

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

一般財団法人 日本建築防災協会
(共同研究 国立研究開発法人 建築研究所)

課題の目的・背景

現状

定期調査（建築基準法第 12 条）の建築物の外壁調査は、半年～3年に一度の頻度で手に届く範囲での打診等による調査、竣工から10年を経過した建築物については全面打診等による調査が求められている。

課題

- ✓ 全面打診による調査には仮設足場等の設置が必要になるため、建築物の所有者にとって費用負担大
- ✓ 全面打診に代わり赤外線装置を用いた調査が行われているが、建物の高層階での調査が困難、適切な調査方法が徹底されていないことなどの問題がある



課題解決に向けて

非接触方式による外壁調査の診断精度に関する整理・検証を行った上で、無人航空機（UAV、以下ドローンという。）の活用を含めた効果的かつ確実な診断手法及び調査基準の検討を行い、技術基準の提案を行う。
（平成29年度～平成30年度の2カ年）

検討内容①

1) 非接触方式（赤外線装置を用いた手法等）による外壁調査の診断精度に関する整理・検証【H29年度】

- ① 赤外線装置等以外の非接触方式による外壁調査法の調査・整理
- ② 赤外線装置法による外壁診断精度に関する検討
- ③ 赤外線装置法による外壁診断の調査基準の整理

定期報告の外壁調査では「打診調査」が基本となっているため、打診調査と同程度の診断精度が求められる

検討内容②

2) ドローン等の活用についての検討 【H29年度】

ドローンに関する法令、安全な運用、行政手続き、操縦者の資格、過去の事故事例、外壁調査に関する課題などについて整理・検討



ドローン関連団体認定スクール資料、及び建研・学会での活動資料を参照

3) ドローンを活用した外壁調査に関する実験 【H29年度】

模擬試験体を活用した非接触方式による実証実験
(予備実験)

検討内容③

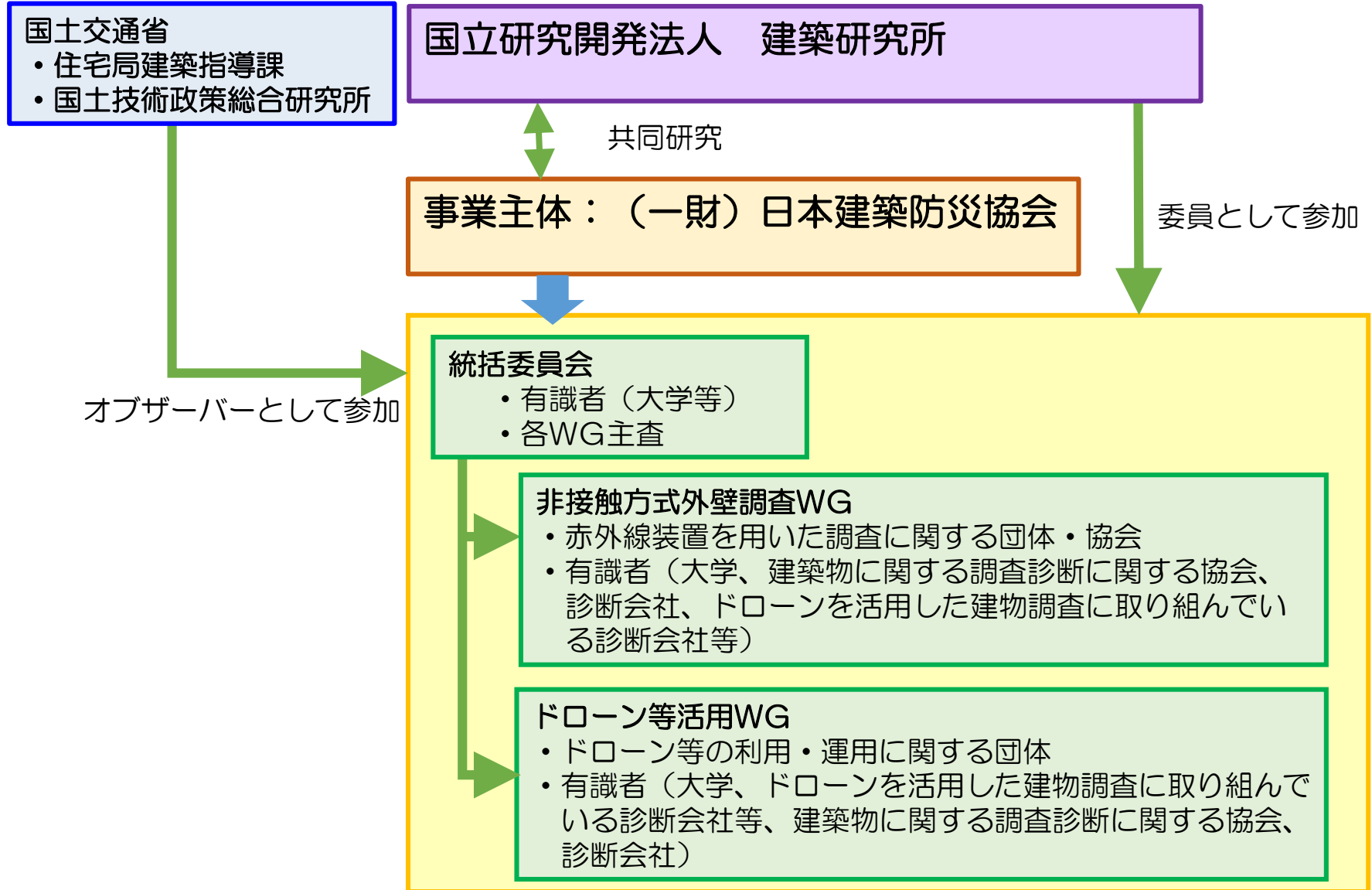
4) ドローンの活用を含めた非接触方式による外壁調査の 診断手法の検討 【H30年度】

平成29年度に実施した予備実験の検討結果を踏まえ、実建築物を対象とした外壁調査を実施し、技術指針作成に向けたデータを取りまとめる

5) 非接触方式による外壁調査の調査基準（案）の検討と 作成 【H30年度】

平成29年度及び平成30年度の検討結果（ドローンを活用した外壁調査の技術指針案も含む）に基づいた、非接触方式による外壁調査の技術資料等を検討し、作成する

実施体制



検討のフロー

【平成29年度】

非接触方式外壁調査WG

- 1) 非接触方式（赤外線装置を用いた手法等）による外壁調査の診断精度に関する整理・検証
 - ①関係文献の調査・整理
 - ②赤外線装置等を用いた調査
 - ③赤外線装置等以外の機器についての調査

ドローン等活用WG

4) 翌年度事業の実施方針の策定

- 2) ドローンに関する関係文献の調査・整理
- 3) ドローンを活用した実証実験

【平成30年度】

ドローン等活用WG＋非接触方式外壁調査WG

5) ドローンの活用を含めた非接触方式による外壁調査の診断手法の検討

6) 非接触方式による外壁調査の調査基準（案）の検討と作成

H29年度 検討内容および結果

1. 赤外線装置法と打診法との比較

実験の目的

- 打診調査と同等の診断精度が必要
- 既往の研究では、コンクリート躯体と下地モルタルの界面にできた「接しているが接着していない状態」、**肌分かれ状態の浮き**（はく離）については、打診調査では検知することはできていても、赤外線装置法では浮き（はく離）を検知することは困難



打診調査が基本となっている定期報告の外壁調査において、赤外線装置法を適切に活用するにあたっては、この部分について再度検討する必要がある。

1. 赤外線装置法と打診法との比較

実験の概要

- 試験体；厚さ150mm、1m×1mのコンクリート躯体に、下地モルタルを施工し、50二丁タイルをモルタル張りして製作
- 疑似浮きの厚さ；**浮き厚0.1mm程度、0.5mm程度、1.0mm程度**
- 疑似浮きの大きさ；100mm角、200mm角、300mm角

水準	試験体A	試験体B	試験体C
浮き厚 (mm) t1	0.1	0.5	1.0
深さ (mm) t2	30	30	30
大きさ (mm)	100 角、200 角、300 角		

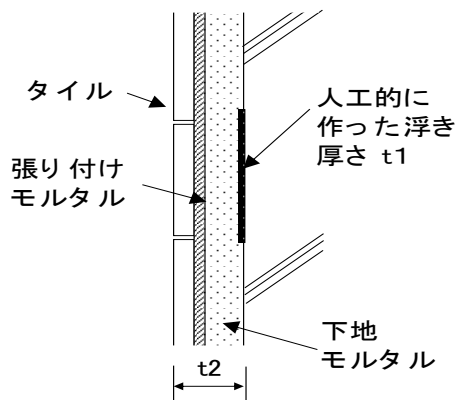


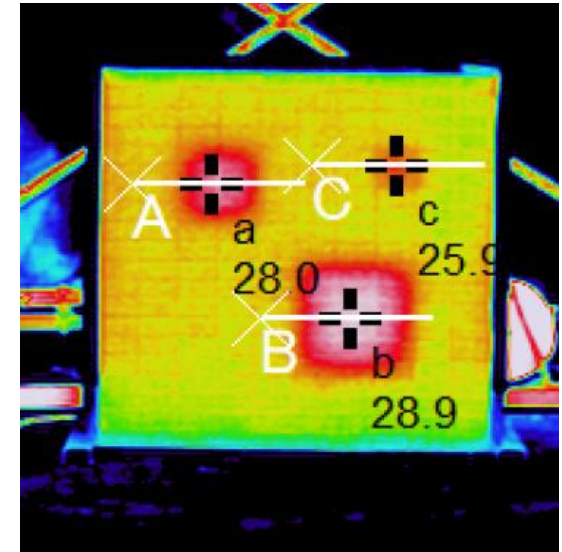
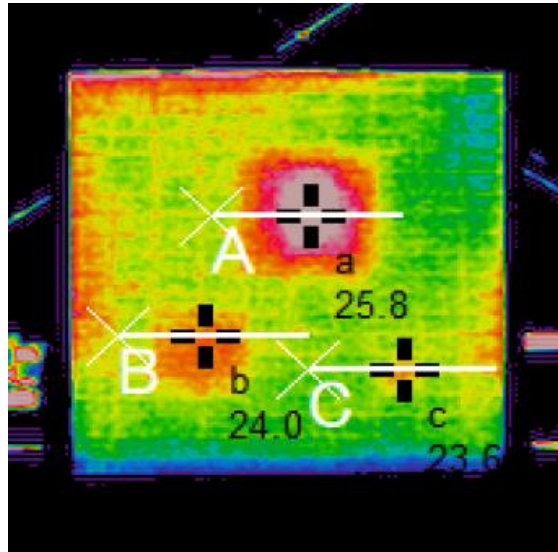
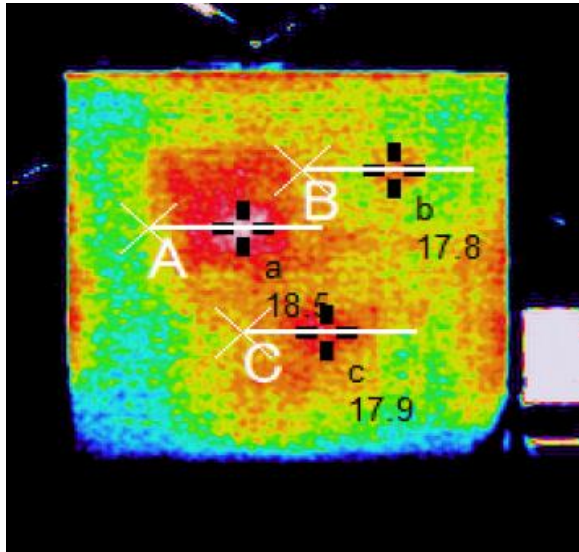
図 試験体断面



写真 実験に用いた試験体

1. 赤外線装置法と打診法との比較

(1) 赤外線装置法での調査結果



(1) 試験体A (浮き厚0.1mm) (2) 試験体B (浮き厚0.5mm) (3) 試験体C (浮き厚1.0mm)

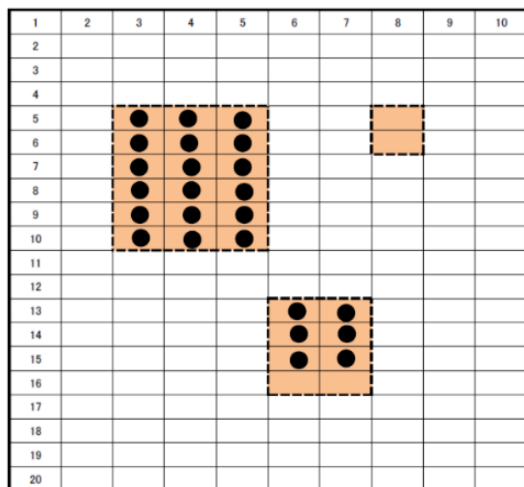
*図中a、b、c記号の下に記載されている数値は、同地点の表面温(°C)

図 赤外線装置法による結果 (試験体からの水平距離10m)

肌分かれ (はく離) 状態 (浮き厚0.1mm程度) の試験体Aについて、輪郭はかなり不鮮明ではあるが、浮き (はく離) 等の欠陥部の存在を確認することができた

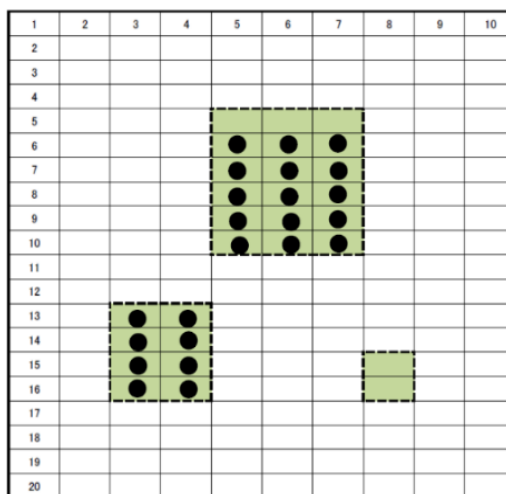
1. 赤外線装置法と打診法との比較

(2) 打診法の調査結果



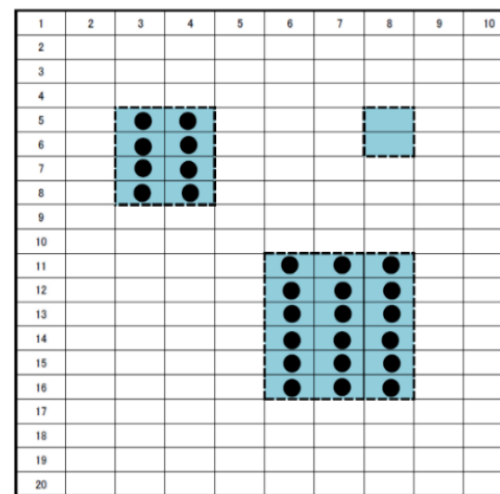
凡例:
■ 浮き厚:0.1mm ● 浮きと判定

(1) 試験体A
(浮き厚0.1mm)



凡例:
■ 浮き厚:0.5mm ● 浮きと判定

(2) 試験体B
(浮き厚0.5mm)



凡例:
■ 浮き厚:1.0mm ● 浮きと判定

(3) 試験体C
(浮き厚1.0mm)

☒ 打診調査法による結果

浮き厚が大きくても、タイル2枚程度の面積の浮きは、
打診調査で検出することが出来なかった
(既往の研究結果と合致)

1. 赤外線装置法と打診法との比較

課題

赤外線装置法では、欠陥部の大きさや撮影のタイミングによって、健全部と欠陥部との温度差が異なっていた

→撮影時の環境温度、壁面が受ける日射強度及び日射の蓄積時間等についてデータを整理し、浮き部を検知できる条件を示す必要がある

次年度に向けて

赤外線装置法を用いて外壁調査を行う場合の適用限界等について、温度や日射量の影響等を明らかにしていく予定

2. 赤外線調査による外壁調査の実施状況に関する実態調査

実態調査の目的

外壁調査方法として赤外線技術を用いる場合の技術資料の作成のための情報収集

- タイル仕上げ外壁の健全性調査における赤外線技術の測定仕様に関する概況
- 同手法の運用状況

赤外線装置法による外壁調査を実施している主な協会・団体（5つの組織）、およびそれらの会員企業に対して実施

2. 赤外線調査による外壁調査の実施状況に関する 実態調査

アンケート調査の内容（概要）

- ① 団体・協会における赤外線装置法の運用ルール
ex. 調査時間帯の指定の有無、カメラと対象物との
位置関係、測定時の環境条件、赤外線装置の仕様等
- ② 画像処理方法
- ③ 測定者の資格
- ④（団体・協会参加の企業）独自基準の有無と運用
- ⑤（団体・協会参加の企業）各社の報告ルール

2. 赤外線調査による外壁調査の実施状況に関する 実態調査

関係協会・団体の回答(傾向)

①赤外線運用ルールについて；

- ・ 調査実施時における時間帯、対象物との距離、角度、風速、赤外線装置の空間分解能、温度分解能、併用する調査の目視・打診法についてはすべての団体がルールを設けていると回答
- ・ それぞれの具体的内容および他の質問については、ばらつき

②測定データの画像処理方法について；

- ・ 手順書やマニュアルを設けているのは2団体のみ
- ・ 手順書やマニュアルの具体的内容、および他の質問については、ばらつきがあった

⇒ 会員企業用は、質問内容の受け止め方が違っていると思われる点もあり、回答にばらつき

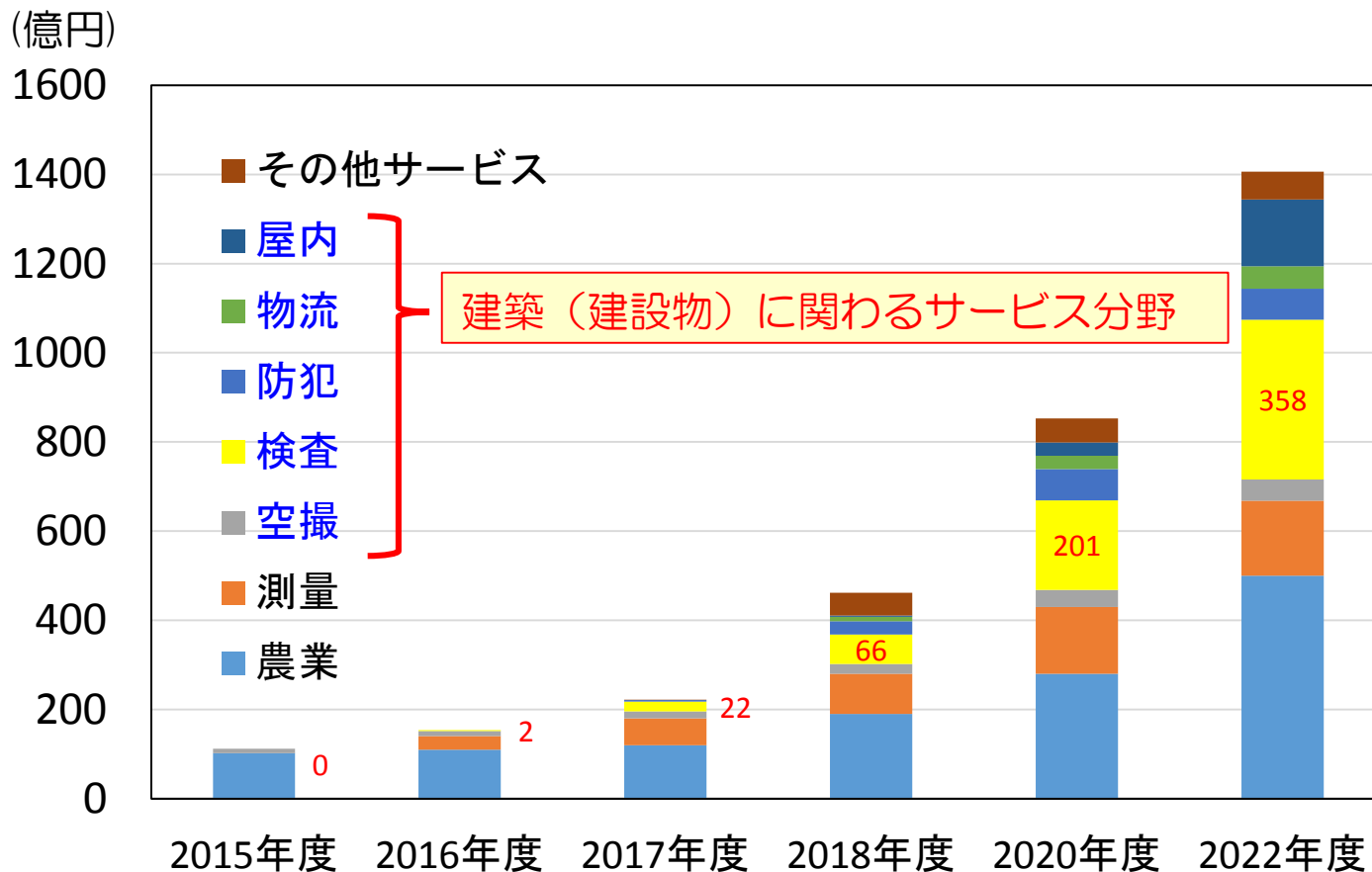
2. 赤外線調査による外壁調査の実施状況に関する 実態調査

次年度に向けて

- 赤外線装置法の適用限界や運用方法について、「どこまで数値として明示化することが可能か」ということも含め、ルール化のための分析・検討を実施

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

国内ドローン市場



※検査は主に土木分野を対象としており、
建築分野での活用は未知数

※参考文献：ドローンビジネス調査報告書2017

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

(1) 航空法（国交省）：無人航空機の飛行ルール

飛行許可申請が必要となる要件：①飛行空域と場所
②飛行方法

①無人航空機の飛行の許可が必要となる空域（航空法132条1号、2号）

(A)～(C)の空域において、無人航空機を飛行させる場合には、地方航空局長の許可を受ける必要がある。

- (A) 空港等の周辺の上空の空域
- (B) 150m以上の高さの空域
- (C) 人口集中地区の上空

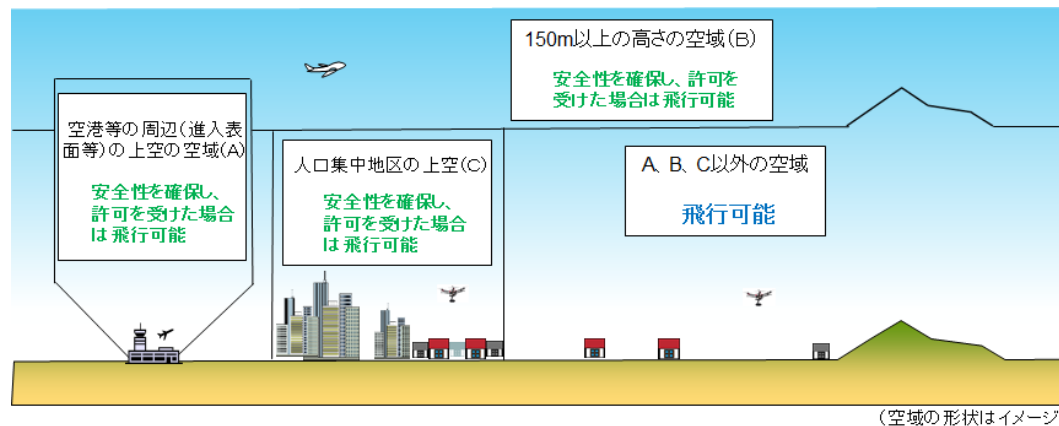


図1.28 飛行の許可が必要となる空域(国土交通省HPより)

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

②無人航空機の飛行の方法（航空法132条の2第1号～6号）

- [1] 日中（日出から日没まで）に飛行させること
- [2] 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- [3] 人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に30m以上の距離を保って飛行させること
- [4] 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- [5] 爆発物など危険物を輸送しないこと
- [6] 無人航空機から物を投下しないこと

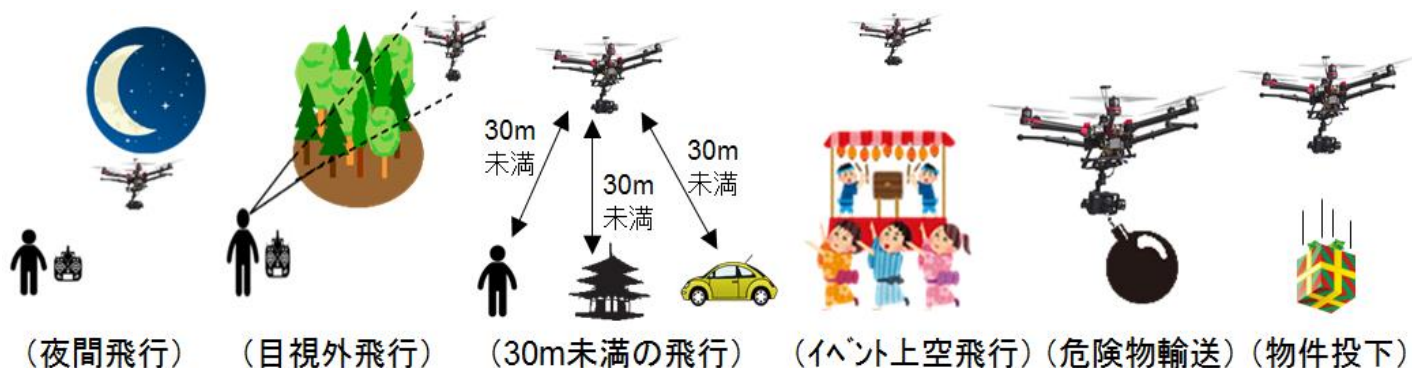


図1.30 承認が必要となる飛行の方法

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

※ 航空法の適用除外

以下の場合には航空法の適用除外となる。

①200g未満のラジコン・マルチコプター

②搜索又は救助のための特例

事故や災害時に、国や地方公共団体、また、これらの者の依頼を受けた者が搜索又は救助を行うために無人航空機を飛行させる場合については、適用除外となる。

③屋内での飛行

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

(2) 国土交通省航空法以外の主な規制

小型無人機等飛行禁止法（所管官庁：警察庁）

（国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等、外国公館等及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律第8条第1項）

<小型無人機等の飛行禁止空域>

対象施設の敷地又は区域及びその周囲おおむね300メートルの地域：「対象施設周辺地域」の上空においては、小型無人機等の飛行を禁止されている。

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

(2) 国土交通省航空法以外の主な規制

道路交通法（所管官庁：警察庁、道路交通法77条1項）

一般交通に著しい影響を及ぼすようなドローンの飛行を行う場合には「道路使用許可」を受ける必要がある。

民法（所管官庁：法務省、民法207条）

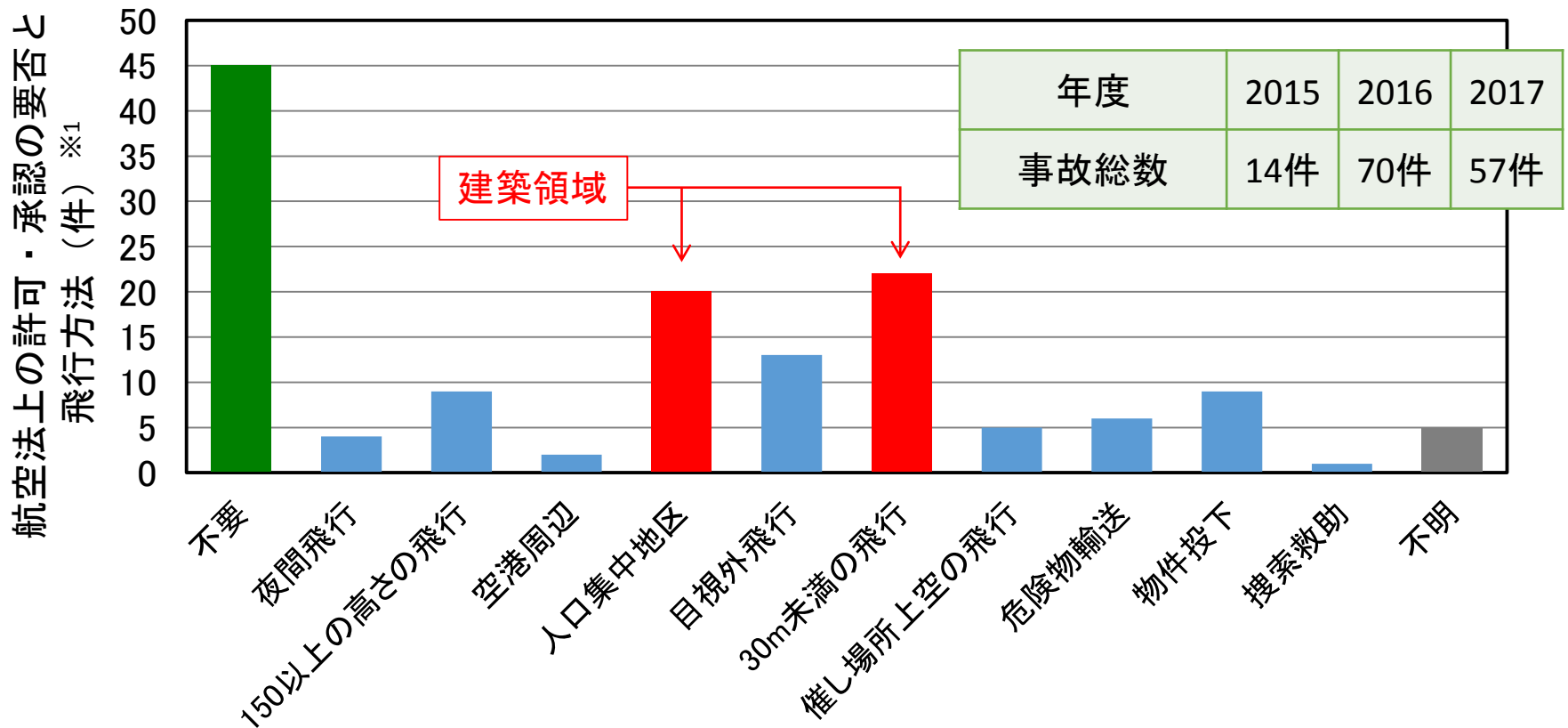
他人の土地の上空でドローンを飛行させる場合に、以下の規制がされる場合がある。これより、他人の土地の上空でドローンを飛行させる場合には、土地所有者の同意又は承諾が必要である。

条例等による規制（所管官庁：地方自治体、条例・庁舎管理規則）

地方自治体では、公園や公共施設でのドローンの飛行は、条例や庁舎管理規則により規制されることがあるため、各自治体に規制状況を確認する必要がある。

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

ドローンの事故原因



※1：飛行申請が必要な場合、飛行方法は重複

国土交通省 無人航空機による事故等の情報提供

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

(建築研究所から情報提供：2017.12.8時点でのデータ)

3. ドローン技術の動向と法令、及びドローン活用の課題

ドローンの活用における課題

1. ドローンの衝突による被害（主な要因）

- 操作スキル不足とヒューマンエラー
- ドローンのバッテリー切れ
- 気象要因（雨、強風等）
- 機体異常（モーター、アンプの故障等）
- 通信ロスト

2. ドローンによる人に関わる課題

- 肖像権・プライバシー
- 騒音問題

4. ドローンを活用した実証実験

実験の目的

ドローンに搭載した赤外線装置による外壁調査方法について、撮影距離の影響や検出可能な浮き（はく離）の条件、撮影時の天候等の条件を検討する



実験場所



試験体を屋上設置

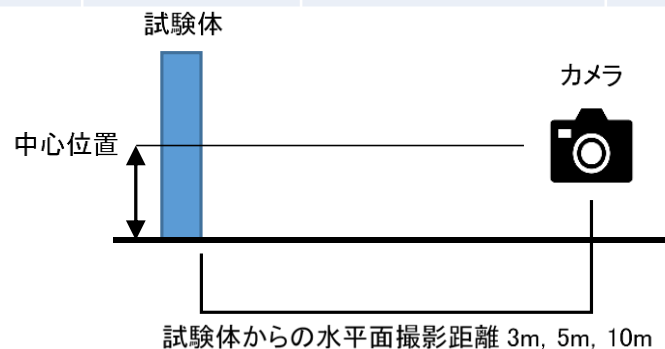


試験体を地上設置

4. ドローンを活用した実証実験

試験方法

試験方法	試験条件	試験体設置位置	撮影位置(高さ)	試験体からの水平面撮影距離	使用カメラ	使用するカメラの仕様
(1) 既存のカメラ 撮影法	No.1	地面	地上1m	3m,5m,10m	可視+ 赤外線	①InfRec R500S (日本アビオニクス) ②SC620(FLIR)
	No.2	屋上	地上1m	3m,5m,10mの 地点から試験体 撮影	可視+ 赤外線	
(2) ドローン搭載 カメラによる 撮影法	No.3	地面	地上1m	3m,5m,10m	可視+ 赤外線	①可視カメラ: Mavic Pro(DJI) ②赤外線カメラ (FLIR A65), デジタルビデオカメラ +ALTA(ドローン) ③DJI M210 (デュアルカメラ)
	No.4	屋上	屋根	3m,5m,10m	可視+ 赤外線	



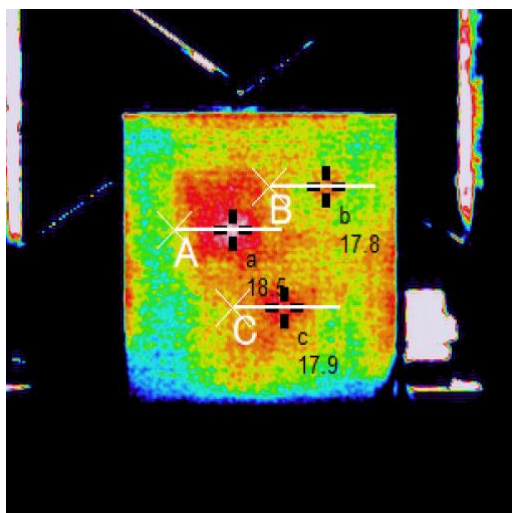
4. ドローンを活用した実証実験

結果（概要）

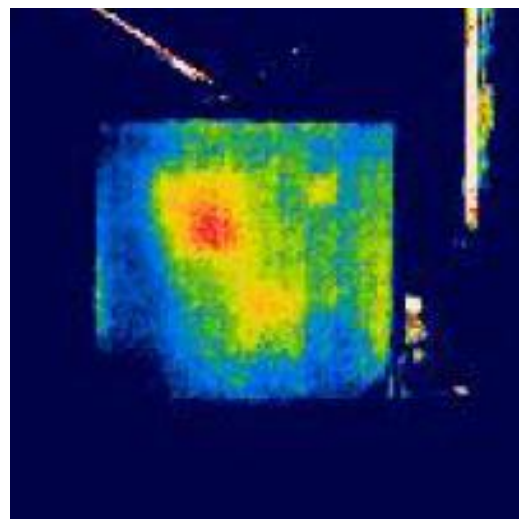
(1) 地面に設置した試験体

試験体の中で最も検出が難しい、肌分かれ状態を想定した試験体を対象に結果を説明

カメラを地面に据え付けた場合でも、ドローンに搭載した場合でも、ともに浮きを確認できた



地面に設置した赤外線装置
による画像（R 500）
水平距離10m



ドローンに搭載した赤外線装置
による画像（FLIR A65）
水平距離10m

4. ドローンを活用した実証実験

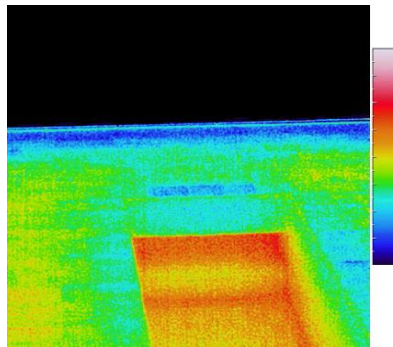
(2) 屋上に設置した試験体

	試験体	試験体A																		
		欠陥の大きさ	300mm角/疑似浮き材:ポリエチレンテレフタレート						200mm角/疑似浮き材:ポリエチレンテレフタレート						100mm角/疑似浮き材:ポリエチレンテレフタレート					
			3m		5m		10m		3m		5m		10m		3m		5m		10m	
水平距離	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間	撮影時間		
屋上設置 試験体	天候	曇り		曇り		曇り		曇り		曇り		曇り		曇り		曇り		曇り		
	外気温	7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		7.8°C		
撮影日 [1月20日]	地上据置 赤外線	-	10:04	-	10:06	×	10:07	-	10:04	-	10:06	×	10:07	-	10:04	-	10:06	×	10:07	
	ドローン搭載 赤外線	×	12:14	×	12:20	×	12:29	×	12:14	×	12:20	×	12:29	×	12:14	×	12:20	×	12:29	

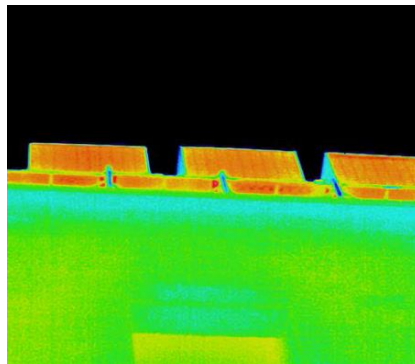
- 地面に据え付けた赤外線装置で撮影した場合
→水平距離3m、5m；試験体そのものが確認困難
→水平距離10m；浮きを検出できず
- ドローンに搭載した赤外線装置で撮影した場合
→水平距離3m、5m、10m；浮きを検出できず

4. ドローンを活用した実証実験

- 地面に据え付けた赤外線装置で撮影した場合
 - 水平距離3m、5m；試験体そのものが確認困難
 - 水平距離10m；浮きを検出できず



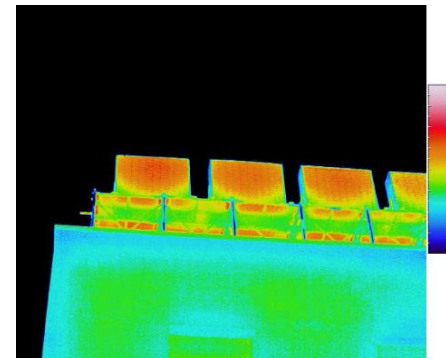
赤外線画像(InfRecR500S)
(1)水平距離3m



赤外線画像(InfRecR500S)
(2)水平距離5m



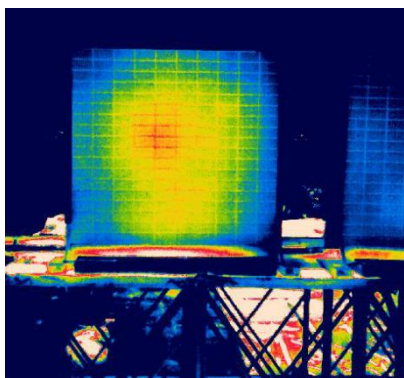
可画像



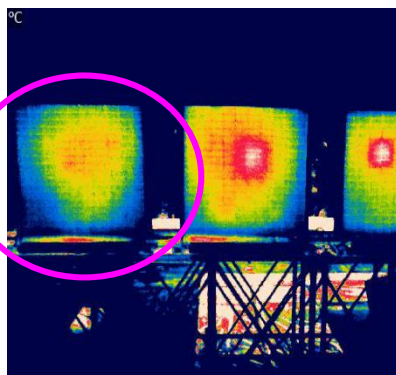
赤外線画像(InfRecR500S)
(3)水平距離10m

4. ドローンを活用した実証実験

- ドローンに搭載した赤外線装置で撮影した場合
→水平距離3m、5m、10m；浮きを検出できず



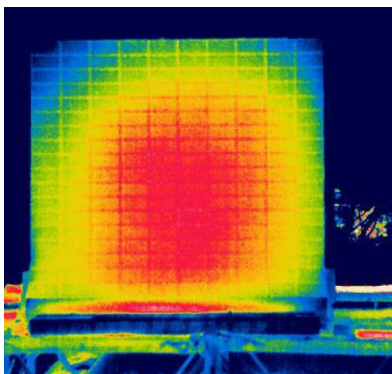
FLIR A65



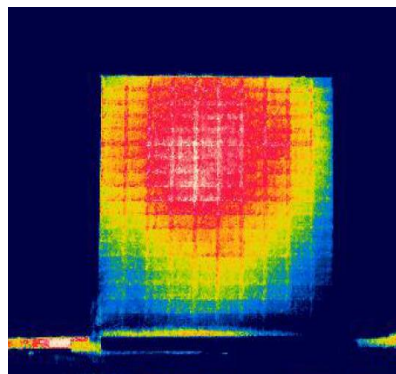
FLIR A65



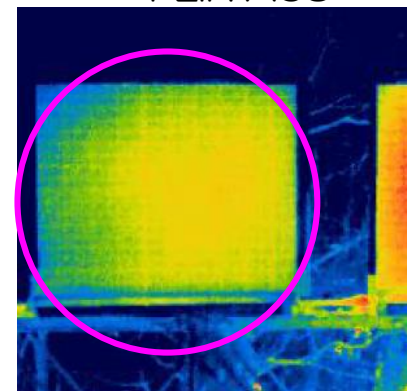
FLIR A65



DJI ZenmuseX
(1) 水平距離3m



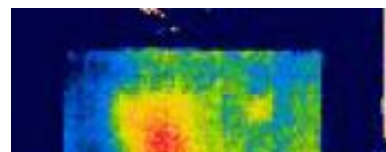
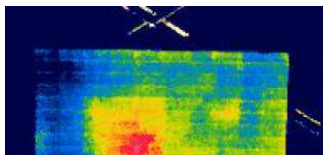
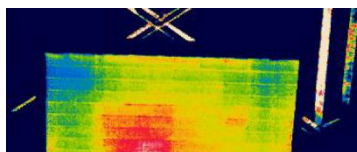
DJI ZenmuseX
(2) 水平距離5m



DJI ZenmuseX
(3) 水平距離10m

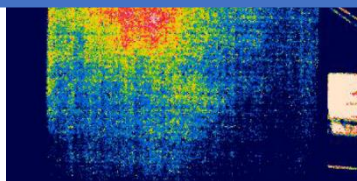
4. ドローンを活用した実証実験

- ドローンに搭載した赤外線装置で、「地面に設置した試験体」を撮影した場合
 - 赤外線装置によって違いはあるが、浮きの恐れがある部分の推定が可能



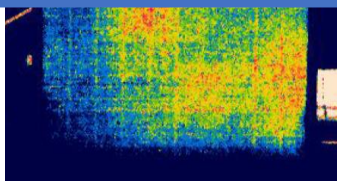
浮きの検出に違いが出た理由；

- 測定日の外気温
- 日射強度、日射の蓄積時間
等の影響によるものと考えられる



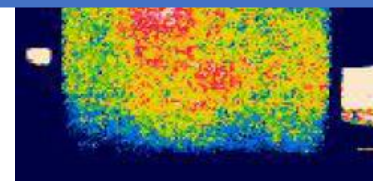
DJI ZenmuseX

(1) 水平距離3m



DJI ZenmuseX

(2) 水平距離5m



DJI ZenmuseX

(3) 水平距離10m

5. まとめ

- ① 環境条件や撮影条件等の適用範囲を十分に考慮して調査が行われた場合、赤外線装置法による診断結果は調査員による打診調査の結果に相当することを確認した。
- ② 赤外線装置法を用いた外壁調査を実施している技術者へのアンケート調査を行い、技術者個人の経験等が外壁調査実施において大きな判断要素として加わっている実態を確認した。
- ③ ドローンに関する法令、安全な運用、行政手続き、操縦者の資格、過去の事件事例、外壁調査に関する課題などについて整理した。
- ④ ドローンを活用した外壁調査に関しては、赤外線装置法の適用範囲と精度が確保されることを前提条件とした場合には、地上で実施する調査とほぼ同等の利用が可能であることを実証実験（試験体）により確認した。

6. H30年度の予定

1. ドローンの活用を含めた非接触方式による外壁調査の診断手法の検討
 - 実建物での実証実験を計画
 - ドローンを活用する場合の適用範囲と測定精度のグレード化 等を検討
2. 非接触方式による外壁調査の技術資料の作成
 - 赤外線調査法の適用限界に関する補足実験
 - 外壁調査を行う業者を対象とした調査業務に関するアンケート」の分析及び追加ヒアリングの実施