

한반도 지표형태에 대한 MODIS TOA Radiance 분석

이선구*, 김용승**

Analysis of MODIS TOA Radiances for Different Surface Types over the Korean Peninsula

Sun-Gu Lee*, Yong-Seung Kim**

Abstract

The top-of-atmosphere(TOA) radiance and its seasonal variation for various surface types have been analyzed using the MODIS direct broadcasting data acquired from the KARI ground station for the period between July 2002 and November 2003. The selected study areas considering the MODIS spatial resolution and the characteristics of the Korean peninsular are as follows: agricultural land, forest land, inland water, sea water, urban land, wetland, and atmosphere(cloud). The results showed that TOA radiances depend on the surface characteristics for the selected sample areas. Furthermore, the MODIS observations appear to well depict the general features of earth radiation properties. The authors hope that this study may provide the basic information on the analysis of hyperspectral data.

초 록

2002년 7월부터 2003년 11월 까지 항우연에서 직수신한 MODIS 자료를 이용하여 한반도 여러 지역의 top-of-atmosphere(TOA) radiance 및 그 계절변동을 분석하였다. MODIS의 공간분해능과 한반도 특성에 맞게 광범위하게 분포하는 동일한 특성을 갖는 지역을 선택하여 농경지역, 수림지역, 담수지역, 해수지역, 도시지역, 습지, 대기영역(구름)을 선택하였다. 한반도의 선택된 지역에 대해 TOA radiance값이 지표특성에 의존적임을 알 수 있었다. 또한 MODIS 관측이 일반적으로 알려져 있는 지구복사특성을 잘 묘사하고 있음을 이해하게 되었다. 본 저자들은 이 연구가 초다중분광(hyperspectral) 자료해석에 기초정보를 제공하기를 기대한다.

키워드 : MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectrometer), radiance, 초다중분광(hyperspectral), 지구복사 특성

* 위성정보처리그룹/lccsg@kari.re.kr

** 위성정보처리그룹/yskim@kari.re.kr

1. 서론

MODIS는 다중분광센서로 36개의 분광 밴드 (20개의 Reflective Solar Bands와 16개의 Thermal Emissive Bands)로 지상물체를 관측하여 이들 자료로부터 지표 및 대기권의 생물학적 성질 및 물리적 성질을 연구할 수 있다. Terra 위성에 탑재하여 1999년에 발사한 MODIS에서 관측한 지구탐사 자료를 한국항공우주연구원에서는 2002년 7월부터 자체 개발한 수신 시스템으로 직수신 하고 있다. 본 연구에서는 2002년 7월부터 2003년 11월 까지 항우연에서 직수신한 MODIS 자료를 이용하여 한반도 여러 지역의 top-of-atmosphere (TOA) radiance 및 그 계절변동을 분석하고자 한다. 연구를 위한 대상지역으로는 MODIS의 공간분해능과 한반도 특성에 맞게 광범위하게 분포하는 동일한 특성을 갖는 지역을 선택하여 농경지역, 수림지역, 담수지역, 해수지역, 도시지역, 습지, 대기영역(구름)을 선택하였다.

2. MODIS TOA Radiance 분석

2.1 MODIS Radiance(Level1B)

복사보정된 MODIS Level1B 자료와 Earth View(science) 생성물은 250m, 500m, 1km의 세 가지 공간해상도 형식으로 제공되며, On Board Calibrator(OBC)와 Engineering data 파일은 위성에서 지구를 바라 본 Space-View 형태의 관측 자료로 Black Body, Spectro-radiometric Calibration Assembly, Solar Diffuser Sector, 그리고 기타 Engineering Data를 포함한다.

세 개의 Earth-View(EV) product 파일 중 EV_250_RefSB은 band1과 band2를 250m 해상도로 보정한 Earth View 관측자료이며, EV_500_RefSB은 band3에서 band7를 500m 해상도로 보정한 Earth View 관측 자료에 band1과 band2 자료를 500m 해상도로 보이도록 처리되어 수록된 자료가 포함되고, EV_1KM_RefSB과 EV_1KM

_Emissive은 1km 해상도로 band8~band36의 보정된 Earth View 관측자료에 band1~band7 자료는 1km 해상도로 보이도록 처리되어 수록되어져 있다. 총 36개의 bands중 13번과 14번 band는 low gain signal과 high gain signal로 이루어져 38개의 자료화일이 된다. 표 2.1은 공간해상도에 따른 MODIS level 1B자료를 구분하였으며, 포함된 밴드를 나열하였다.

표 2.1. Level 1B 생성물 밴드 분류.

명칭	공간 해상도	밴드수	분광밴드
EV_250_RefSB	250m	2	1,2
EV_500_RefSB	500m	5	3,4,5,6,7
EV_1KM_RefSB	1 km	15	8-19, 26 (13lo,13hi,14lo,14hi)
EV_1KM_Emissive	1 km	16	20-25, 27-36

2.2 연구지역의 선정 및 자료처리

연구지역의 선정방법으로는 U.S. Geological Survey Land Use/Land Cover Classification System을 참고하여 MODIS의 공간 해상도와 한반도라는 지역적인 특성을 고려해 대분류(Landsat MSS, TM, and SPOT분류) 방법(USGS, 1992)을 참조하여 8개의 샘플지역(농경지역, 수림지역, 담수지역, 해수지역, 습지, 제주, 온성, 도심지역, 대기)을 선택하였다. 표 2.2는 대분류기준에 의해 선정된 연구지역명과 위치정보이다.

TOA radiance 계산방법은 Reflective Solar Bands(411nm ~ 2114nm)와 Thermal Emissive Bands(3785nm ~ 14192nm)를 구분하여 계산되어 지지만 Scaled Integer, radiance_scales, offset값을 바탕으로 아래와 같이 계산되어진다.

표 2.2. 연구지역정보.

대분류	세부지역명	경위도 중심점
농경지역	아산	126.825, 36.854
수림지역	오대산	128.529, 37.783
	제주	126.579, 33.381
	온성	130.010, 42.858
담수지역	시화호	126.655, 37.307
해수지역	동해	130.608, 37.085
습지	서해갯벌	126.669, 35.848
도심지역	대전	127.402, 36.367

2.2.1 Reflective Solar Bands Science Data

$L = \text{radiance_scales}(\text{SI} - \text{radiance_offsets})$

where

$L = \text{radiance}(\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}/\text{sr})$, $\text{SI} = \text{scaled integer}$

$\text{DN} = \text{corrected_counts_scale}(\text{SI} - \text{corrected_counts_offset})$

$\text{corrected_counts_scale} = (\text{Dmax} - \text{Dmin}) / 32767$

$\text{corrected_counts_offset} = -(\text{32767Dmin}) / (\text{Dmax} - \text{Dmin})$

2.2.2 Thermal Emissive Bands Science Data

$L = \text{radiance_scales}(\text{SI} - \text{radiance_offsets})$

where

$\text{radiance_scales} = (\text{Lmax} - \text{Lmin}) / 32767$

$\text{radiance_offsets} = -(\text{32767Lmin}) / (\text{Lmax} - \text{Lmin})$

여기에서 SI는 16bits의 radiance로 scaled 되지만 실제로 15bits(0-32767)값만이 유효한 값으로 할당되고 32767이상의 scaled integer 값은 보정되지 않는다. 표 2.3은 보정이 이루어지지 않을 때의 설명 및 scaled integer 값이다.

표 2.3. 보정이 이루어지지 않을 경우의 SI값(MCST Doc., 2000).

Explanation	Data Value
Entire scans of L1A data are missing (same as Fill Value) or RSB Data not transmitted (night mode)	65535
L1A DN is missing within a scan	65534
Detector is saturated	65533
Cannot compute zero point DN	65532
Detector is dead	65531
RSB dn** below bottom end of range for writing to scaled integer	65530
(unused)	65529
Aggregation algorithm failure	65528
Rotation of Earth-View Sector from nominal science collection position	65527
Moon in SV port for TEB band	65526
(reserved for future use)	65501 - 65525
NAD closed upper limit	65500

표 2.5. 월별자료 및 연구지역에서의 기상상태.

		2002.07.24	2002.08.20	2002.09.24	2002.10.17	2002.11.18
농경지역 (아산평야)		흐림	맑음	맑음	맑음	맑음
수림지역	오대산	흐림	맑음	맑음	구름조금	흐림
	제주	흐림	흐림	맑음	맑음	흐림
	온성	흐림	맑음	맑음	흐림	맑음
담수지역 (시화호)		흐림	맑음	맑음	맑음	맑음
해수지역 (동해)		흐림	맑음	맑음	구름조금	구름맑음
습지 (서해갯벌)		흐림	흐림	맑음	맑음	구름맑음
도시지역 (대전)		구름맑음	맑음	맑음	맑음	맑음

표 2.4. TOA radiance를 계산하기 위한 2002년 9월 24일의 각 밴드별 radiance scales과 radiance offset values.

밴드	파장 (nm)	radiance scales	radiance offset	L_typ
band 1	645	0.027115	0	21.8
band 2	856.5	0.01113	0	24.7
band 3	465.6	0.021216	0	35.3
band 4	553.6	0.018555	0	29
band 5	1241.6	0.003931	0	5.4
band 6	1629.1	0.002389	0	7.3
band 7	2114.1	0.000741	0	1
band 8	411.3	0.007642	316.972	44.9
band 9	442	0.00498	316.972	41.9
band 10	486.9	0.00377	316.972	32.1
band 11	529.6	0.002946	316.972	27.9
band 12	546.8	0.002336	316.972	21
band 13	665.5	0.001231	316.972	9.5
band 14	676.8	0.001178	316.972	8.7
band 15	746.8	0.000998	316.972	10.2
band 16	866.2	0.000967	316.972	6.2
band 17	904	0.007164	316.972	10
band 18	935.5	0.009592	316.972	3.6
band 19	935.2	0.007062	316.972	15
band 20	3785	6.26E-05	2.73E+03	0.45
band 21	3990	3.15E-03	2.73E+03	2.38
band 22	3970	6.92E-05	2.73E+03	0.67
band 23	4056	7.91E-05	2.73E+03	0.79
band 24	4472	3.16E-05	1.08E+03	0.17
band 25	4545	5.64E-05	1.56E+03	0.59
band 26	1383	0.002869	316.972	6
band 27	6752	0.000118	2730.58	1.16
band 28	7334	0.000192	2317.49	2.18
band 29	8518	0.000532	2730.58	9.58
band 30	9737	0.000406	1560.33	3.69
band 31	11017	0.00084	1577.34	9.55
band 32	12032	0.00073	1658.22	8.94
band 33	13359	0.000262	2501.3	4.52
band 34	13675	0.000201	2501.3	3.76
band 35	13907	0.000177	2501.3	3.11
band 36	14192	0.000118	2501.3	2.08

표 2.4는 MODIS level1B의 scaled interger 값 으로부터 TOA radiance를 계산하기위한 input 기본자료로 사용되는 radiance scales과 radiance offset values 그리고 각 밴드에서의 파장별

L_typ값을 보여주고 있다.

본 연구에서는 연구지역에서의 월별 TOA radiance 비교를 위해 사용된 5개 샘플 자료를 사용하였다. 표 2.5는 RGB영상을 통해 조사된 연구지역에서의 기상상태(구름정도)를 보여주고 있다.

3. 내 용

그림 3.1은 Reflectance Solar Bands에 대한 각 연구지역에서의 파장별 radiance 분포에 대한 결과이며 그림 3.2는 Thermal Emission Bands에 대한 각 연구지역에서의 파장별 radiance 분포에 대한 결과이다.

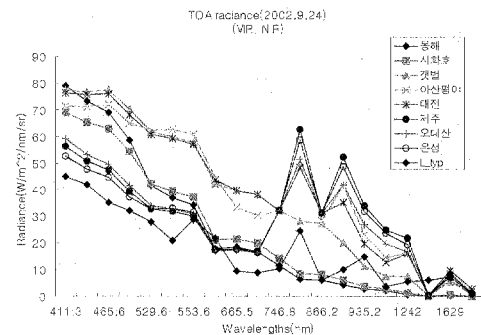


그림 3.1. Reflectance Solar Band에 대한 각 연구지역에서의 파장별 radiance 분포

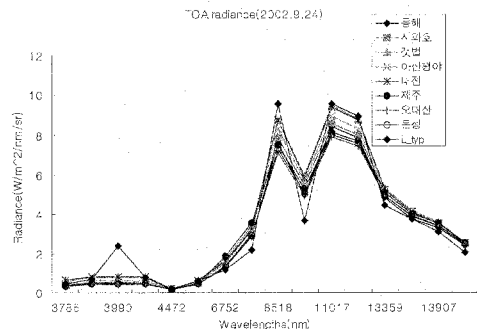


그림 3.2. Thermal Emission Band에 대한 각 연구지역에서의 파장별 TOA radiance 분포

장파장과 달리 단파장의 경우에 한반도 대표적 샘플들에 대해 L_{typ} 값과 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. L_{typ} 값의 모델 계산시 지표 및 대기 등의 특성이 관측시의 조건과 차이가 남을 알 수 있다. 도시지역과 평야지역이 강한 지표 알비도로 총복사량 값이 커지고 반대로 작은 지표 알비도로 수림지역 총복사량 값이 상대적으로 작게 나타남을 볼 수 있다. 근적외선 대역(700-1100nm)에서 수림지역의 식생에 의한 분광특성도 잘 나타나 있다. 열적외선 대역(8000-14000nm)에서 MODIS 관측은 지구 장파 복사특성을 잘 묘사하고 있다. 특히 Atmospheric window 대역(8000-12000nm)에 장파 복사에너지가 집중되어 있고 오존(O₃)에 의한 강한 흡수가 9600nm(Liou, 1980) 부근(band30)에서 나타남을 보였다.

지역별 계절특성을 검토하기 위해 연구지역을 도시지역, 평야지역, 담수, 산림지역(오대산), 해수(동해)로 재분류하여 가용한 5개월 자료를 파장별로 나타냈다(그림 3.3, 그림 3.4). 파장별 TOA radiance값의 분포를 살펴보면, 앞에서 언급된대로 도시지역과 평야지역 산림지역에서는 단파장에서 큰 값을 보이다 645-677nm에서 값이 작고 다시 747nm에서 값이 커지는 형태를 볼 수 있다. 특히 산림지역 같은 경우는 식생의 분광특성으로 747nm에서의 radiance값이 두드러지게 큰 것을 볼 수 있다. 해수와 담수에서는 단파장에서 가장 큰 값을 보이다 장파장으로 갈수록 값이 작아지는 것을 볼 수 있다.

그림 3.3(a), (b)에서의 월별 TOA radiance 값의 분포를 살펴보면, 도시지역, 평야지역, 산림지역에서, 9월 10월 11월의 radiance보다 8월인 여름에 큰 값을 보이는데 이는 태양고도의 상승과 식생변화에 따른 영향으로 추정된다. 그림 3.4(a), (b)는 Thermal Emission Bands에서 파장별 TOA radiance값의 분포를 보여주고 있다. 모든 연구지역에서 Midwave IR(3000 - 5000nm)에서는 작은 값을 보이다 8518nm, 11017nm에서 가장 큰 값을 보여 주고 있다. 그리고 8월의 여름 자료보다 9, 10, 11월로 갈수록 지표온도가 감소함에 따라 조금씩 값이 작아지는 것을 볼 수 있다. 또한

Thermal IR(8000- 14000nm) 대역에서 도시지역의 값들이 다른 연구지역들 값보다 큼을 알 수 있어 MODIS 관측이 열섬효과(Heat Islands Effect) 모니터링에도 유효함을 이해할 수 있다. 계절 변동에 있어서도 도시지역이 상대적으로 해양보다 급격함을 본 연구결과에서 볼 수 있다.

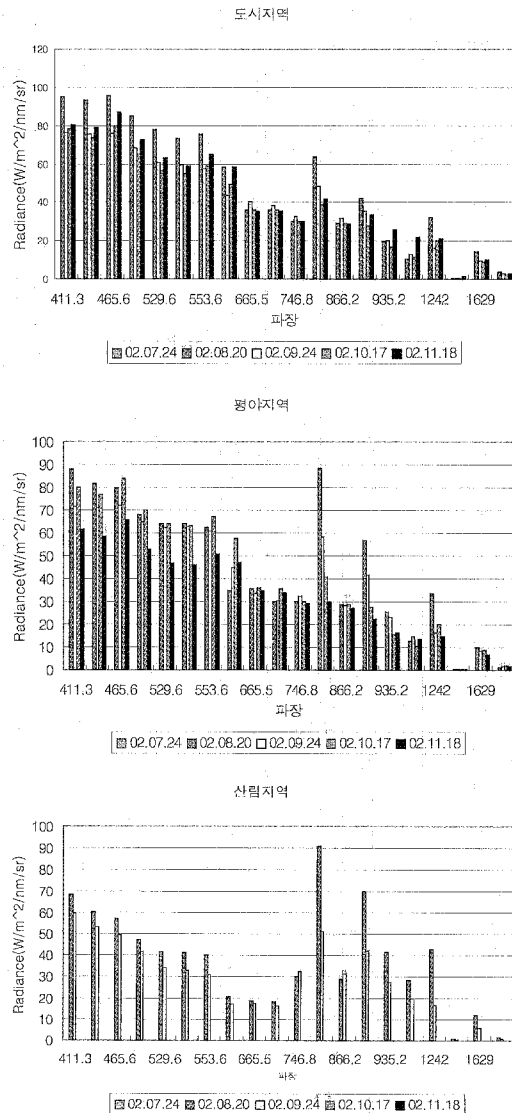


그림 3.3(a) Reflectance Solar Bands에서 도시지역, 평야지역, 산림지역에 대한 월별 파장별 TOA radiance분포

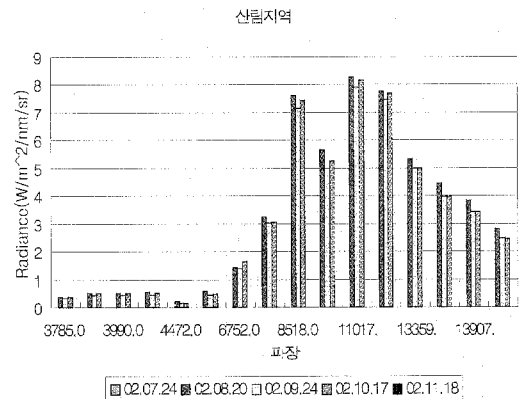
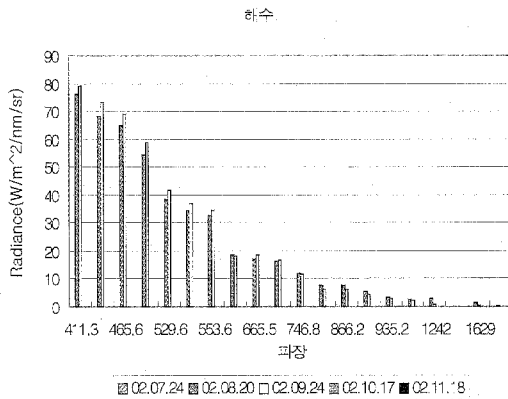
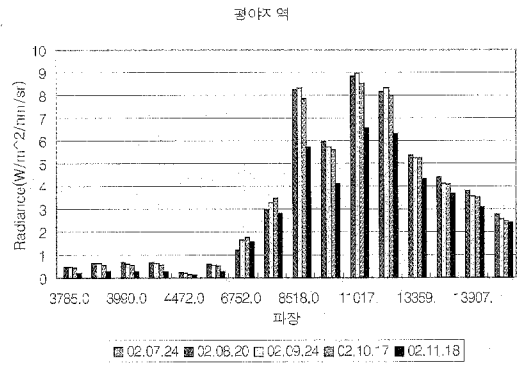
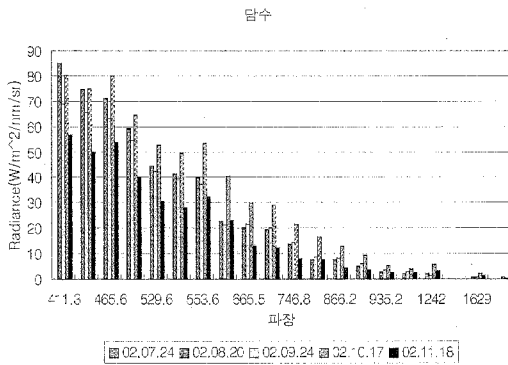


그림 3.3(b) Reflectance Solar Bands에서 담수, 해수에 대한 월별 파장별 TOA radiance분포

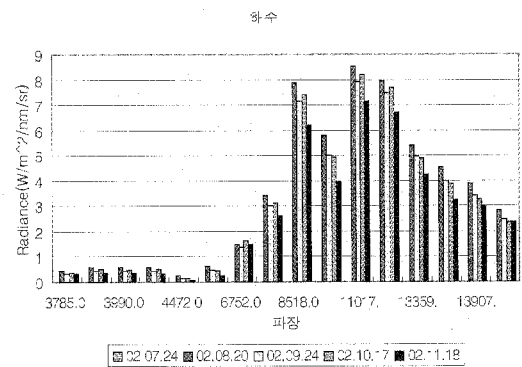
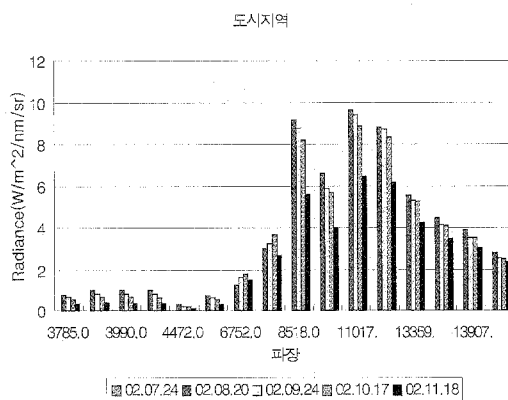


그림 3.4(a) Thermal Emission Bands에서 도시지역, 평야지역, 산림지역, 해수에 대한 월별 파장별 TOA radiance 분포.

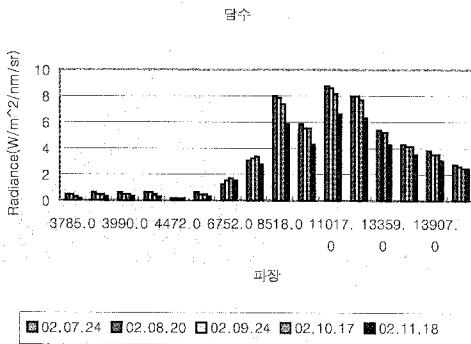


그림 3.4(b) Thermal Emission Bands에서 담수에 대한 월별 파장별 TOA radiance 분포.

4. 결 론

본 연구에서는 MODIS level1B 자료인 TOA radiance를 이용하여 한반도 지역에서 8개의 표본지역을 선정하여 비교해본 결과, TOA radiance값이 지표특성에 의존적임을 알 수 있었다. 또한 MODIS 관측이 일반적으로 알려져 있는 지구 복사 특성을 잘 묘사하고 있음을 이해하게 되었다. 추후에 더 많은 월별자료를 추가하여 연간 TOA radiance값을 추출함으로써 한반도에서의 연간 변화를 연구할 계획이며 향후 hyperspectral 분야의 특성연구에 기초 자료로서 확보할 계획이다.

참 고 문 헌

1. USGS., "Standard for Digital Line Graphs for Land Use and Land Cover Technical Instructions", ReferralSTO-1-2.Washington, DC : US Government Printing Office, 1992.
2. "MODIS Level1B Products User's.", MCST Document #MCM-PUG-01-U-DNCN, 2000.
3. Liou, K. N., "An Introduction to Atmospheric Radiation.", Academic Press, 1980.