



# ASTER

ユーザーズガイド

第1編  
(共通編)

Ver.4.0

2005年7月

## ERSDAC

財団法人 資源・環境観測解析センター

# 目次

## (第一編 共通編)

<b>1. はじめに</b> .....	<b>1</b>
1.1. 本文書の目的 .....	1
1.2. EOS 計画 .....	1
1.3. ASTER プロジェクト.....	2
1.4. ASTER の目的 .....	3
1.5. ASTER データの利用分野.....	3
<b>2. ASTER センサ</b> .....	<b>6</b>
2.1. TERRA 衛星と ASTER センサ概要 .....	6
2.2. 基本性能 .....	9
2.3. システム構成 .....	10
2.4. システム構成部品 .....	14
2.5. スペクトル性能 .....	15
2.6. ラジオメトリック性能 .....	19
2.7. 幾何学的性能 .....	25
2.8. 変調伝達関数(MTF) .....	31
2.9. 偏光特性 .....	32
2.10. WRS とシーンの定義.....	33
2.11. 軌道特性 .....	42
2.12. パス暦 .....	45
<b>3. ASTER 地上データシステム(ASTER GDS)</b> .....	<b>55</b>
3.1. 概要 .....	55
3.2. ASTER 地上データシステムの特徴.....	55
3.3. ASTER 地上データシステムの構成.....	56
<b>4. データプロダクト</b> .....	<b>59</b>
4.1. データプロダクトの定義 .....	59
<b>5. データ要求とデータ配布</b> .....	<b>60</b>
5.1. データ要求方法 .....	60
5.2. IMS 利用の流れ .....	60
<b>6. 校正・検証</b> .....	<b>63</b>
6.1. はじめに .....	63
6.2. 校正データ利用のための手順 .....	63
6.3. 校正と検証 .....	64
6.4. 精度(ACCURACY & PRECISION)の確認.....	64
6.5. EOS 計画およびその他のプロジェクトによる検証.....	64
6.6. 必要となる定常的活動 .....	64
6.6.1 軌道上での計測.....	64
6.6.2 地上での計測.....	64
6.7. 検証情報のアーカイブ .....	64
6.8. 運用中の検証活動 .....	65
6.8.1 ラジオメトリック校正係数の生成 .....	65
6.8.2 傾向式アプローチによる校正係数の生成 .....	65
6.8.3 ベースラインとなる校正係数の決定方法.....	65
6.8.4 相互校正.....	66

7. センサの運用.....	68
7.1 観測モード.....	68
7.2 観測シナリオ.....	68
7.3 ASTER 観測スケジュール.....	70
8. 関連ホームページ.....	71
9. 略語集.....	72

# 1. はじめに

## 1.1. 本文書の目的

ASTER ユーザーズガイドは、ASTER データを利用するにあたって必要となる各種の情報を利用者に提供することを目的としている。ユーザーズガイドは 4 編から構成されるが、本文書(Part-I)では、ASTER センサ、地上システムの性能・構成およびデータプロダクツの概要に関する情報を記述する。

## 1.2. EOS 計画

NASA は地球規模の変動現象、特に気候変動の解明に向けた宇宙からの観測を含む総合的な地球観測計画 (EOS 計画) を進めている。EOS 計画の主な目的(EOS Science Objective)を、以下に示す。

### **1) Water and Energy Cycles**

*Cloud formation, dissipation, and radiative properties, which influence response of the atmosphere to greenhouse forcing. Large-scale hydrology and moisture processes, including precipitation and evaporation.*

### **2) Oceans**

*Exchange of energy, water, and chemicals between the ocean and atmosphere, and between the upper layers of the ocean and deep ocean (includes sea ice and formation of bottom water).*

### **3) Chemistry of Troposphere and Lower Stratosphere**

*Links to the hydrologic cycle and ecosystems, transformations of greenhouse gases in the atmosphere, and interactions inducing climate change.*

### **4) Land Surface Hydrology and Ecosystem Processes**

*Improved estimates of runoff over the land surface and into the oceans. Sources and sinks of greenhouse gases. Exchange of moisture and energy between the land surface and atmosphere. Changes in land cover.*

### **5) Glaciers and Polar Ice Sheets**

*Predictions of sea level and global water balance.*

### **6) Chemistry of the Middle and Upper Stratosphere**

*Chemical reactions, solar-atmosphere relations, and sources and sinks of radiatively important gases.*

### **7) Solid Earth**

*Volcanoes and their role in climatic change.*

EOS 計画は衛星からの観測システム、データ処理・データ情報システム、およびこれら観測データを用いる研究プログラムから構成される(衛星からの観測システムについては当初大型のプラットフォームに数多くのセンサを搭載し、総合的同時観測を目指していたが予算の削減により大幅な規模の縮小が行われた)。EOS 計画の衛星打ち上げは 2008 年まで予定されており、観測については 2012 年まで予定されている。Figure.1-1 に EOS 計画における衛星打ち上げ計画を示す。

EOS 計画では極めて膨大な量の観測データを取り扱うことから、従来の地球観測計画と大きく異なり、地上におけるデータ処理・データ情報システムに全体予算の過半をつぎ込んでいるのが特徴である。

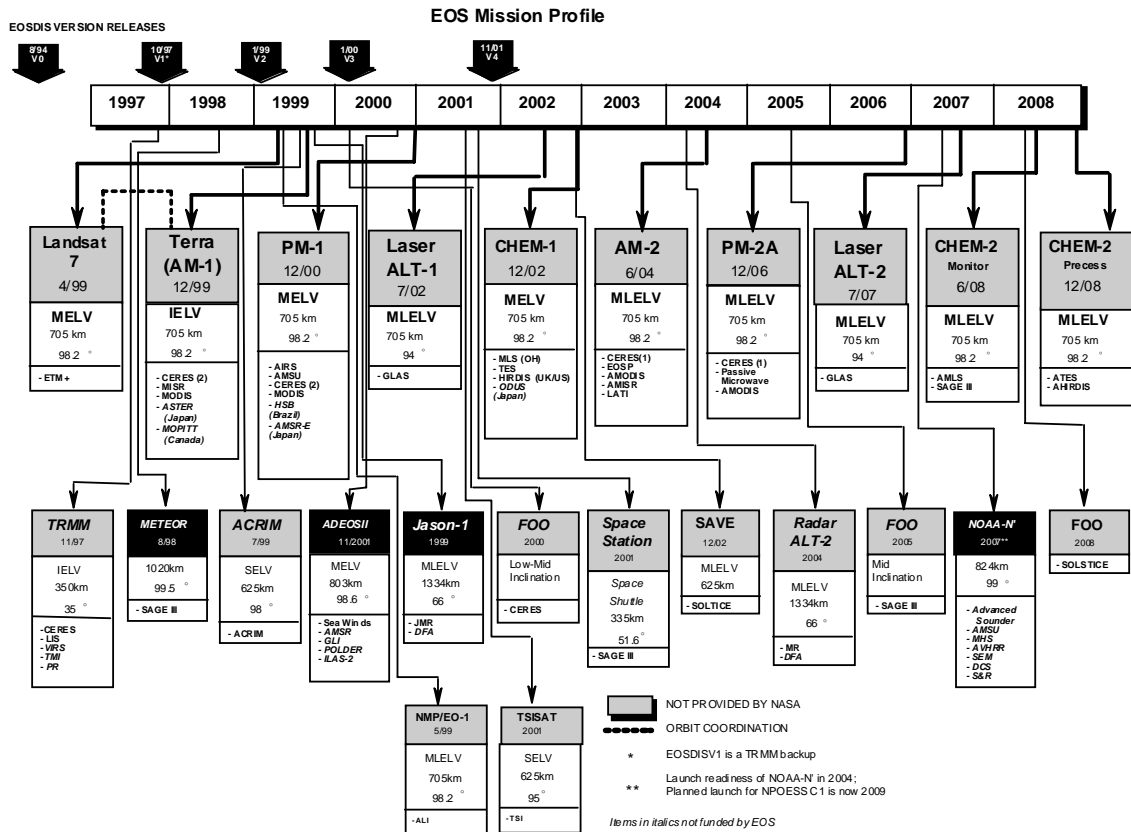


Figure.1-1 EOS 計画における衛星打ち上げ計画

### 1.3. ASTER プロジェクト

通商産業省では、資源探査を主目的とする地球資源衛星 (JERS-1) を 1992 年に打ち上げたが、地質・資源を始めとするユーザから、より詳細な地質情報の把握、さらには火山噴火等の地球環境に大きな影響を与えるであろう現象の把握を目指し、JERS-1 搭載の光学センサをさらに高度化したセンサの開発要望が出された。これを受けて通商産業省では ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) の開発を行い、米国航空宇宙局(NASA)の EOS 計画の最初のプラットフォーム Terra (旧 EOS AM-1 : 1999 年 12 月打ち上げ)に搭載し観測を行うことになった。通商産業省の委託を受けて、センサの開発は (財) 資源探査用観測システム研究開発機構(JAROS)が、データの利用技術の研究開発および地上データシステムの開発は、(財) 資源・環境観測解析センター(ERSDAC)がそれぞれ担当・実施している。

ASTER プロジェクトでは、日米双方の地質・資源、気象、農林、海洋、環境等の幅広い分野の研究者から成る ASTER サイエンスチームを組織し、このサイエンスチームの主導のもとに、利用目的の定義、ユーザ要望のとりまとめ等を行っている。また、これに基づき

センサ仕様、地上データシステム、センサ運用等を決定している。

また、ASTER プロジェクトは EOS 計画に組み込まれているため、プロジェクト自体が日米の密接な協力の下に進められている。ASTER センサの開発、ユーザからのデータ取得要求に基づく最適な観測計画の立案およびセンサの運用、観測された生データから標準処理データの生成作業 (レベル 1 処理) は日本側が担当し、打ち上げ用ロケット、プラットフォームおよびコマンドおよびデータのアップリンク/ダウンリンクは NASA が担当している。

## 1.4. ASTER の目的

ASTER の目的は、地表面およびその近傍でにおけるローカルおよびリージョナルなスケールの現象の理解を深めることに貢献することである。具体的な目的を以下に示す。

- (1) 地表の地形・地質の詳しいマッピングを通じて地殻表層の地質現象や地史への研究を推進すること (資源探査等の応用分野への貢献も含む)
- (2) 植生の分布状況やその変化を把握すること
- (3) 地表面温度分布等の把握から地表面と大気の相互作用の理解を深めること
- (4) 火山噴火のモニタリングを通じて火山ガスの大気中への放出の影響を評価すること
- (5) 雲のタイプ分けや大気中のエアロゾルの特性把握に貢献すること
- (6) サンゴ礁のタイプ分けやそのグローバルな分布の把握を通じて炭素循環におけるサンゴ礁の役割の明確化に貢献すること。

## 1.5. ASTER データの利用分野

ASTER データは、以下の特徴を有する。

- 高空間分解能
- 可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域の幅広い波長幅を持つバンド構成
- 同一軌道による立体視機能

現在、ASTER プロジェクトにおいては、上記のような特徴を最大限に利用した研究計画が進められている。Terra には、MODIS、MISR、CERES、MOPITT などの ASTER とは異なるタイプのセンサが搭載されている。このため、ASTER データと他のセンサデータを組み合わせることにより、高度な大気補正、キャリブレーション等を行うことが可能となっている。このように、Terra に搭載されている複数のセンサによる観測を行うことにより、単一センサでは実現できない観測が可能となる。

### 1) 陸域

- 活火山のモニタリングおよび噴火時の観測
- 沿岸浸食と大西洋および湾岸域の堆積環境のモニタリング
- アフリカ大地溝帯、南メキシコ、アンデスの地質学的研究
- 湿地のモニタリング

- 陸域表層のエネルギー収支の推定
  - 東南アジア地域の標高モデル(DEM)の作成
- 2) 海洋・陸水域
- 西太平洋域における珊瑚礁データベースの作成とマッピング
  - 水生植物と懸濁物質のモニタリング
  - 沿岸域における海面温度の分析
- 3) 雪氷域
- 南極沿岸における氷河移動のモニタリング
  - 中央アジア地域の氷河観測による古環境分析
  - 海氷分布、アルベド、冰山温度の分析
- 4) 大気
- 雲の分類
  - 極域における雲と氷のモニタリング

Figure.1-2 にこれらの観測対象を図示したものを示す。

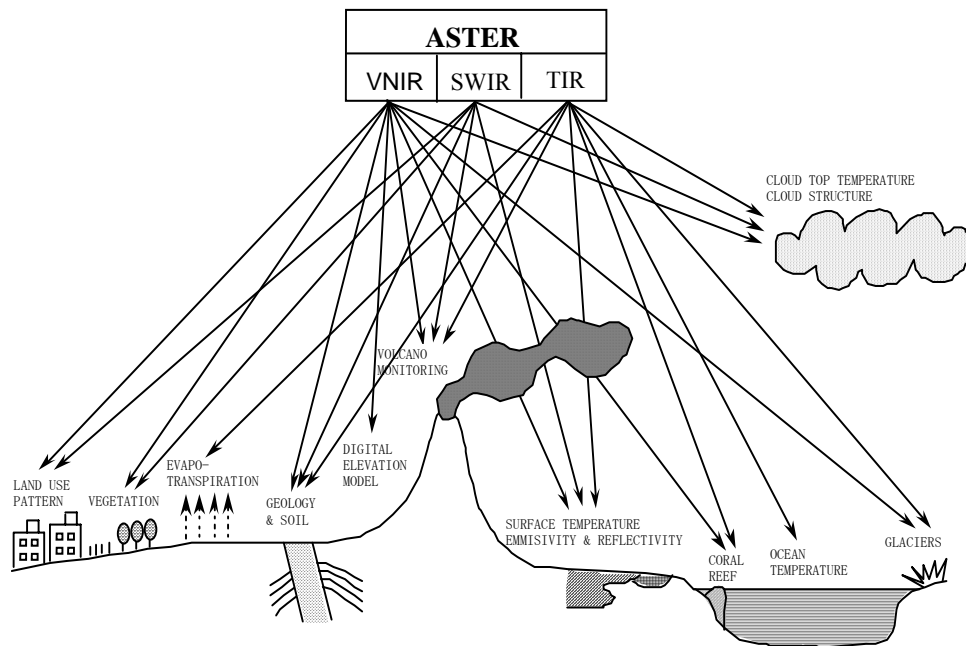


Figure. 1-2 ASTER の利用目的



## 2. ASTER センサ

### 2.1. Terra 衛星と ASTER センサ概要

**Terra:** ASTER センサは可視から熱赤外までを 14 スペクトルバンドでカバーするマルチスペクトルセンサである。1999 年 7 月に国際協力の下に打ち上げられる極軌道衛星 Terra に他の 4 つのセンサと共に搭載される。高空間分解能、高スペクトル分解能、高ラジオメトリック分解能の特徴を持っている。ASTER は Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer を省略して付けられた名称である。Terra 衛星は高度 705 km でほぼ円形の極軌道で運用される周期 16 日の太陽同期軌道であり、軌道パラメータは地方時を除いてランドサット衛星と同様である。赤道通過時の地方時は 10 時 30 分である。詳細は Table 2-1 に示す。また、6 つのユニットからなる ASTER センサを搭載した Terra 衛星の軌道上での構成を Figure 2-1 に示す。

Table 2-1 軌道パラメータ

Orbit	Sun synchronous Descending
Semi-major axis (Mean)	7078 km
Eccentricity	0.0012
Time of day	10:30 ± 15 min. am
Altitude range	700 - 737 km (705 km at equator)
Inclination	98.2° ± 0.15°
Repeat cycle	16 days (233 revolutions/16days)
Distance between adjacent orbits	172 km
Orbit period	98.9 min
Orbit position knowledge	±150 m/3 axes, 3σ
Repetition accuracy	±20 km, 3σ

## One Day Pathe Pattern

One day path patterns in daytime observation

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
90	81	88	79	86	77	84	91	82	89	80	87	78	85	76	83
106	97	104	95	102	93	100	107	98	105	96	103	94	101	92	99
122	113	120	111	118	109	116	123	114	121	112	119	110	117	108	115
138	129	136	127	134	125	132	139	130	137	128	135	126	133	124	131
154	145	152	143	150	141	148	155	146	153	144	151	142	149	140	147
170	161	168	159	166	157	164	171	162	169	160	167	158	165	156	163
186	177	184	175	182	173	180	187	178	185	176	183	174	181	172	179
202	193	200	191	198	189	196	203	194	201	192	199	190	197	188	195
218	209	216	207	214	205	212	219	210	217	208	215	206	213	204	211
1	225	232	223	230	221	228	2	226	233	224	231	222	229	220	227
17	8	15	6	13	4	11	18	9	16	7	14	5	12	3	10
33	24	31	22	29	20	27	34	25	32	23	30	21	28	19	26
49	40	47	38	45	36	43	50	41	48	39	46	37	44	35	42
65	56	63	54	61	52	59	66	57	64	55	62	53	60	51	58
	72		70		68		75		73		71		69		74

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation.

One day path patterns in nighttime observation

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
195	186	193	200	191	198	189	196	187	194	185	192	199	190	197	188
211	202	209	216	207	214	205	212	203	210	201	208	215	206	213	204
227	218	225	232	223	230	221	228	219	226	217	224	231	222	229	220
10	1	8	15	6	13	4	11	2	9	233	7	14	5	12	3
26	17	24	31	22	29	20	27	18	25	16	23	30	21	28	19
42	33	40	47	38	45	36	43	34	41	32	39	46	37	44	35
58	49	56	63	54	61	52	59	50	57	48	55	62	53	60	51
74	65	72	79	70	77	68	75	66	73	64	71	78	69	76	67
90	81	88	95	86	93	84	91	82	89	80	87	94	85	92	83
106	97	104	111	102	109	100	107	98	105	96	103	110	101	108	99
122	113	120	127	118	125	116	123	114	121	112	119	126	117	124	115
138	129	136	143	134	141	132	139	130	137	128	135	142	133	140	131
154	145	152	159	150	157	148	155	146	153	144	151	158	149	156	147
170	161	168	175	166	173	164	171	162	169	160	167	174	165	172	163
	177		184		182		180		178		176		183		179

Note that the date is defined at the equator crossing point of ascending node for nighttime observation.

Figure 2-1 ASTERを搭載したTerraの軌道上構成

**目的概要：** ASTERセンサは地球を構成する地圏、水圏、氷圏、大気圏並びにそれらの間の相互関係を研究することを目的としている。より詳細な項目としては、(a) 地質と土壌、(b) 火山モニター、(c) 炭素循環と海洋生体、(d) エアロゾルと雲、(e) 水蒸気循環、(f) 水利、(g) 植生と生体のダイナミクス、(h) 地上気候.等がある。

**基本構想：** ASTER の基本構想は 0.5～2.5 ミクロンと 8～12 ミクロンの大気の窓を利用して地上の反射、放射特性を、各種の研究目的のために適した空間分解能、スペクトル分解能で定量的に幅広く取得することにある。既存の他の光学センサと比較して特に強調すべき特徴をとり上げると以下ようになる。(1) 可視近赤外波長域での 15m という高い空間分解能でのスペクトルデータの取得、(2) 軌道平行方向での立体視機能、(3) 短波長赤外波長域での高いスペクトル分解能、(4) 熱赤外波長域での高い空間並びにスペクトル分解能。

**開発機関**：ASTER センサは通商産業省の監督の下にある財団：資源探査用観測システム研究開発機構(JAROS)において開発製作されている。契約企業は、システムと可視近赤外サブシステムが日本電気、短波長赤外サブシステムが三菱電機、熱赤外サブシステムが富士通、電源サブシステムが日立製作所である。

## 2.2. 基本性能

要求性能: ASTER センサはミッションの科学目的を達成するために定められた基本性能要求 (Table 2-2) に適合するように設計されている。表の最後の3つのパラメータ (ピークデータレート、質量、ピーク電力) は要求にパラメータ設計されたセンサの所要リソースである。ランドサット/TM、スポット/HRV、JERS/OPS の既存の光学センサの性能を凌駕させるために幾つかの改良、工夫がなされている。具体的には、JERS の OPS と比べて、立体視による地表標高検出の分解能を改善するために B/H 比を 0.3 から 0.6 に増加、岩石分布のマッピングの能力を高めるための短波長域のバンド数の 4 から 6 への増加、正確な地表面温度と放射率の分析のための 5 つの熱赤外バンドの追加がなされている。更に、解積能力を向上させるためのラジオメトリック分解能と精度向上も要求されている。

Table 2-2 ASTER 基本性能要求

Sub System	Band No.	Spectral Range (μm)	Radiometric Resolution	Absolute Accuracy (σ)	Spatial Resolution	Signal Quantization Levels
VNIR	1	0.52 - 0.60	NEΔρ ≤ 0.5 %	≤ ±4 %	15 m	8 bits
	2	0.63 - 0.69				
	3N	0.78 - 0.86				
	3B	0.78 - 0.86				
SWIR	4	1.600 - 1.700	NEΔρ ≤ 0.5 %	≤ ±4 %	30 m	8 bits
	5	2.145 - 2.185	NEΔρ ≤ 1.3 %			
	6	2.185 - 2.225	NEΔρ ≤ 1.3 %			
	7	2.235 - 2.285	NEΔρ ≤ 1.3 %			
	8	2.295 - 2.365	NEΔρ ≤ 1.0 %			
TIR	9	2.360 - 2.430	NEΔρ ≤ 1.3 %	≤ 3K(200-240K) ≤ 2K(240-270K) ≤ 1K(270-340K) ≤ 2K(340-370K)	90 m	12 bits
	10	8.125 - 8.475	NEΔT ≤ 0.3 K			
	11	8.475 - 8.825				
	12	8.925 - 9.275				
	13	10.25 - 10.95				
	14	10.95 - 11.65				

Stereo Base-to-Height Ratio	0.6 (along-track)
Swath Width	60 km
Total Coverage in Cross-Track Direction by Pointing	232 km
Mission life	5 years
MTF at Nyquist Frequency	0.25 (cross-track) 0.20 (along-track)
Band-to-band registration	Intra-telescope: 0.2 pixels Inter-telescope: 0.3 pixels of coarser band
Peak data rate	89.2 Mbps
Mass	406 kg
Peak power	726 W

## 2.3. システム構成

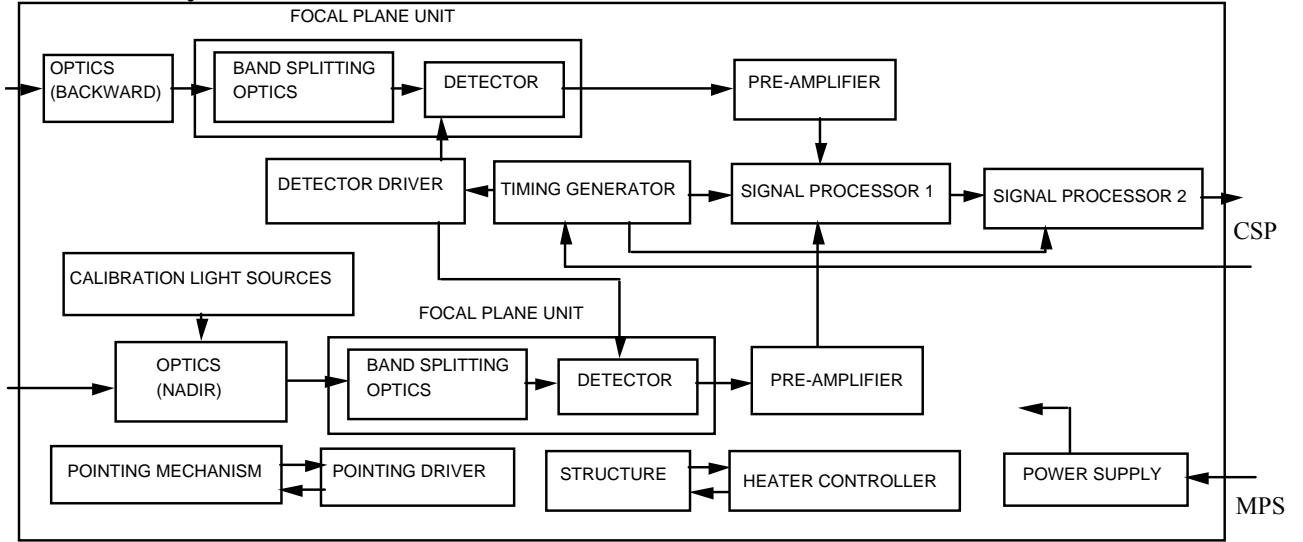
**望遠鏡**：可視から熱赤外にわたる広い波長範囲をカバーするために、光学部分は3つのサブシステムに分割されている。即ち、可視近赤外(VNIR)、短波長赤外(SWIR)、熱赤外(TIR)波長領域毎に別々の光学系で構成されている。さらに VNIR サブシステムは直下視用と後方視用の2つの望遠鏡からなっている。これらの2つの望遠鏡は、出来るだけ小さなリソース負担で、大きな B/H 比 0.6 と軌道平行方向の立体視データの取得を可能にする。JERS/OPS のように一つの望遠鏡で立体視データを得ようとするとは出来ない。また、他方、理想的な3本望遠鏡構成を採用すると質量、データレートなどのリソースにインパクトを生じる。直下視と後方視の組み合わせは性能とリソースのトレードオフの結果である。

**ポインティング機能**：軌道直行方向に刈り幅の中心を変化させるポインティング機能を備えることにより、全地球の表面をカバー出来るように配慮されている。この機能は、刈り幅が 60 km、衛星の回帰周期が 172 km であるため、全地球表面をカバーするために必要な機能である。VNIR と SWIR の望遠鏡に関しては、光軸がロール軸回りに変えられるようになっている。TIR の望遠鏡に関しては、刈り幅を走査するための振動鏡の振動中心が変えられるようになっている。可変範囲は、衛星の高度が 705 km の時に 272 km をカバーするように設計されている。衛星の軌道の不確定性が  $\pm 20$  km あることを考慮して余裕を持たせてある。更に、緊急用として、出来るだけ短い周期で同じ地点の観測が出来るように、VNIR のみに対して  $\pm 24$  度の追加ポインティングの機能を持たせてある。

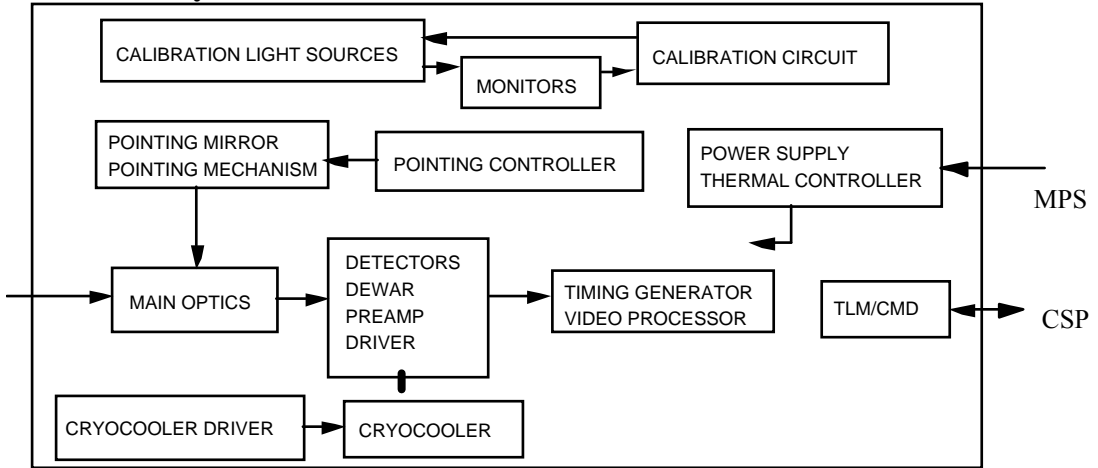
**Terra 衛星への搭載構成**：すべての構成要素は Figure 2-1 に示したように衛星に搭載されている。その構成は6つのブロックよりなる。即ち、(1) VSR ブロック (VNIR の2つの望遠鏡)、(2) VEL ブロック (VNIR のエレクトロニクス)、(3) SWIR ブロック、(4) TIR ブロック、(5) CSP ブロック、(6) MPS ブロックである。SWIR と TIR の熱制御は主としてキャピラリーポンプ付きのコールドプレートにより行われる。他のブロックは放射による冷却方式を採用している。

**機能ブロック図と構成外観**：Figure 2-2 に更に詳細な機能ブロック図を示す。また、Figure 2-3 に外観図を示す。

### VNIR Ssubsystem



### SWIR Subsystem



### TIR Subsystem

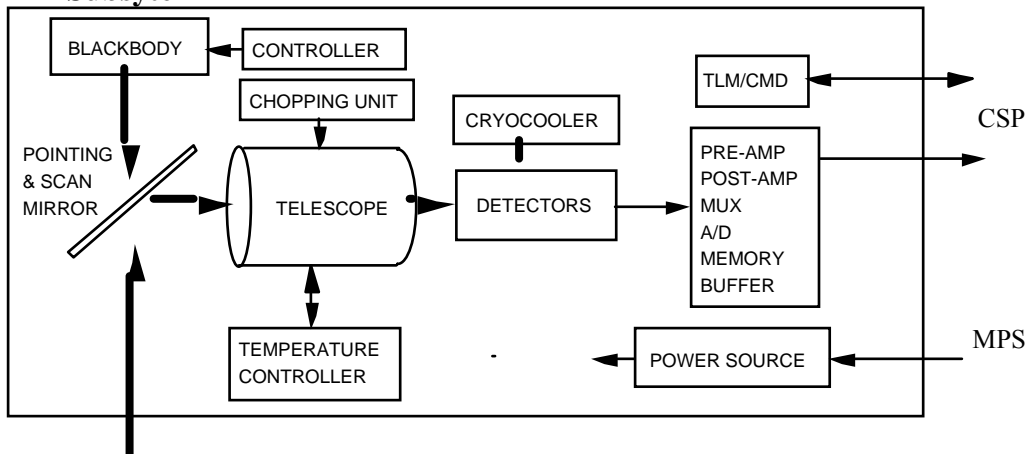


Figure 2-2 機能ブロック図

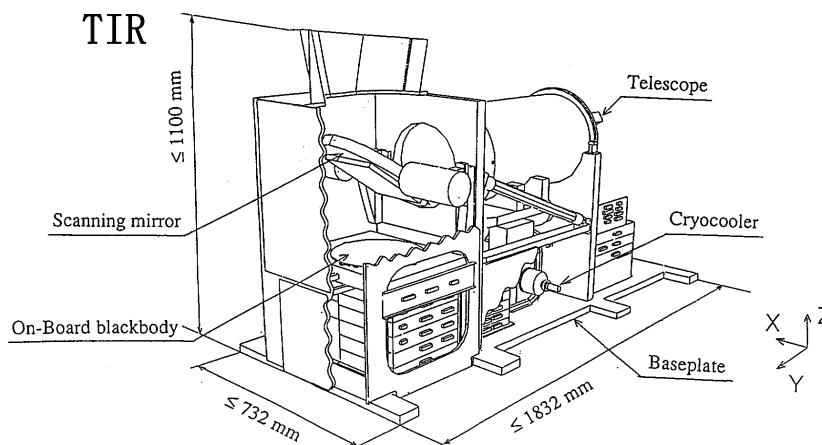
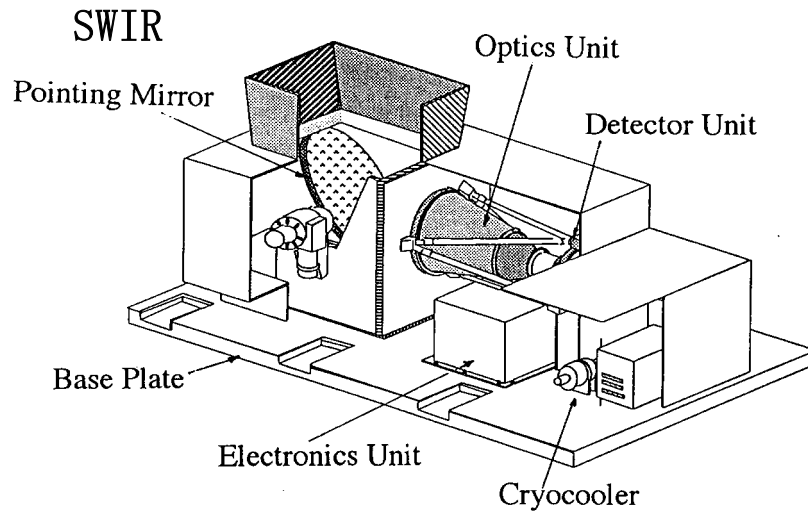
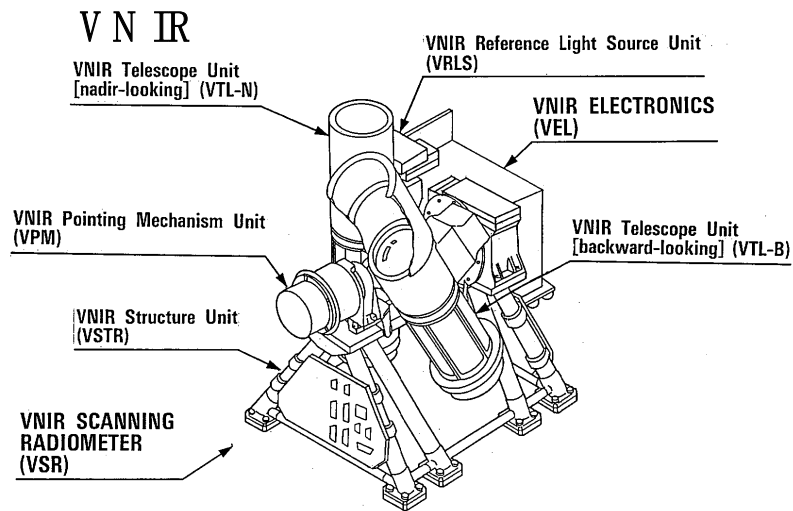


Figure 2-3 各サブシステムの外観図

立体視構成：Figure 2-4 に立体視データ取得のための構成図を示す。B/H 比 0.6 を得るためには、観測点での視差角度  $\alpha = \arctan B/H = 30.96^\circ$  となる。これを実現するために、地球の彎曲を考慮して、直下視と後方視の望遠鏡の角度  $\beta$  は  $27.60^\circ$  に設定されている。

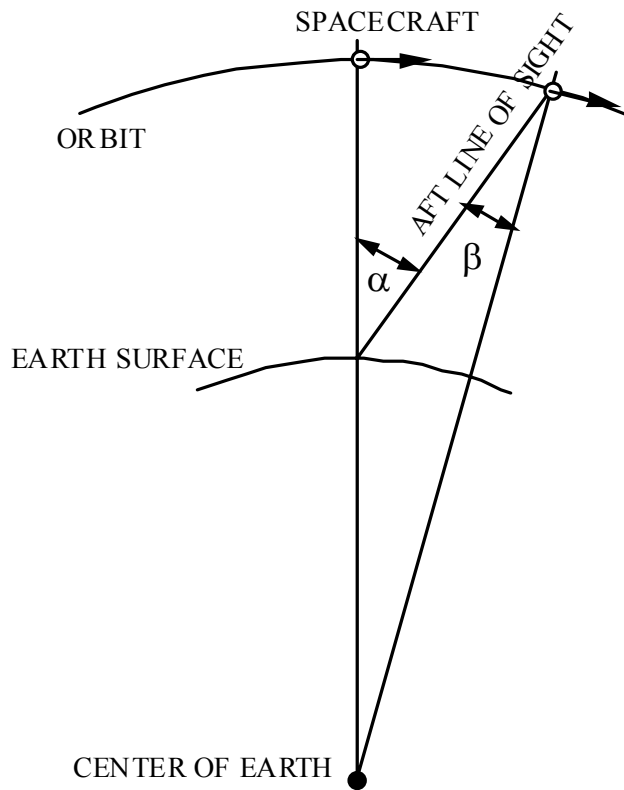


Figure 2-4 立体視構成



## 2.4. システム構成部品

主要部品：Table 2-3 に主要な ASTER の機能と部品を要約してある。それぞれのサブシステムのカバーする波長領域と焦点面の要求を満たすために異なった光学系が採用されている。各バンドの正確な波長分離は基本的にはバンドパスフィルターにより行われる。VNIR と SWIR の画像は、それぞれ Si-CCD と PtSi-CCD のアレイ検出素子を用いたプッシュブルーム方式により得られる。他方、TIR の画像は各バンド毎に 10 個、合計 50 個の HgCdTe PC 型検出素子を用いた機械走査方式により得られる。ASTER は 4 つの非冷却焦点面と 2 つの冷却焦点面を有していることになる。SWIR と TIR のバンドパスフィルターはフィルターの熱放射を避けるために焦点面に一緒に取り付けられており、検出素子とともに冷却される構造になっている。SWIR と TIR の焦点面はそれぞれ別々のスターリング型冷却機により冷却される。

Table 2-3 主要な機能と部品

Item	VNIR	SWIR	TIR
Scan	Pushbroom	Pushbroom	Whiskbroom
Telescope optics	Reflective (Schmidt) D=82.25 mm (Nadir) D=94.28 mm (Backward)	Refractive D=190 mm	Reflective (Newtonian) D=240 mm
Spectrum separation	Dichroic and band pass filter	Band pass filter	Band pass filter
Focal plane (Detector)	Si-CCD 5000 x 4	PtSi-CCD 2048 x 6	HgCdTe (PC) 10 x 5
Cryocooler (Temperature)	not cooled	Stirling cycle, 77 K	Stirling cycle, 80 K
Cross-track pointing	Telescope rotation $\pm 24^\circ$	Pointing mirror rotation $\pm 8.55^\circ$	Scan mirror rotation $\pm 8.55^\circ$
Thermal control	Radiator	Cold plate and Radiator	Cold plate and Radiator
Calibration method	2 sets of Halogen lamps and monitor diodes	2 sets of Halogen lamps and monitor diodes	Blackbody 270 - 340 K

## 2.5. スペクトル性能

定義： Figure 2-5 にスペクトル特性の定義を示す。中心波長はピーク応答の半値幅、バンド端応答はピーク値の 10%と 80%の波長差で定義されている。

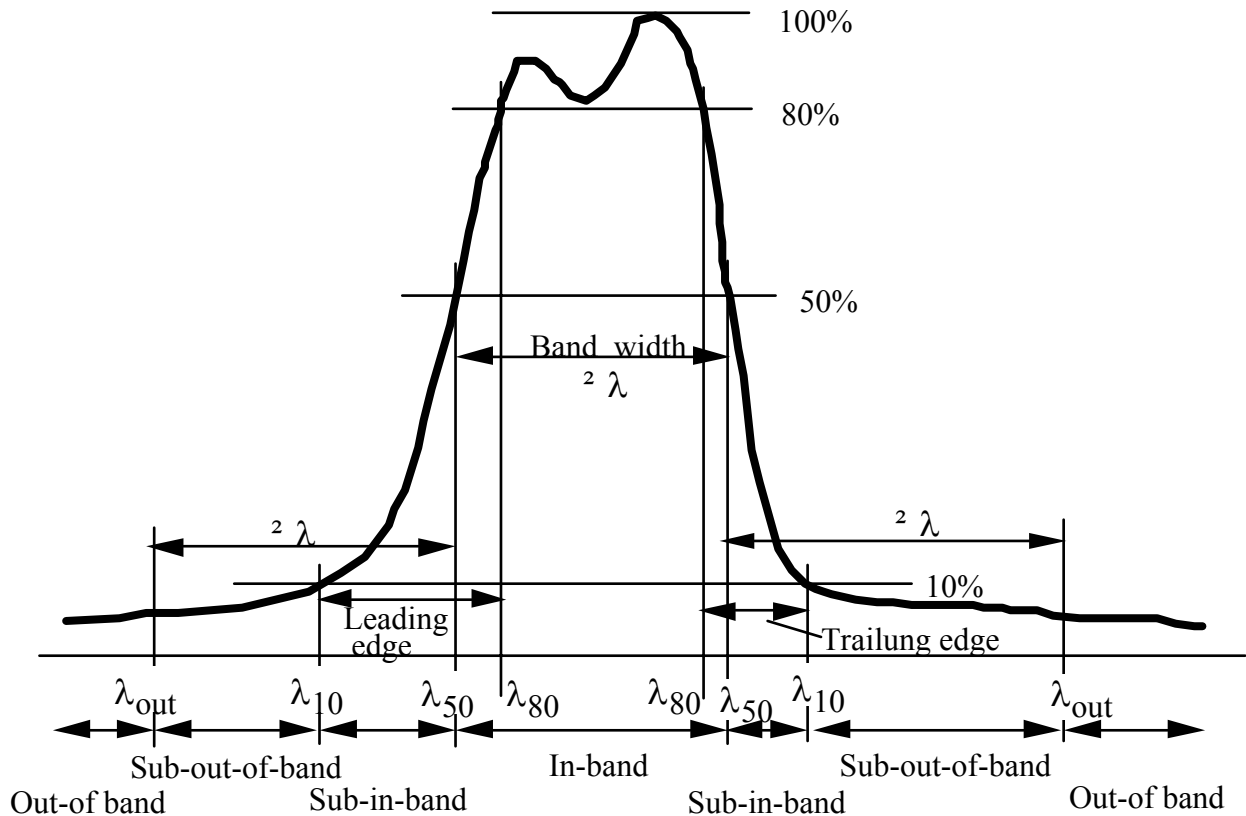


Figure 2-5 スペクトル特性の定義

スペクトル特性：スペクトル分離性能は多バンドセンサである ASTER にとって最も重要な性能の一つである。各バンドの中心波長はミッション目的達成のために注意深く選定されている。バンド数の多い SWIR と TIR については特に重要である。Table 2-4 に中心波長、重心波長、バンド幅の実測値が要求値と共に示してある。注目すべきことは、中心波長と重心波長の相違が極めて小さいことである。

Table 2-4 スペクトル特性

Bands	Central wavelength ( $\mu\text{m}$ )		Momentum center ( $\mu\text{m}$ )	Band width ( $\mu\text{m}$ )	
	Specified value	Measured value		Specified value	Measured value
1	$0.56 \pm 0.01$	0.556	0.556	$0.08 \pm 0.02$	0.09
2	$0.66 \pm 0.01$	0.659	0.661	$0.06 \pm 0.02$	0.06
3N	$0.81 \pm 0.01$	0.807	0.807	$0.10 \pm 0.02$	0.10
3B	$0.81 \pm 0.01$	0.804	0.804	$0.10 \pm 0.02$	0.11
4	$1.650 \pm 0.010$	1.657	1.656	$0.10 \pm 0.020$	0.092
5	$2.165 \pm 0.007$	2.169	2.167	$0.04 \pm 0.010$	0.035
6	$2.205 \pm 0.007$	2.209	2.208	$0.04 \pm 0.010$	0.040
7	$2.260 \pm 0.007$	2.263	2.266	$0.05 \pm 0.010$	0.047
8	$2.330 \pm 0.010$	2.334	2.336	$0.07 \pm 0.015$	0.070
9	$2.395 \pm 0.010$	2.400	2.400	$0.07 \pm 0.015$	0.068
10	$8.30 \pm 0.08$	8.274	8.291	$0.35 \pm 0.08$	0.344
11	$8.65 \pm 0.08$	8.626	8.634	$0.35 \pm 0.08$	0.347
12	$9.10 \pm 0.08$	9.072	9.075	$0.35 \pm 0.08$	0.361
13	$10.60 \pm 0.10$	10.654	10.657	$0.70 \pm 0.12$	0.667
14	$11.30 \pm 0.10$	11.303	11.318	$0.70 \pm 0.12$	0.593

スペクトルプロファイル : Figure 2-6 に各バンドの詳細なスペクトル応答を示す。

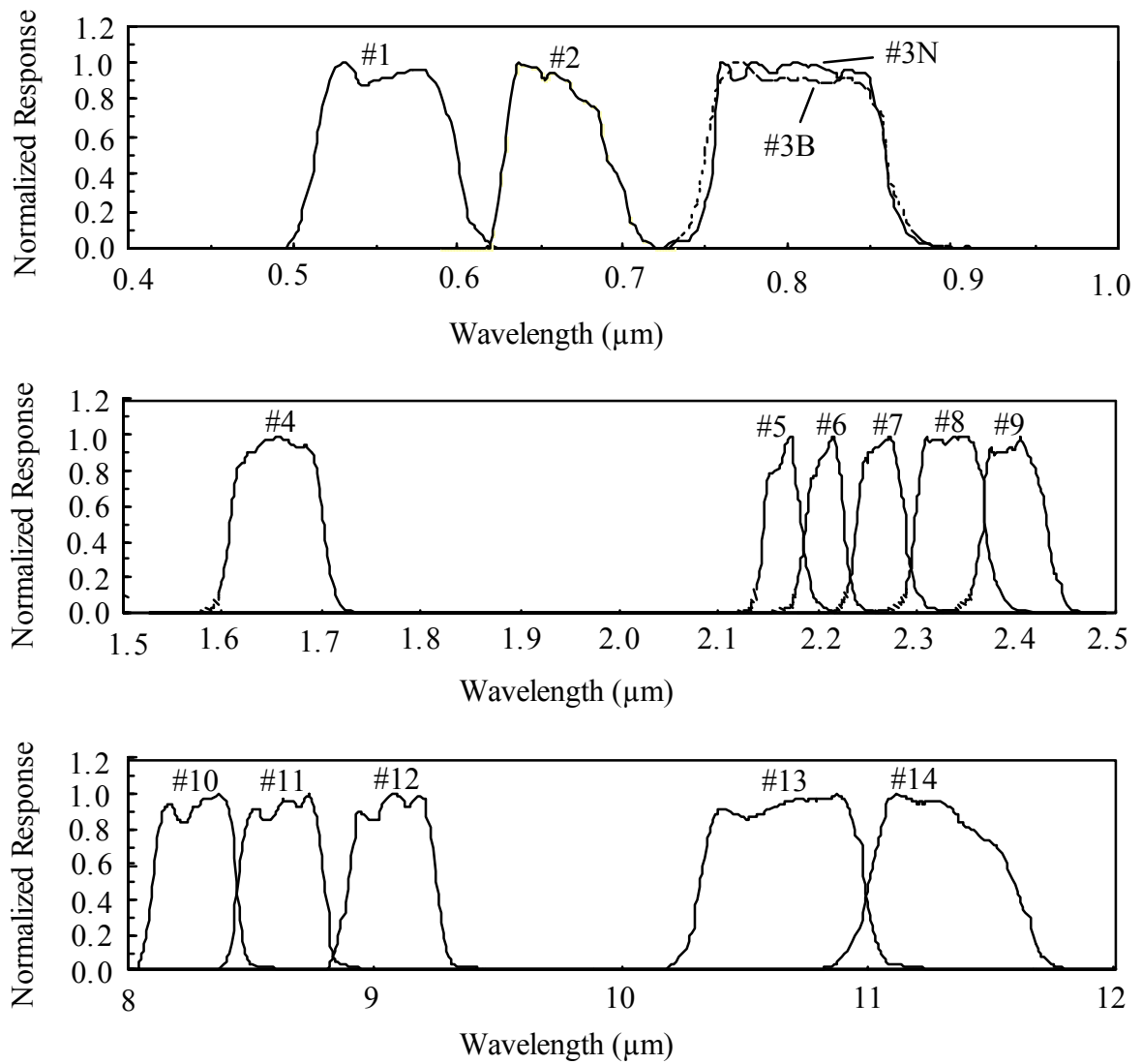


Figure 2-6 スペクトル応答

バンド端応答：鋭いバンド端特性も、高いスペクトル分解能を実現するために重要な性能である。Table 2-5 に実測値を要求値と共に示す。バンドパスフィルターの性能が主として重要であるが、厳しい要求を満足する結果になっている。

Table 2-5 バンド端応答

Bands	Lower band edge (nm)		Upper band edge (nm)	
	Specified	Measured	Specified	Measured
1	≤ 35	16.6	≤ 35	19.9
2	≤ 35	9.7	≤ 35	32.4
3N	≤ 35	18.1	≤ 60	27.4
3B	≤ 35	14.9	≤ 60	22.2
4	≤ 40	21	≤ 40	19
5	≤ 33	20	≤ 33	19
6	≤ 33	19	≤ 33	15
7	≤ 33	17	≤ 33	21
8	≤ 33	17	≤ 33	23
9	≤ 33	17	≤ 33	23
10	≤ 140	67	≤ 150	64
11	≤ 140	76	≤ 150	66
12	≤ 140	71	≤ 150	68
13	≤ 280	111	≤ 300	105
14	≤ 280	141	≤ 300	273

## 2.6. ラジオメトリック性能

ラジオメトリック信号の流れ：Figure 2-7に ASTER センサのラジオメトリック信号の流れを示す。地球表面から反射または放射された光は光学系を通して検出素子に達する。この入射光には、誤差要因の一つである大きな地球ディスクからの迷光も含まれている可能性もある。VNIR と SWIR においては、光電流は検出素子で積分されて電圧に変換され、可変ゲインの増幅器に入力される。次いで、AD 変換器で量子化される。TIR の検出素子には地表ターゲットだけでなく、光学系や TIR の構造物自体からの熱放射も入力される。TIR 電子回路の初期段階は大きなオフセットを避けるために AC 動作を採用している。DC 信号は電子回路の主要部に行く前に回復される。

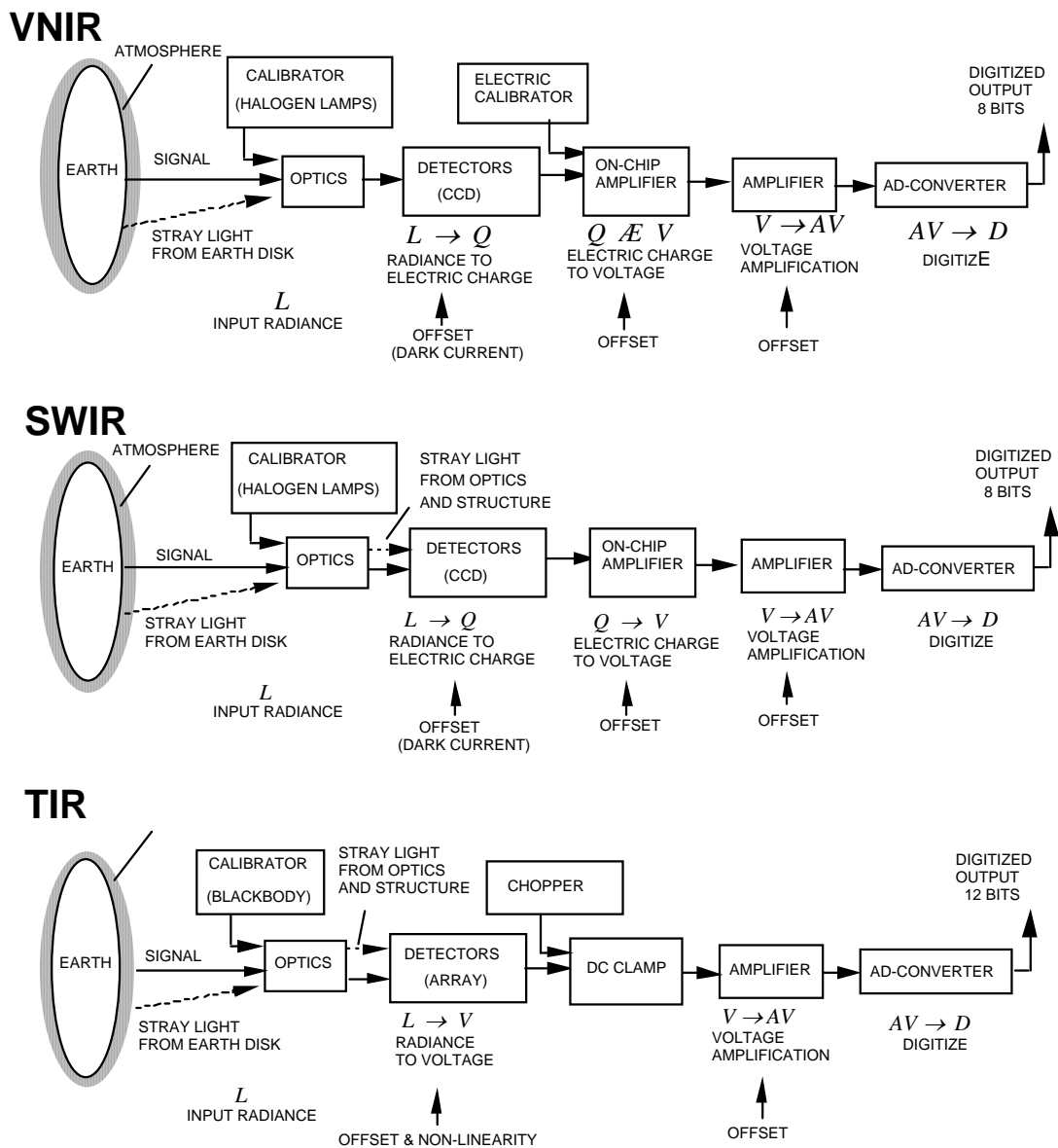


Figure 2-7 ラジオメトリック信号の流れ

**入力ラジアン**：入力光量としての入力ラジアンは、センサの設計上最も重要なパラメータの一つである。最適に設定された値は DN 値の有効利用と信号の飽和を避けるために必須である。このため、入力ラジアンは ASTER サイエンスチームにおいて注意深く解析され、センサの設計、製造に反映されている。解析方法を以下に示す。

Table 2-6 に最大、高レベル、低レベル入射光量を示す。入力光量は各望遠鏡の直前に置かれたターゲットの輝度で規定されている。VNIR サブシステムと SWIR サブシステムのカバーするバンド 1～9 の波長範囲に関しては、気象研究所の解析コード (MRI コード) と LOWTRAN-7 の 2 種類に関して大気上端の放射輝度を見積もった。それぞれの解析条件は以下の通りである。いずれも放射輝度が大きくなる条件を採用している。衛星軌道条件としては、赤道通過時刻午前 10 時 30 分の下降軌道、軌道傾斜角 98.2 度を想定した。

#### *MRI コード (VNIR バンド 1-3)*

- 大気は 5 層 (0 - 2 km, 2 - 5 km, 5 - 13 km, 13 - 25 km, 25 - 100 km) に分割。
- エアロゾル無しの場合を採用。
- レイリー散乱は LOWTRAN-6 を用いて、中緯度地帯の夏モデルに対して解析。
- 地表面は完全拡散面、反射率 70%。
- 太陽天頂角は 24.5 度 (夏至における北緯 45 度の地点の太陽天頂角)。

#### *LOWTRAN-7 (SWIR バンド 4-9)*

- 大気モデルは 1976 US Standard。
- エアロゾルモデルは砂漠。
- 地表面は完全拡散面、反射率 70%。
- 太陽天頂角は 20.7 度 (春分における赤道上的地点の太陽天頂角)。

VNIR サブシステムのカバーするバンド 1～3 の波長範囲に関しては MRI コードによる解析が LOWTRAN-7 による解析よりもかなり大きな放射輝度を与える結果を得た。大気の散乱の大きいこの波長帯では地表と大気間の多重散乱が重要な役割を果たすと考えられるが、前者はこの効果を考慮していないため大きな差になったと想定される。したがって、MRI コードによる解析結果をバンド 1～3 の高レベル入射輝度とした。

大気の散乱の効果の小さい SWIR サブシステムのカバーするバンド 4～9 の波長帯に関しては、この 2 種類の解析結果の差は比較的小さく LOWTRAN-7 の解析結果が大きく算出された。したがって、LOWTRAN-7 による解析結果をバンド 4～9 の高レベル入射輝度として採用した。

入射輝度の解析モデルの不確定性、反射率が 70% より高い雲などを観測する場合も想定して、出来るだけノーマルゲインモードで観測できる対象を広げるために、高レベル入射輝度の 20% 増しの値を最大入射輝度として設定した。20% のオーバーレンジの考え方を採用したことを意味する。また、最大放射輝度の 20% の値を低レベル入射輝度として設定した。反射率の低い観測対象や太陽高度が低くなる季節の観測の場合のセンサの性能を定義するために必要になる。

TIR サブシステムのカバーするバンド 10～14 の波長帯に関しては、入射輝度を黒体の温度換算で規定した。黒体温度換算で規定する方が明確で、且つ、実際に黒体を光源として用

いて行う試験法の観点からも合理的であると考えられるためである。

Table 2-6 入力光量 (W/m<sup>2</sup>/sr/μm)

Band No.	Maximum input radiance	High level input radiance	Low level input radiance
1	427	356	71.2
2	358	298	59.6
3N	218	182	36.4
3B	218	182	36.4
4	55.0	45.8	9.16
5	17.6	14.7	2.94
6	15.8	13.2	2.64
7	15.1	12.6	2.52
8	10.55	8.79	1.76
9	8.04	6.70	1.34
10-14	Radiance of 370 K blackbody	Radiance of 300 K blackbody	Radiance of 200 K blackbody



**感度設定**：VNIR と SWIR サブシステムは、各バンド毎に独立して設定できる感度切り替え機能を備えている。感度設定精度の規定は 1% 以上である。各サブシステムの電子回路は、検出素子を含めて、最大入力ラジアン値を感度で除した値まで飽和しないように設計されている。

ハイゲイン設定は、低いターゲットの反射率に対しても、大きな DN 値をえるために必要である。予期できるほとんど全てのターゲットはノーマルゲインで観測できるように設計されている。しかし、事前に予期できない高い反射率のターゲットに対する安全対策としてローゲイン 1 が設けられている。

特別に用意された SWIR のローゲイン 2 は、溶岩のような非常に高い温度のターゲットを観測できるように設けられている。観測できる最高温度は SWIR 1 画素に相当する 30 m 平方の平均で 650 K である。この値は CCD リニアアレイ検出素子の飽和値で決まり、 $130 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ に相当する。

Table 2-7 に、VNIR と SWIR の各スペクトルバンドの感度の実測値と要求値を示す。偶数と奇数の画素で多少異なった値をとる。これは、偶数と奇数の画素に対して異なった電子回路が設けられているためである。TIR サブシステムは量子化ビット数として 12 ビットを採用しているため、感度設定は設けられていない。

Table 2-7 感度設定

Subsystem	Ban No.	Hight/Normal			Low-1/Normal			Low-2/Normal		
		Spec.	Measured value		Spec.	Measured value		Spec.	Measured value	
			Odd	Even		Odd	Even		Odd	Even
VNIR	1	2.5	2.475	2.469	0.75	0.749	0.752	N/A		
	2	2.0	1.989	1.998	0.75	0.758	0.752			
	3N	2.0	2.055	2.028	0.75	0.759	0.754			
	3B	2.0	1.987	2.012	0.75	0.758	0.760			
SWIR	4	2.0	1.993	1.993	0.75	0.751	0.751	0.75	0.751	0.751
	5	2.0	1.988	1.988	0.75	0.748	0.748	0.17	0.167	0.167
	6	2.0	1.988	1.988	0.75	0.748	0.748	0.16	0.157	0.157
	7	2.0	1.989	1.989	0.75	0.748	0.748	0.18	0.171	0.171
	8	2.0	1.988	1.988	0.75	0.748	0.748	0.17	0.162	0.162
	9	2.0	1.989	1.989	0.75	0.748	0.748	0.12	0.116	0.116

ラジオメトリック感度：Table 2-2 に示した基本要件に規定されたラジオメトリック分解能に関するユーザ要求値は  $NE\Delta\rho$  と  $NE\Delta T$  で記述されている。VNIR サブシステムと SWIR サブシステムのラジオメトリックな性能としては S/N で規定するのが適切であるため、 $(S/N) = (\text{対象の反射率}) / NE\Delta\rho$  の関係を用いて S/N への換算値が算出されている。ユーザ要求値は高レベル入射輝度に対して適用し、対象の反射率は高レベル入射輝度算出の条件に用いた値 70% とした。TIR サブシステムに関しては、黒体温度換算値表示が簡潔であるため  $NE\Delta T$  の要求値をそのまま用いられている。

ユーザ要求には含まれていないが、低レベル入力ラジアンズに対するラジオメトリック分解能も規定されている。低レベル入力ラジアンズに対しては、フォトンノイズが減少することを考慮して定められている。総合ノイズは高レベル入力ラジアンズでの値に対して、VNIR で 70% に SWIR で 80% になると予想される。TIR バンドに対しては、低レベル入力ラジアンズの  $NE\Delta T$  はバンドによって 2.5 K または 2.5 K と規定されている。バンド 10 - 12 では低レベル入力ラジアンズに相当する 200 K 黒体の放射輝度は非常に低いことを考慮した規定になっている。

高レベルラジアンズと低レベルラジアンズに対するラジオメトリック感度の実測値と既定値を Table 2-8 に示す。VNIR と SWIR に対しては信号対雑音比 S/N で、TIR に対しては雑音等価温度  $NE\Delta T$  で規定されている。実機(PFM)で測定されたラジオメトリック感度は極めて優れた性能であることをこの表は示している。

Table 2-8 ラジオメトリック感度

Sub system	Band No.	S/N or $NE\Delta T$ for high level radiance		S/N or $NE\Delta T$ for low level radiance	
		Specified value	Measured value	Specified value	Measured value
VNIR	1	$\geq 140$	370 - 278	$\geq 40$	170 - 78
	2	$\geq 140$	306 - 256	$\geq 40$	122 - 74
	3N	$\geq 140$	202 - 173	$\geq 40$	70 - 58
	3B	$\geq 140$	183 - 150	$\geq 40$	72 - 56
SWIR	4	$\geq 140$	466 - 292	$\geq 35$	368 - 63
	5	$\geq 54$	254 - 163	$\geq 13.5$	77 - 45
	6	$\geq 54$	229 - 150	$\geq 13.5$	73 - 36
	7	$\geq 54$	234 - 151	$\geq 13.5$	72 - 35
	8	$\geq 70$	258 - 165	$\geq 17.5$	81 - 34
	9	$\geq 54$	231 - 156	$\geq 13.5$	73 - 44
TIR	10	$\leq 0.3$ K	0.17 - 0.07 K	$\leq 2.5$ K	1.34 - 0.68 K
	11	$\leq 0.3$ K	0.14 - 0.09 K	$\leq 2.5$ K	1.27 - 0.63 K
	12	$\leq 0.3$ K	0.13 - 0.07 K	$\leq 2.5$ K	1.05 - 0.42 K
	13	$\leq 0.3$ K	0.09 - 0.05 K	$\leq 1.5$ K	0.49 - 0.26 K
	14	$\leq 0.3$ K	0.13 - 0.09 K	$\leq 1.5$ K	0.65 - 0.33 K

ラジオメトリック校正：VNIR と SWIR 実機 (PFM) のラジオメトリック絶対校正は、各バンドの高レベル入力ラジアンズで光っている大きな積分球を用いて行われた。この積分球は可変温度黒体を通して銅の融点(1084.62 C), 亜鉛の融点(419.527 C), 錫の融点(231.928 C) で校正されている。1995 年と 1996 年の NASA/GSFC, NIST, アリゾナ大学、計量研究所間で実施された相互校正により、校正の不確か性は VNIR で 3%、SWIR で 6% と評価された。直線性は両方のセンサに対して高レベルラジアンズの 1%以上と測定された。

VNIR と SWIR それぞれに 2 つの機上校正ランプが積分球に対して校正された。打ち上げ後は、機上校正は 17 日の周期で行われ、センサの経時変化を補正する計画である。機上校正の精度を確認するために、必要に応じて地上ターゲットを利用した運用時校正活動も計画されている。

TIR 実機は、熱真空チャンバー内の標準黒体に対して校正されている。標準黒体の温度は 200 K から 370 K の温度間で 10 点設定し、3 つの校正係数、定数項、直線と 2 次の感度項が決定された。打ち上げ後は、各観測に先だって 270 K の機上搭載黒体を観測して定数項を校正することになっている(これは短周期校正と呼ばれる)。17 日ごとの機上校正(長周期校正と呼ばれる)では、黒体の温度は 200 K から 370 K の間で変えて直線感度項の補正をする。

## 2.7. 幾何学的性能

**焦点面構成**：焦点面に配置された検出素子の構成が、幾何特性に関する重要な基礎情報の1つである。Figure 2-8 に地上でのフットプリントであらわされた各サブシステムの検出素子の配列構成を示す。ただし、サイズは、地上投影サイズが衛星の高度等により変化するため、焦点面上の寸法が固有情報として示されている。検出素子の配列寸法は、衛星の高度が 705 km の時の衛星直下で VNIR 15 m, SWIR 30m, TIR 90m になるように設計されている。それぞれの焦点面の相互の関係を示すために、衛星の進行方向と各望遠鏡のボアサイトも同時に示されている。

検出素子の寸法を、軌道直交方向と軌道平行方向の画素間寸法よりできるだけ大きくすることにより、ラジオメトリックな感度を増大させることを主たる目的として、SWIR と TIR の検出素子の配列にスタガー配列方式が採用されている。しかし、このスタガー配列は MTF を多少犠牲にすることになる。SWIR の素子寸法は軌道直交方向に 20  $\mu\text{m}$ 、軌道平行方向に 17  $\mu\text{m}$  である。他方、画素中心間の寸法は軌道直交方向に 16.5  $\mu\text{m}$ 、軌道直交方向に 33  $\mu\text{m}$  である。軌道平行方向の画素間寸法は 2 画素分に相当している。TIR 検出素子は画素間隔と同じ 50  $\mu\text{m}$  である。

VNIR と TIR サブシステムは、採用されている CCD のサンプリング特性として、軌道直交方向に配列されたすべてのバンドの一系列の画像データが同時に取得される。他方、TIR サブシステムに関しては軌道直交方向が機械走査用スキャナーの振動速度に依存して、時系列で順次画像データが取得されていく。TIR スキャナーの走査方向に設定されている 0.3 度の傾斜は、軌道直交方向の一回の走査時間中に衛星が軌道平行方向に進行するのを補正するためである。全ての走査方向は衛星の進行方向に直角になるように設計されている。

焦点面構成は、バンド間レジストレーションのような幾何学的性質に関するサイエンス要求をみたすために必要な精度や安定度に関して注意深く設計されている。

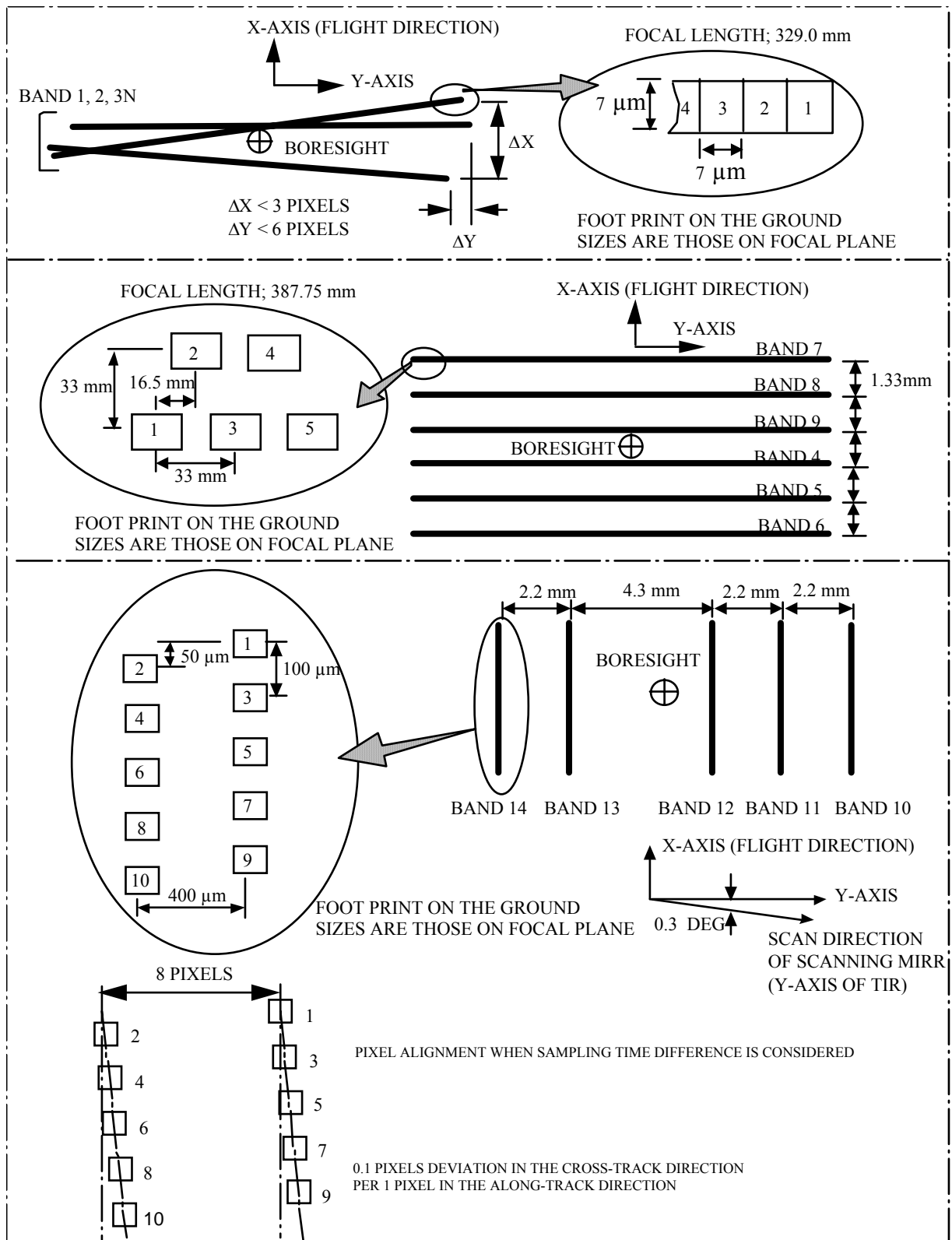


Figure 2-8 焦点面構成

**配置精度**：VNIR と SWIR サブシステムは電子的に走査するリニアアレイ検出素子が各バンド毎に用いられており、軌道直交方向のデータを同時に取得する。TIR サブシステムは各バンド毎に 10 個の検出素子を用いて、各走査毎に 10 本のラインのデータを取得する。焦点面上の配列精度と安定度を Table 2-9 に示す。TIR に関してはノミナル寸法からのずれのみを固定偏差として規定されている。

固定偏差は正確なバンド間レジストレーションからのずれであり、技術の現状をふまえて規定されている。技術の現状は、たとえ同じ望遠鏡内でも。正確なバンド間レジストレーションのためにはリサンプリングを必要とすることを意味する。一度リサンプリングのためのパラメータを設定すると、その後は全運用期間を通して各サブシステムの分解能の±0.2 画素以内に納まるように安定度は規定されている。

VNIR サブシステムの AT 方向の固定偏差 3 画素以下は地球自転の影響が最大でも 0.2 画素程度におさまることを配慮して、CT 方向よりも厳しく規定されている。

Table 2-9 検出素子配列精度

Sub system	Bias		Stability (3σ)
	Along-track	Cross-track	
VNIR	≤ 3 pixels	≤ 6 pixels	≤ ±0.2 pixels
SWIR	≤ 420 pixels	≤ 0.2 pixels	≤ ±0.2 pixels
TIR	≤ 0.05 pixels	≤ 0.05 pixels	N/A

**空間分解能**：空間分解能または画素寸法は、ナイキストのサンプリング定理に従って規定される。従って、軌道直交方向、軌道平行方向のいずれも空間分解能はサンプリングされた隣接データの間隔を意味する。

軌道直交方向の空間分解能に関するセンサパラメータは、VNIR と SWIR サブシステムではリニアアレイ検出素子の素子間隔（中心から中心）、TIR サブシステムではサンプリング間隔で表される。表示は Table 2-10 でしますように角度である。従って、地表での空間分解能は衛星の高度とポインティング角度に依存する。衛星高度 705 km から直下点を見た場合の地表画素の大きさが、ノミナルな分解能（VNIR 15 m, SWIR 30 m, TIR 90 m）になるように瞬時視野角を規定してある。

軌道平行方向の地表画素分解能に関するインストルメント固有のパラメータは、Table 2-10 に示すように軌道平行方向の走査周期である。したがって、衛星の対地速度の変動に応じて地表画素の大きさは変化する。衛星の対地速度は衛星高度、直下点緯度に依存しているため、衛星高度 705 km で赤道上空を通過時の地表画素分解能がノミナル分解能になるように走査周期を規定してある。TIR に関しては 10 ライン同時に走査するため Table 2-10 に示した周期の 1/10 が 1 画素に相当する。

Table 2-10 空間分解能に関するパラメータ

Subsystem		IFOV angle in cross-track ( $\mu$ rad)	Scan period in along-track (ms)
VNIR	Nadir	$21.3 \pm 0.4$	$2.199 \pm 0.02$
	Backward	$18.6 \pm 0.3$	$2.199 \pm 0.02$
SWIR		$42.6 \pm 0.8$	$4.398 \pm 0.044$
TIR		$127.5 \pm 2.5$	$131.94 \pm 0.13^*$

**ポインティング機能**：軌道直行方向のポインティング範囲は、衛星直下からの角度で定義されている。その他のポインティングパラメータは各サブシステムの取り付け面に対して定義されており、ポインティング角度 $\pm 8.55$ 度の範囲で有効である。Table 2-11 にこれらのパラメータの規定値を示す。

ポインティング可変機能は走査中心方向を軌道直交方向へ可変にすることにより、撮像範囲を広げる機能である。可変範囲は基本的には、衛星軌道 705 km の時赤道上で 272 km をカバーするように規定されている。衛星の回帰精度 $\pm 20$  km であることも考慮されている。VNIR サブシステムに対しては、緊急時に撮像できる可能性を広げるためポインティング機能を特に拡大してある。

ポインティングの再現性と検出精度が望遠鏡間の画素間レジストレーションにとって重要なパラメータであり、技術的な実情に応じて規定した。VNIR サブシステムの 15 m 分解能を基準にして、再現性と検出精度は、それぞれ、41 画素と 6.1 画素に相当する。各サブシステムのポインティングを変化させた場合でも、設定角度の情報を利用すると、画像の相関処理をしなくても VNIR バンドの分解能 15 m の 6.1 画素相当分まで望遠鏡間のレジストレーションができることを意味する。

ポインティング方向一定の状態では撮像した場合の望遠鏡間のレジストレーション性能を決めるのが安定度の規定である。一周回の最大データ取得時間 8 分間の間に画像の X 軸方向、Y 軸方向、回転方向のいずれに対しても、ポインティング角 $\pm 8.55$ 度の範囲では、望遠鏡間のレジストレーションがそれぞれの分解能に対して 0.1 画素以内になるように規定されている。

Table 2-11 ポインティング可変機能 (要求値)

Items		VNIR	SWIR	TIR
Range		$\geq \pm 24^\circ$	$\geq 8.55^\circ$	
Accuracy of pointing axis		$\leq \pm 360$ arcsec from X axis		
Setting resolution		$\leq \pm 45$ arcsec		
Repeatability (3 $\square$ )		$\leq \pm 180$ arcsec		
Detecting resolution		$\leq \pm 20$ arcsec		
Detection accuracy (3 $\square$ )		$\leq \pm 27$ arcsec		
Variable frequency		$\geq 20,000$	$\geq 200,000$	
Pointing time		60 sec		
Stability (3 $\square$ values in 8 minutes)	Roll	$\leq \pm 0.44$ arcsec	$\leq \pm 0.88$ arcsec	$\leq \pm 2.6$ arcsec
	Pitch	$\leq \pm 0.44$ arcsec	$\leq \pm 0.88$ arcsec	$\leq \pm 2.6$ arcsec
	Yaw	$\leq \pm 2.2$ arcsec	$\leq \pm 4.5$ arcsec	$\leq \pm 13.4$ arcsec

Table 2-12 には各望遠鏡間の相対的なポインティング確度の予測値を示している。PQR 時点での値である。これらは望遠鏡間にまたがるバンドのレジストレーションに係わる性能である。距離であらわした誤差はロールとピッチに対しては衛星の高度が 705 km、ヨーに対しては最大のオフナディア距離 136 km として求めている。スタティック誤差は初期の検証活動で除くことができるため、最終的にはダイナミック誤差のみがバンド間レジストレーションに関係してくる。表で見るといづれにしてもこの性能だけではサブ画素レベルの精度は得られないこと分かる。地上での画像合わせ処理が必要であることを示している。

Table 12 望遠鏡間の相対的ポインティング確度(予測値)

	Unit	Dynamic Error			Static Error		
		Roll	Pitch	Yaw	Roll	Pitch	Yaw
VNIR - SWIR	arcsec, 3 $\sigma$	$\pm 31$	$\pm 24$	$\pm 16$	$\pm 44$	$\pm 45$	$\pm 334$
	m, 3 $\sigma$	$\pm 106$	$\pm 82$	$\pm 11$	$\pm 150$	$\pm 154$	$\pm 220$
VNIR - TIR	arcsec, 3 $\sigma$	$\pm 17$	$\pm 19$	$\pm 17$	$\pm 57$	$\pm 50$	$\pm 49$
	m, 3 $\sigma$	$\pm 58$	$\pm 65$	$\pm 11$	$\pm 194$	$\pm 170$	$\pm 32$
SWIR - TIR	arcsec, 3 $\sigma$	$\pm 30$	$\pm 26$	$\pm 16$	$\pm 56$	$\pm 53$	$\pm 305$
	m, 3 $\sigma$	$\pm 102$	$\pm 89$	$\pm 11$	$\pm 190$	$\pm 181$	$\pm 221$



Table 2-13 は衛星の位置と姿勢の確度並びに VNIR のポインティングの確度 から決まる地表画素位置確度(Pixel Geolocation Knowledge--通常省略して PGK とされる)の PQR 時点での予測値を示す。スタティック誤差は初期の検証活動で除くことができるため、最終的にはダイナミック誤差のみで PGK は決まる。地表画素位置確度は約 50 m が予想されている。但し、倒れ込み誤差は含まれないため衛星直下かもしくは標高がゼロに近いターゲットに対する確度である。

Table 2-13 地表画素位置確度 (予測値)

		Specification	Dynamic error (3σ)	Static error (3σ)
Along-track (m)	Spacecraft * <sup>1</sup>	±342	±28	±111
	ASTER/VNIR	±205	±38	±99
	Total	±431 * <sup>2</sup>	±47	±149
Cross-track (m)	Spacecraft * <sup>1</sup>	±342	±25	±148
	ASTER/VNIR	±205	±48	±103
	Total	±437 * <sup>2</sup>	±54	±180

\*1: No skipped orbit, two 10 minutes contact per orbit with arbitrary TDRS, moderate to high solar and geomagnetic activity, 150 meter TDRS ephemeris errors.

\*2: Slightly larger than RSS of two values (Spacecraft and ASTER instrument), because of some unallocated margin.

## 2.8. 変調伝達関数(MTF)

Table 2-14 に、ナイキスト空間周波数と 1/2 ナイキスト空間周波数における軌道直交方向と軌道平行方向の MTF の実測値を示す。走査方式としてプッシュブルーム方式を採用している VNIR と SWIR には軌道平行方向の信号積分効果も含まれている。信号積分効果の評価には、VNIR は実際の移動ターゲットスリットを用いて測定した。他方、SWIR は固定幅スリットによる測定から解析により求めた値である。ウイスクブルーム方式の TIR には信号積分効果はない。

VNIR サブシステムにおける軌道平行方向の低い MTF は信号積分効果による劣化の結果である。焦点面構成の項で記述したように、SWIR に関しては感度を稼ぐために検出素子の画素寸法を大きくしたために軌道直交方向においても MTF も劣化しており、結果として両方向共に同じ程度の MTF 値になっている。

Table 2-14 MTF (測定値, 矩形波応答)

Subsystem	Band No.	Along-track		Cross-track	
		Nyquist	1/2 Nyquist	Nyquist	1/2 Nyquist
VNIR	1	0.23 - 0.28	0.72 - 0.77	0.40 - 0.51	0.82 - 0.84
	2	0.22 - 0.28	0.71 - 0.75	0.48 - 0.58	0.84 - 0.87
	3N	0.26 - 0.29	0.74 - 0.75	0.50 - 0.55	0.81 - 0.84
	3B	0.26 - 0.30	0.78 - 0.81	0.30 - 0.64	0.78 - 0.89
SWIR	4	0.34 - 0.36	0.79 - 0.83	0.40 - 0.43	0.79 - 0.92
	5	0.32 - 0.36	0.80 - 0.85	0.39 - 0.44	0.73 - 0.86
	6	0.34 - 0.36	0.79 - 0.84	0.37 - 0.45	0.74 - 0.84
	7	0.31 - 0.34	0.75 - 0.84	0.35 - 0.40	0.74 - 0.85
	8	0.33 - 0.36	0.81 - 0.84	0.32 - 0.44	0.71 - 0.86
	9	0.35 - 0.39	0.83 - 0.89	0.33 - 0.43	0.70 - 0.85
TIR	10	0.36 - 0.41	0.79 - 0.83	0.34 - 0.38	0.79 - 0.83
	11	0.37 - 0.42	0.78 - 0.81	0.34 - 0.36	0.77 - 0.81
	12	0.37 - 0.39	0.78 - 0.81	0.34 - 0.37	0.79 - 0.82
	13	0.34 - 0.37	0.74 - 0.78	0.35 - 0.37	0.79 - 0.83
	14	0.31 - 0.37	0.69 - 0.76	0.34 - 0.39	0.78 - 0.83
Specification		≥ 0.20	≥ 0.50	≥ 0.25	≥ 0.50

## 2.9. 偏光特性

Table 2-15 に VNIR と SWIR の偏光感度特性の実測値を示す。非常に小さい偏光感度が現在の光学系の設計から実現していることが分かる。

Table 2-15 偏光感度特性(測定値 %)

Specification	VNIR bands				SWIR bands						TIR bands				
	1	2	3N	3B	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
≤±3	0.6	0.3	0.5	0.4	1.4	0.6	0.4	0.8	0.9	0.9	N/A				

## 2.10. WRS とシーンの定義

主要な特徴：WRS (World Reference System)ローとパス番号で地表のシーン位置を定義するために用いられる。ASTER の WRS は以下の点を考慮して定義されている。

- (1) パス/ロー位置はノミナル軌道に対して定義される。
- (2) 隣接シーン間の距離は 60 km 以下とする。
- (3) 軌道傾斜角は  $98.2^\circ$  とする。
- (4) 間隔に対する地球中心からみた角度が同位置になるように各シーンセンターの位置を定義する。
- (5) 最北部(N $81.8^\circ$ )と最南部(S $81.8^\circ$ )がシーンの境界になるようにする。
- (6) 赤道を横切る点は常にシーン中心になるようにする。
- (7) ロー番号は下降軌道の第一シーンから開始し、上昇軌道の最後のシーンで終了する。
- (8) パス番号は北アメリカを横切る W $64.6^\circ$ (赤道通過地点) から開始して東から西へ向けて順につける。
- (9) 地球表面を記述するモデルとして WGS-84 を用いる。
- (10) 主要な点のロー番号を Figure 2-9 に示す。

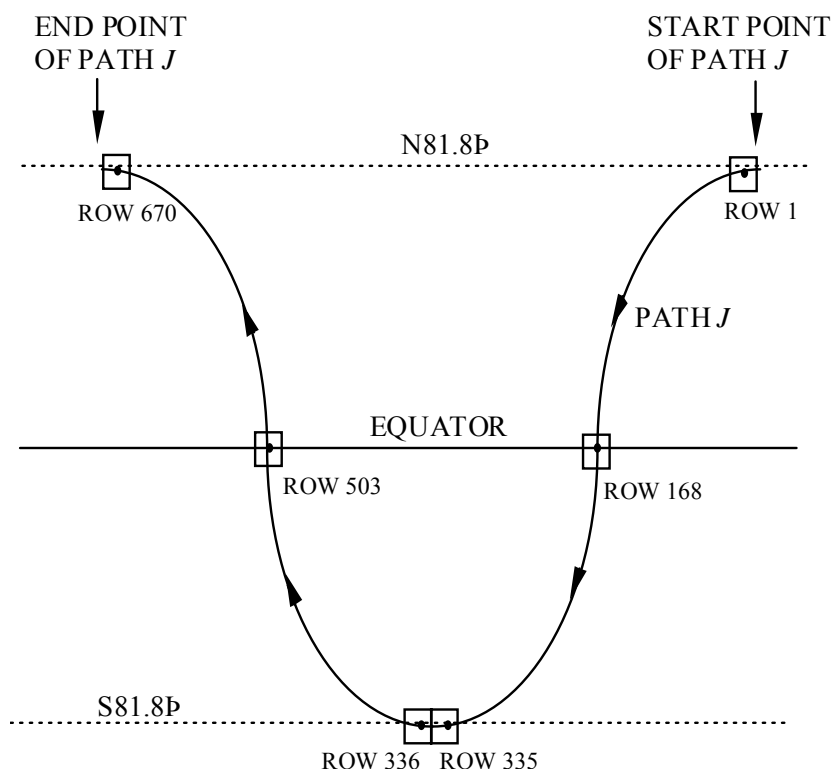


Figure 2-9 主要点のロー番号

## シーン位置の解析：

### 一つのパス上のシーン数

以下のような手順で求められる。

- ・ 前述の項目(5)と(6)からシーン数の四分の一は  $N+0.5$  ( $N$  は整数) となる。従って、一つのパス上の総シーン数は  $4N+2$  となる。
- ・ 項目(2)と(4)からシーン数は  $2\pi a/60=667.9$  より大きくなければならない。ここで  $a$  は赤道での地球半径 6378.137 km である。
- ・ 以上の二つの条件を満足する最低シーン数は 670 になる。
- ・ 一つのパスを 670 のシーンに分割する。

### 各ロー番号の緯度

ロー番号  $k$  に対応する地心緯度  $\psi$  は以下のように解析出来る。

$$\psi = \sin^{-1}[\cos\{360(K - 0.5)/K_{max}\} \sin\alpha], \quad (2.10-1)$$

ここで、 $K_{max} = 670$ 、 $\alpha$  は軌道傾斜角の補角、即ち、 $81.8^\circ$  である。

地心緯度  $\psi$  は次のような関係を用いて測地緯度  $\phi$  に変換できる。

$$\phi = \tan^{-1}(C \tan\psi) \quad (2.10-2)$$

where  $C = 1.0067396$  (赤道と極での地球半径の割合)

### 各パス番号に対する赤道上での経度

下降パス  $J$  の赤道交点での経度  $\lambda_{k=168,J}$  は以下のように解析出来る。

$$\lambda_{k=168,J} = -64.60 - 360(J - 1)/233 \quad (J = 1 \sim 7), \quad (2.10-3)$$

$$\lambda_{k=168,J} = 295.40 - 360(J - 1)/233 \quad (J = 76 \sim 233). \quad (2.10-3)'$$

## ローK、パスJに対する経度

そこで、ローK、パスJに対する経度 $\lambda_{k,J}$ は以下のように解析出来る。

下降パスに対して ( $K=1 - 335$ )

$$\lambda_{k,J} - \lambda_{k=168,J} = \tan^{-1}[\tan\{360(168 - K)/K_{max}\}\cos\alpha] + (168 - K) (T\omega_e / K_{max}) + 360N .$$

(2.10-4)

上昇パスに対して ( $K=336 - 670$ )

$$\lambda_{k,J} - \lambda_{k=168,J} = \tan^{-1}[\tan\{360(503 - K)/K_{max}\}\cos\alpha] + 180 + (168 - K) (T\omega_e / K_{max})360N,$$

(2.10-4)'

ここで、 $T$ と $\omega_e$ は、それぞれ、衛星の周期と地球自転の角速度である。整数Nは緯度の値が、 $-180 < \lambda_{k,J} \leq 180$  になるように選ばれる。

$T$ と $\omega_e$ は以下のように求められる。

$$T = 16 \times 24 \times 60 / 233 = 98.884 \quad \text{minutes,}$$

(2.10-5)

$$\omega_e = 360 / 86400 = 4.1666667 \times 10^{-3} \text{ degree/sec.}$$

(2.10-6)

上記に基づく、各シーン中心の緯度と経度の一覧を Table 2-16 に、下降軌道と赤道の交点の経度を Table 2-16 に示す。

Table 2-16 各シーン中心の緯度と経度

Longitude values are difference from ROW 168.

ROW No.	Latitude(degree)		Longitude □degree	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude □degree	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude □degree
	(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)	
1	81.796	81.850	94.279	51	61.744	61.904	19.869	101	35.576	35.758	8.388
2	81.761	81.815	90.492	52	61.231	61.393	19.496	102	35.047	35.228	8.236
3	81.691	81.746	86.752	53	60.718	60.882	19.134	103	34.517	34.697	8.086
4	81.589	81.644	83.087	54	60.203	60.369	18.781	104	33.988	34.167	7.937
5	81.453	81.510	79.523	55	59.688	59.856	18.439	105	33.459	33.636	7.789
6	81.287	81.345	76.080	56	59.173	59.342	18.106	106	32.929	33.105	7.643
7	81.092	81.151	72.774	57	58.656	58.827	17.781	107	32.400	32.574	7.498
8	80.869	80.929	69.617	58	58.139	58.311	17.465	108	31.870	32.043	7.354
9	80.621	80.683	66.615	59	57.621	57.795	17.157	109	31.340	31.512	7.211
10	80.350	80.414	63.771	60	57.103	57.279	16.857	110	30.811	30.980	7.070
11	80.058	80.123	61.086	61	56.585	56.761	16.564	111	30.281	30.449	6.930
12	79.745	79.812	58.555	62	56.065	56.243	16.278	112	29.751	29.917	6.791
13	79.415	79.484	56.174	63	55.546	55.725	15.998	113	29.221	29.385	6.653
14	79.069	79.140	53.936	64	55.025	55.206	15.725	114	28.691	28.853	6.516
15	78.707	78.781	51.835	65	54.505	54.687	15.458	115	28.160	28.321	6.380
16	78.333	78.409	49.863	66	53.984	54.167	15.196	116	27.630	27.788	6.245
17	77.946	78.024	48.011	67	53.462	53.646	14.941	117	27.100	27.256	6.111
18	77.548	77.629	46.272	68	52.940	53.125	14.690	118	26.569	26.724	5.977
19	77.140	77.224	44.638	69	52.418	52.604	14.445	119	26.039	26.191	5.845
20	76.723	76.809	43.102	70	51.896	52.082	14.204	120	25.508	25.658	5.714
21	76.298	76.387	41.656	71	51.373	51.560	13.968	121	24.978	25.125	5.583
22	75.866	75.957	40.294	72	50.849	51.038	13.737	122	24.447	24.592	5.453
23	75.426	75.520	39.010	73	50.326	50.515	13.510	123	23.916	24.059	5.324
24	74.981	75.077	37.797	74	49.802	49.992	13.287	124	23.386	23.526	5.196
25	74.529	74.628	36.652	75	49.278	49.468	13.068	125	22.855	22.993	5.069
26	74.073	74.174	35.568	76	48.753	48.944	12.853	126	22.324	22.459	4.942
27	73.611	73.715	34.541	77	48.229	48.420	12.642	127	21.793	21.926	4.816
28	73.145	73.252	33.568	78	47.704	47.895	12.434	128	21.262	21.392	4.690
29	72.676	72.785	32.643	79	47.178	47.370	12.230	129	20.731	20.859	4.566
30	72.202	72.314	31.764	80	46.653	46.845	12.028	130	20.200	20.325	4.441
31	71.725	71.840	30.928	81	46.127	46.319	11.830	131	19.669	19.791	4.318
32	71.245	71.362	30.131	82	45.601	45.794	11.635	132	19.138	19.257	4.195
33	70.762	70.882	29.370	83	45.075	45.268	11.443	133	18.607	18.723	4.072
34	70.277	70.399	28.644	84	44.549	44.741	11.254	134	18.075	18.189	3.950
35	69.788	69.913	27.950	85	44.022	44.215	11.068	135	17.544	17.655	3.829
36	69.298	69.425	27.285	86	43.496	43.688	10.884	136	17.013	17.121	3.708
37	68.805	68.935	26.649	87	42.969	43.161	10.703	137	16.482	16.587	3.587
38	68.311	68.442	26.039	88	42.442	42.633	10.524	138	15.950	16.052	3.467
39	67.814	67.948	25.452	89	41.914	42.106	10.347	139	15.419	15.518	3.348
40	67.316	67.452	24.889	90	41.387	41.578	10.173	140	14.887	14.983	3.229
41	66.816	66.954	24.348	91	40.859	41.050	10.001	141	14.356	14.449	3.110
42	66.314	66.455	23.826	92	40.331	40.521	9.832	142	13.824	13.914	2.991
43	65.811	65.954	23.324	93	39.804	39.993	9.664	143	13.293	13.379	2.873
44	65.307	65.452	22.839	94	39.276	39.464	9.498	144	12.761	12.845	2.756
45	64.801	64.949	22.371	95	38.747	38.935	9.334	145	12.230	12.310	2.639
46	64.294	64.444	21.920	96	38.219	38.406	9.172	146	11.698	11.775	2.522
47	63.786	63.938	21.483	97	37.691	37.877	9.012	147	11.167	11.240	2.405
48	63.277	63.431	21.060	98	37.162	37.347	8.854	148	10.635	10.705	2.289
49	62.767	62.923	20.651	99	36.633	36.818	8.697	149	10.103	10.170	2.172
50	62.256	62.414	20.254	100	36.104	36.288	8.542	150	9.572	9.635	2.057

ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)
	(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)	
151	9.040	9.100	1.941	201	-17.544	-17.655	-3.829	251	-44.022	-44.215	-11.068
152	8.508	8.565	1.826	202	-18.075	-18.189	-3.950	252	-44.549	-44.741	-11.254
153	7.977	8.030	1.710	203	-18.607	-18.723	-4.072	253	-45.075	-45.268	-11.443
154	7.445	7.495	1.596	204	-19.138	-19.257	-4.195	254	-45.601	-45.794	-11.635
155	6.913	6.959	1.481	205	-19.669	-19.791	-4.318	255	-46.127	-46.319	-11.830
156	6.382	6.424	1.366	206	-20.200	-20.325	-4.441	256	-46.653	-46.845	-12.028
157	5.850	5.889	1.252	207	-20.731	-20.859	-4.566	257	-47.178	-47.370	-12.230
158	5.318	5.354	1.138	208	-21.262	-21.392	-4.690	258	-47.704	-47.895	-12.434
159	4.786	4.818	1.023	209	-21.793	-21.926	-4.816	259	-48.229	-48.420	-12.642
160	4.254	4.283	0.909	210	-22.324	-22.459	-4.942	260	-48.753	-48.944	-12.853
161	3.723	3.748	0.795	211	-22.855	-22.993	-5.069	261	-49.278	-49.468	-13.068
162	3.191	3.212	0.682	212	-23.386	-23.526	-5.196	262	-49.802	-49.992	-13.287
163	2.659	2.677	0.568	213	-23.916	-24.059	-5.324	263	-50.326	-50.515	-13.510
164	2.127	2.142	0.454	214	-24.447	-24.592	-5.453	264	-50.849	-51.038	-13.737
165	1.595	1.606	0.341	215	-24.978	-25.125	-5.583	265	-51.373	-51.560	-13.968
166	1.064	1.071	0.227	216	-25.508	-25.658	-5.714	266	-51.896	-52.082	-14.204
167	0.532	0.535	0.114	217	-26.039	-26.191	-5.845	267	-52.418	-52.604	-14.445
168	0.000	0.000	0.000	218	-26.569	-26.724	-5.977	268	-52.940	-53.125	-14.690
169	-0.532	-0.535	-0.114	219	-27.100	-27.256	-6.111	269	-53.462	-53.646	-14.941
170	-1.064	-1.071	-0.227	220	-27.630	-27.788	-6.245	270	-53.984	-54.167	-15.196
171	-1.595	-1.606	-0.341	221	-28.160	-28.321	-6.380	271	-54.505	-54.687	-15.458
172	-2.127	-2.142	-0.454	222	-28.691	-28.853	-6.516	272	-55.025	-55.206	-15.725
173	-2.659	-2.677	-0.568	223	-29.221	-29.385	-6.653	273	-55.546	-55.725	-15.998
174	-3.191	-3.212	-0.682	224	-29.751	-29.917	-6.791	274	-56.065	-56.243	-16.278
175	-3.723	-3.748	-0.795	225	-30.281	-30.449	-6.930	275	-56.585	-56.761	-16.564
176	-4.254	-4.283	-0.909	226	-30.811	-30.980	-7.070	276	-57.103	-57.279	-16.857
177	-4.786	-4.818	-1.023	227	-31.340	-31.512	-7.211	277	-57.621	-57.795	-17.157
178	-5.318	-5.354	-1.138	228	-31.870	-32.043	-7.354	278	-58.139	-58.311	-17.465
179	-5.850	-5.889	-1.252	229	-32.400	-32.574	-7.498	279	-58.656	-58.827	-17.781
180	-6.382	-6.424	-1.366	230	-32.929	-33.105	-7.643	280	-59.173	-59.342	-18.106
181	-6.913	-6.959	-1.481	231	-33.459	-33.636	-7.789	281	-59.688	-59.856	-18.439
182	-7.445	-7.495	-1.596	232	-33.988	-34.167	-7.937	282	-60.203	-60.369	-18.781
183	-7.977	-8.030	-1.710	233	-34.517	-34.697	-8.086	283	-60.718	-60.882	-19.134
184	-8.508	-8.565	-1.826	234	-35.047	-35.228	-8.236	284	-61.231	-61.393	-19.496
185	-9.040	-9.100	-1.941	235	-35.576	-35.758	-8.388	285	-61.744	-61.904	-19.869
186	-9.572	-9.635	-2.057	236	-36.104	-36.288	-8.542	286	-62.256	-62.414	-20.254
187	-10.103	-10.170	-2.172	237	-36.633	-36.818	-8.697	287	-62.767	-62.923	-20.651
188	-10.635	-10.705	-2.289	238	-37.162	-37.347	-8.854	288	-63.277	-63.431	-21.060
189	-11.167	-11.240	-2.405	239	-37.691	-37.877	-9.012	289	-63.786	-63.938	-21.483
190	-11.698	-11.775	-2.522	240	-38.219	-38.406	-9.172	290	-64.294	-64.444	-21.920
191	-12.230	-12.310	-2.639	241	-38.747	-38.935	-9.334	291	-64.801	-64.949	-22.371
192	-12.761	-12.845	-2.756	242	-39.276	-39.464	-9.498	292	-65.307	-65.452	-22.839
193	-13.293	-13.379	-2.873	243	-39.804	-39.993	-9.664	293	-65.811	-65.954	-23.324
194	-13.824	-13.914	-2.991	244	-40.331	-40.521	-9.832	294	-66.314	-66.455	-23.826
195	-14.356	-14.449	-3.110	245	-40.859	-41.050	-10.001	295	-66.816	-66.954	-24.348
196	-14.887	-14.983	-3.229	246	-41.387	-41.578	-10.173	296	-67.316	-67.452	-24.889
197	-15.419	-15.518	-3.348	247	-41.914	-42.106	-10.347	297	-67.814	-67.948	-25.452
198	-15.950	-16.052	-3.467	248	-42.442	-42.633	-10.524	298	-68.311	-68.442	-26.039
199	-16.482	-16.587	-3.587	249	-42.969	-43.161	-10.703	299	-68.805	-68.935	-26.649
200	-17.013	-17.121	-3.708	250	-43.496	-43.688	-10.884	300	-69.298	-69.425	-27.285



ROW No.	Latitude(degree)		Longitude	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude
	(geocentric)	(geodetic)	$\Delta$ (degree)		(geocentric)	(geodetic)	$\Delta$ (degree)		(geocentric)	(geodetic)	$\Delta$ (degree)
301	-69.788	-69.913	-27.950	351	-78.333	-78.409	-142.498	401	-53.984	-54.167	-177.164
302	-70.277	-70.399	-28.644	352	-77.946	-78.024	-144.349	402	-53.462	-53.646	-177.420
303	-70.762	-70.882	-29.370	353	-77.548	-77.629	-146.089	403	-52.940	-53.125	-177.670
304	-71.245	-71.362	-30.131	354	-77.140	-77.224	-147.723	404	-52.418	-52.604	-177.916
305	-71.725	-71.840	-30.928	355	-76.723	-76.809	-149.259	405	-51.896	-52.082	-178.156
306	-72.202	-72.314	-31.764	356	-76.298	-76.387	-150.705	406	-51.373	-51.560	-178.392
307	-72.676	-72.785	-32.643	357	-75.866	-75.957	-152.067	407	-50.849	-51.038	-178.623
308	-73.145	-73.252	-33.568	358	-75.426	-75.520	-153.351	408	-50.326	-50.515	-178.850
309	-73.611	-73.715	-34.541	359	-74.981	-75.077	-154.563	409	-49.802	-49.992	-179.073
310	-74.073	-74.174	-35.568	360	-74.529	-74.628	-155.709	410	-49.278	-49.468	-179.292
311	-74.529	-74.628	-36.652	361	-74.073	-74.174	-156.793	411	-48.753	-48.944	-179.507
312	-74.981	-75.077	-37.797	362	-73.611	-73.715	-157.819	412	-48.229	-48.420	-179.719
313	-75.426	-75.520	-39.010	363	-73.145	-73.252	-158.793	413	-47.704	-47.895	-179.927
314	-75.866	-75.957	-40.294	364	-72.676	-72.785	-159.718	414	-47.178	-47.370	-180.131
315	-76.298	-76.387	-41.656	365	-72.202	-72.314	-160.596	415	-46.653	-46.845	-180.332
316	-76.723	-76.809	-43.102	366	-71.725	-71.840	-161.433	416	-46.127	-46.319	-180.530
317	-77.140	-77.224	-44.638	367	-71.245	-71.362	-162.230	417	-45.601	-45.794	-180.725
318	-77.548	-77.629	-46.272	368	-70.762	-70.882	-162.990	418	-45.075	-45.268	-180.917
319	-77.946	-78.024	-48.011	369	-70.277	-70.399	-163.716	419	-44.549	-44.741	-181.106
320	-78.333	-78.409	-49.863	370	-69.788	-69.913	-164.411	420	-44.022	-44.215	-181.293
321	-78.707	-78.781	-51.835	371	-69.298	-69.425	-165.075	421	-43.496	-43.688	-181.476
322	-79.069	-79.140	-53.936	372	-68.805	-68.935	-165.712	422	-42.969	-43.161	-181.658
323	-79.415	-79.484	-56.174	373	-68.311	-68.442	-166.322	423	-42.442	-42.633	-181.837
324	-79.745	-79.812	-58.555	374	-67.814	-67.948	-166.908	424	-41.914	-42.106	-182.013
325	-80.058	-80.123	-61.086	375	-67.316	-67.452	-167.471	425	-41.387	-41.578	-182.187
326	-80.350	-80.414	-63.771	376	-66.816	-66.954	-168.013	426	-40.859	-41.050	-182.359
327	-80.621	-80.683	-66.615	377	-66.314	-66.455	-168.534	427	-40.331	-40.521	-182.529
328	-80.869	-80.929	-69.617	378	-65.811	-65.954	-169.037	428	-39.804	-39.993	-182.697
329	-81.092	-81.151	-72.774	379	-65.307	-65.452	-169.521	429	-39.276	-39.464	-182.862
330	-81.287	-81.345	-76.080	380	-64.801	-64.949	-169.989	430	-38.747	-38.935	-183.026
331	-81.453	-81.510	-79.523	381	-64.294	-64.444	-170.441	431	-38.219	-38.406	-183.188
332	-81.589	-81.644	-83.087	382	-63.786	-63.938	-170.878	432	-37.691	-37.877	-183.348
333	-81.691	-81.746	-86.752	383	-63.277	-63.431	-171.301	433	-37.162	-37.347	-183.507
334	-81.761	-81.815	-90.492	384	-62.767	-62.923	-171.710	434	-36.633	-36.818	-183.664
335	-81.796	-81.850	-94.279	385	-62.256	-62.414	-172.106	435	-36.104	-36.288	-183.819
336	-81.796	-81.850	-98.082	386	-61.744	-61.904	-172.491	436	-35.576	-35.758	-183.972
337	-81.761	-81.815	-101.869	387	-61.231	-61.393	-172.864	437	-35.047	-35.228	-184.124
338	-81.691	-81.746	-105.609	388	-60.718	-60.882	-173.227	438	-34.517	-34.697	-184.275
339	-81.589	-81.644	-109.274	389	-60.203	-60.369	-173.579	439	-33.988	-34.167	-184.424
340	-81.453	-81.510	-112.838	390	-59.688	-59.856	-173.922	440	-33.459	-33.636	-184.571
341	-81.287	-81.345	-116.281	391	-59.173	-59.342	-174.255	441	-32.929	-33.105	-184.718
342	-81.092	-81.151	-119.586	392	-58.656	-58.827	-174.579	442	-32.400	-32.574	-184.863
343	-80.869	-80.929	-122.744	393	-58.139	-58.311	-174.895	443	-31.870	-32.043	-185.007
344	-80.621	-80.683	-125.745	394	-57.621	-57.795	-175.203	444	-31.340	-31.512	-185.149
345	-80.350	-80.414	-128.589	395	-57.103	-57.279	-175.503	445	-30.811	-30.980	-185.290
346	-80.058	-80.123	-131.275	396	-56.585	-56.761	-175.797	446	-30.281	-30.449	-185.431
347	-79.745	-79.812	-133.806	397	-56.065	-56.243	-176.083	447	-29.751	-29.917	-185.570
348	-79.415	-79.484	-136.187	398	-55.546	-55.725	-176.362	448	-29.221	-29.385	-185.708
349	-79.069	-79.140	-138.424	399	-55.025	-55.206	-176.636	449	-28.691	-28.853	-185.845
350	-78.707	-78.781	-140.525	400	-54.505	-54.687	-176.903	450	-28.160	-28.321	-185.981

ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude Δ(degree)
	(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)	
451	-27.630	-27.788	-186.116	501	-1.064	-1.071	-192.133	551	25.508	25.658	-198.074
452	-27.100	-27.256	-186.250	502	-0.532	-0.535	-192.247	552	26.039	26.191	-198.206
453	-26.569	-26.724	-186.383	503	0.000	0.000	-192.361	553	26.569	26.724	-198.338
454	-26.039	-26.191	-186.515	504	0.532	0.535	-192.474	554	27.100	27.256	-198.471
455	-25.508	-25.658	-186.647	505	1.064	1.071	-192.588	555	27.630	27.788	-198.605
456	-24.978	-25.125	-186.777	506	1.595	1.606	-192.701	556	28.160	28.321	-198.740
457	-24.447	-24.592	-186.907	507	2.127	2.142	-192.815	557	28.691	28.853	-198.876
458	-23.916	-24.059	-187.036	508	2.659	2.677	-192.928	558	29.221	29.385	-199.013
459	-23.386	-23.526	-187.164	509	3.191	3.212	-193.042	559	29.751	29.917	-199.151
460	-22.855	-22.993	-187.292	510	3.723	3.748	-193.156	560	30.281	30.449	-199.290
461	-22.324	-22.459	-187.419	511	4.254	4.283	-193.270	561	30.811	30.980	-199.431
462	-21.793	-21.926	-187.545	512	4.786	4.818	-193.384	562	31.340	31.512	-199.572
463	-21.262	-21.392	-187.670	513	5.318	5.354	-193.498	563	31.870	32.043	-199.714
464	-20.731	-20.859	-187.795	514	5.850	5.889	-193.612	564	32.400	32.574	-199.858
465	-20.200	-20.325	-187.919	515	6.382	6.424	-193.727	565	32.929	33.105	-200.003
466	-19.669	-19.791	-188.043	516	6.913	6.959	-193.841	566	33.459	33.636	-200.150
467	-19.138	-19.257	-188.166	517	7.445	7.495	-193.956	567	33.988	34.167	-200.297
468	-18.607	-18.723	-188.288	518	7.977	8.030	-194.071	568	34.517	34.697	-200.446
469	-18.075	-18.189	-188.410	519	8.508	8.565	-194.186	569	35.047	35.228	-200.597
470	-17.544	-17.655	-188.532	520	9.040	9.100	-194.301	570	35.576	35.758	-200.749
471	-17.013	-17.121	-188.653	521	9.572	9.635	-194.417	571	36.104	36.288	-200.902
472	-16.482	-16.587	-188.773	522	10.103	10.170	-194.533	572	36.633	36.818	-201.057
473	-15.950	-16.052	-188.893	523	10.635	10.705	-194.649	573	37.162	37.347	-201.214
474	-15.419	-15.518	-189.013	524	11.167	11.240	-194.765	574	37.691	37.877	-201.373
475	-14.887	-14.983	-189.132	525	11.698	11.775	-194.882	575	38.219	38.406	-201.533
476	-14.356	-14.449	-189.251	526	12.230	12.310	-194.999	576	38.747	38.935	-201.695
477	-13.824	-13.914	-189.369	527	12.761	12.845	-195.116	577	39.276	39.464	-201.859
478	-13.293	-13.379	-189.487	528	13.293	13.379	-195.234	578	39.804	39.993	-202.024
479	-12.761	-12.845	-189.605	529	13.824	13.914	-195.352	579	40.331	40.521	-202.192
480	-12.230	-12.310	-189.722	530	14.356	14.449	-195.470	580	40.859	41.050	-202.362
481	-11.698	-11.775	-189.839	531	14.887	14.983	-195.589	581	41.387	41.578	-202.534
482	-11.167	-11.240	-189.956	532	15.419	15.518	-195.708	582	41.914	42.106	-202.708
483	-10.635	-10.705	-190.072	533	15.950	16.052	-195.828	583	42.442	42.633	-202.884
484	-10.103	-10.170	-190.188	534	16.482	16.587	-195.948	584	42.969	43.161	-203.063
485	-9.572	-9.635	-190.304	535	17.013	17.121	-196.068	585	43.496	43.688	-203.245
486	-9.040	-9.100	-190.420	536	17.544	17.655	-196.189	586	44.022	44.215	-203.428
487	-8.508	-8.565	-190.535	537	18.075	18.189	-196.311	587	44.549	44.741	-203.615
488	-7.977	-8.030	-190.650	538	18.607	18.723	-196.433	588	45.075	45.268	-203.804
489	-7.445	-7.495	-190.765	539	19.138	19.257	-196.555	589	45.601	45.794	-203.996
490	-6.913	-6.959	-190.880	540	19.669	19.791	-196.678	590	46.127	46.319	-204.191
491	-6.382	-6.424	-190.994	541	20.200	20.325	-196.802	591	46.653	46.845	-204.389
492	-5.850	-5.889	-191.109	542	20.731	20.859	-196.926	592	47.178	47.370	-204.590
493	-5.318	-5.354	-191.223	543	21.262	21.392	-197.051	593	47.704	47.895	-204.794
494	-4.786	-4.818	-191.337	544	21.793	21.926	-197.176	594	48.229	48.420	-205.002
495	-4.254	-4.283	-191.451	545	22.324	22.459	-197.302	595	48.753	48.944	-205.214
496	-3.723	-3.748	-191.565	546	22.855	22.993	-197.429	596	49.278	49.468	-205.429
497	-3.191	-3.212	-191.679	547	23.386	23.526	-197.557	597	49.802	49.992	-205.648
498	-2.659	-2.677	-191.793	548	23.916	24.059	-197.685	598	50.326	50.515	-205.871
499	-2.127	-2.142	-191.906	549	24.447	24.592	-197.814	599	50.849	51.038	-206.098
500	-1.595	-1.606	-192.020	550	24.978	25.125	-197.944	600	51.373	51.560	-206.329

ROW No.	Latitude(degree)		Longitude $\Delta$ (degree)	ROW No.	Latitude(degree)		Longitude $\Delta$ (degree)
	(geocentric)	(geodetic)			(geocentric)	(geodetic)	
601	51.896	52.082	-206.565	651	76.723	76.809	-235.462
602	52.418	52.604	-206.805	652	77.140	77.224	-236.998
603	52.940	53.125	-207.051	653	77.548	77.629	-238.632
604	53.462	53.646	-207.301	654	77.946	78.024	-240.372
605	53.984	54.167	-207.557	655	78.333	78.409	-242.223
606	54.505	54.687	-207.818	656	78.707	78.781	-244.196
607	55.025	55.206	-208.085	657	79.069	79.140	-246.297
608	55.546	55.725	-208.359	658	79.415	79.484	-248.534
609	56.065	56.243	-208.638	659	79.745	79.812	-250.915
610	56.585	56.761	-208.924	660	80.058	80.123	-253.446
611	57.103	57.279	-209.218	661	80.350	80.414	-256.132
612	57.621	57.795	-209.518	662	80.621	80.683	-258.976
613	58.139	58.311	-209.826	663	80.869	80.929	-261.977
614	58.656	58.827	-210.142	664	81.092	81.151	-265.135
615	59.173	59.342	-210.466	665	81.287	81.345	-268.440
616	59.688	59.856	-210.799	666	81.453	81.510	-271.883
617	60.203	60.369	-211.142	667	81.589	81.644	-275.447
618	60.718	60.882	-211.494	668	81.691	81.746	-279.112
619	61.231	61.393	-211.857	669	81.761	81.815	-282.852
620	61.744	61.904	-212.230	670	81.796	81.850	-286.639
621	62.256	62.414	-212.615				
622	62.767	62.923	-213.011				
623	63.277	63.431	-213.420				
624	63.786	63.938	-213.843				
625	64.294	64.444	-214.280				
626	64.801	64.949	-214.732				
627	65.307	65.452	-215.200				
628	65.811	65.954	-215.684				
629	66.314	66.455	-216.187				
630	66.816	66.954	-216.708				
631	67.316	67.452	-217.250				
632	67.814	67.948	-217.813				
633	68.311	68.442	-218.399				
634	68.805	68.935	-219.009				
635	69.298	69.425	-219.646				
636	69.788	69.913	-220.310				
637	70.277	70.399	-221.005				
638	70.762	70.882	-221.731				
639	71.245	71.362	-222.491				
640	71.725	71.840	-223.288				
641	72.202	72.314	-224.125				
642	72.676	72.785	-225.003				
643	73.145	73.252	-225.928				
644	73.611	73.715	-226.902				
645	74.073	74.174	-227.928				
646	74.529	74.628	-229.012				
647	74.981	75.077	-230.158				
648	75.426	75.520	-231.370				
649	75.866	75.957	-232.654				
650	76.298	76.387	-234.016				

Table 2-17 下降軌道と赤道の交点の経度

## ASTER World Reference System (WRS) -II

PATH NO	Longitude (degree)	PATH NO	Longitude (degree)	PATH NO	Longitude (degree)	PATH NO	Longitude (degree)	PATH NO	Longitude (degree)
1	-64.600	51	-141.853	48	-137.218	98	145.529	192	0.293
2	-66.145	52	-143.398	49	-138.763	99	143.984	193	-1.252
3	-67.690	53	-144.943	50	-140.308	100	142.439	194	-2.797
4	-69.235	54	-146.488	101	140.894	148	68.276	195	-4.342
5	-70.780	55	-148.033	102	139.348	149	66.730	196	-5.888
6	-72.325	56	-149.579	103	137.803	150	65.185	197	-7.433
7	-73.870	57	-151.124	104	136.258	151	63.640	198	-8.978
8	-75.415	58	-152.669	105	134.713	152	62.095	199	-10.523
9	-76.961	59	-154.214	106	133.168	153	60.550	200	-12.068
10	-78.506	60	-155.759	107	131.623	154	59.005	201	-13.613
11	-80.051	61	-157.304	108	130.078	155	57.460	202	-15.158
12	-81.596	62	-158.849	109	128.533	156	55.915	203	-16.703
13	-83.141	63	-160.394	110	126.988	157	54.370	204	-18.248
14	-84.686	64	-161.939	111	125.443	158	52.825	205	-19.793
15	-86.231	65	-163.484	112	123.898	159	51.280	206	-21.338
16	-87.776	66	-165.029	113	122.353	160	49.735	207	-22.883
17	-89.321	67	-166.574	114	120.808	161	48.190	208	-24.428
18	-90.866	68	-168.119	115	119.263	162	46.645	209	-25.973
19	-92.411	69	-169.664	116	117.718	163	45.100	210	-27.518
20	-93.956	70	-171.209	117	116.173	164	43.555	211	-29.064
21	-95.501	71	-172.755	118	114.627	165	42.009	212	-30.609
22	-97.046	72	-174.300	119	113.082	166	40.464	213	-32.154
23	-98.591	73	-175.845	120	111.537	167	38.919	214	-33.699
24	-100.136	74	-177.390	121	109.992	168	37.374	215	-35.244
25	-101.682	75	-178.935	122	108.447	169	35.829	216	-36.789
26	-103.227	76	-179.520	123	106.902	170	34.284	217	-38.334
27	-104.772	77	177.975	124	105.357	171	32.739	218	-39.879
28	-106.317	78	176.430	125	103.812	172	31.194	219	-41.424
29	-107.862	79	174.885	126	102.267	173	29.649	220	-42.969
30	-109.407	80	173.340	127	100.722	174	28.104	221	-44.514
31	-110.952	81	171.795	128	99.177	175	26.559	222	-46.059
32	-112.497	82	170.250	129	97.632	176	25.014	223	-47.604
33	-114.042	83	168.705	130	96.087	177	23.469	224	-49.149
34	-115.587	84	167.160	131	94.542	178	21.924	225	-50.694
35	-117.132	85	165.615	132	92.997	179	20.379	226	-52.239
36	-118.677	86	164.070	133	91.452	180	18.833	227	-53.785
37	-120.222	87	162.524	134	89.906	181	17.288	228	-55.330
38	-121.767	88	160.979	135	88.361	182	15.743	229	-56.875
39	-123.312	89	159.434	136	86.816	183	14.198	230	-58.420
40	-124.858	90	157.889	137	85.271	184	12.653	231	-59.965
41	-126.403	91	156.344	138	83.726	185	11.108	232	-61.510
42	-127.948	92	154.799	139	82.181	186	9.563	233	-63.055
43	-129.493	93	153.254	140	80.636	187	8.018		
44	-131.038	94	151.709	141	79.091	188	6.473		
45	-132.583	95	150.164	142	77.546	189	4.928		
46	-134.128	96	148.619	143	76.001	190	3.383		
47	-135.673	97	147.074	144	74.456	191	1.838		

## 2.11. 軌道特性

地方時：Terra 衛星は高度 705 km のほぼ円形の極軌道で運用される。軌道は太陽同期で赤道通過時刻は 10 時 30 分である。衛星通過地方時は緯度に依存し、Table 2-18 および Figure 2-10 に衛星直下点の緯度と時刻の関係を示す。

Table 2-18 Relation between Latitude and Local time of nadir position

Inclination: 98.2 degrees

Equator crossing time: 10:30 am for descending orbit

Latitude (degree)		Local Time (h:m:s)
(Geodetic)	(Geocentric)	
81.854155	81.799999	16:05:11
80	79.933978	13:43:58
70	69.875992	11:42:58
60	59.833074	11:10:42
50	49.810387	10:55:25
40	39.810608	10:46:31
30	29.833633	10:40:40
20	19.876628	10:36:26
10	9.934393	10:33:02
0	0.000000	10:30:00
-10	-9.934393	10:26:58
-20	-19.876628	10:23:34
-30	-29.833633	10:19:20
-40	-39.810608	10:13:29
-50	-49.810387	10:04:35
-60	-59.833074	9:49:18
-70	-69.875992	9:17:02
-80	-79.933978	7:16:02
-81.854155	-81.799999	4:54:49

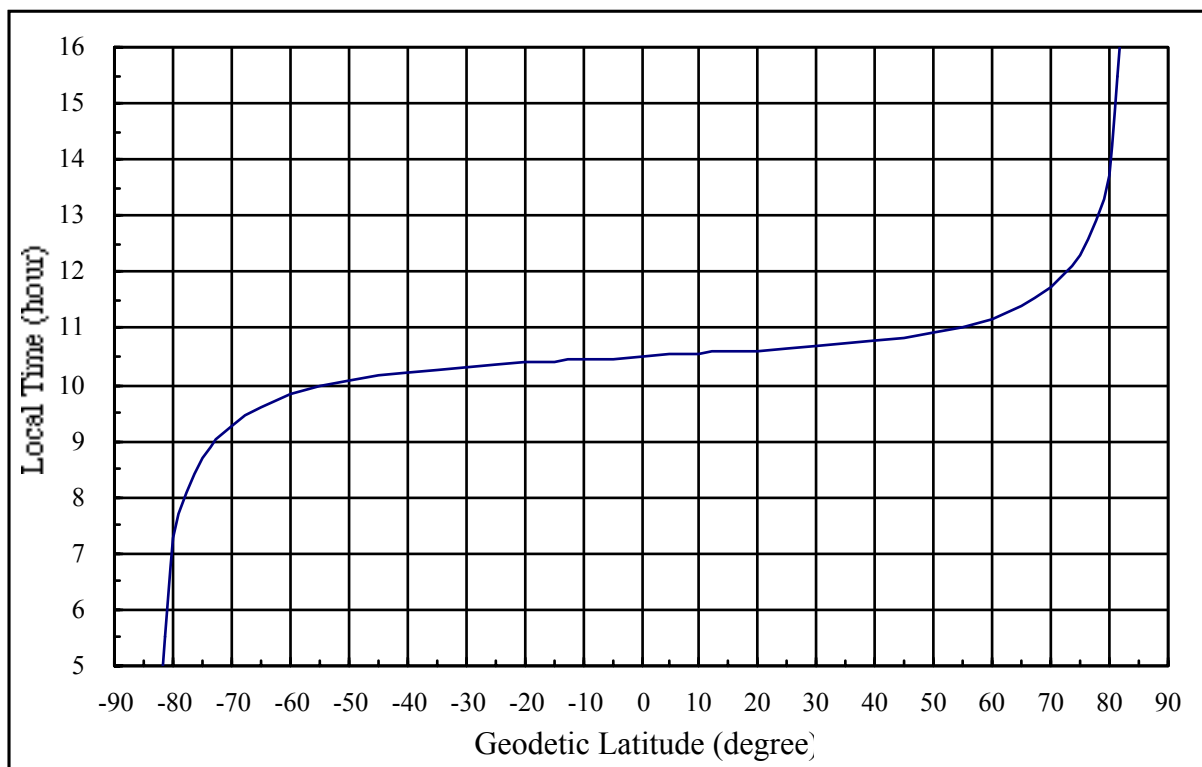


Figure 2-10 衛星直下点の緯度と地方時の関係

パスシーケンス : Terra 衛星は周回する軌道順に 1 から 233 迄の軌道番号が付けられている。従って、パスは 16 間隔でジャンプしていくことになる。Table 2-19 に軌道番号とパス番号の関係を示す。

Table 2-19 軌道番号とパス番号の関係

Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.
1	1	16	8	31	15	46	22	61	29	76	36
2	17	17	24	32	31	47	38	62	45	77	52
3	33	18	40	33	47	48	54	63	61	78	68
4	49	19	56	34	63	49	70	64	77	79	84
5	65	20	72	35	79	50	86	65	93	80	100
6	81	21	88	36	95	51	102	66	109	81	116
7	97	22	104	37	111	52	118	67	125	82	132
8	113	23	120	38	127	53	134	68	141	83	148
9	129	24	136	39	143	54	150	69	157	84	164
10	145	25	152	40	159	55	166	70	173	85	180
11	161	26	168	41	175	56	182	71	189	86	196
12	177	27	184	42	191	57	198	72	205	87	212
13	193	28	200	43	207	58	214	73	221	88	228
14	209	29	216	44	223	59	230	74	4	89	11
15	225	30	232	45	6	60	13	75	20	90	27

Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.
91	43	106	50	121	57	136	64	151	71	166	78
92	59	107	66	122	73	137	80	152	87	167	94
93	75	108	82	123	89	138	96	153	103	168	110
94	91	109	98	124	105	139	112	154	119	169	126
95	107	110	114	125	121	140	128	155	135	170	142
96	123	111	130	126	137	141	144	156	151	171	158
97	139	112	146	127	153	142	160	157	167	172	174
98	155	113	162	128	169	143	176	158	183	173	190
99	171	114	178	129	185	144	192	159	199	174	206
100	187	115	194	130	201	145	208	160	215	175	222
101	203	116	210	131	217	146	224	161	231	176	5
102	219	117	226	132	233	147	7	162	14	177	21
103	2	118	9	133	16	148	23	163	30	178	37
104	18	119	25	134	32	149	39	164	46	179	53
105	34	120	41	135	48	150	55	165	62	180	69

Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.	Orbit No.	Path No.
181	85	196	92	211	99	226	106	8	113
182	101	197	108	212	115	227	122	9	129
183	117	198	124	213	131	228	138	10	145
184	133	199	140	214	147	229	154	11	161
185	149	200	156	215	163	230	170	12	177
186	165	201	172	216	179	231	186	13	193
187	181	202	188	217	195	232	202	14	209
188	197	203	204	218	211	233	218	15	225
189	213	204	220	219	227	1	1	16	8
190	229	205	3	220	10	2	17	17	24
191	12	206	19	221	26	3	33	18	40
192	28	207	35	222	42	4	49	19	56
193	44	208	51	223	58	5	65	20	72
194	60	209	67	224	74	6	81	21	88
195	76	210	83	225	90	7	97	22	104

## 2.12. パス暦

Terra 衛星は Landsat 7 と同じパスを約 30 分遅れで飛行している。従って、パス暦は Landsat 7 と同じになる。Terra 衛星は 16 日周期で同じパス観測を繰り返すので一日の観測パターンは昼間観測、夜間観測に対してそれぞれ 16 種類存在する。Table 2-20 に 16 種類のパターンを昼間観測、夜間観測別にしめす。日付はそのパスの赤道点上で定義されている。パスが日付変更線を跨ぐ場合には、赤道上的日付と 1 日ずれてくることに注意する必要がある。

Table 2-21 に観測パターンで表した西暦 2000 年から 2008 年までのパス暦を示す。

Table 20 観測パターン

One Day Pathe Pattern

One day path patterns in daytime observation

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
90	81	88	79	86	77	84	91	82	89	80	87	78	85	76	83
106	97	104	95	102	93	100	107	98	105	96	103	94	101	92	99
122	113	120	111	118	109	116	123	114	121	112	119	110	117	108	115
138	129	136	127	134	125	132	139	130	137	128	135	126	133	124	131
154	145	152	143	150	141	148	155	146	153	144	151	142	149	140	147
170	161	168	159	166	157	164	171	162	169	160	167	158	165	156	163
186	177	184	175	182	173	180	187	178	185	176	183	174	181	172	179
202	193	200	191	198	189	196	203	194	201	192	199	190	197	188	195
218	209	216	207	214	205	212	219	210	217	208	215	206	213	204	211
1	225	232	223	230	221	228	2	226	233	224	231	222	229	220	227
17	8	15	6	13	4	11	18	9	16	7	14	5	12	3	10
33	24	31	22	29	20	27	34	25	32	23	30	21	28	19	26
49	40	47	38	45	36	43	50	41	48	39	46	37	44	35	42
65	56	63	54	61	52	59	66	57	64	55	62	53	60	51	58
	72		70		68	75		73		71		69		67	74

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation.

One day path patterns in nighttime observation updated on June 28, 2005

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
186	193	200	191	198	189	196	187	194	185	192	199	190	197	188	195
202	209	216	207	214	205	212	203	210	201	208	215	206	213	204	211
218	225	232	223	230	221	228	219	226	217	224	231	222	229	220	227
1	8	15	6	13	4	11	2	9	233	7	14	5	12	3	10
17	24	31	22	29	20	27	18	25	16	23	30	21	28	19	26
33	40	47	38	45	36	43	34	41	32	39	46	37	44	35	42
49	56	63	54	61	52	59	50	57	48	55	62	53	60	51	58
65	72	79	70	77	68	75	66	73	64	71	78	69	76	67	74
81	88	95	86	93	84	91	82	89	80	87	94	85	92	83	90
97	104	111	102	109	100	107	98	105	96	103	110	101	108	99	106
113	120	127	118	125	116	123	114	121	112	119	126	117	124	115	122
129	136	143	134	141	132	139	130	137	128	135	142	133	140	131	138
145	152	159	150	157	148	155	146	153	144	151	158	149	156	147	154
161	168	175	166	173	164	171	162	169	160	167	174	165	172	163	170
177	184		182		180		178		176	183		181		179	

Note that the date is defined at the equator crossing point of ascending node for nighttime observation.



Table 21 パス暦

Path Calendar in 2000

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14

February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	

March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	

May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	

June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	

July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	

October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	

December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

Path Calendar in 2001

Upper :Date

Lower: One day path pattern

January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12

February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8			

March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	

May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4

June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	

July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	

October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	

December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

Path Calendar in 2002

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
February															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5			
March															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4
April															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
May															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1
June															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
July															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
August															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
September															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
October															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
November															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
December															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

Path Calendar in 2003

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6

February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2			

March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	

May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14

June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	

July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	

October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	

December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

Path Calendar in 2004

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3

February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16		

March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	

May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12

June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	

July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	

October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	

December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

Path Calendar in 2005

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1

February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13			

March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	

May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9

June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	

July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	

October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	

December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

## Path Calendar in 2006

Upper : Date

Lower: One day path pattern

January															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
February															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
March															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
April															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
May															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6
June															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
July															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3
August															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
P5	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2
September															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
October															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
November															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
December															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

Table 21 パス暦

## Path Calendar in 2007

Upper : Date

Lower: One day path pattern

## January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11

## February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7			

## March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6

## April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	

## May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3

## June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	

## July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16

## August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
P5	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15

## September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	

## October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12

## November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	

## December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.



Table 21 パス暦

## Path Calendar in 2008

Upper : Date

Lower: One day path pattern

## January

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8

## February

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5		

## March

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4

## April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	

## May

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1

## June

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	

## July

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14

## August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13

## September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	

## October

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10

## November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	

## December

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7

Note that the dates is defined at the equator crossing point of descending node for daytime observation and of ascending node for nighttime observation.

## 3. ASTER 地上データシステム(ASTER GDS)

### 3.1. 概要

ASTER 地上データシステム (ASTER Ground Data System, ASTER GDS)は、ASTER センサの運用・データ処理・保存・配布等を行う地上システムである。ASTER は以下に示すように、従来のセンサとは異なる以下の ASTER 固有の技術的課題があり、それらを解決することが、ASTER GDS の重要な機能となっている。

- ・望遠鏡内及び望遠鏡間におけるバンド間の位置ずれ、レジストレーション誤差を地上システムで補正する必要がある。
- ・センサの運用には一周回平均 8 分間という制限があり、また、刈幅が 60km しかないので、クロストラック方向へのポインティングが必要不可欠である。

以上の点から ASTER GDS は、センサの運用、データ処理等において果たす役割は大きく、米国 NASA との密接な協力関係も重要となっている。また ASTER GDS ではデータ処理だけでなく、ユーザからの ASTER 観測要求の受付も行う。

このため、ASTER GDS はユーザ及び米国側システム(NASA の EOSDIS)との強いインタフェースを有しており、ユーザの立場にたって開発した。

### 3.2. ASTER 地上データシステムの特徴

前節で述べた考え方にに基づき、従来のリモートセンシングデータの受信・処理局と比較して、ASTER GDS は以下のような特徴を有する。

- (1) ユーザフレンドリーである。ユーザとの GUI (Graphical User Interface) をベースとしたヒューマン・マシン・インターフェイスを用いるだけでなく、DAR (Data Acquisition Request), DPR (Data Product Request , Data Generation を含む) などの種々の複雑なユーザ要求を受け付ける機能を有する。
- (2) オープンアーキテクチャシステムとして汎用 UNIX ワークステーションをベースとしたシステムである。
- (3) NASA の EOSDIS とのインタオペラビリティを持つ。
- (4) サイエンスユーザから提供されるアルゴリズムをベースにした処理システムである。
- (5) 後述するように各セグメント・設備での独立性を高めた分散型システムである。また、一方でそれらのセグメントおよび設備は、ネットワークにより有機的に結合されたものである。
- (6) ソフトウェア、ハードウェア両面での技術の進歩を出来る限り取り入れる可能性を保持する。
- (7) システムの信頼性・安全性が確保されている。
- (8) ネットワークによる内部の有機的結合を実現するため、画像転送用に高速基幹 LAN を採用する。

- (9) NASA/EOSDIS から送られてくる大量データ(データ量は1日で約780シーンである。)の連続的な処理を可能にするため、並列処理等の機能を有する高性能コンピュータを活用する。
- (10) 効率的なデータ保存を行うため、データの圧縮・伸長技術を採用する。また、大容量のデータ保存には、自動倉庫などを活用する。
- (11) データ配布に関するユーザ要求の多様性を考慮し、複数媒体によるデータの配布を可能にする。

### 3.3. ASTER 地上データシステムの構成

ASTER GDS は、以下の 4 つのセグメント(Segment)及びそれぞれを構成する設備(Subsystem)からなる。

#### (1) ASTER 運用セグメント (ASTER Operation Segment, AOS)

AOS は ASTER センサの運用に関する業務を行い、以下の 2 つの設備から構成される。

##### 1) ICC (Instrument Control Center)

ICC は米国 EDOS (EOS Data Operation Segment) から ASTER センサに関する機器運用情報 (Telemetry data 等) を入手して定常的に機器の解析支援等を行う。また、ASTER センサの運用の計画・ODS のスケジューリング・コマンド作成およびそれらの米国 EOC (EOS Operation Center)への送信処理を行う。

##### 2) IST (Instrument Support Terminal)

IST は主にサイエンスチームリーダ及び ASTER データ取得スケジューリングを調整する SSSG (Science Scheduling Support Group)が使用する端末である。IST を通じてデータ取得の進捗状況の監視・解析及びスケジューリングにあたって生じたコンフリクトの解決を行う。

#### (2)データ管理・保存・配布・処理セグメント ( Science Data Processing Segment , SDPS )

データ取得・処理要求の受付などのデータ管理業務、米国を経由してダウンリンクされる ASTER データの保存・配布・処理・アルゴリズムの開発等を行う。SDPS は以下の 4 つの設備からなる。

##### 1) DADS (Data Archive and Distribution Subsystem)

DADS は米国から送られてくるレベル 0 データを受け取り、レベル 1 からレベル 4 までの標準、準標準及び特殊プロダクトを保存・管理するとともに、要求に応じた物理媒体でユーザへプロダクトを提供する。また、一部のデータに関しては、日米間でネットワークによるデータ送信も行われている。

##### 2) PGS (Product Generation Subsystem)

PGS はレベル 1~4 の標準・準標準または特殊プロダクトと、それらに対応するブラウザ・メタデータを作成し、DADS へ出力する。ここで前述のレジストレーション誤差の補正を含む大量の処理を行う。現在の案ではレベル 0 に reversible なレベル 1A 処理を1日780シーン行い、そのうちの40%まではバルク補正済みのレベル 1B 処理を行う能力を有する。

### 3) SISS (Software Implementation Support Subsystem)

サイエンスチームメンバーによるアルゴリズム・ソフトウェア開発、**Calibration**,および**Validation**をサポートするための設備（ワークステーション、データベース等）である。また、併せて特殊プロダクツの作成を行う。SISS 内には GCP ライブラリ、スペクトルデータベース等のデータベースが保存されており、承認された共同研究者はこれらを利用することが可能である。

### 4) IMS (Information and Management Subsystem)

IMS はユーザの要求を GDS 内部に取り込む窓口である。ユーザは IMS を通して、サイエンスデータ、運用スケジュール等の検索、データ取得の要求、データ処理要求等を行える。

### 5) CMS (Customer Management Subsystem)

CMS は、ユーザのデータ提供要求が規定 AOI の範囲内であることを確認して、データを配布する。

## (3)通信・システム管理セグメント (Communication and System Management Segment, CSMS)

CSMS は ASTER GDS 全体の管理およびネットワークングを行い、以下の 2 つの設備からなる。

### 1) GSMS (Ground System Management Subsystem)

GSMS は外部機関との調整、GDS 全体としてのスケジュール管理、セグメント間のスケジュール調整、セグメントのスケジュール実行管理、セグメントの稼働状態のシステムモニタリング、セキュリティ管理を行う。

### 2) ADN (ASTER Data Network)

ADN は ASTER GDS と外部機関、ASTER GDS 内部の各設備間の通信設備の提供と管理を行う。

## (4)直接受信設備 (Direct down-link Receiving Station, DRS)

DRS は、日本近辺の ASTER データを Terra から直接に受信することにより、早期にデータ入手を行う。

ASTER GDS の概略構成を Fig.3-1 に示す。

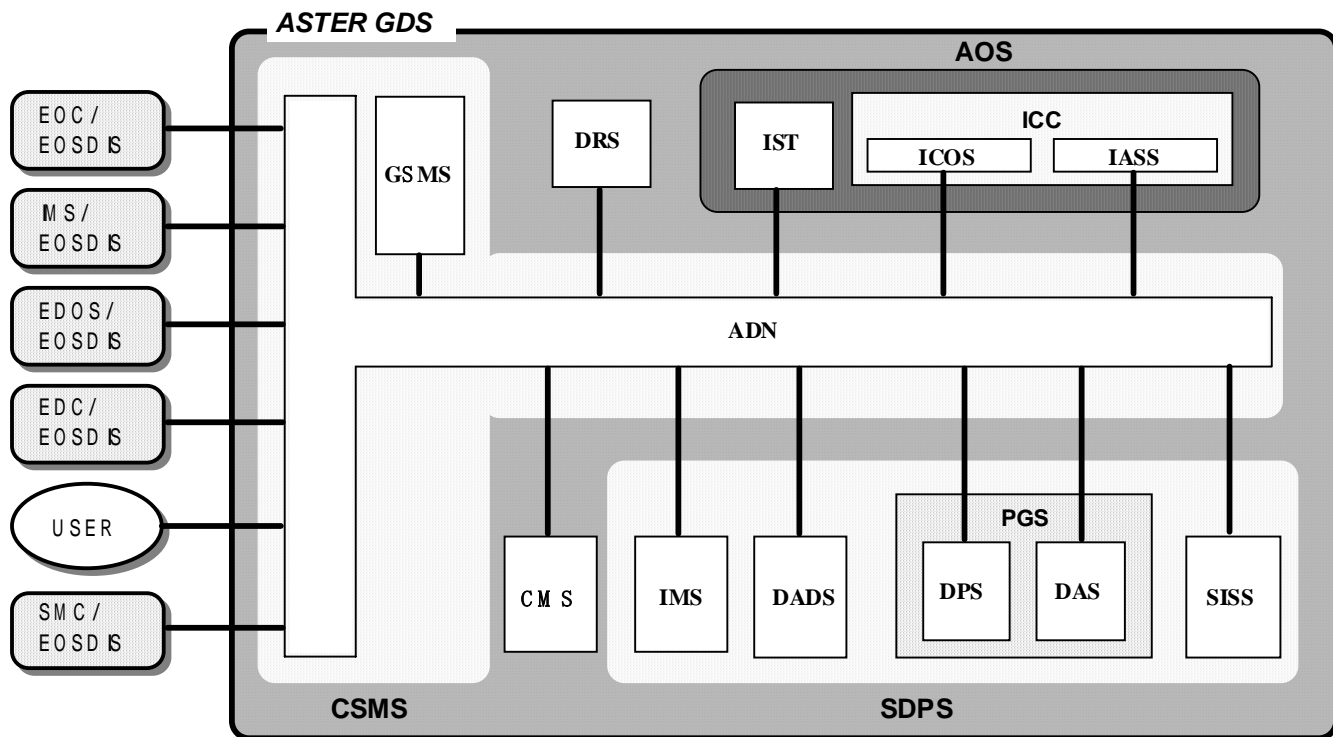


Fig.3-1 ASTER GDS の概略構成

## 4. データプロダクツ

### 4.1. データプロダクツの定義

以下に、ASTER データプロダクトの一覧を、以下に示す。

Table 4-1 標準プロダクト一覧

Products No.	Standard Data Products	説明
1A	Reconstructed, unprocessed instrument data	レベル 0 データをシーン毎の画像データに処理したプロダクツ
1B	Radiance registered at sensor	レベル 1A データを地表投影画像作成処理したプロダクツ
2A02	Relative spectral emissivity (D-stretch)	レベル 1B プロダクツから無相関ストレッチ処理により作成される。2A02 は各々独立した処理要求により作成される。
2A03	Relative spectral reflectance (D-stretch)	レベル 1B プロダクツから無相関ストレッチ処理により作成される。2A03 は各々独立した処理要求により作成される。
2B01	Surface radiance	レベル 1B プロダクツから生成 レベル 1B プロダクツから生成され、大気補正-VNIR/SWIR を実行して生成 レベル 1B プロダクツから生成され、大気補正-TIR を実行して生成
2B03	Surface temperature	プロダクツから温度放射率分離処理により同時に生成される。
2B04	Surface emissivity	プロダクツから温度放射率分離処理により同時に生成される。
2B05	Surface reflectance	レベル 1B プロダクツから生成

Table 4-2 準標準プロダクト一覧

Products No.	Semi-Standard Data Products	説明
3A01	Radiance registered at sensor with ortho-poto correction	相対デジタル標高モデル-XYZ(4A01X)プロダクツを用いてレベル 1A から生成される。
4A01	Digital elevation model (Relative)	レベル 1A プロダクツからバンド 3N と 3B を用いて生成される。

## 5. データ要求とデータ配布

### 5.1. データ要求方法

ASTER データを入手するためには、ユーザ自身が ASTER GDS の IMS (Information and Management Subsystem) を操作することにより、各種の要求を提出する必要がある。なお、一般ユーザはすでに取得済みのデータのみを入手することが可能となっているが、事前の登録が必要となる。ユーザ登録方法については、ERSDAC ホームページにおいて開設及び登録用紙の配布を行っている(<http://www.ersdac.or.jp>)。

また、ERSDAC において実施している「共同研究募集」において研究提案書を提出し承認された後は、任意のパラメータ設定による特定地域・面積を観測した ASTER データを取得することが可能である。

なお、IMS のホームページアドレスは、以下の通りである。

**[http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu\\_j.html](http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu_j.html)**

また、共同研究提案は、以下の ASTER サイエンスホームページより提出が可能となっている。

**<http://www.science.aster.ersdac.or.jp>**

### 5.2. IMS 利用の流れ

ASTER データの入手に関わる全てのサービスは、すべて ASTER GDS 内の IMS(Information Management Subsystem)にて受けることが出来る。IMS はインターネットブラウザにて利用可能であるが、次の環境を満たしている必要がある。

**Windows :**

- Java1.1 以上に対応した Internet Explorer 4.01 以降または Netscape Navigator 4.0x 以降のブラウザを利用
- ブラウザでは Cookie を受け入れる設定にすること

**Macintosh :**

- Internet Explorer 4.5 と MRJ2.2.3 以上の組み合わせで使用 (MRJ2.2.3 は Apple Computer のサイトから取得可能)
- ブラウザでは Cookie を受け入れる設定にすること
- Internet Explorer 5.0 および Netscape Navigator では使用不可
- メモリは 126MB 以上必要

**UNIX**

- JAVA, JAVA Script, Coolie が利用可能なこと

図 5-1 に IMS のメイン画面を示す。



図 5-1 IMS のメイン画面



以下では、IMS にて提供しているサービスの概要を示す。

■ ユーザ認証 (図中(日))

データ取得要求を出すため、ユーザ認証を行うためのメニューである。ユーザ認証には、事前のユーザ登録が必要となる。

■ ユーザ登録 (図中(月))

登録ユーザが、IMS において各種登録内容の設定をおこなうためのメニューである。

■ ユーザ登録情報確認・修正 (図中(火))

事前に登録されたユーザ情報を、ユーザ自身で確認・修正することが出来るメニューである。確認出来る情報には、ログイン情報を含む「登録者情報」、「登録者住所」、「プロダクト送付先住所」、「請求先住所」であるが、「登録者情報」以外は、本メニューで修正可能である。また、パスワードの変更も本メニューにて行える。

■ ASTER 各種情報提供 (図中(水))

本メニューでは、データ取得要求やプロダクト作成要求の提出に際しての補助情報となる ASTER に関する様々な情報を見ることが出来る。例えば、連絡掲示板、ASTER GDS 運用情報(運用計画、運用結果、運用状況)、衛星及びセンサ情報(軌道予測情報、センサステータス情報、ミッションステータス情報、衛星ステータス情報)、既取得/処理解析状況情報などである。また、掲示板を利用してユーザ間の情報交換を行うことも出来る。

■ DPR (プロダクツ要求) (図中(木))

本メニューでは、取得・処理済みの ASTER プロダクツの検索および注文が行える。なお、検索結果からプロダクツの詳細な情報をブラウザ画像、メタデータ、カバレッジマップ等で確認する事ができ、プロダクツの注文、注文したプロダクツの処理状況、注文の取り消し等も可能となっている。また、必要なプロダクツ種類が無い場合には、パラメータを指定して既存データから必要なプロダクツの処理を要求することが可能である。

■ DAR (データ取得要求) (図中(金))

データ取得要求を提出するためのメニューである。このメニューにより DAR を提出するためには、共同研究者として承認されなければならない。このメニューでは、登録ユーザは自分が発行した DAR または他の人が発行した DAR を検索し、処理状況等を確認することが出来る。また、新たな DAR の発行や、自分が発行した DAR の特定パラメータを変更することも可能です。その他、DAR と DPR とのリンク、計画情報/タイムラインの確認、予約 DPR の処理状況確認等も可能となっている。

## 6. 校正・検証

### 6.1. はじめに

本章の目的は、ASTER サイエンスチームメンバーおよび他の EOS ミッションのチームメンバーによる ASTER の検証計画(Validation Plan)を明確にすることと、検証活動を推進することである。

本章に密接に関連する文書を以下に示す。

1. Algorithm theoretical basis document for ASTER Level-1 Data Processing (ver.2.0), ERSDAC LEL/7-10, Oct., 24, 1995.
2. ASTER Calibration Requirement (ver.3), Sep., 20, 1994.
3. Requirements on Prelaunch Geometric Calibration for ASTER, Oct., 15, 1994.
4. End-to-End Data System Concept, JPL D-11199, Oct., 13, 1994.
5. ASTER Calibration Management Plan(ver.3.0), Nov., 1994.
6. ASTER Calibration Plan, Japanese and US Science Team, ver.1.0, June 1996.

EOS の検証事務局(EOS Validation Office)では、その他の EOS 搭載機器の代替検証活動において参照が可能となるよう、各搭載機器の検証活動において作成する文書および資料に以下の項目を含むことと定めている。

- 検証対象のプロダクト
- 対象機器の諸元
- 科学的な検証のためのアプローチ
- 精度(Accuracy & Precision)の確認
- EOS およびその他の試験活動
- 必要とされる定常的活動
- 検証情報のアーカイブ計画

なお、これらの項目は、衛星搭載校正機器データに対しても適用される。

### 6.2. 校正データ利用のための手順

VNIR、SWIR および TIR の各バンドの衛星搭載校正機器(OBC)データは、定期的に検証される。これは、平坦かつ均一な地表面の検証サイトおよび上空大気の計測とともに、放射伝達コードを対象バンドの大気上端部(TOA)の放射輝度を推計に用いている。これらの測定は、対象地点の ASTER 取得データを用いて行われる。

このような手法は、代替校正(Vicarious Calibration)と一般に呼ばれる。代替校正は、反射率もしくは放射輝度に基づき、センサ間の相互比較により行われる手法である。現時点では、本手法による誤差は 3～5%と見積もられるが、地上計測機器および手法の改善により将来的に不確実性は減少すると考えられる。

### 6.3. 校正と検証

代替校正は、衛星搭載校正機器(OBC)による校正の補完を目的として、日本をはじめ豪州、欧州、米国の研究者によって継続的に実施されている。代替校正は、センサ本体の検証および OBC の校正の両方に適用される。特に、ASTER の Level-1B プロダクトのための最終的な校正係数の最適化では、OBC データと代替校正による結果の組み合わせが有効となる。

### 6.4. 精度(Accuracy & Precision)の確認

精度の確認における手順を以下に示す。

- ピアレビューによる代替校正の誤差評価
- 共同フィールドキャンペーンによる代替校正における大気上端部のスペクトル放射輝度の相互比較
- 反射率および放射輝度ベースによるセンサ間の相互比較
- 校正誤差に対する感度の高い Level-2 プロダクトの検証による比較

### 6.5. EOS 計画およびその他のプロジェクトによる検証

ASTER サイエンスチームでは、EOS およびその他のセンサを対象とした、国際協力による代替校正プログラムの実施を推奨している。本プログラムは、EOS の校正担当研究者により CEOS を通じて各国の関連機関に対して働きかけが行われる必要がある。また、我々は、EOS の代替検証活動を取りまとめる組織として、EOS 校正パネルサブグループの設立を働きかけている。

### 6.6. 必要となる定常的活動

#### 6.6.1 軌道上での計測

代替校正のフィールドキャンペーンの実施時に、対象地域の ASTER データが確実に取得される必要がある。

#### 6.6.2 地上での計測

反射率および放射輝度ベースによる手法およびセンサ間比較による手法が必要とされる。

### 6.7. 検証情報のアーカイブ

将来的に、全ての検証データは、米国の国立オークリッジ研究所(ORNL)にてアーカイブされる計画となっている。このため、過去に行われた共同代替校正のためのフィールドキャンペーンにおいて収集されたデータは、ORNL と ERSDAC にてアーカイブされている。

## 6.8. 運用中の検証活動

Terra に搭載された ASTER は、VNIR、SWIR、TIR の 3 つのサブシステム(センサ)より構成されている。ASTER センサの緒元は、本文書のほか本章の最後に示した文献等において詳細に記述されている。特に、ASTER の構成計画は、本章の最後に示した文献の「ASTER Calibration WG, ASTER Calibration Plan(ver.1.0), June 1996.」において詳細に記述されている。ASTER の校正計画における重要な課題は、打ち上げ前校正、軌道上校正、相互校正および代替校正データによりどの様に校正係数を決定するかである。ASTER の校正係数を決定するための手法を開発するために、1996 年 6 月に最初のフィールドキャンペーンが、米国ネバダ州中部の Luna Lake および Railroad Valley Playas にて実施された。個々では、これらのフィールドキャンペーンにより開発された手法および収集データを示すとともに、現在計画されている校正計画および校正係数の決定手法を述べる。

### 6.8.1 ラジオメトリック校正係数の生成

このアプローチでは、OBC データのみを用いて Level-1B プロダクトを作成する。センサ間の相互校正を含む代替校正の結果は、OBC データとともに ASTER の校正係数の最適化のためのデータとして用いられる。なお、OBC データと代替校正結果は ASTER センサの校正担当研究者のパネルによりレビューされる。また、校正係数の最適値は文書により公表される。これにより、ユーザは OBC データによる結果と OBC データと代替校正結果を組み合わせた手法による結果の差異を評価することが出来る。本手法による校正係数の最初の決定の打ち上げ前に行われた。

### 6.8.2 傾向式アプローチによる校正係数の生成

本アプローチは、センサ運用開始の 3 ヶ月後に OBC データと代替校正結果に基づき、校正担当研究者のパネルにより行われた。本パネルでは、次回の校正パネルレビューまでの間のトレンド式を決定する。多くの衛星センサでは、センサの応答はなめらかな漸近的な劣化傾向を示す。このため、ASTER においても、トレンド式から推定された結果を基に推計を行い、約 1 年後に評価を行うこととされた。このアプローチの有意性は校正係数が一義的に決定出来ることである。なお、第 1 のアプローチは、Level-1B の処理アルゴリズムに比較的簡単に取り入れることが可能という点で有効である。

### 6.8.3 ベースラインとなる校正係数の決定方法

本アプローチは、オンボードの校正システムによる情報の他に、相互校正、打ち上げ前および打ち上げ後のデータを用いて校正係数を決定する方法であり、ASTER プロジェクトにおいてベースラインとなる手法である。最適な校正係数を決定するための手順を以下に示す。

- 1) システム A・B のハロゲンランプシステムの整合性の確認 (システム A・B は 17 日ごとに起動する)
- 2) バンド内依存の確認 (同一サブシステムにおけるバンドは同一傾向を示す)

- 1)、2)を充足する場合は、オンボードの校正データを校正係数の決定に用いる
- 1)、2)を充足せず、相互校正による係数が存在する場合は相互校正データを用いて校正係数を算出する。
- 1)、2)を充足せず、相互校正による係数も存在しない場合は、代替校正データにより校正係数を算出する。

#### 6.8.4 相互校正

Terra には ASTER 以外に、MODIS、MISR、CERES、MOPIT の各センサが搭載されている。ASTER はこれらのセンサのうち、MODIS および MISR と観測波長帯がオーバーラップしている。このため、ASTER、MODIS、MISR による同一大気条件、地表面条件、時刻条件による観測が可能である。これらの3つのセンサは、バンド校正、IFOV が若干異なり、とともに、いくつかのレジストレーションの誤差が存在するが、相互校正は可能である。参考文献の 7.~8.では、MODIS、MISR による ASTER の校正手法の例を示している。

以下に、相互校正において考慮すべき事項をまとめる。

- 各観測機器の観測波長帯の違いによる大気影響の差異
- 各観測機器の観測波長帯の違いによるスペクトル反射率および放射率の差異
- 観測機器データ間のレジストレーション誤差
- IFOV の違い

これらの事項を考慮することにより、観測機器 A のシミュレーションデータを観測機器 B のデータより得ることが出来る。また、観測機器 A の校正係数は、観測機器 A のシミュレーションデータと観測機器 A の実データの相互比較により算出可能である。

#### 参考文献

- 1.A.Ono, F.Sakuma, K.Arai, et al.,Pre-flight and Inflight Calibration for ASTER, Journal of Atmospheric and Ocean Technology, Vol.13, No.2, pp.321-335, Apr.,1996.
- 2.P.Slater, K.Thome, A.Ono, F.Sakuma, K.Arai, et al., Radiometric Calibration of ASTER, Journal of Remote Sensing Society of Japan, Vol.15, No.2, pp.16-23, June 1995.
- 3.K.Arai, An Assessment of Height Estimation Accuracy with EOS-a/ASTER, Proceedings of the Spatial Data 2000, pp.73-75, Sep.1991.
- 4.ASTER Calibration WG, ASTER Calibration Plan(ver.1.0), June 1996.
- 5.ASTER Level 1 WG, ATBD:Analytical Theoretical Basis Document for Level 1 Products, Sep.1995.
- 6.ASTER Calibration WG, Calibration Requirement Document, Oct.1992.
- 7.K.Arai, et al., A Cross Calibration Concept Between EOS-a/ASTER and MODIS-N, Proceedings of the 3rd EOS Calibration Panel Meeting in Baltimore, Sep.1991.
- 8.K.Arai, Post Launch Calibration of ASTER with MODIS data, Proceedings of the 3rd Annual IR Calibration Symposium in Utah State University, Sep.1992.
- 9.K.Arai, et al., Accuracy Assessment of the Interactive Calibration of ASTER/TIR with

MODIS, Proceedings of the IGARSS'93, pp.1303-1305, Aug.1993.  
10.S.Tsuchida, I Satoh, Y.Yamaguchi, K.Arai, T.Takashima, Algorithm of vicarious calibration using radiative transfer code based on boubling-adding method, Minutes of the ASTER Science Team Meeting, June 1996.

## 7. センサの運用

### 7.1 観測モード

ASTER の運用モードとしては、Table 7-1 に示すものが定義されている。昼間は全てのバンドによりデータ取得を行うフルモード、夜間は TIR のみを運用する TIR モードが基本となる。この他に、昼間には VNIR のみを用いる VNIR モードと、VNIR のうちの直下視バンド 3N と後方視バンド 3B のみを用いる立体視モード及び TIR 単独モードがある。また、夜間に SWIR と TIR により、活火山の溶岩などの高温域観測を行うモードが設定されている。

Table 7-1 ASTER の観測モード

	Mission Mode	Sub-System			Data Rate
		VNIR	SWIR	TIR	
Day	Full Mode	*	*	*	89.2 Mbps
	VNIR Mode	*			62.038 Mbps
	TIR Mode			*	4.109 Mbps
	Stereo Mode	*			31.019 Mbps
Night	TIR Mode			*	4.109 Mbps
	SWIR+TIR Mode		*	*	27.162 Mbps

注) Full Mode および VNIR Mode においても 3N と 3B のデータは取得されるが、精度は保証されない。

ASTER は高い空間分解能をもつイメージャであるためデータレートが非常に大きく、ピークデータレートは 89.2Mbps に達する。しかしながら、衛星より ASTER に割り当てられている平均データレートの最大値は連続した軌道 2 周回平均で 8.3Mbps であることから、1 周回あたりの最大センサ運用時間は、昼間（フルモード運用時）および夜間（TIR モード運用時）でそれぞれ 8 分間となる。フルモード運用時に取得される昼間データは、1 日あたり最大で約 780 シーン(1 シーンは 60km×60km)である。

### 7.2 観測シナリオ

ASTER はサイエンスチームメンバー、共同研究者を含む事前に登録されたユーザもしくは機関からの観測要求を受け付ける。観測要求はユーザの種類、取得目的等により、以下のカテゴリが準備されている。

#### 1) DAR (Data Acquisition Request)

ローカルエリアのデータ取得を対象としたものであり、ASTER サイエンスチームメンバー、共同研究者等の ASTER GDS へ登録された研究者より、観測要求が出されるものである。

#### 2) STAR (Science Team Acquisition Request)

ASTER サイエンスチームにより承認された上で出されるものであり、ローカルエリアの観測の他、広範囲な地域のデータ取得、時系列データの取得等を目的とする観測要求である。

る。ローカルエリアの観測の他、特定地域の広範囲なデータ取得、時系列データの取得等を目的としており、ASTER プロジェクトとして重要度の高い地域の観測を行う。なお、ASTER サイエンスプロジェクトの詳細については、ASTER サイエンスホームページを参照のこと。

なお、STAR は以下の 3 種類のサブカテゴリーに分類される。

*i) Local STAR*

主に、ASTERデータの検証・校正を目的として利用される、データ取得要求である。また、火山噴火等の自然災害発生時の緊急観測においても、Local STARによりデータ取得要求が提出される。

*ii) Regional STAR*

ASTER サイエンスプロジェクトとして実施される、広域観測および時系列観測の対象地域に対して提出されるデータ取得要求である。各データ取得地域には研究テーマがあり、日米の ASTER サイエンスチームメンバーにより研究が実施される。

*iii) Global STAR*

ASTER プロジェクトでは、良好な観測条件(太陽高度、被雲率、ゲイン設定等)の全球陸域データをミッション運用期間中に最低 1 回取得することを目標としており、そのためのデータ取得要求である。このデータ取得要求では、観測の重要度に応じて 3 レベルの優先度が設定されており、優先度に従った観測が行われている。

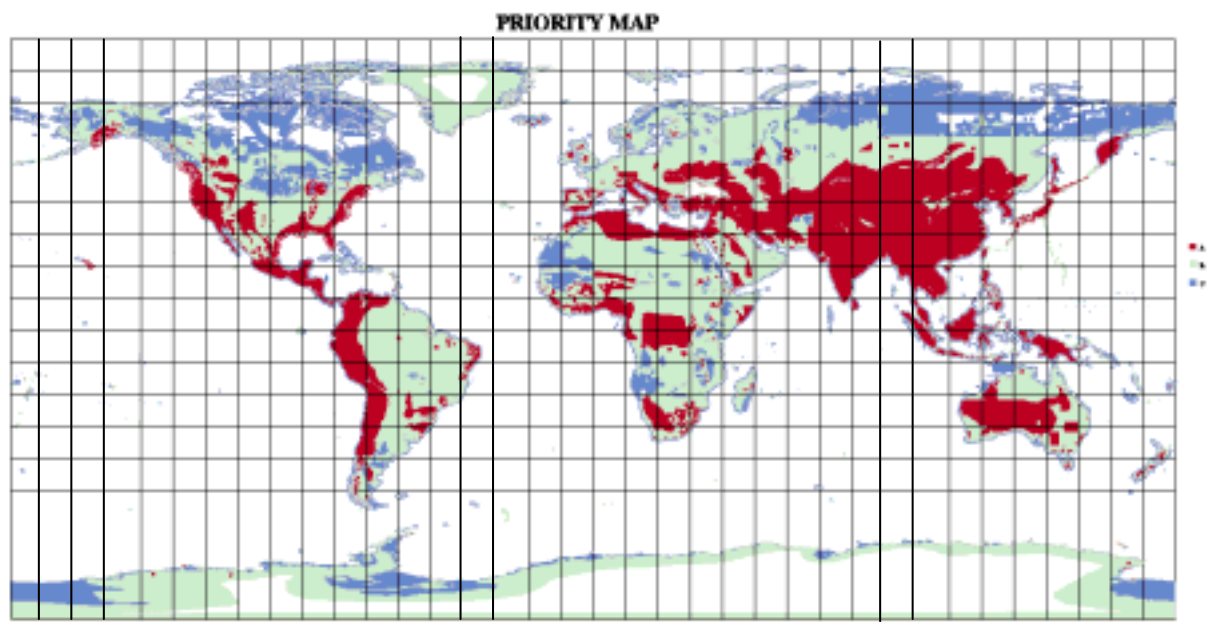


Fig.7-1 Global STAR の優先度マップ (赤：高、緑：中、青：低)



### 3) ETR (Engineering Team Request)

ASTER 機器管理のためのエンジニアリングデータ取得を目的とする観測要求である。なお、ETR はセンサ機器管理者のみから提出されるものであり、研究ユーザから提出されることはない。

## 7.3 ASTER 観測スケジュール

観測要求には、切期限（観測 36 時間前・TBR）が設けられるが、自然災害などの事前に予測不可能な事態に対応するため、期限後も“Urgent”データとして受け付けを行い、その緊急性、重要性、他の観測への影響等に基づいて受け入れの可否が判断される(共同研究者からの“Urgent”データの扱いについては、Part I 4.1 節を参照のこと)。また、STAR には、出来る限り良い条件（太陽高度、雲量等）のデータを全陸域について一回取得することを目的とする、グローバルマッピングが含まれている。

提出された観測要求は、受け入れの可否が判断された後に様々な要因や条件によって優先付けされ、最終的に 1 日の観測スケジュール(ODS : One Day Schedule) として取りまとめられる。作成された ODS は、観測対象日開始 27 時間前までに、日本側から米国の EOS 運用センター(EOC)へ送られる。さらに、“Urgent”データの受け付け等により ODS の変更が生じた場合には観測開始の 7 時間前までに EOC へ送られ、スケジュールが更新される予定である。

## 8. 関連ホームページ

ERSDAC Home Page	<a href="http://www.ersdac.or.jp/">http://www.ersdac.or.jp/</a>
ASTER Science Home Page	<a href="http://www.science.aster.ersdac.or.jp/">http://www.science.aster.ersdac.or.jp/</a>
ASTER GDS Home Page	<a href="http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/">http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/</a>
U.S. ASTER Home Page	<a href="http://asterweb.jpl.nasa.gov/">http://asterweb.jpl.nasa.gov/</a>
Terra Home Page	<a href="http://terra.nasa.gov/">http://terra.nasa.gov/</a>
EOSDIS Home Page	<a href="http://eosps0.gsfc.nasa.gov/eos_homepage/eosdis.html">http://eosps0.gsfc.nasa.gov/eos_homepage/eosdis.html</a>
ASTER Standard Products Algorithm Theoretical Basis Documents	<a href="http://eosps0.gsfc.nasa.gov/atbd/astertables.html">http://eosps0.gsfc.nasa.gov/atbd/astertables.html</a>
Earth Observing System Home Page	<a href="http://eos.nasa.gov/">http://eos.nasa.gov/</a>
EOS Project Science Office	<a href="http://eosps0.gsfc.nasa.gov/">http://eosps0.gsfc.nasa.gov/</a>
Mission to Planet Earth Flight and Ground System Program	<a href="http://mtpe.gsfc.nasa.gov/">http://mtpe.gsfc.nasa.gov/</a>
ECS Data Handling System (EDHS)	<a href="http://edhs1.gsfc.nasa.gov/">http://edhs1.gsfc.nasa.gov/</a>
NASA HQ-Mission to Planet Earth	<a href="http://www.hq.nasa.gov/office/mtpe/">http://www.hq.nasa.gov/office/mtpe/</a>
Global Land Information System	<a href="http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/glis.html">http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/glis.html</a>
JPL Home Page	<a href="http://www.jpl.nasa.gov/">http://www.jpl.nasa.gov/</a>
NASA Home Page	<a href="http://www.nasa.gov/">http://www.nasa.gov/</a>
NASA GSFC Home Page	<a href="http://www.gsfc.nasa.gov/">http://www.gsfc.nasa.gov/</a>
HDF Information Page	<a href="http://hdf.ncsa.uiuc.edu/about.html">http://hdf.ncsa.uiuc.edu/about.html</a>

## 9. 略語集

ADN	ASTER Data Network
AOS	ASTER Operation Segment
API	Applications Program Interfaces
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
ATBD	Algorithm Theoretical Basis Document
CCB	Change Control Board
CEOS	Committee on Earth Observations Satellites
CINTEX	CEOS Catalog Interoperability Experiment
CM	Configuration Management
COFUR	Cost of Fulfilling User Request
COTS	Commercial Off-the-Shelf
CSMS	Communications and System Management Segment
DAAC	Distributed Active Archive Center
DADS	Data Archive and Distribution System
DAR	Data Acquisition Request
DAS	Data Access System, Data Analysis Subsystem, Direct Access System
DB	Direct Broadcast
DCE	Distributed Computing Environment
DDL	Direct Down Link
DP	Direct Playback
DPS	Data Processing Subsystem
DRS	Direct Receiving Subsystem
DSN	Deep Space Network
EBnet	EOSDIS Backbone Network

Ecom	EOS Communications Network
ECS	EOS Core System
EDS	Expedited Data Set
EDOS	EOS Data and Operations System
EGS	EOS Ground System
EOC	EOS Operations Center
EOS	Earth Observing System
EOSDIS	EOS Data and Information System
ERSDAC	Earth Remote Sensing Data Analysis Center
ESDIS	Earth Science Data and Information System
ETR	Engineering Team Request
FOS	Flight Operations Segment
GDS	Ground Data System
GSFC	Goddard Space Flight Center
GSMS	Ground System Management Subsystem
ICC	Instrument Control Center
IGS	Integrated Ground System
IMS	Information Management System
IOT	Instrument Operations Team
IST	Instrument Support Terminal
IWG	Investigator Working Group
JAROS	Japan Resources Observation System Organization
JPL	Jet Propulsion Laboratory
MITI	Ministry of International Trade and Industry
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

MOU	Memorandum of Understanding
MTPE	Mission to Planet Earth
MTTRS	Mean Time to Restore Service
MUX	Multiplexer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCC	Network Control Center
NSI	NASA Science Internet
ODCs	Other Data Centers
OICD	Operations Interface Control Drawing
PGS	Product Generation System
PIP	Project Implementation Plan
POSIX	Portable Operating System Interface
PSO	Project Science Office
SCF	Scientific Computing Facilities
SDPS	Science Data Processing Segment
SID	Space Industry Division
SISS	Software Implementation Support Subsystem
SMC	System Monitoring and Coordination
SSSG	Software Implementation Support Subsystem
STAR	Science Team Acquisition Request
SWIR	Short Wave Infrared Radiometer
TDRSS	Tracking and Data Relay Satellite System
TIR	Thermal Infrared Radiometer
TOO	Target of Opportunity
U.S.	United States

VNIR Visible and Near Infrared Radiometer  
xAR ASTER Instrument Activity Requests