

## 다목적실용위성 2호 MSC 총복사량을 계산하며

### Calculating Total Radiances of KOMPSAT-2 MSC

김용승\*, 강치호

한국항공우주연구원 위성운영센터

대전광역시 유성구 어은동 52

전화: 042-860-2476, Fax: 042-860-2605, E-mail: [yskim@kari.re.kr](mailto:yskim@kari.re.kr)

#### 요 약

대기복사모델인 MODTRAN를 이용해 다목적실용위성 2호 탑재체인 Multispectral Camera (MSC)의 총복사량에 대한 계산을 수행하고 그 결과를 분석해 보았다. 모델계산은 4 계절 조건을 모의실험하기 위해 1월 15일, 4월 15일, 7월 15일과 10월 15일에 대해 중위도 동절기 및 하절기, 그리고 US 표준대기를 사용했다. 다목적실용위성 2호 궤도 조건과 각 계절에 대한 대표적인 태양천정각 (solar zenith angle)을 이용하였다. 시정거리는 대류권 에어로솔 소광계수 (tropospheric aerosol extinction)에 해당하는 50 km를 사용하고 지표의 알비도는 맑은 날 지구 연평균 값에 해당하는 0.135가 사용되었다.

위 4개월 평균치로써 연평균 총복사량은 MSC 계약서에 명시된 값들과 상당한 차이를 보였고 심지어 파장에 따른 경향조차도 서로 다를 수 있었다. 가시광선 대역에서 근적외선 대역으로 파장이 증가함에 따라 두 값의 차이가 커짐을 보였다.

#### 1. 서론

1999년 12월 21일에 성공적으로 발사되어 임무수행중인 다목적실용위성 1호에 이어 현재 한국항공우주연구원에서는 다목적실용위성 2호 개발 사업을 수행하고 있다. 다목적실용위성 2호는 Multispectral Camera (MSC)만을 탑재하게 되며 관측자료는 대규모 재난감시, GIS 응용, 지도제작, 자원탐사 등에 활용이 기대되고 있다. MSC의 관측 파장대역은 한 개의 panchromatic 채널과 4개의 multispectral 채널로 구성되며 각 파장대역은 다음과 같다: PAN (500 ~ 900nm), MS1 (450 ~ 520nm), MS2 (520 ~ 600nm), MS3 (630 ~ 690 nm), MS4 (760 ~ 900 nm). 관측 파장대역의 선정은 향후

자료의 활용과 밀접한 관계를 가지고 있으며 따라서 센서가 관측할 각 파장대역의 특성은 센서 설계 이전에 정확히 이해되어야 한다.

센서 설계와 관련된 중요한 파라미터 중의 하나로 입사복사량 (input radiance)이 있으며 위성에 탑재된 센서에 입사하는 총복사량 (total radiance)을 의미한다. 총복사량은 센서의 민감도를 표현하는 신호대잡음비 (signal-to-noise ratio)의 결정에 관계함으로써 센서의 설계에 직접 영향을 미치기 때문에 관심 목표물에 대해 센서 설계 이전에 그 크기를 알아내는 것은 매우 중요한 일이다. 그러나 총복사량은 지상 목표물에 의해 반사되고 대기에 의해 흡수, 산란된 후에 센서에 도달하는 태양광이기 때문에 정량적인 계산을 위해서 이들 지표특성과 대기효과 등이 충분히 고려된 복사전달모델이 요구된다. 그와 같은 요구조건을 충실히 만족시킬 수 있는 복사전달모델 중의 하나가 Moderate Resolution Transmittance (MODTRAN) 모델이다. 본 연구에서는 MODTRAN 모델을 이용해 다목적실용위성 2호에 탑재될 MSC의 관측 파장대역 (450 ~ 900 nm)에 대해 총복사량을 계산하고 이들 결과와 MSC 계약서에 명시되어 있는 값들과 비교검토 함으로써 그 타당성을 검증하고자 한다.

## 2. MODTRAN 소개

MODTRAN 모델은 0 부터  $50,000 \text{ cm}^{-1}$  ( $0.2 \mu\text{m} \sim$  무한대)까지의 주파수 범위에 대해  $2 \text{ cm}^{-1}$ 의 스펙트럼 해상도마다 대기 투과율 (transmittance)과 복사량 (radiance)을 계산하는데 사용된다. MODTRAN은 LOWTRAN ( $5 \text{ cm}^{-1}$ ) (Kneizys *et al.*, 1988)보다 높은 고해상도의 스펙트럼 해상도에 대한 요구 때문에 개발되었다. MODTRAN은 밴드모델을 제외하고 다음과 같은 LOWTRAN 7의 모든 기능을 수행할 수 있다. 분자산란, 구름, 안개, 비 등의 흡수 및 산란이 고려되고 대기 경사 경로와 경로 감쇠량의 계산에는 굴절과 지구곡률이 고려되었다. 모델에서는 대표적 대기, 에어로솔, 구름 및 강우 모델을 사용할 수 있거나 이들에 대해 사용자가 별도로 정의해 사용할 수 있게 되어 있다. 또한 tropical, midlatitude summer/winter, subarctic summer/winter, 1976 U.S. standard atmosphere의 6개 기준 대기모델과 사용자 정의 모델을 실행시킬 수 있다. MODTRAN의 밴드모델은 온도와 압력에 비례하는 2개 모수 밴드모델로 저장되어 있는 스펙트럼 데이터베이스를 이용한다. 스펙트럼 데이터베이스는 13개 분자 종류의 각각에 대해 HITRAN96의 line parameter로부터 직접 유도되었다. 본 연구에 사용된 MODTRAN의 버전은 3.7이며 중요한 개선 내용 중의 하나는 사용자가 구름과 강우 묘사를 쉽게 구현할 수 있게 되었다는 점이다. 예를 들어 구름은 주어진 대기의 어느 곳이나 놓을 수 있고 에어로솔과 공존하거나 혼합 상태의 구성을 가질 수 있다. 두 번째 중요 개선 내용은 위에서 언급한 HITRAN96 분광 데이터베이스에 기초한 밴드모델을 사용했다는 점이다.

## 3. MODTRAN 입력 데이터

본 연구에서는 기본적으로 2000년 1월, 4월, 7월, 10월의 태양 입사각, 궤도 조건 등에 대해 MODTRAN 모델 계산을 수행했고 이 4달의 총복사량 평균값을 연평균 값으로 가정했다. 본 논문에서는 모델 계산에 사용된 모든 입력 파라미터에 대한 언급을 피하고 주요 파라미터에 대해 기술하고자 한다. 1월, 4월, 7월, 10월의 경우에 대해 대기모델은 mid-latitude winter, US standard atmosphere, mid-latitude summer, US

standard atmosphere 가 각각 가정되었다. 지구표면 알비도는 0.135 로 NASA ERBE (Barkstrom, 1984) 관측치의 1985 년 4 월, 7 월, 10 월, 1986 년 1 월의 맑은 날의 알비도에 대한 전구 평균값에 해당하며 한반도의 맑은 날 알비도 (10 ~ 14%)값과 유사하다. 에어로솔 소광계수는 tropospheric & background stratospheric extinction 이 각각 사용되었으며 지표 표고는 대전지방 값인 0.1 km 가 사용되었다. 다목적실용위성 2 호의 임우고도인 685.13 km 를 가정하고 위 4 달의 각각 중심 일에 대해 계산하였다. 각 달에 대한 태양천정각은 Satellite Tool Kit 에서 유도된 값을 사용하였다. 계산에 사용된 스펙트럼 대역은 0.4 ~ 0.9  $\mu\text{m}$  이다.

#### 4. 결과 및 토의

그림 1 에 4 계절에 대해 MODTRAN 을 이용해 계산된 MSC 총복사량이 나타나 있다. 총복사량은 MODTRAN 에서 계산된 total radiance 로 atmospheric radiance, path scattered radiance, ground reflected radiance 의 합이다. 계절에 상관없이 보여지는 공통적인 특징은 가시광선 파장대역에서 근적외선 파장대역으로 옮겨갈수록 총복사량이 점차 감소하고 있다는 점이다. 이 특징은 단파장 영역에 대한 흡수 특성 및 일차반사율과 일치한다. 계절간 차이는 태양천정각의 차이에 기인하며 예상대로 태양천정각이 작은 하절기의 총복사량이 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 이 4 달의 총복사량을 평균하여 연평균 값으로 하고 이를 MSC 계약서 값과 비교한 결과가 그림 2 에 있다. 두 값의 차이가 MSC 관측 파장대역 (450 ~ 900 nm) 전반에 걸쳐 상당한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 근적외선 영역에서는 크게 4 배 정도의 차이도 보이고 있다. MSC 계약서 값이 물리적 특성과 연관되지 못하는 잘못된 값을 추론할 수 있다.

위 결과에 대해 좀더 이해를 돕기 위해 사막과 구름 표면으로부터 반사/입사 되는 경우를 추가로 모의실험 하였다. 사막 (SALB=0.3)과 구름 (SALB=0.6) 경우의 실험에는 10 월 15 일 경우의 결과가 연평균 결과와 유사하기 때문에 10 월 15 일 조건들이 사용되었다. 그림 3 의 결과에서 보듯이 가시광 영역에서는 MSC 계약서 값이 사막의 경우 값보다 작고 근적외선 영역에서는 MSC 계약서 값이 파장이 증가함에 따라 점차 커져 구름 경우의 값에 이르는 것을 알 수 있다. MSC 의 채널 MS3 와 MS4 가 이처럼 밝은 지상 목표물을 기준으로 설계되면 사막이나 구름보다 알비도가 낮은 일반 육상 관측물들은 해당 영상에서 일반적으로 어둡게 나타날 것으로 예측된다. 유사한 영향은 panchromatic 밴드 (500 ~ 900 nm) 영상에도 나타날 것으로 판단된다.

끝으로 그림 4 에 MSC 계약서의 포화 (saturation)값과 사막과 구름 경우의 계산 값을 비교해 보았다. 포화 값이 비교적 높게 설정되어 밝은 지역 영상에 대한 포화문제는 심각하지 않을 것으로 추정된다.

#### 5. 결론

본 연구 목적은 다목적실용위성 2 호에 탑재될 MSC 의 관측 파장대역 (450 ~ 900 nm)으로 관측될 총복사량을 MODTRAN 모델을 이용해 계산하여 이들 결과와 MSC 계약서에 명시되어 있는 값들과 비교 검토 함으로써 그 타당성을 검증하는데 있다. 각 계절의 대표 달로써 1 월, 4 월, 7 월과 10 월 경우에 대해 모델 계산을 하고 이들 결과의 총복사량을 평균한 연평균 값과 MSC 계약서 값과 비교해 보았다. MSC 계약서 값은 맑은 날 흡수 특성을 가정해 지구표면으로부터 얻을 수 있는 총복사량의 패턴과 다르며

파장대역 대부분에서 그 값이 상당히 크게 설정되었음을 알 수 있었다. 현재의 MSC 계약서 값으로 센서가 설계될 경우, 향후 획득될 영상은 비교적 어두운 영상이 될 것으로 추정되며 전자 게인 조정을 포함한 대책이 검토되고 수립되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

Kneizys, F.X., E.P. Shettle, L.W. Abreu, J.H. Chetwynd, G.P. Anderson, W.O. Gallery, J.E.A. Selby, S.A. Clough, Users guide to LOWTRAN 7, AFGL-TR-88-0177, Hanscom AFB, MA, 1988.

Barkstrom, B.R., The Earth Radiation Budget Experiment (ERBE), Bull. Amer. Meteor. Soc. 65, 1170-85, 1984.

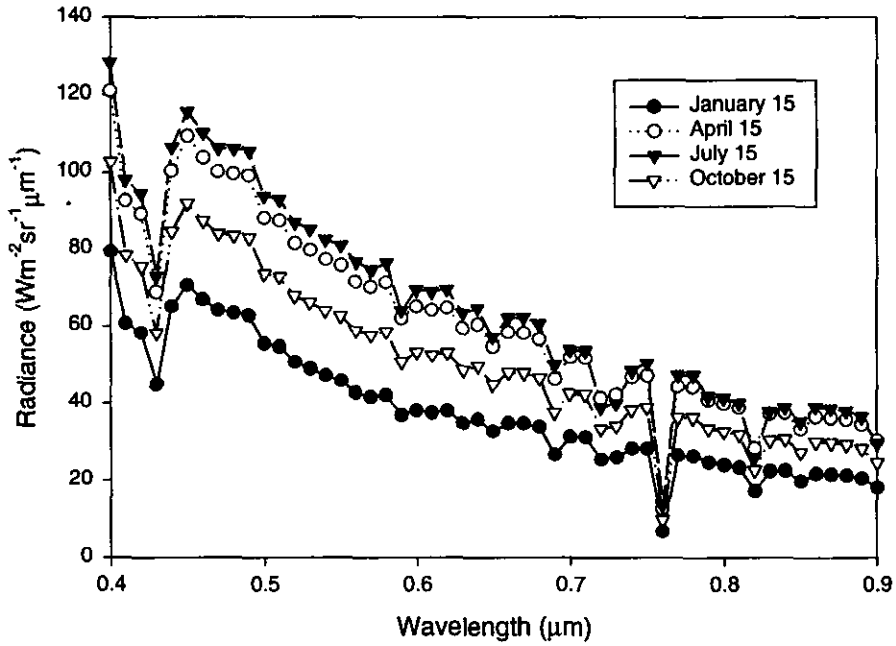


그림 1. MODTRAN 를 이용해 계산된 계절별 MSC 총복사량

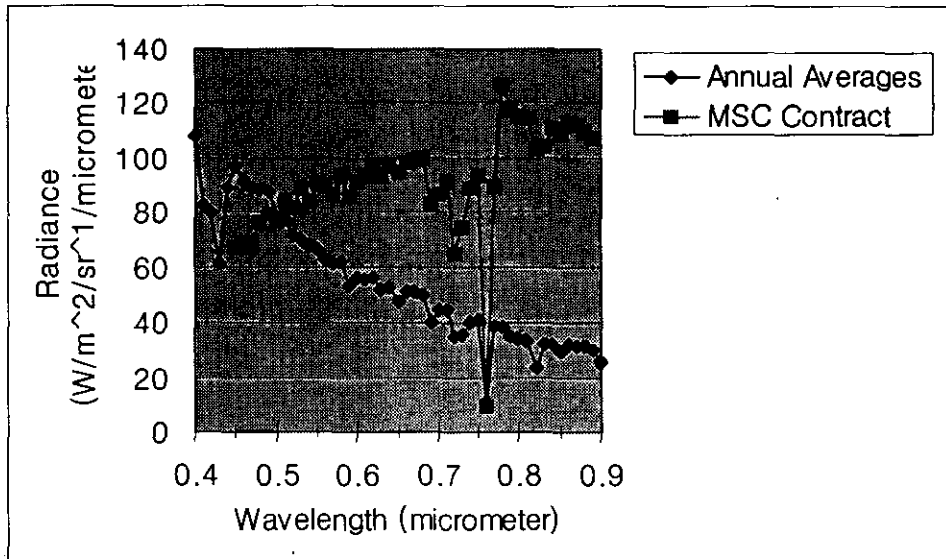


그림 2. 총복사량의 모델계산 연평균 값과 MSC 계약서 값과의 비교

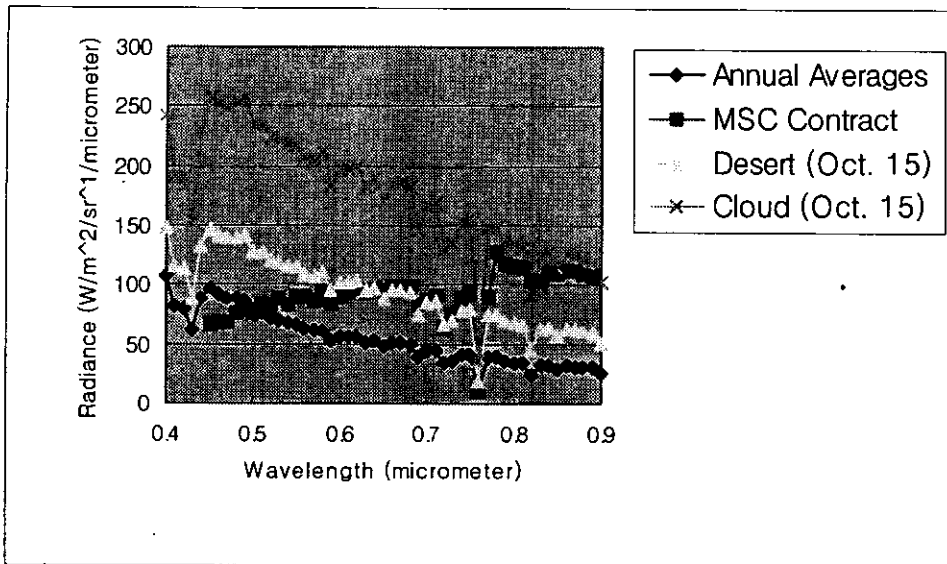


그림 3. 사막과 구름 표면에 대한 MSC 총복사량

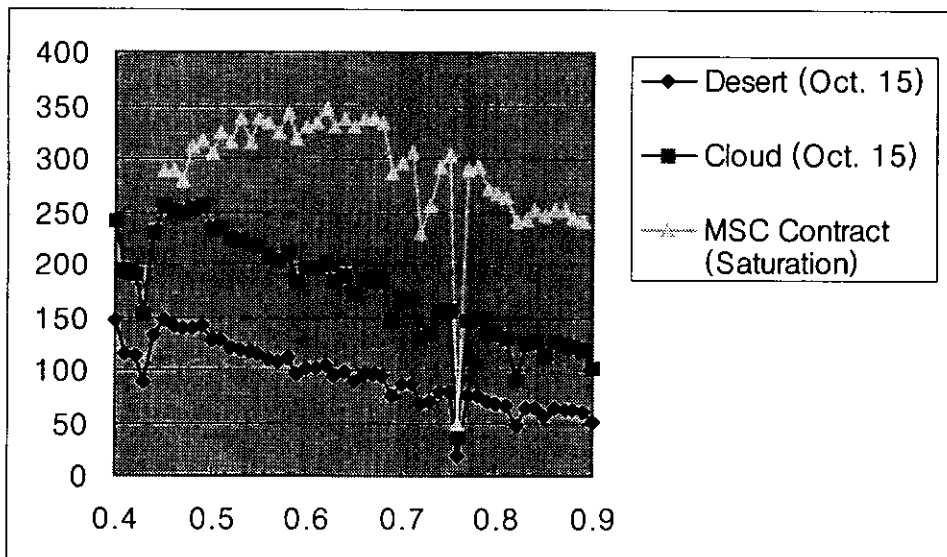


그림 4. 모델계산 (사막, 구름) 값과 MSC 계약서 포화 값과의 비교