

令和6年度地域共生再生可能エネルギー発電設備導入実態
調査事業（再生可能エネルギー発電設備の不適切事案に対する
行政執行事務の適正かつ効率的な管理に向けた調査事業）

調査報告書

EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社

2025年2月28日

目次

1. 本事業の背景と目的	P.4
2. エグゼクティブサマリー	P.6
3. 業務内容のご報告	
(1) 再エネ発電設備の運営状況の一元管理手法の検討	
① 一元管理する情報の調査・検討	P.8~10
② 管理手法の検討	P.11~12
③ 実運用における検証・補正	P.13~14
④ FIT認定情報及び公表データとの連携に関する検討	P.15
(2) 効率的な現地調査手法に関する検討	P.17
① 現地調査手法に関する調査	P.18~30
② 撮影データのAI判読等の精度検証	P.31~34

1. 本事業の背景と目的

1. 本事業の背景と目的

再エネ発電設備の事業規律強化が求められる中、多様な情報をの一元管理を実現する手法と、テクノロジーを用いた現地調査の効率化手法の検討を目的として本事業を実施しました

<本事業の背景と目的>

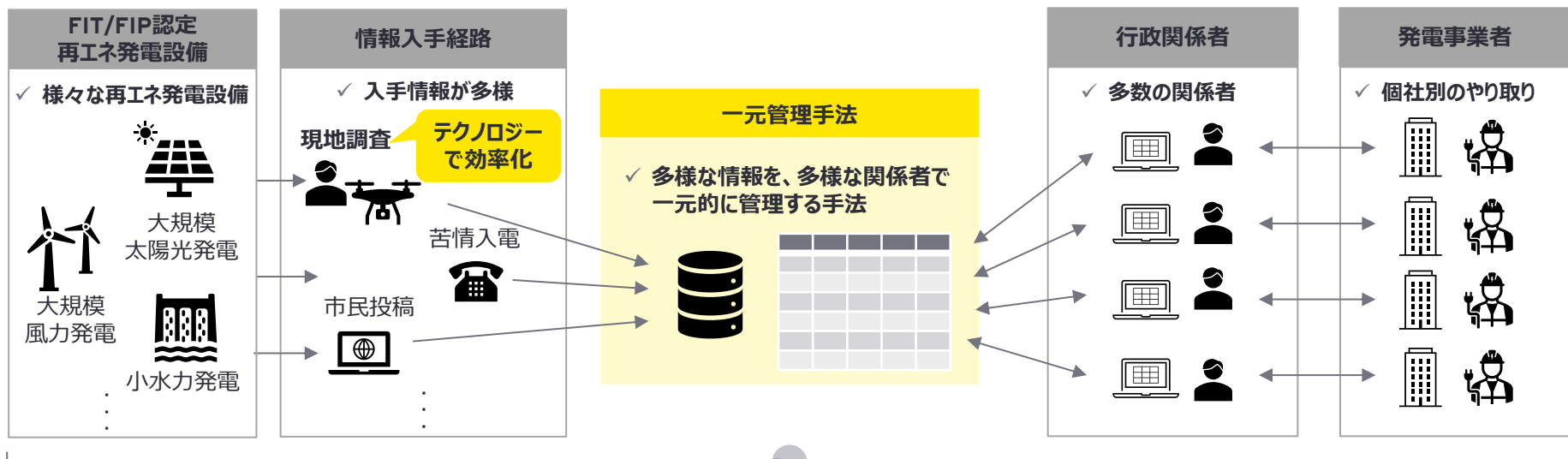
本事業の背景

- ✓ 再エネ発電設備の導入拡大にむけた取り組みが多数進んできたが、今後は**事業の規律を強化し、中長期に適正かつ適切な事業運営**を行う取り組みが極めて重要である
- ✓ **現状分散してしまっている再エネ施設に関する苦情・トラブル・未然防止調査等の多様な情報を一元的に管理し、関係者で連携して事業の規律強化を進めていくことが求められている**

本事業の目的

- ✓ 不適切再エネ発電設備に係る、適正かつ効率的な情報の管理・運用の実現（下図参照）に向けた検討の第一歩として、下記を実施
 - （1）様々な入手経路から得られる、かつ管理目的の異なる情報の、一元的な管理を実現する手法を検討
 - （2）トラブルの未然防止に向けた現地調査を効率的に実施するための、ドローン・AIによる画像解析の活用手法を検討

再エネ発電設備の事業規律強化のあるべき姿



適正かつ効率的な情報の管理・運用により
再エネ発電の責任ある長期安定的な事業運営が確保される環境の構築を実現

2.エグゼクティブサマリー

再エネ発電設備の事業規律強化に向け、再エネ規律違反に関する情報の一元管理手法の検討と、再エネ発電設備の現場における効率的な調査手法の検討を行いました

< (1) 再エネ発電設備の運営状況の一元管理手法の検討 >

一元管理する情報の調査・検討

- 1 ■ 再エネ発電設備の基礎情報や、資源エネルギー庁や地方経産局が管理する情報に加えて一元管理が望まれる情報を洗い出した
■ 上記の結果、全459の情報項目の一元管理が望ましいと判断された

管理手法の検討

- 2 ■ 本事業の与件に従い、一元管理手法に求められる要件を整理し、要件を充足する一元管理手法を検討した
■ 要件を充足する一元管理手法として、システムが望ましいと判断された

実運用における検証・補正

- 3 ■ 一元管理手法に求められる要件に過不足がないか検証するため、実運用を想定して試行システムを使用する形式でプロセス検証を2サイクル実施した
■ 検証の結果をふまえ、一元管理手法の要件を再整理した

FIT認定情報及び公表データとの連携に関する検討

- 4 ■ 一元管理手法と連携が望まれるデータを洗い出し、各データについて、連携の目的や連携する場合の条件等を整理した
■ 一元管理手法を実運用する際の留意事項として、外部データを連携する場合は定期的な更新が必要なこと等が明らかとなった

< (2) 効率的な現地調査手法に関する検討 >

現地調査手法に関する調査

- 1 ■ 航空法やその他規制の対象となっている項目や要求事項について調査、整理した
■ 再生可能エネルギーに関連する課題やトラブル事例が多いと考えられる3つのモデルケースにおいて、ドローン活用時に必要となる手続きや人工・日数について効率化の検証を行った
■ 更に、ドローンが持つ性能項目を比較・評価し、現地調査に適した機体の検討及び選定を行った

撮影データのAI判読などの精度検証

- 2 ■ 太陽光発電設備における現地調査を目的としたAI判読上の精度決定要因を調査した
■ ドローン及びAI判読の有用性が高いと判断された各調査項目に対して、最適であると考えられる撮影条件及び方法を検討・整理した

3.業務内容のご報告

- (1) 再エネ発電設備の運営状況の一元管理の検討
- (2) 効率的な現地調査手法に関する検討

3- (1) -①.一元管理する情報の調査・検討 (1/3 全体の方針)

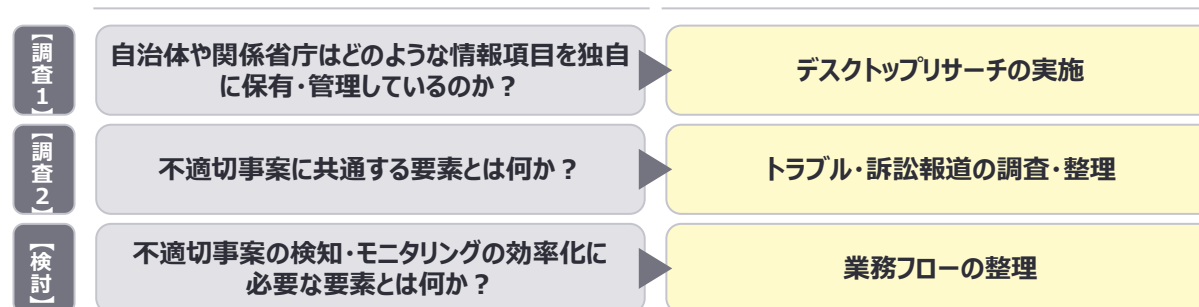
一元管理システムを使用し不適切事案を検知・モニタリングする際に必要となる全情報項目を洗い出すため、調査・検討等を実施いたしました

<①一元管理する情報の調査・検討の目的・方法>

前提	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 不適切再エネ発電設備の効率的な検知・モニタリングの実現に向けた情報の一元管理手法の検討にあたって、初めに現状の分散している情報の管理の実態を把握し、今後一元的な管理が求められる項目を抽出する必要がある
目的	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一元管理システムを使用し不適切事案を検知・モニタリングする際に必要となる情報項目を下記観点から洗い出すこと <ul style="list-style-type: none"> A 再エネ設備の基礎的な情報項目 B 資源エネルギー庁や地方経産局が保有・管理する情報項目 C 自治体や関係省庁が独自に保有・管理する再エネ発電設備に関する情報項目 D その他に一元管理することが望まれる情報項目
方法	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 上記 A～D について、それぞれ下記の方法で一元管理を行う情報項目を洗い出し <ul style="list-style-type: none"> A: FIT/FIP認定事業リストに記載の項目を整理 B: 情報提供フォームにおける管理項目等、資源エネルギー庁より受領した、資源エネルギー庁や地方経産局で管理する情報項目を整理 C, D: 洗い出しにあたって追加的な調査必要のため、下記3つの調査・検討を実施のうえ追加的な一元管理が望まれる情報項目を整理 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 【調査1】: 自治体や関係省庁が独自に保有する情報項目の調査を通じて、追加的な一元管理が望まれる情報項目を抽出 ➢ 【調査2】: 不適切事案に共通する要素の調査を通じて、不適切事案の検知に活用可能な情報項目を抽出 ➢ 【検討】: 事業規律強化に係る業務フローをふまえ、不適切事案の検知・モニタリングの効率化に必要な情報項目を検討

問い

方法 (概要)



【調査1】【調査2】【検討】の方法の詳細と結果はP.9参照

A～D
全体の
結果は
P.10参照

3- (1) -①.一元管理する情報の調査・検討 (2/3 個別の調査・検討の方法と結果)

【調査1】【調査2】【検討】の結果、自治体や省庁が独自に保有する情報、並びにその他に追加が望まれる情報項目が複数洗い出されました

<C Dの洗い出しに向けた【調査1】【調査2】【検討】の結果>

	問い	方法 (詳細)	主な結果
【調査1】	自治体や省庁はどのような情報項目を保有・管理しているのか？	<ul style="list-style-type: none"> 計98の自治体と4関係省庁について、不適切再エネ設備、および再エネ発電設備に関する法令違反に係る情報収集の手法を調査 	<ul style="list-style-type: none"> 独自の手法で情報を収集している事例：なし 資源エネルギー庁運用フォームを掲載：10件 地方経産局の窓口を掲載：9件 再エネ全般の窓口を設置：4件 盛土規制法違反通報フォームを設置：6件
【調査2】	不適切事案に共通する要素とは何か？	<ul style="list-style-type: none"> 問いに対して、下記3つの仮説を立案し直近の再エネ発電設備に関するトラブル・訴訟報道の整理を通じて仮説を検証 <ol style="list-style-type: none"> 事業者に関して共通する要素があるのではないか 設備に関して共通する要素があるのではないか 立地地域・土地に関して共通する要素があるのではないか 	<p>a. 事業者に関する要素</p> <ol style="list-style-type: none"> 事業者による事前説明会の実施されていないことがトラブルの原因である事例が多い <p>b. 設備に関する要素</p> <ol style="list-style-type: none"> 風力または太陽光設備のトラブルが多い 大規模発電設備のトラブルが多い <p>c. 立地地域・土地に関する要素</p> <ol style="list-style-type: none"> 生態系、土砂災害、住民生活、景観阻害に関連する地域・土地への立地がトラブルの原因であることが多い
【検討】	不適切事案に係る各業務フローにて一元管理すべき情報項目は何か？	<ul style="list-style-type: none"> 事業規律強化の業務フローを整理の上、各業務フローにおける管理情報項目を検討 	<ul style="list-style-type: none"> 不適切事案に係る情報の提供・把握時に事案のリスク評価を行うための情報が必要

結果から追加が望まれる情報項目が複数洗い出された

3- (1) -①.一元管理する情報の調査・検討 (3/3 全体の結果)

調査および検討の結果、追加が望まれる情報項目が複数洗い出され、基礎的な情報項目等と合わせて全459件の情報項目の一元管理が望ましいと判断されました

<①一元管理する情報の調査・検討の結果>

結果

- **A**.再エネ発電設備の基礎的な情報項目 **B**.資源エネルギー庁や地方経産局が保有・管理する情報項目の整理に加え、【調査1】【調査2】【調査3】を通じた
C.自治体や関係省庁が独自に保有・管理する再エネ発電設備に関する情報項目 **D**.その他に一元管理することが望まれる情報項目 の洗い出しの結果、一元管理手法を用いて管理が望まれる項目として、全459項目が洗い出された

一元管理手法を用いて管理すべき情報項目は、全459項目

A

再エネ発電設備の基礎的な情報項目
(FIT/FIP認定事業リストの記載項目)

B

資源エネルギー庁や地方経産局が保有・管理する情報項目
(情報提供フォームで把握している項目等)

C

自治体や関係省庁が独自に保有・管理する
再エネ発電設備に関する情報項目
(【調査1】の結果より抽出された追加情報項目)

D

その他に一元管理することが望まれる情報項目
(【調査2】と【検討】の結果より抽出された追加情報項目)

3- ②-a.一元管理手法の検討

一元管理手法の検討では、再エネ事業規律強化に向けた情報の一元管理を実現する手法に求められる要件を整理し、要件を充足する手法を検討いたしました

＜一元管理手法の検討方法と結果＞

前提

- 前項までの検討により洗い出された情報項目を、数十万の再エネ発電事業者を対象に効率的に管理するための、一元管理手法の検討が必要

一元管理手法の検討の流れ

- 一元管理手法の要件を洗い出し
- 一元管理手法として活用し得るITツールの中で、洗い出された要件を充足する一元管理手法を選定

一元管理手法の検討結果

- 本業務の与件をふまえ、一元管理手法の要件は以下の通りに整理

#	要件	詳細
a	情報項目の網羅性	<ul style="list-style-type: none"> 一元管理システムを使用し不適切事案を検知・モニタリングする際に必要となる情報項目（①一元管理する情報項目の調査・検討にて洗い出し）が全て設置されていること
b	管理の頻度や目的が異なる多様な情報の管理適性	<ul style="list-style-type: none"> 管理するデータの特性に応じた適切なデータベースを有していること
c	多様な関係者の使用をふまえたユーザビリティ	<ul style="list-style-type: none"> 操作の場所や時間に関係なく、多様な関係者が机上のデスクトップ端末からアクセス可能であること モバイル端末のアプリを通じたアクセスが可能であり、設備現場での現地調査実施時の操作性が担保されていること
d	情報の管理に必要な操作の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 事業規律強化の各業務プロセスにおいて管理が必要な情報項目をそれぞれ入力・出力・閲覧する機能が備わっていること

- 上記要件a~dを満たす一元管理手法として、**システム**を使用することが望ましいと判断（各要件に対する充足度の評価は次頁参照）

3- ②-a.一元管理手法の検討

一元管理手法の検討の結果、本業務の与件を踏まえた要件を十分に満たすことから、一元管理手法としてシステムを使用することが望ましいと判断されました

＜ITツールを活用した各手法の要件充足度評価＞

◎：要件を充足 △：要件を一部充足 ×：要件全ての充足は困難

一元管理手法の要件	a.情報項目の網羅性	b.管理の頻度や目的が異なる多様な情報の管理適性	c.多様な関係者の使用をふまえたユーザビリティ	d.情報の管理に必要な操作の可能性
Excel等 既存の汎用 ソフトを活用	◎ 必要な情報を全て入れ込む することで、網羅的に管理する ことが可能	△ 複数のファイルを作成する等の 対応により、各情報の特性に 合わせて管理可能だが、種類 が増えるに伴い管理は煩雑と なる	△ クラウド上でのファイルの 同時編集が可能である一方 で、複数人の同時アクセスによ り 動作性に影響が生じる	△ 入力・出力・閲覧共に可能で あるが、UIの調整が難しく、 出力の形式もカスタマイズが 困難
システム	◎ データベース内に情報を入れ 込むことで、情報項目の網羅 的な管理が可能	◎ 各情報の特性に合わせて複 数種のデータベースを構築する ことが可能	◎ 端末を用いて様々な場所から アクセス可能、かつモバイル端 末を活用することで現地調査 時の使用をふまえたユーザビ リティも担保	◎ 様々なアプリを構築し、PCや モバイル端末からの情報の閲 覧・入力に加え、CSV形式や レポート形式での出力が可能

システムが望ましいと判断

3- (1) -③.実運用における検証・補正 (1/2 検証・補正の全体の流れ)

プロセス検証では一元管理手法の要件に過不足がないか検証するため、事業規律強化の業務フローに沿った検証を実施し、検証結果をふまえて試行システムの要件定義を行いました

前提

- ①一元管理する情報項目の調査・検討 を通じて洗い出された情報項目を、②管理手法の検討 を通じて選定された手法を用いて管理するにあたり、例えば実運用で活用可能であるか、また改善点がないか等、一元管理手法の要件の過不足の検証が必要
- 一元管理手法の要件の過不足がないか検証するため、業務フローに沿って試行的に構築した一元管理システムを検証する形式で、プロセス検証を実施

<プロセス検証全体の流れ>

- プロセス検証では、事業規律強化の業務フローに沿ったシステムの検証を2サイクル実施し、各検証結果をふまえて一元管理手法に求められる要件を再整理いたしました

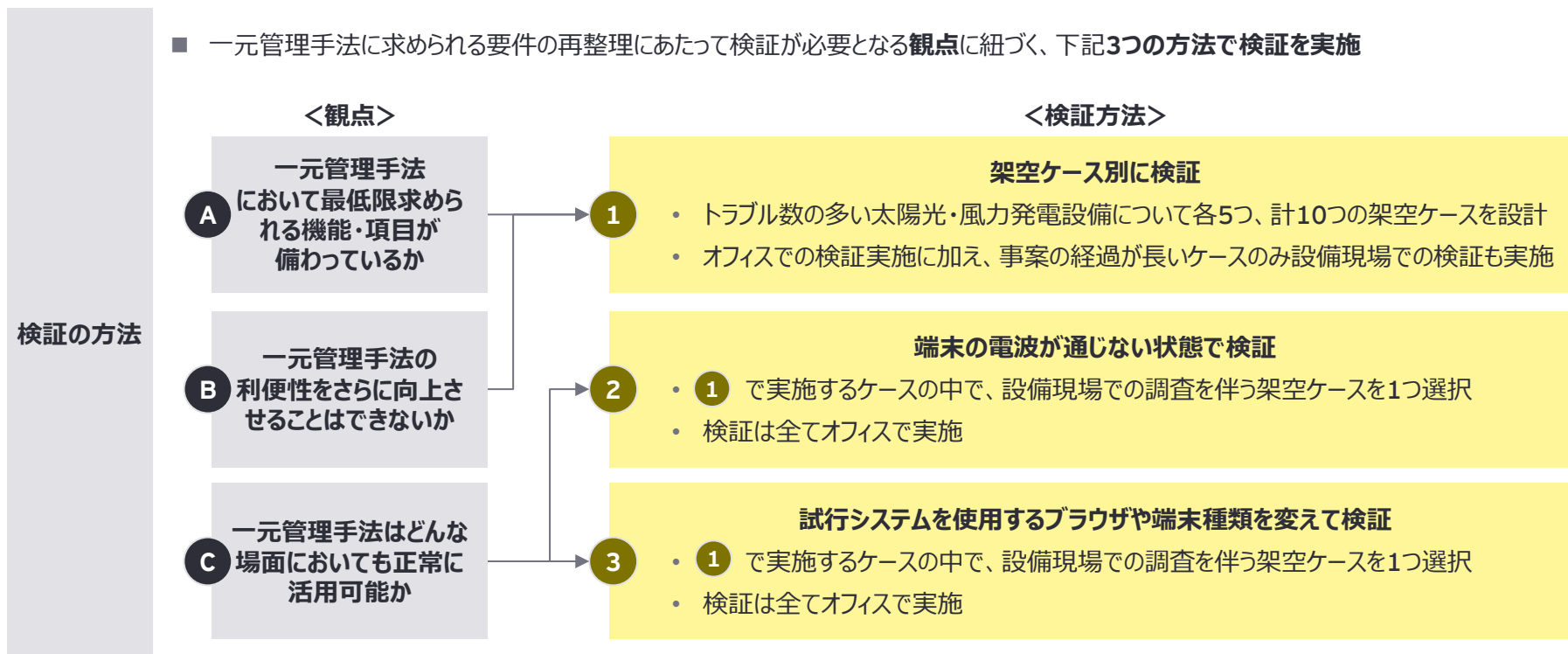
手順	実施内容
第一回検証	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一元管理手法に求められる要件の観点毎に設計された検証方法に基づいて、試行システムの検証を実施（※検証の観点と方法は次頁参照） ✓ 実運用に向けて試行システムの要件補正または運用面での工夫が必要な事項を洗い出し
システム要件補正	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 第一回検証をふまえて、一元管理手法としての試行システムの要件補正を実施し、試行システムの機能として反映
第二回検証	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 第一回検証をふまえて試行システムの要件補正を実施した箇所を対象に、試行システムを使用し検証を実施（※検証の観点と方法は次頁参照） ✓ 追加的に試行システムの要件再整理が必要な箇所を洗い出し
システム要件定義	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 第二回検証をふまえて、試行システムの要件再整理が必要と判断された箇所について、要件を整理のうえ試行システムの機能として反映

3- (1) -③.実運用における検証・補正 (1/2 検証の方法・結果)

一元管理手法の要件について検証が必要な観点を洗い出し、各観点到に紐づく方法で検証を実施した結果、一元管理手法の要件が再整理され、運用時の留意点が洗い出されました

<プロセス検証の方法と結果>

- 一元管理手法に求められる要件の再整理にあたって検証が必要となる観点到に紐づく、下記3つの方法で検証を実施



検証の結果をふまえた対応

- 計2サイクルのプロセス検証の結果をふまえ、一元管理手法として試行システムに求められる要件を再整理
- 試行システムを実運用する際の留意点を整理

3- (1) -④. FIT認定情報及び公表データの連携方法の検討

一元管理手法に連携する可能性があるデータについて、連携における条件等を検討し、一元管理手法を実運用する際の留意事項を洗い出しました

＜④FIT認定情報及び公表データとの連携に関する検討の方法と結果＞

前提

- ①一元管理する情報の調査・検討 を通じて洗い出された情報項目には、一部一元管理手法と外部連携が必要なデータがあることから、一元管理手法の実運用の際にデータを外部連携を想定した留意事項の整理が必要

検討の流れ

1. 下記4つの区分ごとに、一元管理手法と連携の可能性があるデータを洗い出し

- 1 新エネ課や地方経産局ごとに管理している既存ITツールの情報
- 2 資源エネルギー庁が保有する再エネ特措法に係る認定情報等を管理するシステムの登録情報
- 3 関係省庁で公表されているデータ
- 4 国土地理院等で公表されているオープンデータ

2. 1.で洗い出したデータごとに、以下の内容を整理

- A 連携の目的
- B 今年度実施した試行システムへの連携の条件・手法
- C 今年度の試行システムへの連携における条件設定の背景
- D 一元管理手法へ連携がある場合の、実運用での要検討事項

検討の結果

- 外部データを一元管理手法に連携する場合は定期的な更新が必要な点等、一元管理手法を実運用する際の留意事項が明らかとなった

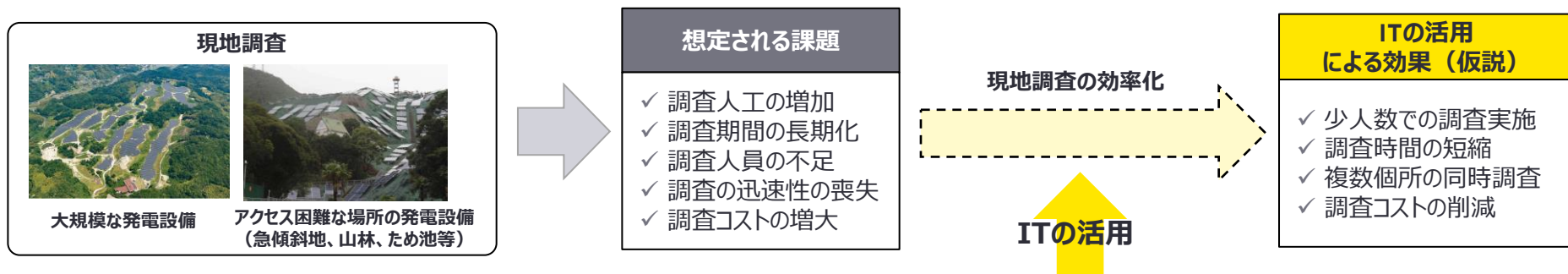
3.業務内容のご報告

- (1) 再エネ発電設備の運営状況の一元管理の検討
- (2) 効率的な現地調査手法に関する検討

本章では、無人航空機（ドローン等）やAI画像判読による、再エネ発電設備の現地調査の省力化・効率化や調査精度について調査、検討を行いました

本調査の目的

- ✓ 再エネ発電設備の現地調査の省力化・効率化や調査精度を高めるために、現地調査におけるドローン等の無人航空機や撮影データの判読におけるAI導入の活用可能性を探るものである。
- ✓ ITの活用においては、機器やソフトウェアを『①内製化（保有）するケース』と『②外部サービスを利用する』2つのケースが考えられる。本調査では内製化する可能性も考え、無人航空機を保有した場合に留意すべき規制や、適正な外部サービスを選択する観点も含め、運用上留意すべき点等についても取りまとめる。



無人航空機（ドローン等）の活用

調査内容

■ 現地調査における実運用の可能性

- ✓ 使用にあたっての必要条件（規制・ルール、許認可手続き、資格等）
- ✓ 使用における課題や懸念事項等
- ✓ 現地調査での活用効果
- ✓ 現地調査に適した機体の選定等

活用ケース①：内製化（保有）

資源エネルギー庁にてドローンを購入し、保管、運用、操縦者等を用意するケース

活用ケース②：外部サービスを利用

ドローンを保有している外部事業者とサービス契約を締結するケース



AIによる画像・映像データの判別

■ AI判読の精度

- ✓ AIモデルについて
- ✓ AI判読の精度要因について
- ✓ 判読可能な情報・項目の整理
- ✓ AI判読精度向上に資する撮影要件について

活用ケース①：内製化（保有）

AI判読するためのAIプログラムを開発し、資源エネルギー庁にて運用するケース

活用ケース②：外部サービスを利用

AIプログラムを開発している外部事業者とサービス契約を締結するケース

3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

「①現地調査手法に関する調査 ア. ドローン使用に関する規制の調査・検討」では、ドローンの「使用前」「使用中」「使用后」に関する法令や規制について調査確認しました

- ▶ ドローンとは航空法等で定める無人航空機や小型無人機の総称※1であり、利用やその運用方法に合わせた各種手続きが必要となる。
- ▶ 使用前（準備）、使用中、使用后（維持管理）の断面において、各法律等で規制の対象となっている項目や要求事項等を調査整理した。

規制等	規制の対象	使用前（準備）	使用中	使用后（維持管理）
航空法	操縦者	<ul style="list-style-type: none"> 無人航空機操縦者技能証明※2 	<ul style="list-style-type: none"> 飛行日誌の作成 飛行計画の遵守 	<ul style="list-style-type: none"> 飛行日誌への記録 機体の定期点検
	機体	<ul style="list-style-type: none"> 機体登録 型式認証等※2 機体の定期点検 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	
	場所	<ul style="list-style-type: none"> 飛行許可・承認申請 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
電波法	操縦者	<ul style="list-style-type: none"> 第三級陸上特殊無線技士※2 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
	機体	<ul style="list-style-type: none"> 技適マークの確認※2 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
道路交通法	場所	<ul style="list-style-type: none"> 道路使用許可申請※2 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
民法	場所	<ul style="list-style-type: none"> 第三者への配慮（当事者への事前承認） 	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
小型無人機等飛行禁止法	場所	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> 飛行禁止エリアの規定※2 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
自治体条例等における規制	場所	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> 飛行禁止エリアの規定※2 	<ul style="list-style-type: none"> N/A

※1 本報告書にて使用するドローンという言葉は、無人航空機と同義で使用している。

※2 使用する機体、飛行及び離発着の場所、飛行方法等の条件次第では該当しないため、個別での確認が必要。

ドローンを使用した場合の効率化検証においては、3つのモデルケースを設定しました

- ▶ 以下、再生可能エネルギーに関連する課題やトラブル事例が多いと考えられる3つのモデルケースにおいて、ドローンを活用した現地調査が実施された際に、必要となる手続きや人工・日数について検証を行った。各モデルケースを設定した背景と、各太陽光発電設備の主な違いは以下の通り

ケース	A.大規模発電設備 (メガソーラー規模)	B.住宅密集地域 (DID) 内の 太陽光発電設備	C.森林に囲まれ斜面に設置された 太陽光発電設備
場所	国道に面した大規模太陽光発電設備 (DID 外)	人口集中地区(DID)に該当する太陽光発電設備	森林に囲まれ斜面に設置された太陽光発電設備
規模 (広さ)	1,000kW (約20,000 m ²)	500kW (約10,000 m ²)	500kW (約10,000 m ²)
特定飛行	<ul style="list-style-type: none"> 敷地が広く目視外での飛行になる場合 人または物件との距離が30m未満になる場合 	<ul style="list-style-type: none"> 人口集中地区(DID)の上空に該当する場合 人または物件との距離が30m未満になる場合 	<ul style="list-style-type: none"> 特定飛行には該当しない想定
道路使用許可申請への該当	<ul style="list-style-type: none"> 国道沿いから外観の点検を行う可能性があるため、該当する。 	<ul style="list-style-type: none"> 外観の点検を行う際に、通行者への影響が考えられるため、該当する。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当しない想定
現地調査に係る現状 (人工・日数)	<ul style="list-style-type: none"> 4人体制/日^{※1} 	<ul style="list-style-type: none"> 4人体制/半日 	<ul style="list-style-type: none"> 4人体制/半日

※1 株式会社ソラメンテHP

▶ 背景 (課題やトラブル事例)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 各自治体で制定されている再エネ規制条例のうち、施行日が2022年1月1日以降となっている再エネ規制条例の制定目的で最も多いものが、自然環境や景観の保全に係るトラブルである。^{※2} ▶ 太陽光発電設備で雑草等が伸びた状態が放置されることで、発電効率が低下したり近隣住民とのトラブルに発展したりする事例がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 太陽光パネルからの反射光が近隣の家に当たることやパワーコンディショナーの騒音が周辺住民とのトラブルに発展する事例がある。 ▶ 台風襲来時の強風によってパネルや架台が破損し、その一部が発電所構外へ飛散した場合、他者や他の物件に被害を与える可能性がある。^{※3} 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 近年、林地の許認可を取らずに、開発などしていた太陽光発電事業者9社が国からの固定価格買い取り制度 (FIT) などの交付金を停止された事例がある。^{※4} ▶ 森林を切り開き、造成工事後、斜面に設置された太陽光発電設備では、土石流や、土砂災害を発生させるリスクがある。
------------------	--	---	--

※2 令和4年度 固定価格買取制度等の効率的・安定的な運用のための業務 (適正な再生可能エネルギーの導入等に関する調査) 報告書

※3独立行政法人製品評価技術基盤機構 令和6年8月15日 台風による太陽電池パネルの被害に注意

※4 日本経済新聞社 4月2日記事「太陽光発電9社、林地開発トラブルで交付金停止 経産省」

3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

各モデルケースでは、想定される飛行区域や飛行条件等から、該当する飛行許可申請等を特定、整理しました

- ▶ 例として、以下のモデルケースBでは、航空法が定める飛行カテゴリー2（許可・承認申請が必要な飛行）の飛行許可申請と道路使用許可に加えて、一般の住宅等も近いことから、第三者の土地や物件上空を飛行することに配慮した近隣住民への事前周知活動が必要になると考えられる。

モデルケースBの設定

発電設備概要	条件	航空法における飛行区域の特定	該当	その他規制飛行区域	該当
概要	住宅密集地域（DID）内の太陽光発電設備	①空港等の周辺	×	✓ 小型無人機等飛行禁止法 <ul style="list-style-type: none"> 国の重要な施設等（国会議事堂、内閣総理大臣官邸、最高裁判所、皇居等、危機管理行政機関の庁舎、政党事務所 対象外国公館等 対象防衛関係施設対象空港対象原子力事業所 	×
発電出力規模（面積）	500kW（約10,000 m ² ）	②人口集中地区(DID)の上空	○		
		③150m以上の上空	×		
		④緊急用務空域	×		
				✓ 自治体条例等における規制 <ul style="list-style-type: none"> 入林届、都市公園、河川管理者への確認等 	×
				✓ 道路使用許可申請 <ul style="list-style-type: none"> 離発着場所、操縦者の位置、交通安全等を考慮 	○
				✓ 民法 <ul style="list-style-type: none"> 第三者の土地や物件上空 	○
点検時の環境	条件	航空法における飛行方法の特定	該当		
点検時の天候	晴	①夜間での飛行	×		
風速	5m/s以下	②目視外での飛行	×		
ドローンの離着陸地点	発電所内	③人または物件との間に30m以上の距離を確保できない飛行	○		
現地調査に係る現状（人工・日数）	4人体制/半日	④催し場所上空での飛行	×		
		⑤危険物の輸送	×		
		⑥物件の投下	×		
操縦者ライセンス	条件				
二等無人航空機操縦士	無し				
一等無人航空機操縦士	無し				
第三級陸上特殊無線技士	無し				
ドローン	条件				
最大離陸重量	25KG未満				
技適マーク	有り				
最大飛行時間	45分程度（無風時）				

<飛行許可承認申請>

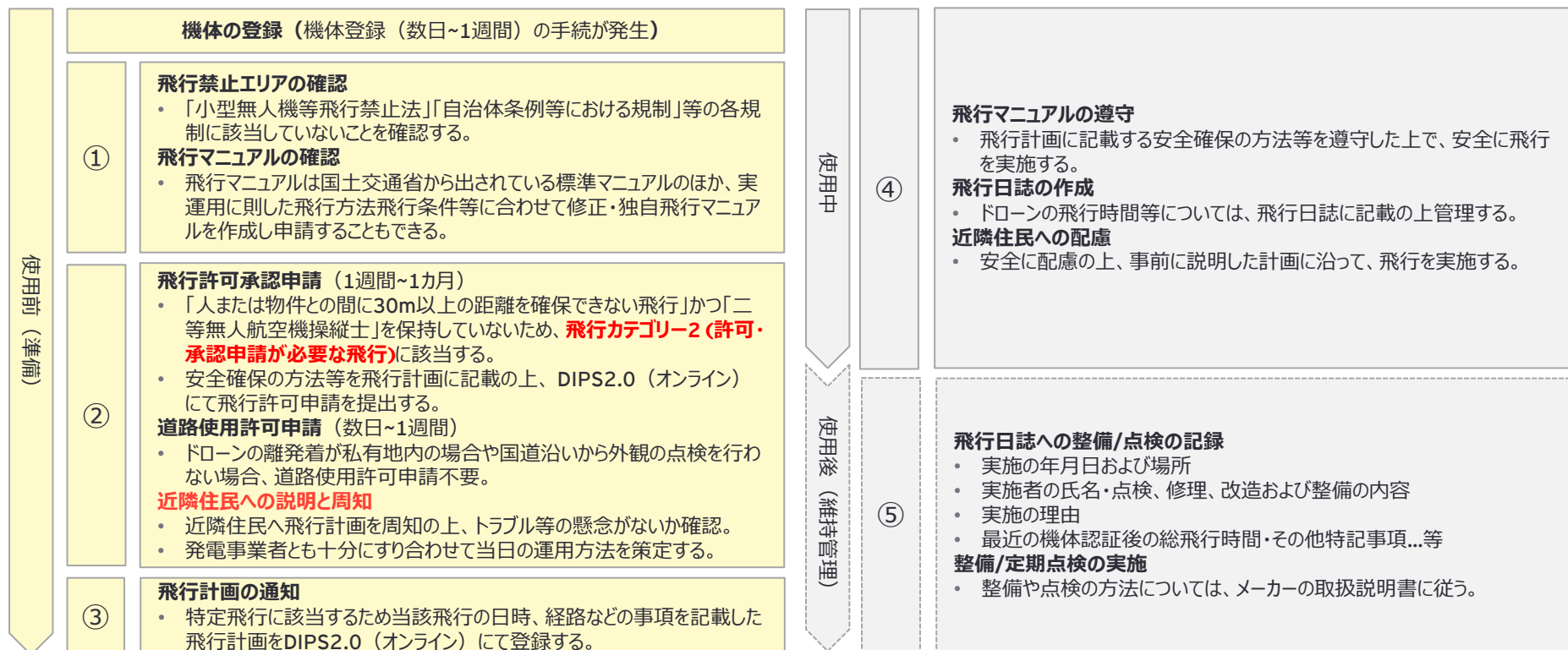
- ・ 「人口集中地区(DID)の上空」「近隣建物等との距離が30m未満」に該当する可能性が考えられる。飛行カテゴリーの特定のためのフローチャートより**飛行カテゴリー2（許可・承認申請が必要な飛行）**に該当するため、飛行計画を策定の上、飛行許可申請が必要。
- ・ 更に、国道沿いから外観の点検を行う可能性があるため、**管轄警察署へ道路使用許可の申請及び近隣住民への事前周知活動**が必要。

3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

例として、住宅密集地域（DID）内の太陽光発電設備を想定したモデルケースBでは、準備、運用、使用中、使用後に以下のような手続きが発生することが想定されます

- ▶ モデルケースBでは、飛行許可申請を含め、以下の準備、運用、管理を行う必要がある。
- ▶ 本ケースでは、モデルケースAでの必要事項に加え、住宅密集地であることから**近隣住民への事前周知**を行いトラブルを事前防止する対応が必要となる。
- ▶ 機体の保有者は現地調査前及び終了後、⑤に記載されている整備/定期点検や飛行日誌への記録を行う事が義務とされている。

モデルケースBにおける準備-運用-管理の流れ



3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

各モデルケースの効率化の検証では、いずれのケースにおいても現地調査に係る人工・日数が以下のように大幅に削減されると考えられます

- ▶ ドローンを活用することで一度に広範囲の設備の確認が可能となり、モデルケースA・B・Cいずれのケースにおいても、人工・日数が以下のように大幅に削減されると考えられる。
- ▶ また、モデルケースCでは、調査員の斜面等での作業が減ることで、安全性向上に資する追加的な効果も想定される。

	調査対象	調査内容	従来的人工・日数	ドローン活用後の人工・日数 ^{*2}	備考	
必須	位置情報	地番情報との突合 ^{*1}	1日 x 4名 (エキスパートインタビューでのヒアリング結果に基づく、外部OM事業者による点検に要する時間)	約10分 x 2名 ^{*3,4}	-	
	柵塀等	設置有無			約10分 x 2名 ^{*3}	-
		設置位置				
		高さ				
		材料				
		損壊確認				
立ち入り禁止の表示	設置有無	約10分 x 2名 ^{*3}		-		
標識	設置有無					
	設置位置					
	大きさ					
	材料					
	記載事項					
任意	接続箱、集電箱、開閉器、漏電遮断器及び電力量計を収納している筐体	構造 破損確認 施錠	約10分 x 2名 ^{*3}	-		
	太陽電池アレイ上	植生の繁茂 ホットスポットの確認	NA	確認できない		
	地上設置システムの基礎付近	土壌・地盤・盛土の変状 基礎の腐食、洗掘	約10分 x 2名 ^{*3}	-		
	太陽電池アレイ下 (パワーコンディショナ基礎・土台近辺)	ゴミ等の残置物 植生の繁茂 動物や虫等の侵入の確認	約10分 x 2名 ^{*3}	-		
	設備全体	土壌・地盤・盛土の変状	約10分 x 2名 ^{*3}	-		
		外部への情報流出				

^{*1} データ解析時にドローンに組み込まれているGPSデータを外部への情報流出防止のため、外部の専門家と連携して確認作業が必要。なおドローンに組み込まれているGPS測位精度は2～5m程度の誤差が生じる。

^{*2} ドローンを活用する際は、立入禁止措置のため補助者を配置することが必要であり、必要最低人員数を2名とした。

^{*3} 外周 600m程度の柵を「1m/s」の速度で撮影することを想定 ※飛行速度は国土交通省「行政ニーズに対応したドローンの性能について」で示されている誘導精度実験で水平誤差が低かった1m/sと仮定

^{*4} 1MWの太陽光発電設備アレイ上を25m上空から可視光、赤外線カメラで撮影した際に要する時間 (太陽光発電設備のO&M事業等を実施しているドローン運用事業者へのヒアリングに基づく推定)

実運用に向けた留意点や日本における今後の規制動向を以下のように整理しました

- ▶ 欧州や米国では高度な飛行方法（第三者上空飛行や目視外飛行）に対する必要条件の整理が進んでいると同様に日本では一対多飛行のガイドラインの制定に向け議論が進められている。
- ▶ 欧州では、EASA(European Union Aviation Safety Agency、欧州航空安全庁)が、ドローンの運航方法や機体の特性に合わせてリスクを評価、複数のカテゴリに分類し、機体、運航者、操縦者、許認可、飛行条件等の規制を制定している。
- ▶ 米国では、FAA (Federal Aviation Administration、連邦航空局)が、CFR(Code of Federal Regulations、連邦規則集) Part 107、Part 108(検討中)で、ドローンの運航方法や機体の特性に合わせて、規制を制定している。

国・地域	法律 / 機関	規制	
		現在の規制概要	今後の動向
日本	航空法 / 国土交通省航空局	▶ 目視内での自立飛行（Level2）や無人地帯での目視外飛行（Level3）に加え、2022年12月に航空法が改正され、有人地帯での目視外飛行（Level4）に係る要件が規定された。	▶ 今後普及が広がっていく有人地帯での目視外飛行（Level4）に係るリスク評価要件の厳格化や、欧州で議論されている1人の操縦者が多数のドローンを抱う飛行の実現に向けたガイドライン策定について議論が進んでいる。（※）
欧州	欧州ドローン規制 /EASA（欧州航空安全庁）	▶ その飛行方法に応じて大きく3つ「Open:目視内飛行を前提」「Specific:目視外や第三者上空等を前提」「Certified:人の輸送や高リスクのドローン運用を前提」に分類される。更に細分化された各飛行カテゴリに対する必要要件等を規定している。	▶ 1人の操縦者が多数のドローンを抱う飛行や完全に自立したAIベースのシステムによる飛行に関してはガイドランスが無いため、将来的に議論される予定。
米国	CFR Part107,108 /FAA（連邦航空局）	▶ 目視内での飛行を前提とし、最大離陸重量25kg未滿の機体を対象としている。第三者上空飛行を行う場合は4つのカテゴリに細分化される。各飛行カテゴリに対する必要要件等を規定している。	▶ 目視外飛行・1人の操縦者が多数のドローンを抱う飛行、空港やヘリポート近くでの飛行、人口密度が高い区域での飛行に関して明確な規定がない為について、新たな規定（Part 108）が制定される予定。

※出典：首相官邸：小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（第20回）

ドローンの活用により得られる効果及び留意点のまとめは以下の通りです

- ▶ 現地調査においてドローンを活用することにより、従来の職員による目視点検と比べて、人員数や作業時間の削減、作業効率の向上、作業員の安全確保などの点で効率化が可能であると考えられる。
- ▶ ドローン活用時には、対象設備の設置場所や確認項目により該当する法規制や必要な申請手続きが異なる場合があるため留意する必要がある。
- ▶ また、ドローン使用時の墜落リスクを減らすために、天候や電波障害等の有無等を十分に事前確認した上での活用が必要となる。
- ▶ ドローンを購入・保有して活用する場合には、各種法規制を確実に順守するすることに加え、操縦士の技能証明やドローン機体の機体承認が必要になるケースも生じることに留意する必要がある。

効果	<p>人員数の削減</p> <ul style="list-style-type: none"> • 設備全体をドローンで撮影・点検する場合、操縦者と補助者の最低2名体制で実施できる。 • 現地調査の項目数や内容によって変化するものの、p.17～のモデルケースから、予備のバッテリーを十分に確保した上で、天候等の制約がなければ、目視点検による工数を大きく削減することができる。 	<p>作業効率（迅速性）の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> • 従来は作業員が一つ一つの太陽光パネルを目視で点検しているため、点検速度も限界があったが、ドローンを活用することで一度に広範囲を撮影し、画像や映像等を活用し短時間で点検することができるようになる。 	<p>作業員の安全確保</p> <ul style="list-style-type: none"> • 屋根の上、高所、山奥の急斜面等、点検足場が悪い場所に作業員が入る必要がなくなることで、作業員の転倒リスクなどを防止することができる。



留意点	<p>トラブルやリスクを回避するための留意点</p> <p>天候の影響を受けやすく、天候を加味して実施可否の判断が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> • 機体性能や重量によって異なるが、風速5m/s以上から操縦が不安定となり、GPS位置を正確に保持できなくなる。特に風下へ機体が流されたり、風上への飛行がスムーズでなくなる。^{※2} <p>周辺施設からの電波干渉の有無の確認・回避が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電波塔等から発生する強い電波による干渉が発生すると、通信速度が低下したり、ネットワーク接続ができなくなることがある。 	<p>機体を保有する場合の留意点</p> <p>適切な操縦訓練（又はライセンスの取得）を受けた操縦者の確保が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> • 操縦者ライセンスの取得は義務ではないものの、ドローンを使い効率的な飛行・撮影を行うためには、一定の技量が必要。^{※2} <p>機体の保有に係るコストが生じる</p> <ul style="list-style-type: none"> • 運用コストの大部分が保険となる。「機体保険」では機体購入代金の1割程度の掛金、「賠償責任保険」では支払限度額に応じた掛金が発生。 <p>機体の適切な保管・点検・整備が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> • 運用中の事故を防ぐためにも、メーカーのマニュアルや方針に従った適切な保管・点検・整備を実施することが重要。

出典：※1 国土交通省「事故等の報告及び負傷者救護義務制度の概要」
 ※2 ドローン運用事業者へのヒアリングに基づく

3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

「①現地調査手法に関する調査 イ. 使用する機体の検討」では、空撮用ドローン、産業用ドローンに焦点を当て、現地調査に使用する機体の選定を行いました

- ▶ ドローン※1が持つ性能項目を比較・評価し、太陽光発電設備の現地調査に適したドローンの機体を検討する。
- ▶ ドローンは、その特徴に応じて様々な種類に分類することができるが、今回の調査では、導入の実現性の観点から、既に太陽光発電設備の維持管理等で使用されている「空撮用ドローン」と「産業用ドローン」に焦点を当てて、現地調査に適した機体の検討を行う。

分類	特徴	イメージ ※2
空撮用ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 野外用に設計されており、一般的に100g以上の機体で登録申請やリモートID機器の搭載が必要 ▶ 高性能カメラや、手ぶれ補正機能「ジンバル」搭載、一部用途に応じたカメラ等の付け替えが可能 	
産業用ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 空撮用ドローンよりも機体の重量や価格帯が高く、撮影だけでなく、測量、農薬散布、物資の運搬等にて活用できる。 ▶ 用途に応じてカメラ、レーザー距離計、各種モジュールの取り付けが可能。 	

出典：

※1 本報告書にて使用するドローンという言葉は、無人航空機と同義で使用している。

その他、ドローンカメラの映像を操縦者がリアルタイムに見ながら操縦できるFPVドローンや、ヘリコプタータイプもある。

上記分類名は法規等で定義されているものではなく、その使用用途を限定するものではない。

※2 DJI JAPAN株式会社, 株式会社ACSL HP

機体の選定基準となる性能項目と選定におけるポイントは以下のように整理しました

- ▶ 国土交通省「行政ニーズに対応したドローンの性能について」等の文献やドローン運用事業者へのヒアリングを参考に、現地調査に必要な要件に合わせて以下の重要な性能項目を抽出し、それらに基づいた選定を行った。

要件		性能項目	選定におけるポイント
計測精度	計測物に応じた解像度やカメラ性能の要求	カメラ性能	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 調査項目と安全な離隔距離を考慮した上で、適切な解像度を持つ光学カメラを選択する必要がある。 ▶ 太陽光パネルのホットスポット等^{*1}を検知するためには、光学カメラに加え、赤外線カメラが必要。
	測量等を目的とした精度の高いオルソ画像生成	位置情報精度	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 測量を目的として機体を選定する場合、写真を撮影する位置の精度が重要となる。位置精度はGNSS（GPS等）測位を用いるが、単独の測位のセンサーでは誤差が数メートルと大きく生じる傾向にある。そのため、RTK（Real Time Kinematic）法と呼ばれる相対測位（2つ以上のGNSS測位受信機を使用する方法）機能を持たせ、位置情報をリアルタイムで補正し誤差を数センチに抑えること機能がある。
安全性	風が強い地域での運用	最大風圧抵抗	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 風が強い沿岸域等では風速が5m/sを一時的に超える場合も想定できるため、風速が7~8m/sでも安定した飛行ができる最大風圧抵抗10m/s以上あることが望ましい。インタビューを通して、風速8m/s環境下にて『最大風圧抵抗10.7 m/s』の機体はノーズインサークル^{*2}で多少風に流されるのに対し、『最大風圧抵抗12m/s』の機体は、風に流されることなくノーズインサークルができる印象であることを確認している。
	スキルの属人化を排除	自動運行への対応	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ドローンメーカーや外部のソフトウェア会社から出ている撮影支援アプリ（DJI Pilot 2等）を使用することで、予め飛行するルートを設定し、飛行と撮影を自動にて実施することができる。測量やAI判読を行うためのオルソ画像を作成するためには大量の写真データを撮影しなくてはならないことから必須の機能となっている。
	設備等への配慮	障害回避機能	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 予めソフトウェア上で指定した空間内から出ないように設定するジオフェンス機能の利用や、ビジョンセンサー等により障害物を検知し、自律的に回避できる機能があることが望ましい。
	非GNSS環境下での制御	センサー等の情報による機体制御	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 深い山の中やビルの間等のGNSS（GPS等）が繋がりにくい環境では、レーザーやイメージセンサーから情報を取得し、機体を安定させることや自己位置推定ができるシステムを搭載していることがあることが必須。
点検効率	敷地面積が大きい設備での運用	最大飛行時間	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 安全を考慮すると、フェールセーフモードが発動するバッテリー残量20~30%で着陸させたい。風の影響や飛行方法によっても異なるが、実質的な飛行可能時間はカタログ値の6~8割程度。 ▶ 作業効率を考慮すると、スペック上の最大飛行時間は30分程度あることが望ましい。
		最大伝送距離	<ul style="list-style-type: none"> ▶ メガソーラー規模の広さを鑑みると、2.4GHz帯では、機体と送信機に木などの障害物があり、電波干渉の強い場所でも、1~3km程度あることが望ましい。※高い位置情報を持つオルソ画像を生成するため、RTKを使用する場合、固定局を設置するので、そこからの距離が限定される。（一般的には2km未満）
コスト		機体価格及び年間運用コスト	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 機体購入費用に加え、機体損傷時の保険や対人対物の賠償責任保険への加入が推奨される。 ▶ 保険に係るコストは年間で機体購入費用の10~12%程度が発生する。 ▶ ドローンのショップやメーカー等が提供している定期点検サービスは数千円~数万円のコストが発生する。 ▶ 半年に1回、または総フライト50時間、200フライト毎の定期点検を推奨（大手民間企業ガイドライン）

^{*1}ホットスポットは、パネルの汚れ、配線不良やクラック等が原因でパネルの一部が局所的に発熱した状態。発電量の低下や発火の原因等になり得る。

^{*2}被写体を中心に、その周りを円を描くように旋回させる飛行方法

各機体の性能項目を整理・比較しました (1/2)

- ▶ 機体選定の際に考慮すべき重要な各性能項目の参考値※1に対して、各機体の性能が上回っている場合は『○』、同等である場合は『△』、参考値以下またはその機能がないものを『×』とした。計測精度の要件を判断するうえで最も重要となる「カメラ性能」と「コスト」については中央値を参考値とし、相対評価した。
- ▶ 「30m地点の撮影から得られる分解能」は各機体が持つ「センサーサイズ」、「総画素数」、「焦点距離」から以下のように算出し、比較した。計算上必要となる実焦点距離はカタログ上出ていないため、35mm換算焦点距離をクロープ係数（センサーサイズ / フルフレームサイズ）で割ることで求めた。

性能項目		参考値	機種A (広角カメラ)	機種B (広角カメラ)	機種C (広角カメラ)	機種D (広角カメラ)	機種E (広角カメラ)	機種F (望遠カメラ)	機種G (望遠カメラ)	機種H (望遠カメラ)	機種I (望遠カメラ)	機種J (広角カメラ)	機種K (広角カメラ)	機種L (望遠カメラ)
計測 精度	カメラ 性能	センサー面積 (mm ²)	28.52	30.72	71.4	116.16	30.72	30.72	30.72	30.72	48.75	28.52	28.52	30.72
		センサーサイズ(mm)	7.72	7.72	12.49	15.86	8.00	8.00	8.00	8.00	9.92	7.72	7.72	8.00
		総画素数(メガピクセル)	21.46	48.00	50.00	50.00	12.00	12.00	12.00	12.00	20.00	12.00	12.00	48.00
		35mm焦点距離(mm)	24.00	24.00	23.00	24.00	166.00	162.00	162.00	162.00	556.00	28.00	20.00	190.00
		クロープ係数(-)	5.60	5.60	3.46	2.73	5.41	5.41	5.41	5.41	4.36	5.60	5.60	5.41
		実焦点距離(mm)	4.28	4.28	6.64	8.80	30.69	29.95	29.95	29.95	127.54	5.00	3.57	35.13
		iFov(mrad)	0.27	0.19	0.18	0.17	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.31	0.43	0.02
		30m ^{※2} 地点の撮影から得られる分解能(mm/px)	8.08	5.60	5.4	5.20	1.56	1.60	1.60	1.60	0.37	9.26	12.96	0.68
		上記の中央値である“4.3”を参考値とした※3	×	×	×	×	○	○	○	○	○	×	×	○

※1 参考値は太陽光発電設備の現地調査にて使用することを想定した場合に、各性能項目で最低限必要になると考えられる性能

※2 特定飛行に該当する「物件との間に30mの距離を保てない飛行」を一つの目安とし、30mの離隔距離を保ったまま撮影することを前提条件とした。

※3 過去の研究論文や国交省が公開している「点検支援技術性能カタログ（橋梁・トンネル）」等では、壁のひび割れを検出する場合、損傷の2倍から3倍の画素分解能があればよいとされている。

各機体の性能項目を整理・比較しました (2/2)

- ▶ 機体選定の際に考慮すべき重要な各性能項目の参考値※1に対して、各機体の性能が上回っている場合は『○』、同等である場合は『△』、参考値以下またはその機能がないものを『×』として、以下のように評価した。

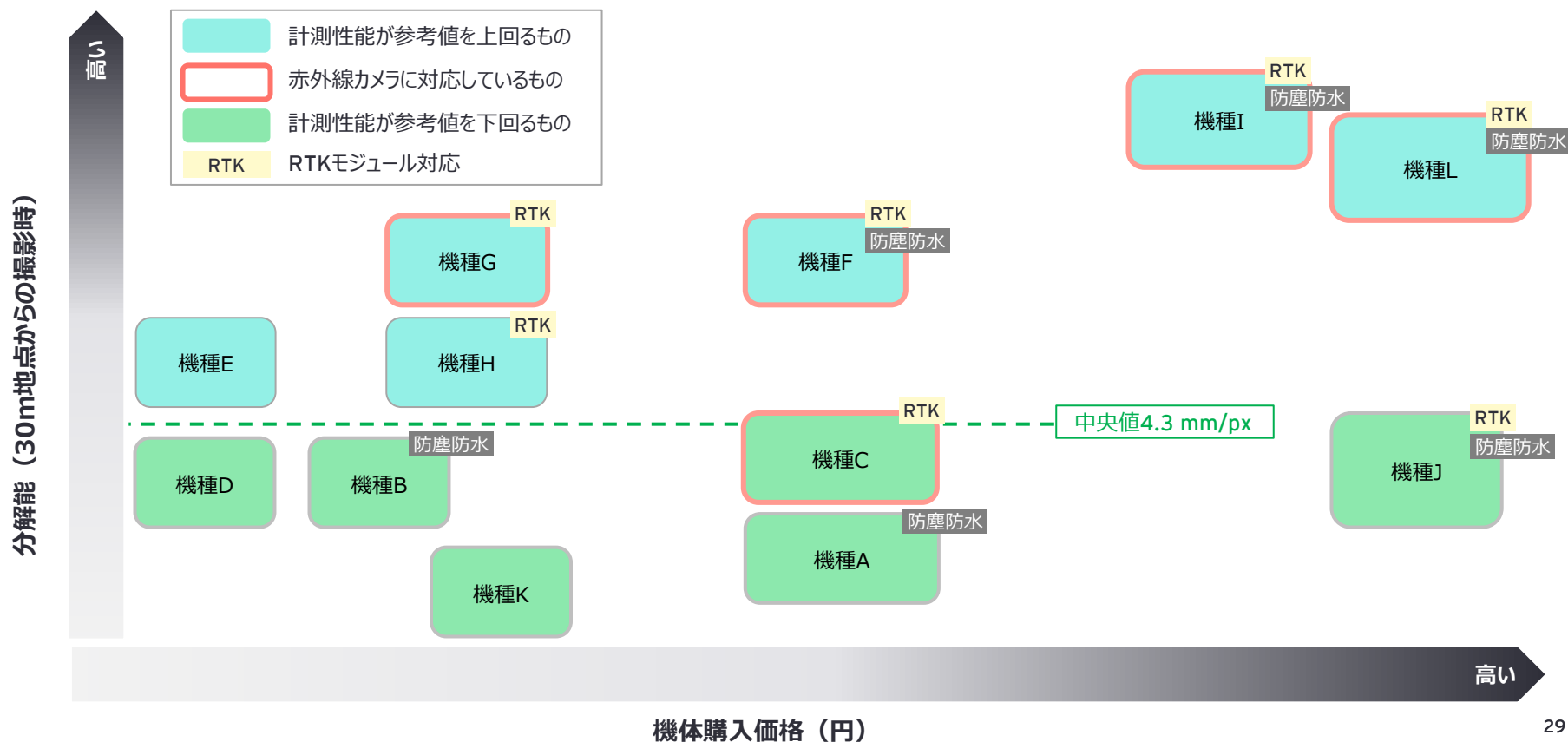
性能項目		参考値	機種A	機種B	機種C	機種D	機種E	機種F	機種G	機種H	機種I	機種J	機種K	機種L
計測精度	赤外線カメラ	絶対温度が測定できる赤外線カメラを装着することが可能	×	×	○	×	×	○	○	×	○	×	×	○
	位置情報精度	高精度の位置情報等が付与できるRTKモジュールの取り付けが可能	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	×	○
安全性	最大風圧抵抗	最大風圧抵抗10m/s以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○
	自動運行への対応	自動運行等に対応した撮影支援アプリの使用が可能	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	障害回避機能	ビジョンセンサー等により障害物を検知し、自律的に回避できる機能がある	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	センサー等の情報による機体制御	レーザーやイメージセンサーから情報を取得し、機体を安定させることや自己位置推定ができるシステムを搭載	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
点検効率	最大飛行時間	実質的に30分間程度稼働することができるようカタログ上の数値で40分の最大飛行時間	×	×	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
	最大伝送距離	無線に関する資格を必要としない国内基準である2.4GHz帯に準拠し、伝送距離が2km以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
コスト	機体価格		×	○	×	○	○	×	○	○	×	×	○	×
	年間運用コスト		×	○	×	○	○	×	○	○	×	×	○	×

3- (2) -①. 現地調査手法に関する調査

各機体の性能項目を整理・比較した後に、その中でも違いが顕著であったカメラ性能及び価格を比較し、現地調査に適した機体の選定を行いました

- ▶ 「安全性」及び「点検効率」に関しては総じて機体間で大きな差がないため、機体による差が大きいカメラ性能（30m地点から撮影した際の分解能）と期待購入価格を軸に各機体の比較を行った。
- ▶ 機種Iや、機種L等高価格帯の機体はカメラ性能が最も高い一方で、機種G、機種H等低価格帯であっても中央値より高いカメラ性能を持つ機体がある。

計測性能及びコストに基づいた比較



「高い費用対効果を求める場合」、「高いカメラ性能を求める場合」において、それぞれ以下の通り使用する機体を選定しました

- ▶ 機体の調査及び比較検討の結果から、「安全性」及び「点検効率」に関しては機体による大きな違いがなく、分解能と購入価格によって差が生じることが分かった。ドローン機体の選定を行う際は、調査において求める要件や予算に応じて選定する事が通例とされている。
- ▶ 本検討の目的である太陽光発電設備の現地調査においては、設備全体が再エネ特措法（FIT/FIP制度）で定めるガイドライン等に準拠（外観、柵塀、標識等の設置状況）の状況の確認であり、一般的な太陽光発電設備のO&M事業者が実施するようなパネルの細かな損傷等を確認することは想定していない。
 - ▶ 従って、パネルのひび割れや損傷等を検知するための高い分解能は必要ないと想定し、カメラ性能（必要とする分解能）に高いスペックを求めず、購入価格が低い機体（例：機種G、機種H等）を選定することが推奨される。
- ▶ 一方、パネルのひび割れや損傷等を検知したいケース※¹など、高い分解能を求める場合においては、高い望遠性能を有する機体（例：機種I、機種L等）を選択することが推奨される。
- ▶ なお、RTKモジュール（精緻な位置情報取得）に対応していない価格帯の安い空撮用ドローン（機種Dや機種E等）は、商業用の計測等を念頭に設計されておらず、細かな点で、その機能（連射性能や撮影時の歪みを抑える性能）が産業用ドローンより低いことに留意する必要がある。

※1 木本 啓介、松田 浩 デジタル画像の画素分解能とコンクリートの視認可能なひびわれ幅に関する検証（2019）では、0.2mm程度のひび割れを検出する場合0.6~1mm/pxの分解能を必要としている。

「②撮影データのAI判読等の精度検証」では、太陽光発電設備における不具合事例等の撮影データをAI判読した際の精度検証を行いました

目的

- ▶ 太陽光発電設備の現地調査をより効率的に実施するため、現地調査にて撮影された画像データ等について、AIモデルを用いた自動判読が可能であるかを検証する。
- ▶ 加えて、判読結果の精度をより高くするための画像データの撮影方法（撮影時の被写体との距離、速度、撮影頻度等）を検討する。

太陽光発電設備における不具合事例※



土砂の流出



植物の繁茂



柵塀の未設置、又は第三者が容易に発電設備に近づくことができる



柵の倒壊

現地調査にて撮影



無人航空機（ドローン等）の活用

調査内容

- 現地調査における実運用の可能性
 - ✓ 使用にあたっての必要条件
 - ✓ 使用における課題や懸念事項等
 - ✓ 現地調査での活用効果
 - ✓ 現地調査に適した機体の選定等



AI判読により不具合事例等を検知



AIによる画像・映像データの判別

調査内容

- AI判読の精度
 - ✓ AIモデルについて
 - ✓ AI判読の精度要因について
 - ✓ 判読可能な情報・項目の整理
 - ✓ AI判読精度向上に資する撮影要件について

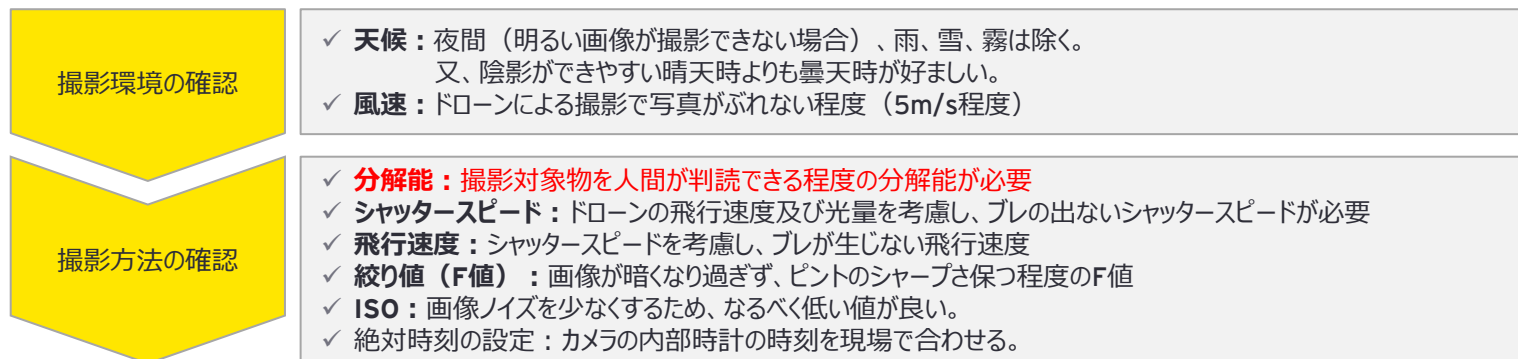
※ JPEA 太陽光発電システムの不具合事例とその対処例（2020/03/31）

※ 資源エネルギー庁 標識・柵塀の設置義務違反に係る取り締まりについて（2019/2/25）

AI判読を目的とした太陽光発電設備における撮影では、以下の点に留意する必要があります

- ▶ AI判読を実施する際のインプットデータや教師データは、現地調査等で撮影される画像データを想定している。
- ▶ 画像の撮影方法（カメラの設定等）や撮影環境が適切でない場合、画像データにブレやノイズが発生することで画質（診断画像に含まれる情報量）が落ち、最終的なAI判読の精度に影響を及ぼすことが懸念される。そのため、AI判読を目的とした画像データの取得は、以下の撮影環境や撮影方法を確認した上で、人間が判読できるものを撮影することが必要である。中でも**分解能を管理することは撮影対象物を判読する上で非常に重要**となるため、分解能に係る詳細は後述する。
- ▶ 情報量が多い「良い画質」を確保するためには、**撮影方法や撮影環境に合わせてシャッタースピードや絞り値（F値）等を適切に設定**する必要がある。例として、ドローンを飛行させた撮影の場合、シャッタースピードは1000分の1以上とするのが望ましい等がある。
- ▶ なお、撮影対象物の大きさや高さ等を適切に把握するためには、「測量」（精緻な位置情報を取得し、国交省で求められる要求精度が満たされた画像からオルソ画像や3Dモデルを生成すること）が必要である^{※1}。観点無人航空機（UAV）を用いた公共測量の作業規程や留意点については、国土交通省の国土地理院にて取り纏めがなされている^{※2}。

AI判読を目的とした撮影環境及び撮影方法の確認事項







※1 2016年10月14日「土量計測に最も適した撮影高度とシャッター速度は？」Ji-Constructionのためのドローン講習会を開催（トプコン）

※2 測量法第34条で定める作業規程の準則

太陽光発電設備の現地調査において、ドローン及びAI判読の有用性を以下の判断基準に基づき整理しました

- ▶ 文献調査や事業者などへのヒアリング結果を参考に、現地調査において『AIモデル』や『ドローン』が適用することが有用か否かの判断軸を設定した。
- ▶ ドローンは作業員が容易に立ち入れない部分や広範囲にわたる設備の点検には有用であるものの、作業員が容易に確認できる位置に設置されているものや触らないと確認できないもの等については、有用性が低いと考えられる。
- ▶ AIモデルについては、判読する画像の変数が少ないものや適切性の基準が明確である（アノテーションの正確に実施でき、AIモデルを育てるために良質なデータを収集できる）ものについては高い精度を得られるものと考えられるが、変数が多い画像や適切性の基準が不明確なものは判読精度が低くなる事や膨大な開発コストを要することが考えられる。

ドローンの有用性	AIモデルの有用性
<p style="text-align: center;"> 有用性高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 点検対象が、アクセス困難な場所に設置されている。 例) 急斜面な敷地 ▶ 点検対象物が広範囲に広がっており、作業員の目視点検では時間を要するもの。 例) 植生の繁茂の有無、ホットスポットの確認等 	<p style="text-align: center;"> 有用性高い（開発コストが低い）</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 判読する画像に変数が少ない（一様な撮影方法かつ対象物等） 例) 通常無人である太陽光発電設備への人の侵入 ▶ 判読の適切性の基準が定量的かつ明確である。 例) パネル破損の有無、繁茂した植生がパネルに掛かっているか否か、ホットスポットの有無等
<p style="text-align: center;"> 有用性低い</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 撮影対象物が非常に小さく、接写による高解像度の撮影が必要。 例) 腐食の状態確認 ▶ 点検範囲が狭く、人が容易に立ち入れる場所にある。 例) 標識の掲示有無、掲示方法、筐体の施錠有無 	<p style="text-align: center;"> 有用性低い（開発コストが高い）</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 判読する画像に変数が多い。 例) 自動運転による標識、人間、車等の判読 ▶ 判読の適切性の基準が不明確であり、判読精度が担保されない。 例) 柵扉等の設置位置及び高さ（設置位置や高さに関して何が適切で適切でないのか明確な基準がなく、アノテーションの正確性が低い）

ドローン及びAI判読の有用性が高いと判断された各調査項目に対して、最適であると考えられる撮影条件・方法の検討結果を以下の通りまとめました

- ▶ ドローン及びAIモデルの活用が共に有用であると考えられる調査項目に対して、最適と考えられる撮影条件・方法を以下の通りまとめた。
- ▶ 太陽光発電設備等の点検時の撮影においては、シャッター速度1/1000以上、速度4~5m/s程度に設定して撮影することが一般的である。厳密なカメラの設定方法は、事業者のノウハウとなっている部分も大きく、撮影環境の光量に応じて調整が必要である。
- ▶ なお、AIモデルの有用性が低いと判断した調査項目に対しても、基本的な撮影方法は同様であり、天候、離隔距離、撮影方法に関する留意点も同様である。

調査対象	調査項目 (想定する対象物の大きさ)	ドローン使用時最適な撮影条件・方法				AI判読の 手法	
		天候	離隔 距離	カメラ設定※1	飛行速度		撮影方法
太陽電池 アレイ上	植生の繁茂 (5cm~)	<ul style="list-style-type: none"> 十分な光量が確保される曇天時 風速5m/s程度まで 	30m※3	シャッター速度： 1/1000 ※1 ※オルソ画像を作成する場合の撮影頻度(オーバーラップ率)： 同一コース内の隣接空中写真との重複度は60%、隣接コースの空中写真との重複度は30%	4~5m/s程度※2	垂直方向の上空から撮影	クラス分類
	ホットスポットの確認 (1cm~)					筐体が映る角度から撮影	物体検出
筐体	植生の繁茂 (5cm~)				静止した状態	近距離 (または望遠レンズに切替) 撮影	物体検出
	腐食確認 (0.5cm~)				4~5m/s程度※2	アレイ下が映る角度から撮影	物体検出
太陽電池 アレイ下	太陽電池アレイの下、パワーコンディショナ基礎・土台近辺等のごみの有無 (10cm~)				静止した状態	近距離 (または望遠レンズに切替) 撮影	物体検出
	太陽電池アレイの下の植生の繁茂、動物及びその他虫類の侵入の兆候の有無 (1cm~)				4~5m/s程度※2	近距離 (または望遠レンズに切替) 撮影	物体検出
地上設置 システムの 基礎付近	基礎の腐食、洗堀 (0.5cm~)				静止した状態	近距離 (または望遠レンズに切替) 撮影	物体検出
設備全体	地盤の崩壊等 (1m~)				4~5m/s程度※2	地盤が映る位置から撮影	物体検出
その他	AIモデルの有用性が低いと判断した調査項目	4~5m/s程度※2	撮影対象物が視認できる位置から撮影	-			

※1 撮影スピードによるブレ等を考慮した場合、検出物の最小サイズの1/5程度の距離を移動する時間をシャッター速度の目安 (検出物の最小サイズを2.5cm、飛行速度が5m/sの場合のシャッタースピードは1/1000) とする考え方もある。(画像処理.com HPより)

※2 メーカー等が提供している「自動運行等に対応した撮影支援アプリ」によっては、『等距離・等時間間隔の撮影モード』を選択した場合、『撮影分解能』、『撮影高度』等から自動計算される。

※3 施設所有者との同意や特定飛行の申請があればより近距離での撮影も可能だが、ドローンの操作性や事故のリスク等を鑑みると30mの離隔距離が望ましい。

※4 『①現地調査手法に関する調査 イ. 使用する機体の検討』調査にて例示した機種Hにて30m地点から撮影した場合の分解能はp.52 参考 (分解能の計算方法) から広角レンズで8.39mm/px、望遠レンズで1.5mm/pxと計算することができる。想定する対象物の大きさは上記分解能よりも大きく、十分に判読が可能であると考えられる。ただし、事業者へのヒアリングでは、1cm以下の対象物については、ブレ等の影響により、飛行しながら撮影することが難しく、静止した状態で撮影することが望ましいという意見があった。

Contact

EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社

Government and Infrastructure unit

〒100-0006

東京都千代田区有楽町一丁目1番2号 東京ミッドタウン日比谷 日比谷三井タワー