

衛星搭載合成開口レーダ TerraSAR-X による高精細 DEM の概要

日大生産工 ○野中 崇志 日大生産工 朝香 智仁
日大生産工 岩下 圭之

1 まえがき

空間データの生成、蓄積、更新において、規模や頻度など様々なニーズがある。数値地形モデル (Digital Elevation Model、DEM) においては、2000年にSRTMによって世界の陸地の約80%が取得されている。DEMは重要な基盤地図データとして位置づけられており、近年ではより詳細なDEMに対する要求が高まっている。最近では、陸域をほぼ網羅するものとして、光学センサであるASTERやALOS PRISMによるものに加え、合成開口レーダ (以後SARという) TerraSAR-X シリーズによる TanDEM-X DEM (2016年9月に全世界のプロダクトの生成が終了) が提供され始めている。SARによるDEMの長所として、天候に左右されずに取得できることから、短い期間で取得できるという長所がある一方で、建物のように高さが急激に変化するものの高さを得ることが原理的に困難である。これまで著者は、SARデータを用いた災害時の被災域の抽出等の利用研究を行ってきた。本研究では、TerraSAR-Xシリーズの概要とDEM取得方法、及びプロダクトについて報告する。

2 TerraSAR-Xシリーズの概要

TerraSAR-X (TSX) は、2007年6月に打ち上げられたドイツ航空宇宙局 (DLR) と EADS (現 Airbus Defence&Space 社) が官民連携事業 (Public Private Partnership) で開発した Xバンドの合成開口レーダである。TSXの撮影モードには、空間分解能と撮影幅が異なる SpotLight、StripMap、ScanSAR の3つのモードがあり、利用者が目的に応じたモードを選択でき、最も空間分解能が高い高分解能 SpotLight モードの空間分解能は 1m である。また特徴として、軌道が高精度に制御されており、DEM を生成するために不可欠な要件を有している、2010年にはTSXと同一のスペック

を持つ TanDEM-X (TDX) が打ち上げられた。TDXのミッションにグローバルな陸域のDEMプロダクトの生成がある。DEM生成時は、TSXとTDXの距離は約500mの近接する軌道を互いに螺旋を描きながら周回し (図1)、螺旋軌道の周期は衛星の周回観測と同じ95分である。

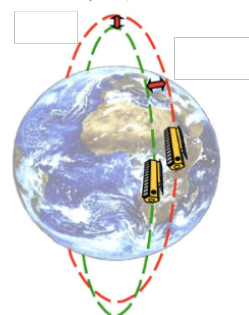


図1 TerraSAR-XとTanDEM-Xの螺旋軌道¹⁾

3 データの取得方法、及び処理

TSXとTDXによるデータ取得モードに、モノスタティックとバイスタティックの2つの撮影モードがある (図2)。DEMプロダクトの生成は、バイスタティックによる StripMap モードの画像より実施する。バイスタティックは、TSX または TDX のどちらかより目標に対して電波を照射し、散乱された電波を両方の衛星で同時に受信する方法である。

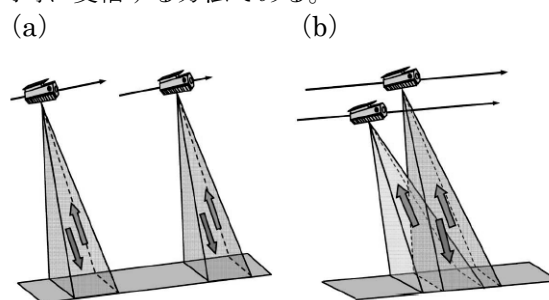


図2 TerraSAR-XとTanDEM-Xによる (a) モノスタティック観測 (b) とバイスタティック観測¹⁾

The Overview of the High Quality DEM Produced by TerraSAR-X Series Satellites

Takashi NONAKA, Tomohito ASAKA and Keishi IWASHITA

DEM は、同一地点を観測した 2 枚の画像の干渉処理（インターフェロメトリという）より得る。同一のセンサによる方法では、異なる日に撮影した画像を用いていたため、大気の影響や自然対象物の時間変化により、誤差が増大することが課題であった。本手法では、2つのセンサでほぼ同時期に画像を取得することにより、これらの誤差を防ぐことができる。

4 DEMプロダクトの概要

既存の SRTM は、均一で DTED-2 を満たすものが目標とされ、観測範囲が北緯 60° から南緯 50° までと限定的であった。一方で TanDEM-X DEM（商用は WorldDEM として販売）はグローバルで、かつ現在提供している 3 つのプロダクトの中で、最も画素サイズの高い 0.4arcsec のものは、HRTI-3（表 1）を実現する²⁾。プロダクトは DEM を含め、8 つのレイヤーからなり（表 2）、予測される高さ誤差、SAR の強度画像、水域マスク画像等、利用者の利便性が図られているのが、これまでの DEM プロダクトにない特徴である。

表1 DTED-2とHRTI-3の仕様の比較

要求	DTED-2	HRTI-3
相対高さ精度	12m (傾斜<20%)	2m (傾斜<20%)
	15m (傾斜>20%)	4m (傾斜>20%)
絶対高さ精度	18m	10m
相対水平精度	15m	3m
水平精度	23m	10m
画素サイズ	30m	12m

表2 DEMプロダクトのファイル構成

名称	内容
DEM	高さデータ
HEM	高さ誤差データ
AMP	SAR の強度データ（平均）
AM2	SAR の強度データ（最小値）
WAM	水域マスク
COV	カバレッジマップ
COM	一貫性マスク
LSM	レイオーバー及びシャドウマスク

図 3 に北海道の大雪山系の DEM の鳥瞰図を示す。北部の標高 2000m クラスの山岳地帯から南部の大雪山系の噴火による降灰が堆積した十勝平野までが含まれている。光学画像と比較し、農地、牧場の平坦さ、急峻な山岳地形等が再現できていることが確認できた。

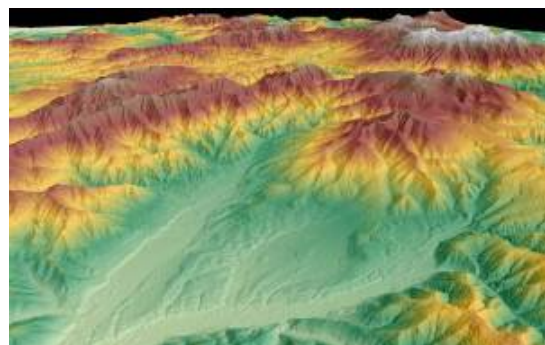


図3 TanDEM-X DEMより生成した北海道大雪山系の鳥瞰図³⁾。

5 まとめ

現在では、技術力の進歩等により、安価で衛星が打ち上げられるようになり、更にデータが無償でウェブより入手できるものも増えている。今後、衛星データの利用分野の拡大が期待されている。一方で、TerraSAR-Xシリーズのように、高い技術力で高品質なデータを提供している衛星があり、高度な軌道制御により、2機の衛星による高品質なDEMの生成を実現した。本DEMの評価により、SARによるDEM生成の課題である大気の影響や時間変化による影響を除去することが可能であり、今後解析を進める予定である。

謝辞

本研究で使用したTanDEM-X DEMプロダクトはDLRに提供して頂いた。ここに感謝の意を表す。

「参考文献」

- 1) G. Krieger, et al., TanDEM-X: A Satellite Formation for High-Resolution SAR Interferometry, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 45, 11 (2007) p. 3317-3341.
- 2) B. Wessel, TanDEM-X Ground Segment –DEM Products Specification Document, EOC, DLR, TD-GS-PS-0021, Issue 3.1 (2016) pp. 46.
- 3) 野中崇志ほか, 高解像度合成開口レーダによるグローバルな高精細DEM, 写真測量とリモートセンシング, 53, 1 (2014) p. 2-3.