

建築分野のドローン環境整備と外壁調査

2024年11月15日

国立研究開発法人 建築研究所

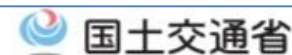
宮内博之

資料内容

1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン
2. 「外壁調査ガイドライン」に基づいたドローンに関わる実施者育成
3. 定期調査報告制度に関わる建築ドローン環境整備状況
4. 参考資料: 建築研究所におけるドローン関連研究

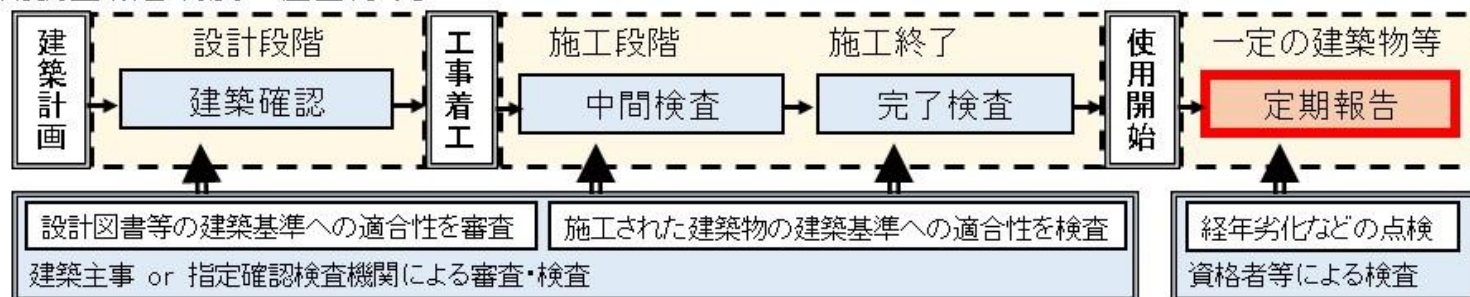
1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

建築物の定期調査報告制度における外壁のタイル等の調査方法について



- 建築基準法においては、新築時において図面の確認や現場での検査を行うほか、使用開始後においても、一定の規模・用途の建築物については、定期的(6ヶ月～3年に一度)に専門の資格者による検査を行い、その結果を報告することを所有者等に義務付けている。
- 建築物の外壁のタイル等については、剥落の有無等を確認するため、手の届く範囲の打診ならびに双眼鏡等による目視を行うこととされているが、竣工後10年を超えた場合には、外壁の全面打診等が求められている。

【定期調査報告制度の位置付け】



【調査対象】

- ・不特定多数の者が利用する建築物(劇場、物販店舗等)
- ・自力避難困難者が就寝利用する建築物(病院、老人ホーム等)
- ・特定行政庁が指定する建築物(共同住宅等)

【調査項目及び調査頻度】

- ・外壁、天井、防火設備、避難施設等について、おおむね6ヶ月～3年に一度確認。
- ・外壁のタイル等については、タイルの剥落の有無等を確認。

外壁のタイル等の調査概要

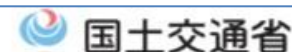
調査範囲	調査方法
手の届く範囲	打診等
その他の部分	双眼鏡等による目視
落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分	全面的な打診等 ※おおむね10年に一度実施



【(一財)日本建築防災協会 提供】
＜テストハンマーによる打診＞

1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

無人航空機を用いた赤外線調査による方法の明確化
(建築物の定期調査報告制度における外壁のタイル等の調査方法見直し)



※令和4年1月公布、令和4年4月施行

○一定の実施要領に則れば、赤外線装置を搭載した無人航空機(ドローン)による調査が可能であることが判明したため、打診以外の調査方法として**無人航空機による赤外線調査を外壁の調査方法として明確化し、利活用の促進を図る。**

※成長戦略実行計画(令和3年6月閣議決定)

外壁調査を行う赤外線装置を搭載したドローンについて、残された課題の検証を本年度に行う。一級建築士等による打診調査と同等以上の精度を確認の上、制度改正を行い、来年度以降、建築物の定期検査における外壁調査で使用可能とする。

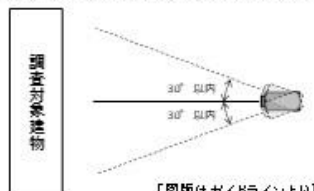
【実施要領(ガイドライン)による適正な調査実施の確保】

○気象条件

天候	判定
晴れ、晴れ時々曇り	可能
曇り時々晴れ、曇り一時晴れ	困難
曇り、雨、雪	不可能

○装置の性能

(撮影角度、飛行時の風による影響等)



【図版はガイドラインより】

○打診とのキャリブレーション



【(一財)日本建築防災協会 提供】

【無人航空機による赤外線調査導入による効果】



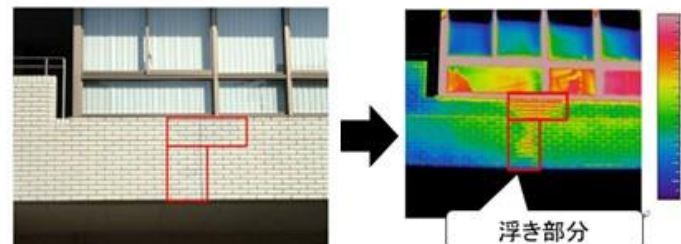
【(一財)日本建築防災協会 提供】
＜テストハンマーによる打診＞



【(一財)日本建築ドローン協会 提供】
＜無人航空機による赤外線調査＞

約4割のコスト削減効果(モデル建物における試算より)

【赤外線調査の概要】



【(一社)日本赤外線劣化診断技術者協会 提供(一冊編集)】

タイル面の温度差を赤外線装置で測定し、浮き部分を検出
(外壁タイルが日射によって温められると、浮き部分は健全部分と比べてタイル面の温度が高くなる現象を利用)

1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

○『定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査 ガイドライン』を取りまとめ、ドローンによる外壁調査等をテストハンマーによる打診と同等以上の精度で実施するために必要な事項を定め、広く周知している。

令和4年3月29日付け 国土交通省住宅局建築指導課長・参事官(建築企画担当)通知
「建築基準法施行規則の一部を改正する省令等の施行について(技術的助言)」



3. (2) 打診と同等以上の精度を有する無人航空機による赤外線調査 (抜粋)

「打診と同等以上の精度の判定にあたっては、一般財団法人日本建築防災協会が設置した学識経験者等による委員会(「赤外線装置を搭載したドローン等による外壁調査手法に係る体制整備検討委員会」)において取りまとめられた『定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査 ガイドライン』(中略)を参考とされたい。」

ガイドラインの【重要ポイント】

- ①適切な技術者による調査
- ②赤外線調査の適用条件の遵守
- ③打診との併用による有効性の確認
- ④ドローンの安全飛行のための対策
- ⑤日射の状況等に応じた適切な実施

30秒版



10分版



外壁調査ガイドライン紹介動画

1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む) による外壁調査ガイドライン

(赤外線装置を搭載したドローン等による外壁調査手法に係る体制整備検討委員会 令和4年3月)

【目次】

1. 総則

- 1.1 目的
- 1.2 適用範囲
- 1.3 用語の定義

2. 実施者

- 2.1 赤外線調査の実施者
- 2.2 ドローンによる赤外線調査の実施者

3. 赤外線調査

- 3.1 赤外線調査の概要
- 3.2 赤外線調査の適用条件の把握
 - 3.2.1 適用条件
 - 3.2.2 打診との併用の必要性
- 3.3 事前調査
- 3.4 調査計画書の作成
- 3.5 調査の実施(打診との併用による確認を含む)
- 3.6 熱画像による浮きの判定
- 3.7 報告書の作成

4. ドローンによる赤外線調査

- 4.1 ドローンによる赤外線調査の概要
- 4.2 ドローンによる赤外線調査の適用条件の把握及び飛行の可否と安全対策の検討
 - 4.2.1 ドローンによる赤外線調査の適用条件
 - 4.2.2 打診との併用の必要性
 - 4.2.3 **ドローンの飛行の可否と安全対策**
- 4.3 事前調査
- 4.4 調査計画書の作成
- 4.5 調査の実施(打診との併用による確認を含む)
- 4.6 熱画像による浮きの判定
- 4.7 報告書の作成

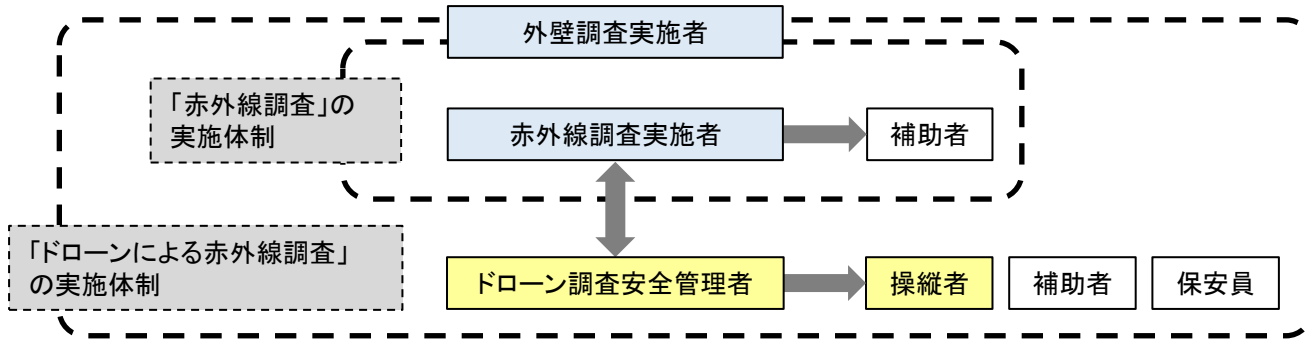


外壁調査ガイドライン

1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

外壁調査ガイドライン／2. 実施者

「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」における赤外線調査及びドローンによる赤外線調査の実施体制の例



実施者	役割	資格 あるいはガイドラインの解説に記載されている推奨されている者
外壁調査実施者	外壁調査全体の統括、告示に基づく判定を行う。	1級建築士もしくは2級建築士又は建築物調査員資格者証の交付を受けている者。
赤外線調査実施者	赤外線調査の統括者。熱画像の撮影、分析、浮きの判定を行う。	例えば、(一社)日本非破壊検査協会が実施している JIS Z 2305非破壊試験-技術者の資格及び認証(TT:赤外線試験技術者)の適格性証明(免許証ではない)がある。
ドローン調査安全管理者	ドローンの管理・運用に関する統括者。飛行可否判断・安全管理を行う。	例えば、(一社)日本建築ドローン協会が実施している建築ドローン安全教育講習会を修了した者が就く建築ドローン飛行管理責任者が挙げられる。
操縦者	本ガイドラインに基づきドローンの操縦を実施する者。	ドローンの飛行技術について熟知した操縦経験を有する者。



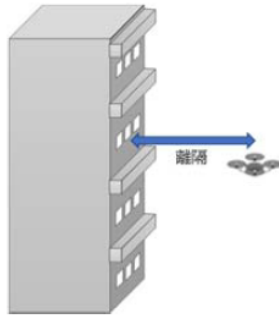
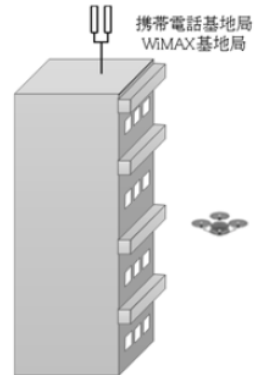
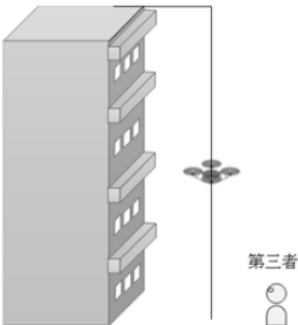
1. 定期報告制度におけるドローンによる赤外線調査と外壁調査ガイドライン

外壁調査ガイドライン／4.2.3 ドローンの飛行の可否と安全対策

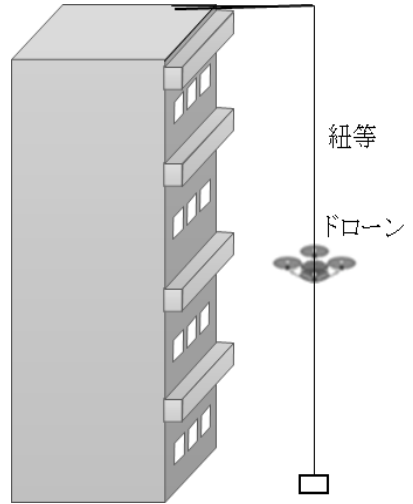
- 下記の事項等を事前調査により確認
 - ・対象建物条件
(建物高さ、建物からの離隔距離等)
 - ・その他周辺の環境条件
(電波環境、障害物等)

- ドローンの安全飛行が可能となる安全装置や安全管理対策を講じる。

(係留装置の活用)

建物との離隔	電波等環境 (携帯基地局からの電波、GNSS受信可否、配電線等からの電磁波)	第三者の有無
		

ドローンの飛行位置の決定に影響を及ぼす条件の例



衝突リスクへの対応例

2. 「外壁調査ガイドライン」に基づいたドローンに関わる実施者育成

外壁調査ガイドラインに基づいたドローン調査安全管理者と操縦者の育成

ドローン調査安全管理者
(⇒建築ドローン飛行管理責任者)



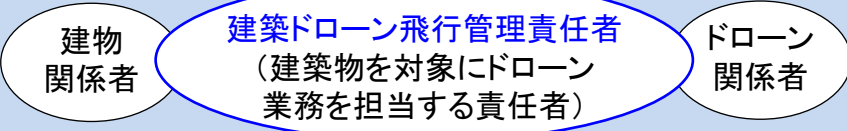
JADA「建築ドローン安全教育講習会」

- 【教材】建築物へのドローン活用のための安全マニュアル
- 第1章 建築分野におけるドローン活用の基礎
 - 第2章 ドローンの活用に関わる建築知識
 - 第3章 ドローン技術と安全運用
 - 第4章 ドローンを活用した建築物の施工管理
 - 第5章 ドローンを活用した建築物の点検・調査等

+
座学による講習(Web)

合格 → ①JADA「建築ドローン安全教育修了者」

JADA建築ドローン安全教育講習修了者は、
JADA「建築ドローン飛行管理責任者」として担当する。



操縦者
(⇒ドローン建築物調査安全飛行技能者)



②JUIDA「操縦技能証明証保持者」
JUIDA「安全運航管理者証明証保持者」
(※②は無人航空機操縦者技能証明でも代替可能)

※受講条件①+②を保有している者

JADA-JUIDA連携「ドローン建築物調査安全飛行技能者コース」

- <目的>
- ・建築物の外壁点検・調査における安全な飛行と撮影技術を習得
 - ・建築基準法12条:定期報告制度のドローンによる外壁調査「操縦者」の育成
- | | |
|-------------------|--------|
| <座学講習> | <実技講習> |
| ・安全管理・撮影の知識 | ・安全管理 |
| ・係留の基礎(1点係留、2点係留) | ・飛行技術 |
| ・ドローン飛行計画書の作成の知識 | ・撮影技術 |
| | ・係留技術 |

合格 → ③JADA-JUIDA「ドローン建築物調査安全飛行技能者」

*JADA:(一社)日本建築ドローン協会、JUIDA:(一社)日本UAS産業振興協議会

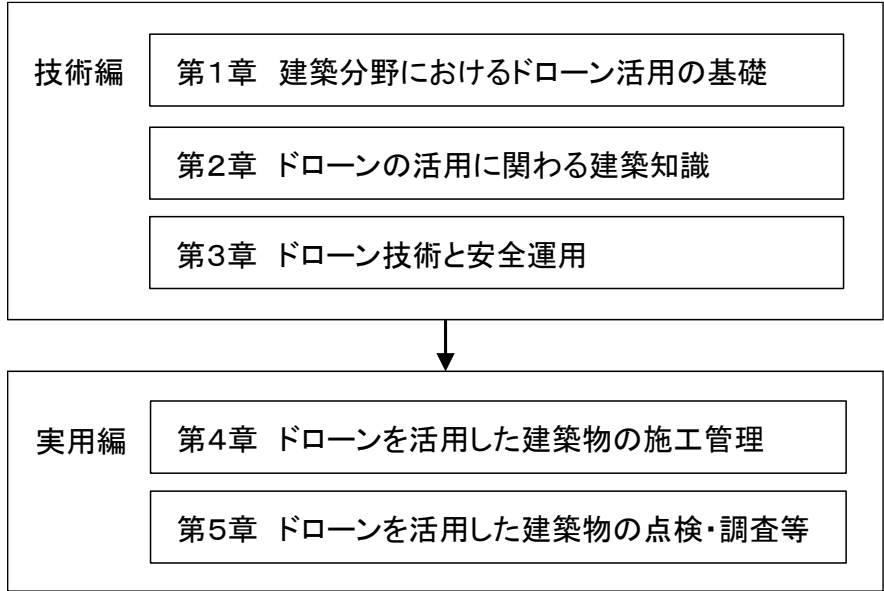
2. 「外壁調査ガイドライン」に基づいたドローンに関わる実施者育成

「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」の目的と構成

本マニュアルは、JADA建築ドローン飛行管理責任者が習得すべき建築物を対象としてドローンを安全に運用するために作成された。

【技術編】①適用範囲、関係法令の基礎、活用への課題、②ドローンに関わる建築知識、③ドローンの制御技術・搭載機器、安全運用

【実用編】ドローンを活用した建築物の④施工管理、⑤調査における安全管理と計画・手順

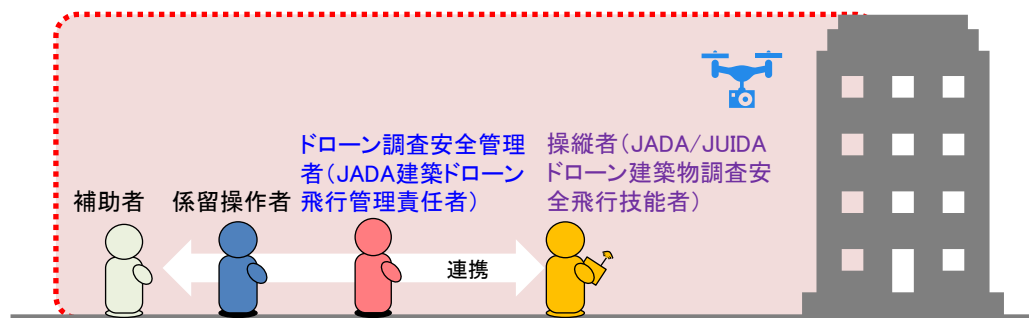


建築物へのドローン活用のための安全マニュアルの構成

2. 「外壁調査ガイドライン」に基づいたドローンに関わる実施者育成

JADA/JUIDA「ドローン建築物調査安全飛行技能者コース」カリキュラム

日		項目	内容
1日目	座学	安全管理・撮影の知識	事前調査、調査の実施、報告書の作成
		係留の知識	係留の基礎、1点、2点係留装置
		ドローン飛行計画書の作成の知識	事前調査、ドローン飛行計画書への記入、正答確認
2日目 3日目	実技	安全管理	事前調査、規制材設置・撤去、機体確認
		飛行技術	ドローンの点検、撮影方法の確認、
		撮影技術	カメラの設定、可視画像撮影、赤外線画像撮影、それぞれの飛行方法、ドローンと外壁の向き、離隔、飛行速度等をターゲットを撮影することにより確認
		係留技術	1点係留（人力、係留装置の操作、飛行） 2点係留（飛行体験）
考查		飛行技能の考查	安全及び撮影技術に関する技能の確認（可否）



外壁調査における2点係留装置の利用とその連携体制

【問い合わせ先】 日本UAS産業振興協議会 (<https://uas-japan.org/gaiheki/>)、ミラテクドローン (https://www.miratecdrone.co.jp/service/drone_school/)

3. 定期調査報告制度に関わる建築ドローン環境整備状況



引用HP: デジタル庁

デジタル庁 類型3:ドローン、3D点群データ等を活用した構造物等の検査の実証

【類型3 株式会社ミラテクドローン】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務 (法令)	建築基準法第12条 (第88条で準用する場合を含む) 建築基準法施行規則第5条及び第5条の2、第6条の2の2及び第6条の2の3に基づく特定建築物等の定期調査・点検																									
実証の全体像	<ol style="list-style-type: none"> 建築物点検における、ドローン機材性能評価 <ul style="list-style-type: none"> ドローン機体毎のa).動力・b).c).撮影性能等の比較 b).係留の有無、係留方法の比較 ドローンを安全に飛行させるための電波環境調査 <ul style="list-style-type: none"> a).建築物調査時を想定し、地上から屋上までの電波測定を実施 b).複数機体の相互干渉影響調査 c).ドローン機体に対する与干渉波の影響測定 3Dデータ作成 <ul style="list-style-type: none"> 3Dデータにて建物の変状などの経年劣化をデータ上で点検が可能かどうかを確認 建築物外壁画像のAI解析 <ul style="list-style-type: none"> AI解析技術を活用し、建築構造物の損傷箇所の良否の、自動判定ができるかを確認 静止画、動画データからの両データにおける検出精度比較 	<p>技術実証の全体像イメージ 取得</p> <p>解析/診断</p> <p>評価</p> <p>①撮影性能</p> <p>②電力性能</p> <p>③3Dデータ作成</p> <p>④AI/目視診断</p> <p>マッピング</p> <p>・損傷・劣化箇所の誘目表示 ・損傷・劣化箇所の検出精度 ・静止画、動画データによる検出精度比較</p> <p>・画像データと3Dデータの精度を検証 ・2D画像データと3Dデータにて損傷箇所を相互に確認</p> <p>・撮影のための安定性 ・撮影に必要な精度 ・環境影響確認</p> <p>・周辺からの電波影響 ・ドローン同士の電波影響</p> <p>安全性確保のため、ラインドローンシステムを使用 3箇所での実施</p>																								
実施体制	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <th colspan="5">責任者 株式会社ミラテクドローン</th> </tr> <tr> <td>アンリツ株式会社 電波環境調査</td> <td>シャープ株式会社 AI解析</td> <td>株式会社 Honjostate 3Dデータ作成</td> <td>西武建設株式会社 ドローン機材性能評価</td> <td>一般社団法人 日本建築ドローン協会 実証指導</td> </tr> </table> <p>国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 上席研究員 宮内博之氏 (株式会社ミラテクドローンから専門アドバイザーとして委嘱)</p> <table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th>事業者名</th> <th>実施業務・役割</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>株式会社ミラテクドローン</td> <td>全般管理、ドローンの操縦・撮影</td> </tr> <tr> <td>西武建設株式会社</td> <td>①ドローン機材性能評価</td> </tr> <tr> <td>アンリツ株式会社</td> <td>②電波環境調査</td> </tr> <tr> <td>株式会社Honjostate</td> <td>③3Dデータ作成</td> </tr> <tr> <td>シャープ株式会社</td> <td>④AI解析</td> </tr> <tr> <td>日本建築ドローン協会</td> <td>全般実証指導</td> </tr> </tbody> </table>		責任者 株式会社ミラテクドローン					アンリツ株式会社 電波環境調査	シャープ株式会社 AI解析	株式会社 Honjostate 3Dデータ作成	西武建設株式会社 ドローン機材性能評価	一般社団法人 日本建築ドローン協会 実証指導	事業者名	実施業務・役割	株式会社ミラテクドローン	全般管理、ドローンの操縦・撮影	西武建設株式会社	①ドローン機材性能評価	アンリツ株式会社	②電波環境調査	株式会社Honjostate	③3Dデータ作成	シャープ株式会社	④AI解析	日本建築ドローン協会	全般実証指導
責任者 株式会社ミラテクドローン																										
アンリツ株式会社 電波環境調査	シャープ株式会社 AI解析	株式会社 Honjostate 3Dデータ作成	西武建設株式会社 ドローン機材性能評価	一般社団法人 日本建築ドローン協会 実証指導																						
事業者名	実施業務・役割																									
株式会社ミラテクドローン	全般管理、ドローンの操縦・撮影																									
西武建設株式会社	①ドローン機材性能評価																									
アンリツ株式会社	②電波環境調査																									
株式会社Honjostate	③3Dデータ作成																									
シャープ株式会社	④AI解析																									
日本建築ドローン協会	全般実証指導																									
実施期間	技術実証の期間：2023年10月17日 ～ 2024年2月29日 (136日間)																									



引用HP: デジタル庁

3. 定期調査報告制度に関わる建築ドローン環境整備状況

デジタル庁 類型3:ドローン、3D点群データ等を活用した構造物等の検査の実証

【類型3 総合警備保障株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務 (法令)	建築基準法第12条（第88条で準用する場合を含む）、建築基準法施行規則第5条及び第5条の2、第6条の2の2及び第6条の2の3に基づく特定建築物等の定期調査・点検	
実証の全体像	<p>有資格者が対象施設に赴いて目視や打診で実施している特定建築物等（一定の用途・規模を満たす建築物）の定期調査について、有資格者が対象施設に赴かなくても、従来の点検と同等以上の精度を維持しつつ、効率的に点検が可能か実証した。</p> <p>具体的には、必ずしも資格を有しない点検補助者（施設やビルの管理人等）がスマートフォン、スマートグラス、ドローンの3つの技術を用いて、それぞれ各点検箇所の映像・音声をリアルタイムで取得し、当該映像を遠隔地にいる有資格者が確認し、打診等の簡易操作の指示等を必要に応じて行うことで、特定建築物等の定期調査を遠隔で実施することの実証を行った。</p> <p>実証内容は以下の3つで、「画像の取得」、「画像の精度」、「情報の不足等」、「安全性」、「効率性」、「コスト」の観点から評価を行った。</p> <p>なお、作業時間等の比較検証のため、有資格者による実地点検（現行手法）も実施した。</p> <p>(1) 遠隔点検（ドローン）：特定建築物等の定期調査に係る画像取得 (2) 遠隔点検（スマートフォン）：特定建築物等の定期調査に係る画像等の情報取得 (3) 遠隔点検（スマートグラス）：特定建築物等の定期調査に係る画像等の情報取得</p>	
実施体制	事業者名等	実施業務・役割
	総合警備保障株式会社	技術実証事業の運営、実施
	ALSOKファミリーズ株式会社 (総合警備保障株式会社からの再委託先)	特定建築物定期調査の有資格者手配、 模擬調査報告書の作成
	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ上席研究員 宮内博之氏 (総合警備保障株式会社から専門アドバイザーとして委嘱)	本技術実証への専門的見地からの助言
	一般社団法人改修設計センター 事務局長 日下政彦氏 (総合警備保障株式会社から専門アドバイザーとして委嘱)	本技術実証への専門的見地からの助言
実施期間	令和5年10月13日から令和6年2月16日	

3. 定期調査報告制度に関わる建築ドローン環境整備状況

建築物の定期調査報告における調査及び定期点検における点検の項目、方法及び結果の判定基準並びに調査結果表を定める件等の一部を改正する告示について(周知)、国土交通省住宅局、R6年6月28日

建築基準法(昭和25年法律第201号)第12条第1項等において、特定行政庁が指定する特定建築物等(以下「特定建築物等」という。)及び特定行政庁が指定する特定建築設備等(以下「特定建築設備等」という。)については定期調査・検査・点検(以下「定期調査・検査等」という。)を行わなければならないこと等が規定されております。

今般、定期調査・検査等の高度化のあり方及びデジタル化のあり方について検討を進めてきたところ、定期調査・検査等の合理化や新技術の活用を可能とするため、告示を改正(令和6年国土交通省告示第974号。(令和6年6月28日公布、令和7年7月1日施行)以下「改正告示」という。)したところですが、報告者の業務負担軽減・効率化を図るため、改正告示のうち「目視」を「目視又はこれに類する方法」に改める部分に関しては、公布日以降に運用を開始して差し支えない。

なお、「これに類する方法」とは、「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」に則った調査の他、定期調査・検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法(例えば、ファイバースコープや双眼鏡、赤外線装置、可視カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等)をいう。

(参考資料1)「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」

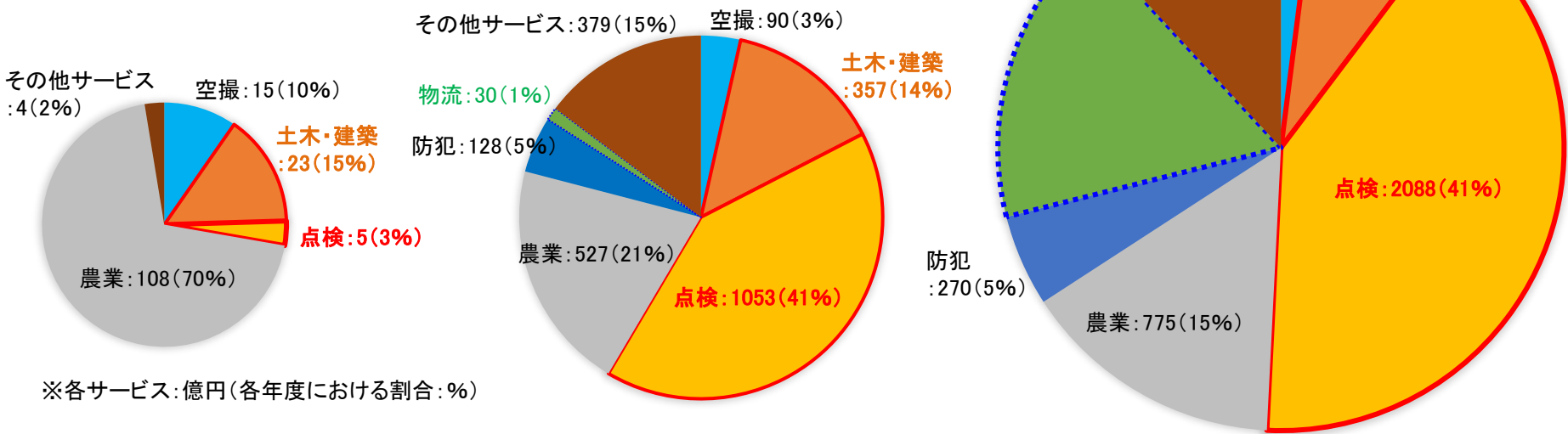


引用HP:
国土交通省住宅局

4. 参考資料: 建築研究所におけるドローン関連研究

建設分野におけるドローンの活用市場

ドローンサービス市場※の
50%以上が建設分野での活用



※各サービス: 億円(各年度における割合: %)

年度	2017年度	2024年度	2028年度
サービス規模	155億円	2,564億円	5,154億円
①土木・建築 +②点検	28億円 (18%)	1,410億円 (55%)	2,513億円 (49%)
①+② +③物流	28億円 (18%)	1,440億円 (56%)	3,391億円 (66%)

※参考文献: 春原久徳、青山祐介、ドローンビジネス調査報告書2024、インプレス総合研究所、2024年3月

建築分野における産官学領域のドローン環境整備の変遷(2016年～)

建築分野におけるドローン環境整備の変遷

年度	段階	国交省住宅局・国プロ	建築研究所	学術分野(日本建築学会)	産業分野 (日本建築ドローン協会)
2015	準備				
2016	創成		・研究課題「RC造建築物の変状・損傷の早期確認と鉄筋腐食の抑制技術等に関する研究」実施: 建築分野におけるドローン技術の導入、及び法12条第1項及びH20年国交省告示第282号(建築物の定期調査報告)に係る定期検査報告における建物外皮の変状・損傷を早期・簡便に確認する技術を開発	・UAVを活用した建築保全技術開発WG設置 ・第1回建築ドローンシンポジウム企画開催	・日本建築ドローン協会設立
2017		・国交省建築基準整備促進事業T3「非接触方式による外壁調査の診断手法及び調査基準に関する検討」: ドローンを活用した実証実験			
2018	実証	・国交省建築基準整備促進事業T3「非接触方式による外壁調査の診断手法及び調査基準に関する検討」→「定期報告制度における赤外線装置法による外壁調査実施要領(案)」及び「ドローンを活用した建築物調査 実施要領(案)」策定		・ドローン技術活用小委員会設置・活動 ・災害調査におけるUAV利活用の可能性検討WG設置 ・第2回建築ドローンシンポジウム開催	・「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」制定 ・建築ドローン安全教育講習会開催 ・「居住者から見た建築物調査時等のドローンの評価手法研究会報告書」公表
2019		・成長戦略実施計画: 赤外線装置を搭載したドローンを外壁調査に使用可能かを検討	・研究課題「建築材料の状態・挙動に基づくRC造建築物の耐久性評価に関する研究」実施: 建築分野におけるドローン技術の活用、及びドローンに関わる安全技術・点検調査技術・災害調査技術・デジタル技術の開発	・第3回建築ドローンシンポジウム開催	・「建築ドローン標準業務仕様書(案)【点検・調査編】」制定 ・「建築ドローン安全教育講習レベルアップ研修会」開催
2020		・NEDO事業「ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発」		・災害調査におけるドローン利活用検討小委員会設置	・NEDO事業・近接調査用ドローンシステム開発
2021		・赤外線装置を搭載したドローン等による外壁調査手法に係る体制整備検討委員会設置と外壁調査ガイドラインの検討		・日本建築学会大会研究協議会開催「ドローン技術の社会実装に向けて」	・ドローン×赤外線調査コンソーシアム設置・活動
2022		・建築物の定期調査報告制度に関わる告示改正(法12条) ・「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」制定		・研究課題「建築物の安全・維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術の開発」実施: ①ドローンによる非接触～微破壊調査技術開発	・「建築狭所空間ドローン利活用実施ガイドライン(案)」制定
2023	実装		・研究課題「建築物の安全・維持管理に資するドローンを活用した建築保全技術の開発」実施: ①+②四足歩行ロボットに関わる技術開発+③都市・建築における次世代エアモビリティの活用基盤の創成	・第4回建築ドローンシンポジウム開催	・JADA-JUIDA「ドローン建築物調査安全飛行技能者コース」設置 ・空飛ぶクルマへの展開
2024		・建築物の定期調査報告における調査及び定期点検における点検の項目、方法及び結果の判定基準並びに調査結果表を定める件等の一部を改正			



建築分野におけるドローン環境整備と研究活動(2016年～)

A.建物点検調査に関わるドローン技術の開発(屋外空間)

学術: 日本建築学会	国: 事業	建築研究所としての研究活動				産: 日本建築ドローン協会															
<p>日本建築学会: UAVを活用した建築保全技術開発WG設置(2016年4月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術的情報を収集・整理し、既存UAVの性能や問題点の把握、運用方法、並びに技術的・法的側面からの適用範囲等について検討 2017年度: 第1回建築ドローンシンポジウムを企画・開催 2018年度: 「ドローン技術活用小委員会」として研究継続 2018年度: 災害委員会「災害調査におけるUAV利活用の可能性検討WG」と連携 2018年度: 第2回建築ドローンシンポジウムを開催 2019年度: 第3回建築ドローンシンポジウムを開催 	<p>国土省基準整備促進事業T3(2017-2018年度)</p> <ul style="list-style-type: none"> 非接触方式による外壁調査の診断手法及び調査基準に関する検討  <p>ドローン搭載赤外線装置によるタイル張り試験体の欠陥部</p> <p>NEDO事業: ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 近接用ドローンシステム開発 	<p>ドローンによる外壁点検の実証実験検証(2016年6月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 飛行安定性と撮影精度  <p>ドローンによる2D/3D画像データの精度検証</p>	<p>ドローンによる俯瞰的撮影</p> <ul style="list-style-type: none"> 飛行安定性と撮影精度  <p>端島全景撮影時の飛行安定性と撮影精度の検証</p>	<p>ドローンによる中高層建築物の維持管理技術</p> <ul style="list-style-type: none"> コストと調査・分析時間比較  <p>高所ドローン作業撮影</p>	<p>ドローンによる建物の点検の実装</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種点検におけるドローンの利用の有効性 <table border="1" data-bbox="1381 449 1613 592"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>既存調査</th> <th>ドローン利用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>法定点検</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>安全点検</td> <td>○</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>計画点検</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>緊急点検</td> <td>×</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	種類	既存調査	ドローン利用	法定点検	○	—	安全点検	○	△	計画点検	○	×	緊急点検	×	○	<p>(一社)日本建築ドローン協会の設立(2017年9月)</p> <ul style="list-style-type: none"> 「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」の作成・改定 「建築ドローン標準業務仕様書(案)【点検・調査編】」の作成 「居住者から見た建築物調査時等のドローンの評価手法研究会報告書」の作成 「建築ドローン安全教育講習会」の実施 「建築ドローン安全教育講習レベルアップ研修会」の実施 建築ドローン関係の各種委員会設置 建築ドローン関連の最新技術セミナーの開催 NEDO事業・ドローン開発
種類	既存調査	ドローン利用																			
法定点検	○	—																			
安全点検	○	△																			
計画点検	○	×																			
緊急点検	×	○																			
<ul style="list-style-type: none"> 日本建築学会: 2021年度研究協議会開催「ドローン技術の社会実装に向けて」 ドローン技術の動向、ドローン活用における安全確保、施工管理・外壁調査・建築設備・災害分野へのドローン活用と課題について成果発表 2023年度: 第4回建築ドローンシンポジウムを開催 	<ul style="list-style-type: none"> 建築物の定期調査報告制度に関わる告示改正(法12条) 「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」制定 	<p>ArduPilotによるドローン技術の構築</p> <ul style="list-style-type: none"> 自律制御ローバー型、VTOL型ドローンの開発  <ol style="list-style-type: none"> ローバー 回転翼 VTOL機 	<p>国土省住宅・建築物技術高度化事業</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動点検調査システム開発  <p>自動飛行設定 距離推定</p>	<p>高解像度カメラ搭載ドローンによる建物点検調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 1億画素カメラを搭載したドローンによる点検調査  <p>ドローンで撮影後の3D画像</p>	<p>ドローン飛行の安全運用技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 2点係留方式によるドローン飛行の安全管理方法  <p>2点係留方式による飛行</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建研・中野区・JADA・JUJIDAIによる共同研究  <ul style="list-style-type: none"> JADA-JUIDAI「ドローン建築物調査安全飛行技能者コース」設置 															

建物外壁へのドローン利用の安全技術のあり方: 係留装置の利用など

建築分野におけるドローン環境整備と研究活動(2016年～)

B.建物調査(屋内)

C.災害調査に関わるドローン技術の開発

D.ドローンに関わるデジタル技術の開発

建築研究所としての研究活動

建物狭所空間におけるマイクロドローン活用(2018年)
 > 市販マイクロドローン予備調査

マイクロドローン →



マイクロドローンで撮影した天井裏の状況

被災建物へのドローンによる調査方法の検討
 > 建物の傾き測定、VRの活用

ドローン
ドローン操縦者
VRゴーグル調査者



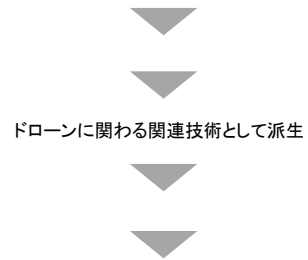
VRゴーグルを使用した構造躯体のひび割れ状況の確認

ドローンを活用した建物被害状況収集システム
 > 被害地域の巡回システム開発及び建物の被害状況把握

災害対策本部撮影状況
飛行ルート

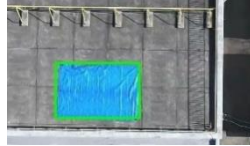


災害を想定したドローン飛行実験



建築狭所空間におけるドローンの飛行性能試験
 > 屋内空間寸法とマイクロドローンの影響に関する性能評価


ドローンを活用した建物被害状況収集システム
 > ドローン撮影によるAI差分解析によるブルーシート検出



ブルーシートの検出状況

災害廃棄物等を用いたリサイクルコンクリートの実用化
 > 3Dレーザースキャナーの活用

ドローン



コンクリートがらの体積計算

MRを活用したドローン飛行管理システムの開発
 > 仮想3Dメッシュホログラムを用いた点検調査効率化技術



HoloLensによりルートの可視化

AI×ドローンのハイブリッド型自動制御システムの開発
 > スマートフォンによるAI画像認識によりドローンを制御



人接近時にAI認識・制御によりドローンを制御

建築狭所空間の点検調査を可能とするマイクロドローンの技術開発と社会実装
 > マイクロドローン飛行性能試験用模擬空間モデルの開発



マイクロドローン

建物被害状況把握のための災害支援ドローンシステム開発
 > 親機・子機の複合ドローン開発とつくば市との共同実施



AIドローンを用いた建物調査の性能検証
 > 壁面調査へのSkydio 2iによるAI自動認識・自動飛行と3Dキャプチャによる壁面撮影確認状況

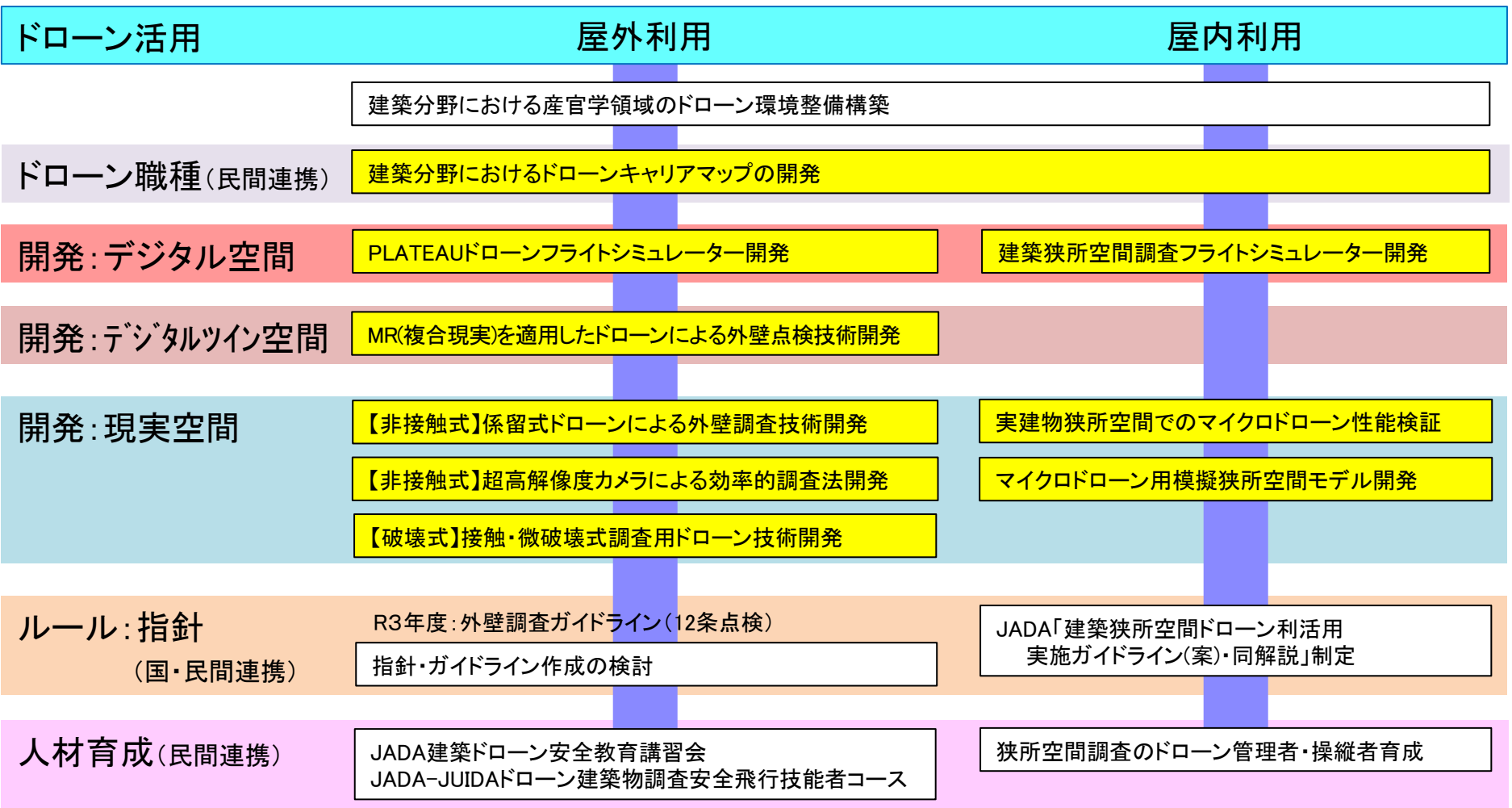


建設作業型ロボットハンド×AI×ドローンシステムの開発
 > ドローンにロボットハンドを搭載し、カメラによるAI画像認識により作業を行う技術開発



建築ドローンの社会実装を実現化するための研究テーマ

<研究の流れ>



① 建築分野におけるドローンキャリアマップの開発

研究概要

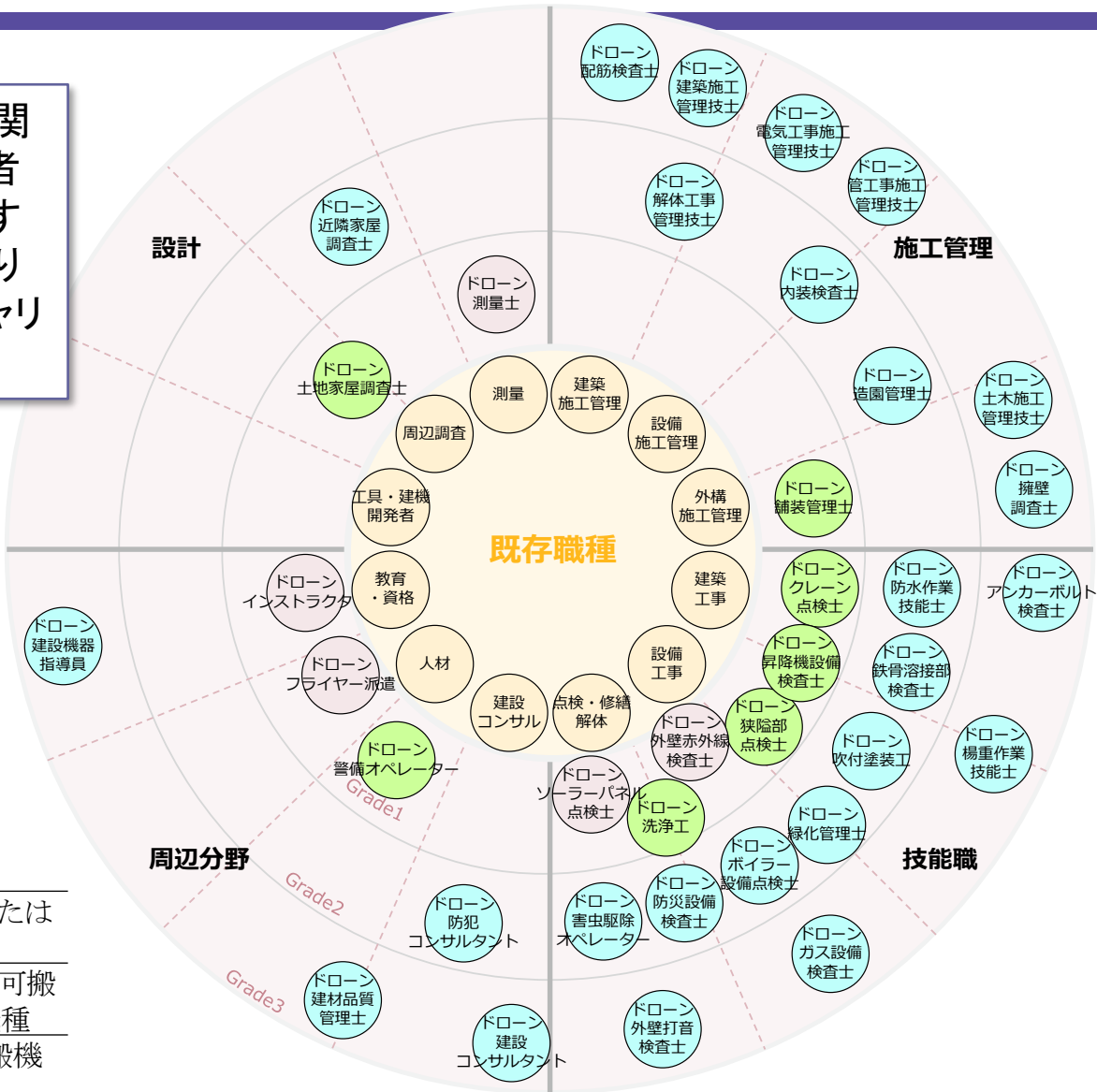
建築分野におけるドローンに関わる新たな職種に対する雇用者の地位向上、雇用環境を整備するために、将来のキャリアのあり方と方向性を「建築ドローンキャリアマップ」として示した。

【凡例】

- 職種名 既存職種 (従来職種)
- 職種名 求人のある建築ドローン職種
- 職種名 求人はないが実用化されている建築ドローン職種
- 職種名 未来職種

グレードの定義

Grade 1	現在実用化されているドローン職種、または既存技術で可能な職種
Grade 2	データ収集機能(カメラ等)は目視代替、可搬機能は非接触にてドローンを活用する職種
Grade 3	データ収集機能(カメラ等)は計測、可搬機能は接触にてドローンを活用する職種



建築ドローンキャリアマップ(職種区分)



②PLATEAUドローンフライトシミュレーター開発

研究概要

人口集中地区でのドローン飛行の性能検証

3D都市モデルのLODと建物調査との関係

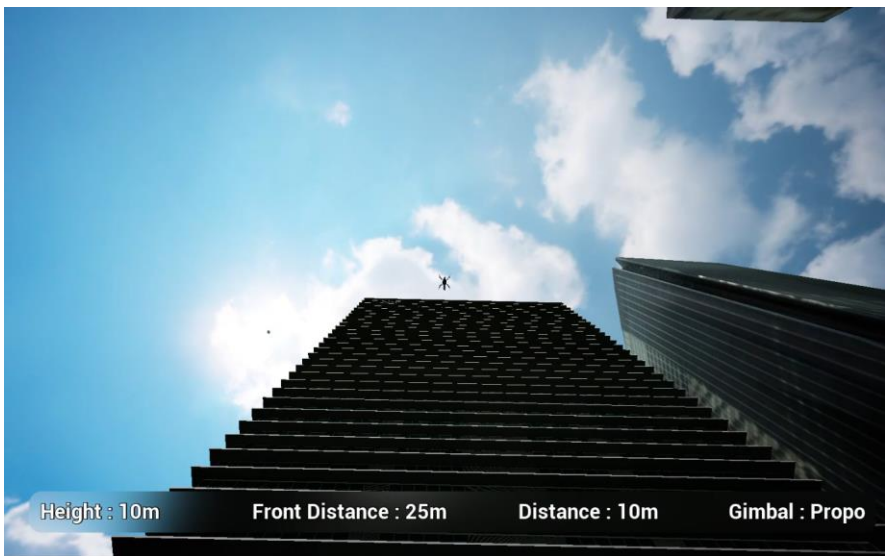
LODレベルと特徴		PLATEAU環境データ	ドローンによる建物調査における用途	研究開発項目
LOD1	建物 + 高さ情報	整備	建物外壁における飛行ルート確認等	—
LOD2	LOD1 + 屋根形状	整備	+ 建物外装(外壁・屋根)における飛行ルート確認等	基準
LOD3	LOD2 + 外構(開口部)	一部整備	+ 建物外装における(目視)調査等	開発
LOD4	LOD3 + 室内(BIM/CIM)	未整備	+ 建物内装における(目視)調査等	—



VR装着によるドローン操縦状況



ドローンの離陸状況



ドローンの目視内飛行による外壁調査例

- 3D都市モデルデータの用意
 - ・FBX形式ファイルのダウンロード(G空間情報センター)
- モデルデータの読み込み
 - ・FBXファイルをゲーミングエンジン上に配置
- モデルデータの最適化
 - ・原点への移動とスケールの検討
 - ・ポリゴンリダクション
- 独自データの重畳
 - ・LOD3以上のデータ等の独自データの追加
 - ・原点やスケール、テクスチャ情報の整理
- インタラクティブ機能実装
 - ・プロポによる操作が可能なコントローラ設定
- UI開発
 - ・高度の表示など画面UIのデザイン及び実装
- シミュレーション機能実装
 - ・必要に応じて追加シミュレーション機能開発

PLATEAUデータのシミュレーターの活用フロー



③MR(複合現実)を適用したドローンによる外壁点検技術開発

研究
概要

壁面前にHoloLensを通して仮想の3Dメッシュプログラムによるドローンの飛行ルートを表示し、点検時のドローンの飛行精度をGPS位置情報により視覚的かつ定量的に把握可能なMR技術を開発した。



GPS制御
ドローン



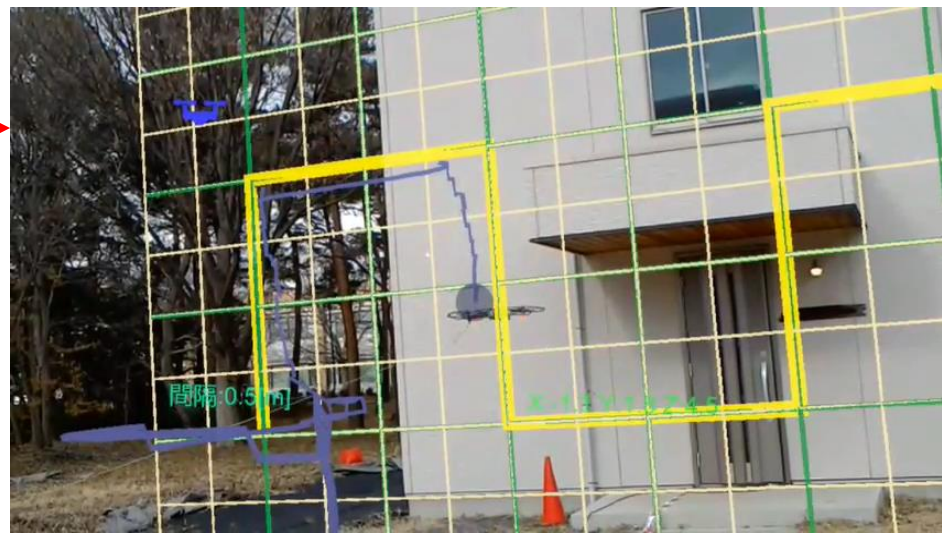
HoloLens

ドローン管理用PC



ルーター

MR可視化用PC



HoloLensにより
ルート設定と可視化

HoloLens内でドローンの飛行
ルートを確認・操縦する様子

外壁点検におけるMRを適用したドローンの飛行精度の確認状況

④【非接触式】係留式ドローンによる外壁調査技術開発

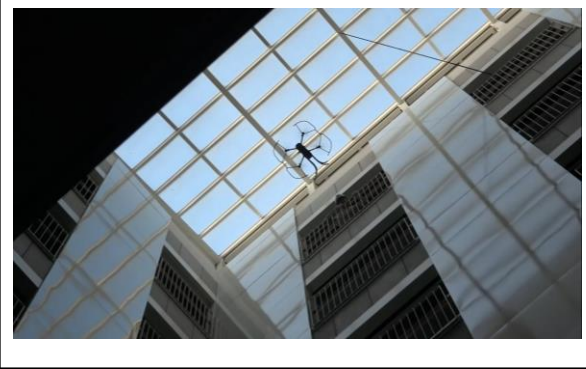
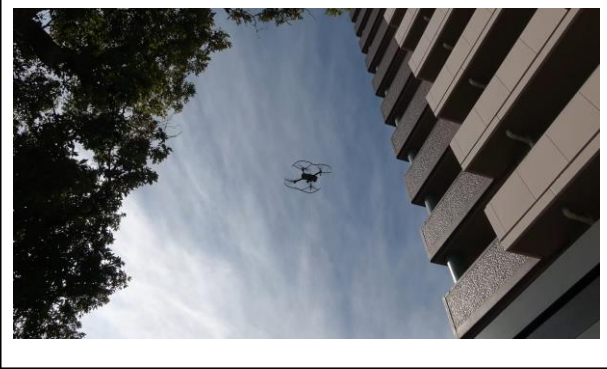
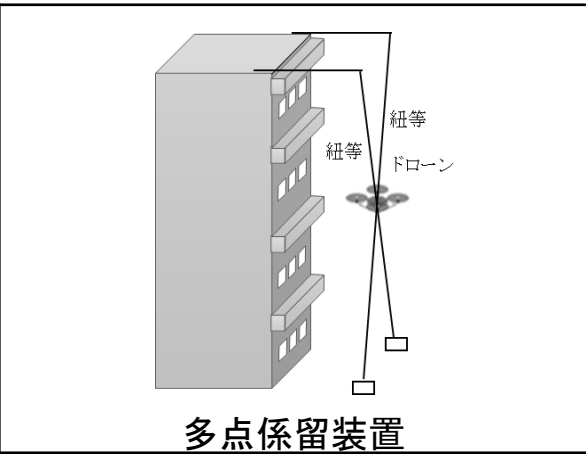
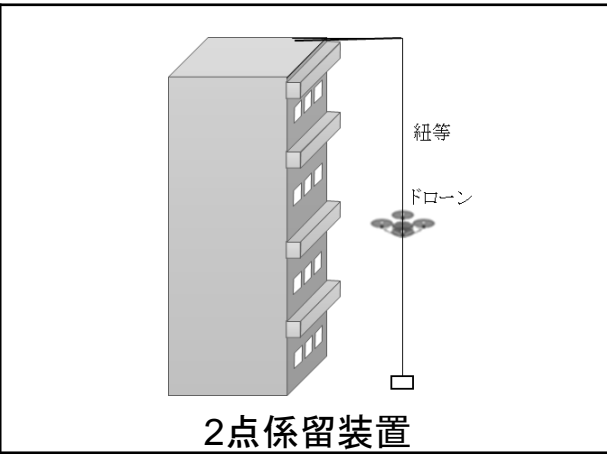
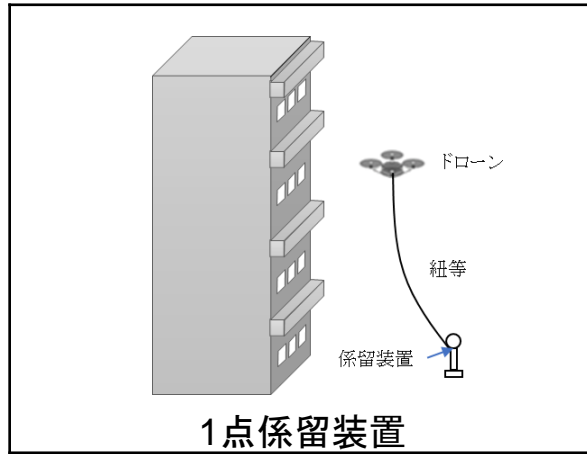
研究
概要

外壁点検・調査において、ドローンを安全に利用するための装置として各種係留技術を提案し、各種係留装置における適用範囲、並びに実建物を利用した場合の性能について検討を行った。



※日本建築防災協会

「定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン」におけるドローンによる各種係留装置の分類*



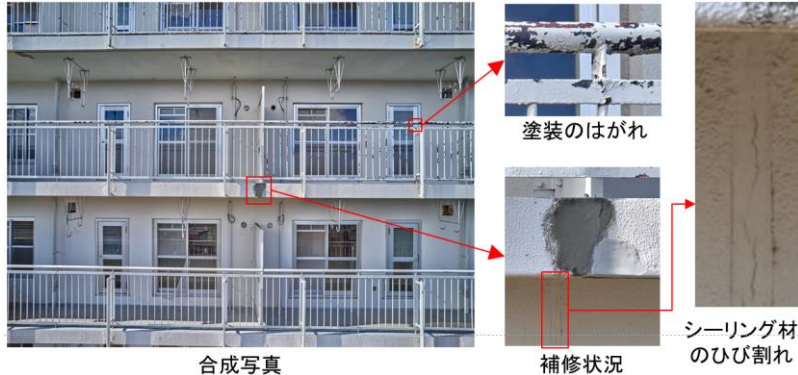
⑤【非接触式】超高解像度カメラによる効率的調査法開発

研究
概要

ドローンによる高精度、広範囲の点検調査方法の検討

使用したカメラの基本性能

名称		画素 (億画素)	焦点距離:mm (35mm換算)	画像解像度 (mm/pix)	撮影範囲:m (幅×高さ)
ドローン 搭載	①2000万画素カメラ	0.2	24	1.5	7.7×5.8
	②1億画素カメラ	1	24	0.5	5.8×4.4
ドローン 非搭載	③1億画素スマホ	1	24	0.7	8.4×6.3
	④1.5億画素カメラ	1.5	15	0.8	11.3×8.5



合成写真

補修状況

シーリング材のひび割れ

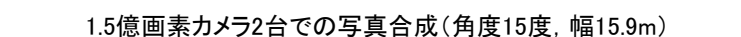
使用したカメラの精度結果(離隔距離5m)

ドローン 搭載	最小検出 精度(mm)	クラックスケール 撮影写真	ドローン 非搭載	最小検出 精度(mm)	クラックスケール 撮影写真
①2000万画素カメラ	2以上		③1億画素スマホ	2以上	
②1億画素カメラ	0.4		④1.5億画素カメラ	0.4	

1.5億画素カメラ2台での写真合成(角度0度, 幅10.6m)



1.5億画素カメラ2台での写真合成(角度15度, 幅15.9m)



⑥【破壊式】接触・微破壊式調査用ドローン技術開発

研究
概要

接触・(微)破壊作業を可能とするドリルを搭載しドローンを設計・開発し、RC造壁面へのドローンの固定方法、加圧方法、ドリル削孔の可否について実証実験により性能検証を行った。



【東京理科大学/建築研究所/西武建設 3者共同研究】

RC造建築物への
2次・3次劣化診断調査用 接触・微破壊式ドローン実験

実施日：2022年3月17日
実施場所：拝島実験場
対象外壁：実験用コンクリート壁
(縦：6.0m×横：10.0m×厚：0.6m 材質：40-18-20BB)

【各種目的に応じた活用】

最終目的(多用途)
・樹脂注入、アンカー固定等
・コンクリートの強度測定、 中性化深さ等
・その他工事、耐久性評価 技術への適用と応用展開

開発したドローンとドリルによる壁面削孔状況

建築研究所、東京理科大学、西武建設との共同研究



⑦ 建築狭所空間におけるマイクロドローンの性能検証

研究
概要

マイクロドローンを用いて建築狭所空間(天井裏等)における変状・損傷の確認と飛行性能の検証をするとともに、(一社)日本建築ドローン協会「建築狭所空間ドローン利活用実施ガイドライン(案)・同解説」を制定した。



マイクロドローン

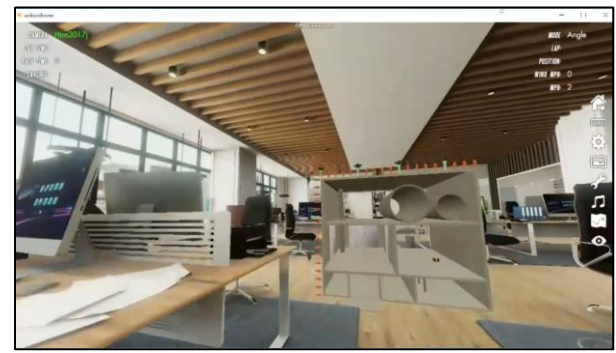


マイクロドローンで撮影した天井裏の壁面漏水状況

建築狭所空間(狭隘部)

(産業用FPV)マイクロドローン

- ①狭所空間内に導入・飛行可能なドローンであること
- ②機体に撮影用カメラが搭載されていること
- ③FPV(ゴーグルもしくはモニター)撮影が可能であること
- ④機体に5.7GHz帯画像伝送システムを具備していること



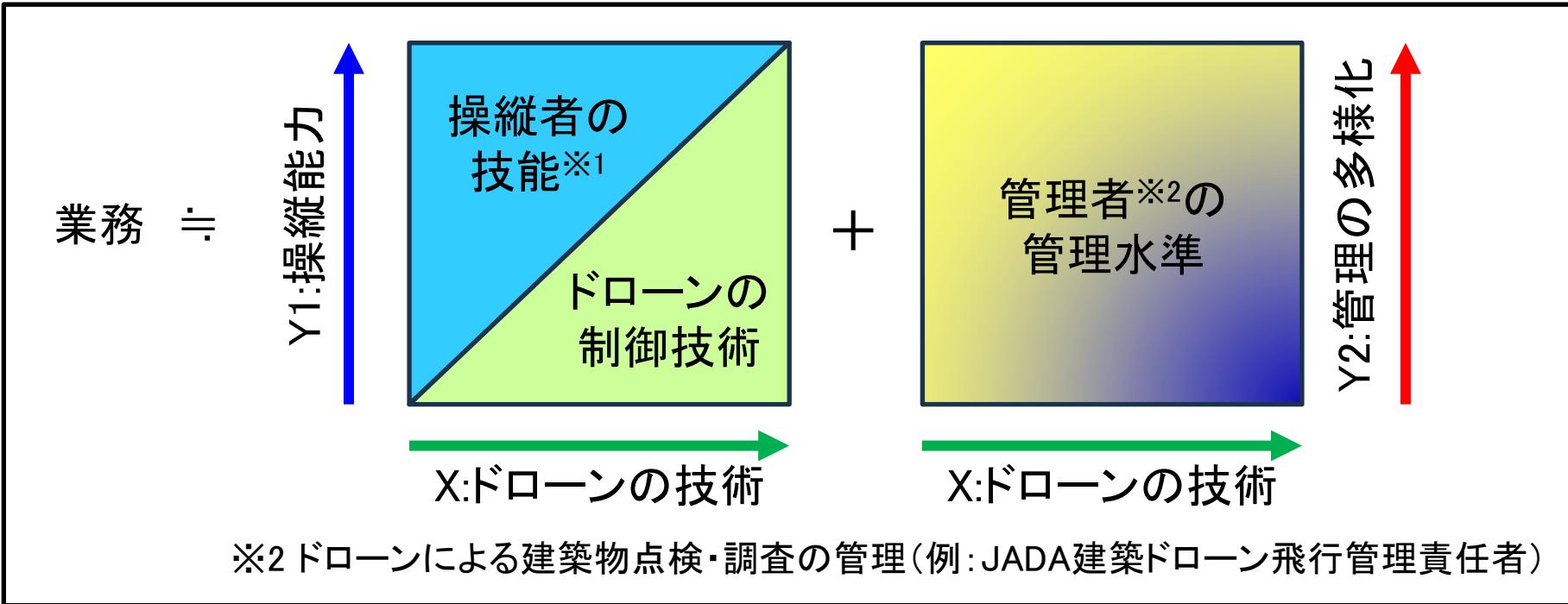
仮想空間内に狭所空間モデルを作成し、ドローンを飛行させた状況

▶ (一社)日本建築ドローン協会
「建築狭所空間ドローン利活用実施
ガイドライン(案)・同解説」制定、2022年11月



今後の課題

ドローンを活用した建築物点検・調査等において、多様な要求条件(調査精度等)に対応するため、十分な安全対策^{※1,2}を講じたうえで、「操縦技能・ドローン技術」と「管理水準」のバランスを考慮した業務プロセスを検討することが重要となる。



※1 国土交通省ホームページ
「無人航空機の飛行の安全に関する教則」



※2 (一社)日本建築ドローン協会
建築ドローン安全教育講習会・教材
「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」

