

# 静止気象衛星「ひまわり2号」用データ処理システムについて

佐藤 徹一, 河北 英夫 (富士通株式会社)

## 1. まえがき

世界気象観測組織の整備の一環として気象衛星による観測がなされる。これは5個の静止気象衛星と2シリーズの極軌道気象衛星によって全世界をカバーしようとするものである。5個の静止気象衛星による観測体制のうち、西太平洋とアジア地域の観測を担当するのは、わが国の静止気象衛星システム(GMS: Geostationary Meteorological Satellite System)である。

GMSは、東経140度の赤道上空に打上げられた静止気象衛星「ひまわり」と、地上の諸施設で構成されており、互いに連携を保ちながら業務を遂行している。地上の諸施設の中でGMSの頭脳的役割を果たすのが気象衛星センター(MSC: Meteorological Satellite Center)であり、その中のコンピュータシステムが静止気象衛星データ処理システムである。

静止気象衛星データ処理システムは、24時間連続運転システムである。VISIR(Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)データの取得とファクシミリ画像の作成と配布、DCP(Data Collection Platform)データの収集と編集、および出力を行うオンライン系はスケジュールによる自動運用システムであり、VISIRデータから気象情報の抽出を行うバック系はマンマシン機能を重視した画像解析システムである。

本稿では、オンライン系のスケジュールによる自動運用かつ24時間連続運転システムの運用を支援する運用スケジューラと他サブシステムの遠隔制御を行うテレメトリコマンド処理を中心に、その設計の背景および実現方法について報告する。

## 2. システム概要

### 2.1 システムの目的

静止気象衛星データ処理システムの目的は以下の通りである。

#### (1) VISIRデータの取得

観測スケジュールに従って衛星に対して指令を発信し、地球の撮像を行い、その地球画像データを衛星に対する地上局であるCDS(Command and Data Acquisition Station)のS/DB(Synchronizer and Data Buffer)を経由して取得し記録する。

#### (2) ファクシミリ(FAX: Facsimile)画像の作成と配布

取得したVISIRデータを種々のファクシミリ画像に変換し、衛星経由で各利用局へ配布する。また、マイクロ回線により気象予報部へ配布する。ファクシミリ画像への変換の際、軌道および姿勢の予測データを用いて緯経線、海岸線などの挿入を行う。

#### (3) VISIRデータからの気象情報の抽出

取得したVISIRデータから、風向、風速、雲頂高度、雲量分布、海面温度などの算出を行う。風向、風速、海面温度の算出結果は気象庁本庁のADESS(Automated Data Editing and Switching System)へ送り、利用者に配布される。

#### (4) 通報局データの収集

船舶、航空機、アイ、離島など各地に散在しているDCPの観測データを衛星経由で収集し、編集結果をADESSを介して利用者へ配布する。

#### (5) SEM (Space Environment Monitor) データの収集

衛星周辺での太陽プロトン、 $\alpha$ 粒子、電子の観測データを収集し、編集する。

### 2.2 システムの特徴

上記、システムの目的を遂行する上で気象観測の性格上、以下に述べるようなシステムに対する要求がある。これらの要求を実現する上で、本システムは高い信頼性とすぐれた操作性などのいくつかの特徴をもちている。

#### (1) 24時間連続運転

気象観測という業務の性格上24時間連続運転が必要である。連続運転において最も問題となるのはハードウェアの障害対策であり、種々の対策を施している。

#### (2) スタジュームに基づく自動運用

24時間連続運転と共に、気象業務の特徴として観測スタジュームが規定されていることがある。このため、本システムのオンライン系では運用スタジュームにより、スタジュームに従って業務が正しく実行できるように制御されている。

#### (3) 他システムとの遠隔制御

スタジュームに基づく自動運用を可能にするため、衛星搭載機器とCDAを設置機器の遠隔制御が必要となる。このため、衛星搭載機器の動作状態やCDAを設置機器の動作状態を、すべてプログラムで把握することによって自動遠隔制御を行っている。

#### (4) 高速データ集配信

特別設計のハードウェアとプログラムにより、TISRデータおよびファクシミリデータという大量高速データの処理を可能とした。

#### (5) 高速なファクシミリ変換

膨大なデータ量の地球画像をあらかじめ決められた最良なスタジュームに従ってFAX画像に変換し、各利用局へ配布する。

#### (6) 高精度な画像位置対応

本システムでは、即時的な画像位置対応をとするので高精度な予測情報が必要である。このため、軌道情報の場合は、衛星の位置を三点測距で測定した測距データを統計的に処理しており、また姿勢情報については、画像上の特徴地形(ランドマーク)の画像位置情報を統計的に処理して、いづれも高精度な予測情報を得ようとしている。

#### (7) 気象情報の抽出

時系列的に連続した画像から雲の動きを読みとることにより求められる風向、風速、また、赤外データより求めることのできる海面温度、雲量分布、雲頂高度という気象情報を抽出する。これにより、非常に希薄であった海洋の気象情報を広範囲に、連続的に得ることが可能となった。

#### (8) 各種特殊コンソールの有効利用

本システムには、リアルタイムなオペレーションデータへの監視、さらには画像のデータ処理のために特殊コンソールがふんだんに用いられている。

## (9) テスト形態

衛星データの処理システムの特徴の一つとして、衛星打上げまでデータによるプログラムテストを行えないという問題がある。また、打上げ後も衛星使用時にソフトウェアの障害が発生すれば、衛星に悪影響を与えかねない。従って事前に地上で十分なテストを実施する必要がある。このため、本システムではハードウェアの開発および他システムとのシミュレーションともいうべきソフトウェアの開発を行った。

### 2.3 システム構成

24時間連続運転に対応可能なように以下の構成をとっている。

#### (1) 本体系装置

本体系装置はデュプレックス構成をとり、集中監視切替装置により容易に切替えることができる。

#### (2) 入出力系装置

入出力系装置は予備装置の接続、ファイワの二重化(多重化)を行い、業務の中断を極力避けるような構成をとっている。さらに重要な入出力装置である磁気テープ装置と磁気ドラム装置については、多重障害の対策としてバック系の入出力装置群をオンライン系へ切替える手段が用意されている。回線系についても単一障害の場合は自動により、二重障害の場合には手動による切替手段が提供されている。

### 2.4 処理概要

#### (1) VHSRデータの取得

CDAのS/DB経由で送られてくる膨大な地球画像データは、高速通信制御装置を用いて集信されたファイワ(大記憶装置と磁気テープ装置)に編集、記録される。VHSRによる観測は、運用や使用目的からみて以下の3種類に大別される。

- ① 1日8回、3時間ごとに地球全体を撮像する定時観測
- ② 1日2回、地球全体を4回連続撮像し、雲の移動から風向と風速を求め、ための風計算用観測
- ③ 定時、風計算用観測以外で異常気象発生時などに地球の一部を撮像する毎時観測

VHSRデータを取得するためには、衛星の軌道と姿勢の予測データが必要となる。また、衛星搭載機器や地上関連機器をコマンドにより遠隔制御し、機器の状態を監視することにより、VHSRデータの取得を行う。

#### (2) FAX画像の作成と配布

FAX画像とは可視と赤外とあり、利用局の受信設備に合わせてHR-FAX(High Resolution Facsimile)とLR-FAX(Low Resolution Facsimile)がある。HR-FAXには

- ① 可視・赤外円形画像
- ② 可視・赤外部分円形画像
- ③ 可視・赤外ホーステレオ画像
- ④ 赤外メルカトル画像

とあり、LR-FAXには

- ⑤ 可視・赤外分割円形画像(8分割)

がある。作成にあたっては軌道と姿勢の予測データを用地座標変換 投影変換、緯経線と海岸線へ挿入などが行われる。作成されたFAXデータは高速通信制御装置、ファクシミリ回線制御装置を用いたMDDS/SDUS (Medium Scale Data Utilization Station / Small Scale Data Utilization Station)、気象庁本庁などに配布される。

衛星を中継したMDDS/SDUSに配布されるものについては、VISSRデータの取得と同様に衛星搭載機器や地上関連機器をコマンドにより遠隔制御し、機器の状態を監視することにより実現されている。

### (3) VISSRデータからの気象情報の抽出

バッチ系では磁気テープに記録されたVISSRデータより、風向、風速を求め、また、VISSRの赤外データを中心に雲頂高度、雲量分布、海面温度などの気象情報の抽出を行う。

### (4) 通報局データの収集

通報局には船舶搭載、航空機搭載、ブイ搭載などがあり、いままで情報のとぼれた海洋、高層の気象情報が一定のスケジュールに基づいて収集される。収集されたデータは編集されたADESSへ配信される。

### (5) SEMデータの収集

「ひまわり」にはプロトン、 $\alpha$ 粒子、電子を測定する機器が搭載されている。測定値はテレメトリとして送られてくる。このデータを抽出して編集する。

以上で述べてきた処理業務は、(3)以外はオンライン系で実行される。オンライン系ではあらかじめ決められたスケジュールに基づき業務処理が実行される。このスケジュールの実行管理を行うのが運用スケジュールであり、自動運用を行う上での必要となる他サブシステムの遠隔制御を行うのがテレメトリコマンド処理である。

運用スケジュールは、実行管理のほかに業務が処理上必要とする装置の管理、システムリカバリなど、多種にわたり業務処理の遂行を支援している。

## 3. 運用スケジュール

### 3.1 時刻スケジュール制御

#### 3.1.1 スケジュール定義

##### (1) SCL (Schedule Control Language)

スケジュール化された業務処理を実行するために開発したアセンブラマクロ言語で、以下の事項を定義することができ、

- ① スケジュールの定義
- ② スケジュールに基づく業務処理実行に関する手続き
- ③ システムの運用に伴うスケジュール変更の手続き
- ④ システムを構成するファイルと装置の定義
- ⑤ システムの制御に関する定義

##### (2) スケジュールデータ

SCLによりプログラマティックに記述されたデータを、実行制御の単位をプロセスと呼ぶ。このプロセスは並行処理の単位であり、階層構造の単位でもある。

##### (3) スケジュールファイル

スケジュールデータは運用開始に先立ち、あらかじめシステムにスケジュールファイルとして登録されていなければならぬ。運用スケジュールはスケジュールの実行に伴って必要なスケジュールデータを主記憶上に展開してスケジュールの実行を行う。また、スケジュールファイルの作成に際しては、その適合性をスケジュールシミュレータを使用してシミュレーションを行うことによりチェックが可能である。

### 3.1.2 スケジュールの実行制御

#### (1) スケジュールの実行

スケジュールデータは、運用スケジュールでインタプライタに実行される。

スケジュールデータの執行制御の単位であるプロセスは、それ以外の役割に応じて以下のように分類され、各々が階層構造を成してスケジュールによる自動運用を実現している。

##### ① スケジュールを制御するプロセス

業務系列ごとに日単位あるいは時間単位のスケジュールの選択と管理を行う。また、スケジュール表に従って、業務処理実行のために業務処理を制御するプロセスを起動する。

##### ② 業務処理を制御するプロセス

スケジュールを制御するプロセスから起動され、業務処理の実行を制御する。また、業務処理に必要な資源はこのプロセスで定義する。

##### ③ スケジュールを定義するプロセス

スケジュールを制御するプロセスの日単位あるいは時間単位の実行スケジュール(起動・終了時刻など)を定義するプロセスである。

運用スケジュールはこのプロセスの指示に基づいてスケジュールを実行する。

#### (2) スケジュールの変更

スケジュールの変更方法には次の2通りがある。

##### ① オペレータからのプロセスへの割込み

処理パラメータの変更、処理時刻の変更、処理のとりやめ/再開など、あらかじめプロセスで規定された変更が可能である。

##### ② スケジュールを定義するプロセスの変更

日単位あるいは時間単位のスケジュールを定義したプロセスをスケジュールファイル上で変更する機能が有り、システム運用中においても容易に入替えを行うことができる。

### 3.1.3 業務処理の実行制御

#### (1) 資源の自動割付け

業務処理起動時、プロセスでは業務処理が使用する資源(ファイル、装置など)を定義する。運用スケジュールは、プロセスで指定された資源の状態をチェックして割付けを行う。この場合、プロセスで指定された資源がすべて割付け可能な状態になくても業務処理が実行可能であれば、割付け可能な資源だけを割付けの実行させることもできる。また、資源の状態が業務処理の実行条件を満足していない場合は、資源の回復あるいは他業務処理からの解放を待つまで業務処理を実行することができない。

#### (2) 時刻監視

気象業務は観測スケジュールが規定されているために、1回の観測に対する後続の処理はあらかじめ決められた時間内に先の処理を終える必要があり。このため、前回の観測の処理が遅れた場合には、今回の観測を優先させるために、前回の観測の処理を強制終了させる必要がある。そこで、各業務処理ごとの起動遅延許容時刻と終了遅延許容時刻をプロセスで定義することにより、運用スケジュールは時刻スケジュールを守るような制御を行っている。

## 3.2 装置管理

### 3.2.1 資源の管理

管理の対象は、大記憶装置、磁気テープ装置、低速入出力装置、通信制御装置などであり、特徴的な大記憶装置と通信制御装置について述べる。

#### (1) 大記憶装置

管理は装置とファイルに分類して行っている。装置については物理装置と論理装置に分類し、物理装置についてはボリュームと対して管理している。論理装置(一定のファイルの組合せをもつ仮空の装置)はアクセス効率、スペース量を考慮して、常に一定のファイル組合せをくおさないように物理装置内に收容される。

ファイルについては、業務あるいは運用の特性を考慮して管理を行っている。業務処理間でデータの授受を行うファイルについては、その内容が作成済である場合にのみ、参照する業務処理に割付けようとして制御する。また、業務処理間で共用使用されるファイルについては、割付けに対する排他制御を行っている。

#### (2) 通信制御装置

高速通信制御装置は現用の3台と共通予備の1台で構成されており、現用と共通予備とは集中監視切替装置により自動切替が可能であり。

中低速通信制御装置は回線群Aと回線群Bに接続している各1台の現用と各1台の予備から構成されており、集中監視切替装置により回線群Aと回線群Bを個別に切替えることとなる。

これらの自動切替は、運用スケジュールとO/Sが一体となって実現している。

### 3.2.2 障害処理

ファイルと装置に障害が発生した場合、予備装置への自動切替などの処理が行われる。大記憶装置については、オペレータにより装置復旧が通知された時点で、当該装置内の全ファイルについて順次自動的にファイル復旧が行われる。

### 3.2.3 保守処理

システムの24時間連続運転を可能とするためには、システム内装置の高信頼性を維持する必要がある。このために、定期的に装置に対する保守作業をする必要がある。定期保守を行う場合、運用システムに対して影響を与えないで行わなければならない。

このため、定期保守時次のような処理を行っている。

- ① 通信制御装置については予備装置への自動切替を行う。
- ② 二重化されている装置を長時間使用する可能性のある業務処理に対しては、定期保守開始を通知する。
- ③ 二重化ファイルに対し、両系が正常であるかどうかをチェックして正常でない場合にのみ定期保守を許可する。
- ④ 定期保守を行うことによりシステムに影響を与える場合は、定期保守を

遅延させる。

また、定期保守終了時には自動的にファイル回復などの処理を行う。

### 3.2.4 共用ファイルの制御

共用ファイルはオンライン系とバック系へのデータの受渡しに使用される。共用ファイルの使用形態と下記の2通りである。

① オンライン系で作成され、バック系で参照されるファイル

② バック系で作成され、オンライン系で参照されるファイル

これらの共用ファイルは、共用装置上にある通信ファイルによりシステム間データ受渡しを制御される。すなわち、通信ファイルは共用ファイルのデータ受渡しを制御するファイルであり、共用ファイルの受渡し状態が記録されている。

通信ファイル内の受渡し情報と共用ファイルの対応は、オンライン系においてはスケジュールデータで、バック系においてはジョブ制御言語のシステム入力データで行われる。通信ファイルのデータ受渡し情報の更新は、受渡しをする共用ファイルの作成後に行われる。

このようにして受渡しされた共用ファイルは、通信ファイルを介して各業務処理に割付け、参照・更新される。

### 3.3 システムのリカバリ

システムダウン後のリカバリ処理では、ダウン時点の状態を復元してスケジュール実行を再開する。リカバリ処理ではシステム運用時に、チェックポイントファイル上に出力されたシステムの最新情報を読み込み、ダウン時点の状態を復元する。

#### (1) 運用スケジュール各種状態の復元

① ファイルと装置の状態の復元

② 共用ファイル受渡し状態の復元

#### (2) プロセスと業務処理状態の復元

① プロセス状態の復元

② 特定の業務処理状態の復元

このように運用スケジュールでは、チェックポイントファイルよりシステムの各種状態を復元して、スケジュールを再実行している。これにより、プロセスと業務処理ではシステムダウンをほとんど考慮しなくともよい。

## 4. テレメトリコマンド処理

GMSRの中核となる「ひまわり」にコマンドを発信することにより衛星の運用を行うと共に、衛星に搭載されている機器の状態をリアルタイム的に監視する。また、長時間にわたる状態経過の監視を行う。

衛星は故障した機器の修復手段をもっていないため、自動的なコマンド発信においては衛星の仕様に沿って行われなければならないということで、高い信頼性が要求される。

衛星の搭載機器の状態監視には、人間の総合的な判断が必要とされ、また自動化できない業務も衛星などの異常時には手動運用が必要となる。このため、操作性の向上が十分に図られている。

### 4.1 自動運用

スケジュールによる自動運用には、TESSRによる地球の撮像、HR-FA

Xデータの配布, LR-FAXデータの配布, 三点測距データの収集, SEMキヤリブレーションデータの取得などがあふ。いづれも衛星およびこれに関連するCDAの設置機器の遠隔操作のためコマンド発信を行う。

## (2) 手動運用

TESSR視野方向調整やTESSR星観測など, スケジュール化して自動運用を行う必要性のない業務, あついは衛星やCDAの異常時の運用形態があふ。

コマンド発信する時間帯, コマンドの検証と確認の方法, 発信するコマンドの種類などはすべてオペレータにまかせられふ。

## 4.2 他サブシステムのリカバリ

システム起動時, システムダウンリカバリ時, コマンド発信異常終了時, あついはマニュアルコマンド処理異常終了時には, 衛星搭載機器およびCDAの設置機器が以降のスケジュールにより自動運用を正常に遂行できる状態でない可能性があふ。このような場合に, PCMテレメトリデータ, CDAの情報あついはコマンド履歴によつて, 衛星搭載機器およびCDAの設置機器の状態を把握し, 自動的にコマンドを発信して基準状態にするのた確認処理であふ。

確認処理には以下に述べふ2つの機能があふ。

### ① TESSR走査鏡の位置確認および初期位置への設定

TESSR走査鏡がステップング中にシステムダウンした場合には, リカバリ時に初期位置に戻つていない可能性があふ。また, ステップング途中で停止したままコマンド発信を終了した場合には初期位置に戻つていない。走査鏡が初期位置に戻つていない場合には, 以降のスケジュールによる自動運用に支障あふるので, この場合には初期位置に戻すためのコマンドを発信する。

### ② 衛星搭載機器およびCDAの設置機器の基準状態への設定

PCMテレメトリのレベルデータを調べた衛星搭載機器の状態を把握し, 基準状態にない場合にはコマンドを発信して基準状態に設定する。

CDAの設置機器についてはCDAの情報を調べた状態を把握し, 基準状態にない場合にはコマンドを発信して基準状態に設定する。

## 5. おすひ

昭和53年4月より「ひまわり1号」によつて運用が開始され, 現在すでに一部は「ひまわり2号」へと切替えられつていふ。これまごを振り返つてみると大過なく運用されつていふ。

24時間連続運転についてみると, オンライン系の稼働率が99%以上という数値に示されつていふようた十分な信頼性をもちつていふ。

操作性に関して, オンライン系をスケジュールによる自動運用化したことにより, オペレータおよび運用管理者の負荷の軽減に役立つていふ。特に, 異常気象発生時などの毎時観測は自動運用なしでは, 現在の厳しいスケジュールを守ることとはできなかつたかと考えられふ。さらに, 運用の自動化により, オペレーションのミスによる欠測などはほとんど発生してない。

本稿の内容は, 気象庁殿との委託契約であふ「電子計算機システム運用プログラム改造」の成果の一部であふ。