UAV-SfM 測量による建物の 3 次元モデル化に関する一考察

岐阜工業高等専門学校　正 会 員　○　山川　奈巳
岐阜工業高等専門学校　正 会 員　　菊　雅美

1. 研究の背景および目的

近年，安定性の高い UAV（Unmanned Aerial Vehicle，無人航空機）が比較的安価に入手できるようになったことや，画像処理手法 SfM（Structure from motion，多視点画像解析）の確立により，UAV による空撮画像から SfM を用いて 3 次元的な計測を行う UAV-SfM 測量が様々な場面で適用されている．例えば，渡邉ら [1]は，海浜地形の定期的な観測に UAV-SfM 測量を用い，海浜の侵食・堆積の時空間変化を定量的に算定している．ただし，UAV-SfM 測量の計測精度については，使用する機材や撮影方法，対象物およびその周辺環境によって大きく異なるため，各々の技量に委ねられていることが多い．そこで，本研究では，著者らが所属する岐阜工業高等専門学校の敷地内の建物を UAV-SfM 測量によって 3 次元モデル化するにあたり，トータルステーションによる測量結果と比較することで，UAV-SfM 測量の計測精度を検証することを目的とする．

2. 計測の概要

本研究では，岐阜工業高等専門学校の敷地内にある 2 号館の 3 次元モデル化を試みた．以下に，各測量の詳細を述べる．

2.1 UAV による空撮

2016 年 12 月 2 日に，UAV を用いて 2 号館周辺の空撮を行った．UAV には，Phantom 4（DJI 社）を使用した．Phantom 4 による撮影画像の解像度は，4000×3000pixcel である．カメラの角度は鉛直下向きにするだけでなく，建物の側壁が写るように傾けた．撮影時には，20cm 四方の対空標識を建物周辺の地上に 9 点設け，画像に映りこむようにした．建物の西側については，植木が建物に近接していたため，空撮を行えなかった．なお，本空撮については，UAV と建物の距離が 30m 未満となるため，あらかじめ国土交通大臣の承認を受けている．

2.2 GCP に対する GNSS 測量

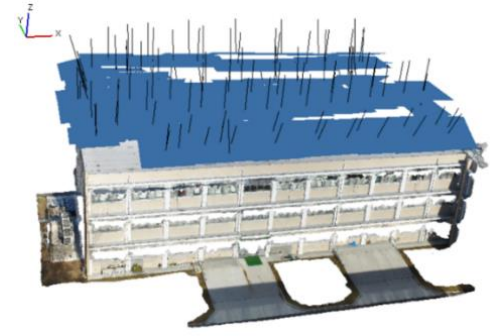
対空標識の中心を GCP とし，GNSS 測量によって平面直角座標系に基づく *X*, *Y*, *Z* 座標を求めた．GNSS 測量には，ProMark100（Ashtech 社）を 2 台用い，1 台を基準局としてグラウンドでスタティック測量を行うとともに，もう 1 台を移動局として各 GCP において 60 秒間の測位を行った．その後，後処理用ソフトウェア GNSS Solutions によりデータ整理を行った．コントロールポイントとなる電子基準点には，岐阜 A，揖斐川，本巣，垂井の 4 地点を選定した．そして，電子基準点のデータを利用して基準局のデータを補正し，さらに移動局の補正を行った後，GCP の平面直角座標を得た．GNSS 測量における最大推定誤差は，水平方向で±0.018m，鉛直方向で±0.020m であった．

2.3 トータルステーションによる距離測量

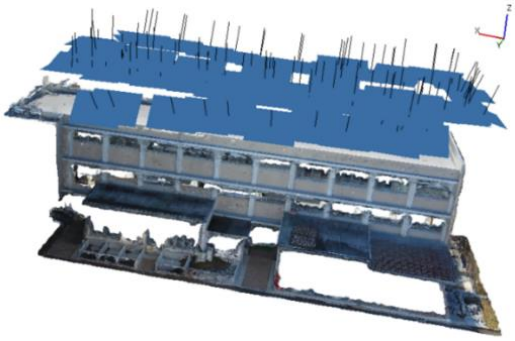
空撮画像から SfM により構築した 3 次元モデルの精度検証を行うため，トータルステーションを用いて，2 号館の水平距離および鉛直距離を計測した．

3. 復元した 3D モデルの精度検証

本研究では，SfM 解析ソフト PhotoScanPro を用いて，UAV による空撮画像から 2 号館の 3 次元モデル化を行った．**図-1** に，解析処理によって得られた 2 号館のタイルモデルを示す．同図中に青で示されるのは，カメラの推定撮影位置である．同図より，2 号館上空からの空撮のみであったものの，カメラを斜めにしたことで，2 号館の側面もある程度再現

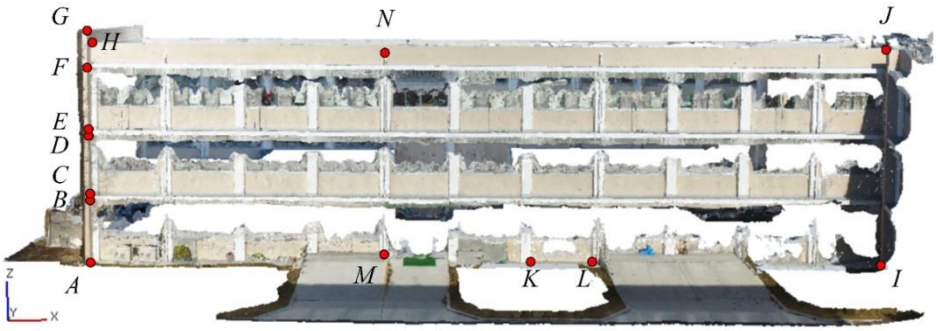


(a) 南側

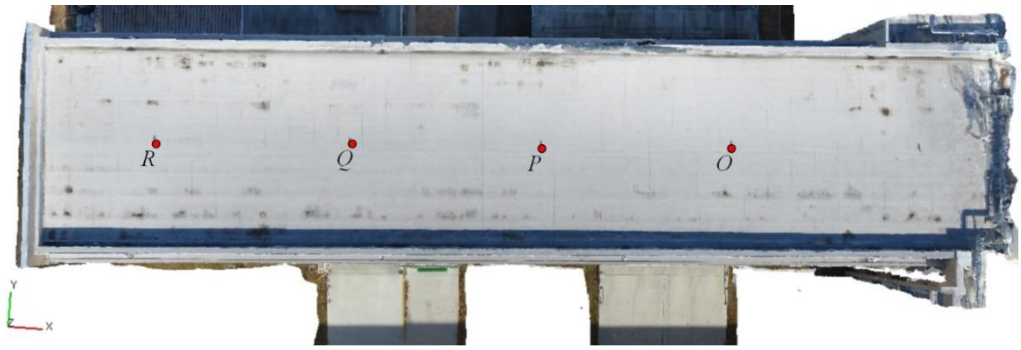


(b) 北側

図-1 SfM による 2 号館のモデル化



(a) 2 号館南側



(b) 2 号館屋上

図−2 精度検証を行うポイント

表−1 UAV-SfM の精度検証

(a) 水平距離

測線	計測距離		絶対差
	TS [m]	UAV-SfM [m]	[m]
AI	43.501	43.638	0.137
HJ	43.639	43.904	0.265
KL	3.416	3.504	0.088
OP	9.277	9.272	0.005
OQ	18.438	18.546	0.108
OR	27.714	27.869	0.155

(b) 鉛直距離

測線	計測距離		絶対差
	TS [m]	UAV-SfM [m]	[m]
AB	3.497	3.449	0.048
CD	3.306	3.309	0.003
EF	3.341	3.376	0.035
AG	12.709	12.720	0.011
IJ	10.419	11.814	1.395
MN	11.257	11.202	0.055

できていることが確認できる．ただし，撮影が及ばなかった建物下部の側面は，樹木により撮影が行えなかった建物西側と同様に，空洞となっている．したがって，建物の再現性を高めるためには，UAV での撮影が困難な場所の画像として，地上から撮影した画像を用いる必要があると考えられる．

UAV-SfM 測量の精度検証を行うため，**図−2** に示すポイント間の距離を PhotoScanPro にて算出し，トータルステーションによる測量結果と比較した．**表−1** に，水平距離および鉛直距離に対する両測量の比較を示す．同表(a)より，水平距離については TS と UAV-SfM の差は最小で 0.005m であるのに対し，最大で 0.0265m の差が生じていることがわかる．水平距離が大きくなるほど両者の差が大きくなっており，今後改善の余地がある．鉛直距離については，**表−1**(b)に示すように，測線 IJ において 1.395m の差が出た．この理由として，点 I 付近のモデル化ができていないことが挙げられる．ただし，測線 IJ を除くと，両者の差は 0.055m 以内に収まっており，高精度な結果を得たと判断できる．

4. おわりに

本研究では，岐阜工業高等専門学校の建物を対象に，UAV による空撮画像から 3 次元モデル化を試みた．その結果，鉛直距離に対する UAV-SfM 測量の精度は，TS と比較して良好であることを示した．しかし，水平距離については精度が良いとはいえないことから，今後の検討課題である．

参考文献：1) 渡邉博之，小林泰輔，菊　雅美，中村友昭，水谷法美（2016）：UAV とネットワークカメラを用いた七里御浜井田海岸における海浜変形に関する研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 72，No. 2，pp. I_790-I_795.