



放射観測に関わる衛星計画について

村上浩

宇宙航空研究開発機構

地球観測研究センター

放射観測機器の較正に関する専門家会合

2010年12月20日

1. 地上放射観測と衛星観測ミッション



1) プロダクトの比較検証

- 大気補正: 分光全(直達+散乱)透過率(=下向き分光全放射) [~3%]
- 地表面反射率: 地表面上向き分光放射量(フラックス、方向性) [~5%]
- 地表面短波: 長波フラックス: 地表面下向き波長積算全放射量 [~5%]
- エアロゾル・雲パラメータ: 地表面下向き直達分光放射量 [~5%?]
- 波長範囲: 380nm~2400nm

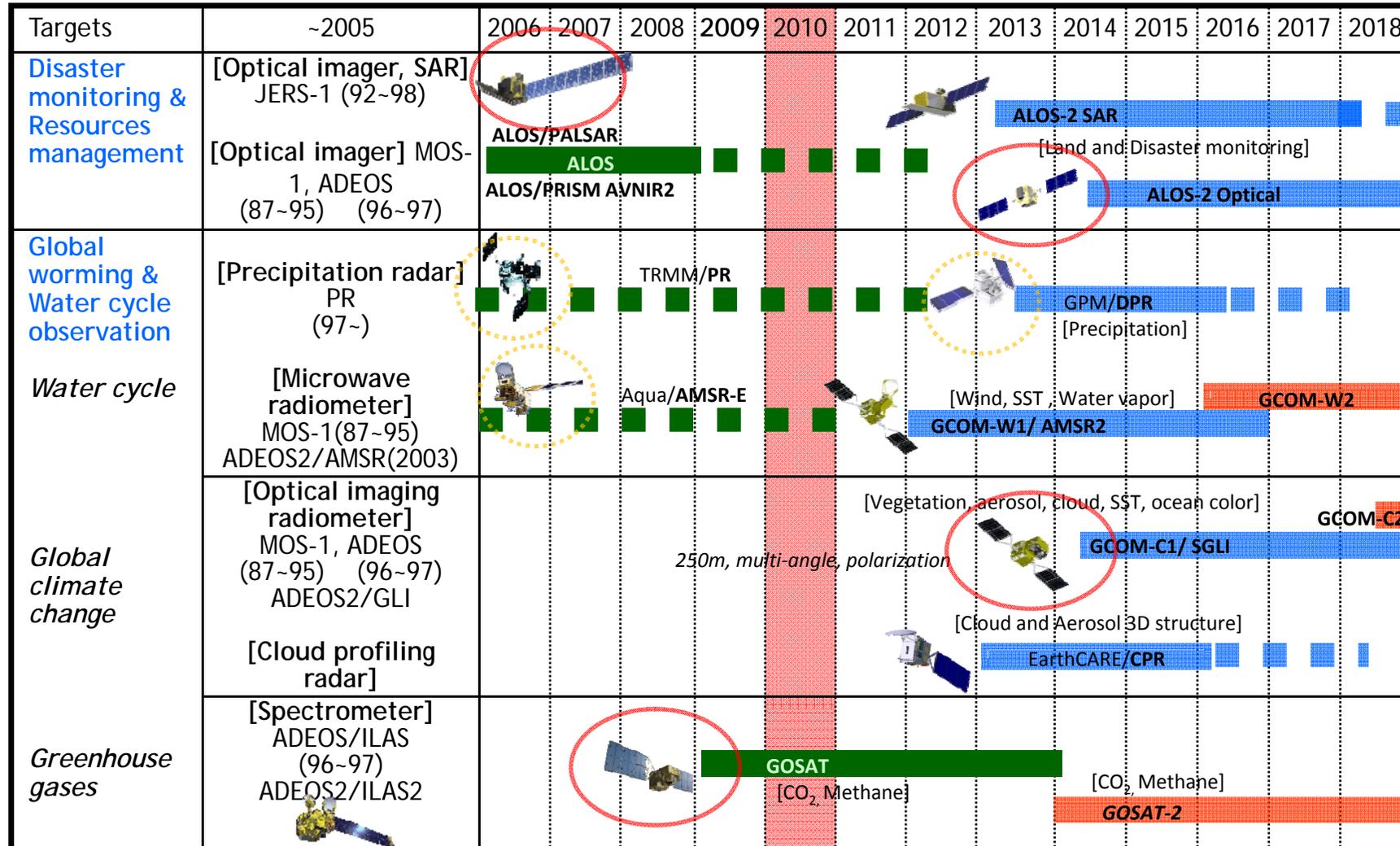
2) 代替校正

- 地表面反射率(方向性、空間均一性) [~2%(安定サイトなら中心値)]
- 分光全透過率+エアロゾルタイプ or 直達・散乱分光透過率 [~2%]

3) センサ較正技術

- 衛星校正検証用地上放射計と地上観測ネットワークの連携
- センサ校正技術の協力(衛星・地上測器): トレーサビリティ

2. JAXAの衛星計画



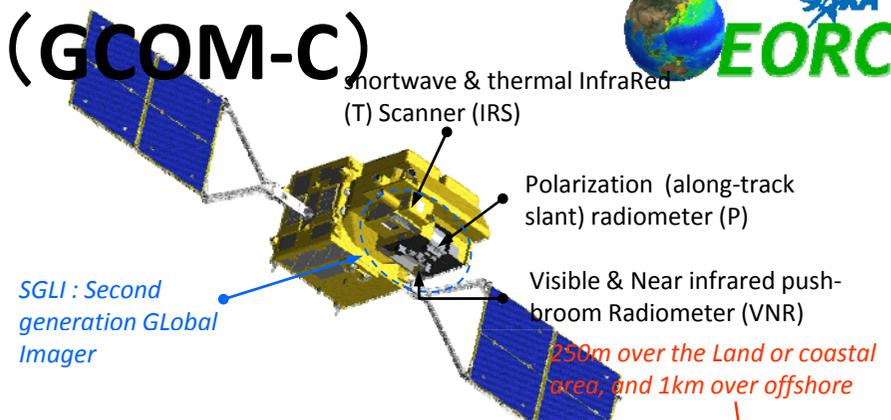
Mission status  On orbit  Phase B  Phase A  Extension  Optical sensors **Optical sensors**

2.1 気候変動観測ミッション(GCOM-C)



センサ: Second Generation Global Imager (SGLI)

The SGLI features are finer spatial resolution (250m (VNI) and 500m (T)) and polarization/along-track slant view channels (P), which will improve land, coastal, and aerosol observations.

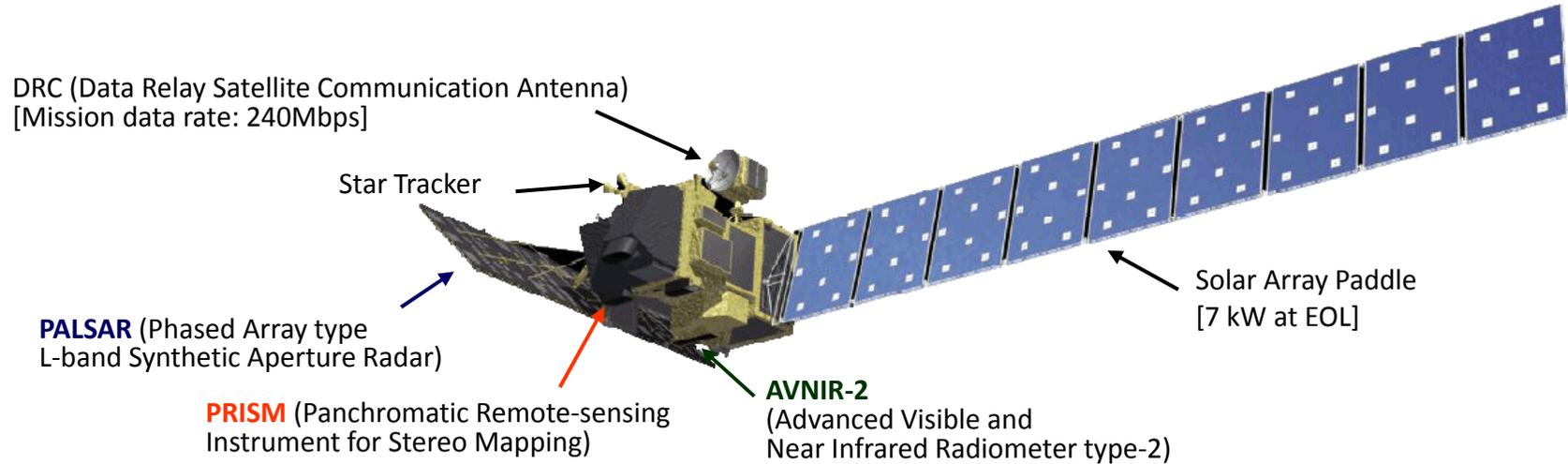


GCOM-C SGLI characteristics (Current baseline)	
Orbit	Sun-synchronous (descending local time: 10:30) Altitude: 798km, Inclination: 98.6deg
Launch Date	Jan. 2014 (HII-A)
Mission Life	5 years (3 satellites; total 13 years)
Scan	Push-broom electric scan (VNR: VN & P) Wisk-broom mechanical scan (IRS: SW & T)
Scan width	1150km cross track (VNR: VN & P) 1400km cross track (IRS: SW & T)
Digitalization	12bit
Polarization	3 polarization angles for P
Along track direction	Nadir for VN, SW and T, +45 deg and -45 deg for P
On-board calibration	VN: Solar diffuser, Internal lamp (LED, halogen), Lunar by pitch maneuvers (~once/month), and dark current by masked pixels and nighttime obs. SW: Solar diffuser, Internal lamp, Lunar, and dark current by deep space window T: Black body and dark current by deep space window All: Electric calibration

Multi-angle obs. for 674nm and 869nm

SGLI channels						
CH	λ	$\Delta\lambda$	L_{std}	L_{max}	SNR at Lstd	IFOV
	VN, P, SW: nm T: μm		VN, P: $\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ T: Kelvin		VN, P, SW: - T: NE Δ T	m
VN1	380	10	60	210	250	250
VN2	412	10	75	250	400	250
VN3	443	10	64	400	300	250
VN4	490	10	53	120	400	250
VN5	530	20	41	350	250	250
VN6	565	20	33	90	400	250
VN7	673.5	20	23	62	400	250
VN8	673.5	20	25	210	250	250
VN9	763	12	40	350	1200 (@1km)	250
VN10	868.5	20	8	30	400	250
VN11	868.5	20	30	300	200	250
P1	673.5	20	25	250	250	1000
P2	868.5	20	30	300	250	1000
SW1	1050	20	57	248	500	1000
SW2	1380	20	8	103	150	1000
SW3	1630	200	3	50	57	250
SW4	2210	50	1.9	20	211	1000
T1	10.8	0.7	300	340	0.2	500/250
T2	12.0	0.7	300	340	0.2	500/250

2.2 Advanced Land Observing Satellite (ALOS)



- ALOS mission objectives are follows.
- (1) Provide and update maps for Japan and other countries including those in the Asian-Pacific region ([Cartography](#)),
 - (2) Perform regional observation for “sustainable development,” harmonization between Earth environment and development ([Regional Observation](#)),
 - (3) Conduct disaster monitoring around the world ([Disaster Monitoring](#)),
 - (4) Survey natural resources ([Resources Surveying](#)), and
 - (5) Develop technology necessary for future Earth observing satellites (Technology Development).

ALOS Characteristics	
Launch Date	Jan. 24, 2006
Launch Vehicle	H-IIA
Launch Site	Tanegashima Space Center
Spacecraft Mass	Approx. 4 tons
Generated Power	Approx. 7 kW (at End of Life)
Design Life	3 -5 years
Orbit	Sun-Synchronous (descending local time 10:30)
	Repeat Cycle: 46 days
	Sub Cycle: 2 days
	Altitude: 691.65 km (at Equator)
	Inclination: 98.16 deg.
Attitude Determination Accuracy	2.0×10^{-4} deg.(with GCP)
Position Determination Accuracy	1m (off-line)
Data Rate	240 Mbps (via Data Relay Technology Satellite) 120 Mbps (Direct Transmission)
Onboard Data Recorder	Solid-state data recorder (90Gbytes)

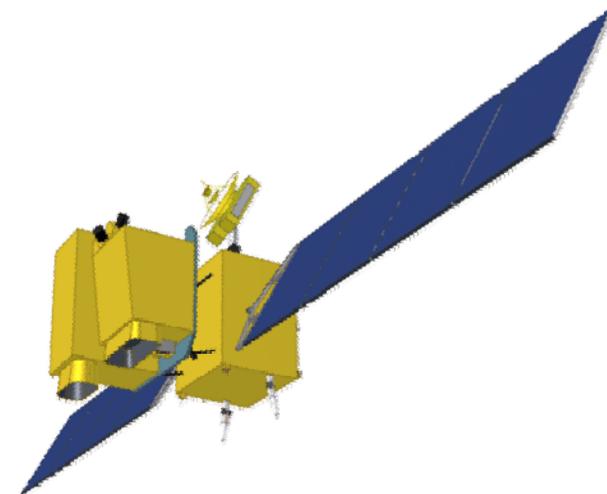
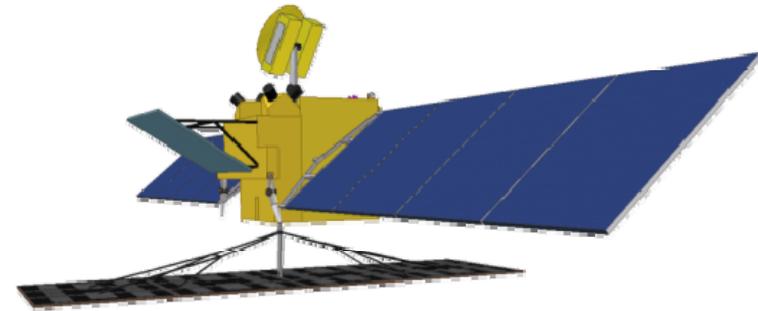
2.3 ALOS後継衛星



[衛星の主な諸元(案)]

- SAR衛星(ALOS-2)
 - 2トン級中型衛星
 - 分解能: 3m (SpotLightは、3m × 1m)
 - 観測幅: 50km (SpotLightは、25km程度)
 - 周波数帯: Lバンド(ALOSを継承)

- 光学衛星(ALOS-3)
 - 2トン級中型衛星
 - 分解能: 1m (パンクロ)、4m (マルチ)
 - 観測幅: 50km
 - 観測波長帯: ALOSを継承

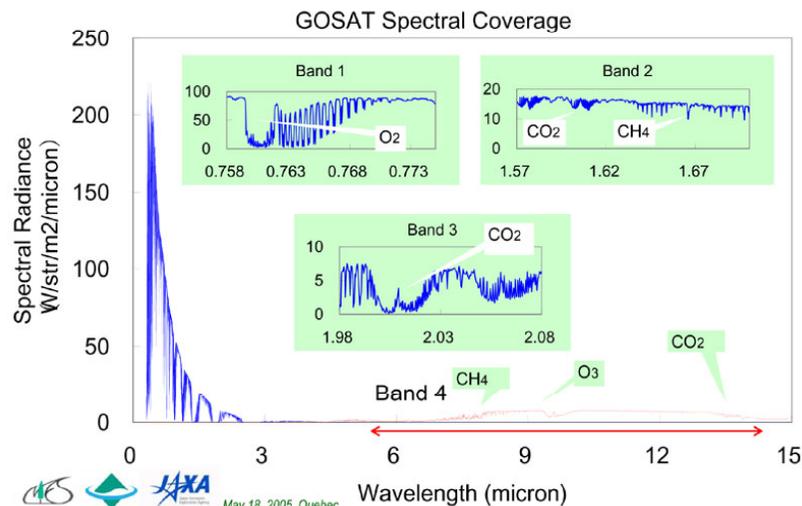
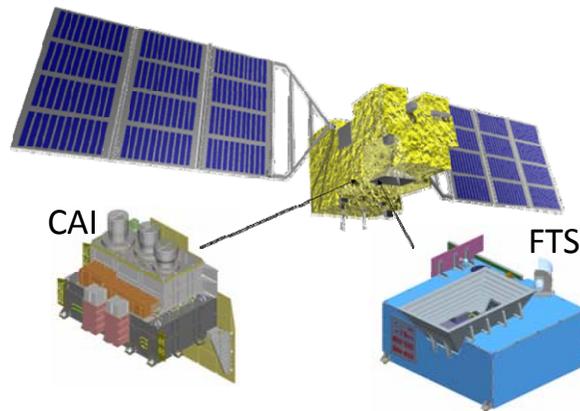


2.4 Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT)



搭載センサ: CO₂, CH₄観測分光計(TANSO-FTS)と雲エアロゾル観測用イメージャ(TANSO-CAI)

主なターゲット: 気候数値モデルにおける現在の二酸化炭素、メタン等の炭素排出・吸収分布・強度設定の検証



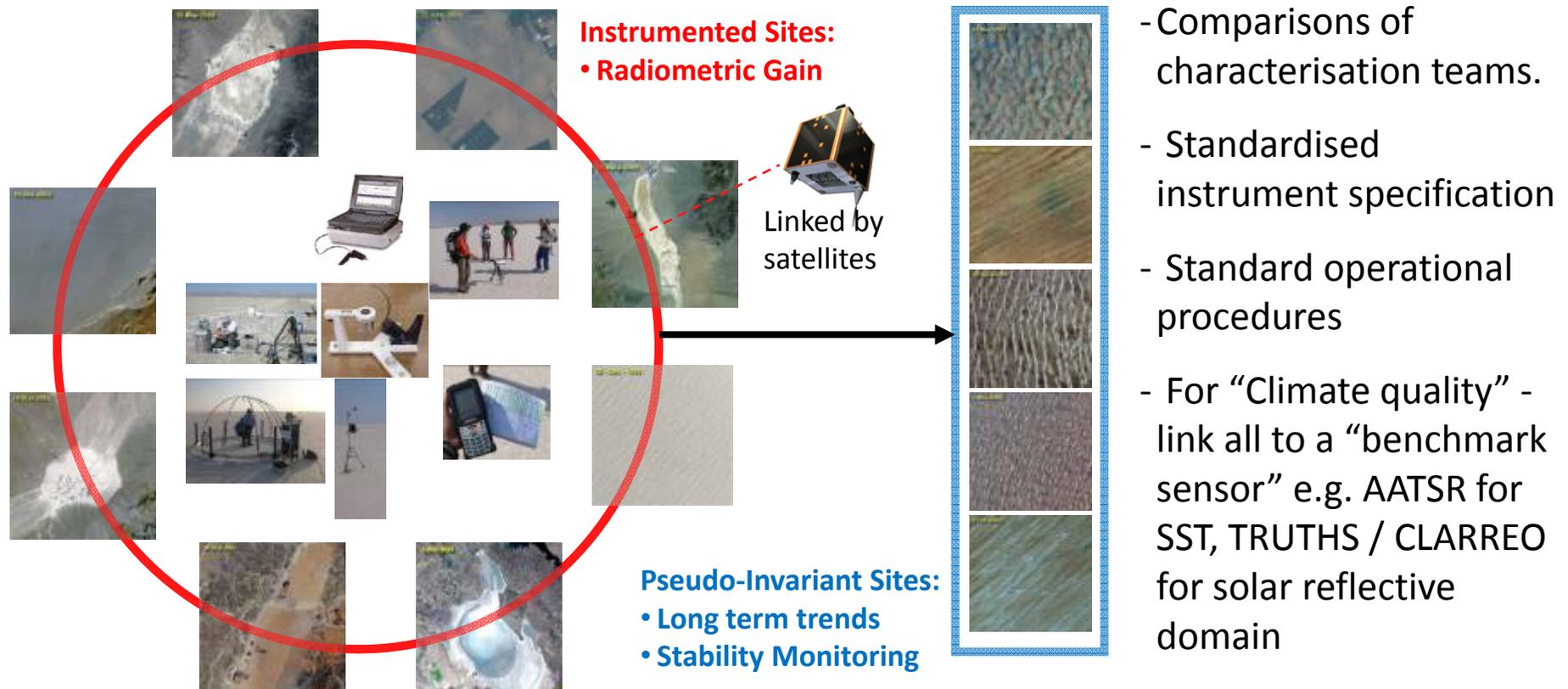
GOSAT characteristics	
Orbit	Sun synchronous orbit, local time 13:00±15
Inclination	98deg, Re-visit 3 days
Altitude	666km
Mission Instrument	Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observations (TANSO) - SWIR and TIR Fourier Transform Spectrometers (FTS) - Cloud and Aerosol Imager (CAI)
Swath width	FTS: 790km CAI: 1000km (380-865nm) / 750m (1.62um)
Resolution	FTS: 10.5km CAI: 500m (380-870nm) /1500m (1.61um)
Spectral coverage	FTS 1: 12900~13200cm ⁻¹ (0.75~0.78um) 2: 5200~6400cm ⁻¹ (1.56~1.72um) 3: 4800~5200cm ⁻¹ (1.92~2.08um) 4: 660~2000cm ⁻¹ (5.5~14.3um) (resolution 1: 0.5, 2: 0.2, 3: 0.2, 4: 0.2cm ⁻¹) CAI 1: 380, 2: 678, 3: 870, and 4: 1610nm (width 1: 20, 2: 20, 3: 20, 4: 90nm)
Launch Date	Jan. 23 2009 (H-IIA)
Mission Life	5 years

2.5 CEOS/IVOS and QA4EO



<http://qa4eo.org/index.html>

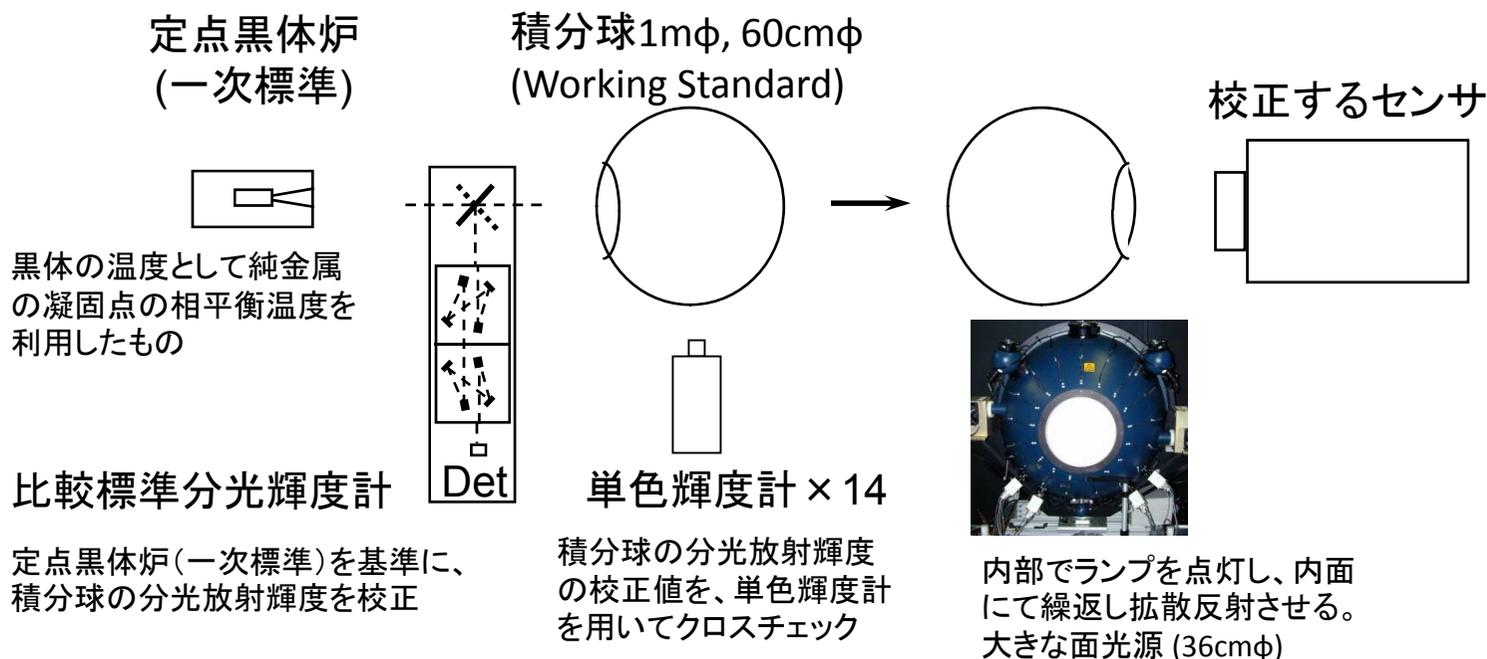
- “Landnet” coordinated traceable chain service to remove biases and improve performance (under development for Land radiometric gain) [CEOS/IVOS]
- Similar activities are constructing for surface temperature and ocean colour



3. センサ校正技術

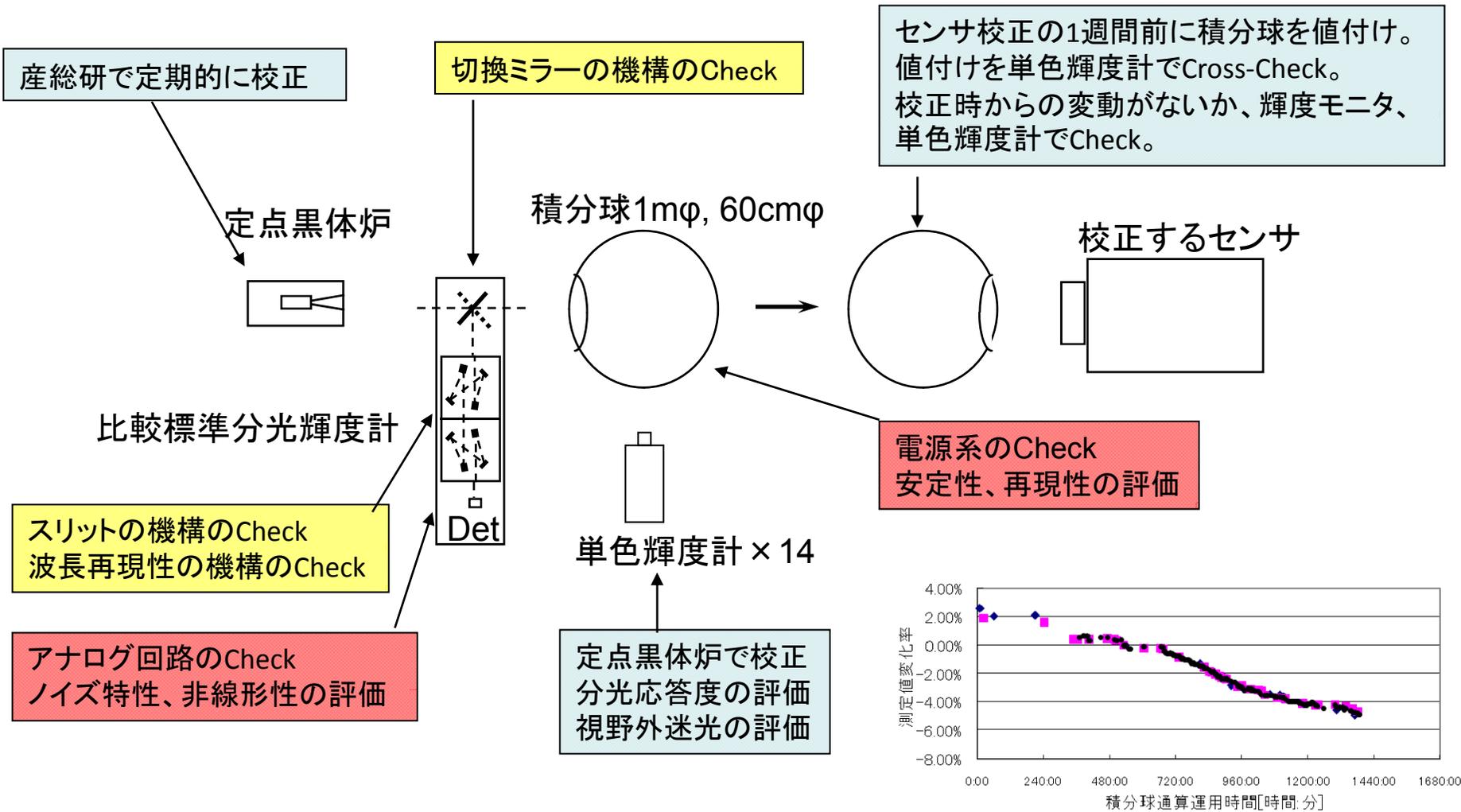
3.1 JAXAにおける衛星センサ地上校正 (輝度校正標準の概要)

- 分光放射輝度の一次標準は、純金属の凝固点の相平衡温度を利用する**定点黒体炉**。
- **比較標準分光輝度計**を用いて、定点黒体炉を基準に、**積分球**の分光放射輝度を校正し、積分球をWorking Standardとしてセンサが校正される。
- **単色輝度計**によって、積分球の分光放射輝度の校正値をクロスチェックを行う。また、積分球の特性を評価する。
- この技術で、ADEOS-II / GLI, ALOS / AVNIR-II, SELENE / LISM, PLANET-C / IR, UVなどが校正されている。現在は、GCOM / SGLIの試験を実施中。



3. センサ校正技術

3.1 JAXAにおける衛星センサ地上校正 (輝度校正標準の維持管理)



大きく分けて、①絶対値、②機構系、③電気系の安定性のチェックを定期的実施

分光放射輝度の経時変化の評価

3. センサ校正技術

3.2 分光照度計、PARセンサの相互校正

• 背景

- ✓ 多くの生態系観測サイトで使用されている簡易型PARセンサは、コサイン特性の違いによって、天候や太陽高度によって数10%の測定誤差が生じている
- ✓ メーカー間の違い（波長特性（特に近赤外域のカットオフ）、コサイン特性、値付け精度）が大きく、購入時の比較でも各社で10%以上の差がある（衛星地上検証には5%以下が必要）
- ✓ 経年劣化が激しいため定期的な校正が必要だが、校正方法の基準が無い

• 目的

- ✓ 実際の全天観測環境における、PAR計各機種 of 様々な波長特性とコサイン特性（直達・拡散光特性）を調べて各地の観測を比較可能なものにする
- ✓ 感度劣化をMS700で定期的に補正し、時間変動観測の信頼性を向上させる
- ✓ 日射計を用いたPAR計感度劣化の簡易評価法を検討する

使用するPARセンサー

LI-COR製



世界標準機

EKO製



機種実験の結果
良かった機種
11

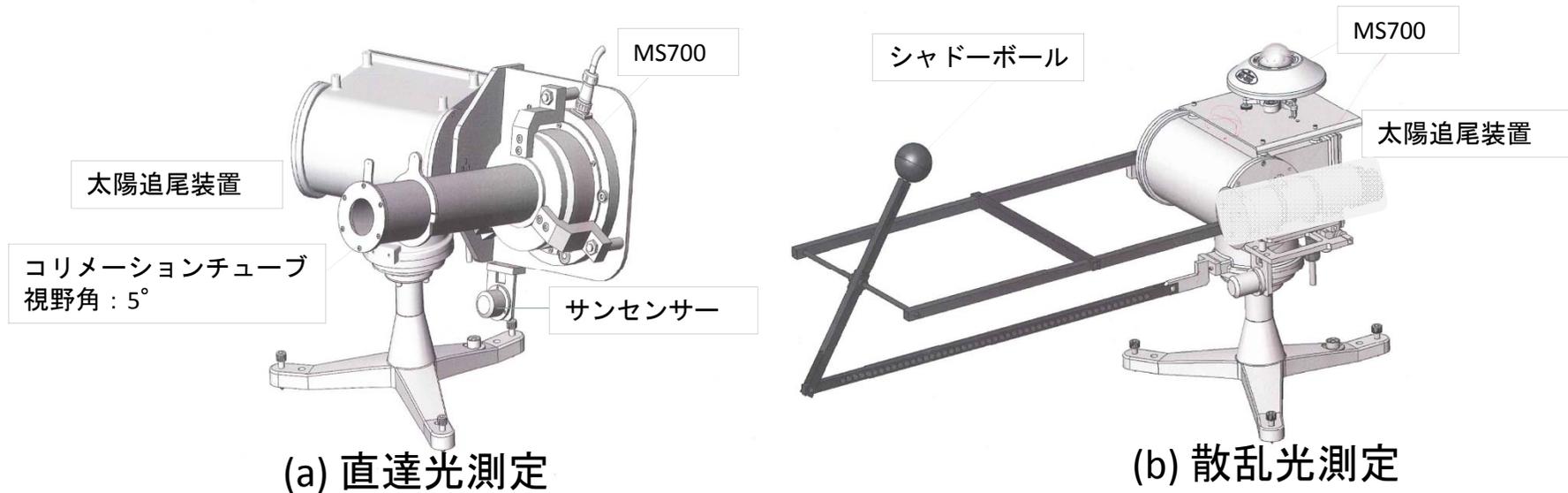
KOITO製



日本の生態系観測サイトでよく使用されている機種

3. センサ校正技術

3.2 分光照度計、PARセンサの相互校正



- 可視近赤外全天分光放射計(英弘精機 MS-700X) 2台
 - (a) 直達光観測(視野を5度に絞って太陽を追尾)
 - (b) 散乱光観測(太陽遮蔽球で直達光を遮蔽し水平面で拡散光を観測)
- 上記の近くで日射計やPAR計の観測を同時に実施し、相互比較を行う
- MS-700Xを校正基準として各サイトのPARセンサ校正に利用し、メーカーにも校正基準として提案する。
- JAXA/EORCの横軸生態系研究の一環として、環境研やGCOM-CのPI等と連携して実施予定(設置場所:環境研、設備整備・調整:今年度、観測は来年度?)

参考: SORCE

