UAV-SfM/MVS 測量における一様な凹凸部を有する構造物の再現性向上に関する一検討

岐阜工業高等専門学校　学生会員　○　長屋　佑美
岐阜工業高等専門学校　正 会 員　　菊　　雅美

1. 研究の背景と目的

近年，UAV（Unmanned aerial vehicle : 無人航空機）の普及に伴って，UAV で撮影した画像から画像処理手法 SfM/MVS （Structure from Motion/Multi-View Stereo：多視点画像解析）技術を用いて 3D モデルを構築する UAV-SfM/MVS 測量が実務に導入されつつある．ただし，UAV-SfM/MVS 測量については，これまでに多くの研究が行われ，様々な課題が明らかになっている．例えば，大石ら[1)]は，一様部分が多く，特徴点の少ない画像を用いる場合，画像のマッチング処理が不完全になる可能性について言及している．また，北川ら[2)]は，三次元モデリングソフトウェア Agisoft PhotoScan（以下，PhotoScan）を用いて 3D モデルを構築した場合，屋根のように細かい凹凸が一様にある部分では，形状が正確に再現できないことを指摘している．著者ら[3)]はこれまでに，鉛直下向き撮影画像に斜め撮影画像を加えて 3D モデルを構築することで，構造物の再現性が向上することを明らかにしている．ただし，一様な凹凸部を有する構造物を対象とした検討は行っていない．そこで，本研究では，PhotoScan によって屋根部分に一様な凹凸を有する構造物の再現性を高めるための撮影条件および解析条件について検討することを目的とする．

2. 測量方法

2018 年 10 月 21 日に，岐阜工業高等専門学校の第二体育館を対象に UAV-SfM/MVS 測量を実施した．UAV には DJI Phantom 4（カメラ解像度 1200 万画素）を使用し，自動飛行制御アプリ DJI GS Pro を用いた自動操縦によって空撮を行った．撮影条件を**表−1** に示す．撮影高度は全てのケースで対地高度 30 m とした．カメラ角度を 45 °にした Case A 3 および Case A 4 では，体育館にカメラが向くように北側と南側からそれぞれ撮影を行った．また，空撮時には体育館を囲むように，PhotoScan で自動抽出可能な対空標識を 20 点設置した．そして，対空標識の中心を GCP（Ground Control Point：地上基準点）として GNSS 測量を行い，後処理によって GCP の平面直角座標を得た．

3. 3D モデルの構築方法

表−2 に，3D モデルに使用した画像と解析条件を示す．本研究では，屋根の再現性を高めるために最適なメッシュ形状を検討するため，PhotoScan でメッシュを構築する際に選択可能なハイトフィールド(2.5D)と自由形状(3D)のそれぞれについて 3D モデルを構築した．また，高密度クラウドを構築する際の設定項目である深度フィルタにも着目し，Case 8〜10 では深度フィルタを「強」・「弱」・「無効」に設定して，屋根の再現性に対する深度フィルタの影響を検討した．

4. 撮影条件と解析条件が 3D モデルに与える影響

4.1 タイルモデルの再現性

図−1 に，構築した 3D モデル（タイルモデル）の一部を示す．鉛直下向き撮影画像のみを使用した Case 2 や Case 4 では，同図(a)に例示するように，構造物側面が構築されておらず，視覚的な再現性は低くなった．一方，同図(b)から，鉛直下向き撮影画像に斜め撮影画像を加えた Case 8 では，屋根の一部に凹みが生じているものの，構造物の再現性が高められている．ただし，サイドラップ率 60 %の画像を使用した Case 6 については，斜め撮影画像を加えたにも関わらず，3D モデルの視覚的な再現性は低かった．このことから，サイドラップ率 90 %の鉛直下向き撮影画像にサイドラップ率 90 %の斜め撮影画像を加え

表−1 撮影条件

Case	Camera angle [°]	Overlap [%]	Sidelap [%]	Number of photos
A 1	90	90	60	24
A 2	90	90	90	110
A 3	45	90	60	47
A 4	45	90	90	221

表−2 3D モデルに使用した画像と解析条件

Case	Pictures	Surface type	Depth filtering
1	A 1	Height field	Aggressive
2		Arbitary	
3	A 2	Height field	
4		Arbitary	
5	A 1 + A 3	Height field	
6		Arbitary	
7	A 2 + A 4	Height field	
8		Arbitary	
9			Mild
10			Disabled

(a) Case 4（使用画像：A 2，メッシュ：自由形状，深度フィルタ：強）

(b) Case 8（使用画像：A 2＋A 4，メッシュ：自由形状，深度フィルタ：強）

(c) Case 9（使用画像：A 2＋A 4，メッシュ：自由形状，深度フィルタ：弱）

図-1 作成した 3D モデル

ることで，構造物側面が画像に十分に映り込み，異なる角度からの情報が増えたことで屋根の特徴が捉えやすくなり，構造物の再現性が高められたと考えられる．

深度フィルタの設定が異なる Case 8 と Case 9 を比較すると，Case 9 は Case 8 に比べて屋根の再現性が低く，構造物の影となっている地面部分のタイルモデルが構築されていない．深度フィルタを「弱」にすることで，信頼性の低い点群データが増え，構造物の再現性が低くなったと考えられる．紙面の都合上，掲載を割愛したが，深度フィルタを「無効」に設定した Case 10 においても Case 9 と同様の結果が得られた．これらの結果から，屋根の再現性を高めるには，深度フィルタの設定値は「強」が最適であるといえる．

メッシュの構築におけるハイトフィールドと自由形状の設定については，構築された 3D モデル（タイルモデル）の再現性に大きな違いはみられなかった．

4.2 構造物断面の再現性

PhotoScan で作成した DSM（Digital Surface Model：

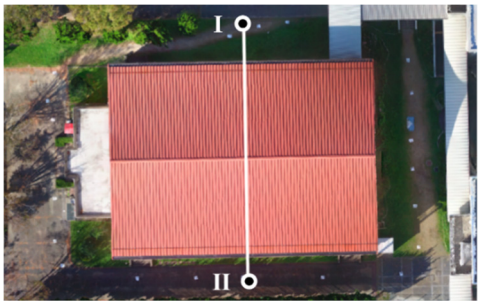

図-2 断面図の作成箇所

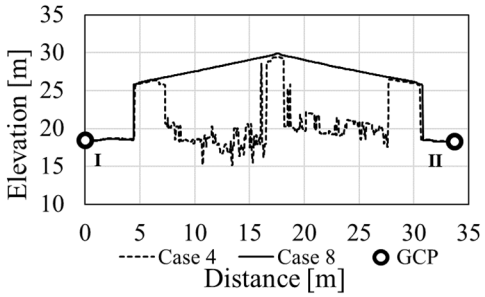

図-3 3D モデルの断面図

数値表層モデル）を QGIS で読み込み，**図-2** に示す 2 地点の測線において，第二体育館の断面図を作成した．**図-3** に，Case 4 と Case 8 から抽出した断面図を示す．鉛直下向き撮影画像のみの Case 4 と斜め撮影画像を加えた Case 8 を比較すると，3D モデルの視覚的な再現性が低かった Case 4 では，屋根部分が抜け落ち，構造物の形状が抽出できていないことがわかる．このことから，凹凸部を有する構造物の形状を鮮明に抽出するには，モデルの再現性を高める必要があるといえる．

5. おわりに

本研究では，PhotoScan によって構築が難しいと指摘されていた，凹凸部を有する構造物の再現性について検討した．その結果，オーバーラップ率 90 %，サイドラップ率 90 %の条件下で，鉛直下向きに加えて斜めからも撮影を行い，深度フィルタを「強」に設定して 3D モデルを構築することで，屋根のように一様な凹凸を有する構造物の再現性を高められることを明らかにした．

謝辞：本研究の一部は，JSPS 科研費（若手研究・18K13264）および下中科学研究助成金の助成を受けたことをここに付記し，感謝の意を表する．

参考文献：1) 大石ら：UAV を使った低空画像解析による海岸堤防の劣化状態の検出，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 71，No. 2，pp. I_1717-I_1722，2015．2) 北川ら：UAV 空撮画像における 3 次元モデリング（SfM/MVS）ソフトウェアの特性比較，土木情報学シンポジウム講演集，Vol. 71，No. 43，pp. 53-56，2018．3) 長屋ら：UAV-SfM/MVS 測量における構造物の再現性向上のための最適条件の検討，土木情報学シンポジウム講演集，Vol. 71，No. 43，pp. 241-244，2018.