

# GSTOS コマンド計画検証ソフトウェアの開発

西村佳代子\*<sup>1</sup> 松崎恵一\*<sup>3</sup> 下川有希\*<sup>2</sup> 谷田貝宇\*<sup>2</sup> 宮野喜和\*<sup>2</sup>

## Development of GSTOS Spacecraft Operation Planning Software

Kayoko NISHIMURA\*<sup>1</sup>, Keiichi MATSUZAKI\*<sup>3</sup>, Yuki SHIMOKAWA\*<sup>2</sup>, Hiroshi YATAGAI\*<sup>2</sup>, Yoshikazu MIYANO\*<sup>2</sup>

### Abstract

GSTOS is Generic Spacecraft Test and Operations Software, which is applied to spacecraft developed by ISAS (Institute of Space and Aeronautical Science). We have developed Command Planning and Verification Software, one of the software components of GSTOS. This software is characterized by verification part which verifies validity of operation and command plan. In order to support various spacecraft, the verification part is implemented in a modular way and users can select the modules suitable for their application. At this moment, modules for SPRINT-A have been developed and used for in-orbit operation.

**Keywords:** spacecraft operation planning, GSTOS, コマンド計画検証ソフトウェア

### 概要

GSTOS (Generic Spacecraft Test and Operations Software; 汎用衛星試験運用ソフトウェア) は, ISAS (Institute of Space and Aeronautical Science) の衛星の試験と運用に使用される汎用のソフトウェア群である。我々は GSTOS の構成要素であるコマンド計画検証ソフトウェアを開発した。検証を行う計画検証部とマージを行うコマンド計画作成部に大別する方針とし, そのうち, 検証部については, 衛星毎に必要な機能の取捨選択, 入替できるように, 機能・処理毎のモジュール群で構成することとした。現時点では, 各モジュールはひさき (SPRINT-A) 衛星を対象として開発し, 実運用で使用されており, 他衛星への流用が検討されている。

## 1. はじめに

人工衛星 (探査機を含む; 以下衛星と略記) を用いてミッションを遂行するには, 地上から衛星にコマンドを送って制御する必要がある。制御対象は, ミッション機器とバス機器に分類される。バス機器に対する制御には, 姿勢制御, 軌道制御, 電力制御, データ処理系制御などが含まれる。制御方法としては, 地上から送られたコマンドを衛星側が受け取り次第実行する方法 (リアルタイムコマンド) と, 地上から時刻を指定して送られたコマンドを, 一旦衛星のメモリ上に配置して, 指定時刻になると実行する方法 (ストアードコマンド) がある。いずれの制御方法においても, 制御内容を地上で計画し衛星に送信する。これらの制御を実行することで衛星に異常等発生する可能性はないか, 正しくデータを取得できるかなど, 計画の妥当性の検証が必須である。

従来の ISAS の衛星では, 計画の妥当性を検証するツール類は, 衛星毎に固有のものとして作成されてきた。しかし, いくつかの問題点があり<sup>1)</sup>, その改善のため, SIB2 (Spacecraft Information Base version 2)/GSTOS-1 プロジェクトにてコマンド計画検証ソフトウェアを整備することとした。

---

\* 平成 26 年 12 月 19 日受付 (Received 19 December, 2014)

<sup>\*1</sup> 日本電気航空宇宙システム株式会社 (NEC Aerospace Systems, Ltd)

<sup>\*3</sup> 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 学際科学研究系  
(Department of Interdisciplinary Space Science, ISAS)

<sup>\*2</sup> 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 科学衛星運用・データ利用センター  
(Center for Scientific Satellite Operation and Data Archive, ISAS)

本論文では、コマンド計画検証ソフトウェアの開発経緯と実用例について述べる。まず2章で開発目的、3章で開発経緯について示す。以下4章で現在の使用状況について紹介し、5章にまとめる。

## 2. 開発目的

ISAS の衛星運用システムは、典型的に、状態を監視・制御する試験・運用系と定常運用を省力化する定常運用系から構成されている(図 1)。このうち、定常運用系は、運用計画を作成する運用計画・コマンド計画作成ツールと、状態を診断するテレメトリ診断ツールで構成されている。さらに、運用計画・コマンド計画作成ツールは、「計画検証部」と「コマンド計画作成部」で構成されている。計画検証部では、軌道予測から各地上局での可視時間帯を計算した上、どのように観測するか、そのため、どの機器をいつどのように制御するか計画を立てる。また、その計画を用いた場合の衛星や搭載機器の状態を簡易的に予測し、電力、データ容量、熱、姿勢などの制約条件と照らし合わせ、計画の妥当性を確認する。コマンド計画作成部では、妥当性が確認された計画を、衛星管制卓で使用されるコマンド計画ファイルの形式に変換し、出力する。SIB2/GSTOS-1 プロジェクトにおいても、図 1 の機能構成を踏襲している。

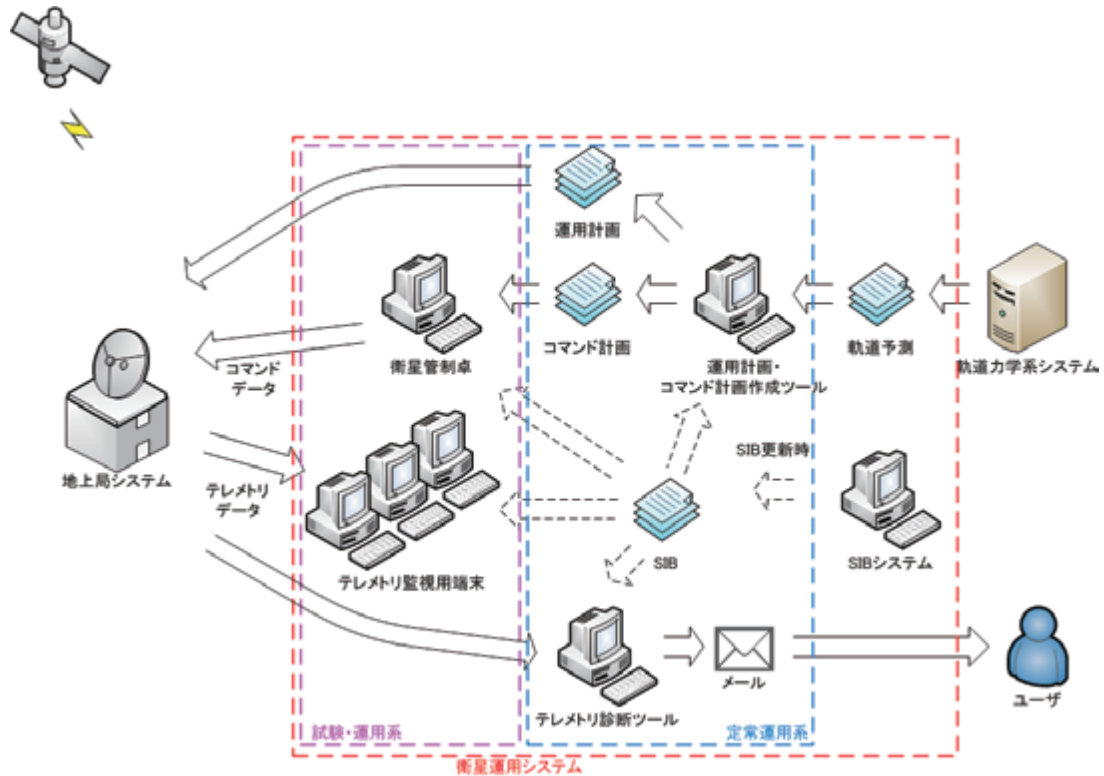


図 1 衛星運用システム

[「SIB2/GSTOS-1 における開発状況」<sup>1)</sup>より引用]

従来の ISAS の衛星運用システムでは、コマンド計画作成部として ISACS-PLN(Intelligent Satellite Control Software-Planner)というツールが開発・運用され、計画検証部は、一部既存衛星からの流用があるもののそれぞれ個別のモジュール群として各衛星プロジェクトによって作成・運用されることが多かった。参考文献 1)では、従来の衛星運用システムの問題点を大きく4つ挙げている。そのうち以下の3つが、運用計画・コマンド計画作成ツールの問題点を含んでいる。

### (1) 運用計画・コマンド計画作成ツールの問題点：

運用計画・コマンド計画作成ツールのうち計画検証部は、衛星の打上前後に、若手研究者が作成していた。これは、本来研究に充てるべき時間をツールの作成やメンテナンスで消費することになり、科学的な生産性を落とすと共に、ツールの検証不足による不具合発生などのリスク要因となることが多い。

- (2) 衛星プロジェクト毎の開発・運用体制の問題点：  
衛星毎の新規性がほとんどない箇所でもプロジェクト毎に開発・運用し、それぞれのプロジェクトでメーカーと対応しており非効率である。また、各サブシステムがソフトウェアを含むブラックボックスの装置として整備され、ソフトウェア部分の開発規模が不明瞭となり、開発・運用のコストや品質の管理が困難となるとともに装置毎にコストが発生することとなっている。
- (3) 維持管理の問題点：  
メーカーや ISAS 内の特定の個人のみが詳細な設計内容を把握しているという属人的な開発が行われてきたため維持管理に必要な設計情報が不足している。

これらの問題点を解決するため、SIB2/GSTOS-1 プロジェクトでは、対象プロジェクトを横断的な視点から分析し、全体で開発規模がミニマムになるよう留意しつつ、関係メーカーとの協力の下、ユーザ向け文書や設計文書を含んだ製品としての運用計画・コマンド計画作成ツールである「コマンド計画検証ソフトウェア」を開発した。

### 3. 開発経緯

#### 3.1. SIB2/GSTOS-1 プロジェクト対象衛星への要求のヒアリング

SIB2/GSTOS-1 プロジェクトが発足当初対象とした三衛星(SPRINT-A, ASTRO-H, MMO)及び参考にあかつき(PLANET-C)衛星開発担当メーカーへヒアリングし、コマンド計画検証に必要な要件を洗い出した<sup>2)</sup>(表 1)。その結果、軌道、姿勢制御、通信、電力、データレコーダ(Data Recorder; DR)、ミッションの各サブシステムの項目毎にそれぞれ検証項目が存在し、衛星の搭載機器、ミッション内容、軌道に応じて、共通的な項目と衛星固有の項目があることが明らかとなった。

表 1 対象衛星への要求ヒアリング結果

要求がある項目に対して○をつけている。またその要求によって作られる関連ツールも示す。

No	要求項目		MMO	SPRINT-A	ASTRO-H	PLANET-C (参考)	関連ツール
	大項目	小項目					
1	軌道	SAAの影響	×	○	○	×	緯度、経度、高度で放射線の影響度合いを表示するツール
		可視時間番	○	○	○	○	可視時間を示すツール
2	慣性空間指向	慣性空間指向	×	○	○	○	慣性空間での指向方向を指定する。天球図等を表示するツール
		緯度経度指向	×	×	×	○	天体の表面と直下点の軌跡を表示するツール
4	姿勢制御	天体指向	×	×	×	○	天体の中心、およびそこからオフセットで姿勢を指定する。惑星や衛星のリムや影を表示するツール
		STT管理	×	○	○	○	姿勢決定に使える恒星の有無と色のチェックするツール
6	アンローディング管理	×	?	?	×	アンローディング実施を計画するツール	
7	スピン軸管理	○	×	×	×	天球上にスピン軸を表示し、制約条件を示すツール	
8	アンテナパターン	カージオイド 単一指向	カージオイド	カージオイド	カージオイド 単一指向		
9	通信	可視中のアンテナ切替	×	○	○	△	ルックアングル表示、地上受信レベル予測ツール
		アンテナ駆動装置	○	×	×	○	HGAポインティング管理ツール MGAジンバル角管理ツール
11	テレメットレートの変更	○	×	×	○	回線マージン解析ツール	
12	バッテリー	○	○	○	○	バッテリーの充放電を管理するツール	
13	電力	HCE Peak Power割当の変更	?	?	?	×	太陽角や機器モード(大電力機器)から必要なHCEピークパワーを算出するツール
14		電力収支	○	○	○	○	発生電力と消費電力の収支を示すツール
15	DR	DR蓄積量	○	○	○	○	DRの蓄積量を管理するツール
16	ミッション	カメラ撮像	×	○	○	○	撮像計画ツール (姿勢へのフィードバックが必要)
17		イベント数計測	○?	×	○	×	?
18		磁場計測	○	×	×	×	?

[「汎用衛星試験運用ソフトウェアコマンド計画・発行ソフトウェア(その1)成果報告書」より引用]

#### 3.2. これまでのコマンド計画検証プロセスの検証

当時運用中の衛星プロジェクト(あかり、ひので、すざく、あかつき)のコマンド計画検証プロセス(コマンドを計画し、検証するプロセス)及び使用されているツールについて調査した<sup>3)</sup>。3.1で述べた要求のヒアリングから、標準的なコマンド計画検証プロセスを図2のようにイメージ化し、これらを踏まえ運用中の衛星に対し、ヒアリングを実施した。

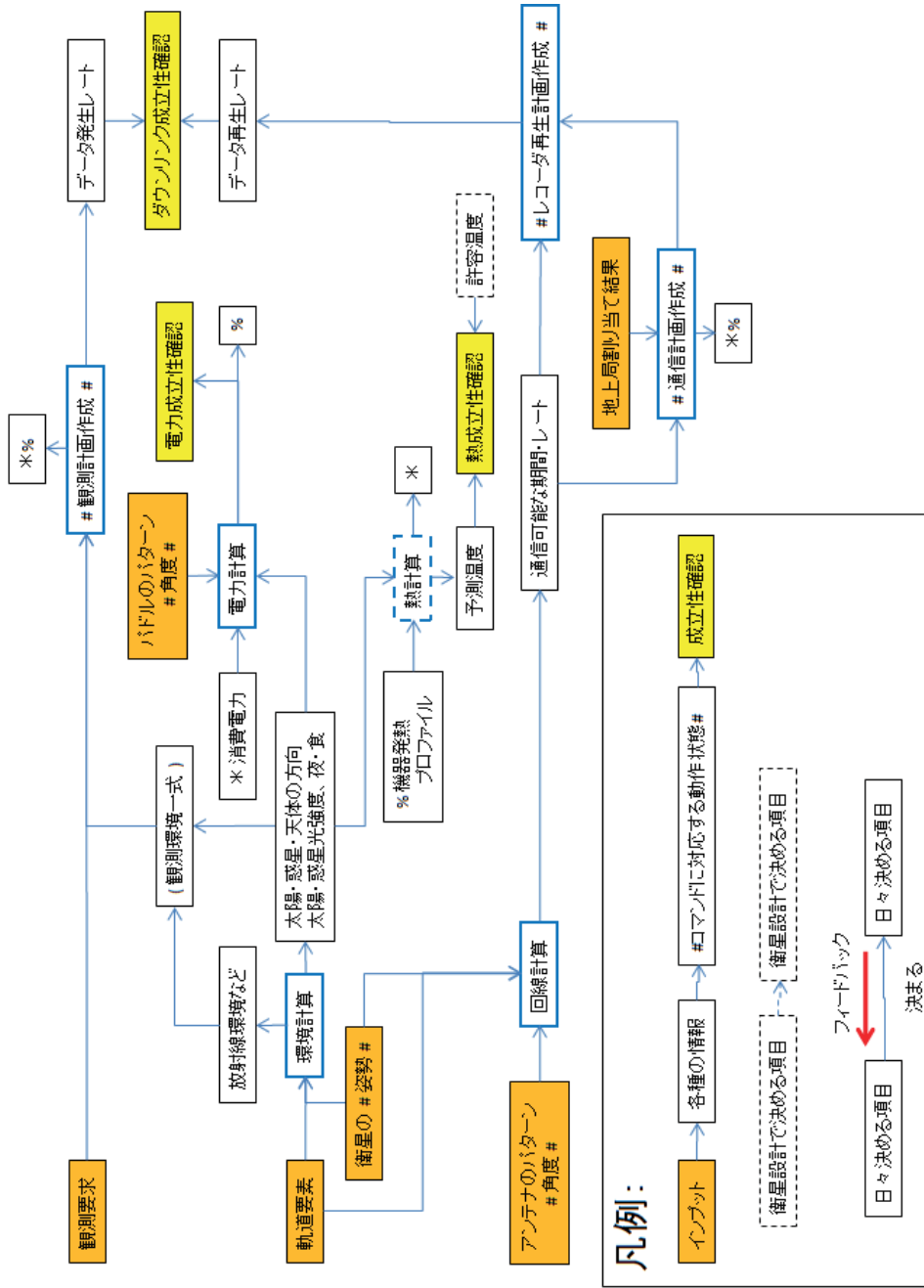


図 2 標準的なコマンド計画検証プロセスイメージ  
 [ 「汎用衛星試験運用ソフトウェアコマンド計画・発行ソフトウェア(その2)設計検討書 (コマンド計画検証ソフトウェア)」より引用 ]

ここで、ISACS-PLN を用いているあかり、ひので、すざくのうち、ひのでのコマンド計画検証プロセスを図3に示す。これらの衛星プロジェクトでは、全てを一括し検証するのではなく、要求毎に妥当性を検証し、計画が妥当でない場合は入力値を変更(必要があればさらにその前の手順に戻って入力値を変更)し検証しなおしていること、複数の要求のとりまとめ・計画のマージが行われていること、モジュールは検証項目毎に存在することが明らかとなった。また、ヒアリングの中でISACS-PLNの問題点として、コマンドの時刻決定の仕様が不明確なこと、複雑なため使用されていない機能があることが挙げられた。

他方、あかつきでは、軌道や観測計画などのインプットからコマンド計画ファイルの作成までを、計画検証部、コマンド計画作成部と分割せず、PCNAV と呼ばれる一つのツールで実現していることが分かった。そこで、PCNAV の内部構造についてヒアリングしたところ、インターフェース等は異なるものの、ISACS-PLN を用いる場合と同様のプロセスで記述できた(図4)。

### 凡例

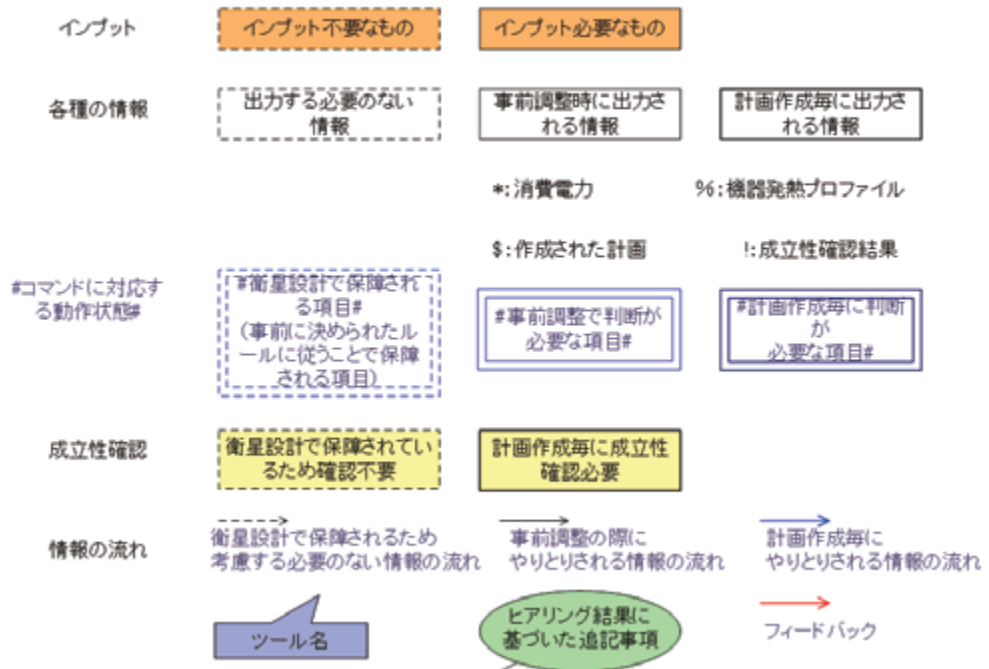


図3 ひのでのコマンド計画検証プロセス (1/2)  
 [ 汎用衛星試験運用ソフトウェアコマンド計画・発行ソフトウェア(その2)設計検討書  
 (コマンド計画検証ソフトウェア)より引用 ]

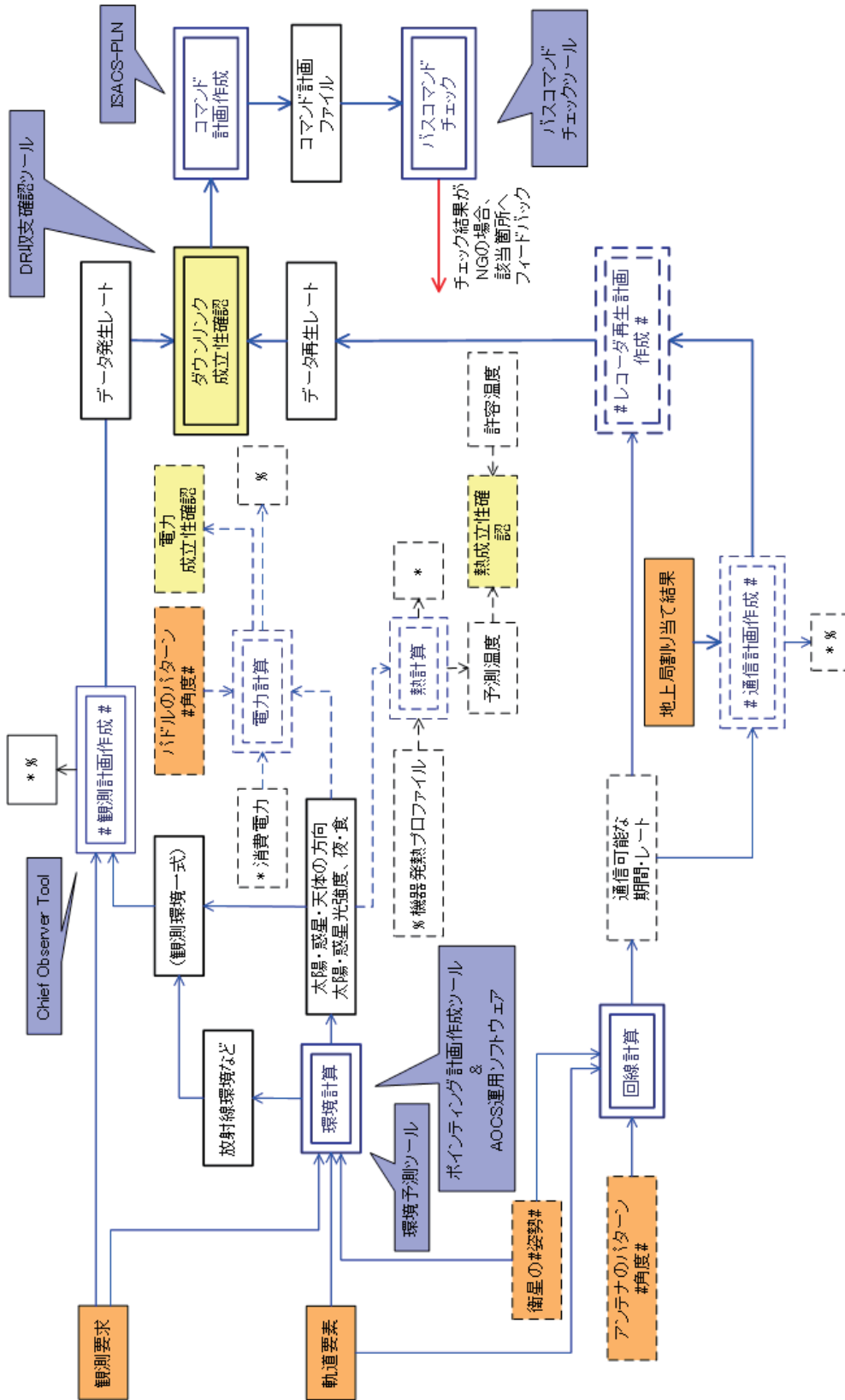


図 3 (続き) ひのでのコマンド計画検証プロセス (2/2)  
 [ 汎用衛星試験運用ソフトウェアコマンド計画・発行ソフトウェア(その2)設計検討書  
 (コマンド計画検証ソフトウェア)より引用 ]

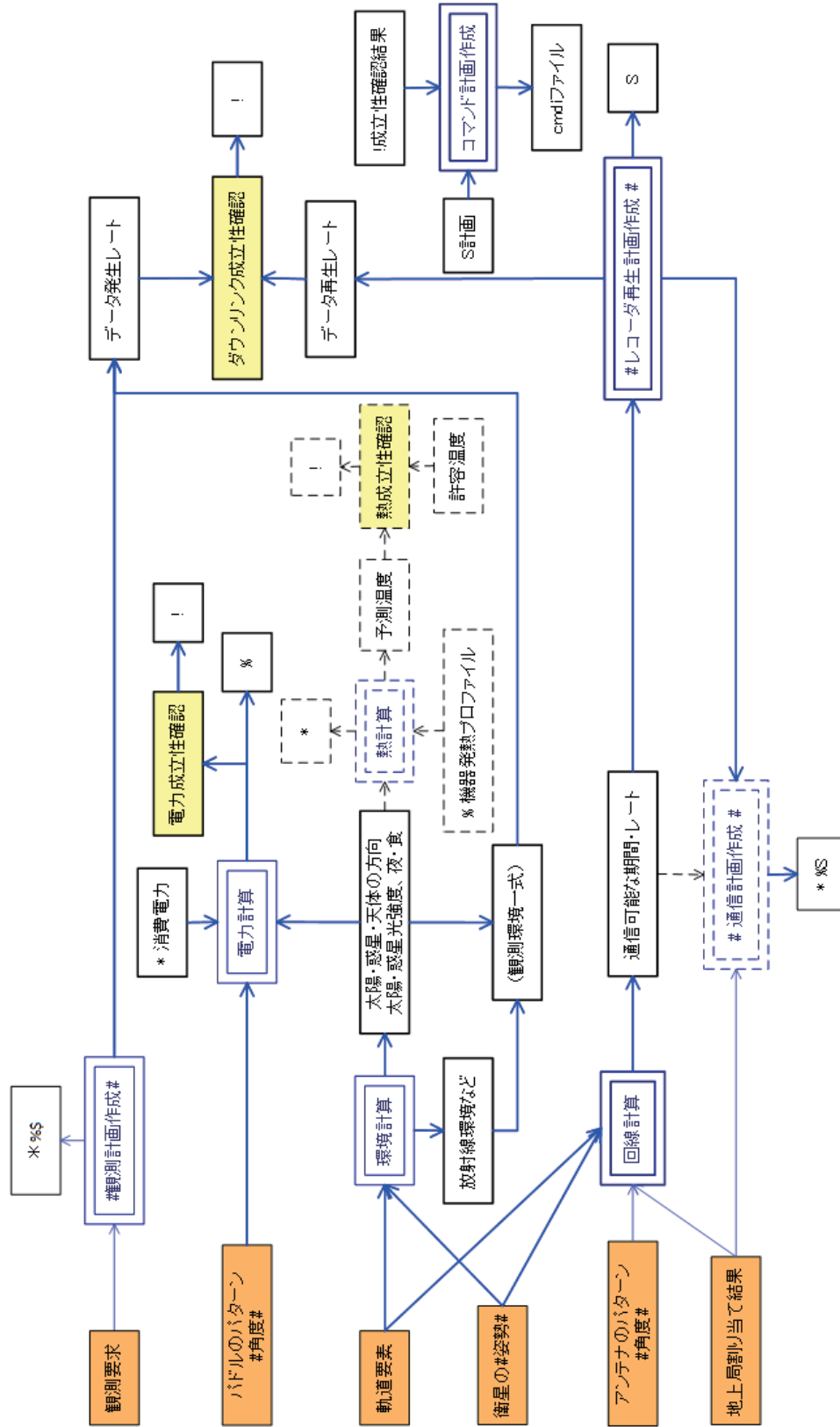


図 4 あかつきのコマンド計画検証プロセス  
 [「汎用衛星試験運用ソフトウェアコマンド計画・発行ソフトウェア(その2)設計検討書  
 (コマンド計画検証ソフトウェア)」より引用]



### 3.3. 仕様検討

前節の結果を基に、ISACS-PLN を使用しているプロジェクトで使用しているモジュールの流用や、PCNAV を流用する方式も含め、コマンド計画検証ソフトウェアの仕様を検討した。多くの ISAS の衛星では、ミッション機器の担当者やバス機器の担当者がそれぞれ独立に運用要求ファイルを作成、計画を検証し、取りまとめ役が作成された運用要求ファイルをマージし、最終的にコマンド計画ファイルを作成してきた。そのため、コマンド計画検証ソフトウェアにおいても、独立に作成された運用要求ファイルをマージする ISACS-PLN 方式を踏襲し、検証を行う計画検証部とマージを行うコマンド計画作成部に大別する方針とした。

この方針を受け、計画検証部とコマンド計画作成部のインタフェースである運用要求ファイルの仕様を検討し、その経緯について参考文献 4) にまとめた。運用要求ファイルは、イベント時刻対応表が記述されたファイルと運用要求記述言語(ORLG; Operation Request Language for GSTOS)で記述されたファイルから構成される。ここでイベント時刻対応表はイベントとその発生時刻の一覧であり、ORLG は、コマンドシーケンス、およびイベントとコマンドシーケンスの対応を記述するための、プログラミング言語 Ruby を母言語とする DSL(Domain Specific Language)である。これらを用いると、コマンド計画作成部のユーザは、ある定常的なイベント(軌道上で発生する事象や制御内容に応じた出来事)に対するコマンドシーケンス(目的に応じたコマンドを順番に並びひとまとめにしたもの)を ORLG で定義し、そのコマンドシーケンスを実行するイベントが発生する実時刻を日々の計画検証の際にイベント時刻対応表として与えることにより、何度も同じような定義文を記述する必要がなくなる。また、計画検証部では、個々のコマンドあるいはコマンドシーケンスではなく、イベントを検証の対象にできるため、衛星毎の固有性を小さくできる。

#### 3.3.1. 計画検証部

計画検証部は機器の制御計画を立てると共にその妥当性の検証を行い、制御計画を運用要求ファイルとして出力する。計画検証部が衛星毎の搭載機器の差異や運用方針の差異などに柔軟に対応するには、すべての機能を備えた単独のソフトウェアとして構築するのではなく、機能毎にモジュールに分割し、衛星毎に必要なに応じて検証項目の取捨選択や各自が用意したモジュールに入れ替えられるようにすることがよいと判断した。ただし、MMO では既に衛星プロジェクトにより、計画検証部として独自のツールを作成していたため、スコープから除外した。

ヒアリングの結果を基に、一般的な計画検証部のもつ機能として、ミッション計画作成機能、軌道環境計算機能、姿勢成立性検証機能、電力成立性検証機能、ダウンリンク成立性検証機能、熱成立性検証機能、基本運用情報作成機能、局割当機能の 8 つの機能を定めた。これらには、汎用的に整備する部分、衛星毎に整備する部分の双方が含まれる。まず機能間のインタフェースを、次に各機能内に必要な処理を、今後の衛星でも使用できるよう意識して定めた。図 5 に、これらの機能構成のイメージを示す。なお、スコープから除外した MMO についても、ツールの内部構成が図 5 に示す関係で表されることを確認した。

開発対象の衛星のうち、SPRINT-A と ASTRO-H は近地球型の衛星であり、汎用化に取り組みやすい。しかし、検討の時点で ASTRO-H の要求の詳細が定まっていなかったことから、SIB2/GSTOS-1 プロジェクトでは、まず、SPRINT-A をターゲットに汎用的になり得るモジュールを開発することとした。その他の部分については、SPRINT-A プロジェクトにて整備することとした。図 6 に、SPRINT-A におけるコマンド計画検証ソフトウェアの機能構成を示す。これらの機能のうち、既に複数プロジェクトで同じインタフェースであった局割当機能については、既存のモジュールを流用し、微改修と文書整備にとどめることとした。それ以外の機能については、設計概念のみを流用することとして、モジュールあるいは機能の一部を担う部品を新規に開発した。以下に、各機能の処理内容を示す。

#### (1) ミッション計画作成機能 (機能の一部を担う部品のみ作成)

ミッション計画作成機能は、検証する対象であるミッション機器の制御に関わる要求に基づき、運用要求ファイル(ミッション計画運用要求ファイル)の作成と、データ発生量や消費電力量の時間変化の出力を行う。このうち、SIB2/GSTOS-1 プロジェクトでは、計画に基づくデータ発生量と消費電力量の時間変化プロファイルを出力する機能をもつモジュールを整備することとした。これらのモジュールは、あらかじめ、各種のイベントに対し、データ発生量または消費電力を設定ファイルに指定し、立案毎にイベントの時刻を入力し、これらの対応付けによりデータ発生量および消費電力の時間変化プロファイルを出力する。



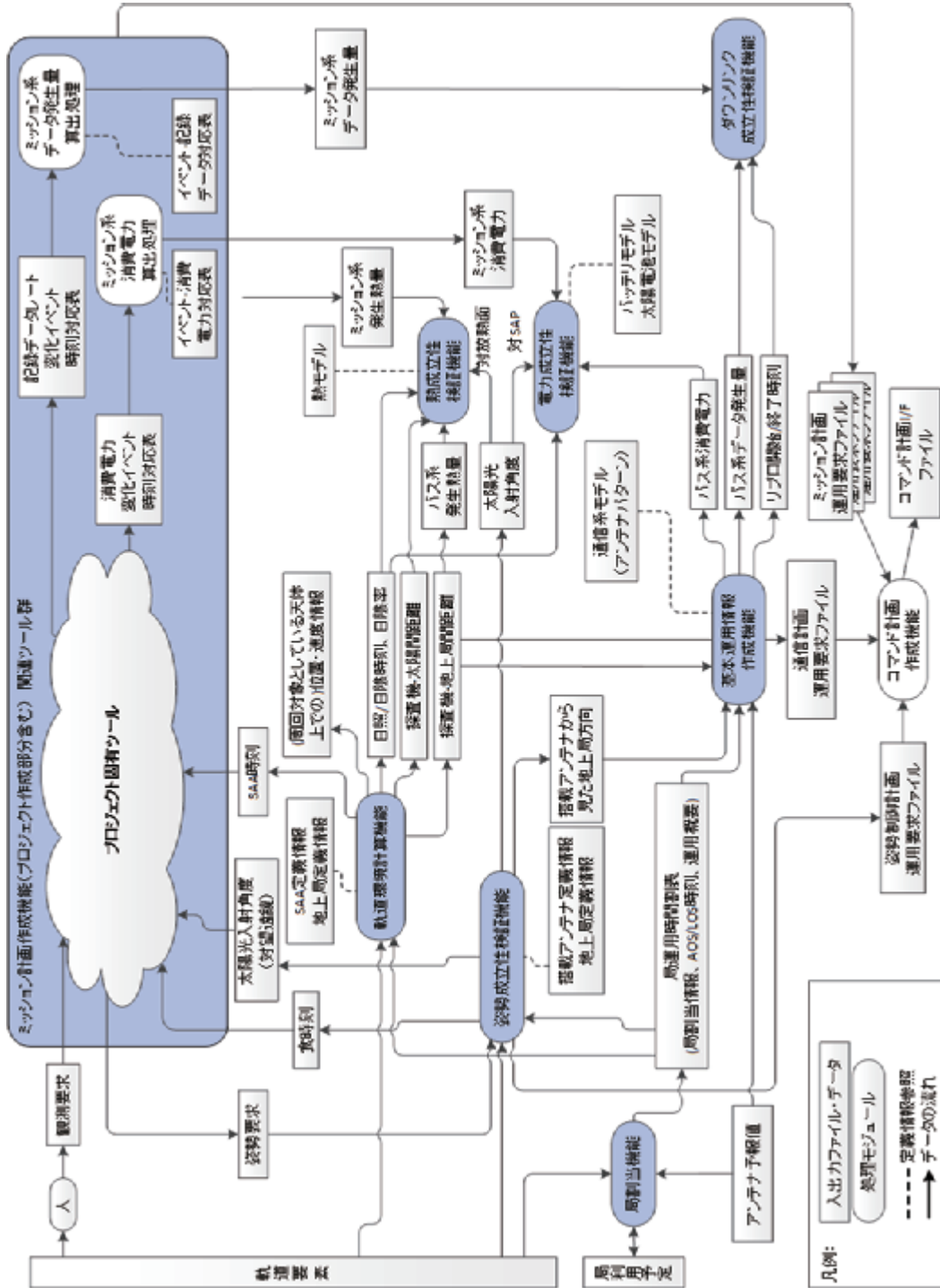


図 5 汎用的な計画検証ソフトウェア機能構成イメージ

## (2)ダウンリンク成立性検証機能

ダウンリンク成立性検証機能は、DRに蓄積されたデータが全て地上で取得できることを検証する。必要に応じ衛星運用に割り当てられる地上局の時間帯(局運用時間帯)を増やす、または観測データの取得レート(DRに蓄積するデータ量)を下げるなどの調整をするためのものである。SPRINT-Aでは、DRに蓄積したデータを順次前から再生していく運用方式だったため、これに合わせ設計した。バス機器の発生データ量はほぼ一定として、ミッション機器の発生データ量はミッション計画作成機能で出力するデータ発生量の時間変化プロファイルを用いる。そして局運用でDRを再生する時間帯の情報を基に記録・再生ポイントの動きを模擬することで、衛星運用終了時の各パーティションに蓄積されているデータ量と、データの欠損が発生すると想定される期間を算出する。なお、DRに蓄積されたデータのうち取得したい範囲をアドレスで指定する運用方式の場合には本モジュールの適用外となる。

## (3)軌道環境計算機能

軌道環境計算機能は、後段での検証に必要な情報として、SAA(South Atlantic Anomaly)時刻、周回対象とする天体上での位置・速度情報、日照/日陰時刻、衛星-地上局間距離、衛星-太陽間距離を計算する。SAA領域の定義については、マージン等も含めて衛星毎に変更すると考え、設定ファイルで領域を定義可能とした。

## (4)電力成立性検証機能

電力成立性検証機能は、ミッション機器、バス機器の運用により消費される電力と、日照中の発生電力、充電電力が足りあうことを検証する。必要に応じ観測機器の消費電力を下げるなどの調整をするためのものである。電力量と共にDOD(Depth of Discharge; 放電深度)を計算し、DODに対してエラー、ワーニングの閾値を設定し、その値に達していないかどうか判定する。

## (5)熱成立性検証機能

熱成立性検証機能は、衛星上で熱的にクリティカルなコンポーネントが許容する温度範囲に入っていることを検証する。しかし、SPRINT-Aなど近地球の衛星では、衛星設計の段階で各種の姿勢に対しシミュレーションが行われ、日々の軌道上運用では放熱面など各種の面に対する太陽光の角度のみを確認すれば良いことが多い。そこで、作成するモジュールは、各種の面に対し、太陽光入射角度をチェックするのみとした。

## (6)姿勢成立性検証機能 (機能の一部を担う部品のみ作成)

姿勢成立性検証機能は、衛星の姿勢制御に関わる要求に基づき、姿勢制御の成立性を検証し、運用要求ファイルを作成する。このうち、SIB2/GSTOS-1プロジェクトでは、後段での検証に必要な情報として、食時刻、太陽光入射角度、搭載アンテナから見た地上局方向を計算するモジュールを整備するのみとした。これに必要な姿勢要求(姿勢情報)は、クォータニオンの時系列データとして記述したものを入力とすることとした。なお、ダイナミクスのシミュレーションについては、衛星固有な処理と密接に関わるが多いため、必要に応じプロジェクト側で整備することとした。

## (7)基本運用情報作成機能

基本運用情報作成機能は、バス系消費電力・データ発生量の時間変化プロファイルや、衛星と地上局間の通信計画(リプロ開始・終了時刻、通信計画運用要求ファイル)を作成する。バス系消費電力はミッション系消費電力と同様の処理で計算し、バス系データ発生量は、HKのデータの発生量として一定量×時間で表すこととした。衛星と地上局間の通信計画の作成では、天頂角回避運用の場合や、アンテナの切れ込み回避運用の場合を考慮し、リンク切断時間を算出し、局運用時間帯に合わせてリプロ開始・終了時刻と搭載アンテナ側のアンテナ切り替え時刻を計算することとした。

## (8)局割当機能

局割当機能は、軌道要素から衛星が各局にて運用できる範囲にある時間帯の一覧を出力する。実際には、地上局は複数の衛星がシェアしているため、それぞれの衛星の局運用時間帯は調整会議の結果決まる。局割当機能は、会議で決定された時間、及び局で運用する内容を取り込み、局運用時間帯表に出力する。この機能は、既にひのでで使用されていたモジュールを流用し、他の機能とのインタフェース方式や起動引数の指定方法があうように改修することで実現した。

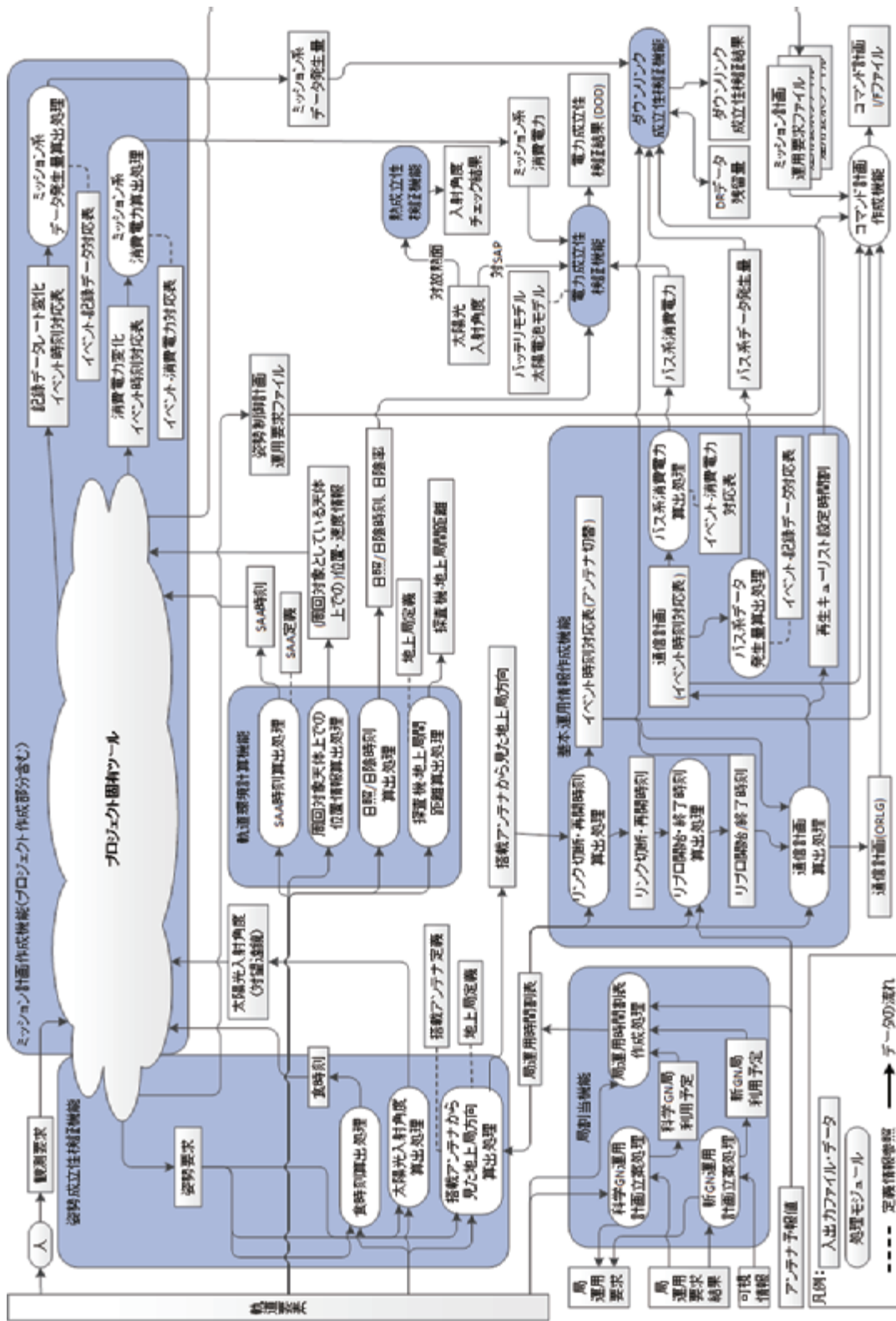


図6 SPRINT-Aに対応したコマンド計画検証ソフトウェア機能構成

### 3.3.2. コマンド計画作成部

コマンド計画作成部は、運用要求ファイルを複数入力し、それらをマージした結果として、コマンド計画ファイルを出力する。コマンドは、リアルタイムコマンドとして地上から発行するか、ストアードコマンドとして衛星から発行するか、振り分けを行う。マージされ、振り分けられたコマンドが衛星管制卓や衛星上のストアードコマンドのメモリの制約を満たしているか、コマンド間、コマンド・イベント間の整合性をチェックする。

ISACS-PLN の問題点の解決には根本的な見直しが必要であったため、SIB2/GSTOS-1 プロジェクトでは、新規にモジュールを開発した。限られたリソースの中で、必須で単純な機能のみを実装、特に、SIB2 と ORLG への対応と、コマンドの時刻決定の仕様の明確化を行った。

### 3.4. 開発

コマンド計画作成部は、汎用的な仕様を定めることができたため、計画検証部に先んじ開発した。また、計画検証部は 3.3.1 で述べた仕様を要求仕様書にまとめ、各機能への要求を満たすモジュールを開発した。機能間のインタフェースについては、要求仕様書の付録に機能間インタフェース仕様として規定文書を作成した。軌道要素、アンテナ予報値、局運用要求結果等、従来の外部システムにより規定されているインタフェースについては、既存のフォーマットを使用することとしている。なお、各機能は、関連性が高いものを同時期に開発した。

## 4. 現在の使用状況

コマンド計画検証ソフトウェアのモジュールの使用状況及び検討状況を表 2 に示す。主に、2013 年 9 月に打ち上げられた SPRINT-A の実運用にて使用されている。コマンド計画作成部は MMO の運用模擬試験等でも使用されている。ASTRO-H については、SPRINT-A をターゲットに開発した計画検証部のモジュールに、改修が必要かどうか検討を行う予定である。また、コマンド計画検証ソフトウェアの開発後に立ち上がった衛星プロジェクト(ERG,HAYABUSA2)へも、順次展開が進んでおり、コマンド計画作成部についてはいずれのプロジェクトも適用の予定である。ERG については、計画検証部の各モジュールについて、要求と比較し、改修が必要かどうか、どのような拡張が必要か議論されている。なお、HAYABUSA2 の計画検証部については、はやぶさのものをベースに衛星固有なツールの整備がすすめられている。

表 2 コマンド計画検証ソフトウェアのモジュールの使用・検討状況

	SPRINT-A	ASTRO-H	MMO	ERG	HAYABUSA2
計画検証部					
ミッション計画作成機能	○	△	※1	※2	衛星固有ツール
ダウンリンク成立性検証機能	-		※1	※2	
軌道環境計算機能	○		△	△	
電力成立性検証機能	-		※1	※2	
熱成立性検証機能	-		※1	※2	
姿勢成立性検証機能	○		-	△	
基本運用情報作成機能	○		○	△	
局割当機能	○		○	○	
コマンド計画作成部	○	○	○	○	○

○：使用または使用予定 △：拡張等検討中 -：未使用

※1:MMO 固有ツール使用予定

※2:GSTOS 利用または MMO 固有ツール流用のいずれか検討中

## 5. まとめ

SIB2/GSTOS-1 プロジェクトでは、運用計画を作成するツールとして、コマンド計画検証ソフトウ

エアを開発した。これは、今後の再利用を意識した計画検証部と、要求の記述方法を見直したコマンド計画作成部から構成される。このうち、計画検証部は、衛星毎の差が大きいこと、MMOでは既に一部ツールを作成していたことから、まずは近地球衛星を対象を絞って共通部を開発した。特に、SPRINT-A に対し全モジュールの構築を実施することで、モジュール構造にて目的を達成できることを示した。現在、モジュール単位で他衛星プロジェクトでの使用、機能拡張等を検討中である。

## 参考文献

- 1) 西村佳代子, 松崎恵一, 宮澤秀幸, 高木亮治, 山下美和子, 宮野喜和, 福田盛介, 馬場肇, 永松弘行, 山田隆弘: SIB2/GSTOS-1 における開発状況, 宇宙科学情報解析論文誌 第三号 (2013), <http://repository.tksc.jaxa.jp/pl/dr/AA0062302003>
- 2) 日本電気株式会社: 汎用衛星試験運用コマンド計画・発行ソフトウェアの開発(その1) (JX-PSPC-272517) 成果報告書, 2009年3月, JAXA 内文書
- 3) 日本電機株式会社: 汎用衛星試験運用コマンド計画・発行ソフトウェアの開発(その2) (JX-PSPC-285601) 設計検討書(コマンド計画検証ソフトウェア), 2010年5月, JAXA 内文書
- 4) 西村佳代子, 松崎恵一: ORLG の言語設計と課題についての検討経緯(RDA-13009), 2014年2月, JAXA 内文書

## 謝辞

GSTOS コマンド計画検証ソフトウェアは、日本電気株式会社、日本電気航空宇宙システム株式会社、宇宙技術開発株式会社の協力の下、ソフトウェアの開発を実施しました。各社のエンジニアをはじめ、構想の具現化に協力を頂いた方々に、感謝の意を表します。