

# ERS-1/2 tandem 자료를 이용한 조간대 지역의 DEM 생성

김 상완, 홍 상훈, 나 영호, 이 윤경, 원 중선

연세대학교 지구시스템과학과  
서울 서대문구 신촌동 134, email) [sangwan@yonsei.ac.kr](mailto:sangwan@yonsei.ac.kr)

## DEM Generation over Tidal Flat using ERS-1/2 tandem data

Sang-Wan Kim, Sang Hoon Hong, Young-Ho Na,  
Yoon Kyung Lee and Joong-Sun Won

**요 약** : 레이더 interferometry 기법을 이용하여 1995년 12월 11일과 12일에 획득된 ERS-1(orbit: 23180, frame: 2853), ERS-2(orbit: 03507, frame: 2853) tandem 자료로부터 서해안(강화도 ~ 아산만) 지역의 조간대 DEM을 추출하였다. 사용된 SAR 자료는 영상 획득 당시의 낮은 조위(ERS-1: 0.89 cm, ERS-2: -0.02 cm), 짧은 시간 간격(1일), 그리고 비교적 긴 기선 간격(270 m 수직 baseline)을 갖기 때문에 조간대 DEM 추출에 매우 적합하였다. 비록 추출된 DEM의 정확도 평가는 수행되지 않았지만 기존에 광학영상으로부터 추출된 남양만 지역의 waterline과 시각적으로 단순 비교될 수 있었다. 보다 정밀한 정확도 평가는 본 연구에서 사용한 자료와 같은 날 획득된 곰소만 지역의 자료(frame: 2886)를 사용하여 waterline 방법으로 추출된 DEM 및 현장 측량자료를 이용하여 수행될 것이다. Temporal 그리고 baseline decorrelation 등을 무시하고 SAR 영상의 위상측정 오차만을 이용하여 계산된 고도 정밀도는 SNR 20 dB에서 약 0.57 m이다.

### 1. 서 론

우리나라 남한의 서남해안에는 2,393 km<sup>2</sup>의 갯벌이 분포하며, 이는 국토 면적의 2.4%에 달한다. 연안환경은 여러 가지 요인에 의해 공간적, 시간적으로 끊임없이 변화를 겪고 있기 때문에, 조간대 지역에서 정밀 DEM 생성은 퇴적/침식 작용 분석에 매우 유용하다. 그러나 조간대가 매우 넓게 분포하고 있고, 또한 접근의 어려움 때문에 현장조사에는 한계가 있다.

원격탐사 기술을 이용한 조간대 DEM을 생성은 광학 및 SAR 자료로부터 waterline

을 추출하여 DEM을 만드는 방법과, 레이더 interferometry(InSAR)를 이용하는 방법, LIDAR를 이용하는 방법이 사용되어왔다. 비록 LIDAR 또는 single-pass 항공기 InSAR를 이용하는 방법이 가장 정밀한 DEM을 획득할 수 있으나, 센서가 탑재된 비행기가 필요하고 시스템을 운용하는데 고 비용이 요구된다. 지금까지 국내에서는 waterline을 이용한 방법이 사용되어왔다. 그러나 waterline 방법은 다양한 조위를 보여주는 영상이 필요하므로 영상 획득에 많은 시간이 필요하며, 조위계가 설치되어 있

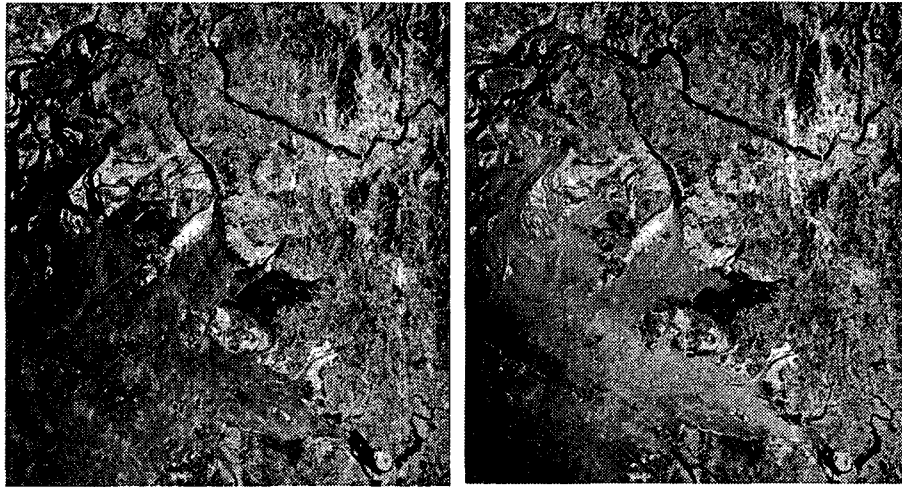


Fig. 1. (a) ERS-1 amplitude image, (b) ERS-2 amplitude image.

지 않은 곳에서는 추출된 waterline에 절대 고도를 대입하는데도 어려움이 있다.

Repeat-pass InSAR를 이용할 경우, 조간대 전체의 DEM을 얻기 위해서는 두 영상 모두 간조기에 획득되어야 하며 충분히 긴밀도가 높아야만 가능하다. SAR Interferogram의 긴밀도는 시간 간격과 기선(baseline) 간격에 크게 영향을 받는다. 짧은 기선이 높은 긴밀도를 제공하지만, 역으로 ambiguity height가 커지기 때문에 DEM의 정밀도가 낮아진다. 따라서 시간 간격이 매우 짧고, 기선 간격이 충분히 큰 (critical baseline 한도 내에서) 쌍이 요구된다. 1995년 12월 21일과 1995년 12월 22일 획득된 ERS-1/2 tandem(1일의 시간 간격) 자료를 이용하여 조간대 지역의 DEM을 생성하고, 현장 수준측량자료 또는 waterline 방법을 이용하여 생성된 DEM과 비교하여 정밀도를 평가하고자 한다. 비록 위성 repeat-pass SAR interferometry는 조간대 DEM 생성에 최상의 방법은 아니지만, 단 하나의 interferometry 쌍을 이용해 약 100×100 km<sup>2</sup>의 넓은 지역 안에 있는 조간대 DEM을 구할 수 있으므로, 국내 서해안과 같이 조간대가 광활하게 발달되어 있

는 곳에서 매우 유용하다.

## 2. SAR 자료 및 처리

본 연구에 사용된 ERS-1 자료는 1995년 12월 21일, ERS-2 자료는 1995년 12월 22일에 획득되었다(Fig. 1). 두 영상 모두 간조기(ERS-1: 0.89 cm, ERS-2: -0.02 cm)에 얻어졌으며 수직 baseline이 약 270 m (ambiguity height: 34 m)로 위 세가지 조건(조위, 시간 간격, 기선 간격)을 비교적 잘 만족한다. Fig. 1에서 보는바와 같이 ERS 영상획득 당시의 조위가 낮아 조간대 지역이 매우 잘 드러나 있다. 각 영상의 주요한 parameter는 Table 1과 같다.

두 영상간의 도플러 중심주파수의 차이가 300 Hz이기 때문에 azimuth filtering을

Table 1. Summary of ERS SAR data.

	Orbit no.	Doppler centroid (Hz)	Date (local time)	Tide height (cm)
ERS-1	23180	374.8	1995/12/21 (11h 16m)	0.89
ERS-2	03507	74.7	1995/12/22 (11h 16m)	-0.02

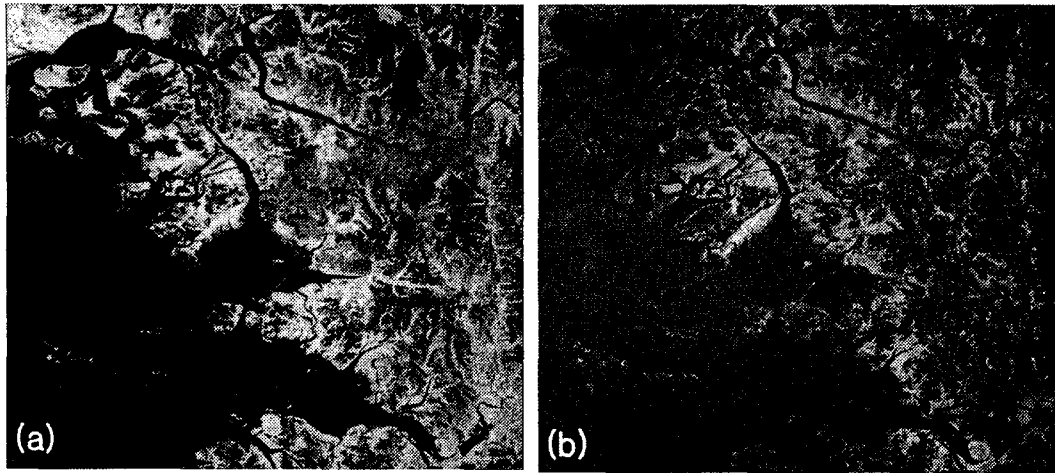


Fig. 2. (a) Coherence map, (b) Interferogram after flat earth correction.

수행하였다. 지구타원체에 의한 위상 보정은 네덜란드 delft 공대에서 제공하는 궤도를 이용하였으며, range 필터링, sinc 함수를 이용한 multilook 처리, STFT(Short Time Fourier Transform) 방법을 이용한 후처리 필터링이 수행되었다. Phase unwrapping은 Flynn의 방법을 이용하였으며, 간밀도가 낮은 지역(해양 및 급경사 지역)은 phase unwrapping 과정에서 제거되었다. 최종적으로 DEM을 추출하기 위해서는 geocoding 작업을 수행하여야 하지만 본 연구에서는 간섭 위상의 고도 변환 과정까지만 수행되었다.

### 3. 결과

Fig. 2a는 두 개의 SAR 영상간의 위상의 일치정도를 나타내는 간밀도 영상이고, Fig. 2b는 지구타원체에 의한 위상이 제거된 후의 wrapped 위상을 보여주는 interferogram이며 밝기값은 간밀도를 나타낸다. 하루의 시간간격 때문에 조간대 지역에서도 매우 높은 간밀도를 보이고 있다. 레이더 interferometry를 이용하여 작성된 남양만 일대 조간대의 고도자료는 Fig. 3a

와 같다. Fig. 3a에서 등고선 간격은 1.5 m이다. 비록 이 고도자료의 정량적인 정확도 분석은 아직 수행되지 않았지만 Kang(2003)에 의해 광학영상으로부터 추출된 waterline(Fig. 3b)과 시각적으로 비교될 수 있었다.

일반적으로 ERS tandem 자료를 이용하여 추출된 DEM의 정밀도는 수 m 정도이다(Zebker et al., 1994; Rufino et al., 1998). 그러나 조간대 지역은 매우 평탄한 지역이기 때문에 더욱 정밀한 DEM을 추출할 수 있을 것으로 판단된다. 시간 차이에 의한 temporal decorrelation과 기선 거리에 의한 baseline decorrelation 등을 무시하고 단순히 SNR에 의한 고도 오차를 계산하면 다음과 같다.

근사적으로 위상잡음과 SNR의 관계는

$$\Delta\phi = \frac{|noise|}{|signal|}$$

$$\sigma_{\phi^2} = \frac{|noise|^2}{|signal|^2} = \frac{1}{SNR} \text{ 이다.}$$

여기서, SNR을 20 dB로 가정하면

$$\sigma_{\phi} = 0.1 \text{ radian} \approx 6^\circ$$

이다. 따라서

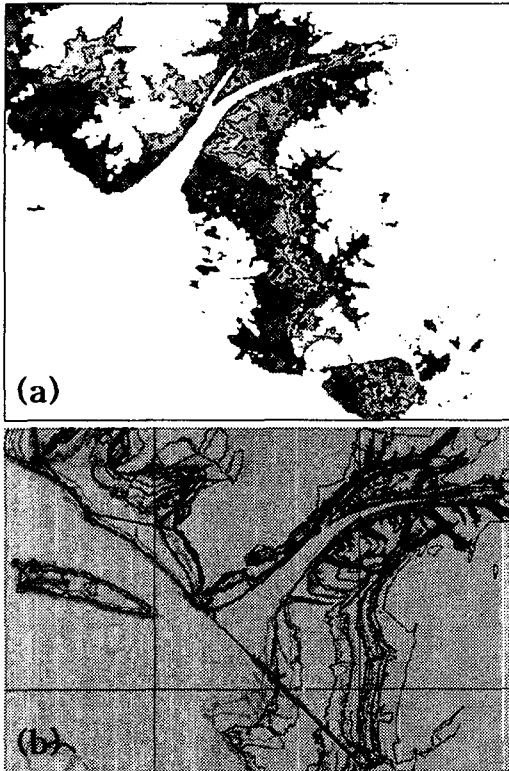


Fig. 3. Height map around Namyang Bay by (a) ERS radar interferometry, (b) waterline method (Kang, 2003).

$$\sigma_z = \text{ambiguity height} \times \frac{6^\circ}{360^\circ}$$

이므로 연구지역의 ambiguity height 34 m 를 대입하면  $\sigma_z$ (고도 오차)는 0.57 m이다.

#### 4. 토 의

다양한 기선거리와 시간간격을 가지고 있는 Radarsat, JERS-1 레이더 영상을 이용한 기존의 몇 가지 실험에서 우리는 조간대 DEM을 획득할 수 없었다. 레이더 interferometry를 이용한 조간대 지역의

DEM 추출에서 temporal decorrelation은 가장 큰 장애로 판단된다. 본 연구에서 우리는 ERS-1/2 tandem 자료를 이용하여 조간대 지역의 DEM을 효과적으로 구할 수 있었다.

정량적인 정밀도 평가는 본 연구에서 사용된 자료와 같은 날 획득된 ERS tandem 자료(frame: 2886)를 사용하여, 곰소만 지역에서 waterline 추출 방법으로 획득된 DEM(류주형 등, 2000)과 현장 측량자료와의 비교를 통해 수행될 것이다.

#### 참고문헌

- 류주형, 조원진, 원종선, 이인태, 전승수, 서애숙, 김금란, 2000. 원격탐사 자료로부터 해안선 추출에 의한 조간대 DEM 생성, 대한원격탐사학회지, 16(3): 221-233.
- Yong Q. Kang, 2003. Topography in intertidal zone by satellite images, Proceedings of International Symposium on Remote Sensing, 664-669.
- G. Rufino, A. Moccia, and S. Esposito, DEM Generation by Means of ERS Tandem Data, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 36(6), 1905-1912, 1998.
- H.A. Zebker, C.L. Werner, P.A. Rosen, S. Hensley, 1994. Accuracy of Topographic Maps Derived from ERS-1 Interferometric Radar, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 32(4): 823-836.