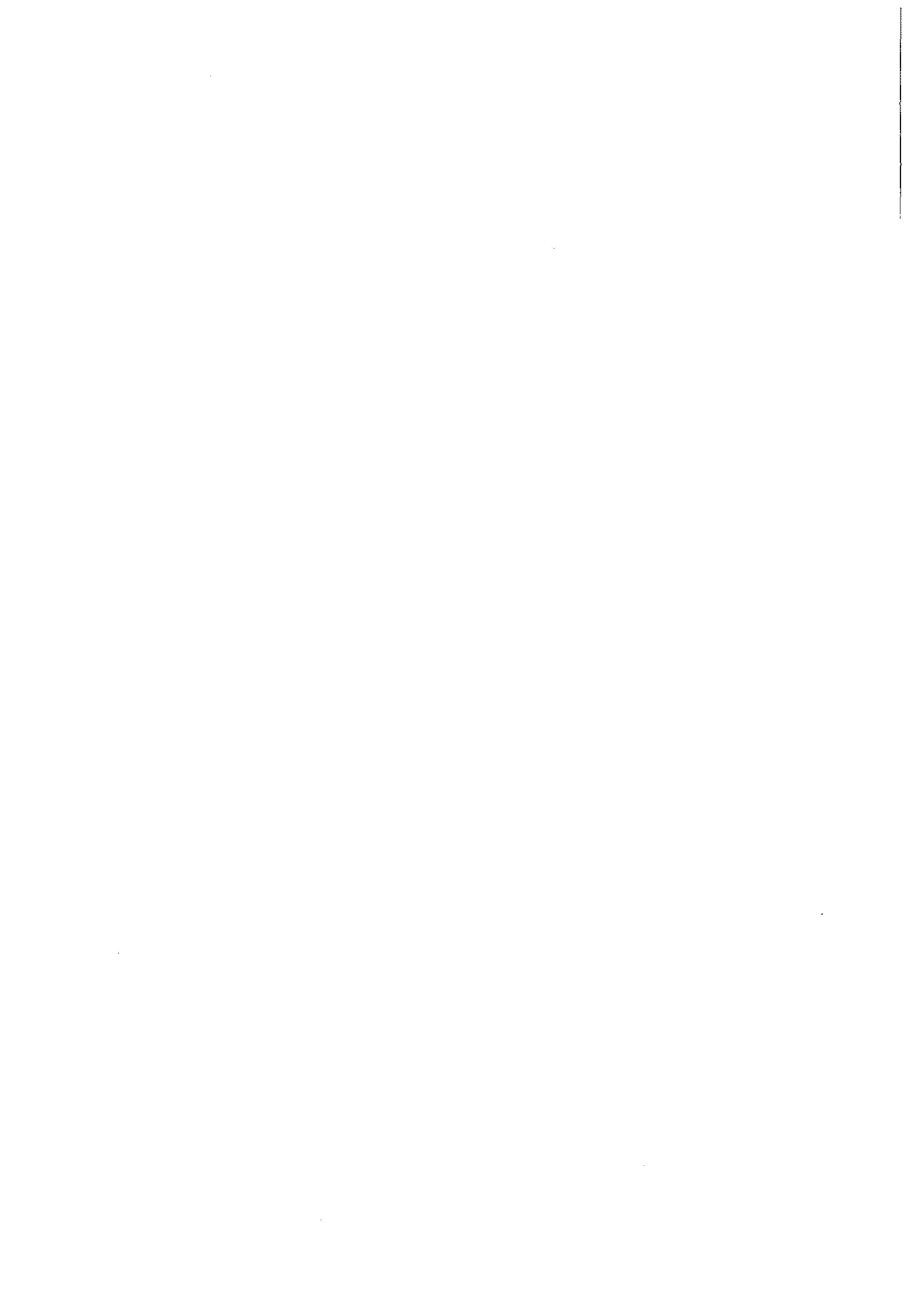


気象衛星センター技術報告

特別号 (1996)

GMS-5 システムの更新

気象衛星センター
平成8年12月



は じ め に

平成7年3月18日に打ち上げられたGMS-5は、機能確認試験を経て6月21日から運用に供されている。

GMS-4までは、VISSRのセンサは可視、赤外ともそれぞれ1チャンネルであったが、GMS-5においては、可視については従来の光電子増倍管から雑音特性及び感度安定度のよいシリコンフォトダイオードに改善され、赤外については、フィルタを設けて従来の波長帯(10.5~12.5 μ m)を10.5~11.5 μ mと11.5~12.5 μ mの2チャンネルに分割してスプリットウィンドウチャンネルとすると共に、水蒸気チャンネル(6.5~7.0 μ m)を増設して観測機能の強化が図られた。

また、衛星の観測機能の強化に合わせて、新プロダクトの開発と従来のプロダクトの精度向上を図ることを目的として、従来の電子計算機システムを更新し、同年6月14日に新電子計算機システムの本格運用を開始した。

この技術報告特別号は、GMS-5及び新電子計算機システムを含むGMSシステム、並びに、これに伴って開発したプロダクトのアルゴリズム等について、主にシステムの更新により変更となった点を中心に解説することを目的としている。

GMSシステムの理解及びプロダクトのアルゴリズム等の把握により静止気象衛星データがより効果的に利用されることを望む。また、将来のよりよいシステム構築の参考になれば幸いである。

気象衛星センター

所長 黒 崎 明 夫

FOREWORD

The GMS-5 that was launched on March 18, 1995 has come into full operation since June 21, 1995.

The observational function of the GMS-5 is strengthened, i. e., the GMS-5 is equipped with a visible channel sensor improved in S / N ratio and sensitivity, a split-window infrared channel sensor (10.5-11.5 um and 11.5-12.5 um) and a water vapor channel sensor (6.5-7.0 um).

Along with the improvement of the GMS-5, a new computer system in the Meteorological Satellite Center (MSC) has also come into operation since June 14, 1995. The new computer system was introduced in order to develop a new meteorological product and to improve accuracy of current meteorological products.

This special issue provides a reader with information on the functions of the GMS-5, the new computer system and a newly development of the GMS data processing.

This special issue mainly explains the improvement of the GMS system, and does not explain a part of the GMS system which is not changed this time and the data communication system of the MSC. On these parts of the GMS system, please refer to other issues of the MSC.

I hope, by this issue, the GMS data is utilized more widely and effectively. And I shall be happy if this issue will be referred for a better improvement of a satellite system.

**Akio Kurosaki,
Director General of
Meteorological Satellite Center**

目 次

Contents

はじめに

Foreword

1. 静止気象衛星システムの概要	5
Outline of the Geostationary Meteorological Satellite System	
2. データ処理計算機システム	21
Computer system of the Meteorological Satellite Center	
3. GMS-5 及び運用管制系サブシステムの変更点について	41
Improved function of the GMS-5 and the change of the operational ground subsystem	
4. 画像データの処理概要	47
Outline of Image Data Processing	
5. 画像データの前処理	
Pre-processing of Image Data	
5.1 VISSR キャリブレーション	51
Calibration	
5.2 ナビゲーション	61
Navigation	
6. 衛星プロダクトの作成	
Meteorological Products	
6.1 画 像	67
Images	
6.2 長波長放射量	75
Longwave Radiation	
6.3 雲量・対流雲量	77
Cloud Amount and Convective Cloud Amount	
6.4 上層水蒸気量	83
Upper Tropospheric air Humidity (UTH)	
6.5 可降水量	89
Precipitable Water Amount (PWA)	
6.6 海面水温	95
Sea Surface Temperature	
6.7 雲移動風・水蒸気移動風	103
Cloud and Water Vapor Motion Winds	
6.8 全天日射量算出処理	111
Solar Irradiation	
6.9 雪氷域判定指数作成処理	115
Snow-Ice Index	

6.10	雲解析情報図	119
	Satellite Nephanalysis Information Chart (SNIC)	
6.11	熱帯擾乱解析	139
	Typhoon Information	
6.12	降水強度指数	147
	Satellite-derived Index of Precipitation Intensity	
6.13	ISCCP 処理	153
	ISCCP Data Processing	
6.14	閲覧データ	
	Visual Data	
6.14.1	画像ハードコピー出力業務	157
	'PICTROGRAPHY' Hard Copy System	
6.14.2	VTR 編集・表示処理	165
	VTR (Video Tape Recorder) Edit / Playback System	
6.14.3	写真システム	171
	Photograph System	
7.	気象資料収集システム	179
	DCP Data Processing	

1. 静止気象衛星システムの概要

1. Outline of the Geostationary Meteorological Satellite System

Abstract

The Geostationary Meteorological Satellite-5 (GMS-5) was launched from Tanegashima Space Center of National Space Development Agency of Japan (NASDA) in March, 1995 and the operation of the GMS-5 was started in June. There are three missions in the GMS-5, (1) Weather Watch by the Visible and Infrared Spin Scan Radiometer (VISSR), (2) Collection of Meteorological Observation Data, (3) Direct Broadcast of Cloud Images.

To perform these missions, The Geostationary Meteorological Satellite System (GMSS) consists of GMS spacecraft and ground facilities; the Command and Data Acquisition Station (CDAS), the Data Processing Center (DPC), the Medium scale Data Utilization Station (MDUS), the Small scale Data Utilization Station (SDUS), the Turn Around Ranging Station (TARS), the Data Collection Platform (DCP), etc.

In this chapter, the outline of the GMSS will be described.

概要

静止気象衛星5号(GMS-5)は、平成7年3月に宇宙開発事業団(NASDA)種子島宇宙センターから打ち上げられ、6月に運用を開始した。

GMS-5には3つのミッションがある。(1)可視赤外走査放射計(VISSR)による観測、(2)気象観測データの収集、(3)雲画像の配信。

これらのミッションを達成するため、衛星と地上施設すなわち指令資料収集局(CDAS)、データ処理センター(DPC)、中規模利用局(MDUS)、小規模利用局(SDUS)、測距局(TARS)、通報局(DCP)等からなる静止気象衛星システム(GMSS)が構成されている。

この章では、GMSSの概要について述べる。

1.1 静止気象衛星システムについて

平成7年3月18日午後5時1分に、静止気象衛星5号(GMS-5)は、NASDA種子島宇宙センターからH-IIロケット試験機3号機により打ち上げられた。

発射約28分後に衛星はロケットから分離され、「ひまわり5号」と命名された。GMS-5は、初期機能確認が行われた後、平成7年6月13日から試験運用を開始し、6月21日にNASDAから引渡しを受け、正式運用に入った。また、同時に地上の気象衛星センター電子計算機システムの更新も行われた。これまで運用衛星であった「ひまわり4号」(GMS-4)は、軌道上待機衛星として、東経120度に移動した。

GMSは、米国のGOES、欧州気象衛星機構(EUMETSAT)のMETEOSAT、ロシアのGOMSと共に、静止気象衛星による観測網の一つに位置づけられ、米国のNOAA、ロシアのMETEORによる極軌道気象衛星観測網を併せて、全地球を観測する気象衛星観測システムを構成している。

気象衛星観測システムは、世界気象機関(WMO)が1963年に計画を立案した世界気象監視(WWW)計画の基本構想の中で、全球観測システム(GOS)の一環として位置づけられている。その内容は、静止気象衛星5個を赤道上にできるだけ等間隔に位置させるとともに、極軌道気象衛星と合わせて広範囲の連続した

宇宙からの気象観測を実現させることであった。これは、従来の気象観測が、特に海洋上、砂漠等において空白となっているため、衛星による観測で、全地球をくまなく均一にカバーすることが期待されたためである。

WMOと国際学術連合(ICSU)は共同して、地球大気開発計画(GARP)を推進することとなり、その第1回全球実験(FGGE)が1979年に行われることとなったため、我が国の気象業務の改善に資することと、アジア・西太平洋地域の静止気象衛星による観測を分担することを目的として、GMSの開発が開始され、GMS 1号は、これに期待どおりの成果を上げた。

気象衛星は、今では我が国の気象業務に、なくてはならない存在となっている。特に台風・集中豪雨のような大きな災害につながる異常気象時に、より迅速・的確な予報・警報を出すことができ、災害の防止・軽減に大きな役割を果たしている。また、長期的な気候変動の把握のために必要な広範囲の均一なデータ取得にもGMSが果たす役割はますます増大している。さらに、GMSの画像は、我が国のみならず、アジア・西太平洋の20数カ国・領域においても利用されている。このため、我が国では、GMSシリーズとして静止気象衛星による観測を継続しており、今後も維持するよう努力を続けている。

ここでは、GMSシステムの概要について述べたい。

(1) 静止気象衛星 (GMS)

GMSは、東経140°赤道上、36,000kmに位置し、主に次のミッションを行っている。

① 静止衛星高度での地球の観測

GMSに搭載した可視赤外走査放射計(VISSR)により、宇宙から地球の雲分布、地表面温度等を観測する。

② 気象観測データ中継

海洋気象ブイ、船舶、離島、山岳等に設置された通報局(DCP)の気象観測データを中継する。

③ 雲画像の中継

観測した雲画像を利用局に衛星経由で配信する。

GMSの詳細については、1、2衛星の概要を参照されたい。

(2) 気象衛星通信所 (CDAS)

CDASは、埼玉県比企郡鳩山町にある。CDASには、

直径18mのパラボラアンテナがあり、GMSとの通信を行っている。東経140°のGMSは、仰角約48度0分、方位角約178度50分の方向にあり、直距離は約37,000kmである。

CDASには次の機能がある。

① VISSR信号を受信し、伝送速度変換、各種情報の付加等のデータ処理を行い、気象衛星センター(DPC)に送信するとともに、GMS経由で中規模利用局(MDUS)に配信する。

② DPCで作成したアナログファクシミリ(WEFAX)信号を、GMS経由で小規模利用局(SDUS)に配信する。

③ DCPの観測結果の信号は、GMS経由で受信、復調され、DPCに送信される。ただし、計測震度計データは、直接気象資料総合システムに送信される。また、DPCからのDCPの呼び出し信号をGMSに送信する。緊急情報衛星同報システムは、この回線を利用している。

④ DPCからGMSへのコマンド信号、GMSからDPCへのテレメトリ信号の中継を行う。

⑤ GMSの軌道を決定するための三点測距の主測距局(MRS)として、測距信号の送信を行うとともに、測距局(TARS)の制御及びそこから信号の収集、衛星までの距離の算出等を行う。

(3) 気象衛星センター (DPC)

DPCは、東京都清瀬市にある。DPCには、電子計算機システムがあり、静止気象衛星システムの頭脳の役割を果たしている。

業務としては、(1)で述べたGMSの各ミッション遂行に加えて、衛星データからの各種プロダクトの抽出、配信、GMSの運用管制業務、写真業務等がある。

電子計算機システムは、すべての業務の遂行の中核をなし、衛星で観測される大量の画像データからの各種プロダクト作成、利用者に配信するための多種多様なデータ処理、衛星の運用管制における衛星の機器状態の監視、画像取得等のミッション運用のコマンド発信、データ累積・保存のための運用等を行っている。

電子計算機システムは、ホスト計算機とワークステーションから構成されている。

ホスト計算機は運用管制系(現用)、運用管制系(待

機)、画像一次系、画像二次系、画像三次系の5台で構成されている。

運用管制系(現用) 計算機は、運用衛星である GMS-5 のテレメトリデータによる状態監視、GMS-5 のコマンド信号による機器操作、その他 CDAS との運用管制関係データの授受、C/ADESS とのデータの授受、DCP データの収集と編集等を行う。

運用管制系(待機) 計算機は、待機衛星である GMS-4 の状態監視と機器操作を行う他、運用管制系(現用) 計算機がシステムダウンした場合に、自動的に処理を停止し、運用管制系(現用) 計算機の業務を代行する。

オペレータによるテレメトリの監視、コマンド発信等のための衛星運用コンソール(GOC) は、現用系に3台、待機系に3台のワークステーションが使用されている。

画像一次系計算機は、CDAS からの VISSR データの受信、CDAS において VISSR 受信を行うための情報作成配信、S-VISSR データに含める付加情報の作成配信、WEFAX の作成配信、画像二次処理のための各種準備処理を行う。

画像二次系計算機は、風ベクトルの算出、熱帯擾乱の解析、降水強度指数の算出等の画像処理を行うとともに、C/ADESS に送信する電報を作成する。オペレータによるマニュアルの画像処理、雲解析情報図に関する作業等のため、10台のワークステーションが使用されている。

画像三次系計算機は、GMS のハウスキーピング処理、水蒸気風ベクトル算出、データ累積処理等に使用されるとともに、画像一次系計算機又は画像二次系計算機がシステムダウンした場合は、この画像三次系計算機が処理を代行する。

DASD は、VISSR データのような大量のデータが保存され、全系からアクセス可能となっている。

電子計算機システムは、SDC が集中監視、運用を行う。

電子計算機システムの詳細は、データ処理計算機システムを参照のこと。

写真、マイクロフィルム、VTR についても、電子計算機システムに接続したワークステーションを経て処理される。詳細は、保存画像を参照のこと。

(4)中規模利用局 (MDUS)

ストレッチド VISSR データの受信局を、MDUS という。スピン衛星である GMS は、西から東へのスピンを利用しながら地球を撮像する。地球のデータの取得は、1回転のうち1/18程度であり、他は宇宙空間を向いている。この17/18の時間帯を利用して、GMS が観測した画像データを、ほぼ実時間でデジタル形式で利用者に配信するものがストレッチド VISSR データである。

GMS は、地球を向いた間に、瞬時視野毎に可視、赤外のデータを観測し、14Mbps で地球に送信している。CDAS では、可視及び赤外のデータを西から東への走査線毎にサンプルしつつ並べ替えるとともに、DPC が作成した利用者のための情報を付加し、タイミングをとり GMS の観測に同期させて、17/18の時間帯に送信する。ストレッチド VISSR のデータ速度は660Kbps である。

MDUS の仕様については、「気象衛星資料利用の手引き」参照のこと。

(5)小規模利用局 (SDUS)

WEFAX の受信局を、SDUS という。WEFAX は、アナログ形式の画像信号で、GMS 経由で配信される。

画像には、緯・経度線、海岸線が挿入され、濃淡が正規化されている。日本付近をポーラステレオ変換した赤外画像(H画像)については毎時間、可視画像(I画像)は昼間毎時、赤外の輝度分布を変更した赤外強調画像(J画像)は夜間毎時、地球画像を4分割した赤外画像(A、B、C、D画像)は3時間毎、地球画像を4分割した水蒸気画像(K、L、M、N画像)は12時間毎に送信している。

SDUS の仕様については、「気象衛星資料利用の手引き」参照のこと。

(6)測距局 (TARS)

VISSR により撮像された地球画像データに正確な緯度、経度を対応づけるため、及び GMS を所定の位置である静止軌道上の東経140° に対し南北±1°、東西±0.5° の範囲に置くためには、GMS の軌道決定、予測を行う必要がある。測距局(TARS)は、CDAS

の主測距局 (MRS) とともに、GMS の軌道決定のための三点測距システムを構成する。

TARS は 2 局あり、石垣島とオーストラリアのクリブポイントに設置されている。

TARS は、MRS から GMS 経由で送信される測距信号を受信し、折り返し GMS 経由で MRS に送信する。MRS では、TARS に送信した信号が戻ってくるまでの時間、MRS から GMS 経由で MRS に戻る時間を、信号の位相差により測定し、光速から距離を求める。

このように、GMS の測距は、MRS と 2 ヶ所の TARS の 3 点からそれぞれ GMS までの距離と距離変化率を求め、GMS の軌道を決定する。

(7)通報局 (DCP)

DCP は、海洋気象ブイ、船舶、航空機、離島、山岳等に設置され、観測データを GMS に送信する。その DCP データは、GMS から CDAS、DPC を経由し、利用者に還元される。

DCP には、I DCP (国際 DCP 又は共通 DCP) と R DCP (個別 DCP) の 2 種類がある。I DCP は、船舶や航空機のように、1 つの静止気象衛星の視野領域から別の視野領域へ移動するもので、全球をカバーするすべての静止気象衛星によってアクセスが可能であることが必要であるため、気象衛星運用国間で規格、運用方法が統一されている。一方、R DCP は 1 つの静止気象衛星の視野領域のみで運用されるもので、各気象衛星運用国と DCP 保有者間で規格、運用方法が決定される。

DCP のデータ送信方式には、DCP 内蔵の時計により指定時刻に観測データを送信する方式 (セルフタイム方式) と、DCP に呼び出し信号を送り観測データを送信させる方式 (呼び出し方式) の 2 種類がある。

この DCP の回線を利用して、気象庁の海洋観測船のレーダーデータの中継や計測震度計データの収集も行われる。

また、DCP 呼び出し回線を利用して、緊急情報衛星同報信号の配信も行われている。

1.2 衛星本体

1.2.1 概要

静止気象衛星 5 号 (GMS-5) はスピン安定方式の衛星である。Fig. 1.2-1 に GMS-5 の構成、Table 1.2-1 に主要諸元を示す。GMS-5 はこれまで運用された GMS から GMS-4 までの設計を基本としているが、VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer: 可視・赤外走査放射計) のセンサの追加、較正機能の改善等、機能強化及び改善が計られている。設計寿命は 5 年である。

GMS-5 の外観は円筒形の太陽電池パネルが縦方向に若干延長されたこと及び宇宙環境モニタ (SEM: Space Environment Monitor) が無いことを除き、GMS-4 とほぼ同一である。静止軌道上での高さは約 354 cm、直経約 215 cm である。また衛星の重量は打上げ時 (静止軌道投入のためのアポジモータを含む。) 約 743 kg、アポジモータを切り離し、静止化後の寿命初期で約 342 kg、制御用燃料を使い果たした寿命末期で約 310 kg である。

GMS-5 はアンテナを常に地球方向に指向させるためのデスパン (非回転) アンテナ部と、約 100 rpm で回転しているスピン部から構成されている。

デスパンアンテナ部は指向性を持つ S バンド・パラボラアンテナ及び UHF ヘリカルアンテナと、主に衛星打上げ時のトランスファ軌道で使用される無指向性の USB アンテナから構成されている。

スピン部は上部及び下部組立ての 2 つに分けられる。上部組立ては衛星の本体部分である。円筒形の中央にスピン軸と光軸が一致する様に VISSR が配置されている。本体内部には円板状の機器搭載シェルフがあり、シェルフの上面及び下面には通信機器、制御用機器等の各種電子回路及びバッテリーを含む電源機器等が搭載されている。また、本体の下部 (シェルフの下側) には衛星の軌道及び姿勢等を制御するための燃料が充填された、3 個の燃料タンク等が配置されている。下部組立てはアポジモータ (固体ロケットモータ) 部分である。衛星をトランスファ軌道から静止軌道に投入するために使用され、燃焼終了後は衛星本体から切り離される。

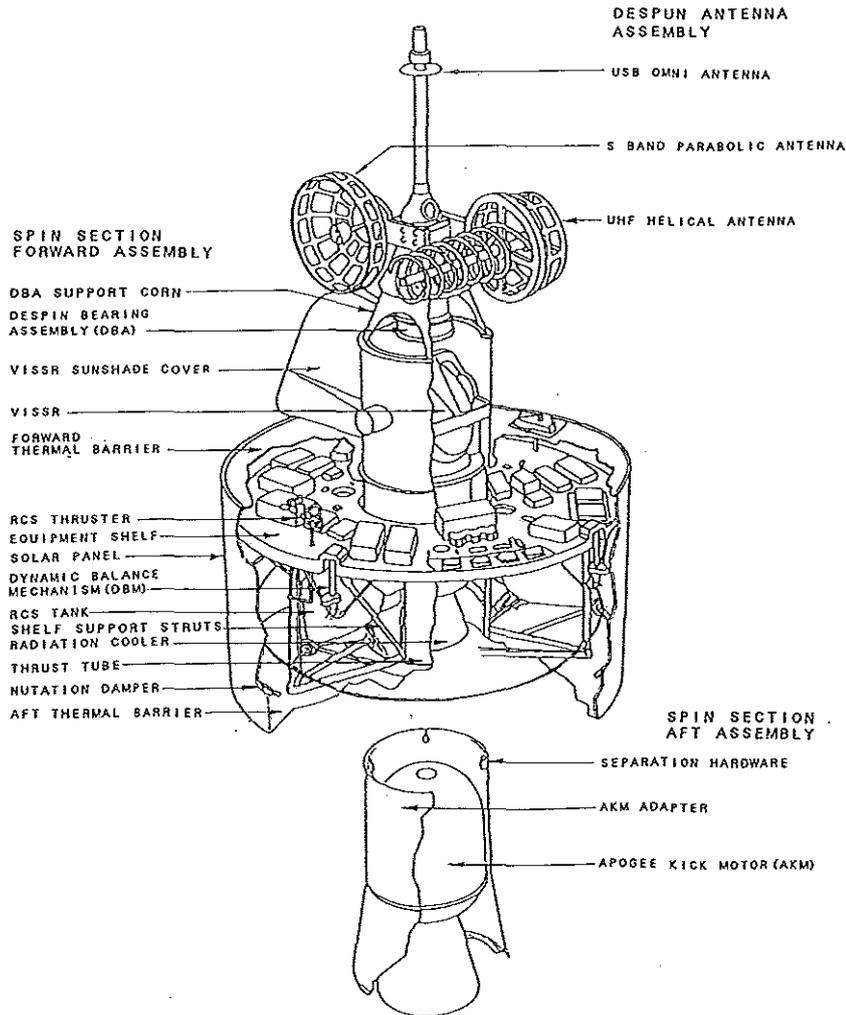


Fig. 1. 2-1 GMS-5 Configuration

Dimensions	Diameter : 214.6 cm Height : 444.1 cm (with AKM) 353.9 cm (without AKM)
Mass	About 743 kg (at launch) About 342 kg (beginning of life on station) About 310 kg (end of life on station)
Attitude control	Spin-stabilized
Life	5 years
Reliability	≥ 0.5 after 5 years (Specification)
Orbit	Geosynchronous, 140° E longitude Station keeping : $\pm 0.5^\circ$ (East-West) $\pm 1^\circ$ (North-South)
Launch	Vehicle : H-II Site : Tanegashima Space Center

Table 1.2-1 Major Characteristics of GMS-5

1.2.2 衛星システム

GMS-5は複数のサブシステムと呼ばれる機能単位から成り、VISSR系、VDM系、通信系、テレメトリ・コマンド系、制御系、電源系、推進系、熱制御系、構体系の各サブシステムから構成されている。

Fig. 1.2-2にGMS-5の機能ブロック図を示す。

1.2.2.1 VISSR系サブシステム

VISSR系サブシステムは可視及び赤外波長域で地球を撮像するGMSの主要ミッションである。

Fig. 1.2-3にVISSRの概念図を、またTable 1.2-2に主要諸元を示す。

GMS-4からの主な変更点は次のとおりである。

- ・赤外チャンネルのスプリットウインド化
- ・水蒸気チャンネルの追加
- ・シリコンフォトダイオード可視センサの採用
- ・較正機能の改善
- ・コマンドブルフレーム機能の採用

(1)光学系

VISSRは開口径40.6cm、焦点距離291cmのRichey-Chretien式反射望遠鏡である。VISSRの光学軸は衛星のスピンの軸に一致するように取り付けられている。視野となる開口部は不要な太陽光の侵入を防ぐため、サンシェードが取り付けられている。

開口部内部には楕円形の走査鏡(スキャンミラー)が取り付けられており、光軸に対し45°の傾きのとき赤道付近を走査する。入射した可視、赤外エネルギーはこのスキャンミラーで反射され光軸に導かれる。光軸に導かれた可視、赤外エネルギーは主反射鏡、副反射鏡で反射され、焦点面に収斂する。

可視エネルギーは焦点面に置かれたプリズムと光ファイバにより、可視センサに導かれる。

赤外エネルギーは焦点面のプリズムを透過し、ゲルマニウムのリレーレンズ、観測波長域に対応したフィルタを通して、放射冷却器で冷却された赤外センサに導かれる。

可視、赤外それぞれ独立に焦点調整が可能である。

(2)スキャンミラー駆動系

スキャンミラーは角度を検出するためのエンコーダ

が付いたトルクモータにより、衛星の1スピン毎に0.004°(70μrad)ずつ、45°の取付け角±5°の範囲を回転(ステップ)できるようになっている。この結果、スキャンミラーの視線は0.008°(140μrad)のきざみで、南北方向20°の範囲をステップ走査することができる。

VISSRによる撮像は西から東への走査(ピクセル方向)は衛星のスピンの利用し、北から南への走査(ライン方向)はスキャンミラーのステップにより行われる。

地球の全球画像の撮像のため南北方向に20°の範囲を走査する場合、スキャンミラーは2500ステップし25分を要するが、撮像終了後は撮像時の約10.7倍の速度(約2.5分)で自動的に北側の撮像開始位置に戻る。

スキャンミラーのステップは衛星のスピンの同期させる必要がある。このためステップに必要なタイミング信号は、デスピン制御を行う制御系から入力される。

GMS-4までは、ラインの特定の範囲を撮像する場合、撮像開始位置へのスキャンミラーの移動、撮像終了位置でのスキャンミラーのステップ方向の変更等は、スキャンミラーが何ラインを走査しているか常に監視し、タイミングをとって一つ一つコマンドを送信していた。

GMS-5では撮像開始、終了ラインを予めコマンドで設定することができるコマンドブルフレーム機能が付加された。これにより撮像開始、終了ラインを指定しておけば、撮像開始のコマンドを送信するだけで、希望するライン間をトレースし画像取得することができる。コマンドを送信する場合にタイミングをとる必要がなく、同一の範囲を繰り返し撮像する運用に適した機能である。

(3)センサ系

可視センサはGMS-4までの光電子増倍管(PMT: Photomultiplier Tube)からシリコンフォトダイオードに変更され、雑音特性(S/N)の向上と感度の改善が計られている。

可視センサの観測波長帯は0.55~0.90μm、瞬時視野角は35×31μrad(仕様値)であり、衛星直下点の距離分解能は1.25kmである。

可視センサは南北方向に4個並べられたものが2組

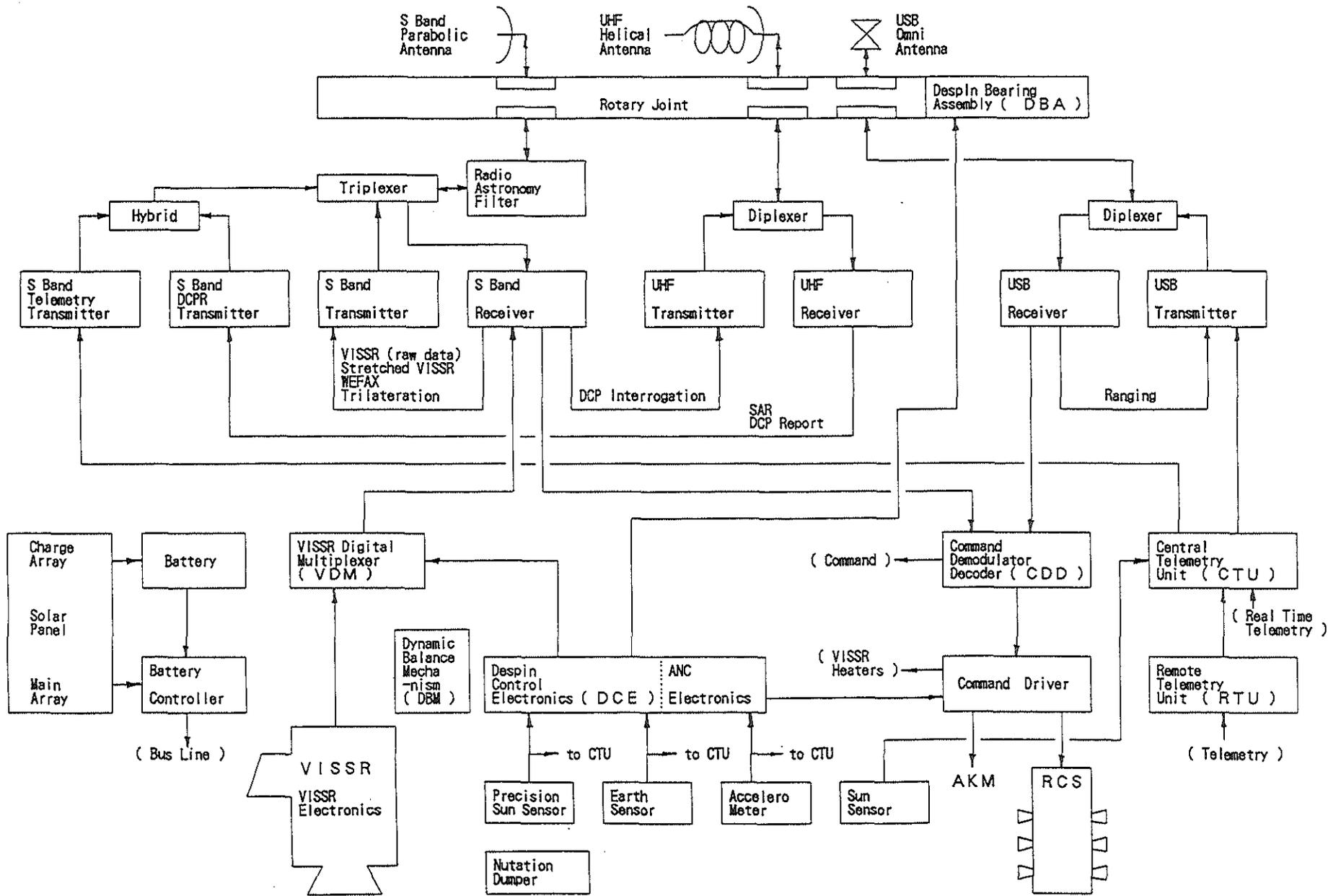


Fig. 1. 2-2 GMS-5 system function block diagram

あり、冗長構成になっている。1回の東西方向の走査で可視は4ライン分同時に走査する。

赤外センサはGMS-4までの赤外チャンネル(10.5~12.5 μm)を2つに分割した(スプリットウインド化)、バンド1(10.5~11.5 μm)及びバンド2(11.5~12.5 μm)と、GMS-5で新たに搭載された水蒸気チャンネルのバンド3(6.5~7.0 μm)の合計3チャンネルとなり、観測機能の強化が計られている。

スプリットウインドチャンネルと水蒸気チャンネルは、これらの画像データを単独または組み合わせて処理することにより、海面水温、雲量算出の精度向上を計るとともに、水蒸気量、可降水量等の抽出を行うことを目的としたものである。

センサは各チャンネルともHgCdTe検出器が用いられている。

各チャンネルとも瞬時視野角は140 \times 140 μrad (仕様値)であり、衛星直下点の距離分解能は5kmである。センサは冗長系を含めて合計6個が配置されている。

赤外センサは感度を上げ、ノイズを低減するため、放射冷却器と自動制御のヒータにより95K付近に温度制御されている。

放射冷却器は2段のラジエータと太陽光の侵入を防ぐサンシールドにより、深宇宙との熱結合によって約75Kまで冷却する能力がある。赤外チャンネルの追加等により冷却能力を高めるため、リフレクタの形状がGMS-4のコーン型からパラボリックに変更されている。

(4)較正機能

VISSRには太陽較正、黒体較正、電気較正の3つの較正機能がある。

[太陽較正]

太陽較正は、太陽光を小さなプリズムによりアルベド50 \pm 20%に相当するエネルギーにしてVISSRの視野に入力し、可視画像に取り込むもので、地上処理で宇宙空間レベルとともに、可視センサ間の感度差を較正するために使用する。

[黒体較正]

黒体較正は赤外センサの較正を行うものである。

GMS-4までは画像取得毎にコマンドにより疑似黒体であるシャッタを光軸に挿入する方式であったが、GMS-5では共振シャッタが採用されている。

共振シャッタはVISSRが地球を走査していない間(画像取得範囲外)に光軸に挿入されるように、衛星のスピンの同期してフリコ運動をする。光軸に挿入されるシャッタは疑似黒体ではなく、高い反射率を持つ鏡になっている。シャッタが光軸に入ったとき黒体の放射エネルギーが鏡により反射され、光軸に導かれる。黒体にはミッション期間を通して安定した射出率を持つコニカル黒体が採用されている。

黒体の放射レベルデータは、画像取得時に赤外画像データとして地上に送られる。テレメトリで得られるシャッタ、黒体及び光学系各部の温度データから算出された有効シャッタ温度と比較することにより、赤外センサの較正を行う。

[電気較正]

電気較正は基準信号(較正信号)を可視及び赤外センサのプリアンプに入力することにより、センサ以降の電子回路の較正を行うものである。

較正信号はGMS-4までは5段階(0レベルを含めて6レベル)の電圧レベルの信号であったが、高い分解能と直線性の検証を行うため、GMS-5では時間とともに電圧が直線的に上昇する、精測直線ランプ信号に変更された。

較正信号は画像取得時に可視、赤外チャンネルに挿入され、地上に送られる。

1.2.2.2 VDM系サブシステム

VDM(VISSR Digital Multiplexer)系サブシステムは、VISSRから入力されたアナログ画像データを可視6ビット、赤外8ビットのデジタル信号に変換(A/D変換)し、フォーマット化する装置である。

VISSRから入力された可視、赤外アナログ信号は、それぞれ437.5kサンプル/秒、109.4kサンプル/秒でサンプリングされる。このサンプリングレートは衛星のスピンの同期してそれぞれ23.94 μrad 及び95.75 μrad であり、可視、赤外センサの瞬時視野角が35 μrad 及び140 μrad であるから、画素(ピクセル)データは東西方向に約1/3ずつオーバーラップしてサンプリン

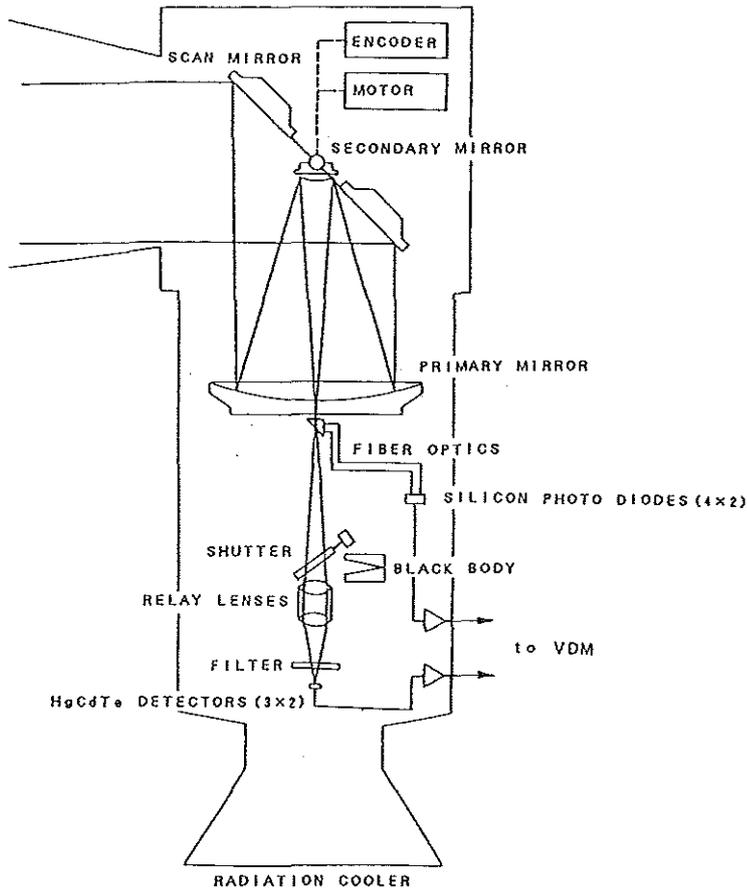


Fig. 1. 2-3 The structure of the VISSR

	Visible	Infrared		
		Band 1	Band 2	Band 3
Spectral band	0.55 ~ 0.90 μm	1.05 ~ 1.15 μm	1.15 ~ 1.25 μm	6.5 ~ 7.0 μm
Channels	4 (+4 redundant)	1 (+1 redundant)	1 (+1 redundant)	1 (+1 redundant)
Instantaneous Geometrical field of view	3.5 x 3.1 μrad	140 x 140 μrad	140 x 140 μrad	140 x 140 μrad
Resolution (at sub-satellite point)	1.25 km	5.0 km	5.0 km	5.0 km
Scan lines/frame	2500 x 4	2500	2500	2500
Noise Performance	S/N \geq 8.4 (albedo = 100%)	NE Δ T (at 300K) \leq 0.35 K	NE Δ T (at 300K) \leq 0.35 K	NE Δ T (at 300K) \leq 0.22 K
	S/N \geq 6.5 (albedo = 2.5%)	NE Δ T (at 220K) \leq 1.00 K	NE Δ T (at 220K) \leq 0.90 K	NE Δ T (at 220K) \leq 1.50 K

(Specification)

Table 1.2-2 Major Characteristics of VISSR

グされる。

可視データのサンプリングは、デジタル信号に変換される際、6ビット(64階調)で0から100%アルベドのレンジをカバーし、低いレベルでのS/Nを改善するため、低入力レベルに重みを付けた平方根近似が行われる。また、赤外データは各チャンネルとも直線変換で8ビット(256階調)のデジタルデータに変換される。

デジタル信号に変換された可視、赤外データは同期信号、スキャンラインナンバを付加し、規定のフォーマットで通信系に出力される。

VDMは消費電力が大きいので、衛星の1スピンのうち画像データを処理する期間のみオンされる。このVDMのオン、オフを含めてA/D変換、フォーマット作成等に必要の基準周波数とタイミング信号は、それぞれ通信系と制御系から入力される。

1.2.2.3 通信系サブシステム

GMS-5の通信系サブシステムには、静止軌道上においてミッション運用に使用されるSバンド系及びUHF系と、主として衛星の打上げから静止化までの追跡管制運用に使用されるUSB(Unified S Band)系の、3つの系統がある。USBとは上り下り一対の搬送波でテレメトリ、またはコマンドと、測距信号を同時に伝送可能な通信方式であり、Sバンド周波数帯を使用する。

Fig. 1.2-4にGMS-5の上り回線及び下り回線の周波数を示す。

通信系はSバンドパラボラアンテナ(指向性)、UHFヘリカルアンテナ(指向性)、USBオムニアンテナ(無指向性)と、Sバンド送受信機、Sバンドテレメトリ送信機、DCPR(Data Collection Platform Report=DCP報告)送信機(Sバンド)、UHF送受信機、USB送受信機、ロータリジョイント、フィルタ等から構成される。各送受信機は冗長系を有している。

ロータリジョイントはスピン部である衛星本体と、デスパンアンテナ部を同軸伝送路で結合するもので、機械的な結合を行う制御系のDBA(Despin Bearing Assembly)の回転軸に一致して、DBAを貫通するように取り付けられている。

通信系は次の機能を有している。

[Sバンド]

- ・撮像した画像データ(VISSR信号)をSバンドでCDAS(Command and Data Acquisition Station: 指令資料収集局=気象衛星通信所)に送信する。
- ・CDASからのSバンド・ストレッチドVISSR信号をSバンドでMDUS(Medium-scale Data Utilization Station: 中規模利用局)に中継する。
- ・CDASからのSバンドWEFAX信号をSバンドでSDUS(Small-scale Data Utilization Station: 小規模利用局)に中継する。
- ・CDAS(MRS: Master Ranging Station)からのSバンド三点測距信号を、Sバンドで2つのTARS(Turn-around Ranging Station: 測距局)に中継する。
また、衛星折り返しで三点測距信号をSバンドでCDASに送信する。
- ・2つのTARSからのSバンド測距信号をSバンドでCDASに中継する。
- ・テレメトリ信号をSバンドでCDASに送信する。
- ・Sバンド・コマンド信号を受信する。

[Sバンド及びUHF]

- ・CDASからのSバンド・DCPI(Data Collection Platform Interrogation=DCP呼出し)信号を受信し、UHFに変換してDCPに中継する。
- ・DCPからのUHF・DCPR信号を受信し、Sバンドに変換してCDASに中継する。
- ・EPIRB(Emergency Position Indication Radio Beacon: 非常用位置表示無線標識)、またはELT(Emergency Locating Transmitter: 非常用位置表示送信機)からのUHF・SAR(Search and Rescue=搜索救助)信号を受信し、Sバンドに変換してCDASに中継する。

SARは遭難した船舶から発信されたEPIRBの信号、または遭難した航空機からのELTの信号を探知し、救助を行うためのものである。GMS-5では中継実験を行う目的で、SAR信号中継機能がUHF受信機及びDCPR送信機に付加された。

[USB]

- ・テレメトリ信号を(2.2GHz帯で)地上に送信する。
- ・(2.1GHz帯で送信される)コマンド信号を受信する。
- ・(2.1GHz帯で送信される)測距信号を受信し、折り返し(2.2GHz帯に変換して)地上に送信する。

GMS-5から送信される信号と、その送信電力は次のとおりである。

- ・VISSR信号、ストレッチドVISSR信号、WEFAX信号はSバンド送信機により、20Wで送信される。
- ・三点測距信号はSバンド送信機により2Wで送信される。
- ・DCPR信号、SAR信号はDCPR送信機により、0.2Wで送信される。
- ・Sバンド・テレメトリ信号はSバンドテレメトリ送信機により、1.25Wで送信される。
- ・DCPI信号はUHF送信機により、4Wで送信される。
- ・USB・テレメトリ信号及び測距信号は、USB送信機により4Wで送信される。

DCPR送信機(Sバンド)及びSバンドテレメトリ送信機の出力はハイブリッドで合成され、さらにSバンド送信機の出力とトライプレクサで合成した後、電波天文保護フィルタ、ロータリジョイントを通してSバンドパラボラアンテナから送信される。

電波天文保護フィルタは、地上での電波天文観測に影響を与えないように、1660~1670MHzの周波数の放射を抑圧するものである。

1.2.2.4 テレメトリ・コマンド系サブシステム

(1)テレメトリ

GMS-5のテレメトリには、サンプリングしたデータをデジタル信号に変換し、規定のフォーマットで伝送するPCMテレメトリと、サンプリングなしに、入力信号でリアルタイムに搬送波を変調するリアルタイムテレメトリがある。

テレメトリは冗長系を有するセントラルテレメトリユニット(CTU)及びリモートテレメトリユニット

(RTU)で処理・作成される。

RTUは衛星に搭載されている機器のオン・オフ及び接続状態、電圧、電流、電力、温度、圧力、コマンド検出・実行状態等のテレメトリデータを収集する。温度等変化の緩やかな項目は電圧、電流等の変化の早い項目に比べ長い時間間隔でサンプルする、サブコンピュータが行われる。アナログデータについてはA/D変換が行われる。収集したテレメトリデータはCTUに送られる。

CTUはRTUから渡されたテレメトリデータに同期信号等を付加し、規定のフォーマットでPCMテレメトリデータを出力する。

また、CTUは太陽センサから得られるサンパルス、地球センサから得られるアースパルス、受信したコマンド実行トーン信号、デスパンアンテナの相対位置(インデックス)パルス等によりサブキャリア(副搬送波)を変調し、リアルタイムテレメトリデータを出力する。

PCM及びリアルタイムテレメトリデータは通信系に出力され、地上に伝送される。

(2)コマンド

コマンド系は互いに冗長構成をなす2台のコマンドデモジュレータ・デコーダとドライバユニットから構成される。

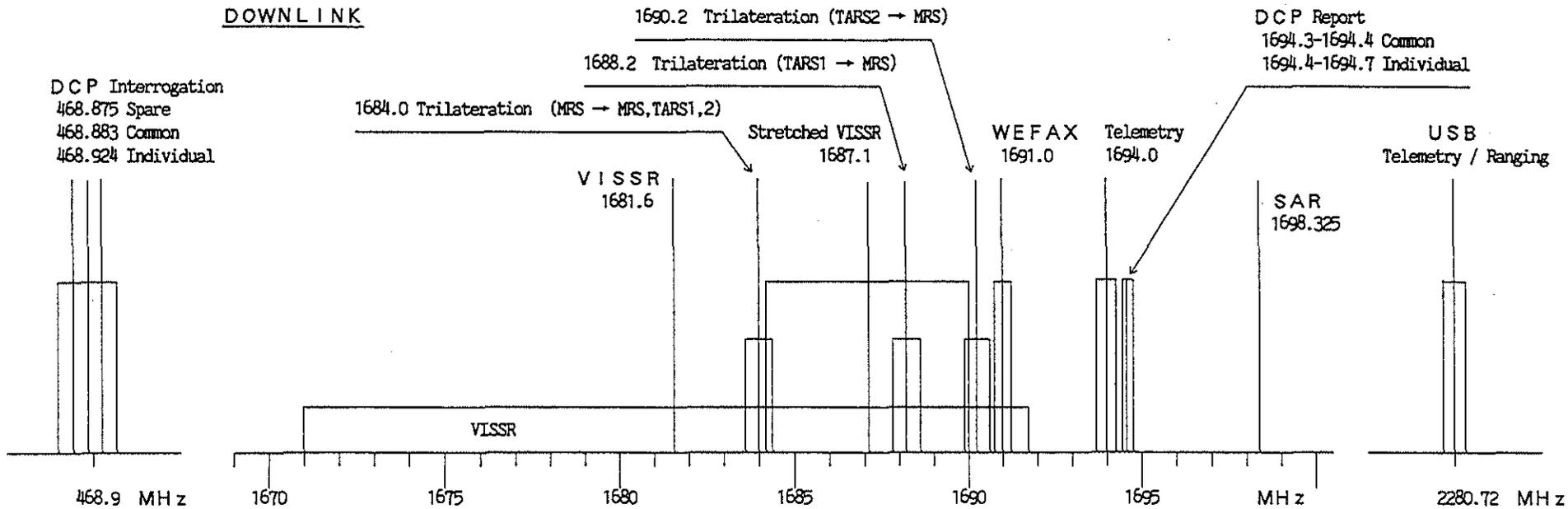
通信系のSバンド受信機、またはUSB受信機で受信した地上からのコマンド信号は、2台のコマンドデモジュレータに同時に入力される。

デモジュレータはコマンド信号の入感が無いとき、常時Sバンド及びUSB受信機からの入力レベルをサンプリングしており、コマンド信号が入力したとき、その受信機からの入力を自動的に選択する。デモジュレータはコマンド信号の検出と復調を行う。

デモジュレータで復調されたコマンド信号は、デコーダに送られる。

2台のデコーダは、コマンドデータフォーマットに含まれるデコーダのアドレスをチェックする。アドレスが一致しないデコーダはそれ以降のコマンド処理を中止し、コマンドの入力待ち状態となる。アドレスが一致したデコーダはコマンドのタイプを識別するとともに、地上での確認のため、コマンド番号をテレメトリ用レジスタと実行用レジスタに格納し、実行待ち状

DOWNLINK



UPLINK

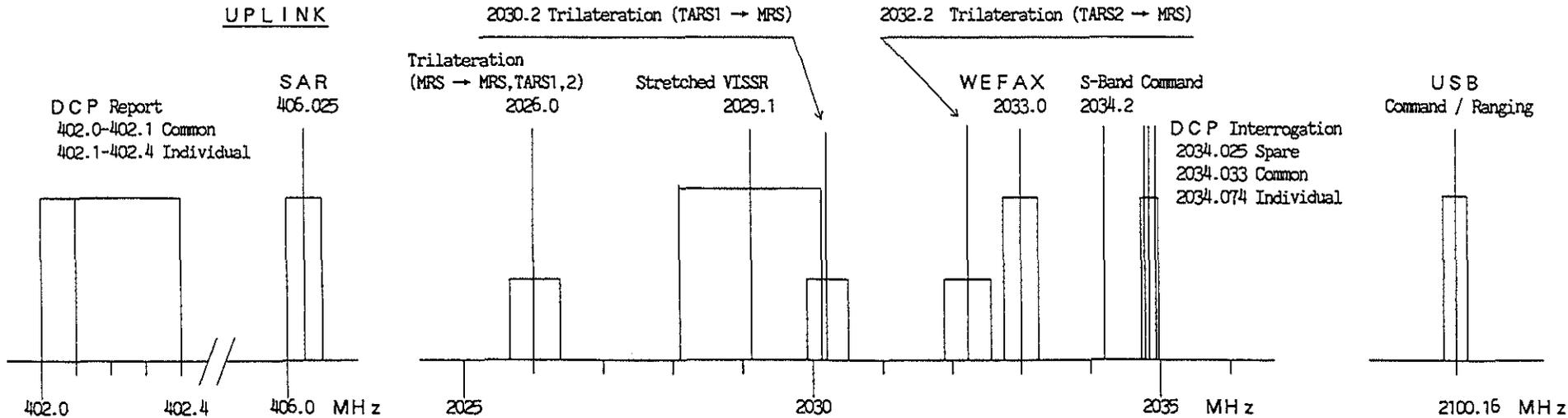


Fig. 1.2-4 Frequency allocation

態となる。

地上ではPCMテレメトリで伝送されたコマンド番号により、送信したコマンド番号に誤りがないことを確認した後、コマンドを実行するための指令=コマンド実行トーン信号を送信する。

デコーダは実行トーンが入力されると、実行用レジスタに格納されているコマンド番号に対応した出力回路を通して、機器に制御信号を出力する。

これらの制御信号のうちリレー、ソレノイド、バルブ、ヒータ等を駆動するものは、ドライバユニットで増幅された後出力される。

GMS-5には2つのタイプのコマンドがある。実行トーンの長さ(パルス幅)に対応したパルス信号を機器に出力するパルスコマンドと、CTUのテレメトリ編集を制御したり、VISSR画像を撮像するときの撮像開始、終了ライン番号を指定するための、シリアルデータを出力するシリアルコマンドである。

1.2.2.5 制御系サブシステム

制御系サブシステムは太陽センサ、地球センサ等のセンサ系と、デスピンベアリングアセンブリ(DBA)、デスピン制御電子回路(DCE: Despin Control Electronics)、ニューテーションダンパ、ダイナミックバランスメカニズム(DBM: Dynamic Balance Mechanism)等から構成されている。

衛星本体(スピン部)とデスパンアンテナ部はDBAで機械的に結合されている。DBAにはアンテナをデスピンさせるためのモータが内蔵されている。また、スピン部とデスパンアンテナの相対位置を示すインデックスパルスを発生する。アンテナのデスピンはこのインデックスパルスと、日照時は太陽センサからのサンパルス、日陰時(食)は地球センサからのアースパルスを用い、DCEでモータの回転を制御することにより行われる。

DCEはまたVISSR及びVDMに、スキャンミラーのステップ駆動及び東西方向の撮像開始、終了を行うためのタイミング信号を出力する。

サンパルス、アースパルスはリアルタイムテレメトリとして地上に伝送され、地上でのVISSR画像取得のタイミング信号、衛星のスピンに同期したコマンド

の送信、衛星の姿勢処理等に使用される。

GMS-5は静止軌道上ではアポジモータが切り離され、安定した状態でスピンしているが、ニューテーション(スピン軸の振れ)が発生した場合の減衰を早めるため、フープ状のパイプにアルコールを少量充填した、ニューテーションダンパが衛星本体下部、太陽電池パネルの裏側に取り付けられている。

DBMはスピン軸と平行にモータで重りを移動させることができる機械構造であり、コマンドで重りの位置を調節し、衛星の実際のスピン軸と、設計上の中心軸のずれ(ティルト)を補正するものである。

1.2.2.6 電源系サブシステム

GMS-5の電力は、日照時は太陽電池パネルから、また衛星が地球や月の影に入る食においてはニッケル・カドミウム蓄電池(Ni-Cdバッテリー)から負荷に供給される。

太陽電池パネルには、衛星の各機器への主電力(メインバス)を供給するメインアレーとバッテリーの充電を行うための充電アレーがある。

GMS-5はスピン衛星であり、円筒形の衛星本体周囲前面に同時に太陽光が当たらないことから、それぞれのアレーは小さな太陽電池を多数枚、直列に接続したもの(ストリング)を複数、並列に接続し、各ストリングを円筒形の周囲にほぼ等間隔に配置することにより、スピンによる発生電力の変動を少なくしている。

太陽電池パネルの発生電力は宇宙放射線の影響により性能が徐々に劣化する。また、太陽光の太陽電池パネルへの入射角は、衛星の軌道面(ほぼ赤道面に一致)が黄道面に対して、約 23.4° 傾斜していることにより、大きく季節変化する。太陽電池パネルは、衛星の設計寿命末期まで運用に必要な電力供給が可能のように、経年劣化及び季節変化を見込んだ発生電力の設計がなされている。

太陽電池パネルの発生電力は数%~10%の日変化及び季節変化を伴う。このため負荷への出力側には、バスリミッタという電圧制御器が接続されている。負荷に電力を供給して、余った電力をバスリミッタの抵抗で消費することにより、メインバス電圧を規定値内に制御している。

静止軌道上では春分及び秋分を中心にそれぞれ約46

日間、1日最大約72分間、衛星が地球の影に入る“食”が発生する。また、不定期に月の影に入ることによる食も発生する。

日照時と日陰時における太陽電池パネルとバッテリーの電力切替えは、電力制御器（バッテリー制御器）により自動的に円滑に行われる。バッテリー電力はこのバッテリー制御器を通して負荷に供給される。

GMS-5は食の時間帯に画像取得及び画像データの配信を行わない設計である。食に入る直前に、食の間運用しないミッション機器の一部をコマンドでオフし、バッテリーの負荷を制限する必要がある。負荷はバッテリーの寿命を考慮し、72分間の最大食時の放電量が、バッテリーの公称容量の50%を上回らないように設定する。

食が終わり日照に入ると、電源の負荷を日照時の状態に戻すため、食入り前にオフした機器をオンし、次の食に備えてバッテリーの充電を行う。これらは地上からのコマンドによる。

バッテリーの充電には、充電電流の大きさの違いから、ハイレート充電（High rate charge）とトリクル充電（Trickle charge＝細流充電）の2つがある。

ハイレート充電は食明け後等、バッテリーからの放電が大きい場合に実施する。

トリクル充電はバッテリーの自己放電による電力損失分を補うことを目的としており、ハイレート充電の3分の1以下の充電電流である。ハイレート充電時及び以下に述べるリコンディショニング時以外は、日照時バッテリーは常にトリクル充電が行われている。

Ni-Cdバッテリーは浅い放電を繰り返していると、本来そのバッテリーが持っている容量及び性能を十分に引き出すことができなくなる。（これをメモリ効果と呼んでいる。）これを解消するため、低電流で長時間かけてバッテリーを完全放電させてから充電する運用を食期間の前に実施する。これをリコンディショニング（活性化）という。

リコンディショニングを行うための放電用の抵抗器はバッテリー電力制御器に組み込まれている。

1.2.2.7 推進系サブシステム

推進系は衛星の軌道、姿勢及びスピン率の制御を行うためのサブシステムである。

衛星のスピン軸に平行な方向に推力を発生する2本

のスラスタ（アキシャルスラスタ）と、スピン軸に垂直な方向に推力を発生する4本のスラスタ（ラジアルスラスタ）、3個の燃料（推進）タンク、配管、弁（バルブ）などから構成されている。

推進にはヒドラジン（ N_2H_4 ）が使用される。ヒドラジンは、これを配管に押し出す役目をする加圧ガス（ヘリウム）と共にタンクに充填されている。

コマンドでスラスタのバルブを開くと、ヒドラジンは配管を通してスラスタに供給される。ヒドラジンはスラスタの触媒床で分解され、高温のガスとなる。これをスラスタから噴射することにより推力を発生する。

6本あるスラスタは冗長構成を成すとともに、どの方向に推力を発生するかによって使い分けられる。

選択したスラスタをどのタイミングで何回噴射するか、どのくらい長く噴射するかは、地上からのコマンド実行トーン信号の送信タイミングと実行トーン回数、長さ（パルス幅）により決まる。送信タイミングはリアルタイムテレメトリで得られるサンパルスを基準に決められる。

ヒドラジンは約 $1.3^{\circ}C$ で凍結するためタンク、配管、スラスタにはヒータが取り付けられている。特に食期間等、衛星の温度が低下する場合は、コマンドによるヒータ運用を行ってヒドラジンの凍結を防止している。

1.2.2.8 熱制御系サブシステム

GMS-5の熱制御系サブシステムは受動型熱制御方式を基本としている。

衛星の熱源としては、太陽光の直射によるものと、内部機器の電力消費によるものがある。熱制御はこれらの熱入力と、宇宙空間への輻射による放熱のバランスをとり、衛星の各機器を規定の温度範囲に入れるように制御することである。

熱制御は機器の配置、シェルフへの取り付け方法、使用する材質の選択、塗装（ペイント）を含む表面の仕上げ、断熱材の使用などによって行う他、低温側の温度条件が厳しい機器等はヒータによる制御が行われる。

宇宙空間はほぼ真空であるため対流は発生せず、熱の輸送は輻射と伝導によって行われる。搭載される機器の配置は、重量バランスのみならず、機器の発熱量と熱の輻射、伝導による他の機器への影響、機器のオ

ン・オフによる熱的なバランスの変化等を考慮して決められている。

VISSR は周囲の温度変動に伴う光学系の歪み、特性の変化による画像への影響を最小限に抑える必要がある。このため、VISSR は各種の機器が搭載されたシェルフから熱的に絶縁するように取り付けられている。

1.2.2.9 構体系サブシステム

構体系サブシステムは地上、打上げ、軌道上の各環境において、衛星構造と搭載機器を支持する構造を指す。

構造の主材としてはアルミニウム、FRP(Fiber Reinforced Plastics)等が使用されており、またハニカム構造を用いることによって、衛星が受ける様々な荷重(主として打上げ環境)に耐える強度と剛性(頑張り強さ)を持たせると同時に、軽量化が計られている。

スピン部はスラストチューブ、VISSR サンシェードカバー、DBA サポート、太陽電池パネル、機器搭

載シェルフ等から構成されている。スラストチューブはデスパン部、太陽電池パネル、機器搭載シェルフ、推進タンク、VISSR 等の荷重を支持する主要構造である。

DBA サポートと VISSR サンシェードカバーは、デスパン部を支えている。

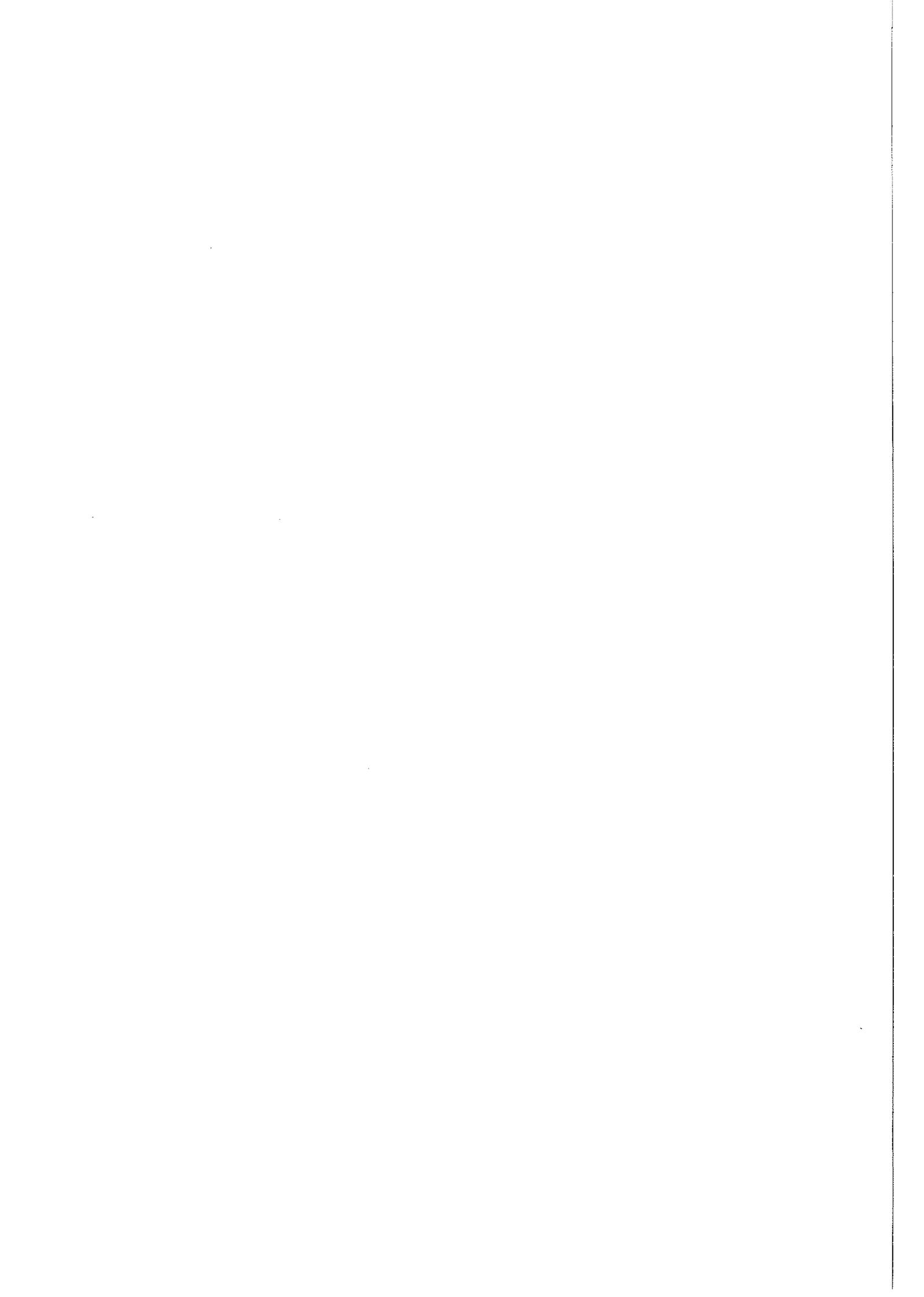
機器搭載シェルフはスラストチューブから伸びた9本のサポートストラットと呼ばれる支持棒で支えられている。

デスパン部のアンテナ構造はFRPハニカム、アルミメッシュ等により軽量化が計られている。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、宇宙開発事業団地球観測衛星グループの井手和夫副主任開発部員(現 気象衛星センター管制課長)から有益な御助言をいただきました。

ここに記して感謝の意を表します。



2. データ処理計算機システム

2. Computer system of the Meteorological Satellite Center

ABSTRACT

The computer system of the Meteorological Satellite Center (MSC) was renewed in June 1995. This system consists of five host computers and about twenty UNIX Work Stations (WS's). Number of hosts was increased from four in the previous system. Two of hosts are used for tracking and controlling GMS-4 and GMS-5, and the rest of hosts and WS's are for image processing. Characteristics of this system are improvement of faculties of the computers, UNIX WS's adoption for the first time at MSC, and improvement of the network. Their aim are to cope with an increase in the quantity and kinds of data, to make new products retrieved by newly loaded sensors on GMS-5 like IR2 and IR3, and to improve efficiency of image data processing.

This section will present an outline about the new computer system putting emphasis on its improvements.

2.1 システムの目的

1995年6月に静止気象衛星4号(GMS-4)から静止気象衛星5号(GMS-5)に運用を移行した。VISSR(可視赤外走査放射計)はGMS-4の可視、赤外それぞれ1チャンネルからGMS-5の可視1チャンネル、赤外3チャンネルへと画像取得機能が拡大したことにより観測精度の改善が図られ、広域の気象実況監視機能が向上した。画像データの増加と各種気象プロダクトのよりいっそうの充実に対応するために、電子計算機システムの処理能力を向上する必要性が生じた。このため気象衛星センターでは電子計算機システムを更新し、GMS-5の運用開始と同時に新計算機システムの運用を開始した。新システムのホスト計算機は前システムのM-360RとM-380Sからより高性能のM-1600/2(運用管制系)とM-1600/10R(画像系)に変更され、システム全体にハード・ソフト両面で性能・信頼性が向上した。

新システムは更新にあたって、前システムと同様の条件^{*1}を満たすよう構築された。特に改善された主なものは次のとおりである。

①画像系のホスト計算機が2台から3台に変更された。

増えた1台(画像三次系)は通常は主にバッチ処理を担当し、他の2台(画像一次系・画像二次系)の障害・保守時にはこれらのバックアップシステムとして機能する。

②システム監視機能の充実のため、集中管理コンソールとしてFTOPSとROCが新たに導入され、システムの異常が発生したときにオペレータが迅速に対応できるようにになった。

③画像処理装置として高処理能力、高機能をもつUNIXワークステーションが採用された。

④LANの方式は、各種データに対して十分な伝送能力を有するFDDI及びCSMA/CDが採用された。また、FDDIは回線が二重化しているため、障害に対して信頼性が向上した。

⑤磁気テープライブラリ装置が導入され、データのバックアップ処理が効率化した。

この報告では、前システムからの変更点を中心に、新システムの概要を解説する。

2.2 システムの概要

Fig. 2.2.1に新システムのハードウェア構成を示す。

*1 気象衛星センター技術報告特別号(1989)II

画像系ホスト計算機の一次系・二次系・三次系構成、スケジュールコンソール (SDC) の一部・GMS コンソール (GOC) ・画像処理装置等へのワークステーションの導入、磁気ディスク装置・磁気テープライブラリなど周辺装置の高性能化により、総合性能が前システムに比べて向上している。新システムのホスト計算機は、運用管制系2台 (現用系・待機系) と画像系3台の計5台で構成される分散処理システムであり、障害時の信頼性を確保するために運用管制系と画像系がそれぞれデュプレックスシステムを採用している。運用管制系では現用系と待機系とでデュプレックスシステムがとられ、また画像系では一次系と三次系および二次系と三次系とでそれぞれデュプレックスシステムがとられている。特に運用管制系は処理の中断時間を極力短くする必要があるためにホットスタンバイ方式^{*2}をとり、現用系が障害になったときは待機系が即座に現用系にとって代わり、処理を引き継ぐ。各ホスト計算機は互いに FSI (系間接続装置) で接続されている。またホスト計算機とワークステーション等は二重化した FDDI で接続した。

ホスト計算機の OS は OS IV / MSP、ワークステーションの OS は UNIX である。業務処理プログラムは運用スケジューラ (ReSOCS II) の制御下で資源の割り当て、スケジュールの管理が行われる。また、業務処理プログラムが大量の画像データを、日時や種類によって容易に検索できるように、画像管理プログラムが画像データの管理を行う。

2.3 ハードウェアの構成と機能

ハードウェアの主なものについてその変更点を中心に概説する。また大きく変更したもの、あるいは新シ

ステムで新規に導入されたものについては詳述する。

2.3.1 ホスト計算機

ホスト計算機系は、運用管制系が2台 (M-1600/2)、画像系が3台 (M-1600/10R) で構成される。各ホスト計算機の処理能力を前システムと比較すると、運用管制系がそれぞれ3.6MIPS から6.5MIPS になり、画像系が17.8MIPS から30.0MIPS となった。また、主記憶を前システムと比較すると、運用管制系はそれぞれ24MB から32MB に、画像系は32MB から128MB となった。

(1) 運用管制系

① システム構成

運用管制系のホスト計算機は現用系と待機系の2台で冗長構成となっている。現用系と待機系では異なった業務を実施しているためデュアルシステムではないが、現用系側から見ると待機系は常に切り換え可能な予備システムであり、ホットスタンバイ構成になっている。

② 運用管制系の業務

運用管制現用系では、運用衛星 (GMS-5) の監視制御を行うテレメトリコマンド処理、C-ADESS との集配信処理、DCP データの集信・編集処理等の業務が実施される。運用管制待機系では、待機衛星 (GMS-4) のテレメトリコマンド処理等が実施される。各ホスト計算機では、系管理、資源管理、スケジュール管理を主として行う ReSOCS II が動作している。ReSOCS II は、GS、LS、SS の3つのサブシステムで構成される。このうち GS が系管理と資源管理を担い、また各ホスト計算機の LS と連絡をとって統一されたスケジュール運用を行う機能を有し、運用管制系の両

*2 ホットスタンバイ方式とはデュプレックスシステムの一つの方式であり、待機系は現用系がダウンしたときに即座に代わられる状態で待機している。しかし、本システムの運用管制系では、処理中断時間の短縮も重要ではあるが、それよりも衛星を含めたシステム全体の整合性を確保することの方を重視している。そのため切り替え時には状態確認にある程度の時間が費やされている。

ホットスタンバイ方式の反対語としてコールドスタンバイ方式がある。コールドスタンバイ方式では、待機系は平常時は現用系とは別の目的に使われており、現用系の障害時にそれに転用される。この方式は処理中断の空白がある程度許される場合に採用され、切り替えはオペレータ操作によることが多い。本システムでは (特にそのように称してはいないが) 画像系がこれに相当する。

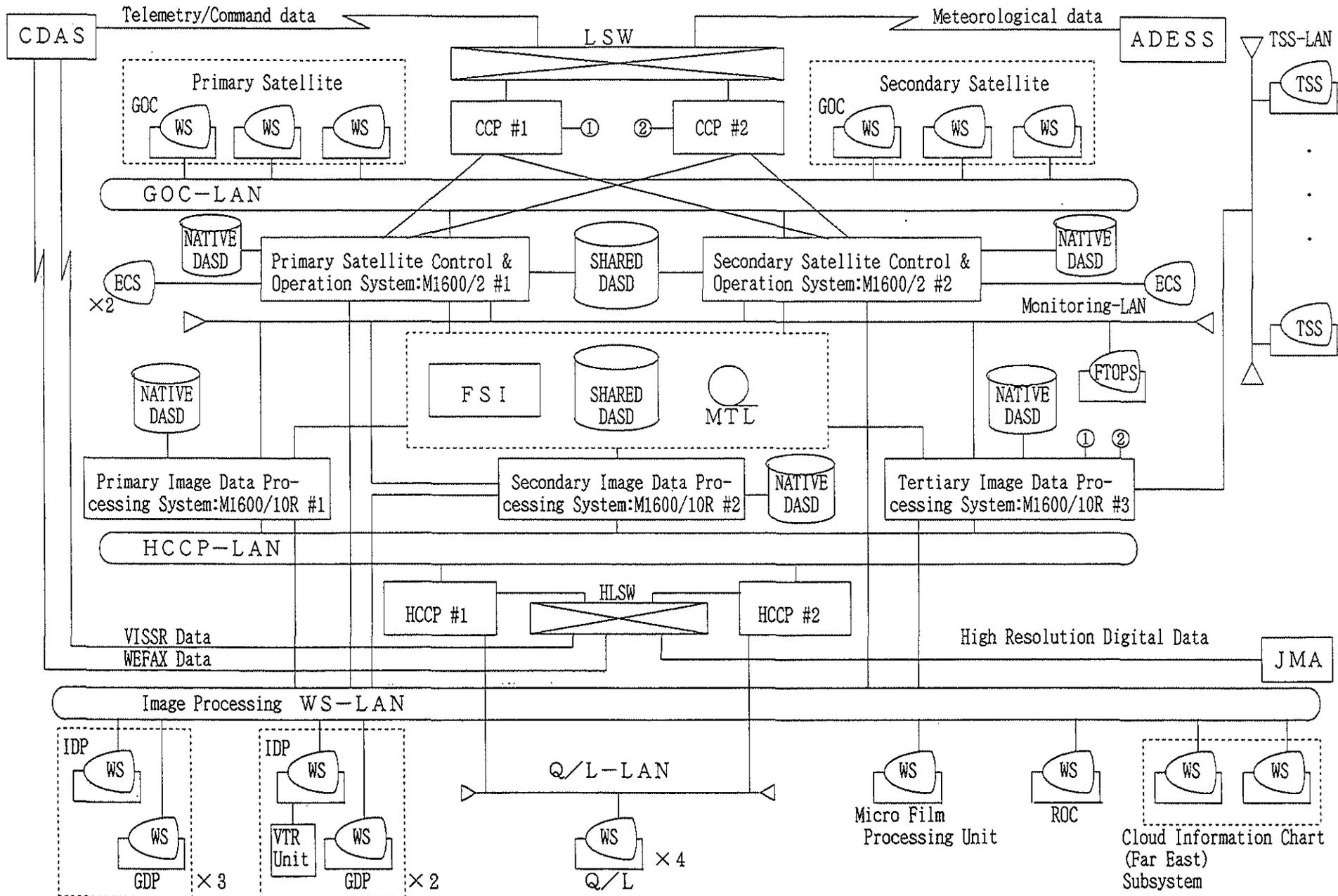


Fig.2.2.1 Conceptual Scheme of the New Computer System

系で動作している。現用系のGSは、画像系も含めた各系の停止、立ち上げ、周辺装置の切り替え等の指令の発行、システム共通の資源の管理等を行う。待機系では、現用系GSの監視を待機系GSが行い、現用系GSが停止すると直ちに現用系GSにとって代わる。そして現用系のシステム管理情報を書き込んだ現用系GSのチェックポイントファイル、共用DASD上にある資源管理状態が書き込まれた資源管理ファイル、スケジュール運用状態が書き込まれた現用系LSのチェックポイントファイルを元に現用系の状態を復元して現用系業務を再開する。

(2)画像系

①システム構成

画像系は、画像一次系、画像二次系、画像三次系で構成される。前システムからの主な変更点として、ホスト計算機台数の増加と各系のシステムディスクを各ホスト計算機に固定したことがあげられる。

新システムでは、プロダクトの増加によりホスト計算機の高い処理能力が求められる。前システムでは、画像系の障害時に運用管制待機系を使用するというフォールバック運用を行っていたが、この方式ではスケジュールどおりに業務処理が行えない。このため新システムでは画像系計算機を3台構成にして、画像三次系を画像一次系、画像二次系の共通予備システムとするデュプレックス構成にしてある。画像三次系の予備システムはない。また、前システムでは計算機のシステム切り替え時に各論理系に必要な入出力装置群とともにシステムディスクもホスト計算機に対する切り替えをしていたが、新システムでは入出力装置群のみをホスト計算機に対して切り替えるようにし、システムディスクは各ホスト計算機に固定とした。

ホスト計算機の障害時における各系の処理には、画像一次系>画像二次系>画像三次系という優先度が存在するが、三次系の業務実行状況に応じて切替えの可否を判断するため、障害等によるシステム切替えの際には運用管制系のような自動切替えは行わず、オペレータの判断による切替えとしている。画像系ホスト計算機に障害が発生すると、運用管制現用系のReSOCS II/GSからオペレータに対して切替えを行う

かどうかの問い合わせが発せられるので、オペレータは切替えタイミングを判断し応答する。

②画像一次系の業務

画像一次系では、VISSR集信、FAX配信などの画像系データ集配信処理、FAX作成に関連する画像一次処理、画像二次系のための各種画像変換の処理業務が行われる。

③画像二次系の業務

画像二次系では、主に雲量分布、海面水温等の赤外二次処理、雲解析情報図作成、風計算、TOVS処理等の主要なプロダクトの作成のほか、軌道/姿勢処理、電報処理を行っている。また画像処理装置とのデータ転送、リモート処理及び画像処理装置によるマンマシン処理を行っている。画像解析に必要となる準備済画像データの登録、削除、画像データを使用する業務処理への貸与は画像管理プログラムが行っている。また画像処理装置管理プログラム(IMP/MNGR)が画像処理装置の管理及び画像処理装置内との連携処理を管理制御している。

④画像三次系の業務

画像三次系では、VISSR、HRPT、基本データ等の保存処理のほか、ハウスキーピングのバッチ処理、雪水域算出等の可視二次処理が行われている。画像三次系ホスト計算機はVM(仮想計算機)機能を有している。VM運転時には、画像三次系計算機をVMX、VMAの名称をもつ2つの仮想計算機に分割して使用できる。VMAは画像三次系と同じシステムで運用し、VMXは保守作業や画像系のシステム試験を行う際に使用される。この機能によって、画像三次系の運用を休止しないで、実際の運用形態に近い形での画像系のシステム試験が可能になる。

2.3.2 直接アクセス記憶装置(DASD:磁気ディスク装置)

DASDは、前システムと同じくシステム固有・運用管制系共用・全系共用DASDに分類される。DASDを構成するDKUは、基本的な機能は前システムと同じだが、記憶容量が増加した。またデータ転送速度が速くなり、アクセス時間も短縮した。画像系のシステ

ム固有 DASD は Fig. 2.2.1 に示すように各系と固定的に接続したので、運用管制系と同様にシステムを切り替えてもシステムディスクを切り替える必要はなくなった。

(1) システム固有 DASD (NATIVE DASD)

M1600/2 # 1・# 2 と M1600/10R # 1・# 2 には 7.56GB の DKU が各 2 台ずつ接続されている。

M1600/10R # 3 には 10.08GB と 5.04GB の DKU が 2 台ずつ接続されている。

(2) 運用管制系共用 DASD (SHARED DASD)

M1600/2 # 1・# 2 からアクセスでき、10.08GB の DKU 2 台で構成される。

(3) 全系共用 DASD (SHARED DASD)

全ホスト計算機からアクセスでき、22.68GB の DKU 4 台で構成される。

2.3.3 系間接続装置 (FSI)

ホスト計算機間でのデータの受け渡しは共用 DASD を経由して行われるが、ReSOCS (運用スケジューラ) や ECS 等の情報はホスト計算機同士が高速で送受信できなければならない。このため FSI で全系のホスト計算機を接続している。前システムでは FSI は 4 台だったが、新システムはホスト計算機が増えたので $3 \times 2 = 6$ 台の FSI で二重化している。

2.3.4 通信制御処理装置 (CCP)

CCP は二重化しており、運用管制現用系・待機系と画像三次系に接続している。現用 CCP は、運用管制系と CDAS、C-ADESS および HCCP を接続する全ての中低速回線を制御している。待機 CCP は、現用 CCP のバックアップとしての役割のほかに、画像三次系が運用中のシステム試験等で GL (テストデータ発生記録処理) を行う場合に使用される。

2.3.5 高速通信制御処理装置 (HCCP)

HCCP は、VISSR・WEFAX・高分解能デジタル画像の各画像データが伝送される CDAS・気象庁と本システムの間的高速回線を制御する装置である。通常 M1600/10R # 1 (画像一次系) がこれらのデータを集配

信するが、システムの切替えを考慮し、HCCP は画像系と HCCP-LAN を介して接続している。また、HCCP で入出力される各画像をモニタリングするため、Q/Lワークステーション 4 台が Q/L-LAN を介して HCCP に接続されている。HCCP の機種はミニコンピュータの A-120 で、現用・待機 2 台で二重化されている。

2.3.6 ネットワーク (LAN)

本システムでは、画像処理装置等にワークステーションを導入し、LAN でホスト計算機と接続している。通信プロトコルは、前システムでは FNA であったが、新システムでは FNA と TCP/IP がサポートされた。

LAN の接続は、データ転送の高速性と高信頼性が特に要求される部分には FSLINK が、それ以外の部分には DSLINK が採用されている。LAN 構成の概要は、Fig. 2.2.1 に示されている。

(1) FSLINK の構成

FSLINK は ISO9314 に準拠したトークンパッシング方式の FDDI-LAN (100Mbps) であり、ホスト計算機と画像処理装置や HCCP などとの接続に採用されている。FSLINK の伝送路は、二重ループの光ファイバケーブルである。FSLINK 上には LAN 制御装置 (LANC) とコンセントレータ (ODC) が配置され、LANC には各ホスト計算機が、ODC にはワークステーションが接続される。LANC と ODC は回線ループバック機能を有しており、そのために伝送路や LAN 機器に障害が発生しても障害機器の切り離しや回線折り返しが自動的に行われ、運用は支障なく継続される。

FSLINK には LAN 監視装置 (LAMP) が接続されており、LAN の状態を監視できる。

利用用途により次の 4 つの FSLINK がある。

① GOC-LAN

運用管制系のホスト計算機と GOC で構成され、テレメトリデータやコマンドデータ等の送受信が行われる。通信プロトコルは TCP/IP である。

② 画像 WS-LAN

運用管制系および画像系のホスト計算機と、画像表

示処理装置 (IDP)、グラフィックス表示装置 (GDP)、広域雲解析情報装置、マイクロフィルム作成装置、ROCなどで構成され、C-ADESS 経由で入電する地上気象及び高層気象観測データや画像データの送受信、システム監視のための管理情報の送受信などが行われる。通信プロトコルは TCP/IP である。

③HCCP-LAN

画像系のホスト計算機と HCCP で構成される。通信プロトコルは OSI で、VISSR データや WEFAX データ、高分解能画像データの転送、HCCP 管理情報などの転送を行う。

④NOAA-LAN

画像系のホスト計算機と極軌道気象衛星受信設備で構成され、極軌道気象衛星 NOAA の HRPT データの取り込みに使用される。通信プロトコルは TCP/IP で、ホスト計算機と極軌道気象衛星受信設備の間のデータ転送は FTP で行われる。

(2)DSLINK の構成

DSLINK は IEEE802.3 に準拠した CSMA/CD 方式の LAN (10Mbps) であり、TSS 端末や小規模なファイル転送など中小規模のデータ転送を行う回線に採用されている。ホスト計算機とは LANC から AUI ケーブル (10BASE5) を経由してトランシーバーで接続されている。DSLINK はバス型ネットワークであるため、伝送路に障害が発生すると接続されているすべての機器が通信不能になる。用途に応じて次の3つの DSLINK がある。

①TSS-LAN

画像三次系と TSS 端末、ワークステーション、パソコンなどで構成され、ホストの端末用 LAN として使用される。通信プロトコルは、同じ伝送路上で FNA と TCP/IP がサポートされている。

②監視-LAN

運用管制系および画像系のホスト計算機と統合監視装置 (FTOPS) で構成され、各ホスト計算機の運用状況を監視するためのデータ転送を行う。通信プロトコルは FNA である。

③Q/L-LAN

HCCP と Q/L モニターで構成され、VISSR 画像や WEFAX データ、高分解能画像データの転送を行う。通信プロトコルは TCP/IP である。

2.3.7 スケジュールコンソール (SDC)

新システムの SDC は、前システムと同じ機能を持つ ECS コンソール3台と、新たに FTOPS (統合監視装置)・ROC (ReSOCS 操作卓) が加わり、5台構成となった。主な機能分担は次のとおりである。

- (1)ECS コンソール1 : 全系の ReSOCS メッセージ表示
- (2)ECS コンソール2 : スケジュールのマニュアル起動 (主にバッチ処理)
- (3)ECS コンソール3 : OS メッセージ表示
- (4)FTOPS : 障害・介入メッセージの表示
- (5)ROC : ReSOCS が管理する資源の状態表示、スケジュール表示・変更

ECS コンソール1、2は NMC を介して運用管制現用系に、ECS コンソール3は待機系に接続される。FTOPS は NMC を介して運用管制系に接続している。また FTOPS は監視-LAN、ROC は画像 WS-LAN を介して全系に接続される。運用管制現用系に障害が発生したとき、ECS コンソール1、2は自動的に待機系に切り替わる。逆の場合は ECS コンソール3をマニュアルで現用系に切り替える。

2.3.8 統合監視装置 (FTOPS)

統合監視装置 (FTOPS) は、全本体系すなわち運用管制系 (M-1600/2) の現用系と待機系、画像処理系 (M-1600/10R) の画像一次系、画像二次系、画像三次系の計5台のホストコンピュータと接続されており、システム全体の監視、各種入出力装置の接続切り替えおよびシステム制御コマンドの実行指示など、運用を円滑に行うために新システムで導入された。FTOPS と各装置の接続概要を Fig. 2.3.1 に示す。

稲沢 智之 Tomoyuki INAZAWA (2.3.6の執筆者)

菊池 明弘 Akihiro KIKUCHI (2.3.7の執筆者)

FTOPS のディスプレイ上には、システム監視フレーム、システムオペレーションフレーム、システムステータスフレームの3つのフレームの中からマウスで選択して任意のフレームを開くことができる。また、画面のハードコピーが可能で、障害調査等に利用される。

以下に各フレームの機能概要を記述する。

(1)システム監視フレーム

FTOPS の運用中に通常表示しているフレームで、システム監視を行う。このフレームは以下の機能を有する。

- ①各本体系の運転状態（運転中／停止中／IPL 中等）を表示する。
- ②各本体系の CPU、スプールの使用状況を棒グラフで表し、また実行中の JOB 数と TSS の使用数を表示する。これらは約 1 分毎に自動更新される。
- ③各本体系から出力されるメッセージのうちシステム監視に必要とされるものを予め登録しておき、それらが出力されたときに FTOPS ディスプレイに色分け表示し、さらにブザーの鳴動または音声通報を行う。登録・表示されるものには、ハードウェア関係ではシステムダウン、回線異常、端末ワークステーションのユニットキャンセル等があり、ソフトウェア関係では各 JP の STEP 異常終了、オペレータの介入／返答の必要なメッセージ、VISSR 集信、HRPT 集信に関するチェックの必要なメッセージなどがある。
- ④システム監視フレームの中で、コマンドアイコンをマウスで開くことにより各本体系へのコマンド入力ができる。またログアイコンを開くことで FTOPS の出力メッセージ履歴調査が可能である。

(2)システムオペレーションフレーム

システムオペレーションフレームは以下の機能を有する。

- ①マウスで各本体系の CPU STOP、RESET、DUMP LOAD、IPL のコマンド実行指示を行う。
- ②ホットスタンバイ切り替えあるいはシステム切り替えを可能にするために、切り替え装置を介して接続されている各本体系と入出力装置との接続関係を変更する。ただし、気象衛星センター計算機システムでは運用スケジューラ (ReSOCS) による管理が行われてい

るため、全系停止や全系立ち上げなど特別な場合を除いてシステムオペレーションフレームでの操作は行わない。

全系立ち上げの場合は、システムオペレーションフレームで運用管制現用系の IPL コマンド実行指示をする。その後 ReSOCS/G S が立ち上がり、FTOPS 経由で各本体系に対し IPL コマンド実行指示が出される。

(3)システムステータスフレーム

各本体系の電源状態、動作状態、I/O の接続やリレーの状態を表示する。

2.3.9 ReSOCS 操作卓 (ROC)

ReSOCS 操作卓 (ROC) は、計算機システム全体を統一的・一元的に監視・制御するコンソールである SDC の一つで、前システムの SUPER-GD の機能の一部を継承し、新たな機能を追加したコンソールである。ROC は、画像 LAN で接続しており、ReSOCS/GS と連携して運用スケジューラが管理する系と装置、及びスケジュールの情報を表示し、それら进行操作する。

ROC は、ROC 本体、ディスプレイ装置、ビデオアダプター、キーボード、マウス、ハードコピー装置の機器から構成されるワークステーションで、画像 LAN を通じて全系と接続している。

ROC の運用は、ROC 表示プログラムと ROC 連携プログラムによりサポートされ、ホスト計算機とワークステーションの連携で動作する。ROC 表示プログラムはワークステーションで動作し、オペレータが入力した処理依頼を ROC 連携プログラムへ送信し、処理依頼結果およびホスト計算機からの情報を受信して画面に表示する。ROC 連携プログラムは、各系でマスタースケジュールのもとに自動的に起動し常駐ステッとして動作しており、ROC の障害の監視、ROC 表示プログラムから受信した処理依頼の結果、及び系、装置、スケジュールの情報を取得して ROC 表示プログラムへ送信する。

ROC 画面は、全体構成、機器接続、スケジュール、実行状態の 4 画面で構成され、切り替えボタンをマウスでクリックすることで各画面を切り替える。また、全体構成、機器接続、実行状態の画面は、15 秒毎に自

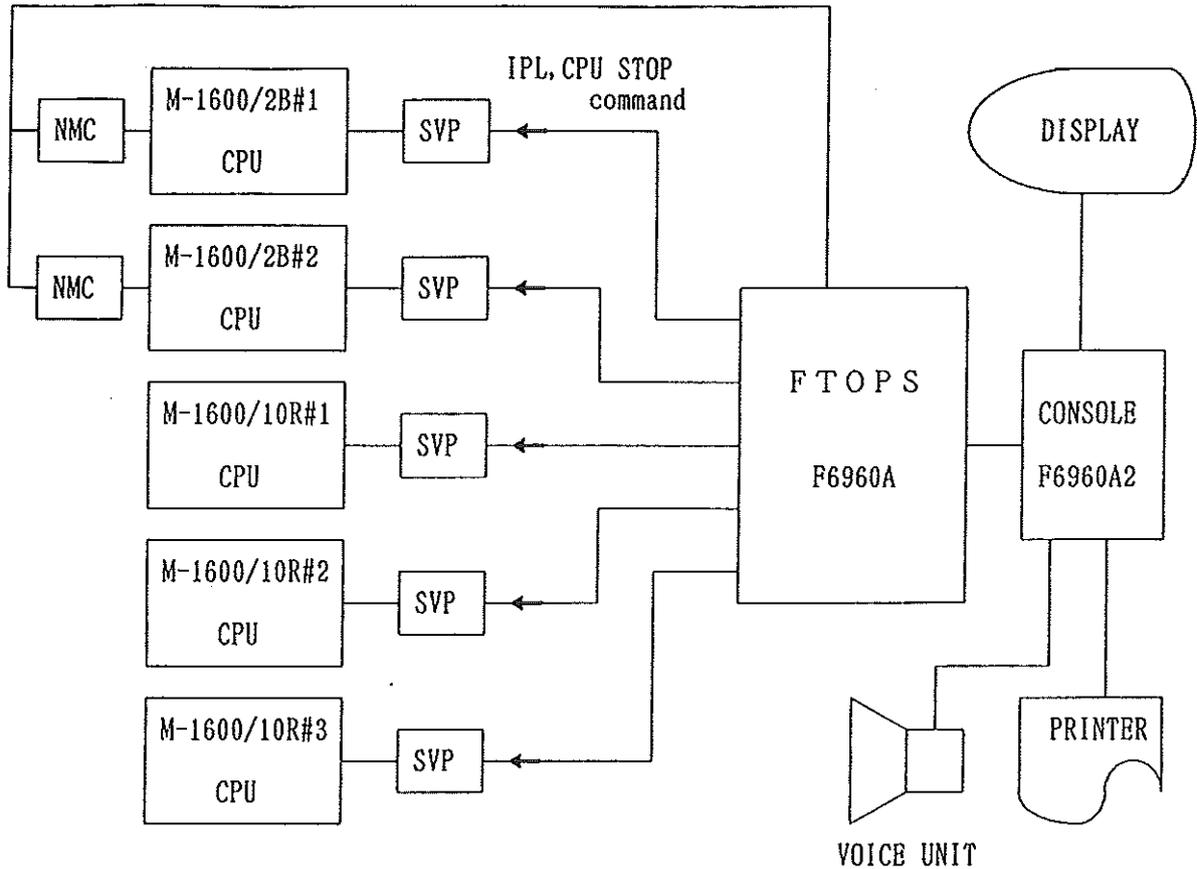


Fig. 2.3.1 FTOPS Connection Environment

動更新され最新の状態を表示する。また、この3画面には画面ロック機能があり、障害調査等でハードコピーを取得する場合に利用する。

以下に各画面の機能概要を記述する。

(1)全体構成画面 (Fig. 2.3.2)

①ホスト計算機、HCCP、ワークステーション (GOC、画像処理装置、マイクロフィルム作成装置)、LAN (GOC、HCCP、画像) の構成をブロック図で表す。

②ホスト計算機については論理系名、物理系名、機種名を、HCCPについては現用/待機の区別、物理装置名を、ワークステーションについては論理装置名、物理装置名をそれぞれ表示する。

③ホスト計算機、HCCP、ワークステーションそれぞれについて、現用、待機(画像系のホスト計算機のみ)、停止、移行の状態を色別に表示する。

④マウス操作により、系の起動 (START)、停止 (STOP)、使用資源のパーシ処理 (PURGE)、及びHCCP、ワークステーションの組み込み (UR)、切り離し (UC) の処理を行う。

(2)機器接続画面

NMC、NLP、IOSWの各機器と本体系との接続状態、及びHLSWとHCCPとの接続状態を表示する。また、マウス操作で接続を変更できる。

(3)スケジュール画面

スケジュール定義識別 (階層構造のスケジュールID)、論理系名、マスタースケジュール表名を指定することにより、メモリー上に展開されたそのスケジュール情報と起動パラメタを表示する。また、スケジュールの起動時刻や起動パラメタなどの変更可能箇所は、この画面上から変更できる。

(4)実行状態画面

指定した論理系で実行中のジョブプロシジャとステップの実行状態、起動時刻、経過時間、終了予定時刻を表示する。また、マウス操作でジョブプロシジャとステップの強制終了ができる。

(5)4画面共通機能

①画面下部のメッセージウィンドウには、ワークステーションで発行するメッセージとホスト計算機から通知されるメッセージを表示する。

②キーボードのファンクションキーを押すとメッセージウィンドウの上にコマンドサブウィンドウが開き、コマンドを入力して実行できる。

③TSS ボタンをマウスでクリックすると、画面上にサブウィンドウの TSS 画面が表示される。通常画像三次系の TSS を使用する。

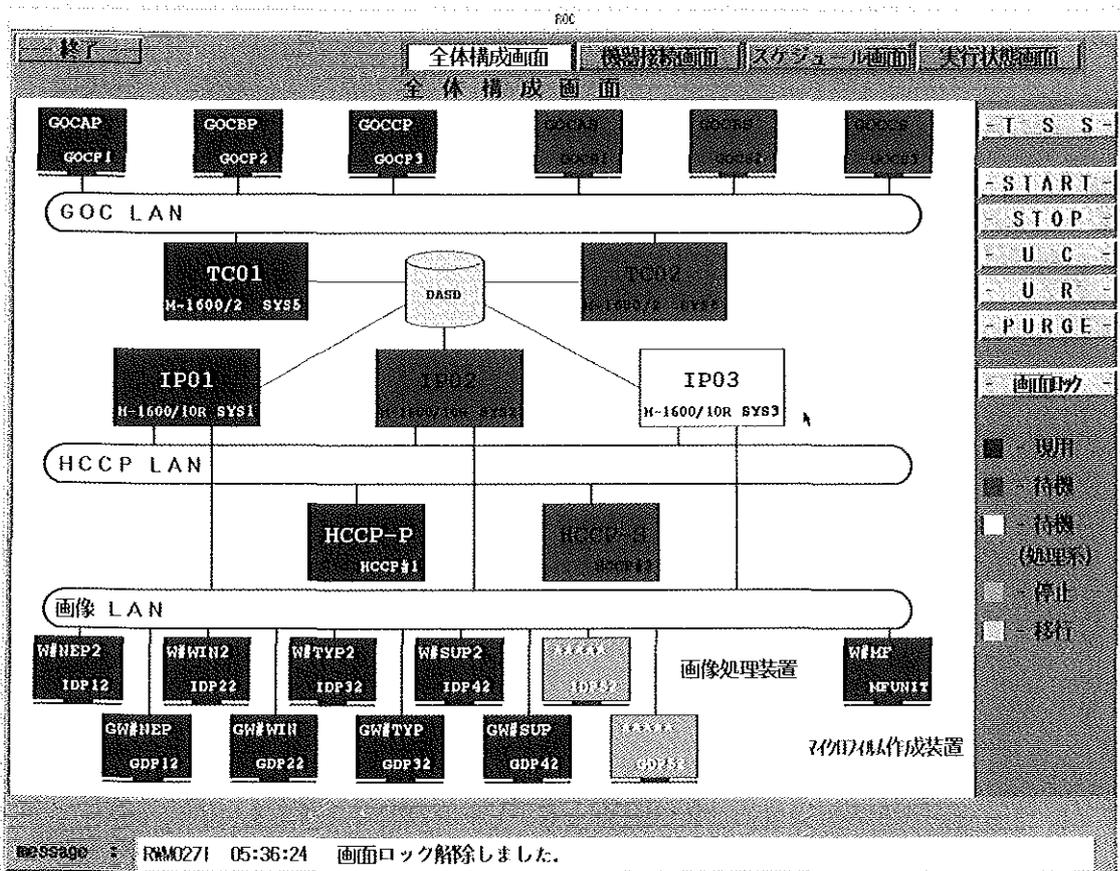


Fig.2.3.2 Screen of general configuration on ROC

2.3.10 GMS コンソール (GOC)

GOCは現用系3台、待機系3台のワークステーション(Sun-4/10)で構成され、それぞれ現用衛星と待機衛星の監視・制御を行う。運用管制系とはGOC-LANを介して接続される。前システムと比べて運用面では特に大きな変更はないが、マウスによりコマンドをまとめて発信したりテレメトリ定数をすばやく参照するなど、操作性や機能の向上が図られた。

2.3.11 画像処理装置

前システムでの画像処理装置は、ホスト計算機の画像系とチャンネルで接続され、画像処理はホスト計算機で行われた。新システムでは画像処理装置にワークス

テーションが導入され、ホスト計算機とはLANで結ばれるようになり、画像処理プログラムはワークステーション上で実行されるようになった。ワークステーションの導入により以下の点が向上した。

①前システムでは、ホスト計算機のCPU負荷状況により画像処理の遅れが見られたが、新システムでは、ワークステーションにデータ転送した後の画像処理はワークステーション上で実行されるため、ホスト計算機の影響を受けなくなった。

②ホスト計算機のCPU負荷状況の影響を受けなくなったことや高処理能力のワークステーションを採用したことで、雲解析や台風の観測、解析結果の配信が早くなった。

白井 雅夫 Masao SHIRAI (2.3.9の執筆者)

菊池 明弘 Akihiro KIKUCHI (2.3.10執筆者)

③前システムでは、1台の端末で6時間動画を見る場合1画種しか見ることができず、他の画種の6時間動画を見るためには作成し直す必要があった。新システムでは3画種同時に作成することができ、スタイラスペンでボタン操作をすることにより切り替えて見ることができるようになった。

④画像処理装置からもホスト計算機側の画像処理プログラムの起動が可能となった。

(1)構成

画像処理装置 (IPC) は画像表示処理装置 (IDP) 1台とグラフィックス表示処理装置 (GDP) 1台とで構成される。IPCは5台あり、通常の運用では4台を使用し、残りの1台は予備装置である。

IDPは前システムのF6510からSilicon Graphics社製のONYX VTXに、GDPは前システムのF6242から富士通社製のSun-4/10にそれぞれ機種が変更になった。IPCは画像LANを介してホスト計算機の画像系と接続される。

また、IDPのうち1台にはFUJIX社製の高品質カラーハードコピー装置 (PICTROGRAPHY 3000) とソニー社製のVTR装置 (DVR-20) が接続されており、高品質カラーハードコピー装置のみ、およびVTR装置のみが接続されているIDPがそれぞれ1台ずつある。両方の装置が接続されているIDPの構成図をFig. 2.3.11に示す。

(2)管理

前システムでは、IPCはReSOCSの資源管理対象ではなかったが、新システムでは、画像処理装置管理プログラム (IMP/MNGR) がIPCの状態をReSOCSに通知することでReSOCSの資源管理下に組み込まれた。それによって、装置状態の監視等の管理がSDCで行えるようになった。

画像処理装置管理プログラムは、ReSOCSの管理下にある画像データ等のIPCへの転送、画像処理プログラムの実行管理、処理結果をホスト計算機に戻して再びReSOCSの管理下に組み入れることも行っている。画像処理プログラムや画像データ転送の起動は、JPからの画像処理装置管理プログラムの内部ステップ起動という形態をとっている。内部ステップ起動を受けた画像処理装置管理プログラムは、指定されたIPCに対して画像処理プログラムや画像データ転送の起動

を行い、その結果を親のJPに通知している。

各IDPにはFDDIボードが2枚搭載されていてLANに対するポートが2つ存在する。そのため、ホスト計算機からは、1台のIDPがあたかも2台の装置であるかのように見える。

IDPの物理装置名と論理装置名をTable 2.3.11に示す。

(3)運用

①画像データの転送および格納

前システムでの画像処理は、ホスト計算機の共用磁気ディスク装置に格納されていた画像データ等を使用していたが、新システムでは、転送スケジュールを調整した上で画像データ等をIPCに転送し、画像処理を行う。また、格納される画像データは、画像種別毎に偶数時刻、奇数時刻別で格納する装置の振り分けを行い、これによって画像データの均等な配分がなされる。

なお、IDP1 (W#NEP) とIDP3 (W#TYP)、IDP2 (W#WIN) とIDP4 (W#SUP) とがペアを組み、ファイルの内容が同一となるように画像データが転送される。

1台のIPCには72時間分の画像を格納することができ、古い画像から順次上書きされる。

②通常の運用

IPC5台のうち1台を予備装置とし、通常の運用は4台で行う。運用の内訳は、主にIDP1 (W#NEP) で解析報作成とサポート処理、IDP2 (W#WIN) で雲解析情報図作成処理と風計算処理、IDP3 (W#TYP) で台風中心処理、IDP4 (W#SUP) で台風強度処理と台風パラメタ処理を行う。また、IDP1およびIDP4には高品質カラーハードコピー装置が、IDP2およびIDP4にはVTR装置が接続されており、転送された画像データを用いて、それぞれ保存写真出力とデジタル録画処理を行う。

③障害および保守時の運用

通常使用している4台のうち1台に障害が発生してその装置が使えない状態になった場合や定期保守で切り離れた場合、3台構成のまま運用を続けるか、予備装置 (IDP5/GDP5) を組み込んで運用を継続するかの2通りの運用方法がある。いずれの場合においても、IDP1とIDP3、IDP2とIDP4には同一内容のファ

イルが転送されているので、4台の内1台に障害が起きてペアを組む相手装置のファイルで補完され、運用に支障はない。

3台構成運用は、台風関連業務が行われる装置を障害発生装置の代替装置として用いる。したがって、この運用形態は台風関連業務のない時のみ実施され、定期的な短期保守や短時間で障害が復旧すると見込まれる場合を想定している。

予備装置を組み込む運用方法は、障害が起きた装置を切り離して予備装置を障害発生装置の代わりに組み込むものであり、短期間で障害が復旧不可能と思われる場合を想定している。台風関連業務を実施している場合は業務を遂行する上で4台のIPCが必要なため、この方法を採用する。予備装置内の画像ファイルはクリア状態で組み込まれるが、72時間後にファイルの内容がペアを組む相手装置と一致する。

TYPE	PUN	LUN
ONYX VTX # 1	IDP11	W#NEP 1
	IDP12	W#NEP 2
ONYX VTX # 2	IDP21	W#WIN 1
	IDP22	W#WIN 2
ONYX VTX # 3	IDP31	W#TYP 2
	IDP32	W#TYP 2
ONYX VTX # 4	IDP41	W#SUP 1
	IDP42	W#SUP 2
ONYX VTX # 5	IDP51	W#AUX 1
	IDP52	W#AUX 2

Table 2.3.11 Physical unit name (PUN) and Logical unit name (LUN) of IDP

2.3.12 磁気テープライブラリ装置 (MTL)

磁気テープ装置によるデータ保存・累積処理では、以前よりバックアップのデータ量及び時間の増大、磁気テープ媒体増加に伴う媒体管理、オペレーションミスによるデータの破壊、磁気テープマウントをはじめ

とするオペレータの負荷の増大などの問題があげられていた。これらを改善するために、新システムでは磁気テープライブラリ装置 (MTL) が導入された。

MTLは、カートリッジ型磁気テープ (CMT) を約1,300巻収容でき、CMTのボリューム通番を指定することにより、バッチジョブ等から自動的にマウントおよび格納する。CMTは、36トラックでRead/Write、18トラックでReadのみの利用となる。MTLのハードウェアは、データ処理機構部 (CMTU)、媒体搬送機構部 (ACC)、媒体投入・排出部 (CAS)、大量投入・排出装置 (MEE)、媒体保管棚 (CEL)、制御装置 (DIR) から構成され、画像系および運用管制系の全系で共用する。

MTL導入により、高速 (毎秒3MBのデータ転送) ・大容量 (非圧縮時で約1TB) バックアップ処理、CMTハンドリングの自動化及びMTLサポートプログラムによる媒体の自動管理等、システム運用の自動化・省力化が実現した。

(1)ハードウェア各機構 (Fig. 2.3.6)

①データ処理機構部 (CMTU)

本機構は、単体の磁気テープ装置 (CMTU) と同一仕様の装置が8台で構成され、データ記録方式はGCR、トラック形式は36トラック (18トラック往復)、記録密度は75,742CPI、IBG長は2.0mm、テープ走行速度は2.0m/秒、データ転送速度は3.0MB/秒、テープリワインド時間は48秒、ロード・アンロード時間は11秒となっている。さらに、データ圧縮機構が標準装備されており、圧縮方式はEDRC方式 (連続文字列圧縮方式及び文字発生高頻度圧縮方式) を採用する。なお、本計算機システムのデータ保存・累積処理装置は、MTL以外にも単体でCMTU (媒体:CMT) を持ち、前システムまでの保存データを処理するために旧媒体対応のMTU (媒体:オープンリール型MT) とCTU (媒体:VHSビデオカセット型CT) も備えている。

②媒体搬送機構部 (ACC)

CMTUとCEL、CAS、MEEとの間でCMTを運搬する機構で、MTL内に2台実装されており、1台に障害が発生しても残りの1台で処理を続行できる。また、1台で業務運用中に障害機の修復も可能である。

ONYX VTX

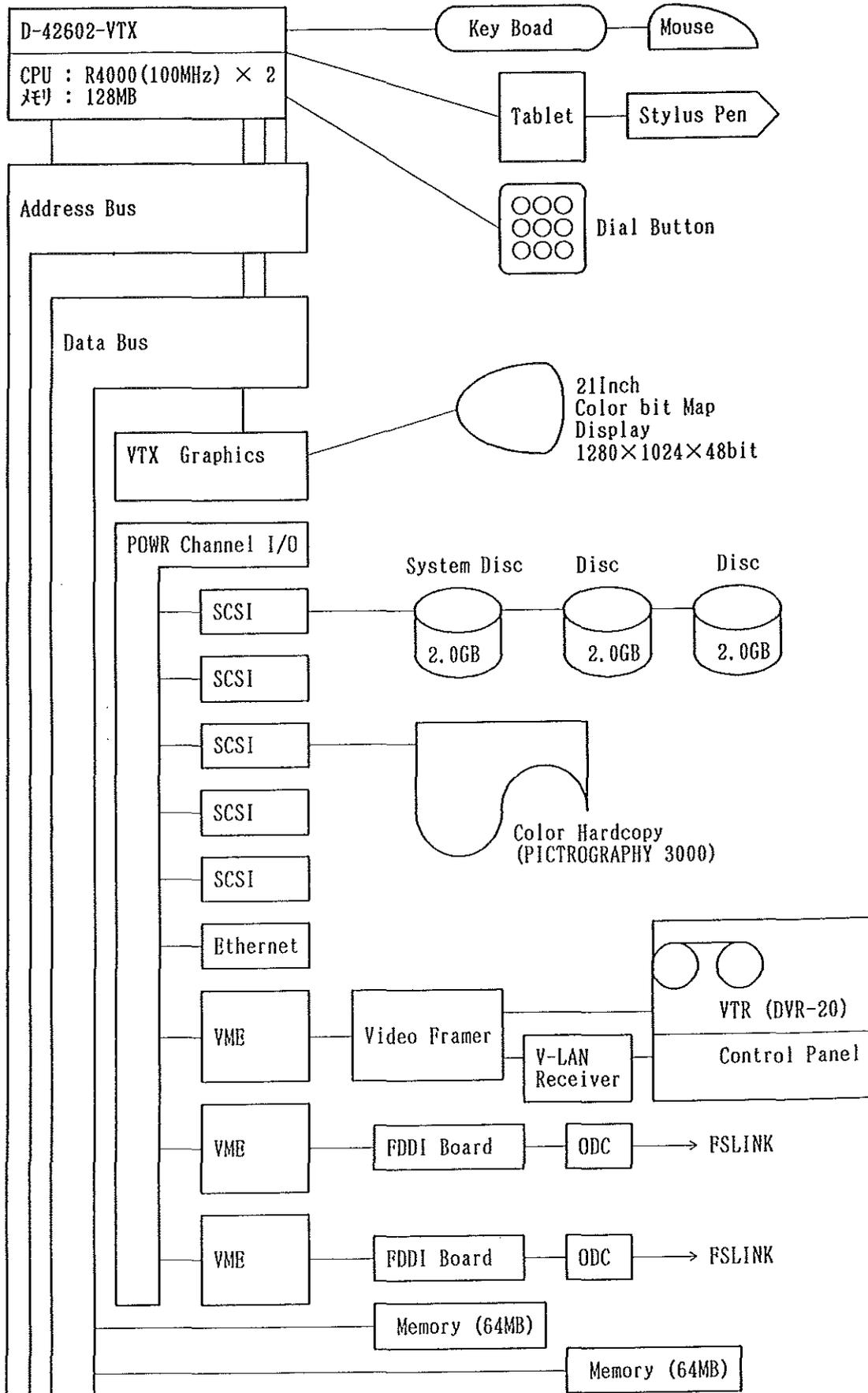


Fig. 2.3.11 Configuration of IDP with Color Hardcopy and VTR

平均運搬時間は約10秒である。

③媒体投入・排出部 (CAS)

CMTの投入・排出をする窓口 (MTLの前面) で、12巻の投入・排出ができる。

④大量投入・排出装置 (MEE)

CASの拡張機能として、CMT90巻 (15巻用マガジンラック×6台) の投入・排出 (投入・排出口: MTLの後面) ができる。

⑤媒体保管棚 (CEL)

CMTを保管する棚で、内部の前面壁および後面壁に配列されている。CMT格納先は、MTLのX (水平方向)、Y (鉛直方向)、Z (前/後面壁) アドレスで表現され、ホスト計算機の管理簿 (全系共用DASD内に存在) により管理される。

⑥制御装置 (DIR)

ホスト計算機とのインターフェース部分を担当しており、MTL内の各機構や装置における動作の制御や状態管理を行う。

(2)カートリッジ型磁気テープ (CMT)

36トラック双方向記録に対応し、薄型フィルムテープの採用により、従来の記憶媒体 (オープンリール型: 160MB、VHSビデオテープ型: 280MB) と比較すると、コンパクトで容量が800MB (非圧縮時) と大幅に増えた。また、納入時にボリューム初期化及びケース背ラベル貼付が完了しているため、オペレータの負担が少なくなった。さらには、バーコードラベルも貼付されており、MTLに投入の際、バーコード投入 (コマンドで指定するとBRSがボリュームを認識する) を指定することにより、投入時間が大幅に短縮された。

(3)関連ソフトウェア

①磁気テープライブラリ装置サポートプログラム (LIBSP)

ホスト計算機のOS (OSIV/MSP) の管理下でMTLをサポート装置とし、媒体のマウントおよび格納の自動処理、媒体の投入・排出の制御、装置内のCEL・媒体の管理、装置内のアクセス機構・ドライブ機構およびCAS制御のためのオペレータコマンドをサポートする。

②磁気テープ処理プログラム (MTCP)

ホスト計算機のOS (OSIV/MSP) の管理下で磁気テープ装置 (CMTU、MTU、CTU及びMTL内のCMTU) をサポート装置とし、磁気テープの初期化、磁気テープの複写、および磁気テープ内データの印刷等をサポートする。

2.4 ソフトウェアの概要

本システムには、年間を通した連続運転、スケジュールに従った自動運用、大量の画像データ処理という特徴がある。また、今回のシステム更新ではワークステーションの導入という変更があった。

この特徴および変更に関連するソフトウェアについてその概要を述べる。

2.4.1 オペレーティングシステム

年間を通した24時間連続運転を安定して支えるために、ホスト計算機のオペレーティングシステム (OS) には、全系共通して、富士通社のM-1000シリーズ最上位のOSIV/MSPを採用している。

一方、HCCPや今回導入したワークステーションのOSはいずれもUNIXに準拠したOSで統一され、HCCP・マイクロフィルム作成装置には富士通社のコンパクトA (エース) シリーズのSX/Aを採用し、IDPにはSilicon Graphics社のIRIX、また、GDP・GOC・ROC・Q/LにはSun Microsystems社のSunOSを採用している。

OSIV/MSPでは、DASDの二重化を制御するためのソフトウェアとしてDVCFが提供されており、アプリケーションプログラム (以下単にアプリケーションと記す) は二重化を意識することなくDASDにアクセスすることが可能となっている。本システムではほとんどのDASDを二重化することにより、チャンネルやDASDのハードウェア障害によるシステムへの影響を大幅に低減させ、連続運転の信頼性を高めている。

また、通信環境を整え通信機能を強化するためのソフトウェアとして、VTAM-G、AIM、TISPなどが提供されている。VTAM-Gはアプリケーションが通信

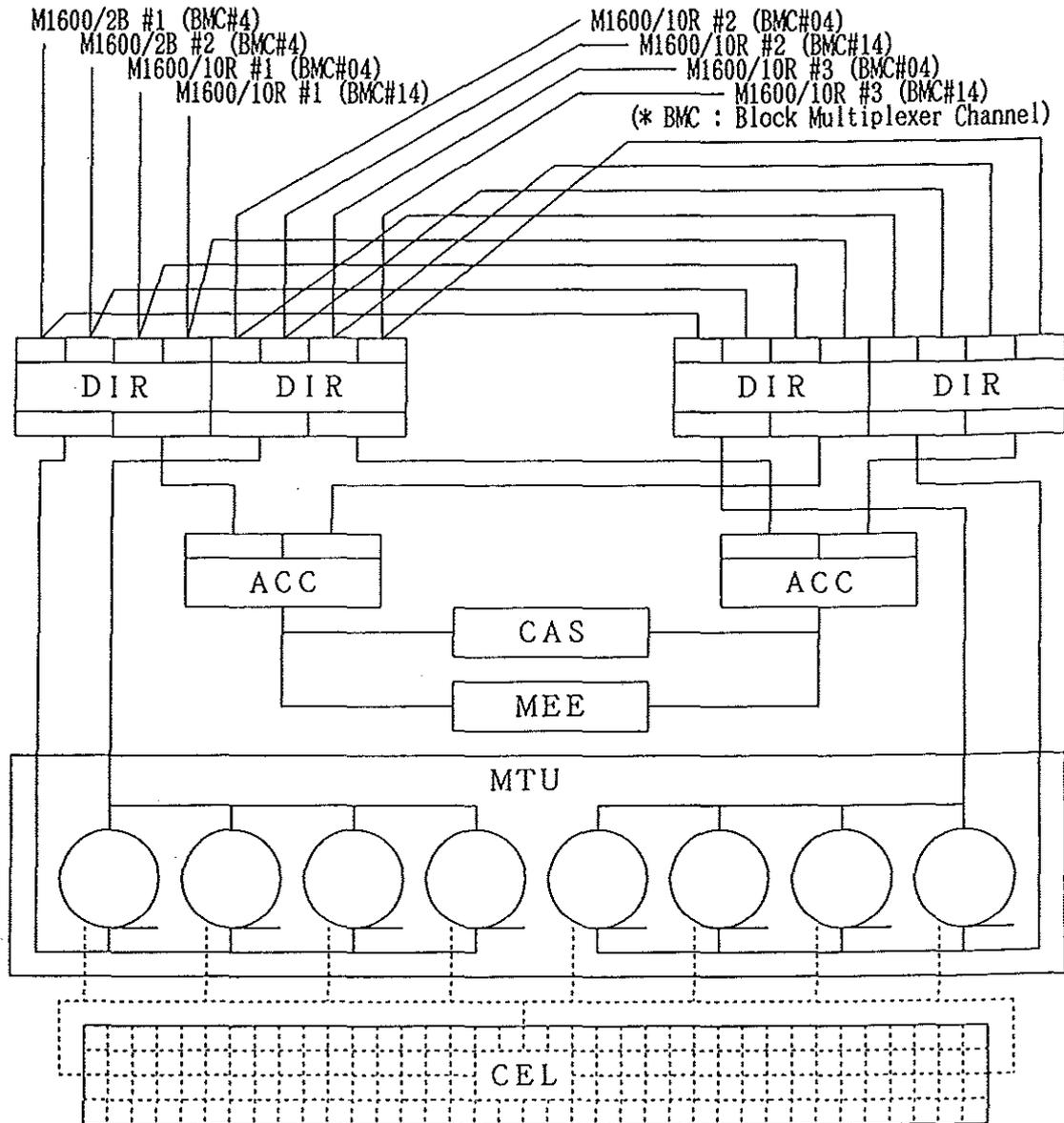


Fig2.3.6 MTL Connection Environment

網を経由してデータの送受信を行うときに通信網の形態を意識せずに行うことを可能としている。AIMは通信網や一般データセットとアプリケーションとの橋渡しの役割をし、そのオンライン機能によりシステム間の通信処理を行う。TISPは、ワークステーション導入に伴うもので、その通信制御機能によりホスト計算機とワークステーションを接続し、ファイル転送機能によりホスト計算機とワークステーション間のファイル転送を行う。

2.4.2 運用スケジューラ

システム全体の統一されたスケジュールに従った24時間自動運用を支援するためのソフトウェアとして、

運用スケジューラ (ReSOCS II) が提供されている。ReSOCSは、ReSOCS/GS (グローバルスケジューラ、以下GSと記す)、ReSOCS/LS (ローカルスケジューラ、以下LSと記す)、ReSOCS/SS (ステップスケジューラ、以下SSと記す) という3種類の管理プログラムで構成される。

GSは運用管制現用系に、また、LSは全系に、それぞれ常駐ジョブとして起動されている。一方、SSはアプリケーションが実行される系でその実行に伴う1ジョブとして起動および終了し、アプリケーションはその管理下でステップ (アプリケーション実行の最小処理単位で、ジョブ管理のジョブステップに相当) として実行される。

システム全体のスケジュールに関する定義情報であるスケジュールデータは、ステップを起動するための情報や手順などを記述したジョブプロシジャ (JP) と、JP 起動などのスケジュールを定義したスケジュール表から構成され、全系共用 DASD 上のスケジュールファイルに格納される。一方、システム全体の運用資源である計算機・装置・データセットなどに関する定義情報はシステム定数ファイルとして、また、その最新状態を示す資源管理情報は資源管理ファイルとして、それぞれ全系共用 DASD 上に格納することにより一元管理される。なお、スケジュールデータおよびシステム定数の定義言語である SCL は、気象衛星センター開設時に当センターでの運用を目的として開発され、その後レベルアップされたものである。

運用スケジューラの立ち上げは、まず運用管制現用系を IPL した後、GS を起動することによって行われる。GS は他系の IPL をした後、システム定数に従って全系の LS を起動する。各系の LS はシステム定数に従って必要なスケジュール表を読み込み、スケジュール表の定義に従って JP の起動などを行う。起動された JP は JP の定義に従って SS を起動し、SS は資源管理情報を参照しながらアプリケーションを実行する。このようにしてスケジュールに従った自動運用が実現されている。なお、オペレータにより SDC から入力されたコマンドは、GS が一括して受け取って各系の LS に分配する。また、運用管制待機系にも GS が常駐ジョブとして起動されており、運用管制系の切り替えに備えて現用系の GS を監視している。

2.4.3 画像管理プログラム

画像二次系では大量の画像データが処理されるが、画像データの種類やその処理を行うアプリケーションの起動回数が増えるに従って、画像データセットの管理や排他制御が複雑になってくる。アプリケーションがこのような管理をそれぞれに行うのは効率的でないので、画像データセットを一元管理するための画像管理プログラムが提供されている。

画像管理プログラムは、画像二次系において常駐ステップとして起動される。アプリケーションは画像管

理プログラムとのインタフェースルーチンを組み込むことにより、画像データの種類やデータ取得時刻をキーとして、いつでも自由に画像データをアクセスすることが可能となる。

なお、新システムでは、画像処理装置に転送された画像データはワークステーションのファイル管理機能によって管理されるので、画像二次系での本プログラムの処理対象は前システムに比べて減っている。

2.4.4 画像処理装置管理プログラム

画像二次系には IDP と GDP を一組とした画像処理装置 (IPC) が接続されている。今回のシステム更新で IDP および GDP がワークステーションに変更され、マンマシンで画像処理を行うアプリケーションはワークステーション上でワークステーションのファイル資源を使って実行することになった。このため IPC でアプリケーションを実行するには、画像データなどの必要なファイルを予めホスト計算機から IPC に転送した後、IPC でアプリケーションを実行し (ホスト計算機から起動する場合はリモートで実行)、実行後は IPC で作成したファイルを再びホスト計算機に転送する必要がある。IPC の状態を監視しながらこれらの処理を行うのは非常に煩雑であるため、ファイル転送やリモート実行および装置の状態監視を一元的に行うことを目的に、画像処理装置管理プログラム (IMP/MNGR) が今回新たに導入された。

IMP/MNGR は画像二次系において常駐ステップとして、各アプリケーションの実行に先立って起動される。IPC でアプリケーションを実行する場合は、ファイル転送やリモート実行を記述した JP を起動することにより、IMP/MNGR の内部ステップ (ステップから起動および管理される下位のステップ) として容易に実行でき、また、その JP 起動をスケジュール表に定義することにより自動運用が可能となる。

2.5 保守

2.5.1 ハードウェア保守

計算機システムを構成している諸々の機器に障害が

発生すると、システムの運用あるいは実行中の業務に支障が生じる。このような障害をできる限り防ぐためにハードウェア保守が実施される。ハードウェア保守は、定期的に機器の点検・診断・部品交換を行って障害発生を未然に防ぐための予防保守と、障害が発生したときに復旧させる障害保守とに分けられる。

予防保守は、機器の品質確保のために必要な保守周期、運用になるべく影響を及ぼさない時間帯などを考慮し、年間・月間・週間の保守スケジュールを立てて実施される。障害保守は、障害が発生したときに即時に行われる。本計算機システムは365日・24時間休みなく運用されているため、常駐の保守担当者（CE）によっていつでも対応できるような体制がとられている。予防保守は基本的に、決められた方式、スケジュール、手順に則り実施されるが、障害保守の場合は、障害の態様に応じた臨機の処置あるいは手順の応用が必要となる。

本節では、予防保守に関わる事項についてその概要を述べる。

計算機システムの各種装置は、同一タイプの機器が複数台で構成されているものが多いが、その数が多いため全てを一度には保守できず、一つづつあるいはいくつかに分割して保守する必要がある。一方、入出力機器とそれに関連する制御装置・接続切替装置などは同時に一括して保守する方が運用への影響を少なくすることができる。これらのことなどを考慮しながら、1回に保守する機器の組み合わせ（保守単位という）を決めている。

保守を行う場合のシステム運用者と保守担当者（CE）の作業分担は、まず運用者が保守対象機器をシステムの運用環境からソフトウェア的に切り離し、保守担当者に引き渡す。保守作業完了後は、保守担当者によって動作可能状態にされた機器が運用者に引き渡され、運用者はこれをシステムに組み込む。磁気ディスク装置のファイル内容などのように運用者側の管理責任に属するものについては、機器の切り離し前および組み込み後に、運用者がそれらに関連した必要な処置作業を行う。

保守作業の時間帯として、基本的には0400～0600UT（必要に応じて0100～0300UTも）の2時間（または4時間）が割り当てられているが、所要時間や業務運

用との関係によって適宜調整されることもある。

以下に、主要な機器について保守に関わる事項を述べる。

(1)本体系

本体系の保守は、3カ月周期で年4回実施する。所要時間は、運用管制系のM1600/2は2時間、画像系のM1600/10Rは2時間30分である。

運用管制現用系は、ホットスタンバイ切り替えを行った後、保守対象システムを停止させて保守する。ホットスタンバイの切り戻しは、保守終了後に行う。ホットスタンバイ切り替え／切り戻しは、衛星向けコマンド発信のない時間帯に行う。運用管制待機系は、そのままシステムを停止させて保守する。

画像一次系は、画像三次系との間でシステム切り替えを行った後、システムを停止させて保守する。システム切り戻しは、翌日の同一時刻に行う。システム切り替え／切り戻しは、02UTのVISSR観測を北半球観測に変更してその空き時間に行う。画像二次系の場合も画像一次系の場合と手順はほぼ同じであるが、システム切り替え／切り戻しは、0400UT過ぎの画像処理装置へのデータ転送が一段落したタイミングで行う。画像三次系は、そのままシステムを停止させて保守する。画像三次系はこのように保守／障害時の冗長系としての役割もあるので、なるべくスケジュールを融通しやすい業務処理が割り振られ、とくに保守時間帯には可能な限り処理スケジュールを設定しないようにしている。

(2)系間通信装置（FSI）

FSIの保守は、6カ月周期で年2回実施する。

FSIは二重化構成されているので、片系づつ切り離して保守する。

(3)通信制御装置（CCP）

CCPの保守は、6カ月周期で年2回実施する。

CCPは二重化構成されているので、現用系／待機系を交互に切り替えて保守する。切り替え時に約20秒間の通信中断が生じるので、業務への影響を避けるためにタイミングを考慮して切り替える。

(4)高速通信制御装置（HCCP）

HCCPの保守は、3カ月周期で年4回実施する。

HCCPもCCPと同様に二重化構成されているので、現用系／待機系を交互に切り替えて保守する。業務へ

の影響を避けるためにタイミングを考慮して切り替える。

HCCPを保守するときは、そのHCCPが接続しているLAN制御装置(LANC)も同時に保守対象となる。

(5)磁気ディスク装置(DKU)

DKUには、各系システム固有DKUと共用DKUとがある。固有DKUは6カ月周期で、共用DKUは3カ月周期で保守する。

1つのDKUには6~16個のDE(1DE=1ボリューム)が実装されている。多数のDEの保守を一度にはできないので、4~6個のDE(これをDEグループという)に分割してそれぞれを1回分の保守単位とする。

DKUは、一部のTSSユーザ用DEを除いて大部分が二重化されている。二重化DEの場合は片系づつ切り離して保守するが、TSSユーザ用のシングルDEを保守する場合は、その時間帯はTSSユーザの利用が制限を受けることになる。

二重化DEの場合、保守を終えてシステムに組み込んだ後、等価処理(ボリューム内容をコピーして二重化状態を回復させる処理)を行う必要がある。1DE当たりの等価処理には、固有DKUの場合は約45分、共用DKUの場合は約75分を要する。

(6)磁気テープ装置(CMTU, MTU, CTU)

磁気テープ装置の保守は、1カ月周期で年12回実施する。

磁気テープ装置には、カートリッジ磁気テープ装置(CMTU)、オープンリール磁気テープ装置(MTU)、カセット磁気テープ装置(CTU)の3種類があり、1台づつ順次保守していく。

(7)磁気テープライブラリ装置(MTL)

MTLの保守は、3カ月周期で年4回実施する。所要時間は3時間である。

保守時間帯である0400~0700UTには、MTLにアクセスする業務処理のスケジュールを可能な限り設定しないようにしている。

(8)日本語ラインプリンタ装置(NLP)

NLPの保守は、1カ月周期で年12回実施する。

NLPの保守中は印刷できないので、ジョブ出力はスプールに溜められる。保守終了後にNLPをシステムに組み込んだ時点で、スプールの内容がNLPに出

力される。

(9)画像処理装置(IDP/GDP/VTR)

画像処理装置の保守は、3カ月周期で年4回実施する。

画像処理装置は、画像表示処理装置(IDP)とグラフィック表示処理装置(GDP)とで構成され、5セットある。うち1セットは予備装置である。画像処理装置の保守は、この1セットを単位として行う。5セットのうち2セットにはVTRが接続されていて、これも同時に保守する。

予備装置は、現用装置が障害などで長期間使えなくなった場合の代替装置として用いる。保守の場合は予備装置は使用せず、保守対象装置を切り離す。

画像処理装置を使う業務処理のスケジュールは非常に密であり、それらとの競合を避けて保守スケジュールが立てられる。台風解析が行われる日には保守は実施しない。

(10)GMS コンソール(GOC)

GOCの保守は、3カ月周期で年4回実施する。

GOCは、現用衛星用の3台と待機衛星用の3台とで構成され、この3台の組が保守単位である。現用GOCを保守する場合は、待機GOCとの間でそっくり機能の入れ替え(群切り替えという)を行う。待機GOCは、そのまま切り離して保守する。

(11)スケジュールコンソール(SDC)

SDCは、3台のECSコンソール、ROC及びFTOPSとで構成される。保守中もSDCとしての機能欠如なるべく少なくするために、各機器個別に順次保守する。保守中も保守対象機器の機能を他の機器でカバーできるように工夫がされている。

(12)LAN接続装置(LANC, ODC)

ホスト計算機をLANに接続するためのLANC及びワークステーション等をLANに接続するためのODCは、接続されているホスト計算機又はワークステーション等の保守時に同時に保守する。

2.5.2 ソフトウェア保守

ソフトウェア保守は、バグ修正と業務の仕様変更に伴うプログラム修正であり、不定期に行う必要がある。また、新規業務のために新たにプログラムが追加されることがある。

本システムのソフトウェアは、OSを中心とするシステムプログラム、運用スケジューラ (ReSOCS)、スケジュールの内容・手順を記述したスケジュールデータ (スケジュール表とジョブプロシジャとからなる) 及び業務処理プログラム群とに大きく分けられる。ソフトウェアの保守は、受注業者 (富士通株式会社) が開発した分については業者が保守するが、気象庁が自主開発した分については気象庁が保守する。なお、保存方式情報定義体 (データ種別とボリューム通番・ファイル名との対応を定義した表) と FTOPS 監視メッセージ定義体 (FTOPS に選択表示させるメッセージを定義した表) は、業者から納品された後に気象庁側に内容の保守管理が移管されている。

以下に、ソフトウェアを2類型に大別して、その保守の概要を述べる。

(1) システムプログラム及び運用スケジューラ

システムプログラム及び運用スケジューラの保守作業は、画像三次系計算機を使用して行う。画像三次系計算機のシステム環境を運用システム (VMA) と試験システム (VMX) の2つに分割し、VMX上に展開させたシステムで修正や動作確認などを行う。その間も VMA 上では本来の画像三次系業務が引き続き実行される。保守作業が完了したシステムプログラムは、各系にロードして実際の運用に用いられる。

(2) スケジュールデータ及び業務処理プログラム

スケジュールデータ及び業務処理プログラムは、その数は約2万あり、ソースプログラム、ロードモジュール、スケジュールデータ、定数データ等の各種ライブラリに格納されて一括管理される。これらのうちソースプログラムは GEM によって管理される。GEM はライブラリを管理するためのソフトウェアツールの一つで、モジュールの世代管理・圧縮保存などの機能をもつ。

スケジュールデータ及び業務処理プログラムを保守するときは、該当するプログラムのモジュールをソースプログラムライブラリから修正作業の場である保守用ライブラリにコピーし、そこで修正されたモジュールをソースプログラムライブラリに格納する。修正後のソースプログラムはコンパイル、リンクエディット

を経てロードモジュールライブラリに登録され、運用される。ただしスケジュールデータの場合は、ロードモジュールライブラリからさらにスケジュールファイルに登録され、運用される。これらの各種ライブラリ及び保守用ツールを CMO と称している。

業務処理プログラム、スケジュールデータ等は、その個々のモジュール毎に開発/保守の担当者が存在する。ソフトウェアの障害あるいは仕様変更などによって保守の必要が発生した場合は、プログラム等の個々の担当者、障害管理者、CMO 管理担当者間で所定の書式による文書処理が行われ、それに基づいて保守の一連の作業が進められる。

(3) バックアップ

CMO には約100のライブラリがある。これらは毎月1回定期的に磁気テープにバックアップをとり、その3世代を保存管理する。

2. 6 略語表

ACC (ACCessor: 媒体搬送機構部)

ADESS (Automated Data Editing and Switching System: 気象資料自動編集中継装置)

AIM (Advanced Information Manager: オンラインデータベース)

BRS (Barcode Read Station: CMT のバーコードを読み取る機構)

CAS (Cartrigetape Access Station: 媒体投入・排出部)

CCP (Communication Control Processor: 通信制御装置)

CDAS (Command and Data Acquisition Station: 指令資料収集局)

CE (Customer Engineer)

CEL (CEL: 媒体保管棚)

CMO (Configuration Management Office)

CMT (Cartridge Magnetic Tape: カートリッジ型磁気テープ)

CMTU (Cartridge Magnetic Tape Unit)

CPI (Character Per Inch)

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

DASD (Direct Access Storage Device: 直接アクセス記

憶装置)	MTL (Magnetic Tape Library : 磁気テープライブラリ装置)
DE (Disk Enclosure)	MTCP (Magnetic Tape Control Program : 磁気テープ処理プログラム)
DIR (DIRector : 制御装置)	NATIVE DASD (システム固有 DASD)
DKU (Disk Unit)	NLP (Nihongo Line Printer : 日本語ラインプリンター)
DSLINK (Distributed System LINK)	NMC (Nihongo Multiple Controller : 日本語多重制御装置)
DVCF (Dual Volume Control Facility : 二重化ボリューム制御機能)	ODC (Optical Dual Concentrator)
ECS (Extended Console Support)	OSI (Open Systems Interconnection)
FDDI (Fiber Distributed Data Interface)	Q/L (Quick Look)
FNA (Fujitsu Network Architecture)	ReSOCS (Resource and Schedule Operation Control System : 運用スケジューラ)
FSI (Fujitsu Subsystem Interface : 系間接続装置)	ReSOCS/GS (ReSOCS/Global operation Subsystem : グローバルスケジューラ)
FSLINK (Fujitsu System LINK)	ReSOCS/LS (ReSOCS/Local operation scheduling Subsystem : ローカルスケジューラ)
FTOPS (Flexible and Total OPERating Station : 統合監視装置)	ReSOCS/SS (ReSOCS/Step execution Subsystem : ステップスケジューラ)
FTP (File Transfer Protocol)	ROC (ReSOCS Operation Console : ReSOCS 操作卓)
GCR (Group Coded Recording)	SCL (Schedule Control Language : スケジュール制御言語)
GDP (Graphics Display : グラフィックス表示処理装置)	SHARED DASD (共用 DASD)
GEM (General program Editing Management facilities)	TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
GOC (Gms Operating Console : 衛星運用コンソール)	TISP (TCP/IP Support Package : TCP/IP 支援パッケージ)
HCCP (High speed Communication Control Processor : 高速通信制御装置)	TSS (Time Sharing System : タイムシェアリングシステム)
HLSW (High speed Line Switch : 高速回線切替装置)	VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer : 可視赤外走査放射計)
IBG (Inter Block Gap : 各ブロックを区切るためのギャップ)	VM (Virtual Machine ; 仮想計算機)
IDP (Image Display : 画像表示処理装置)	VTAM-G (Virtual Telecommunications Access Method -General : 汎用通信アクセス法)
IMP/MNGR (IMage Processor/MaNaGeR : 画像処理装置管理プログラム)	WEFAX (WEather Facsimile)
IOSW (Input Output Switch : 入出力装置切替スイッチ)	WS (Work Station : ワークステーション)
IPC (Image Processing Console : 画像処理装置)	
JP (Job Procedure)	
LAN (Local Area Network)	
LANC (LAN Controller)	
LIBSP (LIBrary Support Program)	
LSW (Line SWitch : 回線切替装置)	
MEE (Mass Entry and Exit : 大量投入・排出装置)	

3. GMS-5 の改良点及び運用管制系サブシステムの変更点について

3. Improved function of the GMS-5 and the change of the operational ground subsystem.

Abstract

It is described mainly the commandable frame which has introduced to the GMS-5 as a countermeasure against the lubricant build-up.

At the same time, the GMS operational ground subsystem has replaced.

It is described the outline of the operational ground subsystem for the GMS-5.

はじめに

GMS シリーズ衛星は GMS-1 から GMS-5 に至るまでスピン安定型を採用しているため、GMS シリーズに共通する衛星各サブシステムの説明については、前回の技術報告特別号 (昭和55年3月発刊) を参照されたい。ここでは、従来型の衛星と GMS-5 との変更点、及び GMS-5 の運用に伴う運用管制系サブシステムの変更点について述べることとする。

1 衛星の運用

静止気象衛星5号 (GMS-5、以下衛星という) のミッションとして、

- ①可視赤外走査放射計 (VISSR) による地球画像の取得、
- ②取得した画像データの衛星中継による配信 (ストレッチド VISSR 及び WEFAX)、③航空機、船舶、ブイ等通報局 (DCP) で観測した気象、海象データの衛星中継による収集、沖縄衛星回線、船用レーダー及び緊急情報衛星同報回線の各中継業務がある。

このうち、①及び②の運用を行うに当たっては、衛星に対してその都度コマンド (指令信号) を送信して、衛星搭載機器の制御、即ち電源の ON/OFF あるいはモードの切り替えを行い、③については①、②とは違い、一度コマンドを送信して機器の設定を行うと、以降は継続して運用出来るシステムとなっている。通常、

①及び②はスケジュール化されており、これに係るコマンドは電子計算機により自動送信される。従って、衛星の運用業務としては通常はコマンドの送信状況の監視を行うとともに、テレメトリデータ (衛星の状態を示すデータ) の変化により当該コマンドが正常に実行されたことを確認する。

また、衛星の軌道・姿勢関係の業務として、三点測距、ランドマーク抽出処理、軌道・姿勢決定予測処理等を行い、その結果を衛星の運用 (画像データへの経緯度線や海岸線の挿入等) 及び管理 (ステーションキーピング等) に供している。

1.1 衛星の管理

この業務は衛星に与えられたミッションを達成させるためのサポート業務であり、衛星搭載機器の機能維持を図るハウスキーピング業務と衛星の軌道、姿勢、スピンレートを所定の範囲に保持させるステーションキーピング (制御) 業務に大別される。

1.2 ハウスキーピング業務

(1) 衛星の機能維持管理運用

衛星の機能維持に係わる管理運用計画を立案・策定し、コマンド送信を行ってこれを実行する。

以下に管理運用概要を示す。

①食運用

春・秋分付近を中心にそれぞれ約1.5ヶ月の期間衛

星が地球の影に入り、太陽からの光や熱の供給が減少／遮断するという現象が発生する。その時間帯は真夜中0時前を中心に最大70分程度である。この間は太陽電池からバッテリーに切り替え、以下に示す管理運用を行う。

・軽負荷モード

食中、供給電源が太陽電池からバッテリーに切り替わるので、これで賄えるよう運用機器を減らす。

・ヒータ運用

食中、燃料タンク等の温度が規定値以下にならないよう、食の前後等でヒータの運用を行う。

・基準センサの切り替え

衛星がデスピン、すなわちアンテナ指向方向制御と VISSR 視準線方向制御を行うために使用する基準センサを日照時のサンセンサから、食運用時のアースセンサに切り替える。

・バッテリーの充電

食中、バッテリーが放電するので日照中に当日の食に備えて充電する。

②バッテリーリコンディショニング運用

食期間中、バッテリーは充放電を繰り返すのでこれに耐えられるよう、食期間の前にバッテリーリコンディショニング運用を行ってバッテリーの活性化を図る。

③基準アースセンサの選択

食中に基準センサとして使用するアースセンサには、南と北の2種類があり、時期により太陽光が入射することによって、誤動作を招くのでこれを避けるため南北のアースセンサの切り替えを行う。

④太陽妨害防止運用

衛星に指向している CDAS のアンテナに太陽光が入射する時期が年に2回ある。このときは衛星からの電波に太陽雑音が混入して衛星の信号（特に画像データ）を正常に受信出来ない現象が発生する。この時間帯は、VISSR 画像取得等の運用を休止する。

⑤DBA ヒータ運用

DBA ヒータ（デスパンベアリング部）の温度が年間を通じて最も低下する夏至付近において、規定値以下となった場合ヒータを ON にして運用する。

⑥アンテナポインティング

衛星のアンテナを正確に地球に指向させておくため、年に4回、指向方向の確認・補正を行う。

⑦トルクデータ取得運用

VISSR ミラー駆動系の機能維持のために、隔週1回 VISSR ミラーの動作範囲を上下に128ラインずつ拡張した特殊運用を行う。

⑧VISSR センサ保護運用

VISSR 観測終了後、通常は800ライン（拡張モードでは930ライン）にスキャンミラーは戻って待機しているが、春食の後半及び秋食の前半の数日間に、その待機ラインに太陽光が直接入射する時期がある。この期間、太陽光から VISSR センサを保護するため、待機ラインを350ライン（拡張モードでは480ライン）に変更する。

⑨月による食運用

衛星が月の影に入るために太陽からの光や熱の供給が減少（場合によっては遮断）するという現象がある。この現象は①で述べた食とは異なって不定期に発生し、しかも衛星の軌道等によって食の規模が変化するものである。従って、その規模に応じてその都度対応処置を定めて運用を行う。

⑩障害対応

衛星に障害が発生した場合、その対応が予め定められているものについては直ちにこれにより対応し、定められていない場合は宇宙開発事業団に緊急連絡を行って対応する。

⑪その他、衛星の機能維持に必要な運用を行う。

1.3 テレメトリ及びコマンドデータの監視

衛星の状態把握のためテレメトリ及びコマンドデータをディスプレイの表示により監視する。なお、状態の推移を的確に把握するため6時間毎にデータを記録して、衛星の状態を確認する。

1.4 テレメトリ及びコマンドデータの処理

衛星の管理及び解析に必要なデータを作成するとともに各種データの累積処理を行う。

1.5 衛星データの解析及び衛星の状態把握・評価

各種データを使って衛星の動作解析を行い、衛星の状態把握・特性評価を行う。

1.6 ステーションキーピング (軌道・姿勢制御) 業務

衛星の軌道、姿勢、スピンレートは、正常に地球画像データを取得するため、及び、電波法関連規定により、所定の範囲以内に保持する必要があるため、それぞれのステーションキーピングを行う。ステーションキーピング自体は、特殊なコマンド装置を必要とするが、当センターでは同装置を保有していない等のため宇宙開発事業団に業務を委託している。当課では、ステーションキーピングの計画、実施、評価のための軌道、姿勢の決定・予測処理を行っている。

1.7 通報局 (DCP) 関連業務

海洋気象パイロロボットや山岳通報局データの収集状況をモニタすることにより、衛星の中継機能の監視を行う。また、「海洋気象パイロロボット運用位置の監視支援要領」により海洋気象パイロロボットの係留位置や、動作状況を監視している。

2 衛星の交替に伴う運用の変更

2.1 ルブリカントビルドアップへの対策

(1)ルブリカントビルドアップ

①現象

ルブリカントビルドアップとは VISSR 駆動系の潤滑剤が偏る現象である。潤滑剤は VISSR ミラーを支えている駆動系の軸受け部分に用いられており、ベアリングの動作を円滑に行うために使用されている。ルブリカントビルドアップは、VISSR ミラーが同じ部分を繰り返し動作して地球画像を取得するために、ミラーの観測始端と終端付近に潤滑剤の山が発生し成長することによる。

GMS シリーズの中で GMS-3 において、打ち上げから2年経過後にルブリカントビルドアップが確認された。

②VISSR 観測への影響

ルブリカントビルドアップがある程度成長すると、その山を乗り越えるために VISSR 駆動系は通常よりも大きなトルクが必要となる。山と谷の幅は地上における試験の解析から、約70ライン程度とされていたため、南端においてはビルドアップの充分手前でミラーを折り返す、あるいは北端においては停止させる運用

となり、観測範囲が通常よりも狭まる。ミラーが山を乗り越えてしまった場合には、元の観測範囲に戻ることができない。山の成長過程では、トルクモータに過剰な負荷がかかることになり、駆動部が発熱しミラーの角度検出器の焦点がずれ、ミラーが自分の正確な位置を確認する事ができなくなるため、同一ラインを表示したまま進まない、あるいは同一ラインの範囲内でバタバタと変動する等の現象が発生し、通常の観測を行うことができなくなる。

(2)コマンドダブルフレームの採用

①従来型衛星におけるルブリカントビルドアップの対処

VISSR ミラーが同じ部分を繰り返し動作することでルブリカントビルドアップが成長することから、ミラーの観測始端と終端部分を70ライン分だけそれぞれ南北にずらした観測範囲のパターン (ロールダウン運用を参照) を3~4種類作成し、そのパターンを組み合わせることにより、形成された潤滑剤の山を通常観測している範囲外へ徐々に押しやる方法が採用された。

このようなミラーの操作による潤滑剤の平滑化をロールダウンと呼び、このミラーの操作による運用をロールダウン運用*1と呼ぶ。従来型衛星におけるロールダウン運用は、地上の計算機システムによりミラーのスキャンカウント*2にタイミングを合わせ、指定されたラインでミラーを折り返したり、または停止するためのコマンドをスケジュール化することにより対処していた。

②GMS-5におけるコマンドダブルフレームの採用

GMS-5ではロールダウン運用のための、専用のコマンドが付加された。

従来型衛星と同様に地上でスキャンカウントによりタイミングを取って、フレームサイズ*3を変更する観測方法に加え、機能強化としてフレームサイズを地上からの専用コマンドにより、16ライン毎に設定することができるコマンドダブルフレームが採用された。このコマンドダブルフレームの採用により、VISSR 観測スケジュールに組み込んでロールダウン運用を行うことができる。

但し、コマンドの設定ミス等により観測ラインが正常に設定されない場合には、ミラーはプリセットライン*4に自動的に走行し停止するような機構となって

いる。

③トルクテレメトリの追加

GMS-3/4ではルプリカントビルドアップの形成状況を把握するための特別なテレメトリがなく、経験的にルプリカントビルドアップの形成に比例して(形成部分を通過する場合に負荷がかかるため、モータ電流が増加する)メインバス電流^{*5}が増えることを利用し、メインバス電流の電流差を測定することにより、ルプリカントビルトアップの形成状況を把握していた。GMS-5ではルプリカントビルドアップの形成状況を把握するためのトルクテレメトリが付加された。

3 運用管制系サブシステム

運用管制系では、前システム同様に計算機2台(運用系、待機系)の冗長構成を採っている。それぞれには3台のコンソールが接続されており、2台をハウスキーピング用、1台をコマンド監視用として割当てている。運用系ではGMS-5の運用・管制を行い、待機系ではGMS-4の維持管理業務を行う。連続運用を維持し中断を避けるために、計算機障害時には待機系となっている計算機が運用系に切り替わり、保守運用時等には手動で切替える。

3.1 計算機更新に伴う変更点について

今回の計算機更新により、GOC^{*6}コンソールの機能向上等がはかられた。

なお、画像二次系での軌道、姿勢、ランドマーク処理において、マンマシンで行っていた処理が、全自動となった。

(1)衛星の特別運用で、機器状態を変更する場合には、オペレータの操作で計算機に設定されている値を書き替えることができるため、常時計算機による状態チェックができる。

(2)衛星からのPCMテレメトリ^{*7}の生データを8進数表示の画面が追加された。これにより特定のテレメトリ(例:太陽電池発生電流)を、連続的に監視する。

(3)現在の運用状態でのSOOH^{*8}の規定値をウィンドウ表示する機能が追加された。コンソール上の表示項目をマウスでクリックするだけで、オペレータは冊子を開くことなく、SOOHの規定値を確認できる。

(4)HK表示について、運用系のGOCコンソール上で

は過去20分位までを表示する。待機系のGOCコンソールでは、現用衛星の過去10日間のデータをグラフ又は数値で表示できる。

(5)メッセージについては、運用スケジュールの進行状況、障害発生・解除、マンマシン処理でのオペレータへの問い合わせ等重要度に応じて色を変えて表示し、視認性を高めた。コマンド処理でも、コマンド展開、コマンド発信状態、メッセージ等、色の変化で状況表示をする。さらに、スクロール機能を有し、過去のメッセージ及びコマンド展開を検索することができる。

(6)オペレータ対応による手動コマンド投入に関しては、操作性の向上を図り、ウィンドウにあるメニューに従って、項目をマウスでクリックする方法が採用された。

3.2 GOCコンソールでのマンマシン処理

衛星を管理・運用するために、管制系計算機にはTCコントローラ^{*9}と呼ばれるプログラムが常駐しており、GOC制御と衛星の状態を管理するテレメトリ処理、ハウスキーピング処理及びスケジュール運用のためのコマンド処理を管理している。

①テレメトリ処理

衛星から送られてきたPCMテレメトリデータをマイナーフレーム^{*10}(2.048秒)毎に処理し、衛星機器状態・電圧・電流・温度等をGOCに表示する。

この処理と並行して、数値データに関しては、SOOHに規定されている設定値とのチェックを行い、その範囲を超えている場合、及び機器状態に関しては、衛星の運用状態によるチェックを行い、基準状態と異なる場合は、GOCの表示色を変え、メッセージを出力し、警告を発生しオペレータに注意を促す。数値データについては変化傾向を視覚的にとらえることができるように、リアルタイムにグラフ表示(4項目まで)させている。このグラフ上でもオペレータが任意に設定値を指定することができ、その値を超えると警告音を発する。

オペレータの操作により、画面上になくともデータとして存在するものは、入力形式に応じて、数値データ・機器状態を画面表示する。

スキャンカウント表示は、衛星のスピンに同期して現在の値を表示する。

VISSR観測に際しては、ミラーが1ラインずつ移

動しているかをチェックし、異常があると警告音を発する。

回線状態については、回線名を矩形で囲み、接続状態を矩形の色とメッセージでオペレータに通知する。

②コマンド処理

スケジュール運用に係わる画像一次系及び運用管制系計算機からのコマンド発信依頼に応じて運用に必要なコマンド発信を行う。コマンド発信が終了すると、正常終了した旨発信元の計算機に通知するとともに、時刻を常に監視し、円滑な運用を保持している。

スケジュール運用に異常が発生した場合は、衛星の状態と CDAS を含めた計算機のスケジュールを調整するため確認処理を行う。通常(VISSR 観測・WEFAX 配信等)の運用は、衛星と計算機が待機状態にあり、一つの運用が終わるとまた待機状態に戻る。この繰り返しである。

しかし、衛星、地上機器、電波環境等の障害により、スケジュール通りのコマンド発信ができなかった場合は、確認処理を起動し、次の運用に支障をきたさないように衛星と計算機共に待機状態に戻す。確認処理は、通常 TC コントローラの判断で起動される。衛星自体の障害で観測ができない場合や、コマンド発信が待ち状態の場合等には、TC コントローラが認識できない時があることから、オペレータの判断により、手動で起動する。

次に、オペレータによる手動コマンド発信とスケジュールによる自動コマンド発信などが競合した場合は、二重、三重のコマンド発信状態となることを回避するため、優先順位を定めている。

(1)緊急コマンド (手動)

障害発生等で、現在のスケジュール運用を強制終了させたり、次の運用を抑止したりするときに起動する。

これにより、いかなるコマンド発信状態にあっても、現在起動されているコマンド処理もしくは発信中のコマンドをキャンセルし、以後起動されるコマンド発信は全て抑止される。

(2)即時コマンド (手動)

スケジュール運用による自動コマンド発信と同等レベルのコマンド発信を手動で行う時に起動する。

自動コマンド発信と優先順位が同じで先に起動したコマンド発信が優先される。

(3)随時コマンド (手動)

通常時のコマンド発信で、優先順位は最下位である。

運用は、自動発信の空き時間を利用して行う。自動コマンド発信が起動されると自動的にキャンセルされるため、スケジュールに影響を与えない。

4 用語の解説

* 1 : ロールダウン運用

(Rolldown Operation)

以下のようなパターンにより運用されている。

通常フレーム : 1から2500ライン

パターン 0 : 3から2499ライン

パターン 1 : -61から2435ライン

パターン 2 : 67から2563ライン

パターン 3 : 67から2435ライン

拡張フレーム : -128から2628ライン

* 2 : スキャンカウント (Scan Count)

VISSR スキャンミラーの角度をコード化した番号のことであり、走査の位置に対応する。CDAS において通常モード (1~2500ライン)、拡張モード (-129ライン~2629ライン) の区別により、それぞれが北端 1ラインとなるように換算する。GOC のモニター・画像処理はこの換算されたスキャンカウントを使用する。

* 3 : フレームサイズ (Frame Size)

地球画像取得時に設定される観測範囲のこと。通常観測では 1 から 2500ラインである。ロールダウン運用では * 1 に記述したような範囲で画像取得を行っている。

* 4 : プリセットライン (Preset line)

コマンドダブルフレーム運用において、予め設定されたコマンドダブルフレームの北端と南端のスキャンライン。設定ラインは VISSR 駆動系が主系の場合は北端 67ライン、南端 2435ラインに、また冗長系の場合は北端 61ライン、南端 2429ラインに設定される。

* 5 : メインバス電流 (Main Bus Current)

衛星の搭載機器 (ミッション機器及びバス機器) の

総消費電流。テレメトリデータとして地上に送信される。

* 6 : GOC (GMS Operating Console)

気象衛星センターにおいて GMS の運用管制を行うコンソール。現用衛星用 3 台と待機衛星用 3 台から成り、テレメトリ用が 2 台、コマンド用が 1 台で構成されている。

* 7 : PCM テレメトリ (Pulse Code Modulation)

GMS 各部・各機器の状態を示すアナログ信号・パイレベル信号がフォーマット化されて送信されるテレメトリ。フォーマットは 8 ビット/1 ワードで、64 ワードが 1 マイナーフレーム。64 マイナーフレームで 1 メジャーフレームとなる。1 マイナーフレームは約 2 秒間隔で更新される。この各項目を工学値変換したものが GOC に表示されている。

* 8 : SOOH (Spacecraft Orbital Operations Handbook)
衛星軌道運用手引書のことで、衛星の軌道投入及び静止軌道上での運用を行うための資料。

* 9 : T/C コントローラ

(Telemetry And Command Controller)

気象衛星センターにおけるテレメトリコマンド処理の最上位の処理。テレメトリコマンドの各処理の起動管理、スケジューラとのインターフェイス、GOC からの照会の対応等の処理を行う。

* 10 : マイナーフレーム (Minor Frame)

テレメトリ信号は周期的な繰り返しで、衛星内部の状態の変化を地上に伝送するが、その繰り返しの最小単位をいう。GMS の PCM テレメトリのマイナーフレームは約 2 秒間隔で、先頭に同期信号が 16 ビットあり、64 ワード (1 ワード = 8 ビット) で構成される。

4. 画像データの処理概要

4. Outline of Image Data Processing

Abstract

Image data processing using GMS-5 VISSR data have been performed with the replaced MSC's computer system since June, 1995. And new products were produced with utilizing additional sensor data (water vapor channel data or split-window channel data) and old products were also improved. Due to producing and improving these products, Basic Data Processing which consists of pre-processing of image data, VISSR histogram processing and cloud grid data processing were modified. In addition, Image Processors connected main-frame computer with LAN have been used to improve man-machine interactive processing for cloud nephanalysis, Typhoon analysis and quality control of cloud motion winds.

1 はじめに

気象衛星センターでは、VISSR 画像データを処理することにより、気象情報の抽出または抽出可能なような加工を行い、プロダクトとして利用者に提供している。GMS 運用開始当時は、計算機を使用した FAX 作成、風計算、海面水温算出、雲量分布算出、雲頂高度算出の各処理及び人手による台風中心位置決定、雲解析業務が行われていた。

その後、新たな処理の追加、処理の高速化等の改善が図られてきた。特に、1987年3月の計算機更新に際しては、各処理ごとに独自に行っていた画像切り出し、画像位置の計算、輝度温度等の物理量への変換等の処理を共通化して処理をまとめ、処理の効率化が図られた。共通化した結果、基本データ作成処理として画像準備処理、基本ヒストグラム作成処理及び基本雲格子点データ作成処理が行われ、それぞれ準備済み画像データ、基本ヒストグラムデータ及び基本雲格子点データが作成された。これらの基本データを利用して各プロダクト作成処理が行われた。また、雲解析業務は、計算機処理による自動雲型判別・雲域判定処理等とマンマシン処理による雲解析により、プロダクト配信の高速化が図られた。

今回の計算機更新では、従来のプロダクト作成に加えて、GMS-5の可視と赤外3チャンネル(スプリッ

トウインド化した赤外1・2及び水蒸気チャンネル)を利用したプロダクトの改善、新たなプロダクトの追加を行うことを目的に画像データ処理の変更を行った。以下に計算機更新に伴い気象衛星センターで行っている画像データ処理の概要を変更点を中心に紹介する。なお、各プロダクト作成処理の詳細については、6章で説明されている。ただし、今回の計算機更新において変更のないGPCP(全球降水気候計画)データ作成処理、計算機とは別に整備した装置(ワークステーション)で処理する広域雲解析情報図作成については、6章での説明から除いた。

2. 画像データ処理の概要

GMS-5の運用及び計算機更新に伴う画像データ処理の主な変更は次のとおりである。

(1)GMS-5データの利用によるプロダクト追加・改良
GMS-5の可視チャンネル、赤外スプリットウインドチャンネル及び水蒸気チャンネルを利用して気象衛星センターで作成しているプロダクトを表1にまとめた。表1にはプロダクト作成に使用するセンサーの種類を加えた。表のとおり、水蒸気チャンネル、スプリットウインドチャンネルまたは水蒸気チャンネルと赤外チャンネルの組合せ利用により、大気中水蒸気量に関する情報抽出、大気減衰の補正、雲型判別の精度向上を図り、プロダクトの追加、改良を行っている。また、

全天日射量及び雪氷域判定指数については、これまでの調査をもとに計算機更新に合わせて新たなプロダクトとして業務化した。

Table 1 Products with using GMS-5 data

Product Name	Used VISSR Data			
	VIS	IR 1	IR 2	WV
FAX Images	○	○	○	○
Outgoing Longwave Radiation		○		○
Cloud Amount Distribution	○	○	○	○
※ Upper Tropospheric Air Humidity		○		○
※ Precipitable Water Amount		○	○	
Sea Surface Temperature	○	○	○	
Cloud Motion Wind/ ※ Water Vapor Motion Wind	○	○		○
※ Solar Irradiation	○			
※ Snow-ice Index	○			
Satellite Nephelometer Information Chart	○	○	○	○
Typhoon Information	○	○	○	○
Satellite-derived Index of Precipitation Intensity	○	○		
GPCP Data		○		
ISCCP Data	○	○	○	○

Remark : "※" indicates new product.

(2)画像処理装置による処理

今回の計算機更新では、画像表示して行う対話型処理、写真出力、VTR録画はワークステーションで構成される画像処理装置を使用して行うこととした。更新前の計算機での対話型処理は画像表示用端末を使用して直接計算機にアクセスする処理形態であったが、画像処理装置で独立した処理が可能となったことから、他処理との競合による処理遅れが解消されるとともに、画像処理装置の持つ画像処理機能を活用することにより対話型処理の高度化が可能となった。

また、このため、計算機では表示用画像データを作成し、画像処理装置に転送する処理が新たに加えられた。この処理は、スケジュールに従い実行されており、計算機内での処理負荷の平滑化が図られている。

(3)基本データ処理による共通化

共通化できる処理については基本データ処理として共通化し、画像データ処理の効率化を図った。この結

果、作成される基本データとして、従来の準備済み画像データ、基本ヒストグラムデータ、基本格子点データに、表示用画像データが加わるとともに、各基本データの内容もGMS-5データに合わせて変更した。それぞれの基本データの内容とそのデータを利用して作成されるプロダクトは次のとおりである。

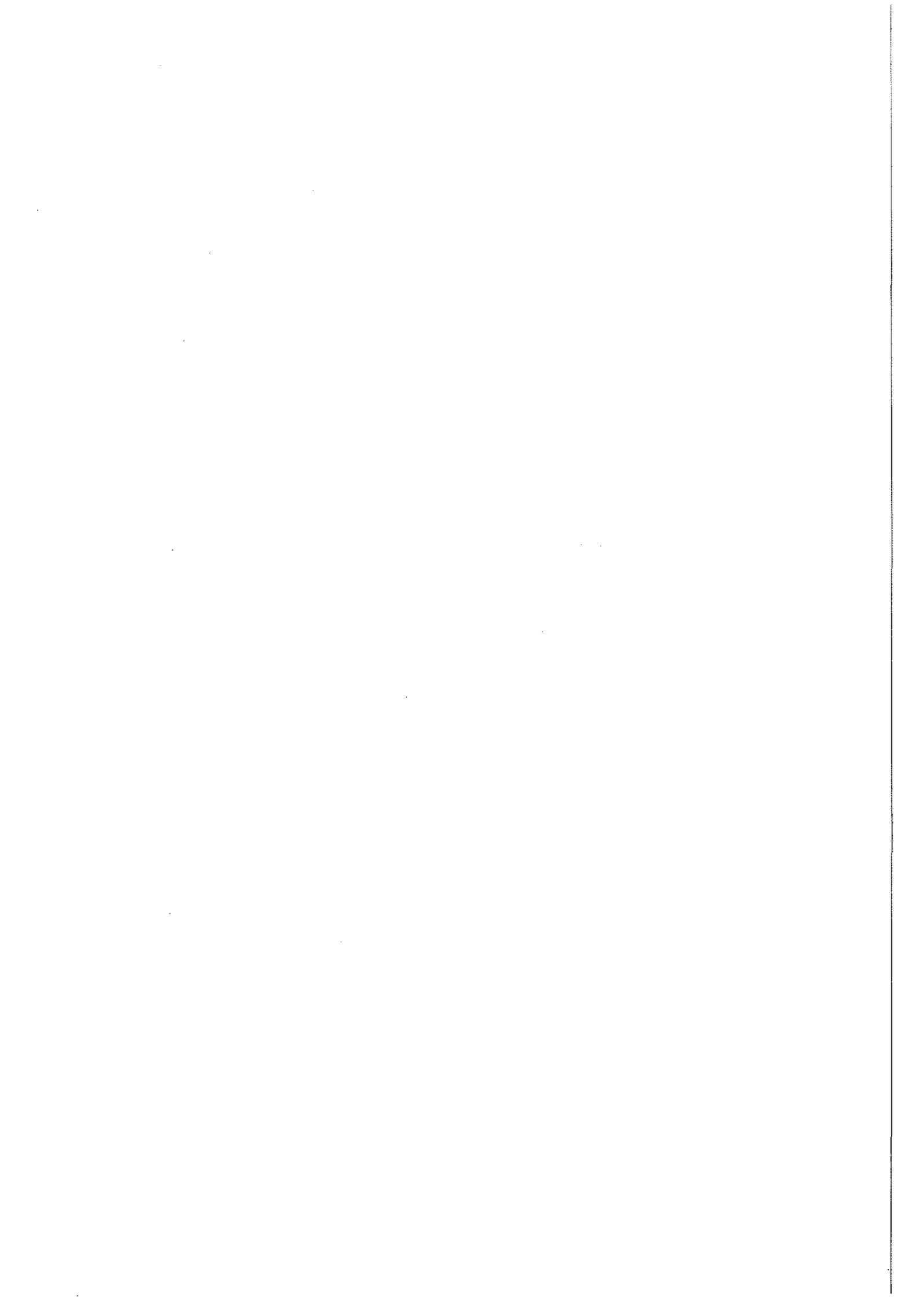
- ①準備済み画像データ： 可視、赤外1及び水蒸気チャンネルの円形画像を走査線方向と画素方向に一定の区切りでブロック化したデータ。風計算処理及びランドマーク抽出処理に利用。
- ②表示用画像データ： 画像処理装置での表示用に計算機で作成するデータ。すべてのチャンネルデータと演算画像データ（スプリットウィンド差分データ及び水蒸気チャンネルと赤外1チャンネルの差分画像）の表示用画像を作成。雲解析情報図作成処理、台風解析処理、風計算品質管理、写真出力及びVTR録画に利用。
- ③基本ヒストグラムデータ： 緯経度0.25度格子の

領域内の輝度レベル毎の画素数分布データ。可視、赤外1、水蒸気チャンネルデータとスプリットウィンド差分データについて作成。基本格子点データ作成処理、可降水量算出処理、上層水蒸気量算出処理及び長波長放射量作成処理に利用。

- ④基本格子点データ： 基本ヒストグラムデータから作成される緯経度0.25度格子の領域毎の全画素及び曇天画素の統計量(平均値、標準偏差等)、

雲頂高度、層別雲量等のデータ。雲量分布算出処理、雪氷域判定指数算出処理及びVISSR格子点データ作成処理に利用。

なお、生のVISSR画像データからの処理には、自動位置補正処理、キャリブレーション処理、FAX画像作成処理、海面水温算出処理、降水強度指数算出処理、ISCCPデータ作成処理、雲解析情報図原図用データ作成処理がある。



5.1 VISSR キャリブレーション

5.1 Calibration

Abstract

VISSR calibration determines the relationship between brightness level and physical values, such as albedo or temperature. The calibration procedure uses the space and calibration shutter or sun as the reference targets, which is same as that of GMS-4. New Stretched-VISSR format, that was released with starting of GMS-5 operation, contains calibration information in the Documentaion sector.

1. はじめに

VISSR キャリブレーションは、GMS の VISSR に搭載された可視および赤外センサの出力を反射量または温度に対応させるための処理である。センサに入射した放射エネルギーは 0 から約 5 ボルトの電圧として出力され、高速 A/D 変換機能を持つ VDM (VISSR Digital Multiplxer) により、可視が 64 階調、赤外が 256 階調にデジタル化され地上に伝送される。それらのデジタル値 (輝度レベル) は VISSR キャリブレーション処理で作成された対応表 (キャリブレーションテーブル) を参照することにより、反射量や温度に変換することができる。

GMS-4 の後継機として 1995 年 6 月 13 日から運用を開始した GMS-5 では VISSR の観測機能が強化され、赤外センサは 3 チャンネルに増加した。可視センサはいままで GMS シリーズに使用されていた光電子増倍管からシリコンフォトダイオードに変更された。またキャリブレーション機構も校正用黒体を直接センサの視野内に挿入する方法から衛星のスピンの同期した反射鏡を使用する方法に変更された。地上でのキャリブレーション処理は、従来と同様の方法が用いられており、大きな変更はない (Fig. 5. 1 参照)。ここでは GMS-5 のキャリブレーションについて、いままでの GMS シリーズとの相違点も含めて述べる。またフォーマットが一部変更されたストレッチド VISSR についても述べる。

2. データ

VISSR キャリブレーションに必要なデータとしては画像から得られるキャリブレーション用輝度データとテレメトリから得られる VISSR 内部の温度情報がある。キャリブレーション用輝度データには、

- ・電気校正輝度
- ・黒体シャッタ輝度
- ・太陽輝度
- ・宇宙空間輝度
- ・S/H回路校正輝度

がある。

電気校正輝度は VDM の特性を調べる校正用信号で、従来のステアケース輝度に相当する。GMS-4 までは 0 から 5 ボルトの電圧を 1 ボルト毎に 6 ステップの階段状に出力していたが、GMS-5 では直線ランプ信号に変更された。電気校正輝度は可視および赤外 VISSR 画像の第 2 および第 5 スキャンラインに出力される。

黒体シャッタ輝度は校正用内部黒体からの放射をセンサに入射させて得られ、赤外キャリブレーションで使用する。GMS-4 までは黒体そのものをセンサの視野内に挿入していたが、GMS-5 では画像取得範囲外で衛星のスピンの同期した振り子状の反射鏡 (共振シャッタ) により内部黒体からの放射を反射してセンサに導き、S/H (サンプル&ホールド) 回路でその出力電圧値を保持し、次のラインデータ上に出力する方法に変更された。S/H回路は VISSR 系エレクトロニクス部においてセンサ出力電圧を一時的に保持する役割を持つ。この機構はアメリカのスピン型静止気象

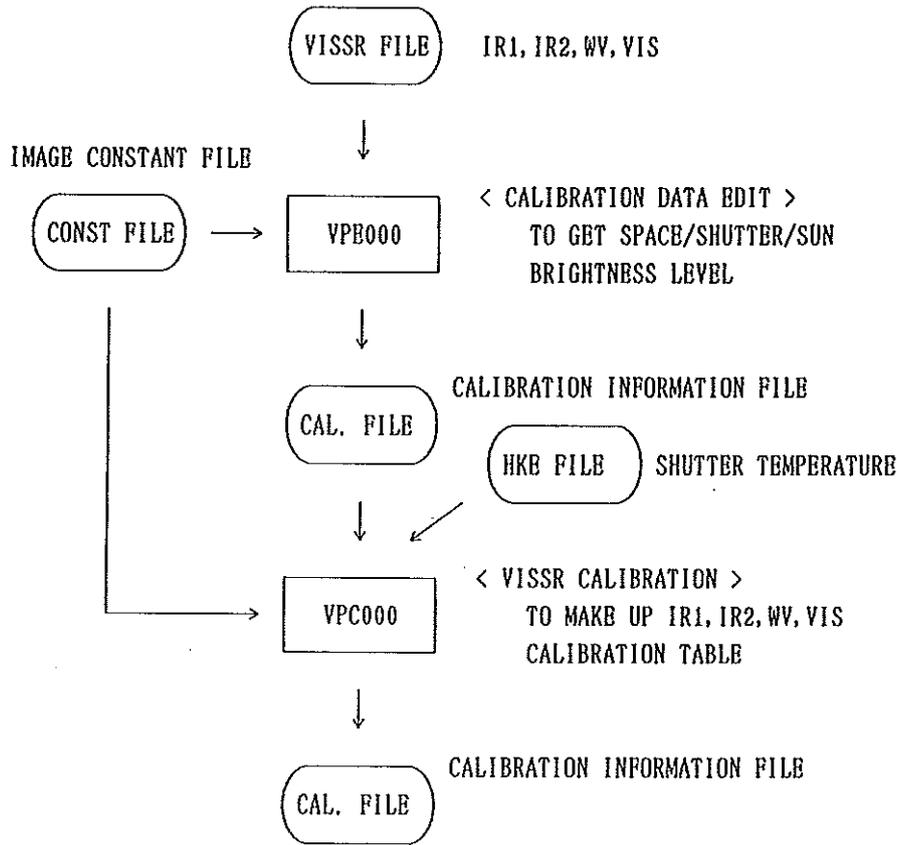


Fig. 5.1 Flow of VISSR calibration procedure

衛星と同じものが使用されており、ライン毎の赤外キャリブレーションを行うために考えられたもので、各ラインの先頭に付加されている。運用では第4スキャンラインの黒体データのみを使用し、ライン毎の黒体データは使用していない。Fig. 5.2にキャリブレーションシャッタの概略図を示す。

太陽輝度はVISSRに取り付けられた太陽プリズムを通してVISSR画像内に取り入れられた太陽の輝度データで、可視キャリブレーションで使用される。この太陽プリズムは、太陽像の輝度が反射量 $50 \pm 20\%$ に相当するように設計されている。太陽プリズムの視野はVISSR画面上より 15° 先行しているため、太陽輝度データが取得できるのは16UTの画像のみである。

宇宙空間輝度はVISSRへの入射エネルギーゼロの状態、すなわち可視は反射量0%、赤外は絶対温度0Kに相当するセンサのオフセット出力で、VISSR画像の宇宙空間領域を使用している。

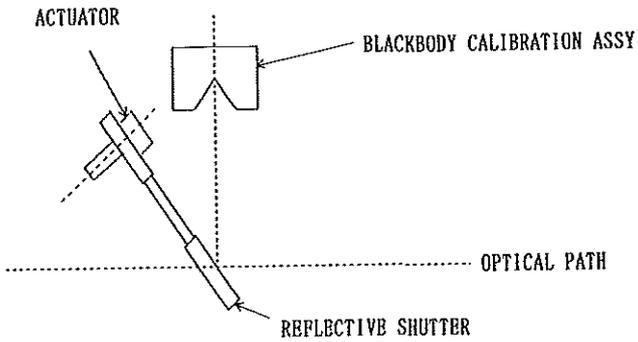
S/H回路校正輝度は先に述べた黒体シャッタ輝度取得時に使用するS/H回路(サンプル&ホールド回路)の校正用データで、通常は使用しない。S/H回路校

正輝度は第4スキャンライン上の黒体シャッタ輝度に続き出力される。

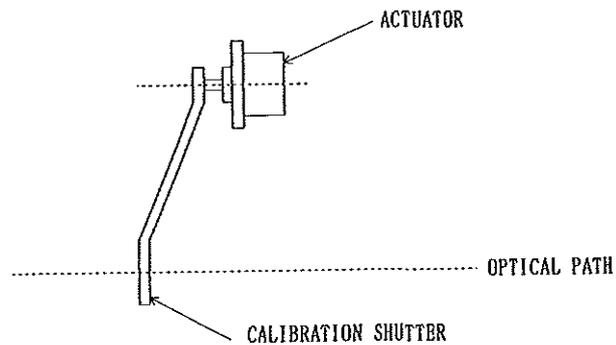
これらのキャリブレーション用輝度データは、キャリブレーション情報編集処理で編集し、キャリブレーション情報ファイルに格納される。Fig. 5.3にGMS-5の第2から第5スキャンライン上に出力されるキャリブレーションデータを、Fig. 5.4に比較のためGMS-4のキャリブレーションデータを示す。

3. VISSR キャリブレーション

衛星から送られてくるVISSR画像は、赤外が0~255レベルに、可視は0~63レベルにそれぞれデジタル化されたものである。この輝度レベルと反射量あるいは温度の関係は衛星打ち上げ前の地上試験によって、一応決定されている。しかし、一般には衛星内部の環境やセンサ特性の変化により、輝度レベルと物理量の関係は変化する。そのためGMSには軌道上校正の機能があり、観測毎にキャリブレーションが可能である。VISSRキャリブレーションには赤外キャリブレーションと可視キャリブレーションがある。



GMS-5



GMS-4

Fig. 5.2 Illustration of Calibration shutter mechanism

3.1 赤外キャリブレーション

赤外キャリブレーションではキャリブレーション情報編集処理で取得された赤外宇宙空間輝度および黒体シャッタ輝度とテレメトリ温度が使用される。テレメトリ温度は運用管制系のハウスキーピング処理で作成される編集済みテレメトリデータから得られるVISSRの温度情報で、黒体シャッタ温度算出に使用する。赤外センサに入射するエネルギーとその出力には線形性があり、輝度レベルと入射エネルギーの関係は低レベル側ターゲットである宇宙空間と高レベル側ターゲットである内部黒体により一意的に決定される。入射エネルギーと等価な温度（等価黒体温度）の関係は各センサの応答特性とプランクの式から計算で求ま

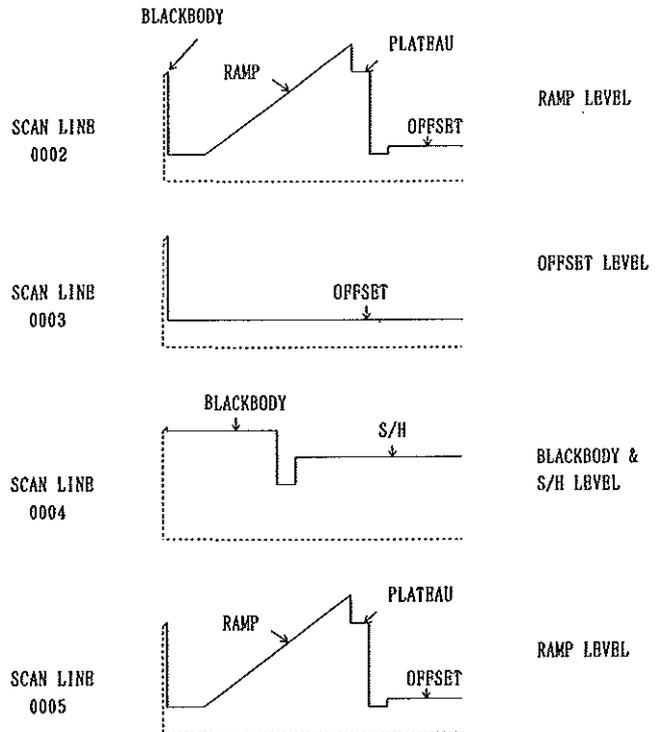


Fig. 5.3 Illustration of GMS-5 Calibration line data

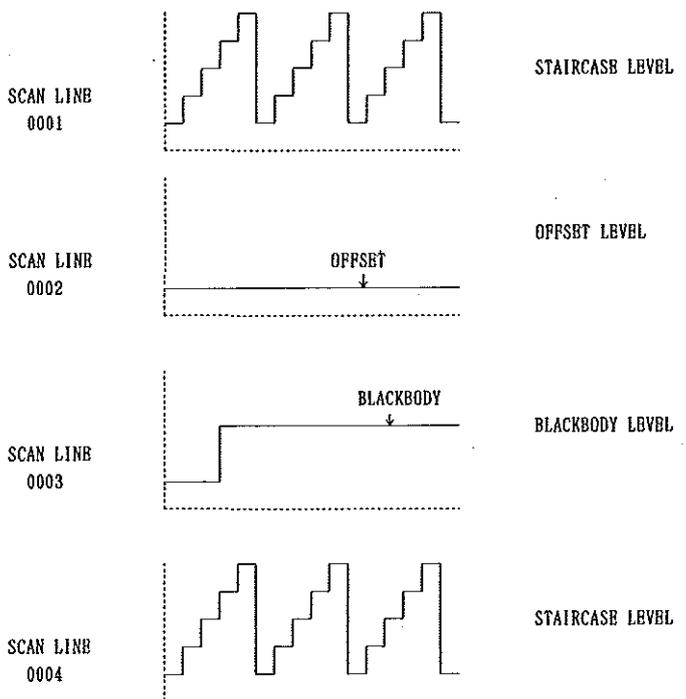


Fig. 5.4 Illustration of GMS-4 Calibration line data

り、あらかじめテーブルとして用意されている。このようにして輝度レベルと温度の関係は一意的に決まり、テーブルの形でキャリブレーション情報ファイル上に作成される。赤外キャリブレーションテーブルは赤外1、赤外2、水蒸気の各センサ毎に毎時間作成される。

3.2 可視キャリブレーション

GMSには太陽光を使用した可視センサのキャリブレーション機能がある。可視キャリブレーションにはキャリブレーション情報編集処理で取得された可視宇宙空間輝度および太陽輝度が使用される。この機能は可視センサ間の感度差を校正する目的で行うが、現在は使用されておらず、可視センサ間の感度差補正は一般的なヒストグラム法に基づいた可視ノーマライズ処理により行う。

4. S-VISSR キャリブレーション

S-VISSR (ストレッチド VISSR) は、GMS-5から観測センサーが追加されたことに伴い、新しいフォーマットで配信を行っている。新フォーマットでは、赤外2と水蒸気画像データの赤外セクタへの追加及び、多チャンネル化された赤外画像を有効に利用するためにドキュメンテーションセクタにキャリブレーション情報ブロックが追加された。

キャリブレーション情報ブロックは、軌道姿勢情報ブロック等と同様に、各ラインのドキュメンテーションセクタに25分割して格納されている。キャリブレーション情報ブロックは全体で4352ワードから成り、25分割されているうち最初の17ライン分から復元する。

復元されたキャリブレーション情報ブロックから赤外1 (IR1)、赤外2 (IR2)、水蒸気 (IR3) 及び可視 (VIS) の各センサーの物理量-レベル変換のためのキャリブレーションテーブルが得られる。これは、従来までの衛星打上げ前地上試験における各センサーの特性を基に固定的に作成された物理量-レベルの変換テーブル (Table 5.1~5.4) に代え利用できる。赤外1、2及び水蒸気の各キャリブレーションテーブルは、原則的に毎観測ごとに更新し作成される。ただし可視については従来と変わらないので、キャリブレーション情報ブロックに格納されているキャリブレーションテーブルと固定の変換テーブルの値は同一のものになる。

赤外データについては温度に相当する放射量を簡単な式から算出できるように最初の256ワード内に各センサごとに係数テーブルを設けている。これにより各センサの波長帯での積算放射量が得られる。キャリブレーション情報ブロックの内容を Fig. 5.5に示す。

	POS. (BYTE)	BYTE NUM.	ITEM	CONTENTS	TYPE
1	1	4	table ID	calibration table ID	I * 4
2	5	6	date	data generated date (YYYYMMDDHHmm)	BCD*6
3	1 1	1	sensor selection	1 or 2 as follows 1-primary 2-redundancy	I * 1
4	1 2	4 5	coefficient table for IR radiance estimates I R 1 <expression> $C = \sum_{i=0}^n \beta_i \cdot V^i$ $V = R \cdot G + V_0$ C: level (0-255) V: voltage (V) R: radiance (W/cm ² .sr. μm) $C = 255 - C' + C_0$ C': level of S-VISSR	n : number of valid β _i	I * 1
				β ₀ : factor 1	R*4.6
				β ₁ : factor 2	R*4.6
				β ₂ : factor 3	R*4.6
				β ₃ : factor 4	R*4.6
				β ₄ : factor 5	R*4.6
				β ₅ : factor 6	R*4.6
				β ₆ : factor 7	R*4.6
				G : gradient	R*4.6
				V ₀ : intercept	R*4.6
			C ₀ : level bias	R*4.6	
			(reserved)	R*4.6	
	5 7	4 5	same above but IR2	same as above	
	1 0 2	4 5	same above but IR3	same as above	
5	1 4 7	110	(reverted)		

Fig. 5.5 CALIBRATION INFORMATION BLOCK (Continued)

	POS. (BYTE)	byte num.	ITEM	CONTENTS	TYPE
6	2 5 7	256	VIS level-albedo calibration talbe V I S 1	level albedo 0 x x x 1 6 3 .	R*4.6
	5 1 3	256	same above but VIS2	same as above	R*4.6
	7 6 9	256	same above but VIS3	same as above	R*4.6
	1025	256	same above but VIS4	same as above	R*4.6
7	1281	1024	IR level- TBB calibration table I R 1	level temperature 0 x x x (K) 1 2 5 5 .	R*4.3
	2305	1024	same above but IR2	same as above	R*4.3
	3329	1024	same above but IR3	same as above	R*4.3

Fig. 5.5 CALIBRATION INFORMATION BLOCK

Table 5.1 level-temperature conversion table for IR 1 sensor

LEVEL	TEMPERATURE														
255	130.00	223	201.42	191	237.23	159	259.81	127	277.42	95	292.28	63	305.36	31	317.18
254	130.00	222	203.02	190	238.06	158	260.42	126	277.92	94	292.71	62	305.74	30	317.53
253	130.00	221	204.57	189	238.87	157	261.03	125	278.41	93	293.14	61	306.13	29	317.88
252	130.00	220	206.07	188	239.68	156	261.62	124	278.91	92	293.57	60	306.51	28	318.24
251	130.00	219	207.52	187	240.48	155	262.22	123	279.40	91	293.99	59	306.90	27	318.59
250	130.00	218	208.92	186	241.27	154	262.81	122	279.89	90	294.42	58	307.28	26	318.94
249	130.00	217	210.29	185	242.05	153	263.40	121	280.37	89	294.84	57	307.66	25	319.28
248	130.00	216	211.62	184	242.82	152	263.98	120	280.86	88	295.27	56	308.04	24	319.63
247	130.00	215	212.91	183	243.58	151	264.56	119	281.34	87	295.69	55	308.42	23	319.98
246	130.00	214	214.17	182	244.33	150	265.13	118	281.82	86	296.11	54	308.79	22	320.32
245	130.00	213	215.40	181	245.08	149	265.70	117	282.30	85	296.52	53	309.17	21	320.67
244	130.00	212	216.60	180	245.81	148	266.27	116	282.77	84	296.94	52	309.54	20	321.01
243	130.00	211	217.78	179	246.54	147	266.83	115	283.24	83	297.36	51	309.92	19	321.36
242	130.00	210	218.92	178	247.26	146	267.39	114	283.71	82	297.77	50	310.29	18	321.70
241	134.19	209	220.05	177	247.98	145	267.95	113	284.18	81	298.18	49	310.66	17	322.04
240	147.65	208	221.15	176	248.69	144	268.50	112	284.65	80	298.59	48	311.03	16	322.38
239	155.73	207	222.23	175	249.39	143	269.05	111	285.11	79	299.00	47	311.40	15	322.72
238	161.75	206	223.29	174	250.08	142	269.60	110	285.58	78	299.41	46	311.77	14	323.06
237	166.62	205	224.33	173	250.77	141	270.14	109	286.04	77	299.81	45	312.14	13	323.40
236	170.77	204	225.35	172	251.46	140	270.68	108	286.49	76	300.22	44	312.51	12	323.74
235	174.40	203	226.35	171	252.13	139	271.21	107	286.95	75	300.62	43	312.87	11	324.07
234	177.64	202	227.33	170	252.80	138	271.75	106	287.40	74	301.02	42	313.24	10	324.41
233	180.47	201	228.30	169	253.47	137	272.28	105	287.86	73	301.42	41	313.60	9	324.74
232	183.18	200	229.26	168	254.12	136	272.80	104	288.31	72	301.82	40	313.96	8	325.08
231	185.70	199	230.20	167	254.78	135	273.33	103	288.75	71	302.22	39	314.32	7	325.41
230	188.05	198	231.12	166	255.42	134	273.85	102	289.20	70	302.62	38	314.68	6	325.75
229	190.26	197	232.03	165	256.07	133	274.37	101	289.65	69	303.01	37	315.04	5	326.08
228	192.35	196	232.93	164	256.70	132	274.88	100	290.09	68	303.41	36	315.40	4	326.41
227	194.33	195	233.81	163	257.33	131	275.39	99	290.53	67	303.80	35	315.76	3	326.74
226	196.22	194	234.68	162	257.96	130	275.90	98	290.97	66	304.19	34	316.12	2	327.07
225	198.03	193	235.54	161	258.58	129	276.41	97	291.41	65	304.58	33	316.47	1	327.40
224	199.76	192	236.39	160	259.20	128	276.92	96	291.84	64	304.97	32	316.83	0	327.73

Table 5.2 level-temperature conversion table for IR 2 sensor

LEVEL	TEMPERATURE														
255	130.00	223	196.66	191	234.27	159	258.07	127	276.74	95	292.57	63	306.57	31	319.27
254	130.00	222	198.35	190	235.14	158	258.72	126	277.27	94	293.03	62	306.98	30	319.65
253	130.00	221	199.98	189	236.00	157	259.36	125	277.79	93	293.49	61	307.40	29	320.03
252	130.00	220	201.55	188	236.85	156	259.99	124	278.32	92	293.95	60	307.81	28	320.41
251	130.00	219	203.08	187	237.69	155	260.62	123	278.84	91	294.40	59	308.22	27	320.79
250	130.00	218	204.55	186	238.52	154	261.24	122	279.36	90	294.86	58	308.63	26	321.17
249	130.00	217	205.99	185	239.34	153	261.86	121	279.88	89	295.31	57	309.04	25	321.54
248	130.00	216	207.38	184	240.15	152	262.48	120	280.39	88	295.76	56	309.45	24	321.92
247	130.00	215	208.74	183	240.95	151	263.09	119	280.91	87	296.21	55	309.85	23	322.29
246	130.00	214	210.06	182	241.74	150	263.70	118	281.42	86	296.66	54	310.26	22	322.66
245	130.00	213	211.35	181	242.53	149	264.31	117	281.93	85	297.11	53	310.66	21	323.03
244	130.00	212	212.61	180	243.30	148	264.91	116	282.43	84	297.55	52	311.06	20	323.40
243	130.00	211	213.85	179	244.07	147	265.50	115	282.93	83	298.00	51	311.46	19	323.77
242	130.00	210	215.05	178	244.83	146	266.10	114	283.44	82	298.44	50	311.86	18	324.14
241	130.00	209	216.23	177	245.59	145	266.69	113	283.94	81	298.88	49	312.26	17	324.51
240	135.12	208	217.39	176	246.33	144	267.27	112	284.43	80	299.32	48	312.66	16	324.88
239	146.04	207	218.52	175	247.07	143	267.85	111	284.93	79	299.76	47	313.06	15	325.25
238	153.34	206	219.63	174	247.80	142	268.43	110	285.42	78	300.19	46	313.46	14	325.61
237	158.97	205	220.72	173	248.53	141	269.01	109	285.91	77	300.63	45	313.85	13	325.98
236	163.62	204	221.79	172	249.25	140	269.58	108	286.40	76	301.06	44	314.24	12	326.34
235	167.63	203	222.84	171	249.96	139	270.15	107	286.88	75	301.49	43	314.64	11	326.71
234	171.18	202	223.88	170	250.67	138	270.71	106	287.37	74	301.92	42	315.03	10	327.07
233	174.38	201	224.90	169	251.37	137	271.28	105	287.85	73	302.35	41	315.42	9	327.43
232	177.30	200	225.90	168	252.06	136	271.84	104	288.33	72	302.78	40	315.81	8	327.79
231	180.00	199	226.88	167	252.75	135	272.39	103	288.81	71	303.21	39	316.20	7	328.15
230	182.50	198	227.85	166	253.44	134	272.94	102	289.28	70	303.63	38	316.59	6	328.51
229	184.86	197	228.81	165	254.12	133	273.50	101	289.76	69	304.05	37	316.97	5	328.87
228	187.08	196	229.75	164	254.79	132	274.04	100	290.23	68	304.48	36	317.36	4	329.23
227	189.18	195	230.68	163	255.46	131	274.59	99	290.70	67	304.90	35	317.74	3	329.58
226	191.17	194	231.60	162	256.12	130	275.13	98	291.17	66	305.32	34	318.13	2	329.94
225	193.08	193	232.50	161	256.77	129	275.67	97	291.64	65	305.74	33	318.51	1	330.30
224	194.91	192	233.39	160	257.43	128	276.20	96	292.10	64	306.15	32	318.89	0	330.65

Table 5.3 level-temperature conversion table for IR 3 sensor

LEVEL	TEMPERATURE														
255	170.00	223	235.69	191	264.49	159	281.76	127	294.71	95	305.29	63	314.36	31	322.35
254	170.00	222	237.01	190	265.14	158	282.22	126	295.07	94	305.59	62	314.62	30	322.59
253	170.00	221	238.28	189	265.77	157	282.67	125	295.43	93	305.90	61	314.88	29	322.83
252	170.00	220	239.51	188	266.40	156	283.11	124	295.78	92	306.20	60	315.15	28	323.06
251	170.00	219	240.69	187	267.02	155	283.56	123	296.14	91	306.49	59	315.41	27	323.29
250	170.00	218	241.84	186	267.63	154	284.00	122	296.49	90	306.79	58	315.67	26	323.53
249	170.00	217	242.96	185	268.24	153	284.43	121	296.84	89	307.09	57	315.93	25	323.76
248	170.00	216	244.04	184	268.83	152	284.86	120	297.18	88	307.38	56	316.18	24	323.99
247	170.00	215	245.09	183	269.42	151	285.29	119	297.53	87	307.68	55	316.44	23	324.22
246	170.00	214	246.11	182	270.00	150	285.72	118	297.87	86	307.97	54	316.70	22	324.45
245	170.00	213	247.11	181	270.58	149	286.14	117	298.22	85	308.26	53	316.95	21	324.68
244	170.00	212	248.08	180	271.14	148	286.56	116	298.56	84	308.55	52	317.21	20	324.91
243	170.00	211	249.03	179	271.70	147	286.98	115	298.89	83	308.84	51	317.46	19	325.14
242	175.70	210	249.96	178	272.26	146	287.39	114	299.23	82	309.12	50	317.72	18	325.36
241	186.71	209	250.86	177	272.81	145	287.80	113	299.56	81	309.41	49	317.97	17	325.59
240	193.76	208	251.75	176	273.35	144	288.21	112	299.90	80	309.70	48	318.22	16	325.82
239	199.14	207	252.61	175	273.88	143	288.61	111	300.23	79	309.98	47	318.47	15	326.04
238	203.52	206	253.46	174	274.41	142	289.01	110	300.56	78	310.26	46	318.72	14	326.27
237	207.24	205	254.29	173	274.94	141	289.41	109	300.88	77	310.54	45	318.97	13	326.49
236	210.49	204	255.11	172	275.46	140	289.80	108	301.21	76	310.82	44	319.21	12	326.71
235	213.40	203	255.91	171	275.97	139	290.20	107	301.53	75	311.10	43	319.46	11	326.94
234	216.03	202	256.69	170	276.48	138	290.59	106	301.85	74	311.38	42	319.71	10	327.16
233	218.43	201	257.46	169	276.98	137	290.97	105	302.17	73	311.65	41	319.95	9	327.38
232	220.66	200	258.22	168	277.48	136	291.36	104	302.49	72	311.93	40	320.19	8	327.60
231	222.72	199	258.96	167	277.97	135	291.74	103	302.81	71	312.20	39	320.44	7	327.82
230	224.65	198	259.69	166	278.46	134	292.12	102	303.13	70	312.48	38	320.68	6	328.04
229	226.48	197	260.41	165	278.95	133	292.50	101	303.44	69	312.75	37	320.92	5	328.26
228	228.20	196	261.12	164	279.43	132	292.87	100	303.75	68	313.02	36	321.16	4	328.48
227	229.84	195	261.81	163	279.90	131	293.24	99	304.06	67	313.29	35	321.40	3	328.69
226	231.40	194	262.50	162	280.37	130	293.61	98	304.37	66	313.56	34	321.64	2	328.91
225	232.89	193	263.17	161	280.84	129	293.98	97	304.68	65	313.82	33	321.88	1	329.13
224	234.32	192	263.84	160	281.30	128	294.34	96	304.99	64	314.09	32	322.12	0	329.34

Table 5.4 level-albedo calibration/conversion table for VIS sensor

LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO	LEVEL	ALBEDO
0	0.000000	16	0.064500	32	0.258000	48	0.580499
1	0.000252	17	0.072814	33	0.274376	49	0.604938
2	0.001008	18	0.081633	34	0.291257	50	0.629882
3	0.002268	19	0.090955	35	0.308642	51	0.655329
4	0.004031	20	0.100781	36	0.326531	52	0.681280
5	0.006299	21	0.111111	37	0.344923	53	0.707735
6	0.009070	22	0.121945	38	0.363820	54	0.734694
7	0.012346	23	0.133283	39	0.383220	55	0.762157
8	0.016125	24	0.145125	40	0.403124	56	0.790123
9	0.020408	25	0.157470	41	0.423532	57	0.818594
10	0.025195	26	0.170320	42	0.444444	58	0.847569
11	0.030486	27	0.183673	43	0.465860	59	0.877047
12	0.036281	28	0.197531	44	0.487780	60	0.907029
13	0.042580	29	0.211892	45	0.510204	61	0.937516
14	0.049383	30	0.226757	46	0.533132	62	0.968506
15	0.056689	31	0.242126	47	0.556563	63	1.000000

5.2 ナビゲーション

5.2 Navigation

Abstract

Navigation (Image Mapping) is used to process Visible and Infrared Spin Scan Radiometer (VISSR) image data, i.e., each pixel of the VISSR image data correspond to its respective position on earth, thus making it necessary to transform between geodetic and VISSR frame coordinates. To improve the accuracy of Navigation, navigation process uses an image mapping fine tuning technique call Image Distortion Data Determination which is based on detection of the earth's edge from VISSR infrared image.

The accuracy of the navigation is 1.25km to 2km (RMSE: Root Mean Square Error).

5.2.1 ナビゲーションの定義

ナビゲーション (画像位置合わせ) とは、VISSR 画像データの各画素と地球上の緯経度との対応づけをすることである。ナビゲーションは、キャリブレーションとともに VISSR 画像データを利用する上で必要不可欠である。

図1にナビゲーションの概念を示す。ナビゲーションの最終目的は緯経度座標系と VISSR 画像座標系の座標変換を行うことである。従って、ナビゲーションを単に「座標変換」と呼ぶこともある。

ナビゲーションに必要な情報は、地球の形状、衛星の位置及び姿勢、太陽の方向、スピンレート、VISSR の取付けアライメント、並びに VISSR フレームに関する情報である。これらの情報を使用することにより、図1に示す座標変換が可能となる。

5.2.2 ナビゲーション情報の作成

ナビゲーションに必要な情報は、DPC の画像一次処理及び軌道・姿勢処理により作成される。図2にナビゲーションに必要な情報の作成概念を示す。

(1)地球の形状

緯度、経度及び高度を地球固定座標 (赤道直交座標系) へ変換するためには、地球を回転楕円体に近似する必要がある。地球の形状には回転楕円体のパラメー

タが含まれており、画像定数ファイルに設定されている値を使用する。

(2)衛星の位置

衛星の位置は三点測距の距離データから算出される。三点測距は、気象衛星通信所 (CDAS)、沖縄県石垣島及びオーストラリアのビクトリア州クリブポイントに設置された3つの地上局を使用して衛星と地上局の距離を測定する。三点測距は1日4回、6時間毎に各6分実施している。軌道処理では、三点測距の距離データから衛星の軌道を決定し、決定した軌道から将来の衛星の位置を予測する。ナビゲーションに使用する衛星の位置は、この予測された位置である。GMS シリーズでは100mの精度で衛星の位置を予測している。

(3)太陽の方向

太陽の方向は、軌道処理で作成される。VISSR が太陽を基準として画像を取得しているため、太陽の方向は、衛星の姿勢の基準方向として使用される。

(4)スピンレート

スピンレートとは衛星の回転周期であり、衛星に搭載された太陽センサのデータから算出する。太陽センサのデータはテレメトリに含まれており、姿勢処理では HKE ファイルから太陽センサのデータを抽出し、

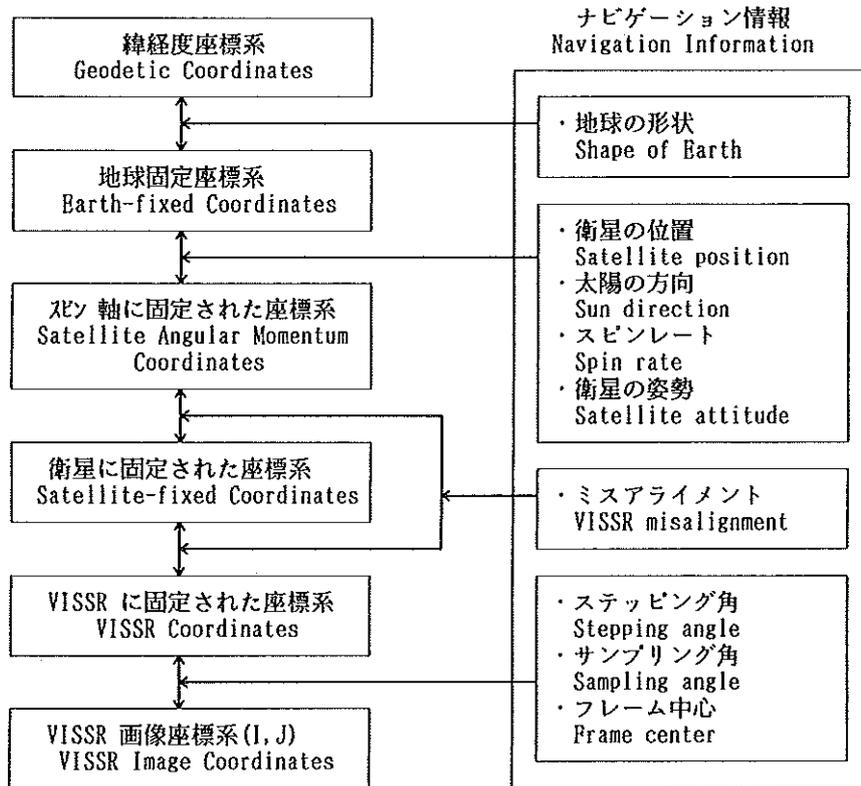


Fig.1 Schematic diagram showing the concept of Navigation

スピンレートを算出する。ナビゲーションに使用するスピンレートは前日のスピンレートの平均値を予測値として使用している。

(5)衛星の姿勢

衛星のスピン軸が向いている方向は、VISSR画像上の特徴地形(ランドマーク)を抽出し決定する。姿勢処理では、99カ所の地図データを参照して可視画像からランドマークの位置を抽出する。抽出したランドマークの位置からスピン軸の方向を推定し、将来のスピン軸の方向を予測する。ナビゲーションに使用するスピン軸の方向は、この予測された方向である。GMSシリーズでは0.01度の精度で衛星のスピン軸の方向を予測している。

また、画像を取得するタイミングを表す β 角(太陽から地球までの角度)も、衛星の姿勢パラメータとして使用され、姿勢処理で作成される。

(6)ミスアライメント

ミスアライメントは本来、衛星本体に対するVISSRの取付けアライメントを指していたが、現在ではナビ

ゲーションの精度を確保するための補正係数としての役割を持っている。

ミスアライメントの初期値は姿勢処理で予測される。しかし、衛星の姿勢を完全に予測することは極めて難しい。例えば、衛星の軌道及び姿勢を調節するために搭載している燃料を噴射した後では、姿勢予測の精度は低下する。このため、ナビゲーションの精度を確保するために、アースエッジ(地球の縁)の情報を利用した歪補正処理を行っている。これは赤外VISSR画像のアースエッジからVISSR画像内の地球画像の位置を知ることにより、ミスアライメントの値を修正してナビゲーションの誤差を小さくする処理である。ナビゲーションに使用するミスアライメントは、歪補正処理の結果を使用している。

(7)フレームに関する定数

ステッピング角及びサンプリング角は、それぞれ南北方向及び東西方向の画素の間隔と同じである。フレーム中心を含めたこれらフレームに関する情報は、画像定数ファイルに定義されており、ナビゲーションでは、画像定数の値をそのまま使用する。

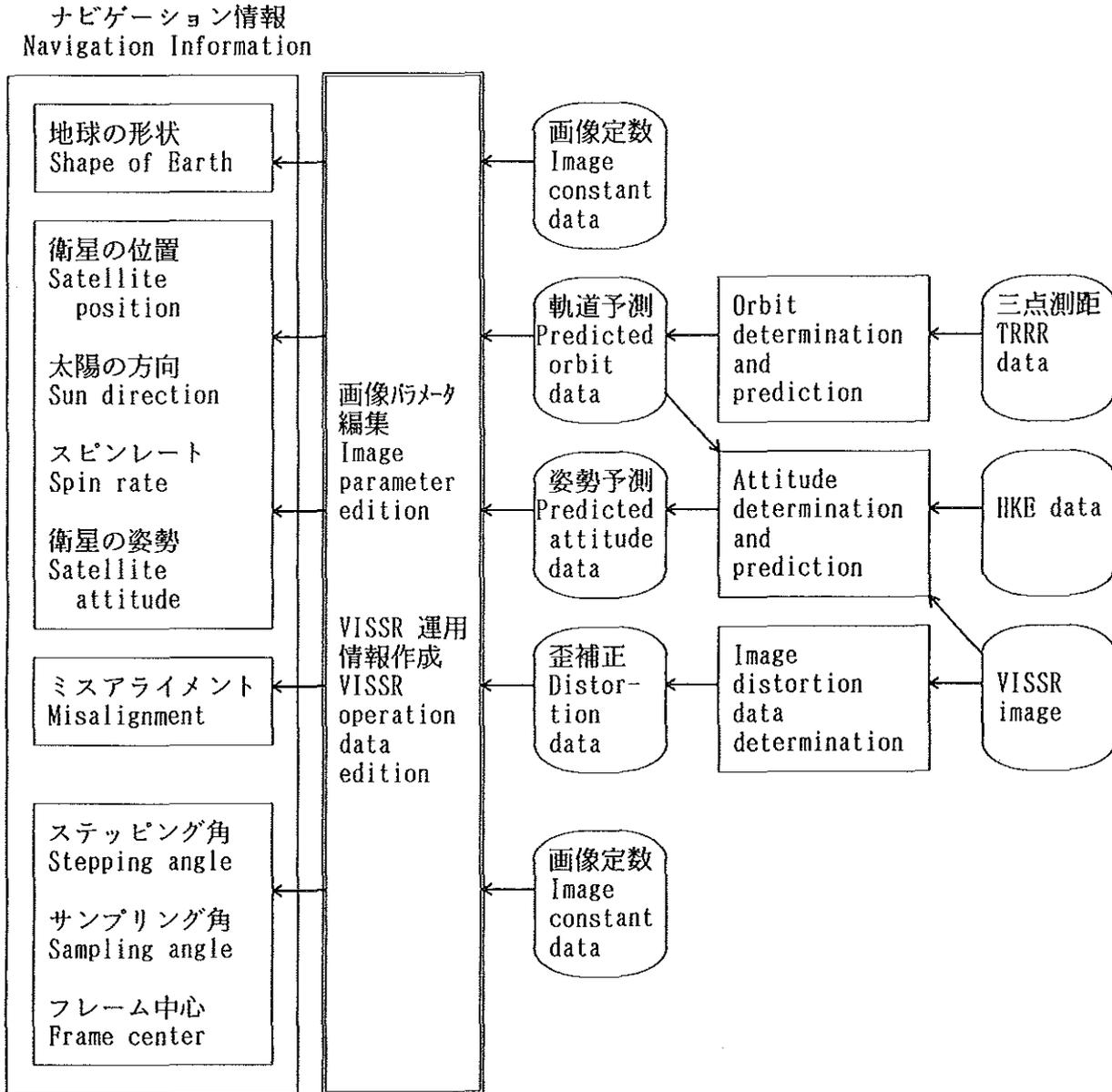


Fig.2 Schematic diagram showing the concept of the source of information for Navigation

5.2.3 ナビゲーション情報の格納位置

(1)VISSR 画像データの場合

DPCで処理・保存されている VISSR 画像データでは、ナビゲーション情報は画像パラメータ部の座標変換定数、軌道予測情報及び姿勢予測情報に格納されている。格納位置の概要を図3に示す。

(2)ストレッチド VISSR の場合

中規模利用局 (MDUS) が受信・利用するストレッチド VISSR では、ドキュメンテーションセクタ内の軌道姿勢データブロックにナビゲーション情報が格納されている。

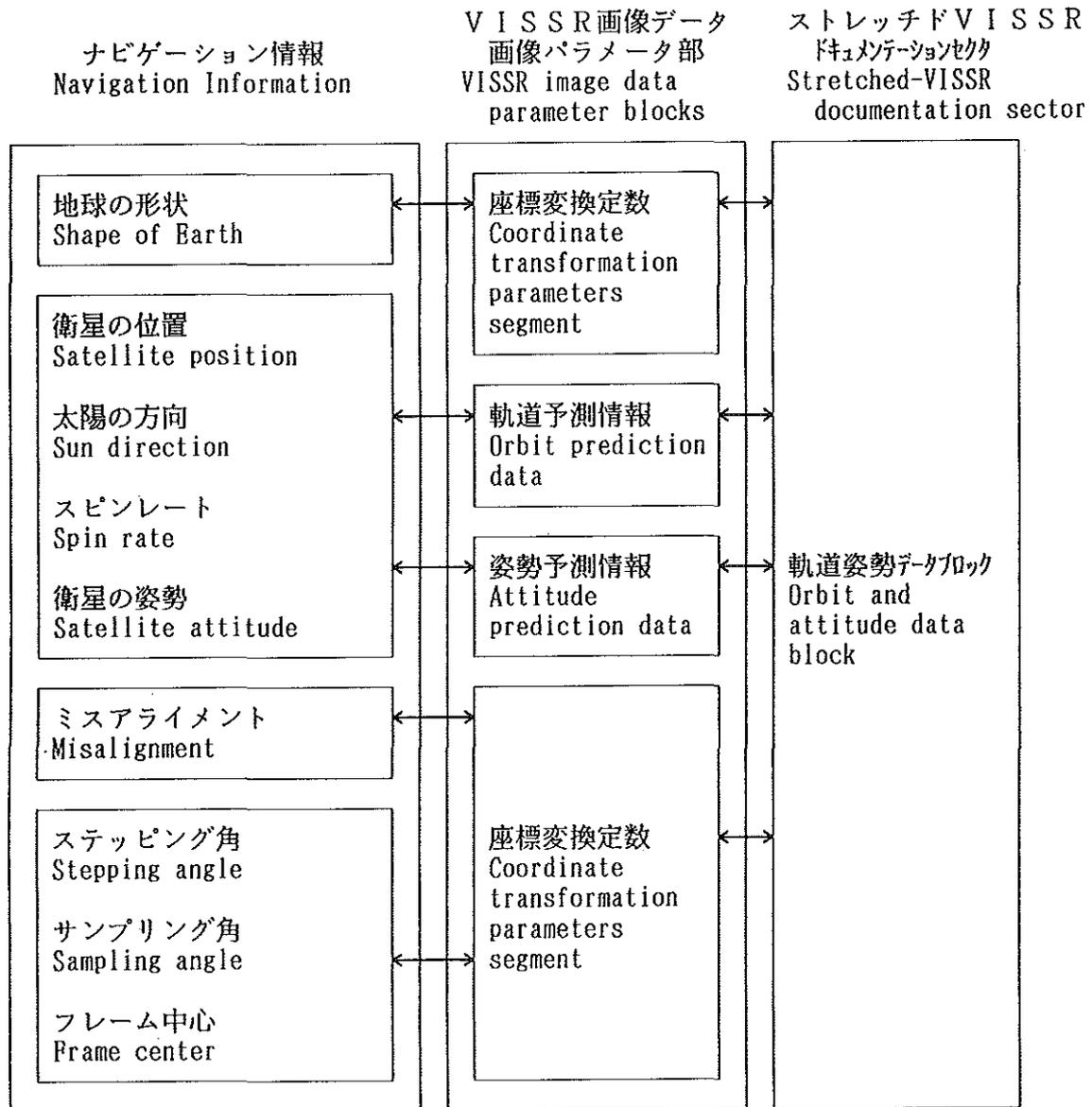


Fig. 3 Schematic diagram showing the concept of navigation information in VISSR data

5.2.4 ナビゲーションの精度

(1) VISSR 画像データの場合

DPCで処理・保存されている VISSR 画像データでは、図4に示すように歪補正処理が即時反映されており、DPCで作成されるすべてのプロダクトは歪補正処理の結果を使用している。VISSR 画像データのナビゲーション精度を図5に示す。図5は可視画像から抽出したランドマークの位置誤差が3画素以内の場合の割合を示しており、RMS値は1~1.5画素程度である。夜間についても同程度の精度を確保している。

(2) ストレッチド VISSR の場合

中規模利用局 (MDUS) が受信・利用するストレッチド VISSR は、観測と同時に CDAS において作成され、衛星経由で配信されているため、DPCで実施している歪補正処理の反映ができない。図4に示すように、ナビゲーション情報のミスアライメントは、前日の値を使用しているため、衛星の軌道及び姿勢の制御等によりナビゲーションの精度が低下することがある。通常時では、DPCの VISSR 画像データと同程度の精度を確保している。

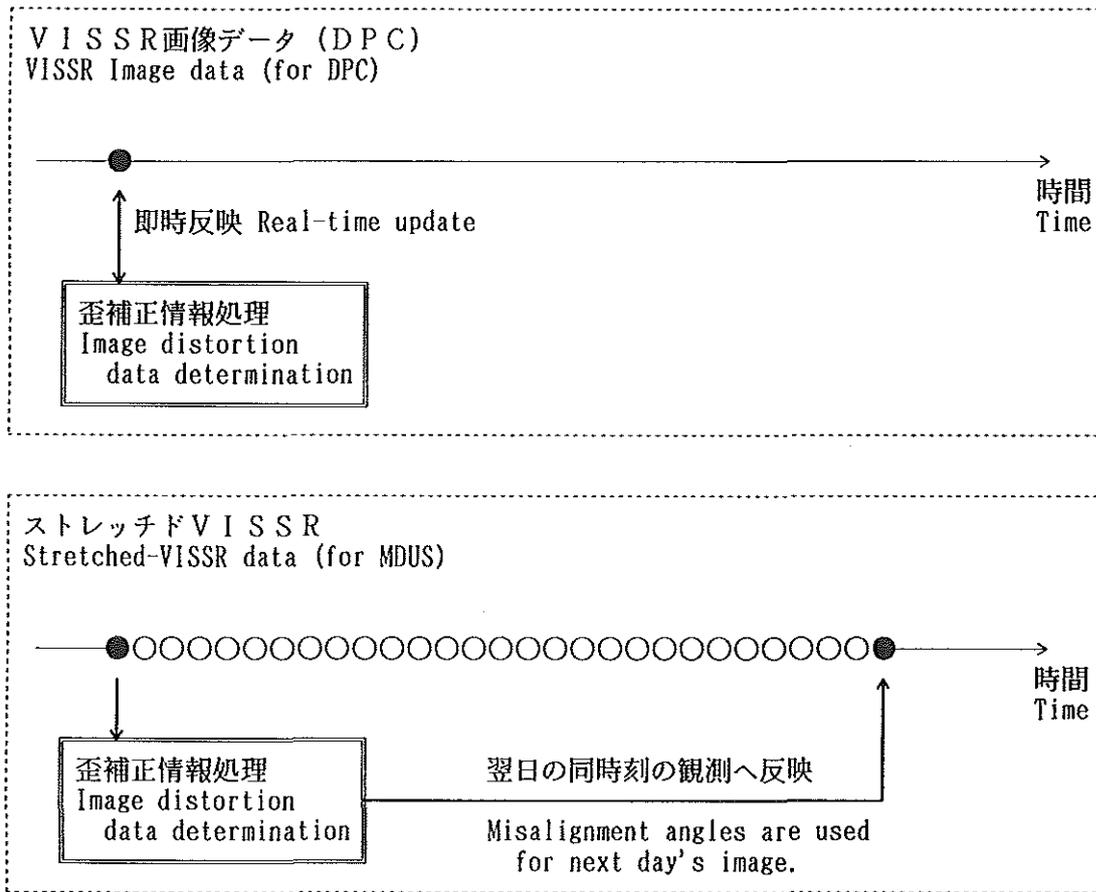


Fig.4 Schematic diagram showing the concept of misalignments angles status using Image distortion data determination

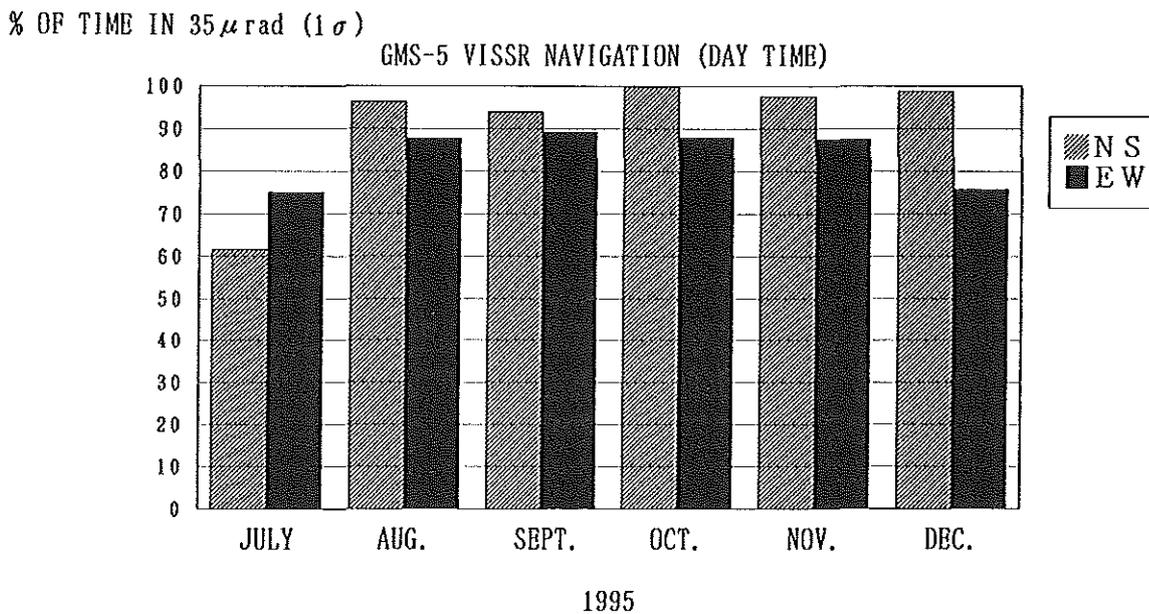


Fig. 5 Navigation Accuracy

5.2.5 ナビゲーションに関するドキュメント

(1)ナビゲーション全般については

根笹光生、1989：画像位置合わせ、気象衛星センター技術報告 GMS システム更新総合報告（1989年版）II データ処理編、39-44.

(2)軌道処理の概要、アルゴリズムについては

北村利次、1979：軌道データ処理、気象衛星センター技術報告 GMS システム総合報告II データ処理解説編 その1、31-40.

(3)ランドマーク抽出を含めた姿勢処理の概要、アルゴリズムについては

宮沢勇、井石明宏、1979：姿勢データ処理、気象衛星センター技術報告 GMS システム総合報告II データ処理解説編 その1、41-59.

(4)ランドマークで使用している相互相関法については

浜田忠昭、1979：風計算、気象衛星センター技術報告 GMS システム総合報告II データ処理解説編 その2、15-57.

(5)簡易座標変換については

Takahashi, T and Kato, K (1980): The Simplified Mapping Equation of VISSR Image Data from the Geostationary Meteorological Satellite (GMS), Meteorological Satellite Center Technical Note, No.1, 13-19.

(6)歪補正については

高橋大知、1981：アース・エッジ検出法による VISSR 画像の位置合わせについて、気象衛星センター技術

報告第3号、55-68.

木川誠一郎、1990：アースエッジ検出法による画像位置合わせに及ぼす南北両極の大気の影響について、気象衛星センター技術報告第21号、11-17.

木川誠一郎、1990：画像位置合わせの精度向上（その1）半球歪補正情報決定プログラムの開発、気象衛星センター技術報告第22号、53-63.

(7)ストレッチド VISSR の歪補正については

Kigawa, S, 1993: Fine Tuning of Stretched-VISSR Image Mapping, Meteorological Satellite Center Technical Note, No.26, 1-10.

(8)ナビゲーションのアルゴリズム及びプログラムについては

——、1989：THE GMS USERS' GUIDE, SECOND EDITION, Appendix F.

Kigawa, S, 1991 : A Mapping Method for VISSR Data, Meteorological Satellite Center Technical Note, No.23, 15-35.

(9)三点測距データの評価については

長谷川秀行、1985：計算機による三点測距距離試験の評価方法について、気象衛星センター技術報告第11号、99-104.

(10)チャンネル間の画素の位置対応については

藤村弘志、1985：VISSR の赤外、可視画素の位置対応について、気象衛星センター技術報告第12号、63-70.

6.1 画 像

6.1 Image

Abstract

The MSC of JMA distributes observation data of GMS to users in public. Stretched-VISSR, digital image data of VISSR, is disseminated to Medium-scale Data Utilization Station (MDUS) through GMS. Weather Facsimile (WEFAX), analog facsimile picture, is disseminated to Small-scale Data Utilization Station (SDUS) through GMS and land line. High Resolution image (HR image), processed digital image data and a successor to the High Resolution facsimile (HR-FAX), is send to the Headquarters of JMA.

WEFAX and HR image are produced at the Date Processing Center (DPC). Infrared and water vapor four-sectored pictures of WEFAX (A-D, K-M pictures) and infrared, visible and enhanced infrared polar stereographic pictures of WEFAX (H, I, J pictures) are made for users in public. Infrared, visible and water vapor HR image of polar stereographic and normalized geostationary projection are made for Forecast department of JMA. Polar stereographic HR image for monitoring sea ice and Mercator HR image for monitoring distribution pattern of sea surface temperature are made for Marine department of JMA.

1. はじめに

気象衛星センターでは、GMS が取得した VISSR データを画像プロダクトとして国内外の利用者に配信している。配信画像には、一般用として中規模利用局 (MDUS) 向けデジタル画像データの Stretched-VISSR (S-VISSR) と小規模利用局 (SDUS) 向けアナログ画像の WEFAX が、気象庁内部用として加工済みデジタル画像データの高分解能画像データがある。高分解能画像データはアナログの HR-FAX に代わる画像データである。気象衛星センターでは、このうち WEFAX と高分解能画像データを作成している。

S-VISSR は衛星回線を通じて、WEFAX は衛星回線と地上回線 (一部報道機関向け) を通じて、高分解能画像データは地上回線を通じて各利用者に配信されている。

2. データ

WEFAX および高分解能画像データ作成では、次の

データを使用する。

(1)VISSR

GMS で取得した地球画像データ。

(2)標準 VISSR

GMS で取得した地球画像データを、軌道と姿勢が理想的である仮定の静止衛星が取得する地球画像データに対応するよう、投影変換した VISSR データ。

(3)歪補正決定値

画像の位置合わせ補正のための情報。観測画像データのライン・ピクセルから緯度・経度に変換する際に利用する。

3. 処 理

3.1 S-VISSR

S-VISSR データは、衛星から送られてくる VISSR データと DPC で作成した補助情報をもとに気象衛星通信所の S-VISSR 装置で作成される。DPC から送られる補助情報は、S-VISSR データのドキュメンテーションセクタに格納される。補助情報の内容としては、

座標変換のための座標変換定数、簡易座標変換用テーブルおよび軌道・姿勢情報、物理量変換のためのキャリブレーション情報、運用スケジュール等を通知するためのMANAMがある。これらの情報は、VISSR運用情報として、座標変換情報とMANAMは1日1回、キャリブレーション情報は1日4回、DPCから気象衛星通信所へ送られる。

S-VISSRの原理については、森(1989)を参照されたい。

3.2 WEFAX

WEFAXは、気象解析を容易にするため衛星が取得した地球画像に観測値から輝度温度等への変換である物理量変換や天気図等で使用されるポーラステレオやメルカトル図法への変換である幾何学変換を施した画像である。

WEFAX作成手法の詳細については、由田(1979)を参照されたい。

計算機更新により4分割円形画像の入力画像データがVISSRから標準VISSRに変更された。標準VISSRについては、白川(1993)を参照されたい。また、衛星の水蒸気チャンネル搭載により4分割円形画像に水蒸気画像(K~N画像)が加わった。

WEFAX画像の一覧を示す。

4分割円形画像	赤外	A~D画像
	水蒸気	K~N画像
ポーラステレオ画像	赤外	H画像
	可視	I画像
	赤外強調	J画像

赤外は赤外Iチャンネル(10.5~11.5 μ m)を使用している。

この他に、運用スケジュール等を利用者に通知するための文字情報からなるMANAMと受信機器調整用テストパターンがある。

3.3 高分解能画像データ

高分解能画像データは、HR-FAXの後継画像データである。利用者側で画像処理が容易に行えるようアナログFAXから物理量変換と幾何学変換のみを施し

たデジタルデータに変更となった。

高分解能画像データの仕様を示す。

画像サイズ	2048×2048、1024×1280
画素サイズ	1バイト(256レベル)

高分解能画像データの一覧を示す。また、画像を図-1~5に示す。

気象解析用画像	赤外ポーラステレオ画像
	可視ポーラステレオ画像
	水蒸気ポーラステレオ画像
	赤外円形画像
	可視円形画像
	水蒸気円形画像
海洋解析用画像	海面水温画像
	海水画像(GMS可視)
	海水画像(NOAA赤外)

赤外は赤外Iチャンネル(10.5~11.5 μ m)を使用している。

海面水温画像と海水画像は、HR-FAXを高分解能画像データに変更したものである。作成手法は従来と同じであるが、対象範囲と使用する画像データが12時間毎4日間8画像から3時間毎1日8画像に変更となり、強調処理がなくなった。また、海水画像は、対象範囲が変更となった。作成手法については、白川(1989)を参照されたい。

4. 参考文献

- 由田建勝、高橋大知、安東義彦、1979：FAX画像データの作成、GMS総合報告、データ処理解説編(その1)、気象衛星センター技術報告(特別号II-1)、77-92
- 森喜郎、1989：ストレッチドVISSR装置、GMSシステム更新総合報告(1989年版)、I通信機器編、気象衛星センター技術報告特別号(1989)II、47-54
- 白川嘉茂、1993：標準円形画像、気象衛星センター技術報告、第27号、21-26
- 白川嘉茂、1989：FAX作成、GMSシステム更新総合報告(1989年版)、IIデータ処理編、気象衛星センター技術報告特別号(1989)II、53-65

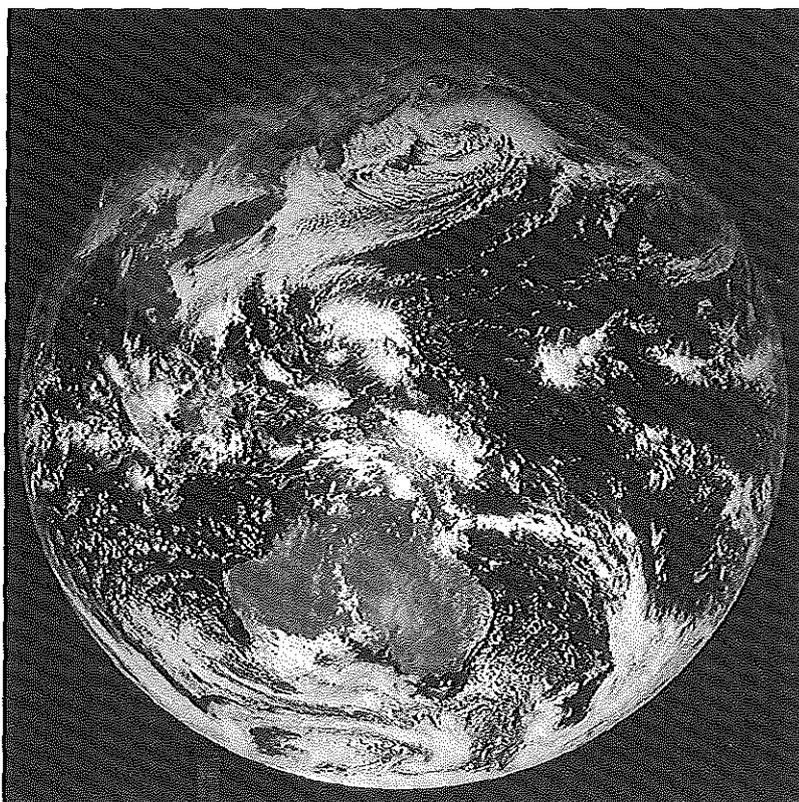
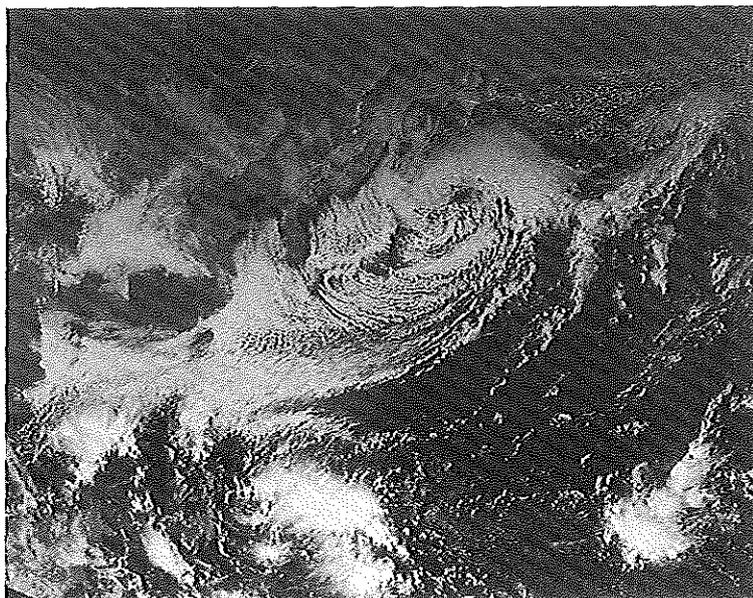


Fig. 1 Visible polar-stereographic (upper) and disk (lower) HR image.

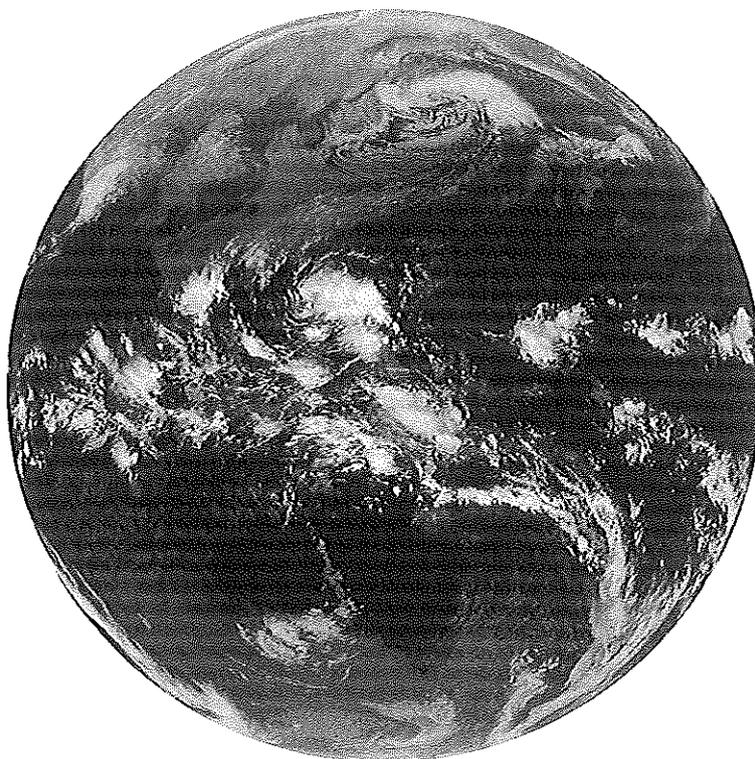
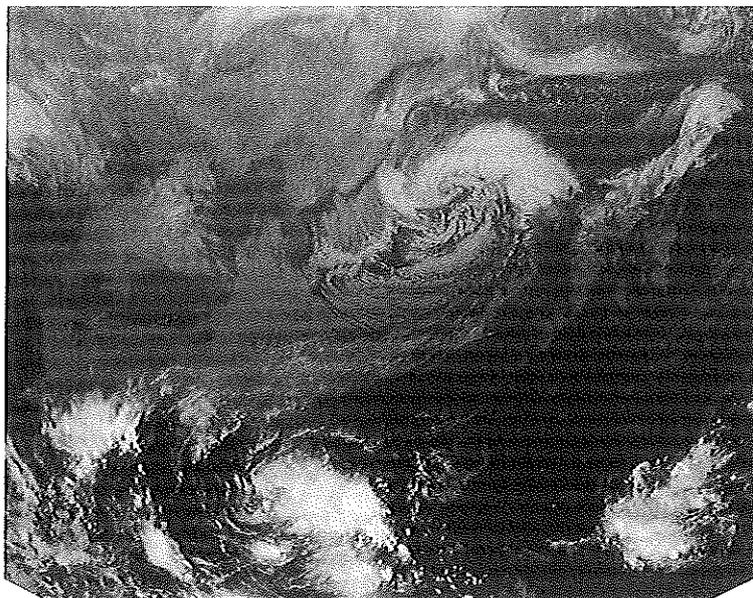


Fig. 2 Infrared polar-stereographic (upper) and disk (lower) HR image.

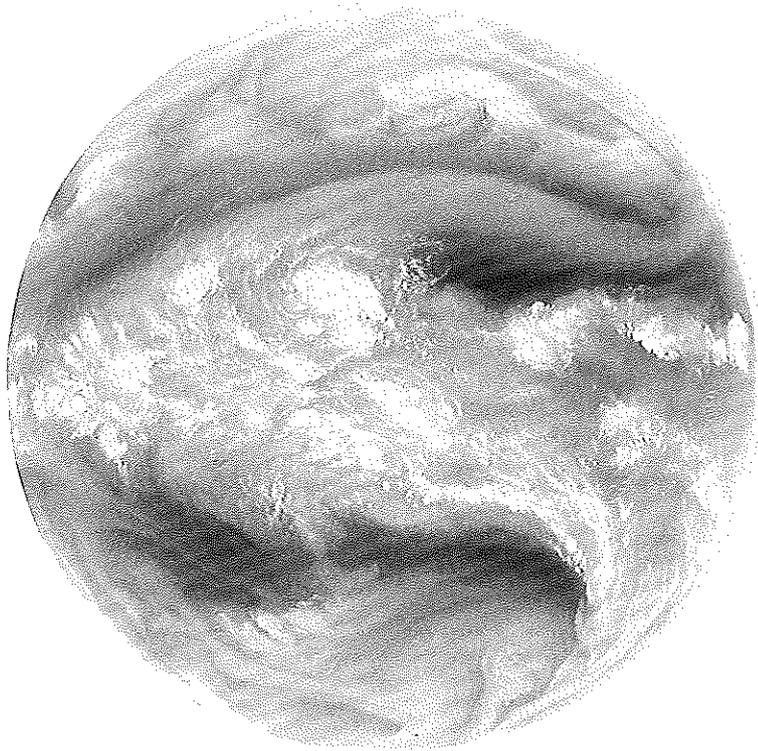
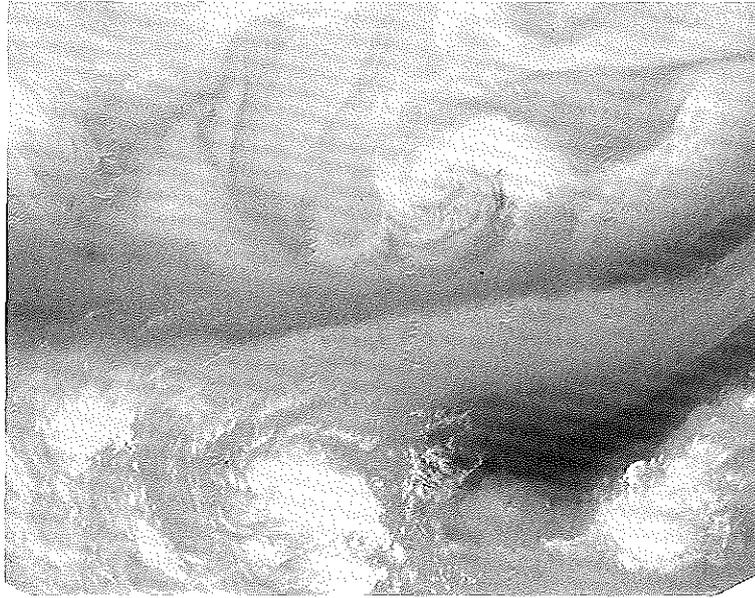


Fig. 3 Water vapor polar-stereographic (upper) and disk (lower) HR image.

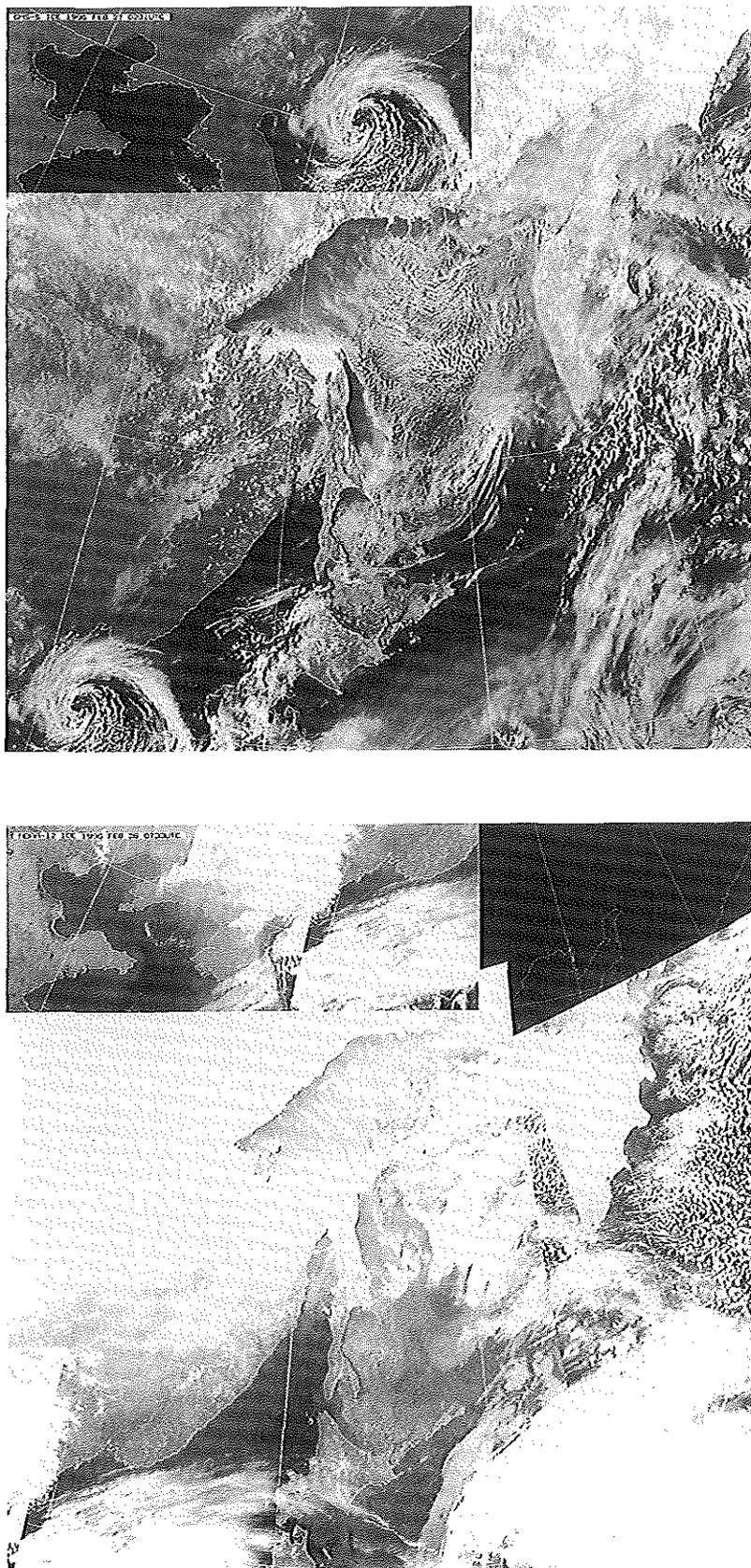


Fig. 4 Sea ice HR image (upper : GMS visible, lower : NOAA infrared) .

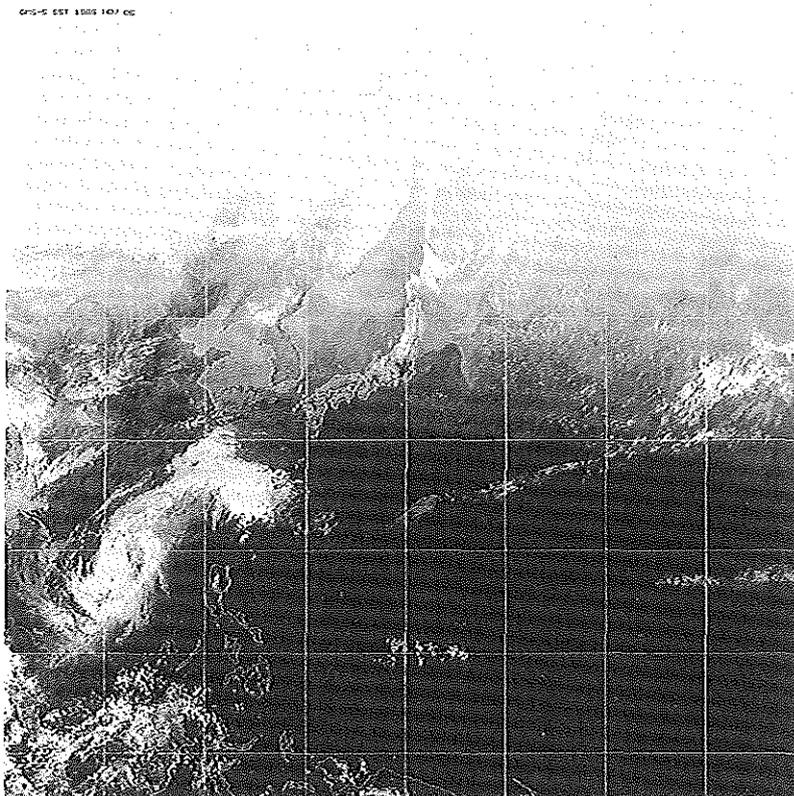


Fig. 5 Sea surface temperature HR image.



6.2 長波長放射量

6.2 Longwave Radiation

Abstract

At the Meteorological Satellite Center, the average brightness temperature that is a representative value of the total amount of longwave radiation and the OLR (Outgoing Longwave Radiation) that is thermally emitted from earth-atmosphere system are produced and disseminated. The brightness temperature can be meaningful since energy of the longwave radiation has a peak in the infrared 1 window of GMS-5. Approximation of the OLR has become possible since GMS-5 acquired the water vapor channel. The brightness temperature and the OLR are determined every three hours for the area covered by GMS-5. Continuously, each mean products of 5-day, monthly and quarterly data-sets are derived based on each 3-hourly products.

1. はじめに

長波長放射量は大気中の対流活動の目安として、長期の気象、気候を監視するデータとして利用されている。本来、長波長放射量は地球から宇宙空間へ放射される長波長放射の総量を指すが、気象衛星センターでは長波長放射量のプロダクトとして2.5度格子毎にOLR（外向き長波長放射）及び輝度温度データを作成している。OLRは大気上端での放射を見積もることを目的としてGMS-5の赤外1及び水蒸気チャンネルから算出している。また、長波長放射のエネルギーのピークがGMS-5の赤外1チャンネルの領域にあることから、輝度温度を長波長放射量の指標として作成している。GMS-4で開始された輝度温度の処理は長期的気候観測といった見地からOLRに加えて引き続き行われている。

他の衛星では、極軌道衛星 NOAA の AVHRR による推定、地球放射収支実験衛星 ERBS による観測データが全球を網羅している。また、静止衛星では METEOSAT による推定が行われている。

2. データ

平均輝度温度は0.25度格子毎の輝度レベル単位のヒストグラム情報である赤外1基本ヒストグラムから、また OLR は主として赤外1及び水蒸気チャンネルの

画像データを基にした2次元ヒストグラムから作成される。

3. 処 理

3.1 処理方法

輝度温度データの算出は以下の方法で行う。最初に赤外1チャンネルの基本ヒストグラムに格納された緯度経度各0.25度間隔の格子点データを2.5度間隔に変換し、輝度レベルのヒストグラムを作成する。次にキャリブレーション情報を利用して表1の温度階級に対する輝度温度のヒストグラムを作成し、さらに輝度温度の統計値を算出する。

OLRの算出は以下の方法で行う。最初に赤外1及び水蒸気チャンネルの輝度レベル値をキャリブレーション情報を参照して放射輝度に換算し、重回帰式(1)に代入して全波長帯の放射量を推定する。この重回帰式の係数の決定には放射伝達モデル (LOWTRAN 7) が用いられ、あらかじめ用意した大気プロファイル(気温、湿度及び他の吸収物質の鉛直分布)に対する長波長放射を全波長帯とGMS-5の観測波長帯について計算している。また、このモデルで衛星の位置(衛星天頂角)による影響の補正も行っている。0.25度格子毎に算出されたOLRから0.5度間隔及び2.5度間隔のデータが最終的に作成される。

$$OLR = c_1 + c_2 \times R_{ir} + c_3 \times R_{ir}^2 + c_4 \times R_{ir}^3 + c_5 \times R_{wv} + c_6 \times R_{wv}^2 + c_7 \times R_{wv}^3 \quad (1)$$

c_i : ($i = 1 \sim 7$) : 回帰式の係数
 R_{ir} : 赤外1チャンネルの放射輝度
 R_{wv} : 水蒸気チャンネルの放射輝度

3.2 運用方法

輝度温度データ及びOLRは3時間毎に算出され、結果は各時刻別の累積ファイルに格納される。さらに半旬、月、3ヶ月を単位とする統計処理、すなわち半旬時別値平均、半旬平均、月平均及び3ヶ月平均処理を行ってそれぞれのデータを作成するほか、等値線図を作成する。統計にあたっては、各時刻別の統計を行い、画像の欠測などにより輝度温度の日変化が統計値に及ぼす影響を回避する方法をとっている。

なお0.25度格子の特別なOLRは基本格子点データファイルに格納されており、このデータから気象庁数値予報課向けの0.5度格子のデータが作成される。

長波長放射量のうち輝度温度に関するデータは1987年3月から作成されている。OLRは1995年6月のGMS-5の運用開始とともに処理が開始された。これはGMS-5から観測チャンネル増加したことともなう。

4. 結果

気象衛星センターから気象庁の長期予報担当官署に等値線図を配信する他、気象庁気候情報課に数値データとして配信している。また0.5度格子のOLRが気象庁数値予報課に配信されている。また各統計期間毎に作成したデータは気象衛星センターで保存されている。

表 1

階級	温度範囲 (K)
1	$270.5 \leq T$
2	$265.5 \leq T < 270.5$
3	$260.5 \leq T < 265.5$
4	$255.5 \leq T < 260.5$
5	$250.5 \leq T < 255.5$
6	$245.5 \leq T < 250.5$
7	$240.5 \leq T < 245.5$
8	$235.5 \leq T < 240.5$
9	$230.5 \leq T < 235.5$
10	$225.5 \leq T < 230.5$
11	$220.5 \leq T < 225.5$
12	$215.5 \leq T < 220.5$
13	$210.5 \leq T < 215.5$
14	$200.5 \leq T < 210.5$
15	$190.5 \leq T < 200.5$
16	$T < 190.5$

6.3 雲量・対流雲量

6.3 Cloud Amount / Convective Cloud Amount

Abstract

Cloud amount is important data in order to recognize various scale meteorological phenomena from local meteorology to the global climate change. In MSC (Meteorological Satellite Center), the cloud amount is generally calculated as the ratio of the number of pixels which are justified as clouds to the number of total pixels in a small area which is derived by dividing the VISSR image data of GMS observation.

In GMS-4 operation, cloud pixels were justified by some kinds of tests with IR 1 and VIS data, and the cloud amount of 1° latitude/longitude grid and the VISSR grid data of 0.5° latitude/longitude grid as cloud amount data had been calculated. Some semi-transparent cirri were justified as middle layer clouds, etc. because their altitudes were fundamentally assigned based on the IR 1 brightness temperatures of those pixels. As IR 2 and WV channels were added when GMS-4 was replaced with GMS-5 in June 1995, it became possible to correct the altitude of a semi-transparent cloud and to justify the convective cloud amount by the use of the difference of brightness levels among channels by the differences of cloud kinds and statuses.

Therefore, as the altitude of a semi-transparent cirrus is more correctly assigned for GMS-5 image data than for GMS-4, the precision of the each layer cloud amount based on the number of pixels allocated to each layer by the corrected altitude was improved. As for the convective cloud, the cumulo-nimbus is justified by its properties that the difference of the brightness temperature between IR 1 and WV is small, and the cumulus is justified by its properties that the difference of that between IR 1 and IR 2 is small. These cloud amount and convective cloud amount data which are contained in VISSR grid data of 0.5° latitude/longitude are disseminated to Numerical Prediction Division in JMA.

Besides, the cloud amount data calculated from IR 1 by similar algorithm until GMS-4 has been successively disseminated to Climate Prediction Division in JMA to be used for climate data.

1. はじめに

雲量は、局地的な気象から地球規模の気候変動までの様々な規模での現象を把握する上で重要なデータである。気象衛星センターでは、雲量の算出は一般的に、GMSの観測で取得されたVISSR画像データを小領域に分割し、そこに含まれる画素について雲かどうか判定し、各小領域内で雲とみなされた画素数の全画素数に対する比率を計算して行っている。

GMS-4では赤外1と可視データを使い、いくつか

の判定テストを行って雲画素を識別し、1°格子の雲量及び0.5°格子の雲量データであるVISSR格子点データのみが作成されていた。基本的に赤外1データの温度を基に高度を設定するため、半透明な巻雲は中層雲等に識別されることがあった。(気象衛星センター技術報告特別号(1989)Ⅱ参照。)GMS-4からGMS-5に変わり、赤外2及び水蒸気チャンネルが追加されたため雲の種類・状態の違いによるチャンネル間の輝度レベルの違いを利用して、半透明雲の高度補正や対流雲の判別が可能となった。そのためGMS-4まで

よりもより正確に半透明の巻雲の高度を推定できるようになり、補正された高度によって各層に分けられる層別雲量の精度が向上した。また、対流雲については積乱雲は赤外1と水蒸気チャンネルの輝度温度差が小さくなり、積雲は赤外1と赤外2チャンネルの輝度温度差が小さくなる性質を利用して識別される。このように算出された雲量と対流雲量は、 0.5° 格子の VISSR 格子点データとして数値予報課へ配信されている。

尚、GMS-4 までと同様のアルゴリズムで赤外1チャンネルのデータから算出された雲量も、気候値データとして継続して気候情報課に配信されている。

2. 入力データ

①雲量（気候値用）データ作成用

- ・基本ヒストグラムデータ（VIS, IR 1 を使用）
VISSR 画像データの各チャンネルについて緯経度 0.25° の格子内の各輝度レベル毎の画素数として作成されたヒストグラム。
- ・鉛直温度（補正済）データ
数値予報格子点データ及び大気補正值（赤外1）
（各高度においてそれより上層の大気の影響で衛星観測の温度が実際より低くなることを補正する数値）からなり、雲の輝度温度より高度を決定するため使用される。

②VISSR 格子点データ内の雲量（数値予報用）データ・対流雲量データ作成用

（上記データ内容の 0.25° 格子のものが基本格子点データ作成の際に作成されるので、ここでは基本格子点データ作成の入力データを記す。）

- ・基本ヒストグラムデータ（VIS, IR 1, WV, SP）
- ・赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータ
鉛直プロファイルの特定の層に黒体の雲を設定した時に、衛星で観測される IR と WV の放射量を放射計算で求めて対応テーブルにしたもの。
- ・2次元ヒストグラムデータ
緯経度 0.25° 格子に含まれる赤外1と水蒸気、赤外1と赤外2のそれぞれ2つのチャンネルのデータを組み合わせて作成されたヒストグラムデータ。
- ・鉛直温度（補正済）データ
- ・雲クラスターデータ

赤外1、赤外2、水蒸気の3次元ヒストグラムと赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータから雲域のクラスター解析及び対流雲判別解析を行ったデータ。緯経度 2.5° 格子単位に作成され、雲の光学的性質によりいくつかのクラスターに区分けする基準、及び対流雲等を識別する5つのカテゴリーに分けるための基準が含まれている。

3. 処 理

3.1 アルゴリズム

①雲量（気候値用）

GMS の観測で取得された VISSR 画像データは緯経度 0.25° 格子の小区画に分割される。各区内の画素の輝度レベルに対するヒストグラムに対して、可視・赤外のそれぞれについてヒストグラム形状テスト（晴天域ではヒストグラムが特有の形状となることを利用）、しきい値テスト（温度やアルベドにおいてあるしきい値を用いて晴天域を識別）を行い、各々のテスト結果の組合せによって「晴天域あり」を判別する。ここで「晴天域あり」と判定されれば、赤外ヒストグラムの高温側（又は可視ヒストグラムの低アルベド側）から一定割合の平均を当日の晴天輝度温度（又は晴天反射量）とし、晴天域がない場合は、前日のものに補正を加えて算出する。このようにして算出された晴天放射（晴天輝度温度、及び晴天反射量）は翌日の晴天判別に使用される。

赤外のしきい値テストでは、前日の晴天輝度温度より、場所及び観測時刻別の表面状態の特徴を考慮した適当な温度幅だけ低い温度をしきい値として、それより低い輝度温度の画素を雲と考える。

上記のような晴天放射の算出で用いたしきい値によって、雲画素と晴天画素を区分けする。赤外ヒストグラムにおいて、この値より低い温度の画素を雲とし、さらに各雲画素を、雲の上の大気による温度減少分を補正した鉛直温度分布データを用いて、観測された画素の温度によって5層（地上 ~ 700 hPa、 $700\sim 600$ hPa、 $600\sim 500$ hPa、 $500\sim 400$ hPa、 400 hPa以上）に区分けする。なお、補正前の鉛直温度分布データは気象庁の数値予報モデルの12時間または18時間予報の緯経度 2.5° 毎の格子点データである。

ここまでの緯経度 0.25° 格子のデータを16個集めて、

1° 格子のデータとし、1° 格子内の全画素数に対する雲画素数を計算し全雲量とする。さらに400hPaを境として雲画素を区分けし、それぞれ全画素数で除し、上層雲量、下層雲量を計算する。

②VISSR 格子点データ内の雲量 (数値予報用) と対流雲量

従来の IR 1 以外に、IR 2 または WV チャンネルを使用して、半透明雲の高度補正や対流雲の識別を行う。

1) 雲量 (数値予報用)

基本的には気候値用雲量と同じで、各格子内で雲域画素数を全画素数で除して求めるが、赤外 1 と水蒸気チャンネルを組み合わせて、半透明雲の高度補正を行うことが異なる。黒体における高度変化に伴う赤外と水蒸気対応関数と格子内の画素の輝度レベル分布を比較して半透明雲を識別する。半透明雲について、赤外と水蒸気のチャンネルの射出率が等しいと仮定し、衛星観測放射エネルギーと雲と地上からの放射エネルギーとの関係式に観測値を代入して、赤外と水蒸気のチャンネルの雲の放射エネルギーの関係を導く。これと、黒体における高度による赤外と水蒸気の対応関数を使って、実際の高度を求める。さらにこの高度補正された画素をその高度によって各層に区分けし、補正された層別雲量 (各層の雲画素数を全画素数で除したもの) を求める。

2) 対流雲量

対流雲 (積乱雲及び積雲) の雲量は、緯経度 0.25° の格子点毎に以下の様に算出される。

400hPa より上層にあると判断された雲画素については、赤外 1 と水蒸気チャンネルでの雲の射出率が等しいと仮定した上で、射出率が高い (1 に近い) 場合を積乱雲などの対流雲、小さい場合を巻雲などの非対流雲と考える。

400hPa より下層にあると判断された雲画素については、水蒸気チャンネルでは雲からの放射が大気中層の水蒸気の影響で減少するため検出が難しくなるので、赤外 1 と赤外 2 のチャンネルのデータを用いる。この 2 つのチャンネルで観測された画素の温度差が小さい場合を対流雲 (積雲) と考える。これは積雲では雲層が厚く、また両チャンネルともに雲頂からの放射がほとんどを占める

ので、雲層内での水蒸気吸収によるチャンネル間の観測温度差が小さいと考えられるからである。

以上のようにして得られた 400hPa をはさんだ上下の層の対流雲と判断された画素数を合計し、各格子内の全画素数に対する割合を算出する。

3.2 処理方法

①雲量 (気候値用)

データの算出範囲は 59.5° N-59.5° S、80.5° E-160.5° W である。まず、赤外 1 と可視チャンネル基本ヒストグラムデータのみから、緯経度 0.25° 格子の基本格子点データ (気候値雲量用) を作成する。ここで各格子について全雲画素数が算出され、また前述の補正した鉛直温度分布データの 5 層の温度を用いて、観測された画素の温度によって各層に振り分け、各層の画素数を計算する。この 0.25° 格子間隔の格子点データを 16 個集めて 1 度格子間隔のデータとし、雲画素数を全画素数で割り雲量を求める。400hPa を境として上下の層の雲画素数をおのおの全画素数で除して上層雲量、下層雲量を算出し、全雲量を算出する。

②VISSR 格子点データ内の雲量 (数値予報用) と対流雲量

まず、基本ヒストグラム、2 次元ヒストグラム、雲クラスターデータ及び赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータより基本格子点データ (緯経度 0.25° の格子点データで、雲画素についての統計量等の基本的物理量を集約したデータベース) が作成される際に雲画素数 (数値予報用)・対流雲画素数が算出される。さらに 0.25° 格子を 4 つ併合し 0.5° 格子とし、VISSR 格子点データ内の雲量 (数値予報用)・対流雲量が作成される。作成範囲は 50° N-50° S、90° E-170° W である。

1) 雲量 (数値予報用)

基本格子点データ作成時に、2 次元ヒストグラム又は雲クラスターデータを使い、赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータによって半透明雲を判別し高度を補正する。高度補正が施されたうえで各画素が各層に振り分けられて層別雲画素数が算出され、同時に算出された輝度温度の平均値・標準偏差・最小値とともに上記のように格子変換される。ここで層別雲画素数を全雲画素数で除して

層別雲量を算出している。

2) 対流雲量

基本格子点データ作成時の対流雲画素数の算出は、 2.5° を1ブロックとして、これに含まれる 0.25° の格子100個について同一大気プロファイルとして扱う。したがって、 2.5° の格子間隔内で水蒸気と赤外1のカウント値の組合せに関する判別結果、と赤外1と赤外2のカウント値の組合せに関する判別結果を予め用意して、それぞれの格子点毎に同一のカウント値の組合せについては直ちに結果が得られるようになっている。

3.3 運用方法

①雲量（気候値用）データ

3時間毎に1日8回、時別値が作成され、それらを平均し日平均値を算出し、これをもとに半旬（5日）、月の各期間の平均値を算出する。さらに3ヶ月上層雲量平均値を月上層平均値より算出する。同時に半旬、月、3ヶ月の上層雲量については、「ひまわり」の観測から作成された平年値からの偏差を算出する。

偏差を算出するための平年値の作成に使用したデータは1987年3月から1995年5月までは、1978年2月から1987年2月の9年間に累積された雲量、1995年6月以後は、1978年2月から1990年までの13年間のものである。

1978年4月から1987年2月の期間の雲量の算出範囲は、 50.5° N – 49.5° S 、 90.5° E – 170.5° W の海上部分である。1987年3月以後は現行と同じ範囲である。

月統計は、1993年8月までは6半旬（8月のみ7半旬）のデータを平均して算出していたが、1993年9月からは日平均値から暦月の期間で平均して算出している。

②VISSR 格子点データ内の雲量（数値予報用）と対流雲量

まず3時間毎に、基本格子点データ内のデータとして 0.25° 格子のデータが作成され、さらに6時間毎に VISSR 格子点内のデータとして、 0.5° 格子に格子変換され作成される。

4. 結 果

気候値用雲量については半旬・月・3ヶ月の平均・偏差の統計が等値線図または電文の形態で気候情報課向けに配信される。

VISSR 格子点データ内の雲量（数値予報用）と対流雲量は、GRIB 形式で6時間毎に数値予報課向けに配信される。

これらのデータを使う場合には、以下の注意が必要である。

雲量（気候値用）データは、ひまわり4号以前と5号以後の雲量データの連続性を保つため、4号までと同様の作成法を用いている。一方、1995年6月より新しくなった VISSR 格子点データ内雲量（数値予報用）データは、前述のように半透明雲の高度補正を行っており、上層雲が4号までのものより多めにでている。

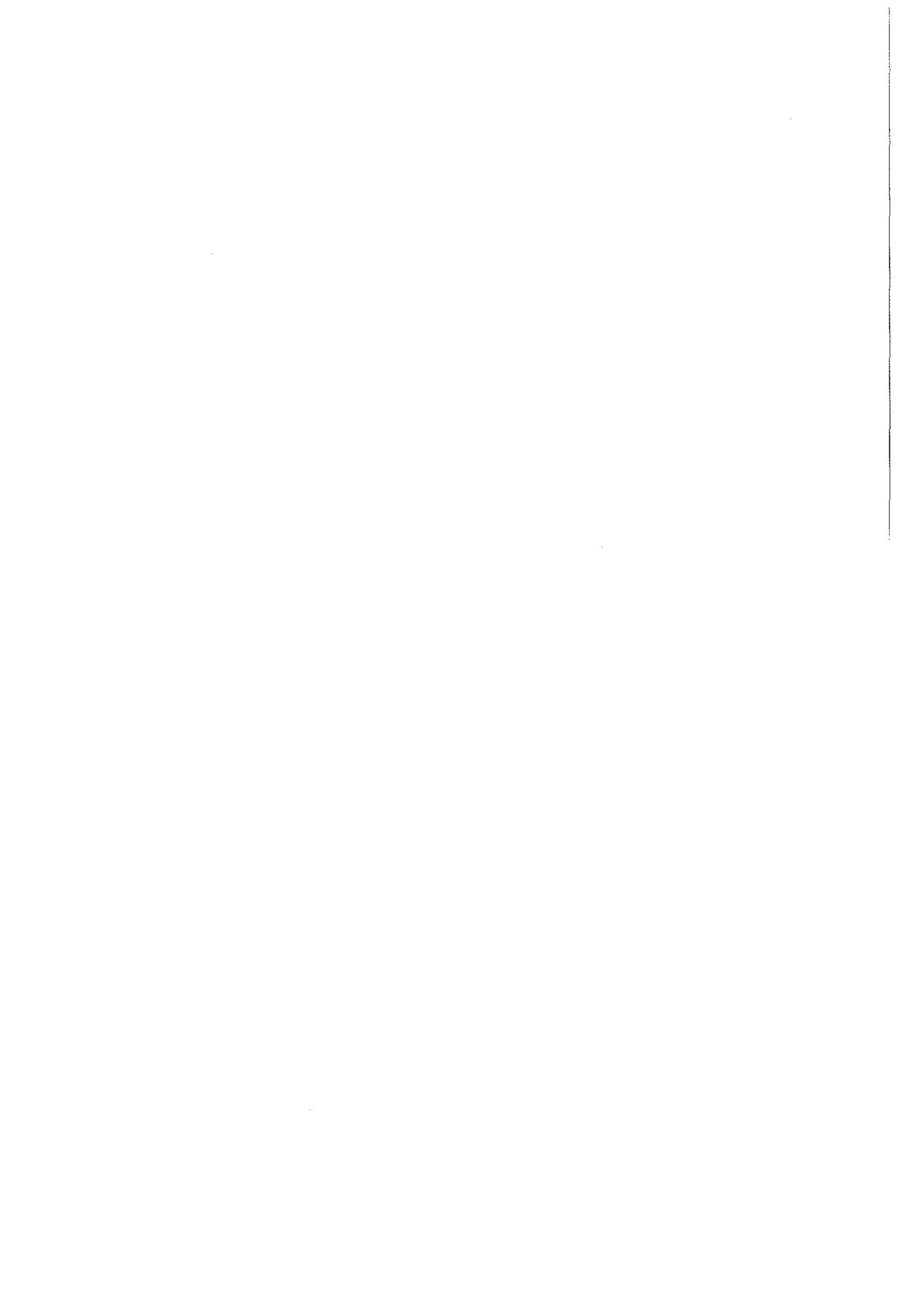
実際の雲の射出率は雲種や大気状態によって0から1の間で様々に分布するので、衛星で観測した輝度温度は地表や下層の雲からの放射も混合したものであり、単一の雲とみなした場合、高度補正をしなければ雲の高度の推定誤差となり、ひいては雲頂温度により5層に分けて求める層別雲量が異なる。これは特に、上層の薄い巻雲について効果が大きいので、雲量（気候値用）データを用いる場合は注意が必要である。また、画素が覆う範囲に比べ小さな雲の場合も誤差要因となる。

また、陸上では海面に比べて表面の温度及び被覆状態の変化が大きいので、しきい値テストに用いるため設定している、晴天放射からしきい値までの温度幅（またはアルベド幅）が対応しない場合は晴天放射の誤差も大きくなる可能性があるため、使う際には注意が必要である。

対流雲量については、次の点について注意が必要である。まず上層の対流雲については、鉛直方向に厚みをもった厚い巻雲や、低気圧及び前線のシステムの悪天域を構成する層状の厚い雲域を対流雲（積乱雲）と判別する場合がある。下層雲については、特に高緯度で層状の雲（衛星画像上で層雲・層積雲の特徴を持つ雲）を対流雲（積雲）として判別する場合がある。

参考文献

- Japan Meteorological Agency & Japan International Cooperation Agency, 1994 : Lecture notes JICA group training course in meteorology vol. III, III. 7
- 大沢和裕、1989 : 雲量分布、気象衛星センター技術報告特別号 II、GMS システム更新総合報告 II データ処理編、147-154
- 気象衛星センター1988 : 気象衛星利用の手引き、86-92、97-98
- 気象衛星センター1996 : 気象衛星利用の手引き、32-34、36
- 佐々木秀行、1989 : 基本格子点データの作成、気象衛星センター技術報告特別号 II、GMS システム更新総合報告 II データ処理編、123-139



6.4 上層水蒸気量

6.4 Upper Tropospheric Air Humidity (UTH)

Abstract

An upper tropospheric air humidity (UTH), which is defined as an upper tropospheric relative humidity for a layer between 600 and 300 hPa (Poc et al., 1980), is retrieved from GMS-5 VISSR "water vapor" channel at 6.7 μm band, designated WV, and "split window" channel at 11 μm band designated IR. This estimation scheme was developed at the European Space Operations Center (ESOC) of the European Space Agency (ESA) as an operational algorithm from radiance measurements in 6.3 μm channel of the geostationary satellite METEOSAT (Schmetz and Turpeinen, 1988).

The physical retrieval method is based on an efficient radiative transfer scheme which uses the temperature forecast profiles from the Numerical Weather Prediction (NWP) of the Japan Meteorological Agency (JMA) as an ancillary data. Theoretical radiances for the given temperature profile and a set of fixed upper tropospheric humidities are employed to relate the observed radiance to mean humidity for a layer between 600 and 300 hPa. The retrieval is confined to areas with neither medium-nor high-level clouds.

1. はじめに

大気中の水蒸気は鉛直運動によって輸送され、大気の大循環や熱収支に大きな役割を果たしている。雲や降水などと同様に、ラジオゾンデによる大気中の水蒸気量の測定は数値予報をはじめとして日々の天気予報には不可欠なデータを提供している。また、地球規模の気候変動の観点からは、水蒸気が温室効果気体となるため、その分布及び変動の観測は、気候変動の監視にとっても役立つものである。

上層の水蒸気量は、ラジオゾンデによる観測では、精度が比較的 low、また、水蒸気の分布自体も大きく変動するため、衛星によるリモートセンシングの様に、均一な精度で広範囲な観測が可能な観測手段及び推定手法の開発が急務となっている。

欧州宇宙機関 (ESA) の静止気象衛星 (METEOSAT) に搭載された赤外水蒸気チャンネルセンサーで観測された輝度温度と 600hPa 以上の気層に含まれる水蒸気量の間が良い相関があり (Poc et al., 1980)、ESA では、METEOSAT の赤外水蒸気センサーを用いて、300

hPa から 600hPa の間の気層に含まれる水蒸気量 (上層水蒸気量 (UTH) と定義) を推定する手法を開発している (Schmetz and Turpeinen, 1988)。

GMS-5 に新たに搭載された赤外水蒸気センサーは、METEOSAT の赤外水蒸気センサーと同様の特性をもっているため、今回、ESA と同様の手法を用いて、GMS-5 の赤外水蒸気センサーから、上層水蒸気量を推定するアルゴリズムを開発した。

2. 算出処理

図 1 に、上層水蒸気量算出処理の処理フローを示す。

STEP 1 : 赤外 2 次元ヒストグラムの作成

北緯 60 度 ~ 南緯 60 度、東経 80 度 ~ 西経 160 度の領域を東西・南北 0.25 度 \times 0.25 度の格子領域に分ける。各格子領域に含まれる GMS-5 の赤外チャンネルセンサーで観測された画素 (約 25 個) の内、赤外 1 チャンネル (11 μm 帯) 及び赤外 3 チャンネル (6.7 μm 帯) の観測カウント値 (0 ~ 255) を用いて、それぞれを座標の要素とする 2 次元ヒストグラムを作成する。

STEP 2 : 赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータセットの作成

- (1) 気象庁の数値モデルの12時間予報値と18時間予報値(2.5度格子間隔)を衛星の観測時刻に内挿して、大気鉛直温度分布データを作成する。
- (2) 上層の平均湿度については、1、20、30、40、50、70及び100%の7つの大気状態を仮定する。
- (3) 雲については、各指定気圧面(1000hPa~10hPaの17層)に「黒体の」雲を置いた17の状態を仮定する。
- (4) こうして設定した $7 \times 17 = 119$ 通りの大気に対して、GMS-5の赤外1及び3チャンネルで観測されるであろう輝度温度を理論的に計算し、赤外1及び3チャンネルの観測カウント値から上層の平均相対湿度を求める換算テーブルを作成する。赤外放射の計算方法については、第3項で述べる。

STEP 3 : 上層水蒸気量の推定

- (1) 別途作成された、0.25度格子の「基本格子点データ」(6.3章「雲量・対流雲量」参照)に含まれる層別雲量を用いて、「晴天」(600hPaより上層に雲がない)と判定された格子点を抽出する。
 - (2) 抽出された個々の格子点領域に含まれる画素の内、赤外1チャンネルの輝度温度が、「しきい値: T_c 」より暖かい画素(図1左側のIR/WVの散布図で、IRの輝度温度が T_c より暖かい領域に含まれる画素)を抽出する。
 - (3) 抽出された個々の画素について、その赤外1及び3チャンネルで観測された観測カウント値の組み合わせに対して、「赤外・水蒸気放射量対応テーブルデータセット」を参照し、これを内挿補間することにより、相対湿度を算出する。
 - (4) 格子点の相対湿度は、(3)で算出された個々の画素の相対湿度を平均したものを採用する。
- (注) 実際の運用では、「しきい値: T_c 」を用いずに、その格子点領域に含まれる画素の内、赤外1の輝度温度が最大のものを抽出して計算している。

3. 赤外放射の計算方法

大気鉛直温度及び水蒸気分布が与えられたとき、GMS-5の赤外1及び3チャンネルで観測されるであ

ろう放射量は、簡略化した大気モデルを導入し、赤外放射伝達モデル計算から求めることができる。

(1) 入力データ

大気鉛直温度分布データは、(北緯60度~南緯60度、東経80度~西経160度)の範囲の2.5度毎の格子点データを用いる。この全格子点データを一括して読み込み、2次元のスプライン補間で算出を行う格子点位置での鉛直温度分布を求めている。鉛直方向には各指定気圧面の間を直線補間することにより、全部で100層に内挿している。

雲は"plane parallel"な黒体として、各指定気圧面高度に、その気温を黒体温度として与えている。

吸収気体としては、赤外3チャンネルで観測される放射量を計算する場合は、水蒸気のみを考慮し、赤外1チャンネルの場合は、水蒸気以外に、二酸化炭素、酸素、窒素等の他の吸収物質も考慮している。

(2) 算出スキーム

本処理の赤外放射量の算出スキームで用いる吸収係数の決定については、以下の手法を用いている。

気体の吸収には、連続吸収と線吸収の2種類があり、連続吸収帯では、吸収係数は波数にあまり依存しないため、吸収係数の計算については、LOWTRAN 7 (Kneizys, et al., 1988)と同じ方法を採用している。線吸収の吸収線のパラメタライズの方法としては吸収線の再配置によるk-分布モデル(Chou, 1984)を用いている。このk-分布モデルによる算出の方法の概要は、

- ・ある波数間隔内を線吸収の形を表現できる程度に細かい波数間隔に分け、透過率を計算する(line-by-line計算)
- ・次に、その透過率を大きい順に並べ直し、階段関数で近似する
- ・この処理により、元の波数間隔内での透過率が、いくつかの小区分の透過率の平均として表現できる。具体的な手順は、Uchiyama (1992)の方法で、k-分布を計算することにより、吸収係数(correlated-k (Hansen, et al., 1983))の初期値を選び、その初期値を、Asano and Uchiyama (1987)の方法で補正して最終的な係数を計算し、データセットとしている。

Upper Tropospheric Air Humidity

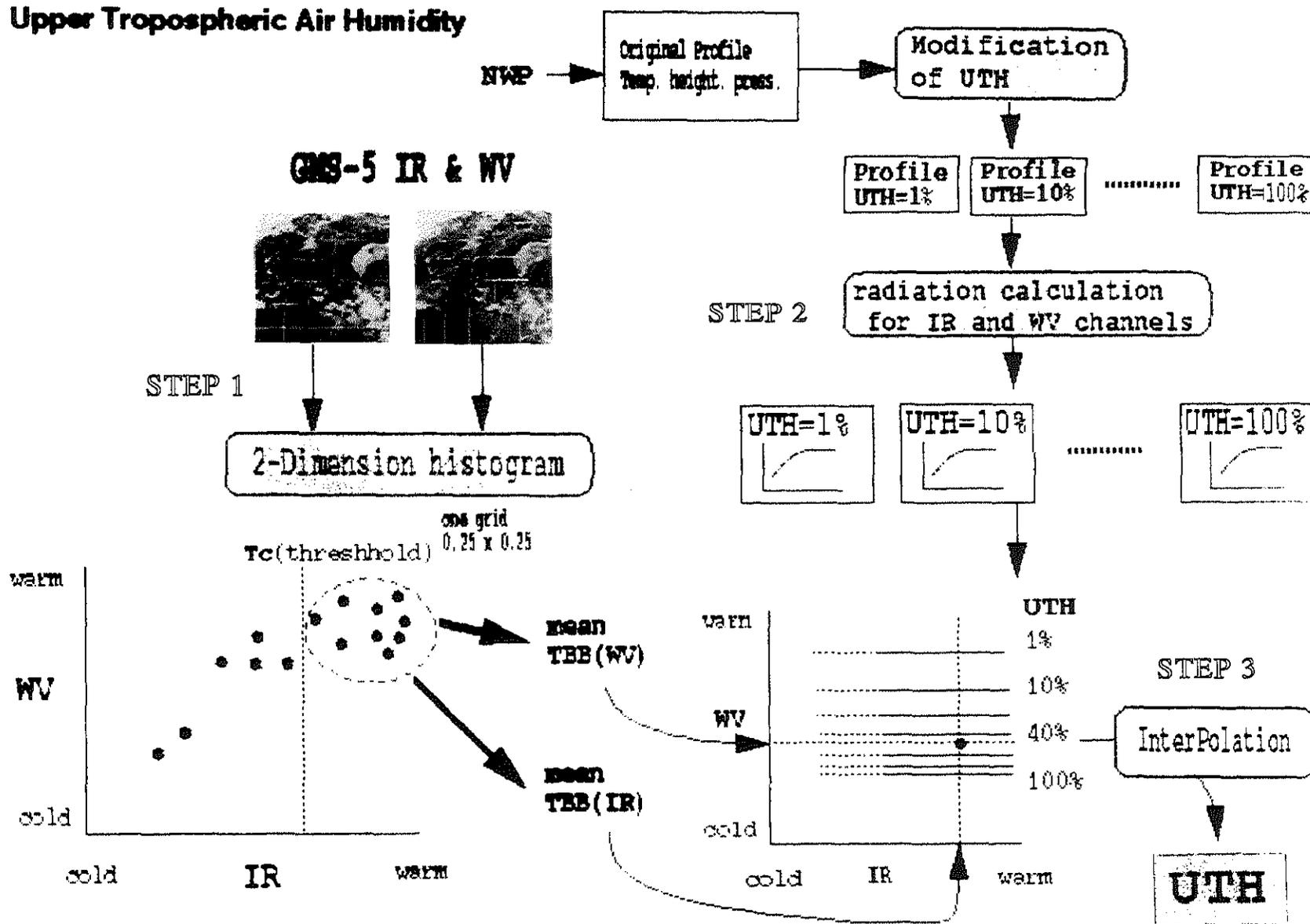


Fig. 1 Schematic figure of the algorithm for Upper Tropospheric Air Humidity (UTH).

赤外放射の計算は、まず 10cm^{-1} 毎に、大気各層を等温で均一な気層と仮定して透過率を求める。次に、散乱を無視した単純な放射伝達モデルを使って、雲の高度(晴天の場合は地表)から大気上縁まで、衛星天頂角を考慮して、大気各層からの放射量を積分することにより、大気の上縁における各波長帯の放射量を求める。更に、GMS-5の赤外1及び3チャンネルのセンサーの応答関数を用いて 10cm^{-1} 毎の放射量を積分することにより、各赤外センサーで観測されるはずの輝度温度を求める。

4. 運用方法

上層水蒸気量は1日8回、3時間毎に作成され、1日4回、6時間毎に気象庁本庁に配信される。

5. 算出精度

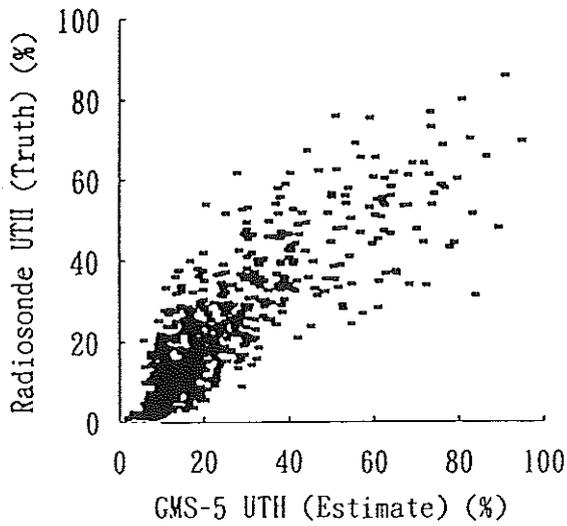
推定された上層水蒸気量は、(東経80度～西経160度、北緯60度～南緯60度)の範囲のラジオゾンデ観測から計算された値と比較し、精度の評価を行っている。図2.1に1996年10月の1カ月間のラジオゾンデによる観測値と衛星による推定値の散布図、図2.2に1996年1年間の推定誤差の変動を示す。また、図2.3に参考として、METEOSATから算出された上層水蒸気量とラジオゾンデとの比較を示す。GMSからは、METEOSATとほぼ同じ精度で、上層水蒸気量が推定されていることがわかる。

6. おわりに

欧州のMETEOSAT、米国GOES及び日本のGMS-5のすべてが赤外水蒸気チャンネルを、搭載し、静止衛星を用いた全球の上層水蒸気量のモニタリングが可能になった。今後、数値予報や気候の分野で、衛星から推定した上層水蒸気量データの利用の促進が期待される。

参考文献

- Asano S. and A. Uchiyama, 1987: Application of an extended ESFT Method to calculation of solar heating rates by water vapor absorption, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* Vol. 38, N 0.2, pp. 147-158
- Chou M.D., 1984: Broadband Water Vapor Transmission Functions for Atmospheric IR Flux Computations, *J. Atmos. Sciences*, Vol. 41, No. 10
- Hansen, J., G. Russell, D. Rind, P. Stone, A. Lacis, S. Lebedeff, R. Ruedy and L. Travis, 1983: Efficient three-dimensional global models for climate studies: Model I and II, *Mon. Wea. Rev.*, 111, 609-662
- Kneizys, F. X., E. P. Shettle, L. W. Abreu, J. H. Chetynd, G. P. Anderson, W. O. Gallery, J. E. A. Selby and S. A. Clough, 1988: Users guide to LOWTRAN 7, Report AFGL_TR-88-0177, Hanscom AFB, Mass.: Air Force Geophysics Laboratory
- Poc M. M., M. Roulleau, N. A. Scott and A. Chedin, 1980: Quantitative Studies of Meteosat Water-Vapor Channel Data, *J. Appl. Meteor.*, 19, 868-876
- Schmetz, J., and O. M. Turpeinen, 1988: Estimation of the upper tropospheric relative humidity field from METEOSAT water vapor image data, *J. Appl. Meteor.*, 27, 889-899
- Uchiyama A, 1992: Line-by-line computation of the atmospheric absorption spectrum using the decomposed Voigt line shape, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* Vol. 47, N 0. 6, pp. 521-532



UTH (%)	(Satellite - Radiosonde)		
	N	BIAS(%)	RMS(%)
0 - 10	274	0.6	5.2
10 - 20	282	-1.0	7.9
20 - 40	190	-1.3	9.2
40 - 60	51	3.4	13.3
60 -	44	16.5	20.8
All	841	0.6	9.0

N = 841 CORR= 0.85
 BIAS= 0.6 (%) RMS = 9.0 (%)

Fig. 2.1 Comparison of the radiosonde-derived "ground truth" Upper Tropospheric Air Humidity (UTH) with the corresponding GMS-5 IR-derived values in October 1996.

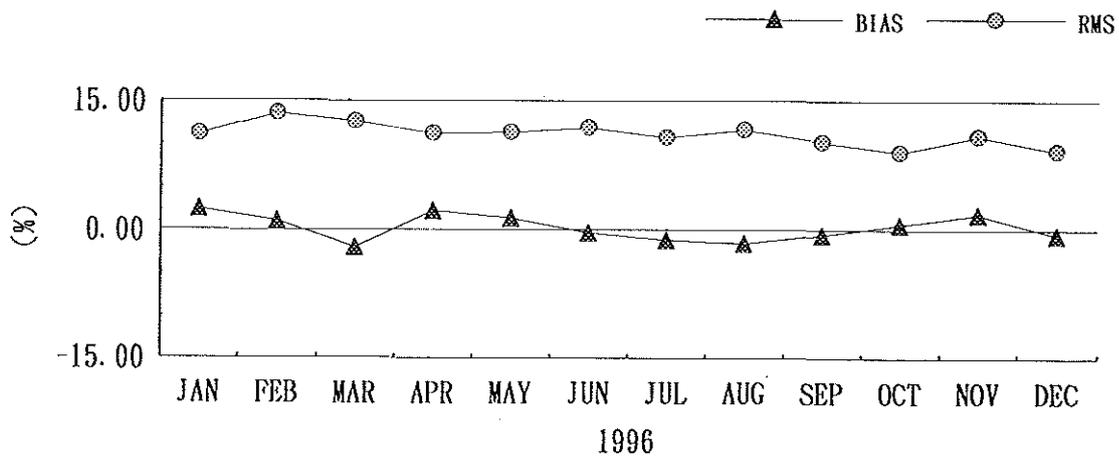


Fig. 2.2 Annual variation of the Upper Tropospheric Air Humidity (UTH) evaluation with BIAS and RMS error in 1996.

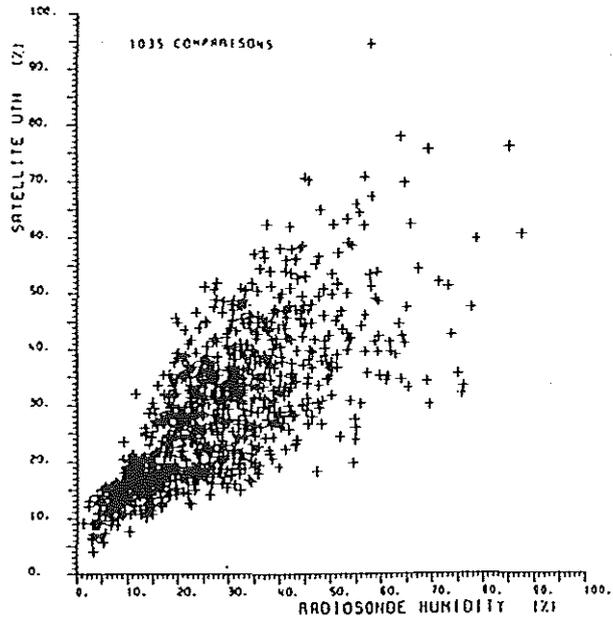


Fig. 2.3 Comparison of the radiosonde-derived "ground truth" Upper Tropospheric Air Humidity (UTH) with the corresponding METEOSAT IR-derived values (Schmetz and Turpeinen, 1988).

6.5 可降水量

6.5 Precipitable Water Amount (PWA)

Abstract

A Precipitable Water Amount (PWA), which is defined as a mean column value of water vapor content of the lower troposphere and is well correlated with air temperature between 700 hPa and 920 hPa (Chesters, 1983), is retrieved from a difference of radiance observed through GMS-5 VISSR "split window" channels at 11 and 12 μm band, designated SP 1 and SP 2 respectively. This estimation scheme was developed by Chester et al. (1987) at the NASA Goddard Space Flight Center from radiance measurements in 11 and 12 μm "split window" channels of the VISSR Atmospheric Sounder (VAS) on board the Geosynchronous Operational Environmental Satellite (GOES) of the U.S.A.

The PWA is calculated using regression equation of an equivalent black-body temperature (TB) observed in SP 1 and SP 2, and a temperature at 700 hPa from the Numerical Weather Prediction (NWP) of the Japan Meteorological Agency (JMA) as an ancillary data. Coefficiencies of the equation were empirically decided from colocated observations of GMS-5 and radiosonde. The retrieval is confined to areas under clear sky condition.

1. はじめに

可降水量は単位面積の底面積をもつ鉛直気柱に含まれる水蒸気の総量を指す。これには雲や降水を構成する液相の水は含まれない。水蒸気は相変化により大気の熱収支に大きくかかわっている。また、梅雨時のように水蒸気が輸送され、その収束帯に多くの降雨が発生することなど、水蒸気の動態は天気によく影響する。一般的に、水蒸気は大気下層にほとんどが含まれており、その観測は、地上観測、ラジオゾンデ観測、衛星観測などにより行われているが、静止衛星による観測から水蒸気の分布が観測できれば、定時に決まった範囲のデータが数値予報などの利用者に提供でき非常に有用である。米国海洋大気庁 (NOAA) では、静止環境衛星 GOES に搭載された赤外スプリットウィンドウチャンネル (11 μm 帯及び 12 μm 帯) センサーを用いて可降水量を算出する手法を開発しており (Chester et al., 1983, 1987)、今回、同様の手法を用いて、GMS-5 に新たに搭載された赤外スプリットウィンドウチャンネルセンサーから、可降水量を推定する

アルゴリズムを開発した。

2. 算出原理

図 1 に可降水量算出原理の概念を示す。

大気の窓領域 (10~12 μm 帯) を観測する GMS-5 の赤外 1 (11 μm 帯) と赤外 2 (12 μm 帯) チャンネルのセンサー間では、水蒸気による赤外放射の吸収に差があり、これに起因する輝度温度差を利用して水蒸気量の推定が可能になる。

1 層の等温大気からなる簡単なモデルでは、ある波長帯のセンサーの観測する赤外放射 I_{obs} は、地表からの赤外放射 I_{sf} と大気からの赤外放射 I_{atm} を用いて次式で近似できる。

$$I_{\text{obs}} = \tau * I_{\text{sf}} + (1 - \tau) * I_{\text{atm}} \quad (1)$$

ここで τ は大気の透過率を表す。

更に、赤外放射は、赤外放射を黒体放射として、代表的な温度 T のまわりでテーラー展開することにより、

$$I = B(T) \simeq B(T) + \frac{\delta B(T)}{\delta T} * (T - T) \quad (2)$$

と表現される。

(2)式の関係を用いると、(1)式は、

$$T_{obs} = \tau * T_{sfc} + (1 - \tau) * T_{atm} \quad (3)$$

と近似でき、赤外1及び2チャンネルで観測される輝度温度 (T_{11} 及び T_{12}) に対して、(3)式は、それぞれ、

$$T_{11obs} = \tau_{11} * T_{11sfc} + (1 - \tau_{11}) * T_{11atm} \quad (4)$$

$$T_{12obs} = \tau_{12} * T_{12sfc} + (1 - \tau_{12}) * T_{12atm} \quad (5)$$

と表せる。

1層モデルでは、 T_{11sfc} と T_{12sfc} 及び T_{11atm} と T_{12atm} はそれぞれ等しいので、

$$T_{11sfc} = T_{12sfc} = T_{sfc}$$

$$T_{11atm} = T_{12atm} = T_{atm}$$

と設定することにより、地表の輝度温度 T_{sfc} を消去すると、

$$\frac{\tau_{11}}{\tau_{12}} = \frac{T_{11obs} - T_{atm}}{T_{12obs} - T_{atm}} \quad (6)$$

という関係式が得られる。

ここで、このモデル大気層の赤外チャンネル ν における透過率 τ は、

$$\tau_{\nu} \simeq \exp(-(\kappa_{\nu} + a_{\nu} * PWA) \sec \theta) \quad (7)$$

但し、

PWA は気温 T_{atm} のモデル大気層に含まれる水蒸気量

κ_{ν} は赤外チャンネル ν における二酸化炭素の吸収係数

a_{ν} は赤外チャンネル ν における水蒸気の吸収係数

θ は衛星天頂角

と近似でき、(6)式は、

$$\frac{T_{11obs} - T_{atm}}{T_{12obs} - T_{atm}} = \exp((\Delta \kappa + \Delta a * PWA) \sec \theta) \quad (8)$$

但し、

$$\Delta \kappa = \kappa_{12} - \kappa_{11}$$

$$\Delta a = a_{12} - a_{11}$$

と表される。

(8)式は、実際の大気の放射を代表する温皮 T_{atm} が既知の場合に、衛星から観測された輝度温度 T_{11obs} 及び T_{12obs} から、水蒸気量 PWA が見積もれることを示している。実際に、Chester (1983) は、米国環境衛星 (GOES) の赤外窓領域スプリットチャンネルデータと、700hPa と 920hPa の間の層厚値から求めた温度 T_{atm} を用いて(8)式から算出した可降水量の推定値が、ラジオゾンデの観測値と非常に良い相関があることを示した。

3. 算出処理

可降水量の算出には GMS-5 の赤外2次元ヒストグラム (赤外1 (11 μ m 帯) 及び2 (12 μ m 帯) チャンネル) データセット及び、鉛直温度分布データセットを使用する。

STEP 1 : 赤外2次元ヒストグラムデータセットの作成

北緯60度~南緯60度、東経80度~西経160度の領域を東西・南北0.25度×0.25度の格子領域に分ける。各格子領域に含まれる GMS-5 の赤外チャンネルセンサーで観測された画素 (約25個) の内、赤外1チャンネル (11 μ m 帯) 及び赤外2チャンネル (12 μ m 帯) の観測カウント値 (0~255) を用いて、それぞれを座標の要素とする2次元ヒストグラムを作成する。

STEP 2 : 鉛直温皮分布データセットの作成

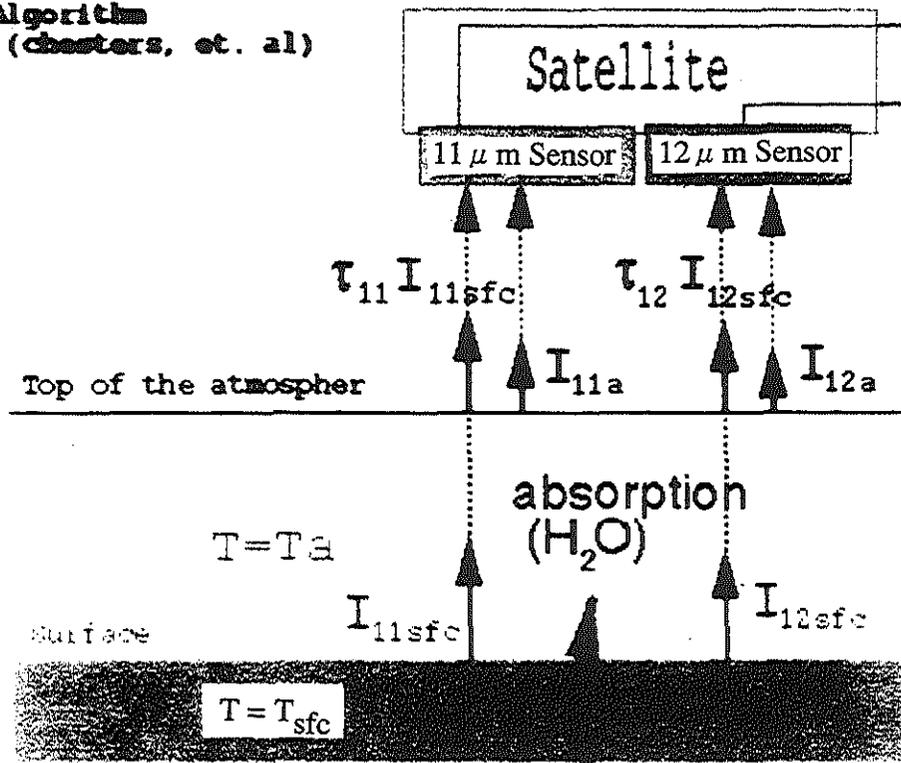
気象庁の数値モデルの12時間予報値と18時間予報値 (2.5度格子間隔) を衛星の観測時刻に内挿して、700 hpa の気温予報値が格納されたデータセットを作成する。

STEP 3 : 可降水量の推定

実際に可降水量を算出できるのは晴天時に限られる

Precipitable Water Amount

Algorithm
(Chesters, et. al)



$$I_{11} = \tau_{11} I_{11sfc} + (1 - \tau_{11}) I_{11a}$$

$$I_{12} = \tau_{12} I_{12sfc} + (1 - \tau_{12}) I_{12a}$$

$$I = B(T) \approx B(\bar{T}) + \frac{\delta B(\bar{T})}{\delta T} (T - \bar{T})$$

$$\frac{\tau_{12}}{\tau_{11}} = \frac{T_{12} - T_a}{T_{11} - T_a}$$

$$\tau \approx \exp(-(\kappa + \alpha PW) \sec \theta)$$

$$PW = \frac{1}{\Delta \alpha} \left[\frac{1}{\sec \theta} \ln \left[\frac{T_{12} - T_a}{T_{11} - T_a} \right] - \Delta \kappa \right]$$

Fig.1 Schematic figure of the algorithm for Precipitable Water Amount (PWA)

ので、基本格子点データ (0.25度格子) に含まれる層別雲量を用いて、「晴天」(全層に雲がない) と判定された格子点を最初に抽出する。各格子点に対し、以下の回帰式 (上記(8)式にもとづき、算出原理から演繹的に導かれる項に、推定精度を上げるために、経験的にいくつかの項を加えたもの) を用いて可降水量 PWA (mm) を算出する。

$$\begin{aligned} PWA = & a_0 + a_1 * \cos \theta + a_2 * (TB_{11} - TB_{12}) \\ & + a_3 * (TB_{11} - TB_{12}) * \cos \theta \\ & + a_4 * 1 n (TB_{11} - T_{700}) + a_5 * 1 n (TB_{11} - T_{700}) * \cos \theta \\ & + a_6 * 1 n (TB_{12} - T_{700}) + a_7 * 1 n (TB_{12} - T_{700}) * \cos \theta \end{aligned}$$

但し、

PWA : 可降水量 (mm)

TB_{11} 及び TB_{12} : GMS-5 の赤外チャンネル 1 及び 2 で観測された輝度温度 (K)

T_{700} : 気象庁の数値予報値の鉛直温度分布データセットを空間内挿することで得られた各格子点における 700hpa の気温データ (K)

θ : 衛星天頂角 (rad)

重回帰係数 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_7$ は、1995年10月の1カ月間の衛星データとラジオゾンデのデータの比較から以下の値に設定されている。

$$\begin{array}{lll} a_0 = -8.6077 & a_1 = 53.561 & a_2 = -19.078 \\ a_3 = 47.651 & a_4 = 149.24 & a_5 = -202.27 \\ a_6 = -151.38 & a_7 = 193.16 & \end{array}$$

4. 運用方法

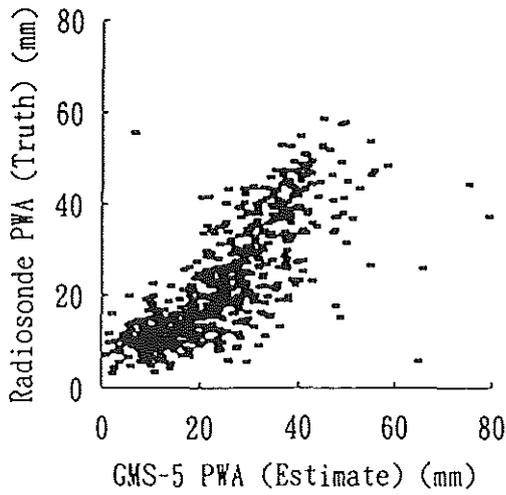
可降水量は1日8回、3時間毎に作成され、1日4回、6時間毎に気象庁本庁に配信される。

5. 算出精度

推定された可降水量は、(東経80度~西経160度、北緯60度~南緯60度) の範囲のラジオゾンデ観測値から計算した可降水量と比較し、精度の評価を行っている。図2.1に1996年10月の1カ月間のラジオゾンデによる観測値と衛星による推定値の散布図、図2.2に1996年1年間の推定誤差の変動を示す。また、図2.3に参考として、GOES から推定された可降水量とラジオゾンデとの比較を示す。GMS からは、GOES と同程度の精度で可降水量が推定されていることがわかる。

参考文献

- Chesters, D., L. W. Uccellini and W.D. Robinson 1983 :
Low-level water vapor fields from the VISSI atmospheric sounder (VAS) "Split Window" channels. J. Climate and Appl. Meteor., 22, 725-743
- Chesters, D., W. D. Robinson and L. W. Uccellini 1987 :
Optimized Retrievals of Precipitable Water from the VAS "Split Window", J. Climate and Appl. Meteor., 26, 1059-1066



PWA (mm)	(Satellite - Radiosonde)		
	N	BIAS(mm)	RMS(mm)
0 - 10	117	-3.8	7.7
10 - 20	193	1.2	4.7
20 - 30	207	2.0	8.1
30 - 40	148	0.9	8.8
40 -	50	6.7	16.4
All	715	0.9	8.5

N = 715 CORR= 0.77
 BIAS= 0.9 (mm) RMS = 8.5 (mm)

Fig. 2.1 Comparison of the radiosonde-derived "ground truth" precipitable water amount (PWA) with the corresponding GMS-5 IR-derived values in October 1996.

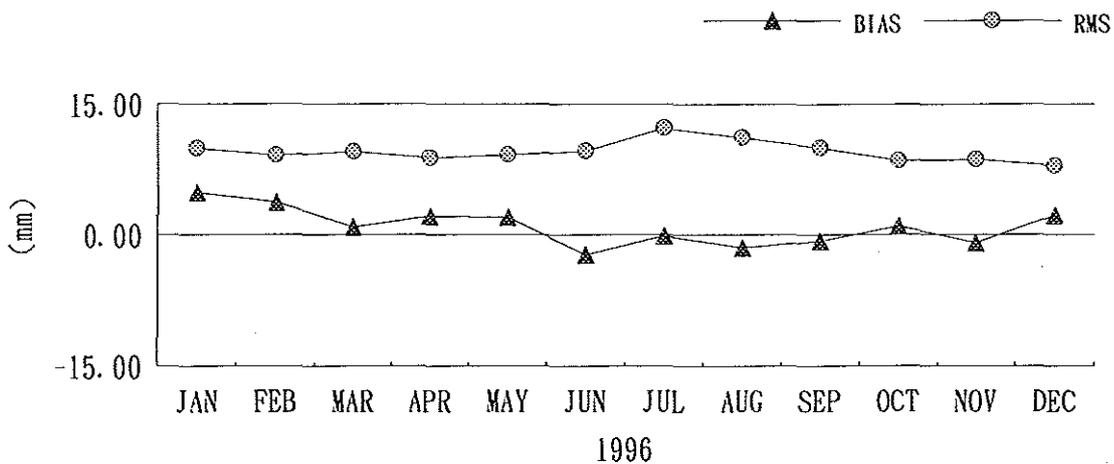
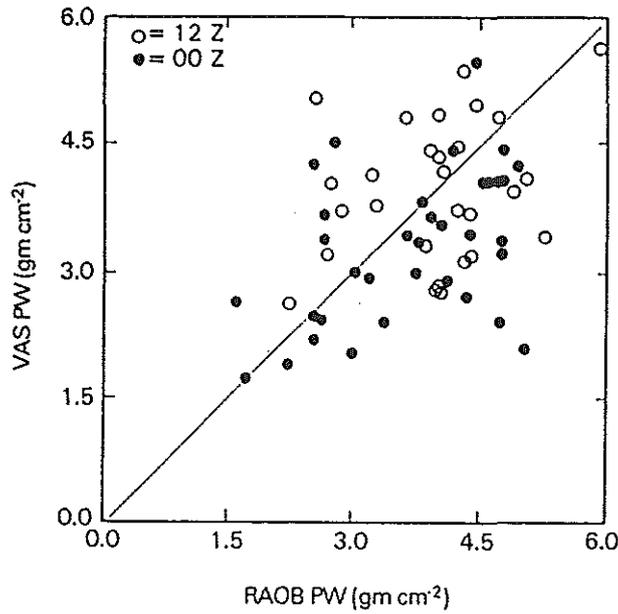


Fig. 2.2 Annual variation of the Precipitable Water Amount (PWA) evaluation with BIAS and RMS in 1996



Comparison of the radiosonde-derived "ground truth" precipitable water values with the corresponding VAS-derived values: (open circles) 28 clear radiosonde sites at 1200 GMT on 13 July 1981 (used to determine T_{air} for the scene throughout the day), and (dots) 35 independent radiosonde sites at 0000 GMT 14 July 1981.

Fig. 2.3 Comparison of the radiosonde-derived "ground truth" precipitable water amount (PWA) with the corresponding GOES IR-derived values (Chester et al., 1983)

6.6 海面水温

6.6 Sea Surface Temperature

Abstract

Sea Surface Temperature (SST) has been operationally derived from data of thermal infrared split-window channels on the GMS-5 since June 13, 1995.

To estimate sea surface temperature from satellite observation data an atmospheric correction is necessary, because thermal radiation emitted from the surface is absorbed by atmospheric constituents. Until February 1987, an atmospheric correction was made on the basis of an empirical formula and climate precipitable water amount. From March 1989 to June 1995, a value of atmospheric correction was calculated by using radiative transfer model.

As GMS-5 is equipped thermal infrared split-window channels, the method of atmospheric correction is changed. Multi-Channel SST (MCSST) retrieval algorithm developed by National Oceanic and Atmospheric Administration/National Environmental Satellite, Data and Information Service (NOAA/NESDIS) is installed. The algorithm uses two simultaneous brightness temperatures in different spectral bands to correct the atmospheric attenuation of infrared radiation.

As a result of comparison between GMS-5 SST and buoy measurements located GMS coverage, variance of temperature difference to buoy measurements is in the order of 1 degree Kelvin in January 1996.

SST is distributed to both domestic and world users. The daily mean SST with 0.5 latitude/longitude resolution within the area from 50 degree North to 50 degree South and from 90 degree East to 170 degree West is sent to the Headquarters of the JMA in GRIB code. Five-day mean SST is distributed to worldwide users in SATOB code through Global Telecommunication System (GTS).

1. はじめに

海面水温処理は、衛星が観測した海面の輝度温度から海水表面の温度を推定することを目的としている。

衛星で海面を観測する場合、海面からの放射が大気を伝達する間に大気中に存在する吸収物質によって減衰を受けるため、一般に実際の海面水温より低く温度が観測される。衛星の観測データから海面水温を求めるためには、この減衰分を何らかの方法で補正する必要がある。GMSの赤外データを用いた海面水温算出は、1978年から1987年2月までは阿部、山本(1980)の方法で、1987年3月から1995年6月までは佐々木(1989)の方法で行われてきた。前者は赤外データか

ら抽出した海面の晴天輝度温度に気候値と経験式を用いる井上(1980)の方法で算出した大気補正量を加えたものを、後者は放射伝達モデルを用いる Uchiyama(1987)の方法により求めたものをGMSの海面水温としていた。これはGMS-4までの衛星が搭載する赤外チャンネルが1チャンネルであるため衛星観測だけからでは大気の情報得られず、高層観測や数値モデルの格子点値などの情報に依らざる得なかったためである。いずれの方法も衛星観測で得られた輝度温度を他で得られた情報により補正する手法であり、与えられた大気情報は衛星の観測パスの大気状態を必ずしも反映しておらず、このことが海面水温算出の誤差要因の一つとなっていた。

近年、衛星海面水温の算出は、複数の赤外チャンネルデータを用いて行うのが主流である。これは、観測波長帯によって大気に対する応答に違いがあり、この違いを利用して大気の状態を推定することが可能であるためである。気象衛星センターでも、GMS-5に搭載される赤外チャンネルが、10.5~12.5 μm の波長帯を二つに分割したスプリットチャンネルになったことにあわせて、海面水温をこのスプリットウィンドウチャンネルデータから算出するよう1995年6月に改めた。海面水温は、スプリットウィンドウチャンネルの二つの輝度温度から回帰式により求められる。回帰式の各係数は、GMSの観測範囲に位置する漂流および係留海洋ブイの観測データを真値として回帰分析により決定される。

2. データ

海面水温算出処理では、次のデータを使用する。

(1)VISSR

GMSの取得した地球画像データ、赤外Iチャンネル(10.5~11.5 μm)と赤外IIチャンネル(11.5~12.5 μm)の輝度温度を使用する。

(2)歪補正決定値

画像の位置合わせ補正のための情報。観測画像データのライン・ピクセルから緯度・経度に変換する際に利用する。

(3)晴天放射量場

客観解析された0.25度格子の場の晴天輝度温度情報。

(4)海陸判定

5 km格子の海陸情報。

(5)気候値

算出した海面水温の品質管理に用いる。

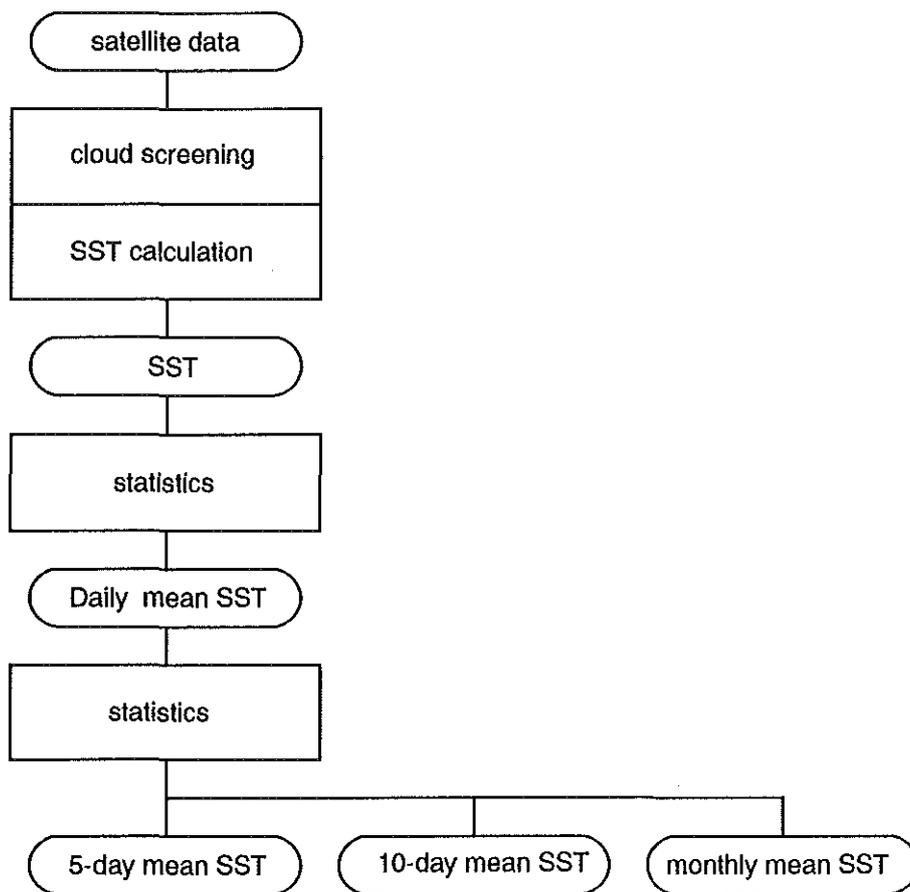


Fig.1 General flow of sea surface temperature derivation

3. 処 理

海面水温処理は、観測データから晴天域を抽出する晴天判別と輝度温度から海面水温値を計算する海面水温計算からなる海面水温算出処理と、日平均、半旬平均、旬平均、月平均の各統計処理からなる。処理流れ図を Fig. 1 に示す。

3.1 アルゴリズム

晴天判別および海面水温算出のアルゴリズムは、NOAA/NESDIS の McCLAIN (1985, 1990) が極軌道衛星 NOAA・AVHRR 海面水温算出用に開発したものを静止衛星用に改造した。

(1) 晴天判別

衛星データから海面水温を算出する場合、算出の妨げになる雲の影響をうけた画素を精度良く取り除く必要があり、晴天判別の精度の善し悪しが、海面水温算出の精度に大きく影響する。

GMS の赤外チャンネルがマルチチャンネル化されたことにあわせて、晴天判別方法を赤外単一チャンネルの $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 領域のヒストグラム解析法 (佐々木, 1989) から、NOAA/NESDIS と同様に画素単位のマルチチャンネル解析法に変更した。

NOAA/NESDIS の晴天判別アルゴリズムは、3.7、11、 $12\mu\text{m}$ 帯の赤外 3 チャンネルのデータを使用し、単一チャンネルの輝度温度や複数チャンネル間の輝度温度差により雲域と晴天域を判別している。GMS の場合、 $3.7\mu\text{m}$ 帯チャンネルが搭載されていないため、 $3.7\mu\text{m}$ 帯チャンネルを用いた判別法を除いた 4 つの判別法を用いている。この 4 つの判別法のすべてで晴天と判定されたデータ (画素) のみ海面水温算出に用いられる。

① 海陸判定

一般に、晴天の場合、昼間は陸地が温まるため視野の一部に陸地が含まれているデータは海面のそれよりも高い輝度温度で、逆に夜間は低い輝度温度で観測される。視野の一部に陸地が含まれていると海面水温算出時に誤差を生じるため、陸を含む画素は排除する。

海陸判定情報を用いて、VISSR データを 1 画素単位の、その緯度経度から海陸を判定する。「陸」と判

定された画素はここで排除される。

② 輝度温度による判定

厚い雲に覆われている海面からの放射は雲に遮られて衛星に到達することはなく、雲からの放射のみが観測される。衛星で観測される海面の輝度温度は、大気による減衰を多めに見積もっても $265\sim 300\text{K}$ である。 265K を下回る輝度温度を持つ画素は、視野の一部または全部が雲に覆われていると考えられる。また、海面水温は時間変化が小さく短時間内であればほぼ同じ値であると仮定できる。観測される晴天海面の輝度温度は、大気の状態により若干の変化はあるものの過去の観測で求められた晴天輝度温度 (晴天放射量場) に近い値を取ると考えられる。

観測した輝度温度と晴天放射量場を比較し晴天か否かを判定する。基準値以上の開きがある画素は、晴天でないとして判断し排除する。

③ スプリットウィンドウチャンネル輝度温度差による判定

晴天の海面と雲の影響を受けた海面とは、輝度温度による判定でほぼ分別される。しかし、薄い巻雲など透過率の大きい雲の場合、海面からの放射の一部が雲を透過し衛星に到達するため、衛星は、海と雲の両方の放射を観測することになる。観測される輝度温度は、海と雲の放射の割合によって決まり、薄い雲の割合が多ければ輝度温度は低く、海の割合が多ければ海の輝度温度に近い輝度温度が観測される。観測された輝度温度が、明らかに低ければ薄い雲の影響を受けていると判断できるが、海からの放射の比率が高く海面水温として取りうる値である場合には、輝度温度からだけでは薄い雲の影響を受けているのか否かを判断することは困難である。

薄い巻雲の場合、スプリットウィンドウチャンネルの赤外 I、赤外 II チャンネルの輝度温度差は、水蒸気の減衰による輝度温度差よりも大きくなる。このことを利用して、スプリットウィンドウの輝度温度差に着目し晴天判定を行う。基準値よりも大きな輝度温度差のある画素は薄い雲の影響を受けていると判断し、排除する。

④ 輝度温度均一性による判定

晴天域にある海面水温の分布は、小さな領域内であればほぼ均一な場となるのに対して、雲の影響を受け

ている場合には必ずしも均一な場とはならない。そこで、隣合う画素同士と比較し、その輝度温度の差が大きい場合には、画素が雲域と晴天域との境界に位置しているか、積雲系の雲が混在しているなど何らかの影響をうけている可能性があると考えられるため、排除する。

一般に、海面水温の分布は緯度に沿った均一な場となっているが、潮目など温度勾配の大きい領域では、小さな領域内であっても大きな温度差がある場合がある。このため、基準値以上の温度差があるような場合、誤った判定がなされる可能性がある。

(2)海面水温計算

海面水温は、「大気の窓」と呼ばれる10.5~12.5 μ mの波長帯の観測データを用いて算出される。この波長帯では、地表面からの放射は大気を透過し衛星まで到達するが、大気を伝達する間に大気中に存在する吸収物質おもに水蒸気によって減衰を受け、温度逆転層を持たない通常の大気の場合、衛星で観測される放射量は地表面から放射する量より少なくなる。この場合、衛星で観測される海面の輝度温度は、実際の海面水温よりも低く観測される。減衰の度合いは、大気中の主な吸収物質である水蒸気の量に依存し、水蒸気量の多い熱帯域では大きく、少ない高緯度では小さい。衛星データから精度よく海面水温を算出するためには、大気中での減衰量を正確に見積り、観測輝度温度を補正することが重要となる。

この波長帯を二つに分割したスプリットウィンドウチャンネルの場合、水蒸気に対する減衰度合いは、スプリットウィンドウチャンネルの赤外 I チャンネルより赤外 II チャンネルの方が大きい。観測される両者の輝度温度の差は、大気による減衰度合いが大きくなるにつれ大きくなる。

スプリットウィンドウチャンネルを用いた海面水温算出では、大気による減衰すなわち実際の海面水温と観測される海面の輝度温度との差と、スプリットウィンドウチャンネルの輝度温度差が比例関係にあることを利用して、大気補正を行う。

晴天判別処理で晴天と判断された画素は、緯経度0.25度 \times 0.25度の領域ごとにグループ分割され、格子毎に統計処理されて赤外 I チャンネルと赤外 II チャン

ネルの晴天輝度温度が求められる。海面水温は、この赤外 I チャンネルと赤外 II チャンネルの晴天輝度温度から回帰式により求められる。海面水温算出式を示す。

$$SST = a T_{IR1} + b (T_{IR1} - T_{IR2}) + c (T_{IR1} - T_{IR2}) (\sec\theta - 1) + d$$

SST : 海面水温 [K]

T_{IR1} : 赤外 I チャンネル(10.5~11.5 μ m)の観測輝度温度 [K]

T_{IR2} : 赤外 II チャンネル(11.5~12.5 μ m)の観測輝度温度 [K]

a、b、c、d : 回帰係数

θ : 衛星天頂角

第2項と第3項が大気補正に相当する部分である。第3項は、大気行路長の違いによる大気減衰量の違いに対応するもので、衛星天頂角に応じて補正量が決まる。

a~dの各係数は、衛星データとGMS観測範囲に位置する漂流および係留海洋ブイの観測データを回帰分析し、決定する。

算出された海面水温値は、海面水温気候値と比較し、基準値以上の開きがあるものについては異常値として棄却する。

(3)統計処理

地球表面の40~50%は、雲に覆われていると言われている。このため、1観測のデータだけから対象海域のすべてから海面水温を算出することは困難である。そこで、短時間であれば海面水温の変動はないという仮定のもとに、観測時刻のことなる複数のデータを組み合わせる処理を行う。静止気象衛星は、同じ領域を連続して高頻度で観測することが可能である。海面水温算出の妨げとなる雲は時間とともに発達、移動、衰退し変化するので、観測時刻のことなるデータのいずれかに晴天域があることが期待でき、これらのデータを組み合わせればより多くの海域から海面水温を算出することが可能である。ただし、雲が停滞し続け、当該期間中一度も晴天とならない海域については、欠値となる。

3時間毎8観測一日分のデータから得られた結果を

組み合わせ処理し、日平均海面水温を作成する。二つ以上の観測から海面水温が算出されている海域についてはそれらの値を平均し、一観測のみの海域はその値を代表値とする。日平均海面水温からは、続いて半旬平均、旬平均、月平均海面水温を算出する。

3.2 運用

海面水温は、3時間毎に VISSR データから北緯60度～南緯60度、東経80度～西経160度の範囲について0.25度毎に格子毎の平均値として算出される。

算出された海面水温は、つづいて空間、時間平均され0.5度格子の日平均海面水温と1度格子の半旬平均海面水温となる。さらに半旬平均海面水温からは、旬平均海面水温と月平均海面水温が作成される。

日平均海面水温は衛星海面水温データとして GRIB 形式で気象庁・海洋部に、半旬平均海面水温は SATOB 形式で GTS 回線に配信される。

4. 結果

(1) 評価

GMS 観測範囲に位置する漂流および係留海洋ブイ

の観測データと算出した GMS-5 の海面水温を比較した。比較を Fig. 2 に示す。また、GMS-4 および NOAA-12 の海面水温との精度比較を Table-1 に示す。GMS-5 の海面水温の精度は、GMS-4 に比べて改善されており、NOAA-12に近いものとなっている。

(2) プロダクト

気象衛星センターでは、次の海面水温関係のプロダクトを作成している。

- 格子点データ：
- ①日平均海面水温 (0.5度格子)
 - ②半旬平均海面水温 (1度格子)
 - ③旬平均海面水温 (1度格子)
 - ④月平均海面水温 (1度格子)
- 図面データ：
- ①半旬平均海面水温
 - ②旬平均海面水温
 - ③月平均海面水温

プロダクトの一例として、月平均海面水温図を Fig. 3 に示す。

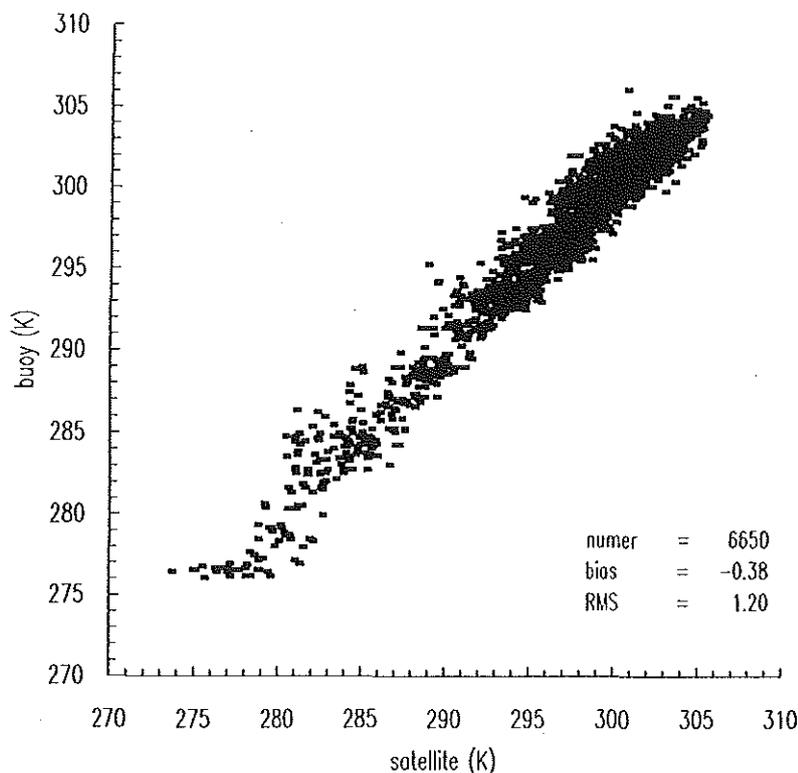


Fig.2 Comparison between GMS-5 SSTs and buoy measurements in January 1996.

TOPA30 RJTD
JANO1-JAN31, 1996

GMS SEA SURFACE TEMPERATURE
MONTHLY MEAN : (C)

JAPAN METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER

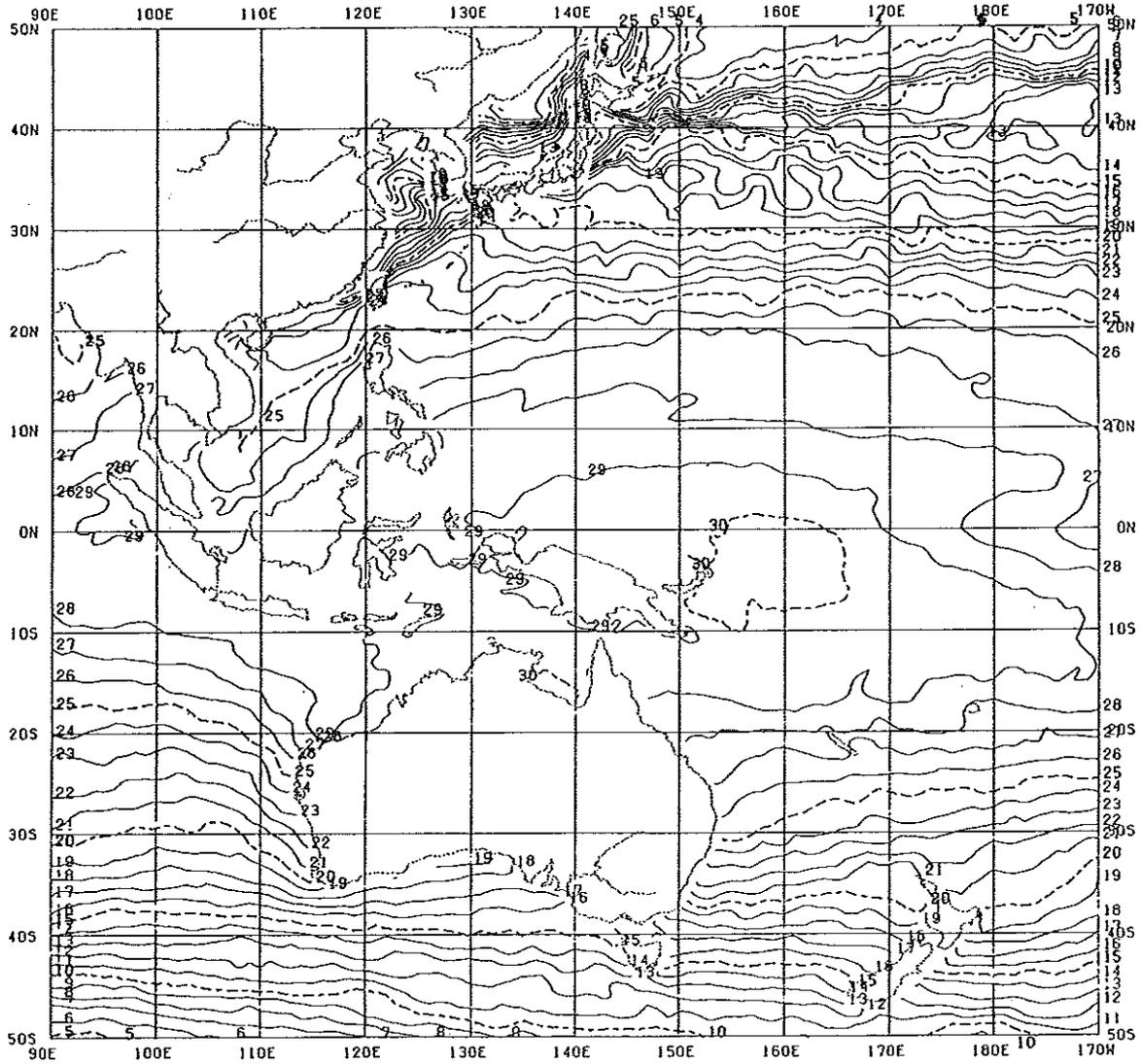


Fig.3 GMS-5 10-day mean sea surface temperature distribution chart

Table-1 Statistics for comparison of satellite SSTs

	bias	RMS	correlation
GMS-4	-3.02	6.27	0.85
GMS-5	-0.38	1.20	0.97
NOAA-12	1.02	1.50	0.98

GMS-4 for January 1995

GMS-5 and NOAA-12 for January 1996

5. 参考文献

McClain, E. P., W. G. Pichel and C. C. Walton, 1985 : Comparative performance of AVHRR - based multichannel sea surface temperatures, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 90, No. C 6, 11587-11602.

McClain, E. P., C. C. Walton and L. L. Stowe, 1990 : CLAVR cloud/clear algorithms and nonlinear atmospheric corrections for multi-channel sea surface temperatures, Preprint volume of the fifth conference on satellite meteorology and oceanography, September 3-7, 1990.

阿部勝宏、山本孝二、1979 : 海面水温、気象衛星セン

ター技術報告特別号 II-2、GMS システム総合報告 II データ処理解説編その 2、59-82.

井上豊志郎、1979 : 大気補正、気象衛星センター技術報告特別号 II-2、GMS システム総合報告 II データ処理解説編その 2、7-15.

Uchiyama, A., H.Fujimura, and T. Yougai, 1987 : Estimation of Sea Surface Temperature Usings Infrared Image Data of Geostationary Meteorological Satellite, *Meteorological Satellite Center Technical Note No 15*, 43-65.

佐々木秀行、1989 : 海面水温、気象衛星センター技術報告特別号 (1989年版) II、GMS システム更新総合報告 II データ処理編、141-145.



6.7 雲移動風・水蒸気移動風

6.7 Cloud and Water Vapor Motion Winds

Abstract

The Meteorological Satellite Center has produced cloud motion wind since 1978 using visible and infrared channels. GMS series satellites preceding GMS-5 had only one infrared channel and it was therefore difficult to determine the cloud top height of semi-transparent cirrus accurately. Therefore, intensive efforts had been made to improve height assignment method to the extracted high-level cloud motion wind.

GMS-5 is equipped with water vapor channel which improves the height assignment and target selection for high-level cloud motion wind extraction and also makes it possible to calculate water vapor motion wind.

The cloud and water vapor motion winds are calculated four times a day, at 00, 06, 12 and 18 UTC using three consecutive images at an interval of 30-minute. The extracted wind data are checked automatically and manually. The data passed the check are coded into WMO format (SATOB) and transmitted to the Forecast Department of JMA via ADESS and to worldwide users via GTS.

In this paper, cloud and water vapor motion wind extraction methods for GMS-5 are described.

1 はじめに

風計算処理では、静止気象衛星が一定の時間間隔で撮像した画像を用いて、小さな積雲や巻雲を追跡しその移動量を求めることにより雲移動風を、あるいは水蒸気分布を追跡しその移動量を求めることにより水蒸気移動風を算出している。これにより、海洋上などの高層観測データの得られない領域で風データが算出され、数値予報の初期値や台風周辺の風の場の推定に利用されている。

気象衛星センターでは、1978年4月から下層雲移動風と上層雲移動風を算出し、世界各国にデータを配信してきた。昼間の下層雲移動風算出には可視画像を使用し、上層雲移動風と夜間の下層雲移動風の算出には赤外画像を使用している。風計算開始当初の処理方法については浜田(1979)が、その後の算出される風デー

タ数の増加や精度向上のための改良については市沢(1983)が述べている。

当初は1日2回の処理であったが、1987年3月の計算機更新時から1日4回の処理が可能となると同時に、上層雲移動風の算出がマニュアル法から自動法とマニュアル法の併用となった(大島:1989)。その後も上層雲移動風の精度向上に重点をおいた様々な改良(Uchida:1991、Takata:1993)が続けられ、また、1988年からは台風周辺の風の場を推定するために、15分間隔の画像を使った下層雲移動風算出が1日1回行われている(Ohsima et al.:1991、Uchida et al.:1991)。1995年6月にはGMS-5の運用が始まり、水蒸気画像を利用して水蒸気移動風の算出を開始した。

雲移動風の算出には、大きく分けて自動法とマニュアル法の2つの方法がある。自動法は、風の流れを代表する雲(トレーサー)の選択や追跡等を全て計算機

で自動的に行うものである。追跡して求めた雲(トレーサー)の始点と終点位置から風向と風速を計算し、さらに、雲頂高度を赤外面像と水蒸気画像を使って計算し雲移動風の高度を設定する。マニュアル法は、画像処理装置の画像ディスプレイ上でオペレーターが画像間の雲の動きを識別し、雲(トレーサー)の選択や追跡を行うものである。風向と風速の計算や、高度設定は自動法と同様に行われる。

雲移動風の算出は、はじめに自動法で行った後にマニュアル法で追加算出を行っている。水蒸気移動風の算出は、水蒸気画像を使って、風の流れを代表する水蒸気分布の選択、追跡、風向・風速の算出、高度設定等を全て計算機で自動的に行っている。

算出された雲移動風は、計算機による品質管理の後、画像処理装置上でオペレーターによる品質管理を行い不良なものが削除される。品質管理に合格した雲移動風は、ADESSを経由して気象庁数値予報課や、GTS回線を経由して世界各国に配信される。

水蒸気移動風は品質管理を自動処理で行っている。合格した水蒸気移動風は数値予報課へ配信され、精度評価が行われている。この評価で、精度が良好であるという結果が得られてから後、GTS回線を経由して世界各国に配信する計画である。

風計算処理は気象衛星センターの他にも、米国、欧州、インドでも行われており、各国の風計算処理システムや風データの利用、およびその動向については大島等(1993)に詳しいので参照されたい。

2 使用するデータ

風計算処理で使用するデータには次のものがある。

(1)画像データ

連続して撮像した30分間隔の3枚の画像を使用する。

(2)鉛直温度分布データ

数値予報課から配信される鉛直温度分布の12時間、18時間予報値で、衛星で観測される温度と気圧高度の変換に使用する。

(3)赤外水蒸気放射量対応テーブル

鉛直温度分布データから放射モデルを使って、ある特定の高度に雲があると仮定して計算した赤外と水蒸気チャンネルの輝度温度テーブルである。ここでは、

雲の高さを地上から100hPaまでの指定気圧面に変化させて計算をしている。赤外と水蒸気データを使った雲頂高度計算で使用する。

(4)数値予報風データ

数値予報課から配信される鉛直風分布の12時間、18時間予報値で、自動品質管理処理で使用する。

(5)高層風観測データ

ADESS経由で送られてくるレーウィンによる高層風観測データである。マニュアル品質管理に参照用データとして利用される他、精度モニターのための統計的比較用のデータとして使用される。

3 処理

気象衛星センターにおける風計算処理システムの概要をFig. 1に示す。上層雲移動風、下層雲移動風ともに、まず自動法によって雲移動風が算出される。自動法は自動ターゲット選択処理と風算出処理から構成されている。上層雲移動風はさらにマニュアルによる風の追加算出が行われる。算出された風は、自動品質管理の後、画像処理装置上でオペレーターによる品質管理を行い不良なものが削除される。一方、水蒸気移動風は算出から品質管理まで全自動処理されている。本節では自動ターゲット選択、風算出、自動品質管理、マニュアル法による雲移動風算出と品質管理について述べるが、その詳細については浜田(1979)、浜田等(1984)、大島(1988)、気象衛星センター(1989)に詳しい。

3.1 自動法による風計算

3.1.1 ターゲット選択処理

上層雲移動風用には巻雲、下層雲移動風用には積雲を赤外面像データのヒストグラム解析により選択する。水蒸気移動風用の水蒸気分布の選択には水蒸気画像データを使用する。

(1)ターゲット選択候補点の設定と選択

追跡に適したターゲットを選択するために、予め候補点が風計算処理領域である50N~49S、90E~171Wの範囲に緯経度1度間隔で、合計1万点設定されている。この候補点の位置によるチェックと、次に述べるヒストグラムチェックを行いターゲットとしての適否をチェックする。位置によるチェックとしては、衛

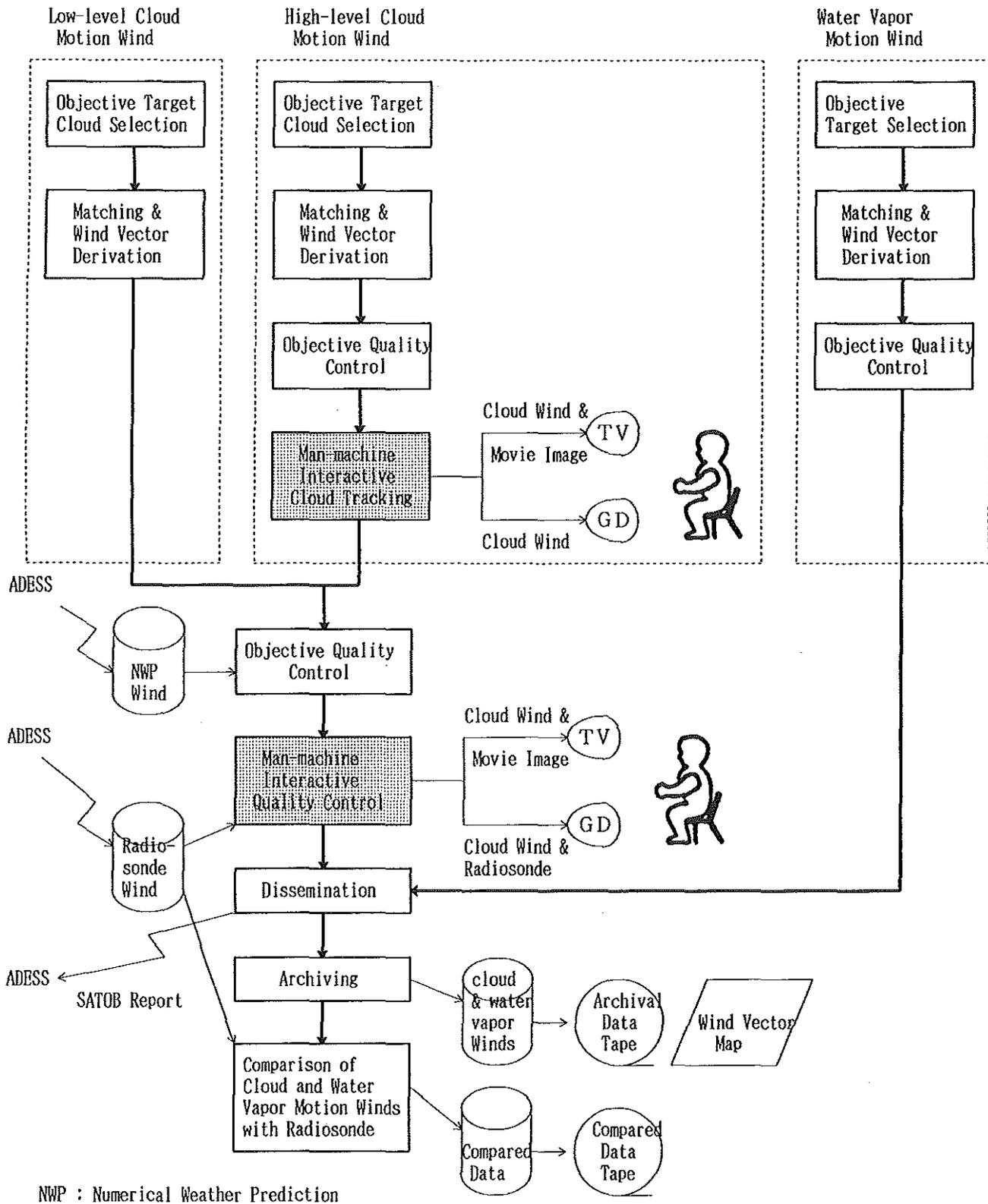


Fig. 1 Process flow of cloud and water vapor motion winds derivation system in MSC.

星天頂角が一定値以下であることの他に、下層雲移動風については海上にあることや昼間に可視画像を使う際には太陽天頂角が一定値以下であること等がある。チェックは1万点すべてについて行うのではなく、ターゲットとして選択されたターゲット指定点数が予め決めた点数に達した時点で終了する。処理領域内に選択されたターゲットが均等に分布するように、候補点をチェックする順序はランダムになるようにしている。

(2)ヒストグラム解析による選択

候補点を中心に一定領域の画像データを切り出して輝度温度ヒストグラムを作成する。雲移動風算出には赤外データを使い、雲頂温度や雲量、雲の存在する温度範囲などの各種パラメータの解析を行い、予め設定しておいた基準値と比較して追跡に適した巻雲または積雲があるかどうかの判定をする。水蒸気移動風算出には水蒸気データを使い、水蒸気の分布状態を表す各種パラメータを解析し基準値との比較により追跡に適した中上層の水蒸気分布があるかどうかの判定をする。

(3)積乱雲チェック

上層雲移動風算出のためのターゲット選択では、赤外データを使い巻雲域を抽出しているが、輝度温度ヒストグラム解析では上層の風を代表していない積乱雲

域を取り除くことができない。そこで、赤外と水蒸気データを使って積乱雲域を検出している。十分に発達した積乱雲は雲頂が圏界面まで達するので、雲頂と衛星間の水蒸気量は無視できるぐらいに小さい。したがって、赤外と水蒸気チャンネルで観測される温度はほとんど等しくなる (Tokuno:1994)。この二つの温度差がある一定値より小さい領域を積乱雲域と判定し、ターゲットから除外している。

3.1.2 風算出処理

(1)追跡 (マッチング) 処理

選択された雲または水蒸気分布は、相互相関法によるパターンマッチングによってその移動位置が計算される。ターゲット選択が行われた画像とその後に観測された画像を重ね合わせて、Fig. 2のようにそれぞれの画像からターゲット指定点を中心とするある大きさの領域を取り出す。この領域をそれぞれ、テンプレートエリアとサーチエリアと呼ぶ。テンプレートエリアの画像をサーチエリアの画像の中で1画素ずつずらしてその位置における相関係数を計算し、その値が最大となる位置がターゲット指定点の移動位置として決定される。相互相関法で計算される相関係数値の分布列を Fig. 3 に示す。

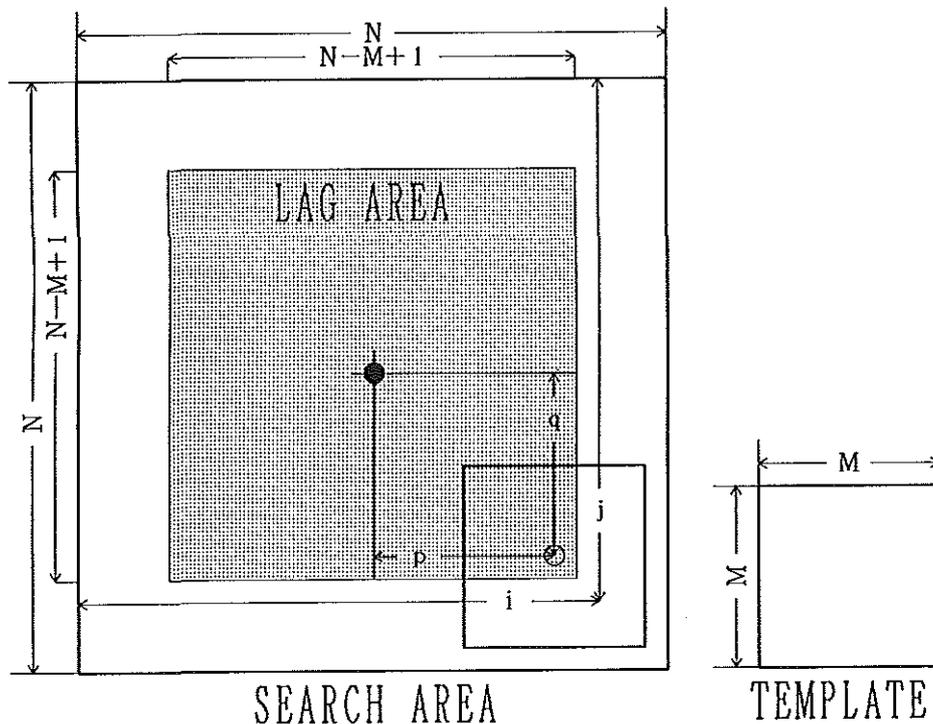
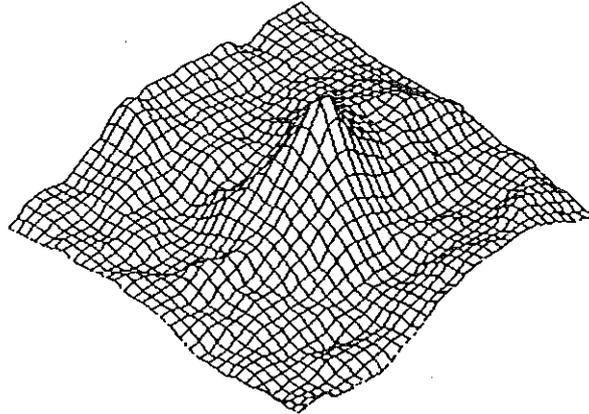


Fig. 2 Schematic relationship between template and search areas.



LONGITUDE	159.6	/ PRIPEAK	0.692
LATITUDE	24.7	/ SEC.PEAK	0.216
MTRX SIZE	33×33	/ VIEW POINT	Z

Fig. 3 Three dimensional display of cross-correlation matrix.

(2) 風向・風速の計算

ターゲット指定点と追跡によって決定されたある時間経過後の移動位置をそれぞれの画像の軌道・姿勢情報を基にして緯度・経度に変換し、風向・風速を計算する。

(3) 風の高度設定

① 下層雲移動風

積雲を追跡して得られる下層雲移動風には、代表する高度として850hPaが一様に設定される。これは、高層観測風との統計的比較の結果 (Hamada: 1982)、このレベルの風と最も一致するからである。

② 上層雲移動風

巻雲を追跡して得られる上層雲移動風には、代表する高度として雲頂高度を設定している。雲頂高度の決定には、赤外と水蒸気の2つのチャンネルのデータを使うことにより半透明の巻雲の雲頂高度も精度良く計算することが可能になった。その方法については第6.3章雲量・対流雲量にゆずる。

③ 水蒸気移動風

水蒸気分布を追跡して得られる水蒸気移動風には、追跡領域内の水蒸気輝度温度から決定した高度を設定している。

(4) 風算出の過程で行われる自動品質管理

実際の風計算処理では連続する3枚の画像を使い、2枚目の画像でターゲット選択を行い、1枚目と2枚

目の画像からベクトル V_{12} 、2枚目と3枚目の画像からベクトル V_{23} のふたつの移動ベクトルが算出される。このふたつのベクトルの差によって、追跡が正しいかがチェックされる。また、上層雲移動風算出では雲頂高度の変化をチェックし、発達中または衰弱中の雲を追跡して精度の悪い風を算出しないようにしている。

3.2 マニュアル法による雲移動風算出

マニュアル法による算出は主に上層雲移動風について、良好なトレーサーがありながら自動法では算出できなかった領域で行われる。下層雲移動風は自動法で十分な数のデータが得られるので、マニュアル法により算出されるものは少ない。

マニュアル法には、画像表示装置上の画像ループムービーを見ながら、①ターゲット (雲) の選択をオペレーターが行い、その後の追跡、高度設定等を自動で行う1点指定法と、②ターゲット (雲) の移動をオペレーターが判断し、始点と終点を指定することにより、風向・風速の計算を行い高度設定等を自動で行う2点指定法がある。算出された雲移動風はその都度ループムービー上に表示され、オペレーターにより適否がチェックされる。

3.3 品質管理処理

算出された雲移動風と水蒸気移動風には品質管理が

行われ、品質が良好と判断されたものだけが出力されている。雲移動風は先ず自動品質管理を行い、その後マニュアル品質管理を行っているが、水蒸気移動風は自動品質管理だけを行っている。

3.3.1 自動品質管理処理

(1)雲移動風

近接した下層雲移動風同士や上層雲移動風同士の比較チェック、下層・上層雲移動風と近接した数値予報風データ(12時間または18時間予報値)との比較チェックにより予め設定された基準値を満たさない風にフラグを立てて、後続のマニュアル品質管理処理でオペレーターにより適否をチェックする。

(2)水蒸気移動風

近接した水蒸気移動風同士を比較して、その均質性をチェックする。孤立して算出された風については数値予報風データとの比較チェックを行う。予め設定された基準値を満たさない水蒸気移動風はこの処理のなかで不良と判断され自動的に削除される。

3.3.2 マニュアル品質管理処理

画像表示装置上の画像ループムービーに自動法やマニュアル法で算出された雲移動風を表示して、雲の動きと算出された雲移動風との整合性や空間的一貫性をオペレーターがチェックする。その際に、高層観測風や数値予報風データの水平分布や鉛直分布を表示し参照することが可能である。不良と判断したものは削除され、合格したものが出力される。

3.4 出力処理

3.4.1 ADESS への送信

自動及びマニュアルの品質管理に合格した雲移動風と水蒸気移動風は、国際気象通報式 SATOB (FM88-X) 第3節の形式に編集され、ADESS を経由して GTS

回線により世界各国に配信される。

3.4.2 保存用資料の出力

算出された風データは、モニター用に図出力されると共に、保存用磁気テープに累積される。また、風データの外部提供用に、第一次地球大気開発計画全球実験 (FGGE) に際し取り決められたデータ交換形式の磁気テープを作成している。この他に、毎月発行される気象衛星センターの観測月報に、風データの一部が掲載される。

3.5 運用方法

風計算処理は30分間隔の3枚の画像を使って00、06、12、18UTC の1日4回行われる。Fig. 4に06UTC 帯の画像観測の例を示す。使用する3枚の画像を、時間の古い順にA, B, C画像とする。処理の迅速化を図るために、先ずB画像の観測終了後にB画像を使って自動ターゲット選択を行い次の風算出に備える。そして、C画像観測終了後に風算出を開始する。さらに、上に述べた様なマニュアル法による雲移動風算出、自動及びマニュアル品質管理が行われ、2時間26分後までに ADESS ヘデータが送信される。

4 精度評価

算出された風データの精度をモニターするために、高層観測風との比較データを毎回の処理で累積し、1ヵ月単位で統計処理を行っている。1995年1月～1995年11月の結果を Fig. 5 に示す。

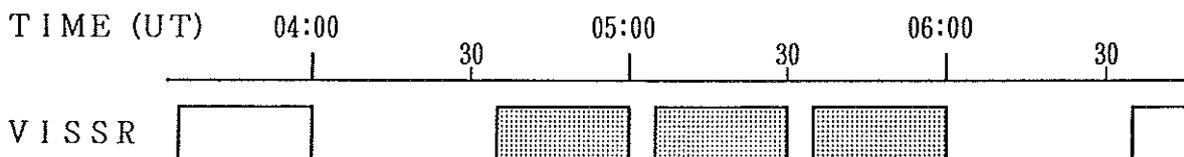


Fig. 4 Selection of VISSR image which is used to derive cloud and water vapor motion winds at 06UTC.

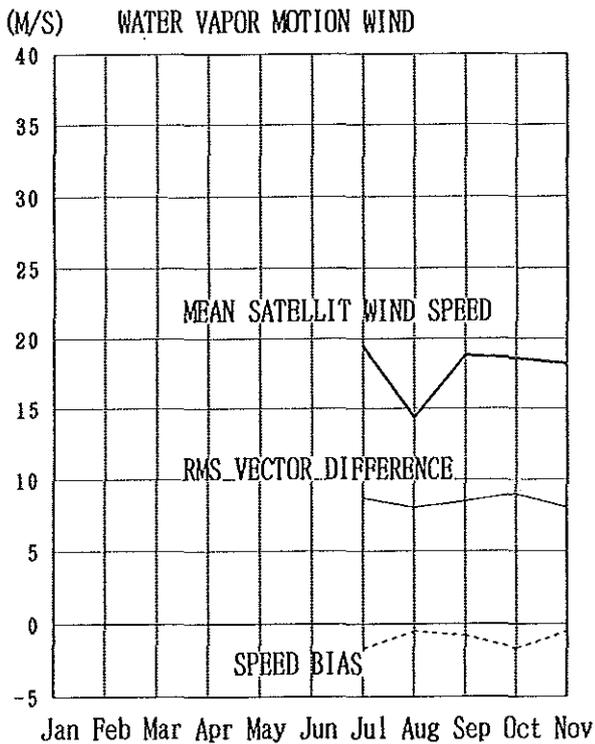
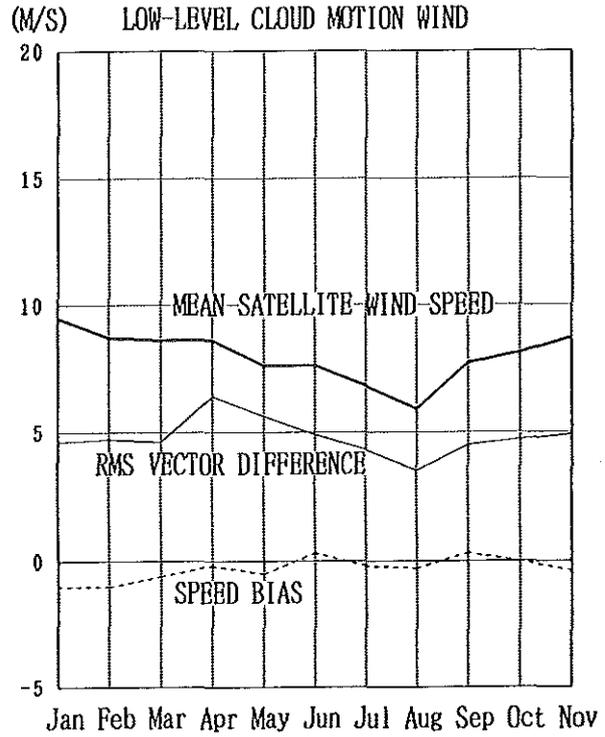
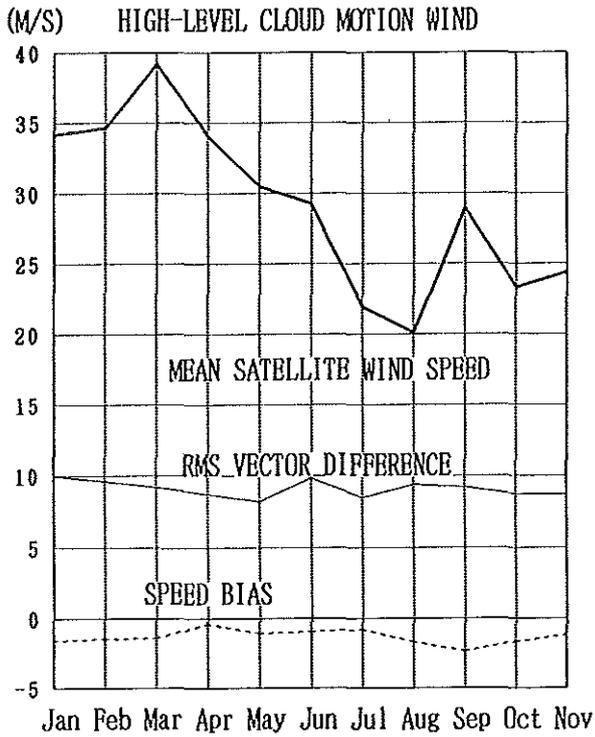


Fig. 5 Comparison Results of Satellite Wind with Radiosonde Wind in 1995.
 Bold solid line : Mean satellite wind speed
 Solid line : RMS vector difference
 Dashed line : Speed bias (Satellite wind speed—Radiosonde wind speed)

参考文献

- 市沢成介、1983：風計算業務の経緯と最近の衛星風の精度。気象衛星センター技術報告、第8号、85-100
- Oshima, T., H. Uchida, T. Hamada, and S. Osano, 1991 : A comparison of GMS cloud motion winds with ship-observed winds in typhoon vicinity. The Geophysical Magazine, 44, 27-36
- 大島隆、1988：自動算出法の現業用上層風算出システムへの適用と算出ベクトルの精度。気象衛星センター技術報告、第17号、45-62
- 大島隆、1989：風計算処理。GMS システム更新総合報告Ⅱデータ処理編、気象衛星センター技術報告特別号(1989)Ⅱ、85-102
- 大島隆、内田裕之、1993：気象衛星による高層風データの抽出。天気、Vol. 40, No. 7, 3-19
- Hamada, T., 1982 : Representative heights of GMS satellite winds, Met. Sat. Cent. Tech. Note, 6, 35-47.
- 浜田忠昭、1979：風計算。GMS システム総合報告、データ処理解説編(その2)、気象衛星センター技術報告(特別号Ⅱ-2)、15-42
- 浜田忠昭、加藤一靖、1984：風計算。GMS 風計算システムにおける客観的雲指定法と算出ベクトルの精度。気象衛星センター技術報告、第9号、27-38
- Takata, S., 1993 : Current status of GMS wind and operational low-level wind derivation in a typhoon vicinity from short-time interval images. Proceedings of Workshop on Wind Extraction from Meteorological Satellite data, Tokyo, 17-15 Dec. 1993. Published by EUMETSAT, 6100 Darmstadt, Germany, EUM P 14, 29-36.
- Tokuno, M., 1994 : Classification of cloud types based on data of multiple satellite sensors. Adv. Space Res., Vol.14, No.3, p (3) 199-(3) 206.
- Uchida, H., T. Oshima, T. Hamada, and S. Osano, 1991 : Low-level cloud motion wind field estimated from GMS short interval images in typhoon vicinity. The Geophysical Magazine, 44, 37-50
- Uchida, H., 1991 : Height assignment of GMS high-level cloud motion wind. Proceedings of Workshop on Wind Extraction from Meteorological Satellite data, Washington D.C., 17-19 Sept. 1991. Published by EUMETSAT, 6100 Darmstadt, Germany, EUM P 10, 27-32.

6.8 全天日射量算出処理

6.8 Solar irradiance

Abstract

The knowledge of the downward solar irradiance at the Surface of the Earth (Solar Irradiation) is important in many fields, such as the initial value for the long-range forecast, calculating the radiation budget of the earth's surface for climate studies, etc..

This product calculates it for the area from 60° N to 60° S and from 80° E to 160° W, as hourly data from 21 UTC to 09 UTC in every 0.25° latitude/longitude grid. The hourly data are added up to daily data, and sent to the Numerical Prediction Division of JMA via ADESS.

1. はじめに

地球上で観測される日射量についての情報は、長期予報モデルの初期値、気候研究の際の地球表面での放射収支の計算、植物の育成の評価、太陽エネルギー利用システムの構築等、様々な分野で必要とされている。しかしながら、日射量の地上観測地点は限られており、特に砂漠地帯や山岳地帯、海上ではほとんどない。

静止気象衛星では、地球-大気システムで反射されたエネルギーを観測できるので、海陸に関係なく、全球を均一な精度で日射量を推定できる可能性が高い。

近年、地球表面で観測される日射量を、静止気象衛星のデータを利用して算出する研究が行われてきている (Tarpley (1979), Gautier et al.(1980), Dedieu et al. (1987))。

気象衛星センターでも、Dedieu et al.(1987) の放射モデルの方法と、地上観測点の観測日射量とを組み合わせて算出するアルゴリズムの開発を開始した (佐々木、1990)。

そして、1995年6月13日のGMS-5の運用に合わせて、GMS-4のデータを基に太陽高度別に導いた算出式を用いて(徳野・大野、1994)、算出処理を開始した。

2. 算出処理

2.1 処理の概要

全天日射量は、21~09UTCまでの毎時(計13時間)

の可視データから算出される。算出範囲は、60° N~60° S、80° E~160° W、であり、この範囲で0.25度格子毎(緯度、経度方向にそれぞれ480格子)に算出される。

全天日射量の算出処理フローはFig. 1に示す通りである。

初めに、可視VISSRファイルと歪み補正ファイルから可視基本ヒストグラムを作成し、各格子毎の平均可視反射量、太陽天頂角及び太陽-地球間の平均距離に対する実際の距離の比率を算出する。次に、各格子毎に鉛直分布気候値ファイルから大気の透過率の計算に必要な水蒸気鉛直分布、晴天反射率気候値ファイルから地球表面のアルベードに対応する旬毎の可視最小反射率を抽出する。最後にこれらの物理量を基に3章で述べる算出方法で特別の全天日射量が計算される。

特別の全天日射量は各格子毎に21~09UTCまでの13時間分が合計され、日別の全天日射量が作成される。日別の全天日射量のみがADESS回線で気象庁数値予報課に送られる。

2.2 算出方法

算出には、次式のようにDedieu et al.(1987)のモデルと同様なモデルを用いている。

$$E = E_0 d^{-2} \cos(\theta_s) T(\theta_s) (1-A)/(1-A_s) \quad \text{①}$$

①式の各要素の内、 d と θ_s についてはGMSの軌道・

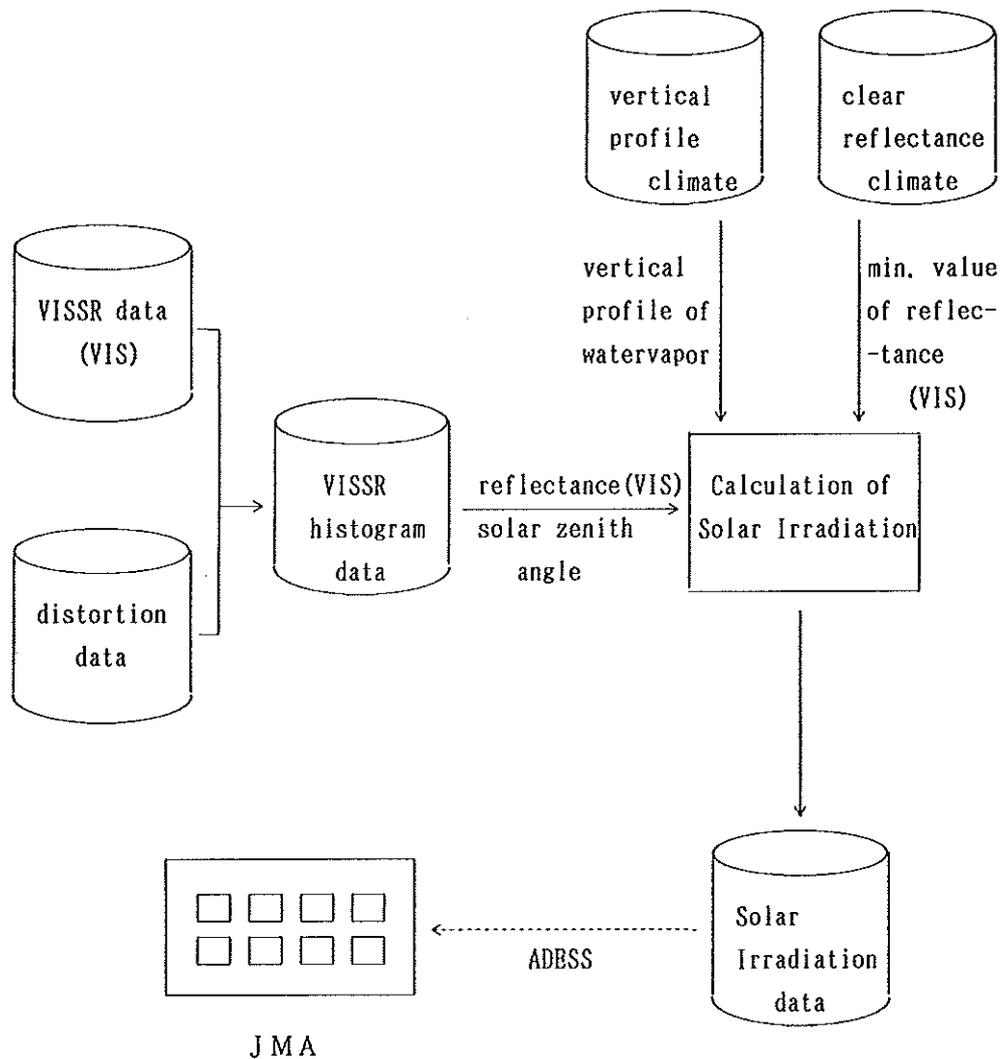


Fig.1 data flow of Solar Irradiation estimation

姿勢データから計算される。T (θ_s) については、鉛直分布気候値データを用いて、Bird and Hulstrum の方法 (Iqbal, 1983) を基に計算される。A_sについては、1987年から1991年の各旬の可視反射量の最小値を0.25度格子毎に3時間毎に計算しておき(晴天反射率気候値という)、この値を時間的に内挿して、地表面のアルベードとして使用する。Aについては、②式のように観測された0.25格子内の平均可視反射量Lに係数をかけて求める。

$$A = a L / \cos (\theta_s) + \beta \quad \text{②}$$

係数 a、β は、①式のEに地上観測の日射量を代入して計算されるAと、そのときのL/cos (θ_s) を cos (θ_s) の値0.05毎に、最小二乗法により回帰直線をもとめた時の係数である (徳野・大野, 1994)。

3. 算出結果

Fig. 2 は、1995年7月25日の04UTCの算出例である。全球的に均一に算出されているのがわかる。

Fig. 3 に、1995年7月1ヶ月間の地上観測の特別日射量と、対応する格子における算出値との散布図を示す。データ数は約18000個で、相関係数は0.93程度である。この図をみると、全体的に算出値の方が観測値よりも小さな値となっている。これは、衛星がGMS-4からGMS-5に変わった際に、可視の領域を観測するセンサーが変更されて、GMS-4に搭載されていたものよりも感度が上がったことに起因すると思われる。①式でAを決定する際に用いられる係数は、GMS-4の時に求められたものなので、算出の際に、Aの値が小さく見積もられている公算が大きい。

SOLAR IRRADIATION MAP (GMS-5)

1995. 7. 25. 4 (UTC) ($10^{**}-1$ MJ/M**2)

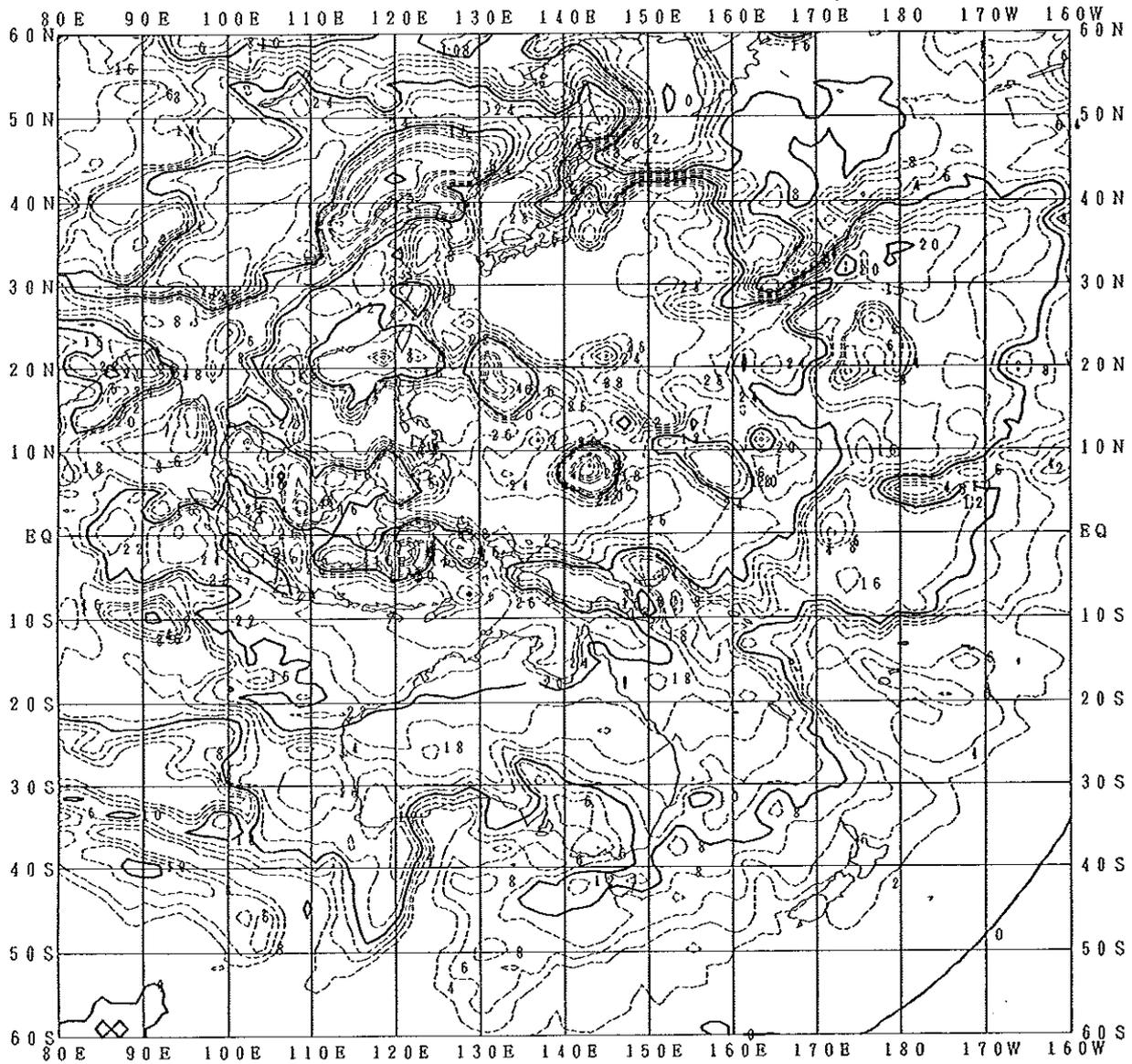


Fig. 2 Map of hourly Solar Irradiation (25. July 1995 at 04 UTC.)

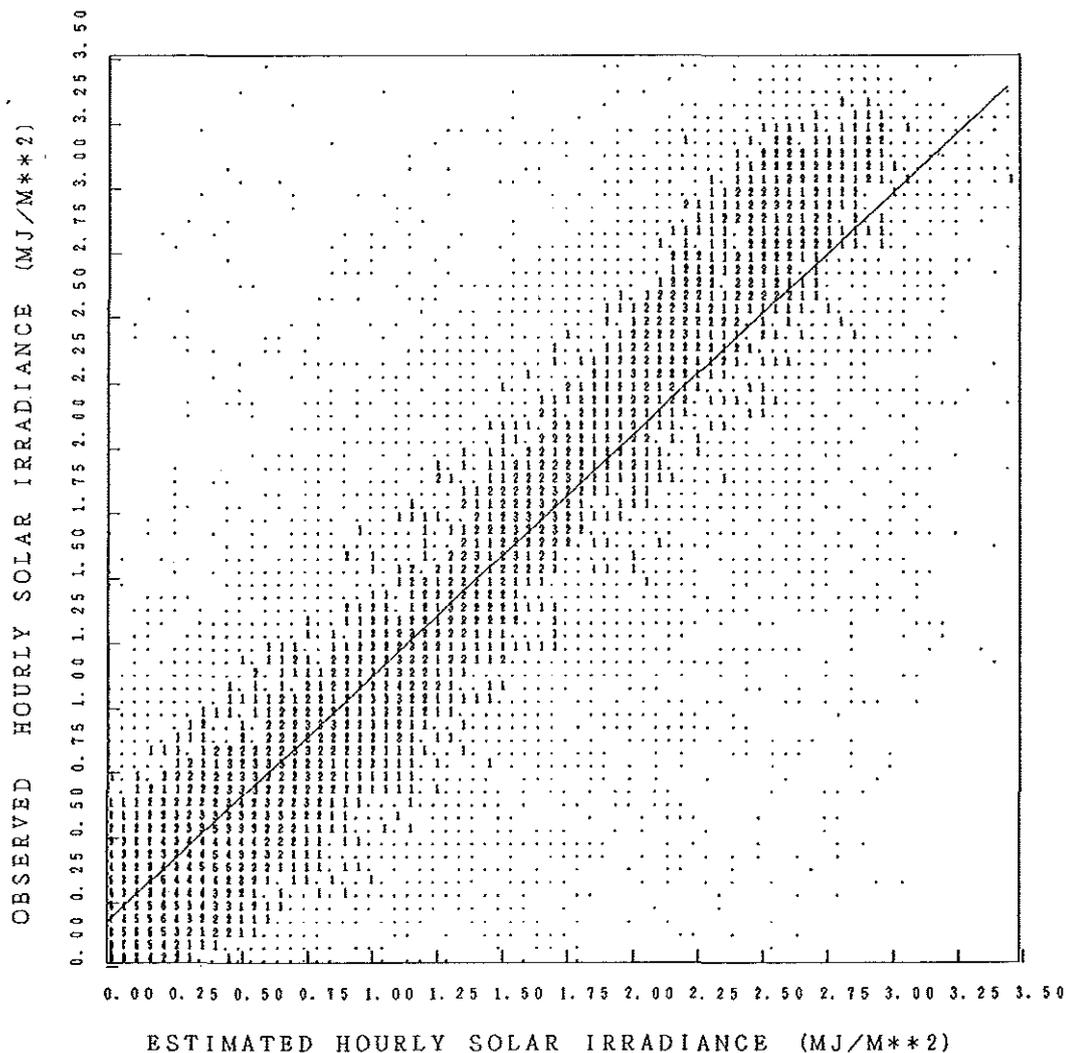


Fig. 3 Hourly observed data plotted against satellite estimates of the solar irradiance at the surface
(July 1995, 18385 cases, $Y = 0.932 X + 0.158$)

4. 参考文献

外国文献

- 1) Dedieu, G., P.Y. Deschamps and Y.H. Kerr, 1987: Satellite estimation of solar irradiance at the surface of the earth and of surface albedo using a model applied to Meteosat data. *J. Appl. Meteor.*, 26, 79-87
- 2) Gautier, C., G. Diak and S. Mase, 1980: A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. *J. Appl. Meteor.*, 19, 1005-1012

3) Iqbal, M., 1983: An introduction to solar radiation, Academic Press, 390 pp.

4) Tarpley, J. D., 1979: Estimating incident solar radiation at the earth's surface from geostationary satellite data. *J. Appl. Meteor.*, 18, 1172-1181.

国内文献

- 1) 佐々木 秀行, 1990: 日本気象学会予稿集
- 2) 徳野 正己, 大野 智生: 1994: 「ひまわり」可視データによる日射量推定, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」第3回論文集, 40-48

6.9 雪氷域判定指数作成処理

6.9 Snow-ice index

Abstract

The information of the earth's surface is important as initial and boundary conditions for numerical prediction. The information about snow and ice cover can be given as an index. (snow-ice index)

This index is calculated for the area from 60° N to 20° N and from 80° E to 160° W, as daily data in every 0.25° latitude/longitude grid. The results are sent to the Numerical Prediction Division of JMA via ADESS.

1. はじめに

地表面の状態の情報は、気候の研究や、数値予報モデルの初期値や境界値として重要である。しかし、地球全体の地表面の状態の情報は、現在のところ、まだほとんど整備されていない。この処理では、地表面の状態の内、特に雪氷域の情報についての指数を計算し、配信する。

2. 算出処理

2.1 処理の概要

雪氷域の反射率は、雪や氷がない所の反射率に比べて、特に可視の波長域で大きな値を示す。この性質を利用して、雪氷域を判別する。

一般に、地表面の可視反射率は、入射光の入射角によって大きく変化する。そのため、この処理では、入射角が小さくて散乱光の影響が少ない、すなわち太陽天頂角の小さな2つの時間のデータを使用する。

まず、過去5年間のGMSの可視のデータから、各格子の年間を通じた最小値を求めておく。この値は、各格子の雪や氷が最も少ない状態での反射率を表す値と思われる。(以下、最小可視反射率と呼ぶ。)

次に、算出する日の各格子毎の地表面の可視反射率を求めるが、その格子内に雲があると可視反射率は大きな値になってしまう。そこで、雲の効果を取り除くために、その日を含めて過去15日間の、21、00、03、06、09UTのデータのうち太陽高度の高い2時間を選

び、計30個のデータの中から最小となる値を用いる。こうすることで、雲の効果はかなり除去され、算出する日の各格子における地表面の可視反射率を示す値が得られる。

また、雪氷域の可視反射率は、その雪氷域の状態(凹凸、色、など)によっても値が大きく変化する。そのため、判定したい場所の可視反射率の絶対値によって、雪氷域であるかどうかを判定するのは大変難しい。そこで、この処理では、各格子毎に、算出する日における可視反射率と最小可視反射率との差を、雪氷域を表す指数(以下、雪氷域判定指数と呼ぶ。)として算出する。

2.2 算出方法

雪氷域判定指数作成処理は、Fig.1のとおりである。

当処理は、1日1回、09UTの可視のVISSR画像を撮り終えた後に行われる。まず、基本雲格子点ファイルの、北緯60度から北緯20度までの各格子毎の21、00、03、06、09UTの平均可視反射率と太陽天頂角を取り出して、可視データ15日間累積ファイルに累積する。そして、この5つの時間のうちで、各格子毎にその経度によって太陽高度の高い2つの時間を選ぶ。(東経95度以西については06UTと09UT、東経95度から東経140度までは03UTと06UT、東経140度から西経175度までは00UTと03UT、西経175度以東は21UTと00UT)その15日分の計30個のデータから、最小となる値を抽出する。この値と、晴天反射率気候値データの中の各

格子における最小可視反射率のデータとの差を求める。この値が、雪氷域判定指数である。(以下、単に指数と呼ぶ。)算出された指数は、ADESS 回線を通して、気象庁数値予報課に送られる。

なお、このとき抽出された平均可視反射率の最小値と、その時の各格子における太陽天頂角(余弦の値)は、それぞれ最小反射率年累積ファイルと太陽天頂角年累積ファイルに累積されて保存される。

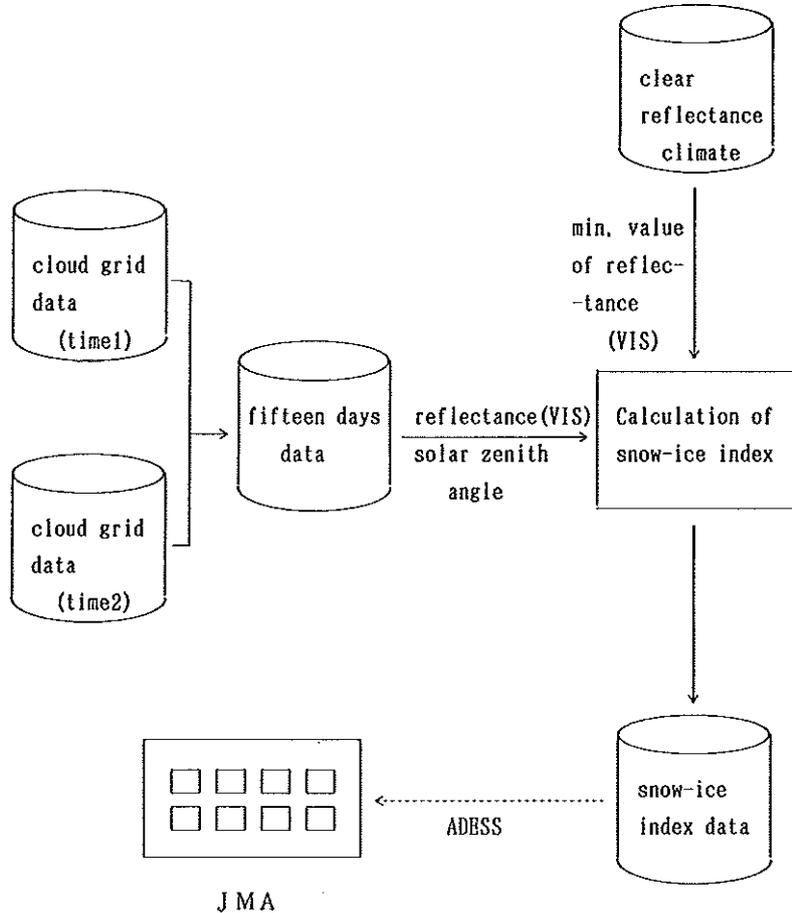


Fig.1 data flow of snow-ice index estimation

3. 算出結果

Fig. 2 に、1995年11月25日の算出例を示す。

Fig. 2 を見ると、図中の A で示すヒマラヤのように、海拔高度が高く、明らかに雪が存在するであろうと思われる所では、指数は大きな値となっている。反対に、海上や、陸上で海拔高度が低く、雪が無いであろうと思われる所では、指数は小さな値を示す。

Fig. 3 に、1995年12月25日の算出例を示す。

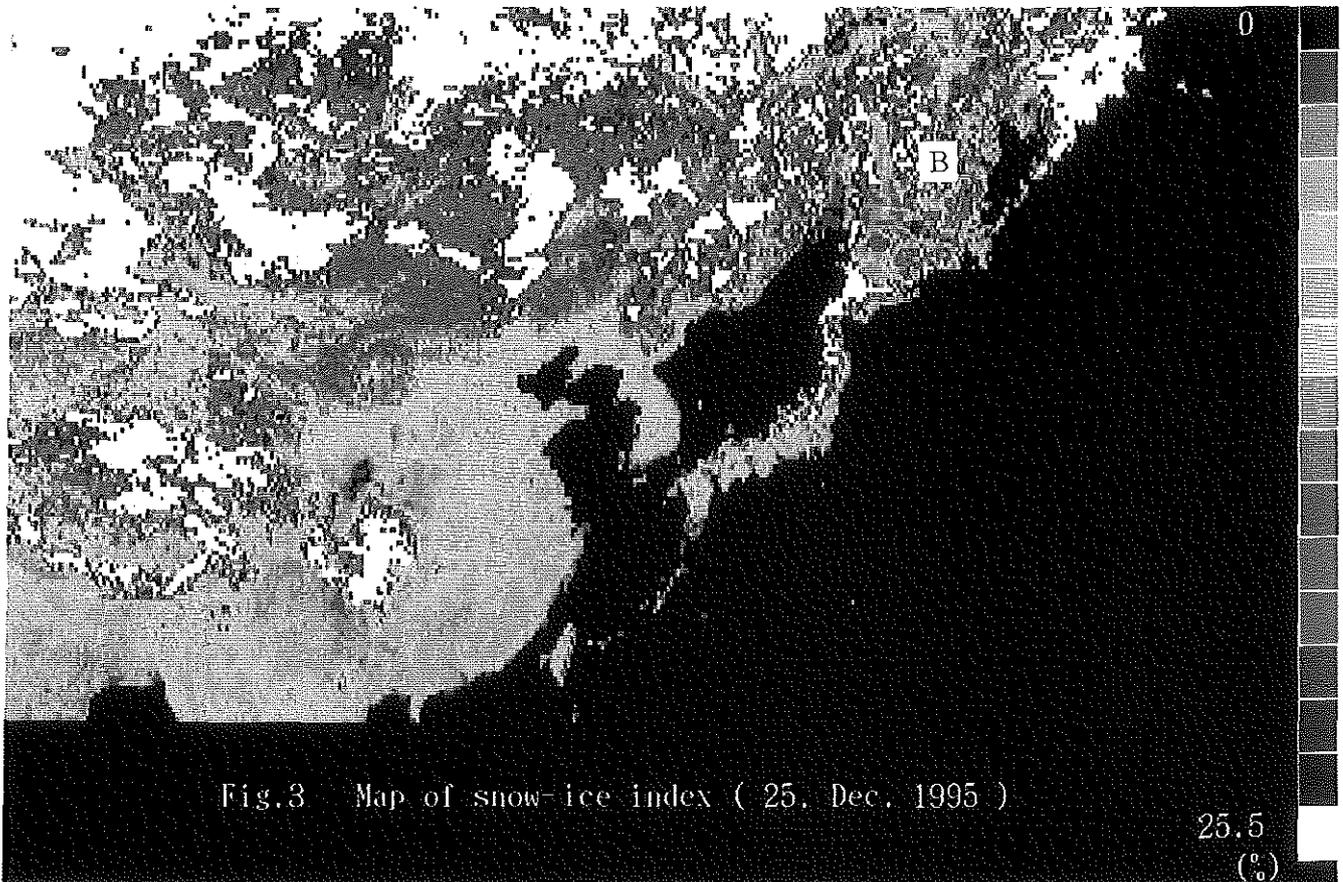
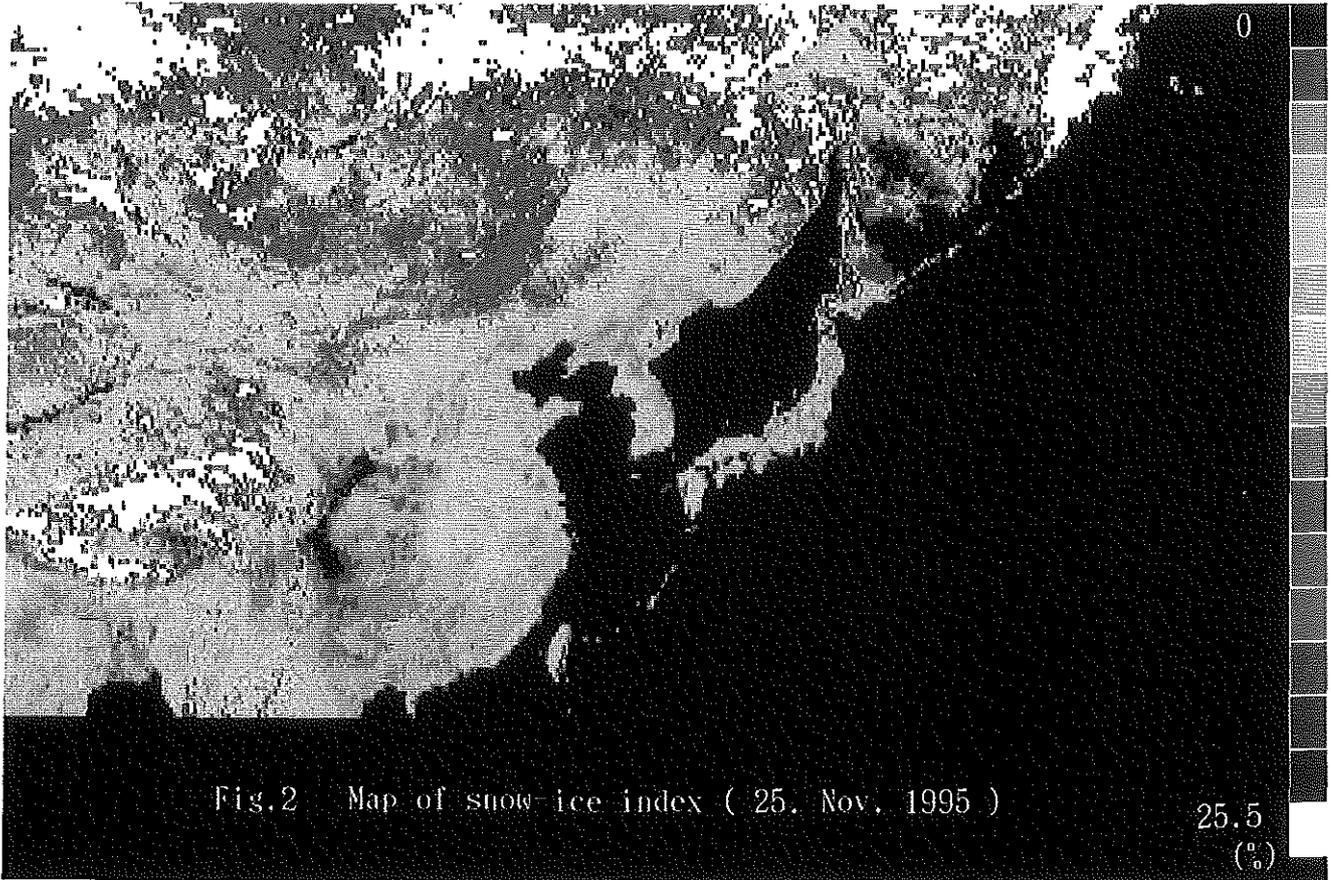
Fig. 2 と比較すると、高緯度や海拔高度の高い所を中心に、指数が大きな値の範囲が増えているのがわかる。

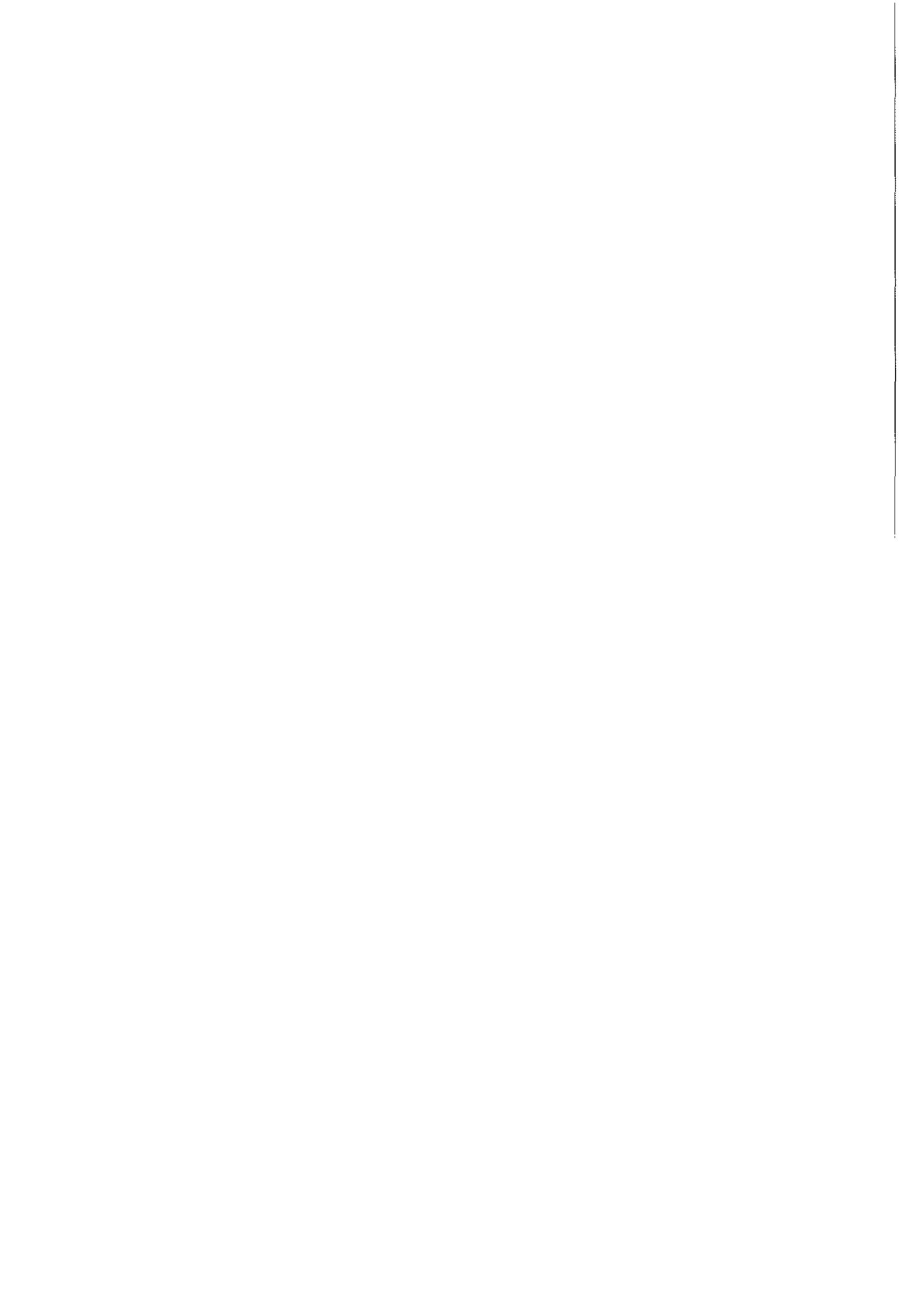
4. その他

本プロダクトで算出される値は、あくまでも雪氷域を判定するための指数である。しかし、2.3の算出

例を見ると、この指数が雪氷域を判定する目安になりうる事がわかる。

また、Fig. 3 の B で示す場所はオホーツク海であるが、指数がかなり大きな値となっている。この時期にはこの海域に流氷はなく、指数が大きくなる原因は、この海域の上空に雲があるためである。このことから、この処理では雲の効果を取り除くために、15日間分のデータ(計30個/1格子点当たり)を使うというフィルターをかけているが、季節や場所により雲の効果を取除けずには取り除けない場合があることがわかる。したがって、15日間以上雲に覆われている所の雪氷域判定は、この方法では不可能である。このデータを使って雪氷域を判定する際には、15日間以上の長期にわたり雲に覆われていないかどうかには注意する必要がある。





6.10 雲解析情報図

6.10 Satellite Nephanalysis Information Chart (SNIC)

Abstract

Taking advantage of multispectral radiometers of VISSR of GMS-5 consisting of Water Vapor (WV) absorption and Split-Window (SP) channels, MSC has developed Satellite Nephanalysis Information Chart (SNIC) for supporting short-range forecasts in place of Satellite Cloud Information Chart (SCIC) of GMS-4.

SNIC covers the Far East area including Japan and its surrounding sea. As well as basic information, it contains additional information required by local weather services for forecasting the weather and monitoring weather conditions. Basic information consists of cloud types, cloud top height and atmospheric information from upper to lower troposphere. The clouds are automatically classified into seven types, e.g., cumulonimbus, cumulus, using multi-spectral data from WV, SP and Visible (VIS) channels of GMS-5. Cloud types are modified, mainly focusing on misclassification of cumulonimbus and fog/stratus, through man-machine interactive procedures on workstations. Cloud distribution pattern is displayed by allocating characteristic hatched and shaded patterns to cloud types in SNIC. Cloud top height calculated from the infrared (IR) channel is corrected for semi-transparency (for thin cirrus cases) by WV. The corrected information is added to the affected cloud area in the chart manually. Isothermal line of WV channel TBB are drawn in SNIC to monitor atmospheric conditions of upper and middle troposphere. Upper and low level cloud wind vectors are also added to monitor the air flow of upper and lower troposphere.

Additional information related to significant meteorological phenomena is obtained from analysis of images through man-machine interactive procedures on workstations. Significant cloud patterns, e.g., cloud vortex, convective cloud line and cirrus streak are added to SNIC as various symbols. The symbols include wave cloud which shows the existence of mountain wave, and upper level trough and jet stream axis, analyzed with new methods based on WV imagery. Significant analysis information, i.e., the position, the speed of movement and trend of the object, is described. Some comments in Japanese are made about areas where special attention is required e.g. active convective areas, front lines and remarkably dark areas in WV imagery. Developing / weakening and movement of significant cloud is also described.

MSC has routinely disseminated SNIC to JMA meteorological observatories and relevant institutions within 30 minutes of the 3-hourly map time by coded digital facsimile (CDF) since June 13, 1995.

1. 概要

GMS-5の運用以前は、短期予報支援資料として、「雲画像情報図」が出力されていた。雲画像情報図に含まれる情報のうち、雲分布は自動処理により赤外チャンネルの輝度温度の等値線と、雲域別のハッチパターン等で表現された。一方、雲型を表すシンボル、雲システムの発達・衰弱とその移動等の情報は計算機との対話処理によって情報図原図に付加され作成された。作成は3時間毎で、観測正時後45分以内にADESSへ送信されていた。

GMS-5では、赤外スプリットウィンドウチャンネル、水蒸気チャンネルが利用可能となったため、雲型の自動識別や予報上重要な気象現象の解析をすることが可能となった。そのため、雲画像情報図を廃止し新たに「雲解析情報図」の作成・配信を1995年6月13日から開始した。

雲解析情報図は2種類の情報から構成されている。第1は、雲分布、雲頂高度及び上～下層の大気の情報である。雲分布は自動処理で分類された雲型をハッチパターンで表現している。雲頂高度は半透明の巻雲の高度補正を施した後、重要な雲域に付加されている。一方、上中層の大気は水蒸気チャンネルの輝度温度の等値線や上層風ベクトルで表し、特に水蒸気チャンネル画像で暗い領域（輝度温度が高い領域）をハッチパターンで表現している。下層の大気は下層風ベクトルで表現している。第2は、解析者がワークステーション上で対話型処理によって解析した重要な気象現象の情報である。上層の強風軸、トラフに関する情報や重要な雲域の発達・衰弱等の情報がコメントとともに盛り込まれている。

雲解析情報図は、60°Nに投影面を置いたポーラステレオ投影図法により、縮尺はL-FAX(B4)受信時には2,130万分の1になるように作成されていて、B5サイズに縮小することによって他の天気図との重ね合わせができるようになっている。作成は3時間毎で観測正時後30分以内にADESSへ送信されている。

2. 処理フロー

雲解析情報図の処理は大きく二分されている。Fig.1に示すように、初めに、ホスト計算機を使用して原図

データ作成前処理で作成された大気パラメータ情報ファイルと画像データとから、0.25度格子毎の雲型、雲頂高度、水蒸気チャンネルの輝度温度を算出する(原図データ自動作成処理)。次にそれらの情報及び画像をワークステーションに転送した後、ワークステーション上で原図の自動作成及び解析者による情報の付加を行う(原図自動作成及び情報付加処理)。

2.1 原図データ作成前処理

原図データ作成前処理では、Fig.1に示すように雲型判別、雲頂高度算出に必要な大気鉛直プロファイル等が含まれる大気パラメータ情報ファイルを作成する。この処理は、気象庁数値予報課作成のアジアモデル(ASM)の6時間毎の予想値を3時間毎、1度格子に内挿して使用している。

大気パラメータ情報ファイルには、90°E～180°E、65°N～15°Nの範囲の内、ポーラー変換されて雲解析情報図の範囲となる部分を1度格子に区切った各格子毎にASMの鉛直分布データが格納されている。データの内容は、各指定面(地上面を含む)及び圏界面での気温、高度、相対湿度、気圧からなる。更に、ASMの鉛直分布データを基に放射伝達モデルを用いて計算された輝度温度の情報が格納されている。放射計算の際、地表面温度は地上気温で代用している。輝度温度情報の内容は、水蒸気チャンネルで観測されるであろう晴天輝度温度(以下モデルWV晴天輝度温度という)、700hPa以下の指定気圧面に黒体がある場合にスプリットウィンドウチャンネルで観測されるであろう輝度温度差(以下モデルSP輝度温度差という)、100hPa以下の指定気圧面及び圏界面に黒体がある場合に赤外1及び赤外3(水蒸気チャンネル)で観測されるであろう放射輝度及び輝度温度(それぞれモデル赤外1(又は3)放射輝度及び輝度温度という)等である。

2.2 原図データ自動作成処理

VISSR前半ファイルの作成完了後、直ちにホスト計算機側で原図データの自動作成が開始される。観測正時までは原図データが作成され、その後ワークステーションに転送される。

原図データの自動作成については3章で述べる。

2.3 原図自動作成及び情報付加処理

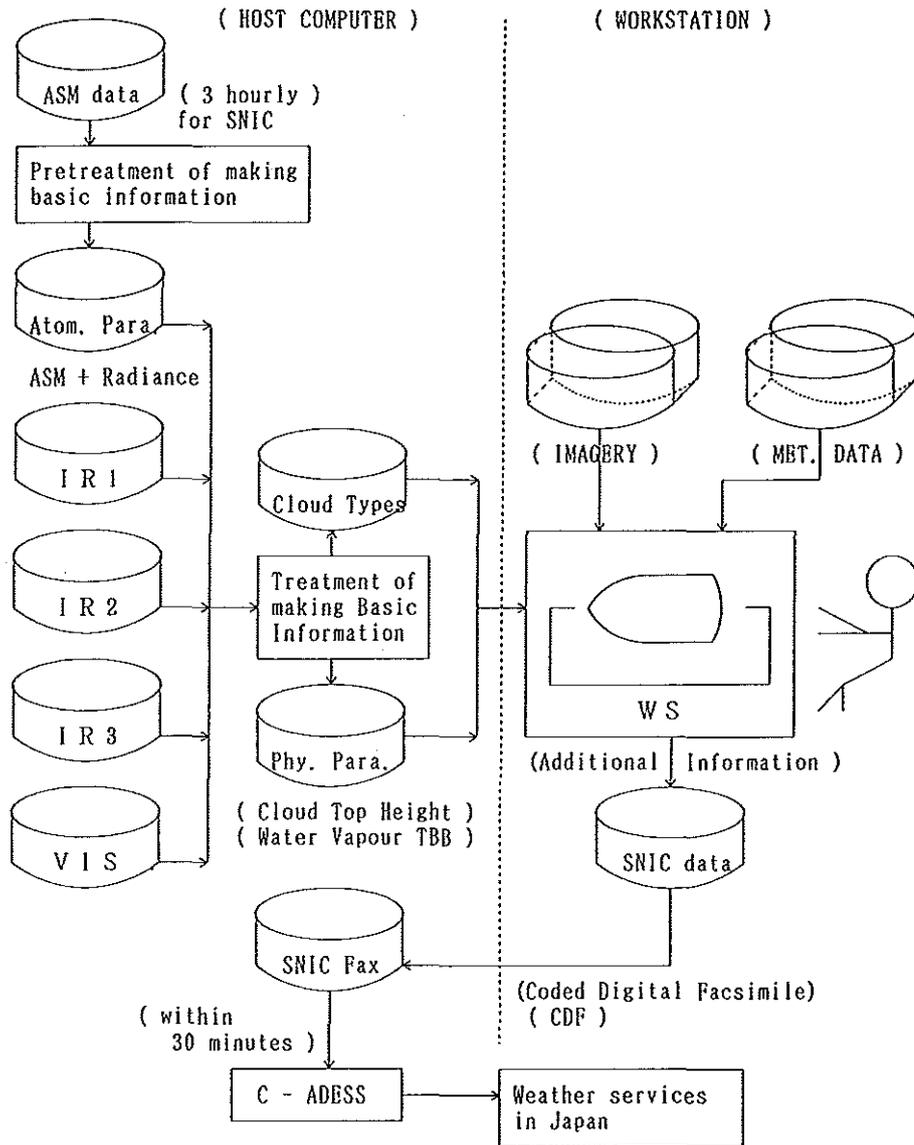


Fig. 1 Outline of procedure of making Satellite Nephanalysis Information Chart (SNIC)

ワークステーションでは、初めに原図データから原図が自動作成される。次に画像の動画表示、雲の移動や輝度温度の測定、数値予報資料及び地上気象、高層気象観測資料の表示等の機能を利用して雲型データの修正及びマンマシンによる解析結果が付加され、雲解析情報図が作成される。

原図自動作成及び情報付加処理については4章で述べる。

2.4 CDF変換

情報付加された雲解析情報図はホスト計算機側に転送され、CDFコードに変換され、C-ADDESSに送信

される。

3. 原図データの自動作成処理

原図データの情報は、雲型、雲頂高度、水蒸気チャンネルの輝度温度からなる。基本的には、これらの情報は2.1節で説明した大気パラメータファイルとVISSRファイルのデータとから0.25度格子毎に作成される。以下では、雲型、雲頂高度、水蒸気チャンネルの輝度温度の作成処理についてそれぞれ説明する。

3.1 雲型データの自動作成

基本的には、赤外1、2、3チャンネルの各画像データを使用して雲型判別を行うが(M. Tokuno and K. Tsuchiya 1994)、可視画像が使用可能な時は可視画像データも使用する。各処理は、画素の層別化処理と雲型判別処理からなる。雲型判別では特定の緯経度の雲型を周囲の画素を統計的に処理して判別する。雲型判別の処理フローをFig. 2に示す。

初めに、0.25度格子の中心を囲む5ライン、5ピクセルの画素のうちエラーラインの画素を除いた有効なN画素について赤外1、2、3の各画像データと可視画像データを抽出する。可視画像データは4ライン、4ピクセル毎にサンプリングして抽出する(Fig. 3)。次に抽出した画像データは、反射量、輝度温度、放射輝度の物理量に変換する。

次に画素の層別化処理が行われ、赤外1の輝度温度データと大気パラメータファイルに格納されているモデル赤外1輝度温度から、N画素を4層(上層雲モード、中層雲モード、下層雲モード、晴天域モード)に層別化する。4層の温度の閾値は、400hPa、600hPa、900hPaである(Fig. 4)。

層別化された画素に対して以下のような雲型判別処理が行われる。

N画素の内、各モードに含まれる画素数をそれぞれ上層雲モード(NA)、中層雲モード(NB)、下層雲モード(NC)、晴天域モード(ND)個とする。

NA、NB、NC、NDがそれぞれ($a_i \cdot N$)個以上の時それぞれの処理モードで雲型判別される(a_i , $i = A \sim D$ はそれぞれの処理モードの閾値係数)。これ以外の場合で、($NA + NB + NC$)が($a_{A+B+C} \cdot N$)個以上の場合は卓越モードなしの処理モードとなる。これら以外の場合はその他の雲域に自動判別される。現在、閾値係数は $a_A = 0.8$, $a_B = 0.8$, $a_C = 0.6$, $a_D = 0.8$, $a_{A+B+C} = 0.8$ を使用している。

各処理モードで雲型を判別する処理は4つに大きく分けられる。第1は赤外1と赤外2の輝度温度差と赤外1と赤外3との輝度温度差の2次元ヒストグラムより閾値で雲型を判別する(輝度温度差処理)。第2は赤外1と赤外3の放射輝度を用いた雲の多層判別処理(ここでは最大2層までしか考慮していない)で、巻雲及びその下層の雲の有無を判別するのにを行う処理であ

る。中層雲や下層雲を巻雲が覆っている場合、巻雲の射出率の変化によりある領域内の観測される赤外1と赤外3との放射輝度の関係に線型性が期待できる。赤外1と赤外3の放射輝度のデータについて相関を求め、相関係数Rが有為な場合、得られる線型関係式 $RAD(IR3) = A \cdot RAD(IR1) + B$ の係数Aと中下層の雲頂高度は正の関係があるので、係数Aの閾値で雲型を判別する処理である(多層判別処理、Fig. 5)。ここで判別される厚い雲域は2層の雲頂高度の差が小さい雲域を意味している。第3は可視データがない場合の下層雲の判別処理である。1格子に含まれる赤外1の輝度温度及び赤外1と赤外2の輝度温度差のヒストグラム(累積度数)を作成し、低温側から16%の値(最低温度、最低温度差)、84%の値(最大温度、最大温度差)、区間温度(最大温度-最低温度)、区間温度差(最大温度差-最低温度差)を算出する。区間温度差と最低温度差、区間温度差と区間温度、区間温度と最低温度等の各二次元ヒストグラムから閾値により雲型を判別する(下層雲処理、Fig. 6)。第4は可視データがある場合である。1格子に含まれる画素のヒストグラム(累積度数)を作成し、低反射率側から16%の値(最低反射率)、84%の値(最大反射率)、区間反射率(最大反射率-最低反射率)を算出し、最低反射率と区間反射率の二次元ヒストグラムから閾値により雲型を判別する(可視処理、Fig. 7)。

各処理モードの概要について説明する。

1) 上層雲モード処理

上層雲モード処理では、1格子を積乱雲域(Cb)、発達中の雄大積雲域(Cg)、厚い雲域(Dense)、巻雲(Ci)、(Ci+中層雲域(Cm))、(Ci+積雲域(Cu))に自動判別する。

Cbについては、はじめに赤外1と赤外2の輝度温度差と赤外1と赤外3の輝度温度差がともに小さくなることを利用して、輝度温度差処理でCb画素を判定する(Fig. 8(A))。Cb画素数が1格子内の有効画素数の70%より大きい時、Cbと判定する。可視データがある時、判別されたCbは可視処理によりCb、Cg、Dense、(Ci+Cm)に再判別する(Fig. 8(B))。Cb画素数が1格子内の有効画素数の70%より小さい時、可視データがある時には可視処理によりCb、Cg、Dense、

$(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ 、 C_i に判別し(Fig. 8 (C))、可視データがない時には、赤外1と赤外3の放射輝度の相関係数を評価する。相関係数Rが0.7より大きい時多層判別処理を行い、係数Aの値により Dense、 $(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ 、 C_i に判別する(Fig. 8 (D))。Rが0.7より小さい時、NA個の赤外1と赤外2の輝度温度差及び赤外1と赤外3との輝度温度差のそれぞれの平均値について輝度温度差処理を行い C_g と C_i に判別する(Fig. 8 (E))。

2) 中層雲モード処理

中層雲モード処理では、上層雲モード処理と同様な方法で、可視データがない時、 C_g 、 C_m 、 $(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ に可視データがある時、 C_g 、Dense、 C_i 、 C_m 、 $(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ に自動判別する。

はじめに、 C_g はCbと同様に赤外1と赤外2の輝度温度差と赤外1と赤外3の輝度温度差がともに小さくなることを利用して、輝度温度差処理で C_g 画素を判定する(Fig. 9 (A))。 C_g 画素の個数が有効画素数の70%より大きい時、 C_g に判別する。可視データがある時、判別された C_g は可視処理により Cg、Dense、 $(C_i + C_m)$ に再判別する(Fig. 9 (B))。 C_g 画素の個数が有効画素数の70%より小さい時、上層雲モードと同様に相関係数Rの値に応じた処理を行う。Rが0.6より大きく且つ可視データがない時多層判別処理を行い、係数Aの値により Dense、 $(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ 、 C_i に判別する(Fig. 9 (C))。Rが0.6より大きく且つ可視データがある時には、可視処理により Cg、Dense、 $(C_i + C_m)$ 、 $(C_i + C_u)$ 、 C_i に判別する(Fig. 9 (D))。Rが0.6より小さく且つ可視データがない時、 C_m に判別する。Rが0.6より小さく且つ可視データがある時、可視処理により C_g と C_m とに判別する(Fig. 9 (E))。

3) 下層雲モード処理

可視データがある場合、可視処理により Cu、霧/層雲域 (Fog)、その他の雲域 (Other)に判別する(Fig. 10(A))。可視データがない場合、下層雲処理で、Cu、

Fog、Otherに判別する(Fig.10(B))。判別方法は以下の考えに基づいている。下層雲については赤外1と赤外2との輝度温度差及び輝度温度差の分散が小さく特に Fog/St が小さい。また Fog/St の赤外1の輝度温度の分散は小さいが、Cu はその発達程度で異なるがやや大きい。

4) 晴天域モード処理

可視データがある場合、可視処理により Fog、Otherに判別する(Fig.11(A))。可視データがない場合、下層雲処理で、Fog、Otherに判別する(Fig.11(B))。

5) 卓越モードなし処理

可視データがある場合、可視処理により C_g 、Dense、 C_m 、 C_i に判別する(Fig.12(A))。可視データがない場合、N個のデータについて多層判別処理を行う。相関係数Rが0.6より大きい時 C_i に、Rが0.6より小さい時、(NA+NB+NC)個の赤外1と赤外2の輝度温度差及び赤外1と赤外3との輝度温度差のそれぞれの平均値について輝度温度差処理を行い C_m と Other に判別する(Fig.12(B))。

上記の雲型判別についての「その他の雲域」には晴天域、層積雲等が含まれている。

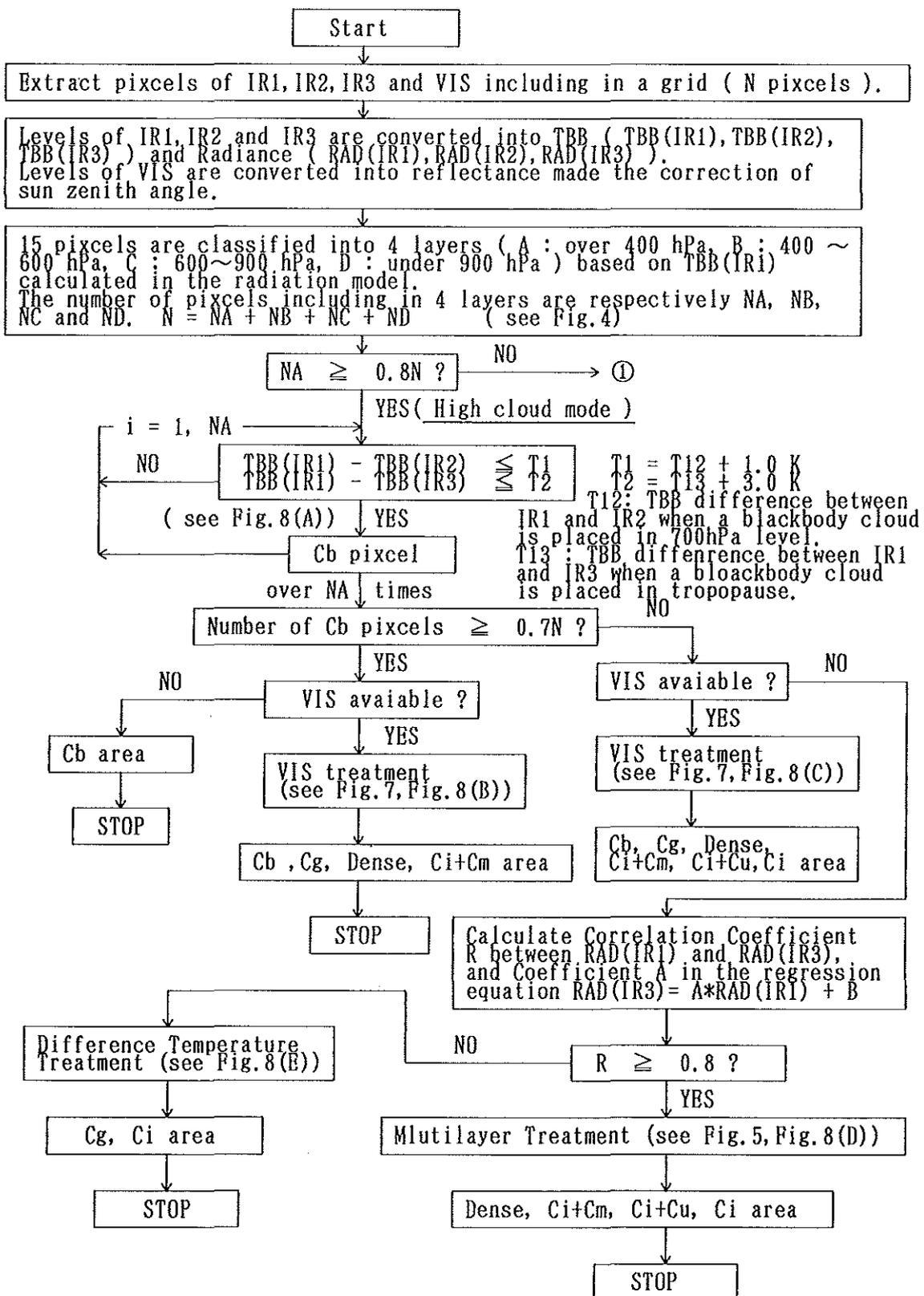
3.2 雲頂高度算出

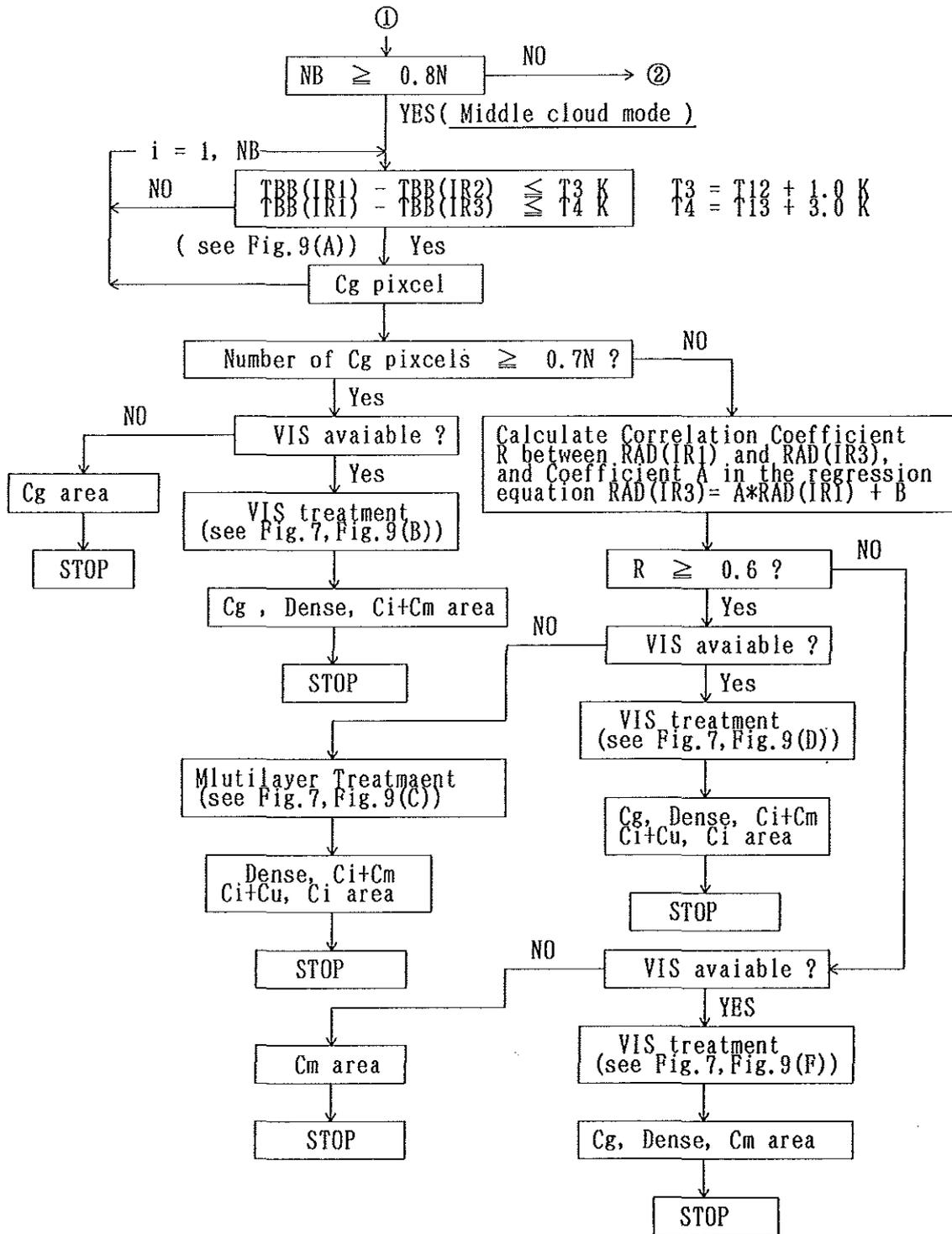
巻雲域が含まれる格子の雲頂高度算出は、RAD(IR1)とRAD(IR3)を用い半透明の巻雲の補正をして算出する(徳野、土屋、1990)。原理としてはFig.5に示した Q_0 の高度を算出する。巻雲域以外については、1格子内の最低温度と大気情報パラメータファイルに格納されている鉛直温度とを比較することにより算出する。

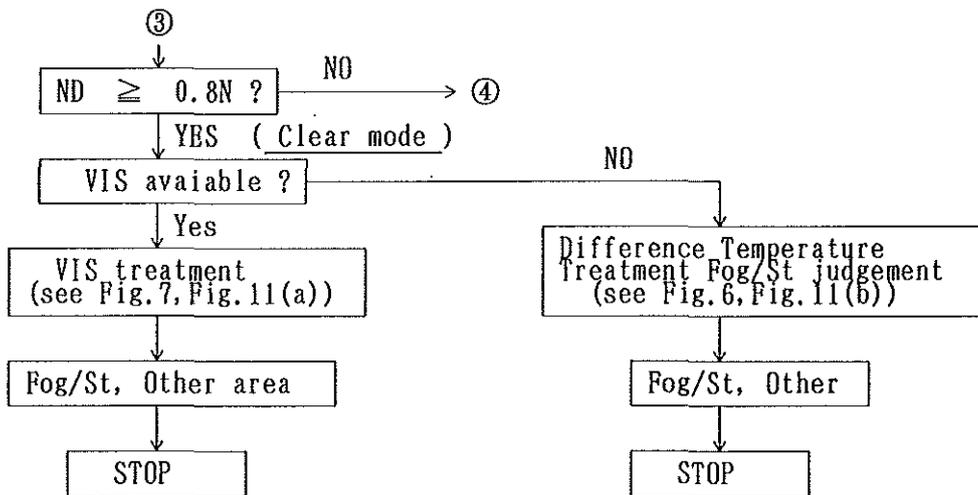
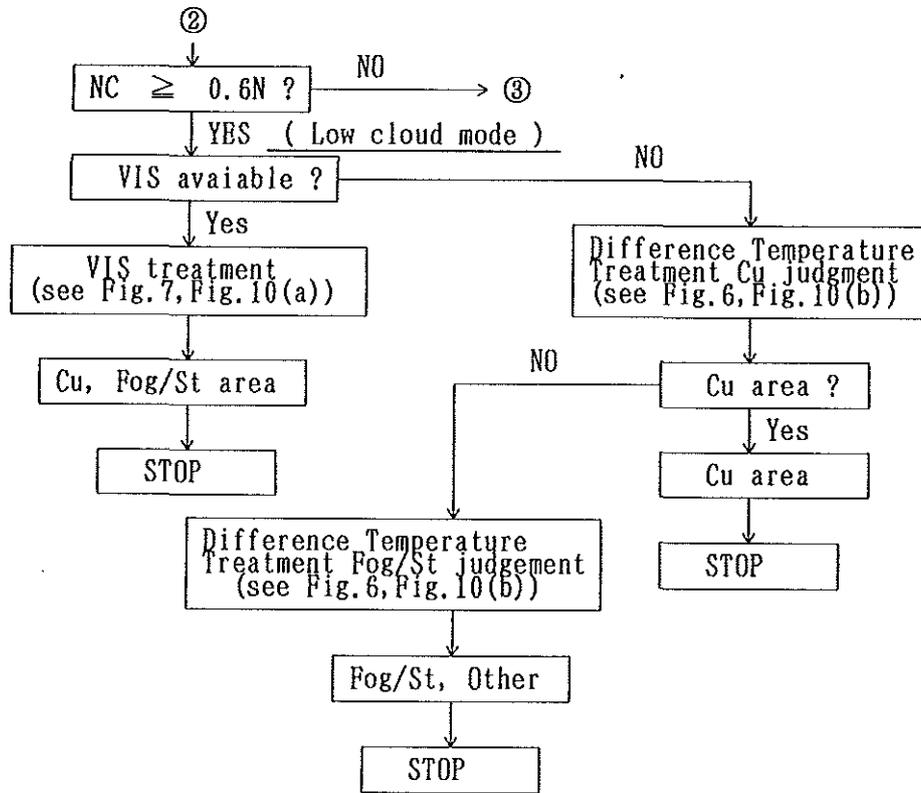
3.3 水蒸気チャンネルの輝度温度算出

1格子に含まれる水蒸気チャンネルの画素の輝度温度の平均値をその格子の水蒸気チャンネルの輝度温度とする。

Cloud classification Algorithm







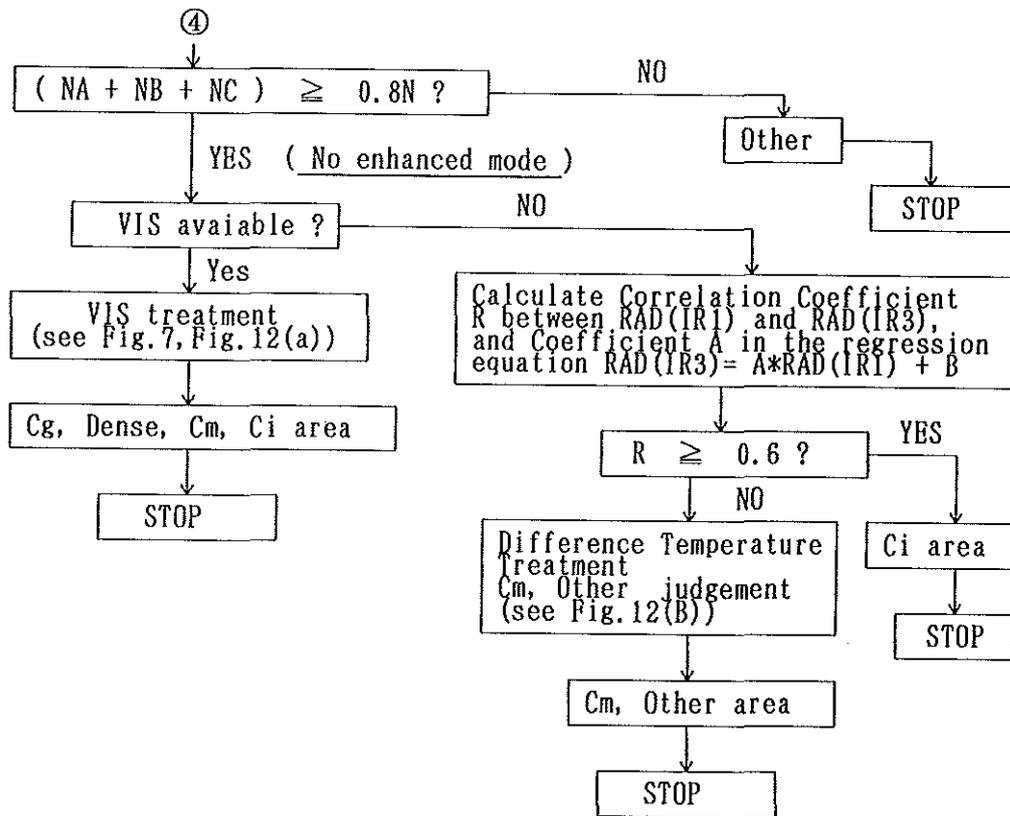


Fig. 2 Cloud classification algorithm

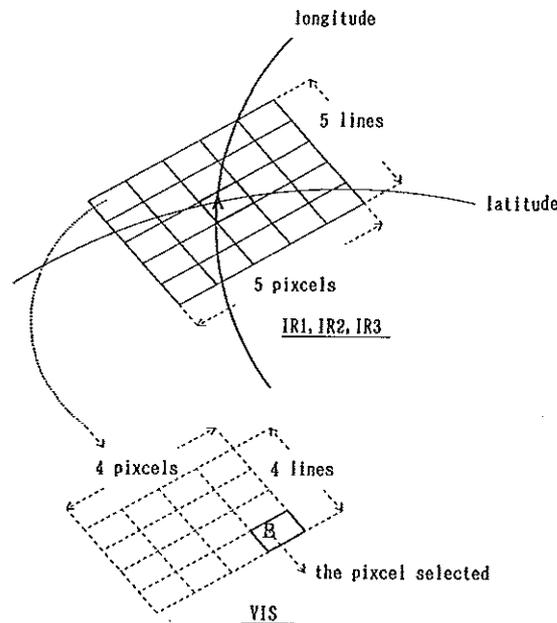


Fig. 3 Schematic representation of selecting image data contained in a grid. In case of IR1, IR2 and IR3 channels, the grid is formed with five lines \times five pixels image data round the pixel (A) in correspondence to an intersection of longitudinal and latitudinal lines at intervals of 0.25 degrees as shown in the upper side. In case of visible channel, an image data (B) is selected from sixteen visible image data (four lines \times four pixels) in correspondence to a pixel selected in IR as shown in the lower side.

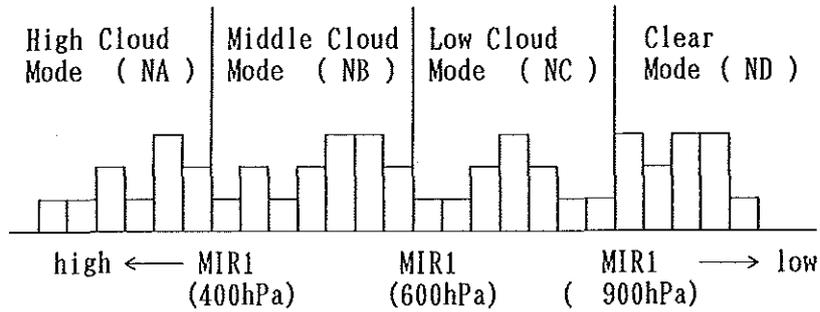


Fig.4 An example of one-dimensional histograms of 4-layers classified by TBB(IR1) calculated in the radiation model. MIR1(α hPa) is TBB simulated for IR1 under the condition of a blockbody cloud at α hPa.

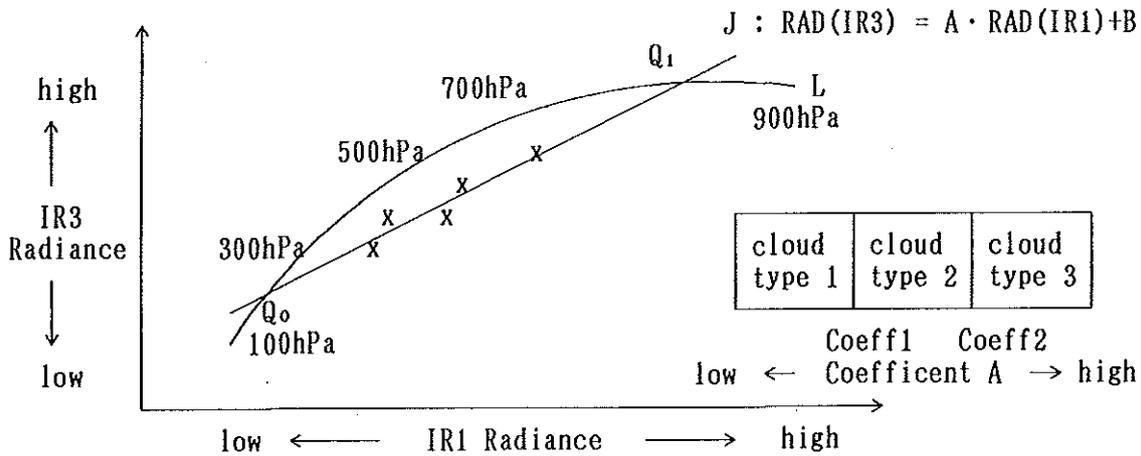


Fig.5 Multi-layer cloud classification treatment
 Points (o) show the relation between IR1 radiance and IR3 radiance observed by satellite when a blackbody cloud placed in the specific levels. L is a smooth curve jointing points above. Marks (x) show the relation between IR1 radiance and IR3 radiance observed by satellite when semi-transparent clouds exist. J is a straight line produced by the regression technique using marks (x) data, and its regression equation is shown as $RAD(IR3) = A \cdot RAD(IR1) + B$.
 Q_0 and Q_1 show the cloud top height of upper cloud layer and lower cloud layer. When Q_0 is assumed to be the fixed height, the value of coefficient A is increased as the cloud top height of lower cloud layer Q_1 is increased, therefore cloud types are determined by the value of coefficient A (e.g. Coeff1, Coeff2).

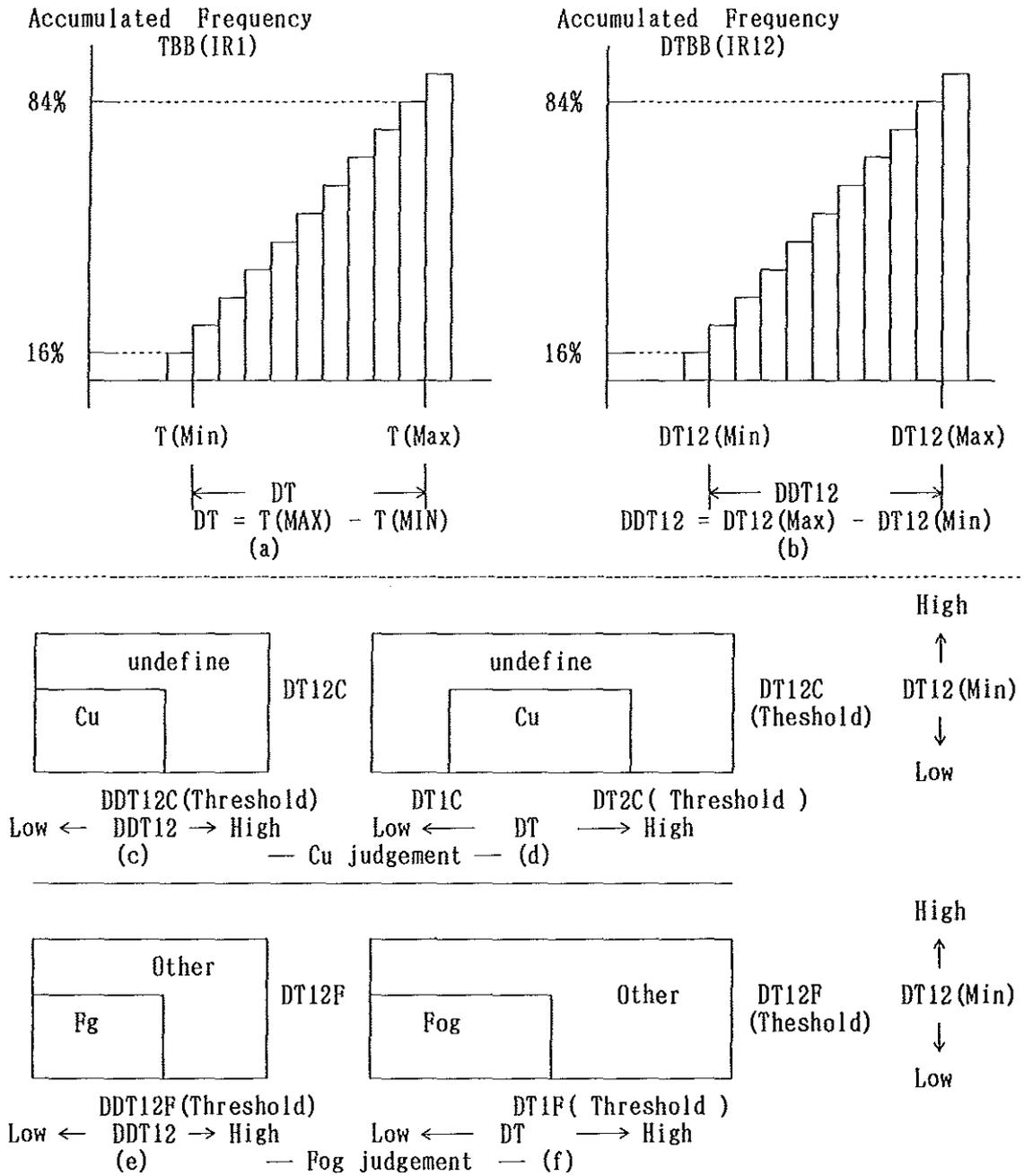


Fig. 6 Concept of cloud classification in low cloud mode using IR data. Histograms (a) and (b) are frequency accumulated for TBB of IR1 (TBB(IR1)) and temperature difference (IR1 - IR2) (DTBB(IR12)) in the selected pixels. T(Min): TBB of IR1 corresponding to 18% of the accumulated frequency (a) T(Max): TBB of IR1 corresponding to 84% of the accumulated frequency (a) DT : temperature difference T(max) - T(min) DT12(Min): DTBB(IR12) corresponding to 18% of accumulated frequency (b) DT12(Max): DTBB(IR12) corresponding to 84% of accumulated frequency (b) DDT12 : temperature difference DT12(max) - DT12(min) Cu is determined if it is satisfied that DDT12 is lower than DDT12C (threshold), DT12(Min) is lower than DT12C(threshold) and DT is between DT1C(threshold) and DT2C(threshold) (Cu judgement (c) and (d)). If Cu isn't determined, Fog is determined if it is satisfied that DDT12 is lower than DDT12F(threshold), DT is lower than DT1F(threshold) and DT12(Min) is lower than DT12F(threshold) (Fog judgement (e) and (f)). The remainder is judged other.

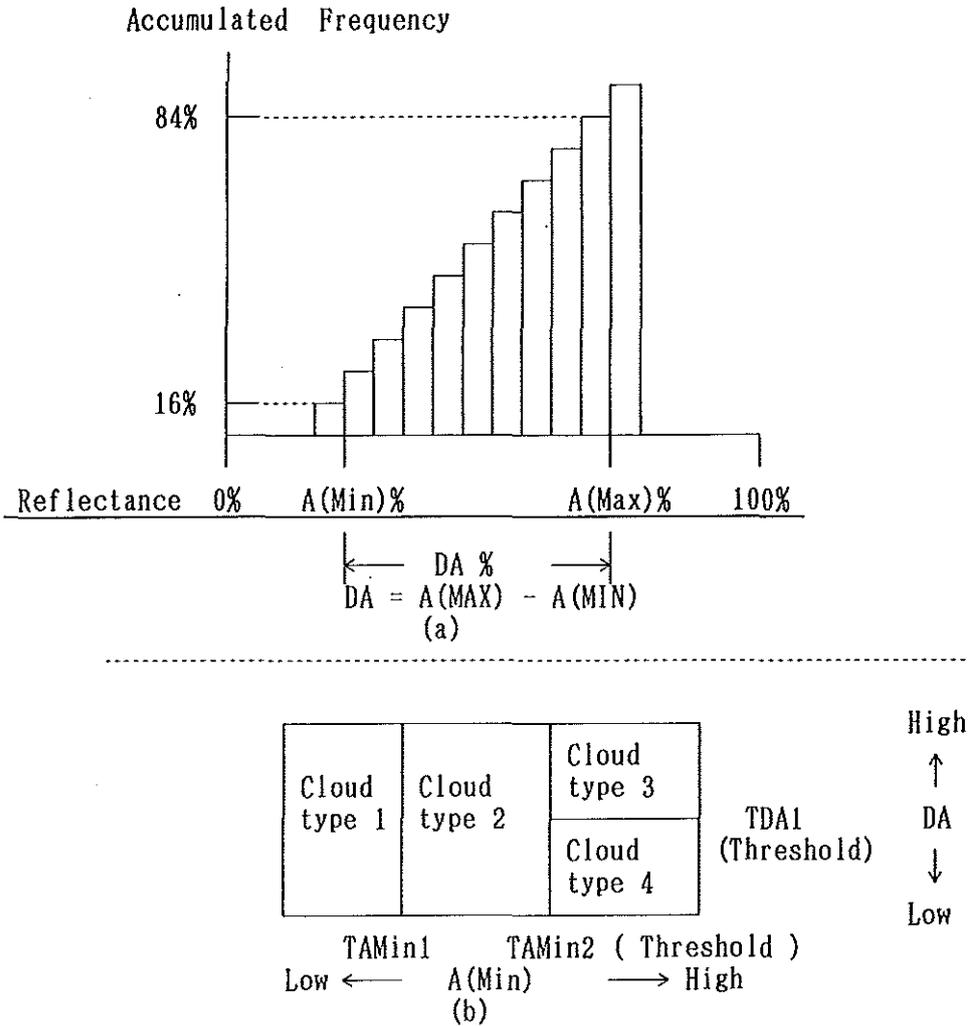


Fig. 7 Concept of cloud classification by visible data
 Histogram (a) shows frequency of reflectance of VIS accumulated by the selected pixels.
 A(Min) : The value of reflectance of VIS corresponding to 18% of the accumulated frequency
 A(Max) : The value of reflectance of VIS corresponding to 84% of the accumulated frequency
 DA : Reflectance difference between A(Max) and A(Min)
 Clouds are classified by the use of two-dimensional histogram (b) formed by A(Min) and DA.

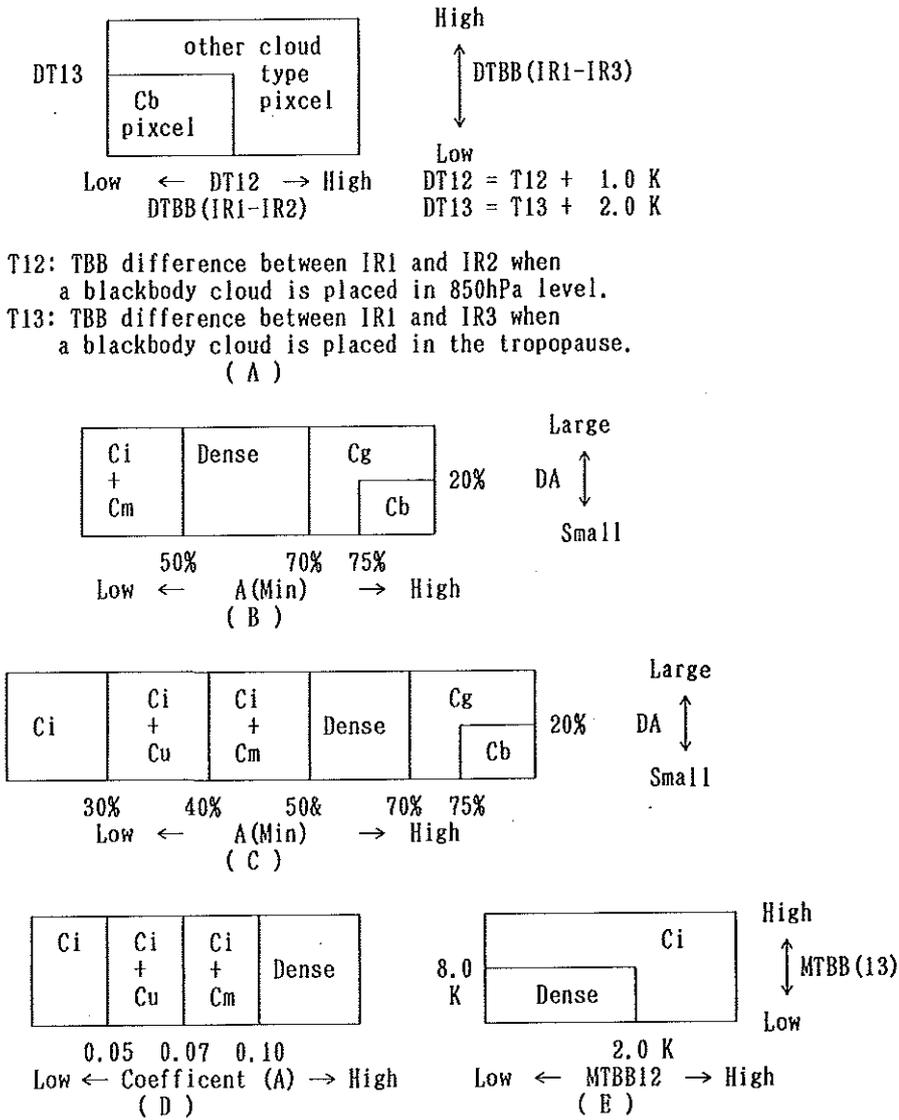
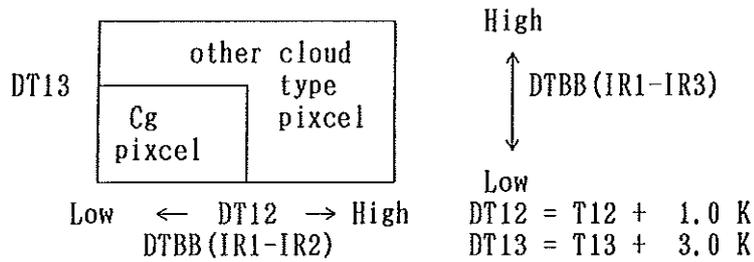


Fig. 8 Practical cloud classification in high cloud mode
 (A): A pixel is judged Cb pixels if it is satisfied that temperature difference (IR1-IR2) (DTBB(IR1-IR2)) is lower than DT12(threshold) and temperature difference (IR1-IR3) (DTBB(IR1-IR3)) is lower than DT13(threshold). A grid is judged Cb area if the number of Cb pixels exceed the 80 % of the total number of Cb pixels in the grid, using only IR data.
 (B): If the grid is judged Cb area and visible data is available, the grid is classified into four classes (Cb, Cg, Dense and (Ci + Cm)) by the two-dimensional histogram formed by A(Min) and DA (see Fig.7).
 (C): If the grid is judged no Cb area and visible data is available, the grid is classified into six classes (Cb, Cg, Dense, (Ci + Cm), (Ci + Cu) and Ci) by the two-dimensional histogram formed by A(Min) and DA.
 (D): If the grid is judged no Cb area and visible data is no available, multi-layer cloud classification treatment is performed. If the value of correlation coefficient exceeds 0.7, the grid is classified into four classes (Dense, (Ci + Cm), (Ci + Cu) and Ci) by the value of coefficient A of regression equation (see Fig.5).
 (E) If the value of correlation coefficient is less than 0.7, the grid is classified into two classes (Dense, Ci) by the two-dimensional histogram formed by the average of (IR1-IR2) (MTBB12) and that of (IR1-IR3) (MTBB13) in the grid.



T12: TBB difference between IR1 and IR2 when a blackbody cloud is placed in 850hPa level.
 T13: TBB difference between IR1 and IR3 when a blackbody cloud is placed in the tropopause.
 (A)

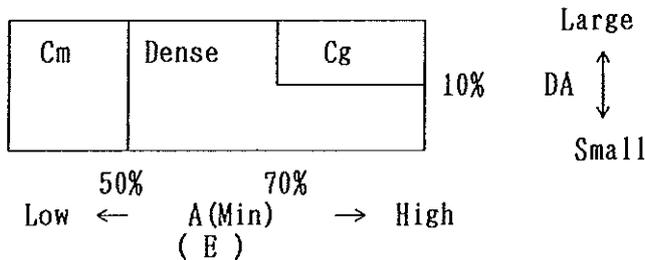
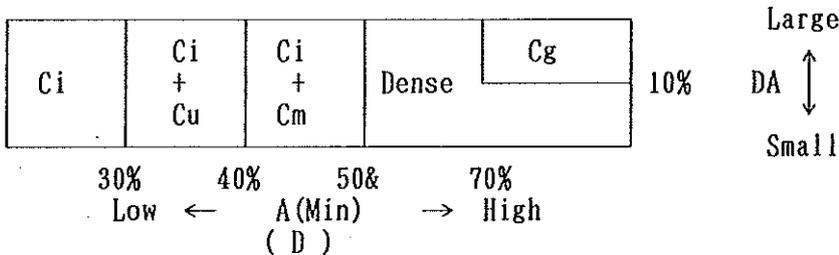
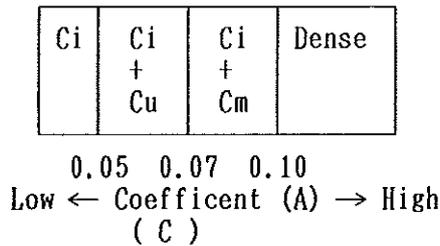
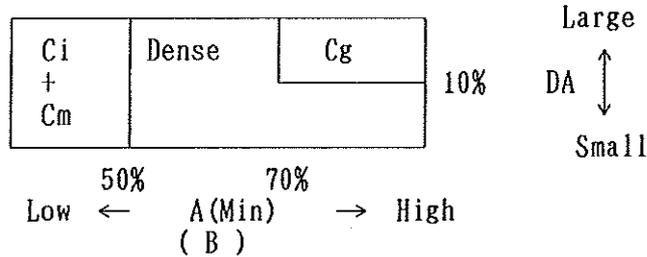


Fig. 9 Practical cloud classification in middle cloud mode

- (A): The same as Fig.8(A) except for Cg.
- (B): The same as Fig.8(B) except for Cg.
- (C): The same as Fig.8(D) except for Cg.
- (D): The same as Fig.8(C) except for Cg.
- (E): The same as Fig.9(D) except for in the case that the value of correlation coefficient is less than 0.7.

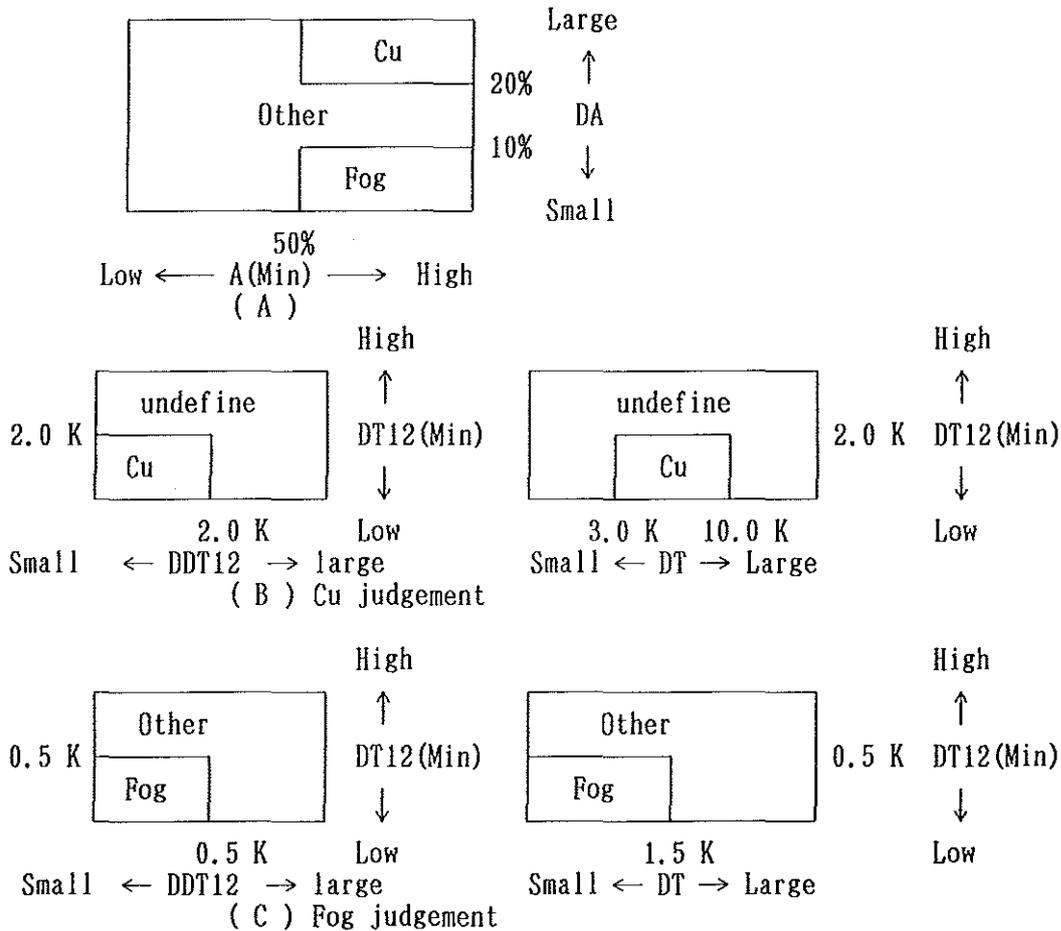


Fig. 10 Practical cloud classification in low cloud mode

(A): A grid is classified into three classes (Cu, Fog and Other) by the two-dimensional histogram formed by A(Min) and DA (see Fig.7).

(B): If visible data is no available, the grid is judged Cu area if it is satisfied that DDT12 is less than 2.0 K, DT12(Min) is less than 2.0 k and DT is between 3.0 K and 10.0 K. (see Fig.6).

(C): If the grid is judged no Cu area and visible data is no available, the grid is judged Fog if it is satisfied that DDT12 is less than 0.5 K, DT12(Min) is less than 0.5 K and DT is less than 0.5 K.

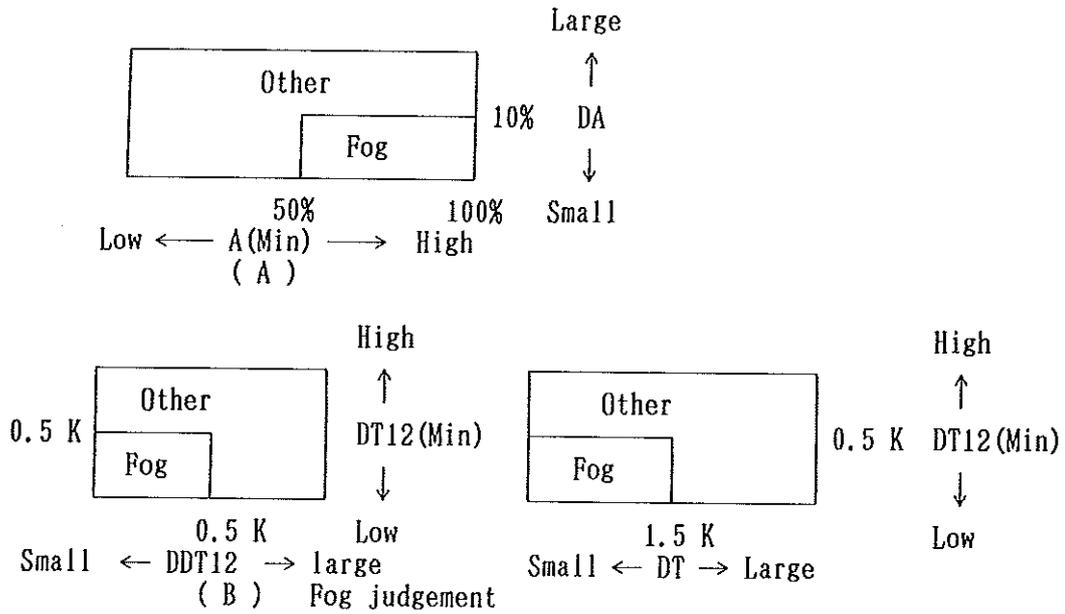


Fig. 11 Practical cloud classification in clear mode
 (A): The same as Fig.10(A) except for Cu.
 (B): The same as Fig.10(C).

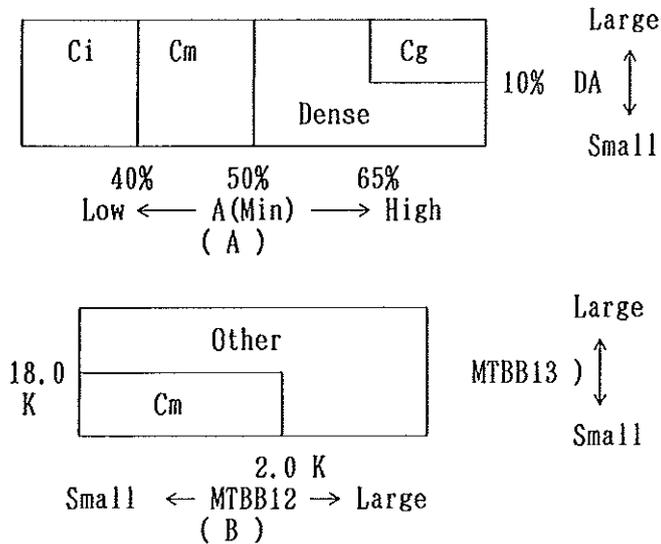


Fig. 12 Practical cloud classification in no enhanced mode
 (A): If visible data is available, a grid classified into four classes (Cg, Dense, Cm, Ci) by the two-dimensional histogram formed by A(min) and DA. If visible data is no available, multi-layer cloud classification treatment is performed. If the value of correlation coefficient exceeds 0.6, the grid is judged Ci.
 (B) If the value of correlation coefficient is less than 0.6, the grid is classified into two classes (Cm and Other) by the two-dimensional histogram formed by the average of (IR1-IR2)(MTBB12) and that of (IR1-IR3)(MTBB13) in the grid.

4. 雲解析情報図の作成

ワークステーション上で原図データを基に雲解析情報図の原図が自動作成される。更に解析者により雲型の品質管理、画像解析結果の付加を行い、雲解析情報図を作成する。

4.1 雲型の品質管理

自動判別された雲型に対して解析者による品質管理を行う。特に厚い巻雲域と積乱雲域などの活発な対流雲域の判別と、夜間の霧／層雲域の判別は実況監視上特に重要なので、これらの誤判別に注意して修正作業を行っている。判別された雲型はハッチパターンにより表示される。

4.2 画像解析結果の付加

重要な気象現象と密接に関係している雲渦、対流雲列、シーラスストリークなどの雲パターンを画像から解析して図上に記号で表現する。これらの記号と種類は Table 1 に示すように雲画像情報図から継続されたものと新規に設けられたものからなる。

継続された記号の中で対流雲列、熱帯擾乱の中心、雲渦を示す記号が変更された。雲型判別の結果から雲の種類がわかるので、対流雲列から雲の種類を削除した。熱帯擾乱の中心については眼のある無しの区別をなくした。雲渦については低気圧の中心などの大きなスケールの擾乱と、冬季の日本海の帯状収束雲のなかの渦や関東沖や四国沖で発達する擾乱の初期段階のような小さなスケールの渦を区別して記号の大きさを変えている。

新しく設けられた記号には山岳波の存在を示す波状雲や水蒸気画像から解析される上層の強風軸やトラフが挙げられる (R. B. Weldon and Holmes S. J., 1991、水蒸気画像、1993)。これらの中で、特に変化傾向や特徴などを記述する必要がある場合には、これらの記号にアルファベットの対応記号を付加し、対応する情報を雲解析情報図の左上部分にある情報記述表に記述する。情報記述表は位置、移動、変化傾向、コメント欄からなる。

活発な対流雲域や前線、低気圧の中心を示唆する雲域、水蒸気画像の急速な暗化域など注意する必要のあ

る雲域や地域についても、図中に英数字からなる対応記号を付加し、その情報を情報記述表に記述する。

対流雲列や強風軸のようなライン状の現象の場合、特徴のあるときには位置を含めてコメント欄に記述する。移動は3時間の平均速度を表し、図の中に矢印で示される。変化傾向も3時間の変化を記述する。図中でアルファベットの対応記号のついたものについては低気圧の発達やトラフの深まりといった擾乱としての発達衰弱傾向を記述する。雲域については雲域の広がりや雲頂高度の変化を+、-、0により示す。

コメント欄には定型的な書式で表現できない情報を平文で記述する。

更に詳しい事例等については「雲解析情報図」の利用の手引(1995)を参照されたい。

4.3 衛星風と雲頂高度の付加

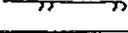
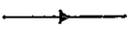
衛星風については上層風と下層風の2種類がある。上層風は上層のジェット軸の近傍の巻雲を追跡することにより測定され、ジェット気流の変動の監視を目的としている。一方、下層風は積雲を追跡することにより測定され、シビアウェザーの原因となる対流圏下層の暖湿流の移流の監視を目的にしている。これらの衛星風について、風向、風速は1時間間隔の2枚の画像で、雲の始点と終点を解析者が指定することにより自動的に見積もられ、付加される。雲頂高度については解析者が指定した点及びその近傍の自動算出された雲頂高度を表示させ、代表的な高度を選択することにより付加する。

4.4 水蒸気チャンネルの輝度温度等値線と暗域の表示

水蒸気画像では対流圏上層や中層の湿りの分布が分かり、その輝度温度は対流圏上中層に水蒸気の多い部分が低温、水蒸気の少ない部分が高温となる。水蒸気の少ない高温部は上層のトラフに伴う下降流の場を表すことが多い。また、上層の乾燥域が下層の暖湿域の上を覆うと対流不安定となり、積乱雲の発達が促されることが知られている (R. B. Weldon and Holmes S. J., 1991、水蒸気画像、1993)。このような上層の乾燥域の把握は予報上重要であるので、水蒸気チャンネルの輝度温度の等値線を 10°C 毎に表示する。特に乾燥の

度合いの大きい輝度温度が -20°C 以上の領域を暗域としてハッチにより示す。

Table 1 Additional information and symbols

記号(Symbol)	項目(Article)	変更(Modification)
	下層雲渦 (Low Level Cloud Vortex)	なし(No)
	上層雲渦 (Upper Level Cloud Vortex)	なし(No)
	台風中心 (Center of Typhoon)	あり(Yes)
	シーラスストリーク (Cirrus Streak)	なし(No)
	トランスバースライン(Transverse Line)	なし(No)
	対流雲列 (Convective Cloud Line)	あり(Yes)
	メソ β スケール雲渦 (Meso- β Scale Cloud Vortex)	新規(New)
	波状雲 (Wave Cloud)	新規(New)
	強風軸 (Jet Streak)	新規(New)
	上層トラフ (Upper Level Trough)	新規(New)
	上層衛星風 (Upper Level Cloud Motion Wind)	新規(New)
	下層衛星風 (Lower Level Cloud Motion Wind)	新規(New)
	雲頂高度 (Cloud Top Level)	
	移動 (System Propagation)	あり(Yes)

5. 出力例

雲解析情報図の出力例及び同時刻の可視画像をそれぞれ Fig.13, 14に示す。

6 雲解析情報図利用上の注意

雲解析情報図の見やすさを考慮し、活発な雲域ほどハッチパターンが濃くなるようにし、下層雲域は予報上重要な積雲域と霧/層雲域のみ表現している。ただし、それまでの変化傾向から、注目する必要がある層積雲域には解析情報が付加される。

雲型情報の修正は実況監視上特に重要性が高いものから行っているため、時間的制約から大陸上ではほとんどなされていない場合もある。

台風や低気圧などの擾乱の解析は衛星画像上の特徴のみに基づいたものなので、他の気象要素が考慮された最終的な解析結果とは異なる可能性がある。

参考文献

R. B. Weldon and Holmes S. J, 1991 : Water Vapor Imagery-interpretation and Applications to Weather Analysis and Forecasting, NOAA Tech. Rep., NESDIS 57, NOAA.

Tokuno, M and K. Tsuchiya, 1994 : Classification of cloud types based on data of multiple satellite sensors, Adv. Space Res., Vol. 14, No. 3, (3)199-206.

「雲解析情報図」利用の手引き：気象衛星センター、1995年3月水蒸気画像 天気解析と予報のための解釈と応用(翻訳)：気象衛星センター、1993.

徳野正己、土屋清、1990：MOS-1/VTIR 水蒸気チャンネルと赤外チャンネルによる半透明の巻雲の高度推定、日本リモートセンシング学会誌、Vol 10, No. 2, 25-39.

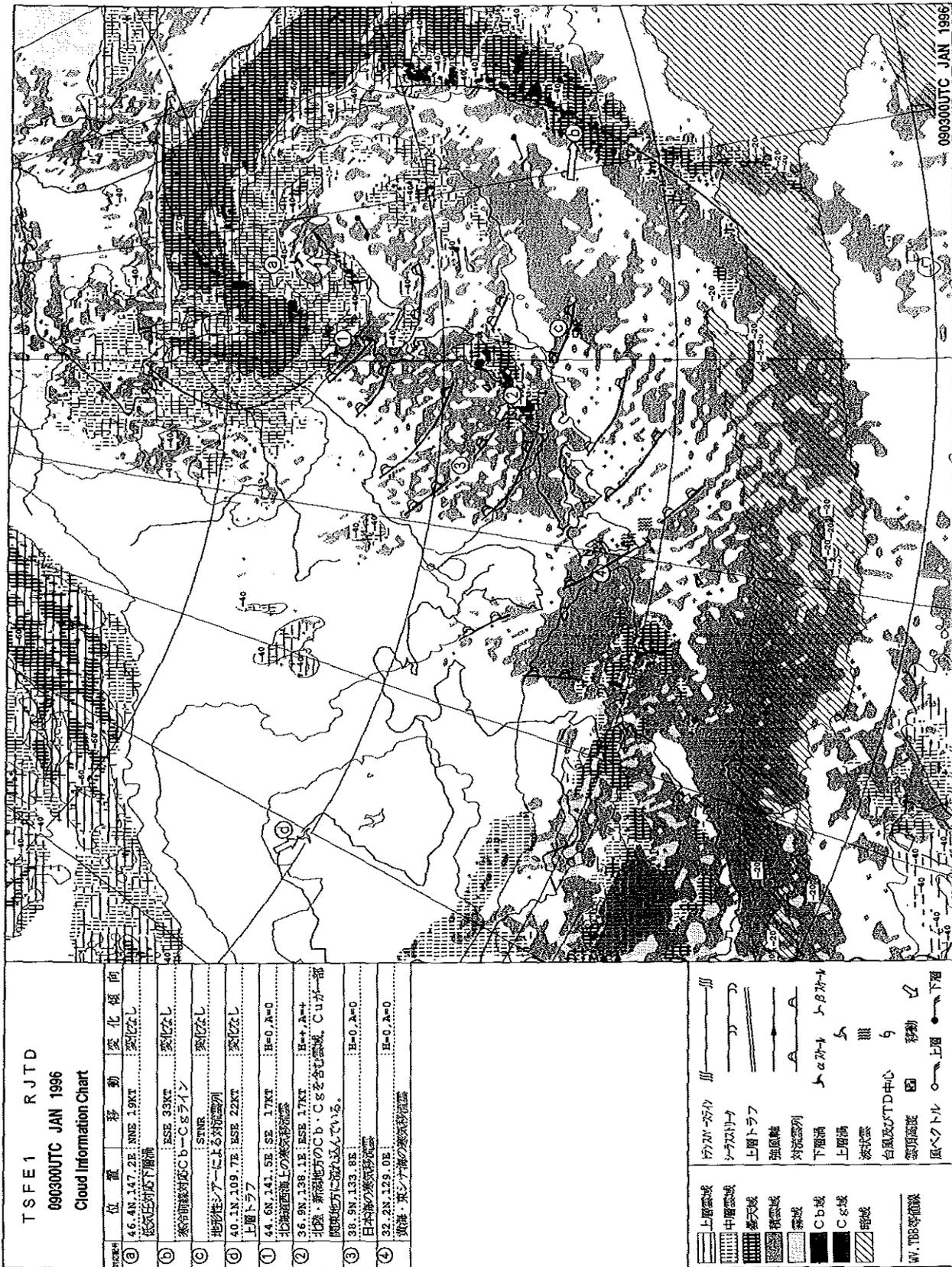


Fig.13 An example of Satellite Nephelometer Information Chart (SNIC)



Fig. 14 Visible Image at 03 UTC on 9 Jan. 1996

6.11 熱帯擾乱解析

6.11 Typhoon Information

Abstract

Information on tropical cyclones (TC) at Western North Pacific are derived from GMS imagery with man-machine interactive computer system in MSC. They are center of TC, its accuracy, motion, size of cloud system of TC, and intensity (in a unit of CI number). Size of gale and storm area around TC are also derived. Former information are disseminated through GTS by SAREP code and latter are reported to JMA through domestic meteorological telecommunication system.

1. はじめに

熱帯擾乱解析業務は、衛星画像から熱帯低気圧の中心、強度、強風域・暴風域の大きさに関する情報を抽出し、国内外の気象官署へ通報することを目的としている。これらの情報は画像処理装置を用いたマン・マシン対話型の処理によって行う。

解析業務は赤道～60° N、100° E～180° Eの台風および24時間以内に台風になりそうな弱い熱帯低気圧、24時間以内に前記の領域に入る可能性のあるハリケーンについて実施される。解析頻度は中心については台風は3時間毎、弱い熱帯低気圧及びハリケーンは6時間毎、臨時観測体制の対象となった台風は1時間毎である。強度は熱帯低気圧の種類に係わらず6時間毎に、台風パラメータは台風のみを対象に6時間毎に行う。

解析結果はADESSで気象庁予報部に配信され、位置・強度に関する情報についてはさらに、国内の予報中枢官署及びWMO/ESCAPの台風委員会に加盟する東及び東南アジア各国に配信される。

2. データ

熱帯擾乱解析で使用するデータは以下のとおりである。

- ①表示用 VISSR 画像 (全球)
- ②GPV データ
- ③台風情報

②は気象庁予報部で計算される全球数値予報モデル (GSM) の結果である。また、③は気象庁予報部から送られてくる台風の位置や強度の実況と予報に関する情報である。これらは共に解析の際の補助資料として使用される。

3. 処 理

熱帯擾乱解析は以下の処理で構成される。

- ①補助資料作成処理
- ②中心位置情報抽出処理
- ③強度推定処理
- ④SAREP 作成処理
- ⑤台風雲パラメータ抽出処理
- ⑥年処理

Fig. 6.11.1に処理の流れを示す。

3.1 補助資料作成処理

以下の補助資料をホスト計算機で作成し、画像処理装置に転送する。

①GPV データ

気象庁予報部から送られてくる GSM の GPV データから毎日00、06、12、18UTC に対する高度、風、気温の予報値を抽出する。抽出したデータから渦度、発散を計算し、抽出データと共に熱帯擾乱解析用に編

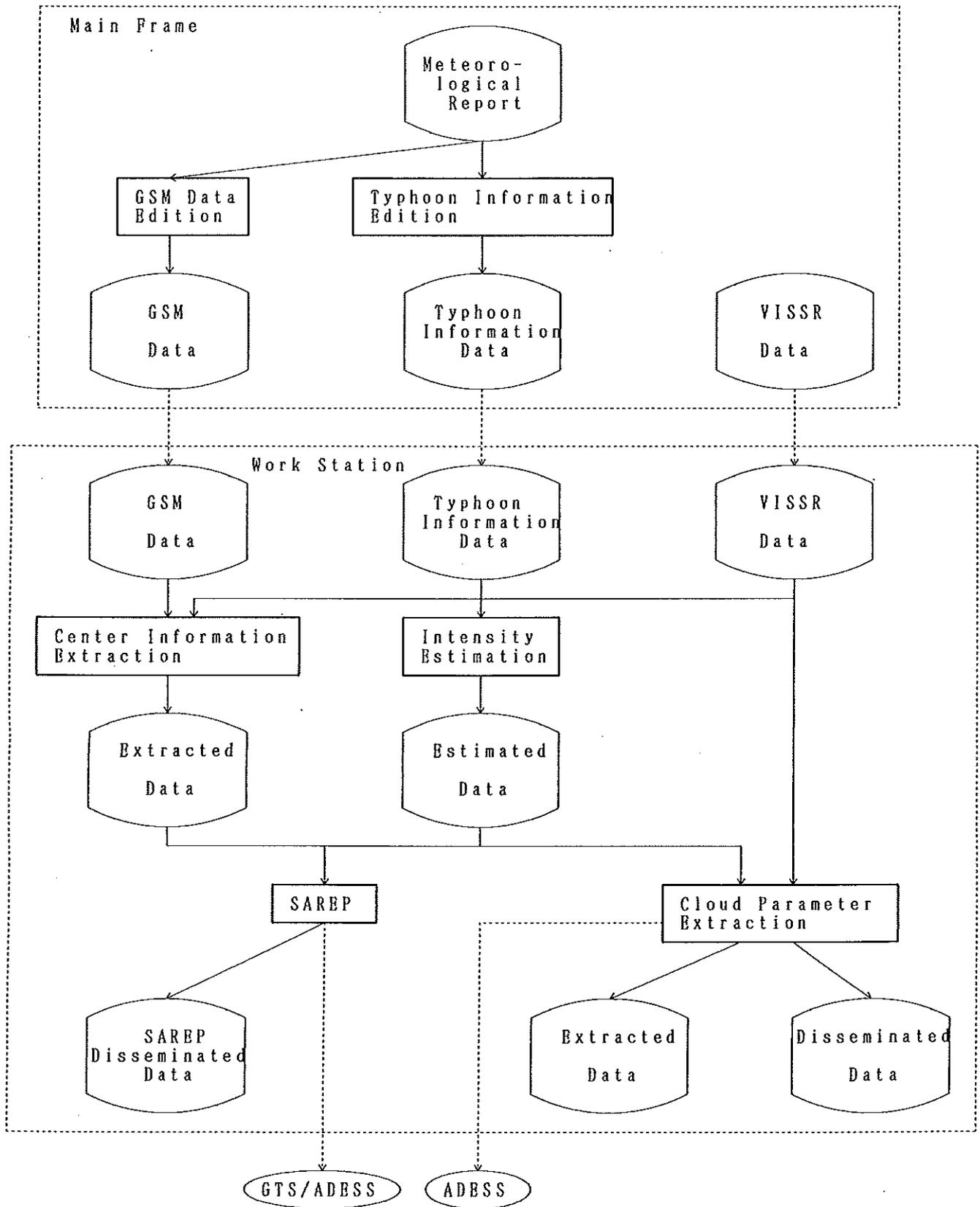


Figure 6. 11. 1 Processing Flow of Tropical Cyclone Analysis

集する。また、風データから流線を図データとして作成する。

②台風情報

気象庁予報部及び米国統合台風警報センターが発表した台風に関する情報を、気象庁予報部から入電する気象電報から抽出、編集する処理を行う。

3.2 中心情報抽出処理

中心位置情報抽出処理では熱帯低気圧の中心位置、中心位置の推定精度、移動速度、熱帯低気圧の雲域の大きさを抽出する。

Fig. 6.11.2に中心情報抽出処理プログラムの解析画面を示す。

(1)解析用画像

解析に使用する画像は、画像処理装置に転送されている全球の表示用 VISSR 画像データから、熱帯低気圧近傍の解析者が指定した位置を中心とする512ライン×768ピクセルの範囲を抽出したものである。画像の種類は可視、赤外、水蒸気、赤外差分の4種類で、動画表示をするために前6時間分の画像を使用する。

(2)情報抽出

情報の抽出は解析者が表示されたメニューから抽出項目を選択し、画面上で雲の特徴点を指定することにより行う。中心位置は熱帯低気圧の雲の分布パターンや雲の動きから推定し、画面上でその位置を指定するとその緯度、経度が算出される。また、過去の推定位置を用いて前3時間、前6時間、前12時間の移動速度が自動的に計算される。中心位置の推定精度、雲域の大きさはそれぞれ、中心が存在すると推定される最大領域および中心を取り巻く厚い雲域の境界上の2または4点を画面上で指定することにより自動的に計算される。

解析者は上記のように結果がコード化されて、電文として報告できるものの他に、中心を決定する根拠となった雲の分布パターンや動き、前時間からの雲の様子の変化など、コード化できない情報も抽出する。

(3)プログラムの補助機能

解析に際しての表示画像の階調については、あらか

じめ設定してある12種類の階調テーブルと任意に変更できる階調テーブルを用意しており、解析のしやすい階調を選択・作成できるようになっている。また、画像には地形線、緯経度線、観測時間までの台風経路、GPV データ等の補助図形の重ね合わせ表示や、これまでの解析結果や気象庁予報部の解析値を表示する機能を有している。

さらに、コード化できない情報を平文やスケッチにより報告できるように画像処理装置上で必要な情報を描画し、画像と共に印刷できる機能を有している。

なお、階調変換や過去の経過、気象庁予報部の解析値表示などは、強度解析及び台風雲パラメータ抽出処理プログラムでも、テーブルの個数や表示項目が異なるものの、同様の機能を有している。

3.3 強度推定処理

熱帯低気圧の強度をドボラック法の赤外強調画像法 (Dvorak, 1984) に基づいて推定する。Fig. 6.11.3に強度推定処理プログラムの解析画面を示す。

(1) 解析用画像

解析に使用する画像は、画像処理装置に転送されている全球の表示用 VISSR 画像データから、解析者が指定した位置を中心とした256ライン×384ピクセルの範囲を抽出したものである。また、過去24時間の変化量を推定するために、前24時間までの6時間毎の画像も使用する。画像の種類は可視、赤外、水蒸気、赤外差分の4種類である。

(2) 推定処理

ドボラック法の手順に基づき、画像処理装置に必要な処理が表示されるので、これに従って解析を行う。プログラムは解析者が画面上から入力した要素をもとに、強度を示す指数である CI 数を自動的に算出する。

(3) 補助機能

強度推定処理独自の補助機能として、雲バンド長を測定するための螺旋の重ね合わせができる。また、Dvorak が作成した雲パターンのモデル図の表示機能を有しており、画像処理装置上のみでモデルパターンと解析対象の熱帯低気圧の雲パターンを比較できる。

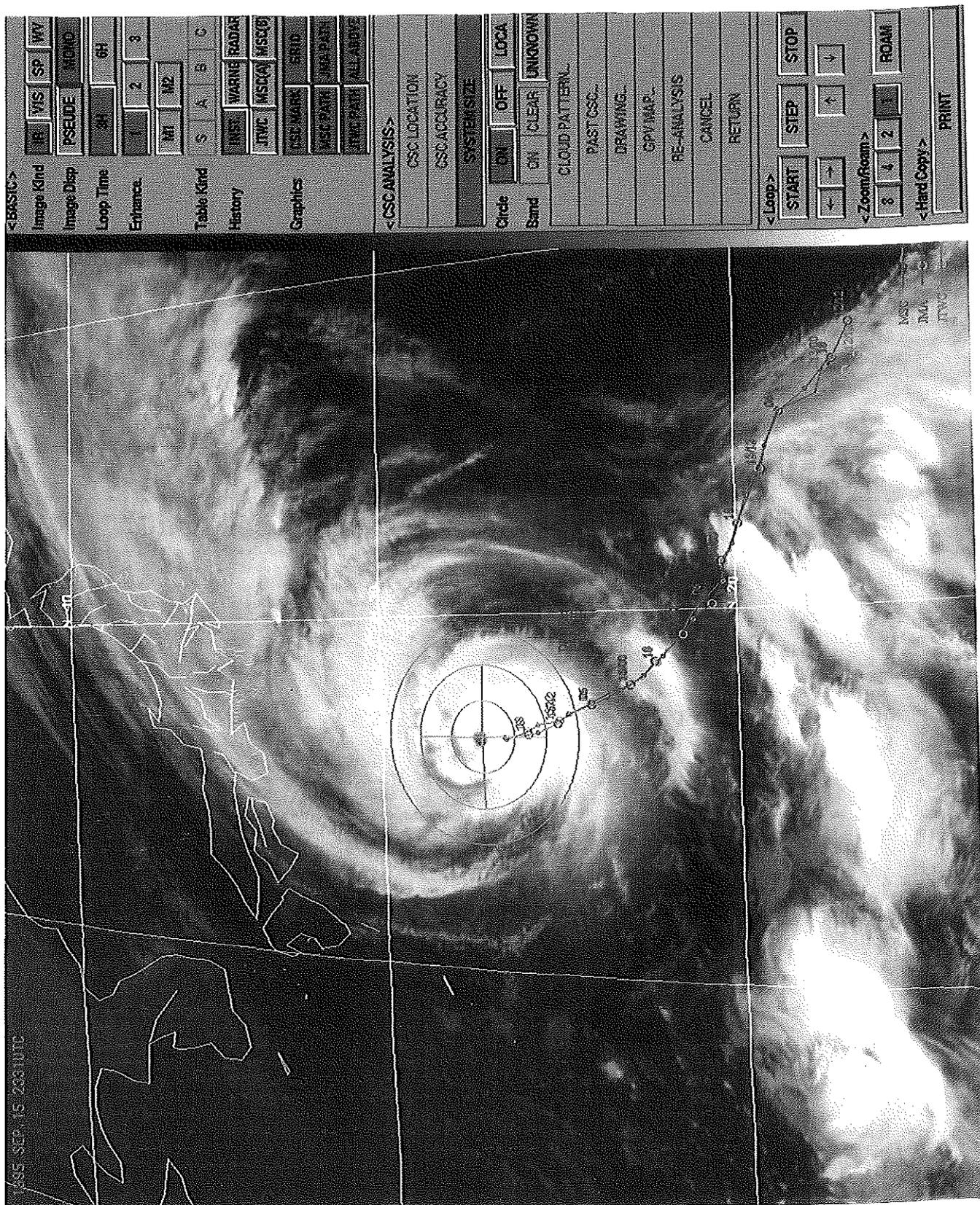


Figure 6. 11. 2 Display of Man-Machine Interactive Processing Program for Typhoon Center Extraction

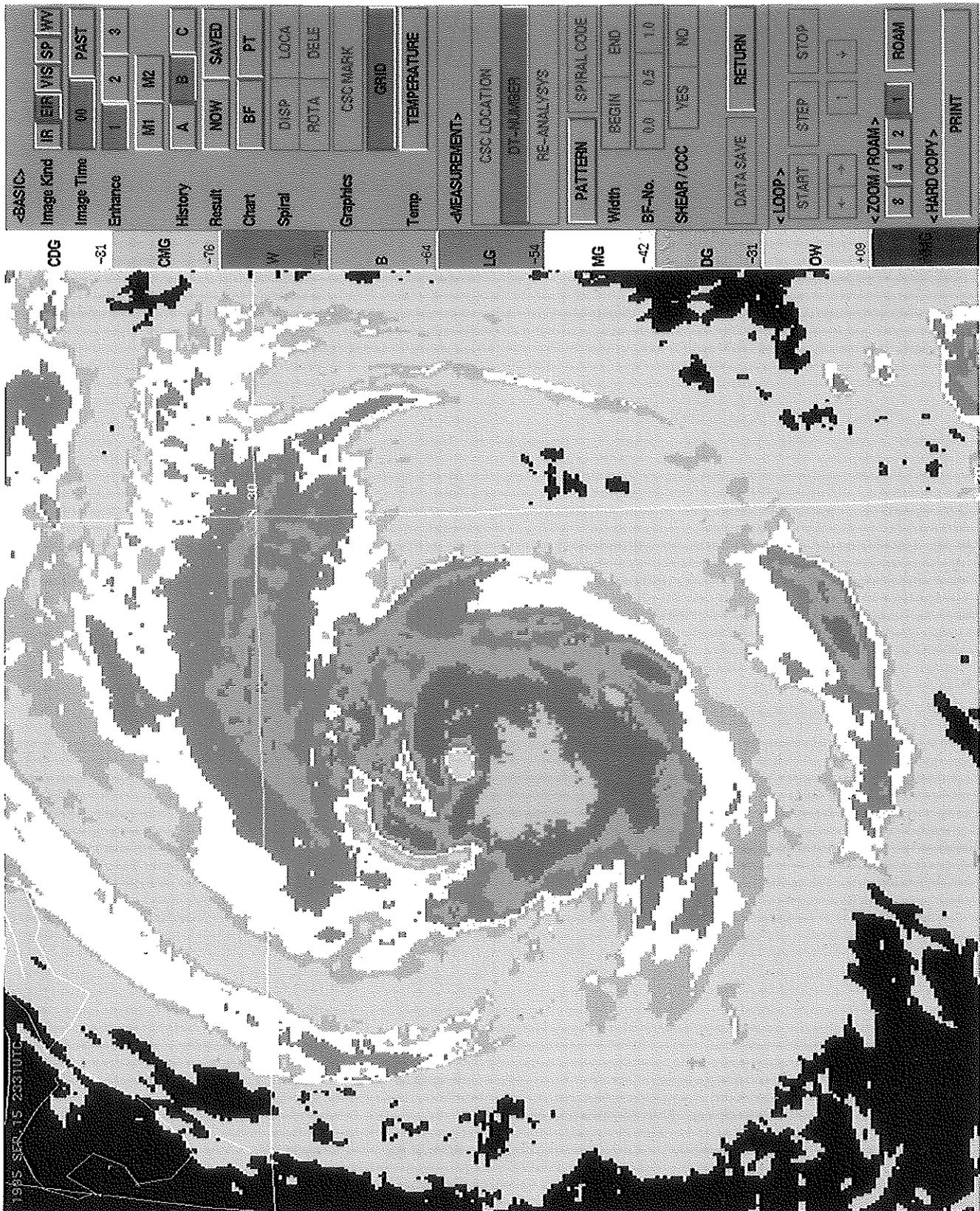


Figure 6. 11. 3 Display of Man-Machine Interactive Processing Program for Typhoon Intensity Estimation

3.4 SAREP 作成処理

中心位置情報抽出処理、強度推定処理で得られた中心位置、精度、移動速度、雲域の大きさ、強度、強度変化を各々の処理結果を記録したファイル（以下、履歴ファイル）から読み込んで、国際気象通報式 FM85 気象衛星資料実況通報式（SAREP）の形式に編集し、ADESS へ配信する。

作成された SAREP 報は画像処理装置に表示され、必要であれば解析者が修正をすることができる。また、最大 5 個までの熱帯低気圧についての解析結果を一つの電文として作成、配信できる。

3.5 台風雲パラメータ抽出処理

萩原他（1989）に基づき、台風雲パラメータと呼ばれる台風の雲の様子を定量的に示すいくつかの値を画像から抽出し、抽出したパラメータから台風周辺の強風域（風速30kt 以上）及び暴風域（風速50kt 以上）半径を回帰式により推定し、ADESS へ配信する。Fig. 6.11.4 に台風雲パラメータ抽出処理プログラムの解析画面を示す。

(1) 解析用画像

解析に使用する画像の範囲は、中心情報抽出処理と同じであるが、その表示の中心位置は自動的に中心情報抽出処理で決定した熱帯低気圧の中心位置に設定される。画像の種類は可視、赤外、赤外差分の 3 種類である。また、6 時間前の画像も使用する。

(2) 情報抽出

本処理で抽出する雲パラメータは以下の通りで、これらは解析者が抽出に必要な場所を画像上で指定する事により自動的に算出される。

- ①眼の長径、短径
- ②CDO の長径、短径
- ③中心を指向する曲率を持った対流雲列の存在範囲の大きさ（東西南北の各方向）

抽出する雲パラメータは雲パターン毎に異なる。この他に強風域、暴風域を算出するのに必要となる中心位置、強度、雲パターン等は自動的に中心及び強度の履歴ファイルから読み込まれる。

強風域、暴風域半径の計算では雲パターンで層別化

された 3 種類の回帰式から、雲パターンに応じた式が自動的に適用される。

(3) 電文作成、配信

抽出した雲パラメータと推定された強風域・暴風域半径は所定の電文コードに変換され、ADESS へ配信される。解析者による電文の修正も可能となっている。

(4) 補助機能

本処理独自の補助機能として、前回（6 時間前）の解析時の画像と台風雲パラメータを抽出するために指定した位置を表示する機能を有しており、解析の参考にすることができる。

3.6 年処理

各処理の解析結果を年毎に保存する。このために、以下の処理を行う。

(1) 保存処理

各処理の履歴ファイル（中心、強度、SAREP、台風雲パラメータ）をカセット磁気テープに保存する。

(2) 初期化処理

年頭に各処理の履歴ファイルをゼロクリアする。

4. 運用

画像処理装置に立ち上げるべき処理プログラムは熱帯低気圧の数や種類（通常台風、臨時観測対象台風、台風になりそうな熱帯低気圧）により、起動回数とその間隔は日々異なってくる。運用では、ホスト計算機で常に最大個数の解析処理 JP が立ち上がるようにしておき、ホスト計算機内の熱帯低気圧の数や種類の情報に応じて各 JP が画像処理装置に解析処理を立ち上げるか否かを判断することにより、常に必要な時に必要な数だけの処理が画像処理装置に立ち上がるようにしている。熱帯低気圧の数や種類の情報はそれらに変化があるごとに情報を変更する処理を実行する。

参考文献

Dvorak, V. F., 1984 : Tropical cyclone intensity analysis using satellite data, NOAA, Technical Report NESDIS 11, 47 pp.

萩原武士、小佐野慎吾、明石秀平、木場博之、原田知幸、1989 : 気象衛星資料による台風の強風域・暴風域半径の推定、研究時報、41、89-99.

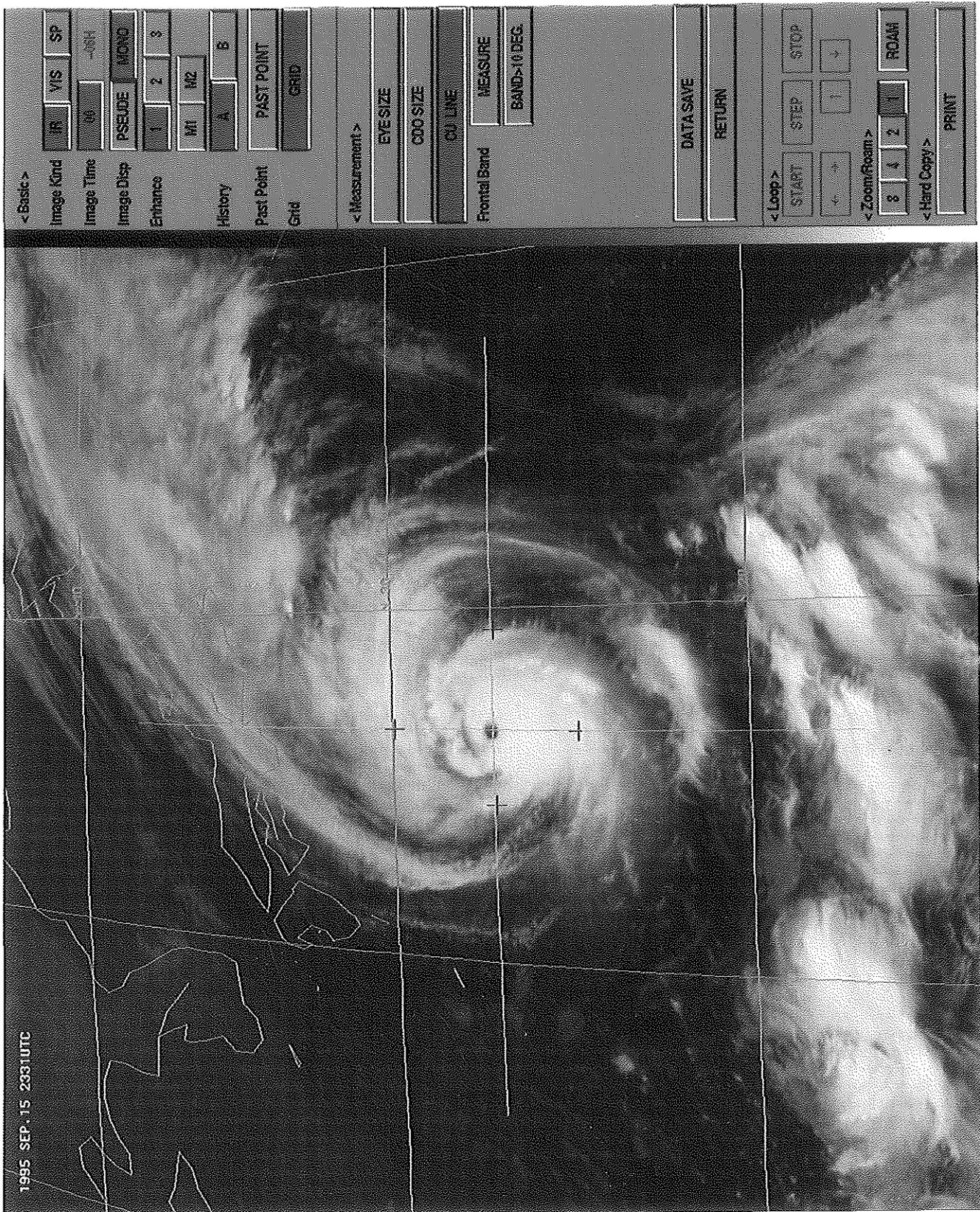


Figure 6. 11. 4 Display of Man-Machine Interactive Processing Program for Typhoon Cloud Parameter Extraction

6.12 降水強度指数

6.12 Satellite-derived Index of precipitation intensity

ABSTRACT

SI (Satellite-derived Index of precipitation intensity) is designed to estimate precipitation intensity from GMS data.

SI is calculated on every 5 km grid and is graded in 16 intensity levels corresponding to radar echo intensity level. The calculated region consists of 700×300 grids covering whole of the Japanese islands.

SI is automatically processed hourly according to the schedule and is disseminated to the Forecast Division of JMA within a few minutes after the satellite observations.

1. はじめに

降水強度指数とは、レーダーから得られる降水強度とGMSから得られる可視データ及び赤外データとの重回帰分析を行い、そこで得られた多項式を用いて衛星データから降水強度を推定したものである。降水強度指数は降水短時間予報の初期値として利用するとともに、レーダー探知範囲外の観測不能データを補うことを目的に作成されている。このため降水強度指数は、レーダーが観測する降水強度と同じ形式で算出されている。

降水強度指数は、5 km格子間隔を持つ斜軸ランベルト座標を用い、日本列島を十分覆う700×300の格子から構成する範囲について計算され、バイナリデータに変換され、毎正時3分以内にADESSに配信されるとともに、FAXデータとして毎日1回03UTCのデータが各気象官署に配信されている。降水強度指数作成業務の概念図をFig. 1に示す。Fig. 2及びFig. 3は平成8年5月4日03UTCの降水強度指数出力例と同時刻のレーダーエコー合成図であり、同時刻の可視画像及び赤外画像をFig. 4、Fig. 5に示す。

2. 運用上・技術上の変更、改良点

今回の計算機システム更新に伴う降水強度指数算出処理に関する業務上の変更点は殆どないが、1989年3

月の業務開始以来、幾つかの運用・技術上の改良が行われている。

- ① レーダ等ビーム高度しきい値の変更
- ② 合成するレーダーデータの変更
- ③ ②にともないレーダ合成領域の拡大
- ④ 赤外単独型算出の日中での運用
- ⑤ 表現特性変換定数算出方法の変更

以上の変更については“気象衛星センター技術報告第22号(平成3年)”に報告されているため、詳しい内容については参照願いたい。

また今回の計算機更新を機会に降水強度指数算出処理で作成されたデータの磁気テープでの保存を業務化した。保存されるデータは、レーダ圧縮データ、レーダ合成データ、降水強度指数算出に必要なLUT(Look Up Table)データ、相関係数や適中率等の降水強度指数精度評価データの4種類で、毎月始めにカセット磁気テープに保存し、調査や開発などに利用している。

3. 降水強度指数算出精度の向上

現在の降水強度指数はGMS-4までと同様、可視及び赤外1チャンネルの2種類のデータを用いた算出方法が使用されており、その精度は定量的には十分ではない。GMS-5の運用が開始され新たにスプリットウィンドウと水蒸気バンドの2種類の赤外チャンネルデータが取得され利用可能となった。新しいデータを

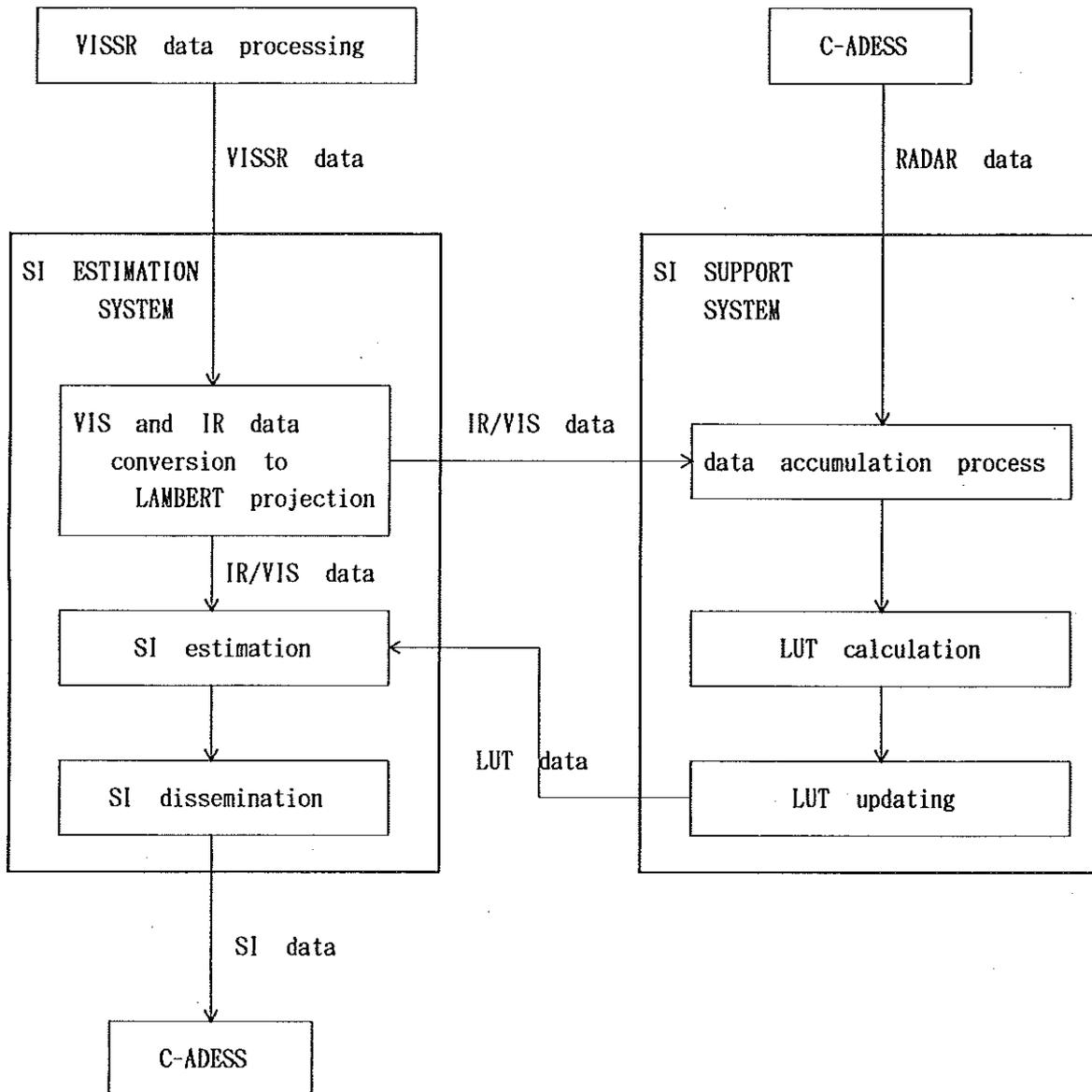


Fig. 1 Block diagram of SI estimation system and SI support system

これまでの可視・赤外データと併用する算出方法を用いることにより精度が向上する可能性が有ることが明らかとなった(操野・佐々木(1996))。特に、これまで赤外1チャンネルで算出が行われている夜間についての精度の向上が期待されるため、業務化に向けての調査を行っている。

参考文献

阿部世史之他、1991：降水強度指数の精度向上について、気象衛星センター技術報告、第22号、1 - 29

操野年之、佐々木勝、1996：「降水強度指数」算出アルゴリズムの改良の試み、「ひまわり5号」の新センサーデータの利用について(平成7年度全国予報技術検討会資料)、38 - 57

鈴木和史、1989：降水強度指数、気象衛星センター技術報告特別号II、GMSシステム更新総合報告、IIデータ処理編、67 - 74

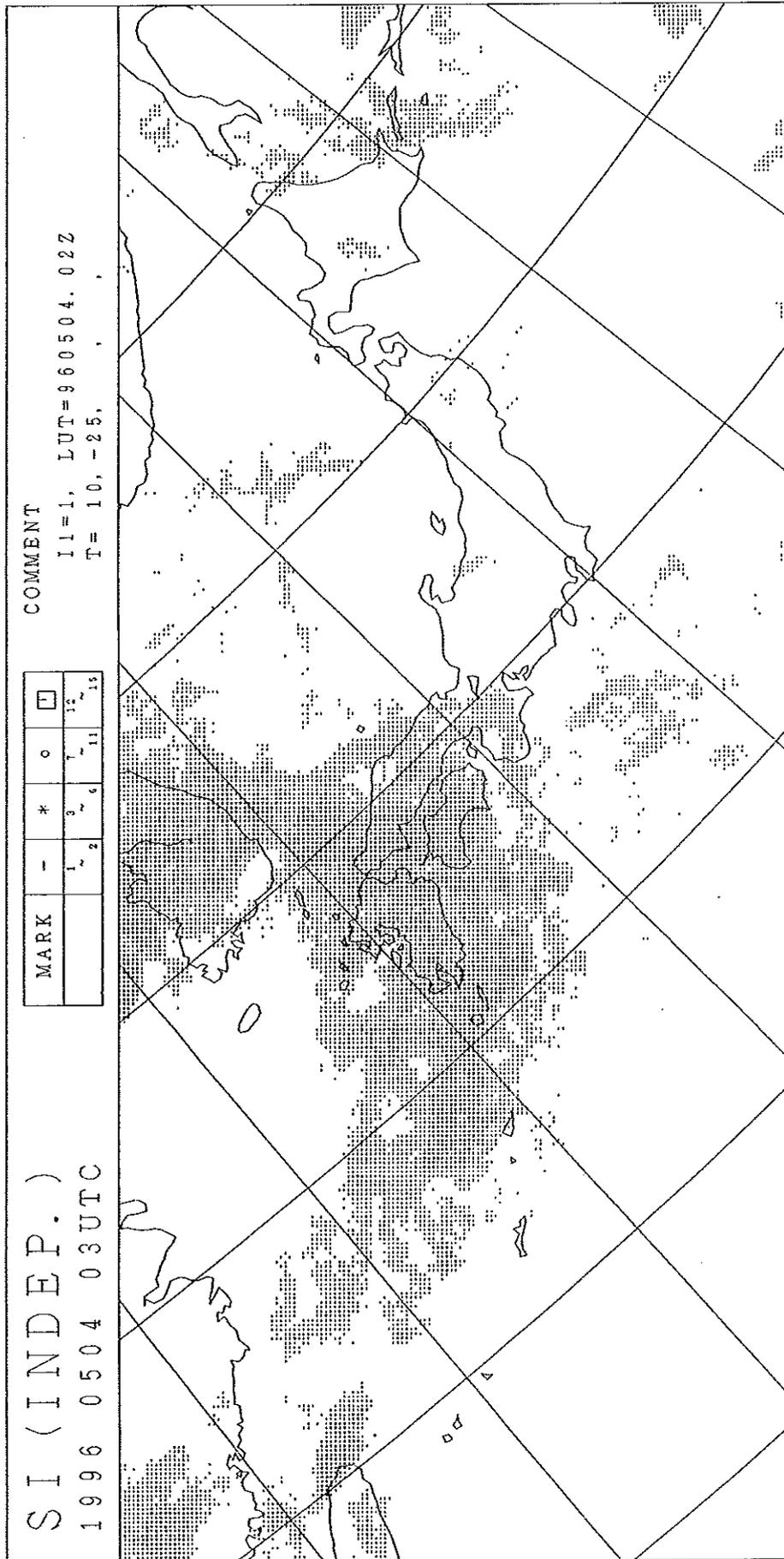


Fig. 2 SI map using both VIS and IR channels data at 03 UTC 4 MAY. 1996

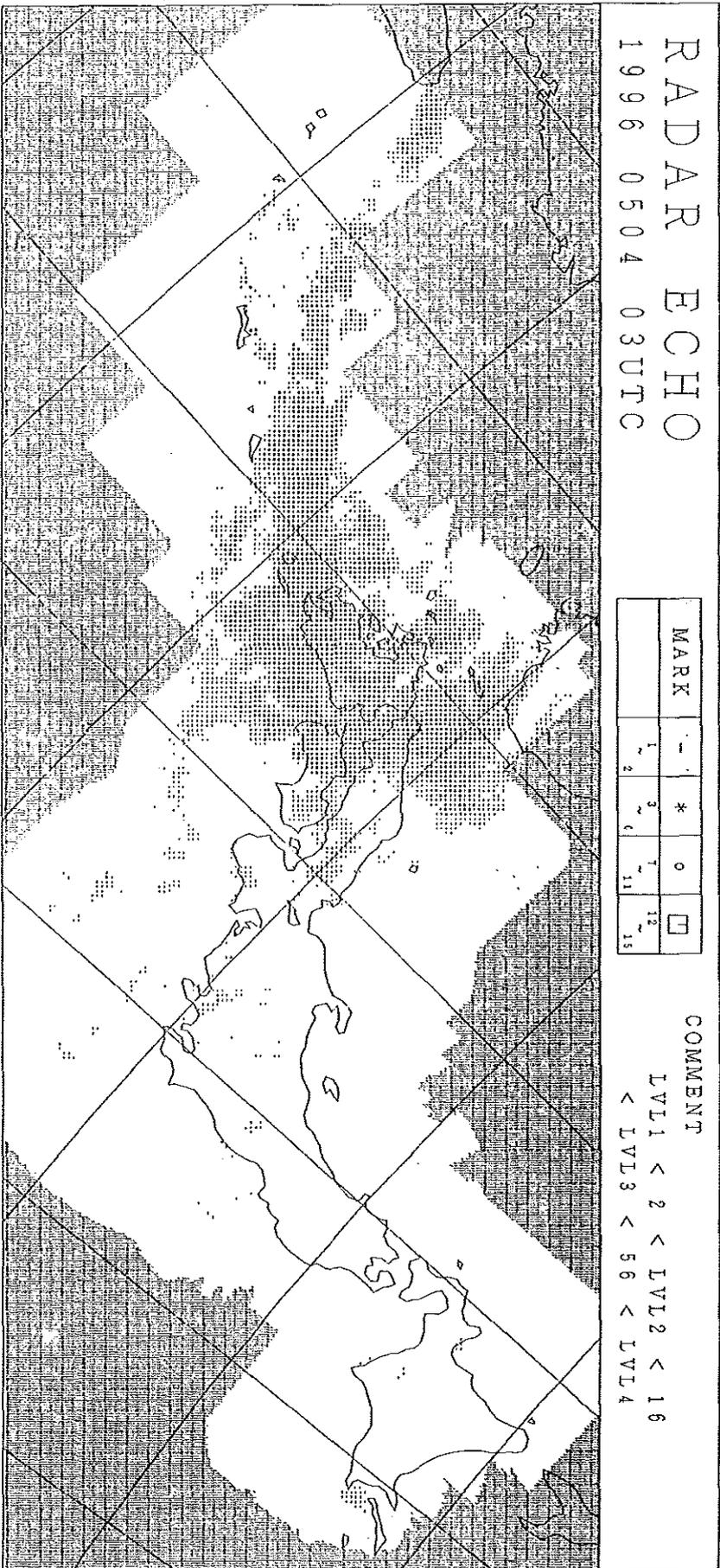


Fig. 3 Composition map of radar echo intensity at the same time with Fig. 2

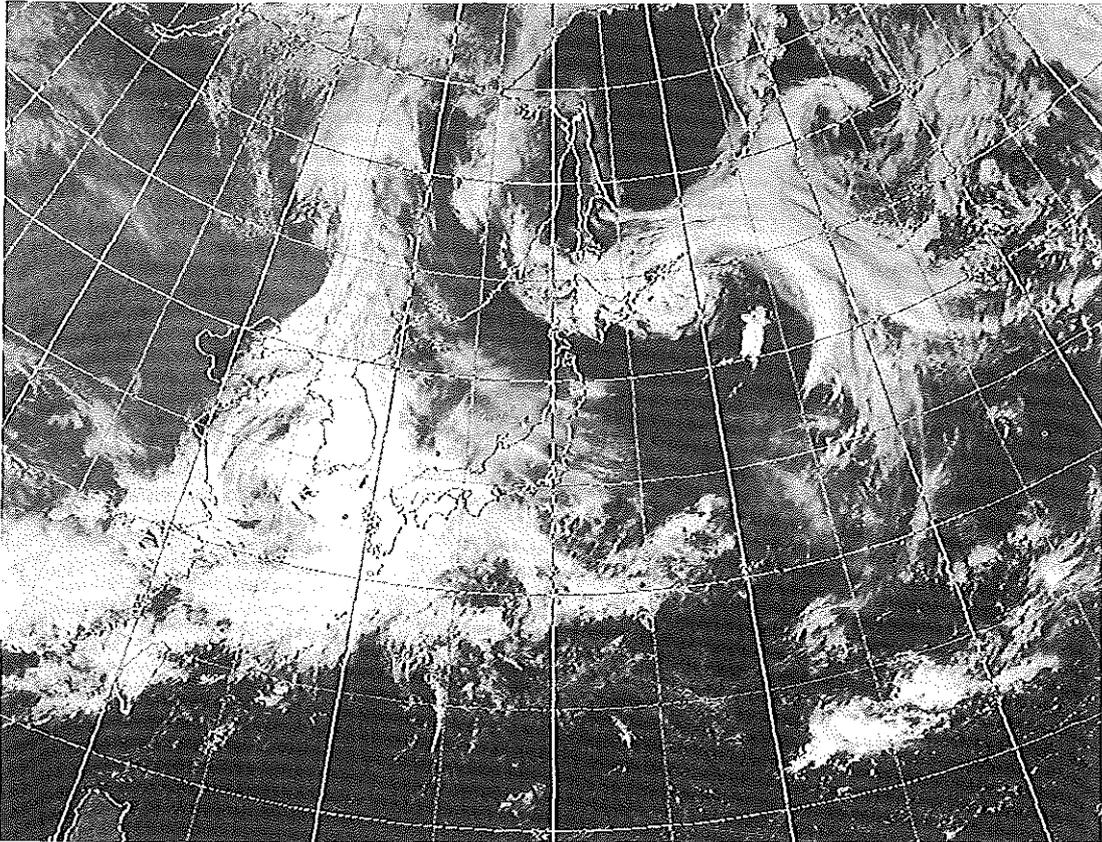


Fig. 4 VIS image at the same time with Fig. 2

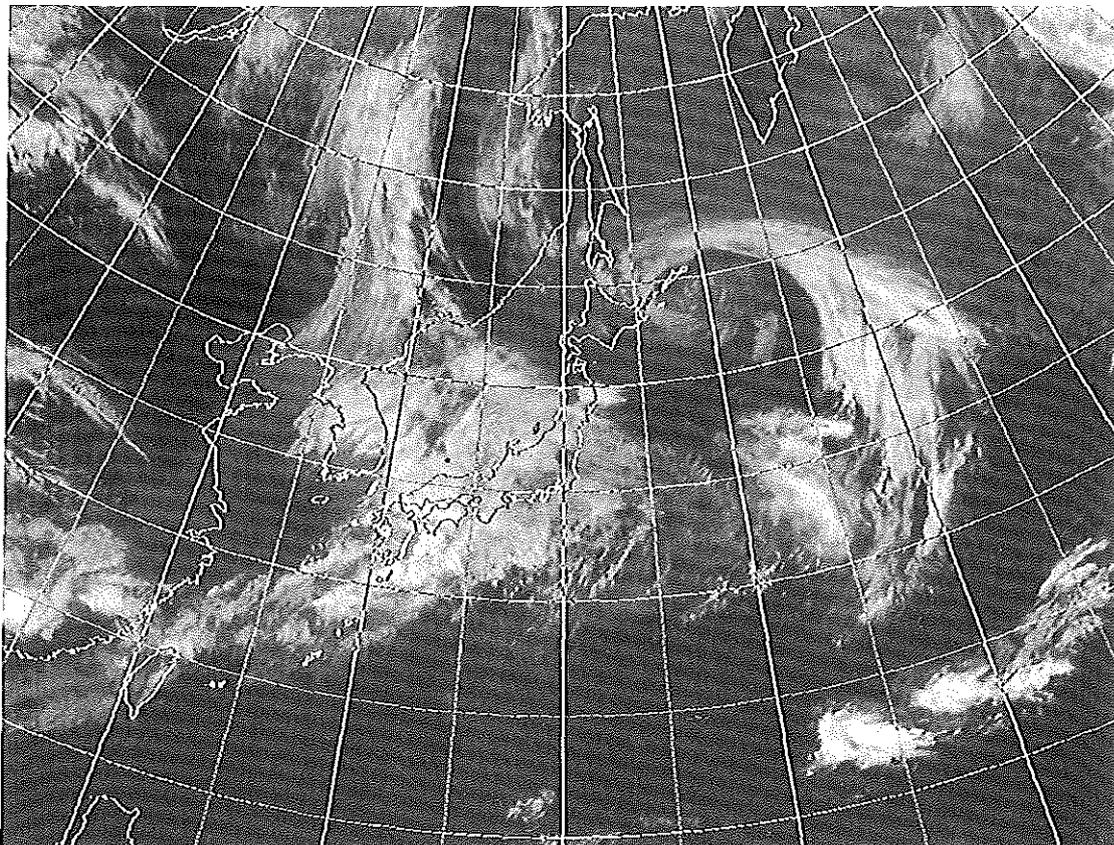


Fig. 5 IR image at the same time with Fig. 2

6.13 ISCCP 処理

6.13 ISCCP Data Processing

Abstract

The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) began on July 1983 as the first element of the World Climate Research Program (WCRP) and has been processing over 10 years. The project aims to develop a global data set of calibrated radiances by the international network of operational geostationary and polar orbiting meteorological satellites for climatological research, and farther continues beyond 2000 year. The GMS image data are processed at the MSC and provided to ISCCP on a routine basis.

1. はじめに

国際衛星雲気候計画 (ISCCP : International Satellite Cloud Climatology Project) は世界気象機関 (WMO) と国際学術連合 (ICSU) が共同して行う世界気候研究計画 (WCRP) の最初のプロジェクトであり、全球に展開された5つの静止気象衛星と2つの極軌道衛星を用いて、気候研究のための全球放射データセットを作成することを目的としている。ISCCP 計画は、1983年7月に開始され、その後再度にわたって計画の延長がなされ、1995年7月からはデータセットの充実を目指して新たなフェーズとしてスタートした。ISCCP 計画は現在、全球エネルギー・水循環実験計画 (GEWEX) のサブプロジェクトとして位置づけられている。

2. 作成データ

気象衛星センターは GMS のデータ処理センターとして当初から ISCCP 計画に参加しており、GMS の可視および赤外面像から毎月5観測分の衛星間キャリブレーション用の AC データ、3時間毎の公称10kmにサンプリングされた B 1 データおよび公称30kmにサンプリングされた B 2 データを作成している。作成されたデータは磁気テープに格納されて月1回、AC データは衛星キャリブレーションセンター (SCC、フランスの宇宙気象センターが担当) に、B 1 データは ISCCP

データ保存センター (ICA、NCDC/NOAA が担当) に、B 2 データは全球処理センター (GPC、GISS/NASA が担当) にそれぞれ送付される。各データ作成の処理の流れを Fig. 1 に示す。

データ作成方法は GMS-5 の場合も GMS-4 までとほぼ同様である。詳細は気象衛星センター技術報告特別号 (1989年) を参照されたい。ただし、GMS-5 では赤外チャンネルが1チャンネルから3チャンネルに増えており、GMS-5 から作成された ISCCP データセットには赤外全チャンネルが含まれている。また GMS-5 では赤外面像の画素方向の画素のオーバーラップが小さくなり、データ量が1/2になったため、画素方向のサンプリング率は1/6から1/3に変更された。

3. 終わりに

ISCCP 計画は開始から12年以上が経過し、気候データとして利用するために必要なまとまった期間のデータが蓄積され始めてきている。ISCCP データセットを使用した研究成果も随時報告されている。GPC での解析によって雲の情報に変換された C データは、アルゴリズムの改良を重ね再作成が行われており、現在、1983年7月から1991年6月までの8年間分のデータが利用可能である。また、C データに含まれる解析された雲情報等をピクセルレベルで使用したいという研究者の要望に従い、D データが新たに作成される。D デー

タはCデータをマイナーチェンジしたもので、Cデータの項目を減らして空間分解能を大きくし、データセットを衛星毎に個別に作成する仕様で現在プロトタイプでのテストが進んでいる。Fig. 2にISCCPデータセットの収集および作成状況を示す。

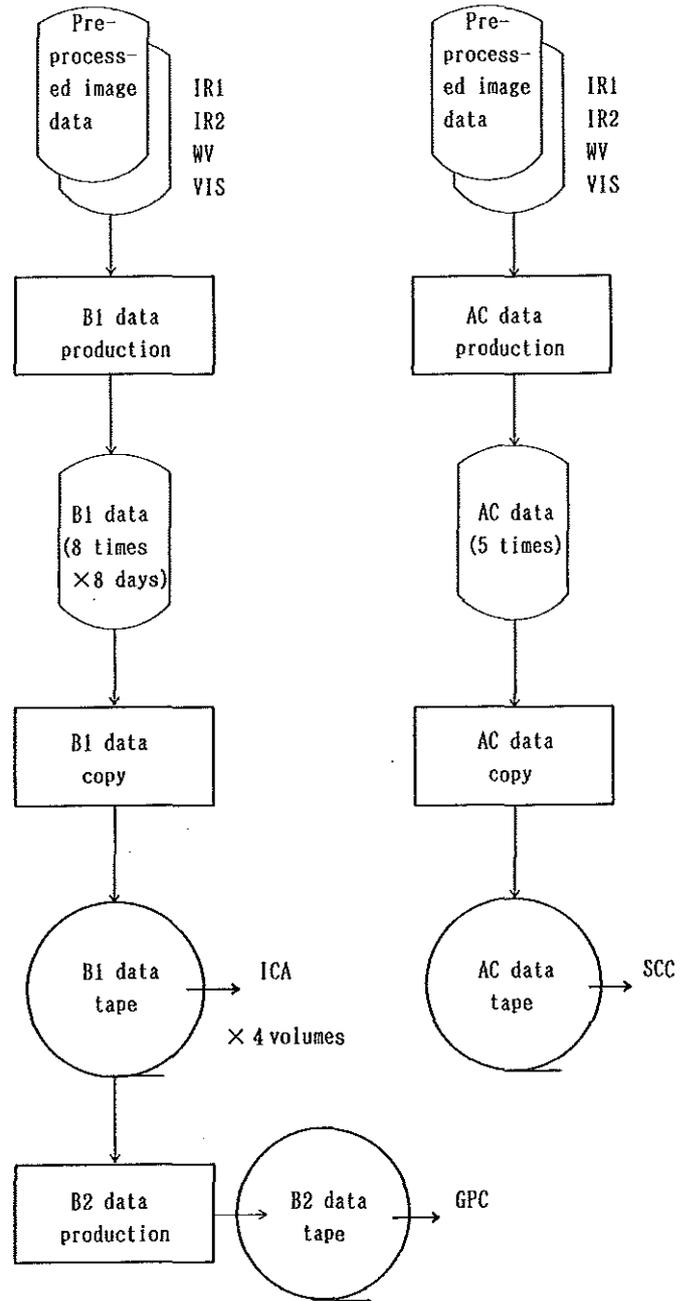


Fig. 1 Flow of ISCCP data processing

ISCCP Satellite Network for July 1991 to June 1999

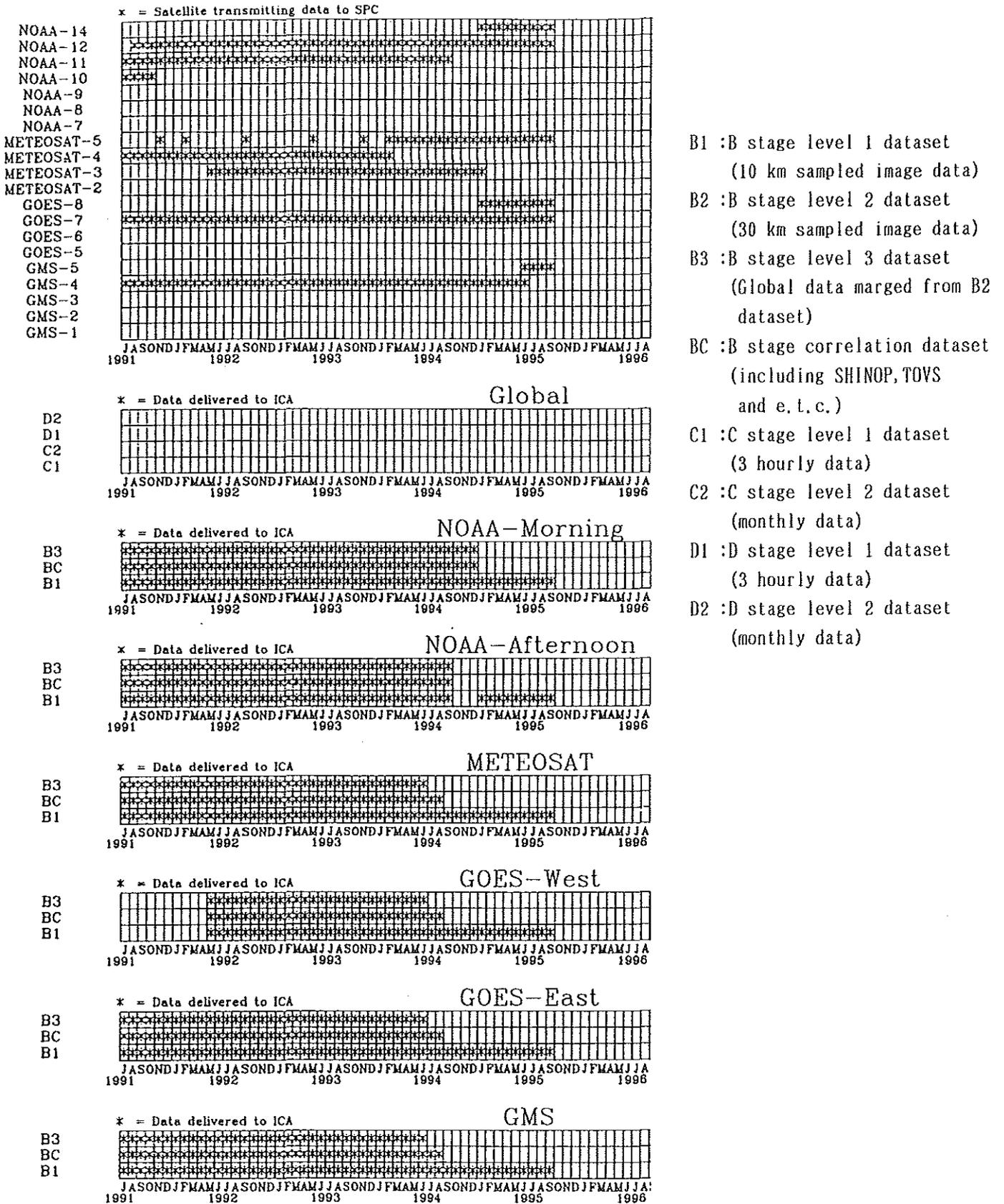


Fig. 2 Status of ISCCP dataset collection and processing (2)

6.14.1 画像ハードコピー出力業務

6.14.1 'PICTROGRAPHY' Hard Copy System

Abstract

Hard copies with high resolution of satellite imagery are prepared by the hardcopy system, "PICTROGRAPHY", with input data produced from source imagery data calculated from relations between pixel level and temperature.

Additional data such as latitudinal and longitudinal lines, coastlines, and annotations of date, time etc. are superimposed on the imagery of this product.

6.14.1.1 はじめに

衛星画像の雲解析、検索、調査等に利用するため、旧システムでは1日34枚(円形赤外=8、円形可視=3、ポーラーステレオ赤外=8、ポーラーステレオ可視=3、WEFAX-H画像=6、WEFAX-I/J画像=6)の写真を作成していた。今回の新システムの写真業務においては、印画紙への焼き付けは書籍への掲載を目的とする等の依頼分に限ることとし、事後の雲解析、検索、調査等のためには、画像処理装置(ワークステーション、以下WS)に転送される表示用画像データを用いて、新たに導入されたピクトログラフィー装置で写真に匹敵する高解像度を有するハードコピー出力処理を行うことになった。

6.14.1.2 業務概要

出力の対象となる画像の画像選択、領域の切出し、拡大・縮小(サンプリング率)等の指定に従って、WS上で表示用画像データを読み込み、画像の編集・加工を行い、ハードコピー出力する。

2.1 ピクトログラフィー装置の概要

この装置は、デジタル画像データを入力し、レーザー光により入力データの値(階調)に応じた光量で露光し、現像転写を行うものである(このプリント動作の詳細については参考文献を参照)。なお、色調を均一にするため、キャリブレーション処理を適宜行う必要

がある。また、出力用紙はA4スペシャルサイズ(308X224mm)で、この時の最大画像出力範囲は299X218mmである。出力解像度は5種類(133、200、267、320、400dpi)から選択できるが、400dpi選択時は表示画面が小さくなる(241X175mm)ことから、この業務では使用しない。

6.14.1.3 使用データ

3.1 入力情報

入力における情報を以下に示す。

- ①出力図の様式(出力用紙1枚当たり画像枚数 1画像/枚、4画像/枚)
- ②出力解像度
- ③入力画像の日付・時刻、画種(ポーラーステレオ、円形)・センサー(可視、赤外、水蒸気)の種別
- ④画像切出し位置、サンプリング率、作成画像の大きさ
- ⑤階調変換テーブルの指定
- ⑥補助図形(緯経線、海岸線)表示フラグ

3.2 入力画像データ

入力画像データを以下に示す。

- ①ポーラーステレオ画像(可視、赤外1、水蒸気)WS上に保持されている表示用画像。画素数;可視(6912X4096)、赤外1(1728X1024)、水蒸気(1728X1024)
- ②円形画像(可視、赤外1)

WS上に保持されている毎時(3時間毎)の表示用画像。

画素数;可視(12288X8192)、赤外1(3072X2048)

③NOAA画像(3.7と11 μ mの差分、及び11と12 μ mの差分の画像)

3.3 その他

- ①階調変換テーブル
- ②海岸線データ

6.14.1.4 処理

4.1 処理フロー

Fig.6.14.1.1に処理フローを示す。出力図は階調変換テーブルを用い、温度と写真上の輝度の対応が通年同じになるように作成した画像に、緯経線、海岸線及び日付等のアノテーションを合成したものである。

4.2 処理方法

(1)入力画像データ

ハードコピー出力にあたり、①同画種はセンサーに関わらずスケールを同一にする。②入力画像データの持つ解像度を極力落とさないように表現する。③1画像を極力大きくする等の点を考慮した。Table. 6.14.1.1に各画種、センサーの入力画素数、切出し領域、サンプリング率、出力編集画素数等を示す。これにより、出力図の縮尺はポーラステレオ広域で約

5000万分の1、ポーラステレオ狭域で約3600万分の1となる。

(2)補助図形(緯経線、海岸線)データ

補助図形である緯経線を青色、赤道を赤色、海岸線を緑色としてそれぞれのRGBの各プレーンにのみ格納しているため、画像データ(雲)がこれらの線によって隠されることを回避する処理を行う。

出力図のサンプルとして、Fig.6.14.1.2~4にポーラステレオ狭域可視、ポーラステレオ広域水蒸気、円形赤外画像を示す。

4.3 運用方法

ルーチン的な処理は、ホスト計算機からスケジュールに従って、WSでリモート起動される。障害やルーチン以外等の場合は、WSで単独起動する。この場合は、出力画像の確認のため、WS画面でマン・マシン操作を行う。

Table. 6.14.1.2に運用スケジュールを示す。このうち、ポーラステレオ狭域可視画像の10及び20UTCはNOAA画像の3.7 μ mと11 μ mの差分画像、11UTCはNOAA画像の11 μ mと12 μ mの差分画像を出力する。また、太陽妨害運用時は03UTCを02UTCに、食運用時は15UTCを16UTCに出力画像を変更する。

参考文献

PICTROGRAPHY 3000 取扱説明書

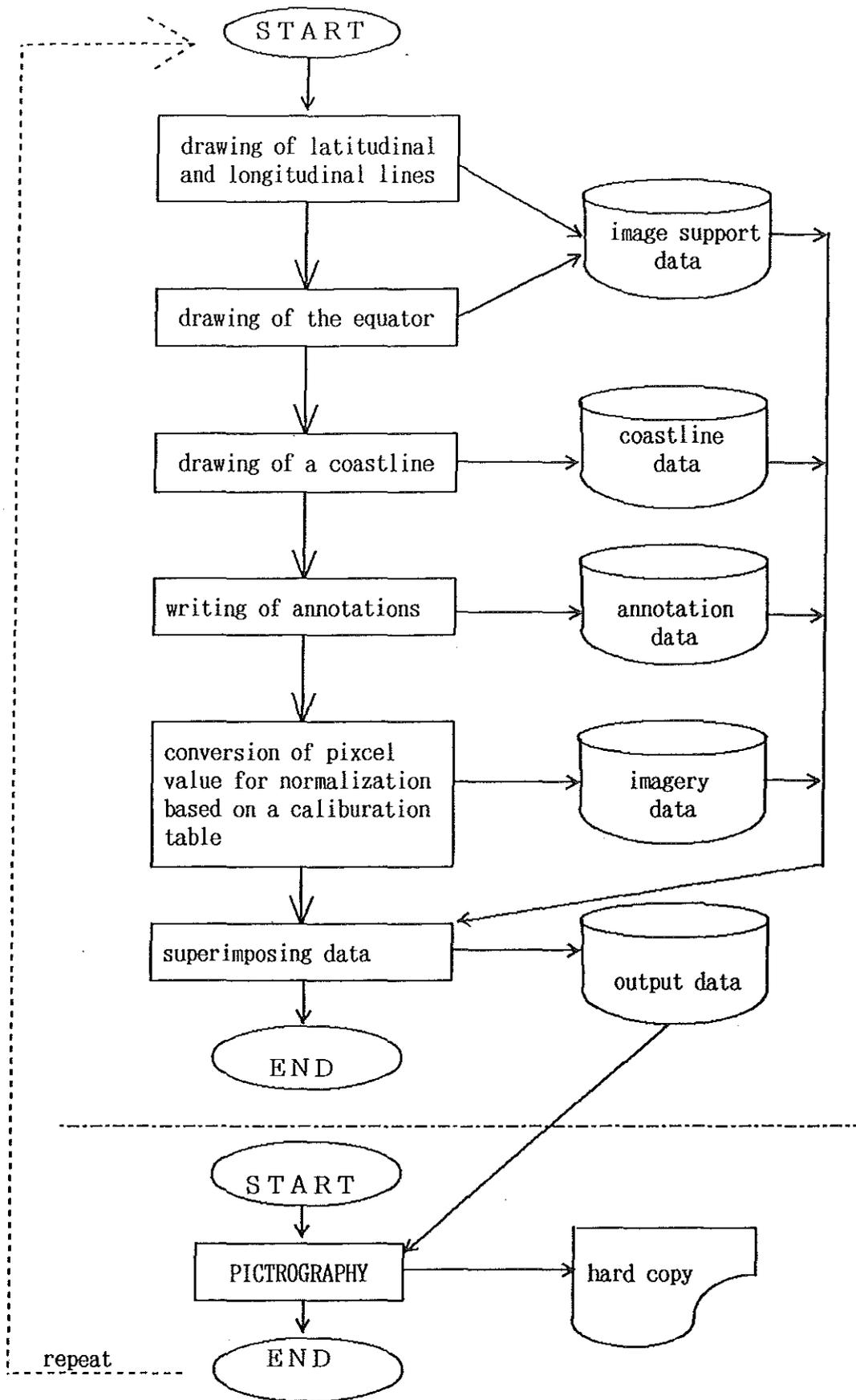


Fig.6.14.1.1 A flow chart of hard copy output process

Table 6.14.1.1 pixel size of imagery used in hard copy output process

sensor	projec-tion	source imagery	input area in source imagery	sampling rate	output imagery
VIS	PSN	6912X4096	①; 6864X4096	1/4	1716X1024
	PSJ	6912X4096	②; 2400X1600	3/4	1800X1200
	DKF	12288X8192	12288X8192	1/6, 1/4	2048X2048
IR1	PSN	1728X1024	③; 1716X1024	1/1	1716X1024
	PSJ	1728X1024	④; 600X 400	3/1	1800X1200
	DKF	3072X2048	3072X2048	2/3, 1/1	2048X2048
WV	PSN	1728X1024	③; 1716X1024	1/1	1716X1024

sensor; VIS=visible, IR1=infrared(wave length of 11 μ m), WV=water vapor

projection; PSN= a polar-stereographic projection in Northern hemisphere

PSJ= a polar-stereographic projection around Japan

DKF= a full disk

input area;① the area excepting righthand 48 pixels in a source imagery

② the area (2400X1600 pixels) near Japan in a source imagery

③ the area excepting righthand 12 pixels in a source imagery

④ the area (600X 400 pixels) near Japan in a source imagery

Table 6.14.1.2 Operational Schedule of hard copy output

output start time hard copy output type	0 2 4 5 UTC	0 8 3 0 UTC	1 5 3 0 (1 4 3 0) UTC	2 1 2 0 UTC
VSPSJ	20-23	00-03 04-07	08-11	
IRPSJ	20-23	00-03 04-07	08-11 12-15	16-19
VSPSN	00	03<02> 06		
IRPSN	00	03<02> 06	09 12	15(16) 18 21
WVPSN	00	03<02> 06	09 12	15(16) 18 21
VSDKF	00	03<02> 06		
IRDKF	00	03<02> 06	09 12	15(16) 18 21
total of hard copies	7	14	9	10

sensor; VS=visible, IR=infrared(wave length of $11\mu\text{m}$), WV=water vapor

projection; PSJ=a polar-stereographic projection in Northern hemisphere

PSN=a polar-stereographic projection around Japan

DKF=a full disk

VSPSJ and IRPSJ are processed for a set of four images seen as Fig.3. Differential TBB images of $11\mu\text{m}$ - $12\mu\text{m}$ and $3.7\mu\text{m}$ - $11\mu\text{m}$ from AVHRR are used instead of visible image (in VSPSJ) about 11UTC and 10UTC, 20 UTC respectively.

{explanatory notes}

< >; at sun avoidance (); at an eclipse

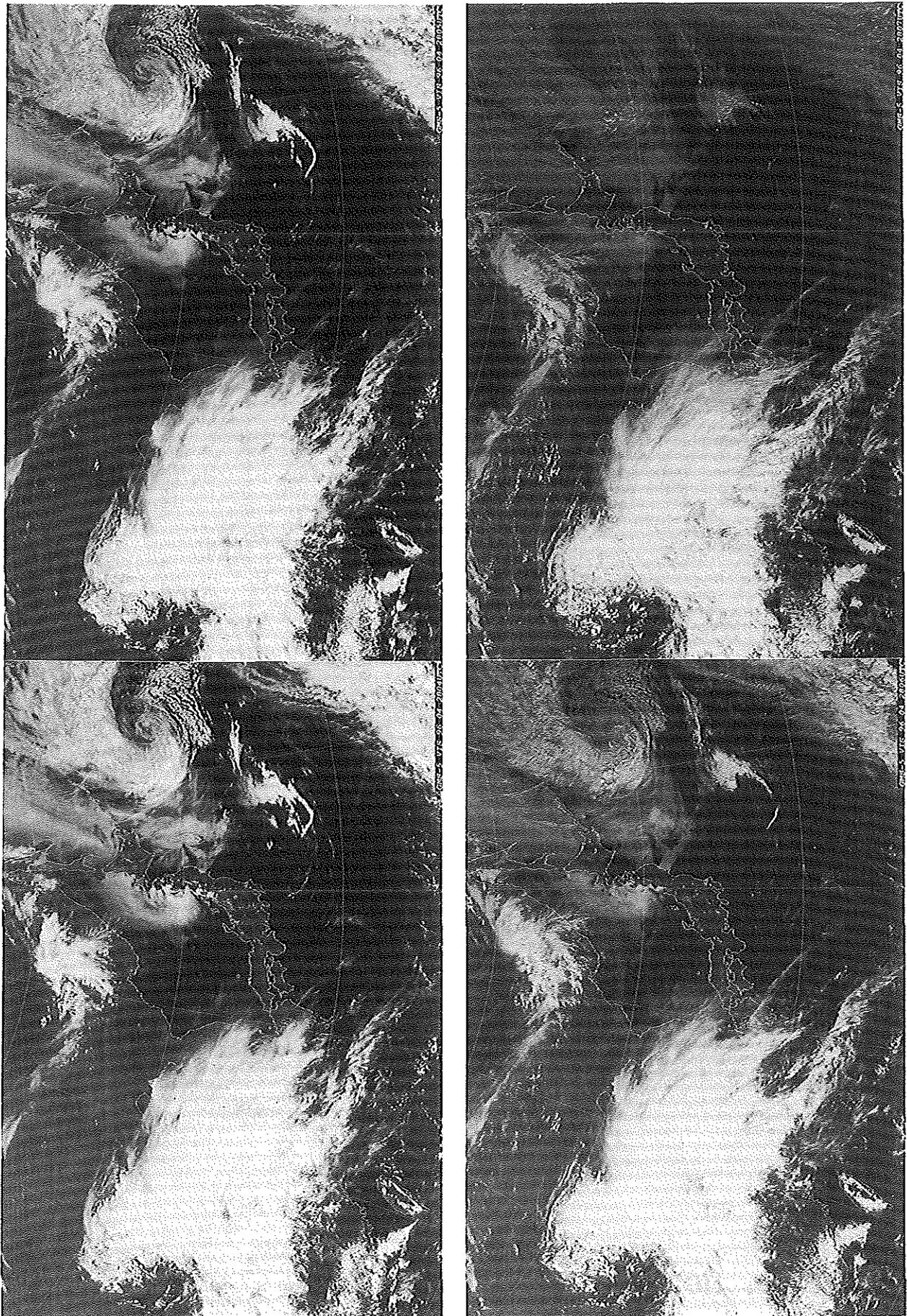


Fig.6.14.1.2 hard copy output (VSPSJ) GMS-5 Visible 1996. 4. 28 04-07 UTC

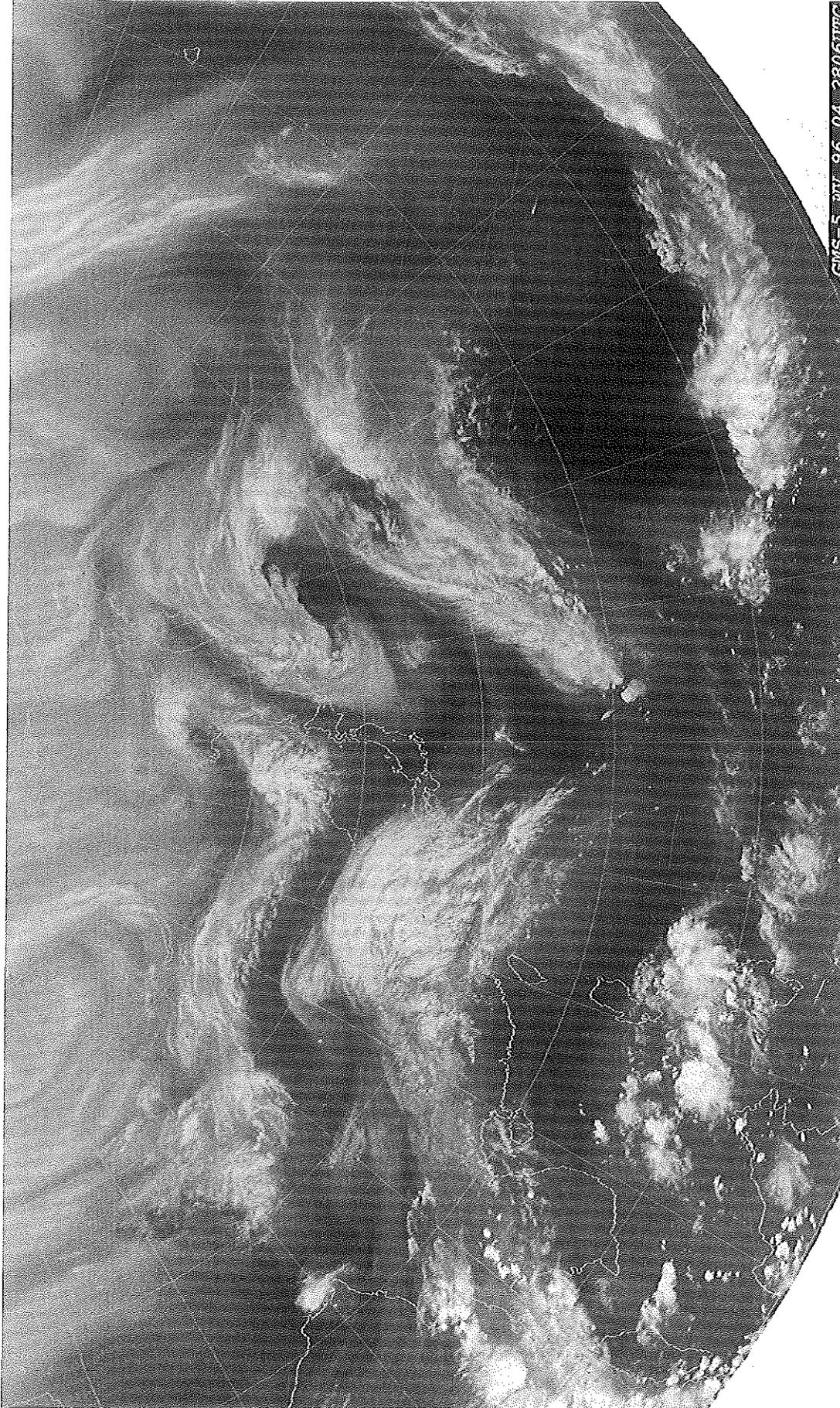


Fig.6.14.1.3 hard copy output (WVPSN) GMS-5 Water Vapor 1996. 4. 28 06 UTC

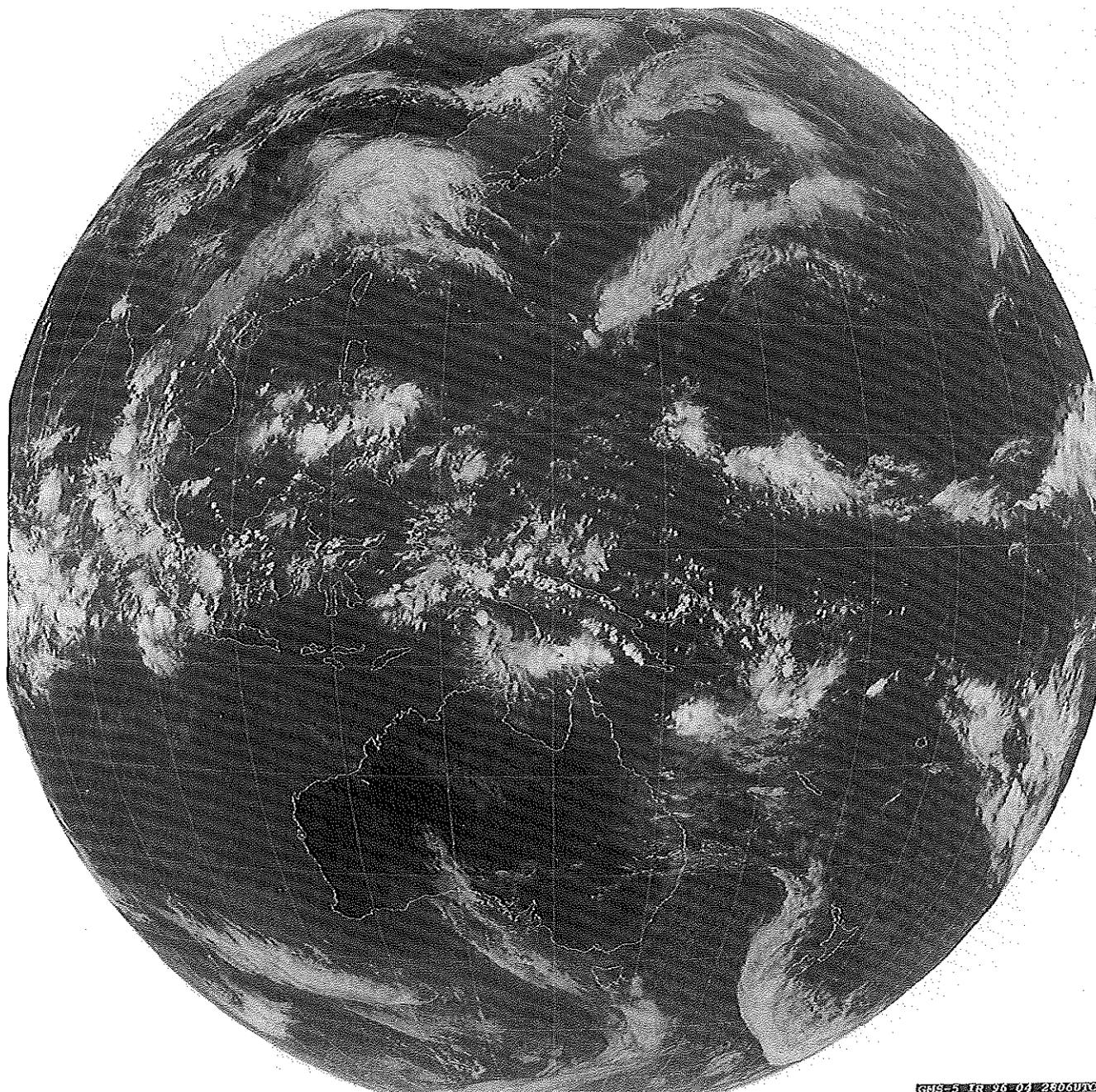


Fig.6.14.1.4 hard copy output (IRDKF) GMS-5 Infrared 1996. 4. 28 06 UTC

6.14.2 VTR 編集・表示処理

6.14.2 VTR (Video Tape Recorder) Edit / Playback system

Abstract

A VTR(Video Tape Recorder) Edit / Playback program is developed for the purpose of neph-analysis and preservation.

Seven kinds of images are processed. They are Visible (VS) polar stereographic image around Japan, Infrared (IR) polar stereographic image in Northern hemisphere and around Japan, Water Vapour (WV) polar stereographic image in Northern hemisphere, Split-window (SP) polar stereographic image in Northern hemisphere and two kinds (IR and WV) of standard full disk images.

This program itself is designed to be able to process up to fifteen kinds of images within the limit of videotape length or period of image movie.

This program has four functions.

- ① Auto Recording : Recording each image at a proper position on the VTR tape according to the image observation time and VTR time code.
- ② Playback : Displaying image movie recorded on the VTR tape.
- ③ Grab : Grabbing image data from VTR to work station.
- ④ Optional recording : Recording image of unlimited area and scale is possible for the optional use.

This process is both automatic and manual. Usually auto recording is triggered by Main frame computer schedule and neph-analysis is executed using man-machine interactive interface.

6.14.2.1 はじめに

VTR 編集・表示処理 (以下「VTR 処理」と記す) は、GMS から観測された画像データを VTR に録画し、雲解析、調査業務に反映すること、および部外提供を行う基礎資料とすることを目的とし、1987年から実施されている。今回システム更新に伴い、新規プログラムの作成、録画画像の変更を行った。ここでは、新システムにおける VTR 処理プログラムについて解説する。

1.1 録画形式

旧システムの VTR 処理では、アナログデータとして 1 インチテープに録画していた。新システムでは、デジタルデータとしてデジタルカセットテープに録画

する。デジタルデータとして録画する利点は、アナログデータと比べ、デジタルテープどうしの複写ではデータの劣化がないこと、また VHS テープへの複写でも非常にデータの劣化が少ないことが挙げられる。これにより、よりクリアな映像として、閲覧、部外提供を行うことができる。

デジタルデータは、D2 規格で録画を行い、新システムでは SONY 社製の VTR 装置 DVR-20 を使用している。

1.2 装置構成と運用方法

VTR 装置は、新システムで導入されたワークステーション (画像処理装置、以下「IDPi (i = 装置番号)」と記す) に接続されている。ワークステーションと VTR との装置構成の概略図を Fig.6.14.2.1 に示す。

VTR装置は2台あり、それぞれがIDP2とIDP4に接続されている。VTR編集処理では、この2台の装置を使用し運用している。このため作成されるVTRテープは2本となるが、2本とも同じ内容が録画される。

2本のうち1本を、動画表示などに使用する。他の1本を録画のみの保存用とし、お互いにバックアップの役割を兼ね備える。

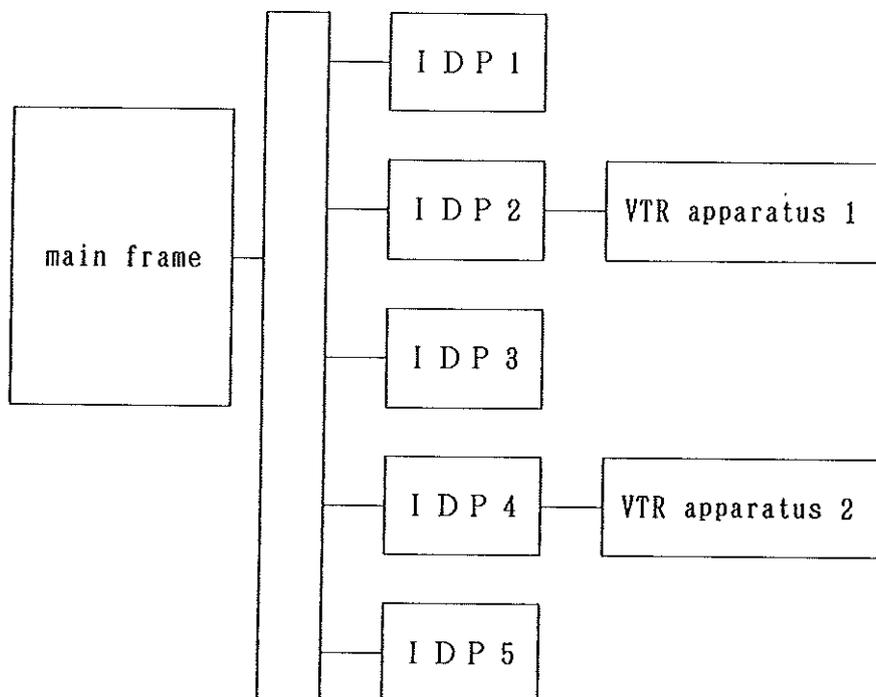


Fig. 6.14.2.1 Device configuration of work station and VTR

6.14.2.2 使用データ

VTR処理は、VTR装置を直接制御する必要からIDP上で行われる。ポーステレオ画像については、雲解析など画像解析の目的で、すでにIDPに転送されている画像を使用する。全球画像については、衛星の姿勢の変動による、画像の揺れを抑えるよう作成された画像（以下「標準円形画像」と記す）を使用する。標準円形画像は、時間的な制約から、雲解析など画像解析では使用されない。標準円形画像はメインフレームで作成し、IDPに転送している。また、海岸線等の固定データは、全てIDP上に持つ。

6.14.2.3 処理

3.1 処理概要

VTR処理では、画像データを録画し、雲解析業務に反映することを目的としている。その目的の実現のために、下のような機能を有する。

- I) 録画機能
- II) 動画表示機能
- III) 録画画像抽出機能
- IV) 任意画像録画機能

VTR処理は、各機能に対応したプログラム群で構成されている。ユーザは実行したい機能を選択し処理を実行する。

VTR処理の流れ図を Fig.6.14.2.2に示す。

3.2 運用上の考慮

各機能を実行する上で、VTRテープのどの位置に何時の画像が書き込まれているか（書き込むか）ということと、全ての機能がVTR装置を使用することから、各機能の実行状況を把握することが重要な情報となる。VTR処理では、通常7画種録画しており、最大で15画種録画することができる。これらは、管理ファイルというデータファイルにより制御される。管理ファイルには、画種毎に画像時刻と録画テープ時刻(以

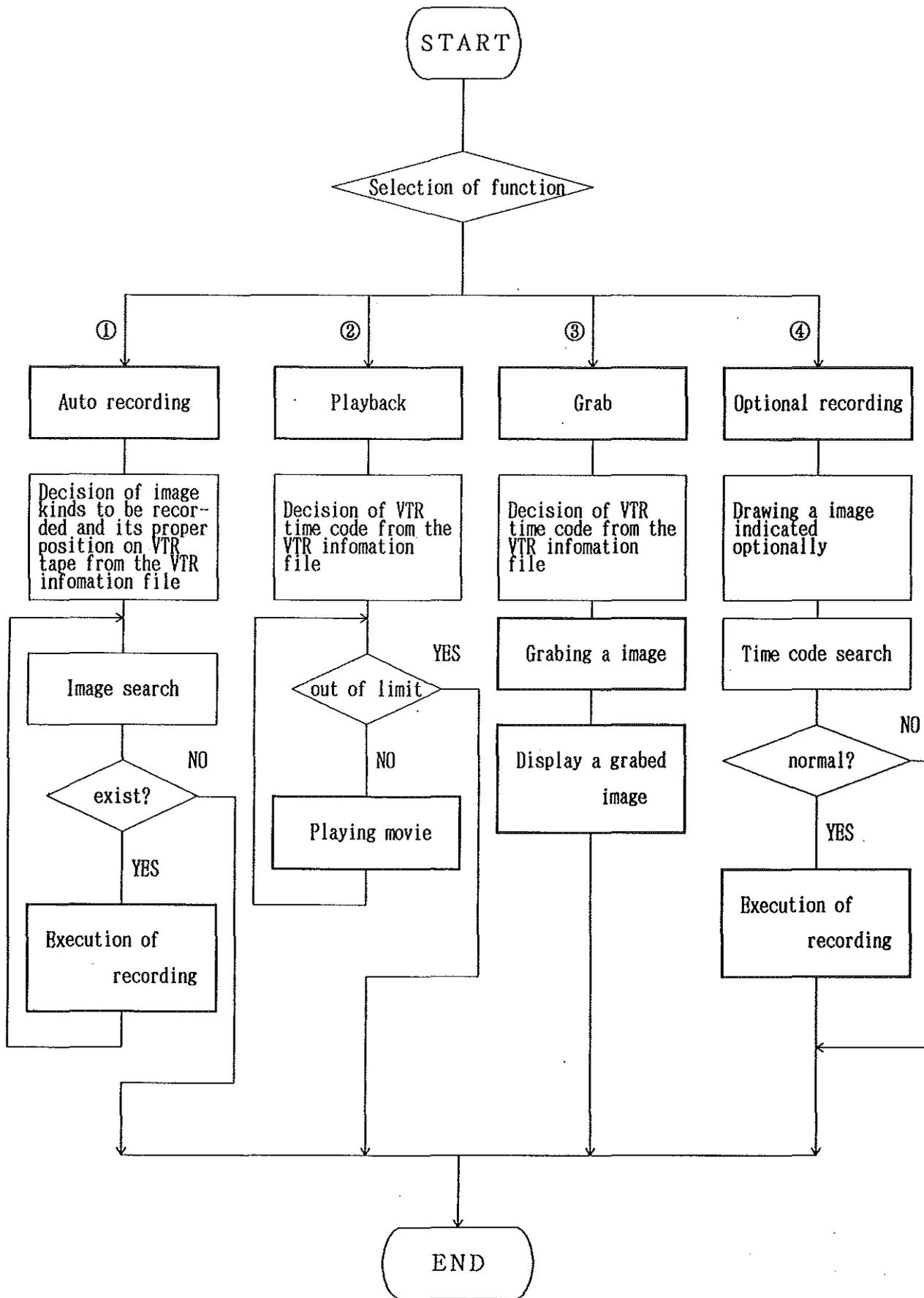


Fig. 6.14.2.2 Schematic diagram of Edit/Playback processing on VTR

下「タイムコード」と記す)、録画の状況などのデータが書き込まれている。タイムコードは予めVTRテープに書き込まれており、各機能とも処理が起動されると、指定された画像時刻に対応したタイムコードを、管理ファイルより検出し処理を実行する。

各機能の処理状況の把握については、メッセージキューという機能を使用している。メッセージキューとは、ワークステーションの共通領域にメッセージを書き込み、このメッセージを参照することのできる機能である。VTR処理では、1つの機能が実行されると、メッセージキューを検索し、他の機能が実行中でないかどうかを確認する。実行中のメッセージが書き込まれていれば処理を中止し、非実行中のメッセージであれば処理を実行し、実行中であることを示すメッセージをメッセージキューに書き込む。

また、VTR処理をルーチンのかつ、円滑に運用するために、画像データの録画はメインフレームからスケジュールにより起動され、ユーザが介在することなく行われるように作成している。また、障害時の対応を簡潔にするために、あるスケジュールで起動された録画が失敗しても、次のスケジュールで起動された時には、前の失敗した画像を含めて録画が行われるように工夫されている。

3.3 機能

各機能に1つのコマンドが対応するよう設計している。機能に応じて、その起動は、直接コマンドを叩いたり、メインフレームからリモート実行したり、IDP上のユーザインターフェイスを介して行ったりすることができる。

①録画機能

VTRテープに画像を録画する処理であり、VTR処理の最も重要な機能である。録画処理は、通常、メインフレームからJPによりスケジュール起動されるが、必要に応じワークステーションから直接起動することもできる。

②動画表示機能

VTRテープに録画されている任意の画種、任意の時刻の画像データを動画として表示する機能である。

パラメタの指定により、画種、表示開始画像時刻・終了画像時刻、表示回数、表示スピードを自由に設定することができる。順方向の動画表示の他、逆方向への動画表示を行うこともできる。この処理は、ワークステーションから起動する。

③録画画像抽出機能

VTRテープに録画されている任意の画種、任意の時刻の画像データをワークステーションに取り込み、表示する機能である。この処理は、ワークステーションから起動する。

④任意画像の録画機能

通常の録画処理は、録画する画像の中心緯度経度、画像範囲は固定された値となっているが、この機能では、ポーラステレオ画像に関して任意に中心緯度経度、画像範囲を指定できる。この機能は、ワークステーションから起動し、台風の発生から消滅までなど、ユーザの目的にあったテープを容易に作成することができる。

3.4 ユーザインターフェイス

前述で述べた機能を、ワークステーションから起動する際に、ユーザが簡潔に起動できることを目的として、実行したい機能を選択するメニュー画面と、各機能を起動するためのパラメタを指定するパラメタ入力画面を、ユーザインターフェイスとして提供している。この他に、プログラムの障害対応や解説文を表示するためのヘルプ画面、エラーメッセージ及びログメッセージ(実行状態メッセージ)をメッセージ表示画面で表示することができる。

これらのユーザインターフェイスは、Motif(モチーフ)を使用し、作成している。

3.5 録画画像の作成

VTR処理では、「6.14.2.2 使用データ」で述べたように、メインフレームで作成され、ワークステーションに転送されたポーラステレオ画像、標準円形画像を録画している。ここでは、転送された画像から録画画像を作成する概要を述べる。

①ポーラステレオ画像の作成

ワークステーションに転送される画像は、北半球のほぼ全域の大きさである。録画プログラムでは、画像を 640×480 の大きさに加工している。また、転送される画像は、緯経度線、海岸線の無い画像のため、衛星センターで開発したツールにより、加工した画像に合わせた緯経度線、海岸線を作成し画像に重ねている。また、重ね合わせる時に、緯経度線を青色、海岸線を緑色にしている。

②標準円形画像の作成

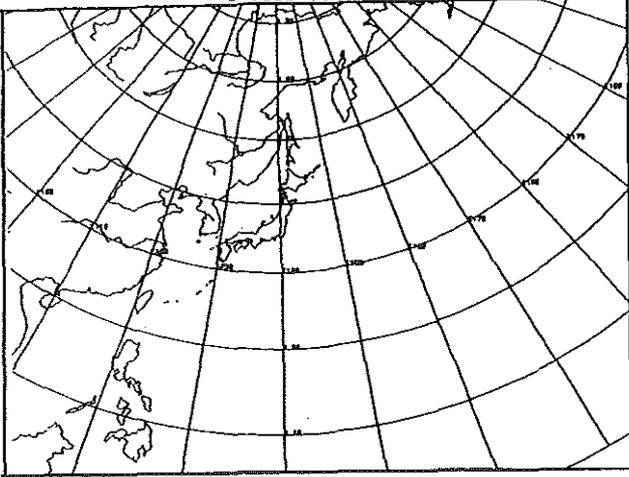
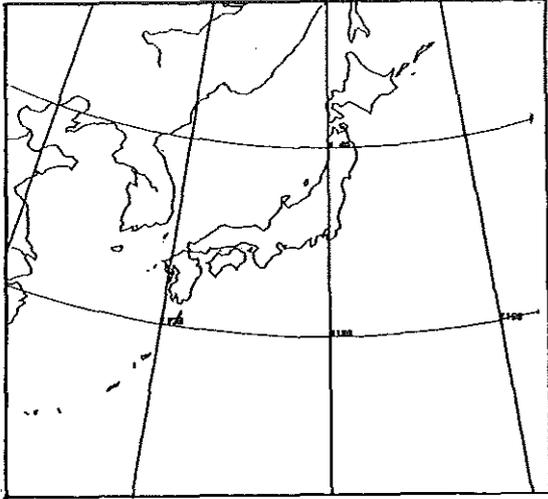
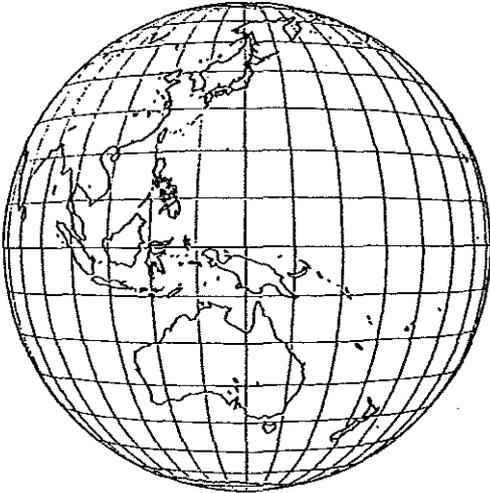
ワークステーションに転送された画像は緯経度線、

海岸線の無い画像である。標準円形画像では、固定データとして、緯経度線データファイルと海岸線データファイルに格納されている、それぞれのデータを画像に重ね合わせている。重ね合わせる緯経度線と海岸線の色は、ポーラステレオ画像と同じである。

6.14.2.4 出力プロダクト

現在、VTR 処理で録画されている画像は7画種である。録画画像の一覧表を Table. 6.14.2.1に示す。

Table. 6.14.2.1 List of image kinds recorded on video tape and its area.

Image kind	Image Area
<p>IRPSN (Infrared polar stereographic image in Northern hemisphere)</p> <p>WVPSN (Water vapour polar stereographic image in Northern hemisphere)</p> <p>SPPSN (Sprit-window polar stereographic imgae in Northern hemisphere)</p>	
<p>IRPSJ (Infrared polar stereographic image in around Japan)</p> <p>VSPSJ (Visible polar stereographic image in around Japan)</p>	
<p>IRSTF (Infrared standard full disk image)</p> <p>WVSTF (Water vapour standard full disk image)</p>	

6.14.3 写真システム

6.14.3 Photograph System

Abstract

In the present photograph system, the earth images are filmed in 35 mm microfilm and 8×10 photographic film by "Solitaire Image Recorders". The earth image is preserved in 35 mm microfilm. The water vapor image from GMS-5 is added to microfilm. The print by 8×10 photographic film is used for many purposes (for example, for CGMS material, publication).

6.14.3.1 写真システムの目的

気象衛星によって観測された地球の画像を記録、保存する目的で、観測された地球画像をマイクロフィルムを用いて、永久保存することが気象衛星業務規則第9条により定められている。マイクロフィルムの予測寿命は改定予定の国際規格 ISO10602によると、定められた保存条件のもとで、ベース（感光性物質を塗布する支持体）にセルローストリアセテート（セルロースエステル）を使用した TAC ベース品で100年程度、ベースにポリエチレンテレフタレート（ポリエステル）を使用した PET ベース品では500年程度である。このようにマイクロフィルムは現時点において最も長期保存が可能な記録媒体である*。マイクロフィルムは上述の永久保存の目的の他に、写真作成および画像検索の用途があり、研修、技術開発および調査研究に利用される。

一方、写真（印画）は、鮮明な画像の長期にわたる保存性に非常に優れている。旧システム下で定常的に原画（フィルム）から作成していた雲解析用印画は、高品質ハードコピー装置の導入により廃止された。このため、原画は気象衛星調整会議（CGMS）加盟国送付用等定期的な写真（印画）作成のほか、部内外の依頼による雲解析調査用、刊行物掲載用、展示等広報用の写真作成に利用される。

写真システムは、これらマイクロフィルムの作成および原画の作成を目的としている。

6.14.3.2 新写真システムの概要

2.1 旧写真システムとの違い

新写真システムの概要を Fig.6.14.3.1 に、旧写真システムの概要を Fig.6.14.3.2 に示す。旧システムと新システムを比較して大きく変わった点は、マイクロフィルムの撮影の自動化および作成手法が FAX 受画から計算機による直接撮影に移行したことである。

新システムでは自動撮影機ソリティアにより、写真用画像データから直接、原画（8×10インチフィルム、以下「8×10」という。）およびマイクロフィルムに画像を撮影する。現像は、新たに HOPE 現像機 B-1130 JSS を導入し、ソリティアで撮影したマイクロフィルム、8×10の現像を行う。

マイクロフィルムの書式は従来通り利用しやすい画種別編集であるが、新たに毎時の水蒸気画像を収録したのをはじめ、収録画像が大幅に変更された（Table 6.14.3.1参照）。このため、1巻に従来は1旬分の画像が収録されていたが、新システムでは7日分の画像収録となった。また、ソリティアでの撮影にはフィルムの両側にパーフォレーションを必要とする関係で、従来に比べマイクロフィルム上の画像がやや小さくなった。

写真原画においては、従来のシートフィルムからロールフィルムを裁断する方式へと変更になった。

Present System

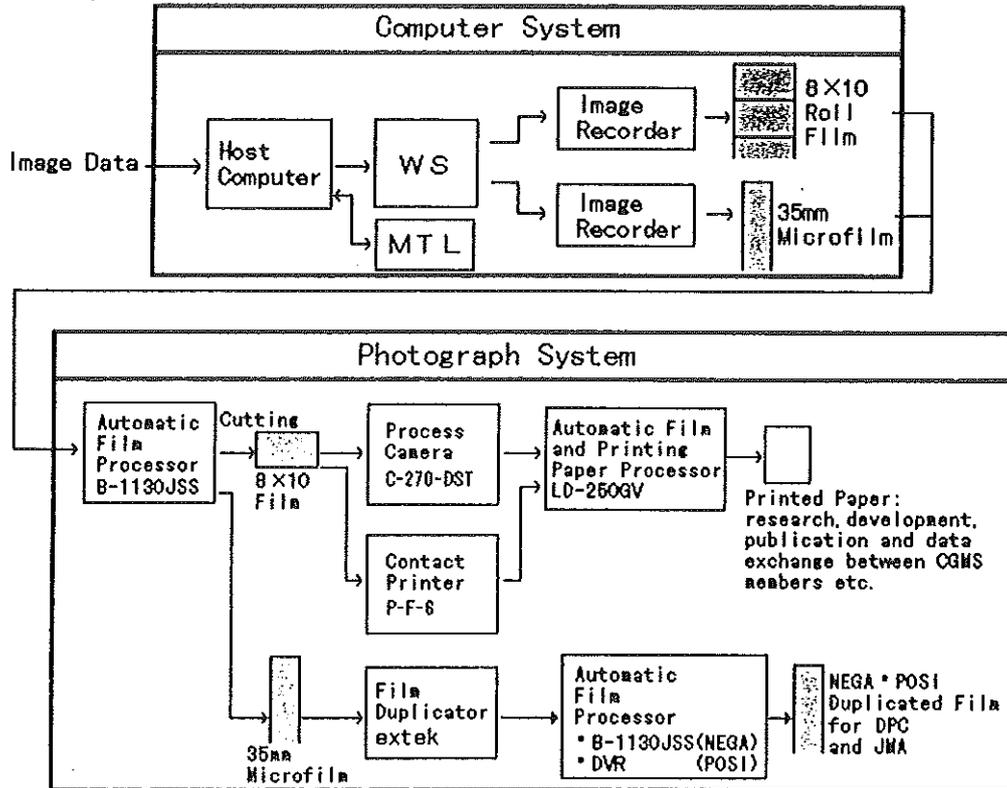


Fig. 6.14.3.1 The present photograph system configuration

Previous System

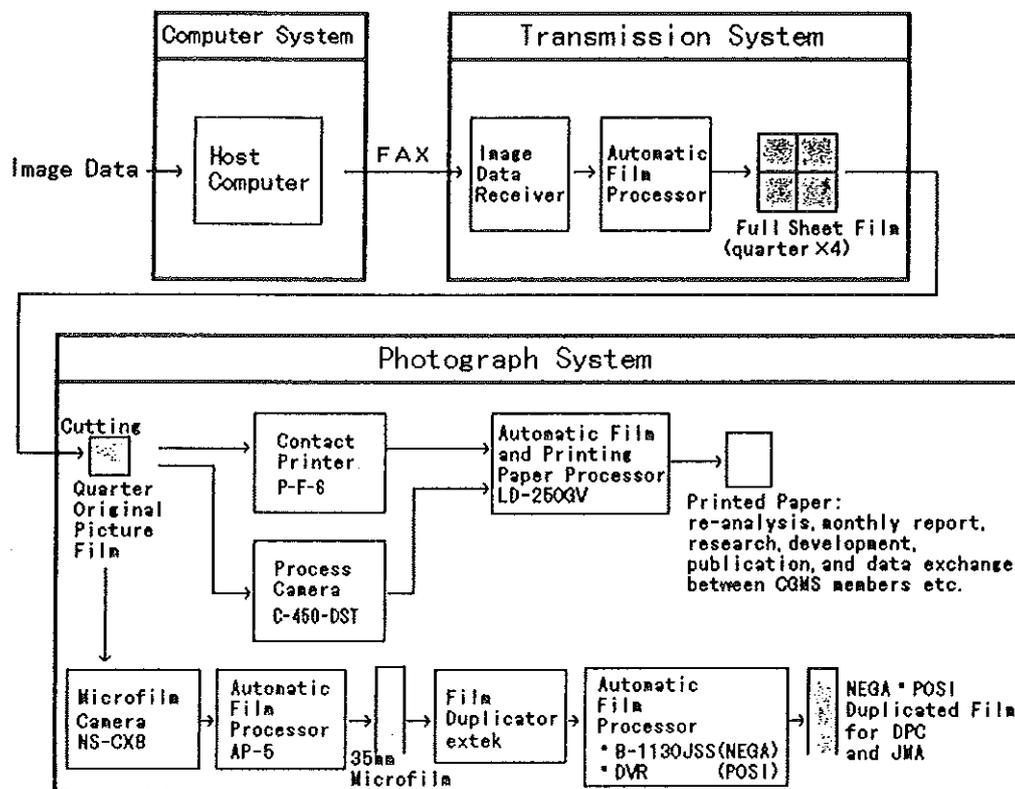


Fig. 6.14.3.2 The previous photograph system configuration

ク内の画像データを画種ごとに分類してディスプレイに表示させる。表示された画像データのうち撮りたいものをマウスでクリックし選択することにより撮像することができる。また、1週間分の画像データを定型のフォーマットに従って撮像することもできる。なお、画像データは8×10と35mmで共通のデータを用いている。

フィルムレコーダ装置はフィルムレコーダ (Solitaire 8×p) とカメラモジュールからなる。本写真システムでは、8×10と35mmの2種類の規格の画像フィルムを作成するため、8×10用のカメラモジュールを装着したフィルムレコーダと35mm用のカメラモジュールを装着したフィルムレコーダの2種類のフィルムレコーダ装置がある。Fig. 6.14.3.4 にフィルムレコーダ装置の外観図、Fig. 6.14.3.5 にフィルムレコーダ装置の模式図を示す。フィルムレコーダ内のCRTは8192×8192個の画素を持ち、各画素はそれぞれ4096段階に輝度を変えることができる。CRTはスキャンしながらカメラモジュール内のレンズを通してフィルムを感光させる。

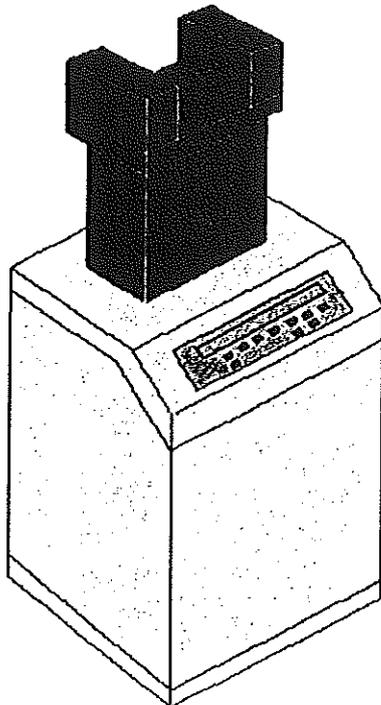


Fig.6.14.3.4 External appearance of the camera

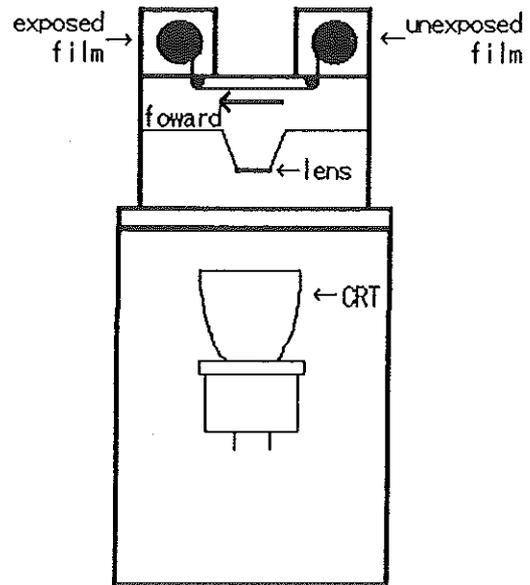


Fig.6.14.3.5 Schematic figure of the camera

(2)LUT と解像度

撮像された画像の品質を決める要因には大別して Look Up Table (以下「LUT」という。) と解像度がある。

①LUTの設定と濃度管理

CRTは4096段階に輝度レベルを変化させることができる。画像データの0～255の範囲の256個の整数値をCRTのどの輝度レベルに対応させるかがLUTの設定である。

CRTの輝度を変えながらポジフィルムを露光させた場合、CRTの輝度とフィルムの濃度とは一般に Fig. 6.14.3.6 のような曲線を描く。輝度の低い部分と高い部分では輝度の変化量に対する濃度の変化量が相対的に小さい。画像データをフィルム上に良く表現するためには、画像データの256個の整数値が Fig. 6.14.3.6の濃度曲線のリニアな部分に対応するようにLUTを設定することが必要である。

撮像されたフィルムは後述するように自動現像機で現像される。自動現像機の現像液などの薬液は濃度が変わることがあり、現像されたフィルムの濃度もそれによって変化する。常に一定の品質を保つために濃度管理が必要である。濃度管理のために濃度板を作成した。濃度板は Fig. 6.14.3.7 のようなもので、256階調のうち0、32、64、92、128、160、192、224、255の9階調をフィルムに露光させたものである。濃度板は短いフィルムに撮像され、まずはじめに現像される。そして9階調の濃度を計り、毎回値が一定になるよう

に必要があれば自動現像機のフィルム搬送スピードや現像温度を調節するのに使われる。そののうち画像の撮像されたフィルムが現像される。

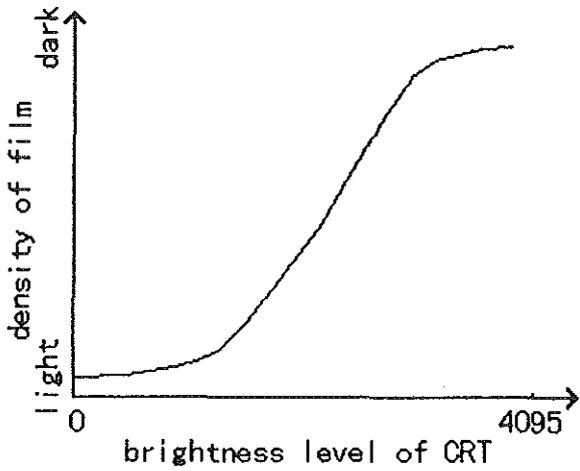


Fig.6.14.3.6 Characteristic curve between film density and CRT brightness level

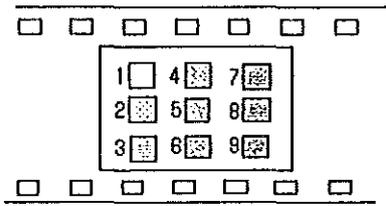


Fig.6.14.3.7 Frame of standard density

②撮像領域および解像度

フィルムレコーダ内のCRTは8192×8192個の画素を持つが、これは論理的に使用することができる数であり、そのまま撮像すると撮像された領域がフィルムの範囲外になる。論理的に撮像可能な領域、フィルム上に撮像可能な領域、および実際に撮像される領域の関係は Fig. 6. 14. 3. 8 のとおりである。

35mmマイクロフィルムの場合、フィルム上に撮像可能な領域はCRTの8192×5464個の画素を用いた場合である。これは Fig. 6. 14. 3. 9 のように、もっと目の粗い4096×2732画素や2048×1366画素で撮像することができる。

これらを順に8K、4K、2Kの解像度とよぶ。撮像は8×10、35mmマイクロフィルムともに可視円形画像のみ4Kで撮像し、他は全て2Kで撮像されている。画像の解像度の評価のために Fig. 6. 14. 3. 10 のような解像度板を作成した。解像度板は2Kで作成され、

Fig. 6. 14. 3. 10 のように2Kの1画素分の太さの線を1画素おきに並べたものを1、2画素分の太さの線を2画素おきに並べたものを2・・・のように番号をつけて6段階に評価できるようにしたものである。なお、画像領域の全体にわたって解像度をチェックするためにこれらの解像力線は領域の中央および四隅に配置されている。

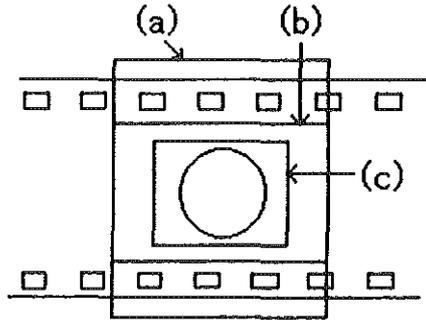


Fig.6.14.3.8 Photographing density the area in which (a) it can photograph logically (b) it can photograph on film (c) it can photograph actually

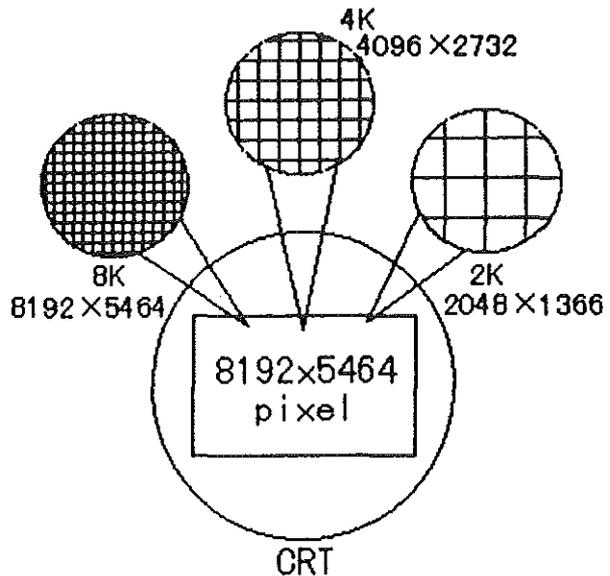


Fig.6.14.3.9 Available three types of resolution

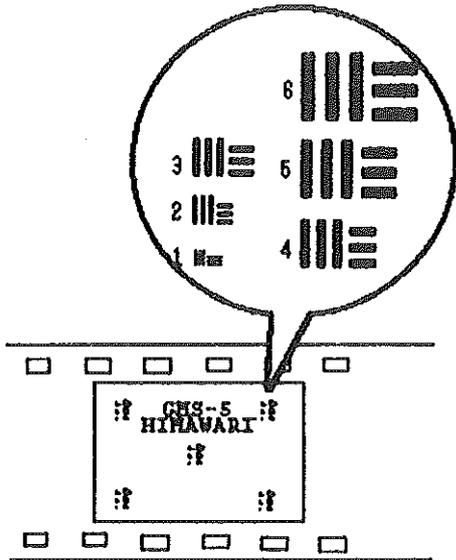


Fig.6.14.3.10 Frame of standard resolution

(3) 撮像フォーマット (画種別編集)

35mmマイクロフィルムは1週間分の画像を1巻のマイクロフィルムに撮像する。

撮像は Fig. 6. 14. 3. 11 のように画種別に赤外円形画像、赤外ポーラステレオ画像、可視円形画像、可視ポーラステレオ画像、水蒸気画像の順で行われる。画像の前後には、撮像期間を示す期間板や濃度管理のための濃度板また解像度板が撮像される。

8×10については1枚ずつ切り離して保存されるために定型のフォーマットはない。

2.4 現像 (8×10、35mm)

現像は自動現像機を用いて行われる。現像機はモノクロフィルム専用で、フィルムの先頭を挿入口に差し込むと自動的に現像、停止、定着、水洗、乾燥の各処理を行い取り出し口より出てくるようになっている。この現像機で8×10と35mmの両方のフィルムを処理することができる。Fig. 6. 14. 3. 12 に模式図を示す。

(1) 現像機の特徴

① ちどり搬送方式

Fig. 6. 14. 3. 12 で示した各処理部分は、Fig. 6. 14. 3. 13 のように現像液などの薬液の入ったタンクとローラーの組みこまれたラックから成り立っている。ローラーは図のように交互に配置され、この間をフィルムがジグザグに通って現像される。

② 薬液の自動補充

薬液の補充は、フィルムの挿入口にあるマグネット式のセンサーがフィルムの処理面積をカウントし、一定量に達すると自動的に補充が行われるようになっている。

③ 薬液温度などのコンピュータ管理

この現像機はコンピュータによって現像、定着の各薬液の温度および乾燥温度を管理することができる。またタイマーにより電源を自動的にONにすることができる。

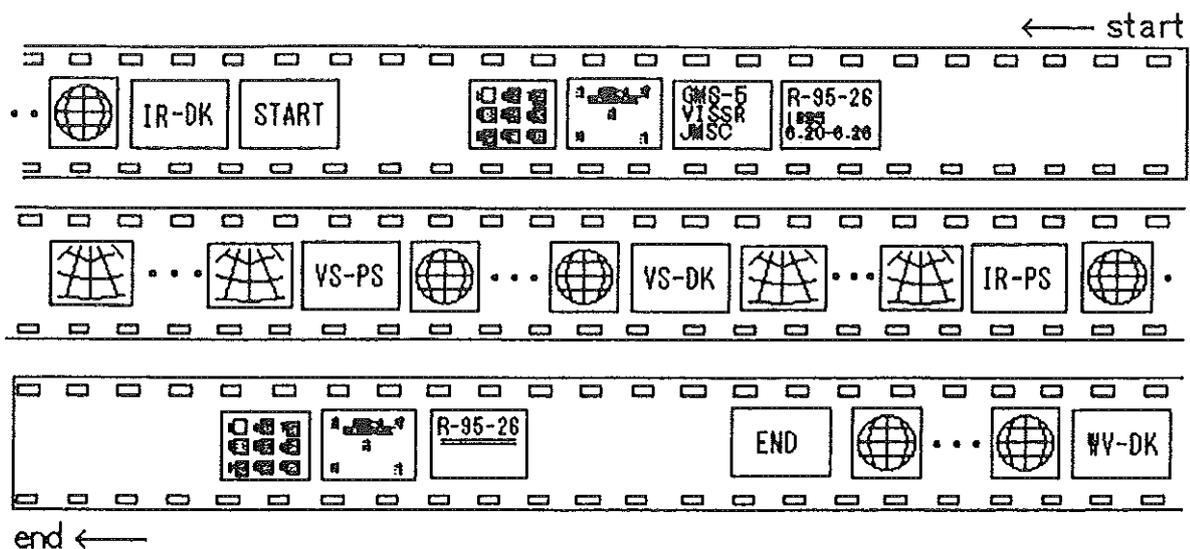


Fig.6.14.3.11 Format of 35 mm microfilm

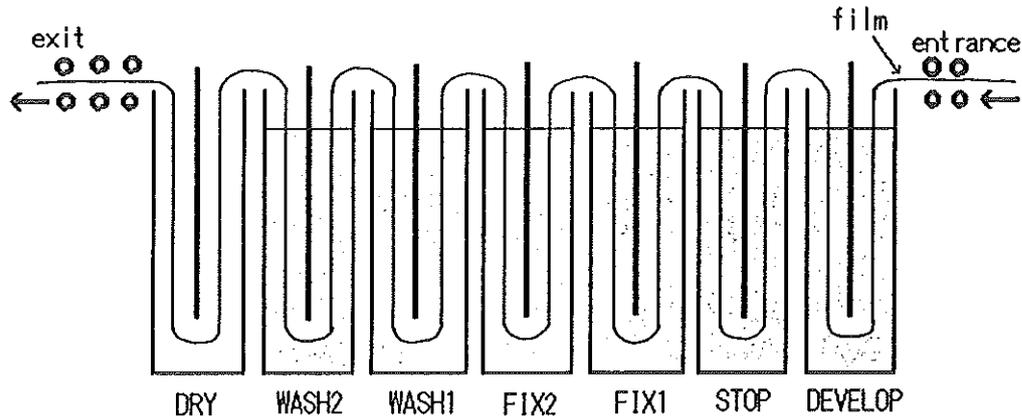


Fig.6.14.3.12 Schematic figure of the film processor

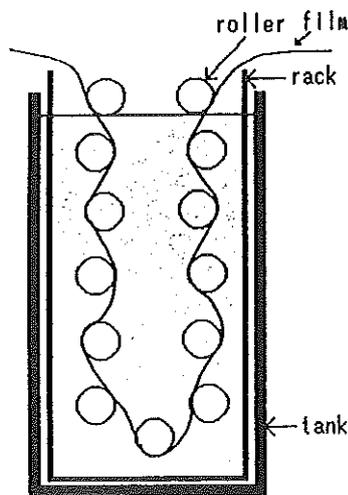


Fig.6.14.3.13 Schematic figure of the tank

(2)運用およびその他

①暗室でのフィルムの挿入

現像機にフィルムを挿入する作業は暗室内で手探りで行われるため、挿入口に対して直角にフィルムを挿入することが難しく、このために専用のフィルムガイドを取りつけた。このガイドは現像機のフィルム挿入口に固定され、手探りでガイドに沿ってフィルムを送り込めば、フィルムが挿入口に対して直角に挿入できるようにしたものである。

②現像条件

現像条件には現像液の温度とフィルムの搬送スピードがある。フィルムの搬送スピードは、フィルムの先端が現像タンクに入ってから出るまでの時間で表される。

③保守

停止、定着、乾燥、水洗の各ラックを1ヵ月ごとに、

また現像ラックを1週間ごとに水であらい汚れをおとしている。その他に、現像液フィルターの交換などを定期的に行っている。

④濃度管理

薬液の濃度は水分の蒸発などによって変化するため、2-3で述べた濃度板の他にリニアな16階調を撮影した市販のコントロールストリップを毎日現像して濃度を計り、②の現像条件を調節する参考としている。

2.5 最終プロダクト

新写真システムで作成している最終プロダクトを紹介する。収録画像は Table 6.14.3.1 を参照されたい。

マイクロフィルムについては、まず、ソリティアで撮影された永久保存用と作業用オリジナルがある。これら2巻の内容は全く同じである。つぎに、この作業用オリジナルから複製されたネガ2巻、ポジ2巻がある。これらのうちネガ1巻・ポジ1巻は気象衛星センターで、もう一方のネガ1巻・ポジ1巻は気象庁観測部統計室で保管され、画像閲覧、画像検索、写真作成等の利用に供される。

写真についてはソリティアで撮影された写真原画フィルムがあり、これをもとに気象衛星調整会議(CGMS)加盟国送付用、雲解析調査用、刊行物掲載用等、必要に応じて写真印画を作成する。

参考文献

- * 社団法人 日本マイクロ写真協会 保存委員会：
「大切なフィルムのために是非知っておきたいマイクロフィルム保存の手引き」



7. 気象資料収集システム

7. DCP data processing

ABSTRACT

The DCS (Data Collection System) is the system which collects the environmental data on real-time basis from DCPs (Data Collection Platforms) installed at remote stations, ships, buoys and aircrafts under wide radio view of GMS. The data collected by the System are distributed not only to domestic organizations, but also to worldwide users through GTS (Global telecommunication System).

In the replacement of the MSC (Meteorological Satellite Center)'s computer System at this time (in June, 1995), the DCS software was changed in some points containing the changes to shift some processing from C-ADESS (Central Automatic Data Editing and Switching System) to MSC. Main examples of the changes at this time are as follows.

- the addition of the processing of the indicator BBB group in messages of almost forms in MSC.
- the addition of the new processing of pseudo binary data messages.
- the addition of the processing of deviding the A/C/D parts of TEMP, TEMP-SHIP and PILOT-SHIP messages and the distribution with each abbreviated heading and standardization of the time in headings of those messages.
- the addition of the processing of setting up of the Geographical designator's in abbreviated headings of SHIP, TEMP-SHIP and PILOT-SHIP messages in relation to the location of the ship.

Recently, DCPs of various observed data have been operated. So it is considered that the message forms will be furthermore diversified.

And MSC investigates the techniques of high rate transmission of DCP data, according to the discussions based on a future estimation of increase in the number of international DCPs in the CGMS XXIV.

1. はじめに

GMS の基本的なミッションの一つに DCS (気象資料収集システム) がある。

これは GMS の視野内の広範囲な陸上・海上にある気象観測所、船舶、航空機等に設置された DCP (通報局) から観測データをリアルタイムに収集するシステムであり、DCS で集められたデータは C-ADESS を経由し、気象庁や国内気象官署、その他の国内機関で利用されるほか、さらに GTS を通じて外国の気象官署に配信され、利用されている (Fig. 1 参照)。

GMS 以外にも GOES East/West (米国の NOAA)、METEOSAT (欧州の EUMETSAT) の各静止衛星がそ

れぞれの責任領域から気象データの収集を行っており (Fig. 2 参照)、複数の衛星の視野内を移動する DCP がどの衛星にアクセスしても問題が生じないように、毎年開催される「気象衛星調整会議 (CGMS)」で国際的な調整が図られている。また、1994年11月にはロシアが静止衛星 GOMS を 76° E に打ち上げ、現在機能テストを行っており、中国も1997年には静止衛星 FY-2 を 105° E に打ち上げる予定で、どちらもいずれ DCS の運用を始める計画である。

衛星センターでは、1995年6月に計算機の更新とともに、ソフトウェアの更新も行った。本稿では GMS の DCS について、主としてそのデータ処理方式 (リリース時の変更点を含む) を解説する。

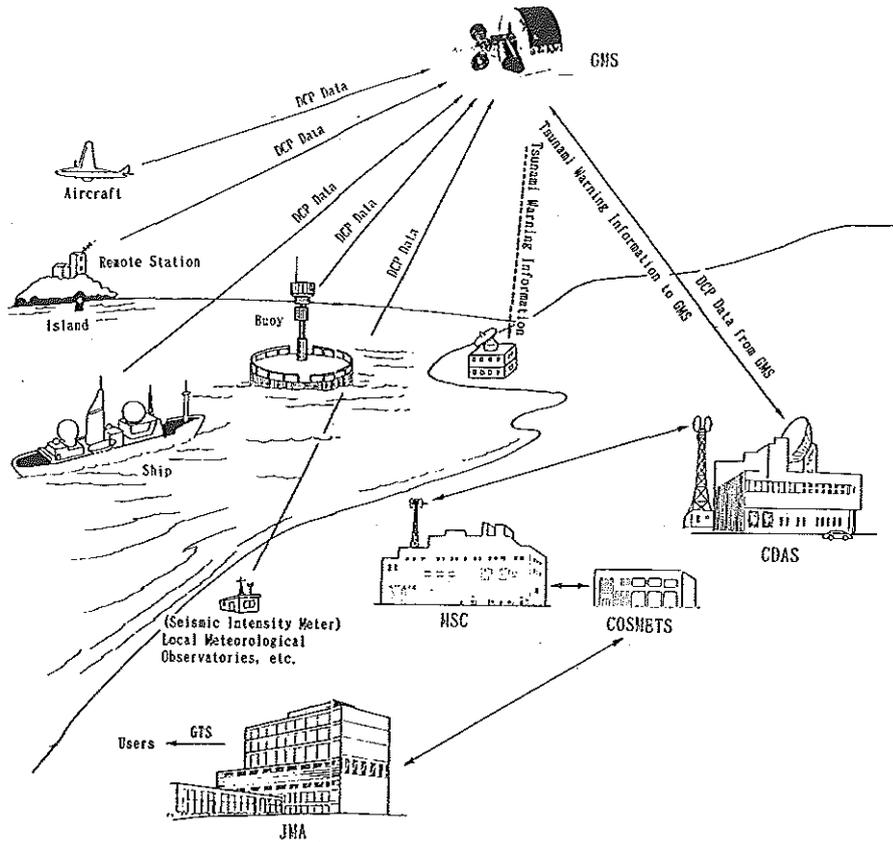


Fig. 1 Data Collection System of GMS

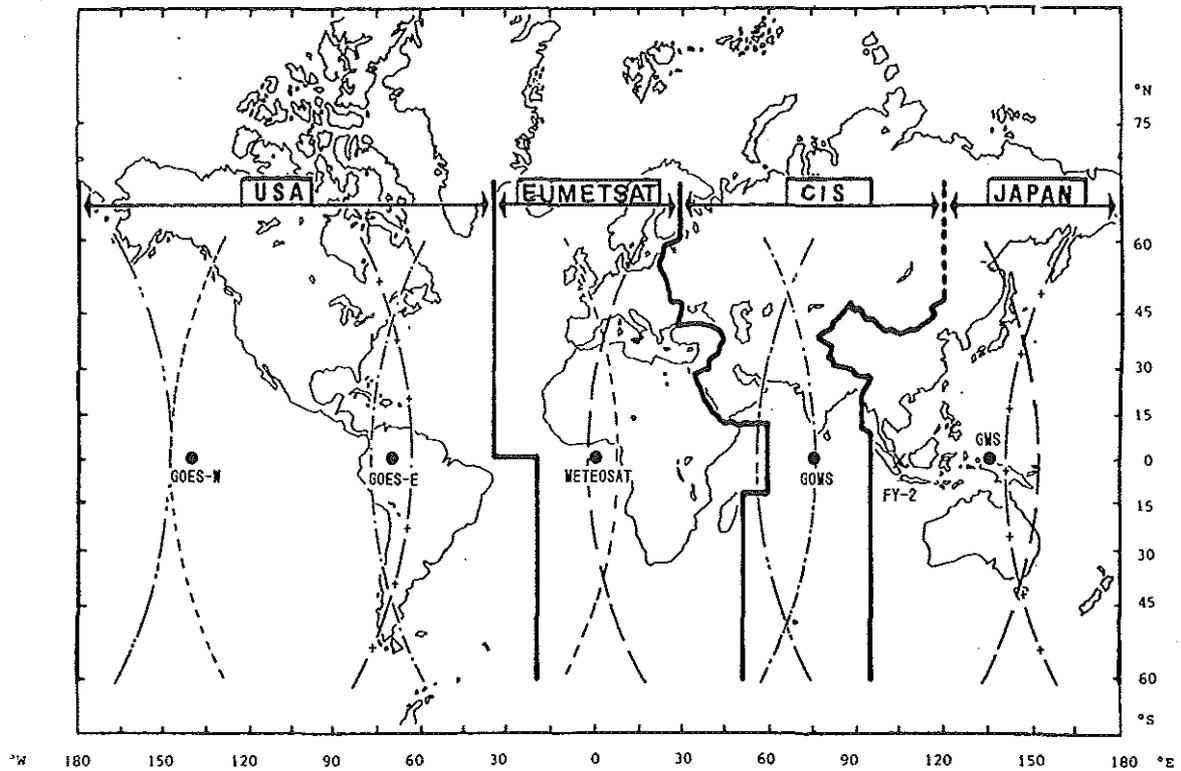


Fig. 2 Worldwide coverage of collecting DCP data by the Geostationary Meteorological Satellites
 Curved dashed lines show telecommunication limits of the Geostationary Meteorological Satellites.
 X : FY-2 (China), Location 105° E, Projected to be launched in 1997
 GOMS : Russia, Location 76° E, Pre-operational

2. GMS の気象データ収集機能

DCP には、設定された時刻に自動的に観測データを送信してくるセルフタイム型と、衛星センターよりの呼び出し信号を受けて観測データを送信する呼び出し型があるが、現在、呼び出し型 DCP は GMS 視野内では運用されていない。

GMS にはセルフタイム型 DCP 用として回線（周波数）が133設けられており、Up-Link には402MHz 帯、Down-Link には1.7GHz 帯が用いられている。この内100回線（402.1-402.4MHz）が個別用とされ、GMS の視野内でのみ運用される DCP（Regional DCP）に割り当てられており、残り33回線（402.0-402.1MHz）が共通で、他の静止衛星の視野内にも移動する DCP（International DCP：船舶、航空機等）に割り当てられている。なお、DCP データの伝送速度は Up-Link・Down-Link とも100bps である。

DCP から送信される1通当たりの通報時間は最大1分（最大649文字）を割り当てており、DCP の内蔵時計の誤差を考慮して1チャンネル1時間あたり30通（2分間隔受信）または40通（1.5分間隔受信）の DCP 報を扱うことができる。ただし、40通の DCP 報処理のためには DCP 内蔵時計に高い精度（±15秒以内）が要求される。

3. 衛星センターに於ける DCP 報の処理

衛星センターの DCP 報処理は運用管制系（主系）計算機システム（M1600）によって行われており、運用支援処理と収集処理からなる。（以下 Fig. 3 参照）

運用支援処理では、DCP マスター作成プログラム、DCP テーブル作成プログラムを通して、収集処理で使用する個々の DCP テーブル情報の作成を行なう（後述）。収集処理では、DCP データ収集プログラムを使い、受信した DCP 報を DCP テーブル情報にしたがって国際気象通報式等に編集し、ADESS 配信プログラムへ送出する。DCP データ収集プログラムの中には回線結合制御プログラム、データ編集プログラム、収集制御プログラムがあり、回線結合制御プログラムは DCP 報告回線のプロシジャとの結合の制御、データ編集プログラムはデータの編集・送出行い、収集制御プログラムはこれらのプログラムの制御を行う。収

集処理にはこの他、呼び出し型 DCP に対するデータの送信依頼を行う DCP 観測呼び出しプログラムと CDAS への DCP 呼び出しデータの同期信号の送信を制御する DCP I クロック制御プログラムがあるが、この型のものは現在は使われていない。

衛星センターの DCP 用計算機システムは100bps で伝送されるデータにのみ対応しているため、これ以外の伝送速度を持つデータ、例えば船舶用気象レーダーの観測データの伝送（1200bps）は衛星センターの計算機システムを介さず、マイクロ回線を経て CDAS から直接本庁海上気象課へ送る運用を1988年4月より行っている。その他本庁～沖縄気象台間の気象データ通信（4800/1200bps）もそれまでの A 1 短波通信の代替として、CDAS-GMS-沖縄に DCP 呼出回線及び DCP 報告回線を利用して1988年12月より行っている。

また緊急情報衛星同報システムとして、本庁よりの地震津波情報を衛星センター計算機システムを通さず直接 CDAS へ送り、呼出型 DCP 用回線を用いて、各気象官署に送る運用を1994年4月より行っている。

また、全国約300ヶ所の計測震度計 DCP よりの震度データを DCS を利用して、CDAS へ送り CDAS で簡単な編集をして衛星センター計算機を介さず直接 CADESS を経由し EPOS へ送る運用を1996年4月より行っている。

3.1 運用支援処理

3.1.1 DCP テーブル情報の管理

DCP の運用上の処理の変更を容易に行うため、各 DCP に対して処理を行うか否かや収集・編集の方法が、DCP テーブル情報として一括して管理されている。DCP テーブル情報は常駐の DCP データ編集プログラムで使用されるものであり、DCP マスターファイル作成プログラム、DCP テーブルファイル作成プログラムの2段階の処理を経て作成され、柔軟な管理が可能となっている。

3.2 収集処理

DCP 報の処理は次の順序で行われる。

3.2.1 データの受信

GMS で中継された DCP データはまず CDAS で受信され、衛星上の各回線に対応したマイクロ回線（低

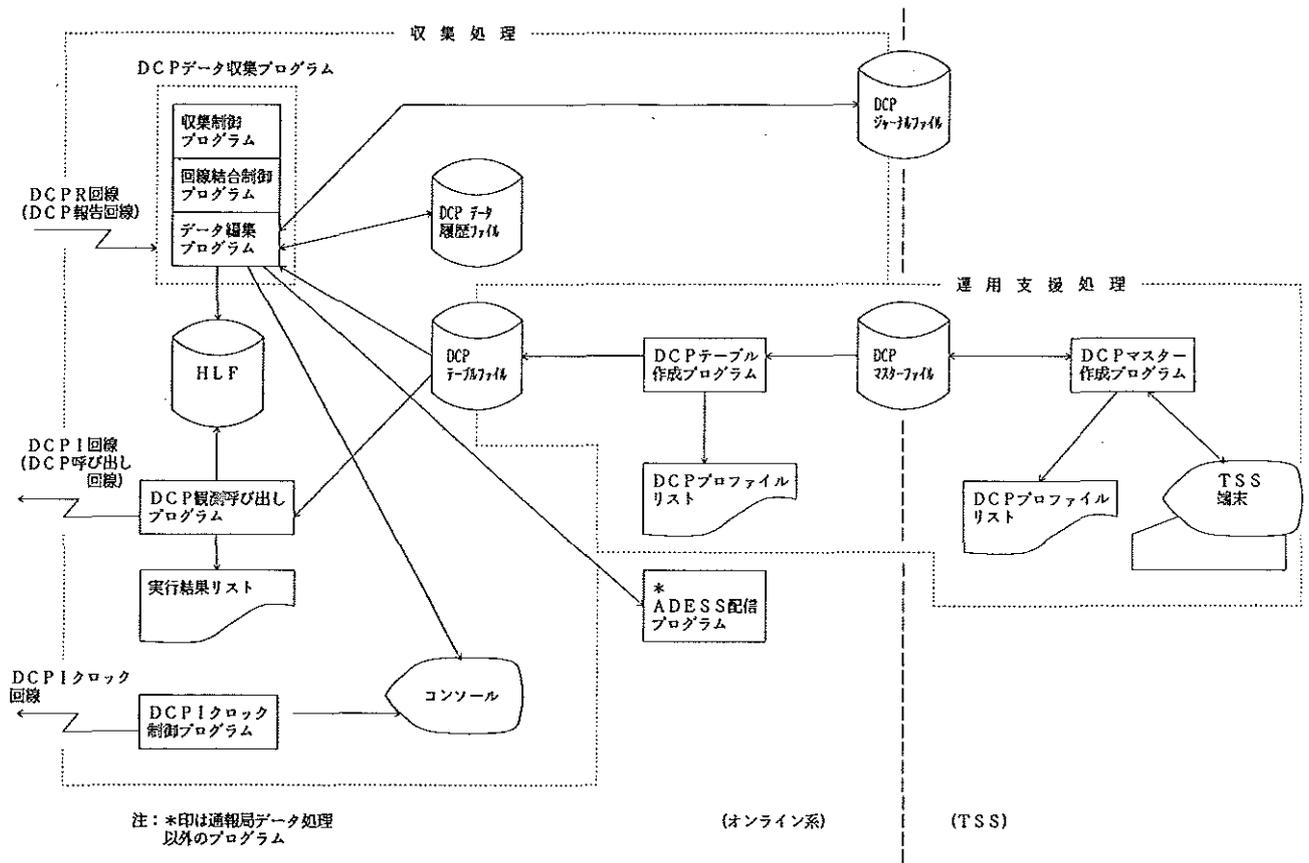


Fig. 3 General flow of DCP data processing

速回線) 上の各回線を通して衛星センターに伝送される。

入力データのフォーマットは Table 1 のとおりである。また、I DCP と RDCP のアドレス割り当ての基準を Table 2 に示す。

3.2.2 入力データのチェック

各 DCP 装置の異常やデータの伝送状態等を知るため、以下の項目について入力データのチェックを行うことができる。エラーの場合は予め設定された手順により MLF (Message Logging File) に各メッセージが表示される。

- ・データ入力チェック
 - データ着信抜けの有無をチェックする。
- ・NCP受信ステータスチェック
 - 計算機システム内で、外からの回線との接点となるのが NCP-G (Network Control Program-G) であり、そこでの受信状態を数字コードで示す。EOT が正常受信か、電文長正常か等をチェックする。
- ・DCPアドレスのBCH(Bose Chaudhuri Hocquenghem)

チェック/登録チェック

受信した DCP 報のアドレスに付加されている10ビットの BCH 符号によるランダム誤り訂正機能より、受信した DCP 報のアドレスの検出と2ビットまでの訂正を行う。

また、アドレスの DCP テーブルへの登録の有無のチェックを行う。

- ・データ送信時刻チェック
 - DCP のデータ伝送時刻と DCP テーブル上の登録時刻とのずれをチェックする。
- ・パリティエラーチェック
 - データ中のパリティエラーの有無を NCP-G がチェックする。
- ・プイ位置情報チェック
 - 設置されている気象庁プイより送られる観測データに含まれている位置情報より、プイの定置位置ずれ許容範囲であるか否かの監視を行う。
- ・プイ機器状態チェック
 - 気象庁プイより送られる観測データに含まれている HK (House Keeping) データの内容からプイ機器状態

の監視を行う。

・ASDAR (Aircraft to Satellite Data Relay) 収集責任境界線チェック

設定範囲を超えた航空機からの ASDAR (後述) の電文については C-ADESS への配信は行わない。

・船舶収集責任境界線チェック

設定範囲を超えた船舶の DCP 報については C-ADESS への配信は行わない。

3.2.3 データ編集

3.2.3.1 各種データに共通的な編集

以下に主な共通の処理について述べる。*が付けられている処理は、今回のリプレースで新たに追加・修正されたものである。(ただし、一部の DCP については、以前より可能であった処理もある。)

(1)コード変換処理

受信データはそのデータ形式により、文字データと二進形式のデータの2種類に分けられる。

文字データの場合、DCP から送信されるデータコードは国際アルファベット (I. A.) No.5 コードで表現される。衛星センターの計算機システムでは EBCDIC コードによるデータ処理を行っているため、I. A. No.5 コードから EBCDIC コードへのコード変換処理を行っている (Fig. 4)。コード変換は I. A. No.5 コード→EBCDIC コード変換テーブルを使用する。なおパリティエラーデータは「/」に変換していたが、C-ADESS でのエラーデータの処理の都合上、今回より「*」に変換することになった。

二進形式の例としては ASDAR とバイナリー報がある。ASDAR については受信した擬似バイナリー形式から文字形式 AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay) 報に変換・編集する処理を行っている (後述)。バイナリー報の処理は今回新たに追加したものであり、受信した擬似バイナリーデータをそのまま C-ADESS へ配信する (後述)。

(2)ヘッダー部作成処理

C-ADESS への配信用ヘッダーはデータ識別符 TTAAii の他、CCCC(編集局名-例:RJTD)、YYGGgg(観測日時分)で構成されており、観測データ(本文)の直前に付加される。このヘッダーに設定する時刻は計算機処理時刻、又は電文中に含まれている観測時刻

を使用する。

(3)訂正・遅延・分割報の処理 *

ブイ、ASDAR 以外は、訂正、遅延、分割報の処理を行う。つまり、発信元より本文の先頭に訂正、遅延、分割報を示す BBB 群を入れて送ってくれば、それをヘッダーの最後に付加して送る。ただし、分割報は PILOT-SHIP、TEMP-SHIP、TEMP の B 部についてのみである。

(4)最大行内文字数処理 *

本庁 ADESS との取り決めで、一般気象報 (バイナリ報以外の文字形式電文) を送る場合は 1 行の最大文字数は 69 となっているので、これを超える場合は、69 文字を超えない範囲で強制的に改行を挿入する処理を行う。

(5)整形処理 *

ブイ、ASDAR 及びバイナリ報以外は、編集する際に電文中の識別符号 MiMiMjMj の位置を検索することによって、電文の頭の部分の整形が可能である。ただし、以前より一部の編集形式に関しては、マスターファイル上設定の「時刻の先頭位置」等のデータを使って整形することが可能であった。

(6)連続受信処理 *

ASDAR、バイナリ報以外は、DCP からの特定の送信方法の設定及び DCP マスターファイル上の設定によって、複数通受信してパリティエラーの少ない方の編集配信が可能である。

3.2.3.2 各種データの編集

(1)ブイデータの編集

ブイから送られる観測データは、衛星センターで SHIP/BATHY の 2 種類の国際気象通報式及びブイ報 (生データ) に編集する。ブイデータの編集には以下に述べるような特徴がある。

各ブイロボット DCP はパリティエラー等の伝送時のデータの劣化の影響を避けるため、主系・予備系とも予め設定された時間内に 70 秒間の間隔を置いて同一データの 2 度送信を行う。

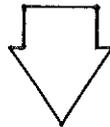
主系については、ブイ報 (生データ)、SHIP 報、BATHY 報に編集し C-ADESS へ配信するが、ブイ報は受信 1 通目は編集後即配信し、もし 1 通目にパリティエラー等があれば、2 通目もブイ報に編集し配信

b ₇	0	0	0	0	1	1	1	1
b ₆	0	0	1	1	0	0	1	1
b ₅	0	1	0	1	0	1	0	1

b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

R/C	0	1	2	3	4	5	6	7
0			SP	0		P		
1				1	A	Q		
2				2	B	R		
3				3	C	S		
4	EOT			4	D	T		
5				5	E	U		
6				6	F	V		
7				7	G	W		
8			(8	H	X		
9)	9	I	Y		
A	LF			:	J	Z		
B			+		K			
C			.		L			
D	CR		-	=	M			
E			.		N			
F			/	?	O			

Approved characters of the International Alphabet No. 5



b ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
b ₇	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
b ₆	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
b ₅	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0

R/C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0					SP		-									0
1							/						A	J		1
2													B	K	S	2
3													C	L	T	3
4													D	M	U	4
5				LF									E	N	V	5
6													F	O	W	6
7					EOT								G	P	X	7
8													H	Q	Y	8
9													I	R	Z	9
A								:								
B							.	.								
C																
D	CR				()		.								
E					+			=								
F								?								

EBCDIC Code

Fig. 4 Code converting from International Alphabet No.5 to EBCDIC Code

する。SHIP 報、BATHY 報は、基本的に 2 通目を編集するがもし各データ項目についてエラーがあった場合は、1 通目のデータを採用して編集し、全体としてより完全な電文を作成し配信する。したがって、SHIP 報、BATHY 報に関しては、1 通目受信後にタイマーがかかり、2 通目も受信し各電文編集後、タイマーが切れた時点で配信される。

予備系については、ブイ報（生データ）のみ編集し C-ADESS へ配信するが、1 通目は編集後即配信し、もし 1 通目にパリティエラー等があれば、2 通目もブイ報に編集し配信する。

(2)船舶データの編集

船舶データは基本的にそれぞれの国際気象通報式 (SHIP/PILOT-SHIP/TEMP-SHIP/BATHY/TRACKOB/WAVEOB 報) の形式で送信されてくる。処理としては入力データから観測時刻を読み取るか、計算機処理時刻を読み取り、C-ADESS 配信用ヘッダーを設定するほか、DCP テーブルファイルに登録された船舶のコールサインを電文に設定し直す等の編集を行う。

SHIP 報の処理ではコールサイン以後のデータが 1 群 5 文字であるか否かのチェックを行い、相違する場合 5 文字に変換している。1 電文中に複数の SHIP 報が存在する場合は、各通毎に改行し各文末に「=」を付加した形に編集し、C-ADESS へ配信する。

TRACKOB/WAVEOB については、後述の「一般的な DCP データの編集」によって処理を行っている。

また、今回のリプレースによって船舶データについて新たに処理を追加したのは、以下の様なものである。

SHIP/PILOT-SHIP/TEMP-SHIP については観測地点によってヘッダーのデータ識別符の 4 文字目を予め定められた海域毎に設定し直す。

PILOT-SHIP/TEMP-SHIP は B 部と A・C・D 部の 2 つに分けて送ってくるものが多いが、これをそれぞれ各部に分割し別々のヘッダーを付加して送る。またヘッダーの時刻を標準時刻に丸める処理も行う。

(3)ASDAR (Aircraft to Satellite Data Relay) データの編集

ASDAR は大型航空機に搭載された DCP から気象データを静止気象衛星経由で収集するシステムである。プロトタイプの ASDAR 等を経て、衛星センターでは 1992 年 3 月より通報式 FM-42 AMDAR (Aircraft

Meteorological Data Relay) の編集処理を開始した。

観測は決められた高度、時間間隔、又は最大風遭遇時に行い、過去 1 時間分の各レポートを 1 電文にまとめて送信する。例えば水平飛行中では 7 分間隔の 8 レポート 1 電文である。通報項目は、①航空機 ID、②緯度、③経度、④観測時間、⑤高度 (フィート)、⑥気温、⑦風向、⑧風速、⑨乱気流、⑩ステータス (航行状況) である。

航空機の飛行状態にもよるが、最大 29 レポートが 1 つのメッセージとして 1 回の通報で送られる。これだけのデータ量を文字データ (8 ビット構成) を用いて規定のデータ長 649 文字 (バイト) 以内で送ることは不可能であり、このため 6 ビットのデータにセットビットと奇数パリティビットを加えた、8 ビット・1 バイトの擬似バイナリー形式のデータ構成を採用している。1 レポートは 21 バイトのデータにレポートの区切りのスペース (I. A. No.5 コード) を付加して 22 バイト構成としており、最大 29 レポートを送る場合でも必要とするバイト数は 638 で済むことになる。

衛星センターでは、受信した ASDAR の擬似バイナリーデータを文字形式 AMDAR 報に作り直す処理を行っている。

ASDAR データの収集領域は船舶と異なる基準で分割され、それに応じてヘッダーのデータ識別符の 3、4 文字目が設定され、C-ADESS へ配信される。

(4)地上高層データの編集

今回のリプレース (1995 年 6 月) 前まで、TEMP 報は、一般的 DCP データ処理の中で扱っていたが、今回別処理として独立させた。

A, B, C, D 部のうちの複数の部を含む電文を各部毎の別電文に分割し、それぞれ別のヘッダーを付加する。また、電文中の観測時刻を 00、06、12、18 Z のいずれかに丸めてヘッダー時刻として設定する。

(5)一般的な DCP データ (SYNOP 報、その他) の編集

一般的な DCP データとは、衛星センターで特別な編集をしなくてもそのまま配信できるような形式で送信されてくるものを指す。SYNOP 報もここで処理される。処理としては基本的には、入力データに C-ADESS 配信用ヘッダーを付加する編集を行うのみである。ただし、今回より、マスターファイル上の設定によっては、若干の整形をする事もできるようになっ

た。

DCP マスターファイル上の時刻変換の指示を行った場合、電文中の観測時刻又は計算機処理時刻によりヘッダー上のデータ識別符 (TTAAii) の2文字目の変換を下記のとおり行う。

00、06、12、18Zには—————M

03、09、15、21Zには—————I

(例：SMAU80→SIAU80)

上記以外の時刻には—————N

(例：SMAU80→SNAU80)

なおこの変換処理は、ブイ及び船舶の SHIP 報の編集の場合、無条件で行われている。

また今回より、一般的な DCP データの編集処理では、ヘッダー上の時刻設定については、マスターファイル上での設定によって、計算機処理時刻または電文中の観測時刻の選択ができるようになった。

(6) バイナリデータの編集

今回のリプレースで新たに追加した処理であり、バイナリ形式で入電した生データに C-ADESS 配信用ヘッダーを付加するのみで C-ADESS へ配信する。

扱うバイナリデータは奇数パリティのパリティビット1ビットがつく8ビット単位の擬似バイナリデータであり、アドレス部直後にバイナリデータの送信を開始し、EOT (00100000) を検出した時点で終了と認識する。チェック処理として、パリティエラーを検出した時に、その1バイト (8ビット) がすべて「1」となる。その他改行等の処理は行わない。

このデータは数値データに関しては、大量のデータを送る事ができる利点があるが、そのままバイナリで送られてくるので、ユーザー側でのデータ変換処理が必要となる。

3.2.4 データの配信

国際気象通報式に編集したデータは ADESS 配信プログラムへ送出する。

C-ADESS に対するデータの配信は基本的に即時配信である。但し、連続受信処理を行っている DCP (気象庁ブイと南鳥島 DCP) については、1通目受信後にタイマーをかけている。

収集したデータを C-ADESS へ配信するか否かは、個々の DCP マスタファイル上で指定する。

3.2.5 ジャーナルデータの取得

DCP 報編集処理では、DCP データの取得のみを行う DCP ジャーナルファイル、及びシステム共通のジャーナルファイル (HLF: Historical Log File) に対して DCP データの記録を行っている。

DCP ジャーナルファイルには DCP データのみが記録されており、TSS 端末で、検索プログラムによる即時検索が可能である。

DCP ジャーナルファイルのデータは複数ブロックからなり、最旧データを最新データで書き換えることによりサイクリックに使用している。同ファイルは今回のリプレースで容量を増やし、1996年3月現在、過去約3ヵ月分のデータが記録されているが、DCP 局数の増加とともに収録可能期間は短縮してゆく。このデータは2ヶ月に1度 CMT に保存される。

HLF には DCP データと、C-ADESS 配信異常時のエラーデータが記録される。

関連資料

1. International Data Collection System Users' Guide, ISSUE 7 (October 1992), CGMS 事務局
2. 気象衛星センター電子計算システム業務処理プログラム プログラム解説書 通報局データ処理編

参考資料

- 日谷道夫 (1985) : 新 ASDAR システムについて, 気象衛星センター技術報告, 第11号, 55-60
- 香月修一 (1988) : 通報局データ, 気象衛星資料利用の手引き, 115-122
- 佐藤元保 (1989) : 気象資料収集システム, 気象衛星センター技術報告特別号 (1989) II, GMS システム更新総合報告, II データ処理編, 165-176
- 伊達哲弘 (1996) : 通報システムの利用, 気象衛星資料利用の手引き, 213-220

DCPデータ入力信号フォーマット

無変調搬送波 5 秒間	ビット同期 250ビット	同期ワード 15ビット	アドレス 31ビット	データ	EOT 8ビット or 31ビット
----------------	-----------------	----------------	---------------	-----	----------------------

1. 無変調搬送波
CDASのDCP受信復調器のロックオンに使用する。
2. ビット同期
ビット同期の確立に使用する1、0、1、0、・・・のシーケンスとする。
3. 同期ワード
ワード同期を確立するためのMLSによる次のビット列であり、次に示すビットパターンをビット1から送出する。
1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1
(b1) (b15)

4. アドレス
気象衛星センターでのデータ編集処理の際にDCPを識別するためのビット列でありIDCP及びRDCPに対して、Table 2 に示す基準により指定する。なお、アドレス部31ビットの内、後半の10ビットはBCH方式によるチェックビット列であり、次に示すビットパターン(例、IDCP)をビット1から送出する。
① 0 0 1 1 | ② 0 1 0 0 | ③ 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 | ④ 0 | ⑤ 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1
(b1) (b31)

5. データ
1ワード8ビット(奇数パリティ付き)構成の国際アルファベット・No. 5符号(Fig.4)からなる気象等観測データであり、最大語長は649文字とする。なお、伝送順序はビット1からであり、ビット8をパリティビットとする。
b1~b7: データ(国際アルファベット・No. 5符号)
b8 : パリティ(奇数パリティ)

(注) : 既に運用されている調歩式(1ワード11ビット構成で偶数パリティビット付)のDCPデータについては引き続きその編集処理を継続するが、同一の伝送回線(送信周波数)に於ける同期式と調歩式のDCPの混在運用はできない。

6. EOT
DCPデータの終了を示す(8~)31ビットのビット列であり、次に示すビットパターンをビット1から送出する。
0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1
(b1) (b31)
RDCPの場合は、上のパターンの最初の8ビットのみを送出すればよい。

(注) : なお、調歩式のDCPの場合は次に示すビットパターンをビット1から送出する。
0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1
(b1) (b11)

Table 1

アドレス割当て基準

1. RDCP

① コマンド種類	② 呼出形式	③ DCP種類	④ グループ番号	⑤ 通番	⑥ BCH チェックビット
3ビット	2ビット	3ビット	4ビット	9ビット	10ビット

- ① コマンド種類
 - 000 : 定時報告型DCP
 - 001 : 呼出信号に従って観測を開始し報告する形式 (使用せず)
 - 010 : 呼出信号に従ってデータを送信する形式 (使用せず)
 - 011 : 不定期報告型DCP
- ② 応答の形式
 - 00 : 定時報告型DCP
 - 01 : DCP個々に呼び出される形式 (使用せず)
 - 10 : グループで呼び出される形式 (使用せず)
 - 11 : 一括して呼び出される形式 (使用せず)
- ③ DCPの種類
 - 010 : 陸上固定のDCP
 - 011 : ブイボット/陸上固定のDCP
 - 100 : 船舶DCP
 - 101 : 陸上固定のDCP
 - 110 : 陸上固定のDCP
 - 111 : 陸上固定のDCP (計測震度DCP)
- ④ 通報式の形式 (グループ番号)
 - 0000 : 気象庁
 - 0001 : SYNOP/SHIP/TEMP報
 - 0010 : BATHY報
 - 0011 : TEMP SHIP報
 - 0100 : TRACKOB報
 - 0101 : PILOT SHIP報
 - 1000 : SYNOP報
 - 1101 : 震度報 (計測震度DCP)
 - 1110 : 震度報 (計測震度DCP)
 - 1111 : 震度報 (計測震度DCP)
- ⑤ DCP毎の通番
(上記いずれも伝送順序はMSBからとする。)
- ⑥ BCHチェックビット

2. IDC P

① 国識別	② DCPタイプ	④ シリアル番号	④ 0	⑤ BCHチェックビット
4ビット	4ビット	12ビット	0	10ビット

- ① 衛星運用国を示す識別符号
 - 0001, 0010, 0011 : 欧州気象衛星機構 (EUMETSAT)
 - 0100, 0101, 0110 : 日本
 - 1010, 1011, 1100, 0111, 1111 : 米国
 - 0000, 1000, 1001 : ロシア
 - 1110 : 中国
 - 1101 : 予備
- ② DCPのタイプをしめす符号
 - 0000, 0010 : 航空機搭載DCP (ASDAR)
 - 0001 : 船舶搭載DCP
- ③ 衛星運用国が決定するシリアル番号 (通常通番)
(上記いずれも伝送順序はMSBからとする。)
- ④ 21ビット目は、0とする。
- ⑤ BCHチェックビット

Table 2

気象衛星センター技術報告（特別号）

本誌に掲載された論文等の著作権は気象衛星センターに帰属する。

本誌に掲載された論文等を複製、転載、翻訳、その他に利用する場合は気象衛星センターの許諾を得なければならない。ただし、利用の場合は出所を明示すれば気象衛星センターの許諾は必要としない。

編集委員会

委員長 赤木 成道

編集委員 藤村 弘志、山村 勝利、福田 利美、徳野 正己

山本 一夫、藤田由紀夫、桜井 利幸、佐藤 孝

櫻庭 喜男、内田 重雄、柳谷 寿幸

執筆者

第1章 木村 光一、森川 幹大

第2章 データ処理課

第3章 西郷 貢、西田 淑博

第4章 藤村 弘志

第5章 1 板谷 浩樹

2 木川誠一郎

第6章 1 白川 嘉茂

2 小山 朋子

3 伊達 哲弘

4 操野 年之

5 操野 年之

6 白川 嘉茂

7 内田 裕之、高田左知男

8 大河原 望

9 大河原 望

10 徳野 正己、隈部 良司

11 藤田由紀夫

12 山口 俊一

13 板谷 浩樹

14 江上 公、小林 廣高、宮崎 保彦、遠藤 剛

第7章 伊達 哲弘、藤田 秀明

平成9年3月1日発行

編集兼
発行所 気象衛星センター

東京都清瀬市中清戸3-235

印刷所 東日本印刷株式会社

茨城県つくば市上の室283

METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER

TECHNICAL NOTE

SPECIAL ISSUE (1996)

**SUMMARY
OF
GMS-5 SYSTEM**

METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER

JAPAN

DECEMBER 1996