

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

キーワード : ALOS
PRISM
地形図作成・修正
位置精度
判読性

測図技術開発室長

田 中 宏 明

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

1. はじめに

人工衛星から撮影される画像は、航空機による空中写真と比較すると1シーンあたりの撮影範囲が広く、定期的に撮影されるという特長を有することから、効率的な地形図作成・修正に寄与することが期待されている。国土地理院では約20年前より地図作成・修正における人工衛星画像の有用性についての調査研究を行っている。特に近年、高い地上解像度を有する光学センサを搭載した人工衛星が複数打ち上げられ、2万5千分1地形図への適用についても検討を行っているところである。

このような中、平成18年1月に独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打ち上げた陸域観測技術衛星ALOS(Advanced Land Observing Satellite 愛称「だいち」)は3種類の観測センサを搭載し、地形図作成・修正、災害把握等への活用が期待されている(図-1)。国土地理院ではALOSの観測センサの設計・開発段階からJAXAと共に様々な検討を実施してきた。打ち上げ後も5月中旬からの校正検証期間においては校正検証用のデータを用いてJAXAを中心とした関係機関と協同で、それぞれのセンサの精度やデータの品質などについて検証を行い、10月から予定されるALOSの実運用を目指して検証を進めているところである。

ここでは主に、ALOSに搭載された光学センサを用いた地形図作成・修正についての校正検証及び期待される成果について紹介する。

2. ALOSについて

2.1 ALOS概要

ALOSは、JAXAが過去に打ち上げた地球資源衛星1号「ふよう1号」(JERS-1)、地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)等の開発・運用から得られた経験をもとに開発した陸域観測技術衛星で、高精度・高分解能のタイプの異なったセンサを3機搭載し、全地球的規模で陸域のデータを収集する世界最大規模(重量4t)の人工衛星である(表-1)。

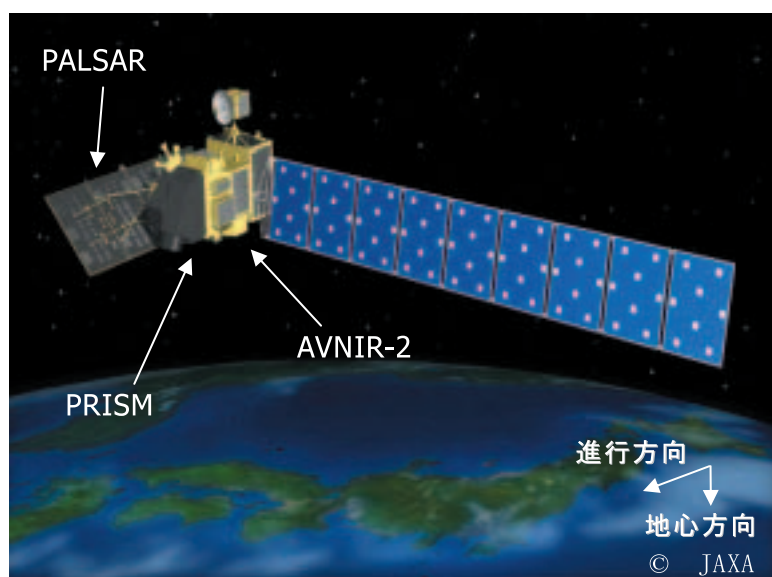


図-1 ALOS概要

表-1 ALOS主要諸元

質量	: 4,000kg
発生電力	: 7kW以上
設計寿命	: 3年以上, 5年目標
軌道	: 太陽同期準回帰
高度	: 691.65km
軌道傾斜角	: 98.16°
周期	: 98.7分
回帰日数	: 46日(サブ・サイクル2日)
降交点通過地方時	: 10:30AM \pm 15分

具体的には、高解像度で画像を取得し高精度で標高抽出を行うためのパナクロマチック立体視センサ(PRISM)、土地被覆の観測を高精度に行い災害時には首振り機能を使うことで地球上のどの地域でも最短2日で観測できる高性能可視近赤外放射計2型(AVNIR-2)及び昼夜や天候によらず陸域観測が可能で、微小な地殻変動を検出できるフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR)の3つの地球観測センサを搭載している。また、これらのセンサから取得された観測データを随時地上に伝送するための通信衛星を用いた高速・大容量データハンドリング技術及び高精度位置姿勢決定技術を有し、高精度・高分解能の観測を支援している。

ALOSはこれらの観測センサを単独もしくは組み合わせることで、以下のことへの貢献を図ることを主な目的としている。

- 1) 地形図作成・修正：全世界の陸域での2万5千分1地形図作成
- 2) 地域観測：世界各地の土地利用や表面の状況を把握
- 3) 災害状況把握：国内外で発生する大規模災害の状況を迅速に把握
- 4) 資源探査：地形の特徴から地下資源探査に利用

以上の目的の中で特に2万5千分1地形図作成・修正に寄与するセンサがPRISMである。PRISMは可視域を観測する光学センサで、地表を2.5mの分解能で観測することができる。PRISMの観測データは地表の状態を把握するための高分解能の画像に加え、高精度な数値標高モデル(DEM)の作成用にも使われる。PRISMはこれらの実現のために3組の光学センサを持ち、衛星の進行方向に対して前方視、直下視、後方視の3方向の画像を同時に取得できる(図-2)。

具体的な仕様として、PRISMは独立した3個の光学センサで構成されており、直下視のセンサでは70km、前方視と後方視のセンサではそれぞれ35kmの観測幅を持っている。前方視と後方視の光学センサは地心方向に対してそれぞれ約24度人工衛星進行方向に対して傾けて取り付けられており、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となる。なお、直下視の観測幅は前方視、後方視との同時観測を行う場合はこれらの観測幅と同じ35kmとなる。

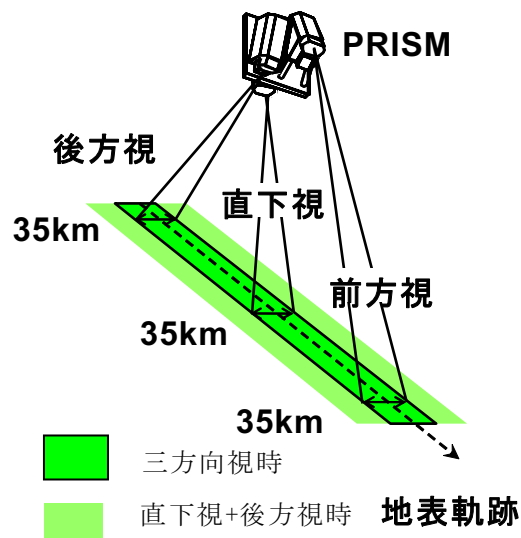


図-2 PRISM センサについて

2. 2 ALOS の運用スケジュール

ALOS の打ち上げは、当初平成 13 年度を予定していたが、幾度かの障害発生のため、延期を余儀なくされた。その一方で平成 18 年 1 月 24 日の打ち上げ以降は大きなトラブルもなく、無事クリティカルフェーズを終了し、2 月 14 日に PRISM の初画像の取得に成功し、その画像は一般に公開された。その後 4 月中旬の初期チェックアウトの終了を経て、5 月中旬から校正検証期間に入った。現在はその検証期間中であり、JAXA から送付された検証用データの精度確認を行っている。順調に校正検証作業が終了すれば、10 月から実運用が開始され、ALOS の設定寿命である打ち上げから換算して 3 年間の観測を行うことになる。その後は後期利用段階として 2 年程度の運用を予定している(表-2)。

表-2 ALOS の運用スケジュール

年度	17年度			18年度					19年度	20年度		21年度～
月	1月	2月	...	5月	6月	...	10月	11月	...	1月
運用 フェーズ	▲打上 (1/24)											
	■ クリティカルフェーズ											
	初期機能 確認段階				初期校正 運用段階			定常運用段階			後期利用段階	
	未校正データ配布						校正済データ配布					

3. 光学センサの校正検証作業について

国土地理院では 2 万 5 千分 1 地形図作成・修正のため人工衛星光学センサの校正検証作業として衛星画像から求められる水平方向の位置精度及び鉛直方向の位置精度並びに衛星画像の地物判読性について検証を行っている。

3. 1 位置精度の検証

一般的な地球観測衛星の高度は 500~1000km であり、このような高高度においては軌道情報や姿勢情報のわずかな誤差が地上での大きな位置誤差となる。国土地理院ではすでに運用を開始している高分解能衛星を用いて位置精度の検証を実施しているが、軌道情報や姿勢情報といった人工衛星から得られる情報のみでの位置精度は 2 万 5 千分 1 地形図の作成基準を満たすことは困難であることがわかっている。図-3 は QuickBird が撮影した基本画像で、センサ補正や放射量補正以外の幾何補正や投影補正を行っていない画像を用いて水平位置精度の測定を三浦半島において 60 点の地上基準点(GCP)を用いて検証した結果である。また、この水平位置誤差は GCP を 1 点用いて補正するとほぼ消去できることも確認されている。このように衛星画像において計測される位置については GCP を使わずに正確に求めることは高い地上分解能を誇る高解像度衛星においてもなかなか難しいことが確認された。

一方、国内において ALOS による地形図作成・修正が最も期待されている地域のひとつが離島である。離島では航空機の飛行性能や効率性の問題から空中写真撮影がほとんど実施されていない地域も多く存在する。また、離島では撮影同様に GCP の設置も困難なため、人工衛星のもつ軌道情報と姿勢情報

のみで経緯度の計測を行う必要が生じる。離島は衛星画像の活用が期待される地域ではあるが、同時に高い位置精度が求められる地域でもある。

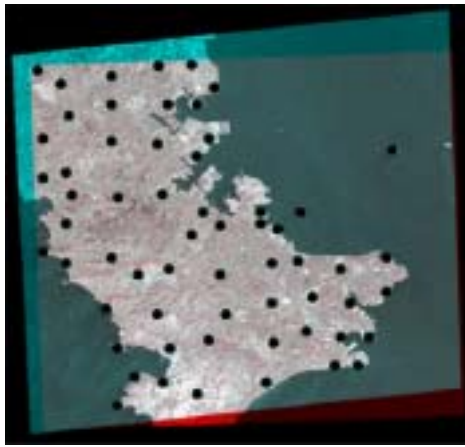


図-3 (a) GCP 配点図

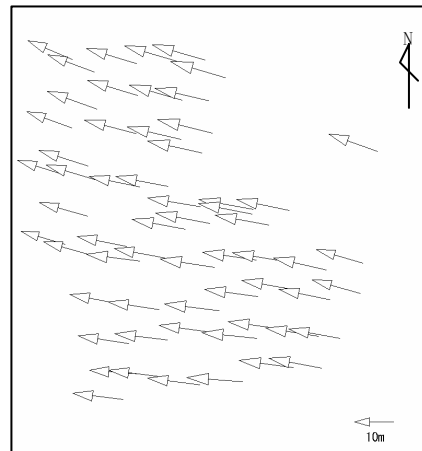


図-3 (b) 水平誤差ベクトルの分布(未補正)

3. 2 判読性の検証

人工衛星から撮影された画像は空中写真と比較して歪みが少ないといった長所がある一方で、高高度からの撮影のため、ステレオ画像を用いて立体視を行なった場合の過高感が乏しいといった短所も持ち合わせている。このような特徴を持つ衛星画像が2万5千分1地形図の作成・修正作業である変化箇所抽出や、実際の編集作業に使用することが可能かどうかを検証する。

国土地理院ではALOSの先行研究もかねて、すでに打ち上げられている複数の高分解能衛星の検証を単画像オルソ、ステレオ画像等異なる種類の画像を用いて判読性の検証を実施している。昨年度はPRISMとほぼ同じ仕様を持つSPOT5の画像について実際に提供されるPRISMの画像と同じJPEG圧縮(圧縮率1/4.5倍と1/9倍)を施した画像と非圧縮の原画像とを比較して判読性の検証を実施した。この結果から原画像と圧縮率1/4.5画像は判読する上でほとんど画質の違いは認められなかった。また、圧縮率が1/9になると、JPEG圧縮の際に生じるブロックノイズが目立つようになり小さい地物の判読性が低下することが確認されている。

4. ALOSの光学センサの校正検証作業について

4. 1 位置精度の検証

すでに打ち上げられた人工衛星光学センサの位置精度の検証からALOSの目的にある2万5千分1地形図の作成・修正を実施するためには、高い位置精度の確保が必要になる。ALOSはこれを実現するために高い精度の姿勢決定センサを持つとともにPRISMでは首振り機能を付加しないことで水平位置精度及び標高位置精度はともに単画像において3~5m以内となっている。ALOSではこのような高い位置精度の実現を目指し、校正検証を実施している。

ALOSの光学センサの位置精度の検証はCalibration/Validation Science Team for PRISM and AVNIR-2(以下「CVST」という。)の枠組みで実施されている。CVSTはALOSに搭載されたセンサから得られるデータの品質及び絶対精度の向上などを目的とし、JAXAが中心となり、国土地理院、東京大学等の国内の機関及び海外の機関が参加している。具体的な活動は参加機関が世界に広くGCPを設置し、ALOSで実際に観測されたデータとの比較の実施や各機関での結果を共有することになっている。

国土地理院では日本全国の 20 地区に GCP サイトを設置し、校正検証用の画像データについて検証を開始している。GCP は PRISM 1 シーンの 35km×35Km を 9 ブロックに分割し、そのブロックごとに設置する。また、DSM データの検証はレーザプロファイラで取得した DSM と比較することで 3 次元的な広がりを持つ位置精度についても明らかにする予定である。

4. 2 判読性の検証

ALOS 画像の判読性の検証は、主に 2 万 5 千分 1 地形図の作成への適用を見据えて地物の判読を実施している。今回の検証では、2 月 14 日に撮影された PRISM の初画像を使用した。この画像の諸元は表 3 のとおりである。国土地理院ではこの画像を用い判読及び現地調査を 3 月末に実施した。

表 3 判読に利用した画像データ概要

撮影日	平成 18 年 2 月 14 日
撮影地域	静岡県富士市周辺
画像の種類	単画像
画像レベル	1B2R
画像圧縮	JPEG 圧縮 (1/4.5)
色調補正	判読者が実施

今回撮影を行った地域は地形としては山岳地域から丘陵地、平野、海岸といった多様な地形が含まれ、また、都市部から郊外へと地物及び人口密度も高い地域から低い地域まで幅広くカバーしているため、判読調査を実施するには適した地域である。画像の一部には JPEG 圧縮にともなうブロックノイズと見られる箇所も存在するが、全体的には撮影条件がよかったこともあり、画像は明瞭であった(図 4)。特に第二東名自動車道の建設状況はよくわかり、図の左上部の密集した住宅地域においても、個々の住宅を識別することができる。このように今回の現地調査を行った判読結果をまとめたものが表 4 である。結果として植生や高塔などの地物が判読しにくいといった従来の衛星画像の判読結果と同様の傾向が ALOS にも見られる。ただ、今回の判読は校正検証期間以前の画像で実施しており、画像も単画像で一地区のみで行っていることから、今後は、ステレオ画像もしくは同一地区を撮影した AVNIR-2 の画像と合成したパンシャープン画像についても検証行う予定である。



図－４ PRISMの撮影画像

表－４ 現地調査による判読結果

判読結果	地物(現地調査で確認した地物)
判読可能	四車線道路，二車線道路，独立建物(大，中高層)，二条河川，道路橋，建設中の高速道路
一部判読困難	一車線道路，建物類似の構造物(ビニールハウス，畜舎)
判読困難	一車線道路(住宅密集地，バイパス側道等)，独立建物(小)，軽車道，高塔，坑口
判読不可能	送電線，墓地，植生(広葉樹，針葉樹)，徒歩道，盛り土，土がけ

5. 期待される成果について

現在，校正検証期間中であり，結果の検証をしている段階ではあるが，設計仕様と今までに得られた検証結果から以下のようなことが期待される。

5. 1 国内で期待される成果

国内においてはすでに全域で2万5千分1地形図が整備されている。これらの地理情報の更新は大規模市町村の合併や主要幹線道路の開通等地域の重要な地物の変化を対象に常時修正が行われている。その一方で，近年の地理情報の利用ニーズの高まり非常に大きくなってきており，カーナビゲーション

ンやハザードマップなどに代表されるように、重要な地物の更新に限らず、基盤となる地理情報の面的かつ迅速な更新が求められている。また、将来的にも地理情報の需要は歩行者用のナビゲーションであるマンナビやロボット・移動車両の誘導など増々拡大し、その精度や更新頻度についてもより高い要求がなされていくと予想される。

国土地理院ではこのような高まる要求にこたえるべく、地方公共団体や民間等と連携し、工事用図面や広報等既存の様々な資料を利用した地理情報の更新を実施し、その迅速な提供に努めている。その一方で、現在の資料を中心とした変化情報の収集では小規模な住宅開発などの土地利用変化には十分に対応できないといったこと及び使用する図面と現況との整合性の確認も必要になることなど資料による更新特有の問題も発生している。

このような中、広範囲でかつ周期的な撮影が可能となる衛星画像は面的な地理情報の修正には非常に有効である。特に図面資料だけでは確認できないミニ開発や建設道路の施工の状況の確認等については衛星画像を用いれば容易に判断することができる。また、資料による変化情報がないために更新が実施されていない山間部においても既存資料と衛星画像とをあわせることで実際の変化の有無を確認することができる。このことはデータの整備時期が古くても変化がない場合において、「変化なし」という情報を利用者に向けて発信することで、現在においても問題なく利活用できることが利用者にもわかる。また、衛星画像は国土の変化状況を短い間隔で定期的に観察することができ、迅速な地形図修正に役立つだけでなく、国土モニタリングとして国土環境の指標となる植生・土地被覆等やハザードマップの作成・修正など防災面にも利用できると期待される。

以上のように技術面から、大きく期待される ALOS ではあるが、価格面においても従来にない低コストでの提供が予定されており、幅広い利用が見込まれる。このように ALOS は地形図修正における衛星画像の活用の技術的要件と経済的要件を同時に満たした人工衛星であり、ALOS の活用により地理情報の更新が今以上にきめ細やかにかつ迅速に実施できるようになると期待される。

5. 2 海外で期待される成果

海外における地理情報の利用は北米・ヨーロッパから始まり、現在ではその利用が全世界に広がりつつある。様々な地域計画・管理等を効率的に実施するためには、多様な情報の整理を迅速に行い、また、それらの情報を組み合わせたシミュレーションを行うツールが必要である。地理情報システムは、それぞれの事業を実施するうえで不可欠なツールであるとの認識が広がり、多くの地域計画・開発の現場でその利用が始まっている。

その一方で、これらの地理情報は ODA など特定のプロジェクトのために必要な範囲について整備され、援助の終了以降にシステムのメンテナンスや地理情報の更新等を行っていない場合も多く、結果として十年程度経過するとその間の変化に対応できず実利用に耐えないこともある。逆に言えば、安定的・継続的に地理情報を更新できる環境が整備できれば、効率的にそのシステムを維持管理することができる。

また、新たに中縮尺の地理情報を整備する場合においても ALOS のデータは位置の補正に必要な対空標識や GCP を設置することなく、一定レベルの位置精度を得ることができるため、取得した画像のみで地理情報の整備に利用することが可能である。また、3方向視のセンサを利用することで等高線も自動発生させることが可能であり、新たに地形図を作成する場合も現行の編集作業と比較すると効率化を図ることができる。

地理情報の効率的な整備及び維持管理を実現するための大きな鍵が低コストでの画像データの入手

であり、我が国が政策的に低価格で提供する ALOS 画像の活用が全世界において大きく期待されているところである。

6. 終わりに

ALOS は 2 万 5 千分 1 地形図作成・修正に必要な技術的な仕様をほぼ満たした設計となっており、現在、その確認を国土地理院も参加して校正検証期間において実施している。校正検証期間の終了後は衛星画像の特性を活かし、迅速な地理情報の更新に寄与するものと期待される。また、中縮尺図の整備に初めて着手する地域においても地形図作成に必要な精度を有しており、中縮尺地形図の整備の進んでいない海外での利活用は国内以上に大きいと思われる。

今後は ALOS の安定的な運用と後継機の開発に期待したい。

参 考 文 献

JAXA ホームページ : http://www.jaxa.jp/missions/projects/sat/eos/alos/index_j.html

Tadono T. : Updated plans of calibration and validation for PRISM and AVNIR-2, 3rd ALOS Calibration/validation and science team meeting.

飯田洋, 矢来恵美, 野口真弓, 松尾馨(2002) : IKONOS 単画像を用いた 2 万 5 千分 1 地形図の作成及び修正, 国土地理院時報, 第 99 集, 39-47.

衛星リモートセンシング推進委員会 空間データワーキンググループ(2002) : 高解像度衛星画像による地物の判読可能性.

下野隆洋, 中村孝之, 大木章一, 野口真弓(2004) : QuickBird ステレオ画像の位置精度評価, 国土地理院時報, 第 105 集, 23-28.