

# 建物点検調査におけるドローン技術の開発

材料研究グループ 主任研究員 宮内 博之

## I はじめに

建物点検調査において、無人化・省力化に寄与するドローン及びAIやXRなどのデジタル融合技術が期待されている。特にドローンにおいてはカメラなどの非接触方式の適用だけでなく、接触・破壊試験にも適用可能な技術へと移行しつつある。これより本研究では建物点検調査へのドローンの実装を目指し関連する技術開発と実証実験を行った。

## II 2点係留方式ドローンによる安全な調査技術の開発

ドローンによる外壁調査を実施するうえで、技術的にGPSの補足が困難なことや狭い場所での作業が多い課題を背景とし、2点係留方式によるドローンによる点検調査の開発と実証実験を行った。建築研究所の建物を利用し、係留の有無による飛行精度と画像精度の検証を行った結果を図1に示す。係留がない場合、飛行は蛇行しているが、係留方式ではほぼ直線状の飛行となった。一方、2点係留方式では壁との離隔を安全かつ一定に保ち、壁面への衝突や操縦不能に陥る危険性が軽減されることが示された。

## III MR(複合現実)による飛行管理技術の開発

HoloLens上で飛行情報を可視化し、ドローン操縦者が設定した飛行ルートに従って操縦するMR技術を開発しその検証実験を行った。本技術の構成を写真1に示す。MR可視化用PC上で外壁面から5m離れた地点に縦横1mの仮想メッシュと飛行ルートを設定し、その情報をHoloLens上に投影する。次にドローン飛行時の軌跡を計測するためにドローンに搭載したVisual SLAMカメラにより位置情報を取得し、HoloLens上に描画するソフトを開発した。操縦者がドローンを飛行させた時のHoloLens装着者から見える映像を図2に示す。黄色の太線は設定した飛行経路を示し、青色の線はドローンの位置情報を軌跡として表現している。設定飛行ルートと飛行軌跡を比較した結果を図2に示す。奥行・水平方向及び垂直・水平面において、予め設定した飛行ルートに対して操縦者が目視確認しながらルートの調整を行うことができた。しかし、HoloLens上の視認性が悪いことや、Visual SLAMの特徴点検出の影響により位置情報に差が出る課題が挙げられた。

## IV ドローンによる(微)破壊試験への適用

表1に示すようにドローンを建物の点検に適用する場合、現在の技術ではカメラによる非接触方式による調査が一般的であり、またドローンに打診検査機を搭載し接触して調査する方法も実証実験レベルである。一方でドローンによる微破壊・破壊試験を実施する最高難易度の水準への適用が期待されている。これより本研究では破壊試験へのドローンの適用

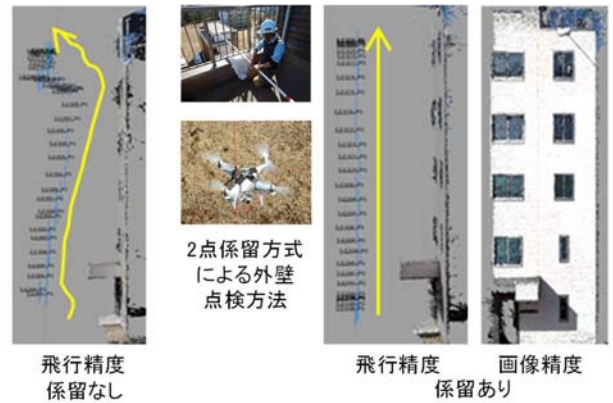


図1 2点係留方式ドローンによる外壁調査方法と精度結果

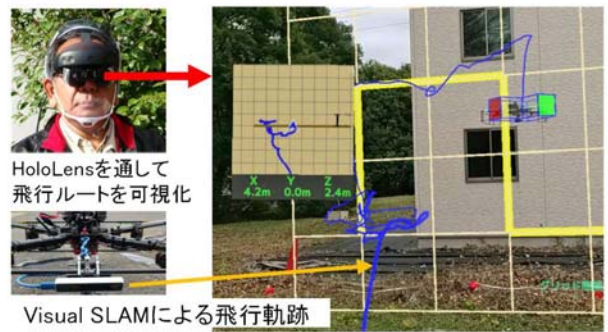


写真1 MRによるドローン飛行管理システムの開発

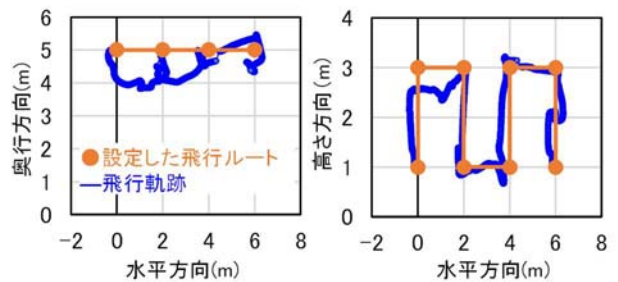


図2 設定した飛行軌跡の制度検証結果

を目指し、ドローンにドリルを搭載しドリル削孔を実施するための検討を行った。ドローンの多点係留方式の採用（写真2）とドリル削孔時の反力を負担可能なシステムの開発と予備試験を実施した。結果として多点係留方式の優位性が示されたが、反力による方法について検討が必要と考えられた。

### V 赤外線装置搭載ドローンの開発と実証実験

図3に示す研究背景と実施体制により、定期調査（建築基準法第12条）における建築物の外壁タイル張りの調査に適用可能な赤外線装置を搭載したドローンの開発を行った。ドローンについては建物周りの環境条件や建物条件に対応した選択可能な飛行制御システムを導入し、安全かつ安定的な建物調査用ドローンシステムの運用方法を提案した。

### VI 狭所空間におけるマイクロドローンの適用

屋内狭所空間の点検において、200g未満のマイクロドロー

ンを適用することで点検調査の効率化を図る検討を行った。本研究では3種類のマイクロドローンを用い、閉鎖空間である屋内、天井裏、ダクト内における飛行可能の有無、電波状況の確認、調査可能範囲等について実証実験を行った。その結果、表1に示すゴーグルを装着し、衝突しても飛行可能なマイクロドローンCの適用性が高いことが分かった。また障害電波による通信障害が生じにくい5.7GHz帯の映像伝送装置が効果的であった。

### VII まとめ

ドローンと各種技術を併用することで新たなドローンの点検調査への方法を展開することが可能であることを示した。一方で、ドローンによる建物点検調査においては、飛行環境と要求される精度等の条件に応じて適切なドローンを選定し運用することが重要と考えられた。

表1 ドローンによる建物調査技術と適用可能水準

調査水準	内容	適用水準
1次調査	非接触式調査: 可視画像、動画等	○
2次調査	非接触式: 計測調査 接触式: 打診調査等	○ △
3次調査	微破壊・破壊試験調査	×



写真2 ドローンによる(微)破壊試験用係留方式の開発

○具体的な研究開発の内容: 外壁調査の精度を向上させた赤外線装置等を開発するとともに、ドローンに搭載し、建築物や調査環境の条件を変えるなど複数の条件下で、テストハンマーによる打診及び他の遠隔診断方法による調査との比較検証を行う。  
○最終目標: 開発した赤外線装置を搭載したドローンによる調査について、テストハンマーによる打診と同等以上の診断精度を有することを、平成29年度及び30年度における国土交通省の「建築基準整備促進事業」の成果を踏まえ、確認する。

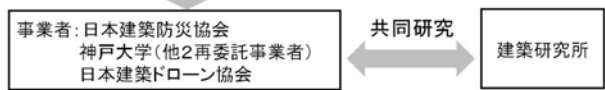


図3 NEDO事業「ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発」に関わる研究

表1 屋内・狭所空間においてドローンを飛行させた場合の性能試験結果

条件	マイクロドローンA	マイクロドローンB	マイクロドローンC
飛行方法	スマホからの飛行確認	スマホからの飛行確認	ゴーグルを通して飛行確認
重さ/全重量(ガード、バッテリーを含む)	80[g]/103[g]	199[g]/290[g]	76[g]/137[g]
映像伝送方法	WiFi(2.4GHz)	WiFi(2.4GHz)	業務用5.7GHz
実働飛行時間※1	4分50秒	6分55秒	3分30秒
調査可能距離※2	108m	162m	63m
離陸可能範囲	100cm <sup>3</sup>	70cm <sup>3</sup>	50cm <sup>3</sup>
屋内歩行空間 (高さ約300cm)	○: 飛行可能	○: 飛行可能	○: 飛行可能
天井裏 (高さ約150cm)	×	×	○: 飛行可能
天井裏 (高さ約100cm×幅70cm)	×	×	○: 飛行可能
天井内ダクト (高さ約40cm×幅90cm)	×	×	○: 飛行可能
天井内ダクト (高さ約35cm×幅90cm)	×	×	△飛行可能だったが、途中で無線が途切れた

※1 実働飛行時間は、今回使用したLED、プロペラガードを搭載した状態でホバリングを行いバッテリーが20%になった飛行時間を表す。  
※2 調査距離は、今回実験にて判断可能と思われた飛行速度0.3m/secで継続して飛行した場合の調査範囲を表す。