

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

(一社) 日本建築ドローン協会
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

2019年3月

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
報告書目次

	頁
1. はじめに	1
2. 調査における居住者のプライバシー確保および住民説明の手法	2
2. 1 ドローン調査における居住者のプライバシー確保の重要性	2
2. 2 プライバシー保護と個人情報保護法	2
2. 3 プライバシー保護への対応	2
2. 4 個人情報保護法への対応	5
2. 5 インターネット上での取扱いの留意点	7
2. 6 プライバシー権侵害に関する保険	7
3. ドローンを用いた調査時の安全性確保	8
3. 1 ドローンの飛行における事故要因と対策	8
3. 2 ドローンの飛行における安全対策	8
4. ドローンを用いた調査の効率の検証	13
4. 1 リードタイム	13
4. 2 建築物調査の効率化の事例	13
4. 3 最後に	18
5. 調査結果の報告に関する手法	19
6. 建築物調査時における居住者の居住性の検証	22
6. 1 ドローン飛行時の発生音調査	22
6. 2 視覚影響調査	30
7. まとめ	41
参考文献	42

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

委員

主査 委員	古賀 純子	芝浦工業大学 建築学部 建築学科
	石塚 宏和	日本総合住生活株式会社
	細田 義裕	(一社) マンション計画修繕施工協会
	中島 鶴人	(独) 都市再生機構 住宅経営部 保全技術課
	中野谷昌司	(一社) マンション計画修繕施工協会
オブザーバ	渡辺 清彦	リノ・ハピア (株)
	酒井 学雄	(株) スカイスコープソリューションズ、 (一社) 日本ドローンコンソーシアム
	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

1. はじめに

近年、ドローンの建築分野での活用のため、ドローン技術を活用した建築物の調査・診断手法やドローン飛行時の安全性確保方策などが検討されている。一方で、既存の建築物においてドローンを用いて調査等を行う場合には、当該建築物の居住者への配慮が求められる。

居住者への配慮として、安全性の確保はもちろん、調査に伴う写真撮影による住人のプライバシー侵害、ドローンの飛行時の発生音等の問題がある。安全性確保については、当協会において2018年9月に「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」が発行され、安全な調査等の実施に資する対策が示されている。一方で、建築物に居住する住民の調査時の居住性の確保方策は現状で未知である。このため、本研究会では以下の内容を検討・整理した。

2章では、ドローンを用いた調査実施時の住民のプライバシー確保のため、プライバシー保護および個人情報保護に関する基本的な情報を整理した。また、調査の実施に関する住民への告知文のひな形を提示した。

3章では、ドローンを用いた調査時の安全性確保のための対策を、当協会発行の「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」の抜粋として示した。

4章では、ドローンを活用した調査においては、居住者への説明にあたり、ドローン使用に関し他の手法による場合との比較でその優位性が提示できることが望ましい。このため、既往の研究において調査時間および費用の検討を行った結果を紹介した。

5章では、ドローンを用いた調査の結果について、「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」の記述を中心に報告内容の例を紹介した。

6章では、調査時の居住者の居住性が確保されていることを確認するため、実建築物における発生音の測定およびドローンを用いて撮影した写真を用い視覚影響の検証を行った結果を述べた。

2. 調査における居住者のプライバシー確保および住民説明の手法

2. 1 調査における居住者のプライバシー確保の重要性

ドローン調査に於いて、マンション等の居住者がいる建物の場合、撮影、画像保管及び調査動画の報告や提供に關しての注意が必要となる。部屋内や人、洗濯物等の私物が写り込む可能性が高いため、事前の居住者への注意事項の配付や承諾、撮影画像の取扱について、現行法規の理解としっかりとした対応を取っておくことが求められる。

2. 2 プライバシー保護と個人情報保護法

特に関連するものとしては、プライバシー保護（個人のプライバシー権：不等に侵害した場合の民法 709 条の不法行為）と個人情報保護法である。この二つは混在されがちであるが、個人情報保護委員会のホームページの「よくある質問（個人向け）」では、個人情報保護法上の「個人情報」とプライバシーとの違いについて次のように記載されている。

「個人情報保護法上の「個人情報」とは、生きている個人に関する情報で、特定の個人であると分かるもの及び他の情報と紐づけることにより容易に特定の個人であると分かるものをいい（法第 2 条第 1 項）、個人情報保護法によって保護の対象となります。個人情報保護法上、プライバシーの保護や取扱いに関する規定はありませんが、個人情報保護法は、「個人情報」の適正な取扱いにより、プライバシーを含む個人の権利利益の保護を図るものです。一方、プライバシーは「個人情報」の取扱いとの関連に留まらず、幅広い内容を含むと考えられます。そのようなプライバシーの侵害が発生した場合には、民法上の不法行為等として侵害に対する救済が図られることとなります。」

ドローン調査で想定される事例としては、撮影に於いて人（居住者）や洗濯物などの私物が写り込むことがあり、裁判所の判断（グーグルストリートビュー控訴審 福岡高判平 24. 7. 13 判時 2234-44）として「顔、容ぼう以外の私的事項であっても、プライバシーとして保護されうることに加えて、公表する前段階の収集段階でもプライバシー侵害になり得る。」ということを述べている。ただし本件の場合、「私生活の平穩が侵害されたとは認められず、撮影行為についての不法行為は成立しない。」とされている。

2. 3 プライバシー保護への対応

居住者のいる建物のドローン調査については、マンション管理組合や賃貸住宅のオーナーからの依頼であることが一般的である。この場合に注意しなければならないのは、マンション管理組合や賃貸住宅のオーナーの同意とその建物に住む居住者のプライバシー権は全くの別物であるということである。

特にマンション管理組合では、理事会決議（又は総会決議）に基づく調査依頼となるケースが多いと思われるが、「共用部分の管理」としての建物調査の決議については、各区

分所有者への効力が発生するものの、区分所有者以外の同居人、賃借人の私生活のプライバシー権についてまで拘束できるものではない。そのため、こうした同居家族や賃借人の同意又は了承したものとみなされるための注意事項等の配付書面を用意することが肝要である。

【配付書面例】

201〇年〇月〇日

〇〇マンション居住者の皆様へ

〇〇マンション管理組合

〇〇リフォーム(株)

ドローンによる外壁等空撮調査のお知らせ

このたび、〇〇マンションの建物診断の一環としてドローンによる外壁等空撮調査を下記の日時で実施することといたしました。つきましては、ドローン撮影による各住居のプライバシー権の保護のため、部屋のカーテン閉め、バルコニー内の洗濯物、私物などのプライバシーに関わるもののご移動を調査日時までをお願いいたします。

なお、当管理組合と〇〇リフォーム(株)において、添付の契約書を交わすこととしておりますので、居住者皆様方のご理解・ご協力のほどお願い申し上げます。

記

調査日時： 〇月〇日〇曜日 〇〇：〇〇～〇〇：〇〇

※降雨、強風の場合は中止する場合がございます。

調査内容： ドローンにより外壁劣化調査（又はタイル面赤外線調査）を行うため、地上から最上階までドローンが上昇、下降を繰り返します。

尚、撮影した映像につきましては、調査診断結果としての管理組合への報告の目的以外には使用いたしません。また、プライバシーに関わる映像等があった場合には、撮影された映像を加工する等の処理をする場合があります。

《本件に関するお問合せ先》

調査実施者： 〇〇リフォーム(株)

調査担当者： 〇〇〇〇〇〇

連絡先：会社 〇〇〇－〇〇〇－〇〇〇〇

携帯 〇〇〇－〇〇〇－〇〇〇〇

〇〇〇〇年〇月〇日

ドローン調査契約書

〇〇〇〇管理組合（以下「甲」という）と〇〇〇〇〇株式会社（以下「乙」という）は、調査診断業務に関わるドローンの利用（以下「本件利用」という。）について、下記に定める条項に基づいて契約を締結する。

記

第1条 乙は、本件利用について、航空法、国土交通省航空局の定めた「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」に則り、必要な国土交通大臣の許可又は承認を受けた者に無人航空機を飛行させる。

（撮影方法等）

第2条 乙は、本件利用の目的・撮影箇所、飛行ルートについて、事前に甲と協議し承認を得た上で撮影するものとする。また、居住者に対しても飛行日時・目的・飛行ルート等を、甲との協議で定めた方法により、事前に通知するものとする。

2 乙は、本件利用による映像・画像について、総務省の定めた「ドローンによる撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン」、個人情報保護法、その他の関係法令を順守し、プライバシー侵害と肖像権侵害の無いように努める。なお、甲又は乙は、プライバシーや肖像権に配慮し、本件利用による映像・画像に加工を施すことができる。

（本件利用の内容）

第3条 本件利用の内容は、以下の通りとする。

- 2 ドローンを利用した空撮映像・画像の撮影。
- 3 ドローンを利用した敷地内建物および専用使用共用部等の現況確認。
- 4 ドローンを利用した敷地内建物の検査・確認。
- 5 その他甲・乙との間で合意したドローンの利用。

（実施期間）

第4条 本件利用の実施期間は、甲乙協議の上決定する。

（実施場所）

第5条 本件利用の実施場所は、以下の通りとする。

〇〇〇〇〇〇〇管理組合が有する敷地及びその上空
本件調査対象建物及び共用施設

(損害賠償)

第6条 乙が本件利用により、甲の所有物並びに区分所有者、賃貸居住者等及びその所有物に損害を与えた場合、乙は、当該損害を被った者に対し損害を賠償するものとする。なお、乙が賠償する損害の範囲については、本件利用にかかるものに限るものとする。

2 乙は、本件利用の対人賠償・対物賠償として、1件当たり〇〇円の施設賠償責任保険（人格権侵害補償付：1事故〇〇円）に加入するものとする。

(甲の義務)

第7条 甲は、乙が本契約に基づき行う本件利用に関し、甲のマンションに居住するすべての居住者等への周知活動等に協力する。

(乙の責務)

第8条 乙は、本契約の定めに従い、かつ善良な管理者としての注意をする責務を負う。

2 不可抗力により、乙に帰責事由がないと認められる損害が発生した場合は、乙はその責を免れる。

(協議)

第9条 本契約書に定めのない事項、その他本契約書の条項に関して疑義を生じたときは、甲乙は誠意をもって協議の上、円満に解決を図るものとする。

以上

〇〇〇〇年〇月〇日

甲 住 所 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇
氏 名 〇〇マンション管理組合
理事長 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

乙 住 所 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇
会社名 〇〇リフォーム株式会社
氏 名 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇

2. 4 個人情報保護法への対応

2. 2で述べたように、「個人情報保護法上の「個人情報」とは、生きている個人に関する情報で、特定の個人であると分かるもの及び他の情報と紐づけることにより容易に特定の個人であると分かるもの（法第2条第1項）」とされており、ドローン映像で、カーテン等で部屋内が見えない状態であれば個人情報には当たらないと解釈できるが、総務省の「「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン（平成27年9月）」¹⁾において、参考として「個人情報保護法との関係について」

が書かれている。

これは、映像に居住者の容貌などが写り込み、画像を加工したとしても、加工前の映像を保存していれば、個人情報取扱事業者として安全管理措置を講じなければならないということになる。

【ドローンによる撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン P10】

◇個人情報保護法との関係について

ドローンによる撮影映像等は、①表札の氏名が判読可能な状態で写っていたり、個人の容貌につき個人識別性のある情報が含まれ場合、②これらの映像にこれらの映像にぼかしを入れるなどの加工をしても、加工前の映像も保存している場合には、当該情報は「個人情報」に該当し、それがデータベース化している場合には「個人情報データベース等」に該当する。

個人情報保護法第 17 条は「個人情報取扱事業者は、偽りその他不正の手段により個人情報を取得してはならない。」と規定している。「偽りその他不正の手段の例としては、不正の意図を持って隠し撮り行う場合」が考えられる。個人情報取扱事業者不正の意図を持って隠し撮りを行った場合には、その撮影は「偽りその他不正の手段」による個人情報の取得に当たり、個人情報保護法違反行為となるおそれがある。

また、撮影者が個人情報取扱事業である場合には個人情報に関する利用目的の特定（個人情報保護法第 15 条）、利用目的による制限（同法第 16 条）、取得際しての利用目的の通知等（同法第 18 条）についても対応が必要である。

さらに、ドローンによる撮影映像等に個人情報が含まれ、その個人情報がデータベース化されている場合、個人情報取扱事業者は安全管理措置（同法第 20 条）等を講じことが必要となるほか、個人情報取扱事業者が当該データを本人の同意なく公開した場合には、第三者提供の制限（同法 23 条）違反となる場合がある。

なお、同法の対象となる個人情報取扱事業者は、5000 人分を超える^{（注 1）}データベース等を事業活動に利用する者であり、一般私人が趣味で撮影するケース等は同法の対象とならない。

（注 1：2017 年の個人情報保護法改正で、1 件（1 人分）でも取扱事業者となる。

この個人情報の取扱については、取扱事業者としてプライバシーマーク（一般財団法人日本情報経済社会推進協会の評価制度）を取得しているか、又は中小規模事業者（従業員 100 人以下）として個人情報保護委員会の「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（通則編）」に基づいて行う義務を遵守することが必要である。

このガイドラインによる取扱事業者としてのポイントは、次のようになる。

① 個人情報を取得する際の義務

「個人情報取扱事業者は、個人情報を取得した場合は、あらかじめその利用目的を

公表している場合を除き、速やかに、その利用目的を、本人に通知し、又は公表しなければならない。」（個人情報保護法 18 条 1 項）

② 個人情報を利用する際の義務

「個人情報取扱事業者は、あらかじめ本人の同意を得ないで、前条の規定により特定された利用目的の達成に必要な範囲を超えて、個人情報を取り扱ってはならない。」（同法 16 条 1 項）

③ 個人情報を第三者に提供する際の義務

「個人情報取扱事業者は、次に掲げる場合を除くほか、あらかじめ本人の同意を得ないで、個人データを第三者に提供してはならない。」（同法 23 条 1 項柱書）

④ 個人情報の安全管理措置に関する義務

「個人情報取扱事業者は、その取り扱う個人データの漏えい、滅失又はき損の防止その他の個人データの安全管理のために必要かつ適切な措置を講じなければならない。」（同法 20 条）

この安全管理については、組織的（責任の所在の明確化、運用管理、漏洩時の対応等）、人的（従業員教育）、物理的（データの漏洩防止等）、技術的（不正アクセス防止等）の対応が求められる。

2. 5 インターネット上での取扱いの留意点

ここまでのプライバシー権、個人情報保護法で述べたように、撮影した調査映像の取扱いについては細心の注意が必要であり、自社のホームページにマンションの調査映像などを掲載するような場合でも、管理組合（理事会や理事長）の承諾だけではトラブルとなる可能性があるということである。前述の総務省の「ドローンによる撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン」¹⁾を参考に、インターネットに掲載しようとする場合には参考にされたい。

2. 6 プライバシー権侵害に関する保険

こうした対策を講じていたとしてもトラブルが発生した場合の対応として、人格権侵害（プライバシー権侵害）に関する補償付きのドローン賠償責任保険が保険会社から出されている。ドローン保険は機体、対人、対物が主であるが、一部の損保会社で人格権侵害に対する補償が付いているものがあるので、加入の際には一考されたい。

3. ドローンを用いた調査時の安全性確保

3. 1 ドローンの飛行における事故要因と対策

ドローンによる最優先事項は「安全確保」であり、「近隣住民」、「調査関係者」、「建築物」、「周辺の近隣インフラ」等に配慮する必要がある。外部空間における安全な建築物の調査を実施するためには、国土交通省における飛行許可条件の必要性の有無に関係なく、国土交通省への飛行申請及びその条件を満足することが前提条件として考えておく。

ドローンによる建築物の調査では、建築物の周辺を撮影するため様々なリスクを有していることを自覚することが大切である。殆どのドローンは姿勢制御アシストと GPS 測位アシストによる一定空路の飛行を行う事となる。その際検査建築物又は周囲の構造物に反射した GPS 測位データを取得し間違った測位データによって今までと異なった方向へ突然航路を変えて飛行する 경우가多々ある。また、衛星は常に上空の定位置にあるとは限らなく午前と午後とでも衛星を取得できる数は異なることも留意が必要である。その他、建築物周囲にはドローンの制御に大きく影響を及ぼす環境がある。また、高層ビルにおける調査では、ビル風等の突風にあおられ操縦が一時不能になる場合があるため、機体の耐風性能に気を付ける必要がある。

表 3-1 にドローンの主な事故要因と事故に対する対策を示す。

表 3-1 ドローンの事故要因と事故に対する対策

要因	想定事故・災害	被害	対策例	原因
コンパスエラー	・建物への接触 ・人に接触	・破損 ・人の怪我	・別の場所でのキャリブレーション	・地中に埋まった鉄骨の部分が磁場を発生させる等
ドローンの墜落・接触	・人に接触 ・建物に接触	・人の怪我・死亡 ・破損	・接触防止ガードを機体に取り付ける	・操縦ミス ・マルチパス ・機体のメンテナンス不足 ・バッテリー不足
ドローンが操縦不能	・作業員に接触 ・建物に接触	・関係者の怪我・死亡 ・破損	・リードを使用 ・プロペラガードを使用	・電波障害 ・フライトコントローラー調整ミス ・バランス調整ミス
離着陸場、操縦者等での接触	・パイロット操作中の転倒 ・作業員に接触	・骨折等・怪我	・ドローン関係者への安全対策 ・アシスト担当者の足元注意の喚起	・操縦ミス ・天候不良でのフライト ・足場の不整地
バッテリー破損	・発火による人体損傷	・火傷・火災	・バッテリーの管理	・高温になる場所での保管 ・バッテリーの落下

3. 2 ドローンの飛行における安全対策

「ドローンが墜落することを想定した安全対策」を講じることを基本とし、事前対策と事後対策を整える。本項では、(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」²⁾で提示する安全なドローン飛行を参考に説明する。

なお、(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)」²⁾では、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」と定義している。本項でも、その定義に従い説明することとする。

(1) 事前安全対策

①関係者の役割分担・指揮系統

業務を進行する上で役割分担及び責任の所在を明確にする(表3-2)。

表3-2 役割分担表例

氏名	責任	担当	役割内容	連絡先
〇〇 〇〇	ドローン飛行 管理責任者	調査者、サポート	建築物の調査及び飛行 監視(テレメトリー)	〇〇(〇〇〇 〇) 〇〇〇〇
△△ △△	—	パイロット	ドローン操縦	...
×× ××	—	サポート、サブパイロ ット	非常時リード牽引	...
●● ●●	—	監視	建築物との接触を監視	...
...	...	...	...	...

②関係者の安全装備

ドローン飛行管理責任者は、原則としてドローンを操縦することはないが、パイロットによるドローンの操作や飛行上のトラブルのほか、人員が被災することもある。ここで、現場でドローンを飛行させるものは表3-3に示す装備をする。

表3-3 現場でドローンを使用する場合の身の回りの装備

装備	ドローン飛行管理責任者	パイロット	その他(誘導員・監視員)
ヘルメット	○	○	○
手袋	○	○(※1)	○
安全靴	○	○(※2)	○
遮光眼鏡	△	△	△
ハンズフリー無線機	△	△	△
肩ベルト(プロポ吊り下 げ用)	—	△	—
反射チョッキ	□	□	□
その他	離着陸位置が高所となる場合は、安全帯の着用が 義務付けられる。		ホイッスル、誘導棒

○：必要、△：あると便利な道具、□：求められたら必要、—：不要

※1 飛行にタッチパネルを使用する場合はその限りではない。

※2 飛行中パイロットが移動する場合は、靴底に滑り止めの付いた機動性に富んだものを選ぶ。

③飛行禁止区域の明確化

飛行禁止区域は法的な禁止区域のほかに現場で事前に打ち合わせた禁止範囲も明示する。例えば、近隣のプライバシーの侵害や騒音、重要構造物等が該当する。建築物、仮設物、道路等インフラからの離隔、近隣家屋からの距離を数値化して明示する。

④作業区域の明示

図3-1及び図3-2に示すように調査計画時での飛行計画にドローン飛行関係者の位置を記載し、作業区域の明示をする。図3-1は誘導員（ガードマン）を配置しない場合を示している。図3-2は作業区域外に操縦者及び調査者の他、誘導員を配置し、全ての担当者が飛行中のドローンに注視している状況である。作業区域の周りに第三者の存在や、車両の通行が多い場合は誘導員などを配置し部外者が作業区域に近付かない様に注意喚起を行う。また、ドローン飛行管理責任者も作業区域外の状況も常に配慮し作業に影響が及ぼすと察した場合は、直ちに飛行を中止し作業区域と誘導員の誘導方法の見直し等の対策措置を行う。

リードを使用する場合、ドローンの後方より牽引することからその余長分および安全距離を計画段階で盛り込んでおく。建築物周囲で飛行中にリードが引っ掛かる様な障害物がある場合やリードが風の影響を受けドローンの操縦に影響を及ぼすと思われる場合は、必ずしもリードを使用しない方が安全の飛行を確保出来る場合もある。調査者と誘導員との連絡方法も事前に確立しておく必要がある。

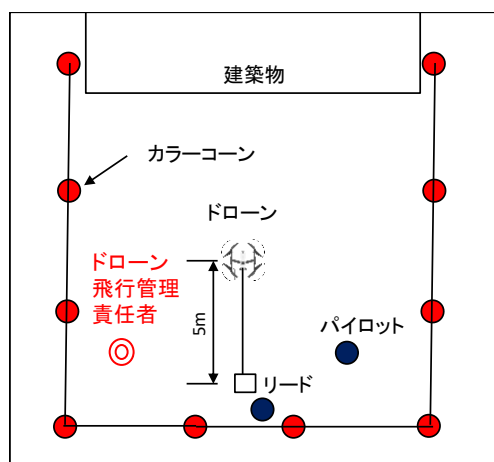


図3-1 作業区域の明示

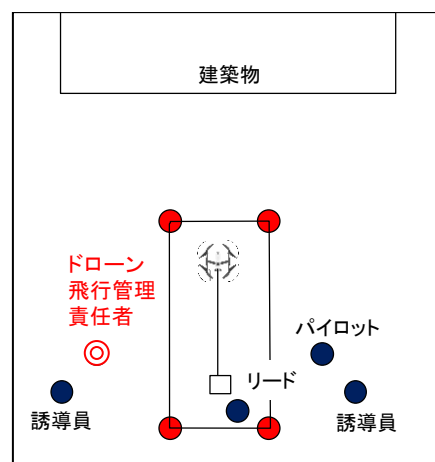


図3-2 作業区域の明示（誘導員配置）

作業区域を記載する際にその区画明示に使用する設備も記載する。以下に使用する設備例を記載する。

○カラーコーン

カラーコーンやコーンバー等を設置して作業区域（立ち入り禁止区域：写真3-1）を明確にする。

○「ドローン撮影中」の掲示

作業区域で何を行なっているかを周囲に明示する為に看板などの設置を行う。近隣に周知する為にも事前に設置できる場合は作業内容と作業日を入れて設置する（写真3-2）。

○誘導員の配置

作業区域の確保が難しく部外者の侵入が予想される場合や人通りや車などの出入りが頻繁であると予想される場合は誘導員を配置して安全の確保を行う。



写真3-1 立ち入り禁止例



写真3-2 工事看板例

⑤安全装備類（機体の墜落・接触防止装置）

機体のハード面に関わる安全装備類は、以下のものが例として挙げられる。

○プロペラガード・ケージ、機体ガード（写真3-3）

現場の作業員が日常的にヘルメットを被ることと同様に、ドローンが接触をすることを想定してプロペラガードなど物理的な接触防止を機体に取り付ける。ただし、ドローンに接触防止ガードを付けると風の抵抗を受けやすくなることや、機体の接触防止センサーを妨げるなどの可能性があり十分な注意が必要である。



写真3-3 ドローンにプロペラガードを取り付けた状況

○その他（リード、トラロープ、バリケード、パラシュート、バッテリーの冗長性）
リードの使用（写真３－４）

ドローンが想定外の場所に飛んでいくなどを防ぐために、ドローンリード（ロープ）で繋ぎとめて使用する。なお、ドローンを手動で操作する場合は、プロペラにリードが巻き込まないように十分注意する。またリードはそれ自体の重量およびドローンへのテンションが一定でないため風による抵抗を受けることから、ペイロードを考慮し接続するにようにする。またドローンの操縦時には、リードの接続によりドローンへのテンションが生じ、機体の安定性、操作性は低下することを念頭に置いて作業を行うことが必要となる。

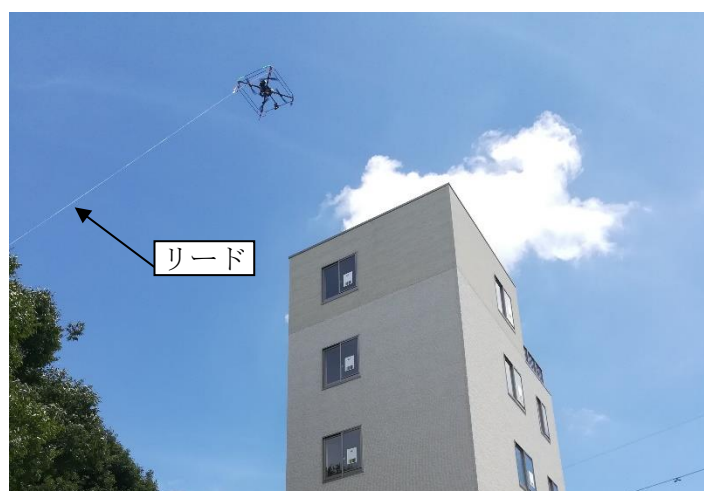


写真３－４ ドローンにリードを取り付けた状況

⑥安全システム（ソフト面）

安全対策に関わるソフトウェアに関する主な機能は以下の通りである。

- センサー類(障害物検知センサー):対象面によってセンサーが利かない場合もある。
- ジオフェンス等のフェールセーフ機能：機種によって機能が異なるので事前にその機能を理解する必要がある。
- バッテリーのインテリジェント機能：保管と発火、廃棄時の確認。これらの操作時には、設定数値を十分に確認する。

⑦緊急時の操作方法

建築現場においてリスクマネジメントの観点から、操作不能等何らかのアクシデントが生じた際のドローンの安全対策を問われる。特に近傍に鉄道や高速道路、国道等重要インフラが存在する場合は重要となる。

（２）事後対策：緊急時連絡体制

緊急時の連絡体制は自社および現場責任者、関係会社、その他メーカーや最寄りの病院などを記載する。即時に判断できるように体系図として著す。飛行関係者は携帯し、すぐに見ることができるようにする。

4. ドローンを用いた調査の効率の検証

4. 1 リードタイム

ドローンの活用で特に期待されていることは、効率化・省力化点検である。これはドローンを活用した建築物の調査により時間の短縮化を図ることが可能となる。ここで重要な指標としては、リードタイムである。このリードタイムとは、ドローンを建築物調査に使用するにあたっての予備調査、本調査、そして取得したデータの分析に要した総時間を意味する。

図4-1に示すように、ドローンは目視外あるいは手の届かない範囲において、既存調査で通常必要とされる時間を短縮化できると期待されている。

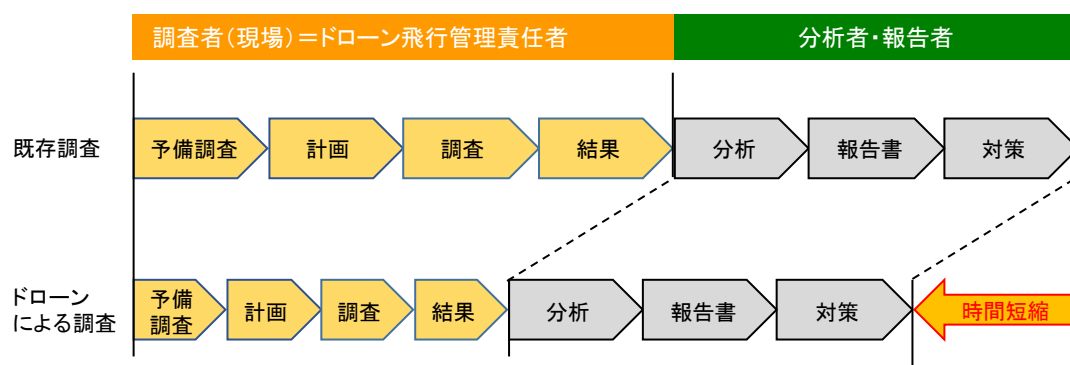


図4-1 リードタイムで見たドローンの活用による建築物の調査の効率化

具体的にリードタイムについては、ドローンの活用の工程として、①飛行前の準備、②ドローン飛行、③取得したデータの解析の3段階におおまかに分けられ、この①～③までのリードタイムを考慮して省力化を図る必要がある。しかし、現状では②は省力化できているが、①と③は時間を要する結果となっている。例えば、①飛行前の準備については対象建築物の調査が可能かの技術的判断、そして居住者等への飛行許可を得るまでの判断に時間を要する。また③取得したデータの解析については、画像の重ね合わせや不具合抽出に関わる画像分析など専門的な技術を要し、結果を得るまでに時間を要する。これより、ドローンを使う上で効率化を考える場合は、現場での飛行前後の時間を考慮に入れることが重要となる。

4. 2 建築物調査の効率化の事例

4. 2. 1 調査時間とコストの検討

既存の建物点検に対する優位性を示す判断基準として、点検から分析に至るコストと時間、そして地上と同じ条件で点検できる水準かどうかが挙げられる。これより、建築研究所内に設置された6階建て実験木造住宅を利用し、写真4-1に示す既存点検（①高所作業車を利用した点検、②地上に三脚を立ててカメラで撮影する点検）と③ドローンによる点検による実験により、上記の各項目の評価を行った。



①高所作業（目視点検）



②地上撮影点検（カメラ撮影）



③ドローン撮影点検（カメラ撮影）

写真４－１ 実験条件

表４－１ 既存点検とドローンによる点検の比較

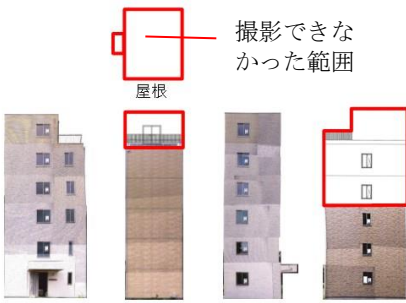
条件	既存点検		③ドローン撮影点検
	①高所作業点検	②地上撮影点検	
人数	4名	2名	3名
時間	9～13時	11～14時	11～14時
点検時間	2時間	1時間	0.5時間
準備時間	1時間	0.5時間	1時間
機材	高所作業車1台 (自走式19m級)	カメラ (解像度1,800万画素)	ドローン, カメラ (解像度2,430万画素)
制限事項	なし	最大仰角45度	GPSの受信, 風, 接触

各点検において調査人数及び時間・機材・制限事項について比較した結果を表４－１に示す。地上点検は調査人数が２名と最も少なく、調査時間も短い。しかし、最大仰角（見え方）の制限がある。

この見え方の影響について、②地上による撮影と③ドローンによる撮影を比較した結果を表４－２に示す。地上からの可視カメラによる撮影では屋根面の撮影は当然できない。また地上の撮影場所の範囲が狭く撮影対象物までの十分な距離が確保できない場合、仰角の影響により建物上部の外壁撮影も難しくなる。一方、ドローンであれば対象物との安全な飛行距離を確保できれば地上で目視点検する場合と同程度に撮影が可能となる。さらに表２中の窓枠の見え方の写真が示すように、②地上による撮影では階数が高くなるほど窓枠の歪みが大きくなるが、③ドローンによる撮影では、対象物の画像サイズや画質を一定に保つことができるため、現場及び撮影後の画像の分析がし易くなる。これはシーリング目地のように幅の小さい対象物については、高所での視認性は圧倒的に悪くなるため、ドローンによる点検の優位性が高くなると考えられる。

高所における点検において、①高所作業車を利用した点検と③ドローンによる点検におけるコストと時間を比較した場合の結果を図４－２に示す。ドローン撮影による点検費用は高所作業点検より低価格で実施することができた。一方で、ドローンで写真撮影後の画像処理のコストと時間については、反対に増加することになり、特に分析作業に多くの時間を要する。この結果は、ドローンによる点検では現場で対応することが効率的であり、また撮影後の画像処理については撮影画像の前処理を簡便化し、自動化処理などの技術を取り入

表 4-2 ドローンによる建築物の視認性

比較項目	②地上から撮影				③ドローンによる撮影			
撮影範囲(※)	 屋根 撮影できなかった範囲 南面 東面 西面 北面				 屋根 南面 東面 西面 北面			
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(Canon)				カメラ:α 6000(Sony)			

※歪んだ画像は専用の画像ソフトで調整(オルソ変換)

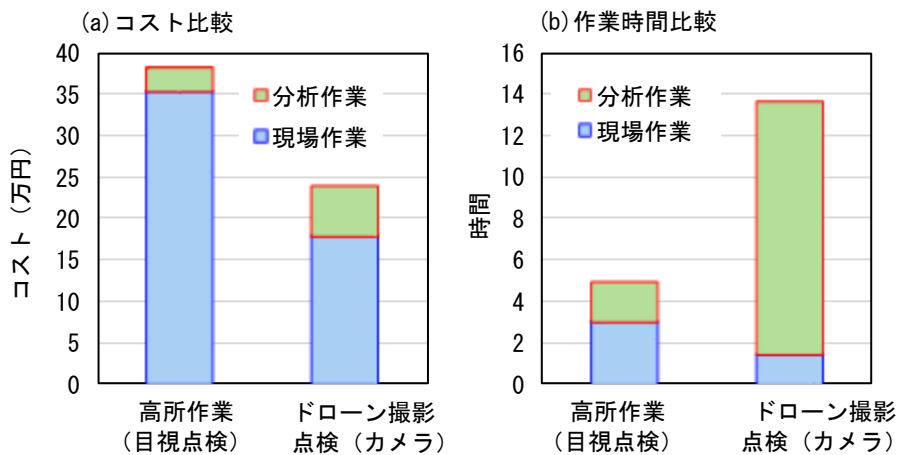


図 4-2 高所作業とドローン撮影点検におけるコストと時間の比較

れる必要があることを示唆している。

4. 2. 2 カメラの高解像度化による調査の効率化

建物点検に適用できる重要な判断基準は、要求条件に応じた点検精度である。しかし、一般的に調査精度を高くすると、効率性は低下する傾向にある。調査精度を一定に確保しつつ、効率性も向上させる一つの手段として、カメラの高解像度化にある。これより、汎用的に使

用されている 2000 万画素のカメラと、解像度の上限値である 1 億画素のカメラを用いて、建物及び建築材料の劣化を対象としたドローンによる撮影実験を行った。本研究で用いたカメラとドローンの仕様を表 4－3 に示す。表 4－4 に示すように、1 億画素カメラは 2000 万画素カメラと比較した場合、理論上の分解能である 1mm/px を満足する撮影距離は 2 倍以上となり、1 枚の撮影面積は 4.7 倍大きいメリットがある。

次に外壁にクラックスケールを貼り付け、ドローンの飛行により撮影した場合の両カメラの視認性の結果を写真 4－2 に示す。撮影距離 5m において 2000 万画素は 1.5mm 幅を目視することは難しい。1 億画素ではクラックスケールの元画像よりは幅の端部が不鮮明になるが、幅 0.25 mm 程度までは目視確認が可能である。さらに撮影距離 5、10、15m の 3 条件について、クラックスケール画像を 2 値化処理し、最も厳しい条件下での視認性の比較をした。その結果、1 億画素では撮影距離 5m では 0.2～0.7 mm、距離 10m では 0.55～1.45 mm、距離 15m では 1.5 mm 以上で、クラックスケールの基準幅を特定できると判断された。

表 4－3 使用したカメラとドローンの仕様

分類	1億画素カメラ	2000万画素カメラ
カメラ・レンズ	Phase One iXU1000 ・画素数:11608 x 8708 (1.01億画素) ・センササイズ:53.4 x 40mm ・レンズ:Schneider Kreuznach 55mm F2.8、又は150mm F3.5 LS-FSレンズ	DJI Zenmuse X5S ・画素数:5280 x 3956 (2088万画素) ・センササイズ:17.3 x 13mm ・レンズ:オリンパス OLYMPUS M.ZUIKO DIGITAL 17mm F1.8
ドローン	DJI M600 Pro	DJI Inspire 2

表 4－4 分解能1mm/pxを満足する撮影距離と範囲の比較

性能	1億画素カメラ	2000万画素カメラ
距離	32.6m	13.7m
撮影範囲	縦8.7m×横11.6m	縦5.3m×横4.0m
視野角	15.2°	16.4°



クラックスケールをスキャナーで読み込んだ元画像



1億画素カメラの場合（撮影距離5mの場合）



2000万画素の場合（撮影距離5mの場合）

写真 4－2 撮影した画像の視認性の検討

これより、ドローンによる調査精度（撮影精度）を確保する上で、予備調査の前に要求される条件に基づいて必要とされるカメラの最小と考えられる解像度を選定し、省力化を目指したい場合は高解像度のカメラを採用し、コストを重要視する場合は必要とされる最小解像度を選定するなど適材適所の考え方を取り入れることも必要となる。

4. 2. 3 ドローンの自律飛行による調査の効率化

ドローンを活用して調査の効率性を向上させる方法として、ドローン飛行の自動化が挙げられる。そこで本項ではドローンの自動飛行に係わる内容について説明する。

(1) ドローンの自動飛行による自己位置推定技術

ドローンの特徴として挙げられる自律制御を行うためには、ドローン自身がどこにいるのかを把握する「自己位置推定」が必須となる。これを実行している技術がドローンに搭載されている GNSS による自己位置推定技術である。GNSS はアメリカ合衆国によって運営される GPS 衛星やロシア、日本の衛星などの総称である。一方で、建築現場では高層ビル、屋上に設置された無線基地局、金属板等、ドローンが使用している電波やセンサー類に悪影響をきたす設備、資材が多く存在する。このため自己位置推定ができていた場合でも精度が著しく劣化している状態や、方位が不安定な状態に陥る場合があるため、飛行前に必ず状況の確認を行う必要がある。このような背景から、GPS 以外のドローンの自律制御技術も開発され始めている（表 4－5）。

表 4－5 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

(2) 屋根による自動点検技術

屋根については、一般的に周りに GPS の捕捉する上で遮るものが少ないため、GPS 環境下で自動飛行が行える場合が多い。例えば、写真 4－3 に示すように、調査対象となる屋根面に対して、事前にドローンの飛行ルートを設定することで、ドローンは自動で飛行し、搭載されたカメラにて撮影することで省力化を図ることが可能となる。

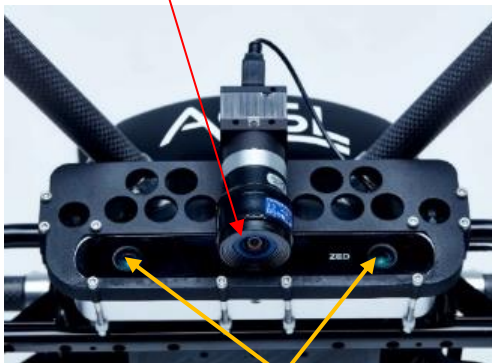


写真 4－3 自動飛行による屋根の確認・点検

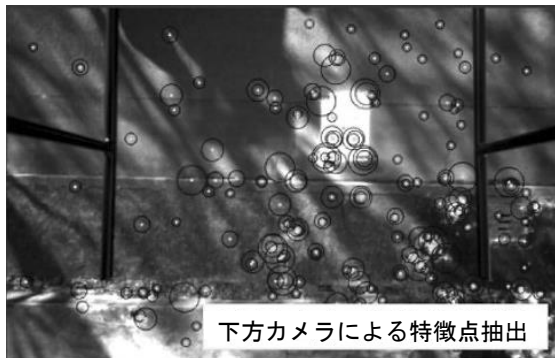
(3) 外壁による自動点検技術

建築物の外壁については、前述の通り GPS の捕捉が難しいケースが多い。この場合には GPS に依存しない非 GPS の制御機構が必要となる。その一例として、可視カメラで撮影された映像から 3 次元情報とカメラの位置姿勢を同時に推定する Visual SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) の技術を説明する。写真 4－4 左に示すように前面に設置された距離制御用ステレオカメラ (2 眼カメラ) にて対象物の距離を演算している。また、写真 4－4 右に示すように下向きの SLAM 単眼カメラにて自己位置及び方角推定を行っている。これより、画像の一つ一つのピクセルが持つ色や明暗の情報を処理し、画像内の特徴点をリアルタイムで抽出することで、ドローンの位置を認識している。

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)



下方カメラによる特徴点抽出

写真 4－4 本研究で使した Visual SLAM 型ドローン

4. 3 最後に

ドローンによる調査の効率性は、準備・現場測定・分析までの一連の流れを含んだリードタイムを考慮し、ドローンによる自動点検技術を活用することで向上させることが可能である。またドローンによる調査手順としては、障害物がなく GPS が捕捉しやすい上空からの撮影により、俯瞰的に調査する方法を選択することが安全かつ効率的である。

5. 調査結果の報告に関する手法

調査結果の報告については、日本建築ドローン協会がまとめた「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）」が参考になる。調査結果の報告にあたっては、依頼者と協議の上、必要な書類を作成する。調査結果の報告書類の例を表5-1に示す²⁾。

調査建築物の変状・劣化の報告はチェックシート方式（表5-2）、撮影写真と所見（図5-1）、不具合箇所の記録等の資料等（図5-2）等により適宜実施する。また、日本建築ドローン協会では、同マニュアル²⁾において「ドローンに関わる事故等の報告書」の様式を作成し、提示している（図5-3）。

表5-1 調査結果の報告書類の例²⁾を改変

書類	関係書類	様式
報告書（結果）	調査報告書	（各自様式）
	添付資料：確認用チェックシート	表5-2に例示
	添付資料：調査結果図	図5-1に例示 図5-2に例示
その他	ドローン等事故報告書	様式4 ²⁾

表5-2 確認用チェックシートの例（鉄筋コンクリート造の構造耐力上主要な部分）²⁾より抜粋

確認部位・手段	変状の有無				確認		
	外壁	番号	屋上	番号			
鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造							
・柱、はり等の主要構造部コンクリートに著しいき裂がないか。〔壁、柱、屋根版、はり〕	無	有		無	有		不可
・鉄筋のさび汁が出ていないか。〔壁、柱、床版、屋根版、はり〕	無	有		無	有		不可
・建築物の傾斜又は変形がないか。〔壁、柱、屋根版、はり〕	無	有					不可
・鉄筋コンクリート造等のコンクリート部分に白華、さび、き裂、はく落、欠損等は見られないか。〔壁、柱、屋根版、はり〕	無	有					不可
・柱、はりに変形がないか。〔柱はり〕	無	有		無	有		不可

部位	番号	項目等	結果
	1	外壁北面（3階）	■変状有 □その他
	変状・劣化の内容、その他気づいた点		
	鉄筋の爆裂が一部で見られる。		

図 5 - 1 調査時の写真を用いた報告の例²⁾を改変

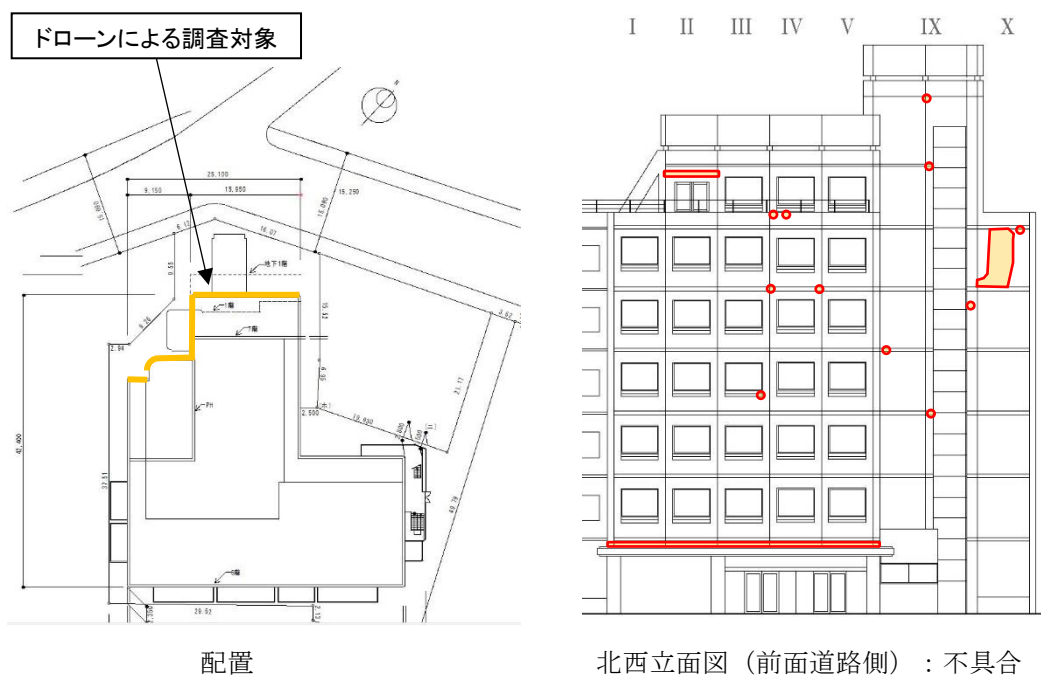


図 5 - 2 配置図および不具合箇所²⁾

ドローンに係わる事故等の報告書

飛行させた者		発生日時	年 月 日
JADA受講者		JADA建築ドローン安全教育講習 修了証番号	
発生場所			
ドローンの 名称等			
事故の概要	● 概要 ● 死傷者の情報 ● 機体(種類・特徴) ● 航空法上の許可・承認の要否 ● 許可・承認の有無 ● 物件の損壊状況 ● 墜落原因 ● パイロットの総飛行時間		
その他参考となる 事項	報告者の氏名:		

報告・連絡先: 日本建築ドローン協会 ●●より
<http://iada2017.org/>

図 5-3 ドローンに関わる事故等の報告書²⁾

6. 建築物調査時における居住者の居住性の検証

6. 1 ドローン飛行時の発生音調査

ドローンを使用した建築物調査は、居住者から近距離で飛行することから騒音問題となる可能性がある。ドローン本体の大きさや建築物のまでの距離により聞こえる音が異なることから測定を行う。騒音レベルを把握することで事前にマンション管理組合や居住者への注意事項の配布等に活用することができドローン飛行時の問い合わせ等の対応を軽減することが可能である。

実建物を使用し、受音対象住戸におけるドローンの飛行時の騒音レベルを把握する。

6. 1. 1 対象住棟及び住戸

実建物の概要は下記のとおりである。

所在地：東京都郊外

建設：鉄筋コンクリート造（築47年）

建具：アルミサッシ 単板ガラス

対象住戸：5階

6. 1. 2 測定方法

測定方法はJIS-Z-8731「環境騒音の表示・測定方法」に準拠して測定を行った。

ドローン飛行時の発生音を受音対象住戸である5階リビング（以下、室内）及びバルコニー（以下、室外）に騒音計を設置してデータレコーダに記録する。

（1）測定機材

表6-1-1 測定機材

項目	メーカー	型式
騒音計	RION	NL-62
データレコーダ	RION	DA-21



図6-1-1 騒音計

（2）使用ドローン

ドローンはマンション等の建築物調査で使用する可能性があるサイズとして「①産業用ドローン」「②汎用ドローン」「③小型ドローン」の3機種とした。

表 6-1-2 使用ドローン

機 種	諸 元	
① 産業用ドローン 	名 称	MATRICE200
	メーカー	DJI
	重 量	約 3800 g
	飛行時間	約 35 分
	特徴	業務に使用するための機能や耐久性を備える。
② 汎用ドローン 	名称	Phantom 4 PRO
	メーカー	DJI
	重 量	約 1400 g
	飛行時間	約 30 分
	特徴	最も普及しているドローンのひとつである。
③ 小型ドローン 	名称	MavicPro
	メーカー	DJI
	重 量	約 750 g
	飛行時間	約 2 分
	特徴	プロペラが折畳めて持ち運びが容易である。

(3) 測定位置

ドローンから対象住戸（バルコニー手すり）まで水平方向（離れ）で、5m、10m、15m の 3 ポイントとする。垂直方向は対象住戸である 5 階を中心とし上下 2 階分とし 3 階から 7 階までの 5 ポイントとした。図 6-1-2 ドローン配置図のとおり合計 15 ポイントにドローンをホバリングさせて発生音の測定を行う。

騒音計は図 6-1-3 のとおり、騒音計①（室の中央に高さ 1.2m で設置）、騒音計②（バルコニーに高さ 1.2m で設置）の 2 点に設置した。

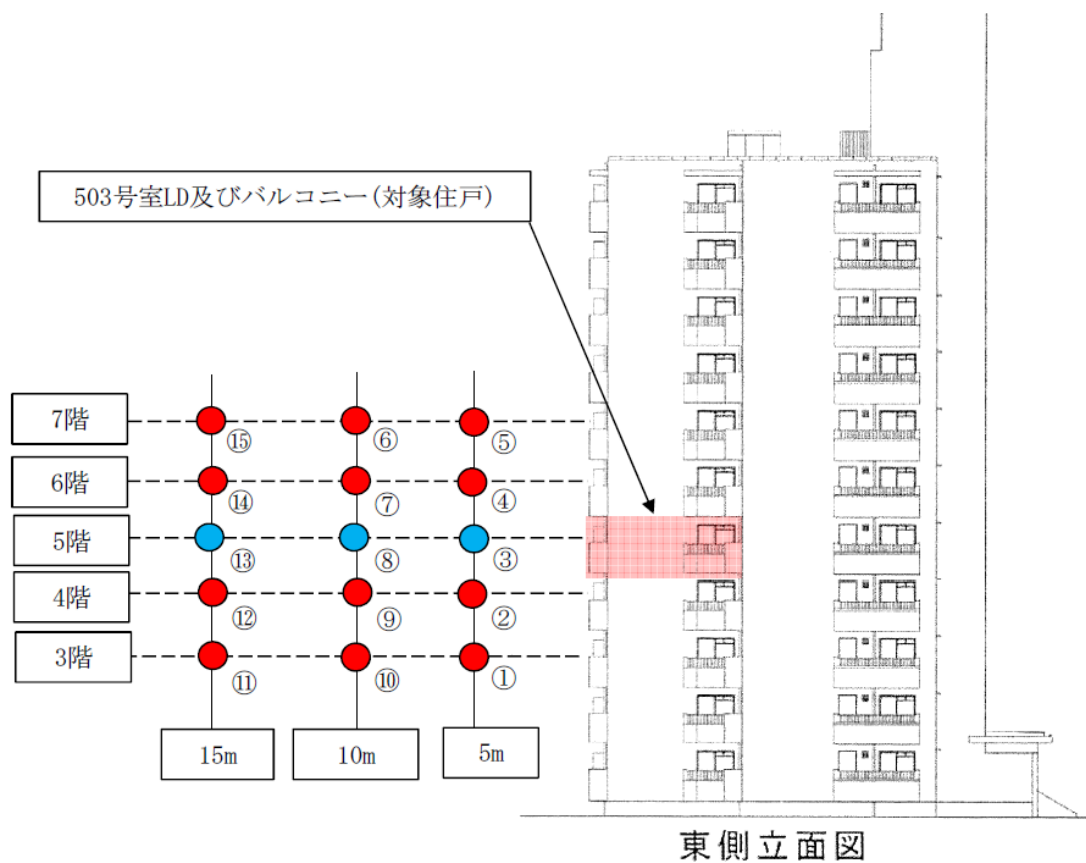


図6-1-2 ドローン配置図

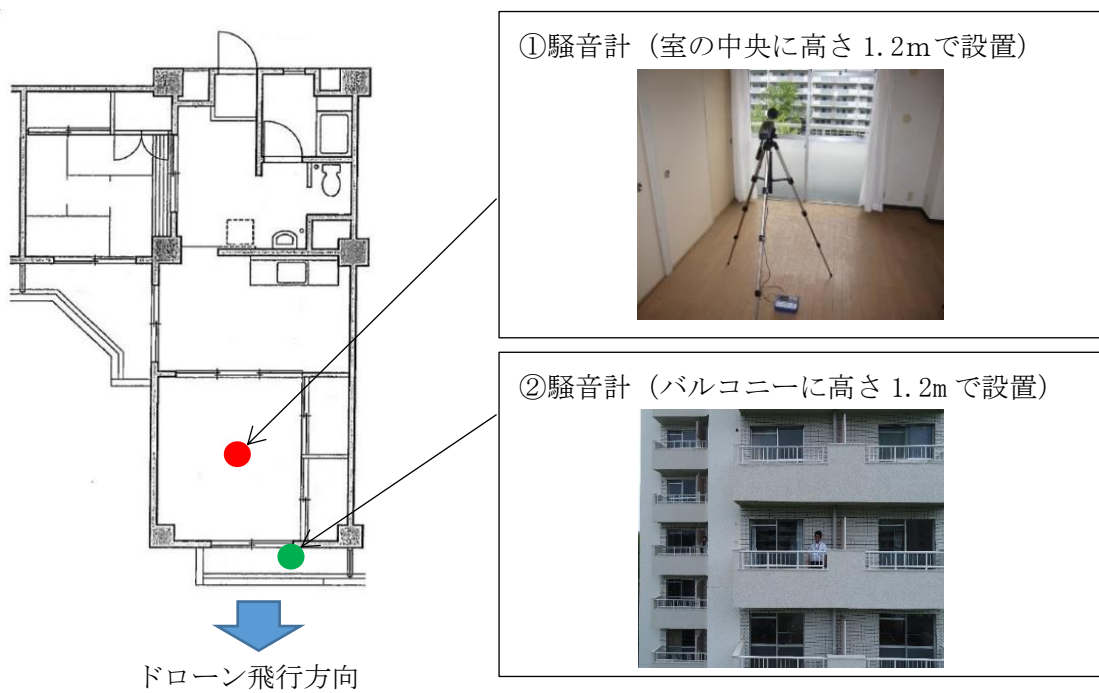


図6-1-3 測定位置図

6. 1. 3 測定結果

対象住戸におけるドローン機種別及び距離の違いによる飛行時の騒音レベルは下記のとおりである。赤丸は室外・室内の最大値を示す。

表 6-1-3 産業用ドローンの騒音レベル

対象住戸からの距離 (垂直方向)	対象住戸からの距離（水平方向）						暗騒音	
	5m		10m		15m			
	室外	室内	室外	室内	室外	室内	室外	室内
7階	72.8	50.3	68.2	47.6	66.3	45.1	56.8	34.4
6階	71.4	49.4	66.5	46.1	63.8	42.6		
5階 (対象住戸)	67.1	45.7	64.3	43.5	65.1	44.3		
4階	69.8	48.1	67.1	45.8	65.0	43.9		
3階	72.8	51.8	68.7	48.7	65.0	43.7		

表 6-1-4 汎用ドローンの騒音レベル

	対象住戸からの距離（水平方向）						暗騒音	
対象住戸からの距離 （垂直方向）	5m		10m		15m			
	室外	室内	室外	室内	室外	室内	室外	室内
7階	67.0	45.2	61.8	40.4	61.4	39.6	56.8	34.4
6階	65.8	43.3	61.3	39.6	61.1	38.9		
5階 （対象住戸）	63.8	42.5	63.4	41.1	59.9	38.8		
4階	63.4	41.8	63.1	40.4	59.4	37.3		
3階	65.2	42.9	62.6	40.8	59.0	37.3		

表 6-1-5 小型ドローンの騒音レベル

	対象住戸からの距離（水平方向）						暗騒音	
対象住戸からの距離 （垂直方向）	5m		10m		15m		室外	室内
	室外	室内	室外	室内	室外	室内		
7階	60.9	39.4	58.9	36.0	56.8	35.2	56.8	34.4
6階	60.4	38.8	57.9	35.8	59.1	36.7		
5階 （対象住戸）	58.8	37.1	59.5	36.8	60.5	37.5		
4階	58.1	36.6	59.7	36.9	58.8	35.5		
3階	60.3	38.9	59.5	37.1	58.3	35.6		

6. 1. 4 測定結果一覧

ドローン機種別及び距離の違いによる飛行時の騒音レベルの評価は下記のとおりである。

表 6－1－6 産業用ドローンの騒音レベル一覧

建物からの距離		5m		10m		15m	
室外最大値	階数	72.8dB	3・7 階	68.7 dB	3 階	66.3 dB	6 階階
室外最小値	階数	67.1 dB	5 階	64.3 dB	5 階	63.8 dB	7 階
暗騒音		56.8 dB		56.8 dB		56.8 dB	
室内最大値	階数	51.8 dB	3 階	48.7 dB	3 階	45.1 dB	7 階
室内最小値	階数	45.7 dB	5 階	43.5 dB	5 階	42.6 dB	6 階
暗騒音		34.4 dB		34.4 dB		34.4 dB	
室内騒音評価		適用等級外		3 級（5 階のみ）		3 級	
飛行時の騒音 レベルの目安	外	騒々しい事務所		騒々しい事務所		静かな乗用車	
	内	静かな事務所 ・図書館		図書館		図書館	

表 6－1－7 汎用ドローンの騒音レベル一覧

建物からの距離		5m		10m		15m	
室外最大値	階数	67.0 dB	7 階	63.4 dB	5 階	61.4 dB	7 階
室外最小値	階数	63.4 dB	4 階	61.3 dB	6 階	59.0 dB	3 階
暗騒音		56.8 dB		56.8 dB		56.8 dB	
室内最大値	階数	45.2 dB	7 階	41.1 dB	5 階	39.6 dB	7 階
室内最小値	階数	41.8 dB	4 階	39.6 dB	6 階	37.3 dB	4・3 階
暗騒音		34.4 dB		34.4 dB		34.4 dB	
室内騒音評価		3 級		2 級		2 級	
飛行時の騒音 レベルの目安	外	静かな乗用車		静かな乗用車		静かな乗用車	
	内	図書館		図書館		郊外の深夜	

表 6－1－8 小型ドローンの騒音レベル一覧

建物からの距離		5m		10m		15m	
室外最大値	階数	60.9 dB	7 階	59.7 dB	4 階	60.5 dB	5 階
室外最小値	階数	58.1 dB	4 階	57.9 dB	6 階	56.8 dB	7 階
暗騒音		56.8 dB		56.8 dB		56.8 dB	
室内最大値	階数	39.4 dB	7 階	37.1 dB	3 階	37.5 dB	5 階
室内最小値	階数	36.6 dB	4 階	35.8 dB	6 階	35.2 dB	7 階
暗騒音		34.4 dB		34.4 dB		34.4 dB	
室内騒音評価		2 級		2 級		2 級	
飛行時の騒音 レベルの目安	外	静かな乗用車		静かな乗用車		静かな乗用車	
	内	郊外の深夜		郊外の深夜		郊外の深夜	

ドローン飛行時の発生音は、対象住戸（5階）の正面では低減し、その上下階のほうが大きくなる傾向にある。理由としてはプロペラの風切り音が上下方向に広がるためである。

室内への騒音の大きさは集合住宅の室内騒音に関する適用等級では「①産業用ドローン」では「3級」程度、「②汎用ドローン」「③小型ドローン」では「2級」程度である。

表 6-1-9 室内騒音に関する適用等級 3) 建築物の遮音性能基準

建築物	室用途	騒音レベル (dBA)			騒音等級		
		1級	2級	3級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
ホテル	客室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
事務所	オープン事務所	40	45	50	N-40	N-45	N-50
	会議・応接室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
学校	普通教室	35	40	45	N-35	N-40	N-45
病院	病室（個室）	35	40	45	N-35	N-40	N-45
コンサートホール・オペラハウス		25	30	-	N-25	N-30	-
劇場・多目的ホール		30	35	-	N-30	N-35	-
録音スタジオ		20	25	-	N-20	N-25	-

表 6-1-10 適用等級の意味 3) 建築物の遮音性能基準

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1級	遮音性能上すぐれている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

表 6-1-11 騒音レベルの目安

騒音レベル	騒音の大きさの例
120	飛行機のエンジン近く
110	自動車の警笛（前方2m）、リベット打ち
100	電車が通るときのガード下
90	大声による独唱、騒々しい工場の中
80	地下鉄の車内
70	電話のベル、騒々しい事務所の中、騒々しい街頭
60	静かな乗用車、普通の会話
50	静かな事務所
40	市内の深夜、図書館、静かな住宅地の昼
30	郊外の深夜、ささやき声
20	木の葉のふれあう音、置時計の秒針の音（前方1m）

表 6－1－12 JIS-Z-8731「環境騒音の表示・測定方法」暗騒音補正の考え方

＜暗騒音の影響に対する指示値の補正＞

対象の音があるときとないときの騒音計の指示の差が10 (dB) 以上であるときは、暗騒音の影響はほぼ無視できる。上記の差が10 (dB) 未満のときは表によって指示値を補正するとにより、対象の音が単独にあるときのレベルを推定することができる。

単位：dB (A)

対象の音があるときと ないときの指示差	4	5	6	7	8	9
補正量	-2		-1			

6. 1. 5 草刈機等運転時の発生音調査

マンション等の居住者がいる建築物の場合はドローン以外の騒音になり得るものとして草刈機等運転時の発生音が考えられる。このことから、草刈機及び落ち葉を集めるブロー運転時の発生音調査を実施し、ドローン飛行時の発生音と比較する。

6. 1. 6 調査方法

草刈機等運転時の発生音を把握するために騒音計による測定を行う。

(1) 測定機材

リオン(株)の普通騒音計 NL-42 とした。

(2) 測定位置

運転している各草刈機等から 5m、10m、15m 離れた位置において騒音計の測定値の読み取りを行った。

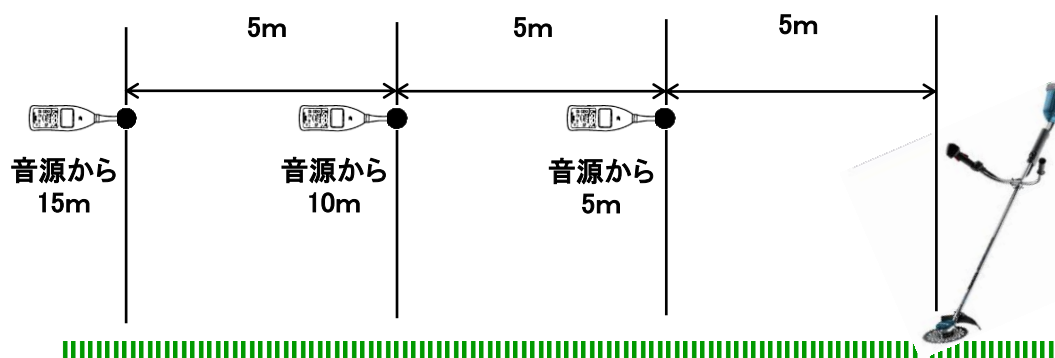


図 6－1－4 測定位置

6. 1. 7 測定結果

草刈機等運転時の発生音及びドローン飛行時の発生音（5階の屋外距離5～15m）の測定結果は表6-1-13のとおりである。

表6-1-13 測定結果

NO	製品名	騒音測定値 (dB)					距離
		50	60	70	80	90	
1	充電式草刈機						5m 10m 15m
2	エンジン式草刈機 (低速運転時)						5m 10m 15m
3	エンジン式草刈機 (中～高速運転時)						5m 10m 15m
4	エンジン式ブロア						5m 10m 15m
5	産業用ドローン						5m 10m 15m
6	汎用ドローン						5m 10m 15m
7	小型ドローン						5m 10m 15m
騒音測定値		50	60	70	80	90	距離

6. 1. 8 まとめ

草刈機等運転時の発生音（NO.1・2）はドローン飛行時の発生音と比較しても大きく違いは見られない結果であった。このことから、草刈機等の種類やドローンの機種による飛行位置にもよるが、マンション管理組合や居住者から騒音レベルを聞かれた際の参考資料とされたい。

6. 2 視覚影響調査

ドローンを使用した建築物調査ではドローンに高性能カメラを搭載して撮影を行っている。撮影方法によっては、調査対象外の住戸内まで映してしまうことも十分に考えられるので、マンション管理組合や居住者へ説明が不可欠である。場合によってはどの程度の鮮明さなのか問われることも予想される。また、居住者からはどの程度ドローンが認識できるかによって不快に感じる恐れがあることから視覚影響調査を実施する。

実建物を使用し、「室内からのドローンの見え方調査」及び「ドローンからの室内見え方調査」を実施する。

6. 2. 1 対象住棟及び住戸

実建物の概要は下記のとおりである。

所在地：東京都郊外

建設：鉄筋コンクリート造（築 47 年）

建具：アルミサッシ 単板ガラス

対象住戸：5 階

6. 2. 2 調査方法

（1）室内からのドローンの見え方調査

室内にビデオカメラを設置し、ドローンが住戸に近づいた際、室内からドローン（3 機種）がどのように見えるかを確認する。

なお、測定水準は、以下のとおりとする。

①対象住戸から水平方向（離れ）で、5m、10m、15mとする。

②レースカーテンの開いている状態及び閉まっている状態

（2）ドローンからの室内見え方調査

汎用ドローン（1 機種）を使用して住戸付近を撮影した際、ドローンから室内がどのように見えるかを確認する。（バルコニー及び室内に目標となる人員を配置）

なお、測定水準は、以下のとおりとする。

①対象住戸から水平方向（離れ）で、5m、10m、15mとする。

②レースカーテンの開いている状態及び閉まっている状態

③窓の開いている状態及び閉まっている状態

（3）使用ドローン

「室内からのドローンの見え方調査」に使用するドローンはマンション等の建築物調査で使用する可能性があるサイズとして「①産業用ドローン」「②汎用ドローン」「③小型ドロー

ン」の3機種とした。

表 6-2-1 使用ドローン

機 種	諸 元	
① 産業用ドローン 	名 称	MATRICE200
	メーカー	DJI
	重 量	約 3800 g
	飛行時間	約 35 分
	特徴	業務に使用するための機能や耐久性を備える。
② 汎用ドローン 	名称	Phantom 4 PRO
	メーカー	DJI
	重 量	約 1400 g
	飛行時間	約 30 分
	特徴	最も普及しているドローンのひとつである。
③ 小型ドローン 	名称	MavicPro
	メーカー	DJI
	重 量	約 750 g
	飛行時間	約 25 分
	特徴	プロペラが折畳めて持ち運びが容易である。

(4) 調査位置

「室内からのドローンの見え方調査」のドローンから対象住戸（バルコニー手すり）まで水平方向（離れ）は図 6-2-2 のとおり、5m、10m、15mの3ポイントとする。

「ドローンからの室内見え方調査」の視認用人員は図 6-2-3 のとおり、バルコニー内、窓から 1.2m及び 2.4mに配員して行った。

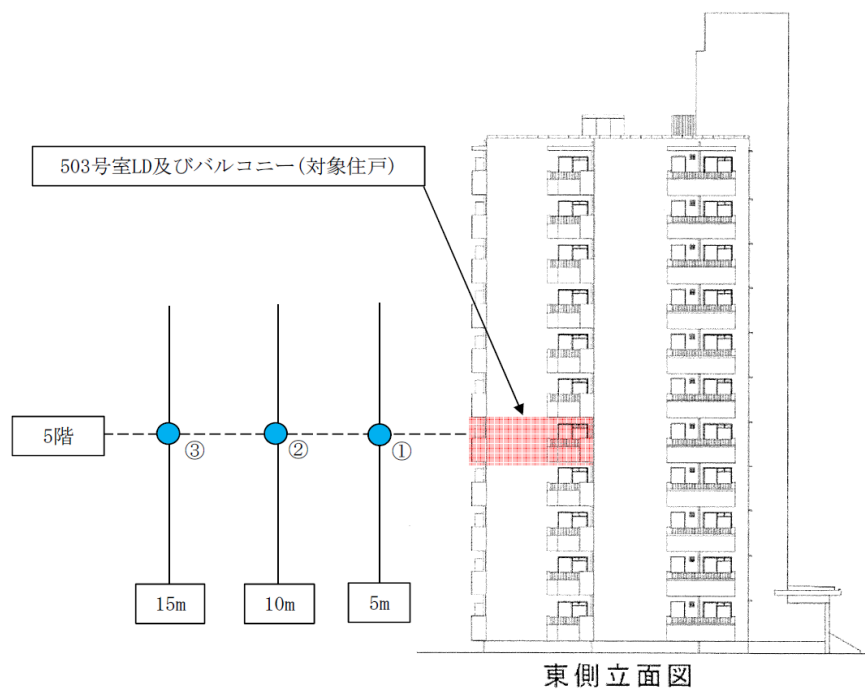


図6-2-2 ドローン配置図

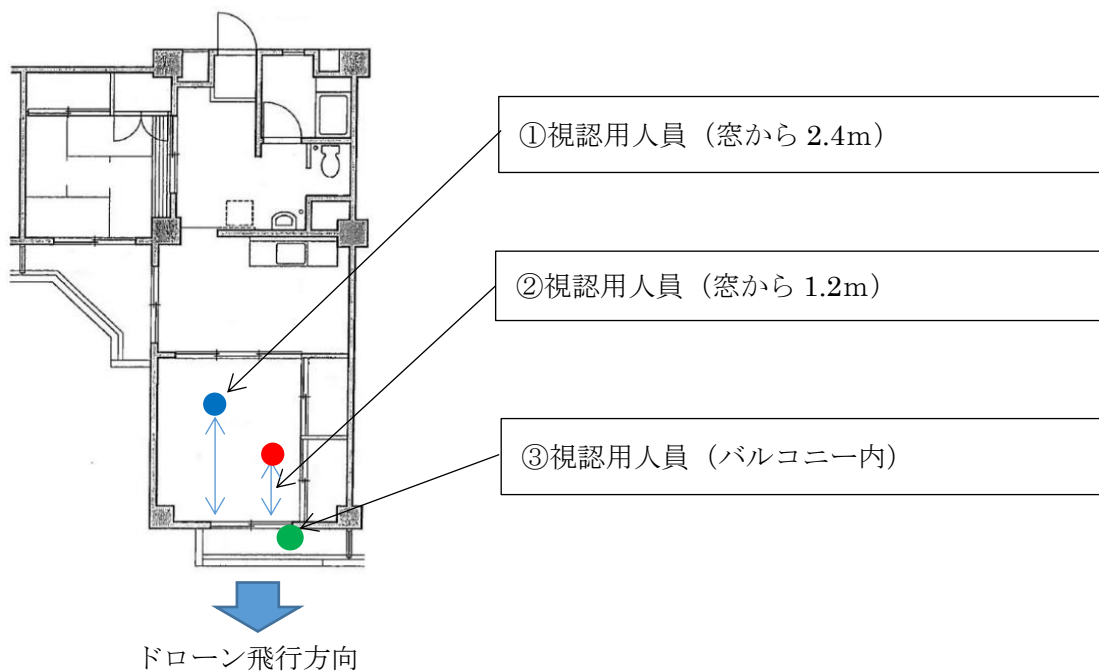


図6-2-3 調査位置図

6. 2. 3 室内からのドローンの見え方調査結果

対象住戸におけるドローン機種別及び距離の違いによる見え方は下記のとおりである。

表 6－2－2 産業用ドローンの見え方

	カーテンなし	カーテンあり
5 m		
10 m		
15 m		

窓からの見え方として、ドローンの存在感が強い印象であり、外壁面から 5m の位置では大きく見える。離れるごとに見え方は小さくなっていくが見つけれられない程ではない。ドローンが視界に入れば目立っており、機体色が黒いのも一因であると考えられる。レースカーテンを閉めると室内からはほとんど見えなくなる。

表 6-2-3 汎用ドローンの見え方

	カーテンなし	カーテンあり
5 m		
10 m		
15 m		

窓からの見え方として、ドローンの存在感は産業用ドローンと比較して弱くなった印象であり、外壁面から 5m の位置では視認できるものの、離れるごとに見え方は小さくなっていき探さないと見つけられない。

ドローンが背面建物と同系色であるため目立たないものと考えられる。

レースカーテンを閉めると白さが際立ちうっすらと視認できるようになる。

表 6-2-4 小型ドローンの見え方

	カーテンなし	カーテンあり
5 m		
10 m		
15 m		

窓からの見え方として、今回のドローン3機種の中では存在感が弱い印象であり、外壁面から5mの位置でも探さないと見つけれられない。10m・15mと離れると見つけることは困難となる。

レースカーテンを閉めると室内からはほとんど見えなくなる。

6. 2. 4 ドローンからの室内見え方調査

汎用ドローンからの距離の違いによる室内の見え方は下記のとおりである。

表 6-2-5 5mからの見え方

	ドローン写真	拡大写真
窓 閉 め		 手前の人をうっすら視認できる。
窓 開 け ①		 手前の人をはっきり視認できる。
窓 開 け ②		 奥の人を視認できない。
カー テン 閉 め		 まったく視認できない。

表6-2-6 10mからの見え方

	ドローン写真	拡大写真
窓 閉 め		 手前の人をうっすら視認できる。
窓 開 け ①		 手前の人をはっきり視認できる。
窓 開 け ②		 奥の人を視認できない。
カー テン 閉 め		 まったく視認できない。

表6-2-7 15mからの見え方

	ドローン写真	拡大写真
窓 閉 め		 手前の人をうっすら視認できる。
窓 開 け ①		 手前の人をはっきり視認できる。
窓 開 け ②		 奥の人を視認できない。
カー テン 閉 め		 まったく視認できない。

6. 2. 5 調査結果一覧

(1) 室内からドローンの見え方調査結果一覧表

表 6-2-8 室内からの産業用ドローンの見え方

距離	カーテンの有無	
	カーテンなし	カーテンあり
5m	視認できる。	うっすら視認できる。
10m	視認できる。	視認できない。
15m	視認できる。	視認できない。

条件：機体大きい、機体色クロ、背景は分譲団地外壁（白系）

表 6-2-9 室内からの汎用ドローンの見え方

距離	カーテンの有無	
	カーテンなし	カーテンあり
5m	視認できる。	視認できる。
10m	背景色により視認できない。	うっすら視認できる。
15m	背景色により視認できない。	視認できない。

条件：機体やや大きい、機体色シロ、背景は分譲団地外壁（白系）

表 6-2-10 室内からの小型ドローンの見え方

距離	カーテンの有無	
	カーテンなし	カーテンあり
5m	うっすら視認できる。	視認できない。
10m	視認できない。	視認できない。
15m	視認できない。	視認できない。

条件：機体小さい、機体色クロ、背景は分譲団地外壁（白系）

機体の大きさや機体の色、背景の色により室内からのドローンの見え方は大きく異なる。その他の要因としては、機体に取り付けられたLEDの光や、上昇・下降など移動の速度も認識に影響を及ぼすと推測される。

外壁面から15m離れると機体が大きくてもある程度は視認されにくくなる。

(2) ドローンからの室内の見え方調査結果一覧表

表 6-2-11 ドローンからの見え方一覧

外部状況	距離		
	5m	10m	15m
窓閉め	手前の人を うっすら視認できる。	手前の人を うっすら視認できる。	手前の人を うっすら視認できる。
窓開け①	手前の人を はっきり視認できる。	手前の人を はっきり視認できる。	手前の人を はっきり視認できる。
窓開け②	奥の人を 視認できない。	奥の人を 視認できない。	奥の人を 視認できない。
カーテン閉 め	まったく 視認できない。	まったく 視認できない。	まったく 視認できない。

窓開け①及び窓開け②は窓より 1.2mと 2.4mの位置の人間を視認できるかの調査である。

ドローンから室内をカメラで撮影した結果、室内の人間をはっきりと認識できたのは窓から 1.2m の位置で窓を開けていた場合のみであった。窓から 2.4m の位置では窓を開けていても視認することは困難であった。

これは、いずれの距離でも同様であり、カメラの画素数が 2,000 万画素という昨今では 5 ～15m程度離れていても視認性には変わりはないものと考えられる。

6. 2. 6 まとめ

「室内からドローンの見え方調査」では、機体の大きさや色、機体のLED発光などにより見え方が異なることがわかった。レースのカーテン1枚閉めるだけでほとんど視認できなくなることにもわかった。

「ドローンからの室内の見え方調査」では日中は外部の方が明るいため室内は窓が開いていても奥の人は視認できなかった。ただし、照明の点灯や日射の向きにより室内の明るさが明るくなった際には見える可能性もある。また、カメラのオートフォーカス機能により白い外壁面に明るさが合わせてあるため暗い室内はより写りにくいものと考えられる。

ふたつの調査を考慮するとカーテンを閉めることによって、室内からドローンをほとんど視認することはできなくなり、ドローンから室内を撮影しても内部が写りにくい。このことから、ドローン調査にはカーテンを閉めることによりプライバシーを守ることができることをマンション管理組合や居住者へ説明することが重要である。

7. まとめ

建築分野でのドローン技術の活用のため、様々な検討がなされているところであるが、今後のより活発な活用のためには調査対象建築物の居住者から調査に対する理解を得ることが重要である。本報告では、ドローン調査時の居住者の居住性に関し、技術的な資料を整理し、提示した。

特に、6章で実建築物におけるドローン調査時の発生音測定、ドローンからの撮影画像による視覚影響の確認は重要な成果である。測定に使用した建築物は竣工から50年弱が経過しており、遮音性の水準は高くないものの、一般的な騒音レベルの目安から鑑みて著しい発生音ではないこと確認した。また、屋外で発生音源となりうるエンジン式草刈り機等の発生音を測定し、ドローンによる発生音と比較した。これらの結果は、居住者がドローン調査時の発生音の程度を事前に想定するために有効な資料となり得る。また、ドローン搭載カメラから建築物を撮影し、カーテンや窓の開閉の条件を変え、室内の視認状態を確認した。この結果は、2章で整理された居住者のプライバシー確保方策とあわせて提示することで、居住者からのドローンを用いた調査への理解を深めるために有効であると考ええる。

また、ドローン調査時の安全性確保、ドローンを用いた調査効率等、ドローンを用いた建築物の調査に対し、居住者からの理解を助けるための資料を整理し、記載した。

今後の建築分野でのドローン活用の推進の一助となれば幸いである。

なお、6章の検証に関しては、独立行政法人都市再生機構 技術・コスト管理部と日本総合住生活株式会社 技術開発研究所の共同研究による成果の一部を引用した。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン、2015 年 9 月、総務省
- 2) 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、一般社団法人日本建築ドローン協会
- 3) 建築物の遮音性能基準と設計指針（第 2 版）、1997 年 12 月、日本建築学会編

【本書のご利用にあたって】

本書は、作成時点での最新の学術的知見をもとに技術者の判断に資する標準的な考え方を示したものであり、法令等の根拠を示すものではありません。
本会は、本書に起因する損害に対しては一切の責任を有しません。