

SfM と地上型レーザースキャナーによる 3D 建物モデルの精度検証

東洋大学 正会員 ○久保寺貴彦
 東洋大学 正会員 政春 尋志
 東洋大学 非会員 里見 裕己
 東洋大学 非会員 川井 純也

1. はじめに

国土交通省は現在、Information and Communication Technology (ICT)の全面的な活用等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction を進めている。i-Construction によって、3D データの活用も進んでいる。例えば、橋脚、トンネルなどのコンクリート構造物のひび割れ調査は現状では目視による点検が主であるところ、重複した写真から 3D モデルを作成できる Structure from Motion (以下、SfM) や RGB 値付き 3D 点群数万点を観測できる地上型レーザースキャナー (以下、TLS)などが注目されている。

本研究は、SfM と TLS による 3D モデルの精度の検証のため、それぞれ 3D 建物モデルを作成し、建物の長辺 8 カ所、短辺 8 カ所、高さ 12 カ所について計測して平均値を算出して、トータルステーション(以下、TS)による実測値を真値と仮定したとき相対誤差、個々の較差と RMSE を求めた。

2. 3D 建物モデル作成の概要

研究対象とした建物は、図-1 に示す東洋大学川越キャンパス コミュニティーセンターである。図-2 に SfM による 3D 建物モデルを示す。図-2 (a)は、建物の真上から見たカメラ撮影位置であり、建物全周を囲うように重複しつつ撮影した。用いたカメラは、デジタル一眼レフカメラ Nikon D750 単焦点レンズ 24 mm である。図-2 (b)は、SfM ソフトウェア PhotoScan Professional 1.2.6 を用いて作成した 3D 建物モデルである。図-3 は、用いた TLS TI アサヒ S-3180V であり、建物全周を囲うように 8 カ所から観測した。図-4 は、TLS により観測した RGB 値付き 3D 点群であり、ArcScene10.4.1 で表示した。図-5 は、それぞれ作成した 3D 建物モデルの精度検証のため、TS のノンプリズムモード対辺測定による建物の実測である。用いた TS は、SOKKIA SET650RXS である。TS は斜距離、鉛直角と水平角を同時に観測して、対辺が水平距離と高低差として求まる。



図-1 東洋大学コミュニティセンター



(a) 真上から見たカメラ撮影位置



(b) 作成した 3D 建物モデル

図-2 SfM による 3D 建物モデル



図-3 TLS

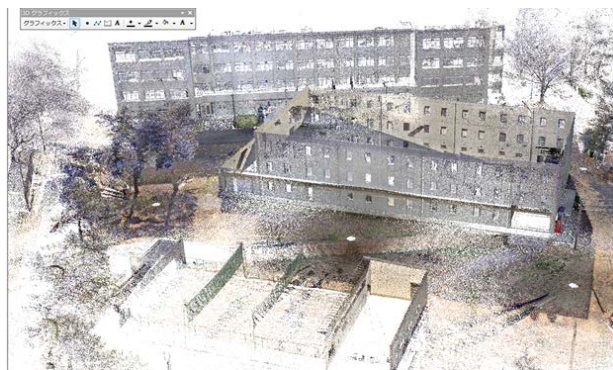


図-4 TLS により観測した RGB 値付き 3D 点群



図-5 TS の対辺測定による実測

キーワード : SfM, TLS, TS, 3D 建物モデル

連絡先 : 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 E-mail kubodera@toyo.jp

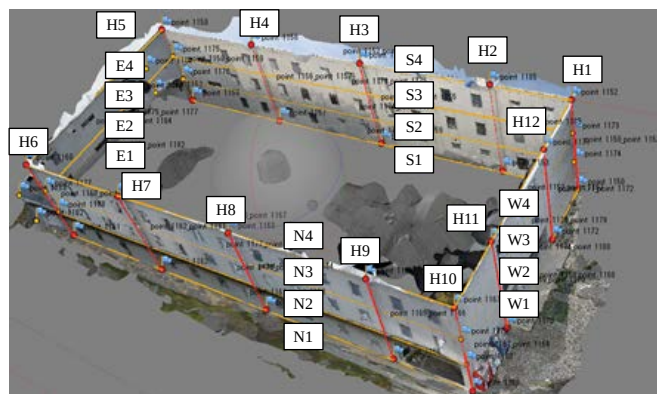


図-6 計測値の番号

3. 3D 建物モデルの精度検証

SfM と TLS による 3D モデルの精度の検証のため、それぞれ 3D 建物モデルを作成して、図-6 に示す建物の長辺 8 カ所、短辺 8 カ所、高さ 12 カ所について、それぞれ計測した。また、同箇所について、TS による実測を行った。この 3D 建物モデルの計測値と TS の実測値を表-1 に示す。補正 SfM は、SfM の番号 H1 の高さに TS の高さを指定して SfM を最適化したモデルである。建物を直方体と仮定して長辺、短辺、高さについて計測値の平均を算出して、TS の平均値を真値と仮定したときの SfM、補正 SfM、TLS の相対誤差をそれぞれ算出した。また、較差は、TS による実測値を真値と仮定したときのそれぞれの較差であり、較差の RMSE をそれぞれ求めた。

建物の高さの SfM と補正 SfM の相対誤差は、長辺と短辺のそれらに比べて小さいこと、すなわち精度が高いことがわかった。このことは、空中写真測量では苦手とされている鉛直方向の測量に対して、側面からの SfM は優位であるといえる。建物の長辺、短辺、高さそれぞれの RMSE に着目すると、いずれも TLS、補正 SfM、SfM の順で、精度が高いことがわかった。また、高価な TLS に対して、安価な SfM は、既知の計測値をモデルに与えて最適化すれば、TLS に及ばないものの、精度が格段に高まることがわかった。図-2 (b)と図-6 の建物の角に着目すると、鉛直方向に外向きの傾きがあるかのように見られるが、表-1(a)の S1, N1, S4, N4, 表-1(b)の W1, E1, W4, E4 における SfM のそれぞれの計測値を比較すると、建物上の方が若干短くなっていることから、図-2 (b)と図-6 の鉛直方向について斜めに俯瞰した中心投影の影響であると考えられる。また、図-6 の建物の E の短辺は W の短辺に対して短く見られるが、表-1(a)の E の SfM の計測値は W のそれに対して若干長いことから、図-6 の奥行方向についても斜めに俯瞰した中心投影の影響であると考えられる。

表-1 3D 建物モデルの計測値と TS の実測値

(a) 建物の長辺

番号	計測値 [m]				TS(真値と仮定)との較差 [m]		
	SfM	補正 SfM	TLS	TS(実測)	SfM	補正 SfM	TLS
S1	44.907	43.129	42.412	42.135	2.772	0.994	0.277
N1	44.717	42.947	42.369	41.954	2.763	0.993	0.415
S2	44.724	42.953	42.427	42.390	2.334	0.563	0.037
N2	44.641	42.873	42.406	42.407	2.234	0.466	-0.001
S3	44.682	42.913	42.399	42.382	2.300	0.531	0.017
N3	44.619	42.852	42.362	42.389	2.230	0.463	-0.027
S4	44.674	42.905	42.437	42.411	2.263	0.494	0.026
N4	44.665	42.896	42.444	42.414	2.251	0.482	0.030
平均値	44.704	42.934	42.407	42.310	RMSE[m]		
相対誤差[%]	5.657	1.473	0.229	0.000	2.403	0.660	0.178

(b) 建物の短辺

番号	計測値 [m]				TS(真値と仮定)との較差 [m]		
	SfM	補正 SfM	TLS	TS(実測)	SfM	補正 SfM	TLS
W1	21.337	20.492	20.174	20.187	1.150	0.305	-0.013
E1	21.404	20.557	20.173	20.187	1.217	0.370	-0.014
W2	21.235	20.394	20.185	20.161	1.074	0.233	0.024
E2	21.305	20.461	20.174	20.187	1.118	0.274	-0.013
W3	21.203	20.363	20.183	20.154	1.049	0.209	0.029
E3	21.295	20.452	20.171	20.210	1.085	0.242	-0.039
W4	21.197	20.357	20.172	20.168	1.029	0.189	0.004
E4	21.441	20.592	20.183	20.189	1.252	0.403	-0.006
平均値	21.302	20.459	20.177	20.180	RMSE[m]		
相対誤差[%]	5.559	1.378	-0.017	0.000	1.124	0.287	0.021

(c) 建物の高さ

番号	計測値 [m]				TS(真値と仮定)との較差 [m]		
	SfM	補正 SfM	TLS	TS(実測)	SfM	補正 SfM	TLS
H1	10.294	9.886	9.869	9.886	0.408	0.000	-0.017
H2	10.174	9.771	9.836	9.798	0.376	-0.027	0.038
H3	10.251	9.845	9.802	9.788	0.463	0.057	0.014
H4	10.226	9.821	9.813	9.769	0.457	0.052	0.044
H5	10.142	9.741	9.821	9.804	0.338	-0.063	0.017
H6	10.359	9.949	9.837	9.851	0.508	0.098	-0.014
H7	10.330	9.921	9.844	9.868	0.462	0.053	-0.024
H8	10.357	9.947	9.867	9.860	0.497	0.087	0.007
H9	10.351	9.941	9.868	9.863	0.488	0.078	0.005
H10	10.383	9.972	9.884	9.879	0.504	0.093	0.005
H11	10.477	10.062	9.886	9.927	0.550	0.135	-0.041
H12	10.362	9.952	9.880	9.921	0.441	0.031	-0.041
平均値	10.309	9.901	9.851	9.851	RMSE[m]		
相対誤差[%]	2.268	0.245	-0.003	0.000	0.461	0.073	0.026

4. おわりに

SfM と補正 SfM の建物の高さは、長辺と短辺に対して精度が高いことがわかった。TLS、補正 SfM、SfM の順で、精度が高いことがわかった。SfM は、既知の計測値をモデルに与えて最適化すれば、TLS に及ばないものの、精度が格段に高まることがわかった。