

RPC データ(Ver.1.0)精度検証結果

1. 目的

EORC/RESTEC 作成の RPC 作成ツールで作成した RPC データの幾何精度について、GCP を用いて検証する。センサアライメントデータ（EOC 処理における指向 AP に該当）として EORC/RESTEC にて校正を行ったトレンドモデル(CVST#6 版)を用い、標定計算を行わない一般提供用の RPC(Ver.1.0)に該当するデータの精度を検証する。

2. 方式

PRISM 標準処理プロダクト L1B1 について、RPC 作成ツールを用いて RPC データ ($f_1 \sim f_4: c_1 \sim c_{20}, X_0 \sim P_0, X_s \sim P_s$)を作成する。RPC データは”CCD 毎”と”CCD 共通”をそれぞれ作成する。

EORC の PRISM 校正検証業務で使用している GCP (X,Y,Z)について、作成した各 RPC を用いて L1B1 上のラインピクセルアドレス L, P に変換し、計測済みのアドレス L_m, P_m との差 $\Delta L, \Delta P$ を誤差として検証する。

$$X_n = \frac{X - X_o}{X_s}, \quad Y_n = \frac{Y - Y_o}{Y_s}, \quad Z_n = \frac{Z - Z_o}{Z_s}$$

$$f(X_n, Y_n, Z_n) = c_1 + c_2 Y_n + c_3 X_n + c_4 Z_n + c_5 X_n Y_n + c_6 Y_n Z_n + c_7 Z_n X_n$$

$$+ c_8 Y_n^2 + c_9 X_n^2 + c_{10} Z_n^2 + c_{11} X_n Y_n Z_n + c_{12} Y_n^3 + c_{13} X_n^2 Y_n + c_{14} Z_n^2 Y_n$$

$$+ c_{15} Y_n^2 X_n + c_{16} X_n^3 + c_{17} Z_n^2 X_n + c_{18} Y_n^2 Z_n + c_{19} X_n^2 Z_n + c_{20} Z_n^3$$

$$L_n = \frac{f_1(X_n, Y_n, Z_n)}{f_2(X_n, Y_n, Z_n)}, \quad P_n = \frac{f_3(X_n, Y_n, Z_n)}{f_4(X_n, Y_n, Z_n)}$$

$$L = L_s L_n + L_0, \quad P = P_s P_n + P_0 \quad \Delta L = L - L_m, \quad \Delta P = P - P_m$$

3. データ

・ PRISM 標準処理プロダクト L1B1

使用した PRISM 標準処理プロダクト L1B1 は、EORC の校正検証業務で使用している 2006/4/28 ~ 2007/1/14 に観測された前方視/直下視/後方視それぞれ 11/12/11 シーンを用いた。姿勢データはすべて高精度姿勢決定値(PAD)を用いた。また、2006/09/22 以前のプロダクトの SUP ファイルに対しては、PAD の 1 秒補正を行っている。

・ 幾何モデル

RPC 作成ツールに組み込まれる CCD アライメントデータは、20060830 版(first version)、またセンサアライメントデータは EORC/RESTEC 校正のトレンドモデル(CVST#6 版)を用いた。GCP による標定計算は行っていない。

4. 評価結果

作成した前方視/直下視/後方視の”CCD 毎 RPC”及び”CCD 共通 RPC”に対するそれぞれ使用シーン毎の GCP 数及び GCP 誤差 ΔL , ΔP 統計値(Bias, SD = Standard Deviation, RMS)を精度評価結果として表 1~6 に示す。なお, 得られる誤差 ΔL , ΔP は L1B1 画像上の画素単位であるため 1 画素 = 2.5m として meter 換算している。

表 1 前方視 CCD 毎 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	5.922	1.572	6.127	9.588	1.530	9.709
2006/04/28	Tokushima	28	6.271	1.244	6.394	10.026	1.745	10.177
2006/04/30	Saitama-U	166	-8.306	1.795	8.498	-8.610	1.910	8.819
2006/04/30	Saitama-L	230	-7.737	1.308	7.846	-8.169	1.435	8.294
2006/06/20	Okazaki	42	1.817	2.074	2.757	-5.827	1.540	6.027
2006/06/21	Thun	73	-1.437	1.798	2.302	-3.413	1.496	3.727
2006/07/29	Himeji	15	4.187	1.251	4.370	2.045	1.342	2.446
2006/07/29	Tokushima	28	3.798	1.095	3.953	3.953	1.622	4.273
2006/09/25	Kyoto	24	-2.216	2.166	3.099	0.672	1.664	1.795
2006/11/08	Kyushu	86	3.063	2.013	3.665	1.952	2.109	2.874
2007/01/14	Tsukuba	129	2.903	1.628	3.328	-4.222	1.993	4.669
RMS			4.892	1.669	5.169	6.185	1.687	6.411

表 2 前方視 CCD 共通 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	5.750	2.558	6.293	9.687	2.089	9.910
2006/04/28	Tokushima	28	6.203	2.617	6.733	10.211	2.292	10.465
2006/04/30	Saitama-U	166	-8.197	2.681	8.624	-8.780	2.917	9.251
2006/04/30	Saitama-L	230	-7.559	2.441	7.943	-8.579	2.613	8.968
2006/06/20	Okazaki	42	1.719	1.779	2.474	-6.200	2.125	6.554
2006/06/21	Thun	73	-1.381	1.613	2.123	-3.815	1.968	4.292
2006/07/29	Himeji	15	4.108	2.017	4.577	2.856	2.134	3.565
2006/07/29	Tokushima	28	3.802	2.322	4.455	4.070	2.330	4.690
2006/09/25	Kyoto	24	-2.581	2.048	3.295	0.485	2.256	2.308
2006/11/08	Kyushu	86	2.794	2.846	3.988	1.918	3.214	3.743
2007/01/14	Tsukuba	129	2.888	1.616	3.309	-4.671	2.530	5.312
RMS			4.814	2.270	5.322	6.412	2.434	6.858

表 3 直下視 CCD 毎 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	3.886	1.831	4.295	1.576	1.416	2.119
2006/04/28	Tokushima	28	4.307	1.094	4.443	2.398	1.572	2.868
2006/04/30	Saitama-U	166	-4.971	1.722	5.261	-5.092	1.759	5.387
2006/04/30	Saitama-L	230	-4.709	1.512	4.946	-4.360	1.388	4.575
2006/06/20	Okazaki	42	2.866	2.039	3.517	5.286	1.307	5.446
2006/06/21	Thun	73	0.556	1.901	1.981	7.115	1.784	7.335
2006/07/14	Saitama	209	2.208	2.100	3.047	5.524	1.720	5.785
2006/07/29	Himeji	15	1.758	1.283	2.176	3.287	1.706	3.703
2006/07/29	Tokushima	28	2.778	1.356	3.091	5.061	1.872	5.396
2006/09/25	Kyoto	24	-2.276	2.056	3.067	2.201	1.762	2.819
2006/11/08	Kyushu	86	1.213	2.264	2.568	-0.301	2.217	2.237
2007/01/14	Tsukuba	129	-3.967	1.789	4.352	-5.905	1.677	6.139
RMS			3.255	1.780	3.710	4.458	1.698	4.770

表 4 直下視 CCD 共通 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	3.999	1.806	4.388	1.768	1.510	2.325
2006/04/28	Tokushima	28	4.400	1.191	4.559	2.445	1.841	3.060
2006/04/30	Saitama-U	166	-4.885	1.741	5.186	-4.992	1.753	5.290
2006/04/30	Saitama-L	230	-4.649	1.518	4.890	-4.346	1.448	4.581
2006/06/20	Okazaki	42	2.834	1.667	3.288	5.107	1.727	5.391
2006/06/21	Thun	73	0.568	1.631	1.727	7.006	2.152	7.329
2006/07/14	Saitama	209	3.188	1.969	3.747	5.918	2.648	6.484
2006/07/29	Himeji	15	2.008	1.360	2.425	3.550	1.918	4.035
2006/07/29	Tokushima	28	2.872	1.412	3.201	5.111	1.919	5.459
2006/09/25	Kyoto	24	-2.892	1.728	3.369	1.855	2.146	2.836
2006/11/08	Kyushu	86	1.309	2.372	2.709	-0.167	2.237	2.244
2007/01/14	Tsukuba	129	-3.778	1.754	4.165	-5.865	1.714	6.111
RMS			3.366	1.704	3.773	4.469	1.944	4.874

表 5 後方視 CCD 毎 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	2.657	1.576	3.090	11.086	1.517	11.189
2006/04/28	Tokushima	28	2.707	1.171	2.950	11.945	1.216	12.007
2006/04/30	Saitama-U	166	-2.765	1.611	3.200	-11.699	1.886	11.850
2006/04/30	Saitama-L	230	-3.033	1.340	3.315	-10.252	1.673	10.388
2006/06/20	Okazaki	42	1.180	1.524	1.927	-8.560	1.936	8.777
2006/06/21	Thun	73	0.927	1.575	1.828	-2.454	3.104	3.957
2006/07/29	Himeji	15	4.024	1.673	4.358	1.183	1.738	2.102
2006/07/29	Tokushima	28	3.656	1.300	3.881	3.602	2.274	4.260
2006/09/25	Kyoto	24	-1.303	1.346	1.873	0.915	2.296	2.472
2006/11/08	Kyushu	86	-2.236	1.895	2.931	-2.443	2.109	3.227
2007/01/14	Tsukuba	129	7.345	1.594	7.516	-6.178	2.351	6.610
RMS			3.353	1.522	3.683	7.665	2.066	7.938

表 6 後方視 CCD 共通 RPC 精度評価結果

Scene			ΔP			ΔL		
Date	Site	GCP	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]	Bias[m]	SD[m]	RMS[m]
2006/04/28	Himeji	37	2.582	1.568	3.021	11.362	1.645	11.481
2006/04/28	Tokushima	28	2.768	1.537	3.167	12.081	1.319	12.153
2006/04/30	Saitama-U	166	-2.646	1.723	3.157	-11.548	1.881	11.700
2006/04/30	Saitama-L	230	-2.924	1.487	3.281	-10.083	1.642	10.216
2006/06/20	Okazaki	42	1.133	1.520	1.896	-8.511	1.809	8.701
2006/06/21	Thun	73	0.976	1.636	1.905	-2.539	3.041	3.962
2006/07/29	Himeji	15	3.920	1.563	4.220	1.596	2.038	2.588
2006/07/29	Tokushima	28	3.710	1.619	4.048	3.754	2.022	4.264
2006/09/25	Kyoto	24	-1.078	1.358	1.734	0.889	2.100	2.281
2006/11/08	Kyushu	86	-2.181	1.913	2.901	-2.150	2.107	3.010
2007/01/14	Tsukuba	129	7.301	1.578	7.470	-6.023	2.232	6.423
RMS			3.309	1.597	3.674	7.671	2.029	7.935

5. 考察及びまとめ

全体的な Bias 誤差としては、ほぼ CVST#6 で報告したトレンドモデルのフィッティング残差(表 7)に沿うものとなった。なお、Bias 誤差の方向視毎 RMS を見ると前方視及び後方視の ΔL (Y)が CVST#6 のフィッティング残差に対して RPC でやや悪い結果を示したが、これは CVST#6 トレンド解析で用いたシーンの中でも比較的フィッティング残差の大きかった 2006/4/28 及び 2006/4/30 観測シーンを RPC サンプルとして用いているためであり、それぞれのシーンの Bias 誤差とトレンドモデルフィッティング残差との比較ではほぼ妥当な数値となっていることを確認した。

“CCD 毎 RPC”に対する“CCD 共通 RPC”の精度比較としては、前方視において精度の悪化が見られた。前方視の CCD アライメント配置では、CCD6-7-8 間での非線形性が大きく、これらを繋げて RPC 化した場合に 3 次多項式では十分に表現できていないことが考えられる。図 1 に各 CCD ユニットの配置を焦点距離 2,000mm のピンホールカメラの焦点面で近似表現したものを示す。一方、直下視及び後方視ではほぼ精度の悪化は見られなかった。

なお、まれにシーン内での標準偏差(SD)が比較的大きいシーン(後方視 Thun- ΔL)も見られたが、これは、トレンドモデル解析時に既に見られていた現象であり Yaw 誤差によるものであることが確認されている。これらの傾向についての調査は今後の課題である。

また、2007/3/22 に STT パラメータの変更がなされており、SUP ファイルに格納された PAD にこれに伴う指向オフセットが掛かっている可能性があるため、これ以降の観測データに対してこれら評価精度は適用されない。よって新たに解析を行いこれらオフセットの補償を行う必要がある。

また、今回の RPC サンプルは 2006/6/20 の Okazaki を除いてすべてトレンドモデル解析で用いた同じシーンであり、これらフィッティングに用いたシーン以外の独立した評価用シーンでの精度評価も今後の課題である。

表 7 トrendモデルフィッティング残差(CVST#6 資料より)

	No. of Scenes (P1/P2)	Linear regression residuals sigma [deg]		Linear regression residuals sigma in ground level [m]		
		Roll	Pitch	X	Y	XY(RSS)
FWD	13/11	0.000430	0.000366	5.20	5.27	7.40
NDR	17/11	0.000285	0.000349	3.44	4.21	5.44
BWD	16/10	0.000279	0.000367	3.37	5.30	6.28

P1 = Launch~2006/09/05, P2 = 2006/09/06~2007/01/14

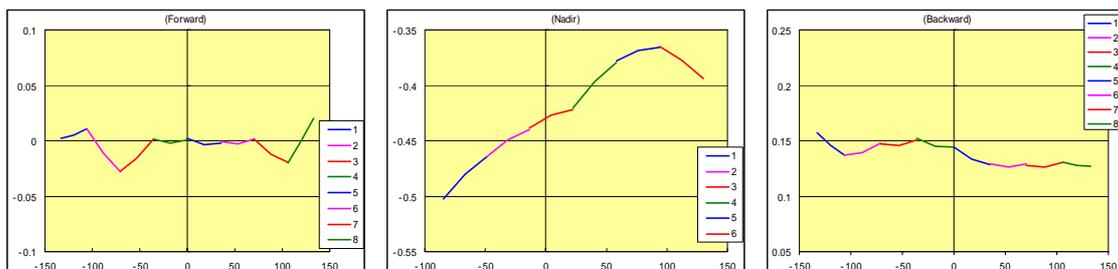


図 1 CCD ユニットの配置概要図

(焦点距離 2,000mm のピンホールカメラの焦点面で表現, EORC 橋本氏作成)