

ALOS-4/PALSAR-3 から生成する InSAR DEM の幾何学的な精度評価

日大生産工 (院)
日大生産工

○中山 裕基 日大生産工 朝香 智仁
野中 崇志 日大生産工 小林奈央樹

1. はじめに

数値標高モデル (DEM : Digital Elevation Model) は、地表面を等間隔の正方形に区切り、それぞれの正方形に中心点の標高値を持たせたデータである¹⁾。DEM は、空中写真の偏位修正、地形分析、物理モデル等、地図情報において欠かせないデータとなっている。ALOS-4 (だいち 4 号) は 2024 年 7 月 1 日に ALOS-2 の後継機として打ち上げられた地球観測衛星であり、L バンド合成開口レーダ (PALSAR-3) を搭載しており、InSAR によって DEM の生成が可能である。InSAR による DEM の生成においては、調整可能なパラメータも複数あり、現状では ALOS-4/PALSAR-3 を利用した InSAR DEM の幾何学的な精度検証に関する報告はあまり見られていない。

本研究では、ALOS-4/PALSAR-3 および ALOS-2/PALSAR-2 のオフナディア角が近似している InSAR ペアから、MCF²⁾ (Minimum Cost Flow) 位相アンラッピングの手法によって、InSAR DEM を生成した際の高さ方向の精度について、国土地籍地図院発行の 10m メッシュ DME との比較した結果について報告する。

2. 研究手法

(1) 使用データ

本研究で用いた ALOS-4/PALSAR-3 および ALOS-2/PALSAR-2 の InSAR ペアを表 1 に示す。それオフナディア角は ALOS-4/PALSAR-3 が 33.64 度、ALOS-2/PALSAR-2 が 35.4 度である。また、ディセンディング軌道・右側観測であり、高分解能 (ストリップマップ) 3m モードのデータを使用した。基線長は、リピートパスの周回観測時地点の差を示す値であり、垂直基線長と水平基線長から算出した数値である。

(2) InSAR DEM について

本研究では、ENVI/SARscape を利用して DEM の作成を行った。位相アンラッピングは、コヒーレンス閾値を 0.2 とし、MCF 法からそれ以下のコヒーレンスを示した場所は除外して

表-1 本研究で使用した ALOS-2/PALSAR-2 と ALOS-4/PALSAR-3

衛星	プライマリ (観測日)	セカンダリ (観測日)	基線長 (m)
ALOS-2	2021-03-07	2022-12-11	231.393
ALOS-4	2025-03-07	2025-05-16	205.032

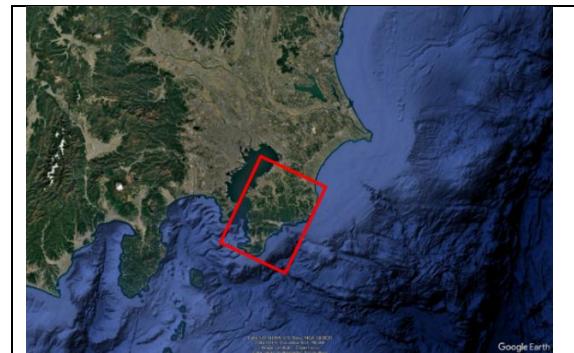


図1-使用した衛星画像観測域

いる。MCF の特徴は、画像全体の正方形ピクセルを考慮した処理方法で、既往研究よりアンラッピング手法の中では比較的安定した精度の DEM を生成できるという点で採用した。なお、(1) 式に示した通り、基線長が長くなることにより DEM の高さ精度が向上するがコヒーレンスは低下することとなり、臨界基線長を超えると位相相関関係は完全消失してしまう^{3), 4)}。

$$\frac{dh}{d\phi} = \frac{\lambda R \sin \theta}{2B_p} \quad (1)$$

ここで、 λ : 波長、 R : スラントレンジ長、 θ : 入射角、 B_p : 垂直基線長である。この式では、位相 2π あたりの高さは基線長に反比例することが示されている。

(3) 電子基準点による補正

InSAR DEM の生成に利用した観測範囲に位置する電子基準点を使用し、InSAR DEM の観測日に合わせた地表面の変動量を補正する目的として、InSAR DEM と電子基準点の位置における標高値の差分を補正量とする、InSAR DEM の補正を行った。電子基準点は観測範囲内に 4 地点であったことから、4 地点の標高の差分値を IDW による空間内挿を行って面データとした。

3. 結果および考察

図2は、表1に示したInSARペアから生成したそれぞれのInSAR DEMである。図中の散布図において、X軸に国土地理院10mメッシュDEM、Y軸にそれぞれALOS-2、ALOS-4を示す。各ALOS-2/PALSAR3とALOS-4/PALSAR-3のペアにより得られたDEMには視覚的にも差がある。真値データと仮定した国土地理院10mメッシュDEMとの比較においてRMSEは、ALOS-2の千葉県南部(①)ではRMSE 28.977m、千葉県南部(②)ではRMSEが29.293mであった。一方ALOS-4のRMSEは、千葉県南部(①)では51.401m、千葉県南部(②)58.262mであった。そして、IDW法によって補正後の値がそれぞれ、ALOS-2の千葉県南部(①)ではRMSE 24.591m、千葉県南部(②)ではRMSE26.328mであった。一方ALOS-4のRMSEは、千葉県南部(①)では51.287m、千葉県南部(②)52.780m同じ観測条件でRMSEによって比較すると、またそれぞれ衛星の傾向として、補正前より補正後のALOS-2は、①4.386m、②2.965m ALOS-4は、①0.114m、②5.482mの差が出ている。国土地理院10mメッシュデータから、各InSAR DEMデータの補正面をIDWで作成することにより最大で5m精度が上がり、電子基準点を利用した補正は欠かせないといえる。また、ALOS-4のInSAR DEMは、ALOS-2よりも幾何学的な精度が低かったが、今後、試行錯誤的にステータスや観測モードの選定をしていくことがしていくことが必要である。

今回使用したALOS-4のペア画像の期間が70日と短期間のペアであった事から、時間的な影響がInSARの精度に影響していると考え

られる。また、InSARペアとして選んだ画像の観測時期の土地の変化による影響によってコヒーレンスが低下したことと考えられる。InSAR DEMを生成する場合にはこのような状況も存在することから、InSAR DEMを補正する手法についても検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、ALOS-2/PALSAR-2の後継機であるALOS-4/PALSAR-3を利用したInSAR DEMを電子基準点によって補正した結果を検証した。RMSEは、大きな数値になったものの、観測条件変化が影響を及ぼしていると考えられることから、今後は同時期の衛星画像ペアとステータスを試行するなど、InSAR DEMを補正する最適な手法についても検討する必要があると結論づけられる。

参考文献

- 1) 国 土 地 球 院 : DEM, <https://www.gsi.go.jp/KIDS/KIDS16.html>
- 2) “Interferometric synthetic aperture radar (SAR) missions employing formation flying,” Proc. IEEE, vol. 98, no. 5, pp. 816–843, 2010.
- 3) 野中崇志, 朝香智仁, 岩下圭之 : 複数の撮影条件による多周波合成開口レーダーを用いた InSAR による DEM の誤差解析, 土木学会論文集 F3, 74(1), pp.49-55, 2018.

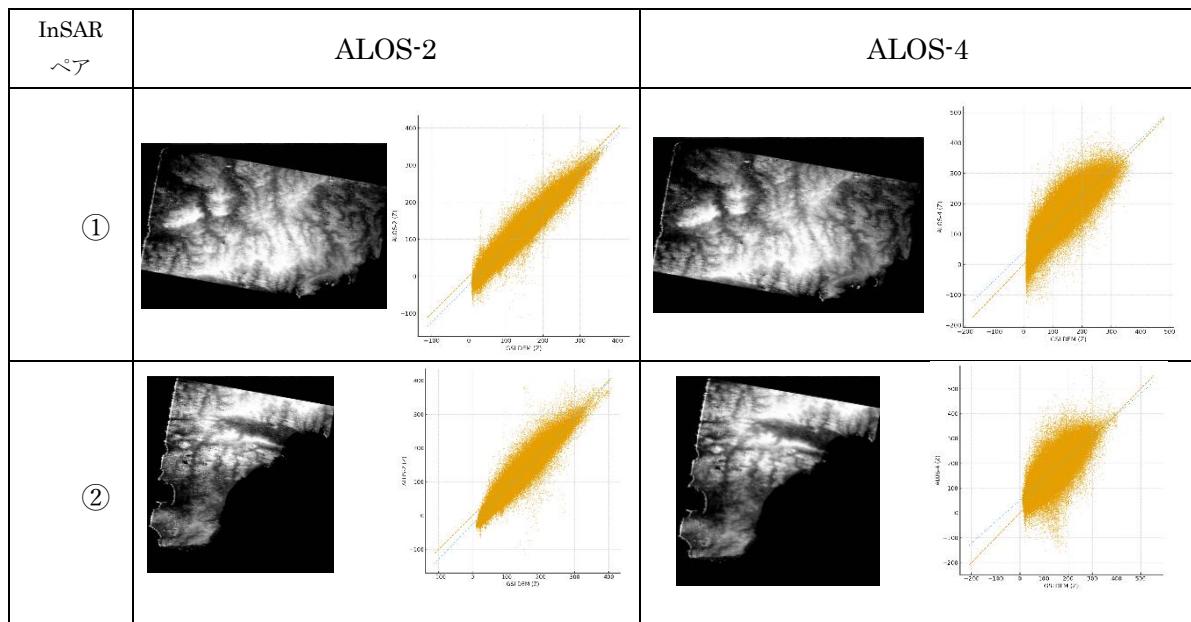


図 2-解析結果