

[Article]

해안 지형변화 및 해안선 분석을 위한 무인항공기 원격탐사 데이터셋

김범준, 김근용, 유주형*

한국해양과학기술원 해양위성센터

Unmanned aerial vehicle remotely sensed datasets, a reference dataset for coastal topography change and shoreline analysis

Bumjun Kim, keunyong Kim, and Joo-Hyung Ryu*

Ocean science Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology

(Received: 8 December 2019, revised: 16 December 2019, accepted: 30 December 2019)

*Corresponding author e-mail: jhryu@kiost.ac.kr

요약문: 우리나라 해안의 시계열적 영상자료를 구축함으로써 해안의 시·공간적 변화 양상을 분석하고, 지속적인 모니터링 수행을 통해 해안지형 및 해안선 변화의 경향을 분석 및 예측하는 연구가 필요하다. 이 연구에서는 회전익 무인항공기 시스템을 활용하여 해안지형 및 해안선 분석에 활용 가능한 고해상도 수치고도모델과 정사영상 데이터를 생성하였다. 무인항공기 시스템은 기존의 인공위성 원격탐사 플랫폼 대비 저비용 고효율의 장점이 있으며 손쉽게 시계열적인 데이터 획득이 가능하다. 생성된 수치고도모델과 정사영상의 공간해상도는 수 cm 이므로 세밀한 해안지형 및 해안선 변화 등 다양한 원격탐사, 지리학 분야에서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

주요어: 무인항공기 시스템, 수치고도모델, 정사영상, 해안 지형, 해안선

Abstract: To analyze tendency of temporal and spatial change of coast using long-term topography and shoreline change data is important. In this study, high-resolution digital elevation model and orthorectified image data were generated using rotary-wing UAV(unmanned aerial vehicle) system for coastal topography and shoreline change analysis. The UAV system has advantage of low cost and high efficiency compared to satellite remote sensing platform so UAV system easily acquire time series image data. The spatial resolution of generated digital elevation model and orthorectified images are very high, in centimeter. Therefore, the above image data can be used in various fields of remote sensing and geography such as detailed coastal topography.

Keywords: UAV system, DEM, orthorectified image, coastal topography, shoreline

1. 연구배경 및 목적

우리나라 해안에서 발생하는 침식, 퇴적, 해안선 변화는 자연적 또는 인위적 요인으로 인해 다양한 형태로 나타나며 이러한 현상은 해안 구조물이나 주변 생활환경에 치명적인 위협을 발생시킬 수 있다. 태풍, 해일과 같은 자연적인 요인과 해안 구조물 건설, 항만, 댐 건설 등의 인위적인 요인으로 인해 해안은 끊임없이 변화되고 있으므로 해안지형 및 해안선 변화를 정량적으로 분석, 예측하기 위한 연구가 필요하다.

일반적으로 해안지형과 해안선 분석을 위한 연구로 인공위성과 유인항공기 원격탐사 방법이 사용되어왔으며(Ahn *et al.*, 1992; Jang *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2004), GPS와 지상라이다 측량법 등 다양한 분석 방법이 존재한다(Kim *et al.*, 2013). 인공위성과 유인항공기 원격탐사 방법은 공간해상도가 낮기 때문에 정밀한 해안지형 분석에 필요한 cm급 공간해상도 데이터 획득에 한계가 있으며 많은 비용이 소모된다. 인공위성은 재방문 주기가 길고 날씨의 영향을 크게 받으며, 유인항공기는 운용하기 위해 다양하고 복잡한 제반 사항이 존재하므로 해안의 시계열적 데이터 획득에 어려움이 있다. 직접 현장을 관측하는 방법으로써 GPS를 이용한 해안의 포인트데이터 획득 방법의 경우 많은 인력과 시간이 필요하다. 이러한 단점들을 극복하고 해안을 분석하기 위해 다양한 무인항공기 활용 연구가 진행되어 왔다(Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2019). 최근 자동항법장치(GPS)와 자세정보센서(IMU, inertial measurement unit)의 소형화와 더불어 무인항공기 기술발전과 무인헬리콥터, 고정익, 회전익 무인항공기 등 상용화된 플랫폼들의 등장으로 다양한 연구에 무인항공기를 활용할 수 있게 되었다(Lee *et al.*, 2015). 무인항공기에 광학, 다분광, 초다분광, 열적외선 등 다양한 센서를 접목시켜 사용자화된 무인항공기 시스템 개발을 통해 저비용 고효율의 연구효과를 창출할 수 있다. 무인항공기 시스템은 장소와 시간에 대한 제약이 적으므로 시계열적인 데이터 획득이 가능한 장점이 있어 기존 인공위성 및 유인항공기 원격탐사 방법을 대체할 수 있는 시스템으로 활용될 수 있다.

이 연구의 연구지역인 경상북도 울진군 죽변면 후정리 해안 일원은 토사의 침식 현상이 활발하며 침식 현상으로 인해 주변에 위치한 구조물, 생활환경에 직접적인 위협이 큰 지역이다. 지속적인 해안 모니터링을 통해 침식 및 퇴적 현상의 명확한 규명이 필요하다. 이를 위해 회전익 무인항공기를 활용하여 해안지형과 해안선변화 분석에 활용될 수 있는 고해상도 수치고도모델과 정사영상 데이터셋을 획득하였다.

2. 연구지역 및 방법

(1) 연구지역

연구지역은 경상북도 울진군 죽변면 후정리 해안지역이며 최근 들어 강한 침식 현상이 나타나고 있는 지역이다(Fig. 1). 연구지역 총 해안선 길이는 약 2.8 km이며 상부에는 울진원자력발전소(a) 해안, 하부에는 한국해양과학기술원 동해연구소(b) 해안이 위치하고 있다.

(2) 연구방법

가. 무인항공기 시스템 활용

이 연구에서는 2종류의 중형 및 소형 회전익 무인항공기를 활용하였다(Table 1). 첫째, 오픈소스 비행제어 하드웨어가 장착된 중형 무인항공기 시스템이며, 연구목적에 따라 다양한 센서를 장착할 수 있다(Fig. 2a). 둘째, 상용화되어있는 DJI 사의 Mavic 2 pro 소형 회전익 무인항공기를 활용하였다(Fig. 2b). 연구에 활용된 2종류의 회전익 무인항공기는 내장된 FC(flight controller)와 GPS/IMU 센서를 통해 사전에 설정된 비행경로를 따라 자동항법비행이 가능하며 비행 중 현재 상태정보(위치, 자세, 방위각)를 실시간 도시할 수 있으므로 비행 안정성 확보를 통해 적시에 원하는 영상데이터를 획득할 수 있다. 중형 무인항공기에는 SONY 사의 A6000 광학센서를 장착하였고, 소형무인항공기는 자체적으로 장착되어 있는 광학센서를 활용하였다.

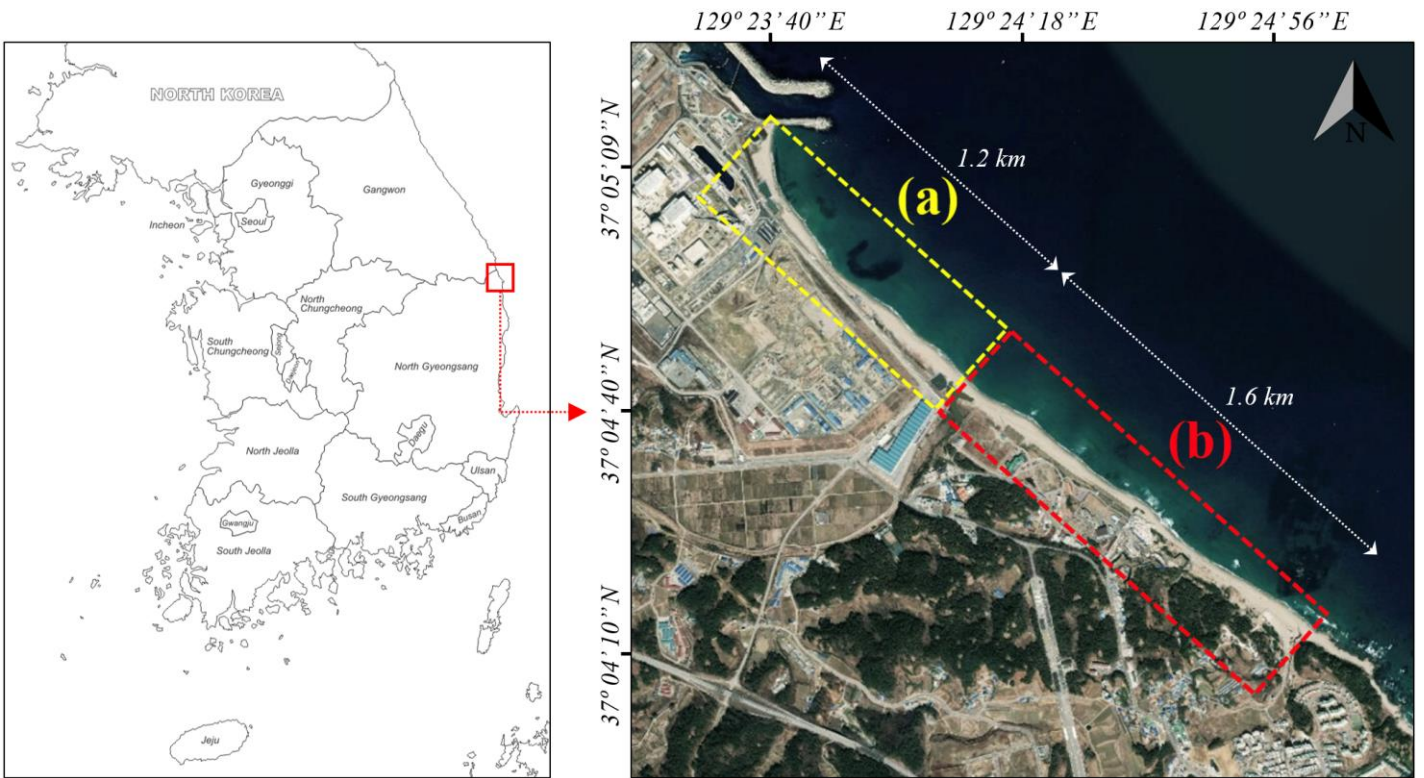


Fig. 1. 노란색영역과 붉은색영역의 연구지역 (a: 울진원자력발전소 해안, b: 한국해양과학기술원 동해연구소 해안)

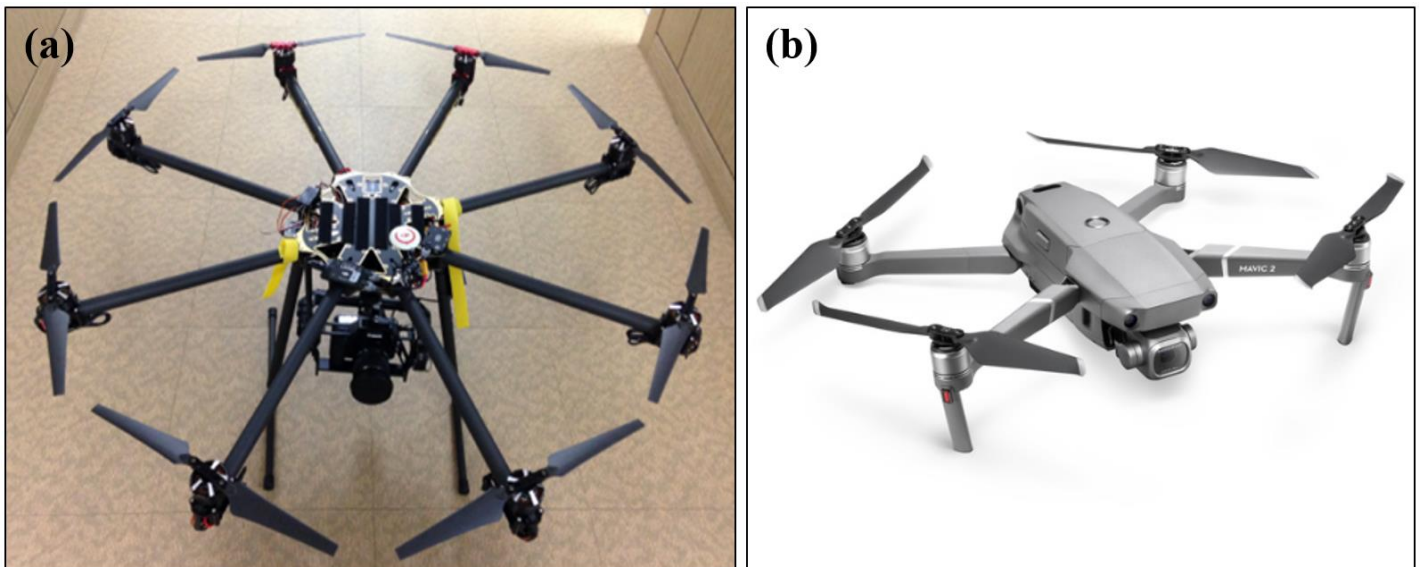


Fig. 2. 연구에 활용된 회전익 무인항공기 시스템 (a:중형 무인항공기, b:소형 무인항공기)

Table 1. 회전익 무인항공기 스펙

구분	중형 회전익	소형 회전익
무게	약 7 kg	1 kg
길이	90 cm	40 cm
비행 시간	10~13분	20~30분
비행 속도	10 m/s	10~55 m/s
송·수신거리	5 km	8 km
페이로드	2 kg	1kg

나. 영상데이터 획득

수치고도모델 및 정사영상 생성을 위해 2016년 2월 4일, 2016년 6월 2일, 2018년 2월 4일, 2019년 2월 8일 총 4회의 무인항공기 측량을 수행하였다. 연구지역의 세밀한 해안변화 분석을 위해 10 cm/pixel 이내의 공간해상도를 갖는 수치고도모델과 정사영상을 생성하고자 기체의 비행고도, 센서의 해상도와 FOV(field of view)를 고려하여 비행경로와 촬영범위를 설정하였다. 광학센서로부터 획득되는 모든 개별영상의 오버랩 지수는 무인항공기 진행방향 70%, 사이드 방향 80%로 설정하여 영상을 획득하였다(Fig. 3). 회전익 무인항공기로 획득된 영상의 상세한 정보를 Table. 2에 정리하였다. 영상의 기하보정 정확도를 향상시키고자 해안에 지상기준점(GCPs, ground control points)을 설치하였고, RTK(real-time kinematic)-GPS를 이용하여 지상기준점의 위치와 정밀 지형고도를 측량하였다.

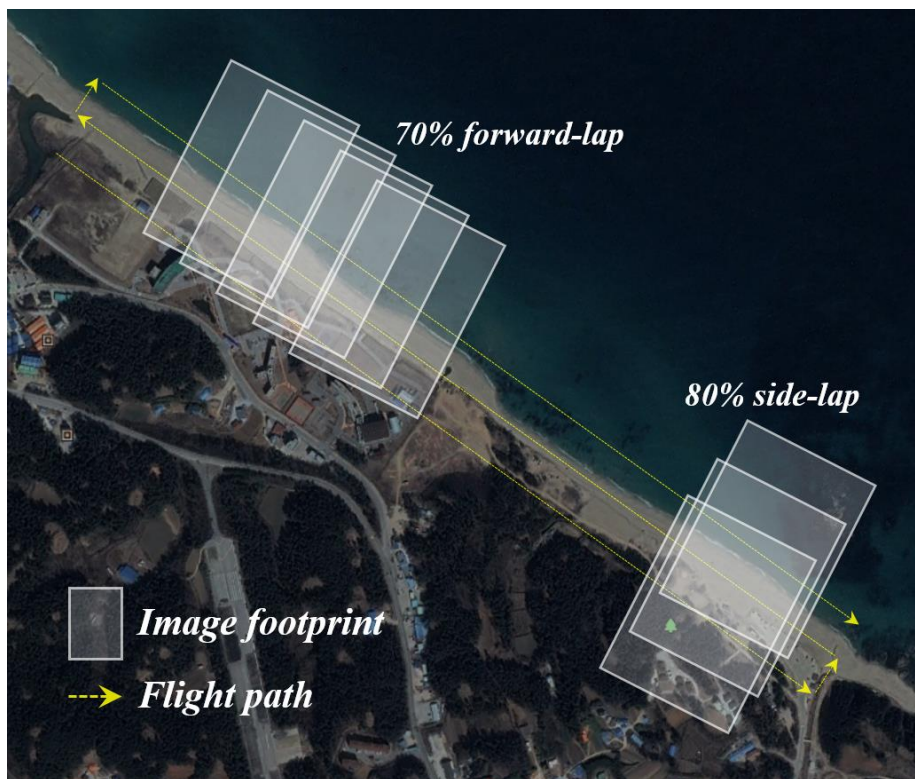


Fig. 3. 회전익 무인항공기 진행방향 및 사이드 방향 오버랩 지수 (Fig. 1(b) 영역 예시)

Table 2. 회전익 무인항공기 영상획득 정보

영역 (Fig. 1)	무인기	일시	시간	비행 고도	영상 개수	오버랩 지수	
						진행방향	사이드
(a), (b)	중형	2016.02.04.	15:20 ~ 15:46	84 m	419장	70%	80%
(a), (b)	중형	2016.06.02.	14:54 ~ 15:17	88 m	220장	70%	80%
(b)	중형	2018.02.04.	16:12 ~ 16:28	80 m	103장	70%	80%
(b)	소형	2019.02.08.	15:32 ~ 15:38	60 m	129장	80%	80%

다. 수치고도모델 및 정사영상 생성

무인항공기로 획득된 시계열적 영상자료의 정량적인 분석을 위해 수치고도모델과 정사영상의 기하오차를 최소화하여야 한다. 전통적인 영상 기하보정 방법은 기체에 내장된 GPS/IMU 센서를 이용하여 영상의 외부표정요소를 분석함으로써 기하보정을 수행할 수 있다. 그러나 이 연구에 사용된 회전익 무인항공기의 GPS/IMU 센서는 낮은 정확도를 가지므로 연구에 활용하기 적합하지 않다. SIFT(scale invariant feature transform) 알고리즘과 SfM(structure from motion) 알고리즘을 활용하면 기하보정을 위해 영상의 외부표정요소를 분석할 필요가 없으며, 손쉽게 영상간의 매칭점을 찾고 3D 포인트 클라우드 형성을 통해 수치고도모델과 정사영상을 생성할 수 있다 (Darren *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2015). RTK-GPS로 측량된 지상기준점에 대한 정보를 3D 포인트 클라우드에 대입하고 영상의 절대좌표를 계산함으로써 수치고도모델과 정사영상 제작이 가능하다. 자료처리는 Agisoft 사의 Metashape 소프트웨어에서 처리 가능하며 흐름도를 Fig. 4에 정리하였다.

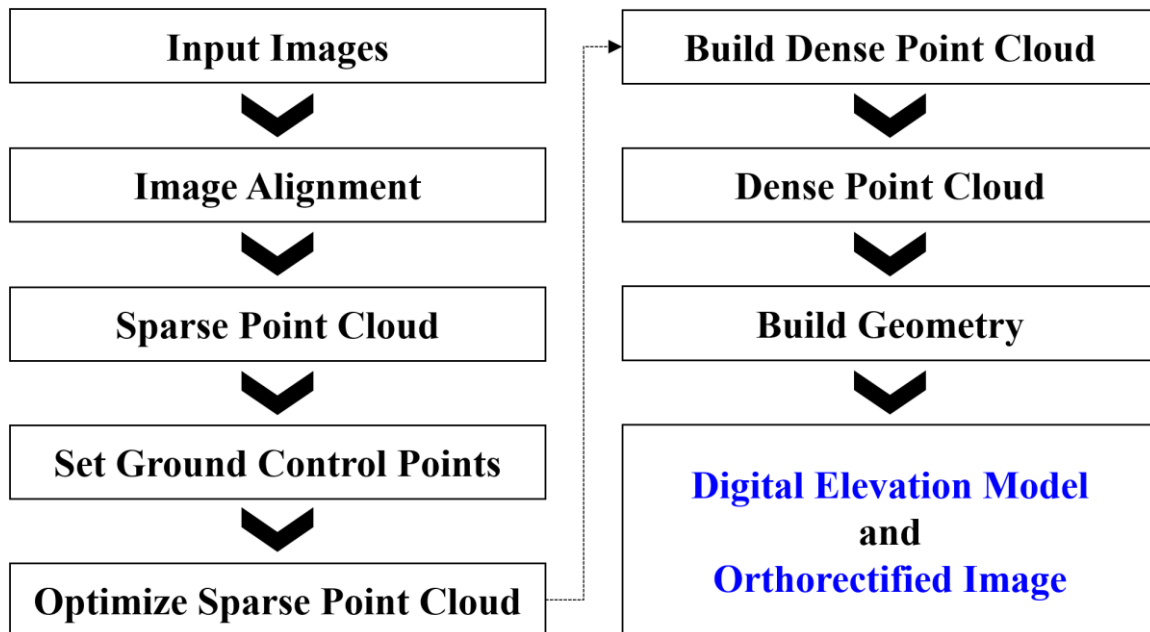


Fig. 4. 수치고도모델, 정사영상 자료처리 흐름도

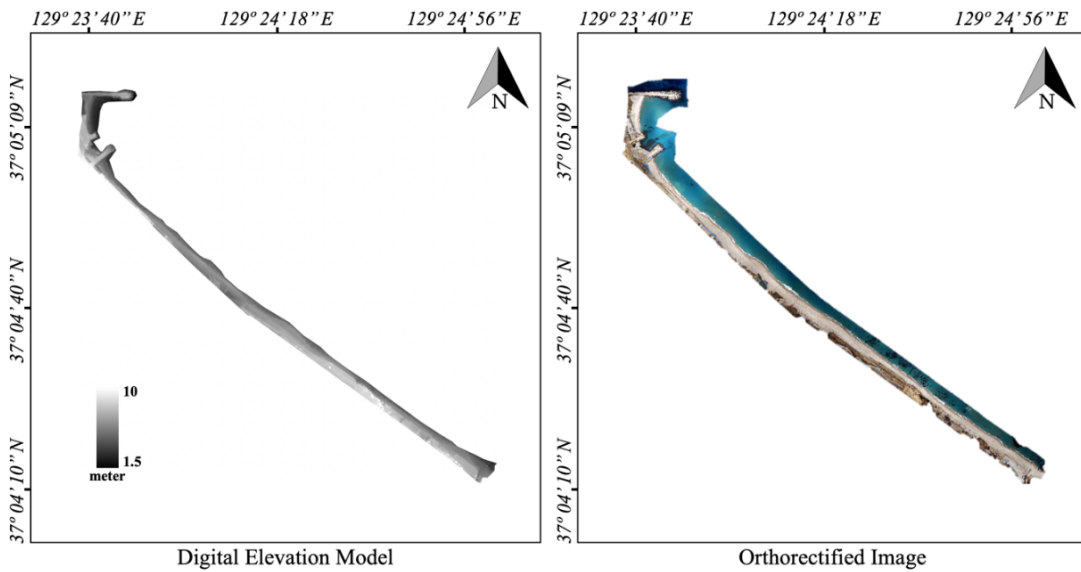


Fig. 5. 수치고도모델, 정사영상의 예시 (2016년 2월 4일 영상)

라. 해안 지형변화 분석

수치고도모델을 활용하여 해안의 지형변화를 분석하고자 2016년 2월 4일과 2016년 6월 2일 데이터를 활용하였다. 지형변화 분석을 위해 2016년 6월 2일 수치고도모델 데이터 값에서 2016년 2월 4일 수치고도모델 데이터 값을 제외시켜 침식과 퇴적 현상을 가시화 하였다(Fig. 6). 이 때, 양의 값을 갖는 데이터는 해안의 퇴적을 의미하며, 음의 값을 갖는 데이터는 침식을 의미한다. 약 4개월 기간의 지형변화를 분석한 결과 육지 방향 해안 지형은 침식이 활발하게 나타났으며, 해안쪽 지형은 퇴적 현상이 우세하게 나타나는 결과를 확인할 수 있다.

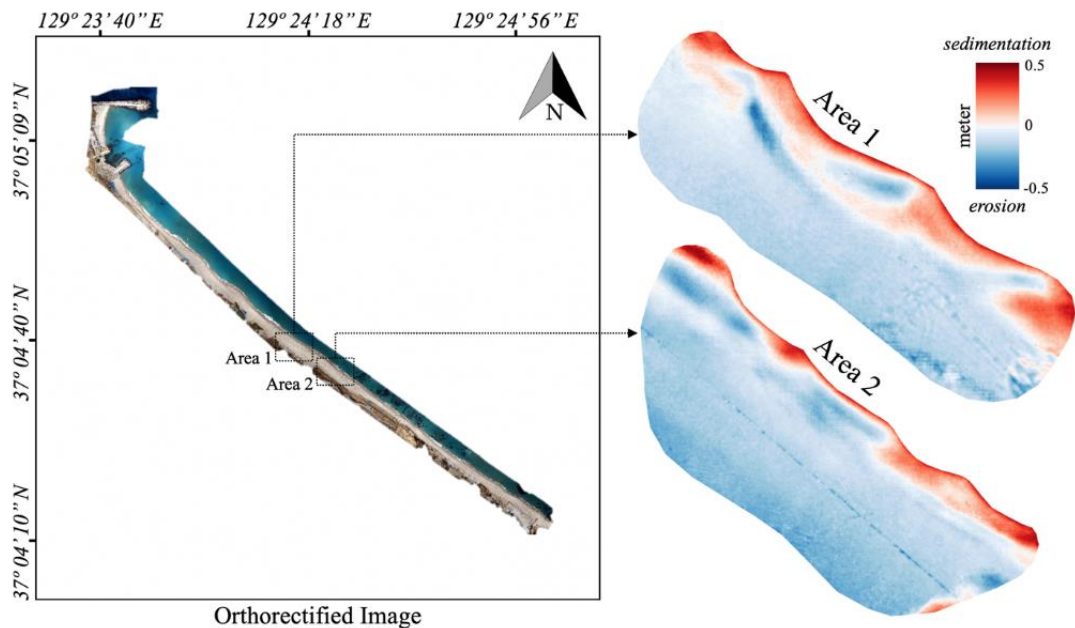


Fig. 6. 해안 침식 및 퇴적 변화 분석 (2016년 2월 ~ 2016년 6월 지형변화)

3. 데이터셋 정확도 분석

해안의 시계열적 영상데이터를 비교 분석하고 정량적인 연구 결과를 도출하기 위해서는 영상의 기하 정확도가 높아야 한다. 회전익 무인항공기로 생성된 수치고도모델 데이터와 RTK-GPS로 측량된 정밀 고도 데이터를 비교하여 정확도 분석을 수행할 수 있다. Fig. 7은 2016년 2월 4일 수치고도모델 데이터에 대한 정확도 검증을 수행한 결과를 나타냈다. RTK-GPS 정밀 고도 데이터는 2개의 라인으로 분류하고 측량을 수행하였다. 육지에 근접한 라인 과 해양에 근접한 라인으로 분류하였고, 약 30 m 간격의 포인트 데이터를 획득하고 검증에 활용하였다. 육지 라인 및 해양 라인의 총 99개 RTK-GPS 데이터를 비교한 결과 1에 근접한 R^2 값을 확인할 수 있었다.

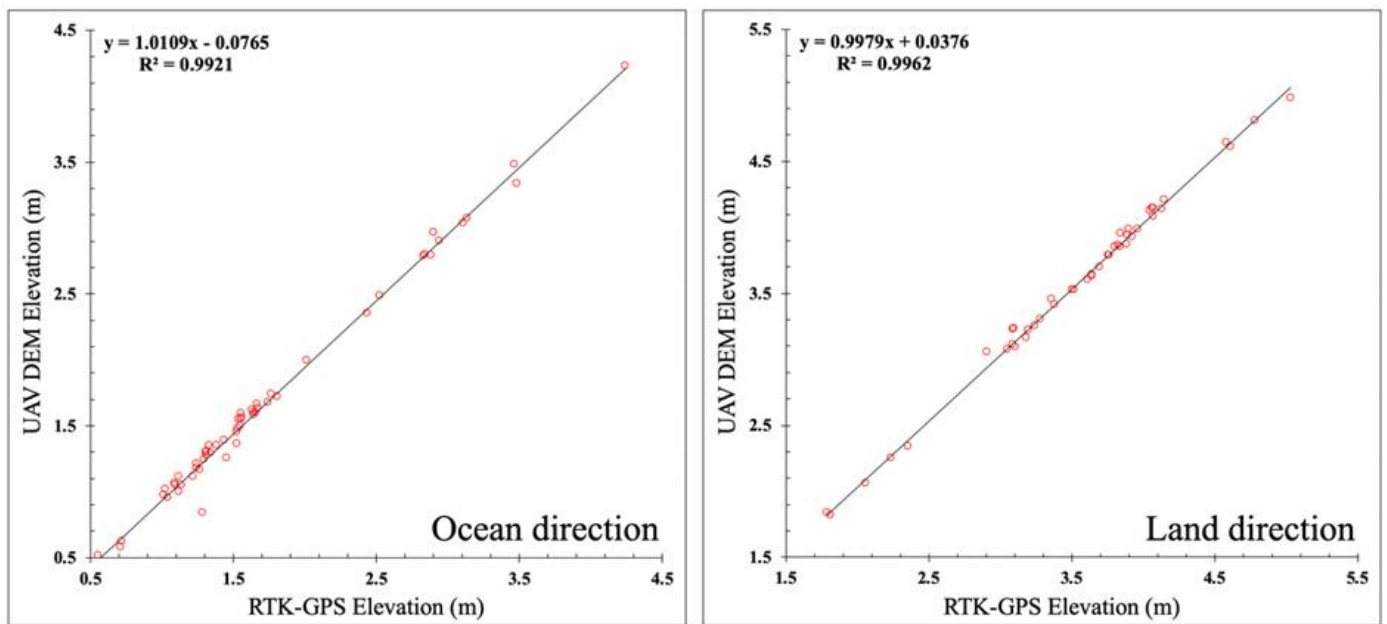


Fig. 7. 2016년 2월 4일 수치고도모델 정확도 검증 결과

5. 참고문헌

- Ahn C, Kajiura K, Tateishi R, Yoo H (1992) The generation of a digital elevation model in tidal flat using multitemporal satellite data. *Korean Journal of Remote Sensing* 8(2):131-145
- Darren T, Arko L, Christopher W (2012) An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sensing* 4(5):1392-1410
- Jang S, Han H, Lee H (2010) Observation of ridge-runnell and ripples in Mongsanpo intertidal flat by satellite SAR imagery. *Korean Journal of Remote Sensing* 26(2):115-122
- Jung S, Kim K, Pyun C (2004) Investigation of long-term shoreline changes using aerial images. *Korean Society of Coastal and Ocean Engineers* 16(1):10-17
- Kim B, Yun K, Lee C (2013) Analysis on the long-term shoreline changes for beaches near Bangpo port using aerial imagery. *Korean Journal of Remote Sensing* 29(5):477-486

Kim B, Lee Y, Choi J (2015) Investigating applicability of unmanned aerial vehicle to the tidal flat zone. *Korean Journal of Remote Sensing* 31(5):461-471

Lee K, Choi J, Joh C (2015) Method to extract coastline changes using unmanned aerial vehicle. *Journal of Korean Geographical Society* 50(5):473-483

Lee Y, Eom J, Do J, Kim B, Ryu J (2019) Shoreline movement monitoring and geomorphologic changes of beaches using Lidar and UAVs images on the coast of the east sea, Korea. *Journal of Coastal Research* 90:409-414

Lim S, Seo C, Yun H (2015) Digital map updates with UAV photogrammetric methods. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 33(5):397-405

6. 메타데이터

구분	필드명	하위카테고리#1	하위카테고리#2	설명	비고	
필수	Title	무인항공기 데이터셋				
	*DOI name					
	*Category	무인항공기 측량 데이터		수치고도모델, 정사영상		
	Abstract					
	*Temporal Coverage	2016년 2월 4일 ~ 2019년 2월 8일			취득일 : 2016년 2월 4일 2016년 6월 2일 2018년 2월 4일 2019년 2월 8일	
		기간 : 약 3년 중 4회				
	*Spatial Coverage	주소(경상북도 울진군 죽변면 후정리 해안)				
		위도 37°04'10"N ~ 37°05'09"N, 경도 129°23'40"E ~ 129°24'56"E 영역	면 (polygon)		좌표체계 (WGS84)	
	*Personnel	등록자(김범준)/소유자 (KIOST)	이름		김범준	
			소속		한국해양과학기술원(KIOST)	
이메일				bumjun@kiost.ac.kr		
*License						
선택	*Project					
	*Instrument	Rotary-wing Unmanned Aerial Vehicle		Custom UAV, DJI Mavic Pro 2		