

## ALOS/PRISM の精度検証（第 2 年次）

実施期間	平成 18 年度～	
測図部測図技術開発室	水田 良幸	佐藤 壮紀
	小井土今朝巳	大野 裕幸
	田中 宏明	

### 1. はじめに

国土地理院では、平成 18 年 1 月に打ち上げられた陸域観測技術衛星 ALOS に関して、宇宙航空研究開発機構（「JAXA」）と共同研究協定を締結し、地理情報の把握及び環境・災害の監視技術の開発を目的として、共同研究を実施している。測図部では、2 万 5 千分 1 地形図の作成及びリアルタイム修正の実証及び ALOS 搭載光学センサの幾何補正精度、標高抽出精度及び位置・姿勢決定精度等の校正・検証の 2 課題について調査研究を実施している。平成 18 年度には、JAXA と共同で PRISM センサの地上基準点を使用しない対地標定精度を検証し、センサの位置・姿勢決定の校正・検証を行った。

一方、平成 19 年度に入り、(財) リモート・センシング技術センターから RPC モデルの提供が開始され、各図化機メーカーにおいて RPC モデルに対応したデジタルステレオ図化機の開発が進むなど、ALOS/PRISM 画像からの計測環境が整ってきた。そのため、平成 19 年度は、2 万 5 千分 1 地形図の作成及びリアルタイム修正への適用の可能性の検討を目的とし、デジタルステレオ図化機による ALOS/PRISM 画像の計測精度の検証を行った。

### 2. 研究概要

平成 19 年度は、PRISM 画像及び RPC モデルに対応したデジタルステレオ図化機を用いて、ステレオ図化手法の 2 万 5 千分 1 地形図作成・修正作業における適用可能性を検証した。検証は、基本図測量作業規程（案）に定められた図化工程を ALOS/PRISM 画像によるステレオ図化作業に適用し、基本図測量作業規程に定められた精度と比較することにより行った。

### 3. 平成 19 年度実施内容

#### 3. 1 デジタルステレオ図化機による計測精度の検証

平成 19 年 8 月時点で市販又は市販が予定されているデジタルステレオ図化機を用いて標定及びステレオ図化による計測精度の検証を行った。

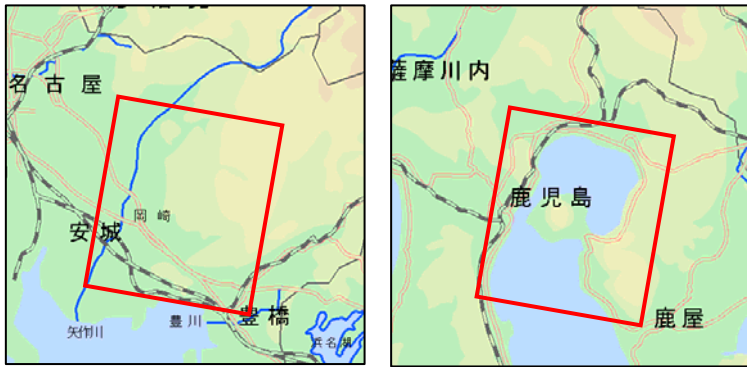
#### (1) 標定精度の検証

ALOS/PRISM の 3 方向視（前方視、直下視、後方視）の画像及び RPC モデルを用いて、デジタルステレオ図化機による標定精度の検証を行った。標定精度は、下記①～③の項目について実施した。検証に使用した地域及び画像の諸元は、図－1 及び表－1 のとおりである。

①使用する図化機と標定精度の関係の検証

②適用する補正モデル（未知付加パラメータの種類）と標定精度の関係の検証

③標定点数と標定精度の関係の検証



図－1 標定精度検証対象地域（岡崎地域：左，桜島地域：右）

表－1 使用画像諸元

岡崎地域	
撮影日	2007/3/23
観測パス	72
中心フレーム番号	2900
桜島地域	
撮影日	2007/5/11
観測パス	83
中心フレーム番号	2965

## （2）ステレオ図化精度の検証

（1）の結果を基に最も精度が高いモデルを使用し，デジタルステレオ図化機により主要地物における図化精度の検証を行った．図化精度は，道路，建物及び河川の平面位置を検証対象としたものと標高点，等高線の高さ方向を検証対象としたものに分類した．

平面位置に関する検証は，岡崎地域のうち，日本国内において標準的な市街地及び郊外の中山間地を含むエリアにおいて，縮尺 1/20,000 空中写真から図化した結果と比較することにより行った．また，標高計測に関する検証は，桜島エリアのうち，航空レーザ測量データの入手可能且つ樹林の影響を受けにくい裸地が多いエリアにおいて，航空レーザ測量データと比較することにより行った．

## （3）基本図測量作業規程への適用可能性の検討

標定精度結果，図化精度結果を基に，ALOS/PRISM の 3 方向視画像及び RPC モデルファイルを用いたデジタルステレオ図化機による 2 万 5 千分 1 地形図作成及び修正における適用可能性を基本図測量作業規程に準じた各工程について考察を行った．

## 4. 得られた成果

### 4. 1 ステレオ図化機による計測精度

#### （1）標定精度

##### ①使用する図化機と標定精度の関係

3 機種種のデジタルステレオ図化機を用いて，同一の画像，RPC モデル，標定点及び検証点を用い，それぞれの図化機の標定精度を比較した（表－2）．標定に使用した補正モデルは，タイプ 2（シフト項＋ドリフト項）とした（補正モデルについては，②参照）．

表－2 図化機による標定精度の比較（岡崎地域：左，桜島地域：右）

機種		平面位置	標高
A	平均	2.53	0.48
	標準偏差	1.21	2.19
	RMSE	<b>2.80</b>	<b>2.24</b>
B	平均	2.22	-1.21
	標準偏差	1.34	2.37
	RMSE	<b>2.59</b>	<b>2.74</b>
C	平均	3.33	0.41
	標準偏差	1.39	3.59
	RMSE	<b>3.61</b>	<b>3.61</b>
機種		平面位置	標高
A	平均	2.56	0.75
	標準偏差	1.34	2.35
	RMSE	<b>2.89</b>	<b>2.47</b>
B	平均	3.06	1.12
	標準偏差	1.20	2.79
	RMSE	<b>2.38</b>	<b>3.01</b>
C	平均	3.94	-0.64
	標準偏差	1.67	3.51
	RMSE	<b>4.28</b>	<b>3.57</b>

平面位置に関しては、どの図化機も十分に基本図測量作業規程（案）の制限値を満たすことが確認された。一方、標高精度に関しては、基本図測量作業規程の制限値を超える機種が存在した。図化機による差異が若干生じているが、作業者及び作業環境の違いによる影響も考えられるため、図化機の標定プログラムによる違いと断定することはできない。

②補正モデル（未知付加パラメータの種類）と標定精度の関係

使用する標定時の補正モデルと標定精度の関係を検証した。比較する補正モデルとして、シフト項のみを補正項とするタイプ1とシフト項+ドリフト項を補正項とするタイプ2について、標定精度との関係を検証した。補正モデル（タイプ1，タイプ2）の詳細は、下記の式による。補正モデル以外の標定時の条件を同一にして、精度を比較した結果を表-3に示す。

$$x + \Delta x = \frac{Num_x(X, Y, Z)}{Den_x(X, Y, Z)} \quad \Delta x = A_0 + A_1x \quad A_0, B_0: \text{全バイアスのシフト量(シフト項)}$$

$$y + \Delta y = \frac{Num_y(X, Y, Z)}{Den_y(X, Y, Z)} \quad \Delta y = B_0 + B_1y \quad A_1, B_1: \text{軸方向のドリフト量(ドリフト項)}$$

$$Num_x(X, Y, Z) = a_1 + a_2Y + a_3X + a_4Z + a_5YX + a_6YZ + a_7XZ + a_8Y^2 + a_9X^2 + a_{10}Z^2 + a_{11}XYZ + a_{12}Y^3 + a_{13}YX^2 + a_{14}YZ^2 + a_{15}Y^2X + a_{16}X^3 + a_{17}XZ^2 + a_{18}Y^2Z + a_{19}X^2Z + a_{20}Z^3$$

$$Den_x(X, Y, Z) = b_1 + b_2Y + b_3X + \dots + b_{19}X^2Z + b_{20}Z^3$$

$$Num_y(X, Y, Z) = c_1 + c_2Y + c_3X + \dots + c_{19}X^2Z + c_{20}Z^3$$

$$Den_y(X, Y, Z) = d_1 + d_2Y + d_3X + \dots + d_{19}X^2Z + d_{20}Z^3$$

表-3 モデルと標定精度の比較（岡崎地域：左，桜島地域：右）

モデル		平面位置	標高	モデル		平面位置	標高
タイプ1	平均	2.57	0.49	タイプ1	平均	2.73	0.81
	標準偏差	1.27	2.07		標準偏差	1.38	2.29
	RMSE	<b>2.87</b>	<b>2.13</b>		RMSE	<b>3.06</b>	<b>2.43</b>
タイプ2	平均	2.53	0.48	タイプ2	平均	2.56	0.75
	標準偏差	1.21	2.19		標準偏差	1.34	2.35
	RMSE	<b>2.80</b>	<b>2.24</b>		RMSE	<b>2.89</b>	<b>2.47</b>

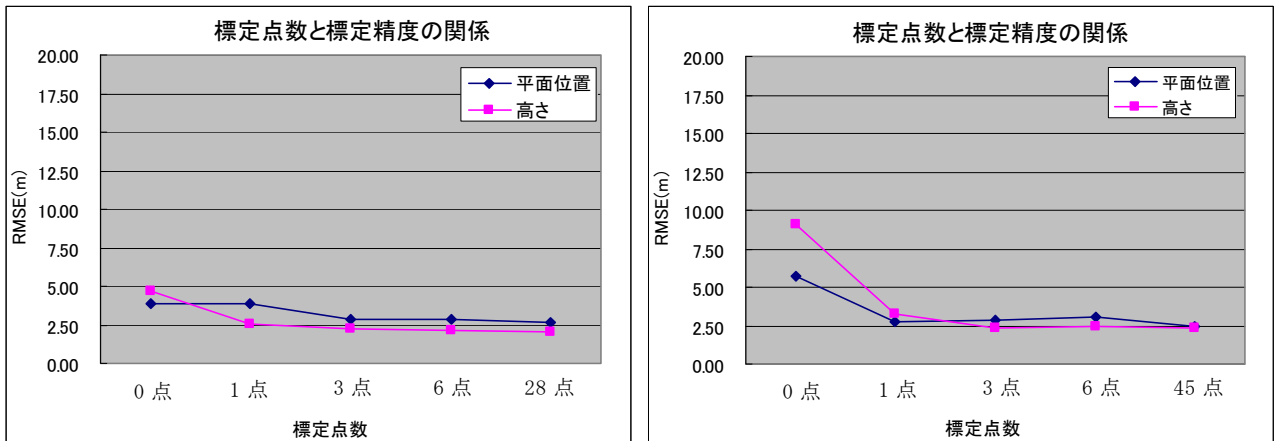
実施した2地域では、タイプ1とタイプ2の精度にほとんど差が生じなかった。これは、RPCモデルを使用した標定では、誤差成分として平行移動の要素がほとんどであり、シフト項のみの調整で標定が可能であることを意味する。

③標定点数と標定精度の関係

標定時に使用する標定点数と標定精度の関係を検証した。使用するモデルはタイプ1とし、②同様に岡崎，桜島地域について実施した。結果を図-2に示す。

標定点0点は、RPCモデルファイルのみから標定を行った結果である。最大の点数は、全点を標定点として使用した標定点残差である。上記2地域の結果から、RPCモデルのみを使用した0点に比べて1点使用することにより、精度向上する一方、1点使用することではぼ精度的には収束する。これは、タイプ1のモデルを使用した場合、十分な精度を有する標定点1点を使用することにより、標定

が可能であることを意味する。



図－2 標定点数と標定精度の関係（岡崎地域：左，桜島地域：右）

(2) ステレオ図化精度

① 平面位置精度

道路，河川，建物について，ALOS/PRISM から図化した結果と縮尺 1/20,000 の空中写真から図化した結果の比較を行った。道路については道路交差点中心部，河川については，河川の屈曲部等の特徴点を検証地点として比較を行った。建物については建物外形の隅のうち較差の大きな点で検証地点とした。検証結果を表－4 に示す。

表－4 平面位置図化精度結果

図化対象	岡崎地区				三河地区			
	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数
道路	2.03	4.14	8.18	16	4.39	7.38	18.64	16
河川	1.97	4.92	7.56	16	2.61	9.67	15.67	9
建物	1.28	4.77	7.52	16	0.56	5.91	6.45	2

検証結果から，すべての地物において，RMSE では基本図測量作業規程（案）を満たす結果となり，十分な精度で計測できることが分かった。一方，最大較差が大きいのは，画質に起因し，検証地点が明確でないことによると考えられる。そのため，精度を確保するためには，計測時の判読性に注意する必要がある。

② 標高計測精度

標高点の計測精度は，PRISM 画像で独立に 2 回計測した結果を基に，その 2 回測定の結果及び同一地点の航空レーザ測量データと比較した較差について評価を行った。また，使用するステレオモデルとして 2 通りのモデルで比較した。これらの結果を表－5 に示す。

表－5 標高点計測精度結果

使用モデル	較差	平均	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数
前方・直下	2回測定の較差	-1.02	2.43	2.67	8.11	16
	航空レーザ測量との較差	-0.13	4.50	4.50	9.48	
前方・後方	2回測定の較差	-0.16	2.00	2.00	4.13	16
	航空レーザ測量との較差	-0.81	4.80	4.87	11.09	

今回の検証では、2回測定の較差、航空レーザ測量データとの較差の RMSE とともに基本図測量作業規程の制限値を満たしていない結果となった。原因としては、2回測定の較差が大きいことから、判読性が不十分なことによる計測誤差が考えられる。また、使用モデルによる大きな差はないものと考えられる。

等高線については、PRISM から図化した等高線データと航空レーザ測量データから自動生成した等高線を比較し、定性的な評価を行った。定性的な評価では、概ね地形を再現できているものの、小さな尾根、谷等の微地形については、再現できていないことが分かる（図-3）。

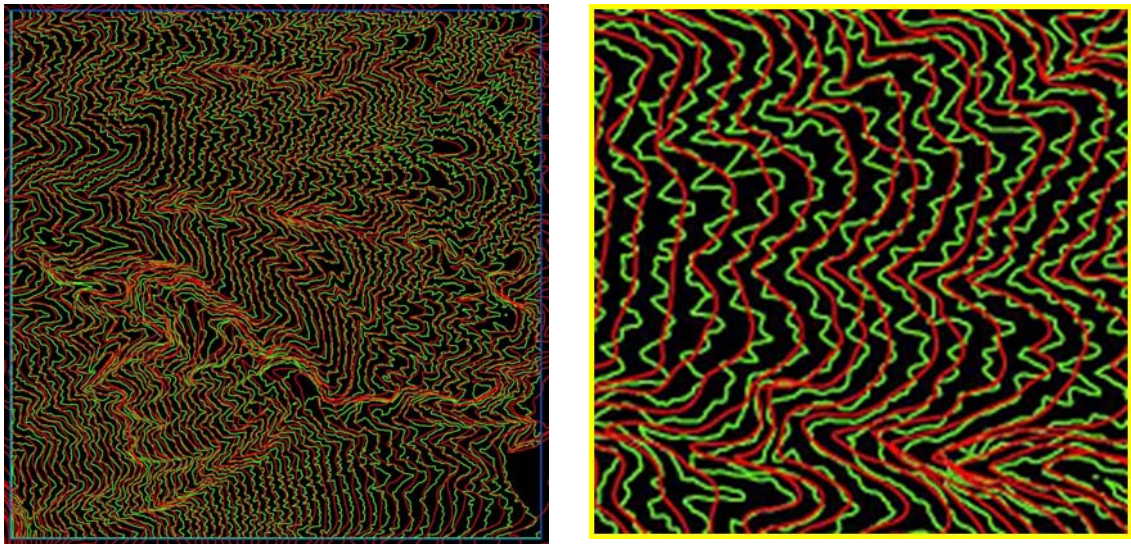
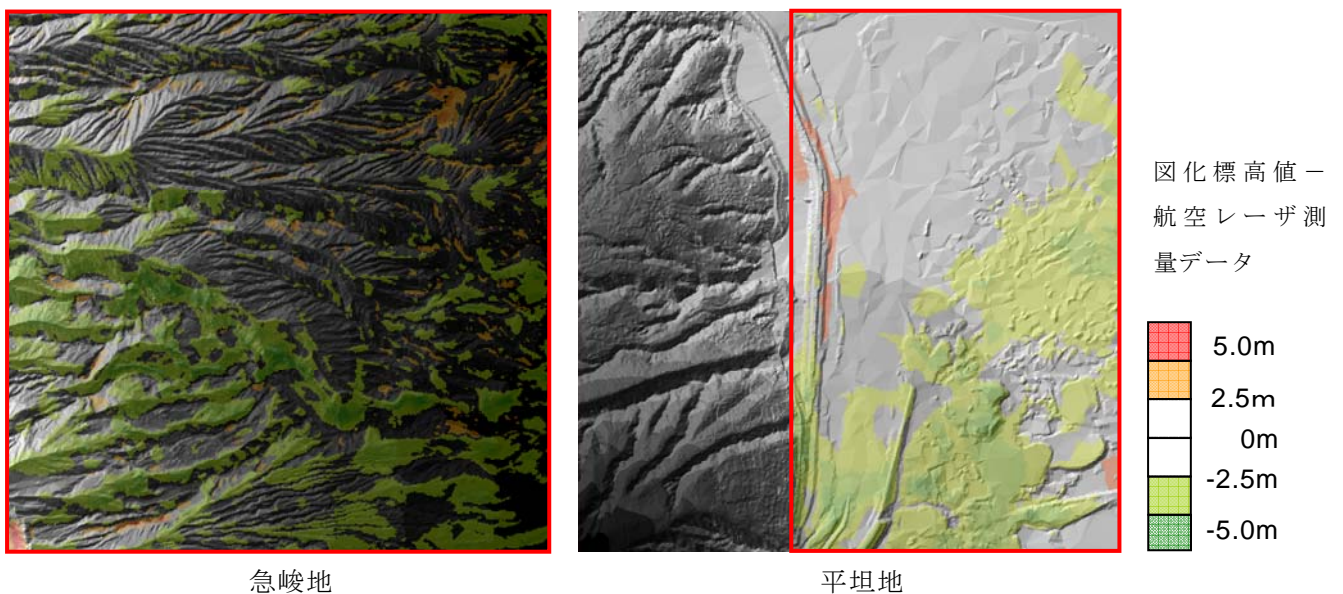


図-3 等高線の定性的な比較（左：全体、右：拡大）

また、図化した等高線からメッシュデータを作成し、航空レーザ測量データを参照値として、比較することで定量的な評価を行った。定量的な評価では、平坦地の精度が標準偏差 2.35m、急峻地域の標準偏差が 4.84m となり、基本図測量作業規程（案）の等高線精度を満たしている。ただし、一部に大きな誤差があり、精度的に十分とは言えない。特に急峻な地形での谷部や急傾斜の斜面では、5.0 m を超える誤差があることがわかる（図-4）。そのため、基本図測量での使用は、地形、土地被覆等の条件が限定される。



急峻地

平坦地

図-4 等高線図化結果と航空レーザ測量データの比較（赤枠内が比較領域）

### (3) 基本図測量作業規程への適用可能性

標定精度検証結果及び図化精度検証結果を基にALOS/PRISMの3方向視画像及びRPCモデルを用いた2万5千分1地形図作成及び修正における基本図測量作業規程(案)の適用可能性について、以下の工程について考察を行った。

#### ① 標定

検証により得られた結果及び今までに蓄積されたデジタル写真測量のノウハウに基づきALOS/PRISM画像及びRPCモデルを用いた標定方法から以下の運用により基本図測量作業規程(案)の適用が可能と考えられる。

- ・タイプ1の場合は、標定に必要な標定点数は最低1点、冗長性を考慮し、3点程度。
- ・タイプ2の場合は、標定に必要な標定点数は、最低3点、冗長性を考慮し、5点程度。

#### ② 数値図化

道路、河川、建物については、位置精度に関して大きな問題がないが、画質状況等の判読性に注意すれば適用可能である。また、等高線に関しては、平坦地であれば問題なく適用可能であるが、急峻地においては、十分な精度が得られない可能性があるため、地形、土地被覆等の条件を十分に考慮して使用する必要がある。

### 5. まとめ

本調査研究により、ALOS/PRISM画像及びRPCモデルを用いたデジタルステレオ図化機による計測方法が基本図測量作業規程の適用がある程度可能であることが分かった。今回、精度が不十分であった標高点、等高線の図化精度について、さらに検証が必要である。