

平成 30 年度新エネルギー等の保安規制高度化事業

(送電線点検等におけるドローン等技術活用可能性検討事業)

報告書

平成 31 年 3 月

みずほ情報総研

Mizuho Information & Research Institute

環境エネルギー第 2 部

経営・IT コンサルティング部

目次

1. 本事業について	1
1.1 事業の背景と目的	1
1.2 事業の進め方	2
2. 電力流通設備の点検等における課題	4
2.1 課題の整理の方法	4
2.1.1 課題の整理の流れ	4
2.1.2 各段階における整理の方法	5
2.2 点検等に対し事業者等が抱えている課題	6
2.2.1 整理のフレーム	6
2.2.2 整理の結果	6
2.2.3 点検等の課題の根拠	8
2.3 ドローン等技術活用上の課題	9
2.3.1 整理のフレーム	9
2.3.2 整理の結果	9
2.3.3 ドローン等技術活用上の課題の根拠	11
3. ドローン等技術活用の先進事例	12
3.1 ドローン等技術活用の先進事例	12
3.1.1 調査対象	13
3.1.2 調査結果	14
3.2 現状のドローン等技術の性能の例	32
4. ドローン等技術活用の目指すべき将来像	40
5. 技術的論点に対する対応	43
5.1 共通要件の作成方法	43
5.2 共通要件の内容	44
6. 制度的論点に対する対応	45
6.1 制度的論点に対する対応方針	45
6.1.1 対応方針検討のためのヒアリング調査の実施	45
6.1.2 制度に関する論点と対応方針	46
6.1.3 その他の論点と対応方針	49
6.1.4 制度に関する要望	50
6.2 無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項	52
6.3 無人航空機の活用に関する協定	52
7. 今後のドローン等技術活用の展開と提言	53
7.1 導出した対応と今後の展開	53
7.2 今後に向けた提言	53

8. 全体のとりまとめ	55
参考資料	57
参考 1 課題整理表	59
参考 2 現場の課題集約において参考にした根拠資料一覧.....	61
参考 3 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（国土交通省航空局）	71
参考 4 送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件	73
参考 5 無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項....	90

1. 本事業について

本事業の背景と目的、事業の進め方について示す。

1.1 事業の背景と目的

FIT 制度の導入等を受け、近年では我が国においても太陽光発電や風力発電等、再生可能エネルギーの導入が増加してきている。これに伴い、全国津々浦々に分布する当該発電所において発電された電力を送る設備（送電線、鉄塔等。以下「電力流通設備」という。）の重要性がますます高まっているが、その多くは高度経済成長期に設置された設備であり、運転開始後相当期間が経過していることから、設備の経年劣化等が問題となりつつある。

設置者は設備の状態を健全に保ち安定的な送電を行うために、適宜電力流通設備の点検を行い、劣化状況を確認しているが、高齢化・人口減少等に直面している我が国においては、特に送電線等の高所に設置された設備において、点検等を担う人材の不足が叫ばれており、将来にわたる継続的な設備の維持管理における課題となっている。

一方、ドローンのような無人化技術等の開発が進んできており、その積極的活用により、従来と比較して少人数又は無人での点検を行うことができる可能性が示唆されているが、現時点では種々の技術的、制度的課題等、電力流通設備の保全を行う現場における実用化には課題が山積している。

そこで本事業では電力流通設備点検におけるドローン等技術（ドローン技術に加え画像認識技術等を含む。以下同じ。）の活用をより一層推進し、近い将来予想される設備高経年化や人材不足等に対応するため、国内外の知見を基に各社が共通で抱えている課題や制度上の制約を洗い出し、保守点検の高度化・効率化の可能性を検討した。

なお、今後使用する「ドローン」という単語については「電力流通設備点検において活用可能性のあるドローン及び分野にとらわれず既に活用されているドローン」を指すこととする。

1.2 事業の進め方

図 1.2-1「本事業のフロー」に示すとおり、電力流通設備の巡視、点検及び工事における運搬等（以下、「点検等」という。）における課題や、ドローンや画像認識技術等（以下、「ドローン等技術」という。）の活用上の課題を抽出、整理し、ドローン等技術活用の目指すべき将来像やドローンの先進的な活用事例を踏まえたうえで、対応方針を検討の上、実施した。

本事業の実施にあたり、点検等を実施する一般送配電事業者等（以下「事業者等」という。）や、メーカー等から構成する「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」（以下、「研究会」という。）を設置し、課題抽出に当たってのアンケート・ヒアリング調査の結果や目指すべき将来像、対応方針に関する議論等を実施した。

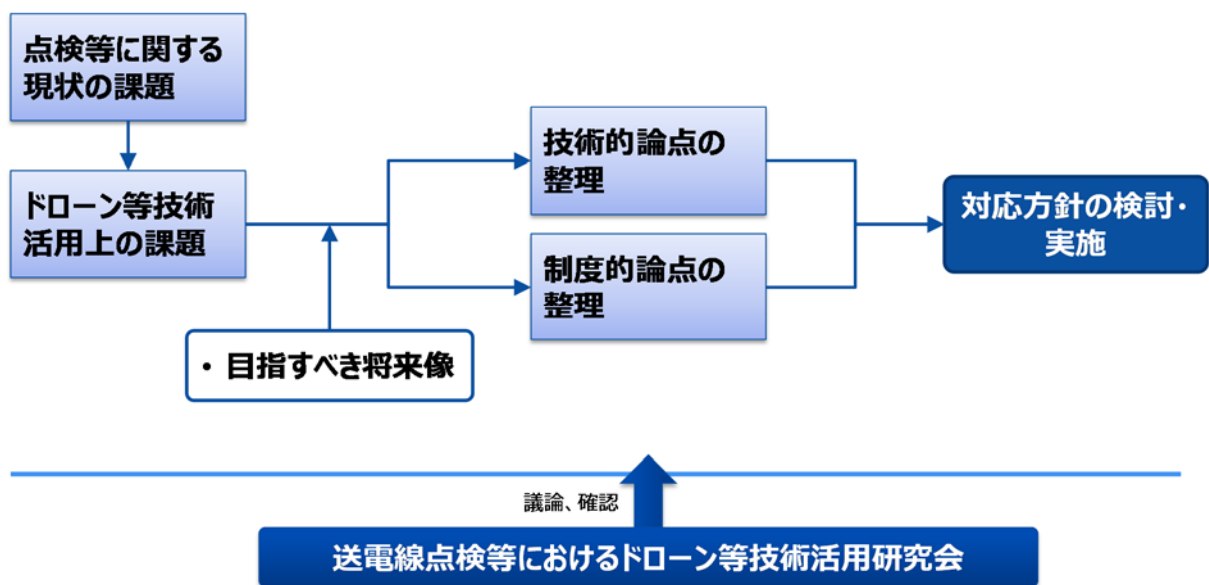


図 1.2-1 本事業のフロー

研究会の構成メンバーと、研究会の議事を表 1.2-1 及び表 1.2-2 に示す。

表 1.2-1 研究会の構成メンバー

参加者	
北海道電力株式会社	一般財団法人電力中央研究所
東北電力株式会社	株式会社関電工
東京電力パワーグリッド株式会社	株式会社 T L C
中部電力株式会社	一般社団法人日本産業用無人航空機工業会
北陸電力株式会社	東日本旅客鉄道株式会社
関西電力株式会社	東京急行電鉄株式会社
中国電力株式会社	公益財団法人鉄道総合技術研究所
四国電力株式会社	
九州電力株式会社	国土交通省 鉄道局
沖縄電力株式会社	経済産業省 製造産業局 産業機械課
電源開発株式会社	
電気事業連合会	
事務局	
経済産業省 商務情報政策局 産業保安グループ 電力安全課	
みずほ情報総研株式会社	

表 1.2-2 研究会の議事

回	議事
第 1 回	研究会概要説明 ドローン活用事例紹介 各フェーズにおける現在の課題に関するディスカッション ディスカッションを踏まえた意見交換
第 2 回	本研究会の議論の範囲 現場の課題の整理と将来像の考え方 ドローン活用の課題とドローン活用事例
第 3 回	ドローン活用の技術的論点と解決策の検討 ドローン活用の制度面に関するディスカッション その他
第 4 回	送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件 ドローン活用における制度的課題に関する対応策の検討 その他
第 5 回	ドローン活用に関する協定、自主的に取り組むべき事項 とりまとめ その他

2. 電力流通設備の点検等における課題

本章では、事業者等が点検等に関し潜在的に抱えている課題及びドローン等技術活用上の課題について整理した結果を示す。

2.1 課題の整理の方法

2.1.1 課題の整理の流れ

事業者等に対するアンケート調査等を踏まえ、課題を整理した。整理に至るフローは以下のとおり。

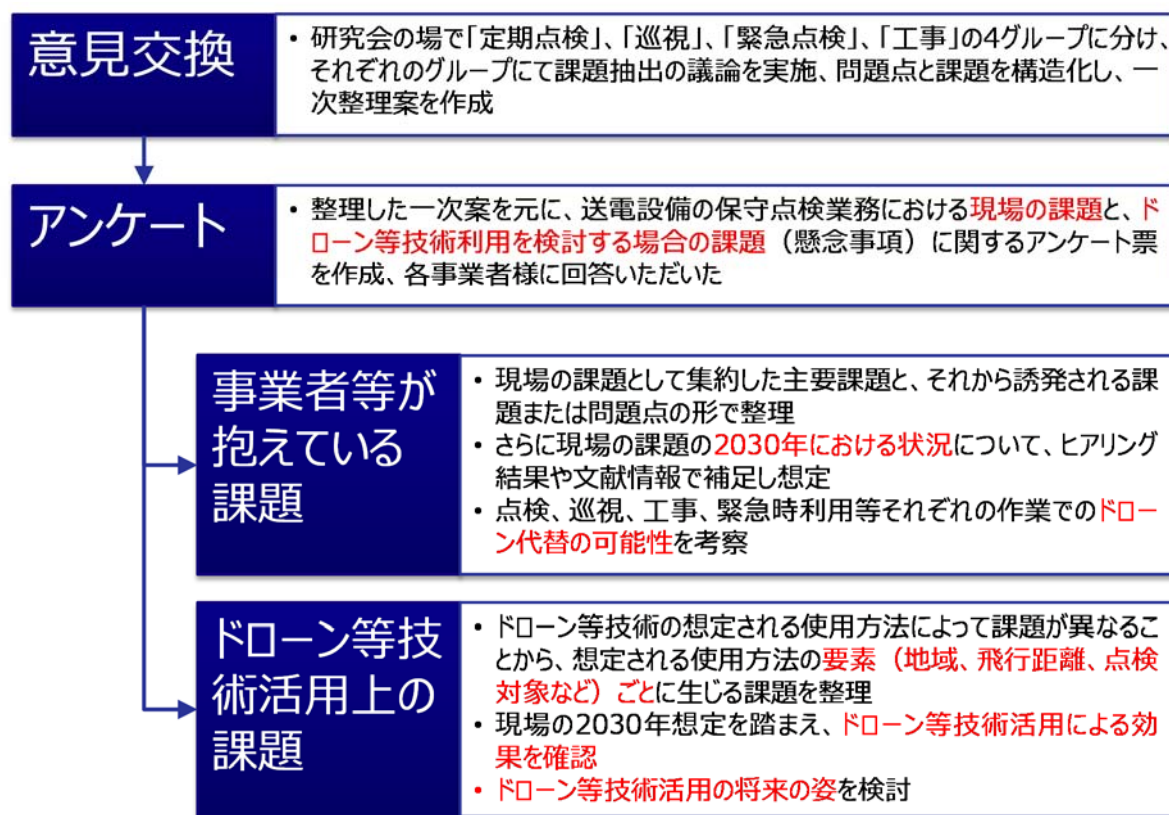


図 2.1-1 課題整理のフロー

2.1.2 各段階における整理の方法

第1回研究会において、点検等の課題に関する意見交換を実施し、多くの問題点、課題を抽出した。これらを整理するため、図 2.1-2 に示すフレームにて構造化し、一次案を作成した。一次案の詳細は「参考1」に示す。

一次案で整理した「問題点」についてはその「深刻度」を、「課題」については「優先度」を把握するため、事業者等に対するアンケート調査を実施した。

さらに、アンケート調査により得られた主要課題を基に、「点検等に対し事業者等が抱えている課題」及び「ドローン等技術活用上の課題」を再整理した。これら一連の整理の流れを図 2.1-2 に示す。

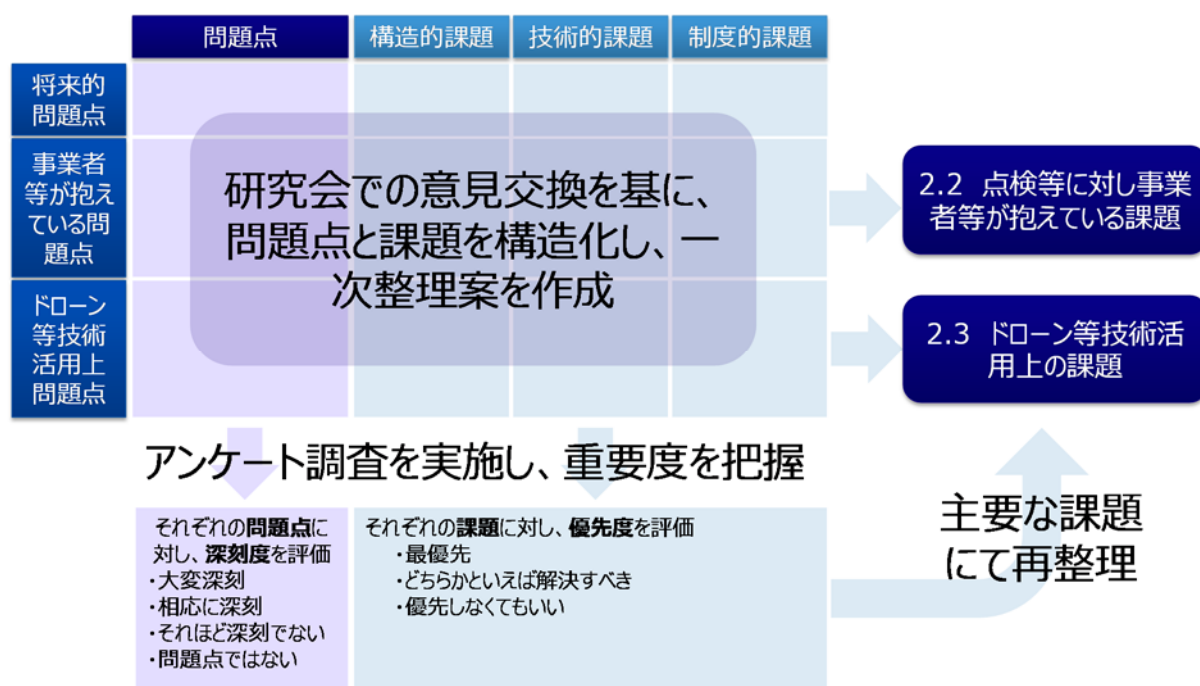


図 2.1-2 課題整理一次案のフレーム

2.2 点検等に対し事業者等が抱えている課題

事業者等における電力流通設備等を対象とした点検等に対し現在抱えている課題について、2.1.2 にて実施したアンケート調査等を基に整理した。

2.2.1 整理のフレーム

事業者等を実施したアンケート調査結果より、点検等における課題の内容を整理し、課題を表 2.2-1 の 7 分類とした。

表 2.2-1 課題の分類

①人材
②稼働の季節変動
③設備・インフラ
④巡視・点検固有
⑤工事における運搬
⑥災害・緊急時
⑦その他

表 2.2-1 の分類に属するそれぞれの課題について、関係する問題点、2030 年における状況、ドローン等技術による課題解決の可能性について整理した。なお、課題の解決の対象とする点検等については、研究会の開催にあたり実施した事前のヒアリング調査により、その内容を表 2.2-2 の 4 分類とした。

表 2.2-2 点検等の分類

・巡視
・点検
・工事における運搬
・緊急時対応

2.2.2 整理の結果

整理した結果を表 2.2-3 に示す。同表において、研究会の参加者への個別ヒアリングや、研究会での議論により、一部を除き「ドローン代替による課題解決の可能性」が高いことが示された。

表 2.2-3 課題の整理

分類	主要課題	主要課題から誘発される課題 または問題点	2030年に向けての状況	ドローン代替による課題解決 の可能性	点 検	巡 視	工 事	緊 急
①人材	若手人材の応募減、離職率大 熟練者の技術継承	将来的な保安体制構築の不安	・2030年における第1種、第2種電気工事士は、2015年度比で約7万人程度減ると推計されている。…同様に架線を点検する電工の減少も予想される。…参考2－出典① ・電気工事業界の3年後離職率は20～40%であり、他業界に比べやや高い水準となっており、電工減少の一因となっている。…参考2－出典① ・現在、電気工事業界の第1種電気工事士有資格者は50代以上が全体の約60%を占め、第2種電気工事士有資格者は50代以上が全体の約50%を占め、すでに高齢化が進んでおり、2030年時点では一層進むこととなる。…参考2－出典①	・ドローン等技術により、目視による確認作業の大半は、ドローンでの代替が可能である。 ・作業員の肉体的な負担を軽減することが可能。	○	○	△	△
	作業員の高齢化	将来的な保安体制構築の不安、昇塔作業の肉体的負担増、険しい道・徒歩移動での肉体的負担増、作業員や工具の落下リスク、感電リスク増						
	作業員の経験値が不足しているケースがある	山道での滑落等リスク、昇塔のリスク、作業員や工具の落下リスク、感電リスク増、損傷箇所発見に時間を要する						
	育成環境が十分に整備されていない	将来的な保安体制構築の不安						
②稼働の 季節変動	電力需要の季節的な偏り（夏場は点検・工事を避ける） 厳冬期、酷暑期での作業を避ける	作業員の不足（特に工事）、ヘリの不足、過密スケジュールの誘発（特に工事）	・電力需要の増減が気候要因の影響を受ける部分が大きく、旧来の方法では、点検、工事の季節間の偏りを根本的に改善することは難しい。…参考2－出典②、③、④	・ドローン等技術により、無停電での点検等や、厳冬期、酷暑期における点検等ができ、点検・工事時期を平準化することが可能。	○	○	△	△
③設備・ インフラ	設備高齢化による点検等の機会の増加	建替の必要性、点検頻度増大	・鉄塔、架空線の高齢化が進んでおり、更新が計画されているものの、老朽した設備には慎重な点検が必要。…参考2－出典⑤、⑥	・ドローン等技術により、点検等の機会の増加に対応することが可能。	○	○	△	△
	送電線に向かう道路の状況が事前に分からない	安全を担保できない	・10年ないしはそれ以上に1回の点検頻度において、点検のための道路整備をより一層進めていくことは難しい。…参考2－出典⑦	・ドローン等技術により、事前に道を確認することで、道に迷う等の時間ロスの低減につなげることが可能。	○	○	○	○
	巡視路や点検用道路の整備が追いつかない	アプローチに時間と労力を要する						
	場所によっては車両やヘリでのアプローチに限界がある							
	高い鉄塔ほど昇塔の肉体的負担が大きい		・鉄塔の更新は緩やかに実施されるため、10年程度で形状（高さなど）が大幅に変わることはない。…参考2－出典⑤、⑥	・ドローン等技術により、昇塔の肉体的負担を軽減することが可能。	○	○	△	△
④巡視・点 検固有	腰道具が重く運搬の負担が大きい	徒歩、険しい道、昇塔での肉体的負担増	・現在の点検項目を継続するという前提では、道具類の大幅な軽減や、徒歩時間の大幅な短縮は期待できない。…参考2－出典⑦	・ドローン等技術により、数十kg（人が運ぶことができる現実的な上限値）までの運搬が可能。	○	○	△	△
	天候に起因する作業環境悪化	昇塔作業の負担増、作業員や工具の落下リスク増						
	点検内容等が多岐にわたる	昇塔点検の肉体的負担が大きい						
	点検の工具が多い	工具の落下リスク増						
⑤工事にお ける運搬	工事でヘリ利用の際資機材が多く、徒歩での運搬に労力がかかる 工事でヘリ利用の際、重量物を運べない		・ヘリ利用の際の作業員のサポート体制や、ヘリコプターの大幅な性能向上は期待できない。…参考2－出典⑦	・ドローン等技術により、数十kg（人が運ぶことができる現実的な上限値）までの運搬が可能。	－	－	△	－
⑥災害・ 緊急時	災害時はヘリ需要が逼迫しヘリ手配が難		・国内におけるヘリコプターの台数は限られており、大規模な災害などの発生時には、将来においても逼迫することは避けられない。…参考2－出典⑧	・ドローン等技術を活用することで改善が見込める。	－	－	－	△
	災害時はヘリ需要が逼迫し離発着場確保難		・緊急時における現場の確認については、社員等が直接確認することが原則であり、将来的にも同様である。…参考2－出典⑦	・ドローン等技術により、現場確認の改善が見込める。	－	－	－	○
	災害等緊急時の現場及び道路状況等がわからない	車両が通行できない場合がある						
	二次災害のリスクから現場に近寄れないことがある		・緊急時の体制確保は、電工の母数の減少からより一層厳しくなることが予想される。…参考2－出典①	・現場に帯同しなくてもドローン等技術を活用して、事務所から確認が可能。	－	－	－	△
	緊急時の人員確保							
	緊急時に熟練者の帯同が必須も、登用できないことがある		・現在の点検項目を継続するという前提では、道具類の大幅な軽減や、徒歩時間の大幅な短縮は期待できない。…参考2－出典⑦	・ドローン等技術により、数十kgまでの運搬が可能。	－	－	－	○
	徒歩での資機材の運搬に労力がかかる							
⑦その他	地権者との接触・了承に時間を要する（点検・工事計画等）	工事計画を立てづらい、緊急時の対応をとづらい	・2030年での改善は見込めない	・ドローン等技術による改善は見込めない。	×	×	×	×
	ヘリコプター経費の高止まり		・2030年での改善は見込めない	・ドローン等技術により、コスト軽減が見込める。	○	○	△	△

構造的課題
技術的課題
制度的課題

ドローン代替可能性 ○…全部あるいは殆ど代替可能
△…一部の代替は可能
×…代替の見込みなし

2.2.3 点検等の課題の根拠

表 2.2-3 に示したとおり、2030 年に向けて多くの課題があることが示された。これらの課題に対し、将来の電気工事士の人材が減少すること、気温及び電力需要に対する点検や工事の季節変動の関係、鉄塔等電力流通設備の高経年化等に関する定量的な根拠について、参考 2 に示す。

2.3 ドローン等技術活用上の課題

事業者等が点検等にドローン等技術を活用する上で感じている課題を、2.1.3 にて実施したアンケート調査を基に整理した。

2.3.1 整理のフレーム

事業者等に対し実施したアンケート調査より、ドローン等技術活用における状況を表 2.3-1 の8分類とした。

表 2.3-1 ドローン等技術活用状況の分類

・全般
・飛行区域
・操作方法
・資機材運搬
・天候等
・対象
・飛行距離
・映像の利用方法

それぞれの課題については、技術的、制度的論点に分類し整理した。

表 2.3-2 ドローン等技術活用における技術的論点と制度的論点の分類

技術的論点	制度的論点
・機体本体 ・距離・時間 ・パイロット ・カメラ性能 ・解析技術（AI） ・データ通信 ・機体制御用電波 ・磁界 ・落下リスク（通行人への影響） ・その他	・目視規制 ・150m 規制 ・飛行許可 ・プライバシー ・騒音 ・その他

2.3.2 整理の結果

ドローン等技術の活用においては、ユーザーである事業者等の視点から、多くの技術的な課題と制度的な課題があることが示された。整理した結果を表 2.3-3 に示す。

表 2.3-3 ドローン活用上の課題の整理

ドローンの利用 方法の区分		ドローンの利用の区 分ごとに指定される 仕様		技術的論点						制度的論点											
				機体本体	距離・時間	ペイロード	カメラ性能	解析技術 (AI)	データ通信	機体制御用電波	磁界	落下リスク (通行人への影響)	その他	目視規制	150m規制	飛行許可	ブライデー	懸置	その他		
全般	全般的課題	コストパフォーマンスが不明	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	手続に時間がかかる	-	-	運送体制の整備が必要、 事故時の責任分担が不明瞭、 機体に関する標準規格や安全基準がない 夜間には飛ばすとは難しい				
	飛行区域	山間部で実施	小型化・軽量化が必要 (往復での輸送を想定)	-	-	-	-	通話物対象が必要 (衛星通信または中継機) (飛行範囲が広がる場合)	-	現状で対応可 (周辺設置小)	-	森林が通話物となる場合、申請が必要	-	谷間を飛行する場合、申請が必要	-	現状で対応可	現状で対応可				
		一般地で実施	小型化が必要 (一般車両の輸送を想定)	-	-	-	-	-	原則不要	-	比較的現状で対応可	-	原則不要	-	原則不要	-	整備が必要	整備が必要			
操作方法	作付地で実施	小型化が必要 (一般車両の輸送を想定)	-	-	-	-	-	通話物対象が必要 (衛星通信または中継機)	-	落下リスクの技術的保証が必要	-	ビルが通話物となる場合、申請が必要	-	原則不要	-	申請に追加安全対策 (ネットへの設置、飛行経路の通行止め、人を避けて飛行する機能)が必要。	-	申請に追加安全対策 (ネットへの設置、飛行経路の通行止め、人を避けて飛行する機能)が必要。			
		遠隔（目視範囲外）で手動操作	-	-	-	-	-	通話物対象が必要 (衛星通信または中継機)	-	コン/ビエアーに課題	-	長時間の操縦が困難	-	-	-	-	-	-			
		自動飛行	-	-	-	-	-	-	自動化のため必要	-	コン/ビエアーに課題	-	ルートの指定、周辺物へのセンサーが必要	-	-	-	-	-			
装備材選置	農工農を運搬	-	-	2kg程度必要	-	-	-	-	-	個人の風量で風速、風量な拘束が必要	-	-	-	-	-	-	-	積、多様な事業主の対応による可能性 輸送経路の空欄の対応による可能性			
		資材を運搬	-	-	100kg程度必要	-	-	-	-	-	個人の風量で風速、風量な拘束が必要	-	-	-	-	-	-	積、多様な事業主の対応による可能性 輸送経路の空欄の対応による可能性			
		作業機器を運搬	-	-	500kg程度必要	-	-	-	-	-	個人の風量で風速、風量な拘束が必要	-	-	-	-	-	-	積、多様な事業主の対応による可能性 輸送経路の空欄の対応による可能性			
天候等	強風時でも作業	-	-	-	-	-	-	-	-	自動制御機能が必要	-	操縦スキルが必要	-	-	-	-	-	無関係者所立地の対応による可能性			
		雨天時でも作業	-	-	-	-	-	-	-	-	防水機能が必要	-	-	-	-	-	-	-			
		冬季でも作業	-	-	-	-	-	-	-	-	凍結防止機能が必要	-	-	-	-	-	-	-			
対象	鉄道・かん	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		送電線	-	-	-	-	-	-	-	-	コン/ビエアーに課題	-	-	-	-	-	-	-	-		
		送電線	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
飛行距離	周囲数m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		周囲2km程度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		周囲10km程度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
映像の利用方法	周囲100km程度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		録画したVTRを持ち帰る人的なチェック	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		録画したVTRを持ち帰るAIで解析	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VTRをリアルタイムで人的なチェック	VTRをリアルタイムで人的なチェック	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VTRをリアルタイムでAIで解析	VTRをリアルタイムでAIで解析	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.3 ドローン等技術活用上の課題の根拠

(1) 出典①：現状のドローン等技術の性能の例

現時点で普及が進んでいるドローン等技術は 10kg 程度よりも軽い小型のタイプが主流であり、点検等に必要なニーズをすべて満たしているものは無い。特に航続距離とペイロード、通信を阻害する遮蔽物対策等が致命的であり、いずれの技術的課題についてもニーズを凌駕するドローン等技術が存在しない。逆に、コンパクトであることや、カメラ性能については点検等の実施に遜色ないレベルにある。これらの根拠資料として、現行のドローン等技術を「3.2 現状のドローン等技術の性能の例」に示す。

(2) 出典②：国土交通省航空局「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」

ドローン等技術を活用した点検等を実施するにあたり、目視規制、150m 規制、その他飛行許可申請などが、障害になり得ることが示された。現在のドローン等技術を飛行させる場合のルールについて、参考 3 に示す。

3. ドローン等技術活用 of 先進事例

本章では、電力流通設備等に対する点検等のためのドローン等技術活用の参考情報として、関連する他分野を含むドローン等技術活用の先進事例と現状のドローン等技術に関わる汎用的な機能等について調査を実施した結果を示す。

3.1 ドローン等技術活用の先進事例

ドローン等技術は、電力流通設備等に対する点検等への活用のほか、鉄道、道路・橋梁、石油・ガス等のインフラ、災害時等、様々な分野で活用できる技術として注目が集まっている。また、ドローン等技術は、点検、運搬、測量等に用途が大別され、電力、鉄道等の各分野の状況に合わせた活用が進められている（図 3.1-1）。また、分野横断的な課題に対して、様々な対応が行われている。そのため、他分野での活用状況や活用上の留意点を踏まえ、送電線点検等へのドローン等技術活用を検討することが求められる。

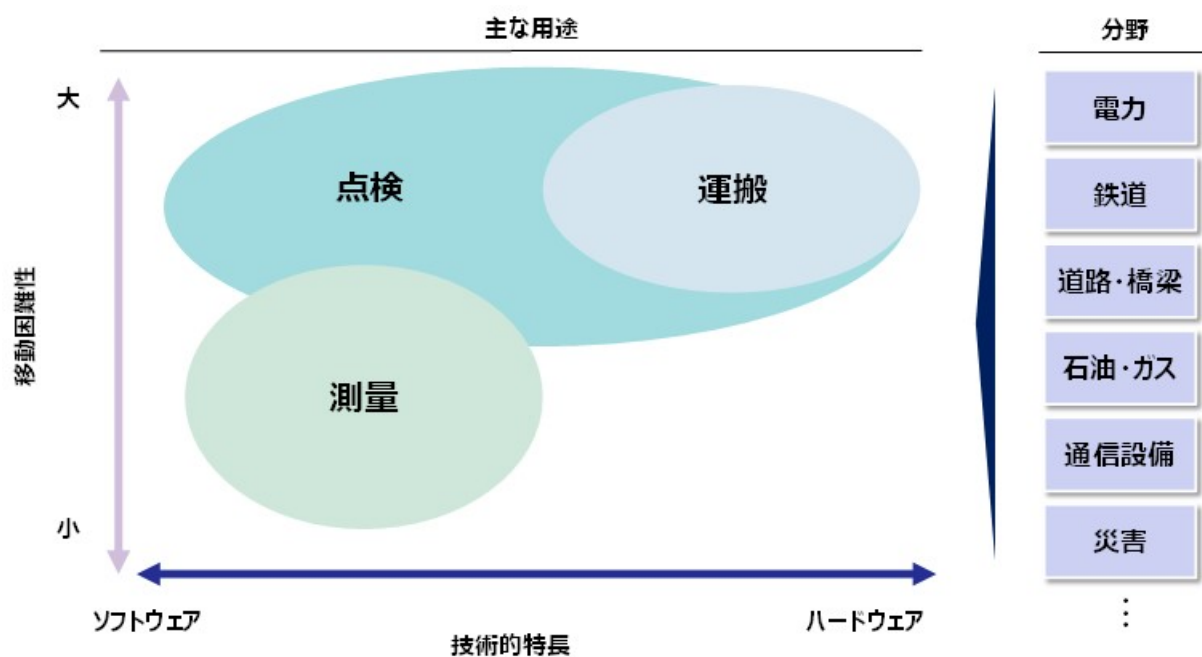


図 3.1-1 ドローンの主な用途と特徴

他分野で先進的に活用されている事例を調査した結果について、以下に示す。

3.1.1 調査対象

調査対象の設定に当たっては、現状の電力流通設備等の巡視・点検等における課題や、ドローン等技術活用における分野横断的な課題を考慮し、それぞれの課題への対応に資する事例を抽出した。表 3.1-1 に調査対象事例と対応する課題を、「3.1.2 調査結果」に事例毎の概要を示す。

表 3.1-1 調査対象

No.	ドローン等技術活用における 分野横断的な課題							事例名	実施主体
	自動飛行	飛行時間	飛行区域	飛行距離	ペイロード	天候	写真等の活用		
1	○					○		下水道点検におけるドローン活用	NJS 等
2			○					電力・ガス配給網の点検	SDGE
3		○		○				鉄道用トンネル・レール等の点検	BNSF 鉄道
4	○			○				携帯電話基地局の点検	AT&T
5	○			○				空調用エネルギーを供給する洞道の点検	三菱地所等
6							○	建物の外壁の赤外線センサによる検査	静岡県等
7		○		○				有線型ドローンを活用した橋梁の点検	NEXCO 中日本等
8			○					非 GPS 環境下対応ドローンを活用した橋梁の点検	ミネソタ州
9	○							自動航行による水道設備の点検	Melbourne Water
10	○		○					送電線の巡視点検	中国・電力各社
11		○	○					有線型ドローンを活用した災害時の現場状況把握・作業支援	ニューヨーク市消防局
12			○					災害時の現場調査等へのドローン活用	損保ジャパン日本興亜等
13		○	○					無人航空機の運行管理	NEDO 等
14							○	土量の測量	大成建設等
15					○			山岳地帯への荷物運搬	DHL
16					○	○		台風等の災害時の状況把握	アミューズワンセルフ等
17							○	コンクリートのひび割れ点検	首都高技術等
18				○				セルラードローンを活用した点検	東武鉄道等

3.1.2 調査結果

(1) 下水道点検におけるドローン活用（NJS 等）¹

分野	下水道点検	利用用途	点検
取組主体	株式会社 NJS、株式会社自律制御システム研究所		
事例のポイント	➤ 屋内での飛行困難性等からドローンメーカー（自律制御システム研究所）と共同で独自のドローン開発を実施。 ➤ ドローンで取得したデータを管理・分析するソフトウェアを含めた利用拡大に向けた検討を実施。		
取組概要	上下水道のコンサルティング等を手がける NJS は、下水道設備の管理・点検に多大なコストや時間が必要な点や、一度調査したら終わってしまうことから財政力が続かない、改築更新が進まない、人身事故などのリスク等の課題を抱えていた。下水道管路内の調査は、目視による点検のほか、管口カメラ等による映像での目視等が基本であったが、コストを安くしたいほか、1 調査当たりの進捗量を増加させたいという思いからドローン活用の検討を開始。既存のドローンでは、閉鎖空間での飛行困難であったことから、自律制御システム研究所と独自ドローンの共同開発に着手。ドローンのほか、ドローンで取得したデータ等を活用したツール等の提供も行っている。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） 自律制御システム研究所と共同で独自のドローンを開発 →「AirSlider powered by ACSL」 飛行時間：3～5 分 サイズ・重量：250mm×550mm/1.6kg カメラ能力：4K 30/25fp。		
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） 地上より飛行・潜行して、所定位置まで撮影を行った後、浮上して充電する運用を予定。		
導入による効果・期待	遠隔操作又は自律制御にて、管路内部の破損等の劣化状況や、不具合箇所を早期に把握できることになれば、従来の管路内部に人が侵入する方法と比較して、調査の高速化とともに、安全性も飛躍的に向上することが期待されており、結果として、予防保全の実現、インフラ資産の資産価値向上に大きく寄与する。		
現状の課題	<閉鎖空間・長距離の飛行> ✓ 航行速度と撮影頻度、データ書き込み速度との調整 ✓ 異常箇所位置の特定		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<下水道管内の様々な環境への対応> ✓ 急な降雨時への対応（合流管・雨水管） ✓ 管内障害物（滞留物・木の根・侵入水等）への対応 ✓ 取り付け管から突発的な流入水への対応		

¹ 株式会社 NJS ニュースリリース <https://ssl4.eir-parts.net/doc/2325/tdnet/1592951/00.pdf>

(2) 電力・ガス配給網の点検 (SDGE) ²

分野	電力・ガス配給網	利用用途	点検
取組主体	サンディエゴ・ガス・アンド・エレクトリック (米国・カリフォルニア州)		
事例のポイント	➤ 電力の配給網へのドローン活用を試行し、業務ごとにコスト面での効果分析を実施 ➤ 将来的な運用を念頭に入れた検討を実施		
取組概要	米国 カリフォルニア州 サンディエゴ等に電気やガスを供給している中堅のエネルギー事業者サンディエゴ・ガス・アンド・エレクトリックは、電力配線網 36,000km、ガスの配給網 270km を保有しており、その効率的な管理・運用が求められていた。そこで、2014 年より社内プロジェクトとしてドローン活用可能性検証に着手している。サンディエゴ・ガス・アンド・エレクトリックは、2014 年に FAA から Section333 飛行免許を取得（現在は、小型ドローンの産業利用に関わる Part107 に移行）し、点検業務に焦点を絞って、ドローンの導入効果を図る取組を行っている。		
利用しているドローン	(汎用機／個別カスタマイズ) DJI 社の Phantom 又は Inspire 等を利用		
運用方法・体制	(屋外／屋内) (見通し内／見通し外) 操縦担当のオペレータと、カメラを操作するカメラマン、補助要員の 3 名以上でドローンによる点検を行う。2016 年 8 月からは、監視者の義務付けがはずされたため、オペレータとカメラマンの最低 2 名での運用も可能になっているが、安全面を考慮し、3 名体制で運用することを推奨している。		
導入による効果・期待	「停電の原因箇所の特定」、「ガスや電力配給網の定期点検」、「ヘリコプターや地上要員がアクセスしにくい遠隔地・難所にある設備点検」、「山火事の状況を的確に把握する情報収集」、「大型重機やヘリコプターの使用を減らし、環境保全と騒音の軽減、コストカット」等を狙う。 過疎地や、山岳地帯等の通常ヘリコプターを利用している地域の場合はコスト削減効果が大きい、車でアクセス可能な住宅地等では、現状はドローン点検によるコスト削減効果はないという検証結果になっている。		
現状の課題	<作業時間が延びてしまう> ドローンの航続時間の関係から、通常のヘリコプターによる業務に比べ 5 倍の時間がかかる。その一方で、コスト削減効果は大きく約 5 分の 1～6 分の 1 程度になっている。		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<社内外での運用体制の確立> ✓ 既存のアセット・マネジメント・システムを利用して、ドローン点検に適する地域や作業項目の洗い出しを行う。 ✓ 社内でのドローン運用スタッフの教育・育成 ✓ 社内ドローン運用マニュアルの作成 ✓ ドローン点検用システム環境の整備 ✓ 全社レベルでの導入スケジュールと予算確保		

² 株式会社内外出版社「ドローンビジネスレポート-U.S. DRONE BUSINESS REPORT」

(3) 鉄道用トンネル・レール等の点検（BNSF 鉄道）³

分野	鉄道用のトンネル・橋梁等	利用用途	点検
取組主体	BNSF 鉄道（米国・テキサス州 フォートワース）		
事例のポイント	▶ トンネル・橋梁の検査及びレール検査等幅広い業務にドローン活用を検討 ▶ 視野外飛行を含む自動操縦による検査業務の効率化の検証を実施		
取組概要	米国 28 州・カナダに広がる鉄道の運営を行う BNSF 鉄道は、合計 5 万 2,300km に及ぶ線路等を保有している鉄道会社。BNSF 社は、2013 年 11 月にパイロットプログラムを開始し、2015 年 5 月には視野外飛行に関する共同研究プログラム契約を行っている。ドローンについては、大きく 2 つの活用を行っている。一つは、①トンネルや橋梁等の点検への活用である。もう一つは、②レール検査のためのドローン活用である。①については、保有する 13,000 ヶ所の橋梁と、約 90 ヶ所のトンネルを目視点検していたものをドローンで代替するもの。②は、年間 1,610 万 km に及ぶ検査をドローンで代替するものである。現在も、FAA との視野外飛行に関わる共同研究は継続している。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） <①トンネルや橋梁等の点検用> ドイツ AirRobots 製・AR200 最大飛行時間：45 分 最大積載重量：7kg バッテリー：リチウムイオン 746Wh 等 <②レール検査のためのドローン> 米国 Insitu 社・スキャンイーグル 大きさ：1.6m×3.1m・固定翼 最大飛行時間：24 時間程度 動力源：ガソリンエンジン		
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） レール検査については、24 時間航行可能なガソリン駆動のドローンを利用し、1 回の飛行で約 100km を自動操縦で飛行する検査を実行。 視野外の監視については、ドローン自体が大型であることから、GPS だけでなく、高性能レーダーを利用して監視が可能。		
導入による効果・期待	トンネルや橋梁等の点検の目視検査の効率化 レール検査に利用している超音波診断機、無線レーダー等の多様な手段を用いたレール検査の効率化		
現状の課題	<自動操縦を行うための管制システムの構築> 機体は基本的に自動操縦で飛行させることを想定するため、飛行位置や経路変更等の命令を出すためのドローン管制システムの構築が求められている。		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<コスト削減のための電動の eVTOL 機の利用> ✓ ガソリンエンジンによるドローンだけでなく、電動駆動かつ垂直離着陸可能、固定翼の機体を利用した試験等を行い、様々な検査業務等に活用することでコスト効果を測定。		

³ 株式会社内外出版社「ドローンビジネスレポート-U.S. DRONE BUSINESS REPORT」

(4) 携帯電話基地局の点検 (AT&T) ⁴

分野	携帯電話の基地局	利用用途	点検
取組主体	AT&T (米国・テキサス州・ダラス)		
事例の ポイント	➤ 基地局への点検にドローンを活用 ➤ 500ft (150m) 以上上空まで航行したうえでの点検作業の実施		
取組概要	米国の大手通信会社である AT&T は、米国に 65,000 箇所保有する携帯電話の基地局の点検にドローンを活用する取組を実施している。基地局は、これまで 15,000 人のエンジニアによって修理や更新等のメンテナンス体制が整備されてきた。基地局の点検には、500ft 以上の高度での飛行が求められるが、FAA の認証を取得することにより、まずはトライアルとして 500ft (150m) 以上上空での試験を行っている。		
利用 している ドローン	(汎用機) / 個別カスタマイズ) DJI 社 Inspire 等を利用		
運用方法・ 体制	(屋外) / 屋内) (見通し内) / 見通し外) 現状のトライアル段階では、見通し内の範囲内で 500ft (150m) 以上上空まで飛行して点検等を行っている。 ドローンから取得した映像は、地上のエンジニアにフィードバックすることにより点検とする。		
導入による 効果・期待	点検作業の効率化 (通常 1 日かかっていた業務が数時間程度になることを期待)		
現状の課題	(公知の情報から不明)		
今後の取組 予定・将来ビ ジョン等	・測量や、LiDAR 等を用いた 3D マッピングへの応用 ・基地局周辺にドローンポートを用意し、充電と離発着を自動航行で実現 ・ドローンから取得した映像の分析への AI の活用 等		

⁴ AT&T ホームページ http://about.att.com/innovationblog/drones_automation

(5) 空調用エネルギーを供給する洞道の点検（三菱地所等）⁵

分野	熱供給用洞道	利用用途	点検
取組主体	三菱地所株式会社、丸の内熱供給株式会社、ブルーイノベーション株式会社、株式会社 Liberaware（リベラウェア）		
事例のポイント	➤ 東京都・丸の内のオフィスビルの空調用エネルギーを供給する熱プラント間を結ぶ洞道にてドローンを活用。 ➤ 狭小の地下空間での巡視点検のため、小型かつ非 GPS 環境下で飛行可能なドローンをメーカーより調達。		
取組概要	洞道内は、空調が整備されておらず熱供給の配管も通っていることから、場所によっては 40℃程度になる場合もあり、さらに洞道内は 60cm の幅しかなく、人が通るには狭いという特徴を有する。その中で、漏洩、腐食、破損、漏水、変形等の有無について確認する必要がある、作業員に負担が強いられている。そこで三菱地所社等では、現場作業員の作業効率化、労働環境改善等を目的に、Liberaware 社が開発した小型ドローンを活用し巡視点検の実証実験を開始。現在取組を推進しており、今後は実証実験を通じてドローンを本格的に活用する際の課題の抽出を目指している。		
利用しているドローン	(汎用機)／個別カスタマイズ) Liberaware 社製小型ドローン サイズ：150mm×200mm×40mm 重量：150g 回転翼：4 個 特徴：障害物等を検知しながら、非 GPS 環境下での自律航行が可能		
運用方法・体制	(屋外)／(屋内) (見通し内)／見通し外) 地下洞道での活用。オペレータによる電源起動により、自動航行。CAD データによる 3D マップによって航行コースを設定し、機体の 360° レーダーと前方と下方のカメラで機体を制御するなど、ドローンの動きはプログラムされている。実証実験では、1m 程度上昇し、洞道（直径 2.6m）25m を点検。飛行時間は 2-3 分程度。		
導入による効果・期待	高温、狭小という洞道における人手作業の負担軽減、作業の効率化、労働環境の改善		
現状の課題	<長距離の飛行・点検の精度向上> ✓ 飛行時間 ✓ カメラの解像度 等		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<ドローン機体・本格運用への対応> ✓ ドローンのスペックの改善 ✓ 実証実験を通して、ドローンを本格運用する際の課題を抽出		

⁵ 三菱地所株式会社 ニュースリリース http://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec180206_droneexperiment.pdf

(6) 建物の外壁の赤外線センサによる検査（静岡県等）⁶

分野	建築物外壁	利用用途	点検
取組主体	静岡県、株式会社 ERI ソリューション		
事例の ポイント	➤ 国内の自治体としては初めてドローンを活用した建築物の外壁調査を実施。 ➤ 人手作業と比べ、ドローンを活用することで、調査期間の短縮、コストの削減、作業員の安全確保を実現。		
取組概要	2017 年 6 月、静岡県が自治体としては初めて、ドローンを活用した外壁調査を実施。調査対象の藤枝総合庁舎本館は直近の外壁改修工事から 10 年を超えており、定期点検にドローンを採用。調査は同県と随意契約を結んだ ERI ソリューション社が担当。一般的に壁面の全面的な調査を実施する場合には、高所作業車やゴンドラの仮設を使用した打診調査により実施するが、今回の調査では 5 日間程度必要になると見積もられていた。この調査にドローンを活用することで、1 日で検査が可能となった。これにより、調査期間の短縮とコスト削減を同時に実現した。		
利用 している ドローン	(汎用機) / (個別カスタマイズ) DJI 社「Phantom 4」にフリアーシステムズ社製の赤外線カメラを後付け サイズ：600mm（幅）×250mm（高さ） 対角寸法：350mm（プロペラ含まず） 重量：1380g（バッテリー、プロペラ含む） 最大飛行時間：28 分		
運用方法・ 体制	(屋外) / (屋内) (見通し内) / (見通し外) 藤枝総合調査本館の外壁検査での活用。DJI 社の Phantom 4 に標準搭載されている 4K カメラの下に赤外線カメラを後付け。各カメラで 2-3 秒ごとに静止画を撮影し、4K カメラではひび割れや劣化の状況、赤外線カメラでは外壁面の表面温度を測定し、仕上材の浮きや剥離部分を推定。操縦は、壁面から数 m 離れた地上から行い、外壁一面当たり 10-15 分で検査可能。		
導入による 効果・期待	調査期間の短縮、コスト削減、作業員の安全確保		
現状の課題	(公知の情報から不明)		
今後の取組 予定・将来ビ ジョン等	<有用性・応用性の検証> ✓ 取得した画像データを解析し劣化状況を把握 ✓ 調査の有効性を検証 ✓ 他の建築物の調査への応用を検証		

⁶ ERI ホールディングス株式会社 ニュースリリース

<http://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS70618/aa11d4cd/d1aa/426a/aa82/360027848cb7/140120170605497162.pdf>

(7) 橋梁の点検（NEXCO 中日本）⁷

分野	社会インフラ（橋梁）	利用用途	点検
取組主体	中日本高速道路株式会社（NEXCO 中日本）		
事例の ポイント	➤ 橋梁等、社会インフラの点検用途に応じて、無線型、有線型のドローンを開発、実証中。 ➤ 今後は社会インフラ点検へのドローンの本格的活用、打音検査等への応用を目指している。		
取組概要	人手による目視点検での危険性及び目視点検が不可能な橋梁下面での点検方法として、①無線型、②有線型のドローンを導入した点検方法について検証している。 ①無線型は可動範囲の自由が高い領域での点検に対応しており、例えば検査路が無い点検困難な場所や、橋梁の桁間・対傾構等の人が入りづらい箇所、作業車でも届かない高所、目視できない遠方、災害時の斜面の法面崩落の現場での点検等を目的に開発している。②有線型は通信環境が悪い場所での点検に対応しており、人が登れない高架橋の壁高欄や橋梁下面の点検等で活用可能。ケーブルで常時電力、通信が供給されるため、有線型は GPS が届かない箇所での長時間飛行が可能。		
利用 している ドローン	(汎用機) / (個別カスタマイズ) <①無線型> 詳細不明（ドローンメーカーのドローンをチューニングした特注の無線ラジコンヘリ）		<②有線型> enRoute 製「Zion PG Quad Copter」を元にカスタマイズ 重量：5kg 積載可能重量：6kg
運用方法・ 体制	(屋外) / (屋内) (見通し内) / (見通し外) ②有線型は橋梁上から遮音壁を超えてケーブルを垂らし、橋梁下の床版下面の点検等を行う。測距レーザーを搭載していて、近づき過ぎを防止したうえで、撮影対象に対し 3～6m まで近づいて撮影を行う。ドローンのコントロール及び撮影は全て橋梁上から実施（目視外での遠隔操作）。		
導入による 効果・期待	高所作業でのリスクの低減（安全性）、コストの削減、人手不足の緩和		
現状の課題	<法規制が障壁> ✓ ドローンによる点検は現状では法的な壁があり、民間レベルでの活用に留まっている。		
今後の取組 予定・将来ビ ジョン等	<点検の実用化、座標の共有化> ✓ 試行運用の実現 ✓ 打音検査用のドローンの実現 ✓ ドローンに座標を持たせ、橋梁図と共有し、不具合箇所を具体的に表示する。		

⁷ 中日本高速道路株式会社 ニュースリリース http://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/4091.html

(8) 橋梁の点検（ミネソタ州）⁸

分野	社会インフラ（橋梁）	利用用途	点検
取組主体	ミネソタ州・橋梁事務所（アメリカ）		
事例のポイント	➤ 橋梁の崩落事故の発生及び点検すべき橋梁が膨大であることを受け、人手による点検作業の支援ツールとしてドローンを活用。 ➤ 実証を重ねており、本格的なドローンの運用を模索中		
取組概要	2007 年、不十分なメンテナンスが起因し、ミシシッピ川上の橋梁の倒壊が発生。また、ミネソタ州では約 2 万橋を有しており、特に地方部では近接目視点検が十分に行えていなかった。 そこで、ミネソタ州では 2015 年よりドローンを活用した点検プロジェクトを開始。第 1 フェーズでは、カナダのエリオン・ラボ社の「スカイレンジャー」を使用し、ドローン撮影画像と点検記録の比較を行った。しかし、橋梁下で GPS 信号を受信できない等の難点があったことから、第 2 フェーズではスイスの senseFly 社の「albris」を使用。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） senseFly 社「albris」 サイズ：560mm×800mm×170mm 重量：約 1.8kg（カメラ、バッテリー込） カメラ能力：HD、38MP 飛行時間：22 分（バッテリー1 個） 特徴：非 GPS 空間で操作可能。ビデオ、スチール、サーマルカメラを搭載。		
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） 強風が吹くことで知られるブラトニック橋で試験を実施。強風下でも橋梁に衝突しないこと、橋脚に衝突してもドローンが壊れないことも検証済み。無線信号は目視できる範囲内であれば問題なく届き、目視外まで飛ぶと自動で帰還するようプログラムされている。		
導入による効果・期待	膨大な橋梁点検の省力化		
現状の課題	（公知の情報から不明）		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<点検範囲の拡大、マニュアルの開発> ✓ ミネソタ州全体の橋梁点検への活用 ✓ 狭小部の点検への活用 ✓ ドローンによる点検が有効な箇所を示すユーザマニュアルの開発		

⁸ Minnesota Department of Transportation（ミネソタ州交通省） Web ページ
<http://dot.state.mn.us/research/TS/2017/201718TS.pdf>

(9) 水道設備の点検 (Melbourne Water) ⁹

分野	社会インフラ (水道設備)	利用用途	点検
取組主体	Melbourne Water (オーストラリア・ビクトリア州)		
事例の ポイント	➤ 水道事業を手がける Melbourne Water 社では、運営する水吐き水路、下水処理場等にてドローンを活用した点検を実施。 ➤ 点検方法 (静止画、動画) によって適切なドローンを選定し活用。		
取組概要	ビクトリア州の水道事業を手がける Melbourne Water 社では、1,057km の水道網、8,400km の水路を管理しており、それらのアセットをマネジメントすべく、ドローンの活用を行っている。 2015 年には、Thomson ダムの水吐き水路におけるひび割れ・地表劣化・雑草侵食等、下水処理場におけるひび割れ・パネル劣化・地表劣化等の点検を対象に実証実験を実施。点検には 2 種類のドローンを活用しており、静止画による点検では Microdrones 社の「MD4-1000」、動画による点検では Ascending Technologies 社の「Falcon 8」を使用している。		
利用 している ドローン	(汎用機) / 個別カスタマイズ) Microdrones 社「MD4-1000」 寸法 (幅) : 1030mm 重量 : 2.65kg 飛行時間 : 最大 45 分		Ascending Technologies 社 「Falcon 8」 サイズ : 770×820×125mm 重量 : 2.3kg 飛行時間 : 12-22 分
運用方法・ 体制	(屋外) / 屋内) (見通し内) / 見通し外) MD4-1000 では、点検距離 3.9km の飛行ルートを予めプログラムし、GPS によって 2.8m/s で飛行し、4 秒ごとに静止画を撮影する。Falcon 8 では、マニュアル操縦により飛行し、動画を撮影。		
導入による 効果・期待	作業員の安全性の確保、事故の縮減、質が高く正確なデータの蓄積、点検に係るコストの削減		
現状の課題	<計画性、天候の影響> ✓ 安全な飛行ルートを計画する必要性 ✓ 曇りや強風時は検査を行うのに十分なバッテリーが必要で天候の影響を受けやすい。		
今後の取組 予定・将来ビ ジョン等	<ドローン結果の検証> ✓ ドローンによる点検の結果 (コストや効果等) の検証		

⁹ Utility Magazine Web ページ <https://utilitymagazine.com.au/aerial-drones-the-future-of-asset-inspection/>

(10) 送電線の巡視・点検（中国・電力各社）¹⁰

分野	送電線の巡視	利用用途	点検
取組主体	電力会社各社（中国）		
事例のポイント	➤ 中国の電力会社の多くが点検等にドローンを活用。多くの企業がエアウィング社製の機体を採用。		
取組概要	中国における送電線の総延長は約 118 万 km と世界最大規模であり、日本の約 80 倍の総延長を有する。そのうち、80-90%は山間部に位置しており、人手による監視に莫大なコストや負担がかかっていた。そこで電力会社各社はドローンを用いた監視を 2011 年頃より開始。北京市にある北京中飞艾维航空科技有限公司（エアウィング社）製のドローンを多くの事業者が採用している。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） エアウィング社「RX-600」 寸法（幅）：900mm 飛行時間：30 分 最大飛行速度：15m/s	エアウィング社「RX-400」 寸法（幅）：1100mm 飛行時間：60 分 最大飛行速度：15m/s	
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） （公知の情報から不明）		
導入による効果・期待	検査効率化（2 塔／日→20 塔／日）、検査精度の高度化（見落とし率を 1/20 に縮減）		
現状の課題	＜天候の影響、人命への被害＞ ✓ 強風、強雨、急激な天候悪化によるドローンの故障 ✓ 上記による機体のロスト及び人命被害		
今後の取組予定・将来ビジョン等	エアウィング社の巡視監視ドローンには今後深層学習が取り入れられ、高解像度の画像による解析からボルトの緩み等の発見が可能となる予定。また鉄塔に設置したポートを介した自動充電を可能とすべく、現在、研究開発を行っている。		

¹⁰ 36Kr Web ページ

https://36kr.com/coop/toutiao/5103643.html?ktm_source=toutiao&tt_from=sms&utm_source=sms&utm_medium=toutiao_ios&utm_campaign=client_share

(11) 災害時の現場状況把握、作業支援（ニューヨーク市消防局）¹¹

分野	災害時の現場状況把握、作業支援	利用用途	点検
取組主体	New York City Fire Department（FDNY：アメリカ・ニューヨーク市消防局）		
事例のポイント	➤ アメリカ・ニューヨーク市消防局では、火災等の災害時にドローンを活用。 ➤ ドローンの撮影映像を活用し、現場への正確な指示を提供したり、消防隊員の活動を支援している。		
取組概要	住宅や人口が密集するニューヨーク市で火災が発生した場合、ヘリコプターやはしごを使用して現場状況を把握することが困難。そこで、現場状況を迅速かつ適切に把握すべく、FDNY は災害時にドローン（Hoverfly 社の「LIVESKY」）を活用している。ドローンに搭載したカメラにより火災現場の映像を撮影し、その映像を共有することで現場指揮官やオペレーションセンターが現場への正確な指示を出すことが可能となるほか、高精度カメラによる撮影データが消防隊員の目となり、消防隊員の活動を支援することができる。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） Hoverfly 社「LIVESKY」 サイズ：520mm×520mm×220mm 重量：3.6kg カメラ能力：10 倍ズーム		
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） ドローンの操縦は特別な訓練を受けた消防隊員が実施する。状況に応じて使用できるよう、常時 3 つのドローンを配備している。なお、安全性と電源供給を維持するため、有線型を使用している。		
導入による効果・期待	作業効率化（現場への正確な指示を出すことが可能）、人手作業の支援、作業員の人命リスク回避		
現状の課題	✓ FAA（アメリカ連邦局）による承認に時間がかかる（10 分程度）		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<災害の伝達> ✓ スピーカを搭載し、災害現場周囲に非難警告を発する。		

¹¹ FDNY Web ページ

<https://www1.nyc.gov/site/fdny/news/fa1517/fdny-launches-drone-the-first-time-respond-fire-the-bronx#/0>

(12) 事故時・災害時の現場調査等へのドローン活用（損保ジャパン日本興亜等）¹²¹³

分野	事故時・災害時の現場調査	利用用途	点検
取組主体	損保ジャパン日本興亜株式会社 等		
事例のポイント	➤ 事故調査や災害時の災害現場調査や捜索等にドローンを活用 ➤ 自治体等と災害時のドローン活用に係る協定等を結ぶ		
取組概要	損保ジャパン日本興亜では、2015 年より自動車事故調査を主な目的にドローン活用を開始した。自動車事故調査では、事故現場上空から静止画や動画の撮影を行うことで、事故現場を 3 次元空間で再現し、道路の傾きや幅員を含む事故現場の全体像を把握するためにドローンを活用している。 また、その後、ドローンの活用範囲を拡大し、大規模自然災害発生時の保険金の支払いの迅速化につなげる等の目的から 2016 年 7 月に保険業界で始めて国土交通省から日本全国でのドローンの飛行に関する包括許可を取得した。それ以降、新潟県糸魚川市で発生した大規模火災や、北海道胆振東部地震等の調査への活用の他、自治体と災害時のドローン活用に係る協定等を結び災害時のドローン活用に積極的に取り組んでいる。その他、被災時のビルの壁面調査へのドローン活用に関わる実証実験等も行う。		
利用しているドローン	(汎用機)／個別カスタマイズ) DJI 社産業用ドローン Matrice 等を利用		
運用方法・体制	(屋外)／(屋内) (見通し内)／(見通し外) ドローンの操縦は、ドローンの運用・保守・管理等を行う組織のメンバーが行う。		
導入による効果・期待	作業効率化（被害状況の全体像を把握した上での作業計画策定）、人手作業の支援、作業員が入りにくい場所の状況把握 等		

¹² <https://www.dronetimes.jp/articles/3400>

¹³ https://www.sjnk.co.jp/topics/2016/20160705_1/

(13) 無人航空機の運行管理（NEDO等）

分野	無人航空機の運行管理	利用用途	用途問わず
取組主体	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、宇宙航空研究開発機構 等		
事例のポイント	➤ 無人航空機の飛行計画、飛行情報の共有によるコンフリクト防止 ➤ 有人航空機や徽章、建造物等の関連情報の活用推進		
取組概要	農薬散布や空撮、測量など様々な分野で無人航空機（ドローン）の利用が急速に進んでおり、今後は物流やインフラ点検、災害対応など更なる利用の拡大が期待されている。しかし、現在、無人航空機の飛行においては、操縦者（またはその補助者）が目視によって周囲の状況を監視し安全を確保することが基本となっている。また、物流をはじめとする無人航空機の利用拡大を実現するためには、多数の無人航空機が操縦者の目視範囲を超えて自在に飛行できるようになる必要があり、そこで必要とされているのが『運航管理システム』の構築である。そのため、現在、新エネルギー・産業技術総合開発機構等によって、運航管理システム/UTM（UAS Traffic Management）の実現に向けた研究開発が行われている。		
システムの概要	運航管理システム/UTM（UAS Traffic Management）は、多数の無人航空機が同一空域を飛行する状況において、その安全かつ効率的な運航を可能とするための新しい交通管理/管制の概念であり、対象空域における全ての無人航空機や（有人）航空機の飛行情報と、気象や建造物などの関連情報を収集・活用し、実現を目指しているもの。システムは、運航管理統合機能、運航管理機能、情報提供機能から構成される。		
今後の取組予定・将来ビジョン等	今後は運行管理システム/UTM の飛行実証等を通じてその有効性等を実証し、ドローン活用に係る安全性・信頼性向上への寄与を目指している。		

(14) 土量の算出（大成建設等）¹⁴

分野	土量の測量	利用用途	測量
取組主体	大成建設株式会社、オートデスク社、イリノイ大学（アメリカ）		
事例のポイント	▶ 諸外国で開発されたドローン活用手法を国内の建設現場に活用 ▶ ドローンで撮影した画像を元に、盛土や切土などの土量を自動計算		
取組概要	オートデスク社、イリノイ大学では、ドローンを用いて工事現場を撮影し、その画像から精度の高い BIM・CIM モデルを作成することで、現況の把握と施工の進捗管理を効率的に行える手法を開発。 大成建設社は、高知県・和食ダムにて上記手法を実施。作成した CIM モデルから盛土や切土量等を自動的に計算することで、現況の形状や土量の変化から進捗を自動的に算出し、施工進捗管理業務の品質向上、生産向上に役立っている。		
利用しているドローン	(汎用機／個別カスタマイズ) DJI 社「F550」 対角寸法：550mm 重量：2.0kg カメラ能力：1200 万画素（GoPro 使用）		
運用方法・体制	(屋外／屋内) (見通し内／見通し外) ドローンにデジタルカメラを搭載し現場を空撮。その撮影データから三次元の位置情報を計算し、算出した位置情報をオートデスク社の土木設計アプリ等に取り込み、CIM モデルを作成。		
導入による効果・期待	工期短縮（1 週間→半日）、オペレータの省人化（複数人→1 名）、十分な精度（最大誤差±10cm）		
現状の課題	（公知の情報から不明）		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<自動化や周辺領域への応用> ✓ UAV の大型化により、カメラ以外の計測機器を搭載 ✓ 自動操縦による飛行 ✓ 建築分野への応用		

¹⁴ けんせつ Plaza Web ページ <https://www.kensetsu-plaza.com/kiji/post/13925>

(15) 山岳地帯への荷物の運搬（DHL）¹⁵

分野	山岳地帯への荷物の運搬	利用用途	運搬
取組主体	DHL（ドイツ）		
事例のポイント	➤ 諸外国で開発されたドローン活用手法を国内の建設現場に活用 ➤ ドローンで撮影した画像を元に、盛土や切土などの土量を自動計算		
取組概要	ドイツの運送大手企業である DHL は、全世界 220 の国と地域にサービスを展開し、35 万人の人員数を抱える企業である。DHL では、2013 年より、人間では配送がしにくい地域において、ドローンを活用した小口配送に関わる取組を行っている。2016 年には標高 1,200m の山岳地帯における試験を行ったほか、2017 年には固定翼のドローンを活用した自動配送システムの構築等に取り組んでいる。		
利用しているドローン	（汎用機／個別カスタマイズ） DHL 製「ParcelCopter」 ペイロード：1.2kg 程度 最大航行時間：30 分程度 （第三世代）		
運用方法・体制	（屋外／屋内）（見通し内／見通し外） ドローンが格納されたドローン用の拠点となるステーションを設置し、そのステーションから自動航行で目的地まで運搬される。		
導入による効果・期待	配送時間短縮（30 分→8 分）、作業員の省力化等		
現状の課題	（公知の情報から不明）		
今後の取組予定・将来ビジョン等	<自動化や周辺領域への応用> ✓ 様々な地域・エリアでの活用を模索 ✓ 運搬するものの多様化（医薬品など）		

¹⁵ DHL ホームページ <https://discover.dhl.com/business/business-ethics/parcelcopter-drone-technology>

(16) 台風等の災害時の状況把握（アミューズワンセルフ等）¹⁶

分野	台風などの災害時の状況把握	利用用途	点検
取組主体	アミューズワンセルフ、ミライト・テクノロジーズ、国土交通省 水管理・国土保全局等		
事例のポイント	➤ 風速 20m/s 程度に耐えられる全天候型ドローンを開発 ➤ 既に開発が完了しており今後導入を加速する予定		
取組概要	河川の維持管理については、状態把握を行いつつその結果を分析、評価したうえで対策を実施することから、状態把握が特に重要となっている。そのことから、ドローンや、航空レーザー等の活用等が進んでいるものの、河川特有の問題（形状不明、植生の成長によって見える範囲が限定）や、コスト等の課題があった。また、特にドローンについては、災害時等での緊急・臨時の点検・調査への活用が期待されているものの、強風や雨天等では利用できない等の課題があった。そこで、国土交通省では、平成 28 年より革新的河川管理プロジェクトを立ち上げ、その中で、アミューズワンセルフ、ミライト・テクノロジーズは全天候型ドローン等の開発に着手。2017 年 4 月に初めての現場実証が行われ、検証が進められているところである。		
利用しているドローン	(汎用機)／個別カスタマイズ) アミューズワンセルフ「NEO」 サイズ：110x110x60 cm ペイロード：9kg 程度 最大航行時間：23 分程度 耐風性：18m/s		
運用方法・体制	(屋外)／屋内) (見通し内)／見通し外) 河川近傍にて見通し内で天候の状況を見ながら、ドローンを操縦することによって利用。		
導入による効果・期待	・天候の完全回復を待たずに強風下でも状況把握（強風下（風速 20m/s 程度）でも 自律航行） ・避難が必要な状況下において施設を確認		
現状の課題	(公知の情報から不明)		
今後の取組予定・将来ビジョン等	アミューズワンセルフから製品化済のため、全国の地方整備局等に導入を加速		

¹⁶ 国土交通省 革新的河川管理プロジェクト 全天候型ドローン <http://www.mlit.go.jp/common/001155349.pdf>

(17) コンクリートのひび割れの点検（首都高技術等）¹⁷

分野	コンクリートのひび割れの点検	利用用途	点検
取組主体	首都高技術、産業技術総合研究所、東北大学等		
事例のポイント	➤ 画像データのみからひび割れ等を完全自動で検出 ➤ 機械学習等の AI 技術によって既存の画像診断ソフトよりも高い性能を発揮		
取組概要	高速道路等の社会インフラは、建設から 50 年を経過するものが加速的に増加するなど、経年損傷へのメンテナンスに対応する資金や人材の不足が大きな社会問題となっている。そこで、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、そのような既存インフラの効果的かつ効率的な維持管理・更新等を図る取組として、首都高技術や産業技術研究所等が開発した画像データからひび割れ等を完全自動で検出し、損傷を把握できる技術の支援を実施し、2017 年の 8 月に試験公開に至っている。		
利用しているドローン（サービスの概要）	ひび割れに特有の特徴パターンを効率よく検出する画像解析技術と、特徴パターンを高精度に識別する人工知能技術により、機械学習型のひび割れ検出システムを構築。 機械学習用のデータとして、様々な状態にあるコンクリート構造物を撮影して多数のひび割れサンプル画像を作成。このサンプル画像を教師データとして検出システムに学習させることにより、汚れや撮影状況の影響を受けにくいひび割れ自動検出が実現。 研究開発にあたっては、首都高技術（株）が点検作業時に道路橋やトンネルなどからサンプルデータ収集を行い、東北大学が路面のサンプルデータ収集と技術評価を担当し、産業技術総合研究所が画像解析技術及びシステムの開発を行った。 なお、既存のひび割れ点検用の画像解析技術では、誤検出が多く、正解率は 12%程度であった。今回開発した技術は、実用化の目安である 80%以上の高精度で検出することに成功。		
今後の取組予定・将来ビジョン等	点検事業者を対象とした試験利用向けに、ひび割れ点検支援システムを Web 上で無料公開し、検出精度や作業効率などの有効性を検証		

¹⁷ 首都高技術株式会社 Web ページ <https://www.shutoko-eng.jp/news/details.php?id=106>

(18) セルラードローンを活用した鉄道インフラの点検（東武鉄道等）¹⁸

分野	鉄道インフラ（橋梁等）の点検	利用用途	点検
取組主体	東武鉄道株式会社、株式会社 NTT ドコモ、ルーチェサーチ株式会社		
事例の ポイント	▶ 携帯ネットワークを活用した遠隔制御の利用 ▶ カメラから取得した画像・映像データやセンサデータ等をリアルタイムに確認		
取組概要	東武鉄道では、463.3km にわたるインフラを保有しており、安全・安心な鉄道運航を維持するに当たり、情報通信技術・ロボット技術を活用した構造物等の予防点検の精度向上、点検コストの低減等について検討していた。そこで、通常目視による点検が困難な橋梁上部や、低水路内の橋脚等を対象に、データがリアルタイムで閲覧可能等の特徴を有する携帯ネットワークによって遠隔制御・通信を行うセルラードローンの活用に向け、2018 年 2 月より実証実験を開始。東武日光線利根川橋梁、頭部鬼怒川戦の隣接法面等の実環境を用いた試験を行い、人間による目視点検のコスト削減や、精度向上等への効果を図っている。		
利用 している ドローン （サービス の概要）	利根川橋梁の実証実験では、セルラードローンに搭載したカメラを通じ、通常目視による点検が困難な橋梁上部や低水路内の橋脚の点検を実施しました。また、取得した点検画像の一部については、NTT グループが開発している AI「Corevo」を活用して構成するドコモの画像認識技術を活用した自動解析を行い、実用性を検証している。 鬼怒川線隣接法面の実証実験では、同様にセルラードローンに搭載したカメラを通じ、点群データを活用した法面の詳細な実情把握を実施。ドローンの飛行情報を LTE モバイルネットワーク経由で取得しながらモニタリングを行うことで、今回の実証実験場所のように広範囲かつ複雑な構造物の周辺であっても、安全なドローンの飛行が確認でき、今後の実用化に寄与するかどうかを検証。 上記のほか、NTT ドコモでは、「ドローンプラットフォーム docomo sky」と呼ばれるサービスの提供を行っており、上記のようなインフラ点検に限らず、ドローンの活用に向けたコンサルティングや、パイロット派遣、端末手配、保険、分析用ソフトウェアの提供等を顧客の要望に応じてカスタマイズ可能。		
今後の取組 予定・将来ビ ジョン等	セルラードローンは、携帯ネットワークが到達する範囲内であれば利用することが可能であり、プロボ間の通信距離に依存しないことが特徴である。そのため、目視外飛行等にも対応可能であることから、点検だけでなく、運送等の様々な分野での活用可能性を検証。		

¹⁸ 東武鉄道株式会社 ニュースリリース

http://www.tobu.co.jp/file/pdf/0f5fc3eafc73a1e18b62c9008c0385b4/newsletter_180413.pdf?date=20180413133524

3.2 現状のドローン等技術の性能の例

点検等に必要なドローン等技術の技術要件や機能の参考情報として、現時点で市販されている代表的なドローン本体と搭載するカメラの性能について、以下に示す。

(1) DJI Inspire1¹⁹

<機体性能>

サイズ	438×451×301 mm
重量	2.8kg（ジンバルとカメラは除く）
GPS 精度	高さ：0.5m、水平：2.5m
最大垂直速度	上昇：5m/s、下降：4m/s
最大速度	80km/h
最大耐風速	10m/s
最大航続時間	18 分
バッテリー タイプ・容量	リチウムポリマー・4,500mAh
動作環境温度	-10℃～40℃
ペイロード	300g 程度
データ伝達手段	スマートフォン等のアプリ上で映像のリアルタイム確認可能、 Micro SD カードへの保存も可
（プロポ間） 周波数	922.7-927.7 MHz（日本のみ） 5.725-5.825 GHz 2.400-2.483 GHz
（プロポ間） 通信距離	2km（屋外、障害物なし）

<標準カメラ性能>

画素数	約 1,200 万画素
-----	-------------

¹⁹ <https://www.dji.com/jp/inspire-1/info#specs>

最大サイズ	4,000×3,000
ISO レンジ	100-3,200 （ビデオ） 100-1,600 （写真）
シャッタースピード	8 秒～1/8000 秒
視野角	94°
レンズ	光学ズーム 3.5 倍、デジタルズーム 7 倍
ビデオ録画モード	UHD (4K) : 4,096x2,160p24/25、 3,840x2,160p24/25/30 FHD : 1,920x1,080p24/25/30/48/50/60 HD : 1,280x720p24/25/30/48/50/60
対応 SD カード	Micro SD カード（64GB まで）

(2) DJI Inspire2²⁰

<機体性能>

サイズ	427×425×317 mm
重量	3.4kg（ジンバルとカメラは除く）
GPS 精度	高さ：0.5m、水平：1.5m
最大垂直速度	上昇：5m/s、下降：4m/s
最大速度	94km/h
最大耐風速	10m/s
最大航続時間	27 分
バッテリー タイプ・容量	リチウムポリマー・4,280mAh (2 台積載・デュアルバッテリー)
動作環境温度	-20℃～40℃
ペイロード	300g 程度
データ伝達手段	スマートフォン等のアプリ上で映像のリアルタイム確認可能、 Micro SD カードへの保存も可
(プロポ間) 周波数	2.400-2.483 GHz 5.725-5.850 GHz
(プロポ間) 通信距離	4km（屋外、障害物なし）
その他機能	・ Intelligent Flight Modes 追尾制御 (TapFly、ActiveTrack) ・ Smart Return to Home 飛行経路計画の設定、衝突回避 前方・下方

²⁰ <https://www.dji.com/jp/inspire-2/specs>

(3) DJI Phantom4 Pro²¹

<機体性能>

サイズ	289.5×289.5×196 mm
重量	1.4kg
GPS 精度	高さ：0.5m、水平：1.5m
最大垂直速度	上昇：6m/s、下降：4m/s
最大速度	72km/h
最大耐風速	10m/s
最大航続時間	30 分
バッテリー タイプ・容量	リチウムポリマー・5,870mAh
動作環境温度	0℃～40℃
ペイロード	400g 程度
データ伝達手段	スマートフォン等のアプリ上で映像のリアルタイム確認可能、 Micro SD カードへの保存も可
(プロポ間) 周波数	2.400-2.483 GHz 5.725-5.825 GHz
(プロポ間) 通信距離	2～3.5km（屋外、障害物なし）

<標準カメラ性能>

画素数	約 2,000 万画素
最大サイズ	5,472×3,648
ISO レンジ	100-3,200 （ビデオ・Auto） 100-3,200 （写真・Auto）

²¹ <https://www.dji.com/jp/phantom-4-pro/info#specs>

シャッタースピード	8 秒～1/8000 秒
視野角	84°
レンズ	24mm f2.8
ビデオ録画モード	C4K:4096×2160 24/25/30p @100Mbps 等
対応 SD カード	Micro SD カード（128GB まで）
その他機能	衝突回避機能（前後左右）

(4) DJI Matrice 600 Pro²²

<機体性能>

サイズ	展開時・1,668mm×1,518mm×727 mm 格納時・437mm×402mm×553mm
重量	10kg
GPS 精度	高さ：0.5m、水平：1.5m
最大垂直速度	上昇：5m/s、下降：3m/s
最大速度	65km/h
最大耐風速	8m/s
最大航続時間	ペイロード無: 38 分、5.5kg ペイロード:18 分
バッテリー タイプ・容量	リチウムポリマー・5,700 mAh
動作環境温度	-10℃～40℃
ペイロード	6kg 程度
(プロポ間) 周波数	920.6 MHz to 928 MHz (日本) 5.725 GHz to 5.825 GHz 2.400 GHz to 2.483 GHz
(プロポ間) 通信距離	2～3.5km (屋外、障害物なし)

²² <https://www.dji.com/jp/matrice600-pro/info#specs>

(5) 自律制御システム研究所 PF1²³

<機体性能>

サイズ	全長：1,173（プロペラ含む）
重量（バッテリー 2 本含）	6.2kg（機体本体 3.5kg）
最大垂直速度	上昇下降：3m/s
最大速度	水平：20m/s
最大耐風速	10m/s
最大航続時間	ペイロード無: 50 分
バッテリー タイプ・容量	LiPo 6S・10,000mAh x 2
ペイロード	3kg 程度

²³ <https://www.acsl.co.jp/products/>

(6) プロドローン PD6-AW2 BASIC²⁴

<機体性能>

サイズ	全高:500mm
重量	10kg
最大速度	70km/h
最大耐風速	12m/s
最大航続時間	30 分
バッテリー タイプ・容量	16000mAh x 2 本（標準付属）
ペイロード	8kg 程度
データ伝達手段	スマートフォン等のアプリ上で映像のリアルタイム確認可能、 Micro SD カードへの保存も可
（プロポ間） 周波数	2.400-2.483 GHz 5.725-5.825 GHz
（プロポ間） 通信距離	2～3.5km（屋外、障害物なし）

(7) ヤマハ発動機 FAZER R G2²⁵

<機体性能>

サイズ	3,665×770×1,078 mm
重量	71kg
最大航続時間	100 分
バッテリー タイプ・容量	レギュラーガソリン
ペイロード	35kg 程度

²⁴ <https://www.prodrone.com/jp/products/pd6-aw2-basic/>

²⁵ https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/heli/fazer_r.html#function-features
https://www.yamaha-motor.co.jp/ums/solution/fazer_r_g2.html

4. ドローン等技術活用を目指すべき将来像

点検等にドローン等技術を活用するにあたり、初期の段階では、手動操作により点検等の一部をドローン等技術にて代替する方法から始まり、その発展系として、ドローン等技術の自動操縦による点検、そして、事務所から飛び立ったドローンが点検等を自動的に実施し再び事務所に戻ってくるような、完全にドローン等技術に代替する方法が考えられる。本研究会では議論を踏まえ、「事業所等に設置されたドローンポートを飛び立ったドローンが、点検等を終え、ドローンポートに戻ってくる」(図 3.2-4) ことを目指すべき将来像と定義した。これらについて表 3.2-1 のとおり整理し、それぞれのイメージを図 3.2-1～図 3.2-4 に示す。

表 3.2-1 ドローン等技術の活用方法の段階的な整理

ドローン活用方法		徒歩巡視	ヘリ巡視	点検	工事における運搬	緊急（徒歩）	緊急（ヘリ）
現在 （レベル1）	事務所 ↓ 鉄塔付近	自動車	ヘリ（目視、 VTR録画）	自動車	自動車	自動車	ヘリ（目視、 VTR録画）
	鉄塔付近 ↓ 鉄塔下	徒歩		徒歩	人力、索 道、モノレ ール、ヘリ	徒歩	
	作業	目視		昇塔・宙乗り		点検・修繕	
一部ドローン活用 （レベル2）	事務所 ↓ 鉄塔付近	自動車	自動車	自動車	自動車	自動車	ヘリ（目視、 VTR録画）
	鉄塔付近 ↓ 鉄塔下	徒歩	徒歩	徒歩	人力、索 道、モノレ ール、ヘリ	徒歩	
	作業	ドローン	ドローン	ドローン		ドローン （点検及び簡 易な修繕）	
ドローン主体 （レベル3）	事務所 ↓ 鉄塔付近	自動車	自動車	自動車	自動車	自動車	ヘリ（目視、 VTR録画）
	鉄塔付近 ↓ 鉄塔下	ドローン	ドローン	ドローン	人力、索 道、モノレ ール、ヘリ	ドローン （点検及び簡 易な修繕）	
	作業						
ドローン代替 （レベル4）	事務所 ↓ 鉄塔付近	ドローン	ドローン	ドローン	ドローン	ドローン （点検及び簡 易な修繕）	ドローン
	鉄塔付近 ↓ 鉄塔下						
	作業						



図 3.2-1 ドローン等技術を活用しない場合の将来の姿のイメージ（レベル1）



図 3.2-2 点検等の一部にドローン等技術を活用した場合の将来の姿のイメージ（レベル2）

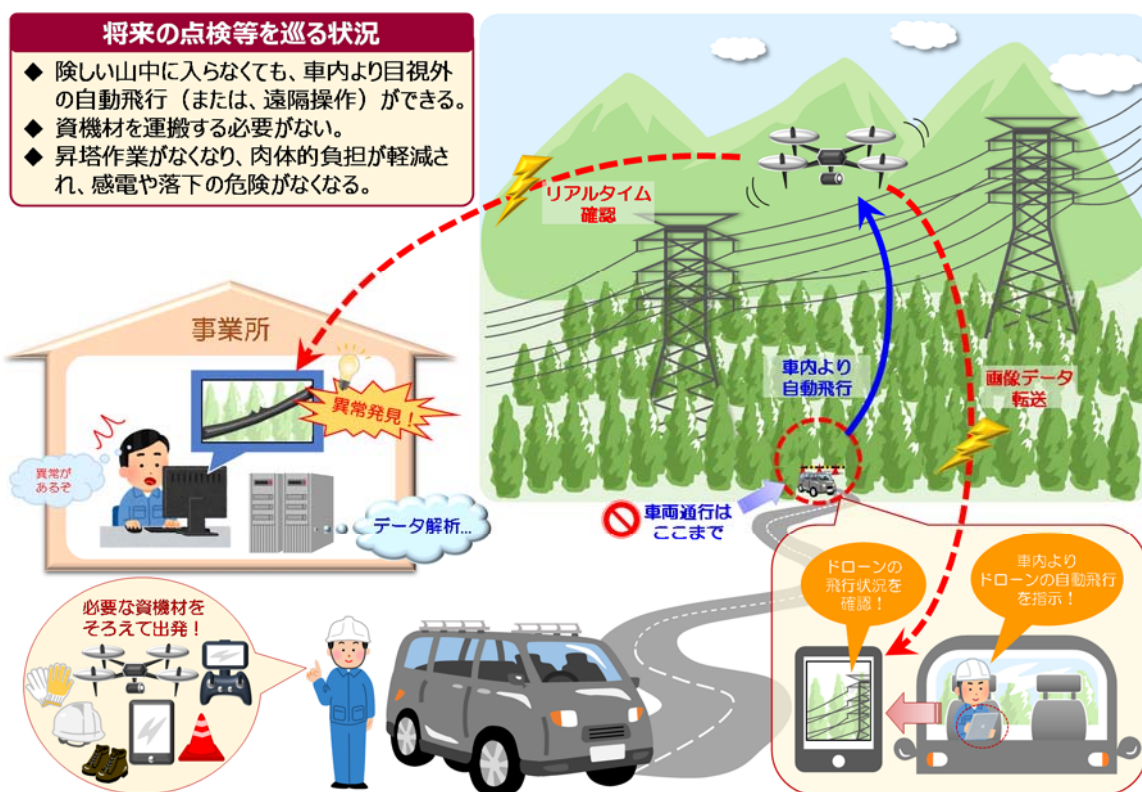


図 3.2-3 ドローン等技術を主体的に点検等に活用した場合の将来の姿のイメージ（レベル3）

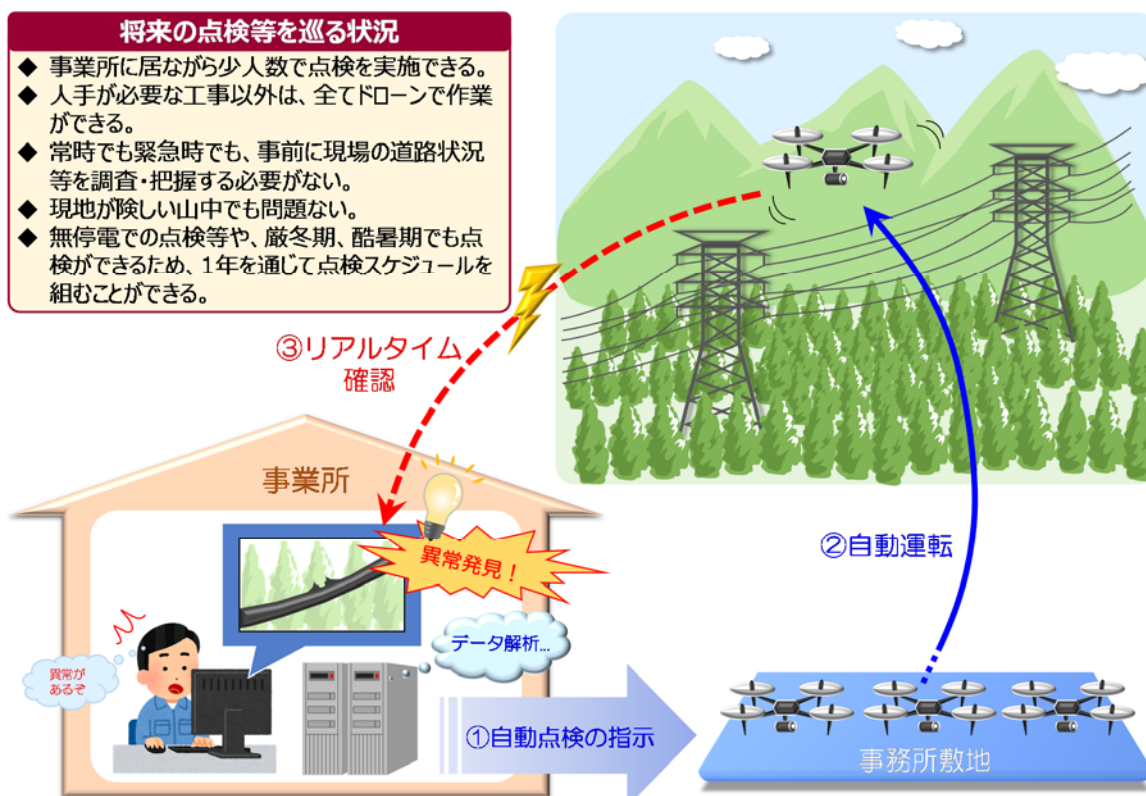


図 3.2-4 点検等をドローン代替した場合の将来の姿のイメージ（レベル4）

5. 技術的論点に対する対応

「表 2.2-3 課題の整理」に示したとおり、点検等における技術的論点への対応については、ドローン等技術による代替が効果的である。

将来、点検等をドローン等技術で実施するにあたり、「3. ドローン等技術活用の先進事例」に示した現状のドローン等技術を踏まえつつ、点検等に活用するドローン等技術に求められる標準的な技術レベルを定めることで、それぞれの事業者が個別に技術開発を試行することに比べ、より効率的に技術開発を進めることができる。この「標準的な技術レベル」を「送電線点検等への活用に向けたドローン等の共通要件（以下、「共通要件」という。）」として整理し、事業者とドローンサプライヤーとで共有化し、点検等におけるドローン等技術活用を加速する。

本章では、技術的論点への対応として「共通要件」について示す。

5.1 共通要件の作成方法

電力流通設備に対する点検等の4分類（表 2.2-2 点検等の分類）のそれぞれに対し、2030年における状況を想定して整理した課題、「空の産業革命に向けたロードマップ2018（小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会）」の内容（2020年代前半にレベル4：有人地帯での目視外飛行を可能とする）等をふまえ、2025年時点におけるドローン等技術を活用した点検等を想定した（図 5.1-1）。

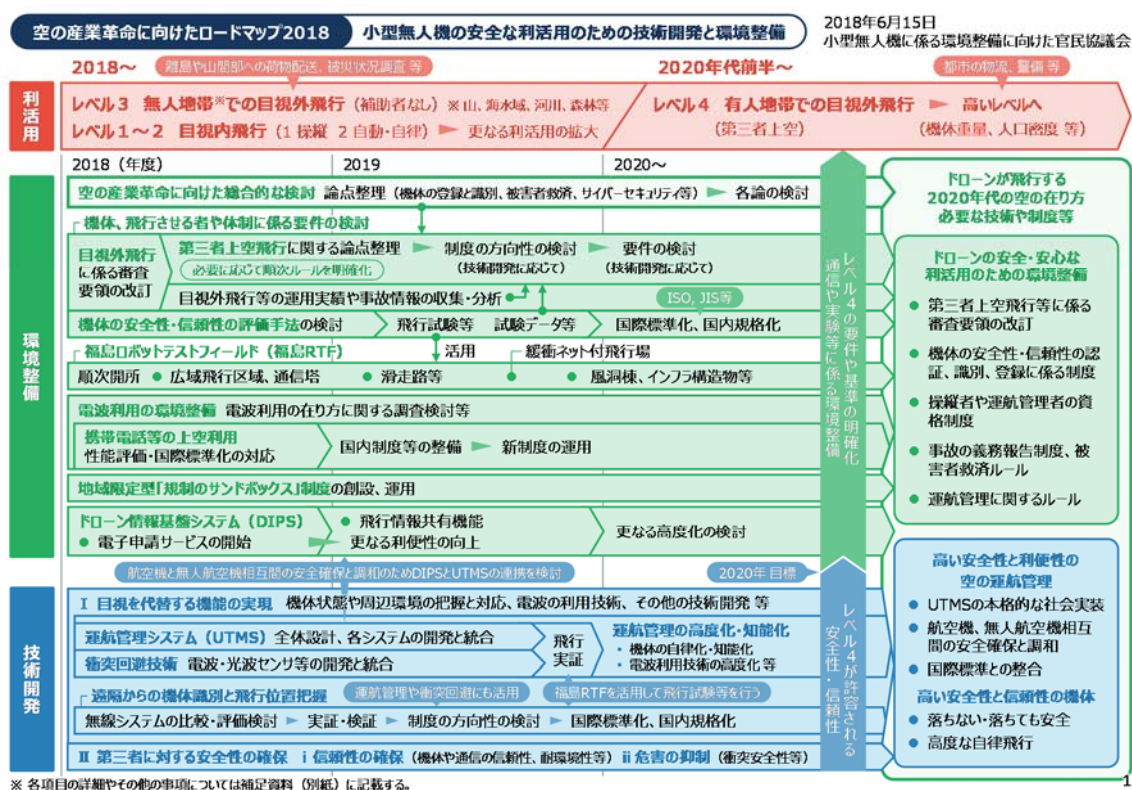


図 5.1-1 空の産業革命に向けたロードマップ2018²⁶

²⁶小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会

その利用想定を実現するために求められる要件及び機能について、ドローン開発者の意見を参考にしうえて素案を作成した。当該素案を基に研究会にて議論を重ね「送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件」としてとりまとめた。

5.2 共通要件の内容

共通要件の内容は、その位置づけの説明のほか、主に「利用想定」、「求められる要件」そして「求められる機能」で構成される。利用想定においては、自動車でドローン等技術を搬送し、鉄塔付近からドローン等技術の自動飛行により点検等を実施するレベル3を前提とした。

共通要件の目次構成は表 5.2-1 のとおりであり、共通要件は参考4に示す。

表 5.2-1 「送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件」の目次構成

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">1. 本共通要件について<ul style="list-style-type: none">1.1 共通要件の位置づけ1.2 共通要件の前提条件2. 送電線点検等におけるドローン利用想定<ul style="list-style-type: none">2.1 巡視2.2 点検2.3 工事における運搬2.4 緊急時対応2.5 ドローン利用想定の整理3. ドローン本体に求められる要件<ul style="list-style-type: none">3.1 巡視3.2 点検3.3 工事における運搬3.4 緊急時対応3.5 ドローンに求められる要件の整理4. 求められる機能<ul style="list-style-type: none">4.1 操縦機能4.2 対象物に対する本体・カメラの自動追従機能4.3 衝突回避機能4.4 異常時等の対応機能4.5 ドローン落下時の対応機能5. その他、ソフトウェア上必要となる機能<ul style="list-style-type: none">5.1 異常点の自動検出機能6. 留意事項 |
|---|

6. 制度的論点に対する対応

本章では、2.1.3 にて実施した事業者等に対するアンケート調査や、研究会にて挙げられた制度面に関する論点に対し、他業界を含め先進的にドローン等技術活用に取り組む企業へのヒアリング調査等を通じて対応を検討した結果を示す。

6.1 制度的論点に対する対応方針

2.1.3 にて実施したアンケート調査や、研究会での議論より得られた制度面に関する論点について、対応方針を検討し、以下のとおり整理した。

6.1.1 対応方針検討のためのヒアリング調査の実施

対応方針の検討にあたり、他業界において先進的に活用に取り組む企業に対してヒアリング調査を実施した。以下に調査対象と結果について示す。

(1) 調査対象

調査対象	・ 保険業企業 ・ 教育サービス企業 等
実施日時	2018 年 12 月
調査方法	対面ヒアリング調査・メールでのヒアリング調査

(2) 調査結果

＜災害時のドローン等技術活用における留意点＞

以下のような災害時のドローン等技術活用上の留意点に関する意見が得られた。

- 国土交通省航空局には、事前に災害時の利用に係る包括申請を実施している。
- 災害時の飛行に当たっては、自治体等に災害対策本部が設置され飛行自粛がかかる可能性がある。その場合は、自治体と調整している。
- 自治体と交わしている防災関連の協定に基づき、協議しながら運行計画を立てている。

＜DID 地区²⁷での飛行における安全確保措置＞

以下のような安全確保措置に関する意見が得られた。

- 運行に際し、操縦者のみならず監視者を含め、資格保有及び実績十分なメンバーを配置している。
- 飛行時間は日中に限定。季節によっては日没の時間が異なるため、日没までのフライトとしている。

²⁷ 人口集中地区（DID）とは、人口密度や人口等統計データに基づいて一定の基準により都市的地域を定めたものの。

- ジオフェンス²⁸を設定しており、管理者がその管理を行っている。

6.1.2 制度に関する論点と対応方針

研究会での議論を踏まえ、制度面の論点と対応方針を以下のように整理した。

表 6.1-1 制度に関する論点と対応方針

区分	制度面の論点（一例）	対応方針
高度 150m 以上 上空の飛行	● 申請の可否を確認する際、横断図等を都度確認する必要がある。特に緊急時においては、停電の早期復旧にもつながる話であるため、緩和してほしい ● 国土交通省には送電線の位置情報を提供しているため、送電線の上空 30m 以内での飛行は、包括申請を認めてほしい等	➤ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ➤ 包括申請によって申請の負担は大きく減少すると考えられる。 ➤ 災害時については後述のとおり。
目視外 飛行	● 山間部の送電線の点検等では樹木が生い茂っている中で目視外飛行の規制がネックとなっている等	➤ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ➤ 平成 30 年 9 月に「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」が一部改正され、要件が明確化された。
30m 以上の離隔 (人(第三者)又は物件(第三者の建物等))	● 送電設備巡視・点検は、電力会社社員の直営のほか、委託会社が行う場合もあるため同様に認めてほしい等	➤ 自社設備への離隔については、申請・承認不要。 ➤ 自社設備以外に対して離隔距離を保てない場合は事前申請が必要であるが、上記と同様に「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。

²⁸ ジオフェンスとは、GPS 等による位置情報等に対して、現実の任意の地点又は範囲に設定される仮想的な境界線・領域・範囲のこと。物理的な境界と異なり、GPS 等の位置情報を取得可能な端末に対してソフトウェア上で設定する値であるため、比較的容易に設定可能。

空港周辺での飛行	● 設置許可を受けた制限空域内の鉄塔・電線の保全に係る飛行（周辺30m程度の飛行）の飛行許可、できれば許可申請の撤廃 等	➤ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ➤ 将来的に、ドローン等技術の活用が進んだ際にも、飛行機とドローンの衝突を避けるためには、空港周辺の飛行計画の把握は必要。 ➤ なお、災害時については後述のとおり。
DID 地区での飛行	● DID 地区内でも第三者が容易に侵入できる恐れのない場所に限っては訓練飛行を可能としていただきたい。特に都市部の事業所では訓練に適した場所がなく、ドローン操縦者の育成やドローン操縦の安全性向上につながる部分でもあり、是非緩和してほしい ● 規制区域について、弊社の訓練設備は市街地にあるのだが、ドローンの練習をする際に市街地のために申請が必要となる。社有地である程度の面積がある場合などは、申請を緩和していただけるとありがたい。 等	➤ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ● 基本的には10時間の飛行実績がない場合、事前申請が必要なエリアでドローンを飛行することはできないが、例えば、指導者（既に10時間以上の飛行実績がある方等）を管理者として設置し、十分な安全対策をとれば包括申請を認めるなど、柔軟な運用を行っている（参考：国土交通省「飛行経歴が10時間に満たなくても認められた無人航空機の飛行の許可・承認の例」）。 ➤ 他業界で、訓練用に飛行許可を取得した例がある。 ➤ その他、ジオフェンスの設定、飛行時間の限定（日中のみ）、管理者の常駐等の安全対策をすることで、DID 地区内で飛行許可を取得している例がある。

災害時等の飛行	● 高度 150m 規制について、申請の要否を確認する際、図面等を都度確認する必要がある。特に緊急時においては、停電の早期復旧にもつながる話であるため、緩和してほしい ● 災害時・緊急時は、飛行場所が特定できず事前の飛行ルート of 提出が困難 等	➤ 事前（平時から）の「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各事業者で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ➤ ただし、災害時の場合は、災害対策本部（自治体）等が設置され、飛行自粛がかかる場合がある。 ➤ 飛行自粛が要請されている状況で飛行させる場合は、国土交通省だけでなく、災害対策本部等への事前の相談を行う。 ➤ 災害対策本部を運営する自治体に対しては、災害が発生してから初めて相談する場合、許可が下りるまで時間がかかる可能性がある。 < 個別の対応方針 > ➤ <u>災害時に効率的に飛行可能な体制を円滑に整えることを目的に、設置環境等に応じて災害時等における無人航空機の活用に関し協定を締結することを検討する。</u> ➤ 他業界で、事前に県や市等の自治体と協定を結ぶことにより、自治体の要請に基づいて飛行するという位置づけのもと、速やかにドローン飛行（私有地上空を含む）に着手できている事例もある。
----------------	---	---

6.1.3 その他の論点と対応方針

研究会での議論を踏まえ、その他の論点とその対応方針を以下のように整理した。

表 6.1-2 その他の論点と対応方針

区分	その他の論点（一例）	対応方針
私有地上空の飛行	● 送電線設備などの公共施設の点検などは地権者の了解を得なくても行えるようにしてほしい ● 公共設備の点検等で使用するドローン等技術は、救急車やパトカーといった緊急車両などの位置づけのようなドローンを作り、規制の一部を緩和するなどを検討してほしい ● 自動操縦で飛ばすことを考えると、使用目的で国土交通省の許可を取れば、公益での使用ということで私有地での飛行を認めてもらうスキームがないか。また、緊急時だけでなく、事故の未然防止という観点で巡視や点検においても含めてほしい ● 共通仕様に準じていれば、土地所有者の同意がなくても飛行できる、といったように緩和してほしい。もともと送電線下の土地を買っているわけではない。長距離飛行の場合は、相応の土地所有者の同意が必要となるため、かなりの負担となる ● 送電線は他人の土地の上空を通っており、全ての送電線の土地を所有していないため、そこは規制緩和してほしい ● ドローン飛行については、架空線の付近となるため、訴訟リスクがある 等	➤ 私有地上空の飛行について、地権者への許可は必ずしも必要とされていないが、他方、地権者の反発等に対する懸念がドローン等技術活用の障害になっていると思料。 ➤ 例えば、国土交通省「無人航空機による荷物配送を行う際の自主ガイドライン」では、“機体の飛行経路、飛行可能時間、着陸予定場所及びその使用スケジュール等の情報について、離着陸場所を共有する関係者との共有に努めること”とされている他、国土交通省「無人航空機（ドローン、ラジコン等）の飛行に関する Q&A」には、“ルール通り飛行する場合や許可等を受けた場合であっても、第三者の土地の上空を飛行させることは所有権の侵害に当たる可能性があります”と記載されるなど、可能な限り、土地所有者の許可を得ることが望ましいとされている。 <個別の対応方針> ➤ 送電線点検等の巡視・点検等でのドローン活用における安全対策等に対する考え方を整理することで、社会的な合意形成を図ることを目的に、「無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項」をとりまとめる。 ➤ 私有地上空を飛行可能な体制を円滑に整えることを目的に、設置環境等に応じて電力保安における無人航空機の活用に関し協定を締結することを検討する。

6.1.4 制度に関する要望

研究会での議論を踏まえ、制度に関する要望を以下のように整理した。

表 6.1-3 制度面の要望と対応方針

区分	制度面の要望（一例）	対応方針
高度 150m 以上 上空の飛行	● 送電設備から一定の範囲内（例えば 30m 以内）については、150m 規制を撤廃していただきたい ● 山岳地の傾斜、起伏が厳しい箇所での 150m 規制を撤廃（緩和）していただきたい ● 航空法による制限に該当する送電設備については、その設置に当たり、航空標識を設置する等の対策を実施したうえで、既に何等かの申請が必要である。それに対して、さらに規制が加わることとなるため何等かの緩和措置をお願いしたい 等	➤ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」等の関連資料等に基づいて、各社で包括申請等の許認可を得ることで対応する。 ➤ 今後のドローン活用実績や技術開発の進展により、安全性が担保された際には、必要に応じて制度見直し等についても関係省庁に求めていく。
目視外 飛行	● 送電線は、人口密集地だけでなく山間地も経過しており、効果的な設備の巡視・点検を行うには、目視外飛行が有効 等	
30m 以上の離隔 (人(第三者)又は物 の第三者の建物等) 空港周辺・ DID 地区で の飛行	● 30m 以上の離隔の規制については、今後の課題となると思うので、緩和を希望する 等 ● 送電線は、人口密集地や空港周辺等にも施設しており、定期的な設備の巡視・点検等においてドローン等技術活用が期待できるため飛行可能としてほしい 等	

手続きへの負担 事前申請 ①	● 今は各事業所 2～3 名ずつだが、今後はさらに広げていこうとしているため、この申請は手間である。一旦全員の申請が終わってしまえば手間ではないかもしれないが、都度、人員を追加したり機体を追加したり、今後大型機を所有することも考えると、早めに緩和してもらえるとありがたい ● 今後、より一層社内のドローン操縦者数を増大させていくにあたり、講習団体の教育ではなく「社内」で教育するスキームを構築している」事を国土交通省（航空局）に確認頂いた際には、当該電力（部門）については、許可申請がスムーズに進む様、配慮頂けるとありがたい 等	➤ 現段階での効率化の方法の例として、法人での一括申請を前提に、各社内でドローン操縦者に係る情報を一括管理することによってある程度の効率化は可能。 ➤ 組織として講習団体になる²⁹ことで、添付資料の手配等の効率化の手段をとることも可能。 （他業界等でのドローン活用の状況等を踏まえた事前申請手続きの継続的な改善が期待される。）
手続きへの負担 事前申請 ②	● 飛行実績報告について、報告回数の削減をしてほしい ● 飛行実績報告で添付する広域図は、離発着場所から場所を特定可能であり、重複するため、省略できるのではないか ● 1 回の申請では、約 40 名弱について一括申請する。全員分の確認・調査に非常に時間がかかり大変である 等 ● ドローン型番を全て羅列して申請するのではなく、操縦方法が同一の機体は型番を羅列しなくても同一カテゴリーのドローンとして包含するように申請できないか 等 ● 個人利用と企業が事業として使用するものは違うため、使い分けていただけないか ● 送電線路付近から逸脱することは基本的にないため、送電線ルートに沿って飛ぶという前提で簡略化できないか 等	（他業界等でのドローン等技術活用の状況等を踏まえた事前申請手続きの継続的な改善が期待される。）

²⁹国土交通省では、無人航空機の操縦者への講習会の受講を促し操縦技能の底上げを図るため、一定の要件を満たす無人航空機の技能講習を行う民間団体等を国土交通省航空局 HP に掲載し、当該団体の講習修了者は、飛行許可を受ける際の申請書類の一部を省略できる仕組みを採用している。

6.2 無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項

私有地上空での飛行における懸念に対する対応として、送電線点検等の巡視・点検等でのドローン等技術活用における安全対策等に対する考え方を整理し、広く周知することで、社会的な合意形成を図ることを目的に、「無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項」（以下「取り組むべき事項」という。）を取りまとめた。

取り組むべき事項は、ドローン等技術を運用する事業者が、安全にドローン等技術を活用して巡視・点検等を行うための機体の安全対策や、飛行させる物、運営に関わる注意事項を整理した。取り組むべき事項の内容は参考5に示す。

6.3 無人航空機の活用に関する協定

私有地上空での飛行における懸念に対しては、前述の他業界へのヒアリング結果のとおり、私有地上空で効率的に飛行可能とする一つ的手段として、自治体等と協定を結んでいる事例が見られた。そのため、送電線点検等においても特に災害時において供給支障を早期に解決するという観点から、無人航空機の活用に関し協定を締結することを検討した。あらかじめ地方公共団体等と協定を結ぶことで、災害時に限らず平時においても私有地上空で効率的なドローン等技術活用が可能となることが期待される。

7. 今後のドローン等技術活用の展開と提言

7.1 導出した対応と今後の展開

「5. 技術的論点に対する対応」及び「6. 制度的論点に対する対応」に示したとおり、それぞれの論点に対する対応は、「共通要件」、「無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項」及び「協定締結の検討」である。

これらが有効に機能するための今後の方向性について、対応概要と合わせ表 7.1-1 に整理した。

表 7.1-1 それぞれの対応策の今後の方向性

論点	対応内容	概要	今後の方向性
技術的論点	共通要件	点検等を実施するためのドローン等技術に関する定量的な指標を提示	広く公開することにより、技術開発を促し、点検等におけるドローン等技術活用を活発化させる
制度的論点	無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項	ドローン等技術活用の社会的受容性を高める観点から、点検等でのドローン等技術活用における安全対策等に対する考え方を整理	事業者において着実に取り組むとともに、その内容を広く公開することにより、着実に社会的受容性を高める
	協定締結の検討	ドローン飛行を円滑に行うため地方公共団体との協定の締結を検討	効率的に飛行可能な体制を円滑に整えることを目的に、設置環境に応じて地方公共団体との協定の締結を検討

7.2 今後に向けた提言

今後のドローン等技術活用に向けた提言は以下のとおり。

● 事業者間の情報の共有

- ✓ 点検等にドローン等技術を活用した状況など、定期的に情報共有を実施することで今後のドローン等技術活用が活発化することが期待される。情報共有の内容は、実際の活用方法や、利用頻度、活用による効果、今後のドローン等技術活用の予定など。
- ✓ ドローン等技術活用における、事前の包括申請の際の申請書について、事業者等で共有することで、今後の飛行申請の効率化に資することが期待される。

● ドローン開発サイドとの情報交換

- ✓ 事業者等によるドローン等技術活用における使い勝手や、必要な機能等を、ドローン開発者等に

フィードバックし、ドローン等技術の技術開発を促すことが望まれる。

- ✓ ドローン開発者が、共通要件をはじめドローン等技術を活用する事業者等のニーズや、自主的に検討する新たな機能を踏まえ、新しい技術を提案することで、ユーザーとサプライヤーの関係の好循環を醸成することが期待される。

● 事業者等における運用上の工夫

- ✓ 現在の航空法等の制度下においては、事前の飛行申請の実施により、相応の点検等の実施が可能である。また、今後、有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）が可能になる見込みといった規制緩和の方向性も踏まえつつ、制度面での対応方法を各事業者で工夫する必要がある。
- ✓ 事業者等においては、現在のところ事業所単位で、ドローン飛行のための飛行申請を実施しているが、飛行申請をまとめて包括申請することや、申請書の社内での情報共有を進めることにより、事務手続の効率化を図ることが必要である。

● UTMS³⁰への対応

- ✓ 将来実装されるであろうドローンの運行管理システムに対し、その利用ルールや手順を理解し、厳格に対応する必要がある。

● フォローアップ

- ✓ 本研究会でとりまとめた対応内容への取組についての定期的なフォローアップにより、技術開発や、制度運用に関するサポート、点検等に対するドローン等技術活用を引き続き促進していく必要がある。

● 飛行実績の蓄積

- ✓ 送電線点検等におけるドローンの飛行実績を蓄積することにより、ドローン等技術活用の安全性に関する認知を得ることで、2025 年の利用想定、将来像の実現を含め、将来的にさらなるドローン等技術活用を行うため、ドローン等技術活用に係る制度の見直しを後押ししていくことが望まれる。

³⁰運航管理の対象とする空域及びその空域内を飛行する無人航空機の情報を集約し、地図情報や気象情報等も参照しながら、対象の無人航空機の運航を管理及び支援することで、複数の機体による空域や電波の共用を安全かつ効率的に行うためのシステム

8. 全体のとりまとめ

本事業は、電力流通設備等に対する点検等において、設備の経年劣化や点検等を担う人材の高齢化等が、将来にわたる重要な課題となっていることから、ドローン等技術に着目して、その可能性や活用方策を検討したものである。

まず、事業者等がこれまで実施してきた点検等における課題やドローン等技術活用上の課題を抽出、整理し、目指すべき将来像や先進的な活用事例を踏まえたうえで、対応方針を検討した。

事業の実施にあたっては、電力流通設備に対する点検等を実施する事業者や、ドローン等技術を開発するメーカー等を交えた「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」を設置した。研究会では、点検等における課題、ドローン等技術の活用上の課題、目指すべき将来像や対応方針の妥当性等について議論を行い、主に以下に示す対応内容を取りまとめた。

一つ目は、電力会社がドローン等技術に求める「共通要件」である。点検等を実施するためのドローン等技術に関する指標を提示したものである。共通要件を広く公開することにより、メーカーによる技術開発を促し、点検等におけるドローン等技術活用を活発化させることが期待される。

二つ目は、ドローンを活用する電力会社が「当面自主的に取り組むべき事項」である。ドローン等技術活用の社会的受容性を高める観点から、点検等でのドローン等技術活用における安全対策等に対する考え方を整理した。事業者において着実に取り組むとともに、その内容を広く公開することにより、社会的受容性を着実に高めることが期待される。

最後は、電力会社が自治体と締結する「協定」のひな型である。ドローン飛行を円滑に行うため地方公共団体等と予め協定を締結することを提示した。特に災害時に効率的に飛行可能な体制を円滑に整えることを目的に、設置環境に応じて地方公共団体との協定締結を検討することが期待される。

昨今、ドローン活用に対する注目は大きく、またその技術面・制度面の進展には目を見張るものがある。送電線点検等分野においても、今後そう遠くない未来に、ドローン等技術活用の一層の推進による保守点検の高度化・効率化が期待されるが、その実現のためには、本研究会の検討結果を踏まえた、関係各者の不断の取組が重要である。

参考資料

参考 1 課題整理表

問題点（結果）		構造的課題（原因）	技術的課題（原因）	制度的課題（原因）
問題点	全般	将来的に体制が弱めなくなる		育成できる体制がない 育成する環境が整備されていない
		作業員が高齢化している ベテランのノウハウ消失（技術継承が不十分） 若手人材の応募がない 若手が流出してしまい育たない 設備の高経年化が急速に進み点検対象が増加している		
現場での問題点	①事務所での準備			
	定期点検及び巡視点検の計画策定が難しい	作業員が不足している 点検外注のコストが高い 熟練者でないと見落としがある、または時間を要する 設備が高経年化の傾向にあり点検頻度が高い 熟練者でないと難易度の高い点検ができない 過密スケジュールを避けられない	現地の天候確認ができない 過去の定期点検記録確認に時間を要する（定期点検）	地権者との接触・了承に時間を要する ヘリの住宅地での飛行ができない（鉄道） ヘリ騒音による飛行制限がある（巡視点検）
	工事の計画策定が難しい	作業員が不足している 工事の時のヘリ確保が難しい 工事の時の資材の準備 工事外注のコストが高い 過密スケジュールを避けられない	現地の天候確認ができない	地権者との接触・了承に時間を要する 工事の時の周辺への周知・協力依頼 ヘリの飛行許可申請に時間がかかる
	緊急時の点検計画策定が難しい	人員確保が難しい 緊急点検時の安全設備品の準備（ライト、水など）に時間がかかる 修理を想定した準備に時間がかかる 必要な装備品、機材のリストアップに時間がかかる 熟練者の帯同が必須である	現地の天候確認ができない 災害時の現場状況把握が事前にできない 現地までの道の安全の確保ができない	地権者との接触・了承に時間を要する 点検に関する許認可が間に合わない
	②現場付近及び鉄塔下への移動			
	現場付近までの山道でのリスク（滑落・遭難）が大きい（定期・巡視点検）	山道の状況がわからない 作業員の経験値不足	巡視路の整備が必要 車両やヘリでのアプローチに限界がある	
	徒歩移動での肉体的負担が大きい（定期・巡視点検）	作業員が不足している 少数の班編制で行かざるを得ないことがある 作業員が高齢化している アプローチが険しい 資機材が多い 腰道具の運搬が必須 悪天候でも実施せざるを得ないことがある	資機材が多い（技術的課題） 点検用道路の整備が必要	地権者との交渉がうまくいかず徒歩で移動する必要がある。（木の伐採の許可が下りずヘリコプターが入れない）
	災害時の移動が困難	徒歩の際の資機材の運搬に労力、時間がかかる 車両が通行できない場合がある 二次災害のリスクから現場に近寄れないことがある	現場付近までのアプローチの状況が不明 慎重に移動するので時間がかかる	
	工事の時のヘリの利用が難しい	ヘリの確保が難しい ヘリ離着陸場所の確保が難しい ヘリ離着陸場所の確保にコストがかかる ヘリコプター経費の高止まりでコストが高い 資機材が多い（重い） 徒歩の際の資機材の運搬に労力、時間がかかる	重量物は運べない	規制によって天候によっては飛べないことがある 場所によっては自治体への申請が必要 他の航空機との接触を防ぐため事前に申請が必要
	③鉄塔昇塔、架空作業			
	昇塔の肉体的負担が大きい	作業員が不足している 作業員が高齢化している 作業員の経験値不足 天候による作業場所の環境悪化 過密スケジュールで作業員が疲弊している 求められる点検プロセス・技術が過度（合理化されていない）		より高い鉄塔ほど昇塔の労力が大きい
	作業員の落下リスクがある	天候による作業場所の環境悪化 作業員が高齢化している 作業員の経験値不足 過密スケジュールで作業員が疲弊している		
	工具等の落下リスクがある	天候による作業場所の環境悪化 作業員が高齢化している 作業員の経験値不足	工具が多い（技術的課題）	
	作業員の感電リスクがある	作業員が高齢化している 作業員の経験値不足 一部もしくは全回線を停電することができない		
	緊急点検において損傷箇所発見まで時間がかかる	作業員が不足している 作業員の経験値不足 人数の少ない熟練者を登用できない		
	ヘリ騒音による飛行制限がある（巡視点検）	飛行ルートに民家、農家がある 時間的な制限がある	ヘリ騒音を小さくできない	

問題点（結果）		構造的課題（原因）	技術的課題（原因）	制度的課題（原因）
ドローン活用上の問題点	①事務所での準備			
	利用目的に適したドローンの調達ができない	ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している ドローン自体の情報に乏しい（点検の外注に係る市場がない） 海外製品に対する性能の懸念 ドローンに対する世の中の理解が不足している（社会的受容性等） 点検等の産業用途の実績が少なく／公表されていない 相談先（ドローン開発企業）が分からない	目的の機器を搭載できない（最大積載量が小さい） 航続距離・時間が短い（バッテリー容量不足） データの通信方法、解析が未確立である データの伝達手段（リアルタイム、一時保存）により対応が変わる カメラ性能（ズーム倍率、解像度等）が不足している 運搬にあたり重量が重い又は体積が大きい 価格が高い（ハード面・ソフト面） ドローンの種類が少なく、利用目的に適していない 利用用途向けのカスタマイズにコスト・労力がかかる	点検用ドローンの明確な規格がない ドローンの点検利用に関する保証がない 航空法等の規制により大型化には限界がある 海外からの調達に係る電波法の懸念（技術） 最大積載重量の上限が低い
	緊急点検時予備バッテリーの数がわからない	ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している 被害状況がわからない（損傷規模） 現地での作業時間を見積もることができない 充電場所等のリソースが不足している バッテリーの充電・在庫管理が難しい 突発的なニーズへの対応が難しい	バッテリー一個当たりの航続距離・時間が短い バッテリーが重い／大きい 充電スピードが遅い 未利用時のバッテリー残量の減少が早い 防水性がない 最高対応温度が低い／最低対応温度が高い	メーカーによってバッテリーの規格がバラバラ 航空機へのリチウムイオンバッテリーの預け入れ不可 ドローン向けのバッテリーに関する技術基準がない 最大積載重量の上限が低い
	操縦者が不足している・操縦者の技術が未熟	ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している 操縦者の雇用市場が確立していない 効果的に活用した実績が少なく／公表されていない ドローンの操縦方法を教える人材が不足している 衝突時・落下時等の責任を負いたくない	ドローンを操作するために訓練が必要 操縦のための機器が分かりにくい 機体側の緊急事態が分かりにくい 風等の外部環境の影響を受けやすく、経験が必要 操縦とカメラ操作等複数の作業員が必要 1回の操縦の負担が大き長時間の操縦ができない 機種やメーカー毎に操作方法が異なる 操縦できるようにするまで時間がかかる 操縦ノウハウの伝承が難しい 「電力保安ドローン」の操縦マニュアルがない	操縦に関する標準資格がない 育成環境が整備されていない 点検へのドローン利用時の必要運営体制が規定されていない ドローン利用時の安全確保基準が規定されていない 事故時の責任分担や保険制度の適用可能性が未確定
	ドローンの機体が不足している	ドローン市場が未成熟 大量に購入することが難しい 調達に手間がかかる 送電線点検用のドローンの需要が低い 管理コストの問題から大量に保有できない	電磁界の影響を見逃せない 利用目的に適したドローンがない ドローン本体やバッテリーの持ち出し管理が煩雑 大量生産が難しい 利用目的に適したドローンの開発が難しい 一機当たりの価格が高／十分な数を確保することが難しい	ドローンによる点検手法が未確立 今後の規制の動向が見通せない 事故時の責任が不明瞭
	ドローン飛行計画の決定が難しい	ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している 人数の確保が困難（目視作業員を含む） 天候リスクを見積もることが困難 飛行計画の策定にも慣れ ドローンの活用実績が少ない 状況によって必要な対応がケースバイケース 保安点検者にドローンの知識がない 鉄塔形状の確認が必要	現地の電波環境の確認 非常時の着陸場所の確保 ドローンの性能と電波環境の関係が不鮮明（機器に依存） ドローン性能の経年劣化の影響を見逃せない 現地の風や天候等の影響を受けやすい 鉄塔の高さや送電線路の長さに応じた対応が必要	地権者との接触、了承に時間を要する 飛行許可申請に時間がかかる（機体毎） 150m規制のため許可無く150m以上の作業ができない 目視制限があるため飛ばせる範囲が限定される 飛行可能区域が少ない ドローンポートを確保することが難しい 第三者のプライバシーの取扱い 現場周辺への周知・協力依頼
	緊急点検時の飛行計画の決定が難しい	ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している 現地での作業時間を見積もることが出来ない	緊急点検時の被害状況の把握 搭載する部品によって飛行可能時間が変動する 必要なバッテリーの数を見積もることが出来ない 悪天候の際、機体・搭載設備（カメラ等）の可用性が極端に低い	緊急時の飛行許可に関する制度が整っていない 緊急時の飛行ルール（目視等）に関する制度が整っていない 現行制度では操縦者が現場に立ち入る必要あり
	②現場付近及び鉄塔下への移動			
	徒歩移動でのドローンの運搬	移動中の故障の場合の対応が難しい	ドローンが重い ドローンをコンパクトにたためるタイプが少なく運びにくい バッテリーを多く運ぶ必要がある 人が運搬する以外の効果的な運送技術がない 操縦、カメラ操作で複数の作業員の同行が必要	飛行可能区域が少なく、持ち運びが難しい 目視を行う人員の動員が必要 木々等によって目視可能な範囲が狭い場合は管理する作業員がさらに必要 現場まで作業員が同行する必要がある 道路上を飛行する場合の規制がある・申請手続きが煩雑
	③鉄塔昇塔、架空作業			
	ドローンの使用におけるリスク	ドローンの性能を点検事業者が把握しきれていない 作業中の天候変動（耐久性を超える気候変動）を見逃せない 点検飛行時間を事前に見積もることが難しい 天候を正確に予測することが難しい	ドローン墜落時の回収・捜索（GPSが欠かせない） 天候の影響（強風への体制） 制御不能時の設備接触リスク 非常時のドローンポートの確保 日々のメンテナンスが必要 最高対応温度が低い／最低対応温度が高い 最大積載重量の上限が低い 騒音への配慮が必要 ドローン衝突時の電線の損傷・火災の発生リスクがある	非常時のドローンポートの確保 飛行可能区域が少ない（道路、住宅上空など） 目視制限があるため飛ばせる範囲が限定される ドローンの安定飛行に関する明確な信頼性の保証がない ドローン使用時の周辺への周知・協力依頼 ドローン使用に係る安全確保措置が規定されていない プライバシーへの配慮
	点検作業を代替できるだけの性能をドローンが有していない	たむや風による揺れがあるため、ビントずれや撮影視野外となる 作業中の天候変動（耐久性を超える気候変動）を見逃せない ドローンによる点検の経験値（実績）の蓄積が不足している 人による作業のほうが作業時間が早い場合がある ドローンだけで完結しない点検がある	航続距離・時間が短い（バッテリー容量不足） 電磁界の影響によるGPSの誤差 可搬性が小さい（ペイロードが小さい） 作業中の天候変動（ドローンの耐久性） 装着カメラの性能・死角（背景色との区別が困難） 損傷箇所の発見が困難 データの伝達手段（リアルタイム、一時保存）により対応が変わる 工事時に延線荷重を考慮する必要がある 物体との距離を正確に測る技術が低い 画像データ等の解析技術が未熟で故障点等を見分けることができない 夜間は飛ばすことが難しい	ドローンの点検結果に対する信頼性が保証されない 150m規制のため許可無く150m以上の作業ができない 目視制限があるため飛ばせる範囲が限定される 緊急時など細部の制度設計が完了していない 空港周辺や、人口集中地区等のエリアは飛ばすことができない 離着陸可能な場所が存在しない
	ドローンポートを確保することが難しい	山間部には適当なエリアが無い ドローンの故障リスクを考慮し、多めに確保する必要がある ドローンポートの正確なスペックや基準が不明 現地に行かないと分からない場合がある 送電線の長さや鉄塔高さによって必要なポートが変わる	航続距離・航続時間によってはポートが多数必要 平坦かつ空間が一定以上ないと離発着できない ドローン異常時の着陸ポイントの設定 電磁波による影響が強い場合の対応	道路上から飛ばせない 地権者との接触、了承に時間を要する 飛行許可申請に時間がかかる（機体毎） 空港周辺や、人口集中地区等のエリアは飛ばすことができない 重要施設（外国公館、原子力施設など）周辺では飛ばせない
	操縦が難しい	山間部気流の把握が難しい 作業中の天候変動（耐久性を超える気候変動）を見逃せない 海洋上点検の場合の風等の操作への影響 降雪地帯の場合の視界への影響 騒音が大きいエリアでの操作への影響	離隔距離の確保が難しい 電磁界の影響を見逃せない 山間部気流の把握 作業中の天候変動（ドローンの耐久性） 工事の際のドローンからの荷下ろし 自動化できていない 操縦と点検を同時に行うことができない。 操縦に経験が必要 回線が不安定	飛行可能区域が少ない 操縦に関する標準資格がない 育成環境が整備されていない 安易に練習することが難しい 事故時の責任などのリスクが高い

参考2 現場の課題集約において参考にした根拠資料一覧

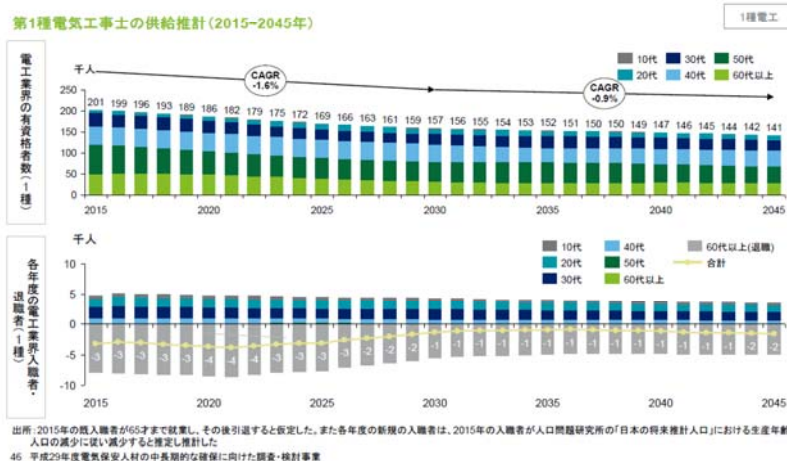
現場の課題集約において参考にした根拠資料一覧

番号	出典名	スライドNo.
出典①	経済産業省、電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業、2018年1月31日	P.1～P.4
出典②	気象庁、web情報（過去の気象データ） http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php	P.5
出典③	経済産業省、平成29年度電力調査統計 http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/results.html	P.6
出典④	料金審査専門会合（第30回）、2018年3月8日	P.7
出典⑤	電力広域的運営推進機関、第18回広域系統整備委員会、資料1別紙、2016/10/25	P.8
出典⑥	料金審査専門会合（第30回）、2018年3月8日	P.9～P.18
出典⑦	「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」参加者に対するヒアリング	— （記載なし）
出典⑧	国土交通省、登録航空機数（2018年6月末） アークE F I 航空情報センターweb情報 （ http://www.arknext.com/charter/data/index.html ）等	P.19

MIZUHO Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

出典①：電工の人材（将来の第1種工事士の減少）

- 電工業界の第1種電気工事士は、2030年度では15万7千人となり、2015年比で4万4千人の減少となる。

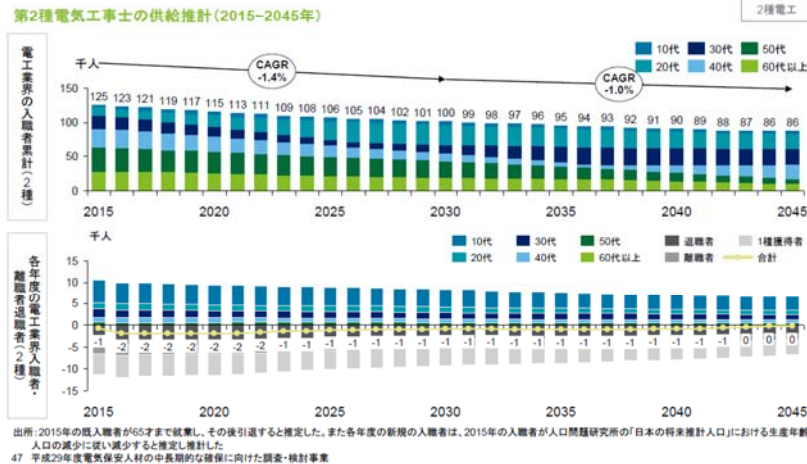


（出典）経済産業省、電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業、2018.1.31

MIZUHO Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

出典①：電工の人材（将来の第2種工事士の減少）

- 電工業界の第2種電気工事士は、2030年度では10万人となり、2015年比で2万5千人の減少となる。



(出典) 経済産業省、電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業、2018.1.31

出典①：電工の人材（電工の入職率が低い）

- 養成施設、工業高校電気科卒業者の入職率は15%程度と低い

ヒアリングによると、電気工事士養成施設や工業高校電気科卒業者の電気工事業界への入職率は15%程度と低い。電気工事業界への入職率向上に向けた取り組みが必要である。

電気工事業界における入職ルート



*1: 経済産業大臣により所定の単位を取得した卒業生への第2種電気工事士免状発行を許可する施設として指定された教育機関

*2: 経済産業省提供データ、電気技術者センター「電気技術者試験受験者実態調査」から、2015年における第2種電気工事士資格取得者のうち電気工事業界就職者の約6,000人と推計される。大手による想定入職者数1,000人を減らすと、中堅・中小企業における免状取得者は約5,000人と推計される

102 平成29年度電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業

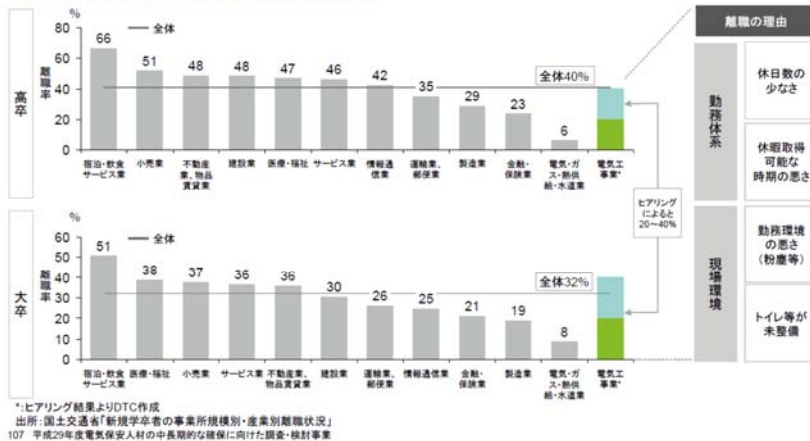
(出典) 経済産業省、電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業、2018.1.31

出典①：電工の人材（電工の離職率が高い）

■ 電気工事業界の離職率は20～40%と他産業に比べ高い

ヒアリングによると、電気工事業界の3年後離職率は20～40%である。施工管理への転身や同業他社への転職など業界内に留まるケースもあるが、他産業に比べやや高い。離職率の高さは休日の少なさや現場環境に起因すると考えられる。

高卒・大卒就職者（2013年3月卒）の就職3年後離職率



（出典）経済産業省、電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業、2018.1.31

MIZUHO

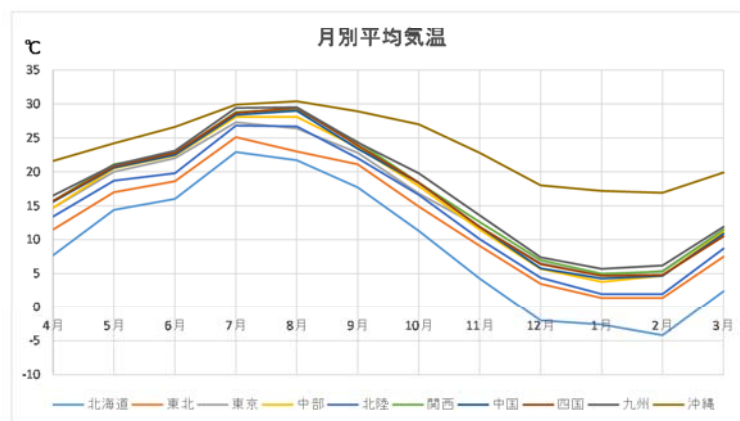
Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

4

出典②：月平均気温（2017年度）

■ 10電力の発電量実績

－ 7月～8月に最高気温、1月～2月に最低気温



（出典）気象庁、web情報（過去の気象データ）
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

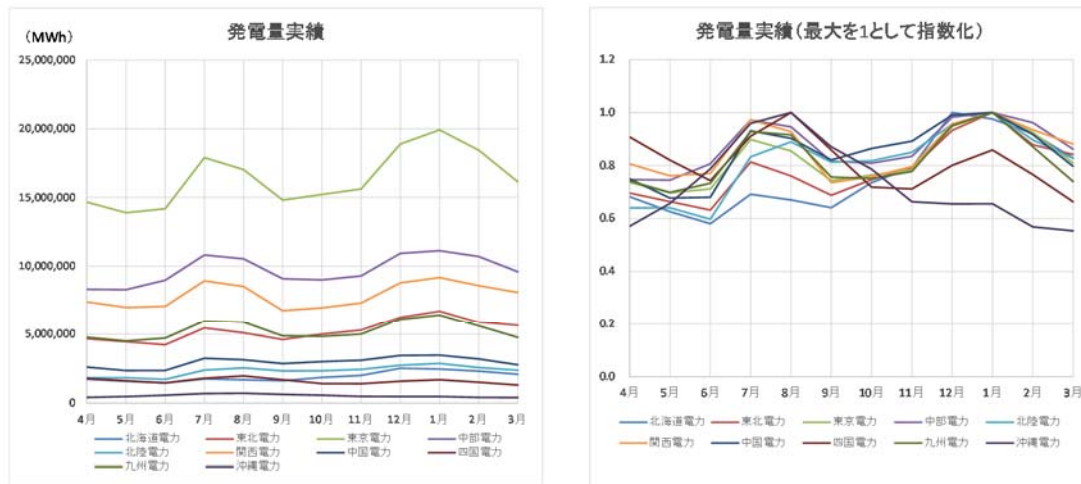
MIZUHO

Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

5

出典③：発電量実績（2017年度）

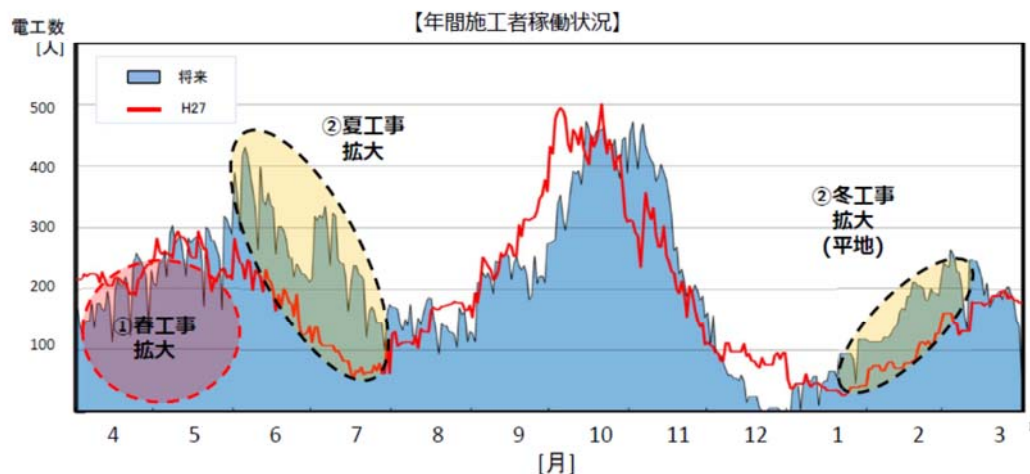
- 10電力の発電量実績
 - 7月と1月にピークが出現



(出典) 経済産業省、平成29年度電力調査統計

出典④：年間施工者稼働状況

- 1年間の施工者稼働状況を見ると、季節別の偏りが顕著であることが分かる。
- 北陸電力では秋以外の工事を増やし稼働率向上を指向している。



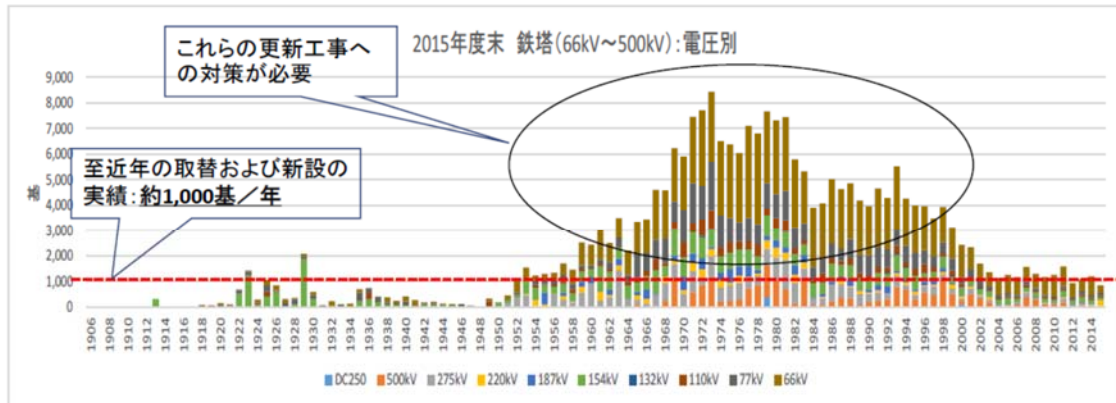
(出典) 料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑤：鉄塔（全国）

- 今後、高度経済成長期に建設された流通設備が大量に更新時期を迎える。
- 仮に実績ベースで更新を行う場合、既設設備をすべて更新するには250年程度の期間が必要。

⇒ 現在のペースでは更新工事のピークおよび全体物量に対して対応が困難。

■ 流通設備の経年物量分布 鉄塔基数（500kV～66kV）：約248,000基



（出典）電力広域的運営推進機関、第18回広域系統整備委員会、資料1別紙、2016/10/25

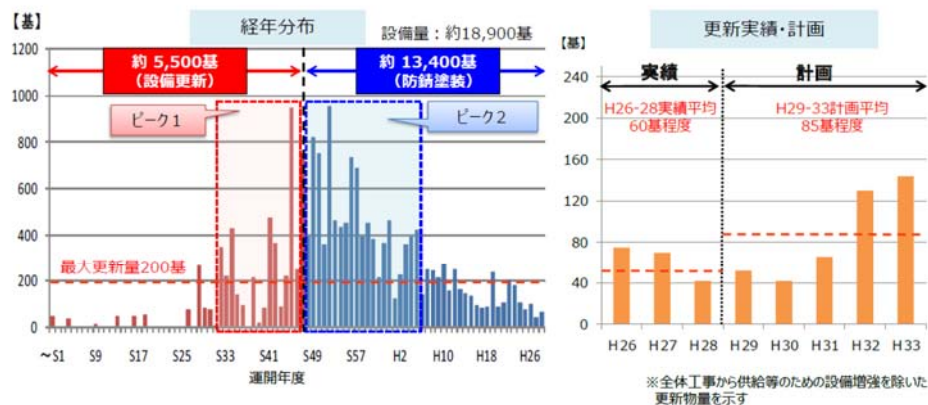
MIZUHO

Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

8

出典⑥：鉄塔（北海道電力）

- 北海道電力においては、現有18,900基の鉄塔のうち非着雪設計鉄塔が約5,500基あるため、これを優先した設備更新計画を掲げている。



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

MIZUHO

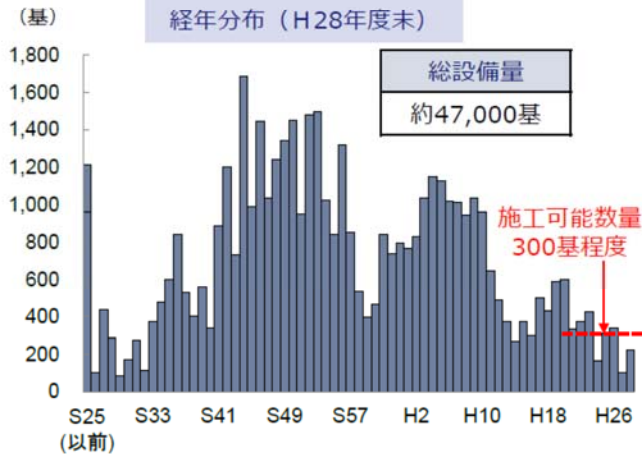
Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

9

出典⑥：鉄塔（東北電力）

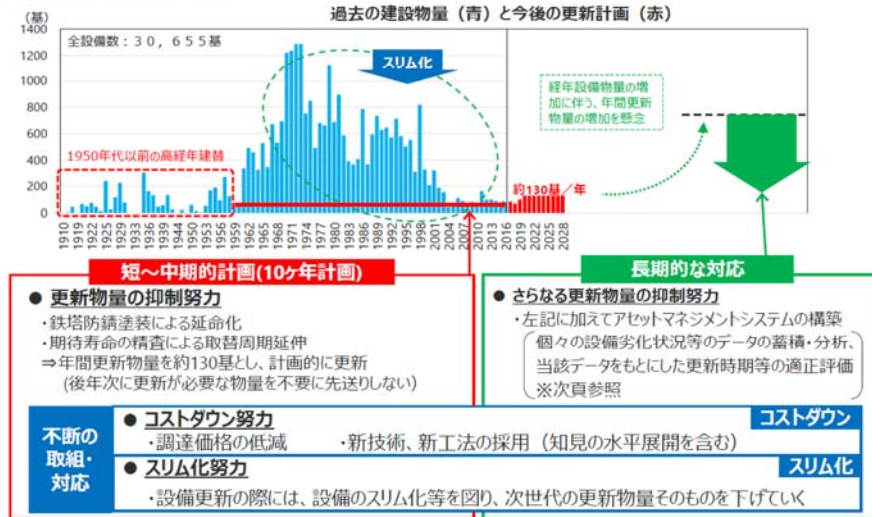
- 東北電力が保有する47,000基について、当面は、老朽化した鉄塔を優先的に、年間100基程度を更新する計画。

＜平成28年度末における経年分布＞



出典⑥：鉄塔（中部電力）

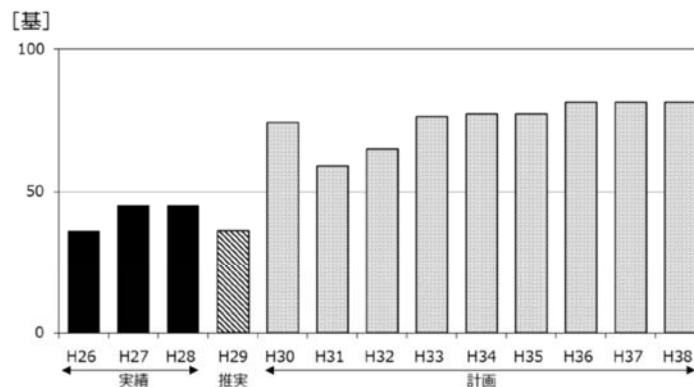
- 中部電力では1950年代以前の高経年鉄塔の建替を優先し、年間130基を計画的に更新する計画としている。



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑥：鉄塔（北陸電力）

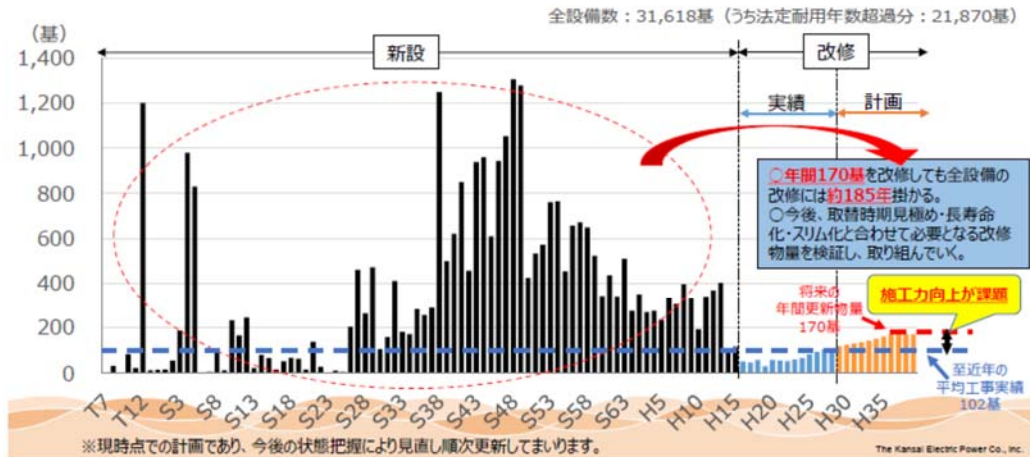
- 北陸電力では、周辺樹木等との接触リスクの高い電線地上高の低い鉄塔や、補修品の製造中止により電線張替困難となる鉄塔を優先的に建替する更新計画を策定。



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑥：鉄塔（関西電力）

- 関西電力では現有31,618基の鉄塔を年間170基更新する計画としている。



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑥：鉄塔（中国電力）

- 中国電力では、旧規格の鉄塔を平成20年度から30年間で建て替える計画としている。

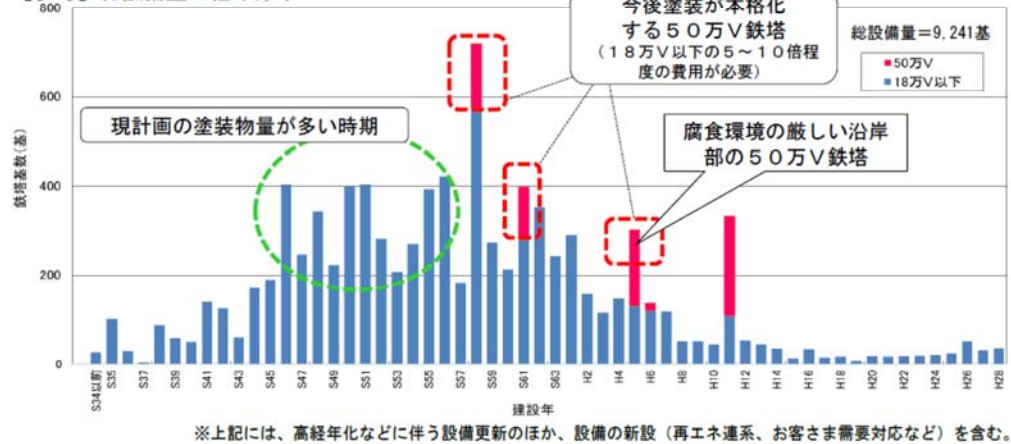


（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑥：鉄塔（四国電力）

- 四国電力では、点検等により腐食劣化状態を確認のうえ、最適な時期に塗装または部材交換を行うことで機能維持を図りつつ、年間50基程度の更新を実施する計画としている。

【参考】総設備量の経年分布



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

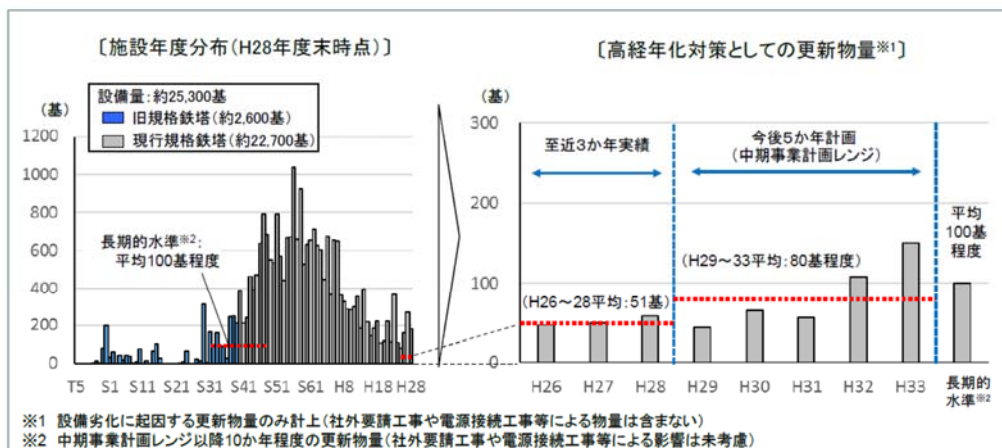
MIZUHO

Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

16

出典⑥：鉄塔（九州電力）

- 九州電力では、今後5カ年は年平均80基程度、長期的には100基/年程度の更新を計画している。



（出典）料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

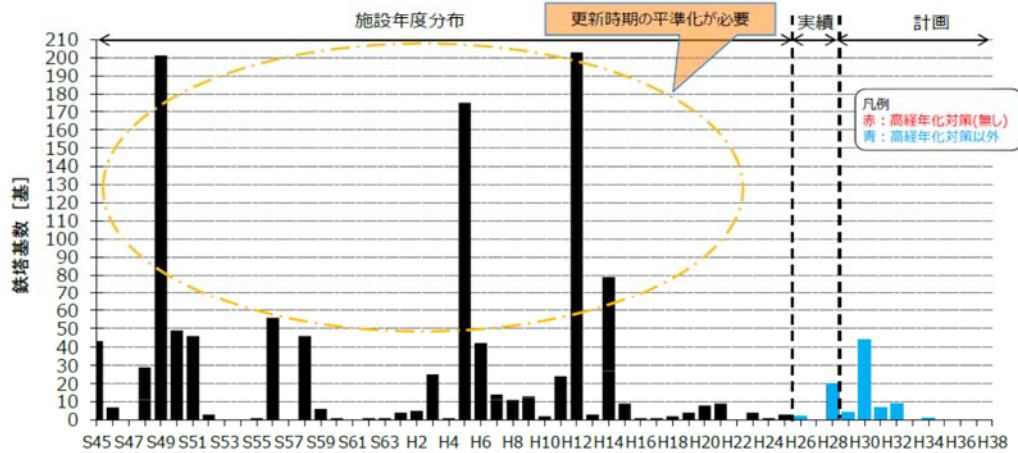
MIZUHO

Copyright (c) 2018 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

17

出典⑥：鉄塔（沖縄電力）

- 沖縄電力では、最も古い鉄塔で経年46年であるため現段階で設備更新の対象とはしていないが、防錆塗装や鉄塔部材取替により延命化を図っている。



(出典) 料金審査専門会合（第30回）2018/3/8

出典⑧：ヘリコプター保有台数とスペック例

- 機種別保有台数

	機数	機体全長 m	全高 m	自重 (空重) kg	最大離陸 重量 kg	最大 積載量 kg	最大速度 km/h	上昇限度 m	ホバリング 昇降高度 m	航続距離 km	エンジン出力 hp	乗客・乗員 名	参考機種	備考
甲斐	344													
レックス1 (R210)	166													
ベル47	3													機体が古くデータなし
ヒューズ69	9													機体が古くデータなし
ロビンソンR22/R44	149	9.1	3.3	634	1,087		200	4,270	2,000	500	22Shp	4+1	R44	
その他	5													
タービン	178													
AS350	94	10.9	3.1	1,118	2,250	1,132	200	5,600	4,050	600	641hp	5+1	AS350B	
ベル206	35	9.5	2.54	742	1,451	709	225	6,096	3,900	674	420hp	4+1	R206 III ショートレンジター	
ヒューズ369	3	9.54	2.71			300	250					4+1	ヒューズ369E	
ロビンソンR66	12						222		3,048	325			ロビンソンR66	
その他	34													
効果	469													
タービン	469													
エアバスヘリコプター式 (ロビンソン式及びロビンソン式を改良)	174	11.4	4.0	1,940	3,850	1,910	240	3,600	1,000	800	650hp×2	8+2	AS365F-ファン2	
ベル式	77	12.9	4.6	2,753	5,262	2,509	220	6,000	4,300	400	1,308hp×2	11+2	B412	
川崎式	67	10.3	4.0	1,804	3,550	1,746	240	5,000	3,000	700	851hp×2	9+1	BK117C2	
シコルスキー式	31	13.2	4.4	2,483	4,536	2,053	240	4,500	1,800	700	650hp×2	12+1	S76	
レオナルド式 (シコルスキー式及びガガーリ式を改良)	107	16.66	5.0	6,400	7,000	600	306	6,096	4,682	1,061	1676hp×2	15+2	AW139	
その他	13													
計	813													

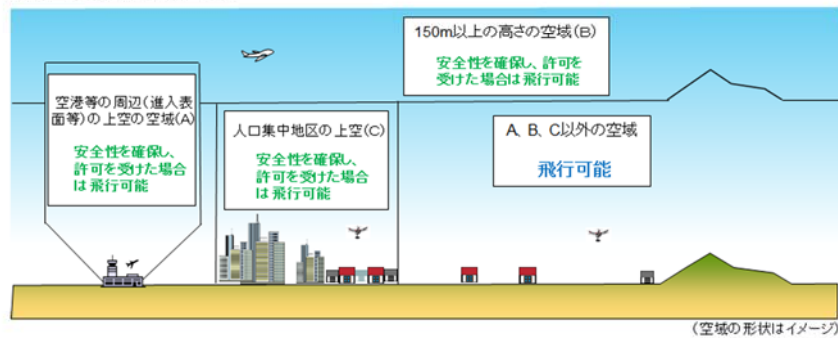
(出典) 機数：国土交通省、登録航空機数（2018年）2018年6月末現在
 スペック：アークエフ1航空情報センターweb情報（<http://www.arknet.com/chart/data/index.html>）
 ：中日本航空株式会社web情報（<https://www.nnk.co.jp/aviation/ships/helicopter-single/369E.html>）
 ：アルファードエースweb情報（http://www.pilot-licence.com/shopping/shopping_r66.htm）
 ：レオナルドweb情報（<http://www.leonardocompany.com/faw139>）

参考 3 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（国土交通省航空局）

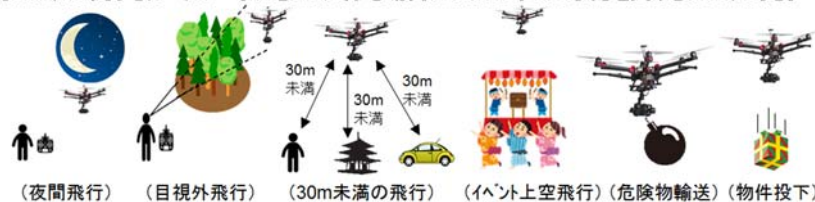
飛行許可申請対象となるドローンの飛行

- 国土交通省により、無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルールが定められている。

<飛行空域に関するルール>



<飛行方法に関するルール>（下記に該当する場合は事前の申請と承認を受ける必要がある）



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

目視外規制

- 目視外規制については、緊急時の自動帰還機能や、空中で位置を維持する機能が正常に動作することが求められる。第3者の存在しない山間部での飛行では、補助者の配置が必要とならない場合がある。（無人航空機ヘルプデスクへのヒアリングより）

「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」本文（5-4全文）

5-4 **目視外飛行**を行う場合は、次に掲げる基準に適合すること。ただし、無人航空機の機能及び性能、無人航空機を飛行させる者の飛行経歴等、安全を確保するために必要な体制等とあわせて総合的に判断し、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないと認められる場合は、この限りでない。

（法第132条の2第2号関係）

（1）機体について、次に掲げる基準に適合すること。

- ・自動操縦システムを装備し、機体に設置されたカメラ等により機体の外の様子を監視できること。
- ・地上において、無人航空機の位置及び異常の有無を把握できること（不具合発生時に不時着した場合を含む。）。
- ・電波断絶等の不具合発生時に危機回避機能（自動帰還機能、電波が復帰するまで空中で位置を維持する機能等のフェールセーフ機能）が正常に作動すること。

（2）無人航空機を飛行させる者について、次に掲げる基準に適合すること。

- ・モニターを見ながら、遠隔操作により、意図した飛行経路を維持しながら無人航空機を飛行させることができると及び飛行経路周辺において無人航空機を安全に着陸させることができること。
- ・必要な能力を有していない場合には、無人航空機を飛行させる者又はその関係者の管理下において第三者が立ち入らないよう措置された場所において、目視外飛行の訓練を実施すること。

（3）安全を確保するために必要な体制について、次に掲げる基準に適合すること。

- ・飛行させようとする経路及びその周辺を事前に確認し、適切な飛行経路を特定すること。
- ・飛行経路全体を見渡せる位置に、無人航空機の飛行状況及び周囲の気象状況の変化等を常に監視できる補助者を配置し、補助者は、無人航空機を飛行させる者が安全に飛行させることができるよう必要な助言を行うこと。ただし、飛行経路の直下及びその周辺に第三者が存在している蓋然性が低いと認められる場合は、この限りでない。

150m規制

- 150m規制では空域を管轄する機関との調整が求められるものの、第3者の存在しない山間部での飛行では、補助者の配置が必要とならない場合がある。（無人航空機ヘルプデスクへのヒアリングより）

〔無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領〕本文（5-1一部抜粋）

5-1 進入表面等の上空の空域、航空機の離陸及び着陸の安全を確保するために必要なものとして国土交通大臣が告示で定める空域又は**地表若しくは水面から150m以上の高さの空域における飛行を行う場合**は、次に掲げる基準に適合すること。ただし、無人航空機の機能及び性能、無人航空機を飛行させる者の飛行経歴等、安全を確保するために必要な体制等とあわせて総合的に判断し、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないと認められる場合は、この限りでない。

（法第132条第1号関係）

- （1）機体について、航空機からの視認をできるだけ容易にするため、灯火を装備すること又は飛行時に機体を認識しやすい塗色を行うこと。
- （2）安全を確保するために必要な体制について、次に掲げる基準に適合すること。
 - b) 地表又は水面から150m以上の高さの空域における飛行の場合
 - ・ **空域を管轄する関係機関から当該飛行について了解を得ること。**
 - ・ 無人航空機を飛行させる際には、関係機関と常に連絡がとれる体制を確保すること。
 - ・ **飛行経路全体を見渡せる位置に、無人航空機の飛行状況及び周囲の気象状況の変化等を常に監視できる補助者を配置し、補助者は、無人航空機を飛行させる者が安全に飛行させることができるよう必要な助言を行うこと。**
 - ・ **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注意喚起を行う補助者の配置等を行うこと。**
- （3）その他
進入表面等の上空の空域、航空機の離陸及び着陸の安全を確保するために必要なものとして国土交通大臣が告示で定める空域又は地表若しくは水面から150m以上の高さの空域における飛行の申請を行った場合には、航空情報の発行手続きが必要であるため、以下の対応を行う体制を構築すること。
 - ・ 飛行を行う日の前日までに、その飛行内容について飛行する場所を管轄する空港事務所長等（以下「管轄事務所長等」という。）へ、以下の項目を通知すること。なお、予め管轄事務所長等から通知先を指定された場合には、指定された機関へ通知を行うこと。

人口密集地区での飛行

- 人口集中地区の上空で飛行を行う場合は、落下事故回避のために、飛行経路でのネットの設置や立ち入り禁止区域・補助者の設置が必須となる。
- 将来自動的に第3者の上空を避けるように飛行するドローンが開発され技術が立証されればこのような対策が省略できる可能性がある。（無人航空機ヘルプデスクへのヒアリングより）

〔無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領〕本文（5-2より一部抜粋）

5-2 人又は家屋の密集している地域の上空における飛行を行う場合は、次に掲げる基準に適合すること。ただし、無人航空機の機能及び性能、無人航空機を飛行させる者の飛行経歴等、安全を確保するために必要な体制等とあわせて総合的に判断し、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないと認められる場合は、この限りでない。

（法第132条第2号関係）

- （1）無人航空機の落下による第三者に対する危害を防止するため、人又は家屋の密集している地域の上空であっても、第三者の上空で無人航空機を飛行させないことを要件とし、この場合において、次に掲げる基準に適合すること。
 - a) 機体について、第三者及び物件に接触した際の危害を軽減する構造を有すること。
 - b) 無人航空機を飛行させる者について、意図した飛行経路を維持しながら無人航空機を飛行させることができること。
 - c) 安全を確保するために必要な体制について、第三者の上空で無人航空機を飛行させないよう、次に掲げる基準に適合すること。
 - ・ 飛行させようとする経路及びその周辺を事前に確認し、適切な飛行経路を特定すること。
 - ・ 飛行経路全体を見渡せる位置に、無人航空機の飛行状況及び周囲の気象状況の変化等を常に監視できる補助者を配置し、補助者は、無人航空機を飛行させる者が安全に飛行させることができるよう必要な助言を行うこと。
 - ・ **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注意喚起を行う補助者の配置等を行うこと**

（略）

参考 4 送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件

送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会

送電線点検等への活用に向けたドローン等への共通要件

<構成>

1. 本共通要件について.....	1
1.1 共通要件の位置づけ.....	1
1.2 共通要件の前提条件.....	1
2. 送電線点検等におけるドローン利用想定.....	3
2.1 巡視.....	3
2.2 点検.....	4
2.3 工事における運搬.....	4
2.4 緊急時対応.....	5
2.5 ドローン利用想定 of 整理.....	6
3. ドローン本体に求められる要件.....	7
3.1 巡視.....	7
3.2 点検.....	9
3.3 工事における運搬.....	11
3.4 緊急時対応.....	13
3.5 ドローンに求められる要件 of 整理.....	13
4. 求められる機能.....	14
4.1 操縦機能.....	14
4.2 対象物に対する本体・カメラの自動追従機能.....	14
4.3 衝突回避機能.....	15
4.4 異常時等の対応機能.....	15
4.5 ドローン落下時の対応機能.....	15
5. その他、ソフトウェア上必要となる機能.....	16
5.1 異常点の自動検出機能.....	16
6. 留意事項.....	16

1. 本共通要件について

1.1 共通要件の位置づけ

- 送電線や鉄塔等の巡視、点検および工事における運搬等（以下、「点検等」という。）を実施するためのドローンを調達するにあたり、一般送配電事業者等（以下、「各事業者」という。）における標準的な要件を示すことで、各事業者の導入を容易にするものである。
- 送電線や鉄塔等を所有する各事業者や、ドローン開発サイドの意見を事前に集約することで、個社単独のニーズに基づきドローンの開発を推進するよりも効率性の向上が期待される。
- 本共通要件は、現在あるいは将来の各事業者が本共通要件を参考にする場合において、各事業者の点検等の運用や環境条件等に基づき、本共通要件に記載された項目について独自に要件を設定することは妨げない。
- なお、今後の規制緩和や技術の進展等により、本共通要件の内容を変更することがある。

1.2 共通要件の前提条件

1.2.1 実現を目指す時期

「空の産業革命に向けたロードマップ 2018」においては、ドローンの飛行レベルを 4 つの段階で定義し、レベル 4 においては、2020 年代前半で、「有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）」としている。

表 1 小型無人機の飛行レベル

レベル 1	目視内での操縦飛行
レベル 2	目視内での自動・自律飛行
レベル 3	無人地帯※での目視外飛行（補助者の配置なし） ※ 第三者が立ち入る可能性の低い場所（山、海水域、河川・湖沼、森林等）
レベル 4	有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）

（出典）小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会「空の産業革命に向けたロードマップ 2018」

本共通要件（後述する「ドローン利用想定」、「ドローン本体に求められる要件」、「求められる機能」等）は 2025 年の実現を目指すものとし、同ロードマップで想定している「有人地帯での目視外飛行」を前提に検討する。

1.2.2 ドローン利用の考え方

本共通要件を設定するにあたり、「どのような点検等に対し、どのようにドローンを活用するか」をより具体的に表現する「**利用想定**」を定める。

前項のとおり、「有人地帯での目視外飛行」を前提とするため、2025 年においては例えば、「事務所を飛び立ったドローンが、点検等を終え、事務所に戻ってくる」ことが制度上可能となる見込みであ

また、時間帯は緊急時を除き、ドローン搭載カメラでの確実な視認が可能な日中を、天候は荒天を除き、ドローンが飛行可能な晴天、曇天、雨天等を、それぞれ想定している。

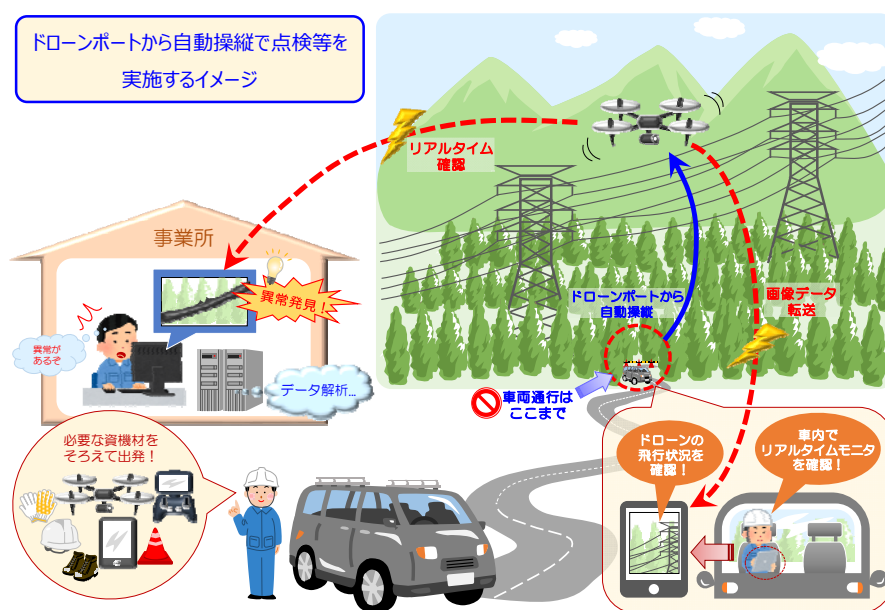


図 1 2025 年のドローン利用イメージ

2. 送電線点検等におけるドローン利用想定

「どのような点検等に対し、どのようにドローンを活用するか」を具体的に示した「利用想定」について、その点検等の内容と、内容に基づくドローンの活用方法を以下に示す。なお、「ドローンの活用方法」は「ドローンユーザーの視点」から示したものである。

2.1 巡視

(1) 巡視の内容

巡視とは、鉄塔、がいし、架空線¹および周辺状況に対し、目視で判断可能な設備の異常、周辺状況の変化（植生の接近や、地盤の緩み等）の有無を確認するものを指す。また、道路状況等により立ち入りが困難な区域（例：舗装路から鉄塔近傍までの未舗装路等）の状況確認についても本項に含むものとする。

(2) ドローンの活用方法

<事前準備>

- ①ドローン性能と安全な航続距離等を踏まえた巡視のためのドローン飛行計画を事前に策定する。
- ②国土交通省に対する包括申請²等により承認されている飛行経路に則っていることを確認する。

<運搬>

- ③操縦者は、ドローンを車両に積み込み、事務所を出発、巡視対象設備に近い駐車ポイントまでドローンを運搬する。

<巡視>

- ④駐車後、ドローンポート³から、予め設定した飛行ルートに従い、自動操縦によってドローン巡視を行う。
- ⑤巡視中はドローン搭載カメラにて撮影した画像を録画し、後日、録画した全ての画像または画像解析により選択された画像のみをチェックする。画像解析技術、データ転送技術の進展によっては遠隔からのリアルタイム監視⁴も想定する。
- ⑥（リアルタイム監視が可能である場合、）異常箇所が発見された際、自動操縦を基本としつつ、ホバリングさせるか、手動で操縦することでより詳細な情報を収集する。

<巡視後>

- ⑦巡視後、ドローンをすべて回収し、事務所に戻り、録画した記録媒体を回収・整理⁵、ならびにド

¹ 架空線は電力線と架空地線を示す。

² 同一の申請者が一定期間内に反復して飛行を行う場合または異なる複数の場所で飛行を行う場合の申請は、包括して申請することが可能。

³ ドローンポートは、ドローンを離陸させるに相応しい場所か、あるいは車両屋根上に金属以外の素材を用いたドローンポートを備えた専用車両を想定する。また、ドローンの離着陸で金属に影響しない機能を持たせることもあり得る。

⁴ 画像解析技術、データ転送技術の進展に依存する。

⁵ リアルタイム巡視ではなく、録画画像を確認する場合は、後日確認を実施する。また、いつ・どここの情報を記録した媒体なのかを整理する作業も含む。

ローンのメンテナンスを行う。

2.2 点検

(1) 点検の内容

点検とは、昇塔や宙乗りを行い鉄塔や電線の目視確認等⁶を行ったり、カメラを搭載したヘリコプターで撮影し録画した映像を確認したりすることによって、支持物（鉄塔）の損傷、架空線の素線切れ・わらい、電線の圧縮接続管における過熱等、巡視だけでは発見できないような異常の発見を行うことを指す。

(2) ドローンの活用方法

点検におけるドローンの活用方法は、基本的には巡視と同様である。相違点は、対象を架空線、がいし、電線付属品、架線金具、鉄塔等の送電関連設備に限定して設備異常の判断を実施することである。また画像解析を実施することで、巡視よりもかなり高精細な画像を必要とするため、ドローンの飛行速度は遅くなる可能性がある。

2.3 工事における運搬

(1) 工事における運搬の内容

鉄塔・送電線の建設や修復等を実施するため、山間部をはじめとする進入路等が整備されていない場所に対し、ヘリコプターや作業員によって必要となる重機や資機材等を運搬する作業を指す。

(2) ドローンの活用方法

<事前準備>

- ①ドローン性能と安全な航続距離等を踏まえた巡視のためのドローン飛行計画を事前に策定する。
- ②国土交通省に対する包括申請等により承認されている飛行経路に則っていることを確認する。

<運搬>

- ③操縦者は、ドローンを車両に積み込み、事務所を出発、工事対象設備に近い駐車ポイントまで、ドローンを運搬する。

<工事における運搬>

- ④操縦者（A）は、駐車ポイントの近傍にドローンポートを設置し、その場所で資機材等をドローンに搭載する。
- ⑤予め設定した飛行ルートに従い、自動操縦によって工事現場まで運搬する。
- ⑥工事現場では上空にてホバリングし、そのタイミングで手動に切り替え、現場で待機する別の操縦者（B）の操縦により安全に着陸させるか、または着陸させずに安全な方法で荷だけ降ろす（技術的に可能である場合は自動操縦による着陸も想定。）。

⁶ 鉄塔上からの目視確認や地上からの望遠鏡による確認も含む。

ポートにて待機、現場の操縦者（B）と逐一情報のやりとりを行う。

※なお、ドローン搭載カメラで撮影した映像はリアルタイムで操縦者（A・B）が確認する。

2.4 緊急時対応

（1）緊急時対応の内容

災害時において、ヘリコプターや作業員を活用し、鉄塔や送電線周辺の被害状況を確認した上で、周辺の状況や設備本体に異常がある場合は当該異常箇所の特定を行う作業を指す。

なお、ここで言う災害とは、例えば、雷、台風、大雨、大雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火等の自然災害や、火事、第三者による設備損壊等の人為災害を言う。

（2）ドローンの活用方法

<事前準備>

- ①国土交通省に対する包括申請等により「事故・災害対応等」の飛行の承認が得られていることを確認する。
- ②災害等発生時に、ドローンの飛行自粛要請が無いことを確認し、要請があった場合は、国または地方公共団体が設置する災害対策本部と調整し飛行の承認を得る。

<運搬>

- ③操縦者は、ドローンを専用車両に積み込み、事務所を出発し、予定していた駐車ポイントまでドローンを運搬する。

<状況確認>

- ④駐車後、ドローンポートからドローンを飛行させ、予め設定した飛行ルートに従い、自動操縦によって目的箇所付近を飛行、異常が疑われる箇所であればホバリングさせるか、ゆっくり動かし操縦者がリアルタイムモニタにて確認する。
 - ⑤異常箇所と思しきポイントが見つければ、ズーム機能で詳細に確認、異常箇所の修復計画に役立てる（リアルタイムモニタは事務所でも確認が可能であることが望ましい。）。
 - ⑥確認終了後、自動操縦にてドローンポートまで帰還する。
- ※夜間の現地確認は暗視カメラ等で対応する。

2.5 ドローン利用想定の整理

表 2 ドローンの利用想定の整理

用途		ドローンポートの設置場所	ドローン操縦における自動／遠隔（手動）の別		録画した画像の確認や分析におけるリアルタイム／録画の別
			ドローンポート→対象設備等	確認等作業中	
巡視	ドローンポートから自動飛行し撮影 鉄塔、がいし、架空線及び周辺状況における異常や変化の有無を確認 録画した画像またはリアルタイムモニタで確認	事務所敷地内、対象設備に近い駐車ポイント	自動	自動をベースに一部手動	リアルタイム／録画
点検	ドローンポートから自動飛行し撮影 鉄塔、がいし、架空線等における巡視では発見できないような異常の有無を確認 撮影した画像を自動的に分析	事務所敷地内、対象設備に近い駐車ポイント	自動	自動をベースに一部手動	リアルタイム／録画
工事における運搬	ドローンポートまで資機材とドローンを車両で運搬 ドローンポートから現地までは自動飛行	事務所敷地内、対象設備に近い駐車ポイント	自動	自動をベースに一部手動（資機材受け渡し時等）	リアルタイム
緊急時対応	ドローンポートから目的地近傍まで自動飛行、現地では遠隔操作で飛行し撮影 鉄塔や架空線等における異常の有無や周辺の被害状況を確認	事務所敷地内、対象設備に近い駐車ポイント、かつ安全な地点	自動	自動をベースに一部手動	リアルタイム

3. ドローン本体に求められる要件

利用想定に応じてドローンに求められる要件は以下のとおり。

3.1 巡視

3.1.1 大きさ・重量

- 普通自動車等で運搬することが可能な大きさ・重量であること。（部品等を分解することによって運搬可能なものも含む。）
- 分解して運搬することが想定される場合には、組立・分解が容易であること。

3.1.2 航続距離・時間

- 最低 50km 程度継続して飛行可能であること。
- 3.1.6 に示す環境下において、3.1.4 に示すペイロードで最低 3 時間飛行可能であること。

3.1.3 駆動方式

- エンジン式、燃料電池式、ハイブリッド式の場合、飛行開始可能な状態までの準備（燃料の充填等）に必要な時間が 15 分以内であること。
- バッテリー式のうち、バッテリー一体型の場合、30 分以内に満充電またはバッテリー交換が可能であること。バッテリー着脱型の場合は、10 分以内にバッテリー交換作業が完了すること。
- いずれの方式の場合も、残飛行可能時間を操縦者等が把握できる機能を有すること。また、周辺住民等に配慮し、静音設計であることが望ましい。

3.1.4 ペイロード⁷

- 5kg 以上（但し、3.1.7 カメラ性能を満たすカメラを積載可能であればこの限りではない）の積載が可能であること。

3.1.5 自己位置の検知精度

- GNSS（GPS・GLONASS・Galileo・北斗等）、RNSS（準天頂衛星・北斗等）等の衛星による測位や、センサを用いた手法等により、絶対位置が水平成分 5cm、垂直成分 10cm 以内の精度を有すること。
- センサを用いた手法や SLAM による自己位置推定手法等により、対象物までの相対位置が 3cm 以内の精度を有すること。

⁷ 1 機で運搬可能な最大積載量とする。

- 電磁界や電波を遮蔽する他物等の影響により、地磁気センサや衛星通信等を用いた絶対位置の測位（衛星測位等）が不使用状態となった場合においても、それらの影響のないエリアまで飛行を継続することができるか、4.4 異常時等の対応機能等により適切に安全確保が可能であること。

3.1.1.6 耐環境性能

- 最大瞬間風速 20m/s でも平常時と同様に飛行可能な耐風性能を有すること。
- カメラ等の視界が確保可能なレベルの雨・雪等でも平常時と同様に飛行可能かつ、カメラ等のセンサが故障しない耐天候性能を有すること。
- 外気温-15℃～40℃でも平常時と同様に飛行可能であること。
- ドローンの飛行に支障とならない耐電界性能、耐磁界性能を有すること。
- 海岸線に隣接する場所や海塩粒子の多く飛散する地域での飛行を想定する場合は、塩害に対する耐久性について十分配慮すること。

3.1.1.7 カメラ性能

- 30m 離れた場所でも、送電線や鉄塔等の異常個所を判別することが可能なズーム機能、ピント調節機能、解像度を有すること。
- 送電線、鉄塔や鉄塔上の個々の機材、巡視路や鉄塔周辺等の周辺環境を安定して補足し、鮮明な画像を安定して撮影できること。
- 本体の振動等に対して、安定して撮影できる十分な補正機能を有すること。
- 様々な種類のカメラを搭載する可能性を考慮し、搭載可能なカメラの互換性があることが望ましい。

3.1.1.8 ストレージ

- 動画等を保存するために、512GB 以上の内部または外部ストレージを有すること。
- 取得したデータの転送（有線・無線問わず）が 60 分以内に可能であること。

3.1.1.9 通信

- 50km 離れた場所でも飛行制御の指示、カメラ制御の指示、動画の伝送、飛行状態の伝送が、ストレスを感じることなく実施可能であること。
- 山間部等での利用等を想定し、遮蔽物があっても利用可能であること。（例えば、衛星通信、携帯電話ネットワーク、中継機の設置等の活用など。）
- 撮影した画像のリアルタイム表示が必要な場合は、伝送遅延時間が 5s 以内であること。

3.2 点検

3.2.1 大きさ・重量

- 普通自動車等で運搬することが可能な大きさ・重量であること。（部品等を分解することによって運搬可能なものも含む。）
- 分解して運搬することが想定される場合には、組立・分解が容易であること。

3.2.2 航続距離・時間

- 最低 50km 程度継続して飛行可能であること。
- 3.2.6 に示す環境下において、3.2.4 に示すペイロードで最低 3 時間飛行可能であること。

3.2.3 駆動方式

- エンジン式、燃料電池式、ハイブリッド式の場合、飛行開始可能な状態までの準備（燃料の充填等に必要な時間が 15 分以内であること。
- バッテリー式のうち、バッテリー一体型の場合、30 分以内に満充電またはバッテリー交換が可能であること。バッテリー着脱型の場合は、10 分以内にバッテリー交換作業が完了すること。
- いずれの方式の場合も、残飛行可能時間を操縦者等が把握できる機能を有すること。また、周辺住民等に配慮し、静音設計であることが望ましい。

3.2.4 ペイロード⁸

- 30kg 以上（但し、3.2.7 カメラ性能を満たすカメラを積載可能であればこの限りではない）の積載が可能であること。

3.2.5 自己位置推定の精度

- GNSS（GPS・GLONASS・Galileo・北斗等）、RNSS（準天頂衛星・北斗等）等の衛星による測位や、センサを用いた手法等により、絶対位置が水平成分 5cm、垂直成分 10cm 以内の精度を有すること。
- センサを用いた手法や SLAM による自己位置推定手法等により、対象物までの相対位置が 3cm 以内の精度を有すること。
- 電磁界や電波を遮蔽する他物等の影響により、地磁気センサや衛星通信等を用いた絶対位置の測位（衛星測位等）が不使用状態となった場合においても、それらの影響のないエリアまで飛行を継続することができるか、「4.4 異常時等の対応機能」等により適切に安全確保が可能であること。

3.2.6 耐環境性能

- 最大瞬間風速 20m/s でも平常時と同様に飛行可能な耐風性能を有すること。

⁸ 1 機で運搬可能な最大積載量とする。

- カメラ等の視界が確保可能なレベルの雨・雪等でも平常時と同様に飛行可能かつ、カメラ等のセンサが故障しない耐天候性能を有すること。
- 外気温-15℃～40℃でも平常時と同様に飛行可能であること。
- ドローンの飛行に支障とならない耐電界性能、耐磁界性能を有すること。
- 海岸線に隣接する場所や海塩粒子の多く飛散する地域での飛行を想定する場合は、塩害に対する耐久性について十分配慮すること。

3.2.7 カメラ性能

- 30m 離れた場所でも、送電線や鉄塔等の異常箇所を判別することが可能なズーム機能、ピント調節機能、解像度を有すること。
- 送電線、鉄塔等の設備異常・劣化、巡視路や鉄塔等の周辺環境変化の確認が容易な画像を撮影できること。
- 本体の振動等に対して、安定して撮影できる十分な補正機能を有すること。
- 様々な種類のカメラを搭載する可能性を考慮し、搭載可能なカメラに互換性があることが望ましい。

3.2.8 ストレージ

- 動画等を保存するために、512GB 以上の内部または外部ストレージを有すること。
- 取得したデータの転送（有線・無線問わず）が 60 分以内に可能であること。

3.2.9 通信

- 50km 離れた場所でも飛行制御の指示、カメラ制御の指示、動画の伝送、飛行状態の伝送が、ストレスを感じることなく実施可能であること。
- 山間部等での利用等を想定し、遮蔽物があっても利用可能であること。（例えば、衛星通信、携帯電話ネットワーク、中継機の設置等の活用など。）
- 撮影した画像のリアルタイム表示が必要な場合は、伝送遅延時間が 5s 以内であること。

3.3 工事における運搬

3.3.1 大きさ・重量

- 普通自動車等で運搬することが可能な大きさ・重量であること。（部品等を分解することによって運搬可能なものも含む。）
- 分解して運搬することが想定される場合は、組立・分解が容易であること。

3.3.2 航続距離・時間

- 最低 10km 程度継続して飛行可能であること。
- 3.3.6 に示す環境下において、3.3.4 に示すペイロードで最低 2 時間飛行可能であること。

3.3.3 駆動方式

- エンジン式、燃料電池式、ハイブリッド式の場合、飛行開始可能な状態までの準備（燃料の充填等）に必要な時間が 15 分以内であること。
- バッテリー式のうち、バッテリー一体型の場合、30 分以内に満充電またはバッテリー交換が可能であること。バッテリー着脱型の場合は、10 分以内にバッテリー交換作業が完了すること。
- いずれの方式の場合も、残飛行可能時間を操縦者等が把握できる機能を有すること。また、周辺住民等に配慮し、静音設計であることが望ましい。

3.3.4 ペイロード⁹

- 50kg¹⁰以上の積載が可能であること。

3.3.5 自己位置推定の精度

- GNSS（GPS・GLONASS・Galileo・北斗等）、RNSS（準天頂衛星・北斗等）等の衛星による測位や、センサを用いた手法等により、絶対位置が水平成分 5cm、垂直成分 10cm 以内の精度を有すること。
- センサを用いた手法や SLAM による自己位置推定手法等により、対象物までの相対位置が 3cm 以内の精度を有すること。
- 電磁界や電波を遮蔽する他物等の影響により、地磁気センサや衛星通信等を用いた絶対位置の測位（衛星測位等）が不使用方法となった場合においても、それらの影響のないエリアまで飛行を継続することができるか、4.4 異常時等の対応機能等により適切に安全確保が可能であること。

⁹ 1 機で運搬可能な最大積載量とする。

¹⁰ 航空機製造事業法で規制される総重量 150kg 以上の閾値を考慮して設定した。技術の進展等により運搬重量の増加を検討する。

3.3.6 耐環境性能

- 最大瞬間風速 20m/s でも平常時と同様に飛行可能な耐風性能を有すること。
- カメラ等の視界が確保可能なレベルの雨・雪等でも平常時と同様に飛行可能かつ、カメラ等のセンサが故障しない耐天候性能を有すること。
- 外気温-15℃～40℃でも平常時と同様に飛行可能であること。
- ドローンの飛行に支障とならない耐電界性能、耐磁界性能を有すること。
- 海岸線に隣接する場所や海塩粒子の多く飛散する地域での飛行を想定する場合は、塩害に対する耐久性について十分配慮すること。

3.3.7 カメラ性能

- 150m 離れた場所でも、地上の作業員や運搬場所の状態が視認可能なズーム機能、ピント調節機能、解像度を有すること。
- 本体の振動等に対して、安定して撮影できるような十分な補正機能を有すること。
- 様々な種類のカメラを搭載する可能性を考慮し、搭載可能なカメラに互換性があることが望ましい。

3.3.8 ストレージ

- 動画等を保存するために、512GB 以上の内部または外部ストレージを有すること。

3.3.9 通信

- 10km 離れた場所でも飛行制御の指示、カメラ制御の指示、動画の伝送、飛行状態の伝送が、ストレスを感じることなく実施可能であること。
- ドローン本体の操作のためにカメラによる画像のリアルタイム表示が必要な場合は、伝送遅延時間が 0.2s 以内¹¹であること。

¹¹伝送遅延時間は、工事による運搬用途で「ドローン本体の操作のためのカメラによる画像のリアルタイム表示が必要な場合」は 0.2s 以内としているが、前述の巡視・点検用途で「撮影した画像確認のためにリアルタイム表示が必要な場合」については、実現の容易性から 5 秒以内としている。

3.4 緊急時対応

「3.2 点検」と同様の要件を満たすものとする。

3.5 ドローンに求められる要件の整理

表 3 ドローンに求められる要件の整理

No.	要件	用途			緊急時 対応
		巡視	点検	工事における運搬	
1	大きさ・重量	・普通自動車等で運搬可能 ・分解可。但し、容易に組立・分解ができるように留意			点 検 と 同 様
2	航続距離・時間	・最低50km程度継続飛行可能 ・下記に示すペイロードで最低 3 時間飛行可能		・最低10km程度継続飛行可能 ・下記に示すペイロードで最低 2 時間 飛行可能	
3	駆動方式	・上記を満たす駆動方式（バッテリー、エンジン、燃料電池、ハイブリッド等） ・エンジン、燃料電池、ハイブリッドの場合は、準備時間15分以内 ・バッテリーの場合は、一体型で30分以内で満充電又は交換可能。着脱式の場合は、10分以内でバッテリー交換可能			
4	ペイロード	5kg以上※	30kg以上※	50kg以上	
5	自己位置の検知精度	・絶対位置精度が、水平成分5cm、垂直成分10cm以内 ・相対位置精度が、3cm以内			
6	耐環境性能	・最大瞬間風速20m/sでも飛行可能 ・カメラによる視界が確保可能なレベルの雨・雪等でも飛行可能 ・外気温-15～40℃で飛行可能 ・耐電界性能、耐磁界性能 ・塩害に対する耐久性への配慮			
7	カメラ性能	・30m離れた場所でも異常個所の判別可能 ・個々の対象物を安定して補足し、安定して撮影可能 ・搭載可能カメラの互換性有 ・本体の振動等に対する補正機能	・30m離れた場所でも異常個所の判別可能 ・目視確認で対象物の設備異常・劣化や、周辺環境変化の確認が容易な画像を撮影可能 ・搭載可能カメラの互換性有 ・本体の振動等に対する補正機能	・150m離れた場所でも現場の作業員や場所の状態が視認可能 ・搭載可能カメラの互換性有 ・本体の振動等に対する補正機能	
8	通信	・50km離れた場所でも制御指示等がストレスなく実施可能 ・遮蔽物等があっても利用可能 ・伝送遅延時間5s以内		・10km離れた場所でも制御指示等がストレスなく実施可能 ・遮蔽物等があっても利用可能 ・伝送遅延時間0.2s以内	
9	ストレージ	・512GB以上の内部または外部ストレージ ・データの転送が60分以内に可能		・512GB以上の内部または外部ストレージ	

※ただし、カメラ性能を満たすカメラを搭載可能であればこの限りではない。

4. 求められる機能

4.1 操縦機能

(1) 自動操縦機能

- ドローンポートとして設定した地点から、指定した目的地まで自動で飛行する機能を有すること。
- 進入不可のエリアがあることを想定し、あらかじめ設定した飛行ルート上を自動で飛行することや、進入不可のエリアをあらかじめ登録し飛行ルートを自動設定する等、利用者の設定しやすさを考慮した機能を有すること。
- 自動操縦機能による飛行中は、ドローン本体の状態や周辺環境（気温、湿度、風速、電磁界等の外部環境や、木の枝や鳥獣等の障害物の状況を含む）の状態を常に監視・通知できること。

(2) 手動操縦機能

- ドローンの進行方向や、速度、高度等を手動で設定し操縦できる機能を有すること。
- 手動から自動への切り替え及び、自動から手動への切り替えを円滑に実施できること。
- ドローンの操縦を交代する可能性がある場合は、操縦者同士で円滑かつ安全に切り替えを実施できること。

4.2 対象物に対する本体・カメラの自動追従機能

(1) 送電線、鉄塔等の設備の自動追従機能

- 送電線や鉄塔、鉄塔上の個々の機材（がいしやボルト等）等の対象物を自動で認識する機能を有すること。
- 送電線、鉄塔等の対象物や範囲を設定することによって、カメラ等により対象物の点検等に必要な画像・映像データを継続的に取得できるよう、カメラのズーム機能や、対象物までの距離・高度を自動で調整し追従する機能を有すること。なお、送電線の場合は、弛度を考慮した自動操縦が可能であること。
- 対象物が鮮明に見えるようにホワイトバランスを自動で適切に設定可能な機能を有すること。
- 電磁界の影響等を踏まえ、自動操縦時には、送電線に対して事前に計算または測定した結果を元に、一定の離隔距離を保って安定して飛行し続ける機能を有すること。
- 対象物の画像・映像データを取得・捕捉する方向を選択できる機能を含むこと。
- 対象物の認識が困難な場合は、その旨を通知・記録する機能を有すること。

(2) 周辺環境の自動追従機能

- 画像・映像データを取得したいエリアを設定することによって、そのエリアの点検等に必要な画像・映像データを継続的に取得できるよう、カメラのズーム機能や、対象物までの距離・高度を自動で調整し追従する機能を有すること。

- 設定したエリアの周辺環境が鮮明に見えるよう、ホワイトバランスを自動で適切に設定可能な機能を有すること。

4.3 衝突回避機能

- 他物との衝突を回避する機能を有すること。
- 国土交通省「無人航空機の目視外飛行に関する要件」に準拠すること。
- 他物に応じて、衝突を回避するまでの距離を設定できる機能を有すること。
- 通常状態での樹木や飛来物等だけでなく、風がある場合に樹木が揺れる等にも配慮すること。

4.4 異常時等の対応機能

- ドローンの飛行可能限界や、本体またはセンサの異常等が認識された場合は、離陸地点まで自動的に戻る機能（自動帰還機能）、空中で位置を維持する機能、またはその場に着陸もしくは設定した緊急着陸地点に着陸する等の安全確保のための機能を有すること。
- 緊急着陸地点の設定機能を有すること。
- 常時、機体を安全に着陸・停止させられるような強制的な操作介入が可能であること。
- 利用条件を鑑み、国土交通省「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」に記載されている安全対策機能を有すること。

4.5 ドローン落下時の対応機能

- 万が一ドローンが落下した際に、落下した地点または最後に記録された位置情報をドローン所有者に通知する機能を有すること。
- 万が一ドローンが落下した際に、本体及び周辺環境に与える影響が軽微（例：電力流通設備を傷つけない、火災を誘発しない、有害物質を放出しない等）であること。また、落下したドローンを容易に見つけられるようにすること。

5. その他、ソフトウェア上必要となる機能

5.1 異常点の自動検出機能

(1) 異常点の設定機能

- 異常点を記録した画像・映像データを入力し、それらのデータを蓄積することで、検出したい異常点として設定する機能を有すること。
- 検出したい異常点を表す色・形等を設定する機能を有すること。

(2) リアルタイム自動検出機能

- リアルタイムに取得した画像・映像データが、5.1(1)で異常点として設定した条件を満たす場合に、利用者に都度通知し、その情報をドローン本体に記録する機能を有すること。

(3) 保存された画像・映像データから異常点を自動検出する機能

- カメラ等のストレージに保存された画像・映像データから、5.1(1)で異常点として設定した条件を満たす場合に、通知・記録する機能を有すること。

6. 留意事項

- 本共通要件のカメらは画像を写すものを想定しているが、点検等の対象物や環境等に応じて、対象物の温度測定等を行う機器を搭載することを妨げるものではない。

以上

参考 5 無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項

送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会

無人航空機を用いて送電線点検等を行うにあたり当面自主的に取り組むべき事項

送電線や送電鉄塔等（以下「送電線等」という。）は、設備の高経年化や人材不足等により、将来にわたる継続的な設備の維持管理が課題となっている。一方で、無人航空機（ドローン）等を活用することで、従来の点検等の効率化、省人化が期待されている。

そのような中、無人航空機の飛行要件を定めた「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」（平成 27 年国空航第 684 号、国空機第 923 号。以下「審査要領」という。）が平成 30 年 9 月 14 日付で一部改正され、無人航空機の目視外補助者無し飛行の要件が明確化されたところである。

本書は、これを受けて、送電線等の点検等（以下「送電線点検等」という。）の効率化や省人化に向け、無人航空機を活用した点検等の社会受容性を高めることを目的として、航空法に基づく審査要領で定める要件とは別に、事業者が無人航空機を用いて送電線点検等を行うに当たり当面自主的に取り組むべき事項等を「送電線点検等におけるドローン等技術活用研究会」として取りまとめたものである。

◎安全に巡視・点検等を行うために取り組むべき事項

（1）機体等について、次に掲げる事項に注意すること。

- 自動操縦を行う場合、送電線による電磁界や電波を遮蔽する他物等の影響を考慮し、地磁気センサや衛星通信等を用いた絶対位置の測位（衛星測位等）が不使用方法となった場合においても飛行を継続し、影響のないエリアまで自動／手動で移動する又は、審査要領に記載された危機回避機能等により適切に安全確保できること。
- 自動操縦を行う場合、事前に樹木等の他物がないと確認できた空域で飛行させる又は、送電線等や樹木等の他物との衝突を回避する機能を持たせること。
- 機体や搭載物が落下した場合に、周辺に与える影響が軽微であること。

（2）飛行させる者について、次に掲げる事項に注意すること。

- 安全な飛行を行うために必要な知識を有すること。（例：機体の制御方法、不具合時の対処方法等）

（3）運営について、次に掲げる事項に注意すること。

- 自動操縦を行う場合は、電磁界の影響等を踏まえ、あらかじめ計算又は測定した結果を基に、送電線等に対して一定の離隔距離を保って飛行させること。
- 送電線点検等に伴いカメラやセンサ等を搭載する必要がある場合は、過積載を防止すること。

- 安全な飛行を損なうおそれのあるカメラやセンサ等を搭載しないこと。（例：強い磁力を発生する可能性のあるもの、重心を著しく偏らせるもの等）
- 機体に定められたカメラやセンサ等の搭載方法や運用制限を守ること。
- 離着陸地点について安全に離着陸できる状態であることを確認すること。
- 飛行前に、想定される飛行ルートについて、安全に飛行できる状態であることを確認すること。

（４）体制について、次に掲げる事項に注意すること。

- 落下した機体や搭載物による損害への賠償資力をあらかじめ備えること。（例：保険の加入等）

◎安全に工事等における機材等の運搬を行うために取り組むべき事項

上記の事項に加え、国土交通省より平成 30 年 9 月に公表された「無人航空機による荷物配送を行う際の自主ガイドライン」に取り組むこと。

◎社会的信頼性の観点から取り組むべき事項

（１）ドローン機種の選定にあたり、次に掲げる事項に注意すること。

- 機体や搭載物が落下した場合に、前述のとおり周辺に与える影響が軽微であることに加え、落下した機体や搭載物を容易に発見・回収できるようにすること。

（２）運営について、次に掲げる事項に注意すること。

- 機体の状態及び搭載したセンサや機材等の状態を継続的に確認すること。
- 機体や機材等が落下した場合にそれらの回収に努めること。
- 機体の飛行経路、飛行可能時間、着陸予定場所及びその使用スケジュール等の情報や使用電波の周波数等の情報について、離着陸場所を共有する関係者との共有に努めること。
- 天候状態を確認し、強風や降雪等の外部環境の変化を想定した対策を行うこと。
- 飛行空域周辺の環境に応じた飛行時間帯の制限や騒音対策を行うこと。

（３）体制について、次に掲げる事項を実施するよう努めること。

- 飛行目的や飛行ルート等の情報を事業者で集約・管理する体制を構築すること。
- 万が一事故が発生した場合は、事故が発生した際の原因調査体制を構築し、同様の事故発生の防止すること。

なお、本書については、送電線点検等の実績や技術の進展に応じて、改訂を検討することとする。