

[Geology] Article

TanDEM-X 기반 강화도 갯벌 고해상도 지형도 구축 및 서비스

윤가람¹ · 유주형² · 김계림² · 이진형¹ · 이승국^{3,*}

부경대학교 지구환경시스템학부, 부산 48513, 대한민국¹

한국해양과학기술원 해양위성센터, 부산 49111, 대한민국²

부경대학교 지구환경과학과, 부산 48513, 대한민국³

TanDEM-X-based Ganghwa Tidal Flat High-resolution Topographic Map Construction and Service

Ga Ram Yun¹, Joo-Hyung Ryu², Kye Lim Kim², Jin Hyung Lee¹ and Seung-Kuk Lee^{3,*}

Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea¹

Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan 49111, Republic of Korea²

Department of Earth and Environmental Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea³

Received: 18 March 2022, revised: 30 March 2022, accepted: 30 March 2022

요약문 본 연구에서는 TanDEM-X 위성의 데이터를 활용하여 강화도 갯벌의 DEM (Digital Elevation Model), 조류로, 조류로 밀도도, 경사도를 추출하였다. 국내 갯벌 면적의 감소에 대한 모니터링과 분석이 중요하게 여겨지고 있으며 시공간적으로 효율성과 정확성을 판단하여 갯벌의 분석 주제에 따라 인공위성 자료를 획득하였다. 서해안이 국내 갯벌의 많은 비중을 차지하고 있어 강화도 갯벌을 연구 범위로 지정하였다. 제작된 자료는 GEOTIFF(.tif) 또는 Shape(.shp) 파일 형태로 제공한다. 이렇게 구축된 갯벌 데이터는 환경 빅데이터 플랫폼인 환경빅데이터 홈페이지(www.bigdata-environment.kr)에서 다운로드가 가능하다.

주요어: 갯벌, 인공위성, 수치표고모델, 환경빅데이터플랫폼

Abstract This study extracted the data of Digital Elevation Model (DEM), tidal channel, and tidal channel density, slope based on TanDEM-X satellite of Ganghwa tidal flat. Monitoring and analysis of the decrease in the area of tidal flats in Korea are of great importance, and by judging the efficiency and accuracy in time and space, satellite data were obtained according to the analysis topic of the tidal flats. Since the west coast occupies a large proportion of domestic tidal flats, Ganghwa-do tidal flats were designated as the scope of the study. The produced materials are provided in the form of GEOTIFF(.tif) or Shape(.shp) files. To utilize the tidal flat data constructed in this way, it can be downloaded from the Environmental Big Data website (www.bigdata-environment.kr), an environmental business big data platform.

Keywords: Tidal-Flat, TanDEM-X, DEM, Thematic map, Satellite

*Corresponding author: seungkuk.lee@pknu.ac.kr

1. 서론

갯벌은 해수의 순환으로 인해 퇴적물이 밀집되어 다양한 생물들의 서식지이며, 자연 정화조의 역할로서 경제적, 사회적, 환경적으로 중요한 지역이다. 특히 우리나라 갯벌은 단위면적당 63 억원 이상의 가치를 가지고 있다고 보고되었다(MOF, 2013; Hwang et al., 2020). 그러나 해양수산부의 보고에 따르면 2018 년 갯벌 면적이 2,482.0 km²로, 2013 년보다 5.2 km² 감소한 것으로 확인되었다. 이는 중소규모 공유수면 매립이 지속적으로 추진된 것이 원인이라고 보고있다. 전체 갯벌 면적의 83.8%인 서해안 갯벌은 가장 중요한 위치의 갯벌이라 할 수 있다. 서해안 갯벌 중 본 연구를 실행한 강화도의 갯벌은 한반도 한강 하구에 위치한 갯벌로 한강에서 주요 수로를 통해 유입되는 담수와 조석으로 운반되는 해수의 영향을 받는다. 갯벌은 지속적인 모니터링이 필요하며 이를 인공위성 원격 탐사를 활용하여 정밀한 데이터를 얻고자 한다. 따라서 본 연구에서는 TanDEM-X 위성영상을 확보하여 간섭 기법(Radar Interferometry)을 이용한 DEM 을 우선적으로 제작하고자 한다. 생성된 DEM 을 활용하여 강화도 갯벌의 DEM, 조류로, 조류로 밀도도, 경사도를 추출하여 강화도 갯벌의 정보 분석을 위한 데이터로 제공한다. 결과적으로 추출한 데이터는 갯벌의 특성과 정보를 포함하고 있어 갯벌 모니터링과 보존 연구에 유용한 정보로 활용될 수 있다.

2. 조사 지역

강화도 갯벌은 경기만 북부에 자리잡고 있으며, 126° 21'E ~ 126° 32'E, 37° 35'N ~ 37° 50'N 에 위치한다. 조수는 반일이며 평균 조수 범위는 6.5 m 로 연간 25 회의 높은 만조와 낮은 만조가 있다. 갯벌의 동쪽은 갯벌, 서쪽은 모래 갯벌이 있으며, 그 사이에 넓은 혼합 갯벌이 분포하고 있다(Fig. 1).



Figure 1. Ganghwa Tidal Flat

3. 데이터 구축 방법

본 연구에서 구축된 데이터는 강화도 갯벌의 Digital Elevation Model (DEM) 조류로, 조류로 밀도도, 경사도로 총 4 종의 데이터를 생성하였다. TanDEM-X 인공위성의 영상을 가공하여 데이터를 생성하였다.

3.1. TanDEM-X 위성영상 확보

1) TanDEM-X Mission

TanDEM-X Mission 은 TerraSAR-X 위성과 일정거리를 유지하며 편대 비행을 하여 한 쌍의 Synthetic Aperture Radar (SAR) 영상을 동시에 취득할 수 있다. TanDEM-X Mission 목적은 간섭기법(Radar Interferometry)을 이용하여 균일한 품질과 높은 정확도를 가진 WorldDEM 을 생성하고자 한다. 2011 년부터 2013 년 사이에 bistatic 모드, HH 편파로 촬영된 SAR 영상을 이용하여 전 세계 DEM 을 생성하였다. 2016 년부터 전 세계 TanDEM-X DEM 을 제공하고 있으며, 2019 년부터 Global DEM Change 미션을 시작하여, 새로운 DEM 을 생성하고 있으며, DEM 차이를 이용하는 연구에 활용하기 위해 계획 중에 있다.

2) TanDEM-X Science Phase

TanDEM-X Science Phase 미션은 성공적으로 DEM 미션을 수행한 후, 2014 년 10 월부터 2015 년 12 월까지 수행되었다. 이 기간 동안 갯벌 연구를 포함한 다양한 과학적 목적을 위해 TanDEM-X 위성을 운용하였다. Stripmap, Spotlight, Staring Spotlight, ScanSAR 에서 Wide ScanSAR 모드까지 모든 이미지 모드를 데이터 수집을 위해 선택 할 수 있다. TanDEM-X Science Phase 중 2014 년 10 월부터 2015 년 2 월까지 pursuit monostatic mode, 2015 년 3 월부터 12 월까지는 bistatic mode 로 작동하였다(Fig. 2). 미션 시작과 함께 두 위성 간의 기선거리를 점차적으로 증가시켰으며 9 월부터는 기선거리를 급격히 줄여 제로 베이스라인을 형성하였다. 갯벌에서는 기선거리가 큰 상태에서 획득된 자료가 필요하며, TanDEM-X Science Phase 기간 중 선택하여 분석한다. 조위 정보를 활용하여 갯벌의 노출 정도를 확인하고 TanDEM-X 자료를 확보하고자 한다.

Months 2014/15	1 Oct	2 Nov	3 Dec	4 Jan	5 Feb	6 Mar	7 Apr	8 May	9 Jun	10 Jul	11 Aug	12 Sep	13 Oct	14 Nov	15 Dec	
Operation Mode	Pursuit Monostatic					Bistatic										
Baseline (values for all latitudes)	0-750 m (perp. baseline) (slow drift over 5 months)					3-4 km at Equator	3-4 km (horizontal baseline at Equator) smaller at higher latitudes (stable baselines over the whole period)					Fast drift back to 300 m	0-250 m (stable short perp. baselines)			
Along-track baselines	76 km					0-500 m (both hemispheres)						300-850 m (ascending) ~ 0-300 m (descending)				

Figure 2. Mission Plan of TanDEM-X Science Phase

3.2. 갯벌 DEM 제작

본 연구에서는 갯벌 DEM 을 제작하기 위하여 간섭기법(Radar Interferometry)을 활용하였다. Interferometric SAR 기술은 두 장의 복 소수 형태의 SAR 영상을 차분하여 위상을 연구하는 방법으로 간섭기법은 넓은 지역 DEM 을 생성할 수 있는 특징을 가지고 있다. 긴 기선거리를 필요로 하는 것과 DEM 의 공간해상도, 긴밀도 등은 DEM 의 수직 정밀도를 결정하는 요소가 될 수 있다. 일반적인 DEM 제작에 사용하는 기선거리 자료를 활용하지 못하는 이유도 수직 정밀도가 갯벌 연구에 필요한 기준에 미치지 못하여 특정 자료를 필요로 하는 이유가 될 수 있다.

간섭계 모드는 TerraSAR-X 및 TanDEM-X 의 이미징 모드(Stripmap, Spotlight, ScanSAR 등)와 결합되었다. 본 연구 지역인 강화도 갯벌의 DEM 제작 과정에서는 Spotlight (SL) 모드를 활용하였다. SL 모드는 10x10 km 의 면적을 가지며 방위각 해상도는 단일 편광을 활용한 1.7 m 이다. SL Imaging 기술은 방위각의 공간분해능을 향상시키기 위해 방위각의 방향을 따라 단계별 배열 빔 스티어링을 사용하지만 방위각 길이는 5-10 km 로 제한된다. 각 모드에 관한 자세한 데이터 분석 결과는 Lee et al. (2017)에서 확인 가능하다.

이러한 이론을 바탕으로 하여 2015 년 1 월 31 일에 촬영된 TerraSAR-X 및 TanDEM-X 영상을 간섭기법, 파라메타분석 등을 활용한 가공 과정을 통해 강화도 지역 갯벌 DEM 영상을 제작하였다. 공간해상도는 7 m, 픽셀 샘플링 1 m, UTM 좌표를 사용하며 파일 포맷은 GEOTIFF(.tif) 형태이다(Table 1).

Table 1. Information of TanDEM-X data used for Tidal Flat DEM

Site	Mode	DEM Resolution	Pixel Sampling	Data Form	좌표계
Ganghwado	Mono/SL	7m	1m	GEOTIFF(.tif)	UTM

3.3. DEM 기반 지형도 제작

제작된 강화도 갯벌 DEM 을 기초로 하여 ArcGIS, QGIS, SAGAGIS 등 프로그램을 통해 갯벌 조류로, 조류로밀도도, 경사도를 제작할 수 있다. 조류로는 지리 정보 시스템(GIS) 소프트웨어를 위한 지리 공간 벡터 데이터 형식인 Shape(.shp) 파일 형태로 생성되며, 조류로 밀도도 와 경사도는 GEOTIFF(.tif) 파일 형태로 생성되었다. 조류로는 조석에 의해 양방향으로 해수가 이동하게 됨으로 조건대 여러 환경 특성을 반영하여 복잡한 메커니즘에 의해 형성된다. 조류로 밀도도는 단위 면적당 조류로의 밀도를 나타내며, 갯벌 지표 퇴적물을 연구하는데 중요한 정보라 할 수 있다. 갯벌은 완만한 지형이지만 정밀한 고해상도 DEM 을 이용하여 갯벌 경사도 제작이 가능하다. 갯벌 경사도는 경사의 정도에 따른 조류로의 분포, 형태 등을 분석하는데 유용한 자료로 사용할 수 있다.

4. 결과

본 연구는 인공위성의 영상을 활용하여 Fig. 2 과 같은 자료를 생성하였다. (a)-(d)는 TanDEM-X 를 활용하여 생성한 강화도 갯벌 데이터이다. Fig. 2 는 (a) DEM, (b) 조류로, (c) 조류로밀도도, (d) 경사도 데이터를 이미지로 나타낸 것이다.

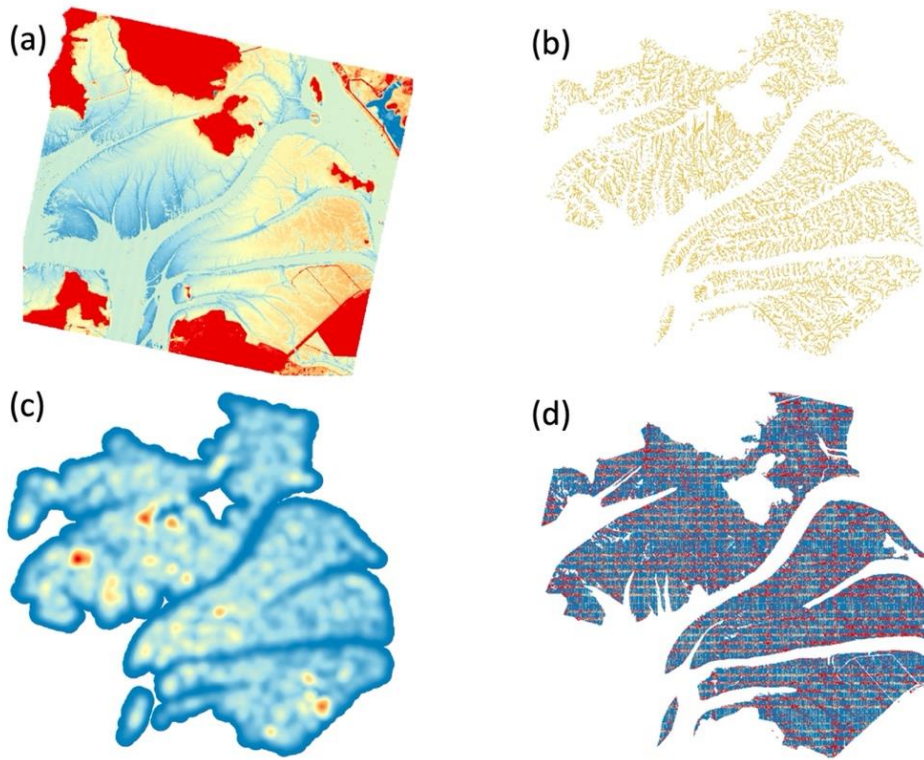


Figure 3. Satellite Data image of Ganghwa Tidal Flat using TanDEM-X (a) DEM; (b) Tidal Channel; (c) Tidal Channel Density; (d) Slope

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 TanDEM-X 를 통해 만들어낸 DEM 을 기반으로 하여 강화도 갯벌의 고해상도 데이터를 추출하였다. Spotlight (SL) mode TanDEM-X 이미지를 통해 생성된 4 종의 데이터는 강화도지역의 갯벌 환경 분석에 기초적인 자료로 연구기관, 대학, 기업체, 어촌계 등에서 연구/학습용, 사업용 등으로 활용할 수 있다. 갯벌에 대한 위성영상 분석 데이터를 신규로 구축 및 서비스화 하였다. 자료의 접근성 강화를 통하여 하구 습지 보전 및 복원 기회를 확산시킬 수 있다. 추가적인 연구를 통하여 더 광범위한 면적을 설정하여 갯벌 데이터를 생성해 갯벌 생태계나 갯벌 지형의 분석 및 관측에 도움이 되는 정량적인 분석 데이터를 추가적으로 생성하는 연구가 필요하다. 이러한 원격탐사를 통한 연구가 계속해서 진행되어 단시간에 넓은 범위 지역의 높은 정확도를 보이는 결과를 가져오는데 도움이 될 것이라고 기대해본다. 지속적인 데이터 축적으로 갯벌 환경의 변화에 대한 모니터링에 빅데이터로 제공될 것이다.

6. 사사

이 논문(윤가람 외)은 2022 년도 한국연구재단의 동아시아 지역 블루카본 측정과 3 차원 공간분포 연구 과제의 지원을 받아 연구되었음(CD202102860001)

이 논문(윤가람 외)은 2021 년도 한국해양과학기술원(KIOST)의 인공위성 기반 고해상도 갯벌 지형도 제작 사업의 지원을 받아 연구되었음

7. 참고문헌

Hwang DJ et al. (2020) Precise Topographic Change Study Using Multi-Platform Remote Sensing at Gomso Bay Tidal Flat. Korean J Remote Sens 36(2):263-275 <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.2.2.4>

Lee SK, Ryu JH (2017) High-accuracy tidal flat digital elevation model construction using TanDEM-X science phase data. IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens 10(6): 2713-2724 <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2656629>

Lee J et al. (2021) A Study on the Possibility of Short-term Monitoring of Coastal Topography Changes Using GOCI-II. Korean J Remote Sens 37(5_2):1329-1340 <https://doi.org/10.7780/KJRS.2021.37.5.2.10>

Ministry of Oceans and Fisheries (2013) The basic survey of coastal wetland in 2012. Ministry of Oceans and Fisheries, Sejong, Republic of Korea (in Korean)

8. 데이터셋에 대한 메타데이터

Sort	Field	Subcategory#1	Subcategory#2
Essential	*Title	Satellite-based Tidal flat Topographic map	
	*DOI name	10.22761/DATA2022.4.1.003	
	*Category	Ocean	
	Abstract		
	*Temporal Coverage	2015/01/31~	
	*Spatial Coverage	37° 35'N ~ 37° 50'N 126° 21'E ~ 126° 32'E	
	*Personnel	Name	Seung Kuk Lee
		Affiliation	Univ. of Pukyong
E-mail		seungkuk.lee@pknu.ac.kr	
*CC License	CC BY		
Optional	*Project	Satellite-based high-resolution tidal flat topographic map production	KIOST
	*Instrument	TanDEM-X	