

# 構造物点検等への適用のためのドローンの飛行性能比較実験による適性の検証

西武建設株式会社 正会員 ○二村憲太郎, 井上靖雄, 川前勝三郎  
井戸田和也, 須長真介

## 1. はじめに

近年, 様々な種類のドローンの活用が検討されるが, 適用にあたってはカメラの性能を中心として検討され, 機体の性能や特徴に明確な指標がない. 一方画像データの取得において, 一般に被写体である構造物と機体の距離が重要であるが, 機体が安定しないことにより画像精度に差異が生じ, データに影響を与えるとされる. そこで飛行中の構造物の水平距離の変化による精度への影響を事前実験により明らかにしたうえで, 種類の異なる機体の飛行性能および画像の合成精度を比較し, ドローンの適性を検証する.



図1 6階建て実大実験棟外観(ドローンによる撮影)

## 2. 事前実験

事前にどのくらい飛行中に対象構造物との距離の移動量が発生するかを建築研究所(つくば市)に所在するツーバイフォー工法で建設された木造6階建て実大実験棟(幅7.3m, 奥行き5.0m, 高さ17.3m)南面を対象として確認した(図1, 2). 実験では図2に示す飛行ルートを採用した. 写真精度を比較するためひび割れの幅(0.05~0.5mm)を模したラインを表示したシートを実験棟に貼り付け, ライン幅の見え方を比較した. 飛行高度と撮影位置を3Dモデル合成ソフトPhoto SCAN(agisoft社製)を使用しプロットした(図3). ア,イ位置付近での写真を表1に示す. 本来の離隔は5mであるがア付近の場合実験棟との離隔は約9mとなり, ライン幅0.3mmを確認した. イ付近の場合実験棟との離隔は約4mまで接近し, ライン幅0.1mmを確認した. また, ア,イの最大離隔差は5mであった. この結果, 写真精度に影響を与える飛行中の機体の安定性は重要な要素であることを確認した.

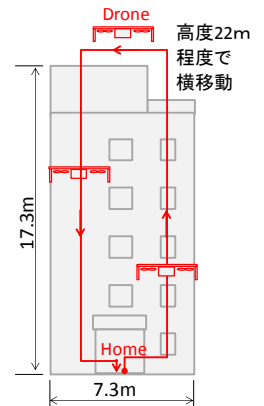


図2 対象実験棟と飛行ルート概要図

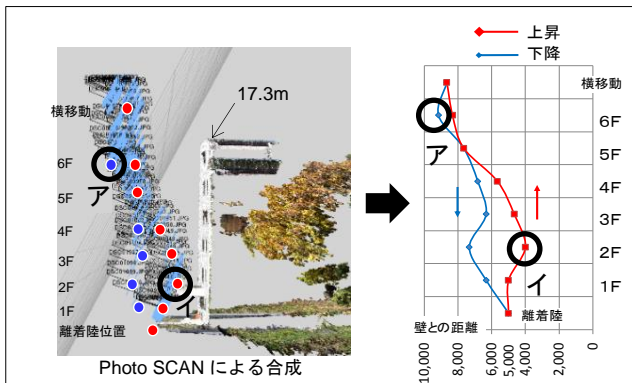


図3 飛行履歴とプロット図

表1 実験棟からの距離の違いによる見え方の比較

位置	写真	同 拡大	ライン幅
ア付近 実験棟 ~9m			0.3mm を確認できる.
イ付近 実験棟 ~4m			0.1mm を確認できる.

※同一機体およびカメラで撮影

## 3. 機体比較実験

上記実験から対象構造物との距離を一定に保ちながら飛行する機体が, 精度高い点検には必要であることを示した. そこで機体は3種類使用し比較実験をした. この3種類の機体をそれぞれA, B, Cと呼称する. 特徴等を表2に示す.

また撮影結果を表3に示す.

表2 実験使用機体の外形と特徴

機体名称	機体形状および諸元	カメラ性能と特徴	主要用途
A	 機体対角サイズ 1,397×1,397mm 機体重量 4,600g	カメラ解像度 2,430 万画素. カメラは自由に選択可. 撮像素子 23.5×15.6mm	産業用
B	 機体対角サイズ 605×605mm 機体重量 3,440g	カメラ解像度 2,089 万画素. メーカー純正カメラのみ交換可. 撮像素子 17.3×13.0mm	空撮用(映像)
C	 機体対角サイズ 350×350mm 機体重量 1,388g	カメラ解像度 2,000 万画素. 機体とカメラは一体型. 撮像素子 13.2×8.8mm	一般使用(ホビー)

キーワード ドローン, 点検, 調査, 3次元データ, 性能比較

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3421 E-mail:k-nimura @seibu-const.co.jp

機体ごとの実験ケース数, 平均写真枚数, 撮影ミス, 未合成発生数の有無を表3に示す. パイロットは3名でグラフでは a, b, c と表記した. 飛行経歴は平均 25.3 時間であった. 風速はすべてのケースで平均 0~2 m/s であったため影響はほぼ無かった. 飛行方法は事前実験の図2と同様に飛行した. 撮影は2秒に1枚のピッチで自動撮影した. 飛行には人工衛星の電波を活用

した. 未合成発生数とは, Photo SCAN を使用して部分的に合成ができなかったケースの数を示す. なお, Photo SCAN のキー, タイポイント制限はともに 2,000 とした. この制限内での未合成となった場合をカウントとした. ここでキー, タイポイント制限とは特徴点のマッチングの設定であり<sup>1)</sup>, 仮に制限値を大きくすると未合成発生数は減るが信頼性の低い特徴点の採用数を増加させることから, 3次元データを構成する場合の信頼性も低下する.

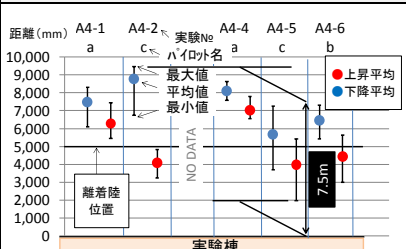
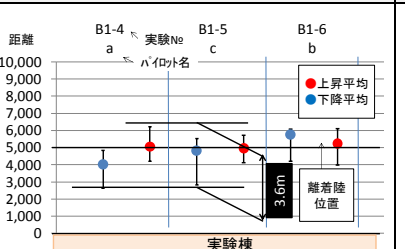
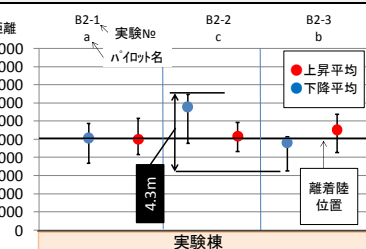
4. 考察

機体 A, B とも平均写真枚数はほぼ同じであることから撮影している飛行時間は同じである. 撮影ミスが機体 C に1ケース見つかった. これは機体の向きが変わったまま撮影したことで実験棟と正対していなかったため, 実験棟の端部が撮影されていなかった. また, 機体 C の未合成発生数は1であるが実験ケース数が少ないことから判断すると比較的高い. これは撮影枚数が少ないことも影響していると考えられる.

4.1 機体の安定性

機体の安定性の比較を表4に示す. 確認方法は撮影軌跡図から実験棟と機体の離隔を計測し, プロットして得られたデータを縦軸として変位量(最大値, 最小値, 平均値)を算出し比較した.

表4 機体安定性比較

機体	A	B	C
安定性グラフ			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体での最大値-最小値差 7.5m</li> <li>パイロットの個人差が大きい.</li> <li>未合成は A4-5 で発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体での最大値-最小値差 3.6m</li> <li>平均は 5m 付近にそろい, 安定している.</li> <li>未合成は B1-4,5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体での最大値-最小値差 4.3m</li> <li>B2-2 着陸時を除き安定している.</li> <li>撮影ミスは B2-1, 未合成は B2-3</li> </ul>

4.2 未合成発生の検証

未合成の発生例を図4に示す. 合成後の画像は欠損しているが, 図5に示すように撮影したデータは存在する. このことから機体 B の画像データは写真データが特徴点として認識されにくい可能性がある. 特に実験棟の様な外壁では特徴の把握が困難であったことも考えられる.

4. まとめ

実験の結果から得られた知見を表5に示す. 機体 A は写真の未合成が少ないが安定性が低い. 機体 B は写真の未合成が生じるが機体の安定性が高い. 機体 C の撮影ミスの防止方法として実機を目視で常時監視するパイロットのほかに撮影状況をモニターでチェックする人員の配置など工夫を要する.

謝辞 共同研究者である建築研究所, 芝浦工業大学 伊代田, 長谷川研究室, 並びに日本ツーバイフォー建築協会に感謝申し上げます.

参考 1) 山口大学空中測量研究室の技術ノート

<https://ameblo.jp/rs-algorithm-designer/entry-12271954403.html>

表3 各機体撮影と合成結果

機体名称	A	B	C
実験ケース数	5	3	3
平均写真枚数 (枚)	69	68	52
撮影ミス (枚)	0	0	1
未合成発生数	1	2	1

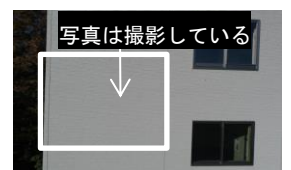


図4 未合成発生例 (左) 図5 未合成部分の写真 (上)

表5 適性比較

機体	A	B	C
安定性	×	○	○
写真合成性	○	×	△
長所	3次元データ作成に適する.	写真のみの活用や, ピンポイントの点検・調査に適している.	
短所	画像データの信頼性が安定しない.	撮影枚数が多い場合, 合成時間を要する.	小型のため向きが変わりやすい.
カマ交換性	○	△	×