

## 지구관측용 가시광선 및 적외선 위성센서의 검보정 연구 동향

진경욱\*, 주광혁\*\*, 양군호\*\*\*

## Research Trend of Calibration Methods on the Satellite Visible and Infrared Sensors

Kyoung-Wook Jin\*, Gwang-Hyeok Ju\*\*, Koon-Ho Yang\*\*\*

### ABSTRACT

The calibration methods of satellite visible and infrared sensors for earth observations are summarized in this paper. Commonly used instruments for the Earth observation and their calibration methods were briefly introduced. The optical sensors (visible and infrared) and the calibration of these instruments were focused. With the basic principles of the calibration methods, the instrument-level calibration, which are the essential calibration process for level 1 data generation, were presented.

### 초 록

이 논문에서는 지구관측용 가시광선 및 적외선 위성센서의 검보정 방법들을 소개하였다. 먼저 지구관측용으로 쓰이는 위성용 센서들에 대해 간단히 살펴보고, 이들의 검보정 방법들을 정리하였다. 위성센서 중 특히 가시광선 및 적외선 광학센서의 보정장치들을 예로 들어 이들 장치의 원리에 대해서 간략하게 설명함으로써 센서레벨에서 이루어지는 1차적인 보정원리에 중점을 두었다.

**Key Words** : Earth observation(지구관측), Visible (가시광선), Infrared (적외선), Sensor (센서), Calibration/Validation (검보정)

\* 진경욱, 한국항공우주연구원 위성연구본부 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀  
kwjin@kari.re.kr

\*\* 주광혁, 한국항공우주연구원 위성연구본부 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀  
ghju@kari.re.kr

\*\*\* 양군호, 한국항공우주연구원 위성연구본부 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀  
khyang@kari.re.kr

## 1. 서론

지구원격탐사에는 여러 종류의 광학센서나 마이크로파센서가 쓰이고 있다. 이러한 센서가 관측한 지구물리변수 (예, 수증기량, 구름, 강수강도, 바람 등)는 그 정보를 내포한 대푯값(복사량)으로 일차적으로 표현되게 된다. 따라서 센서가 관측한 복사량을 관심의 대상이 되는 지구물리변수(geophysical parameters)로 역변환 시켜주는 알고리즘이 필요하다. 이들 변수들과 센서가 측정된 복사량과의 관계를 물리적으로 연결시켜주는 효과적인 알고리즘을 개발하는 것은 매우 중요한 문제이다.

이들 물리변수 추정알고리즘(retrieval algorithm)은 크게 Level 1 알고리즘과 Level 2 알고리즘으로 구분 지워볼 수 있다. Level 1알고리즘은 위성 센서가 관측한 전기적 신호(raw data)를 각 digital number (count)값에 상응하는 복사량(radiance)값으로 전환시키는 알고리즘이며, Level 2 알고리즘은 이렇게 변환된 복사량 혹은 밝기온도(brightness temperature)값을 의미 있는 물리량으로 바꾸는 알고리즘이다.

관측된 복사량과 대응하는 물리량이 직접적으로 관련이 지워지는 경우 물리적 알고리즘(physically-based)의 개발이 가능하지만, 그렇지 않은 경우 (간접적으로 연결되는 경우) 통계적인 (흔히 회귀분석을 주로 이용함) 알고리즘을 적용하게 된다. 따라서 엄밀한 의미에서의 보정(calibration)은 Level 1 보정과 Level 2 보정으로 나누어 수행되어야 한다 [1]. 그리고 이러한 보정작업을 거쳐 나온 산출물인 Level 2 데이터의 품질을 가상의 표준값 (예, ground truth data)에 견주어 정확한 값인지를 판별하는 작업을 검증 (validation)이라 부른다.

이 논문에서는 Level 1 보정에 국한된 센서레벨에서의 보정과 이를 통해 정확한 Level 1 데이터를 얻는 보정방법들을 주로 다루기로 한다. 또한 여러 가지 위성에 쓰이는 탑재체들 중에서 지구관측용 위성에 장착되는 광학센서(가시광선 및 적외선 센서)들에 초점을 맞추어 이들 센서들에 대한 간단한

설명과 이를 보정하기 위한 방법들에 대해 기술하였다.[2]

## 2. 센서의 종류

### 2.1 광학계 센서

#### 가. 영상기 (imaging spectroradiometer)

광학계 영상기는 지구가 방출하는 에너지(적외선 영역)나 반사된 태양광에너지(가시광선영역)를 측정하는 라디오미터(radiometer)의 일종으로 영상기(imager)란 우주로부터의 지구관측영상을 사진과 같이 얻는다는 뜻을 내포하고 있다. 영상기(Imager)는 지구대기를 통과한 경로상(path-integrated)의 총 복사량을 하나의 상응하는 지구 물리량 (반사도 또는 복사량값으로 만든 level 2 데이터)으로 바꾸어 이값을 지구표면(위/경도)위의 격자(수km의 해상도)로 표현하게 된다.

대표적인 영상기로는 미국의 기상위성 GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) 시리즈에 장착된 영상기로 그림 1에 나타나 있다. 영상기를 구성하는 주요 부분은 전자박스(electronics), 전력공급기(power supply) 및 센서모듈로 이루어진다. 센서 모듈내의 주요 부품은 망원경(telescope), 스캐너셈블리와 디텍터이다. 정지위성궤도(지상으로부터 대략 36000km 고도)에서 전구(Full Disk)를 관측하기 위해서는 scan mirror를 남북 및 동서방향으로 이동시키며 스캔작업이 이루어지는데 두 축을 자유롭게 움직여주기 위해 GOES imager의 스캔미러는 짐발(gimbal)구조를 하고 있다.

GOES 영상기의 경우 약 41초 동안 3000km × 3000km의 영역을 스캔할 수 있다. 정지궤도 위성 영상기의 종류로는 GOES 영상기, MTSAT (Multifunctional Transport Satellites) 영상기, MSG (Meteosat Second Generation) SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) 등이 있고, 저궤도 위성의 대표적인 영상기로는 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)를 들 수 있다.

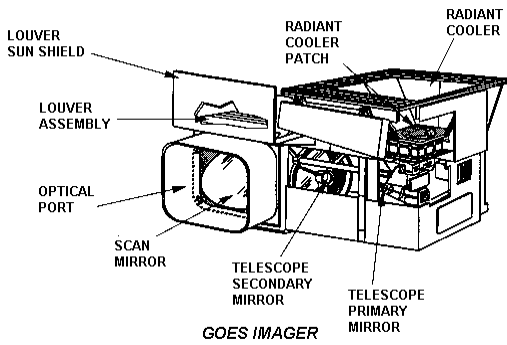


그림 1. GOES Imager

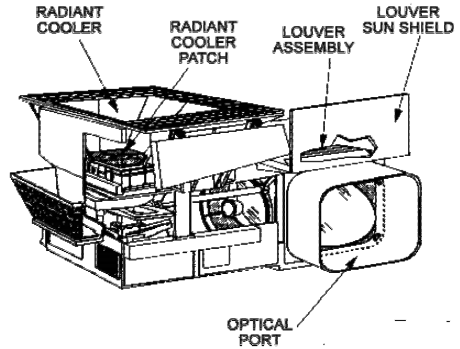


그림 2. GOES Sounder

#### 나. 탐측기(sounder or sounding radiometer)

영상기가 영상이미지획득에 목적을 둔 라디오미터라면, 탐측기(sounder)는 대기의 연직구조를 관측하기 위한 목적으로 이용되는 라디오미터이다. 탐측(sounding)의 의미는 라디오존데와 같이 풍선에 달려 수직으로 날아가면서 라디오파를 송신하고 이를 통해 지구대기의 연직구조를 나타내는 주요변수(온도, 기압, 습도)를 각 고도별로 측정하는 방식을 일컫는 말이다. 즉 탐측기는 지상용 주요관측 장비인 라디오존데를 대신하는 위성용 센서로 이해할 수 있다.

탐측기의 경우 시간 및 공간해상도 증가로 인해 그 관측량이 라디오존데에 비해 현저히 높다. 영상기와의 큰 차이점은 연직구조를 좀더 정확하게 파악하기 위해서 각 고도별로 반응도가 다른 채널들을 이용하여 각 채널들로 반응함수(고도의 함수로 표현된)를 세분화해서 나타내어야 하기 때문에 영상기에 비해 많은 수의 분광(spectral band)수가 필요하다.

GOES 영상기의 채널 수가 5개(가시광선1, 적외선4)임에 비해 GOES sounder(그림 2)의 경우 19채널(가시광선1, 장파적외선7, 중간파적외선5, 단파적외선6)을 가진다. 공간해상도(IGFOV)는 약 8.64km로 영상기(가시광선1km, 적외선4km)에 비해 떨어진다.

탐측기를 통해 관측되는 주요변수는 온도, 습도, 지표온도 및 운정온도 그리고 오존분포 등 고도별로 표현되어지는 파라미터들이다. 따라서 영상기와 탐측기를 동시에 운용하게 되면 거의 동일한 시공간내에서의 수평 및 수직적 구조를 함께 측정할 수 있는 장점을 가지게 된다.

#### 다. 분광기(Spectrometer)

분광기는 특정 전자기파스펙트럼의 영역을 세분한 빛(분광)을 분광분석(spectroscopic analysis)를 통해 특정물질을 감지하기 위한 센서이다. 대기관측의 경우 대기중에 포함된 특정기체들(이산화탄소, 오존, 이산화질소, 수증기 등)의 분포를 알아내기 위해 주로 이용된다. 일반적으로 분광기는 각 각의 특정파장에 대해서 해당 파장의 강도(intensity)변화를 분광선(spectral lines)을 통해 파악한다. 사용목적에 따라 gamma ray나 X-ray등 폭넓은 영역에 걸쳐 분광기를 만들 수 있다. 가시광선 영역에 한정된 분광기를 특히 spectrophotometry라고 부른다.

분광기에 쓰이는 감지기로써 초기에는 사진필름 등이 쓰였으나 현재는 전기적 감지기인 CCD(Charge Coupled Device)나 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)등이 주로 쓰인다. 분광해상도를 높이기 위해서는 관심의 대상이 되는 스펙트럼대를 좀더 세분하여 분광을 시키는 작업이 필요하다.

AQUA위성에 장착된 적외선 분광기센서인 AIRS(Atmospheric Infrared Sounder)의 경우 채널의 수가 2378개에 이른다. AIRS가 Sounder라는 명칭이 붙은 이유는 이 센서의 목적이 대기 sounding에 있다는 것을 나타낸다. 그리고 AURA위성에 장착되어 UV영역의 분광을 이용하여 오존관측에 주로 쓰이는 OMI(Ozone Monitoring Instrument) 센서도 분광기의 대표적인 예이다 [3]. 그림 3에 OMI 센서의 내부 구조 및 DM(Development Model)이 나타나 있다. OMI의 분광 채널 수는 780개에 이른다. 기타 분광기의 종류로는 mass spectrometer, uv spectrometer, uv-vis spectrometer, raman spectrometer 등이 있다.

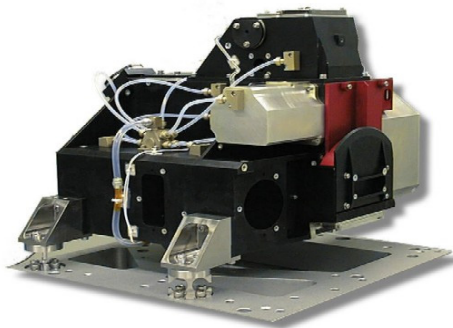
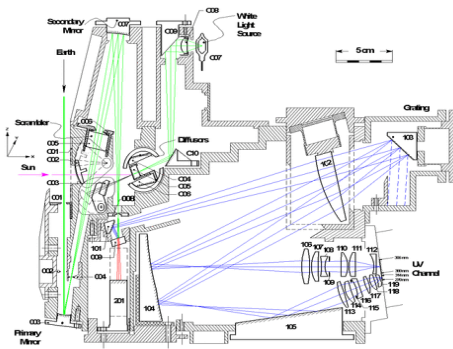


그림 3. OMI 센서의 내부구조(위쪽) 및 Optical bench DM(아래쪽), <http://www.knmi.nl/omi>

## 2.2 마이크로파 센서

### 가. 라디오미터(Radiometer)

대기 및 지표, 해수면에서 전자기파 형태로 방출하는 복사량을 측정하는 센서를 라디오미터라 부른다. 라디오미터라 함은 좁은 의미로 적외선영역을 감지하는 감지기를 일컫는 말이지만, 일반적으로 전자기파의 모든 스펙트럼을 포함하여 복사량을 측정한다. 특히 지구물리량의 정량적인 원격탐사 측정에는 마이크로파영역대의 라디오미터가 이용된다. 마이크로파 라디오미터는 서브밀리미터에서 센티미터 파장영역(1~1000GHz)의 복사량을 측정하는 복사계이다. 위성에 장착된 마이크로파라디오미터는 광학센서와는 달리 구름 및 강수를 직접 투과하는 마이크로파의 특성을 이용할 수 있는 장점을 지닌다.

라디오미터를 이용하여 측정하게 되는 복사량 혹은 밝기온도(brightness temperature)값을 통해 이 값에 영향을 준 대기의 요소들(산소분자, 수증기, 강수 및

빙정)의 흡수 및 산란의 영향을 정량적으로 추정하게(retrieval) 된다. 그리고 이 추정과정을 거쳐 (Retrieval 알고리즘을 통해) 해수염도, 토양수분, 대기 온도, 해양빙, 강수, 수증기 등 대기나 지표면의 특성을 파악하는 주요변수들이 측정되며, 이를 통해 기상, 해양 및 기후학 연구에 핵심적인 자료들이 산출된다.

저궤도 지구관측위성 (고도 700~800km)용으로 개발된 주요 마이크로파라디오미터에는 DMSP위성의 SSM/I(Special Sensor Microwave/Imager), TRMM위성의 TMI(TRMM Microwave Imager), Aqua 위성의 AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System)등이 있다. 이들 센서들에서 쓰인 주 파장대역은 6, 10, 19, 24, 37, 89GHz등이다.



그림 4. AMSR-E 라디오미터 <http://weather.msfc.nasa.gov/AMSR/>

### 나. 스캐터로미터(Scatterometer)

레이더의 일종인 스캐터로미터는 지구표면으로 마이크로파영역의 복사에너지를 펄스형태로 보내고 목표물(주로 해수면)로부터 반사되어 나오는 (back scatter) 에너지의 변화를 측정하는 센서이다. 위성용 스캐터로미터는 잔잔한 해수표면에서 반사되어 나오는 상대적으로 약한 시그널과, 강한 바람이 부는 해수면에서의 강한 시그널의 특성을 이용하여 해상의 풍속 및 풍향을 측정하는 데 주로 이용된다.

이렇게 측정된 해양풍 정보는 대기와 해양의 상호작용, 해양 순환 그리고 태풍을 모니터링 하는데 유용하게 쓰인다. 또한 스캐터로미터 데이터를 이용하여 식생 및 토양수분 극지방의 얼음 그리고 지구변화

연구에 활용할 수 있다. 우주 관측용 스펙트로미터는 지구 이외의 행성 및 주변 위성들의 관측에도 응용될 수 있다.

저궤도 지구관측위성에 쓰인 대표적인 스펙트로미터는 ERS-1(European Remote Sensing satellite -1) Scatterometer, ERS-2 Scatterometer, Quik SCAT(SeaWINDS scatterometer) 등이 있으며 주 채널은 Ku-band (14.6 or 13.4GHz)와 C-band (5.3GHz)이다.

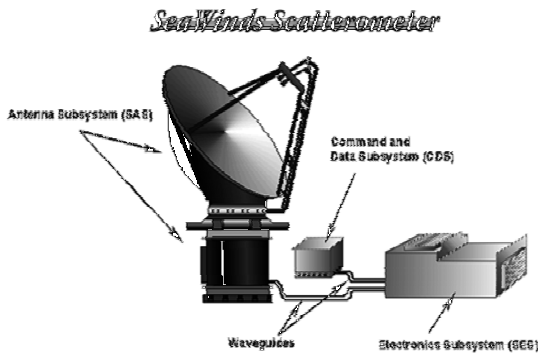


그림 5. QuikSCAT스캐터로미터, <http://winds.jpl.nasa.gov>

### 3. 센서의 검보정(Cal/Val)

#### 3.1 검보정의 정의

보정은 Level 0의 원시(native)측정치를 Level 1 또는 Level 2 산출물로 변환하는 과정에서의 Systematic Error들을 제거해주는 과정으로 간단하게 정의할 수 있다. 이에 반해 검정은 우리가 원격으로 측정하고자 하는 물리변수(일반적으로 Level 2 산출물)가 정확한 값으로 표현되었는지를, 표준으로 정의된 다른 독립적인 자료를 이용하여 평가하는 작업이다.

#### 가. 직접적인 방법

이상적인 기준(혹은 표준)이 되는 장치를 마련하고 센서와 함께 장착하여 이 기준을 바탕으로 센서들을 보정하는 방법이다.

#### 나. 간접적인 방법

##### ● Vicarious Method

기준이나 표준이 되는 장치가 없을 경우에 다른 대상 (calibration target)을 이용하여 간접적으로 센서를 보정해 주는 방법이다.

##### ● Inter-calibration

보정을 하려는 센서와 거의 유사한 기능을 가지고 있으면서 다른 위성에 장착되어 있는 센서들과의 값들을 상호 비교하여 보정하는 방법이다.

#### 다. 가시광선센서의 보정

가시광선센서는 입사하는 태양빛의 반사도 (reflectivity)를 정확하게 표현하는 것이 보정의 핵심이다. 이를 보정하기 위해 직접적인 보정방법으로 쓰이는 장치로 Integrating Sphere(IS)와 Solar diffuser를 들 수 있다. IS는 위성이 발사되기 이전에 지상에서 탐재체를 보정하기 위한 목적으로 쓰인다. 이에 반해 Solar diffuser는 센서와 함께 부착되어 위성이 운용되는 동안 지속적으로 센서의 보정을 담당하게 된다.

#### 라. 적외선센서의 보정

전자기파의 스펙트럼 중에서 적외선영역은 지구가 태양으로부터 받은 에너지를 방출하는 복사스펙트럼을 차지하는 영역이다. 따라서 적외선을 이용한 원격 탐사용 센서는 지구로부터 방출하는 thermal 에너지를 측정한다는 의미로 흔히 열센서라 부른다. 적외선 센서의 직접적인 보정에는 흑체복사체 (blackbody calibration target)가 쓰인다.

### 3.2 검보정의 방법

#### 가. Integrating Sphere (IS)

그림 6은 위성이 발사되기 전 지상에서 위성탐재용 광학센서의 보정을 위해 쓰이는 IS의 간단한 원리를 보여주고 있다. IS를 통해 산란반사(lambertian) 및 거울반사(specular)를 측정하여 샘플반사도를

구하고 이를 토대로 센서를 보정하게 된다. 내부 구면은 입사된 빛이 온 구면에 대해 반사를 아주 효과적으로 일으키도록 디자인되어 있다.

Integrating Sphere는 용어 그대로 이 장치가, 입사한 광속(light flux)을 공간적으로 모두 적분하는 (전 구면에 대해 산란한 빛이 마지막으로 디텍터로 모아지므로) 의미를 담고 있다. 그림 6을 보면 입사한 각이 샘플로부터 반사되어 디텍터로 모아지게 됨을 알 수 있다. IS의 내부 면은 아주 반사도가 높은 표면으로 처리되어 이상적인 Lambertian scatter (표면에 입사한 빛이 고르게 모든 방향으로 산란되고, 산란되는 빛의 강도는 반사각의 코사인에 비례함)가 되도록 디자인되어 있다. 감지기(detector)가 샘플의 LOS(line of sight)에 위치하지 않은 것은 디텍션이 방향성에 의존하지 않게(isotropic) 하기 위함이며, IS 내부에 설치된 baffle은 샘플로부터 1차 반사된 성분을 막는 역할을 한다.

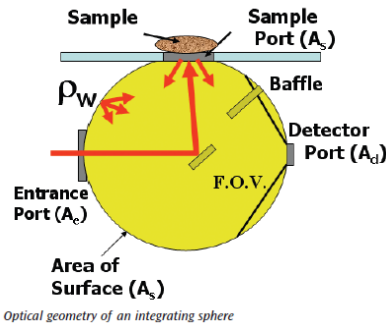


그림 6. Integrating Sphere의 구조 (www.piketech.com)

나. Solar Diffuser

Solar diffuser는 위성용 가시광선채널의 절대복사 보정을 위해 쓰이는 장치이다. Solar diffuser는 안정적인 태양광을 스스로 이용하여 가시광선센서의 성능 감퇴(degradation)를 모니터링 하는 장치이다.

Diffuser로 유입되는 태양복사의 각과 표면에서 반사되는 반사각 특성을 토대로 diffuser의 복사량을 측정하고, 이 관측치와 가시광선센서의 복사량을 서로 비교하게 된다. 그림 7의 Diffuser의 표면은 IS와 마찬가지로 거의 Lambertian 반사프로파일을 만들 수 있도록 spectralon이라는 물질을 이용해서 만든다. Spectralon의 경우 0.4~1.5μm의 파장 대에 대해

99%이상의 반사도를 가진다.

Solar diffuser는 가시광선센서의 절대보정을 담당하는 중요한 장치이므로 임무수행기간동안 diffuser 자체의 안정성 여부도 모니터링 하여야 한다. MODIS 센서의 경우 SDSM(Solar Diffuser Stability Monitor)라는 장치로 solar diffuser 반사도의 변화를 측정하게 된다. 두개의 diffuser(working and secondary diffusers)를 장착 하여 diffuser의 상대적인 반사특성 변화를 모니터링 하면서 성능저하를 추정하는 방법도 있다.



그림 7. MODIS solar diffuser

다. Black Body Calibration Target

적외선 센서의 on-board보정으로 blackbody target (그림 8)이 쓰인다. Blackbody는 100% 에너지를 흡수하고 방출하는 이상적인 물체를 가정한 것인데 보정에 쓰이는 blackbody target의 방출률(emissivity)은 0.999에 가깝도록 디자인 되어 있다.

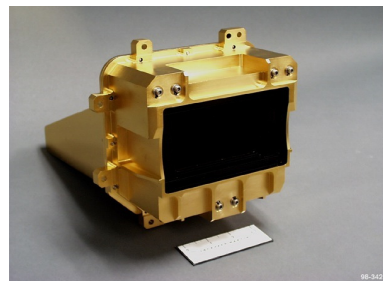


그림 8. AIRS On-board blackbody calibrator

$$R=qX^2+mX+b \text{ (식 1)}$$

$$m=[R_{bb}-q(X_{bb}^2-X_{sp}^2)]/(X_{bb}-X_{sp}) \text{ (식 2)}$$

R=Radiance (W/m<sup>2</sup>.sr.μm),

X=digital counts

q=a priori (determined before launch)

m=slope (gain)



$b$  = intercept (offset)

$X_{bb}$  = digital counts at black body look

$X_{sp}$  = digital counts at space look

위의 식1과 식2에서 보면 적외선센서의 중요 파라미터인 gain값인  $m$ 을 결정하기 위해서는 두 개의 기준 값인 Space look ( $X_{sp}$ ) 과 black body target ( $X_{bb}$ )이 필요하다. 즉 cosmic back ground (~2.7K)의 배경 값인 space view는 cold calibration reference를, black body target은 warm calibration reference를 제공해 준다. On-board calibration target 인 black body target은 발사 이전 지상에서 다른 표준이 되는 기준 값에 대해서 보정과정을 미리 거친다.

#### 라. Vicarious Calibration (VC)

Vicarious calibration은 위성용 센서의 보정장치가 탑재되어 있지 않은 경우, 지구 혹은 다른 천체를 표적으로 삼아 간접적으로 센서를 보정해 주는 방법을 일컫는다. 이상적인 VC의 보정 타겟은 시간에 대해 거의 변화가 없는 안정적인 표적이어야 한다. 이러한 표적으로서는 달, 태양, 별 그리고 지구에 대해서는 사막이나, 극지방의 넓은 얼음층, 발달하여 두껍게 형성된 구름층 등이 VC 표적으로 이용된다 (그림 9).

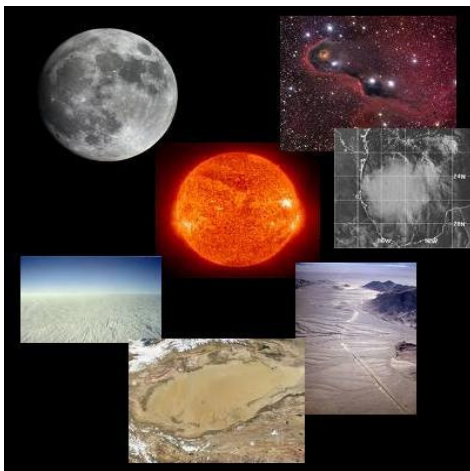


그림 9. Vicarious Calibration Targets  
(<http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/calibration/icvs/GSICS/vicariousCal.php>)

VC를 위해서는 복사전달모델(radiative transfer model)을 이용하여 기준으로 삼은 표적의 조건하에서 대기상층에서 센서가 관측하는 복사량을 계산하고, 이 계산값(모델 추정치)과 실제 센서가 관측한 복사량을 비교하여 보정을 하게 된다.

#### ● ROLO Model

달을 이용하여 센서의 절대보정을 해주는 vicarious calibration 방법 중 ROLO model [4]을 소개하면 다음과 같다. ROLO 모델(<http://www.moon-cal.org>)은 USGS lunar calibration program의 일환으로 ROLO Robotic Lunar Observatory에서 망원경 (그림 10)을 이용하여, 오랜 기간(4년 이상) 맑은 날 관측된 달 영상이미지 (달 표면의 반사도 값은 오랜 기간에 걸쳐 변하지 않고 아주 안정적임)를 획득하여 데이터베이스를 구축하고, 전체 달 구면에 대해 적분한 (disk-equivalent irradiance) 관측 자료들을 fitting을 하여 경험식으로 유도해낸 모델이다.

ROLO모델은 달 관측이 가능한 다양한 위성센서에 편리하게 적용할 수 있는 장점이 있으며 [5]. COMS MI 영상기의 가시광선채널의 보정법으로도 쓰일 예정이다.

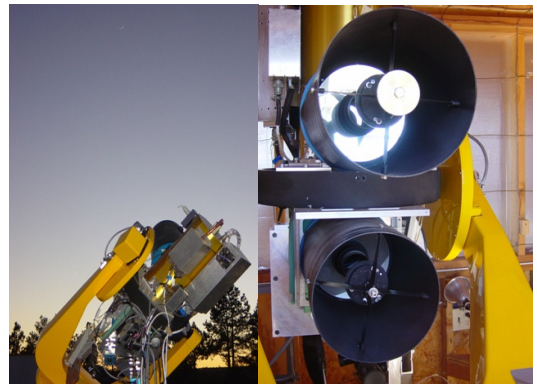


그림 10. ROLO ground-based Robotic Lunar Observatory에 설치된 twin telescope (20 cm diameter Ritchey-Chretien Cassegrain optical design) 의 모습. 위 단파적외(SWIR) 카메라, 아래 가시 및 근적외(VNIR) 카메라

#### 마. Inter-calibration

센서를 보정하기 위해 직접적인 보정장치를 쓰지 않고 보정을 하게 되는 간접적인 방법 중에 Inter-calibration이 있다. 이는 비슷한 기능과 성능을 가진

센서들의 관측 값을 상호 비교하여 센서를 보정하는 방법이다 [6][7]. 이 방법을 쓰기 위해서는 비교하게 되는 센서(기준센서)가 기본적으로 잘 보정이 되어 있어야 한다. 따라서 보정장치가 함께 탑재된 센서들, 예를 들어 TRMM위성의 VIRS(Visible Infrared Imaging Spectroradiometer Suite), AQUA위성의 MODIS등을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 inter-calibration은 개별 위성센서의 보정에도 의미가 있지만, 운영 중인 여러 개의 위성센서들을 상호 비교함으로써 다양한 위성센서들의 데이터(상호 보정된)들을 이용하게 되고, 이들 자료의 활용에 신뢰도를 높일 수 있게 한다.

위성센서들의 상호보정에 대한 국제적인 협력체로써 구성된 것이 GSICS(Global Space-based Inter-Calibration System)이다. GSICS community에 참여한 단체들은 CMA,CNES,EUMESAT,JMA,KMA,NASA,NOAA,NIST,WMO 등이 있다. 상호 보정의 대상들은 GEO-LEO Inter-Calibration, LEO-LEO Intercalibration, GEO Vicarious Calibration, LEO Vicarious Calibration 등이며, 광학센서 뿐만 아니라 마이크로파 센서들을 포함한 활용 가능한 거의 모든 센서들의 상호 보정을 목표로 하고 있다.

GEO-LEO Intercalibration의 대상이 되는 정지 궤도 위성용 가시광선 영상기는 COMS MI, FY-2C/2D IVISSR, GOES-10,11,12,13 imager, METEOSAT-7, 9, MTSAT-1R, 2 이며 이와는 상호보정을 위한 저궤도위성용 가시광선센서는 AQUA AIRS 및 Metop IASI(Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) 등이다. LEO-LEO Intercalibration을 위한 저궤도용 가시광선 및 적외선 센서로는 NOAA위성의 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)센서와 AQUA MODIS등이 있다.

## 4. 결론

이상에서 지구관측용 위성센서들에 대해 간단히 살펴보고, 기본적인 검보정 방법들을 정리해 보았다. 위성센서 중에서도 가시광선 및 적외선 광학센서의 보정장치에 초점을 두어 센서레벨에서 이루어지는

1차적인 보정원리에 대한 기초적인 조사를 하였다. 정확하고 신뢰도가 높은 위성데이터를 생산하기 위해서는 1차 보정작업 이후 다음단계인 Level 2 데이터를 얻는 2차 보정작업과, 최종적인 검정작업이 잘 이루어져야 한다. 따라서 센서레벨에서 이루어지는 보정작업은 모든 과정의 처음단계라는 점에서 더욱 중요한 의미를 가진다.

## 참고문헌

1. Butler J. J., Barnes R. A., "Calibration strategy for the Earth Observing System (EOS)-AM1 platform", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 36, issue 4, 1998, pp. 1056-1061
2. Barnes Robert A., Barnes William L., Lyu Cheng-Hsuan, Gales Joel M., "An Overview of the Visible and Infrared Scanner Radiometric Calibration Algorithm", Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, vol. 17, issue 4, 2000, pp. 395-405
3. Levelt P. F. et al., "The Ozone Monitoring Instrument", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no.5, 2006, pp.1093 -1101
4. Buratti B. J., Staid M., Pieters C. M., Hicks M. D., Stone T. S., "A Wavelength Dependent Visible and Infrared Spectrophotometric Model for the Moon Based on ROLO Data", 39th Lunar and Planetary Science Conference, 2008
5. Grant I. F., Kieffer H. H., Stone T. C., Anderson J. M., "Lunar calibration of the GMS-5 visible band", Proceedings of the International Geophysics and Remote Sensing Symposium, Vol 4, 2001, pp. 2769-2771
6. Nguyen L., Doelling David R., Minnis P., Ayers J. K., "Rapid Technique to Cross-calibrate Satellite Imager Visible Channels", Proceedings of the SPIE, vol. 5542, 2004, pp. 227-235
7. Nguyen L., Minnis P., Ayers J. K., Doelling D. R., Smith W. L., Dong X., "Intercalibration of Meteorological Satellite Imagers Using AVHRR, VIRS, ATSR-2, and MODIS", American Geophysical Union Spring Meeting, 2001