

해안표착물의 효율적인 모니터링을 위한 무선 조정 항공기 촬영기법의 적용

장선웅* · 이성규** · 오승열** · 김대현*** · 윤홍주**†

*, ** 부경대학교 공간정보시스템공학과, *** 오션테크(주)

The Application of Unmanned Aerial Photography for Effective Monitoring of Marine Debris

Seon-Woong Jang* · Seong-Kyu Lee** · Seung-Yeol Oh** · Dae-Hyun Kim*** · Hong-Joo Yoon**†

*, ** Dept. of Spatial Information Engineering, Pukyong National University, 599-1, Busan, Korea

*** OCEANTECH CO., (157-846) 180-14, Banghwa 1-Dong, Gangseo-Gu, Seoul, Korea

요 약 : 본 연구는 무인 항공사진 촬영을 이용하여 해안에 산재한 해안표착물을 탐지하는 새로운 방법을 제시하였다. 이동성과 신속성, 경제성이 우수한 소형 무선 조정 헬리콥터의 기체와 헬리콥터의 진동에 관계없이 연직 상태를 유지할 수 있는 짐벌 장치에 디지털카메라를 장착하여 항공사진 촬영을 시행하였다. 또한, 촬영된 영상으로부터 해안표착물을 탐지하기 위해 Matlab program을 이용한 디지털 영상처리 알고리즘을 고안하였다. 특히 고안된 알고리즘은 배경 차감 기법(Background subtraction method)을 적용하여 연구 대상 해안의 각기 다른 모래 상태로 인해 발생하는 물체 추출 오차를 감소시킴으로써 다양한 형태의 해안표착물을 안정적으로 탐지하는 결과를 보여주었다. 향후, 이 연구 방법을 적용한 해안표착물 모니터링이 이루어질 경우 모니터링 대상 구역 설정의 대표성 문제 해결 및 발생량 추정에 크게 기여할 수 있으며, 해양환경 감시 분야에 활용가능성이 클 것으로 판단된다.

핵심용어 : 해안표착물, 무인 항공사진 촬영, 매트랩 프로그램, 디지털 영상처리 알고리즘, 배경 차감 기법

Abstract : *This study proposed detection method of Marine debris using unmanned aerial photography. For unmanned aerial photography, a RC(Radio Control) helicopter which has good movability and economics was used. To a camera mounting, a gimbal equipment was attached to the bottom of the RC helicopter. The gimbal equipment is very useful because it is not seriously affected by vibration and rolling. In addition, we invented that digital image processing algorithm using Matlab program for detection of marine debris from photographs. Particularly, background subtraction in invented algorithm was applied. As a result, marine debris of a variety of forms from different sand states of coast were reliably detected. In the future, monitoring using proposed method was expected to contribute that the solution to representative problem of monitoring area selecting and estimate the total litter mass over the beach. Moreover, It is considered a greater application possibility to marine environmental observations.*

Key Words : *Marine debris, Unmanned aerial photography, Matlab program, Digital image processing algorithm, Background subtraction method*

1. 서 론

최근 경제 성장에 따른 해양쓰레기의 증가로 인해 해양생태계 파괴 및 사회·경제적 피해 급증, 국가 간 이동에 따른 외교적 갈등의 소지를 보이고 있다. 따라서 국제적으로 다양한 연안쓰레기 모니터링, 자국 내 각 기관의 공동대처 노력 등이 꾸준히 수행되어지고 있다. 국내에서도 해양수산부가 2000년부터 전국 해안을 중심으로 해양폐기물에 대한 모니터링을 수행하였

으며 2003년부터 신안군 연안을 중심으로 외국기인 해양폐기물에 대한 모니터링 또한 수행되었다(조, 2004).

모니터링을 기초로 한 조사·통계 자료는 해양쓰레기의 발생량을 줄이고, 이미 발생한 것을 효율적으로 수거·처리하는데 기본이 되는 근거 자료가 된다(국토해양부, 2009). 또한 해양쓰레기 관리 정책의 실효성을 높이기 위해서는 양질의 통계 자료를 확보할 수 있는 해양쓰레기 모니터링 프로그램의 개발·시행이 필요하다. 선진국의 경우 지속적인 쓰레기 모니터링을 통해 쓰레기의 국가 간 이동에 관한 기본 자료를 축적하고 있으며, 이렇게 축적된 자료는 앞으로 관련 국가 간 협상 과정에

* 대표저자 : 학생회원, bearsd@pknu.ac.kr, 051-629-6654

† 교신저자 : 정희원, yoonhj@pknu.ac.kr, 051-620-6273

서 큰 힘을 발휘할 가능성이 있다(한국해양수산개발원, 2004). 국내 해양쓰레기 모니터링 사업은 "길이 100m × 폭 20m"의 해안을 조사 구간으로 설정하며, 폭은 조사 때 마다 측정하여 기록하되 구간의 폭이 일정하지 않은 경우 평균적인 값을 기록하도록 원칙이 정해져있다. 이는 해안에 분포한 해안쓰레기의 분포량을 추정하기 위해서는 전면 해역의 전체 해안을 모니터링 하는 것이 바람직하지만 시간 및 경제적 여건을 고려하여 임의의 영역을 모니터링 장소로 설정하는 것이다. 그러나 박과 강(2005)은 일부 지역을 모니터링 하여 전체 해안에 대한 해안쓰레기를 추정하는 것은 상당한 오차 요인이 존재한다고 주장하였다. 또한 한국해양수산개발원(2004)에 따르면 정확한 실태 파악을 위해서는 모니터링 대상 공간을 확대하는 것이 바람직하다고 하였다. 따라서 모니터링 대상 공간을 확대하여 해안쓰레기 발생량 추정의 오차를 줄임과 동시에 비용과 시간의 한계를 극복할 수 있는 새로운 모니터링 방법 마련이 필요하다고 판단된다.

일본의 경우 해안표착물에 대한 새로운 모니터링 기법 연구가 활발히 이루어지고 있다. Kako et al.(2010)은 오쿠시 해변을 대상으로 Webcam을 설치한 후 획득한 영상에 대한 임계값(Threshold)을 계산하여 해안쓰레기의 시간에 따른 변화와 발생량을 산출하였다. 또한 Nakashima et al.(2011)은 해안쓰레기 발생 총량을 추정하기 위한 모니터링 수단을 수립하기 위해 Balloon Aerial Photography을 활용하는 연구를 수행하였다.

이에 본 연구에서는 이동성과 신속성, 경제성이 우수한 무인 항공사진 촬영 기법과 촬영 영상에서 해안표착물을 탐지하기 위한 영상처리 알고리즘을 고안하여 확인함으로써 모니터링 대상 공간 확대와 동시에 양질의 자료를 확보할 수 있는 새로운 조사 기법을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법 및 자료

2.1 연구대상지

본 연구의 대상 지역인 전라남도 신안군 임자도 대평해수욕장은 비교적 단조로운 해안선을 가지고 북서쪽으로 열려 있으며, 약 8km의 해안을 따라 200~300m 폭을 가진 완만한 사빈이 발달하여 있다(한국지질자원연구원, 2003). 또한 여름철을 제외한 연중 북풍 계열의 풍향과 0.5~2.0m/s의 풍속 빈도가 우세하다. 현재 이 지역은 서남해안 해양쓰레기 발생 및 외국 기인 해양쓰레기의 발생 현황을 파악하기 위해 2008년부터 2012년 까지 국가 해양쓰레기 모니터링 지역으로 지정되어 있다(Fig. 1).

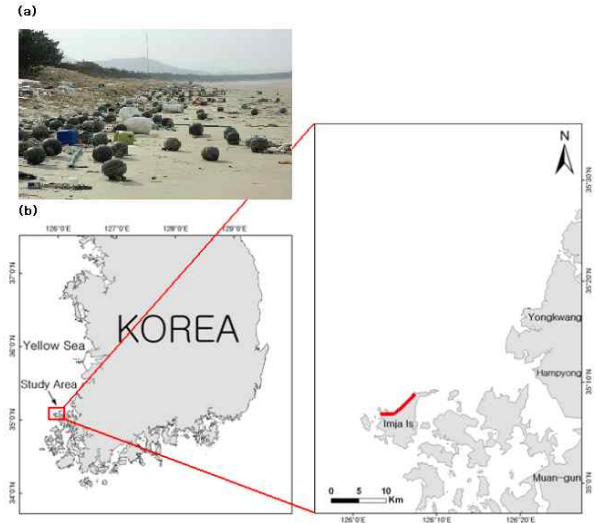


Fig. 1. (a) Marine debris photograph taken in the Daekawang Beach, (b) The location map of the study area.

2.2 무인 항공사진 촬영

2.2.1 무인 항공기 형상 및 제원

무인 항공사진 촬영은 소형 무선 조정(Radio control) 헬리콥터의 기체와 헬리콥터의 진동에 관계없이 연직 상태를 유지할 수 있는 짐벌(Gimbal mount) 장치에 디지털카메라를 장착하여 항공사진 촬영을 시행하였다. 또한 촬영 방향과 범위를 실시간으로 파악하기 위해 전면에 1/3" Color CMOS image sensor를 장착하여 지상에서 모니터를 통해 확인하였다.

유인 헬리콥터에 의한 촬영은 고가의 헬리콥터 기체의 비용과 탑승에 대한 많은 비용을 초래하지만, 무선 조정 헬리콥터는 저가의 기체비용과 단기간 안에 조종기술을 배워서 직접 제어할 수 있으므로 경제성, 기동성, 신속성 면에서 뛰어나다(장과노, 2005). 또한 비행 고도를 가시거리까지 제어할 수 있으므로, 적절한 촬영 고도 파악 및 적용에 매우 유용하다. 본 연구에서 사용한 무선 조정 헬리콥터는 GAUI사의 항공촬영 헬기 XCOPTER-330X이며, 형상 및 제원은 Fig. 2와 Table 1과 같다.



Fig. 2. The RC helicopter equipped with digital camera in gimbal mount for aerial photography.

Table 1. Data of GAUI XCOPTER-330X

Transmitter Receiver	Hitec AURORA 9 Transmitter Spectra 7 Channel Receiver
Diameter	330 mm (Shaft to shaft)
Motor	1100 KV BLDC Motor * 4
Transmission	7A BLDC Transmission * 4
Gyro	GU-344
Battery	7.4 V 2000 mAh ~ 11.1 V 2200 mAh
Allowable cabin load	1130 g
Working distance	150 m
Action time	12 min

2.2.2 촬영 방법

본 연구에서 사용된 영상 획득 카메라는 CASIO사의 EX-Z330을 사용하였으며 체원은 Table 2와 같다.

Table 2. Data of digital camera for aerial photography

Product name	EX-Z330
Recording device	CCD recode
Total pixel	1,239 million pixels
Valid pixel	1,210 million pixels
Shutter	1/2 ~ 1/2,000 sec
Size	96.9 × 56.5 × 19.9 mm
Weight	121 g

해안표착물을 탐지하기 위한 영상을 획득하기 위해 조사 대상 지역 내 임의의 모니터링 구역을 설정하고 촬영 된 영상으로부터 위치 정보를 파악하기 위해 표식을 설치한 뒤 약 30m 내외의 고도에서 촬영하였다. 한편 본 연구에서는 디지털 비디오 동영상 형태로 촬영한 뒤 필요한 영상에 대한 화면 캡처를 통해 정지 영상을 획득하였다.

Fig. 3은 실험 영상을 획득하기 위해 2011년 3월 31일 조사 대상 지역 내 임의의 모니터링 구역(30m × 20m(=600 m²))을 설정한 뒤 촬영한 영상이다.



(a) Arbitrary monitoring site photograph taken by unmanned aerial vehicle



(b) Marine debris in arbitrary monitoring site photograph taken by unmanned aerial vehicle

Fig. 3. Unmanned aerial photograph for arbitrary monitoring site.

2.3 디지털 영상 처리 알고리즘

본 연구에서 고안한 Matlab을 이용한 디지털 영상 처리 알고리즘은 총 6단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 Fig. 4와 같다.

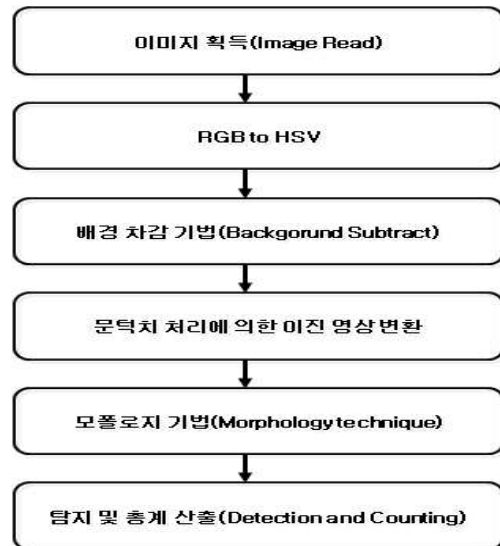


Fig. 4. Flow chart of digital image processing algorithm using matlab.

2.3.1 배경 영역 검출

RGB 영상은 Red, Green, Blue 3색을 조합해서 하나의 색을 표현된 것으로 가장 익숙한 영상이지만, 빛에 민감하여 조명과 같은 값이 포함되어 있을 때는 상당히 오차가 크게 되며 영상에 대한 분석이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 픽셀을 빛과 여러 가지의 색의 조합으로 나타내는 방식으로 색상 검출에 유용한 HSV(Hue, Saturation, Value) 영상으로 변환하였다.

변환된 영상으로부터 물체를 검출하기 위해 Morphological

opening기법을 사용하여 배경을 평가한 뒤 차감하는 배경차감 (Background subtraction) 기법을 적용하였다. 배경차감기법은 영상에서 객체를 검출하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법으로 전 등(2009)은 전경과 배경을 분리하여 방치되거나 제거된 물체를 검출하는 연구를 수행하였다. 김 등(2008)은 영상 내 객체를 추출하기 위해 전경 분리 방법을 활용하여 객체 주변에 발생하는 사람의 그림자를 제거하였다.

본 연구 대상 지역의 해안은 건조한 모래, 반건조 모래, 젖은 모래가 혼재되어 각기 다른 픽셀 값을 가짐으로 인해 다양한 형태의 표착물이 분포할 경우 과잉 탐지나 과소 탐지와 같은 오검출이 발생할 수 있다. 따라서 오검출률을 낮추기 위해서는 반드시 배경을 최대한 차감할 필요가 있다. Fig. 5은 원영상과 배경차감 결과 영상을 보여주고 있다.

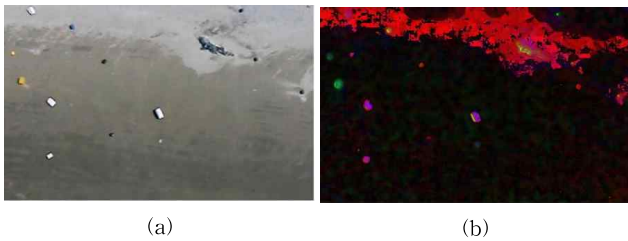


Fig. 5. (a) Original image, (b) Background subtraction image.

문턱치 처리(Threshold)는 배경으로부터 물체를 분리할 때 중요하게 사용되는 방법이다. 문턱치 처리 후에 물체의 사이즈를 측정하거나 물체의 개수를 셀 수 있다. 하지만 문턱치 수준(임계값)이 너무 낮게 선정 될 경우 물체의 사이즈 감소, 개수 감소를 가져온다. 반대로 너무 높게 선정 될 경우 너무 많은 배경 정보를 포함하게 된다. 따라서 적정의 문턱치 수준을 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 문턱치 수준을 결정하기 위해 반복적 방법을 이용하여 임계값을 결정할 후 이진 영상으로 변환하였다. 반복적 방법을 이용한 이진화 구현은 다음과 같다(McAndrew, 2007).

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^{T_k} i \cdot h[i]}{\sum_{i=0}^{T_k} h[i]}, \quad \mu_2 = \frac{\sum_{i=T_k+1}^{255} i \cdot h[i]}{\sum_{i=T_k+1}^{255} h[i]} \quad (1)$$

$$T_{k+1} = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum_{i=0}^{T_k} i \cdot h[i]}{\sum_{i=0}^{T_k} h[i]} + \frac{\sum_{i=T_k+1}^{255} i \cdot h[i]}{\sum_{i=T_k+1}^{255} h[i]} \right) \quad (2)$$

식(1)과 같이 초기 임계값 T를 임의로 결정한 후 밝기값 $\geq T$, 밝기값 $\leq T$ 로 영상을 분할한 후 분할된 영상에 대한 k번째 반복에 의해 각 클래스들의 평균(밝기값 $\geq T$: μ_1 , 밝기값 $\leq T$: μ_2)을 구한다. k번째 반복에서의 평균값을 이용하여 k+1번째 반복의

임계값을 계산하며 식(2)와 같다. $T_{k+1} = T_k$ 인 경우 반복을 중단하고, 최종 T_{k+1} 을 임계값으로 사용한다. Fig. 6은 문턱치 처리에 의해 이진화된 영상이다.

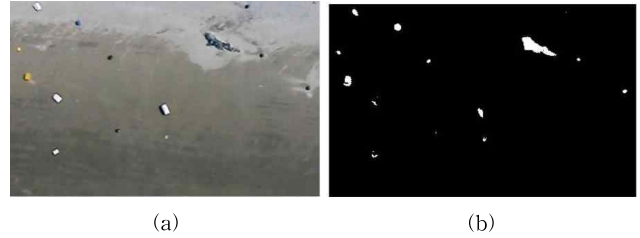


Fig. 6. (a) Original image, (b) Binarization image.

2.3.2 표착물 검출

배경이 제거된 이진 영상에는 표착물 뿐만 아니라 잡음과 불완전한 에지(Edge) 등이 남아있게 된다. 따라서 본 연구에서는 표착물 부분만 남기기 위하여 모폴로지 기법(Morphology technique)을 이용하였다. 모폴로지 연산은 마스크 역할을 수행하는 구조요소(Structuring element)를 사용하여 영상 내에서 필요로 하는 부분만을 추출하는 연산이다(Gonzalez et al., 2004). 본 연구에서는 침식연산(Erosion operation), 팽창연산(Dilation operation), 팽창과 침식연산이 결합된 열기연산(Opening operation)을 수행하였다(Fig. 7).

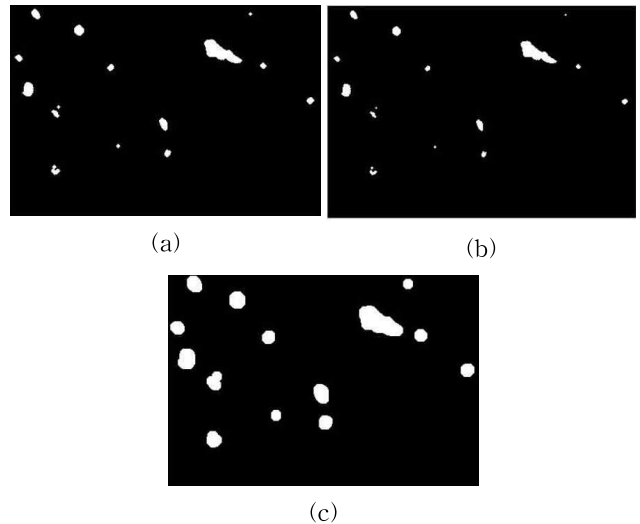


Fig. 7. (a) Opening image, (b) Erosion image, (c) Dilation image.

침식 연산은 잡음이나 작은 물체를 제거하거나 배경과 관련하여 물체의 크기를 일정하게 줄여주는 역할을 수행하며, 연속 적용하여 영상이 없어질 때까지 반복 적용할 수 있다.

식(3)은 침식의 수학적 정의로 B에 의한 A의 침식은 $A \ominus B$ 로 표기하며, A는 영상 내의 물체, B는 A를 침식하기 위해 사용한 구조요소이다. z는 구조요소인 B를 이동시킬 때의 결과 영상 내의 좌표이다. B에 의한 A의 침식은 이동된 B가 A의 배경과는 전혀 겹치지 않는 모든 구조 요소 원점 위치들의 집합이다(Fig. 7b).

팽창 연산은 침식 연산과 반대 성질로 물체 안의 홀과 같은 빈 공간을 메우거나 물체의 크기를 일정하게 확장시키는 역할을 한다.

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c = \emptyset\} \quad (3)$$

식(4)은 팽창의 수학적 정의로 B에 의한 A의 팽창은 반사되고 이동된 B가 적어도 A의 일부와 겹치는 모든 구조 요소 원점의 위치들로 구성되는 집합이다(Fig. 7c).

열기 연산은 1회 이상 처리할 필요가 없으며, 좁은 연결점을 끊으며, 돌출 부분을 제거하는 역할을 한다.

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (4)$$

식(5)은 B에 의한 A의 형태학적 열기로 B에 의해 A를 침식하고 나서, 그 결과를 B로 팽창시키는 것이다(Fig. 7a).

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 실험 영상으로부터 해안표착물 탐지

실험 영상을 대상으로 해안표착물을 탐지하기 위한 디지털 영상 처리 알고리즘을 적용한 결과는 Fig. 8과 같다. 상대적으로 큰 비중을 차지하는 스티로폼, 플라스틱 부이에서부터 부피가 작은 윤활유 용기까지 오검출 없이 총 14개의 해안표착물이 안정적으로 탐지되는 것을 파악할 수 있었다.



Fig. 8. Result of detection for marine debris using proposed method.

3.2 국가 해양쓰레기 모니터링 구역에 대한 적용

2011년 5월 30일 조사 대상 지역 내 국가 해양쓰레기 모니터링 구역에 대한 해안표착물 탐지를 수행하였다. 구역은 100 m × 20 m (=2,000 m²)의 해안으로 총 4개의 소구역으로 나누어 약 30 m의 고도에서 각각 촬영하였다(Fig. 9, Fig. 10).

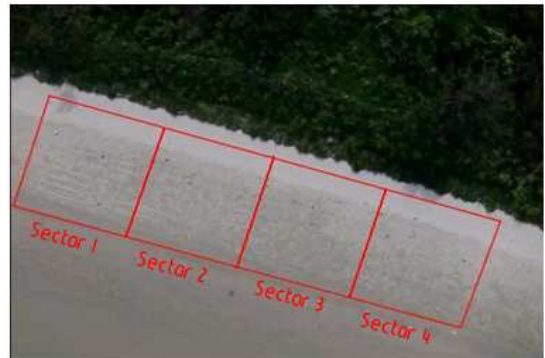


Fig. 9. National marine debris monitoring site photograph taken by unmanned aerial vehicle.

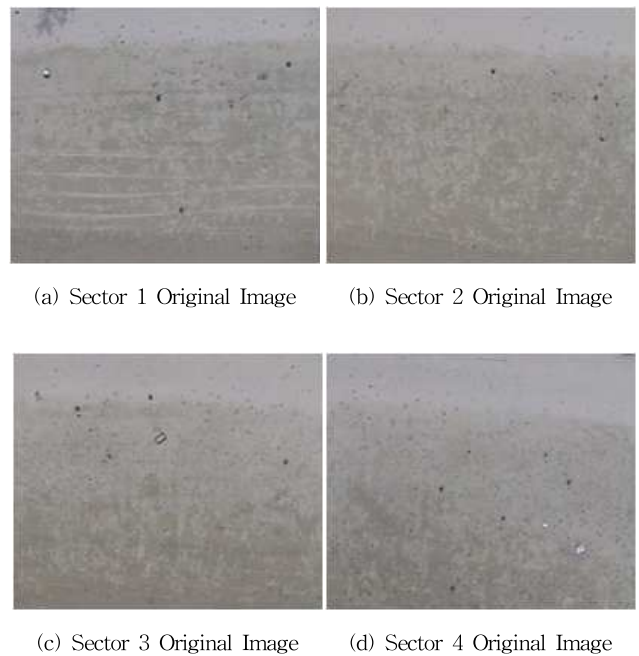


Fig. 10. Marine debris in each sector photograph taken by unmanned aerial vehicle.

디지털 영상 처리 알고리즘을 적용한 4개의 소구역별 해안표착물 탐지 결과는 Fig. 11과 Table 2와 같다.

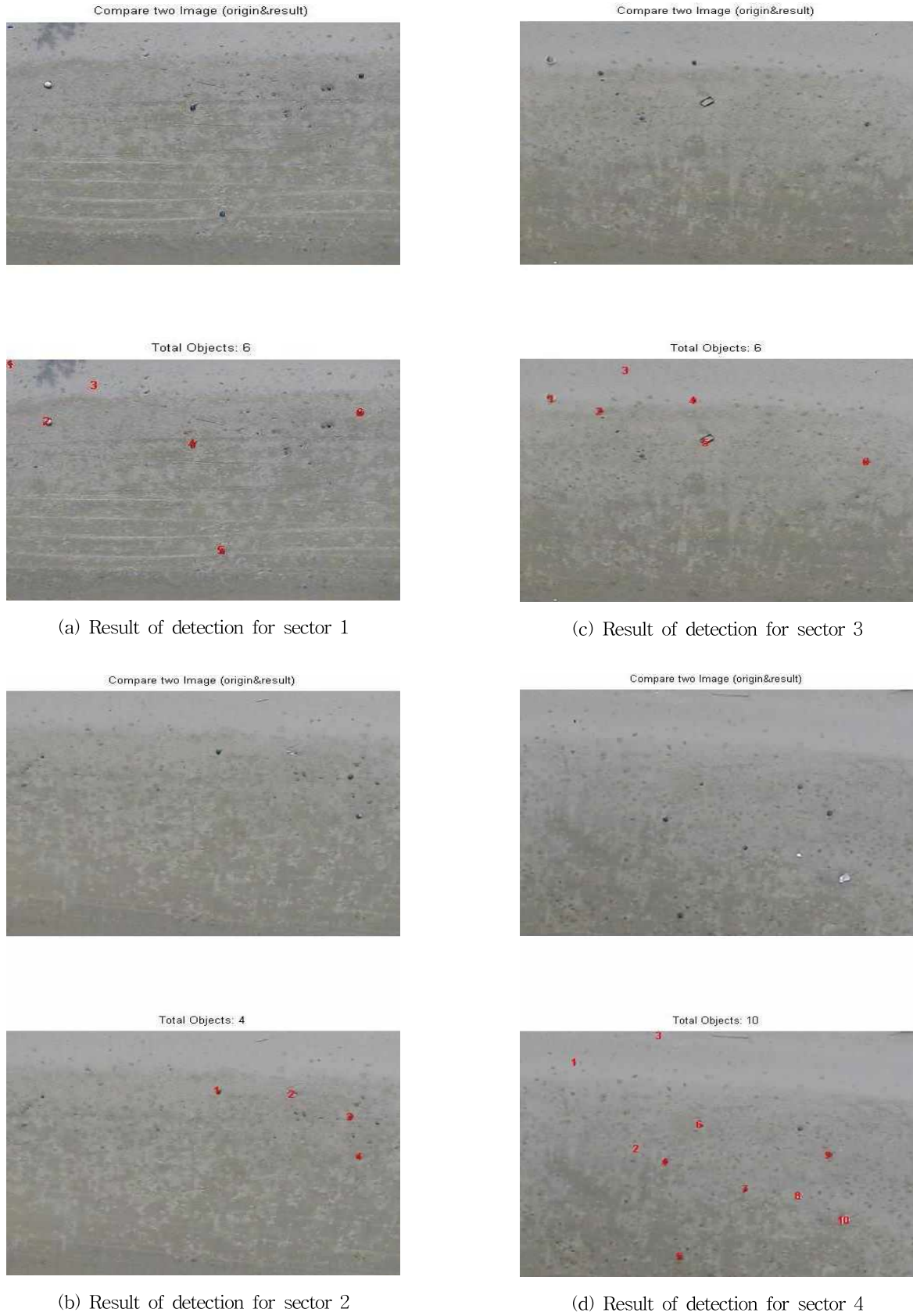


Fig. 11. Result of detection for marine debris in monitoring site using proposed method.

Table 2. Result of detection for each sector in monitoring site using proposed method

Sector	Item	Quantity	Total
1	Plastic buoy(Round-black)	3	4
	Styrofoam buoy(Over 50cm)	1	
2	Plastic buoy(Round-black)	3	6
	Plastic screen	1	
	Plastic rope(Over 50cm)	1	
	Wood structural(2.5~50cm)	1	
3	Plastic basket	2	6
	Plastic buoy(Round-black)	2	
	Wood fishery box	1	
	Glass buoy(Round-green)	1	
4	Plastic buoy(Round-black)	5	10
	Styrofoam buoy(2.5~50cm)	2	
	Plastic piece(2.5~50cm)	1	
	Plastic cap(Red)	1	
	Plastic bag	1	

구역 1~4까지 총 26개의 해안표착물이 탐지되었다. 구역별 탐지 품목은 조금씩 차이가 있었으나 대부분 플라스틱 제품으로 그 중에서 둥근 검정의 플라스틱 부이(13개)가 가장 많이 탐지된 것으로 나타났다.

탐지 결과의 정확성 및 품목을 확인하기 위해 현장모니터링 결과와 비교 분석을 수행하였다. Table 3은 현장모니터링 결과 중 지름 30 cm 이상의 품목에 대해 정리한 결과이다.

Table 3. Result of field survey(Item diameter : at over 30 cm)

Item	Shape	Quantity
Plastic	Bag	1
	Basket	2
	Screen	1
	Rope(over 50 cm)	1
Styrofoam	Buoy(over 50 cm)	1
	Buoy(2.5~50 cm)	5
Wood	Structural(over 50 cm)	2
	Structural(2.5~50 cm)	2
	Fishery box	1
	Fishery wood	4
Foreign beach litter	Plastic buoy(round-black)	13
	Etc.	2
Total		35

총 35개의 해안표착물이 모니터링에서 수거되었으며 수거된 품목 중 둥근 검정의 외국기인 플라스틱 부이가 가장 많았으며, 무인 항공사진 영상을 통해 탐지된 결과(13개)와 일치하였다. 영상으로부터 미탐지된 품목으로는 크기와 모양이 다양하며 모래의 색깔과 유사한 목재류(7개)가 가장 많은 것으로 조사되었다. 조사 대상 지역 해안의 다양한 모래 상태 혼재와 수많은 바닷가의 숨구멍과 같은 생태적 환경 변화 흔적의 배경으로부터 비교적 안정적인 해안표착물 탐지 결과를 보여주고 있다. 본 연구에서 제시한 방안을 활용하여 해안표착물을 효과적으로 탐지

하기 위해서는 표착물의 발생량, 품목과 같은 발생 특성뿐만 아니라 해안의 특성과 변화에 대해서도 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

모니터링을 기초로 한 조사·통계 자료는 해양쓰레기의 발생량을 줄이고, 관리 정책의 실효성을 높이기 위한 근거 자료가 된다. 따라서 정확한 실태 파악 위해서는 전면 해역의 전체 해안을 모니터링 하는 것이 필요하다. 그러나 시간 및 경제적 제약으로 인해 임의의 영역을 대상으로 모니터링을 진행하고 있으며, 이로 인해 모니터링 구역의 대표성 결여와 발생량 추정시 상당한 오차가 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 모니터링 대상 공간을 확대하여 해안쓰레기 발생량 추정의 오차를 줄임과 동시에 비용과 시간의 한계를 극복할 수 있는 새로운 모니터링 방법을 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 전라남도 신안군 임자도 대광해수욕장을 조사 대상 지역으로 선정하여 임의의 모니터링 구역(=600 m²)을 설정하고 약 30 m 내외의 고도에서 무인 항공사진 촬영을 수행하였다. 또한 촬영 영상으로부터 해안표착물을 탐지하기 위해 영상처리 알고리즘을 고안하였다.

알고리즘은 크게 배경 차감 기법, 문턱치 기법, 모폴로지 기법으로 구성되어 적용하였다. 그 결과 연구 대상 지역 해안의 각기 다른 모래 상태 및 생태적 환경 변화 흔적 등으로 인해 발생할 수 있는 물체 추출 오차를 감소시키고 플라스틱 부이를 비롯한 다양한 형태의 해안표착물을 안정적으로 탐지하는 결과를 보여주었다. 그러므로 추후 본 연구 방법을 기반으로 밀물과 썰물의 영향이 적은 비교적 단일한 모래 상태를 가진 해안에 적용할 경우 더욱 쉽고 정확한 탐지가 가능할 것이라 판단된다. 또한 접근이 어려운 해안의 표착물에 대해서도 거시적인 평가가 가능할 것으로 기대된다.

해안표착물 탐지를 위한 향후 연구로서, 본 연구를 확장하여 연구 대상 지역 전체 해안에 대한 탐지를 통해 발생량 추정을 수행할 계획이다. 이를 위해서 넓은 공간적 범위를 동일한 고도를 유지하며 촬영하는 방안과 정확도 향상을 위한 영상의 왜곡 보정 및 알고리즘 정교화 문제를 해결하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 공간정보 전문 인력 양성사업의 지원과 기상청 기상산업지원 및 활용기술 개발사업(RACS 2011-7002)의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 김병수, 이광국, 윤자영, 김재준, 김희율, 적응적 매개변수

- 갱신을 통한 효과적인 그림자 제거 기법, 전자공학회논문지, 제45권, 제3호, pp. 195-203.
- [2] 국토해양부(2009), 해양쓰레기 관리, 성과와 도전, p. 46.
- [3] 박상숙, 강화영(2005), 전남지역 해안에서 수거한 바다쓰레기 발생량 및 성상분석, 한국폐기물학회지, 제22권, 제2호, pp. 203-212.
- [4] 장호식, 노태호(2005), 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 도로의 평면선형정보 추출, 한국지리정보학회지, 제8권, 4호, pp. 44-51.
- [5] 조동오(2004), 해양폐기물의 국가간 이동에 관한 APEC의 동향 및 대응방향, 해양수산동향, 제1128권, pp. 1-10.
- [6] 전지혜, 박종희, 정철준, 강인구, 안태기, 박구만(2009), 실시간 지능형 감시 시스템을 위한 방치, 제거된 객체 검출에 관한 연구, 한국통신학회논문지, 제35권, 1호, pp. 24-32.
- [7] 한국지질자원연구원(2003), 서해 연안역 현생지질 및 육상습지 연구, p. 236.
- [8] 한국해양수산개발원(2004), 해양쓰레기의 국가 간 이동에 대한 정책방향 연구, p. 124.
- [9] McAndrew, Alasdair(2007), , "Introduction to Digital Image Processing with MATLAB", 도서출판 인터비전, 김태호 역, p. 510.
- [10] Nakashima, Etsuko, Atsuhito Isobe, Shinya Magome, Shin'ichiro Kako and Noriko Deki(2011), Using aerial hotography and in situ measurements to estimate th quantity of macro-litter on beaches, Marine Pollution Bulletin, Vol. 62, No. 4, pp. 762-769.
- [11] Gonzalez, Rafael C., Richard E. Woods, Steven L. Eddins (2004), "Digital Image Processing Using MATLAB", 진샘미디어, 유현중 · 김태우 공역, p. 647.
- [12] Kako, Shin'ichiro, Atsuhito Isobe, Shinya Magome(2010), Sequential monitoring of beach litter using webcams, Marine Pollution Bulletin, Vol. 60, No. 5, pp. 775-779.

원고접수일 : 2011년 09월 05일

원고수정일 : 2011년 10월 31일

게재확정일 : 2011년 12월 26일