

다목적실용위성 2호 MSC 영상의 절대복사보정을 위한 입력자료 특성 분석

Analysis of input parameters for the absolute radiometric calibration of KOMPSAT-2 MSC images

지준화*, 윤정숙, 이규성

Jun-Hwa Chi, Jong-Suk Yoon, Kyu-Sung Lee

인하대학교 지리정보공학과

센서의 광학 해상력에 따라 센서에 도달하는 에너지의 양은 영상의 화소값으로 변환되므로, 이 관계는 위성 영상의 정량적인 광학적 특성을 이해하기 위한 바탕이 되며, 영상의 질을 유지하기 위한 척도가 되기도 한다. 위성영상의 광학적 특성은 DN값을 실제 지표물의 반사에너지 값인 Radiance와 Reflectance로의 변환을 통하여 추정할 수 있으며, 이러한 과정을 절대복사보정(Absolute Radiometric Calibration) 이라고 한다. 절대복사보정 과정에서 센서에 도달하는 태양 에너지의 양을 추정하기 위하여 복사전달모델이 사용된다. 태양 에너지가 대기를 통과함에 따라 여러 가지 상호 작용이 일어나게 되므로 복사전달모델을 사용하기 위해서는 다양한 입력 변수가 필요하게 된다. 이러한 입력 변수로는 지표물의 반사율, 대기자료, 그리고 센서의 특성 등이 포함되며, 이 연구에서는 KOMPSAT-2 위성의 MSC 영상의 절대복사보정 과정에서 복사전달모델의 결과에 영향을 미치는 입력 변수의 특성을 살펴보고자 한다.

1. 서론

1999년 발사된 우리나라 최초의 지구관측 위성인 다목적실용위성(KOMPSAT: Korea Multi-Purpose SATellite) 1호의 성공에 이어 지난 2006년 7월 고해상도 위성인 다목적실용위성 2호가 성공적으로 발사되어 현재 임무를 수행하고 있다. KOMPSAT-2에 탑재된 센서인 MSC(Multi-Spectral Camera)는 공간해상도 1m의 흑백 영상과 4m의 다중분광 영상을 제공한다. 이처럼 우리나라는 우주개발중장기계획에 따라 지속적인 위성의 발사와 이에 따른 영상 자료의 획득이 기대되고 있다. 공급되는 영상 자료가 많이 이용 및 활용되기 위해서는 영상의 질적

인 신뢰성이 확보되는 것이 중요하다. 광학 위성 영상의 품질은 기하학적 특성, 광학적 특성, 공간 해상도 등으로 판단할 수 있다. 영상의 광학적 특성을 이해한다면 좀 더 과학적인 측면에서 위성 영상의 품질을 가늠할 수 있으며, 보다 정량적인 활용을 위한 기반이 될 수 있다. (Kim 등, 2002)

위성 영상의 광학적 특성은 센서에 의해 기록되는 화소값(DN: Digital Number)을 실제 지표물의 복사에너지 값인 Radiance와 Reflectance로의 변환을 통하여 추정할 수 있다. 이러한 과정을 절대복사보정(Absolute Radiometric Calibration)이라고 하고, Post-Launch Ground Reference

Calibration 또는 Vicarious Calibration 이라고도 한다. 영상의 DN값과 센서가 받는 복사에너지 값의 관계는 다음과 같은 1차 선형식으로 간단하게 표현된다. 이러한 과정에 의하여 공급되는 절대보정계수에 의하여 영상의 화소값에서 Radiance값을 직접 계산하는 것이 가능하다.

$$L = C_1 \times DN + C_2$$

L : at-sensor radiance

C₁ : calibration gain coefficient

C₂ : offset coefficient

태양의 복사에너지는 지표면의 물체에 도달 및 반사되어 대기를 거쳐 산란, 흡수, 반사 등 대기의 영향을 받아 감쇄되어 센서에 도달하므로 영상에 기록되는 DN값에 영향을 준다. 이러한 복사에너지를 정량적으로 계산하기 위해서는 지표면의 특성과 대기 효과를 계산하는 복사전달모델(MODTRAN, 6S 등)이 이용되어진다.

대기 효과를 계산하기 위한 복사전달모델에는 지표물의 반사율, 대기자료, 에어로졸, 그리고 센서의 특성 등 여러 가지의 입력 인자가 필요하다. 본 연구에서는 KOMPSAT-2 MSC의 흑백 영상을 이용하여 복사전달모델의 입력 인자의 변화 폭과 자료 획득 방법에 따른 민감도를 분석하여 차후에 진행될 절대복사보정의 정확도를 높이고자한다.

2. 연구 방법

KOMPSAT-2 MSC의 흑백 영상의 절대복사보정을 수행하기 위해서는 크게 세 가지의 자료가 필요하다. 첫째, 위성이 지나가는 시점에 지상에서 분광반사기를 이용하여 측정된 지상 대상물의 분광반사율 자료가 필요하고, 둘째, 복사전달모델에 입력 인자로 사용될 대기 자료이다. 마지막으로,

태양 및 센서의 기하학적 정보가 필요하다.

본 연구에 사용된 복사전달모델은 미공군 지구물리 실험실에서 개발된 MODTRAN(Moderate Resolution Transmittance)으로, 0 ~ 50,000cm⁻¹ (0.2μm ~ 무한대) 까지의 범위에 대하여 2cm⁻¹의 스펙트럼 해상도마다 대기 투과율과 복사량을 계산할 수 있다. (김용승 등, 2001) 연구 자료는 2007년 2월 3일 KOMPSAT-2가 촬영하는 당진 신성대학 주변의 영상을 사용하였으며, 이와 같은 시간에 지상에서 측정한 Spectroradiometer 자료를 이용하였다.

절대복사보정은 태양에너지가 두 번에 걸쳐 대기를 지나가면서 일어나는 상호작용을 고려하여 센서에 도달하는 복사에너지의 양을 추정하는데 목적이 있다. 이 연구에서 사용하는 복사전달모델인 MODTRAN에서는 대기에 대하여 데이터베이스화된 6개의 표준 대기 모델 (Tropical, Mid-latitude Summer, Mid-latitude Winter, Subartic Summer, Subartic Winter, 1976 US Standard Atmosphere)을 제공한다. 이 외에도 사용자가 Radiosonde 자료를 이용하여 직접 입력할 수도 있다. (PcModWin Manual, 2004)

대기를 구성하는 인자들 중에서 복사전달모델의 결과에 영향을 미치는 정도를 파악하기 위하여 MODTRAN에서 제공되는 표준대기모델과 Radiosonde 측정 자료를 비교하고 에어로졸 모델의 변화에 따른 복사에너지 값의 변화를 비교해보았다.

또한 MODTRAN은 파장에 관계없이 반사율 값이 일정한 Tarp가 아닌 지상의 대상물을 이용하여 평균 반사율값을 사용했을 경우와 파장별 반사율값을 사용했을 때의 복사에너지 값의 변화를 비교해보았다.

2.1 Radiosonde를 이용한 대기 모델

대기 모델의 경우 MODTRAN에서 제공되는 모델 외에 사용자가 직접 입력하여 사용할 수 있다. Wyoming 대학의 대기과학과에서는 전세계 고층 대기 관측소의 Radiosonde 자료를 제공하는데 (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>), 우리나라에 대해서는 오산, 광주, 포항, 제주 4개 관측소의 자료가 제공되고 있다. 본 연구에서는 연구지역인 당진과 가장 근접한 오산 고층 대기 관측소의 2007년 2월 3일의 위성촬영과 동일한 날의 낮 12시에 측정된 Radiosonde 자료를 사용하였다. 제공되는 Radiosonde 자료는 고도, 온도, 이슬점온도 등이 기압에 따라서 제공된다. 이것은 MODTRAN 입력을 위하여 고도 기준의 자료로 변환하였고 그 변환식과 결정계수는 다음과 같다.

$$P = 1100 \times e^{-0.1508h} \quad (R^2 = 0.9994)$$

$$T = -0.0024h^3 + 0.271h^2 - 7.8237h + 8.9085 \quad (R^2 = 0.9656)$$

$$C = -0.0074h^3 + 0.5328h^2 - 11.727h - 7.8126 \quad (R^2 = 0.928)$$

h : 고도 (km)

P : 기압 (hPa)

T : 온도 (°C)

C : 이슬점온도 (°C)

또한 Radiosonde에서 제공되지 않는 이산화탄소와 오존에 대한 자료는 MODTRAN에서 제공하는 중위도 겨울 모델의 값을 사용하였다.

고도(km)	기압(hPa)	기온(°C)	이슬점(°C)
1	946.022	1.353	-19.014
2	813.597	-5.674	-29.195
3	699.710	-12.188	-38.398
4	601.764	-18.204	-46.669

5	517.529	-23.735	-54.053
6	445.085	-28.796	-60.592
7	382.782	-33.402	-66.333
8	329.200	-37.566	-71.318
9	283.118	-41.303	-75.593
10	243.487	-44.629	-79.203
11	209.404	-47.556	-82.190
12	180.092	-50.099	-84.601
13	154.882	-52.273	-86.478
14	133.202	-54.093	-87.867
15	114.556	-55.572	-88.813
16	98.521	-56.725	-89.358
17	84.730	-57.567	-89.549
18	72.869	-58.111	-89.428
19	62.669	-58.372	-89.041
20	53.896	-58.366	-88.433
21	46.352	-58.105	-87.646
22	39.864	-57.604	-86.727
23	34.284	-56.878	-85.718
24	29.485	-55.942	-84.665
25	25.357	-54.809	-83.613
26	21.808	-53.494	-82.604
27	18.755	-52.012	-81.685
28	16.130	-50.376	-80.898
29	13.872	-48.601	-80.289
30	11.930	-46.703	-79.903

<표 1> 변환된 고도별 Radiosonde 자료

2.2 파장별 반사율 입력

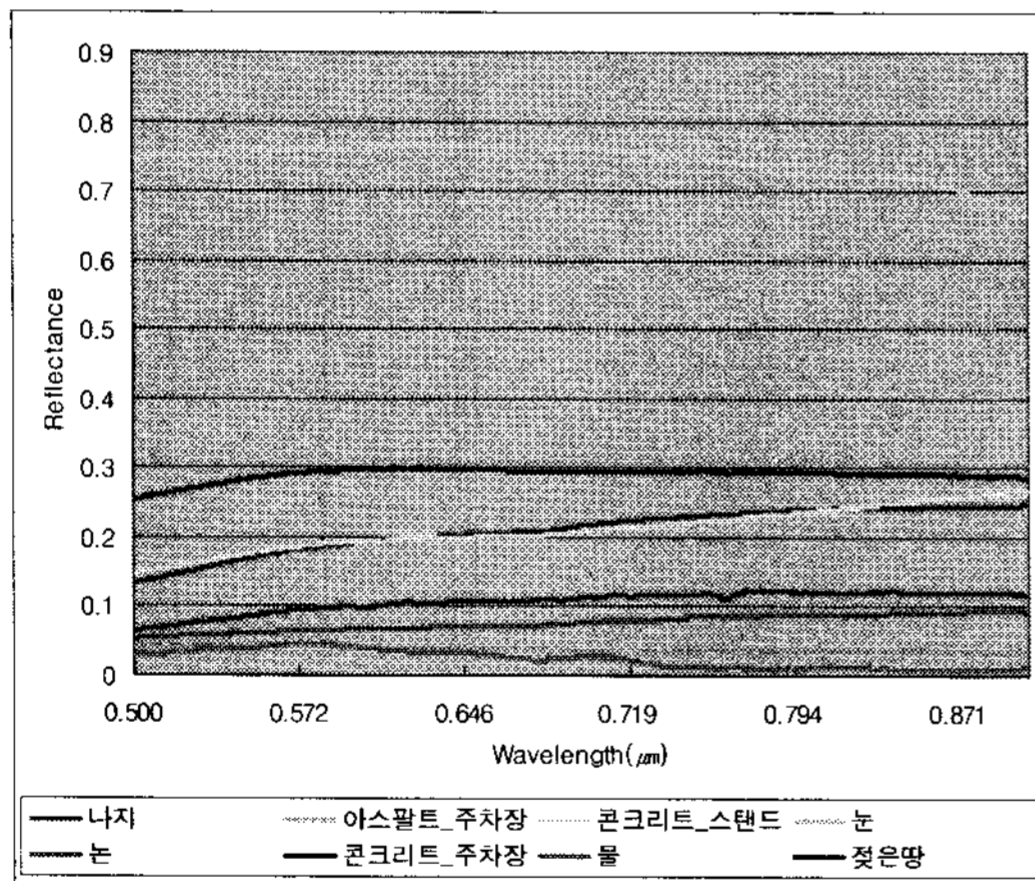
KOMPSAT 2호 흑백 영상의 파장 영역인 500 ~ 900nm에서 반사율이 일정한 Tarp는 절대복사보정을 위한 타겟으로 사용하기에 이상적이다. 그러므로 절대복사보정에 있어서 Tarp를 사용할 때는 모든 파장 영역의 평균값을 사용하는데 무리가 없다. 하지만 대부분의 지상의 지표물에 대한 Spectroradiometer의 반사율은 파장 별로 많은 차이를 보인다. 이런 경우, 하나의 대표값으로 반사율을 사용하는 대신에, 파장에 따라 나타나는 반사율을 적용하여 그 차이를 살펴보고자 한다.

2007년 2월 3일 KOMPSAT-2가 지나가는 위치에 있는 당진 신성대학 주변에서 위성이 지나가는 시간 전후로 8개의 각기 다

큰 반사율을 가진 타겟을 대상으로 분광 반사측정기인 GER-2600을 이용하여 반사율을 측정하였다. GER-2600은 350nm부터 2500nm까지의 파장구간에서 타겟의 분광 반사율을 측정하지만, 본 연구에서는 MSC 흑백 영상의 파장 영역인 500nm에서 900nm의 값만을 사용하였다. 타겟의 종류는 나지, 아스팔트 주차장, 콘크리트 스탠드, 눈, 눈, 콘크리트 주차장, 물, 젖은 땅으로 측정 위치와 반사율은 다음과 같다.



<그림 1> 분광반사 측정 지점



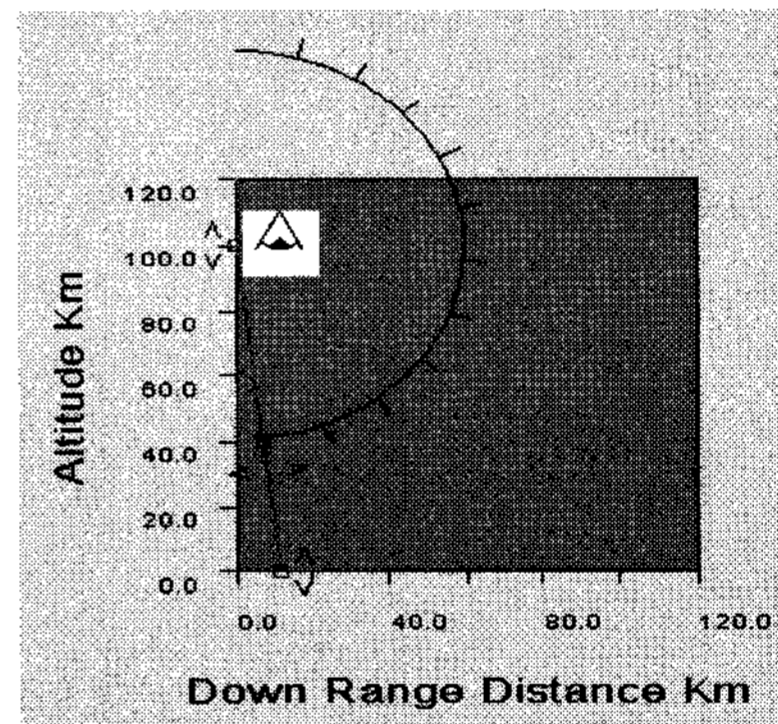
<그림 2> 타겟의 분광반사 곡선

3. 연구 결과

절대복사보정에서 타겟에서 반사되는 복사에너지값을 구하기 위해서는 위에 설명한 바와 같이 대기모델, 에어로졸, 타겟의 분광반사율 등에 의해 결정된다. 표준

중위도 겨울 대기모델을 사용했을 경우와 고층 대기 관측소의 Radiosonde 자료를 사용했을 경우, 타겟의 분광반사율의 평균값을 사용했을 경우와 파장별 분광반사율 값을 사용했을 경우, 에어로졸 모델을 달리했을 경우의 복사에너지 값을 KOMPSAT-2의 흑백 영상을 이용하여 다음과 같이 비교해보았다.

본 연구에서 사용된 영상은 2007년 2월 3일 촬영된 충남 당진의 신성대학 일대의 흑백 영상으로 10bits로 기록이 되었다. 위성은 6.59° tilt하여 촬영했으며 태양의 방위각은 179.28°, 천정각은 66.94°이고 <그림 3>은 기하학적 조건을 나타낸 그림이다.



<그림 3> MODTRAN 기하학적 조건

<표 2>는 복사에너지에 영향을 줄 것이라 예상되는 값을 서로 비교한 결과로 표에서 보는 바와 같이 MODTRAN에서 제공하는 표준 대기모델과 Radiosonde 자료를 입력하여 사용한 경우 큰 차이를 보이지 않았다. 또한, 분광반사율에 따른 변화 역시 분광반사곡선의 특징에 따라 약간의 증감만 있었을 뿐 그 차이는 크지 않았다. 하지만 에어로졸 모델의 경우는 사용한 전원형 모델의 시정거리가 5km일 때와 23km일 때 복사에너지의 큰 차이를 볼 수 있었다. 특히 반사율이 높거나 낮을수록 그 차이가 심해지는 것을 볼 수 있다. 따라

서 복사전달모델을 이용하여 복사에너지
값을 구할 때에는 대기모델이나 파장별

분광반사율의 특징 보다는 에어로졸 모델
이 더 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

타겟	영상DN값	Total Radiance (watt/m ² /μm/sr)			
		MidLat + Avg. Ref. + Rural-5	MidLat + GER + Rural-5	Radiosonde + GER + Rural-5	Radiosonde + GER + Rural-23
나지	257.44	36.714	36.044	38.218	34.258
주차장(아스팔트)	205.81	26.223	26.208	27.250	15.783
스탠드(콘크리트)	260.00	37.344	36.139	38.308	34.437
눈	351.40	72.554	73.284	79.444	103.443
논	210.44	28.654	28.174	29.451	19.450
주차장(콘크리트)	286.78	41.802	41.742	44.503	45.114
물	169.00	25.016	25.500	26.455	14.473
젖은땅	225.88	30.492	29.996	31.477	22.880

<표 2> 입력 인자별 복사에너지 값

4. 결론

센서에 기록되는 복사에너지값은 대기 조건과 센서와 태양의 기하학적 조건이 영향을 미치지만 그 중에서도 에어로졸의 영향이 가장 크다고 할 수 있다(Yoon 등, 2006). 특히 수증기와 같은 요소는 기상 조건에 따라 그 분포 패턴 및 양의 변화가 심하다. 하지만 이러한 에어로졸은 시간, 장소, 기상조건에 따라 변화가 심하며, 또 그 양을 정확히 측정하기 어렵다. 그러므로 에어로졸의 양을 정확히 측정하여 보다 정확한 복사에너지값을 추정하는 방법을 고려해야 할 것이다. 또한 다른 대기 요소들의 정확한 양을 측정하는 것 보다는 에어로졸의 양을 정확하게 측정하는 것이 효율적인 접근방법이라고 할 수 있다. 향후 에어로졸의 측정 방법 및 기기에 대한 연구를 통하여 정확한 에어로졸의 양을 구하고자 하며, 이 밖에도 센서에서 에너지를 감지하는 반응도를 고려하여야 한다.

5. 참고문헌

김용승, 강치호, “다목적실용위성 2호

MSC 총복사량의 모델 계산”, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 17, No. 3, 2001, pp. 211-218
 Kim J. H., Lee K. S., and Kim D. R., "Radiometric Characteristics of KOMPSAT EOC Data Accessed by Simulating the Sensor Received Radiance", Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 5, 2002, pp. 281-289
 Yoon J. S., Lee K. S., and Chi J. H., "Post-Launch Radiometric Calibration of KOMPSAT-2 High Resolution Image", Proc. of ISPRS 2006 PORSEC, 2006, pp. 402-405
 PcModWin Manual (Version 4.0 v3r1 Version 1.2), Ontar Corporaton, 2004
 University of Wyoming, Department of Atmospheric Science Web site, <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>