

## 研 究

## 電離層観測衛星 (ISS) 研究運用システム

松浦 延夫\* 緒方 隆信\* 西崎 良\*\* 永山 幹敏\*

猪木 誠二\* 丸山 隆\* 山西 光夫\* 西山 巖\*\*\* 井出 俊行\*

(昭和52年10月20日受理)

SATELLITE OPERATION PLANNING AND DATA ANALYSIS  
SYSTEM FOR ISS (IONOSPHERE SOUNDING SATELLITE)

By

Nobuo MATUURA, Takanobu OGATA, Ryo NISHIZAKI,

Mikitoshi NAGAYAMA, Seiji IGI, Takashi MARUYAMA,

Mitsuo YAMANISHI, Iwao NISHIYAMA and Toshiyuki IDE

The ground systems for the Ionosphere Sounding Satellite (ISS) at Radio Research Laboratories (RRL) are the computer system for satellite control at Kashima Station and the system for the ISS observation planning, data monitoring, processing and analyses. The latter system is called Satellite Operation Planning and Data Analysis System (SODAS) and provided at Head Quarter, RRL, Tokyo. This article concerns with description of SODAS, consisting of the six main subsystems; Observation Planning System, Satellite Data Monitoring System, Satellite Data Processing System, Satellite Data Analysis System, On-line Ionogram Analysis System and Data Communication System.

## 1. 序

電離層観測衛星 (Ionosphere Sounding Satellite (ISS)「うめ」) は昭和42年度予算成立により電波研究所においてその開発が開始された。昭和44年10月宇宙開発事業団 (NASDA) の発足に伴い、衛星開発業務はNASDAに継承されることになった。昭和45年度の宇宙開発計画策定により、昭和50年度末にNロケットによるISSの打上げが決定された。

ISSの定常運用段階における運用は電波研究所が主に実施するので、運用に必要な地上施設の整備が昭和44

年度から電離層観測衛星管制施設整備工事として電波研究所において開始された。ISSの運用管制を行うための管制センターは鹿島支所に設置することとなり、昭和44年度から昭和49年度にかけて衛星管制システム (CSSC; Computer System for Satellite Control) の整備が進められた。一方、ISSの取得データ処理・解析を行うのに必要な大型電子計算機は電波研究所本所に設置することとなり、ISSの運用計画作成並びに取得データの処理・解析を行うためのISS研究運用システム (SODAS; Satellite Operation Planning and Data Analysis System) の整備が昭和47年度から昭和50年度にかけて電波研究所本所 (当初は管制監理所設置が計画された) において進められた。

\* 情報処理部 衛星データ解析研究室

\*\* 宇宙開発事業団

\*\*\* 鹿島支所 第2宇宙通信研究室

従来、衛星研究部及び鹿島支所が主となって管制施設整備工事が進められてきたが、昭和49年2月にISS研究運用本部が所内組織として発足しISSプロジェクトの総合調整及び推進に当たることとなり、プロジェクトの実施は各担当部組織が当たることとなった。

昭和51年2月29日にISS「うめ」が打ち上げられ、4月2日の電源系不具合発生に至るまでの約1カ月間初期段階の運用をNASDAが主となって実施した。電波研究所ではNASDAを支援する形で鹿島支所においてISSテレメトリ受信並びにHKデータ即時監視を行い、本所において取得データの監視・評価並びに処理・解析を行った。ISS「うめ」の不具合発生という予想外の事故によりISS計画は大きく変更されたが、改良作業を完了したISS-bの打上げが昭和53年2月に予定されている。ISS「うめ」の運用経験を生かし、次機ISS-bに備えて鹿島支所ISS管制運用システム並びに本所のISS研究運用システムの一層の充実化と能率化を図るための改良に努めており、ISS利用による国際協力を推進するための準備を含めて昭和52年度予算により実行されている部分もある。

## 2. ISSプロジェクト

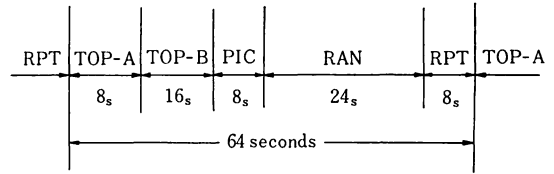
### 2.1 プロジェクトの目的

ISSプロジェクトは人工衛星を用いて電離層臨界周波数、電離層上部の環境及び空電に伴う電波雑音の世界分布を定常的に観測し、その結果を短波通信の効率的運用に必要な電波予警報に利用するとともに、電離圏環境の監視・研究に資することを目的としている。これらの目的を達成するために、次の四つのミッションに関する観測を行う。

- (1) 電離層の電波観測 (TOP: Topside Sounding)  
電離層臨界周波数の観測 (TOP-A) 及び d'f 特性の観測 (TOP-B)。
- (2) 電波雑音の観測 (RAN: Radio Atmospheric Noise) 雑音平均強度及び衝撃性電波雑音頻度の観測。
- (3) プラズマ特性の観測 (RPT: Retarding Potential Trap) 衛星周辺の電子・イオンの密度及び温度の観測。
- (4) 正イオン組成の観測 (PIC: Positive Ion Composition) 衛星周辺の正イオン組成の観測。

### 2.2 ISSの運用モード

ISSの運用状態は地球局からのコマンド電波指令 (148.27 MHz, トーンバースト方式) によって制御される。ISS各部機器を制御するためのコマンド項目は合計70項目 (ISS-bでは71項目) である。ISSの



第1図 ISSミッション機器動作順序

運用モードはビーコン・モード、観測モード、衛星動作チェックモードの三種類に大別され、概要は次のとおりである。

#### (1) ビーコン・モード

衛星での測定、観測及びデータの変調、送信は行われず、無変調のビーコン電波 (136.81 MHz, 0.1 W 及び 400.90 MHz, 0.07 W) を発射する。

#### (2) 観測モード

ミッション機器が第1図に示された観測順序に従い64秒周期で繰り返し動作する。観測モードの運用方式には実時間観測と正規観測 (記録観測) があり両者の併用も可能である。

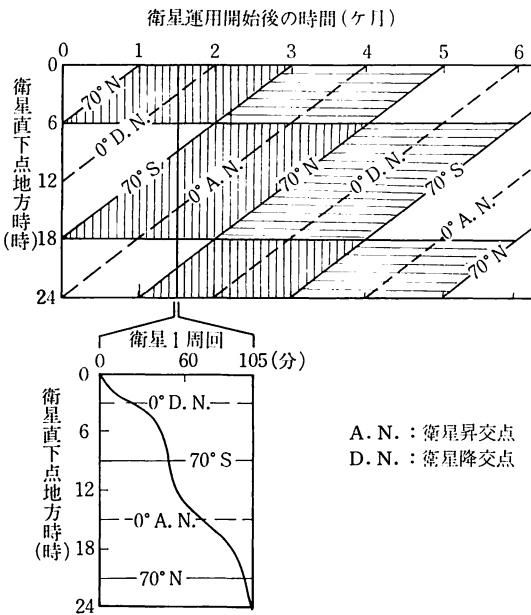
(i) 実時間観測: テレメトリ電波 (136.81 MHz, 1 W 及び 400.90 MHz, 0.7 W) の位相変調により、1024ビット/秒の伝送速度でPCM信号の観測ミッションデータ並びに姿勢データ、衛星環境 (HK) データを地上へ伝送する。

(ii) 正規観測: 最高112分間の観測データが搭載テープレコーダにより記録され、地球局上空で26倍の速さの逆回し再生により出力し、26,624ビット/秒の伝送速度のPCM信号をテレメトリ電波に載せて観測データを地上へ伝送する。正規観測の開始時刻を遅延タイムにより制御することができ、コマンド指令発信から0周回後 (無遅延)、2周回後 (3時間半後)、4周回後 (7時間後)、6周回後 (10時間半後) のいずれかに正規観測が開始される。

#### (3) 衛星動作チェックモード

観測用ミッション機器動作は停止しており、衛星環境測定系による各部機器の温度、出力電圧、動作状態など135項目の衛星環境 (HK) データが毎秒1回の割合で出力される。前項の観測モードにおいてもHKデータは出力されるが、この場合135項目のHKデータは128秒に1回の割合でしか出力されない。衛星動作チェックモードの運用方式には、観測モードの場合と同様、チェック実時間とチェック記録があり両方の併用も可能である。

姿勢決定のための太陽センサ、地球センサ及び地磁気センサの測定データは観測モード、衛星動作チェックモードともPCMデータに同様の形式で含まれる。



第2図 ISSによる観測点の地方時と緯度の関係の推移の例

2.3 ISSの軌道と運用

ISSの軌道は、その運用目的であるところの電離層パラメータ及び電波雑音の世界分布観測を行うことを考慮して選択されている。ISSの設定軌道は高度約1000 kmの円軌道（許容範囲700 km~1300 km）で、軌道傾斜角約70°（許容範囲65°~75°）である。ISS「うめ」の軌道は昭和51年3月15日の時点で、近地点991 km、遠地点1011 km、周期105.1分、軌道傾斜角69.7°で設定値に極めて近いものであった。

衛星高度については、電離層臨界周波数の観測(TOP)上及び地球局管制運用に必要な衛星可視時間保持の上から高度約1000 kmは適切なものであり、また取得データ密度の一様性を保つ意味で円軌道が望ましい。

軌道傾斜角については、世界分布観測を行う上で極軌道が望ましいが、一方観測点の地方時つまり太陽と軌道面との相対位置が一順するのに要する期間が季節変化程度かそれ以下であることが望ましいわけで、そのためには軌道傾斜角を90°(極軌道)より小さくする必要がある。地心慣性座標系における衛星軌道昇交点(または降交点)赤経は地球扁平に基づく重力ポテンシャルのゾナル項(J<sub>2</sub>項)の効果により、軌道傾斜角90°, 80°, 70°及び60°に対してそれぞれ約0, 1, 2及び3度/日の角速度で西方にドリフトする。更に地球公転の効果により、太陽に対する軌道面の相対位置は約1度/日の角速度で西方に移動する。軌道傾斜角70°の場合には太陽に対する軌道面の相対位置は1日に約3°西方に移動する。この場合に得られる観測点の地方時と緯度との関

係が第2図に示されている。第2図において、縦線を施した部分あるいは横線を施した部分のデータを集積することにより、各緯度(緯度範囲70°N~70°S)においてすべての地方時(0時~24時)に対するデータを得ることができる。そのデータ取得に要する期間は赤道に対しては2か月、最高緯度(70°Nまたは70°S)に対しては4か月であり、季節変化の期間(3か月)とほぼ同程度である。軌道傾斜角70°の場合、ある緯度における観測点の地方時が1時間変化するのに約5日間を要するので、収集データの地方時分解能を1時間とするときは5日間で取得されたデータにより経度方向の分布を得なければならない。1日に4パスの正規観測を行ない、5日間の全観測パスが経度方向に均等に分布されたとして経度方向の分解能は約18°となる。しかし、鹿島1局で運用する場合には、観測パスは鹿島近辺を通る軌道に荷重されるので、経度方向の分解能は約24°となる。また、観測データの緯度分解能は観測周期64秒の制約から、約4°(赤道付近)となる。なお、地球局として鹿島局以外に外国地球局を加えることによって、観測パス数を増やすことができ経度方向の分布を密にすることができるので、国際協力に基づくISSの運用計画が進められている。

2.4 ISSプロジェクトの推移

電波研究所におけるISSプロジェクトの推移の概略を年表の形で第1表に示す。

3. ISS研究運用システム

3.1 ISS運用システムの概略

ISS軌道投入後の衛星の追跡管制及び衛星機能維持のための管理業務はNASDAが担当し、衛星利用のための運用業務は電波研究所が担当する。ISSの運用段階は初期段階と定常段階に分けられており、前者においては衛星各サブシステムの試験運用を行って機能確認を行う期間であり、後者はISSの目的を達成するための定常的なミッション運用の期間である。初期段階における衛星の運用管制はNASDAが行い鹿島支所はこれを支援し、定常段階においては鹿島支所が主に運用管制を行う。両段階を通じて、ミッション・データの処理解析は電波研究所が行う。

電波研究所におけるISS運用システムの概略が第3図に示されている。ISSのコマンド、テレメトリ等の運用管制は鹿島支所管制センターに設置された衛星管制システム<sup>(1)</sup>(CSSC: Computer System for Satellite Control)を用いて実施される。ISSの運用計画作成及び取得データの処理・解析は電波研究所本所に設置されたISS研究運用システム(SODAS: Satellite Ope-

第 1 表

項目 \ 年度	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
ISS の 開 発	計画 衛星研究開発部 NASDA ISS-1 ISS-b 宇宙開発見直し															
ISS 関連組織	衛星開発 ISSシステム ISS管制施設研究システム 準備会 作業班 グループ ワーキンググループ ISS研究運用本部 ISS 協議会 ISS 対策委 ISS連絡会 衛星開発推進連絡会															
ISS 管制システム (管制センター)	システム整備 運 用 コマンド・テレメトリ 管制センター庁舎 管制課発足 追尾コンソール 自動化 7G連絡装置 運 用															
ISS 研究運用システム (管制監理所)	システム整備 運 用 オンライン・データ伝送ミッション監視 改造 イオノグラム 衛星データ解析研究足 (HITAC-10/II) 解析システム 前処理 (NEAC-3200/50) 研究運用ソフト 改造 (TOSBAC-5600/160) TOSBAC導入															

ration Planning and Data Analysis System) を用いて実施される。NASDA の追跡管制により得られる軌道要素を用いて、電波研究所本所においてISSの月間及び週間の運用計画案を作成し、NASDA・RRL間の協議を経て運用計画を決定する。一週間単位の運用計画は鹿島側リモート端末により本所側主計算機システム(TOSBAC-5600/160)から読み出し、管制センター中央制御用電子計算機(MELCOM-9100-30F)に記憶される。管制センターにおけるコマンド送信系、テレメータ受信系及びデータ記録読取系等の運用は自動化システムの制御に従ってほとんど自動的に行われる。管制センターで取得された衛星データは鹿島側磁気テープ装置により記録されると同時に7GHz連絡回線経由で本所側磁気テープ装置を遠隔制御して衛星データの伝送及び磁気テープ記録を行う。7GHz連絡回線経由で伝送された衛星データはミッション監視システム(HITAC-10/II)に入力され、衛星データの即時監視評価を行うとともにTOPデータの即時解析により電離層速報資料を得る。本所側で記録されたデータ・テープは前処理システム(NEAC-3200/50)に入力され、データは主計算機システム(TOSBAC-5600/160)に伝送されて、衛星データ処理システムにより軌道データ等が附加されて解析用エクスペリメンタ・テープが作成される。各ミッションごとのデータ解析はエクスペリメ

ンタ・テープを入力として観測データ解析システム(TOSBAC-5600/160)により行われる。イオノグラム・オンライン処理システム(HITAC-10/II)によりISSのTOPデータ及びISIS、ボトムサイドのイオノグラム解析が行われる。上記観測データ解析システムによりTOP及びRAN観測データの世界分布図解析も行われる。

3.2 ISS研究運用システムの構成

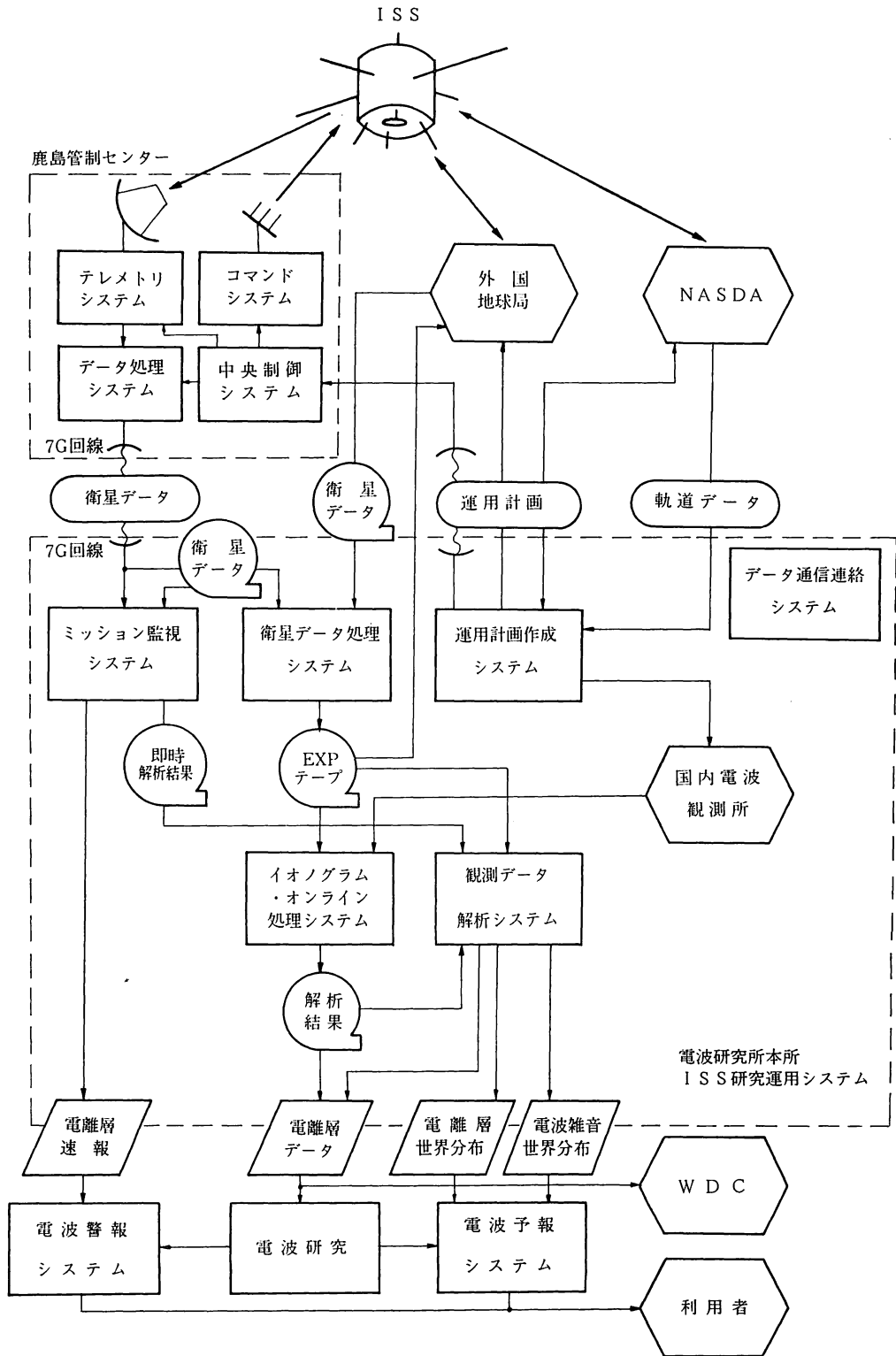
ISS研究運用システムを構成する各サブシステムは第3図にも示されているように、次のとおりである。

(1) 運用計画作成システム

衛星の軌道予測計算に基づいてISSの月間及び週間の観測計画案を作成する。この計画案は鹿島管制センター及びエクスペリメンタの合意の上、更にNASDAと協議し、必要がある場合には修正を施す。計画案作成に際しては衛星動作状態及び電力状態<sup>(2)</sup>についてのシミュレーション検定を行う。最終的な週間観測計画は鹿島支所管制センターをはじめ外国局を含む関係地球局に送られ、ISSの運用管制が実施される。一方、月間計画は長期的な計画の資料であって該当月の約1か月前に作成される。

(2) ミッション監視システム

鹿島支所管制センターで受信したISSデータを7GHz連絡回線経由で衛星データ解析研究室に実時間伝



第3図 ISS運用システム構成図

送し、ミッション監視システムに入力する。このシステムにより、衛星搭載時計の補正值出力、HKデータ（主に電源系に関する項目）の出力処理、衛星姿勢決定処理、ミッションデータ（TOP, PIC, RAN, RPT）監視処理、TOP臨界周波数読取処理、TOP特性周波数の地球周回表示処理及びTOP特性周波数MT出力処理を行う。これらの処理により、衛星電力状態、衛星姿勢及びミッション機器動作状態を監視するとともに観測データから電離層状態の速報資料を得る。

#### (3) 衛星データ処理システム

衛星データ（PCMデータ、コマンドデータ、時刻データ等）が記録された磁気テープを入力として、衛星データ収集を行う前処理の後、衛星データを主計算機システムに伝送し、PCMデータ編集、衛星時計補正、コマンドデータ編集、軌道関連データ作成の処理を経て、これらのデータを合成したエクスペリメンタ・テープを作成する。エクスペリメンタ・テープは実験担当者によるその後のデータ解析用入力として利用される。

#### (4) イオノグラム・オンライン処理システム

衛星により得られたトップサイド・イオノグラムの特性周波数（臨界周波数、共鳴周波数等）の読取り並びにN(h)解析を主計算機システムに結合されたイオノグラム・オンライン処理システムを用いて行う。これにより衛星位置での電子密度、トップサイドの電子密度プロフィール、電離層ピークの高度・電子密度の諸データが得られる。このシステムによりISS, ISIS衛星のイオノグラムのほかボトムサイド・イオノグラムの解析処理も行うことができる。

#### (5) 観測データ解析システム

上記(3)項で得られたエクスペリメンタ・テープを入力として、ISSのTOP, PIC, RAN, RPT各ミッションごとのデータ解析を行うシステムである。TOPについては、ミッション監視システムにより得られるTOP特性周波数解析出力テープ及びイオノグラム・オンライン処理システムにより得られるTOP N(h)解析出力テープも入力として、データの蓄積が行われ電離層諸パラメータの世界分布図解析が行われる。

#### (6) データ通信連絡システム

電波研本所、鹿島支所及びNASDA筑波宇宙センターを結ぶ通信連絡回線により、衛星の軌道・姿勢データ、観測計画、衛星データ、運用概況、緊急連絡等の諸通信連絡を行うために、本所・鹿島間に7GHz連絡回線（衛星データ回線、TVデータ回線、電話回線、ファクシミリ、計算機オンライン回線等）及び電話ファックス回線として公社線が設けられている。また、電波研本所、鹿島支所及び平磯支所間も公社線による電話ファ

クス回線が設けられている。

### 3.3 ISS研究運用システムのハードウェア構成

ISS研究運用システムを構成するハードウェアは次のとおりであり、システム構成の概要が第4図に示されている（詳細は附録1参照）。

- (1) 主計算機システム (TOSBAC-5600/160)
- (2) プロセス計算機システム (NEAC-3200/50)
- (3) プロセス計算機入力機器
- (4) 解析用小型計算機システム (HITAC-10/II)
- (5) 解析用小型計算機入力機器
- (6) 信号分配器
- (7) 7GHz 連絡装置
- (8) 公社回線連絡網 (電話ファックス, テレックス)

### 3.4 ISS研究運用システムのソフトウェア構成

ISS研究運用システムを構成するソフトウェアは次のとおりであり、処理の流れの概要が第5図に示されている（詳細は附録2参照）。

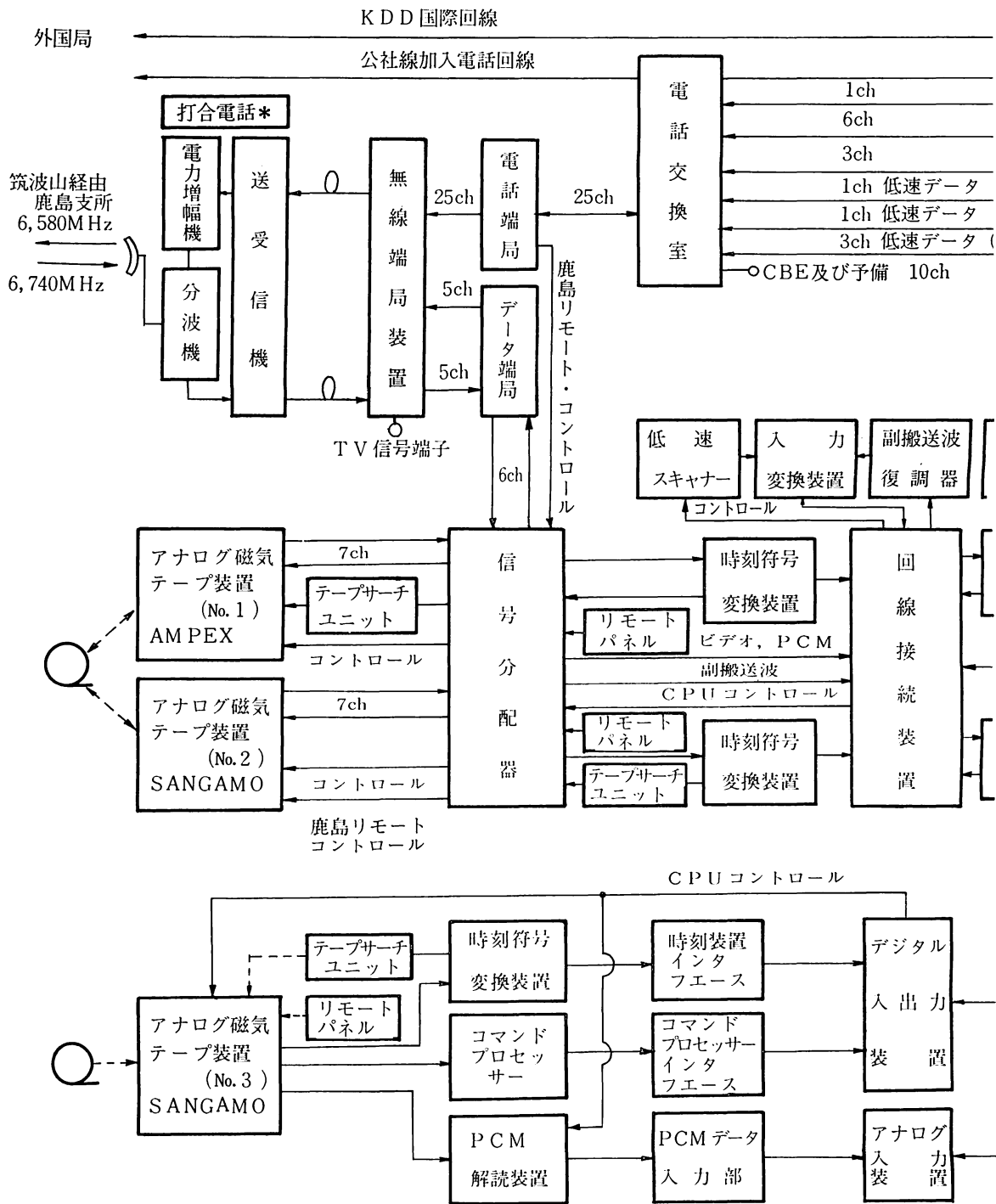
- (1) 観測運用計画プログラム (OPP)  
[TOSBAC-5600/160]
- (2) ミッション監視プログラム (MMP)  
[HITAC-10/II]
- (3) PCMデータ収集プログラム (PCP)  
[NEAC-3200/50]
- (4) 衛星データ処理プログラム (TPP)  
[TOSBAC-5600/160]
- (5) イオノグラム・オンライン処理プログラム  
(IPP) [HITAC-10/II]
- (6) イオノグラム解析プログラム (IAP)  
[TOSBAC-5600/160]
- (7) 観測データ解析プログラム (MAP)  
[TOSBAC-5600/160]

## 4. 運用計画作成システム

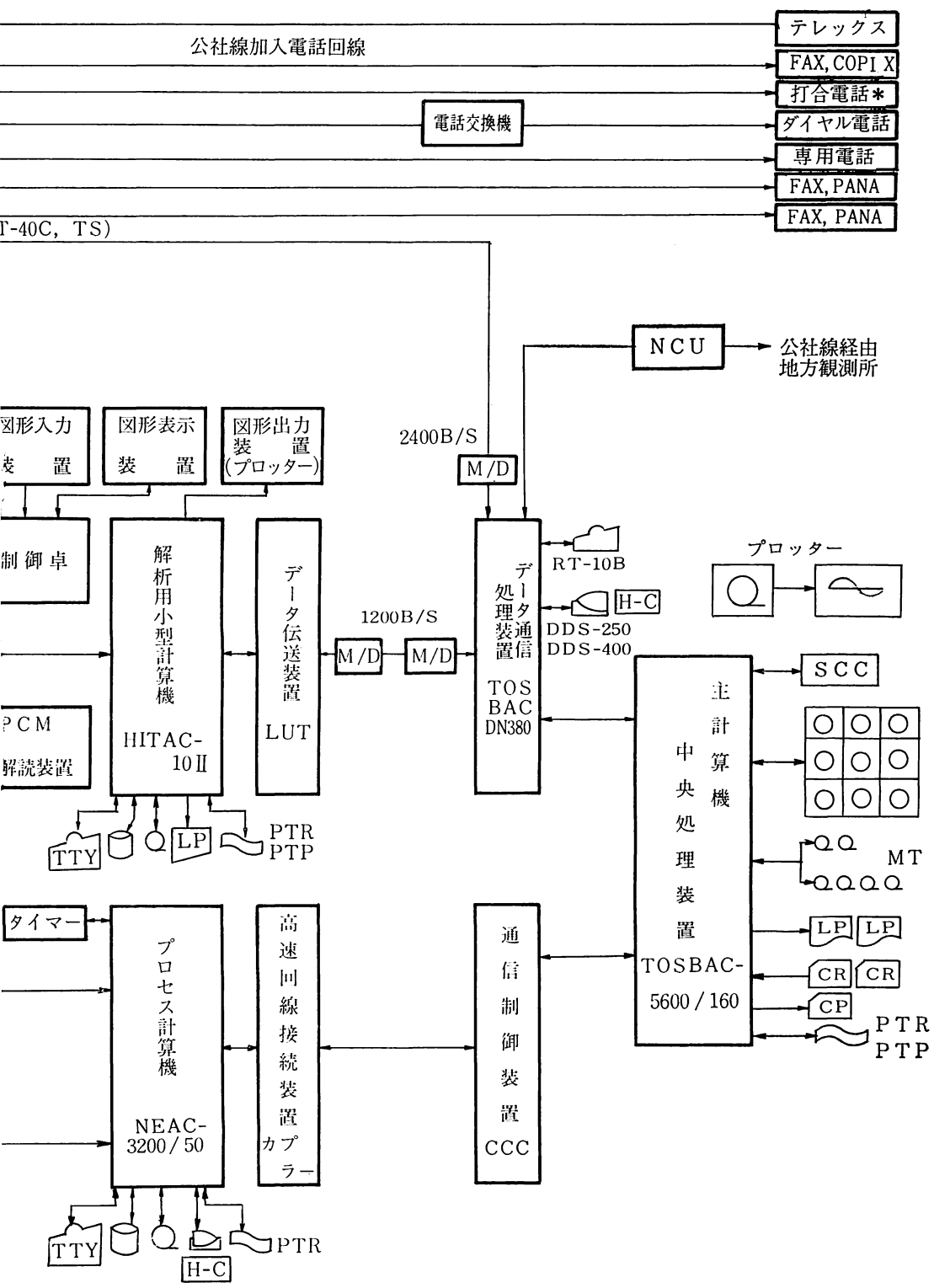
運用計画作成システムの製作に際しては、衛星の運用計画作成上要求される下記諸条件をできるだけ考慮に入れ、かつシステム利用時の能率化並びに省力化を配慮した。衛星の運用計画作成上要求される条件として、次のものが挙げられる。

- (1) 衛星ミッション遂行上必要な条件
- (2) 衛星の軌道及び姿勢に関する条件
- (3) 衛星の機器動作状態に関する条件
- (4) 運用に携わる地球局に関する条件
- (5) 衛星の緊急状態対処に関する条件

観測パラメータの世界分布図作成がISSミッションの重要な条件であるので、遅延記録コマンドを適宜利用して観測点の経度分布をできるだけ均等化するように配慮

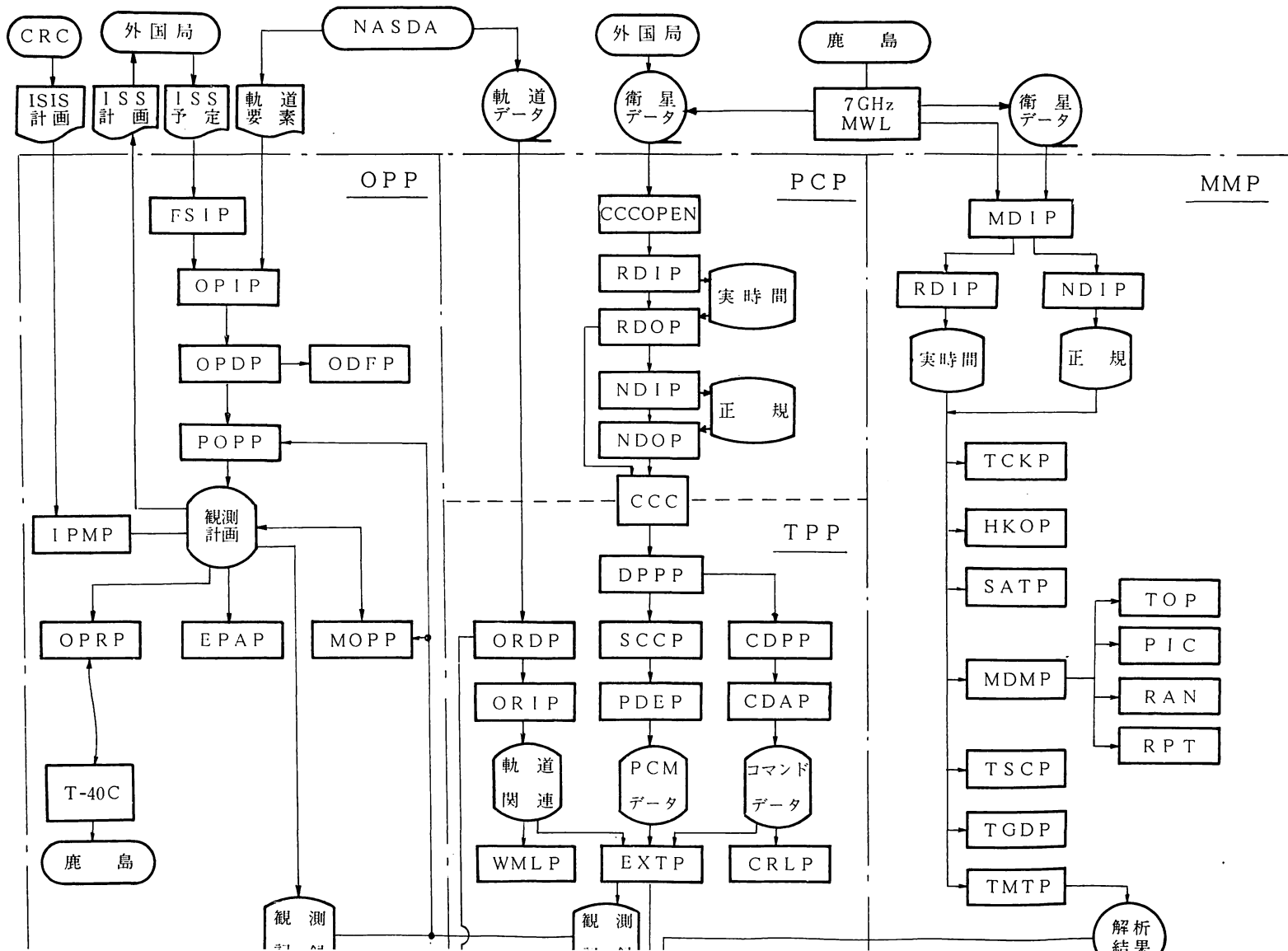


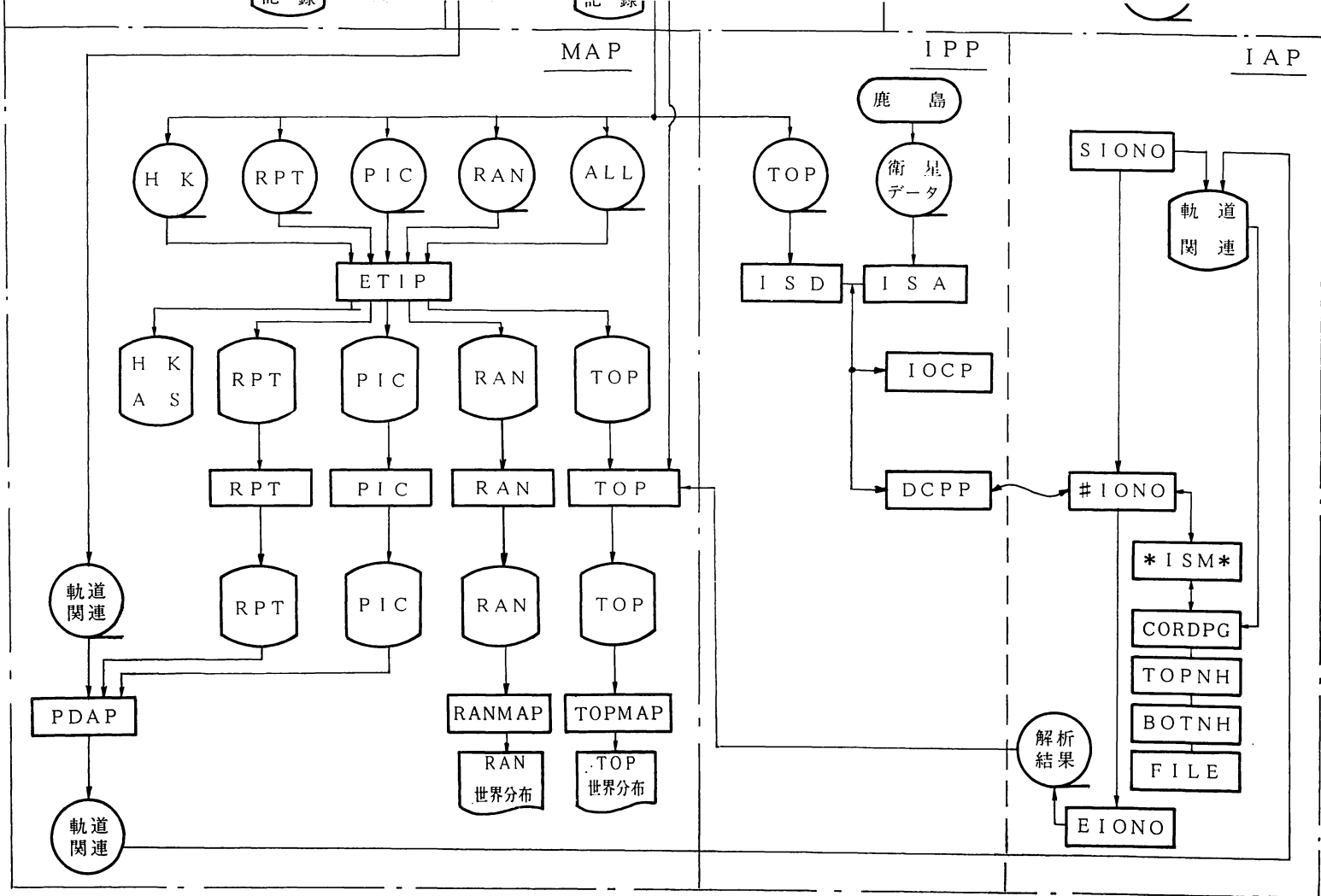
第4図 ISS研究運用システム



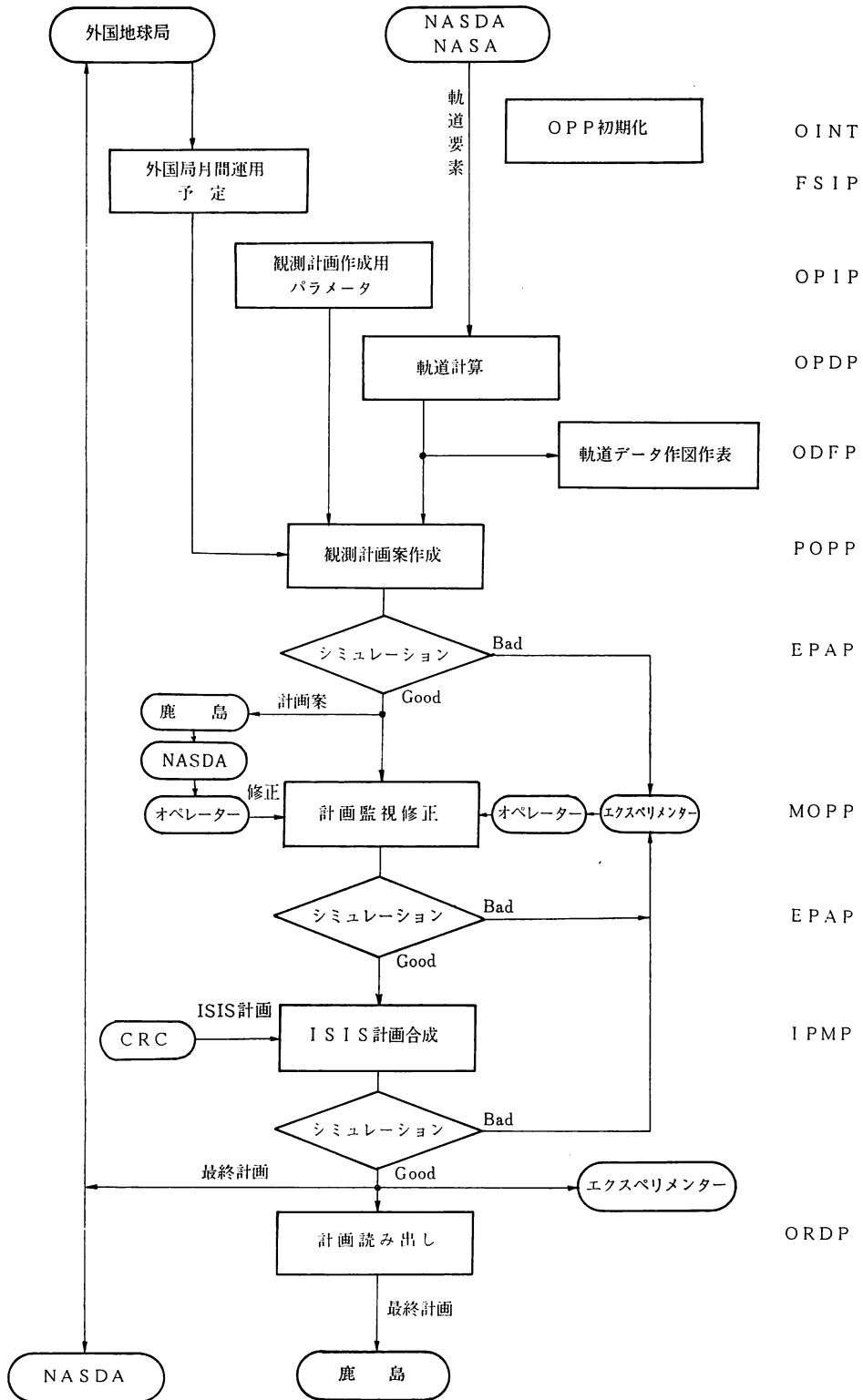
ム・ハードウェア構成図







第5図 ISS研究運用システム・ソフトウェア構成図

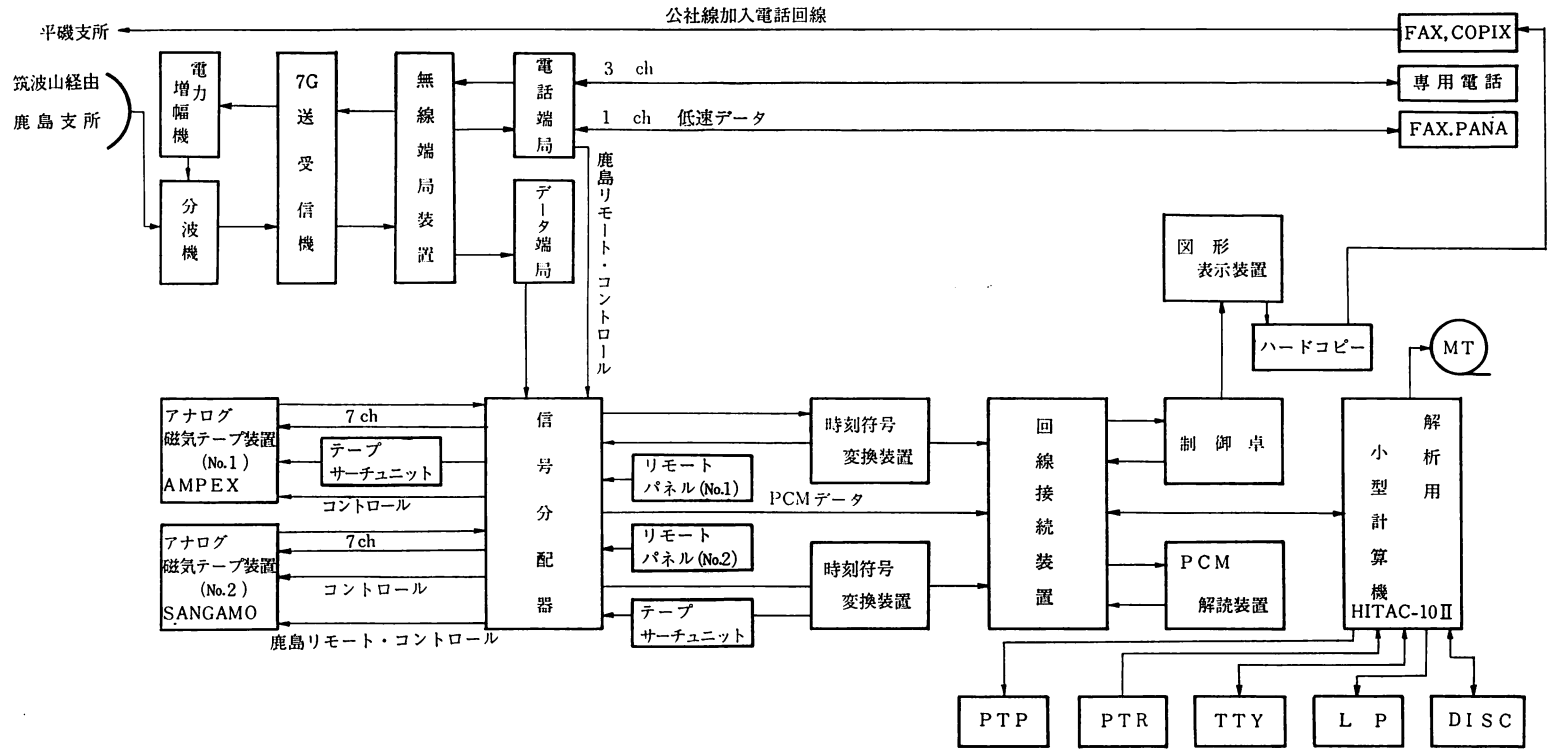


第6図 運用計画作成プログラム (OPP) 処理概念図

BRL PROPOSALS FOR ISS MONTHLY PASS SCHEDULES  
 PERIOD 0302Z 04 APRIL THRU 2352Z 01 MAY 1976  
 STATIONS KASHIMA MASUDA SYOWA  
 7601001 JISS-1

EP-RCV-M-02 EP-D (HRMNSC) SEMI-AKKS) ECCENTRICITY INCLIN (DEEG)  
 1976.03.02 07379.002870 005.00149400 069.68119700  
 05943350300 215.1888800 189.48009800 AN03:152400 880.0660000  
 05943350300 215.1888800 189.48009800 AN03:152400 880.0660000  
 DATE ORBIT STA PASS RCDR HRMN HRMN HRMN COMD

DATE	ORBIT	STA	PASS	RCDR	HRMN	HRMN	HRMN	COMD
0404	00483	KSH	0953	0953	1007	095410-017	095420-004	095430-009
						095440-022	095450-027	095500-038
						095510-047	095630-011	100600-013
0404	00484	KSH	1141	1142	1155	114220-074	114230-009	114240-022
						114250-027	114300-038	114310-047
						114430-019	114440-011	114850-015
						114900-014	115400-015	
0404	00489	KSH	2055	2056	2110	205620-074	205630-009	205640-022
						205650-027	205700-038	205710-047
						205830-018	205840-011	210350-015
						210400-014	210900-015	
0405	00496	KSH	0842	0843	0852	084320-074	084330-009	084340-022
						084350-027	084400-038	084410-047
						084530-011	084550-015	084600-016
0405	00497	KSH	1026	1027	1035	102720-074	102730-009	102930-015
						102940-014	103450-015	
0405	00498	KSH	1217	1218	1229	121820-074	121830-009	122030-019
						122040-011		
0405	00503	KSH	2130	2131	2140	213120-074	213130-009	213340-011
						213350-015	213400-014	213900-015
0407	00524	KSH	0946	0946	1002	094710-007	094720-004	094730-009
						094740-022	094750-027	094800-038
						094810-047	094930-011	100100-013



第8図 ミッション監視システムの機器構成

した。軌道予測計算結果に基づいて鹿島地球局及び外国地球局\*可視パスを求め、各地球局の運用条件を加味して運用パスを定める。特に外国地球局については外国地球局の運用予定パスを事前に通知を受けておき、それに従って運用計画を作成する。衛星とボトムサイドの電離層同時観測計画を作成するために、電離層観測所近傍上空を衛星が通過するときの情報も得られるようになっていいる。ISSの運用計画、つまり地球局のコマンド、テレメトリ計画はプログラムにより自動的に作成できるようになっている。作成された運用計画は、電力解析<sup>(2)</sup>及び衛星動作等のシミュレーション試験をプログラムにより行うようになっている。運用計画自動作成機能に加えて、ミッション遂行上、シミュレーション試験結果あるいは緊急時対策として運用計画の変更が必要となる場合に備えて、操作者が能率よく計画修正を行えるような機能も備えている。最終的な運用計画は週単位で作成され各地球局及びNASDAに送られ、特に鹿島地球局についての計画は、鹿島側リモート端末により本所側TOSBAC-5600システムのファイルから7GHz連絡回線経由のオンラインで読み出される。

運用計画作成システムで用いられる機器は、主計算機システム、7GHz連絡装置及び公社回線連絡網である。このシステムでは観測運用計画プログラム(OPP)が用いられる。第6図に運用計画作成システムの処理概念図が示されている。運用計画リストの例が第7図に示されている。

\* 現在カナダのオタワが計画中で、今後更に増える予定である。

### 5. ミッション監視システム

鹿島管制センターで受信されたISSデータは鹿島側の磁気テープ装置に記録されると同時に7GHz連絡回線経由で電波研本所に実時間伝送され、鹿島側からの遠隔制御信号により本所側の磁気テープ装置に自動記録される。

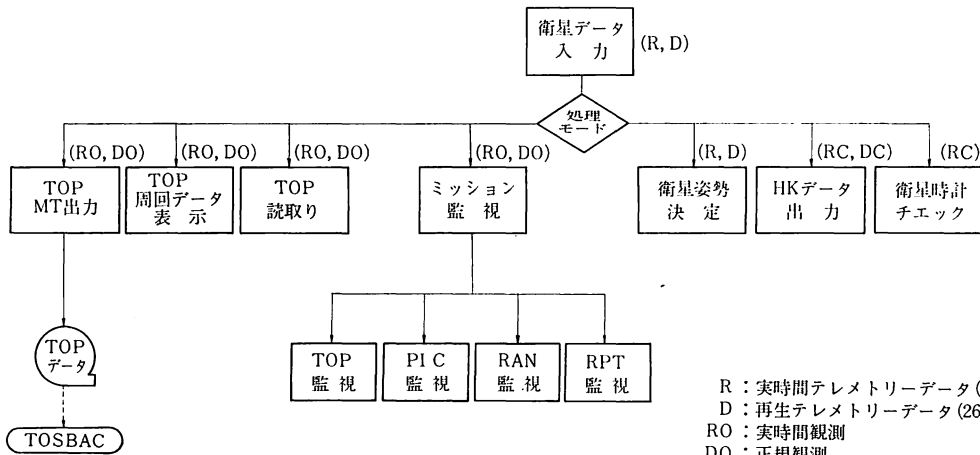
ISSのデータは実時間テレメトリによる場合と再生テレメトリによる場合の二種類の方法で取得されるが、衛星搭載磁気テープ装置が巻戻し再生方式であるため再生テレメトリ受信データのビット配列は観測時のものと全く逆になっている。したがって、再生テレメトリデータを正常なビット配列で得るためには、地上の磁気テープ装置により記録されたテープを逆回し再生する必要がある。ミッション監視システムへの入力データは一度ディスクに格納した後、ディスクから適宜データを読み出してその内容を図形表示するので、ミッション監視システムの処理は準実時間で行われることになる。

ミッション監視システムで用いられる機器は解析用小型計算機システム(HITAC-10/II)、解析用小型計算機入出力機器、信号分配器及び7GHz連絡装置である。このシステムではミッション監視プログラム(MMP)が用いられる。第8図にミッション監視システムのハードウェア構成が、また第9図にこのシステムの処理内容が示されている。処理の内容は次の通りである。

(1) 衛星時計チェック処理

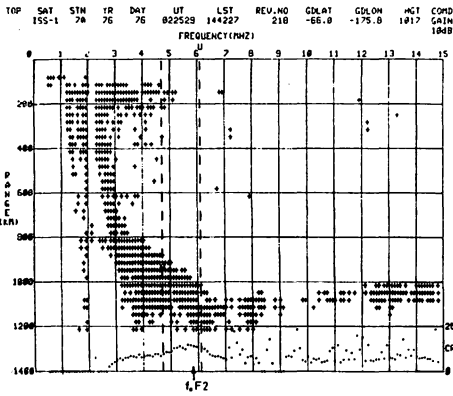
ISS搭載の24時間時計と地上時計との差を求めて衛星時計を地上時計に補正するためのデータを得る。

(2) HKデータ出力処理

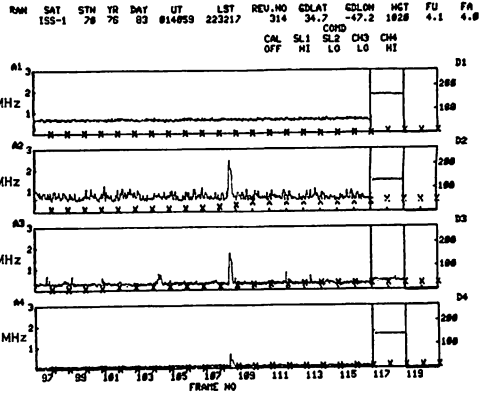


R : 実時間テレメトリデータ (1,024bps)  
 D : 再生テレメトリデータ (26,624bps)  
 RO : 実時間観測  
 DO : 正規観測  
 RC : 実時間チェック  
 DC : チェック記録

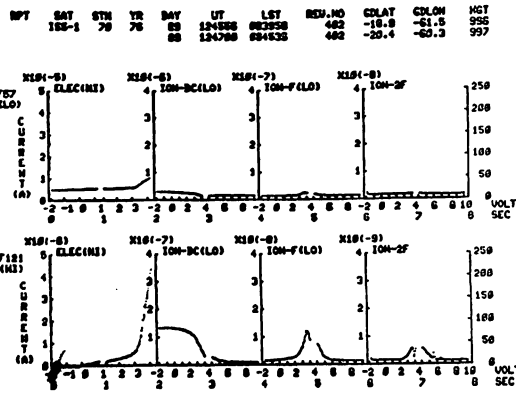
第9図 ミッション監視処理の概要



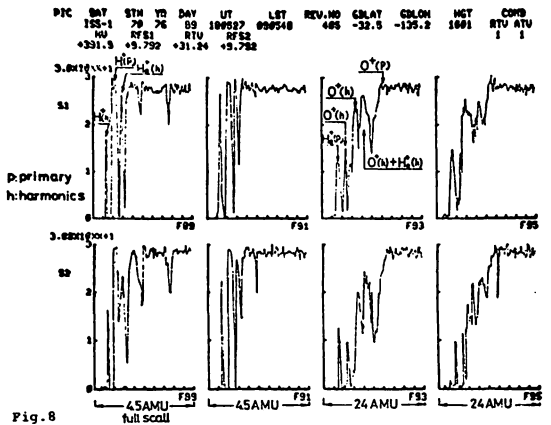
第10-a 図 TOPミッションデータの表示



第10-b 図 RANミッションデータの表示



第10-c 図 RPTミッションデータの表示



第10-d 図 PICミッションデータの表示

ISSにHKデータの中で、電力系に関係の深い14項目の値を出力させ、電力解析用の資料を得る。

(3) 衛星姿勢決定処理

ISSのPCMデータ中に含まれる、太陽センサー、地球センサー及び地磁気センサーのデータを用いて衛星スピン軸の赤経、赤緯を得る。

(4) ミッション監視処理

ISS各ミッションの観測データ及び観測時の衛星位置等をミッションごとに図形表示して、ミッション機器の動作状況並びに観測データの概況を把握するための資料を得る。第10図にミッションごとの表示出力が示されている。

(5) TOPデータ読取・出力処理

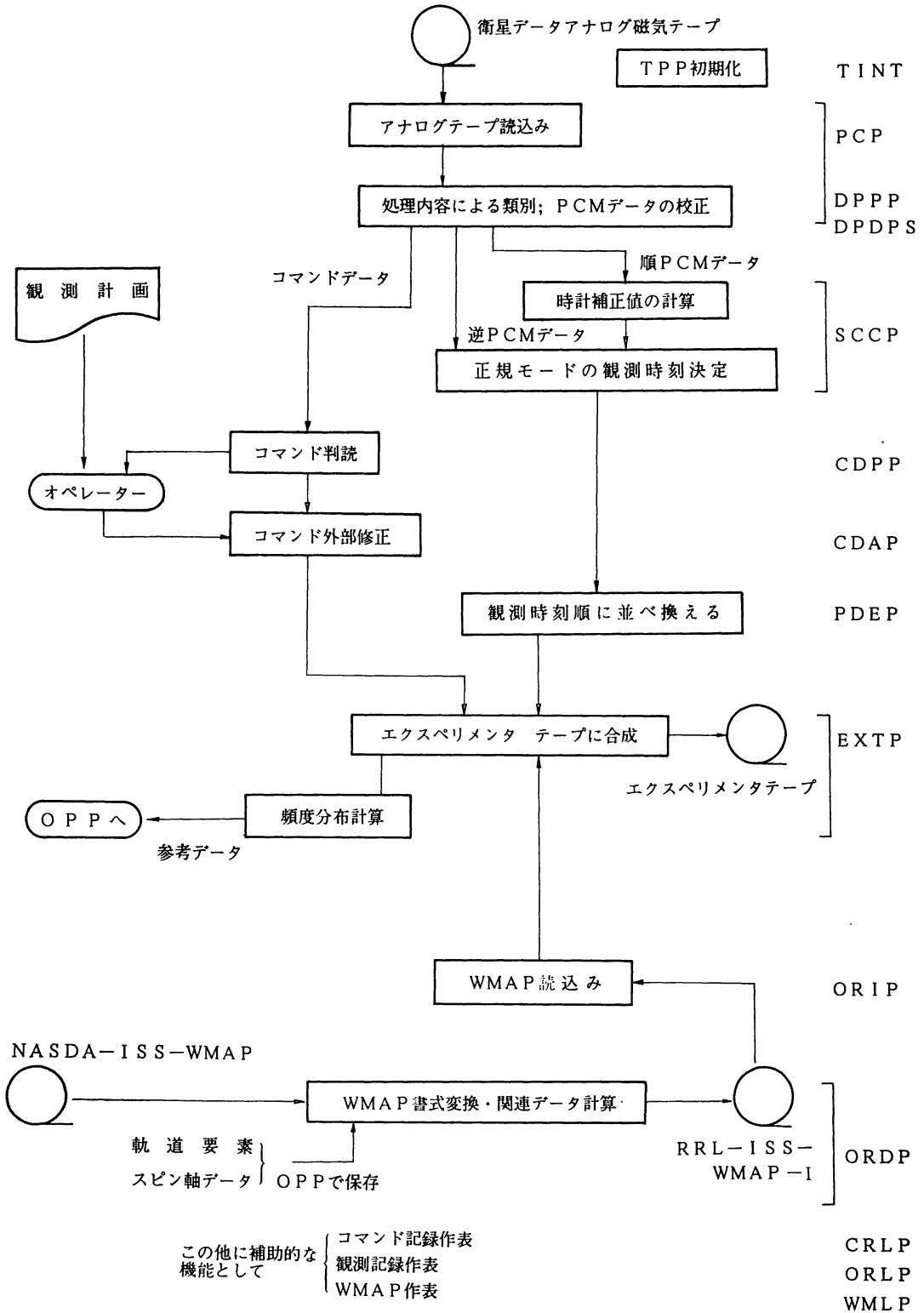
ISSのTOP-Aミッションで得られる臨界周波数を捕うためにTOP-Bミッションで得られるイオノグラムから読取者が臨界周波数を読取る。これらの周波数値は衛星周回ごとに図形表示され電波警報の速報資料となるとともに、その後の電波予報の資料とするため磁気テープに出力される。

6. 衛星データ処理システム

ISSのデータが記録されたアナログ磁気テープから計算機処理によるデータ解析のための実験用・テープ(解析用デジタル磁気テープ)を作成することがこのシステムの目的である。ISSデータ・テープには衛星から送られてきたPCM信号、受信局の地上時計装置からの時刻信号(1kHz 振幅変調信号)、送信コマンド信号(トーン・バースト信号)等が記録されている。

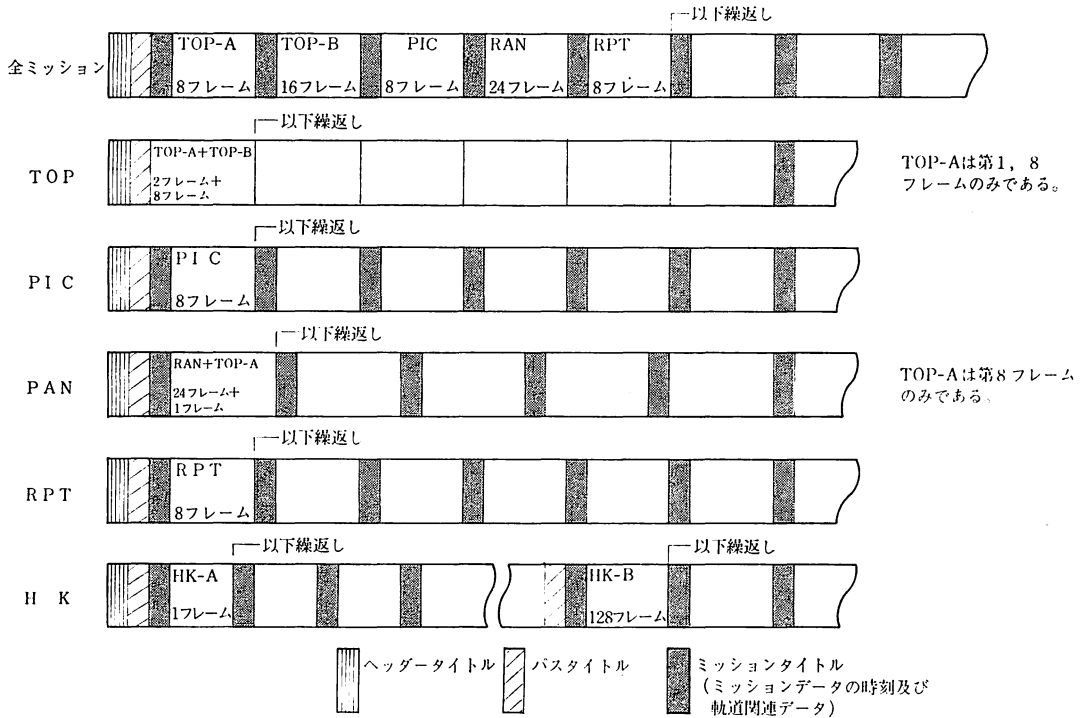
このシステムはプロセス計算機(NEAC-3200/50)を用いて衛星データの入力、収集及び主計算機システムへのデータ伝送を行う前処理部分と主計算機システムによるPCMデータ編集、コマンドデータ処理、軌道関連データ作成及び実験用・テープ作成を行う部分とから成っている。

衛星データ処理システムで用いられる機器は、プロセス計算機システム、プロセス計算機入力機器、及び主計算機システムである。このシステムではPCMデータ収集プログラム(PCP)及び衛星データ処理プログラム



第11図 衛星データ処理プログラム (TPP) の処理概念図





第12図 エクスぺリメンタ・テープデータ構成の概要

第2表 イオノグラム・オンライン処理の入力データと対応するプログラム

観測方法	入力形態	アナログMT	デジタルMT	フィルム (低速スキャナー)	オペーク (低速スキャナー)	オペーク (グラフィコン)
トップサイド	Alouette-I Alouette-II ISIS-I ISIS-II	TMT	/	TFS	/	TOG
	ISS	ISA	ISD	/	/	/
ボトムサイド		/	/	BFS	BOS	BOG

(注) プログラム名については附録2参照。

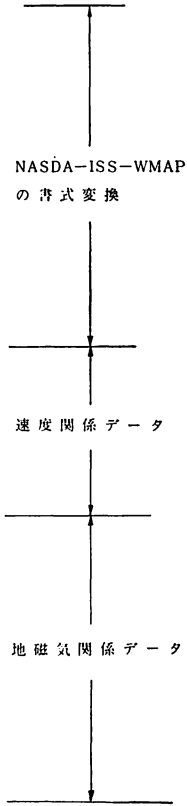
(TPP) が用いられる。第11図にこのシステムの処理内容が示されている。鹿島地球局で1日4パスの正規観測データを取得するので、このシステムで処理されるPCMデータは1日約4Mバイトである。エクスぺリメンタ・テープの作成は、すべてのPCMデータ及び軌道関連データを含むものと、各ミッションごと(TOP, PIC, RAN, RPT及びHK)のデータ及び軌道関連データを含むものについて行われる。第12図に各種エクスぺリメンタ・テープのデータ構成の概要が示されており、第13図に軌道関連データ・テープのデータ内容が示されている。

### 7. イオノグラム・オンライン処理システム

ISSのTOP-Bミッションにより得られるイオノグラムのN(h)解析を行うことにより、衛星位置から下方にある電離層ピークまでの電子密度の高度分布を計算で求めることができる。特に電離層ピークの高度は電波伝搬にとって重要なパラメータである。このシステムにより、ISSだけでなくAlouette-I, Alouette-II, ISIS-I及びISIS-IIにより得られたイオノグラムの解析が可能であり、また地上の電離層観測機により得られたボトムサイド・イオノグラムの解析も可

WORD 1	= 1	I
2	Rev. No.	I
3	ダミー	
5	Julian Date	I
6	通算秒	I
7	衛星地理緯度 $\phi_s$	(deg) D
9	衛星地理経度 $\lambda_s$	(deg) D
11	衛星高度 $H_s$	(m) D
13	衛星位置 (地心座標) X	(m) D
15	〃 Y	(m) D
17	〃 Z	(m) D
19	衛星速度 (地心座標) $\dot{X}$	(m/s) D
21	〃 $\dot{Y}$	(m/s) D
23	〃 $\dot{Z}$	(m/s) D
25	衛星地心距離 R	(m) D
27	速度絶対値 $V_s$	(m/s) D
29	地理座標での衛星速度 $V_x$	(m/s) D
31	〃 $V_y$	(m/s) D
33	〃 $V_z$	(m/s) D
35	〃 $V'_z$	(m/s) D
37	地磁気座標での衛星緯度 $\phi_m$	(deg) D
39	地磁気座標での衛星経度 $\lambda_m$	(deg) D
41	地磁気絶対値 B	( $\gamma$ ) D
43	地磁気ベクトル $B_x$	( $\gamma$ ) D
45	〃 $B_y$	( $\gamma$ ) D
47	〃 $B_z$	( $\gamma$ ) D
49	地磁気伏角 I	(deg) D
51	不変磁気緯度 $\Lambda_1$	(deg) D
53	L 軌 L	D
55	電子ジャイロ周波数 $f_b$	(MHz) D

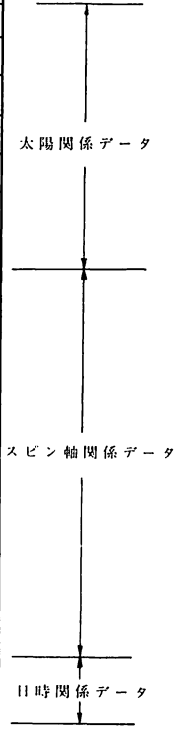
(続 く)



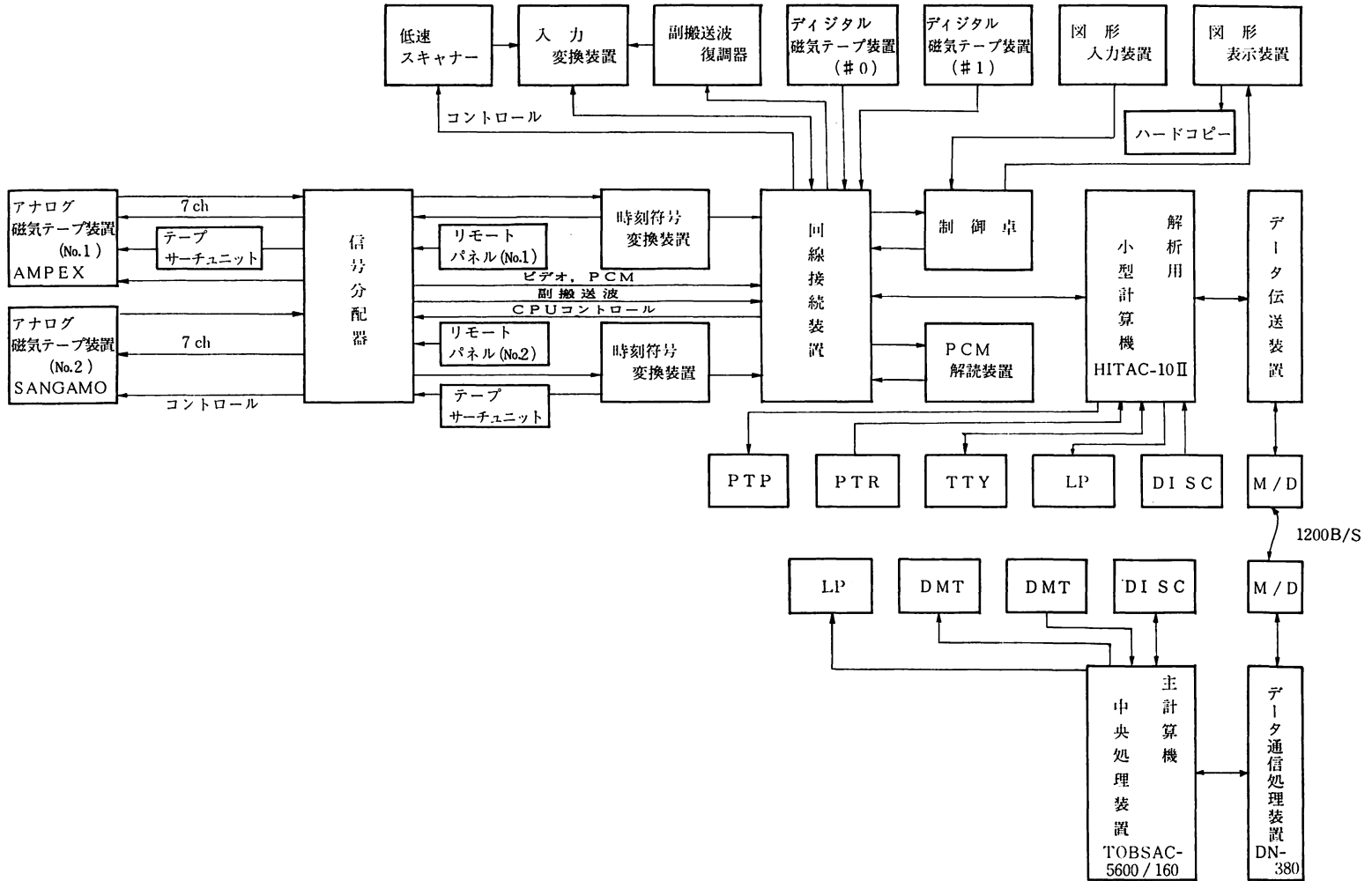
(続 き)

WORD 57	太陽方向赤緯 $\delta_\odot$	(deg) D
59	太陽方向赤経 $\psi_\odot$	(deg) D
61	太陽直下地理緯度 $\phi_\oplus$	(deg) D
63	太陽直下地理経度 $\lambda_\oplus$	(deg) D
65	太陽直下地磁気緯度 $\phi_\oplus$	(deg) D
67	太陽直下地磁気経度 $\lambda_\oplus$	(deg) D
69	衛星に対する太陽天頂角 $\chi_\oplus$	(deg) D
71	スピン率 $\omega_{SP}$	(deg) D
73	スピン軸方向赤緯 $\delta_{SP}$	(deg) D
75	スピン軸方向赤経 $\psi_{SP}$	(deg) D
77	衛星幾何学軸とスピン軸の成す角 $\gamma_{SPAX}$	(deg) D
79	スピン軸と太陽方向の成す角 $\gamma_{SPSS}$	(deg) D
81	スピン軸と軌道面の成す角 $\gamma_{SPOP}$	(deg) D
83	スピン軸と速度ベクトルの成す角 $\gamma_{SPVP}$	(deg) D
85	スピン軸と鉛直線の成す角 $\gamma_{SPVT}$	(deg) D
87	スピン軸水平成分の北向きからの角 $\gamma_{SPNE}$	(deg) D
89	スピン軸と地磁気ベクトルの成す角 $\gamma_{SPMG}$	(deg) D
91	LST 通算日	I
92	LST 年月日	I
93	LST 時分秒	I
94	ダミー	

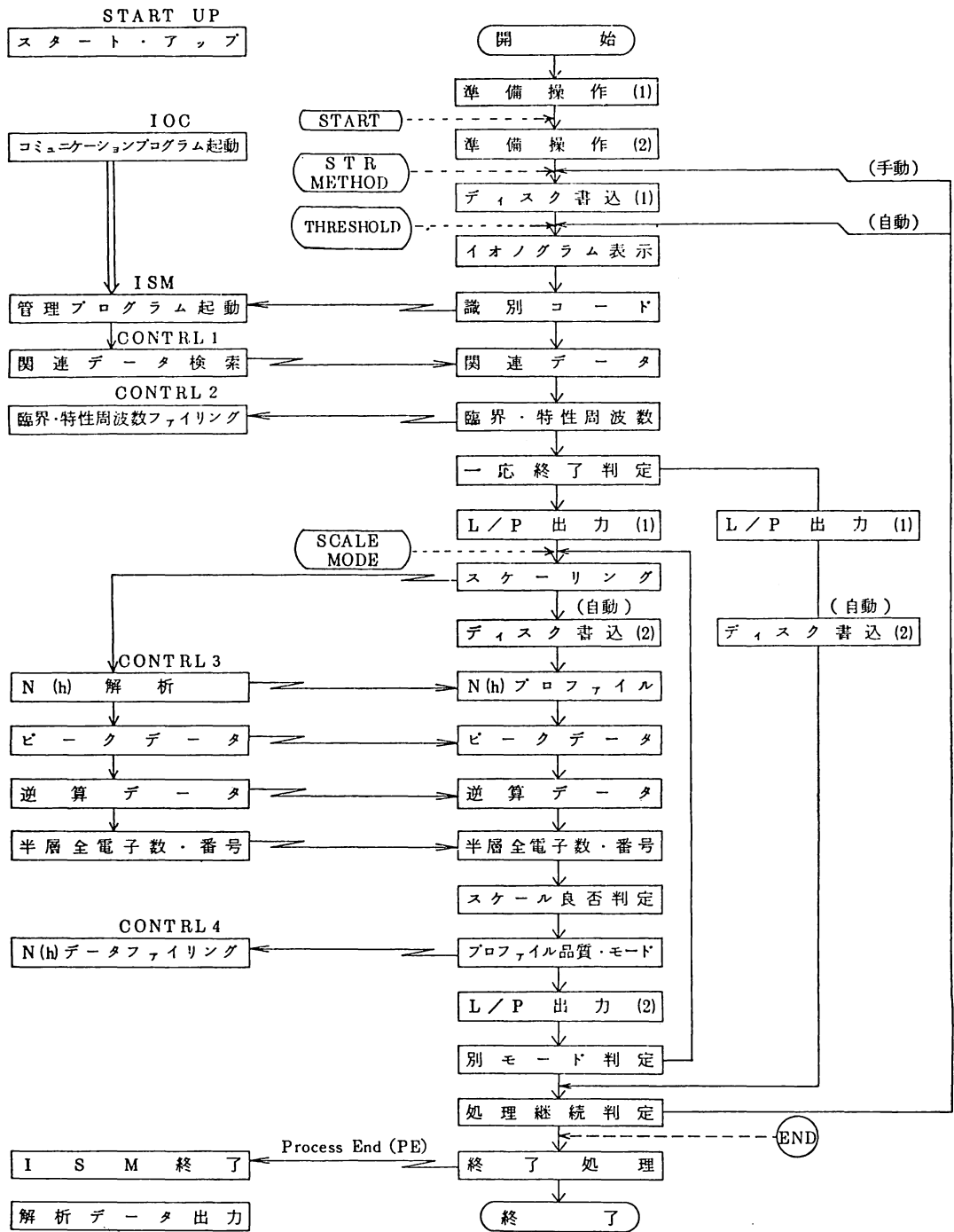
100



第13図 軌道関連データの内容



第14図 イオノグラム・オンライン処理装置の機器構成

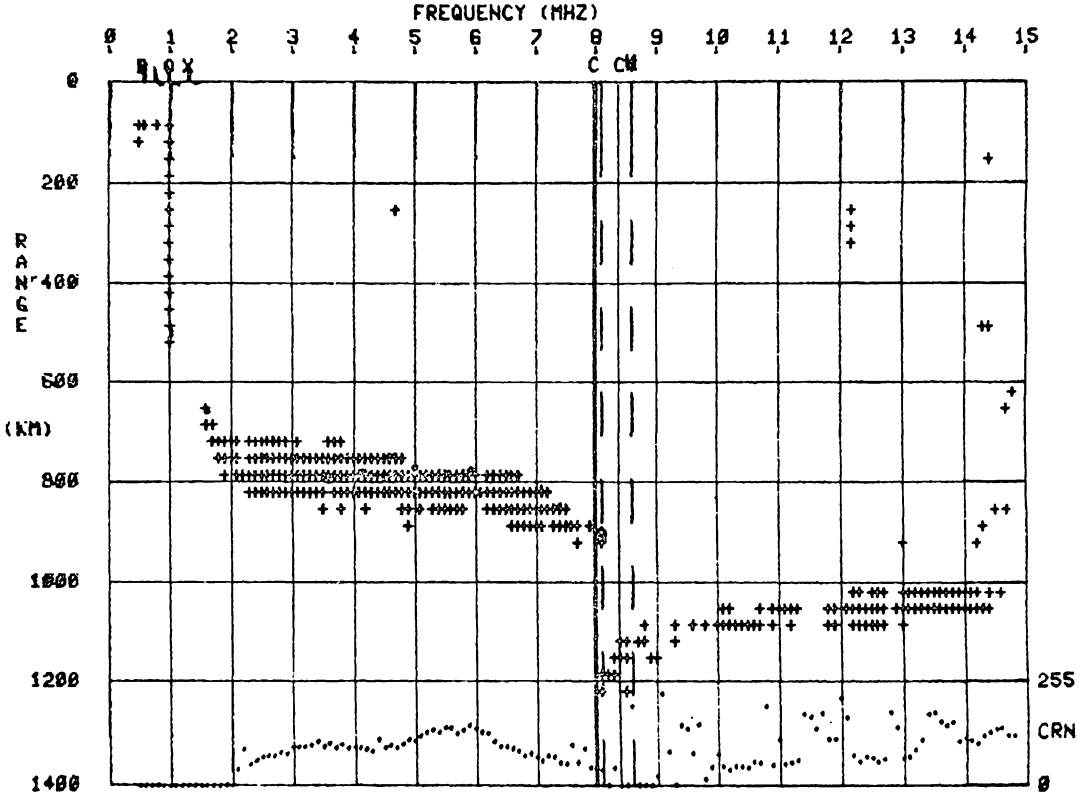


TOSBAC 5600/160

HITAC-10 II

第15図 イオノグラム・オンライン処理の流れ

SAT 05 STN 70 YR '76 T-DAY 089 MON 03 DAY 29 U-T 125648 SIGN. RRL  
 DLAT -50.1 DDLONG -44.5 HGT 1006.6 FBSC 0.579 FRAME NO. 159



第16-a図 ISSイオノグラムのCRT表示

能である。衛星が地上の電離層観測所上空近辺を通過するとき、衛星と地上で同時観測を行うことが、ISSの場合にも計画されており、同時観測のイオノグラムのN(h)解析により、衛星下方の電離層全体の電子密度の高度分布を得ることができる。

このシステムにより処理されるイオノグラム・データの入力媒体と対応する処理プログラムが第2表に示されている。

イオノグラム・オンライン処理システムで用いられる機器は解析用小型計算機システム、解析用小型計算機入出力機器、主計算機システム及び信号分配器であり、ハードウェア構成が第14図に示されている。このシステムではHITAC-10/IIとTOSBAC-5600/160の間でDN-380を介してデータ伝送が行われる。グラフィック・ディスプレイに表示されたイオノグラムを読み取り、読み取りデータを主計算機システムに伝送してN(h)解析計算が行われる。計算結果は再びHITACシステムに伝送されグラフィック・ディスプレイに図形表示される。このシステムで用いられるプログラムはイオノグラム・オンライン処理プログラム(I PP)及びイオノ

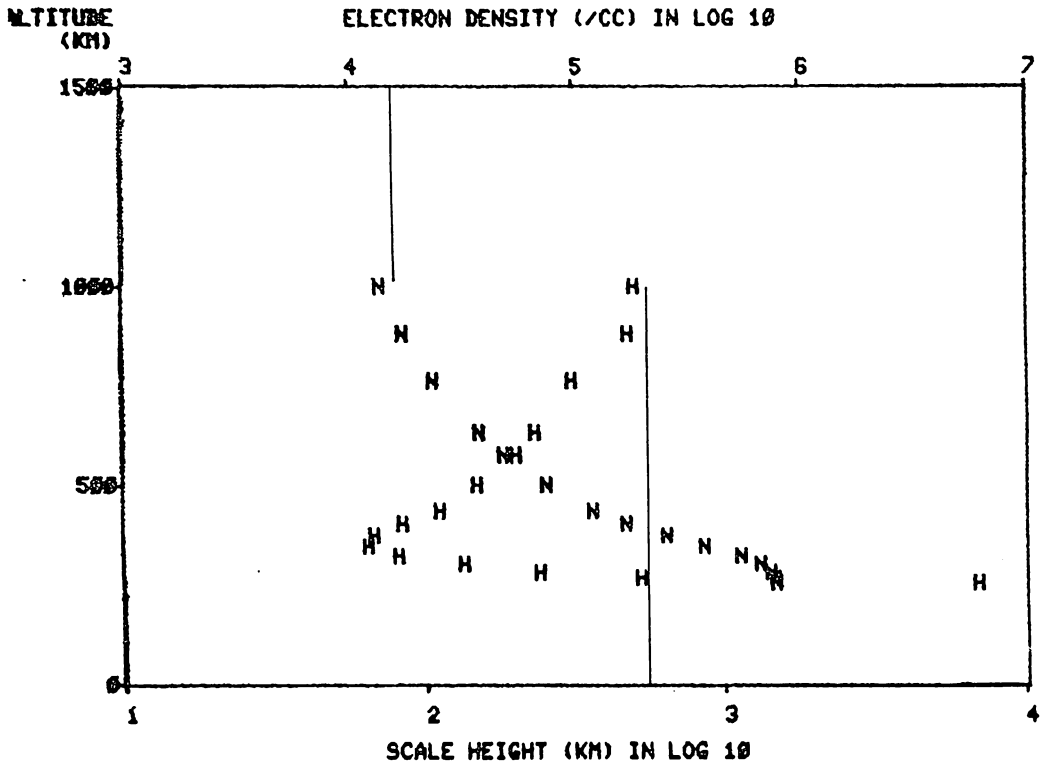
グラム解析プログラム(I AP)である。このシステムの処理内容が第15図に示されている。イオノグラム及び解析結果の表示例が第16図に示されている。

### 8. 観測データ解析システム

ISSにより得られた各ミッションのデータから電離層パラメータあるいは電波雑音パラメータの物理量あるいは工学値への変換及び各パラメータの世界分布図の作成のために用いるのが観測データ解析システムである。このシステムでは主計算機システムが用いられ、観測データ解析プログラムによって処理が行われる。このシステムによる処理内容が第17図に示されており、TOP, PIC, RAN, RPTの各ミッションごとに独立に解析処理が行えるようになっている。各ミッションごとの解析プログラムの設計及びその運用は各ミッション実験担当者が担当している。ここではTOPミッションについて述べる。

TOPのデータ解析は既述のミッション監視システムによる臨界周波数の読み取り、イオノグラム・オンライン処理システムによるN(h)解析が行われ、観測データ解

SAT 05 STN 70 YR '76 T-DAY 089 MON 03 DAY 29 U-T 125648 SIGN. RRL  
 IDLAT -50.1 GDLONG -44.5 HGT 1006.6 FBSC 0.579 FRAME NO. 159



第16-b図 ISSの N(h), SH(h) プロファイルのCRT表示

析システムにより、宇宙電波雑音 (TOP-B) データ解析、臨界周波数等の蓄積並びに世界分布解析及び世界分布図作成の処理が行われる。

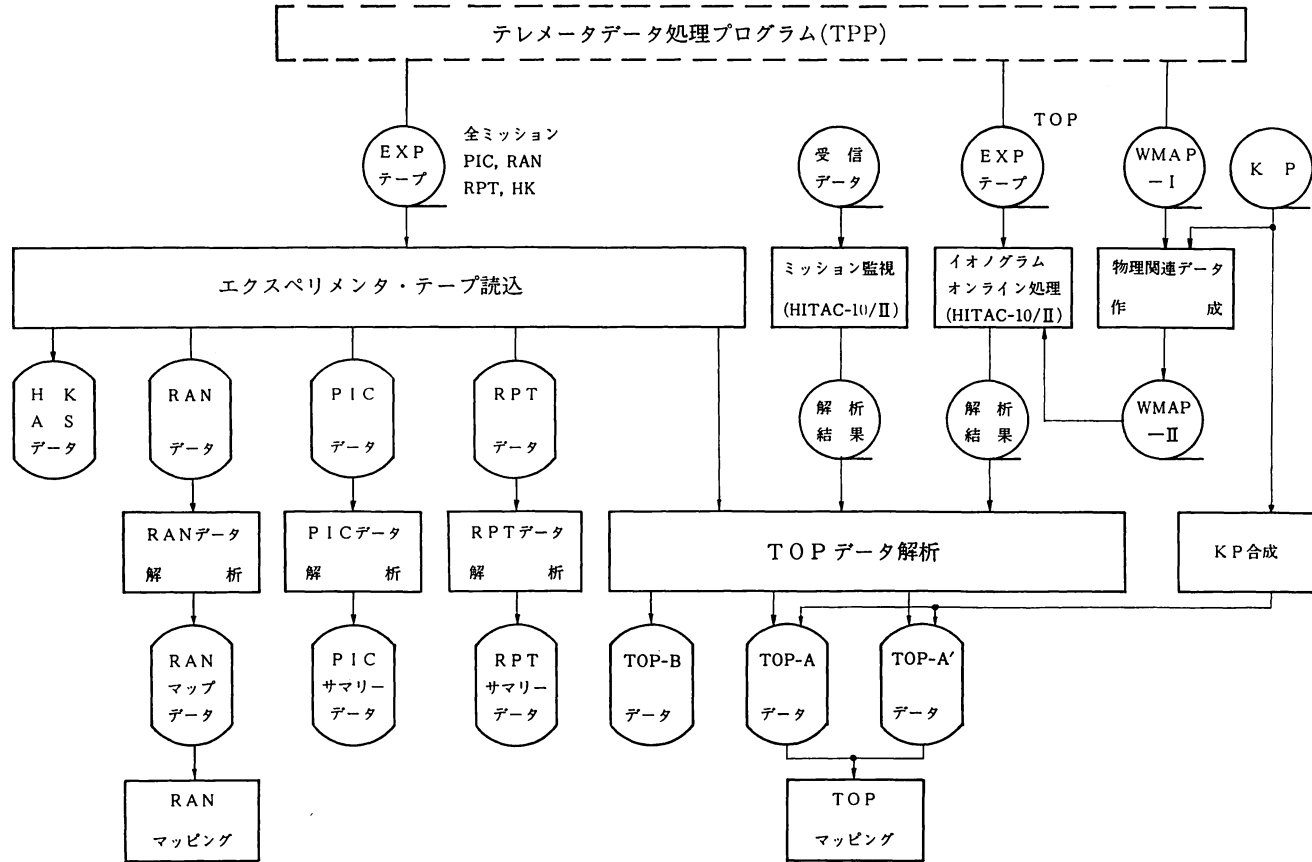
世界分布図作成は臨界周波数  $f_A$  (TOP-A により決定されたもの)、臨界周波数  $f_oF2$  (TOP-B イオノグラムの読取りによるもの)、最低混信周波数  $f_U$  (TOP-A により決定されたもの) 及び電離層ピーク高度  $h_mF2$  ( $N(h)$  解析による) について行えるようになっており、世界分布解析は、一定地方時区間のデータを用いる場合 (LTマップ) と一定世界時区間のデータを用いる場合 (UTマップ) の両方について行える。世界分布解析は一定期間 (最低2か月) 内で一定地方時区間又は一定世界時区間 (第2図参照) 内に観測されたデータ値の世界分布を最小自乗法により決定される球面関数で与える方法で行われる。上記パラメータが地磁気伏角への依存性を持つことを配慮して、球面解析を行う際の緯度、経度はそれぞれ修正緯度 (X) 及び地理経度 ( $\phi$ ) を用いている。修正緯度 (X) は次式で与えられる。

$$X = \tan^{-1} \left[ \frac{I(\lambda, \phi)}{\sqrt{\cos \lambda}} \right]$$

ここで、 $\lambda$  は地理緯度であり、 $I(\lambda, \phi)$  は地理緯度  $\lambda$ 、地理経度  $\phi$  における地磁気伏角である。第18図は世界分布解析結果を示す例であり、第19図に示される約2か月間のISS模擬軌道に沿って地方時12時±30分内に該当する観測点において模擬データを与え、そのデータを用いて世界分布解析を行ったものである。

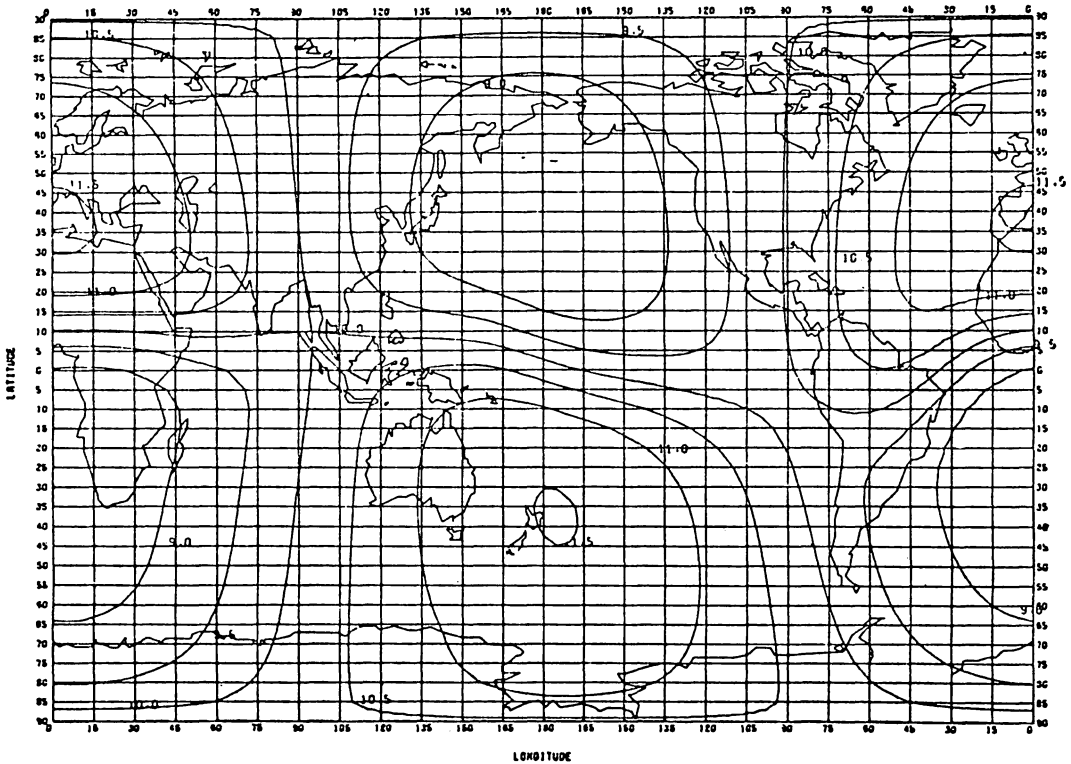
9. データ通信連絡システム

ISSの運用に際して、電波研本所、鹿島支所、NASDA 筑波宇宙センター及び国際協力に関係する外国機関との間のデータ通信連絡が不可欠である。このため、電波研本所・鹿島支所間に 7GHz マイクロ波連絡回線が、また国内3箇所を結ぶ公社加入電話回線が、電波研本所と外国機関の間には国際テレックス回線が設置されている。データ通信連絡システムの系統図が第20図に示されており、また、ISSに関する連絡情報の内容が第21図に示されている。電波研究所本所と鹿島支所を結ぶ 7GHz 連絡回線はデータ伝送、電話連絡、ファクシミリ伝送、計算機オンライン伝送等に利用されており、特にデータ回線 (ベースバンド周波数帯域 20 Hz~



第17図 ミッションデータ解析処理の概要

LT=12H TOP-A FC LT-MAP ISS-1  
 1975,268 ΔLT= 01H:232.09.00.00( )-301.09.00.00( )



第18図 TOPデータLTマップの例

4.2 MHz)は6チャンネル衛星データ伝送とTV信号伝送のどちらかに切換え使用される。鹿島支所においてISS受信が行われる時間帯には優先的に衛星データ伝送側に自動切換えが行われる。

## 10. 結 語

現行のISS研究運用システムはISS管制監理所構想のもとで出発し、多くの関係者の努力によりその整備開発が進められてきた。昭和47年度には衛星管制監理システム・ワーキング・グループ(中橋信弘, 西崎良, 甲藤隆弘, 奥田哲也の諸氏)によりイオノグラム・オンライン処理システムの開発が進められ、このシステムの処理内容の設定については北条尚志, 中橋信弘, 甲藤隆弘, 松浦延夫が参加した。昭和49年度からはISS研究運用本部下部組織として管制監理所第2期工事業促進ワーキング・グループ(中橋信弘, 栗城功, 土屋清美, 甲藤隆弘, 奥田哲也, 松浦延夫の諸氏)により7GHz連絡装置(村田一夫氏参加), 信号分配器(西崎良氏参加), コマンド・プロセッサ, データ伝送装置(内田国

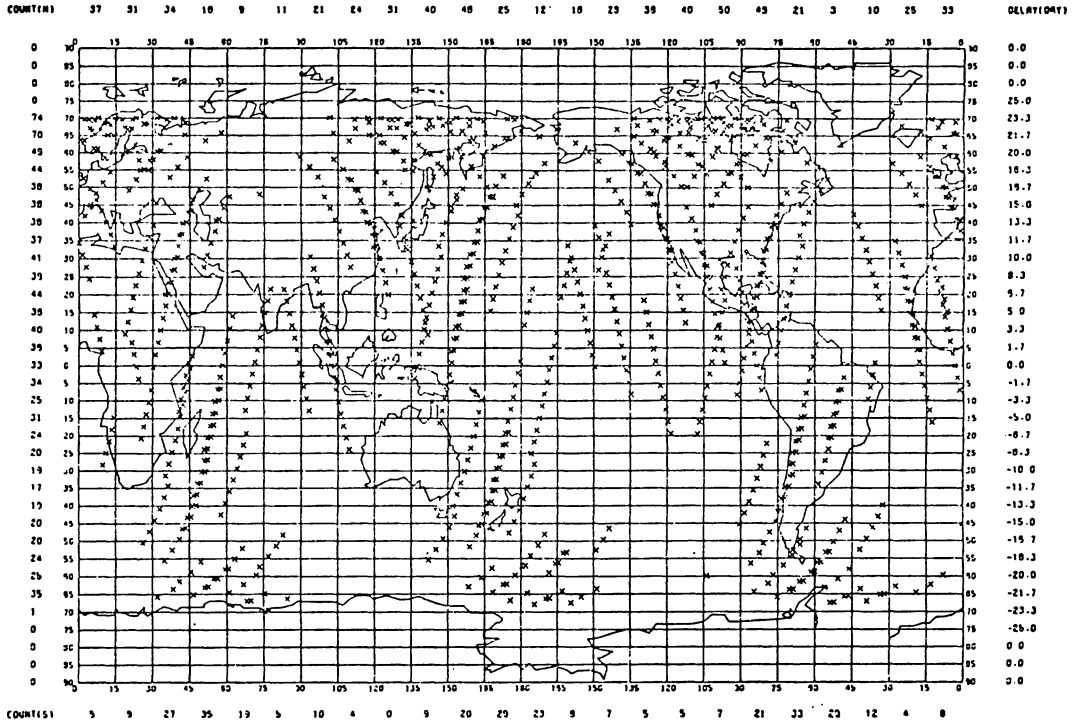
昭氏参加)の整備が進められた。また, 昭和49年度から研究運用プログラム(TOSBAC使用)の作成が開始され(高橋寛子, 松浦延夫の諸氏), 昭和50年度にはミッションデータ解析プログラム(宮崎茂, 村永孝次, 竹之下裕五郎, 巖本巖, 高橋寛子, 松浦延夫の諸氏), 衛星データ前処理システム(NEAC使用; 奥田哲也, 中村嘉彦の諸氏)及びミッション監視用プログラム(中橋信弘, 岡本謙一, 松浦延夫の諸氏)の開発が進められた。上記諸氏をはじめ多くの関係者の御支援に深く感謝の意を表するものであります。また, これらのシステム整備に御尽力くださったISS研究運用本部関係者, 田尾, 尾方両本部長をはじめ沢路, 原田両本部長付, 本部員, エクスペリメンターの方々に深く感謝します。ISS研究運用システムの維持運用に関して種々御助力, 御助言を頂いた村主情報処理部長に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

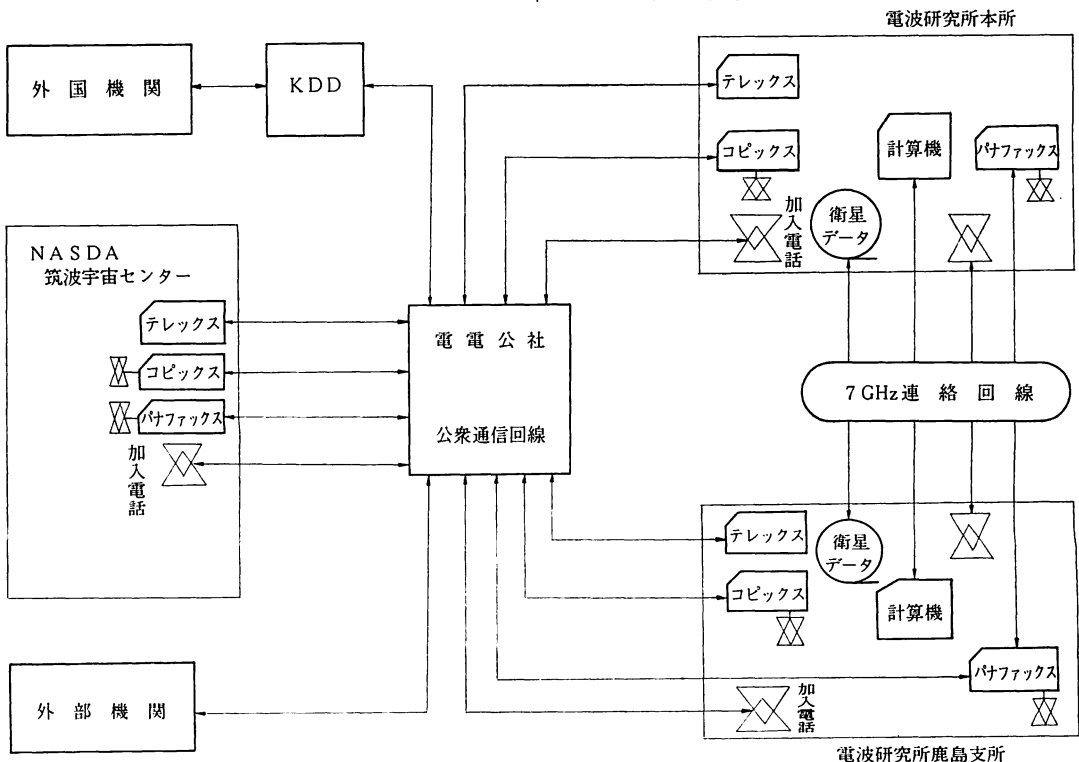
- (1) 船川謙司ほか; ISS管制センター特集号, 電波研季報, 21, 116, 263-341, Sept./Nov. 1975.



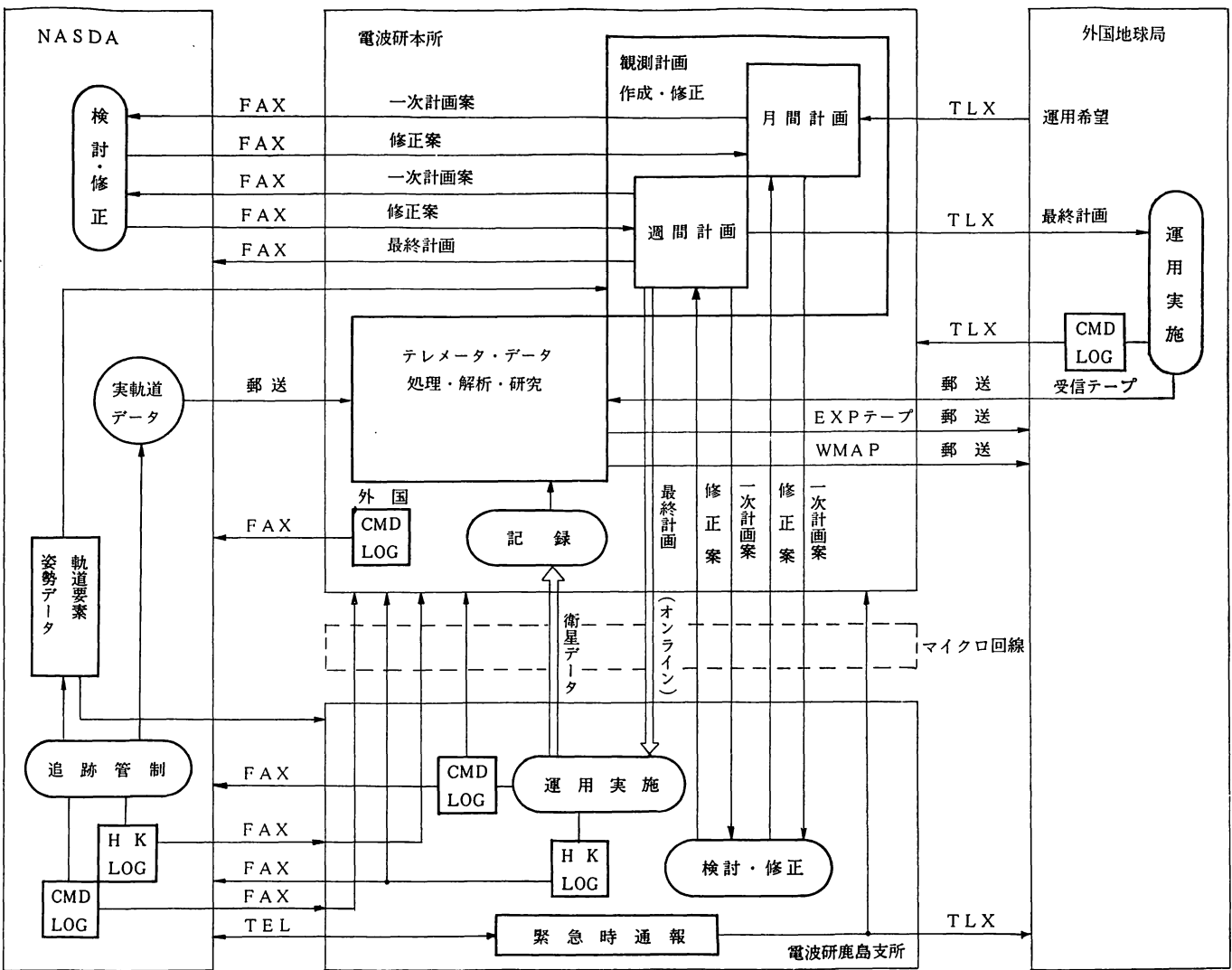
LT=12H TOP-A FC OBSERVED POINTS ISS-1  
 1975.268 ΔLT=01H:232.09.00.00( )-301.09.00.00( )



第19図 第18図のマッピングに用いられた観測点



第20図 ISS関連通信連絡回線



第21図 ISSに関する情報連絡

(2) 丸山隆、松浦延夫；衛星の電力収支シミュレーション，電波研季報 24, 127, 1—12, Mar., 1978.

附録1. ISS 研究運用システムのハードウェア構成

(1) 主計算機システム  
(i) 中央処理装置 (TOSBAC-5600/160)

(ii) 周辺装置 (集団磁気ディスク，磁気テープ装置等)  
(iii) 通信制御装置 (CCC)  
(iv) データ処理装置 (TOSBAC DN-380)  
(v) 端末装置 (TSS 端末，リモート端末等)  
(vi) 図形プロッター装置 (CALCOMP)  
(2) プロセス計算機システム

- (i) 中央処理装置 (NEAC-3200/50)
  - (ii) 周辺装置 (磁気ディスク, 磁気テープ装置等)
  - (iii) 高速回線接続装置 (CCCとの接続用)
- (3) プロセス計算機入力機器
- (i) アナログ磁気テープ装置  
(SANGAMO SABRE IV)
  - (ii) テープサーチ・ユニット (DATUM 9241)
  - (iii) 時刻符号変換装置 (DATUM 9210)
  - (iv) コマンド・プロセッサ
  - (v) PCM解読装置 (EMR 720, EMR 2731)
  - (vi) 時刻装置インタフェース
  - (vii) コマンド・プロセッサ・インタフェース
  - (viii) PCMデータ入力部
- (4) 解析用小型計算機システム
- (i) 中央処理装置 (HITAC-10/II)
  - (ii) 周辺装置 (磁気ディスク, 磁気テープ装置等)
  - (iii) 回線接続装置
  - (iv) データ伝送装置 (TOSBAC DN-380 との接続用)
- (5) 解析用小型計算機入出力機器
- (i) 制御卓 (数値入力装置を含む)
  - (ii) 図形表示装置 (ソニー・テクトロニクス T4002 型)
  - (iii) 図形入力装置 (グラフィコン 1010A)
  - (iv) 図形出力装置 (岩崎通信機 DPL-602)
  - (v) 低速スキャナ
  - (vi) 入力変換装置
  - (vii) 副搬送波復調器
  - (viii) アナログ磁気テープ装置 (SANGAMO SABRE IV, AMPEX FR-2000A)
  - (ix) 時刻符号発生装置 (DATUM 9110)
  - (x) 時刻符号変換装置 (DATUM 9210 2台)
  - (xi) テープサーチ・ユニット (DATUM 9241 2台)
  - (xii) PCM解読装置 (EMR 720, EMR 2731, EMR 2736, EMR 2795, EMR 2745, EMR 2750, EMR 2757)
- (6) 信号分配器
- (7) 7GHz 連絡装置 (本所関係)
- (i) アンテナ系 (3mφ パラボラ, 地上高 30 m)
  - (ii) 送受信装置 (送受信機, 電力増幅機, 分波機)
  - (iii) 端局装置 (無線端局, データ端局, 搬送電話端局)
  - (iv) 端末機器 (電話機, ファクシミリ, TV モニタ)
- (8) 公社回線ファクシミリ (COPIX TA-440)

## 附録 2. ISS 研究運用システムのソフトウェア構成

- (1) 観測運用計画プログラム (OPP)  
(TOSBAC-5600/160)
- (i) OPP初期化プログラム (OINT)
  - (ii) 観測計画入力データ処理プログラム  
(OPIP)
  - (iii) 軌道及び観測計画用データ作成プログラム  
(OPDP)
  - (iv) 外国局月間運用予定入力処理プログラム  
(FSIP)
  - (v) 観測計画一次案作成プログラム (POPP)
  - (vi) 観測計画監視プログラム (MOPP)
  - (vii) 軌道データ作図・作表プログラム (ODFP)
  - (viii) 電力解析シミュレーションプログラム  
(EPAP)
  - (ix) ISS計画合成プログラム (IPMP)
  - (x) 観測計画読出しプログラム (OPRP)
- (2) ミッション監視プログラム (MMP)  
(HITAC-10/II)
- (i) システムエラー処理プログラム (SEPP)
  - (ii) 入出力制御処理プログラム (IOPP)
  - (iii) データ入力処理プログラム (MDIP)
  - (iv) 衛星時計チェック処理プログラム (TCKP)
  - (v) HKデータ出力処理プログラム (HKOP)
  - (vi) 衛星姿勢決定処理プログラム (SATP)
  - (vii) ミッション監視処理プログラム (MDMP)
  - (viii) TOP読取処理プログラム (TSCP)
  - (ix) TOP周回表示処理プログラム (TGDP)
  - (x) TOPデータMT出力処理プログラム  
(TMTTP)
- (3) PCMデータ収集プログラム (PCP)  
(NEAC-3200/50)
- (i) ISSシステム初期化プログラム (ISSINT)
  - (ii) TOSBAC オープン処理プログラム  
(CCCOPEN)
  - (iii) ISS実時間モード入力処理プログラム  
(RDIP)
  - (iv) ISS実時間モード前処理伝送プログラム  
(RDOP)
  - (v) ISS正規モード初期化プログラム  
(NMINT)
  - (vi) ISS正規モード入力処理プログラム  
(NDIP)
  - (vii) ISS正規モード前処理伝送プログラム

- (viii) I S I S 初期化プログラム (NDOP) (ISISINT)
- (ix) I S I S データ入力処理プログラム (ISIP)
- (x) I S I S データ前処理伝送プログラム (ISOP)
- (4) 衛星データ処理プログラム (TPP) [TOSBAC-5600/160]
- (i) TPP 初期化プログラム (TINT)
- (ii) データ前処理プログラム (DPPP)
- (iii) 衛星時計補正プログラム (SCCP)
- (iv) PCM データ編集プログラム (PDEP)
- (v) コマンドデータ処理プログラム (CDPP)
- (vi) コマンド記録修正プログラム (CDAP)
- (vii) 軌道関連データ作成プログラム (ORDP)
- (viii) 軌道関連データ読込プログラム (ORIP)
- (ix) エクスペリメンタ・テープ作成プログラム (EXTP)
- (x) コマンド記録作表プログラム (CRLP)
- (xi) 観測記録作表プログラム (ORLP)
- (xii) 軌道関連データ作表プログラム (WMLP)
- (5) イオノグラム・オンライン処理プログラム (IPP) [HITAC-10/II]
- (i) CPU 異常処理プログラム (CEPP)
- (ii) 入出力装置処理プログラム (IOCP)
- (iii) データ伝送処理プログラム (DCPP)
- (iv) システムプログラム (SYSP)
- (v) ユーティリティ・プログラム (UTLP)
- (vi) トップサイド・アナログMT処理 (TMT)
- (vii) トップサイド・オバーク・グラフィコン処理 (TOG)
- (viii) トップサイド・フィルム・スキャナ処理 (TFS)
- (ix) ボトムサイド・オバーク・グラフィコン処理 (BOG)
- (x) ボトムサイド・オバーク・スキャナ処理 (BOS)
- (xi) ボトムサイド・フィルム・スキャナ処理 (BFS)
- (xii) I S S アナログMT処理 (ISA)
- (xiii) I S S デジタルMT処理 (ISD)
- (6) イオノグラム解析プログラム (IAP) [TOSBAC-5600/160]
- (i) スタートアッププログラム (SIONO)
- (ii) コミュニケーションプログラム (#IONO)
- (iii) 管理プログラム (\*ISM\*)
- ① 関連データ検索処理 (CORDPG)
- ② 特性周波数ファイル処理 (FILE)
- ③ トップサイドN(h)解析 (TOPNH)
- ④ ボトムサイドN(h)解析 (BOTNH)
- ⑤ 解析データファイル処理 (FILE)
- (iv) 解析データ出力処理プログラム (EIONO)
- (7) 観測データ解析プログラム (MAP) [TOSBAC-5600/160]
- (i) エクスペリメンタ・テープ読込プログラム (ETIP)
- (ii) TOP データ解析プログラム (TOP)
- ① TOP サマリファイル初期化 (TOPINT)
- ② TOP サマリファイル作成 (TOPDAP)
- ③ TOP データ作図・作表 (TOPLPX)
- ④ TOP マッピングプログラム (TOPMAP)
- ⑤  $K_p, \Sigma K_p$  データ入力 (KPIP)
- ⑥ 物理関連データ作成 (PDAP)
- (iii) RAN データ解析プログラム (RAN)
- ① RAN システム初期化 (RANINT)
- ② RAN マップ用ファイル作成 (RANMFGP)
- ③ RAN 作図プログラム (RANMAPP)
- (iv) PIC データ解析プログラム (PIC)
- ① PIC システム初期化 (PICINT)
- ② 定数設定 (PICCST)
- ③ PIC データ解析 (PICDAP)
- ④ PIC 解析結果出力 (PICAOP)
- ⑤ サマリーテープ作成 (PICSUM)
- (v) RPT データ解析プログラム (RPT)
- ① RPT システム初期化 (RPTINT)
- ② RPT データ解析 (RPTDAP)
- ③ RPT 解析結果出力 (RPTS RP)
- ④ RPT サマリーテープ作成 (RPTSUM)

