

시계열적 COSMO-SkyMed one-day tandem 간섭영상을 이용한 동남극 Terra Nova Bay 주변의 지표 특성 분석

Analysis of land surface properties near Terra Nova Bay in East Antarctica by using a series of COSMO-SkyMed one-day tandem InSAR images

지영훈, 한향선, 이훈열*

Younghun Ji, Hyangsun Han, and Hoonyol Lee*

강원대학교 지구물리학과

요약 : 남극의 지표특성은 남극권의 기후 및 환경변화 연구를 위해 정밀하게 분석될 필요가 있다. Interferometric synthetic aperture radar (InSAR) 영상은 지표의 고도 및 변위를 제공해주기 때문에 남극의 지표특성 연구에 유용하게 활용될 수 있다. 이 연구에서는 동남극 Terra Nova Bay 주변 지역의 지표특성을 분석하기 위해 총 13개의 COSMO-SkyMed one-day tandem SAR 간섭쌍을 시계열적으로 획득하였고, 각각의 InSAR 영상으로부터 지표고도를 추출하였다. 그리고 13개의 지표고도 지도를 평균하여 지표고도의 표준편차 지도를 제작하였다. 시간에 따른 변화가 없는 산악지역에서 지표고도의 표준편차는 1~16 m로 작았으나, 지표변위가 큰 빙하지역에서는 60 m 이상의 매우 큰 표준편차가 산출되었다. 눈으로 피복된 분지지역에서는 약 30 m의 표준편차가 관찰되었는데, 이는 강설이나 승화, 용융에 의해 분지지역에 미세한 변위가 발생했기 때문인 것으로 판단된다.

1. 서론

극지의 지표특성은 전 지구적 기후 및 환경변화의 지시자 역할을 하므로 매우 정밀하게 분석되어야 한다(Scambos *et al.*, 2000). Synthetic Aperture Radar (SAR) 영상은 태양고도와 기상조건에 관계없이 고품질의 지표정보를 제공하므로 극지연구에 유용하게 사용되고 있다. 특히 레이더 간섭기법(Interferometric SAR; InSAR)은 지표변위와 지형고도를 정밀하게 관측할 수 있어 지표면의 물리적 특성 분석에 유

용하게 사용되고 있다(Berardino *et al.*, 2002; Han and Lee, 2011; Han and Lee, 2014).

흐름속도가 빠른 빙하가 분포한 지역에서는 시간적 위상오차를 피하기 위해 시간적 기선거리가 1~3일로 작은 레이더 간섭쌍을 사용하여 지표특성을 분석해야 한다. 그리고 빙원과 같이 매우 미세한 변위가 발생하는 지역에 대한 지표특성 분석을 위해서는 시계열적으로 획득된 레이더 간섭쌍이 사용되어야 한다. 그러나 시간적 기선

* 교신저자: 이훈열 (hoonyol@kangwon.ac.kr)

거리가 작은 시계열적 InSAR 영상으로부터 남극의 지표특성을 분석한 연구는 거의 없는 실정이다.

이 연구에서는 산악지역, 빙하지역, 빙원이 형성된 분지지역이 모두 분포하고 있는 Terra Nova Bay 주변 지역의 지표특성을 분석하기 위해 시계열적으로 획득된 총 13쌍의 COSMO-SkyMed one-day tandem 레이다 간섭영상을 이용하였다. 각각의 레이다 간섭쌍으로부터 지표고도를 추출하였고, 이를 평균하여 지표고도의 표준편차 지도를 제작하였다. 그리고 지표고도의 표준편차로부터 산악지역, 빙하지역, 분지지역의 지표특성을 분석하였다.

2. 연구지역 및 자료

Fig. 1은 2011년 3월 31일에 획득된 COSMO-SkyMed SAR 영상이다. Terra Nova Bay 주변에는 흐름속도가 빠른 Campbell 빙하와 Priestly 빙하가 위치하고 있다(Han *et al.*, 2013). 적색 사각형은 InSAR 영상에서 지표고도가 추출된 지역으로 분지, 빙하, 산악지역이 포함되어 있다.

이 연구에서는 2010년 12월~2012년 1월에 시계열적으로 획득된 총 13개의 COSMO-SkyMed (X-band) 레이다 간섭쌍을 사용하였다. 모든 간섭쌍은 1일의 시간적 기선거리를 가지므로, 유속이 빠른 빙하가 밀집한 Terra Nova Bay 주변 지역의 지표특성 분석에 적합하게 사용될 수 있다.

3. 연구방법

각각의 레이다 간섭쌍으로부터 간섭도를 제작하였으며, branch-cut 알고리즘을 이용하여 절대위상복원을 수행한 후 고도 민감

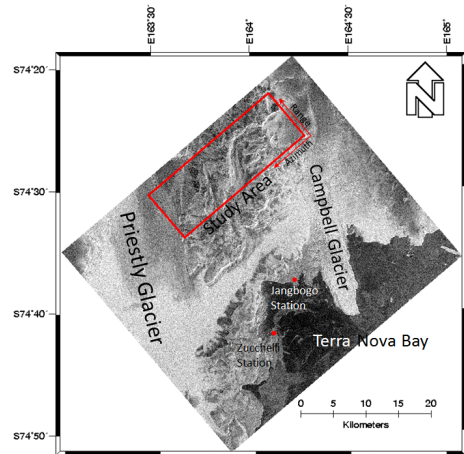


Fig. 1. COSMO-SkyMed SAR image over Terra Nova Bay obtained on 31 March, 2011. The red box represents the study area.

도(height ambiguity)를 이용하여 지표고도를 추출하였다. 그리고 시계열적으로 생성된 지형고도 지도들을 평균하여 지표고도의 표준편차 지도를 작성하였다. 산악지역과 같이 지표변위가 없고, 시간에 따라 안정적인 지역에서는 지표고도의 표준편차가 매우 작게 산출된다. 반면에 빙하와 같이 지표면에 변위가 존재한다면 InSAR로 획득된 지표고도에는 오차가 포함된다. 따라서 지표고도의 표준편차 지도는 지표변위가 있는 지역에서는 매우 큰 값을 나타낸다. 특히 지표고도의 표준편차 지도는 미세한 변위를 나타내는 지역에서 큰 값을 나타내므로, 단일 InSAR 영상에서 감지할 수 없는 지표변위 발생지역을 명확하게 지시한다.

지표고도의 표준편차 지도를 분석하여 Terra Nova Bay 주변을 빙하지역, 산악지역, 분지지역의 3개 지표항목에 따라 분류하였고, 각 항목에 따른 특징들을 기술하였다.

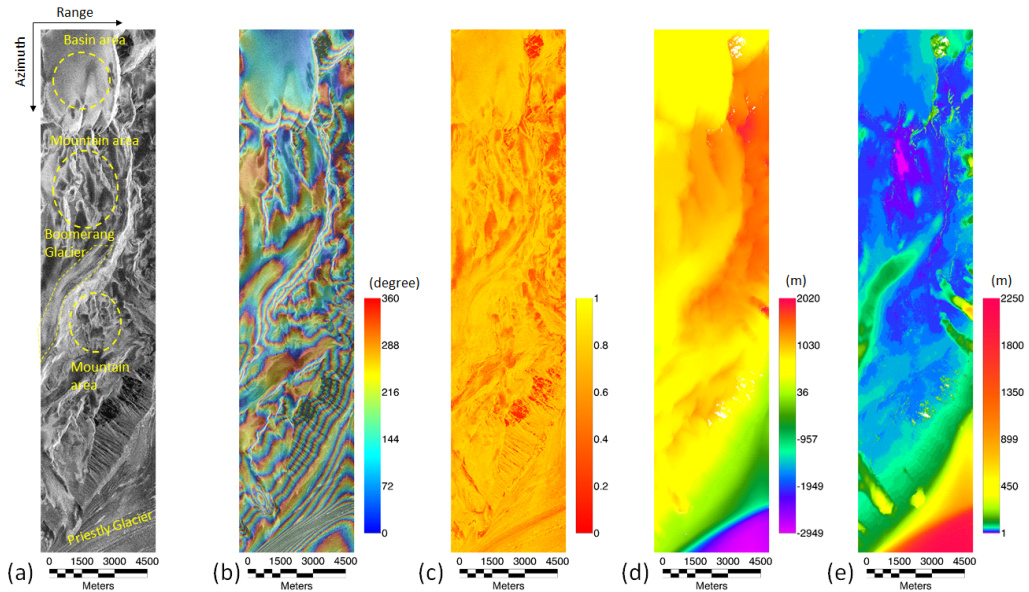


Fig. 2. (a) COSMO-SkyMed SAR image obtained on 31 March, 2011. (b) Interferogram, (c) coherence map, and (d) height map generated from the InSAR pair obtained on 31 March and 1 April, 2011. (e) Map of the standard deviation of the height measured from the 13 one-day tandem InSAR pairs.

4. 연구결과

Fig. 2(a)는 Fig. 1의 적색 사각형 영역을 SAR geometry로 나타낸 것이며, Fig. 2(b)와 (c), (d)는 2011년 3월 31일과 4월 1일의 SAR 영상으로부터 생성된 간섭도, 긴밀도, 지표고도를 나타낸다. Fig. 2(b)에서 산악지역은 고도변화에 의한 간섭띠 (fringe)를 보이며, 빙하지역에서는 고도변화에 변위가 포함된 간섭띠가 나타난다. 분지지역에서는 한 개 미만의 간섭띠가 관찰되어, 지표변위의 해석이 어려움을 볼 수 있다. 산악지역과 빙하지역의 긴밀도는 0.6~0.7로 서로 유사한 값을 나타낸다(Fig. 2c). 지표고도 지도(Fig. 2d)는 Priestly 빙하에서 음의 고도값을 보여, 오차가 심하게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 Boomerang 빙하나 다른 지역에서는 오차

로 판단할 수 없는 고도값이 나타난다. 따라서 InSAR 영상만으로는 지표항목의 구별과 지표특성의 분석에 한계가 있다.

Fig. 2(e)는 13개의 지표고도를 평균하여 산출한 지표고도의 표준편차 지도로, 빙하와 산악지역이 확연히 구분되는 것을 확인할 수 있다. 산악지역에서의 표준편차 값은 1~16 m로 낮은 값을 나타냈으며 빙하지역에서의 표준편차 값은 60 m 이상의 매우 큰 값을 나타냈다.

단일 간섭도에서 지표변위 해석이 어려운 분지지역은 변위가 없이 안정적인 산악지역보다 큰 약 30 m의 지표고도 표준편차를 보인다. 이는 분지지역에 변위가 발생하였음을 의미한다. 눈으로 피복된 분지지역에 적설이 있거나, 바람 및 기온의 변화로 인해 표면의 승화가 발생할 수 있다. 이는 분지지역의 표면에 미세한 변위를 발생

시키며, 이로 인해 지표고도의 표준편차가 크게 산출된 것으로 판단된다.

5. 결론

이 연구에서는 동남극 Terra Nova Bay 주변 지역에 대해 시계열적으로 획득된 COSMO-SkyMed one-day tandem InSAR 자료를 이용하여 지표고도 지도와 지표고도의 표준편차 지도를 제작하였고, 이를 통해 지표 특성을 분석하였다. 단일 InSAR 영상에서는 지표특성 분석의 한계가 있었으나, 시계열적 InSAR 자료로부터 제작된 표준편차 지도를 이용한 지표특성 분석은 매우 효과적이었다.

지표변위가 거의 없는 산악지역의 경우 1~16 m의 작은 지표고도 표준편차가 산출되었다. 그러나 빙하지역에서는 매우 큰 변위로 인해 60 m 이상의 큰 표준편차가 산출되었다. 단일 InSAR 영상으로 지표특성 분석이 어려운 분지지역에서는 약 30 m의 지표고도 표준편차가 산출되었는데, 이는 기상요인의 변화에 의해 미세한 변위가 발생했기 때문으로 추정된다. 향후 연구에서는 현장 기상자료를 이용하여 분지지역의 미세변위를 정량적으로 해석할 예정이다.

사사

이 논문은 한국연구재단의 이공분야 기초연구사업(NRF-2013R1A1A2008062)과 거대과학연구개발사업(NRF-2013M1A3A3A02041853)의 지원을 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Berardino P., G. Fornaro, R. Lanari, and E. Sansosti, 2002. A New Algorithm for Surface

Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 40(11):2375-2383.

Han H. and H. Lee, 2011. Analysis of Surface Displacement of Glaciers and Sea Ice Around Canisteo Peninsula, West Antarctica, by Using 4-pass DInSAR Technique, *Korean Journal of Remote Sensing*, 27(5):535-542 (in Korean with English abstract).

Han H. and H. Lee, 2014. Tide deflection of Campbell Glacier Tongue, Antarctica, analyzed by double-differential SAR interferometry and finite element method, *Remote Sensing of Environment*, 141:201-213.

Han H., Y. Ji, and H. Lee, 2013. Estimation of Annual Variation of Ice Extent and Flow Velocity of Campbell Glacier in East Antarctica Using COSMO-SkyMed SAR Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 29(1):45-55 (in Korean with English abstract).

Scambos T.A., C. Hulbe, M. Fahnestock, and J. Bohlander, 2000. The link between climate warming and break-up of ice shelves in the Antarctic Peninsula, *Journal of Glaciology*, 46(154):516-530.