

## 일본의 광학탑재체(지상/해양 관측용) 개발 경향

명환춘\*

## Development Trend of Japanese Optical Payloads

Hwan-chun Myung\*

### ABSTRACT

In 2014, Japan is scheduled to launch GCOM(Global Change Observation Mission)-C for the global change observation mission, where SGLI(Second-generation Global Imager) is planned for optical multi-channel observation of a radiation budget and a carbon cycle. Depending on the spectral channels, SGLI consists of SGLI-VNR(Visible Near IR) and SGLI-IRS(IR Scanning). Their main design schemes are mostly based upon those of the previous instruments ever developed in Japan, which is intended to reduce the development risk for the advanced performance. Accordingly, for the better understanding of SGLI, the paper reviews the history of the Japanese optical payloads from two different views: VNR and IR. Through the review, a comparison among the Japanese optical instruments is made to distinguish the development trend toward SGLI of GCOM-C.

### 초 록

일본은 향후 2014년으로 발사가 예정되어 있는 GCOM-C를 이용하여 지구 복사량 및 탄소의 변화량, 해색정보, 에어로졸 분포 등을 측정할 계획을 추진 중이다. 특히, GCOM-C에는 SGLI-VNR과 SGLI-IRS로 구성되어 있는 SGLI를 탑재하고 있으며, 각각 가시영역/근적외영역과 적외영역의 영상을 측정하도록 설계될 예정이다. SGLI는 최신 성능을 갖춘 설계부분과 함께 기본적인 기능 및 구조 등은 지금까지 일본에서 개발되어진 여러 광학 탑재체들의 개발기술들을 바탕으로 구현됨으로써, 개발위험을 최소화 하는 전략을 취하고 있다. 본 논문에서는 지금까지 일본이 개발한 여러 광학 탑재체들의 특성들을 채널별(가시영역/근적외영역과 적외영역)로 비교 및 검토하면서, 향후 개발 완료될 SGLI의 특성을 이해하고 일본의 광학탑재체 개발 경향에 대한 분석을 수행하고자 한다.

**Key Words** : Japan(일본), Imager(영상기), Radiometer(복사측정기)

# 1. 서론

일본은 1987년 MOS(Marine Observation Satellite) 위성에 장착한 MESSR(Multi-spectral Electronic Self-scanning Radiometer) 과 VTIR(Visible and Thermal IR Radiometer) 탑재체들을 시작으로 가시영역/근적외영역/적외영역의 광학 탑재체 개발에 본격적으로 착수하였다. 이후, 1992년 JERS(Japan Earth Resource Satellite) 위성은 분해능을 이전보다 향상시키고 가시영역과 적외영역을 모두 관측할 수 있는 OPS(Optical Sensor)를 탑재하였다. 1996년의 ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite)-1과 2002년의 ADEOS-II는 모두 위성의 전원공급 문제 등으로 인하여 1년여의 기간밖에 관측 활동을 수행하지 못했지만, 해색관측 탑재체인 OCTS(Ocean Color and Temperature Scanner), 가시영역의 PAN(흑백)과 MS(컬러)를 모두 측정할 수 있는 AVNIR(Advanced Visible and Near Infrared Radiometer)-1, 가시영역/근적외영역/적외영역과 함께 근자외영역도 포함하여 모두 36개의 채널로 구성되어 있는 GLI(Global Imager) 등이 이 시점에서 개발되었다. 2006년 발사되어 현재도 운용 중에 있는 ALOS(Advanced Land Observing Satellite) 위성은 이전에 ADEOS-I에 탑재된 AVNIR-1의 PAN 채널을 제거하고 MS 채널의 해상도를 향상시킨 AVNIR-2를 장착하고 있다. 현재 일본은 JAXA를 중심으로 2014년 발사 예정인 GCOM(Global Change Observation Mission)-C 위성을 개발 중에 있으며, 지구 복사와 탄소 순환 측정을 목적으로 SGLI(Second-generation Global Imager) 탑재체를 장착할 예정이다. SGLI 탑재체는 ADEOS-II에 탑재되었던 GLI와 유사하게 근자외영역/가시영역/근적외영역/적외영역 등의 채널들을 포함하고 있지만, GLI와는 달리 근자외영역/가시영역/근적외영역 채널로 구성되어 있는 SGLI-VNR과 적외영역 채널 관측을 위한 SGLI-IRS로 분리되어 있다. 그림 1은 이상에서 언급한 일본의 광학탑재체들의 기술적 연계를 채널별(가시영역/적외영역)로 나누어 보여주고 있다.

본 논문에서는 일본에서 자체적으로 개발하기 시작한 MESSR부터 현재 개발 중인 SGLI까지의 광학탑재체(지상/해양 관측용) 개발 역사와 각각의

특성들을 비교 및 분석함으로써, 일본의 광학탑재체 개발 경향과 동향을 함께 검토하고자 한다.

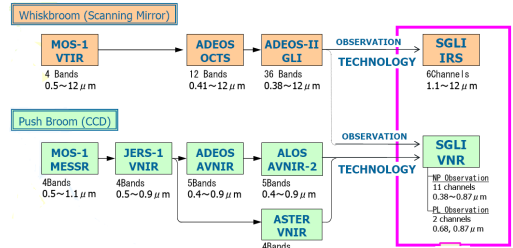


그림 1. 일본 광학 탑재체들의 기술적 연관도(1)

# 2. 일본 광학탑재체의 개괄

## 2.1 MESSR(1987) [2]

MESSR은 일본이 자력 기술에 의하여 최초로 개발한 MOS-1 위성에 처음으로 탑재되었으며, 후속 위성인 MOS-1B에도 사용되었다.

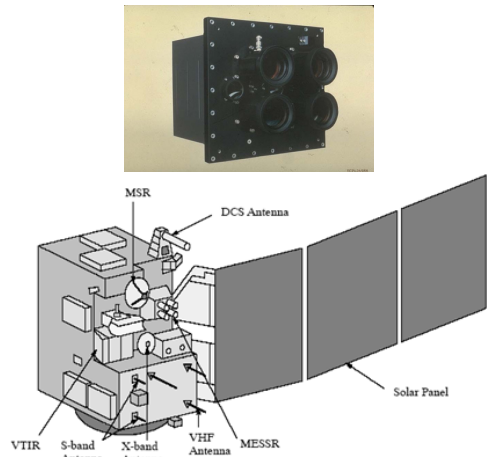


그림 2. MESSR과 MOS-1 위성의 외관

MESSR은 대기와 해양/육지의 영상 획득을 목적으로 하고 있으며, 일본의 NEC에 의하여 제작되었다. 한 개의 탑재체는 4개의 가시/근적외 채널로 구성되어 있으며, 2개의 동일한 탑재체가 영상처리

부분과 전송부분을 공유하며 구성되어 있다. 두 대의 탑재체는 일반적으로 두 대중에서 한 대만이 선택적으로 사용되며, 비주기적으로 함께 연동하여 동작함으로써 보다 더 넓은 관측폭을 관측할 수도 있도록 설계되었다. 또한, MESSR은 정상이득과 고이득 동작모드에 따라서 영상을 획득할 수도 있다. 탑재체 성능의 사전평가를 수행하기 위하여 MESSR의 기능모델(EM)은 비행기에 실려서 상공 7km에서 실제 영상을 획득하기도 하였다.

### 2.2 VTIR(1987) [3]

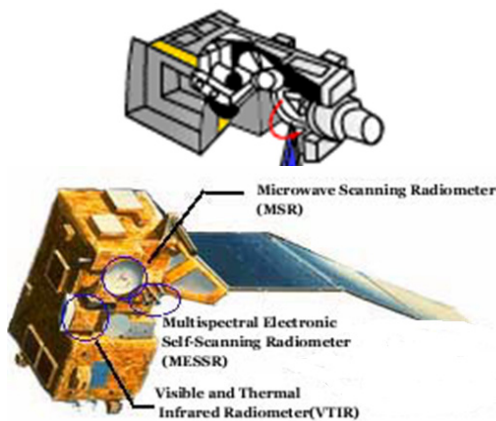


그림 3. VTIR과 MOS-1위성의 외관

VTIR은 이전의 MESSR과 마찬가지로 MOS-1과 MOS-1B에 모두 탑재되었으며, MESSR과는 달리 한 개의 가시채널과 지구로부터의 열복사를 측정하기 위한 세 개의 적외채널로 구성되었다. VTIR은 스캔미러를 이용하여 지구표면을 오른쪽에서 왼쪽으로 스캔하는 cross-tracking 방식을 사용하여 영상을 획득하고, 스캔미러가 지구관측 범위를 벗어나는 경우마다 내부 흑체(black body)와 심우주를 이용하여 광학보정을 수행하도록 설계되었다. 주요 관측대상은 해수의 흐름 관찰, 구름 분포, 해수 온도 분포, 대기 상층부의 수증기 분포, 빙하 분포 등이다. 17일의 관측주기를 가지는 VTIR은 일본이 개발한 최초의 적외영역 광학탑재체이다.

### 2.3 OPS(1992) [4]

JERS 위성에 장착된 OPS는 가시 및 근적외영역을 측정하는 VNIR 탑재체와 적외영역을 측정하는 SWIR 탑재체로 나뉘어져 있다. OPS의 목적은 지질자원의 조사, 지표 활용 관찰, 해안 측정 등에 있으며, 일본 MITI(Ministry of International Trade and Industry)의 지원에 의하여 미쯔비시 전기에 의하여 개발되었다.

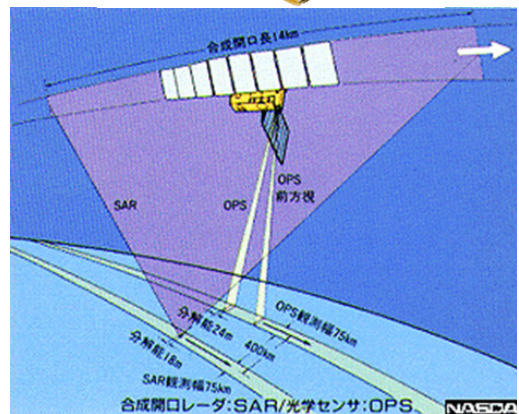
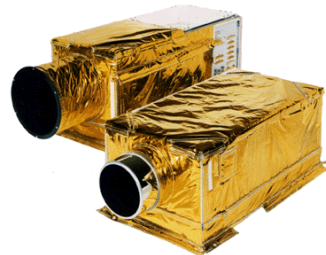


그림 4. OPS의 외관과 관측방식

VNIR 탑재체는 이전의 MESSR보다 더 우수한 분해능을 가지도록 설계되었으며, 3개의 채널중에서 한 채널(0.76~0.86 um)은 15.33도의 전방을 관찰할 수 있도록 추가되어서 모두 4개의 채널로 구성되어 있다. 이러한 전방 채널 추가는 3D 영상 획득을 목적으로 하고 있다. 한편, SWIR 탑재체는 이전의 VTIR이 MWIR/TIR 영역을 관측한 것과는 달리 SWIR 영역 관측에 4채널을 할당하였다. 이 중에서 2.2um 대역의 채널은 토질/자원과 관련된 미국의 연구자들의 강력한 요청에 의하여 추가되었다. 그러나, VNIR 탑재체가 2년의 설계수명을 넘어서 1998년 10월까지 동작을 수행한 반면에, SWIR 탑재체는 1993년 12월 검출기의 온도를

77~82K로 유지해 주는 냉각 시스템의 오작동으로 인하여 정상업무 수행을 종료하였다. 탑재체의 광학 보정을 위하여, VNIR과 SWIR을 위한 기준광원(reference light source)를 내장하고 있으며, 식기간(eclipse)에 보정 작업을 수행하도록 되어 있다.

### 2.4 AVNIR-1(1996) [5]

AVNIR-1은 미쯔비시 전기에 의하여, 육지 및 해안 관측/지표면의 태양 반사량 측정 등의 목적을 가지는 가시 영역 탑재체로 개발되었다. 4개의 가시 영역 밴드와 함께 지표식별을 위한 1개의 PAN(0.52~0.69um) 채널을 가지고 있다.

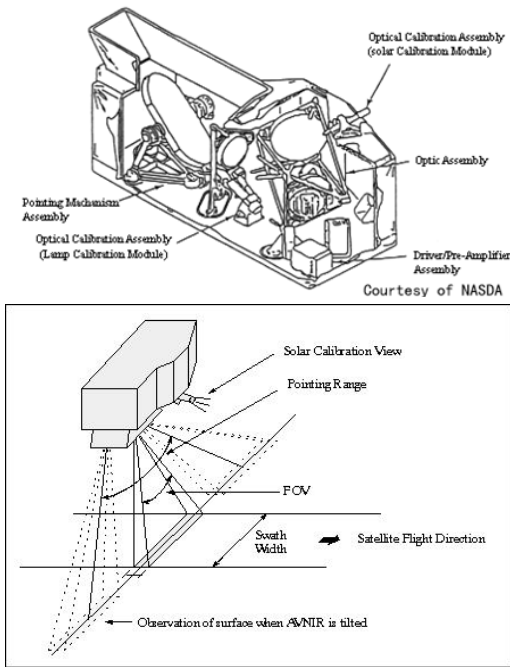


그림 5. AVNIR-1의 구조와 관측방식

AVNIR-1은 상대적으로 좁은 영역의 관측폭을 확장하기 위하여 자체적으로 포인팅 기구부를 장착하고 있으며, 이러한 포인팅 동작에 의하여 cross-track 방향으로 ±40도까지 지향함으로써 관측가능 범위를 8배이상 확장하였다. 입사된 빛은 포인팅 미러에 의하여 반사되어 SRU(Scanning Radiometer Unit)의 Catadioptric Schmidt 광학 시스템을 통과한 후에, 내장된 광학 프리즘과 간섭

필터에 의하여 4개의 MS 채널과 1개의 PAN 채널로 분리된다. CCD는 영상 획득을 위한 노출시간을 변경할 수 있도록 설계되어서, 어두운 영역에서도 일정한 민감도(sensitivity)를 유지할 수 있도록 고려되었다. 광학 보정을 위하여 태양광과 함께 내장된 광원 램프를 사용하였으며, 또한 전기적 오프셋(offset)의 보정을 위한 기능도 가지고 있다. 또한, 측정된 영상정보는 데이터 전송률을 줄이도록 10%정도 압축되어 지상으로 전달되도록 하였다. 그러나 1997년 6월에 ADEOS-I 위성의 태양전지판 오류로 인하여 예정된 탑재체 임무수명(3년)을 달성하지 못하고, 10개월만에 임무를 종료하였다.

### 2.5 OCTS(1996) [6]

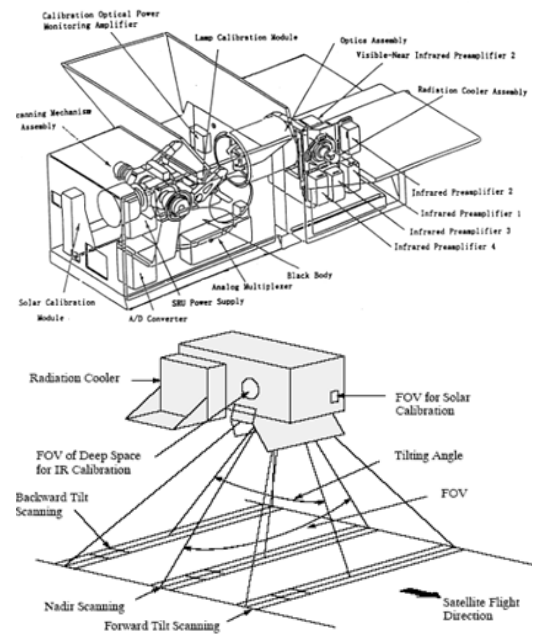


그림 6 OCTS의 구조와 관측방식

미국의 NIMBUS-7에 장착되어 1986년에 수명이 종료된 CZCS(Coastal Zone Color Scanner) 탑재체의 임무를 계승하여, 전지구적 해색정보/수면온도 등을 측정하기 위하여 개발된 일본 최초의 해색탑재체가 OCTS이다. OCTS는 ADEOS-I 위성에 탑재되어 이전의 AVNIR-1과 마찬가지로 1997년 6월에 관측임무를 종료하였다.

8개의 가시/근적외영역 채널과 4개의 적외영역 채널로 구성된 OCTS는 cross-track 방향으로  $\pm 40$ 도 스캔이 가능한 whiskbroom 방식으로 동작하도록 설계되었으며, 수면으로부터 태양빛의 직접적인 반사를 피할 수 있도록 along-track 방향으로  $\pm 20$ 도까지 임의로 지향할 수 있다. 광학보정을 위하여 OCTS는 정상관측모드와 보정모드를 모두 활용하고 있다. 정상관측모드에서는 적외영역 채널 보정을 위하여 심우주 및 내부 흑체 관측을 매번 수행하도록 되어 있으며, 보정모드에서는 가시/근적외영역을 위한 태양광 및 내부 램프광원 측정을 수행한다. 또한, 보정모드에서는 모든 채널의 전기적 옵셋을 보정하기 위한 동작도 수행된다.

## 2.6 ASTER(1999) [7]

ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)는 VNIR영역, SWIR영역, TIR영역에 따라서 모두 3대의 탑재체들로 구성되어 있으며, 각각 일본의 NEC (VNIR), 미쯔비시 전기 (SWIR), 후지쯔/히타치(TIR)에 의하여 개발되었다. 이전에 일본에서 개발되었던 광학탑재체들과는 달리 ASTER는 미국에서 개발한 Terra 위성에 탑재되어, 지금도 운용되고 있다.

ASTER는 4채널의 VNIR영역(입체 영상용 후방 관측채널 포함), 6채널의 SWIR영역, 5채널의 TIR영역을 통하여, 지표면과 구름의 분포들을 관측하여 기후변화에 영향을 주는 요소들을 파악하는 것을 주된 임무로 하고 있다. VNIR 탑재체는 두 개의 광학부로 이루어져 있으며, 하나는 정상관측용이고 다른 하나는 3D 영상 획득을 위한 후방주시용(0.76~0.86um)이다. 전체 광학부가 회전할 수 있도록 설계되어 cross-track 포인팅이 가능하다. 가시/근적외영역의 광학보정을 위하여 내장된 두 개의 할로겐 램프를 사용한다. SWIR 탑재체는 VNIR 탑재체와는 달리 내부의 지향반사경을 이용하여 cross-track 포인팅을 수행하며, VNIR 탑재체와 마찬가지로 할로겐 램프를 이용하여 광학 보정을 수행한다. TIR 탑재체는 이전의 VNIR과 SWIR 탑재체들이 pushbroom 스캔방식으로 영상을 획득하는 것과는 달리 whiskbroom 방식으로

영상을 획득하며, 내재된 스캔용 반사경을 이용하여 이러한 스캔과 지향을 함께 구현하도록 되어 있다. 광학보정을 위해서는 스캔용 반사경을 지구방향으로부터 180도 회전하여 내부에 장착된 가열된 흑체를 관측함으로써 수행한다.

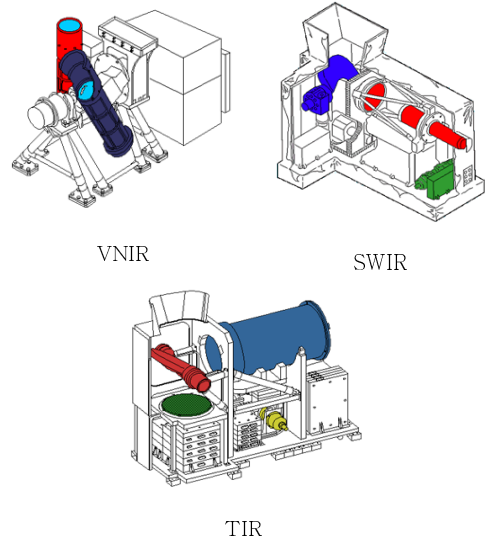


그림 7 ASTER(VNIR/SWIR/TIR)의 구조

## 2.7 GLI(2002) [8]

GLI는 이전에 개발된 해석탑재체 OCTS를 기반으로 개발되었으며, 해석정보/수면온도 측정의 OCTS 임무와 함께 해양에서의 탄소 순환/지표면/구름 분포 측정 등의 추가적인 임무를 위하여 근자외영역 2채널, 가시/근적외 영역 21채널, 적외영역 13채널들을 관측할 수 있도록 설계되었다. GLI는 OCTS와 마찬가지로 태양빛의 직접적인 반사를 피할 수 있도록 along-track 방향으로  $\pm 20$ 도까지 스캔 반사경의 지향을 변경할 수 있으며, cross-track 방향으로는  $\pm 45$ 도의 넓은 관측폭을 측정할 수 있다. 태양광을 이용한 가시/근적외영역의 광학 보정을 위하여, 북극상공에서 태양의 입사각이 0도에서 20도가 되는 5분간을 이용하여 태양광 확산판에 입사된 광원을 검출기에서 측정하도록 되어 있다. 또한, 내부에 장착된 할로겐 램프의 광원을 이용하여 주 1회씩 추가 보정을 수행한다. 적외영

역의 광학보정을 위해서는 내장된 흑체를 사용하며, 모든 채널의 전기적 신호의 보정을 위하여 아날로그 신호처리부에서 제공하는 6단계 신호를 영상 증폭 회로도에 입력함으로써 전기회로의 보정을 수행한다. GLI는 ADEOS-I의 후속위성인 ADEOS-II 위성에 장착되어 2002년 12월에 발사되었지만, 위성의 전원문제로 인하여 2003년 10월에 정상적인 임무를 종료하였다.

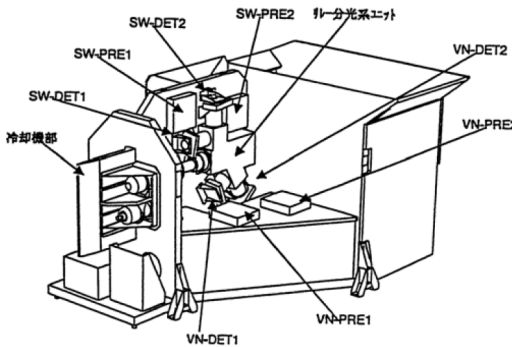


그림 8 GLI의 외관과 구조

### 2.8 AVNIR-2(2006) [9]

ADEOS-I 위성에 탑재된 AVNIR-1은 PAN과 MS 채널을 모두 갖추고 있었던 것과 비교해서, ALOS 위성에 탑재된 AVNIR-2는 MS 채널로서 4개의 가시/근적외 영역 채널로 이루어져 있으며, 향상된 해상도를 특징으로 하고 있다. AVNIR-2는 미쯔비시 전기에 의하여 개발되었으며, 지표 및 재난 관측을 주된 임무로 하고 있다.

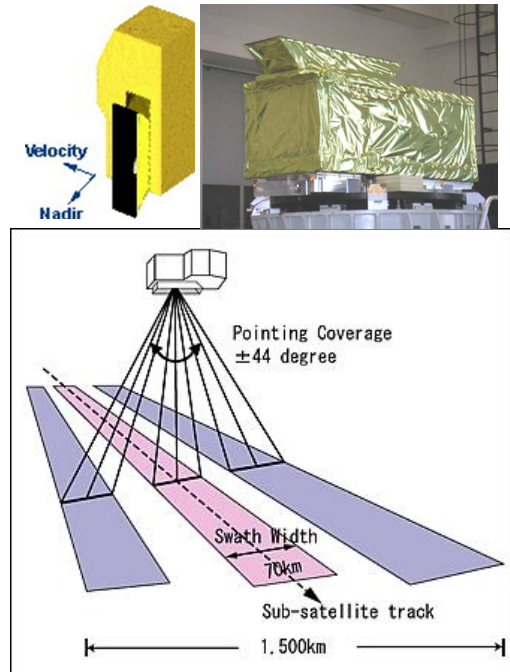


그림 9 AVNIR-2의 외관과 관측방식

그림 9의 외관은 그림 5의 AVNIR-1과 매우 유사하며, 관측방식 또한 이전의  $\pm 40$ 도에서  $\pm 44$ 도로 확장된 것과 관측폭이 10km정도 축소된 것을 제외하면 거의 동일하다. 이러한 cross-track 포인팅 기능은 위성이 2일 안에 지구상의 임의의 위치에서 영상정보를 관측하는 것이 가능하도록 해준다. 광학 보정을 위하여 AVNIR-2는 이전의 AVNIR-1과 마찬가지로 포인팅 반사경 앞에 장착된 내부 램프를 이용할 수 있도록 설계되었으며, 1개의 램프만을 사용하였던 이전의 경우와는 달리 2개의 램프를 이용하여 3가지 보정 모드(ON/ON, ON/OFF, OFF/ON)를 사용할 수 있게 되어있다.

### 2.9 PRISM(2006) [10]

PRISM(Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)은 ALOS 위성에 탑재되어 AVNIR-1의 PAN 채널을 대신하도록 설계되었으며, AVNIR-1과 비교하여 향상된 해상도와 채널범위의 확장을 주요 특징으로 하고 있다. 모두 서로 다른 방향(nadir/forward/backward)을 지향



하고 있는 3대의 카메라로 구성되어 있으며, 주요 임무는 DEM(Digital Elevation Model)의 추출과 1/25,000 축척의 지도 제작이다.

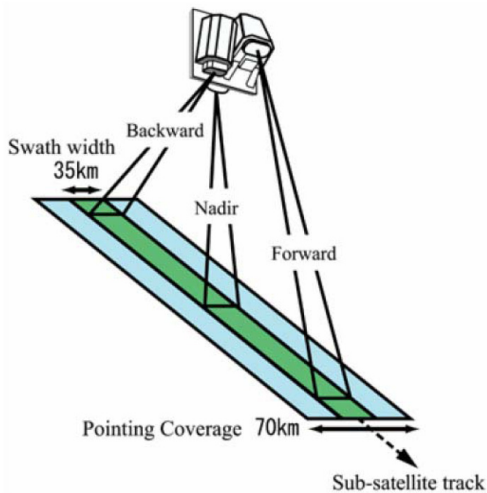
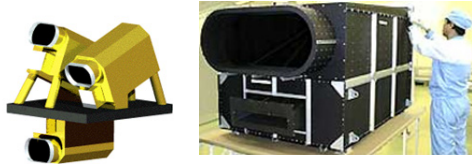


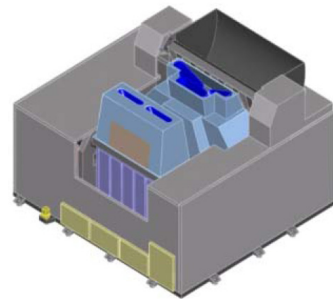
그림 10 PRISM의 외관과 관측방식

PRISM은 three-mirror type으로 구성되어 있으며, 비교적 넓은 관측폭에 대하여 색수차를 가지고 있지 않도록 설계되었기 때문에 선명한 영상 획득이 가능하다. 3대의 카메라는 nadir를 중심으로  $\pm 23.8$ 도씩 기울어져 있으며, cross-track 방향으로  $\pm 1.5$ 도씩 지향할 수 있어서 재난관측에도 유용하게 사용될 수 있다. 동작모드는 nadir-only mode와 triplet mode로 나뉘어져 있으며, 전자의 경우에는 관측폭이 2배 이상 확장된다. 전기적 이득과 옴셋의 보정을 위하여 관련된 전기 보정 장치를 내장하고 있으며, 광학보정의 경우에는 AVNIR-2에서 측정된 보정 자료를 활용하도록 되어있다.

## 2.10 SGLI(2014) [1]

SGLI는 근자외/가시/근적외영역을 관측하는 SGLI-VNIR과 적외영역을 관측하는 SGLI-IRS로

구성되어 있으며, 지구 환경변화 감시를 목적으로 하는 GCOM-C 위성에 탑재될 예정이며, ADEOS-II 위성에 장착된 GLI의 임무를 계승할 것이다. AVNIR-1이 나중에 AVNIR-2와 PRISM으로 탑재체가 분리되어 임무 계승이 되었듯이, GLI의 임무도 관측영역에 따라서 SGLI-VNIR과 SGLI-IRS로 분리되어 구현되는 것이 특징이다.



SNR-VNR



SNR-IRS

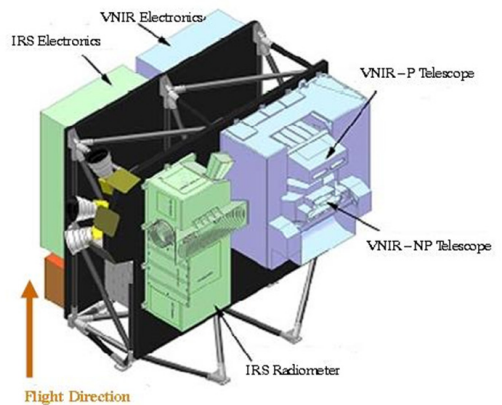


그림 11 SGLI의 외관과 구성

제작은 NEC-Toshiba Space사가 수행중이며, 이전의 GLI가 근자외/가시/근적외/적외영역에서 모두 36채널을 관측한 것에 비하여, 근자외/가시/

근적외영역의 SGLI-VNR는 11채널, 적외영역의 SGLI-IRS는 6채널만을 사용하도록 설계되었다. 특별히, SGLI-VNR은 11채널 중 2채널은 선형편광채널(0도/60도/120도)로 설계될 예정이고, 보다 더 넓은 관측폭을 확보하기 위해서, 비편광 채널은 서로 다른 지향을 가지는 3대의 pushbroom-type telescope로 구현되었고, 편광채널은 별도의 또 다른 2대의 pushbroom-type telescope로 구현되었다. 더욱이, 비편광 채널의 경우에는, along-track 방향으로 ±45도의 추가적인 지향이 가능하다. SGLI-IRS는 whiskbroom-type으로 설계되었으며, 스캔미러가 ±45도로 cross-track 방향을 지향할 수 있다. 그림 12는 이러한 SGLI의 내부구조를 자세히 보여주고 있다.

LED/Lamp를 광원으로 한 확산기를 사용하며, TIR은 내장된 흑체와 심우주(deep space) 관측을 수행한다.

GCOM-C 위성은 2006년부터 pre-phase-A 단계에 착수했으며, 2010년 초에 PDR을 완료하였다. NEC-Toshiba Space사는 SGLI의 BBM (Bread-Board Model)을 제작하여 성능 및 기능 시험을 완료하였으며, 2011년 중반 이후에 CDR을 거쳐서 2014년 초에 발사 될 예정이다.

### 3. 가시/근적외영역 탑재체 비교

#### 3.1 측정 범위

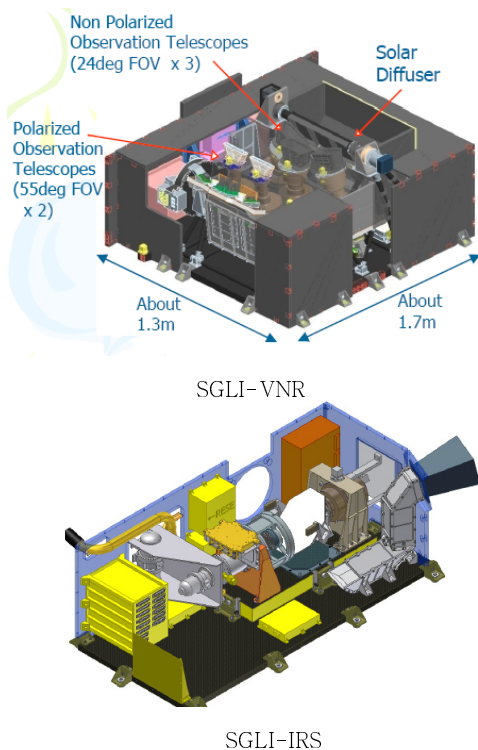


그림 12 SGLI의 내부 구조

광학 보정을 위하여 SGLI-VNR은 Spectralon으로 제작된 확산기(diffuser)를 장착하고 있으며, 보정용 광원으로는 태양광과 내부에 탑재하고 있는 LED(White/NIR)들을 사용한다. SGLI-IRS의 경우, SWIR은 SGLI-VNR과 유사하게 태양광과

표 1. 측정 밴드(nm) [1]-[10]

탑재체(개발년도순)	600 이하	600~700	700 이상
MESSR	510~590	610~690	800~1100
VTIR	500~700		
OPS	520~600	630~690	760~860
AVNIR-1	420~500	610~690	760~890
	520~600		
OCTS	520~690(PAN)		
	402~422	660~680	745~785
	433~453		845~885
	480~530		
ASTER	555~575		
	520~600	630~690	760~860
GLI (밴드폭)	380(10)	625(10)	710(10)
	400(10)	660(60)	749(10)
	412(10)	666(10)	763(8)
	443(10)	678(10)	825(110)
	460(10)	680(10)	865(10)
	460(70)		865(20)
	490(10)		
	520(10)		
	545(10)		
	545(50)		
565(10)			
AVNIR-2	420~500	610~690	760~890
	520~600		
PRISM	520~770(PAN)		
SGLI (밴드폭)	412(10)	670(10)	763(8)
	443(10)	670(20)	865(20)
	490(10)		
	530(20)		
	565(20)		



표 1은 일본 광학탐재체들의 근자외/가시/근적외 영역의 관측범위를 보여주고 있다. 지상관측용 탐재체들의 경우와 비교해서, 해양관측 임무를 가지는 탐재체인 OCTS, GLI, SGLI 등은 상대적으로 많은 관측 채널들을 가지고 있으며, SGLI의 관측 채널은 대부분 OCTS와 GLI의 채널들과 유사한 관측 채널들을 가지고 있음을 알 수 있다.

### 3.2 기능과 성능

표 2와 표3은 각각 일본 광학탐재체들의 기능(해상도/관측폭)과 성능(MTF/SNR)에 관한 비교를 보여주고 있다. 해상도의 관점에서는 지상관측용 탐재체인 OPS/AVNIR-1/ASTER/AVNIR-2/PRISM를 통해서 PAN과 MS에서 각각 점진적으로 향상된 기술적 수준을 확인할 수 있으며, 또한 해양관측용으로 분류될 수 있는 OCTS/ GLI/SGLI를 통해서도 유사한 경향을 확인할 수 있다. 성능의 관점에서는 대부분의 탐재체들이 MTF는 0.2~ 0.25 정도이며, SNR의 경우에도 지상관측용은 41~400, 해양관측용은 상대적으로 좀 더 높은 130~ 1200의 범위에서 결정되고 있음을 확인할 수 있다.

**표 2. 해상도와 관측폭 (1)-(10)**

탐재체(개발년도순)	해상도(m)	관측폭(km)
MESSR	50	100
VTIR	900	1,500
OPS	18	75
AVNIR-1	8(PAN)/16(MS)	80
OCTS	700	1,400
ASTER	15	60
GLI	250/1,000	1,600
AVNIR-2	10	70
PRISM	2.5(PAN)	70
SGLI	250/500	1,150

**표 3. MTF와 SNR (1)-(10)**

탐재체(개발년도순)	MTF	SNR
MESSR	0.2	-
VTIR	-	-
OPS	0.14~0.2	41~398
AVNIR-1	0.2~0.25	90~200
OCTS	0.35	450~500
ASTER	0.2~0.25	250~300
GLI	0.25~0.35	130~800
AVNIR-2	0.2~0.25	200
PRISM	0.2	70
SGLI	-	250~1200

### 3.3 기타

**표 4. 전기/기계 일부 규격 (1)-(10)**

탐재체(개발년도순)	질량(kg)	픽셀수(pixel)	전송속도(Mbps)	A/D(bit)
MESSR	70	2,048	9	6
VTIR	25	-	0.5	8
OPS	32	4,096	30	6
AVNIR-1	250	5,000	60	-
OCTS	-	-	1.33	10
ASTER	421	5,000	62	8
GLI	450	-	12	12
AVNIR-2	-	7,000	160	8
PRISM	-	5,000	240	8
SGLI	400	6,000	21	12

질량은 전체적으로 다양한 기능과 성능의 향상 등으로 인하여 증가하는 경향을 확인할 수 있으며, 픽셀 수 또한 전체적으로 관측대상에 무관하게 점진적 증가의 경향을 보여주고 있다. 그러나 영상 자료의 전송속도와 A/D 변환 비트수의 경우에는 지상관측용 탐재체와 해상관측용 탐재체간의 개발 특성을 명확히 확인할 수 있다. 전송속도의 경우, 지상관측용(OPS/AVNIR-1/ASTER/AVNIR-2/PRISM) 영상 자료 전송 속도는 성능향상에 따른 자료량의 증가에 의하여 해상관측용(OCTS/ GLI/SGLI)에 비하여 매우 빠른 반면에, A/D 변환 비트수에 있어서는 관측대상의 인식(recognition)을 위한 지상관측용에 비하여 관측대상의 파악(identification)을 목적으로 하는 해상관측용 탐재체의 경우가 보다 더 높은 변환 비트수를 가지도록 설계되고 있음을 확인할 수 있다.

## 4. 적외영역 탐재체 비교

### 4.1 측정 범위

적외영역 채널을 관측할 수 있는 광학 탐재체들의 관측 영역은 표 5와 같다. 해상관측이 주요 임무 중의 하나인 VTIR/OCTS/GLI/SGLI는 모두 해수면의 온도 측정을 위하여 TIR 채널들을 가지고 있으며, ASTER-TIR도 해수/육지/대기의 온도 측정

을 위하여 유사한 채널 특성을 가지고 있음을 알 수 있다. 해수면의 온도 측정을 목적으로 개발된 VTIR과 OCTS를 제외한 나머지 광학 탑재체들은 구름의 분포와 특성에 대한 관측을 위하여 SWIR 영역의 채널들도 포함하고 있다. 특별히, GLI의 경우에는 다른 탑재체들과 달리, 수증기 분포를 관측할 수 있는 6~8um 대역의 채널들도 포함하도록 설계되어 있음을 알 수 있다. GLI를 기반으로 설계된 SGLI는 GLI와는 달리 MWIR 채널은 물론이고, SWIR 채널 중에서 대기성분 관측과 관련되어 있는 1.10~1.17um와 1.36~1.40um 채널들은 생략되었다. 또한, TLI 영역에서는 10~12um와 유사한 역할을 수행하는 8.3~8.8um 채널들도 SGLI에서는 생략되었다.

표 5. 측정 밴드(um) [1]-[10]

탑재체 (개발년도순)	1~3(SWIR)	3~8(MWIR)	8~14(TIR)
VTIR			6.0~7.0 10.5~11.5 11.5~12.5
	1.60~1.71 2.01~2.12 2.13~2.25 2.27~2.40		
		3.55~3.88	8.2~8.8 10.3~11.4 11.4~12.5
OCTS			
	1.60~1.70 2.14~2.18 2.18~2.22 2.23~2.28 2.29~2.36 2.36~2.43		8.1~8.4 8.4~8.8 8.9~9.2 10.2~10.9 10.9~11.6
		3.55~3.88	8.3~8.8
		6.45~6.95	10.3~11.3
		7.05~7.55	11.5~12.5
		7.25~7.75	
GLI	1.04~1.06 1.10~1.17 1.23~1.25 1.36~1.40 1.54~1.74 2.10~2.32		
		3.55~3.88	10.4~11.2 11.6~12.4
SGLI	1.04~0.06 1.28~1.48 1.54~1.74 2.18~2.24		

4.2 기능과 성능

해상도와 관련해서는 유사한 임무를 수행하도록

설계된 VTIR/OCTS/GLI/SGLI를 통해서 3~10배 이상의 해상도 향상을 확인할 수 있으며, SGLI는 GLI보다 2배 이상의 측정밴드들에서 250m 해상도를 가지도록 제작되고 있다. 일반적으로 적외영역 탑재체는 검출기 내부의 열적잡음을 방지하도록 냉각되는데, OPS/OCTS/ASTER의 경우에는, 적외영역의 주파수 범위에 상관없이 모두 80~100K을 유지하도록 설계된 반면에, GLI와 SGLI는 SWIR 검출기에 대해서 전기식 냉각기를 사용하여 220~240K를 유지하도록 설계하고 있다. 적외영역 탑재체의 잡음특성은 SWIR에서는 점진적으로 향상되어 SGLI에서는 SNR이 500까지 예상되고 있는 반면에, TIR에서는 일정한 경향없이 0.1~0.3K의 열적잡음(NE $\Delta$ T(K)) 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다.

표 6. 해상도/검출기온도/잡음특성 [1]-[10]

탑재체 (개발년도순)	해상도 (m)	검출기 온도(K)	SNR [SWIR]	NE $\Delta$ T(K) [MW/TIR]
VTIR	2700	-	-	-
OPS	30	80	117	NA
OCTS	700	100	NA	0.15~0.2
ASTER	30~90	80	53~140	0.3
GLI	250~1000	220/80	70~300	0.1
SGLI	250~1000	243/55	57~500	0.2

5. 결론

일본의 지구관측위성은 크게 현재 운용중인 ALOS와 같은 지상관측용 위성들과 대기 및 해양 관측을 임무로하는 ADEOS와 같은 위성들로 분류될 수 있다. 지상관측용 위성들의 경우, 지도 제작 등의 실용적인 목적을 위하여 상대적으로 고해상도를 가지는 광학탑재체들이 설계되어온 반면에, 해상관측용 위성들은 주로 과학적인 영상분석을 위하여 다양한 채널을 가지도록 설계되어왔다. 그러나, 그러한 분류에 상관없이, 현재 EM이 개발되고 있는 SGLI 광학탑재체는 GLI를 중심으로 이전에 개발되어진 여러 광학탑재체들의 기술적 특성(가시영역/적외영역)을 계승하여 개선되고 있다.

특별히, 현재 250m 해상도로 개발이 계획중인 정지궤도용 차기 해양탑재체(GOCI-II)도 향후에

성공적으로 운영이 된다면, 저궤도의 SGLI와 함께 동일한 해상도(250m)를 가지는 영상을 확보함으로써 보다 더 다양한 영상 분석 결과물들을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

## 참고문헌

1. Kazuhiro et al, "Development status of the Second-general Global Imager(SGLI) on GCOM-C1", GCOM PI Workshop, 2010
2. Korehiro Maeda et al, "Some results of a MOS-1 Airborne Verification Experiment-Multispectral Electronics Self-Scanning Radiometer(MESSR)", IEEE Tr. on Geoscience and Remote Sensing, Vol.25, No.6, 1987, pp.788-795
3. <http://msl.jpl.nasa.gov/QuickLooks/mosQL.html>
4. Yasushi Yamaguchi, "About Payload of JERS-1", Planetary Geology News, Vol.3, No.2, 1991, pp.11-20
5. Haruhisa Shimoda, "ADEOS Overview", IEEE Tr. on Geoscience and Remote Sensing, Vol.37, No.3, 1999, pp.1465-1471
6. Hiroshi Kawamura, "OCTS Mission Overview", Journal of Oceanography, Vol.54, 1998, pp.383-399
7. Michael Abrams, ASTER User Handbook, Ver.2
8. Hajime Fukushima et al, "ADEOS-II/GLI ocean color atmospheric correction: early phase result", Proc. of SPIE Vol. 5155 Ocean Remote Sensing and Imaging, 2003, pp.91-99
9. Takashi Hamazaki et al, "Key Technology Development for the Advanced Land Observing Satellite", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, Part B1, 2000, pp.136-140
10. Takeo Tadono et al, "Time Trend Evaluations of Absolute Accuracies for PRISM and AVNIR-2", 3rd ALOS Joint PI Symposium, 2009