

異なるデジタルカメラを用いた場合の慣性写真測量の精度の違いについて

千葉工業大学 正会員 小泉 俊雄
 千葉工業大学 学生員 ○田中 昭幸
 千葉工業大学 脇田 圭

1. 研究の目的

写真測量は、その性質上精度の高い高級なカメラで行う事が多いのが現状であるが、本研究は慣性写真測量における、高級なカメラから安価なカメラを用いた精度の比較を目的とした。

2. 慣性カメラシステムを用いた実験

2.1 慣性測量とは

慣性測量とは、加速度計・ジャイロが検出した移動体の加速度・角速度の変化をもとに、任意点間の相対位置を求める測量方式である。得られた加速度・角速度から、以下の式を用いて、距離・角度を求める。

$$\theta = \int \omega dt \quad (1)$$

$$l = \int a dt \quad (2)$$

ここに、 θ ：角度 ω ：角速度

l ：距離 a ：加速度 dt ：時間とする。

2.2 実験

(1) 目的：標定物を慣性カメラシステムで撮影し、カメラの違いによる測定精度を検討する。

(2) 機材：



CANON EOS-1Ds mark-
(約 1670 万画素、
画面サイズ 36mm × 24mm)



OLYMPUS C-40ZOOM
(約 411 万画素、
画面サイズ 6.9mm × 5.2mm)



OLYMPUS C-3030ZOOM
(約 334 万画素、
画面サイズ 6.4mm × 4.8mm)



NIKON COOLPIX700
(約 211 万画素
画面サイズ 6.4mm × 4.8mm)



SONY HDR - HC3
(総画素数：約 210 万画素
画面サイズ 4.8mm × 3.6mm)

慣性測定装置 (IMU)、背負子、パソコン、標定物、台車、トータルステーション

(3) 場所：千葉工業大学津田沼校舎 4 号館屋上

(4) 方法：背負子に IMU、ビデオカメラを取り付け、標定物 (被写体) を撮影する。基線長 2, 3, 4, 5, 7, 10m での平行撮影、基線長 5m での収斂角 5°, 7.5°, 10°, 12.5°, 15°, 17.5°, 20°, 30°, 45° の収斂撮影、基線長 5m での平行撮影より進行方向へ 5°, 7.5°, 10°, 12.5°, 15°, 17.5°, 20° 傾けて撮影する平行四辺形撮影、基線の前、後、高さ方向を変化させる By, Bz を変えて撮影の 4 つの方法で撮影した。トータルステーションで、各標定物と撮影位置を計測する。被写体までの平均距離は約 9m である。

2.3 解析

解析は Victorysoft 社の PhotoModeler6 を用いて行った。PhotoModeler6 は、写真に写っている物体を立体モデル化することのできるソフトであり、標定物の 3 次元座標位置を算出することができる。

3. 結果

収斂 5° を例にとり、2 点間距離についての誤差を表 - 1、表 - 2、表 - 3、表 - 4、表 - 5 に表す。これによると CANON EOS-1Ds MARK- では平均 0.02m、OLYMPUS C-40ZOOM では平均 0.19m、OLYMPUS C-3030ZOOM では平均 0.209m、NIKON COOLPIX700 では平均 0.403m、SONY HDR - HC3 では平均 0.105m の誤差が見られた。誤差と画素数の関係を図 - 6 に、誤差と画面サイズ の関係を図 - 7 に示す。これによると誤差との関係は横向きパラボラの関係にあることが分かる。1 回目と 2 回目をまとめた回帰曲線は画素数に関しては $y = 4E+06x^{-1.1405}$ 、画面サイズに関しては $y = 1.4622x^{-0.6081}$ となった。

表 - 1 実測値と測定値の比較

(CANON EOS-1Ds MARK-)

実測値と測定値の比較 (CANON EOS-1Ds mark-)									
奥行き	区間	1 回目			区間	2 回目			誤差
		T.S	IMU	誤差		T.S	IMU	誤差	
7	39 40	1.442	1.455	0.013	7	39 40	1.416	1.084	-0.026
8	44 45	1.176	1.185	0.009	8	44 45	1.132	0.944	-0.043
8	45 46	1.439	1.457	0.018	8	45 46	1.432	2.332	-0.007
9	49 50	0.483	0.486	0.003	9	49 50	0.450	1.422	-0.032
9	50 51	0.520	0.527	0.007	9	50 51	0.504	0.458	-0.016
9	51 52	1.196	1.210	0.014	9	51 52	1.170	2.032	-0.027
10	56 57	0.995	1.007	0.012	9	52 53	1.413	1.485	-0.008
10	57 58	1.296	1.315	0.019	10	56 57	0.957	1.905	-0.038
11	61 64	1.906	1.936	0.029	10	57 58	1.285	1.191	-0.011
12	67 68	0.642	0.655	0.013	10	58 59	0.697	0.628	-0.005
13	73 74	0.317	0.319	0.002	10	59 60	0.692	0.700	0.001
13	74 76	1.341	1.368	0.028	11	61 64	1.845	2.852	-0.062
14	79 81	1.308	1.338	0.030	12	67 68	0.595	0.735	-0.047
15	87 88	0.830	0.849	0.019	12	68 72	3.247	3.453	-0.055
					13	73 74	0.296	3.259	-0.021
					13	74 76	1.308	2.885	-0.033
					13	76 77	1.137	1.538	-0.011
					13	77 78	1.305	2.815	-0.008
					14	79 81	1.245	2.074	-0.063
					15	87 88	0.804	2.638	-0.026
					15	88 89	1.017	0.059	-0.010
					15	89 90	1.144	1.969	-0.007
誤差の平均(絶対値)				0.015	誤差の平均(絶対値)				0.025

キーワード：慣性写真測量、異なるカメラ、精度

千葉工業大学工学部建築都市環境学科小泉研究室

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

T E L 047-478-0450 E-mail : koizumi.toshio@it-chiba.ac.jp

表—2 実測値と測定値の比較
(OLYMPUS C-40ZOOM)

実測値と測定値の比較(ORYMPUS C-40ZOOM)													
1回目 奥行き		区間		TS $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	IMU $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	誤差	2回目 奥行き		区間		TS $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	IMU $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	誤差
7	39	40	1.442	1.236	-0.206	7	39	40	1.442	1.197	-0.245		
8	44	45	1.176	0.940	-0.236	8	44	45	1.176	0.883	-0.293		
8	45	46	1.439	1.282	-0.157	8	45	46	1.439	1.262	-0.177		
9	50	51	0.520	0.408	-0.112	9	50	51	0.520	0.382	-0.138		
9	51	52	1.196	1.000	-0.197	9	51	52	1.196	0.962	-0.235		
10	56	57	0.995	0.780	-0.215	10	56	57	0.995	0.726	-0.269		
10	57	58	1.296	1.133	-0.163	10	57	58	1.296	1.113	-0.183		
10	58	59	0.702	0.646	-0.056	10	58	59	0.702	0.640	-0.062		
12	68	72	3.302	2.840	-0.461								
13	76	77	1.147	1.012	-0.135								
14	83	84	0.624	0.574	-0.050								
誤差の平均(絶対値)						0.181	誤差の平均(絶対値)						0.200

表—3 実測値と測定値の比較
(OLYMPUS C-3030ZOOM)

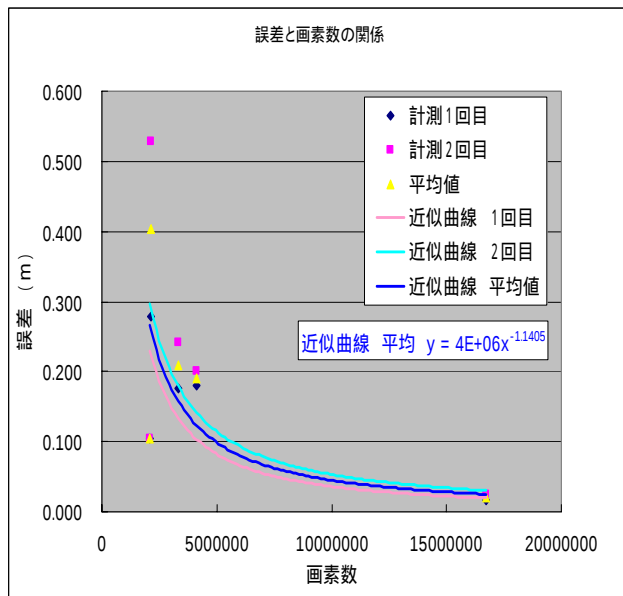
実測値と測定値の比較(OLYMPUS C-3030ZOOM)											
1回目 奥行き	区間	TS		IMU	誤差	2回目 奥行き	区間	TS		IMU	誤差
		$\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2}$	$\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2}$	$\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2}$				$\sqrt{d_1^2+d_2^2+d_3^2}$			
6	33 34	1.593	1.786	0.193		6	33 34	1.593	1.760	0.168	
7	39 40	1.442	1.660	0.218		7	39 40	1.442	1.613	0.171	
8	44 45	1.176	1.405	0.230		8	44 45	1.176	1.338	0.163	
8	45 46	1.439	1.617	0.178		8	45 46	1.439	1.589	0.150	
8	46 47	0.736	0.814	0.078		8	46 47	0.736	0.799	0.063	
9	50 51	0.520	0.634	0.114		9	50 51	0.520	0.607	0.087	
9	51 52	1.196	1.420	0.224		9	51 52	1.196	1.367	0.171	
9	52 53	1.422	1.579	0.157		9	52 53	1.422	1.546	0.125	
10	56 57	0.995	1.246	0.251		10	56 57	0.995	1.178	0.183	
10	57 58	1.296	1.476	0.180		10	57 58	1.296	1.439	0.143	
10	58 59	0.702	0.765	0.063		10	58 59	0.702	0.753	0.050	
12	68 69	0.869	1.112	0.243		11	62 64	1.545	2.973	1.428	
13	76 77	1.147	1.287	0.140							
14	81 83	1.560	1.803	0.244							
15	88 89	1.028	1.161	0.134							
誤差の平均(絶対値)					0.176	誤差の平均(絶対値)					0.242

表—4 実測値と測定値の比較
(NIKON COOLPIX700)

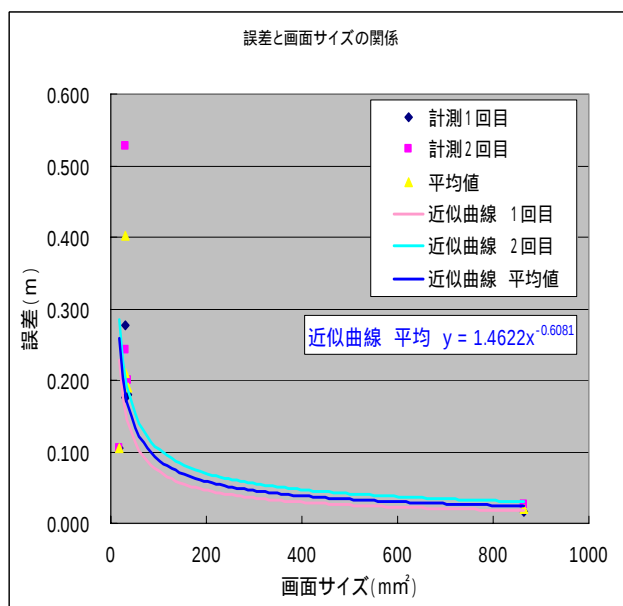
実測値と測定値の比較(NIKON COOLPIX700)											
1回目 奥行き	区間		TS $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	IMU $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	誤差	2回目 奥行き	区間		TS $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	IMU $\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	誤差
7	39	40	1.442	1.418	-0.024	7	39	40	1.442	1.389	-0.053
8	44	45	1.176	0.821	-0.355	8	44	45	1.176	0.419	-0.757
8	45	46	1.439	1.874	0.435	8	45	46	1.439	2.097	0.658
9	50	51	0.520	0.334	-0.186	9	50	51	0.520	0.075	-0.444
9	51	52	1.196	1.029	-0.168	9	51	52	1.196	0.852	-0.345
10	56	57	0.995	0.586	-0.409	9	52	53	1.422	2.428	1.007
10	57	58	1.296	1.366	0.070	10	56	57	0.995	0.001	-0.994
10	58	59	0.702	1.011	0.308	10	57	58	1.296	1.362	0.066
12	68	69	0.869	0.395	-0.474	10	58	59	0.702	1.027	0.325
13	75	76	0.927	0.510	-0.417	13	76	77	1.147	0.519	-0.629
13	76	77	1.147	1.012	-0.135						
15	88	89	1.028	0.678	-0.350						
誤差の平均(絶対値)					0.278	誤差の平均(絶対値)					0.528

表—5 実測値と測定値の比較
(SONY HDR-HC3)

実測値と測定値の比較 (SONY HDR-HC3)											
1回目 奥行き	区間	TS		IMU	誤差	2回目 奥行き	区間	TS		IMU	誤差
		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$				$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}$		
7	39 40	1.442	1.340	-0.102	7	39 40	1.442	1.358	-0.084		
8	44 45	1.176	1.077	-0.098	8	44 45	1.176	1.064	-0.111		
9	50 51	0.520	0.480	-0.040	9	50 51	0.520	0.469	-0.051		
9	51 52	1.196	1.099	-0.097	9	51 52	1.196	1.108	-0.088		
10	56 57	0.995	0.899	-0.096	10	56 57	0.995	0.889	-0.106		
10	57 58	1.296	1.188	-0.108	10	57 58	1.296	1.211	-0.085		
12	67 68	0.642	0.569	-0.074	12	67 68	0.642	0.520	-0.123		
12	68 70	2.031	1.843	-0.188	12	68 70	2.031	1.849	-0.182		
13	73 74	0.317	0.273	-0.045	13	73 74	0.317	0.255	-0.063		
13	74 76	1.341	1.213	-0.128	13	74 76	1.341	1.208	-0.133		
14	79 81	1.308	1.150	-0.158	14	79 81	1.308	1.119	-0.189		
14	81 83	1.560	1.391	-0.169	14	81 83	1.560	1.407	-0.153		
14	83 84	0.624	0.563	-0.060	14	83 84	0.624	0.586	-0.038		
15	87 88	0.830	0.754	-0.076	15	87 88	0.830	0.752	-0.078		
15	88 89	1.028	0.925	-0.102	15	88 89	1.028	0.933	-0.095		
15	89 90	1.150	1.018	-0.132	15	89 90	1.150	1.063	-0.087		
誤差の平均(絶対値)					0.105	誤差の平均(絶対値)					0.104



図—6 誤差と画素数の関係



図—7 誤差と画面サイズの関係

4. 結論

- (1) 誤差と画素数, 画面サイズとの関係は, 横向きパラボリックに変化し画素数, 画面サイズが大きくなるにつれて誤差は減少した。
- (2) 本研究において用いた撮影条件においては, 1670万画素の CANON EOS-1Ds MARK-Ⅱ, 411万画素の OLYMPUS C-40ZOOM, 334万画素の OLYMPUS C-3030ZOOM, 211万画素の NIKON COOLPIX700, 210万画素の SONY HDR-HC3 では平均誤差 0.02m, 0.19m, 0.209m, 0.403m, 0.105m で測定できることを示した。