

運輸多目的衛星用画像前処理アルゴリズム

木川 誠一郎*

Image Pre-processing Algorithm for MTSAT

Seiichiro Kigawa

Abstract

Image Pre-processing for MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) is designed to process image navigation and calibration for Imager data. The Image Pre-processing introduces autonomous real-time navigation and calibration to improve the accuracy of the image navigation and calibration. Image Pre-processing system consists of two Image Pre-processing Equipment (IPPE), one Quality Analysis Unit (QA Unit), and two image analysis terminals.

This note describes the algorithm of the image pre-processing system.

要 旨

運輸多目的衛星の画像前処理は、イメージャが取得したデータに対してナビゲーションとキャリブレーション処理を行う。画像前処理は、ナビゲーションとキャリブレーションの精度を向上させるために、自律的なりアルタイム処理を採用している。画像前処理は、2台の画像前処理装置 (IPPE: Image Pre-processing Equipment)、1台の画像品質監視解析装置 (Quality Analysis Unit)、並びに2台の画像前処理用端末 (Terminal) から構成される。

ここでは、画像前処理のアルゴリズムを解説する。

1. はじめに

画像前処理とは、取得した画像のナビゲーション(画像位置合わせ)処理とキャリブレーション処理を意味する。運輸多目的衛星の画像前処理の設計では、ナビゲーションとキャリブレーションの精度向上を目指して、自律的なりアルタイム処理を採用している。ここでは、画像前処理のアルゴリズムを解説する。

2. 設計思想

運輸多目的衛星の画像前処理の設計では、従来のシステムと思想に固執することなく、考え得る最良のシ

ステムを創ることを目指した。

GMSシリーズでは、ナビゲーションとキャリブレーションは前日までのデータに基づいた「予測」に依存している。このため、前日とは違うことが衛星において発生すると、例えば、食、衛星の軌道を微調整するマヌーバなどが発生すると、ナビゲーションまたはキャリブレーションの精度が劣化することがある。

予測の精度を向上させる努力は行われているが経験則に依存する部分が多く、データの蓄積により精度が向上するのは打上げから2～3年後になることが多い。

このため、運輸多目的衛星では予測に依存せず、ナビゲーションとキャリブレーションを画像取得・配信

*気象衛星センター 気象衛星運用準備室

(1998年9月18日受領、1998年12月1日受理)

と並行して行うリアルタイム方式を採用した。この結果、従来は気象衛星センター（東京都清瀬市）と気象衛星通信所（埼玉県鳩山町）で分担していた画像前処理は、すべて気象衛星通信所に整備される画像前処理装置で処理されることになった。

3. 画像前処理装置

画像前処理装置は、運輸多目的衛星に搭載されているイメージャ（可視赤外放射計）によって取得された雲画像を、利用者に配付する形式に変換する。運輸多目的衛星では、高分解能イメージャデータ（HiRID：High Resolution Imager Data）が中規模利用局（MDUS）と気象衛星センターに配信される。HiRIDはGMSシリーズのS-VISSRに上位互換の関係にある。画像前処理装置は、このHiRIDをイメージャ観測

データから作成する。

図1は画像前処理の構成図である。2台の画像前処理装置と1台の画像品質監視解析装置は、ワークステーション（ヒューレットパッカード社製HP J282）である。図2は画像前処理システムの処理フローを示している。図3は画像前処理装置および画像品質監視解析装置の概観である。

画像前処理装置（IPPE: Image Pre-processing Equipment）は、イメージャ観測データ復調装置からイメージャ観測データを入力する。

入力されたイメージャ観測データに対して、キャリブレーション、ナビゲーションなどの画像前処理を行い、HiRIDを作成し、HiRID変復調装置、気象衛星センター（清瀬）並びに画像品質監視解析装置に出力する。

Hardware Configuration of Image Pre-processing Equipment

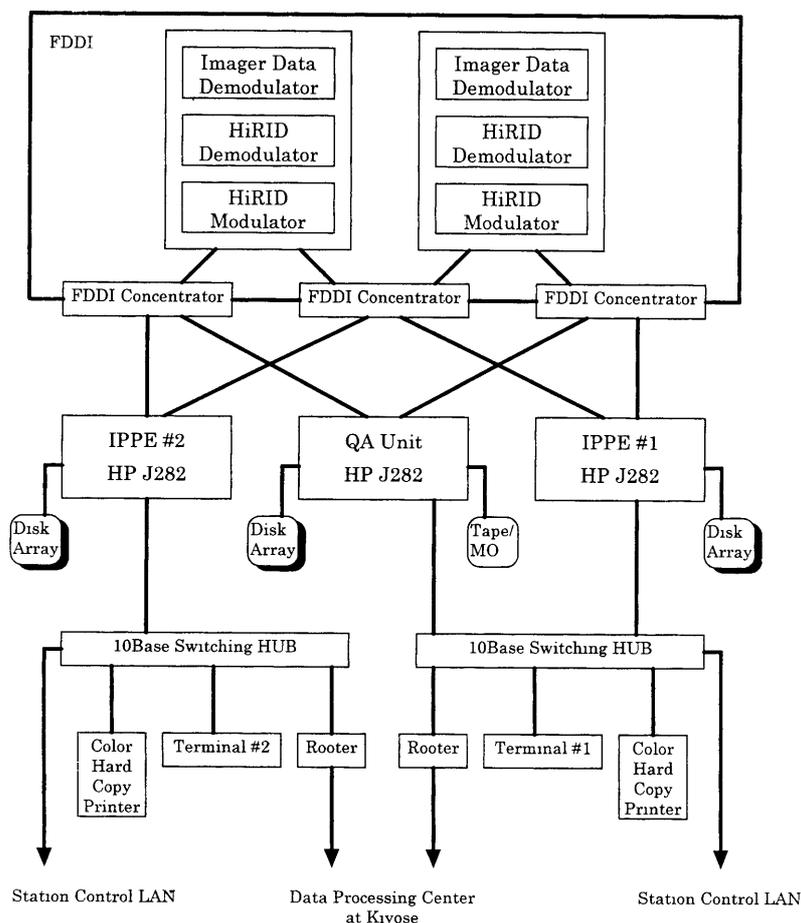


図1 画像前処理の構成図

Schematic Flow of Image Pre-Processing System

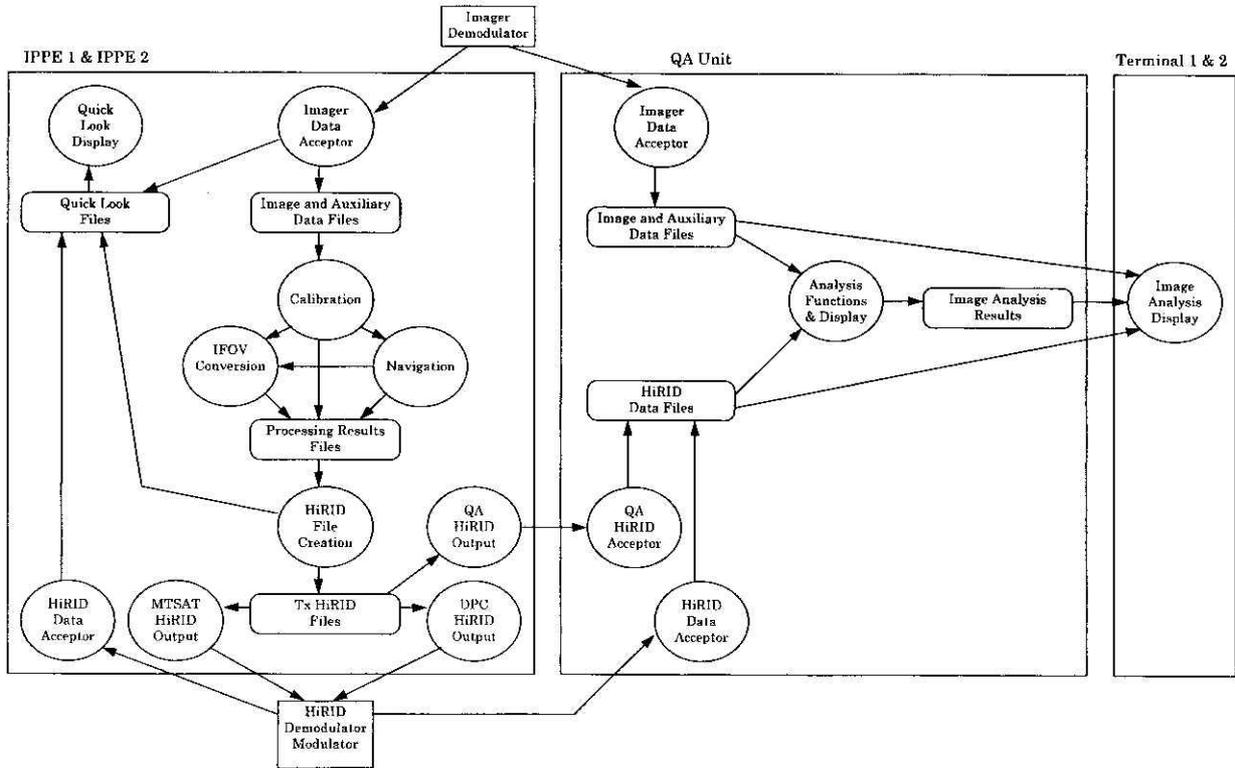
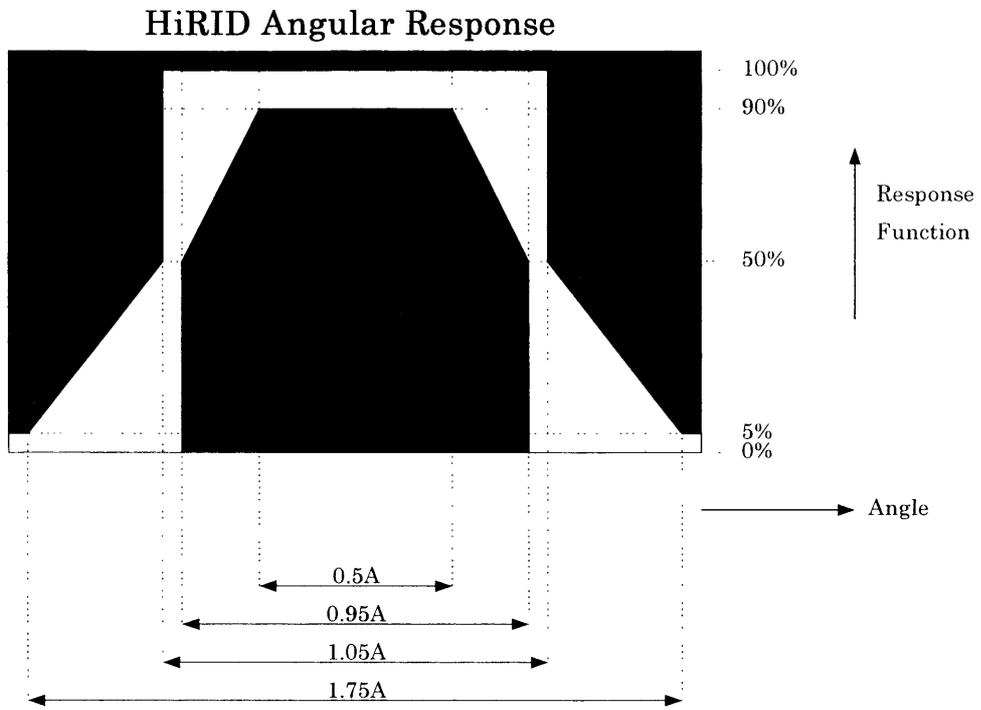


図2 画像前処理システムの処理フロー



図3 画像前処理装置および画像品質監視解析装置の概観写真



A = 35 micro-radians for Visible Channel

A = 140 micro-radians for Infrared Channels

图4 HiRID瞬時視野特性

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (1/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
<p>a. Infrared calibration</p> <p>①A black body calibration sequence should be detected in the Imager observation data.</p> <p>②When the black body calibration sequence is detected in the Imager observation data, update the infrared calibration table by utilizing the following data contained in the Imager observation data.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Space scanning data • Black body scanning data • Black body temperature telemetry 	<p>a. Infrared calibration</p> <p>①(a) Black body calibration sequence should be detected by current north-south address in Header block.</p> <p>(b) The north-south address during black body target observation is 420316 ± 1000.</p> <p>②(a) Active scan blocks before Trailer block in Scan Reverse with space clamp operation, active scan blocks after the Scan Reverse with space clamp operation and Header block should be used for the space scanning data. Number of blocks for use should be counted from Trailer block before Scan Reverse and from Header block after Scan Reverse, should be 450 nominally, should be designated by the Data base.</p> <p>(b) Space scanning data shows brightness digital count within mode $\pm N$ count should be used for an effective space data. N should be designated by the Data base.</p> <p>(c) Space scanning data shows brightness digital count from minimum count to maximum count should be used for an effective space data. The minimum and maximum counts should be designated by the Data base on each channel.</p> <p>(d) All active scan data blocks during dwell at black body target should be used for Black body data.</p> <p>(e) Black body data shows brightness digital count within $\pm N$ count should be used for an effective black body data. N should be designated by the Data base.</p> <p>(f) Black body data shows brightness digital count from minimum count to maximum count should be used for an effective black body data. The minimum and maximum counts should be designated by the Data base on each channel.</p> <p>(g) Wide-band telemetry in Telemetry data block should be used for Black body temperature telemetry. Effective Black body temperature telemetry just before black body target observation should be used for the black body calibration.</p> <p>(h) Black body temperature should be calculated by the weighted average of 8 temperature sensor data. Weight should be designated by the Data base on each temperature sensor.</p> <p>(i) The following formula should be used for the infrared calibration.</p> $R = \frac{q \cdot C^2 + m \cdot C + b - \varepsilon(\theta) \cdot R_m}{1 - \varepsilon(\theta)}$ $m_{bb} = \frac{r_{bb} - q \cdot (C_{bb}^2 - C_{sp}^2)}{C_{bb} - C_{sp}}$ $b = -m \cdot C_{sp} - q \cdot C_{sp}^2 + \varepsilon(sp) \cdot R_{msp}$ $r_{bb} = [1 - \varepsilon(45^\circ)] \cdot R_{bb} + [\varepsilon(45^\circ) - \varepsilon(sp)] \cdot R_{mbb}$ <p>Where</p> <p>R : radiance</p> <p>C : brightness digital count</p> <p>C_{bb} : brightness digital count of black body data</p> <p>C_{sp} : brightness digital count of space data</p> <p>q : coefficient measured on the ground test</p> <p>R_{bb} : radiance from black body calculated by black body temperature telemetry.</p> <p>R_m : radiance from scan mirror calculated by scan mirror temperature telemetry.</p> <p>R_{mbb} : radiance from scan mirror during black body observation</p>

表1 (1/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (2/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
	<p>calculated by scan mirror temperature telemetry.</p> <p>$R_{m s p}$: radiance from scan mirror during space look calculated by scan mirror temperature telemetry.</p> <p>$\epsilon(\theta)$: scan mirror emissivity = $a_0 + a_1 \cdot \theta + a_2 \cdot \theta^2$ (a_0, a_1, a_2 are measured coefficients in the orbit test, θ is east-west scan angle)</p> <p>c_n : slope coefficient T : Modified primary mirror temperature</p> $m = \sum_{n=0}^6 C_n \cdot T^n$ <p>(j) $C_{s p}$ should be calculated by time interpolation with linear formula using post-clamp data (space data after Scan Reverse with space clamp operation) and pre-clamp data (space data before Scan Reverse with space clamp operation).</p> <p>(k) The following equations should be used for calculating Modified Primary Mirror Temperature.</p> $T = k_0 + k_1 T_{pm} + k_2 (T_{pm} - T_{bb}) + k_3 (T_{sm} - T_{bb}) + k_4 (T_{scan} - T_{bb}) + k_5 (T_{pb} - T_{bb}) + k_6 (T_{bp} - T_{bb}) + k_7 (T_{pm} - T_{pm0}) + k_8 (T_{sm} - T_{sm0}) + k_9 (T_{scan} - T_{scan0}) + k_{10} (T_{pb} - T_{pb0}) + k_{11} (T_{bp} - T_{bp0}) + k_{12} (T_r - T_{r0}) + k_{13} (T_d - T_{d0})$ <p>T_{pm} : Primary mirror temperature, T_{pm0} : nominal primary mirror temperature, T_{sm} : secondary mirror temperature, T_{sm0} : nominal secondary mirror temperature, T_{scan} : scan mirror temperature, T_{scan0} : nominal scan mirror temperature, T_{pb} : primary baffle temperature, T_{pb0} : nominal primary baffle temperature, T_{bp} : base plate temperature, T_{bp0} : nominal base plate temperature, T_r : relay optics temperature, T_{r0} : nominal relay optics temperature, T_d : IR detector temperature, T_{d0} : nominal IR detector temperature, T_{bb} : BB-cal target temperature ($k_0 \sim k_{13}, T_{pm0}, T_{sm0}, T_{scan0}, T_{pb0}, T_{bp0}, T_{r0}, T_{d0}$ can be specified for each detector by the Data base.)</p> <p>(l) Modified Primary Mirror temperature should be calculated by wide-band telemetry in scan reversal format.</p> <p>(m) Modified Primary Mirror temperature should be calculated by the latest n-samples (i.e. n-scan reversals). The nominal value of n is 100, n can be specified by the Data base.</p> <p>(n) Modified Primary Mirror temperature should be calculated using average with mode $\pm \Delta T$ data. The nominal value of ΔT is 0.20K, ΔT can be specified by the Data base.</p> <p>(o) Coefficient m should be updated when space clamp is done.</p> <p>(p) c_n should be calculated by m_{bb} using the least square fitting with the latest τ_n hours data, except from 15 UTC - τ_b to 15 UTC + τ_a. τ_n, τ_a, and τ_b should be specified by the Data base.</p>
<p>b. Visible calibration</p> <p>① A visible calibration sequence should be detected in the Imager observation data.</p> <p>② When the visible calibration sequence is detected in the Imager observation data, update the visible calibration table by utilizing the following data contained in the Imager observation data.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Space scanning data · Sun beam scanning data 	<p>b. Visible calibration</p> <p>① (a) Visible calibration sequence using albedo monitor should be detected by current north-south address in Header block.</p> <p>(b) The north-south address during albedo monitor observation is 223964 \pm 24544.</p> <p>② (a) Active scan blocks before Trailer block in the Scan Reverse with space clamp operation, active scan blocks after the Scan Reverse with space clamp operation and Header block should be used for the space scanning data. Number of blocks for use should be counted from Trailer block before Scan Reverse and from Header block after Scan Reverse, should be 450 nominally, should be designated by the Data base.</p> <p>(b) Space scanning data shows brightness digital count within mode $\pm N$ count should be used for an effective space data. N should be designated by</p>

表1 (2/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (3/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
	<p>the Data base.</p> <p>(c) Space scanning data shows brightness digital count from minimum count to maximum count should be used for an effective space data. The minimum and maximum counts should be designated by the Data base on each channel.</p> <p>(d) All active scan data blocks during albedo monitor observation should be used for Sun beam scanning data.</p> <p>(e) Sun beam scanning data in the range from albedo maximum to A% on the cumulative frequency distribution should be used for visible calibration. A(%) should be designated by the Data base.</p> <p>(f) Sun beam scanning data shows brightness digital count from minimum count to maximum count should be used for an effective sun light data. The minimum and maximum counts should be designated by the Data base.</p> <p>(g) Reference sunlight albedo value should be provided by daily albedo table (for 366 days).</p> <p>(h) The following formula should be used for the visible calibration.</p> $R = q \cdot C^2 + m \cdot C + b$ $m = \frac{R_{sun} - q \cdot (C_{sun}^2 - C_{sp}^2)}{C_{sun} - C_{sp}}$ $b = -m \cdot C_{sp} - q \cdot C_{sp}^2$ <p>Where <i>R</i> : Radiance <i>C</i> : brightness digital count <i>q</i> : coefficient measured on the ground test <i>R_{sun}</i> : reference sunlight albedo <i>C_{sun}</i> : brightness digital count of sun light data <i>C_{sp}</i> : brightness digital count of space data</p>
<p>c. Electronic circuit calibration</p> <p>①An electronic circuit calibration sequence should be detected in the Imager observation data.</p> <p>②When the electronic circuit calibration sequence is detected in the Imager observation data, the calibration table should be updated by the utilizing the data contained in the electronic circuit calibration data block.</p>	<p>c. Electronic circuit calibration</p> <p>①Electronic circuit calibration data block in the Scan Reverse should be used for electronic circuit calibration.</p> <p>②(a) The average of brightness digital count for each input voltage step should be calculated and stored every five minutes.</p> <p>(b) Fifth polynomial approximation should be performed as the voltage function using the average of brightness digital count. The voltage value for each step should be designated by the Data base. Coefficients of polynomial should be shown by graph for a year (maximum).</p>
<p>d. Calibration quality control</p> <p>①The calibration table and parameters used for calibration process should be stored for one month.</p> <p>②The stored calibration table and parameters used for the calibration process should be taken statistics, analyzed by its trend.</p> <p>③The quality of the infrared calibration table should be evaluated by the sea surface temperature and space brightness level.</p> <p>④The quality of the visible calibration</p>	<p>d. Calibration quality control</p> <p>①The following parameters should be stored.</p> <p>Calibration observation data (channel ID, detector ID, side ID, data amount, effective data amount, scanning time, average after noise elimination, mode value, standard deviation after noise elimination, maximum value, minimum value, histogram, threshold used for noise elimination, black body target temperature telemetry, black body temperature, black body emissivity, sub-satellite point), Electronic circuit calibration observation data (channel ID, detector ID, side ID, voltage step number, time, average), Visible calibration table (sequence number, effective flag, detector ID, side ID, generated time, secondary coefficient, primary coefficient, constant, brightness digital count corresponding to reference albedo 1 to 6), Infrared calibration table (sequence number,</p>

表1 (3/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (4/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
<p>table should be evaluated by the histogram of image data in the visible channel.</p> <p>⑤The validity of the calibration table should be determined by the result in process ②.</p> <p>⑥The wavelength response function, calibration table, and parameters should be controlled for each detector of the Imager.</p>	<p>effective flag, channel ID, detector ID, side ID, generated time, secondary coefficient, primary coefficient, constant b, a₀, a₁, a₂, space look radiance R_{msp}, brightness digital count corresponding to reference temperature 1 to 7)</p> <p>②(a) The average value, mode and standard deviation of the above parameters should be calculated.</p> <p>(b) Brightness level corresponding to the reference temperature or albedo (plural level for each) in calibration table should be verified by prediction value calculated from the latest observation and a trend at the same time of the previous day.</p> <p>③(a) The sea surface temperature data using 24 hours data of original (4km) infrared channel 1 should be generated. The area of the sea surface temperature should be designated by the Data base.</p> <p>(b) The image which selects the highest temperature of each pixel from 24 hours data from 6:00 a.m. in Japan standard time should be used for the reference for the following 12 hours for the quality control using the sea surface temperature data. Also, the image which selects the highest temperature of each pixel from 24 hours data from 6:00 p.m. in Japan standard time should be used for the following 12 hours.</p> <p>(c) Temperature differences between the reference sea surface temperature and the highest temperature in the area of 20 km×20 km should be calculated. Mode value of temperature difference histogram should be calculated.</p> <p>(d) If the mode value is outside of the 0±S, a message should be outputted to the log. S should be designated by the Data base.</p> <p>(e) The statistic (average, mode, minimum value, maximum value, standard deviation) of 4 areas (default positions are the four corners of the frame, 100×100 pixels) in space area should be calculated for all infrared channel. The area should be designated by the Data base.</p> <p>(f) When the average of brightness digital count of space area is outside of the Sp±Δ Sp, a message must be outputted to the log. Sp and Δ Sp should be designated by the Data base.</p> <p>(g) The histogram of the whole observed area after temperature conversion for all infrared channel should be generated for each detectors.</p> <p>④(a) The image for each detector should be generated from the albedo maximum and minimum value of every east-west 8 pixels, the histogram of the full frame of the maximum or minimum albedo image should be generated, and the histogram of the designated area of the image should be generated.</p> <p>(b) If the mode value of albedo maximum image histogram is smaller than the designated threshold by the Data base, a message should be outputted to the log.</p> <p>(c) If the mode value of albedo minimum image histogram is bigger than the designated threshold by the Data base, a message should be outputted to the log.</p> <p>⑤(a) Update process of the calibration table should refer GO/NO_GO table.</p> <p>(b) Daily and Hourly GO/NO_GO table should be used for infrared channels.</p> <p>(c) Daily GO/NO_GO table should be used for visible channel.</p> <p>(d) Daily GO/NO_GO table should be used for electronic circuit calibration.</p> <p>⑥(a) 100 points should be specified for wavelength response function for each channel.</p>
<p>e. Orbit prediction</p> <p>①The orbit elements transferred by file from the station controller should be registered in the orbit element file.</p>	<p>e. Orbit prediction</p> <p>①The orbit elements should be registered after the confirmation that the orbit elements is transferred from station controller normally.</p> <p>②(a) Orbit prediction should be performed twice a day or more (the timing should be designated by the Data base), when the new orbit elements</p>

表1 (4/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (5/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
<p>②The numerical integration perturbation method should be used for orbit prediction. The most effective orbit elements in the orbit element file should be for the initial value to create an orbit and output the orbit to the orbit prediction file among with the Greenwich sidereal time, the unit vector from the satellite to the sun, the vector from the satellite to the moon, the nutation/precession matrix, and eclipse flag.</p> <p>③Osculating orbit element should be converted to mean orbit element.</p> <p>④Plural satellites should be processed.</p>	<p>become effective, and by operator command input.</p> <p>(b) Orbit prediction should be referred the information on the validity of the orbit elements.</p> <p>(c) Orbit prediction data interval should be five minutes.</p> <p>(d) orbit prediction period should be one day.</p> <p>(e) Two files structure (serial output) of the orbit prediction file should be used to avoid jam between writing and reading.</p> <p>③Osculating orbit elements in the orbit elements file should be converted to the mean orbit elements by operator command input.</p> <p>④The file name of the orbit element and orbit prediction files should be tagged by the satellite name.</p>
<p>f. Attitude determination / prediction</p> <p>①The landmark extraction data and the orbit prediction data should be inputted, the attitude of the satellite and the misalignment of the Imager should be estimated and predicted by the landmark extraction data and the orbit prediction data.</p> <p>②The satellite attitude should be expressed by the angles around roll, pitch and yaw axes, the Imager misalignment should be expressed by the angles around roll and pitch axes.</p> <p>③The least square method should be used for the estimation method. Fitting to the combination of the thirteenth-order Fourier series and a secondary curve for the satellite attitude should be performed. Fitting to the seventh-order Fourier series for the Imager misalignment should be performed. Also, the order of Fourier series should be designated by the Data base.</p> <p>④The satellite attitude and Imager misalignment should be predicted at an arbitrary time interval.</p> <p>⑤Nominal prediction period for the satellite attitude and Imager misalignment should be eight days (one day before the epoch and seven days after the epoch).</p> <p>⑥The satellite attitude and Imager misalignment should be outputted to the attitude prediction file.</p> <p>⑦The satellite attitude and Imager misalignment should be converted to GMS attitude parameters (i.e. spin axis right ascension, spin axis declination, X and Y misalignments of VISSR, beta angle, beta angle</p>	<p>f. Attitude determination / prediction</p> <p>①(a) The minimum period of the extracted landmark data that is used to estimate the satellite attitude and the Imager misalignment should be 3 days.</p> <p>(b) The period of the landmark extraction data that is used for the estimation should be designated by the Data base.</p> <p>(c) Landmark extraction data before station keeping maneuver should not be used after the maneuver.</p> <p>②Rotational order of Eulerian angle is yaw, pitch and roll.</p> <p>③(a) Allocation to satellite attitude and Imager misalignment should be the function of the time and date. The function should be expressed by the Fourier series which the maximum cycle is 24 hours and degree must be more than 24.</p> <p>(b) The maximum cycle of Fourier series expressing the satellite attitude and Imager misalignment should be 24 hours.</p> <p>④Nominal prediction data interval should be one minute.</p> <p>⑤Prediction period should be designated by the Data base.</p> <p>⑥Two files structure (serial output) of the attitude prediction file should be used to avoid the jam of writing attitude prediction and reading the prediction to create HiRID.</p> <p>⑦(a) Right ascension and celestial declination of spin axis should be provided by the pitch direction on the Imager coordinates.</p> <p>(b) β angle should be provided by yaw direction on the Imager coordinates.</p> <p>(c) The misalignment of VISSR X and Y axes and β angle bias should be zeroes.</p> <p>⑧The file name of the attitude prediction file should be tagged by the satellite name.</p>

表1 (5/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (6/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
bias), and should be outputted to the attitude prediction file in GMS format. ⑧ Plural satellites should be processed.	
g. Image distortion compensation by extracting landmark ① Landmark should be extracted from the visible channel and infrared channel (Infrared 1 - Infrared 2) of the Imager data. ② The attitude parameters in the documentation of HiRID should be updated by the landmark extraction data. ③ Landmark should be extracted constantly at 11 locations in the northern hemisphere and 11 locations in the southern hemisphere in the full disk observation. ④ The landmark extraction error should be equal to or less than $3.5 \mu\text{rad}$ (3σ) in both east-west and north-south directions in the visible channel, $6.0 \mu\text{rad}$ (3σ) in both east-west and north-south directions in the infrared channel.	g. Image distortion compensation by extracting landmark ① (a) For infrared channel, landmark should be extracted from the temperature difference image of equivalent black body temperature of IR-1 and -2. (b) Co-registration error between channels should be canceled when the temperature difference image is generated. (c) When visible and infrared are available, the results of these should be compared, bias (line direction and pixel direction) for each landmark to infrared should be calculated. (d) For both visible and infrared, bias of line and pixel directions of detected position at each landmark point should be designated by the Data base. ② Observation starting time, right ascension and celestial declination of spin axis direction and beta angle should be updated. ③ Landmark should be extracted using an image before IFOV conversion. ④ (a) Landmark extraction should be dispersed on the image as much as possible. (b) Elimination of error landmark data should be performed by residuals to predicted position in the image, and time variation of residuals of each landmark point.
h. Image distortion compensation by extracting earth edge ① Earth edge should be detected from the infrared channels (Infrared 1 and 2) of the Imager data, and should be compared with the predicted positions, thus the bias compensation of the roll and pitch misalignments should be performed. ② The attitude parameter in the documentation of HiRID should be updated by the bias compensation of the roll and pitch misalignments. ③ The bias estimation error of the roll and pitch misalignments should be equal to or less than $3.5 \mu\text{rad}$ (3σ) for both the roll and pitch.	h. Image distortion compensation by extracting earth edge ① (a) Earth edge for Infrared 1 and 2 should be detected individually. (b) Earth edge extraction should be performed using image before IFOV conversion. (c) Earth edge should be detected at all lines. (d) Spline interpolation or Lagrange Interpolation on brightness digital count should be performed, and earth edge should be detected by the threshold (designated by the Data base) of brightness digital count at each channel. (e) Center of east-west earth edge and earth width should be calculated by detected earth edge position. (f) Earth edge prediction position should be calculated using coordinate transfer routine. (g) Predicted east-west earth edge center and earth width should be calculated from the earth edge prediction position. (h) [Detection - prediction] for east-west earth edge center and earth width should be calculated. (i) Pitch misalignment should be compensated from [detection - prediction] of east-west earth edge center. (j) Roll misalignment should be compensated from [detection - prediction] of earth width and atmosphere thickness. (k) The bias of east-west earth edge center, bias of earth width and atmosphere thickness should be calculated by landmark extraction data for the line which is compared with predicted east-west earth edge center and earth width after landmark extraction, and it should be used for the image distortion compensation of the next observation. (l) Atmosphere thickness should be calculated from either the estimation method using earth edge around the equator or the estimation method using just before image (around 45 degrees north latitude and south latitude) by the Data base. ② (a) Observation starting time, right ascension and celestial declination of spin axis direction and β angle in the documentation should be updated

表 1 (6/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (7/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
	<p>by the bias compensation of the roll and pitch misalignments.</p> <p>(b) Earth edge around the equator and around 45 degrees north latitude should be used for the documentation update of the northern hemisphere observation.</p> <p>(c) Earth edge around the equator and around 45 degrees south latitude should be used for the documentation update of the southern hemisphere observation.</p> <p>(d) Earth edge around the equator and around 45 degrees north latitude should be used for the first update of full disk observation.</p> <p>(e) Earth edge around the equator and around 45 degrees north latitude and around 45 degrees south latitude should be used for the second update of full disk observation.</p> <p>(f) The atmosphere thickness extracted from the previous observation around 45 degrees north or south latitude should be used when the earth edge around the equator is missing.</p> <p>(g) The nearest earth edge to 45 degrees latitude should be used when the earth edge around 45 degrees latitude is missing.</p> <p>(h) A set of 10 lines around the equator, 45 degrees north latitude and 45 degrees south latitude should be used.</p> <p>③The line of which the bias of east-west earth edge center is the smallest should be selected for the earth edge around the equator, 45 degrees north latitude and 45 degrees south latitude.</p>
<p>i. Navigation quality control</p> <p>①The parameters used for navigation such as the landmark extraction data and earth edge extraction data for each observation should be stored for one month.</p> <p>②Statistics and trend analysis for the stored parameters should be performed.</p>	<p>i. Navigation quality control</p> <p>①The following parameters should be stored. Orbit position (position and velocity), attitude (roll, pitch, yaw), misalignment (roll, pitch), spin axis (α, δ), misalignment (X, Y, β), β angle, sub-satellite point (longitude, latitude), reference point (3 points), vector to the sun direction, vector to the moon direction, time, Landmark extraction data (observation starting time, channel ID, latitude, longitude, altitude, cloud amounts, correlation, predicted position, detected position, sun zenith angle, scan time, correlation threshold, cloud amount threshold, bias), Earth edge extraction data (observation starting time, line number, detected earth edge position, predicted earth edge position, bias, correction coefficient)</p> <p>②(a) The statistics and trend analysis of the above parameters should be performed. (b) Cloud amount, correlation, [average, maximum, minimum, mode, standard deviation, average of time variations, standard deviation of time variations] of residuals should be calculated. [Average, maximum, minimum, mode, standard deviation, average of time variations, standard deviation of time variations] of east-west earth edge center and earth width should be calculated for each line which is used for the image distortion compensation by extracting earth edge.</p>
<p>j. Processing schedule</p>	<p>j. Processing schedule</p> <p>(a) Documentation after 801 line of HiRID (counted from the transmitted first line) should be updated by the image distortion compensation by landmark extraction or earth edge extraction.</p> <p>(b) Documentation after 2001 line for full disk observation should be updated by the image distortion compensation by landmark extraction or earth edge extraction.</p>
<p>k. IFOV conversion</p> <p>①The IFOV (Instantaneous Field Of View) of HiRID should be met with the angular response function requirements shown in Figure 1. Also, the response function normalized with the maximum</p>	<p>k. IFOV conversion</p> <p>①(a) The following digital filter should be used for IFOV conversion.</p> $R(I, J) = \sum_{i=-15}^{15} \sum_{j=-15}^{15} [NS(i)EW(j) \cdot Raw(I + i, J + j)]$

表1 (7/8) 画像前処理の要求仕様

Specifications of Image Pre-Processing Equipment (8/8)

Preliminary Specification	Detailed Specification
<p>response being 100% should exist at the white portion in Figure 4. (☒ 4)</p> <p>②The pixel lattice of HiRID should be 5 km for both east-west and north-south in the infrared channels, and 1.25 km for both east-west and north-south in the visible channel. Also, fixed relationship between the pixel lattice of HiRID and the ground surface longitude / latitude should be used as much as possible.</p> <p>③Apply the requirements for the Imager observation data in the performance specifications of MTSAT for the performance of HiRID such as infrared temperature and albedo resolution.</p> <p>④Smoothing processing such as the median filter, variable weight averaging method, and sub-mask division method should be performed before IFOV conversion.</p>	<p>where</p> <p>I : position of north-south direction J : position of east-west direction R : pixel digital count value after IFOV conversion Raw : pixel digital count value before IFOV conversion NS(i) : north-south IFOV conversion filter EW(j) : east-west IFOV conversion filter</p> <p>(b) 5 sets of north-south filter and east-west filter should be designated for each channel, and the on-line filter should be designated by time.</p> <p>②(a) The Whittaker-Shannon sampling theorem should be used for the conversion of image lattice.</p> $H(x,y) = \sum_{n=-15}^{15} \sum_{m=-15}^{15} R_{nm} \cdot \text{sinc}[(x - n \Delta x) / \Delta x] \cdot \text{sinc}[(y - m \Delta y) / \Delta y]$ <p>where</p> <p>H : HiRID image R_{nm} : image after IFOV conversion Δ x, Δ y : sampling distances after IFOV conversion sinc (x) ≡ sin (π x) / (π x)</p> <p>(b) Relationship between the pixel lattice and the ground surface longitude / latitude should be fixed, and the conversion that describes above should be based on the predicted orbit and attitude.</p> <p>④(a) Median filter should be performed before the processing of variable weight averaging method and sub-mask division method. (b) Use / no-use of Median filter should be designated by the Data base. (c) Either variable weight averaging method or sub-mask division method should be used and use / no-use should be designated by the Data base. (d) 11 pixels in the east-west direction should be processed by Median filter. (e) A 3-by-3 pixel area should be processed by the variable weight averaging method. (f) A 5-by-5 pixel area should be processed by the sub-mask division method.</p>
<p>1. Temperature / albedo conversion</p> <p>①Fixed conversion table should be used for the calibration table of HiRID to convert brightness digital count to temperature or albedo. The fixed conversion table should be changed easily during operational use.</p>	<p>1. Temperature / albedo conversion</p> <p>①256 gradations (infrared), 64 gradations (visible) and 1024 gradations (infrared and visible) should be used for the fixed conversion table for each channel.</p>

表 1 (8/8) 画像前処理の要求仕様

また、画像前処理装置は、イメージャ観測データおよびHiRIDをクイックルック表示する。

画像品質監視解析装置 (Quality Analysis Unit) は、イメージャ観測データをイメージャ観測データ復調装置から入力し、HiRIDを画像前処理装置およびHiRID変復調装置から入力する。画像品質監視解析装置は、入力したデータについて画像の品質を解析する機能を有する。

画像前処理用端末 (Terminal) は、画像品質監視解析装置の表示機能を有するとともに、気象衛星センター (清瀬) から画像品質監視解析装置へのリモートログインを中継する。

4. 画像前処理の処理内容

画像前処理の詳細な仕様を表1に示す。画像前処理装置と画像品質監視解析装置は、この仕様に基づいて設計されている。ここでは、各要求項目の内容を解説する。

4.1 赤外キャリブレーション (Infrared Calibration)

① (a) - (b) キャリブレーションに必要なデータはすべてイメージャ観測データに含まれている。画像前処理装置は常に走査鏡の指向方向を監視しており、赤外キャリブレーションのための黒体データ取得位置に走査鏡が移動した場合は黒体データを保存する。イメージャ観測データには、アクティブスキャンブロック、ヘッダーブロック、トレイラーブロック、テレメトリブロック、E CAL (電子回路キャリブレーション) ブロック、空ブロックが含まれている。アクティブスキャンブロックには観測した地球または宇宙空間の画素の情報が格納されている。アクティブスキャンブロック以外は、走査の折返し時 (scan reverse) に伝送される。また、走査折返し時に赤外検出器の出力ドリフトを0補正するスペースクランプ (space clamp) が行われる。

② (a) - (c) 赤外検出器の出力ドリフトを補正するために、宇宙空間を走査している時の輝度レベルを

算出する。(b) と (c) ではモード±Nカウント、最大値、最小値によりノイズの除去を行う。

② (d) - (f) 宇宙空間輝度レベルと同様に黒体データもモード、最大値、最小値を使用したノイズ除去が行われる。

② (g) テレメトリデータブロックにはワイドバンドテレメトリと呼ばれるイメージャのテレメトリが格納されている。黒体を観測する直前のテレメトリデータブロックからイメージャ内部の黒体の温度を算出する。

② (h) 黒体には8個の温度センサが取付けられており、黒体の温度として8個の温度データの重み付き平均を用いる。各温度センサの重みは、オフライン解析により決定される。

② (i) 赤外キャリブレーションでは走査鏡の射出率を走査角の関数として定義する。赤外波長領域では走査鏡の表面コーティングの特性により、走査鏡の射出率 ϵ が走査角度に依存する。 ϵ は軌道上で定期的に測定し、オフライン解析により決定する。走査鏡の射出率を考慮しなければ、可視キャリブレーションと同じ式の表現になる。詳細は参考文献1を参照のこと。

② (j) 赤外検出器の出力信号のドリフトは一次式に近似して補正する。補正に使用する宇宙空間の輝度レベルは、スペースクランプ直後と次のスペースクランプの直前である。

② (k) (p) 真夜中前後の数時間、イメージャ内部に太陽光が入射すると、太陽光により高温になった部分からの赤外放射が黒体により反射され、赤外検出器により観測される。この反射された放射が赤外キャリブレーションの誤差要因の一つになる。(参考文献2) この誤差を除去するために、補正主鏡温度 (Modified primary mirror temperature) が導入された。補正主鏡温度はGOESでの実績を基本にしているが、GM Sシリーズでの経験に基づいて係数を増やし、より精度の高い方式に設計されている。補正主鏡温度を算出する係数は軌道上試験において決定される。

② (l) - (o) 補正主鏡温度は、ワイドバンドテレメトリから算出する。走査鏡が折返す時 (約1.1秒毎) に補正主鏡温度が算出されるので、真夜中付近に

発生するイメージャ内部の急激な温度変化にも十分対応可能である。

4. 2 可視キャリブレーション (Visible Calibration)

- ① (a) - (b) 画像前処理装置は常に走査鏡の指向方向を監視しており、可視キャリブレーションのために太陽光を観測する位置に走査鏡が移動した場合には、可視画像データを保存する。
- ② (a) - (c) 可視キャリブレーションに使用する宇宙空間の輝度レベルを取得する。赤外キャリブレーションと同様にノイズの除去を行う。
- ② (d) - (f) 取得した太陽光観測データについて、モード、最大値、最小値を用いてノイズの除去を行う。累積度数分布を使用して、太陽像の周辺減光の影響を除去する。
- ② (g) 太陽-地球間の距離変化を補正するために、観測した太陽光に対応するアルベドは、テーブルによって設定される。太陽光をイメージャ内に導入するアルベドモニタは複数の鏡を使用しており、季節によって使用する鏡が変る。それぞれの鏡の反射率には僅かであるが差があることから、この反射率の差もテーブルに設定するアルベド値で補正する。
- ② (h) 放射量は輝度レベルの2次式で表現される。詳細は参考文献1を参照のこと。

4. 3 電子回路キャリブレーション (Electronic Circuit Calibration)

- ① 電子回路キャリブレーションデータは走査折返し時に伝送される。画像前処理装置は走査折返しを検出すると、電子回路キャリブレーションデータを一時的に保存する。
- ② (a) 電子回路キャリブレーションデータとして5分毎の平均値が保存される。電子回路は非常に安定しており、長期間にわたる変化傾向を監視するために電子回路キャリブレーションデータが使用される。
- ② (b) 16段の階段状入力電圧に対する出力(輝度レベル)が電子回路キャリブレーションデータである。

保存データを圧縮するために、入力電圧の5次式に近似し、5次式の係数を保存する。

4. 4 キャリブレーション品質管理 (Calibration Quality Control)

- ① ここでは保存されるデータの項目を示している。可視および赤外キャリブレーションテーブルは、データ量を圧縮するためにテーブルではなく係数を保存する。
- ② (a) 保存されたデータについて、平均、モード、並びに標準偏差の算出が可能である。
- ② (b) 赤外チャンネルでは20K毎、可視チャンネルではアルベド20%毎に比較基準を設定し、この基準値に相当する輝度レベル値(カウント値)を算出し、予測値と比較する。予測値は、前日同時刻の変化傾向と直前の観測データから算出する。
- ③ (a) 赤外1チャンネル(11 μ m)の水平分解能4km画像から海面水温を算出し、赤外キャリブレーションの品質管理に使用する。海面水温を算出する範囲は、1000~2000km四方とする。ここで算出される海面水温では大気補正は行われていない。また、この品質管理は時間変化を監視する相対キャリブレーションであり、キャリブレーションの絶対精度を検証するためには、大気鉛直プロファイルを用いた絶対キャリブレーションを行うが必要になる。絶対キャリブレーションはオフラインで定期的実施される予定である。
- ③ (b) 品質管理の基準となる海面水温は、地球上の同じ場所について24時間で最も高い温度を採用し、画像として一時的に保存される。日本時間の午前6時と午後6時に基準となる海面水温の画像が更新される。これは、イメージャ内部の温度変化が著しい真夜中付近に同じ比較基準を使用するためである。
- ③ (c) - (d) 20km四方の最高温度と、基準となる海面水温の温度差を算出し、この温度差のヒストグラムを作成する。ヒストグラムのモードが基準値よりも大きければ、メッセージにより運用者に警告を行う。
- ③ (e) - (f) 全球画像の四隅の宇宙空間100 \times 100赤外面素について、輝度レベルの平均、モード、

最大、最小、標準偏差が算出される。平均値が規定値から逸脱した場合には、メッセージが出力されて運用者に警告を与える。また、平均値を東西で比較することにより、走査鏡の射出率の補正処理を監視する。さらに、標準偏差から赤外検出器の雑音特性の監視を行う。

③ (g) すべての赤外チャンネルにおいて観測範囲全体のヒストグラムが赤外検出器毎に作成される。このヒストグラムは赤外検出器の特性監視に利用される。

④ (a) - (c) 可視チャンネルでは、同時に使用する8個の検出器毎にヒストグラムを作成する。観測範囲(フレーム)全体については、東西8画素の最大値から作成されたヒストグラムと、最小値から作成されたヒストグラムの2種類が用意される。これらのヒストグラムからモードが算出され、モードが規定値を逸脱するとメッセージが出力される。最大値のヒストグラムは雲を(つまりアルベド値が大きい部分を)、最小値のヒストグラムは海面・陸面を(つまりアルベド値が小さい部分を)抽出することを目的としている。また、これらのヒストグラムは検出器間の感度差を監視するオフライン解析に利用される。任意の領域のヒストグラムは、太陽天頂角の差を補正するために、補助的に使用される。

⑤ (a) - (d) キャリブレーション処理では、処理を最適化するために、キャリブレーションテーブルの更新の可/不可を指定できる。

4.5 軌道予測

(Orbit Prediction)

① 衛星の軌道要素は、局管制設備から転送される。局管制設備との間では、機器動作の監視・制御情報、クロック、軌道要素、MANAM情報が伝送される。

② (a) - (e) ナビゲーションに使用する軌道予測は、局管制設備から転送された軌道要素から作成される。この軌道予測は新たな軌道要素が転送されると実行される。

③ オフライン解析のために平均軌道要素が算出できる。

4.6 姿勢決定・予測

(Attitude Determination / Prediction)

① (a) - (b) 姿勢決定には最低3日分のランドマークデータを使用する。衛星の姿勢制御系は24時間周期の姿勢再現性よりも15分から90分の姿勢安定度を重視して設計されているので、姿勢決定に使用するランドマークの期間が長くなれば姿勢決定の精度が良くなるとは限らない。軌道上試験時に最適な期間が設定される。

① (c) 軌道を変更するマヌーバ時には、マヌーバ前後で姿勢が不連続になるので、マヌーバ前後のランドマークデータを混在させて使用しないようにしている。

② 衛星の姿勢は、ロール、ピッチ、ヨー軸のオイラー角により表現される。オイラー角を用いた姿勢の表現では、軸の回転順序により姿勢の向きが異なる。画像前処理では、ヨー、ピッチ、そしてロールの順序で回転させる。

③ (a) イメージャの視線方向は、衛星の姿勢とイメージャのミスアライメント(取付け誤差)に影響される。イメージャのミスアライメントは、イメージャの内部と周辺温度により変化する。ランドマークデータを使用した姿勢決定では、オイラー角の回転順序を厳密に適用することにより、姿勢とミスアライメントを分離でき、それぞれ決定できる。しかし、GMSシリーズとは異なり画像前処理が算出した衛星の姿勢をマヌーバ立案に使用しないことから、衛星の姿勢とイメージャミスアライメントの配分を予め決定しておく方法を採用した。この方法では処理時間が厳密な方法に比べて短縮される。

③ (b) 衛星の姿勢とイメージャのミスアライメントは、最も長い周期の変化を24時間周期と仮定している。姿勢決定は観測毎に実施されることから、24時間よりも長い周期の変化は無視できる。

⑦ (a) HiRIDのドキュメンテーションに使用するスピン軸方向(スピン軸の赤経、赤緯)は衛星のピッチ軸方向を向いた単位ベクトルから算出する。ピッチ軸はノミナルな状態で南方向を指向する。

⑦ (b) HiRIDのドキュメンテーションに使用する

る β 角は、衛星のヨー軸方向を向いた単位ベクトルと太陽方向から算出する。ヨー軸はノミナルな状態で地球中心方向を指向する。

4.7 ランドマークによる歪補正

(Image Distortion Compensation by Extracting Landmark)

- ① (a) 赤外チャンネルの場合は、赤外1と赤外2の輝度温度差画像からランドマーク抽出を行う。この手法はNOAA衛星のAVHRR画像からのランドマーク抽出において実績があり、地表面の温度変化の影響を受け難い。
- ① (b) 赤外1と赤外2の差画像を作成する時に、チャンネル間の画素位置対応（コ・レジストレーションと呼ばれる）の補正を行う必要がある。この補正ではイメージ内部温度から補正量が算出される。
- ① (c) - (d) 昼間に可視と赤外から抽出したランドマークが同時に有効な場合には、両者の差を算出しバイアスとして設定する。可視と赤外では、海岸線は画像上で同じ位置に現われるとは限らない。特に、砂浜、珊瑚礁、遠浅の海岸では有意な差が出る可能性を考慮している。
- ②歪補正では、HiRIDドキュメンテーションの観測開始時刻、スピン軸の赤経・赤緯、並びに β 角を補正する。GMSシリーズにおいて使用されている歪補正ではVISSRミスアライメントを補正しているが、VISSRミスアライメントは1観測に1組みしかなく、画像の平行移動のみ補正可能である。画像前処理装置では、1画像内で画像ずれ量が増加する現象の発生に備えて、5分毎のデータがドキュメンテーションに格納されるスピン軸方向と β 角を補正する。
- ③ランドマークは、抽出精度を可能な限り良くするため、IFOV変換前の画像（赤外4km分解能、可視1km分解能）から抽出される。
- ④ (a) ヨー軸回りの画像ずれを検出し補正するためには、ランドマークは地球上に広く分布している必要がある。
- ④ (b) ランドマークを抽出した結果には、雲の影響

による誤検出データが含まれている。誤検出データの除去には、1画像内の分布による品質管理、さらに、ずれを時系列に並べて異常データを除去する方法が使用される。

4.8 アースエッジによる歪補正

(Image Distortion Compensation by Extracting Earth Edge)

- ① (a) 歪補正に使用するアースエッジは、赤外1および赤外2から検出し、どちらか一方を使用する。GMSシリーズの実績から赤外1を当面使用するが、赤外2は雲の影響を受け難い可能性があることから、軌道上試験の結果により使用するチャンネルを決定する。
- ① (b) アースエッジは抽出精度を可能な限り良くするために、IFOV変換前の画像（赤外4km分解能）から抽出される。
- ① (c) 歪補正に使用するアースエッジは、北緯45度、赤道、並びに南緯45度付近のみである。ここでは、HiRIDのドキュメンテーションに付加するアースエッジを意味する。
- ① (d) GMSシリーズと同様に、輝度レベルのしきい値によりアースエッジを検出する。輝度レベルを近似曲線で内挿し、アースエッジ位置の検出精度を向上させている。
- ① (e) - (h) 検出したアースエッジから東西中心、地球幅を算出し、予測と比較する方法は、GMSシリーズの実績に基づいている。
- ① (i) - (j) 東西アースエッジ中心からピッチ軸回りのミスアライメントの補正量を、地球幅からロール軸回りのミスアライメントの補正量を算出する。アースエッジからは地球画像の回転、つまりヨー軸回りの姿勢誤差は検出できない。
- ① (k) アースエッジは大気の色を見ていることから、上層大気の状態により画像上での位置が変化する。このため、アースエッジから算出した東西中心と地球幅のバイアスをランドマークデータを用いて算出し、次の観測時にはそのバイアスを歪補正処理に使用する。
- ① (l) 大気の厚さを表すパラメータの算出は、赤道

付近のアースエッジから算出する方法と直前の観測時に算出された値を使用する方法があり、どちらかを選択できる。通常は後者を使用する。

② (a) ロールとピッチ軸回りのミスアライメント補正量から、HiRIDドキュメンテーションのスピンドル方向赤経・赤緯を修正する。

② (b) - (e) ロールとピッチ軸回りのミスアライメント補正量は、時間の関数として表現する。北緯45度付近と南緯45度付近の両者のデータが有効な場合には、ロールは時間の1次式で、どちらか一方のデータが有効な場合には定数項のみで表現する。ピッチは、北緯45度、赤道、南緯45度付近のうち、すべてに有効データがある場合に2次式で、2ヶ所に有効データがある場合には1次式で、いずれか1ヶ所に有効データがある場合には定数項のみで表現する。

② (f) 赤道付近のアースエッジが取得できなかった場合には、直前の画像において算出した大気の厚さを使用する。

② (g) - (h) エラーライン等により北緯45度または南緯45度付近のアースエッジが取得できない場合は、最も近い有効データを使用する。また、10ライン分のアースエッジを使用し、検出精度を向上させている。

4.9 ナビゲーション品質管理 (Navigation Quality Control)

- ①ここでは保存されるデータの項目を示している。
- ② (a) - (b) 保存されたデータの統計処理を行うことができる。
- ③アースエッジの東西中心のバイアス (① (k) 項) が最も小さいラインのアースエッジを使用する。この方法により、雲の影響を受けたアースエッジを使用しないようにする。

4.10 処理スケジュール (Processing Schedule)

HiRIDのドキュメンテーションは200ラインでサブコミュニケーションが完結し、1組みの情報となる。HiRIDでは送信開始ラインから数えて801ライ

ンと2001ラインから始まるドキュメンテーションの組に、ランドマークまたはアースエッジによる歪補正が行われたナビゲーション情報が格納される。ただし、ドキュメンテーションのみに歪補正の結果が反映され、以下に述べるIFOV変換では予測された姿勢が使用される。

4.11 IFOV変換 (IFOV Conversion)

① (a) 東西31画素、南北31画素のデジタルフィルタにより瞬時視野の変換を行う。フィルタに入力される画像 (つまりRaw) はキャリブレーション済みの画像である。

① (b) 各チャンネルに5つのフィルタを用意し、時刻により使用するフィルタを変更する。これは、走査鏡の温度変化により瞬時視野の形状が変化するためである。

② (a) ウィットカー・シャノンの標本化定理では、信号がナイキスト周波数 (サンプリング周波数の半分の周波数) 以下に帯域制限されていれば、sinc関数により誤差を生じることなく内挿が可能である。イメージャの画像データは、東西方向にはナイキスト周波数以下に帯域制限されているが、南北方向はナイキスト周波数以上の成分が存在する可能性があり、完全な内挿はできず、若干の誤差が内挿時に生じる。

② (b) 地球の緯経度と画像のライン・ピクセルの対応は、可能な限り固定としている。言い換えると、必ずしも1対1の対応関係ではなく、時によりずれを生じることがある。緯経度とライン・ピクセルの対応は姿勢予測に基づいている。従って、姿勢予測の誤差が大きくなると、緯経度とライン・ピクセルの対応はノミナルな状態からずれる。

② (c) チャンネル間の画素位置対応は、イメージャ内部の温度から補正量を算出し、HiRID作成時に補正する。補正量算出に使用する係数は、地上試験データを用いる。

④ (a) - (c) スパイク状のノイズを除去するメディアンフィルタ、平滑化によりノイズを低減する可変加重フィルタおよびサブマスク分割フィルタがIFOV

変換前に使用できる。このようなフィルタが気象衛星の実運用に使用された例はないが、軌道上試験を経て使用するフィルタが決定される。

- ④ (d) 東西 1 1 画素の輝度レベルの中間値を出力とするファイルで、スパイク状のノイズに効果がある。
- ④ (e) 3×3 画素の輝度レベルの分散が小さい程、平均操作の割合を高くすることでノイズを低減させるフィルタである。
- ④ (f) 5×5 画素の中に最も分散の小さい領域を見つけて、その平均値を出力とすることでノイズを低減させるフィルタである。

4. 12 温度／アルベド変換

(Temperature / Albedo Conversion)

① HiRID の画像データは、温度またはアルベドに変換済画像である。利用者は固定のテーブル（カウント値と等価黒体温度またはアルベドとの対応表）を使用することになる。

5. 前処理の特徴

画像前処理はイメージャ観測データからイメージャの動作を判断し、HiRIDの作成・出力を自動的に行う。画像前処理装置と局管制装置との間ではリアルタイムのテレメトリなどの転送が行われず、画像前処理装置は自律的に動作する。

また、リアルタイムの品質管理を重視している点も画像前処理の特徴である。特に赤外キャリブレーションでは海面水温を使用した精度の監視を常時実施する。画像の品質を監視する情報も常にリアルタイムで算出されており、監視・解析を容易にしている。

6. おわりに

運輸多目的衛星のイメージャは、アメリカ合衆国の気象衛星 GOES に搭載されているイメージャの技術に基づいて開発されている。画像前処理装置の整備に際しては、アメリカ海洋大気庁 (NOAA) の協力により、GOES の地上処理設備に関する情報を得て、運輸多目的衛星に適した画像前処理を開発した。

なお、本報告は、気象衛星センター システム管理課および施設管理課の協力を得て作成した。

参考文献

1. Weinreb, M., and others, 1997: Operational Calibration of the Imager and Sounders on the GOES-8 and -9 Satellites, NOAA Technical Memorandum NESDIS 44, Feb., 1997.
2. Johnson, R.X., and Weinreb, M., 1996: GOES-8 imager midnight effects and slope correction, Proceeding SPIE, vol. 2812 596-608, Aug., 1996