

TerraSAR-X と EROS-B ステレオペア画像を用いた DSM 作成とその検証

広島工業大学 正会員 菅 雄三
 日本キャディック 正会員 小西 智久
 広島工業大学院 学生会員 ○馬場 泰幸

1. はじめに

土砂災害発生時にその被害状況を把握するには、詳細な地形データを早期に取得する必要がある。マイクロ波衛星データや光学系衛星データは、災害の早期分析に有効である。本研究では、TerraSAR-X と EROS-B の高分解能ステレオペア画像を用いて DSM(Digital Surface Model)作成を行い、その精度について検証を行った。

2. 対象地域および使用データ

対象地域は広島市とした。使用した衛星データは、マイクロ波衛星データとして TerraSAR-X(分解能約 1.0m, High resolution Spotlight)および光学系衛星データとして EROS-B(分解能約 0.7m, Basic scene)のステレオペア画像を使用した。表 1 に衛星データの仕様を示す。検証用データとして、対象地域内の GPS 測量により取得した 22 点の地上基準点(GCP)と航空写真から作成した DEM を使用した。

表 1 使用した衛星データ

| 衛星 | TerraSAR-X | | EROS-B | |
|----------|---------------------------|------------|----------------------|------------|
| 観測日 | 2009/02/17 | 2009/02/22 | 2009/04/17 | 2009/04/17 |
| 観測モード | High resolution Spotlight | | Basic scene (Stereo) | |
| 画素サイズ(m) | 0.75 | 0.50 | 0.74 | 0.74 |
| 入射角(度) | 29.74 | 45.34 | 26.68 | 26.83 |

3. 前処理

図 1 に DSM 作成と検証の手順を示す。GCP を用いて、ステレオペア画像に幾何学的補正処理を行った。ここでは、標高 0m である海岸線において画像間の標定処理を 1 次多項式および 2 次多項式により行った。1 次多項式は式(1)により画像の歪みを補正した。

$$\begin{cases} x = a_1 \cdot u + a_2 \cdot v + a_3 \cdot h + a_4 \\ y = b_1 \cdot u + b_2 \cdot v + b_3 \cdot h + b_4 \end{cases} \quad (1)$$

2 次多項式では、式(2)を用いて画像の歪みを補正した。

$$\begin{cases} x = a_1 \cdot u^2 + a_2 \cdot v^2 + a_3 \cdot h^2 + a_4 \cdot u \cdot v + a_5 \cdot u \cdot h + a_6 \cdot v \cdot h + a_7 \cdot u + a_8 \cdot v + a_9 \cdot h + a_{10} \\ y = b_1 \cdot u^2 + b_2 \cdot v^2 + b_3 \cdot h^2 + b_4 \cdot u \cdot v + b_5 \cdot u \cdot h + b_6 \cdot v \cdot h + b_7 \cdot u + b_8 \cdot v + b_9 \cdot h + b_{10} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 x と y は補正後の画像座標値、 u と v は補正前の画像座標値、 h は GPS 測量により得た標高値である。ステレオペア画像に対して 1 次多項式を適用した場合、TerraSAR-X のステレオペア画像では RMSE が 6.8m と 8.6m、EROS-B では 10.4m と 13.2m であった。2 次多項式を適用した場合、TerraSAR-X では RMSE が 5.1m と 6.6m、EROS-B では 1.9m と 2.2m となり、この結果を用いて幾何学的補正処理を行った。

4. DSM の作成

TerraSAR-X については式(3)を用いてステレオペア画像から標高の抽出を行った。EROS-B については式(4)を用いてステレオペア画像から標高の抽出を行った¹⁾。

$$h_{SAR} = \sqrt{\frac{D^2}{\cot i_1^2 + \cot i_2^2 - 2 \cdot \cot i_1 \cdot \cot i_2 \cdot \cos \theta}} \quad (3)$$

$$h_{OPS} = \sqrt{\frac{D^2}{\tan i_1^2 + \tan i_2^2 - 2 \cdot \tan i_1 \cdot \tan i_2 \cdot \cos \theta}} \quad (4)$$

ここで、 D はステレオペア画像上での視差、 i_1 、 i_2 はステレオペア画像の入射角、 θ はステレオペア画像間の方位角である。上記の式に入射角、方位角、視差の値を入力し、標高を求めた。本研究では、視差を求める

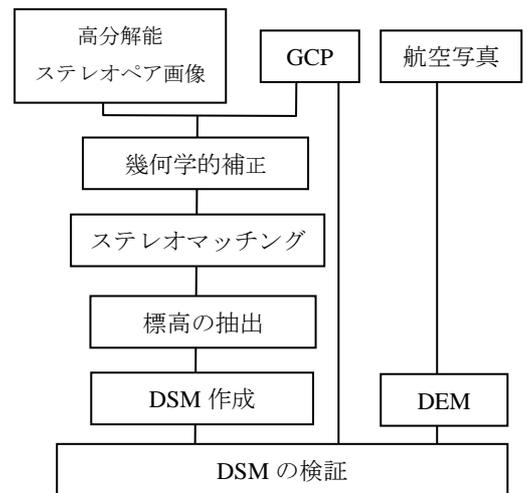


図 1 DSM 作成と検証の手順

キーワード TerraSAR-X, EROS-B, Digital Surface Model, 順次高解像度化法

連絡先 〒731-5193 広島県広島市佐伯区三宅 2-1-1 広島工業大学 TEL082-921-3121

ため順次高解像度化法(coarse-to-fine strategy)を用いて画像のマッチングを行った²⁾。順次高解像度化法とは、画像を階層化し、階層間における対応点の追跡を順次行うものであり、利点として計算の時間とマッチングのエラーを減少させることができる。画像マッチングの手順として、まず1/32階層データを用いてステレオペア画像間の処理を行う。これにより、短い処理時間で視差を得ることができる。これを次の1/16階層のマッチングに使用し、視差を求める。このような処理を画像の粗い階層から細かい階層へ順次行い、最終的に原画像サイズの視差を求める。本研究では、各階層の画像サイズが原画像の1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2となるように平均化を行い、上記の式(3)および(4)を用いて標高を求め、DSMの作成を行った。図2はTerraSAR-Xステレオペア画像から作成したDSMである。図3はEROS-Bステレオペア画像から作成したDSMである。ここでは、順次高解像度化法により作成した1/2サイズのマッチングデータを使用し、画素サイズを1.4mに統一した。

5. DSMの検証

まず、GPS測量によるGCPの標高値との比較検証を行った。その結果、TerraSAR-Xから作成したDSMとの差異は11.8m~18.6mであり、RMSEは7.9mであった。EROS-Bから作成したDSMとの差異は19.0m~15.7mであり、RMSEは7.0mであった。図4に示す航空写真から作成した検証用DEMとの差異は1.7m~5.1mであり、RMSEは1.6mであった。次に、航空写真から作成したDEMとの比較検証を行った結果、TerraSAR-XおよびEROS-Bとの差異のRMSEは11.9m, 9.1mであった。

本研究で作成したDSMの適用事例として、EROS-Bステレオペア画像から作成したDSMとEROS-B画像の3次元画像を図5に示す。災害前後の画像を比較することで、被害状況を迅速に把握することが期待できる。

6. まとめ

高分解能衛星データであるTerraSAR-XとEROS-Bのステレオペア画像からDSMを作成した。GPS測量によるGCPの標高値および航空写真から作成したDEMとの比較検証を行い、その有効性を明らかにした。そして、マイクロ波および光学系の高分解能衛星データからDSMおよび3次元画像の作成を実証した。今後は、LiDARなどにより作成された高精度なDSMデータとの比較検証や、幾何学的補正モデルの改良を行う予定である。

参考文献

- 1) 石黒聡士, 杉村俊郎: 大規模津波災害直後における迅速な微地形把握のためのIKONOSとQuickBirdの単画像の組み合わせによる細密DSM作成, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.28, No.3, pp.265-273, 2008
- 2) 村井俊治, 近津博文: デジタル写真測量, (社)日本写真測量学会, pp.223-225, 2002

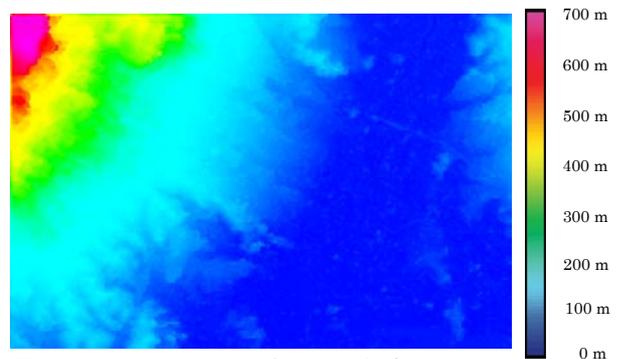


図2 TerraSAR-X画像から作成したDSM

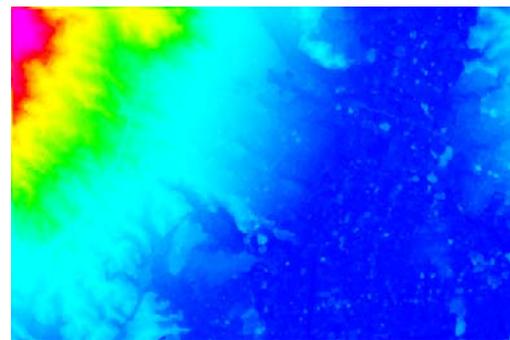


図3 EROS-B画像から作成したDSM

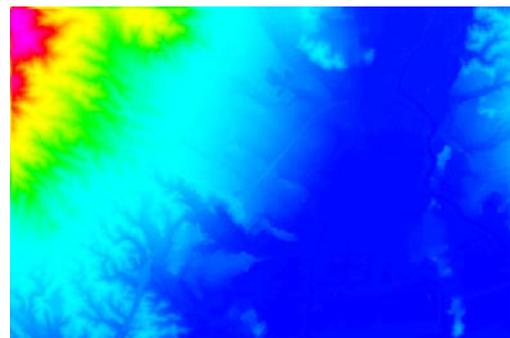


図4 航空写真から作成したDEM



図5 EROS-Bステレオペア画像から作成した三次元画像