

C-2 小型衛星群等によるリアルタイム地球観測網システムの研究開発（画像自動判読システムの研究開発）

株式会社パスコ

C-2-1 事業の目的・政策的位置付け

C-2-1-1 事業目的

昨今、地球観測衛星は高性能化とダウンサイジング（小型化）が進み、世界的にはコンステレーションとして運用されるケースが当たり前になってきている。観測衛星でコンステレーションを組む最大のメリットは、撮像機会が増加（時間分解能の向上）することであるが、同時に管理すべき大量の画像（ビッグデータ）が発生することは自明である。そして、これらのビッグデータから如何にして利用者が求める情報を抽出・加工して提供するかということは、大きな課題である。

例えば、地図作成用途で衛星画像を利用する場合、ステレオペアで撮像された画像を用いて立体視を行い、オペレータが3D空間上で、フィーチャ（道路や建物等）の判読を実施する。また、IMINT（IMage INTelligence）用途においては、関心フィーチャーに対するオペレータによるマニュアル判読が、現在も主流となっている。これらのフィーチャー判読は、人間の目視判読によるものであるが、人間の脳の複雑かつ高度な働きで、情報を空間として正確に把握し、また必要に応じて適宜補完を行うため、よりの確な判断が行えることが特徴であり、それが最大のメリットである。しかしその一方、オペレータによる判読は、一般的に多くの教育と経験（ナレッジ）が必要であり、また判読する量に関しても限界がある。

衛星画像の利用用途は多岐に渡るが、上記で述べた判読を必要とするものが大きな市場を占めているのが現状である。よって、コンステレーションシステムの価値を最大化し、それらの本来の目的を実現させるためには、画像判読の自動化は必要不可欠と言える。また、大量の画像を自動かつニアリアルタイムでプロダクト生成する仕組みは、「可搬統合型小型地上システムの研究開発」等により既に実現されており、画像判読の高速な自動処理が実現することにより、撮影から利用者への情報提供までのリードタイムは最小化される。これにより、連携するコンステレーションシステムの価値は飛躍的に高まり、衛星ビジネスにおける新たなサービスの創造も期待できる。

以上の背景から、本事業においては、コンステレーションから得られる大量の衛星画像に対して、利用者が必要とする地物の自動判読を高速に実施し、利用者に判読結果を最適な形で提供するためのシステムを開発すること目的としている。

C-2-1-2 政策的位置付け

新成長戦略（平成22年6月18日、閣議決定）において、宇宙産業振興のため、小型衛星の開発や、衛星データ利用促進プラットフォームの構築、リアルタイム地球観測網の構築、最先端宇宙科学・技術による競争力の確保等の宇宙

開発利用の推進が工程表に盛り込まれている。

また、産業構造ビジョン 2010（平成 22 年 6 月 3 日、産業構造審議会産業競争力部会報告書）の中で、海外市場獲得に向けた我が国企業の競争力強化 のため、防災、資源管理、環境監視、国土管理などの多様な宇宙システムの利用に係るアプリケーションの開発・実証を進めるとともに、防災等の分野でアジアとの国際協力も念頭に置いた 10 機程度の地球観測衛星を複数連携運用するシステムを構築し、衛星利用サービスの多様化を進めるとしている。加えて、社会・市場ニーズへの対応による宇宙システムの利用拡大のため、衛星データを利用したアプリケーション開発を促進し、地球環境変動の把握、農水産業の収穫管理、エネルギー資源探査、防災・国土管理等における利用を拡大するとしている。

宇宙分野においては、「宇宙基本法」（平成 20 年 5 月 28 日）において、国は、宇宙開発利用に関する施策を総合的かつ計画的に推進すること、観測に関する情報システム等の整備の推進その他の必要な施策を講ずることとされた。

また、宇宙基本法を受けて策定された「宇宙基本計画」（平成 21 年 6 月 2 日宇宙開発戦略本部決定）においては、宇宙開発利用に関し政府が総合的かつ計画的に実施すべき施策として、アジア等に貢献する陸域・海域観測衛星システムの構築を推進するとしている。その中で、公共の安全の確保の分野においては、「アジア地域における災害時の情報把握」というニーズに対して、被災地域の広域での把握と、被害状況の把握のため人工衛星等の整備・活用（光学及びレーダ衛星で 4～8 機）や分析方法の高度化等を行うことを目標としている。

C-2-1-3 国の関与の必要性

2011 年 7 月の日 ASEAN 外相会合、同年 11 月の日 ASEAN 首脳会合で我が国から提案した「ASEAN 防災ネットワーク構想」では、日本と ASEAN 各国との間で地球観測衛星の観測頻度を向上させるための連携運用を提案している。ASEAN 防災ネットワークの構築は、観測頻度を飛躍的に向上させることから、自然災害の発災後速やかに撮像することが可能となるが、衛星画像から必要な情報を必要な形態で抽出、加工する処理する作業は、現在、人間の手で行っているため災害現場に迅速に情報を提供することの妨げになる。このため、衛星画像から自動的に情報を抽出する「衛星画像自動判読システム」の開発が求められている。

衛星画像から情報を自動的に抽出する技術は、世界に類を見ない技術であり、今後 ASEAN 防災ネットワーク構想を一端とするリアルタイム地球観測網を構築し、当該市場において我が国企業がシェアを獲得するためには必須の技術である。しかし、衛星運用システムとの密接な連携が必要であり、また開発リスクが高いため民間での実施は困難である。加えて、顧客は各国政府も含まれ、

それらは二国間協力により実施される事業であることから、国の事業として実施する。

C-2-2 研究開発目標

C-2-2-1 研究開発目標

地球観測衛星（光学、SAR）から得られるデータ量は、開発/打ち上げコスト低下による衛星数増加や、撮像能力/センサ能力の向上により、加速度的に増加している。一方、それらのデータを解析し、情報抽出する方法は、いまだ人間によるものが主流となっており、大量のデータを生かし切れていない。

衛星群から得られる大量のデータから、コンピュータにより高速かつ高精度に情報抽出させることにより、衛星システムの価値の向上と新たなサービスの創造が期待できる。以上の背景から、本研究開発においては、地球観測衛星から得られる大量の衛星画像に対して、利用者が必要とする地物の自動判読を高速に実施し、利用者に判読結果を最適な形で提供するためのシステム（以下、画像自動判読システム）を開発する。

画像自動判読システムは、国内外の利用者に対し、衛星利用促進プラットフォームや、統合運用システム、衛星画像プロバイダーと連携を行い、判読サービスを提供する。画像自動判読システムの位置付けを図 C-2-2-1-1 に示す。

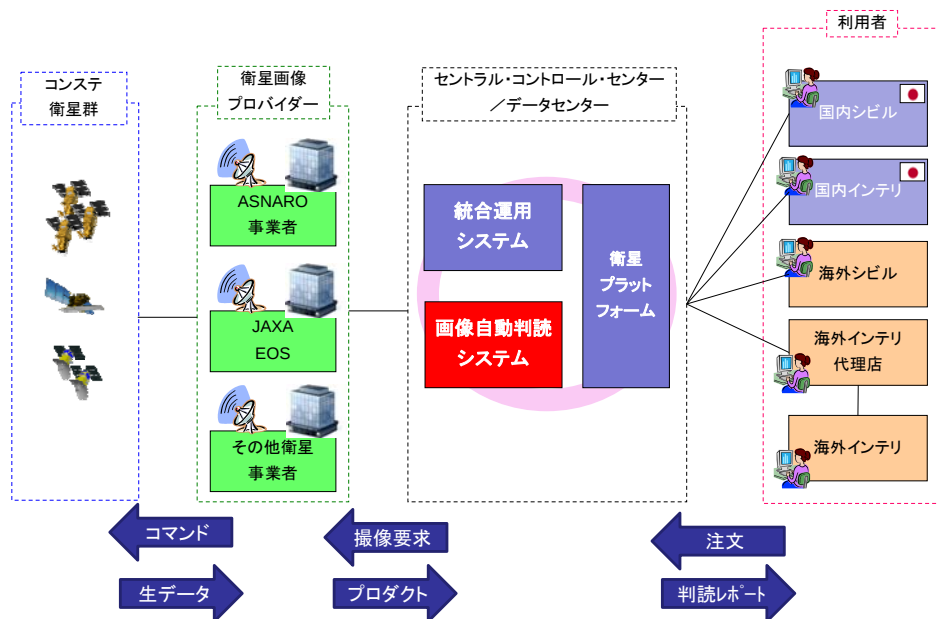


図 C-2-2-1-1 画像自動判読システムの位置付け

C-2-2-2 全体の目標設定

表 C-2-2-2-1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
地球観測衛星から得られる大量の衛星画像に対して、利用者が必要とする地物の自動判読を高速に実施し、利用者に判読結果を最適な形で提供するためのシステムを開発する。	地球観測衛星（光学、SAR）から得られるデータ量は、開発/打ち上げコスト低下による衛星数増加や、撮像能力/センサ能力の向上により、加速度的に増加している。 一方、それらのデータを解析し、情報抽出する方法は、いまだ人間によるものが主流となっており、大量のデータを生かし切れていない。 衛星群から得られる大量のデータから、コンピュータにより高速かつ高精度に情報抽出させることにより、衛星システムの価値の向上と新たなサービスの創造が期待できる。

C-2-3 個別要素技術の目標設定

表 C-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) システムロジック部の開発		
① 学習／判読ロジックの確立	画像から、コンピュータが地物の判読のための知識を自ら獲得（学習）し、未知の画像から地物の種類や位置を特定（判読）するためのロジックを確立する。 対象とする画像は、光学画像、合成開口レーダー画像及びその複合とし、画像中で視認できる様々な地物の判読に対応する汎用性の高いロジックを目指す。	衛星画像から地物の位置や種類を特定する確立された技術はなく、従来は人間の手作業にて実施されている。 大量に得られる衛星画像から、効率よく情報を抽出するためには、人間の作業をコンピュータに代替させる必要がある。また、利用者の幅広いニーズに対応するためには、衛星画像で視認できる様々な地物に対応した汎用性の高いロジックが必要である。
② 判読処理の高速化	光学画像、合成開口レーダー画像、光学／合成開口レーダー統合のそれぞれの判読処理が、3分以内に完了できるように判読処理の高速化を行う。	サービスの価値の向上のためには、画像の入手から、短時間で判読結果（レポート）を利用者に提供する必要があり、判読処理の高速化は必要不可欠である。
(2) システムフレーム部の開発		
① ユーザインターフェイスシステムの開発	ウェブを介して、ワンストップで利用者へ判読サービス（画像の入手から判読レポートの提供）を提供するための機能を開発する。 開発にあたっては、利便性やシステムへのアクセスのし易さ等を考慮する。 【性能目標】 画面応答速度：1秒以内	幅広く判読サービスを提供するためには、ウェブへの対応は必要である。また、衛星画像の入手から判読レポートの提供までをワンストップで提供することにより、システムの価値の向上が期待できる。加えて、利便性を考慮すると、サービス画面の応答速度は短時間であることが望ましい。
② アーカイブ管理システムの開発	判読処理によって判読された大量の地物の情報を、分散データベースにて、高速に取り扱う機能を開発する。 【性能目標】 100万件のデータから10件のデータの検索及び抽出：1秒以内	判読結果のウェブ上への表示や、リアルタイムでのレポート作成機能の提供のためには、判読された大量のデータへのアクセスが必要となる。しかし、一般的なデータベースでは長い時間を要するため、利便性を考慮し、データベースの分散化等によるデータアクセスの高速化が必要である。
③ 画像判読システムの開発	判読処理を行うための複数の計算機（処理ノード）に効率よく要求（ジョブ）を割り当て、短時間で判読処理を完了させるジョブスケジューリング機能を開発する。 【性能目標】 処理ノードへのジョブ割当：2秒以内 判読処理完了：3分以内	単位時間当たりの判読処理量を最大化し、かつ判読処理自体も短時間で完了させるためには、複数の計算機を効率よく運用する必要がある。そのためには、計算機と要求を管理するためのジョブスケジューリング機能が必要である。

④ ナレッジ管理システムの開発	コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ（識別器）や、そのナレッジを生成するための学習用/評価用データを管理する機能を開発する。本機能は、システムの運用者が利用する機能であるため、運用性や、サービスの継続性を考慮して開発を行う。	識別器の生成には、大量の学習用データ/評価用データが必要である。また、複数の地物の判読に対応するためには、複数のナレッジ（識別器）が必要である。判読サービスを継続的に提供するためには、これらの情報をより簡便に管理でき、サービスの拡張にも対応できることが望ましい。
⑤ 計算機環境の構築	画像自動判読システムを動作させるための計算機環境の設計・構築を行う。設計にあたっては、本システムを構成する各システムの処理特性や処理性能、運用性を十分考慮する。	各種性能要求を満たしつつ、計算機リソースを効率的に利用するためには、合理的な設計に基づいた計算機環境が必要である。また、判読サービスを継続的に提供するためには、計算機の管理に関わるコストの最小化が必要である。
(3) ナレッジデータベースの構築	衛星画像から、システムロジック部の開発等に利用する学習用/評価用データの整備を行う。	短期間で効果的、効率的に研究開発を行うためには、大量の学習用データ/判読用データを整備する必要がある。

C-2-3 成果、目標の達成度

C-2-3-1 成果

C-2-3-1-1 全体成果

高分解能光学衛星画像及び高分解能合成開口レーダー衛星画像から、対応衛星画像で目視認識可能な地物や土地被覆を判読するシステムを開発した。判読精度は、地物のサイズによってバラつきがあるが、判読精度の向上が可能なシステムとなっている。また、最も利用が見込まれる建造物の判読については、面積ベースで80%以上と十分実用に足る判読精度が得られている。加えて、目視判読が難しいとされる合成開口レーダー画像についても、光学画像との比較で単体では判読精度は劣るものの、光学画像と組み合わせることにより、精度の向上が期待できることも確認された。

判読速度については、GPGPU(General-purpose computing on graphics processing units)やマルチコアCPU、複数処理ノードにおける並列分散処理を行うことにより、1判読区画(1km四方)における、光学300クラス、SAR100クラス、統合300クラスの判読完了がそれぞれ3分以内を実現した。

システムの開発にあたっては、利用者や市場のニーズ等を踏まえ、機能、性能に関わる要件定義を実施した。これら要件を満たすべく、システムのコアとなる判読ロジックの研究開発(システムロジック部の開発)と、システムの枠組みとなるフレームの開発(システムフレーム部の開発)を並行して実施した。また、システムロジック部の開発に必要な、学習用/評価用データの整備のため、ナレッジデータベースの構築を行った。

画像自動判読システムの全体像およびサービスフローを、図C-2-3-1-1-1、図C-2-3-1-1-2に示す。

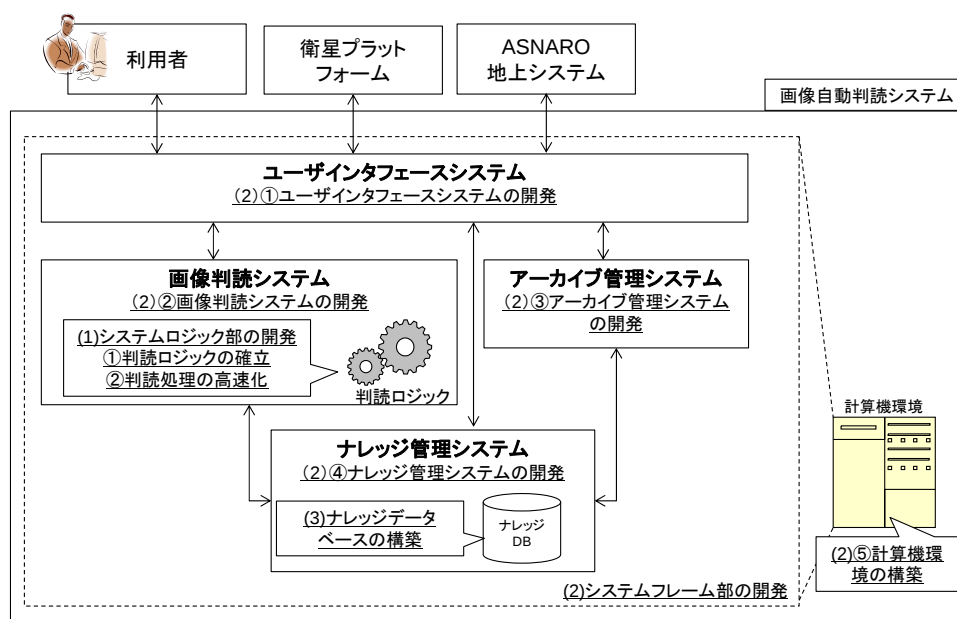


図 C-2-3-1-1-1 画像自動判読システムの全体像と要素技術

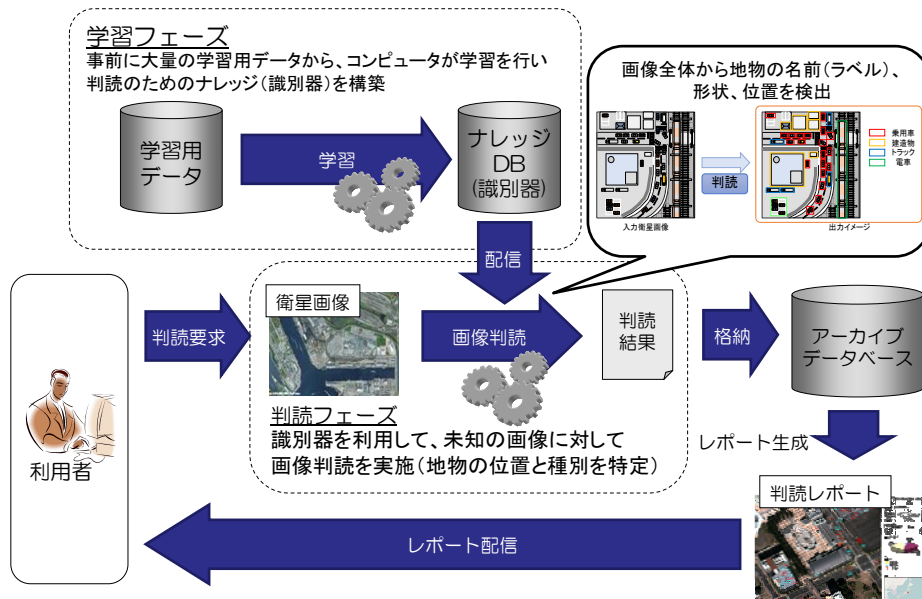


図 C-2-3-1-1-2 画像自動判読システムのサービスフロー

C-2-3-1-2 個別要素技術成果

(1) システムロジック部の開発

「システムロジック部の開発」においては、当該システムの開発において、技術的課題を有するロジック部に研究テーマを設定し、基礎的な研究からプロトタイプ製造による検証等を実施した。最終的には、システムフレーム部の開発で製造したパーツとシステムロジック部の開発で製造したパーツを結合し、画像自動判読システムとしてのシステム化を行った。

開発手法としては、イテレーション開発手法を採用し、短い期間でプロトタイピングおよび評価を反復的に繰り返し、機能具備および性能向上を図った。

要素技術毎の成果を、以下に記載する。

① 学習／判読ロジックの確立

(ア) ベースとなるアルゴリズムの選定

本システムのコアとなる判読ロジックは、光学画像と合成開口レーダー (SAR) 画像を対象に 300 種類以上 (SAR は 100 種類以上) の地物の判読に対応するような、高い汎用性を有したアルゴリズムを選定する必要がある。従来の判読手法においては、個別の地物に対して、個々に特徴抽出と識別を設計する必要があるため、高い汎用性が要求される本システムには適

さないと判断した。そこで、本システムにおいては、機械学習アルゴリズムの1つであるディープラーニング（深層学習）手法を採用した。ディープラーニングは、ニューラルネットワークを用いた手法であり、人間の脳を模した構造をもつニューラルネットワークを多層に重ねた構造を有することで、より抽象的な特徴の抽出が可能となっている。従来手法とディープラーニングの特徴の比較を図 C-2-3-1-2-1 に示す。

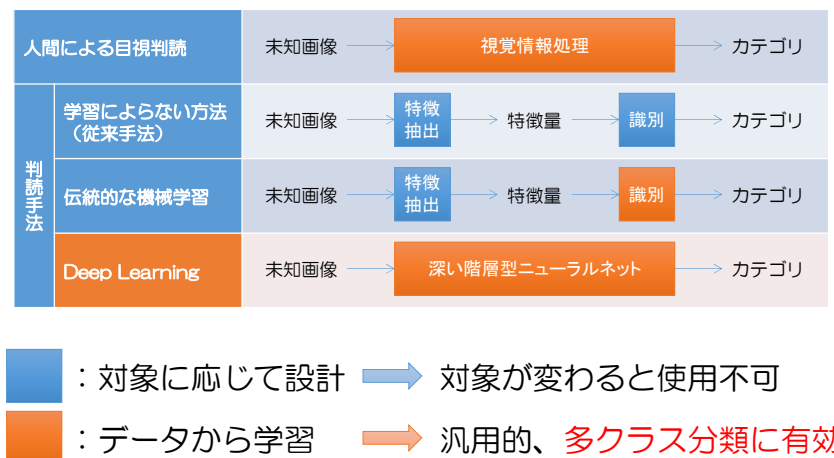


図 C-2-3-1-2-1 ディープラーニングの特徴

(イ) 地物判読手法の開発

ディープラーニングをベースに地物の判読手法を開発した。対象とする画像は、光学画像、SAR 画像、光学画像と SAR 画像の統合の 3 種類に設定した。ディープラーニングを利用した画像判読手法は、自然画像に対してはいくつかの実績があったが、衛星画像の判読の場合、より細かい情報（例えば車の場合、数ピクセル四方）に対し、地物の種類と位置を識別する必要があった。そこで、本研究では、画素毎に地物のクラスを判定する手法を開発した。これにより、従来のディープラーニングの手法で課題となった、位置の特定精度が非常に低いという欠点を補い、かつ正確に地物の種類を推定することが可能となった。

なお、判読精度の向上や手法の優位性の確認のため、学習用データの機械的な増幅、色調のヒストグラム正規化によるデータ均一化、マルチスケールによる学習、学習用データセットの動的な優先度付与、コンテキスト情報を用いたラベル修正、外部情報を利用したラベル修正、超パラメータの自動チューニング手法、他手法との精度比較等の研究も併せて実施した。

(ウ) 地物判読手法の評価

地物判読手法の評価のため、代表的な地物（建物、道路、乗用車）に対

し開発した手法を適用して精度の検証を行った（図 C-2-3-1-2-2、図 C-2-3-1-2-3）。結果としては、光学画像については、移動体（乗用車）を除き、70%以上と高い精度を得ることが出来た。SAR 画像については、建造物（建物）で 50.6%、線形地物（道路）で 53.8%と光学画像に比べる低い結果となったが、光学/SAR を統合させることにより、光学単体での判読精度を向上させる効果も一部で確認できた（文中の精度は全て Precision Break Even Point の数値を示す）。

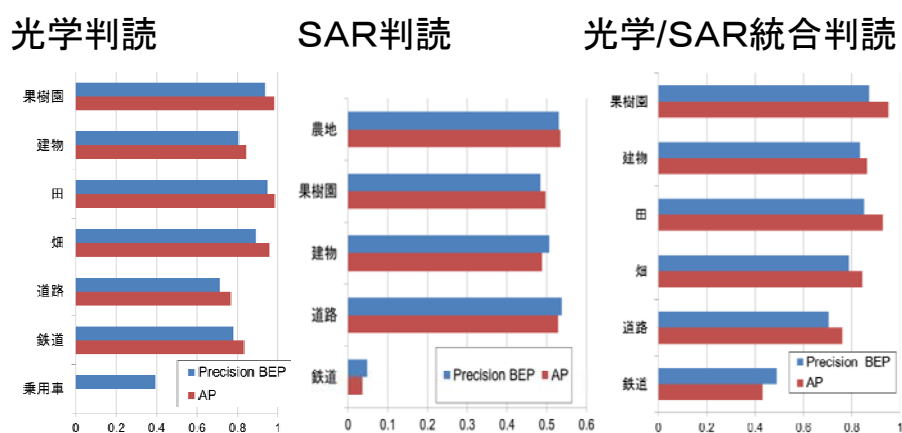


図 C-2-3-1-2-2 地物判読手法の評価結果

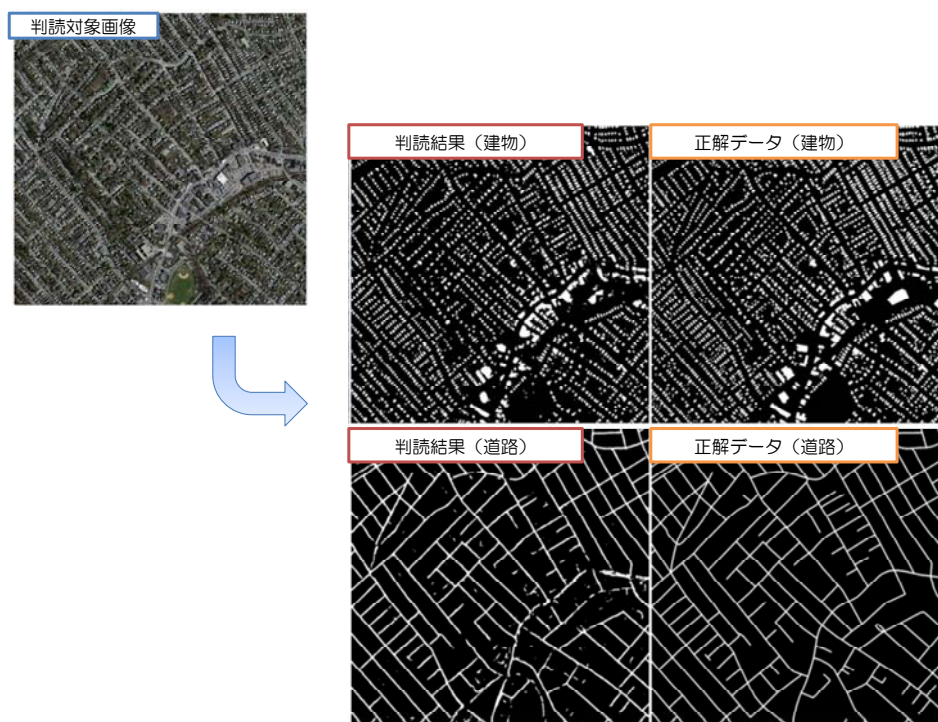


図 C-2-3-1-2-3 地物判読処理結果例

(エ) 被覆判読手法の開発

ディープラーニングをベースに、被覆の判読手法を開発した。対象とする入力は、光学画像と SAR 画像の 2 種類に設定した。なお、SAR 画像については、単偏波と多偏波にそれぞれ対応する手法を開発した。また、判読精度の向上や手法の優位性の確認のため、地物判読と同様の項目の研究を併せて実施した。

(オ) 被覆判読手法の評価

被覆判読手法の評価のため、代表的な地物に対し開発した手法を適用して精度の検証を行った。結果としては、光学判読で平均 97.2%、SAR 判読で単偏波、多偏波それぞれ平均 73.8%、平均 80.4%の成果を得ることが出来た（図 C-2-3-1-2-4、図 C-2-3-1-2-5、図 C-2-3-1-2-6）。

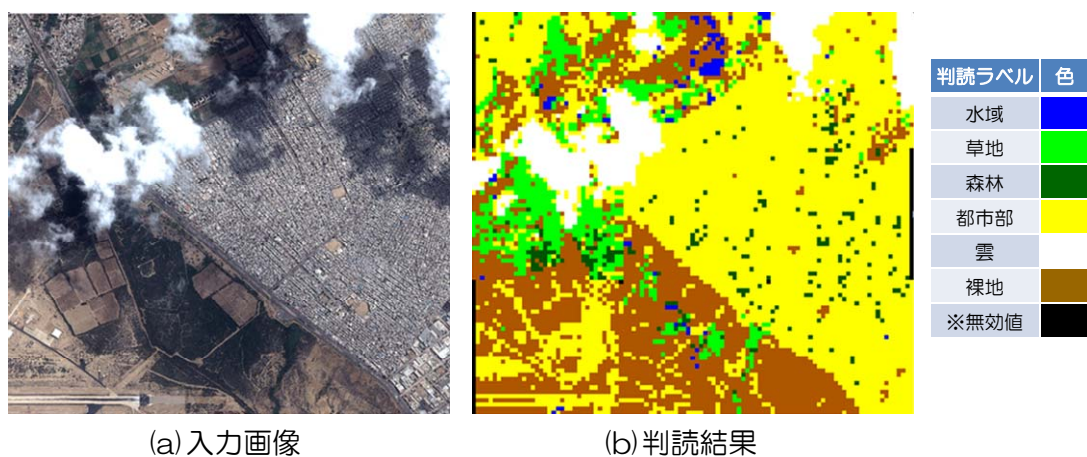


図 C-2-3-1-2-4 地物判読処理結果例 (光学)

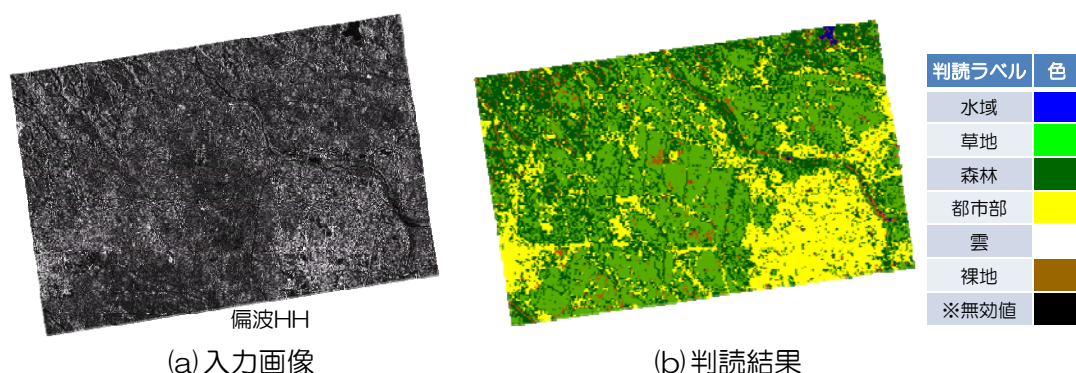


図 C-2-3-1-2-5 被覆判読処理結果例 (SAR、単偏波)

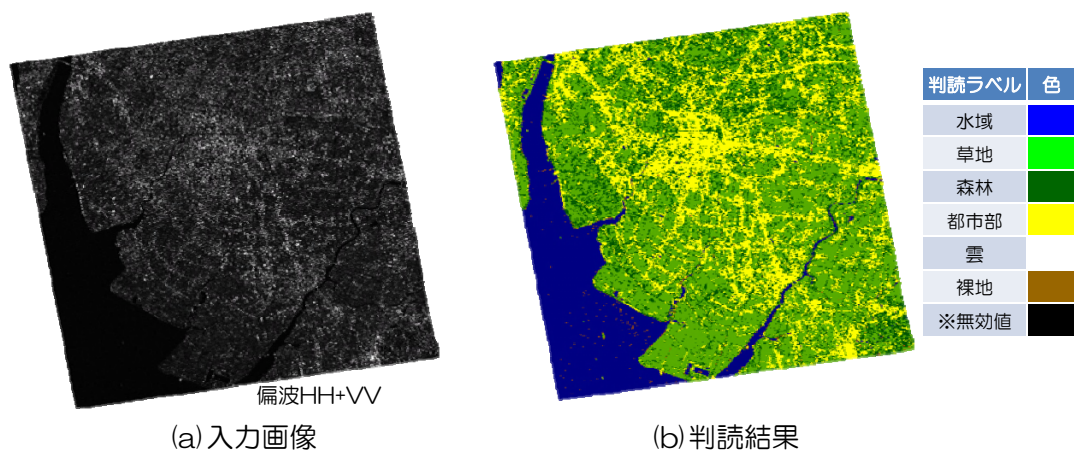


図 C-2-3-1-2-6 被覆判読処理結果例（SAR、多偏波）

② 判読処理の高速化

判読処理の高速化のため、判読処理プログラムに対し、複数処理ノードに処理を分散させる分散処理と GPGPU やマルチコア CPU を利用したマルチスレッドによる単一処理ノード内の並列処理を適用した。結果、光学、SAR、光学／SAR 統合の何れのケースにおいても、事前に設定した 3 分以内の処理完了の目標を達成した。各ケースの結果については、表 3-1 に示す。

表 C-2-3-1-2-1 各判読処理の処理時間

	光学判読	SAR 判読	統合判読
クラス数	300	100	300
処理速度	1 分 53 秒	46 秒	2 分 20 秒

（2）システムフレーム部の開発

「システムフレーム部の開発」は、本研究開発事業におけるシステム開発部分を担い、ウォーターフォール開発手法をベースにシステム開発を実施した。なお、ロジック部のパートである研究開発は難易度が高く、開発期間直前まで研究を継続する必要があったため、システムフレーム部はロジック部の影響を考慮した開発を進めるべく、開発期間をバージョン 1.0、バージョン 1.1 の 2 つに分けて、手戻りや無駄を無くす開発プロセス、スケジュールとした。各バージョンの定義を以下に示す。

・バージョン 1.0

ロジック部の研究結果の影響を受けにくい、システム間のインターフェイスモジュール、研究開発を必要としないモジュールの開発、製造、プレ結合試験を範囲とする。

・バージョン1.1

ロジック部の研究結果を随時反映させたモジュールの開発、製造、単体試験、結合試験、及びロジック部の研究開発したモジュールを取り込んだ総合試験、運用試験を範囲とする。

画像判読システムの全体構成図と開発スケジュールを図 C-2-3-1-2-7、図 C-2-3-1-2-8 に示す。

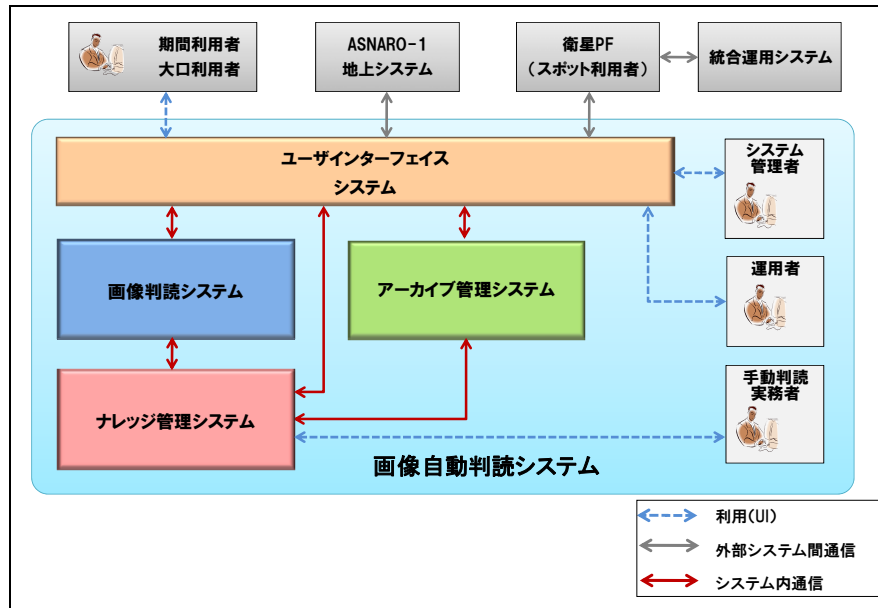


図 C-2-3-1-2-7 画像自動判読システム全体構成図

バージョン	開発フェーズ	2013年度											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
V1.0	①要求分析	■	■										
	②概念設計			■	■								
	③基本設計					■	■						
	④詳細設計							■	■	■			
	⑤製造・動作確認										■	■	■
	⑥プレ結合試験												■
V1.1	②～⑤設計/製造												■
	⑦単体試験												■
	⑧結合試験												
	⑨総合試験												
バージョン	開発フェーズ	2014年度											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
		①要求分析											
		②概念設計											
		③基本設計											
		④詳細設計											
V1.0	⑤製造・動作確認												
	⑥プレ結合試験												
V1.1	②～⑤設計/製造	■	■	■									
	⑦単体試験	■	■	■									
	⑧結合試験				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	⑨総合試験												
V1.1	⑩運用試験												

図 C-2-3-1-2-8 開発スケジュール

① ユーザインターフェイスシステムの開発

利用者や外部システムとのインターフェイスを担う、ユーザインターフェイスシステムを設計、製造し、試験を行った。ユーザインターフェイスが具備する機能を以下に示す。

(i) 外部システム、又は利用者（期間利用者、大口利用者、運用者、システム管理者）とのインターフェイスを担い、判読注文に係わる以下要求の管理、及びコンテンツ（判読結果アーカイブ、判読レポート、画像アーカイブ）に対するアクセス権の制御や、取得・提供に係わる制御を行う。

- アーカイブ画像検索及び画像データ取得・格納
- 判読要求及びそれに伴うプロダクト処理要求（判読画像）
- 判読レポート作成要求
- フィードバック
- 処理進捗確認（障害に対する再処理要求、フラグ／ステータス手動更新など）

(ii) ユーザ情報に関する以下の管理やログイン認証を行う。

- 期間利用者、大口利用者、運用者、システム管理者、手動判読実務者の登録・変更・削除・検索
- 上記利用者の権限管理、グループ管理、契約情報管理
- 上記利用者のログイン認証（履歴）

(iii) システム共通として利用するリソースや情報に関する以下の管理を行う。

- 利用者トップ画面に表示するインフォメーション（システムメンテナンス通知、障害状況通知など）の登録・変更・削除・検索
- 処理ノードの状態表示、及びメンテナンスモードへの切替要求

ユーザインターフェイスシステムの開発においては、利用者のユーザビリティの向上と、システムへのアクセサビリティの向上を重要視した。具体的な措置を以下に示す。

ア. ウェブ GIS 上での判読結果表示

利用者のユーザビリティ向上を目的に、ウェブ GIS 上で、判読結果をリアルタイムで表示、解析するための機能を実装した(図 C-2-3-1-2-9)。

また、判読結果のリアルタイム解析については、後述する分散データベースから高速でデータ検索抽出を行い、リアルタイムで判読地物の数量、面積、割合等を算出し、レポート化する機能と 2 時期差分解析を行う機能を具備した。



図 C-2-3-1-2-9 ウェブ GIS 画面

イ. タブレットへの対応

システムへのアクセサビリティ向上を目的として、タブレットデバイスから判読注文や判読結果の確認ができる機能を実装した。PC 上での表示内容をタブレットに表示させると、操作性やレスポンスの劣化が確認されたため、タブレット専用に最適化された画面を作成した(図 C-2-3-1-2-10 左)。また、判読結果の表示においては、Google Earth 上で結果を表示できる連携機能を具備した(図 C-2-3-1-2-10 右)。これにより、他システムで解析した情報とのデータ連携が容易になった。

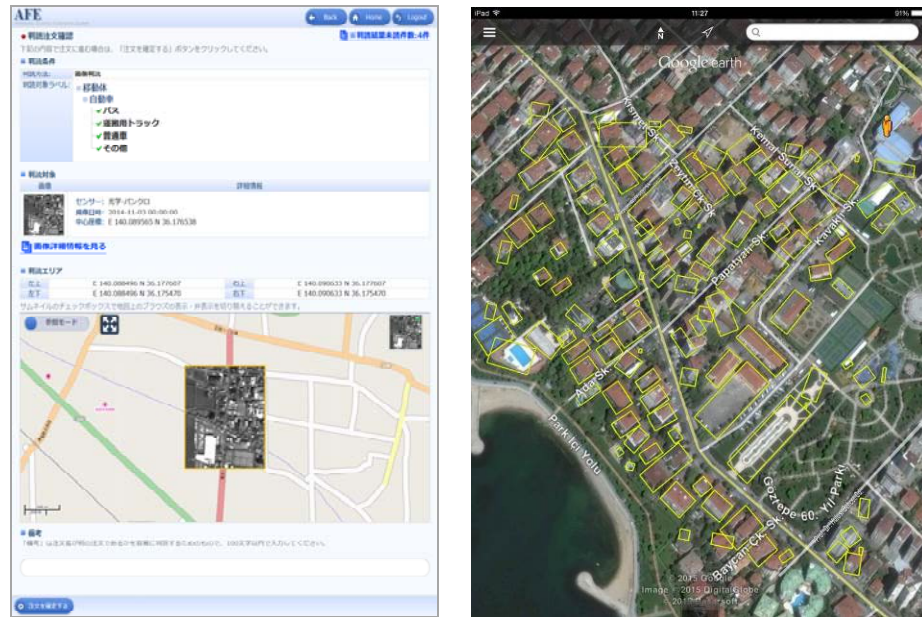


図 C-2-3-1-2-10 タブレット画面例（左図）、
Google Earth との連携画面（右図）

ウ. 外部システム連携

衛星プラットフォーム及び ASNARO 地上システムとの連携機能を実装し、実システムを用いて試験を行った。これにより、新規撮像注文から判読注文および判読結果の提供まで、ワンストップでサービス提供する仕組みを確立した。なお、外部との連携のプロトコルは、今後の連携先の追加を見据え、OGC※で標準化されたプロトコル（CSW、OSEO、SPS 等※）を採用した。本システムと外部システムとの連携概念図を、図 C-2-3-1-2-11 に示す。

※

OGC: Open Geospatial Consortium

CSW: Catalog Service for the Web

OSEO: Ordering Services Framework for Earth Observation Products

SPS: Sensor Planning Service

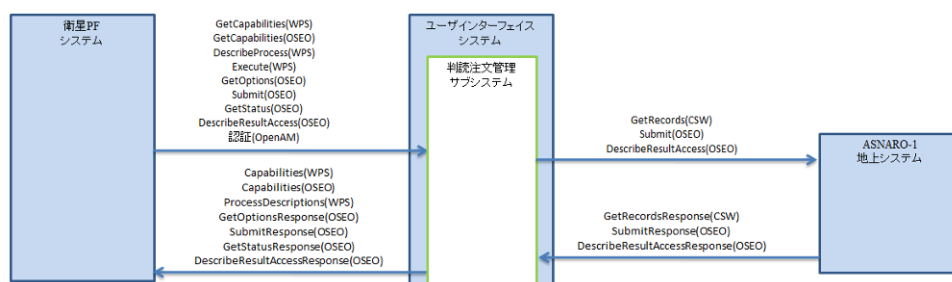


図 C-2-3-1-2-11 ユーザインタフェースシステムにおける外部システム連携

② アーカイブ管理システム

判読結果に係わる情報のアーカイブデータベースへの登録、変更、検索および取得・提供に係わる制御を担うアーカイブ管理システムを設計、開発した。

アーカイブ管理システムは、大量の判読結果を短時間で登録・検索・抽出を行う必要があったため、データベースの分散化を行った。

データベースの設計にあたっては、まず運用性やユーザビリティ等を考慮し、登録・検索・抽出に関わる速度要件とデータの可用性要件を設定した。そして、これら要件を満たすデータベースを選定するため、複数種類のデータベースでプロトタイピングを行い性能等の評価を行った。なお、一般的なデータベースシステムでは今回の高い要件を達成することが難しいと判断したため、分散データベースを前提に、評価対象データベースを選定した。

プロトタイプを利用した評価の結果、最も高いパフォーマンスを記録した、オープンソースの分散データベース管理システムである Cassandra と、同じくオープンソース全文検索システムの Solr の組み合わせを採用した。全文検索システムを利用しているのは、本システムが、リアルタイムで結果を表示する関係上、検索・抽出速度が非常に重要であり、かつ地理空間的な検索クエリに対応する必要があるためである。分散データベースの構成概念図を、図 3-14 に示す。なお、最終的な構成においては、約 15,000 件のデータの登録が 1 秒以内に完了し、100 万件のデータから 10 件のデータの検索及び抽出が 0.0137 秒で完了する性能となっている。

構築した分散データベース環境の構成図を図 C-2-3-1-2-12 に示す。

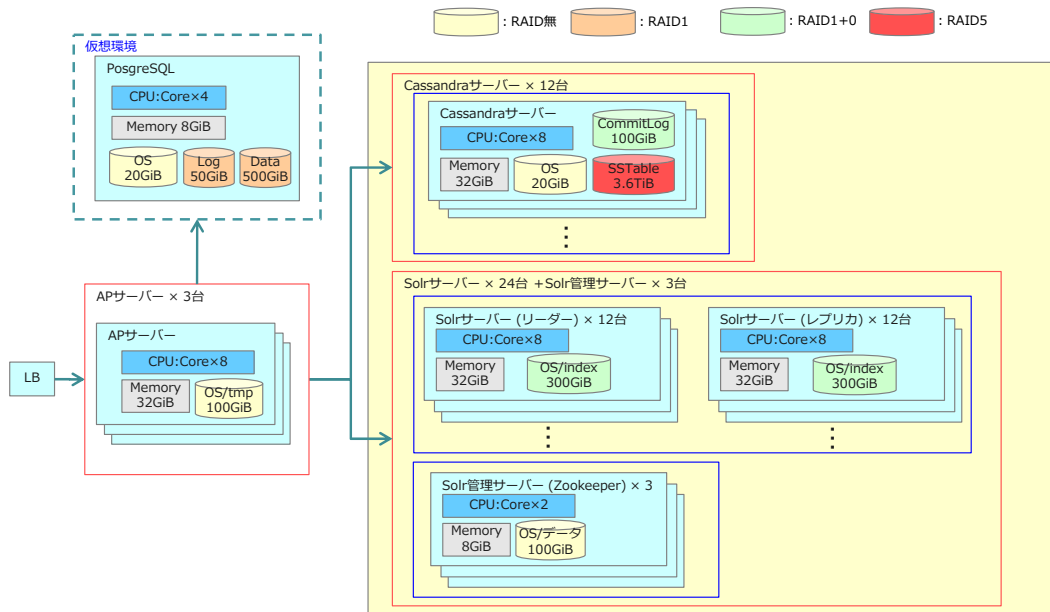


図 C-2-3-1-2-12 分散データベース構成図

③ 画像判読システムの開発

判読処理ノードの管理および判読学習処理の実行と制御・管理を担う、画像判読システムを設計、製造し、試験を行った。

画像判読システムは、ユーザインターフェイスシステム、ナレッジ管理システムからの判読要求、学習要求、性能評価要求、チップ画像作成要求を受け付けて判読学習およびチップ画像作成ジョブの処理計画を作成し、複数の計算機（以下、処理ノード）の中から処理計画に従い判読学習およびチップ画像作成ジョブを実行させるシステムである。処理性能は、計測値で 113 秒/40 秒/140 秒（光学/SAR/統合）となっており、300 クラス以上の地物の判読を同時に実施できる性能となっている（システムロジック部の開発における判読処理の高速化に準ずる）。

画像自動判読システムは、ニアリアルタイムで判読処理及び判読結果提供を行う理由から、複数の判読処理ノードにて、並列で処理を行う必要がある。本理由から、画像判読システム内に、複数の処理ノードに対し、効率的に判読学習処理要求を発行するためのジョブスケジューラー機能を実装した。実装にあたっては、高い可用性、高速なレスポンス、クラウドへの対応等を考慮した。ジョブスケジューラーの主な機能を以下に示す。また、運用画面の一例を図 C-2-3-1-2-13 に示す。

処理ノードの監視

処理ノードの配下への追加、削除を行う。処理ノードのメンテナンス時

においては、一時的に削除を行うことで、全体システムへの影響を最小化することが可能である。

処理ノードへのジョブ割当

受信した判読学習処理要求から処理計画（ジョブ）を作成し、要求の優先度に基づき、配下の処理ノードに対してジョブを割り当てる。本機能は、高速レスポンスを考慮した設計を行うことで、受信から1秒以内でのジョブ割当が可能となっている。

処理ノードの進捗管理

処理ノードで実行されるジョブの進捗をモニタリングし、要求の送信元システムに対して報告を行う。また、処理中において、エラーが発生した場合、管理画面上に表示すると共に、要求の送信元システムに報告を行う。

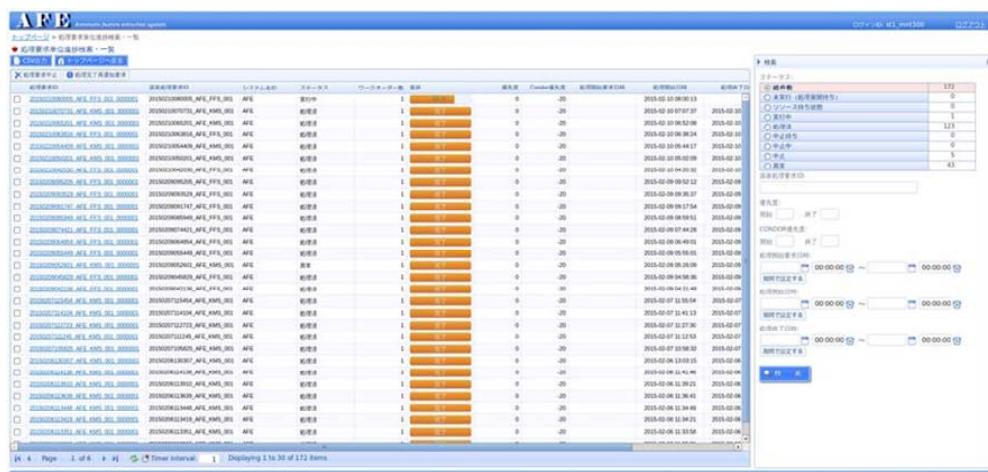


図 C-2-3-1-2-13 ジョブスケジュール機能画面

加えて、システムロジック部の研究結果による仕様変更のインパクトを最小限にするため、汎用処理フレームワークを実装した。当該フレームワークの特徴を以下に示す。

Filters&Pipes アーキテクチャーパターンの採用

POSA (Pattern Oriented Software Architecture) のアーキテクチャーパターンの一つである Filters&Pipes アーキテクチャーパターンを適用することで処理ステップごとに処理ロジックをカプセル化した。そのため、処理の組み合わせを変えることにより、機能が類似した一連のシステムを作成可能となり、処理の差し替えを容易にしている。Filters&Pipes アー

キテクチャパターンの概念図を図 C-2-3-1-2-14 に示す。

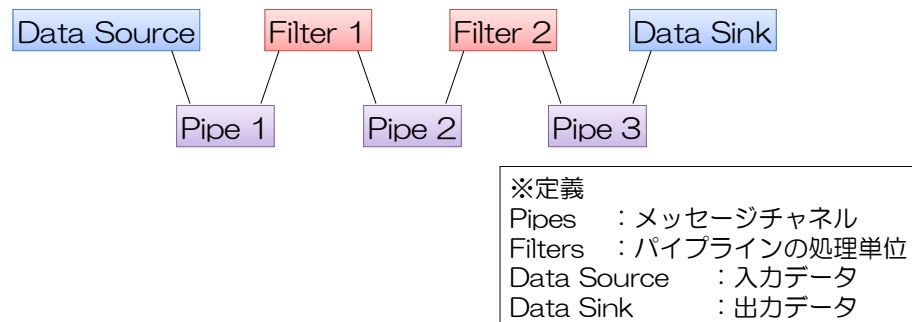


図 C-2-3-1-2-14 Filters&Pipes アーキテクチャパターンの概念図

データアクセサの採用

モジュールからデータを直接アクセスせずに、必要なデータをアクセスする仲介役（データアクセサ）を設けることで、データ仕様の変更に対するインパクトを最小限にした。データアクセサの概念図を図 C-2-3-1-2-15 に示す。



図 C-2-3-1-2-15 データアクセサの概念図

④ ナレッジ管理システムの開発

コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ（識別器）を格納したナレッジデータベースの管理を担う、ナレッジ管理システムを設計、開発した。

識別器は、画像判読システムが判読処理を行う際に使用される。画像判読の精度を向上させるために画像判読によって生成された判読結果を手動判読実務者により評価、修正を受け、識別器としてナレッジデータベースへ登録、更新する。

ナレッジ管理システムの機能は、画像判読の結果を受けて識別器の登録、更新を行い、識別器の判読性能を向上させるナレッジ制御機能、手動判読実務者による判読結果、および識別器の選定、評価、修正を行うナレッジ管理機能、学習データを作成する学習データ作成機能に分かれる。

また、継続的かつ効率的な識別器の精度の向上を実現するため、判読結果からのフィードバック機能を具備した。これは、利用者から、

⑤ 計算機環境の構築

計算機環境の設計のため、ロジック部およびフレーム部の研究成果や設計を踏まえ、機械装置のサーバー、ネットワーク等の要件の整理をした。本要件に基づき、計算機環境の設計および機器選定・調達を行い、構築を行った。構築に際して考慮した要素を以下に示す。

(ア) 仮想 OS サーバーの集約

仮想 OS を稼働させるサーバーは必要リソース+1 台の構成として冗長化を担保するとともに異なるネットワークのサーバーを配置しても稼働可能なよう構成した。

(イ) ブレードサーバーの採用

ブレードサーバーを採用することで、設置スペースの省スペース化を図り、ラック数を抑えることとした。

その結果、耐震施工工事に係る費用の抑制、電気使用量の抑制を図った。また、各機能のサーバーを同一エンクロージャーに収容して管理性の向上を図った。

(ウ) ストレージの分割

ストレージは、高速にアクセスが可能な高速ファイルサーバーと大容量のファイルサーバーの 2 種類を配置して、用途に応じて使い分ける仕様とした。

高速ファイルサーバーに搭載を検討した I/O アクセラレータは PCIe 直接接続型のストレージであるため、従来ストレージと比較し高速にデータ転送が可能であるが、ファイルサーバーに必要と試算している容量をサーバーに搭載した場合、高額な費用が必要となる。そのため、各種データの速度要求から高速アクセスが必要なデータのみを I/O アクセラレータを使用したサーバーに保存するものとした。その他のデータは、大容量のストレージが必要となるため従来のハードディスクドライブを採用したファイルサーバーを大容量ファイルサーバーとして構成することとした。

(エ) ネットワークの集約

ネットワークの要求では、より高速な通信が必要な「画像処理サーバー間の通信」と「その他の業務用通信」、「OS 管理用通信」、「HW 管理用通信」に分類を行いそれぞれに必要な通信規格を定めた。

OS 管理用通信では、1G Base-T の通信規格を採用しても用途上の支障は

ないと検討したが、「その他の業務用通信」と同じネットワークを利用して、VLAN を利用することで論理的に通信を分けることでセキュリティを担保しつつネットワーク機器の台数を減らし、コストを削減することとした。各用途区分の採択通信規格を表 C-2-3-1-2-2 に示す。

表 C-2-3-1-2-2 各用途区分の採択通信規格

用途	通信規格
画像処理サーバー間の通信	Infiniband
その他の業務用通信	10G Base-T
OS 管理用通信	10G Base-T
HW 管理用通信	1G Base-T

(オ) デプロイツールの採用

画像処理サーバー、NoSQL サーバーでは、物理サーバーでかつ、同様設定のサーバーを複数台使用する構成となっているため、運用性の向上のため、OS のデプロイツールを採用することとした。このツールにより構築に係る作業工数を大幅に削減し構築工期の短縮、構築コストの抑制が可能となる。また、同一種類のサーバーを複数台構築した場合、人的な作業ミスによって設定差分による不具合が発生する危険があるが、OS イメージをコピーしていく方式であるため、設定の差分は最小限に排除可能となる。

また、構築した計算機環境の外観を、図 C-2-3-1-2-16 に示す。



図 C-2-3-1-2-16 計算機環境外観

(3) ナレッジデータベースの構築

システムロジック部の研究開発に必要となる研究用データ（学習用データおよび評価用データ）を、効率的に整備するため、2段階のフェーズに分けて作業を実施した。第一フェーズの「トライアル実施」においては、汎用 GIS ツールを用いて整備作業を試行し、効率的に実施できる運用方法の確立や整備ツール（図 C-2-3-1-2-17）の作成を行った。続く第二フェーズの「ライン生産」においては、「トライアル実施」で開発したツールを利用して、大人数にて集中的・効率的に学習用データの整備を進めた。

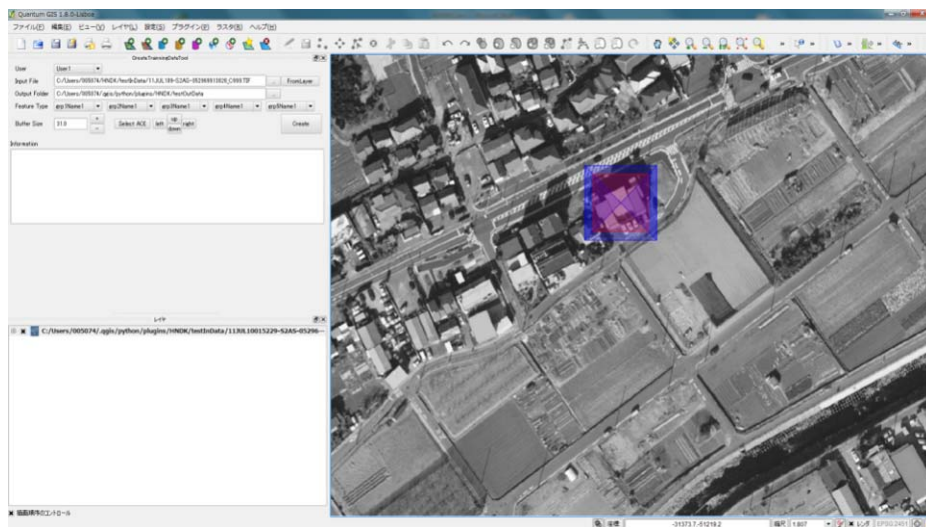


図 C-2-3-1-2-17 整備ツール画面

整備対象のクラスとして、光学/統合 300 クラス、SAR100 クラスのリストアップを行い、各クラスに対して整備作業を進めた。ただし、実空間上においてクラスごとの存在頻度はばらつきがあるため、全てのクラスにおいて一律に研究用データを整備することはせず、光学/統合 300 クラス、SAR100 クラスをグルーピング（移動体、線形地物、建造物、被覆系地物）し、各グループを代表するようなクラスを優先的に整備した。これにより、システムロジック部の検証の早期開始が可能となった。最終的には、光学、SAR 合わせて 45 万チップ画像セットを整備した。

C-2-3-1-3 特許出願状況等

本研究開発における特許出願及び論文等の投稿・発表はない。

C-2-3-2 目標の達成度

表 C-2-3-2-1 目標に対する成果・達成度の一覧表

目標・指標	成果	達成度
地球観測衛星から得られる大量の衛星画像に対して、利用者が必要とする地物の自動判読を高速に実施し、利用者に判読結果を最適な形で提供するためのシステムを開発する。	高分解能光学衛星画像及び高分解能合成開口レーダー衛星画像から、対応衛星画像で目視認識可能な地物や土地被覆を判読するシステムを開発した。処理速度は3分以内を実現し、判読可能な地物/被覆は300クラス以上を実現している。また、ウェブGISへの結果表示やタブレット対応等により、ユーザビリティの向上を実現している。	達成

表 C-2-3-2-2 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) システムロジック部の開発			
① 学習／判読ロジックの確立	画像から、コンピュータが地物の判読のための知識を自ら獲得（学習）し、未知の画像から地物の種類や位置を特定（判読）するためのロジックを確立する。 対象とする画像は、光学画像、合成開口レーダー画像及びその複合とし、画像中で視認できる様々な地物の判読に対応する汎用性の高いロジックを目指す。	機械学習の一つであるディープラーニング手法をベースとして、画像中で視認できる地物や被覆に対する汎用的な判読ロジックを確立した。また、精度評価を行い、十分に実用に足る精度を有することを確認した（建造物で80%以上）。	達成
② 判読処理の高速化	光学画像、合成開口レーダー画像、光学／合成開口レーダー統合のそれぞれの判読処理が、3分以内に完了できるよう判読処理の高速化を行う。	複数の処理ノード、マルチコアCPU、GPUを活用した並列分散処理を判読処理に適用することにより、3分以内の判読処理完了を実現した。	達成
(2) システムフレーム部の開発			
① ユーザーインターフェイスシステムの開発	ウェブを介して、ワンストップで利用者へ判読サービス（画像の入手から判読レポートの提供）を提供するための機能を開発する。開発にあたっては、利便性やシステムへのアクセスのし易さ等を考慮する。 【性能目標】 画面応答速度：1秒以内	ウェブを介して判読サービスを利用者に提供するためのユーザーインターフェイスシステムを設計、製造し、試験を行った。ワンストップでサービスを提供するため、衛星プラットフォームやASAR地上システム等の外部システムとの連携機能を具備した。加えて、利便性やシステムへのアクセスのし易さの向上のため、ウェブGIS上で判読結果表示の対応	達成

		およびタブレット端末への対応を実施した。 【性能】 画面遷移：0.6秒	
② アーカイブ管理システムの開発	判読処理によって判読された大量の地物の情報を、分散データベースにて、高速に取り扱う機能を開発する。 【性能目標】 100万件のデータから10件のデータの検索及び抽出：1秒以内	判読結果が格納されるデータベースの制御及び管理を担う、アーカイブ管理システムを設計、製造し、試験を行った。 高速なデータアクセスを実現するため、データベースの分散化を行った。設計にあたっては、分散データベースに求められる要件（速度、可用性等）を整理し、プロトタイピングを行うことで、データベース管理システムの選定を行った。 【性能】 100万件のデータから10件のデータの検索及び抽出：0.0137秒	達成
③ 画像判読システムの開発	判読処理を行うための複数の計算機（処理ノード）に効率よく要求（ジョブ）を割り当て、短時間で判読処理を完了させるジョブスケジューリング機能を開発する。 【性能目標】 処理ノードへのジョブ割当：2秒以内 判読処理完了：3分以内	処理ノードの管理および判読学習処理の実行と制御及び管理を担う、画像判読システムを設計、製造し、試験を行った。 複数の判読処理ノードの監視、判読要求の分散発行、進捗モニタリング等を行うための、ジョブスケジューラー機能と、システムロジック部の研究結果による仕様変更のインパクトを最小限にするための汎用処理フレームワークを具備した。 【性能】 処理ノードへのジョブ割当：1.0秒 判読処理完了：113秒/40秒/140秒（光学/SAR/統合）	達成
④ ナレッジ管理システムの開発	コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ（識別器）や、そのナレッジを生成するための学習用/評価用データを管理する機能を開発する。本機能は、システムの運用者が利用する機能であるため、運用性や、サービスの継続性を考慮して開発を行う。	コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ（識別器）の管理を担う、ナレッジ管理システムを設計、製造し、試験を行った。 継続的かつ効率的な識別器の精度の向上を実現するため、判読結果からのフィードバック機能を具備した。	達成
⑤ 計算機環境の構築	画像自動判読システムを動作させるための計算機環境の設計・構築を行う。設計にあたっては、本システムを構成する各システムの処理特性や処理性能、運用性を十分考慮する。	システムロジック部およびシステムフレーム部の研究成果や設計を踏まえ、機械装置のサーバー、ネットワーク等の要件整理、計算機環境の設計および機器選定・調達を行い、構築を行った。 処理特性に応じて、システムによってネットワーク規格やストレージを使い分けることにより、効率的かつ合理的な設計を行った。	達成

		また、計算機の集約・仮想化や自動デプロイ機能の具備を行い、運用性の向上と、ランニングコストの低減を図った。	
(3)ナレッジデータベースの構築	衛星画像から、システムロジック部の開発等に利用する学習用／評価用データの整備を行う。	大量の学習用／評価用データを整備する必要があるため、効率性を考慮した整備ツールを作成した。当該ツールを活用し、衛星画像や航空写真から、学習用／評価用データを約 45 万セット整備した。	達成

C-2-4 事業化、波及効果について

C-2-4-1 事業化の見通し

(1) 成果の利用例

画像自動判読システムの成果は、今後、民間事業者払い下げられ、当該民間事業者により事業化がなされる予定となっている。

ビジネスモデルとしては、国内外の民間企業や政府/自治体に対し、インターネット（窓口は衛星プラットフォームを利用）や専用線を介した判読サービスを提供することを想定している。

初期のサービスとしては、衛星画像からの地物の抽出をメインとしたもの（地物抽出サービス）であるが、成果の高度化を行うことにより、利用者の目的に特化したサービス（目的特化型サービス）を順次展開していく。

最終的には、地上で起こりうる様々な事象や情勢（経済活動等）を、衛星画像等を中心とするビックデータ情報解析により可視化を行い、リアルタイム情報として利用者に提供するサービス（情勢解析レポートサービス）の実現を目指す。

サービスの価値としては、高速、高精度、広範囲な画像判読の提供とし、それを実現するために、継続的な学習による精度の維持や、高速にデータを提供するためのシステム基盤の維持を行う。加えて、源泉画像の提供元として、衛星運用事業者と連携を行い、ワンストップでのサービス提供を目指す。収支としては、判読サービス利用料として、スポットや月額利用等、利用者の利用形態に合わせてメニューの設定を行う。

表 C-2-4-1-1 目的特化型サービスの例

適用分野	適用例
農業	作付け状況確認、生育管理、収穫の状況確認・予測、耕作放棄地、転作、災害査定、土地変化、植生分野、疫病管理、休耕地調査、農地海岸域調査
林業	樹種、バイオマス、不法伐採・造林未済地、病虫害（樹木の枯損）、森林管理
鉱業	鉱場モニタリング、生産量推定、採掘地選定
漁業	魚場モニタリング、海洋生簀モニタリング、漁獲量推定、密漁監視、漁獲量調整
保険	農業保険料率算定
物流	物流推定（空路、海路、鉄道運輸）、最適航路ナビゲーション
エネルギー	発電量推定（太陽光、風力、水力等）、太陽光パネル普及モニタリング
金融	先物取引、経済活性度推定
マーケティング	販売促進ターゲット分析、プロモーション評価、新規出店候補地分析、市場占有状況分析、市場ポテンシャル分析

適用分野		適用例
施設管理	港湾	堤防（防波堤、防潮堤）、港湾施設
	道路	道路築造状況（拡幅、延長含む）、道路周辺地の状況
	ダム	ダムサイト（敵地選定、ダム管理）、土砂発生量（堆砂量の推定等）、水量・水位（ダム管理）
都市 国土管理	都市	家屋移動（移動、滅失、移転、増改築等）、固定資産税予測、土地利用、ヒートアイランド、都市緑地
	環境	不法投棄モニタリング、廃棄場管理、陸域汚染評価、河川汚染評価
	地図	地形図作成・更新、主題図作成・更新（都市計画図、土地利用、植生、河川、水系、農地、森林管理図）
	海洋	船舶監視、海域汚染評価、サンゴ礁（白化減少）モニタリング、マングローブ監視、早魃域監視、領海監視（不正海洋プラント等）
災害支援・防災		洪水、地震、津波、火山活動、火災（山火事）、風水害・高潮、各種事故（航空機、鉄道、船舶座礁等）、道路防災、被害把握（時間経過により必要な情報精度が変化することが特徴）

（２）事業化に至る期間

民間事業者へ払い下げ後、１年以内に事業化を行う計画である。

（３）問題点の分析と明確な解決方策

判読のための学習に関わるコストの低減は、事業化を行うに当たって大きな課題と言える。本研究開発においては、代表的な地物の学習用データセットを研究開発として必要な数量だけ整備したが、事業化においては、判読精度を向上させるために、継続的に学習用データセットを増やす必要がある。その整備コストは事業化の中で最大のウエイトを占め、その低減は、事業を継続するうえで必要不可欠である。本課題に対し、画像自動判読システムは、利用者からのフィードバック機能を具備させた。当該機能を利用することにより、誤判定された結果を利用者から効率的に収集し、自動で学習にフィードバックすることが可能となっている。なお、誤判定を報告した利用者へのインセンティブの付与のスキーム等については、事業化を進める中で検討をするものとする。

C-2-4-2 波及効果

（１）成果の高度化に関する波及効果の事例

本研究開発で確立した技術は、画像中から微細な情報を抽出する技術であり、高度化することにより、高分解能衛星画像だけでなく、様々な画像に適用が可能なものと言える。例えば、航空写真やヘリテレ画像、UAV/ドローンから取得された画像等分解能が高い画像から、気象衛星等の分解能が低い画像まで、幅

広く適用できる。また、リモートセンシング画像以外にも、監視カメラ画像（光学、近赤外、熱赤外）や医療画像、製造ラインの検査カメラ画像等にも活用が期待できる。

（２）当初想定していなかった波及効果の事例

画像自動判読システムは、人間が衛星画像を判読する際の暗黙知を、コンピュータが学習することをスタートに研究開発を行ったが、研究開発を進める中で、コンピュータが学習した結果から新たな判読指針を得ることが出来る可能性が見えてきた。例えば、合成開口レーダー画像（SAR 画像）は観測方法の特殊性から、人間でも判読することが難しいと言える。しかし、大量の画像をコンピュータが学習することにより、人間が見ても判読を迷うような画像を正しく判読しているケースも見受けられた。このようなコンピュータだからこそ発見できた対象物の特徴を、人間による判読にフィードバックすることが可能となれば、本研究成果の応用範囲は更に広がるものと期待される。

C-2-5 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

C-2-5-1 研究開発計画

本研究開発を実施するにあたっては、実施内容をシステムロジック部とシステムフレーム部に分割し、それぞれ異なる手法で開発を進めた。

システムロジック部の開発は、判読のコアロジックの確立や高速化がメインであり、研究要素が多いため、反復的にプロトタイピングと評価を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、短いスパンで研究の方向修正を行うことが可能となり、最終的な目標達成へ貢献した。一方、システムフレーム部の開発は、大規模開発であることと、事業化を見据えてソフトウェアの品質を重視することから、ウォーターフォール開発手法を適用した。また、要件定義から、設計、製造、試験等の各工程や品質管理、工程管理は、国際標準規格を参考に実施することにより、確実な目標の達成と品質の確保を実現した。

表 C-2-5-1-1 に本研究開発のスケジュールを示す。

表 C-2-5-1-1. 研究開発計画

実施項目／年度	24	25	26
(1) システムロジック部の開発			
判読ロジックの確立	計画	プロトタイピング及び評価を反復	
判読処理の高速化	計画	プロトタイピング及び評価を反復	
(2) システムフレーム部の開発			
ユーザインターフェイスの開発		設計／製造／試験	
アーカイブ管理システムの開発		設計／製造／試験	
画像判読システムの開発		設計／製造／試験	
ナレッジ管理システムの開発		設計／製造／試験	
計算機環境の構築		設計／調達／構築	
(3) ナレッジデータベースの構築		トライアル実施	ライン生産

C-2-5-2 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、研究開発の実施にあたっては、事業計画、実施結果等の評価を適切に実施するため、衛星画像の利活用、画像判読の研究開発、人工知能の研究開発、光学/SAR 衛星のセンサ開発、コンピュータアーキテクチャの研究開発等に関わる学識経験者、専門家等からなる 8 名の有識者による技術評価委員会を設置した。

図 C-2-5-2-1 に本研究開発の実施体制図を示す。

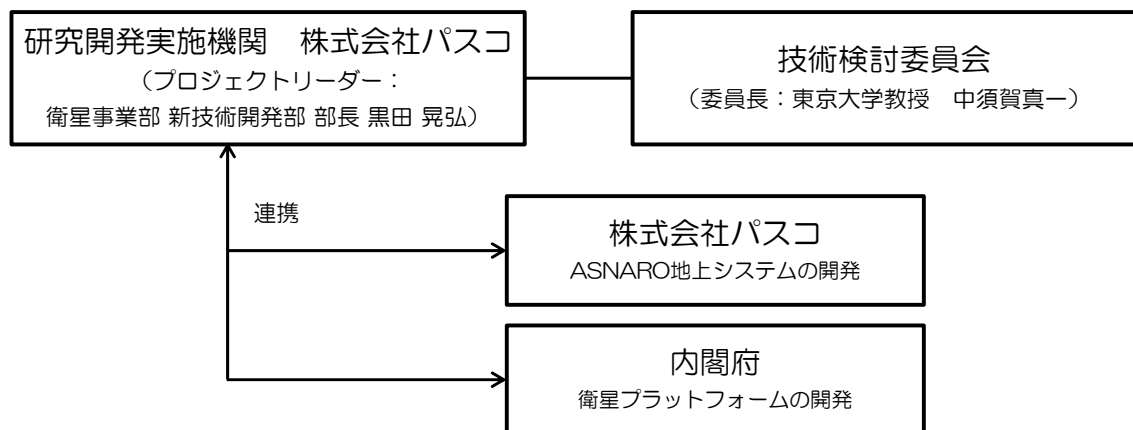


図 C-2-5-2-1 研究開発実施体制

C-2-5-3 資金配分

表 C-2-5-3-1 資金度配分 (単位：百万円)

年度 平成	2 4	2 5	2 6	合計
画像自動判読システムの開発	1,570	0	0	1,570
合計	1,570	0	0	1,570

C-2-5-4 費用対効果

本研究開発の成果を活用することで、衛星インフォメーションプロダクト分野において、年間48億円以上※の受注機会が発生すると期待される。また、衛星インフォメーションプロダクト分野の市場規模は、今後5年で倍増することが予測されており、受注機会は更に拡大する見込みである。

また、既存業務（図化やマーケティング解析等）のコンピュータへの置き換えへのベンチマークにおいては、最大99.6%のコスト削減が実現できることが確認された。このように、コンピュータが人間の処理の代替することで、大量のデータからの情報抽出を現実的な時間とコストで実現することが可能となり、新たな市場の創造が期待される。

※衛星インフォメーションプロダクト分野の市場は1200億円（2015年、Northern Sky Research 調査）と言われており、当該分野から本システムに置き換え可能な規模は4%と算定している（パスコにおける過去3か年の実績）。本システムの潜在的な価値は、現段階で48億円以上と算定（単年度）される。

C-2-5-5 変化への対応

本研究開発で利用したディープラーニング手法は、2012年に自然画像を対象とした画像認識コンペティションで圧勝をしてから、様々な分野で加速度的な広がりを見せている。実際、Google社やApple社等大手IT企業を中心にディープラーニング手法を利用したアプリケーションの開発が積極的に行われ、画像判読の分野においては、自然画像を対象に判読（認識や分類）のアプリケーションやサービスの事例が出始めている。一方、自然画像に比べ、衛星画像の判読は難易度が高く、まだ適用事例は限定的である。このような背景の中、本研究開発の成果は、より難易度の高い衛星画像の判読を実現したことから、十分な技術優位性とビジネス化への可能性を有していると言える。しかし、衛星画像に対しても、今後ディープラーニングを用いた研究開発や適用事例が世界的に広がることは十分予期される。今後、技術優位性を維持しつつ、早期に事業化を進めるため、本研究開発では以下の措置を講じている。

✓ 衛星プラットフォーム等の外部システムとの連携

衛星プラットフォームや衛星運用事業者と連携することにより、データの入手から、加工、提供までの一連のバリューチェーンを確立した。これは早期に事業化を実現するうえで、他者に比べ大きなアドバンテージとなり得る。

✓ スケールアウト可能なシステム構成

本研究開発で開発した画像自動判読システムは、仮想化技術と分散技術を取り入れており、サービスの規模に応じて、柔軟にスケールアウト可能なシステム構成となっている。また、構成されるサブシステム間のインターフェイスは疎結合となっており、必要に応じて機能の組み合わせを変更し、異なる形態でサービスを提供できるような構成となっている。これらにより、利用者の様々なニーズに柔軟に対応することが可能である。

✓ 研究開発のためのフレームワークの構築

ディープラーニングの研究開発を効率的に行うためには、十分な計算機環境が必要である。また、短いスパンでトライアンドエラーを繰り返すことにより成果が向上していくため、開発のための使いやすいフレームワークも必要である。本研究開発においては、計算機環境及びフレームワーク共に、整備を行っており、今後の継続的な研究実施においても、十分な環境が整っていると言える。

✓ 研究開発のためのデータセットの整備

ディープラーニングの研究開発においては、品質が高い研究用データセットの有無が、その効率に大きく影響を及ぼす。本研究開発において、必要なデータセットを十分に整備できたため、今後の研究開発においてもアドバン

ページを有していると言える。