

D 可搬統合型小型地上システムの研究 開発

株式会社パスコ

用語	用語説明
アーキテクチャ	ハードウェア、OS、ネットワーク、アプリケーションソフトなどの基本設計や設計思想。
アウトリガ	可搬統合局のアウトリガとは、車体横に張り出して接地させることで車体を安定させる装置をいう。
ウォーターフォール・モデル	システムの開発手順を示すモデル。設計、開発、テスト等の作業工程を順番に実施し前工程に戻らないように進める方式。
衛星ライフ	衛星の打上げから実際に機能停止の状態に陥るまでの期間を指す。
オールインワン	可搬統合局1台で衛星とのコミュニケーション(UL/DL)から、受信データの基本的な処理及び高次処理までの機能を具備していること。
オルソ	「正しい、ひずみの無い」という意味。GISにおいては「ひずみを修整」のことを「オルソ」と呼ぶ。
画像 I/O 性能	画像処理全般に関する入出力処理の性能のこと。
画像分析機能	ある目的に沿って、画像上の情報を分析する機能のこと。ここでは、DSM 差分抽出、マルチ画像分析、メッシュ解析を指す。
幾何補正処理	地図や画像などの空間位置の誤差を除き、基準点を用いて正確な地理座標を与えること。
軌道決定	様々な観測データから、衛星のある時刻における位置と速度を求めること。
局間伝送シミュレーション	遅延装置を用いた疑似環境と東京—北海道間をインターネット回線で接続した実環境において、伝送を実施すること。このシミュレーションによって、帯域、遅延時間、パケットロス及びRAM ディスクの使用量を測定する。
光学補正処理	周辺光量の落ち込みと色収差による画像ムラを補正すること。
高次処理	パンシャープン処理、オルソ処理、DSM 処理の総称のこと。
小型化等による先進的宇宙システムの研究開発	低コスト、短期の開発期間を実現する高性能小型衛星を開発することを目的とし、経済産業省(当初は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)が平成20年度から実施する研究開発事業。
コマンド	地上から衛星に指令を与えるために送られるデータ。
コンステレーション	複数の人工衛星で協調した動作を行いシステムの目的をはたすこと。
コンピュータアーキテクチャ	コンピュータ(主にハードウェア)の基本設計や設計思想などの基本設計概念をいう。
最適化ソリューション	伝送する拠点間の帯域を十分に活用することを目指した、ネットワーク伝送を最適化による解決法のこと。WANの高速化やトラフィックの平滑を含む。
主題図	利用目的に応じてある特定の主題を表現した地図のこと。例えば、人口などの統計データや経済、自然などの様々な事象をテーマ(主題)として、それを地図上で色分けや円グラフなどを使って表現したもののこと。
情報統合機能	多様なデータを集約し、統合的に分析できるように管理する機能のこと。
ステレオペア画像	イメージマッチングに使用する二枚のステレオ画像のこと。

ストリーム方式	通信回線で送受信される画像等のデータをリアルタイムで再生する技術方式をいう。
総合システム開発仕様書	衛星と地上システムを総合システムとして運用するために、衛星、地上システムの各々に機能・性能を規程した仕様書。
地物抽出手法	シーン中に存在する地物（河、山、植物、橋、鉄道、建築物などの総称）を抽出する手法のこと。
中間ファイル	処理系で、あるファイルを作成する途中に作られるテンポラリファイルのこと。
テレメトリ	衛星から地上に送られる衛星内部の状態を表すデータ。
ナショナルアーカイブ	リモートセンシングデータの組織的整備を指す。
ノミナル	標準的、定常的の意。
パンクロマティック	ほぼ可視光線のすべてに感光するセンサによって撮像、生成されるグレースケールで表示されるシングルバンドのこと。
パンシャープン	パンクロマティック（モノクロ）とマルチスペクトル（カラー）の合成処理をいう。
被雲率	衛星画像データ中の雲に覆われている領域の割合のこと。
ピクセルスペーシング	画像を構成する隣りあう2つのピクセルの中心間の距離。
復号処理	暗号化されたデータ列を、平常のデータ列に復元する処理のこと。
プロトタイピング	設計を様々な観点から検証するため、不完全だが実動するモデル（プロトタイプ）を早期に製作する手法および過程をいう。
変化抽出手法	複数のデータを比較し、変化した領域を抽出する手法のこと。
マルチバンド	スペクトルを複数に分けて撮像が行われたバンドのこと。
ミッション運用	衛星がミッションを遂行するにあたって必要な機器を運用すること。
メタデータ	あるデータが付随して持つそのデータ自身についての付加データを指す。
リファレンスデータ	パンシャープン処理における出力補正処理で、補正の参考に使用するデータのこと。
AOS	Acquisition of Signal の略語。 衛星が可視範囲に入り上空に見え始めること。LOS (Loss of Signal) : 衛星が上空から見えなくなること。
CCD	Charge-Coupled Device の略語。 隣り合った素子の間の電荷的な結合を利用して、次々と電荷の状態が送り出されることにより信号がやりとりされる素子のこと。
CSW	Catalog Services for the Web の略語。 地理空間データ、サービス、および関連リソースを記述する情報（メタデータ）のコレクションを検索、取得、および更新する機能を提供する。カタログは、特定の情報モデルまたは規格に準拠するメタデータを登録するために使用する。
DB	Database の略語。データベース。
DEM	Digital Elevation Model の略語。 地表面の地形情報をデジタル化した数値標高モデルのこと。
DSM	建物等を含む全ての地表面の情報をデジタル化した数値表層モデルのこと。
ebRIM	国際標準団体 OASIS によって定義された E ビジネスなど多様な分野におけるデータ交換に必要な情報モデル。

EOP	Earth Observation Profile の略語。 地理空間情報メタデータ標準として EOP は衛星データに特化して設計されている。
GIS	Geographic Information System の略語。 位置や空間に関する様々な情報を、コンピュータを用いて重ね合わせ、情報の分析・解析を行い、情報を視覚的に表示する地理情報システム。
GPS 軌道決定処理	GPS (Global Positioning System) を使って、精密な人工衛星の軌道決定を実施すること。
H/W	Hard Ware の略語。ハードウェア。
H/W アーキテクチャ	ハードウェア機器の基本構成や設計思想のこと。
HK 運用	人工衛星としての基本機能に必要な機器を運用すること。
ISO	International Organization for Standardization の略語。 工業分野（電気分野を除く）の国際的な標準である国際規格を策定するための非政府組織。
ISO19115/ISO19118	19115 は地理空間情報及びサービスを記述するために必要なデータの論理的構造を表す規格、19118 は空間データの符号化に関する規格をいう。
JMP	国土地理院と民間企業との共同研究により作成した地理情報標準 (JSGI) の中から特に情報の発見、評価、入手に必要なメタデータ要素を集めて標準化された日本版のメタデータサブセット。
L0 処理	衛星からダウンリンクした前処理データに復号処理・パケット分離処理を施すこと。
L1 処理	L0 データから切り出し、ライン生成された生データにラジオメトリック補正と幾何学的補正を施すこと。
OGC	Open Geospatial Consortium の略語。 地理空間に関する情報の標準化などを推進している非営利団体である。
RPC	有理多項式係数 (Rational Polynomial Coefficient) の略で、衛星画像と地上の幾何学関係を関連付ける変換係数のこと。
SOM	satellite operations manual の略語。 衛星操作のためのマニュアル。
UL/DL	UPLINK/DOWNLINK の略語。 アップリンクとは衛星を利用する際に地上局から衛星に向けて送信される通信経路のこと。反対方向の通信はダウンリンクと呼ばれる。

D-1 事業の目的・政策的位置付け

D-1-1 事業目的

我が国の宇宙産業は、宇宙機器産業から利用サービス、ユーザー産業群まで含めると、総額7兆円を超える規模の一大産業に成長している。我が国の宇宙開発は、これまで研究開発が中心であったことから、開発される宇宙システム（衛星、衛星の追跡管制やデータ受信処理を行う地上システム、ロケット等）も政府系研究開発機関が自ら保有し運用することを前提としている。そのため、性能や価格等の面において国際市場から大きくかけ離れたものとなっており、我が国の宇宙システムを民間企業が保有するインセンティブが働かず、国際市場への参入障壁にもなっている。特に、地球観測分野では、これまで我が国衛星メーカーの海外受注実績はなく、また、国内のリモートセンシング産業でも自ら地球観測衛星を保有する商業オペレータは存在しないのが現状である。

こうした状況の中、宇宙システムは、大規模な観測とサービス提供を効率的かつ地球規模で行うことができることから、世界的に利用が拡大してきており、近年は先進国のみならず新興国においても、宇宙システムの保有及び利用が拡大傾向にある。

このため、経済産業省は、我が国宇宙産業の国際競争力を強化し国際市場への参入を図るため、今後、科学、地球観測、安全保障等の分野で活用が進む小型衛星に焦点を当て、大型衛星に劣らない機能を維持しつつ、低コスト、短期の開発期間を実現する高性能小型衛星を開発するため、別途「小型化等による先進的宇宙システムの研究開発」を実施している。

本事業は、この高性能小型衛星の開発に合わせ、衛星の追跡管制やデータ受信処理システムの小型化、低コスト化、高性能化、運用の省力化を実現する効率かつ利便性の高い地上システムについて研究開発を実施するとともに、高性能小型衛星を活用した技術実証を行うことにより、我が国宇宙産業の国際市場への参入及び宇宙利用の拡大を図ることを目的とする。

D-1-2 政策的位置付け

平成21年6月に宇宙開発戦略本部において決定された「宇宙基本計画」において、我が国宇宙機器産業の国際競争力強化の推進策として、衛星の運用を円滑に行うための「可搬型データ受信システムやデータの統合・高速処理システムの整備を進める。」とされており、この政策に準じた研究開発である。

D-1-3 国の関与の必要性

我が国宇宙産業は欧米と比べ官需依存度が高いため、直接利益に結びつかない地上システムの研究開発や軌道上実証を民間企業のみで実施することはリスクが高く、かつ、困難である。そのため、我が国宇宙産業の国際競争力の強化

には、これら研究開発や軌道上実証の機会を国が民間企業へ提供することが必要不可欠である。特に、衛星の追跡管制やデータ受信処理システムの小型化、低コスト化、高性能化、運用の省力化を実現するためには、新たな設計思想に基づく地上システムの開発・試験、軌道上実証が必要不可欠となるため、国による研究開発事業の実施が必要となる。

D-2 研究開発目標

D-2-1 研究開発目標

本事業は、「小型化等による先進的宇宙システムの研究開発」において経済産業省が開発中の高性能小型衛星（光学実証機）の開発に合わせ、衛星の追跡管制やデータ受信処理システムの小型化、低コスト化、高性能化、運用の省力化を実現する効率的かつ利便性の高い地上システムの研究開発を実施することである。

具体的には以下の4つの項目についての研究開発を実施するとともに、技術検証を行うことを目標とする。

- (1) 可搬統合局の開発
- (2) 画像統合運用システムの開発
- (3) 画像高速処理システムの開発
- (4) 先進的地上システムの開発

D-2-2 全体の目標設定

表 D-2-2-1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
(1) 可搬統合局の開発 単独で衛星データが送受信可能となるように車両に搭載可能なアンテナ、衛星へのコマンドが直接送信可能となるように衛星管制機能、撮像計画機能、コマンド送信機能を有する可搬統合局の開発・検証を実施する。	主に災害等の有事での利用を想定した場合、固定化された地上局では、電力・通信網遮断等による衛星データの受信及びデータ配布の制約リスクを回避するため。
(2) 画像統合運用システムの開発 衛星から取得したデータと過去に撮像した同一地点のアーカイブデータを活用した画像データの統合運用を可能とするシステムの開発・検証を実施する。	災害現場に必要な情報抽出（複数時期のデータを利用した変化抽出や地物抽出など）や、GIS（地理情報システム）機能の活用による画像データの統合的な利用を可能とし、利用者にとって利便性の高いサービスを提供するため。
(3) 画像高速処理システムの開発 衛星から取得したデータのL0処理、L1処理、高次処理、大容量データ I/F に対する高速処理技術の開発・検証を実施する。	迅速なプロダクト提供は利用者にとっての利便性が高いため。
(4) 先進的地上システムの開発 運用要員の低減とユーザー本位なシステムの実現をめざし、地上システムの小型化、低コスト化、高機能化、運用の省力化を実現するためのシステムを開発・検証を実施する。	効率的かつ利便性の高い利用者重視の地上システムを実現することで、利用者にとって利便性の高いサービスを提供するため。

D-2-3 個別要素技術の目標設定

表 D-2-3-1 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
(1) 可搬統合局の開発		
① 車両総重量の軽量化	車両総重量を 20t 以下とする。	可搬統合局が機動的に出動するためには一般道を制限なく走行する必要がある。そのためには車両制限令（道路法）による「特殊車両通行許可」申請が不要な重量制限（20t）を満たす必要があるため。
② アンテナ搭載型車両	アウトリガの安定度に関する性能要件はアンテナ設置要件を適用し以下の設定とする。 【性能要件】 設置面傾斜： 水平面から±5° 初期姿勢： 水平面から±0.5° 運用時安定度： 初期姿勢から±0.1°	アンテナ製造メーカーから、アンテナを車両に搭載し衛星運用を行うための設置要件が提示されている。
③ 可搬局セットアップ（アンテナ組立）の高速化	アンテナ組立の 3 工程（アウトリガの設置、Feed の取り付け、アンテナパネルの取り付け）を 2 名で 2 時間以内に実施する。	発災時における可搬局の運用タイムラインを現地到着後 2 時間で組立と想定している。 可搬局の運用者の想定は 3 名でありトラックの定員乗車人数から規定した。1 名はアプリケーションの立ち上げ等の作業を担当、2 名でアンテナ組立作業をする必要がある。
(2) 画像統合運用システムの開発		
① 統合運用フローの作成	災害発生時における統合運用手法を確立し、可搬統合局及び統合運用の実施フローから可搬統合局の運用時間や情報提供までの時間を整理しモデルケースにおいて情報提供時間の有効性を検証する。	自然災害の被害状況等、時々刻々と変化する様々な事象の把握のためには、衛星から得られるデータとその他のデータを統合的に処理し迅速に提供することが必須となる。
② 主題図作成の自動化	主題図作成の自動化を実現し、統合運用人員の省力化を実現する。	可搬統合局の運用人員 3 名にて統合運用を実施するためには、機能の自動化による省力化が必須となる。
③ 主題図様式のテンプレート化	主題図の表現方法を明確化し、テンプレートとして柔軟に利用するための表示設定やレイアウトを確立する。また主題図の表現に必要な情報を選定する。	同一の情報であっても、利用者の求める表示形式が異なることから、どのような表示形式の要望にも柔軟に対応できるように分析結果と表示様式を分離し、様式をテンプレート化することが必須である。

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
④DSM 差分抽出の精度検証	DSM 差分抽出アルゴリズムの確立と、大規模災害における被害状況の把握に、広域にわたる高さの変化情報が有効かを検証する。	大規模災害において、広域にわたる高さの変化情報は被害状況を把握するために有効であり、必須の機能となる。
(3)画像高速処理システムの開発		
① L0 処理の高速化	ストリーム方式での中間ファイルの最適なファイル分割サイズ検討、復号処理アルゴリズムの確立と高速化手法による処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L0 処理：42 秒	利用者への迅速なプロダクト提供のためにはプロダクト生成の高速化が必要なため。 以下の検討を実施し実現を見込める目標設定である。 ・ストリーム処理方式による処理時間短縮 ・中間ファイル分割サイズの最適化 ・復号処理の高速化
②L1 処理の高速化	画像 I/O について異なる媒体での性能比較・検討を行うことにより処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L1 処理：70 秒	利用者への迅速なプロダクト提供のためにはプロダクト生成の高速化が必要なため。 以下の検討を実施し実現を見込める目標設定である。 ・CCD 単位の処理並列化による処理時間短縮 ・画像 I/O 性能の改善 ・処理時間の測定と分析/改善
③高次処理の高速化	高次処理アルゴリズムの開発、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 パンシャーペン生成：60 秒 オルソ生成：90 秒 DSM 生成：180 秒	利用者への迅速なプロダクト提供のためにはプロダクト生成の高速化が必要なため。 以下の検討を実施し実現を見込める目標設定である。 ・最適アーキテクチャの導出 ・高次処理における各種アルゴリズム ・高次処理における H/W アーキテクチャ
④大容量データ I/F の高速化	最適化ソリューションの確立、局間伝送シミュレーション実施、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 伝送効率：75%	利用者への迅速なプロダクト提供のためには大容量データ伝送の高速化が必要なため。 以下の検討を実施し実現を見込める目標設定である。 ・最適アーキテクチャの導出 ・データ局間伝送の最適化
(4)先進的地上システムの開発		
①撮像予約提供システムの開発	利用者の利便性に考慮した Web 注文システムの構築を目標とする。 【性能目標】	利用者拡大のため、誰もが平易に操作できる Web 検索、注文システムを構築する必要がある。利便性を考慮するため、アーカイブ検索の速度向

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
	検索速度：4秒以内 ※アーカイブ検索の前提 登録母数：1,500万件 適合件数：500件 同時アクセス数：10	上、複雑な処理パラメーターの簡易な設定方法を検討する必要がある。
②アーカイブシステムの開発	OGC/ISO 準拠のメタデータ設計、高速な空間検索を行うための検索モジュールの最適化を目標とする。ナショナルアーカイブを視野に入れた国際標準に準拠したDB設計を行う 【性能目標】 1500万件から500件のデータ抽出：1秒以内	利用者拡大のため、ナショナルアーカイブシステムとの連携が必須であるため。 利用者の利便性を考慮し最適なDB選定や設計、チューニングを実施し、アーカイブ検索の高速化が必須である。
③撮像計画管理システムの開発	撮像計画立案処理の高速化と、撮像機会の向上を目的としたアルゴリズムの確立を目標とする 【性能目標】 計画立案（衛星運用計画管理との合算）時間：15分以内	利用者の利便性を考慮し、撮像機会を増やすためのアルゴリズムが必要である。また注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前（AOS-30分前）まで許容するため、計画立案処理は15分で完了させる必要があり高速化が必須である。
④衛星運用計画管理システムの開発	運用計画立案処理の高速化を目標とする。 【性能目標】 計画立案（撮像計画管理との合算）時間：15分以内	利用者の利便性を考慮し、注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前（AOS-30分前）まで許容するため、計画立案処理は15分で完了させる必要があり高速化が必須である。
⑤衛星管制システムの開発	運用の省力化・衛星運用自動化の検討を行い運用省力化画面の作成を目標とする。 【性能目標】 ノミナル時1可視運用中の運用者操作：0件	従来システムでは、ノミナル時に3名で実施していた運用作業を、運用者1名の目視確認のみで運用可能となるようにする。
⑥軌道制御システムの開発	軌道決定運用の自動化、手順の簡略化、軌道決定精度向上、最速軌道決定実施タイミングと処理時間の短縮を目標とする。 【性能目標】 GPS 軌道決定精度： 3m (3σ) 最速軌道決定処理： 20分	軌道決定の精度は安定的な衛星運用を行うための重大な要素である。

図 D-3-1-1-2 先進的地上システムの構成

画像統合運用については、可搬統合局に具備する変化抽出手法、地物抽出手法、DEM の生成手法、災害シミュレーション手法を開発した。省力化と時間短縮を行い実用に耐え得るシステムを開発した。

高速画像処理については、ハードウェアによる高速化及びソフトウェアによる高速化を実現し利用者にとって利便性の高いサービスを実現した。光学補正処理の高速処理アルゴリズム、幾何補正処理の高速処理アルゴリズム、復号処理の高速処理アルゴリズムを開発した。

D-3-1-2 個別要素技術成果

(1) 可搬統合局の開発

以下の図 D-3-1-2-1 に可搬統合局の性能の仕様と実績を示す。



図 D-3-1-2-1 可搬統合局の仕様と実績

可搬統合局に関しては大きく三つの課題があり、それぞれの課題についての達成状況を以下に示す。

① 車両総重量の軽量化

可搬統合局は車両制限令（道路法）による「特殊車両通行許可」の申請を必要とせず、発災時には機動的に一般道を走行することができるように道路法に定められている重量制限（20t）を満たす必要がある。そのため、必要な機能

を損なうことなく車両総重量が 20t 以下となるように車両の軽量化、搭載機器の最適化、アンテナの軽量化を行った。車両の車検時の計測では 19.4t であったため、有事の場合でも機動性を損なうことなく出動できることを確認した。

② アンテナ搭載型車両

衛星からの画像データを受信するためには、高いアンテナ指向精度が求められる。一方、車体は土台としては不安定であり、衛星を正確に追尾するためにはアンテナを水平かつ安定した状態で設置することが必要である。加えて、アンテナ組立作業時等の危険回避のために様々な措置が必要となる。

本研究開発では、接地面傾斜 $\pm 5^\circ$ の場所への設置、初期姿勢を水平面から $\pm 0.1^\circ$ 以内で設置できるように開発した。また、風速 25m/s 時のアウトリガの安定性を確認し、風速 25m/s 環境下での初期姿勢からの変位が 0.04° であり、衛星の追尾が可能な性能であることを確認した。

③ アンテナの展開

有事利用における可搬統合局の運用想定は 3 名である。現地に到着後は 1 名がアプリケーション立ち上げの準備を行うため、残りの 2 名でアンテナの組み立て作業を行う。

可搬統合局は 2 名で組み立て、設置作業ができるようにアンテナ設計している。可搬統合局の組み立て試験では、2 名で制限時間（2 時間）以内に組み立てを完了でき、有事の初動対応が迅速に実施できることを確認した。

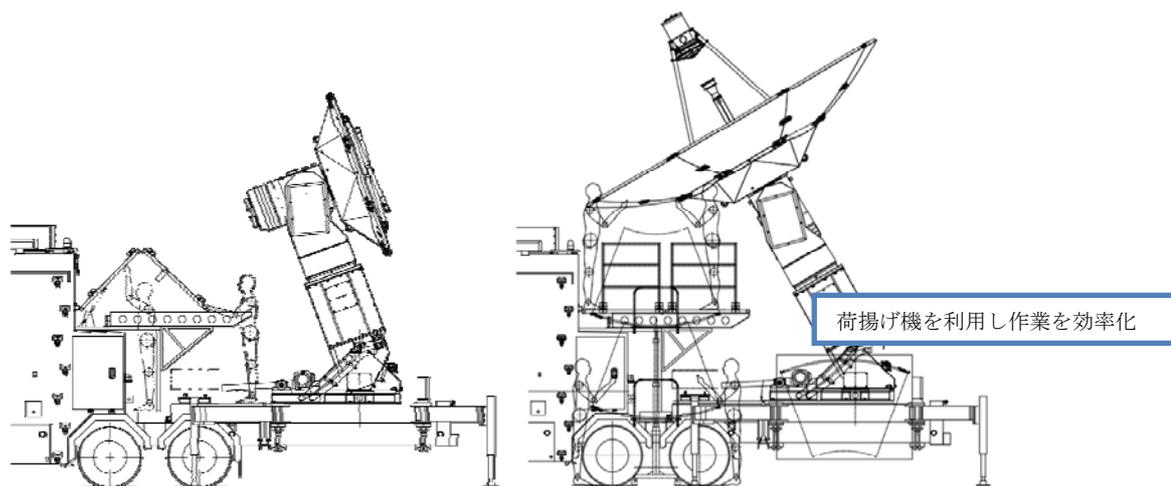


図 D-3-1-2-2 アンテナの組み立て

(2) 画像統合運用システムの開発

画像統合運用については、可搬統合局に具備する変化抽出手法、地物抽出

手法、DSM の生成手法、災害シミュレーション手法を開発した。省力化と時間短縮を行い実用に耐え得るシステムを開発した。

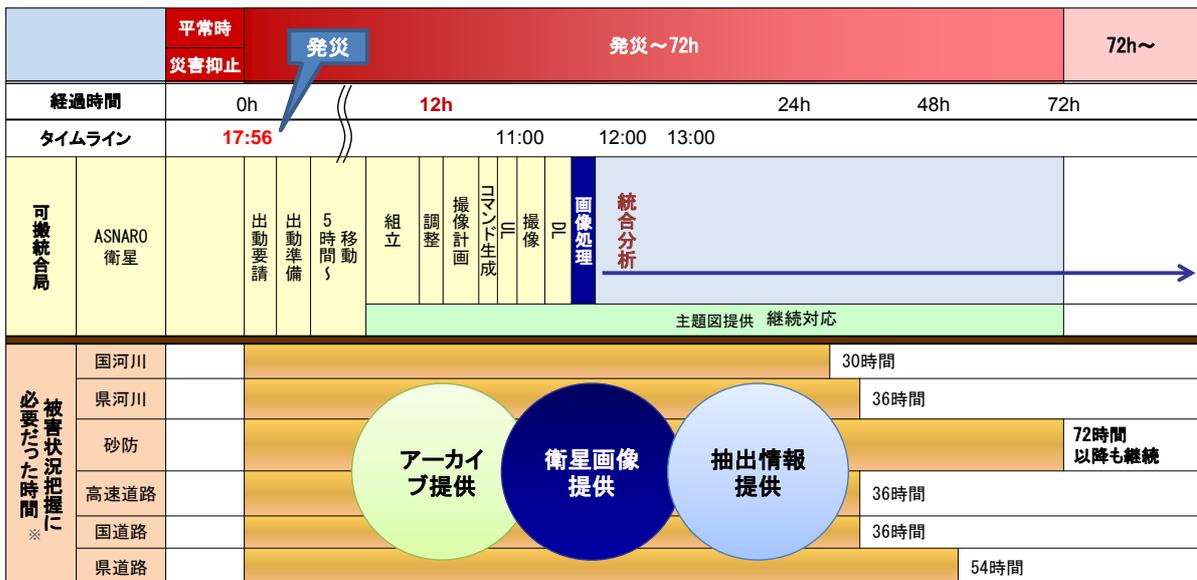
① 統合運用の検討

国内外・平時/有事における可搬統合局の運用局面を整理し、統合運用の有効性を検討した。可搬統合局の画像分析機能、情報統合機能を最大限発揮する局面である「国内における有事」、特に自然災害発生時についてのモデルケースを設定し、統合運用の有効性を確認した。

自然災害発生時には、「新潟県中越地震」を対象とし、大規模地震の発生時における可搬統合局、及び統合運用の実施フローを整理した。可搬統合局の運用時間に加え、統合運用による情報提供の時間を時間軸でグラフ化し、モデルケースにおける実際の状況把握における所要時間と比較を行うことで、統合運用における情報提供時間の有効性を確認した。具体的には可搬統合局の到着後、間もなくアーカイブデータ提供を開始できることを確認した。

表 D-3-1-2-1 想定する可搬統合局の運用局面

	平時	有事
国内	<ul style="list-style-type: none"> ・教育、トレーニング ・バックアップ ・地球局機能 ・データセンター機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時における活用
国外	<ul style="list-style-type: none"> ・地球局機能、データセンター機能、統合分析機能を備えたオールインワンシステムとしての活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時における活用 ・安全保障における活用



※ 減災総プロ 第7回委員会 研究報告書 資料3-1

図 D-3-1-2-3 被害状況把握までの時間と主題図提供可能時間の比較

② 主題図作成の自動化

画像データ統合運用システムで作成する主題図は、ASNARO 衛星画像と、可搬統合局に搭載されたリファレンスデータの統合により、災害情報の抽出を行い、作成される。

災害情報の抽出アルゴリズムに関しては、対象とする災害、現象、対象物を抽出するために利用するデータの種類や画像処理技術が異なるため、それぞれの抽出対象に対してモジュール化し実装する必要がある。一方で、主題図を作成する全体のフローはどのような抽出アルゴリズムを用いる場合においても、概ね一定の手順で行われる。このことから、主題図作成における一連の手順を自動化することで省力化を行った。

また、自動処理に対する設定作業を画像注文時に一括して行う仕組みとすることで、可視時間内の運用負荷を削減している（図 D-3-1-2-4）。

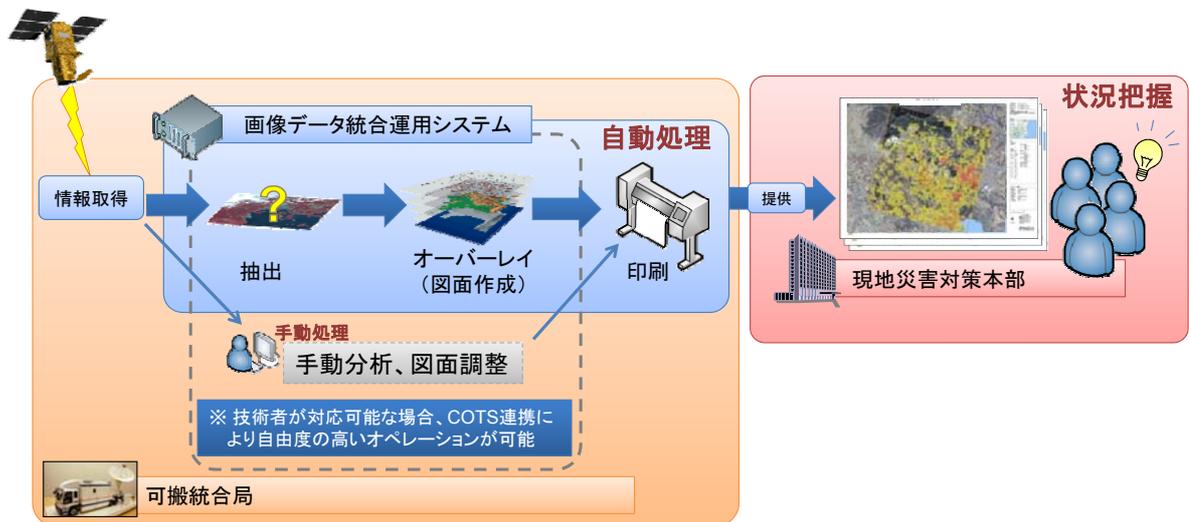


図 D-3-1-2-4 主題図作成の流れ

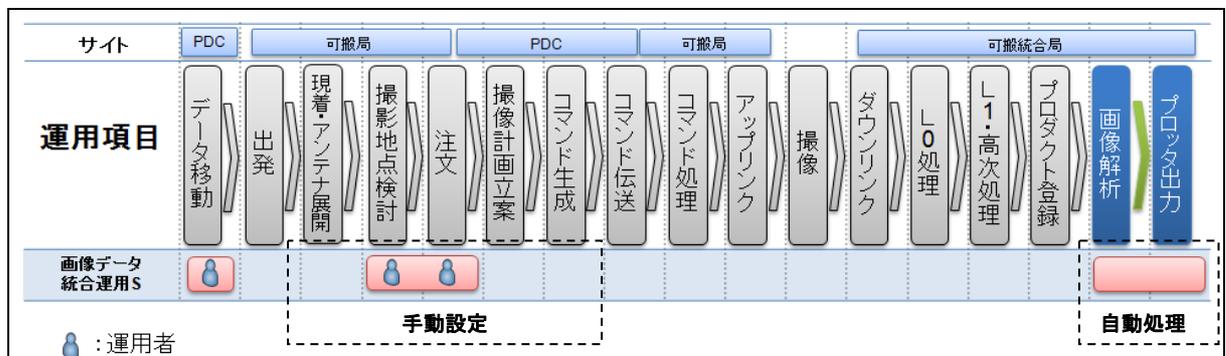


図 D-3-1-2-5 画像データ統合運用システム 運用タイミング

③ 主題図様式のテンプレート化

画像データ統合運用システムは、アウトプットとなる主題図において、分析結果の実データと、データを表現するための表示設定ファイル、主題図のレイアウトを管理するテンプレートファイルを個別に管理する仕組みを実装することで、利用者ニーズや対象とする災害に応じた表示方法での主題図提供を可能とした。

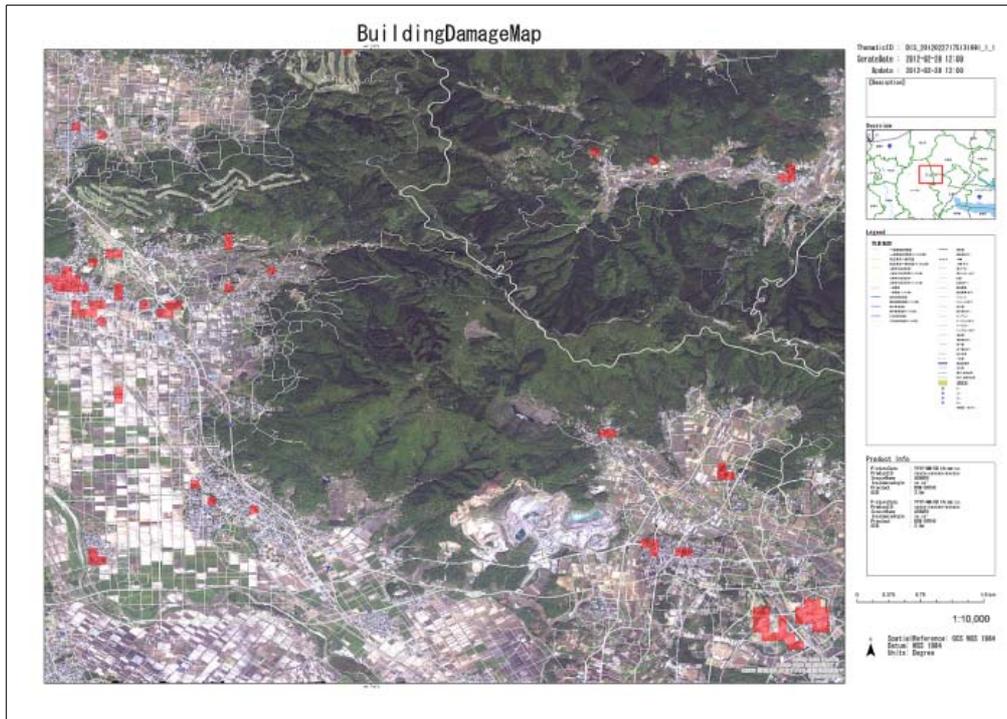


図 D-3-1-2-6 主題図テンプレートの一例（建物倒壊状況）

④ DSM 差分抽出の精度検証

2 時期の画像から高さに関する変化を抽出するため、DSM 差分抽出プログラムのプロトタイピングでアルゴリズムの精度検証（図 D-3-1-2-7）を実施した後、システム仕様に反映した。

アルゴリズムの精度検証においては、建物倒壊の被害状況把握を想定し、把握可能な建物面積に着目した検証を行った。検証においては、ASNARO 衛星を模擬した 50cm 分解能の衛星画像を利用した。検証の結果、200 m²以上の面積を持つ建物に関して 83.3%の抽出率を示し、単純差分での変化抽出と比較しても良好な検出が行えることが分かった（図 D-3-1-2-7、表 D-3-1-2-2）。このことにより、ASNARO 衛星画像より作成した DSM の利用においては、大規模な施設に着目し、被害の概況把握を行う場合において有効であると結論づけられた。

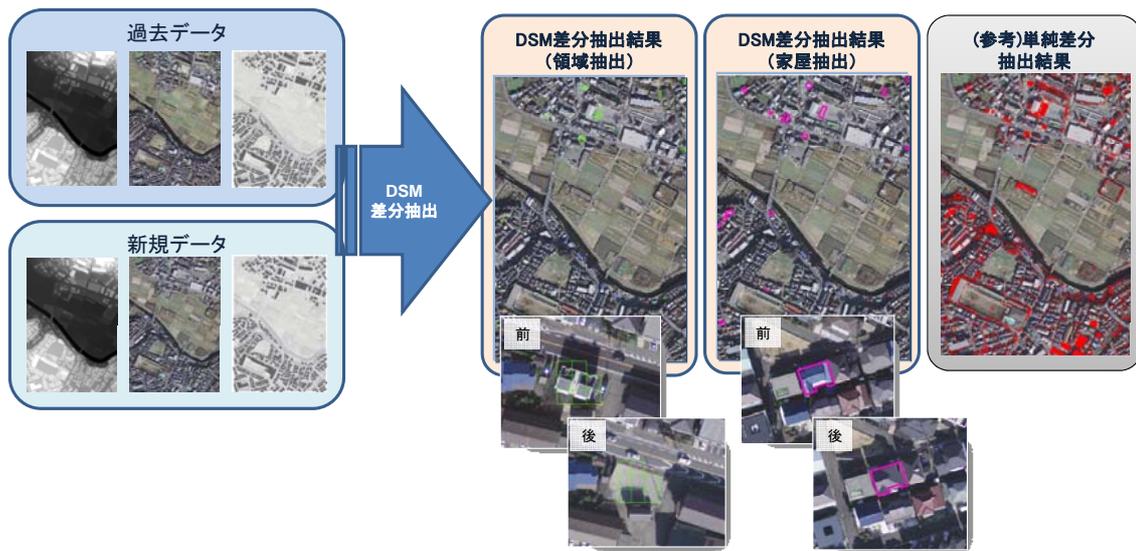


図 D-3-1-2-7 DSM 差分抽出の結果

表 D-3-1-2-2 家屋面積別の抽出率

建物面積	異動家屋 (戸数)	抽出家屋 (戸数)	抽出率 (%)
100 m ² 未満	20	5	25.0
100 m ² 以上 200 未満	8	4	50.0
200 m ² 以上	6	5	83.3

(3) 画像高速処理システム開発

画像高速処理を実現する撮像データ処理システムの概要を図 D-3-1-2-8 に示す。

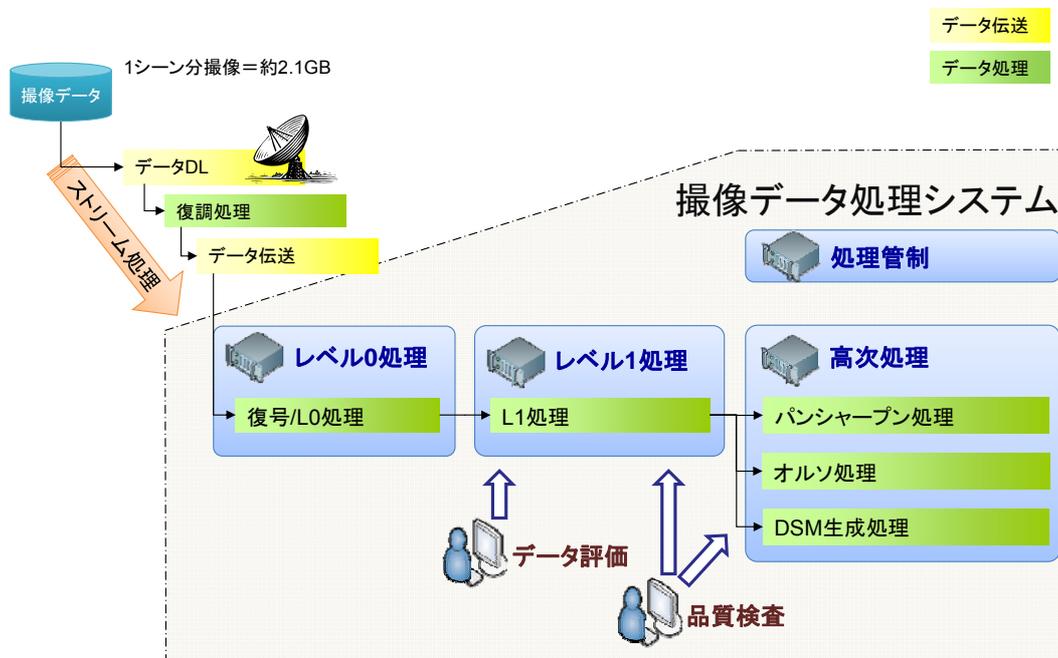


図 D-3-1-2-8 撮像データ処理システムの概要

各要素技術の目標と実績を表 D-3-1-2-3 に示す。すべての目標設定値をクリアすることができた。なお、従来手法からの処理と比べ、3~6 倍の処理速度の向上が確認できた。DSM 生成処理は既存システムとの比較を実施し飛躍的な性能向上を実現した。

表 D-3-1-2-3 要素技術の実績

No.	要素技術	従来	目標	実績
1	L0 処理の高速化	125sec	42sec	26sec
2	L1 処理の高速化	200sec	70sec	53sec
3	高次処理（パンシャープン処理）の高速化	340sec	60sec	28sec
4	高次処理（オルソ処理）の高速化	130sec	90sec	20sec
5	高次処理（DSM 生成処理）の高速化	3h41m55sec	180sec	155sec
6	大容量データ I/F の高速化	伝送効率 70%	伝送効率 75%	伝送効率 97%

① L0 処理の高速化

ストリーム処理の最適化、中間ファイル分割サイズの最適化、復号処理の高速化の検討を実施することにより処理の高速化を実現した。L0 処理の概念図を図 D-3-1-2-9 に示す。

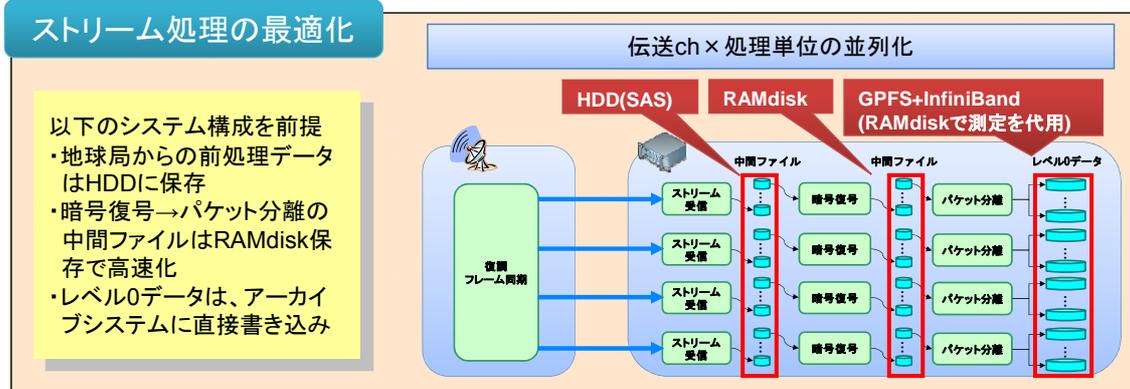


図 D-3-1-2-9 L0 処理の概念図

② L1 処理の高速化

CCD 単位の処理並列化、画像 I/O 性能の改善、処理時間の測定と分析による改善の検討を実施することにより、処理の高速化を実現した。L1 処理の概念図を図 D-3-1-2-10 に示す。

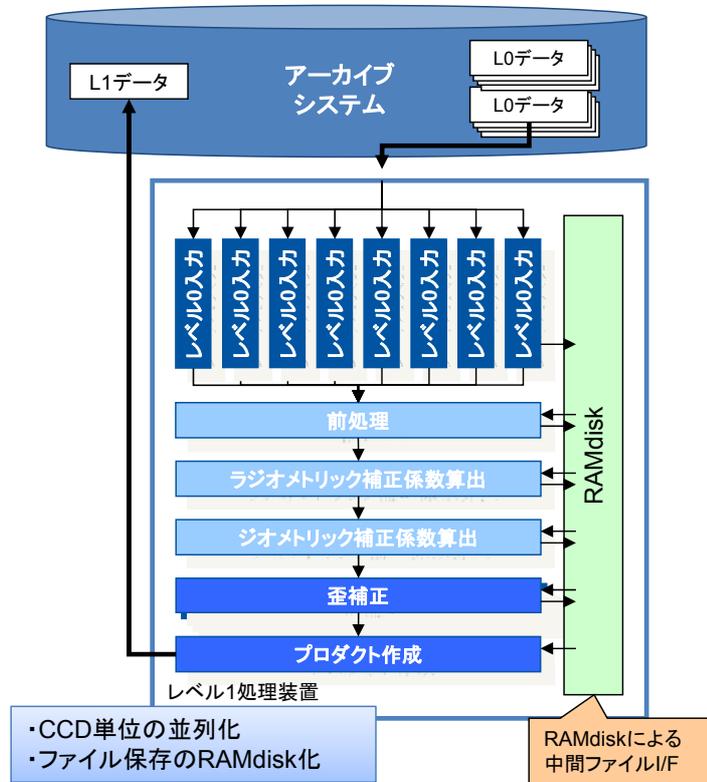
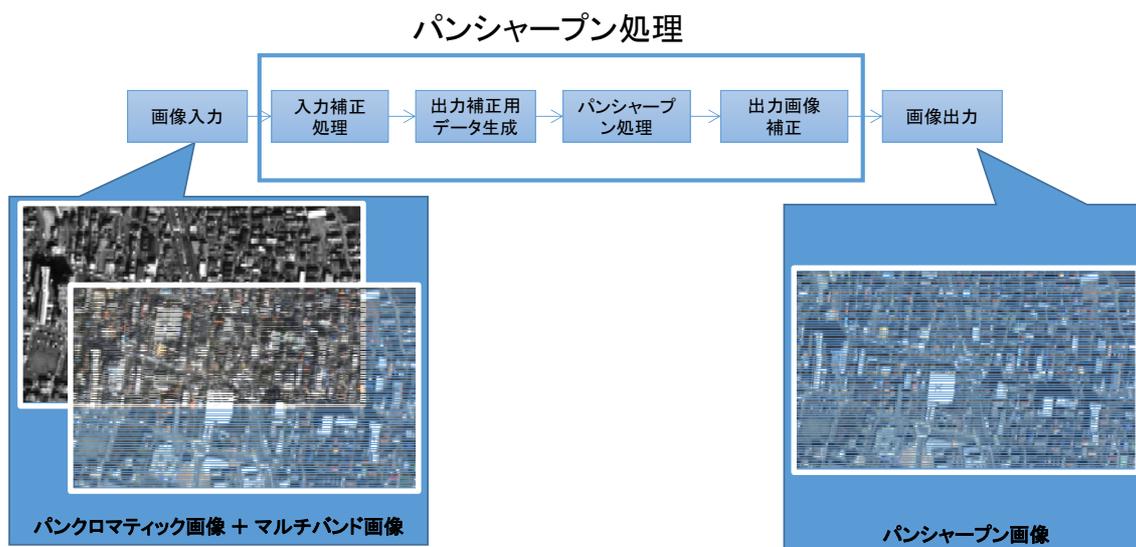


図 D-3-1-2-10 L1 処理の概念図

③ 高次処理の高速化

(ア) パンシャープン

パンシャープンは、高解像度パングロマティック画像と低解像度マルチバンド画像とを融合させ、高解像度を持つマルチバンド画像として、パンシャープン画像を生成する。パンシャープンのアルゴリズムの検証と改善、H/Wアーキテクチャの検証と改善により、処理の高速化を実現した。パンシャープン処理のフローを図D-3-1-2-11に示す。



図D-3-1-2-11 パンシャープン処理のフロー

(イ) オルソ

オルソは、標高値データ (DEM) を使用し、正射投影することにより、像の歪みを補正したオルソ画像を生成する。オルソのアルゴリズムの検証と改善、H/Wアーキテクチャの検証と改善により、処理の高速化を実現した。オルソ処理のフローを図D-3-1-2-12に示す。

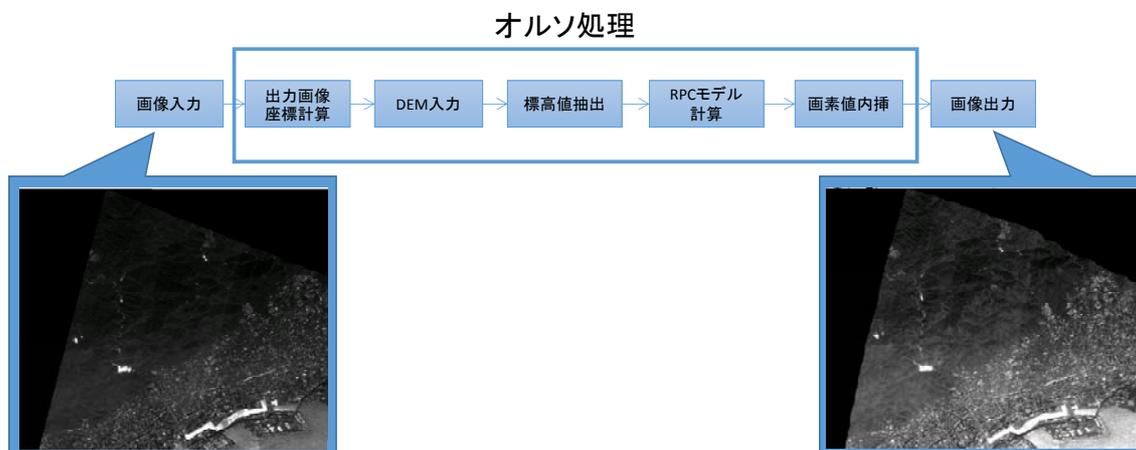


図 D-3-1-2-12 オルソ処理のフロー

(ウ) DSM 生成

DSM 生成は、2 枚の同一地点画像（ステレオペア画像）を入力し、RPC（有理多項式係数）を用いて標高値を算出することにより、DSM（数値表層モデル）を生成する。DSM 生成のアルゴリズムの検証と改善、H/W アーキテクチャの検証と改善により、処理の高速化を実現した。DSM 生成処理のフローを図 D-3-1-2-13 に示す。

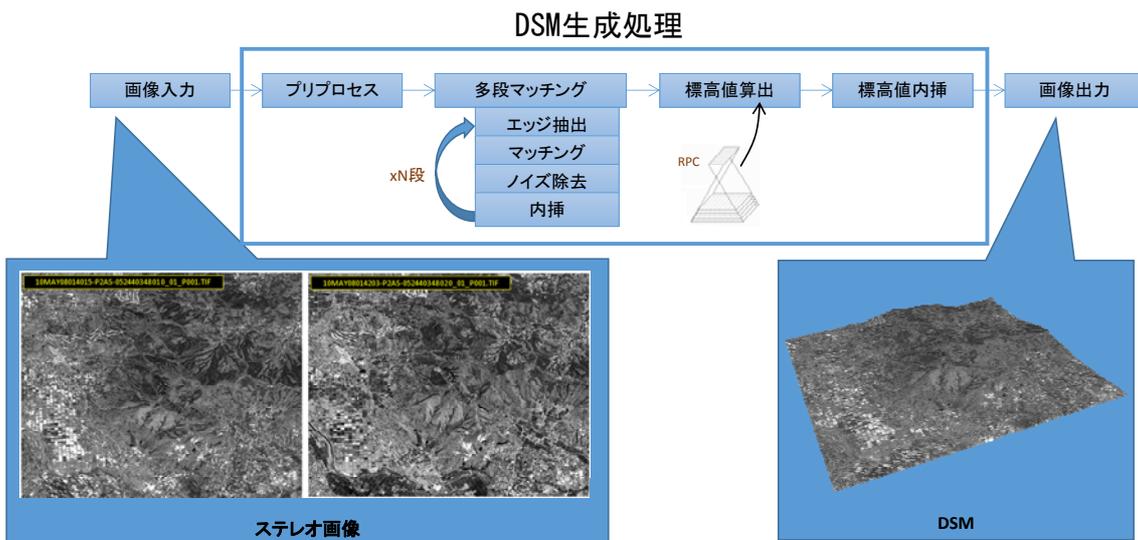


図 D-3-1-2-13 DSM 生成処理のフロー

④ 大容量データ I/F の高速化

最適アーキテクチャの導出検討、データ局間伝送の最適化の検討を実施し、高速ファイル伝送ツールの適用により、局間伝送の高速化を実現した。検討結果を図 D-3-1-2-14 に示す。

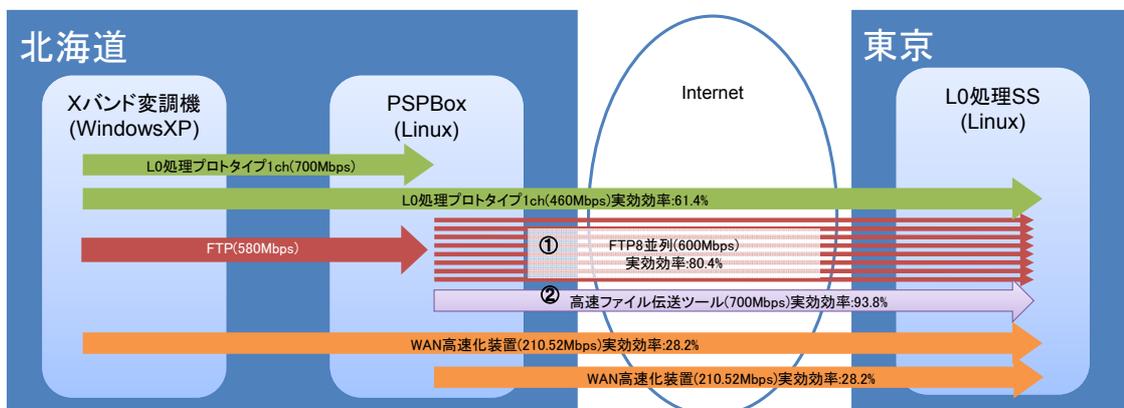


図 D-3-1-2-14 大容量データ I/F の検討結果

(4) 先進的地上システムの開発

先進的地上システムは以下の表 D-3-1-2-4 の 7 システムで構成される。

表 D-3-1-2-4 先進的地上システム

システム	機能概要
撮像予約提供システム	ユーザーの撮像要求をまとめ、撮像計画管理システムに送り、要求結果の推移情報をユーザーへ通知する。また撮像要求から撮像データの処理計画を立案し、撮像データ処理システムへ出力し処理状況をユーザーへ通知する。
アーカイブシステム	撮像データ処理システムが処理した全画像データを保存、管理する。
撮像計画管理システム	撮像予約提供システムから受け取った各ユーザーからの撮像要求を集計し、衛星運用計画管理システムが行うリソースチェック結果から撮像計画立案、管理を行う。
衛星運用計画管理システム	軌道制御システムで生成したマヌーバ計画、軌道パラメーター等を使用して衛星の軌道維持制御計画、また太陽位置情報、日照日陰情報を使用して衛星の太陽電池パドル、バッテリーの維持管理計画、更には可視情報を使用して各地球局の運用計画等を立案、衛星テレメトリデータを基に管理運用を実施する。また撮像計画管理システムから受け取る撮像要求に衛星が対応可能かのリソースチェックを行う。
撮像データ処理システム	衛星が撮像したデータを、撮像予約提供システムの処理計画に従って撮像データの光学的幾何学的歪補正処理を行い、処理済データをアーカイブシステムへ送る。
衛星管制システム	地球局で受信・復調されたテレメトリデータを取り込み、衛星の動作状況を監視できるよう様々な処理を行い、衛星運用者へ情報を提供する。また衛星運用計画管理システムで立案された衛星バス運用計画及び撮像計画から、衛星が解読できるコマンドデータに翻訳してアンテナシステムへ出力する。
軌道制御システム	衛星から送信される GPSR (GPS 受信機) データを入力し、衛星の軌道を高精度に決定し、衛星を規定の軌道に維持する為の軌道管理を行う。また軌道決定データを用いて衛星運用上必要となる地球局の AOS/LOS 時間やマヌーバ計画、各種イベント情報、衛星と太陽の位置関連情報、月の位置情報を算出、各システムへ出力する。

① 撮像予約提供システムの開発

(ア) 平易に操作できる Web 検索／注文システム

衛星画像を地物判読や解析といった用途で利用するユーザーや、背景図のような用途で利用するユーザーなど、さまざまな利用目的を持ったユーザーが混在する。「ユーザー本意なサービス」を提供するために、各々のユーザーに配慮した設計・開発を行った。

A) ユーザーの習熟度への考慮

習熟度に合わせた条件指定ができるような設計とした。



図 D-3-1-2-15 習熟度に応じた画面表示（例）

B) ユーザーの使用環境への配慮

低解像度のモニター使用時でもシステム使用に困難を来さない設計とした。

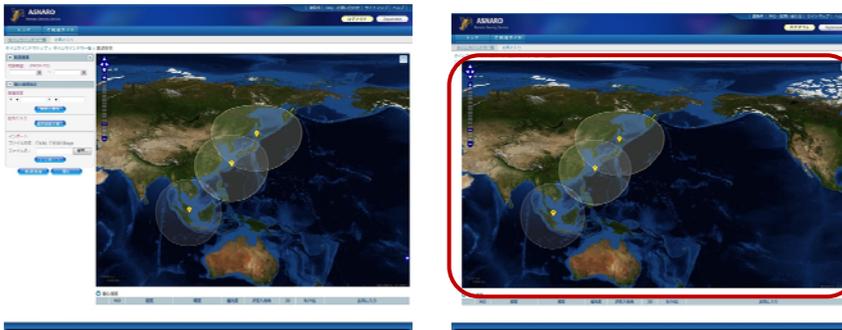


図 D-3-1-2-16 使用環境に応じた画面表示（例）

C) ユーザーの視認性への考慮

一覧と地図が連動する設計とし、地図をクリックするとリストも選択される。

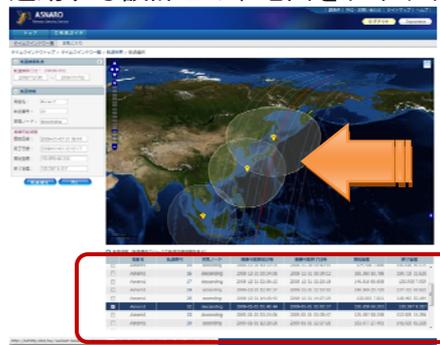


図 D-3-1-2-17 視認性に配慮した画面表示（例）

② アーカイブシステムの開発

(ア) OGC 国際標準を利用した分散検索

ナショナルアーカイブと連携することで、他の衛星データと一括分散検索できるためユーザーの利便性が向上する。

ASNARO メタデータを国際標準形式の EOP に対応させ、メタデータ検索の標準方式である CSW で提供することで、他の衛星データと一括分散検索できることを実証した。国内外の地理空間情報メタデータ標準としては ISO 19115/19118 や JMP も存在するが、EOP は衛星データに特化して設計されており、ebRIM を通じた拡張性を保持しているため、今後の情勢の変化にもより柔軟に適応できる。

③ 撮像計画管理システムの開発

(ア) 自動化対象の処理

定常時の運用においては管理者によるオペレーションを必要としない。撮像予約提供システムから受け付けた撮像要求を基に撮像計画が立案され、その計画を衛星運用計画管理システムのコマンド生成処理に引き渡す一連の処理を自動で実施する。自動化による運用者の省力化を実現した。

(イ) 気象予報データの利用について

光学衛星は天候の影響を撮像計画立案の際、気象予報データを利用して撮像要求地点の被雲率を算出する。被雲率が許容値（ユーザーが注文時に指定）を超えた撮像地点は、撮像計画立案の計画対象外とする。撮像できる可能性が低い地点を計画段階で外し、その分の衛星リソースを他の撮像に割り当てることで、効率的な撮像計画立案を実現した。

④ 衛星運用計画管理システムの開発

(ア) 計画立案処理の自動化実現

計画立案作業フローを確立し、HK 運用及びミッション運用の計画立案処理の自動化を実現した。

⑤ 撮像データ処理システムの開発

前述（3）画像高速処理システム開発を参照

⑥ 衛星管制システムの開発

(ア) ノミナル運用時の運用性

衛星の運用状況をサマリ表示できる画面を使用することで、ノミナル時の運用者操作が 0 件となり、自動化による運用者の省力化を実現した。

(イ) 運用者復旧操作支援の改善

衛星異常時のテレメトリをリスト表示し必要な情報に素早くアクセスできるようにし、指定テレメトリの詳細 (SOM) 表示を可能としたことで、効率的に後続の復旧作業が実施できることを確認した。

⑦ 軌道制御システムの開発

(ア) 性能

GPS 軌道決定処理により、決定精度が 3m (3 σ) 以下を実現した。軌道決定処理時間についても、目標値 20 分をクリア (11 分) した。

(イ) 自動運用

定常運用における軌道制御システムの運用は、自動で実施することを基本とする。自動運用では軌道制御システムのメイン処理が常時動いており、トリガーとなる処理開始時刻及び、追跡データ発行通知を指定回数受信したタイミングで各処理を開始するように実現した。ただし、異常が発生した場合には、運用者に異常を知らせる。異常時には異常時対応画面を立ち上げ、手動操作にて処理実行の指示を行えるように実現した。

D-3-1-3 特許出願状況等

表 D-3-1-3-1 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文 発表	ASNARO 用可搬統合型小型地上システムにおける可搬統合局の開発 (社)日本リモートセンシング学会 平成 22 年度秋季学術講演会	H22. 11
論文 発表	ASNARO 用可搬統合型小型地上システムにおける高速画像処理システムの開発 (社)日本リモートセンシング学会 平成 22 年度秋季学術講演会	H22. 11
論文 発表	ASNARO 用可搬統合型小型地上システムにおける先進的地上システムの開発 (社)日本リモートセンシング学会 平成 22 年度秋季学術講演会	H22. 11
論文 発表	Advanced EO system for the Japanese Small Satellite ASNARO SmallSatConference 2011	H23. 8
論文 発表	民間企業のサテライトサービスビジネスの課題と対策 第 56 回宇宙科学技術連合講演会	H24. 11

D-3-2 目標の達成度

表 D-3-2-1 目標に対する成果・達成度の一覧表

目標・指標	成果	達成度
単独で衛星データが受信可能となるように車両に搭載可能なアンテナ、小型で高カバレッジな受信システム、衛星へのコマンドが直接送信可能となるように衛星管制機能、撮像計画機能、コマンド送信機能を有する可搬統合局の開発・検証を実施する。	衛星とのコミュニケーション (UL/DL) はもとより、受信データの基本的な処理及び高次処理までの統合的な機能を有したオールインワンのシステム (可搬統合局) を開発した。	達成
衛星から取得したデータと過去に撮像した同一地点のアーカイブデータを活用した画像データの統合運用を可能とするシステムの開発・検証を実施する	可搬統合局に具備する変化抽出手法、地物抽出手法、DEM の生成手法、災害シミュレーション手法を開発した。省力化と時間短縮を行い実用に耐え得るシステムを開発した。	達成
衛星から取得したデータの L0 処理、L1 処理、高次処理、大容量データ I/F に対する高速処理技術の開発・検証を実施する。	ハードウェア及びソフトウェアによる高速化を実現し利用者にとって利便性の高いサービスを実現した。 以下のアルゴリズムを開発した。 ・光学補正処理の高速処理 ・幾何補正処理の高速処理 ・復号処理の高速処理	達成
運用要員の低減とユーザー本位なシステムの実現をめざし、地上システムの小型化、低コスト化、高機能化、運用の省力化を実現するためのシステムを開発・検証を実施する。	小型化、低コスト化、高機能化、運用の省力化を実現する先進的地上システムを開発した。	達成

表 D-3-2-2 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1) 可搬統合局の開発			
① 車両総重量の軽量化	車両総重量を 20t 以下とする。	車検における車両総重量の測定結果が 19.4t であることを確認。	達成
② アンテナ搭載型車両	アウトリガの安定度に関する性能要件はアンテナ設置要件を適用し以下の設定とする。 【性能要件】 設置面傾斜： 水平面から $\pm 5^\circ$ 初期姿勢： 水平面から $\pm 0.5^\circ$	設置面傾斜： 水平面から $\pm 5^\circ$ 初期姿勢： 水平面から $\pm 0.1^\circ$ 運用時安定度： 初期姿勢から $\pm 0.04^\circ$	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
	運用時安定度： 初期姿勢から±0.1°		
③ 可搬局セットアップ（アンテナ組立）の高速化	アンテナ組立の3工程（アウトリガの設置、Feedの取り付け、アンテナパネルの取り付け）を2名で2時間以内に実施する。	2名で2時間以内（1時間55分）に設置を完了した。	達成
（2）画像統合運用システムの開発			
①統合運用の検討	災害発生時における統合運用手法を確立し、可搬統合局及び統合運用の実施フローから可搬統合局の運用時間や情報提供までの時間を整理しモデルケースにおいて情報提供時間の有効性を検証する。	可搬統合局に具備する変化抽出手法、地物抽出手法、DEMの生成手法、災害シミュレーション手法を開発した。省力化と時間短縮を行い実用に耐え得るシステムを開発した。	達成
②主題図作成の自動化	主題図作成の自動化を実現し、統合運用人員の省力化を実現する。	主題図作成における一連の手順を自動化することで省力化を図った。また、自動処理に対する設定作業を画像注文時に一括して行う仕組みとすることで、可視時間内の運用負荷を削減している。	達成
③主題図様式のテンプレート化	主題図の表現方法を明確化し、テンプレートとして柔軟に利用するための表示設定やレイアウトを確立する。また主題図の表現に必要な情報を選定する。	分析結果の実データと、それを表現するための表示設定ファイル、レイアウトを管理するテンプレートファイルを個別に管理する仕組みを実装することで、利用者の要望に応じた主題図や、対象とする災害に応じた表示方法での主題図提供を可能とした。	達成
④DSM差分抽出の精度検証	DSM差分抽出アルゴリズムの確立と、大規模災害における被害状況の把握に、広域にわたる高さの変化情報が有効かを検証する。	アルゴリズムを確立し、その精度検証において建物倒壊の被害状況把握を想定し、建物面積に着目した検証を行った。200㎡以上の面積を持つ建物に関して83.3%の抽出率を示し、単純差分での変化抽出と比較しても良好な検出が行えることが分かった。	達成
（3）画像高速処理システムの開発			

要素技術	目標・指標	成果	達成度
①L0 処理の高速化	ストリーム方式での中間ファイルの最適なファイル分割サイズ検討、復号処理アルゴリズムの確立と高速化手法による処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L0 処理：42 秒	【性能実績】 L0 処理：26 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
②L1 処理の高速化	画像 I/O について異なる媒体での性能比較・検討を行うことにより処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L1 処理：70 秒	【性能実績】 L1 処理：53 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
③高次処理の高速化	高次処理アルゴリズムの開発、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 パンシャーペン生成：60 秒 オルソ生成：90 秒 DSM 生成：180 秒	【性能実績】 パンシャーペン生成：28 秒 オルソ生成：20 秒 DMS 生成：155 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
④大容量データ I/F の高速化	最適化ソリューションの確立、局間伝送シミュレーション実施、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 伝送効率：75%	【性能実績】 伝送効率：97% 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
(4) 先進的地上システムの開発			
①撮像予約提供システムの開発	利用者の利便性に考慮した Web 注文システムの構築を目標とする。 【性能目標】 検索速度：4 秒以内 ※アーカイブ検索の前提 登録母数：1,500 万件 適合件数：500 件 同時アクセス数：10	直観的なインターフェイスの検討を実施した。 大量データ表示のレスポンスを考慮した設計とし伝送遅延も考慮した描画方式を実現した。 アーカイブ検索の速度に対する大量データの表示性能目標を達成した。 【性能実績】 アーカイブ検索速度：2.4 秒	達成
②アーカイブシステムの開発	OGC/ISO 準拠のメタデータ設計、高速な空間検索を行うための検索モジュールの最適化を目標とする。ナショナルアーカイブを視野に入れた国際標準に準拠した	最適な OGC/ISO 準拠のメタデータ設計を実施した。 高速な空間検索を行うための検索モジュールの最適化を実施した。 【性能目標】	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
	DB 設計を行う 【性能目標】 1500 万件から 500 件のデータ抽出：1 秒以内	1500 万件から 500 件のデータ抽出：0.488 秒	
③撮像計画管理システムの開発	撮像計画立案処理の高速化と、撮像機会の向上を目的としたアルゴリズムの確立を目標とする 【性能目標】 計画立案（衛星運用計画管理との合算）時間：15 分以内	撮像計画時間で性能目標を達成した。 計画立案時間：9 分 13 秒 注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前（AOS-30 分前）まで許容できるようになった。	達成
④衛星運用計画管理システムの開発	運用計画立案処理の高速化を目標とする。 【性能目標】 計画立案（撮像計画管理との合算）時間：15 分以内	運用計画立案処理時間で性能目標を達成した。 計画立案時間：4 分 2 秒 注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前（AOS-30 分前）まで許容できるようになった。	達成
⑤衛星管制システムの開発	運用の省力化・衛星運用自動化の検討を行い運用省力化画面の作成を目標とする。 【性能目標】 ノミナル時 1 可視運用中の運用者操作：0 件	ノミナル時の運用者操作は 0 件となり性能目標を達成できた。よって、運用の省力化を実現できた。	達成
⑥軌道制御システムの開発	軌道決定運用の自動化、手順の簡略化、軌道決定精度向上、最速軌道決定実施タイミングと処理時間の短縮を目標とする。 【性能目標】 GPS 軌道決定精度： 3m (3σ) 最速軌道決定処理： 20 分	高い軌道決定精度であり、かつ高速に軌道決定処理を実施することができたため、衛星運用を安定的に行うための重要な要素が整ったことを確認した。 【性能実績】 GPS 軌道決定精度： 3m (3σ) 最速軌道決定算出時間： 11 分	達成

D-4 事業化、波及効果について

D-4-1 事業化の見通し

(1) 成果の利用例

「可搬統合型小型地上システムの研究開発」は、次の通り成果利用を想定している。

ASNARO 衛星シリーズでは、本研究開発成果を利用して地上システムを横展開する予定である。また ASNARO-1（光学）衛星打上後、校正検証を実施した上で、必要な手続きを経て民間事業者がこれを利用して、世界マーケットを対象として衛星画像販売、付加価値プロダクト販売、他のコンテンツやシステムと融合したアプリケーション及びサービス展開を行うこと想定している。併せて本研究開発成果を活用し、主に新興国を対象として衛星システムとしての宇宙インフラパッケージ輸出を想定している。

(2) 事業化に至る期間

現状の見通しでは、ASNARO-1（光学）衛星の民間事業者への必要な手続き後、速やかに事業化への展開を実施する予定である。手続き後は1年以内の実施可能である。

また、宇宙インフラパッケージ輸出においては、顧客（相手国）の要請を受けて速やかに着手することが可能である。

(3) 問題点の分析と明確な解決方策

本研究開発成果の主戦場は、世界を対象としていることから各国の状況がそれぞれ異なる。ASNARO-1（光学）の研究開発成果の利用にあたっては、各国の事情を踏まえた対応が必要である。例えば、衛星画像販売においては分解能や撮像場所、提供相手等を精査し販売を行う必要がある。また宇宙インフラパッケージ輸出においては、システムで利用する部品や機能・性能等について関係国や機関との調整を踏まえ、慎重に検討する必要がある。

D-4-2 波及効果

(1) 成果の高度化に関する波及効果の事例

ASNARO-1（光学）の研究開発成果は、各国の顧客が抱える課題を解決する手段として利用可能である。例えば、森林管理、農地管理、災害監視及び国土管理等における基盤情報整備や定点モニタリング等を実施することにより、現状把握、計画策定、変化抽出、監視を行うことができる。世界では、前述のようなニーズを持っている国が多数あることから、本研究開発成果への期待度は高い。

(2) 当初想定していなかった波及効果の事例

本研究開発成果の 1 つである先進的地上システムは、システム単体でも機能するものの、この他の統合運用システム、画像自動判読システム及び内閣府宇宙戦略室において開発された衛星データ利用促進プラットフォーム等を組み合わせて利用することにより、より多様な課題を解決する手段として利用することが可能である。また可搬統合局は、トラックの荷台に衛星管制、軌道制御、運用計画及びデータ処理、アンテナシステム等をオールインワンで搭載したシステム構成となっており、新規に宇宙利用を図ろうとする場合やバックアップ、様々なシチュエーションの現場対応等に活用することが可能である。

D-5 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

D-5-1 研究開発計画

本研究開発は当初、平成21年度から4か年で実施する計画であった。システム開発の全般においては大規模システム開発であることや、事業計画に年度単位の工程計画が定義されていたことから、ウォーターフォール・モデルによるシステム開発を実施した。年度毎に研究成果を確定し翌年度の工程に引き継ぐことで工期遅延もなく事業を継続することができた。個々の研究開発においては、研究要素を絞りプロトタイピングと評価を反復的に実施するイテレーション開発手法を適用した。これにより研究の進捗を確認しながら短いスパンで研究内容の方向修正を行うことができ、最終的な目標の達成に貢献した。

なお、衛星の打上げ日程が当初予定の平成24年12月から複数回の日程変更を経た後、最終的に平成26年11月へと約2年間延期となった。そのため、打上げ前準備の最終の試験作業は複数年度にわたり実施することとなった。

表D-5-1-1に本研究開発のスケジュールを示す。

表D-5-1-1 研究開発計画

実施項目／年度	H21	H22	H23	H24	H25	H26
工程計画	概念設計	基本/詳細設計 プロトタイプ開発	製造・試験	試験・実証 ※打上げが複数回延期されたことにより複数年度で実施		
(1) 可搬統合局の開発						
車両総重量の軽量化	→	→	→	→	→	→
アンテナ搭載型車両	→	→	→	→	→	→
展開設置の高速化	→	→	→	→	→	→
(2) 画像統合運用システムの開発						
統合運用の検討	→	→	→	→	→	→
主題図作成の自動化	→	→	→	→	→	→
主題図様式のテンプレート化	→	→	→	→	→	→
DSM 差分抽出の精度検証	→	→	→	→	→	→
(3) 画像高速処理システムの開発						
L0 処理の高速化	→	→	→	→	→	→
L1 処理の高速化	→	→	→	→	→	→
高次処理の高速化	→	→	→	→	→	→
大容量データ I/F の高速化	→	→	→	→	→	→
(4) 先進的地上システムの開発						
撮像予約提供システムの開発	→	→	→	→	→	→

実施項目／年度	H21	H22	H23	H24	H25	H26
アーカイブシステムの開発	→	→	→	→	→	→
撮像計画管理システムの開発	→	→	→	→	→	→
衛星運用計画管理システムの開発	→	→	→	→	→	→
衛星管制システムの開発	→	→	→	→	→	→
軌道制御システムの開発	→	→	→	→	→	→
(5) データ標準化の検討						
OGC 国際標準を利用した分散検索			→			
メタデータ集積による統合検索			→			
(6) 総合システム開発仕様の達成						
総合システム開発仕様の準拠				→	→	→

D-5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、株式会社パスコが経済産業省からの委託を受けて実施した。

また、研究開発の実施に当たっては、研究開発内容への技術的な助言や実施結果等への適切な評価をいただくため、衛星分野、衛星画像の利活用、コンピュータアーキテクチャに関わる学識経験者、専門家等、7名の国内有識者による技術委員会を設置した。

図 D-5-2-1 に本研究開発（可搬統合型小型地上システムの研究開発）の実施体制を示す。

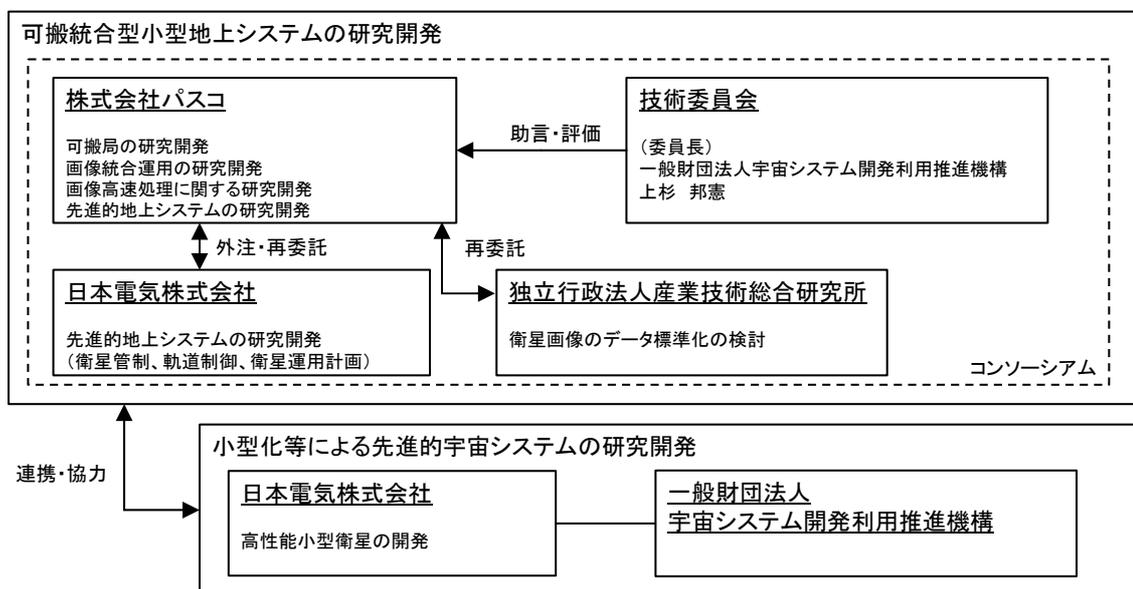


図 D-5-2-1 研究開発実施体制

技術委員会 委員一覧（敬称略、委員長を除き五十音順）

氏名	職位	所属
上杉 邦憲	委員長	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 技術顧問 (元独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 名誉教授)
齋藤 宏文	委員	独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 教授
柴崎 亮介	委員	東京大学空間情報科学研究センター センター長
関口 智嗣	委員	独立行政法人産業技術総合研究所グリッド研究センターセンター長
山本 善一	委員	独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 教授
横塚 英世	委員	東海大学情報デザイン工学部 専任准教授
六川 修一	委員	東京大学大学院工学系研究科地球システム工学専攻 教授

D-5-3 資金配分

表 D-5-3-1 資金度配分

(単位：百万円)

年度 平成	21	22	23	24	25	26	合計
概念設計	269						269
基本設計・詳細設計 プロトタイプ評価		909					909
製造・試験 データ標準化検討			2,000				2,000
試験・校正運用				1,247		292	1,539
合計	269	909	2,000	1,247		292	4,717

D-5-4 費用対効果

費用対効果は、以下の通り想定している。

■本研究開発成果を活用した画像販売等の事業

年間当たり35億円以上の売上（40シーン/日×365日×平均単価250,000円）が見込めることから、衛星ライフを5年とした場合、総額180億円以上の総売上が期待される。

よって、初期投資に対するB/C（182.5億円/47.2億円）=3.9以上となる。

■本研究開発成果を活用した宇宙インフラパッケージ輸出事業

ASNARO-1（光学）をベースとした宇宙インフラパッケージ輸出を行う場合、衛星、地上システム、アンテナシステム、輸送（epsilon利用）、教育までの一式で130億円程度（衛星ライフにおけるメンテナンスは除く）と想定している。現在の新興国の要望から想定すれば、ASNARO-1（光学）の潜在マーケットは3基以上が期待される。

よって、初期投資に対するB/C（390億円/47.2億円）=8.3以上となる。

■可搬統合局を活用した宇宙インフラパッケージ輸出事業

可搬統合局をベースとしたインフラパッケージ輸出を行う場合、対象がASNARO-1（光学）衛星であろうが、他の衛星利用であろうが一式あたり12億円を見込んでいる（国際競争力ある価格）。現在の顧客の要望から想定すれば5台以上が期待される。

よって、初期投資に対するB/C（60億円/47.2億円）=1.3以上となる。

■総合

これらを総合するとASNARO-1（光学）をベースとした費用対効果B/C（632.5億円/47.2億円）=13.4以上となる。

D-5-5 変化への対応

近年の宇宙開発利用は、かつてない勢いで技術開発が進むと共に新規参入も増加してきており、競争が激しくなっている。このような変化に対応するためには、本研究開発着手時に整理した基本コンセプトの通り、安価、高性能、短納期であることは勿論のこと、わが国らしい手厚いサポート体制により対応していくことが肝要である。これにより先行する欧米の他、新規参入を凶ってきている中国、韓国、インドなどにも十分に競争力ある位置にあると考えている。

また、本研究開発で得たアーキテクチャをベースとして早期に複数衛星によるコンステレーションを構築（輸出した相手国システムも組み合わせる）することはもとより、次世代システムの開発を行う必要がある。これにより、世界での高い競争力を維持できるものと考えている。