

Sentinel-1A 干渉 SAR を用いて生成された数値表層モデルの精度評価

藤原 義友・根本 達也・ベンカテッシュ ラガワン

Accuracy Assessment of DSM Generated using Sentinel-1A InSAR

Yoshitomo FUJIHARA, Tatsuya NEMOTO and Venkatesh RAGHAVAN

大阪公立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University,
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan. E-mail: sg24155c@st.omu.ac.jp

キーワード : InSAR, SAR, 数値表層モデル, Sentinel-1A

Key words : InSAR, SAR, Digital Surface Model, Sentinel-1A

1. はじめに

Sentinel-1A は合成開口レーダー (SAR) 搭載の地球観測衛星である。SAR を用いた解析手法に位相差から地表面の特徴を抽出する InSAR (Interferometric SAR) がある。InSAR を用いて干渉画像から標高データを生成する際に、干渉画像の生成条件が明確でないことや標高データの精度検証が十分にされていない (Braun, 2021)。本研究では数値表層モデル (Digital Surface Model : DSM) の生成条件を複数設定し、標高の精度を評価した。また、土地被覆ごとに精度の違いを検証した。

2. 使用データ

Sentinel-1 のレベル 1.0 プロダクトを用いて干渉解析を行う場合、各データが取得された日の間隔 (以下、Btemp)、衛星の垂直基線長 B_{\perp} (以下、Bperp) が結果に影響を及ぼす。Braun (2021) によると、Sentinel-1 による DSM の生成において、Bperp は 150~300 m、Btemp は短いほど標高の誤差が少ないとされている。本研究では Sentinel-1A の観測モード IWS によって観測されたデータレベル 1.0 プロダクトの各データを Bperp 115m から 25~30m ごとに変化させ、計 5 組のデータを選定した。使用データの詳細を第 1 表に示す。5 つの干渉画像から生成された DSM の標高値を参照するデータとして、国土地理院の基盤地図情報より数値標高モデル 10 m メッシュ (以下、10 m メッシュ)、NASA Earthdata の SRTM 1 Arc-Second (以下、SRTM)、JAXA の AW3D30 m メッシュ (以下、AW3D30) の 3 つを使用した。

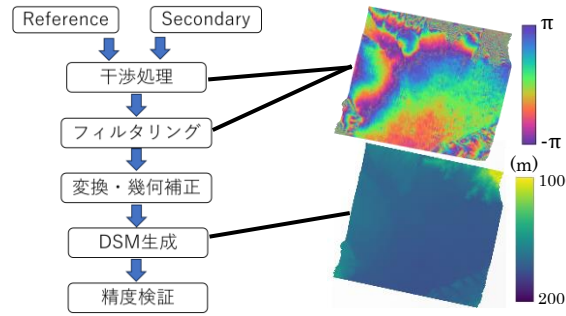
第 1 表 SAR データの詳細。

観測モード	IWS
分解能 (m)	5 (azimuth) × 13 (range)
偏波	VV
軌道	Descending

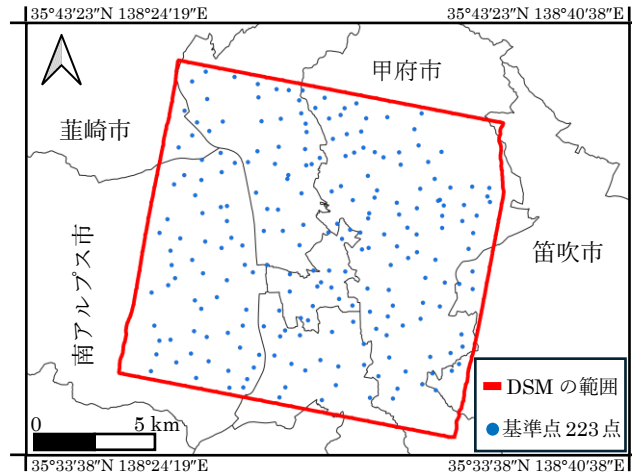
	Reference	Secondary	Bperp (m)	Btemp (day)
①	2022/09/20	2022/10/02	258	12
②	2022/10/19	2022/10/31	115	
③	2022/10/26	2022/11/07	145	
④	2022/11/12	2022/11/24	222	
⑤	2022/12/30	2023/01/11	178	

3. 手法

選定した 5 組のデータから 5 枚の干渉画像を生成する。干渉画像から DSM 生成までの流れを第 1 図、DSM を生成した範囲を第 2 図に示す。生成した DSM の標高値と基盤地図情報の基準点および標高点の差から二乗平均平方根誤差 (以下、RSME) を計算することで Bperp と参照データの違いによる標高の精度を評価する。また、JAXA の高解像度土地利用土地被覆図 (10 m メッシュ) に基づき、DSM を分類し、利用形態ごとの誤差の特徴を明らかにする。



第 1 図 DSM 生成の流れ。



第 2 図 DSM 生成範囲と精度評価の基準点。

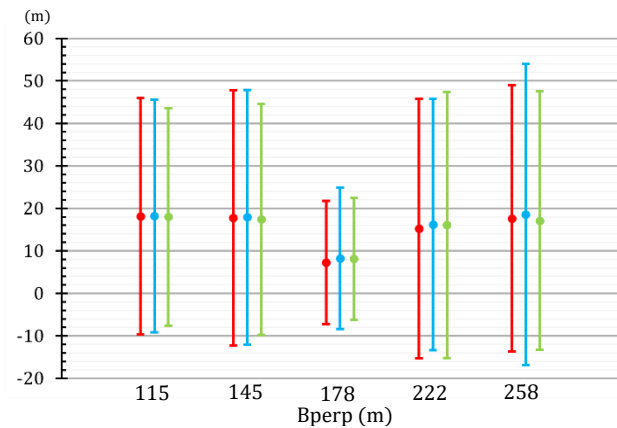
第2表 基準点及び標高点上の土地被覆。
(a) 土地被覆区分, (b) 利用形態による分類

(a)

土地被覆	基準点および標高点上のセル数
人工構造物	177
水田	6
畑	7
草地	15
落葉広葉樹	13
落葉針葉樹	1
裸地	1
湿地	1
農業用温室	2

(b)

利用形態	基準点および標高点上のセル数
建物・その他用地	178
田・その他農用地	31
森林	14



プロット：誤差の平均値, エラーバー：RMSE

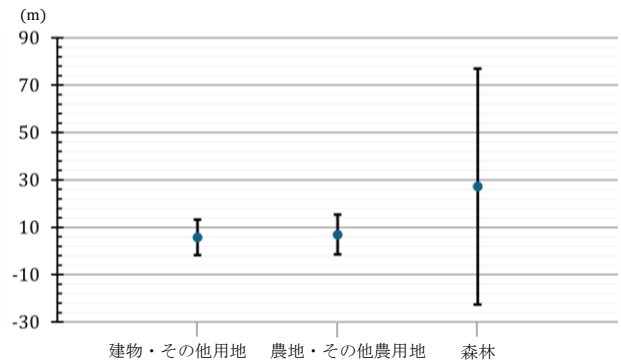
第3図 DSMの誤差とBperpの関係。

赤色：10 mメッシュ, 青色：SRTM, 緑色：AW3D30。

高解像度土地利用土地被覆図の区分, 利用形態による分類を第2表に示す。利用形態の分類は建物・その他用地(人工構造物, 裸地), 田・その他農用地(水田, 畑, 草地, 湿地, 農業用温室), 森林(落葉広葉樹, 落葉針葉樹)とした。

4. 結果・考察

Bperpを変えた5つの干渉画像から3つの標高データ(10 mメッシュ, SRTM, AW3D30)を参照し, 15枚のDSMを生成した。その後, 各DSMにおいて, 基準点および標高点223点の標高値と生成したDSMの差(誤差)を算出した。参照した標高データごとのBperpと誤差の関係を第3図に示す。各データのBtempを12日に固定し, Bperpを115mから25~30mごとに变化させたところ, 参照した標高データに関係なく, 誤差の平均値, RMSEが最小のものは178mであった。本研究とBtemp, Bperpが似通っているギリシャのレスボス島, ミコノス島の事例ではRMSEは5~22mであった(Nikolakopoulos and Kyriou, 2015)。本研究でもRMSEは14.3~16.7mであり, 先行研究と類似した結果が得られた。また, 10mメッシュとAW3D30のRMSEが0.2mの違いであったため, 参照する標高データのメッシュサイズの違いによって誤差の値に大きな差は見られなかった。



プロット：誤差の平均値, エラーバー：RMSE

第4図 誤差と土地被覆の関係(10 mメッシュの例)。

第3表 森林を除外した場合の誤差。

参照DEM	誤差の平均値(m)		RMSE(m)	
	223地点	209地点	223地点	209地点
10 mメッシュ	7.3	6.0	14.5	7.6
SRTM	8.3	6.6	16.7	8.2
AW3D30	8.2	7.0	14.3	8.4

以上のことから, 5組のデータから生成したDSMの精度を議論する上で, 最も適しているBperpは178mと判断した。Bperpが178mのDSMのうち, 誤差の平均値が最も小さい10mメッシュを参照したDSMを例に誤差と利用形態の区分との関係を第4図に示す。建物・その他用地, 田・その他農用地の誤差の平均値, RMSEの値がともに, 近い値をとるのに対し, 森林はほかの分類よりも大きい値を示した。これはSentinel-1Aの用いる波長の特性として, 木々が生き茂る地点では散乱過程において立体構造内であらゆる方向に散乱し, 位相が变化したためだと考えられる。森林における値は全体の誤差の平均値とRMSEの結果にも影響していると考えられるため, 森林領域を除外した地点(209点)の結果と全ての基準点および標高点(223点)の結果を比較した(第3表)。森林領域を除外した場合, RMSEの値が半分程度となり, 誤差の平均値の値も低下した。他の2つのデータでも同様の傾向が見られた。以上のことから, 森林領域の影響が大きく, 誤差の値がそれ以外の領域よりも大きいことが分かった。

5. おわりに

本研究では, DSMの生成条件を複数設定し, その精度の検証を行った。土地被覆を利用することで誤差の特徴を捉えることができたが, 本研究は土地被覆区分が公開されている場所でのみ実施できない。結果に植生が大きく関係していると考えられるため, 正規化植生指数を用いて森林領域を判断することも有効であると考えられる。

文献

Braun, A. (2021) Retrieval of digital elevation models from Sentinel-1 radar data – open applications, techniques, and limitations. *Open Geosciences*, vol.13, no.1, pp.532-569.

Nikolakopoulos, K. and Kyriou, A. (2015) Preliminary results of using Sentinel-1 SAR data for DSM generation. *European Journal of Geography*, vol.6, no.3, pp.52-68.