

# Ocean Scanning Mutispectral Imager (OSMI) 태양광 보정계의 발사후 최초 측정에 대한 분석

조 영 민

우305-600 대전시 유성우체국 사서함 113호  
한국항공우주연구소 위성응용연구그룹  
ymcho@kari.re.kr

Ocean Scanning Multi-spectral Imager (OSMI)는 다목적 실용위성 (KOMPSAT) 1호기 아리랑위성에 탑재되어 1999년 12월 21일 발사된 해양 관측 기기이다. OSMI는 발사후 3년 이상 생물학적 해양지리학 연구를 위해 전세계 바다색을 관측하는 임무를 수행할 것이다.

OSMI는 센서 성능의 궤도상 보정을 위해 태양광 보정과 암흑 보정을 수행한다. 태양광 보정은 궤도상에서 장기간에 걸친 해양 결상계의 노화에 따른 성능 변화 감지 및 보정에 있다. 발사 직후의 초기 태양광 보정 측정 자료는 추후 성능 변화 감지에 대한 기준이 될 뿐만 아니라 발사 직후 OSMI 센서 성능 파악 및 점검에도 사용될 수 있으므로 매우 중요하다.

태양광 보정의 구조 및 광학적 특성을 분석하고 OSMI 주요 관측과 장대역별로 태양광 보정계의 출력신호량을 예측하였다. 초기 운영 기간 동안 얻은 OSMI 태양광 보정계의 발사후 최초 측정 자료를 분석하고 발사전 예측 성능과 비교하였다. 이 연구는 OSMI 센서 보정 및 영상 품질 이해에 유용할 것이다.

## 1. 서 론

다목적 실용위성(KOMPSAT) 1호 아리랑 위성(KOrean Multi-Purpose SATellite : KOMPSAT)은 지도제작, 해양관측, 과학실험에 활용할 지구저궤도용 실용위성으로서 고해상도 전자광학 카메라(Electro-Optical Camera: EOC), 해양관측카메라 (Ocean Scanning Multispectral Imager: OSMI), 과학실험 탑재체(Space Physics Sensor, SPS)를 탑재한다. 다목적 실용위성 1 호기는 무게 약 500 kg의 위성으로 고도 685 km의 태양동기궤도에서 궤도주기 98분을 갖는다. 본 위성은 1999년 12월 21일 발사 성공하였으며 앞으로 최소 3 년의 궤도 수명을 갖는다.

OSMI의 임무는 생물학적 해양지리학 연구를 위한 전세계 바다색 관측이다(Cho, et al., 1988; Cho, 1999). OSMI는 다중 분광 촬영기기로서 whisk-broom 주사 방식을 사용

하여 지상관측폭 800Km이내에서 지상해상도 1Km이하를 갖는 6 가지 색의 바다 표면 영상을 만들어낸다. OSMI는 3년의 수명 동안 20%의 궤도 운영 duty cycle을 갖으며 궤도 운영 중 영상 자료의 gain/offset 조정이 가능하고 영상자료 저장 기능이 내장되도록 설계되었다.

다목적 실용위성 (KOMPSAT) 1호기에 탑재되는 해양관측카메라 Ocean Scanning Multi-spectral Imager (OSMI)는 해양 결상계의 노화에 따른 성능 변화 감지 및 보정을 위해 태양광 보정을 궤도운영중 수행한다. 태양광 보정의 구조 및 광학적 특성을 분석하고 OSMI 주요 관측파장대역별로 태양광 보정계의 출력신호량을 예측하였다. 초기 운영 기간 동안 얻은 OSMI 태양광 보정계의 발사후 최초 측정 자료를 분석하고 발사전 예측 성능과 비교하였다.

## 2. 관측 파장 대역

궤도운영중 지상명령을 통해 400nm에서 900nm까지 파장범위내에서 6개 관측파장대역을 수시로 선정할 수 있어서 해양관측 임무 수행에 있어서 큰 유연성을 갖고 있다. OSMI의 실제 사용될 파장대역은 중심 파장이 412, 443, 490, 510, 555, 670, 765 그리고 865 nm 인 8개 주 관측파장대역 중에서 6개가 선정될 예정이다(표 1). 짧은 파장 쪽의 5개 대역(B0부터 B4까지)은 해양의 색을 관측하기 위한 것이고 나머지 3개 대역(B5, BX, B6)은 대기 보정을 위한 것이다.

표 1. OSMI 해양관측 주요 파장대역 (실제 궤도 운영시 다음 8개중 6개 선정)

관측파장대역	B0	B1	B2	B3	B4	B5	BX	B6
중심 파장(nm)	412	443	490	510	555	670	765	865
파장대역폭(nm)	20	20	20	20	20	20	40	40
해양관측요소	용해 유기물	엽록소 농도	Pigment 농도	엽록소 탁도	탁도	대기영향 보정	대기영향 보정	대기영향 보정

## 3. 태양광 보정 구조 및 운영 개념

OSMI는 궤도운영중 센서 보정을 수행한다. 즉, 암흑보정과 태양광보정의 두 보정이 궤도운영중 OSMI 영상 복사 보정에 사용된다. 암흑보정은 해양 영상 촬영 및 태양광 보정 전후에 한 번씩 실시하며, OSMI가 해양관측 자세를 그대로 유지하면서 태양광을 이용하기 위해 태양광 보정은 위성궤도의 북극점 근처에서 실시하며 매 위성궤도마다 1번씩 수행할 예정이다. 태양은 비교적 안정적인 복사 스펙트럼 광원이며 공간적으로 매우 균일한 조명을 제공한다.

OSMI 태양광 보정은 태양광을 감쇠시키는 태양광 입사창을 통과한 태양광이

태양광 보정실 내부의 산란판에 의해 산란되어 주사반사경을 거쳐 결상 렌즈계로 입사함으로써 수행된다(그림 1). 산란판은 Labsphere 사(미국)의 우주급 Spectralon을 사용하여 만들었다. 궤도상의 위성 위치에 따라 태양광선의 태양광 보정창 입사각  $\alpha$ 가 달라지고 궤도면의 세차 운동에 의해 태양광 입사각  $\beta$ 가 변하게 된다 (그림 2).

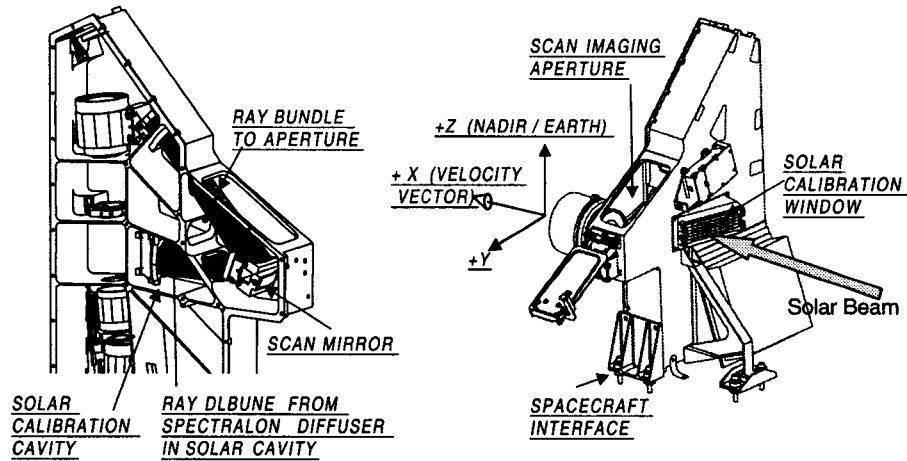


그림 1. OSMI 태양광 보정계의 구조

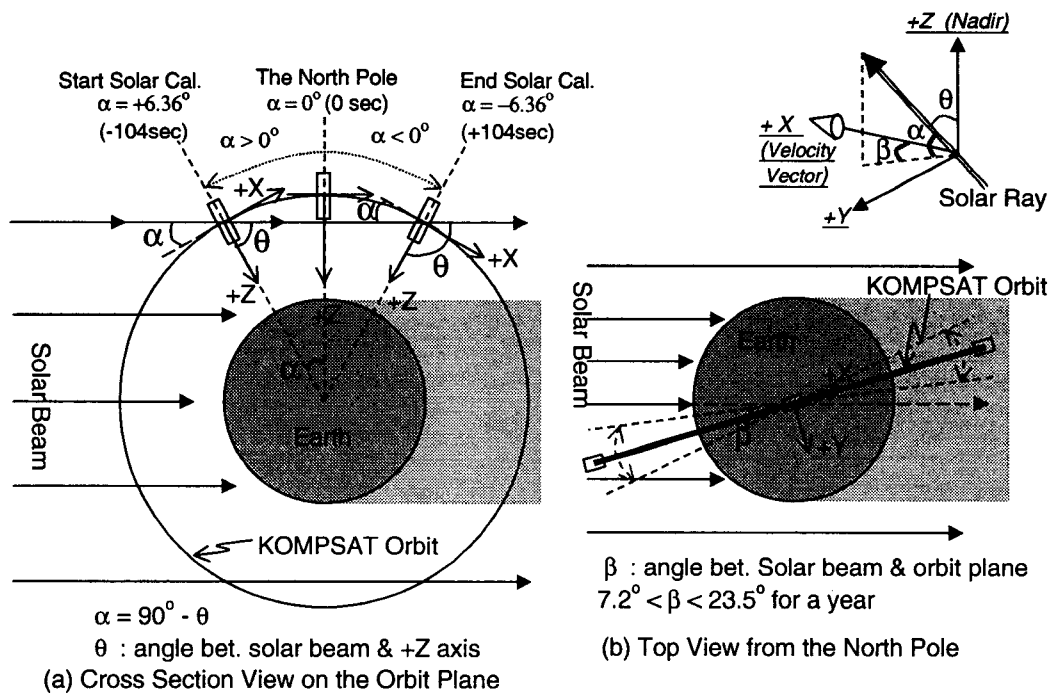


그림 2. OSMI 태양광 보정의 운영 개념

#### 4. 태양광 보정계의 복사응답 모델

태양광 보정계의 출력신호( $S_s$ )는 태양광 보정의 Input Radiance( $R_s$ )에 대해 식(1)과 같은 선형 모델로 표현될 수 있다.

$$S_s - S_d = g_1 \cdot R_s + g_0 \quad (1)$$

여기서  $S_d$ 는 암흑보정 출력신호이고,

$g_1$ 와  $g_0$ 은 발사전 실험실에서 측정된 해양관측 결상계의 선형 복사응답 계수 [counts/(W/m<sup>2</sup>/Sr/mm)]이다(Frink, 1998).

태양광 보정의 Input Radiance( $R_s$ )는 식(2)와 같이 수식화시킬 수 있다.

$$R_s(\lambda, \alpha, \beta, t) \cong I_s(\lambda, t) T_{sw}(\alpha) BRDF(t) \cos(\alpha) \cos(65^\circ - \beta) \quad (2)$$

여기서  $I_s(\lambda, t)$ 는 태양광 보정창에 입사하는 태양광 조도(irradiance)이고,

$T_{sw}(\alpha)$ 는 태양광 보정창의 광투과율이고,

$BRDF(t)$ 는 Spectralon의 Bidirectional Reflectance Distribution Function이다.

태양광 보정창에 입사하는 태양광 조도(irradiance)의 대표 값으로는 태양-지구 평균 거리의 태양 조도에 대해 각 파장대역폭 내에서 파장별 OSMI 분광응답을 가중치로 하여 구한 유효 태양광 조도 값을 사용할 수 있다(표 2). OSMI는 위성 진행 방향으로 놓인 96개 화소들이 동시에 진행방향의 좌우  $\pm 30^\circ$  범위로 해양표면을 훑으면서 관측폭 800km의 영상을 만들어 내는데, 위성 진행 방향의 48개 화소는 (-) Field에, 그 반대 방향의 48개 화소는 (+) Field에 속한다.

표 2. OSMI 파장대역별 태양-지구 평균 거리 태양 조도  $I_m(\lambda)$  (Neckel & Labs, 1984)

관측파장대역	B0	B1	B2	B3	B4	B5	BX	B6
파장(nm)	412	443	490	510	555	670	765	865
태양 조도 $I_m(\lambda)$ [W/(m <sup>2</sup> μm)]	1713.9	1890.5	1947.3	1874.5	1860.8	1536.1	1227.0	980.9
(-) Field 유효 태양광 조도 $I_m(\lambda)$ [W/(m <sup>2</sup> μm)]	1702.6	1866.8	1949.0	1879.3	1861.4	1536.7	1227.1	980.6
(+) Field 유효 태양광 조도 $I_m(\lambda)$ [W/(m <sup>2</sup> μm)]	1702.6	1866.8	1949.0	1878.2	1861.3	1536.6	1227.0	980.6

태양광 보정계의 구조 설계(그림 3)에 대한 분석을 통해 태양광 보정창의 광투과율은 식(3)과 같은 근사식으로 표현할 수 있다.

$$T_{sw}(\alpha) \cong (0.042 - 0.383 \tan \alpha) / 0.192, \quad (3)$$

태양광 보정창은  $\alpha=0$  일때 최대 22%투과율을 허용한다.

태양광 보정계 Spectralon의 산란 반사율은 저궤도의 UV/VUV 복사 노출 100시간이후 파장 400nm에서 4% 미만, 900nm에서 1% 미만으로 감소한다. 이를 고려하여 3년간 OSMI의 태양광 총노출시간은 87시간 이내로 설계되었다. 따라서 대략적으로 1달 동안 OSMI의 산란 반사율은 파장 400nm에서 0.1%, 900nm에서 0.02% 정도로 감소한다.

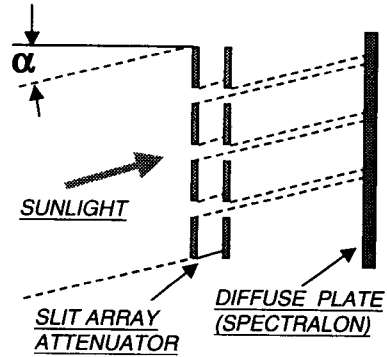


그림 3. 태양광 보정창의 태양광 투과

### 5. 태양광 보정의 발사후 최초 측정

발사후 최초 태양광보정 측정을 2000년 1월 3일에 파장대역 B0, B1, B2, B4, BX, B6에 대해 최소 복사 이득 상태로 북극 주위에서 5분동안 수행하였다. 태양광보정 전후의 암흑보정 측정치를 이용하여 영점 신호 보정을 마친후 태양광 보정 신호의 특성을 살펴보았다. 태양광 보정 신호의 시간적 변화는 식(3)의 태양광보정창 투과율의 입사각  $\alpha$ 에 따른 변화와 거의 일치하고 있으며, 6개 파장들에서 태양광보정 신호의 파장별 변화 또한 이론적 예측치에 매우 근접함을 알 수 있다(그림 4, 5).

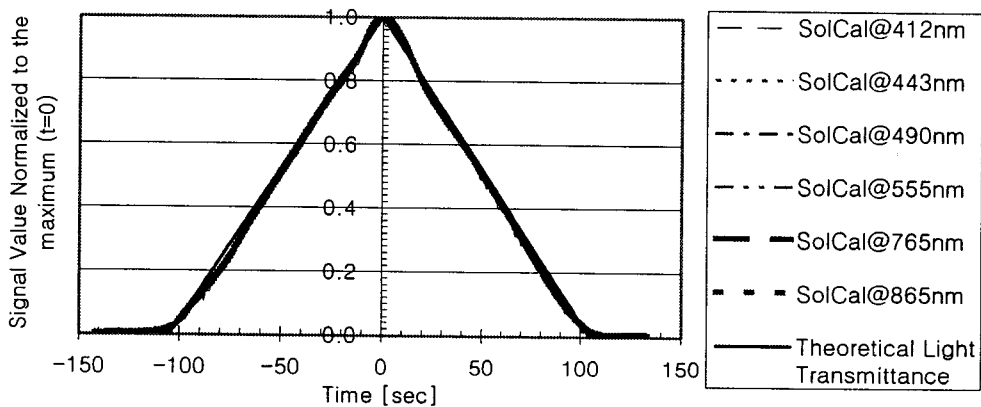


그림 4. 73번째 화소에서 태양광 보정 신호의 시간적 변화

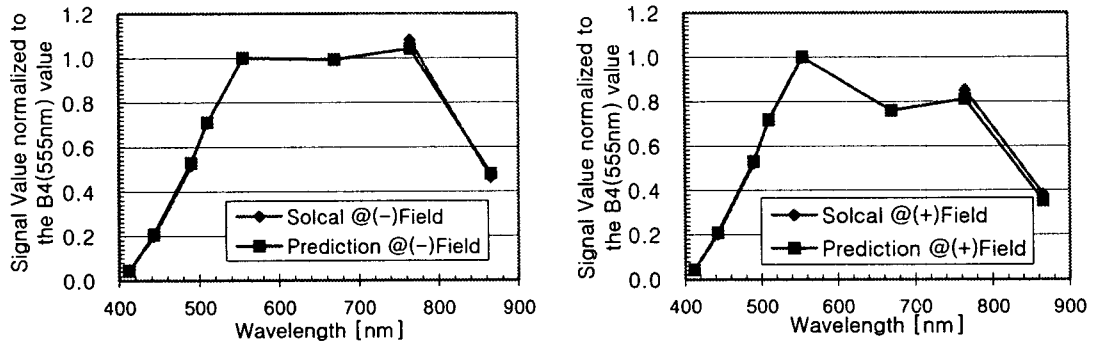


그림 5. 태양광 보정 신호의 파장별 변화((-)Field: 73번째 화소, (+)Field: 25번째 화소)

## 6. 결 론

OSMI를 탑재한 다목적실용위성 아리랑 1호가 1999년 12월21일 성공적으로 발사되었다. OSMI의 임무는 생물학적 해양지리학 연구를 위한 전세계 바다색 관측이다. OSMI의 해양 영상 촬영을 2000년 1월 16일 부터 시작하여 발사후 초기 성능확인을 위한 운영을 마치고 현재 정상적 해양관측 임무 운영을 시작할 예정이다.

OSMI 태양광보정 목적은 발사후 궤도 운영중 센서의 노화에 따른 성능 변화 감지 및 영상 보정에 있다. 태양광 보정의 구조 및 광학적 특성을 분석하고 OSMI 주요 관측파장 대역별로 태양광 보정계의 출력신호량을 예측하였다. 본 예측 결과는 위성 발사후 OSMI 성능 확인에 대한 기준이 되고 있으며, 태양광보정 의 발사후 최초 측정을 분석한 결과 예측치에 매우 근접하였다. 본 분석은 OSMI 센서보정 및 영상 품질 이해에 유용할 것이다.

## 참 고 문 헌

- Cho, Y. M., S.S. Yong, S.G. Lee, S. H. Woo, K.H. Oh, and H.Y. Paik, Ocean Scanning Multispectral Imager (OSMI), Proceedings of the Fifth International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, San Diego, California, USA, p. 1-459, October 5-7, 1998.
- Cho, Y. M., Ocean Scanning Multi-spectral Imager (OSMI) Prelaunch Radiometric Performance Analysis, Proceedings of International Symposium on Remote Sensing, Kangnung, Korea, p.390, November 3-5, 1999
- Frink, M., KOMPSAT LRC FM Instrument End Item Data Package, TRW, February 13, 1998.
- Neckel, H., and D. Labs, The solar radiation between 3300 and 12500Angstrom, Solar Physics, 90, 205-258, 1984.