

# 비무장지대 평화생명벨트 인접해안에서의 레저관광활동 가이드라인을 위한 자외선 반사량 원격측정

어재선\* · 최철재\*\*

Remote Measurement of Ultraviolet Reflections for the Guidelines for Leisure Tourism Activities on the Adjacent Coast of the Demilitarized Zone Peace Life Belt

Je-Sun Uh\* · chul-Jae Choi\*\*

요 약

2021년 동해북부선 착공으로 비무장지대(Demilitarized Zone:DMZ)의 평화적 활용의 기대치가 높아지고 있다. 이에 따라 비무장지대를 안보생태관광으로 활용한 인근 해변에서의 레저관광 활동에 대비해야 한다. 그러나 오존층의 파괴로 인한 지표면 자외선(Ultraviolet:UV) 양의 증가에도 불구하고 아직까지 자외선 노출 위험 가이드라인이 없다. 본 논문에서는 원격탐사를 이용한 비무장지대 인접 해안에서의 자외선 반사량 측정하고 분석하였다. 제시된 결과가 인근지역 레저관광 활동에서의 자외선 가이드라인 마련에 기초자료로 활용되기를 기대한다.

ABSTRACT

With the construction of the northern line of the East Sea in 2021, expectations for peaceful use of the Demilitarized Zone (DMZ) are rising. Accordingly, it is necessary to prepare for leisure tourism activities at nearby beaches using the Demilitarized Zone as a security ecological tourism. However, despite the increase in the amount of ultraviolet rays on the surface due to the destruction of the ozone layer, there are no guidelines for UV exposure. In this paper, the amount of ultraviolet reflection on the coast adjacent to the DMZ using remote exploration was measured and analyzed. It is hoped that the presented results will be used as basic data to prepare UV guidelines for leisure tourism activities in nearby areas.

키워드

Beach, Ultraviolet, Radiation, Reflection, Remote Sensing, DMZ  
해변, 자외선, 방사선, 반사, 원격탐사, 비무장지대

## 1. 서 론

최근 몇 년간 비무장지대 관련 주목할 변화로 2021

년 통일부의 구체적 평화 프로세스 계획 제시로 강원도 고성군 제진까지의 동해북부선이 착공되었다. 따라서 비무장지대 평화생명벨트 및 해금강 인근에서의

\* 경동대학교 해양심층수학과(uhjesun@kduniv.ac.kr)

\*\* 교신저자 : 경동대학교 소프트웨어학과

• 접수일 : 2022. 05. 04

• 수정완료일 : 2022. 05. 26

• 게재확정일 : 2022. 06. 17

• Received : May. 04, 2022, Revised : May. 26, 2022, Accepted : Jun. 17, 2022

• Corresponding Author : Chul-Jae Choi

Dept. of Software, Kyungdong University

Email : cj-choi@kduniv.ac.kr

래저 활동 증가가 예상된다. 그럼에도 야외 활동 증가에 따른 오존층 파괴로 인한 자외선 노출의 위험성에 관한 구체적인 연구가 없다. 특히 청정지역 해안의 자외선 반사량은 다른 것에 비해 강할 수밖에 없다. 지금까지 해변의 자외선 반사는 표1, 그림1과 같이 모래의 반사율에 의해서 정해진다. 넓은 해변을 대상으로 하는 자외선 반사율의 점적인 측정법[1]은 장시간이 소요되는 단점이 있다. 그런 이유로 헬리콥터 및 전망대에서 자외선 방사 카메라를 이용한 해변 모래면 측정법으로 자외선 반사율을 측정해 왔다[2-4].

본 논문에서는 인공위성에서 획득한 짧은 파장의 가시광 이미지 데이터를 사용하여 가시광 반사율과 자외선 반사율의 높은 상관관계를 이용하여 비무장지대 해금강의 해변과 최대한 인접한 통일전망대 해변을 대상으로 광범위하게 해변의 자외선 반사율 측정 실시하여 비무장지대 인근 레저관광 활동의 자외선 가이드라인의 기초자료를 제시한다.

표 1. 각국 해변의 자외선 반사율

Table 1. Reflectivity of each beach sand in different countries

Item Material(Beach)	Reflectance(%)		
	Visible ρ v 450-510	UV-A ρ v 315-400	UV-B ρ v 280-315
Aus Apilo	28.8	10.8	8.42
Aus Melbourne Kilda	37.7	10.7	7.5
Fra Montpellier	37.7	10.7	7.5
Jpn Okinawa Tinen	39.3	16.1	12.3
Jpn Chiba Kuhyukuri	15.2	5.87	3.86
Jpn Kagoshima Oshima	3.49	2.97	2.48
Kor Busan Gawngalli	28.8	12.5	10.0
Kor Busan Haundae	31.8	10.8	5.47
Kor Goseong Cheonjin	28.3	12.1	9.05
Kor Sokcho	30.4	13.9	10.9
Prt Cascais	38.6	14.6	11.1
Prt Espinho	37.1	12.1	9.55

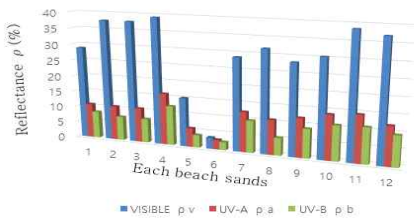


그림 1. 각국 해변의 자외선 반사율  
Fig. 1 Reflectivity of each beach sand

## II. 측정 지역 및 자료 분석

### 2.1 자외선의 종류

태양은 광범위한 파장을 가진 빛에너지를 방출한다. 가시광선의 파란색이나 보라색 광선보다 더 짧은 파장을 가진 자외선 복사는 살갓을 태우고 건강에 해로운 영향을 준다. 성층권에 존재하는 오존층은 대부분의 해로운 자외선이 지구상의 생명체에 도달하는 것을 막아 준다. 그러나 성층권의 오존층이 얇아지면 지표에 도달하는 자외선 복사량이 증가한다.

과학자들은 UV-C, UV-B, UV-A 세 가지 종류로 UV 복사를 분류한다. 성층권 오존층은 이러한 종류의 UV를 모두 흡수하는 것이 아니라 일부분을 흡수한다.

-UV-A : 오존층에 흡수되지 않는다. 파장영역이 0.32-0.40 $\mu$ m에 해당하는 자외선 UV-A는 UV-B에 비하여 에너지양이 적지만 피부를 그을릴 수 있다. 피부를 태우는 주역은 UV-B이지만 UV-A는 피부를 벌겍게 만들 뿐 아니라 피부 면역 체계에 작용하여 피부 노화에 따른 장기적 피부 손상을 일으킬 수 있다.

-UV-B: 대부분은 오존층에 흡수되지만, 일부는 지표면에 도달한다. 지구에 극소량이 도달하는 UV-B는 파장영역이 0.28-0.32 $\mu$ m에 해당하는 자외선이다. UV-B는 동물체의 피부를 태우고 피부 조직을 뚫고 들어가는데 피부암 발생 원인은 대부분 태양광선의 노출 및 UV-B와 관련이 있다.

-UV-C : 오존층에 완전히 흡수된다. 파장영역이 0.20-0.29 $\mu$ m인 자외선 중 UV-C는 염색체 변이를 일으키고 단세포 유기물을 죽이며, 눈의 각막을 해치는 등 생명체에 해로운 영향을 미친다.

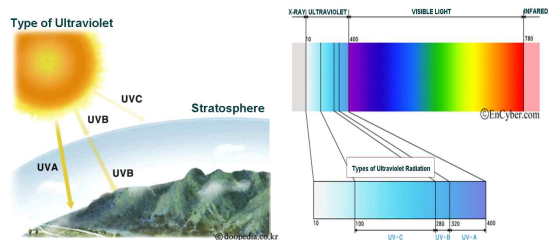


그림 2. 지구상의 자외선과 종류  
Fig. 2 Ultraviolet radiation and their types on Earth

## 2.2 측정 지역

본 연구의 관심 지역인 그림3의 해금강 비무장지대 해변은 군사적 통제로 출입이 제한되는 지역이다.



그림 3. 해금강 비무장지대 해안  
Fig. 3 Haegeumgang DMZ coast

그림 4는 2018년에 미국 싱크탱크 전략 국제 문제 연구소(CSIS)가 남북철도 연결계획보고서에서 발표한 것으로 해금강 인접 DM의 위성지도이다.

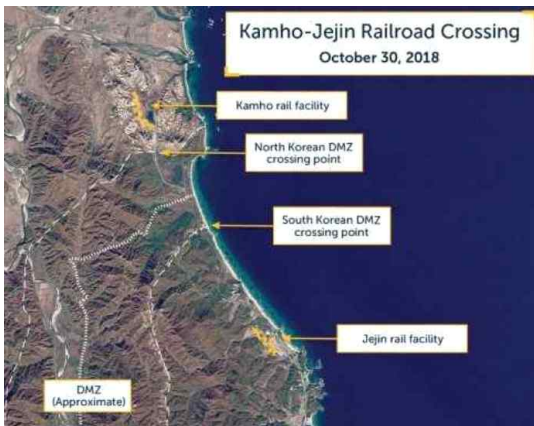


그림 4. 해금강 비무장지대 인접 CSIC 보고서  
Fig. 4 DMZ approximate from CSIC report

논문에서 사용한 원격측정[5-9] 위성자료는 2020년 5월 7일 강원도 고성군 송지호, 화진포, 비무장지대, 해금강 해변의 LANDSAT8 데이터이다. 과장대로 촬영된 밴드 1(450~510nm) 이미지를 이용했다. 그림 5는 미지질조사국의 USGS: United States Geological Survey 글로벌 시각화 Global Visualization Viewer에서 제공받은 이미지를 나타낸다.



그림 5. USGS의 비무장지대 인근 해변  
Fig. 5 DMZ Beach image from USGS

1 화소는 30×30m 상당의 7761×7891 화소로 구성되어 있다. 이미지 처리 소프트웨어 (Image-pro Plus)로 이미지 스무딩 처리를 하고 각 화소의 계조(階調)분석을 하였다. 밴드 2 화상의 각 계조를 분광 측정기(시마즈UV-1650)에서 측정 한 280~400nm의 자외선 분광 반사율(이하, 자외선반사율) 평균치와 대응시켰다.

그림 6은 송지호 해변, 화진포 해변에서 해변 모래 채취지점과 실측 장소이다.



(a) 송지호

(b) 송지호



(c) 화진포

그림 6. 실측자료를 위한 해변 모래채취 지점  
Fig. 6 Beach sand collection point for real data

실측자료는 해변 모래, 아스팔트, 콘크리트를 사용했다.[10] 실측자료는 강원도 고성 송지호 해변 (동경 128도 30분54초, 북위38도20분37초) 및 화진포 해변 (동경128도 26분06초, 북위38도29분06초)이다.

해변모래 채취지점의 3개소를 실측자료로 선정한 송지호 해변 12점과 화진포 해변 6점을 표2에 나타냈으며,  $\rho_b$ 는 UV-B(280~315nm)자외선 반사율,  $\rho_a$ 는 UV-A (315~400nm)자외선 반사율,  $\rho_v$ 는 밴드2 가시광 반사율(450~510nm)의 분석데이터를 나타냈다.

표 2. 해변모래 채취지점 실측자료

Table 2. Reflectivity of each beach sand in the wavelength range

Material	Item	Reflectance(%)		
		Visible $\rho_v$ 450-520	UV-A $\rho_a$ 315-400	UV-B $\rho_b$ 280-315
①		28.2	12.0	9.05
②		31.8	10.7	11.6
③		32.7	15.6	12.5
④		27.3	12.7	9.41
⑤		28.4	12.5	9.35
⑥		32.5	15.8	12.1
⑦		35.9	11.6	8.99
⑧		32.9	15.9	12.8
⑨		32.8	14.7	11.9
⑩		15.5	6.89	4.21
⑪		32.7	15.6	11.7
⑫		32.4	14.1	11.2
⑬		33.1	16.1	12.9
⑭		32.7	15.4	11.6
⑮		32.4	15.7	11.9
⑯		33.2	16.5	13.1
⑰		32.5	15.1	11.4
⑱		32.8	15.5	12.2

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1 계조와 밴드2 가시광 반사율

그림 7의 실측 가시광 반사율  $\rho_v$  와 계조(G)의 관계를 나타내는 그림으로 다음과 같은 회귀식을 얻었다.  $r$  는 상관계수다.

$$\rho_v = -0.0018G^2 + 0.8434G - 43.633 \quad (1)$$

$$(r = 0.9555) \quad (65 \leq G \leq 122)$$

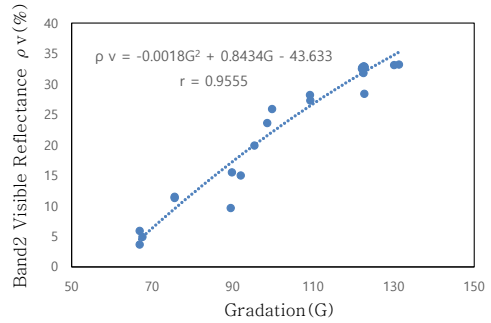


그림 7. 실측 가시광 반사율과 계조관계

Fig. 7 Relationship between gradation and band 2 visible reflectance

#### 3.2 밴드2 가시광선 반사율과 자외선 반사율

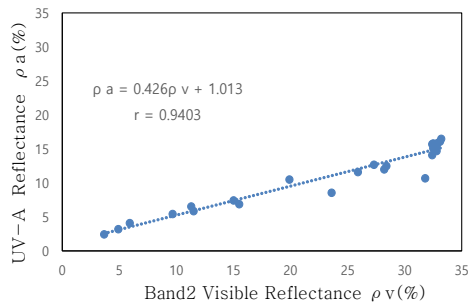
가시광 반사율  $\rho_v$ 과 UV-A 자외선 반사율  $\rho_a$ 의 회귀식은 (2)가 된다.  $r$  는 상관계수다.

$$\rho_a = 0.426 \rho_v - 1.013 \quad (r = 0.9403) \quad (2)$$

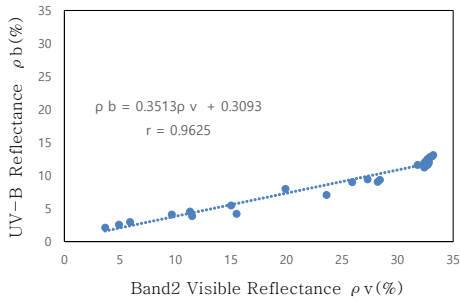
가시광 반사율  $\rho_v$ 와 UV-B 자외선 반사율  $\rho_b$ 의 회귀식은 (3)이 된다.

$$\rho_b = 0.3513 \rho_v + 0.3093 \quad (r = 0.9625) \quad (3)$$

그림 8과 같이 밴드2 가시광 반사율과 UV-A, B 자외선 반사율은 높은 상관관계를 보였고, 가시광 반사율과 UV-A자외선 반사율 0.9403, 가시광 반사율과 UV-B자외선 반사율 0.9625의 상관계수로 나타났다.



(a) UV-A



(b) UV-B

그림 8. 가시광과 자외선반사율 관계

Fig. 8 Relationship between band 2 visible reflectance and UV-A, UV-B reflectance

검증을 위해 실측 지점에서 떨어진 곳에서 모래를 채취하여 반사율을 측정하고 밴드2 이미지와의 회귀식으로부터 산출한 반사율과의 비교를 표 3에 나타냈다. 거의 일치함을 확인할 수 있다.

표 3. 이미지와 회귀식 산출 반사율 간의 비교

Table 3. Comparison of UV reflectance between field samples and image samples

Item	Reflectance(%)			
	UV-A ρv		UV-B ρv	
	Field Measure	Image Calculated	Field Measure	Image Calculated
Sample A	13.4	13.5	10.7	10.8
Sample B	13.1	13.5	10.1	10.6
Sample C	15.7	15.9	12.2	12.7

### 3.3 해변의 UV-A, B 자외선 반사율

강원도 고성군 송지호, 화진포, 비무장지대 그리고 해금강 해변의 측정지점의 개념도 및 이미지를 그림 9에 나타냈다.

측정지점의 이미지 처리(그림 10)를 위하여 점선과 평행 방향으로 A-A', B-B', C-C', D-D'를 정하고, 이 라인에서 UV-A, B 자외선 반사율을 식 (1), (2), (3)을 이용하여 산출했다. 그림 11에서 A-A'~D-D'의 측정 결과를 나타냈으며, 표 4에서는 A-A'~D-D'사이의 자외선 반사율의 변화를 나타냈다. 그림에서 반사율의 미세한 변동을 확인할 수 있었다. 이것은 조개껍데기가 섞여 있는 해변 모래뿐만 아니라, 잔디, 식물과 해변에 방치되어있는 쓰레기 등의 영향에 의해 자외선 반사율에도 영향을 주고 있기 때문이다.

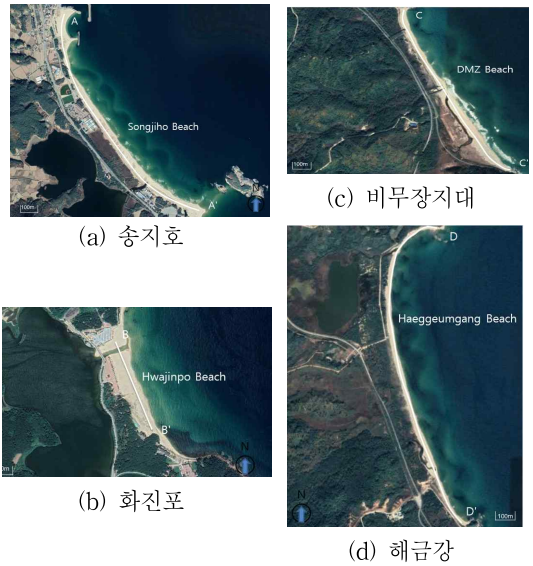


그림 9. 해변 측정지점

Fig. 9 Beach measuring point

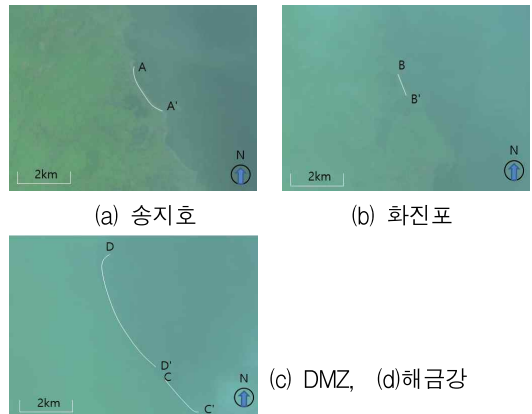


그림 10. 해변 측정지점 이미지

Fig. 10 Beach measuring points image

표 4에서는 송지호 해변(A-A')의 UV-A 자외선 반사율은 7.5~16.7%의 수치 변화가 있었으며, UV-B 자외선 반사율은 4.9~13.1%의 수치 변화가 있었다. 화진포 해변(B-B')의 UV-A 자외선 반사율은 8.1~16.8%의 수치 변화가 있었으며, UV-B 자외선 반사율은 7.3~14.5%의 수치 변화가 있었다. 또한, 비무장지대 해변(C-C')의 UV-A 자외선 반사율은 6.1~15.5%

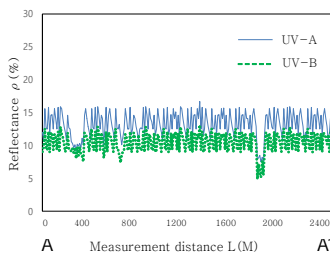
의 수치 변화와 UV-B 자외선 반사율은 4.4~12.7%의 변화를 보였다. 그리고, 해금강 해변(D-D')의 UV-A 자외선 반사율은 5.3~15.2%의 수치 변화와 UV-B 자외선 반사율은 3.8~14.1%의 변화를 보였다.

UV-A, B 자외선 반사율이 높은 곳은 화진포 해변(B-B')으로 UV-A 자외선 반사율은 16.8%의 높은 수치 변화를 나타냈으며, UV-B 자외선 반사율은 14.5%의 변동 수치를 나타냈다. 평균치는 송지호 해변(A-A')과 화진포 해변(B-B')의 경우 UV-A 자외선 반사율은 각각 13.2%, 14.0%를 나타냈으며, UV-B 자외선 반사율은 각각 10.4%, 11.3%의 비슷한 평균치를 나타냈다. 또한, DNZ 해변(C-C')과 해금강 해변(D-D')의 경우 UV-A 자외선 반사율은 각각 12.4%, 13.1%의 평균치를 나타냈으며, UV-B 자외선 반사율은 각각 9.3%, 10.1%의 비슷한 평균치를 나타냈다.

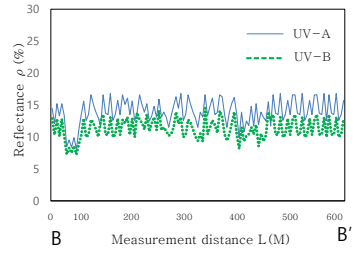
하지만, 화진포 해변(B-B')의 경우 UV-A, B 자외선 반사율은 각각 14.0, 11.3으로 비무장지대 해변(C-C')과 송지호 해변(B-B') 보다 약 2~3%의 수치의 변화가 있었다. 이 지점의 해변 모래는 조개껍데기가 섞여 있는 해변 모래의 특성이 반영된 것으로 판단된다. 또한, 송지호와 화진포의 경우는 석호의 영향을 받아 바다로 흘러 들어가는 곳의 UV-A, B 자외선 반사율은 상대적으로 낮은 분포를 나타냈다.

표 4. 측정지점의 UV 반사율 변화  
Table 4. Change in UV reflectance at the measurement point

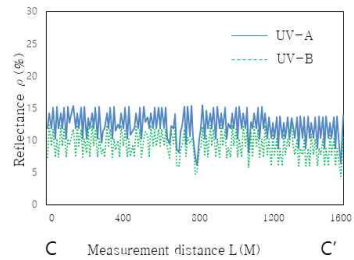
Item Material	Reflectance(%)	
	UV-A $\rho_a$	UV-B $\rho_b$
A-A'	7.5~16.7	4.9~13.1
B-B'	8.1~16.8	7.3~14.5
C-C'	6.1~15.5	4.4~12.7
D-D'	5.3~15.2	3.8~14.1



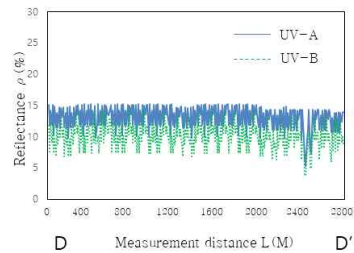
(a) A-A' section



(b) B-B' section



(c) C-C' section



(d) D-D' section

그림 11. UV-A,B 반사율  
Fig. 11 UV-A,B reflectance

#### IV. 결론

본 연구에서는 비무장지대 인접 해안에서의 자외선 반사량 측정 분석을 통해 레이저관광 활동의 자외선 가이드라인을 목적으로 이미지 데이터를 사용한 가시광 반사율과 자외선 반사율의 높은 상관관계를 이용하여 광범위 해변모래 자외선 반사율을 측정하였다. 연구 결과 강원도 고성 송지호해변, 화진포해변, 비무장지대 해변, 해금강 해변의 자외선 반사율은 UV-A에서는 10.4~14.0%, UV-B에서는 9.3~11.3%의 평균 수치 변동을 예상할 수 있게 되었다. 자외선은 5월~8월에 높으며, 하루 중 오전11시~오후3시에 자외선량

이 많아 여름철 주의가 필요하며, 하루 41분이상의 노출은 홍반 위험이 따른다. 연구 결과 강원도 고성과 비무장지대 해변의 자외선 피폭량의 예측은 가능하게 되었으나, 서남해안 지역과 또는 외국의 해안들에 관한 추가 연구가 필요하며 추후 이를 통해 자외선 피폭량의 로드맵을 완성하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2021학년도 경동대학교 교비연구비로 수행되었음.

References

[1] J. Uh and T. Kawanishi, "A Study Ultraviolet Spectral Reflectance of Coastal Sands," *J. of the Japan Institute, Architectural Institute of Japan*, vol. 63, no. 511, 1998 pp. 167-162.

[2] K. Ogata, J. Uh, and T. Kawanishi, "Ultraviolet reflection measurement by helicopter," *Research Discussion Lecture Outline, Japanese Association for Coastal Zone Studies*, vol. 9, 1996, pp. 50-51.

[3] K. Ogata, J. Uh, T. Kawanishi, and K. Ogata, "Ultraviolet reflectance measurement of beach using camera," *J. of the Japan Institute, Architectural Institute of Japan*, vol. 64, no. 516, 1998, pp. 167-172.

[4] T. Kawanishi, S. Iida, "Ultraviolet reflectance on sea surface," *J. of the Japan Institute, Architectural Institute of Japan*, vol. 68, no. 573, 2003, pp. 111-115.

[5] A. Takeuchi, "Principle of remote sensing technology and application examples," *Patent Office technical magazine, tokugikon of Japan*, no. 289, 2018, pp. 182-191.

[6] M. Kim, B. Kwon, and H. Yoon, "Estimation of Surface Layer Heat Flux Using the UHF Sensor Installed on UAV," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 13, no. 1, 2018, pp. 267-275.

[7] C. Choi, H. Yoon, Y. Woo, J. Uh, and Y. Choi, "Suitability Selection Habitable on Environments of Corbicula Japonica in the Songji Lagoon by GIS," *J. of the Korea Institute of Electronic*

*Communication Science* vol. 10, no. 9, 2015, pp. 965-972.

[8] C. Choi and J. Uh, "Remote Sensing of the Ultraviolet Reflectance on the East Coast Beach," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 15, no. 4, 2020, pp. 733-738.

[9] S. Bak, N. Kim, M. Jeong, D. Hwang, U. Enkhjargal, B. Kim, M. Park, H. Yoon, and W. Seo, "Study on Detection Technique for Coastal Debris by using Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Object Detection Algorithm based on Deep Learning," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 15, no. 6, 2021, pp. 1209-1216.

[10] J. Uh and T. Kim, "Safety research on UV exposure of coastal building," *J. of the Korean Society of Disaster Information*, vol.17. no. 2, 2021, pp. 195-205.

저자 소개

어재선(Je-Sun Uh)



1997년 Science and Technology of Nihon University(석사)  
 2000년 Science and Technology of Nihon University(Ph.D)  
 2000년~2002년 Tokyo University, Ocean Research Institute(Postdoc)  
 2006년~현재 경동대학교 해양심층수학과 교수  
 ※ 관심분야 : 해양심층수학, 해양관측, GIS

최철재(Chul-Jae Choi)



1983년 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사)  
 1987년 한양대학교 산업대학원 전자계산학전공 졸업(공학석사)  
 2000년 강원대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)  
 1988년~현재 경동대학교 소프트웨어학과 교수  
 2020년~현재 경동대학교 평생교육대학장  
 ※ 관심분야 : 데이터처리, 영상처리, 웹보안

