

# ALOS/PRISM データの 2 万 5 千分 1 地形図作成・修正への適用性の検証 — 標定精度及び標高抽出精度の検証 —

## Validation on Application of ALOS/PRISM to Topographical Mapping

### 測図部

水田良幸・笹川 啓・小井土今朝己・浦部ぼくろう・田中宏明

### Topographic Department

Yoshiyuki MIZUTA, Akira SASAGAWA, Kesami KOIDO, Bokuro URABE and  
Hiroaki TANAKA

### 要 旨

国土地理院では、平成 18 年 1 月 24 日に種子島宇宙センターから打ち上げられた陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS: Advanced Land Observing Satellite)が搭載している PRISM センサの画像が 2 万 5 千分 1 地形図作成及び修正に必要な幾何精度並びに判読性を有するか否かの検証を実施している。本稿では、これまでに実施した PRISM の 3 方向視の実画像(検証用画像)を用いた標定精度及び画像より作成した DSM の品質の検証結果について報告する。

### 1. はじめに

現在までに IKONOS, QuickBird, SPOT5 などの高分解能衛星が打ち上げられており、地図作成及び修正の観点から、さまざまな調査研究及び利用が行われている。平成 18 年に打ち上げられた陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) (以下、「だいち」という。)は、地上分解能 2.5m を有するパナクロマティック光学センサ PRISM を搭載しており、地形図作成を主要な目的の一つとしている。PRISM は、同一軌道上からの 3 方向観測により、高精度で安定した 3 次元計測が可能であり、地図作成及び修正での利用が期待されている。

国土地理院では、2 万 5 千分 1 地形図作成及び修正における高分解能衛星画像の利用に関する調査研究を実施してきたところであるが、本調査研究もその一環として、「だいち」の 2 万 5 千分 1 地形図の作成及び修正への適用性を検討したものである。また、本調査研究は、平成 12 年 11 月 2 日付けで宇宙航空研究開発機構(以下、「JAXA」という。)と締結した共同研究協定により実施している。「陸域観測技術衛星データによる地理情報の把握等に関する共同研究」に基づき実施している。これまでに、PRISM の 3 方向視の実画像(検証用画像)を用いて、初期の幾何精度の検証を行っており、本稿では、標定精度及び試作した DSM の品質について報告する。

### 2. 検証内容

#### 2. 1 検証地域及び使用データ

「だいち」は、打ち上げから 10 ヶ月間を初期校正検証期間と位置付けており、初期校正検証期間の後に定常運用にシフトする。本調査研究では、初期校正検証期間中に良好な画像が取得できた以下の地域を検証地域として選定した。各検証地域は、ALOS/PRISM の 1 シーン(35km×35km)の範囲を基本としている。福岡地域(図-1)は、福岡市中心市街地、周辺の田園地帯及び比較的なだらかな山間地を含む最大比高差 1100m 程度のエリアである。岡崎地域(図-2)は、福岡地域と同様に市街地、平坦地と山間地をバランス良く含む最大比高差 1200m 程度のエリアであるが、福岡地域に比べて急峻な山間地をより多く含んでいる。検証に使用したデータは、それぞれ同一軌道上から撮影した 3 方向視画像(前方視、直下視、後方視)とした。表-1、2 にそれぞれ使用したデータの諸元を示す。

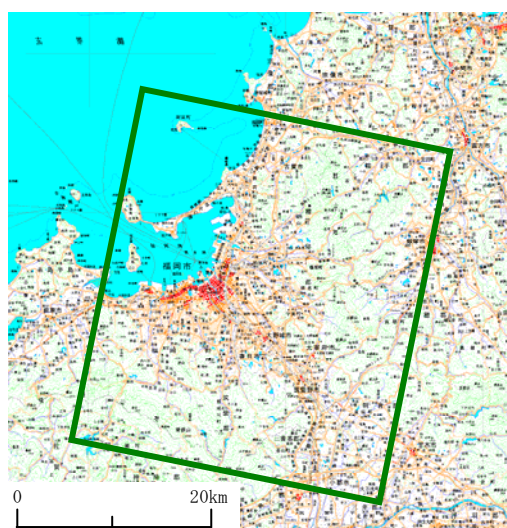
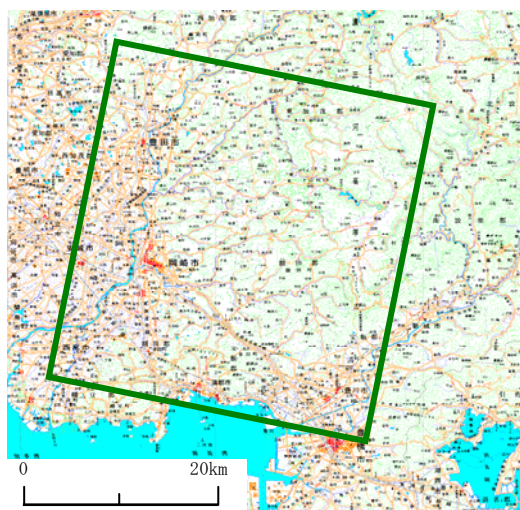


図-1 福岡地域

表－1 福岡地域使用データ諸元

センサー	PRISM
処理レベル	1B1
ポインティング角	-1.2°
使用シーン	前方視、直下視、後方視
観測日	2006年8月25日



図－2 岡崎地域

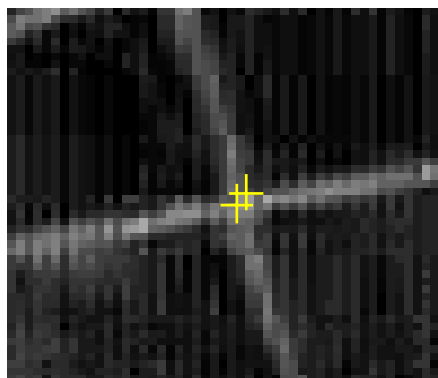
表－2 岡崎地域使用データ諸元

センサー	PRISM
処理レベル	1B1
ポインティング角	-1.2°
使用シーン	前方視、直下視、後方視
観測日	2006年6月20日

## 2. 2 検証点・標定点の設置

各検証地域において、幾何精度の検証に必要な検証点及び標定に必要な標定点（以下、「GCP」という。）として、ネットワーク型 RTK-GPS 測量により地上座標を計測した点を使用した。GCP は、道路の交差点部や堤防の先端部など画像上で明瞭に識別可能かつ現地での GPS 測量が比較的容易な場所を選定した。地上座標の計測に用いたネットワーク型 RTK-GPS 測量は、電子基準点のデータを用いて、短時間に高精度（10cm 以内の計測精度）で計測できることが特徴であり、本精度検証においては、十分な精度を有している。一方、PRISM 画像の解像度が 2.5m であることから、画像の刺針誤差が精度評価に大きな影響を与える。また、画質によっては、必要な GCP すべてにおいて、対象物が明瞭に識別できないケースもあり、大きな刺針誤差を生じる可能性がある。そのため、本調査研究では、刺針誤差を回避するため、同一地点において 2 箇所以上を選定した。例えば、道路交差点部の場合には、同一交差点部において、交差中心点及び交差点コーナーを同時に計測し、標定時の残差

等から大きな刺針誤差をある程度検出できるように考慮した（図－3）。



図－3 検証点・標定点取得例

## 2. 3 標定精度の検証

ALOS/PRISM は、衛星の軌道及び姿勢を高精度に計測することができ、地上基準点無しでも、高精度な 3 次元計測が可能とされている。しかし、本検証実施時は、「だいち」の初期校正検証期間にあたり、十分な精度が保証されていなかった。そのため、標定精度の検証は、JAXA から提供される軌道、姿勢情報を使用せず、上記で取得した GCP から 15 点程度を標定点として使用し、標定した結果について行った。適用した標定モデルは、ALOS/PRISM センサの物理的なモデルではなく、一般的なプッシュブルーム方式のラインセンサモデルに PRISM 画像を当てはめたものであり、外部標定要素 ( $X, Y, Z, \kappa, \phi, \omega$ ) を標定点を用いて算出している。また、ラインセンサであるため、外部標定要素は厳密にはラインごとに異なる値を示す。そのため、 $X, Y, Z$  に関しては 2 次式、 $\kappa, \phi, \omega$  は 1 次式で補間し、ラインごとに外部標定要素を算出している。標定精度は、標定点として使用した点以外の点を検証点として使用し、画像座標から算出される地上座標と検証点の地上座標を比較することにより評価した。

## 2. 4 標高計測精度の検証

標高計測精度は、3 方向視の画像から DSM を作成し、検証を行った。DSM の作成は、上記標定モデルに基づき、画像相関法によるステレオマッチングにより行った。本調査研究では、3 方向視画像を同時

にマッチングするトリプレットマッチングにより作成したものではなく、各ペアにマッチングして作成した DSM を統合して得られたものを使用している。

また、PRISM の画像は、地上にデータ伝送する際に JPEG の非可逆圧縮を行うため、画像中に JPEG 圧縮による「ブロックノイズ」が含まれており、判読性や各種計測精度に影響すると考えられている。ブロックノイズを低減するためのフィルター処理を施した画像と未処理の画像による相関を比較することにより、ブロックノイズの DSM 作成品質に与える影響をある程度評価することができる。PRISM と同一地上分解能を持つ SPOT5 を用いた JPEG 圧縮による判読性への影響については、すでに報告されている(笹川ほか, 2005) が、ここでは実際の PRISM 画像を用いて、DSM の品質への影響について調査し、ノイズ除去の試み及びその効果を検証した。

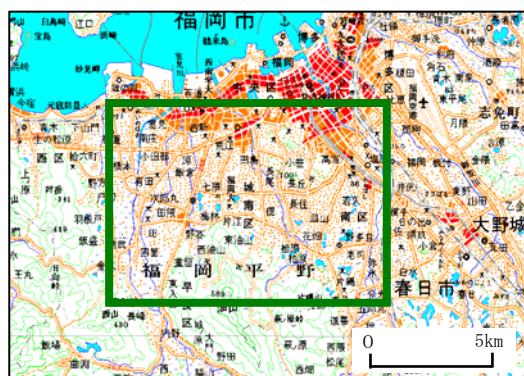


図-4 福岡地域 DSM 検証範囲



図-5 岡崎地域 DSM 検証範囲

DSM の作成精度の評価は、検証点における点での精度評価及び他の DSM 又は DEM との比較による面的な精度評価の 2 通りの方法で行った。面的な精度評価は、福岡地域では、市街地を中心とした 11km×7km のエリア(図-4)を対象とし、岡崎地域では、山間地域の樹林帯を中心とした 6 km×6 km のエリア(図-5)を対象に実施した。

### 3. 検証結果

#### 3.1 標定精度

標定精度は、検証点において標定モデルにより計測される地上座標値と GCP の地上座標値を比較することで評価した。福岡地域では、17 点の標定点と 98 点の検証点を使用し、岡崎地域では、15 点の標定点と 34 点の検証点を使用して、それぞれ精度検証を行った。その結果、福岡地域では、水平位置の RMSE が 2.97m、岡崎地域で 2.13m と約 1 ピクセル程度に収まっており、最大でも福岡で 11.27m、岡崎で 7.99 m と基本図測量作業規程で規定されている 2 万 5 千分 1 地形図修正図化における標定精度(水平位置誤差 12.5m 以内)の制限値以内に収まっている。一方、高さ精度は、RMSE が福岡地域で 4.45m、岡崎地域で 2.93m、最大でそれぞれ約 10m 程度の誤差があり、基本図測量作業規程による図化標定精度(標高誤差 2.5m 以内)の制限値を超える結果となった。標定時における各検証点の水平成分の誤差ベクトルを図-6、7 に、統計精度を表-3、4 にそれぞれ示す。

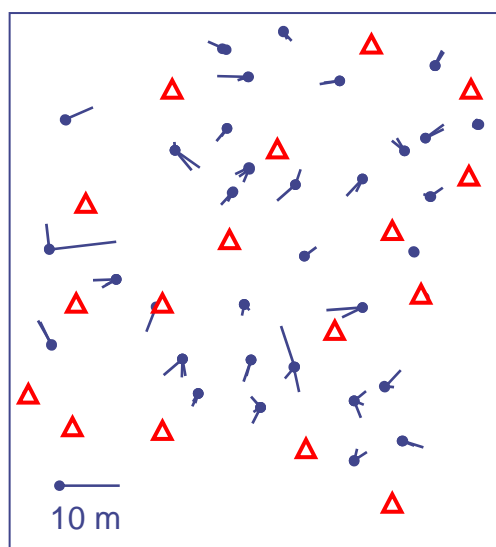


図-6 福岡地域水平位置誤差の分布

△ 標定点 ● 検証点及び誤差ベクトル

表-3 福岡地域標定精度

	X	Y	Z	水平
最大(m)	11.21	3.93	10.05	11.27
最小(m)	-5.91	-6.29	-8.98	0.34
平均(m)	-0.26	0.20	0.55	2.53
RMSE(m)	2.25	1.94	4.45	2.97

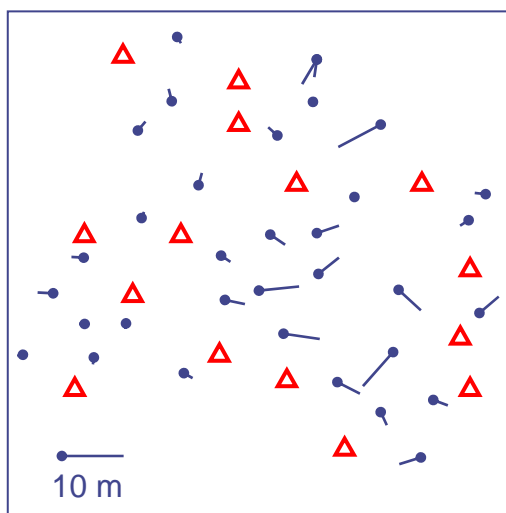


図-7 岡崎地域水平位置誤差の分布

△ 標定点    ● 検証点及び誤差ベクトル

表-4 岡崎地域標定精度

	X	Y	Z	水平
最大(m)	6.60	6.34	9.28	7.99
最小(m)	-6.79	-2.94	-8.80	0.80
平均(m)	0.54	0.74	-0.13	3.05
RMSE(m)	1.69	1.30	2.93	2.13

### 3.2 マッチングにおけるブロックノイズの影響

ブロックノイズによる影響は、マッチングの過程における画像相関を比較することにより、ある程度評価することができる。メディアンフィルタとエッジ強調を組み合わせ、複数回適用することでブロックノイズの画像相関への影響を低減する試みを行った。その結果、検証地域全体において、画像相関の向上がみられた(図-8, 9)。画像相関の統計結果を表-5に示す。ブロックノイズがマッチングによるDSM作成品質に影響していることがわかった。

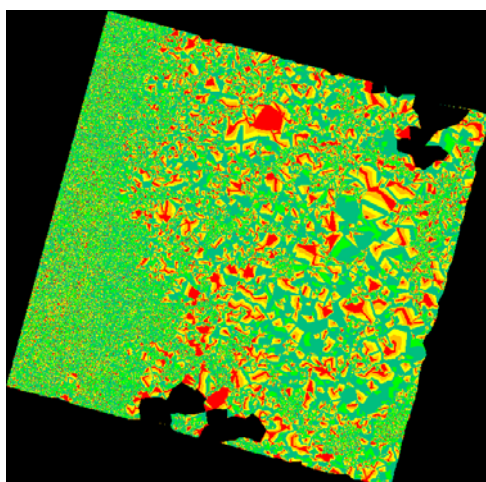


図-8 フィルター処理前の相関

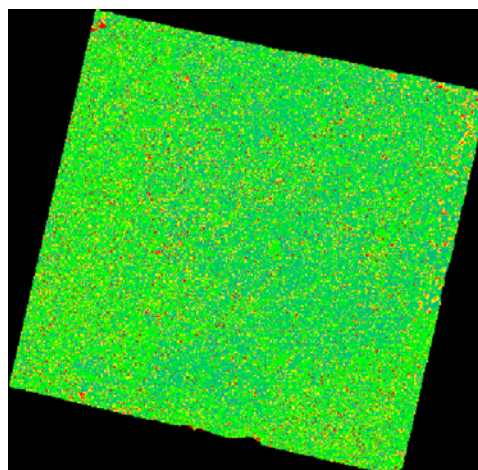


図-9 フィルター処理後の相関

表-5 フィルター前後の相関値の変化

相関係数	凡例	フィルター無(%)	フィルター有(%)
1.00~0.85	緑	17.4	39.6
0.85~0.70	黄緑	40.5	40.5
0.70~0.50	黄	17.8	10.4
0.50~	赤	14.4	6.8
	赤	9.9	2.7

### 3.3 DSMの精度評価

検証点における精度は、検証点の現地計測による標高値を真値として画像マッチングにより計測された標高値の精度を評価した。表-6にそれぞれの結果を示す。結果は、標定時の高さ方向の精度に近い結果となった。これは、使用した検証点付近は、画像上で明瞭に識別できることから mismatchingなどの画像マッチング工程での誤差が少ないためと考えられる。

表-6 検証点における精度評価結果

福岡地域 (使用検証点: 98点)

最大	最小	平均	標準偏差
13.6m	-8.7m	1.9m	4.9m

岡崎地域 (使用検証点: 34点)

最大	最小	平均	標準偏差
14.4m	-9.8m	0.6m	7.4m

また、DSMの面的な精度検証では、市街地を対象とした福岡地域においては、航空レーザ測量により作成されたDEM(「数値地図5mメッシュ(標高)」)と比較して精度評価を行った。評価に使用したDEM及び作成したDSMの段彩表示を図-10, 11に示す。また、算出した標高較差の結果を図-12, 統計結果を表-7に示す。

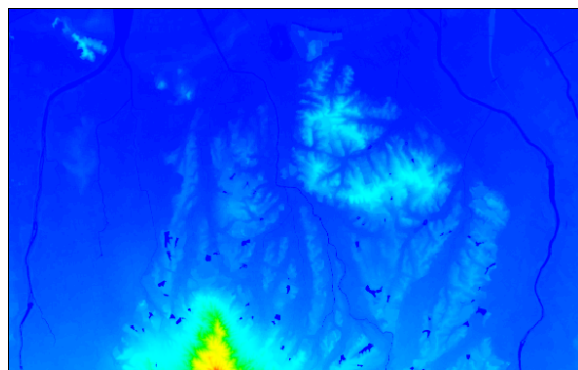


図-10 数値地図5mメッシュ(標高)DEM

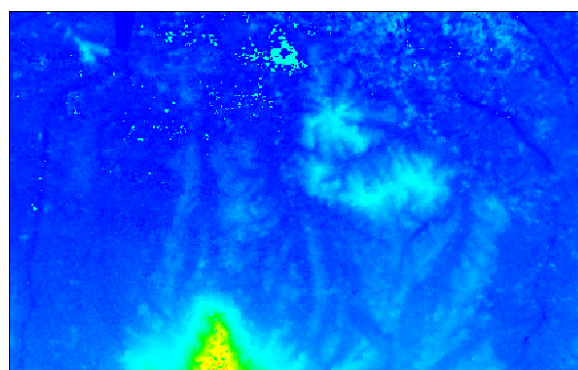


図-11 ALOS/PRISMから作成したDSM

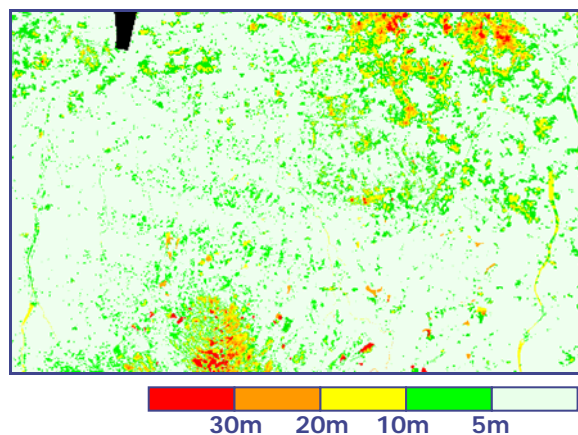


図-12 PRISMから作成したDSMと航空レーザ測量から作成したDEMの標高較差分布

表-7 福岡地域精度評価結果

標高範囲：0～359m 比較点数：3149304

最大	最小	平均	標準偏差
161.6m	-63.7m	-1.2m	6.1m

標高較差は、多くのエリアで5m以内となっているが、樹林地、市街地中心地などで大きな較差となっている。比較対象がDEMであり、樹高や建物高などの地物高の差が本質的に含まれている。しかし、樹林地においては、想定される樹高と較差が一致しないことから、ミスマッチングによる誤差がより多くふくまれていると考えられる。一方、市街中心地

では、ミスマッチングによる影響は比較的少ないものの、建物高の差がより多く含まれているものと考えられる(図-13)。

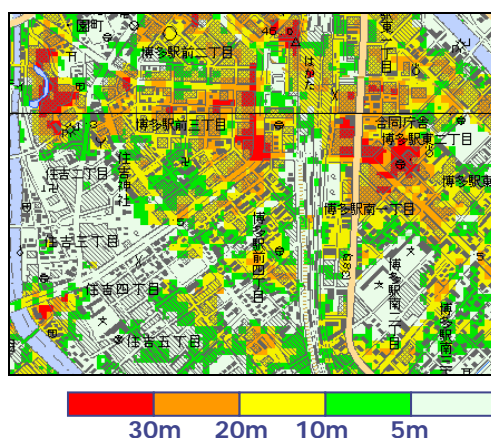


図-13 福岡市街地中心における較差

山間地域を対象とした岡崎地域においては、1/20,000 空中写真からステレオマッチングにより作成されたDSMと比較して精度評価を行った。評価に使用したDSM及び作成したDSMの段彩図を図-14、15に示す。また、算出した標高較差の結果を図-16、統計結果を表-8に示す。

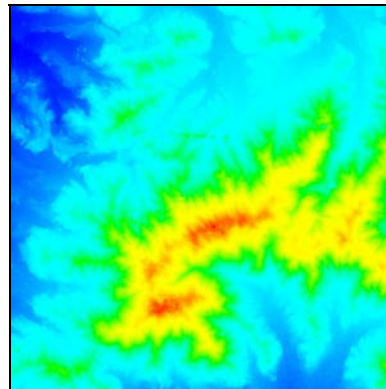


図-14 空中写真から作成したDSM  
撮影縮尺：1/20,000, スキャンピッチ：20μm

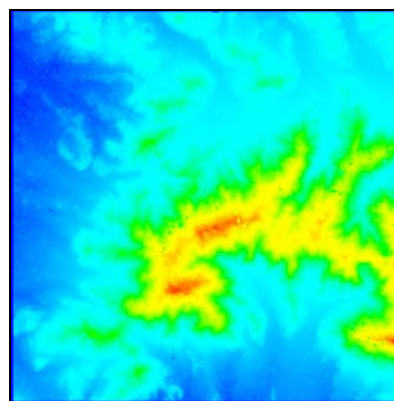


図-15 ALOS/PRISMから作成したDSM

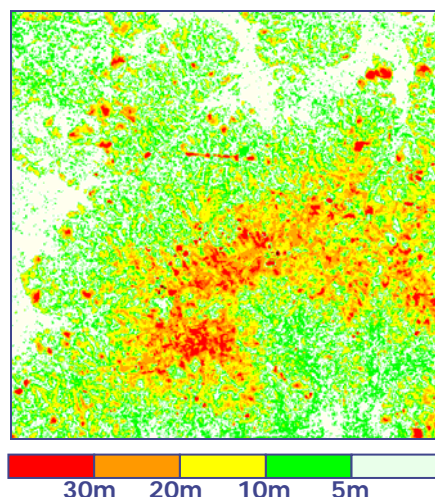


図-16 PRISMから作成したDSMと空中写真から作成したDSMの標高較差分布

表-8 岡崎地域精度評価結果

標高範囲：0～456m 比較点数：384399

最大	最小	平均	標準偏差
107m	-134m	4.8m	13.0m

標高較差は、平坦な地域に比べると全体的に大きな値を示しており、特に急峻な地形の谷筋などでの較差が大きくなっている（図-17）。また、樹木に覆われた小地形なども一部抽出できていないものがあることがわかる（図-18）。谷筋や樹木に覆われた地域などでは、テクスチャーの抽出が困難であることによるマッチング精度の悪化が大きく影響しているものと考えられる。このような場所でのマッチング精度の向上が課題である。

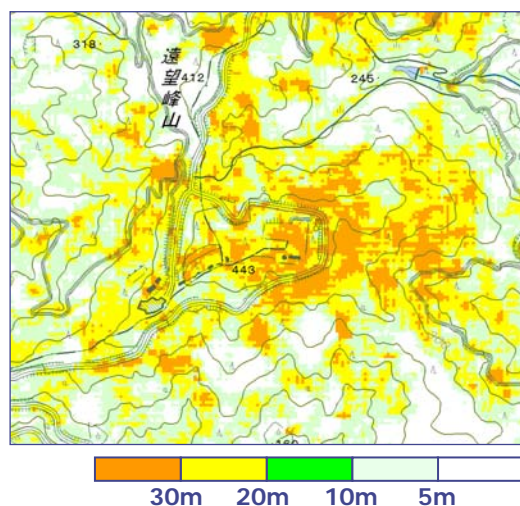


図-17 急峻地形での較差例

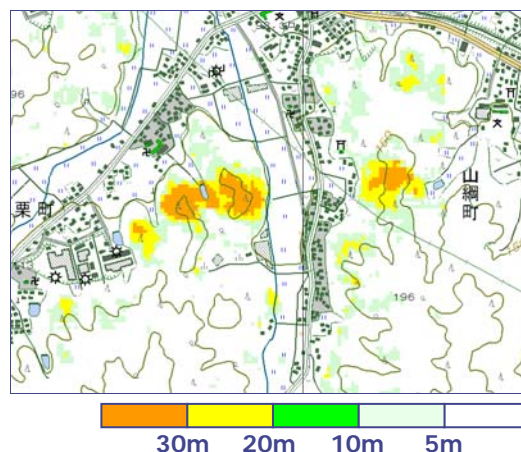


図-18 樹木に覆われた小地形の較差例

#### 4. まとめと今後について

現在までに ALOS/PRISM の実画像から初期の幾何精度検証として、標定精度の検証及びDSMの作成精度の検証を行った。標定では、今回検証した2地域について、一般的なラインセンサモデルによる結果ではあるが、GCPを用いれば地形図修正に必要な精度が得られた。一方、DSM作成に関しては、ブロックノイズの除去により、DSMの品質向上を示唆する結果が得られたものの、絶対精度には、まだ大きな誤差が含まれており、地形図作成及び修正への適用性を評価するには至っていない。

今後は、標定精度に関しては、JAXAから提供される高精度の軌道、姿勢情報を用いた標定精度や今後提供が予定されているRPCモデルなどの他の標定モデルについての精度検証が必要である。またDSMに関しては、トリプレットマッチングによるDSM作成精度の評価などを行っていく。2万5千分1地形図作成及び修正への適用性へのより実践的な検証として、立体図化、判読性、オルソ画像作成などの精度検証を実施する予定である。

#### 参考文献

笹川啓, 石関隆幸 (2005) : ALOS を想定した SPOT5 圧縮画像の地物判読検証, 日本写真測量学会平成17年度秋季学術講演会発表論文集, 17-20.