

建築物におけるドローンの活用

— 平常時から災害時まで —

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 宮内博之

1. はじめに

ドローンは空の産業革命と言われるように、2015年頃から様々な分野で活用され始め、現在では世界で約400万機、国内では約10万機のドローンが飛んでいると推定されている¹⁾。一方で、建築分野においても、建築物の点検調査の領域を中心にドローンの活用が進んでいる(表-1)。

著者等は(国研)建築研究所の研究テーマを軸として、ドローン関連の動向、ドローンに係わる省力化点検技術や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をしてきた²⁾。また、学術分野では(社)日本建築学会にてドローン技術を活用するための委員会の設置と、情報を提供するための建築ドローンシンポジウムを開催した。さらに産業分野では、ドローンを安全に活用するための人材育成・技術支援・標準化を目指して、(社)日本建築ドローン協会(略称: JADA)を設立し、ドローンの安全運用に関わる活動を行っている。

さらにドローンの活用の範囲を広めており、本稿ではドローン運用時の安全教育、および平常時から災害時までの建築物におけるドローンの活用について紹介する。

2. ドローン活用の安全教育

(1) ドローン活用時の課題

建築分野へのドローン活用の際には、①ドローンの衝突による被害と②ドローンによる人に関わる課題に分けて十分な対策を施すことが重要となる。①のドローンの衝突に関する情報として、国土交通省へ情報提供があったドローンによる事故件数を以下に示す。国交省の飛行申請不要である場所での事故が45件に対し、飛行申請を必要とした場所での事故は96件となりその比は2倍以上であった。特に、建築物の調査時に想定さ

表-1 (社)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
	点検(劣化)	災害	都市・地域	工事	環境測定	輸送	文化遺産	
2012	0	0	0	0	0	0	1	1
2015	0	0	3(2)	0	0	0	0	3(2)
2016	3(2)	0	0	1	0	0	0	4(2)
2017	6(4)	3(2)	1	1	3(1)	1	0	15(7)
2018	11(8)	3(1)	0	1	0	1	0	16(9)
合計	20(14)	6(3)	4(2)	3	3(1)	2	1	39(20)

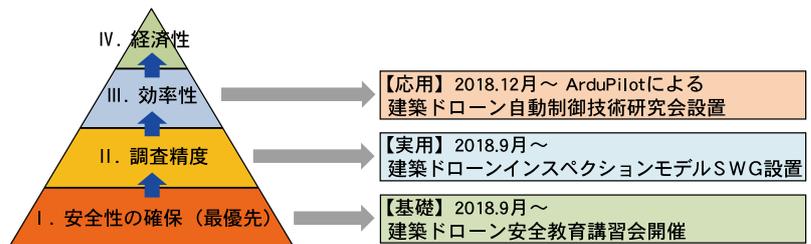


図-1 建築物の調査における要求事項と優先順位およびJADAの活動との関係

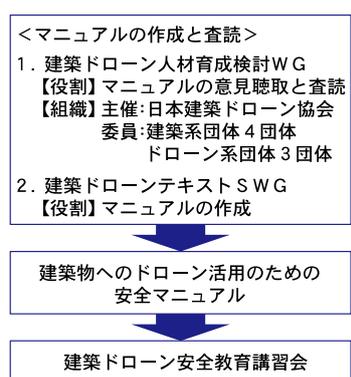


図-2 マニュアルの作成と講習会

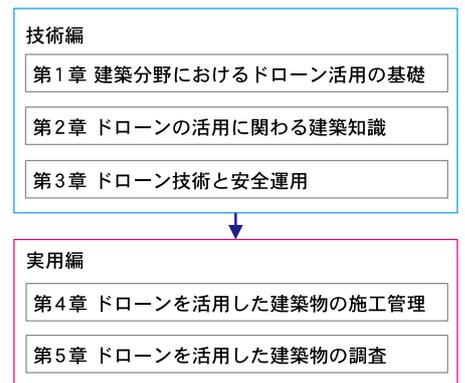


図-3 マニュアルの構成

れる人口集中地区および高度30m未満の飛行時の事故が多く、都市・建築領域でドローンを使用する際には十分な安全対策が必要となる。また事故の特徴として、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)、通信ロスト等が一つもしくは複数重なって発生している。

また、②ドローンによる人に関わる課題については、ドローンによる撮影映像

等は個人情報保護法に関わるプライバシー侵害になる恐れがある。ドローン飛行時の騒音等の問題もあり、住民への事前説明等の十分な配慮が必要となる。

(2) ドローンの安全運用と人材育成

前述の建築側の対応、建築分野でのドローン活用の普及、そしてドローンの墜落に対する対策等に関しては、産官学連携を図り共通認識を持って実施していくことが重要となる。そこで、JADAでは、

建築分野の各種業務においてドローン技術を活用できる人材の育成、および技術支援、標準化等の事業を行うことにより、安全・安心かつ持続可能な社会の実現のために貢献することを目的に活動を開始した。特に、建築物の点検等に係わるドローンの活用について、安全運用に関する取り組みを強化している。

JADAにおける建築物の調査におけるドローンに関わる活動のヒエラルキーを図-1に示す。要求事項として、I. 安全性の確保、II. 調査精度、III. 効率性(省力化)、IV. 経済性(コスト)の4つに分類される。最優先事項はI. 安全性の確保であり、建築物の調査において安全が確保できなければ、その後のII~IVが満足していても実施することはできないと考えられる。一般的に、実績のある既存建築物の調査ではI > II > III > IVの順番で要求条件に対する達成度が高くなる形で、バランスを図りながら業務が成立していることが多い。しかし、ドローンを活用した建築物の調査の場合、黎明期であることもあるが、IV > III > II > Iの順番で期待度が高くなり、最も重要となるI. 安全性の確保については整備されていなかった。

これより、JADAでは2017年12月に「建築ドローン人材育成検討WG(主査:宮内)」を設置し、その傘下に「建築ドローンテキストSWG(主査:宮内)」を設置し、「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル³⁾」を作成した(図-2)。本WGではSWGで作成されたマニュアルに対する意見聴取と査読を受けるために、建築系の4団体(一社)日本建設業連合会、(一社)住宅生産団体連合会、(一社)住宅瑕疵担保責任保険協会、(公社)ロングライフビルディング推進協会)、およびドローン系の3団体(一社)日本UAS産業振興協議会、(一社)日本ドローンコンソーシアム、(一社)日本ドローン無線協会)に委員として参画頂いた。

本マニュアルは、図-3に示すように技術編と実用編に分けて、ドローンの活用に関わる基礎知識、ドローン技術と安全運用、建築物の施工管理・点検調査におけるドローンの安全活用を解説している。このマニュアルの中で、ドローンに関わる業務を進行する上で役割分担および責任の所在を明確にするために、ドローンを活用して建築物の施工管理および点検調査等に関わる業務を担当する管理者を「ドローン飛行管理責任者」と定

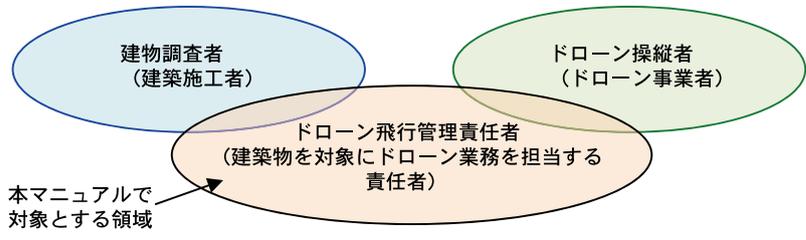


図-4 マニュアルで定義するドローン飛行管理責任者の役割



写真-1 JADA建築ドローン安全教育講習会の状況



写真-2 JADA講習会用テキストと修了証



図-5 非GPS環境下でのVisual SLAM型ドローンによる外壁点検の事例

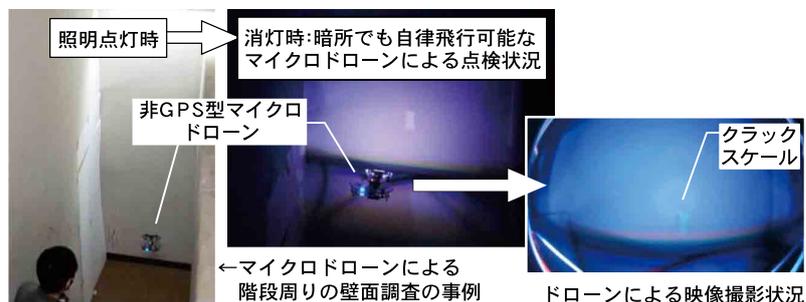


写真-3 狭所空間における非GPS型マイクロドローンの活用

義した(図-4)。

さらに、本マニュアルを活用し、「建築ドローン安全教育講習会」を企画し、2018年9月14日に第1回講習会を開催した(写真-1, 2)。本講習会は、建築分野におけるドローン利用の前提となる安全をテーマとした国内初の講習会であり、ドローンの飛行に携わる者のみなら

ず、建築分野のドローン利用に関わる全ての事業者が共通して知っておくべき基礎知識を提供している。

3. 平常時でのドローン活用

(1) 建築物の点検の自動化

2017年度から実施している国土交通省住宅・建築物技術高度化事業(代表者:

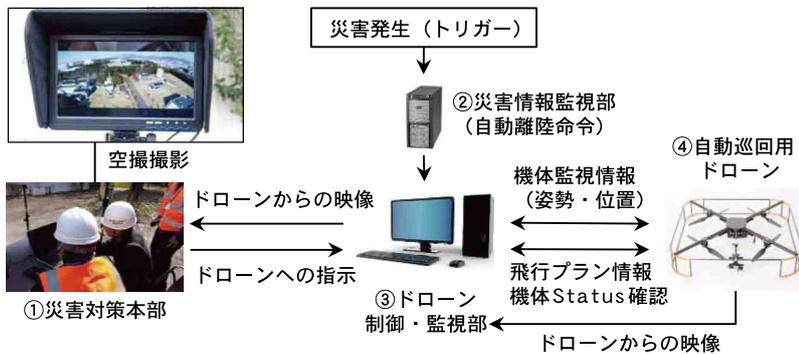


図-6 災害発生後の被災地域情報取得のためのドローン自動巡回システムの構成

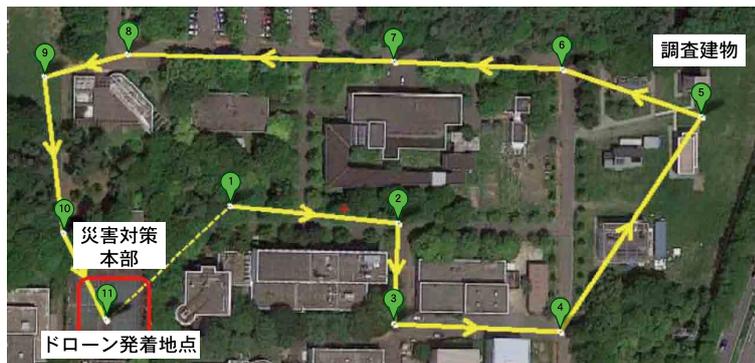


写真-4 災害発生後の被災地域情報取得のためのドローン自動巡回飛行ルート例
(国研 建築研究所敷地)



写真-5 遠隔地から被災建築物の損傷状況を確認・評価するためのドローンの活用
(被災した3階建てRC造建築物の例)

三信建材工業(株)、共同研究機関：(国研)建築研究所、(株)自律制御システム研究所)の一環で、Visual SLAMによる自己位置推定技術を活用した建築物の自動点検調査システムの開発を行っている。2018年度においては、建築用完全自律制御型ドローンの開発、ドローン搭載カメラと不具合検出法の開発、そしてドローン自動点検システムのパッケージ化の開発を行った。また、これら技術の性能を検証するために、RC造高層建物を用いてドローンによる飛行実証実験を行った。具体的には、図-5左下図に示すように、高層建物外壁の図面情報をもとにドローンの飛行プランを設定し、建築点検用に

開発したVisual SLAM型のドローン(図-5左上写真)により、外壁の劣化や損傷の確認精度の評価を行った(図-5右写真)。

(2) 狭所・暗所空間におけるドローン活用

ドローンの活用場として、屋外における建築物の点検調査の事例が多い。一方で、建築物には床下、天井、エレベーターシャフト等の狭所かつ暗所空間が存在し、人による調査が難しい場所において、ドローンを活用する期待も高まっている。また、最近では、屋内でのドローン活用として、廊下や部屋をドローンで

自動巡回して異常がないかの確認のために技術開発をしている事例も多く見られる。これら狭所空間へのドローンの活用においては、非GPS環境下でドローンの自律制御が可能な性能を具備し、狭い空間で飛行可能な小さい寸法のドローンが求められる。

そこで(国研)建築研究所では一つの事例として、屋内において夜間でも自律飛行が可能な放射型赤外線レーザーシステムを搭載したマイクロドローンの活用例を紹介する。写真-3左に示すGPSが捕捉できない階段周りの空間におけるドローンの自動飛行の実証実験を行った。実験では、PCで事前に設定した飛行ルートに従い、LEDライトと広角カメラを搭載したマイクロドローンを飛行させた。写真-3中央に示すように、暗所で人が確認することが不可能な場所でも、ドローンは赤外線レーザーにより一定距離を保ちながら外壁の状況を点検することができた。なお、マイクロドローンは、航空法の除外対象の屋内使用で、かつ200g未満の重量であるため衝突等のリスクが小さい。今後は、人と共生するようなフレンドリーなドローンなど、新しい活用領域として大きな可能性があると考えられる。

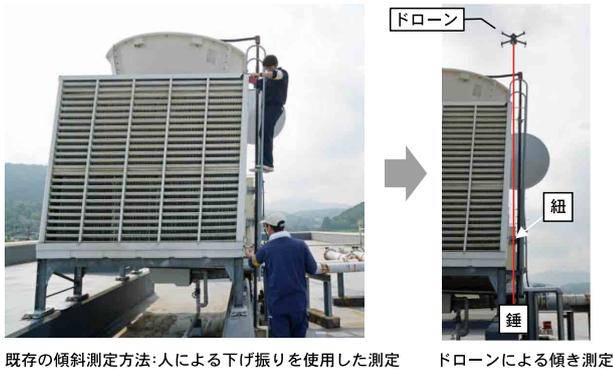
4. 災害時でのドローン活用

(国研)建築研究所では平常時の建築物の点検調査以外に、災害時におけるドローンを用いた被災調査などの活用の検討を開始した。その技術開発と活用事例は次のとおりである。

(1) 被災情報の自動取得技術の開発

2018年度SIP「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」の「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」で実施される「被災状況把握技術開発」のため、ドローンを活用して市街地から建築物に至る被災状況を把握するための一連のシステムを検討している。

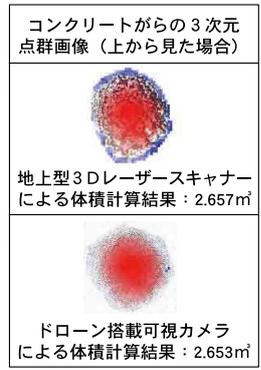
発災時にドローンを活用するための被災状況観測システムの構成について、図-6に示す。本システムは①災害対策本部を想定した管理部、②災害情報監視部、③ドローン制御・監視部、そして④自動巡回用ドローンを一元管理するための自動制御システムとして構成されている。本システムの流れは以下の通りである。①災害対策本部を想定した管理部では、



既存の傾斜測定方法：人による下げ振りを使用した測定
写真-6 地震で被害を受けた建築物等の傾斜測定へのドローンの活用（貯水槽の例）



写真-7 ドローンを活用したコンクリートがらの体積計測の状況と結果例



上記の③～④の2項目をPC上のモニターで監視またはコマンドで命令を行う。②災害情報監視部では、災害発生時に衛星から取得した被災場所（緯度・経度）の情報、あるいは地震発生情報のトリガーに基づいて、ドローンの自動離陸命令を③へ発令する。④自動巡回用ドローンでは、予めプログラム設定した飛行ルートに従って自動飛行を行うように設定されている。

ここで、(国研)建築研究所の敷地にてドローンを自動巡回させた場合の例を写真-4に示す。例えば、震度6強の地震が発生した場合、地震速報等がトリガーとなり、②の自動離陸命令に基づいてドローンが自動で離陸する。次に、指定した高度（約50m）の範囲で上空の360度を静止画または動画撮影を行う。また、自動飛行中に災害対策本部における被災状況の確認に応じて、管理部の指令でマニュアル操縦モードに切り替えを行う。そして被災地域の情報を取得した後は、離陸した場所に自動で帰還し着陸をする。

なお、これらドローンによる被災情報の自動取得技術の活用方法については、各自治体の屋根の上にドローンを設置することを想定しており、今後、実用的なドローンによる自動飛行による巡回技術の開発を進め、かつ取得した画像をリアルタイムで解析可能なシステムを構築していく予定である。

(2) 遠隔操作によるドローン活用

(国研)建築研究所ではドローンによる被災建物に対するドローンの利用方法についても検討している。ここでは、2016年に熊本県にて発生した地震により被災した3階建てRC造建築物を用いて、ドローンによる遠隔地からの柱・梁の損傷状況の把握の方法の例を紹介する。

被災した建物に近づけないこと、ある

いは被災度を把握可能な調査者が被災現場で調査することが困難なことを想定し、実証実験をした結果を写真-5に示す。この写真は、現場においてドローン事業者が被災した建築物の梁の損傷を小型のドローンを用いて撮影し、その現場調査から離れた場所で、調査者はVRゴーグルで調査すべき箇所について首を振りながら自分で判断している状況を示している。しかし現状として、狭所空間でのドローンの飛行安定性、GPSの捕捉、画像伝送の距離の影響等がある。このため、現状では長距離からの遠隔操作による建築物の災害調査に対して、実用化までには時間を要するが、将来、災害分野でドローンが活用可能な技術として期待できる。

(3) 建築物の傾斜計測へのドローン活用

建築物の傾斜計測においては、写真-6左の貯水槽の傾斜角測定の場合のように、これまで人による下げ振りを利用した計測が行われている。しかし、2人体制で行うため時間を要する。これより、錘をつけた紐をドローンに結び付けて、他のドローンにより傾きを計測する方法について検討を試みた。ドローンによる傾斜角の計測精度については、紐の写る位置や風の影響等があるため検討の余地はあるが、今後、無人で傾斜角を計測する方法の第一歩としては可能性があると考えられた。

(4) 解体資材量の推定へのドローン活用

2018年度PRISM国-03・05仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進の①-5「災害廃棄物等を用いたりサイクルコンクリートの実用化技術の開発」を開始した。その研究の一環として、3Dレーザースキャナーおよびドローンを用

いて、解体建築物から復旧・復興に利用可能な資材量の推定の検討を行っている。例として、RC造柱を解体後、コンクリートがらの体積を計算するために、ドローン飛行により測定した状況を写真-7に示す。ドローンに搭載したカメラは、がらの体積を地上3Dレーザースキャナーと同程度の精度で測定できた。これより、ドローンにより上空から短時間に解体建築物の資材量等の推定を行うことで、廃棄物の管理の合理化が可能と考えられる。

5. おわりに

本稿では、建築物の保全分野や災害分野におけるドローンの活用について紹介したが、今後は建築教育、情報システム、設備、設計、都市計画、環境工学、建築史、防犯等、広範囲な部門で活用が期待されている。また、人とドローンの共生に関するテーマも重要である。さらに、異分野連携、産官学連携、そして海外との連携を図るコネクテッド・インダストリーズを強化することにより、安全・安心な建築ドローンプラットフォームを構築し、社会に貢献できる水準の技術となるように関係者と協力して整備していくことが必要不可欠と考えられる。

【参考文献】

- 1) 西日本新聞、用途広がるドローン、安全確保の備え 人手不足解消に期待 適度な規制で「安心」醸成、2019年2月8日
- 2) 宮内博之、建物点検へのドローン技術の活用、ベース設計資料 No.177建築編(2018年前期版)、pp.55-58、2018年6月20日
- 3) (一社)日本建築ドローン協会、建築物へのドローン活用のための安全マニュアル(第1版)、2018年9月1日発行