

## F 石油資源遠隔探知技術の研究開発

一般財団法人宇宙システム開発推進機構  
国立研究開発法人産業技術総合研究所

## F-1 事業の目的・政策的位置付け

### F-1-1 事業の目的

石油等の資源に恵まれない我が国において、その安定供給の確保を図ることは、国民の安全・安心な生活の実現及び産業インフラの確保の観点から、国家基盤として必須の重要課題である。

衛星を活用したリモートセンシング(遠隔探知)技術には、(1)産油国との調整を経ずに、開発の有望性に関する評価が可能、(2)一度に広範囲の地域の分析が可能、(3)立入りが困難な地域の分析が可能、等の利点がある。

欧米等の先進諸国においても地球観測のための大規模プロジェクトが競うように進行しており、メジャーにおいても、鉱区取得・権益確保のためには、衛星画像データを用いて地質構造分析を行い、大きな判断材料としている。

我が国においては、地球資源衛星1号(JERS-1)が初の資源探査用衛星としてOPS(光学センサ)及びSAR(レーダセンサ)を搭載し運用(1992年～1998年)されていたが、その開発成果を活かし、高性能化・高機能化を図った後継機の開発が望まれていた。

このような状況の中、本事業においては、「E. 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発／次世代合成開口レーダ等の研究開発」において開発されたASTER(光学センサ)及びPALSAR(レーダセンサ)より取得されたデータの品質管理及び地上システムの運用を行うとともに、これらのデータを活用し、石油資源探査を効率的かつ精度よく実施するための利用技術開発を実施する。

「極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システム(ASTER)」  
(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

・光学センサ(以下の3つのセンサを搭載)

可視近赤外放射計(VNIR:Visible and Near Infrared Radiometer)

短波長赤外放射計(SWIR:Short Wave Infrared Radiometer)

熱赤外放射計(TIR:Thermal Infrared Radiometer)

・平成11年12月18日打上げ(現在も運用中)

・米国NASAの衛星Terraに搭載

「次世代合成開口レーダ(PALSAR)」

＜正式名称は、フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ＞  
(Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)

・レーダセンサ(Lバンド合成開口レーダ)

・平成18年1月24日打上げ(平成23年5月12日運用終了)

・JAXAの衛星だいち(ALOS:Advanced Land Observation Satellite)に搭載。

・電子機器部を開発

(アンテナ構造系については、科学技術庁／宇宙開発事業団(当時)が開発)

## F-1-2 政策的位置づけ

### (1)事業の科学的・技術的意義

世界の堆積盆地を対象に、石油を貯める地質構造と岩石分布の情報を入手して、石油資源の探査から操業までを安全に効率的かつ精度よく行うためには、衛星データの利用が有益であり、それに適合した高信頼・長寿命な衛星搭載用観測センサの開発が必須になる。

### (2)社会的・経済的意義

衛星搭載用センサを開発することにより、世界に対して我が国の工業技術の高さを示す機会になる。また、人工衛星から得られる観測データを用いたリモートセンシング(遠隔探知)技術の高度化は、効率的な石油資源探査を可能とし、その経済的意義は高い。加えて、近年、資源保有国へのリモートセンシングに関する技術移転は、資源外交において重要な交渉材料となっている。

なお、宇宙基本法(平成 20 年法律第 43 号)及び宇宙基本計画(平成 21 年 6 月 2 日宇宙開発戦略本部決定)においては、資源・エネルギー供給の円滑化を含む宇宙開発利用の推進が謳われている。また、リモートセンシング技術は、資源探査以外の分野にも応用の可能性があり、本事業において開発されたセンサによって取得されたデータの解析技術向上により、さらなる波及効果が見込まれる。

### (3)国民や社会のニーズ

エネルギー需要は年々増大しており、石油資源の消費もそれとともに増加している。このまま進めば石油資源の枯渇も懸念されており、国として新たな石油資源の探査開発と、安定確保を図る施策が必須となる。

エネルギー基本計画(平成 22 年 6 月)においては、2030 年までに、我が国の石油及び天然ガスを合わせた自主開発比率を 40%以上まで引き上げることを目標としており、本事業の成果を活用し、石油資源開発を効率的に進めていく必要がある。

また、今後の石油資源探査は地理的に不利なところを中心となるため、探査地域の基礎情報(広域地質・地質構造に関する情報)の把握、現地調査計画の策定、試掘位置の決定、補給ルートの把握等について、衛星データはその威力を発揮する。

## F-1-3 国の関与の必要性

我が国のエネルギー政策上必要不可欠である、石油資源の安定供給の確保のためには、上述のとおり、衛星データの利用が効果的である。しかしながら、探査・開発から操業までの期間は長期間を要し、一企業が衛星の開発・運用、取得されたデータ

の解析等を実施することは、非常にリスクが高い。

したがって、世界的に激化している資源開発競争の中にあっては、国が率先して、リモートセンシング技術の高度化を推し進め、石油資源開発に資する基盤技術を確立することが重要である。

## F－2 研究開発目標

### F－2－1 研究開発目標

本事業の目標は、石油ガス開発企業等が衛星データを実際の資源探鉱活動に活用することができるように、人工衛星から取得される画像データを用いて、石油ガス資源探鉱の効率化、権益確保のための事前情報取得など、石油ガス資源の安定供給確保に貢献できる衛星データ利用技術開発を行うことである。また、そのために必要となる、品質が保証された衛星画像データをユーザに対して安定的に提供を行うため、経済産業省が開発した ASTER 及び PALSAR の地上データシステムの安定的な運用、並びに同観測データの品質管理を行うことである。

### F－2－2 全体の目標設定

本事業の最終目標は、衛星データを石油ガス開発企業等の探鉱活動等に活用することである。そのために、石油ガス鉱床のタイプや地表状況に応じた、衛星データ利用技術と解析アルゴリズムを開発し、資源有望地を対象とした検証により、利用手法を確立するとともに、ユーザに対して品質の保証された衛星データ及び標準処理・高次処理プロダクトをタイムリーに提供することが全体の目標となる。さらには将来に向けて、より効率的なシステムの構築と衛星データから抽出される情報を利用しやすい形式での整備等により衛星データの資源利用を増進していくことも必要と考えられるため、これも一つの目標としている。

これらの達成度を評価する指標としては、まずは利用研究事例数や解析アルゴリズムの実用化件数であり、さらに衛星データの高品質・高精度(幾何精度、放射量精度など)の維持、効率的な観測計画の作成、データ処理・保存・配付の安定的運用等の目標数値となる。

全体の目標を整理したものを表 F-2-2-1 に示す。なお、これらの項目については、外部委員会(ASTER では日米 ASTER サイエンスチーム会議を含む)においても技術的検討を実施している。

表 F-2-2-1. 全体の目標

| 目標・指標<br>(事後評価時点)                                                                                                                                                                                                                                      | 目標・指標<br>(中間評価時点)                                                                                                                                                                                                                                                                   | 設定理由・根拠等                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>目標:</p> <p>経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサによる、石油ガス鉱床タイプや地表状況等に応じた資源探査利用手法を確立し、石油ガス開発企業等の探鉱活動に活用されること。</p> <p>ユーザに対して品質の保証された衛星データ及び付加価値プロダクトをタイムリーに提供すること。</p> <p>指標:</p> <p>研究事例数、広域地質・資源情報マップ完成度、及び解析アルゴリズム実用件数とする。定められた精度の維持・確保や、地上システム運用の数値目標を指標とする。</p> | <p>目標:</p> <p>ASTER 及び PALSAR データによる、石油ガス鉱床タイプや地表状況等に応じた資源探査利用手法を確立し、石油ガス開発企業等の探鉱活動に活用されること。</p> <p>ユーザに対して品質の保証された ASTER 及び PALSAR データ及び付加価値プロダクトをタイムリーに提供すること。</p> <p>指標:</p> <p>資源分野のタイプ別事例、地質・資源情報マップの精度向上、完了地域数・コンテンツ数、及び解析アルゴリズム件数、および定められた精度の維持・確保や、地上システム運用の数値目標を指標とする。</p> | <p>経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサは、資源探査への利用を目的として設計・開発されており、国内資源企業による実利用推進により、石油ガス資源の安定供給確保に貢献することが最終目標である。国内資源開発企業のニーズが高い利用手法を網羅した開発を進めるとともに、ニーズの変化に柔軟に対応する必要がある。さらに、より利用しやすい形式で広域の地質・資源情報整備を行うことが利用機会の増進に役立つ。</p> <p>同時に衛星データ利用ユーザに対して十分な品質・精度を有するデータを遅滞なく、かつ長期継続的に提供することも必須な事項となる。</p> |

## F-2-3 個別要素技術の目標設定

### (1) 利用技術開発

上記全体目標を達成するために、個別要素技術として利用技術開発では、3つの個別要素技術を設定した。

#### ① 石油ガス資源探査等への利用手法の確立

石油ガス鉱床のタイプ・地表状況に応じた衛星データ利用技術を確立する。また、新たなニーズへの柔軟な対応を行うとともに、これまでに開発してきた ASTER 及び PALSAR データによる研究事例を整理する。

石油・天然ガス鉱床は、図 F-2-3-1 に示す石油ガスを地中に貯める構造で分類される。また衛星データは地表の被覆状況により適用するデータの種類やその解析手法が異なることから、これらの各種条件を網羅した利用手法を確立することを最終目標とする。そのために、表 F-2-3-1 に示すユーザ要望と衛星データ利用可能性を表にしてとりまとめ、各項目の達成に必要な研究事例数(対象地域)の目標を設定した。

また、石油ガス探鉱の対象や衛星データから得られる情報の利用対象は昨今大きく変化してきていることもあり、近年注目をあびている非在来型資源<sup>1</sup>を対象とする研究等を含めた新たな目標設定を追加した(表 F-2-3-2)。

各項目の利用手法確立において必要と考えられる研究事例数は、例えば半乾燥／露岩地域では衛星データ活用効果は期待できるが、現段階では探鉱ポテンシャルが低い、または鉱区獲得機会が少ない(例えば外国に鉱区を開放していない)等を考慮して設定した。ニーズの高い項目については、利用する衛星データの種類、融合処理方法等の適用を行い、手法の汎用性や頑健性を得るために複数地域の事例により技術を確立する。

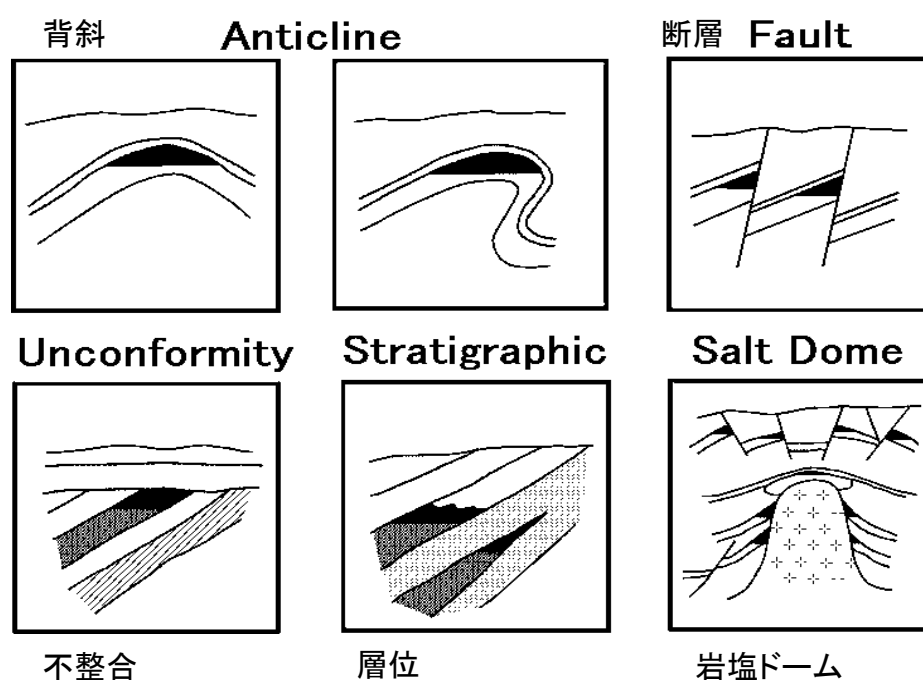


図 F-2-3-1 石油ガス貯留構造の模式図

<sup>1</sup> 非在来型資源: シュールガス、オイルサンド、コールベッドメタン(CBM)など、通常の油ガス田以外から開発される石油・天然ガスのことを指す。

表 F-2-3-1 トラップ構造と地表状況に関する資源ユーザ要望と衛星データ利用可能性及び研究事例目標数

| 貯留構造(トラップ)                  |        | 植生(湿潤)   | 半植生(半乾燥) | 露岩(乾燥)   |
|-----------------------------|--------|----------|----------|----------|
| 背斜トラップ                      | 利用者要望  | 大(特にアジア) | 小(地域狭)   | 大(世界・広域) |
|                             | 利用可能性  | 中        | 大        | 大        |
|                             | 研究事例目標 | 5地域以上    | 2地域以上    | 10地域以上   |
| 断層トラップ<br>(背斜-断層の<br>組合せ含む) | 利用者要望  | 中        | 小        | 中        |
|                             | 利用可能性  | 中        | 大        | 中        |
|                             | 研究事例目標 | 3地域以上    | 1地域以上    | 5地域以上    |
| その他(層位、不整合、礁トラップ等)          | 利用者要望  | 中        | 小        | 中        |
|                             | 利用可能性  | 中        | 大        | 大        |
|                             | 研究事例目標 | 3地域以上    | 1地域以上    | 1地域以上    |

表 F-2-3-2 資源ニーズを踏まえた新たな目標

| テーマ/技術                      |        |                         |
|-----------------------------|--------|-------------------------|
| 非在来型資源<br>CBM/オイルサンド/シェールガス | 利用者要望  | CBM:大/オイルサンド:中/シェールガス:大 |
|                             | 研究事例目標 | 2地域以上                   |
| 大規模油ガス田生産量監視技術              | 利用者要望  | 大                       |
|                             | 研究事例目標 | 5地域以上                   |
| 開発時の環境監視技術                  | 利用者要望  | 大                       |
|                             | 研究事例目標 | 1地域以上                   |

中間評価対象期間では、上記目標のうち国内資源開発企業ニーズを反映して、利用手法の事例研究として、背斜トラップ/植生、断層トラップ/植生、背斜トラップ/露岩、及び断層トラップ/露岩の各タイプの事例研究を1地域以上実施し、利用手法の検証を行うこと、さらに新たなニーズへの対応として、非在来型資源への利用研究については異なる資源を2地域以上、大規模油田生産監視技術の開発については地表状況の異なる5地域以上、開発時の環境監視技術を1地域以上行い、衛星データの利用可能性を確認することを目標とする。なお、これらの利用研究の成果が、企業の資源探鉱においてどの程度利用されているかについてはヒアリング調査等を実施し、利用状況を確認するとともに、これまでに本事業で開発してきた ASTER 及び PALSAR データによる研究事例を整理する。また合わせて、資源分野を含む様々な分野における衛星データ利用促進のため、衛星の利用効果の高い分野における情報抽出技術を確立することを目標とする。

## ②ASTER・PALSAR 地上システム運用および衛星データ品質管理

地上システム運用においては、ユーザの観測要求を取りまとめた観測計画を作成すること、観測された原データの全量の入手・保存すること、標準処理・高次処理のプロダクトを生産してユーザへタイムリーに提供すること、十分な配付数を達成することを目指す。また衛星運用中、衛星データ(ASTER 及び PALSAR)の校正・検証・補正処理技術の開発を行うとともに、放射率精度や幾何精度が定められた範囲にあることを確認し、品質が保証されたデータを生産・配付することを最終目標とする。

中間評価期間では、以下を目標・指標とする。

- (ア) ASTER の運用期間中は、最適化された観測計画を日単位で作成し、NASA へ提出する。PALSAR の運用期間中は長期計画に対して観測成功実績を勘案して適宜見直すとともに、週単位の観測計画を JAXA へ提出すること。
- (イ) 観測された原データは全量入手・保存すること。
- (ウ) 標準・高次処理プロダクトの生産については、ユーザ要求にもとづきオンデマンド処理し、タイムリーにユーザへ提供すること。
- (エ) 標準・高次処理プロダクトの配付は ASTER 及び PALSAR とも累計5万シーン以上とする。
- (オ) ASTER について幾何精度 50m以内、放射量精度可視近赤外 $\pm 2\%$ 、熱赤外 $\pm 1$ 度の精度を維持する。

なお、これらの結果については、別途、外部委員会(日米 ASTER サイエンスチーム会議を含む)においても検討がなされる。

## ③次世代アーカイブシステムおよび広域マップの研究

衛星データの長期的かつ継続的なユーザへの提供は重要な課題である。そこで次世代のアーカイブシステムとして、衛星の運用停止後の効率的なデータアーカイブシステムを開発することを最終目標とし、中間評価時には、クラスタシステムを用いた ASTER・PALSAR データのデータのオンデマンド処理の実現、特に ASTER についてはデータ取得から公開までの処理時間の短縮化、および全量アーカイブの完成、さらに2種類以上のOGC標準に対応したシステム開発を目標とする。

また、よりユーザの使いやすいプロダクトを開発し、提供していくことも重要な課題である。そこで次世代のプロダクトとして、衛星データから得られる地質・資源情報を、より利用しやすい形式に加工・整備した広域な地質・資源情報マップやその統合利用システムを開発する。

中間評価期間では、以下を目標・指標とする。

- (ア) ASTER および PALSAR データのアーカイブシステムとして、1.0 PB 以上のストレージを保有し、ASTER 全量データのアーカイブを実現する。併せて長期アーカイブのための冗長性を担保したテープアーカイブも各 1 セット以上、構築する。
- (イ) ASTER 処理においては観測計画作成後 39.5 時間以内に標準および高次処理行

システムを構築する。

(ウ)データ提供システムとして、2種類以上の最新の OGC 標準に対応したシステムの構築を行う。

(エ)全球の数値標高データとして過去に開発した全球 DEM (ASTER GDEM) の高精度版 (Ver.3) を整備する。

(オ)世界の主だった海上の油徴オイルスリック<sup>2</sup>のスクリーニングを行い、オイルスリック DB として整備及び油徴抽出の精度の向上を図る。

(カ)グローバル衛星画像データセット (時系列 DEM・オルソ画像モザイクオルソ)、および時系列 DEM・オルソ画像を用いた広域分校放射率マップを開発する。

以上の個別目標・指標について整理したものを表 F-2-3-3 に示す。

表 F-2-3-3. 個別要素技術の目標

| 要素技術                                     | 目標・指標<br>(事後評価時点)                                                                                                               | 目標・指標<br>(中間評価時点)                                                                                                                                      | 設定理由・根拠等                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①石油ガス探査利用手法<br>確立および解析アルゴリズムの確立          | <p>目標:</p> <p>石油ガス鉱床の貯留構造別と地表状況に応じた衛星データ利用技術、及び近年注目をあびている非在来型資源への利用や生産管理監視技術等を確立する。</p> <p>指標:</p> <p>各項目の利用手法を確立した事例件数とする。</p> | <p>目標:</p> <p>ASTER 及び PALSAR データによる、石油ガス鉱床の貯留構造別と地表状況に応じた衛星データ利用技術、及び近年注目をあびている非在来型資源への利用や生産管理監視技術等を確立する。</p> <p>指標:</p> <p>各項目の利用手法を確立した事例件数とする。</p> | <p>国内資源企業における、衛星データの実利用推進により、石油ガス資源の安定供給確保に貢献するために、任意の利用ケースに対応した手法を確立することが必要である。また、衛星データ利用促進のため、衛星データの利用効果が高いと考えられる資源・地球環境・防災等に係る衛星データ解析アルゴリズムの開発が必要である。</p> |
| ②ASTER 及び PALSAR<br>地上システム運用および衛星データ品質管理 | <p>目標:</p> <p>ユーザに対して品質の保証された衛星データ及び付加価値プロダクトをタイムリーに提供すること。</p> <p>指標:</p> <p>観測計画、衛星データプ</p>                                   | <p>目標・指標: 以下の項目の実現とする。</p> <p>(ア)観測計画の作成</p> <p>(イ)観測データの全量入手・保存</p> <p>(ウ)標準・高次処理プロダクトの生産</p>                                                         | <p>地上データシステムにより、事業目的に最適化した観測計画を作成し、観測データを全量入手・保存し、ユーザへタイムリーに品質管理された標準・高次処理プロダクトの</p>                                                                         |

<sup>2</sup> 油徴オイルスリック:天然原油由来の油膜によって海面上に広がる平滑面

|                                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | ロダクトの生産数・保存数・配付数等の実績および目標精度の達成度とする。                                                                                                       | (エ)ASTER 及び PALSAR<br>それぞれ5万シーン以上の配付<br>(オ)衛星データの目標精度の維持                                                                                                                                   | 生産・配付することが、衛星データの実利用を推進するための基本条件である。                                                                                                                                    |
| ③次世代アーカイブシステムおよび広域・グローバル地質・資源情報マップ整備 | <p>目標:<br/>地上システム運用終了後も、衛星データを継続的にユーザに提供できる次世代アーカイブシステム構築すること。</p> <p>指標:<br/>ASTER 及び PALSAR のアーカイブ実績、高速再処理アルゴリズム開発、標準化対応等の実現度合いとする。</p> | <p>目標:ユーザに対してより、利用し易い衛星データを継続的に提供するため、大量データを扱うことが可能な次世代アーカイブシステムを構築するとともに、次世代プロダクトとなる広域マップを整備する。</p> <p>指標: ASTER 及び PALSAR のアーカイブ実績、高速再処理アルゴリズム開発、標準化対応等の実現度合い、整備した広域マップの種類とその完成度とする。</p> | <p>将来への対応として、地上システム運用終了後も衛星データを大量かつ継続的にユーザに提供するための、大容量のアーカイブシステム、迅速に再処理が可能な高速処理アルゴリズムの開発等が必要となる。また、従来よりも利用しやすい形式で広域の地質・資源情報整備を行い、リモートセンシングの専門家でないユーザへの利用を推進する必要がある。</p> |

### F－3 成果、目標の達成度

#### F－3－1 成果

##### F－3－1－1 全体成果

ASTER および PALSAR データによる、石油ガス鉱床の地表・貯留構造の状況に応じた利用技術、非在来型資源・生産管理監視等への利用技術等について、合計57件の利用技術および事例を開発し、資源ユーザの要望するほぼ全てのケースを網羅した。また資源・地球環境・防災等の課題に必要な情報を抽出する解析アルゴリズムを合計66件開発し、利用に必要な解析手法をほぼ網羅した。

ASTER 及び PALSAR とも、地上システムの運用によって、ユーザの要求に対応した観測計画の作成、観測データの全量入手・保存、標準・高次プロダクトの生産・配付数の目標を満足した。また運用期間中に実施した校正検証結果から、定められた精度を維持したことが確認された。

さらに次世代アーカイブシステムに ASTER 全量と PALSAR の一部のデータの保存が完了し、次世代プロダクトとして全球DEMをはじめとした広域をカバーしたマップの作成を完了した。

なお、これらの成果については、表 F-5-2-1～4 に示す委員会において確認されている。

以上から、中間評価時における全体目標を達成していると判断できる。

##### F－3－1－2 個別要素技術成果

###### ①石油ガス資源探査等への利用手法の確立

###### (ア)石油ガス資源探査への利用手法

平成 26 年度までに実施した ASTER 及び PALSAR による石油ガス資源探査への利用研究対象地を表 F-3-1-2-1 に示す。いずれも資源ユーザの要望を反映した貯留構造、地表状況において研究を実施し、得られた成果は実際の資源探査への情報として活用されている。

これらの成果は、表 F-3-1-1-1 に示した項目のうち、背斜／植生、断層／植生、背斜／露岩及び断層／露岩の各タイプの利用手法については、資源地域における検証がなされほぼ確立されたと判断できる。

表 F-3-1-2-1 ASTER 及び PALSAR による石油ガス資源探査利用研究

| 貯留構造(トラップ)                  |       | 植生(湿潤)                                     | 半植生(半乾燥)                | 露岩(乾燥)                    |
|-----------------------------|-------|--------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 背斜トラップ                      | 利用者要望 | 大(特にアジア)                                   | 小(地域狭)                  | 大(世界・広域)                  |
|                             | 研究実施  | インドネシア等の<br>9 地域<br>(タイ)                   | アルゼンチン等の<br>2 地域<br>(-) | 中国等の 8 地域<br>(イラク 3 地域)   |
| 断層トラップ<br>(背斜-断層の<br>組合せ含む) | 利用者要望 | 中                                          | 小                       | 中                         |
|                             | 研究実施  | メキシコ等の 7 地<br>域<br>(アンゴラ、コン<br>ゴ、<br>ウガンダ) | -                       | アルゼンチン等<br>の 10 地域<br>(-) |
| その他(層位、不整<br>合、礁トラップ等)      | 利用者要望 | 中                                          | 小                       | 中                         |
|                             | 研究実施  | カンボジア等の<br>6 地域<br>(-)                     | -                       | リビア等の 2 地域<br>(ケニア)       |

注)「研究実施」欄のカッコ内は最新(平成 23 年～平成 26 年)に実施した地域

ASTER 及び PALSAR による新たな対象の実施結果について表 F-3-1-2-2 に示す。

非在来型資源については、これまでに実施したオイルサンドの開発及びコールベッドメタンの開発に加え、シェールガスの開発に伴う情報取得方法についても衛星データ利用の可能性・効果が確認された。

大規模油田生産監視技術の開発については、平成 23 年度 5 月に PALSAR、同年 11 月に ERS-2、平成 24 年 4 月に ENVISAT と主要な合成開口レーダ(SAR)衛星の運用が停止したため、大規模油田の継続監視は難しくなったが、既存データの解析より地表状況等の異なるタイプの油ガス田においても有効な技術であることが確認できた。

また、開発に伴う環境監視技術等の利用手法についても、石油探鉱のフロンティアである北極圏を対象とした利用技術開発を行い、中空間分解能の衛星データの利用方法に関する知見が得られた。

表 F-3-1-2-2 ASTER 及び PALSAR による新たな対象の実施

| テーマ／技術                      |       |                                                                                                  |
|-----------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 非在来型資源<br>CBM/オイルサンド/シェールガス | 利用者要望 | CBM: 大／オイルサンド: 中／シェールガス: 大                                                                       |
|                             | 研究実施地 | CBM: インドネシア等の 3 地域<br>(オーストラリア 2 地域)<br>オイルサンド: カナダ 1 地域<br>(-)<br>シェールガス: 米国等の 2 地域<br>(米国、カナダ) |
| 大規模油ガス田生産量監視技術              | 利用者要望 | 大                                                                                                |
|                             | 研究実施地 | イラク等の 6 地域<br>(サウジアラビア、クウェート、アルジェリア、<br>ベネズエラ、西シベリア)                                             |
| 開発時の環境監視技術                  | 利用者要望 | 大                                                                                                |
|                             | 研究実施地 | 北極圏 1 地域<br>(同地域)                                                                                |

注)「研究実施」欄のカッコ内は最新(平成 26 年迄)に実施した地域

資源開発企業の具体的な利用状況を把握するために、開発した手法を利用して、実際の石油探鉱・開発に貢献できた事例をヒアリングにより調査した。国内の石油ガス資源開発企業が主な探鉱対象としている東南アジア、アフリカ、中東での利用が進められている。

新たなニーズへの対応として、非在来型資源、大規模油田の生産量監視技術の開発、開発時の環境監視技術を実施した。非在来型資源については、コールベッドメタン(CBM)<sup>3</sup>、オイルサンド<sup>4</sup>、シェールガス<sup>5</sup>資源における利用手法の研究と、大規模油田の生産量監視技術の開発を行った。大規模油田の生産量監視技術の開発については、中東の大油田に加え地表状況等の異なる西シベリア、ベネズエラ等の油ガス地域においてもその有効性を確かめた。開発時の環境監視技術については、北極圏において海氷監視技術の開発の研究を行った。

以上の成果を含め、これまでに開発してきた研究事例を整理した。合計事例は 57 地域に達し、ASTER および PALSAR を利用した石油ガス鉱床の貯留構造と地表状況に応じた衛星データ利用技術、及び近年注目をあびている非在来型資源への利用や生産管理監視技術等を十分に確立したと考えられる。これらのうち特に有効な研究事例については、今後の石油資源開発に携わるリモートセンシング技術者の手引書として使えるように整理も行った。

<sup>3</sup> コールベッドメタン: 石炭層に含まれる炭層ガスのことで主にメタンガスからなる

<sup>4</sup> オイルサンド: きわめて粘性の高い鉱物油分を含む砂岩のこと。母岩が頁岩の場合はオイルシェールと呼ぶ

<sup>5</sup> シェールガス: 頁岩(シェール)層に含まれる天然ガス

表 F-3-1-2-3 研究開発事例の一覧

| No. | 対象地域                 | 対象 | 内容                                      | トラップ | 植生 | 地表 |
|-----|----------------------|----|-----------------------------------------|------|----|----|
| 1   | アルゼンチン・<br>ネウケン盆地    | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 疎  | 植生 |
| 2   | ミャンマー・中央盆<br>地       | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 疎  | 植生 |
| 3   | ミャンマー・カウラ            | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 4   | タイ東北部                | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 5   | ロシア・東シベリア            | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 6   | フィリピン・ネグロス           | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 7   | ロシア・サハリン             | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 8   | インドネシア・西ジャ<br>ワ      | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 密  | 植生 |
| 9   | インドネシア・カンゲ<br>アン     | 在来 | ASTER、PALSAR、地質・構造判<br>読・解析             | 背斜   | 密  | 植生 |
| 10  | インドネシア・パプア<br>州北部    | 在来 | PALSAR、地質・構造判読・解析                       | 背斜   | 密  | 植生 |
| 11  | タイ・コラート高原            | 在来 | PALSAR、地質・構造判読・解析                       | 背斜   | 密  | 植生 |
| 12  | 中国・民和                | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 疎  | 露岩 |
| 13  | パキスタン・スレマン           | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析、ハ<br>イパースペクトル解析        | 背斜   | 無  | 露岩 |
| 14  | イラク・キルクーク            | 在来 | ASTER、スペクトル解析                           | 背斜   | 無  | 露岩 |
| 15  | イラク・南部湿原             | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 無  | 露岩 |
| 16  | リビア・シレナイカ            | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 無  | 露岩 |
| 17  | イラク・ザク로스             | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 疎  | 露岩 |
| 18  | イラク・北部               | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 背斜   | 無  | 露岩 |
| 19  | イラク・産油油地帯            | 在来 | ASTER、PALSAR、地質・構造判<br>読・解析、GIS データベース化 | 背斜   | 疎  | 露岩 |
| 20  | メキシコ・ベラクルス           | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 断層   | 密  | 植生 |
| 21  | ブラジル・ウアツマ            | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 断層   | 密  | 植生 |
| 22  | フィリピン・南東ルソ<br>ン・ミンドロ | 在来 | ASTER、地質・構造判読・解析                        | 断層   | 密  | 植生 |
| 23  | パプアニューギニ<br>ア・パプア褶曲帯 | 在来 | ASTER、数値地形解析                            | 断層   | 密  | 植生 |

|    |                   |      |                                          |     |   |    |
|----|-------------------|------|------------------------------------------|-----|---|----|
| 24 | インドネシア・マドゥラ～カンゲアン | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 密 | 植生 |
| 25 | インドネシア・ブトン        | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 密 | 植生 |
| 26 | アンゴラ・コンゴ          | 在来   | ASTER GDEM、PALSAR、地質・構造判読・解析             | 断層  | 密 | 植生 |
| 27 | アルゼンチン・パタゴニア      | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | 断層  | 疎 | 露岩 |
| 28 | リビア・ムルズク          | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | 断層  | 無 | 露岩 |
| 29 | 中国・トルファン          | 在来   | 多偏波 SAR、解析                               | 断層  | 無 | 露岩 |
| 30 | アルジェリア・Ilizi      | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | 断層  | 無 | 露岩 |
| 31 | シリア・中央部           | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 無 | 露岩 |
| 32 | リビア・シルテ盆地1        | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 無 | 露岩 |
| 33 | エジプト・スエズ          | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | 断層  | 無 | 露岩 |
| 34 | チュニジア・Pelagian    | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 無 | 露岩 |
| 35 | リビア・ガダメス盆地        | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 無 | 露岩 |
| 36 | イエメン・ジサカマール堆積盆    | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | 断層  | 無 | 露岩 |
| 37 | カンボジア・トレンサップ      | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | その他 | 密 | 植生 |
| 38 | インドネシア・東ジャワ       | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | その他 | 密 | 植生 |
| 39 | インドネシア・東スンダ       | 在来   | ASTER、地質・構造判読・解析                         | その他 | 密 | 植生 |
| 40 | インドネシア・北スマトラ      | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | その他 | 密 | 植生 |
| 41 | ガボン・東部            | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | その他 | 密 | 植生 |
| 42 | ウガンダ・リフト分堆積盆      | 在来   | ASTER GDEM、PALSAR、地質・構造判読・解析、GIS データベース化 | その他 | 密 | 植生 |
| 43 | リビア・シルテ盆地2        | 在来   | ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析                  | その他 | 無 | 露岩 |
| 44 | ケニア・リフト分堆積盆       | 在来   | ASTER GDEM、PALSAR、GIS データベース化            | その他 | 無 | 露岩 |
| 45 | ロシア・西シベリア         | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視                 | 背斜  | 疎 | 植生 |
| 46 | ベネズエラ・油田地帯        | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視                 | 背斜  | 密 | 植生 |
| 47 | イラク・キルクーク油田       | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視                 | 背斜  | 無 | 露岩 |

|    |                  |      |                          |    |     |    |
|----|------------------|------|--------------------------|----|-----|----|
| 48 | サウジアラビア・ガワール油田   | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視 | 背斜 | 無   | 露岩 |
| 49 | クウェート・ブルガン油田     | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視 | 背斜 | 無   | 露岩 |
| 50 | アルジェリア・ハシメサウド油田  | 油田監視 | PALSAR 差分干渉、大規模油ガス田生産量監視 | 背斜 | 無   | 露岩 |
| 51 | カナダ・Hangingstone | 非在来  | PALSAR 差分干渉              | －  | 密   | 植生 |
| 52 | インドネシア・カリマンタン    | 非在来  | CBM 開発好適地抽出              | －  | 密   | 植生 |
| 53 | 米国・Uinta 盆地      | 非在来  | シェールガス開発好適地抽出            | －  | 中～疎 | 植生 |
| 54 | オーストラリア・ボーエン盆地   | 非在来  | CBM 開発好適地抽出              | －  | 中～疎 | 植生 |
| 55 | カナダ・ブリティッシュコロンビア | 非在来  | シェールガス開発好適地抽出            | －  | 密   | 植生 |
| 56 | オーストラリア・スラット盆地   | 非在来  | CBM 開発好適地抽出              | －  | 中～疎 | 植生 |
| 57 | 北極圏              | 開発環境 | ASTER、PALSAR、海水モニタリング    | －  | 無   | 海水 |

これらの研究成果のうち、特に中間評価対象期間に実施した研究事例を 4 地域、以下に紹介する。

(i) ウンガンダ国境アフリカ大湖沼地域における研究事例

近年新たな石油・天然ガスが発見され、今後の本邦石油ガス開発企業等の参入も見込まれている東アフリカを対象とした衛星画像データの利用研究を行った。ウガンダとコンゴ民主共和国の国境にあるアフリカ大湖沼地域は降水量が多く植生が密であり、これまで衛星画像で、特に光学センサで良好な画像データが揃わず、解析が難しい地域であった。このような地域での ASTER 及び PALSAR データの利用法、有効性を検証した。図 F-3-1-2-1 に、対象地域の位置、PALSAR スタッキング処理モザイク画像、ASTER GDEM を利用した地形解析から作成した水系図や地形分類図をそれぞれ示す。これらの画像解析の結果を踏まえた地質および地形情報の抽出および地質構造解析を実施し、同地域における新規探鉱有望地域の抽出を試みた。ウガンダ領内の第四系分布域に発達する NE-SW 系リニアメントは、伏在するプロスペクトの伸長方向とも良く一致する(図 F-3-1-2-2)。

研究成果として、良好な衛星画像を揃えることが難しい地域において、ASTER GDEM のように長期間の衛星運用によって整備された標高データや大量に蓄積された PALSAR データが有効に活用できることが分かった。特に、衛星データから作成された標高データの詳細な地形解析から石油探鉱において有益な情報を得られることが確認された。

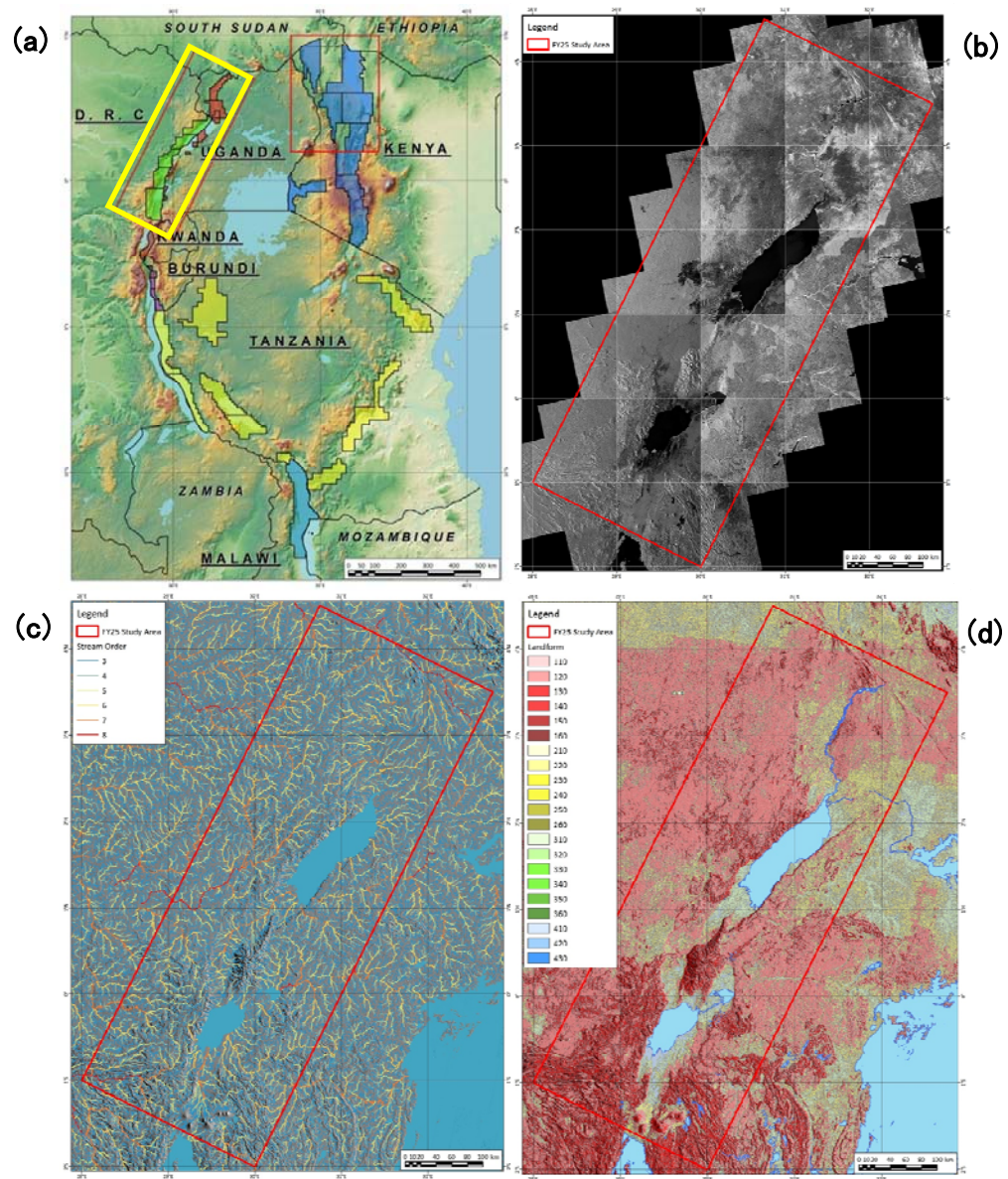


図 F-3-1-2-1 ウガンダ国境のアフリカ大湖沼地域で解析事例、(a)対象位置図(黄色枠)、(b)PALSAR スタッキング処理モザイク画像、(c)擬似水系抽出結果、(d)地形分類図のモザイク画像

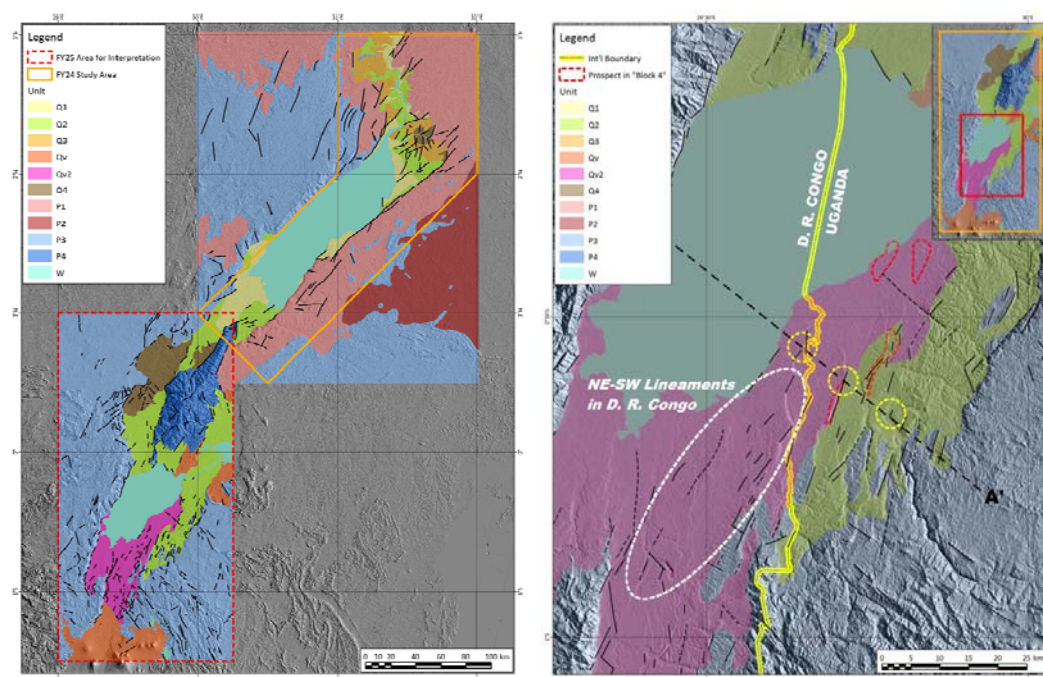


図 F-3-1-2-2 左図:エドワード湖周辺における衛星画像判読結果、右図:プロスペクト(赤色の破線ので囲まれた領域)比較

## (ii) 米国におけるシェールガスを対象とした研究事例

非在来型資源の一つであるシェールガスの開発における衛星データの利用法を検討した。図 F-3-1-2-3 に示すように対象地域はシェールガス・オイル含む地層が数多く分布している米国のユタ州東部とした。非在来型資源の開発においては、在来型と異なり油ガスの存在は既知であり、生産性の向上に繋がる開発好適地(スウィートスポット)を見つけることが重要となる。対象地域の ASTER SWIR および TIR 画像から作成したシリカ鉱物、炭酸塩岩、粘土鉱物の 3 種類の鉱物の含有量の指標を示す画像を基に現地で試料の分析を行った所、衛星画像解析によって推定された鉱物組成と、鉱物分析結果には概ね相関があることが認められた(図 F-3-1-2-4、図 F-3-1-2-5)。また、岩石物性試験の結果、シリカ含有量が増すことにより岩石はより「砕けやすい(brittle)」、粘土含有量、炭酸塩含有量が増すことにより「しなやか(ductile)」であることが示された。画像解析によって、対象地域では中央部、西部でシリカ含有量が高く、南西部で粘土含有量が、南西部・東部で炭酸塩含有量が高くなる傾向が認められ、中～西部に「砕けやすい(brittle)」頁岩が分布する可能性が分かった。

研究成果として、シェールガス開発において開発好適地の絞り込みの条件の一つであるシェール層のフラクチャリング<sup>6</sup>に適した「砕けやすい(brittle)」物性の推定に ASTER の鉱物識能力が適用できることが分かった。今後、ますます盛んになるだろう

<sup>6</sup>岩石を粉碎し、地層に亀裂(フラクチャー)を生じさせることで、石油や天然ガスなどの流路を確保し、収率を増加させる手法のこと

と考えられるシェールガスの開発において、衛星データの鉱物識別・同定能力が利用できることが確認できた。

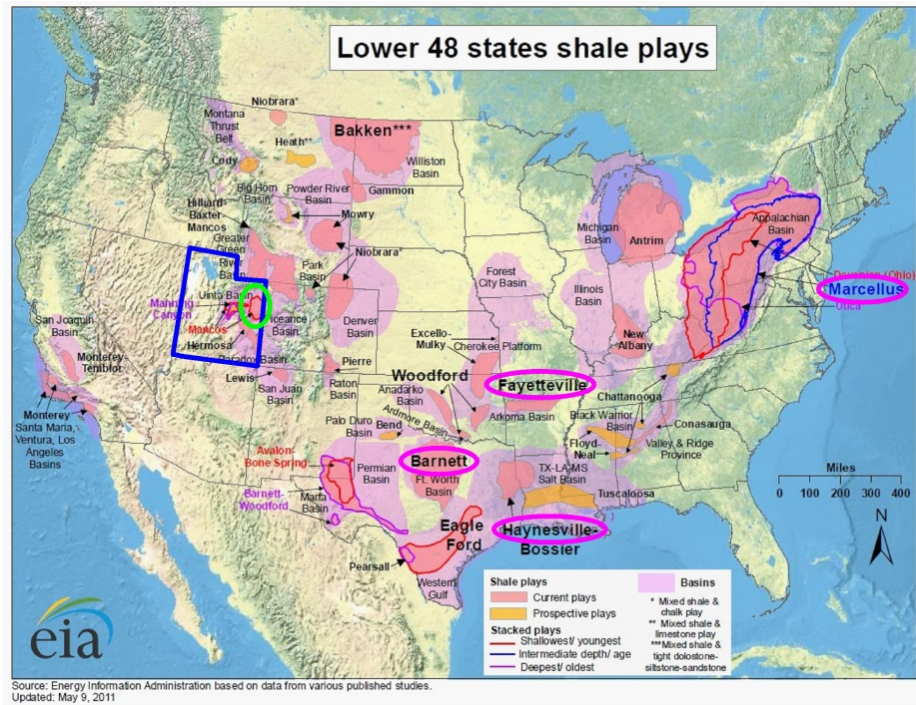


図 F-3-1-2-3 米国におけるシェールガス・オイル開発有望地の分布と研究対象地域の位置(緑色の楕円)

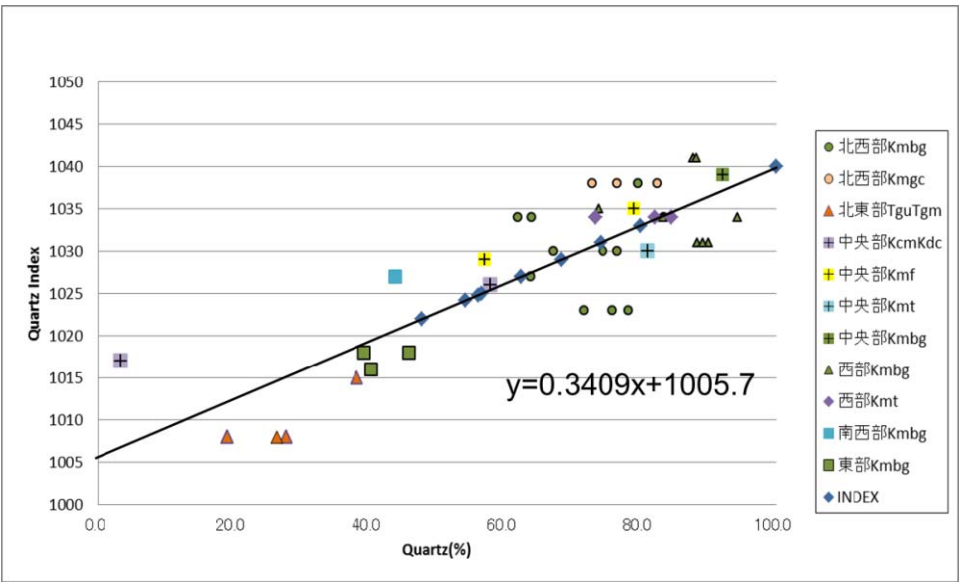


図 F-3-1-2-4 鉱物含有量と鉱物インデックス値の相関の例(Quartz Index)

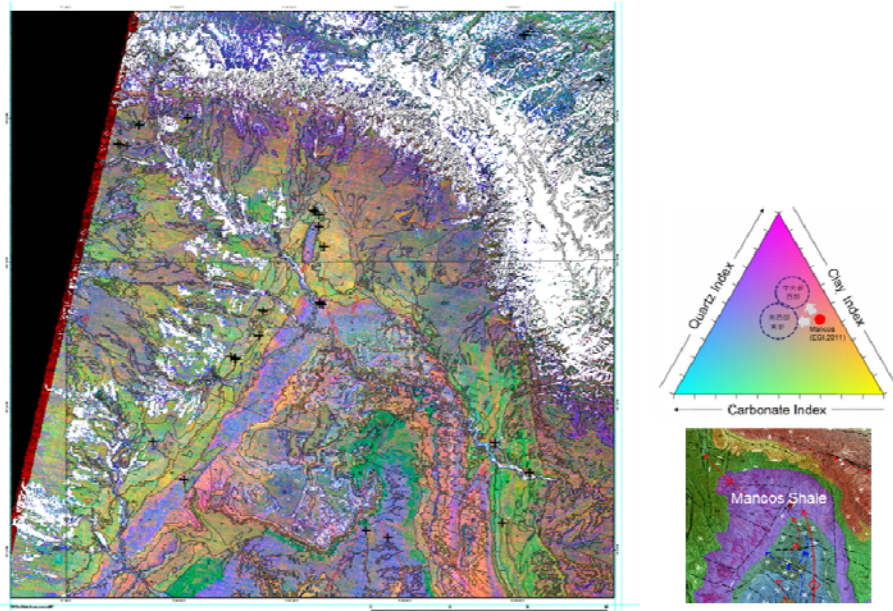


図 F-3-1-2-5 Mancos 頁岩分布域の鉱物分布特性(三色ダイアグラム表示)

### (iii) オーストラリアにおけるコールベッドメタンを対象とした研究事例

非在来型資源の一つであるコールベッドメタン開発における衛星データの鉱物識別能力の適用性を検証した。コールベッドメタン開発については、他の2地域で研究を既に行った実績があるが、主に地質構造から開発好適地を絞り込む方法であった。対象地域のオーストラリアのスラット盆地では、コールベッドメタンの開発が盛んに行われ、かつコールベッドメタン開発ターゲットとなっている地層が地表に露出しており、衛星画像解析の検証に適した場所である。スラット盆地においては、Walloon 亜層群から良質のコールベッドメタンが生産され、開発好適地となっていることが知られている。今回、開発好適地となっている地層にカオリナイトが富むことに着目し、ASTER のカオリナイト指標画像を作成し、Walloon 亜層群と他の層を区分した(図 F-3-1-2-6)。推定された Walloon 亜層群の地表の分布範囲を、広域地質断面および現在の主なコールベッドメタン開発域と併せて考察し、スラット盆地におけるコールベッドメタンの開発好適地を絞り込むことができた。(図 F-3-1-2-7)。

研究成果として、特定の鉱物に富む地層を ASTER で識別し、その分布から開発好適地を絞り込むことができた。コールベッドメタンの開発好適地条件によっては、在来型資源の開発で培った衛星データによる鉱物識別・同定能力が適用できることが分かった。衛星データによる鉱物識別・同定能力は、今後のコールベッドメタン開発における好適地絞り込み方法の一つになり得ることが確認できた。

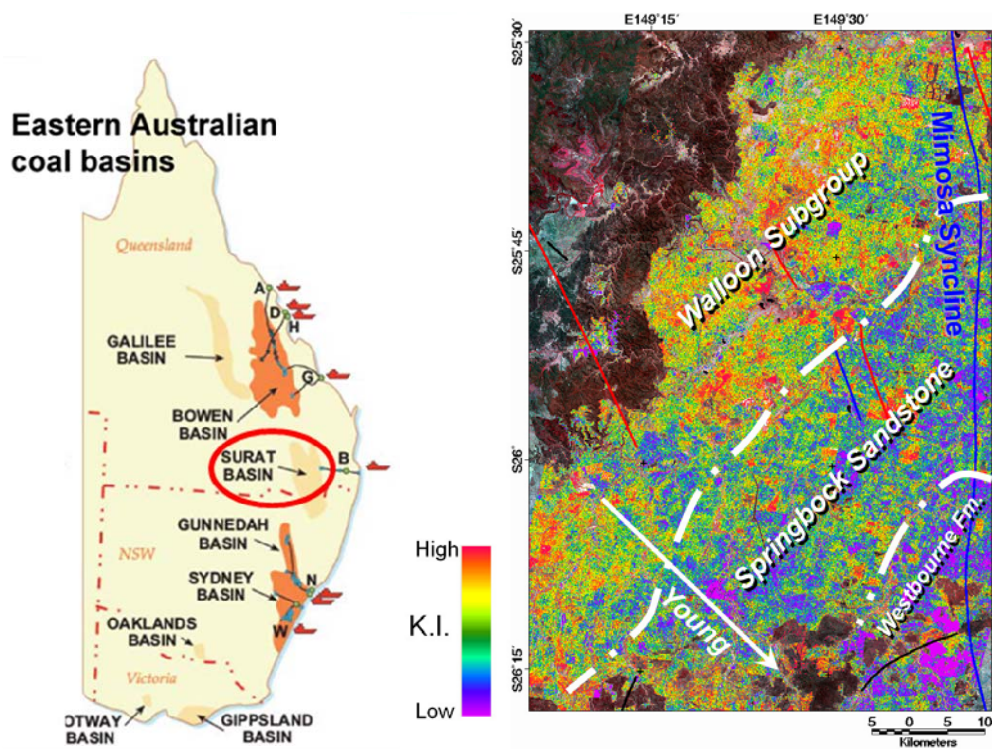


図 F-3-1-2-6 対象位置図(左図)と中西部の Terra ASTER カオリナイトインデックス画像とユニット境界(右図)

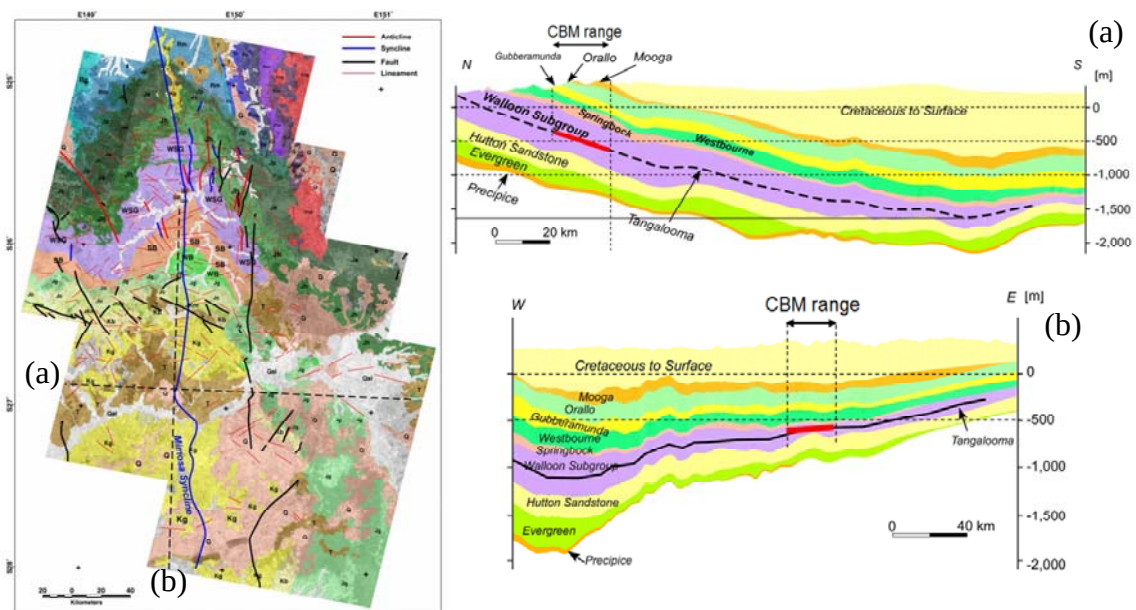
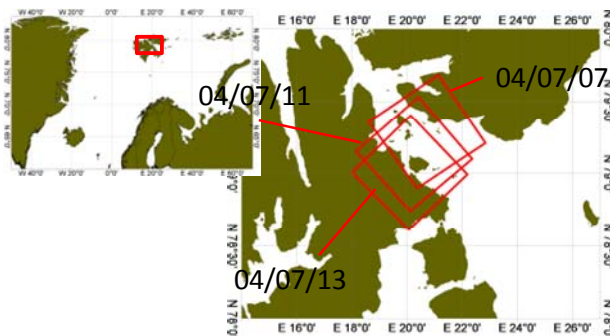


図 F-3-1-2-7 Terra ASTER カオリナイト指標を用いて Injune Creek 層群を細分した地質解析図と断面線(a)と(b)の地質断面図.

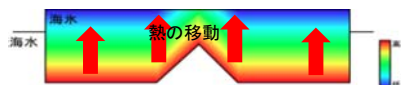
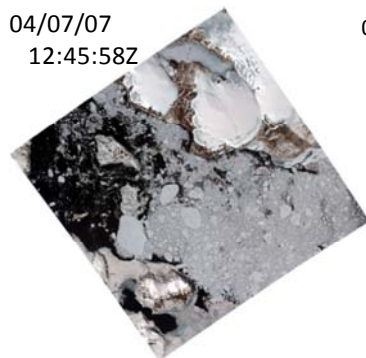
(iv) 北極圏にける海氷モニタリングを対象とした研究事例

開発時の環境監視技術の開発をテーマとして、北極圏における海氷モニタリングを対象とした。米国地質調査所によれば、北極圏は世界の未発見資源量の天然ガスでは 30%、石油でも 13%と多くの未発見資源量が残っていると期待され、今後の石油ガス資源探査の進展が注目される地域の一つとなっている。衛星データは、石油ガス開発段階の海氷モニタリングに貢献できると期待される。石油ガス開発においては、開発計画を立案する上で海氷が存在・消滅する時期を正確に予測することが重要である。しかしながら、自然条件が厳しく、海氷の状態・挙動を継続的にモニタリングすることは難しく、衛星によってその課題を解決できるのではと期待されている。北極圏の衛星による観測は、気象衛星に代表されるように高頻度であるが、低空間分解能の衛星センサによるモニタリングが主流である。低空間分解能衛星センサでは、詳細な海氷の状態・挙動まで把握できず、破碎・衝突によって起こる海氷の消滅メカニズム等が未だ良く分かっていない。そのため、ASTER や PALSAR などの中空間分解能の光学センサや合成開口レーダを利用した海氷の情報を抽出する手法の開発が望まれている。図 F-3-1-2-8 に示すように ASTER 及び PALSAR の時系列データを用いた海氷の変化抽出や海氷表面の温度分布情報を用いた構造的弱線の推定等を試みた。

研究成果として、未だ課題を多く残すが、ASTER 及び PALSAR において得られた中空間分解の画像データからこれまでない情報を得ることができる可能性を得た。但し、中空間分解能画像データだけでは、観測の頻度や範囲に難点があるため、観測頻度の高い低空間分解能衛星データと併用しながら、興味有る海域をモニタリングする方法が良いとの知見を得ることができた。



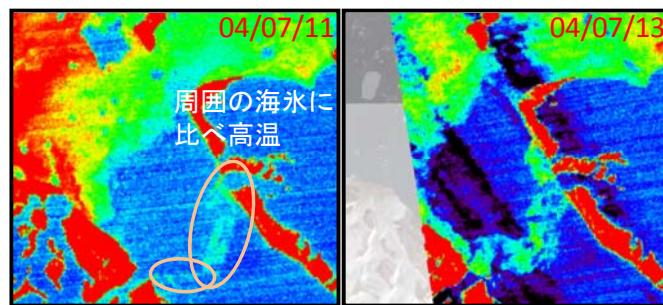
- スバル諸島のシーン
- 2004年7月に数日間隔で撮像されたデータが3シーン
- 海氷の縮小・分裂過程を追跡可能



- 海氷厚さの違いにより海氷下の海水からの熱の伝わり方が異なる
- 海水温が高ければ海氷の薄い部分はより高温となる
- 左画像(スバル諸島のデータ)で、7月11日の温度プロダクトで周囲より高温となっている部分が2日後に割れている
- しかし、割れる前に温度の変化があるデータはこのデータのみ
- 筋状の温度変化があるが割れないケースは見つかっていない



ASTER VNIR疑似カラー 合成画像 バンド1(B), 2(G), & 3(R)



ASTER TIR 地表面温度画像

273 275 277 279 単位: K

図 F-3-1-2-8 ASTER による海氷の時系列モニタリングと海氷表面の温度分布情報を用いた構造的弱線の推定

(イ) 解析アルゴリズム開発

石油ガス資源探査以外の金属資源探査・地球環境・防災等へも応用可能な解析アルゴリズム開発事例を表 F-3-1-2-5 に示す。解析事例は合計で 66 件となり、ASTER 及び PALSAR データによる、衛星データから資源探査に必要な情報を抽出する解析アルゴリズム、及び衛星の利用効果の高い分野における解析アルゴリズムを開発し実用化したと考えられる。表 F-3-1-2-6 に資源、環境、防災における分野の解析アルゴリズム開発事例を紹介する。

表 F-3-1-2-5 ASTER・PALSAR の解析アルゴリズム開発一覧

| No. | 分野 | 対象センサ  | 研究名                                               | 研究内容                                                                                                               |
|-----|----|--------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 環境 | PALSAR | ポラリメトリック SAR インタフェロメトリによるターゲット分類手法に関する検討          | 従来のポラリメトリック SAR による分類(人工構造物、森林、耕地、裸地等)よりもさらに細かく、高精度にターゲットの分類を行う手法を確立する。                                            |
| 2   | 環境 | ASTER  | ASTER データを用いた水質モニタリング技術の研究開発                      | 湖沼の継続的な水質モニタリングにおいて ASTER データを効果的に活用するための手法を確立する。                                                                  |
| 3   | 環境 | ASTER  | 衛星データを利用したプラスチック検知技術の実用化への研究開発                    | ASTER データを用いたプラスチック検知技術を実用化するために、他の廃棄物と混合している場合の抽出手法の開発、海岸での漂着箇所の抽出や山中/河川敷の不法投棄箇所抽出技術の開発を行う。                       |
| 4   | 環境 | ASTER  | 熱赤外域 ASTER データを利用した植生マッピング手法の研究                   | ASTER データ可視域～近赤外域のデータに加え、熱赤外域データをも利用した植生マッピング手法の開発を行う。                                                             |
| 5   | 環境 | ASTER  | ASTER データによるサンゴ白化現象の監視と検出技術の研究開発                  | ASTER データ(2B05)を使用したサンゴ白化域の抽出手法の開発を行う。                                                                             |
| 6   | 環境 | PALSAR | SAR 後方散乱補正による山地林のバイオマス推定                          | 熱帯雨林地域における山地林の後方散乱補正手法を用いた森林バイオマス推定手法の確立を目的とする。                                                                    |
| 7   | 環境 | ASTER  | ASTER による SO <sub>2</sub> ガス濃度解析技術及び高温物質温度解析技術の研究 | ASTER TIR データを用いた大気中の高濃度 SO <sub>2</sub> ガス濃度および ASTER SWIR データを用いた地表高温物質の温度(100℃以上)を推定・マッピングするための技術の検討・検証・ツール化する。 |
| 8   | 環境 | ASTER  | ASTER 画像を用いた時系列高分解能画像データ作成モデルの開発                  | ASTER の熱赤外域と NOAA (AVHRR) に適用し温度変化を広域かつ時系列に把握するモニタリング手法を検討する。また、都市域および都市周辺域での緑地評価を行うための実利用・産業化を検討する。               |

|    |    |               |                                                              |                                                                                                                 |
|----|----|---------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | 環境 | ASTER, PALSAR | 吸収源活動モニタリングのための衛星センサ観測戦略に対する研究開発                             | 京都議定書において規定される植林活動を主対象とし今後産業界等による吸収源プロジェクトの実施が想定される地域に対し、ASTER および PALSAR により重点的かつ効率的に観測すべき地域の選定を行うアルゴリズムを開発する。 |
| 10 | 環境 | PALSAR        | PALSAR データによるバイオマスマッピング手法の研究                                 | 京都議定書に定められた森林吸収源による炭素固定量を算出する基礎データであるバイオマスを計測するために、PALSAR で取得されるポラリメトリックデータを利用して複層林のバイオマスを計測する手法を研究開発する。        |
| 11 | 環境 | ASTER         | ASTER データによる金属資源開発に伴う重金属汚染モニタリング手法の技術開発                      | 定常的な観測が可能な ASTER データを用いて鉱山から流出した酸性水による重金属汚染モニタリング手法の開発を行う。                                                      |
| 12 | 環境 | ASTER         | 実利用に即した緑地モニタリング技術の研究開発                                       | ASTER データを用いた緑被率推定アルゴリズムを開発し、緑地分布図、緑被率マップ等主題図を作成し、地方自治体での「緑の基本計画」等の緑地管理を目的とした総合的な緑地モニタリング技術を構築する。               |
| 13 | 環境 | ASTER         | ASTER データを用いた森林の CO <sub>2</sub> 吸収・固定量把握のための基礎パラメータに関する研究開発 | 衛星データを用いた森林計測のためのパラメータ算出手法の山地や丘陵地等の広域の森林計測への適応を行い、CO <sub>2</sub> 吸収・固定量把握事業に応用可能な技術の開発を行う。                     |
| 14 | 環境 | ASTER         | 里山放置地域の竹林化の実態および特性把握に関する研究開発                                 | 里山の状況を把握・管理するために、ASTER データ(VNIR/SWIR/DEM)を用いた里山の竹林化の面的な分布状況、経年的な変化傾向、および竹林化の特性の把握手法を開発する。                       |
| 15 | 環境 | ASTER         | ASTER データを用いた沿岸環境モニタリング手法の実用化に向けた研究開発                        | ASTER データを用いた水温情報の作成方法と表示形態について検討するとともに、水温情報の実用化と沿岸環境モニタリングにおいて ASTER データを効率的に活用するための手法を提案する。                   |
| 16 | 環境 | ASTER         | ASTER データを用いたヒートアイランド現象の解析シミュレーションモデルの研究開発                   | 現在用いられている 100m～数 100m 分解能のヒートアイランド対策効果解析用シミュレーションモデルへ ASTER データを取り組み、より高精度なヒートアイランド軽減対策に応用するための技術を開発する。         |
| 17 | 環境 | ASTER         | ASTER VNIR および SWIR データを利用したマングローブマッピング                      | ASTER データの VNIR および SWIR の特徴を用いたマングローブ樹種区分図作成手法を開発する。                                                           |
| 18 | 環境 | ASTER         | デブリ被覆氷河における氷河湖形成位置の予測手法に関する研究                                | ASTER/DEM データを用いて氷河地形の特徴量を抽出し、氷河湖形成場所および決壊の可能性のある氷河の抽出手法を開発し、実利用を念頭においたハザードマップ作成手法に関し検討する。                      |
| 19 | 環境 | ASTER         | 水資源探査へのリモートセンシングデータの適用性評価                                    | 従来から行われてきた地下水資源探査・開発をより効率良く行う為の実利用可能な ASTER データを中心とした衛星データの利用法とその解析                                             |

|    |    |                     |                                              |                                                                                                                |
|----|----|---------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |                     |                                              | 手法の開発を行う。                                                                                                      |
| 20 | 環境 | ASTER               | ASTER データを用いた植林 CDM・モニタリングにおける植生変化解析に関する研究開発 | 植林 CDM(クリーン開発メカニズム)の地域選定などに用いる為に、ASTER データおよびその他の既存衛星データ等を組み合わせて土地被覆変化に関する情報の抽出を行う手法および将来の土地被覆変化の予測を行う手法を開発する。 |
| 21 | 環境 | ASTER               | ASTER データの沙漠交錯帯への適用に関する研究                    | オアシスと沙漠の中間に存在する沙漠交錯帯に分布する植生の種類・密度を把握する技術の開発を行うと共に、オアシス管理に関する政策立案や意思決定のための支援情報の効率的な蓄積・管理手法を検討する。                |
| 22 | 環境 | ASTER               | ASTER データによる植生被覆地域における油土壌汚染箇所抽出手法の研究開発       | 植生に覆われた地域での油による土壌汚染箇所を把握するために油土壌汚染と植生の関係を衛星データで明らかにする手法の開発を行う。                                                 |
| 23 | 環境 | ASTER, ハイパースペクトルセンサ | マルチスペクトル、ハイパースペクトルおよびレーザースキャナーによる森林計測        | ASTER データによる樹種区分を基準データとし、CASI データを用いた樹種区分を行い森林計測のための樹種区分手法の開発を行う。レーザースキャナーデータを用いた樹高計測および現地調査結果とも併せバイオマスの算出を行う。 |
| 24 | 環境 | ASTER               | 吸収源 CDM プロジェクトの設計・実施における ASTER データ利用技術開発     | 吸収源 CDM プロジェクト申請に必要なプロジェクト設計書作成を目的とし、ASTER データ等のリモートセンシングデータの適用範囲の検討および処理・解析技術の開発を行う。                          |
| 25 | 環境 | ASTER               | ASTER データを用いた自動地図作成手法の研究開発                   | ASTER データを用いた、地図に必要な道路網等の線型情報、等高線や土地被覆・土地利用情報を抽出し、それらを組み合わせた実用性のある地図の作成手法を研究開発する。                              |
| 26 | 環境 | ASTER               | 中空間分解能衛星データを用いた植林 CDM・モニタリングにおける植生変化解析手法の開発  | 過年度「ASTER データを用いた植林 CDM・モニタリングにおける植生変化解析に関する研究開発」において開発された植林モニタリングおよび植生状況の将来予測手法の精度向上を図る。                      |
| 27 | 環境 | ASTER               | 乾燥地帯を対象とした水資源調査手法の開発                         | 積雪の範囲、融雪水の流路とその季節毎の変動および地形の起伏状況などを衛星リモートセンシングによって抽出・図化することにより、オアシス管理のための政策や対策事業へ利用可能なデータセットの試作を行う。             |
| 28 | 環境 | ASTER, ハイパースペクトルセンサ | 植林地域における植生環境情報の抽出技術の開発                       | 植林事業、森林保全において必要とされる植生情報の抽出技術の開発を、植林地を対象にした同期観測により取得された ASTER データと HyMap データおよび現地計測データを用いて行う。                   |
| 29 | 環境 | PALSAR              | 衛星搭載型合成開口レーダデータを用いた波浪情報抽出アルゴリズムの開発           | 波浪予測の高精度・広範囲予測化を行うために、PALSAR 実利用を前提とした、JERS-1/SAR(L バンド)を用いた波浪情報抽出技術の開発を行う。                                    |

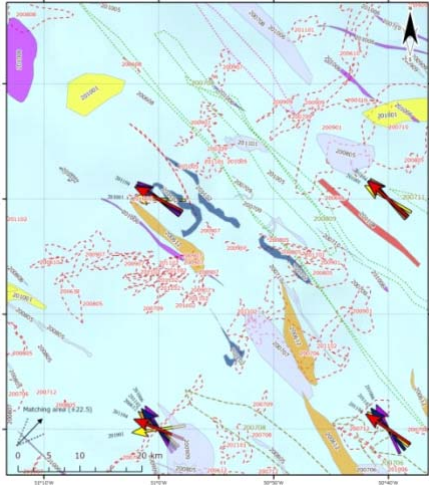
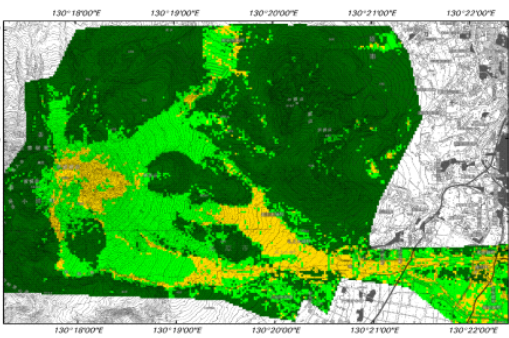
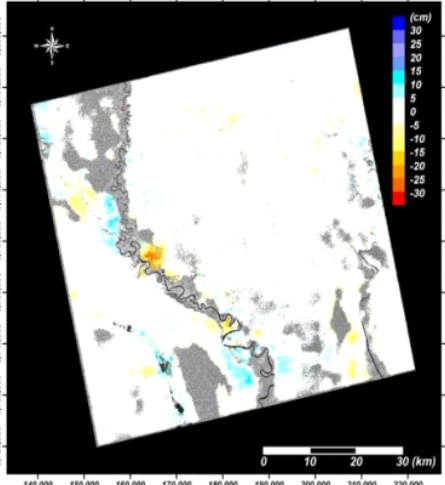
|    |    |              |                                                  |                                                                                                                      |
|----|----|--------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 | 環境 | ASTER        | ASTER 昼夜 TIR 画像による地質情報抽出の検討                      | 夜間 TIR データの精密幾何補正ツールの開発を行い、幾何補正処理の効率化をはかる。また、精密に幾何補正された昼夜 TIR データを用いて得られる鉱床探鉱に有用な地質情報抽出のための手法開発を行う。                  |
| 31 | 環境 | ASTER        | ASTER データを用いた北方林の CO <sub>2</sub> 吸収機能評価に関する研究開発 | ASTER データを用いた北方林の CO <sub>2</sub> 吸収機能評価手法を開発する。                                                                     |
| 32 | 環境 | PALSAR       | PALSAR データによる波高推定アルゴリズムの開発および適用性評価               | PALSAR データを用いた波高推定アルゴリズムを開発することを目的とする。この成果により、波浪予測システムの予測精度向上・コスト削減が可能となり、沿岸防災や船舶運行コストの削減へと繋がることが期待される。              |
| 33 | 環境 | PALSAR       | PALSAR および PRISM による山地林の森林バイオマス推定手法の開発           | PALSAR および JERS-1/SAR の SAR データと ALOS/PRISM を用いて山地起伏による高精度後方散乱補正手法の開発により山地林のバイオマス量推定手法の高精度化を目的とする。                   |
| 34 | 環境 | PALSAR       | PALSAR データを用いた地表物識別分類手法の研究開発                     | PALSAR のフルポラリメトリデータの偏波シグネチャに含まれる地表物の散乱特徴量を利用し、油田開発に伴う環境保全のための植生被覆分類を中心とした地表物の識別手法を開発することを目的とする。                      |
| 35 | 環境 | PALSAR       | PALSAR による熱帯域山地林のバイオマス量推定手法の開発                   | 温暖湿潤～熱帯湿潤地域において、PRISM DEM が利用できない地域でも、SRTM DEM あるいは ASTER GDEM を用いて PALSAR の地形補正を効果的に行い、広域的で汎用的な山地林のバイオマス量推定手法を開発する。 |
| 36 | 資源 | ハイパースペクトルセンサ | ハイパースペクトルイメージングデータの資源解析への基礎技術の研究                 | 数年後の衛星からのハイパースペクトルデータの利用を見据え、航空機搭載型ハイパースペクトルイメージングセンサーによるデータを使用し、大気補正法など資源解析への利用のための基礎技術研究を行う。                       |
| 37 | 資源 | PALSAR       | マルチパラメータ SAR データによる地表物の識別と分類手法の研究                | PALSAR で取得されるポラリメトリデータを有効活用するために、ポラリメトリック・シグネチャに含まれる特徴量を利用して、石油地質のための土地被覆の分類および地表物の識別を行う手法を開発する。                     |
| 38 | 資源 | ハイパースペクトルセンサ | ハイパースペクトルデータによる高精度鉱物識別の研究                        | 各種の金属鉱床地帯を対象として、高スペクトル・高地表分解能のハイパースペクトルデータの金属資源探査への適用性評価・特に高精度な鉱物識別について研究する。                                         |
| 39 | 資源 | ASTER        | ASTER データによりメタン濃度分布を推定する方法の研究                    | ASTER データのスペクトル解析を行い、油ガス田に伴い地表付近の土壤中に滲出したメタンを抽出する技術を開発し従来の地表地化学探査に替わりうる技術の開発を行い石油資源探鉱に資することを目的とする。                   |
| 40 | 資源 | ASTER        | 超苦鉄質岩を利用した大気 CO <sub>2</sub> の地下貯留サイトの評価に関する研究開発 | CO <sub>2</sub> の超苦鉄質岩に伴う炭酸塩への吸着を念頭に置いた ASTER データを用いた適地抽出技術の開発を行う。                                                   |

|    |    |                     |                                               |                                                                                                                        |
|----|----|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 41 | 資源 | ASTER, ハイパースペクトルセンサ | HyMap および ASTER データを利用した鉱物マッピング技術の開発          | 後退変質を受けた高変成相の岩石分布域で HyMap と ASTER を相補的に使い、鉱物マッピングを効率良く行う為の手法の開発を行う。                                                    |
| 42 | 資源 | ASTER               | 乾燥域における ASTER データによる高感度鉱物同定手法の開発              | ASTER センサの持つ性能を最大限に生かした、探鉱制度および効率の向上等実利用を目的とした乾燥域における高感度鉱物同定手法の開発を行う。                                                  |
| 43 | 資源 | ASTER               | ASTER DEM による構造の3次元解析手法の開発                    | ASTER プロダクツの DEM の地形特徴に基づいた補正手法の開発、および地形特徴を利用したリニアメントを精度良く自動抽出し、断裂系の3次元的な解析を行う手法を開発する。                                 |
| 44 | 資源 | PALSAR              | 石油資源胚胎地域における多偏波 SAR データを用いた地質情報抽出技術の研究        | 過年度 JERS-1 データ等の成果をもとに石油資源胚胎地域における地質情報抽出に適した多偏波 SAR データ利用方法とその地質情報抽出能力の検証と PALSAR の多偏波 SAR データによるより高精度な地質情報抽出技術の開発を行う。 |
| 45 | 資源 | ASTER               | TIR データによる鉱床探査地域選別手法の研究                       | 過年度「乾燥域における ASTER データによる高感度鉱物同定手法の開発」にて開発した鉱物同定手法に加え、TIR を用いた鉱床形成に伴う珪化岩体や変質体中のシリカ含有量変化を抽出する手法の開発を行う。                   |
| 46 | 資源 | ASTER               | ASTER データを用いた斜面防災支援技術の研究開発                    | 道路、パイプラインや施設等の建設計画時のルート選定や適地選定や崩壊危機斜面への対策工事の実施などを支援する目的で、潜在的な崩壊危険斜面の抽出手法を開発する。                                         |
| 47 | 資源 | ASTER, PALSAR       | ASTER・PALSAR データによる地質解析情報のフュージョン(融合)技術の研究     | ペルー中部における石灰岩分布域を対象に、ASTER および PALSAR データを効果的に組み合わせた地質解析を実施することにより、変質鉱物抽出手法の研究開発を目的とする。                                 |
| 48 | 資源 | ASTER               | インドネシアにおける石油代替エネルギーの潜在性評価に関する研究開発             | インドネシアを対象国とし、バイオ燃料資源の安定供給のため、ナンヨウアブラギリの栽培候補地の選定技術開発および評価を行う。                                                           |
| 49 | 資源 | PALSAR              | ALOS PALSAR インタフェロメトリを用いたシベリアガス田地域の地殻変動モニタリング | シベリア北部のガス田地域の地盤変動モニタリングにおける PALSAR データの有効性を検証する。                                                                       |
| 50 | 資源 | PALSAR              | 熱帯雨林地域の石油開発に係わる PALSAR 差分干渉技術の適用              | 植生被覆地域における処理結果の向上を目的として、熱帯雨林地域に位置する生産中の油ガス田周辺を対象とする PALSAR データの差分干渉処理解析を実施する。                                          |
| 51 | 資源 | PALSAR              | スリナム～ブラジル北部沖合におけるスリック抽出とオイルスリック判別手法の検討        | スリナム～ブラジル北部沖合海域を対象に、PaGOSS を用いたオイルスリック解析を主体とする石油探鉱ポテンシャル評価を行う。昨年度までに抽出したスリックから自然滲出に伴うオイルスリックを効率的に判別する手法について検討する。       |

|    |           |        |                                                 |                                                                                                          |
|----|-----------|--------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 52 | データ<br>処理 | PALSAR | 差分干渉 SAR を利用した局所的な地表変動の監視に関する研究                 | 差分干渉 SAR による変動検出を実用化させるためには、位置のみならず局所的な地表変動の範囲や進行状況を精度よく把握する必要がある。変動が確認されている地域を対象として精度向上のための応用技術開発を行う。   |
| 53 | データ<br>処理 | PALSAR | SAR 後方散乱補正処理手法の開発                               | 山地における SAR 後方散乱補正手法を開発し、当手法による実用ソフトウェアを開発する。                                                             |
| 54 | データ<br>処理 | PALSAR | 差分干渉における大気遅延補正手法の検討                             | 国土地理院が全国に設置している電子基準点等を利用し、差分干渉の誤差となる大気遅延を補正し、精度よい差分干渉の結果を得る。                                             |
| 55 | データ<br>処理 | PALSAR | 差分干渉 SAR を用いた地盤沈下地域の高精度モニタリング                   | 既存の差分干渉手法の問題点を洗い出し、それを元に定量的な判断を処理に反映させるような新たな DinSAR アルゴリズムの開発を行う。                                       |
| 56 | データ<br>処理 | PALSAR | マルチバンドポラリメトリック SAR インタフェロメトリ応用手法の研究             | SIR-C のマルチバンド SAR データ(L バンドおよび C バンド)を用い、ポラリメトリック SAR インタフェロメトリの応用手段の開発と検証を行う。                           |
| 57 | データ<br>処理 | PALSAR | PALSAR 干渉処理を用いた高緯度地域における DEM 作成技術の研究開発          | 高緯度地域(北緯 60 度以北)の ASTER GDEM を補完するため、PALSAR 干渉処理による DEM 作成技術を開発し、標高および空間分解能の精度を評価する。                     |
| 58 | データ<br>処理 | PALSAR | SAR における多偏波・多周波数解析利用技術の研究                       | L バンド SAR と X バンド SAR をそれぞれ個別に解析した結果と多偏波・多周波(融合解析)した結果を比較し、融合性解析の有効性を検証する。                               |
| 59 | 防災        | PALSAR | 差分干渉 SAR の高精度処理技術の開発                            | 既存の SAR による差分干渉技術の問題点を洗い出し、それに伴って差分干渉アルゴリズムの開発を行い、最終的に高精度の地盤沈下モニタリングに適用する。                               |
| 60 | 防災        | ASTER  | フィリピン(東南アジア島弧変動帯)におけるリモートセンシングによる資源・環境情報抽出技術の研究 | 東南アジア島弧変動帯の典型であるフィリピン諸島を対象地域として、ASTER データを使用し地熱探査のための応用技術の開発及び火山域の熱分布のモニタリング・防災への応用技術の開発を行う。             |
| 61 | 防災        | PALSAR | 差分干渉 SAR を用いた地盤沈下地域の高精度モニタリング                   | 既存の差分干渉法の問題点を洗い出し、それを元に定量的な判断を処理に反映する新たな差分干渉のアルゴリズムの開発を行う。また、現在地盤沈下が進行している地域に対して適応し面的な変動の高精度な抽出が可能か評価する。 |
| 62 | 防災        | ASTER  | ASTER データを用いた内水氾濫対策事業のための土地条件データ整備に関する検討        | 内水氾濫対策を立案するための土地条件の広域調査手段を検討する。浸透/不浸透域の区分、時系列変化等の土地被覆条件および内水氾濫時の水の溜まりやすさの評価のための地形条件の抽出方法等を開発・検討する。       |

|    |    |        |                                         |                                                                                                                              |
|----|----|--------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 63 | 防災 | ASTER  | ASTER 画像データを用いる洪水予測システムの研究開発            | 洪水予測システムの構築に対し必要となる入力情報を ASTER データから抽出する手法の研究開発を行う。その結果抽出された情報を用いた洪水モデルを開発し抽出手法および抽出情報の有効性を評価する。                             |
| 64 | 防災 | ASTER  | ASTER データを用いた地滑り・斜面崩壊危険箇所推定手法の開発        | ASTER データより抽出した地滑り・斜面崩壊に関連する情報データとした詳細解析対応地域を絞り込むための「決定木」を用いた地滑り、斜面崩壊に対応可能な危険箇所推定手法の開発を行う。                                   |
| 65 | 防災 | ASTER  | 極低平地における環境影響評価手法の開発                     | 極低平地における開発等に資するために、衛星データを用いた主として洪水等の自然災害による流域環境に与える影響評価手法の開発を行う。                                                             |
| 66 | 防災 | PALSAR | インドネシア・中部カリマンタン州における干渉 DEM 作成および地表面変位計測 | PALSAR データを用いた干渉処理により、稜線・谷線の位置精度が高い DEM を作成する。PALSAR および TerraSAR-X データを用いた差分干渉解析により、中部カリマンタンの州都 Palangkaraya 周辺の地表面変位計測を行う。 |

表 F-3-1-2-6 開発した解析アルゴリズム事例

| 分野 | 研究名                                        | 事例                                                                                                                                    |
|----|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 資源 | スリナム～ブラジル北部沖合におけるスリック抽出とオイルスリック判別手法の検討     |  <p>形状で判別したオイルスリック分布図<br/>(破線:除外されたオイルスリック)</p>     |
| 環境 | 中空間分解能衛星データを用いた植林CDM・モニタリングにおける植生変化解析手法の開発 |  <p>ASTERのミクセル分解による高精度<br/>植生被覆分類手法を用いた土地被覆予想図</p> |
| 防災 | インドネシア・中部カリマンタン州における干渉DEM作成および地表面変位計測      |  <p>PALSARで作成した高精度DEMから<br/>得られた地盤沈下の変動量推定図</p>   |

## ②ASTER 及び PALSAR 地上システム運用の成果

### (ア) ASTER 地上システム運用成果

#### (i) 観測計画作成

ASTER は資源ユーザ、サイエンスユーザ、及び一般ユーザからの観測要求を最適化して、日単位の観測計画作成し、NASA へ送信した。ここでは、長期的な観点からのセンサ機能(ポインティング回数等のリソース残量)、様々な観測要求の達成度、全球の観測状況(時期、地域、雲量等)を総合的に考慮しており、年一回開催される日米 ASTER チームによるミッション運用(長期観測計画)協議において観測計画と実績を評価し、次期一年間の長期観測計画に反映している。現段階でほぼ全球陸域の観測実績があり、サイエンスユーザから運用に対して高い評価を得ている。直近 4 年間に於いては、観測回数の少ない極域や被雲率の高い熱帯雨林地域や、あるいは、ごく一部の未観測地域に対しては、優先した観測計画を立案している。また、ASTER GDEM Ver.3 作成のための観測計画を策定し、新規データを取得して、ASTER GDEM Ver.2 のデータ欠損域の補完を行った。

#### (ii) 観測データの入手・保存

ASTER の観測データは全量入手し、その原データは次世代アーカイブシステムに保存した。打ち上げ以降、平成 26 年度(2014 年度)末までの総観測数は約 275 万シーンであり、平成 23 年度(2011 年度)から 26 年度の観測数は約 77 万シーン、1 日あたりの観測シーンは約 530 シーンが実績である。

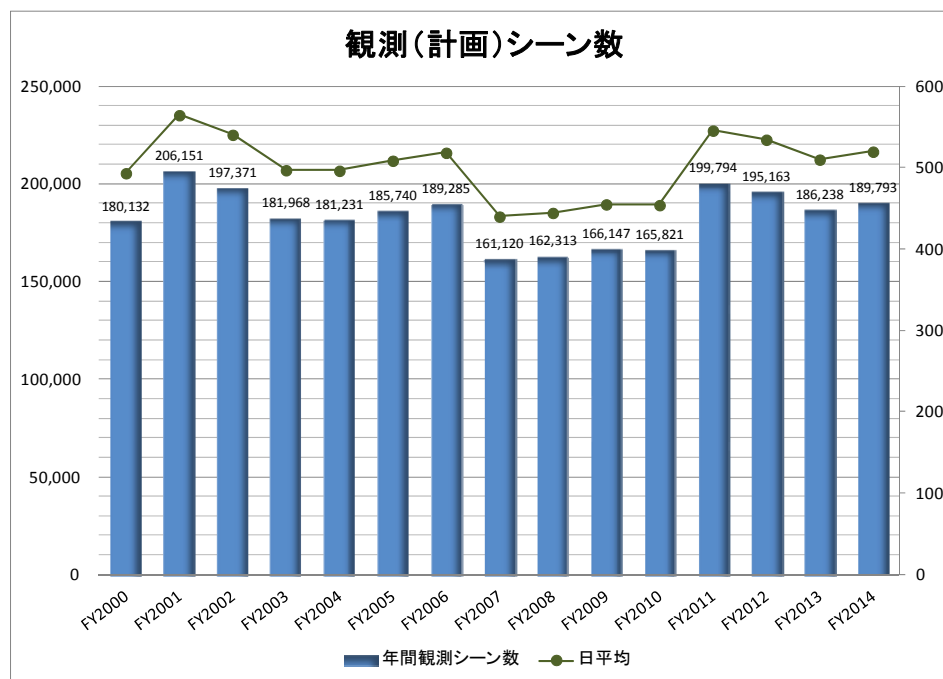


図 F-3-1-2-9 ASTER 年間観測シーン数の推移

### (iii) 標準処理・高次処理実績

標準処理・高次処理のプロダクト生産については、基本となるL1A処理は観測データの全量の処理がされている。L1A以降の高次処理については、オンデマンド方式でユーザ要求受付後速やかに処理を行い、ユーザへのタイムリーな提供が実現している。平成23年度(2011年度)～26年度(2014年度)の4カ年の累積L1A処理シーンは約76万シーン、1日の平均処理数は約520シーンである。

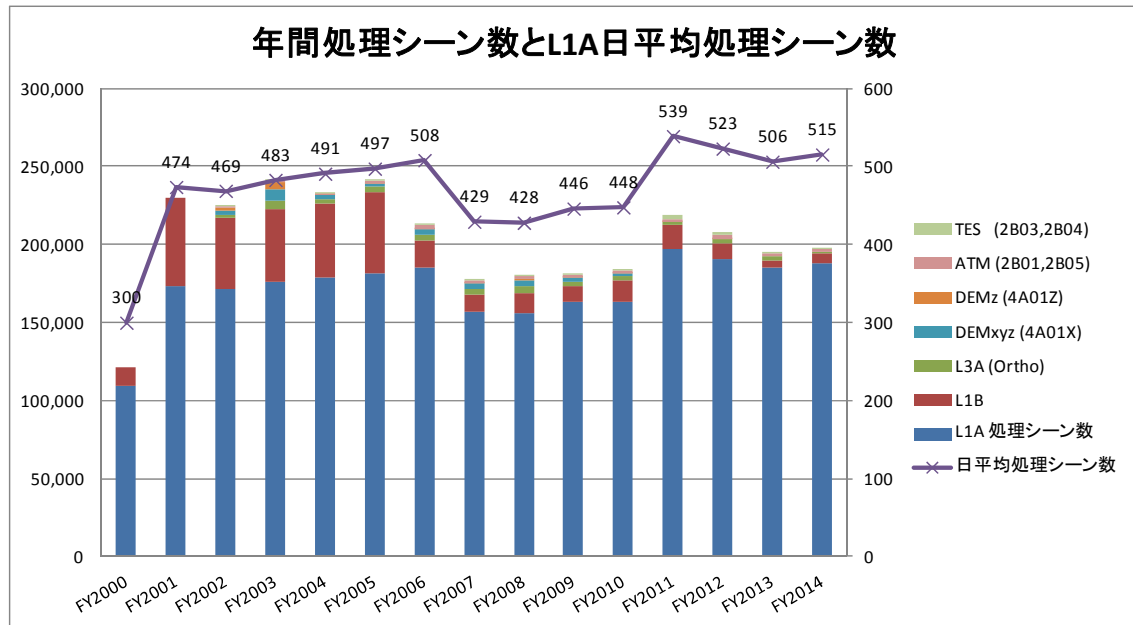


図 F-3-1-2-10 ASTER 年間処理シーン数の推移

### (iv) 一般観測要求(GPR)の実績

ASTERでは、一般ユーザからの観測要求を観測全体リソースの10%以下の範囲内で受け付けている。これは、ユーザからの観測要求受け入れ後3カ月間、被雲率20%以下のデータ取得ができるまで観測を繰り返すもので、直近の4カ年の観測成功率は、平均して40%前後を維持している。一般観測要求はユーザ自身が、観測可能な時季を理解しながら要求を出すことができるため、特定の時期・場所の観測が必要なユーザへの利便性を図っている。

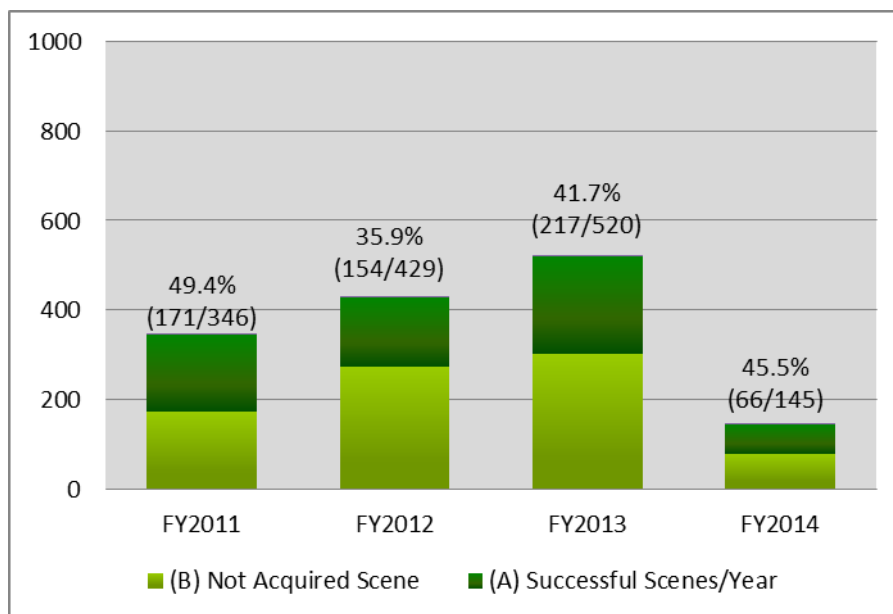


図 F-3-1-2-11 過去 5 カ年の一般観測要求による観測結果  
(要求シーン数:棒グラフ全体、観測成功シーン数:棒グラフ上部)

(v) 配付実績

ASTER 地上システムからデータ配付(無償:サイエンスユーザ配付及び有償:一般ユーザ配付)を行っている。ユーザへの配付シーン数目標を 5 万シーンとし、平成 26 年度(2014 年度)末時点で、運用開始から累計約 28 万シーン、平成 23 年度からの 4 年間で累計約 6.9 万シーンを配付しており、目標を達成した。

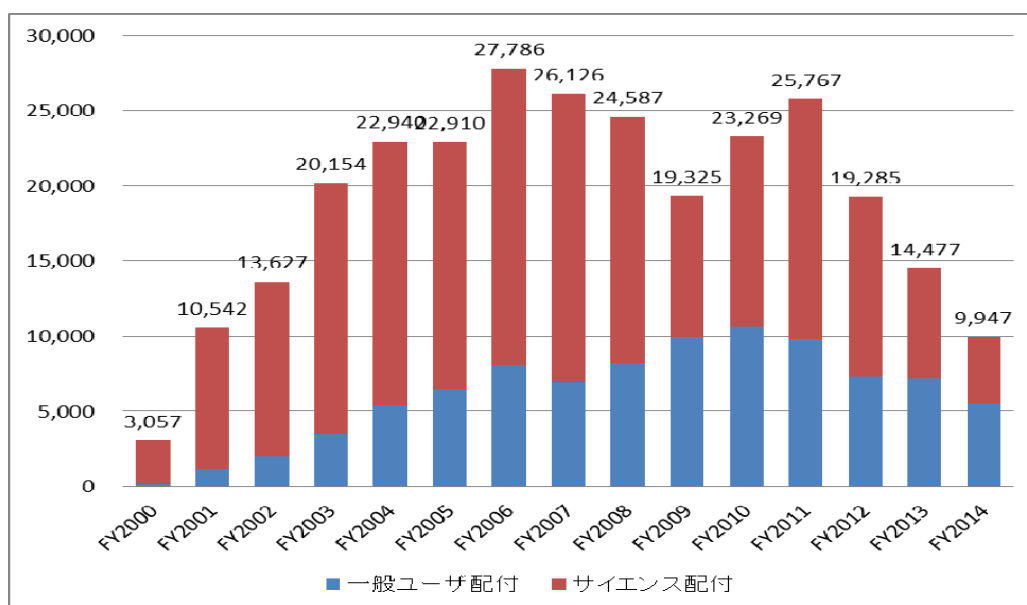


図 F-3-1-2-12 ASTER 配付数(有償配付と無償配付)

なお、有償配付のうち、資源ユーザと非資源ユーザへの配付状況を図 F-3-1-2-13 に示す。

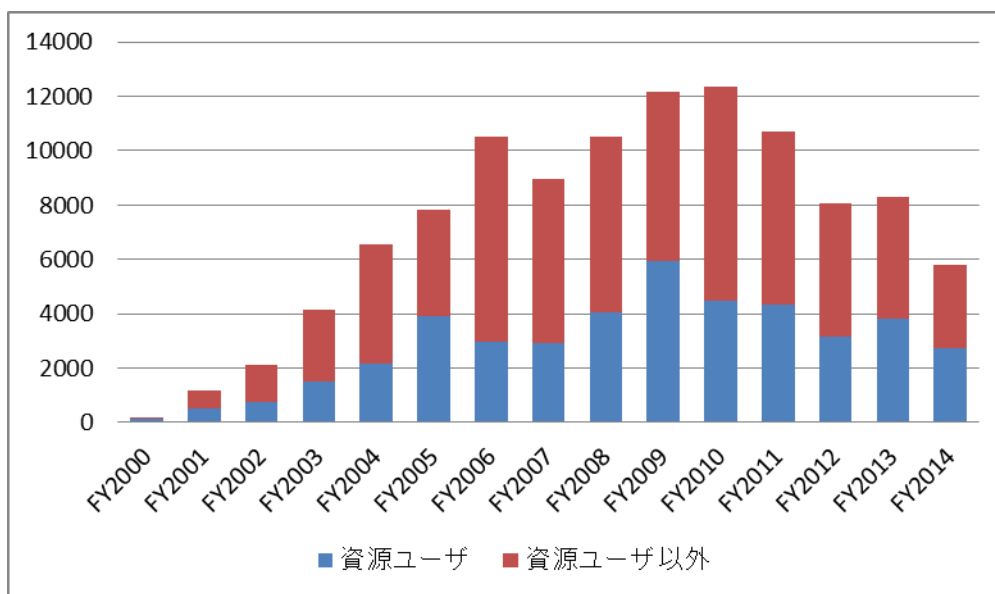


図 F-3-1-2-13 資源ユーザと非資源ユーザへの有償配付数(年間総計)

また、有償配付を受けたユーザの所属カテゴリ毎の配付シーン数を図 F-3-1-2-14 に示す。分類中、「地質・資源」および「国・自治体・特殊法人」のうち資源系組織への配付数を合算したものが、上記資源ユーザへの配付数となる。

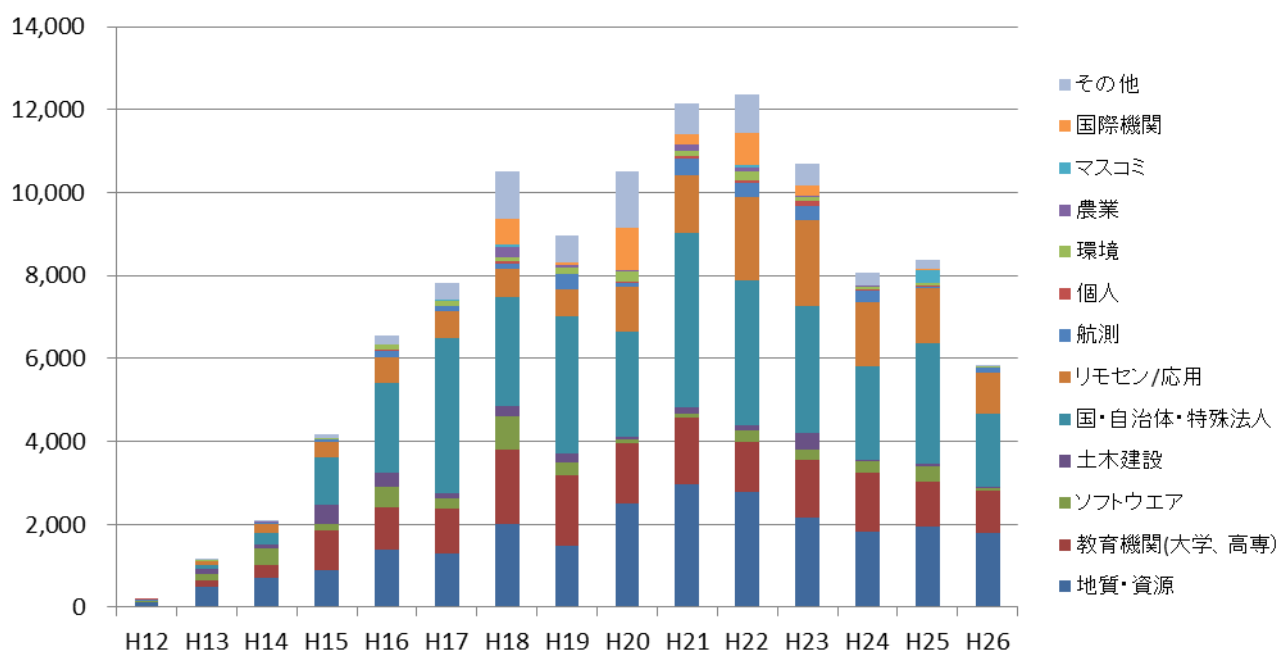


図 F-3-1-2-14 登録ユーザの所属分野で分類した配付数

(vi) ASTER GDEM 配付実績

ASTER GDEM の平成 23 年度(2011 年度)～26 年度(2014 年度)の累積配付数は約 1,044 万タイル(タイルは  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  (赤道付近で 110 Km x 110Km)のエリアに 30m x 30m グリッドで標高値を定義したデータファイル)を配付した。ダウンロードしたユーザ数は、総計約 18 万ユーザであり、その利用分野(GEO/GEOSS<sup>7</sup>の 9 分野で分類)の内、資源関係は全体の約 14%である。全体的には、災害、環境、水関係がトップ3の利用分野である。

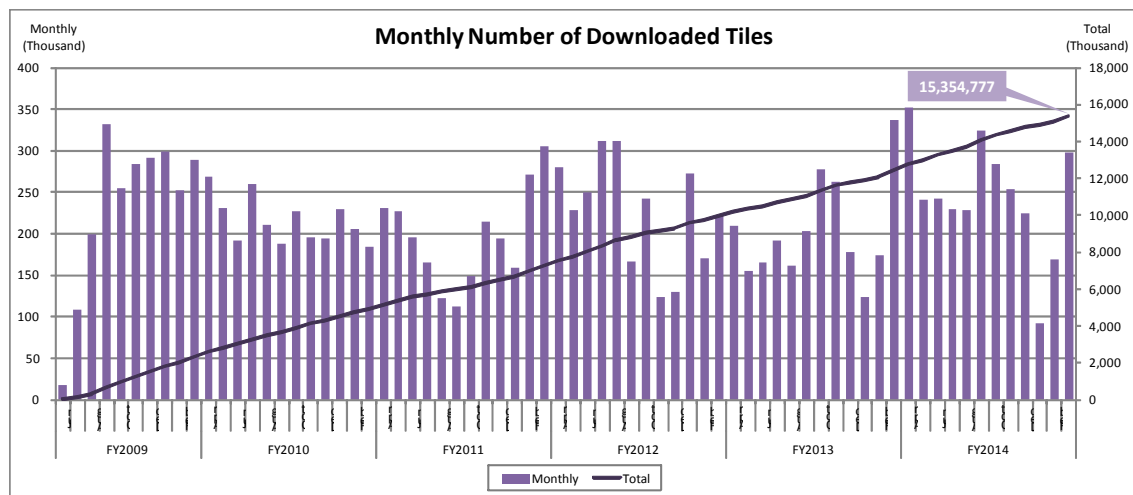


図 F-3-1-2-15 ASTER GDEM の毎月のダウンロードタイル数

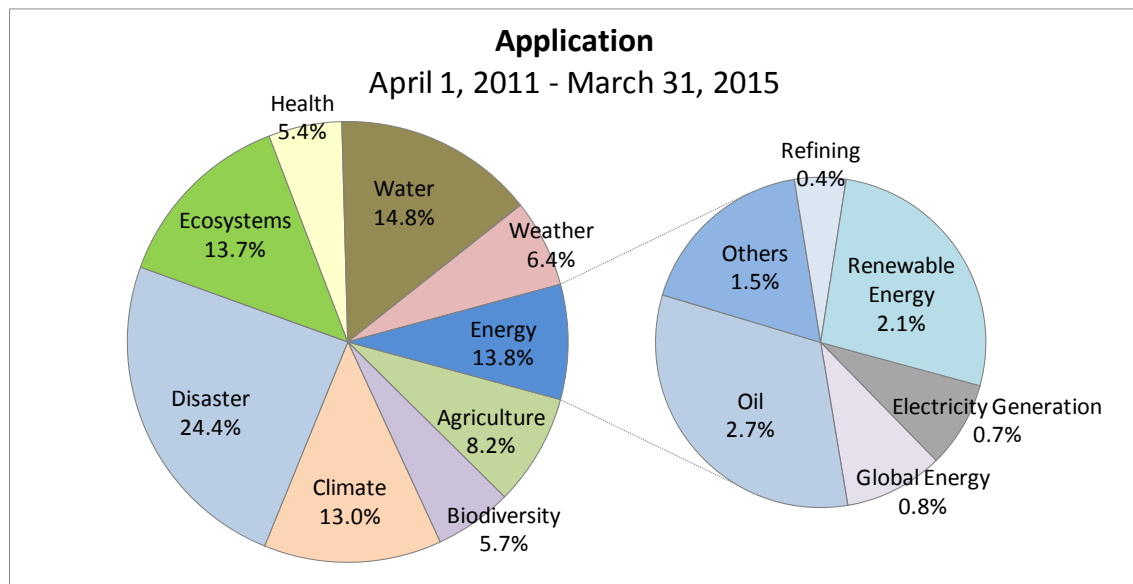


図 F-3-1-2-16 利用分野(GEO/GEOSS の 9 分野)

<sup>7</sup> GEOSS: 衛星データ及び地上観測データを統合した地球規模のシステム

#### (イ) PALSAR 地上システム運用

PALSAR は平成18年1月の打ち上げ後順調に観測を続け、定常運用期間の 5 年を無事に終了し、その後も観測を続けたが、平成 23 年 4 月 21 日に衛星の電源障害が発生し、5 月 12 日に運用停止となった。地上データシステムはハードウェアを含むシステムの更新・改良を適宜実施し、ユーザの利便性の向上や利用要求に答えるため、検索・注文機能の改良やプロダクトの拡充を行った。

#### (i) 観測計画作成

PALSAR は当初作成した基本観測計画の達成度を考慮し、適宜見直しを行った結果、84%以上の観測を達成している。短期計画は資源ユーザ、利用研究等からの要求を取りまとめ、1 週間に1回 JAXA への提出を実施した。

なお、PALSAR の観測計画は JAXA 及びデータ利用機関と共同で策定しており、多くの観測要求は共通観測として取り扱われてきた。経済産業省が特定した観測対象域は図 F-3-1-2-17 に示すとおりである。平成 23 年の全球の観測状況は図 F-3-1-2-18 の PALSAR カバレッジマップに示すように、陸域堆積盆、海域堆積盆を含む経済産業省の観測対象の何れでもほぼ 100%のデータが取得されており、利用技術研究において活用されている。

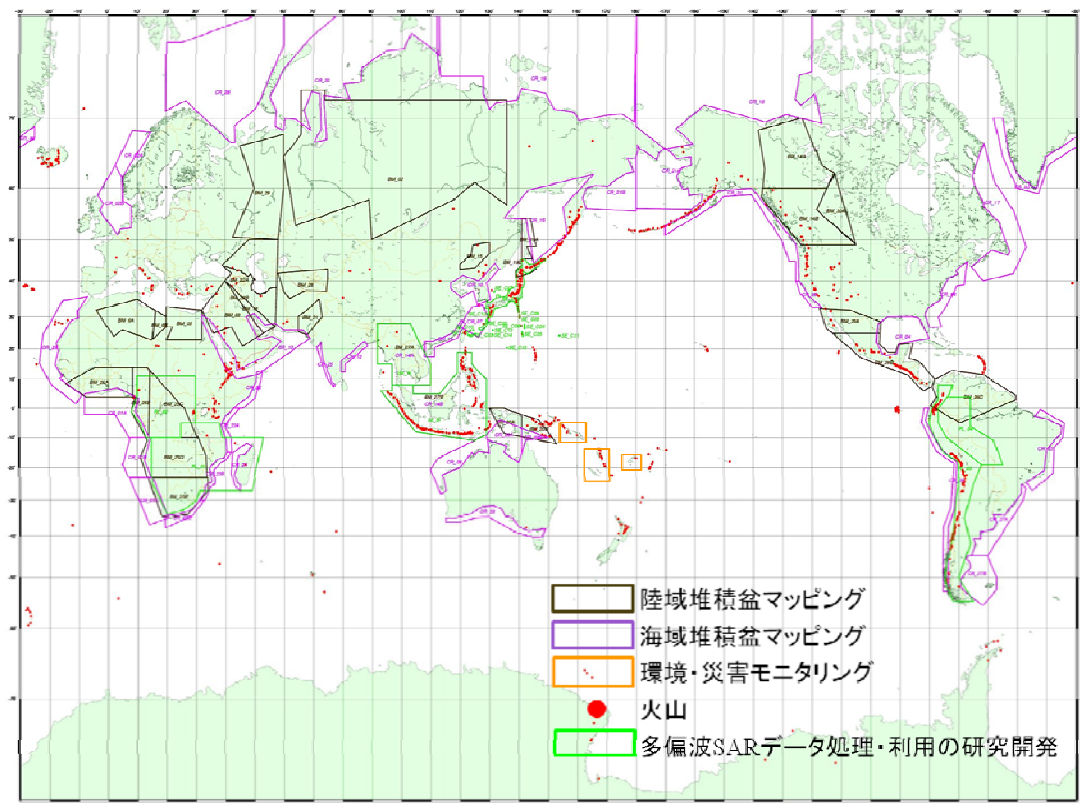


図 F-3-1-2-17 PALSAR 観測計画対象地域(堆積盆等)

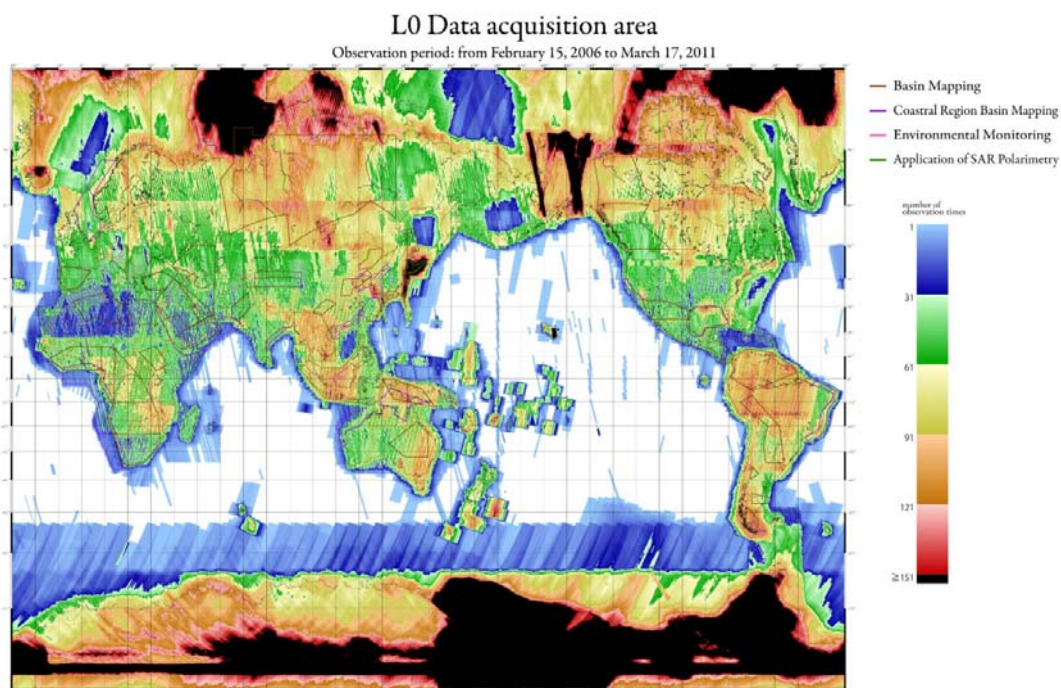


図 F-3-1-2-18 PALSAR 全球観測状況(平成 23 年観測終了まで)  
(青→黄→赤→黒 の順で観測頻度が高くなる)

(ii) 観測データの入手・保存

図 F-3-1-2-19 に ALOS 打ち上げからの年度別 PALSAR 観測数の推移を示す。打ち上げ当初は観測データの一部入手としていたが、平成 20 年度から観測データの全量を保存した。平成 26 年度末時点で JAXA が ALOS の海外受信ノードから未入手のデータを除く観測データ約 302 万シーンの入手・保存を完了した。

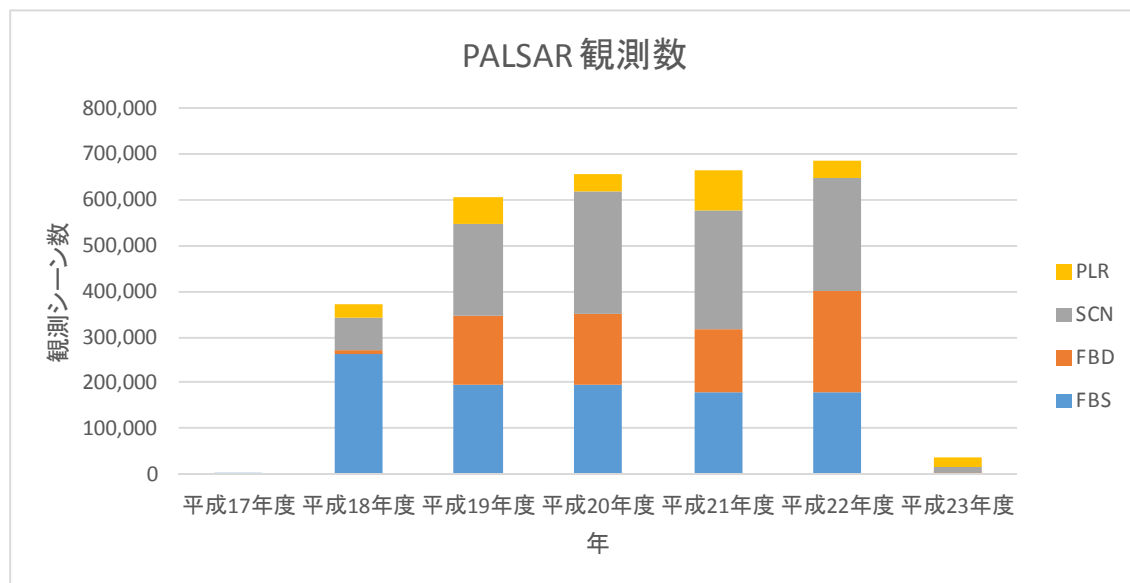


図 F-3-1-2-19 年度別 PALSAR 観測数の推移

(平成 23 年 4 月 21 日(UTC)電源障害により ALOS 運用停止。以降観測なし)

#### (iii) 標準処理・高次処理実績

PALSAR の全量について標準処理として L1.0 処理を行い、検索に必要なブラウズ等の作成を実施した。さらに、高次処理として、干渉処理に必要な L1.1、画像判読用の L1.5、ScanSAR プロダクト L4.1、偏波プロダクト L4.2 については、ユーザ要求にもとづきオンデマンド方式で処理した L1.1、L1.5、L4.1 及び L4.2 の累計の生産数は約 83 万シーンである。このうち、高次処理プロダクトの L1.1、L1.5、L4.1 及び L4.2 について、平成 23 年～平成 26 年度の日平均処理数は約 225 シーンである。

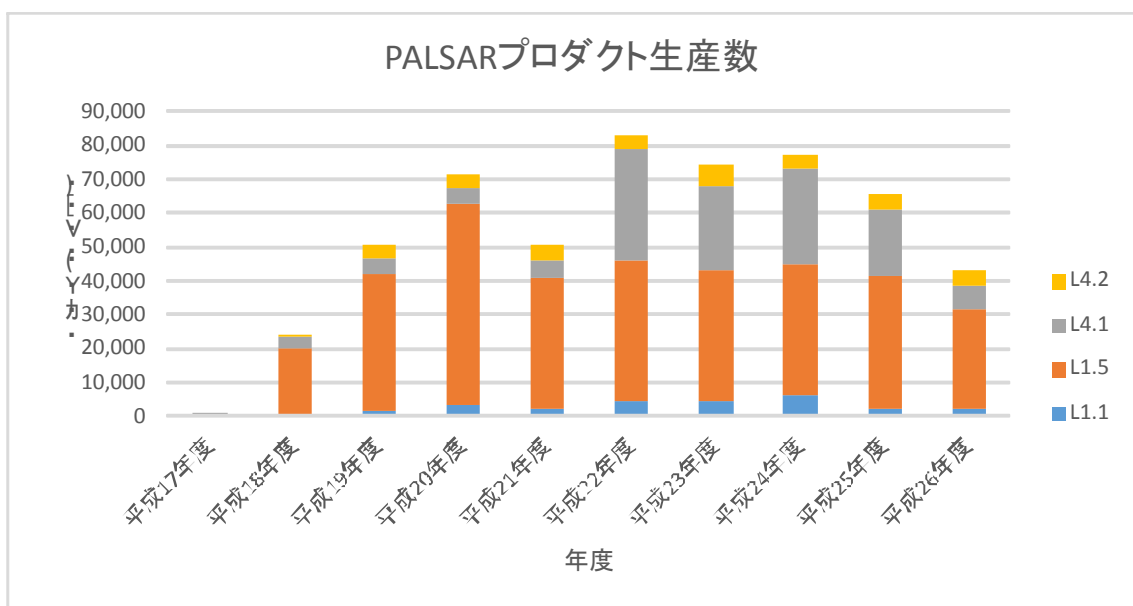


図 F-3-1-2-20 年度別 PALSAR プロダクト(L1.1、L1.5、L4.1、L4.2)生産・保存シーン数の推移

#### (iv) 配付実績

ユーザへの配付シーン数目標を 5 万シーンとし、平成 26 年度(2014 年度)末時点で、運用開始から累計約 26 万シーン、平成 23 年度からの 4 年間で累計約 16 万シーンを配付しており、目標を達成した。平成 22 年度から平成 25 年度までの間、金属鉱物資源探査用支援システムにおける PALSAR 全球シームレスモザイク画像作成のため、配付数の大幅増がみられた。平成 23 年 5 月の ALOS 運用終了に伴い、外部ユーザへの配付は平成 26 年 11 月を以って終了した。

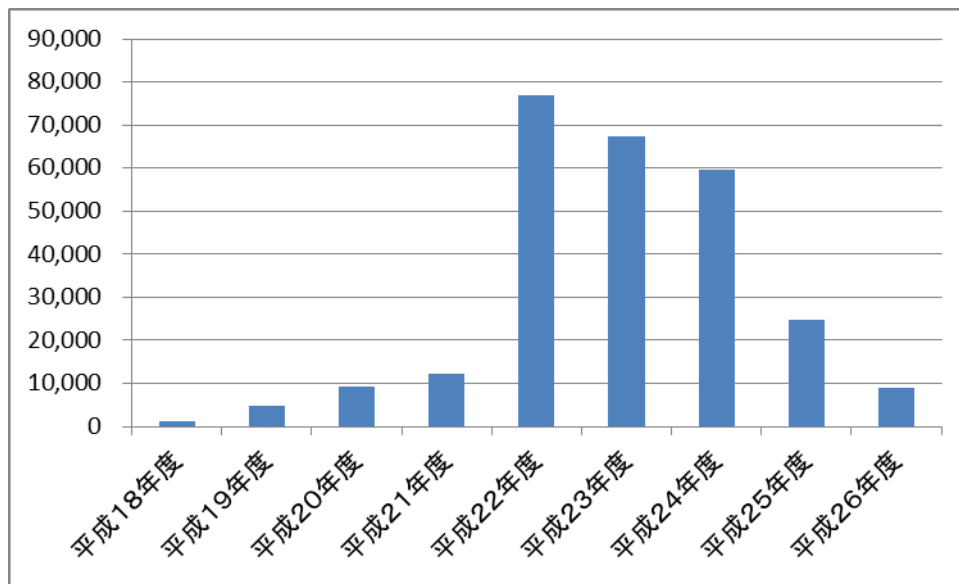


図 F-3-1-2-21 年度別 PALSAR プロダクト配付数の推移

#### (ウ) ASTER 品質管理

ASTER 品質管理にかかる幾何精度検証、機上校正、代替・相互校正、および処理アルゴリズム・パラメータの更新を実施した。

##### (i) 幾何補正精度検証

ASTER 幾何補正の精度検証として、ASTER 単シーンの DEM データおよびオルソ画像データの二種類のデータによる定期検証作業を実施し、評価した。シーン DEM による検証は、新規に観測された ASTER 単シーンより作成した DEM について、国内の検証地域について、既存の高精度 DEM(国土地理院発行の数値地図 50m メッシュ標高)との比較による DEM 精度評価を実施した。オルソ画像データによる検証は、国内(筑波、富士山、木曽駒ヶ岳、佐賀、雲仙、阿蘇)および海外(米国およびオーストラリア)の GCP(Ground Control Point)整備地域を対象として、GCP との画像マッチングによる精度評価を実施した。

これらの結果、幾何 DB バージョン 3.01 が適用されて以降は、水平方向および高さ方向の精度は正常の範囲内(水平方向の誤差±50m 以内、高さ方向の誤差±30m 以内)にあり、問題のないことを確認した。

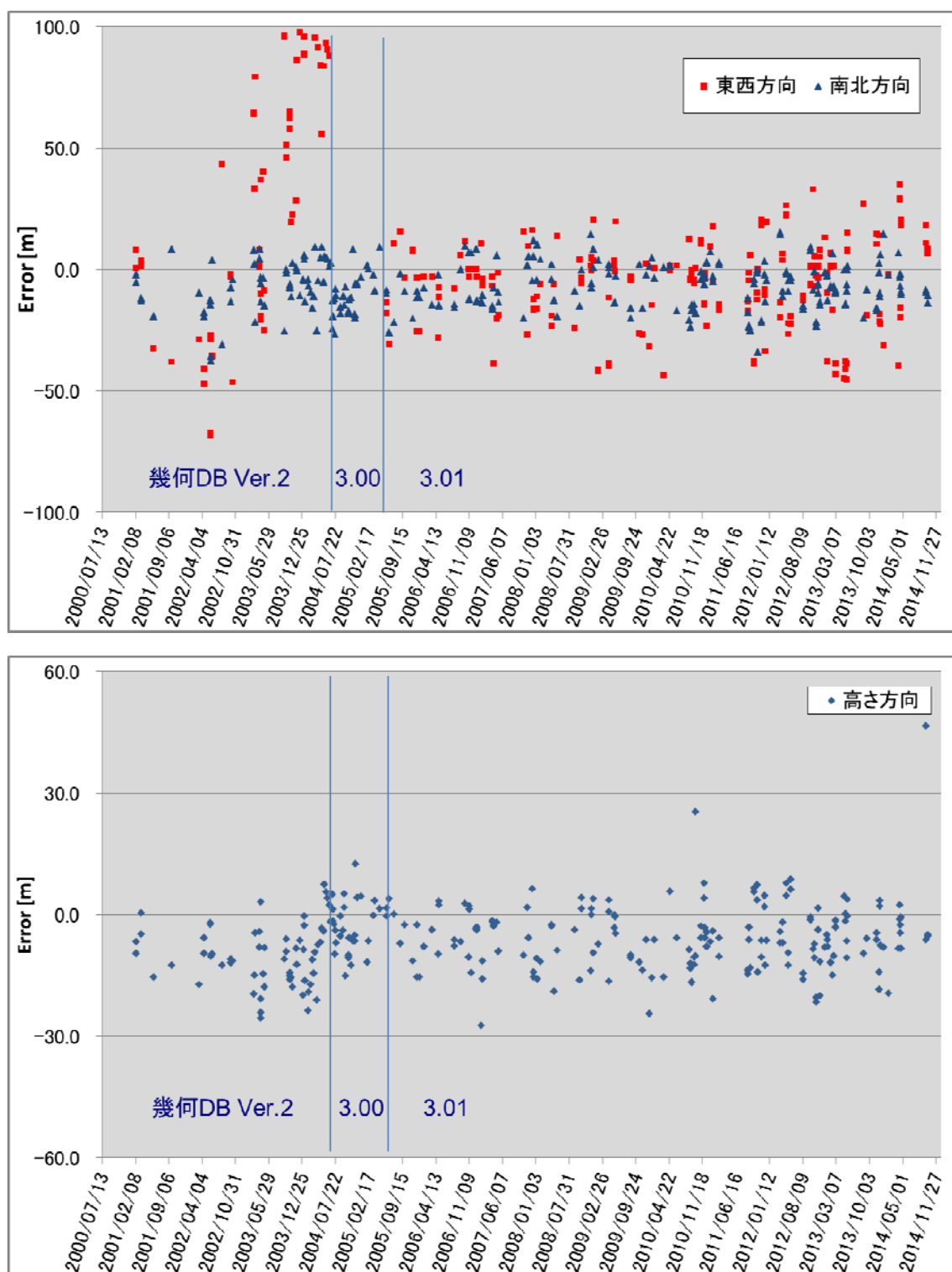


図 F-3-1-2-22 シーン DEM およびオルソ画像データの位置誤差検証結果  
(上:水平方向精度、下:高さ方向精度)

(ii) 機上校正

ASTER に搭載された機上標準放射源を用いて定期的に校正を実施、その VNIR

及び TIR センサに感度劣化が観測された。当初は3ヶ月に一度の係数変更を計画していたが、変更の遅れが無視出来なくなり、モデルを用いた近似式を導入した。その結果、可視近赤 2%以内、熱赤外±1 度以内の精度を維持している。

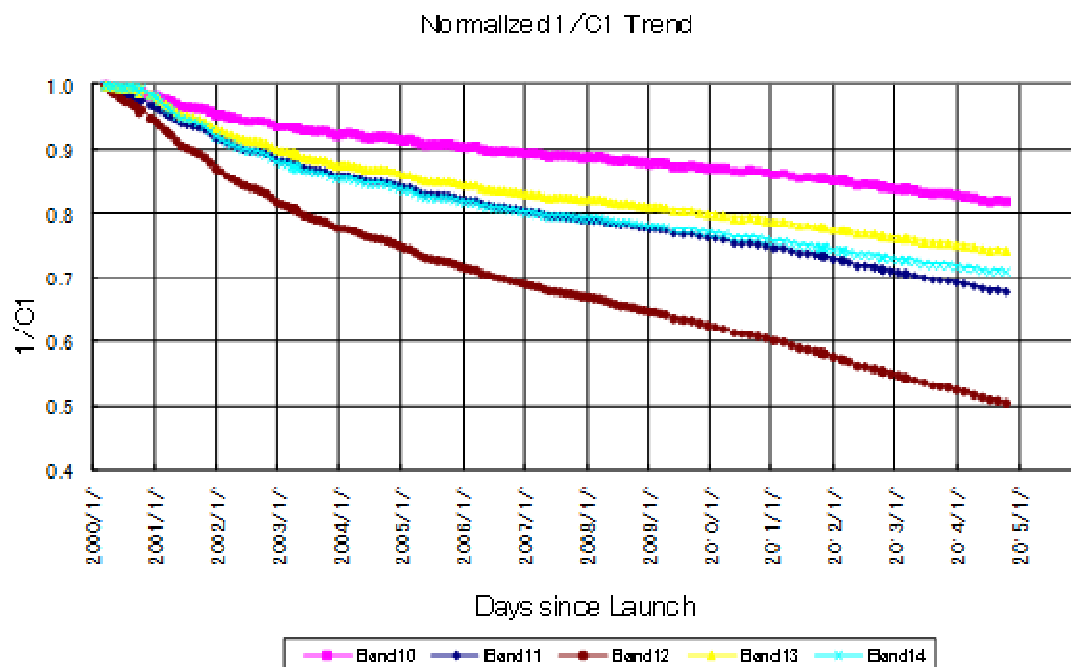
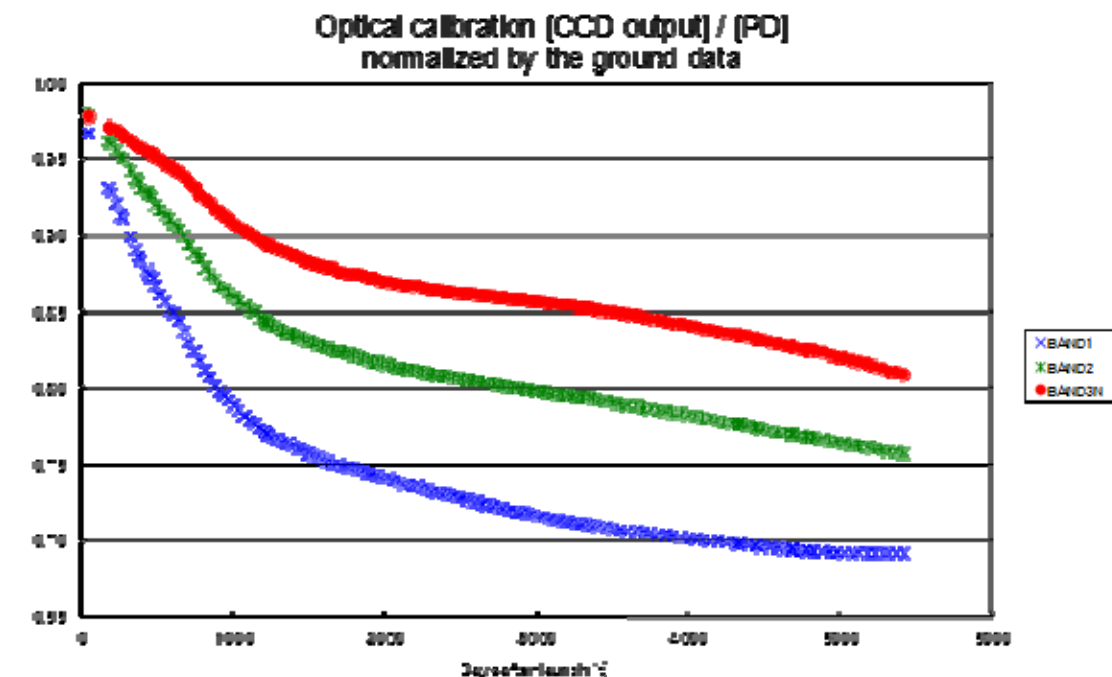
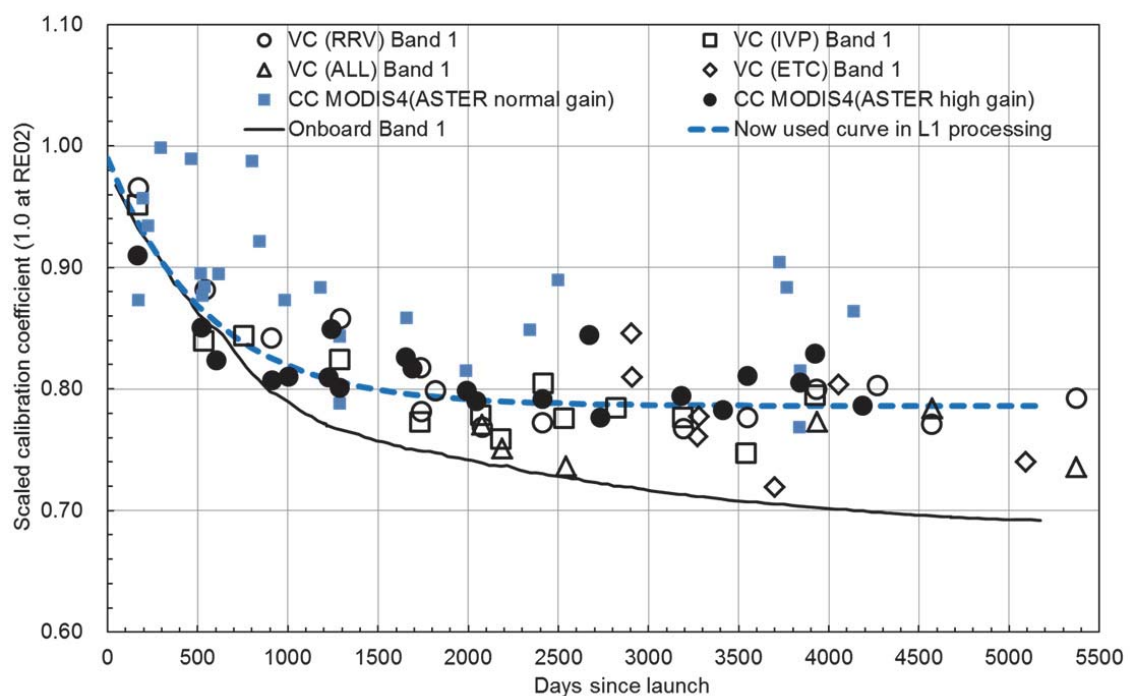


図 F-3-1-2-23 VNIR(上図) および TIR(下図)の機上校正係数の変化  
(打ち上げ前地上試験との比)

### (iii) 代替・相互校正

ASTER 可視近赤外 (VNIR) および短波長赤外 (SWIR) センサについては、1999 年の打上以降、ほぼ年 1~2 回の頻度で、代替校正のためのフィールド実験を、砂漠地域の乾燥湖上で実施した。本実験により取得した地表面と大気の測定値を入力パラメータとした放射伝達計算から校正係数を算出し、オンボード校正機器による結果との比較などからその経年変化について調べ、ASTER データの検証を行った。また、ASTER と同様に Terra 衛星に搭載されている MODIS (The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) データを用いた相互校正を試み、代替校正実験の結果との整合性の確認も行った。

図 F-3-1-2-24 は代替校正と相互校正の結果を示したものである。ASTER VNIR の放射量補正は機上校正の結果(図中の黒実線)に基づいて行われてきたが、代替校正等との差異が大きくなったため、Band1,2については代替校正等の結果に基づいた補正(図中の青点線)に置き換えることとなった。



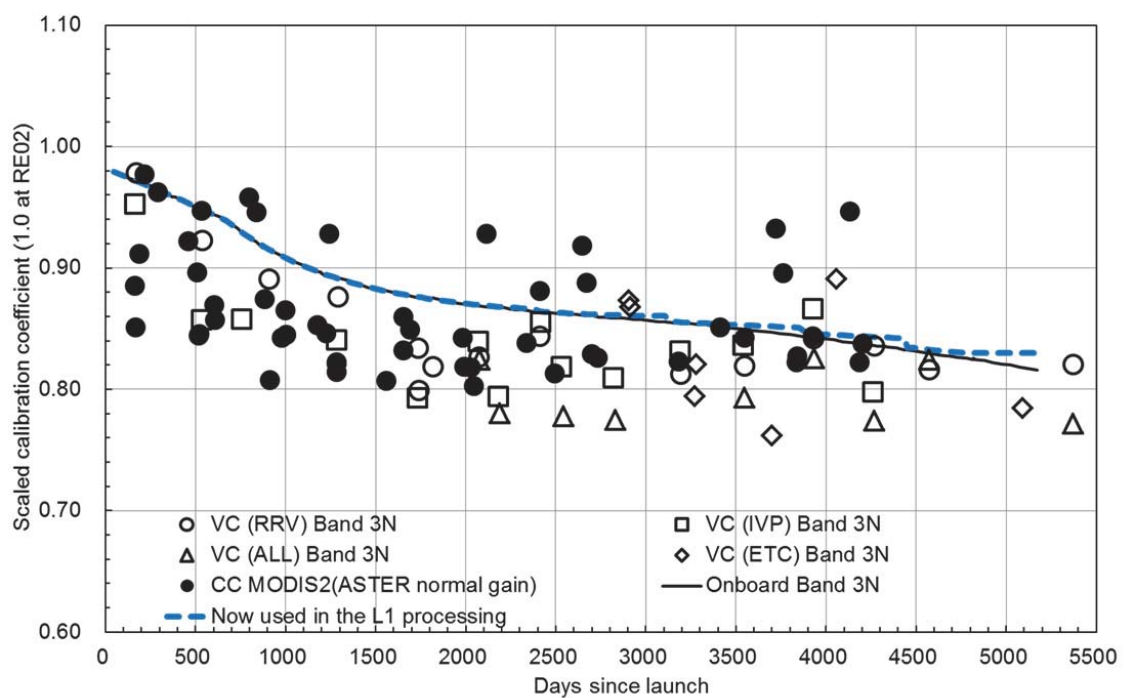
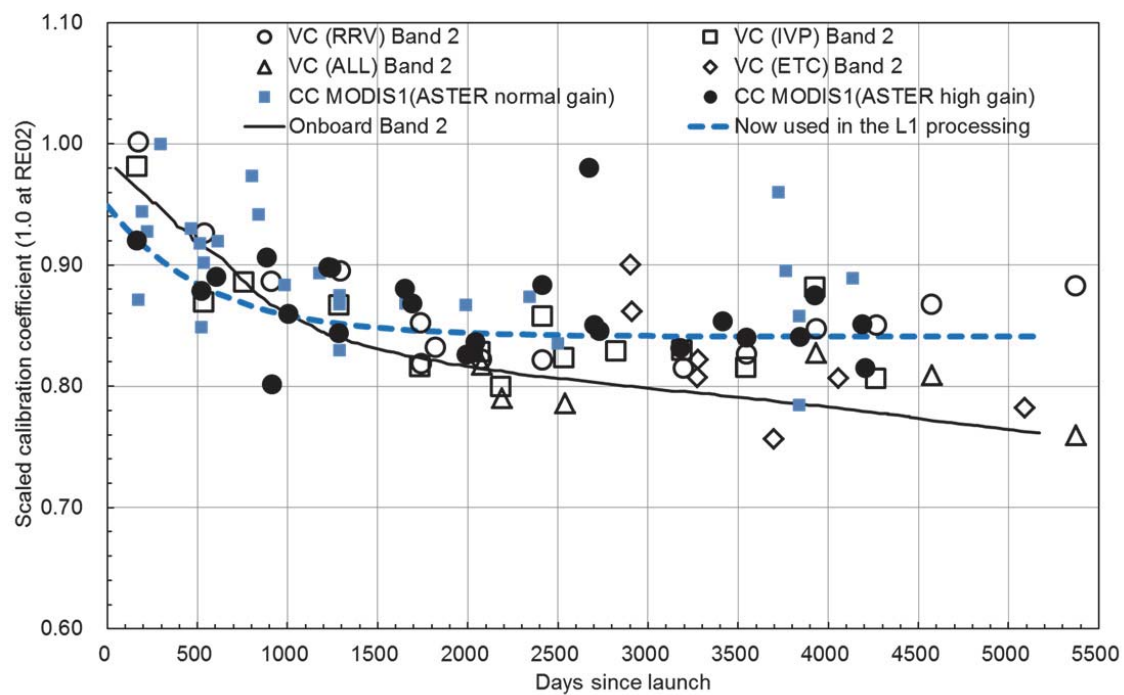


図 F-3-1-2-24 ASTER/VNIR 代替校正結果

上から順にバンド 1、バンド 2、バンド 3N

(黒実線:機上校正結果、青点線:代替校正結果)

ASTER 熱赤外 (TIR) センサを対象とした代替校正は、米国の乾燥湖、および、霞ヶ浦 (水域) において、年に数階～10 数回程度のペースで実施した。

図 F-3-1-2-25 は、各バンドにおける機上校正による輝度温度と代替校正による輝度温度の比較結果である。両者の差は、水域サイト (248 データ) では概ね  $\pm 1$  度以内、陸域サイト (65 データ) では概ね  $\pm 1.5$  度以内である。これらの結果から、ASTER/TIR の機上校正は、打ち上げ以来、検証温度レンジ ( $-10 \sim +45^{\circ}\text{C}$ ) において、仕様で示された校正精度を維持し続けていると推察することができる。

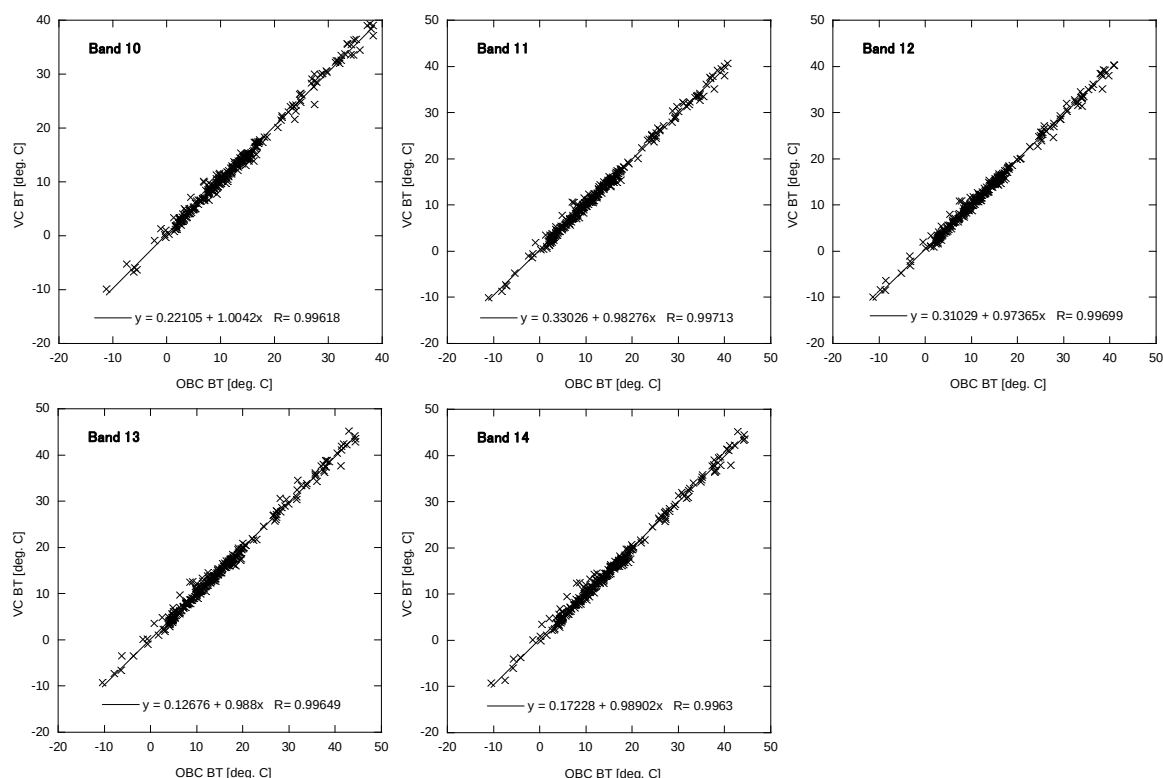


図 F-3-1-2-25: 各バンドにおける機上校正による輝度温度と代替校正による輝度温度の比較 (日米チームによる計 313 データを使用)

#### (iv) ASTER 処理アルゴリズムの改良・パラメータの更新

放射量補正アルゴリズム・パラメータについては、2005 年 7 月にラジオメトリックデータベースをバージョン 3 に更新した。このバージョンでは、機上校正の傾向から感度変化を予測し、その予測式より観測時点の感度とオフセットを算出する方式で計算される。このバージョンアップにより、更新頻度や誤差が大きく縮小された。

放射量補正バージョン 3 の更新履歴について表 F-3-1-2-7 に示す。

表 F-3-1-2-7 ラジオメトリックデータベースの更新履歴  
(バージョン 3)

|          | 更新日        | ラジオメトリック DB を更新したセンサ |      |     |
|----------|------------|----------------------|------|-----|
|          |            | VNIR                 | SWIR | TIR |
| Ver.3.00 | 1999/12/18 | 更新                   | 更新   | 更新  |
| Ver.3.01 | 2000/10/18 |                      |      | 更新  |
| Ver.3.02 | 2001/10/21 | 更新                   |      |     |
| Ver.3.03 | 2006/07/08 | 更新                   | 更新   | 更新  |
| Ver.3.04 | 2007/01/29 |                      | 更新   |     |
| Ver.3.05 | 2007/05/06 |                      | 更新   |     |
| Ver.3.06 | 2007/06/16 |                      |      | 更新  |
| Ver.3.07 | 2007/09/22 |                      | 更新   |     |
| Ver.3.08 | 2008/07/06 | 更新                   | 更新   | 更新  |
| Ver.3.09 | 2008/07/18 |                      |      |     |
| Ver.3.10 | 2009/09/27 |                      |      |     |
| Ver.3.11 | 2010/07/10 | 更新                   |      | 更新  |
| Ver.3.12 | 2012/02/23 | 更新                   |      | 更新  |
| Ver.3.13 | 2013/03/04 | 更新                   |      | 更新  |
| Ver.3.14 | 2014/04/25 |                      |      | 更新  |

さらに、(ア)(iii)で記載した通り、VNIR の Band1,2 において、機上校正と代替校正等との乖離が徐々に拡大していることを受けて、2013 年に代替校正を基準とした新たな校正方針が提言され、この提言に基づき 2014 年にバージョン 4 としてリリースした。現在は全てのデータに対し後述のレベル 1A+ツールによる放射量補正により、バージョン 4 で処理されたデータとなっている。

幾何補正アルゴリズム・パラメータについては、ジオメトリックデータベースの更新履歴を表 F-3-1-2-8 に示す。位置情報はレベル 1A 処理の際に、本データベースおよび観測時の衛星の位置・姿勢等の情報に基づき、観測位置情報として計算・出力される。

表 F-3-1-2-8 ジオメトリックデータベース更新状況

| バージョン     | 実装時期   | 内容                      |
|-----------|--------|-------------------------|
| 1.00      | 2000 年 | 初期バージョン                 |
| 1.01,1.02 | 2000 年 | バンド間位置ずれ、TIR スキャン間ずれの修正 |
| 2.00      | 2001 年 | 座標系、軌道傾斜角等の変更           |
| 3.00      | 2004 年 | 地球自転角の修正                |
| 3.01      | 2005 年 | 章動補正の実装                 |
| 3.02      | 2011 年 | 夜間 TIR のポインティング依存誤差の修正  |
| 3.03      | 2015 年 | Band3B のピクセルずれの修正       |

なお、既に生産・アーカイブされているレベル 1A については、古いバージョンのラジオメトリックデータベース・ジオメトリックデータベースで処理されたものとなっており、それに伴って幾何・放射量精度が悪い状態にある。

この状況を克服するため、レベル 1A のうち、放射量補正係数・幾何補正係数(位置情報)のテーブル部分のみ修正するツールを開発した。これをレベル 1A+ツールと呼んでいる。そしてユーザに提供されるプロダクトは全てこのレベル 1A+ツールにより修正されたものとなる。

### ③次世代アーカイブシステムおよび広域マップの整備

次世代アーカイブシステムとして、ペタバイト級のデータアーカイブシステムを導入し、ASTER・PALSAR データの高速処理が可能なアーカイブシステムを実現した。提供システムに関しては、OGC 標準 2 種について最新版に対応した。

広域マップについては、ASTER GDEM ver.3・オイルスリック DB・時系列 DEM/オルソデータ、全球モザイクオルソ画像、全球放射率データを整備した。

#### (ア)次世代アーカイブシステムの研究

衛星データの長期的なアーカイブ、データ処理・提供の継続を効率的に実施するために、次世代アーカイブシステムを開発する。その開発要素は以下の 3 種に大別される。まず、大容量クラスタシステムを用いたオンデマンド処理、高速処理を実現するための環境の構築、次にデータの長期アーカイブを想定した堅牢なデータの保存、さらに、利活用促進のための国際標準に準拠したウェブ配信システムの構築である。

#### (i) クラスタシステム概要

ASTER は、現時点において約 270 万シーンを超えたデータが蓄積され 280TB 以上のデータが蓄積されている。PALSAR はペタバイトクラスのデータ量を保有している。従来、こうした膨大な衛星データを処理・保存するために大容量テープライブラリシステムに基づく地上データ処理システムが用いられてきた。しかし、テープベースのシス

テムでは原データへの高速アクセスを行うことができないため、例えば幾何補正アルゴリズムが改訂され全データを再処理する場合に、数年という多大な時間が必要となり、実際上不可能となる。そのため次世代のアーカイブシステムとしては、大容量データを容易に扱うことができ、かつ高速なデータ処理が可能となる最新の情報技術を適用した新たな処理システムの構築が必要である。

本研究では、ネットワーク上の計算資源を有機的に統合して利用することができるグリッド/クラウド技術を採用し、従来よりも格段に低コストで高速な衛星画像データ処理が可能なアーカイブシステムを構築した。現在、ストレージシステムの容量は 1.0 PB を超えており、これに ASTER 全過去データのアーカイブが完了し、新規観測データについては毎日自動的にアーカイブシステム内に転送が実施されるようになっている。新 ASTER 処理システムの構築による処理の高速化

ASTER の毎日の受信データの処理は VM: Virtual Machine での処理体制に移行した。当初は 4 ノード 32core で処理していた。処理の冗長性の観点から、定常処理は新規の処理用サーバ 1 台上で行う体制を新たに構築した。新処理サーバは 8 スロットで L0、L1A 処理を行い、管理用データベースである Postgresql DB やジョブ管理スケジューラもこのサーバ上で動かせるよう CPU は 12core、メモリは 64GB のものを用意した。HDD は 12TB 搭載している。L0、L1 は共に 1 日 10GB から 20GB 程度増加していくのでそれぞれ 2TB まで溜まった時点でテープにアーカイブしてサーバ上からは削除していく。L3 も L0、L1 とほぼ同じペースで増加していき、こちらは NFS で処理サーバ同様に新規の WMS サーバにアーカイブされる。WMS サーバは ASTER 用に 219TB のストレージを保持しており既存の 15 年分の 115T に加え約 14 年間分の L3 データを追加で保持することが可能である。図 F-3-1-2-26 に ASTER データ転送の流れを示す。

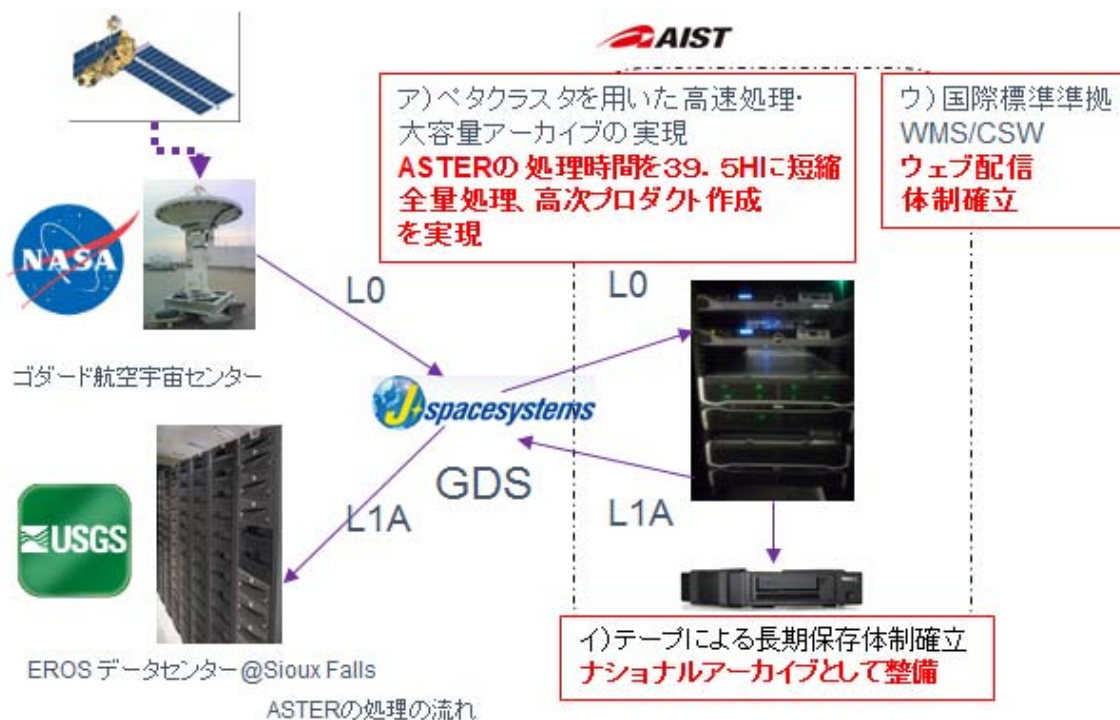


図 F-3-1-2-26 ASTER データ転送の流れ

ASTER データは NASA で受信され、その後国際回線を通じて日本側に転送され J-spacesystems の FTP サーバに置かれる。新体制では AIST 側から J-spacesystems の FTP サーバにファイルを取りに行くこととした。ASTER 受信データは 8 時間単位で 1 日 3 回取得し、観測スケジュールは 1 日 1 回取得される。観測スケジュールを取得してから 39.5 時間後にそのスケジュール内の L1 を作成するのに必要な L0 が揃うので処理が開始される。1 日に約 50 件分の L0 が送られてくる(図 F-3-1-2-27)。

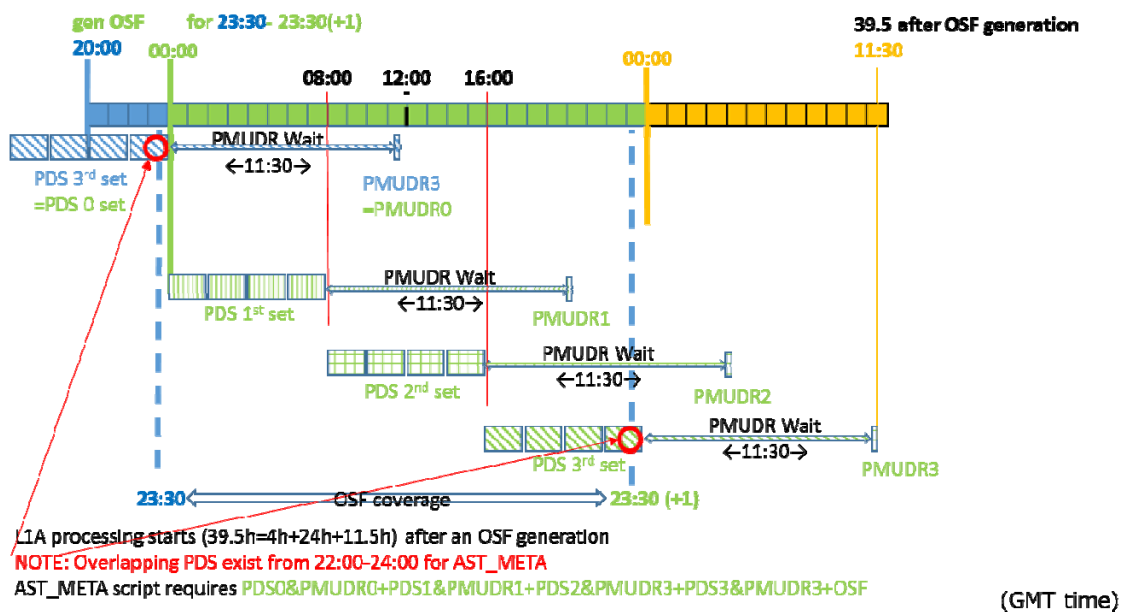


図 F-3-1-2-27 ASTER データ処理のタイミング

L0 から L1 に分割する処理は内包するシーン数にもよるがおおむね 20 分から 60 分かかり L1A から L3A を作成する処理はおおむね 7 分で終了する。これらの処理が 7 時間程度で完了するようになっている。処理システムの基本構造はこれまでに開発したものを踏襲している為、これまでと同様に VM で処理することも可能である。これにより、処理の冗長化を実現した。ASTER L1 生成シーン数の照合として、平成 25 年度から J-spacesystems と AIST にある L1 シーンの比較を行いアーカイブの整合性を完全なものにするための体制を確立した。

## (ii) 全量データセットの作成

次世代アーカイブシステムの構築に係る研究開発では、従来のテープドライブを用いた地上データ処理システムはデータに高速アクセスできないという欠点があること、さらにハードディスクドライブの市場が大きくなり、媒体単価も下がったことからハードディスク、あるいはクラウドによるデータのアーカイブを検討してきた。一方で、アーカイブするデータ量は日々増加するとともに、ディスクの電気代、あるいはクラウドの維持経費もそれに伴い増加する傾向にある。衛星データには日々オンデマンドで処理し解析に用いるデータ以外にも源泉データといったアクセス頻度は低く、しかしながらデータとしての価値が高いものが多数存在する。

テープは正確には「ランダムアクセスは得意ではない」ものの、シーケンシャルなアクセスは HDD を凌駕するスピードがあることから、たとえば L0 データ、あるいは PALSAR の L1 コンプリートリストのようなオンデマンド処理、再処理を必要としないデータのアーカイブにはテープドライブを利用することも可能となった。特にテープシス

テムのうち、LTO は第 6 世代まで進化し、いっそう安定した媒体となったことから、従来のペタクラスタ上でのデータアーカイブに加えて、あらたに LTO6 を用いたテープアーカイブを実現した。これにより、ペタクラスタ上には全データを保持しつつ電源をシャットダウン可能とし、今後のランニングコストを削減することに成功するとともに、異なるデバイスによるデータの冗長管理を実現することで、貴重な衛星データの長期アーカイブに向けた体制を実現した。

ASTER の全 L0、L1 は LTO テープへのアーカイブを行った。今後も L0、L1 はデータが 2TB に達し次第テープにアーカイブしていく。テープドライブは SAS 接続のものと USB3.0 接続の 2 台を購入していてテープには圧縮データなら 2TB、非圧縮データなら 6TB が記録可能である。L0 は冗長化し 2 本 1 セットとして 2015/2/6 現在で 48 セット、L1 は 1 本 1 セットで 39 セットアーカイブ済である。また、同様にペタクラスタにアーカイブされていた JERS1 のデータも 2 本 1 セットで 32 セット、ASTER プロダクトの一つである ASTER 時系列データセット(ATOM)を 1 本 1 セットで 56 セットアーカイブしている。

PALSAR アーカイブ構築(コンプリートデータセットの作成)としては、J-spacesystems は JAXA より受領した PALSAR レベル 0 データの品質確認及びデータ処理を行い、一定の基準を満たす PALSAR レベル 0 データのダウンリンクセグメント ID リスト(以下、コンプリートリストという)を作成した。AIST では、J-spacesystems からこれら PALSAR レベル 0 データをインターネット回線経由で取得し、転送された L0 データの全 L1 処理を完了した。AIST での L0 の検証は L1 の生成をもって判断し、最終的に J-spacesystems 側で L1 を生成できた L0 と同数の 74139 セグメントを確認し、コンプリートリストとした。

#### (iii) 国際標準への準拠

国際標準 Web Mapping Service(WMS)の配信サービスを新 WMS サーバに移植した。この WMS サーバは CPU 40core、メモリ 90GB で 10Gbps のネットワークを持っている。また外部ストレージ 2 台と繋がっていてそれぞれ 110TB、219TB ずつデータを保持することができる。現在では 219TB のストレージに ASTER L3A のデータが置いてある。HDD のサイズが小さい為にデータは tar に纏めて bzip2 圧縮したもののみで tar を展開したファイルは置いていない。また WMS で使用する TIFF 画像も deflate 圧縮をかけて容量を削減している。

AIST CSW の最新の実装である CSW3 は従来の CSW2 と比較して格段に検索速度が向上した。そこで、システムを更新するタイミングで CSW3 に移行することにした。CSW3 は opensearch をサポートしている。全文検索エンジンが Lucine から Apache Solr に変更され検索速度が向上した。また必要とするサーバの能力が従来は 4 台のサーバが必要だったものが CSW3 では AIST ASGC クラスタのメモリ 128GB、CPU 20core の large VM を用いることで 1 台に収まるようになった。現在 ASTER が 260 万

件、JERS OPS 20 万件、SAR 41 万件、合計 320 万件のカタログが登録されている。ASTER のエントリは日々追加されている。

(イ) 広域マップの整備

(i) 全球の数値標高データ(ASTER GDEM)の整備

ASTER GDEM の整備については、バージョン1を平成 21 年 6 月にリリース後、平成 23 年に精度改善したバージョン 2 をリリースした。その後さらに欠損地域の低減を目的として、バージョン 2 開発以降に観測した ASTER データ(約 50 万シーン)を追加して再作成しバージョン 3 が完成した。バージョン 3 では図 F-3-1-2-28 に示すように特に高緯度地域の欠損部が大幅に低減されている。バージョン 3 は平成 27 年中にリリース予定である。

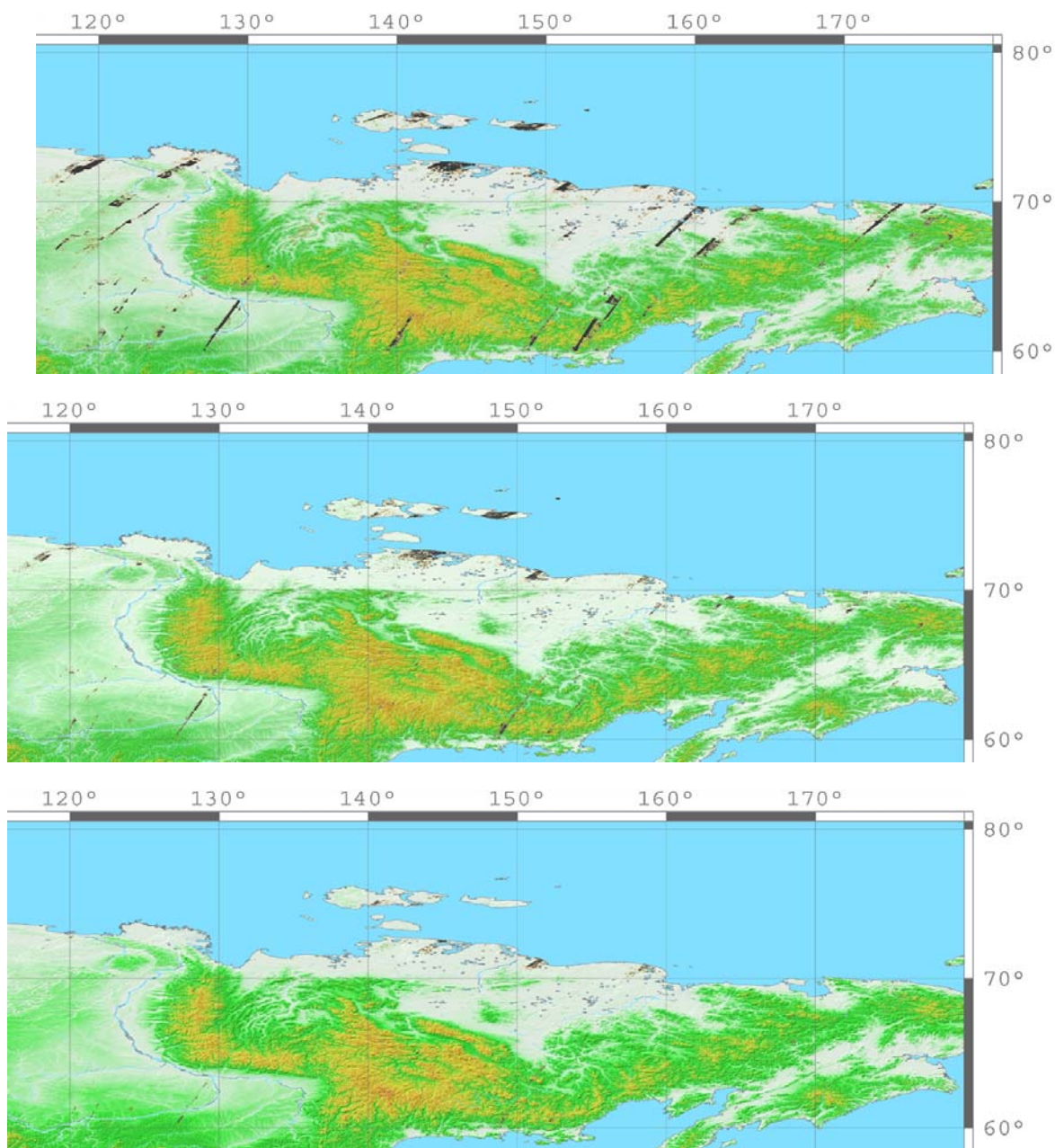


図 F-3-1-2-28 高緯度地域における欠損部の低減(黒い部分が欠損部)  
(上:Ver.1 /中:Ver.2 /下:Ver.3)

## (ii) オイルスリックデータベース

世界的に陸域での石油ガス資源探査はし尽くされ感が有り、本邦の石油開発企業等の探鉱の興味の対象は海域に移っている。また、課題であった大水深での石油ガス開発も技術の進歩により克服しようとしている。海域における石油ガス探査の需要は、ますます増大している。海域における石油探鉱に衛星データを利用する方法のひとつに油徴オイルスリック解析は重要な情報源として利用されている。この研究では、膨大な PALSAR データから油徴オイルスリック解析に適したデータ選定作業支援

システムを開発し、同システムを用いて油徴オイルスリック解析のデータベースを整備する。平成 23 年度 5 月に PALSAR の運用が停止に伴い、新たなデータから油徴抽出(スクリーニング)は終了となった。そのため、これまでに取得された PALSAR データ全量によるオイルスリック解析を行ないながら、油徴抽出の精度の向上を図った。整備した対象海域は、表 F-3-1-2-9 に示すように我が国の石油ガス開発企業等の参入が見込まれる有望な海域である。図 F-3-1-2-29 は、これまでにあまり石油ガス探鉱が進んでいない東アフリカ沖の大水深で抽出されたオイルスリックの例である。また、油徴オイルスリック解析のデータベースの整備のために、油徴抽出の精度の向上を目的とした作業支援システムへ機能追加を行い、解釈支援機能や PALSAR だけでなく PALSAR-2 等の他の衛星データの取り込み機能等を追加した。

表 F-3-1-2-9 PALSAR データの全量によるオイルスリック解析

| 対象海域       | 研究内容                                                      |
|------------|-----------------------------------------------------------|
| スリナム～ブラジル沖 | データ選定作業支援システム利用、オイルスリックの効率的判別手法                           |
| 東アフリカ沖     | データ選定作業支援システム利用、ケニア、タンザニア、モザンビーク沖のオイルスリックマッピングと探鉱ポテンシャル評価 |
| アンゴラ・コンゴ沿岸 | データ選定作業支援システム利用、ガボン堆積盆地海上油徴の抽出、陸域の解析                      |

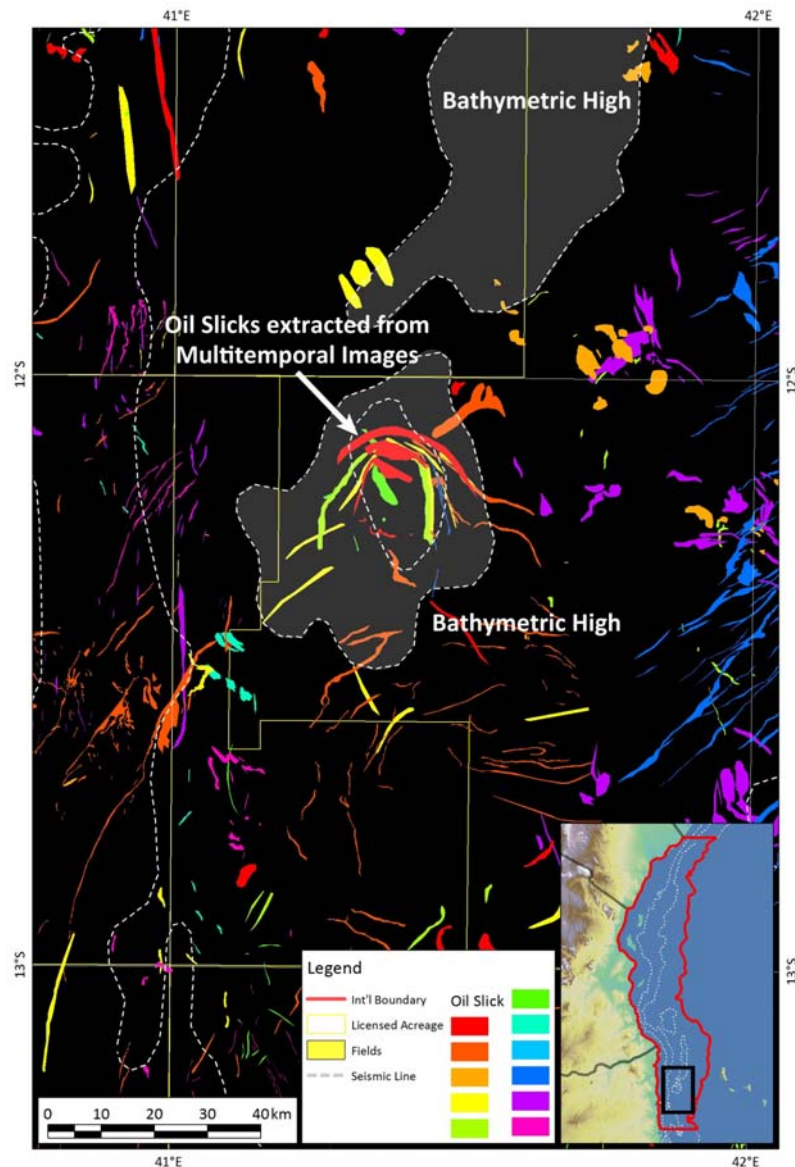


図 F-3-1-2-29 海底地形の高まり周辺におけるオイルスリック抽出結果(モザンビーク沖)

### (iii) 時系列および全球モザイクオルソ画像

時系列 DEM・オルソ画像は、フルモードで観測された ASTER 画像を ASTER DEM を使ってオルソ化し、緯度 1 度×経度 1 度の範囲でモザイクした、観測日毎のオルソ画像の集合である。このオルソ画像には VNIR、SWIR および TIR 画像が含まれる。時系列 DEM・オルソ画像は海岸浸食、違法伐採、土地利用変化、砂漠化、湖沼の面積変化など、様々な利用が考えられる。時系列 DEM・オルソ画像の例を図 F-3-1-2-30 に示す。

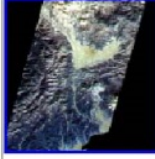
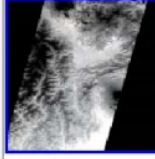
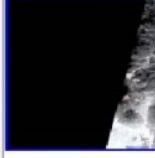
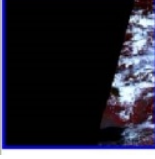
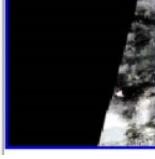
| Date and Path<br>(yymmdd_ppp) | VNIR image                                                                          | SWIR image                                                                          | TIR image                                                                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 011227_109                    |    |    |    |
| 011220_108                    |    |    |    |
| 011111_107                    |   |   |   |
| 011026_107                    |  |  |  |

図 F-3-1-2-30 時系列オルソ画像の例

モザイクオルソ画像は、時系列オルソ画像の VNIR を見かけ反射率に変換し、同一地点で観測された雲の無い見かけ反射率の平均をその地点のピクセル値とした。

このため、季節によって反射率が大きく変化する地域では平均的な反射率を示す。例えば、モザイクオルソ画像のフォールスカラー表示で、夏は植生で覆われ、冬は降雪のある山岳地帯がピンク色に見えることがある。観測回数が少ない地域では ASTER の軌道方向にそった縞が見えることがある。モザイクオルソ画像作成の際、時系列画像相互の位置ずれは、添付された情報を基に、補正される。モザイクオルソ画像も、時系列オルソ画像と同様に、緯度 1 度×経度 1 度の単位で作成されるが、隣同士とスムーズにつながり、広域のシームレスオルソ画像として利用可能である。図 F-3-1-2-31 にモザイクオルソ画像の例を図 F-3-1-2-32 にこれまでに作成したグローバル衛星画像データセットの範囲を示す。

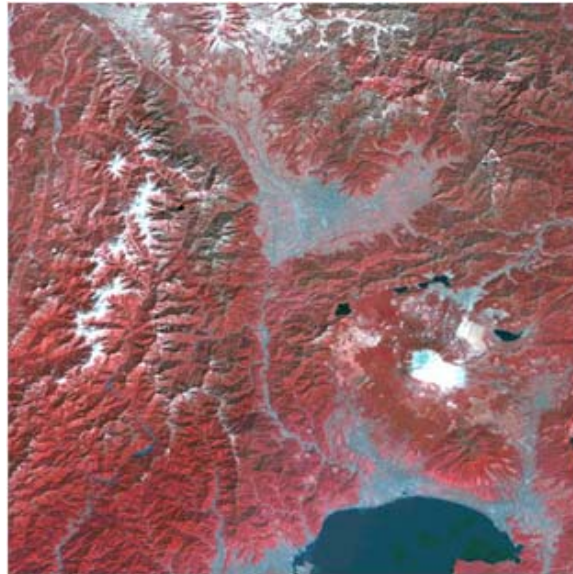


図 F-3-1-2-31 富士山を含む地域のモザイクオルソ画像

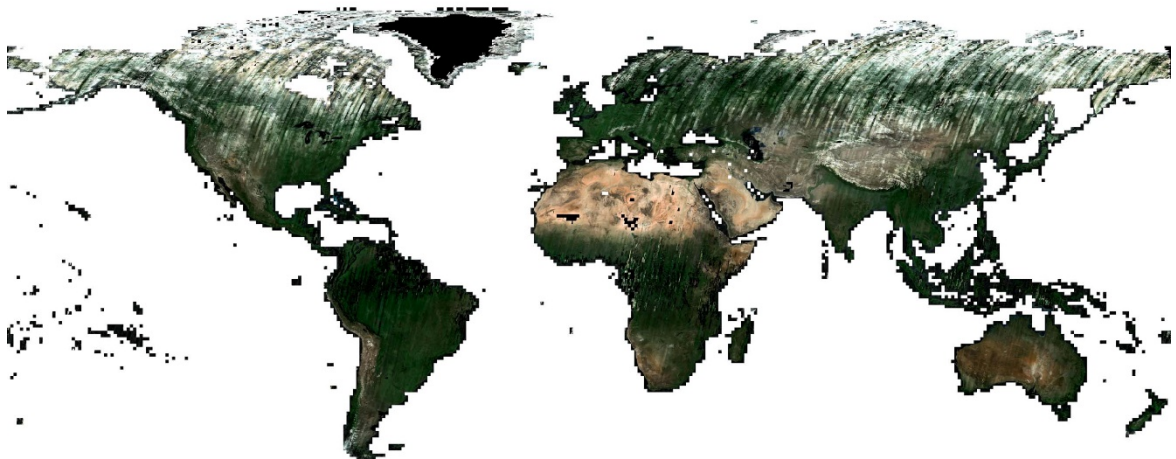


図 F-3-1-2-32 グローバル衛星画像データセットの範囲

#### (iv) 全球分光放射率マップ

図 F-3-1-2-33 は全球の広域放射率マップ (RGB=B14、12、10) であり、上段が 1～12 月の全データを使用したもの、中段が 5～10 月 (北・南半球の各夏・冬) のデータのみを使用したもの、下段が 11～4 月 (北・南半球の各冬・夏) のデータのみを使用したものである。観測月を絞ることにより、放射率の季節変動の影響を抑えた結果が得られるものの、欠損域が増加するため、対象地域の大きさや用途に応じてスタックするデータを選択すべきである。なお、図中で赤く発色している箇所はケイ酸塩鉱物が豊富であることを示しており、特にサハラ砂漠において顕著に赤く発色していることが

分かる。図 F-3-1-2-34 は、サハラ～アラビア付近の拡大図(上段:1～12 月、中段:5～10 月、下段:11～4 月)であり、ケイ酸塩鉱物の含有量が多い岩石・土壌が多様に分布していることが分かる。図 F-3-1-2-35 は、図 F-3-1-2-33 を生成する際の各点のスタック数を表した画像である(上段:1～12 月、中段:5～10 月、下段:11～4 月)。日本、米国西部、東欧、西アジア(イラン、アフガニスタン付近)、チリ、アフリカ南部、オーストラリア南東部などでスタック数が大きい一方、シベリア北部やアフリカ・アジアの赤道付近などでスタック数が小さくなっているのが分かる。これらの違いは、観測計画による観測回数の違いや、晴天率の違いによる。

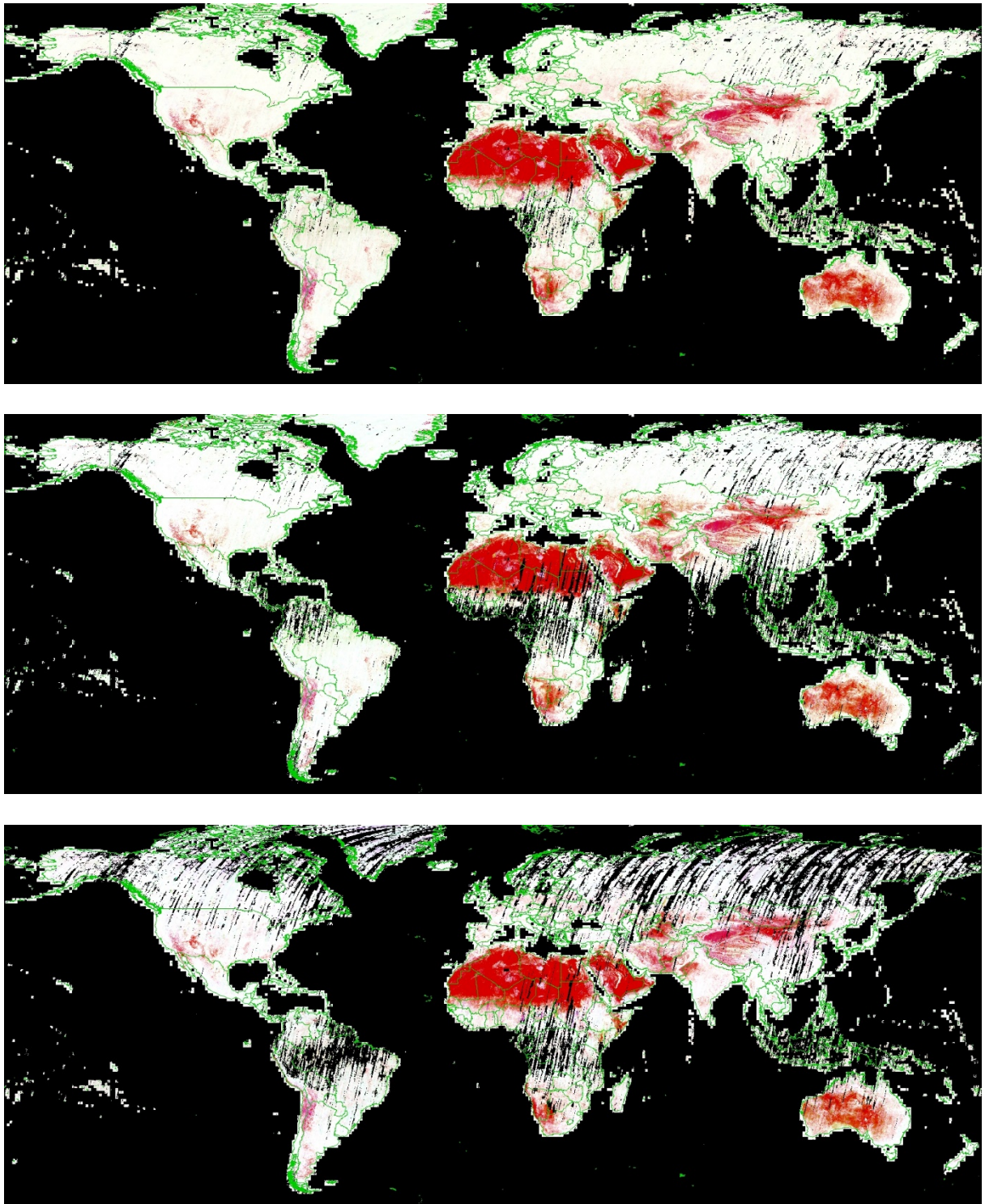


図 F-3-1-2-33 ASTER 広域放射率マップ (RGB=Band 14,12,10)  
上段: 1~12 月 (全データ)、中段: 5~10 月、下段: 11~4 月

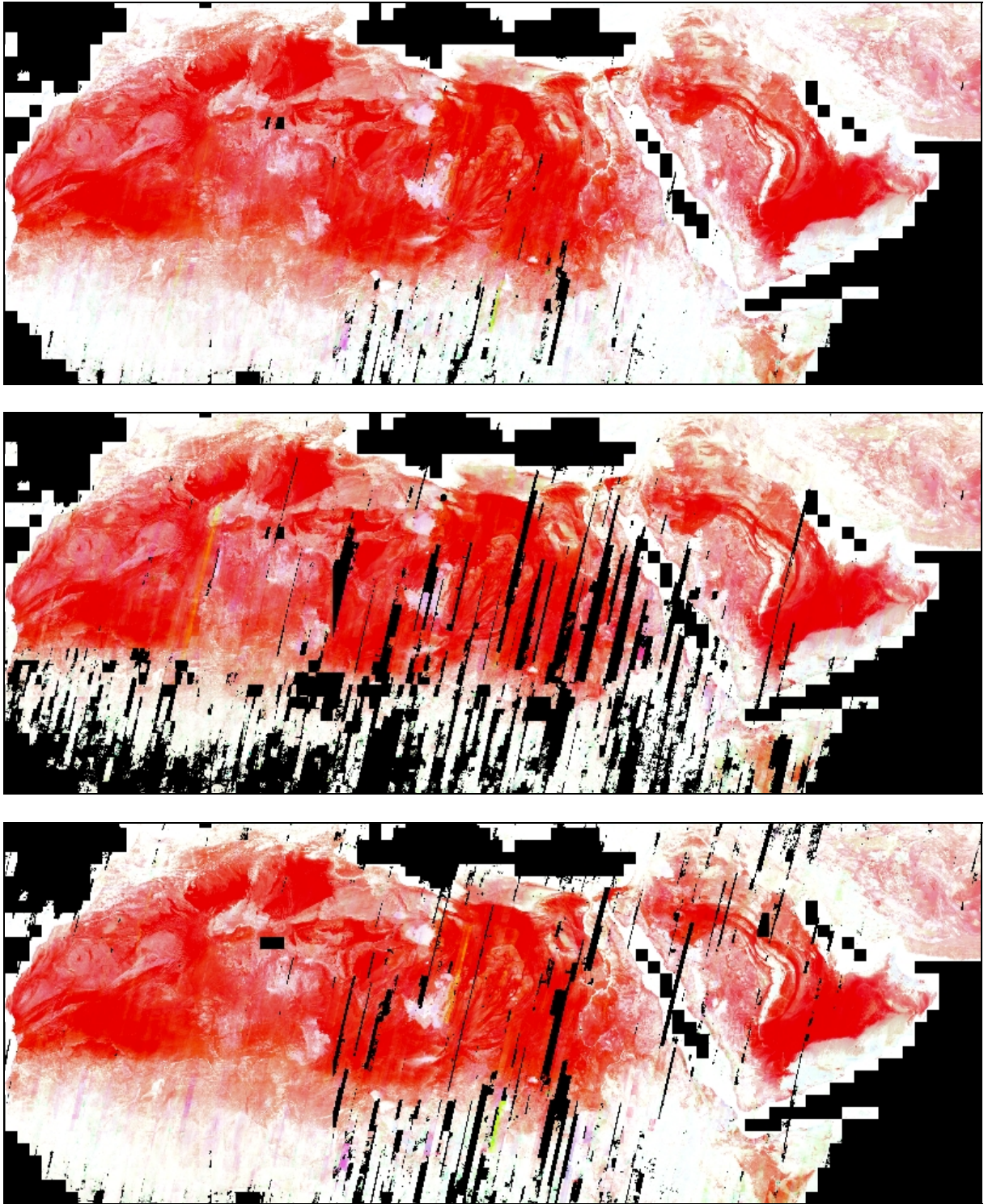


図 F-3-1-2-34 サハラ～アラビア半島周辺の拡大図(RGB=Band 14,12,10)  
上段: 1～12 月(全データ)、中段: 5～10 月、下段: 11～4 月

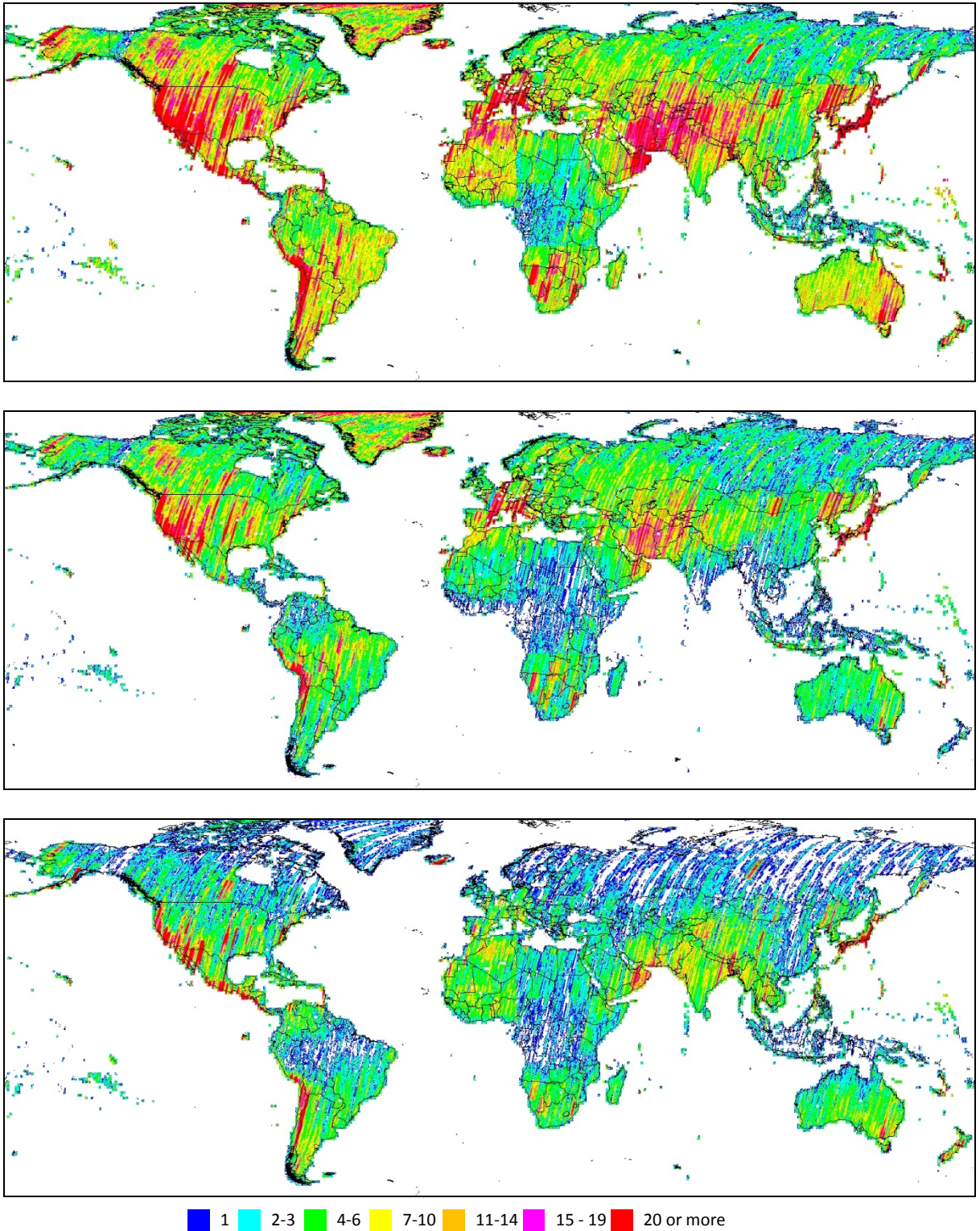


図 F-3-1-2-35 ASTER 広域放射率マップのスタック数(2014/2/6 現在)  
 上段: 1~12 月(全データ)、中段: 5~10 月、下段: 11~4 月

### F－3－1－3 特許出願状況等

表 F-3-1-3-1 特許・論文等件数

| 要素技術 | 論文数 | 論文の被<br>引用度数 | 特許等件<br>数（出願を<br>含む） | 特許権の<br>実施件数 | ライセン<br>ス供与数 | 取得ライ<br>センス料 | 国際標準<br>への寄与 |
|------|-----|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      | 41* |              | 0                    |              |              |              |              |

\* 論文、発表において、要素技術をまたがるものが多いため、要素技術別の件数の計上は困難であり、一括した件数となっている。

表 F-3-1-3-2 (1)論文、投稿、発表、特許リスト(論文)

|    | 題目・メディア等                                                                                                                                                                                                                                                         | 時期     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 論文 | Cross Calibration of Formosat-2 Remote Sensing Instrument (RSI) with Terra Advanced Spaceborne Thermal—Bmission and Reflection Radiometer (ASTER)                                                                                                                | H24.10 |
| 論文 | Development of a New Ground Truth Database for Global Urban Area Mapping from a Gazetteer                                                                                                                                                                        | H23.6  |
| 論文 | グローバル ASTER 時系列 DEM・オルソ画像の提供                                                                                                                                                                                                                                     | H23.11 |
| 論文 | ASTER TIME SERIES DEM AND ORTHO-RECTIFIED IMAGE DATASET                                                                                                                                                                                                          | H23.11 |
|    | 次世代 GEO Grid ホワイトペーパー1. 0                                                                                                                                                                                                                                        | H24.5  |
| 論文 | Advanced Spaceborne Thermal—Bmission and Reflection Radiometer (ASTER)—Bnhanced Vegetation Index (EVI) Products from Global—Barth Observation (GEO) Grid: An Assessment Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) for Synergistic Applications | H24.8  |
| 論文 | Cross Calibration of Formosat-2 Remote Sensing Instrument (RSI) with Terra Advanced Spaceborne Thermal—Bmission and Reflection Radiometer (ASTER)                                                                                                                | H24.11 |
| 論文 | 米国ネバダ州 Railroad Valley を対象とした ASTER 放射率プロダクトの相対精度検証                                                                                                                                                                                                              | H24.5  |
| 論文 | Relative Accuracy Assessment of—BRSDAC ASTER Surface—Bmissivity Products at Railroad Valley, Nevada                                                                                                                                                              | H24.7  |
| 論文 | An Automated Method for Global Urban Area Mapping by Integrating ASTER Satellite Images and GIS Data                                                                                                                                                             | H23.11 |
| 論文 | DATA ACQUISITION STRATEGIES FOR ASTER GLOBAL DEM GENERATION                                                                                                                                                                                                      | H24.8  |
| 論文 | Statistical and in-situ validations of the ASTER spectral—Bmissivity product at Railroad Valley, Nevada, USA                                                                                                                                                     | H26.4  |
| 論文 | 全球 ASTER 時系列 DEM・オルソ画像データセット                                                                                                                                                                                                                                     | H25.11 |

表 F-3-1-3-3 (2)論文、投稿、発表、特許リスト(発表)

|    | 題目・メディア等                                                                                                            | 時期      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 発表 | Huge Satellite Data Processing for Assessment of Offshore Wind<br>—Bnergy Resources                                 | H23.3   |
| 発表 | OpenID 認証に対応した Tsukuba-GAMA バージョン 1.2 公開                                                                            | H23.6   |
| 発表 | Long-term cross-calibration of the Terra ASTER and MODIS over<br>the CEOS calibration sites                         | H23.8   |
| 発表 | AIST 2011 field work report for the vicarious calibration of<br>ASTER/VNIR                                          | H23.12  |
| 発表 | Evaluation of ASTER gain/offset by long-term Terra<br>ASTER/MODIS cross-calibration over the CEOS calibration sites | H23. 12 |
| 発表 | Analysis of Relationship between Surface Temperature and Shade<br>in an Urban Area by ASTER and PRISM<br>Data       |         |
| 発表 | ASTER データを用いた都市域の日陰・日向地表温度の推定                                                                                       | H23.11  |
| 発表 | Crowd-Sourcing Approach of Building Ground Truth Database for<br>Global Urban Area Mapping                          | H23.10  |
| 発表 | グローバル ASTER 時系列 DEM・オルソ画像の提供                                                                                        | H23.11  |
| 発表 | ASTER TIME SERIES DEM AND ORTHO-RECTIFIED IMAGE<br>DATASET                                                          | H23.11  |
| 発表 | ASTER TIME SERIES DEM AND ORTHO-RECTIFIED IMAGE<br>DATASET                                                          | H23.11  |
| 発表 | ASTER VNIR/SWIR データを用いた相対反射率推定                                                                                      | H23.11  |
| 発表 | 国際標準規格を用いた ASTER 高温領域検出システムの開発                                                                                      | H24.5   |
| 発表 | Update on Development of Hot Spot Detection System using<br>GeoRSS                                                  | H24.6   |
| 発表 | Field Campaign for the Vicarious Calibration of ASTER/VNIR 2012                                                     | H24.12  |
| 発表 | Radiometric—Bvaluation of long-term Terra ASTER/MODIS<br>cross-calibration                                          | H24.12  |
| 発表 | Crowd-Sourcing GIS for Global Urban Area Mapping                                                                    | H24.11  |
| 発表 | Automated Construction of Coverage Catalogues of ASTER<br>Satellite Image for Urban Areas of the World              | H24.8   |
| 発表 | DATA ACQUISITION STRATEGIES FOR ASTER GLOBAL DEM<br>GENERATION                                                      | H24.8   |
| 発表 | Data Acquisition Strategies for ASTER Global DEM Generation                                                         | H24.6   |
| 発表 | Effects of position navigation for AIST DEM, some—Bxample                                                           | H24.6   |

|    |                                                                                                    |        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 発表 | Nighttime TIR geolocation—Evaluation using volcanic hotspots                                       | H24.12 |
| 発表 | 代替校正および ASTER/MODIS 相互校正の併用による ASTER VNIR バンドの放射量評                                                 | H25.10 |
| 発表 | Field Campaign report (Summer and Winter, 2013)                                                    | H26.3  |
| 発表 | Validation of ASTER—Emissivity product Comparing with Ground and Laboratory data                   | H25.5  |
| 発表 | Interpretation of Terra/MODIS Mid and Thermal Infrared Data over an—Experimentally Burned Building | H25.6  |
| 発表 | 熱赤外リモートセンシング代替校正に用いる分光放射計の経年劣化補正                                                                   | H25.11 |
| 発表 | 全球 ASTER 時系列 DEM・オルソ画像データセット                                                                       | H25.11 |

## F-3-2 目標の達成度

表 F-3-2-1. 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石油ガス資源探査等への利用手法の確立      | <p>目標:</p> <p>ASTER 及び PALSAR データによる、石油ガス鉱床のトラップ別と地表状況に応じた衛星データ利用技術、及び近年注目をあびている非在来型資源への利用や生産管理監視技術等を確立する。</p> <p>指標:</p> <p>各項目の利用手法を確立した事例件数とする。</p>                                     | <p>ASTER および PALSAR データによる、石油ガス鉱床の地表・貯留構造の状況に応じた利用技術、非在来型資源・生産管理監視等への利用技術等について、合計 57 件の事例を開発し、資源ユーザの要望するほぼ全てのケースを網羅した。また資源・地球環境・防災等の課題に必要な情報を抽出する解析アルゴリズムを合計 66 件開発した。</p>                                                                                      | 達成  |
| ②地上データシステム運用・品質管理        | <p>目標・指標: 以下の項目の実現とする。</p> <p>(ア) 観測計画の作成</p> <p>(イ) 観測データの全量入手・保存</p> <p>(ウ) 標準・高次処理プロダクトの生産</p> <p>(エ) ASTER 及び PALSAR それぞれ5万シーン以上の配付</p> <p>(オ) 衛星データの目標精度の維持</p>                       | <p>(ア) ユーザ要望を取りまとめた観測計画を滞りなく作成した。</p> <p>(イ) ASTER・PALSAR の観測データを全量入手し保存した。</p> <p>(ウ) ASTER・PALSAR の全量を標準処理し、オンデマンドで高次処理プロダクトをユーザに提供した。</p> <p>(エ) 標準・高次処理プロダクトを累計で26万シーン配付した。ASTER GDEM (Ver2) を配付した。</p> <p>(オ) 幾何精度 50m以内、放射量精度可視近赤外±2%、熱赤外±1度の精度を維持した。</p> | 達成  |
| ③次世代アーカイブシステムおよび広域マップの整備 | <p>目標: ユーザに対してより利用し易い衛星データを継続的に提供するため、大量データを扱うことが可能な次世代アーカイブシステムを構築するとともに、次世代プロダクトとなる広域マップを整備する。</p> <p>指標: ASTER 及び PALSAR のアーカイブ実績、高速再処理アルゴリズム開発、標準化対応等の実現度合い、整備した広域マップの種類とその完成度とする。</p> | <p>ペタバイト級のデータアーカイブシステムを導入し、ASTER・PALSAR データの高速処理が可能なアーカイブシステムを実現した。提供システムに関しては、OGC 標準 2 種について最新版に対応した。</p> <p>ASTER GDEM ver.3・オイルスリック DB・時系列 DEM/オルソデータ、全球モザイクオルソ画像、全球放射率データを整備した。</p>                                                                         | 達成  |

## F-4 事業化、波及効果について

### F-4-1 事業化の見通し

#### (1) 成果の利用主体

石油ガス探査利用手法の成果利用主体は、資源エネルギー戦略を立案する公的機関および国内資源企業や商社である。しかしながら近年は、石油資源開発業界では、石油の探鉱・開発に必要な作業はアウトソーシングされ、それを専門に実施する石油サービス会社が作業を請け負う傾向にある。そのため今後は、石油資源開発企業よりも石油サービス会社での事業化が期待される。

広域地質・資源情報マップ整備のうち、石油ガス資源用に特化したオイルスリックデータベース等は、上記と同様の公的機関および石油サービス会社が利用主体である。一方、汎用的な情報である ASTER GDEM や地質情報データベースについては、様々な分野における基礎情報であることから科学的利用から商用利用まで幅広いユーザが利用主体である。

PALSAR データの衛星データ品質管理・地上システム運用は平成 24 年度をもって終了したが、ASTER については、品質が保証されたデータを長期に亘り安定的に提供しており、広く一般にも利用が進められるところである。例えば、ASTER の有償配付実績をみると、公的機関や資源ユーザ以外に、衛星データ加工分野や農業への利用が進められるとともに、JICA 等の国際支援の分野などで広く利用されている。地理情報が充分整備されていないアジア、アフリカの国々においては未だ中空間分解能衛星データの需要は大きい。

解析アルゴリズムの成果については、民間の事業化が見込まれるものとしては、森林バイオマス量推定技術が有望であり、地球温暖化に関する排出権クレジットにおけるベースラインの基本データとして活用できるため、京都議定書以降の枠組みの議論において、戦略上の重要なツールになりうると考えられる。

#### (2) 事業化にいたる期間

石油資源探査・開発への衛星データ及びその利用技術の実成果並びに費用対効果の観点からは、鉱区入札前の検討材料としての利用、探鉱作業の費用対効果向上、非在来型資源開発適地絞り込み、開発環境の監視における事業化が見込まれているが、資源開発は探査から開発まで十年以上、さらに運用期間が数十年という非常に長期的な事業でもあるため、事業化に至るまでの期間は非常に長期となる。さらには、資源開発企業は他の様々な分野へ技術の展開を図ることには消極的である。

一般的にはこのような状況にあるものの、オイルスリック解析などでは既に事業化に至っているケースもある。主な事業化状況について表 F-4-1-1 に示す。

表 F-4-1-1 利用技術開発における資源探鉱・開発利用状況

| 対象地域   | 探鉱における利用段階 | 探鉱案件への貢献 |      |      |      |        |      | 開発案件の評価 |
|--------|------------|----------|------|------|------|--------|------|---------|
|        |            | 鉱区取得     | 探鉱作業 | 油田発見 | 開発支援 | 鉱区参入検討 | 入札回避 |         |
| リビア    | ②          |          |      |      |      | ○      |      |         |
| インドネシア | ①②③        | ○        | ○    | ○*)  | ○    | ○      |      |         |
| カナダ    | ④          |          |      |      |      |        |      | ○       |
| イエメン   | ①          |          |      |      |      | ○      |      |         |
| ガボン    | ①          |          |      |      |      | ○      |      |         |
| イラク    | ②③         | ○        | ○    | ○    | ○    |        |      |         |

①: 鉱区参入の機会を窺うためのスクリーニング段階

②: 鉱区参入の機会が訪れ、鉱区評価の段階

③: 鉱区を取得し探鉱の初期(計画)段階

④: 開発案件への参入について、効率的な開発計画を検討する段階

\*) Pagerunga 北沖 (PUO) 油田の発見に貢献し、同油田は開発が完了し現在生産中である。

最新の石油資源探査・開発への貢献事例として、イラクで行った利用技術開発の例を図 F-4-1-2 に示す。未開発の巨大油田開発有望地でありながら、現地調査のできないイラクの鉱区入札に備え、平成 13 年、平成 17 年、平成 22 年～平成 25 年度と ASTER、PALSAR データを使用して広域かつ詳細な地質解析を行った。鉱区を含む広域における地質構造の推定および最新の地表状況把握が生産設備配置等の開発計画に貢献し、ガラフ油田は平成 25 年 9 月生産開始に至った。

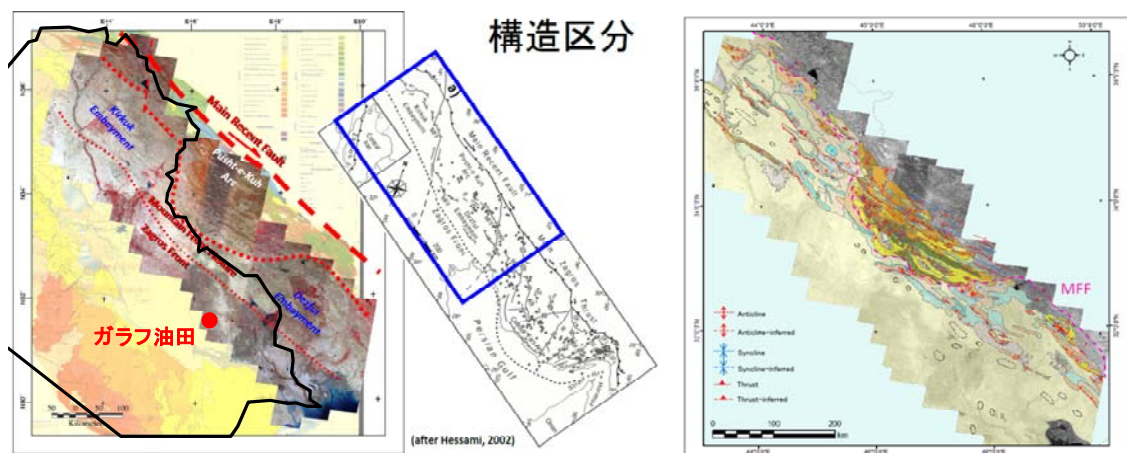


図 F-4-1-2 石油資源探査・開発に貢献したイラクの地質詳細解析

一方、汎用的な情報である ASTER GDEM や地質情報データベースについては、資源エネルギー庁の事業「希少金属資源開発推進基盤整備事業(探査基盤技術高度

化支援事業)」において構築された資源探査支援システム「GRIAS」の中に組み込まれて、国内の資源会社や商社における利用が進んでいる。

解析アルゴリズム開発により開発された鉱物抽出アルゴリズムは、チリ・カセロネス銅鉱山を始め多くの金属鉱山の開発に繋がった。

以上の通り、事業化に至るまでの期間は非常に長期であるものの、既に事業化が進みつつあると判断できる。

### (3)問題点の分析、明確な解決方策等

PALSAR の後継である ALOS-2/PALSAR-2 の販売価格が PALSAR よりも高額に設定されたことが事業化促進への阻害要因となっている。特に、米国や欧州においては衛星データを無償化が進んでいるおり、同等の性能を持つ国産衛星データを利用した事業化は厳しい状況にある。海域における石油探査(オイルスリックの抽出)や SAR 差分干渉技術による世界の陸上主力油田の生産状況の監視においては、すでに SAR データの利用において事業化が進みつつあるので、今後の地球観測衛星の運用において事業化を考慮するとなれば、データの価格を低下させることが重要と考える。

一方、利用価値の高い高空間分解衛星については、海外企業が独占し優位に運用している状況である。日本においても衛星データの利用技術を高めるのはもちろんのことであるが、新規または高精度データを提供できる地球観測衛星を持ち運用も含めてその利用技術を優位に展開できるようにすることも重要である。

## F-4-2 波及効果

### (1) 成果の高度化等に関する波及効果事例

全球の数値標高データ ASTER GDEM は GEOS(全地球観測システム)への貢献のスキームの下に、NASA/LPDAAC とともに世界のユーザに対して無償で配付を行っており、高い評価を得ている。これは、地球観測における国際的な我が国のステータス提示に貢献しているものの代表例であり、これからも様々な分野での利用が期待される。

また、利用技術開発の成果報告書、オイルスリックデータベースの一部は、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が実施している海外地質構造調査等で既に活用されており、我が国の資源外交へ貢献が期待できる。

また、PALSAR の L バンドでの油徴オイルスリック解析の実用性が確認され、石油資源開発の有望海域におけるデータ取得が JAXA の地球観測衛星 ALOS-2/PALSAR-2 の観測計画に組み込まれた。PALSAR-2 によるオイルスリック抽出技術の高度化が期待される。

また、資源国との関係強化のために、共同研究として技術移転を含む研究を行っており、例えばガス資源が豊富に存在する西シベリアにおいて、地盤変動監視の研

究を、ロシア最大のガス企業と進めることができた。(平成 25 年度で終了)

また、ASTER データの解析アルゴリズムの技術移転として、ボツワナ・地質リモートセンシング事業が発足し、資源外交への大きな貢献となっている。

また、地球温暖化削減に関する京都議定書以降の枠組みへの対応として、PALSAR を利用して培った森林モニタリング及びバイオマス推定は PALSAR の後継機の PALSAR-2 に引き継がれ炭素クレジット取引等の際に有利なものとなることが期待される。

## (2) 当初予想していなかった波及効果の事例

ASTER の長期にわたる衛星データ品質管理・地上システム運用において、数々のノウハウを得た。また、それらに連帯した大学等の教育機関においては、多くの人材が育っている。これらのノウハウと人材は、今後日本国内の地球観測衛星の宇宙システム、さらには日本から宇宙システムの輸出においても活用されて行くものと期待される。

PALSAR の地上データシステムの運用において JAXA と協力関係を築いたことが、ALOS/PRISM および ALOS-2/PALSAR-2 の販売促進に繋がった。今後、特に資源分野での有効利用が期待される。

## F－5 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等

### F－5－1 研究開発計画

#### (1) 事業計画

資源探査への利用方法の確立では、ニーズと衛星データの特徴を考慮したマトリックスを設定し、国内資源利用者の関心が高い課題・地域を優先的に実施した。また、広域資源地質情報整備では、海外の宇宙関連機関の動向などから研究課題を絞り込み、世界最高レベルの精度や、他に開示されていない情報に特化して研究を進めた。また多くの事例の蓄積を受けて、研究開発の成果のとりまとめを開始した。

ASTERは当初設計の3倍以上の運用を継続しており、地上システムの設備更新や次世代システム研究について、予算規模を考慮しながらシステムの機能が中断・停止しないように努めている。PALSARは平成18年1月の打ち上げ後、運用停止となった平成23年5月12日まで順調にデータを取得しつづけた。地上データシステムはハードウェアを含むシステムの更新・改良を適宜実施し、ユーザの利便性の向上や利用要求に答えるため、検索・注文機能の改良やプロダクトの拡充を行った。

以上のように、研究実施中にPALSARの運用停止のイベントが生じたが、中間評価期間内の事業全体としては、特に計画の変更無く、順調に研究が進められた。

表 F-5-1-1 研究開発計画

| 実施項目／年度                  | ～22                                | 23      | 24      | 25 | 26 | 27～      |
|--------------------------|------------------------------------|---------|---------|----|----|----------|
| ①石油ガス資源探査等への利用手法の確立      | トラップ構造・地表状況に応じた解析手法確立              |         |         |    |    | 成果の取りまとめ |
|                          | 非在来型資源への利用技術確立                     |         |         |    |    |          |
|                          | 解析アルゴリズム開発                         |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
| ②地上データシステム運用・品質管理        | ASTER 地上システム運用                     |         |         |    |    |          |
|                          | PALSAR 地上システム運用                    |         |         |    |    |          |
|                          | ASTER 幾何補正精度検証                     |         |         |    |    |          |
|                          | ASTER 放射量の機上校正・代替校正                |         |         |    |    |          |
|                          | ASTER 処理アルゴリズム・パラメータの改良            |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
| ③次世代アーカイブシステムおよび広域マップの整備 | ASTER 全量保存・新 ASTER 処理システム構築・国際標準対応 |         |         |    |    | マニュアル整備等 |
|                          | GDEM                               | GDEM2開発 | GDEM3開発 |    |    |          |
|                          | オイルスリック DB 開発・機能追加                 |         |         |    |    |          |
|                          | グローバル衛星画像データセットの整備                 |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |
|                          |                                    |         |         |    |    |          |

## F-5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

### (1) 研究体制

本事業は、経済産業省からの直接委託事業として、(一財)宇宙システム開発利用推進機構(以下、J-spacesystems)と(独)産業技術総合研究所(以下 AIST)が共同で実施している。前者は石油資源への利用に直接つながる実用研究と地上システム運用を担当し、その研究の一部は資源開発企業を中心とする民間企業に外注している。後者は先端的研究や次世代アーカイブ等を担当し、その研究の一部を大学等に再委託している。中間時点での実施体制を図 F-5-2-1 に示す。

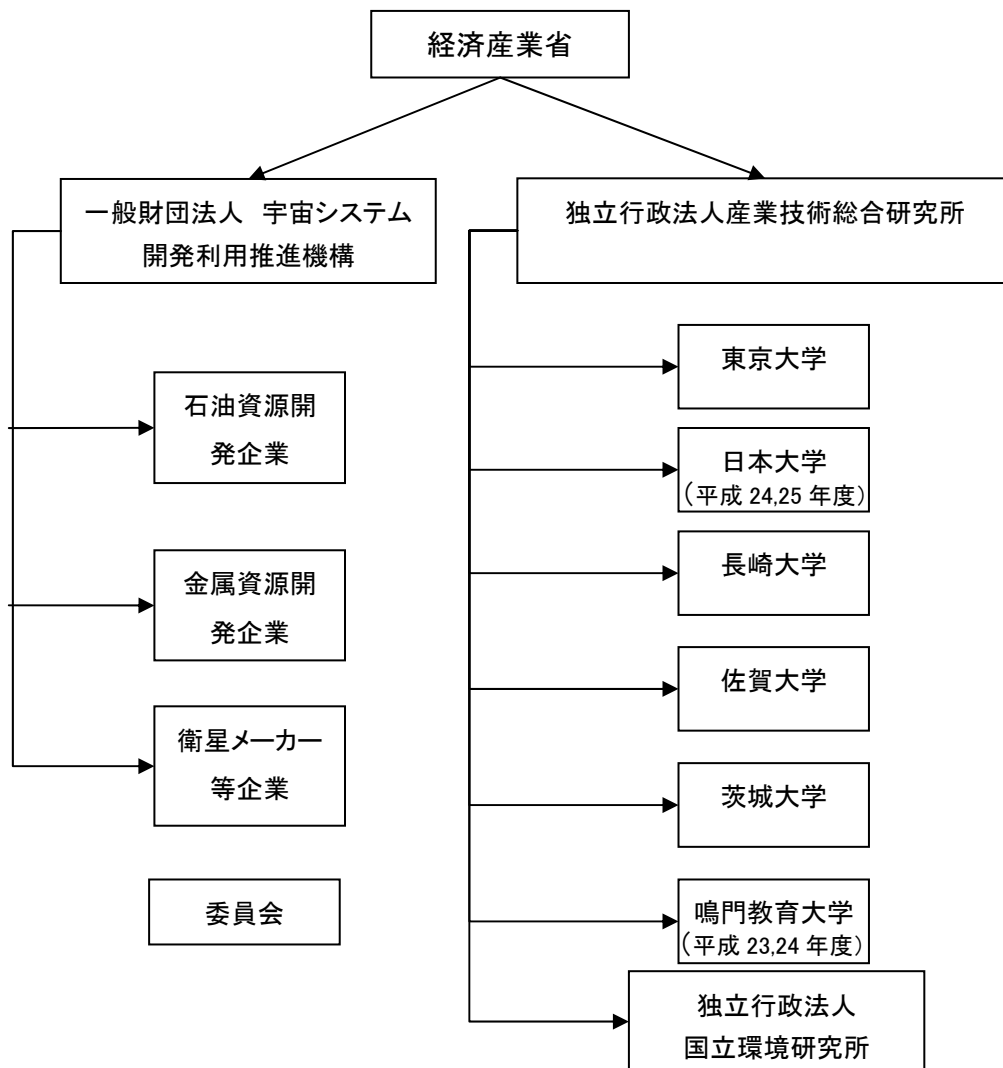


図 F-5-2-1 研究実施体制図(平成26年度時点)

目標の評価や技術の指導に下記に示す委員会を設置した。

表 F-5-2-1 ASTER 委員会名簿

| 氏 名       | 所 属 (平成27年7月末現在)                |
|-----------|---------------------------------|
| 山口 靖(委員長) | 名古屋大学大学院環境学研究科 地球環境科学専攻 教授      |
| 新井 康平     | 佐賀大学大学院工学系研究科 知能情報システム学専攻 特任教授  |
| 岩崎 晃      | 東京大学大学院工学系研究科 先端学際工学専攻 教授       |
| 小野 晃      | 産業技術総合研究所 特別顧問                  |
| 松永 恒雄     | 国立環境研究所 環境計測研究センター 環境情報解析研究室 室長 |
| 森山 雅雄     | 長崎大学 大学院 工学研究科 准教授              |
| 六川 修一     | 東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 教授      |
| 渡辺 宏      | 元 国立環境研究所                       |

表 F-5-2-2 日米 ASTER サイエンスチーム名簿

| 日本側   |                | 米国側            |                     |
|-------|----------------|----------------|---------------------|
| 氏 名   | 所 属            | 氏 名            | 所 属                 |
| 山口 靖  | 名古屋大学          | Michael Abrams | JPL/NASA            |
| 岩男 弘毅 | 産業技術総合研究所      | Stuart Biggar  | Univ. Arizona       |
| 岩崎 晃  | 東京大学           | Nina Cole      | JPL/NASA            |
| 浦井 稔  | 産業技術総合研究所      | Robert Crippen | JPL/NASA            |
| 土田 聡  | 産業技術総合研究所      | Leon Maldonado | JPL/NASA            |
| 外岡 秀行 | 茨城大学           | Bjorn – Bng    | JPL/NASA            |
| 中村 良介 | 産業技術総合研究所      | Dave Pieri     | JPL/NASA            |
| 松永 恒雄 | 国立環境研究所        | Gary Geller    | JPL/NASA            |
| 新井 康平 | 佐賀大学           | Alan Gillespie | Univ. Washington    |
| 山本 浩万 | 産業技術総合研究所      | Mike Ramsey    | U. Pittsburgh       |
| 六川 修一 | 東京大学           | Simon Hook     | JPL/NASA            |
| 藤定 廣幸 | センサ情報研究所       | Jeff Kargel    | Arizona State Univ. |
| 森山 雅雄 | 長崎大学           | Lila Prashad   | Univ. Arizona       |
| 鹿志村 修 | J-spacesystems | Chris Doescher | USGS                |
| 立川 哲史 | J-spacesystems | Dave Meyer     | USGS                |
| 加藤 雅胤 | J-spacesystems | Howard Tan     | JPL/NASA            |
| 藤田 勝  | J-spacesystems | Elsa Abbott    | JPL/NASA            |
| 薦田 麻子 | J-spacesystems |                |                     |

表 F-5-2-3 データ利用委員会名簿

| 氏 名        | 所 属 (平成27年7月末現在)                                        |
|------------|---------------------------------------------------------|
| 六川 修一(委員長) | 東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 教授                              |
| 栗屋 善雄      | 岐阜大学 流域圏科学研究センター 流域情報研究部門 教授                            |
| 石塚 直樹      | 農業環境技術研究所 生態系計測研究領域 主任研究員                               |
| 大村 誠       | 高知県立大学 文化学部 文化学科 地学・地理学 教授                              |
| 斎藤 元也      | 東京工業大学 イノベーション研究推進体付加価値リモートセンシング 特任教授                   |
| 土井 浩一郎     | 国立極地研究所 研究教育系地圏研究グループ 准教授                               |
| 中村 英克      | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 資源探査部 探査技術開発課 課長                        |
| 並川 貴俊      | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部<br>技術部 探査技術課(併)探査部 海外探査課 担当調査役 |
| 松岡 俊文      | 深田地質研究所 理事                                              |
| 松永 恒雄      | 国立環境研究所 環境計測研究センター 環境情報解析研究室 室長                         |
| 山口 靖       | 名古屋大学大学院環境学研究科 地球環境科学専攻 教授                              |
| 山口 芳雄      | 新潟大学 工学部 情報工学科 教授                                       |

表 F-5-2-4 期間中に開催された委員会一覧

| 年度   | ASTER データ利用委員会(平成23以前)・ASTER委員会(平成24以降)*                                                                                                       | データ利用委員会                                | PALSAR データ利用委員会                         |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 平成23 | 第1回<br>平成23年6月6日～9日(39 <sup>th</sup><br>ASTER Science Team Meeting)<br>第2回<br>平成23年11月16日                                                      |                                         | 第1回<br>平成23年10月20日<br>第2回<br>平成24年2月17日 |
| 平成24 | 第1回<br>平成24年6月11日～14日(41 <sup>st</sup><br>ASTER Science Team Meeting)<br>第2回<br>平成24年11月30日                                                    | 第1回<br>平成24年10月29日<br>第2回<br>平成25年2月20日 |                                         |
| 平成25 | 第1回<br>平成25年6月10日～12日(43 <sup>rd</sup><br>ASTER Science Team Meeting)<br>第2回<br>平成26年3月10日～12日(44 <sup>th</sup><br>ASTER Science Team Meeting) | 第1回<br>平成25年11月29日<br>第2回<br>平成26年2月28日 |                                         |
| 平成26 | 第1回<br>平成26年12月8日～10日(45 <sup>th</sup><br>ASTER Science Team Meeting)                                                                          | 第1回<br>平成26年10月27日<br>第2回<br>平成27年1月13日 |                                         |

\*日米 ASTER サイエンスチーム会議含む

## (2) プロジェクトリーダー

広範囲にわたる研究開発を効率的に運営・推進するために、本事業では、J-spacesystems では利用技術本部長津宏治(元日本リモートセンシング学会会長)を、また AIST では地質分野担当の研究コーディネータ佃栄吉をそれぞれプロジェクトリーダーとして、相互の連携体制を明確にするとともに、各研究項目を担当するテーマリーダー、個々のテーマの取りまとめを担当するサブテーマリーダーによる開発分担体制の下、本事業の運営を行っている。

## (3) 実施者間の連携

表 F-5-2-5 のとおり研究開発課題別に最適な研究開発実施体制を組んで業務を遂行した。

表 F-5-2-5 研究開発課題別の研究開発実施体制

|                    | 研究開発課題                         | 主担当(担当ユニット)                                       | 連携・協力機関(民間企業・独法・大学等)                              |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 利用技術開発             | 石油ガス探査における利用手法確立               | J-spacesystems(利用技術本部)                            | 資源関連企業                                            |
|                    | 地質・資源情報整備                      | J-spacesystems(利用技術本部)<br>AIST(地質情報研究部門)          | 資源関連企業<br>茨城大学<br>長崎大学                            |
|                    | 解析アルゴリズム開発                     | J-spacesystems(利用技術本部)<br>AIST(地質情報研究部門、情報技術研究部門) | 国立環境研究所<br>東京大学<br>日本大学<br>佐賀大学<br>茨城大学<br>鳴門教育大学 |
| 衛星データ品質管理・地上システム運用 | 衛星データ品質管理                      | J-spacesystems(利用技術本部)<br>AIST(地質情報研究部門、情報技術研究部門) | NASA、JAXA                                         |
|                    | ASTER 地上システム運用・PALSAR 地上システム運用 | J-spacesystems(利用技術本部)                            | NASA、JAXA、民間企業の複数社                                |
|                    | 次世代アーカイブ研究                     | AIST(情報技術研究部門)                                    |                                                   |

#### (4) 成果普及体制

本事業では、成果の利用主体である民間企業を直接事業に参加させることにより、その事業成果は技術的障害がなくそのまま民間企業が利用することが可能となり、確実に普及が促進される。また合わせて本事業の成果は、年度ごとに成果報告書にまとめており、その成果報告書は広く民間企業や大学・研究機関に配付されており、多方面に広く普及していることが期待できる。AIST では、研究開発を行う上で不可欠な関連情報の収集等については、継続的に実施するとともに、国内外の関連学会へ参加し、成果の発表と情報交換に積極的に行っている。

##### ① 報告会・ワークショップ等

J-spacesystems では、毎年7月頃に事業成果報告会を開催しており、ここでは一般公開により事業の成果について報告し、広く成果の普及に努めている。また、AIST においても、各研究部門の成果報告会において、本業務を紹介している。さらに、JICA による海外研修生や資源関連業務で来日している技術者への業務紹介も積極的に実施している。

##### ② 広報活動および災害状況公表

ASTER 及び PALSAR の研究事例やデータ入手方法等の広報活動を国内外の関係学術会議を中心に実施している。具体的には成果の紹介を行うとともに、企業展示を利用してデータ普及に努めた。また、大規模災害等の発生直後には、緊急観測を実施し、被害状況が撮影された画像をホームページに公開している。

#### F-5-3 資金配分

本事業は昭和56年度から平成27年度まで継続して実施している委託研究事業である。今回の中間評価の対象となる平成23年度から26年度までの事業費推移を表 F-5-3-1 に示す。

表 F-5-3-1. 資金度配分（単位：百万円）

| 年度 平成 | 2 3   | 2 4 | 2 5 | 2 6 | 合計    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-------|
|       | 1,148 | 867 | 735 | 634 | 3,383 |

利用技術開発については、資源分野はユーザニーズを把握することにより、効果の高い研究に重点を置いて実施した。また衛星データ品質管理及び地上システム運用については、共同作業者である NASA 及び JAXA との協力・分担による業務の絞り込み、あるいは地上システム運用では日々の観測計画の作成を半自動化してオペレーションに係る作業を簡素化するなどの節約に努めた。

このように、研究開発の進捗状況や前回の中間評価の指摘を十分に勘案し、資金

の過不足がないように適切な資金配分を行い、最大の成果を得ることができるよう予算の運用管理を行った。

#### F-5-4 費用対効果

石油資源分野では、探鉱から生産に至るまでの段階は、「探鉱段階」と「開発・生産段階」に大きく分けられる。探鉱段階はさらに、「事前に予備的な調査を行う段階」、「予備(事前)調査結果を基に鉱区取得を行う段階」、「地質学的探査・物理探査を行う段階」、「試掘井を掘る段階」、そして「評価井を掘る段階」の 5 つに大別される。一方、開発・生産段階は、探鉱段階に行われた評価の結果、開発・生産に移行するという判断がなされた後に移行する段階であり、「生産のための設備を建設する段階」と「生産井を掘る段階」の 2 つに大別される。

各段階では、衛星データの利用方法も異なり、また利用量も異なる。さらに、当然ながら衛星データ以外のデータも利用され、そちらのデータが主となる段階も存在する。一般に、探鉱初期段階ほど案件数が多く、また衛星データの利用量は多い。一方、開発・生産段階になると案件数が減少し、利用量はさらに減少する。しかし、衛星データの利用はこの案件数の削減、開発経費－探鉱リスクの削減に最も貢献している。油・ガス田の発見に至るまでには、多数のそれぞれに適切な調査がなされ、それらの貢献が油・ガス田の発見への功績が大きいと評価される場合が多い。

油・ガス田権益の取得手段には、探鉱段階から参入する「探鉱」と、すでに油やガスが発見され、ある程度埋蔵量が確認されている鉱区へ参入する、いわゆる「埋蔵量買収」の大きく 2 とおりがあり、「埋蔵量買収」は探鉱リスクがない分だけ取得価格が高くなっている。つまり、「探鉱」から参入できればリスク分だけ利益が期待できる。

以上を勘案すると定性的には、費用対効果は十分に大きいと考えられる。

費用対効果を定量化は困難であるが、ここでは国内の石油ガス探査企業へのヒアリングを基に表 F-5-4-1 に示すモデル値を設定し試算をした。

表 F-5-4-1 石油資源分野のモデル値

| 大項目      | 小項目       | モデル値                                                                   |
|----------|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| 年間案件数    |           | オペレータ案件の探鉱フェーズが 5 年間で 5 件程度<br>≒1 件／年                                  |
| 案件規模     | 探鉱段階      | 40 億円／件<br>事前調査:1 億円<br>試掘井:10 億円<br>評価井:29 億円                         |
|          | 開発・生産段階   | 500 億円×年数                                                              |
| 衛星データ利用率 | オペレータ案件   | 陸上、海上合わせて 90%の利用                                                       |
|          | ノンオペレータ案件 | ノンオペレータ案件では、予備(事前)調査をオペレータ候補企業が実施することが多いため、衛星データの利用は限定的                |
| 貢献率      | 経費節減      | 陸上:<br>● 地上踏査で代替の場合はコスト 10 倍<br>● ボーリングは 10 億円/本                       |
|          | 収入増       | 鉱区取得、生産・開発案件化につながっているが定量的情報は得られず。                                      |
|          | 機会損失防止    | 広域調査やリスク地域の調査においては代替手段はなく、また、詳細な地質図の入手が困難な国も多いため、効果は大きいですが、定量的情報は得られず。 |

経費節減効果を図 F-5-4-1 に示した代替法により試算すると、1 件当たり8億円となる。

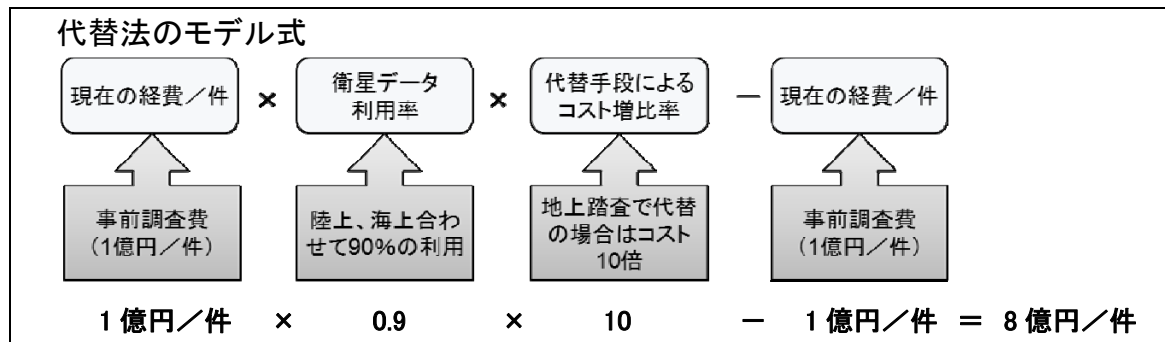


図 F-5-4-1 代替法による経費節減効果の試算結果

また、経費節減効果を図 F-5-4-2 に示した削減貢献度の設定による試算では、1 件当たり 9 億円となる。

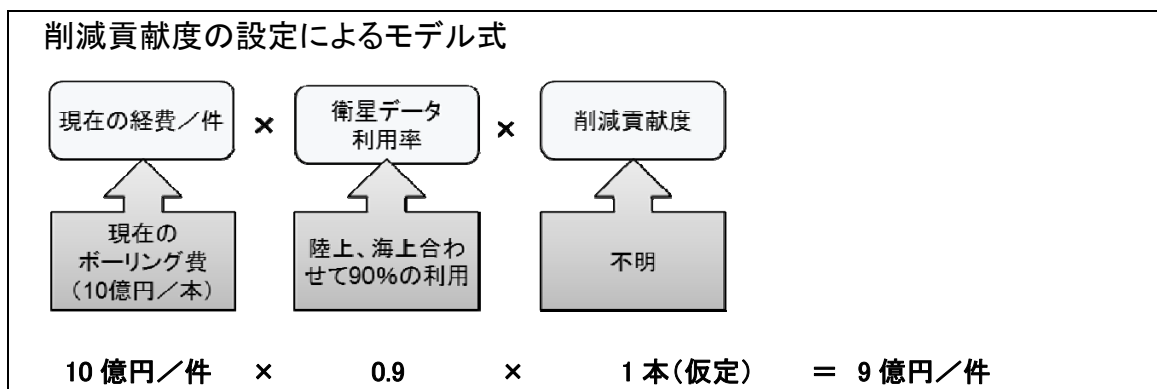


図 F-5-4-2 削減貢献度の設定による経費節減効果の試算結果

この試算結果が妥当な数値であると結論付けることは難しいが、過去の事例と比較しほぼ同じ桁に収まっていることを考えると、石油資源分野での衛星データによる費用節減効果は数億円程度とみなすことができると考えられる、以上から十分な費用対効果が得られているものとする。

#### F-5-5 変化への対応

##### (1) 技術動向・社会情勢・市場ニーズ等の変化への対応

本研究開発においては、下記に示すようにさまざまな状況変化に対応してきている。

##### ① 石油資源分野等ニーズ変化への対応

「シェール革命」と呼ばれるシェール層からの石油や天然ガス(シェールガス)の抽出は世界のエネルギー事情を大きく変え、石油資源開発の対象は在来型資源から非在来型資源へ移行しつつある。それに対応して、シェールガス等の開発好適地抽出技術の開発テーマを増やした。

我が国の石油ガス開発企業の石油ガス資源探査の対象は陸域から海域特に大水深に移ってきているため、石油ガス開発の参入の可能性が高い海域で重点的にオイルスリックのデータベースの整備とオイルスリック抽出精度の向上を図った。

石油ガス探査段階に加えて石油ガス開発・生産段階で衛星データを利用する需要が増加しているため、大規模油ガス田の生産状況監視のツールとなることが期待される差分干渉 SAR 技術の研究を数多くこなし、その監視技術の確立に努めた。

地球温暖化の影響とも言われる近年の海水の減少傾向による開発にかかる自然条件の緩和期待や探鉱開発技術の発達等で、北極圏は残された石油・天然ガスの最後のフロンティアとして石油ガス開発が期待されている。それに対応すべく衛星データの利用した開発時の環境監視技術の開発を試みた。

陸域における石油ガス探査は熟成段階にある地域が多く、今後新たな油ガス田を発見することは年々難しくなっている。既存油ガス田周辺の探鉱・開発の見直しも重要なテーマとなって来ている。今後の国内の石油ガス探査企業等の探鉱・開発に役

立つように、これまで蓄積された研究成果の画像解析データや付帯資料を WebGIS<sup>8</sup> で閲覧・利用できるように整理し始めた。

## ②他分野における変化への対応

4-2-B波及効果の節において記載しているとおり、金属資源分野については、特にレアメタル・レアアース資源の確保が重要となっている。このような状況に対応するため、資源エネルギー庁の主導で、ASTER・PALSAR データ、そして本事業で開発されたデータ利用技術の成果が集約されている、資源探査支援システム「GRIAS」の開発・運用が進められている。

## ③ 相互運用性向上のための標準化技術への対応

IT 技術の進展により、インターネットを通じて様々な空間情報をやりとりすることが可能になってきている。しかも、異なる国や機関から提出される様々なフォーマットのデータを標準化し、情報相互運用性の高い情報配信が求められている。そのため、地質図など様々な地質情報をこれらのプロトコルを経由して、インターネット上で利用できるように標準化する技術の研究を進めている。

## (2) 代替的手段との比較

石油資源遠隔探知技術の研究開発の遂行に際し、使用する衛星データについての性能のおよび経済的な比較検討を行った。平成25年以前は ASTER のように、可視近赤外、短波長赤外及び熱赤外データやステレオデータをすべて備えたセンサは国内外に存在しなかったが、平成26年から熱赤外(TIR)データ以外は米国 DigitalGlobe 社の WorldView-3 によって代替が可能となった。PALSAR についても、平成25年以前は森林における透過能力の高い L バンドをもつ PALSAR の性能と同程度のものは国内外に存在しないため、衛星を利用した代替手段はなかったが、平成26年からその後継機である ALOS-2/PALSAR-2 により代替が可能となった。表 F-5-5-1 に代替可能な衛星データとの仕様比較を示す。

---

<sup>8</sup>地理情報システムをインターネットを使って操作できるようにしたシステムで、広く地図等を使った情報の公開とその情報を使ったユーザのニーズにあわせた情報の加工を行うのに便利である。

表 F-5-5-1 代替可能な衛星データとの仕様比較

| センサ名称       | 主な仕様                              |                |               |                |
|-------------|-----------------------------------|----------------|---------------|----------------|
|             | 空間分解能                             | 観測幅            | スペクトル帯域       | 立体視            |
| ASTER       | VNIR:15m、<br>SWIR:30m、<br>TIR:90m | 60km           | VNIR,SWIR,TIR | 同一軌道立体視        |
| WorldView-3 | VNIR: 1.24m、<br>SWIR: 3.70m       | 13.1km<br>(直下) | VNIR,SWIR     | ポインティング立<br>体視 |

| センサ名称    | 主な仕様  |         |       |     |
|----------|-------|---------|-------|-----|
|          | 空間分解能 | 観測幅     | 波長    | 偏波  |
| PALSAR   | 10 m  | 70km    | L バンド | 全偏波 |
| PALSAR-2 | 3～10m | 50～70km | L バンド | 全偏波 |

しかしながら経済的な面を考えると、空間分解能や 1 シーンの大きさが大きく異なるため、その比較は難しいものの、仮に面積単位の販売価格を単純に比較した場合、WorldView-3 は未定ながら ASTER の数百倍～数千倍であることが想定され、PALSAR-2 も PALSAR の 4 倍であり、既存の ASTER 及び PALSAR に比べてデータの入手に掛る費用は大幅な増加となる。広域探査のような、高分解能のデータや新規のデータを使用する必要性がなければ、ASTER 及び PALSAR を利用の方が経済的に優れている。

その他、有人および無人航空機等を利用した観測データによる代替は可能であるが、実際には他国の領空内を自由に飛行しデータを取得することは困難なため代替手段とはなりえない。