

民間提案型官民連携モデリング事業

(災害対策・復旧を見据えたインフラ整備・維持管理調査テーマ⑥-A)

ドローン等を活用した災害時初動対応を可能とする
包括的な仕組み構築

報告書

令和7年2月

国土交通省総合政策局
パシフィックコンサルタンツ株式会社

目次

1. 業務概要	4
1.1 業務目的	4
1.2 支援団体において想定される課題	4
1.3 業務概要	4
1.4 業務項目	5
1.5 業務フロー	5
2. 調査先地方公共団体の概況	6
2.1 基本情報	6
2.2 保有インフラの概況	6
2.3 災害の発生状況	8
2.4 維持管理等における官民連携体制の導入状況	9
2.5 データ共有システムの運用状況	10
3. ドローン等の活用方策の検討	11
3.1 現状把握	11
3.1.1 職員ヒアリング調査	11
3.1.2 既往の官民連携による維持管理・災害対応の取組状況	14
3.1.3 事業者アンケート調査	18
3.1.4 まとめ(現状把握)	45
3.2 課題の抽出	46
3.3 ドローン活用場面の想定	47
3.3.1 災害時の活用	47
3.3.2 平常時の活用	52
3.4 運用スキームの検討	55
3.4.1 平常時・災害時のドローン運用体制検討における考え方	55
3.4.2 ドローン運用体制の検討	56
3.4.3 災害時の参集・緊急道路点検体制の検討	59
4. 中長期ロードマップの検討	62
4.1 飯田建設事務所内候補ルートの検討	62
4.2 中長期ロードマップ	69
5. データ取得・分析・共有方法の検討	72
5.1 データ取得方法の検討	72
5.1.1 関係法令の整理	73
5.1.2 飛行方法・ルートの検討	80
5.1.3 機体・機材の選定	87
5.2 データ解析の自動化検討	90

5.2.1 カラーコーン検知 AI の構築	90
5.2.2 カラーコーン検知 AI による検知結果	91
5.2.3 データ解析の自動化方法	91
5.2.4 データ解析の自動化に向けた今後の展開・課題の整理	93
5.3 異常箇所の共有方法の検討	94
5.3.1 IDP のツール「Survey123」から連携	94
5.3.2 ジオタグ(位置情報付き)写真取込機能により IDP に投稿	94
5.3.3 API を活用し、IDP に自動連携	95
5.4 機器構成の整理	97
6. 実証実験	98
6.1 実証実験までの流れ	98
6.2 飛行ルート選定	99
6.3 関係者協議	101
6.4 現地踏査	102
6.5 上空 LTE 電波調査及び分割飛行テスト	104
6.6 本番前通し飛行	109
6.7 実証実験本番飛行	111
6.8 実証実験の課題	119
7. 検証結果及び課題の整理	121
7.1 本事業の成果	121
7.2 事業化にあたっての課題	123
7.2.1 社会実装に向けた主な課題	123
7.2.2 実現場における運用課題	124
7.3 今後の検討スケジュール	124
8. 横展開方策の検討	127
8.1 本検討の調査手法が適する地方公共団体	127
8.2 本調査により得られた示唆の整理	128

【報告書概要版】

民間提案型官民連携モデリング事業(R6 ⑥-A)
 (実施主体:パシフィックコンサルタンツ株式会社/地方公共団体:長野県)

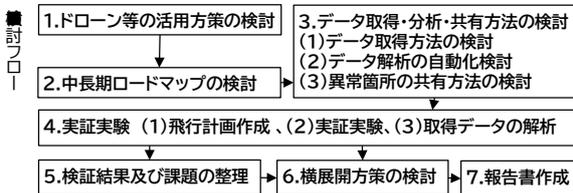
【ドローン等を活用した災害時初動調査を可能とする包括的な仕組み構築】
 【分野:災害対策・復旧を見据えたインフラ整備・維持管理】【対象施設:道路】【事業手法:包括的民間委託】

①調査概要

大規模災害時の早期復旧には緊急輸送道路の確保が重要である。長野県の緊急輸送道路は被災リスクの高い急峻な地形を通る路線が多く、災害時に複数箇所での被災が発生すると地上からの点検・パトロールのみでは迅速な道路啓開が困難になることが予想されるため、ドローンの目視外飛行による上空からの点検・パトロールの実現性を検討する。具体的には、(1)ドローンの目視外飛行による片道約10kmの道路の画像・動画取得、(2)取得データのAI解析による被災箇所の検知、(3)GIS(地理情報システム)を活用した情報共有システムへの取得データの出力について実証実験を行い、実現性や課題を検証するとともに実装に向けた官民連携の事業スキームを検討する。

②実施方針・フロー

- 実施方針
- ①:平常時・災害時にドローン等を利用してデータ取得・利活用する体制・事業スキームの検討【1】
 - ②:ドローンの飛行に対する法的・技術的な制約条件を踏まえた中長期的なロードマップの検討【2】
 - ③:平常時・災害時の実効的なマネジメントにつながるデータ取得・解析・共有方法の検討及び実証実験【3~5】
 - ④:他地方公共団体への展開に向けた示唆、効果・課題の整理【6~7】
- 【番号】は以下フローと対応



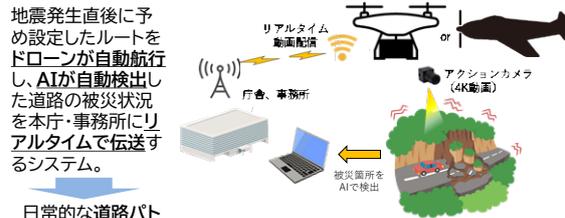
③地方公共団体概要

長野県(人口:1,992千人(令和6年4月時点)面積:13,561,566km²)

- ・県管理道路の延長は約5,137km(全国4位)。震度4以上で職員、震度6以上で県内97工区の道路維持JV(建設業者)による道路パトロールを実施。
- ・大規模災害時、被災箇所の多発により地上点検が困難となり、迅速な復旧が難しくなる。加えて、技術職員の減少で従来の緊急点検の維持も限界に達していることが課題。

④スキームの概要

・被災時初動対応および日常的なパトロール等においてドローン・AIを活用した仕組み・体制の構築を検討。



日常的な道路パトロールへの展開

・この仕組みの実現性を高め、運用体制を構築するために、長野県が導入している「小規模維持補修工事等地域維持型JV」との連携や組み込みを検討。

対象	道路、河川、砂防、都市公園
業務内容	維持補修工事、日常及び大規模地震発生時の道路パトロール等
民間体制	単体企業又は地域維持型JV、異業種JV、または地域維持型JVと別契約
期間	「複数年継続委託」の試行中

民間提案型官民連携モデリング事業(R6 ⑥-A)
 (実施主体:パシフィックコンサルタンツ株式会社/地方公共団体:長野県)

【ドローン等を活用した災害時初動調査を可能とする包括的な仕組み構築】
 【分野:災害対策・復旧を見据えたインフラ整備・維持管理】【対象施設:道路】【事業手法:包括的民間委託】

⑤調査結果

■ドローン活用方策

- ・平常時の運用体制を整備し、災害時に迅速対応できる仕組みを構築することが重要である。県は道路・河川などの包括委託を進めており、ドローン調査で補修対象を抽出することを検討した。
- ・包括委託の単一地域ではドローンを導入する事業量確保が難しく、広域を連携が必要で、建設・測量業者が運用を担い、コンサルタントが統括する体制(図表1)が有効との方向性打ち出した。

■データ取得方法

- ・県道1号(湖岸道路)約10km区間でドローンをを用いた緊急点検を想定し、天竜川上空を飛行する経路を設定した(図表2)。
- ・事前調査として現地・LTE電波・分割飛行調査を行い、レベル3.5飛行の許可を取得した。
- ・機体は国産回転翼UAV「Surveyor I-N」を採用し、FPVカメラと広角アクションカメラを搭載した。

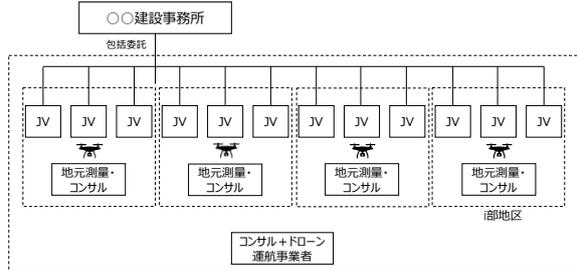
■実証実験

- ・実験では、レベル3.5飛行の成功に加え、道路点検用動画の取得とAI解析の有効性を確認した。機体はLTE通信で制御され、安全に飛行を完了した。撮影動画は着陸後にAI解析し、災害模擬のカラーコーンを検出した。
- ・解析結果は長野県の情報共有システム「インフラデータプラットフォーム(IDP)」に位置情報付きでアップロードされ、地図上での可視化と共有が可能であることを確認した。

■他団体への展開

- ・災害時の緊急道路点検において、目視外自律飛行のドローンを活用することで、無人による長距離点検とAI解析による迅速な被災状況の把握が可能であることを実証した。また、この手法を運用するために有効な広域連携体制について検討した。
- ・本調査手法は、山間部や広域道路を管理する自治体、官民連携が進む自治体、災害対策重視の自治体、技術導入に積極的な自治体、維持管理効率化を目指す自治体に適する。

図表1 維持管理・災害対応を行う広域連携体制のイメージ



図表2 実証実験の飛行経路とドローン撮影画像



⑥事業化に向けた展望(ロードマップ)

<p>▶ドローンポート、ジンバルカメラの実証</p> <p>▶災害事後検出AIモデルの構築</p> <p>▶地元事業者との意見交換・実証実験の共同実施による体制構築に向けた調整整備</p>	<p>▶衛星連係、1対多飛行の実証</p> <p>▶リアルタイムAI解析システム</p> <p>▶データ取得・解析・IDPアップロードの一元化</p> <p>▶広域連携体制の契約モデル策定・訓練</p>	<p>▶レベル4飛行の実証</p> <p>▶夜間対応や被害の重大性を判断できるAIモデル構築</p> <p>▶複数路線の情報が判断支援可能なシステム</p> <p>▶広域連携モデルの他地域への展開</p>
--	---	--

1. 業務概要

1.1 業務目的

国土交通省では、経済財政運営と改革の基本方針 2023(令和 5 年 6 月 16 日閣議決定)、新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 2023 改訂版(令和 5 年 6 月 16 日閣議決定)、PPP/PFI 推進アクションプラン(令和 5 年改定版)(令和 5 年 6 月 2 日民間資金等活用事業推進会議決定)等に基づき、PPP/PFI を推進している。

PPP/PFI 推進アクションプラン(令和 5 年改定版)では、推進の方向性として「PPP/PFI 手法の進化・多様化」、「民間による創意工夫の最大化」等が掲げられており、老朽化が進むインフラの維持やカーボンニュートラル等の政策課題について、民間発意による PPP/PFI 事業の案件形成の促進等、具体的な取組を進めることが求められている。

これらの状況を踏まえ、本事業では、災害対策・復旧を見据えたインフラ整備・維持管理について、国土交通省所管分野における民間提案に基づく新たな官民連携手法を構築することを目的として、以下の調査テーマ(導入検討する事業手法・スキーム)について、1 以上の地方公共団体を対象に導入し、導入による課題や効果を明らかにする調査を実施する。

調査テーマ⑥:ドローン等の新技术を活用し、データ利活用によるインフラの災害対応(災害時初動調査を含む)の迅速化及び日常の維持管理の効率化を図る事業スキームの検討

1.2 支援団体において想定される課題

支援団体:長野県

- 能登半島地震のような大規模災害時には、1 つの路線において被災箇所が複数発生するため、地上からの点検・パトロールに時間を要し、路線全体の被害状況の把握が進まず、迅速な道路啓開が困難となる。
- 自治体の技術職員や建設産業の従事者が減少する中、従来のマンパワーに頼った緊急点検にも限界がある。

⇒ そのため、ドローン等を活用したデータ取得・共有の自動化・迅速化の検討が必要

1.3 業務概要

- (1) 調査業務名称 民間提案型官民連携モデリング事業(調査テーマ番号⑥-A)
- (2) タイトル ドローン等を活用した災害時初動対応を可能とする包括的な仕組み構築
- (3) 調査テーマ 分野:災害対策・復旧を見据えたインフラ整備・維持管理
⑥ドローン等の新技术を活用し、データ利活用によるインフラの災害対応(災害時初動調査を含む)の迅速化及び日常の維持管理の効率化を図る事業スキームの検討
- (4) 履行期間 令和 6 年 8 月 5 日～令和 7 年 2 月 21 日
- (5) 調査委託先民間事業者 パシフィックコンサルタンツ株式会社
- (6) 導入検討先地方公共団体 長野県

1.4 業務項目

本業務の構成は以下のとおりである。

- (1) モデル事業の構築に向けた事業手法・スキームの導入検討..... 1 式
 ⇒ 調査テーマの実現に向け、導入検討先の地方公共団体を対象に事業スキームの検討を行う。ドローンや AI 技術を活用し、災害時対応やインフラ維持管理の効率化を図る。実証実験を通じて技術的・制度的な課題を検証し、持続可能な導入モデルを策定。さらに、中長期ロードマップを作成し、他自治体への展開可能性も検討する。
- (2) 事業経過に関する報告..... 1 式
 ⇒ 業務開始・期中・終了前に報告し、期間中は月 1 回進捗を共有する。会議開催時は事前連絡と論点整理を実施する。
- (3) 報告書及びその概要の作成..... 1 式
 ⇒ 報告書 2 部と電子データを提出し、概要版を作成する。事前に事務局と内容を確認し、調査成果の横展開を図る。

1.5 業務フロー

以下のフローに沿って業務を実施した。

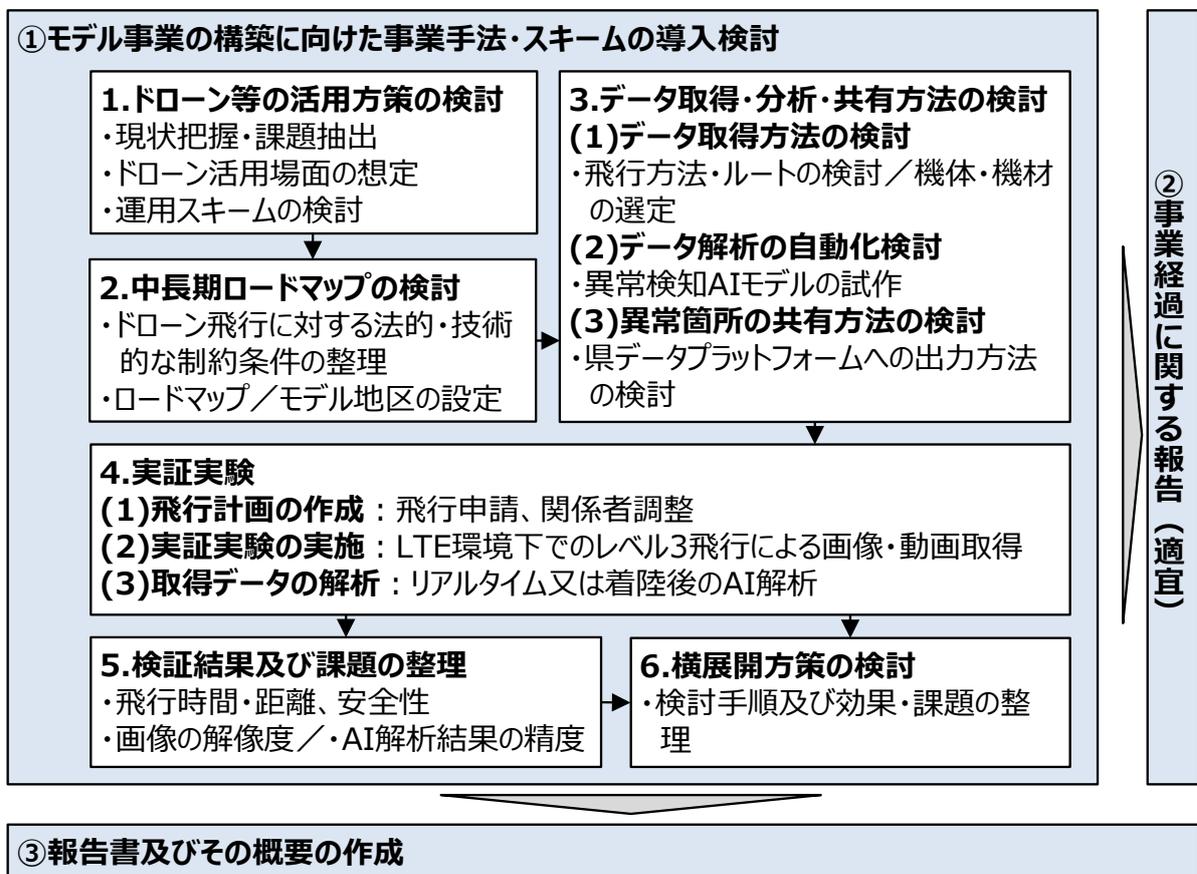


図 1-1 業務フロー

2. 調査先地方公共団体の概況

2.1 基本情報

長野県は、人口 1,992 千人(令和 6 年 4 月時点)、面積 13,561.56km²を有する。

県管理道路の延長は約 5,137km であり、全国で 4 番目に長い。パトロールを担当する現地事務所の職員数は令和 5 年 4 月現在 656 人で、過去 20 年間で 18%減少している。

震度 4 以上で職員による道路パトロールが行われている。震度 6 以上になると、県内 97 工区の道路維持 JV(建設業者)が道路パトロールを実施する。

2.2 保有インフラの概況

長野県が保有又は管理する道路、都市公園、下水道等のインフラ財産は、平成 27 年度末現在で、道路実延長 5,172km、橋梁 3,831 橋、都市公園 9 公園、面積 271.86ha、下水道管渠延長 190.4km などとなっている。

本業務では、この中で特に道路を中心に検討を行う。

表 2-1 長野県のインフラ施設の保有状況

【インフラ施設の保有状況（平成 27 年度末現在）】

区 分	状 況				備 考
道 路	路線数	実延長(km)	橋梁数	トンネル数 (※ロックアップ、 スノーエフトを含む。)	国道用地、 施設の所有者：国
	県道 401	3,929	2,727	177	
	国道(県管理分) 23	1,243	1,104	140	
	(計 424)	5,172	3,831	317)	
河 川	県管理河川 8水系 河川数 737 河川延長 4,803km 県管理ダム 16(多目的ダム 13、治水専用ダム 3) (建設中 1 治水専用ダム) 陸閘門 3、樋門・樋管 68、堰 1、水門 8				河川用地の 所有者：国、 県、市町村 又は民間
砂 防	砂防設備(砂防堰堤等) 18、598施設 地すべり防止施設(区域数) 306 急傾斜地崩壊防止施設(区域数) 737				
都市公園	9公園 面積 271.86ha				公園用地の 所有者：一 部市町村
流域下水道	管渠延長 190.4km 終末処理場 4施設、ポンプ場 4箇所				
林 道	県管理林道 34路線 延長 74,491m				
治山施設	治山ダム 25,600基				
農業・農村施設	地すべり防止施設 137区域 6,392.50ha ダム 1				
交通安全施設	交通信号機 3,544基 道路標識 92,237本				
企業会計資産 (電気、水道)	事業用有形固定資産 電気事業 発電所 14所及び附帯設備一式 企業局管理ダム 3 新規 2発電所建設中(H29.4.1本格稼働) 水道事業 末端給水事業 浄水場 2箇所及び附帯施設一式 (取水口 1、浅井戸 14、ポンプ場 35、配水池 52、管路延長 1,435km) 用水供給事業 浄水場 1箇所及び附帯施設一式 (取水口 1、導水トンネル延長 3.3km、ポンプ場 4、管路延長 52km)				

【出典：長野県ファシリティマネジメント基本計画(長野県、平成 29 年 3 月(令和 6 年 2 月改正)】

2.3 災害の発生状況

長野県は、その地形や気象の特性から多くの自然災害に見舞われてきた。近年、気候変動の影響により災害が激甚化・頻発化し、令和元年の東日本台風災害では甚大な被害を受けた。このような状況を踏まえ、災害時の被害を最小限に抑え、迅速に復興するためには平時からの備えが重要であるとされ、第3期長野県強靱化計画では「最悪の事態を念頭に置き、すべての県民が災害に備える社会の構築」を目指している。

地震災害としては、平成26年の神城断層地震(M6.7)や、昭和59年の西部地震(M6.8)が大規模被害をもたらし、特に活断層地帯や浅い震源での地震がリスクとして挙げられる。また、土砂災害・水害においても、令和元年の東日本台風による千曲川の氾濫や過去の豪雨災害が深刻な影響を及ぼしており、近年の気候変動の影響も重なって災害の頻度と規模が増加している。

さらに、今後起こり得る災害として、糸魚川―静岡構造線断層帯や南海トラフ地震が想定され、県内外に甚大な被害を及ぼす恐れがある。長野県はこれらの災害リスクに備えるため、被害想定や脆弱性評価を基にした対策を強化し、最悪の事態に対応できる体制の整備を進めている。

【出典：第3期長野県強靱化計画(令和5年3月)より整理】

2.4 維持管理等における官民連携体制の導入状況

長野県建設部が管理する河川及び砂防関係施設等において、県民の生命財産に危険、損害又は著しい不便が生じるおそれがあり、緊急に修繕又は機能回復を要する場合、「土木施設小規模補修工事取扱要領」に基づき、建設部各現地機関において当番登録された公募業者により、迅速に修繕作業を実施する体制が整備されている。

また、道路施設においては、「施工体制確認型契約方式」を導入し、適正な施工体制の確保を図っているほか、一部区域においては河川及び砂防関係施設等を含む維持管理業務を「包括民間委託」により実施するなど、効率的かつ効果的な管理運営を推進している。

土木施設小規模補修工事は、平成 29 年度から建設部各地域発注機関で実施されており、令和 5 年度には、全県において、道路、河川、砂防、都市公園を含む合計 3,816 件、総額約 40 億円(4,044.2 百万円)の規模で実施されている。特に、長野建設事務所では 774 件(約 4.3 億円)、飯田建設事務所では 432 件(約 5 億円)といった高い実施件数・金額を記録しており、地域ごとの特性や需要に応じた柔軟な運営が行われている。

表 2-2 令和 5 年度 小規模補修工事 実施状況

令和 5 年度 小規模補修工事 実施状況

事務所名	令和 5 年 4 月				～ 令和 6 年 3 月末				合 計	
	道 路		河 川		砂 防		都市公園		件数	金額 (百万円)
	件数	金額 (百万円)	件数	金額 (百万円)	件数	金額 (百万円)	件数	金額 (百万円)		
佐久建設事務所	78	89.1	23	31.4	6	8.3	0	0.0	107	128.8
佐久北部事務所	168	192.6	34	41.5	2	4.8	0	0.0	204	238.9
上田建設事務所	289	298.6	54	65.6	12	13.3	0	0.0	355	377.5
諏訪建設事務所	202	318.7	69	82.5	16	22.1	0	0.0	287	423.3
伊那建設事務所	111	123.2	78	68.4	23	18.9	0	0.0	212	210.5
飯田建設事務所	303	309.2	86	120.7	21	34.4	22	34.5	432	498.8
木曾建設事務所	59	119.2	39	60.8	12	19.8	0	0.0	110	199.8
松本建設事務所	375	376.9	58	58.3	11	17.8	0	0.0	444	453.0
奈良井川改良事務所	0	0.0	33	39.6	0	0.0	0	0.0	33	39.6
安曇野建設事務所	54	60.4	15	17.0	5	7.5	8	13.7	82	98.6
大町建設事務所	126	185.0	42	55.0	7	11.0	0	0.0	175	251.0
千曲建設事務所	94	60.3	19	19.4	3	5.5	0	0.0	116	85.2
須坂建設事務所	54	64.0	32	30.9	8	6.8	0	0.0	94	101.7
北信建設事務所中野事務所	87	98.3	25	37.7	25	25.6	0	0.0	137	161.6
北信建設事務所飯山事務所	140	190.8	16	13.4	7	8.9	0	0.0	163	213.1
長野建設事務所	664	291.3	90	111.3	19	26.9	1	1.1	774	430.6
犀川砂防事務所	0	0.0	0	0.0	28	45.1	0	0.0	28	45.1
姫川砂防事務所	0	0.0	0	0.0	15	26.2	0	0.0	15	26.2
土尻川砂防事務所	0	0.0	0	0.0	48	61.0	0	0.0	48	61.0
合 計	2,804	2,777.6	713	853.5	268	363.9	31	49.3	3,816	4,044.2

※下伊那南部建設事務所、松川ダム管理事務所分は、飯田建設事務所を含む。

浅川改良事務所、裾花ダム管理事務所分は、長野建設事務所を含む。

【出典:長野県 HP】

(<https://www.pref.nagano.lg.jp/gijukan/kensei/nyusatsu/kokyokoji/bukyoku/documents/r5syokibosyusei.pdf>)

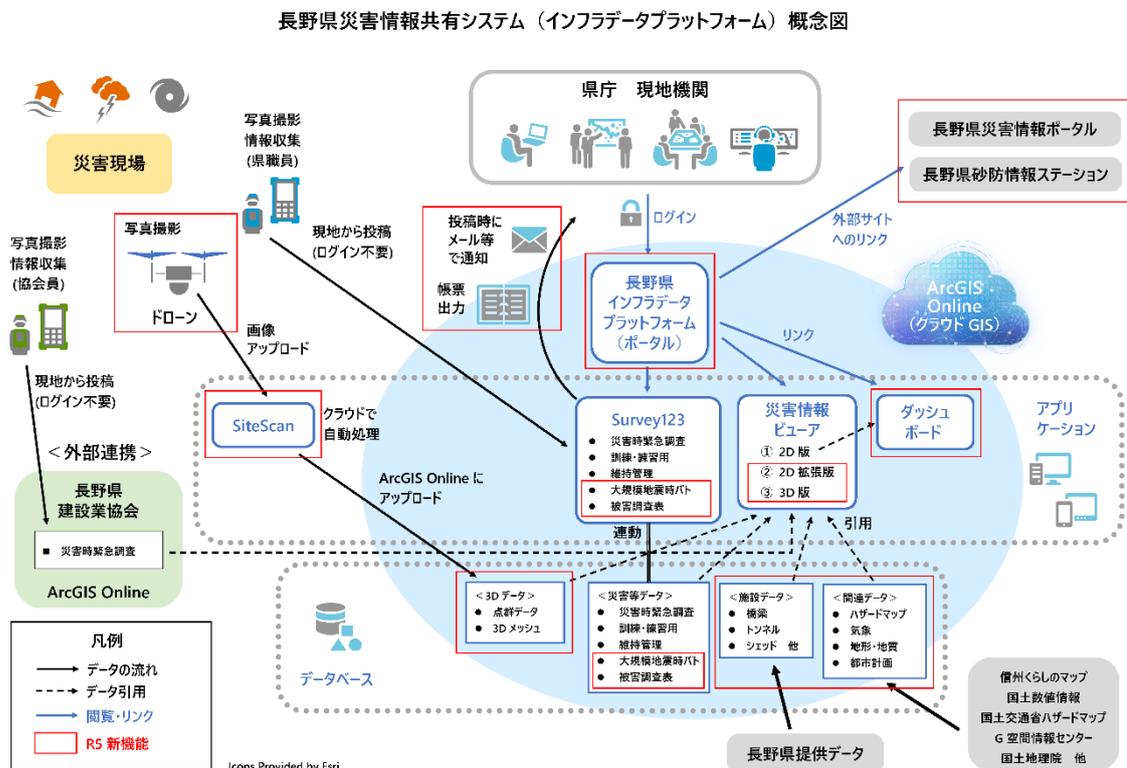
2.5 データ共有システムの運用状況

長野県建設部では、災害時の迅速な初動対応を目的として、「長野県インフラデータプラットフォーム」を令和2年10月より運用している。本システムは、現場からスマートフォン等で投稿された情報を ArcGIS Online を活用してリアルタイムに共有する仕組みであり、災害状況の効率的な把握と関連機関間の迅速な情報共有を可能としている。令和5年度からは、投稿情報を自動集計・表示するダッシュボードや、ドローン画像を基にした3Dモデルの作成機能など、システムの高度化が進められている。

本システム導入の契機となったのは、令和元年の台風19号や令和2年の豪雨による大規模災害である。これらの災害では、現場から県庁への報告が遅れ、災害情報の共有に課題が生じた。これを受け、災害発生時に現地機関と県庁間での情報共有を迅速化する必要性が高まり、本プラットフォームの導入に至った。

また、被災地での初動対応を担う長野県建設業協会と連携を強化することで、現地機関と県庁間のみならず、外部組織との高度な情報共有体制が構築された。これにより、災害時の情報伝達の迅速化や資料作成の負担軽減などの効果が得られている。一方で、さらなるシステムの浸透や関連組織との連携拡大、インフラマネジメント業務への活用が今後の課題として挙げられている。

【出典:「長野県インフラデータプラットフォーム」による 災害時の初動対応における迅速な情報共有 (esri ジャパン HP)より整理】



【出典:長野県インフラデータプラットフォーム HP】

図 2-1 長野県災害情報共有システム(インフラデータプラットフォーム)概念図

3. ドローン等の活用方策の検討

長野県の現状の官民連携体制(道路維持 JV)を踏まえ、災害時に緊急対応が可能な民間事業者との連携体制の確保方策及び平常時も含めたドローン等の導入・運用や取得データの集約・活用に当たり持続可能な事業スキームを検討する。

3.1 現状把握

本項では、ヒアリングやアンケート、既存資料を基に、災害発生に備えた体制や基準の整備状況、地域維持型 JV 工事の取り組み内容、災害時・日常時におけるドローン活用への期待、地元建設業の対応力や意向を把握する。これにより、地域の災害対応力強化や維持管理体制改善に向けた課題と方向性を整理する。

3.1.1 職員ヒアリング調査

1) 道路管理課

道路管理課職員に対してヒアリングを行い、ドローン活用への期待(災害時、平常時)及び今回実証実験を行う飯田建設事務所管内をモデル地区として選定した経緯・理由について把握した。

- ・日時:令和6年8月19日(木)10:00~12:00
- ・場所:オンライン

表 3-1 職員ヒアリング結果(道路管理課)

項目	内容
ドローン活用への期待(災害時)	<ul style="list-style-type: none">・本事業の中では全国の中でも先進的な取組みとしてレベル 3(3.5)の長距離飛行を実施したいと考えている。中山間地域での災害対応を目的とした最先端の取組みとなることが重要で、電波不感地帯への対応も検討に組み込めると良い(実証実験はLTE通信圏内で行うことで良い)。・対象分野はまずは道路を考えている。災害時の路面や法面の状況把握ができると良い。建設事務所では河川等他分野も管理するため、合わせて取得できるデータがあるか確認できると良い。また、電力柱や電信柱といった民間インフラに対しても状況確認ができれば電力会社や通信会社との情報共有及びコストを分担するということもできるのではないかと。
現状の道路パトロールの実施状況/ドローン活用への期待(平常時)	<ul style="list-style-type: none">・また、道路パトロール支援システム(車載カメラからの映像のAI解析)を今年度検討しているが、路面のクラックや平坦性、ポットホールを検知を対象としており、現時点ではドローンによる調査と関連付ける考えはない。・ドローンの調査は法面の点検や状況把握に活用できると考えている。車両によるパトロールは週に1回の頻度で職員が実施している。
ドローンの運用体制	<ul style="list-style-type: none">・県では小規模維持補修工事における地域維持型 JV を運用している。地元の建設業が多い中でドローンの長距離飛行を運用することは現時点では難しいと想定している。県内で飛行できるルートを設定し、実証実験を行った上で、機体の保有や飛行・管制はコンサルタント等が行い、地元企業は離発着地点にドローンを運搬する役割を担うことを一案として考えられる。
モデル地区の選定理由	<ul style="list-style-type: none">・飯田建設事務所管内を今回モデル地区として選定した理由・経緯は以下のとおり。

項目	内容
経緯	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="419 241 1394 389">➤ 災害時には県として緊急輸送道路の点検を行う。このとき、市街地の路線は迂回できる道路が多くあり、また車両での点検が容易である。一方、山間部は災害による通行障害があるとその先の状況が調査できなくなるため、ドローンの活用が適すると考えられる。 <li data-bbox="419 398 1394 546">➤ 県内には山間部を通過する路線が多くあるが、飯田建設事務所管内は令和5年6月の台風2号の豪雨により被災している。特に阿南町役場～天龍村役場までの主要路線である湖岸道路が被災したことによって天龍村が孤立した。湖岸道路の沿道には県立阿南病院があり、重要な路線である。

2) 飯田建設事務所・下伊那南部建設事務所

今回の実証実験の候補ルートを管理する飯田建設事務所・下伊那南部建設事務所の職員に災害時の体制等についてヒアリングを行った。

・日時: 令和6年9月19日(木) 16:00~17:15

・場所: 飯田建設事務所 会議室

表 3-2 職員ヒアリング結果(飯田建設事務所・下伊那南部建設事務所)

項目	内容
出動基準	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害が起きるおそれのある雨量(20mm/時間又は 80mm/日)、初動指針に基づき震度4以上の地震の場合に緊急点検を行う。 ・ 各種予報の他、県河川砂防情報ステーションの情報等をもとに出動要否を判断している。
体制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数箇所をわたり同時多発的に災害の危険性がある場合には小規模維持補修工事等を受注するJVに緊急点検を依頼することがある。 ・ 小規模維持補修工事等の業務範囲としては震度6弱の地震が合った場合に緊急点検を行うこととされているが、それ以外でも、例えば倒木や落石等の作業を伴う被害があった場合など出動を要請することはある。 ・ 大雨(80mm/時間)による事前通行規制が発動された場合に天候回復後の解除のためのパトロールを職員で行っている。湖岸道路は飯田建設事務所の職員が担当している。 ・ 管内の複数区間で通行規制があった場合には、複数パーティで確認する必要があり、人手や時間がかかる。事前通行規制の対象路線・区間は県HPで確認できる。 (https://www.pref.nagano.lg.jp/michiken/infra/doro/joho/shokai/documents/26.pdf)
確認方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急点検等は車両による確認を行っている。道路上で通行の支障になるものがないかを確認する。 ・ 夜間に雨が降った場合、事前通行規制解除のパトロールは早朝の通勤前やバスの始発前の時間帯に行うことが多い。(⇒ドローンで暗いうちに確認できるのであれば省力化につながる) ・ ドローン(DJI Mini3)は飯田建設事務所、下伊那南部建設事務所で1台ずつ所有している。被災箇所が把握できた上で被災状況(規模等)を把握する目的で使用している。
報告・情報共有方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模な災害が起こった場合にはインフラデータプラットフォームにダッシュボードを立ち上げ、情報を集約することになっている。プラットフォームの機能として、現地で撮影した画像をその場でアップロードすることができる。 ・ インフラデータプラットフォームが導入されてから何度か訓練しており、スムーズに情報共有が可能である。飯田建設事務所管内では、まだ実際の被災時に運用されたことはない。
ドローン活用への期待	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事前通行規制解除のパトロールは当該箇所が事務所から遠い場合には時間がかかり、迂回路がない路線や通行障害により車両では通行ができないような場合には早期の状況把握が求められる。このような場合に遠隔から無人でドローンを飛行させ、被災状況を把握できれば有効と考えられる。

3.1.2 既往の官民連携による維持管理・災害対応の取組状況

1) 土木施設小規模補修工事

(1) 制度の概要

長野県では、道路施設の小規模補修工事等に係る民間委託を河川、砂防及び都市公園施設を含めた包括民間委託として試行することとなり、令和4年4月から一部地域で導入が開始された。

試行導入の背景には、大規模災害時の緊急対応における課題があり、地域に精通した建設共同企業体(JV)が地域の施設を一体的に対応することで、迅速かつ効率的な緊急対応を目指すという目的がある。また、複数業務を組み合わせる包括的な委託によって施工体制の安定化と事務作業の効率化を図ることが求められていた。試行地域は、既存JVに加入している、または加入見込みのある地域を選定し、建設事務所と地域の建設業者の意見交換を経て決定されている。

【出典：土木施設小規模補修工事等の包括民間委託の試行について(長野県HP)より整理】

制度の概要を以下に示す。

表 3-3 「土木施設小規模補修工事」制度の概要

項目	内容
制度の目的	<ul style="list-style-type: none"> ○ 緊急時において、県民サービスの低下を招かないようにする。 ○ 地域の地形地質等に詳しい者が作業することで、地域に対して細やかな対応をする。
適用範囲と対象施設	<p>適用範囲: 緊急を要する以下の施設で、設計金額が 250万円未満の工事に限る。緊急とは、県民の生命財産に危険や不便が生じる恐れがあり、把握後 1週間以内に着手が必要な場合を指す。</p> <p>対象施設: 路面、橋面、高欄、横断暗渠、路肩構造物、河床、河川管理施設、砂防設備、地すべり防止施設、落石防護施設、急傾斜地崩壊防止施設、ポンプ設備、電気・通信設備、都市公園施設、支障木除去、崩落土除去</p>
業務内容	<ul style="list-style-type: none"> ① 通常作業: 舗装修繕(穴埋め)、草刈り、支障木除去、側溝清掃などの作業 ② 小規模補修工事: 県が管理する土木施設において、緊急に修繕又は機能回復が必要な場合に、直ちに実施する修繕等の作業 ③ 除雪等業務に伴う臨時的な作業 ④ 大規模地震(震度6弱以上)発生時における道路パトロール作業 ⑤ 除雪及び凍結防止剤散布業務(※除雪業務を一体化する場合) ⑥ その他発注機関の長が特に必要と認めた工事
参加形態	単体企業または地域維持型建設共同企業体(JV)
主な参加資格	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「土木一式」または「とび・土工・コンクリート」、および「舗装」の入札参加資格を有していること。 ・ 営業所の所在地が指定の条件を満たしていること。 ・ 過去3年間に長野県小規模補修工事等の実績があること。 ・ 複数の区への参加表明は不可。等

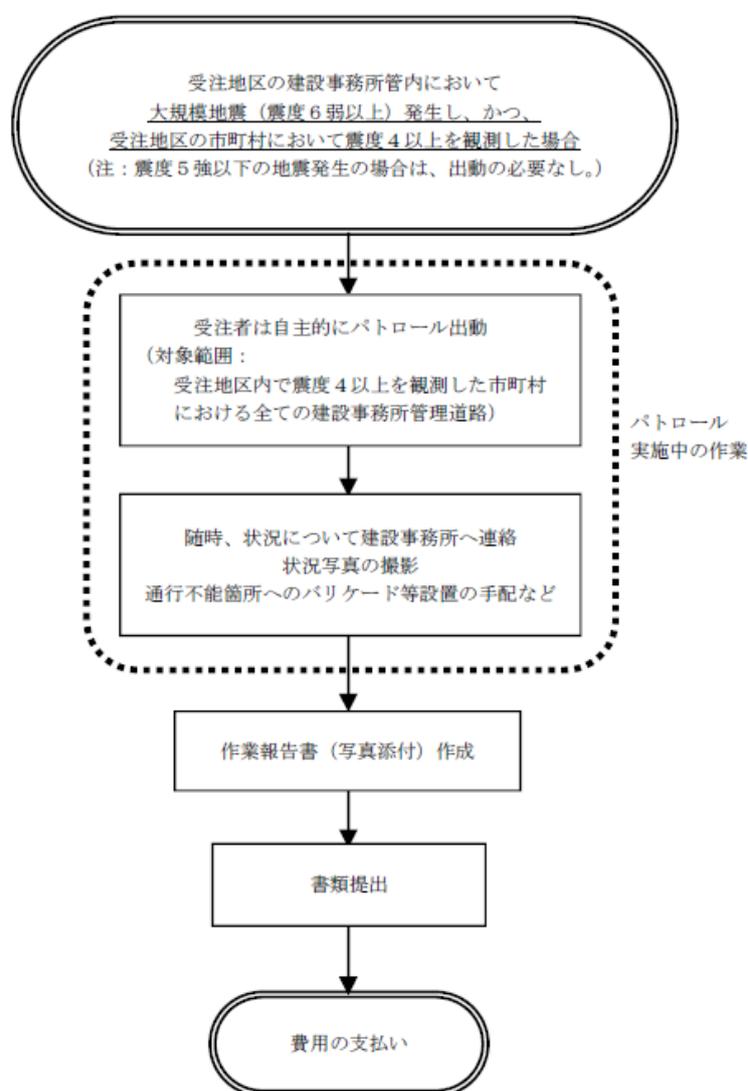
【出典：「土木施設小規模補修工事取扱要領」「小規模維持補修工事等に係る施工体制確認型契約方式 土木施設維持補修工事等に係る民間委託(試行)の概要」より整理】

(2) 大規模地震(震度 6 弱以上)発生時における道路パトロール作業の内容

「土木施設小規模補修工事」制度のうち、大規模地震(震度 6 弱以上)発生時における道路パトロール作業の概要について以下に示す。

表 3-4 大規模地震(震度 6 弱以上)発生時における道路パトロール作業の概要

項目	内容
目的	大規模地震発生時には、人命の救急救命や、被災地の復旧・支援活動のため、 <u>早期に通行可能な路線を把握</u> することが、「道路の啓開」とともに最優先に求められるため、民間委託している道路維持補修業務において道路パトロールを実施し、早急に道路状況を把握することを目的とする。
実施基準	<ul style="list-style-type: none"> 震度 6 弱以上の地震が発生し、かつ受注地区内の市町村で震度 4 以上を観測した場合、受注者は建設事務所からの連絡を待たずに自主的に道路パトロールを実施。 震度 5 強以下の場合は建設事務所職員が対応するため、受注者の出勤は不要。 地震発生後、できるだけ早期に完了するよう実施。(概ね 3 時間以内でのパトロール完了を目途とする。)



【出典:道路維持補修業務の民間委託に伴う維持補修工事に係る大規模地震発生時の道路パトロール運用要領(案)】

図 3-1 道路パトロールの業務手順

(3) 飯田建設事務所管内での運用状況

飯田建設事務所管内では、R6 年度において、12JV 計 75 社が本制度により業務を受注・執行している。

令和 5 年度における工事実施状況は、合計で 432 件 498.8 百万円(内訳は、道路 303 件 309.2 百万円、河川 78 件 68.4 百万円、砂防 21 件 34.4 百万円、都市公園 22 件 34.5 百万円)となっている。

表 3-5 土木施設小規模維持補修工事の発注状況

No.	地区名	受注者	企業数
1	飯田市竜西北部地区(道路)	竜西北部特定 JV	11 社
2	飯田市竜西南部地区(道路)	竜西南部特定 JV	10 社
3	飯田市竜東地区(道路、河川、砂防)	竜東特定 JV	12 社
4	松川町地区	松川特定 JV	6 社
5	高森町・豊丘村地区	高森・豊丘特定 JV	5 社
6	大鹿村地区	大鹿地区特定 JV	3 社
7	喬木村地区	喬木村地区建設特定 JV	4 社
8	下條村・泰阜村地区	下條・泰阜特定 JV	7 社
9	阿南町・売木村地区	阿南地区特定 JV	5 社
10	阿智村・平谷村・根羽村地区	西部地区特定 JV	4 社
11	飯田市上村・南信濃地区	上村・南信濃特定 JV	4 社
12	天龍村	天龍村地区	4 社
合計			75 社

【出典:長野県提供資料】

2) 災害時における緊急調査

(1) 制度の概要

災害時の緊急調査・測量・設計業務(災害時における緊急調査)は、大規模災害以外では「災害時における緊急調査取扱い要領」に基づき、日ごとに当番登録された者が実施する。大規模災害の場合は、「災害時における災害緊急調査に関する協定」を優先して運用する。

表 3-6 災害時における緊急調査委託の概要

項目	内容
適用範囲	緊急調査は、次のいずれかに該当する場合に適用するものとする。 <ul style="list-style-type: none">・ 人命及び財産に係る緊急対応が必要な災害箇所。・ 国との事前協議が必要な災害箇所。・ 被災箇所が多数にわたり、職員のみでの対応が困難な場合。
限度額	1 件当たりの委託料が 100 万円(税込)未満である場合に適用する。ただし、100 万円を超えるものについては事業課との協議の上執行するものとする。
具体的な委託内容	「災害時における災害緊急調査に関する協定書」第 3 条に規定する復旧業務。 地質調査業務 <ul style="list-style-type: none">・ 伸縮計及び警報機の設置、観測、現地踏査。・ 本調査に向けた数量及び項目の抽出、危険度判定。・ 国との協議用資料の作成。・ その他、発注者が必要と認める業務。 測量及び設計業務 <ul style="list-style-type: none">・ 災害状況を把握するための簡易測量。・ 本調査に向けた数量及び項目の抽出。・ 国との協議用資料の作成。・ その他、発注者が必要と認める業務。

【出典: 災害時における緊急調査取扱い要領】

(2) 飯田建設事務所管内での運用状況

飯田建設事務所管内では、災害時における緊急調査(測量及び設計委託)として R6 年 7 月～令和 8 年 6 月の期間において、13 社が当番表に登録されている。

3.1.3 事業者アンケート調査

1) 調査概要

(1) 調査目的

災害時や維持管理にドローン等を活用するにあたり、必要となる機体の調達については、県が調達するパターンや民間が調達するパターンが考えられる。また、現状地元民間事業者が保有する機体が災害時の被災調査に活用できるものであれば、それらを活用する仕組みを検討することも考えられる。

そこで、地元民間事業者において、どのようなドローンをどのくらい所有しているか現状把握するため、土木施設小規模維持補修工事及び緊急調査委託(測量及び設計)の受注者にアンケート調査を行う。

(2) 調査対象

飯田建設事務所管内におけるインフラ維持管理及び災害時の調査の担い手である、土木施設小規模維持補修工事及び緊急調査委託(測量及び設計)の受注者 87 社を対象とする。

・土木施設小規模維持補修工事:75 社

表 3-7 土木施設小規模維持補修工事

No.	地区名	受注者	企業数
1	飯田市竜西北部地区(道路)	竜西北部特定 JV	11 社
2	飯田市竜西南部地区(道路)	竜西南部特定 JV	10 社
3	飯田市竜東地区(道路、河川、砂防)	竜東特定 JV	12 社
4	松川町地区	松川特定 JV	6 社
5	高森町・豊丘村地区	高森・豊丘特定 JV	5 社
6	大鹿村地区	大鹿地区特定 JV	3 社
7	喬木村地区	喬木村地区建設特定 JV	4 社
8	下條村・泰阜村地区	下條・泰阜特定 JV	7 社
9	阿南町・売木村地区	阿南地区特定 JV	5 社
10	阿智村・平谷村・根羽村地区	西部地区特定 JV	4 社
11	飯田市上村・南信濃地区	上村・南信濃特定 JV	4 社
12	天龍村	天龍村地区	4 社
	合計		75 社

【出典:長野県提供資料】

・緊急調査委託(測量及び設計):13 社(1 社土木施設小規模維持補修工事の受注者と重複のため、配布は 12 社)

(3) 調査方法

依頼文(調査票 URL を掲載)を郵送により配布し、Web フォームにより回答を収集する。

(4) 調査期間(スケジュール)

アンケート調査は以下のスケジュールで実施した。

【調査期間】令和7年1月29日～令和7年2月11日

(5) 調査内容

調査票の設問構成を以下に示す。

表 3-8 調査票の設問構成

大項目	No.	質問	回答形式	選択肢	調査目的 ／活用方法
1.基本情報	1-1	会社名	自由記入	—	連絡先等の基本情報の把握
	1-2	担当者名	自由記入	—	
	1-3	連絡先(メールアドレス)	自由記入	—	
2.ドローンの保有状況	2-1	ドローンの保有台数	単一選択	0台(保有していない)/1台/2台/3台/4台/5台/6台以上	民間事業者において、災害時の緊急調査等に適した機体(飛行時間/距離、カメラ性能等)をどの程度保有しているかを把握するため ⇒災害時に活用するドローンの調達方法の検討に反映
	2-2	保有しているドローンのメーカーと機種名(主に使用する機体5機までを回答)	自由回答	—	
	2-3	各機種の保有台数	単一選択	1台/2台/3台/4台/5台/6台以上	
3.ドローンの操縦者	3-1	ドローン操縦者の人数	単一選択	0人/1人/2人/3人/4人/5人/6人以上	民間事業者において、災害時の緊急調査等に対応できる操縦者をどの程度確保できているかを把握するため ⇒災害時に活用するドローンの操縦者の確保方策の検討に反映
	3-2	操縦者毎に確認 操縦者の資格	単一選択	無資格/国家資格_一等無人航空機操縦士/国家資格_二等無人航空機操縦士/民間資格_JUIDA/民間資格_DPA/民間資格_DJI CAMP	
	3-3	操縦者の経験(フライト時間)	単一選択	少ない(50時間未満)/やや少ない(50時間～100時間未満)/やや多い(100時間～200時間未満)/多い(200時間以上)	
4.ドローンの使用目的	4-1	ドローンを主に使用している業務内容	複数選択	測量業務/点検業務/災害調査/工事の進捗管理/環境モニタリング/巡視業務/その他(自由記入)	現状で平常時にドローンを活用する場面・頻度がどの程度あるか把握するため ⇒地元事業者による災害時の緊急調査等へのドローンの活用の実現性の検討に反映
	4-2	ドローンの使用頻度	単一選択	ほとんど使用しない(数年に1回)/少ない(年1～4回程度)/やや少ない(年5～10回程度)/やや多い(年10～20回)/多い(年20回以上)	
5.災害時の活用	5-1	災害時にドローンを使用した経験の有無	単一選択	ある/ない	災害時にドローンを活用した経験・場面があるか把握するため ⇒地元事業者による災害時の緊急調査等
	5-2	災害時にドローンを使用する際の課題や問題点	複数選択	突発的な作業となるため操縦者等の必要な体制を確保することが困難/災	

大項目	No.	質問	回答形式	選択肢	調査目的 ／活用方法
				害現場では障害物が多く、ドローンの衝突や墜落のリスクが高まるため、安全な飛行経路の確保が困難/災害時は天候が不安定な場合が多くドローンの飛行が制限されるため、調査が困難/調査に関わる事前・事後の契約・支払い等の手続きが煩雑/法規制の確認や飛行申請に関わる手続きに時間を要するため迅速な対応が困難/その他(自由記入)	へのドローンの活用の実現性の検討に反映
6.ドローン活用に関する要望	6-1	ドローンの活用を拡大していきたい業務分野	複数選択	測量業務/点検業務/災害調査/工事の進捗管理/環境モニタリング/巡視業務/その他(自由記入)	事業者における県事業でのドローンの活用に対する期待を把握 ⇒県事業におけるドローンを活用する業務の参考として活用
	6-2	県事業におけるドローン活用に関する要望	自由記入	—	

2) 調査結果の整理

(1) 回答概要

事業者アンケート調査の回収状況を以下に示す。

表 3-9 回収状況

対象	配布数	回収数	回収率
土木施設小規模維持補修工事受注者	75 社	41 社	55%
②緊急調査委託(測量及び設計)受注者	12 社	6 社	50%
合計	87 社	47 社	54%

※①・②に重複する事業者 1 社は①に計上。

(2) ドローンの保有状況

① ドローンの保有台数

Q2-1. 貴社が保有するドローン(※)の台数をご選択ください。

※100g 未満のホビードローンを除く機体登録の対象となるドローン

全体では、「0 台(保有していない)」が最も多く、全体の 53%(25 社)を占めている。次いで「1 台」が 19%(9 社)となっており、これら 2 つの項目で全体の約 72%を占めている。一方、「2 台」は 7%(3 社)、「4 台」は 6%(3 社)、「5 台」は 2%(1 社)と比較的少ない割合であるが、「6 台以上」は 13%(6 社)と一定数の企業が保有している。

また、「1 台以上の保有企業」は全体の 47%を占めており、約半数の企業が何らかの台数を保有していることが特徴的である。

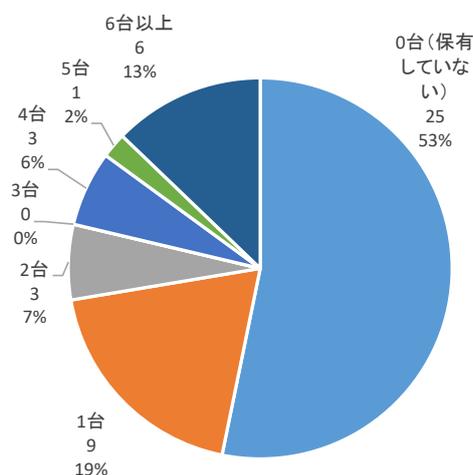


図 3-2 ドローンの保有台数 (N=47)

各項目の割合を比較すると、「維持補修工事受注者(N=41)」では「0台(保有していない)」が最も多く、全体の約61%(25社)を占めている。次いで「1台」が約22%(9社)、「2台」と「4台」がそれぞれ約7%(3社)、「6台以上」が約2%(1社)となっている。「維持補修工事」では、保有していない企業が過半数を占めていることが特徴的である。

一方、「緊急調査委託受注者(N=5)」では「6台以上」の割合が最も高く、全体の約83%(5社)を占めている。保有していない企業は1社(17%)のみであり、「維持補修工事受注者」と比べて保有率が高いことがわかる。特に「6台以上」の割合が高い点が特徴的である。

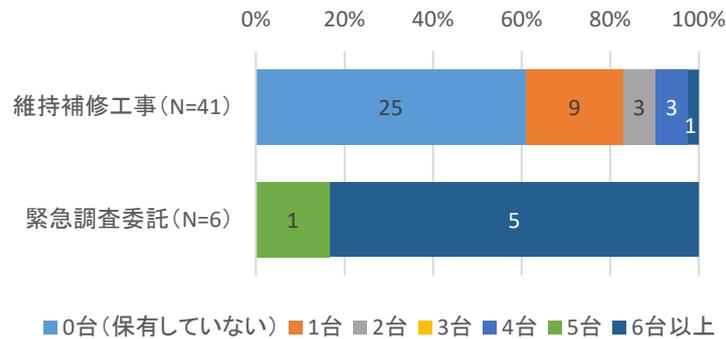


図 3-3 ドローンの保有台数【回答者別】

② 保有ドローンの種類

Q2-2.保有しているドローンのメーカーと機種名(主に使用する機体5機までを回答)をご記入ください。

※Q2-1で1台以上保有している企業のみ回答可(N=22)

調査結果を見ると、「DJI」が最も多く、全体の92%(67台)を占めている。次いで「Freefly Systems」が4%(3台)、「Holy Stone」が2%(1台)、「Leica」と「Skydio Inc」がそれぞれ1%(1台)となっており、これら4社の合計でも全体の8%にとどまっている。

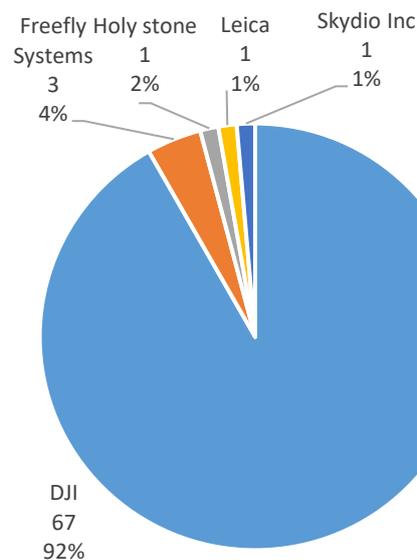


図 3-4 メーカー別のドローンの保有台数(N=22)

機種別に比較すると、「PHANTOM 4」が最も多く、20 台保有されている。次いで「MATRICE 300」と「MAVIC 2」がそれぞれ 7 台、「DJI MINI2」が 6 台となっている。

「DJI MINI3」「MATRICE 600」「MAVIC 3」「MAVIC AIR」はそれぞれ 4 台と並んでおり、「MAVIC AIR 2」は 3 台、「MATRICE 350」は 2 台の保有となっている。一方で、「DJI MINI」「MATRICE 210」「MAVIC」「MAVIC 4」「PHANTOM 3」などは 1 台ずつの保有にとどまっている。

小型ドローンである PHANTOM 4 (20 台) の保有が最も多く、次いで中型ドローンの MATRICE 300 (7 台) が続く。一方、大型の MATRICE 600 (4 台) も一定数保有されている。業務用途では、小型ドローンの機動力・手軽さを活かしつつ、中型・大型ドローンの高性能・安定性を補完的に活用する傾向が見られる。

この中で、MATRICE 300 は 40 分以上 (5m/s で 12km) の飛行時間があり、かつ LTE 通信による飛行が可能な機体である。

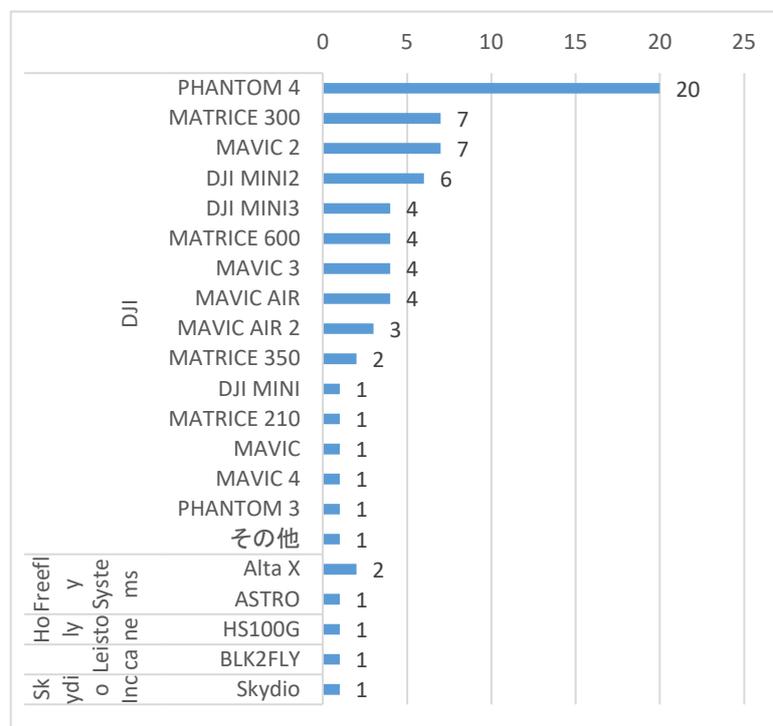


図 3-5 機種別のドローンの保有台数 (N=22)

維持補修工事受注者の回答では、「PHANTOM 4」が最も多く、全体の 11 台を占めている。次いで「DJI MINI2」が 5 台、「MAVIC 2」が 3 台となっている。その他の機種は 1 台以下にとどまり、「MATRICE 300」や「MAVIC 3」、「BLK2FLY」などが各 1 台保有されている。全体として、小型・中型の DJI 製ドローンが中心であり、特に PHANTOM 4 が多く保有されている。また、高性能な MATRICE シリーズや他メーカーのドローンの保有は少ないことがわかる。

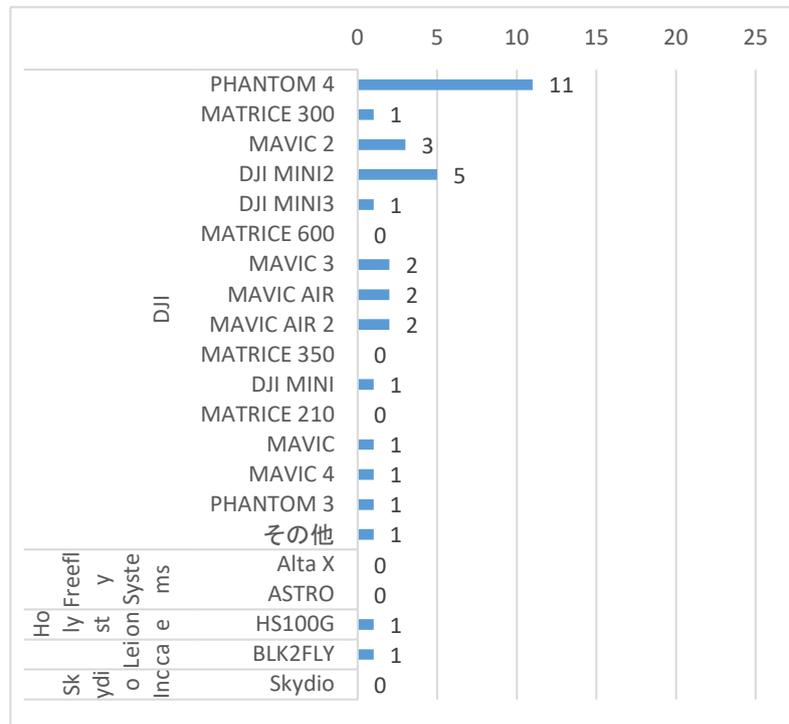


図 3-6 機種別のドローンの保有台数(N=16)【維持補修工事受注者】

緊急調査委託受注者の回答では、「PHANTOM 4」が最も多く、9 台となっている。次いで「MATRICE 300」が 6 台、「MAVIC 2」や「MATRICE 600」が各 4 台となっている。

DJI 製ドローンの保有が中心である一方、他メーカーの「Alta X」や「BLK2FLY」などの高性能機体も使用されており、用途に応じた機種選定が行われていることが伺える。

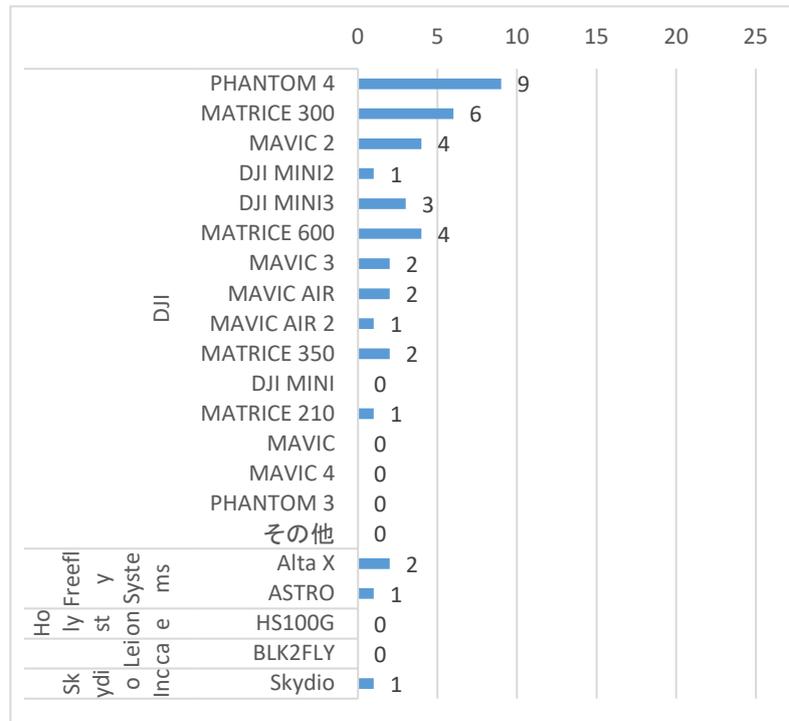


図 3-7 機種別のドローンの保有台数 (N=6)【緊急調査委託受注者】

(3) ドローン操縦者の在籍状況

① 操縦者の在籍状況

Q3-1. 貴社に所属するドローン操縦者の人数をご選択ください。

全体では、「0人」の企業が最も多く、全体の55%(26社)を占めている。次いで「6人以上」が17%(8社)、「1人」が9%(4社)となっている。一方、「2人」7%(3社)、「3人」6%(3社)、「4人」4%(2社)、「5人」2%(1社)と少数にとどまっている。

この分布から、ドローン操縦者がいない企業が半数以上を占める一方で、6人以上の操縦者を有する企業も一定数存在しており、企業ごとの運用体制に差があることがわかる。

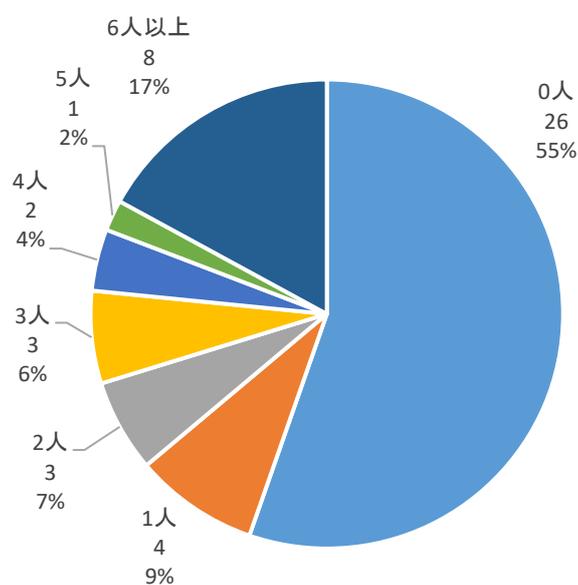


図 3-8 ドローン操縦者の人数 (N=47)

各項目の割合を比較すると、「維持補修工事受注者(N=41)」では「0人」の企業が最も多く、全体の約63%(26社)を占めている。次いで「1人」が約10%(4社)、「2人」と「3人」がそれぞれ約7%(3社)となっている。一方、「4人」は約2%(1社)、「6人以上」は約10%(4社)と、少数ながら複数名の操縦者を持つ企業も存在している。

一方、「緊急調査委託(N=6)」では「6人以上」の企業が最も多く、全体の67%(4社)を占めている。「0人」の企業はなく、「4人」「5人」の企業が1社(17%)存在している。維持補修工事と比べて、緊急調査委託の企業ではより多くの操縦者を確保している傾向が見られる。

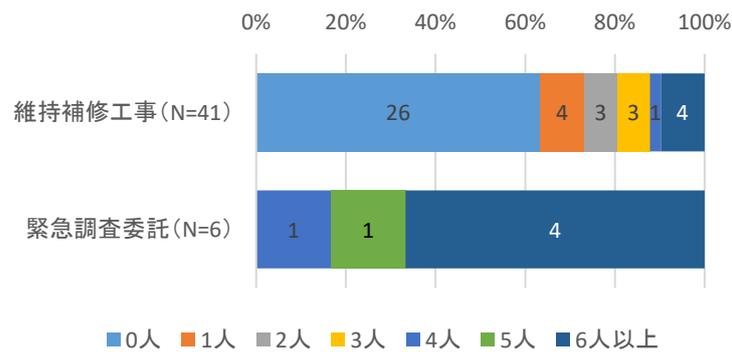


図 3-9 ドローン操縦者の人数【回答者別】

② 操縦者の資格保有状況

Q3-2.操縦者が保有している資格について、ご選択ください。

※Q3-1 で 1 人以上の操縦者を有する企業のみ回答可 (N=21)

各資格の保有状況を比較すると、「無資格」の企業では「0 人」が 19%存在する一方、「1 人」～「3 人」の割合も一定数あり、特に「1 人」「2 人」の割合が 24%ある。一方、「国家資格 一等無人航空機操縦士」では全企業が 100%「0 人」であり、保有者がいない状況である。

「国家資格 二等無人航空機操縦士」では 76%の企業が「0 人」であるが、14%が「3 人」、5%が「1 人」、「5 人」を保有している(二等無人航空機操縦士は 5 社 15 名である)。「民間資格 (JUIDA・DPA・DJI CAMP)」を見ると、それぞれの資格で「0 人」の割合が 76%以上と高いが、一部企業では「1 人」～「6 人以上」を保有している傾向が見られる。特に「DPA」では 95%の企業が「0 人」であり、「6 人以上」を保有する企業が 5%存在している。

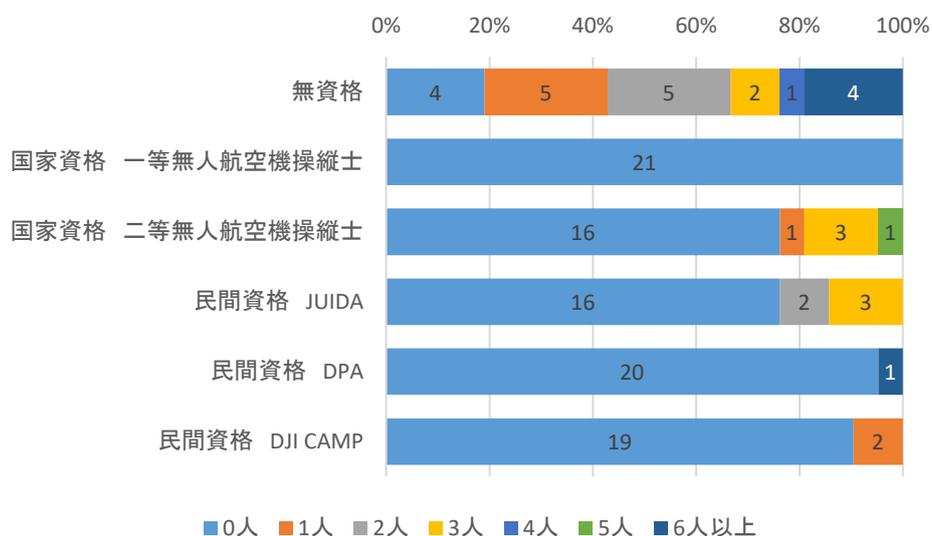


図 3-10 操縦者の保有資格種類 (N=21)

表 3-10 ドローン資格の概要

分類	資格名	概要	出典
国家資格	一等無人航空機操縦士	一等無人航空機操縦士は、2022年12月5日に施行された改正航空法に基づく国家資格である。この資格を取得することで、有人地帯における第三者上空での補助者なし目視外飛行(レベル4飛行)が可能となる。取得には、指定試験機関での学科試験、実地試験、身体検査に合格し、国土交通省への技能証明書の交付申請が必要である。	国土交通省HP、無人航空機操縦者技能証明等
	二等無人航空機操縦士	二等無人航空機操縦士は、改正航空法に基づく国家資格である。無人地帯における目視外飛行(レベル3飛行)までが認められる。取得手続きは一等資格と同様で、指定試験機関での学科試験、実地試験、身体検査に合格し、技能証明書の交付申請を行う必要がある。	国土交通省HP、無人航空機操縦者技能証明等
民間資格	JUIDA(一般社団法人日本UAS産業振興協議会)	JUIDAは、ドローンの安全な運用と産業振興を目的とした民間団体である。同協会が認定する「操縦技能者」や「安全運航管理者」などの資格は、ドローンの基本的な操縦技術や安全管理に関する知識を有することを証明する。	JUIDA HP
	DPA(一般社団法人ドローン操縦士協会)	DPAは、ドローンの操縦士育成や関連事業の支援を行う民間団体である。同協会が認定する「ドローン操縦士回転翼3級」などの資格は、特定飛行や立入管理区画上空での飛行に必要な知識・技能を有することを証明する。	DPA HP
	DJI CAMP	DJI CAMPは、ドローンメーカーであるDJI社が主催する企業向けのドローン操縦者育成プログラムである。このプログラムを修了し、認定試験に合格することで、DJI製ドローンの安全な操縦技術や知識を有することが証明される。特に、業務でDJI製ドローンを使用する企業や操縦者にとって有用な資格とされている。	DJI CAMP 公式サイト

維持補修工事受注者の回答では、各資格の保有状況を比較すると、「無資格」の企業では「0 人」が 13%存在する一方、「1 人」～「3 人」の割合が高く、特に「2 人」「3 人」がそれぞれ 27%を占めている。また、「6 人以上」の割合も 20%と一定数存在しており、無資格の操縦者が多いことが特徴的である。

一方、「国家資格 一等無人航空機操縦士」では全企業が 100%「0 人」であり、保有者がいない状況である。「国家資格 二等無人航空機操縦士」では 93%の企業が「0 人」であるが、7%が「3 人」を保有しており、一部の企業で取得が進んでいる。

「民間資格 (JUIDA・DPA・DJI CAMP)」を見ると、それぞれの資格で「0 人」の割合が 87%以上と高いが、一部の企業では「1 人」～「6 人以上」を保有している傾向が見られる。特に「DJI CAMP」では 13%の企業が「1 人」を保有している。

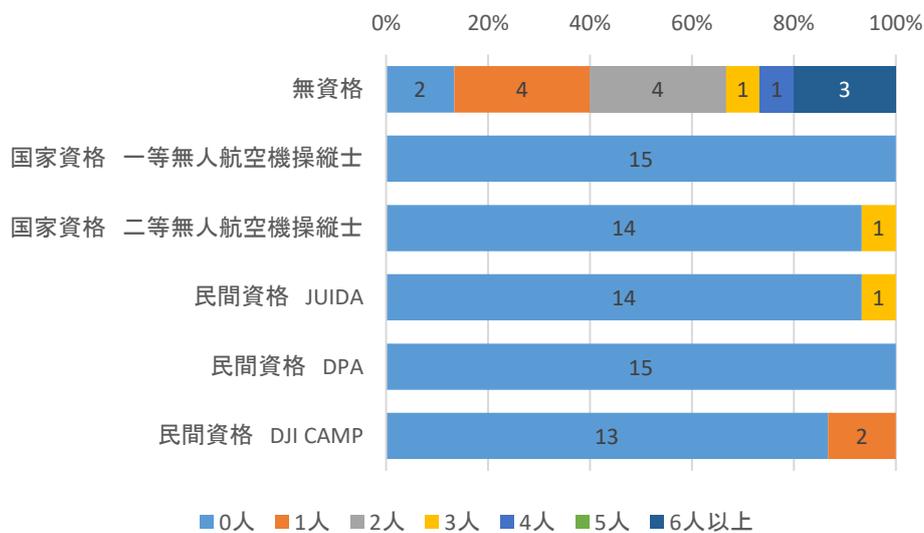


図 3-11 操縦者の保有資格種類【維持補修工事受注者 (N=15)】

緊急調査委託受注者の回答では、各資格の保有状況を比較すると、「無資格」の企業では「0人」が33%存在する一方、「1人」～「6人以上」の割合が均等に分布しており、17%ずつの割合で保有している。

「国家資格 一等無人航空機操縦士」では全企業が100%「0人」であり、保有者がいない状況である。「国家資格 二等無人航空機操縦士」では33%の企業が「0人」であるが、「1人」(17%)、「2人」(17%)、「3人」(33%)、「5人」(17%)と、幅広い人数で保有していることがわかる。

「民間資格 (JUIDA・DPA・DJI CAMP)」を見ると、「JUIDA」では「0人」(33%)、「2人」(33%)、「3人」(33%)と均等に分布しているが、「DPA」では83%が「0人」、17%が「6人以上」を保有している。「DJI CAMP」については、全企業が「0人」であり、取得状況はない。

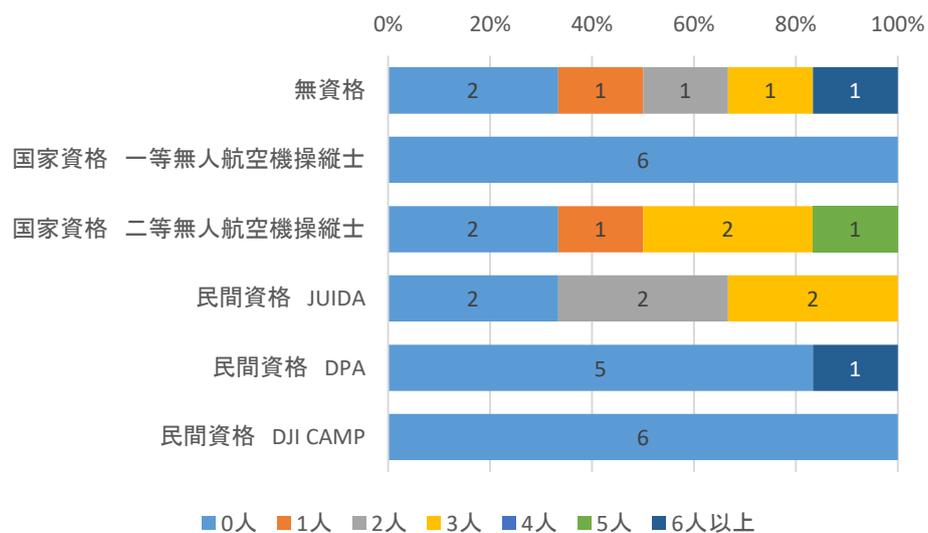


図 3-12 操縦者の保有資格種類【緊急調査委託受注者 (N=6)】

③ 操縦者の操縦経験状況

Q3-3. 操縦者の経験(フライト時間)について、ご選択ください。

※Q3-1 で 1 人以上の操縦者を有する企業のみ回答可(N=21)

各経験時間の分布を比較すると、「50 時間未満」の企業では「2 人」の割合が 38%と最も多く、次いで「3 人」が 24%となっている。一方で、「0 人」が 5%、「1 人」が 14%、「6 人以上」も 5%と、企業ごとにばらつきが見られる。

「50 時間～100 時間未満」では「0 人」が 52%と過半数を占め、「1 人」や「2 人」(19%)が続いている。「100 時間～200 時間未満」および「200 時間以上」では、どちらも「0 人」が 76%と高い割合を示しながらも、「1 人」～「6 人以上」を持つ企業がそれぞれ 5%～10%ずつ分布している。特に「200 時間以上」では、すべての区分の操縦者が均等に含まれている点が特徴的である。また、200 時間以上のフライト経験がある操縦者は 5 社 20 名以上である。

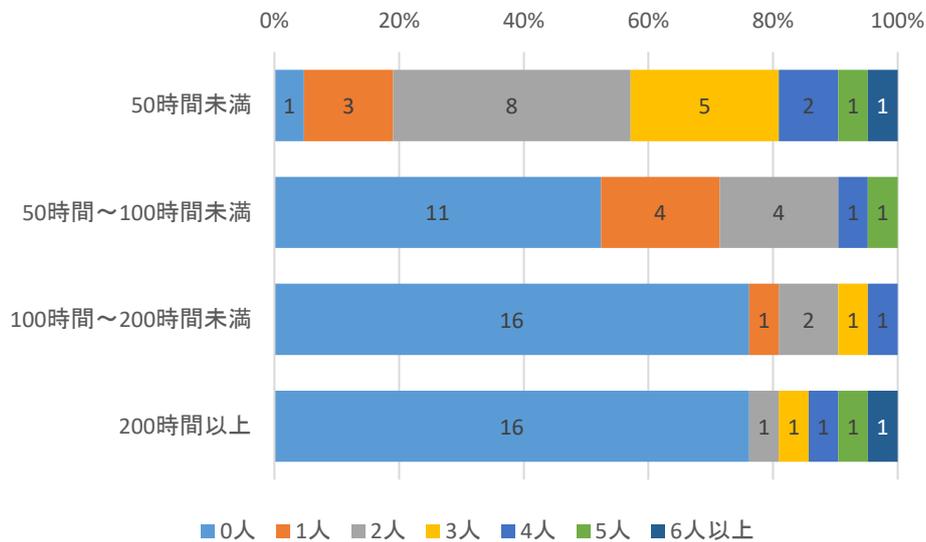


図 3-13 操縦者の操縦経験状況 (N=21)

(4) ドローンの使用頻度・目的

① ドローンの使用頻度

Q4-1.ドローンの使用頻度について、ご選択ください。

全体では、「全く使用しない」が最も多く、全体の 51%(24 社)を占めている。次いで「多い(年 20 回以上)」が 15%(7 社)、「やや多い(年 10~20 回)」が 13%(6 社)、「少ない(年 1~4 回程度)」が 11%(5 社)となっている。「やや少ない(年 5~10 回程度)」は 6%(3 社)、「ほとんど使用しない(数年に 1 回)」は 4%(2 社)と少数にとどまっている。

この分布から、ドローンを全く使用していない企業が半数を占める一方で、年 20 回以上の頻度で使用する企業も一定数存在し、使用状況には差があることが特徴的である。

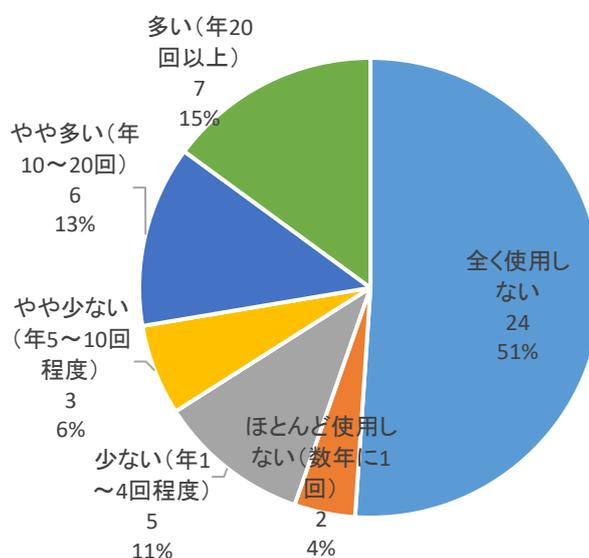


図 3-14 ドローンの使用頻度(N=47)

各項目の使用頻度を比較すると、「維持補修工事受注者(N=41)」では「全く使用しない」が最も多く、全体の約 59%(24 社)を占めている。次いで「少ない(年 1~4 回程度)」が約 12%(5 社)、「やや少ない(年 5~10 回程度)」が約 7%(3 社)となっている。「やや多い(年 10~20 回)」は約 10%(4 社)、「多い(年 20 回以上)」は約 7%(3 社)となっており、使用頻度にはばらつきが見られる。

一方、「緊急調査委託受注者(N=6)」では「多い(年 20 回以上)」の割合が最も高く、全体の 67%(4 社)を占めている。「やや多い(年 10~20 回)」が 33%(1 社)存在し、「全く使用しない」企業はない。維持補修工事と比べ、緊急調査委託の企業ではドローンの使用頻度が高いことが特徴的である。

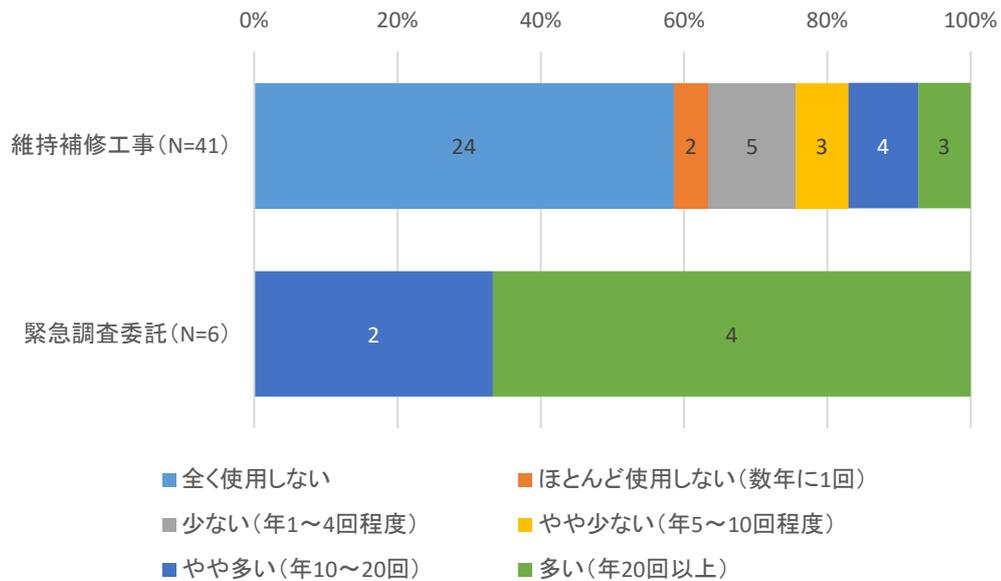


図 3-15 ドローンの使用頻度【回答者別】

②ドローンを使用する業務内容

Q4-2.ドローンを主に使用している業務内容について、ご選択ください。

※Q4-1 で全く使用しない以外を選択した企業のみ回答可 (N=23)

ドローンを使用する業務内容の選択率を比較すると、「工事の進捗管理」が最も高く、全体の 61%がドローンを活用している。次いで「測量業務」が 57%と高い割合を占めている。「点検業務」は 35%、「災害調査」と「巡視業務」はそれぞれ 13%となっている。

一方で、「環境モニタリング」ではドローンの使用がなく、「その他」の業務に関しては 4%の企業がドローンを活用していることがわかる。

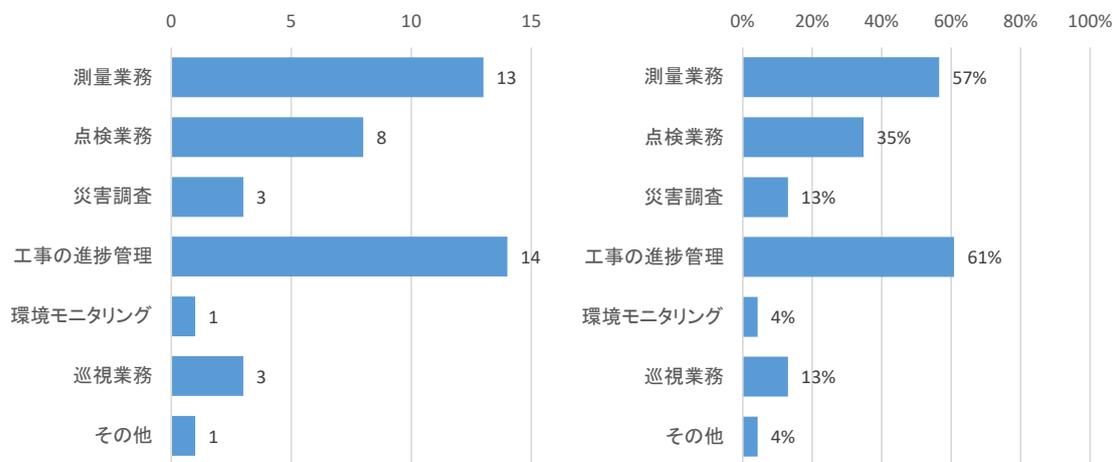


図 3-16 ドローンを使用する業務内容 (N=23)

【その他の回答】

- ・広告宣伝

維持補修工事受注者の回答では、「工事の進捗管理」での使用が最も多く、全体の 71%を占めている。次いで「測量業務」が 41%、「点検業務」が 18%となっている。一方、「災害調査」や「環境モニタリング」での使用はなく、「巡視業務」は 12%、「その他」は 6%にとどまっている。維持補修工事では、進捗管理や測量といった業務での活用が中心であることが特徴的である。

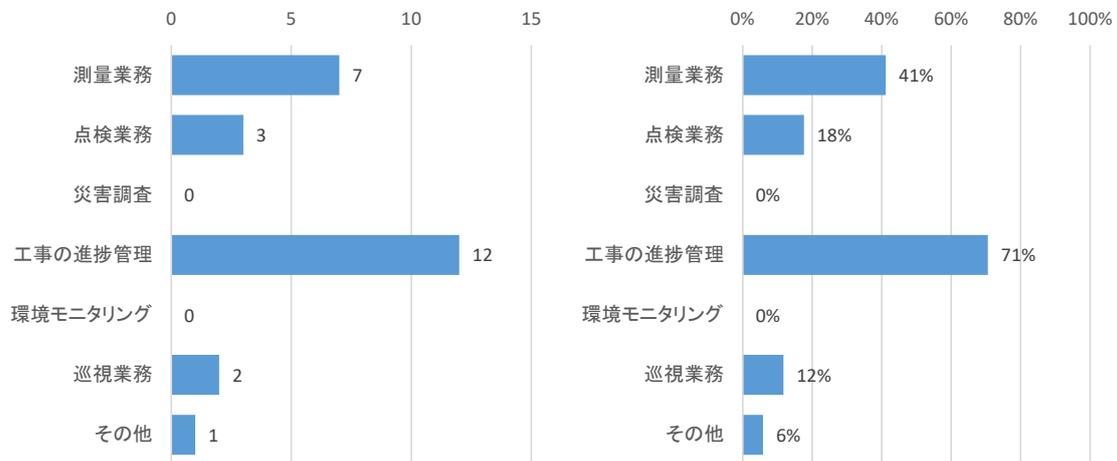


図 3-17 ドローンを使用する業務内容 (N=17)【維持補修工事受注者】

緊急調査委託受注者の回答では、「測量業務」の使用が最も多く、全体の 100%を占めている。次いで「点検業務」が 83%、「災害調査」が 50%となっている。一方、「工事の進捗管理」は 33%、「環境モニタリング」「巡視業務」は 17%にとどまり、「その他」での使用はない。緊急調査委託では、測量や点検、災害調査へのドローン活用が中心となっている。

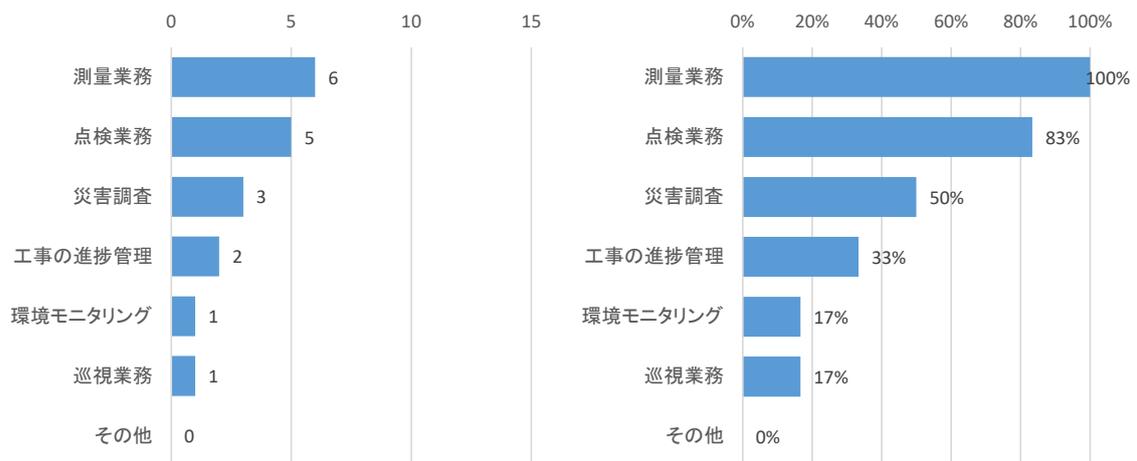


図 3-18 ドローンを使用する業務内容 (N=6)【緊急調査委託受注者】

(5) 災害時のドローン使用状況

① 災害時のドローン使用経験

Q5-1.災害時にドローンを使用した経験について、ご選択ください。

全体では、「災害時にドローンを使用した経験がない」企業が最も多く、全体の83%(39社)を占めている。一方、「使用経験がある」企業は17%(8社)にとどまっている。

この結果から、多くの企業が災害時にドローンを活用していない一方で、一定数の企業ではドローンを活用した経験があることがわかる。

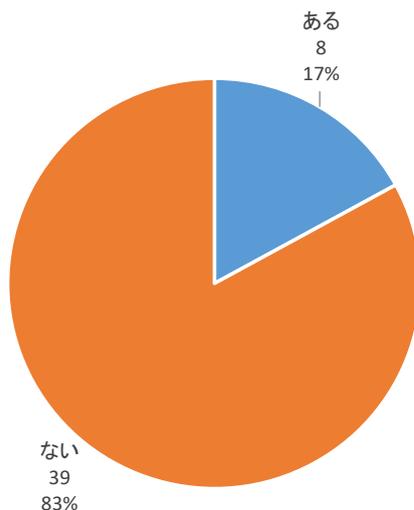


図 3-19 災害時のドローン使用経験 (N=47)

「維持補修工事受注者 (N=41)」では、「災害時にドローンを使用した経験がない」企業が90%(37社)を占めており、「使用経験がある」企業は10%(4社)にとどまっている。

一方、「緊急調査委託受注者 (N=6)」では、「使用経験がある」企業が67%(4社)と多数を占め、「ない」企業は33%(2社)のみとなっている。維持補修工事と比較すると、緊急調査委託を行う企業では災害時のドローン活用が多いことが特徴的である。

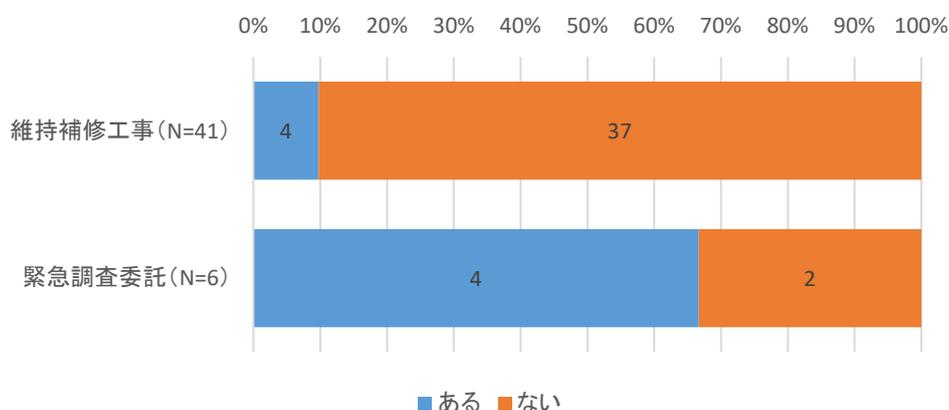


図 3-20 災害時のドローン使用経験【回答者別】

② 災害時のドローン使用における課題・問題点

Q5-2.災害時にドローンを使用する際の課題や問題点をご選択ください。

災害時のドローン活用に関する課題として最も多く挙げられたのは、「突発的な作業となるため操縦者等の必要な体制を確保することが困難」であり、選択率は 47%となっている。次いで、「災害時は天候が不安定な場合が多く、ドローンの飛行が制限されるため、調査が困難」と「法規制の確認や飛行申請に関わる手続きに時間を要するため迅速な対応が困難」が 36%、「災害現場では障害物が多く、ドローンの衝突や墜落のリスクが高まるため、安全な飛行経路の確保が困難」が 28%と続いている。

一方、「調査に関わる事前・事後の契約・支払い等の手続きが煩雑」は 11%と比較的少ない割合となっている。なお、「無回答」の割合は 34%となっている。

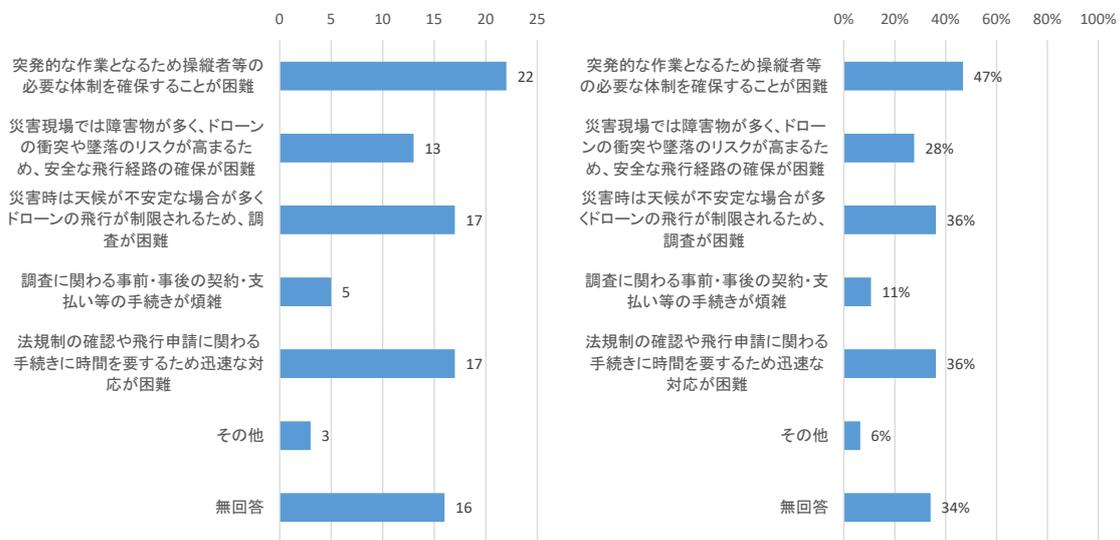


図 3-21 災害時のドローン使用における課題・問題点 (N=47)

【その他の回答】

- ・災害時の緊急調査等緊急用務区域関係等
- ・活用無しの為わからない
- ・充電設備確保困難、GPS 電波不安定

最も多い課題は「突発的な作業となるため操縦者等の必要な体制を確保することが困難」(41%)である。次いで「法規制の確認や飛行申請に関わる手続きに時間を要するため迅速な対応が困難」(32%)、「災害時は天候が不安定で飛行が制限される」(29%)が続く。一方、「調査に関わる手続きが煩雑」は7%と少ない。無回答は37%となっている。

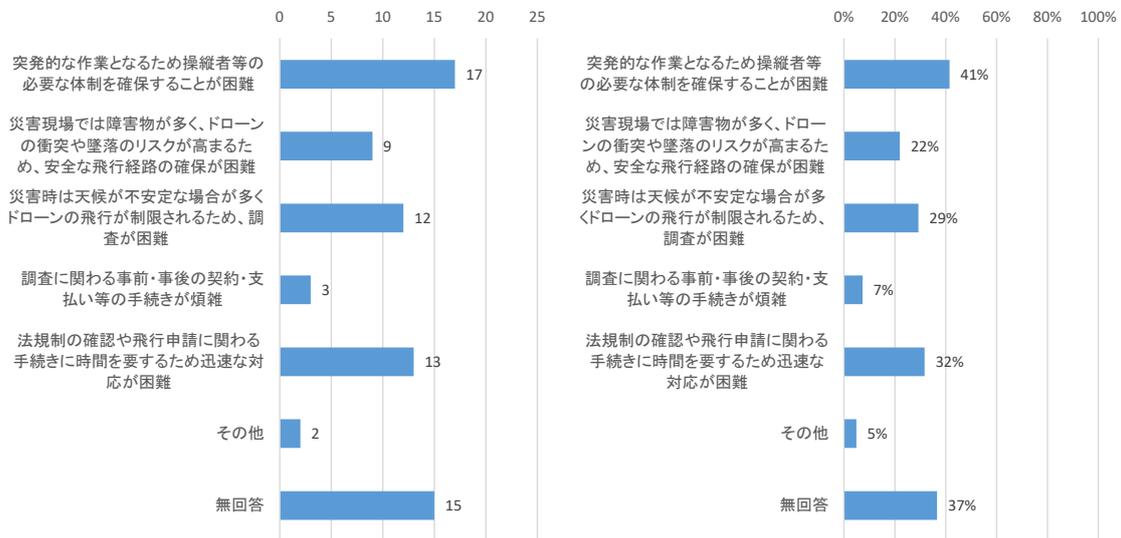


図 3-22 災害時のドローン使用における課題・問題点【維持補修工事受注者(N=41)】

最も多い課題は「突発的な作業のため操縦者の体制確保が困難」と「天候が不安定で飛行が制限される」(各 83%)である。次いで「障害物が多く安全な飛行経路の確保が困難」と「飛行申請の手続きに時間を要する」(各 67%)が続く。一方、「調査に関わる手続きが煩雑」とは33%となっている。



図 3-23 災害時のドローン使用における課題・問題点【緊急調査委託受注者(N=6)】

(6) ドローン活用拡大を見据える業務分野

① ドローン活用拡大を見据える業務分野

Q6-1. 今後ドローンの活用を拡大していきたいと考える業務分野について、ご選択ください。

ドローンの活用拡大が期待される業務分野として最も多く挙げられたのは「測量業務」(57%)であり、次いで「工事の進捗管理」(53%)、「災害調査」(40%)が続いている。「点検業務」(30%)や「巡視業務」(26%)も一定の関心がある。一方、「環境モニタリング」(13%)や「その他」(9%)の割合は低く、「無回答」も11%存在している。

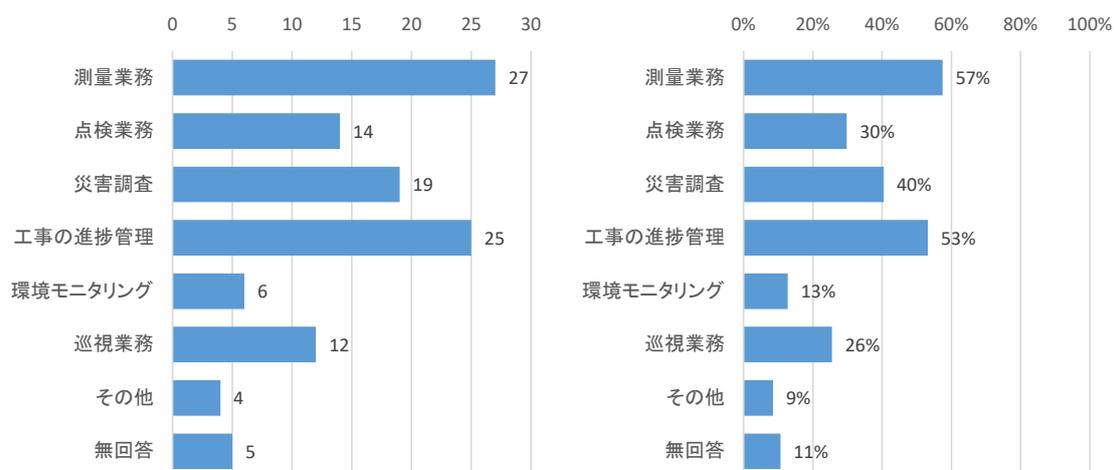


図 3-24 ドローン活用拡大を見据える業務分野 (N=47)

【その他の回答】

- ・行方不明操作、火災等
- ・山腹工事での資材運搬
- ・物品輸送
- ・無し

維持補修工事受注者の回答では、「測量業務」と「工事の進捗管理」がともに 54%と最も多く、維持補修工事においてドローンの活用拡大が最も期待されている分野である。次いで「災害調査」が 32%、「巡視業務」が 24%となっている。

一方、「点検業務」は 22%にとどまり、「環境モニタリング」や「その他」はそれぞれ 7%と低い割合となっている。また、12%が無回答であり、まだ明確な活用方針が定まっていない企業が一定数存在していることが示唆される。

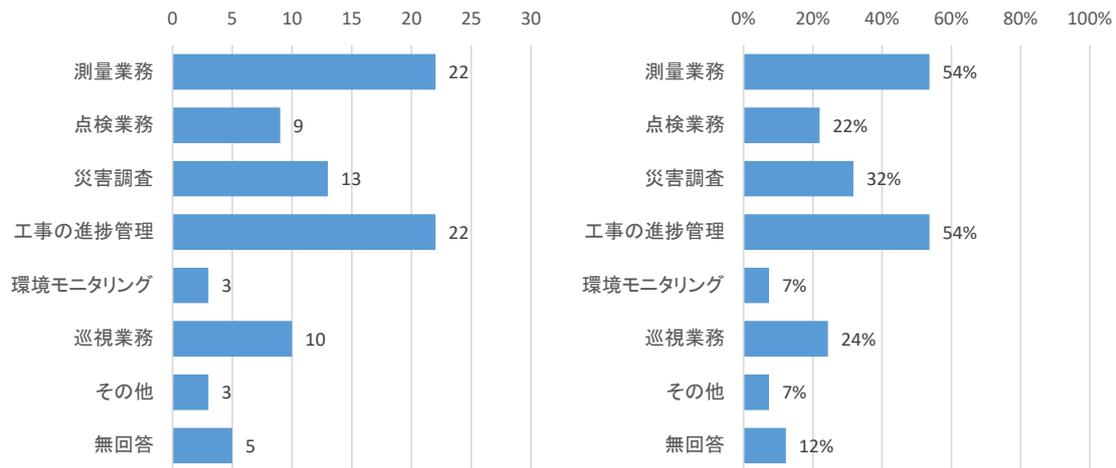


図 3-25 ドローン活用拡大を見据える業務分野【維持補修工事受注者 (N=41)】

緊急調査委託の回答では、「災害調査」が 100%で最も多く、緊急調査委託受注者においてドローンの活用拡大が最も期待されている分野である。次いで「測量業務」と「点検業務」がともに 83%と高い割合を占めており、災害時の迅速な情報収集やインフラの安全確認に対するニーズが高いことがわかる。

「工事の進捗管理」と「環境モニタリング」は 50%、「巡視業務」は 33%となっており、可視化や監視・確認を効率化するためのドローン活用が期待されている。「その他」は 17%であり、具体的な用途は明記されていないが、多様な業務への応用の可能性が示唆される。

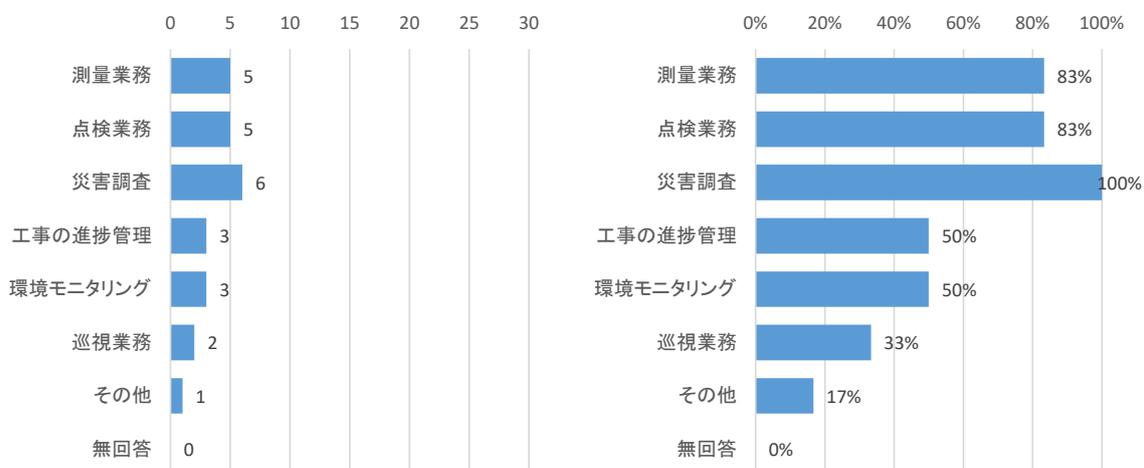


図 3-26 ドローン活用拡大を見据える業務分野【緊急調査委託受注者 (N=6)】

② 県事業におけるドローン活用に関する要望

Q6-2.県事業におけるドローン活用に関する要望をご記入ください。

主な意見を以下に整理する。

1. 操縦者資格・試験関連
 - ・ 長野県内に国家資格の実地試験会場を設置することを希望する。
 - ・ 操縦資格取得費用の補助を求める。
 - ・ 資格取得を容易にする制度の整備が必要である。操縦資格や飛行制限に関する情報を分かりやすく提供してほしい。
2. ドローン活用の促進
 - ・ 緊急時に迅速対応できる企業に優先的に発注する仕組みを作るべきである。
 - ・ 構造物点検や河川調査などのドローン活用業務を増やしてほしい。
3. 補助・支援施策
 - ・ ドローン購入や飛行申請にかかる費用を補助する制度を拡充してほしい。
 - ・ ドローン活用業務の評価基準を整備し、適正な価格設定を行うべきである。
 - ・ 業務支援策を強化し、ドローン導入を促進してほしい。
4. 情報提供・セミナー
 - ・ ドローン活用に関する技術者向けセミナーを定期的を開催してほしい。
 - ・ 飛行ルールや申請手続きを簡潔にまとめたガイドラインを提供してほしい。
5. 災害対応の協力
 - ・ 災害発生時に迅速に対応できる協力体制を構築する必要がある。
6. その他
 - ・ ドローン未使用者にも関心を持ってもらえるよう、周知活動を強化するべきである。

3)まとめ(事業者アンケート調査)

本調査の結果、飯田建設事務所管内の地域建設・測量・コンサル事業者におけるドローンの普及率は一定程度あり、特に緊急調査委託の企業では保有率・操縦者数・使用頻度が高く、災害時の活用も多い傾向が見られる。

今後の活用拡大には、操縦者の確保、資格取得の推進、操縦経験の向上が重要となる。また、測量業務や工事進捗管理など、可視化を伴う業務へのドローン導入が進むと考えられる。災害時の円滑な運用のためには、体制整備の検討も必要となる。

また、MATRICE300 や MATRICE350 といった長距離飛行が可能な中型ドローン及び二等無人航空機操縦士の保有者がいることから、飯田建設事務所管内の地元企業の機体・操縦士により、平常時の巡視・点検やレベル 3.5 飛行を運用できる可能性がある。

1. ドローンの保有状況と操縦者数

調査の結果、52%の企業がドローンを保有していないが、1 台以上保有する企業も 48%存在する。特に「PHANTOM 4」や「MATRICE 300」などの中型・小型ドローンの保有が多い傾向にある。操縦者数については、「0 人」の企業が 55%と最多だが、「6 人以上」の企業も 18%あり、企業ごとに差がある。特に緊急調査委託の企業では操縦者数が多い傾向が見られ、業務の性質による違いがあることがわかる。

2. ドローン操縦者の資格と操縦経験

ドローン操縦者の資格については、国家資格の取得率は低く、JUIDA や DPA、DJI CAMP などの民間資格の取得が中心である。無資格の操縦者も一定数存在する。操縦経験に関しては、50 時間未満の割合が最も多く、経験豊富な操縦者は少数にとどまっている。

3. ドローンの使用頻度

ドローンの使用頻度に関しては、「全く使用しない」企業が 50%と最も多く、実際にドローンを活用している企業は限られている。一方で、年 20 回以上使用する企業も 15%存在しており、活用が進んでいる企業とそうでない企業の差が大きい。特に緊急調査委託の企業では使用頻度が高く、維持補修工事の企業では低い傾向が見られる。

4. 災害時のドローン使用状況と課題

災害時のドローン活用については、83%の企業が「使用経験がない」と回答しており、実際の運用事例は限られている。特に維持補修工事の企業では使用経験が少ないが、緊急調査委託の企業では一定の使用経験があり、災害対応に活用されていることがわかる。

主な課題としては、「操縦者の確保」「飛行環境の制約」「安全な飛行経路の確保」が挙げられる。特に緊急調査委託の企業では、「操縦者の確保」「天候による飛行制限」に関する課題が大きいと認識されている。

5. ドローンの活用業務と今後の拡大分野

現在のドローン活用業務としては、「工事の進捗管理」(61%)、「測量業務」(57%)の割合が高い。緊急調査委託の企業では「災害調査」や「測量業務」の活用が進んでおり、業務内容による違いが見られる。今後の活用拡大が期待される業務分野としては、「測量業務」(59%)、「工事の進捗管理」(52%)が挙げられている。

3.1.4 まとめ（現状把握）

現状整理で把握した維持管理や災害対応の状況を以下に整理する。

1) 保有インフラ・管理体制の概況

- ・長野県は、道路延長約 5,137km(令和 6 年現在)を有し、全国で 4 番目の規模。その他、河川延長 4,803km、砂防施設 18,598 施設、都市公園 9 公園(面積 271.86ha)など、幅広いインフラを保有。
- ・これらの管理には膨大な労力を要し、現地事務所職員数は過去 20 年間で 18%減少。
維持管理に必要な人的資源の減少が進む中、効率的な維持管理手法が求められている。

2) 災害発生状況

- ・山地が多く地形的に災害が発生しやすい。地震や台風、大雨による河川氾濫、土砂崩れなどが頻発しており、令和元年の東日本台風(台風 19 号)では千曲川の堤防が決壊し甚大な被害を受けた。
- ・特に地震については、県内を横断する糸魚川－静岡構造線断層帯を起点とする大規模地震が懸念されており、活断層に沿った地域での被害リスクが高い。

3) 災害対応の現況

- ・災害発生時には震度 4 以上の地震や雨量 80mm/日を超える大雨を基準として緊急点検を実施。
- ・道路パトロールは主に職員が車両を使用して行い、通行支障物の確認や被災状況の把握を実施。
- ・複数箇所同時多発的な災害が発生した場合には、小規模維持補修工事等を受注する JV(共同企業体)に緊急点検を依頼する体制が整備。
- ・震度 6 弱以上の地震発生時、地域維持型 JV は建設事務所の連絡を待たず自主的に道路パトロールを実施し、緊急輸送道路を優先に通行不能箇所や損傷箇所を確認、必要に応じバリケード設置や応急処置を行い、3 時間以内の状況把握と報告書の作成・提出を行う。
- ・情報共有については、「長野県インフラデータプラットフォーム」を活用し、現場で取得したデータを迅速にアップロードする仕組みが構築されているが、飯田建設事務所においては運用訓練が実施されている段階にとどまっている。

4) 官民連携による維持管理・災害対応への取組状況

- ・維持管理および災害対応において、平成 29 年度から「土木施設小規模補修工事」を導入し、地域維持型 JV を活用して、道路や河川、砂防施設、都市公園施設の緊急修繕や機能回復を迅速に行う体制を整備
- ・令和 4 年度からはこれらの業務を「包括民間委託」として試行導入し、効率的かつ効果的な管理運営を進めている。
- ・災害時の緊急調査についても、日ごとに登録された業者が実施する仕組みを整え、大規模災害時には「災害緊急調査に関する協定」を優先的に運用することで、迅速な復旧対応を可能としている。

5)ドローン等の活用への期待(職員ヒアリングより)

- ・特に中山間地域の災害対応や法面点検をはじめとした平常時の維持管理における効率化・迅速化の手段として高い期待がある。
- ・災害時には、長距離飛行による広範囲の被災状況の把握や河川・砂防施設の点検、民間インフラとの情報共有が求められている。
- ・平常時の道路パトロールにおける職員の負担軽減や法面点検での活用が期待されており、ドローンの撮影性能や飛行計画の検証が重要。
- ・一方で、長距離飛行を可能にする運用体制や地元建設業者との連携強化、試験運用を通じた実用的なスキームの確立が課題。

6)民間事業者のドローンの保有・活用の状況

- ・飯田建設事務所管内の地域建設・測量・コンサル事業者では、特に緊急調査委託の企業においてドローンの保有率・操縦者数・使用頻度が高く、災害時の活用も多い傾向が見られる。
- ・ドローンの活用拡大には、操縦者の確保、資格取得の推進、操縦経験の向上が重要であり、測量業務や工事進捗管理など可視化を伴う業務への導入が進むと考えられる。
- ・災害時の円滑なドローン運用を実現するためには、適切な体制整備の検討が必要である。
- ・長距離飛行が可能な MATRICE300・MATRICE350 の保有や、二等無人航空機操縦士の存在により、地元企業による平常時の巡視・点検やレベル 3.5 飛行の運用が可能となる可能性がある。

3.2 課題の抽出

現状把握の結果を踏まえ、本業務で取り組むべき課題(⇒本業務で検討する章)を抽出・整理する。

- 平常時のインフラ点検や維持管理で培ったドローンのデータ収集・解析ノウハウを災害時に即応活用できるよう、スムーズな運用移行を可能にするスキームの構築が必要。(⇒3章)
- 地元事業者や自治体職員が減少する中、アウトソーシングや地元企業との連携を含む持続可能な運用体制の構築に加え、ドローンの整備・管理に必要なスキルを地域で確保する体制構築が必要。(⇒3章)
- 広域なエリアのインフラ管理・災害対応において、自治体職員や建設業従事者が減少しマンパワーが不足する中、データ取得・共有の自動化・迅速化を図る手段(技術や体制)の整備が必要。(⇒5章)
- ドローンの飛行に関して、平常時・災害時で法的な制約条件や必要な申請・手続きが異なることを踏まえた飛行経路の設定および飛行計画が必要。(⇒5章)
- 運用スキームやロードマップの実現に向けた具体的な方法・技術の検証が必要。(⇒4章・6章・7章)
- ドローンの飛行時間や通信技術は日進月歩であるため、将来を見据えた構想の中で、現時点で対応可能な技術を活用した実証実験の位置付けを明確化することが必要。(⇒6章)

3.3 ドローン活用場面の想定

ドローン等の活用により、災害時や維持管理業務における効率化や迅速化を図り、現行の課題を技術的に解決する方法を模索する。特に、広域的な被災状況の把握やデータ分析の自動化、情報共有の迅速化など、ドローンの特性を最大限活用する手法を検討する。

なお、本検討では、広範囲にわたる被災状況の迅速な把握とリアルタイムでの情報共有が求められることから、長距離飛行が可能な機体の活用が必要となる。特に、LTE 通信を活用することで飛行距離の制約を緩和し、安定した遠隔制御やデータ送信を実現できるため、LTE モジュールを設置可能かつカメラ等のペイロードを積載できる中型機を想定する。また、本検討は災害直後の緊急巡回の段階での運用スキームに焦点を当てる。

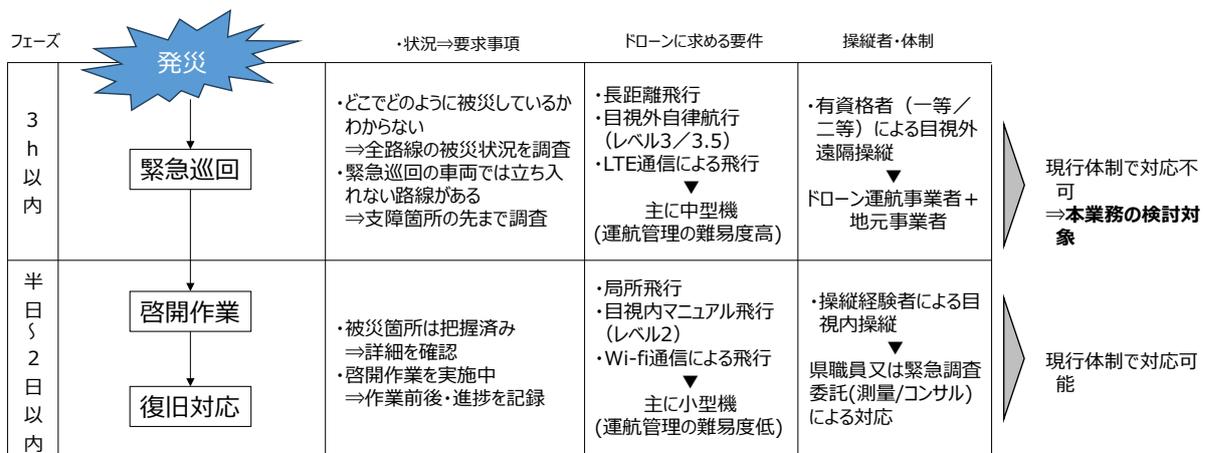


図 3-27 検討の前提条件

3.3.1 災害時の活用

1) 災害時のドローンの活用事例と本調査の位置付け

災害時のドローン活用は、調査の安全性・迅速性の確保、陸路が寸断された場合の空からの情報取得や物資輸送の観点から大きな意義を持つ。しかし、いつどこで発生するかわからない災害に対し、事前に運航体制を整備し、飛行可能な経路を確認する必要がある点や、大規模災害時には緊急用務空域の設定に伴い自治体の要請に基づく飛行調整が必要となる点が課題とされている。さらに、過去の災害では携帯電波網の寸断や不安定化が生じており LTE 通信を利用した目視外・自律飛行の運用に影響を及ぼすリスクがある。

令和 6 年能登半島地震でもドローン活用の事例が報告されており、孤立地域の情報収集、被災者の捜索、避難所への医薬品等配送、被災状況の調査(道路寸断状況の把握、倒壊家屋の内部調査、漁港・橋梁・土砂ダムの調査等)に利用された。しかし、事前に設定された経路を自律飛行し、道路啓開に向けた必要情報を自動収集する活用は、技術的・運用的課題により実現されていない。

本調査では、被災前の事前ルート設定と運用体制の確立を目的とし、新たな運用モデルを提案する。特に、LTE 通信を活用した長距離飛行の実証や、AI を用いたリアルタイム解析による被害情報の共有手法を検討・検証することで、被災直後の情報収集および意思決定を向上させることを目指す。これにより、災害発生時のドローン運用の実用化と効率化を図るとともに、従来の運用手法との比較を通じてその有効性を検証する。

表 3-11 令和 6 年能登半島地震におけるドローンの活用事例

分類	活用内容	概要
被災況調査	空撮による被災地の状況把握	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂崩れで道路が寸断され、集落が孤立した地域において、自衛隊と連携しドローンで状況を撮影。リアルタイム映像を確認し、孤立者の有無や必要物資を把握。救援活動時の持参物資の選定に活用。 ・仮設住宅設置予定地域の被災状況を把握するため、ドローンで上空から撮影し、市と情報を共有。道路の寸断や倒壊家屋の影響、土地の使用可否を確認し、仮設住宅の設置判断に活用。
	倒壊家屋・施設内部の調査	<ul style="list-style-type: none"> ・倒壊家屋の内部調査を実施。人が入れない狭小空間や危険なエリアで小型ドローンを飛行させ、被害状況や紛失物を確認。防塵構造モーターと安定飛行技術により、砂ぼこりが舞う環境でも安全な調査を可能とした。 ・倒壊リスクのある大型商業施設の現状調査を実施。人の進入が危険な施設内で小型ドローンを飛行させ、柱の破損状況や屋根裏の梁の状態を確認。
	インフラの点検	<ul style="list-style-type: none"> ・地滑りの可能性がある地域で避難勧告が発令され、幹線道路寸断リスクの初期判断のため小型ドローンによる補助者なし目視外飛行(レベル 3 相当)を実施。オルソ画像を作成し、地割れの全体像を把握することで初期調査支援に活用。 ・孤立地域への海運を検討するため、被災した漁港の状況を早期に把握する必要があり、小型ドローンによる調査を実施。補助者なし目視外飛行(レベル 3 相当)で被災状況を確認し、海運の可否判断支援に活用。 ・小型ドローンを用いて橋梁点検を実施。GPS 非対応環境でも安定飛行できる機体特性を活かし、桁下や狭隘部の点検を目視外飛行で実施。橋梁の調査により、コンクリートのクラックやパイプの損傷を確認。3D マッピング飛行も行った。 ・土砂ダム崩壊の兆候監視のため、遠隔操作可能なドローンポートを設置し、定期的に巡回飛行を実施。事前設定した飛行ルートで静止画を撮影し、オルソ画像を作成して異変を確認。通信環境の課題が浮上し、スターリンクを活用した遠隔制御を実施した。 ・VTOL 型固定翼ドローンを用い、農道・林道の被害状況をオルソ画像化し、復旧計画作成に活用。目視外飛行により広範囲を短時間で調査。また、狭小範囲の調査には回転翼機を使用し、漁港周辺の詳細な被害確認を実施。
被災者支援・物資輸送	避難所への医薬品・物資輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査と孤立地域避難所への輸送ルート検討後、物流専用ドローンを使用し、孤立地域 2 カ所に医療物資や生活必需品を配送。最大飛行距離 20km の機体で安定飛行し、自動着陸・荷物切り離し機能を活用。処方薬や紙おむつ、カイロを届け、避難所支援に活用。

※ドローンジャーナル(インプレス社※ドローン専門のオンランメディア)の記事による複数社の活動記録を基に PCKK が作成

2)県における災害時の初動調査におけるドローン等による課題解決の可能性

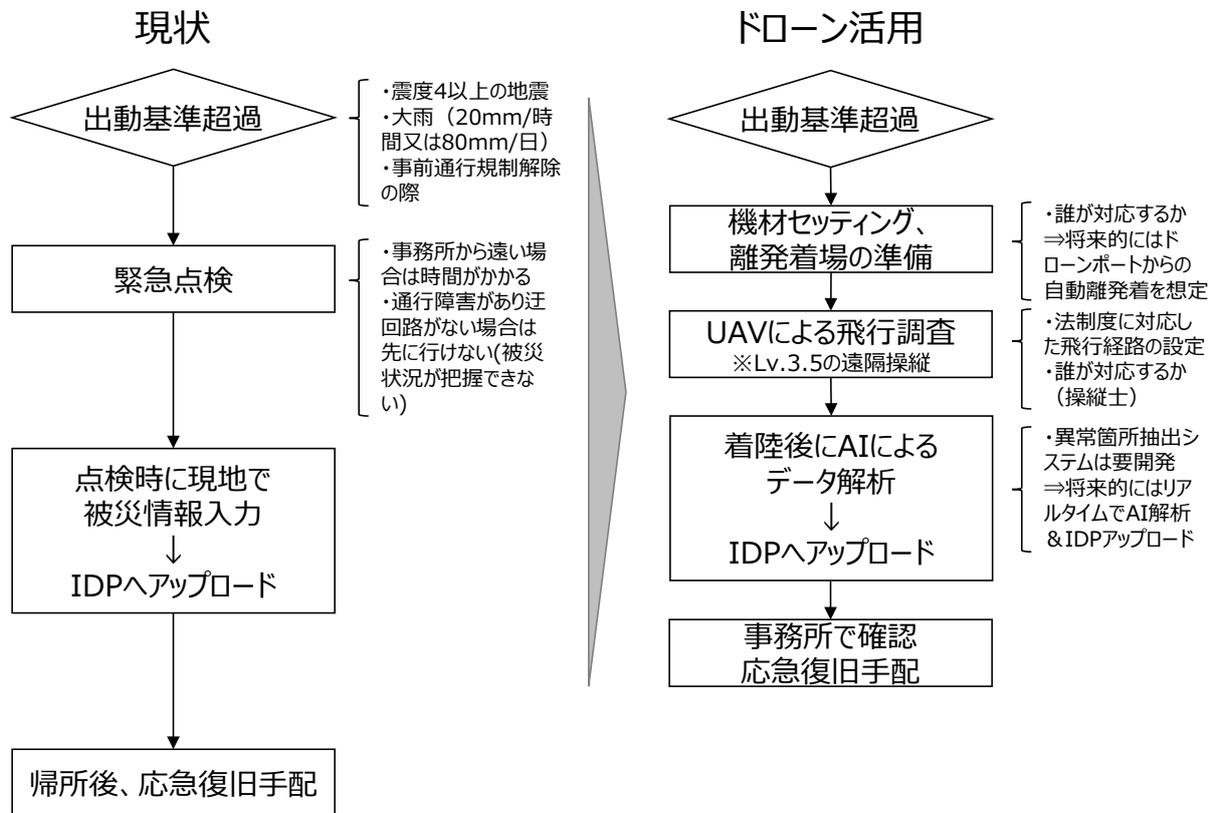
災害時の初動調査における現状・問題点に対して、ドローン等による課題解決の可能性について以下に整理する。

表 3-12 災害時の初動調査の現状・問題点とドローン等による課題解決の可能性

	現状・問題点	ドローン等による課題解決	検討事項／新たな課題
ヒト	<ul style="list-style-type: none"> ・広域かつ同時多発で被災した場合に人手が不足&時間がかかる ・車両での調査は二次被害の危険性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急輸送道路にドローンを配備 ⇒遠隔・無人で調査が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・どのくらいの数が必要になるか
モノ	<ul style="list-style-type: none"> ・車両の場合、確認箇所への到達までに時間がかかる ・道路に通行障害があった際には先に進めなくなる ・現在所有のドローン（DJI mini3）ではLTEによる長距離飛行は不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンによる空からの情報を収集 ⇒通行不能区間を回避、俯瞰的な映像の取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・LTE圏外では飛行不可 ・飛行経路（道路からの離隔）や樹木により不可視部が生じる
情報	<ul style="list-style-type: none"> ・初動調査では地上からの情報が主（二次調査ではドローンを活用） ・降車して写真撮影 ・インフラデータプラットフォームで情報が集約化できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンで取得した動画からAIで異常箇所を抽出、インフラデータプラットフォームに集約 ⇒自動的に情報集約 	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な精度が得られるか（要検証） ・解析データをインフラデータプラットフォームに集約するための開発が必要
カネ	<ul style="list-style-type: none"> ・被災箇所確認のためにかかる職員の人工（人件費） 	<ul style="list-style-type: none"> ・LTEによる長距離飛行が可能なドローン・運用体制を調達 ⇒広範囲をカバー 	<ul style="list-style-type: none"> ・だれが運用するか ・コストを負担できるか

凡例： 機材調達・体制面 技術的課題・制約

現状、職員(又は包括事業者)が車両で実施している緊急点検をドローンに置き換えた場合に想定される作業フローを以下に示す。



※IDP: インフラデータプラットフォームの略

図 3-28 災害時初動調査の作業フロー

3) 実証実験ルートと維持補修工事工区の関係性整理

県で現在運用されている土木施設小規模維持補修工事の工区と今回の実証実験を行う候補ルートの関係を以下に整理する。

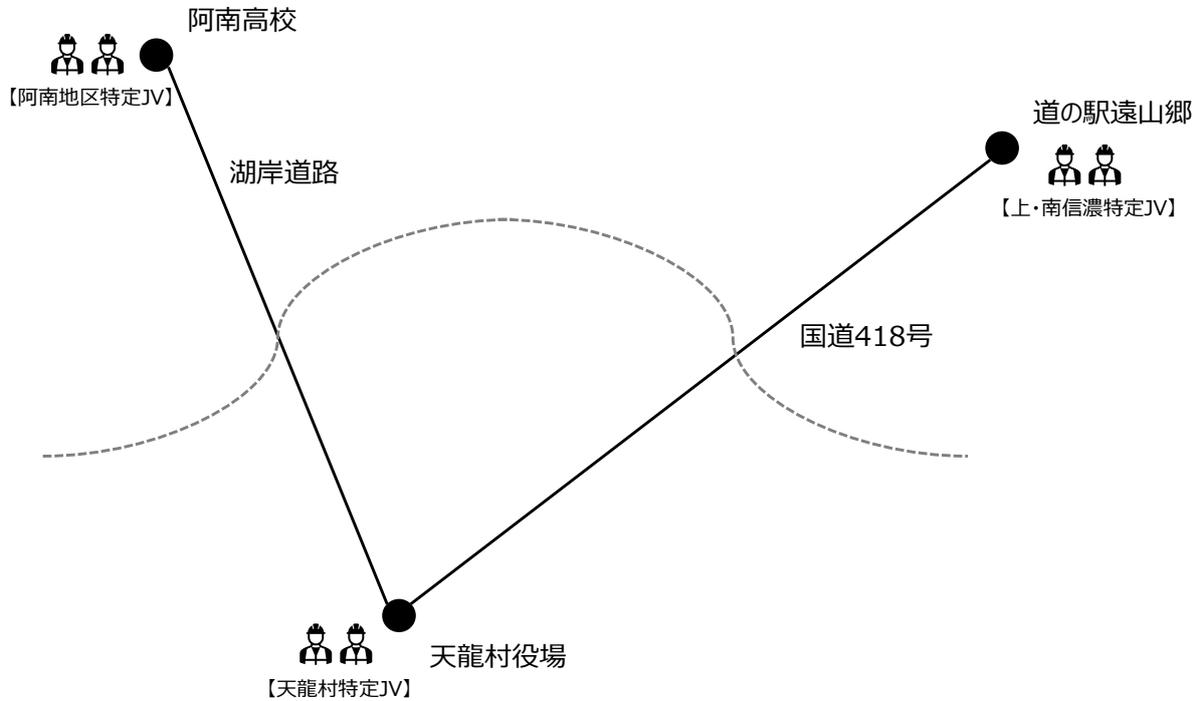


図 3-29 実証実験の候補ルートと土木施設小規模維持補修工事の工区割の関係 (概略図)

このように長距離・自律飛行により、災害時の緊急点検を行う場合、そのルートは土木施設小規模維持補修工事の複数工区を跨って調査を行うこととなる。

災害により道路が寸断されうることも想定すると、離発着場所にはそれぞれの工区のJVが急行し、機体の運搬や飛行環境(風速、第三者の有無等)の確認を行うことが想定される。そのため、各工区のJV間での連携体制やJVとドローンを運航する事業者との連携が重要である。

3.3.2 平常時の活用

県では、エリア内で複数施設分野の維持管理を行う土木施設小規模維持補修工事を運用している。この業務における日常的な対応や補修工事の対象を抽出するための調査にドローンを活用することが考えられる。

土木施設小規模維持補修工事で対応する内容の確認・抽出することを想定して、道路、河川、砂防、都市公園の各施設分野における巡視や点検へのドローン活用の適否を整理する。

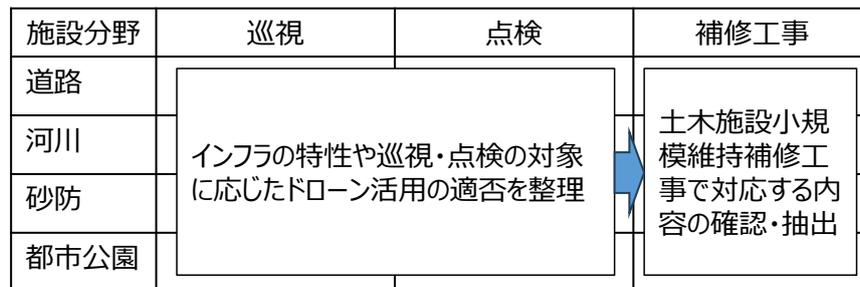


図 3-30 平常時のインフラ管理におけるドローン活用場面の整理イメージ

1) 平常時のインフラ管理におけるドローン活用の有効性と課題

平常時のインフラ管理におけるドローン活用の有効性と課題を以下に整理する。このとき、ドローンは本事業の実証で用いる中型機を想定する。

中型ドローンは迅速かつ機動的にインフラ点検を行えるため、高所や危険地帯の調査に適している。しかし、障害物の回避やバッテリーの持続時間、通信環境の影響を受けやすい点が課題となる。高解像度カメラや LiDAR を活用すれば詳細なモニタリングが可能だが、導入コストやデータ解析の負担が大きい。さらに、目視外飛行には規制があり、操縦者資格やプライバシー・安全対策も必要となるため、適切な運用体制の構築が求められる。

表 3-13 平常時のインフラ管理におけるドローン活用の有効性と課題

視点	有効性	課題
機体 ※中型機を想定	<ul style="list-style-type: none"> 迅速性・機動性に優れ、短時間で広範囲を点検可能。 高所や危険地帯へのアクセスが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 障害物の回避性能や狭小部へのアクセスには制約がある。 バッテリー容量が限られており、長時間の点検には不向き。 遠隔操作やデータ送信が必要な場合、通信環境の悪い地域では運用が困難。
搭載機材	<ul style="list-style-type: none"> 高解像度カメラにより、亀裂や劣化箇所の詳細な可視化が可能。 赤外線カメラやサーモグラフィーを活用することで、目視では確認できない異常も検出可能。 LiDAR(レーザー測量装置)を搭載することで、詳細な地形モデルや構造物の3Dモデルを生成でき、劣化状況のモニタリングに有用。 	<ul style="list-style-type: none"> 高性能機材の導入コストが大きく、初期投資が必要。 大量の画像データや点群データの解析には、高度なソフトウェアや専門知識が必要。
法令	<ul style="list-style-type: none"> 無人地帯での飛行は比較的許可が 	<ul style="list-style-type: none"> 第三者上空や目視外飛行の規制が

視点	有効性	課題
	取得しやすく、河川や砂防地域など、人的影響の少ないエリアでの巡視・点検に適している。	存在。 <ul style="list-style-type: none"> 操縦者の資格取得が必須で、育成コストが発生する。 プライバシーや安全性確保のための対策が求められる。

2) 平常時のインフラ管理におけるドローン(中型機)の適用性評価

ドローン活用の有効性と課題を踏まえた、道路、河川、砂防、都市公園の巡回・点検におけるドローンの適用性を整理する。

ドローンは、特に無人地帯が多い河川や、アクセスが困難な砂防施設においては、その適用性が高く、広範囲の巡回や精密な点検が可能となる。また、道路や都市公園においても、飛行可能な場所や条件を考慮することで適用が可能であり、異常の早期発見や状況の詳細な把握に寄与することが期待される。

表 3-14 平常時のインフラ管理におけるドローン(中型機)の適用性評価

凡例 ◎:よく適する ○:適する △:条件により適する ×:不適

施設分野	巡視	点検
道路	○△ 道路の巡回では広範囲を短時間で把握可能で、異常の早期発見に有効。但し、道路上空の飛行はできないため、対象は無人地帯(河川や山地)に沿った路線に限定される。	○ 構造物の亀裂や損傷箇所を高解像度カメラで詳細に点検可能。特に山間部におけるハイピアの橋梁の点検に有効。
河川	◎ 河川の巡回では無人地帯飛行が活用でき、効率的に実施可能。	◎ 堤防や護岸の細部を赤外線カメラや3Dモデルで点検可能。
砂防	◎ 山間部やアクセス困難な地域での砂防施設の巡回に適している。	◎ 砂防ダムや法面の詳細点検で LiDAR や高解像度カメラが有効。
都市公園	△ 公園の巡回で広範囲での樹木の状態や不法投棄の確認に活用できるが、第三者(利用者)のいない状況での運用が必要。	△× 高さのある遊具や構造物の詳細点検には有効だが、点検範囲が小規模な場合が多く、点検効率が低い。

3)運用体制構築に向けた課題

平常時におけるドローン活用は、長大・広範な対象の効率的な調査や無人地帯の飛行で可能なインフラの巡視や点検に有効であると考えられる一方、運用体制構築の面では、以下の課題が想定される。

○事業量とコスト効率性

限定的なエリアでは事業量が小さく、運用コストが割高となる場合がある。広域的なエリアで複数の管理業務を統合することでコスト効率性の向上が可能。

○機体・機材に関するコスト

ドローン、高解像度カメラ、赤外線カメラ、LiDAR など、用途に応じた機材の準備には初期導入コストや維持管理コストが発生する。

○データ管理と活用

ドローンで取得した膨大なデータを効率的に管理し、活用する仕組みが必要。補修の必要性を診断するための専門的知識を持つ人材や、AI や解析ソフトウェアを導入するためのシステム整備が求められる。

○運用体制の整備

飛行制限や操作資格の取得が必要であり、これに対応する運用体制を構築する必要がある。地域内での整備・運搬を担う企業の確保や、緊急時に迅速に対応できる協力体制の構築が求められる。

3.4 運用スキームの検討

現行体制である地元建設業との連携可能性について重視し、地域の建設業者が持つ現場対応力を補完・強化する形でドローン技術を導入し、官民連携による持続可能な運用体制の構築を目指す。これらの視点を組み合わせた解決策を段階的に具体化していくことが求められる。

また、災害時・平常時ともにドローンの活用においては、広域エリアでの運航が平常時の事業量確保や災害時の効率的な調査延長の関係で重要と考えられる。

3.4.1 平常時・災害時のドローン運用体制検討における考え方

平常時・災害時のドローン運用体制検討における考え方を以下に示す。

- 平常時のコスト効率性の確保と機材等に関する投資回収が可能となるよう、広域的なエリアを対象&複数年の契約が必要
- 災害時も土木施設小規模維持補修工事のエリアを跨いだ調査が必要
⇒「土木施設小規模維持補修工事」の単独エリア規模では、ドローン活用にかかる事業量が確保できない可能性があり、より広域的なエリアでの契約を検討する必要
- ドローンの運用に関する専門人材を有し、データ管理と活用に関するノウハウを有する事業者との契約が必要
⇒高度なドローン運航管理(遠隔操縦)やデータ管理・活用に関するノウハウを有するコンサルタント等の活用と災害時等の対応を見据え、機動力のある地元建設事業者(土木施設小規模維持補修工事のJV事業者)やドローンやデータの取扱いに慣れた災害時の緊急調査委託業者との連携が必要

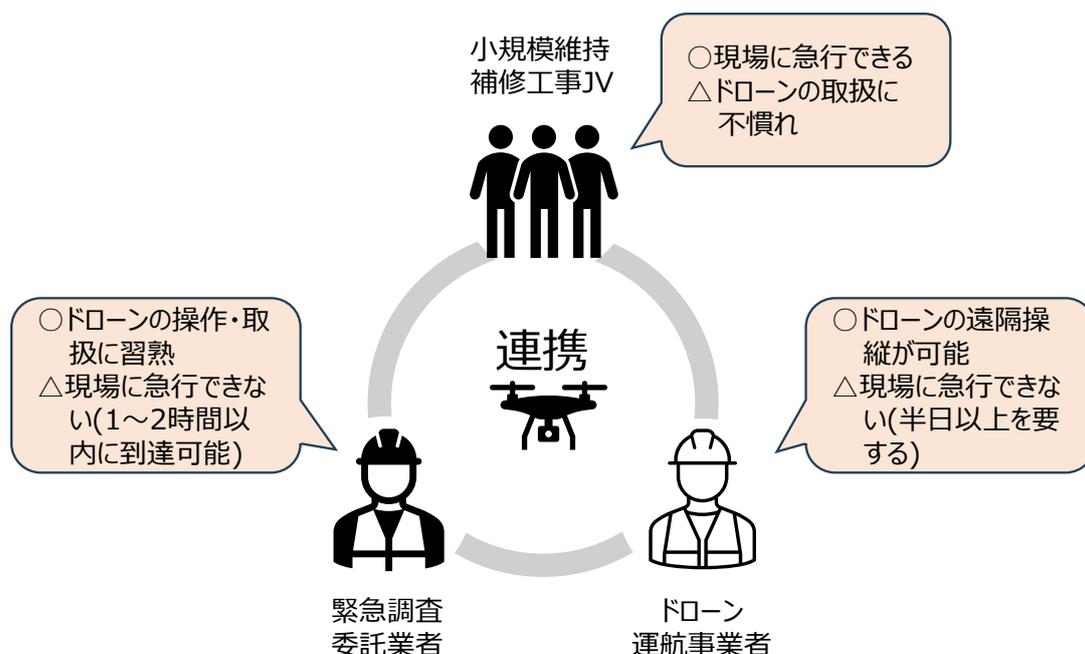


図 3-31 ドローン運用における地元事業者とドローン運航事業者の連携イメージ

3.4.2 ドローン運用体制の検討

(1) ドローン運搬と離発着の補助

災害により道路が通行不能となり、地域間の移動が困難になる場合を想定し、各拠点(離発着場)へのドローン運搬や離発着時の飛行環境確認・補助は、地元建設業者(土木施設小規模維持補修工事の受注者)が担うことが想定される。これにより、地域に密着した機動力を活かし、迅速な対応が可能となる。

(2) ドローンの操縦と保有

① 操縦方法

ドローンは遠隔地から操縦を行い、操縦者が離発着場に常駐する必要をなくすことで効率的な運用を目指す。

② ドローンの保有

ドローンの機体は、県または操縦を行う事業者が保有することを想定する。この方法により、必要な機体が確実に利用可能となり、管理・整備体制を一元化できる。

(3) ドローン運用の管理体制

災害時のドローン運用を支えるためには、運用体制の構築が必要である。特に以下の点が挙げられる。

① 運用事業者の必要性

ドローン運用や被災箇所を抽出するシステムを管理・運用する事業者を確保し、災害時の円滑なデータ取得・共有を支援する。

② システム連携

被災箇所を抽出するシステムを効率的に活用し、取得したデータを自治体や関係機関に迅速に共有できる仕組みを整備する。

(4) 将来の運用展望

① 多台数運用の実現

現状では操縦者1人につき1台の運用を想定しているが、将来的には操縦者1人で複数台を操作する仕組みを導入することが望ましい。そのためには、ドローン運航管理システム(UTM: UAS Traffic Management)の活用が必要となる。

② 地元事業者との連携強化

ドローン運用の実務を担う地元事業者がスムーズに対応できるよう、訓練プログラムや継続的な支援体制を整備する。

運用体制において、地域建設業は、地域への精通や機動力・現場対応力を活かして、平常時・災害時の双方で重要な役割を果たすことが求められる。また、ドローンの操作やデータ管理に不慣れな現場では、測量会社やコンサルタントとの連携を通じて、運用体制を強化する必要があると考えられる。

具体的な体制案としては、地域建設業者、測量・コンサルタント、ドローン運航事業者が連携するコンソシアム型の三層構造を構築し、地元建設事業者や測量業者が日常的なドローン運用や災害時の迅速な対応を担い、コンサルタントがドローン運用やデータ管理を統括する仕組みが有効と考えられる。各主体の役割は以下の通り整理できる。

① 地域建設業者 JV(小規模維持補修工事)

地域に精通した建設業者が、平常時は維持補修工事を担当し、災害時には、ドローン運用の支援(機体の運搬・離着陸場所の環境確認)を行う。

② 測量業者・コンサル(緊急調査委託)

専門技術を持つ測量業者やコンサルタントが、平常時は構造物点検や維持補修工事に関わる調査・設計を担当し、ドローンによるデータ取得を行う。災害時に向けて、事前の機体点検・整備を行い、迅速な調査に必要な機体の準備や提供を担う。

③ コンサル+ドローン運航事業者

ドローン運用の全体管理とデータ処理を統括する役割を担う。平常時は、維持作業計画や補修箇所の抽出、ドローンを活用した広域調査を実施し、維持管理の効率化を図る。災害時には、遠隔操縦によるドローンの運航管理を行い、データを集約・解析し、迅速な情報共有を実現する。

この三層構造の導入により、地域建設業者の機動力と専門技術の融合が可能となり、日常的なインフラ管理の効率化と災害時の迅速な初動対応を両立できる。

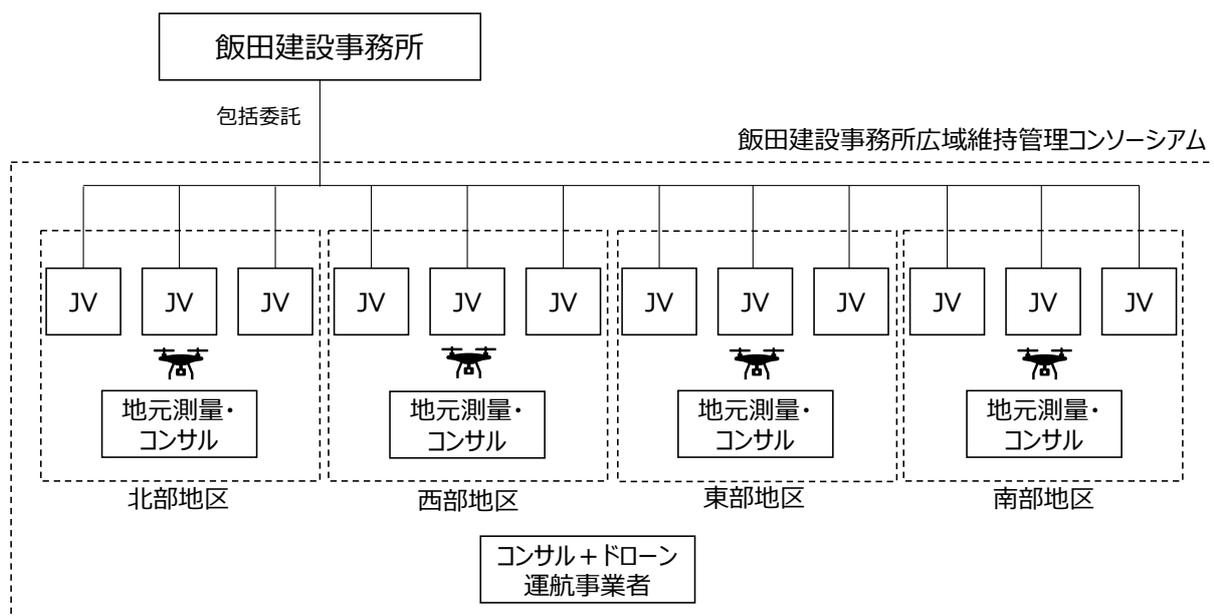


図 3-32 維持管理と災害時の体制図(案)

表 3-15 コンソーシアムの各プレイヤーの役割分担

主体	平常時の役割	災害時の役割
地域建設業者 JV (小規模維持補修 工事)	・維持補修工事	・機体運搬 ・離着陸場所の環境確認
測量・コンサル(緊急調査委託)	・維持補修工事に係る調査・設計 ・ドローンによる構造物等の点検 ・ドローン調査に付随する測量	・機体点検・整備(平常時) ・機体準備・提供
コンサル+ドローン 運航事業者	・維持作業計画の管理 ・維持補修工事等の実績の管理 ・ドローンによる広域調査⇒補修箇所 抽出 ・コールセンター(通報受付)	・遠隔操縦 ・撮影データ集約・管理 ・解析・データ処理

3.4.3 災害時の参集・緊急道路点検体制の検討

1) 現在の緊急道路点検体制と課題

現在、災害発生時の初動調査は、発災後にパトロール車(2名)を現場へ派遣し、現状把握を行った上で今後の対策を検討する形で実施されている。しかし、緊急輸送道路で道路の崩壊や土砂崩れが発生し通行不能となった場合、その先の状況を把握することが困難であり、迅速な対応が難しいという課題がある。

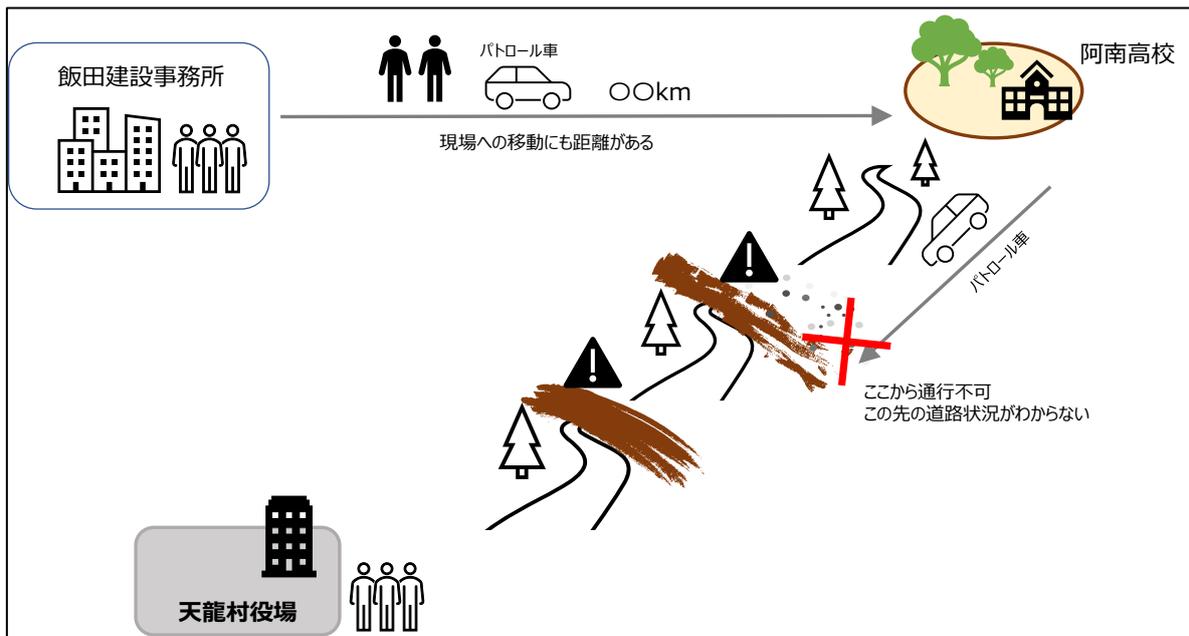


図 3-33 現状の緊急道路点検体制のイメージ

2)官民連携・広域連携体制によるドローン活用型緊急道路点検体制

今回の実証実験で構築した体制では、災害発生時に事前設定された離発着地点に機体を設置し、以下の流れで緊急点検を実施する。

- ・離陸地点:地域建設業者2名が機体の準備を担当
- ・操縦:遠隔操縦者1名(ドローン運航事業者)がUAVを自動飛行
- ・着陸地点:地域建設業者2名が安全確認・バッテリー交換を担当

UAVは事前設定されたルートを確認して飛行し、広範囲の状況を迅速に確認することが可能である。これにより、道路の崩壊や土砂崩れなどの被害状況を的確に捉え、効果的な対策立案に必要な情報を収集できる。

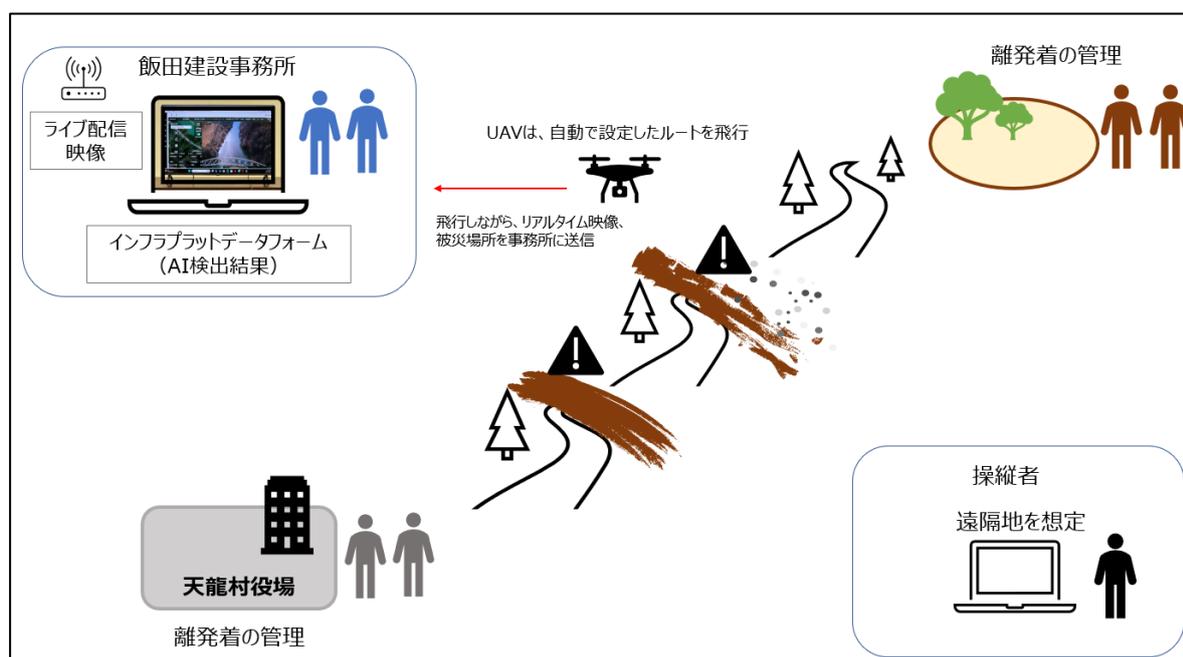


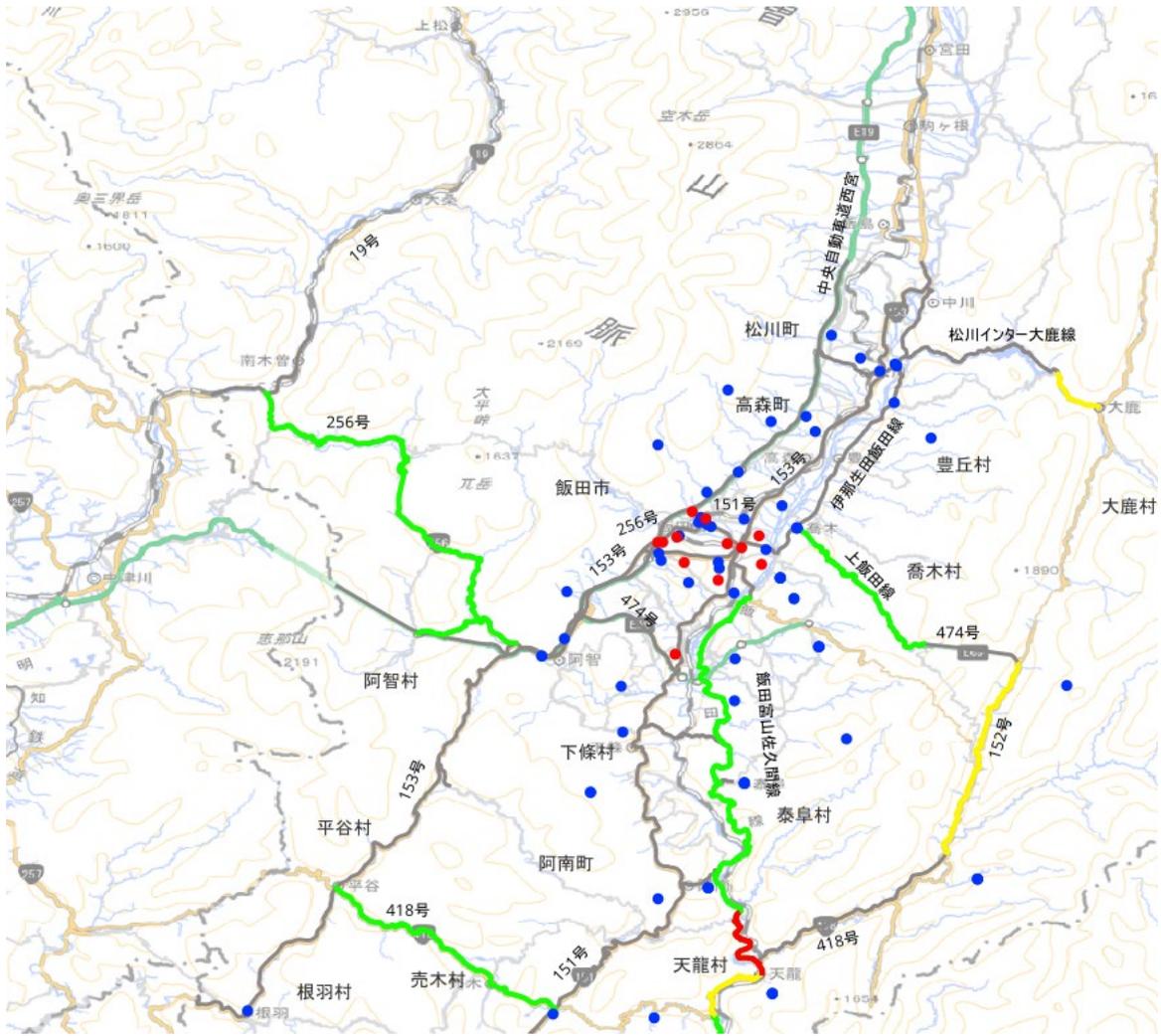
図 3-34 官民連携・広域連携体制によるドローンを活用した緊急道路点検のイメージ

3)地域建設業等の参集体制の実現可能性

ドローンポートの導入による完全自動化が実現するまでの間、ドローンの離発着地点への機体・機材の運搬、離発着環境の確認が必要となる。これらの作業は小規模維持補修工事の受注者が担うことを想定しているが、事業者の事業所と点検対象路線の位置関係を把握し、実現可能性を事前に検証することが重要である。また、どの事業者がドローンを保管することで迅速な点検が可能となるかも考慮する必要がある。

現在の整理によると、今回の実証実験を行った路線の離発着地点付近には受注者の事業所が存在し、災害時に迅速な対応が可能と考えられる。また、飯田建設事務所管内の他のドローン点検候補ルートにおいても、多くの地点で事業者の事業所が確認できたため、平時の維持管理および災害時の対応の両立が可能であることが分かった。

小規模維持補修工事および緊急調査委託の受注企業の事業所と緊急輸送道路の位置関係を以下に示す。



【出典: 国土地理院地図を加工して作成】

図 3-35 小規模維持補修工事及び緊急調査委託の受注企業の事業所と緊急輸送道路の位置

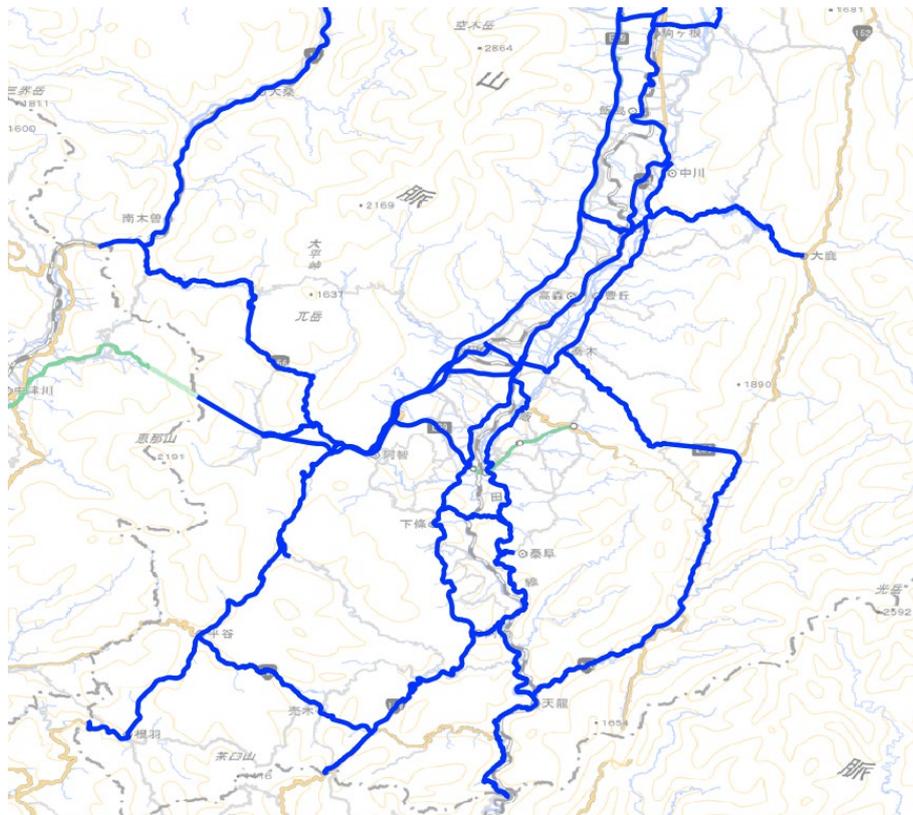
4. 中長期ロードマップの検討

長野県の全域に災害時に UAV を使用した緊急輸送道路の点検を実施できるようにするために必要な施策、課題を整理するために中長期ロードマップを机上検討する。

4.1 飯田建設事務所内候補ルート of 検討

1) 飯田建設事務所管内の緊急輸送道路の整理

飯田建設事務所をケーススタディとして選定し、具体的な分析を行う。



【出典: 国土交通省 国土数値情報サイト (https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N10-v1_1.html)、国土地理院地図】

図 4-1 飯田建設事務所管轄内緊急輸送道路(青線)

下表に示すとおり、飯田建設事務所管内には 22 路線の緊急輸送道路が存在する。その内訳は、第 1 次緊急輸送道路が 7 路線、第 2 次緊急輸送道路が 15 路線である。

表 4-1 指定区分

コード	区分	説明
1	第 1 次緊急輸送道路	県庁所在地、地方中心都市及び重要港湾、空港等を連絡する道路
2	第 2 次緊急輸送道路	第 1 次緊急輸送道路と市区町村役場、主要な防災拠点（行政機関、公共機関、主要駅、港湾、ヘリポート、災害医療拠点、自衛隊等）を連絡する道路
3	第 3 次緊急輸送道路	その他の道路
9	未指定	計画路線等のデータ整備時点で区分未指定の道路

表 4-2 道路種別

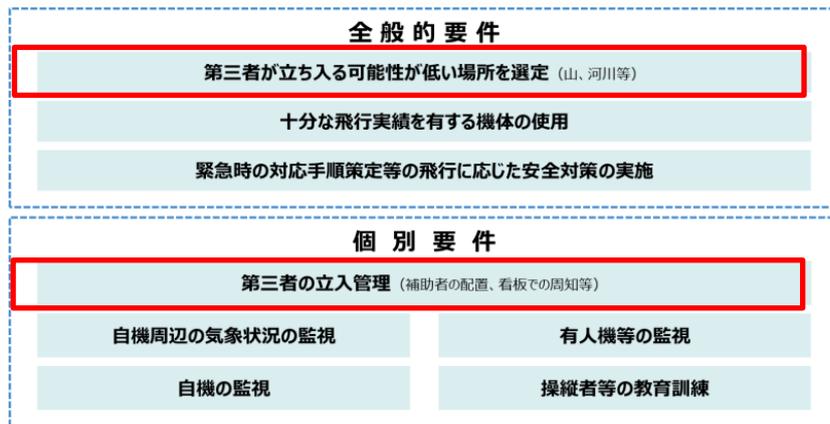
コード	定義
1	高速自動車国道
2	都市高速道路
3	一般国道
4	主要地方道（都道府県道）
5	主要地方道（指定市市道）
6	一般都道府県道
7	市町村道（認定道路）
8	その他道路

表 4-3 飯田建設事務所管轄内緊急輸送道路一覧

NO	指定区分	道路種別	路線名称	資料名称	資料年月
1	1	3	153号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
2	1	3	151号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
3	1	3	256号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
4	1	3	474号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
5	1	3	256号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
6	1	4	松川インター大鹿線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
7	1	4	園原インター線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
8	2	3	474号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
9	2	3	152号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
10	2	3	152号	長野県指摘により変更	2015 07
11	2	3	418号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
12	2	3	256号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
13	2	3	151号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
14	2	3	418号	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
15	2	4	伊那生田飯田線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
16	2	4	松川インター大鹿線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
17	2	4	松川大鹿線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
18	2	4	飯田富山佐久間線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
19	2	4	飯田富山佐久間線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
20	2	4	天竜公園阿智線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
21	2	6	上飯田線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12
22	2	6	温田（停）早稲田線	長野県緊急輸送道路ネットワーク計画	2012 12

2) 飛行ルートを選定条件

レベル 3(3.5)の飛行は、目視外飛行(補助者なし)を含む飛行形態であり、以下の要件を満たす必要がある。



【出典:国土交通省航空局無人航空機安全管理課資料】

図 4-2 レベル 3(3.5)飛行要件

上記の飛行要件を踏まえ、以下の①、②の条件を設定する。

特に、②については第三者上空の飛行に伴うリスクを考慮し、飛行範囲を最小限に抑えるものとする。

【条件①】レベル 3.5 飛行を条件とするため、無人地帯(河川、山間部)を通過するルート

【条件②】市街地等、第三者上空の飛行を避けるルート



【出典 国土交通省航空局無人航空機安全管理課資料】

図 4-2 機上カメラの必要性

上記のとおり、機上カメラを用いて第三者の確認を実施する必要がある。これに伴い、目視外飛行を行う機体から機上カメラの映像データをリアルタイムで送信する必要があるため、その手段として LTE 電波の活用を検討し、条件③を設定する。

【条件③】現時点で地上の LTE 電波が確保されており不感地帯がないルート

UAV、特に回転翼機体は、高低差が大きいルート(山を越える等)を飛行する際にバッテリーの消費が増大し、長距離飛行が困難となる可能性がある。また、安全面においてもリスクが高まることから、これらを考慮し、条件④を設定する。

【条件④】UAV 飛行時の高低差が最小限なるルート

3) 候補ルート

飯田建設事務所管内の緊急輸送道路において、飛行ルートの選定基準に適合するルートとして、3 か所を選定した。(青枠)



【出典：(C) OpenStreetMap contributors】

図 4-3 ドローンの長距離飛行が可能な候補路線の抽出

(1) 選定候補ルートの詳細

赤線は緊急輸送道路を示し、その中でドローン飛行の条件に適合するルートを黄線で示す。

・路線 A: 松川大鹿線



起点:緯度 35.596013
経度 138.011687

終点:緯度 35.579231
経度 138.033577

・路線 B: 152 号



起点:緯度 35.441001
経度 137.991349

終点:緯度 35.339085
経度 137.952672

・路線 C: 418 号(天龍村の下流部分)



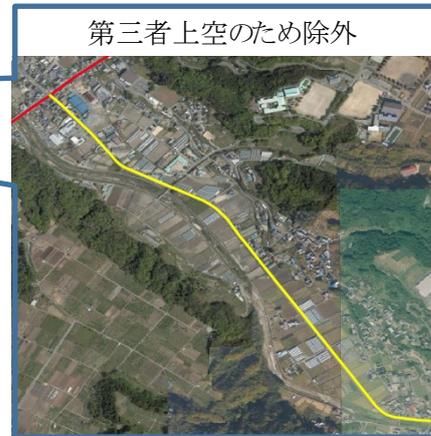
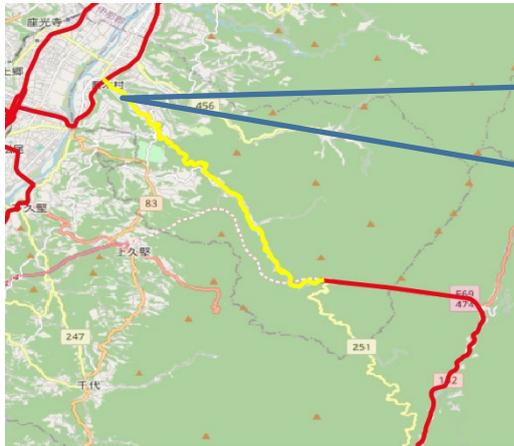
起点:緯度 35.276145
経度 137.855282

終点:緯度 35.225198
経度 137.821248

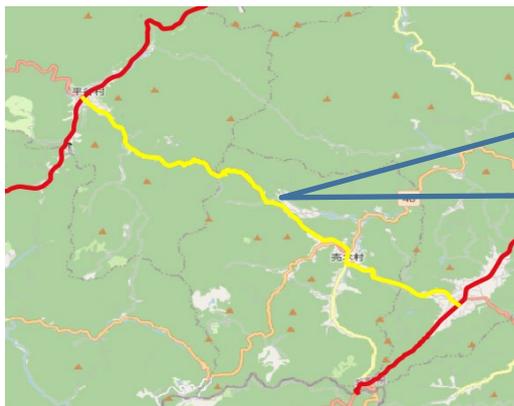
【出典: (C) OpenStreetMap contributors】

(2) 今後候補ルートになる可能性がある道路(参考)

・上飯田線



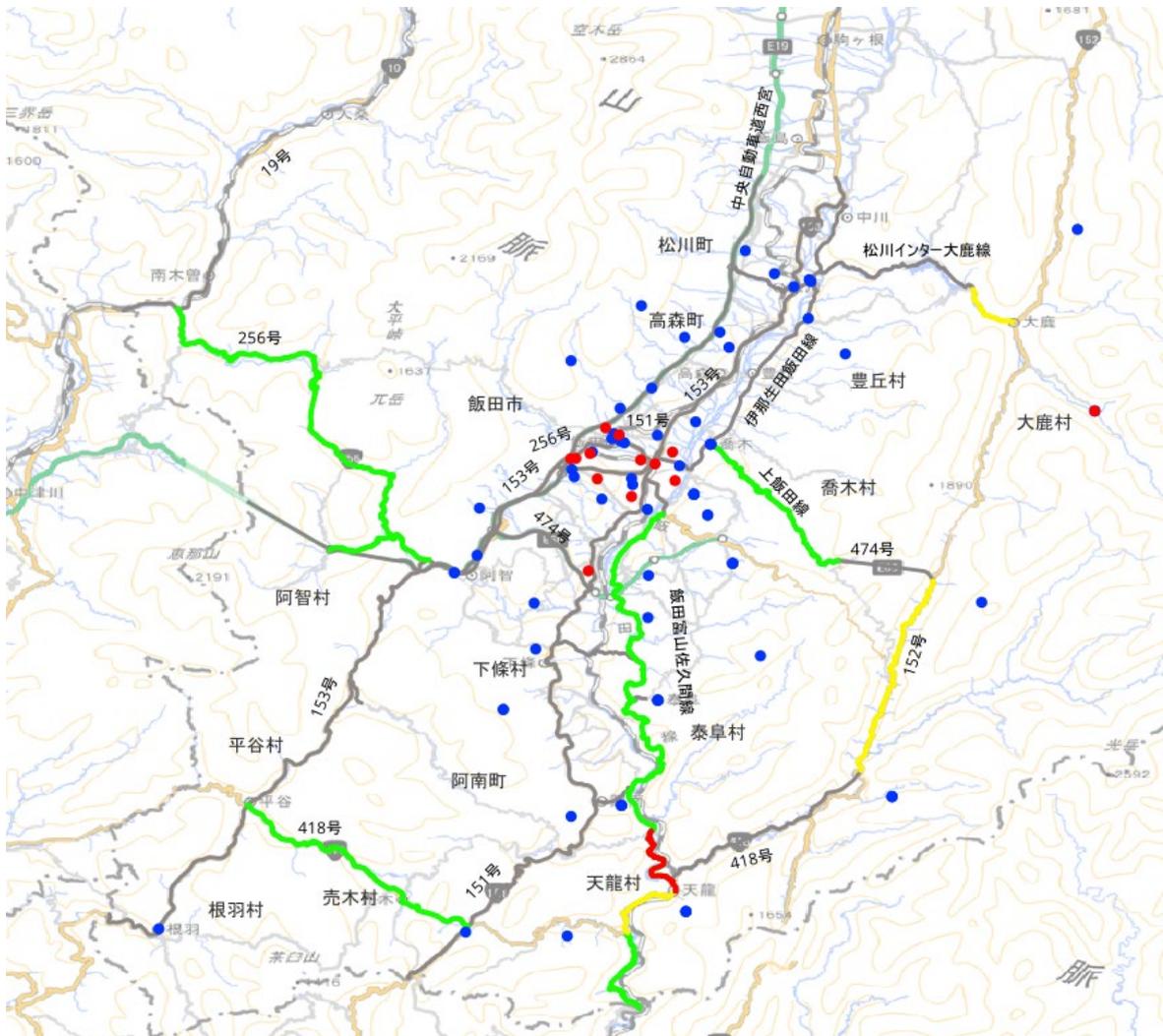
・418号



(3) 候補ルートまとめ(飯田建設事務所管内)

黄線・・・実施可能性が高いルート

緑線・・・今後候補ルートになる可能性があるルート



【出典:国土地理院地図】

図 4-4 飯田建設事務所管内のドローンによる長距離飛行の候補ルート

4.2 中長期ロードマップ

中長期ロードマップは、UAV(ドローン)の活用を通じて、災害時の迅速な対応と平常時の効率的な点検業務を実現することを目的とする。これにより、緊急輸送道路や河川、砂防施設といった対象インフラの安全性向上、作業効率化、運用の無人化を段階的に進める。最終的には、地域内での完全配備を達成し、さらに全県的な展開を視野に入れている。

ロードマップ作成に当たり、国が進めている規制緩和や1万kmのUAV専用航路整備、5Gや衛星通信の活用、複数機体の遠隔操作や夜間対応の実証実験を参考としている。

本ロードマップは、ドローン運用の技術的・運用的発展を「短期(基盤構築)→中期(本格運用)→長期(広域展開)」の流れで整理している。

短期: 基盤構築フェーズとして、技術・運用の試行と初期実装を行う。ドローンの自動化技術、ルート確保、関係者連携、データ基盤の整備を進める。レベル3.5の飛行やAI解析の試作を実施し、運用の課題を洗い出す。実証実験を通じ、技術の信頼性向上とノウハウ蓄積を行い、本格運用の準備を整える。

中期: 本格運用フェーズとして、技術と運用の高度化と拡張を行う。短期で確立した基盤をもとに、1対多運航やリアルタイムAI解析を導入し、広域運用を実現する。複数ルートの確保や遠隔運航訓練を行い、関係者連携を強化。データ連携を高度化し、運用の効率と信頼性を向上させる。

長期: 広域展開フェーズとして、県全域展開と標準化を行う。ドローン運用を県全域に広げ、標準化を進める。市街地でのレベル4飛行や被害判定AIの導入を行い、災害・物流インフラとしての活用を定着させる。複数ルートのデータ統合により、迅速な意思決定を支援する体制を構築する。

また、本ロードマップでは、技術面、運用面、データ管理の3つの観点から、持続可能な災害対応・インフラ管理システムの構築を目指している。

技術面では、「ドローン飛行の省人化・自動化」と「AI解析」が重要な要素となる。ドローンの自動飛行技術を確立し、被害状況をリアルタイムで解析するAIを導入することで、迅速かつ精度の高い情報収集を可能にする。

運用面では、「ルート拡張」と「関係者連携」が鍵となる。ドローンの飛行範囲を広げることで多様なエリアに対応し、地域建設業者や測量会社、行政機関との協力体制を強化することで、実際の運用を支える仕組みを構築する。

データ管理では、「インフラデータプラットフォーム」が中心となる。ドローンやAIで収集したデータを統合・共有し、意思決定の迅速化と精度向上を図る。

これら5つの要素を技術・運用・データ管理の3つの視点で段階的に整備することで、短期的な実証から中期的な実用化、最終的な長野県全域への展開まで、持続可能な防災・インフラ管理システムを構築することが可能となる。

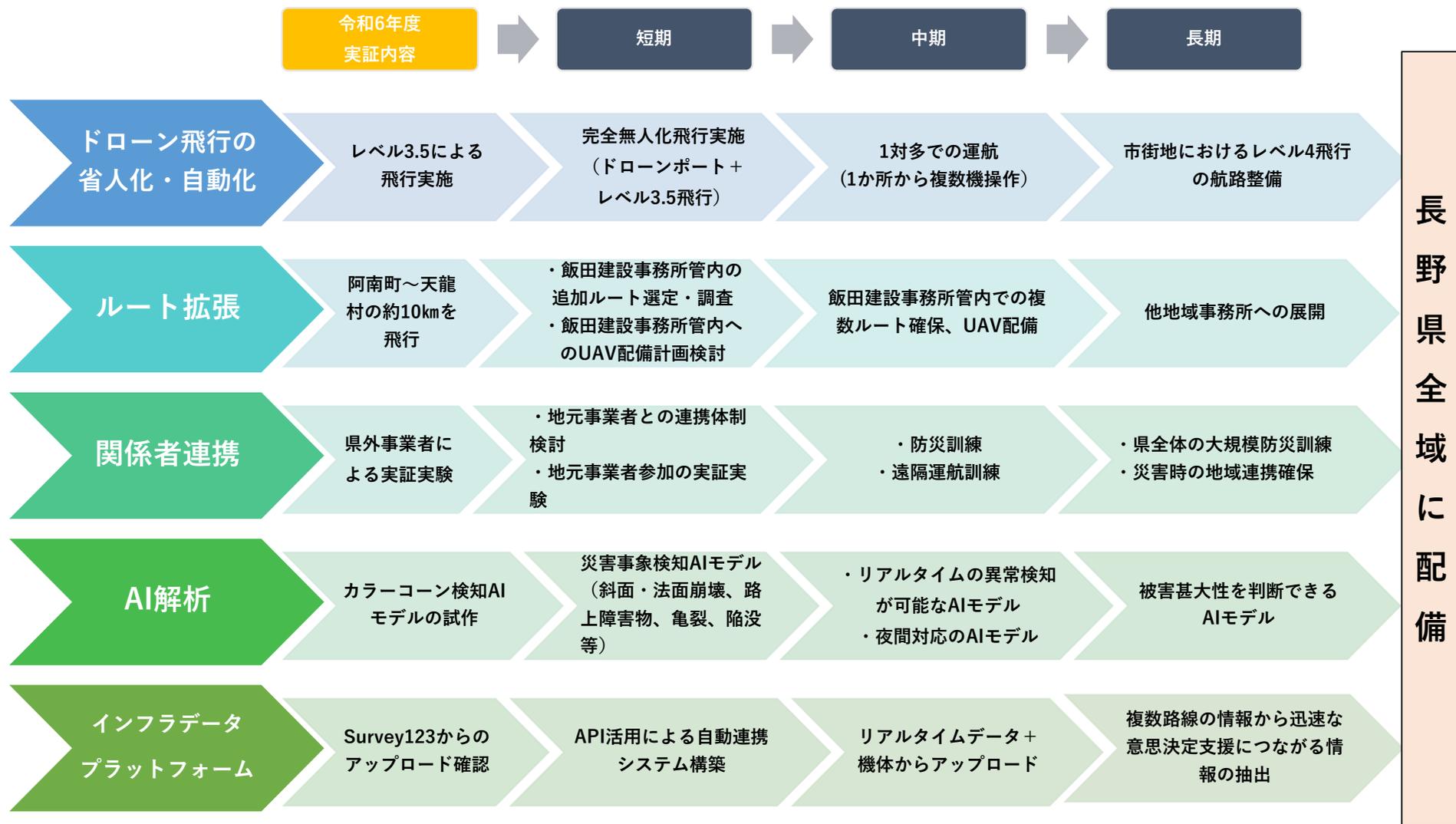


図 4-3 中長期ロードマップ

●(参考)空の産業革命に向けたロードマップ 2024

空の産業革命に向けたロードマップ2024		主な施策		2024年度		2025年度		2026年度～		実現される社会
				離島、山間部等の過疎地域から段階的にドローン運航実装の推進		過疎地域から段階的に運航地域の拡大と、多種多様な目的・飛行形態に応じた利活用普及の推進				
社会実装	全般	社会受容性の向上等	地域との連携促進、安全性啓蒙、レベル3.5飛行活用促進、多数機運航等の実装支援、型式認証取得促進、レベル4飛行運航地域拡大、機材の性能向上等							
	物流・医療	運航地域の拡大	インフラ等横断に係る留意事項等の展開							
		個別の取組	事例集の継続的な周知・改定							
	防災・災害対応	体制・制度面整備	「防災基本計画」見直し、航空法の特例適用対象明確化等							
		機材等整備、活用推進	地域防災計画へのドローン活用位置づけ、有人機との情報連携円滑化等							
	巡視・点検	インフラ・建造物	ドローン配備推進、衛星通信やSmart River Spot等のインフラ整備、活用手法の開発・試行・推進等							
		スマート保安	河川・ダム・砂防・道路・鉄道・港湾等のドローン巡視・点検や、建物外壁も含む施設点検のガイドライン等の整備・拡充・周知 ▶▶ 順次実装・活用拡大							
	農林水産業	スマート農業技術活用促進法	「認定高度保安実施者制度」の活用により、プラント等の自主点検、手続き簡素化等の拡大							
活用拡大		成立・施行 ▶▶ スマート農業技術活用促進法に基づくドローンの活用拡大								
測量	利活用推進	センシングデータ、農業散布、苗木運搬、有害鳥獣対策に係る技術開発・実証実験・活用拡大・実装等								
警備	情報連携	作業規程の準則の継続的な周知・改定を含めた、公共測量・ICT活用工事の測量等における利活用促進								
環境整備	運航管理	UTM	UTM Step2 (UTMプロバイダ認定制度) の実現に向けた検討・調整		UTM Step2の実現 (UTM認定要件の策定)		UTM Step2の拡大			
	操縦ライセンス	運航の省人化	UTM Step3 (空域指定制度) の実現に向けた検討・調整、動態情報の共有に係る装備・機能 (ネットワーク型リモートID 等) 導入に向けた検討							
	機体・型式認証	制度の運用改善	多数機同時運航等の先行的な取組を実現するための環境整備		多数機同時運航等に対応した運航管理、技能確保等の諸外国の動向調査、制度検討					
	申請システム	システム改善	第一種型式認証ガイドラインの拡充		制度の更なる運用改善の検討					
	通信環境	電波の上空利用	許可・承認手続期間短縮のためのシステム改修 (2024年度はレベル1～3飛行について実施)、継続的なUI・UX改善や安定性向上、APIの充実等							
	その他事項	制度運用の明確化等	5GHz帯無線LANの上空利用を制度化		5G用周波数等の上空利用検討 ▶▶ 制度化		衛星通信等も含めた技術面・制度面の検討			
災害時の航空法特例の適用対象明確化、インフラ等の上空横断に係る留意事項や調整事例等の機展開			ガイドライン等について、継続的な周知・改訂							
その他		レベル3.5飛行が実施可能な状況の明確化								
技術開発	機体開発	行政ニーズへの対応	ドローン航路の仕様・規格策定等				ドローン航路の実装			
		性能評価手法	ユーザーへの安全性向上の啓蒙、国際標準化・産業規格化の推進等							
		SBIRフェーズ3事業	「行政ニーズに対応したドローンの性能について」等を通じた国内企業の開発促進 ▶▶ 行政の現場を活用したドローンの実証実験		順次、実装					
	運航管理	K Program	第二種型式認証に対応した解説書の更新		第一種型式認証に対応する解説書の作成					
		多数機同時運航	点検・測量・道路・河川等の巡視点検等ニーズに対応した、機体・ポート・関連システム等の技術開発・実証支援		海外展開も視野に順次市場投入見込み					
運航管理技術	運航管理技術	災害時活用、長距離物資輸送、自律制御・分散制御に対応した機体関連技術、および、風況観測技術、災害時・緊急時の運航管理システムの開発								
			1対5機の多数機同時運航実証、事例集作成		更なる多数機同時運航実現に向けた検討					
			UTM Step2に向けた機能の開発、Step2の拡大に向けた動的調整における性能要件の検証、Step3に向けた有人機との飛行計画・動態情報の接続実証							

航空機、空飛ぶクルマも含め一体的な“空”モビリティ施策への発展・強化

各分野でのドローン活用による業務の効率化や高度化を通じた、産業・経済・社会の変革

多様なニーズに合わせた、手軽かつ安全なドローン運航の実現

【出典:政策会議「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」より】

5. データ取得・分析・共有方法の検討

ドローンの飛行方法や飛行ルートを決め、データ解析や情報共有方法を検討する。

災害発生時に必要な情報（内容、精度、出力方法）とそのタイミングを長野県との協議および過去の被災記録等から把握し、必要情報の計測が可能な機体・カメラ・通信を選択する。

5.1 データ取得方法の検討

我が国においては、ドローンを活用して社会課題を解決するとともに、新たな産業の創出を図るため、平成 29 年（2017 年）、政府（「小型無人機に係る環境整備に向けた官民連携協議会」）により「空の産業革命に向けたロードマップ」が策定された。このロードマップは、安全性の確保と法整備を基盤としつつ、ドローンの活用範囲を段階的に拡大することを目指したものである。加えて、令和 5 年 12 月には新たにレベル 3.5 が設けられ、さらに柔軟なる運用が可能となった。

ドローンの飛行レベルは官民連携協議会が定めた、ドローンを社会実装するためのステップをレベル分けしたものである。

なお、レベル 3.5 は、無人地帯における目視外飛行を効率化するため、令和 5 年 12 月に新設された基準である。従来のレベル 3 で求められていた補助者や看板配置、道路横断時の一時停止義務を撤廃し、機上カメラで障害物や歩行者の有無を確認することで安全性を確保する仕組みを導入した。また、操縦ライセンスの保有や保険加入を条件としている。



【出典：国交省資料 (<https://www.mlit.go.jp/common/001351989.pdf>)】

5.1.1 関係法令の整理

以下、調査委託事業者によるドローン等の活用に係る関係法令の整理を示す。なお、本整理は、R7年2月時点の整理である。

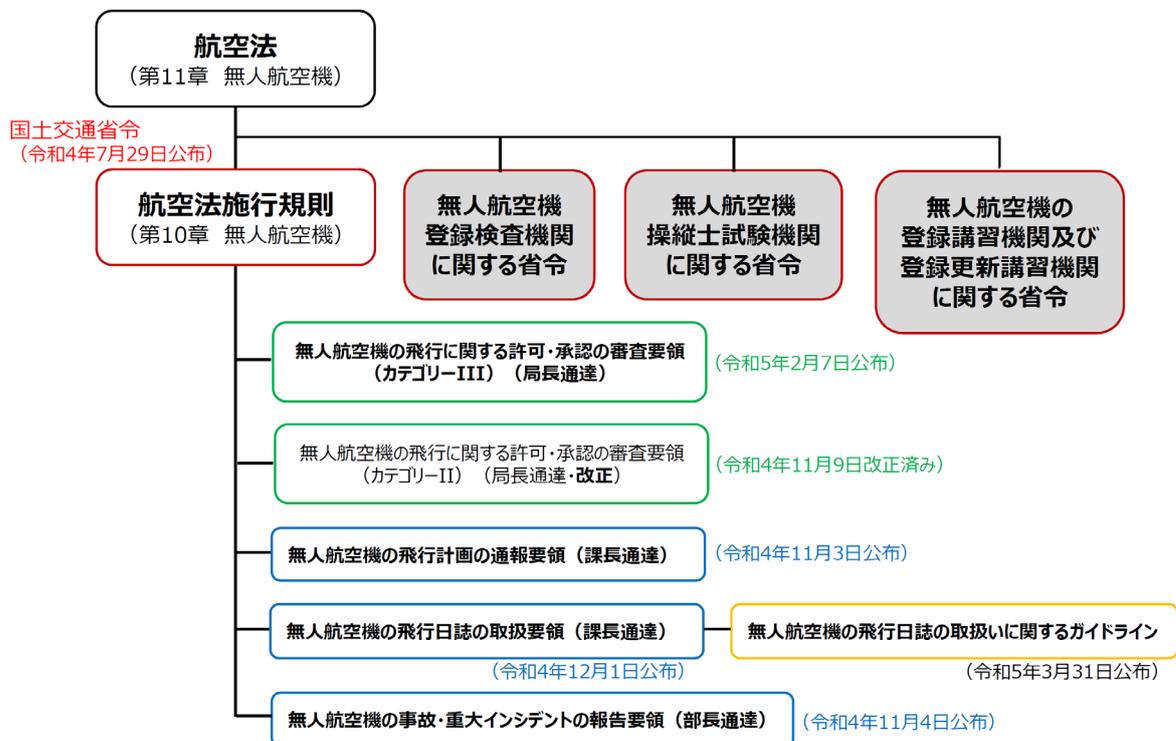
1) 航空法

(1) 平常時

ドローンの運航に関する法令は、主に航空法に基づいており、下図に示す法体系が整備されている。航空法には、ドローン飛行に関する免許制度、機体登録制度、飛行時のルールなど多岐にわたる規制が記載されている。

なかでも、重要項目として飛行禁止空域や飛行時のルールとして以下に示すように規制されており、その詳細は「無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール」に取りまとめられている。

無人航空機の運航に関する法体系 (令和5年4月5日時点)



※注:「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領(カテゴリ-II飛行)」はR5年12月26日に改正

【出典:国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001574536.pdf>)】

図 5-1 無人航空機の運航に関する法体系(令和5年度4月5日時点)



☞ ①～④の空域で飛行させたい場合には、国土交通大臣の許可が必要です。詳細は国土交通省航空局HPへ！
 ※ 空港周辺、150m以上の空域、DID（人口集中地区）上空等の飛行許可（包括許可含む。）があっても、緊急用務空域を飛行させることはできません。



※ 国会議事堂、首相官邸、危機管理行政機関、最高裁判所、皇居・御所、政党事務所等

☞ ①、⑤～⑧の施設の周辺で飛行させたい場合には、施設管理者等の同意や都道府県公安委員会等への事前通報が必要です。詳細は警察庁HPへ！

【出典：国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/common/001303817.pdf>)】

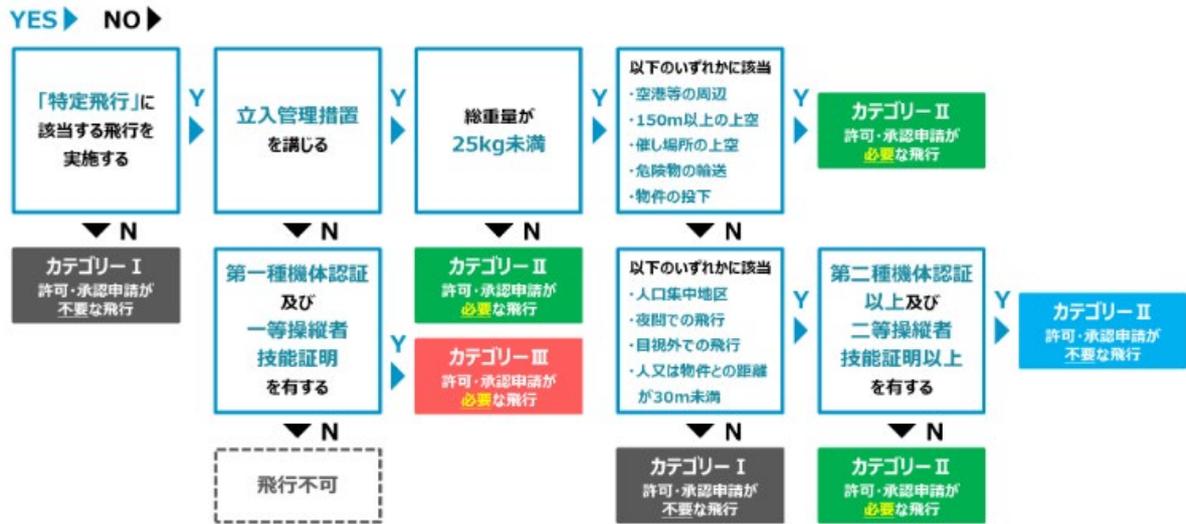
図 5-2 飛行禁止空域



【出典：国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/common/001303817.pdf>)】

図 5-3 ドローン飛行のルール

また、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、2)、1))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。



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	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。

【出典：国土交通省 HP (https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html#anc01)】

図 5-4 飛行カテゴリー決定のフロー

(2) 災害時等

航空法および航空法施行規則では、国もしくは地方公共団体またはこれらの依頼により捜索もしくは救助を行う場合は、飛行空域・飛行方法・安全確保体制等に関する規制が適用されないことと規定しており、第 132 条の 92 および航空法施行規則第 236 条の 88、第 236 条の 89 に以下の記載がある。

(捜索、救助等の特例)

第百三十二条の九十二 第百三十二条の八十五、第百三十二条の八十六（第一項を除く。）及び第百三十二条の八十七から第百三十二条の八十九までの規定は、都道府県警察その他の国土交通省令で定める者が航空機の事故その他の事故に際し捜索、救助その他の緊急性があるものとして国土交通省令で定める目的のために行う無人航空機の飛行については、適用しない。

【出典：<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=327AC0000000231>】

(捜索又は救助の特例)

第二百三十六条の八十八 法第百三十二条の九十二の国土交通省令で定める者は、国若しくは地方公共団体又はこれらの者の依頼により捜索若しくは救助を行う者とする。

第二百三十六条の八十九 法第百三十二条の九十二の国土交通省令で定める目的は、捜索又は救助とする。

【出典：<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=327M50000800056>】

一方で、「航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン（令和 4 年 11 月 28 日、航空局 安全部 無人航空機安全課長）」によると、上記の場合でも、特例適用者は安全確保の責務を免れるわけではなく、緊急性・公共性が高い行為として、航空機や地上・水上の人や物件の安全を損なわないよう、許可等を受けた場合と同等の安全確保を自主的に行う必要があるとされている。

航空法第 132 条の 92 並びに同法施行規則第 236 条の 88 及び同規則第 236 条の 89 の適用を受け、国若しくは地方公共団体又はこれらの者の依頼を受けた者（以下「特例適用者」という。）が航空機の事故その他の事故に際し捜索、救助の目的のため無人航空機を飛行させる場合であっても、特例適用者が第一義的に負っている安全確保の責務を解除するものではなく、極めて緊急性が高くかつ公共性の高い行為であることから、救助等の迅速化を図るため無人航空機の飛行の禁止空域（航空法第 132 条の 85）、飛行の方法（航空法第 132 条の 86（第 1 項を除く。）、第三者が立ち上がった場合の措置（航空法第 132 条の 87）、飛行計画（航空法第 132 条の 88）及び飛行日誌（航空法第 132 条の 89）に関する規定の適用を除外していることに留意する必要がある。

このため、特例適用者の責任において、その飛行により航空機の航行の安全（注 1）並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれないよう許可等を受けた場合と同程度の必要な安全確保を自主的に行って、無人航空機を飛行させる必要がある。

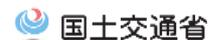
本運用ガイドラインは、航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の安全確保の方法を示すことにより、特例適用者における効果的な安全確保の運用に資することを目的とするものである。

【出典：航空法第 132 条の 92 の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン（令和 4 年 11 月 28 日、航空局 安全部 無人航空機安全課長）
（<https://www.mlit.go.jp/common/001110204.pdf>）】

令和6年1月に発生した能登半島地震に際しては、航空法第132条の92に基づく捜索・救助特例が活用され、必要な許可・承認を得ることなく、無人航空機が捜索・救助および物資輸送に従事した。これにより、緊急時における迅速な対応が可能となった。一方、一般の無人航空機については、有人機による捜索・救助活動の安全確保を目的として、緊急用務空域内での飛行が原則禁止とされた。

また、同特例に関して、どのような飛行が「捜索・救助」に該当するか不明確であるとの意見が運航者より寄せられており、この課題を受け、規制改革推進に関する答申(令和6年5月31日)において特例適用範囲の明確化が提言された。これを踏まえ、同年秋に関連通達が改正され、人命の危機または財産の損傷を回避するために必要な措置として、医薬品・衛生用品・食品等の物資輸送、危険箇所での調査・点検、住民避難後の住宅監視が特例の対象に含まれることが明示された。

航空法における捜索救助特例の適用範囲の明確化



- 国・地方自治体又はこれらから依頼を受けた者が捜索・救助目的で無人航空機の飛行を行う場合について、航空法の関連規制の適用を除外する規定(航空法第132条の92)が設けられている。
- 今年1月に発生した能登半島地震においても、この特例を活用し、必要な許可・承認を得ることなく無人航空機が捜索・救助や物資輸送に従事。
(一般の無人航空機については、有人機による捜索・救助活動の安全確保のため、飛行を原則禁止(緊急用務空域))
- 一方、どういった飛行であれば「捜索・救助」に該当するか分かりづらいとの意見がドローンの運航者からあり、捜索・救助特例の対象を明確化する旨を規制改革推進に関する答申(令和6年5月31日)にも盛り込まれている。
- 今年秋に関連通達を改正し、人命の危機又は財産の損傷を回避するために必要な措置として、医薬品・衛生用品・食品等の物資輸送や危険を伴う箇所での調査・点検、住民避難後の住宅監視が該当することを明確化するとともに、参考資料として適用事例集をホームページに掲載。

<関連通達>

- ・無人航空機に係る規制の運用における解釈について
- ・航空法第132条の92の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン

規制改革推進に関する答申(令和6年5月31日)(抜粋)

d 国土交通省は、航空法(昭和27年法律第231号)第132条の92に規定する特例により、緊急性がある場合は、ドローンの飛行の禁止空域及び飛行の方法に係る許可・承認等に関する規定が適用除外となるところ、災害時における幅広い用途でのドローン活用を促進する観点から、事業者の予見可能性を高めるため、当該条項で定める「捜索又は救助その他の緊急性があるものとして国土交通省令で定める目的」において、人命の危機又は財産の損傷を回避するために必要な措置として、医薬品・衛生用品・食品等の物資輸送や危険を伴う箇所での調査・点検、住民避難後の住宅監視が該当することを明確化する。

8

【出典:小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会第20回資料1「ドローンの環境整備に係る取組状況について」(国土交通省)】

- 1月14日、石川県能登町において、車で配送困難な高齢者施設に向けて、生活用品類をドローンにより配送。
- 1月2日から2月14日までの間、能登半島上空はヘリコプター等による捜索・救助活動に支障を与えないようドローン飛行を原則禁止(緊急用務空域)していたところ、本件飛行は機体カメラで安全状況を確認するレベル3.5飛行(補助者なし)に相当するが、捜索救助の特例(航空法第132条の92)を適用し、航空法の飛行許可・承認なしで実施。

飛行距離(約700m)

目的地の高齢者施設多花楽会
(入居者7名・職員1名) ※17日に避難完了

出発地の柳田体育館
(能登町の物資集積所)

※倒木で道路が遮断され、施設までは車両進入不可

【運航事業者】株式会社 NEXT DELIVERY
 【機体】AirTruck (最大積載量5kg)
 【輸送物資】生活用品類(食品、衛生用品)
 【輸送実績】4回(14日)

機体:株式会社ACSL製
「AirTruck」

7

【出典: 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会第 20 回資料 1「ドローンの環境整備に係る取組状況について」(国土交通省)】

2) 道路交通法

道路交通法においては、道路において工事若しくは作業を行う場合には、当該行為に係る場所を管轄する警察署長の許可を受けなければならないと定められている。道路交通法第 77 条には、以下の記載がある。

第七十七条 次の各号のいずれかに該当する者は、それぞれ当該各号に掲げる行為について当該行為に係る場所を管轄する警察署長（以下この節において「所轄警察署長」という。）の許可（当該行為に係る場所が同一の公安委員会の管理に属する二以上の警察署長の管轄にわたるときは、そのいずれかの所轄警察署長の許可。以下この節において同じ。）を受けなければならない。

- 一 道路において工事若しくは作業をしようとする者又は当該工事若しくは作業の請負人
- 二 道路に石碑、銅像、広告板、アーチその他これらに類する工作物を設けようとする者
- 三 場所を移動しないで、道路に露店、屋台店その他これらに類する店を出そうとする者
- 四 前各号に掲げるもののほか、道路において祭礼行事をし、又はロケーションをする等一般交通に著しい影響を及ぼすような通行の形態若しくは方法により道路を使用する行為又は道路に人が集まり一般交通に著しい影響を及ぼすような行為で、公安委員会が、その土地の道路又は交通の状況により、道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図るため必要と認めて定めたものをしようとする者

【出典: <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=335AC0000000105>】

一方、「無人航空機に係る道路使用許可の取扱いについて(通達)(令和3年6月30日、警察庁交通局交通規制課長)」によると、道路の上空において無人航空機を単に飛行させるという行為については、当該行為のみをもって、道路における危険を生じさせ、又は交通の妨害となるとはいえないことから、原則として、道路使用許可を要しないこととされている。

しかし、道路において、無人航空機の離発着、操縦及びこれらに付随する作業を行おうとしたり、無人航空機の飛行経路の直下及びその周辺に第三者が立ち入らないように注意喚起するための補助者の配置、無人航空機の飛行を周知するための立看板等の工作物の設置等を行おうとしたりする場合であって、当該行為が、道路における危険を生じさせ、又は交通の妨害となるおそれのあるときのほか、無人航空機を利用して、道路に人が集まり一般交通に著しい影響を及ぼすような撮影等を行おうとする場合については、その具体的な内容に照らし、周辺の道路交通状況等を勘案した上で、道路使用許可の要否を判断するとともに、当該行為の公益性と交通の妨害による支障とを比較衡量した上で、適切な道路使用許可を得る必要がある。

2 無人航空機に係る道路使用許可についての基本的な考え方

道路の上空において無人航空機を単に飛行させるという行為については、当該行為のみをもって、道路における危険を生じさせ、又は交通の妨害となるとはいえないことから、原則として、道路使用許可を要しない。

他方、道路において、無人航空機の離発着、操縦及びこれらに付随する作業を行おうとしたり、無人航空機の飛行経路の直下及びその周辺に第三者が立ち入らないように注意喚起するための補助者の配置、無人航空機の飛行を周知するための立看板等の工作物の設置等を行おうとしたりする場合であって、当該行為が、道路における危険を生じさせ、又は交通の妨害となるおそれのあるときのほか、無人航空機を利用して、道路に人が集まり一般交通に著しい影響を及ぼすような撮影等を行おうとする場合については、その具体的な内容に照らし、周辺の道路交通状況等を勘案した上で、道路使用許可の要否を判断するとともに、当該行為の公益性と交通の妨害による支障とを比較衡量した上で、道路使用許可の可否を判断すること。

【出典:無人航空機に係る道路使用許可の取扱いについて(通達)(令和3年6月30日、警察庁交通局交通規制課長)
(<https://www.npa.go.jp/laws/notification/koutuu/kisei/kisei20210630-1.pdf>)】

5.1.2 飛行方法・ルート of 検討

1) 飛行方法 of 検討

(1) 災害時の緊急道路点検におけるドローンの活用

県では、災害時の緊急道路点検を効率化するため、ドローンの活用が求められている。従来方法である車両による道路点検には以下の課題がある。

- ・ 大規模災害が発生した場合(例:震度 6 以上の地震や台風等、同時多発的に被災が生じる災害)、管内全路線の調査が必要となるが、人手が不足する。
- ・ 被災した道路では車両の通行が困難となる場合があり、特に迂回路が存在しない場合には被災箇所の先の状況を把握することが難しい。
- ・ 緊急道路点検を行う作業員が二次災害に巻き込まれる危険性が懸念される。

これらの課題に対応するため、空中から無人で広範囲の調査が可能なドローンの導入が必要とされる。特に、目視外飛行が可能な自律飛行型のドローンが有効であると考えられる。ただし、ドローンの操縦に必要なテレメトリー情報(位置、高度、速度、バッテリー残量等)や制御指令、カメラ映像等の通信手段として Wi-Fi 等の無線通信(2.4GHz帯)は数 km が理論上の限界であり、現実には電波干渉や障害物による影響でさらに短縮される可能性がある。そのため、より広範囲な調査を実現するには LTE 通信または衛星通信が不可欠である。

一方で、UAV を活用するにあたっては技術的および運用上の制約が存在する。具体的には以下のような制約が挙げられる。

- ・ レベル 4 飛行を実現するには、機体認証を受けたドローンの使用が必須であり、さらに一等無人航空機操縦士資格を持つ操縦者が必要となるが、機体・資格者の確保の観点で現時点ではこれらを満たす運用は現実的ではない。
- ・ 「無人航空機(ドローン、ラジコン基等)の安全な飛行のためのガイドライン」により第三者の上空を飛行することが認められていないため、交通量の多い道路上では飛行が制限される。
- ・ 一般的なバッテリー式回転翼機では衛星通信機器を搭載するための重量制約があるため、基本的には LTE 通信による運用が前提となる。

以上を踏まえ、実証実験では以下の条件の下でドローンを活用した調査を実施する計画とする。

- ・ レベル 3 またはレベル 3.5 の飛行条件下で、無人地帯を飛行経路として設定する。
- ・ LTE 通信を活用した長距離の自律飛行により、道路の被災状況を撮影し、迅速かつ安全な情報収集を目指す。

飛行方法（目視内／目視外）及び機体との通信方式を考慮した、実験ケースを以下の用に整理した。この中で今回はケース2に該当する実証実験を行う。

ケース ※下に行くほど 難易度上昇	実験内容	課題と対応策	
		技術面	制度面（実験時）
ケース1 目視内飛行＋ Wi-Fi通信	目視内かつWi-Fi通信が届く範囲内での自動飛行によりデータを取得する。	操縦・映像伝送の通信範囲が狭く、通信容量が小さいことを踏まえ飛行ルートの設定が必要。	道路直上の飛行は立入禁止措置等が必要。（道路直上を外した飛行は未措置で可）
ケース2 目視外飛行＋ LTE通信	目視外飛行＋LTE通信でデータを取得する。LTE通信が可能なエリアで、遠隔地にデータをリアルタイムで配信する。	山間部のLTE通信環境の調査と、その結果を踏まえた飛行ルートの設定が必要。LTE通信可能な機体選定が必要。	上記に加え、カテゴリーII（L3）飛行となるため、航空局への申請・許可が必要。
ケース3 目視外飛行＋ マルチ通信	目視外飛行＋マルチ通信（LTE、衛星）でデータを取得する。地震直後にLTEが途絶えた場合やLTE圏域外の飛行可能。	衛星通信での操縦・データ通信システム、自動切替えマルチ通信用モジュール、軽量アンテナの 開発 が必要。	（同上プラス）将来的な体制整備によって操縦者技能証明と機体認証で申請・許可が不要になる。
ケース4 ドローンポート から複数機同 時に遠隔運行	（ケース3に加えて）地震時にドローンポートから自動離着陸。遠隔地から1対多運行。	要求される計測が可能な機体に対応したドローンポート、1対多運行システムの 開発 が必要。	1対多運行を許容する 航空局の制度的後押し が待たれる。

図 5-5 飛行方法（目視内／目視外）及び機体との通信方式を考慮した実験ケースの整理

(2) レベル 3.5 の概要

令和 5 年 10 月に開催された第 1 回デジタル行財政改革会議を受け、無人航空機による物資輸送やインフラ点検業務等の事業化促進を目的として、令和 5 年 12 月に「レベル 3.5 飛行」制度が新設された。

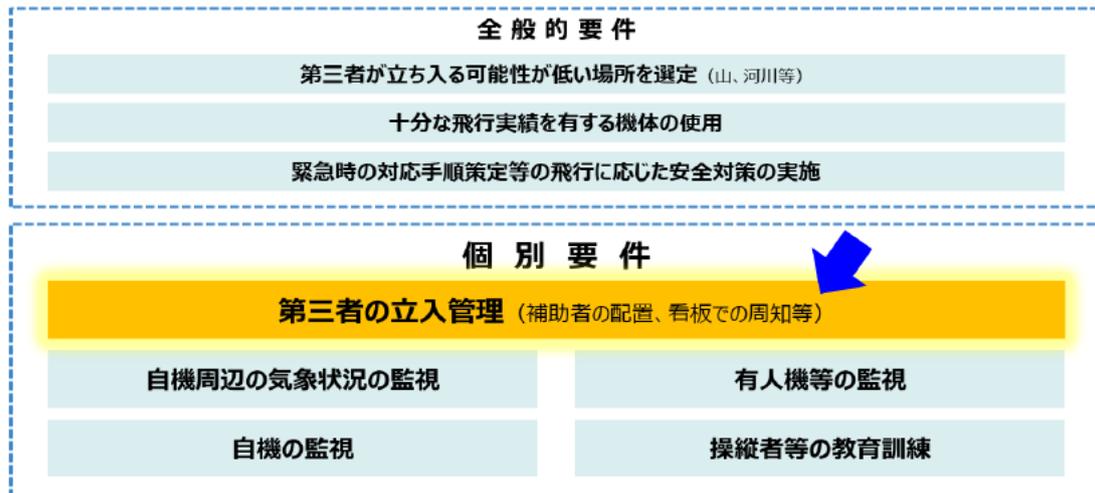
レベル 3 飛行では、飛行経路下に第三者が立ち入る可能性を排除できない場所においては、補助者の配置や看板の配置等の追加の立入管理措置が必要である。これに対して、レベル 3.5 飛行においては、このレベル 3 飛行で必要となっていた立入管理措置に関し、デジタル技術の活用（機上カメラ）、無人航空機操縦者技能証明の保有、及び保険への加入を条件として、それらの立入管理措置を撤廃し、道路や鉄道等の横断を容易化することができる。

事業者の要望	改革案【昨年12月に実施済み】
<p>従来のレベル3飛行の立入管理措置（補助者、看板、道路横断前の一時停止等）を緩和してほしい。</p> <p>（従来のレベル3飛行）</p>  <p>○補助者・看板等の配置 ○一時停止</p>	<p>レベル3.5飛行の新設</p> <p>により、従来の立入管理措置を撤廃</p> <p>（</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 操縦ライセンスの保有 ・ 保険への加入 ・ 機上カメラによる歩行者等の有無の確認 <p>）</p>  <p>○補助者・看板等不要 ○一時停止不要</p>

※デジタル行財政改革会議（第2回）資料4 国土交通大臣提出資料より抜粋し、一部を最新情報※令和6年2月時点に更新したものと

【出典：カテゴリーII飛行（レベル3.5飛行）の許可・承認申請について（国土交通省航空局無人航空機安全課、令和6年2月）】

レベル3では、下図の要件を満たす必要があり、レベル3.5飛行においては、レベル3飛行の要件のうち、補助者の配置や看板での周知等によって行われる「第三者の立入管理」に係る要件のみが撤廃される。「第三者が立ち入る可能性が低い場所を選定」等の、これまでレベル3飛行に求められていたその他の要件についてはレベル3.5飛行においても必要になる。



従来求められていた立入管理措置のうち補助者の配置や看板の設置等を、機上カメラによる確認に代替するものであり、**立入管理措置そのものが不要となるわけではありません。**



【出典: カテゴリーII飛行(レベル3.5飛行)の許可・承認申請について(国土交通省航空局無人航空機安全課、令和6年2月)】

レベル 3.5 飛行は、山、海水域、河川・湖沼、森林、農用地等の第三者が存在する可能性が低い場所で行うものであり、飛行経路下に歩行者等がいらない無人地帯であることを確認して飛行することから、レベル 3 飛行の一部に該当する。

また、カテゴリⅢ飛行が立入管理措置を講じずに有人地帯で行う飛行(=レベル 4 飛行)であるのに対し、レベル 3.5 は無人地帯上空で行う飛行であるため、カテゴリⅡ飛行として整理される。

なお、一定の要件を満たすことにより、一時的な道路等の横断に限って移動車両等(自動車、鉄道車両、船舶)の上空の飛行や第三者の出入りのない一時的な住宅等の上空の飛行を可能とするものであり、レベル 3 飛行と同様に歩行者等の第三者の上空の飛行を認めるものではない。

カテゴリⅡ飛行 (レベル3)	カテゴリⅡ飛行 (レベル3.5)	カテゴリⅢ飛行 (レベル4)
補助者や周知看板を配置する等の 立入管理措置を講じ 、飛行経路下が 無人地帯であることを確認し飛行する	機体に搭載したカメラによって 、 飛行経路下に歩行者等がいらない 無人地帯であることを確認し飛行する	飛行経路下において 立入管理措置を講じず 、 有人地帯で飛行する

参考：無人航空機のレベル3とレベル4 飛行の違い

	レベル3 飛行	レベル4 飛行
飛行の形態	無人 地帯での目視外飛行 (第三者上空を 飛行させない →道路横断等について立入管理措置必要)	有人 地帯での目視外飛行 (第三者上空を 飛行可能 →立入管理措置不要)
飛行の要件	国土交通大臣の許可・承認※を受けていること ※安全管理対策(立入管理措置を含む)等について個別に確認 〔※第二種機体認証、二等技能証明を取得して行う場合は原則として国交大臣の許可・承認不要。〕	第一種機体認証+一等技能証明 +国交大臣の許可・承認※を受けていること ※運航管理体制(リスク評価)を確認
安全管理の考え方	立入管理措置により飛行経路下に第三者がいらない状況を確認することで、無人航空機が落下した際の第三者への被害等を防止	航空法に基づく機体の安全性認証、操縦者の技量確保、リスク評価等により安全を確保

※レベル3.5飛行は、飛行経路下に歩行者等がいらない無人地帯であることを確認して飛行するため、**レベル3飛行の一部**となります。

【出典:カテゴリⅡ飛行(レベル 3.5 飛行)の許可・承認申請について(国土交通省航空局無人航空機安全課、令和 6 年 2 月)】

2) 飛行ルートを検討

本業務において、ドローンを活用した災害時の道路被災状況調査の実証実験を実施するにあたり、対象エリアとして飯田建設事務所管内の路線区間を選定するための検討を行った。飛行ルートを選定に際しては、以下の条件を考慮し、県に情報提供を依頼した。

- ▶ **第三者通行区間の回避**: 航空局との申請協議を踏まえ、第三者の通行がある道路の直上を飛行する場合、飛行許可を得ることが難しいことが想定される。そのため、沿道に河川等の空間が長く続く路線を優先的に検討する。
- ▶ **交通量の少なさ**: 安全性確保の観点から交通量が少ない路線を対象とする。
- ▶ **離発着地の利便性**: 離発着地については、調整の容易さや管理面の観点から、県(又は協力を得られる公共機関等)が管理する施設や用地を利用することが望ましい。

上記を踏まえ、県より提示された複数の飯田建設事務所管内の緊急輸送道路(路線)の候補を対象に実証実験の対象路線を検討した。県が飯田建設事務所管内の緊急輸送道路(路線)を候補とした理由を以下に示す。

- 県内には山間部を通過する路線が多くあるが、飯田建設事務所管内は令和5年6月の台風2号の豪雨により被災している。特に阿南町役場～天龍村役場までの主要路線である湖岸道路が被災したことによって天龍村が孤立した。湖岸道路の沿道には県立阿南病院があり、重要な路線である。(職員ヒアリングより把握)



【出典: 国土地理院地図を加工して作成】

図 5-6 候補路線の位置図

飛行ルート^①の適否(机上検討)は以下の指標から検討する。

①LTE 不通区間の有無:リアルタイム映像配信及び GCS (Ground Control Station)からの制御において LTE 通信を用いる。機体自体はあらかじめ設定されたウェイポイントに沿って GNSS を利用して飛行するため問題なく飛行できる。レベル 3.5 は機体カメラによる歩行者等の有無の確認が必要。

②標高差の大小:今回使用する機体は標高の変化に合わせて飛行高度(ウェイポイント)を設定し、飛行高度が変化するにはホバリングが必要となるため、その分、バッテリーを消費する。また、地表面からの高度に応じて地上画素寸法は変化する。

③蛇行の多少:今回使用する機体はカーブに合わせて飛行経路(ウェイポイント)を設定し、UAV の進路変更の際にはホバリングが必要となるため、その分、バッテリーを消費する。

④離発着地点から無人地帯までの距離の長短:レベル 3.5 では無人地帯での飛行が前提となるため、市街地部では補助者の配置や無人地帯(河川や農用地等)の上空を飛行する経路の設定が必要。

表 5-1 候補ルートの比較(机上検討)

比較ルート	①青ルート	②緑ルート	③黄ルート	④赤ルート	
路線名	R418	R151	温田停車場早稲田線(244)～湖岸道路(1)	R418	
起点	平谷村役場	道の駅信州新野千石平	阿南町役場	天龍村役場	
終点	売木村役場	阿南町役場	天龍村役場	道の駅遠山郷	
延長	約 12km	約 13.2km	約 11.6km	約 10.3km	
①LTE 不通区間 <i>長いほどリスク大</i>	× 長い(3.7km)	× 長い(1.8km)	○ 無し	○△ 短い(0.3km)	
②標高 <i>標高差が大きいほどバッテリー消費・リスク大</i>	最高	1,157m (平谷峠)	815m (大村湖)	509m (阿南町役場)	405m (道の駅遠山郷)
	最低	812m (売木村役場)	429m (帯川 Tn 抗口)	305m (天龍村役場)	305m (天龍村役場)
	差	△ 大(345m)	△ 大(386m)	△○ 中(204m)	○ 小(100m)
③蛇行の多少 <i>蛇行が多いほどバッテリー消費・リスク大</i>	△ 多い	△ 多い	△ 多い	○ 少ない	
④離発着地点から無人地帯までの距離 <i>蛇行が長いほどリスク大</i>	△ 長い	△ 長い	△○ 長い(阿南町役場側)／短い(天龍村役場側)	○ 短い	
実証実験ルートの適否	× 不適	× 不適	△○ 要確認	○ 適する(要確認)	
	マルチ通信の実証で検討	マルチ通信の実証で検討	起点を阿南高校付近として検討できないか?	現地にて飛行経路、上空 LTE 通信を確認	

5.1.3 機体・機材の選定

1) 機体

マルチコプター(回転翼機)と固定翼機には、それぞれ以下の特徴がある。

 マルチコプター (バッテリー式)	 固定翼 (エンジン式)
○ <ul style="list-style-type: none"> ・小回りが効く ・ホバリング(停止飛行)が可能 ・垂直離着陸で滑走路が不要 	○ <ul style="list-style-type: none"> ・連続飛行時間(距離)が長い ・積載量が大きい ・モバイル/衛星通信で飛行
△ <ul style="list-style-type: none"> ・連続飛行時間(距離)が短い ・積載量が小さい ・モバイル通信で飛行 	△ <ul style="list-style-type: none"> ・旋回半径が大きい ・ホバリングは不可 ・離着陸に滑走路が必要

表 5-2 マルチコプターと固定翼機体の比較

本事業で UAV を活用する目的は、災害時の道路緊急点検・パトロールへの適用であり、法面崩落等の危険性が高い山間部の急峻かつ屈曲の多い路線が対象となる。また、平常時も同様の経路を飛行・撮影することで日常業務の省力化を見据えている。

なお、この運用においては、小規模維持補修工事の包括委託を請負う地元建設業あるいは建設事務所の職員による機体の保有・操縦を想定する。

さらに、レベル 3.5 飛行の許可を得るため、第三者上空の飛行が禁止されている中で対象路線が画角に収まり、かつ落下分散を考慮した安全な飛行経路を設定する必要がある。

そのため、より細やかな飛行経路設定が可能で、汎用性や機体の選択肢が多く、取扱いが比較的容易なマルチコプター(回転翼機)が実証実験を行うには適すと考えられる。

(次のステップでは、衛星通信による飛行・映像配信やより広範囲での被災状況把握への対応として固定翼機の活用が想定される。)

実証実験に用いる機体・運用体制は以下の点から選定する。

- 片道 10km 程度(時速 50km で 12 分)の自律飛行が可能なバッテリー容量を持つ機体
- LTE モジュールを搭載かつ上空 LTE の利用が可能な機体・運用体制を有する
- 高解像度カメラを搭載(FPV カメラ)



デュアルカメラ仕様(可視光 + サーマル)



自律飛行、マニュアル飛行が可能

Surveyor-I Nの特徴

4,800万画素の可視光カメラと赤外線サーモグラフィカメラのデュアルレンズを搭載した「Surveyor-I N」を開発しました。「Surveyor-I N」は搬送性を向上するために、折り畳み構造を採用しています。全長700mm × 全幅700mm、折り畳み時、全長410mm × 全幅480mm、離陸重量はジンバルカメラとバッテリー込みで最大9.0kg、ペイロード込みで約50分の飛行が可能で汎用的な用途に向いています。産業用途としては、3D測量、インフラ設備点検、警備、物流、スマート農業、災害対応等に適しています。



Surveyor-I N展開時



Surveyor-I N折り畳み時



デュアルカメラ
(4,800万画素可視光+赤外線サーマル)

インテリジェントバッテリー

Surveyor-I N 機体仕様

プロペラ径	22	inch
対称モータ軸間距離	880	mm
寸法*展開時 <small>全長 × 全幅 × 全高</small>	700 × 700 × 450	mm
寸法*折り畳み時 <small>全長 × 全幅 × 全高</small>	410 × 480 × 450	mm
標準離陸重量 <small>(カメラ・ジンバル含む)</small>	7.1	kg
最大離陸重量	9.0	kg
防塵・防水性	IP43相当	-
飛行時間	50	min
最大飛行速度 <small>(無風時)</small>	20	m/s
耐風性	10	m/s
通信距離	4	km
バッテリー容量	36000(6S)	mAh
障害物検知機能	前方方向	-

 **Autonomy Inc.**



Surveyor-I N 詳細ページへ

株式会社 Autonomy

〒104-0041 東京都中央区新富 2-1-7 富士中央ビル 6 階
<https://autonomyuav.com/>

お問合せ
contact@autonomyuav.com

【出典: 株式会社 Autonomy ホームページ】

図 5-7 機体の特徴と性能

2) 搭載機材

本実証実験では、レベル 3.5 の要件を満たすよう飛行経路下の状況を監視するための FPV カメラ(地上へのライブ配信を実施)と点検対象の道路を撮像し、着陸後に AI 解析を行うための動画を撮影する点検用カメラ(データは SD カードに蓄積)の 2 種類を用いる。

点検用カメラは、斜め前方を向くように取付、広角撮影が可能なアクションカメラを選定した。



図 5-8 搭載機材の構成

5.2 データ解析の自動化検討

近年、日本国内で発生する自然災害は激甚化している。これらの災害が発災した際には、被災状況の早期発見は、被害の拡大を防ぎ、迅速な救助活動を行うために極めて重要であり、迅速・効果的な把握が求められている。

これらに対し、従来、防災ヘリやドローンを活用した現地状況の把握は行われていたが、撮影した画像・動画等の共有や被災状況の分析には相応に時間を要してきた。

このような中、近年急速に技術進展・社会実装が進んでいる AI 技術は、動画等のリアルタイム事象検知が可能となっており、ドローンが撮影した動画のリアルタイム解析により、被災状況の迅速な検知も期待できる状況となりつつある。

今回、データ解析の自動化を検討するにあたり、実証実験で取得した画像を対象に、実際に AI 解析を行うことで、AI 解析の実効性の確認を行うこととした。

なお、実証実験では本来の対象である災害事象検知は行えないことから、カラーコーンを災害事象に模して、カラーコーンを検出するための AI を構築するとともに、AI による動画解析・事象検知が行えるか等の結果確認を通じて、データ解析の自動化について検討を行った。

5.2.1 カラーコーン検知 AI の構築

ドローンの撮影動画から被災状況・位置を把握する AI 手法として、物体検知と呼ばれる技術を用いて構築することとした。物体検知手法とは動画の各フレーム中の被災位置を矩形で指定する手法であり、具体的な発生位置・事象の把握が可能な手法となる。

本検討においてはオープンデータなどからカラーコーン画像を収集し、教師データを 280 ファイル程度揃えた上で、代表的な物体検知手法である YOLO を用いてカラーコーン検知 AI モデルの構築を行った。(モデル構築結果は図 5-9 に示すとおり。)

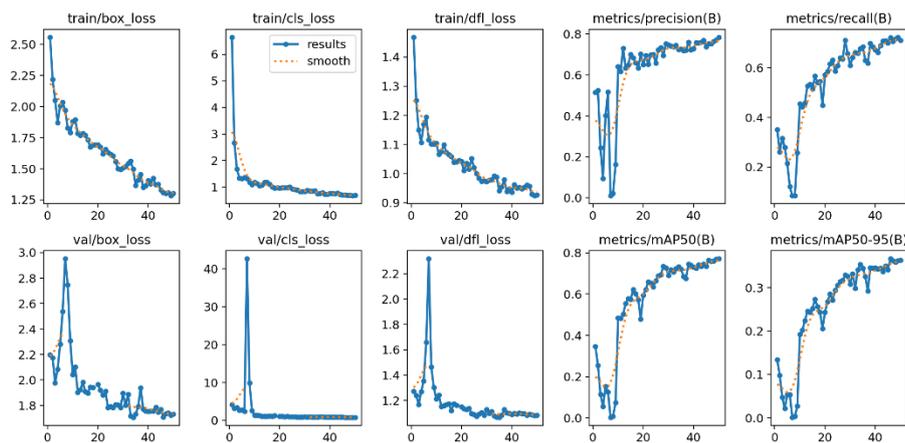


図 5-9 AI モデル構築結果(学習曲線)

5.2.2 カラーコーン検知 AI による検知結果

実証実験において、ドローンで撮影したカラーコーン検知 AI モデルを用いたカラーコーン検知を行った。具体的な検知結果は次のとおりである。

なお、YOLO 等の画像系 AI では画像サイズを 640x640 ピクセル以下に縮小して処理を行われる。今回 GoPro で撮影した HD 動画 (1920x1080 ピクセル) を対象に分析を行ったが、オリジナルサイズから縮小した場合、カラーコーンが目視でも確認困難なサイズとなり、うまく検知することができなかった。

そのため、オリジナルの縮尺・解像度のまま 640x640 ピクセルで切出した動画を用いて AI 検知を行ったところ、図 5-10 に示した通りカラーコーンの検知を行うことができた。

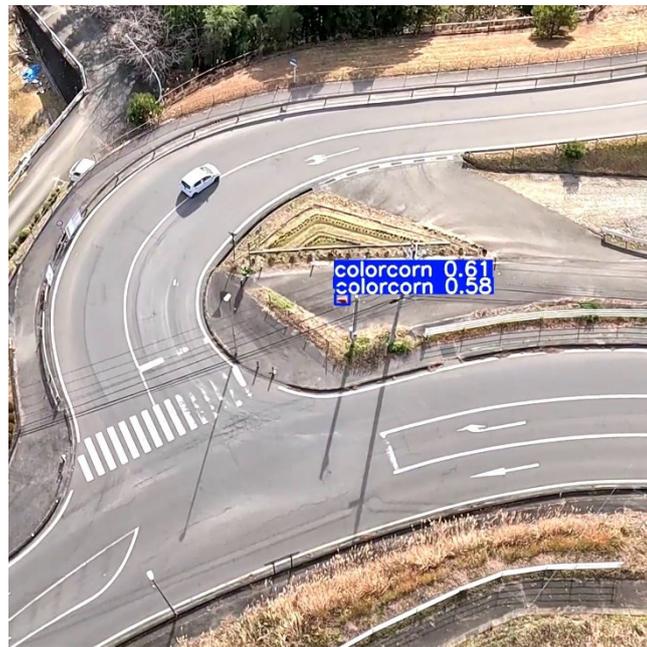


図 5-10 カラーコーン AI モデルでの検知例 (実証実験時の検知結果)

5.2.3 データ解析の自動化方法

AI を用いたデータ解析の自動化には大きく以下の 3 通りの方法が取られる。

- 事後解析: ドローン帰還後に撮影動画の AI 解析を実行
- リアルタイム動画解析 (地上側で解析): ドローンからリアルタイム動画配信を行い、地上側で受信し、AI 解析を実行
- リアルタイム動画解析 (機体側で解析): ドローン上でリアルタイム動画の AI 解析を行い、地上側に解析結果を送信

これらの方法の具体的な処理内容等は次に示すとおりである。

1) 事後解析

ドローンで撮影した動画データは SD カード等に保存される。帰還後にこの SD カードから動画デ

ータを取り出し、AI で分析する。

一度人手を介してデータ取得を行う必要があり、完全な自動化にはならないが、AI 実行環境があれば特別な装備は必要ない。

ただし、ドローン帰還後から分析を開始するため、リアルタイム処理と比べて、解析終了・結果確認までに時間を要する。

2)リアルタイム動画解析(地上側で解析)

ドローンの飛行中に撮影する動画を地上側にリアルタイム配信を行い、当該動画をリアルタイムで AI 解析する方法である。

当該方法はドローン側にリアルタイム配信を行う仕組みがあれば実現可能である。

一方、通信状況・品質次第で動画が途絶するケースが生じる場合があり、通信途絶期間中の動画解析が漏れることで、災害事象の見落としが生じる可能性があることが課題となる。

3)リアルタイム動画解析(機体側で解析)

ドローンの飛行中に撮影する動画をドローン側の機材でリアルタイム動画の AI 解析を行い、結果等を地上側に配信する方法である。

当該方法は、解析を上空側で行うため、地上側で解析する場合と比べて、通信状況の影響を受けることなく処理を行うことが可能である。

ただし、基本的にドローン自体に AI 解析を行えるような機体はほとんどなく、これら进行处理するための機材を別途追加する必要がある。また、ドローンに AI 処理用の装置を搭載することを考える場合、重量や消費電力等を配慮すると地上側で用いられる高性能な AI マシンと同等の機材を用いることは困難であり、処理速度・性能等はやや劣った機材を用いる必要がある。

それぞれの特徴を一覧で整理すると次のとおりとなる。

表 5-3 データ解析の自動化方法

比較項目	事後解析	リアルタイム動画解析 (地上側で解析)	リアルタイム動画解析 (機体側で解析)
処理の完全自動化	×	○	○
結果取得までの時間	×	○	○
解析性能	○	○	△
欠落の無いデータ分析	○	△	○
導入の容易性・コスト	○	△	×

5.2.4 データ解析の自動化に向けた今後の展開・課題の整理

1) 異常事象検知 AI の構築について

今回のカラーコーン検知による実証実験を通じて、ドローン撮影画像に対し、ある程度のサイズのある事象であれば十分に検知できることが確認された。一方、目視では確認困難な事象(例. 小さな陥没、落下物等)も確認された。これらの点から、道路啓開で対応が求められる比較的規模の大きな災害事象(例. 土砂災害、大規模な盛土崩壊・陥没等)の検知は十分に可能と考えられる。

そのため、今後は初動対応時、早期把握が必要な災害事象の AI 検知に向けた準備(災害写真の収集)や AI 構築に向けた作業(教師データ構築、災害事象検知 AI モデル構築)を進めていく必要があると考えている。

2) データ解析方法について

現時点では事後解析が最も簡単に開始できる方法ではあるが、災害時に一刻も早く被災状況を把握することを考えた場合、人手を介するオペレーションが残っている点や結果取得までに時間を要する点等が大きな課題である。

またリアルタイム動画解析(地上側で解析)は、一見大きな問題がない方法に見受けられるが、今回実証実験を行った天龍村をはじめ、長野県は山間部、中山間部が広い面積を占めており、これらのエリアでは LTE の電波が弱いエリア・不通エリアも広く存在している。この方式の場合、これらのエリアのデータの分析漏れが生じる可能性があり、長野県全域をカバーする方法としては適切ではないと考えられる。

リアルタイム動画解析(機体側で解析)する方法については、短時間で結果が得られる点、地上側で処理に対し検知漏れが発生しない点等、災害時の迅速な状況把握に最も適切に 대응することができる方法である。AI 処理性能の面で地上側に比べて劣っている面もあるが、今後の技術進展により、徐々に解消されていくことも見込まれることから、今後展開していくことを考えた場合、当該方法の実現を視野に検討を進めるとよいと考えられる。

5.3 異常箇所の共有方法の検討

5.1.2 で解析・抽出した災害事象検知箇所(以下「異常箇所」という)を、インフラデータプラットフォーム(以下「IDP」という)に共有する方法について検討を行った。共有方法の検討にあたっては IDP の基盤クラウド GIS である「ArcGIS Online」の特徴に留意することとした。

異常箇所を IDP に共有する方法として以下の 3 つを検討した。

- IDP のツール「Survey123」から連携
- ジオタグ(位置情報付き)写真取込機能により IDP に投稿
- API を活用し、IDP に自動連携

5.3.1 IDP のツール「Survey123」から連携

IDP は「Survey123」という外部から災害情報を投稿する Web アプリを有している。「Survey123」で作成された「災害時緊急調査(訓練・練習用)アプリ」を用いて、異常箇所のサンプルデータを投稿することとした。ここでサンプルデータは、5.1.2 の動画解析で生成可能な位置情報付きのカラーコーン写真とした。Survey123 を利用して、サンプルデータを投稿した結果、IDP 上に写真付きポイントデータが搭載されたことを確認した。

本手法による異常箇所の共有の課題は、一度に 1 つの画像しか投稿できないこと、また緯度・経度を画像情報から確認し、Survey123 に手入力する等の手間が発生することである。

<災害時緊急調査アプリ(Survey123)>



<IDP上の搭載結果>

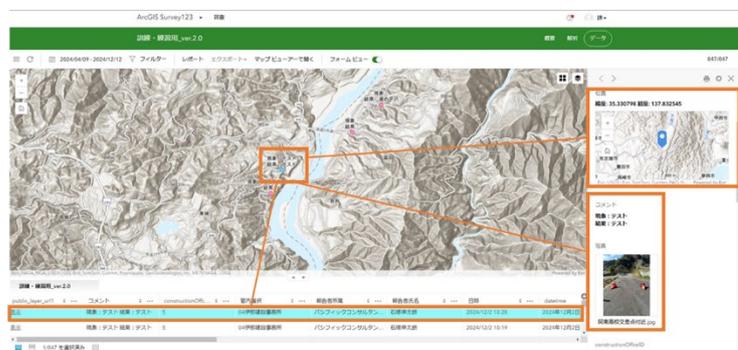


図 5-11 Survey123 を用いた IDP への異常箇所の投稿

5.3.2 ジオタグ(位置情報付き)写真取込機能により IDP に投稿

異常箇所のデータは、5.3.1 で述べたように位置情報付き(ジオタグ)写真として生成される。この位置情報付き写真データを IDP の基盤クラウド GIS である ArcGIS Online の機能を用いて取り込む方法を試行した。ここでは ArcGIS Online のジオタグ写真取込機能を用いることとした。その結果、ArcGIS Online に写真付きポイントデータとして地図表示できることを確認した。またこの方法は、一度に複数の異常箇所データを投稿できるため、5.3.1 の方法と比較して手作業の手間が少なくなる。

一方、本方法による異常箇所の共有の課題は、5.3.1 と同様に「位置情報付きの写真」を取り込む手作業の手間が発生することである。



図 5-12 ジオタグ写真取り込み機能からの ArcGIS Online への連携

5.3.3 API を活用し、IDP に自動連携

異常箇所データを IDP に自動連携できるようにすることが目指す姿となるが、このような連携方法として API (Application Programming Interface: 異なるソフトウェアやアプリケーション間で機能を共有するための仕組み) の技術を利用することが考えられる。

API を活用した共有するためには、UAV、地上 PC (異常箇所データ配信システム)、IDP の 3 主体が想定され、それぞれの役割を以下に示す。

1) UAV

- 動画を解析して、災害事象検知 (異常箇所検知) を実行
- 災害事象検知した際の静止画を抽出
- 同時に位置情報を取得
- 静止画と ID、位置情報、災害種別情報等 (正式版では土砂崩れ、盛土崩壊等で分類) を異常箇所データとして地上 PC 側に伝送

2) 地上 PC (異常箇所データ配信システム)

- 静止画と ID、位置情報、災害種別情報を UAV から異常箇所データとして受信
- 静止画は所定フォルダに格納。ID、位置情報、災害種別情報、静止画ファイル名は DB に格納

3) IDP (ArcGIS Online)

- 伝送された情報を元にデータ格納、地図等で表示

以上の 3 主体を踏まえた異常箇所データの情報の流れを示した図が以下のとおりである。以下の図の点線範囲は、今後の構築・検討が必要な範囲である。つまり地上 PC (異常箇所データ配信システム) 側の異常データ箇所の API 伝送機能の構築、IDP 側の伝送データ受け取り設定の構築が今後の検討範囲である。

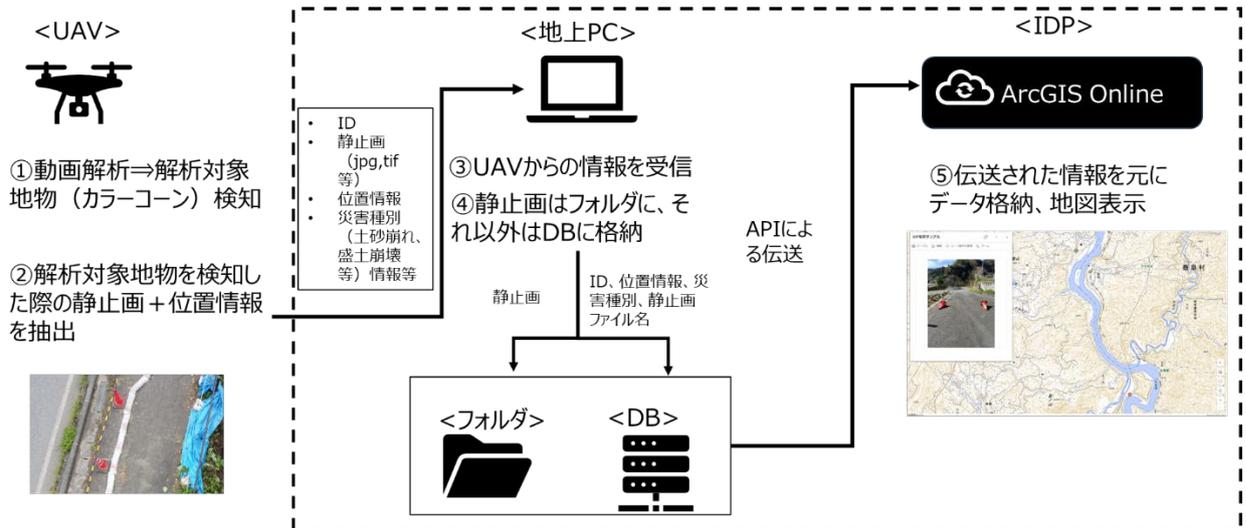


図 5-13 API を活用した異常箇所データの IDP 連携イメージ

5.4 機器構成の整理

本調査においては、災害時の緊急道路点検をドローンで実施するために必要な機器の構成を整理し、実証実験の結果を踏まえた短期的に導入可能な機器構成(案)を想定した。

運用方式については、ドローンポート(自動離発着設備)は考慮せず、離発着地点において人員による機器運搬および飛行環境の確認を行う方式とした。また、運航管理および映像配信に関するシステムの考え方は以下のとおりとする。

- ▶ 運航管理システム(GCS):1対1の運航管理を前提とし、LTE通信を利用して遠隔操縦を実施する。
- ▶ リアルタイム映像配信:GCS画面による確認を基本とし、多拠点配信が必要な場合はWeb会議システム等を活用して配信を行う方式とする。

なお、以下の項目については今回の機器構成には含めていない。

- ▶ 運用に伴う人件費(機器の運搬・配置、離発着管理、操縦士手配など)
- ▶ 機体導入講習費およびメンテナンス費用

本報告書では、機器構成の詳細を示し、必要な要件を整理する。

機器構成(案)を以下に示す。

表 5-4 機器構成(案)の整理

分類	項目	摘要
機体・運航管理	ドローン機体	<ul style="list-style-type: none"> ・国産回転翼機 ・FPVカメラ ・2kg程度のペイロード ・ペイロード込みで40分以上飛行 ・LTE操縦可能 ・耐風性能5m/s以上
	交換用バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> ・予備バッテリー
	LTE対応GCS	<ul style="list-style-type: none"> ・1対1の運航管理 ・LTE通信によるGCSからの遠隔操縦が可能 ・FPVカメラの映像確認
	GCS用PC端末	<ul style="list-style-type: none"> ・運航管理(システム要件を満足) ・映像確認
	ドローン用SIM	<ul style="list-style-type: none"> ・上空利用可能なSIM ・アップロード帯域10Mbps
	賠償責任保険	<ul style="list-style-type: none"> ・対人・対物1億円程度
データ取得・解析	広角カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・アクションカメラ ・解像度4K以上 ・フレームレート30fps以上 ・IP54以上 ・300g以下
	AI解析ソフト(オンプレミス)	<ul style="list-style-type: none"> ・災害事象検出モデル ・GIS連携(座標情報付与)
	AI解析用PC端末	<ul style="list-style-type: none"> ・GPU内蔵PC/ワークステーション
IDP連携	異常箇所データ配信システム	<ul style="list-style-type: none"> ・抽出された静止画をフォルダ格納 ・ID、位置情報、災害種別情報、静止画ファイル名をDBに格納
	API構築	<ul style="list-style-type: none"> ・API伝送機能、IDP受け取り設定

6. 実証実験

実機体・実データでの実証実験を行う。実証実験を通じて、有効性や導入課題を整理し、モデル地区での試行導入に向けた検討を実施する。

この実証実験は、長野県内における飛行ルートの構築を見据え、最適なルート設定や法的対応方法を理解する上でも重要な取り組みである。

6.1 実証実験までの流れ

実証実験までの基本的な流れを以下に示す。

今後、別の地域での実証実験を行い、ルートを確立する際には、同様の手順を必要とする。

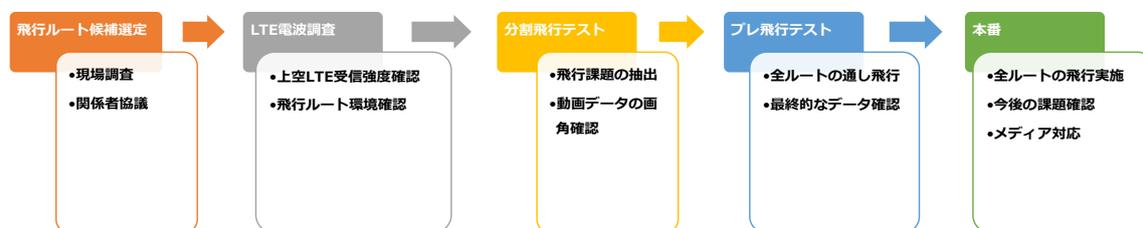


図 6-1 実証実験の流れ

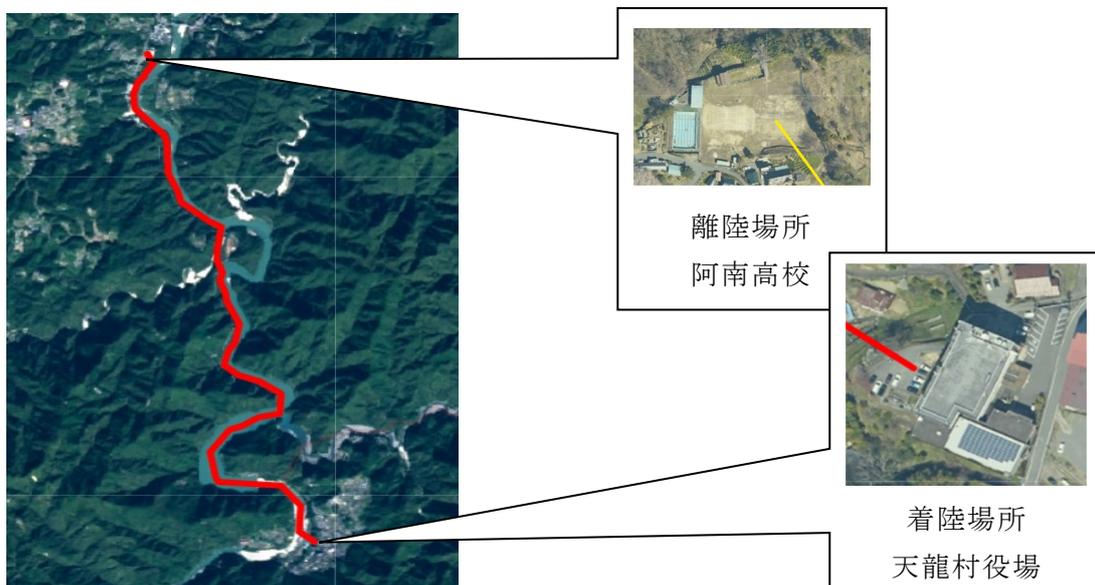
6.2 飛行ルート選定

下記条件を元に、候補の飛行ルートを選定した。

- ① レベル 3.5 飛行を条件とするため、無人地帯(河川、山間部)を通過するルート
- ② 市街地等、第三者上空の飛行を避けるルート
- ③ 現時点で地上の LTE 電波が確保されており不感地帯がないルート
- ④ UAV 飛行時の高低差が最小限となるルート

1) 候補ルート 1

阿南高校第二グラウンド ～ 天龍村役場(片道約 10 km)

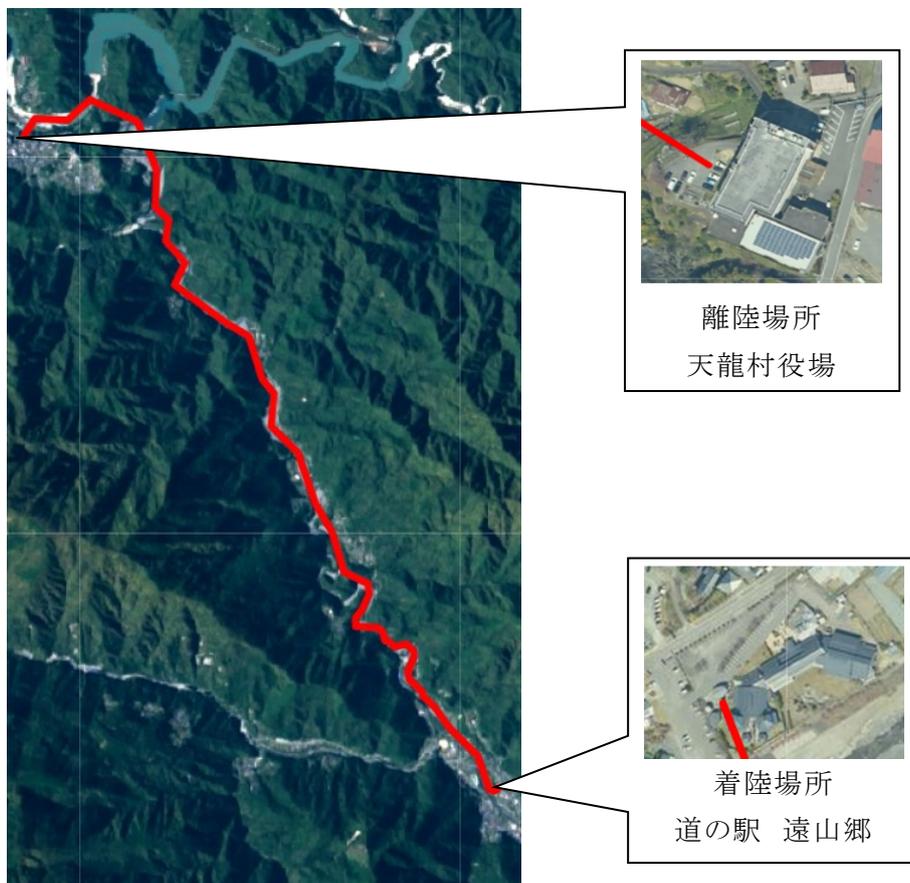


- ・離陸場所:阿南高校 第二グラウンド 緯度 35.331808 経度 137.831364
- ・着陸場所:天龍村役場 駐車場 緯度 35.276261 経度 137.853841

【出典: 国土地理院地図】

2) 候補ルート 2

天龍村役場 ～ 道の駅 遠山郷(片道約 10 km)



- ・離陸場所:天龍村役場 駐車場 緯度 35.276261 経度 137.853841
- ・着陸場所:道の駅遠山郷 駐車場 緯度 35.320791 経度 137.930024

【出典: 国土地理院地図】

6.3 関係者協議

実証実験を実施するにあたり、以下の関係者と調整を行った。調整対象は、UAV の離発着場所(本番飛行、分割飛行、LTE 調査飛行)に関する管理者、ダムや河川(河川敷)の管理者、地域を管轄する警察署である。また、飛行申請に当たり、国土交通省航空局との協議を経て、実証実験を実施した。

表 6-1 関係者協議一覧

第1ルート 阿南高校第二グラウンド～天龍村役場		
	施設名・関係者	要件
1	長野県阿南高等学校	・実証実験についてのご説明 ・離発着場所の許可
2	温泉施設	・実証実験についてのご説明
3	民間事業者の工場	・実証実験についてのご説明 ・離発着場所の許可
4	泰阜村	・実証実験についてのご説明 ・村道の離発着場所の許可
5	下伊那南部総合事務組合	・実証実験についてのご説明 ・南部ストックヤードの使用許可
6	ダム施設	・実証実験についてのご説明 ・ダムの駐車場一部を離発着場所として使用許可 ・ダムの上空通過許可
7	天竜川上流河川事務所 飯田河川出張所	・実証実験についてのご説明 ・河川区域内行為届書を提出
8	阿南町役場	・実証実験についてのご説明 ・駐車場の利用の許可
9	天龍村役場	・実証実験についてのご説明 ・駐車場・会議室の利用許可 ・機体の離発着場所
第2ルート 天龍村役場～道の駅		
	施設名・関係者	要件
10	村管轄グラウンド	・実証実験についてのご説明 ・機体の離発着場所の許可
11	民家付近の空き地	・実証実験についてのご説明 ・駐車場の離発着場所の許可
12	工事事務所周辺	・実証実験についてのご説明 ・駐車場の離発着場所の許可
13	飯田建設事務所	・実証実験についてのご説明 ・河川敷一時使用願の提出
14	文化・体育施設周辺	・実証実験についてのご説明 ・駐車場の離発着場所の許可
15	道の駅	・実証実験についてのご説明 ・駐車場の離発着場所の許可
共通		
	施設名・関係者	要件
16	国土交通省 航空局	・UAV飛行許可申請
17	天竜奥三河国定公園	・国定公園上空の飛行確認
18	阿南警察署	・実証実験についてのご説明 ・実証実験の日時報告 ・道路使用許可届
19	飯田警察署	・実証実験についてのご説明 ・実証実験の日時報告

6.4 現地踏査

【実施日】令和6年9月20日(金)

机上で決めた候補のルートについて、飛行経路、離発着場所、障害物の有無、関係者協議先の確認をするために現地踏査を実施した。

1) 候補ルート1: 阿南高校第二グラウンド ~ 天龍村役場(片道約10km)

ルート自体は、主に天龍川上空を飛行する計画となっているが、高低差が大きいことと確認する道路が複雑に入り組んでいることが特徴である。

飛行途中に、県道、橋、平岡ダムの上空を横断するため、第三者への影響がないように飛行することが重要である。

現地踏査では、LTE 電波調査、分割飛行の離発着場所、本番飛行時の緊急着陸場所を確認した。



図 6-2 ルート1の現地踏査の様子

2) 候補ルート 2: 天龍村役場 ～ 道の駅 遠山郷 (片道約 10 km)

ルートは、遠山川上空を飛行するが、途中に多くの高圧電線を回避しながらルートを検討する必要がある。また、このルートは、特に LTE 電波の不感地帯もあるため、飛行ルートを詳細に決定することが求められる。

現地踏査では、LTE 電波調査、分割飛行の離発着場所、本番飛行時の緊急着陸場所を確認した。



図 6-3 ルート 2 の現地踏査の様子

6.5 上空 LTE 電波調査及び分割飛行テスト

1) 調査概要

【実施日】令和 6 年 10 月 17 日(木)、18 日(金)
令和 6 年 11 月 21 日(木)

候補ルート 1 および候補ルート 2 において、上空における LTE 電波の送受信状況を確認するため、実際のルート上で目視内飛行(自動飛行およびマニュアル飛行)を実施した。

LTE 受信者(GCS 側)は、飛行地点とは異なる場所(可能な限り離れた場所)に設置し、LTE の受信状況および受信品質を確認した。これは、LTE の正常な受信が確保できない場合、航空局のレベル 3.5 飛行(機上カメラによる第三者確認が条件の一つであり、カメラ映像は LTE 経由で送信される)の申請許可が得られないことから、正確な調査を必要とする。

※候補ルート 1 については、特に天竜川上空を中心に調査を実施。

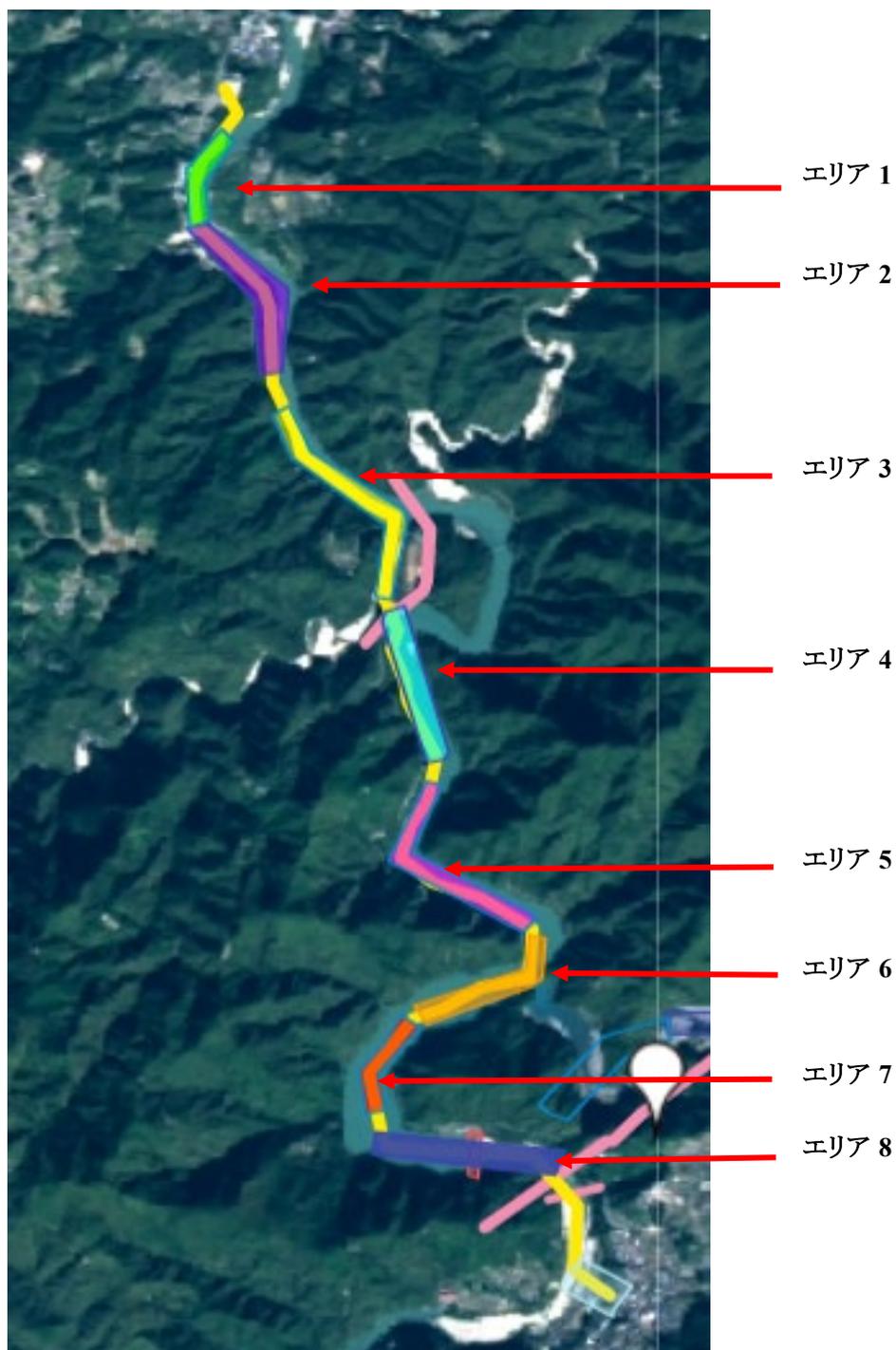
※候補ルート 2 については、特に LTE 不感地帯となっている 3 か所の調査を重点的に実施。

上空 LTE 電波調査および分割飛行テストでは、本番で使用予定の機体と同一機体(Surveyor-IN)を使用し、上空 LTE の受信が可能であること、ならびに機体搭載カメラによる第三者の確認が適切に行えることを検証した。

2) 上空 LTE 電波調査

(1) 上空 LTE 電波調査の調査エリア

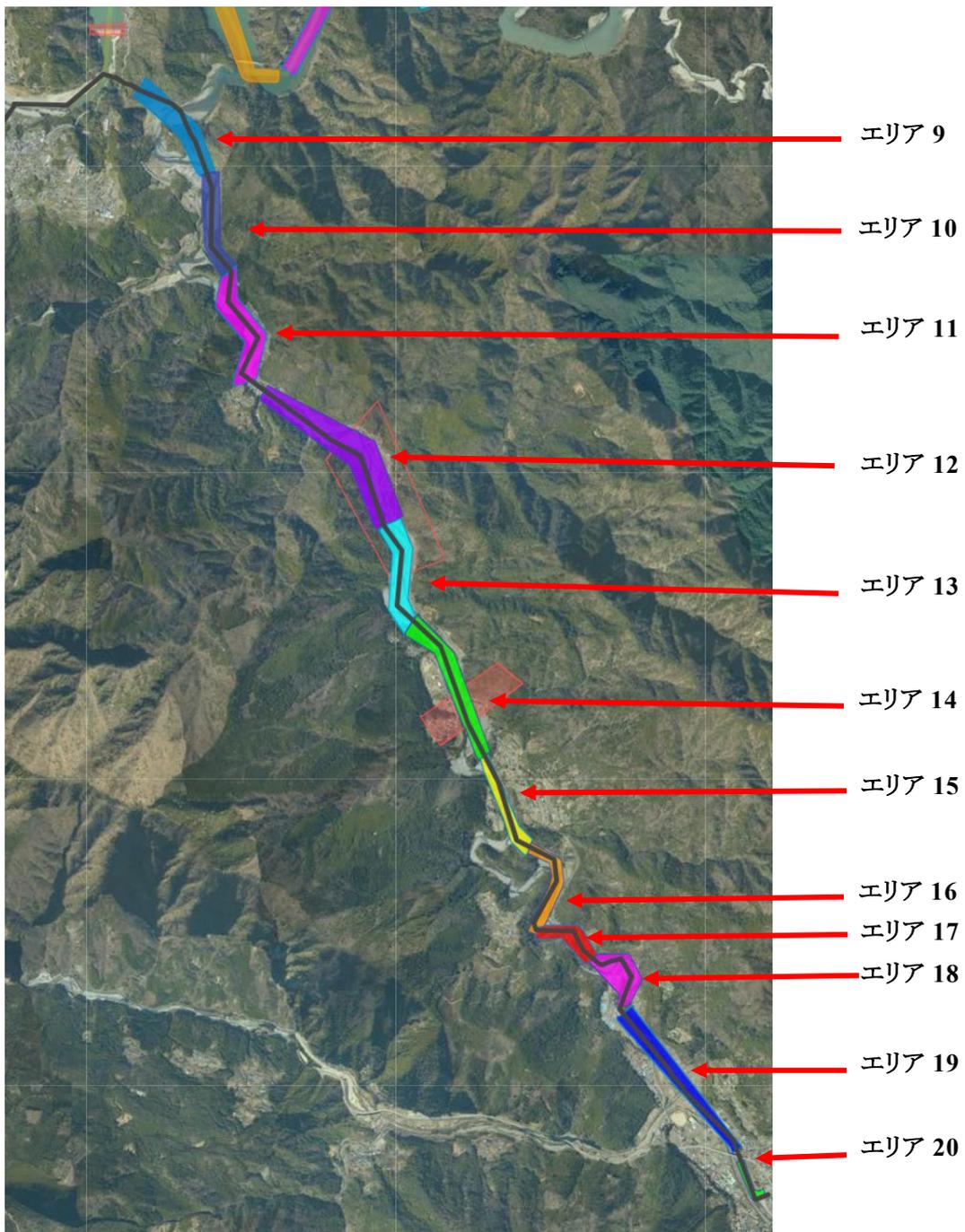
○阿南高校第二グラウンド～天龍村役場 8 エリア



【出典：国土地理院地図】

図 6-4 ルート 1 LTE 調査エリア

○天龍村役場～道の駅 遠山郷ルート 12 エリア



【出典：国土地理院地図】

図 6-5 ルート2 LTE 調査エリア

※ルート2については、上記のエリア内の不感地帯
エリア12、エリア13、エリア14のみを調査

(2) LTE 上空電波調査の結果

候補ルート1(阿南高校第二グラウンド～天龍村役場)については、一部 LTE 電波の帯域が弱い箇所があるものの、GCS 側でテレメトリー(機体の状態情報)および機体カメラ映像の受信が安定していることを確認し、飛行ルートとして問題がないと判断した。

一方、候補ルート2(天龍村役場～道の駅 遠山郷)については、LTE 不感地帯が3か所存在し、GCS 側でテレメトリーの確認は可能であったものの、機体カメラの映像が受信できない状況であった。この結果を踏まえ、候補ルート2においては、レベル3.5飛行(機上カメラによる第三者確認が可能であることが条件の一つ)を実施することは困難であると判断した。

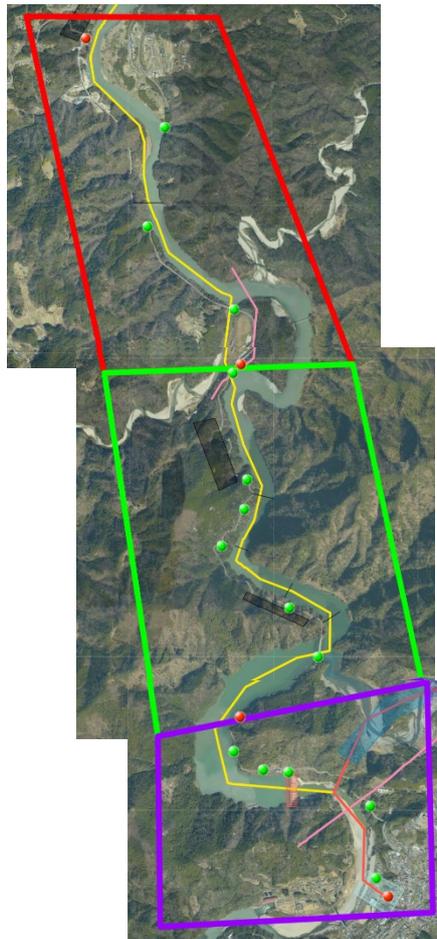
3) 分割飛行調査

候補ルート1(阿南高校第二グラウンド～天龍村役場)については、LTE 上空電波に問題がないことを確認したため、次の段階として、ルートの主要部分を分割し、連続飛行を実施した。

この飛行試験では、飛行時のテレメトリーおよび機体カメラ映像の受信状況を再確認するとともに、設定した飛行ルートの高度に応じて、機体に取り付けた事象撮影用カメラの方向や視野範囲を適切に調整し、見え方の検証を行った。

(1) 分割飛行の調査エリア

候補ルート1を3分割し、目視外補助者ありにて自動飛行を実施した。



【出典：国土地理院地図】

図 6-6 ルート1の分割イメージ

(2) 分割飛行調査の結果

候補ルート1(阿南高校第二グラウンド～天龍村役場)について、レベル3.5飛行を実施する場合も問題なく飛行できることを確認した。

6.6 本番前通し飛行

1) 調査概要

【実施日】令和 6 年 12 月 2 日(月)

候補ルート 1 (阿南高校第二グラウンド～天龍村役場) において、LTE 上空電波調査および分割飛行の結果を踏まえ、本番同様の通しでの飛行テストが可能であると判断した。

また、候補ルート 1 について、国土交通省航空局よりレベル 3.5 飛行の許可を取得したことから、本番を想定した飛行を実施した。最終的な LTE 上空電波の状況、機体カメラ映像の確認、事象撮影用カメラの設置位置および画角を検証するとともに、主要箇所(道路横断、橋横断、ダム横断、第三者が出現する可能性のある場所)に補助者を配置し、GCS 側との通信を想定した実証試験を行った。

2) 本番前通し飛行のルート



【出典：国土地理院地図】

図 6-7 本番前通し飛行ルートと補助者の配置(1/2)



【出典：国土地理院地図】

図 6-8 本番前通し飛行ルートと補助者の配置(2/2)

3) 本番前通し飛行の結果

候補ルート1(阿南高校第二グラウンド～天龍村役場)の通し飛行において、機体のテレメトリーおよび機体カメラ映像に問題はなく、順調に飛行を完了した。

また、各所に配置した補助者による第三者の確認についても、GCS側との連携が円滑に行われることを確認した。

なお、一部の地点において機体カメラ映像に約2秒程度の遅延が発生したが、これはLTEの帯域が狭くなっている箇所であると推測される。これを踏まえ、本番飛行においては安全確保のため、該当箇所に補助者を配置することを決定した。

6.7 実証実験本番飛行

【実施日】令和6年12月17日(火)

1) 本番飛行の概要

これまでの実証結果を踏まえ、候補ルートである阿南高校第二グラウンドから天龍村役場までの約10kmにおいて、災害発生を想定した道路の緊急点検を実施した。

本実証では、災害事象の対象としてカラーコーン(図6-9)をルート上に設置し、事象撮影用カメラにより収録した動画をUAV着陸後に速やかにAI解析を実施し、災害事象の自動抽出を行った。

さらに、自動抽出したデータに災害発生場所の位置情報を付与し、長野県のインフラデータプラットフォームへ現場からアップロードすることで、長野県側で実証結果の確認が可能であるかを検証した。

○事象対象設置と本番飛行準備



【出典：国土地理院地図】

図 6-9 本番飛行ルート

・事象設置(カラーコーン)3か所



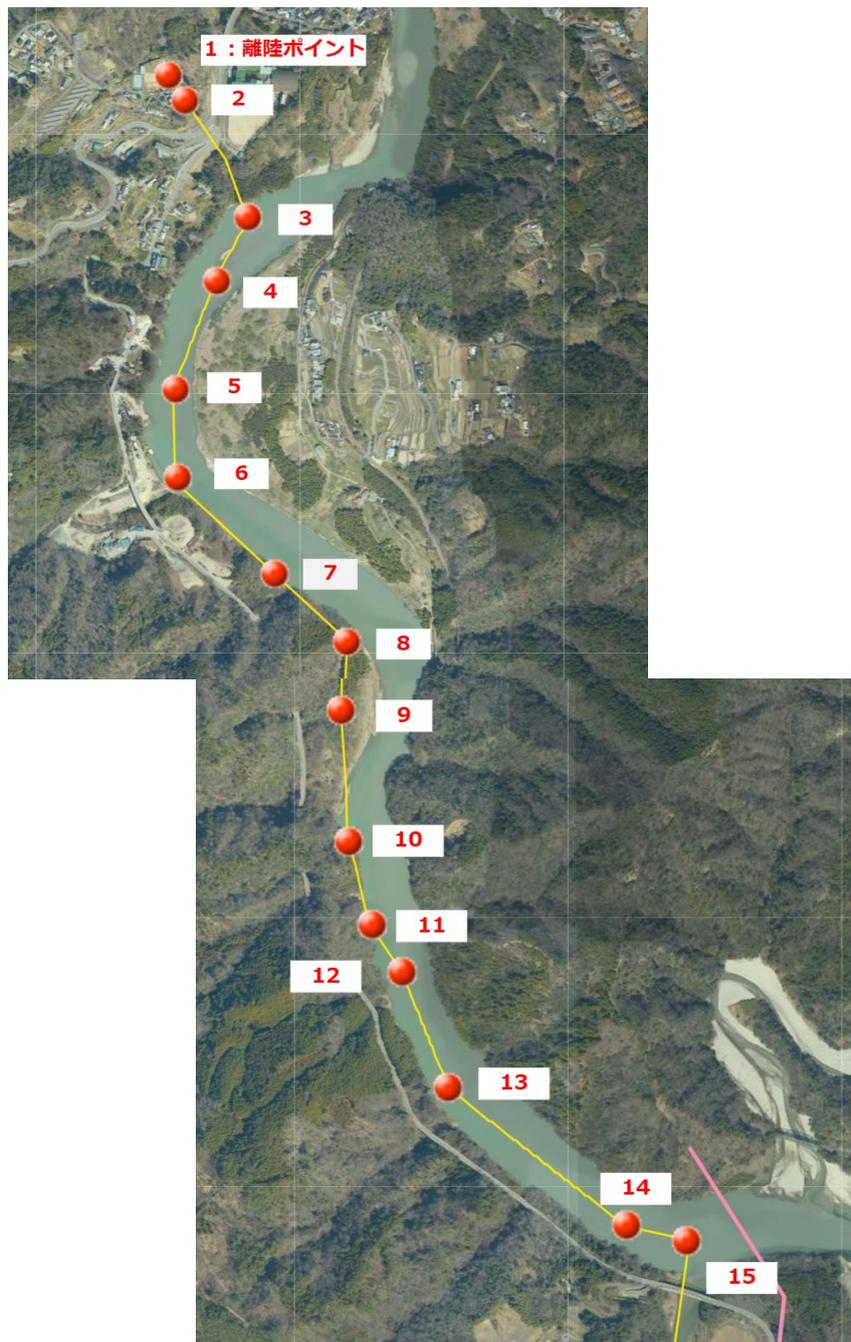
図 6-10 カラーコーン設置状況

・本番前準備



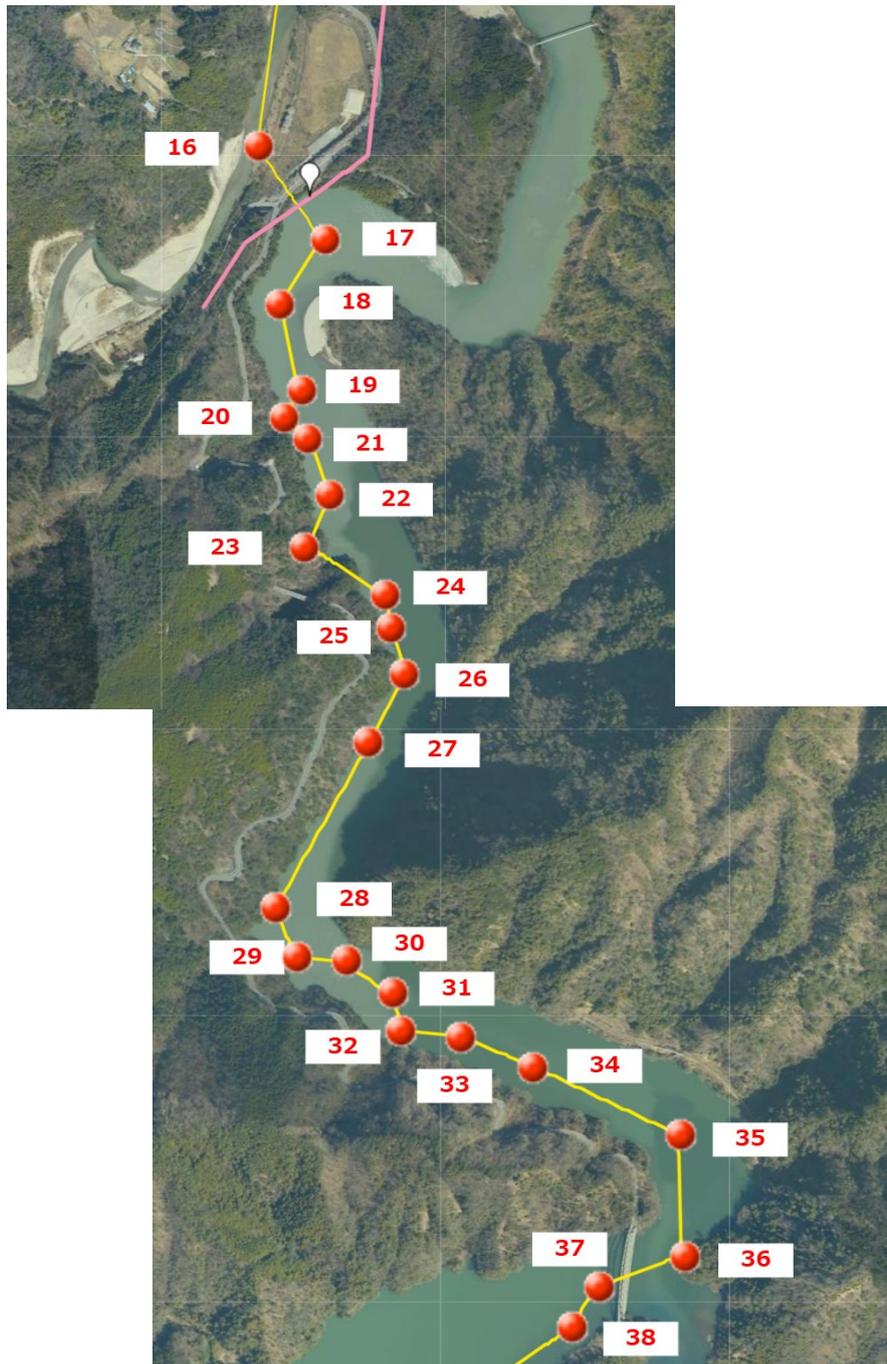
図 6-11 本番前の様子

○飛行ルートとウェイポイント



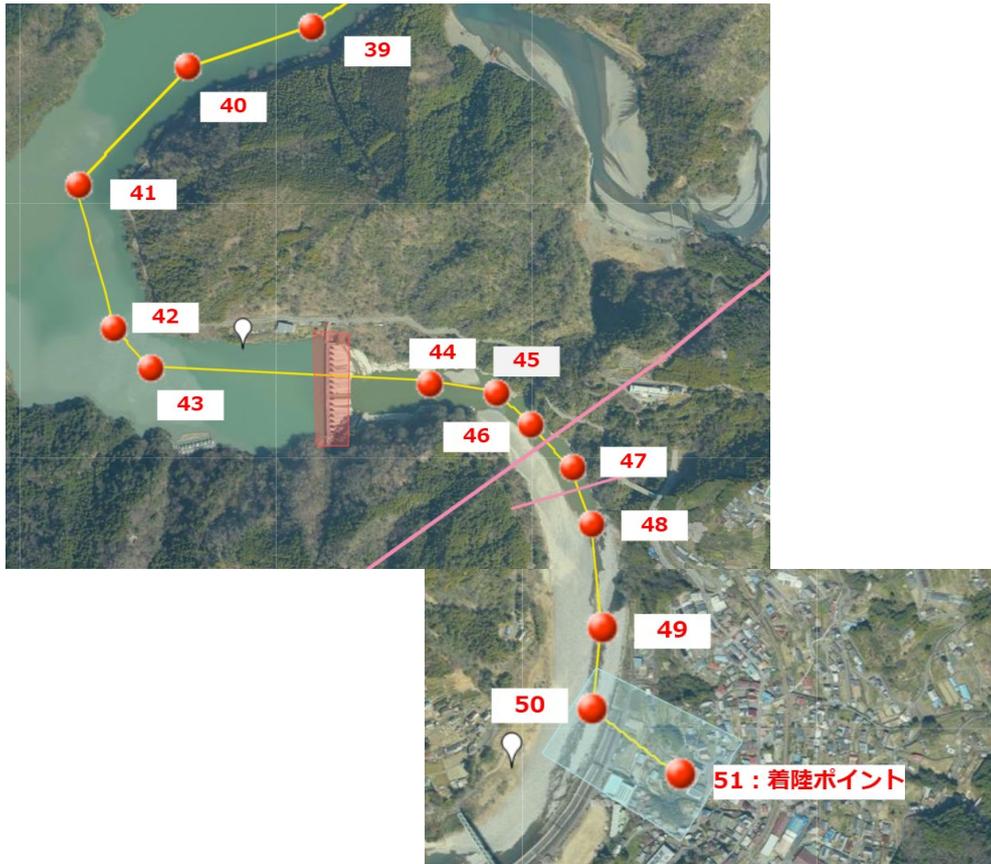
【出典：国土地理院地図】

図 6-12 ルートのウェイポイント①



【出典：国土地理院地図】

図 6-13 ルートのウェイポイント②



【出典：国土地理院地図】

図 6-14 ルートのウェイポイント③

2) 本番飛行の結果

本番飛行は、予定通りレベル 3.5 飛行を完了した。

離陸から着陸までの間、LTE 電波が途切れることなく、すべての飛行を GCS 側で制御し、第三者の確認を行いながら安全に飛行を実施できた。

また、災害発生を想定した緊急道路点検も実施し、撮影した動画データから災害発生事象(カラーコーン)を AI 解析により検出することができた。

さらに、解析した事象の画像データに位置情報を付与し、長野県のインフラデータプラットフォーム上にアップロードした結果、データの共有が正常に行われたことを確認した。

・飛行の様子

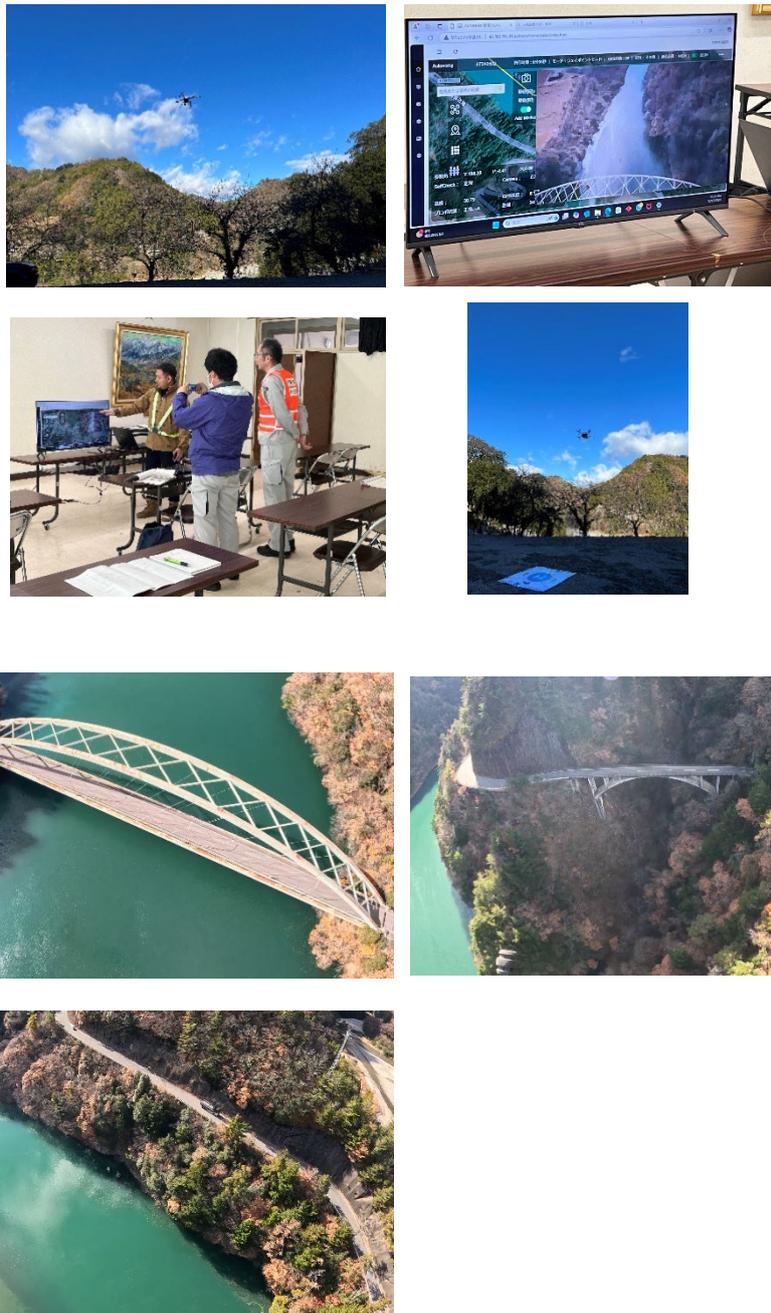


図 6-15 飛行の様子

・AI 解析結果



図 6-16 AI 解析画面

・メディア対応



図 6-17 取材風景

3) 本番飛行後の意見交換

本番飛行後の意見交換にて県職員より受けた意見として、カメラの画角調整が必要で、より広範囲を撮影可能にする改善が必要であること、迂回路のない緊急輸送道路でドローン調査の検討を進めるが、電波調査等のコストが課題となること、飛行経路データの移管・共有システムの整備が必要であることが挙げられた。具体の意見を以下に示す。

- 今回はカメラの画角が固定であったため、道路が画面の端に映る形となった。より大きく道路やその上の斜面が映るようにカメラの向きを変える操作ができると良い。
- 今後の検討として、県内の緊急輸送道路で迂回路がなく、災害時に通行が困難になる路線の中で、無人地帯(河川・山地等)に近接し、ドローンでの調査が可能と考えられる路線を抽出し、空路確保の検討を進めていきたい。
- この場合、今回と同様に電波調査やテスト飛行等、相応の人工が必要になることが課題。(効率的に調査できる手段を検討する必要がある)
- 今回設定した飛行経路を別のメーカーの機体(GCS)で飛行させようとした場合に飛行経路データの移管ができると良い。
- 今回、調査により設定した経路を他の機体・事業者が活用できる空路として共有(公開)できる仕組みがあると良い。

6.8 実証実験の課題

今回の実証実験を基に、UAV を災害時の緊急道路点検や平常時の維持管理に社会実装するための課題を以下に整理する。

1) 法的・制度的課題

平常時に UAV を用いて目視外自律飛行を実施する場合、レベル 3.5 飛行の申請が必要であり、許可取得には最短で 1 か月、通常 1～2 か月を要する。また、災害発生時には航空法第 132 条 92 に基づき、国や地方自治体の依頼を受けた場合には特定飛行に関する申請が不要となるが、その場合でも特例適用者には航空機および地上・水上の人や物件の安全を確保する責任が求められる。このため、平常時にレベル 3.5 飛行の許可を取得し、飛行訓練を実施しておくことが望ましい。これにより、災害発生時にも安全かつ迅速な運用が可能となる。

2) 通信インフラに関する課題

災害時の緊急道路点検では長距離飛行が必要となる可能性が高く、レベル 3.5 飛行では機体のテレメトリーや機上カメラによる第三者確認のため、LTE 通信の利用が不可欠である。そのため、事前に飛行ルート上の上空 LTE 電波状況を詳細に調査する必要がある。特に、LTE 電波が弱い区間や不感地帯がある場合、その区間を飛行ルートに設定することは難しくなる。また、発災直後には通信インフラが損壊し、LTE 通信が利用できない可能性もあるため、衛星通信など LTE に代わる通信手段の検討や、通信キャリアとの連携による迅速な電波状況確認体制の構築が求められる。

3) 飛行ルート設定に関する課題

飛行ルートの設定には、安全性と効率性を両立させるために、LTE 電波状況の調査結果を踏まえた検討が必要である。災害発生前に設定した飛行ルートを使用することで、災害時には迅速かつ的確に対象道路の状況を確認することが可能となる。これにより、災害時の初動対応を効率化し、被害状況の把握に要する時間を短縮できる。

このとき、事前調査段階からドローンの安全運航が重要である。飛行前の機体点検や操作手順確認に加え、現地調査を通じたリスクアセスメントを十分に行う。特に山間部では、帰還モード (RTH) 発動時の安全確保が課題となる。RTH はバッテリー低下や通信断絶時に作動するが、障害物回避のため適切な帰還高度やホバリング設定を行い、安全な運航を確保する必要がある。

4) 平常時の活用に関する課題

UAV の導入目的が災害時の緊急道路点検である一方、そのためだけに UAV を準備・整備することはコスト面での負担が大きい。そのため、平常時の道路維持管理や点検にも UAV を活用し、効率的な運用を目指すことが重要である。特に、地元 JV 企業が UAV を所有し、日常的に運用する体制を整備することが理想的である。また、県としても、LTE 通信対応や自動航行機能を備えた適切な機体を選定し、効果的に活用できる体制を構築する必要がある。

5) 運用体制の構築に関する課題

災害時を見据えた県としての運用体制の構築が不可欠である。本実証実験では10名が現場作業に従事したが、社会実装を進める上では最少4名での運用が理想的である。この場合、1名は国土交通省が定める一等または二等無人航空機操縦士資格を有する必要がある、そのための人材育成が課題となる。効率的かつ安全な運用体制を整備することで、災害対応および平常時の維持管理の両面でUAVの有用性を最大限発揮することが期待される。

7. 検証結果及び課題の整理

4章において取得したデータの検証を行い、効果や課題を検証する。

7.1 本事業の成果

本事業の成果を以下に示す。

なお、災害時のドローン活用において、令和6年能登半島地震では活用事例が報告されているが、事前に設定したルートを自律飛行させる運用は実現していない。本調査では、LTE通信を活用した長距離飛行やAI解析による被害情報の共有手法を検証し、災害対応の高度化を目指した。

表 7-1 本事業の成果と課題

検討項目	検討結果・成果	今後の課題	
1.ドローン等の活用方策の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>道路管理課及び飯田建設事務所へのヒアリング</u>を踏まえて災害時におけるドローン等の活用方策及び運用体制(案)を提示し、意見交換を実施。 ・地元民間事業者が所有するドローンの現状把握のため、アンケート調査を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・想定する体制(維持補修JVエリアの統合等)で運用する場合の平常時の事業規模を算出し、事業採算性を検証。 ・体制(案)に対する現行事業者の意見の確認。 ・契約内容の詳細化。 	
2.中長期ロードマップの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時の初動調査に必要なドローンの機体数を検討するため、飯田建設事務所管内の緊急輸送道路をケーススタディとして整理。 ・実証実験の結果を踏まえた今後の展開として、<u>緊急輸送道路の沿道を対象としてドローンの飛行可否を確認し、航路の開拓</u>を進めていくことを整理。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン飛行の省人化・自動化に向けた実証実験等(ドローンポート、1対多運航、レベル4飛行)。 ・災害事象検出→IDPへのアップロードの自動化のためのシステム構築。 ・飯田建設事務所や県内他事務所での飛行航路開拓。 	
3.データ取得・分析・共有方法の検討	(1)データ取得方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業では、全国的にも先進的な<u>レベル3.5の長距離飛行</u>を実施。実証実験はLTE通信圏内で行うこととした。 ・飯田建設事務所管内をモデル地区として選定した理由は、山間部の災害時にドローンが有効であり、特に湖岸道路が被災し、天龍村が孤立したことが背景にある。 ・飛行ルートとして、阿南町役場～天龍村役場のルートと天龍村役場～道の駅遠山郷のルートが候補とした。 ・実証実験には株式会社AutonomyのSurveyor-INを使用。 	<ul style="list-style-type: none"> ・航路を開通するためのルート検討、LTE電波調査、テスト飛行のコストを抑制する効率的な調査手法の検討。
	(2)データ解析の自動化検	<ul style="list-style-type: none"> ・カラーコーンを検出するAIモデルを構築。 	

検討項目	検討結果・成果	今後の課題
討	<ul style="list-style-type: none"> データ解析の自動化方法として、ドローン帰還後に撮影動画を AI 解析する事後解析、ドローンから配信されるリアルタイム動画を地上で受信し AI 解析を行う方法、そしてドローン上でリアルタイム動画を AI 解析し解析結果を地上へ伝送する方法を検討。 実証実験では、ドローン帰還後に撮影動画を AI 解析する事後解析を行うこととした。 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム解析手法の改善が必要。 山間部や中山間部の電波状況が不安定な地域にも対応可能な解析手法の導入が必要。 機体側でのリアルタイム解析における AI 処理性能を向上させる技術開発が必要。
(3) 異常箇所の共有方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> 異常箇所をインフラデータプラットフォーム (IDP) に共有する方法として、「Survey123」の連携、ジオタグ付き写真の投稿、API による自動連携の 3 つを検討した。 実証実験では、IDP ツールの「Survey123」からカラーコーンの検出画像をアップロードすることとした。 	<ul style="list-style-type: none"> 地上 PC (異常箇所データ配信システム) における異常データ箇所の API 伝送機能の構築、IDP 側の伝送データ受け取り設定の構築。
4. 実証実験	(1) 飛行計画の作成	<ul style="list-style-type: none"> これまでに LTE 電波調査飛行、分割飛行 (天竜川沿い) を計画・実施した。通し飛行の計画を作成。 レベル 3.5 の申請を行い、許可を得た。
	(2) 実証実験の実施	<ul style="list-style-type: none"> 遠山川沿いは LTE 不通区間 があり、レベル 3.5 での飛行が困難と判明→衛星通信を用いた LTE 不感地帯での飛行実証。 省人化・無人化に向けた実証実験の継続。 地元事業者・ドローン運航事業者の連携による機体運搬～遠隔操縦による飛行の訓練
	(3) 取得データの解析	<ul style="list-style-type: none"> 12/2 に通し飛行、12/17 に本番飛行を実施。どちらも レベル 3.5 による予定経路 (約 10km) の飛行に成功。 離陸から着陸まで GCS による制御のみで、飛行経路が道路と交差する地点ではカメラ映像にて第三者の有無を確認して飛行。 飛行映像のライブ配信及び別途取り付けたカメラにより 道路を画角に収めた 4K 映像を取得。 撮影した映像を拡大することにより、災害事象に見立てて配置した カラーコーンの AI による自動抽出に成功。 抽出したカラーコーン画像に位置情報を付与し、IDP に取り込みを行い、抽出画像の地図上での表示を確認。 小規模な災害事象を検知するための災害写真の収集や教師データ構築が必要。 カメラの画角やズーム設定をコントロールしながら、飛行・撮像を行うジンバルの活用。

7.2 事業化にあたっての課題

7.2.1 社会実装に向けた主な課題

1) 事業体制と契約関連

- 統合体制での平常時事業規模の算出と採算性の検証
- 契約内容の詳細化
- 現行事業者から体制案に対する意見の確認

2) ドローン運用の効率化と自動化

- ドローン飛行の省人化・自動化に向けた実証実験(ドローンポート、1 対多運航、レベル 4 飛行)
- 小規模な災害事象を検知するための災害写真収集や教師データによる AI モデル構築
- カメラの画角やズーム設定をコントロールしながら撮影を行うため、ジンバル活用の最適化
- 地元事業者やドローン運航事業者との連携による機体運搬や遠隔操縦訓練

3) 電波環境への対応

- 山間部や中山間部での電波不安定地域にも対応可能な解析手法の導入
- LTE 不通区間での飛行が困難な地域における衛星通信を活用した飛行実証

4) リアルタイム解析とシステム構築

- 災害事象検出から IDP へのアップロードを自動化するシステム構築
- AI 処理性能の向上のため、機体側でのリアルタイム解析を行うシステムの構築
- IDP との API 連携機能とデータ受け取り設定の構築

5) 持続的な実証実験と改善

- ドローン運用の省人化・無人化に向けた実証実験の継続
- 飯田建設事務所や県内他事務所での飛行航路の開拓に当たり、飛行航路の開拓、ルート検討、LTE 電波調査、テスト飛行コストを抑える効率的な調査手法の検討
- 従来の災害時の点検方法と比較した場合のドローン導入の費用対効果を明確化(説得力を持って、導入の妥当性や意義を示す必要)

7.2.2 実現場における運用課題

ここでは、実現場での運用段階に加え、その前段階である運用に向けた検討段階、準備段階の課題も含めて抽出する。

表 7-2 実現場における運用課題、検討項目

段階	項目	運用課題	検討項目	
準備（機体配備）	調達登録	機体の選定・購入	調査対象をカバーできる機材（種類／数）の選定 民間保有機体の活用／県調達→貸与	
		機体登録(DIPS2.0)		
		上空 LTE 通信契約		
		賠償責任保険加入		
準備（本運用に向けた準備）	運用体制整備	ドローン飛行：操縦者（一等または二等無人航空機操縦士）、補助者の確保	民間／県職員の有資格者の有無に応じた体制構築検討	
		地上管理センターの整備		体制構築検討
	機体保有	機体メンテナンス、バッテリー管理方法	管理方法を検討	
		事前準備	調査対象の抽出【航空法準拠／通信環境の考慮】	導入事務所における具体検討・対応⇒他事務所に展開するためのマニュアル化
			飛行ルート設計（現地踏査、LTE 調査、緊急着陸ポイント設定）	
			事前飛行（平常時）のための航空局への事前飛行申請・許可	
関係機関との調整				
テスト飛行（レベル 3／実証飛行（レベル 3.5））				
訓練	飛行訓練（年〇回）			
運用（被災時）	本運用	被災後の飛行空域の管理者と調整	—	
		体制確保（参集）	既存の災害マニュアルと整合させた運用マニュアルの策定	
		機体の離陸地点への準備（バッテリー満充電）		
		ドローン飛行による被災調査		
		地上管理センター側の情報の活用	IDP へのデータ共有	

7.3 今後の検討スケジュール

ロードマップに基づき、短期的な課題に優先順位をつけ、それに沿った段階的な取り組みを進めることで、具体的な成果を得られるようにする必要がある。

今後の取り組みとしては、LTE 不感地帯での飛行や 1 対多での飛行といった技術的な実証を進めるとともに、今回の実証実験で設定した航路を基に実装に向けた訓練を並行して積み重ねていくことが重要である。

また、短期的にはドローンの運用価値を向上させるため、データの取得から解析、さらに IDP（インフラデータプラットフォーム）へのアップロードまでを一元化する自動化システムの構築が求められる。このシステムの整備は、運用の効率化を図るとともに、ドローン活用の有用性を高める上で極めて重要である。

次頁に社会実装に向けて早期に取り組むべき項目を検討フローとして整理する。

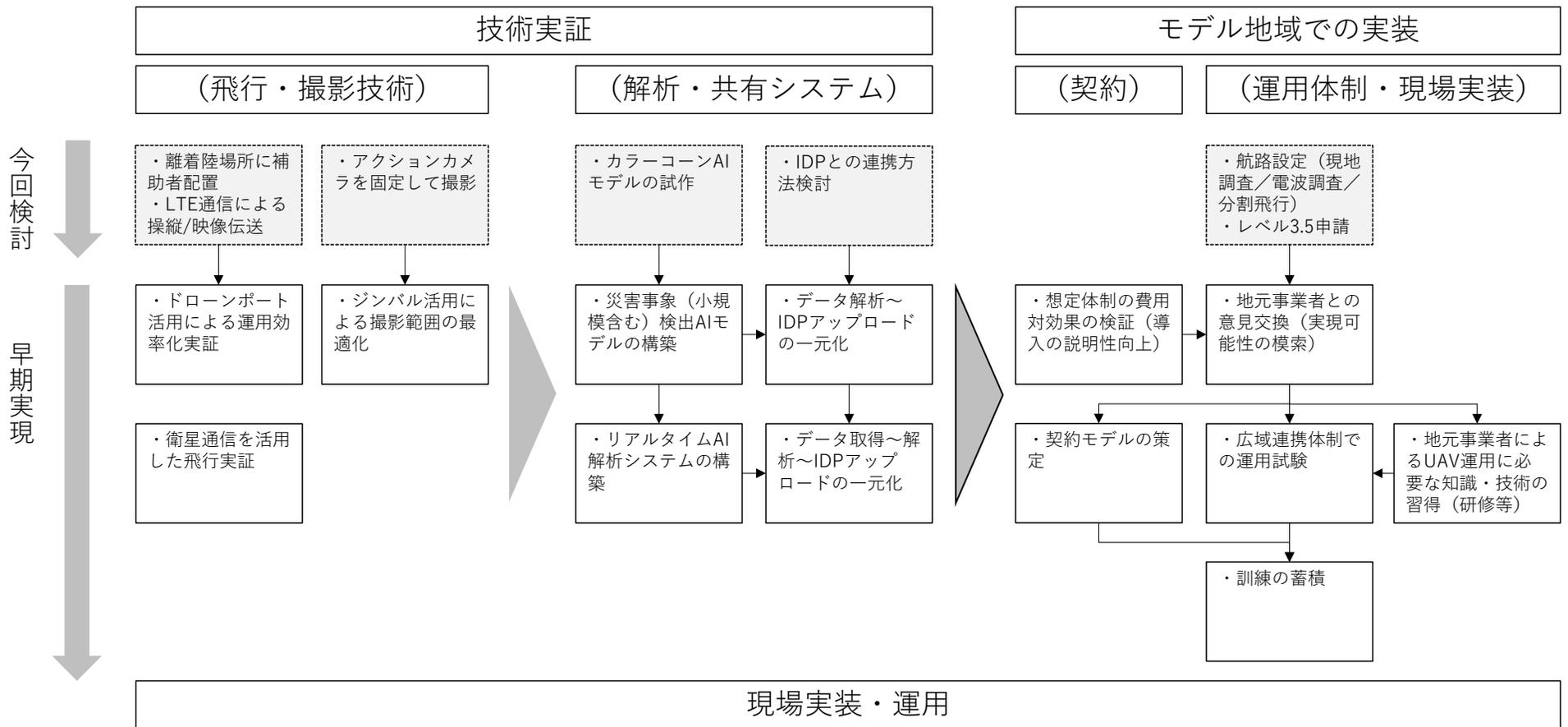


図 7-1 検討フロー

上図におけるモデル地域での実装に向けて、特に契約モデルの策定において、現行体制から将来想定する体制（広域連携可能なコンソーシアム）に移行するステップのステップごとの特徴、以降のための課題、取組を以下に整理する。

表 7-3 広域維持管理コンソーシアムの組成に向けたステップの整理

ステップ	特徴	移行のための課題	主な取組
① 追加調査による課題の詳細把握	今年度の検討結果を踏まえ、ドローン活用に伴う新たな契約スキームの具体的な課題を整理	適用可能な契約方式、広域管理における官民の役割分担	先行事例等の調査・官民ワーキンググループの設立等による法制度や契約方式の整理、民間事業者へのヒアリング
② ドローン調査の試行と情報共有基盤の整備	一部地域で試験運用を行い、維持管理・災害対応における効果や課題を評価	事業者の技術習得、情報共有の仕組みの確立	モデル地区での試験飛行、GISプラットフォーム構築、運用フローの策定
③ 新たな契約スキームの策定と性能規定化の検討	ドローン活用を前提とした維持管理・災害対応契約を具体化し、民間事業者の役割を明確化	契約方式の適正化、補修実施基準の設定	官民協議会の設置、補修基準の性能規定化、AI解析による異常検知の標準化
④ モデル事業の実施と検証	新たな契約スキームのもとで、モデル事業としてドローン活用による維持管理・災害対応を実施	実運用時の課題抽出、長期的なスキームの確立	モデル事業の実施、効果検証、持続可能な運用方針の策定

8. 横展開方策の検討

モデル事業の他の地方公共団体への展開に向けて、導入における課題や条件、導入後の効果について情報を整理する。

8.1 本検討の調査手法が適する地方公共団体

本検討の調査手法が適する地方公共団体の特徴について以下に示す。

1. 地理的・環境的要件に適した地方公共団体

山間部や広域にわたる道路網を管理する地方公共団体が対象となる。急峻な地形を有する地域では、災害時に地上からの点検が困難であり、ドローンを活用した空からの迅速な被災状況把握が有効となる。また、台風・水害リスクの高い地域でも適用が有用である。

2. 官民連携が進んでいる地方公共団体

PPP/PFI を推進し、民間企業と連携したインフラ維持管理を行っている自治体が適している。特に、インフラ維持管理を包括的な民間委託として運営している自治体では、ドローンや AI 解析を活用することで、点検業務の効率化や災害時の即応性向上が期待できる。

また、包括委託を実施していない自治体でも、本調査手法の導入は可能である。長野県では地域維持型 JV による包括委託にドローン活用を組み込む枠組みを整理したが、これは複数自治体が連携して維持管理を行う「群マネ(地域インフラ群再生戦略マネジメント)」の考え方にも通じる。包括委託未導入の自治体でも、広域連携を視野に入れたドローン活用の重要性が示唆される。

3. 災害対策に注力する地方公共団体

大規模地震や水害のリスクが高い地方公共団体では、迅速な災害対応が求められる。複数箇所での被災が同時に発生する可能性がある地域では、ドローンを活用することで、無人で広範囲の状況把握が可能となり、被害の早期確認や復旧の迅速化につながる。

また、人口減少や技術職員の不足により、従来の人手による緊急点検が難しくなっている地方公共団体では、ドローンを活用した自動化・効率化が求められる。これにより、被災時の迅速な初動対応を実現し、限られた人的資源の有効活用が可能となる。

4. 技術導入に前向きな地方公共団体

スマートシティ推進やデジタル技術を活用した行政運営を進める地方公共団体が対象となる。GIS や AI 解析を活用し、道路管理や災害対応を効率化しようとする地方公共団体にとっては、ドローンによるデータ取得や自動解析が有効な手段となる。

5. 維持管理の効率化を図りたい地方公共団体

従来の点検や維持管理の方法に課題を抱える地方公共団体では、ドローンによるデータ収集や AI 解析を活用することで、点検作業の省力化や精度向上が可能となる。特に、広域にわたるインフラを管理する地方公共団体では、巡回点検の負担軽減や異常検知の迅速化が期待される。

8.2 本調査により得られた示唆の整理

1) 背景・目的

長野県では、緊急輸送道路の多くが急峻な地形を通過しており、災害時に複数箇所被災が発生した場合、地上からの点検・パトロールのみでは迅速な道路啓開が困難になることが想定される。この課題に対応するため、本事業では、UAV(ドローン)を用いた目視外自律飛行による上空からの点検・パトロールの実現性を、レベル 3.5 飛行制度を活用した実証実験および運用体制の検討を通じて検証した。

令和 5 年 12 月に新設されたレベル 3.5 飛行制度では、機上カメラの活用等により、道路等の横断を含む無人地帯での目視外自律飛行が可能となる。この制度を用いることで、道路やその周辺の被災状況を上空から効率的に把握する方法の構築が期待される。一方で、災害時に緊急的にドローンを運用するには、平時からの準備が重要であり、道路を画角に収めることが可能な飛行経路の事前設定、データ取得から解析までの効率的なプロセスを確立が必要となる。

災害時のドローン活用は、迅速な情報収集や物資輸送に有効であるが、事前の運航体制の整備や自治体との調整が課題となっている。令和 6 年能登半島地震では活用事例が報告されているが、事前に設定したルートを自律飛行させる運用は実現していない。本研究では、LTE 通信を活用した長距離飛行や AI 解析による被害情報の共有手法を検証し、災害対応の高度化を目指している。

また、県では、道路・河川・砂防・公園を対象とした小規模維持補修工事を地域建設業者の共同企業体(JV)に包括的に委託する制度に取り組んでおり、この中には震度 6 以上の地震が発生した場合に管轄エリア内の緊急輸送道路をパトロールする業務が含まれている。本研究では、この制度を活用し、緊急輸送道路のパトロールをドローンで効率化する運用体制を検討した。

2) ドローンを活用した災害時道路緊急点検の実証実験

(1) 対象路線の選定

本実証実験の対象路線として、市街地に比べ災害による通行障害の影響を受けやすい山間部の路線を有する飯田建設事務所管内の湖岸道路を選定した。この路線は近年の台風で被災経験があり、令和 5 年 6 月の台風 2 号による豪雨では、阿南町役場から天龍村役場までの主要路線である湖岸道路が被災し、天龍村が孤立する事態が発生した。沿道には県立阿南病院が位置しており、地域において重要な役割を果たす路線である。

(2) 実証実験までの準備

[1] 災害時のドローン活用に関する法的な位置づけ

平常時におけるドローンの目視外自律飛行は、通常、国土交通大臣の許可・承認を申請し、レベル 3 またはレベル 3.5 の許可を受けた上で実施される。

一方、災害時には航空法第 132 条の 92 の適用により、国や地方公共団体等の要請を受けて捜索・救助(調査・点検等を含む)を目的に無人航空機を飛行させる場合、許可・承認が不要となることが想定される。ただし、特例を受けて飛行する場合でも、飛行者には事故防止の責任が求められる。そのため、通信が途絶える地域での飛行リスクを十分に考慮し、事前調査を基にした適切な航路設定と安全管理を徹底することが必要である。

[2] 実証実験に至る事前調査の流れ

当該路線は、経路上の高低差が大きく、対象とする道路の蛇行や橋梁、水力発電ダム、架空の高圧電線等の施設が存在するため、ドローン飛行における注意が必要である。本事業では、ドローンの航路を設定し、約 10km の連続飛行(通し飛行)を実施するにあたり、以下の流れで事前調査を実施した。

- ・ **現地(地上)調査**: 航路設定および今後の調査に必要な現地情報の収集を行った。具体的には、離発着候補箇所の飛行環境(第三者の立入の有無、上空が開けていること等)、飛行経路上の道路横断箇所、LTE 電波状況、分割飛行の離発着候補箇所、通し飛行時の緊急着陸候補箇所を確認した。
- ・ **LTE 電波調査**: 各通信会社が公開している LTE サービスエリアマップを基に、電波が微弱または不感地帯とされる区間について、上空での LTE 通信状況を確認した。
- ・ **分割飛行調査**: 約 10km の飛行区間を分割し、テレメトリーや機体カメラ映像の受信状況を確認した。

[3] レベル 3.5 飛行の申請

レベル 3.5 飛行を実施するにあたり、以下の申請手続きを行い、当該経路における許可を取得した。具体的には、①航空局相談窓口への相談、②「運航概要宣言書」の提出、③「レベル 3.5 飛行用申請様式」の提出を経て許可を取得し、操縦者には一等無人航空機操縦士を選任した。なお、②「運航概要宣言書」の提出から許可承認書の受理までには、書類作成(飛行経路の設定、機上カメラによる確認を目的とした事前調査(LTE 電波調査や分割飛行調査)、保険加入手続き等)を含め、約 2 ヶ月を要した。

(3) 通し飛行における実証内容

[1] 飛行経路

本実証実験では、阿南高校第二グラウンドを離陸地点、天龍村役場駐車場を着陸地点として、湖岸道路に沿い天竜川上空を飛行する経路を設定した。離発着地点は第三者が立ち入らないよう管理措置を講じ、安全確保を徹底した。なお、レベル3.5飛行では補助者の配置は求められていないが、安全性向上を目的として飛行経路上の道路等を横断する3箇所に補助者を配置し、実証実験を実施した。



図 8-1 飛行経路の概要

[2] 使用機体・機材構成

本実証実験では、対象経路が急峻かつ屈曲の多い山間部の路線であることや、将来的に地元事業者が機体の整備・管理を担うことを考慮し、細やかな飛行経路設定が可能で、操作が容易かつ汎用性が高い回転翼 UAV を選定した。急峻な山間部での安全な飛行が可能であり、日常業務の省力化にも適していることから、株式会社 Autonomy 社製の国産ドローン「Surveyor I -N」を使用した。

本実証実験では、レベル 3.5 の要件を満たすために、飛行経路下の状況を監視する FPV カメラ（地上へのライブ配信を実施）と、点検対象の道路を撮影し、着陸後に AI 解析を行うための動画を撮影する点検用カメラ（データは SD カードに蓄積）の 2 種類を搭載した。点検用カメラには広角撮影が可能なアクションカメラを採用し、斜め前方を向くように取り付けることで、確実なデータ収集を可能にした。



図 8-2 使用機体と搭載機材の構成

[3] 撮影動画の AI 解析及び情報共有システムへの送信

点検用カメラで撮影した動画は、着陸後に PC へ転送し、AI 解析を行うこととした。本実証実験では、災害事象が発生していない状況下で実施したため、カラーコーンを災害事象に模し、カラーコーンを検出するための AI を構築した。

また、長野県では災害時の迅速な初動対応を目的として、ArcGIS Online を活用した情報共有システム「長野県インフラデータプラットフォーム (IDP)」を運用している。本実証実験では、IDP のツールの一つである「Survey123」(外部から災害情報を投稿できる Web アプリ)を活用し、AI によって抽出したカラーコーンの画像を位置情報とともに地図上で表示する機能の確認を行った。これにより、AI 解析結果を迅速に可視化し、情報共有する仕組みの有効性を検証した。

(4) 実証実験の結果

以下に本実証実験の主な結果を示す。

- ・ **レベル 3.5 飛行の成功**:機体は離陸地点から予定された経路に沿って自律航行し、着陸地点まで安全に飛行した。離陸から着陸まで一貫して LTE 通信を通じて地上管制局 (GCS) との交信・制御を行い、道路等の横断時には機上カメラの映像を用いて第三者の有無を確認しながら飛行を実施した。
- ・ **道路を収めた動画の取得**:河川上空を飛行しながらも、道路緊急点検を想定した動画を画角内に収めて取得することができた。
- ・ **AI 解析によるカラーコーンの検出**:着陸後に実施した AI 解析では、カラーコーンを検出することができた。ただし、YOLO などの画像解析 AI が 640x640 ピクセル以下に縮小して処理する仕様のため、4K 動画では検出が困難となった。この問題に対処するため、オリジナル解像度を保持した 640x640 ピクセルの切り出し動画を用いることで、カラーコーンの検出が可能となった。
- ・ **IDP への画像データのアップロード**:解析結果から得られた画像データに位置情報を付与し、長野県のインフラデータプラットフォーム (IDP) にアップロードした。これにより、共有データとして地図上に表示・確認することができた。

3) 運用体制の検討

(1) 平常時の維持管理におけるドローンの活用

今回実証で用いたような中型ドローンは、道路での広範囲巡回や異常の早期発見、河川や砂防分野で高い有効性が期待される一方、狭小部や橋梁点検では制約があり、法令遵守や安全確保、無人地帯上空での運用条件が課題となることが分かった。公園や小規模施設では適用が限定されるが、平常時の効率的な運用体制を構築し、災害時に迅速かつ柔軟に対応できる仕組みを整備することで、より効果的な活用が可能になると考えられる。

(2) 広域連携によるドローン活用体制の構築

平常時および災害時におけるドローン活用の体制構築を検討した結果、単一地域や単独 JV (共同事業体) では事業量の確保が難しく、広域的な連携が必要であることが明らかとなった。特に地域建設業は、地域への精通や機動力・現場対応力を活かして、平常時・災害時の双方で重要な役割を果たすことが求められる。また、ドローンの操作やデータ管理に不慣れな現場では、測量会社やコンサルタントとの連携を通じて、運用体制を強化する必要があると考えられる。

具体的な体制案としては、地元建設事業者や測量業者が災害現場での迅速な対応や日常的なドローン運用を担い、コンサルタントがドローン運用やデータ管理を統括する仕組み (下図) が有効である。

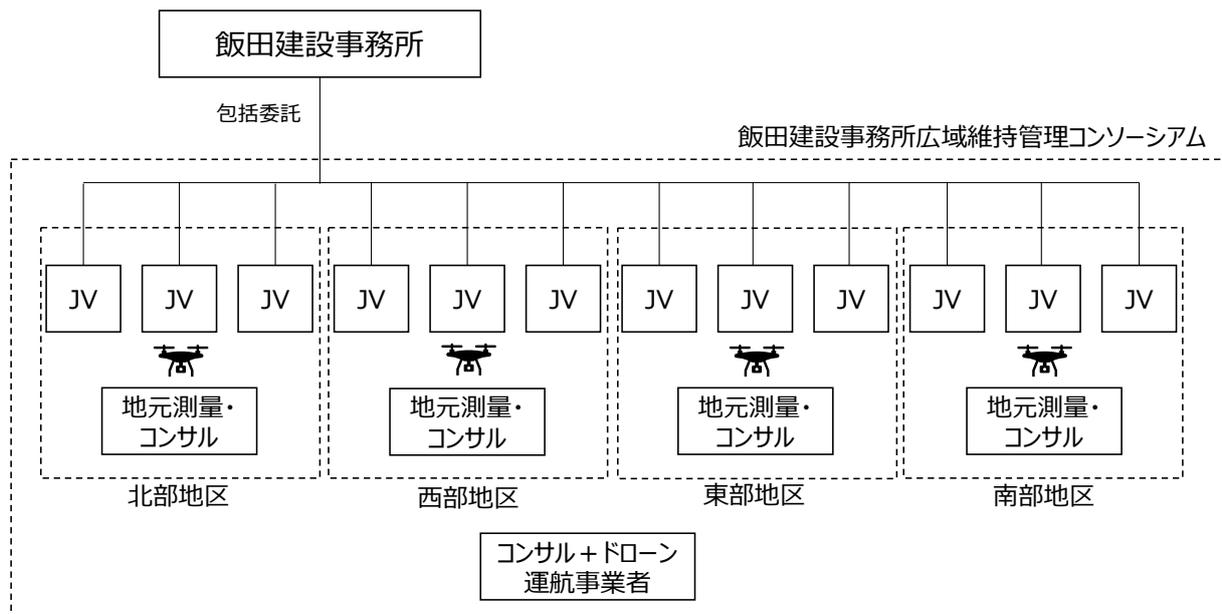


図 8-3 維持管理と災害時の体制図(案)

4) 成果と今後の課題

本事業において、レベル 3.5 の運用により、災害発生時に車両等での到達が困難な場所をドローンと AI 技術を用いて確認する体制を構築可能であることが示された。この結果は、災害対応の迅速化と安全性の向上に寄与し得るものであり、ドローン活用の可能性を示唆する重要な知見である。今後解決すべき課題を技術、運用体制、費用の面から以下に整理する。

■技術的な課題

LTE 不感地帯での飛行や 1 対多での運用の実証、さらにはカメラ性能や通信技術の向上が挙げられる。短期的には、データ取得から解析、IDP へのアップロードまでを自動化するシステムの構築が、運用効率の向上とドローンの有用性を高めるうえで重要である。また、法的制約に対応しながら、市街地や第三者上空での飛行に向けた機体の増加、運用基準の整備、およびレベル 4 飛行の実現に向けた検討が必要となる。

■運用体制の課題

災害対応時や平常時における効果的な運用体制を構築するためには、地域建設業や測量業者の活用を含めた柔軟な体制整備が求められる。これには、地元事業者が現場対応や日常的なドローン運用を担い、コンサルタントがデータ管理や統括を行う役割分担に向けた詳細な検討が必要となる。

■費用面での課題

本システム導入には高額な初期費用が必要であり、特にドローン機体や GCS システム、SIM 利用料が大部分を占める。一方で、既存の地元民間事業者が所有する機体を活用し、解析・データ連携部分のみを構築することで、導入コストを抑えられる可能性がある。

また、単一経路のみでは費用負担が大きいと、広域的に活用することで GCS や AI 解析シス

テムの共同運用によりコスト削減を図られる。さらに、クラウド活用によりシステム構築費を抑え、既存のインフラデータプラットフォーム(IDP)との連携を進めることで、効率的な運用が可能となる。

今回の実証実験で得られた成果を基に、現場実装に向けた訓練や技術的実証を積み重ねることで、効率的かつ実効性のあるドローン運用体制の確立が今後の重要な課題となる。