

# 「だいち」による地図の修正

## - ALOS/PRISM の活用 -

キーワード：だいち（ALOS）  
PRISM  
2万5千分1地形図の修正  
判読性・幾何精度

基盤情報課長補佐

石 関 隆 幸

# 「だいち」による地図の修正 —ALOS/PRISMの活用—

## 1. はじめに

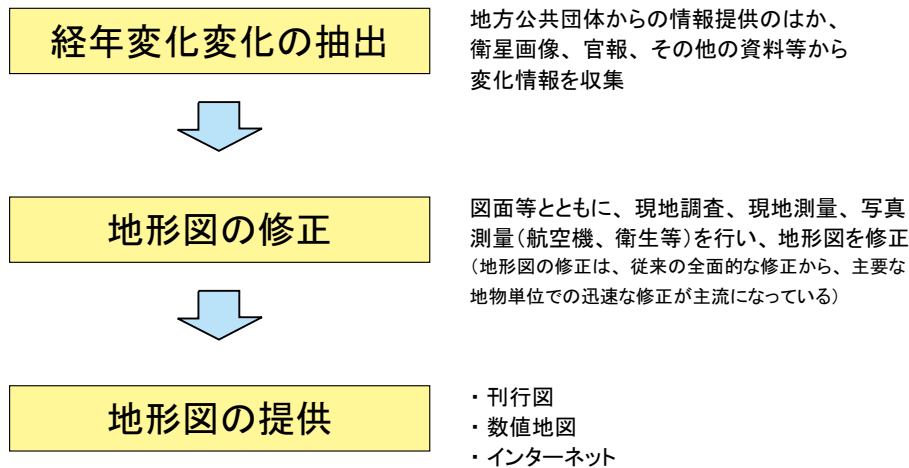
2万5千分1地形図の修正では、国及び地方公共団体から国土に関する最新の地理情報を収集・調査する「基本情報調査」により経年変化の情報を収集し、それに基づき現地調査や現地測量、写真測量を行い、提供している（図－1）。

しかし、現実には基本情報調査だけでは入手できない情報があったり、仮に入手しても道路計画の図面が実際とは違う形になっていたりするなど、空中写真や現地調査で形状等を確認しなければならないことも多い。この空中写真も、予算等の制約もあり頻繁に撮影することはできず、地物の変化を迅速かつ正確に把握することは容易ではない。また、離島部では空中写真の撮影や現地調査自体が困難である。

衛星画像は、空中写真と比較して一度に撮影される範囲が広い、定期的に撮影される、離島部などの撮影も可能であるなどの特長があるため、国土地理院では地形図修正への適用の有用性について検討されてきた。しかし、比較的安価で入手可能な衛星画像は分解能が不十分で、地形図を修正するには鮮明さを欠くことから、全国の2万5千分1地形図修正への適用は実現しなかった。

このような中、平成18年1月に、地形図の作成・修正を主な目的の一つとした陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）が打ち上げられた。国土地理院では、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と共同で、「だいち」の画像を用いた2万5千分1地形図の作成・修正の実証に関する研究を行うとともに、最近では実際に「だいち」の画像を適用した地形図の修正作業を行っている。

ここでは、「だいち」の画像の地形図の作成・修正作業への適用性の検証結果、及び「だいち」の画像を用いた地形図修正の事例を紹介する。



図－1 2万5千分1地形図の修正工程

## 2. 「だいち」の概要

「だいち」は、46日で元の位置に回帰する軌道をとる衛星であり、以下の3つのセンサを備えている（図－2，3）。

- ・ PRISM…分解能2.5mの光学センサ。可視域を単一の帯域で捉えるため、得られたデータは通常モノクロ画像で表現される。3組の同様な光学系を持ち、衛星の進行方向に対して前方視（観測幅35km）、直下視（観測幅70km、35kmの2モード）、後方視（観測幅35km）の3方向の画像

- を同時に取得する。これにより、高精度の地形データを高頻度で取得することが可能である。
- AVNIR…分解能 10mの光学センサ。可視域から近赤外域を4つの帯域で捉える。得られたデータは通常そのうちの3つを組み合わせた擬似カラー画像で表現される。近赤外域と可視光(赤)の比較により植生分布がとらえられるなど、単にカラー画像により判読される情報に加え、データ解析により様々な分野への利用可能性が広がる。また、輝度をPRISM画像に置き換えれば見かけ上分解能2.5mのカラー画像を得ることも可能である。
  - PALSAR…分解能7m(最高)の合成開口レーダ。自ら電波を地表面に照射するため、曇天、夜間であっても地表の様子を把握できるほか、2時期の観測データの干渉処理により地殻変動を面的に抽出できるなど、他のセンサには無い能力を持つ。

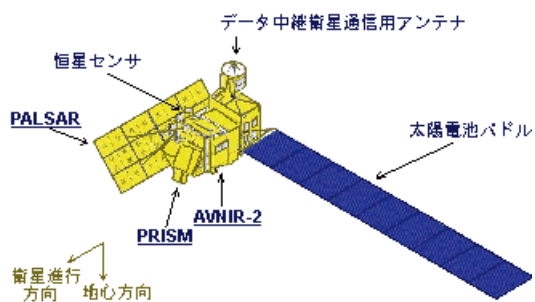


図-2 「だいち」の装置 (JAXA 提供)

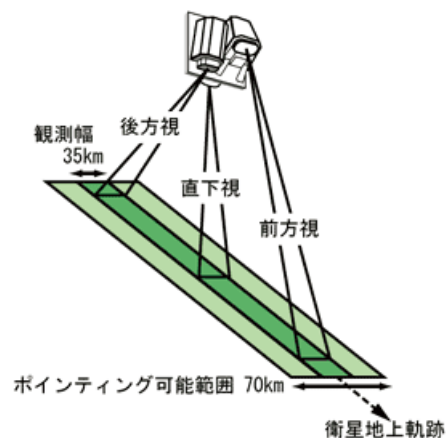


図-3 PRISMの3組の光学系 (JAXA 提供)

「だいち」はこれらのセンサを用いて全地球的な規模で陸域観測データを収集することにより、国内や諸外国の地図作成・修正，地球環境と開発との調和を図るための地域観測，国内外の大規模災害の状況把握，国内外の資源探査を主な目的としている。

### 3. 「だいち」の画像による地形図修正の適用性の検証

国土地理院では、JAXA と共同で、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判読性、位置精度並びに標定・図化精度を有するか否かの検証を実施している。

#### 3.1 「だいち」の画像の判読性

判読性については、PRISM センサの画像を用いた判読結果と現地調査の結果との比較を行っており(田中, 2006)、2車線以上の道路や二条河川、独立建物(大)、土地の造成といった大規模な地物は判読可能であるが、送電線や高塔などは判読不可能、1車線道路が判読困難であった。また、検証段階で画像の一部にJPEG圧縮によるブロックノイズ(圧縮の単位であるブロックの境界が目立っている状況)が現れる箇所があったり、観測における感度を最高感度から一段下げていたことによる階調不足の箇所があったりしたことにより、道路や建物などの境界部が不明確となっている事例が確認された。JAXAでは、ブロックノイズの改善を図るべく、ノイズを低減するソフトウェアを導入し、階調については感度を上げた撮影を本年2月～3月に行い、冬期の撮像は感度を上げた方が良い画質であることを確認している。今後、光量の季節変化を踏まえ、必要に応じた感度調整を行う予定である。

#### 3.2 「だいち」の画像の位置精度

位置精度に関して、2万5千分1地形図が満たすべき精度は、平面位置が図上0.7mm以内(地上換算17.5m以内)、標高が5m以内である。国土地理院では、JAXA と共同で、PRISM データの位置精度

の向上に取り組んできた。当初、データの位置精度（標準偏差）は水平方向が地上基準点なしで 323 m（地上基準点 1 点を用いると 8 m）、高さ方向が 10mであった。その後のデータの蓄積及びさらなる検証によって、位置精度は水平方向が地上基準点なしで 10m（地上基準点 1 点を用いると 3 m）、高さ方向が 5 mに改善され（表－1）、さらに JAXA から提供される RPC モデル（ソフトウェア上で地上座標と衛星画像の位置合わせを行うためのモデル）を用いることにより高さ精度が向上できることが判明した。

表－1 PRISM データの位置精度向上の推移

	2006 年 10 月	2007 年 9 月	2008 年 3 月
水平方向精度 (直下視)	323m (地上基準点なし) 8m (地上基準点あり)	10m (地上基準点なし) 3m (地上基準点あり)	10m (地上基準点なし) 3m (地上基準点あり)
高さ方向精度	10m	6m	5m

### 3. 3 「だいち」の画像の標定精度

PRISM 画像の標定精度を検証するため、つくば、岡崎、桜島の 3 地区で、既知の点（検証点）の座標と画像から求まる地上座標との比較を行った（表－2）。なお、この検証では、RPC モデルを用いている。地上基準点を用いない場合では、2 万 5 千分 1 地形図の修正図化における標定精度（平面位置 12.5m以内、高さ 2.5m以内）を満たさないが、（RPC モデルに加え）地上基準点を 3 点程度用いることにより、標定精度が十分に確保できることがわかった。

表－2 標定に使用した地上基準点の数と標定精度（数値は平均二乗誤差（RMSE, 単位：m））

地上基準 点の数	つくば		岡崎		桜島	
	平面位置	高さ	平面位置	高さ	平面位置	高さ
0 点	18.25	11.06	3.89	4.67	5.69	9.07
1 点	2.34	2.51	3.85	2.51	2.72	3.26
3 点	2.08	2.34	2.85	2.23	2.82	2.38
6 点	2.11	2.18	2.87	2.13	2.48	2.34

### 3. 4 「だいち」の画像の図化精度

さらに、PRISM 画像によるステレオ図化精度を検証するため、①道路・建物・河川の計測精度の検証（岡崎地区・三河湾スカイライン地区）、②標高点計測精度の検証（桜島地区）、③等高線図化の定性的な検証（桜島地区）を行った。なお、②では前方視画像と直下視画像の組み合わせ及び前方視画像と後方視画像の組み合わせ、③では前方視画像と直下視画像の組み合わせによるステレオモデルを用いた図化結果について、検証を行った。

表－3 は、①の検証について撮影縮尺 1/20,000 の空中写真による図化結果を真値として比較した結果である。計測精度は真値と比較して RMSE で 10m以内に収まっており、修正図化における平面位置の精度を十分に満たしている（三河湾スカイライン地区についても同様に標定精度を満たす）。

表－4 は、②の検証について、航空レーザ測量により得られた数値地形モデル（グリッドサイズ 2.5m）と比較した結果である。前方視画像と直下視画像の組み合わせ、前方視画像と後方視画像の組み合わせのどちらでも、独立標高点の取得精度（3.3m以内）を満たさなかった。

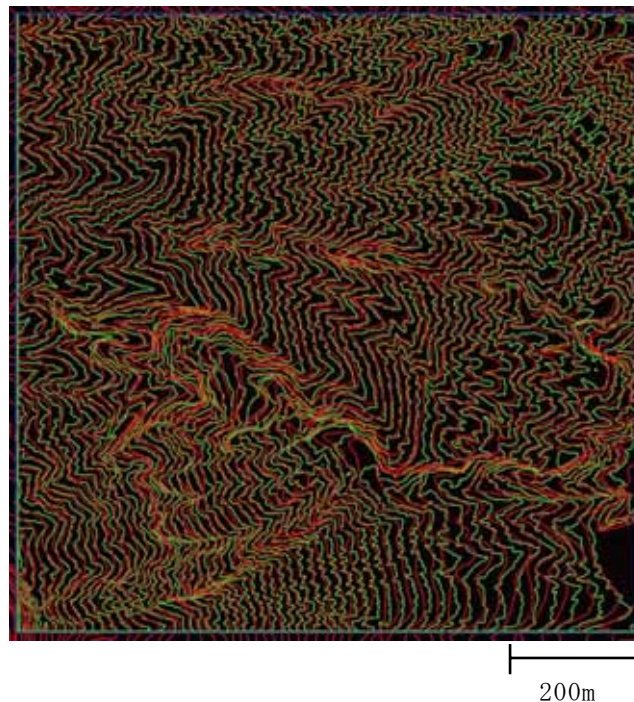
図－4 は、③の検証について、桜島地区における等高線図化結果と、航空機レーザ測量により得られた数値地形モデル（グリッドサイズ 2.5m）から自動発生させた等高線を重ね合わせたものである。航空機レーザ測量により得られた数値地形モデルから自動発生させた等高線で再現される微地形について、PRISM では一部再現できていない部分もあるが、縮尺 2 万 5 千分 1 レベルであれば、十分に再現されていると評価できる。

表－3 道路・建物・河川の計測精度（岡崎地区）

図化対象	道路		河川		建物	
図化機	図化機 A	図化機 B	図化機 A	図化機 B	図化機 A	図化機 B
RMSE (m)	4.14	6.18	4.92	6.56	4.77	5.93

表－4 標高点計測精度（数値は平均二乗誤差（RMSE, 単位：m））

使用モデル	図化機	
	図化機 A	図化機 B
前方視・直下視	4.50	6.22
前方視・後方視	4.87	4.42



図－4 PRISMによる等高線図化結果（赤）と数値地形モデルから発生させた等高線（黄緑）

#### 4. 「だいち」画像を用いた地形図修正の事例

##### 4.1 「だいち」画像の基本情報調査への活用

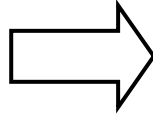
衛星画像が特に威力を発揮するのは変化情報の把握を目的とした基本情報調査への活用である。従来の地形図修正の際に利用した空中写真等と「だいち」画像を比較することにより、変化があったと思われるところを抽出することが可能である。

図－5は「清水庵原球場」（2005年7月開場）周辺の画像であるが、開場時期を挟んだ変化が明瞭である。

このような「だいち」の活用法は球場開場のような大規模な変化にも有効だが、道路開通など「連続的な変化」として捕らえられるものについても抽出できる可能性が高い。一方、家屋など小規模な建築物の変化については画像処理中のノイズに隠れてしまうため発見は極めて困難である。このように、「だいち」は面的あるいは線的に連続したある程度のまとまりを持った変化を捉えるのに効力を発揮する。



空中写真（2001年撮影）



「だいち」画像（2006年撮影）

図－5 基本情報調査への活用例

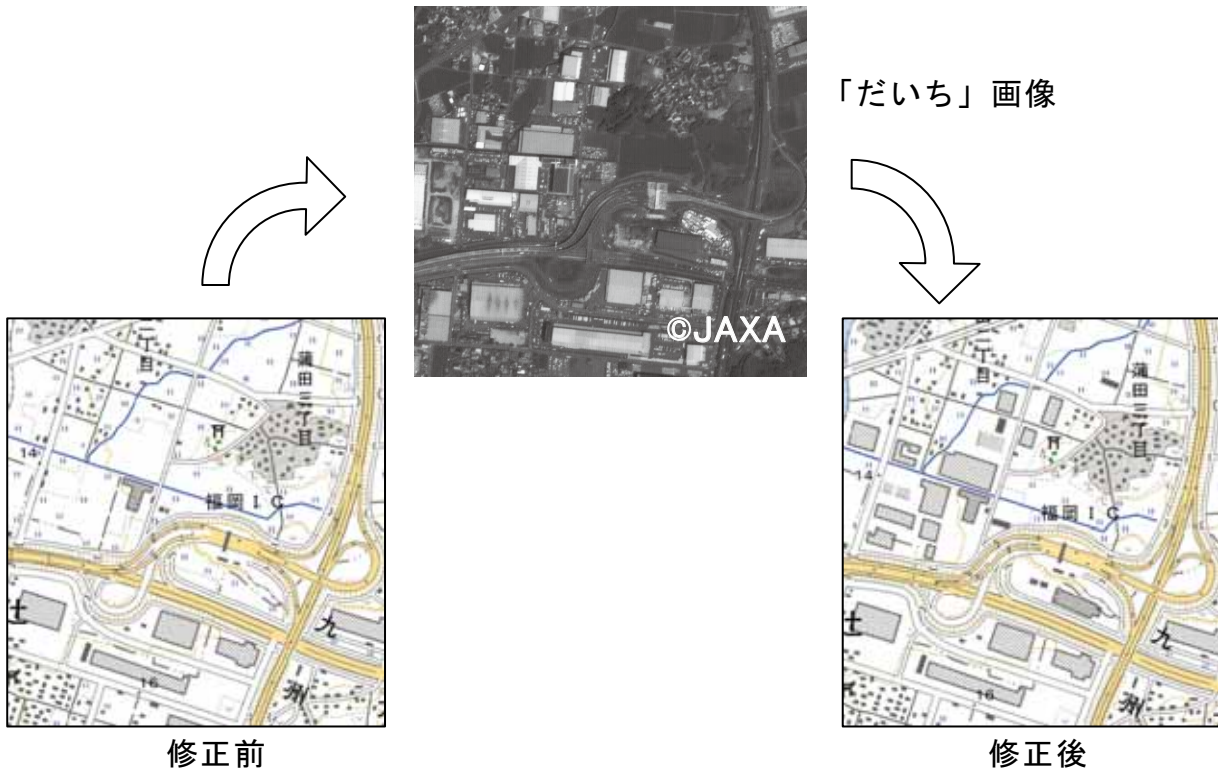
#### 4. 2 「だいち」画像を利用した地形図修正

「だいち」画像には、新規に開通した道路や新規に開業した大規模商業施設等が写るため、空中写真から地物を取得するように「だいち」画像からも地物を取得することができる。

##### 4. 2. 1 「だいち」の単画像を利用した地物の修正

比較的平坦な場所にある大規模な建物等を修正する場合には、図化による標定より単画像による修正の方が効率的である。

図－6は、福岡県福岡市にある九州自動車道福岡インターチェンジ付近に建設された建物を「だいち」のデータを用いて修正した例である。平成11年に地形図の部分修正が行われているが、その後「だいち」の画像により新たな建物を確認し、地形図を修正したものである。

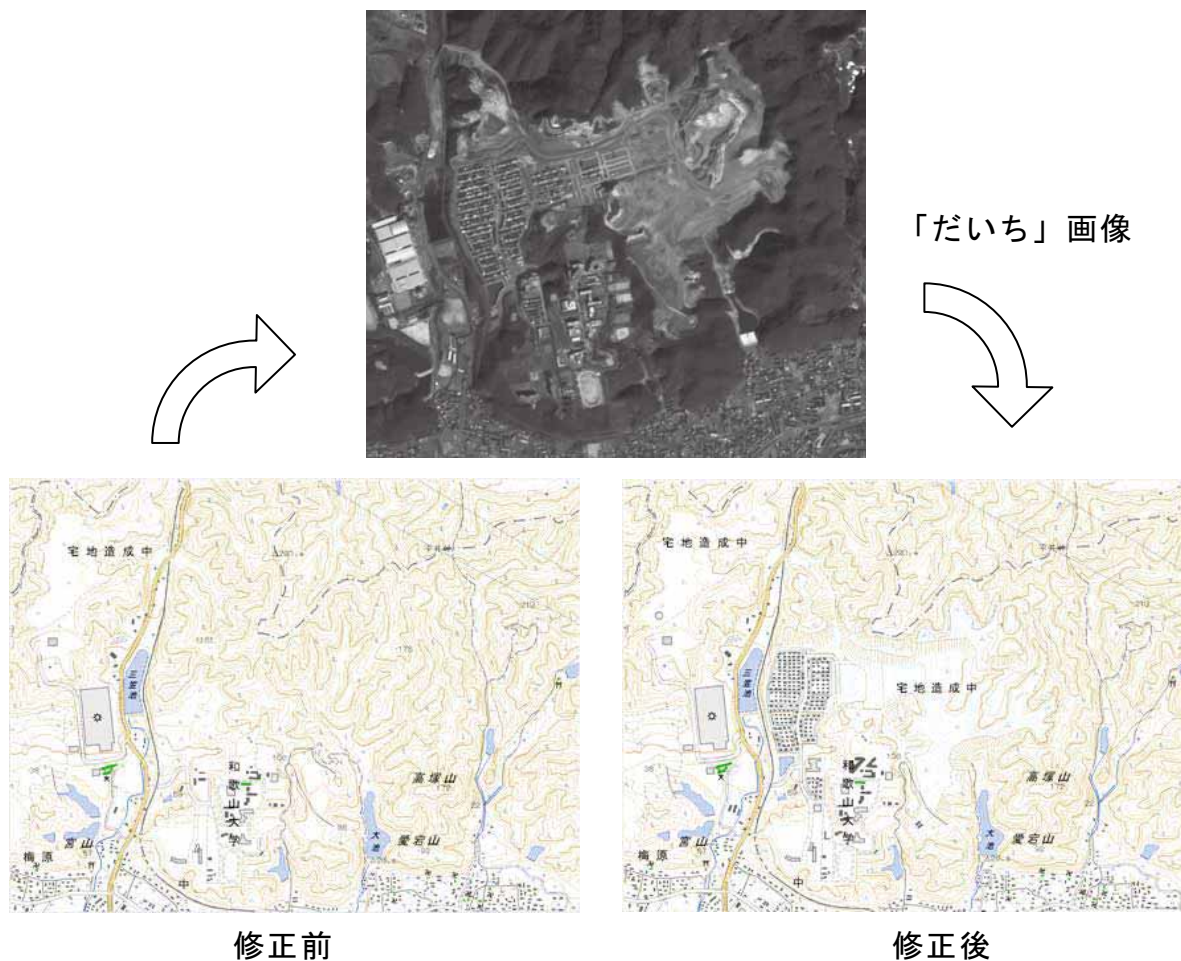


図－6 単画像による地形図データの修正例（2万5千分1地形図「福岡」）

#### 4. 2. 2 「だいち」画像のステレオ図化による地形変化の修正

PRISM の画像のステレオ図化により高さ精度が確保され、等高線の描画が可能になったことから、国土地理院では平成 20 年 2 月より、地形図修正の際に RPC モデルを用いた PRISM 画像のステレオ図化を行ってもよいこととした。

図－7 は和歌山市内の宅地開発を中心とした変化を「だいち」画像のステレオ図化によって捉えた例である。和歌山大学の北側を中心に南海電気鉄道南海本線周辺に宅地造成が進んでおり、付近の地形が大幅に変わっていることがわかる。



図－7 ステレオ図化による地形図データの修正例（2万5千分1地形図「淡輪」）  
（現在修正作業中のもの）

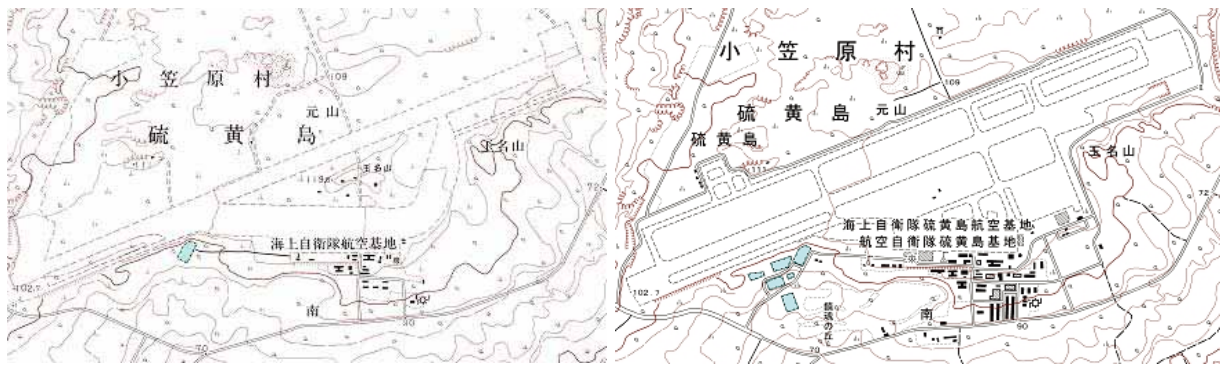
#### 4. 2. 3 「だいち」画像による2万5千分1地形図「硫黄島（いおうとう）」の修正

上記の例は、リアルタイム性について「だいち」が有利なことを活用した事例である。一方、硫黄島は陸地から離れているため、空中写真撮影自体が困難な離島であり、「だいち」画像が貴重な画像情報としての効果をより発揮できたケースである。通常、地形図作成においては上述したように空中写真と現地調査がもっとも詳細かつ正確な情報を得られる手段である。しかし、空中写真の撮影が困難な当該地域では、それに代わる手段として平板測量等も考え得るが作業量が膨大なため、衛星画像を用いることの効果は計り知れない。残念ながら図－8に示したように、今回撮影できた画像には雲がかかっていたが、予察時に空港設備等の変化情報を把握することにより、現地測量を効率的に行うことができたほか、海岸線や空港、建物等の地物の図化に使用でき、「だいち」画像の存在の効果は大きかった。この作業による新旧の成果は図－9に示したとおりである。

また、「硫黄島」は「だいち」を用いた地形図修正の成果を、刊行地形図に本格的に反映した初めての例である。



図－8 「だいち」PRISM センサ画像 (C)JAXA 平成 18 年 7 月 16 日撮影  
(左：硫黄島部分，右：飛行場周辺部の拡大)



図－9 2万5千分1地形図「硫黄島」  
(左：従来の地形図（昭和 57 年 3 月 30 日刊行）の一部  
右：新しい地形図（平成 19 年 9 月 1 日刊行）の一部)

#### 4. 2. 4 「だいち」画像を用いた竹島の地形図作成

竹島は地図作成に必要な空中写真撮影だけでなく現地調査もできないため、地形図の作成が困難であった。そのため、昭和 46 年に作成した 2 万 5 千分 1 地形図「西村」に海上保安庁資料を元に位置図を作成・挿入し、以降「位置図」のみの表示としていた。国土地理院では、この「西村」を含む島根県隠岐の島町の 2 万 5 千分 1 地形図 5 面を平成 19 年 12 月 1 日に刊行するのにあわせて、挿入図として竹島の 2 万 5 千分 1 地形図のデータを作成した (図-10)。

データ作成には、「だいち」の画像のほかに、アメリカの商用衛星 QuickBird と IKONOS の画像を使用した。「だいち」の画像は前述の通り高さ方向の精度があまり良くないため、地形表示には高解像度の QuickBird の画像 (ステレオ図化による) とそれを補完する IKONOS の画像を用いた。位置精度は「だいち」の画像を用いて精度の確保を行った。

位置精度の確保には、竹島 (直下視) と山口 (前方視) を同時に撮影した 2 枚の画像 (図-11①) と、その直後に同時に撮影した竹島 (後方視), 山口 (直下視), 鹿児島 (前方視) の 3 枚の画像 (図-11②) を用いた。①の山口の画像、並びに②の山口・鹿児島の画像をそれぞれ基準点を用いて標定して、各撮影時の衛星の姿勢・位置を求めることができる。前方視, 直下視, 後方視の 3 軸の相対的な位置関係は校正検証作業で決定されているため、竹島の撮影画像の外部標定要素 (①の直下視及び②の後方視のもの) が決まり、竹島をステレオ計測することができる。この作業を 2 回の撮影画像に対して行



い、較差が数mであったことから、この手法により正確な位置が求められると評価できる。  
 その結果、明治時代に測量した結果と比較して、約 500m 南西に位置していることが判明した。



図-10 2万5千分1地形図「西村」(平成19年12月1日刊行, 左)と、竹島の部分拡大図(右)

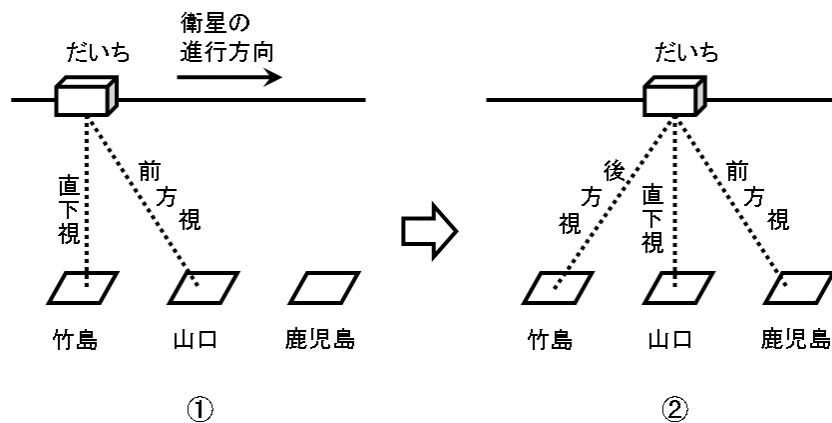


図-11 竹島の位置精度確保に使用する「だいち」画像の撮影方法

### 5. 国外における地図作成への利用可能性

「だいち」の主目的に「地図作成・更新」が挙げられていることは、先にも述べたとおりだが、ここまで述べてきているとおり我が国では2万5千分1地形図の作成は北方領土を除いて完了しているため、新たな「地図作成」という利用方法は国内ではほとんど残っていない。

一方、アジア太平洋地域など国外に目を転じると、開発途上国の一部では、旧宗主国が作成した数十年前の地図をそのまま紙ベースで利用しているなど、新たに「だいち」で地図を作成する意義が大いに認められるケースが多い。

国土地理院が現在刊行している2万5千分1地形図を「だいち」の画像で一から作成することは、建物等の地物の判読性の問題から極めて難しいと考えており、地形描写でも独立標高点(約 3.3m)の精度を確保することが困難なことから、現時点では難しいと考えているところである。しかし、「だいち」に沿った取得項目を検討し、縮尺を5万分1などに小さくした地図や、土地利用があまり高度になされていない国の地図など、地図整備の不十分な国での地図作成には十分貢献できると考えられる。

## 6. 終わりに

地形図修正における「だいち」の利用はまだ途上の段階にあるが、これまでの実作業を通じて、独立標高点の取得等制限はあるが、リアルタイム性に優れている利点がある。

空中写真は「だいち」の画像に比べて解像度が高いという利点があるが、頻繁に同じ場所を撮影することは困難である。その点、「だいち」の画像は同じ場所を年に数回撮影でき、また広い範囲を一度に図化できるという利点がある。今後、「だいち」の画像と空中写真を相互補完的に利用することにより、地形図の修正に「だいち」の画像を積極的に使用していきたいと考えている。

### 参 考 文 献

田中宏明 (2006) : 陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) の校正検証と期待される成果, 国土地理院技術資料 A・1-No. 313 第 35 回国土地理院技術研究発表会, 55-62.

水田良幸・笹川啓・小井土今朝己・浦部ぼくろう・田中宏明 (2007) : 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 —, 国土地理院時報, 111, 119-124.