

屋内（非 GNSS 環境下）における UAV を用いた 3 次元計測

中日本航空株式会社 調査測量事業本部

○中川 諒穂、高市 善幸、須甲 光、北市 将平、田村 恵子、原 太一

1. はじめに

屋内（非 GNSS 環境下）での 3 次元計測手法には、従来の手法として地上型レーザスキャナを用いた方法があるが、作業時間やコストがかかることから、近年では手持ちレーザスキャナを用いた SLAM 計測やカメラを用いた SfM 計測が利用されている。しかし、手持ちによる作業は、手軽に計測ができる一方で現場条件によっては作業時間の増大や徒歩での進入に危険を伴う場合があり、i-Construction においても UAV の活用が効果的とされている。本稿では、効率面や安全面の課題を解決する目的で UAV を用いた写真測量による屋内 3 次元計測を行い、一定の品質を確保するための計測方法や処理方法について実験を行った結果を紹介する。

2. 使用機体および計測場所

機体は Mavic 2 Pro (DJI 製 小型 UAV) を使用した。Mavic 2 Pro は全方位障害物検知システムを搭載しており、前後左右上下方向の障害物が検知可能である。また、トライポッドモードを使用することで、最大飛行速度を 1.0m/s に制限することができる。計測場所は名鉄ドローンアカデミー (MDA) の屋内会場である屋内フットサルコートにて実施した。コートの広さは横 10m×縦 24m で、今回は図 1 の奥側半面（黄枠内）を飛行が困難なエリアと仮定して手前側半面（赤枠内）からの計測を実施した。



図 1 計測場所

表 1 撮影飛行パターン

3. 屋内 3 次元計測

3.1. 計測飛行

プロペラガードや障害物検知システムを使用し、安全を確保したうえで手動操縦による撮影を行った。撮影モードを 2 秒間隔のインターバル撮影とし、1.0m/s 程度の速度で画像同士がラップするように飛行した。カメラの設定は絞り値 4.5、露出時間 1/12 秒、ISO800 に固定し、画像の明るさや色合いを統一した。表 1 に撮影飛行パターンを示す。高さ方向のラップを確保するために複数の高度からの撮影を行った。また、外周内向き撮影や中心外向き撮影など、撮影パターンを組み合わせることで、室内全体がくまなく写りこむように工夫した。

No.	飛行コース	ジンバル角度(度)	床からの高さ(m)
1	外周進行方向 (右回り)	±0	2m
2		+20	2m
3	外周進行方向 (左回り)	±0	2m
4		+20	2m
5	外周内向き	-20	2m
6		±0	2m
7		±0	4m
8		+20	4m
9	中心外向き	-20	2m
10		±0	2m
11		+20	2m
12		-20	5m
13		±0	5m

3.2. SfM-MVS 処理

非 GNSS 環境下で撮影した場合、画像に記録される位置情報は信頼性の低いものとなるため、SfM の品質向上にはカメラの内部パラメータの正確性が求められる。そこで今回は、事前にカメラキャリブレーションを行い、パラメータを算出した。また、正確なスケールを求める際には設計図などの既存図面から GCP を取得することが可能であるが、今回の実験では既存図面が無かったため、計測範囲と同範囲で SLAM 計測を実施し、特徴点の相対座標を GCP として使用した。

3.3. 結果

Metashape を用いて処理を行った結果を図 2 に示す。875 枚すべての画像のマッチングができ、高密度な点群の作成に成功した。また、SLAM 計測の点群と比較し、再現性の確認を行った (図 2 下図)。点群の厚みは平坦な床部で 0.10m 以内であった。また、飛行範囲内では鉛直較差は 0.05m 以内、水平較差は 0.10m 以内であることを確認した。飛行範囲から 12m 程離れたゴールポストでは 0.25m 程度の水平較差がみられたが、これは SfM-MVS のモデリング性能が影響しているものと考えられる。

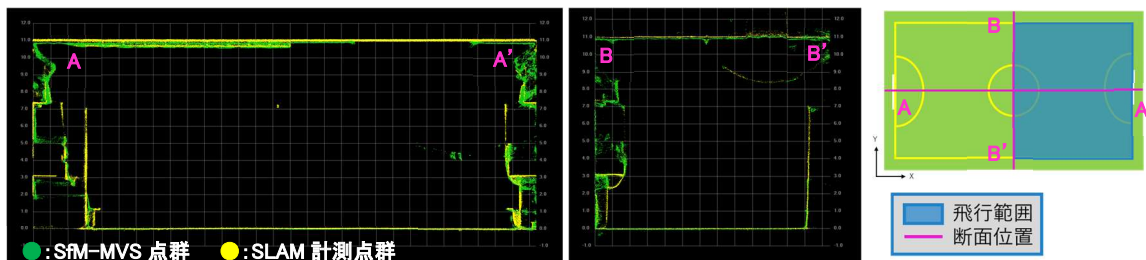
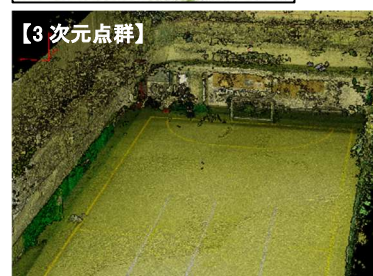
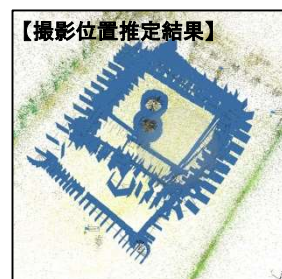


図 2 処理結果 (上:撮影位置推定結果、中:3次元点群、下:断面図比較結果)

4. まとめと今後の展望

実験の結果、屋内での UAV を用いた写真測量により 10cm 以下の再現性が確認でき、効率面や安全面における課題の改善を図ることができた。これにより、資材置き場や保管倉庫などの屋内においても UAV の活用が期待できる。また、SfM-MVS の特性として画像の解像度が低くなるほど奥行き方向に対するモデリング精度が劣るため、奥行き方向の再現性を高めることが今後の課題である。

今後の展望としては、事務所などの狭い空間では障害物検知システムの影響により飛行範囲が限られる場合があるが、最近では障害物を検知する距離を設定できる機体も出てきており、小型 UAV にも同様のシステムが搭載されれば活用の場が広がる可能性がある。さらに、人の立ち入りが困難な現場に限らず、地上からの計測ではオクルージョンが発生してしまう場所においても計測が可能となることが期待できる。