SGLI センサ 特性ガイド
(初版)

概要

本書は、地球環境変動観測ミッション（GCOM：Global Change Observation Mission）の第一期 気候変動観測衛星（GCOM-C1)に搭載する多波長光学放射計(SGLI：Second generation Global Imager)の観測データを利用するユーザを念頭に置いてまとめたものである。

SGLI は、ADEOS 搭載 OCTS ならびに ADEOS-II 搭載 GLI の後続となる 3 代目の多波長光学放射計として、陸域、海域を含めた全地球規模の観測の定着と長期継続観測を目標として開発されたセンサである。本書は、以下の 4 編から構成される。

I. 概要編
II. VNR ラジオメトリ特性編
III. IRS ラジオメトリ特性編
IV. SGLI ジオメトリ特性編

なお、第 I 編は初版から公開を前提として作成するが、第 II～IV 編はフライト品(PFM)の特性記述が完了した時点で公開する予定である。

キーワード	GCOM, SGLI, 特性ガイド

情報の区分	✓一般	□取扱指定	□社外開示制限	□部外開示制限	□秘	□極秘
		開示制限解除年月： 年 月				

配付先																					
配付種類																					
部数																					

関連	承認	点検	作成	技術資料番号	改訂符号
	中川 2011・1・26	田 岡 占 中 村 部 2011・1・26	加藤 2011．1．26	SGC-100047	NC
				GCOM プロジェクトチーム	

SGLI センサ 特性ガイド
(初版)

概要

本書は、地球環境変動観測ミッション (GCOM：Global Change Observation Mission) の第一期 気候変動観測衛星 (GCOM-C1)に搭載する多波長光学放射計 (SGLI：Second generation Global Imager)の観測データを利用するユーザを念頭に置いてまとめたものである。

SGLI は、ADEOS 搭載 OCTS ならびに ADEOS-II 搭載 GLI の後続となる 3 代目の多波長光学放射計として、陸域、海域を含めた全地球規模の観測の定着と長期継続観測を目標として開発されたセンサである。本書は、以下の 4 編から構成される。

I. 概要編
II. VNR ラジオメトリ特性編
III. IRS ラジオメトリ特性編
IV. SGLI ジオメトリ特性編

なお、第 I 編は初版から公開を前提として作成するが、第 II～IV 編はフライト品(PFM)の特性記述が完了した時点で公開する予定である。

キーワード	GCOM, SGLI, 特性ガイド					
情報の区分	✓一般	☐取扱指定	☐社外開示制限	☐部外開示制限	☐秘	☐極秘
		開示制限解除年月： 年 月				

配付先																					
配付種類																					
部数																					

関連	承認	点検	作成	技術資料番号	改訂符号
				SGC-100047	NC
. .	. .	. .	2011 . 1 . 26	GCOM プロジェクトチーム	

SGLI センサ 特性ガイド [I. 概要編]

目次

1. はじめに

本書は、地球環境変動観測ミッション(GCOM)の第一期 気候変動観測衛星(GCOM-C1)に搭載する多波長光学放射計(SGLI)のデータを利用するユーザを念頭に置いてまとめたものである。

SGLI は、ADEOS 搭載 OCTS ならびに ADEOS-II 搭載 GLI の後続となる 3 代目の多波長光学放射計として、陸域、海域を含めた全地球規模の観測の定着と長期継続観測を目標として開発されたセンサである。

本書は、以下の 4 編から構成される。

I. 概要編
II. VNR ラジオメトリ特性編
III. IRS ラジオメトリ特性編
IV. SGLI ジオメトリ特性編

なお、第 I 編は初版から公開を前提として作成するが、第 II～IV 編はフライト品(PFM)の特性記述が完了した時点で公開する予定である。

本文書の初版は、「大阪大学のイノベーション創出　若手研究人材養成プログラム」の一環として、大阪大学の加藤恵理が作成しました。

2. GCOM-C1 の概要

2.1 GCOM-C1 の目的

GCOM-C1 は、地球環境変動観測ミッション(GCOM)を構成する衛星であり、GCOM の目的である気候変動の監視・理解の中で、全球規模での放射収支と炭素循環に関わる地表と大気、沿岸、雪氷の広い範囲での長期継続観測、人間活動と気候変動の影響の観測を主な目的とする。観測データは、気候変動の研究や気象予測に利用され、地球規模での気候変動メカニズムを解明することが期待されている。

2.2 GCOM-C1 のシステムの概要

GCOM-C1 は、地球規模の環境変動のメカニズムの解明を目指した気候変動に関する研究や気象等への貢献が期待される衛星である。

GCOM-C1 は、平成 26 年度に種子島宇宙センターから H-II A ロケットにより打ち上げられ、高度(赤道上) 約 798 km、周期約 101 分の太陽同期準回帰軌道に投入される。ミッション期間は、寿命 5 年の衛星をオーバーラップさせて 3 世代継続させることにより、13 年間を予定している。表 2.2-1 にシステムの主要諸元を示す。

表 2.2-1：GCOM-C1 システム主要諸元

項目	主要諸元
打ち上げ時期	平成 26 年度
打ち上げロケット	ベースライン H-II A ロケット
射場	種子島宇宙センター
軌道 高度(赤道上) 傾斜角 周期 回帰日数 回帰数 1 回帰の周回数 降交点地方時 回帰精度	太陽同期準回帰軌道 798 km 98.6 度 100.9 分 34 日 14+ 9/34　周/日 485 周回 午前 10 時 30 分±15 分 ±5 km
衛星 衛星重量 発生電力 形状 寿命	 2100 kg > 4000 W (End of Life) H-II A の 4S フェアリング、Delta IV の 4 m フェアリング、Atlas V の 4 m フェアリングに収納可能。 箱型バス構体＋ミッション構体（トラス構造） サイズ：4.7 m (X)×16.5 m (Y) ×2.6 m (Z)　軌道上展開形状 > 軌道上 5 年
全球データ受信局 日本周辺データ受信局	スバルバード局(KSAT) 勝浦局、鳩山局

3. SGLI の概要

3.1 SGLI の概要

多波長光学放射計(SGLI)は、地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS：Advanced Earth Observing Satellite)に搭載された海色海温走査放射計(OCTS：Ocean Color Temperature Scanner)、環境観測技術衛星「みどり II」(ADEOS-II)に搭載されたグローバルイメージャ(GLI)に続く 3 代目の多波長光学センサである。地球環境変動観測ミッション(GCOM)のコアセンサの 1 つとして、地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量の観測の定着と長期継続観測を目指して開発をしている。SGLI は「可視・近赤外放射計部(SGLI VNR)」と「赤外走査放射計部(SGLI IRS)」の 2 つの放射計から構成され、広い波長域(380 nm～12 μm)において、衛星直下で約 1 km、約 500 m または 250 m の空間分解能を持つ。図 3.1-1 に GCOM-C1 衛星の概要を、図 3.1-2 に SGLI の概要を示す。

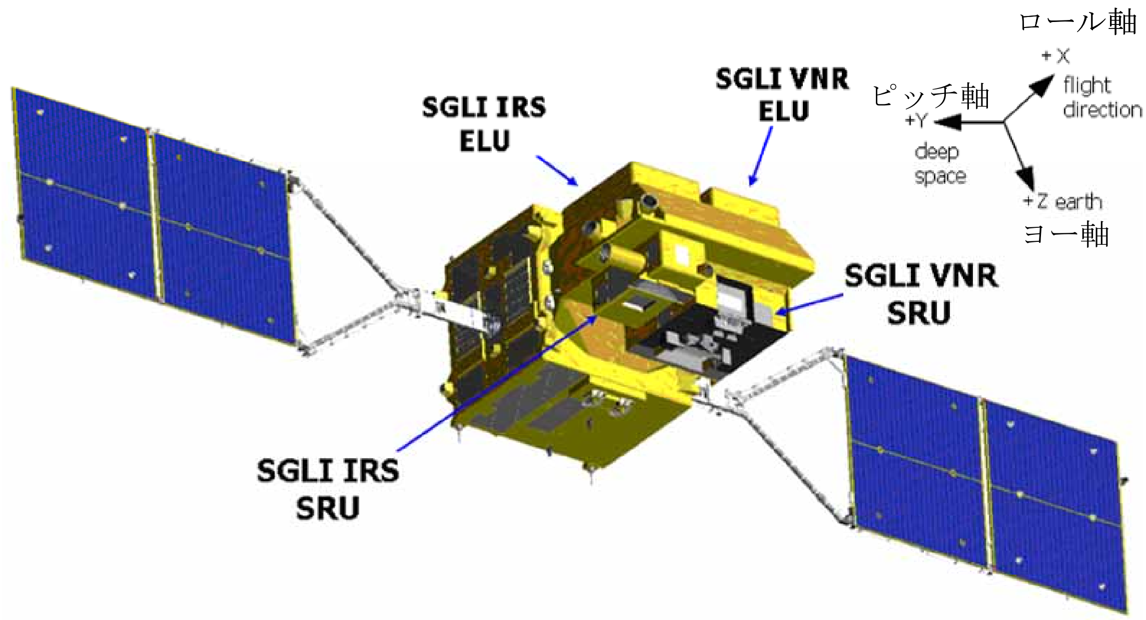


図 3.1-1：GCOM-C1 衛星全体図

SGLI：Second Generation Global Imager

VNR：Visible and Near Infrared Radiometer

IRS：Infrared Scanning Radiometer

SRU：Scanning Radiometer Unit

ELU：Elecreical Unit

SGLI の要求仕様は、GCOM の目標に資するプロダクトを効率的に導出しうるチャネルを選択することで、ADEOS-II 搭載 GLI の 36 チャンネルに対し 19 チャンネルに減らす一方、標準プロダクトを 22 個から 29 個に増加して、雲・エアロゾルや陸域植生の観測を強化している。また、SGLI の偏光・多方向観測(詳細は第 4 章参照)は GLI にはない新規追加機能であり、250 m 観測機能とともに陸域観測強化を目的としてユーザから要求されている機能である。世界的にも 1 km 分解能での広域偏光観測ミッションは他になく、その成果が大きく期待されている。図 3.1-3 に SGLI の観測波長を示す。また SGLI 放射計の概要と光学設計について表 3.1-1 にまとめた。

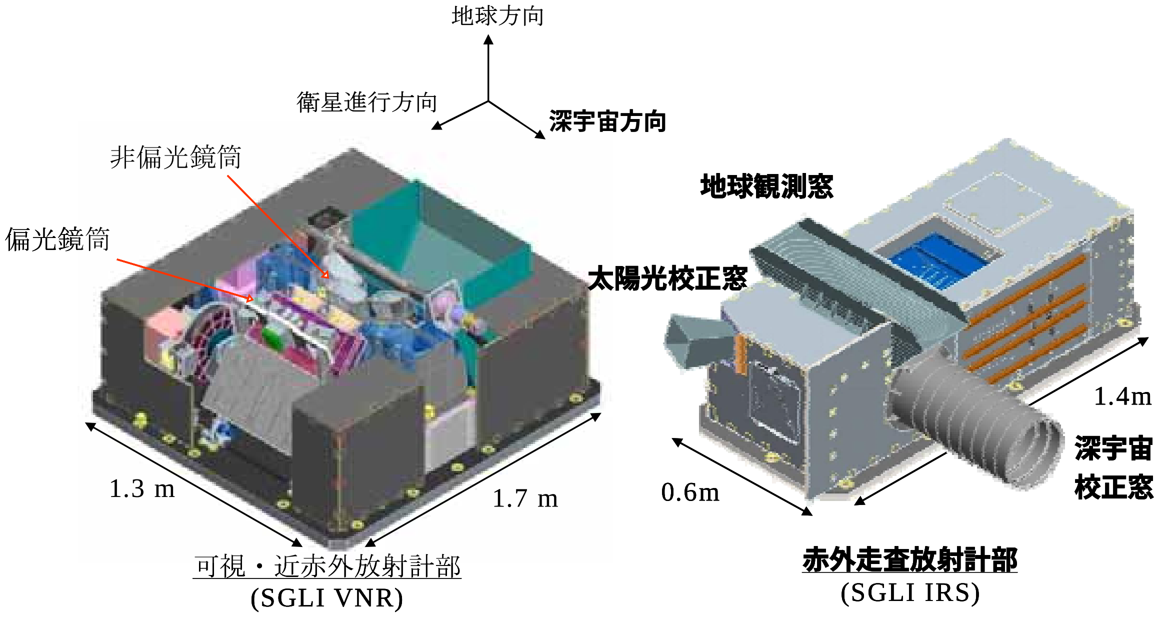


図 3.1-2：SGLI の概要

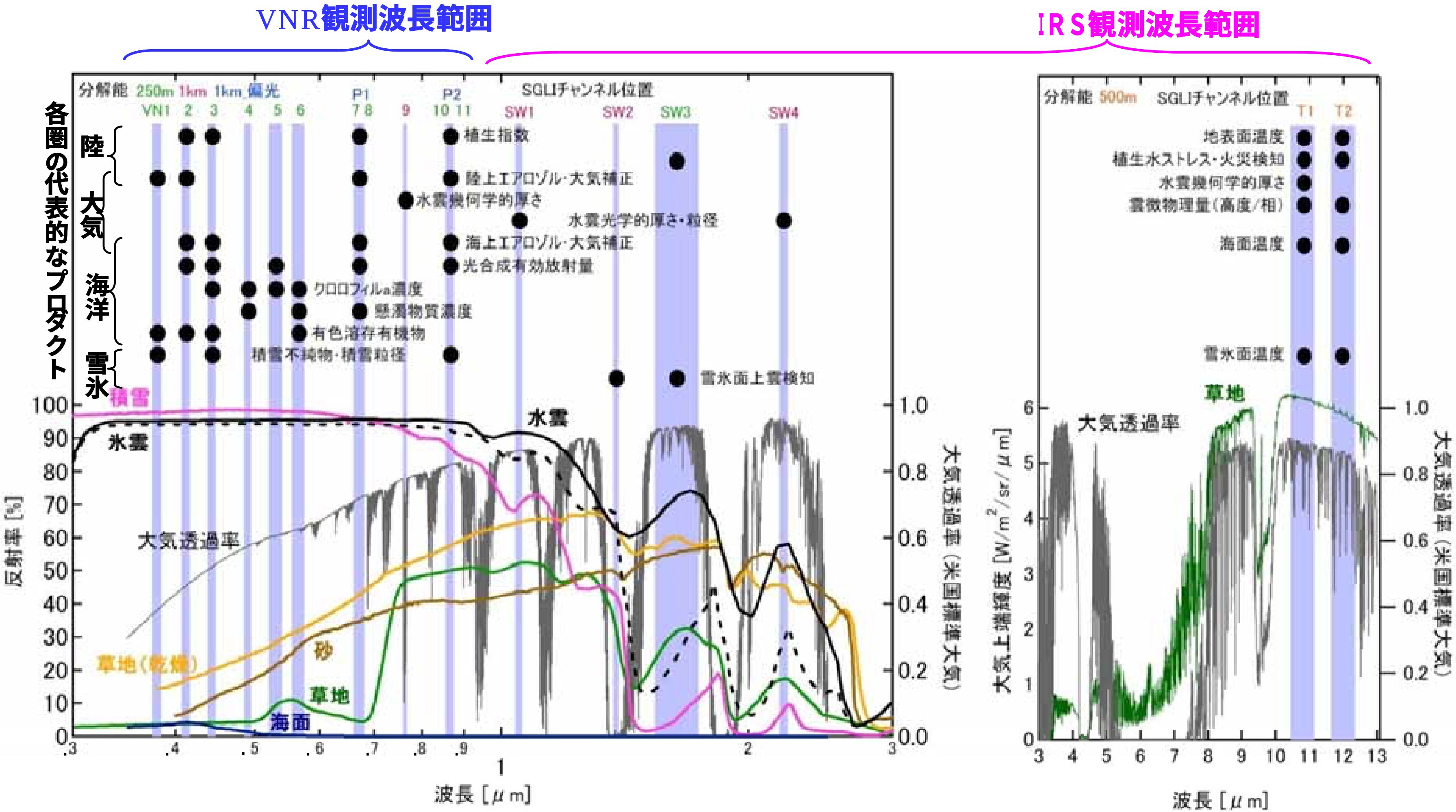

VNR観測波長範囲
IRS観測波長範囲
分解能 250m 1km 1km 偏光
SGLIチャンネル位置
VN1 2 3 4 5 6 P1 7 8 9 P2 10 11 SW1 SW2 SW3 SW4
各圏の代表的なプロダクト
陸
大気
海洋
雪氷
植生指数
陸上エアロゾル･大気補正
水雲幾何学的厚さ
水雲光学的厚さ･粒径
海上エアロゾル･大気補正
光合成有効放射量
クロロフィルa濃度
懸濁物質濃度
有色溶存有機物
積雪不純物･積雪粒径
雪氷面上雲検知
積雪
氷雲
水雲
大気透過率
草地（乾燥）
砂
草地
海面
反射率 [%]
大気透過率（米国標準大気）
波長 [μm]
分解能 500m
T1 T2
地表面温度
植生水ストレス･火災検知
水雲幾何学的厚さ
雲微物理量（高度/相）
海面温度
雪氷面温度
大気上端輝度 [W/m2/sr/μm]

図 3.1-3：SGLI 観測

表 3.1-1：SGLI 放射計の概要と光学設計

項目	主要パラメータ
可視・近赤外 放射計部(VNR)	非偏光観測(NP：11ch)、走査幅 1150 km 偏光・多方向観測(PL：2ch)、走査幅 1150 km 但し、VN9 (763 nm)のみ分解能 1 km
赤外走査 放射計部(IRS)	短波長赤外観測(SWIR：4ch)、走査幅 1400 km 熱赤外観測(TIR：2ch)、走査幅 1400 km

放射計名	検出器	高度 (公称)	IFOV (公称)	焦点距離 f	画素の大きさ d
VNR 非偏光	CCD 常温	798 km	250 m	NP 166 mm	52 um =13 um×4
VNR 偏光			1 km	PL 72.6 mm	91 um = 13 um×7
IRS SWIR	InGaAs −30℃		1 km	SW1, 2, 4 448 mm	560 um =560 um×1
			250 m	SW3 448 mm	140 um = 140 um×1
IRS TIR	HgCdTe 55 K		500 m	448 mm (500 m mode)	280 um = 140 um×2
			250 m	448 mm (250 m mode)	140 um = 140×1

※IFOV は瞬時視野角、f はそれぞれの焦点距離である。また d は画素加算した 1 画素の大きさであり、(1 画素の大きさ) = (1 素子の大きさ)×(素子数)が記述されている。

放射計	取得データ	コマンドでの 積分時間調整
VNR NP + PL	積分型	可能
IRS SWIR	瞬時型	不可能
IRS TIR	積分型	可能

※非偏光観測とは、地上の大気や地表面により散乱・吸収された反射光の強度を観測する(NP(Non Polarized) 観測)。

※偏光観測とは、地上の大気や地表面により散乱・吸収された反射光の偏光状態を観測する(PL(Polarized) 観測)。

※SWIR(Short wavelength Infrared) は、IRS の短波長赤外センサである。

※TIR(Thermal Infrared) は、IRS の熱赤外センサである。

表 3.1-2：SGLI の観測波長仕様

センサ	CH	中心波長 λ_c [nm]	波長幅 $\Delta\lambda$ [nm]	基準輝度 L_{std} [W/m²/str/μm]	最大輝度 L_{max} [W/m²/str/μm]	軌道上 最大輝度 L_{cloud} [W/m²/str/μm]	IFOV	S/N 仕様値 (規定分解能)
VNR NP	VN1	380	10	60	210	329	250 m / 1 km	250 (250 km)
	VN2	412	10	75	250	589	250 m / 1 km	400 (250 km)
	VN3	443	10	64	400	650	250 m / 1 km	300 (250 km)
	VN4	490	10	53	120	645	250 m / 1 km	400 (250 km)
	VN5	530	20	41	350	643	250 m / 1 km	250 (250 km)
	VN6	565	20	33	90	648	250 m / 1 km	400 (250 km)
	VN7	673.5	20	23	62	564	250 m / 1 km	400 (250 km)
	VN8	673.5	20	25	210	564	250 m / 1 km	250 (250 km)
	VN9	763	12	40	350	438	250 m / 1 km	1200 (1 km)
	VN10	868.5	20	8	30	362	250 m / 1 km	400 (250 km)
	VN11	868.5	20	30	300	362	250 m / 1 km	200 (250 km)
VNR PL	P1	673.5	20	25	250	564	1 km	250 (1 km)
	P2	868.5	20	30	300	362	1 km	250 (1 km)
センサ	CH	中心波長 λ_c [μm]	**波長幅** $\Delta\lambda$ [μm]	基準輝度 L_{std} [W/m²/str/μm]	最大輝度 L_{max} [W/m²/str/μm]	軌道上 最大輝度 L_{cloud} [W/m²/str/μm]	IFOV	S/N 仕様値
IRS SWIR	SW1	1.05	0.020	57	248	248	1 km	500 (1 km)
	SW2	1.38	0.020	8	103	103	1 km	150 (1 km)
	SW3	1.63	0.200	3	50	59	250 m / 1 km	57 (250 m)
	SW4	2.21	0.050	1.9	20	20	1 km	211 (1 km)
センサ	CH	中心波長 λ_c [μm]	**波長幅** $\Delta\lambda$ [μm]	基準温度 T_{std} [K]	観測最小温度 T_{min} [K]	観測最大温度 T_{max} [K]	IFOV	NEdT@ T_{std}
IRS TIR	T1	10.8	0.74	300	180	340	250 m/ 500 m /1 km	0.2 (500 m)
	T2	12.0	0.74	300	180	340	250 m / 500 m / 1 km	0.2 (500 m)

(注 1) 基準輝度 L_{std} は、各チャンネルで S/N を規定する輝度を示す。(注 2) 最大輝度 L_{max} は、SGLI が観測できる最大輝度を示す。

(注 3) 軌道上最大輝度 L_{cloud} は、軌道上で想定している最大の入射輝度を示す。

観測チャンネルの波長特性は、光学系・検出器を含めたトータルの波長感度特性に対し規定する。波長幅($\Delta\lambda$)はピーク感度の 50 %に相当する波長域である。中心波長(λ_0)は、波長幅を 2 等分した、中心の波長を示す。ここに示す中心波長は、第 6 章に記述されている中心波長λ_c(b)とは異なる定義である。図 3.1-4 は波長特性の定義を示す。

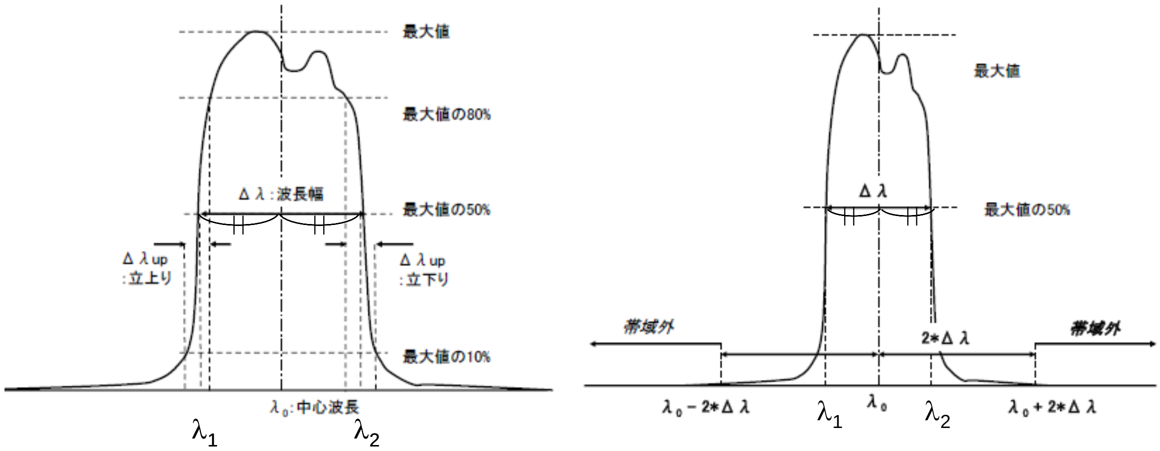


図 3.1-4：波長特性の定義

※λ_1、λ_2 はピーク感度の 50%に相当する波長である。

$\lambda_0 = (\lambda_1 + \lambda_2)/ 2$

偏光観測

SGLI PL 観測機能は GLI にない新規追加機能であり、陸域観測強化を目的としてユーザから要求されている機能である。世界的にも 1 km 分解能での広域偏光観測ミッションは他になく、その成果が大きく期待されている。表 3.1-3 は VNR PL の主要性能を示す。SGLI PL 観測においては、入射光の偏光状態(I, Q, U)が導出できる。

表 3.1-3：VNR PL の主要性能

項目	性能 (仕様値)
観測する偏光方位角	0°、±60°
偏光度 P の精度　⊿P/Pstd	±4%
偏光方位角 φ の精度	±1.3 °

※SGLI が観測する光の偏光状態は、ストークス・ベクトルの４つの成分（I, Q, U, V）のうちの３つの成分（I, Q, U）である。光が偏光している度合い（偏光度 P; Polarization Degree）および偏光している方向（偏光方位角 φ ; Polarization Angle）は、ストークスベクトルを用いて下式で表現される。

$$P = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I} \qquad \phi = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{U}{Q}$$

※SGLI の偏光観測性能は、任意の偏光方位角 φ を持つ基準となる観測光（基準輝度 L_{std}、基準偏光度 P_{std} = 5 %）を観測した際の精度として規定される。このうち、偏光度の精度は偏光度の差分⊿P そのものではなく、差分と基準偏光度との比⊿P/Pstd として定義している。

$$\Delta P = P_{obs} - P_{true} \qquad \text{偏光観測精度} \quad \frac{\Delta P}{P_{std}} = \frac{P_{obs} - P_{true}}{P_{std}}$$

3.2 SGLI の観測運用

SGLI は、可視・近赤外放射計部(SGLI VNR)と赤外走査放射計部(SGLI IRS)の 2 つの放射計から構成されている。SGLI VNR の詳細については第 4 章に、SGLI IRS については第 6 章に記述している。SGLI の観測イメージを図 3.2-1 に示す。SGLI では、日本付近(緯度 35 度)において 2 日に 1 回の観測が可能である。SGLI VNR の観測幅(FOV)は 1150 km、SGLI IRS は 1400 km である。

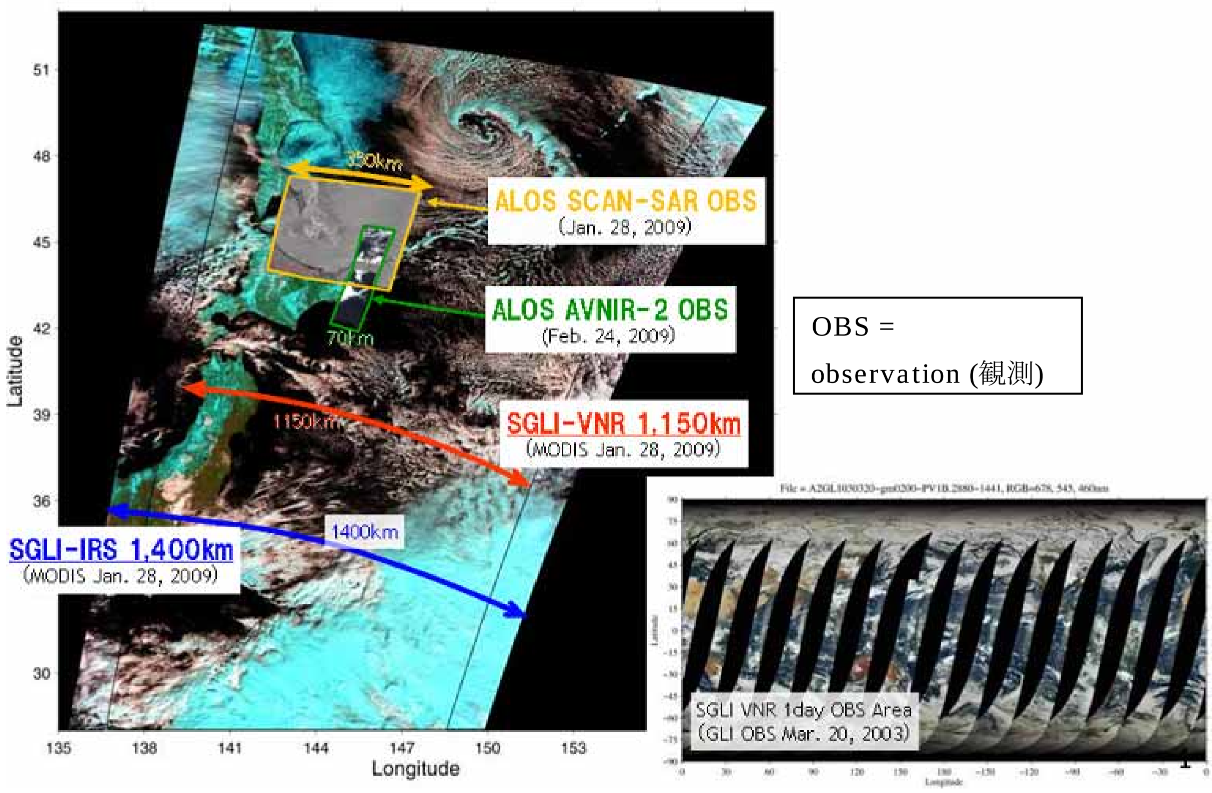


図 3.2-1：SGLI の観測イメージ

ALOS は陸域観測技術衛星「だいち」の観測である。GLI は ADEOS-II に搭載されたグローバルイメージャのことである。また MODIS は、NASA の地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている NASA/GSFC により開発された光学センサ（中分解能撮像分光放射計）である。

SGLI の基本観測パターンと SGLI の観測運用の概要をそれぞれ図 3.2-2 と図 3.2-3 に示す。日照観測は 19 チャンネルすべてで行われる。陸域・沿岸観測の分解能は、250 m もしくは 500 m、外洋観測の分解能は 1 km である。また日陰観測は、短波長赤外チャンネル(SW3 (1.6 μm), SW4 (2.2 μm))の陸域・沿岸と、熱赤外チャンネル(TIR)の全域において観測される。地上日照観測として、VNR 及び IRS SWI 観測の開始・終了タイミングは、薄暮観測を目的として地上日陰明け−6 分〜地上日陰入り＋6 分とする。VNR 偏光は、チルト視を考慮する。上記の 6 分には、軌道予報誤差、センサコマンド応答時間等を含む。また真の要求は太陽天頂角 95°である。VNR 偏光チルト観測として、北半球は前方チルト、南半球は後方チルトを通常観測シーケンスとする。また SGLI SWI の火災観測対応として、SW3・SW4 は、常時日陰陸域では観測を実施する。なお、上記の観測パターンは、ハードウエア設計を行うための前提条件であり、実際の運用は別途規定される。表 3.2-1 には SGLI のデータレートをまとめた。

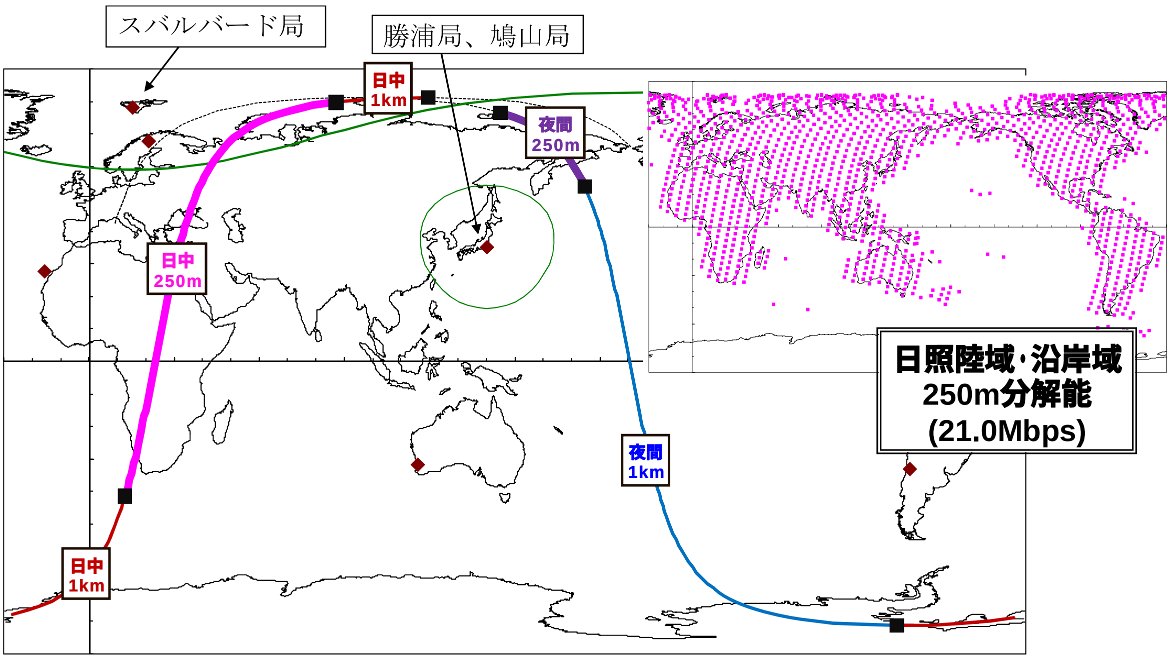


図 3.2-2：SGLI の観測パターン

緑の線は、スバルバード局、勝浦局・鳩山局から衛星が見える(可視) 範囲である。

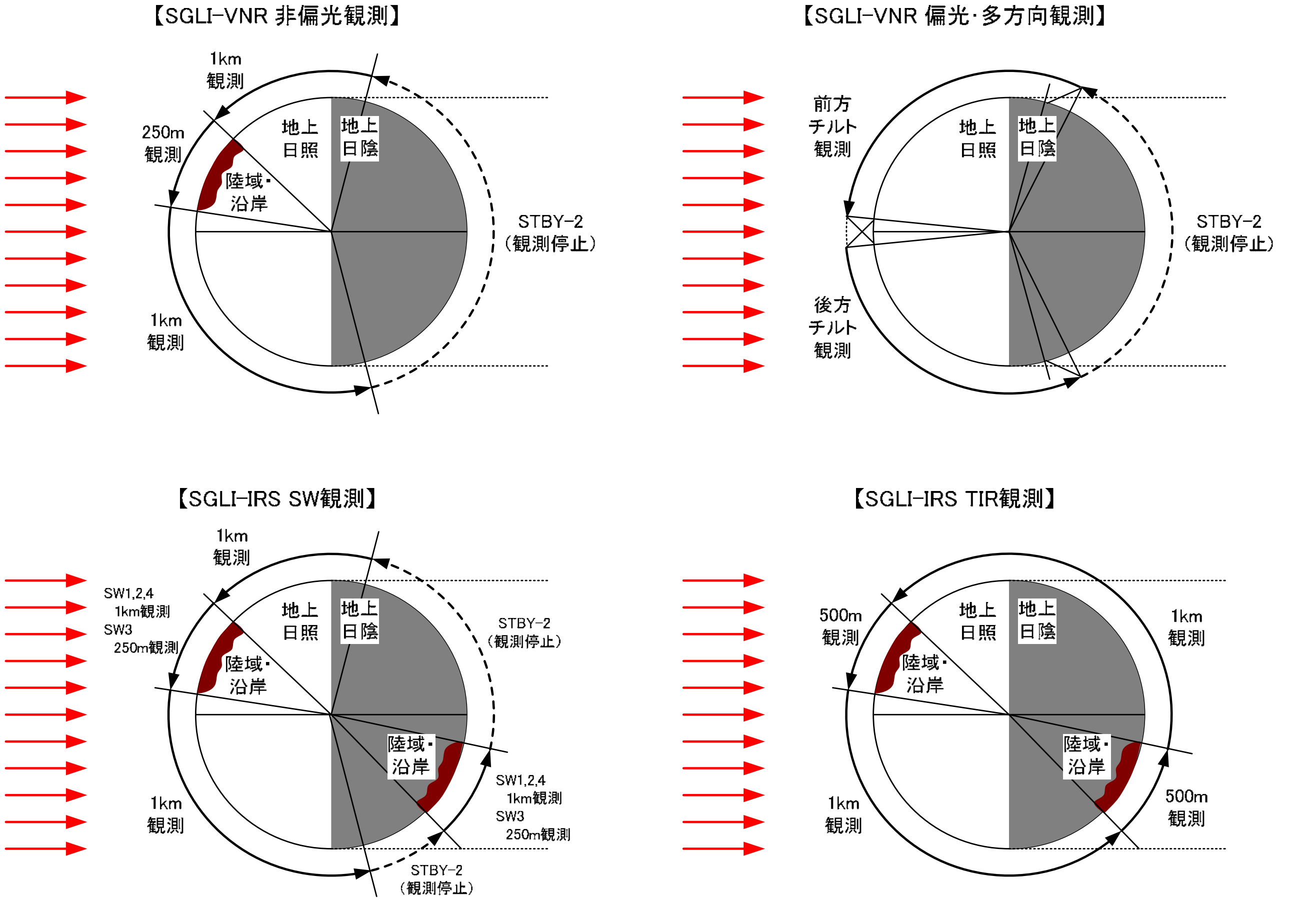


図 3.2-3：SGLI の観測運用の概要

(注) 地上日照観測

VNR および IRS SWI 観測開始・終了タイミングは、薄暮観測を目的として地上日陰明け－6 分～地上日陰入り＋6 分とする。VNR 偏光は、チルト視を考慮する。（上記の 6 分には、軌道予報誤差、センサコマンド応答時間等を含む；真の要求は太陽天頂角 95°

表 3.2-1：SGLI のデータレート概要

観測	設定	データレート [Mbps]	日照データレート			日陰データレート		
			陸域・沿岸	陸域・沿岸 TIR250 m	外洋	陸域・沿岸	陸域・沿岸 TIR 250 m	外洋
VNR NP 観測	250 m 観測	17.517	17.517	17.517	—	—	—	—
	1 km 観測	1.383	—	—	1.383	—	—	—
VNR PL 観測	1 km 観測	0.53	0.53	0.53	0.53	—	—	—
IRS SWIR 観測	SW 1,2,4：1 km 観測 SW3：250 m 観測	2.007	2.007	2.007	—	2.007	2.007	—
	SW 1,2,4：1 km 観測 SW3：1 km 観測	0.453	—	—	0.453	—	—	—
IRS TIR 観測	TIR 500 m 観測	0.868	0.868	—	—	0.868	—	—
	TIR 1 km 観測	0.246	—	—	0.246	—	—	0.246
	TIR 250 m 観測	3.353	—	3.353	—	—	3.353	
合計	—	—	20.922	23.407	2.612	2.875	5.36	0.246

（注）TIR は、500 m 分解能観測から、250 m 観測に切り替えることが可能である。

(1) SGLI VNR の観測運用

SGLI VNR において、NP 観測用には 3 本の鏡筒が搭載されており、3 本で 1150 km (70 °)の観測が行われる(図 4.2-2 参照)。図 3.2-4 は VNR NP の走査イメージである。3 色のラインで書かれたものが、それぞれ 3 本の鏡筒の観測ラインを示す。VNR の非偏光観測サブユニットには 11 ラインの CCD が搭載されており、それぞれ 1 ラインの素子数は 6000 素子である (第 4 章参照)。なお、プッシュブルーム方式を採用して、CT (クロストラック)方向(衛星の進行方向と垂直方向)の 4 素子と AT (アロングトラック) 方向 (衛星の進行方向) の 4 素子分をオンボードで加算して、250 m 分解能とする(図 4.4.3-3 参照)。

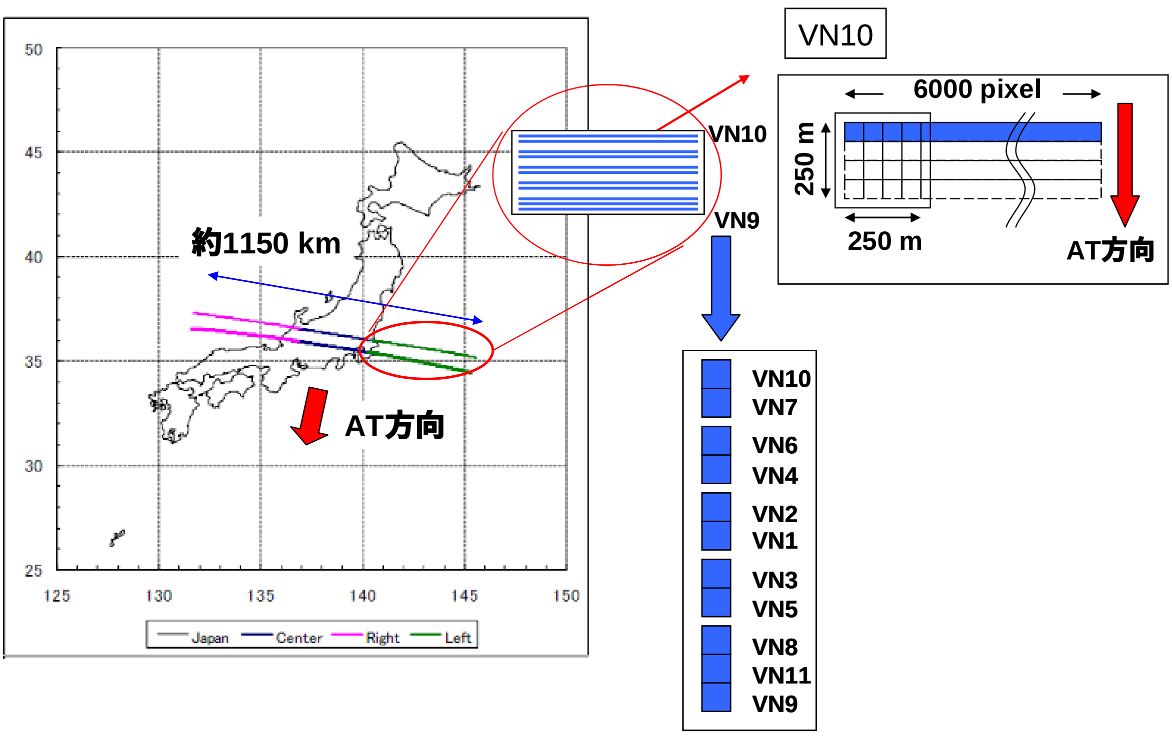


図 3.2-4：VNR NP の走査イメージ

一方、PL 観測用には 2 本の鏡筒が搭載されており、0°、±60°の 3 つの偏光方位角に対して偏光観測を行う。図 3.2-5 は VNR PL の走査イメージである。NP と同じ CCD で 11 ライン中 3 ラインを使用する(第 4 章参照)。CT 方向の 7 素子と AT 方向の 7 素子をオンボードで加算し、1 km 分解能をもつ(図 4.4.3-3 参照)。

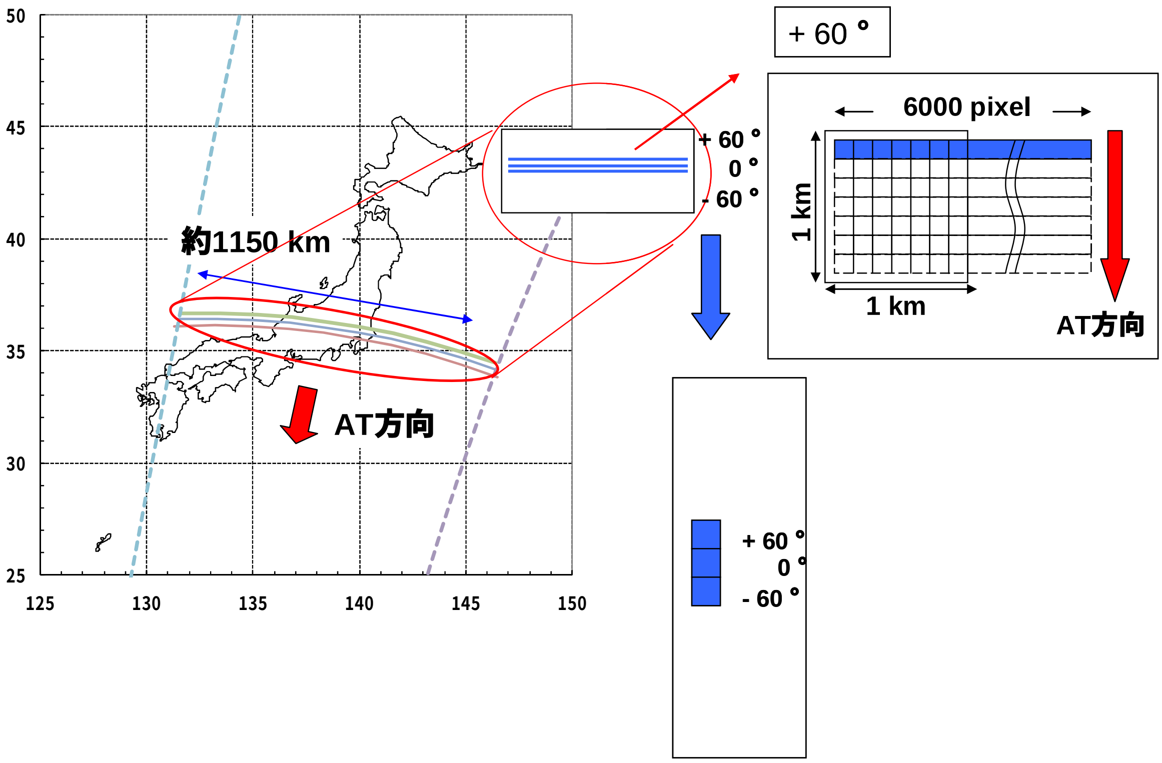


図 3.2-5：VNR PL の走査イメージ

(2) SGLI IRS の観測運用

SGLI IRS では、機械式走査方式(ウィスクブルーム方式)により、観測幅 80° (1400 km)の観測が可能である。図 3.2-6 は IRS の走査イメージである。IRS には 6 チャンネルの検出器が搭載されている。

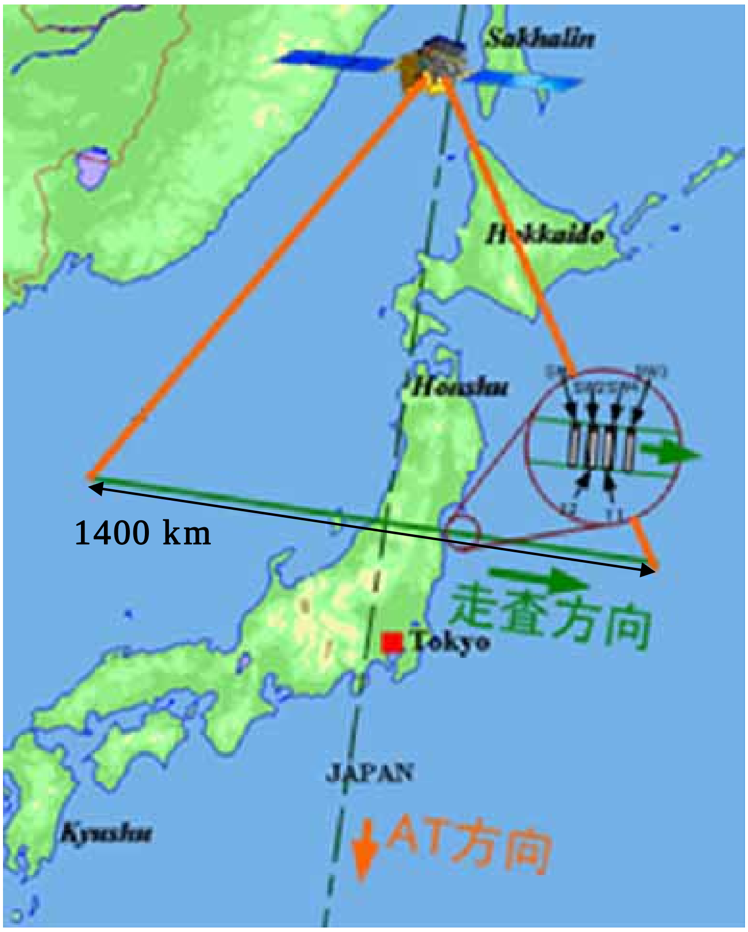


図 3.2-6　IRS の走査イメージ

IRS センサは図の方向に走査させて観測を実施する。

4. VNR の概要

4.1 VNR 観測原理

SGLI は可視域から熱赤外域までの広い波長範囲(380 nm～12 μm)の観測を行う。VNR は可視域から近赤外域(380 nm～868.5 nm)の波長域の観測を電子走査方式による広域観測(観測幅 約 1150 km)によって分担する多チャンネルの分光放射計である。

SGLI VNR は、光学系ユニット(SRU：Scanning Radiometer Unit)と電気系ユニット(ELU：Electrical Unit)の 2 つのユニットから構成され、SRU はさらに非偏光観測を実施する非偏光観測サブユニット(VNR-NP)と偏光観測を実施する偏光観測サブユニット(VNR-PL)から構成される。

NP 観測サブユニットは、画角 24 ° の 3 本の鏡筒を用いて合計 70 ° (直下において約 1150 km)の走査幅を 380 nm～868.5 nm の波長域において 11 チャンネルで分光観測を実施する。

PL 観測サブユニットは、673.5 nm 用と 868.5 nm 用の 2 本の鏡筒を用いて、0°、±60° の 3 つの偏光方位角に対して偏光観測を実施する。偏光観測サブユニットは、ステッピングモータにより進行方向に前後 45 °チルト駆動し(図 4.1-1 参照)、チルト時において非偏光観測サブユニットと同等の 1150 km の走査幅を観測する。

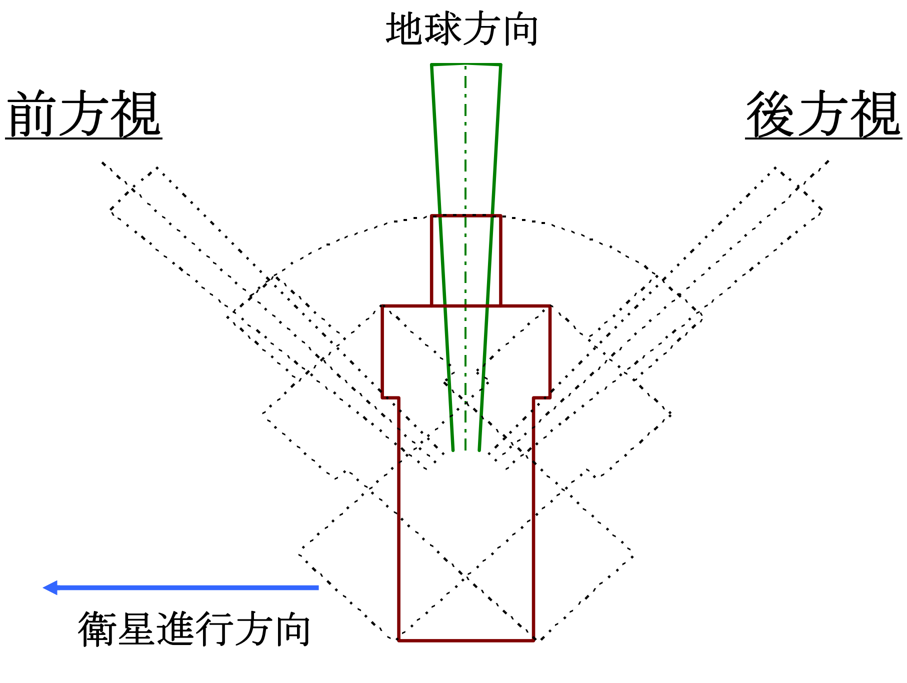


図 4.1-1：PL 観測概念図

4.2 機能・性能

VNR は以下の機能を有する。

(1) 観測機能

可視から近赤外域 13 チャンネルを持ち、多チャンネルで観測を行う。そのうち 11 チャンネルは非偏光観測(NP)、2 チャンネルは偏光観測(PL)で使用される。

(2) チルト機能

NP は直下固定で観測を行う。一方、PL は直下から進行方向に前後±45°チルトする。

(3) 校正機能

太陽光および内部光源を利用しての校正を行うことが可能である。また拡散板の劣化をみるための、光量モニタを行う機能を持つ。

(4) 画像処理機能

取得した画像データを画像処理に必要なテレメトリデータと合わせて観測データパケットを作成し、衛星のミッションデータ処理系(MDHS)へ出力する。

(5) テレメトリ/コマンド機能

衛星のテレメトリ・コマンド系(TT&C)からデジタル信号処理部(DSP)へコマンドを入力し、VNR 走査放射計部のアナログ信号処理部(ASP)のモード設定、電気校正モード等を制御する。また、テレメトリとしてモード等のコマンド設定ステータス、及び、リファレンス電圧等のモニタステータスを出力する。

SGLI VNR の主要性能を表 4.2-1 に示す。また表 4.2-2 は SGLI VNR の主要コンポーネント、図 4.2-1 は機能ブロック図である。図 4.2-2 は SGLI VNR SRU の外観図である。

表 4.2-1：SGLI VNR の主要性能

項目	性能 (仕様値)
波長範囲	380 nm～868.5 nm
チャンネル数	NP 11ch、PL 2ch
中心波長&波長幅	表 3.1-2
地表面分解能(IFOV)	1 km & 250 m (公称)
観測幅	1150 km (公称)
S/N	表 3.1-2
(1 画素あたりの)素子加算数	CT 方向 4 素子×AT 方向 4 素子= 16 素子(IFOV 250 m) CT 方向 7 素子×AT 方向 7 素子= 49 素子(IFOV 1 km)
量子化	12 bit
偏光感度	NP、PL ともに 2%以下
チルト	NP は直下固定、PL は直下±45°
MTF	0.35
バンド間レジストレーション	0.5 画素以内
リニアリティ	2%
校正精度	3%(1σ)
重量	最大質量 291.2 kg (PDR 時点)
消費電力	最大電力値 400 W 以内 (PDR 時点)

表 4.2-2：SGLI VNR 主要コンポーネント

ユニット		構成品名称	主要モジュール
VNR 走査放射計部 (VNR-SRU)	NP 観測系	鏡筒(3 本)	集光光学系 分光系 CCD
	PL 観測系	鏡筒(2 本)	集光光学系 偏光系 CCD
		チルト機能	ステップモータ 角度検出器
	アナログ 信号処理部	アナログ 信号処理部	非偏光アナログ信号処理部 偏光アナログ信号処理部
	校正部	校正部 (NP・PL 観測用)	拡散板 拡散板駆動機構 内部光源
VNR 電気回路部 (VNR-ELU)		デジタル信号処理部 駆動系制御部 ヒータ制御回路	

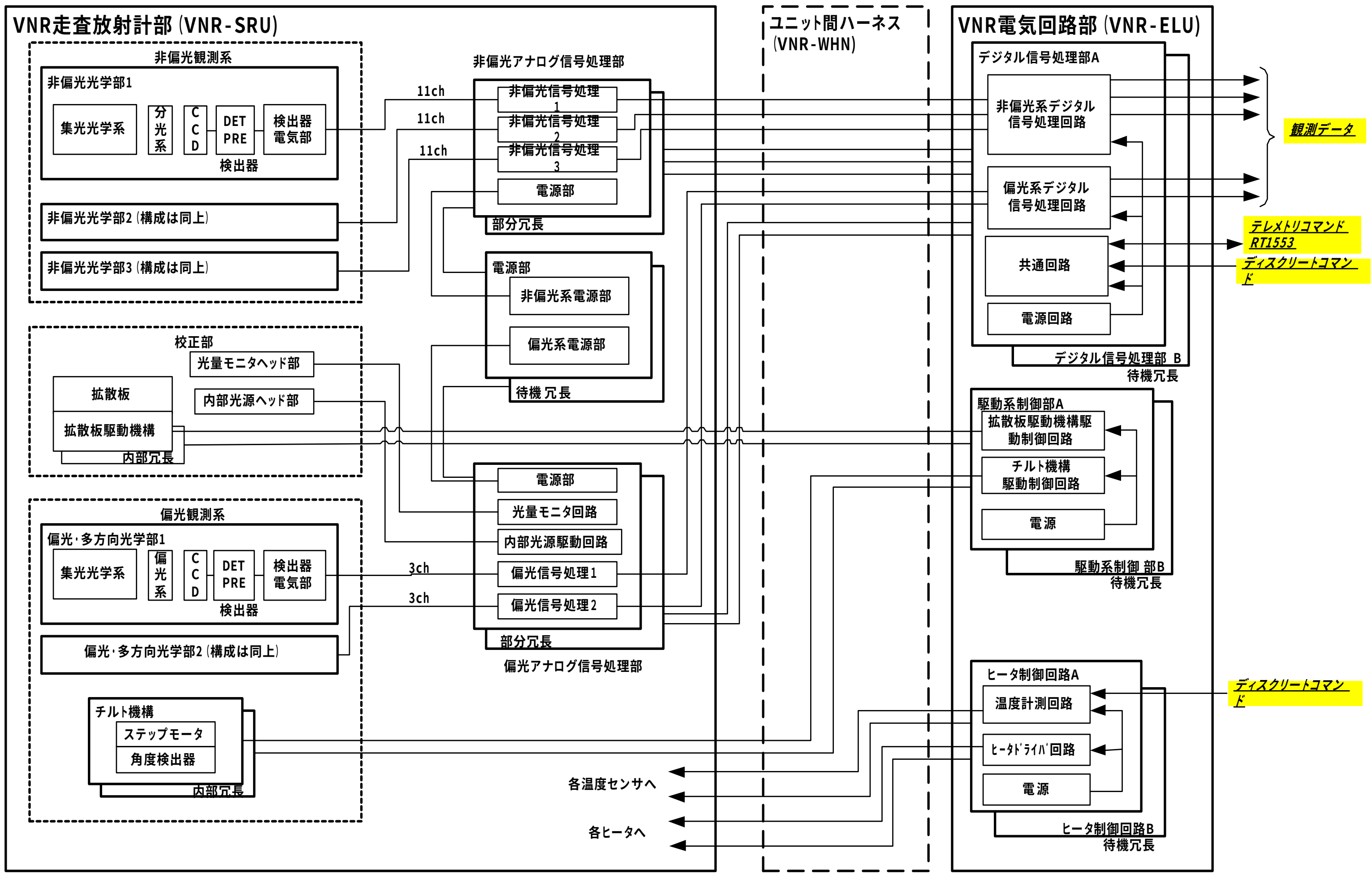


図 4.2-1：SGLI VNR の機能ブロック図

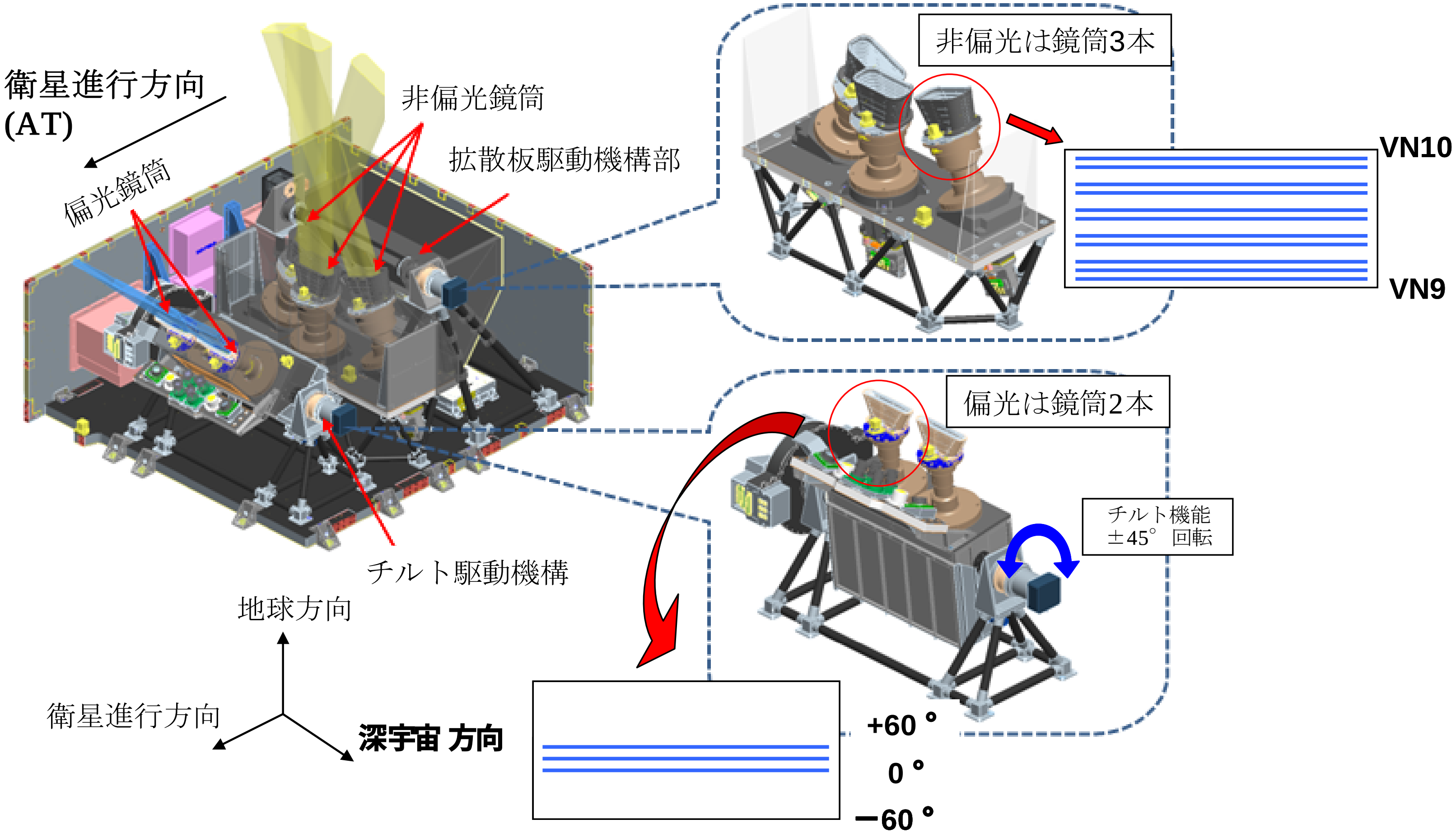


図 4.2-2：SGLI VNR-SRU の外観図

左図、右上図、右下図はそれぞれ SGLI VNR 全体図、NP サブユニット外観図、PL サブユニット外観図を示す。また偏光観測サブユニットは、ステッピングモータによりアロングトラック周りに前後 45 °チルト駆動する。

4.3 機能詳細

4.3.1 観測機能

(1)観測光はまず集光光学系に導入される。

(2)集光された光は､NP では分光フィルタにより分光され､11 ラインの CCD に入射する。PL では分光フィルタで分光された後、偏光フィルターにより偏光分離され、CCD に入射する。

(3)プリアンプで増幅された信号は、アナログ信号処理部(ASP)で A/D 変換が行われる。

(4)A/D 変換されたデジタル信号はデジタル信号処理部でフォーマット化され、ミッションデータ処理系(MDHS)へ送られる。

4.3.2 チルト機能

VNR 偏光観測(PL)の 2 本の鏡筒は同一光学ベンチ上に配置され、光学ベンチをステッピングモータでアロングトラック周りにチルト駆動することにより、±45°のチルト観測が可能である。

4.3.3 校正機能

月校正ピッチマヌーバと感度偏差校正ヨーマヌーバは、それぞれ 1 ヶ月に 1 回、1 年に 1 回実施され、長期間の校正を行う(4.3.3-3 節、4.3.3-5 節参照)。これを補間する短期の校正を行うために、1 週間に 1 回太陽光校正(4.3.3-1 節) を実施して、センサ入出力特性やバンド間相対感度、画素間感度偏差の精度を保証する。太陽光校正のバックアップとしては、内部光源校正(4.3.3-2 節) を行う。表 4.3.3-1 は校正概要を示す。また図 4.3.3-1 は軌道上校正計画をまとめたものである。

表 4.3.3-1：校正概要

	搭載校正					校正マヌーバ	
	太陽光校正	内部光源校正	月校正ピッチマヌーバ	黒体校正	深宇宙校正	太陽光校正ヨーマヌーバ	感度偏差校正ヨーマヌーバ
VNR (NP, PL)	○	○	○	—	—	○	○
SWIR	○	○	○	—	○	○	—
TIR	—	—	△	○	○	—	—

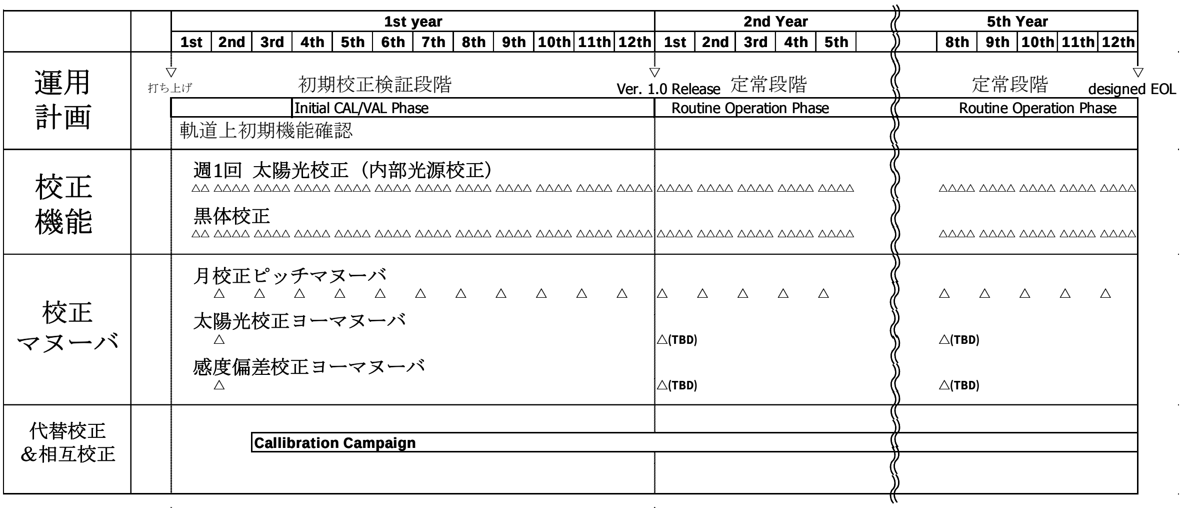


図 4.3.3-1：軌道上校正計画

4.3.3-1 太陽光校正

太陽からの直接光は、SGLI VNR に搭載された拡散板で拡散し、NP/PL おのおのの観測鏡筒へ導入し、校正を実施する。太陽光校正は 1 週間に 1 回、衛星日照/地上日陰に実施する。

4.3.3-2 内部光源校正

内部光源校正は LED を光源として、太陽光校正と共用の拡散板を通して入射される。内部光源校正、及び、太陽光校正の概念図を図 4.3.3-2-1 に示す。

太陽光校正、内部光源校正を実施時の概要を図 4.3.3-2-2 に示す。また内部光源校正は、衛星日陰/地上日陰時に行う。

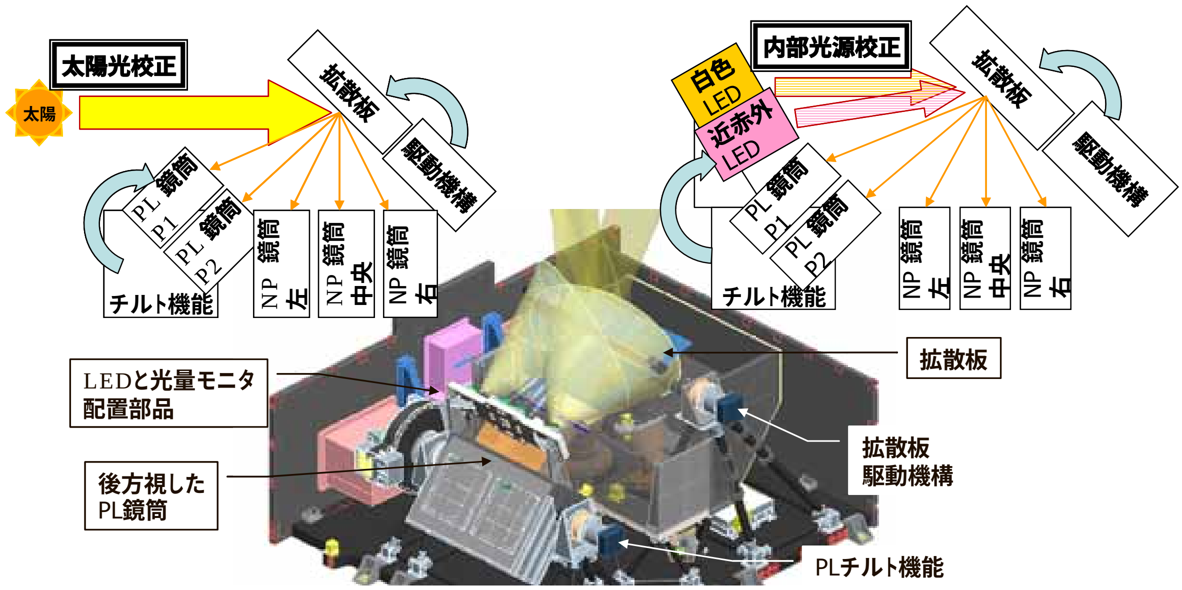


図 4.3.3-2-1：内部光源校正、及び、太陽光校正の概念図

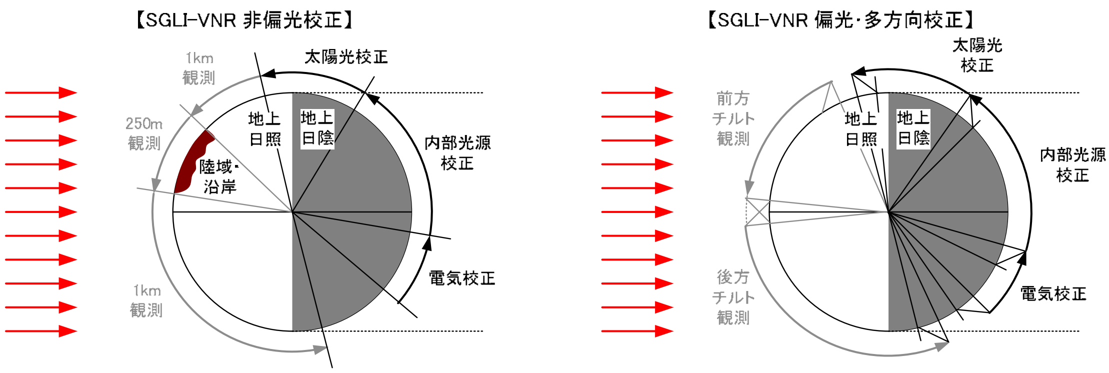


図 4.3.3-2-2：太陽光校正、内部光源校正実施の概要

4.3.3-3 月校正ピッチマヌーバ

SGLI 月校正ピッチマヌーバは、GCOM-C1 の姿勢をピッチ軸周りに(図 3.1-1 参照)マヌーバすることにより撮像した、月の観測画像をラジオメトリック校正データとして使用し、センサ入出力特性、バンド間相対感度の評価、深宇宙画像を用いた暗時データの評価(SGLI IRS 用)等を実施する。太陽光を反射する月は安定な光源であり、長期的な校正光源として適当である。月校正ピッチマヌーバは、観測運用終了まで継続して、月と太陽の会合周期である 29 日程度に 1 回の頻度で月校正マヌーバ運用を行う。また Phase Angle が 7°の時に、観測を実施する。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネル及び IRS 全観測である。

4.3.3-4 太陽光校正ヨーマヌーバ

地球は太陽周りを回っており、地球の楕円軌道と軌道傾斜角により、ヨー軸方向(太陽β角)が徐々に変化する。SGLI の太陽光校正ヨーマヌーバは、GCOM-C1 の姿勢をヨー軸周りに(図 3.1-1 参照)マヌーバすることにより、太陽光校正におけるヨー軸方向を校正する。また 1 年に 1 回程度の頻度で(TBD)、地上日陰・衛星日照時(北極上空付近)に実施する。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネル、IRS-SWIR チャンネルである。

4.3.3-5 感度偏差校正ヨーマヌーバ

SGLI 感度偏差校正ヨーマヌーバは、GCOM-C1 の姿勢をヨー軸周りに約 90°マヌーバすることにより撮像した、地上ターゲットをラジオメトリック校正データとして使用し、画素間感度偏差を評価する。衛星をヨー軸周りに回転させ、異なる CCD 検出器が同じ地上のターゲットを観測出来るようにマヌーバを実施する。また 1 年に 1 回程度の頻度で(TBD)、地上日照・衛星日照時に行う。校正対象チャンネルは、VNR 全観測チャンネルである。

4.4 主要コンポーネント概要

4.4.1 非偏光光学部・偏光光学部

観測光は集光光学系に集光される。集光された光は、NP では分光フィルタによって分光され､11 ラインの CCD へ導かれる。また PL では集光光は偏光フィルタにより 0°、±60°に偏光フィルタにより偏光分離され､CCD に入射する。VNR の放射計部のブロック図を図 4.4.1-1 に示す。

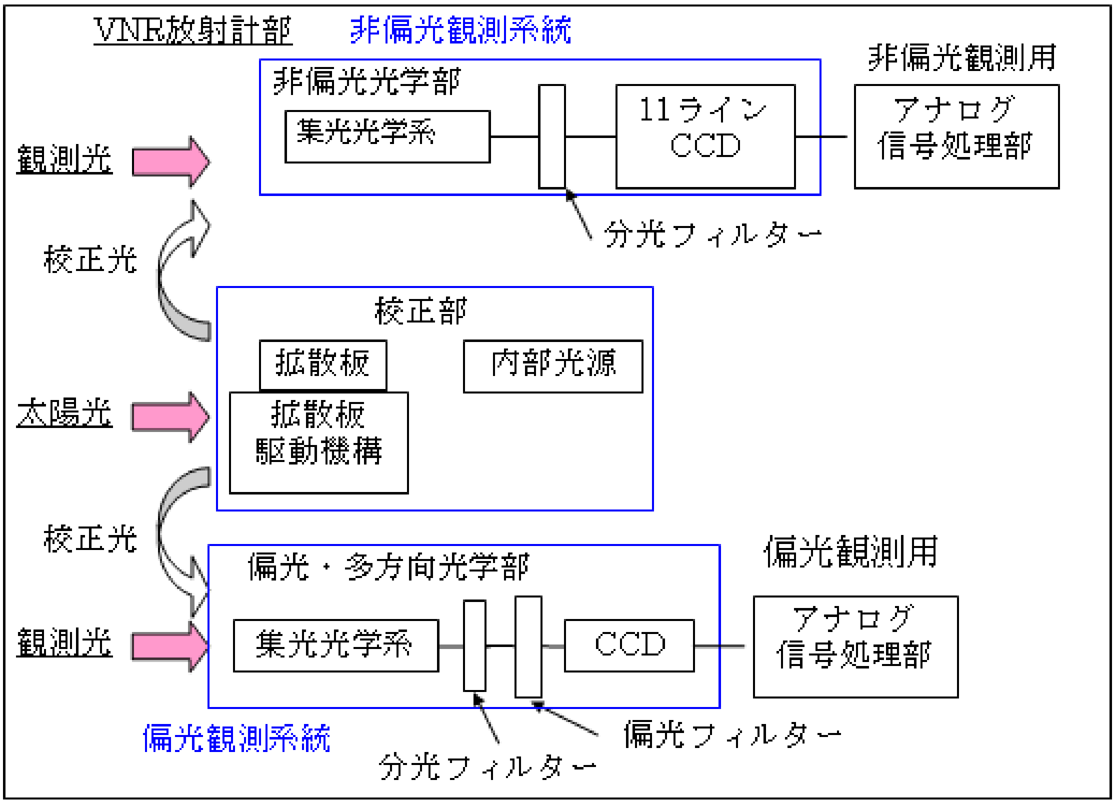


図 4.4.1-1：VNR ブロック図

4.4.2 CCD

集光された光は、NP では分光フィルタにより分光され、また PL では偏光フィルタにより偏光分離され、CCD に入射される。図 4.4.2-1 に NP のチャンネル配置を、図 4.4.2-2 に PL の偏光方向の配置を示す。表 4.4.2-1 は VNR 鏡筒の主要諸元をまとめたものである。

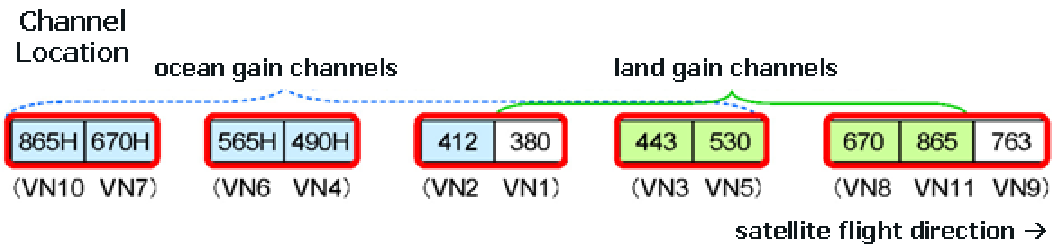


図 4.4.2-1：NP のチャンネル配置

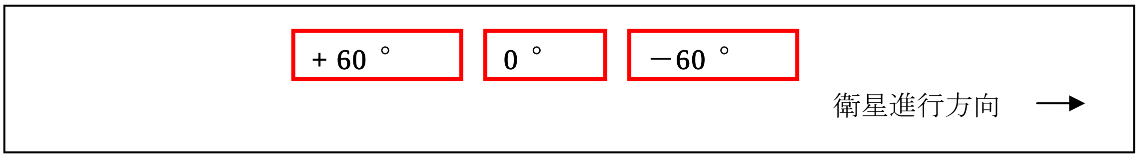


図 4.4.2-2：PL の偏光方向配置

※670 nm、865 nm の鏡筒ともに、3 種類の偏光方向で観測が可能である。

表 4.4.2-1：VNR 鏡筒の主要諸元

<table>
<tr><th></th><th>非偏光鏡筒
NP</th><th>偏光鏡筒
PL</th></tr>
<tr><td>CCD　ピクセルサイズ　AT
CT
ピクセル数
有効ライン長
ライン数</td><td colspan="2">13 μm
13 μm
6000 pixel
78 mm
11 line</td></tr>
<tr><td>素子加算数</td><td>CT 方向 4 素子
×AT 方向 4 素子
= 16 素子</td><td>CT 方向 7 素子
×AT 方向 7 素子
= 49 素子</td></tr>
<tr><td>撮像周期(Line rate)</td><td>106.7 Hz
9.3 ms</td><td>46.7 Hz
21.2 ms</td></tr>
</table>

SGLI VNR では受光素子(Photo Diode；PD)は 13 μm PD を採用し、アナログ信号からデジタル信号に変換した後に画素加算(NP：CT4 素子×AT4 素子、PL：CT7 素子×AT7 素子)して等価的に飽和電子数を拡大する方式とした。NP は 11 ラインの CCD を使用し、また PL では NP と同じ 11 ライン CCD を採用し、3 ラインのみ駆動して使用することとした。図 4.4.2-3 に CCD 画素加算方式のイメージを示す。

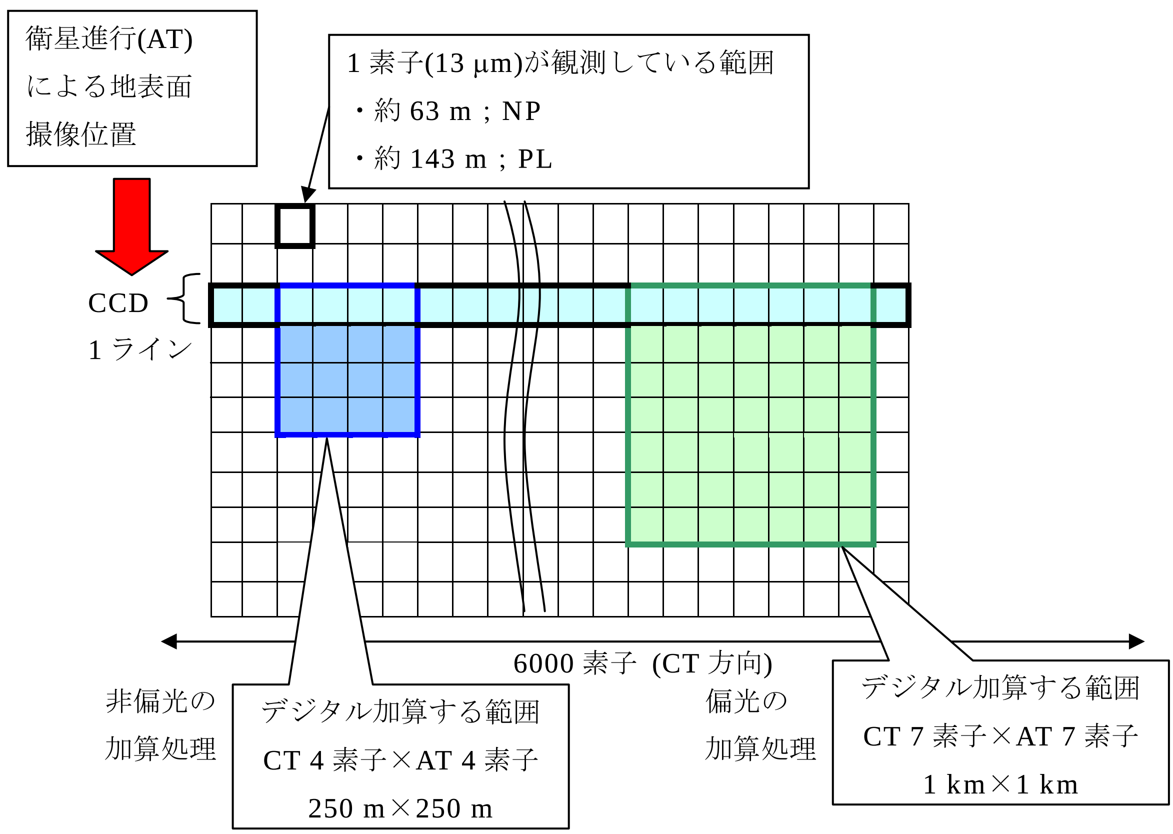


図 4.4.2-3：画素加算方式のイメージ

※VNR で使用する CCD において、1 ラインの素子数は 6000 素子である。VNR では CCD による電子走査を行う方式を採用した。NP では、CT 方向 4 素子を AT 方向に 4 素子加算する、つまり 16 素子をデジタル加算して、250 m 相当の 1 画素とする。一方、PL においては、CT 方向 7 素子×AT 方向 7 素子=49 素子をデジタル加算して 1 km 相当の 1 画素とする。

図 4.4.2-4 に VNR の回路ブロック図を記載する。SGLI VNR では CCD による電子走査方式を採用しているために、ゲインは固定であるが、積分時間はコマンドにより 256 段階で自由に変更できる。さらに LED 光源による内部光源校正光量が低いことに対応して、CCD ラインレート(= 積分時間)を通常の 16 倍・128 倍に伸ばす機能を有する。

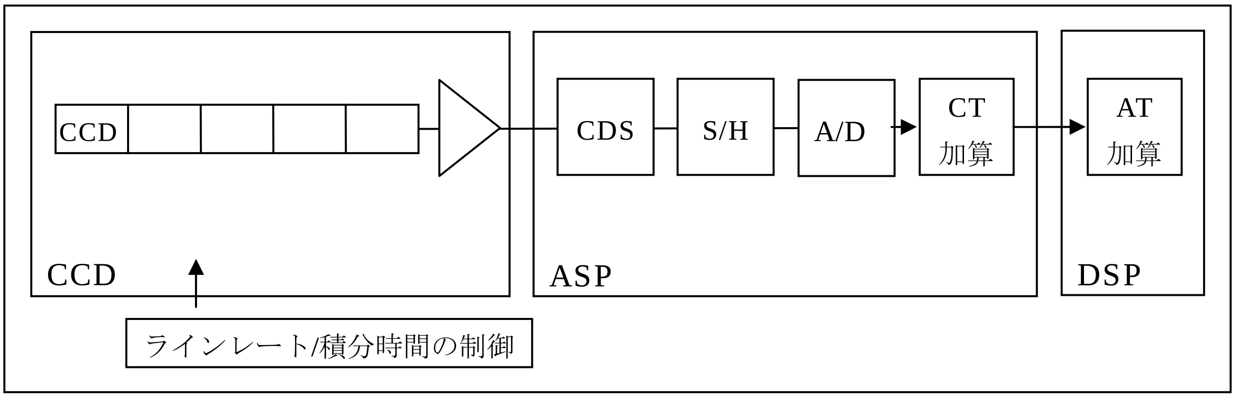


図 4.4.2-4：VNR の回路ブロック図

4.4.3 校正部

(1) 太陽光校正部

太陽光校正部は 1 週間に 1 回太陽光を導入する。太陽光を拡散板で拡散し、NP/PL おのおのの観測鏡筒へ導入し、校正を実施する。

拡散板には、多数の軌道上実績を有する拡散特性の優れた Spectralon©を使用する。拡散板は太陽光校正を行う際に 45° に駆動して使用し、通常の地球観測時においては、観測の邪魔にならない退避位置に収納されている。拡散板が展開された状態で、PL 観測鏡筒を－45° 後方にチルトさせることにより、PL 鏡筒も同時に校正が可能である。図 4.4.3-1 は拡散板を示す。太陽光校正の概念図は図 4.3.3-2-1 を参照のこと。

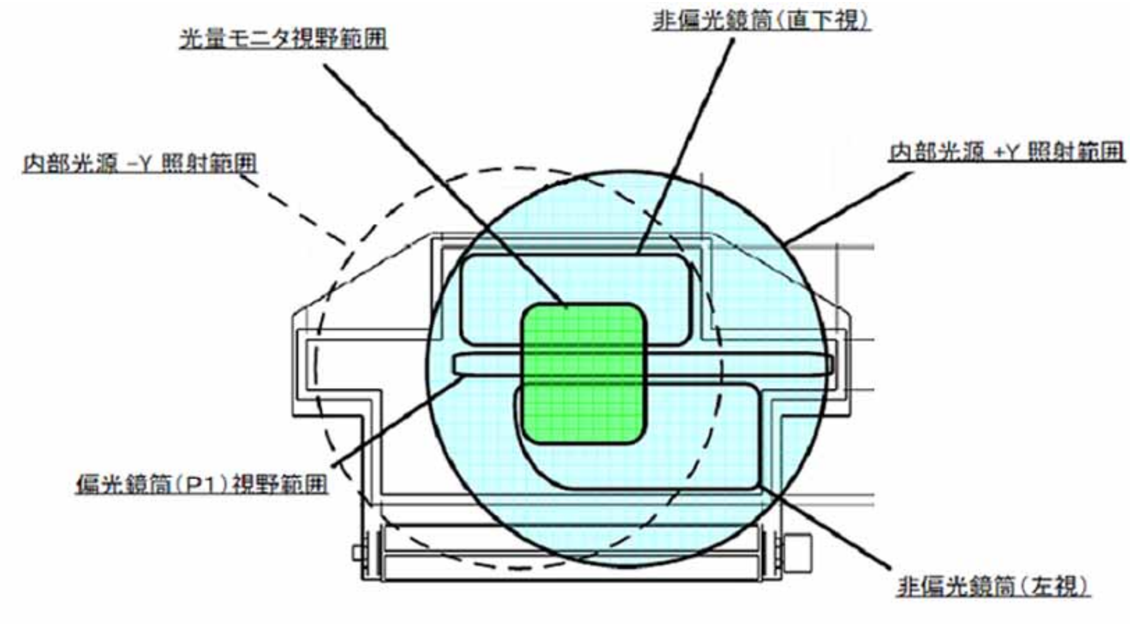


図 4.4.3-1：拡散板

VNR 内部光源校正における拡散板と観測鏡筒、光量モニタの関係を示す。

(2) 内部光源校正部

内部光源校正部は白色 LED と NIR LED を光源とする。光源は PL 鏡筒の駆動部に搭載し、太陽光校正と共用の拡散板を照らすことにより内部光源校正を実施する方式を採用している。内部光源校正は 1 週間に 1 回実施する。図 4.4.3-2 は内部光源の搭載イメージである。

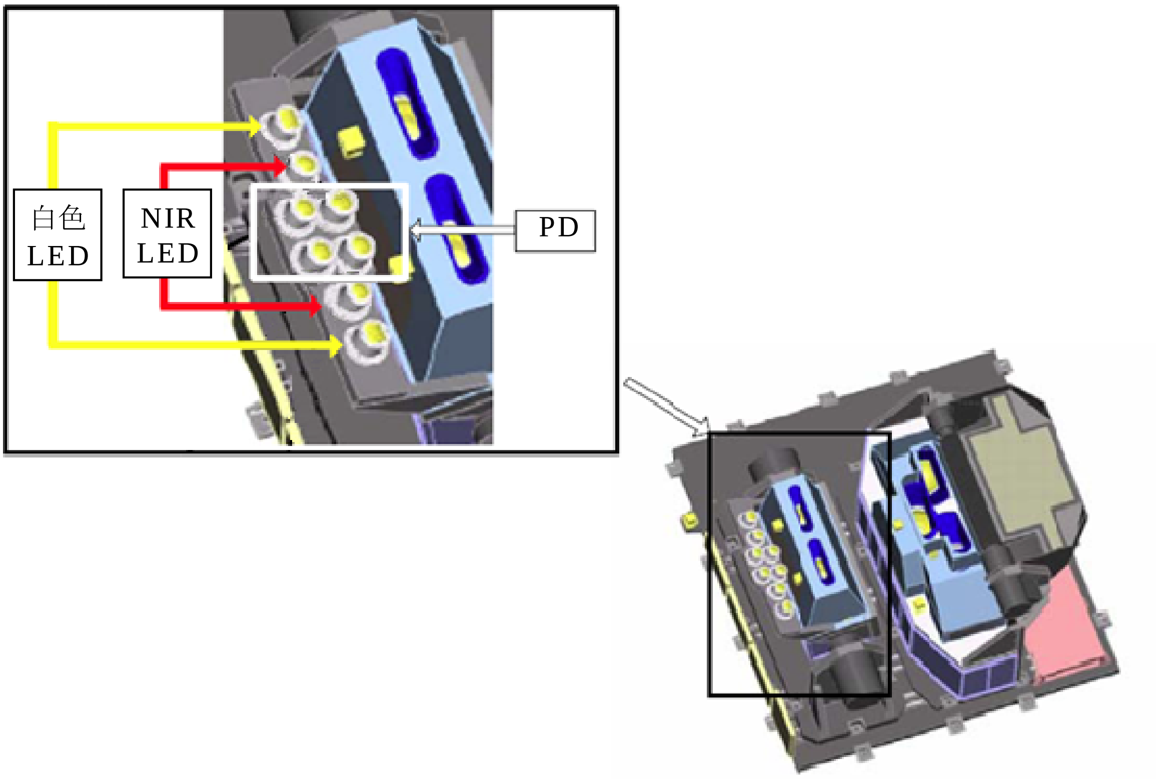


図 4.4.3-2：内部光源校正用 LED と光量モニタの搭載イメージ

4.4.4 アナログ信号処理部(ASP: Analog Signal Processor)

アナログ信号処理部は、プリアンプから出力されたアナログ信号をデジタル変換(A/D 変換)し、デジタル信号処理部に出力する。

また、デジタル信号処理部からの信号を受けて、検出器部や ASP のモード設定、電気校正モード等を制御したり、CCD 駆動のタイミング信号を生成したりしている。

4.4.5 デジタル信号処理部(DSP: Digital Signal Processor)

デジタル信号処理部は、アナログ信号処理部からのデジタル信号形式の観測データを受け、画像処理に必要なテレメトリデータと合わせて観測データパケットを作成し、ミッションデータ処理系(MDHS)へ出力する。さらに衛星バスとのコマンド・テレメトリインターフェースを行う。

5. IRS の概要

5.1 IRS 観測原理

SGLI 赤外走査放射計部(IRS)は機械式走査方式(ウイスクブルーム方式)により、1.05 μm ～12 μm の 6 チャンネルを観測幅 80 ° (1400 km)で観測する放射計である。センサ方式は、45 ° 走査鏡による機械走査方式である。また SGLI IRS は、光学系ユニット(SRU)と電気系ユニット(ELU)の 2 つのユニットから構成される。

入射光はリッチクレチアン型光学系を経由してダイクロイックミラーにより短波長赤外(SWIR) と熱赤外(TIR) に分光され、各々の検出器へと導入される。IRS SWIR は、1.05 μm ～2.2 μm の波長域において 4 チャンネルで観測を行う。また IRS TIR は、10.8 μm 、12.0 μm の 2 チャンネルで観測を行う。

5.2 機能・性能

IRS は以下の機能を有する。

(1)観測機能

短波長赤外から熱赤外 6 チャンネルを持ち、多チャンネルで観測を行う。そのうち 4 チャンネルは SWIR、2 チャンネルは TIR で使用される。

(2)SWIR 校正機能

IRS SWIR チャンネルにおいて、太陽光および内部光源を利用して校正を行うことが可能である。

(3)TIR 校正機能

IRS TIR チャンネルに関しては黒体を用いた校正機能が搭載され、深宇宙データを利用した補正を行うことが可能である。

(4)画像処理機能

取得した画像データを画像処理に必要なテレメトリデータと合わせて観測データパケットを作成し、MDHS へ出力する。

(5)テレメトリ/コマンド機能

衛星の TT&C から DSP へコマンドを入力し、IRS 走査放射計部の ASP のモード設定、電気校正モード等を制御する。またテレメトリのモード等のコマンド設定ステータス、及び、リファレンス電圧等のモニタステータスを DSP から TT&C に出力する。

SGLI IRS の主要性能を表 5.2-1 に示す。また観測波長の仕様を表 5.2-2 に示す。
SGLI IRS の主要コンポーネントを表 5.2-3 に、機能ブロック図を図 5.2-1 に示す。また SGLI-IRS の外観図とセンサ配置図を図 5.2-2 に示す。

表 5.2-1：SGLI IRS の主要性能

項目	性能(仕様値)
波長範囲	1.1 μm～12 μm
チャンネル数	SWIR 4ch、TIR 2ch
中心波長& 波長幅	表 2.1-2
地表面分解能 (IFOV)	1 km & 500 m & 250 m (公称)
観測幅	1400 km (公称)
S/N、NEΔT	表 2.1-2
1 画素あたりの素子数	1 (SW1,2,4：IFOV 1 km)、1 (SW3：IFOV 250 m) 2 (T1,2：IFOV 500 m)
量子化	12 bit
偏光感度	3%以下
MTF	0.35 以上
バンド間レジストレーション	0.5 画素程度
リニアリティ	±2%以内
校正精度	絶対精度 5%以内(SWIR)、±0.5 K(TIR)
重量	最大質量 192.8 kg
消費電力	最大電力値 400 W 以内 (PDR 時点)
走査周期	740 ms (81 rpm)

表 5.2-3：SGLI IRS の主要コンポーネント

ユニット	構成品名称	主要モジュール
IRS 放射計部 (IRS-SRU)	走査機構部 集光・分光部	走査鏡、走査回転部
	短波長赤外検出器 (SWIR) TEC 制御部 SWIR 校正部 電源部	SWI 検知器、SW プリアンプ ペルチェ素子 拡散板、太陽光、内部光源 SWIR 用電源、TEC 制御回路部
	熱赤外検出器 (TIR) 機械式冷凍機 TIR 校正部 電源部	TIR 検知器 TIR 用黒体 TIR 用電源
	アナログ信号処理部	SWIR 用 TIR 用
IRS 電気回路部 (IRS-ELU)	走査系制御部	
	デジタル信号処理部	
	冷却系制御部	
	ヒータ制御回路部	

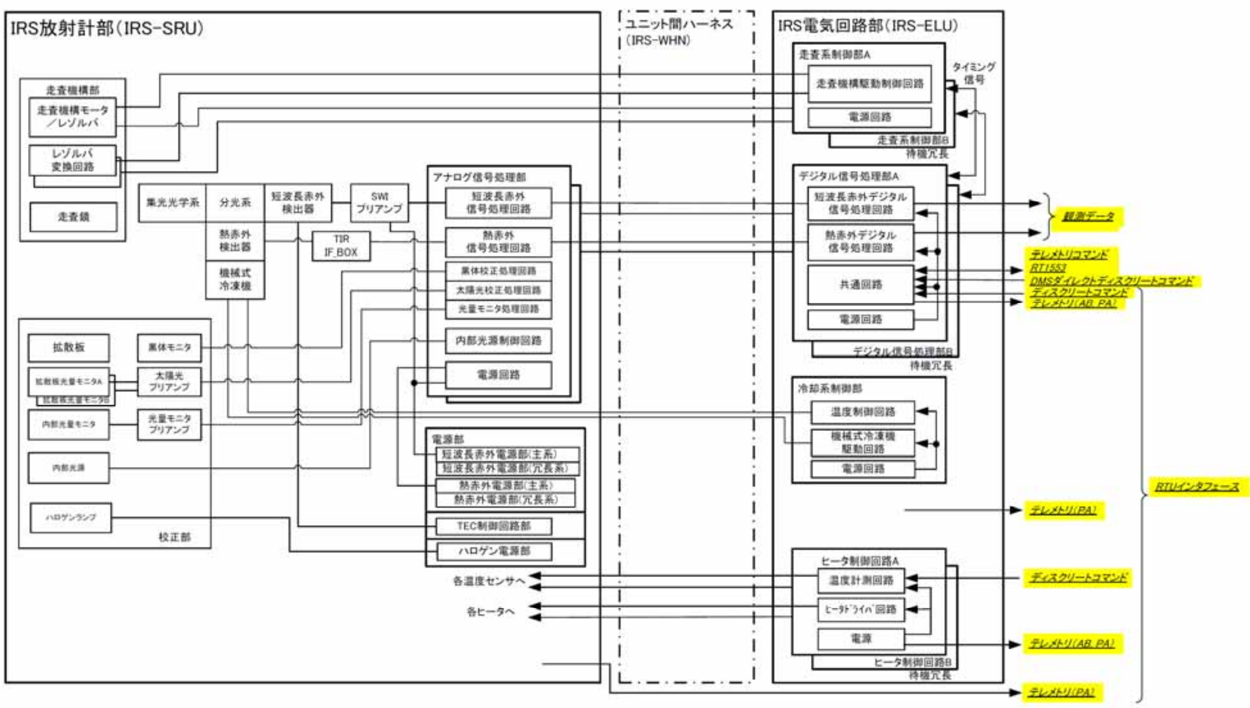


図 5.2-1：機能ブロック図

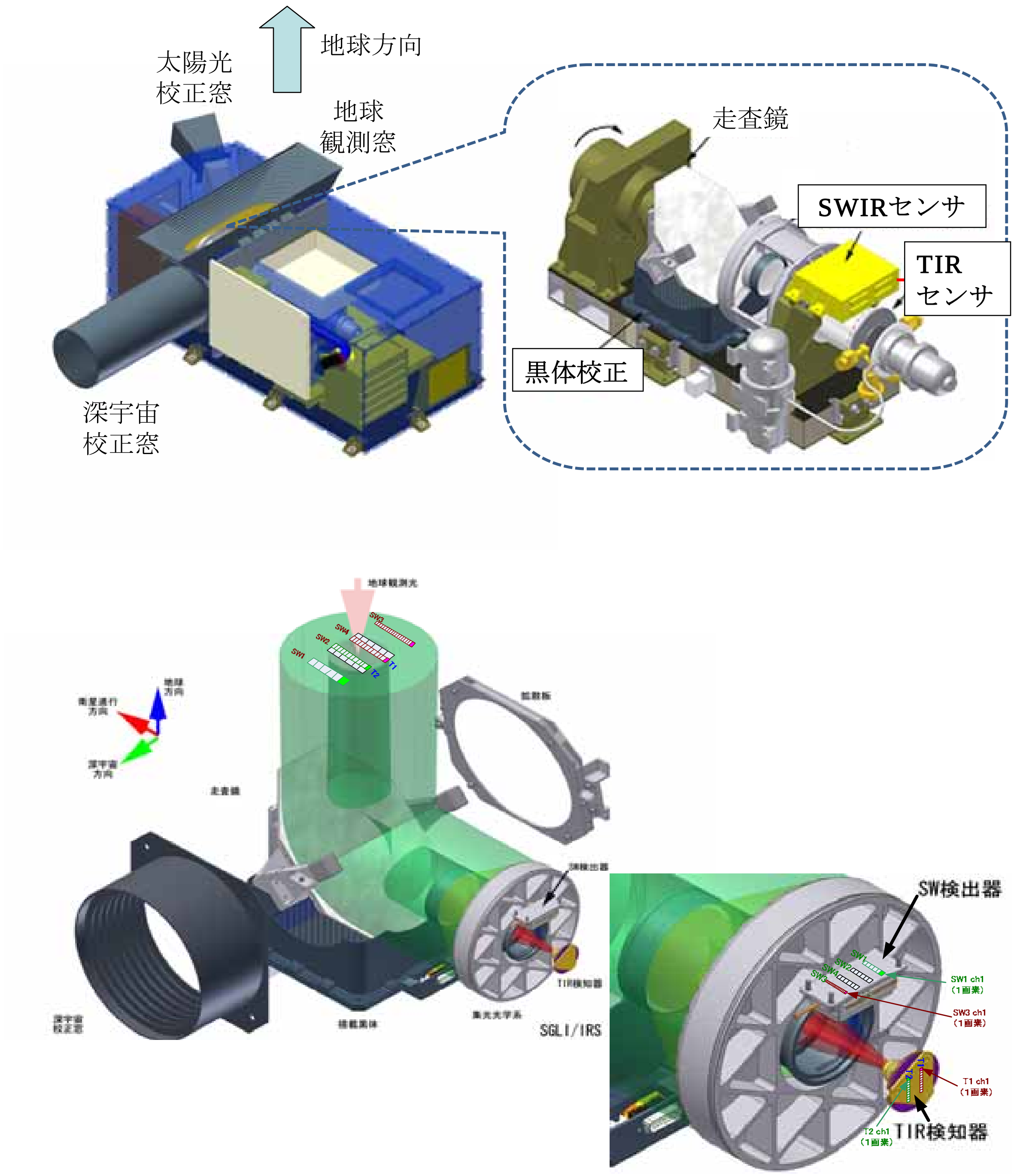


図 5.2-2：IRS の外観図とセンサ配置図

上図は IRS の外観図、下図は IRS センサの配置を示す。

図 5.2-3 IRS 走査による像回転概念図である。IRS は、45°傾けた走査鏡を 1 軸廻りに連続回転させせることにより、必要な観測幅を実現する（図 5.2.2 において後述）。この走査方式の採用により、地表面に投影される検出器の像は観測画角に依存して複雑な回転運動をする。図 5.2-3 は、衛星から地表面を見た図（左図）と衛星進行方向に対して直角の方向から見た図（右図）である。

IRS の走査鏡が 360°回転するうち、地球を観測する角度は約 80°であり、回転周期 740ms の約 1/4.5 の時間（165ms）に相当する。この観測幅は、地球表面において約 1400km に相当する。

1 回の走査は、衛星進行方向に対して右側から左側に検知器の像が走査する。地表面に投影された検出器の像は、直下においてほぼ検出器と同じ方向となるが、観測端の±40°にずれて像が回転していく。

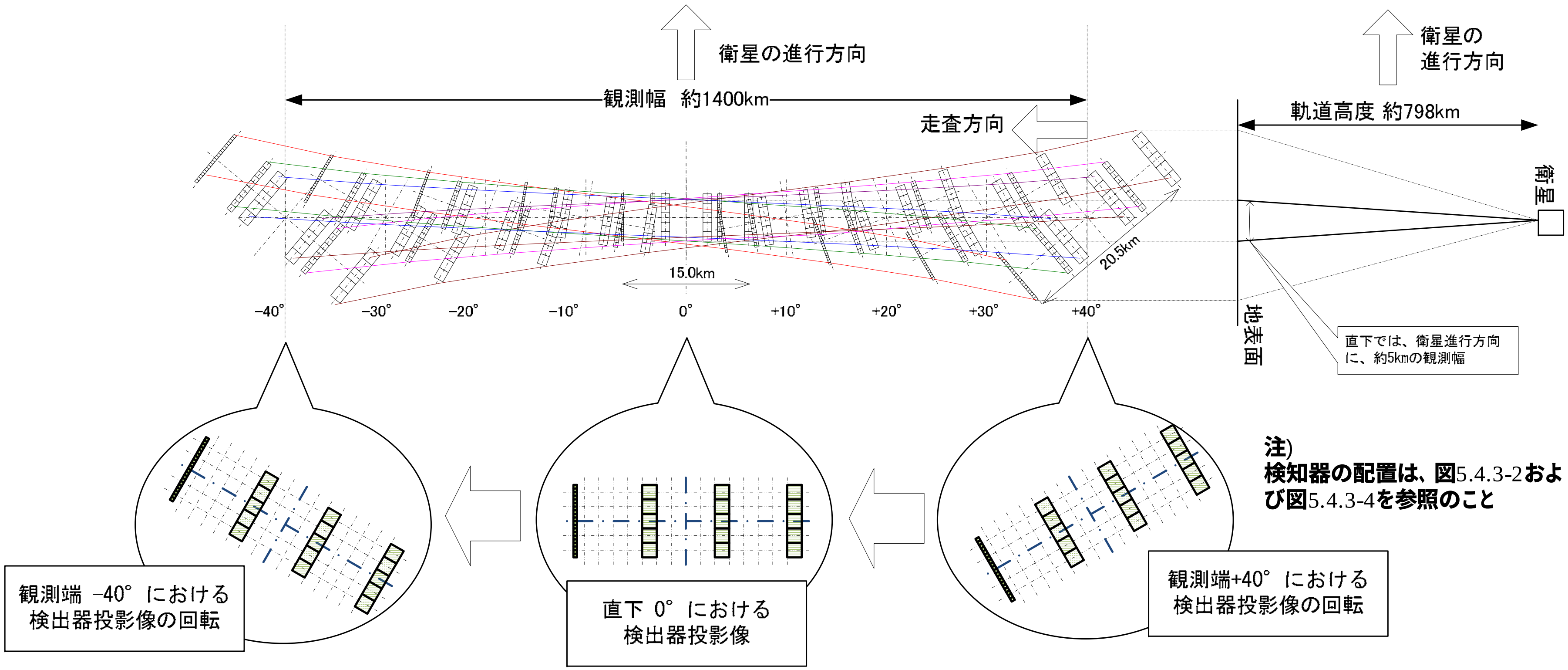


図 5.2-3：IRS 走査による像回転概念図

（左図：衛星から地表面を見た図、右図：衛星進行方向に対して直角の方向から見た図）

5.3 機能詳細

5.3.1 観測機能

(1)走査鏡により反射された光はリッチクレチアン光学系に導かれる。IRS 走査角度と視野の定義を図 5.3.1-1 に示す。

(2)リッチクレチアン光学系を経由し、ダイクロイックフィルタにより分光された光が焦点面にある検出器に入射し光電変換される。

(3)SWIR で光電変換された信号については、ASP で A/D 変換が行われる。TIR で光電変換された信号については ASP で A/D 変換が行われる。

(4)A/D 変換されたデジタル信号は DSP でフォーマット化され、MDHS へ送られる。

5.3.2 走査機能

SGLI IRS は、45°鏡による機械走査方式を採用した。走査部はクロストラック方向に一定速度(740 ms/走査、81 rpm)で走査し光をリッチクレチアン光学系に導入する。

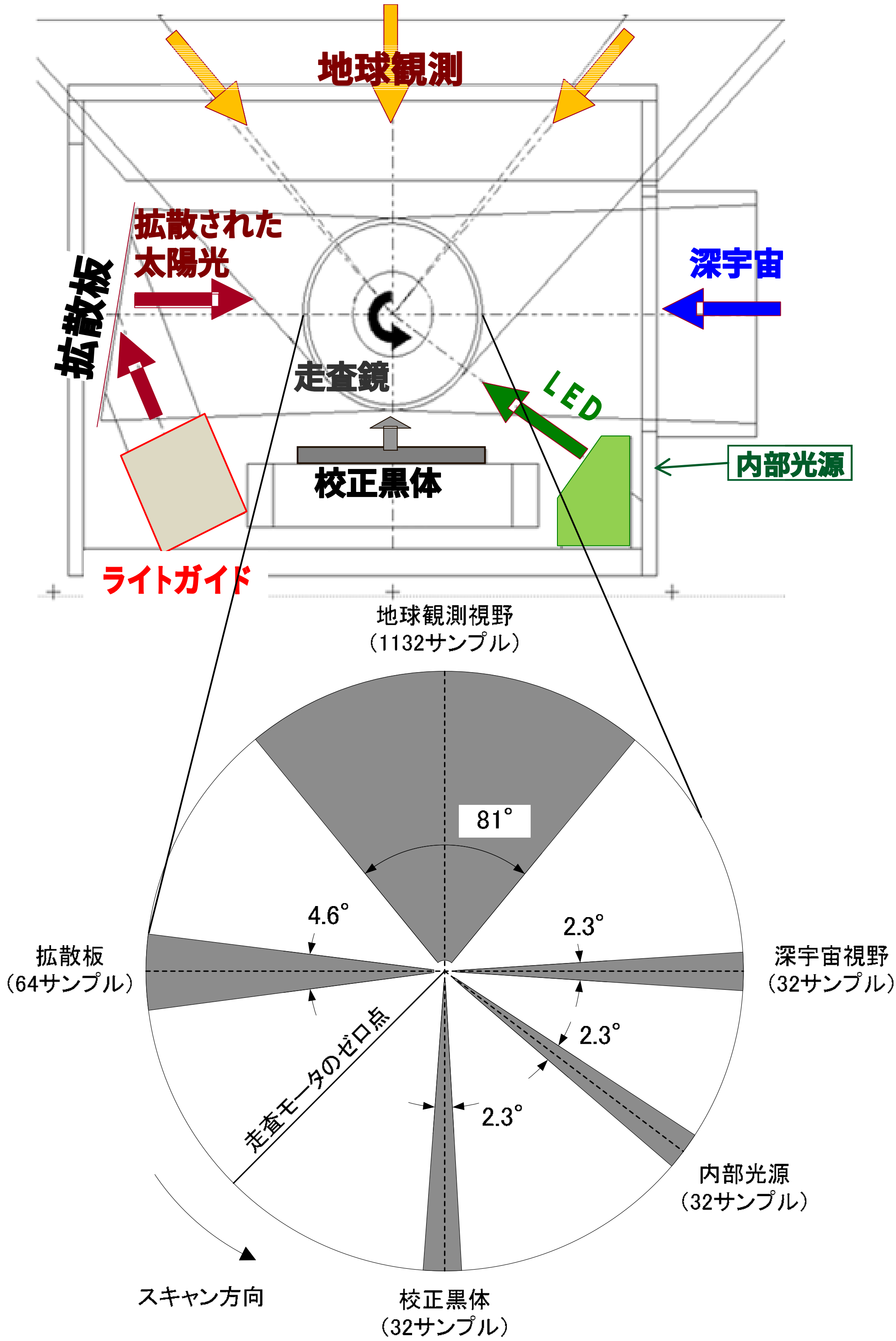


図 5.3.1-1：IRS 走査角度と視野の定義

サンプル数は、DSP 出力のサンプル数である。

5.3.3 校正機能

月校正ピッチマヌーバは、1 ヶ月に 1 回実施され、長期間の校正を行う(第 4.3.3 節参照)。これを補間する短期の校正を行うために、1 週間に 1 回太陽光校正を実施して、センサ入出力特性やバンド間相対感度を保証する。太陽光校正のバックアップは、内部光源校正で行う。校正概要、軌道上校正計画については、表 4.3.3-1 と図 4.3.3-1 を参照のこと。

5.3.3-1 SWIR 太陽光校正

IRS では太陽光導入方式として、ライトガイド方式を採用した。太陽光はライトガイドから拡散板に当てられ、拡散板で散乱されて走査鏡に入る。太陽校正は 1 週間に 1 回行われる。

5.3.3-2 SWIR 内部光源校正

内部光源校正は、1.6 μm の LED とハロゲンランプを光源とし、走査鏡を通して実施される。内部光源校正は 1 週間に 1 回の頻度である。

5.3.3-3 TIR 黒体校正と深宇宙校正

IRS の搭載黒体は、TIR チャンネルの校正に使用する校正源である。深宇宙と搭載黒体の 2 点校正で行う。1 走査毎に校正を行う予定である。

太陽光校正、内部光源校正、および、黒体校正と深宇宙校正の概念図を図 5.3.3-3-1 に示す。

太陽光校正、内部光源校正、および黒体校正と深宇宙校正を実施時の概要を図 5.3.3-3-2 に示す。太陽光校正は、衛星日照/地上日陰時に実施する。また内部光源校正は、衛星日陰/地上日陰時に行う。

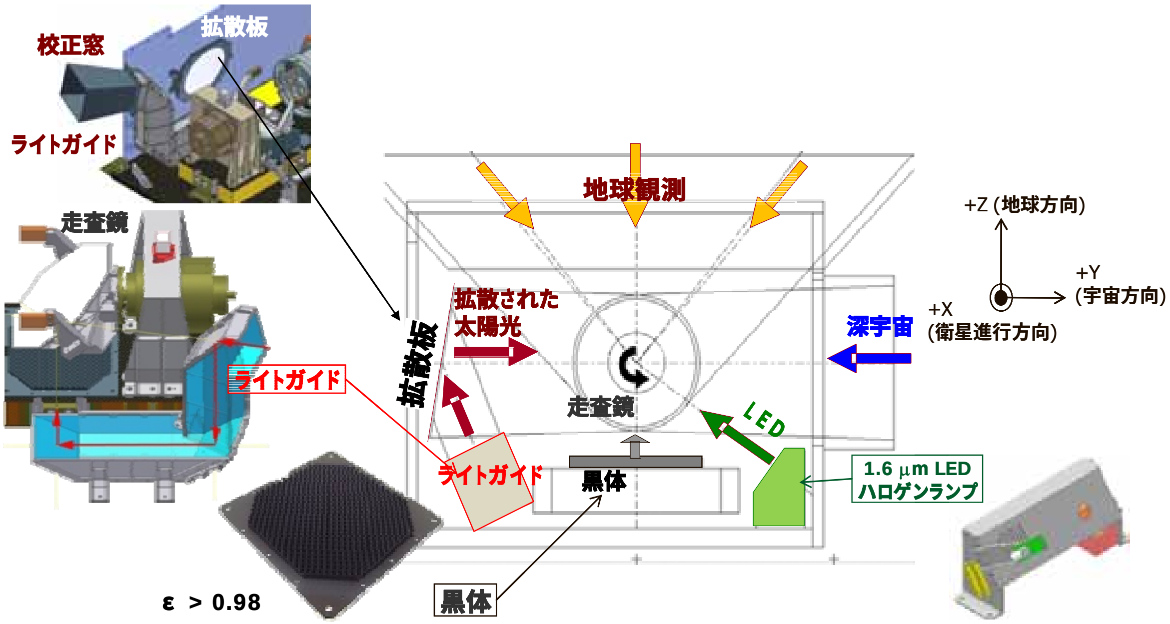


図 5.3.3-3-1：太陽光校正、内部光源校正、黒体校正の概念図

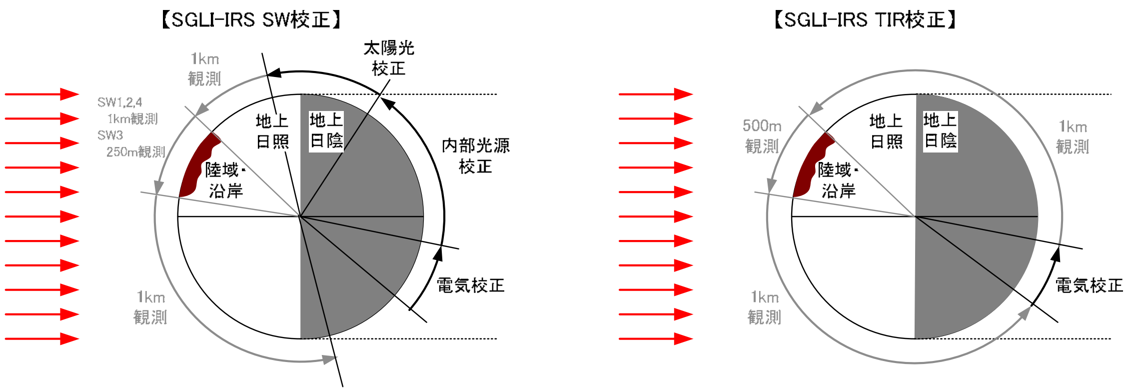


図 5.3.3-3-2：太陽光校正、内部光源校正、および黒体校正を実施時の概要

5.3.3-4 月校正ピッチマヌーバ

4.3.3-3 節を参照。

5.3.3-5 太陽光校正ヨーマヌーバ

4.3.3-4 節を参照。

5.4 主要コンポーネント概要

5.4.1 走査機構部および 45 °鏡部

走査機構部で保持された走査鏡は、740 ms で定速回転して観測光を SGLI IRS 内部に導いている。

SGLI IRS の走査方式は、45°鏡方式を採用した。図 5.4.1-1 に走査機構部を示す。45°鏡部は走査鏡により反射された観測光を 90°折り畳むように反射させ、IRS 光学系へ入射させている。本方式は走査鏡への入射角が一定のため、走査鏡反射率の入射角依存性が発生しないラジオメトリック特性を優先した方式である。

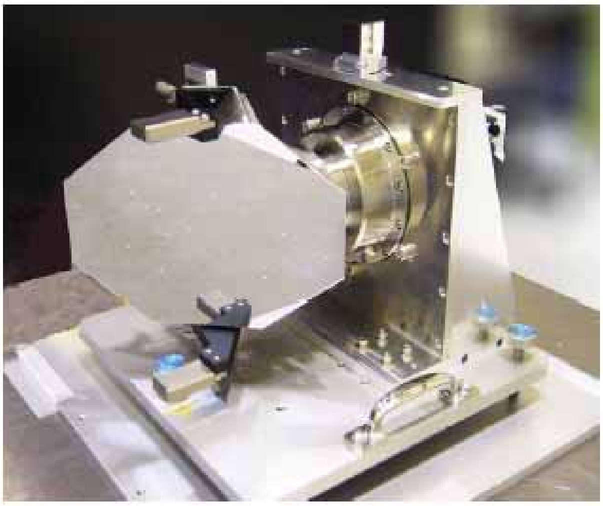


図 5.4.1-1：走査鏡

5.4.2 IRS 光学系

走査鏡で IRS 内に導いた観測光は 45° 鏡で反射され、主鏡、副鏡の 2 枚の鏡を使用したリッチクレチアン光学系によって集光される。集光された光は、ダイクロイックフィルタにより波長分離が行われ、SWIR 検出器、TIR 検出器へと導入される。IRS の観測方式概要図を図 5.4.2-1 に示す。図 5.4.2-2 は集光光学系の写真である。

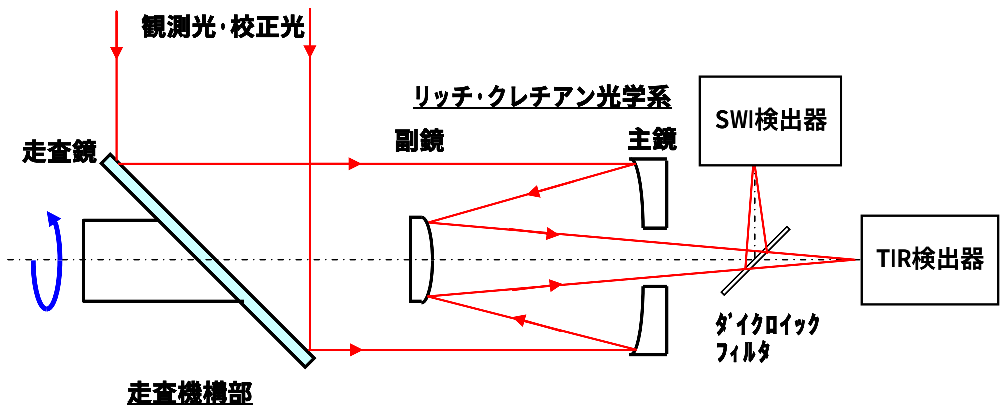


図 5.4.2-1：IRS の観測方式概念図

図 5.4.2-2：集光光学系

5.4.3 検知器部

ダイクロイックフィルターで分光された光は、短波長赤外(SWIR)検出器と熱赤外(TIR)検出器の 2 つの検出器に入射され光電変換される。

(1) SWIR 検出器

SWIR 検出器には、SW1-4 の 4 チャンネルが搭載されている。IRS の走査イメージと SWIR 検出器の配列をそれぞれ図 5.4.3-1 と図 5.4.3-2 に示す。図 5.4.3-1 は図 3.2-6 と同じ図である。また表 5.4.3-1 に IRS SWIR の主要諸言を示す。

図 5.4.3-1：IRS の走査イメージ
IRS センサは図の方向に走査させて観測を実施する。
(注) 図 3.2-6 と同じ図である。

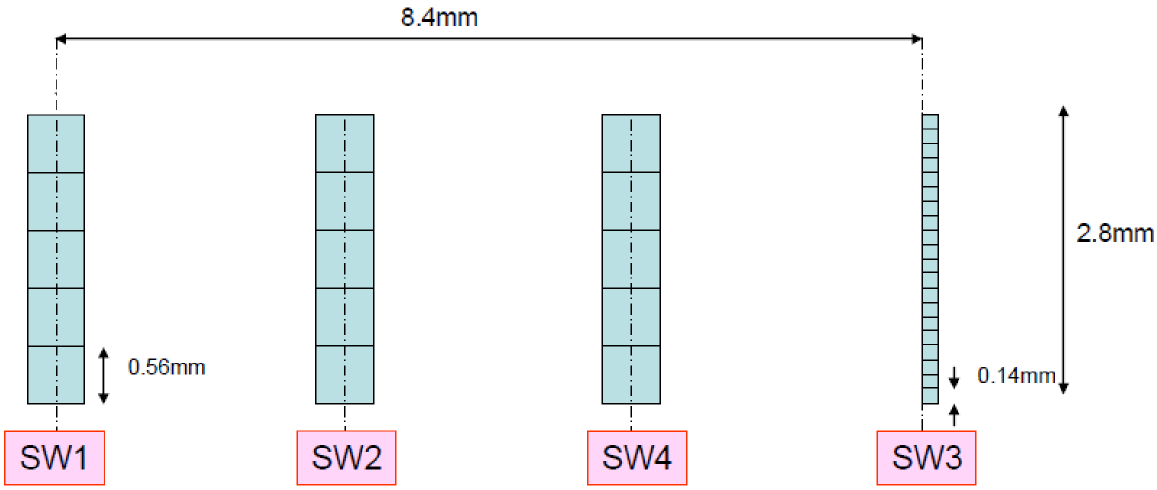


図 5.4.3-2：SWIR 検出器の配列

SWIR の焦点距離は 448 mm である。また SW1、2、4 の素子サイズは 560 μm(1 km)、SW3 の素子サイズは 140 μm (250 m)である。

表 5.4.3-1：SWIR の主要諸元

	IRS
素子サイズ	SW1, 2, 4：560 μm (1 km) SW3：140 μm (250 m)
素子数	SW1, 2, 4：5 素子 SW3：20 素子
進行方向の走査幅	2.8 mm(5 km)
走査周期	740.0 ms (81.00 rpm)
撮像周期	35.7 μs (28.01 kHz)

SWIR の検出器は InGaAs の光起電力(PV)タイプの検出器である。SWIR 検出器で発生した光電流は、画素ごとに持つ TIA(Trans Impedance Amp) 方式のプリアンプで電圧に変換する。ASP 内では、ポストアンプで A/D 変換への入力電圧に合わせるように増幅し、A-MUX で画素多重化した後、A/D 変換器でデジタル信号に変換する。図 5.4.3-3 は SWIR チャンネルの回路ブロック図である。

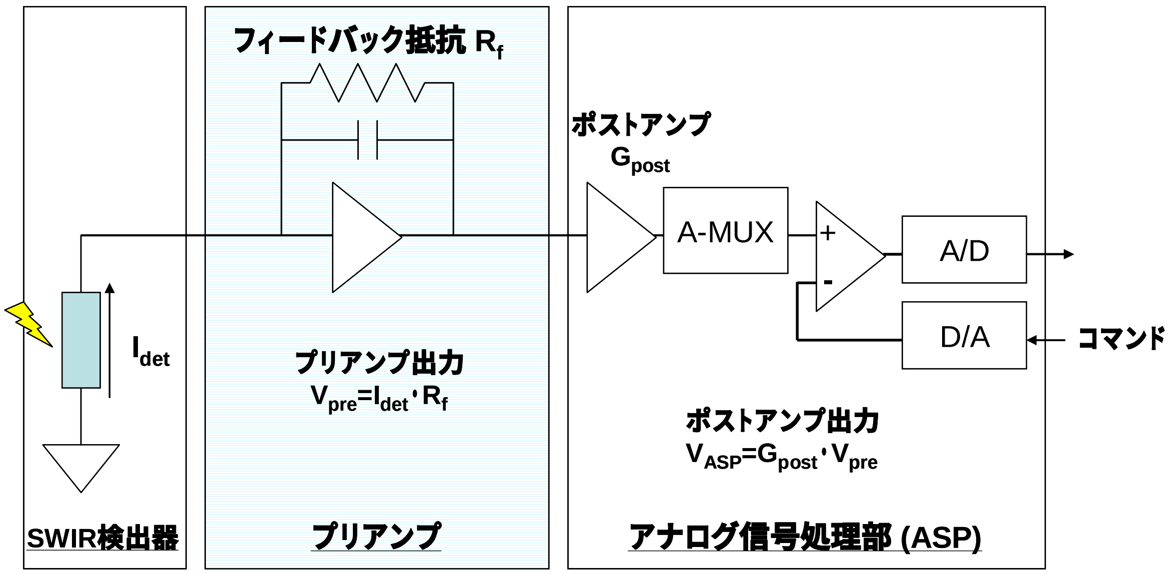


図 5.4.3-3：SWIR チャンネルの回路ブロック図

(2)TIR 検出器

TIR 検出器(LWIRD)には、T1 と T2 の 2 チャンネルが内蔵されている。TIR 検出器の配列を図 5.4.3-4 に示す(走査方向は図 5.4.3-1 を参照)。表 5.4.3-2 は TIR の主要諸言である。

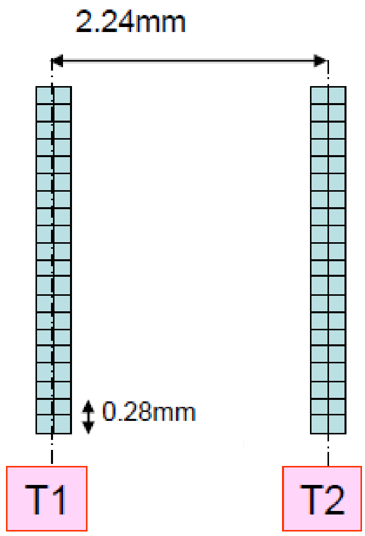


図 5.4.3-4：TIR 検出器の配列

※TIR の焦点距離は 448 mm である。また T1、T2 ともに 1 画素の焦点面サイズは 140 μm (250 m)である。

表 5.4.3-2：TIR の主要諸元

	IRS
素子サイズ	SW1, 2, 4 : 560 μm (1 km) SW3, T1, 2 : 140 μm (250 m)
素子数	SW1, 2, 4 : 5 素子 SW3 : 20 素子 T1, 2 : 40 素子
進行方向の走査幅	2.8 mm(5 km)
走査周期	740.0 ms (81.00 rpm)
撮像周期	35.7 μs (28.01 kHz)

TIR 検出器は、MCT (HgCdTe)の光起電力(PV)タイプの検出器であり、かつ、Si プロセスで製作した ROIC (Read Out Integrated Circuit：読み出し回路)を、ハイブリッド化した構成である。MCT フォトダイオードで発生したキャリアは、画素ごとに持つキャパシタに蓄積されて電圧に変換し、ROIC 内でマルチプレクスした後に電圧値として出力する。またキャパシタ容量はゲインに相当するパラメータであり、コマンドにより 3 通りのゲインから選べる設計となっている。

ASP 内では、背景光等のオフセット成分を差し引き(クランプ)、増幅した上で A/D 変換して出力する。図 5.4.3-5 に TIR チャンネルの回路ブロック図を示す。

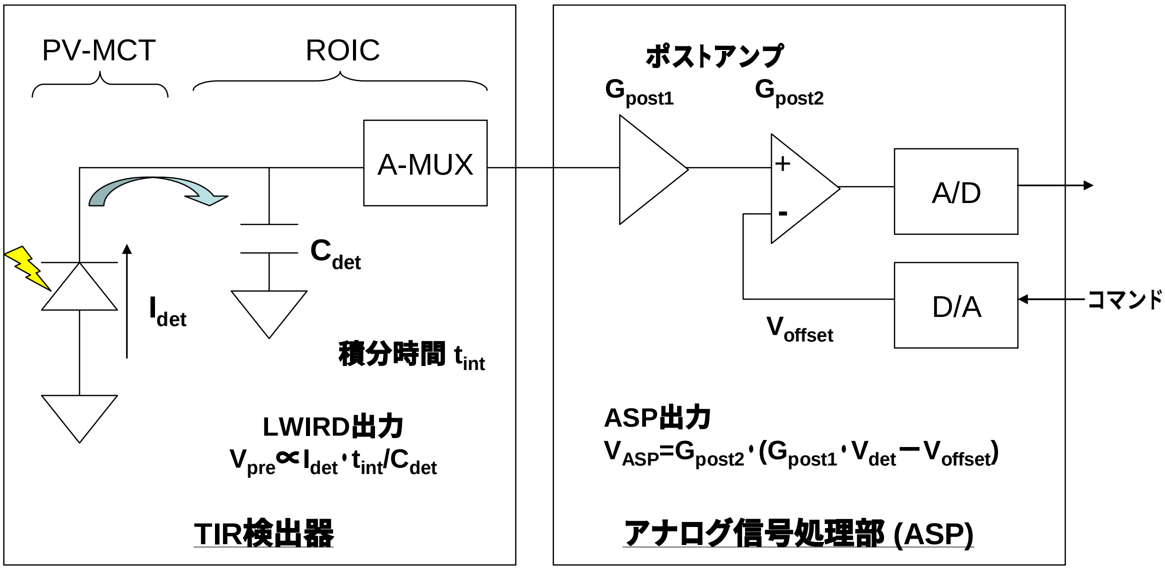


図 5.4.3-5：TIR チャンネルの回路ブロック図

また T1、T2 それぞれの Power/制御、及び、出力が 250 m 分解能相当の 2 系統に分離されている。図 5.4.3-6 に TIR 検出器の TDI (Time Delay Integration) 加算方式 (時間遅延積分方式)を示す。T1、T2 それぞれ 2 系統の出力として、TDI 的に時間をずらしながら DSP (5.4.6 章参照)で加算が行える設計となっている。この機能を持たせることにより、各チャンネルで、2 系統のうち 1 系統に不具合が生じたとしても、もう 1 系統の出力のため観測は継続が可能である。また 250 m 分解能観測(特殊観測運用)を実現することが可能である。

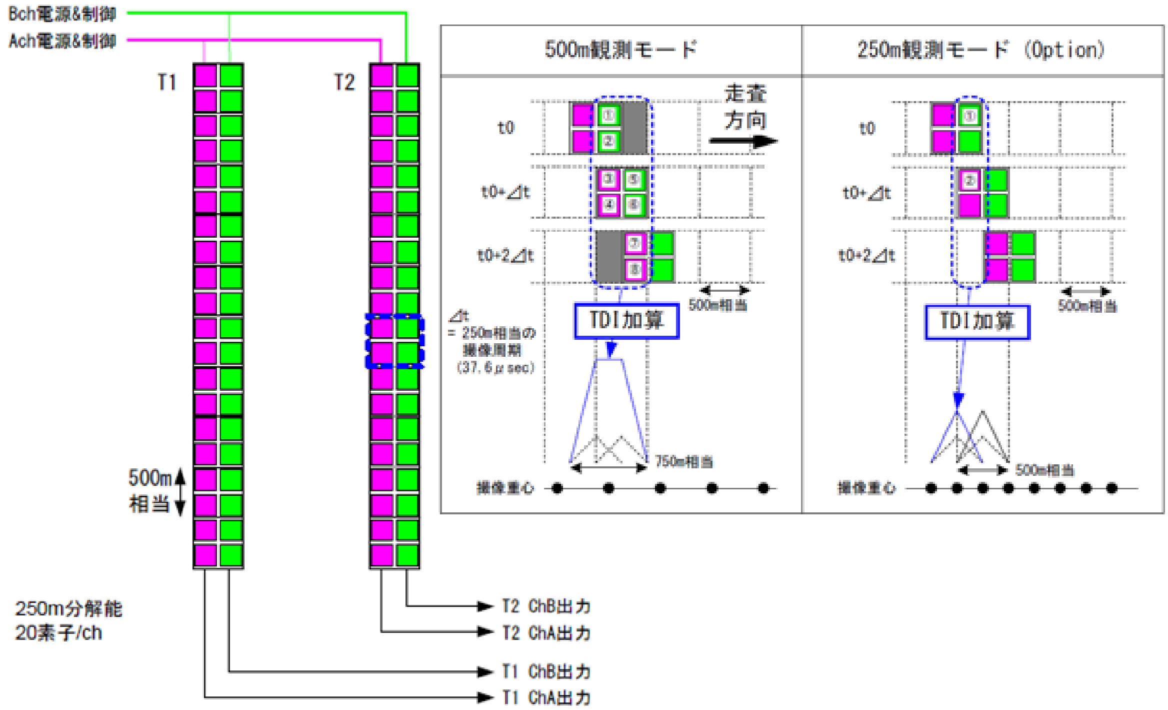


図 5.4.3-6：TIR 検出器の TDI 加算方式

5.4.4 校正部

(1) 太陽光校正部

太陽校正は北極上空付近で実施される。太陽光導入方式として、ライトガイド導入方式を採用した。太陽光は、太陽光導入開口部に設置した透過型拡散板を通り、ライトガイド内で多重反射され、拡散板に導入される。拡散板で拡散された光は、走査鏡を経て検出器に入射する。図 5.4.4-1 は太陽光校正太陽光導入部を示す。

図 5.4.4-1：太陽光校正太陽光導入部(ライトガイド)

(2) 内部光源校正部

内部光源校正部では、1.6 μm の LED とハロゲンランプを光源とした。拡散板を経由せず走査鏡から直接光学系へと入射する方式を採用した。図 5.4.4-2 は内部光源校正光源を示す。

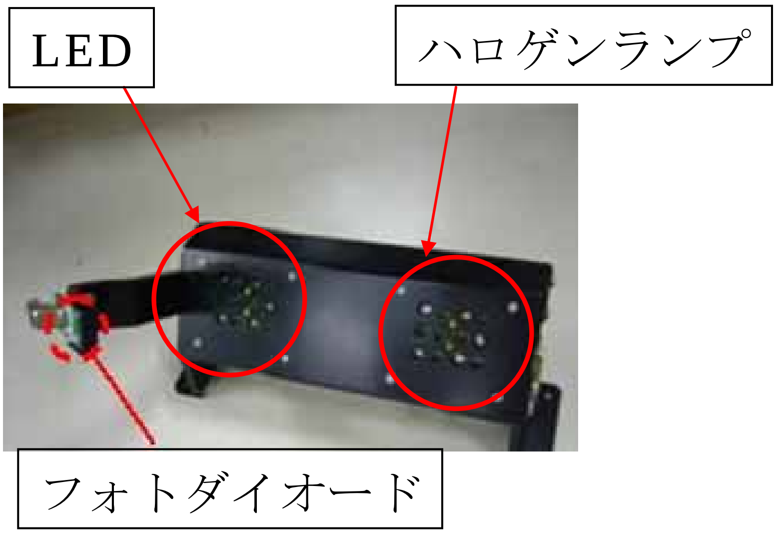


図 5.4.4-2：内部光源校正光源

(3) 黒体校正部

搭載黒体は温度制御を行わない、放置型黒体を採用した。黒体材料には熱伝導率の良いアルミニウム合金、さらに表面処理は特殊な黒色陽極酸化処理を採用して、赤外領域の放射率を高めている。これより搭載黒体の放射率は、0.98 以上になっている。図 5.4.4-3 に搭載黒体を示す。

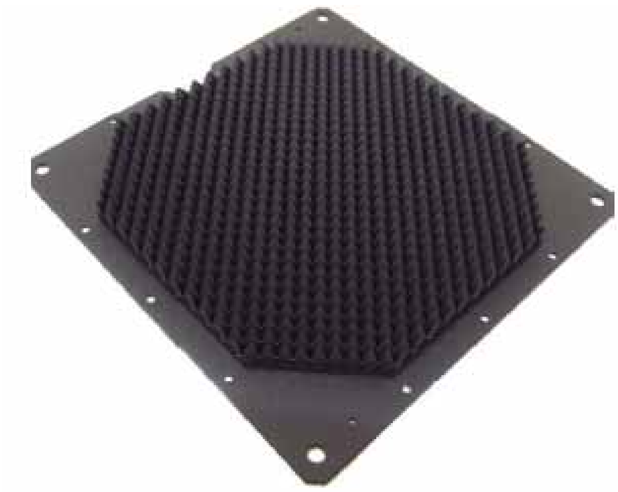


図 5.4.4-3：SGLI 用の搭載黒体

5.4.5 アナログ信号処理部 (ASP)

(SWIR)

アナログ信号処理部は、検出器からのアナログ信号を受信し、フィルタリングしてノイズ除去したものをデジタル変換(A/D 変換)し、DSP に出力する。

(TIR)

アナログ信号処理部では、検出部でマルチプレクスされた信号を受信し、A/D 変換を行い、DSP に出力する。

また、デジタル信号処理部からのコマンドにより、6 段階の電圧を入力して電圧校正を行い、または、テレメトリをデジタル信号処理部へ出力する。

5.4.6 デジタル信号処理部(DSP)

デジタル信号処理部は、アナログ信号処理部からのデジタル信号形式の観測データを受け、画像処理に必要なテレメトリデータと合わせて編集処理を施した後、MDHS へデータを出力する。さらに衛星バスとのコマンド・テレメトリインターフェースを行う。

5.4.7 SWIR 冷却部

SWIR の冷却部はペルチェ素子である。ペルチェ素子は熱伝導半導体を利用したヒートポンプであり、－30℃まで SWIR 検出器の温度を下げる。

5.4.8 TIR 冷却部

TIR の冷却部は、スターリング冷凍機である。この冷凍機は、1 段式スターリング冷凍機であり、55 K まで検出器を冷却する。図 5.4.8-1 に冷凍機の外観を示す。

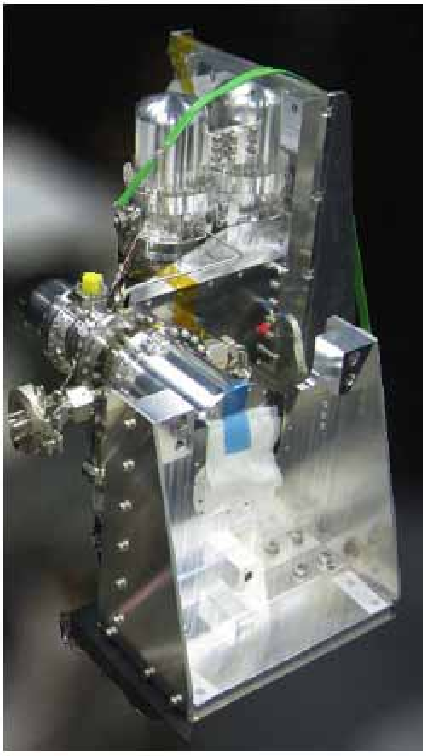


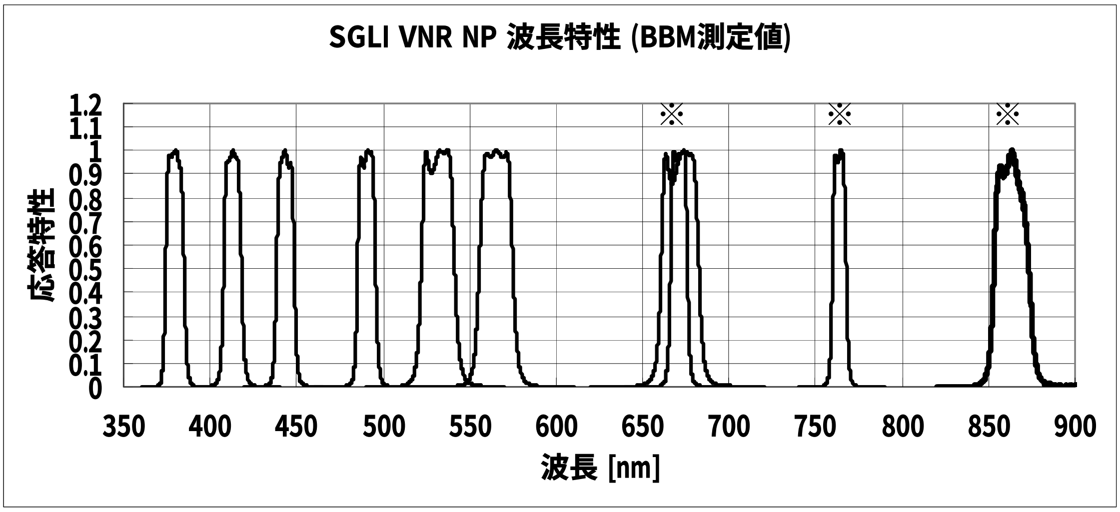
図 5.4.8-1：TIR 冷却機の外観

第 6 章　波長特性

6.1 波長特性概要

SGLI は、380 nm の可視域から 12 μm までを 19 チャンネルで観測する放射計である。各チャンネルは、海色、雲、エアロゾル、陸域植生などの観測目的に対して適当な中心波長と波長幅を持つように設計されている。

SGLI へ入射した光は、図 3.4.1-1、図 5.3.4-1 のような各コンポーネントを経由して CCD へ入射する。SGLI の波長応答特性を図 6.1-1 に示す。この波長特性は BBM 試験で得られた測定値を用いている。この BBM 設計時点では、VN7 の波長幅Δλは 10 nm であった。



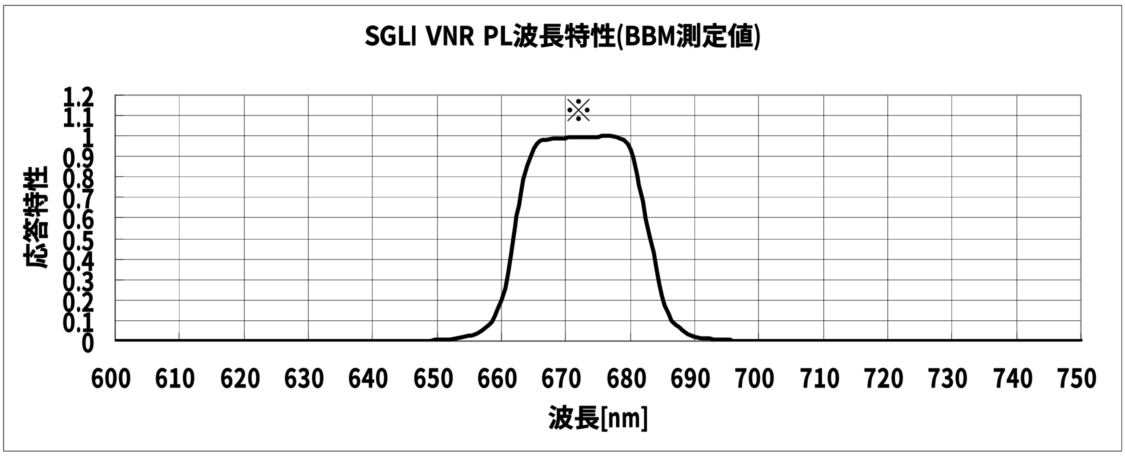
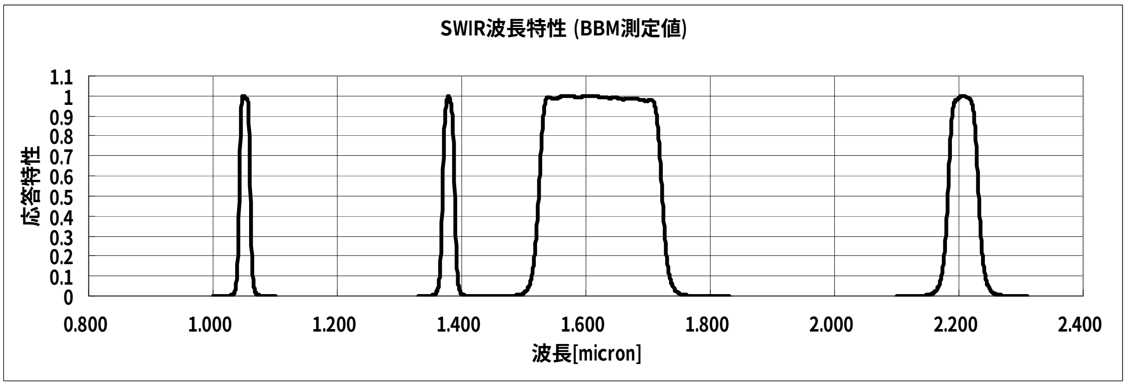


図 6.1-1：SGLI 波長応答特性（１／２）

※本図は BBM 測定値であり、PFM では微調整されている。



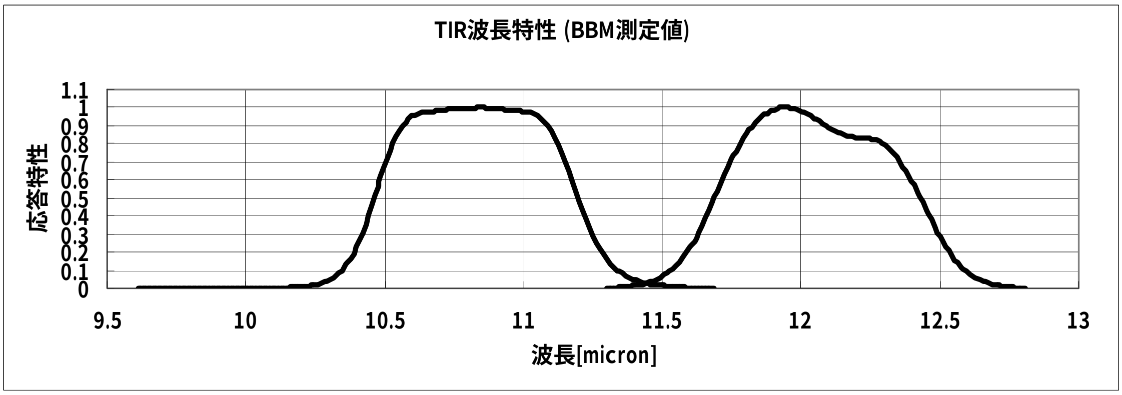


図 6.1-1：SGLI 波長応答特性（２／２）

※本図は BBM 測定値であり、PFM では微調整されている。

6.2 各種代表量

バンド b における中心波長λ_c (b)は、応答関数 R_b (λ)から以下の式を用いて計算した。ここで記述した中心波長は重み付き中心波長であり、第 3 章にある中心波長λ_0 とは異なる値である。N はデータの表 6.2-1 に示した測定データの範囲である。

a) 中心波長 (仕様値)　（第 3 章、図 6.1-2 参照）

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{\lambda_{a,hw} + \lambda_{b,hw}}{2} \qquad \text{(式 6.2-1)}$$

b) 中心波長 (重み付き中心波長)

$$\lambda(b) = \sum_{i=1}^{N-1}\left(w_i \cdot \lambda_i^{ave}\right) \Big/ \sum_{i=1}^{N-1}\left(w_i\right) \qquad \text{（式 6.2-2）}$$

$$w_i = \frac{1}{2} \cdot \left(R_b\left(\lambda_i\right) + R_b\left(\lambda_{i+1}\right)\right) \cdot \left(\lambda_{i+1} - \lambda_i\right) \qquad \text{（式 6.2-3）}$$

$$\lambda_i^{ave} = \frac{\lambda_{i+1} - \lambda_i}{R_b(\lambda_{i+1}) - R_b(\lambda_i)} \cdot \left(\sqrt{\frac{R_b(\lambda_{i+1})^2 + R_b(\lambda_i)^2}{2}} - R_b(\lambda_i)\right) + \lambda_i \qquad \text{（式 6.2-4）}$$

また半値幅について、表 3.1-2 の仕様値にある半値幅$\Delta\lambda$とは異なる 2 つの$\Delta\lambda_{b-a,\ hw}$、半値幅$\Delta\lambda_{b-a}$ を定義する。図 6.1-2 に半値幅の定義を示した。前者の半値幅$\Delta\lambda_{b-a}$ は、中心波長から長波長側、短波長側にそれぞれ最後に 0.5 以下になる波長の間隔で定義している(図 6.1-2(a))。一方、後者の半値幅$\Delta\lambda_{b-a,\ hw}$ は、重み付き半値幅であり、$\lambda_b - \lambda_a$ で表される(図 6.1-2(b))。

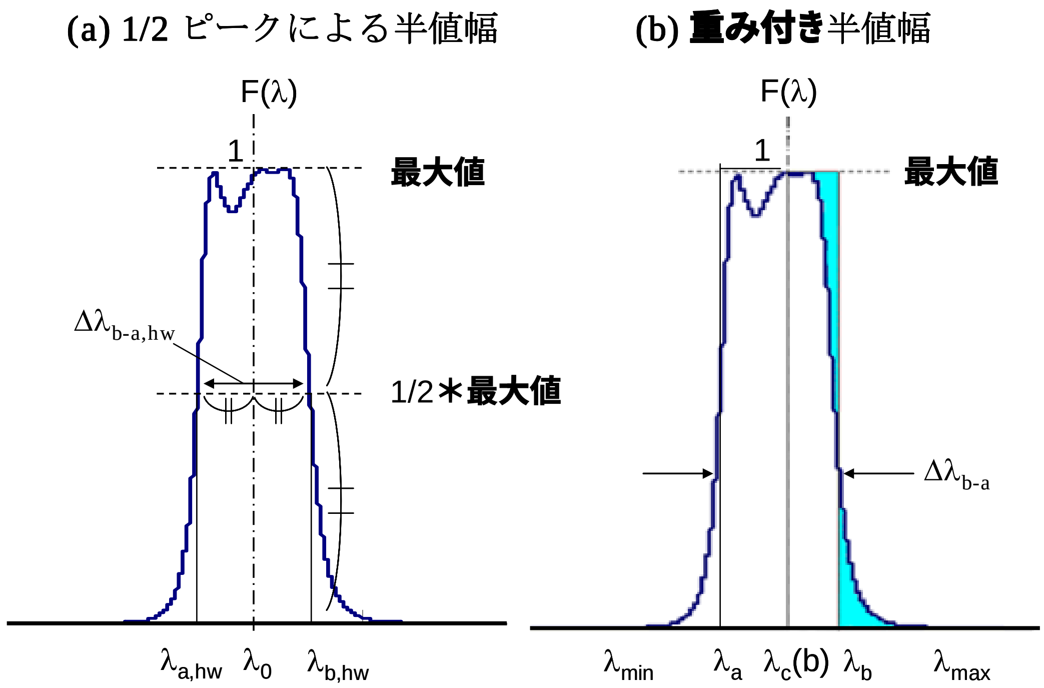


図 6.1-2：半値幅の定義

※図(a)

$$F(\lambda_{b,hw}) = F(\lambda_{a,hw}) = \frac{1}{2} \times \text{最大値}$$

半値幅　$\Delta\lambda_{b-a,hw} = \lambda_{b,hw} - \lambda_{a,hw}$

※図(b)

$$\int_{\lambda_c(b)}^{\lambda_b} [1 - F(\lambda)] \quad d\lambda = \int_{\lambda_b}^{\lambda_{maz}} F(\lambda) \quad d\lambda$$

$$\int_{\lambda_a}^{\lambda_c(b)} [1 - F(\lambda)] \quad d\lambda = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_a} F(\lambda) \quad d\lambda$$

半値幅　$\Delta\lambda_{b-a} = \lambda_b - \lambda_a$

波長特性について、表 6.2-1 に計算結果をまとめる。λ_i の間隔は表 6.2-1 に示した各コンポーネントの測定間隔の最小になるように設定されており、VNR NP では 0.1 nm、VNR PL では 1 nm、短波長赤外では 1 nm、熱赤外では 3～14 nm 程度である。半値幅$\Delta\lambda$は、中心波長から長波長側、短波長側にそれぞれ最後に 0.5 以下になる波長の間隔で定義している。

表 6.2-1：SGLI 波長応答の各種代表量 (BBM 測定値)

SGLI ch	1/2ピーク 中心波長 λ_0 [nm] **(第3章)**	1/2ピーク 左側の 波長 $(\lambda_{a,\,hw})$[nm]	1/2ピーク 右側の 波長 $(\lambda_{b,\,hw})$[nm]	1/2ピーク 半値幅 $\lambda_{b,\,hw}$-$\lambda_{a,\,hw}$ [nm]	重み付き 中心波長 λ_c (b) [nm]	重み付き 左側の 波長 λ_a [nm]	重み付き 右側の 波長 λ_b [nm]	重み付き 半値幅 λ_b-λ_a [nm]	ピーク 波長 [nm]	測定範囲 最小波長 [nm]	測定範囲 最大波長 [nm]	
VN1	379.54	374.14	384.95	10.81	379.59	374.08	385.02	10.94	379.90	360.00	400.00	
VN2	412.98	407.81	418.15	10.34	412.98	407.66	418.36	10.70	413.10	390.00	440.00	
VN3	443.52	438.38	448.66	10.28	442.16	438.28	448.73	10.46	443.10	420.00	465.00	
VN4	490.42	485.20	495.64	10.44	490.24	485.10	495.91	10.81	491.00	460.00	520.00	
VN5	531.67	522.00	541.34	19.33	531.67	521.90	541.88	19.98	537.20	490.00	570.00	
VN6	565.32	555.53	575.10	19.58	565.40	**555.24**	575.55	20.32	565.60	520.00	610.00	
VN7	671.07	666.13	676.01	9.88	669.95	665.91	676.24	10.33	673.60	640.00	700.00	※
VN8	671.62	660.64	682.61	21.97	671.73	660.79	682.99	22.20	674.00	620.00	720.00	
VN9	763.73	759.74	767.72	7.98	763.76	759.61	767.92	8.30	764.70	740.00	790.00	※
VN10	863.29	853.16	873.43	20.28	862.91	853.24	872.81	19.58	863.90	820.00	910.00	※
VN11	863.27	853.15	873.40	20.25	863.04	853.30	872.80	19.50	863.10	820.00	910.00	※
P1	672.51	661.94	683.08	21.14	672.73	658.62	680.49	21.87	677.00	600.00	900.00	※
SGLI ch	中心波長 λ_0 [μm] (第3章)	左側の 波長 $(\lambda_{a,\,hw})$ [μm]	右側の 波長 $(\lambda_{b,\,hw})$ [μm]	半値幅 $\lambda_{b,\,hw}$-$\lambda_{a,\,hw}$ [μm]	中心波長 λ_c (b) [μm]	左側の 波長 λ_a [μm]	右側の 波長 λ_b [μm]	半値幅 λ_b-λ_a [μm]	ピーク 波長 [μm]	測定 最小波長 [μm]	測定 最小波長 [μm]	
SW1	1.0515	1.0422	1.0608	0.0187	1.0516	1.0413	1.0617	0.0203	1.0490	1.0000	1.1000	
SW2	1.3792	1.3695	1.3890	0.0195	1.3805	1.3689	1.3897	0.0208	1.3790	1.3300	1.4300	
SW3	1.6236	1.5242	1.7230	0.1988	1.6233	1.5230	1.7232	0.2002	1.5690	1.4300	1.8300	
SW4	2.2071	2.1823	2.2318	0.0495	2.2071	2.1809	2.2333	0.0524	2.2070	2.1000	2.3100	
T1	10.829	10.462	11.197	0.735	10.794	10.453	11.212	0.759	10.849	1.500	16.000	
T2	12.059	11.687	12.431	0.744	12.083	11.678	12.411	0.732	11.933	1.500	16.000	

※BBM (試作試験用モデル)であり、PFM では微調整されているため、値は異なる。

※P2 は BBM の測定値はない。

図表目次

略語集

略称	正式名称(英語)	名称(日本語)
ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite	地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」
ADEOS-II	Advanced Earth Observing Satellite-II	環境観測技術衛星「みどり II」
ASP	Analog Signal Processor	アナログ信号処理部
AT	Along Track	衛星進行方向
BBM	Bread Board Model	試作試験用モデル
CCD	Charged Coupled Device	電荷結合素子
CDS	Correlated Double Sampling	相関二乗サンプリング
CT	Cross Track	衛星進行方向の直交方向
DN	Digital Number	デジタル値
DSP	Digital Signal Processor	デジタル信号処理部
ELU	Electrical Unit	電気系ユニット
EM	Engineering Model	開発モデル
FOV	Field of View	視野
GCOM	Global Change Observation Mission	地球環境変動観測ミッション
GLI	Global Imager	ADEOS-II 搭載用の光学センサ
IFOV	Instantaneous Field of View	瞬間視野，瞬時視野角・空間分解能
IRS	Infrared Scanning Radiometer	赤外走査放射計部
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MCT	HgCdTe	水銀－カドミウム－テルル化物 (赤外線半導体検出器)
MDHS	Mission Data Handling Subsystem	ミッションデータ処理系
MODIS	MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer	中分解能撮像分光放射計
MTF	Modulation Transfer Function	解像力を示す指標
NEdT	Noise Equivalent Differential Temperature	雑音等価温度
NP	Non Polarized	非偏光
OCTS	Ocean Color Temperature Scanner	海色海温走査放射計
PD	Photo Diode	フォトダイオード
PFM	Proto-Flight Model	プロトフライトモデル
PL	Polarized	偏光

ROIC	Read Out Integrated Circuit	読み出し回路
SGLI	Second Generation Global Imager	多波長光学放射計
SD	Solar Diffuser	拡散板
S/H	Sample-Hold	サンプル＆ホールド
S/N	Signal-to-Noise Ratio	信号対雑音比
SRU	Scanning Radiometer Unit	光学系ユニット
SWIR	Short Wavelength Infrared	短波長赤外
TDI	Time Delay Integration	時間遅延積分方式
TEC	Thermoelectric Cooler	熱電クーラー
TIA	Trans Impedance Amplifier	トランスインピーダンスアンプ
TIR	Thermal Infrared	熱赤外
TT&C	Telemetry, Tracking and Command	テレメトリ・コマンド系
VIIRS	Visible/Infrared Imager Radiometer Suite	MODIS の後継センサ
VNR	Visible and Near Infrared Radiometer	可視・近赤外放射計部