

KSC ロケット飛翔支援用計算機システム

野 村 民 也・水 町 守 志
石 谷 久・浅 野 正一郎

Development of Computer System for Rocket Launch Operations at Kagoshima Space Center

By

Tamiya NOMURA, Moriyuki MIZUMACHI,
Hisashi ISHITANI and Shoichiro ASANO

Abstract: A new computer complex system for rocket launching operations has been developed at Kagoshima Space Center. Radar tracking, radio guidance for attitude control and satellite injection control, and range safety surveillance are integrated within this system.

This system takes place the NEAC 2200 system developed in 1969, and features real time system configuration to control and track launching rocket as well as reduces amount of maintenances and operations.

This paper will describe system configuration and system functions as well as design concepts.

1. はじめに

本研究鹿兒島宇宙空間観測所では、ロケット飛翔支援地上計算機システムとして、NEAC 2200 モデル 400 を中心としたシステムが 1969 年以來使用されてきた。NEAC 2200 システムは、精測レーダの追跡制御を主体とした「ロケット追跡」、「電波誘導」、「飛行安全」並びに「飛翔状況表示」の機能を有するものであった。

しかしながら、導入後 10 年余りを経過し、当システムの老朽化が顕著となり、システムの安定動作を保証し得なくなった 1977 年度から、新システムの導入が計画された。

新システムには、NEAC 2200 システムに於て蓄積された知見の全てを移行することを前提とし、さらに将来のロケット飛翔実験計画を見込んだ各機能要素の増強が考慮され、同時に M ロケット以外の観測ロケット飛翔実験に際する運用の簡素化が織り込まれている。

またシステム形態としては、各機能要素に対する機能要請を最も適切に満たすべく、機能分化が積極的に取り入れられており、結果として ACOS システム 700 を中心として複数のミニコンピュータが結合された分散処理システムとなっている。

本システムは1978年12月に鹿児島宇宙観測所(以下KSCと略称する)に設置され、1年余りにわたるシステム機能確認試験を経て、1980年2月のM-3S-1号機の飛翔実験に使用され、試験衛星MS-T4を所定の軌道に投入した。

以下に本システムに開発上の主要項目を中心に、システム機能の概要を報告する。

2. システム機能への要請

本システムの計画時点から、本研究所内には仮称「KSC計算機システム全体会議」が設けられ、ロケット追跡(レーダ)、電波誘導(以下RGと略記する)、飛行安全(以下RSと略記する)、飛翔計画・表示(以下OPと略記する)、並びに計算機運用の各責任者、実務担当者が、システム計画の調整に当たった。そこに於て、本システムが具備すべき要件として、以下の項目が挙げられた。

- (1) 旧NEAC 2200システムで果たされていた機能の全てを、速やかに新システムに移行すること。
- (2) 追跡、RG、RS、OP並びに計算機運用の5つをサブシステムとして定義し、各サブシステムの独立性を確保する。
- (3) サブシステム間で共通に使用されるロケット飛翔時のデータの受け渡しに於ける、リアルタイム性、データの確度をシステムとして保証する。
- (4) サブシステム単位の分散処理を促進する。
- (5) 各サブシステムが具備する機能には、現在予測されている将来のロケット飛翔計画を遂行する上で必須となる基本機能を織り込む。
- (6) 同時に、将来に対してシステム機能の拡張が速やかに行ない得るよう配慮する。
- (7) 各サブシステムの機能には、実験に際し事前の準備及び事後データ解析の機能を一貫して織り込む。
- (8) 各サブシステムで使用する計算機並びにそれに関連する手段は、出来得る限り汎用で使用されているものを流用し、運用・保守性を確保する。
- (9) システムのドキュメントを完備する。

これらの要件の内(2)、(3)、(4)項は特に慎重な検討が加えられているので、その要点を以下に補足する。

KSCに於けるロケット飛翔実験は、Mロケットとそれ以外の観測ロケットに大別される。前者に於ては(2)項に定義した全てのサブシステムの参画を必要とし、例えば追跡サブシステムでは、5.6 GHz 精測レーダ、1.6 GHz 4 m及び3.6 m レーダの3レーダを使用するのを標準とする様に、各サブシステムが果す機能も高度なものとなっている。一方、後者では、RG機能を必要としない場合が多く、また追跡サブシステムでは1.6 GHz レーダを標準として使用することが多い。この様に、ロケット飛翔実験に際し本システムは、常に一様な機能あるいは構成で対処するわけではない。

前記要件の内第(2)項は、ロケット飛翔実験に際する機能構成を適切に選択し得るための配慮であり、旧NEAC 2200の知見を踏まえた本システムの新規事項となっている。

一方、上述のごとく各サブシステムの独立性を確保し、またサブシステム内の機能を独立

に選択し得る様に構成するためには、サブシステム相互に受け渡されるデータの授受方式、データ授受に際する即時性の保証、データ内容の確度の保証等に対する標準を設定する必要が生じる。

前記要件の内第(3)項は、この問題の解決に対する要請であり、当初から運用上信頼性が最も高いと判断される中央計算機内に、データ授受並びにデータ保管用の Data File Management System (DFMS と以下略記する)を想定した検討が行なわれた。各サブシステムの機能上の独立性を保証しつつ、同時に DFMS に対するインタフェースの標準を設定することで、(2)、(3)項に関する技術的問題の解決がはかられる。

以上の様にシステム概念の検討を進めてゆくと、中央に於ける標準的機能の完備と、各サブシステム内で解決すべきサブシステムの運用形態に則した装置制御とに、処理を大別するのが自然なアプローチと考えられる。一方、サブシステム個有の機能には、例えばレーダから取得される角度・距離データやレーダ・アンテナ制御誤差等の即時制御データの入力、あるいは目標位置の予測情報に基づいたアンテナ制御等、数ミリ秒を単位とした制御機能が含まれる。これら実時間性の要求が極めて厳しい部分を中央の計算機の処理に含めることは、機能分担上妥当とは考えられず、また一方、対象ロケットに応じて機能差異を生じるために中央計算機の負荷が一般的なものと設計できない等の技術的困難さも生じる。

前記要件の内第(4)項は、この問題に対する一般的解決手法である分散処理化(機能分担化)を本システムにも適用しようとするものであり、これにより本システムは中央計算機と実時間制御に適したミニコンピュータの複合体により構成されることが予測された。

3. システム構成

3.1. サブシステムの機能

前項で説明した、追跡・RG・RS・OP並びに計算機運用から成る5つのサブシステムが、旧NEAC 2200システムで果されてきた機能を担うべく、各サブシステム機能が検討された。以下はその結果として設定された機能を要約している。

(1) 追跡サブシステム

5.6 GHz 精測レーダおよび1.6 GHz 4 mレーダ・3.6 mレーダから得られる飛翔体追跡データ、データ品質、追跡モード等から成るレーダ生データを各レーダから取得する一方、レーダ追尾に必要な予測計算処理を行うことが基本となる。同時に、各レーダ・サイトに於ては、個々のレーダ装置の方式・特性に応じたレーダ制御が行なわれる。

以上の基本機能に加えて、各レーダが同一目標を追尾する状況に於ては、相互にデータを利用し合う機能が要求される。即ち、これはレーダが目標を捕捉しえない状況で、目標の(再)捕捉のために他レーダにスレーブする機能となり得るものであり、追跡レーダ群により追跡の確度を高めるための機能となる。

また一方、各レーダが異なる目標を追尾する状況に対しても本サブシステムが対処し得る様に機能が設定されている。

従って、本追跡サブシステムは、各レーダ毎に独立な追尾予測のためのデータ処理を行う一方、必要に応じてレーダ間でデータを参照し合い、相互スレーブの機能が果せる構成とす

ることが要求されている。

(2) RGサブシステム

衛星を所定の軌道に投入するために、追跡サブシステムにより取得されたレーダデータに基づいて、ロケットの飛行状況を推定し、誘導計算を行い、必要とする電波誘導を行うための表示並びにコマンド指令データを発生することを基本機能とする。

この基本機能は、レーダが適確に飛行体を追跡している限りに於て、あらかじめ計画された手順に従って実施されるべきものであるが、RSの立場から誘導制御を禁止すべきと判断される場合にはその判断が速やかに通知される様に、サブシステム間の判断情報の伝送機能が内在されていることが要求されている。

(3) RSサブシステム

追跡サブシステムが取得するレーダデータに基づいてIIP並びにPPIの計算を行い表示し、RS担当者の判断に資することを基本機能とする。

本機能は、レーダが追尾している限りに於て、他サブシステムのいづれよりも高い信頼性で動作することが要求される。従って、レーダデータをRSサブシステムに供給する手段は、この観点から適切に設計されるべき事項となる。

これに加えて、ロケットテレメータデータをRSサブシステムが取得する手段も用意されている。この部分は旧来のロケットテレメータとRSサブシステム間に設置されている構成を流用することを想定している。

一方、RGサブシステムに関連して説明したRS判断情報は、RSサブシステムが常に他サブシステムに対し伝達し得る様に構成される。

(4) OPサブシステム

ロケット飛行位置をPPIデータに基づいて表示する一方、衛星を塔載する場合には、予測達成軌道を表示し、OP担当者の判断に資することを基本機能とする。

(5) 計算機運用サブシステム

各サブシステムで取得されるデータ、あるいは計算処理結果、判断結果などの各種のデータを、サブシステムにわたって共用し得る様に、集中管理することを基本機能とする。

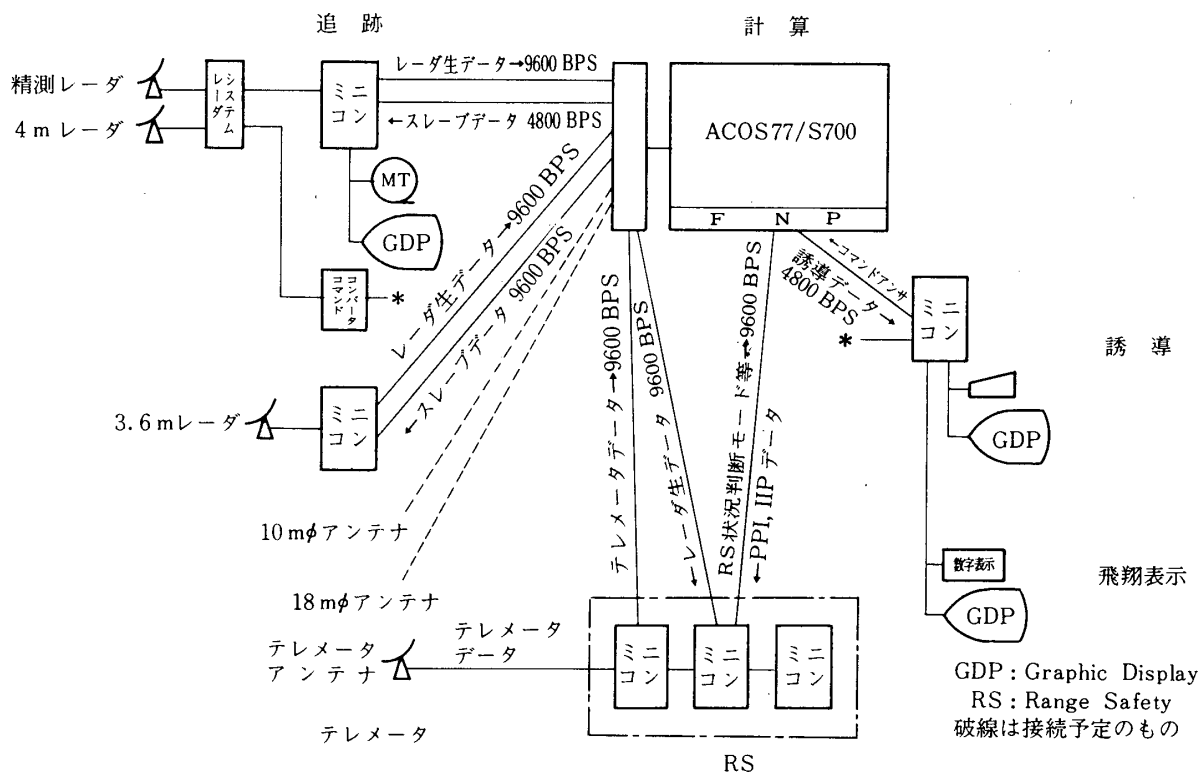
これは、本システムが各サブシステムの独立性を保証するために設けられたデータ共用のための標準インタフェース機能と解釈することができる。この標準機能に従って各サブシステムは必要なデータの格納/検索を行うことが出来る。

同時に、本サブシステムは独立に運転される各サブシステム間の運用調整、システム間に伝送されるデータの保護等、他のサブシステムが適切に動作するために必要な基本処理を司っている。

3.2. システム構成

前項に説明した各サブシステム機能に従って、第1図に示すシステムが構成されている。

本構成はいわゆる分散処理システムの形態を採っている。これは、通常の機能分散形分散処理システムの構成概念と同様に、サブシステム個有の装置制御機能を装置の近傍に設置されている汎用ミニコンピュータの処理担務として設定し、高速かつ大規模の数値計算を中央に設置された汎用大型計算機の処理能力により実現するという概念に基づいている。



第1図 KSCコンピュータシステム構成機器概念図

従って、前項に示した各サブシステム機能は、各サブシステムサイトに於てミニコンピュータにより実現される部分と、中央の大型計算機により実現される部分に分割されることになる。

第1表は、システム構成をサブシステムごとに整理したものである。

先づ追跡サブシステムは、地理的に離れた2ヶ所のレーダセンタに対応して、独立な2つのミニコンピュータシステム（追跡（I）と追跡（II）と表現している）が構成され、これに中央システム（センタと表現している）が加わって追跡サブシステムを形成している。ここでミニコンピュータシステムでは、100m秒以下の周期で実行されるレーダデータの取得、10m秒以下の周期で実行されるレーダ制御並びにこれらの記録等の実時間制約の強い処理が担務となっている。一方センタでは、100m秒毎に伝送されてくるレーダデータを用いた推定計算が1秒に2回実行され、その結果1秒に1回レーダ追尾予測が行なわれる。

RGサブシステムでは、誘導コマンド制御コンソール、各種表示装置、並びに精測レーダサイトに置かれたコマンドコンバータへのコマンドの送出及びコマンドアンサーバックの取得等、電波誘導に関する制御装置の対応をミニコンピュータが実行する一方、センタでは誘導のための予測計算、誘導計算並びに表示情報としてのPPI計算が行なわれる。ここで、ミニコンピュータ処理は、制御を必要とする時点で即時に制御動作が実施できる様配慮されて

第1表 システム構成表

サブシステム名		主要機器構成	主な機能	
			サイトにおける機能	センタにおける機能
追跡 サブシステム	追跡(I) (精測レーダ (4mφレーダ))	NEAC MS50×2 GDP, カラー-GDP MT, CR, LP	レーダの制御 レーダデータの収集 レーダデータの記録	レーダデータ収集 PPI計算 レーダ追尾予測計 算
	追跡(II) (3.6mφレーダ)	FACOM U-1500 カラー-GDP MT, LP	レーダの制御 レーダデータの収集 レーダデータの記録	
RSサブシステム		FACOM U-200, U-300, U-400 カラー-GDP, MT, LP	RSデータグラフ表示 レーダデータの収集 /記録 テレメータデータ 収集/記録	PPI計算 IIP計算
RGサブシステム		NEAC MS50 カラー-GDP, コマン ドコンソール	誘導データグラフ表 示 誘導コマンド出力	PPI計算 予測計算 誘導計算
OPサブシステム		GDP 数字表示装置	ロケット飛翔表示 (PPI)	-
計算機運用サブシステム		ACOS S700 DISK, MT, FNP, FEP, CR, LP PTR, PTP, CP	-	データファイル 管理

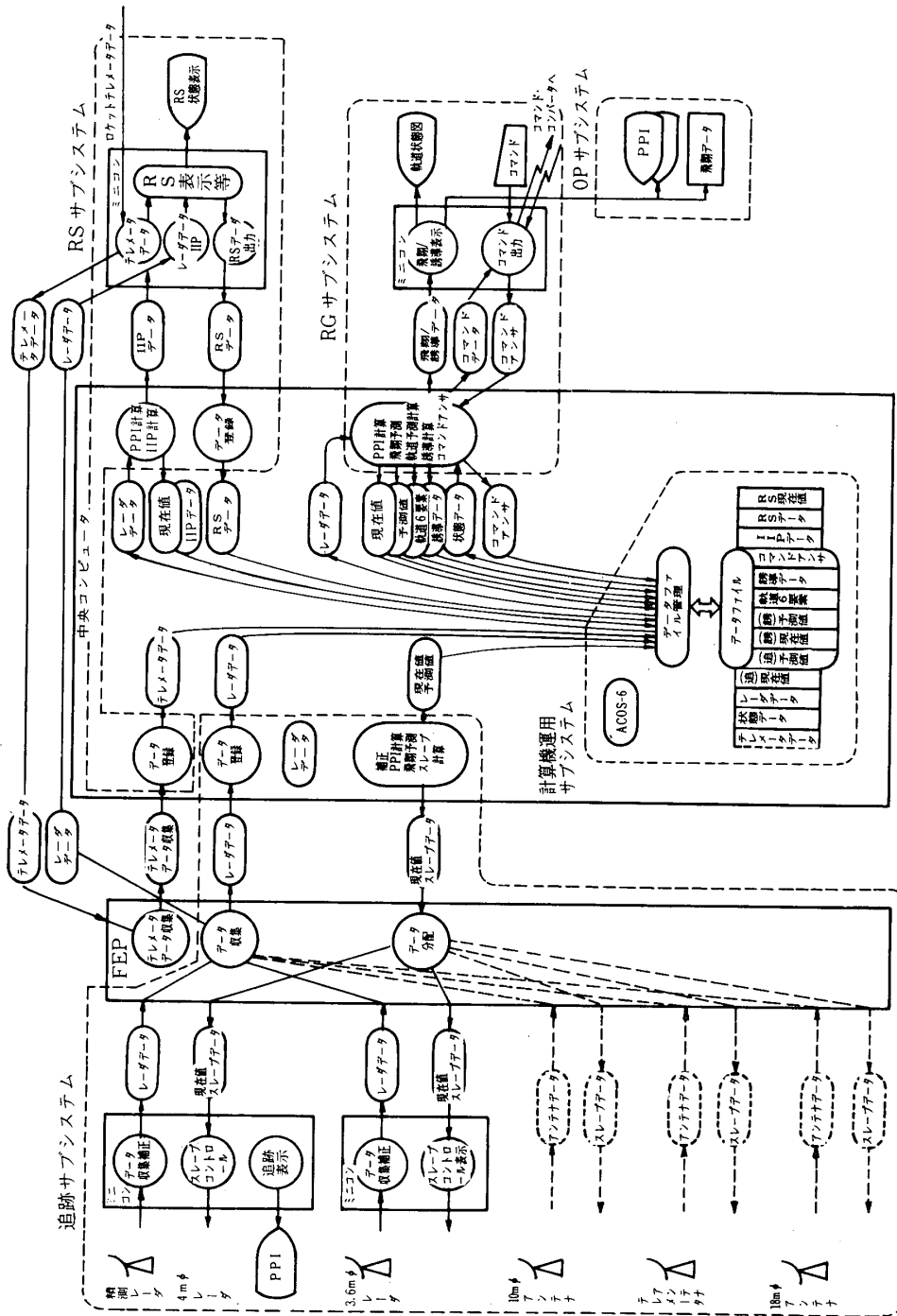
いる一方、センタ処理はレーダデータを計算機運用サブシステムの標準インタフェースを介して取得し、1秒に1回の周期で実行される。

さらにRSサブシステムは、センタが運転障害を起しても保安上の任務が達成できる様に、ミニコンピュータの複合体が独立運用可能な構成を有している。センタが正常に運用している状況では、レーダデータを利用したPPI及びIIP計算が500m秒に1回の周期で実行されRSミニコンピュータシステムに結果を伝達する。この経路が絶えた時には、常時補間的に伝送されているレーダデータを直接利用して、RSミニコンピュータシステムが独立運用を直ちに開始し得る構成としている。

3.3. システム・モード

本システムの機能には、運用形態から大別して、次の4種類に大別したシステム・モードが設定されている。

(1) 打上げ準備モード



第2図 各サブシステムのソフトウェアとデータ関連図

各サブシステム毎に、サブシステムテスト、打上げ前の各機器チェック並びに実験機に即した定数テーブルの登録等を行うモードである。尚、追跡サブシステムなどサブシステム内機器が地理的に離れている場合には、センタがサブシステムを統合して本モードを動作する場合がある。

(2) 打上げモード

全システムの機能をリアルタイムに処理する。各サブシステムは、計算機運用サブシステムを介してデータの相互共用並びにプロセス単位の走行スケジュールが行なわれる。

(3) ポストフライトモード

各サブシステムが、打ち上げ時に取得したデータを保管し、緊急性を要する時後解析処理あるいは衛星トラッキング予測計算処理等を速やかに実施するためのモードである。

(4) 開発モード

各サブシステムが、夫々のプログラムのメンテナンス等を行うモードである。

3.4. リアルタイム性の実現

第2図は、打上げモード時のシステム動作の概念を、装備しているプログラムとデータの流れとの関連で説明したものである。

同図に示されるごとく複雑な相互関連を有するシステムをリアルタイム性を確保しつつ運行することは、本システムで最も技術的に検討された点であった。

ここで、ミニコンピュータ部分に関しては、装置制御等を時間制約のもとで実行する必要があるが、それらは標準のリアルタイム向きシステムソフトウェアを流用することで主たる問題の解決がはかられている。

一方、これらのサブシステムを統合し全体としてリアルタイムシステムを構成するセンタでは、標準として提供されるバッチ志向のオペレーティングシステム(OS)を完全に流用することが困難であった。この困難さは、全てリアルタイム性の確保に関するものであるが、そのポイントは次の項目から成る。

- (a) 100m秒等の単位で定期的にアプリケーション・プログラムを動作させる手段を、標準のOS機能から抽出する必要があること。
- (b) データ伝送制御を介して送受される生データを、必要とする時間範囲内に定期的に授受する手段を、標準のデータ伝送制御手順から抽出する必要があること。
- (c) データ発生源から、そのデータを利用するサイトあるいはアプリケーションプロセスに引渡す間に発生するデータ品質の劣下、時間間隔のゆらぎ等を、付加情報としてデータ利用者に通知する手段、あるいはこのような品質劣下を吸収する手段を独自に装備する必要があること。

これらの内、第1点(a)に関しては、センタシステムのハードウェア構成とOSの両面から対応がはかられた。まず100m秒単位の極めて高頻度の処理に関しては、標準のOS利用で生じるオーバヘッドの増加を避けるために、センタシステムの前端にFEP(Front End Processor)を設置して、処理を中央機から分担させている。同時に、データの蓄積多重化を行い、中央機に対する入出力制御の頻度を500m秒単位に減少させ、低オーバヘッドの入出力制御方式の採用と相俟って、中央機のオーバヘッドを低減させている。

一方、中央機のアプリケーションプロセスの走行頻度と隔時性を確保する為に、次の2点から成る方式を設定している。第1は、OSのプロセス・ディスパッチに対して、アプリケーションプロセス毎に設定した走行最大時間による制御を加えたことである。これは、特定のプロセスの暴走等により他プロセスに対し影響が生じるのを防ぐ目的にも役立つもので、走行中のプロセスのいかんによらず走行最大時間を経過したプロセスは終了させ、他の処理に移行することが可能となる。第2は、隔時性を確保するために、プロセス起動タイミングを、サブシステム内に用意している経時機構を基準とした入出力タイミングにより与えていることである。これは、中央機には経時機構を当初の仕様に含めないという判断が関連しているが、各サブシステムは精度の高いJSTに同期した経時機構を備えており、これに基づくのがより適切であると判断した結果となっている。これらにより、走行時間のリミットチェックと、走行タイミングの設定がなされ、結果として、設定された走行頻度に従ってアプリケーションプロセスが走行し得ることとなった。

次に第2点(b)に関しては、標準のベーシック手順、あるいはハイレベル手順を利用することが当初想定されたが、両者がリアルタイム的使用に適さないという判断から、フォーマット並びに伝送誤り検出の部分だけベーシック手順を流用したデータ伝送制御手順が設計され、リアルタイム要求の厳しい部分に使用されている。

第3点(c)に関しては、分散処理の階層化の概念が採り入れられている。即ち、アプリケーションプロセスに対し、利用すべきデータの品質チェック処理を要求せず、品質情報の付加並びに品質の確保は、伝送制御を担務とする下位の階層で全て対拠する方針としている。これにより、データ品質の異なるサイトが新規加入したとしても、アプリケーションプロセスに対して機能変更を必要としない等、将来の拡張性、融通性を維持しつつ、本システムの目的に見合った方式が認定された。

4. サブシステム

本システムを構成しているサブシステムのハードウェアを中心に以下に概要を説明する。

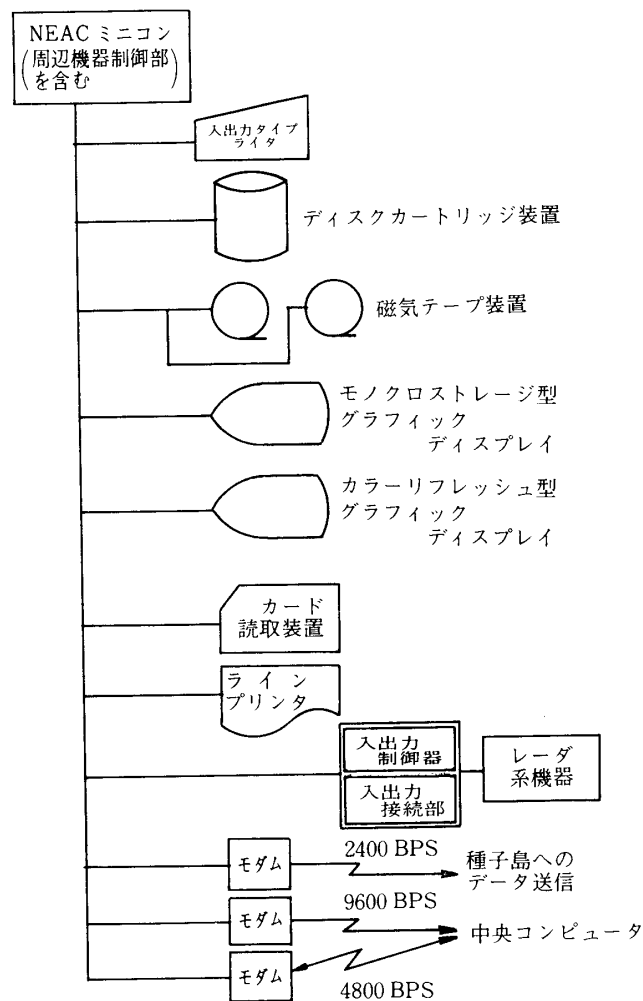
4.1. 追跡サブシステム

追跡サブシステムは、第2図に示すごとくレーダサイトのミニコンピュータと中央コンピュータ内の追跡用プログラムから構成され、以下の主機能を有する。

- ① レーダデータの収集と表示
- ② レーダ制御
- ③ レーダデータ及びレーダ制御データの記録
- ④ データの平滑、予測、結合
- ⑤ 誤差補正および座標変換
- ⑥ スレーブ予測値の内挿
- ⑦ 飛翔軌跡のディスプレイ表示
- ⑧ リモートバッチ処理

これらの内④、⑤、⑥は中央コンピュータの処理である。

第3図に追跡(I)サブシステムのハードウェア構成図を示している。追跡サブシステム



第 3 図 追跡 (I) サブシステムハードウェアブロック図 (ミニコン側)

・ミニコンピュータは、日本電気製の MS-50 システムと、レーダ系機器とのインタフェースハードウェア及びグラフィックディスプレイで構成される。

追跡 (I) サブシステムは、モノパルス方式の精測レーダと、コニカルスキャン方式の 4 m レーダを処理し、打上げモードでは、以下の処理を行う。

- (1) 精測レーダ、4 m レーダの角度・距離データ、レーダモード信号及びコマンドデータを収集し、レーダサイトに於て記録するとともに、中央コンピュータに対し 100 m 秒毎にデータを送出する。
- (2) 中央コンピュータで予測計算したスレーブデータから、精測レーダ制御信号を作成する。このスレーブデータを利用することにより、精測レーダがブラックアウトした際の目標捕捉をバックアップする。
- (3) 2 進数で入力されるアンテナ角度・距離データをもとに、レーダ状態に関する下記

表示を行い、レーダ操作者を支援する。

- ・ アンテナ角度・距離データを10進数で表示する。
- ・ 目標位置を、レーダ点を原点とする立面・平面座標系に投影して表示する。

(4) アンテナ角度・距離データをもとに、ロケットの飛翔軌跡を高度対ダウンレンジ、緯度対経度座標系で表示し、ロケットの飛翔状況をモニタする。

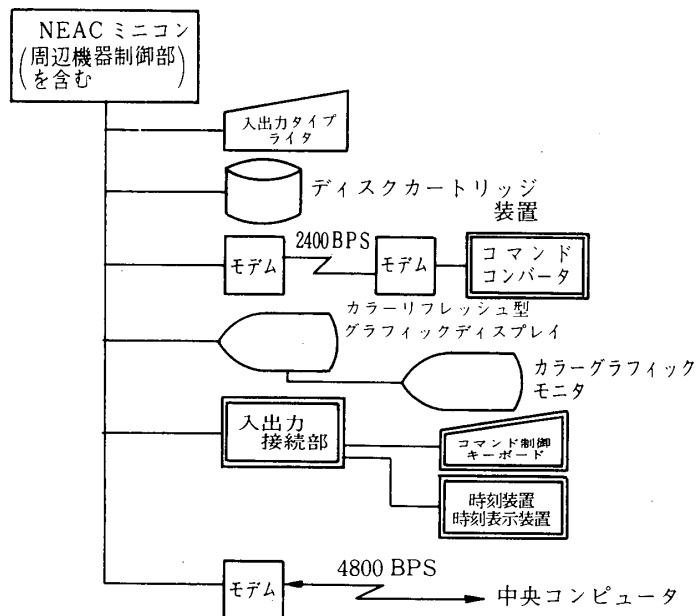
これらに加えて、打上げ準備モードに於て操作訓練支援並びにロケット塔載機器・地上機器動作試験の機能が用意されている。前者は、過去の実機データやシミュレーションデータを用いて、実際にレーダを動作させなくても追跡状況を模擬できるものである。また後者は、コマンド信号あるいはレーダモード信号の確認、アンテナ駆動試験などの項目が支援される。

以上の他に、宮原レーダサイトから中央コンピュータをリモートバッチ使用しうる機能が用意されている。

4.2. RG サブシステム

RG サブシステムは、追跡サブシステムから登録されたレーダデータに基づいて、ロケットの飛翔状態を推定し、誘導計算を行い、これに関連した表示およびコマンド指令データを発生させる。誘導に関連するプログラムは中央コンピュータにあり、ミニコンピュータにより個々の処理形態に従った制御がなされる。主な機能を以下に記す。

- ① 誘導プログラムの誘導計算処理と結果の登録。
- ② 軌道状態図のグラフィックディスプレイ表示。
- ③ 各種誘導データのグラフィックディスプレイ表示。
- ④ 誘導プログラムで算出される誘導コマンド量（ピッチ，ヨー，タイム）又はコマンド



第4図 RG サブシステムハードウェアブロック図（ミニコン側）

制御キーボードで設定される誘導コマンド量（ピッチ，ヨー，タイム，ナンバー）の送出，及びコマンドコンバータによるコード変換，並びにコマンド送信のアンサバックの確認。

⑤ センサスイッチによる誘導プログラムの処理変更指示。

これらの実際の制御部分を担務する RG サブシステムのミニコンピュータ構成を第 4 図に示す。本ミニコンシステムは追跡 (I) と同様に MS-50 ミシステムを用いており，これにコマンド制御を行うハードウェア及びグラフィックディスプレイが接続されている。

本ミニコンシステムは，中央コンピュータで計算した飛翔状況（軌道要素）推定データ，および誘導データを使用して打上げモードに於て下記の処理を行う。

- (1) ロケットの飛翔軌跡を，高度対ダウンレンジ，緯度対経度座標系で表示し，ロケットの飛翔状況をモニタする。
- (2) 軌道状態図及び各種誘導データをカラーグラフィックディスプレイに表示し，衛星軌道へ誘導する過程を監視する。
- (3) 中央コンピュータで誘導計算した結果である誘導コマンド量（ピッチ，ヨー，タイム）に基づいてコマンド列を合成し，レーダ系機器へコマンド出力を行う。またレーダ回線状態によりアンサバックの信頼性を評価し，再送条件の変更等の制御を行う。
- (4) 飛翔状況推定データ，誘導データ並びにコマンドデータのローカル記録を行う。

これらの他に，RG コマンドチェック等の支援を行う機能が打上げ準備モードに設定されている。

4.3. RS サブシステム

RS サブシステムは，追跡サブシステムから登録されたレーダデータを基に，PPI, IIP の計算を行い，この判断に従って RS 判断モードを設定する。RS の計算処理プログラムは中央コンピュータにあり，同時に RS ミニコンピュータ複合体にもバックアッププログラムが用意されている。RS サブシステムの主要な機能は以下の通りである。

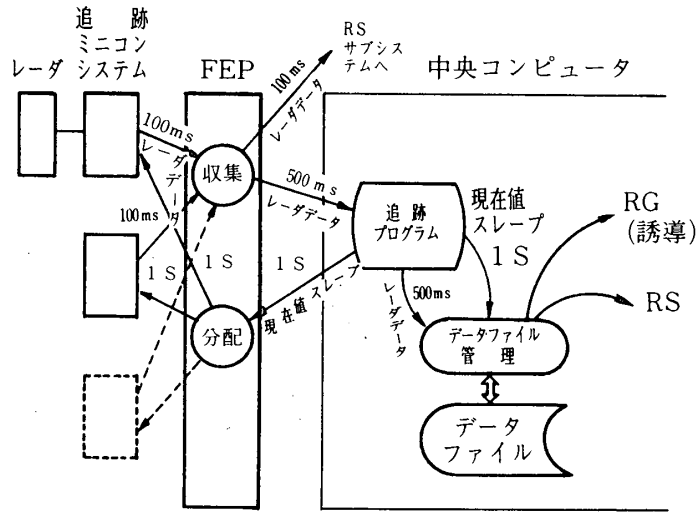
- ① レーダデータの取込・記録。
- ② PPI, IIP の計算及び結果の登録。
- ③ テレメータデータの取込及び登録。
- ④ RS 判断モードの設定及び登録。

尚本サブシステムのミニコンピュータ複合体は，RS 独自に開発が進められているので，その詳細については本報告から除外している。

4.4. 計算機運用サブシステム

計算機運用サブシステムは，中央コンピュータを中心に本システム全体の統合をはかる一方，各サブシステムで発生する各種のデータを集中管理し，その共用にあたって格納/検索の標準インタフェースを提供する。

本サブシステムは，ACOS シリーズ 77 NEAC システム 700 を中心として構成され，各サブシステムはリアルタイム要求の厳しい部分が FEP により接続され，また以外については標準の FNP (Front End Network Processor) を介して接続される。適用されたデー



第5図 追跡サブシステムのソフトウェアブロック図

タ伝送速度は全二重 9600 bps 又は 4800 bps である。

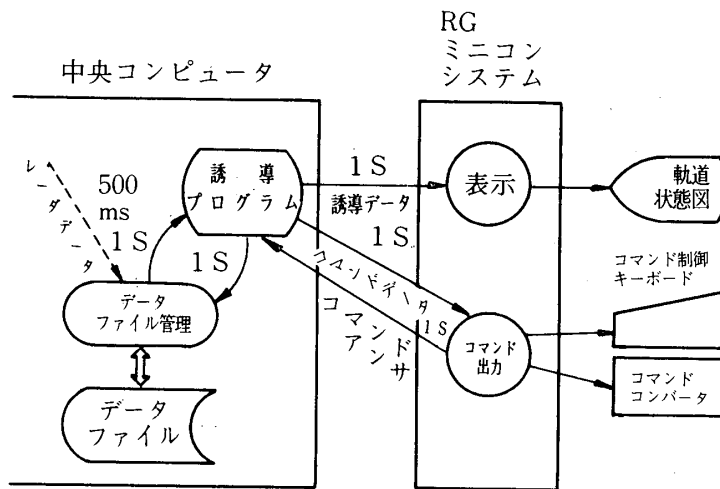
尚本システムには磁気ディスク 800 Mバイト、磁気テープ 4 台をはじめとして、標準の入出力機器が接続されている。

5. 中央コンピュータのソフトウェア

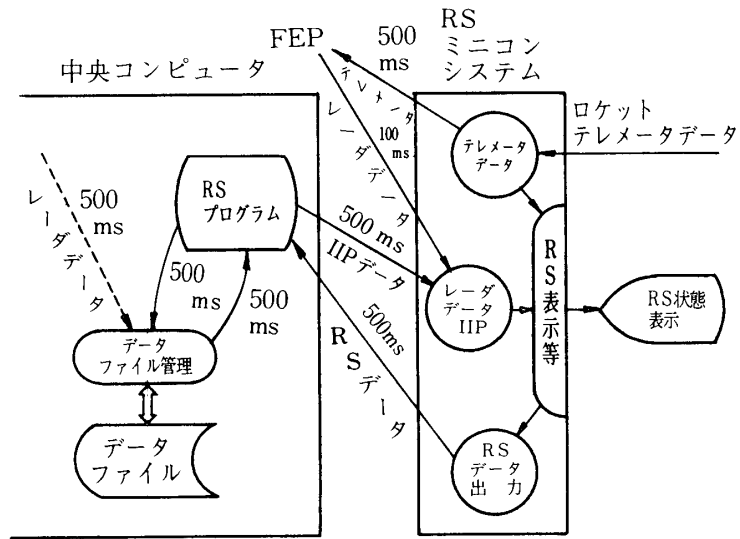
本システムに於て、中央コンピュータで動作する各サブシステムのアプリケーション・ソフトウェアを中心に、以下に説明している。

5.1. 追跡サブシステム

打上げモードに於て追跡サブシステムは、複数サイト（最大6局まで）から得られるレー



第6図 RGサブシステムのソフトウェアブロック図

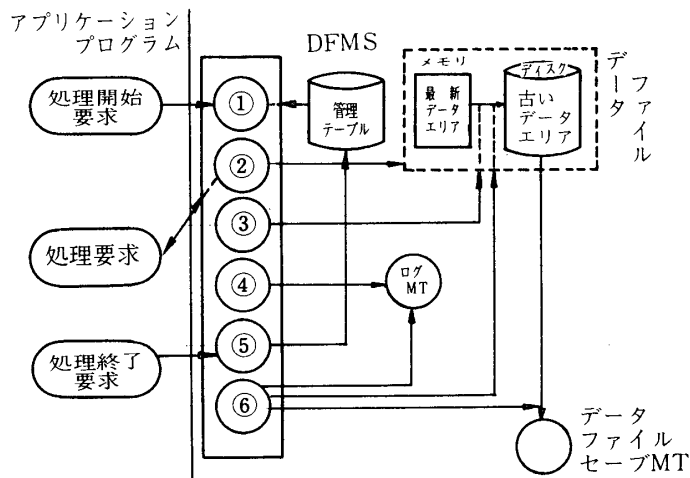


第 7 図 RS サブシステムのソフトウェアブロック図

ダの観測データ（方位角，仰角，スラントレンジ）と，これらのデータに付加される観測モードから，各追跡サイトについて観測代表値と代表モードを決定して，各追跡サイトに対する予測値を時間に関する二次式の係数という形で算出する。

各サイトに対する処理は，次の通りである。

- ① 初期処理
- ② 追跡データ入力処理
- ③ 代表処理モードの設定
- ④ データの平滑
- ⑤ データの各種誤差補正



第 8 図 DFMS 関連図

- ⑥ 受信モード時のスラントレンジ変換
- ⑦ データの結合
- ⑧ 各種座標変換
- ⑨ ロケットの位置予測
- ⑩ アンテナスレーブ用の係数計算
- ⑪ ロケット飛翔軌道パラメータの計算
- ⑫ 出力データ編集処理

プログラムの処理によって得られるロケットの位置並びに飛翔状況は、データ登録された後に各サイトへ送信される。

第5図には、本処理の流れを示している。

以上の打上げモード以外に、打上げ準備モードに使用される支援プログラムとして、追跡用データ登録プログラム、軌道合せ用ロケットパラメータ推定プログラム、背景画面データ伝送処理プログラム、軌道データ伝送処理プログラムなどが用意されている。

5.2. RG サブシステム

打上げモードに於てRGサブシステムは、レーダデータよりロケットの位置、速度並びに飛翔軌道をカルマンフィルタにより推定し、衛星を所定の軌道に誘導し投入する処理を行う。

ロケットは一般に、風やロケット自身の精度等が起因して所定の軌道からはずれて飛翔することが多いが、これらの事態に備えて、ピッチ角、ヨー角並びに最終段の点火時刻の各修正コマンド量を算出し、精測レーダからこれらのコマンド量を送信してロケットの姿勢及び最終段の点火時刻を修正する。

本処理は、次の項目から成る。

- ① 初期処理
- ② データ入力処理
- ③ データ及び誘導モードの決定
- ④ データ誤差補正
- ⑤ データフィルタリング
- ⑥ 各種座標変換
- ⑦ ロケットの位置予測計算
- ⑧ ロケットの飛翔軌道パラメータの計算
- ⑨ 電波誘導計算
- ⑩ 出力データ編集処理

プログラムの処理によって得られるロケットの飛翔状況、誘導モード及び誘導コマンド量等は、データ登録されると同時にRGサブシステム・ミニコンピュータへ送信される。

第6図には、本処理の流れを示している。

以上の打上げモード以外に、打上げ準備モードに使用される支援プログラムとして、誘導用データ登録プログラム、軌道状態図作成プログラム、軌道状態図表示処理プログラム、背景画面データ伝送処理プログラム、軌道データ伝送処理プログラム、TVC電波誘導用データ作成プログラムなどが用意されている。

5.3. RS サブシステム

打上げモードに於てRSサブシステムは、RSサブシステム・ミニコンピュータから500m秒に1回起動され、複数サイトのレーダデータを読み取り、各サイトごとにデータの有用性を検査しデータ平滑を行った後、RSの判断基準の一部として使用されるPPI, IIPを算出する。この結果は登録された後にRSサブシステム内のミニコンピュータ複合体システムに送出される。

第7図に、本処理の流れを示している。図中ロケットテレメータ・データがRSミニコンピュータシステムを介してFEPに伝送される部分が表示されているが、現在中央コンピュータではこのデータを登録処理しており、将来の利用の可能性を残している。

5.4. 計算機運用サブシステム

打上げモードに於て、計算機運用サブシステムは、3.4節に記述したりアルタイム性を確保する運用を行う一方、各サブシステムが発生するデータの格納・保管と標準インタフェースを介した検索を可能とするデータファイル管理システム(DFMS)を運用し、同時に各種のシステムロギングを行う。この中でDFMSは

- ① 処理開始要求の受付
- ② データファイルへのアクセス処理
- ③ 主記憶上のバッファエリアから外部ディスクへのデータ掃き出し
- ④ 授受データのロギング
- ⑤ 処理終了の受付
- ⑥ データファイルのクローズ処理

等から成る機能を実現している。第8図はこの概要を示したものである。

6. おわりに

KSCに於けるロケット飛翔支援地上計算機システムの概要を御報告した。本システムは1年余りの予備検討の後に1978年12月にKSCに設置され、本研究所の観測ロケット実験を通して慎重な実用化試験が行なわれ、実用の段階に達した。

しかしながら、現在KSCに設置されている各種コンピュータシステムの有機的利用を画するために、今後も本システムを中心に拡大整備が進められるものと考えられる。

本報告をまとめるにあたり、仮称「KSC計算機システム全体会議」に参画された多くの方々の御助力をいただいた。ここに、斉藤成文名誉教授、渡辺 勝名誉教授、本研究所 林友直教授、東口 実教授、中野 旭助教授、雛田元紀助教授、松尾弘毅助教授、生産技術研究所 浜崎 襄二教授をはじめとする各氏に感謝いたします。

また、本システムを開発するにあたり多大の御援助をいただいた日本電気株式会社の関係各位に感謝いたします。

1980年12月23日新設部(工学)

参考文献

- [1] 水町他：ロケット発射支援地上計算システム，電子通信学会技報，SANE 80-25
(1980年10月)
- [2] 浜崎他：レーダによるM-3C型ロケットの軌道追跡及びデータ処理結果，東京大学宇宙航空
研究所報告，Vol 14, No. 1(B)，pp 333-344，(1978年2月)
- [3] 斉藤他：電波誘導に関する電波系設備及び機器，同上，Vol 12, No. 1(B)，pp 321-356
(1976年3月)
- [4] 東口他：M-3Cロケットの制御，同上，Vol 14, No. 1(B)，pp 189-223，(1978年2月)
- [5] 籾田他：M-3Cの飛しょう保安，同上，Vol 14, No. 1(B)，pp 421-430，(1978年2月)