

# 建築分野におけるドローン技術の動向と展望 ～ドローン活用における安全教育と技術の高度化～

国立研究開発法人 建築研究所  
材料研究グループ

宮内 博之

## <内容>

- I はじめに
- II ドローンに係わるルールと飛行レベル
- III 建築物におけるドローン活用の課題とその対応
- IV ドローンを活用した建築物の調査・診断技術
- V ドローンの新しい活用の可能性
- VI おわりに

# I はじめに

## ○建築研究所におけるドローン技術開発

- ⇒平成28～30年度建築研究所課題「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の研究」において、ドローン関連技術の技術開発を実施
- ⇒ドローン関連の動向、省力化点検技術、自動点検技術の開発、調査精度の検証、国交省基準整備促進事業に係わる研究活動の成果

## ○学術分野におけるドローン関連技術の高度化と情報発信

- ⇒日本建築学会・建築ドローン技術活用小委員会の設置と活動  
建築ドローンシンポジウムの開催(2017年、2018年、2019年)

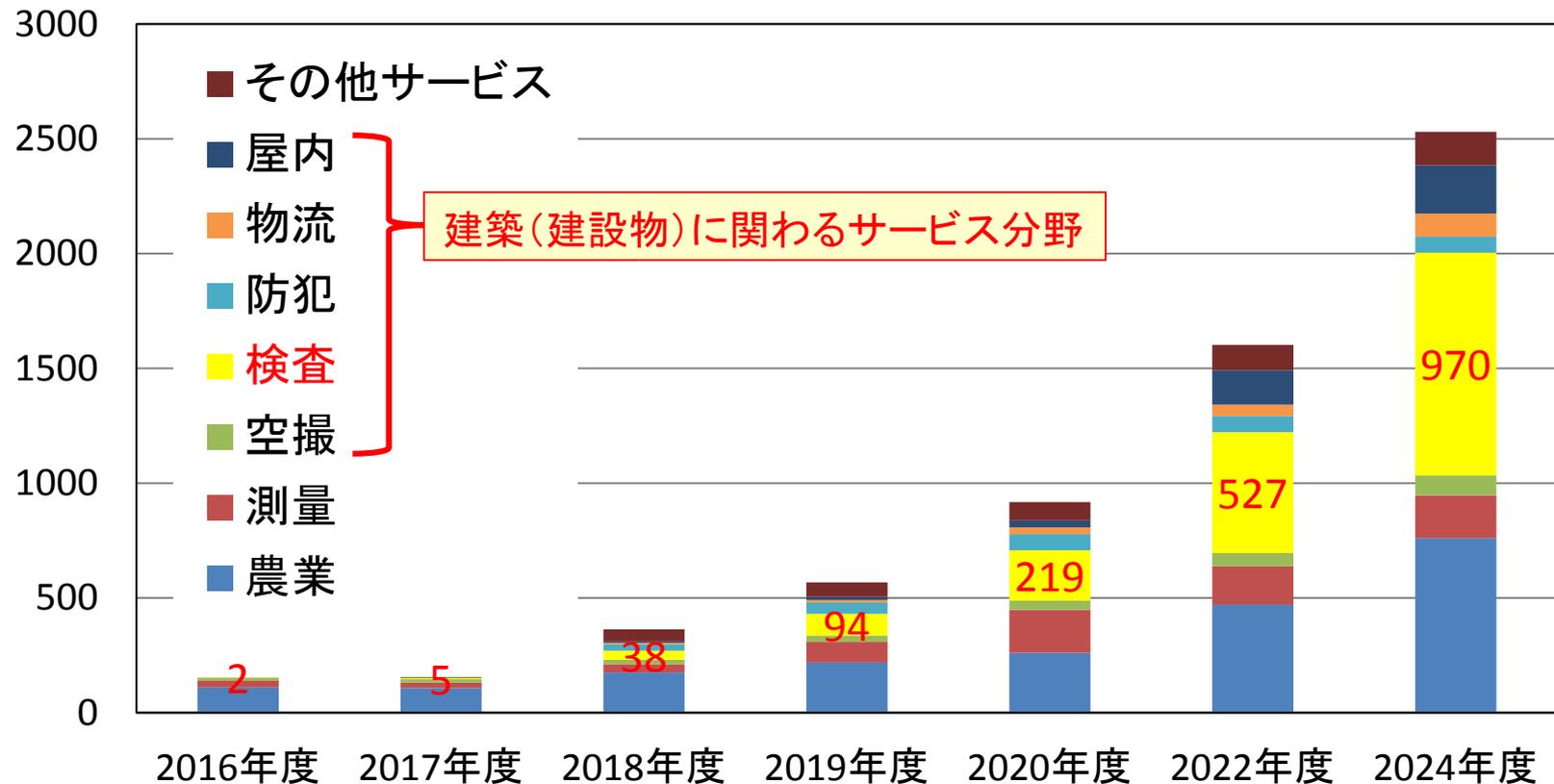
## ○産業分野におけるドローン活用プラットフォームの構築

- ⇒(一社)日本建築ドローン協会を設立。ドローンの安全運用、人材育成・技術支援・標準化に関する活動

## Ⅱ ドローンに係わるルールと飛行レベル

### サービス市場の分野別市場規模の予測\*

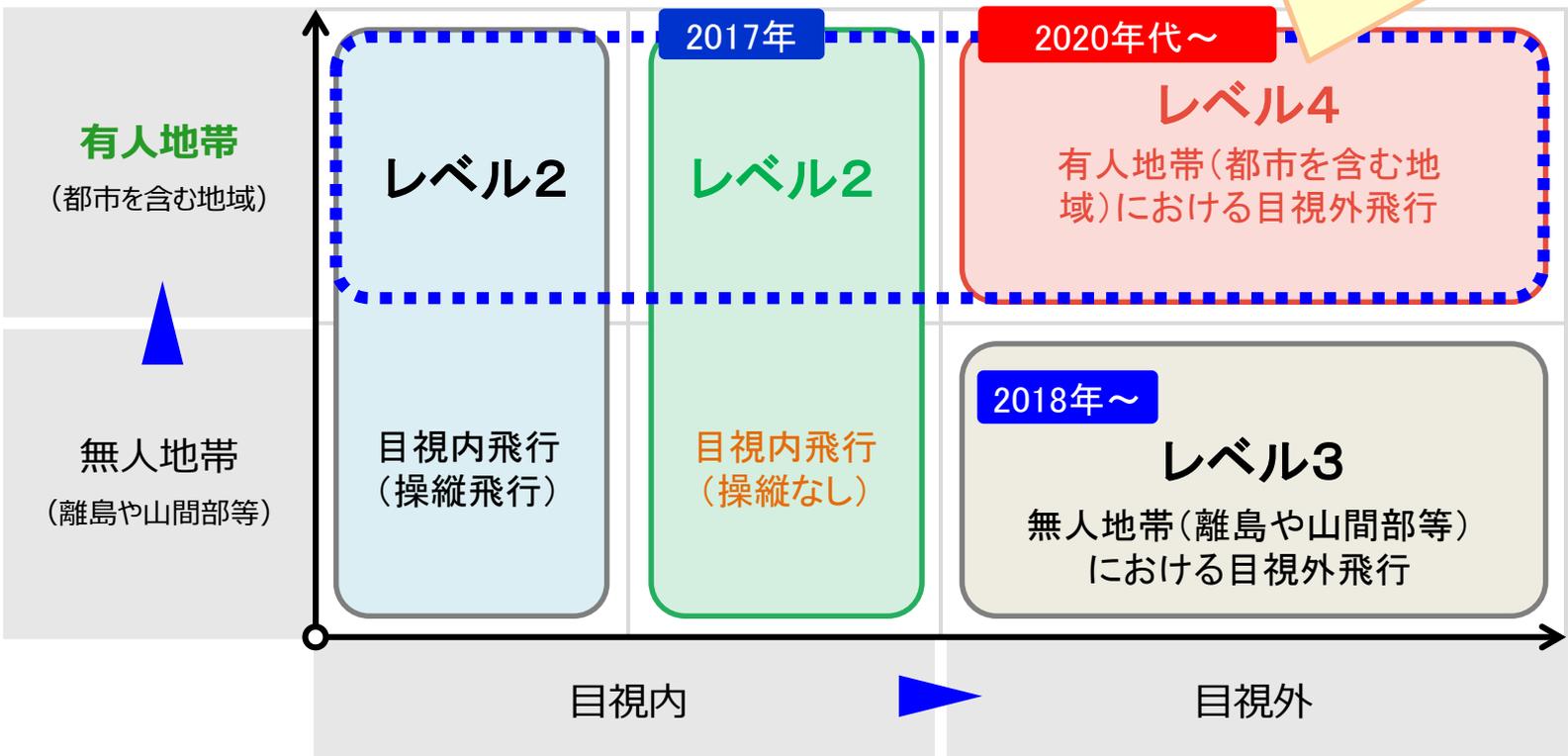
(億円)



※参考文献:ドローンビジネス調査報告書2018、インプレス総合研究所

# 小型無人機(ドローン)の飛行レベル

- ・都市の物流、警備
- ・発災直後の救助、避難誘導、消火活動の支援
- ・都市部のインフラ点検 等



◆首相官邸政策会議: 小型無人機の利活用と技術開発のロードマップ(平成28年4月28日 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会) <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/shiryuu6.pdf>



# Ⅲ 建築物におけるドローン活用の課題とその対応

## 1) 建築分野におけるドローンの活用と水準

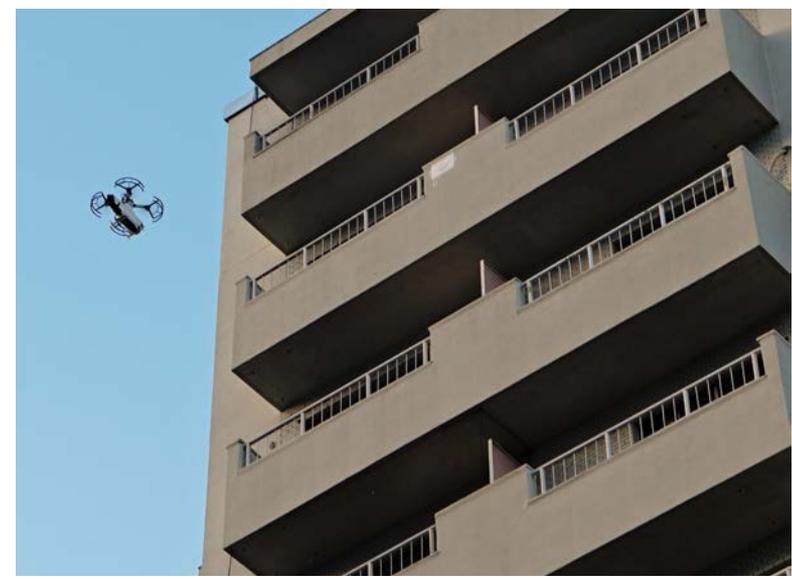
日本建築学会学術講演梗概集における  
「ドローン・UAV・無人航空機」をキーワードにした研究テーマ

年度	建築分野における活用							合計数
	点検 (劣化)	都市・ 地域	災害	環境 測定	工事	文化 遺産	輸送	
2012	0	0	0	0	0	1	0	1
2015	0	3 (2)	0	0	0	0	0	3 (2)
2016	3 (2)	0	0	0	1	0	0	4 (3)
2017	6 (4)	1	3 (2)	3 (1)	1	0	1	15 (7)
2018	11(8)	0	3 (1)	0	1	0	1	16 (9)
	<b>20 (14)</b>	<b>4 (3)</b>	<b>6 (3)</b>	<b>3 (1)</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>39 (21)</b>

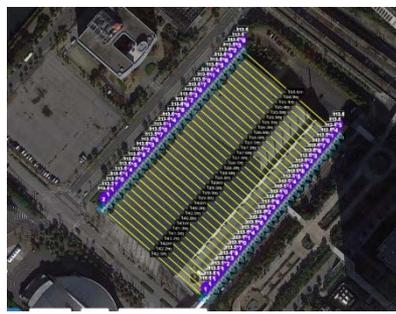
数字:論文数、( ):各年度において同一グループを(1)とした場合

# ドローンを活用した技術水準

点検水準	ドローンの適用水準
1次調査	非接触：俯瞰的調査(カメラ撮影)
2次調査	非接触：詳細調査(高解像度・赤外線カメラ等による測定)
	近接・接触調査(打音検査等)
3次調査	接触調査(削孔等)



ドローンによる外壁点検の事例



ドローン飛行の撮影により取得した屋根3次元モデル



## 2) 国土交通省基準整備促進事業T3: 非接触方式による外壁調査の診断手法および調査基準に関する検討(H29-30)

### 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年の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(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。

### 3) 学術分野(日本建築学会)におけるドローン活用の促進

#### 第2回 建築ドローンシンポジウム プログラム

1. 主旨説明 国立研究開発法人 建築研究所 宮内 博之
2. 【動向】建築分野におけるドローン技術の動向と展望  
国立研究開発法人 建築研究所 宮内 博之
3. 【基準】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  
国立研究開発法人 建築研究所 眞方山 美穂
4. 【効率】ドローンによる建物点検へのアクセシビリティの検討  
東京理科大学 兼松 学
5. 【省力】ドローンを活用した建物点検の効率化・省力化の検討  
西武建設(株) 二村 憲太郎
6. 【自動】ドローンを活用した建築物の自動点検調査システムの開発  
三信建材工業(株) 石田 晃啓
7. 【打音】ドローンを用いた外壁タイル仕上げの打音検査  
名古屋工業大大学院 河辺 伸二  
(特非)コンクリート技術支援機構 渡辺 正雄、中島 圭二
8. 【赤外線】赤外線カメラを搭載したドローンによる建物検査  
日本ERI(株) 大場 喜和
9. 【音響】非接触音響探査法による外壁調査の効率性向上に関する検討  
桐蔭横浜大学 杉本 恒美
10. 【構造】災害における建築ドローン技術の活用可能性  
東京大学 楠 浩一
11. まとめ 国立研究開発法人 建築研究所 鹿毛 忠継



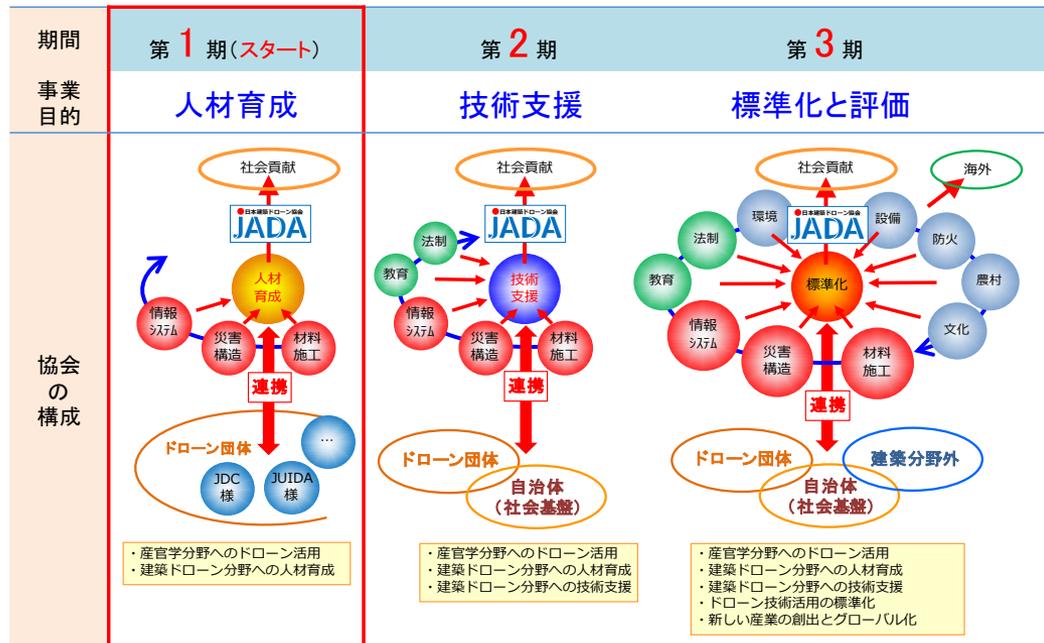
第1回 AIJ・建築ドローンシンポジウム「建築×ドローン」

<2019年5月9日>  
**第3回 日本建築学会**  
**建築ドローンシンポジウム**  
**キーワード: 点検と災害**

# 4)ドローンの活用における課題と産業界の取り組み

ドローン技術の普及活動 →ドローン技術を建築業界で普及  
 (一般社団法人 日本建築ドローン協会 2017年9月設立)

役職	氏名	所属
会長	本橋健司	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
副会長	宮内博之	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ主任研究員
副会長	兼松 学	東京理科大学 理工学部 建築学科 教授
副会長	楠 浩一	東京大学地震研究所 災害科学系研究部門 准教授
理事	岩田拓也	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 主任研究員((一社)日本UAS産業振興協議会 常務理事)
理事	石田敦則	三信建材工業株式会社 代表取締役社長 ((一社)日本ドローンコンソーシアム 地域促進委員会 委員長)
理事	酒井学雄	株式会社スカイコープソリューションズ 代表取締役社長 ((一社)日本ドローンコンソーシアム 事務局 長)
理事	戸澤洋二	一般社団法人 日本ドローン無線協会 会長
監事	森田喜晴	ルーフネット 編集長
監事	杉浦健一	杉浦税務会計事務所 所長

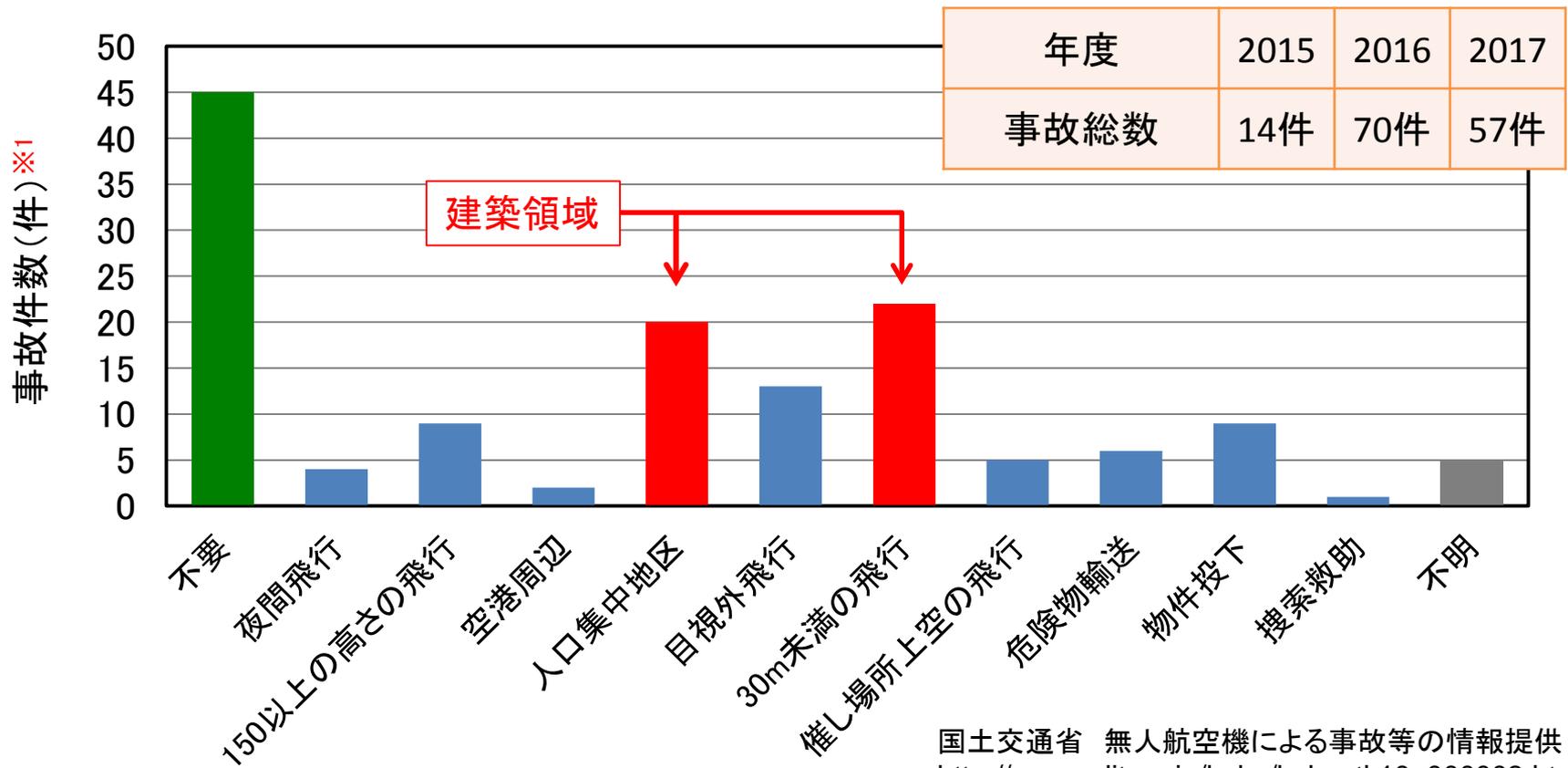


- ・会員数(2019年2月15日時点:個人会員90名、法人会員53社)
- ・統括技術委員会、企画運営委員会、建築ドローン人材育成検討WG、建築ドローンテキスト作成SWG、建築ドローン災害対応検討WG、建築ドローンスクール検討WG、建築ドローン利活用研究会、建築ドローン技術セミナー、建築ドローンインスペクションモデルSWG、ArduPilotによる建築ドローン自動制御技術研究会、居住者からみた建築物調査時等のドローンの評価手法研究会



# 墜落事故の状況

国土交通省、地方航空局及び空港事務所へ  
情報提供があった無人航空機による事故(2015~2017年度)

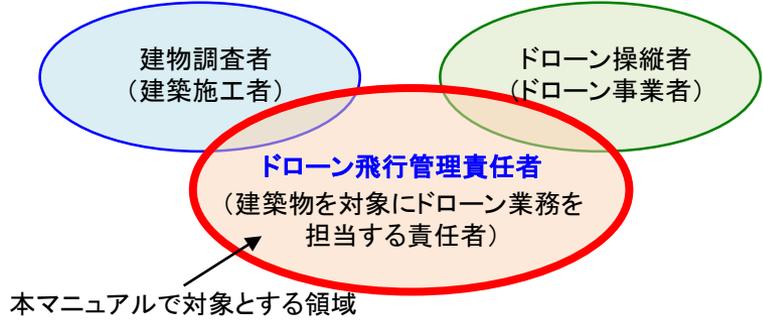
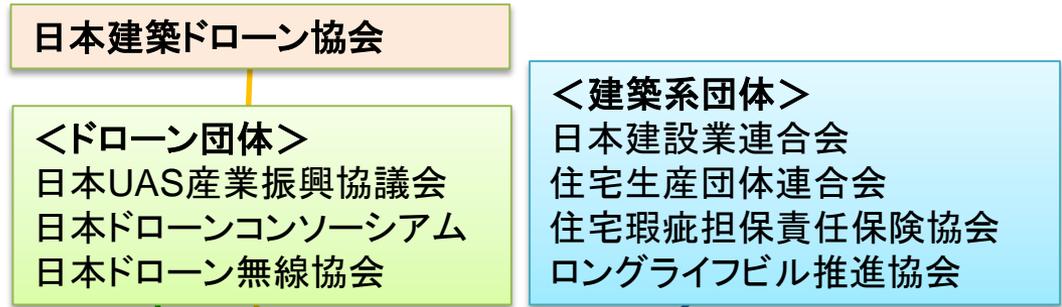


※1: 飛行申請が必要な場合、飛行方法は重複している。

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](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)  
2017.12.8時点での情報収集



# 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



マニュアルで定義するドローン飛行管理責任者の役割

## 建築物へのドローン活用のための安全マニュアル

### 建築ドローン安全教育講習会

技術編	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

実用編	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調査

### マニュアルの構成



## IV ドローンを活用した建築物の調査・診断技術

### 1) ドローン活用における点検調査時のコストと時間

#### 建築研究所内6階建て実験住宅を用いた実証実験



①高所作業(目視点検)



②地上撮影点検(カメラ)



③ドローン撮影点検(カメラ)

(3) 比較項目: 4項目

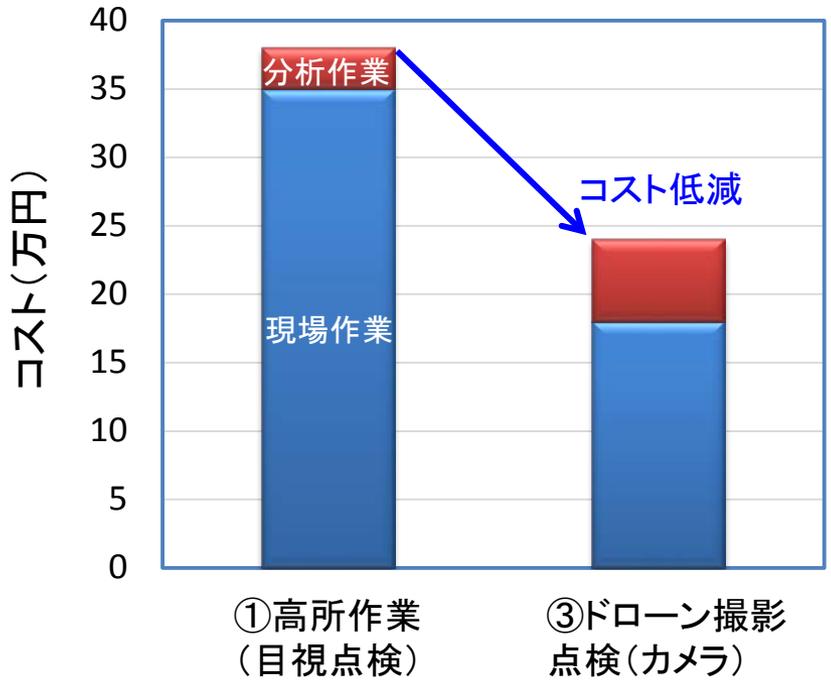


## 撮影範囲と窓枠の見え方

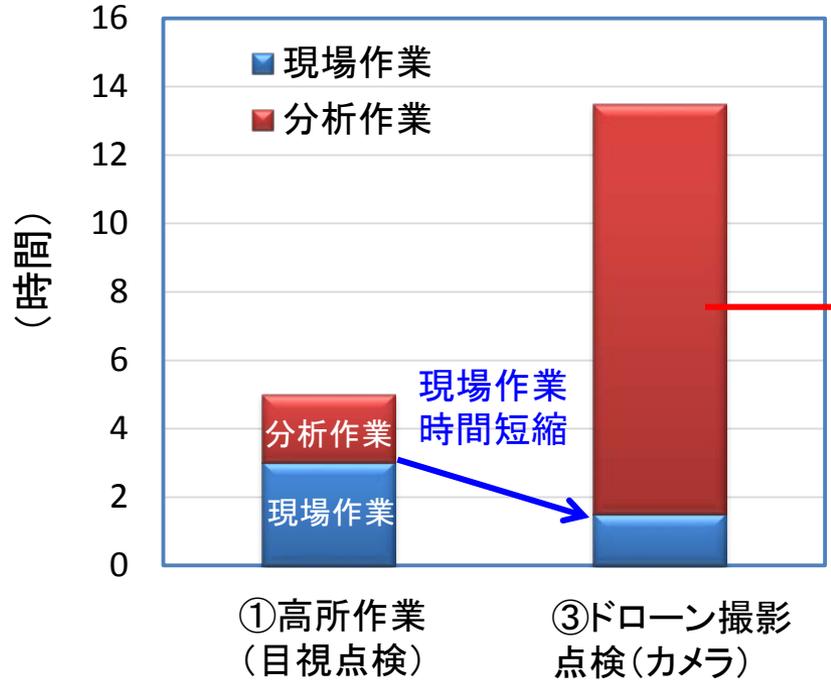
比較項目	②地上撮影点検			③ドローン撮影点検		
撮影範囲 (※2)	<p>赤枠は撮影できなかった範囲</p> <p>屋根</p> <p>南面 東面 西面 北面</p>			<p>屋根</p> <p>南面 東面 西面 北面</p>		
撮影範囲	81% (撮影距離: 7.5~17m)			100% (撮影距離: 10m)		
窓枠の見え方	2階	4階	6階	2階	4階	6階
カメラ諸元	カメラ: EOS60D(Cannon), 画像画素 5,184 × 3,456 レンズ: EF-S18-135 F3.5-F5.6 full auto			カメラ: α6000(Sony), 画像画素 6,000 × 4,000 レンズ: SEL35F18 1/640 f=8.0		

建物全面を地上と同じ目線で撮影が可能である。←

### 点検～分析コスト



### 点検～分析時間

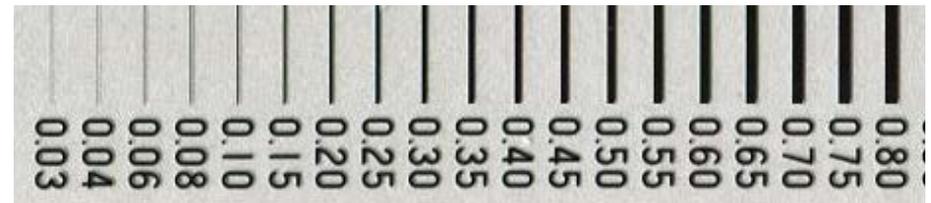


カメラ撮影後の分析作業に時間を要する。

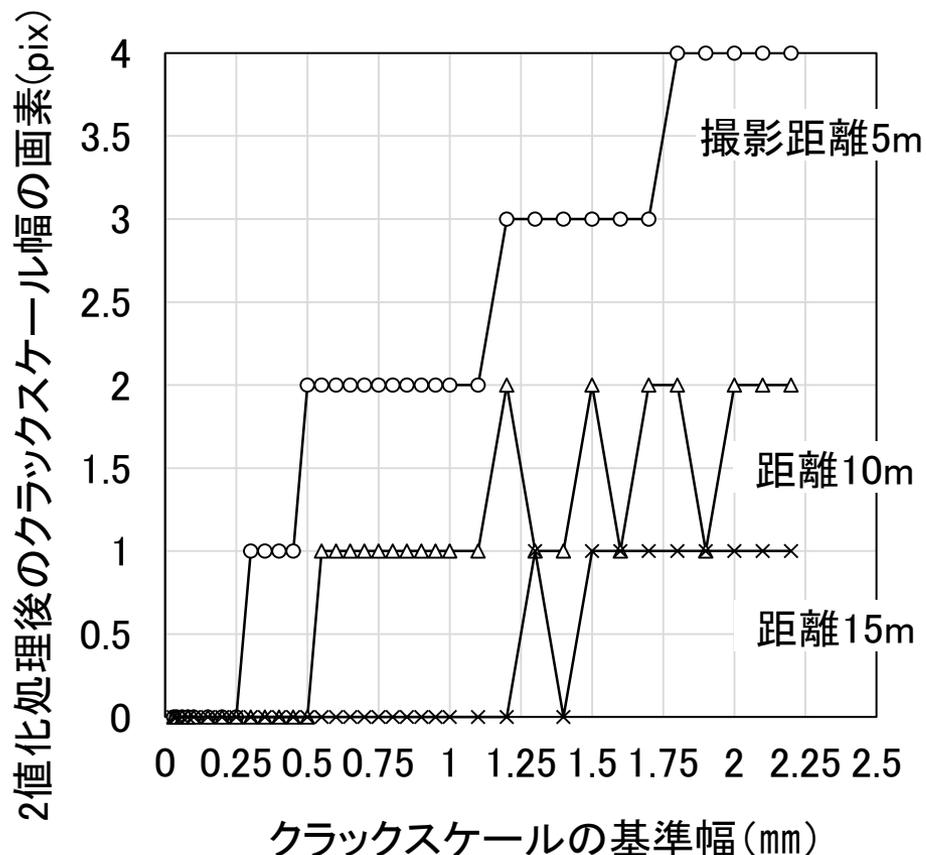
## 2) 変状と劣化の定量化: 高解像度カメラの適用

### 飛行条件と画像の視認性

距離: 5、10、15m



## 2値化処理後のクラックスケール幅の画素から判断した視認性



撮影距離	2値化後の幅の判別可能値	
	2000万画素	1億画素
5m	計測不能	0.2—0.7mm
10m	計測不能	0.55—1.45mm
15m	計測不能	1.5mm以上



適材適所による使い方の例

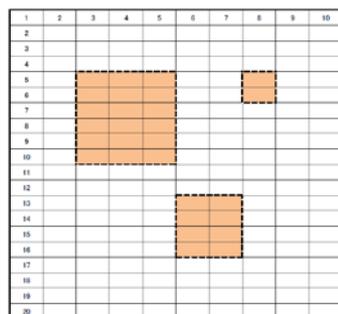
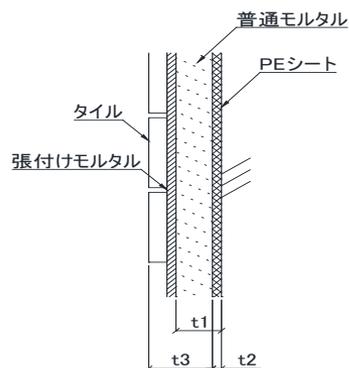
使用方法	俯瞰的撮影	定量的撮影
------	-------	-------

### 3) 外壁タイル貼りの剥離検出：赤外線カメラの適用 (国土交通省基準整備促進事業T3におけるドローンの活用)

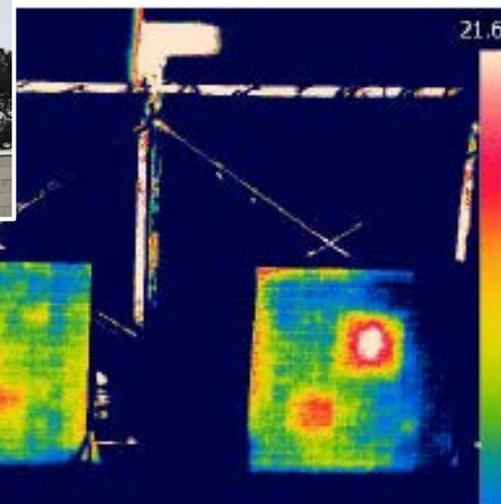
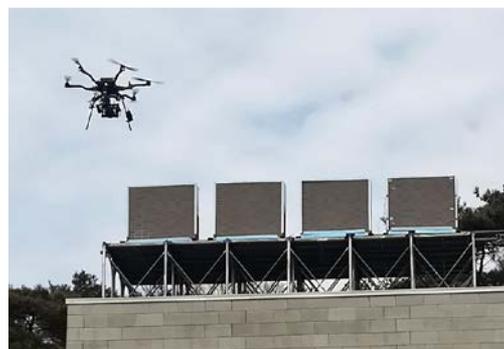
- ・非接触方式(赤外線装置法)による外壁調査の診断精度の整理と検証
- ・ドローンを活用した建築物の調査方法の検討(法令、要求事項、実験、調査手順等)
- ・ドローンを活用した建築物調査実施要領(案)を作成

欠陥部一覽

水準	試験体			
	A	B	C	D
浮き厚(mm)t2	0.1	0.5	1.0	0.1
深さ(mm)t3	30	30	30	30
大きさ(mm)	100角、200角、300角			200角



試験体A(浮き厚:0.1mm)



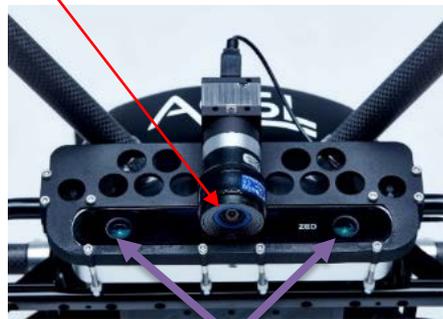
- ・測定時の外気温:14.5°C、太陽の熱量(849W/m<sup>2</sup>)
- ・ドローン機種(ALTA, 離隔距離5m、飛行高度1m)
- ・搭載赤外線カメラ:FLIR A65(表示画素数: 640H×512V)

## 4)ドローンを活用した建築物の自動点検調査システムの開発

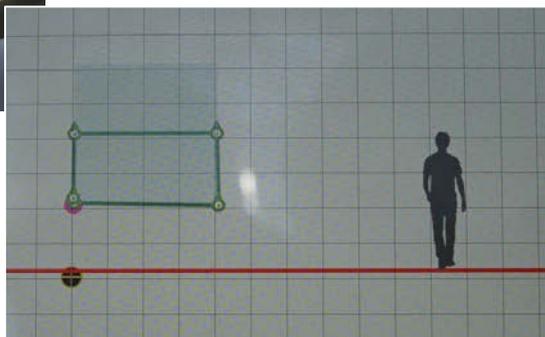
### ドローンの自律制御(自己位置推定技術)の種類

自律性制御技術	自己位置推定の方法
GNSS	既知の点(衛星)から発信された信号(電波)は、光の速度(約30万km/s)で地上に到達する。その信号に含まれる「送信時刻」と、地上で受信した「受信時刻」との差を計測することで、衛星から受信機までの距離を測定する
トータルステーション	機体に搭載したプリズム(反射鏡)を自動追尾するトータルステーション(測量器)が機体の位置を把握し、フィードバックすることにより自己位置を推定する
レーザーレンジファインダー	機体に搭載した2基のレーザーレンジファインダーが水平方向と垂直方向を常にスキャンし、機体が周辺の点群環境地図を作成しつつ、自己位置推定を行うSLAM技術を応用した自律飛行技術
カメラ	機体に搭載したカメラの動画像から特徴点を検出し、動画像内で移動する特徴点を追跡し解析(三角測量等)することで、対象物との距離推定や、蓄積した点群から自己位置推定を行う自律飛行技術

下方単眼カメラ  
(高度と水平位置の推定)



前方2眼ステレオカメラ  
(水平方向の距離制御)



## 周辺環境と自機の位置をリアルタイムに推定

- ① 搭載したそれぞれのカメラの動画像から特徴点を検出
- ② 動画像内で移動する特徴点を追跡し、距離を解析
- ③ 抽出した特徴点を蓄積し、三次元点群モデルを構築
- ④ 三次元モデル内での自己位置を推定

⇒ **非GPS環境下でも自律飛行が可能**





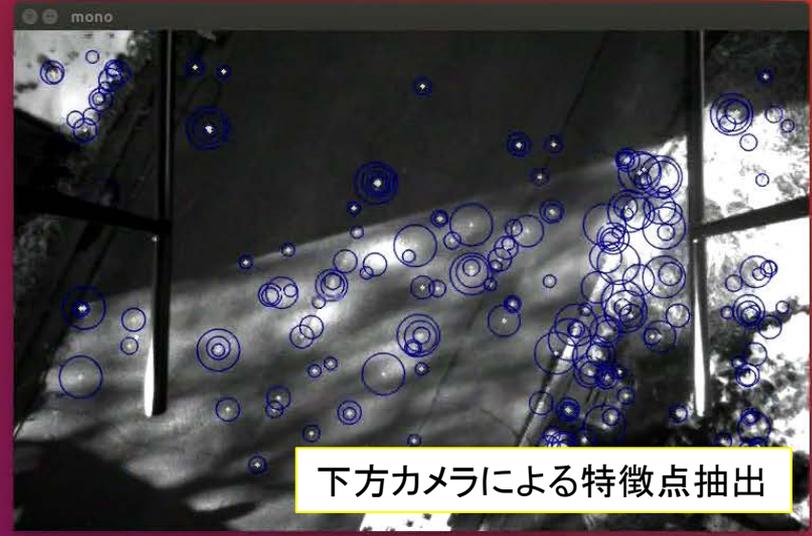
搭載可視カメラ



ステレオカメラによる距離解析



下方カメラによる自己位置推定  
(点群マップ)



下方カメラによる特徴点抽出

# 5) ドローンで取得したデータの記録と分析への活用

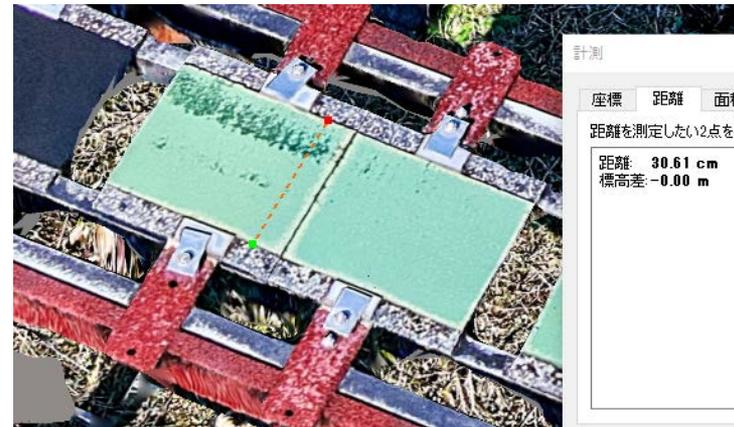
## 建築研究所ばくろ試験場(記録保存)



タイルの接着引張試験状況

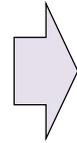


シーリング材の汚染



防水シートの事例

# 屋根防水シートの場合

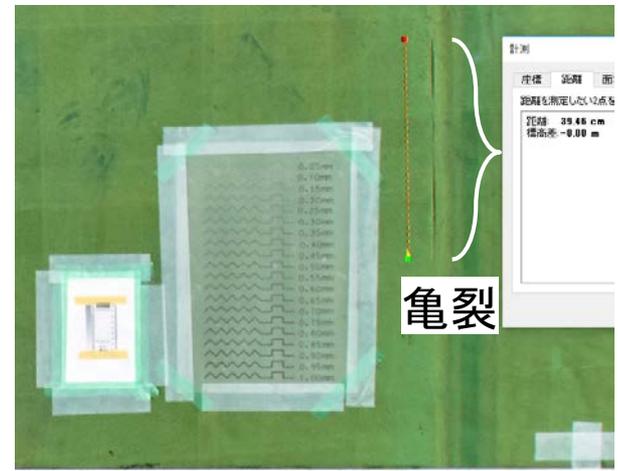


取得データ

屋根全面の状況



ドレン廻りの状況確認



補修部



周長: 141.41 m  
 領域: 498.51 m<sup>2</sup>

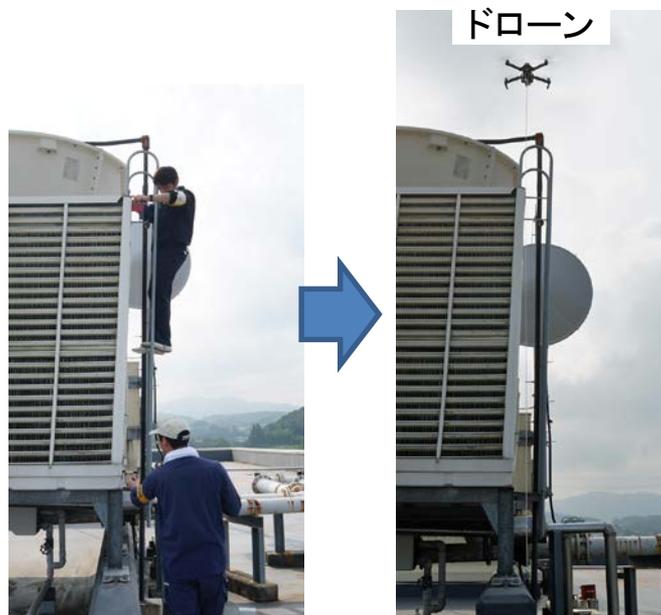
屋根面積の計算

防水シートジョイント部の亀裂と補修部

3次元モデルと劣化情報の抽出(1億画素)

# V ドローンの新しい活用の可能性

## 1) 災害分野へのドローンの適用



既存の傾き測定  
(人による下げ振り  
を使用した測定)

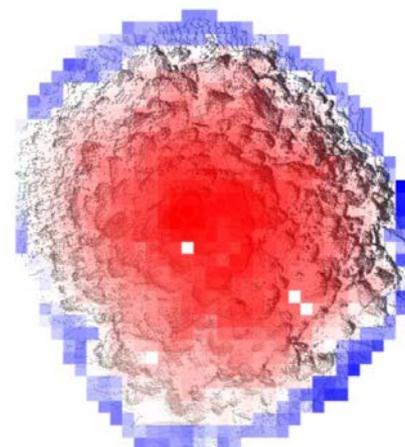
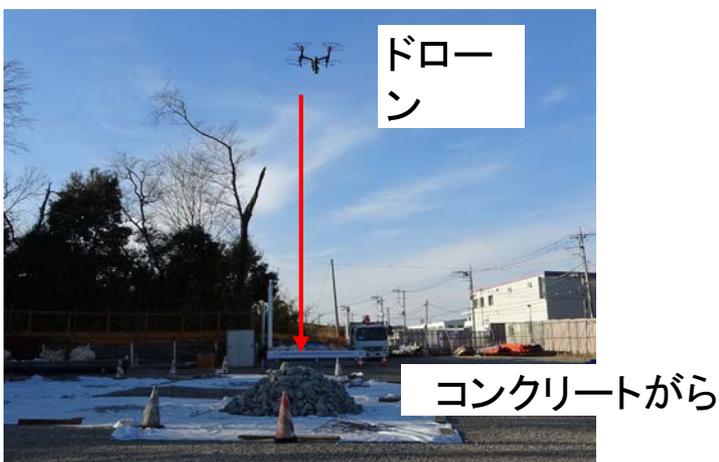
ドローンによる  
傾き測定



VRゴーグルを使用した構造躯体のひび割れ状況の確認

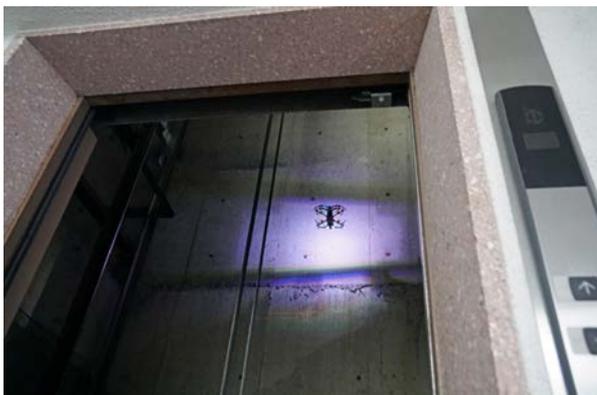
※建築研究所 材料研究グループと構造研究グループとの連携

## 2) 3Dレーザースキャナー等を用いた解体建築物の躯体量の積算



コンクリートがらの体積計算

## 3) 狭所空間におけるドローンの活用



狭所空間(例:エレベーターシャフト)内のドローンによる点検調査



暗所空間内における点検調査

## VI おわりに

ドローン技術は「活用」と「規制」の両側面から対応することが重要

＜安全面とプライバシー等問題＞

- ・【人】 居住者・住民目線のドローン技術の活用
- ・【育成】建築分野におけるドローン操縦士・管理者の人材育成
- ・【自動】ドローンのオートパイロットシステムの開発・導入

＜実証実験の場所＞

- ・【実証】人口集中地区でのドローン活用を想定した実証実験

＜診断技術の精度＞

- ・【計測】ドローンに搭載する計測装置の性能検証と適用範囲
- ・【分析】撮影した画像や測定情報の有効活用

＜人工知能(AI)の活用＞

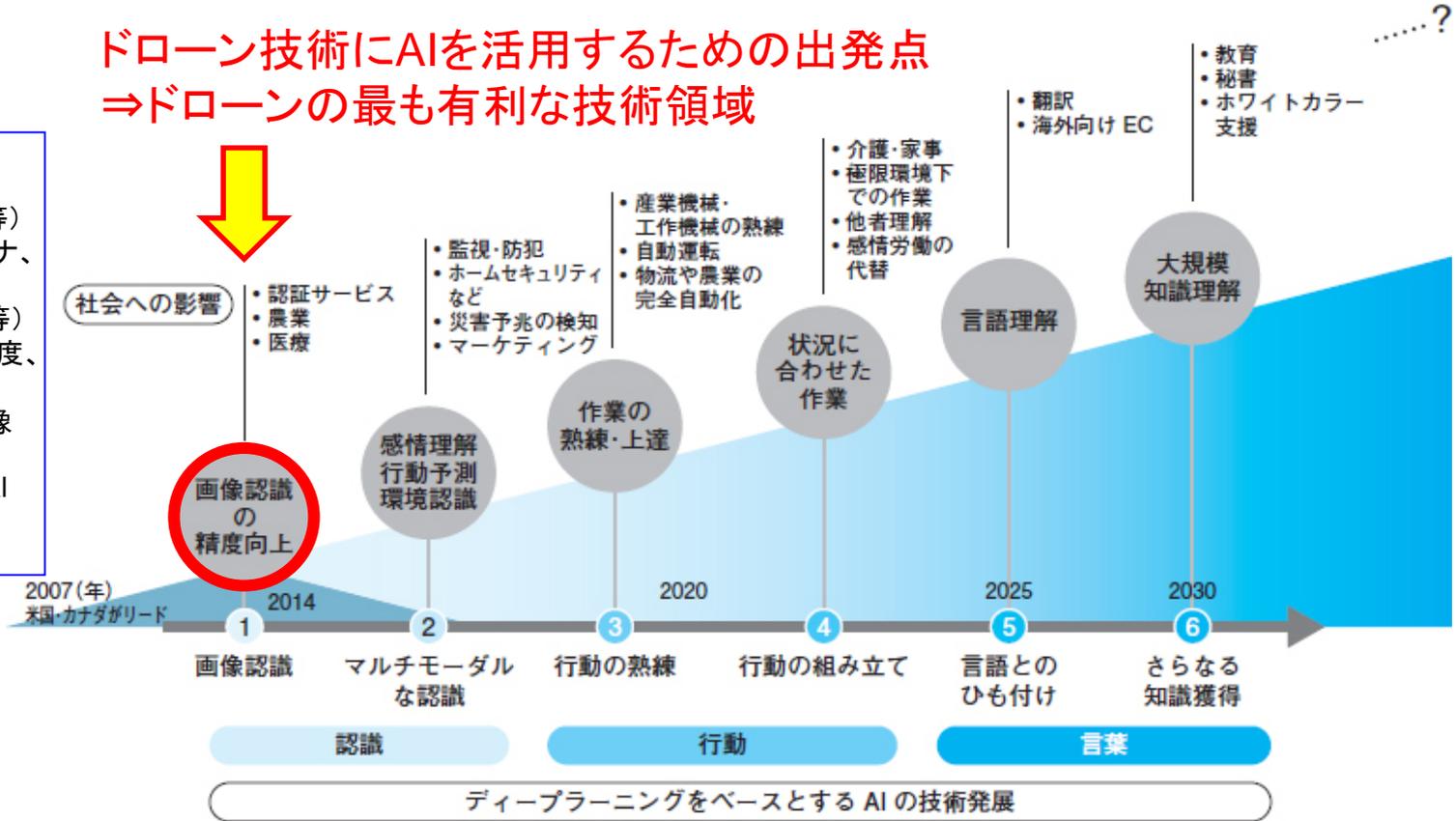
- ・産官学/異分野技術の融合によりオープンイノベーションを創出

# 「コネクテッド・インダストリーズ(CI)」

ドローン × 【(技術1) × (技術2) × …】

ドローン技術にAIを活用するための出発点  
⇒ドローンの最も有利な技術領域

- ソフト系(AI、ビッグデータ等)
- IT系(IoT、ICT、クラウド等)
- 画像系(カメラ、3Dスキャナ、VR、AR、MR等)
- 機械系(FC、小型モータ等)
- センサー系(ICタグ、温湿度、風速、ひずみ等)
- 無線設備系(無線局、画像伝送等)
- 自動操縦系(GPS、Visual SLAM等)
- その他



※引用文献(2017年5月)に著者の意見を追加  
 :【対談】人工知能×医療 世界と勝負するための大局観を実装する(松尾 豊氏,宮田 裕章氏)  
[http://www.igaku-shoin.co.jp/paperDetail.do?id=PA03224\\_01](http://www.igaku-shoin.co.jp/paperDetail.do?id=PA03224_01)