



# ASTER

ユーザーズガイド

第2編

(ASTERレベル1データプロダクト編)

Ver.5.1

2007年3月

## ERSDAC

財団法人 資源・環境観測解析センター

## 目 次

### (第二編 ASTERレベル1データプロダクト編)

1. レベル1処理とデータプロダクト概要 .....	1
2. レベル1A処理アルゴリズム .....	4
2.1. レベル0データ .....	4
2.2. 初期処理 .....	5
2.3. ラジオメトリック補正 .....	7
2.4. 幾何補正の仕組み .....	11
2.5. システム幾何補正 .....	12
2.6. 視差誤差補正 .....	19
2.7. 望遠鏡間のバンド間レジストレーション補正 .....	21
2.8. 幾何係数作成 .....	24
2.9. 被雲率評価 .....	25
3. レベル1B処理アルゴリズム .....	27
3.1. 地図投影 .....	27
3.2. リサンプリング .....	28
4. レベル1Aデータプロダクト .....	29
4.1. 内容概要 .....	29
4.2. 画像データ .....	31
4.3. 輝度補正係数 .....	33
4.4. 幾何補正係数 .....	35
4.5. メタデータ .....	36
4.6. サプリメントデータ .....	36
5. レベル1Bデータプロダクト .....	37
5.1. 内容概要 .....	37
5.2. 画像データ .....	39
5.3. 輝度パラメータ .....	40
5.4. 幾何パラメータ .....	43
5.5. 地表画素位置データ .....	45
5.6. 不良画素置換法 .....	46
5.7. メタデータ .....	47
5.8. サプリメントデータ .....	49
6. ブラウズデータプロダクト .....	50
6.1. ブラウズデータプロダクト .....	50
7. データ品質情報 .....	52
7.1. 要求品質（仕様） .....	52
7.2. 校正、検証活動 .....	53
7.3. データ品質現況 .....	55
7.4. 地表画素位置誤差情報1 .....	56
7.5. 地表画素位置誤差情報2 .....	58
7.6. 輝度係数改訂方式の変更 .....	60
7.7. LEVEL-1A最新化とデータ品質 .....	62



# 1. レベル1処理とデータプロダクト概要

はじめに：ASTERは、Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometerの略称である。ASTER センサは、日米加の国際協力の下に1999年12月に打ち上げられた極軌道衛星Terraの5つのセンサの一つで、MODISと共にコア・センサとして搭載される高機能マルチスペクトル光学センサである。ASTERは、高波長分解能、高空間分解能、高ラジオメトリック分解能をもって可視光から熱赤外までの広い波長範囲を、Table 1-1に示したような14スペクトルバンドでカバーすることができる。広い波長範囲は波長範囲に依存して3つの望遠鏡、即ち、空間分解能15mのVNIR (Visible and Near Infrared Radiometer), 30 mの空間分解能のSWIR (Short Wave Infrared Radiometer), 90 mの空間分解能を有するTIR (Thermal Infrared Radiometer), でカバーしている。さらに、立体視をするため近赤外バンド (バンド3B)にもう一つの望遠鏡が0.6のB/H比で付加されている。より詳細なセンサの情報やサイエンス目的に関しては第1部を参照して頂きたい。

ASTER センサは複数望遠鏡より構成されるため、それぞれの望遠鏡の光軸の独立したふらつきに由来する、バンド間ミスレジストレーションなどの補正のために画像合わせの複雑な処理を必要とする。また、一つの焦点面に全部バンドの検出素子を配置せざるを得ないSWIRの焦点面の検出素子の構成に由来する視差誤差(パララックス)補正処理も重要になる。これらの処理には画像合わせ手法が採用される。

ASTERのレベル1データには二つのタイプのプロダクト、即ち、レベル1Aとレベル1Bがある。レベル1Aデータは利用し易いように再構成され、補正のための係数は添付されているが、実際には画像データにリサンプリング等の処理は施されていないプロダクトである。具体的には、画像データ、ラジオメトリック補正係数、幾何補正係数、その他の補助情報からなる。レベル1Bデータは画像データに補正係数を適用することによりラジオメトリック補正と、幾何補正を施しそのまま画像として見ることのできるプロダクトである。

全ての取得データはレベル1Aプロダクトまでは処理される。ASTERは高空間分解能であることスペクトルバンド数が多いことからデータ量は膨大である。ASTERに割り当てられている平均データレートは8.3 Mbpsである。これは大雑把に言って8%の観測率に相当する。これらを考慮すると一日に取得するデータ量は約80 GBにも達することになる。取得するデータは最大1日780シーンになり、このうち1日当たり最大310シーンまではレベル1Bまで処理される。

Table 1-1 スペクトルバンド

Subsystem	Band No.	Spectral Range ( $\mu\text{m}$ )	Spatial Resolution
VNIR	1	0.52 - 0.60	15 m
	2	0.63 - 0.69	
	3N	0.78 - 0.86	
	3B	0.78 - 0.86	
	4	1.600 - 1.700	
SWIR	5	2.145 - 2.185	30 m
	6	2.185 - 2.225	
	7	2.235 - 2.285	
	8	2.295 - 2.365	
	9	2.360 - 2.430	
	10	8.125 - 8.475	
TIR	11	8.475 - 8.825	90 m
	12	8.925 - 9.275	
	13	10.25 - 10.95	
	14	10.95 - 11.65	

**総合処理フロー概要**：Figure 1-1に総合処理フローの要約を示す。EDOS (EOS Data and Operations System) から送られてくるCCSDS (Consultative Committee for Space Data System) 準拠の packets 化されたレベル0データは、初期処理 (front-end processing) 段階においてレベル0Aデータに処理される。この初期段階処理はセンサからのソースデータを再現するための処理、各スペクトルバンド毎に分離・統合して、BIP形式からBSQ (Band Sequential) 形式に変換する処理からなっている。SWIRとTIRの検出素子のスタガー配列の補正もなされる。レベル0Aデータは、VNIRグループデータ、SWIRグループデータ、TIRグループデータの3つのグループデータから構成される。各グループデータは画像データ、センサ補足情報、衛星付属情報より構成されている。TIRには各観測毎の短周期構成データも付加されている。レベル0Aデータは、観測ストリップ毎に纏められていてシーン毎には分離されていない。

さらに、レベル0Aデータに対してシステム幾何補正とラジオメトリック補正のための係数が算出され、これらを付加したレベル0Bデータが生成される。システム幾何補正は衛星の付属情報とセンサの補足情報のみを用いて、検出素子の視線ベクトルから座標変換等の手法により観測地点を算出する処理である。ラジオメトリック補正は、ラジオメトリックデータベースファイルに収容されているラジオメトリック関連係数に対して、センサの補足情報に含まれるセンサ自体の温度情報を利用して観測データを取得した時点での係数に補正する処理である。レベル0Bデータは画像合わせと被雲率評価に用いられる。

SWIRの視差誤差は軌道平行方向への検出素子の配列オフセット(Figure 8a)によって引き起こされ、衛星と観測地点の距離に依存する。このSWIR視差誤差補正はレベル0Bデータを用いた画像合わせまたは粗い分解能のDEMデータベースによって行われる。どちらが用いられるかは主として被雲率によって決められる。

SWIRとTIRのデータに対しては、異なった望遠鏡にまたがるスペクトルバンド間のレジストレーションがVNIRバンド2に対して施される。補正係数はSWIRに対してはバンド6、TIRに

対してはバンド11が画像合わせの代表バンドとして使用される。他のバンドは焦点面の検出素子の配列寸法を用いて代表バンドの係数を案分して適用される。

シーンカットは、予め決められているASTER WRSに従ってレベル0Bデータに対して実行される。各グループのデータは軌道平行方向に60 km毎に分割される。バンド3Bに対しては、軌道直交方向のポインティングによる画像回転分の補償を追加考慮して81 kmのシーン長になる。

全ての幾何補正処理とシーン分割に引き続いて、各シーンに対する一組の位置データが生成される。最終的には、観測ブロック（ブロックサイズについてはシステム幾何補正の項を参照）毎に緯度/経度で表される一組の位置データとしてまとめられる。

レベル1Aデータは画像データ、ラジオメトリック係数、幾何係数（位置データ）、各種補助データ（ヘッダー情報）より構成されている。レベル1Bデータはこれらのラジオメトリック係数、幾何係数を画像データに適用（リサンプリング）して生成される

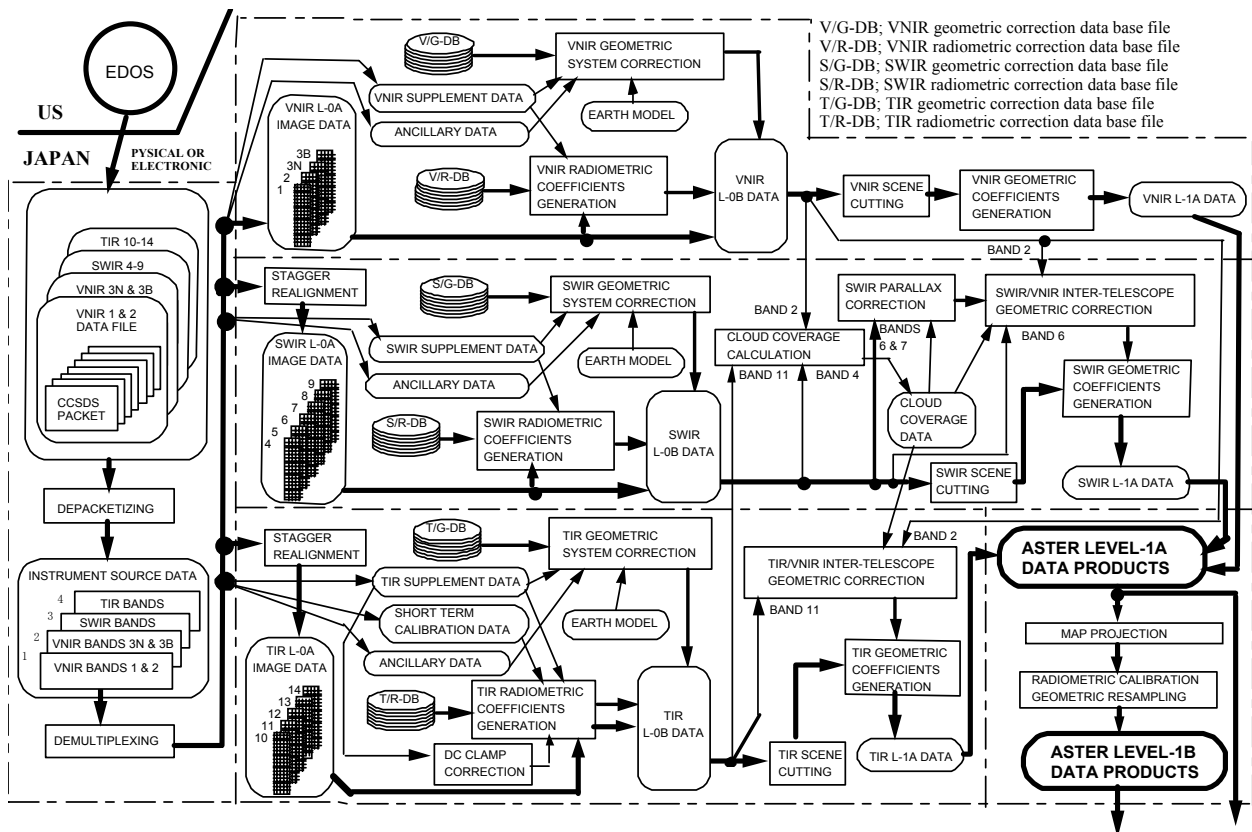


Figure 1-1 総合処理フロー

## 2. レベル1A処理アルゴリズム

### 2.1. レベル0データ

レベル0データセット：Figure 2-1に示したように、レベル0データはCCSDS形式にパッケージ化され、EDOSから日本の地上処理施設に送られてくる。レベル0データはAPID (Application Process Identification) に従って4つのグループに分けられている。グループ1はVNIR バンド1と2、グループ2はVNIR バンド3Nと3B、グループ3はSWIRの全データ、グループ4はTIR の全データを含んでいる。各グループは画像データ、各センサの補足情報(Supplement Data)、衛星の付属情報(Ancillary Data)より構成されている。

ASTERには10進法で256 - 319の数字相当のAPIDが割り当てられている。データの内容（画像データ、センサ補助データ、衛星付属データ）、データグループ、運用モード（観測モード、校正モード、テストモード）によって異なったAPIDが割り当てられ、第一ヘッダーに格納されている。

パッケージはまず第2ヘッダーの時刻タグデータ(time tag)によって選別され、次いでAPIDによって画像データ、センサ補助データ、衛星付属データの順にならべられる。パッケージによってはセンサ補助データと衛星付属データが同じパッケージに格納されていることもある。同じAPIDを持つグループにおいては、各パッケージは第1ヘッダーのシーケンスカウンター (sequential counter) の順に並べられる。

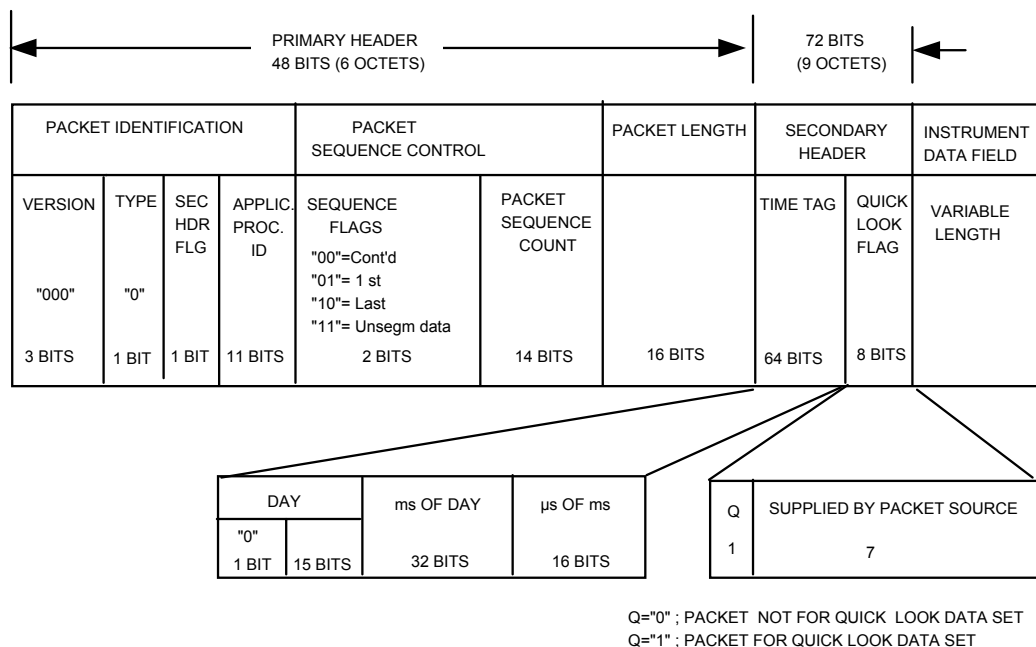


Figure 2-1 CCSDSレベル0パッケージ形式

## 2.2. 初期処理

**パケット分解**：各グループのデータはセンサのソースデータを再現するために、第1ヘッダー内のシーケンスカウンター、フラッグ、第2ヘッダー内の時刻タグを用いて並べ替えられる。Figure 2-2に示すように、センサソースデータにおいてはスペクトルバンド情報はBIP(Band Interleaved by Pixel)形式で配置されている。センサ補助データと衛星付属データは各走査ラインに対応する画像データ毎に添付されている。

VNIR (1): Bands 1 & 2		
IMAGE DATA (BIP FORMAT) 65,600 BITS	VNIR SUPPLEMENT DATA 400 BITS	ANCILLARY DATA 512 BITS
VNIR (2): Bands 3N & 3B		
IMAGE DATA (BIP FOMAT) 65,600 BITS	VNIR SUPPLEMENT DATA 400 BITS	ANCILLARY DATA 512 BITS
SWIR: Bands 4 - 9		
IMAGE DATA (BIP FORMAT) 98,304 BITS	SWIR SUPPLEMENT DATA 328 BITS	ANCILLARY DATA 512 BITS
TIR: Bands 10 - 14		
IMAGE DATA (BIP FORMAT) 453,120 BITS	TIR SUPPLEMENT DATA 79,312 BITS	ANCILLARY DATA 512 BITS

Figure 2-2 センサソースデータ形式

**データの構成変更**：センサのソースデータは各スペクトルバンド毎に分離するBSQ(Band Sequential)形式に構成変更され、VNIRグループ、SWIRグループ、TIRグループに分けられる。各グループデータは各スペクトルバンドに対応する画像データ、センサ補助データ、衛星付属データから構成される。TIRグループのみは、各観測に先立って行われる短周期校正データが含まれる。各グループデータの処理を独立して実行できるように、付属情報は全てのグループに含ませている。この段階では画像データはまだシーン毎に分けられず、連続した観測単位毎のストリップ状になっている。このデータセットはレベル0Aデータセットと定義され、処理段階でのみ存在する暫定プロダクトである。



スタガー配列の補償：SWIRとTIR画像に対してはスタガー配列の補償をして同じスペクトルバンドの同一ライン状の画素は総て一列に並ぶようにする。これはレベル0画像の画素番地に変更を加えることによって実現される。この補償の主たる目的は、より現実的な画像を初期の段階で得ることとレベル1A処理で行われる画像合わせ処理をできるだけ簡単化するためである。

SWIRサブシステムは軌道直交方向の各走査毎に一ラインのデータを電子的に同時に取得する方式を採用している。検出素子の配列は奇数と偶数番号の素子がFigure 2-3(a)に示すようにスタガー状に配列されている。画素番号の変更は奇数と偶数素子の中心位置の差を補償することによって行われる。具体的には±1だけ軌道平行方向の番号を変更すれば可成り良い近似で補償できる。

TIR画像は各スペクトルバンド10素子、合計50素子の検出素子による機械走査で得られる。各バンドの10個の素子はFigure 2-3(b)に示すように奇数と偶数の間に軌道直交方向に差があり、これを補償する必要がある。具体的には±4だけ軌道直交方向の番号を変更すれば良い近似で補償できる。

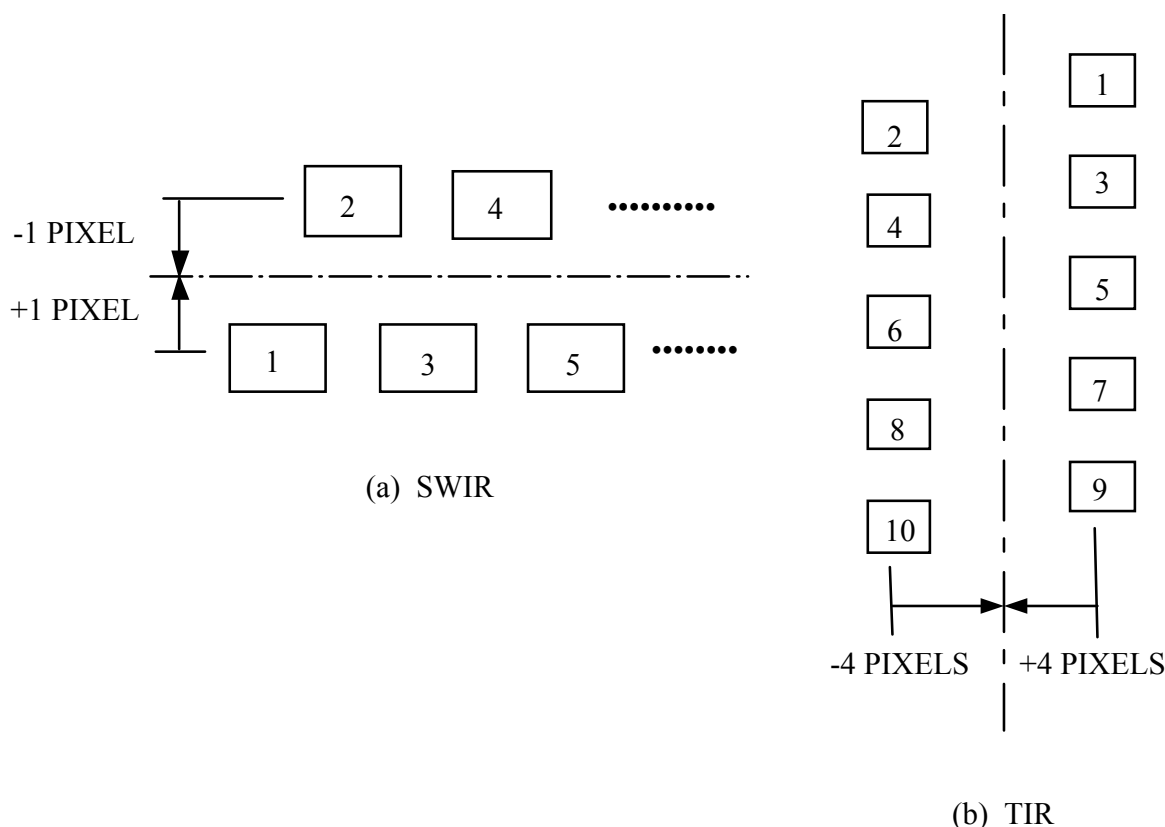


Figure 2-3 スタガー配列されたSWIRとTIR検出素子の配列変更

## 2.3. ラジオメトリック補正

**概要：**ラジオメトリック係数は2段階で作成される。第1段階は予め設定された参照温度でのラジオメトリック係数を作成するための段階で、レベル1処理とは切り離してオフライン処理される。これらの係数はセンサの安定度に依存して長期間有効であり、温度係数と共にラジオメトリックデータベースファイルに格納されている。一組のオフセットと感度係数データがVNIRとSWIRバンドには必要である。TIRバンドには、一組のオフセット、直線感度係数、非直線感度係数が必要である。必要に応じて、初期運用中に得られた画像を解析して画像中のストライプ除去処理パラメータも生成される。

第2段階は実際の観測データ取得中のセンサの状況（検出素子の温度、デュワーの温度等）に応じた補正をする段階であり、レベル1処理中に実行されるオンライン処理である。

**ラジオメトリック補正データベースの作成：**打ち上げ前に地上で積分球を用いた測定により、参照温度に対するラジオメトリック係数が評価される。更に、打ち上げ後は機上校正機能や地上観測データを用いて定期的な評価を実施し、必要に応じて更新される。機上校正は安定度を確認するために17日の周期で実施する計画になっている。

これらのラジオメトリック係数は温度係数と共にオンラインパラメータファイルとしてレベル1処理中に用いられる。総ての温度係数に対しては地上での測定値が全運用期間中用いられる。

要求されている絶対精度は、VNIRとSWIRについては4%、TIRについては対象物温度に応じて1-3 Kである。

**各観測毎のVNIR用ラジオメトリック係数の作成：**Figure 2-4(a)にVNIRのラジオメトリック係数作成アルゴリズムフローを示す。観測中の検出素子の温度が唯一の補正すべきパラメータである。予め格納されている参照温度からの差に応じてラジオメトリック係数は補正される。通常の正常な運用状況において想定される温度範囲ではこの補正は不要である。

**各観測毎のSWIR用ラジオメトリック係数の作成：**Figure 2-4(b)にSWIRのラジオメトリック係数作成アルゴリズムフローを示す。観測中の検出素子とデュワー温度が補正すべきパラメータである。予め格納されている参照温度からの差に応じてラジオメトリック係数は補正される。正常な動作状況の下では検出素子温度は $77\pm 0.2$  K範囲に正確に制御されている。従って、検出素子温度に対する補正は正常運用の状況では不要である。

SWIRの検出素子は、波長が5ミクロンまでの室温の熱放射に対しても感度があり、バンドパスフィルターが完全にはこの波長範囲を遮断できないためセンサの各部からの熱放射がオフセットに影響する。デュワーの影響が大半を占めるためデュワー温度を代表値として熱放射の補正をする。

**各観測毎のTIR用ラジオメトリック係数の作成:** Figure 2-4(c)にTIRのラジオメトリック係数作成アルゴリズムフローを示す。データベース中に格納されている直線感度係数と非直線感度係数が検出素子の温度に対して補正される。ただし、正常な動作の下では検出素子の温度は $80\pm 0.2$  Kに正確に制御されているので補正は不要である。

連続した観測ストリップ毎のオフセットデータは、各観測に先立って搭載黒体を見る短周期校正と呼ばれる方法で得られる。この時の搭載黒体の温度はセンサ補足情報としてレベル0データ中に含まれている。

チョッパー温度の変化によるオフセットデータの補正は短周期校正時のチョッパー温度からの変化を用いて解析される。チョッパー温度補正は、DCクランプ補正と共に、レベル0画像データのDN値に対して行われる。チョッパー温度は各走査毎のセンサ補足データ中に含まれているので、この補正は各走査(10ライン) 毎に実行が可能である。

画像データの補正はレベル0Bデータとレベル0データとの間のDN値に僅かな差を生じさせる。TIRのレベル0データは12ビットで量子化されているので、最小ビット(LSB)は $NE\Delta T$ に比べて非常に小さく、重要な丸め誤差は生じないと考えて良い。

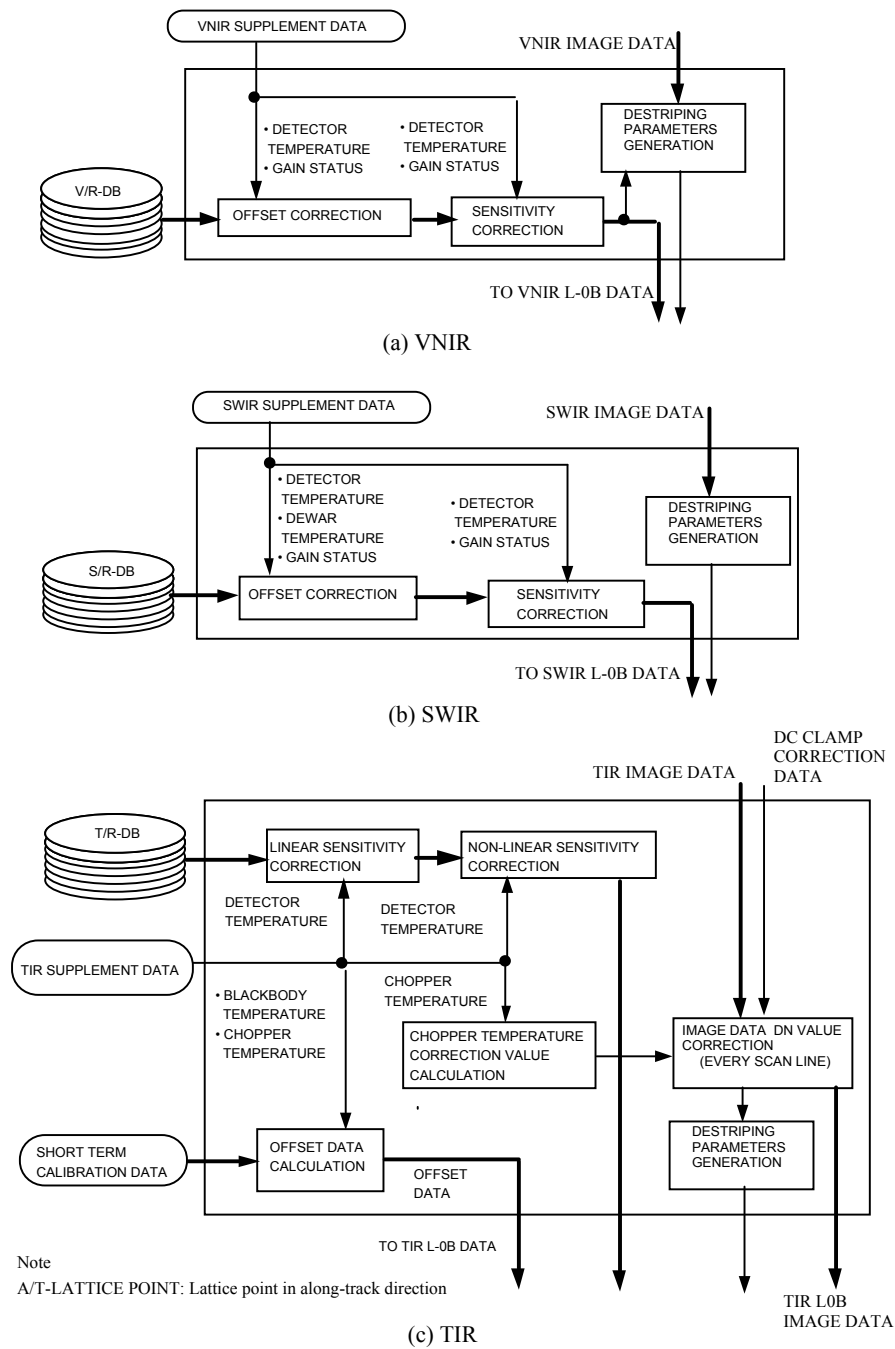


Figure 2-4 ラジオメトリック係数作成フロー

**TIR DCクランプ補正**： TIR検出素子は、各走査毎にチョッパーを見るようになっている。その際のTIRの出力電圧はバンド10 - 12では $-1.4\text{ V} \pm \Delta V_n$ 、バンド13 - 14では $-0.9\text{ V} \pm \Delta V_n$ でクランプされる。ごく小さな電圧 $\Delta V_n$ はクランプの瞬間の雑音電圧である。これは、各走査毎にランダムに変化するため正確にクランプするためには補正する必要がある。

Figure 2-5はTIR DCクランプ補正のフローを示す。正確なクランプ出力(DN値) はチョッパーデータとして一つ前の走査のセンサ補足データに含まれており、補正処理に利用可能である。一回の走査毎に100個のチョッパーデータが取られており、これを平均することにより雑音成分を減らして $\pm \Delta V_n$ に相当するクランプ誤差解析がなされる。この誤差はTIRラジオメトリック補正モジュールに送られTIRレベル0A画像データから差し引かれ、レベル0Bデータが生成される。

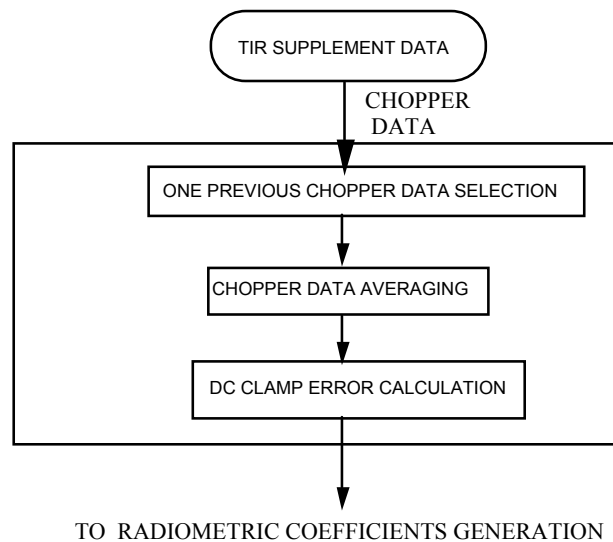


Figure 2-5 TIR DCクランプ補正

## 2.4. 幾何補正の仕組み

**概要：**幾何補正は、3つの段階からなっている。第1段階は、レベル1処理とは切り離れたオフライン処理で検出素子の視線ベクトルとポインティング軸情報を求めることである。これらのパラメータはセンサの安定度に依存して長期間有効であり、幾何補正データベースファイルとして格納される。

第2段階は、観測している画素の位置を幾何データベースファイルに含まれる幾何パラメータとセンサ並びに衛星から供給される技術情報に基づいて、レベル1処理中にオンライン処理で求めることである。この処理は「システム幾何補正」といわれる。

第3段階は、画像合わせ技術によりバンド間レジストレーション精度を向上させるオンライン処理である。これは二つの部分からなっている。一つはSWIR視差誤差補正であり、もう一つは望遠鏡間レジストレーションである。

**幾何補正データベースの作成：**幾何補正データベースファイルは検出素子の視線ベクトル、ポインティング軸ベクトル、エンコーダ値から角度への変換係数を含んでいる。検出素子の視線ベクトルとポインティング軸ベクトルは衛星の航法基準(NBR)に対しての値である。打ち上げ前の地上測定期間中のコリメータによる測定とセンサの衛星の取り付け情報により求められる。

これらの幾何パラメータは、打ち上げ後の地表参照点(GCP)との比較やバンド間レジストレーションのための画像合わせ技術、いわゆる幾何検証活動の結果を反映させて更新される。

## 2.5. システム幾何補正

**概要：**システム幾何補正は衛星の付属情報とセンサの補足情報のみを用いて、検出素子の視線ベクトルから座標変換等の手法により観測地点を算出する処理である。観測地点は地表と視線ベクトルの延長線の交点として求められる。センサと衛星の技術情報は、それぞれセンサの補足データ (supplementary data)、衛星の付属データ (ancillary data) と呼ばれている。選ばれたベクトルの数を除けば、システム幾何補正は3つのサブシステムに対して殆ど同じである。Figure 2-6にシステム幾何補正のフローを示す。

画像データは軌道直交方向、軌道平行方向共にブロックに分割される。ブロックの大きさは以下の通りである。

VNIRバンド 1, 2, 3N:	410 x 400 画素
VNIRバンド 3B:	500 x 400 画素
SWIR全バンド:	20 x 20 画素
TIR全バンド:	72 x 70 画素

これらの大きさは、軌道直交方向に対しては焦点面上の光学像の歪み、軌道平行方向に対しては衛星の姿勢安定度を考慮して決められた値である。座標変換は選定された検出素子の視線ベクトルに対してのみ行われる。選定された検出素子の数は、VNIR, SWIR, TIRに対してそれぞれ11、104、11である。これらは、軌道直交方向のレベル0画像の各ブロックの隅の数に相当している。軌道直交方向の端ではダミー画素を導入してブロックが完結するようにしている。

システム幾何補正は以下のような幾つかの部分に分割されている。

- (1) ポインティング補正
- (2) 衛星航法基準座標系から軌道座標系への変換
- (3) 軌道座標系から地球慣性座標系への変換
- (4) 地球慣性座標系から地球固定座標系 (地球グリニッジ座標系) への変換
- (5) 地球表面と視線ベクトルの延長線との交点の決定

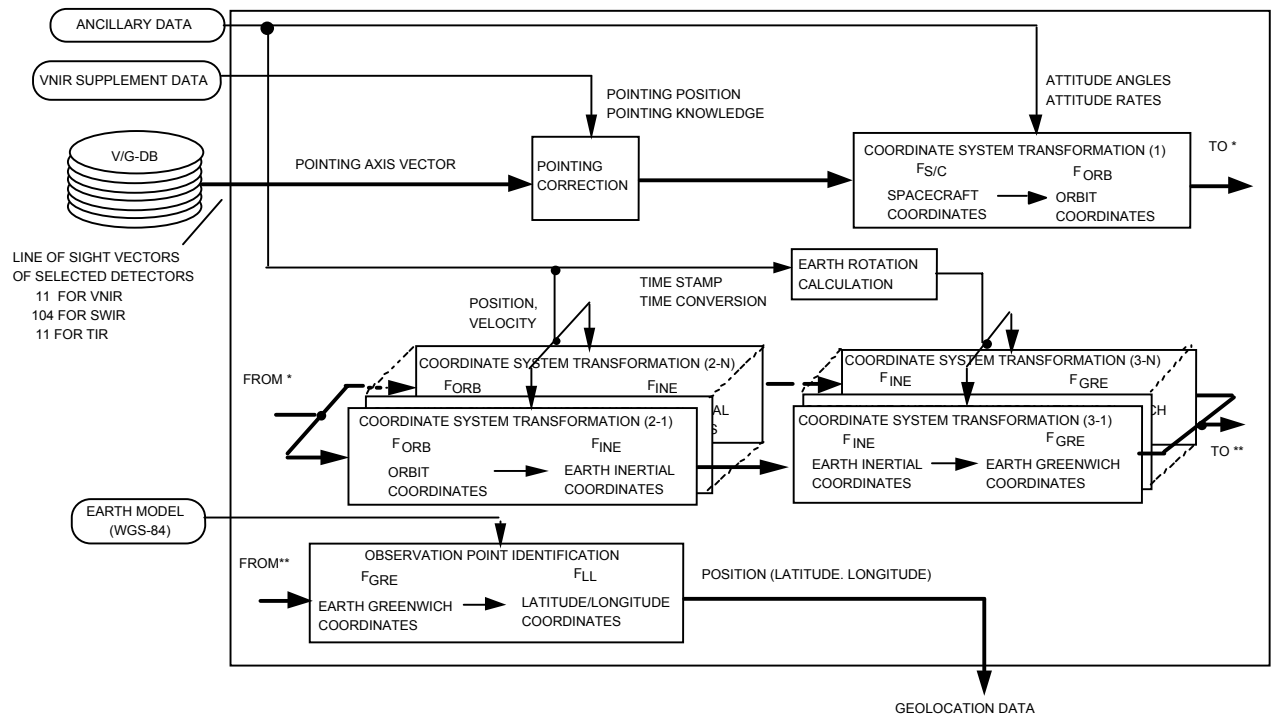


Figure 2-6 システム幾何補正のフロー



**ポインティング補正**: 幾何データベースファイルに格納されている視線ベクトルはポインティング位置が直下の場合の値である。ポインティングを直下以外にした場合には、センサ補足情報に含まれているポインティング角度データを用いて、視線ベクトルをポインティング軸に対して回転させる変換が必要になる。

ポインティング角度  $\beta$  の時の視線ベクトル  $\mathbf{S}_0$  から  $\mathbf{S}$  への変換は次の式でなされる。

$$\begin{bmatrix} S_X \\ S_Y \\ S_Z \end{bmatrix} = M^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & -\sin \beta \\ 0 & \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} M \begin{bmatrix} S_{0X} \\ S_{0Y} \\ S_{0Z} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

ここで、

$S_{0x}, S_{0y}, S_{0z}$ : ポインティング前の視線ベクトル  $\mathbf{S}_0$  の x, y, z 成分

$S_x, S_y, S_z$ : ポインティング後の視線ベクトル  $\mathbf{S}$  の x, y, z 成分

$$M \equiv \begin{bmatrix} \cos \theta_{yaw} & \sin \theta_{yaw} & 0 \\ -\sin \theta_{yaw} & \cos \theta_{yaw} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_{pitch} & 0 & -\sin \theta_{pitch} \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_{pitch} & 0 & \cos \theta_{pitch} \end{bmatrix}, \quad (2-2)$$

$$M^{-1} \equiv \begin{bmatrix} \cos \theta_{pitch} & 0 & \sin \theta_{pitch} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_{pitch} & 0 & \cos \theta_{pitch} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_{yaw} & -\sin \theta_{yaw} & 0 \\ \sin \theta_{yaw} & \cos \theta_{yaw} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2-3)$$

$$\Delta \theta_{yaw} \equiv \sin^{-1}(P_y), \quad (2-4)$$

$$\Delta \theta_{pitch} \equiv -\tan^{-1}(P_z/P_x), \quad (2-5)$$

$P_x, P_y, P_z$ : NBR座標系におけるポインティング軸の単位ベクトルの x, y, z 成分

Figure 2-7にポインティング軸とNBR座標系の関係を示す。角度  $\Delta \theta_{yaw}$  と  $\Delta \theta_{pitch}$  はそれぞれポインティング軸を  $X_{NBR}$  方向に合わせるためのヨーとピッチの回転角度である。

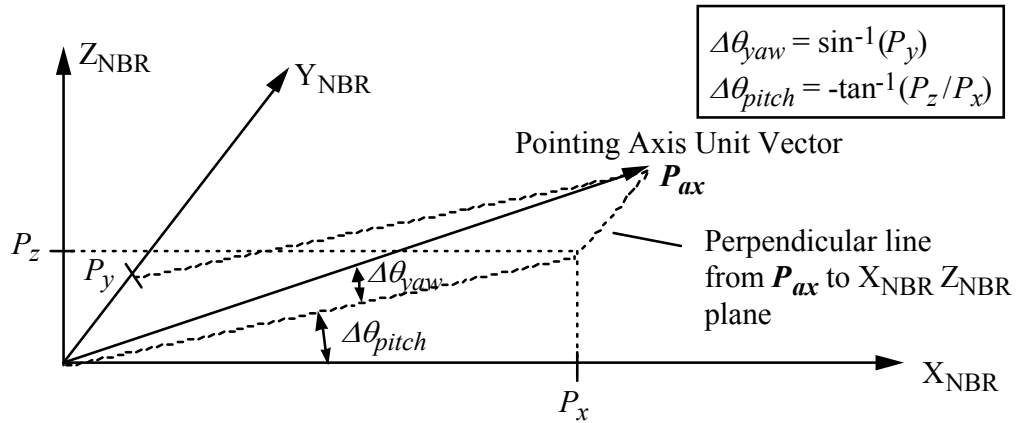


Figure 2-7 NBR座標系でのポインティング軸ベクトル

**衛星座標系から軌道座標系への変換：**衛星座標系（正確には衛星航法座標系）は軌道座標系と少しばかり異なっている。その差は衛星の姿勢制御の精度に由来している。姿勢制御の誤差は衛星付属情報の中に格納されている。軌道座標系は右手直交座標系である。+z 軸は衛星の重心から地球の中心に向けた方向、+y 軸は z 軸と衛星の瞬時速度ベクトルの両者に直交した方向、+x 軸は上記 z 軸と y 軸とともに右手直交座標系を形成する方向である。この処理は衛星付属情報の姿勢角と姿勢角速度を用いて行われる。

衛星航法座標系における視線ベクトルは衛星付属情報中の姿勢角データを用いて以下のような変換式で軌道座標系に変換される。

$$\mathbf{S}_{OR} = F_{SO\cdot yaw} F_{SO\cdot pitch} F_{SO\cdot roll} \mathbf{S} , \quad (2-6)$$

ここで、 $\mathbf{S}$ ：衛星航法座標系で表現した視線ベクトル、  
 $\mathbf{S}_{OR}$ ：軌道座標系で表現した視線ベクトル、

$$F_{SO\cdot roll} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\alpha_{roll}) & \sin(-\alpha_{roll}) \\ 0 & -\sin(-\alpha_{roll}) & \cos(-\alpha_{roll}) \end{bmatrix} , \quad (2-7)$$

$$F_{SO\cdot pitch} \equiv \begin{bmatrix} \cos(-\alpha_{pitch}) & 0 & -\sin(-\alpha_{pitch}) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(-\alpha_{pitch}) & 0 & \cos(-\alpha_{pitch}) \end{bmatrix} , \quad (2-8)$$

$$F_{SO \cdot yaw} \equiv \begin{bmatrix} \cos(-\alpha_{yaw}) & \sin(-\alpha_{yaw}) & 0 \\ -\sin(-\alpha_{yaw}) & \cos(-\alpha_{yaw}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2-9)$$

$\alpha_{roll}$ ,  $\alpha_{pitch}$ ,  $\alpha_{yaw}$ : 衛星付属情報に含まれる衛星姿勢データのロール、ピッチ、ヨー成分の角度。

**軌道座標系から地球慣性座標系への変換**: この変換は、軌道座標系から慣性空間における地球中心座標系への変換である。衛星の進行に基づいて、2次元アレイベクトルがこの変換の結果として得られる。アレイ次元は観測時間に依存している。即ち、衛星進行方向のアレイ次元は観測時間中に衛星の進行方向に沿って観測された画素の数に相当する。軌道座標系から地球慣性座標系への視線ベクトルの変換は衛星の位置と速度データを用いて行われる。Terra の軌道制御は平均J2000.0系（西暦2000年1月1日正午の座標系）を用いてなされるため、より正確な地表画素位置決定のために再差運動と章動が考慮される。

軌道座標系から地球慣性座標系への視線ベクトルの変換は衛星の位置と速度データを用いて次の式で行われる。

$$\mathbf{S}_{EI} = F_{OI} \mathbf{S}_{OR}, \quad (2-10)$$

ここで

$\mathbf{S}_{OR}$ : 軌道座標系における視線ベクトル、  
 $\mathbf{S}_{EI}$ : 地球慣性座標系における視線ベクトル、

$$F_{OI} \equiv (\mathbf{T}_x \ \mathbf{T}_y \ \mathbf{T}_z), \quad (2-11)$$

$\mathbf{T}_x \ \mathbf{T}_y \ \mathbf{T}_z$ : 軌道座標系のx, y, z 軸方向の単位ベクトルの地球慣性座標系での表現であり、以下のように定義される。

$$\begin{aligned} \mathbf{T}_x &\equiv \mathbf{T}_y \times \mathbf{T}_z \\ \mathbf{T}_y &\equiv \text{unit}(-\mathbf{R} \times \mathbf{V}) \\ \mathbf{T}_z &\equiv \text{unit}(-\mathbf{R}) \end{aligned} \quad (2-12)$$

$\mathbf{R}, \mathbf{V}$ : 地球慣性座標系で表現した衛星の位置と速度ベクトル

より正確な解析のためには西暦2000年1月1日正午を起点とした地球歳差運動マトリクス  $\mathbf{P}$  と章動運動マトリクス  $\mathbf{N}$  を上述の計算で求めた地球慣性座標系で表した視線ベクトル  $\mathbf{S}_{EI}$  に対してさらに演算する必要がある。

**地球慣性座標系から地球固定座標系への変換:** この変換は地球中心座標系から地球の自転に相当する角度分を考慮した地球固定座標系への変換である。正確な地球自転を解析するために衛星から供給されるUTC時刻はUT1に変換される。

地球慣性座標系から地球固定座標系表現への視線ベクトルの変換は次のような式で行われる。

$$\mathbf{S}_{EF} = F_{IF} \mathbf{S}_{EI}, \quad (2-13)$$

ここで、 $\mathbf{S}_{EI}$ : 地球慣性座標系で表現した視線ベクトル、  
 $\mathbf{S}_{EF}$ : 地球固定座標系で表現した視線ベクトル、

$$F_{IF} \equiv \begin{bmatrix} \cos \theta_g & \sin \theta_g & 0 \\ -\sin \theta_g & \cos \theta_g & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2-14)$$

$\theta_g$ : グリニッジ真恒星時角

**地表観測位置の決定:** 観測地点は地表と視線ベクトルの延長線の交点から決定される。地表モデルとしてWGS-84が用いられる。

まず、視線ベクトルの延長線は次の式で表現できる。

$$\begin{aligned} x &= X + S_{EF \cdot x} r \\ y &= Y + S_{EF \cdot y} r \\ z &= Z + S_{EF \cdot z} r \end{aligned} \quad (2-15)$$

ここで、 $S_{EF \cdot x}, S_{EF \cdot y}, S_{EF \cdot z}$ : 地球固定座標系における視線ベクトル $\mathbf{S}_{EF}$ のx, y, z成分、  
 $X, Y, Z$ : 地球固定座標系における衛星位置のx, y, z成分、  
 $r$ : パラメーター。

地球の表面は次の式で与えられる。

$$(x^2 + y^2)/a^2 + z^2/b^2 = 1, \quad (2-16)$$

ここで、

$$\begin{aligned} a &= 6378136\text{m} \quad (\text{赤道上での地球半径--WGS-84の場合}), \\ b &= a(1-f) \quad (\text{極での地球半径---WGS-84の場合}), \\ f &= 1/298.2572. \end{aligned} \quad (2-17)$$

交点は、(8.2-19)式と(8.2-20)式より求められる。観測地点を $P_x, P_y, P_z$ で表わすと地心緯度 $\psi$ と経度 $\lambda$ は次の式で与えられる。

$$\psi = \tan^{-1}\{P_z/(P_x^2 + P_y^2)^{1/2}\}, \quad (2-18)$$

$$\lambda = \tan^{-1}(P_y/P_x). \quad (2-19)$$

システム補正の精度：Table 2-2に、衛星とセンサの両方を考慮したシステム幾何補正の結果としての地表画素位置の確度を示す。総合的なASTERの地表画素位置決定確度は、衛星の位置確度、姿勢確度、ASTERのポインティング確度によって決まる。SWIRとTIRはレベル1処理過程中にVNIRバンド2に対する画素合わせが行われるので、VNIRの地表画素位置確度のみが重要である。

Table 2-2 地表画素位置確度

		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: Three non-optimal 9 minute TDRS contacts per orbit, GJM2 Geopotential (30 x 30), solar flux of 175, 5 % Cd error, TDRS ephemeris error of 75 meters. Two star trackers, rigid body/low frequency pointing knowledge error removed

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

システム幾何補正精度は、通常運用中においても、GCPを用いた幾何検証活動を通して定期的に確認される。

## 2.6. 視差誤差補正

Figure 2-3(a)に示すように、SWIRのバンドの検出素子の焦点面への各バンドの配置において衛星進行方向に大きなオフセットが存在する。このオフセットが、衛星と観測点の距離に依存して生じるバンド間レジストレーションでの視差誤差の発生要因になる。この視差誤差を補正するアルゴリズムは以下に述べるように、画像合わせと、粗い分解能のDEM データベースの利用との組み合わせでなされる。EROSデータセンターによって作成されたETOPO-030(地上分解能は約1km)が粗い分解能のDEMデータベースとして用いられる。

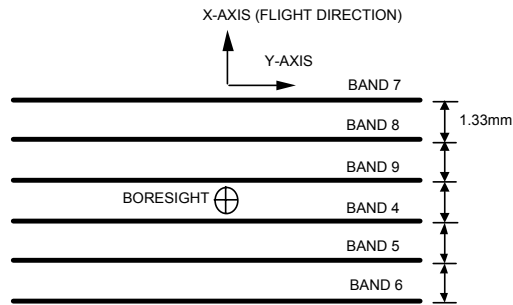
画像合わせに用いるバンドの選択基準は、相関性の良さである。これは、スペクトルができるだけ近いことが望ましいことを意味する。2ミクロン波長帯のバンドのいずれの選択も可能であるが、実際にはバンド6と7が選ばれている。視差検出感度を上げるために、これらの2バンドはFigure 8(a)に示すように焦点面の両端に配置されている。

Figure 2-8(b)に視差誤差補正のフローを示す。視差に伴うバンド間レジストレーション誤差を除くために、SWIRの視差誤差補正は以下のように処理される。

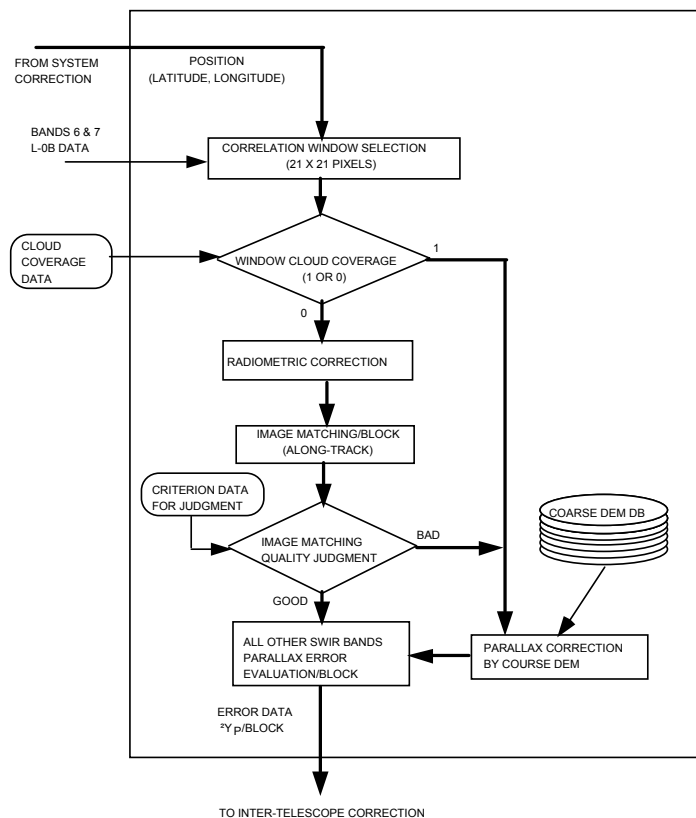
- (1) ターゲット画像としてバンド6、可動画像窓としてバンド7を選択する。可動画像窓はその中心がシステム幾何補正でのブロックの格子点に対応するように選び、その画像寸法は21 x 21 画素とする。ターゲット画像は検索範囲をもカバーするような大きさに選んでおく。
- (2) 画像合わせで相関をとるための雲無し画像窓を選ぶ。雲のある画像枠に対してはDEMデータベースからの標高データで補正する。
- (3) 画像合わせを行う画像部分に対してラジオメトリック補正を施す。
- (4) 軌道平行方向に可動画像窓を動かしながら画像相関を求める。
- (5) 画素単位で求められた相関係数を内挿してサブ画素の分解能で最大となる相関位置を求める。
- (6) 画像合わせの品質を評価する。品質評価の基準は相関係数とDEMデータベース補正との差とする。相関係数の閾値は0.7(TBR)、DEMデータベース補正との閾値は0.2(TBR)画素とする。画素合わせの品質がこれらの基準に達しない場合には粗い分解能のDEMによって求めた視差誤差を用いる。
- (7) バンド6とバンド7の間の視差誤差から、全てのSWIR バンドの直下観測に対応した視差誤差の値を求める。

視差誤差によるレジストレーション誤差は各ブロック格子点（ブロックの隅の点）毎に求め、レベル0B画像の軌道平行方向の画素単位で表現する。

アルゴリズムの評価は航空機センサとランドサットTM画像から作成されたシミュレーション画像を用いて行った。ここで、視差誤差に伴うレジストレーション誤差はDEMデータを用いて導入された。この評価結果から判断してデータの99%が0.3画素以内になっている。



(a) SWIR focal plane configuration



(Note: <sup>?Y</sup> p: Parallax error in pixel unit for along-track direction)

(b) Parallax correction flow

Figure 2-8 SWIR焦点面構成と視差誤差補正フロー

## 2.7. 望遠鏡間のバンド間レジストレーション補正

ASTERは複数望遠鏡方式を採用していることから、望遠鏡間にまたがるバンド間のレジストレーション誤差の補正が必要になる。発生要因は各望遠鏡のボアサイトの変動、ポインティング機構の再現性である。

ここで、重要なポイントは一度求めた補正係数は極短時間であればポインティングを変更しない限り有効であることである。一回の観測時間の最大は16分間である。少なくともこの間は各望遠鏡のボアサイトは安定であると考えて支障は無いので、観測ストリップ毎に補正係数を求めると十分である。望遠鏡間レジストレーション補正は連続した観測ストリップ毎に各望遠鏡の参照バンド間で行われる。参照バンドにはVNIRバンド2、SWIRバンド6、TIRバンド11が選択されている。

バンド選択のための画像合わせの実験がシミュレーション画像により行われたが、これらの参照バンド選択については特に強い理由があるわけではない。バンド1は大きな大気吸収があること、バンド3は植生についての特異性があることから判断して、バンド2は他のVNIRバンドより多少望ましいようである。バンド6はSWIRの視差誤差補正に用いられているバンドの1つである。バンド11を採用する特別の理由はない。

Figure 2-9にVNIRバンド2に対する望遠鏡間幾何補正のフローを示す。この処理は以下のような手順で行われる。

- (1) フルモード観測のデータのみを処理対象とする。
- (2) ターゲット画像としてSWIRバンド6またはTIRバンド11、可動画像窓としてVNIRバンド2を選択する。可動画像窓はその中心がシステム幾何補正でのブロックの格子点に対応するように選び、その画像寸法41 x 41画素とする。ターゲット画像は可動画像窓による検索範囲をもカバーするような大きさに選んでおく。
- (3) 前期項目の処理を繰り返して雲無し画像窓のみを選択する。
- (4) 画像合わせを行う画像部分に対してラジオメトリック補正を施す。
- (5) 軌道平行と軌道直交両方向に画素単位で可動画像窓を移動させ、それぞれの位置で相関係数を求める。
- (6) 画素単位で求めた相関係数を内挿してサブ画素の分解能で最大の相関係数となる位置を見いだす。
- (7) 画像合わせの品質を評価する。品質評価の基準は相関係数である。相関係数の敷居値は当面0.7(TBR)とする。



- (8) 項目(2)から(7)までを予め設定された精度に達するまで繰り返す。繰り返しの数の設定値は最低100、最高200とする。
- (9) 一つの観測単位の中で前記の繰り返しの数に達しなかった場合には、誤差ゼロとし、失敗の情報を合わせて出力する。
- (10) 全誤差データの平均値から $3\sigma$ 以上離れたデータを取り除く。
- (11) 残った誤差データを平均してその観測の最終的な誤差データとする。
- (12) 用いたデータの $3\sigma$ 値を求める。

アルゴリズムの評価はランドサットTMと航空機画像から作成されたシミュレーション画像を用いて行われた。SWIR/VNIRのレジストレーション精度はで $3\sigma$ 値で軌道直交、軌道平行に対してそれぞれ0.054と0.051 SWIR画素であった。TIR/VNIRのレジストレーション精度はで $3\sigma$ 値で軌道直交、軌道平行に対してそれぞれ0.050と0.044 TIR画素であった。これらの評価結果から、同じ観測ストリップの中の100点の画素合わせの結果を平均することにより望遠鏡間レジストレーションの要求精度 $3\sigma$ で0.3画素は満たされていると判断できる。

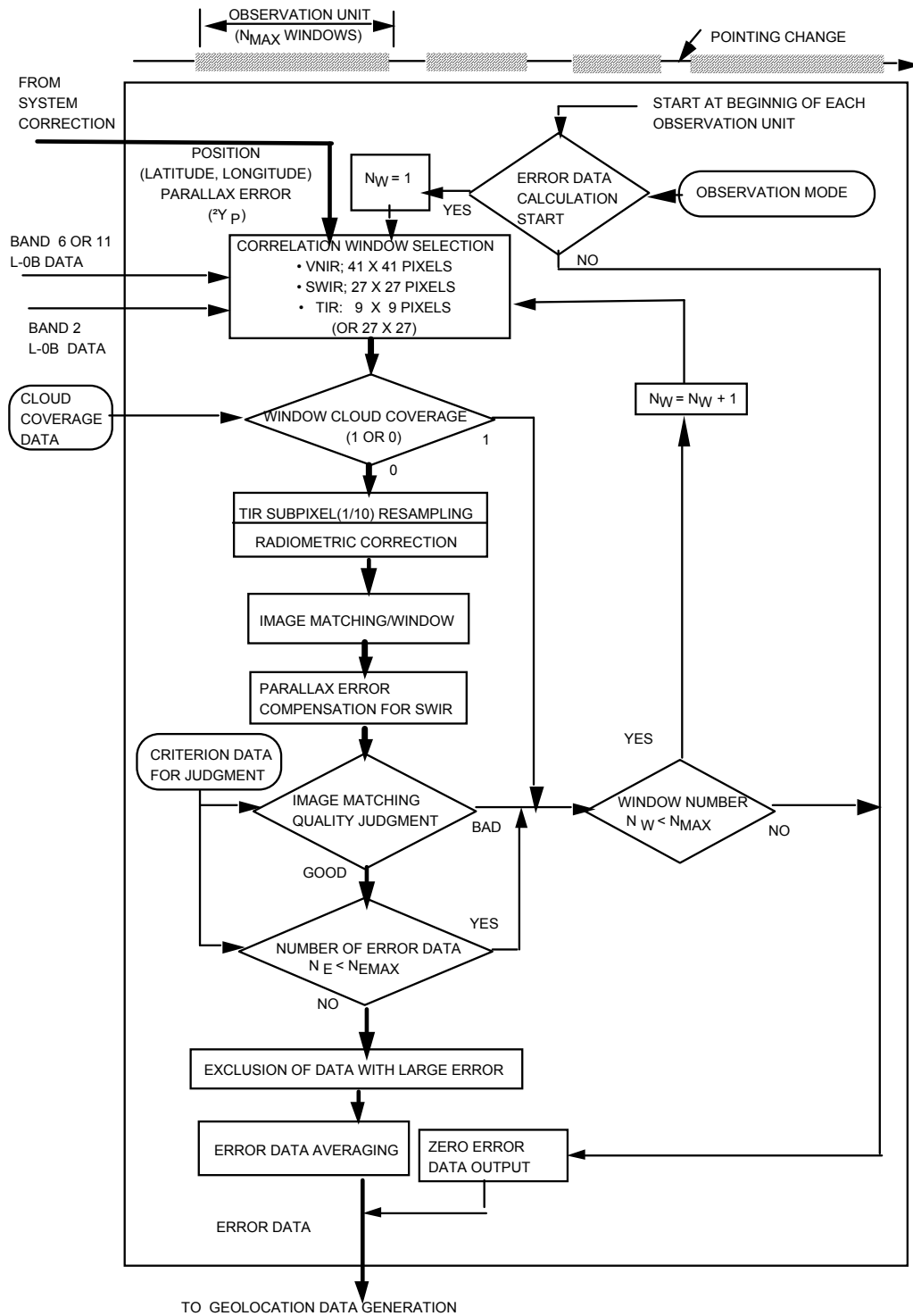


Figure 2-9 望遠鏡間幾何補正処理フロー

## 2.8. 幾何係数作成

視差誤差補正処理、望遠鏡間幾何補正処理によって求められた総てのレジストレーション誤差は統合され、軌道平行と軌道直交方向の画素単位の表現から緯度/経度に変換される。さらに各ブロックの格子点毎にシステム幾何補正で求めた緯度/経度の値に対して、統合した誤差データで補正を加える。緯度/経度で表された一組の位置は各格子点の地表画素位置データ（幾何係数）として採用される。

レベル3（オルソ画像）やレベル4（DEM）データプロダクトの生成に必要とされるパラメータもこのモジュールで解析され、レベル1Aデータプロダクトのヘッダー情報として添付される。Figure 2-10に幾何係数生成フローを示す。

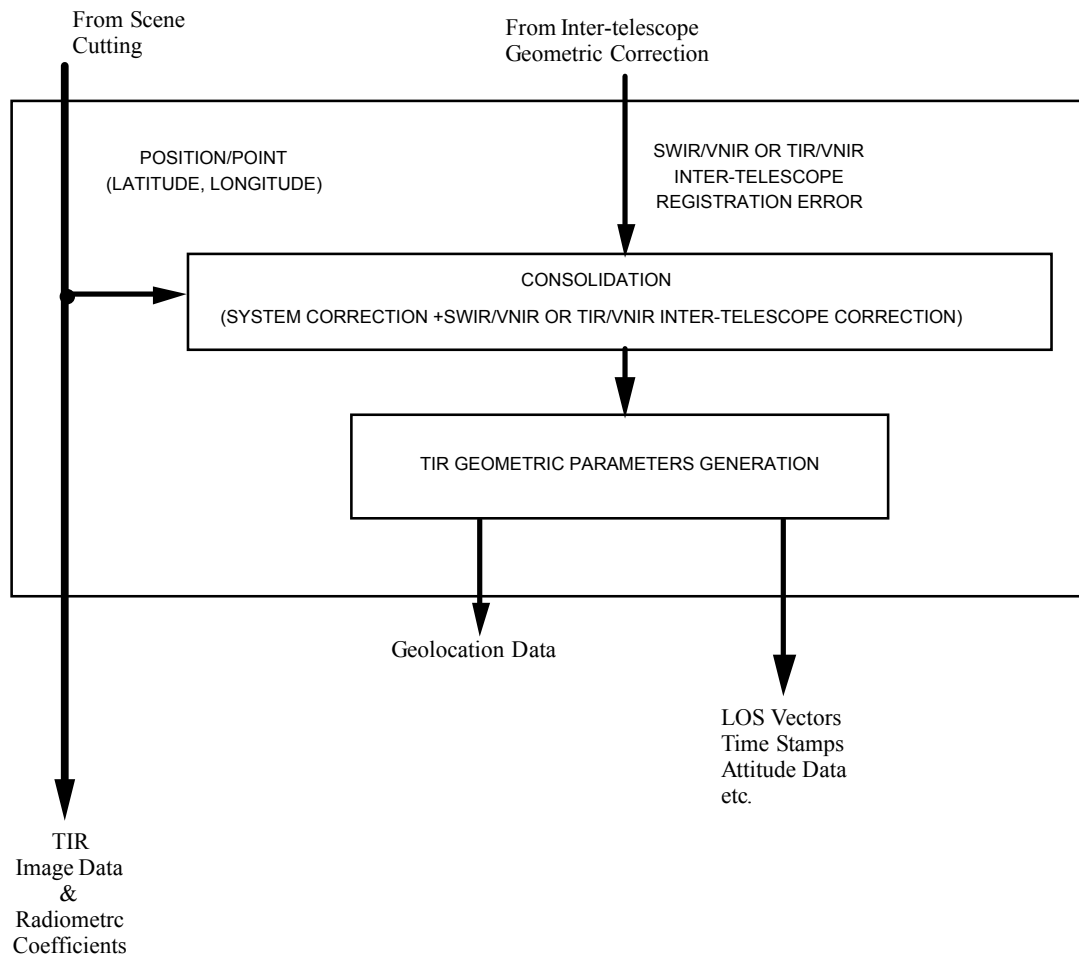


Figure 2-10 幾何係数生成フロー

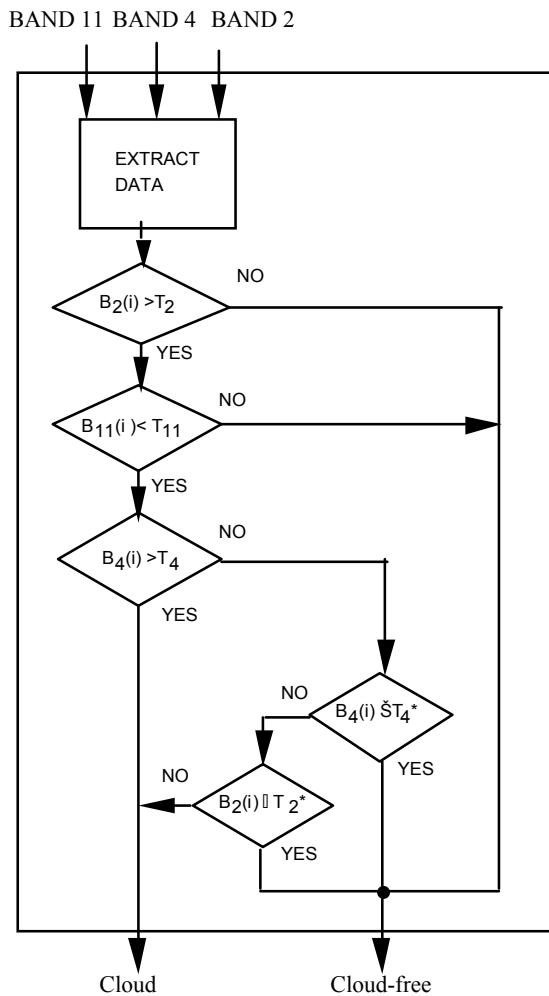
## 2.9. 被雲率評価

被雲率データは、SWIR視差誤差補正と望遠鏡間レジストレーションの画像合わせに用いる画像を選択するために用いられる。雲のない画像が画像合わせ処理には不可欠である。可視と短波長領域では、雪と氷を除けば、雲は最高の反射率を持っていることと低温度のため熱赤外領域では低い放射輝度であることに基づいてアルゴリズムが作られている。

雲と地表の雪/氷を区別することは非常に重要である。この区別には雪/氷はバンド2では明るく、バンド4では暗いという事実を利用している。

被雲率評価にはEOSATのアルゴリズムが採用されている。Figure 2-11 (a)にアルゴリズムフローを示す。バンド2、4、11が、それぞれ、可視、短波長赤外、熱赤外バンドを代表して用いられる。二つの閾値 $T_2$ と $T_2^*$ 、 $T_4$ と $T_4^*$ 、一つの閾値 $T_{11}$ が、それぞれ、バンド2、4、11に対して雲と雲なしターゲットの境界として導入されている。このアルゴリズムに従ってFigure 2-11(b)に示したハッチ領域雲と判断される。

被雲率解析はSWIRのブロックの大きさ（20 x 20 SWIR画素）毎に行われる。閾値は緯度、季節に依存する。

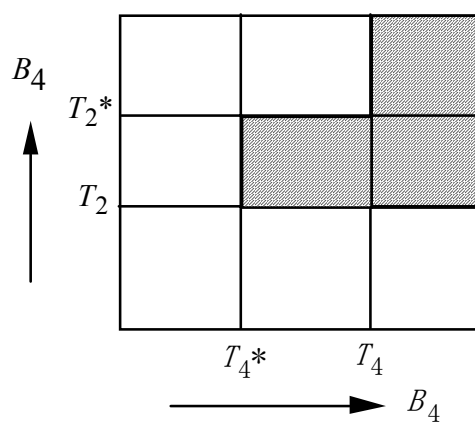


When  $B_{11} \geq T_{11}$

The image block is judged to be cloud-free regardless of DN values of other bands.

When  $B_{11} < T_{11}$

The hatching areas shown below are judged to be cloudy.



(b) Ranges judged to be cloudy (hatching areas)

- $B_2(i)$ : Average DN value of band 2 for block  $i$
- $B_4(i)$ : Average DN value of band 4 for block  $i$
- $B_{11}(i)$ : Average DN value of band 11 for block  $i$
- $T_2, T_2^*$ : Threshold values of band 2       $T_2 \leq T_2^*$
- $T_4, T_4^*$ : Threshold values of band 4       $T_4 \leq T_4^*$
- $T_{11}$ : Threshold value of band 11

(a) Cloud assessment algorithm flow

Figure 2-11 雲評価アルゴリズム

### 3. レベル1B処理アルゴリズム

#### 3.1. 地図投影

レベル1Aデータプロダクトは、画像データ、ラジオメトリック係数、幾何係数、補足データからなっている。レベル1B データプロダクトは要求された地図投影、リサンプリング方法に従って処理されたデータプロダクトである。

Figure 3-1に地図投影のための疑似アフィン係数生成フローを示す。ブロック格子点以外の位置は疑似アフィン係数を用いて内挿される。対象とする地図の種類はUTM, LCC, SOM, PS, 等の緯経度である。デフォルト処理はUTMで行われる。地図の配置は衛星進行方向を上部にした、いわゆるPATH ORIENTEDに決められている。実際の画素サイズは衛星の高度やポインティング角度に僅か依存するが、レベル1Bデータプロダクトでは、データ取得状況に関係なく、画素サイズは各地図表示の標準線上でVNIR 15 m, SWIR 30 m, TIR 90 m になるように処理される。

8つの係数からなる一組の疑似アフィン変換係数は、よく知られた通常の手順により、各ブロック毎に生成される。ブロックサイズはレベル0座標の場合と同じである。

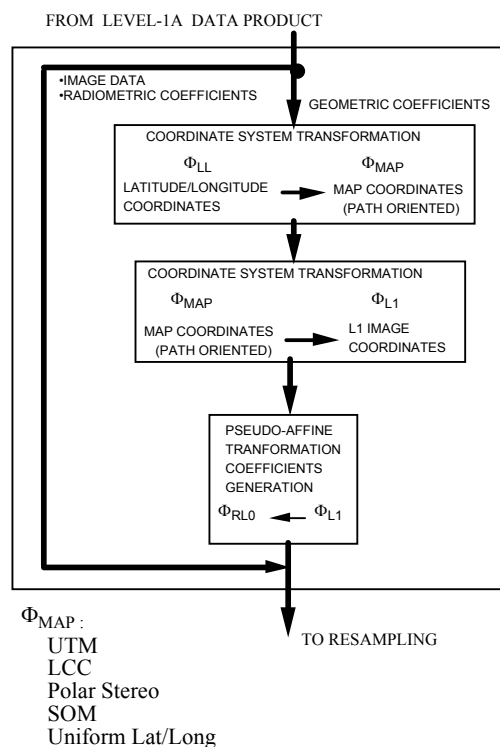


Figure 3-1 地図投影

### 3.2. リサンプリング

Figure 3-2に画素位置の再配列のための、リサンプリング処理フローを示す。レベル1座標系の総ての画素番号はスタガー補正されたレベル0B座標における画素番号に変換される。レベル0B座標において対応する画素数は、選択されたサンプリング法に依存して、1、4または16となる。リサンプリングに先立って、不良画素のDN値が直線内挿によって作成される。また、ストライプ除去処理も必要に応じて行われる。

リサンプリングは検出素子のラジオメトリック係数を用いてなされる。最近隣法 (NN)、バイリニア法 (BL)、キュービックコンボリューション (CC) が選択可能である。最後に、ラジオメトリックデータベースファイルに格納されているラジアン変換係数を用いてラジアン値はDN値に変換される。

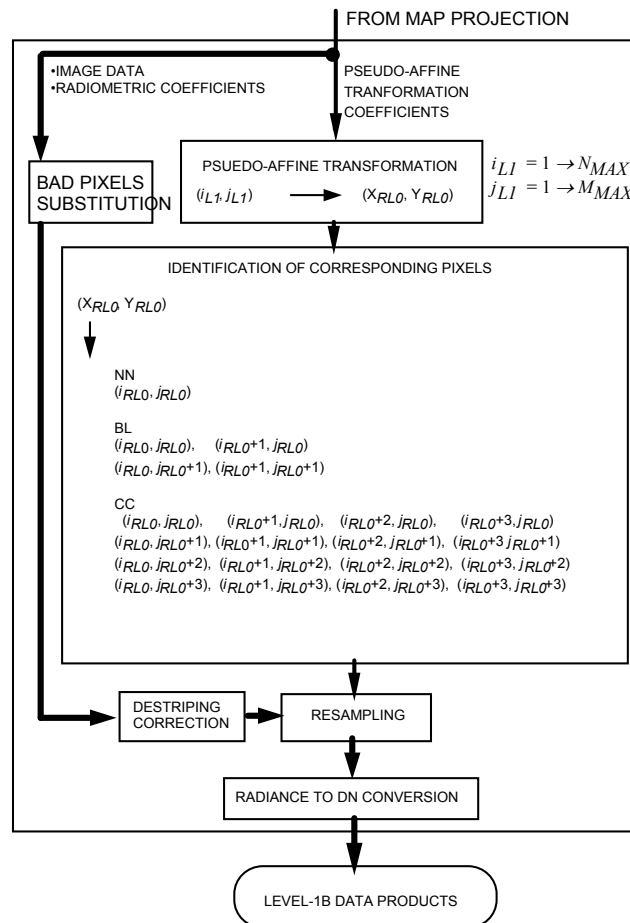


Figure 3-2 リサンプリングフロー

## 4. レベル1Aデータプロダクト

### 4.1. 内容概要

Fig. 4-1 にレベル 1A データプロダクトの概要を示す。 レベル 1A データは利用し易いように再構成され、補正のための係数は添付されてはいるが、実際には画像データにリサンプリング等の処理が施されていないオリジナルな取得データ性能を保持したプロダクトである。具体的には、画像データ、ラジオメトリック補正係数、幾何補正係数、その他の補助情報から成っている。

シーンカットは予め決められているASTER WRSに従ってレベル0Bデータに対して行われる。各グループのデータは軌道平行方向に60 km毎に分割される。バンド3B以外は、隣接シーンとの5%のオーバーラップに相当する3 kmを加えて実際のシーン長は63 kmになる。バンド3Bに対しては軌道平行方向の地形歪みと軌道直交方向のポインティングによる画像回転分の補償を追加考慮して、81 kmのシーン長になる。標高ゼロにおけるバンド3N とバンド3Bの画像の対応関係は、Fig.4-3に示してある。

シーンカットは、一般のユーザに標準品を供給するために、レベル1データプロダクトの大きさを規格化するためのものである。シーンの位置が予め厳密に決められていることを意味しない。特殊な用途に対しては、必要とあれば連続した一組のシーンからレベル0Bデータ（カットされていないストリップ状の画像データ）に戻し、そこから再設定したシーンに切り直すことは可能である。即ち、シーンカットは可逆的である。

レベル1AデータプロダクトはHDFファイル形式であり、画像データ、輝度補正係数、幾何補正係数等を含む完全なデータセットが収納されている。



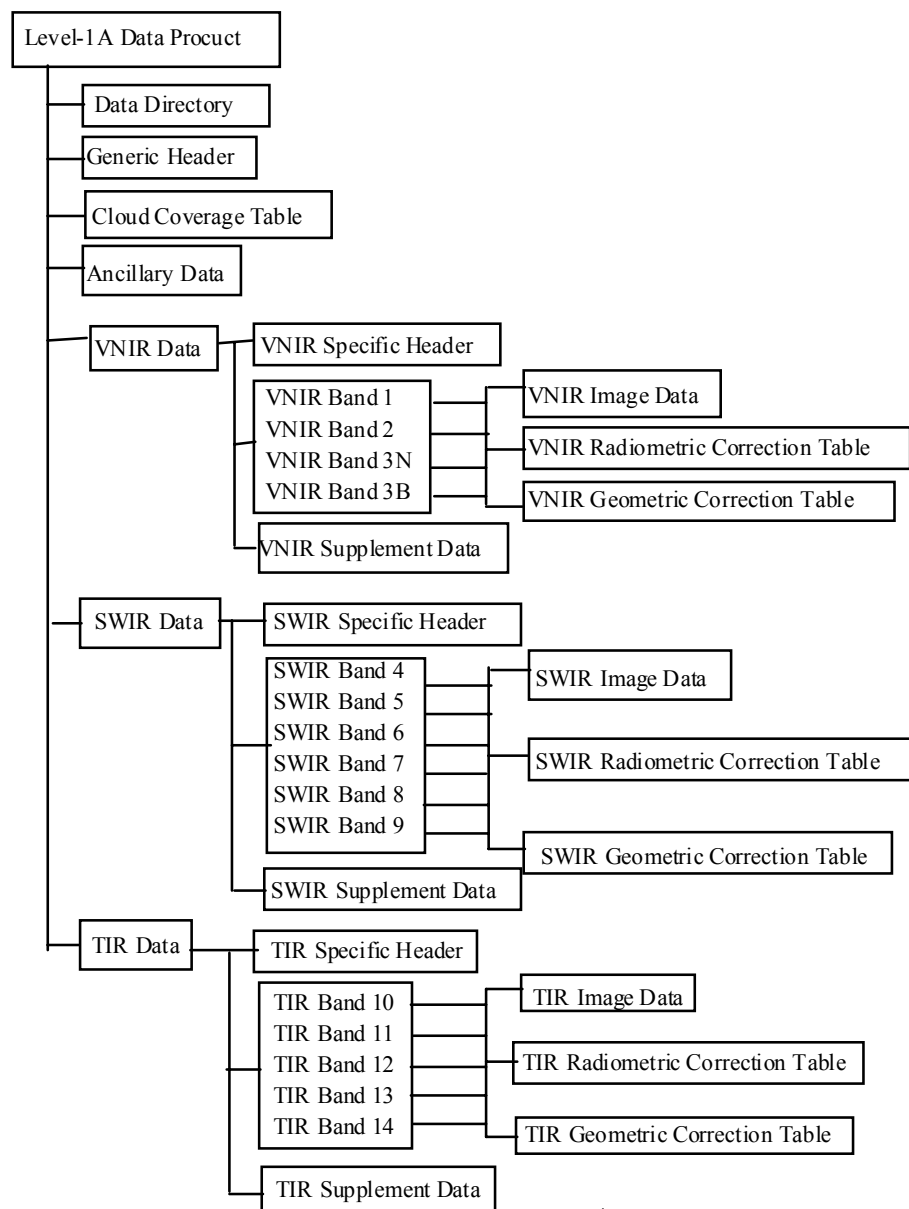


Figure 4-1 レベル 1A プロダクトの概略

Table 4-1 にレベル 1A プロダクトのサイズを示す。

Table 4-1 レベル 1A プロダクトのサイズ

Item	Data size (byte)
Data Directory	8,192
Generic Header	about 4,000
Specific Header	about 10,100
Cloud Coverage Table	1,365
Ancillary Data	about 1,728
Supplement Data	about 1,379,550
VNIR Image Data	74,660,000
SWIR Image Data	25,804,800
TIR Image Data	4,900,000
Radiometric Correction Table	355,656
Geometric Correction Table	4,746,080
Total	about 111 MB

## 4.2. 画像データ

Figure 4-2、Figure 4-3 に画像データの構造とより詳細なステレオ画像の構造を示す。バンド 3 B のライン数 5400 は幾何データベース Ver. 2.0 から有効である。それ以前のバージョンでは 4600 ラインである。地表での画素の大きさ（地表でのデータサンプリング間隔）は、VNIR、SWIR、TIR、それぞれ 15m、30m、90m、である。

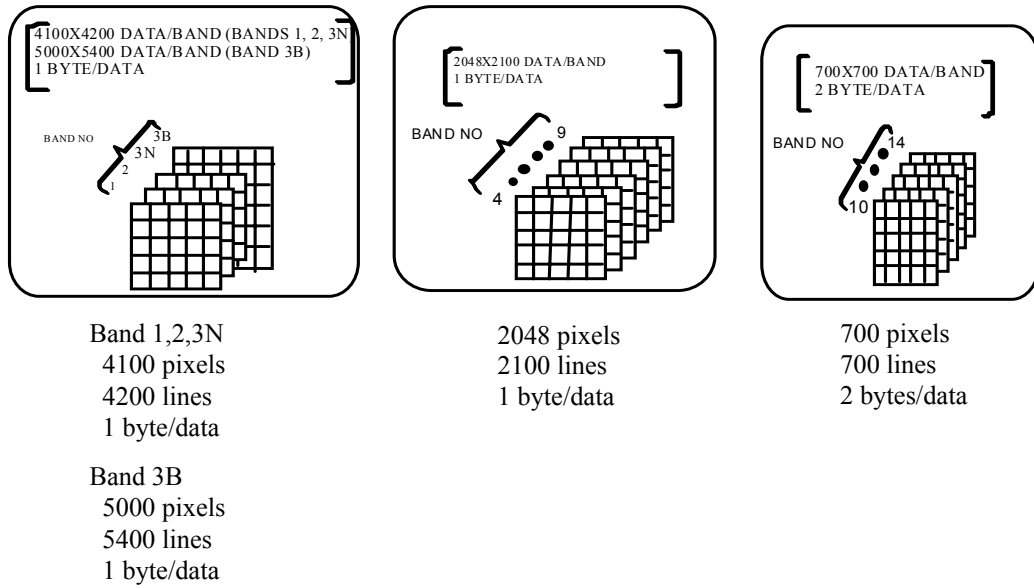


Figure 4-2 レベル 1A 画像データ構造

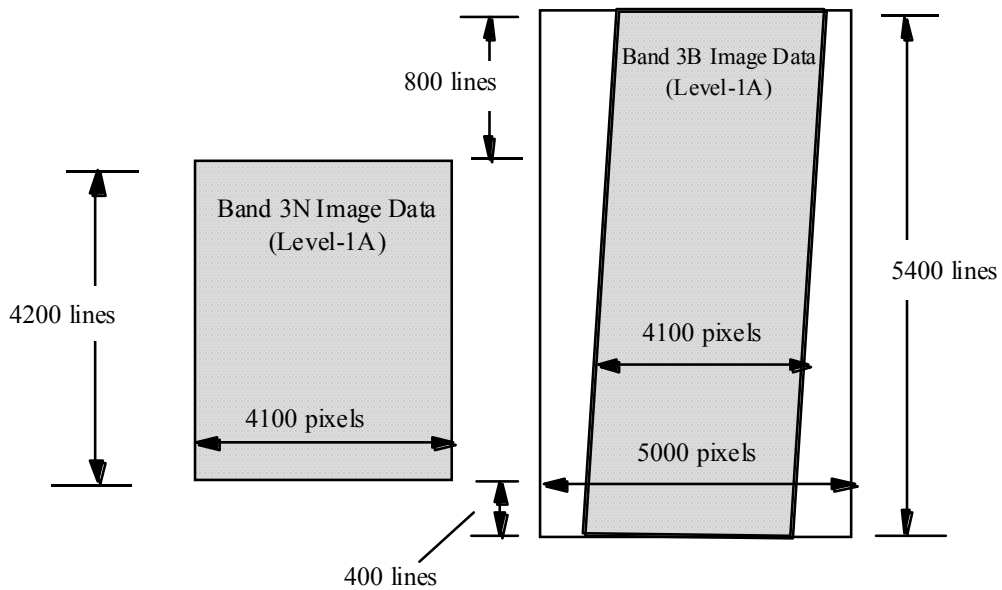


Figure 4-3 標高ゼロにおけるレベル 1A プロダクトのバンド 3N とバンド 3B 画像の関係  
(ライン数 5400 は幾何データベース Ver. 2.0 から有効であることに注意)

### 4.3. 輝度補正係数

レベル 1A 画像の DN 値から以下の関係を用いてラジアンに変換できる。

$$L = AV/G + D \quad (\text{VNIR と SWIR バンド})$$

$$L = AV + CV^2 + D \quad (\text{TIR バンド})$$

ここで、 $L$ : ラジアン ( $\text{W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ )

$A$ : 線形係数

$C$ : 非線形係数

$D$ : オフセット

$V$ : DN 値

$G$ : ゲイン

輝度補正表は HDF ファイルから抽出できる。Figure 4-4 は輝度補正係数の構造を示す。また、Figure 5-5 には、検出素子番号と画像の画素番号との関係を示す。VNIR と SWIR ではこの関係が逆になっていることに注意が必要である。即ち、検出素子 1 は VNIR では左端の画素であり、SWIR では右端の画素に対応している。

Table for VNIRBand (1, 2, 3N)

Detector No.	4 bytes	4 bytes	4 bytes
1	D[0]	A[0]	G[0]
2	D[1]	A[1]	G[1]
3	D[2]	A[2]	G[2]
4	D[3]	A[3]	G[3]
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
4098	D[4097]	A[4097]	G[4097]
4099	D[4098]	A[4098]	G[4098]
4100	D[4099]	A[4099]	G[4099]

Table for SWIR Band

Detector No.	4 bytes	4 bytes	4 bytes
1	D[0]	A[0]	G[0]
2	D[1]	A[1]	G[1]
3	D[2]	A[2]	G[2]
4	D[3]	A[3]	G[3]
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
2046	D[2045]	A[2045]	G[2045]
2047	D[2046]	A[2046]	G[2046]
2048	D[2047]	A[2047]	G[2047]

Table for VNIRBand 3B

Detector No.	4 bytes	4 bytes	4 bytes
1	D[0]	A[0]	G[0]
2	D[1]	A[1]	G[1]
3	D[2]	A[2]	G[2]
4	D[3]	A[3]	G[3]
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....
4998	D[4997]	A[4997]	G[4997]
4999	D[4998]	A[4998]	G[4998]
5000	D[4999]	A[4999]	G[4999]

Table for TIR Band

Detector No.	4 bytes	4 bytes	4 bytes
1	D[Lattice point + 9]	A[Lattice point + 9]	C[Lattice point + 9]
2	D[Lattice point + 8]	A[Lattice point + 8]	C[Lattice point + 8]
3	D[Lattice point + 7]	A[Lattice point + 7]	C[Lattice point + 7]
4	D[Lattice point + 6]	A[Lattice point + 6]	C[Lattice point + 6]
5	D[Lattice point + 5]	A[Lattice point + 5]	C[Lattice point + 5]
6	D[Lattice point + 4]	A[Lattice point + 4]	C[Lattice point + 4]
7	D[Lattice point + 3]	A[Lattice point + 3]	C[Lattice point + 3]
8	D[Lattice point + 2]	A[Lattice point + 2]	C[Lattice point + 2]
9	D[Lattice point + 1]	A[Lattice point + 1]	C[Lattice point + 1]
10	D[Lattice point]	A[Lattice point]	C[Lattice point]

Figure 4-4 輝度係数の構造

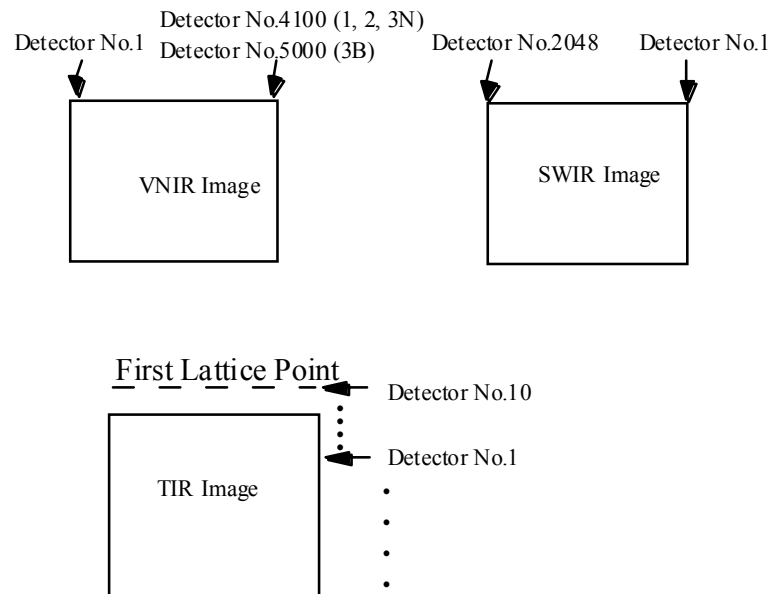


Figure 4-5 検出素子の番号と画素位置番号の関係

#### 4.4. 幾何補正係数

幾何補正係数表には格子点での緯度と経度が記述されており、HDF ファイルから抽出できる。格子点表もまた HDF ファイルに存在する。格子点以外の画素の緯度と経度は、格子点での値からリニア内挿により算出できる。但し、TIR に関しては、さらに追加の補正が必要になる。詳細は、ユーザズガイド第 1 部の TIR 焦点面構成を参照のこと。

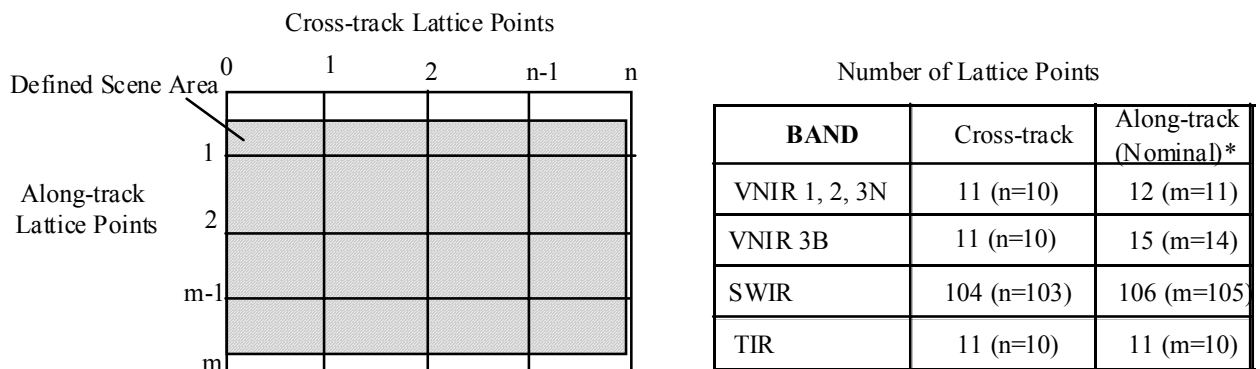
幾何補正係数表においては、緯度は地心緯度座標系で表示されている。また、緯度と経度値は画素の中心で定義されている。地球の準楕円体は WGS-84 に限定されている。従って、観測点の緯度と経度はセンサの視線ベクトルの延長線と WGS-84 回転楕円体面の交点に相当し、標高と観測角度に依存した地形歪み（倒れ込み誤差）を含んでいる。

地心緯度 $\psi$ は以下の関係から、簡単に測地緯度 $\phi$ に変換できる。

$$\tan \phi = C \tan \psi$$

$$C = 1.0067395$$

Figure 4-6 に格子点の構造を示す。全ての画素に対して内挿で観測位置の算出が出来るように、最初と最後の行は定義された画素領域の外に位置している。



\* Number of lattice point in the along-track direction may have different values depending on scene.

Figure 4-6 幾何補正係数格子点の構造

## 4.5. メタデータ

レベル 1A メタデータは以下の 8 つのグループから構成されている。

- (1) Inventory Metadata
- (2) ASTER Generic Metadata
- (3) GDS Generic Metadata
- (4) Product Specific Metadata VNIR
- (5) Product Specific Metadata SWIR
- (6) Product Specific Metadata TIR
- (7) Bad Pixel Information

メタデータにはプロダクトデータセットを取り扱うに必要な全ての情報が記述されている。メタデータはオブジェクト記述言語 (ODL) とクラスシステム (二次元アレイ) で記述されている。詳細は、“ASTER Level-1 Data Products Specification”を参照のこと。メタデータと HDF 属性名の関係性を Table 4-2 に示す。

Table 4-2 メタデータと HDF 属性名の関係

Metadata	HDF Attribute Name
Inventory Metadata	coremetadata.0
ASTER Generic Metadata	productmetadata.0
GDS Generic Metadata	productmetadata.1
Product Specific Metadata	VNIR: productmetadata.v SWIR: productmetadata.s TIR; productmetadata.t
Bad Pixel Information	badpixelinformation

## 4.6. サプリメントデータ

各センササブシステム (VNIR, SWIR, TIR) の状態はサプリメントデータとして記述されている。詳細は、“ASTER Level-1 Data Products Specification”を参照のこと。

## 5. レベル1Bデータプロダクト

### 5.1. 内容概要

Figure 5-1 にレベル 1B プロダクトの概要を示す。レベル 1B はレベル 1A に輝度補正係数と幾何補正係数を適用して生成される。画素はリサンプリングされる。

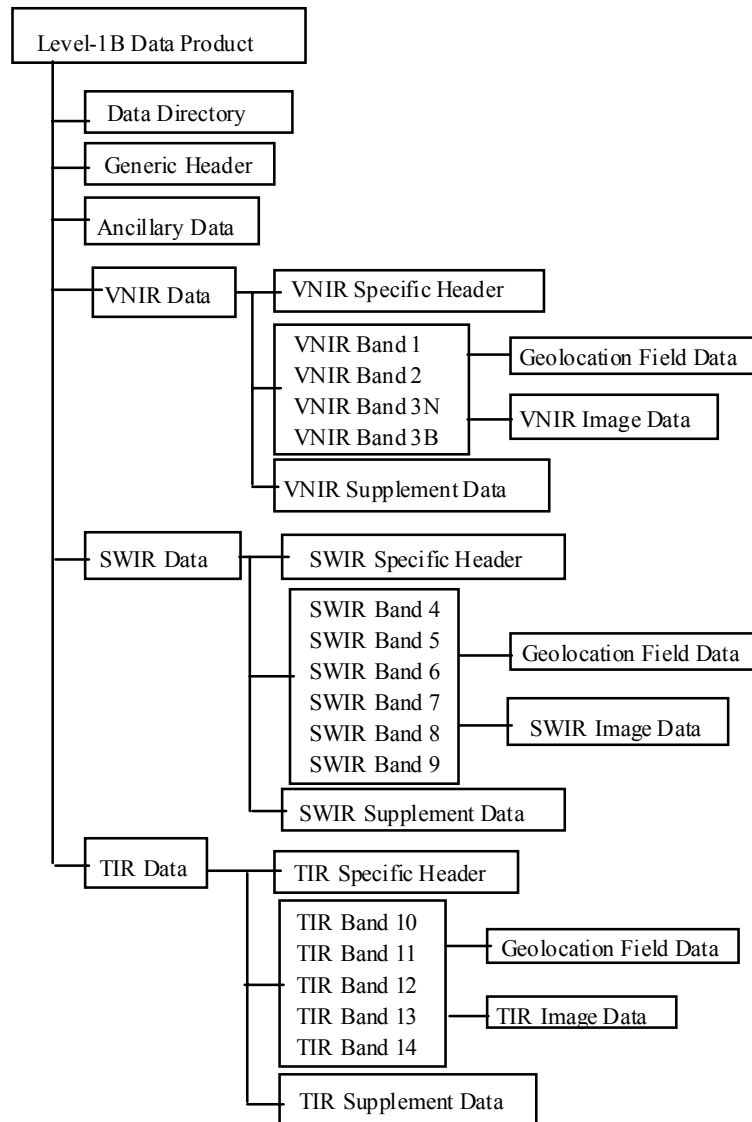


Figure 5-1 レベル 1B データプロダクト概要



Table 5-1 にレベル 1B データプロダクトのサイズを示す。

Table 5-1 Level-1B Data Product Size

Item	Data size (byte)
Data Directory	8,192
Generic Header	about 4,000
Specific Header	about 9,100
Ancillary Data	about 1,728
Supplement Data	about 1,379,550
VNIR Image Data	85,656,000
SWIR Image Data	31,794,000
TIR Image Data	5,810,000
Geolocation Data Field	TBD
Total	about 125 MB

Table 5-2 にユーザがデータを注文する際に指定可能なパラメータを示す。レベル 1B プロダクトでは path-oriented 画像のみが利用可能である。

Table 5-2 ユーザ指定可能パラメータ

Parameter	Value
Map Projection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UTM (default)</li> <li>• LCC</li> <li>• PS</li> <li>• Uniform Lat, Lon</li> </ul>
Resampling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nearest Neighbor</li> <li>• Bi-linear</li> <li>• Cubic Combolution (default)</li> </ul>

## 5.2. 画像データ

Figure 5-2 と Figure 5-3 に画像データとステレオ画像の詳細構造を示す。

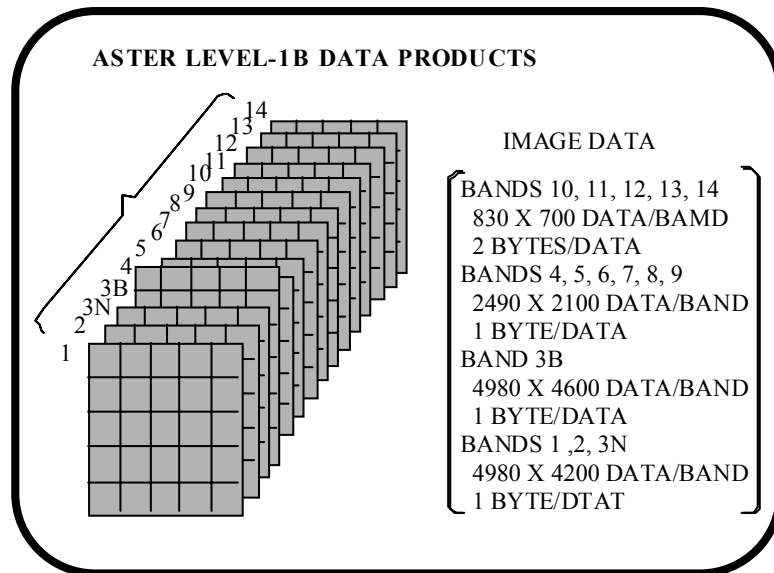


Figure 5-2 レベル 1B 画像データ構造

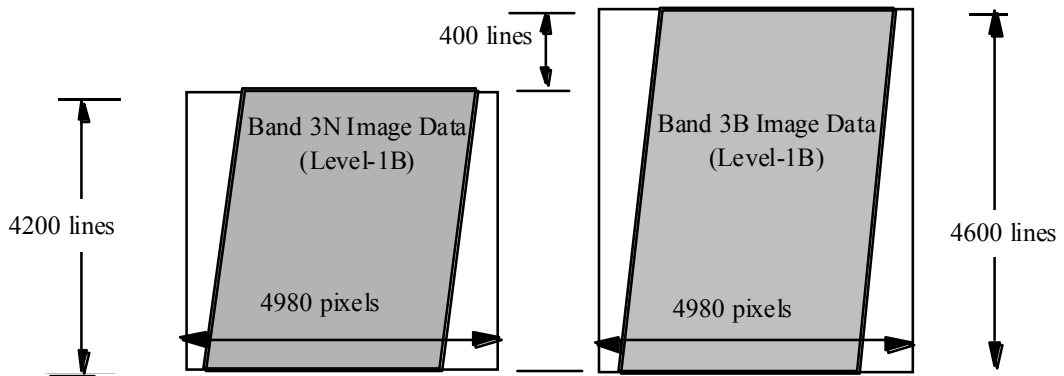


Figure 5-3 標高ゼロにおけるバンド 3N と 3B 画像の関係

Figure 5-4 に昼間と夜間の path-oriented 画像の方向を示す。衛星の飛行方向が昼間と夜間で逆転していることに注意する必要がある。

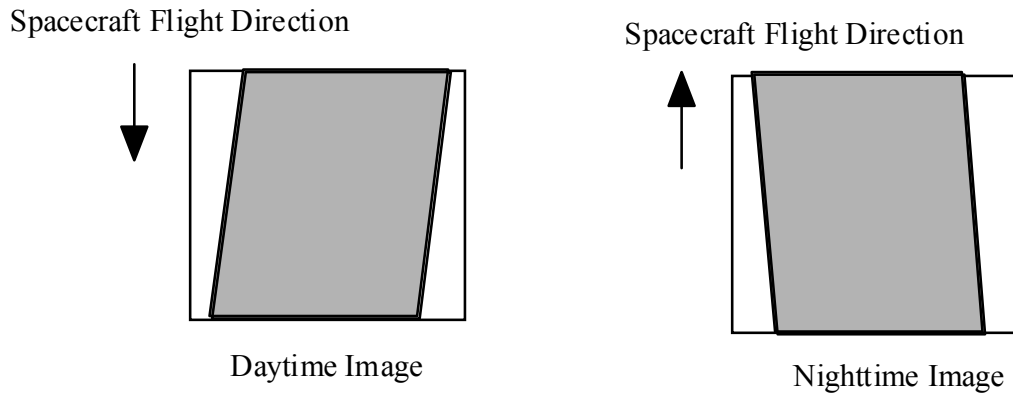
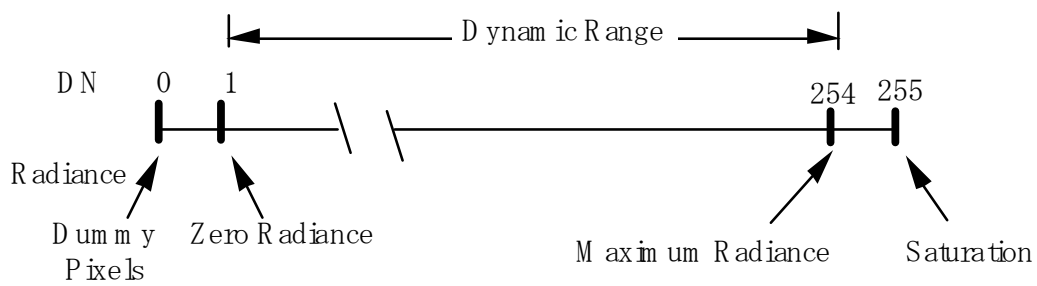


Figure 5-4 昼間と夜間観測画像の方向

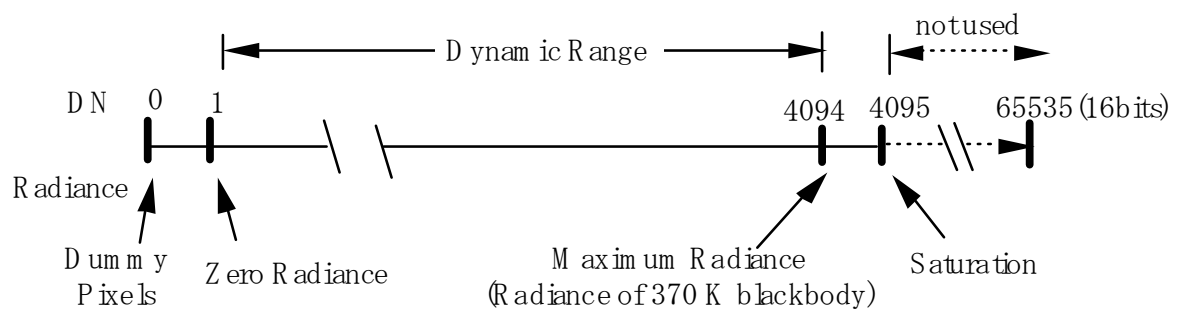
### 5.3. 輝度パラメータ

DN 値からラジアンに変換するには単位変換係数を用いる。単位変換係数は 1DN に対応したラジアンである。ラジアンは  $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$  の単位で表され、基本的には全運用期間中同じ値を採用する方針である。DN 値とラジアンの関係を以下に示す。また、Figure 5-5 に図示されている。

- (i) DN 値 0 をダミー画素に割り当てる。
- (ii) DN 値 1 を 0 ラジアンに割り当てる。
- (iii) VNIR と SWIR バンドに対しては、DN 値 254 を最大ラジアンに割り当てる。
- (iv) TIR バンドに対しては、DN 値 4094 を最大ラジアンに割り当てる。
- (v) VNIR と SWIR に対しては、DN 値 255 を飽和画素に割り当てる。
- (vi) TIR に対しては、DN 値 4095 を飽和画素に割り当てる。



(a) VNIR and SWIR bands



(b) TIR bands

Figure 5-5 DN値とラジアンスの関係

最大ラジアンスは、Table 5-3 に示すようにスペクトルバンドとゲイン設定に依存する。

Table 5-3 最大ラジアンス

Band No.	Maximum radiance (W/(m <sup>2</sup> •sr•μm))			
	High gain	Normal gain	Low gain 1	Low gain 2
1	170.8	427	569	N/A
2	179.0	358	477	
3N	**106.8	218	290	
3B	**106.8	218	290	
4	27.5	55.0	73.3	73.3
5	8.8	17.6	23.4	103.5
6	7.9	15.8	21.0	98.7
7	7.55	15.1	20.1	83.8
8	5.27	10.55	14.06	62.0
9	4.02	8.04	10.72	67.0
10	N/A	28.17*	N/A	N/A
11		27.75*		
12		26.97*		
13		23.30*		
14		21.38*		

Note: \*Blackbody radiance at 370 K y

\*\* Apparent gain is 2.0412, slightly different from the nominal high gain value of 2.0.

基本的にはハイゲインとローゲインの最大ラジアンスは、ノーマルゲインの最大ラジアンスを公称のゲイン値で割った値である。但し、バンド 3N と 3B については、最大ラジアンスは上記方針で求めた値より僅かに小さい。予想より大きなオフセットのために、原則通りに規定すると 255 より小さな DN 値ですでに飽和している可能性があるためである。

単位変換係数は以下の式で求められる。

$$L_{ni} = L_{maxi} / 253 \quad (\text{VNIR and SWIR バンド})$$

$$L_{ni} = L_{maxi} / 4093 \quad (\text{TIR バンド})$$

ここで、 $L_{ni}$  : DN からバンド  $i$  のラジアンスへの変換係数

$L_{maxi}$  : バンド  $i$  の最大ラジアンス

Table 5-4 に各バンドの単位変換係数を示す。

Table 5-4 単位変換係数

Band No.	Coefficient (W/(m <sup>2</sup> •sr•μm)/DN)			
	High gain	Normal gain	Low gain 1	Low gain 2
1	0.676	1.688	2.25	
2	0.708	1.415	1.89	N/A
3N	0.423	0.862	1.15	
3B	0.423	0.862	1.15	
4	0.1087	0.2174	0.290	0.290
5	0.0348	0.0696	0.0925	0.409
6	0.0313	0.0625	0.0830	0.390
7	0.0299	0.0597	0.0795	0.332
8	0.0209	0.0417	0.0556	0.245
9	0.0159	0.0318	0.0424	0.265
10		6.882 x 10 <sup>-3</sup>		
11		6.780 x 10 <sup>-3</sup>		
12	N/A	6.590 x 10 <sup>-3</sup>	N/A	N/A
13		5.693 x 10 <sup>-3</sup>		
14		5.225 x 10 <sup>-3</sup>		

以上に記述したことから、DN 値は以下の式でラジアン値に変換できる。

$$\text{ラジアン値} = (\text{DN 値} - 1) \times \text{単位変換係数}$$

## 5.4. 幾何パラメータ

幾何特性に関するパラメータとしては、地図投影、楕円体、画素サイズ、リサンプリングがある。これらのパラメータの主要な性質を以下に示す。

### (1) 地図投影

- 地図投影としては UTM (Universal Transverse Mercator), LCC (Lambert Conformal Conic), PS (Polar Stereographic), SOM (Space Oblique Mercator), 等緯経度のみに限定される。
- 地図方向はパス方向型に限定される。
- UTM については、縮尺率は 0.9996 の 2 標準経線法が採用される。
- LCC については、円錐の位置と角度を定義するために、緯度 53 度と 67 度の 2 標準

緯線を採用する。

- PSについては、平面の位置として緯度 70 度を採用する。
- SOMについては、公称軌道パスラインを投影面に接する場所として用いる。
- デフォルト地図投影として緯度に関係なく UTM を採用する。

## (2) 楕円体

地球楕円体として WGS-84 のみを用いる。従って、緯度、経度で表された観測地点は WGS-84 楕円体と視線ベクトルの延長線の交点であることに留意する必要がある。これは、Figure 5-6 示したように、WGS-84 楕円体と実際の地表との差によって生じる倒れ込み誤差が緯度と経度の値に含まれていることを意味する。

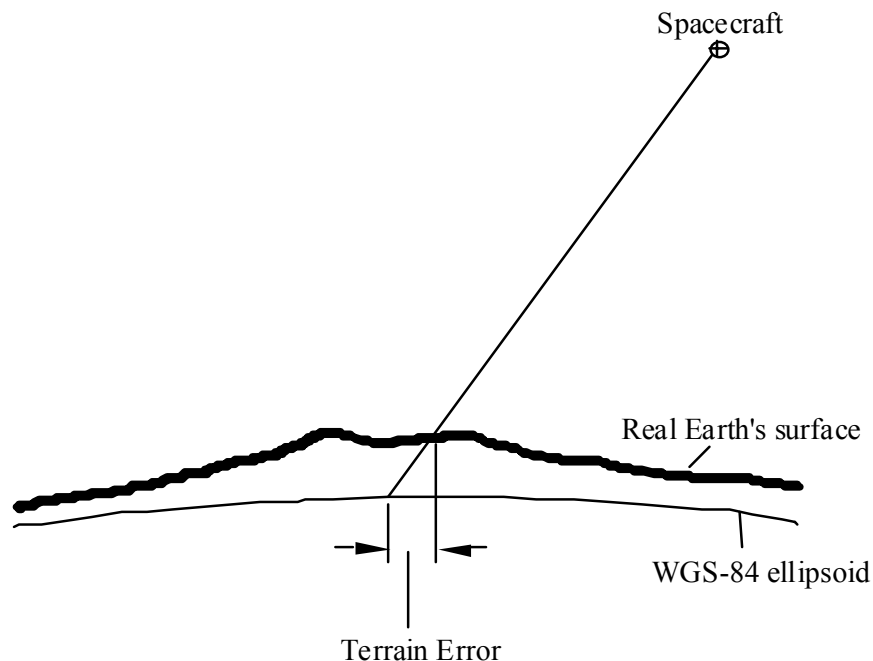


Figure 5-6 地形歪み（倒れ込み）誤差

## (3) 画素サイズ

- 画素サイズはセンサのポインティング、軌道ドリフトのようなデータ取得条件に依存せず、各地図投影上の緯度と経度のみ依存させることを基本方針とする。
- 公称画素サイズは VNIR 15 m, SWIR 30 m, TIR 90 m である。
- 地図投影された画素サイズは標準線に沿ったところで公称サイズに合致する。

#### (4) リサンプリング法

- 最近隣法(NN)、バイリニア法(BL)、キュービックコンボリューション法(CC)のみが利用可能なリサンプリング法である。
- デフォルトリサンプリング法はキュービックコンボリューション法を採用する。

### 5.5. 地表画素位置データ

地表画素位置表 (Geolocation Table) には格子点での緯度と経度が記述されており、HDF ファイルから抽出できる。格子点以外の画素の緯度と経度は、格子点での値からリニア内挿により算出できる。緯度は地心緯度座標系で表示されている。また、緯度と経度値は画素の中心で定義されている。

地心緯度 $\psi$ は以下の関係から、簡単に測地緯度 $\phi$ に変換できる。

$$\tan \phi = C \tan \psi$$

$$C = 1.0067395$$

Figure 5-7 に格子点の構造を示す。格子点は全てのレベル 1B データに共通である。左上画素が (0, 0) が出発点であり、他の格子点は Figure 5-7 に示した間隔毎に定義されている。最初と最後の行と列の位置は定義されている画素範囲の外に位置している。

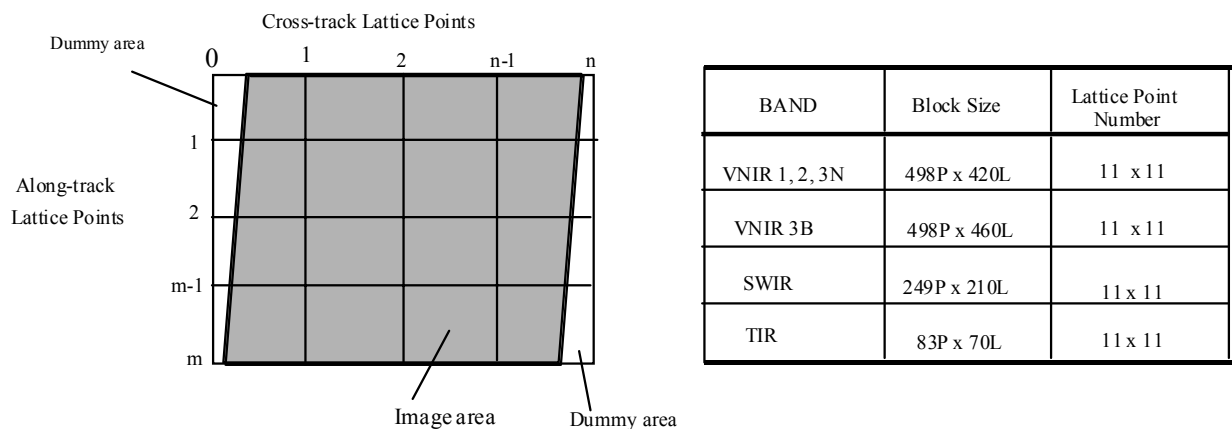


Figure 5-7 画素位置格子点



## 5.6. 不良画素置換法

### (1) 不良画素の定義

- ダウンリンク中に生じたパケット損失
- 不良検出素子に基づくもの
- レベル 1A の不良画素から生成された総てのレベル 1B 画素 (Figure 5-8)

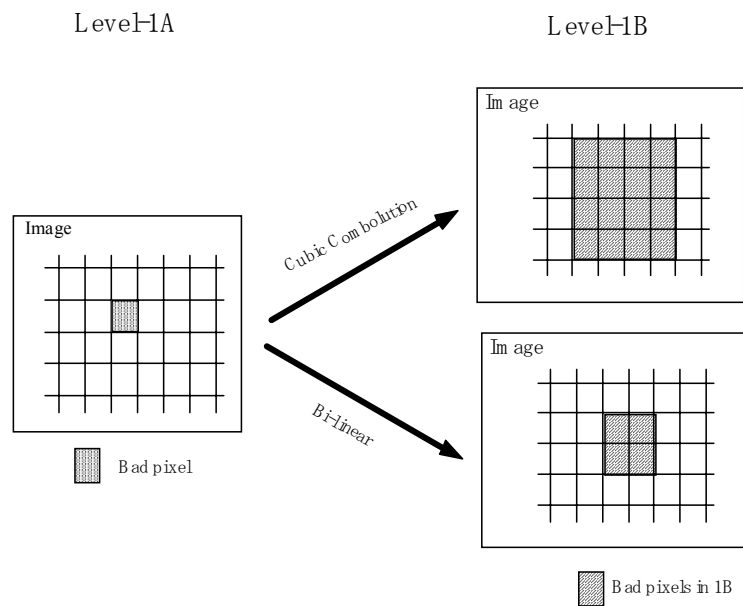


Figure 5-8 レベル 1B データプロダクト中の不良画素の定義

### (2) 置換基本方針

- 不良画素の置換処理はレベル 1B プロダクト生成時に適用する。
- 単純な直線内挿法を置換のための値を求める方法として採用する (Figure 5-9)。
- 軌道直交方向の最初の不良画素位置と最後の不良画素位置のみがヘッダーに登録される。

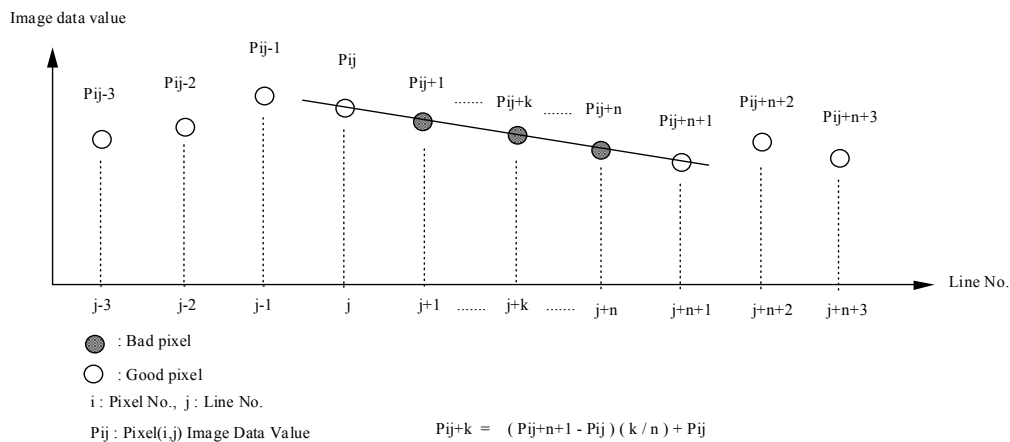


Figure 5-9 軌道平行方向の不良画素置換法

## 5.7. メタデータ

レベル1Bメタデータの構造は前述のレベル1Aと同様である。

幾つかの重要なポイントを以下に示す。

### ノート1: シーン4隅の位置 (Scene Four Corners)

シーン4隅の位置をFigure 5-10に示す。この値は、フルモード観測ではVNIR、S + TモードではSWIR、TIRモードではTIRの値である。より詳細な定義をTable 5-5に示す。

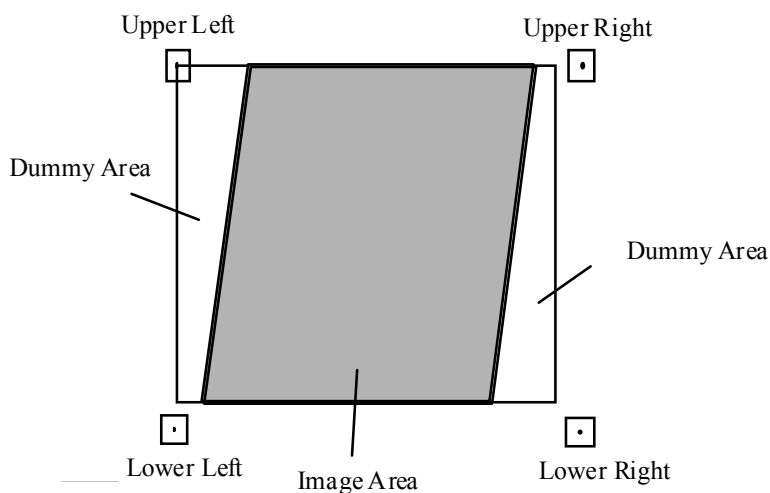


Figure 5-10 シーン4隅の位置  
(画素の中心位置であることに注意)

Table 5-5 詳細なシーン4隅の定義

Subsystem (Observation Mode)	Four Corners	Coordinates Location (pixel, line)
VNIR (Full Mode)	Upper Left	(0, 0)
	Upper Right	(4980, 0)
	Lower Left	(0, 4200)
	Lower Right	(4980, 4200)
SWIR (S+T Mode)	Upper Left	(0, 0)
	Upper Right	(2490, 0)
	Lower Left	(0, 2100)
	Lower Right	(2490, 2100)
TIR (T only Mode)	Upper Left	(0, 0)
	Upper Right	(830, 0)
	Lower Left	(0, 700)
	Lower Right	(830, 700)

注：右端と下端の位置は画像の定義領域外にある。

シーン4隅の位置は測地緯度で表されている。

**ノート2：地図回転角 (Map Orientation Angle)**

‘Map orientation angle’ はpath-oriented画像とmap-oriented画像の正確な角度である。従って、Figure 5-11に示すように、path-oriented画像を‘Map orientation angle’だけ回転させることによりmap-oriented画像に変換できる。

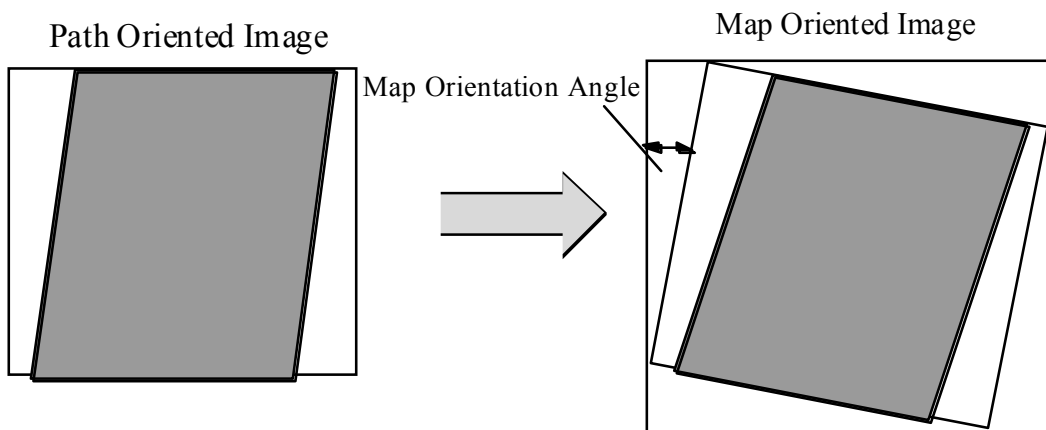


Figure 5-11 メタデータの‘Map orientation angle’を用いたpath-oriented画像からmap-oriented画像への変換

## 5.8. サプリメントデータ

各センササブシステム（VNIR, SWIR, TIR）の状態はサプリメントデータとして記述されている。詳細は、“ASTER Level-1 Data Products Specification”を参照のこと。

## 6. ブラウズデータプロダクト

### 6.1. ブラウズデータプロダクト

**目的:** レベル1ブラウザ画像は分解能を低下させることにより、観測画像を概観するために供給される。ユーザは、レベル1ブラウザ画像を見ることにより、雲、雪、地上の状況を大雑把に知ることができる。通常、レベル1ブラウザプロダクトはレベル1プロダクトの見本として用いられる。

**バンド選択と色割り当て:** レベル1プロダクトにおいては、3つの各サブシステム(VNIR, SWIR, TIR)毎に1種類のカラーブラウザ画像のみが作成される。VNIRに対してはバンド1, 2, 3N、SWIRに対してはバンド4, 5, 9、TIRに対してはバンド10, 12, 14に、それぞれ、青、緑、赤色がカラーブラウザプロダクト作成のために割り当てられる (Table 6-1)。

**ブラウザ画像のサイズ:** 総てのサブシステムのレベル1画像のブラウザプロダクトの分解能は平均サンプリングして309 mである。サンプルされた画像は224 x 208のサイズを持つフレーム内に収められる。XGAモード(1024 x 768ドット)の17インチディスプレイモニターで表示する場合には、約5.1 cm x 4.7 cmの大きさになる。

**ブラウザ画像の方向:** 地図投影の幾何補正はブラウザ画像には行われていない。ブラウザ画像の方向は、Figure 4-7に示すように、衛星の進行方向(上昇または下降)に関わらず北が上半分の方向となるように調整される。地球自転に基づくスキューは補正される。Figure 6-1にブラウザ画像とレベル1A画像の方向を示す。

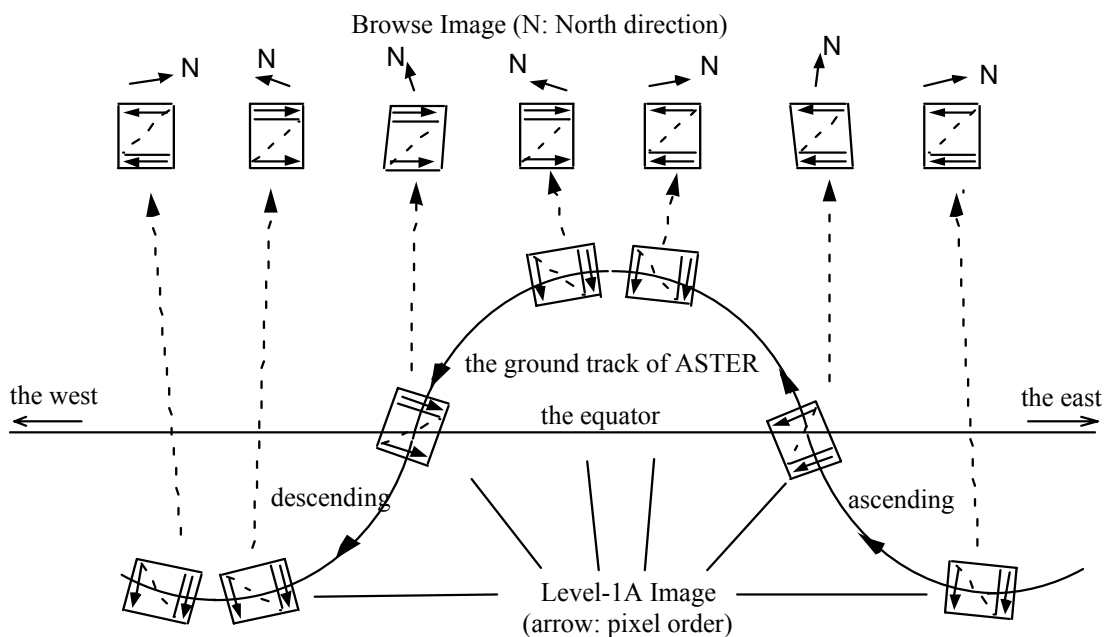


Figure 6-1 ブラウズ画像の方向

ブラウザ画像のラジオメトリック処理に関しては、まず最初にレベル 1B 処理において行われる同じ処理を施す。その後、ラジアンズはリニアストレッチにより 8 ビットに再構成される。最後に、8 ビットカラー画像が非可逆 JPEG 法に圧縮される。データサイズは約 15 分の 1 に圧縮される。

Table 6-1 レベル 1 ブラウズ画像の仕様

Target Data target products target subsystems target bands	all Level 1A products one browse image per VNIR, SWIR and TIR respectively 3 bands per a subsystem default bands combination: VNIR=1,2,3N, SWIR=4,5,9, TIR=10,12,14
Radiometric Correction	the same radiometric correction as Level 1B processing
Contrast Conversion conversion method conversion coeff.	linear contrast conversion decided based on percentile method and simple observation model (named as median method)
Image Type of Browse Color Assignment	color image Default assignment.            VNIR            SWIR            TIR  B            1            4            10 G            2            5            12 R            3N          9            14
Geometric Correction map projection skew correction bands registration others	no apply done Intra/inter-bands registration Stagger alignment and sampling delay are considered.
Image Size of Browse frame size  effective size	224 pixels * 208 lines (5.1cm * 4.7cm on a display monitor: when 17" monitor and 1024dots/window) about 199 pixels * 204 lines for VNIR and SWIR about 204 pixels * 204 lines for TIR (4.5-4.6cm * 4.6cm on user's display monitors :when 17"monitor and 1024 dots/window)
Sampling sampling rate sampling interval sampling method	about 1/20.59(VNIR), 1/10.29(SWIR), 1/3.43(TIR) about 309m on the ground average sampling
Data Compression compression method Q-value compression ratio	JPEG 50 about 1/15 (estimation)

## 7. データ品質情報

### 7.1. 要求品質（仕様）

Table 7-1 に打ち上げにおけるラジオメトリック精度と幾何精度の予測値を要約する。

Table 7-1 仕様

Item	Requirement	Estimation			
Absolute radiometric accuracy (1 $\sigma$ ) (VNIR & SWIR)	4 %	<u>Preflight</u> 2.0 % (VNIR) 2.9 % (SWIR)			
		<u>On-board</u> 2.4 % (VNIR) 2.5 % (SWIR)			
		<u>Total</u> 4.0 % (VNIR) 3.9 % (SWIR)			
Absolute temperature accuracy (1 $\sigma$ ) (TIR)	3 K (200 - 240 K) 2 K (240 - 270 K) 1 K (270 - 340 K) 2 K (340 - 370 K)	<u>Total</u>			
		<u>Target temperature</u>	200K	300K	370K
		Band 10	2.4K	0.3K	0.8K
		Band 11	1.5K	0.3K	0.5K
		Band 12	1.5K	0.3K	0.5K
		Band 13	0.4K	0.3K	0.1K
Band 14	0.3K	0.3K	0.1K		
Geolocation accuracy (3 $\sigma$ ) (nadir direction)	431 m (AT) 437 m (CT)	47 m (AT) 54 m (CT)			
Band-to-band registration (3 $\sigma$ ) (intra-telescope)	0.2 pixels	<0.2 pixels (VNIR, TIR) about 0.3 pixels (SWIR)			
Band-to-band registration between reference bands (3 $\sigma$ ) (inter-telescope)	0.3 pixels of coarser band	<u>VNIR-SWIR</u> 0.051 SWIR pixels (AT) 0.054 SWIR pixels (CT)			
		<u>VNIR-TIR</u> 0.044 TIR pixels (AT) 0.050 TIR pixels (CT)			

Note AT: along-track direction, CT: cross-track direction

## 7.2. 校正、検証活動

レベル1データ処理の構造は二つの部分、処理モジュールとオンラインデータベースファイル、から構成されている。各モジュールでの処理は、レベル0データに含まれている内容とオンラインデータベースファイルに含まれる処理パラメータを用いて実行される。オンラインデータベースファイルには、データ品質を保つために運用期間中に改訂を必要とする処理パラメータ格納されている。データ品質の点から見た主要なオンラインデータベースファイルはラジオメトリックと幾何データベースファイルである。

データベースファイルの準備と改訂は ASTER サイエンスチームによる校正/検証活動を通して行われる。これには機上校正や取得した画像データ解析も含まれる。Figure 7-1 に校正/検証活動のフローを示す。通常運用期間中の機上校正は、最頻の場合で 17 日毎である。地上測定と併用した校正(vicarious calibration)活動、バンド間レジストレーション、GCP 位置合わせから得られたデータの解析は必要に応じて行われる。

改訂バージョンの情報はレベル 1 データプロダクトの中のヘッダーに格納されている。

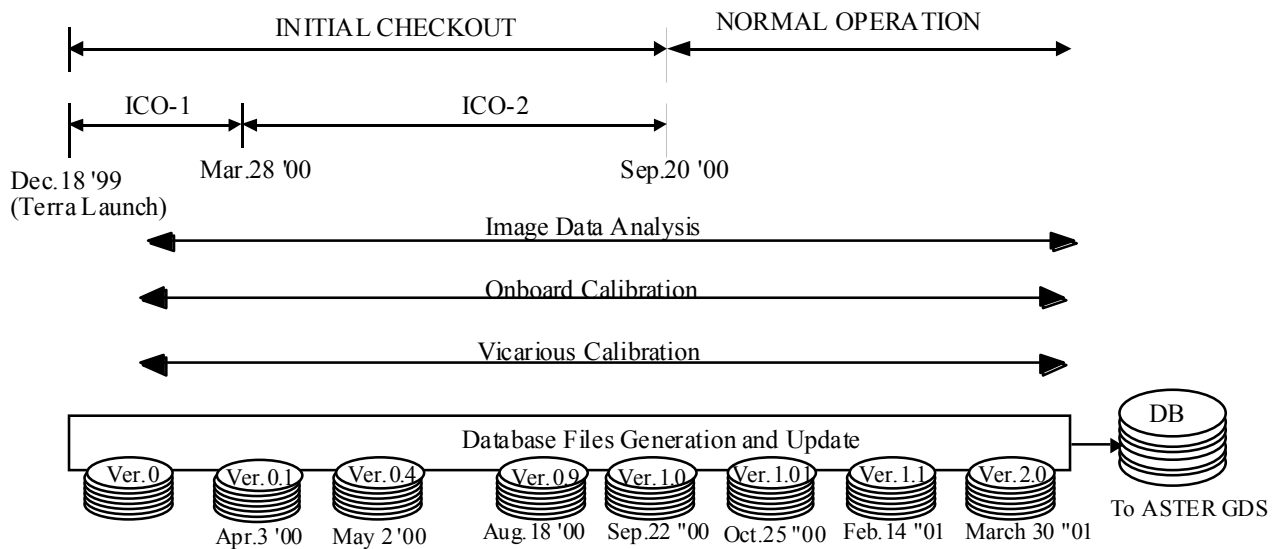


Figure 7-1 データベース校正/検証活動フロー



Figure 7-2 に図示するように、輝度補正パラメータ、幾何補正パラメータ等のレベル 1 プロダクトの品質に大きく影響するパラメータはオンラインデータベースとして処理モジュールと別ファイルとして取り扱われている。このオンライン DB ファイルを変更することにより必要に応じて容易に検証結果をプロダクトに反映出来る仕組みが採用されている。

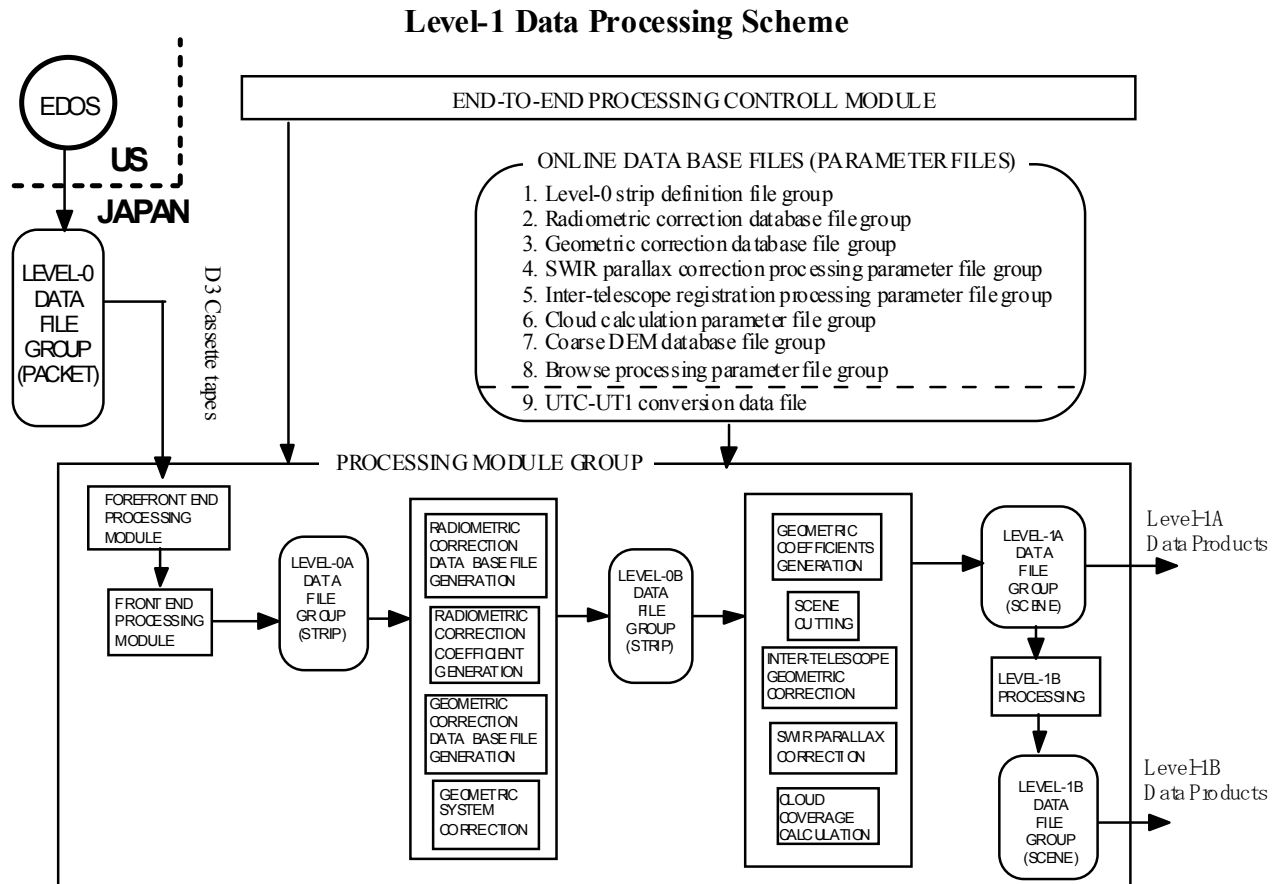


Figure 7-2 レベル 1 処理への検証結果の反映の仕組み

データベースファイルの定義：

- Version 0：** 打ち上げ前の地上測定から準備されたパラメータ
- Version 0.4：** 初期運用期間中の初期の画像から得られたパラメータでレベル 1 処理システムのテスト用である。
- Version 1：** 初期運用期間中の種々の校正/検証データから作成され、通常運用時のレベル 1 処理に使用する最初のパラメータ
- Version N：** 通常運用期間中の校正/検証活動に基づいて改訂されたパラメータ

### 7.3. データ品質現況

Table 7-2 は 2005 年 5 月 23 日現在のレベル 1 データプロダクトの品質の要約である。Ver. 1.0 以降が公開の対象になっている。最新の情報については、以下に示す ASTER サイエンスホームページ又は ASTER GDS ホームページを参照されたい。

ASTER サイエンスホームページ : <http://www.science.aster.ersdac.or.jp/>

ASTER GDS ホームページ : <http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/>

Table 7-2 データ品質 (2005 年 5 月 23 日時点)

Item		Geometric Online DB Ver.1.02	Geometric Online DB Ver.2.0 and Ver.3.0
Intra-telescope Registration	VNIR	< 0.2 pixels	< 0.1 pixels
	SWIR	< 0.2 pixels	< 0.1 pixels
	TIR	< 0.2 pixels	< 0.1 pixels
Inter-telescope Registration	SWIR/VNIR	< 0.2 pixels	< 0.2 pixels
	TIR/VNIR	< 0.5 pixels	< 0.2 pixels
Stereo Pair System Error	3B/3N	< 65 m	< 10 m
Pixel Geolocation Knowledge*	Relative	< 15 m	< 15 m
	Absolute	< 50 m see Figs 7-3 for correction information	< 50 m see Figs 7-3 and 7-4 for correction information

\* Terrain error is not included

Figure 7-3 に幾何補正 DB バージョン 2.0 のレベル 1 プロダクトの地表画素位置誤差を示す。7.4 節に示す補正アルゴリズムに従って補正をすれば、50 m の位置精度を得ることが出来る。

また、Figure 7-4 に幾何補正 DB Ver. 3 のレベル 1 プロダクトの地表画素位置誤差を示す。7.5 節で示す補正アルゴリズムに従って補正すれば、50 m の位置精度を得ることが出来る。

## 7.4. 地表画素位置誤差情報1

幾何補正 DB バージョン 2.0 には地表画素位置に下図のような誤差が確認されている。

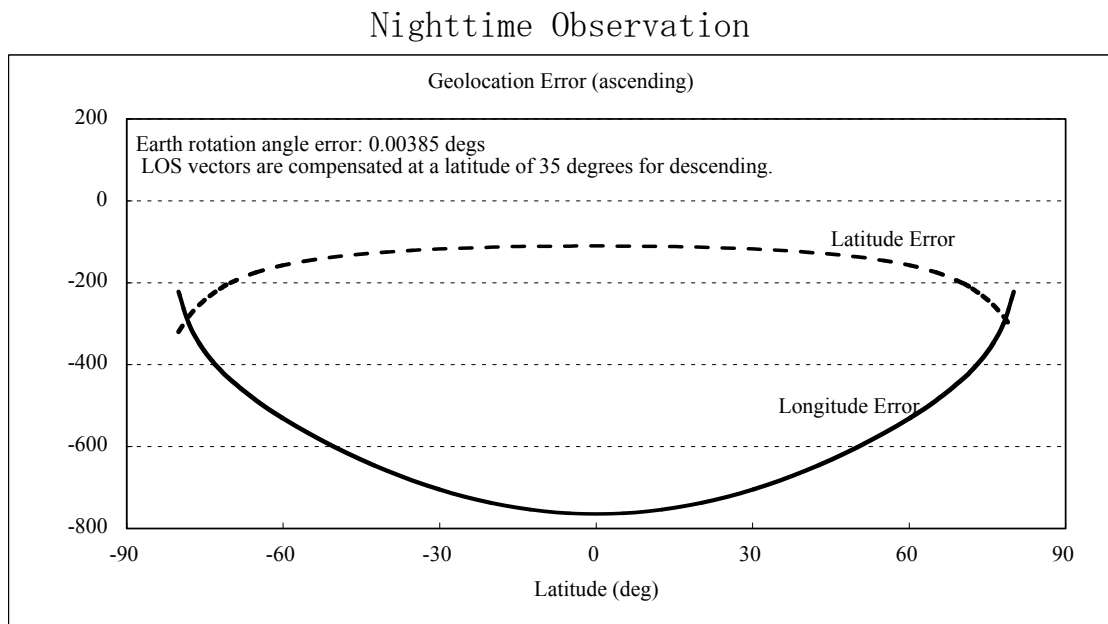
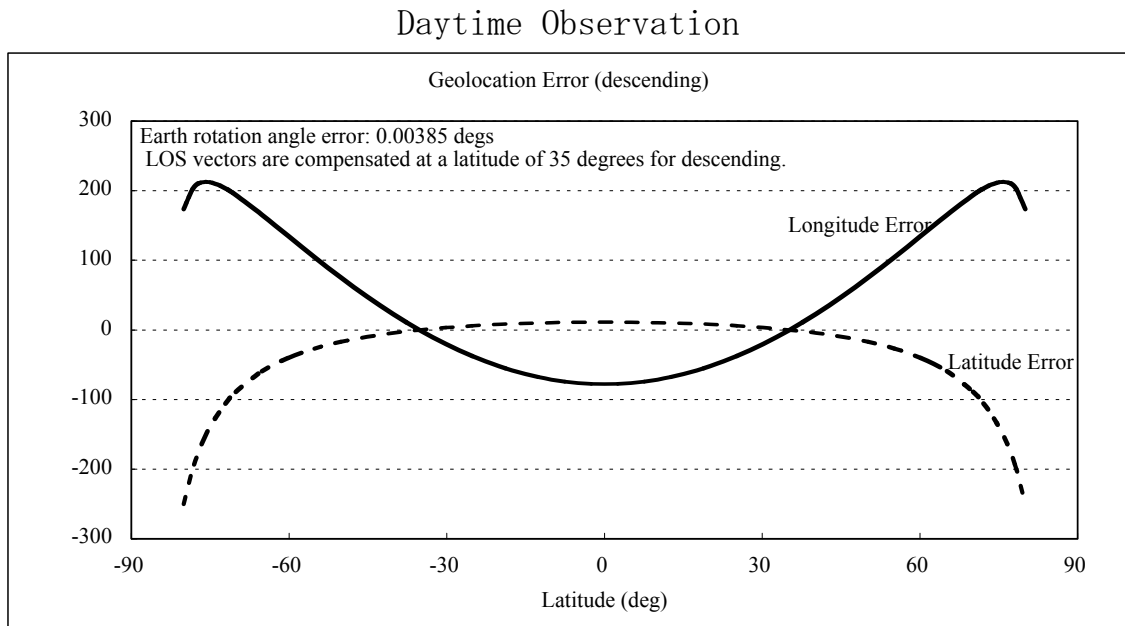


Figure 7-3 Geometric DB Version 2.0 の地表画素位置誤差

この緯度と経度の誤差は、よい近似で、6次の多項式で表現できる。

$$\lambda_C = \lambda_M - \Delta\lambda$$

$$\varphi_C = \varphi_M - \Delta\varphi ,$$

ここで

$\lambda_C$  : 補正された経度

$\lambda_M$  : 測定された経度

$\Delta\lambda$  : 経度誤差

$\varphi_C$  : 補正された緯度

$\varphi_M$  : 測定された緯度

$\Delta\varphi$  : 緯度誤差

$$\Delta\lambda(\text{or } \Delta\varphi) = a_0 + a_2\varphi^2 + a_4\varphi^4 + a_6\varphi^6$$

Table 7-3 多項式係数

Coefficient	Descending (Daytime Observation)		Ascending (Nighttime Observation)	
	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude
$a_0$	-7.1636E-04	1.2344E-04	-7.0494E-03	-9.6332E-04
$a_2$	6.0217E-07	-1.7743E-07	4.0453E-07	-1.7053E-07
$a_4$	-4.9155E-11	6.4363E-11	-5.0296E-10	5.9668E-11
$a_6$	3.4510E-14	-1.3692E-14	4.8045E-14	-1.2155E-14

(Unit: degree)

補正された緯度と経度は、上記の解析で算出された誤差を測定値から減じることにより得られる。補正精度は 50 m である。

## 7.5. 地表画素位置誤差情報2

幾何補正 DB バージョン 3.0 とそれ以前のレベル1 プロダクトには、地表画素位置のうち経度データに下図 Figure 7-4 のように観測日に依存する誤差が確認されている。章動補正の不完全さに基づいて発生した誤差である。

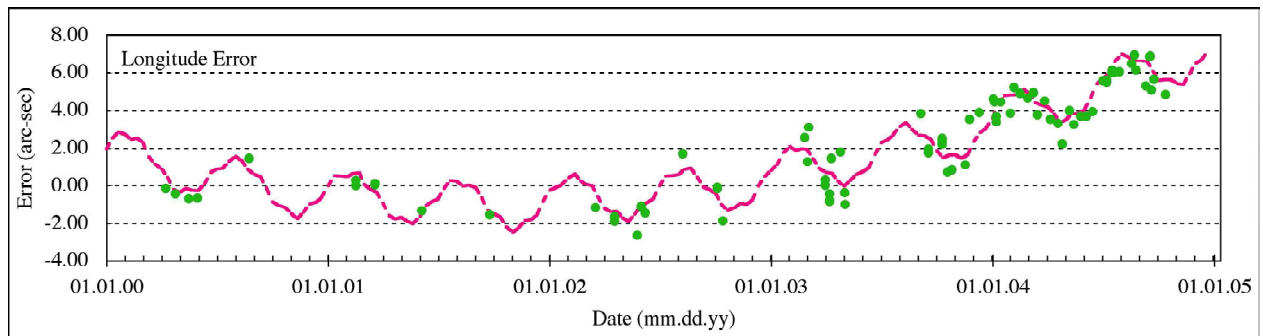


Figure 7-4 経度誤差

補正式を以下に示す。

$$\Delta\lambda_n = -4.386 \times 10^{-3} \sin(\Omega) - 3.36 \times 10^{-4} \sin(L) - 5.8 \times 10^{-5} \sin(m) + 5.3 \times 10^{-5} \sin(2\Omega) + 3.6 \times 10^{-5} \sin(S) + 4.125 \times 10^{-3} \quad (\text{deg})$$

ここで、

$\Omega = 125.04 - 1934.14T$	(deg)	←18.6 years
$L = 560.93 + 72001.54T$	(deg)	←182.6 days
$m = 436.63 + 962535.76T$	(deg)	←13.7 days
$S = 357.53 + 35999.05T$	(deg)	←1 year

ここで、 $T$ は以下に示すように、2000年1月1日正午を起点としたユリウス世紀数である。

$$T = (JD - 2451545) / 36525$$

$JD$ はユリウス日である。

正確な経度値  $\lambda_c$  は測定値  $\lambda_m$  から誤差  $\Delta\lambda_n$  を減じることで求められる。

$$\lambda_c = \lambda_m - \Delta\lambda_n$$

Table 7-4 に 2005 年 7 月 21 日迄 (Ver. 2.20 とそれ以前) の輝度係数改訂の履歴を示す。それ以降の改訂については 7.6 節で述べるように、常に最新の品質のデータが供給される方式に変更されている。

Table 7-4 輝度係数改訂履歴

On-line DB Version	Term (yyyy/mm/dd)	Updated Telescope
2.00	1996/11/9 - 2000/02/01	-----
2.01	2000/02/02 - 2000/06/03	VNIR
2.02	2000/06/04 - 2000/09/13	VNIR
2.03	2000/09/14 - 2000/11/03	TIR
2.04	2000/11/04 - 2001/02/13	VNIR
2.05	2001/02/14 - 2001/11/30	VNIR, TIR
2.06	2001/12/01 - 2002/10/101	TIR
2.09	2002/10/12 - 2002/12/15	VNIR, SWIR, TIR
2.11	2002/12/16 - 2003/01/29	TIR
2.12	2003/01/30 - 2003/05/14	VNIR
2.13	2003/05/15 - 2003/08/25	TIR
2.14	2003/08/26 - 2003/12/05	TIR
2.15	2003/12/06 - 2004/01/04	TIR
2.16	2004/01/05 - 2004/03/09	VNIR
2.17	2004/03/10 - 2004/08/09	TIR
2.18	2004/08/10 - yyyy/mm/dd	TIR
2.19	2004/12/16 - 2005/04/23	TIR
2.20	2005/04/24 - 2005/07/21	SWIR, TIR

## 7.6. 輝度係数改訂方式の変更

VNIR 並びに TIR の感度変化の補正は 2005 年 7 月 21 迄は不連続に実施していた。それ以降は全期間のデータを対象にして打ち上げ後の経過日数依存性から自動的に感度係数を変更する方式に変更された。SWIR に関しては感度低下が少なく、感度変更は実施していない。

### (VNIR)

Figure 7-5 に示す感度依存性を打ち上げ後 672 日以前は日数の一次依存性、それ以降は指数関数依存性で補正する方式を採用している。

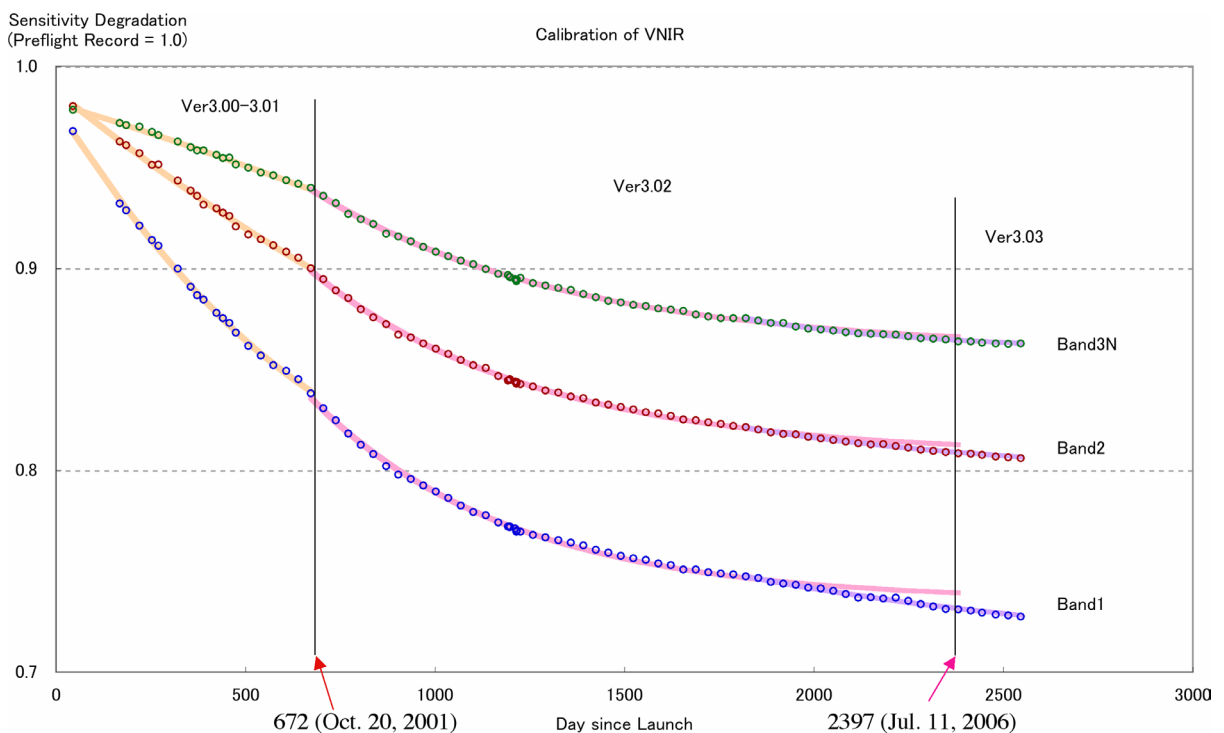


Figure 7-5 VNIR 各バンドの感度トレンド

VNIR 感度の経過日数依存式

$$Rdeg=A*t^2+B*t+C \quad (\text{一次依存性})$$

$$Rde=Bexp(-At)+C \quad (\text{指数関数依存性})$$

ここで、A, B, C は係数、t は打ち上げ後の経過日数を示す。

**(TIR)**

VNIR と同様に、Figure 7-6 に示すように感度の経過日数変化がある。304 日以前は打ち上げ後の経過日数の一次式、それ以降は指数関数で補正する方式を採用している。

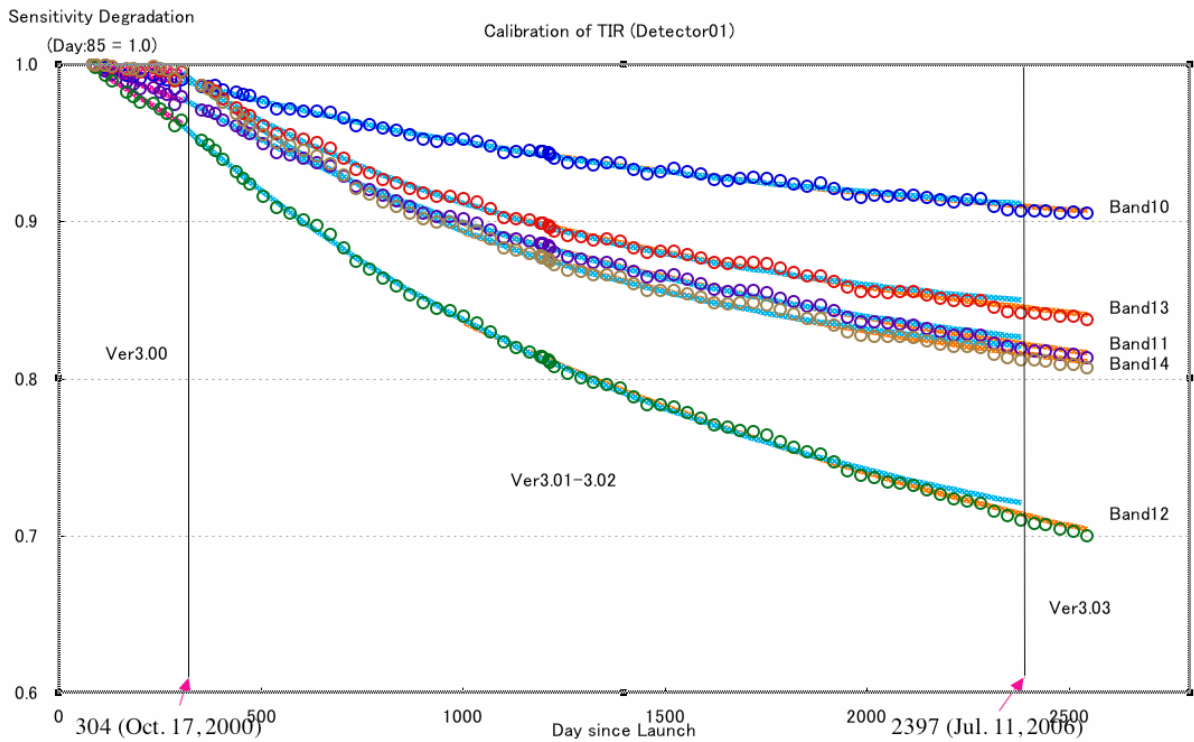


Figure 7-6 TIR 各バンドの感度トレンド

TIR 感度の経過日数依存式

$$C_1 = a * t + c \quad (\text{一次依存性})$$

$$C_1 = 1 / \{ b * \exp(-a * t) + c \} \quad (\text{指数関数依存性})$$

ここで、a, b, c は係数、t は打ち上げ後の経過日数を示す。

Table 7-5 に関数化後の係数の改訂履歴を示す。

Table 7-5 関数化後の改訂履歴

On-line DB Version	Term (yyyy/mm/dd)	Updated Telescope
3.00	1999/12/18 - 2000/10/17	VNIR, S WIR, TIR
3.01	2000/10/18 - 2001/10/20	TIR
3.02	2001/10/21 - 2006/07/11	VNIR
3.03	2006/07/12 -	VNIR, S WIR, TIR



## 7.7. Level-1A最新化とデータ品質

前節までの品質情報で示したように、レベル1A処理プログラムの改訂を過去何回か実施しており、初期のプログラムとの乖離も大きくなってきている。更に過去のデータについてはこれらの補正がなされていないことが問題になってきていた。この現状に対する根本的な解決策は過去の古いバージョンのデータをレベルゼロから再処理して新しいレベル1Aデータと入れ替えることであるが、膨大な再処理時間がかかるという難点があり現実的ではない。そこで、レベル1Aデータのメタデータ並びに各種テーブルを改訂して再処理とほぼ同じ精度を実現する方法を採用することとした。改訂した項目を以下に示す。

- ・ productmetadata.0
- ・ coremetadata.0
- ・ Satellite Position Table
- ・ Satellite Velocity Table
- ・ Geometric Correction Table
- ・ Radiometric Correction Table
- ・ Line of Sight Vector Table