

運輸多目的衛星のイメージャについて

Requirements of MTSAT/Imager

システム管理課
System Engineering Division *1

Abstract

Multi-functional Transport SATellite(MTSAT) will be launched using Japan H-II rocket in 1999 as a successor of GMS-5.

The goals of the MTSAT system are to:

- Maintain imaging, image data distribution and meteorological data collection from data collection platfotms for meteorological services with 5 years mission life
- Provide air traffic controls for civil aviation services with 10 years mission life

Imaging function is performed by Imager (Visible and Infrared Radiometer) of the MTSAT payloads. Requirements for imaging function are summarized in Table 1 through Table 4.

1. はじめに

運輸多目的衛星 (MTSAT:Multi-functional Transport Satellite) は、1999年(平成11年)に打上げられる予定である。MTSATに搭載される可視赤外放射計(イメージャ)は、GMS-5/VISSR(Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)の機能に比べ、3.7 μ m帯の赤外チャンネルの追加、赤外チャンネルの10ビット量子化等の機能強化が図られる。ここでは、イメージャに対する要求の概要をまとめた。

2. 運輸多目的衛星の概要

運輸多目的衛星は、運輸省航空局と気象庁が共同で調達、運用を行う多目的衛星であり、静止気象衛星5号(GMS-5)の後継機として、1999年(平成11年)に

日本のH-IIロケットにより打上げられる予定である。静止軌道からの気象観測の継続性確保を目的とする気象ミッション機能は、5年のミッション寿命を、航空管制業務のための航空ミッション機能は、10年のミッション寿命を目標としている。

3. イメージャに対する要求の概要

MTSATに搭載されるイメージャに対する性能要求の概要を、観測波長帯(Table 1)、空間分解能とナビゲーション(Table 2)、温度・アルベト分解能とキャリブレーション(Table 3)及び時間分解能(Table 4)の4つの観点にまとめた。

運輸多目的衛星の調達は、日本政府のアクション・プログラム実行推進委員会(平成2年6月14日)の定めた手続きに従って実施される。イメージャに対する

*1 Editor: Seiichiro Kigawa

(1994年1月13日受領, 1995年1月20日受理)

要求は、アクション・プログラム実行推進委員会で決定された手続きに従い、性能中心に規定されている。また、WMO Satellite Data Requirements をイメージャの観測データから作成されるプロダクトの精度目標（ゴール）の1つに設定し、イメージャに対する要求の詳細が規定されている。

3. 1 観測波長帯

MTSAT のイメージャは、GMS-5/VISSR に対し、 $3.7\mu\text{m}$ 帯（赤外 4 チャンネル）を追加した機能が要求されている。 $3.7\mu\text{m}$ 帯は、霧や薄い巻雲の検出に有効なことから、短時間予報や航空予報の利用に効果が期待されること、また、海面水温の精度向上に有効で、海況予報や数値予報において準リアルタイム的な利用も期待できることから、イメージャの搭載センサと決定された。

3. 2 空間分解能とナビゲーション

イメージャの地上分解能（衛星直下点の空間分解能）は、GMS-5/VISSR の地上分解能（可視チャンネルが 1.25km 、赤外チャンネルが 5 km ）を最低限の要求として規定している。地上分解能が向上すれば、雲型を詳細に識別できることにより風計算のマッチング精度向上、算出数増加及び台風中心位置決定精度の向上等が期待できる。地上分解能の向上には、ナビゲーション（画像の位置合わせ：イメージャの観測データを構成する画素が地球上のどの地点に対応するかを求めること）の精度向上が伴う必要があり、ナビゲーション精度は地上分解能、瞬時視野角と比例するように規定している。また、隣接する画素の視野の重なり又は隙間は、雲量、放射量の推定誤差の要因となることから、瞬時視野角及び視線安定度の規定により、隣接する画素の視野間の重なり又は隙間の発生を抑制している。

3. 3 温度・アルベト分解能とキャリブレーション

イメージャの観測データから作成するプロダクトの精度向上を目指して、赤外チャンネルの量子化ビット数は10ビット以上を要求している。キャリブレーション

精度は、GMS-5/VISSR の要求には無かったが、プロダクトの精度向上には、キャリブレーション精度の向上が必要かつ不可欠であることから、規定を設けた。

3. 4 時間分解能

GMS-5/VISSR では、全球（衛星から見る事ができる地球の表面と大気の全体）を約30分の所要時間で観測できる。MTSAT/イメージャでは30分以下の所要時間で観測できることを要求している。

また、MTSAT/イメージャは、衛星が地球又は月の影に入っている時も観測できることを要求している。

さらに、GMS-5では、VISSR データと WEFAX の伝送信号の周波数帯域が重なっているため、VISSR 観測と WEFAX 配信の同時運用は行わないが、MTSAT では、イメージャの観測データの伝送速度を低速化し、衛星から地上局 (CDAS) への伝送信号の占有周波数帯幅を狭くすることにより、イメージャによる観測と WEFAX 配信が同時に行えるようになる。

4. おわりに

宇宙からの気象観測を行う測器の開発にあたっては、観測波長帯の追加、波長帯の狭帯域化による鉛直分解能の向上、空間分解能の向上、ノイズの低減及び観測頻度の増加等の要求がユーザから常に求められる。MTSAT 以降のイメージャも例外ではなく、今後も、プロダクトの要求を明確にし、ミッション要求を技術的、経済的に最適化する作業を、時間をかけて行う必要がある。

Attribute	GMS-5/VISSR Requirements	MTSAT/Imager Requirements	Product Requirements												
Spectral Response	0.55 ~ 0.90 μm 10.5 ~ 11.5 μm 11.5 ~ 12.5 μm 6.5 ~ 7.0 μm N/A	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lower Limit</th> <th>Upper Limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.55 μm</td> <td>0.75~0.90 μm</td> </tr> <tr> <td>10.3 μm</td> <td>11.3 μm</td> </tr> <tr> <td>11.5 μm</td> <td>12.5 μm</td> </tr> <tr> <td>6.5 μm</td> <td>7.0 μm</td> </tr> <tr> <td>3.5~3.8 μm</td> <td>4.0 μm</td> </tr> </tbody> </table>	Lower Limit	Upper Limit	0.55 μm	0.75~0.90 μm	10.3 μm	11.3 μm	11.5 μm	12.5 μm	6.5 μm	7.0 μm	3.5~3.8 μm	4.0 μm	
Lower Limit	Upper Limit														
0.55 μm	0.75~0.90 μm														
10.3 μm	11.3 μm														
11.5 μm	12.5 μm														
6.5 μm	7.0 μm														
3.5~3.8 μm	4.0 μm														
Response function	N/A														

Table 1 Summary of Spectral Response Requirements

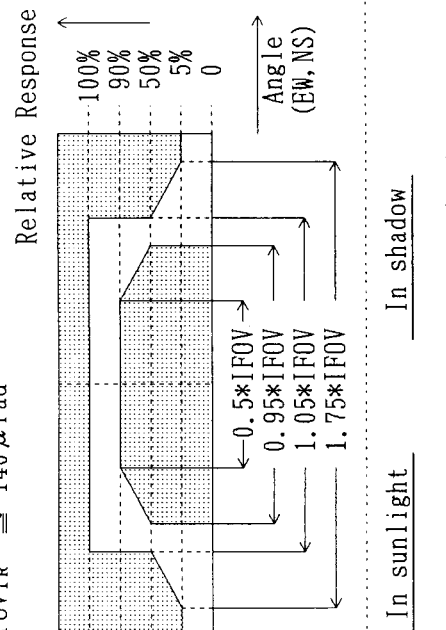
Attribute	GMS-5/VISSR Requirements	MTSAT/Imager Requirements	Product Requirements
Ground Resolution Visible Infrared	1.25 km 5 km	≤ 1.25 km ≤ 5.0 km	<u>WMO Satellite Data Requirements</u> [Multi-purpose IR/VIS imagery : Horizontal resolution = 5km]
IFOV*1 Visible Infrared Response function	35 × 31 μrad 140 × 140 μrad N/A	IFOV _{vis} ≤ 35 μrad IFOV _{IR} ≤ 140 μrad 	<u>WMO Satellite Data Requirements</u> [Cloud fractional cover : Accuracy = 10%]
Navigation Accuracy *2	N/A	<u>In sunlight</u> \leq IFOV _{vis} (rms), \leq IFOV _{IR} (rms) <u>In shadow</u> \leq IFOV _{vis} (rms), \leq IFOV _{IR} (rms)	<u>WMO Satellite Data Requirements</u> [Wind : Accuracy = 1m/s]
Navigation Stability*3 15 min. 30 min. 90 min.	N/A N/A N/A	≤ 25 μrad (rms), ≤ 100 μrad (rms) ≤ 50 μrad (rms), ≤ 100 μrad (rms) ≤ 50 μrad (rms), N/A	<u>WMO Satellite Data Requirements</u> [Cloud fractional cover : Accuracy = 10%]
Line of Sight Stability 1 ~ 10 sec. 1 scan 1 frame	N/A 3.5 μrad (3σ) 35 μrad (3σ)	$\leq 0.5 * \text{IFOV}_{\text{vis}} (3\sigma)$, $\leq 0.5 * \text{IFOV}_{\text{IR}} (3\sigma)$ N/A N/A	
Inter-channel registration*4 Infrared	N/A	$\leq 0.1 * \text{IFOV}_{\text{IR}}$	

Table 2 Summary of Spatial Resolution and Navigation Requirements

Attribute	GMS-5/VISSR Requirements	MTSAT/Imager Requirements	Product Requirements
Quantization Visible Infrared	6 bits, square root function 8 bits, linear function	≥ 6 bits, square root or linear function ≥ 10 bits, linear function	WMO Satellite Data Requirements (1) [Temperature, sea skin : Accuracy = 0.5K, Frequency = 1h, Timeliness= 2h] (2) [Cloud top temperature : Accuracy = 1K, Frequency = 1h, Timeliness= 2h] (3) [Albedo, visible : Accuracy = 1%, Frequency = 1day, Timeliness= 1day]
S/N*5 Visible	≥ 84 (@100% albedo) ≥ 6.5 (@3.5% albedo)	≥ 84 (@100% albedo) ≥ 6.5 (@3.5% albedo)	
NE Δ T*6 Infrared-1 Infrared-2 Infrared-3 Infrared-4	≤ 0.35 K (@300K), ≤ 1.00 K (@220K) ≤ 0.35 K (@300K), ≤ 0.90 K (@220K) ≤ 0.22 K (@300K), ≤ 1.50 K (@220K) N/A	≤ 0.20 K (@300K), ≤ 0.55 K (@220K) ≤ 0.22 K (@300K), ≤ 0.55 K (@220K) ≤ 0.15 K (@300K), ≤ 0.85 K (@220K) ≤ 0.35 K (@300K)	
Calibration Accuracy*7 Visible Infrared	N/A N/A	Within 1 image(rms) For any 10 days(1 σ) $\leq 5\%$ albedo, ≤ 0.50 K (@300K), ≤ 0.75 K (@220K),	
Dynamic Range Visible Infrared-1 Infrared-2 Infrared-3 Infrared-4	N/A N/A N/A N/A N/A	1% albedo ~115% albedo 130K ~330K 130K ~330K 130K ~300K 130K ~320K	WMO Satellite Data Requirements [Temperature, land skin : Frequency = 1h]

Table 3 Summary of Noise and Calibration Requirements

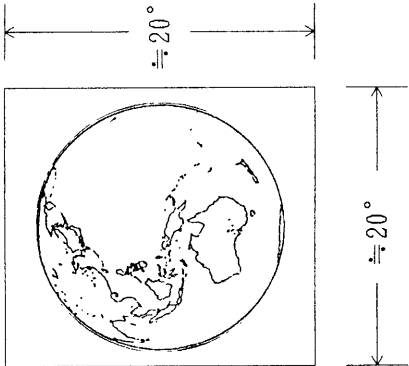
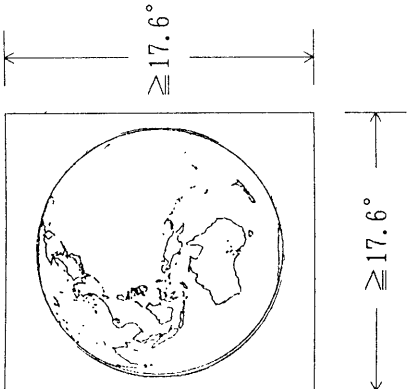
Attribute	GMS-5/VISSR Requirements	MTSAT/Imager Requirements	Product Requirements
Frame Frame Frequency Frame Time ≤ 25 min. Retrace ≤ 2.5 min. Frame cycle N/A Half Frame cycle* ⁸ N/A			WMO Satellite Data Requirements [Multi-purpose IR/VIS imagery : Frequency = 30min]
Imaging in shadow * ⁹	N/A	required	
Data Rate * ¹⁰	14 Mbps	≤ 3 Mbps	
WEFAX / Imaging	Time-shared	Continuous	

Table 4 Summary of Imaging Frequency Requirements

NOTES:

- *1 IFOV Instantaneous Field of View
- *2 Navigation Accuracy Navigation is used to process Imager data, where each pixel of the Imager data must correspond to its respective position on earth.
- *3 Navigation Stability variation of Navigation Accuracy between two images
- *4 Inter-channel registration angular distance between pixel centers
- *5 S/N- signal-to-noise ratio
- *6 NE Δ T noise-equivalent temperature difference, JMA's hopeful performance goal is 40%-50% better than required.
- *7 Calibration Accuracy JMA's performance goal is 40%-50% better than required.
- *8 Half Frame cycle Half Frame = northern hemisphere
- *9 Imaging in shadow Imaging in earth or moon shadow
- *10 Data Rate Low image data transmission rate provides the simultaneous operation of imaging and image data distribution (include WEFAX).
- *11 WMO satellite data requirements
The purpose of the WMO satellite data requirements is to provide guidance on the range of observations which would be useful in global numerical weather prediction (NWP), if they were available. It is attempted to look 7-10 years ahead, and thus to provide guidance relevant to the planning of new or improved satellite systems.
[reference: the WMO workig paper of CGMS-XXII (the twenty second meeting of the Coordination Group for Meteorological Satellites, April 1994)]