

소형 수중 드론을 이용한 수중 물체의 크기 측정에 관한 연구

윤한삼 · 이상협* · 김민수* · 장성철*
부경대학교(교수) · **부경대학교(학생)

A Study on the Quantitative Measurement of Underwater Objects Using Small Underwater Drone

Han-sam Yoon · Sang-Hyub LEE† · Min-Su KIM* · Sung-Chul JANG*
Pukyong National University(professor) · †**Pukyong National University(student)

Abstract

In this research, we carried out a basic experiment to calculate the size of an underwater object using a small underwater drone. The experiment tried to estimate the size of the object by comparing the distortion and scale according to the distance between the camera and the underwater object using an underwater drone that can be used in the field. The results obtained in this study are summarized as follows. (1) Small underwater drones are more difficult to operating than ROVs in real waters, but they can be used as a tool to easily get a lot of videos from different angles on shallow coasts. It was confirmed. (2) In an experiment to compare the distortion according to the distance of the camera and the scale, it was confirmed that the distortion occurred in the atmosphere but the phenomenon was not displayed in water. (3) In the indoor watertank experiment, it was found that the distance between the camera and the subject and the size of the subject do not have a linear relationship but an exponential function relationship. Finally, the technology to be developed in this research is to monitor future coastal underwater structures, observe underwater aquatic products, measure the condition of underwater structures (scouring, subsidence, destruction), destruction rate, etc. It is considered that it can be actively used for risk assessment, repair of revetment structures and production of basic materials for judgment of reinforcement.

Key words : Small underwater drone, Underwater objects, Size estimation, Relationship, Underwater monitoring

I. 서론

일반적으로 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 또는 드론(Drone)은 사람이 탑승하지 않는 항공기를 의미한다. 이는 기존 유인항공기나 위성 등에 저비용이고 운용의 효율성이 우수하기 때문에 과거에는 정찰이나 표적타격 등과 같은 군사적인 목적으로, 현재에는 기체 제작 및 제어

기술, 탑재 센서 기술 등의 발전에 따라 농업, 기상관측, 통신, 방송 엔터테인먼트, 스포츠, 물류운송 분야 등에서 광범위하게 활용되고 있다(Lee, 2017). 또한 문화재, 산림 및 농작물, 적조나 녹조 등의 모니터링, 교통관제를 위한 감시, 재난지역 모니터링, 수치지도 및 지적도 제작 등에서 드론이 활용되는 모습을 찾아볼 수 있다(Lee, 2017; Pajares, 2015).

† Corresponding author : 051-629-7375, erint00@naver.com

이러한 드론의 장점을 바탕으로 해양공간에서 해안선 측량 및 변화 모니터링, 수심 및 갯벌 측량, 적조 모니터링 등의 지형공간 정보를 제작하고 관련 정보를 수집·활용하는 영역에서도 드론을 활용하고자 하는 시도가 점차 증대되고 있다. 최근 국립수산과학원은 적조, 해파리 모니터링, 표류부이 추적 해류특성조사, 양식어장 시설현황 조사뿐만 아니라 드론 기반 영상 회의 및 신속 대책 수립에도 드론을 활용하고 있다(NIFS, 2020).

하지만 상술한 분야에 적용되는 드론은 대다수가 무게와 부피가 크고 고가의 장비로 취급을 받기 때문에 일반인이 쉽게 구매하지 못하며 혹여 구매를 하였다 하더라도 이동성 및 현장적용 등에 있어서 실제로 개인사용과는 매우 큰 괴리가 있다. 기존 해양 현장에서는 ROV(Remotely Operated Vehicles)와 산업 잠수사를 이용하여 동일 작업을 수행하고 있었으나 높은 비용과 안전 문제에 따른 작업 기피로 잘 이루어지지 않는 문제점이 있다(Kim and Kim, 2018).

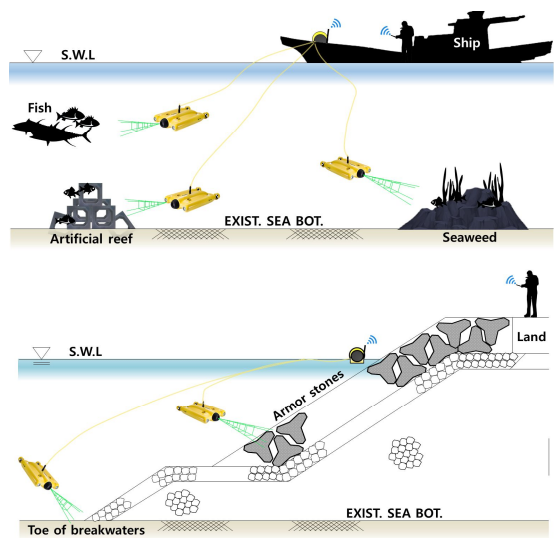
최근 드론에 대한 일반인의 관심과 기술 개발, 여러 수상 레저산업과의 동반 상승효과를 고려하여 한손 운반이 가능한 정도 크기의 저가 수중 이동체(수중 드론, Underwater Drone)가 개발되고 보급되고 있다. 수중 드론이 ROV보다 뛰어난 점은 가용성과 운영시간이며, 단점은 기본 구성 외에 추가 장비의 장착이 어려워 유연성이 부족하다.

하지만 이러한 수중 드론을 이용하여 수중에서 물체를 관찰할 경우 단순히 영상 촬영 수준에서 음향영상을 획득할 수 있을 뿐이지 이를 이용하여 수중 물체의 크기를 파악하는 방법에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 일반적으로 보급되는 소형 수중 드론을 이용하여 단일 렌즈 구성의 카메라로 촬영된 영상을 바탕으로 수중 물체의 크기를 산출할 수 있는가에 대한 질문에 해답을 얻고자

하는데 목적이 있다. 이를 위해 소형 수중 드론을 이용한 현장조사와 아울러 수중 드론 카메라의 거리에 따른 왜곡과 축척률을 비교하기 위한 실내 실험수조 내의 기초 실험을 수행하였다.

본 연구에서 개발하고자 하는 기술은 [Fig. 1]과 같이 수중 드론을 이용하여 향후 연안 수중 구조물 모니터링을 할 경우 수중 수산생물 관찰, 수중 구조물의 시설 상태(세굴, 침하, 파괴) 측정, 파괴율 및 위험도 평가, 보수 및 보강에 관한 판단을 위한 기초 및 근거 자료 생산에 적극 활용될 수 있을 것이다.





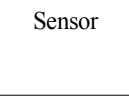

[Fig. 1] Conceptual diagram of marine monitoring using small underwater drones proposed in this study.

II. 재료 및 방법

1. 소형 수중 드론

본 연구에서 사용한 소형 수중 드론은 중국 CHASING에서 제조한 GLADIUS이다. 수중 드론은 충전기를 제외하고 카메라와 센서가 내장된 드론(drone), Buoy와 Winder, 조종기(Remote Controller)의 3가지 구성으로 이루어져 있다.

<Table 1> Specifications of small underwater Drone

Components	Division	Contents	Components	Division	Contents
 Drone	Dimensions(mm)	432×270×114	 Buoy & Winder	Dimensions	278H×333L×220W
	Weight	< 3.2 kg		Weight	1.3 kg
	Buoyancy	-10~ 10 g		Max. operation time	6hour
	Operating temperature	-10~ 45°C		Battery	35 Wh(3050 mAh)
	Max. cruise speed	4 kn(2 m/s)		WiFi distance	100 m
	Battery	67.71 Wh (6100 mAh)		Tether weight	13 g/m
 Camera	CMOS	1/2.3 inch	 Controller	Tether breaking strength	100 KG(980 N)
	Lens	F2.8		Waterproof level	IP67
	Focus distance	From 70 mm		IMU(Inertia Measurement Unit)	3 axis gyro, accelerometer, compass
	ISO range	100~3200		Depth sensor	+/- 1 m
	FOV (Field of View)	95°		Temperature sensor	+/- 2°C
	Picture/Video type	JPEG/MP4		Operating frequency	2.4 ~ 2.485 GHz
		Transmitting distance	<10 m		

<Table 1>은 본 연구에서 사용한 수중 드론 및 부속품들의 특성을 나타낸 것이다. 드론은 최대 항속이 4 knot로서 2 m/s이하의 유속에서 제어가 가능하나, 해역의 특성을 고려하여 대략적으로 1 m/s이하에서 피사체를 탐색하는 것이 안전하다.

조종기로부터 신호를 Buoy와 Winder를 통해 드론으로 전달하여 제어하는 방식이며, 드론 전면에 있는 카메라(70 mm F2.8 렌즈)가 영상을 휴대폰 혹은 테블릿PC에 전달하여 조종자가 피사체를 탐색할 수 있도록 하는 시스템이다. 현재 수중 드론에 GPS가 내장되어 있지 않아 위치정보는 알 수 없으나 피사체의 상태 및 주변 지형 지물의 정보를 4K 동영상 및 스냅사진으로 정밀하게 획득할 수 있는 방식이다.

2. 드론의 현장 적용

소형 수중 드론의 실제 해역에서 가동 여부를 확인하기 위하여 기존 실험역에 시설된 연안구조물을 대상으로 수중 드론 조사를 수행하였다. 이는 현장 모니터링을 통한 소형 수중 드론 카메라

의 성능 실험에 중점을 두었다.



[Fig. 2] Field survey location using small underwater drone in this study.



[Fig. 3] Driving a small underwater drone at St.B and St.C.

수중 드론 현장조사는 총 4회에 걸쳐서 수행하였다. 최초 1차 현장조사는 인공어초의 어초보존 상태를 확인하기 위하여 경상북도 포항시 장기면 모포리 인근 해역(St.A)에 시설된 인공어초를 대상으로 선박을 이용하여 수중 드론 조사를 수행하였다. 해당지역의 수심은 6~9 m의 범위이며 조사 일시는 2018년 8월 21일(1차)과 2019년 1월 31일(2차)에 실시되었다.

또한 3차 및 4차 조사는 각각 2019년 11월 07일(St.B)과 2020년 1월 13일(St.C)에 부산시 남구 용호만 인근에서 실시되었다. St.B지점은 인공해안 인근으로 현장조사 당시 수심은 약 3 m에 해당하며 용호만 내측에 위치한다. 또한 St.C지점은 테트라포드(tetrapod)가 시설된 호안으로 구조물 전면 수심은 약 5 m에 해당하는 지점이다.

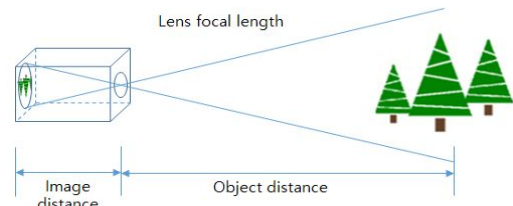
3. 피사체 거리 측정

일반적으로 카메라 초점 거리(focal length)는 렌즈에서 피사체까지의 거리를 말한다. 사진을 찍으려고 하면 대상의 빛이 카메라의 렌즈를 통해 들어오고, 이는 카메라 본체 뒤에 전하결합소자인 Charge Coupled Device(CCD)라는 이미지 센서에 찍히게 된다(필름카메라의 경우 필름에 해당함). 피사체가 가장 선명하게 찍히는(상이 또렷하게 맺히는) 카메라의 렌즈로부터 이 위치까지의 거리를 초점 거리라고 한다([Fig. 4(a)]). 본 연구에서는 [Fig. 4(a)]의 초점 거리 정의에서 피사체와의 거리(Object distance)만을 고려하고자 한다.

일반적으로 카메라로 사진을 찍는다는 것은 가로, 세로, 높이를 가진 3차원의 물체를 입체적인 느낌을 표현할 수는 없지만, 높이와 넓이를 가지고 있는 어떤 면적을 2차원의 평면으로 사진에 담는 것이다. 이러한 과정에서 이 초점 거리에 따라서 획득되는 영상은 사진의 중심으로부터 가장자리로 이동할수록 왜곡 현상이 발생하고 피사체가 멀어질수록 그 정도는 커지는 현상이 발생

한다. 이는 단일 렌즈 구성의 카메라로 촬영된 영상이 가지는 단점이다.

따라서 본 연구에서는 소형 수중 드론을 이용하여 수중 물체의 크기를 산출하기 위한 기초 실험을 수행하였다. 실험은 현장에서 사용가능한 수중 드론을 이용하여 카메라와 피사체의 거리에 따른 왜곡과 축척률을 비교함으로써 피사체 크기를 추정하고자 하였다.



(a) Definition of focal length



(b) Land shooting



(c) Underwater shooting

[Fig. 4] Definition of focal length and shooting scenes in the atmospheric and underwater experiments.

이를 위해 실내 실험 수조에서 카메라의 거리에 따른 왜곡과 축척률을 비교하기 위하여 실험

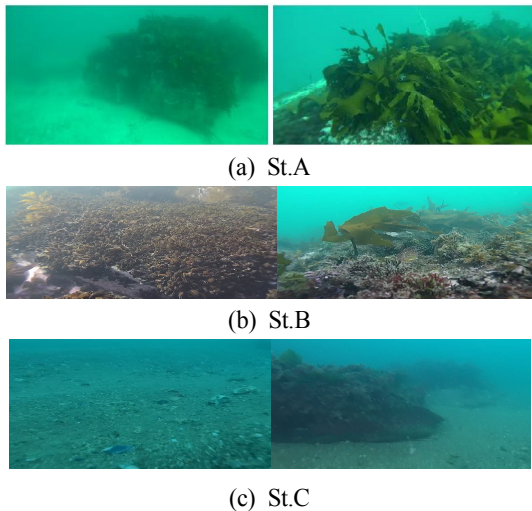
을 수행하였다. 실험 피사체는 한 칸에 가로·세로 5 cm의 크기를 갖는 30×25 cm의 격자판과 가로·세로 10 cm의 크기를 갖는 사각형 인공어초 모형을 사용하였다. 실험 방법은 실험 피사체를 10 cm의 단위 거리(D_{10})로 카메라로부터 20~60 cm 거리를 이격시켜 가면서 촬영하였다([Fig. 4]). 상술한 동일 실험을 대기 및 수중에서의 현상 차이를 파악하기 위해 [Fig. 4(a)]와 같이 대기 중에, [Fig. 4(b)]와 같이 실내 수조의 수중에서 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소형 수중 드론 현장 운용 결과

본 연구의 현장조사에서 [Fig. 2]의 St.A~St.C지점에서 수중 드론 촬영 결과는 [Fig. 5]와 같다.

St.A의 인공어초 1, 2차 조사 시기별 수중 드론 촬영 결과는 [Fig. 5(a)]와 같이 나타내었다. 동해안은 일반적으로 수중 시야가 넓게 확보되는 장점이 있으나, 조사시기 전후의 고파랑 발생으로 인해 부유물로 인해 시야 확보에 어려움이 있었다.



[Fig. 5] Scenes shot using a small underwater drone in real sea areas.

또한 St.B지점의 경우 해저질이 암초이며 그 표면에 지중해 담치, 모자반류, 감태, 둥근성게, 밤고둥, 망상어 등이 서식하는 것을 관찰할 수 있었다([Fig. 5(b)]). 마지막으로 호안의 전면인 St.C지점의 경우 테트라포드(tetrapod)와 해저면이 접하는 지점(toe)에서 연흔(sand ripple) 형태를 보이는 사질 지반과 해저질에 패각 조각이 넓게 혼합되어 있는 구성을 나타내었다([Fig. 5(c)]).

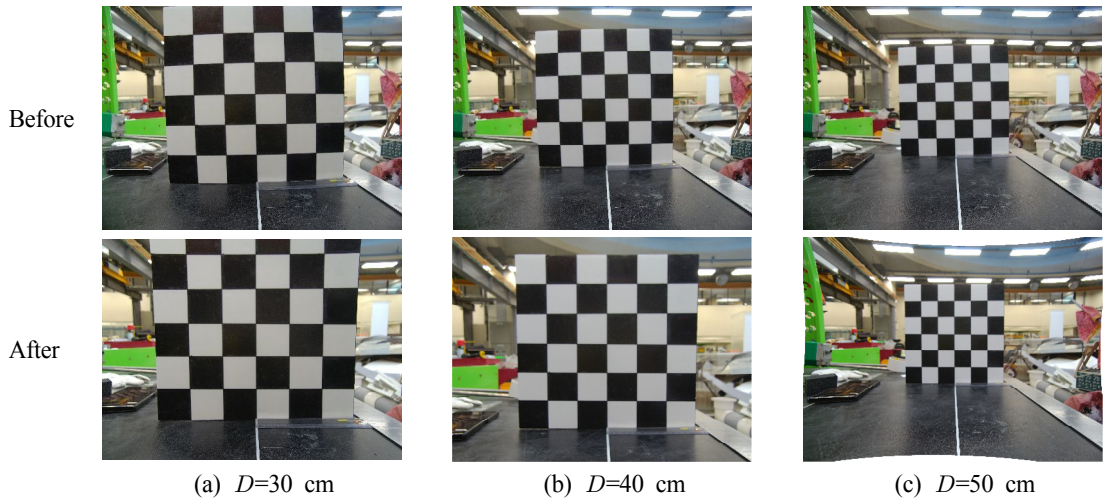
이상과 같이 현장조사를 통해 수중 드론이 이동하는 동안 4K 동영상 촬영을 지속적으로 수행하여 지형지물, 어초와 같은 구조물, 해조류 등의 모습을 명확히 촬영할 수 있었다.

하지만 사용된 소형 수중 드론의 경우 ROV보다는 조종이 부자연스럽고 자체 GPS가 내장되어 있지 않아 대상물 위치를 육안으로 파악해야 하는 등 정확한 촬영은 어려운 단점이 있다. 그러나 수심이 얕은 연안에서 다양한 각도에서 많은 영상을 손쉽게 획득할 수 있어 해상상태 및 조종 여건에 따라 방대한 자료축적이 가능하고 판단된다.

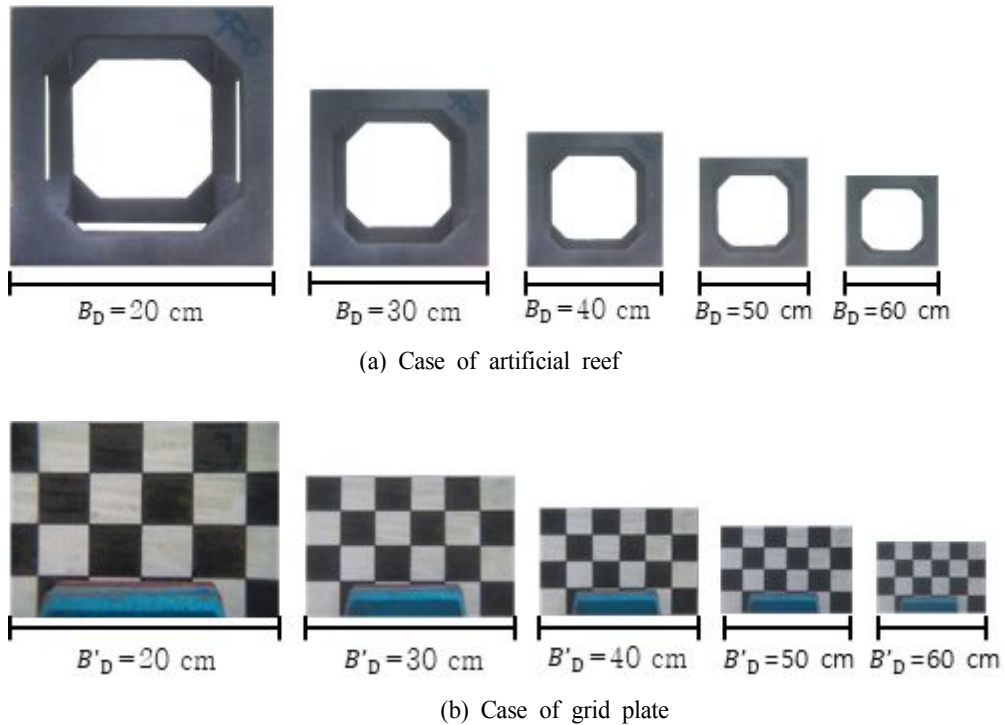
2. 피사체 거리 측정 실험 결과

소형 수중 드론을 이용하여 카메라로부터 피사체의 거리에 따른 피사체 크기의 영상 왜곡 현상과 축척률과의 관계를 확인하고자 하였다.

[Fig. 6]은 먼저 실내 대기중에 가로·세로 5 cm의 크기를 갖는 30×25 cm의 격자판을 카메라로부터 피사체의 거리(D)가 30, 40, 50 cm인 경우를 찍은 영상을 각각 나타낸다. 그림에서 상단의 Before는 촬영한 원시 사진을, 하단의 After는 촬영 시 광각렌즈의 효과로 인하여 방사 왜곡이 발생하므로 Photoshop 프로그램을 사용하여 왜곡 보정을 수행한 사진을 나타낸다. 결과적으로 보정 중 피사체의 크기가 작아지고 격자별로 보정 계수가 달라짐에 따라서 피사체의 크기를 일정하게 표준화하는 것이 어려움이 있었다. 따라서 대기중에 소형 수중 드론을 이용하여 피사체의



[Fig. 6] Correction of distortion rate of objects according to distance in the atmospheric experiment. The top is before correction and the bottom is after correction



[Fig. 7] Size change according to the distance of underwater objects in the underwater experiment.

크기를 측정하는 것은 불가하다는 것으로 판단하였

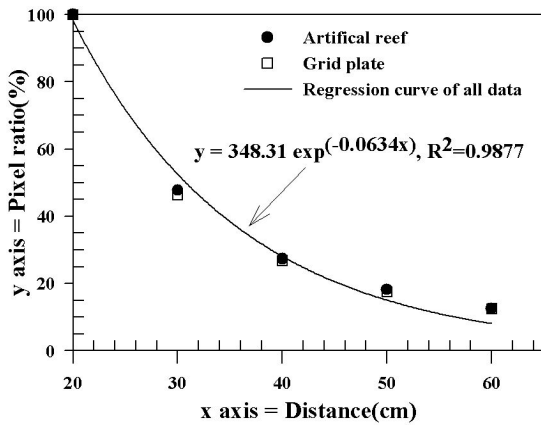
다음으로 [Fig. 7]은 실내 실험 수조 내(수중)에

서 사각형 인공어초와 30×25 cm의 격자판을 카메라로부터 피사체의 거리(D)에 따라서 촬영한

결과를 보여주고 있다. 그림에서 B 와 B' 은 각각

인공어초와 격자판의 피사체 수평 크기를 나타낸다. 앳렛칩자 D 는 카메라로부터 피사체의 거리 (D)를 20~60까지 증가시킴을 의미한다. 결과적으로 수중 촬영 시에는 왜곡 현상이 발생하지 않았으며 거리에 따른 크기의 변화만이 나타남을 알 수 있었다. 그 이유에 대해서는 본 연구에 사용된 드론 자체가 수중용으로로서 내부 카메라 설정의 특성으로 추정하였다.

수중 드론의 카메라 거리에 따른 피사체 크기의 변화량을 정량적으로 확인하기 위해 가로, 세로 영역에서 해당 피사체의 픽셀 수(B , number of pixel)의 변화량을 [Fig. 8]과 같이 산출하였다. 픽셀은 이미지를 구성하는 최소 단위의 명암의 점을 의미한다.



[Fig. 8] Changes of object pixel ratio from the camera of a small underwater drone.

그림에서 살펴보면 인공어초와 격자판의 피사체 형상 및 크기에 상관없이 카메라와의 거리가 커질수록 피사체의 픽셀 수 변화량은 반비례하여 감소하는 경향을 나타내었다. D_{20} 을 기준으로 할 때 D_{30} 의 경우는 약 47%, D_{40} 은 약 27%, D_{50} 은 약 18%, D_{60} 은 약 12%로 감소하는 것을 알 수 있다. 즉, 카메라와 피사체의 거리(D)와 피사체의 픽셀 수(B)는 선형적으로 줄어들지 않는다는 것을 의미한다. [Fig. 8]의 그림에 제시된 모든 데이터에 대해서 지수함수로 표현하면

$y = 348.31 \exp(-0.0634x)$, $R^2 = 0.9877$ 에 해당하였다.

이는 소형 수중 드론을 이용하여 카메라로부터 수중 피사체를 촬영할 경우 피사체의 거리에 따른 피사체 픽셀 수를 지수함수(exponential function)로 추산이 가능함을 의미한다.

3. 한계와 당면과제

본 연구 과정을 통해 사용된 소형 수중 드론은 수중 실험에서 설정된 60 cm이내의 범위내에서는 초기 가이드 라인(본 실험에서는 격자판의 크기)이 있는 상태에서는 피사체의 픽셀 수를 사용하여 물체의 크기를 측정 가능함을 확인하였다.

그러나 사용된 소형 수중 드론을 해역에서 사용하고자 할 경우, 단일 렌즈 구성의 카메라에 피사체와의 거리, 혹은 크기를 알고자 할 경우, 초기 가이드 라인이 필요하고 이것이 없을 시 대상 피사체의 크기를 정량적으로 측정할 수가 없는 한계를 나타내었다.

또한, 소형 수중 드론의 구조상 수평 이동 작동에 어려움이 있고 피사체와의 거리를 지속적으로 유지하고 다각도의 촬영을 할 수 없음으로 인해 피사체의 크기를 구하는 모자이크 방법을 사용할 수가 없었다. 그러므로 항공측량처럼 수중 물체의 입체감에 따른 크기를 측정하고자 한다면 2개의 카메라를 갖고 있거나 수평 이동이 가능한 수중 드론이 필요하다고 판단된다.

또한, 상술한 방법은 실제 해양환경 상태(해수의 탁도 및 투명도 등)에 따라서 정량적으로 수중 구조물의 크기를 평가함에 있어서는 다소 한계점이 있으며, 따라서 이를 극복하기 위해서는 촬영된 영상을 바탕으로 피사체에 대해서 실제 크기를 추정하기 위한 기술 개발이 요구되며, 결과적으로 향후 소형 수중 드론을 이용하여 해양 환경 모니터링을 수행하고자 하는 연구자에게 다소 참고될 내용으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 소형 수중 드론을 이용하여 수중 물체의 크기를 산출하기 위한 기초 실험을 수행하였다. 실험은 현장에서 사용 가능한 수중 드론을 이용하여 카메라와 피사체의 거리에 따른 왜곡과 축척률을 비교함으로써 피사체 크기를 추정하고자 하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 소형 수중 드론은 실제 해역에서 ROV보다는 조종이 힘들지만 수심이 얕은 연안에서 다양한 각도에서 많은 영상을 손쉽게 획득할 수 있는 도구로 사용될 수 있음을 확인하였다.

(2) 카메라의 거리에 따른 왜곡과 축척률을 비교하기 위한 실험에서 대기중에서는 왜곡현상이 발생하였으나 수중에서는 그 현상이 나타나지 않음을 확인하였다.

(3) 실내 수조실험에서 카메라와 피사체의 거리와 피사체의 크기는 선형적인 관계보다는 지수함수(exponential function)의 관계를 보이고 있음을 알 수 있었다.

최종적으로 본 연구에서 개발하고자 하는 기술은 향후 연안 수중 구조물 모니터링, 수중 수산생물 관찰, 수중 구조물의 시설 상태(세굴, 침하,

파괴) 측정, 파괴율 및 위험도 평가, 보수 및 보강에 관한 판단을 위한 기초 및 근거 자료 생산에 적극 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

Kim and Kim(2019). Design of Water Surface Hovering Drone for Underwater Stereo Photography, Journal of Convergence for Information Technology, 9(6), 7~12.
<http://dx.doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.6.007>

Lee(2017). Current status and future direction of marine surveying and GIS using drones, Broadcasting and Media Magazine, 22(2), 53~66.
<http://dx.doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.6.007>

National Institute of Fisheries Science(NIFS, 2020), <http://www.nifs.go.kr/>.

Pajares(2015). Overview and Current Status of Remote Sensing Applications Based on Unmanned Aerial Vehicles(UAVs), Photogramm. Eng. Remote Sens., 81, 281~329,
<https://doi.org/10.14358/PERS.81.4.281>

-
- Received : 14 September, 2020
 - Revised : 29 October, 2020
 - Accepted : 05 November, 2020