

# 地球観測衛星による全球地形データ

○立川 哲史（一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構），  
高久 淳一（一般財団法人リモート・センシング技術センター）

## Global Digital Topographic Model Using Earth Observation Satellite

\* T. Tachikawa (Japan Space Systems), J. Takaku (Remote Sensing Technology Center of Japan)

**Abstract**—An along-track stereo observation in the same orbit has been promoted in Japanese earth observation satellites. It started with the satellite sensor JERS-1/OPS launched in 1992, followed by Terra/ASTER launched in 1999 and ALOS/PRISM launched in 2006. By continuous along-track stereo observation in long period, the multiple stereo data have been acquired globally. The global digital topographic model is produced by advanced automatic processing to huge amount of the stereo data. This global topographic model is used in evaluation of climate change, disaster prevention, and resource exploration at global or local scale on any areas on the earth.

**Index terms**— Digital Topographic Model, ASTER, PRISM

### 1. 推薦対象および推薦理由の概要

本稿では、全球規模の地理空間情報として社会実装されている「地球観測衛星による全球地形データ」をコトづくり至宝に相応しい事業として推薦する。

我が国の地球観測衛星においては、地形データの作成を目的として他に例の無い同一軌道によるステレオ視の地球観測を推進してきた。それは、1992年に打ち上げられた衛星センサJERS-1/OPSに始まり、その後も1999年打ち上げのTerra/ASTER、2006年打ち上げのALOS/PRISMと、長期にわたり継続している。この同一軌道によるステレオ視の観測により、全球を繰り返し観測したステレオ画像データが蓄積され、その莫大なデータに高度な自動処理を施すことにより、全球規模での衛星地形データの整備を達成した（図1）。

これら全球規模の衛星地形データは、気候変動・防災・資源探査など、非常に多岐にわたる分野において利用価値の高いデータとして認知され、既に多数のユーザによって利用されている。「地球観測衛星による

全球地形データ」は、これら社会への貢献度を踏まえてコトづくり至宝の推薦対象に適するものと考えられる。

### 2. 推薦対象の定義および構成要素

#### 2.1 推薦対象の定義

推薦対象は全球規模におけるステレオ画像データの取得および衛星地形データの整備、そしてその利用とする。

#### 2.2 推薦対象の構成要素

本稿におけるコトづくりは、主に以下4つの手段によって構成される活動を指す。以下、各手段の詳細および、当該コトづくりで果たした役割について記す。

#### A) Terra/ASTER と GDEM プロジェクト

ASTER は、経済産業省によって開発され、1999年12月にNASAの地球観測衛星Terraに搭載され打ち上げられた地球観測衛星センサ

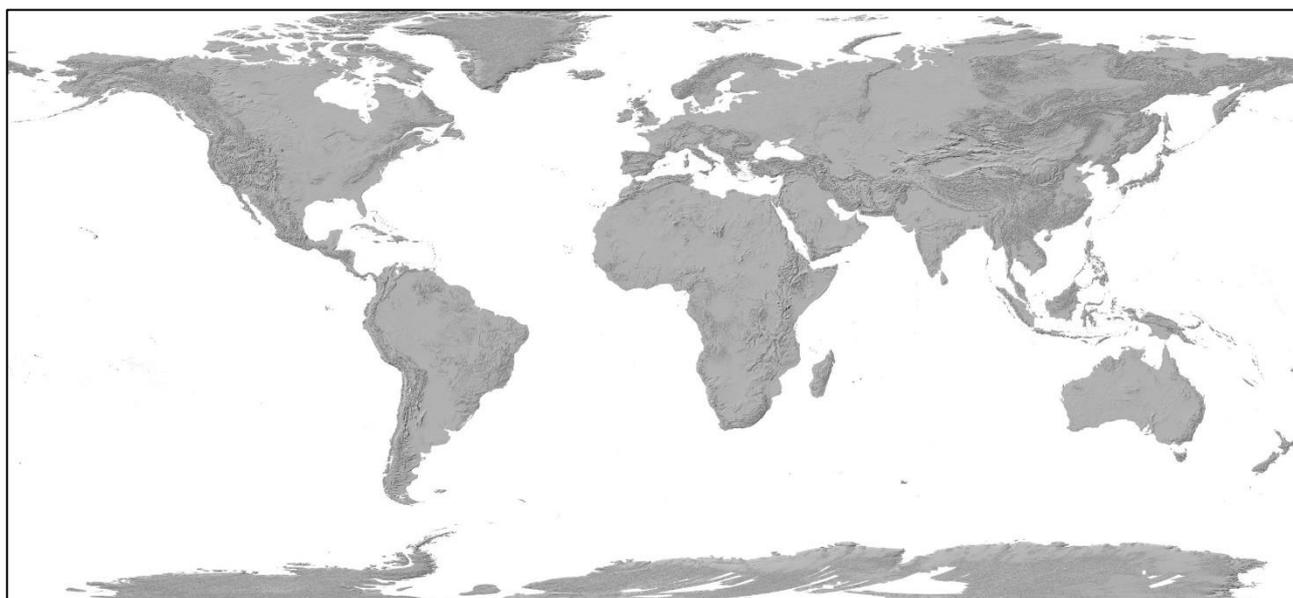


図1 地球観測衛星による全球地形データ

である。現在も運用中で運用期間は間もなく 20 年となる。ASTER は Band3 (NIR 域) に、空間分解能 15m の直下視と後方視の望遠鏡を持ち、常時同一軌道でのステレオ画像データの取得を実施している (図 2)。そして長期にわたる運用により、全球を繰り返し観測した莫大な量のステレオ画像データを蓄積した。その全てのステレオ画像データについて標高を計算し、さらに重合させて、全球規模の衛星地形データである、GDEM を整備した<sup>1)2)3)</sup>。

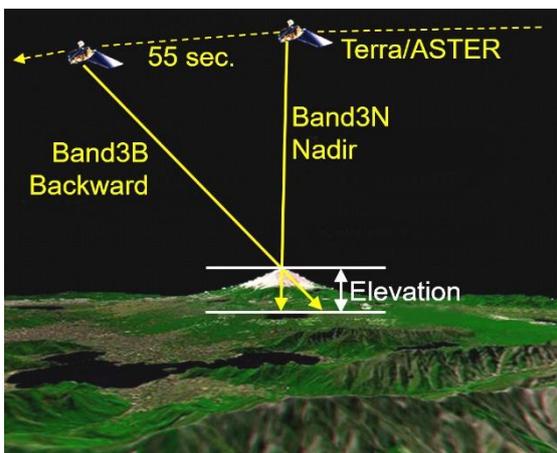


図 2 Terra/ASTER

B) ALOS/PRISM と AW3D プロジェクト

ALOS は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)によって開発され、2006 年 1 月に打ち上げられ 2011 年まで運用された地球観測衛星で、PRISM は ALOS に搭載された同一軌道 3 方向視の望遠鏡をもつ空間分解能 2.5m のパンクロマティックセンサである (図 3)。AW3D は PRISM により観測された全球陸域の同一軌道 3 方向視ステレオデータから作成した衛星地形データであり、衛星による全球規模の地形データとしては世界で最も詳細なグリッドスペーシングとなる 5 m グリッドを達成した<sup>4)5)6)7)</sup>。

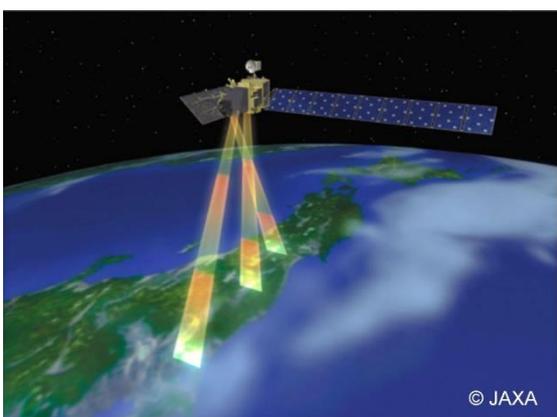


図 3 ALOS/PRISM

C) 衛星地形データの普及に向けた活動

GDEM および AW3D は共に、これまでにそ

れぞれ総計で全球約 2,000 個分以上のデータが世界中の数万~数十万のユーザに無償提供され全世界で利用されている。

また無償提供以外でも、世界 60 カ国以上において、防災、都市計画、資源といった 20 以上の分野に渡る計 100 以上の利用機関にデータを商業提供してきており、衛星地形データの国際的なマーケットの確立および普及に貢献した。

D) 衛星地形データの国際的な社会実装に向けた活動

アフリカやアジアの一部といった詳細な地形図が比較的未整備の地域や ICIMOD のような国際機関に対して災害調査や復旧計画および資源探査への適用を進めた他、国連機関 WHO による疫病調査への活用などの多くの社会実装を実現した。

3. 当該コトづくりの背景

1990 年代においては、全球規模で整備された標高データは km オーダーの粗い空間分解能のものだけで、またローカルな標高データの寄せ集めで整備したため地域による品質のばらつきも大きく、例えば地球科学分野など全球スケールの問題などに利用する上では非常に不便なものであった。詳細な空間分解能かつ全球を均質な品質による標高データが求められており、それは地球観測衛星データにより達成されることとなる。

地球観測衛星データからの標高計算のアプローチは 2 つある。

一つのアプローチは SAR のインターフェロメトリにより標高を計測する方法である。2000 年に米国で実行された Shuttle Radar Topography Mission(SRTM)では、SAR センサをスペースシャトルに搭載して、11 日間の期間で全球の大部分を SAR で観測した。そしてその観測データより計測した標高により、高い空間分解能、全球で均質な品質を達成した。しかしながらスペースシャトルの軌道の制約により約 60 度以上の高緯度地域は整備できず、また SAR の観測は斜め方向であるため、山岳部においては欠損が多かった。

もう一つのアプローチは、光学のステレオ画像データから標高を計測する方法である。通常の光学衛星ミッションでは、異なる方向からの観測によりステレオ画像データが得られるので、標高計測をメインのミッションとする SAR と比較して、遙かに容易であり、過去よりこの方法による標高の計測が実施されてきた。

しかしながら、異なる時期に異なる軌道から観測されたステレオ画像データでは、標高計算に適さないケースも多く、標高データが整備できる範囲は全球規模に遠く及ばなかった。

そこで日本では、その弱点を克服するべく、前方視/後方視の望遠鏡を同時搭載して同一軌道からのステレオ画像データを取得することを、JERS-1/OPS において実証し、その成果を踏まえて Terra/ASTER そして ALOS/PRISM において全球規模の同一軌道ステレオ観測を実行し、全球を多数回観測したステレオ画像データの整備を達成した。

さらに計算機性能の向上により、全球を多数回観測したステレオ画像データの全てに、ビッグデータ処理

を施し全球標高データの整備を進め、2009年にはTerra/ASTERから整備したGDEMが、2014年にはALOS/PRISMから整備したAW3Dが、それぞれリリースされた。

#### 4. 達成された内容および生じた状態変化

##### 4.1. 衛星地形データの整備

2000年代前半にSRTMにより全球規模の衛星地形データが90mのグリッドスペーシングで整備されていたが、当該コトつくりにより、ASTERにより生産されたGDEMで30m、PRISMより生産されたAW3Dで5mと、より詳細なグリッドスペーシングの衛星地形データの整備を達成するのと同時に、SRTMでは整備できていなかった、約60度以上の高緯度地域や急傾斜の地域においても標高データの整備を達成した。

##### 4.2. 衛星地形データの利用拡大

当該コトつくりにより、衛星を用いた全球規模の衛星地形データ利用の機運が世界的に大きく高まった。例えばGDEMは、Google Earthの3D表示のための基盤データ、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)のデータ処理における参照データなど、全球規模で地形データを必要とするケースにおいて実装された。さらにアフリカやアジアの一部といった詳細な地図や地形データが未整備の地域ではこれまでなかった新たな成果が衛星地形データにより創造された。例えばAW3Dは、スリランカで2014年に発生した大規模土砂災害の原因調査・復旧計画に対する適用や、WHOによりアフリカで実施されたポリオ感染ルート特定で活用された。またこれら衛星地形データの普及を受け、Worldview等商業衛星によるより高解像度な衛星地形データでは例えば5Gといった新たな高速モバイル通信網における電波伝搬解析への適用なども始まろうとしている。

#### 5. 主たる貢献者

当該コトつくりの主たる貢献者はJERS-1/OPS、Terra/ASTER、ALOS/PRISMの各プロジェクトを推進した行政官公庁である文部科学省および経済産業省、宇宙開発機関であるJAXAおよびNASA、GDEMの処理技術開発を担当した宇宙システム開発利用推進機構およびセンサ情報研究所、AW3Dの処理技術開発および普及販売を担当したリモート・センシング技術センターおよびNTTデータである。さらには1992年のJERS-1打ち上げから27年間にわたり各プロジェクトを支えてきた非常に多くの貢献者が存在する。

#### 6. 価値の観点による考察

まず、光学センサによる標高計測における問題点で

ある好条件なステレオ画像データの取得について、同一軌道からの取得により解決し、それを実行し全球規模の衛星地形データの整備という成果に結びつけたことによる価値は高いと考える。さらに本手法を複数プロジェクトにわたって継続するのと同時に精度の向上を達成し、デファクトスタンダードへ近づいたことも高い価値であると考えられる。そしてこれが最も重要な観点であるが、成果である衛星地形データが、多くの分野に渡って利用され社会課題の解決に貢献したという多くの実績が、本コトつくりの価値の高さを証明していると考えられる。

#### 7. おわりに

当該コトつくりにより、全球規模かつ詳細な空間分解能の衛星地形データが整備され、その利用により気候変動・防災・資源探査など、非常に多岐にわたる分野において社会課題の解決に役立てられた。将来的には、データ処理環境の向上により、より精度の高い解析と成果の利用が可能となり、合わせて詳細な空間分解能の衛星地形データが求められることになる。当該コトつくりにおいては、データやノウハウの長期的な継続と蓄積により築き上げられた成果であり、今後も同一軌道によるステレオ視観測の継続し、そして更なる詳細な衛星地形データを整備し、社会の要求に役立てていくことを要望する。

#### 参考文献

- 1) 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構, ASTER 全球地形データ, <https://ssl.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/J/>
- 2) 立川哲史: ASTER GDEMの概要, 日本リモートセンシング学会誌, 29-5, pp. 675-677 (2009)
- 3) T. Tachikawa, M. Hato, M. Kaku, and A. Iwasaki, 2011, The characteristics of ASTER GDEM version 2, IGARSS
- 4) RESTEC, NTT データ, AW3D ホームページ, <https://www.aw3d.jp/>
- 5) JAXA, ALOS 全球数値地表モデル (DSM) "ALOS World 3D - 30m (AW3D30)", [https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index\\_j.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm)
- 6) J. Takaku, T. Tadono, K. Tsutsui, and M. Ichikawa, 2016, Validation of 'AW3D' Global DSM Generated from ALOS PRISM, ISPRS Annals.
- 7) 筒井健, 市川真弓, 高久淳一, AW3D® 全世界デジタル3D地図提供サービスの展開—「見る3D地図」から「使える3D地図」へ—, 日本リモートセンシング学会誌, 36-5, pp. 515-522 (2016)