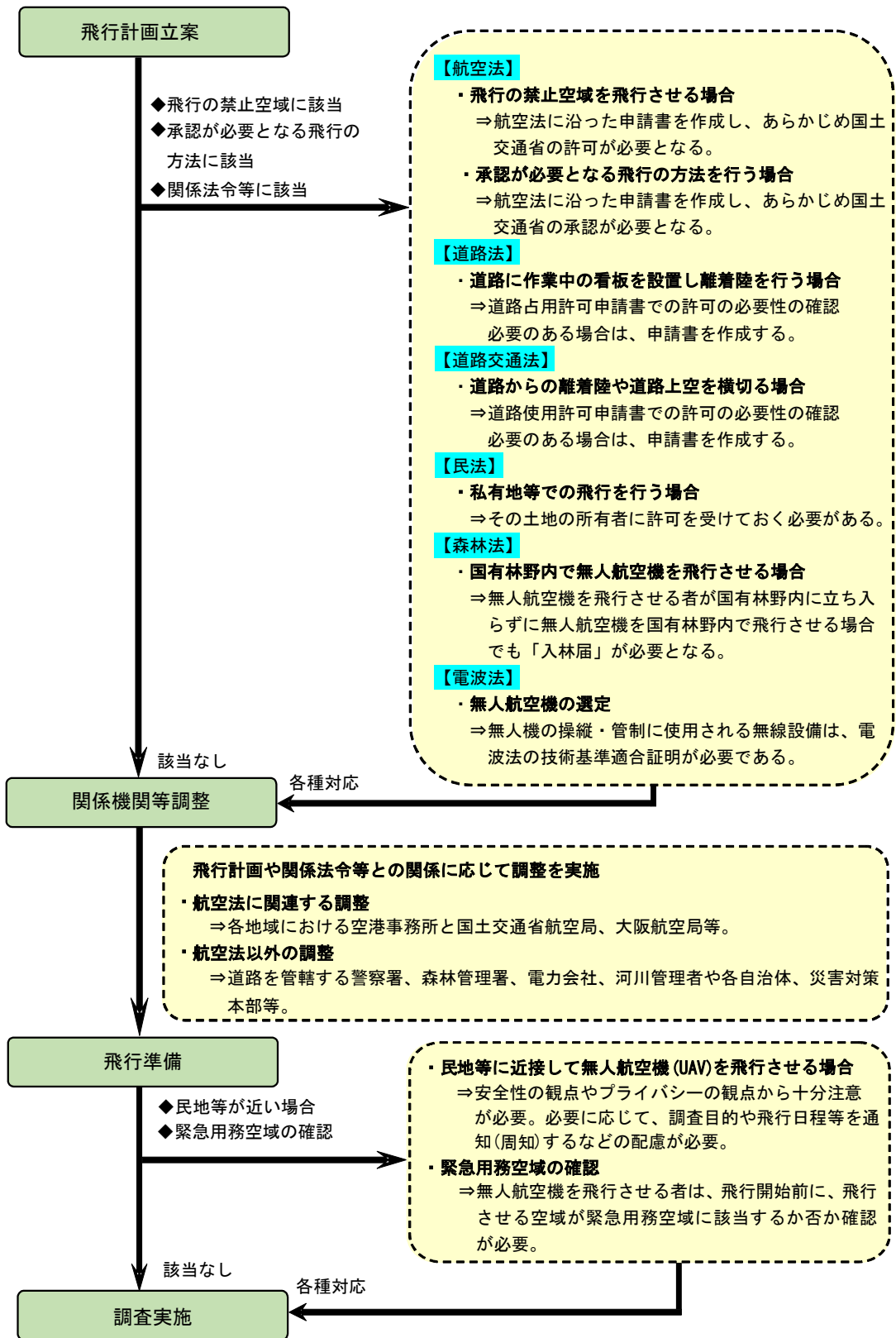


図 2.1.1-2 飛行計画立案から調査実施までの流れと関連法令への対応

表 2.1.1-1(1) 関連法令の概要と必要となる事前手続き等 (1/2)

法律等	概要	事前手続き等	備考
航空法	UAV 飛行に関して飛行禁止空域や飛行方法等が定められており、事前の許可申請手続きが必要となる。 申請内容によっては、1年間の飛行許可・承認を受けることができる。(年間申請)	必要 (10 開庁日前)	主な申請事項 ・飛行日時 ・飛行高度 ・禁止空域 ・飛行方法
刑法	無断で私有地に侵入した場合、他人の物を壊した場合等、UAV 飛行においても刑法の対象となる事象が発生する可能性がある。	事前手続き 必要なし	
道路法	道路に作業中の看板などを設置し離着陸を行う場合、道路法第 32 条の道路の占用許可申請が必要となる。	必要 3 週間程度	離着陸地点 長殿地区： 国道 168 号
道路交通法	道路からの離着陸や道路上空を横切る場合には、道路使用許可申請書で許可を得る必要があるか確認する。 また、不要な場合も住民等からの通報に対応するため、事前に連絡しておくことが望ましい。	必要 (手続きの期間は 管轄する警察署 に確認)	離着陸地点 長殿地区： 国道 168 号
迷惑防止条例	人が通常衣服をつけないでいるような場所を撮影した場合は、各都道府県の迷惑防止条例の罪に該当し、処罰される可能性がある。	事前手続き 必要なし	
民法	私有地等で UAV を飛行させる場合には、その土地の所有者(管理者)に許可を受けておく必要がある。 UAV の墜落等により、他者の物を壊した場合は、損害賠償責任が生じる。	個別交渉	UAV の離着陸地点 が民地の場合に該 当する。
外為法	日本及び世界の安全保障上の観点から個別輸出案件を管理する法律において、規制対象となる UAV に関する仕様が記載されている。	事前手続き 必要なし	
小型無人機等 飛行禁止法	重要施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行が禁止される。 なお、国又は地方公共団体の業務実施のために、防衛関係施設・空港の敷地内又は区域を除いた重要施設周辺地域の上空を飛行させる場合は、対象施設周辺地域を管轄する警察署を経由して都道府県公安委員会に通報書を提出する必要がある。	必要 (手続きの期間は 管轄する警察署 に確認)	山間地域では基本的 に該当しない。
資源有効利用 促進法	UAV で使用されているバッテリーを廃棄する際は、各自治体で定められた処理方法によって処分することが求められる。	事前手続き 必要なし	
個人情報の 保護法	UAV 飛行により撮影した映像等が被撮影者のプライバシーを侵害する可能性がある。	事前手続き 必要なし	
森林法	国有林野内に立ち入る場合には、入林届を森林管理署等に提出する必要がある。また、UAV を飛行させる者が国有林野内に立ち入らない場合でも、UAV を国有林野内で飛行させる場合は「入林届」が必要となる。	必要 (手続きの期間は 管轄する森林管 理署等に確認)	

表 2.1.1-1(2) 関連法令の概要と必要となる事前手続き等 (2/2)

法律等	概要	事前手続き等	備考
電波法	無人機の操縦・管制に使用される無線設備は電波法に従ったものでなければならない。	技適確認	技術基準適合証明を受けた機体を使用する。
	UAVを利用する際には、その操縦や、画像伝送のために、電波を発射する無線設備が広く利用されており、これらの無線設備を日本国内で使用する場合は、電波法令に基づき、無線局の免許を受け尚且つ無線従事者資格を取得する必要があります（微弱な無線局や一部の小電力無線局は除く）。	必要 第三級陸上特殊無線技士以上の資格の取得と無線局の開設	
	サービスエリアが広く、高速・大容量のデータ伝送が可能なLTE対応端末をUAVに搭載し、画像・データ伝送等に利用する。	必要 実用化試験局による手続きまたは、携帯電話事業者のサービスを利用する	(2.3.3 参照)
廃棄物処理法	UAVは産業廃棄物に区分されるため、ドローンを廃棄する場合は、各自治体で定められた処理方法によって処分することが求められる。	事前手続き 必要なし	
海岸法	海岸上空を飛行させる場合、海岸管理者に対して「一時使用届」の提出の有無を確認し、必要に応じて「一時使用届」を提出する。	必要 (手続きの期間は管轄する海岸管理者に確認)	山間地域では基本的に該当しない。
河川法	河川上空を飛行させる場合、河川管理者に対して「一時使用届」の提出の有無を確認し、必要に応じて「一時使用届」を提出する。	必要 (手続きの期間は管轄する河川管理者に確認)	山間地域では基本的に該当しない。
港則法	港上空でのUAV飛行は港則法での作業行為に該当するのが通例であるため、港上空を飛行させる場合は、「許可申請書」を管轄する海上保安庁港長に提出する必要がある。	必要 (手続きの期間は管轄する海上保安庁に確認)	山間地域では基本的に該当しない。

2.1.2 飛行の禁止空域

航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ、国土交通大臣（申請先は飛行エリアを管轄する地方航空局・空港事務所）の許可を受ける必要がある。また、各空港等の周辺に設定されている進入表面等の位置や、人口集中地区の範囲を記載した地図については、国土地理院の地理院地図より確認することができる。なお、無人航空機の飛行ルールについては、常に最新の情報に留意する必要がある。

【解説】

航空法では、飛行の禁止空域（航空法第百三十二条の八十五）を以下のように定めている。

（飛行の禁止空域）

第百三十二条の八十五 何人も、次に掲げる空域においては、技能証明を受けた者が機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合（立入管理措置（無人航空機の飛行経路下において無人航空機を飛行させる者及びこれを補助する者以外の者の立入りを管理する措置であつて国土交通省令で定めるものをいう。以下同じ。）を講ずることなく無人航空機を飛行させるときは、一等無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合に限る。）でなければ、無人航空機を飛行させてはならない。

一 無人航空機の飛行により航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれがあるものとして国土交通省令で定める空域

二 前号に掲げる空域以外の空域であつて、国土交通省令で定める人又は家屋の密集している地域の上空

2 何人も、前項第一号の空域又は同項第二号の空域（立入管理措置を講ずることなく無人航空機を飛行させる場合又は立入管理措置を講じた上で国土交通省令で定める総重量を超える無人航空機を飛行させる場合に限る。）においては、同項に規定する場合に該当し、かつ、国土交通大臣がその運航の管理が適切に行われるものと認めて許可した場合でなければ、無人航空機を飛行させてはならない。

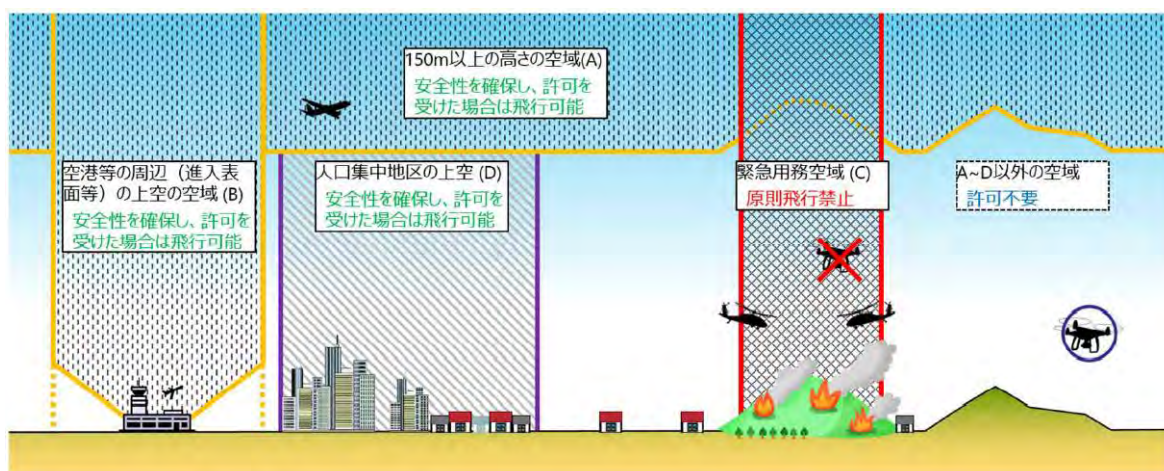
3 第一項に規定する場合において、立入管理措置を講じた上で同項第二号の空域において無人航空機（国土交通省令で定める総重量を超えるものを除く。）を飛行させる者は、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を確保するために必要なものとして国土交通省令で定める措置を講じなければならない。

4 前三項の規定は、次の各号のいずれかに該当する場合には、適用しない。

一 係留することにより無人航空機の飛行の範囲を制限した上で行う飛行その他の航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を確保することができるものとして国土交通省令で定める方法による飛行を行う場合

二 前号に掲げるもののほか、国土交通大臣がその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないと認めて許可した場合

出典：「航空法 第百三十二条の八十五、令和4年12月5日施行」



出典：国土交通省HP「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」（令和4年6月20日）より抜粋（令和5年1月6日時点）

図 2.1.2-1 航空法により飛行の許可を受ける必要がある空域

図 2.1.2-1 の (A) ～ (D) の空域のように、有人の航空機に衝突するおそれや、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させることは、原則として禁止されている。これらの空域で無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。（※屋内で飛行させる場合は不要）。なお、自身の私有地であっても、上記 (A) ～ (D) の空域に該当する場合には、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。

(A) 地表又は水面から 150m 以上の高さの空域

下記 (B) 及び (C) の空域以外の空域並びに地上又は水上の物件から 30m 以内の空域を除く

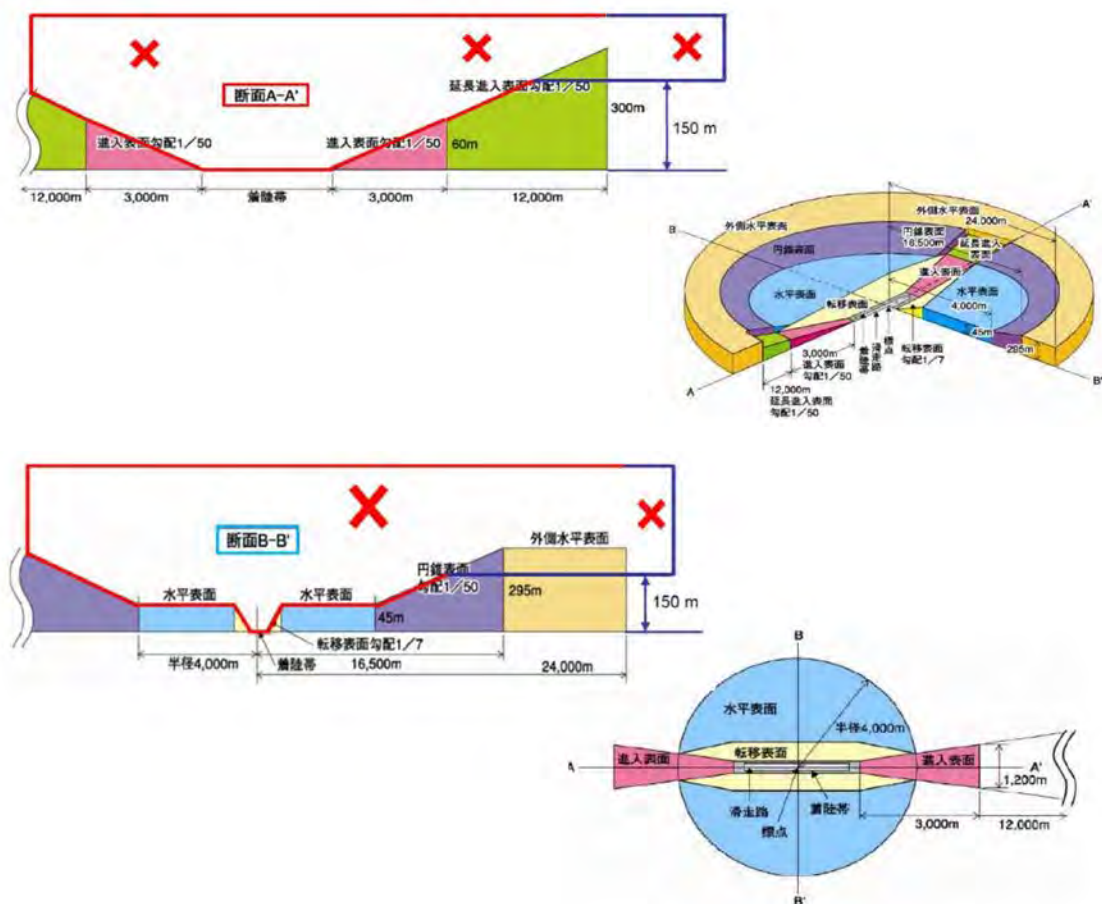
(B) 空港周辺の空域

- ①新千歳空港、成田国際空港、東京国際空港、中部国際空港、大阪国際空港、関西国際空港、福岡空港、那覇空港

空港の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域、進入表面若しくは転移表面の下の空域又は空港の敷地の上空の空域

- ②その他空港やヘリポート等

その他空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域



出典：国土交通省HP「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」

(令和4年6月20日)より抜粋(令和5年1月6日時点)

図 2.1.2-2 無人航空機の飛行が禁止される空港等周辺の空域

(C) 緊急用務空域

国土交通省、防衛省、警察庁、都道府県警察又は地方公共団体の消防機関その他の関係機関の使用する航空機のうち捜索、救助その他の緊急用務を行う航空機の飛行の安全を確保する必要があるものとして国土交通大臣が指定する空域（以下「緊急用務空域」という。）

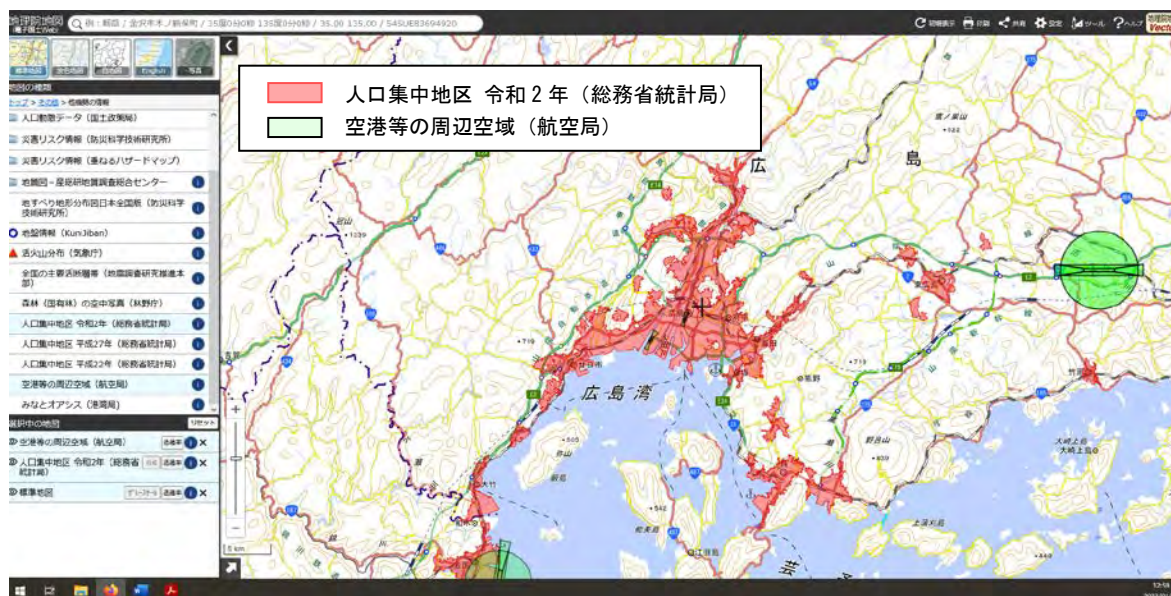
※山火事等により緊急用務空域が指定された場合には、インターネットや航空局無人航空機 Twitter で確認できます。

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

https://twitter.com/mlit_mujinki

(D) 人口集中地区 (DID) の上空

令和2年の国勢調査の結果による人口集中地区の上空



出典：「地理院地図」

図 2.1.2-3 飛行禁止空域の例 (空港等の周辺空域、DID 上空)

無人航空機の飛行ルールについては、常に最新の情報 (国土交通省) に留意する必要がある。

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

2.1.3 飛行の方法

無人航空機（UAV）を飛行させる場合は、飛行の方法（航空法第百三十二条の八十六）に留意する必要がある。無人航空機（UAV）の飛行は、基本的には、日の出から日没までの間において、機体及び周囲の状況を目視により常時監視して、人や物件から安全な距離を保つこととしており、以下の飛行をさせる場合には、国土交通大臣の承認を受ける必要がある。

特に、大規模土砂災害の調査（緊急調査等）や砂防関係施設の点検で使用する場合には、目視外飛行、人または物件との離隔について注意が必要である。

【解説】

航空法では、飛行の方法（航空法第百三十二条の八十六）を以下のように定めている。大規模土砂災害の調査では、山間部等（溪流、山腹斜面等）において現地の立ち入りが危険な場合もあることから、目視外飛行を行う場面が多くなると想定される。

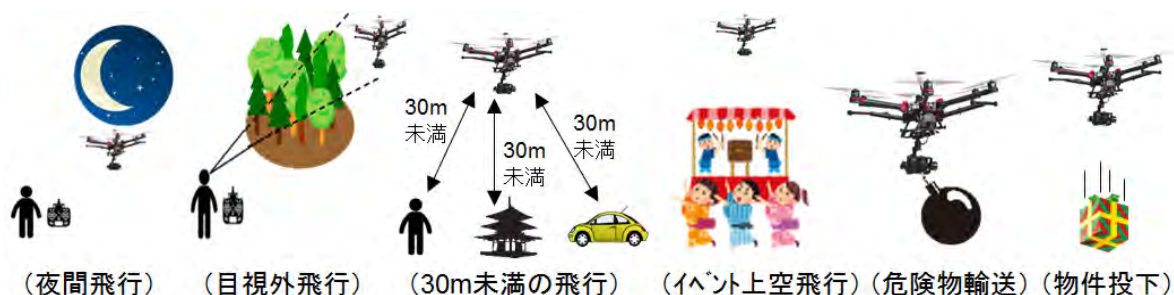
目視外飛行は、航空法では「承認」が必要となる飛行方法であり、必要な諸手続き（「2.1.6 航空法に対する許可・承認の申請手続き等」参照）を行う必要がある。また、災害時の被害状況調査において、「捜査・救助のために行う無人航空機の飛行」に該当する場合は、飛行ルールの特例があることに留意されたい。

なお、航空法第百三十二条の八十六 第二項の各号によらない飛行は、令和4年12月5日施行の改正航空法で特定飛行と定義された。

<遵守事項となる飛行の方法>



<承認が必要となる飛行の方法>



出典：国土交通省HP「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」（令和4年6月20日）より抜粋（令和5年1月6日時点）

図 2.1.3-1 遵守事項となる飛行の方法及び承認が必要となる飛行の方法（全10項目）

👉 ポイント

「目視による常時監視」とは、飛行させる者が自分の目で見えることを指し、双眼鏡による監視や補助者による監視は含まない。なお、眼鏡やコンタクトによるものは「目視」に含まれるが、これらを常用している場合は、無人航空機を飛行させる際にも必要に応じて使用すること。

(飛行の方法)

第一百三十二条の八十六 無人航空機を飛行させる者は、次に掲げる方法によりこれを飛行させなければならない

- 一 アルコール又は薬物の影響により当該無人航空機の正常な飛行ができないおそれがある間において飛行させないこと
- 二 国土交通省令で定めるところにより、当該無人航空機が飛行に支障がないことその他飛行に必要な準備が整っていることを確認した後において飛行させること
- 三 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するため、無人航空機をその周囲の状況に応じ地上に降下させることその他の国土交通省令で定める方法により飛行させること
- 四 飛行上の必要がないのに高調音を発し、又は急降下し、その他他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと

2 無人航空機を飛行させる者は、技能証明を受けた者が機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合（立入管理措置を講ずることなく無人航空機を飛行させるときは、一等無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合に限る。）を除き、次に掲げる方法により、これを飛行させなければならない。

- 一 日出から日没までの間において飛行させること
- 二 当該無人航空機及びその周囲の状況を目視により常時監視して飛行させること
- 三 当該無人航空機と地上又は水上の人又は物件との間に国土交通省令で定める距離を保って飛行させること
- 四 祭礼、縁日、展示会その他の多数の者の集合する催しが行われている場所の上空以外の空域において飛行させること
- 五 当該無人航空機により爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件で国土交通省令で定めるものを輸送しないこと
- 六 地上又は水上の人又は物件に危害を与え、又は損傷を及ぼすおそれがないものとして国土交通省令で定める場合を除き、当該無人航空機から物件を投下しないこと

3 前項に規定する場合において、同項各号に掲げる方法のいずれか（立入管理措置を講じた上で無人航空機（国土交通省令で定める総重量を超えるものを除く。）を飛行させる場合にあつては、同項第四号から第六号までに掲げる方法のいずれか）によらずに無人航空機を飛行させる者は、国土交通省令で定めるところにより、あらかじめ、その運航の管理が適切に行われることについて国土交通大臣の承認を受けて、その承認を受けたところに従い、これを飛行させなければならない。

4 第二項に規定する場合において、立入管理措置を講じた上で同項第一号から第三号までに掲げる方法のいずれかによらずに無人航空機（国土交通省令で定める総重量を超えるものを除く。）を飛行させる者は、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を確保するために必要なものとして国土交通省令で定める措置を講じなければならない。

- 5 前三項の規定は、次の各号のいずれかに該当する場合には、適用しない。
- 一 係留することにより無人航空機の飛行の範囲を制限した上で行う飛行その他の航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を確保することができるものとして国土交通省令で定める方法による飛行を行う場合
 - 二 前号に掲げるもののほか、国土交通省令で定めるところにより、あらかじめ、第二項各号に掲げる方法のいずれかによらずに無人航空機を飛行させることが航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を損なうおそれがないことについて国土交通大臣の承認を受けて、その承認を受けたところに従い、これを飛行させる場合

出典：「航空法第三百三十二条の八十六、令和4年12月5日施行」

2.1.4 管理者との調整

【管理者との調整に関する事例】

平成23年紀伊半島水害により河道閉塞が発生した地区の中から、無人航空機（UAV）を用いて4地区（赤谷地区、長殿地区、栗平地区、熊野地区）を対象として行った現地実証では、下記の航空法に関連する管理者と連絡調整した。

表 2.1.4-1 航空法に関連する管理者一覧と調整の内容（事例）

管理者	調整内容
【飛行場所】：奈良県 ◆関西空港事務所 連絡先：072-455-1330	各飛行場所で、 <u>高度150m以上の飛行（航空法第132条の85第1項第1号）を行う場合は、以下の手続きが必要である。</u> ①進入管制区等を管轄している関係機関との調整が必要なため、該当関係機関を確認する。 ②確認した関係機関との調整結果を、所定の申請書に記載し提出する必要がある。また、飛行前日までに「【ドローン】飛行前日までの連絡」と題したメールで、許可番号・飛行予定日時・飛行場所・飛行高度・機体の数・最大離陸重量・連絡先を連絡する。
その他の連絡先は、国土交通省HP（国土交通省、地方航空局及び空港事務所の連絡先等一覧）を参照 http://www.mlit.go.jp/common/001110211.pdf （令和5年2月現在）	
長殿地区：進入管制区 ◆関西空港事務所 連絡先：072-455-1330	高度150m以上を飛行（航空法第132条の85第1項第1号）する場合、上記管理者に各飛行場所の空域を管轄している関係機関を確認し、その関係機関の管理者と他の航空機との調整を行う。 調整結果に対する取扱いは、上記②を参照。
栗平地区：東京管制部管轄空域 ◆東京航空交通管制部 連絡先：042-992-1181	
◆大阪航空局 （飛行を行う場所が富山県、岐阜県、愛知県以西の場合） 連絡先：06-6937-2779	許可・承認申請が必要な案件の中でも、目視外飛行で補助者なしのように難易度の高いものについては、事前の調整で安全を担保し、本申請により承認を得る。 高度150m以上の飛行（航空法第132条の85第1項第1号）以外の航空法に係る申請（DIDの上空等）は、オンライン申請・郵送・手渡しとし、申請内容に不備があれば補正指示が出るので補正申請し許可・承認を得る。 ※許可等の期間は原則として3ヶ月以内だが、継続的に無人航空機を飛行させることが明らかな場合には1年を限度として許可・承認を得ることが出来る。

また、各飛行場所（事例含む）の航空法上の制約と管理者の関係を整理したものを以下に示す。

表 2.1.4-2 各飛行場所の航空法上の制約と管理者一覧（事例）

飛行場所	住所	航空法上の制約 (航空法第132条の85第1項第1号は特例時でも調整必要)	管理者	
			各飛行場所を管轄している空港事務所等	進入管制区等を管轄する関係機関(他の航空機との調整)
赤谷地区	奈良県五條市大塔町清水	高度150m以上の飛行等	関西空港事務所	関西空港事務所
長殿地区	奈良県十津川村大字長殿	高度150m以上の飛行等	関西空港事務所	関西空港事務所
栗平地区	奈良県十津川村大字内原	高度150m以上の飛行等	関西空港事務所	東京航空交通管制部
熊野地区	和歌山県田辺市熊野	高度150m以上の飛行等	関西空港事務所	東京航空交通管制部
無人地帯	—	目視外飛行 補助者なし	大阪航空局	無し
場所を問わず	—	高度150m以上の飛行等(航空法第132条の85第1項第1号)以外の航空法	大阪航空局	無し

その他（航空法以外）で管理者と調整が必要な内容を整理したものを以下に示す。

表 2.1.4-3 その他管理者一覧と調整の内容（事例）

管理者	調整内容
◆道路を管轄する警察署 <長殿地区の事例:参考> 五條警察署十津川警察庁舎 連絡先: 0746-63-0110	道路からの離着陸や道路上空を横切る場合に、道路使用許可申請書で許可を得る必要があるか確認する。 また、不要な場合も住民等からの通報に対応するため、事前に連絡しておくことが望ましい。 連絡内容例: 実施者、住所、担当者、連絡先、期間、時間
◆奈良森林管理事務所 連絡先: 050-3160-6150	国有林野内で無人航空機を飛行させる場合、立ち入らずに国有林野内で飛行させる場合には、入林届を入林予定の国有林を管轄している森林管理署等に持込み、郵送、インターネット(E-mail)の何れかで提出する。
◆和歌山森林管理署 連絡先: 050-3160-6120	
その他の提出先は、近畿中国森林管理局H.P(入林届提出先一覧)を参照 https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/apply/license/attach/pdf/n-drone-3.pdf	
関西電力送配電株式会社 (停電や電柱、電線等の電気設備に関する問い合わせ) 連絡先: 0800-777-3081	架空線等の施設がある場合には、事前に離隔距離等を確認しておく。また、航空法上30m未満には近づかない。
河川管理者や各自治体	離着陸場所や飛行場所が官地であれば、その管理者に通知、届け出等の確認を行う。 また、必要に応じて飛行の情報等を自治会等を通じて地域住民に周知し、トラブルが起きないように配慮する。

2.1.5 飛行カテゴリーの決定

無人航空機の飛行形態については、リスクに応じた下記3つのカテゴリー（リスクの高いものからカテゴリーⅢ、Ⅱ、Ⅰ）に分類され、該当するカテゴリーに応じて手続きの要否が異なる。

【解説】

飛行形態のカテゴリーの概要は以下に示す。

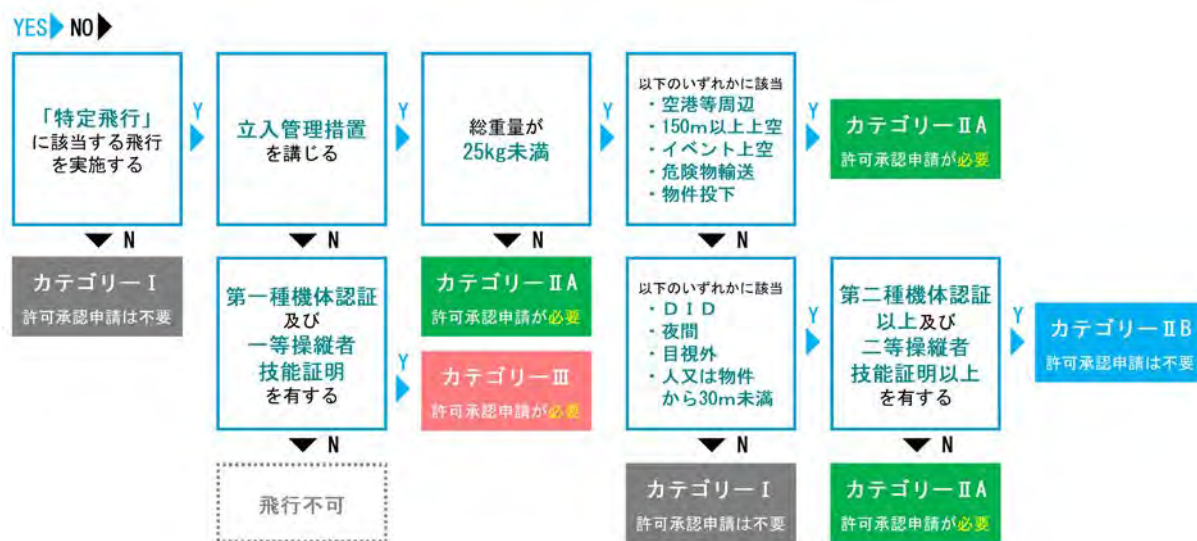
カテゴリーⅢ	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置(※1)を講じないで行う飛行。(=第三者の上空で特定飛行を行う)
カテゴリーⅡ(※2)	特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。(=第三者の上空を飛行しない)
カテゴリーⅠ	特定飛行に該当しない飛行。 航空法上の飛行許可・承認手続きは不要。

※1 立入管理措置とは、無人航空機の飛行経路下において、第三者（無人航空機を飛行させる者及びこれを補助する者以外の者）の立入りを制限することを指す。

※2 機体認証及び操縦者技能証明の取得により、カテゴリーⅡ飛行のうち一部の飛行許可・承認手続きが不要になる場合があります。

詳細は下記「飛行カテゴリー決定のフロー図」を参照。

(1) 飛行カテゴリー決定のフロー



(2) カテゴリーⅠ飛行

特定飛行に該当しないため、飛行許可・承認申請は不要である。

(3) カテゴリーⅡ飛行

特定飛行のうち空港等周辺、150m以上の上空、催し場所上空、危険物輸送及び物件投下に係る飛行並びに最大離陸重量25kg以上の無人航空機の飛行（カテゴリーⅡA飛行）については、立入管理措置を講じた上で、無人航空機操縦士の技能証明や機体認証の有無を問わず、個別に許可・承認を受ける必要がある。

また、特定飛行のうち上記の場合以外（DID上空、夜間、目視外、人又は物件から30mの距離を取らない飛行であって、飛行させる無人航空機の最大離陸重量が25kg未満の場合）については、立入管理措置を講じた上で、無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合、飛行マニュアルの作成等無人航空機の飛行の安全を確保するために必要な措置を講じることにより、許可・承認を不要とすることができる。（カテゴリーⅡB飛行）

この飛行マニュアルは、無人航空機を飛行させる者が安全の確保に必要な事項を盛り込み、その内容や形式は、飛行の実態に即して作成し、これを遵守する必要がある。

これら以外の場合の飛行は、個別に許可・承認を受ける必要がある。（カテゴリーⅡA飛行）

(4) カテゴリーⅢ飛行

レベル4飛行（有人地帯における補助者なし目視外飛行）を含むカテゴリーⅢ飛行は、一等無人航空機操縦士の技能証明を受けた者が第一種機体認証を受けた無人航空機を飛行させる場合であって、飛行の形態に応じたリスク評価結果に基づく飛行マニュアルの作成を含め、運航の管理が適切に行われていることを確認して許可・承認を受けた場合に限る。

2.1.6 航空法に対する許可・承認の申請手続き等

無人航空機（UAV）の飛行に関する航空法の許可・承認の申請手続きは、原則ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）で行われる。

【解説】

ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）の場合のシステムの利用開始から飛行許可または承認を受けるまでの主な流れは、以下の通りである。



出典：「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行許可・承認申請編」より抜粋

図 2.1.6-1 ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）による申請の主な流れ

「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行許可・承認申請編」より、新規申請手続きに必要な情報は、以下の通りである。

・無人航空機情報又は操縦者情報の登録・変更の場合

各種情報	項目	
無人航空機情報の登録・変更	※既に登録済の場合も自作機等は以下が必要 <ul style="list-style-type: none"> 基準適合性に関する情報 機体の設計図又は写真（前横上） 操縦装置名称 操縦者名 設計図又は写真 機体の運用限界に関する情報 取扱い説明書 飛行させる方法に関する情報 	※試験飛行届出済機体の新規登録は以下も必要 <ul style="list-style-type: none"> 試験飛行届出番号 製造者名 型式名又は名称 機体の種類 製造番号等 最大離陸重量
操縦者情報の登録・変更	<ul style="list-style-type: none"> 氏名 フリガナ 電話番号 メールアドレス ※操縦者の新規作成（技能証明なし）を行う場合、HP掲載団体技能認証情報の登録は任意です。	<ul style="list-style-type: none"> 住所 操縦者の基準の適合性に関する情報 これまでの飛行実績

・飛行許可・承認の新規申請の場合

各種情報	項目
申請者の情報	<ul style="list-style-type: none"> 緊急連絡先（氏名／電話番号）
その他	<ul style="list-style-type: none"> ドローン情報基盤システムのアカウント（例:ABC123456 英字3文字+数字6文字） 飛行及び機体情報 使用するマニュアル情報 操縦者情報 保険等の情報

出典：「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行許可・承認申請編」より抜粋

必要な様式、記載方法、申請方法の詳細については、以下に示す国土交通省HPを参照されたい。

また、申請は、飛行予定日の10開庁日前までに、申請書を提出する必要がある。また、包括申請（同一申請者が一定期間内に反復して飛行を行う、複数場所で飛行を行う場合）や代行申請（飛行の委託元が委託先の飛行をまとめて申請する場合）も可能である。

許可等の期間は原則3か月以内であるが、継続的であることが明らかな場合は1年を限度として可能である。

【申請に必要な様式、記載方法、申請方法について】

国土交通省

ホーム>政策・仕事>航空>航空安全>無人航空機の飛行許可承認手続

(https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html)

なお、大規模土砂災害における緊急調査では、「目視外飛行」による調査を行う場合が多いと想定される。目視外飛行を行う場合の許可・承認申請等の申請期間、許可・承認期間、更新手続きの期間は、次の通りである。

表 2.1.6-1 「目視外飛行」に関する許可・承認に関する申請等の期間

項目	許可・承認されるまでの期間	許可・承認の期間	更新手続きの期間
補助者あり	申請書は、当該申請に係る飛行開始予定日の 10 開庁日前までに提出する。	申請内容に変更が無ければ 1 年間可能	期間の満了の日の 40 開庁日前から 10 開庁日前までに行う。
補助者なし	改正航空法施行前 申請書は、申請の前に、航空局との事前協議で内容を確認した後、当該申請に係る飛行開始予定日の 10 開庁日前までに提出する。 (実績：申請書案を提出し、承認されるまでの日数。申請実績の有る機体：40～73 日、申請実績の無い機体：78～79 日) 改正航空法施行後 補助者あり申請と同様の対応期間となると考えられる。	申請内容に変更が無ければ 1 年間可能	期間の満了の日の 40 開庁日前から 10 開庁日前までに行う。

また、国土交通大臣（国土交通省本省）、各地方航空局長及び各空港事務所長による許可・承認を受けた者は、国土交通省 HP の報告書の記載例を参照の上、許可・承認書に記載された条件に応じ、飛行実績を作成・管理する必要があったが、令和 4 年 12 月 5 日の改正航空法の施行後、飛行日誌の作成・管理に変更になった。

【目視外補助者なし飛行の承認事例】

「目視外飛行」による調査には、補助者を配置する場合と補助者を配置しない場合（レベル 3 飛行）があり、それには二通りの申請方法がある。補助者を配置した目視外飛行では、書面またはオンライン申請が可能で、国土交通省のホームページに申請書記載例も掲載されているのでそれを参考に申請する。補助者を配置しない目視外飛行では、オンライン申請には未対応で、申請書記載例もないため申請内容によっては承認までに時間を要する可能性がある（令和 4 年 12 月 5 日の改正航空法で原則オンライン対応となった）。

この度は、申請書を作成する際に大阪航空局の担当窓口から示された「目視外飛行・補助なし」に関する参考資料等を基に、目視外補助者なし飛行の承認を得ることができたので、申請書作成にあたって一つの参考事例として主に大阪航空局からご指摘を受けた内容や承認後の手続きに関する留意点を以下に示す。なお、実際に承認された「無人航空機の飛行に関する許可・承認申請書」と、それをもとに作成した「目視外飛行で補助者を配置しない場合の申請書記載例」について、巻末資料として添付したので以下の留意点と共に参照されたい（令和 4 年 12 月 5 日の改正航空法で、ホームページに記載例も掲載された）。**※以降の事例は改正航空法施行前である。**

- ・事前確認のための申請書（案）の提出から審査完了まではメールで大阪航空局の担当者からの修正依頼等に対応し、審査が完了した段階で書面の申請書原本を郵送する。
- ・メールで送れない容量の時は、「大容量ファイル転送機能」の案内を受けて対応する。
- ・機体は、航空局の担当者から「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の要件を満足するのに、産業用機体か過去に承認実績のある機体が望ましいと助言を受け選定した。
- ・申請書（様式1）「無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制に関する事項」：航空局標準マニュアルは最新版を使用すると共に、航空局ホームページ掲載の団体等が定めている飛行マニュアルやそれ以外の飛行マニュアルについても、航空局標準マニュアルの最新版の内容を反映させる。
- ・申請書（様式1）「その他参考となる事項」：飛行場所の管理者等との調整結果を記載する。
- ・申請書（別添資料1 飛行の経路）：立入管理区画、緊急着陸場所、離着陸場所、看板設置位置も必要に応じて記載する。なお、立入管理区画を設定する場合は、航法精度誤差等、機体のメーカーから情報を得る必要があるのと、別添資料として設置する看板の見本も添付する。
- ・申請書（別添資料2 無人航空機の製造者、名称、重量等）：機体に追加する機器がある時はその取付け状況写真と重量を記載する（最大搭載可能重量やバランス等の確認のため）。
- ・申請書（別添資料4 無人航空機の追加基準への適合性 想定される運用により、十分な飛行実績を有すること。なお、この実績は、機体の初期故障期間を超えたものであること）：初期故障期間は、機体メーカーから情報を得る必要がある。
- ・この度の申請では承認後、大阪航空局から無人航空機に関する飛行情報の提供先として「有人機団体連絡先（メール等）リスト」や「飛行内容通知書」が送られてくるのでそれぞれの期限までに通知した。また、飛行経路に関係する航空機関係者にも飛行予定の周知を行った。
- ・周知先は、国土交通省のホームページの「無人地帯での目視外補助者なし飛行を行う場合（レベル3飛行承認 事業者向け）」を参照。

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000004.html（令和4年2月現在）

2.1.7 飛行計画の通報（旧ドローン情報基盤システム（飛行情報共有機能））

無人航空機の利活用拡大に伴う更なる安全確保のため、航空機・無人航空機や無人航空機同士の飛行情報の共有を行うオンラインサービス（「ドローン情報基盤システム（飛行情報共有機能）」）の運用が開始（令和元年7月26日）された。

令和4年12月5日に改正航空法が施行されたのに伴い、新たな「ドローン情報基盤システム2.0」にその機能が組み込まれ、飛行の禁止空域での飛行や飛行の方法によらない飛行を行う場合は、事前に飛行経路に係る他の無人航空機の飛行予定の情報等の確認と、飛行予定の情報を入力が必要である。

【解説】

航空法では、飛行計画（航空法第百三十二条の八十八）を以下のように定めている。

（飛行計画）

第百三十二条の八十八 無人航空機を飛行させる者は、特定飛行を行う場合には、あらかじめ、当該特定飛行の日時、経路その他国土交通省令で定める事項を記載した飛行計画を国土交通大臣に通報しなければならない。ただし、あらかじめ飛行計画を通報することが困難な場合として国土交通省令で定める場合には、特定飛行を開始した後でも、国土交通大臣に飛行計画を通報することができる。

2 国土交通大臣は、前項の規定により通報された飛行計画に従い無人航空機を飛行させることが航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を損なうおそれがあると認める場合には、無人航空機を飛行させる者に対して、特定飛行の日時又は経路の変更その他の必要な措置を講ずべきことを指示することができる。

3 第一項の規定により飛行計画を通報した無人航空機を飛行させる者は、前項に規定する国土交通大臣の指示に従うほか、飛行計画に従って特定飛行を行わなければならない。ただし、航空機の航行の安全又は地上若しくは水上の人若しくは物件の安全を確保するためにやむを得ない場合は、この限りでない。

出典：「航空法第百三十二条の八十八、令和4年12月5日施行」

本機能は、無人航空機を飛行させるにあたり、航空機・他の無人航空機との接触回避を図ることを目的とし、本システムにおいて事前に飛行計画を登録し、重複する場合は事前に調整を図る。

航空法に基づく無人航空機の飛行に関する許可・申請を実施していない場合においても調査区域において別の機体が無人航空機の飛行に関する許可・申請を受けて作業する場合もあるため、事前に確認・登録することが推奨される。

本機能の利用開始から各種情報の管理、飛行計画の管理の全体の流れは、以下の通りである。



出典：「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行計画通報編」より抜粋

図 2.1.7-1 ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）による通知の主な流れ

「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行計画通報編」より、新規通報に必要な情報は、以下の通りである。

各種情報	項目
飛行許可承認申請に係る情報	<ul style="list-style-type: none"> 飛行許可番号 許可書発行日 許可の期間（開始/終了年月日） カテゴリー区分情報
飛行に係る情報	<ul style="list-style-type: none"> 飛行計画名称 飛行日時（開始日時・終了日時） 飛行日程（定期・複数日指定） 飛行目的 飛行空域 飛行方法 立ち入り管理措置の有無 補助者配置の有無 補助者人数 係留飛行の有無 出発地 目的地 所要時間 飛行速度 飛行高度
その他	<ul style="list-style-type: none"> ドローン情報基盤システムのアカウント 機体情報 操縦者情報 保険等の情報

出典：「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行計画通報編」より抜粋

詳細は、「ドローン情報基盤システム操作マニュアル 飛行計画通報編」（令和4年12月5日登録）を参照されたい。

・ 日常点検記録

操縦者が無人航空機 (UAV) を飛行させる前に行う飛行前点検等の日常点検に係る結果について、表 2.1.8-2 又はこれに相当する様式の各項目に記載する必要がある。

表 2.1.8-2 日常点検記録

(様式 2) 日常点検記録

無人航空機の登録記号 REGISTRATION ID OF UAS		無人航空機の日常点検記録 DAILY INSPECTION RECORD OF UAS		(NR.)
点検項目 INSPECTION ITEMS		結果 RESULT	備考 REMARKS	
機体全般 UAS GENERAL	機器の取り付け状態 (ネジ、コネクタ、ケーブル等)			
プロペラ PROPELLER(S)	外観、損傷、ゆがみ			
フレーム FLAME	外観、損傷、ゆがみ			
通信系統 COMMUNICATION SYSTEM	機体と操縦装置の通信品質の健全性			
推進系統 PROPULSION SYSTEM	モーター又は発動機の健全性			
電源系統 POWER SYSTEM	機体及び操縦装置の電源の健全性			
自動制御系統 AUTOMATIC CONTROL SYSTEM	飛行制御装置の健全性			
操縦装置 FLIGHT CONTROL SYSTEM	外観、スティックの健全性、スイッチの健全性			
バッテリー、燃料 BATTERY, FUEL	バッテリーの充電状況、残燃料表示機能の健全性			
特記事項 NOTES				
実施場所 PLACE	実施年月日 DATE	実施者 INSPECTOR		

出典：「無人航空機の飛行日誌の取扱要領」(令和4年12月1日 制定) より抜粋

・ 点検整備記録

操縦者が無人航空機 (UAV) を飛行させる前に行う飛行前点検等の日常点検に係る結果について、表 2.1.8-3 又はこれに相当する様式の各項目に記載する必要がある。

表 2.1.8-3 点検整備記録

(様式 3) 点検整備記録

無人航空機の登録記号 REGISTRATION ID OF UAS		無人航空機の点検整備記録 INSPECTION AND MAINTENANCE RECORD OF UAS					(NR.)
実施年月日 DATE	総飛行時間※ TOTAL FLIGHT TIME	点検、修理、改造及び整備の内容 DETAIL	実施理由 REASON	実施場所 PLACE	実施者 ENGINEER	備考 REMARKS	

※前回の機体認証を受検するにあたり実施した点検整備以降の総飛行時間を記入する。機体認証を受けていない無人航空機は、点検整備作業を実施した時点での総飛行時間を記入するものとする。

出典：「無人航空機の飛行日誌の取扱要領」(令和4年12月1日 制定) より抜粋

詳細は、「無人航空機の飛行日誌の取扱要領」(令和4年12月1日 制定) を参照のこと。

2.2 その他の制約（国有林、猛禽類等）

国有林野内や貴重種等の動植物が生息している区域において、無人航空機（UAV）を飛行させる場合には、注意が必要な場合がある。

【解説】

航空法の他に、無人航空機（UAV）を飛行させる区域が国有林野内である場合には、入林予定の国有林を管轄している森林管理署等へ入林届の提出が必要である。また、希少猛禽類等が生息している場合には、関係機関等への確認・調整が必要となる場合がある。

2.2.1 国有林野内での調査について

国有林野内で無人航空機を飛行させる場合は、入林届を森林管理署等に提出する必要がある。

【解説】

無人航空機を飛行させる区域において、国有林野内に立ち入る場合には、入林届（無人航空機を飛行させる場合の入林届）を森林管理署等に提出する必要がある。また、無人航空機を飛行させる者が国有林野内に立ち入らずに無人航空機を国有林野内で飛行させる場合も同様に「入林届」が必要となる。

次頁に、国有林野内で無人航空機を飛行させる場合の注意事項を記載する。また、巻末資料に、近畿中国森林管理局へ提出する申請書を添付する。

👉 ポイント

無人航空機を飛行させる者が国有林野内に立ち入らずに無人航空機を国有林野内で飛行させる場合も「入林届」が必要となる。

○国有林野内で無人航空機を飛行させる場合の注意事項

国有林野内で無人航空機を飛行させる場合は、以下の事項に注意してください。

- (1) 事前に、無人航空機の飛行目的、日時、経路、高度等を管轄森林管理署等に伝えてください。仮に、国有林内の事業実行や一般入林者に支障を及ぼすおそれがある場合は、飛行場所や日時等の変更をお願いさせていただきます。
- (2) 無人航空機の飛行にあたっては、航空法、電波法等関係法令及び「無人飛行機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」（国土交通省航空局）を遵守し、これに基づく必要な手続をとってください。例えば、地表等から150m以上の上空での飛行や目視の範囲外での飛行など、航空法に規定されるルールによらずに無人航空機を飛行させる場合は、安全面の措置を講じた上で、国土交通大臣による許可・承認を必ず受けてください。
- (3) 事故防止に万全を期してください。特に、国有林職員から指示があった場合は、これに従ってください。
- (4) 入林するときは、入林前に森林管理署又は森林事務所等に連絡してください。
- (5) 第三者のいない上空で飛行させてください。
- (6) 国有林の貸付地上空について、貸付地の管理者（借受者）が無人航空機の飛行ルールを定めている場合は、当該ルールを遵守して飛行させてください。
- (7) 不必要な低空飛行、高調音を発する飛行、急降下など、人や物件等に迷惑を及ぼすような飛行は行わないでください。特に、一般入林者や他の国有林野事業の受託者等への危害又は迷惑となる行為は行わないでください。
- (8) 希少な野生生物が生育・生息している地域では、営巣期間中は避けるなど、生育・生息に悪影響を及ぼさないように飛行させてください。特に、営巣箇所が見られた場合は、当該箇所及びその周辺での飛行は行わないでください。
- (9) 無人航空機による事故を起こし、又は無人航空機を紛失した場合は、速やかに森林管理署又は森林事務所等に連絡してください。
- (10) 無人航空機の回収は入林者の責任で行ってください。

出典：近畿中国森林管理局 H.P

(<https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/apply/license/n-drone.html>)

図 2.2.1-1 無人航空機を飛行させる場合の注意事項

2.2.2 希少猛禽類の生息に配慮した留意点

無人航空機（UAV）の飛行区域において希少猛禽類等の生息が確認されている場合は、希少猛禽類等の生息に配慮した無人航空機（UAV）の運用に留意する。

【解説】

希少猛禽類等が生息する区域において、無人航空機（UAV）を飛行させる場合には、希少猛禽類等への影響を考慮した運用を行う必要がある。

希少猛禽類の生息に配慮した無人航空機（UAV）の運用に関する留意点を以下に示す。

表 2.2.2-1 希少猛禽類の生息に配慮した無人航空機（UAV）の運用の留意点

項目	留意点
対象種	砂防事業との関わりが深く、希少性の高いイヌワシ、クマタカ、オオタカを主な対象とする。
配慮区域	繁殖に影響を及ぼす可能性のある範囲に対して配慮を要する区域（配慮区域）を検討する。
配慮時期	繁殖に影響を及ぼす可能性のある営巣期（造巣～巣立ち）に配慮する。
接触防止	UAVと個体との接触事故を防止するための対策について検討する。

なお、無人航空機（UAV）を用いた猛禽類の調査に関しては、「新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料（国総研資料第907号）」を参照されたい。

(<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0907.htm>)

2.3 機体の制約

無人航空機（UAV）を安全に航行させるためには、対象地区の地形・通信環境・障害物等の現場条件の把握を行うと共に、現場条件に一致した機体・操縦アプリケーションの選定が重要となる。ここでは、機体・操縦アプリケーションの種類、GNSSの受信状況、プロポとの通信状況、バッテリー等の機体の制約条件について示す。

2.3.1 機体・操縦アプリケーションの種類

一般的に無人航空機（UAV）の機体は、固定翼機、回転翼機（シングルロータ）、回転翼機（マルチロータ）の3種類に大別される。無人航空機（UAV）の種類と特徴に留意して、最適な機体を選定する必要がある。また、無人航空機（UAV）の操縦アプリケーションにも様々な種類があり、無人航空機（UAV）の専用アプリケーションや複数の機体に対応できる汎用的なアプリケーションがある。

【解説】

無人航空機（UAV）の機体と操縦アプリケーションの選定は、目的や利用場所の現場条件等を考慮して、最適なものを選定する必要がある。無人航空機（UAV）の主な種類と特徴、操縦アプリケーションを選定する際の留意点を以下に示す。

表 2.3.1-1 無人航空機（UAV）の主な種類と特徴（一覧表）

項目	固定翼機	回転翼機 (シングルロータ)	回転翼機 (マルチロータ)
無人航空機 (UAV)の 主な種類	【中型】 	【大型】 	【中型】 
	【小型】 		【小型】 
飛行方法	自律飛行 (離着陸手動、全自動)	自律飛行(離着陸手動) (衛星通信制御も可能)	自律飛行 (全自動、離着陸手動)
離着陸場所 の広さ	広い：胴体着陸 直線約 200m 程度 中：垂直離着陸 約 10m×10m 程度	中 (約 10m×10m 程度)	狭い 【中型】約 5m×5m 程度 【小型】約 2m×2m 程度
飛行高度	飛行高度一定 (一部ホバリング可能)	高度は自由に設定可能 (ホバリング可能)	同左
飛行速度	約 70~120km/h	約 30 km/h (最高速度 72 km/h)	約 20~40 km/h
飛行時間	【中型】約 4 時間程度 【小型】約 50 分程度	約 100 分程度	約 20~50 分程度
搭載重量	【中型】約 6kg 程度 【小型】指定がりのみ	最大 35kg	【中型】約 2kg 程度 【小型】指定がりのみ
搭載できる センサー	【中型】カメラ(静止画)、 放射線量計他 【小型】カメラ(静止画)	カメラ(静止画、動画)、 赤外線カメラ、LP、物資 運搬等	【中型】同左 【小型】カメラ(静止画、 動画)、赤外線カメラ

無人航空機（UAV）を操縦するためのアプリケーションには、機体専用のものと、汎用的なものに大別される。

表 2.3.1-2 無人航空機（UAV）の操縦アプリケーションの留意点

項目	主な留意点
GNSS を利用した自律飛行	無人航空機（UAV）を自律飛行させる場合は、離着陸地点において、最低限必要となる衛星機数と対応可能な衛星の種類（GNSS、GLONASS 等）を確認する必要がある。（衛星の捕捉数が少ないと自律飛行機能が使えない場合があることに留意）
操縦アプリケーションと OS の関係	操縦アプリケーションは、インストールする機器の OS（iOS、Android、Windows 等）に対応しているかを確認する。
自律飛行	離陸から着陸まで全て全自動で制御可能な機能を有しているかを確認する。 （一部手動操作が必要なアプリケーションもある）
高度制限（上限・下限）	航空法の高度制限以外に、機体もしくはアプリケーションに製造者側が独自に設定している高度制限の有無や限界高度を確認する。（例 DJI 社製の一部の機体は、ホームポイント（離着陸地点）からの限界高度が 500m に設定されている。令和 3 年 10 月 13 日：空港から 50km 以内の場合を除き、高さ制限が 1500m に引き上げられた。詳細は DJI のホームページを参照のこと。 https://dl.djicdn.com/downloads/matrice-300/20211130/M300_RTK_Release_Notes_en_20211130.pdf

なお、同じ機体、同じ飛行ルートであっても、操縦アプリケーションの機体制御方法の違いによってバッテリー消費量が異なるため、飛行時間が変わる場合がある。例えば、地形追従型の飛行（コンターフライト）が可能な操縦アプリケーションを使用した場合、機体と飛行ルートが同じでも、地形追従のための機体制御によりバッテリー消費が早くなるため、飛行時間が短くなる。

機体は、使用目的に合った仕様の既製品であれば比較的容易に入手（購入）が可能であり、部品調達等の維持管理もし易いと考えられる。一方、既製品が無い場合は、使用目的に合った機体を組み立てることになり、製作・調整に時間がかかるうえ、維持管理等も個別対応となる等に留意が必要である。

無人航空機には、様々な種類があり、機体性能等も日進月歩で技術向上していることから、常に最新の技術動向を把握して、適用現場に最適な機体や操縦アプリケーションを選定する必要がある。

2.3.2 GNSSの受信状況

無人航空機 (UAV) の操縦は、加速度センサーやジャイロによる機体姿勢制御システム、GNSS による位置制御と自律飛行システム等のフライトコントローラーによるコンピュータ制御により、従来のラジコンなどと比較して簡単であり、安定的な飛行を実現している。特に、無人航空機 (UAV) の飛行は、GNSS の電波受信状況に大きく影響されることに注意する。

【解説】

GNSS の受信不良の状態で行った場合は、機体の安定飛行に対して、様々な障害や作業効率の悪化が懸念されることから、GNSS の受信状況には、十分注意する。

表 2.3.2-1 GNSS の受信状況が悪い場所で飛行させた場合の状況

起こりうる現象	特徴等
機体が安定しない	ホバリングができない、風の影響を受けやすくフラフラする。
自律飛行ができない	離着陸地点で衛星を 8 機以上捕捉できない場合は、自律飛行モードに設定できない場合がある。
撮影位置が特定できない	飛行の位置情報が不正確なため、撮影位置座標が不正確となり、オルソ画像等の画像処理等にも影響を与える。

特に山間地など周囲を山に囲われる谷部や四方を樹木で覆われた場所から離着陸を行う場合には、GNSS の受信状況が悪い場合がある。このような場所で無人航空機 (UAV) を飛行させる場合には、離着陸は手動操作で行い、離着陸地点から上空の GNSS の受信状況が良い場所まで一旦飛行させ、その後、自律飛行に切り替える等の対応をする必要がある。その場合でも、機体によっては上昇できる高度に制限がかかることがあるので注意が必要である。

飛行前には、GNSS の受信状況を確認し、適切な位置、適切な方法で無人航空機 (UAV) を飛行させる必要がある。

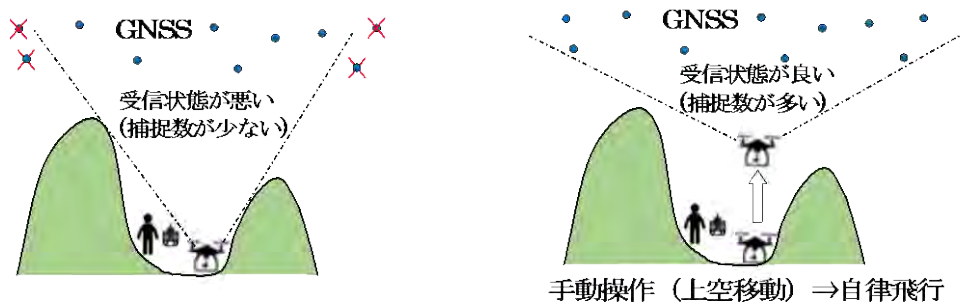


図 2.3.2-1 GNSS の受信状況の悪い場所と対処事例 (赤谷地区)

2.3.3 プロポとの通信強度（機体制御・画像転送）

大規模土砂災害の緊急調査において無人航空機（UAV）を活用する場合には、起伏のある山地部（山陰、谷底等）において、目視外飛行を行うことが想定される。このため、無人航空機（UAV）の操縦者は、機体とプロポ（送受信機）との通信強度（通信状態）に十分注意する。

【解説】

大規模土砂災害の緊急調査では、土砂災害発生現場の周辺は二次災害の危険性が高い場合が多く、また、アクセスの困難性等から現場に近づくことが出来ない場合等も想定される。このため、無人航空機（UAV）の飛行は、目視外で行う場合が多いと想定される。

その際、操縦者は、プロポに転送される「機体制御情報」や「画像伝送情報」を手掛かりとして飛行させることとなる。飛行中にこれらの情報が途切れると、無人航空機（UAV）の位置がわからなくなり、最悪の場合、ロスト（機体を見失うこと）してしまう危険性がある。このため、機体とプロポとの通信強度（通信状態）については、十分に注意する。

機体とプロポの通信状態が悪くなる原因には、山陰や谷底等の地形や障害物による影響（直線見通しが出来ないと通信強度が低下）、機体とプロポの離隔距離（通信距離が長くなると通信強度が低下）、電波障害（携帯電話の基地局等）等がある。このため、飛行前には周辺状況を調査し、機体とプロポとの通信を考慮した飛行計画を立案する。

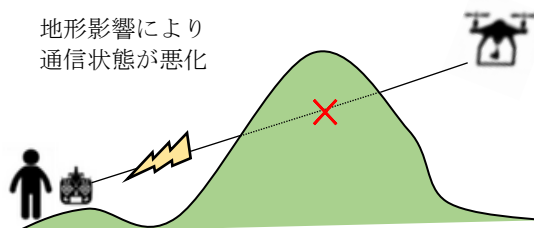


図 2.3.3-1 機体とプロポとの通信状態を悪化させる地形的要因（イメージ）

実際に飛行させる時には、機体とプロポの通信を確認するための予備飛行を実施し、機体とプロポとの通信強度（通信状態）を確認する。予備飛行により問題が無いことを確認した上で、自律飛行を行う。

飛行時には、機体とプロポとの通信強度（通信状態）をプロポ画面で確認しながら安全に飛行させる必要がある。



図 2.3.3-2 機体とプロポとの通信状態の確認事例（操縦アプリケーション:Litchi）

飛行中に機体とプロポ（送受信機）との通信状態が悪くなった場合には、RTH（リターントゥーホーム機能）で離着陸地点まで帰還させるか、可能であれば機体の近くまで移動して通信の回復を待つ、映像の通信が回復する範囲まで UAV を離陸地点の方向へ操作する等の対応方法が考えられる。

RTH の設定において、ホームポジションまで最短距離で帰還する設定にしてしまうと、中間地点に構造物や山体がある場合には、無人航空機（UAV）が衝突してしまうことになる。このため、十分に高度を上げた後に実行する方法や、飛行してきたルートに辿って戻する方法等、適切に対応する必要がある。

機体とプロポ（送受信機）との通信強度（通信状態）に影響を与える、地形や離隔距離の問題を改善する通信システムの例を以下に示す。

LTE（Long Term Evolution）通信システムを利用した飛行計画の例

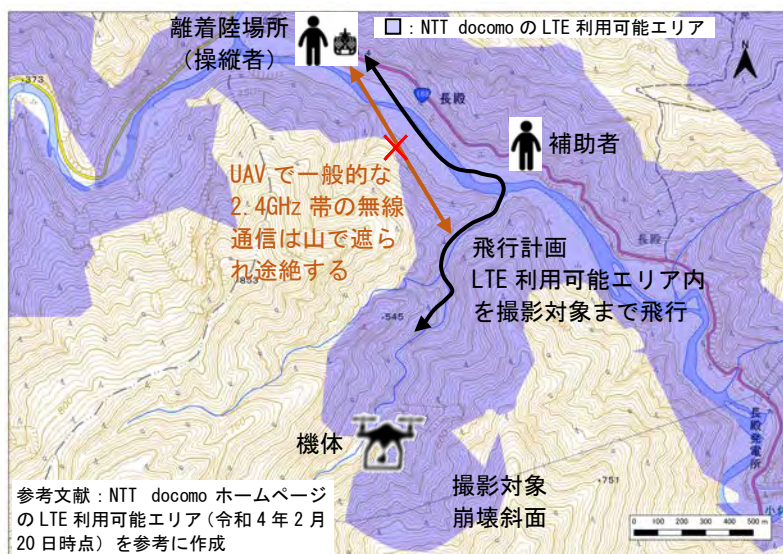


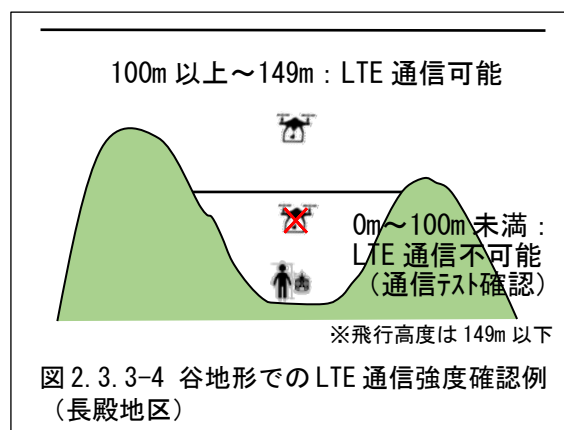
図 2.3.3-3 通信システム事例（長殿地区）

携帯電話の高速データ通信を活用することで、目視外飛行（目視による常時監視ができない状況での飛行）や自動運航による長距離飛行でも、シームレスな飛行が可能となる。

上記の飛行計画では操縦者から補助者までを目視外飛行（補助者あり）で、補助者から崩壊斜面までを目視外飛行（補助者なし）で航空局に申請し承認を得た。

留意事項

- ・LTE 対応端末を搭載できる機体を準備する。
- ・LTE を上空で利用するための申請手続きを事前に行う。例えば NTT docomo の「LTE 上空利用プラン」の場合、契約後、「LTE 上空利用予約サイト」で利用日時、場所、台数、高度などの事前予約をすることで利用が可能になる。詳細は、NTT docomo のホームページ (<https://www.nttdocomo.co.jp/charge/lte-joukuriyou-plan/>) で最新情報を確認すること。



- ・現地では、通信強度（通信状態）を確認する。LTE 利用可能エリアであっても、谷地形や電波干渉、通信が混雑するところ等、平面的・高度的に通信が安定しない場合がある。また、同時に飛行ルート上の障害物等も手動操作で事前確認する。
- ・機体とプロポの通信が LTE 通信のみだと、通信速度の低下もしくは通信が中断した場合「機体制御情報」や「画像伝送情報」が同時に失われてしまうため、フェールセーフ機能（機体を離陸地点まで自動的に帰還させる等）の設定には十分に安全に配慮した準備・対応が必要である。

2.3.4 バッテリー（飛行時間）による制約

無人航空機（UAV）は、バッテリー駆動の機体が多く、その飛行時間は、固定翼機や回転翼機の機種やサイズ等によって異なるものの、最も利用頻度の多い回転翼機（マルチロータ）の場合、通常20～30分程度である。このため、1回の飛行範囲・飛行ルートの設定、予備のバッテリーの準備等を適切に行う必要がある。また、バッテリーは、消耗品であり温度の影響を受けやすいことから、冬季の利用時（バッテリーの温度が下がることで飛行時間が短くなる）やバッテリー管理（過充電、過放電）に留意する。

【解説】

無人航空機（UAV）の飛行時間は、バッテリー性能の制約を強く受けている。飛行時間を長くする機体の開発も進んでいるが、機体を軽くするなどバッテリーの負荷を減らすことにより飛行時間を長くするものが多く、バッテリー自体の技術革新が課題となっている。

このような現状を踏まえ、無人航空機（UAV）の飛行計画では、1回の飛行範囲や飛行ルートの設定において、最短ルートやバッテリーへの負荷低減のための急上昇や急旋回を行わないように留意する。また、全体の飛行範囲と1回当たりの飛行範囲を考慮して、予備バッテリーの準備等を適切に行う必要がある。

実際の無人航空機（UAV）の運用に際しては、気象条件（強風下での飛行）や温度条件（冬季のバッテリー性能の低下）等の現場環境の影響を受けることから、不測の事態に備え、バッテリー残量が約20～30%程度の状況になったら、離着陸地点への帰還を開始する等、余裕を持った運用を行うことが望ましい。

無人航空機（UAV）のバッテリーは、エンジンタイプを除いて、リチウムイオン電池（リチウムイオンポリマー電池またはリポとも呼ばれる）が使われている。リチウムイオン電池は、高容量、高出力、小型軽量であることが特徴であり、充電することで繰り返し使用できる二次電池である。

リチウムイオン電池を使用する際の留意点と保管方法を以下に示す。

【リチウムイオン電池を使用する際の留意点】

- ▶ 充電は、メーカーが指定しているその電池専用充電器を用いることが一番安全である。
- ▶ 過放電は、リチウムイオン電池をひどく劣化させる。
- ▶ 利用時の落下や衝撃、突起物への衝突等で変形して内部短絡（一般的にはショートと呼ばれる）した場合は、発火する恐れがある。（変形等の外部損傷が見られない場合も要注意）
- ▶ 変形した電池は、直ちに使用を中止し、発火防止のために放電する必要がある。
- ▶ 冬期はバッテリーの温度が下がることで内部抵抗が大きくなり、電圧も下がるため、実際の飛行時間が短くなる。そのため、飛行時間を目安とするのではなく、常にバッテリー残量を確認して飛行を行うことが重要である。

【リチウムイオン電池の保管方法】

- ▶ 機体からリチウムイオン電池を取り外して保管する（過放電防止）。
- ▶ 公称電圧より低い充電状態で高温にならない場所で保管する。
- ▶ 電池間の距離を置く、耐火物で仕切るといった類焼対策を取って保管する。
- ▶ 保管後の電池の使用に際しては、電池の性能確認が必要である。
- ▶ 高温状態で充電電圧が高いほど、電池の劣化が進むため、高温にならない場所で、低充電状態で保管する。

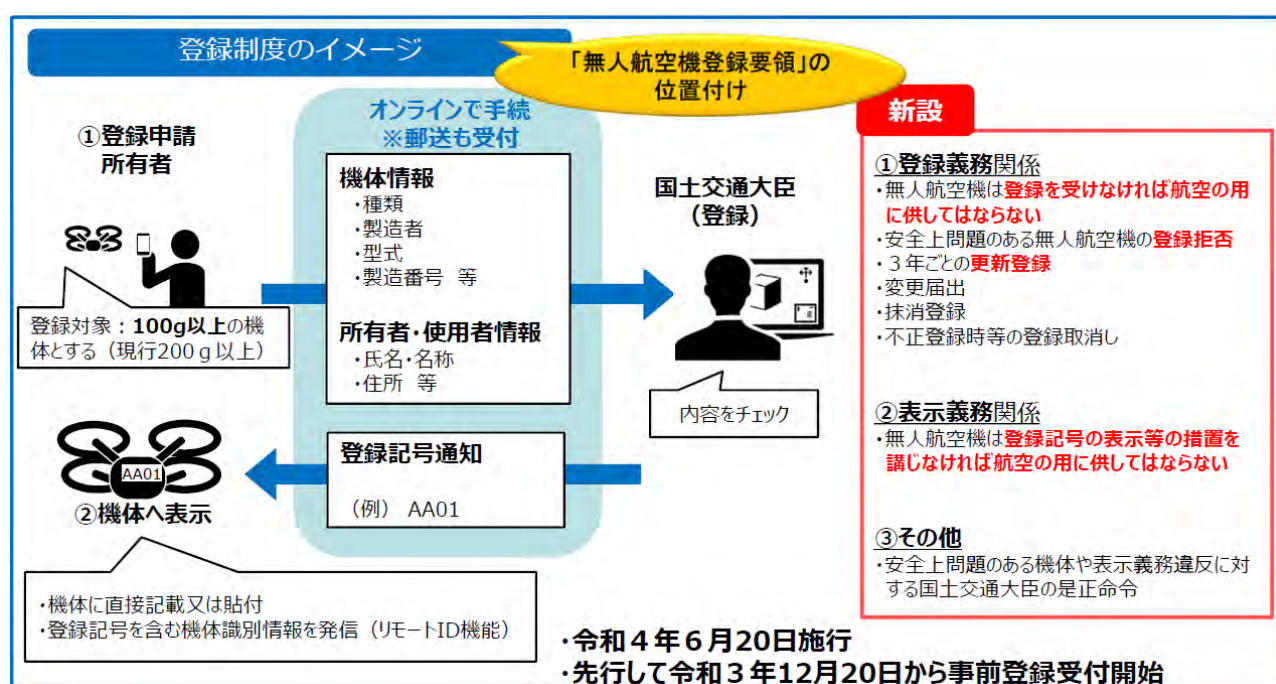
2.3.5 機体の登録

近年、無人航空機（ドローン・ラジコン機など）の利活用が急増している一方、事故や、無許可で飛行させる事案が頻発しており、このような状況を踏まえ、航空法改正に基づき登録制度が施行された。この法改正によって、2022年6月20日以降、無人航空機の登録が義務化され、登録されていない無人航空機を飛行させることはできない。このため、登録されていない100g以上の無人航空機を使用する場合には航空局への登録が必要である。

【解説】

無人航空機の登録は、事故発生時などにおける所有者把握のため、事故の原因究明のため、安全上、問題のある機体の登録を拒否し、安全を確保するために行うものである。

無人航空機の登録は、無人航空機登録ポータルサイト (<https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>) から行うことができる。登録制度のイメージは、以下のとおりである。



出典：無人航空機の登録制度の創設 (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001443264.pdf>)

登録に際して、リモートID機能の搭載が義務付けられます。

※リモートID機能：リモートID機器から電波で機体の識別情報を発信することにより、飛行中であっても登録されている機体かされていない機体かを判別可能にする機能。

登録手続き完了後に発行される申請した機体の登録記号は、機体に表示しなければならない。

2.4 気象条件による制約

無人航空機 (UAV) を飛行させる際は、使用する機体の性能と現場の気象条件（「風の影響」、「降雨の影響」等）を確認し、安全航行が可能かどうかを適切に判断する。

【解説】

無人航空機 (UAV) は、気象条件となる「風の影響」と「降雨の影響」を考慮して、安全に飛行させる必要がある。現地では、風速計により地上風速を確認することが重要であるが、それに加え、地上と上空の風が異なることを踏まえ、実際の飛行により上空の風の影響（操縦時の安定性）を確認して、飛行する。特に、山間部の谷間等は、地形的な影響により強風になりやすいことに注意が必要である。また、降雨時においては、一旦作業を中断する等の降雨の影響を考慮する。



図 2.4-1 現場での地上風速の確認事例

無人航空機 (UAV) の耐風性能は、使用する機体により異なるが耐風速性能は一般には約 5~15m/s 程度とされている。国土交通省航空局標準マニュアル①②（令和 4 年 12 月 5 日版）では、風速 5m/s 以上の状態では飛行させないとしているので、飛行の際には、参考とされたい。

- ①場所を特定した申請について適用（空港等周辺・150m 以上・DID・夜間・目視外・30m・催し・危険物・物件投下） <http://www.mlit.go.jp/common/001218179.pdf>
- ②場所を特定しない申請について適用（DID・夜間・目視外・30m・危険物・物件投下）
<http://www.mlit.go.jp/common/001218180.pdf>

一般的な無人航空機 (UAV) は、電子部品が水に濡れると、機能障害を起こすことから、雨天や霧が発生している際には、飛ばさない等の注意が必要である。特に、姿勢制御に用いるジャイロセンサーは水気が大敵であり、飛行は出来ても故障や落下等の危険性が高くなる。また、降雨時には、カメラのレンズに水滴が付着することで撮影画像が不鮮明になる等の課題もある。

しなしながら、大規模土砂災害の緊急調査では、厳しい気象条件（強風、降雨）であっても、調査を行うことが必要とされる場合もあり、現在、「全天候型の無人航空機 (UAV)」の開発も進められており、使用する機体の性能を考慮して、安全航行が可能かどうかを適切に判断する必要がある。

ポイント

- ① 風が集まる切り通しや山間部の谷間等は、強風になりやすい。
- ② 風速計は参考で、飛行経路の風は経験と知識で予測しなければならない。
- ③ 強い風に向かって飛ぶと、電力消費が激しくなる。

2.5 その他

2.5.1 第三者の上空の飛行の禁止等

民地等に近接して無人航空機（UAV）を飛行させる場合には、安全性の観点やプライバシーの観点から、十分な注意が必要である。また、必要に応じて、調査目的等の無人航空機（UAV）の飛行を行うこと等を通知（周知）するなど配慮する。なお、墜落時に民家に影響があると考えられる飛行ルートの設定は避け、民家直上の飛行は基本的に禁止する。

【解説】

天然ダムの緊急調査であっても、民地等に近接して無人航空機（UAV）を飛行させる場合は、近隣住民への配慮が必要である。特に、墜落時の民家への影響を考慮し、安全性の観点から安全な離隔を取った飛行ルートを設定する。また、プライバシーの観点から無人航空機（UAV）の飛行や撮影自体も問題になる場合があるため、チラシ配付等により事前に無人航空機（UAV）の飛行を通知するなどの配慮が必要である。

2.5.2 無人航空機を使用する際の情報流出防止策

国土交通省では、令和2年9月14日通達の「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」に基づき政府機関等は業務委託した民間企業等が使用する無人航空機について、取り扱う情報の機微性や業務の性質に応じて、情報流出防止策を講じることが定められている。

【解説】

特記仕様書に下記の情報流出防止対策について記載されている場合は、情報流出防止策の内容について協議する。

【特記仕様書】記載例（「行政情報流出防止対策の強化」等に追加）

（記載例）

第〇〇条 無人航空機を使用する際の情報流出防止策

1. 本業務（工事）において、無人航空機を使用する場合には、以下に掲げるような情報流出防止策を講じること。ただし、本業務（工事）が、「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」（令和2年9月14日、関係省庁申合せ）に示す重要業務に該当しないことが明らかであって、業務（工事）の性質に応じて当該策を講じることが困難な場合、調査職員（監督職員）と協議の上、可能な限りの策を講じた上で、当該策を講じないことができるものとする。

ア インターネットへの接続については、ソフトウェアアップデート等に必要な最小限度とし、飛行中は接続しない。

イ インターネットに接続する場合も、データが流出しないよう、撮影動画等のクラウドへの保存機能を停止する、機体内部や外部電磁的記録媒体に保存されている飛行記録データや撮影動画を飛行終了後確実に消去する。

2. 前項の情報流出防止策によって業務（工事）の実施等に支障が生じる恐れがある場合は、調査職員（監督職員）と協議すること。

3. 機体の選定

3.1 UAVの比較

UAVの自律飛行を行うための機体は、現地特性や機体の性能等を踏まえて慎重に選定する必要がある。実証実験を行った4地区（赤谷・栗平・長殿・熊野）は、背後地に大規模崩壊地があり、降雨等により土砂移動が頻繁に繰り返されている。このため、砂防関係施設への土砂流出の危険性が高く、砂防堰堤等の規模も比較的大きい等の特性がある。





また、山間地域であるため通信環境が悪い（離発着地点からの直線見通しが取れない等）ことなどから総合的に判断し、使用機体を選定した。現地実証を行った4地区の特徴と選定した機体は、以下に示す通りである。

機体選定の機能・性能の詳細情報については、巻末資料を参照されたい。



図 3.1-1 現地実証箇所（河道閉塞対策：4地区）の災害直後の状況写真

表 3.1-2 機体の選定結果

項目	Matrice300RTK 【中型】	Skydio2 【小型】	AGSL-PF2 【中型】	Airpeak S1 【中型】
機体				
画質	搭載カメラ H20T : 約 2000 万画素 搭載カメラ P1 : 約 4500 万画素	備え付けカメラ : 約 1200 万画素	搭載カメラ α 7RIV : 約 6100 万画素	搭載カメラ α 7RIV : 約 6100 万画素
飛行時間	55 分	23 分	35 分	22 分
耐風	最大 15m/s	最大 11m/s	最大 10m/s	最大 20m/s
総合評価	<p>【動画・静止画】高機能撮影に優れる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ AI スポット確認機能により自動で撮影対象を識別・撮影が可能のため定点撮影による静止画に最適。(H20T) ・ PPK(後処理キネマティック)に対応したデータの取得が可能。3次元モデル作成用データに最適。(P1) ・ 2オペレーターでの制御権の切り替えが可能のため見通しの悪い場所での運用に最適。 <p>⇒全地区:適用可能</p>	<p>【動画・静止画】高機能撮影に優れる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Visual SLAM 技術を搭載。障害物との離隔距離(障害物回避の距離)が約 50cm と砂防施設に接近した撮影に最適。 <p>⇒赤谷、熊野地区:適用可能</p>	<p>電波中継、LTE 通信による飛行実績あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2機体同時飛行による電波中継を用いた飛行や LTE 通信による飛行の実績があり、見通しが取れない場所での運用に最適。 <p>⇒全地区:適用可能</p>	<p>【動画・静止画】高解像度の撮影に優れる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高解像度カメラを搭載。より詳細な撮影データの取得が可能。 <p>⇒熊野地区:適用可能</p>

※実証実験では、レベル 3 (目視外補助者なし飛行) を目的としての機体選定を行ったため承認申請可能な産業用機体を選定している。

3.2 UAV の標準仕様（案）について

UAV の自律飛行による砂防関係施設の点検では、実証実験の結果を踏まえて、UAV の機体、カメラ、点検の仕様等について整理し、「UAV の標準仕様」を設定した。

UAV の技術は、日進月歩で進化しており、点検場所等の現地条件等も様々であることから、撮影方法、離隔については、点検のために最低限必要な撮影スペックや撮影データの整理方法等、今後、現地での検証を積み重ね、適切な方法に逐次更新する必要がある。

また、目視外飛行については、不具合（墜落リスク）への対応について、回避策の検討や高度な操縦技術による人的対応も必要になることから、UAV の機能・性能と操縦者の技能等の役割分担については、今後更なる検証が必要である。

表 3.2-1 砂防設備点検時の UAV の標準仕様（案）

項目	標準仕様
実施体制	操縦者 1 名、点検者 1 名、監視者 1 名を基本とする。 (利用者が多い等の理由がある場合、対象施設箇所毎に別途誘導員を配置する。)
使用機体	使用機体は、下記の性能を有する機体とする。(操作性、安定性の観点から) ・耐風速性能：1m/s 以上 ・飛行時間：15 分以上 ・2000 万画素以上の解像度のカメラを搭載可能（一体型含む）
使用機材	カメラ解像度 2000 万画素以上を基本とする。 但し、赤外線カメラやズームカメラなど特殊機能を持つカメラについては、この限りではない。
飛行方法	自律飛行を基本とする。但し、事前調査により、周辺状況を確認する。
撮影方法	事前調査において、動画撮影等により周辺状況や施設の状況を確認する。 点検時には自律飛行による静止画撮影を基本とし、 <u>インターバル撮影または定点撮影（ウェイポイント）</u> とする。また、詳細撮影においては、カメラのズーム機能を用いての撮影、または可能な限り近接しての撮影を行う。
離隔	<u>対地高度 30～50m</u> を基本とする（飛行経路周辺に樹木等が多い場合は接触等を避けるため対地高度 50m とし、開けた場所や飛行経路を十分に確認可能場合には対地高度を 30m 程度とする）。但し、送電線等がある場合においては、回避できる高さを適切に設定する。 確実な目視・視認ができる場合においては、施設に近接した撮影を行う。

3.3 UAV 点検の機材

UAV 点検を実施するにあたっては、以下の機材を準備する。

- ① UAV 機体、プロポ、カメラ（前述の標準仕様を満足するもの）
- ② 予備のバッテリー（1 日のフライト数に応じて準備する）
- ③ 予備のプロペラ
- ④ データ保存メディア（MicroSD カード等）
- ⑤ 簡易風速計（地上風速を確認）
- ⑥ ストップウォッチ（飛行時間を計測）

また、必要に応じて別途、以下の機材を準備する。

- ⑦ プロペラガード（猛禽類等が生息する場合）
- ⑧ トランシーバー（操縦者と監視者の連絡のため）
- ⑨ ヘリパッド（草木等がある場合の離着陸地点の確保のため）
- ⑩ 双眼鏡（機体の確認のため）
- ⑪ 携帯型レーザー距離計（機体との離隔を確認のため）
- ⑫ サングラス（晴天時の機体視認のため）
- ⑬ メジャー、スケール等（変状スケールの目安として使用するため）
- ⑭ 車載モニタ（複数人で点検を行う場合に有効）

4. UAVの自律飛行による点検方法

UAVの自律飛行による点検は、事前の現地確認を踏まえた点検計画を立案し、関係機関との調整や必要な許可申請手続きを行った上で実施する。

砂防関係施設のUAV自律点検は、現地特性を考慮した実証実験を踏まえ、安全かつ迅速に点検（繰り返し）ができるようにする必要がある。

【解説】

UAVの自律飛行による点検は、事前の現地確認を踏まえた点検計画の立案が重要である。UAV自律点検の計画立案は、対象となる砂防関係施設の位置や規模、背後地の崩壊地の有無等を考慮して、飛行範囲や飛行方法を設定する。また、UAVの自律飛行が安全に実施できるように、電波通信等の状態等を確認するための実証実験を行い、自律飛行に対する安全性やリスク（墜落時の事故）回避に努めなければならない。

4.1 基本方針

UAVの自律飛行による点検は、河道閉塞対策箇所等の広域を対象とし、UAVのみでどこまで出来るかの実証実験を繰り返し、安全な場所から全自動による自律飛行の実現を目指すものとする。また、UAV自律点検を行うことで、「点検員の安全確保」「作業の効率化」「高度利活用」を図る。

点検範囲は、砂防関係施設（砂防堰堤等）の上流側（背後地等）にある大規模崩壊地からの土砂流出状態の把握や施設そのものの規模が大きい場合が想定されることから、全体撮影（フェーズ1）と詳細撮影（フェーズ2）の2段階で点検を行うことを基本とする。また、撮影には、「単写真（定点）」による撮影方法と「画像解析（3次元モデル）を目的とした複数の連続写真」による撮影方法があり、目的や高度利活用に留意する必要がある。

【解説】

本手引きは、河道閉塞対策が実施中の4地区（赤谷・栗平・長殿・熊野）の砂防関係施設に対してUAVの自律飛行による点検について実証実験した結果を基に作成しており、現段階では様々な課題があることに留意し、逐次改善する必要がある。

UAVの自律飛行による点検のアプローチは、砂防関係施設単体だけでなく、上下流を含む施設周辺の状況を把握するための全体撮影（フェーズ1）を実施し、その結果等を踏まえて着目点を設定した上で詳細撮影（フェーズ2）を行うことを基本とする。UAV自律点検を繰り返し実施する際には、撮影のタイミングや頻度等を考慮して、適切な撮影計画を立案するものとする。

また、点検方法には、遠望や近接等の目的に応じた定点写真（単写真）を撮影することで点検を行う方法、連続写真を撮影し、画像解析により作成したオルソ画像や3次元モデルを活用して、点検を行う方法があり、対象地区や対象施設に応じて適切に点検方法を選定する必要がある。

定点写真は、同一地点・アングルで撮影すれば、新・旧写真を比較するだけで経年的な変化の程度を迅速に把握することが出来る。また、連続写真は、画像解析（オルソ画像、3次元モデル）することで砂防関係施設やその周辺の連続的な状況の把握、形状・寸法等の定量的な把握を行うことが出来る。

(1) 全体撮影（フェーズ1）

全体撮影は、「砂防関係施設点検要領（案）令和2年3月」を参考とし、砂防関係施設だけでなく施設周辺の状況を全体的に撮影することを目的とする。全体撮影は、UAVの通信状況や樹木等との接触回避を考慮して、安全に飛行できる位置から撮影を行う。

UAVの自律飛行による撮影は、飛行ルートに対して定点撮影する方法と画像解析のための連続写真を撮影する方法がある。



図 4.1-1 UAVの自律飛行による全体撮影（概念図）

- ポイント**
- ・砂防関係施設点検要領（案）に示されている写真撮影箇所と同アングルでの撮影ではなく、UAV点検の利点を活かし、全体を俯瞰的に撮影する。
 - ・砂防関係施設の健全度に影響を与える外的要因（崩壊地、河道閉塞等）の状況把握にも留意する。

(2) 詳細撮影（フェーズ 2）

事前施設点検を踏まえて、損傷(摩耗、ひび割れ等)が確認された場合は、部位単体の変状レベルや施設健全度の評価を目的とした詳細撮影を行う。詳細撮影は「ズーム撮影」または「近接撮影」で行うことが望ましいが、地形条件、機体の性能、通信環境等から実施が難しい場合は、全体撮影で撮影した画像を拡大し、可能な限り変状把握を行う。

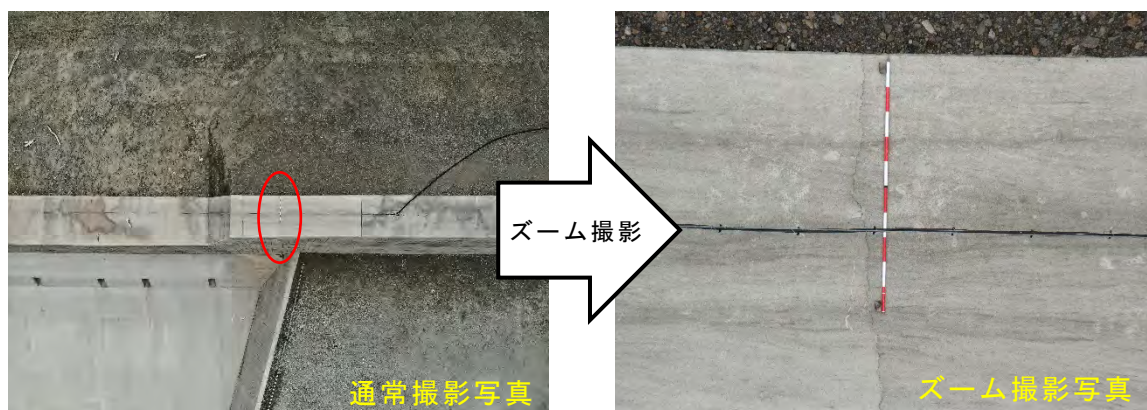


図 4.1-2(1) ズーム撮影写真（例）赤谷地区



図 4.1-2(2) 近接撮影写真（例）熊野地区

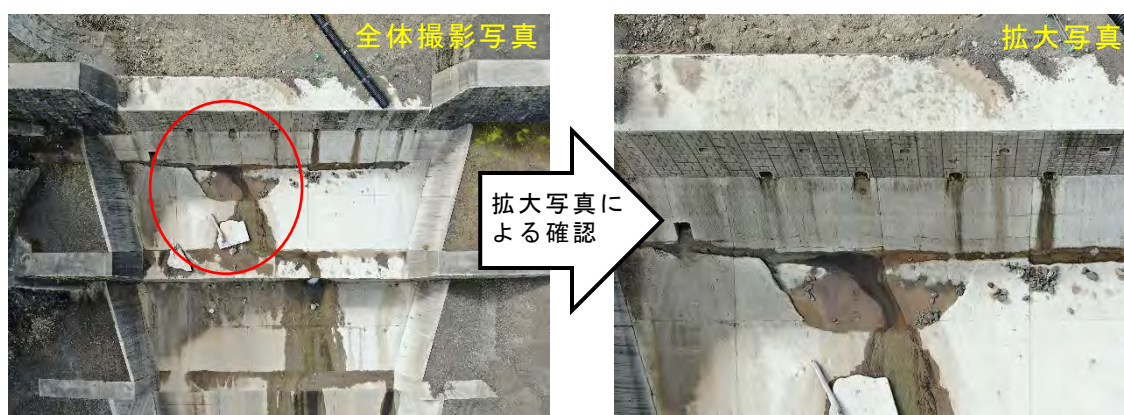


図 4.1-2(3) 全体写真拡大（例）赤谷地区

4.2 点検計画

本手引きにおける点検は、「定期点検」を対象としたものであり、点検の実施時期については、原則1年に1回とする。UAV点検で把握できない部位や変状は、健全度に応じて人力点検と併用することが望ましい。

【解説】

本手引きにおける点検は、「砂防関係施設点検要領（案）」に示される点検のうち、「定期点検」を対象とする。点検の種類と具体的な実施内容については、「砂防関係施設点検要領（案）」を参照されたい。点検の実施時期については、定期点検は点検計画に基づき実施するものとされているが、施設の健全度、流域の荒廃状況等を踏まえて、原則1年に1回とする。

また、UAV自律点検では確認できなかった変状・箇所については、人力点検による「フォローアップ点検」を5年に1回を目途に実施する。

表 4.2-1 点検の種類と概要

点検の種類	目的	実施時期(頻度)	実施方法
定期点検	砂防関係施設の漏水・湧水・洗堀・亀裂・破損・地すべり等の有無などの施設状況及び施設に直接影響を与える周辺状況について点検する。	点検計画に基づき実施する	<ul style="list-style-type: none"> ・現場条件等を踏まえ、UAV点検(自律点検含む)または徒歩による人力点検を実施する。 ・点検結果は点検個票にそれぞれとりまとめる。 ・施設の種類ごとに点検項目を定めるものとする。
臨時点検	出水や地震時などによる砂防関係施設の損傷の有無や程度及び施設に直接影響を与える周辺状況を把握、確認する。	出水時や地震時などの事象の発生直後の出来るだけ早い時期に実施する。	定期点検に準ずる。
詳細点検	定期点検や臨時点検ではその変状の程度や原因の把握が困難な場合に実施する。	必要に応じて実施する。	必要に応じその状況に適応した計測、打音、観察などの方法で確認するものとする。
フォローアップ点検	UAV点検で把握できない変状をフォローする。	5年に1度を目安に実施する。	人力点検を実施し、UAV点検(自律点検含む)で確認できなかった変状・箇所を点検する。

※出典：砂防関係施設点検要領（案）令和2年3月に加筆

4.3 健全度の評価

UAV 自律点検の結果に基づき、可能な範囲で部位ごとの変状レベルを評価し、流域や施設周辺の状況も踏まえ、総合的に健全度を評価する。UAV 自律点検の結果だけでは、変状レベルの評価が困難な場合は点検個票にその旨を記載する。

【解説】

砂防関係施設の健全度評価は、「砂防関係施設点検要領（案）」の健全度評価の考え方を参照されたい。部位または部位グループ毎の変状レベル評価と表記、砂防関係施設の健全度評価と表記は、以下に示すとおりである。

表 4.3-1 砂防関係施設の健全度評価（参考）

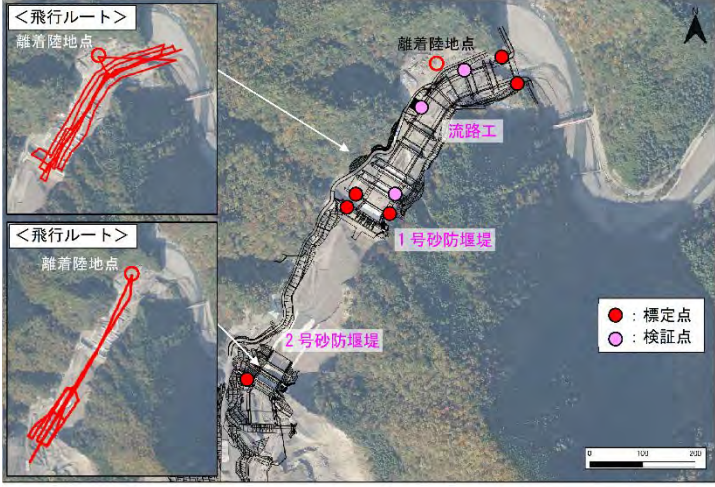
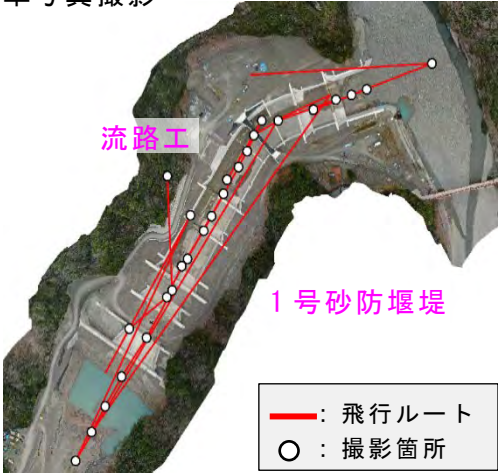

部位あるいは部位グループの変状レベル評価と表記		
変状レベル	損傷等の程度	備考
a	当該部位に損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該部位の性能の低下が認められず、対策の必要がない状態	
b	当該部位に損傷等が発生しているが、問題となる性能の低下が生じていない。現状では早急に対策を講じる必要はないが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態	
c	当該部位に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	





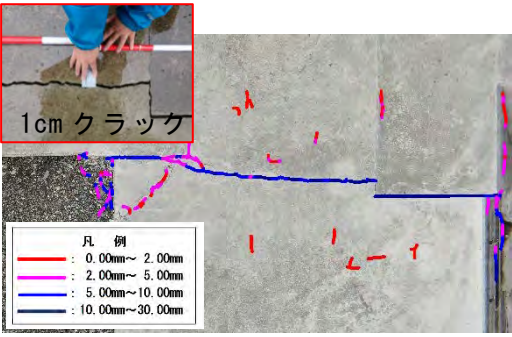

砂防関係施設の健全度評価と表記		
健全度	損傷等の程度	表記
対策不要	当該施設に損傷等は発生していないか、軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該施設の機能及び性能の低下が認められず、対策の必要がない状態	A
経過観察	当該施設に損傷等が発生しているが、問題となる機能及び性能の低下が生じていない。現状では早急に対策を講じる必要はないが、将来対策を必要とするおそれがあるので、定期点検や臨時点検等により、経過を観察する、または、予防保全の観点より対策が必要である状態	B
要対策	当該施設に損傷等が発生しており、損傷等に伴い、当該施設の機能低下が生じている、あるいは当該施設の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態	C

※出典：砂防関係施設点検要領（案）令和2年3月

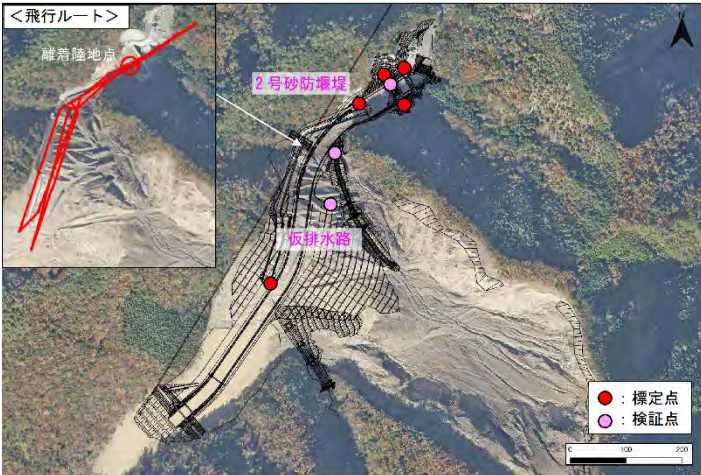


4.4 点検の事例




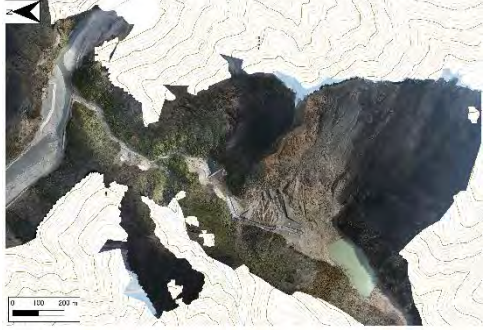
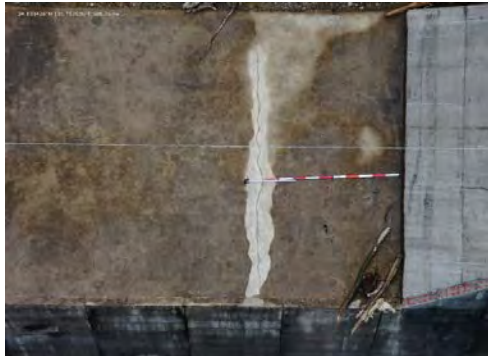

(1) 赤谷地区

施設概要	<p>1号堰堤は未満砂状態であり左岸袖部天端にひび割れがみられる。1号堰堤より下流は流路工が整備されている。</p> <p>2号堰堤は未満砂であるが崩壊地下流に位置し、外的要因を受けやすい施設である。</p>							
点検方法	<p>全体撮影</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 単写真による撮影 ・ 画像解析を目的とした撮影（3次元モデル、オルソ画像） <p>詳細撮影</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ズーム撮影 ・ 全体写真拡大 							
飛行ルート	<p>画像解析撮影</p>  <p>単写真撮影</p>  							
使用機体	<p>・ Matrice300RTK</p>							
現場状況	<p>・ 現地実証時期：R2.10～R3.3</p> <p>・ 撮影範囲内立入可能（第三者立入不可）</p>							
離着陸地点の状況	<table border="1"> <tr> <td>①機体とプロポの通信強度</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>②GNSSの受信状況</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>③離着陸地点の広さ</td> <td>○</td> </tr> </table>		①機体とプロポの通信強度	○	②GNSSの受信状況	○	③離着陸地点の広さ	○
①機体とプロポの通信強度	○							
②GNSSの受信状況	○							
③離着陸地点の広さ	○							
着目点	<table border="1"> <tr> <td>1号砂防堰堤</td> <td rowspan="3"> <p>【撮影計画：画像撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設全体 ・ 対地高度：30m、100m ・ 撮影方法：静止画 <p>【撮影計画：単写真撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設の変状（ひび割れ） ・ 対地高度：30m ・ 撮影方法：静止画 ・ 地上解像度：0.9mm_スームカメラ(5倍) </td> </tr> <tr> <td>2号砂防堰堤</td> </tr> <tr> <td>流路工</td> </tr> </table> <p>・ 左岸袖部天端ひび割れ</p> <p>・ 水通し天端ひび割れ・摩耗</p> <p>・ 水叩き摩耗</p> <p>・ 水叩きソイルセメント洗堀</p> <p>・ 水叩きコンクリート摩耗</p>		1号砂防堰堤	<p>【撮影計画：画像撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設全体 ・ 対地高度：30m、100m ・ 撮影方法：静止画 <p>【撮影計画：単写真撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設の変状（ひび割れ） ・ 対地高度：30m ・ 撮影方法：静止画 ・ 地上解像度：0.9mm_スームカメラ(5倍) 	2号砂防堰堤	流路工		
1号砂防堰堤	<p>【撮影計画：画像撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設全体 ・ 対地高度：30m、100m ・ 撮影方法：静止画 <p>【撮影計画：単写真撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 着目点：施設の変状（ひび割れ） ・ 対地高度：30m ・ 撮影方法：静止画 ・ 地上解像度：0.9mm_スームカメラ(5倍) 							
2号砂防堰堤								
流路工								


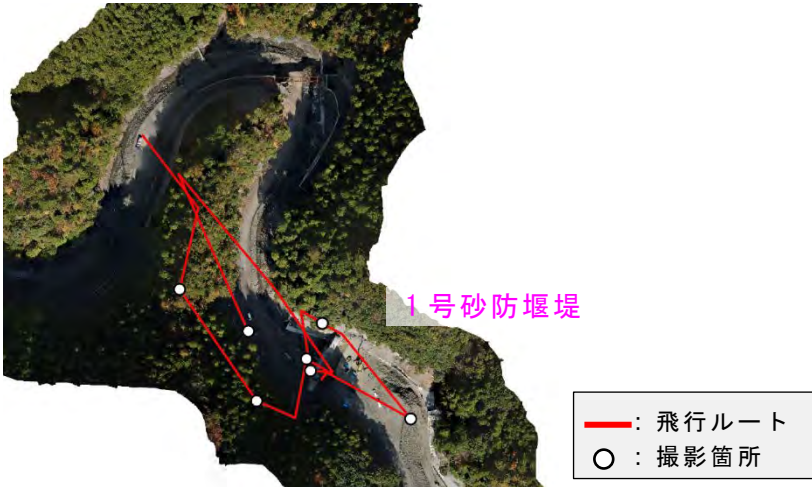
全体撮影（フェーズ 1）		
施設概要	UAV 撮影写真	UAV 撮影写真
		
施設状況	3次元モデル	オルソ画像
		
詳細撮影（フェーズ 2）		
変状把握	Kuraves-Actis によるクラック自動抽出	ズーム撮影写真
	 <p>1cm クラック</p> <p>凡 例</p> <ul style="list-style-type: none"> —: 0.00mm~ 2.00mm —: 2.00mm~ 5.00mm —: 5.00mm~10.00mm —: 10.00mm~30.00mm 	 <p>ヘアクラック</p>
<p>評 価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 単写真での全体撮影は、1号堰堤は写真枚数 5 枚（地上調査 13 枚）、2号堰堤は写真枚数 7 枚（地上調査 15 枚）、流路工は写真枚数 22 枚（地上調査 45 枚）で全体状況の把握が可能であった。 ・ 赤谷地区は施設の規模が大きいため、全体撮影では対地高度 120m 程度での撮影写真となる場合もあるため、3次元モデルを用いた全体把握も有効である。 ・ ズーム撮影写真においてひび割れの評価を行い、地上調査で確認した 1cm のひび割れは抽出可能であったが、0.1mm のヘアクラックは目視でもほとんど確認できなかった。 		







(2) 長殿地区

<p>施設概要</p>	<p>2号堰堤は満砂状態である。堰堤天端にはひび割れがみられるが補修跡も見られる。下流には流路工が整備されていない。 2号堰堤上流には排水路が設置されており、河道閉塞頂部の排水路には一部ひび割れが生じている。上流には崩壊地もあるため外的要因を受けやすい施設である。</p>	
<p>点検方法</p>	<p>全体撮影 ・単写真による撮影 ・画像解析を目的とした撮影（3次元モデル、オルソ画像） 詳細撮影 ・ズーム撮影 ・全体写真拡大</p>	
<p>飛行ルート</p>	<p>画像解析撮影</p> 	
<p>飛行ルート</p>	<p>単写真撮影</p> 	<p>単写真撮影</p> 
<p>使用機体</p>	<p>・Matrice300RTK</p>	
<p>現場状況</p>	<p>・現地実証時期：R2.10～R3.3 ・撮影範囲内立入不可（工事用道路流出） ・機体とプロポの直線見通しが確保できる地点に、プロポを持った補助者を配置し、通信リレーを行うことで、十分な広さを確保できる離着陸地点を選定する。</p>	
<p>離着陸地点の状況</p>	<p>①機体とプロポの通信強度 ○ ②GNSSの受信状況 △ ③離着陸地点の広さ ○</p>	<p>【撮影計画：画像撮影】 ・着目点：施設全体 ・対地高度：100m、149m ・撮影方法：静止画</p>
<p>着目点</p>	<p>・崩壊斜面（侵食谷、下流側のガリ侵食） ・河道閉塞の頂部（越流侵食状況） ・仮排水路（効果、被災の有無） ・2号砂防堰堤（効果、被災の有無）</p>	
<p>【撮影計画：単写真撮影】 ・着目点：施設の変状（ひび割れ） ・対地高度：100-149m ・撮影方法：静止画 ・地上解像度：2.9mm/ス⁠-ムカメラ（5倍） 1.4mm/ス⁠-ムカメラ（10倍）</p>		

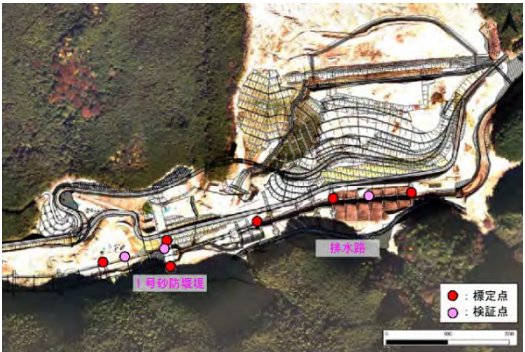


全体撮影（フェーズ 1）		
施設概要	UAV 撮影写真	UAV 撮影写真
		
施設状況	3次元モデル	オルソ画像
		
詳細撮影（フェーズ 2）		
変状把握	UAV 撮影写真	サーモカメラ
		
<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単写真での全体撮影は、堰堤は写真枚数 4 枚（地上調査 13 枚）、仮排水路は写真枚数 17 枚（地上調査 20 枚）で全体状況の把握が可能であった。 ・サーモカメラを用いた撮影により、水が溜まっている箇所等、周辺と温度が違う箇所が視覚的に見やすくなる。サーモカメラを活用することで施設の漏水等の把握に有効である。 		






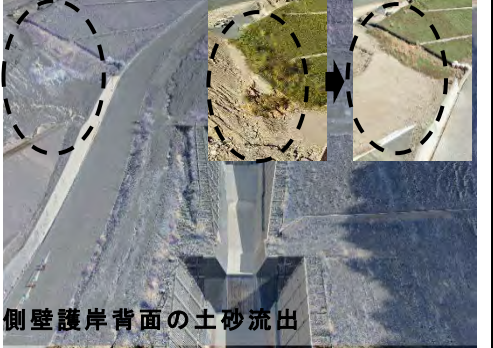
(3) 栗平地区

施設概要	<p>1号堰堤は満砂状態であり、天端には摩耗が見られる。1号堰堤より下流は流路は整備されていない。 栗平地区では、降雨により河床移動が著しい地区であるため、堰堤を越流する等、外的要因を受けやすい施設である。</p>							
点検方法	<p>全体撮影 ・単写真による撮影 ・画像解析を目的とした撮影（3次元モデル、オルソ画像） 詳細撮影 ・ズーム撮影 ・全体写真拡大</p>							
飛行ルート	<p>画像解析撮影</p> 							
使用機体	<p>・Matrice300RTK、ASCL-PF2</p>							
現場状況	<p>・現地実証時期：R2.10～R3.3 ・離着陸地点は、溪流内（狭窄部）であり、機体とプロポの直線見通し距離が限定されるため、通信リレー（Matrice300RTK）、中継機による電波中継（ASCL-PF2）を実施し、機体とプロポの通信距離を延長する</p>	<p>【撮影計画：画像撮影】 ・着目点：施設全体 ・対地高度：100m ・撮影方法：静止画</p>						
離着陸地点の状況	<table border="1" data-bbox="359 1794 901 1888"> <tr> <td>①機体とプロポの通信強度</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>②GNSSの受信状況</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>③離着陸地点の広さ</td> <td>○</td> </tr> </table>	①機体とプロポの通信強度	○	②GNSSの受信状況	△	③離着陸地点の広さ	○	<p>【撮影計画：単写真撮影】 ・着目点：施設の変状（ひび割れ、摩耗） ・対地高度：100m ・撮影方法：静止画 ・地上解像度：2.9mm_ｽﾌﾟｰﾑｶﾏﾗ(10倍)</p>
①機体とプロポの通信強度	○							
②GNSSの受信状況	△							
③離着陸地点の広さ	○							
着目点	<p>・崩壊斜面（下部、拡大崩壊） ・崩壊斜面直下の流路（越流侵食状況） ・1号砂防堰堤（効果、被災の有無） ・1号砂防堰堤上流・下流の土砂堆積状況</p>							

全体撮影（フェーズ 1）		
施設概要	UAV 撮影写真	UAV 撮影写真
		
施設状況	3次元モデル	オルソ画像
		
詳細撮影（フェーズ 2）		
変状把握	UAV 撮影写真	3次元モデルを用いた変状の把握
		
<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単写真での全体撮影は、堰堤は写真枚数 7 枚（地上調査 13 枚）で全体状況の把握が可能であった。 ・摩耗箇所の変状把握は UAV 撮影写真（対地高度 100m からズーム撮影）からの把握は難しく、3次元モデルを用いた変状把握が有効であった。3次元モデルを用いた変状把握では、摩耗の状況は確認できるが数値的な判断は難しい。 		

(4) 熊野地区

施設概要	1号堰堤は満砂状態である。1号堰堤より下流は流路工を手整備中である。1号堰堤より上流側には排水路が設置されており、右岸側の一部の区間で側壁護岸工の背面土砂が流出している。上流には崩壊地があるため外的要因を受けやすい施設である。	
点検方法	全体撮影 ・単写真による撮影 ・画像解析を目的とした撮影（3次元モデル、オルソ画像） 詳細撮影 ・ズーム撮影 ・全体写真拡大	
飛行ルート	画像解析撮影 	単写真撮影 
	単写真撮影 	
使用機体	・Mavic2Pro、Phantom4RTK、Matrice300RTK、Skydio2	
現場状況	・現地実証時期：R2.10～R3.3	
離着陸地点の状況	①機体とプロポの通信強度 ○ ②GNSSの受信状況 ○ ③離着陸地点の広さ ○	【撮影計画：画像撮影】 ・着目点：施設全体 ・対地高度：30m ・撮影方法：静止画 ・地上解像度：10倍ズーム 2.9mm
着目点	・崩壊斜面（頭部、土堰） ・排水路（効果、被災の有無） ・1号砂防堰堤（効果、被災の有無）	【撮影計画：単写真撮影】 ・着目点：ひび割れ、背面土砂流出 ・対地高度：30m、1.5m ・撮影方法：静止画 ・地上解像度：4.3mm_ｽﾞｰﾑカメラ(2倍) 1.7mm_ｽﾞｰﾑカメラ(5倍) 1.2mm_ｽﾞｰﾑカメラ(7倍) 0.9mm_ｽﾞｰﾑカメラ(10倍) 0.4mm_ｽﾞｰﾑカメラ(20倍) 0.67mm

全体撮影（フェーズ 1）		
施設概要	UAV 撮影写真	UAV 撮影写真
		
施設状況	3次元モデル	オルソ画像
		
詳細撮影（フェーズ 2）		
変状把握	UAV 近接写真 (Visual SLAM 技術)	背景差分 (AI 技術を用いて撮影した写真の比較)
		
<p>評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単写真での全体撮影は、堰堤は写真枚数 11 枚（地上調査 13 枚）、流路工は写真枚数 30 枚（地上調査 59 枚）で全体状況の把握が可能であった。 ・熊野地区では施設から近い位置から安全な飛行が可能であるため、Visual SLAM 技術を用いた近接撮影により変状把握を行い、詳細な変状把握が可能であった。 ・排水路工の側壁護岸背面の土砂流出は、UAV 写真からは変状の把握が難しいが、AI 技術を用いて同じ位置から撮影した写真を背景差分法により比較することで変状を把握することができた。 		

4.5 点検個票（案）の作成

本手引きでは、砂防関係施設点検要領（案）に示される点検個票の様式のうち、写真帳（様式-3）、進行性確認（様式-4）について、UAV 自律点検の点検個票（案）を作成した。

【解説】

UAV 自律点検結果を用いて作成した点検個票の事例を以下に示す。

写真帳（様式-3）

施設名称: 赤谷1号砂防堰堤

点検日時: XXXXXXXXXX
 点検者: XXXXXXXXXX
 記入者: XXXXXXXXXX

施設諸元	施設種別	砂防堰堤	高さ	14.5m	延長	113.0m	天端幅	3.08m
------	------	------	----	-------	----	--------	-----	-------

写真位置図



写真No.1 堰堤全景(拡大)



写真No.2 堰堤全景(斜め写真)



写真No.3 堰堤全景(垂直写真)

写真帳 (様式-3)

写真位置図	
	
<p>写真No.4 堰堤上流の状況</p>	<p>写真No.5 堰堤下流の状況</p>
	
<p>写真No.6 堰堤堆砂状況</p>	<p>写真No.7 堰堤拡大写真</p>
	
<p>写真No.8 左岸袖、側壁護岸(3次元モデル)</p>	<p>写真No.9 右岸袖、側壁護岸(3次元モデル)</p>

UAV 写真だけで変状が把握しづらい箇所は 3次元モデルを活用し、補充する。

進行性確認(様式-4)(評価C及びB判定施設)

施設名称: 赤谷1号砂防堰堤

点検日時: [REDACTED]
 点検者: [REDACTED]
 記入者: [REDACTED]

施設諸元

施設種別	砂防堰堤	高さ	14.5m	延長	113.0m	天端幅	3.08m
------	------	----	-------	----	--------	-----	-------

構造物種別	損傷箇所	損傷内容	点検方法		備考
			地上調査	UAV調査	
堰堤	左岸袖部	クラック			UAV写真からクラックが確認できる
			評価:b	評価:b	

進行性確認(様式-4)(評価C及びB判定施設)

施設名称: 赤谷流路工

点検日時: [REDACTED]
 点検者: [REDACTED]
 記入者: [REDACTED]

施設諸元

施設種別	流路工	高さ	-	延長	-	天端幅	-
------	-----	----	---	----	---	-----	---

構造物種別	損傷箇所	損傷内容	点検実施年度		経年変化に対するコメント
			地上調査	UAV調査	
流路工	護岸天端	ヘアクラック			UAV写真ではヘアクラックの抽出は難しい
			評価:	評価:変状把握は難しい	

UAV点検でだけ変状レベルの把握が難しい場合は、その旨を点検個票に記載

5. 点検高度化に向けての試行

UAV 自律点検の高度化に向けて、実証実験において試行を行い、課題の改善とさらなる点検の効率化を図る。

【解説】

実証実験を行った4地区（赤谷・栗平・長殿・熊野）の諸特性を踏まえて、UAV 自律点検における課題の改善とさらなる高度化・効率化を目的とした試行を行った。

また、4地区の他に、紀伊山系砂防事務所管内の那智川地区内の川溪流において、試行を行った。那智川地区内の川溪流は、通信(LTE)・電源環境等が整っており、UAVの飛行における条件は比較的良好な環境となる。試行では、UAVを格納できる基地（以下、“UAV格納庫”という）からの遠隔操作による全自動点検を行った。試行結果は、今後、UAV機器や工事現場における通信環境等の技術向上により、適用場面が増えていくことを踏まえ、参考事例として示す。

- ① 3次元モデルの活用（4地区）
- ② AI技術の活用（4地区）
- ③ Visual SLAM技術の活用（赤谷・熊野地区）
- ④ 標定無しによる3次元点群データの精度向上（4地区）
- ⑤ 2機体同時飛行による目視外補助者なし飛行（栗平地区）
- ⑥ 遠隔操作による目視外補助者なし飛行（那智川地区内の川溪流）

5.1 3次元モデルの活用

5.1.1 試行概要

地区全体の撮影データと砂防施設の撮影データの2種類のデータを用いて、それぞれSfM解析により、3次元モデルを作成した。作成した3次元モデルを用いることにより、現場の状況や損傷箇所等を把握することが可能である。

(1) 立ち入りが困難施設の調査



(a) 3次元モデル（赤谷地区）



(b) 2号堰堤 水叩き（洗掘）拡大平面



(c) 2号堰堤 水叩き（洗掘）拡大正面

図 5.1.1-1 立入りができない場所での調査の代用

(2) 損傷箇所の状況把握

降雨に伴う溪床移動に伴い土砂が堰堤を越流する地区では、堰堤の損傷として天端の摩耗が挙げられる。堰堤天端の摩耗は、垂直写真では判定が困難であるが、3次元モデルにすることで判定が可能となる。



(a) 3次元モデル（栗平地区）



(b) 堰堤天端摩耗 拡大

図 5.1.1-2 損傷箇所の状況把握（堰堤天端摩耗）

5.2 AI 技術の活用

5.2.1 試行概要

AI スポット確認機能により自動で撮影対象を識別・撮影が可能である。砂防堰堤の定点撮影を行い、手動時と自動時の UAV の位置の差の平均は、約 14~18cm であり、標高差の平均は約 3~5cm であった。そのため、点検を繰り返し行う上で、同アングルの撮影が実施できる。

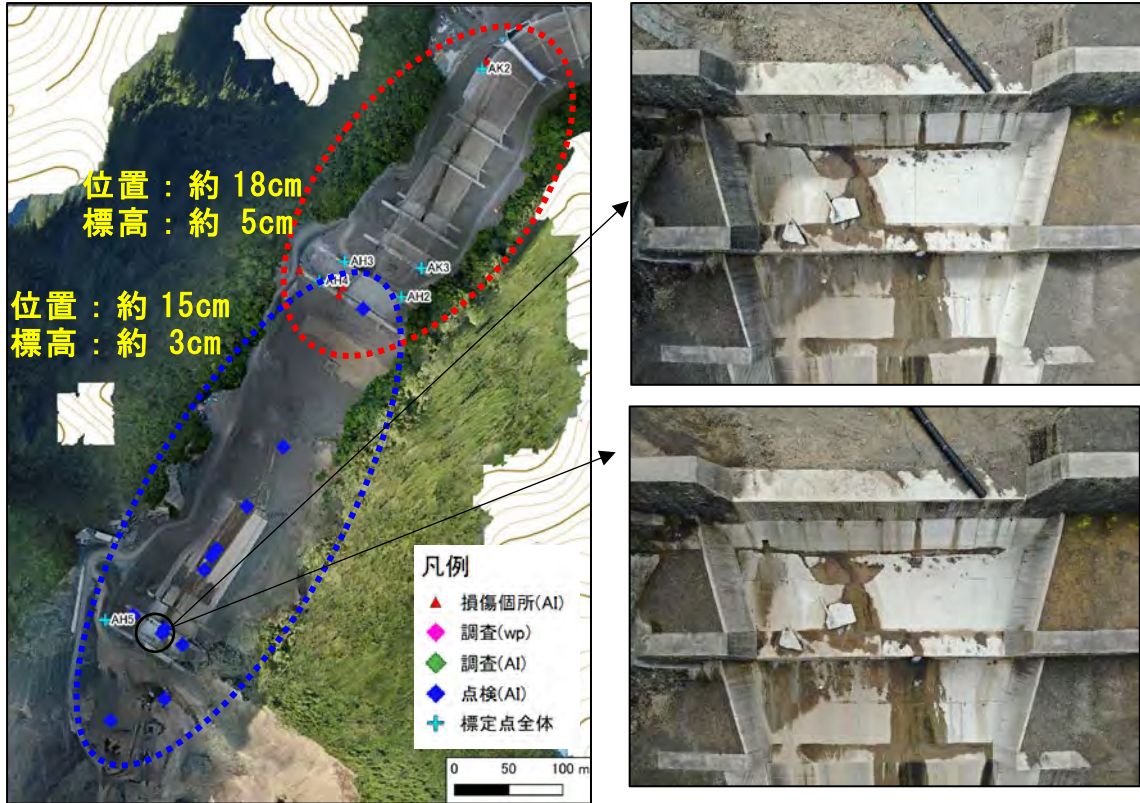


図 5.2.1-1 定点写真撮影位置（ずれの程度）

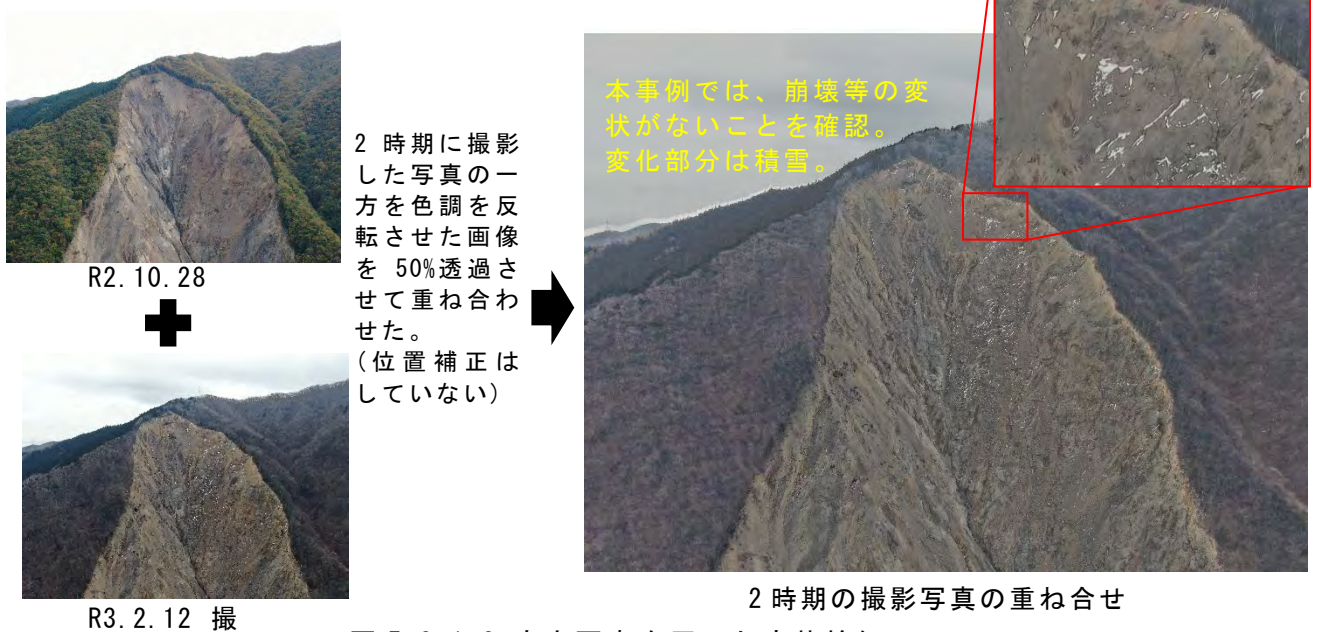


図 5.2.1-2 定点写真を用いた変状検知

5.3 Visual SLAM 技術の活用

5.3.1 試行概要

Visual SLAM 技術を搭載した機体は、上下6つのカメラで撮影した映像をもとに3D点群を生成し、障害物を回避しながらの飛行が可能である。

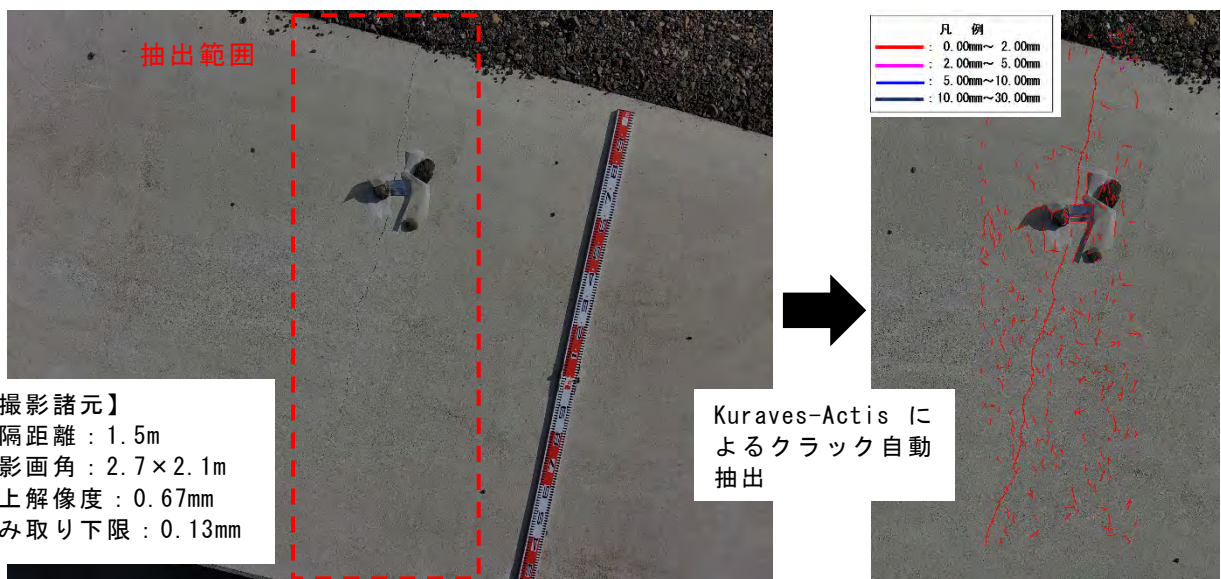
そのため、砂防設備との離隔距離を約1.5mとし、地上点検では、近づけない箇所を詳細に把握できる。



図 5.3.1-1 撮影写真（地上点検、UAV点検（離隔30m）、UAV点検（離隔1.5m））



(a) 地上調査結果



(b) Visual SLAM 技術を搭載した機体で撮影した写真

(c) 抽出結果

図 5.3.1-2 損傷箇所の抽出（赤谷地区_護岸天端ひび割れ）

5.4 標定点無しによる3次元点群データの精度向上

5.4.1 試行概要

砂防関係施設および周辺状況の把握を目的とし、UAV 写真から SfM 解析を行い、3次元点群データを作成した。大規模な崩壊地を有する地区全体の3次元点群データ作成において、データの精度向上および撮影の効率化を図るため、試行を行った。

(1) 測位方式について

UAV の写真測量では、標定点の設置が必要であり、計測範囲を囲むように設置することや高度が大きく変わる地点に設置することが計測精度の確保に重要となる。しかしながら、大規模な崩壊地では、これらを満たした標定点の設置は困難であり、設置個所も限られる。

そこで、標定点の設置が不要となる PPK※(Post Processing Kinematic: 後処理キネマティック)を用いて撮影を行い、3次元点群データの精度確認を行った。データの精度は、地形的に大きな変化がないと考えられる同時期における LP データとの差分解析により確認を行った。飛行ルートは同様とし、それぞれの条件(「単独測位・標定点有」、「単独測位・標定点無」、「PPK・標定点無」)における精度確認結果は、以下に示す通りである。



図 5.4.1-1 飛行ルート図

※ PPK を UAV に搭載することで、単独測位より精度の高い自己位置推定が可能になり、撮影写真の位置精度が向上するため、標定点の設置が不要となる。

表 5.4.1-1 精度確認結果

測位方式	標定	UAV 撮影データと LP (R2) データの差分
単独測位	有	<p>標定点の設置付近では LP と UAV の差分は $\pm 0.5\text{m}$ 未満であるが 崩壊斜面上部では、差分は $\pm 1\sim 3\text{m}$ となり 3 次元的に歪みが発生している。</p> <p>植生の影響あり</p>
	無	<p>河道から崩壊斜面に向けて LP と UAV の差分は $-1\sim -10\text{m}$ となり、 3 次元的に歪みが発生している。</p> <p>植生の影響あり</p>
PPK	無	<p>崩壊斜面・河道において 全体的に LP と UAV の差分は $\pm 0.5\text{m}$ 未満である。</p> <p>植生の影響あり</p>

(2) 飛行ルート効率化について

UAV の写真測量では、隣り合う写真の重複度が 3 次元点群データの作成可否および計測精度の確保が重要となり、真俯瞰撮影による方法が考えられる。しかしながら、大規模な崩壊地では、撮影範囲の高度差が大きく、撮影面積も広いことから、重複度を満たした真俯瞰撮影では、飛行時間および解析時間がかかる。

そこで、地区全体を真俯瞰撮影する飛行ルートと斜め撮影を含む飛行時間・撮影枚数を短縮した飛行ルートにおいて、撮影を行い、3 次元点群データの精度比較を行った。データの精度は、地形的に大きな変化がないと考えられる同時期における LP データとの差分解析、UAV により取得したデータの差分解析により確認を行った。

大規模な崩壊地では、前回撮影時と地形が大きく変化していることも考えられるため、安全な飛行ルートの設定が必要となる。斜め撮影を含む飛行ルートは、以下のように作成した。

- 河道部の撮影は、左右岸の山腹斜面における樹木の繁茂状況等を考慮し、河道の中央部を通る飛行ルートとした。
- 崩壊斜面部の撮影は、崩壊斜面側ではなく、未崩壊の対岸斜面側を飛行するルートとした。なお、同位置の写真が複数枚ある場合、3 次元点群データの精度が劣る可能性があるため、上昇時と下降時における飛行ルートは、位置をずらした。

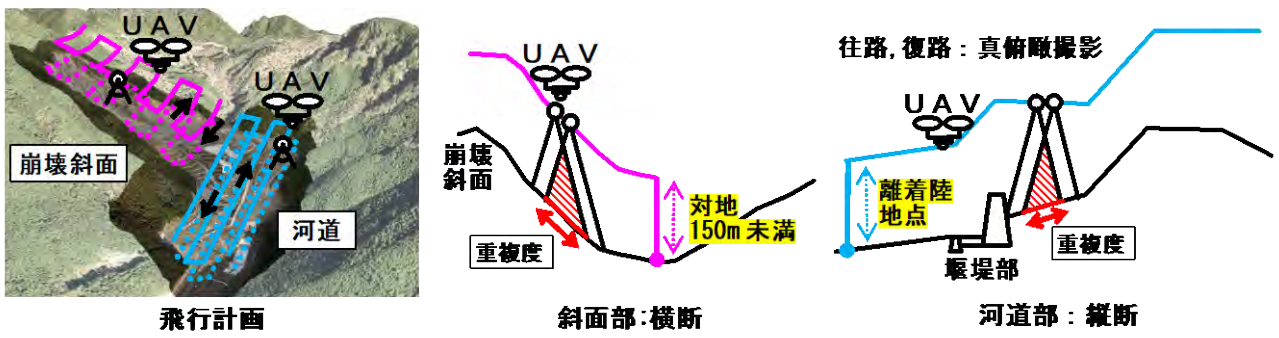


図 5.4.1-2 真俯瞰撮影における飛行計画イメージ

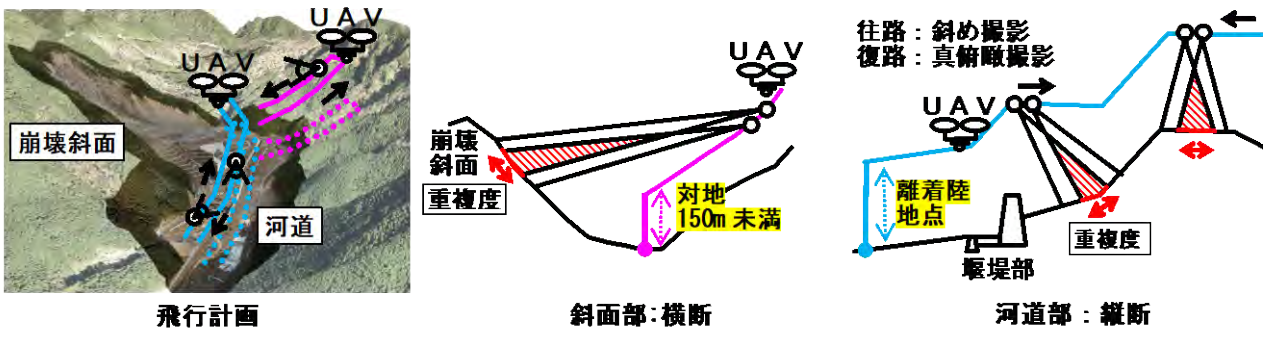
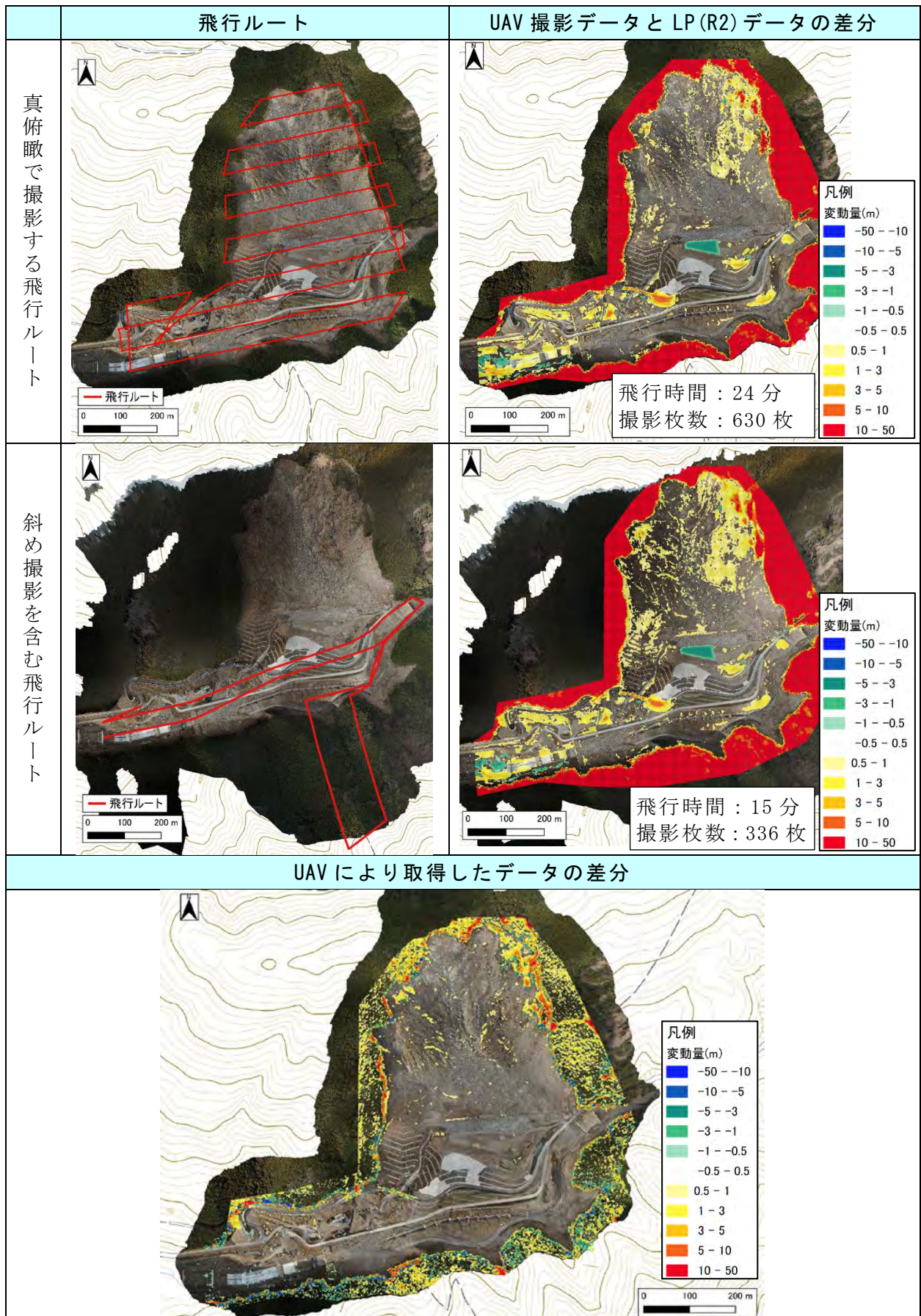


図 5.4.1-3 斜め撮影における飛行計画イメージ

表 5.4.1-2 精度確認結果



5.5 2 機体同時飛行による目視外補助者なし飛行による点検

5.5.1 試行概要

栗平地区は、UAV の離着陸地点が溪流内狭窄部にあり、点検対象（1号砂防堰堤）との間は尾根地形があるため、1機体の飛行による UAV 点検では、機体とプロポ間の直線見通しが取れる高高度からの撮影を余儀なくされ、近接撮影ができなかった。

そこで、中継機を用いた2機体同時飛行により、離発着地点、中継機、撮影機との相互間で直線見通しが取れる位置関係まで中継機の位置を変化させ、電波中継を行う実証実験を行った。

2機体同時飛行による目視外補助者なし飛行による実証実験結果より、中継機を適切な位置で電波中継させることにより、撮影機の機体制御情報（位置、姿勢等）、撮影映像を離着陸地点の操縦者がリアルタイムで把握することができた。また、撮影機を砂防堰堤に近接させた点検ができることを確認した。



図 5.5.1-1 実施概要と撮影結果

5.6 遠隔操作による目視外補助者なし飛行による点検

5.6.1 試行概要

地上点検では、複数施設の点検が必要な場合や砂防施設の接近に危険が伴う場合等、迅速な点検が困難になる場面がある。このような場面での点検では、UAV が有効な手段となり得るが、UAV を飛行させる人員、機体の手配には時間を要するため、迅速な点検には至らない可能性がある。

そこで、砂防施設の近傍に UAV 格納庫を設置し、全自動飛行による施設点検の実証実験を行った。点検員が現場に赴くことなく、施設点検を実施することを想定し、機体の離着陸および、自律飛行の開始・停止の操作および飛行時のカメラの操作については、事務所から遠隔操作により行った。また、自律飛行中の撮影映像は、事務所でリアルタイムに確認できた。飛行実施における安全性については、UAV 格納庫周辺に設置したネットワークカメラ、気象計より、UAV 格納庫の周辺状況を確認することで確保した。点検を終え着陸した機体は、自動で充電され、撮影した点検写真・動画は、自動でクラウドサーバーに保存される。

実証実験結果より、飛行準備から撮影データの抜き出しまでを自動で実施できることを確認し、UAV 格納庫を設置しておくことで、迅速な点検に繋がることを確認できた。



図 5.6.1-1 実施概要

具体的には、予め設定した飛行ルート上において、砂防堰堤の損傷、上流側崩壊地の土砂流出等の有無を確認した。損傷等を確認した場所は、カメラのズーム操作等を行い、必要な箇所の詳細な撮影データを取得することができた。

また、連続写真撮影を行い、SfM 解析により作成したオルソ画像や 3 次元モデルからも上流崩壊地、砂防堰堤の状況が確認できた。



図 5.6.1-2 撮影結果と SfM 解析結果

6. 安全管理

6.1 飛行前点検と現場状況に応じたフェールセーフの設定

飛行前には、無人航空機（UAV）の製造者の取扱説明書に基づいた点検（日常、作業前）やバッテリー等の確認を行う。また、飛行時には、異常事態が発生しても安全に機体を制御し帰還できるよう現場状況を反映させたフェールセーフを設定し、機体のロストや人的・物的破損等の事故を回避する。

【解説】

無人航空機（UAV）の飛行前には、プロペラの装着等機体の状況の確認、バッテリー残量の確認、モーターの動作、プロポなどの操縦機との接続状況の確認などの点検を行う。

また、無人航空機（UAV）のフェールセーフ機能の設定は、重要である。具体的には、以下の事象が発生した場合に、制御設定が働き、機体を安全側に制御するものである。ただし、帰還時の飛行高度や帰還してくる飛行ルート、障害物センサーの自動解除の有無、強制着陸など、機体やアプリケーションによって制御方法が異なることがあるため、事前によく理解しておく必要がある。

例えば、フェールセーフ機能を設定していた残量までバッテリーが低下したため自動帰還が働き、最短距離でホームポイントに移動したが、バッテリー残量が少なくなったため、着陸予定地点まで移動させずに、手動操作で障害物の無い場所に強制着陸させた事例もある。

表 6.1-1 フェールセーフ機能の一例

項目	発生事象	機体の動作
自動帰還	バッテリー電圧の低下	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設定された高度でホームポイントに最短距離で水平に移動し着陸 ➤ 帰還できないと判断したら、着陸できる余力があるうちに手動操作で障害物の無い場所に強制着陸
	プロポからの帰還	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設定された高度でホームポイントに最短距離で水平に移動し着陸
安全航行	電波受信状況の悪化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ その場でホバリング(待機) ➤ 操縦者が可能な限り機体へ接近し、通信の回復を図る。 ➤ 設定された高度でホームポイントに最短距離で水平に移動し着陸
障害物回避	障害物検知	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 障害物を検知し衝突を避ける

6.2 飛行中の監視

無人航空機（UAV）の飛行中に異常や無人航空機（UAV）への危険を察知した場合には、速やかに帰還あるいは最寄りの安全な場所に着陸させる。

【解説】

無人航空機（UAV）の事故が想定される主な事象と留意点等を以下に示す。

表 6.2-1 無人航空機（UAV）の事故が想定される主な事象と留意点等

想定される事象	留意点等
天候の急変 (雨や雷、風等)	<ul style="list-style-type: none"> インターネットの天気の情報サイトや実際の天候の変化を観察し、天候が急変しそうな兆候があれば、機体の帰還や着陸の判断をする必要がある。
他の無人航空機等の接近 (第三者、災害活動等)	<ul style="list-style-type: none"> 地上のある一点から監視しているだけでは、飛行させている回転翼機との位置関係を正確に把握することは難しいことを認識し、「これぐらい離れていれば大丈夫」という認識ではなく、「もしかして見えている状況より実はもっと接近しているのではないか」という意識をしておき、帰還や着陸の判断をする必要がある。
鳥類の接近	
部品の落下及び破損 機体の異常動作	<ul style="list-style-type: none"> 機体監視者と機体との距離によっては、目視では判断できないこともある。したがって、モニター上で通常と異なる挙動を、操縦者及び監視者の双方で見つけ出すことが重要となる。 プロポ及びPCモニター画面には、衛星数、飛行速度、高度、方位など多くの情報が表示され、逐次更新されていく中で、期待される値との相違を見極める必要がある。
バッテリー容量の減少	
衛星の捕捉数※	<ul style="list-style-type: none"> 衛星の捕捉数を地上モニターで常時監視し、自律航行できない数であれば、手動操縦で離陸し、上空で衛星を捕捉する。 例えば、捕捉数が8機未満であったら離陸は手動で行い、上空で衛星を8機以上捕捉し自律航行を実行する。また、途中で衛星数が減少したら手動に切り替え帰還や着陸の判断をする必要がある。

※ 衛星の捕捉数は、予め予測することが可能なため、調査前に現地で今後の捕捉数の推移を確認することが望ましい。(例 <https://www.terasad.co.jp/archives/377.html>)

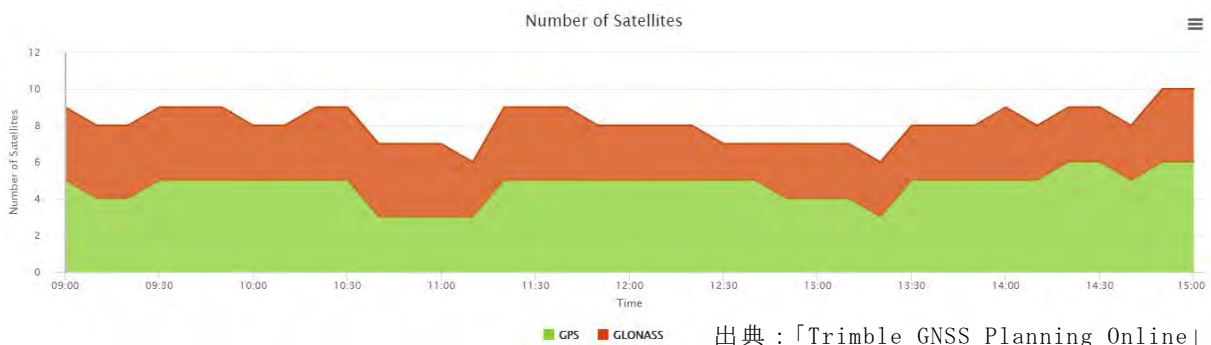


図 6.2-1 捕捉衛星数の事前確認（事例）

6.3 保険への加入

安全に留意して無人航空機を飛行させても、不測の事態等により人の身体や財産に損害を与えてしまう可能性がある。このような事態に備え、保険に加入しておくことを推奨する。(出典：無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン、国土交通省航空局、令和4年6月20日)

【解説】

十分な安全管理を行って無人航空機（UAV）を飛行させていたとしても、飛んでいる以上は、不測の事態が発生した時に最悪の場合は墜落する。人や物件などに被害を与えるような事態では、その補償費用も莫大なものとなるため、保険の加入が推奨される。

無人航空機（UAV）の保険には、自動車保険と同じように下記の2種類があり、それぞれ、個人向けと法人向けの保険があるため、業務で使用する場合は加入時に注意が必要である。

表 6.3-1 無人航空機（UAV）の保険

保 険	内 容
賠償責任保険	➤ 人や所有物、公共物を破損させてしまった際に適用される保険
機体保険	➤ 機体そのものにかかる保険であり、事故で UAV や搭載したカメラが壊れてしまった場合に、適用される保険

また、無人航空機（UAV）の保険の特徴として、プライバシーを侵害して訴えられた時の訴訟費用や墜落した UAV のバッテリーが発火して火災が起きたときの二次被害への補償など、商品によって特徴があるので内容をよく確認する必要がある。

6.4 害獣・害虫への対策

山間部では、害獣や害虫に遭遇する危険があるため、必要に応じて事前に対策を行う。

【解説】

クマ、イノシシ、シカ等が生息する可能性がある場合は、鈴等、音の出るものを使用し、獣に存在を知らせる。また、残飯等餌になるものを現地に放置しない。

点検時には、生物（マムシ、ハチ類、その他昆虫類等）に十分に注意を払い、ヘルメット、安全靴、長靴、長袖の作業服等を使用する。有毒生物との接触があった場合は、ポイズンリムーバーですぐさま毒抜きを施し、患部を冷却した状態で病院へ行く。

湿気の多い場所ではヤマビルに噛まれる可能性があるため、塩やアルコール、ヤマビル忌避剤等を用意し対処する。

危険度の高い生物として、クマとダニが挙げられる。遭遇する危険性があると思われる箇所では、下記の情報を参考にする。

- 森林内等の作業におけるダニ刺咬予防対策【林野庁 HP へのリンク】

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/routai/anzen/daniyoboutaisaku.html>



＜ポイズンリムーバー＞

＜アルコール＞

- クマに関する各種情報・取組【環境省 HP へのリンク】

<https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort12/effort12.html>

6.5 事故・災害発生時の対応

無人航空機に関する事故や重大インシデント※の発生時には、状況に応じ救護や報告等、迅速・適切に対応する必要がある。

※無人航空機の事故及び重大インシデント：事故は無人航空機による人の死傷又は物件の損壊等、重大インシデントは飛行中航空機との衝突又は接触のおそれがあったと認めたとし等のことであり、詳細は、「無人航空機の事故及び重大インシデントの報告要領」（令和4年11月4日制定）を参照のこと。

【解説】

航空法では、事故等の場合の措置（航空法第百三十二条の九十、九十一）を以下のよう

（事故等の場合の措置）

第百三十二条の九十 次に掲げる無人航空機に関する事故が発生した場合には、当該無人航空機を飛行させる者は、直ちに当該無人航空機の飛行を中止し、負傷者を救護することその他の危険を防止するために必要な措置を講じなければならない。

- 一 無人航空機による人の死傷又は物件の損壊
- 二 航空機との衝突又は接触
- 三 その他国土交通省令で定める無人航空機に関する事故

2 前項各号に掲げる事故が発生した場合には、当該無人航空機を飛行させる者は、当該事故が発生した日時及び場所その他国土交通省令で定める事項を国土交通大臣に報告しなければならない。

第百三十二条の九十一 無人航空機を飛行させる者は、飛行中航空機との衝突又は接触のおそれがあったと認めたとしその他前条第一項各号に掲げる事故が発生するおそれがあると認められる国土交通省令で定める事態が発生したと認めたとしは、国土交通省令で定めるところにより国土交通大臣にその旨を報告しなければならない。

出典：「航空法第百三十二条の九十、九十一、令和4年12月5日施行」

事故・災害発生時の対応のため、緊急時の連絡体制を事前に作成しておき、緊急時にはその対応フローに従う。

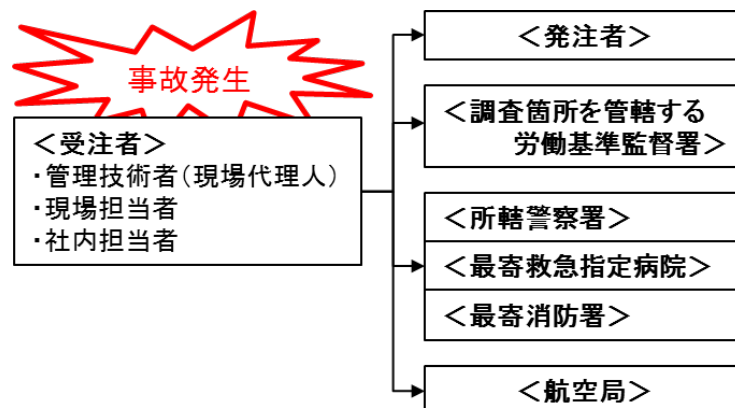


図 6.5-1 緊急時連絡体制の例

具体的な対応を以下に示す。

(1)救命処置（被災者がいる場合）

まず、被災者の救命措置を実施する。

- a. 被災時点では元気でも、後日発症するケースがあり、病院への搬送を原則とするが、被災状況、事故内容から、病院への搬送の可否を判断する。
- b. 搬送する場合は、必ず、付き添い人をつけ、被災状況等の情報連絡をさせる。

(2)通報

直ちに発注者・労働署・警察・航空局へ通報する。

- a. 被災の軽重に係わらず、事故発生後、直ちに、発注者へ通報する。
- b. 被災者を病院へ搬送する必要がある事故の場合は、労働基準監督署・警察等関係機関へ通報する。
- c. その他対応は、受注者の社内規定に従う。
- d. 航空局等（国土交通大臣）への事故等の報告は、ドローン情報基盤システム（DIPS2.0）における事故等報告機能（以下「報告システム」という。）を用いて電磁的に速やかに行うことを原則とするが、やむを得ない理由により報告システムによる報告ができない場合は、【無人航空機による事故等の報告先一覧】に記載の官署宛てに表 6.5-1、表 6.5-2 の様式により報告を行うことができる。ただし、この場合においても速やかに事故等の報告を行わなければならない。
夜間等の執務時間外における報告については、飛行を行った場所を管轄区域とする 24 時間運用されている空港事務所に連絡する。

無人航空機による事故等の報告先一覧は、下記の URL より確認ができる。

【無人航空機による事故等の報告先一覧】

<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001573519.pdf>

表 6.5-1 無人航空機に係る事故／重大インシデントの報告書（様式）（1/2）

(様式)

無人航空機に係る事故／重大インシデントの報告書

ACCIDENT / SERIOUS INCIDENT REPORT OF UAS

年 月 日

Date: _____

国土交通大臣 殿
Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

氏名 _____
Name _____
住所 _____
Address _____

[どちらかにイのこ Check one of the followings.]

- 【事故】 航空法第132条の90第2項及び同法施行規則第236条の85の規定に基づき、次のとおり報告します。
In accordance with the provisions of paragraph (2) of Article 132-90 of the Civil Aeronautics Law and Article 236-85 of the Civil Aeronautics Regulation, I submit an ACCIDENT REPORT OF UAS as follows:
- 【重大インシデント】 航空法第132条の91及び同法施行規則第236条の87の規定に基づき、次のとおり報告します。
In accordance with the provisions of Article 132-91 of the Civil Aeronautics Law and Article 236-87 of the Civil Aeronautics Regulation, I submit a SERIOUS INCIDENT REPORT OF UAS as follows:

1. 無人航空機を飛行させた者 (操縦者) Remote Pilot	氏名 Name	技能証明書番号(※1) Pilot Certificate No.
	住所 Address	所属 Company
2. 発生日時 Date and Time of the occurrence	年 月 日 時 分 Year Month Day Hour Minute	JST (日本標準時)
3. 発生場所 Location of the occurrence	(地図も添付のこと Attach map.)	
4. 飛行の許可/承認(※1) Permit / Approval of the Flight	許可/承認年月日 Permit / Approval Date	年 月 日 許可/承認番号 Permit / Approval No.
5. 無人航空機の情報 Identification of the UAS	登録記号等 Registration ID etc.	機体認証番号(※1) Airworthiness Cert. No.
	製造者 Manufacturer	型式 Type
	製造番号 Serial No.	機体の使用者 Operator of UAS
	その他 Other	
6. 出発地及び到着予定地 Departure Point and Planned Destination Point	出発地 Departure Point	到着予定地 Planned Destination Point
7. 当該飛行の目的及び概要 Purpose and Overview of the Flight		
8. 事故/重大インシデント報告の概要 Summary of the ACCIDENT / SERIOUS INCIDENT		
9. 人の死傷(軽傷を含む) /物件の損壊状況(※2) Details of the death or injury (including minor injury) of any person / the damage to any property	(人の死傷状況がわかる医師による診断書、物件の損壊状況の写真があれば添付のこと) Attach a medical certificate by a doctor and/or photos of the damage to the property, if available.	
10. 機体の損壊状況 Details of the damage to UAS	(機体の損壊状況の写真があれば添付のこと) Attach photos of the damage to the UAS, if available.	
11. その他参考事項(※3) Other references (死傷者のある場合にその者の氏名) (Name of killed or injured person, if applicable)		

(※1) : 該当する場合に記載する。 Fill in if applicable.

(※2) : 別紙に詳細を記載する。 Fill in the details in Attachment.

(※3) : 別紙に詳細を記載する。 Fill in the details in Attachment.

○提出先

本紙及び必要に応じて別紙を、飛行の許可/承認を受けた官署等、担当の航空局関係官署宛てに提出する。 Submit this Report and Attachment (as necessary) to the relevant government office in charge.

表 6.5-2 無人航空機に係る事故／重大インシデントの報告書（様式）（2/2）

(様式)

別紙
Attachment

【詳細 Details】

- 「9. 人の死傷(軽傷を含む)/物件の損壊状況」について、物件の損壊がある場合にのみ以下の該当するものをチェック及び記載する。 Regarding 9., check and describe the following applicable items only when property is damaged.

9-1. 損壊した物件の種類 (複数選択可) Type of damaged property (multiple selections possible)

建造物 (家屋、ビル、橋梁等) Facility(s) and building(s) (house(s), building(s), bridge(s), etc.).

自動車 Automobile(s)、 鉄道車両 Railroad vehicle(s)、 船舶 Ship(s).

その他 (以下の欄に物件を記載する) Others (List the property(s) in the column below)

→

9-2. 損壊した物件の内部に人が居たか? Was there a person(s) inside the damaged property?

はい (居た) YES いいえ (居なかった) NO

9-3. 物件の損壊の発生場所において立入管理措置が講じられていたか? Was on-site limited-access measure(s) taken at the damaged property?

はい (講じられていた) YES いいえ (講じられていなかった) NO

9-4. 物件の損壊に伴い停電、通信障害、道路の閉鎖、公共交通機関・公共施設の休止等の影響が生じたか? Did the damage to the property lead to power failure, communication failure, road closure, suspension of public transportation / public facilities, etc.?

はい (生じた) YES いいえ (生じなかった) NO

→ 「はい (生じた)」の場合、以下の欄にその内容を具体的に記載する
If "YES", specify the details in the column below.

9-5. 物件の損壊に伴い人 (第三者) に危険が生じたか? Was a person(s) (third party) endangered due to the damage to the property?

はい (生じた) YES いいえ (生じなかった) NO

→ 「はい (生じた)」の場合、以下の欄にその内容を具体的に記載する
If "YES", specify the details in the column below.

- 「11. その他参考事項」について、無人航空機の制御不能状態又は発火が生じた場合 (いずれも飛行中に限る) にのみ以下の該当するものをチェック及び記載する。
Regarding 11., check and describe the following applicable items only when the UAS was out of control or ignited during flight.

11-1. 制御不能状態又は発火 (いずれも飛行中に限る) に伴い人 (第三者以外の飛行させた者や関係者も含む) に危険が生じたか否か? Was a person(s) (including the pilot(s) or a person(s) concerned other than a third party) in danger due to the uncontrolled or ignited UAS?

はい (生じた) YES いいえ (生じなかった) NO

→ 「はい (生じた)」の場合、以下の欄に危険が生じた人数及びその内容を具体的に記載する。
If "YES", specify the number of people exposed to danger and the details in the column below.

出典：「無人航空機の事故及び重大インシデントの報告要領」（令和4年11月4日制定）より抜粋

(3) 現場処置

作業を中断し、二次災害の発生を防ぐ

- a. 災害発生後は、直ちに当該箇所での業務を中断し、二次災害が生じないような措置をとる。必要に応じ、類似作業個所での業務を中断する。
- b. 業務の再開は、発注者・労基署・警察に判断を仰ぎ、その指示に従う。

なお、災害現場は、発注者からの業務再開の了承が得られるまでは「そのまま保存」とするとともに、災害状況写真を撮る。

6.6 第三者が立ち入った場合の措置

特定飛行を行う場合、経路下への立ち入りを確認したときは、飛行の停止、経路の変更、着陸等の措置を講じる必要があります。

これらの措置は、経路下への立ち入りの恐れを確認したときにも求められます。

【解説】

航空法では、第三者が立入った場合の措置（航空法第百三十二条の八十七）を以下のよう
に定めている。

（第三者が立入った場合の措置）

第百三十二条の八十七 無人航空機を飛行させる者は、第百三十二条の八十五第一項各号に掲げる空域における飛行又は前条第二項各号に掲げる方法のいずれかによらない飛行（以下「特定飛行」という。）を行う場合（立入管理措置を講ずることなく飛行を行う場合を除く。）において、当該特定飛行中の無人航空機の下に人の立入り又はそのおそれのあることを確認したときは、直ちに当該無人航空機の飛行を停止し、飛行経路の変更、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を損なうおそれがない場所への着陸その他の必要な措置を講じなければならない。

出典：「航空法第百三十二条の八十七、令和4年12月5日施行」

この度の改正航空法（令和4年12月5日施行）に伴い、DIPS2.0において立入管理措置の選択で「補助者が不要」となる目視外飛行のオンライン申請が可能になった。

立入管理措置とは立入管理区画を明示し、無人航空機の飛行経路下に第三者の立ち入りを確実に制限することを指しており、「補助者の配置」を以下に代えることができる。

- ・塀やフェンス等の設置
- ・第三者の立ち入りを制限する旨の看板やコーン等を飛行範囲や周辺環境に応じて設置

本手引きにおける「補助者を配置しない目視外飛行」の具体例を以下に示す。

- ①立入管理措置を講じて、補助者を配置しない目視外飛行（例：赤谷、長殿、栗平地区）
→飛行経路下は発注者の管理する土地や施設であり、第三者の立ち入りを確実に制限できる場合
- ②立入管理措置を講じて、補助者を配置しない目視外飛行（例：熊野地区、那智川流域）
→飛行経路下に第三者の土地、家屋等が存在し、第三者の立ち入りを確実に制限できない場合 《第三者が立入った場合、飛行を中止しなければならない》
これはレベル3飛行に該当するため、飛行場所を特定した個別申請が必要。

7. データの整理

UAV自律点検により撮影したデータは、砂防関係施設の維持管理において重要な基礎資料となる。施設点検は、経年的に実施されることから、今後のデータ蓄積や維持管理への利活用がしやすいように整理する。

【解説】

点検データは、長寿命化計画の立案や施設の維持管理を行うための重要な基礎資料であり、経年的な点検データを使い易いように整理する必要がある。UAV 点検のデータには、撮影写真、点検個票のほかに、画像解析により作成したオルソ画像、3次元モデルがある。これらのデータも点検結果と併せて保管していくことで、データの高度利用にもつながる。

また、同じルートで繰り返し飛行・撮影ができることが UAV 自律点検の利点でもあるため、実施した点検ルートや飛行計画も併せて整理することが望ましい。

本手引きでは、今後の利活用を考え、点検データ保管フォルダ（案）を作成した。



図 7-1 点検データフォルダ（案）

7.1 データ整理方法

作成した点検データフォルダ（案）に保管するデータ整理は、具体的に以下の事例を参考に作成されたい。

UAV_photo UAV撮影写真+点検個票 (Excel)

UAV 点検により撮影した写真と作成した点検個票を格納する。



写真帳 (様式-3)

施設名称 赤谷1号砂防堰堤

施設種別	砂防堰堤	高さ	14.5m	延長	113.0m	天端幅	3.08m
写真位置図							
							
写真No.1 堰堤全景(拡大)							
							
写真No.2 堰堤全景(斜め写真)				写真No.3 堰堤全景(垂直写真)			

UAV_ortho オルソ画像 (TIF)

画像解析により作成したオルソ画像を格納する。



 UAV_plan 飛行計画、飛行ルート (csv, kml等)

UAV 自律点検に使用した飛行ルート、飛行計画 (撮影諸元等) を格納する。



 UAV_model UAV写真から作成したモデル

オリジナルデータ (点群データ txt, las等)

3次元モデルビューアー (3D PDF等)

画像解析により作成した 3次元モデル及びオリジナルデータを格納する。3次元モデルビューアーは汎用的なものとして 3D PDF 等としているが、画像解析データはデータ容量が大きいため、使用するビューワーには留意する必要がある。



7.2 CIMモデルを活用した砂防関係施設の維持管理への提案

河道閉塞箇所を設置される砂防関係施設は、通常の「劣化現象」に加えて「外的要因（大規模崩壊地等からの土砂流出等）」による影響が懸念される。このため、これらの外的要因を如何に早く・安全に把握し、早めの対策を行うかが重要である。

UAVの自律飛行による点検は、砂防関係施設だけでなくその周辺も含めて、現在の状況を詳細に把握でき、画像解析すれば3次元データとして定量的に計測することも出来ることから、砂防施設の維持管理は、「砂防堰堤等（構造物）」と「周辺地形」をセットで3次元データ化し、点検データ（点検結果、オルソ写真、飛行計画等）をCIMモデルに組み込む（外部参照で属性情報として付与する）ことで、データを一元管理し、必要な情報を蓄積していくことが可能となる。

(1) 基本方針

維持管理段階におけるCIMモデルの活用は、今後の課題とされている。そこで、UAV自律点検の結果から3次元地形データを作成したものを、今後のCIM活用の基礎データとして位置付け、砂防CIMモデル（構造物基本構造）、地形モデル（背景図）、属性情報（各種点検結果等）を使った「砂防維持管理CIMモデル（統合モデル）」を構築し、データの蓄積と一元管理を行うことを提案する。

(2) CIMモデルの概要

① 構造物モデル（砂防堰堤）

本業務で作成する構造物モデルは、収集した2次元設計図面を3次元化したモデルとし、維持管理段階の基礎データとして細部の附帯構造物等はモデル化不要と考えられるため、詳細度 200で作成する。構造物モデルは変状レベルの評価を行う部位毎で分割して作成することで、部位ごとの変状レベルの把握がしやすくなる。砂防堰堤のモデルは以下のように分割して作成した。

【砂防堰堤】

- ・ 本体（本堤）
- ・ 袖部
- ・ 側壁護岸
- ・ 垂直壁
- ・ 水叩き

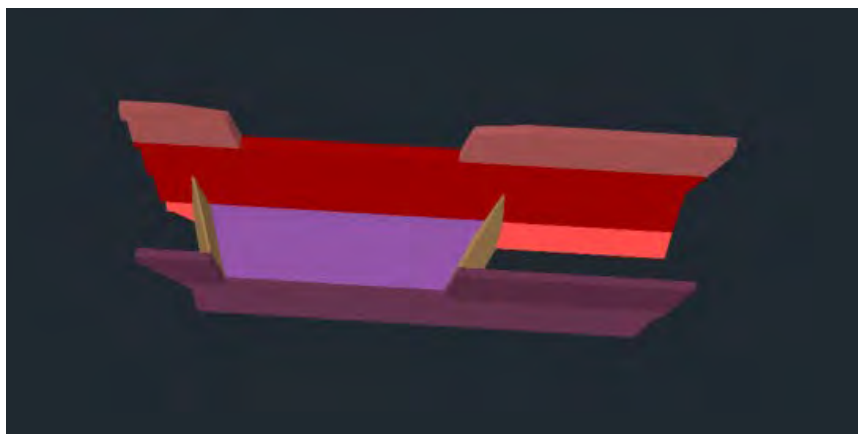


図 7.2-1 構造物モデル（例）赤谷地区

② 地形モデル

地形モデルは、計測によって取得した点群データを3次元モデル化（TINサーフェス）したものとする。作成した地形モデルに画像解析により作成したオルソ画像を張り付けることで、より現地状況を把握しやすいモデルとなる。

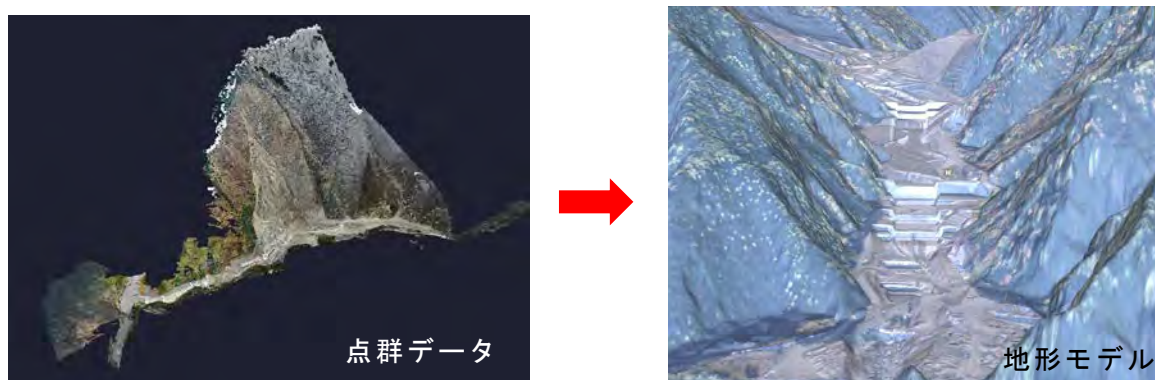


図 7.2-2 地形モデル（例）赤谷地区

③ 統合モデル

構造物モデル、地形モデルを統合し、統合モデルを作成する。統合モデルでは、点検で得られたデータ（撮影写真、点検個票等）を外部参照でモデルに組み込み、統合モデル内で UAV を用いた点検情報を確認できるものとした。

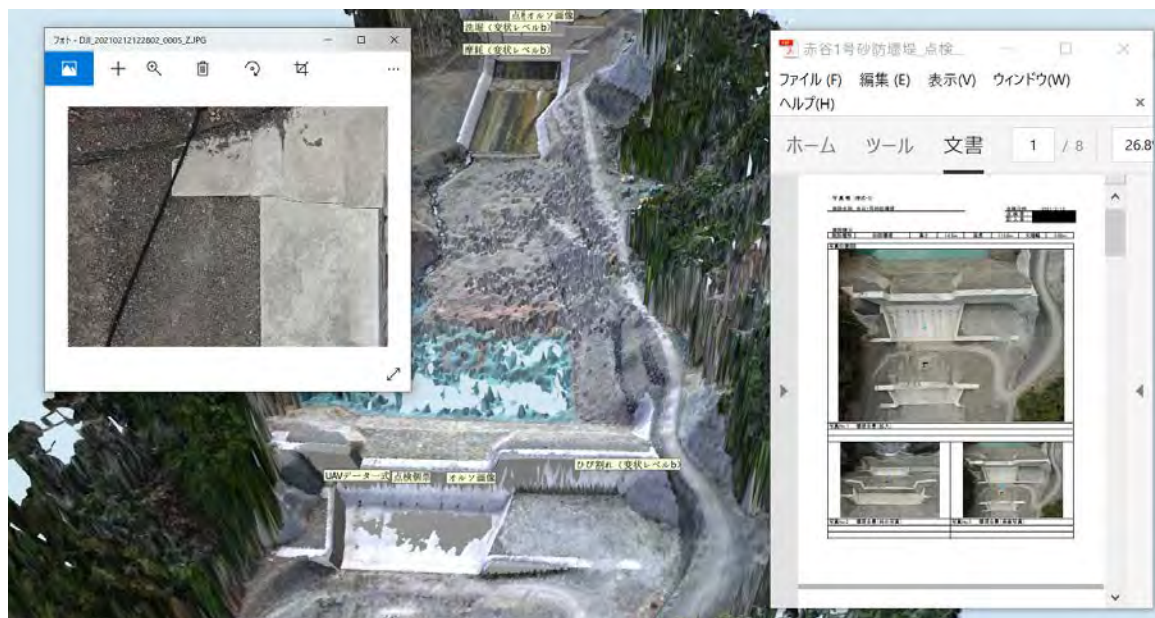


図 7.2-3 統合モデル（例）赤谷地区