

GPS/IMU に関する調査研究（第2年次）

実施期間	平成 15 年度～		
測図部測図技術開発室	中村 孝之	下野 隆洋	
	笹川 啓	大木 章一	
測図部地形課	宮沢 公一	直井 貴之	
	田山 直規	塚崎 靖久	

1. はじめに

GPS/IMU は、GPS と IMU (Inertial Measurement Unit : 慣性計測装置) を組み合わせることにより、センサの位置と姿勢を高精度に求めることができるシステムである。空中写真撮影の際に GPS/IMU を用いることで、従来、地上基準点を用いて間接的に求めていた外部標定要素を直接求めることができる。本研究は、GPS/IMU を基本図測量等に適用するために必要な精度検証等を行うものである。

2. 研究概要

平成 15 年度に Applanix 社製の GPS/IMU である POS/AV510 を「くにかぜⅡ」に設置し、正常に動作することを確認した。平成 16 年度は、同機種を再度「くにかぜⅡ」に設置して撮影を行い、GPS/IMU の精度検証を行った。具体的には、徳島地区の撮影（縮尺 1/4,000、1/8,000）を利用してボアサイトキャリブレーションを行い、その結果を踏まえて、姫路地区及び鳥取地区の撮影（縮尺 1/30,000）を利用して精度検証を行った。

3. 研究内容と結果

(1) ボアサイトキャリブレーション

ボアサイトキャリブレーションとは、IMU の三軸と航空カメラの三軸の差（ミスアライメント角）を求める作業である。通常、半年から 1 年に 1 回程度、縮尺 1/4,000 で撮影した空中写真（4 コース、40 モデル程度）を用いて空中三角測量を行い、GPS/IMU データとともに解析処理を行い算出する。しかし、「くにかぜⅡ」は飛行速度が速く、縮尺 1/4,000 の撮影を定常的に行うことは困難が伴う。また、1/10,000 以上の大縮尺の撮影を行う機会は多くない。そこで、今回、縮尺 1/8,000 で代替できることを期待して、徳島石井（縮尺 1/4,000）と徳島板野（縮尺 1/8,000）の 2 地区の撮影を行い（表-1）、ボアサイトキャリブレーションを実施し、GPS の基線解析に使用する基準局数などの条件を変えてミスアライメント角を算出した（表-2）。

表-1 徳島石井及び徳島板野地区の撮影諸元

撮影地域	徳島石井地区	徳島板野地区
撮影日	平成 16 年 5 月 22 日	
撮影縮尺	1/4,000	1/8,000
撮影高度	615m	1,230m
コース数、 枚数	4 コース、 52 枚 (48 モデル)	
カメラ	RC30	
色	モノクロ	

表-2 算出したミスアライメント角

	サイト	基準局数	使用コース	ミスアライメント角 (arcmin)		
				ω	ϕ	κ
i	徳島石井	1 点	C1~3	36.338	-17.627	-5.771
ii	徳島石井	3 点	C1~3	36.334	-17.666	-5.679
iii	徳島板野	1 点	C1~4	36.349	-17.542	-4.627
iv	徳島板野	1 点	C1~3	36.109	-17.682	-5.071
v	徳島板野	3 点	C1~4	36.772	-17.461	-4.729
vi	徳島板野	3 点	C1~3	36.419	-17.583	-5.223

(2) GPS/IMU の精度検証

姫路地区及び鳥取地区の撮影(表-3)を行い、精度検証を行った。ミスアライメント角として、徳島石井、徳島板野地区とも電子基準点を3点使用しているもの(表-2のii、vi)を採用することとし、それらを元に算出した外部標定要素をライカジオシステムズ社製デジタル図化機LPSにインポートし、各検証点について画像計測を行い、後処理キネマティック方式による現地GPS測量結果と比較した。検証点数は姫路地区は33点、鳥取地区は34点である。また、精度向上のため、パスポイント及びタイポイントを設定した後、数点の検証点を標定点として用いてブロックの再調整計算を行い、残りの検証点について同様に精度検証を行った。これらの結果を表-4にまとめる。

外部標定要素をそのまま使用した場合、姫路、鳥取地区ともに、カタログ仕様等から期待される精度が得られなかった。しかし、今回の検証点における較差は、1/25,000地形図(以下、「地形図」という。)の要求精度(RMSで平面位置17.5m、標高点3.3m、等高線5m以内)を満たしており、地形図修正作業への適用可能性が十分にあることが確認できた。

標定点を用いた補正では、1点のみでは逆に精度が低下することもあるが、4点又は5点使用することで精度を向上することができた。

ミスアライメント角の較差は、今回の場合、地上換算で数10cm~1m程度の差となると見積もられた。実際、地上の検証点における大きな較差としては現われなかった。このため、地形図修正のための縮尺1/30,000の撮影には、縮尺1/8,000の空中写真を用いたボアサイトキャリブレーションで十分対応可能であると言える。

4. まとめと今後の課題

今回、「くにかぜII」に設置したGPS/IMUのボアサイトキャリブレーション及び精度検証を行った。結果は、他で実施された精度検証結果やカタログ仕様に示された精度に達するものではなかった。これはGPSの受信状況が悪くサイクルスリップが頻発したためと考えられる。一因として、今回の検証では、純正品のアンテナを使用せずに既存のGPSアンテナを流用したことが考えられる。しかし、今回得られた結果は地形図修正に適用可能なレベルの精度であった。

今後、実際に地形図修正作業にGPS/IMUを適用するためには、作業規程などを作成する必要がある。今回、カタログ仕様に届かない事例が得られたことは検討上有益であると考えられる。今後も事例を重ね、精度確保方法等について更に検証を進める予定である。また、大縮尺図への適用のための検証も進める予定である。

表-3 姫路及び鳥取地区の撮影諸元

撮影地域	姫路地区	鳥取地区
撮影日	平成16年5月21日	平成16年5月24日
撮影縮尺	1/30,000	
撮影高度	4,700m	
コース数、枚数	4コース、52枚(48モデル)	3コース、46枚(43モデル)
カメラ	RC30	
色	モノクロ	

表-4 未補正及び補正後の外部標定要素による検証点較

地区	点 数	X較差(m)		Y較差(m)		水平較差(m)		Z較差(m)	
		RMS	最大	RMS	最大	RMS	最大	RMS	最大
姫石	0	1.50	-2.73	0.38	1.08	1.55	2.79	1.77	2.82
姫石	1	1.39	-2.65	1.31	2.66	1.91	3.50	2.20	3.97
姫石	4	0.44	1.09	0.57	1.36	0.72	1.37	1.11	1.83
姫石	5	0.49	1.24	0.62	1.40	0.79	1.51	1.16	1.99
姫板	0	1.31	-2.24	0.42	1.09	1.37	2.27	1.79	3.07
姫板	1	1.23	-2.30	1.06	2.28	1.63	2.99	2.27	3.85
姫板	4	0.49	1.33	0.59	1.37	0.77	1.66	1.43	2.45
姫板	5	0.53	1.45	0.65	1.40	0.83	1.75	1.41	2.38
鳥石	0	1.16	-2.07	0.64	-2.19	1.32	2.28	1.82	3.05
鳥石	1	0.73	-2.18	1.04	-4.05	1.27	4.24	1.37	2.91
鳥石	4	0.55	1.71	0.38	-1.26	0.67	1.76	1.01	2.21
鳥石	5	0.48	1.55	0.38	-1.25	0.62	1.61	0.79	1.91
鳥板	0	1.10	2.32	0.66	-2.16	1.28	2.41	1.84	3.08
鳥板	1	0.63	-1.86	0.82	-3.45	1.04	3.51	1.42	3.19
鳥板	4	0.54	1.69	0.37	-1.32	0.66	1.73	0.98	2.14
鳥板	5	0.48	1.54	0.36	-1.31	0.60	1.58	0.83	2.29

※Cal.: ボアサイトキャリブレーションを行ったサイト。

※Xは東西方向、Yは南北方向、Zは鉛直方向。

※姫: 姫路、鳥: 鳥取、石: 徳島石井、板: 徳島板野地区。

※点数: 使用した標定点の数。0は未使用、1はブロック中央、4はブロック四隅、5はブロック四隅と中央に標定点を設置。