

令和6年度 ドローンによる既存業務 の省人化・省力化に関する調査

2025年3月24日

目次

第1章	調査概要	2
第2章	電波不感地帯における補助者を配置しない目視外飛行に適した手法の調査	4
2.1	資料収集整理	5
2.2	電波不感地帯における目視外飛行に適して手法の調査	11
2.3	各手法の比較分析	16
第3章	電波不感地帯での飛行についての検証	23
3.1	実証実験の計画	24
3.2	実証実験の検証結果	26
第4章	横展開に向けた資料作成	31
4.1	電波不感地域での補助者を配置しない目視外飛行を実現するための手法	32
4.2	電波不感地帯での補助者を配置しない目視外飛行の効果	38
第5章	総合検討	44
5.1	利用可能な通信システムの社会実装に向けた課題・改善点等	45
5.2	ユースケースにおける社会実装に向けた検討の方向性(案)	46
5.3	長島ダムにおける実証実験の検証(課題と解決の方向性(案))	48

第1章 調査概要

第1章 調査概要

【背景】

◆ドローンは、物流輸送やインフラ施設の点検等の実証が各地で実施され、一部では実際の業務での活用が進んでいる。特に、過疎地の物資輸送、送電線の点検、河川の巡視、ダム・砂防施設の点検といった、山間部等での長距離・広範囲にわたるインフラ施設の点検・巡視については、現地までの移動や現地での作業に多大な労力を要していることから、ドローンを活用することによる省人化・省力化が期待されている。

◆一方、山間部等においては通信インフラ等が十分に整備されていない地域（電波不感地域）が多く、見通し外での飛行における採用例が多いLTE 通信を利用した遠隔操作が行えず、ドローンが活用できない場合がある。

【調査目的】

本調査は、ドローンを用いた既存業務の省人化・省力化に向けて、電波不感地帯（山間部等における通信インフラ等が十分整備されていない地域）における各種業務でのドローン活用を念頭に、補助者を配置しない目視外飛行についての適切なドローンの運用方法を調査することが目的である。

第2章 電波不感地帯における補助者を配置しない目視外飛行に適した手法の調査

【手法の調査方針】

- ①電波不感地域での補助者を配置しない目視外飛行(レベル3飛行、レベル3.5飛行)について、ドローンや電波の特性、技術的動向・開発状況、先行事例における成果、航空法、電波法、その他関係する法令等への適合などを総合的に勘案し、取り得る手法(機体の要件、飛行方法、通信手段、安全を確保するために必要な措置等)を調査する。
- 現状把握のために、既往業務調査及びインターネット調査を行う。
 - 技術的動向・開発状況や先行事例等の情報を収集するために、主な関係事業者に対するヒアリング調査を行う。
- ②ドローンの代表的なユースケースを5件程度選定し、①で調査した各手法について、見込まれる省人化・省力化の効果、コスト等について定量的及び定性的に評価し、安全性、調達性を勘案し、実現可能性についての比較・分析を行う。

2.1 資料収集整理(既往業務)

【既往業務の収集整理の概要】

過疎地の物資輸送、送電線の点検、河川の巡視、ダム・砂防施設の点検といった、山間部等での長距離・広範囲にわたるインフラ施設の点検・巡視に関する既往業務を収集するため、国土交通省入札情報サービス(キーワード検索)を利用した。検索結果等を踏まえ、関連する業務報告書を収集し、詳細内容を確認した。

<検索期間> 過去3ヶ年:2021年4月1日~2024年11月30日

分野	検索キーワード	検案件数	備考
全般	UAV	69件	レベル3飛行:8業務(重複有)、河川:4業務、ダム:4業務、砂防 :49業務、測量他:22業務(重複有)
	無人航空機	17件	レベル3飛行:3業務(重複有)、河川:1業務、砂防:11業務、測量他:5業務
	ドローン	3件	河川:2業務、砂防:1業務、測量他:1業務
	レベル3飛行	0件	
	レベル3.5飛行	0件	
	レベル4飛行	0件	
物流	物資輸送	0件	
電力	送電線点検	0件	
河川	河川巡視	173件(2件)	『河川巡視支援』を除く、UAV活用業務:1件、高度化業務:1件
ダム	ダム施設点検	0件	
	ダム定期検査	7件(0件)	UAV活用業務:0件
砂防	砂防施設点検	14件(12件)	UAV活用業務:12件
	砂防設備点検	15件(4件)	UAV活用業務:4件

【結果概要】

◆検索キーワード「UAV」のうち、レベル3飛行:8件、河川分野:4件、ダム分野:4件、砂防分野:49件となり、特に砂防分野での業務利用が進んでいる。物流や電力分野は、抽出されなかった。

◆主要な関連する業務報告書を収集し、一覧表に整理した。

2.1 資料収集整理(既往業務)

番号	名称	発行	年度	詳細内容 (①ユースケース、②使用機体、③システム構成)
1	令和4年度 紀伊山系河 道閉塞部のUAV点検監視 技術調査業務	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所	R4	◆電波不感地帯(LTE通信圏外)において、公共BB搭載UAVによる映像伝 送を確認 ①砂防施設の点検、②ALTA X(Fleefly)、③公共ブロードバンド移動無線 システム
2	令和4年度 河川・砂防へ のドローン活用及び3次元 情報化検討業務	国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所	R3	◆UAVを活用した河川巡視において、効果的な巡視方法の検討に関する 実証実験を実施 ①河川の巡視、②Phantom4 pro、③不明
3	令和5年度 新庄管内砂 防施設点検検討業務	国土交通省 東北地方整備局 新庄河川事務所	R5	◆電波不感地帯(LTE通信圏外)において、臨時点検時の長距離飛行に関 する実証試験を実施 ①砂防施設の点検、②E6106FLMP(イームズロボティクス株式会社)、③ ドローン中継システム(NICT:コマンドホッパー)
4	R5桜島砂防設備点検計 画検討業務	国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所	R5	◆桜島において、噴火レベル4 以上(緊急時)を想定した臨時点検の試行 による実証試験を実施 ①砂防施設の点検、②Fazer R G2(ヤマハ発動機)、③衛星通信システム
5	山間地域におけるUAV等 による自動巡回・画像取 得技術検討業務	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所	R1	◆電波不感地帯(LTE通信圏外)において、衛星通信システムを活用し、自 律航行型無人ヘリコプターを用いたLP計測を実施 ①砂防施設の点検、②Fazer R G2(ヤマハ発動機)、③衛星通信システム
6	UAVの自律飛行による天 然ダムおよび砂防関係施 設の点検・調査	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所	R2	◆電波不感地帯(LTE通信圏外)において、UAV2機同時飛行による大規模 天然ダムを調査 ①砂防施設の点検、②ACSL-PF2、③ドローン中継システム ◆電波不感地帯(LTE通信圏外)において、公共BB搭載UAVによる映像伝 送を確認 ①砂防施設の点検、②ALTA X(Fleefly)③公共ブロードバンド移動無線シ ステム

※「5」、「6」の業務は類似の関連する既往業務として別途追加

2.1 資料収集整理(インターネット調査)

【インターネット調査の概要】

インターネット調査では、ドローン活用に関する様々な取り組み(官民協議会、技術検討会、情報共有プラットフォーム、電力関連、公募の取り組み等)やドローン活用事例に関する公開情報について収集し、一覧表に整理した。特に、ドローンを活用した先行事例については、事業者(ドローン運航者、機体メーカー、情報通信関係事業者)ごとに、活用分野、実施時期、実施場所、実施内容、機体メーカー、通信方法等について整理した。

番号	分類	項目	公開情報の収集内容 (①ドローン活用に関する様々な取り組み、②ドローン活用事例)
1	全般	小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会HP https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/index.html	①官民協議会の取り組み(小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備を示したロードマップの方針・内容、型無人機に関する当面の取組方針等) ②物資輸送、送電線の点検等
2		行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会HP https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/sosei_safety_tk2_000041.html	①技術検討会の取り組み(ドローン飛行申請時の各種行政手続き事例集、各種ユースケースにおけるドローン性能等) ②砂防施設の点検
3		ドローン情報共有プラットフォーム https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/drone_platform/index.html	①ドローンに関する国の関連施策や自治体の主な取組み ②物資輸送
4	電力	グリッドスカイウェイ有限責任事業組合 https://www.gridskyway.com/	①グリッドスカイウェイの概要、活動内容等 ②送電線の点検
5	ダム 砂防	中部地整ドローン公募 https://www.cbr.mlit.go.jp/construction/pdf/20240130_kisha.pdf	①長島ダムの長時間ドローンに関する公募の取り組み(巡視・点検時の制約条件・要求事項等) ②なし
6	その他	先行事例に関する追加調査	先行事例の一覧表を整理する上で、上記の項目で公開されている先行事例について、インターネット等で追加調査を実施し、先行事例の補足および類似事例を追加

2.1 資料収集整理(インターネット調査)

事業者情報				先行事例												
番号	事業者名	ドローン運航者	機体メーカー 情報通信関係事業者	活用分野						実施時期	実施場所	実施内容 (赤字：キーワード)	機体メーカー (使用機体)	通信方法	出典*	
				番号	物資輸送	送電線点検	河川巡視	ダム点検	砂防施設点検							その他
1	KDDI スマートドローン株式会社	○	○	①	○						2023年12月14日～20日	東京都西多摩郡檜原村	<ul style="list-style-type: none"> ・檜原村内の檜原診療所から同村内檜原サナホーム（特別養護老人ホーム）までの医薬品の輸送 ・往復飛行距離：約4.8km、往復飛行時間：約13分 ・KDDI、KDDI スマートドローン、日本航空等の6社による取組み 	ACSL (PF2-CAT3)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19回協議資料）「レベル4飛行の実現とその後の制度整備状況について.pdf」 https://drone-journal.impress.co.jp/docs/special/1185779.html
				②	○						2023年3月	埼玉県秩父市	<ul style="list-style-type: none"> ・不感地帯をStarlink基地局（Satellite Mobile Link：LTE通信のエリア化）で改善、被災地域へのドローン配送を実現 ・往復飛行距離：5.6km 	ACSL (Air Truck)	Satellite Mobile Link	<ul style="list-style-type: none"> https://23909369.fsl.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/23909369/case-study-001.pdf https://kddi.smartdrone.co.jp/case/010/
2	日本航空株式会社 (JAL)	○	○	③	○						2024年5月15日	埼玉県秩父市	<ul style="list-style-type: none"> ・1名の操縦者が都内より遠隔操縦の上、ドローン3機体を同時運航し、防災用品・食品を配送する実証 ・KDDI スマートドローン開発の運航管理システムに、安全・安心に複数機を遠隔操縦できる体制を構築して実施 ・飛行距離：約2.5km 	PRODRONE (PD6B-Type3)	—	<ul style="list-style-type: none"> https://press.jal.co.jp/ja/release/202406/008159.html
				④	○						2024年2月29日	鹿児島県大島郡瀬戸内町	<ul style="list-style-type: none"> ・奄美瀬戸内町とJALは、共同でドローン運航会社「奄美アイランドドローン(株)」を設立 ・災害発生時には孤立集落への緊急支援物資の輸送、平常時には医療関係品や日用品を定期配送するなど、住民向けサービスを開始 	ヤマハ (FAZER R G2)	衛星通信	<ul style="list-style-type: none"> http://www.town.setouchi.lg.jp/joho/cho/sangyo/amamiislanddrone.html
3	ANAホールディングス株式会社	○	○	⑤	○						2023年11月6日～9日	沖縄県久米島町	<ul style="list-style-type: none"> ・久米島町内Aコープ久米島店から久米島町真謝地区の個人宅までの食料品・日用品の配送 	ACSL (PF2-CAT3)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19回協議資料）
4	株式会社 NEXT DELIVERY	○	○	⑥	○						2023年12月11日	北海道河東郡上士幌町	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル3.5初飛行 ・配送拠点からレストラン間での食品配送(往復約17km、約34分) ・配送拠点から個人宅間での新聞配送(往復約9.8km、約27分) 	ACSL (Air Truck)	LTE通信	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19回協議資料） ・ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン ver4.0
				⑦	○						2024年1月14日	石川県能登町	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・飛行距離：約700m ・探索救助の特例を適用し、航空法の飛行許可・承認なしで実施 	ACSL (Air Truck)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19,20回協議資料）
5	日本郵便株式会社	○	○	⑧	○						2023年12月18日	兵庫県豊岡市出石町	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル3.5飛行による荷物の配送を実施 	ACSL (PF2)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19回協議資料） https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000121_000042802.html
				⑨	○						2024年3月4日～22日	兵庫県豊岡市出石町	<ul style="list-style-type: none"> ・補助者なし目視外飛行（レベル3.5）での配送試行を実施 ・出石郵便局から唐川公民館（飛行距離11km、飛行時間：約19分）または奥矢根コミュニティセンター（飛行距離8km、飛行時間：約16分）まで自動操縦により飛行 	ACSL (JP2)	—	<ul style="list-style-type: none"> https://www.post.japanpost.jp/notification/pressrelease/2024/00_honsha/0304_01_02.pdf
				⑩	○						2023年3月24日	東京都奥多摩町	<ul style="list-style-type: none"> ・奥多摩郵便局から個人宅への荷物の配送 ・総飛行距離：約4.5km、総飛行時間：約9分 	ACSL (PF2-CAT3)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第19回協議資料）
6	グリッドスカイウェイ有限責任事業組合	○	○	⑪	○						2020年12月	埼玉県秩父市	<ul style="list-style-type: none"> ・架空送電線点検を模擬したドローンの目視外飛行に関する実証試験を実施 ・地上150m以上におけるドローン自動飛行を実施 	ACSL (PF1)	—	<ul style="list-style-type: none"> https://www.denkishimbun.com/sp/377596
											2021年12月16日	埼玉県秩父市	<ul style="list-style-type: none"> ・架空送電線点検を模擬したドローンの目視外飛行に関する実証試験を実施 ・東電PG奥秩父線4～8号鉄塔間の約1.7km上を自動飛行 	ACSL (—)	LTE通信	<ul style="list-style-type: none"> ・官民協議会（第20回協議資料） https://www.denkishimbun.com/sp/103327

2.1 資料収集整理(インターネット調査)

事業者情報				先行事例													
番号	事業者名	ドローン運航者	情報通信関係事業者 機体メーカー	活用分野						実施時期	実施場所	実施内容 (赤字：キーワード)	機体メーカー (使用機体)	通信方法	出典		
				番号	物資輸送	送電線点検	河川巡視	ダム点検	砂防施設点検							その他	
6	グリッドスカイウェイ有限責任事業組合	○		⑫	○					2020年10月12日	広島県府中市	<ul style="list-style-type: none"> 小型無人機ドローンが自律飛行で送電設備を巡視、点検する実証実験を府中市内の山間部で実施 鉄塔3基に張られた送電線(約1km)に沿ってドローンを自律飛行させ、飛行の安定性など機体性能を検証 	ルーチェサーチ(不明)	LTE通信	https://www.denkishimbun.com/sp/84932 ・電気新聞より		
7	NICT(国立研究開発法人情報通信研究機構)	○		⑬				○		2023年11月14日	山形県 東田川郡 庄内町	<ul style="list-style-type: none"> 立谷沢川流域の携帯電話が届かない山中の砂防ダム点検を想定したドローン中継マルチホップ通信実験を実施 往復飛行距離：約7.8km、往復飛行時間：約20分 	イームズロボテイクス(E6106FLMP)	マルチホップ中継制御通信技術(コマンドホッパー)	<ul style="list-style-type: none"> NICT提供資料より 「令和5年度 新庄管内砂防施設点検検討業務」 https://www.nict.go.jp/press/2024/01/25-1.html		
				⑭	○						2022年3月1日～4日	静岡県浜松市	<ul style="list-style-type: none"> 送電鉄塔を中継する169MHz帯マルチホップ通信実験を実施 複数のドローン飛行時における運行管理方法を確認 携帯電話通信網(LTE)の電波不感地帯対策を検証 	イームズロボテイクス(E6106FLMP)	マルチホップ中継制御通信技術(コマンドホッパー)	<ul style="list-style-type: none"> NICT提供資料より https://www.nipc.or.jp/kougou/drones/pdf/equipment_using_drones.pdf	
				⑮					○			2022年10月17日～20日	静岡県静岡市(富士川滑空場)	<ul style="list-style-type: none"> 固定翼エンジン機による洋上169MHz帯マルチホップ通信実験を実施 航空自衛隊航空開発実験集団との共同実験 	フジインバック(V6、W2b)	マルチホップ中継制御通信技術(コマンドホッパー)	<ul style="list-style-type: none"> NICT提供資料より
8	株式会社 ACSL	○		⑯	○					2023年3月24日	東京都 奥多摩町	<ul style="list-style-type: none"> 郵便局から実証場所の配送先地区にお住まいの受取人さま宅へ第三者上空(有人地帯)を含む飛行経路での補助者なし目視外飛行(レベル4)を日本で初めて実施 先行事例⑩と同様 	ACSL(PF2-CAT3)	—	https://www.acsl.co.jp/admin/wp-content/uploads/2023/03/230317_press-release_level4-flight.pdf		
				⑰	○						2023年11月6日～9日	沖縄県 久米島町	<ul style="list-style-type: none"> 有人地帯(第三者上空)での補助者なし目視外飛行(レベル4)によるドローン配送サービスの実証実験を実施 先行事例⑤と同様 	ACSL(PF2-CAT3)	—	https://www.acsl.co.jp/admin/wp-content/uploads/2023/11/20231116_press-release_ANAHD-level4_final-1.pdf	
				⑱	○							2023年12月14日～20日	東京都 西多摩郡 檜原村	<ul style="list-style-type: none"> 日本で初めて医薬品をドローンのレベル4飛行で輸送する実証 先行事例①と同様 	ACSL(PF2-CAT3)	—	https://www.acsl.co.jp/admin/wp-content/uploads/2023/12/20231211_press-release_KDDI-level4-flight.pdf
				⑲	○							2024年3月4日～21日	兵庫県 豊岡市 出石町	<ul style="list-style-type: none"> 補助者なし目視外飛行(レベル3.5)での配送試行(実際の荷物を搭載してテスト飛行すること) 先行事例⑨と同様 	ACSL(JP2)	—	https://www.acsl.co.jp/news-release/press-release/3514/
				⑳	○							2024年11月5日～7日	東京都 西多摩郡 檜原村	<ul style="list-style-type: none"> 医薬品をドローンのレベル4飛行(有人地帯における補助者なし目視外飛行)で輸送する実証を実施 	ACSL(PF2-CAT3)	—	https://www.acsl.co.jp/news-release/press-release/3936/

2.1 資料収集整理(インターネット調査)

事業者情報				先行事例												
番号	事業者名	ドローン運航者	機体メーカー 情報通信関係事業者	活用分野						実施時期	実施場所	実施内容 (赤字：キーワード)	機体メーカー (使用機体)	通信方法	出典	
				番号	物資輸送	送電線点検	河川巡視	ダム点検	砂防施設点検							その他
8	株式会社 ACSL		○	⑳						2021年3月22日～23日	奈良県吉野郡十津川村	・電波不感地帯 (LTE 通信圏外) において、UAV2 機同時飛行による大規模天然ダムを調査・点検	ACSL (PF2)	ドローン中継システム	・「UAV の自律飛行による天然ダムおよび砂防関係施設の点検・調査」 https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/2021award/01_chuden.pdf ・行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会 HP	
				㉑							2018年10月12日	愛媛県松山市	・愛媛県原子力防災訓練では、愛媛県庁災害対策本部から約 100km 程度離れた伊方町内の 3 拠点から、7 機のドローン (無人機) を遠隔操作により同時飛行し、国内で初めて中継用通信機を搭載したドローンを用いた現地状況のリアルタイム映像配信を実施	ACSL (PF1)	ドローン中継システム	https://www.nttdata.com/global/ja/news/services_info/2018/103101/
9	ヤマハ発動機株式会社		○	㉒						2020年3月3日	奈良県吉野郡十津川村	・栗平地区を対象に衛星通信システムを活用し、自律航行型無人ヘリコプターを用いた LP 計測を実施	ヤマハ (FAZER R G2)	衛星通信	・「山間地域における UAV 等による自動巡回・画像取得技術検討業務」	
				㉓	○						2022年11月	熊本県阿蘇郡南阿蘇村	・遠隔地の被災状況調査 (送電設備) の検証を九電送配と実施	ヤマハ (FAZER R G2)	衛星通信	https://news.yamaha-motor.co.jp/2023/024191.html
				㉔							2024年1月30日	鹿児島県垂水市	・桜島において、衛星通信システムを活用し、噴火レベル 4 以上 (緊急時) を想定した臨時点検の試行による実証試験を実施	ヤマハ (FAZER R G2)	衛星通信	・「R 5 桜島砂防設備点検計画画検討業務」
				㉕	○						2024年2月29日	鹿児島県大島郡瀬戸内町	・奄美瀬戸内町と JAL は、共同でドローン運航会社「奄美アイランドドローン」を設立 ・災害発生時には孤立集落への緊急支援物資の輸送、平常時には医療関係品や日用品を定期配送するなど、住民向けサービスを開始 ・先行事例④と同様	ヤマハ (FAZER R G2)	衛星通信	http://www.town.setouchi.lg.jp/joho/cho/sangyo/amamiislanddrone.html
10	イームズロボテックス株式会社		○	㉖						2023年11月14日	山形県東田川郡庄内町	・山中の砂防ダム点検を想定した実証試験 ・中継器となるドローンを通じて別の機体を制御し、電波不感地帯での調査を実施 ・先行事例⑩と同様	イームズロボテックス (E6106FLMP)	マルチホップ中継制御通信技術 (コマンドホッパー)	https://www.eams-robo.co.jp/news/1648/	
				㉗	○						2024年2月26日～3月8日	東京都青梅市	・山間地域の生活利便性向上に向けた都内初ドローンレベル 3.5 飛行による宅配便配送プロジェクトを実施 ・飛行距離：約 1.8km、約 2.5km (2 ルート)	イームズロボテックス (LAB6150)	—	https://www.eams-robo.co.jp/news/1638/
				㉘	○						2024年3月27日～28日	福島県南相馬市	・すき家店舗からドローンにて商品を配送する実証実験を実施 ・飛行レベル 3.5 を含む運航	イームズロボテックス (不明)	—	https://www.eams-robo.co.jp/news/1572/
				㉙							2024年10月22日～24日	高知県長岡郡本山町	・飛行目的：インフラ点検・保守 ・概要：堰堤の状態確認の点検	イームズロボテックス (不明)	—	https://www.eams-robo.co.jp/wp/wp-content/uploads/2024/10/%E9%83%A3%E8%8A%8C%E5%91%A8%E7%9F%A5_%E5%A5%A7%99%DD%E9%AD%A4%E3%82%A8%E3%83%A8%E3%82%A2.pdf
				㉚	○						2025年1月13日～14日	福島県いわき市	・配送業務をドローンに置き換えた場合のオペレーションフローを検証する「平時」の配送と、災害時・緊急時における「有事」のドローン配送について実証実験を実施	イームズロボテックス (不明)	—	https://www.eams-robo.co.jp/wp/wp-content/uploads/2024/12/%E9%83%A3%E8%8A%8C%E5%91%A8%E7%9F%A5%E3%82%A2-1.pdf

2.2 電波不感地帯における目視外飛行に適した手法の調査

【手法調査の概要(機体の調査)】

目視外補助者無し飛行の承認実績のある機体に関する最新技術について、インターネットによる机上調査を行い、機体の構造、性能、機能、費用等を整理した。(電波不感地帯での利用実績のある機体事例を記載)
 既往報告書やインターネット調査に加えて、技術的動向・開発状況(機体や通信技術の開発状況等)や先行事例における成果(既往の実証実験等に関する結果)等に関する詳細情報を収集するために、関係事業者に対してヒアリング調査を実施した。

メーカー		(株)ACSL	イームズロボティクス(株)	ヤマハ発動機
商品名		ACSL-PF2	E6106FLMP	Fazer R G2
機体写真				
構造	寸法(W*D*H)	全長1173mm(プロペラ範囲) 高さ654mm(アンテナ含む)	999(L) × 615(H) × 1,140(B)mm	3,665(L) × 734(H) × 1,226(B)mm
	速度(max)	10m/s	10m/s	20m/s
	重量	7.07kg	8.32kg	81kg
性能	最大耐風	10m/s	10m/s	10m/s及び、対気速度20m/s以下
	最大ペイロード	2.75kg	6.2kg	35kg
	飛行時間	35分	20分	100分
	最大操作可能距離(m)	10km (LTE:環境次第で無制限)	—	90km (衛星通信:無制限)
機能	使用周波数	920MHz, 5.7GHz, 2.4GHz	169MHz, 920MHz, 5.4GHz	2.4GHz, 1.2GHz
費用	価格(本体のみ)	約5,000,000円	約4,000,000円	約45,000,000円
その他		ドローン中継システム利用	コマンドホッパー・MPU5利用	LTE通信・衛星通信システム利用

2.2 電波不感地帯における目視外飛行に適した手法の調査

【関係事業者ヒアリング一覧表】

No	関係事業者分類	会社名	ヒアリング選定理由【通信手段等】	実施日
1	事業者	グリッドスカイウェイ有限責任事業組合 (中国電力ネットワーク株式会社)	【グリッドスカイウェイ有限責任事業組合の取り組み】 ・ドローンの目視外飛行を支援する航路プラットフォームの構築・実装に向けた取り組みを行っている。 ・送電線点検(秩父)や送電線巡視(府中市)に関する実証実験を行っている。	2025年2月5日
2	情報通信関係事業者	NICT (国立研究開発法人情報通信研究機構)	【電波中継による通信】 ・マルチホップ中継制御通信技術(コマンドホッパー)に関する技術開発を行い、地上局・中継機・撮影機を用いた電波不感地帯における砂防施設点検の実証実験(主に通信関係)を行った実績を有する。	2024年12月20日
3		株式会社国際電気	【電波中継による通信】 ・公共BB移動無線システムに関する技術開発を行い、地上局・中継機・撮影機を用いた電波不感地帯における砂防施設点検の実証実験(主に映像伝送関係)を行った実績を有する。	2025年2月4日
4		KDDIスマートドローン株式会社	【衛星通信】 ・電波不感地帯において『Satellite Mobile Link』と呼ぶStarlinkを活用したauエリア構築のための技術開発を行い、ドローン等を利用するための通信環境を整備する実証実験を行った実績を有する。	2025年2月5日
5		株式会社ACSL	【電波中継による通信】 ・ドローン中継システムに関する技術開発を行い、地上局・中継機・撮影機を用いた電波不感地帯における砂防施設点検、天然ダム調査の実証実験を行った実績を有する。	2025年2月3日
6	ドローン開発メーカー	ヤマハ発動機株式会社	【衛星通信】 ・大型ドローン(回転翼:エンジンタイプ)に衛星通信システムを搭載し、遠隔操縦による砂防施設点検、天然ダム調査、火山調査の実証実験を行った実績を有する。	2025年2月7日
7		イームズロボティクス株式会社	【電波中継による通信】 ・マルチホップ中継制御通信技術(コマンドホッパー)に関する技術開発を行い、地上局・中継機・撮影機を用いた電波不感地帯における砂防施設点検の実証実験(主にドローン運用関係)を行った実績を有する。	2025年1月16日

2.2 電波不感地帯における目視外飛行に適した手法の調査

【手法調査の概要(飛行方法の調査)】

既往報告書やインターネット調査等を踏まえて、山間部等の電波不感地帯での先行事例に関する具体的な飛行方法について調査を行った。

ユースケース(先行事例)		飛行方法
物資輸送	災害時を想定した山間部での救援物資輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・山間部の電波が届きにくいエリアにおいて『モバイル通信環境を確保』してドローンの運航(レベル3.5飛行)を実施 ・飛行距離:片道 約4.2km、物資:約15kgの食料品や医薬品
	離島間の物資輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・『LTE通信・衛星通信を活用』して、レベル3.5飛行による物資輸送の実証実験を実施 ・飛行距離:約16km～約19km、物資:給食・新聞や医薬品
ダム施設の点検	ダム施設の点検	<ul style="list-style-type: none"> ・山間部の電波が届きにくいエリアにおいて『モバイル通信環境を確保』してドローンの運航(レベル3.5飛行)を実施 ・飛行距離:約2km
砂防施設の点検	砂防施設の点検	<ul style="list-style-type: none"> ・『マルチホップ中継制御通信技術を活用』して砂防施設点検の実証実験を実施 ・地上局、中継用ドローン、点検用ドローンの間で通信を確保して安全にドローンを制御・監視した。飛行距離:片道 約3.9 km、飛行時間:約10分
	砂防施設の点検、天然ダム調査	<ul style="list-style-type: none"> ・『ドローン中継システムを活用』して天然ダム調査の実証実験を実施 ・基地局、中継用および撮影ドローンの間で直線見通しが確保できるような配置計画とした。飛行距離:約2.8km、飛行時間:約17分
	砂防施設の点検、天然ダム調査	<ul style="list-style-type: none"> ・『小型公共BB無線システムを活用』して天然ダム調査の実証実験を実施 ・3次元の地形データ等で見通しや中継用ドローンの位置等を確認して事前検討を行った上で飛行した。飛行距離:約0.7km、飛行時間:約15分
	砂防施設の点検、天然ダム調査	<ul style="list-style-type: none"> ・『LTE通信・衛星通信を活用』して、砂防施設点検、天然ダム調査の実証実験を実施 ・砂防施設点検 飛行距離:22.8km、飛行時間:約65分 ・天然ダム調査 飛行距離:19.6km、飛行時間:約82分

2.2 電波不感地帯における目視外飛行に適した手法の調査

【手法調査の概要(システム構成の調査)】

電波不感地帯ではLTE通信を利用した遠隔操作が行えず、見通し外での飛行が制限される場合がある。この課題を解決する方法として『電波中継通信』と『衛星通信』に関する各種通信システム構成について、既往業務や先行事例等から収集整理を行った。

分類	電波中継による通信			衛星通信	
システム名称	『コマンドホッパー』マルチホップ中継制御通信技術	ドローン中継システム	小型公共BB無線システム	衛星通信システム	『Satellite Mobile Link』Starlinkを活用したauエリア構築ソリューション
会社名	NICT (国立研究開発法人情報通信研究機構)	株式会社 ACSL	株式会社国際電気	ヤマハ発動機株式会社	KDDI スマートドローン株式会社 KDDI 株式会社
システム概念図					
システム構成【機材】【写真】【コスト】	<p>【地上局：地上】【中継機：上空】【撮影機：上空】</p> <p>【ドローン：2機】 撮影機、中継機 イムス'ロボティクス (E6106FLMP)</p> <p>①操縦用無線機 (コマンドホッパー)</p> <p>②中継用無線機 (MPU5)</p> <p>①操縦用無線機 (コマンドホッパー) ・周波数：920MHz帯、169MHz帯 ・送信出力：20mW (920MHz帯)、上空 10mW、地上 1W (169MHz帯) ・大きさ：160×130×85mm (7インチ含まず) ・重量：290g (バッテリー、アンテナ別)</p> <p>②中継用無線機 (MPU5) ・周波数：5.7GHz帯、送信出力：最大 1W ・大きさ：200×67×38mm (7インチ含まず) ・重量：886g (バッテリー380g含む) +172g (7インチ3本)</p> <p>◆機体：約 400万円/台 ◆中継装置：コマンドホッパー(試作品_未定)、MPU5(約 300万円/個)</p>	<p>【地上局：地上】【中継機：上空】【撮影機：上空】</p> <p>【ドローン：2機】 ・撮影機、中継機 ACSL (PF2)</p> <p>①制御情報無線機 ・周波数：920MHz帯</p> <p>②映像情報無線機 ・周波数：5.7GHz帯</p> <p>カメラ (Sony UMC-R10C)</p> <p>映像送受信機 (BODUK HN800D-TR)</p> <p>◆機体：約 500万円/台 ◆中継装置：見積対応</p>	<p>【基地局：地上】【中継機：上空】【移動局：地上】</p> <p>【ドローン：1機】搭載のみ 米国 Freely Systems (ALTA X)</p> <p>①中継機：公共BB無線機 (小型) ・周波数：200MHz帯 (映像伝送他) ・送信出力：1W、重量：7.5kg ・多段中継機能 (Wi-RAN：最大 5台)</p> <p>②可搬型基地局、移動局 ・最大映像距離：最大 30km (直線見通し) ・アンテナ増設による受信アンテナ方式 ・映像エンコーダ/デコーダによる送信像 (変化する情報量) の品質向上</p> <p>◆機体：約 500万円/台 ◆中継装置：約 500万円/台</p>	<p>【基地局：地上】【撮影機：上空】</p> <p>【遠隔操縦】 【離発着：手動操縦】</p> <p>【ドローン：1機】 ヤマハ (Fazer R G2)</p> <p>◆機体：約 4,500万円/台 ◆衛星通信システム：約 1,000万円</p>	<p>【Starlink+4G LTE アンテナ一体型装置】</p> <p>【ダム設置事例】 【システム全体】</p> <p>・周波数：800MHz帯 (制御情報) ・通信距離：最大半径 2km (直線見通し) ・大きさ：基地局 (固定局タイプ 12m、可搬局タイプ 3m) ※ドローンの実証には可搬局タイプを使用</p> <p>◆固定局タイプ：約 30~50万円/月 (契約期間 48ヶ月の場合) ◆可搬局タイプ：約 30~40万円/月 (契約期間 12ヶ月の場合)</p>
活用事例	◆砂防施設点検 (山形県立谷沢川)	◆砂防施設点検、天然ダム調査 (奈良県栗平地区) 【レベル 3許可】	◆砂防施設点検、天然ダム調査 (奈良県栗平地区)	◆砂防施設点検、天然ダム調査 (奈良県栗平地区、鹿児島県桜島)、物資輸送 (奄美)	◆ダム点検、水力発電ダム通信環境構築 (山形県大市市)
評価	地上局、中継機 (高度 120m)、撮影機 (片道約 3.9 km) の全ての移動範囲に対して、直線見通しが確保されると飛行が可能となる。(最大 3ホップ：中継機 2機+撮影機まで対応可能) 日本製ドローンに多く利用されているピクソットドローン (Pixhawk) に対応しており、利用可能なドローンの選択は限定されない。	地上局、中継機 (高度 300m)、撮影機 (往復約 6km) の全ての移動範囲に対して直線見通しが確保されると飛行が可能となる。5.7GHz (映像情報) 通信は、指向性の高いデジタルアンテナを使用しており、撮影機の移動 (急峻地点・湾曲・回転等) により一部通信が不安定になった。	小型公共BB無線機は、映像等の情報を送信するものであり、ドローン制御情報等は伝送していない。公共BB無線機は、災害現場の映像伝送等の通信機器として社会実装 (国交省等：背負子型一対通信) されており、ドローン搭載用の小型化や多段中継機能により、電波不感地帯において広範囲の利用が可能となる。	現在、奄美アイランドドローン(株) (奄美瀬戸内町、JAL) により物資輸送サービスを実装。Starlinkの衛星通信を二重化を図り、衛星通信のコスト低減が図れる通信システムを構築している。また、自律で離着陸できるシステムを構築している。	固定局タイプと可搬局タイプがあり、電波不感地帯において4G LTE通信のエリア化 (設置地点から半径約 2km 範囲) が出来るため、ドローン点検に加えて、携帯電話による音声通話、データ送信の利用、現場作業員への遠隔支援、緊急時の連絡等、複合的な利用が可能となる。
技術動向 技術開発 (ヒアリング結果)	令和7年度末には、販売に向けてメーカー委託予定。コマンドホッパーや MPU5 の通信性能 (通信可能距離) やバッテリー性能に対して、ドローンの飛行性能 (特に、ペイロード影響による飛行時間が短い) が課題 (長時間飛行、ペイロード改善が必要)	制御情報：920MHz帯、映像情報：5.7GHz帯で実証実験を実施した。電波中継装置に関する製品の予定は無い。2.4GHzのみで制御・映像情報を中継する技術開発を進めている。	公共BB無線機のさらなる小型化を目指した開発を進めているが、製品化までには至っていない。防災対応等の緊急時だけでなく平常時にも利用できるように、ヘリコプターやドローン (固定翼：胴体に平面アンテナを取り付け) への搭載について検討している。	山間地域における UAV 等による自動巡回・画像取得技術検討業務 (R 元年度) 他	Satellite Mobile Link は、月額払いのサービスを提供している。Starlinkの衛星通信を Satellite Mobile Link 基地局で受信し、ドローンを制御しているが、今後は衛星通信を直接ドローンが受信・制御できる技術開発を目指している。
備考 (出典)	https://www.nict.go.jp/press/2024/01/25-1.html	UAV の自律飛行による天然ダムおよび砂防関係施設の点検・調査業務 (R2 年度)	紀伊山系河道閉塞部の UAV 点検監視技術調査業務 (R4 年度)	https://biz.kddi.com/topics/2024/news/012/	

2.2 電波不感地帯における目視外飛行に適した手法の調査

【手法調査の概要(安全を確保するために必要な措置等の調査)】

ドローンによる目視外補助者無し飛行を行うための関連法令(航空法、電波法、その他関係する法令等)について、インターネットによる机上調査を行い、その結果を整理した。また、収集した既往業務や先行事例を用いて、具体的な安全を確保するために必要な措置等(立ち入り管理措置:補助者、看板、道路横断手前の一時停止等)について、整理した。

