

「石油資源遠隔探知技術の研究開発」
プロジェクト評価用資料
(終了時評価)

平成30年10月15日

経済産業省製造産業局宇宙産業室
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

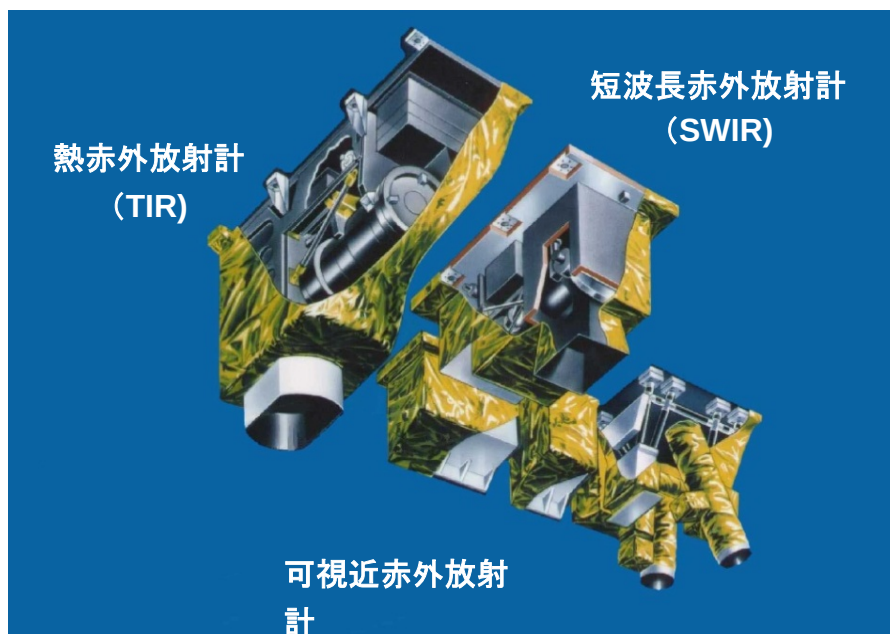
プロジェクト名	石油資源遠隔探知技術の研究開発			
行政事業レビューとの関係	行政事業レビューシート（平成 27 年 0224）			
上位施策名	①「新成長戦略」（平成 22 年 6 月 18 日、閣議決定） ②「産業構造ビジョン 2010」（平成 22 年 6 月 3 日、産業構造審議会産業競争力部会報告書） ③エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月 11 日閣議決定） ④「宇宙基本計画」（平成 27 年 1 月 9 日、宇宙開発戦略本部決定）			
担当課室	経済産業省製造産業局宇宙産業室			
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 人工衛星から取得される画像データを用いて、石油資源探鉱の効率化、権益確保のための事前情報取得など、石油資源の安定供給確保に貢献できる衛星画像データ利用技術開発を行う。 また、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、ASTER 及び PALSAR データの品質管理および地上システムの安定的な運用を行う。				
予算額等（委託）		（単位：百万円）		
開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
昭和 56 年度	平成 27 年度	—	平成 29 年度	一般財団法人宇宙システム開発 利用推進機構 (J-spacesystems) 独立行政法人産業技術総合研究所 (AIST)
H27FY 執行額			総執行額	総予算額
3. 1 億円			3. 1 億円*	760 億円*
*総執行額は H27～H29FY の合計額、総予算額は S56～H29FY の合計額				

I. 研究開発課題（プロジェクト）概要

① ASTER の概要

米国 NASA と経済産業省による共同プロジェクトとして開始した。（現在は経済産業省に代わり J-spacesystems と産業技術総合研究所 (AIST) が引き継いで運用中）

1999 年に衛星 Terra に搭載して打ち上げられ現在も運用中である。（SWIR は 2008 年に運用停止）
観測幅 60km、空間分解能 15m～、VNIR・SWIR・TIR の 3 つのセンサで合計 14 バンド（観測波長帯）の画像情報を取得する。



VNIR（可視近赤外）Visible / Near Infrared Radiometer

バンド数： 3 バンド+後方視 空間分解能： 15m

SWIR（短波長赤外）Short Wave Infrared Radiometer

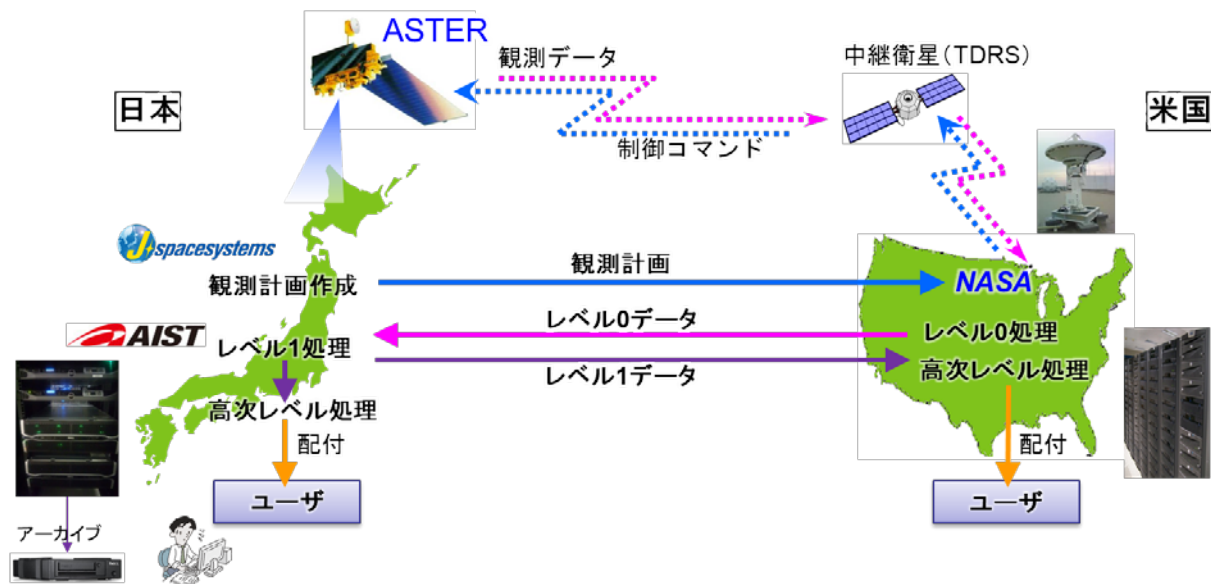
バンド数： 6 バンド 空間分解能： 30m

TIR（熱赤外）Thermal Infrared Radiometer

バンド数： 5 バンド 空間分解能： 90m

② ASTER の運用

ASTER は日米がそれぞれの役割を果たす形の共同運用である。日本側は主に観測計画の作成（J-spacesystems）とレベル 1 データの処理（AIST）の役割を担っており、どちらも毎日欠かさず実行している。またユーザへのデータ配付は日米両方から行い、運用方針については日米共同で策定している。



1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標		
石油資源の安定供給確保等に貢献するため以下について達成することをアウトカムとする。 ①本事業において生産した衛星画像データ、および合わせて開発した衛星画像データの利用技術が、石油資源探査等において利用される。 ②量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じて、国際社会へ貢献するとともに、日本の技術力を示す。		
指標目標値		
事業開始時	計画:事業アウトプット指標を達成する。	実績: —
中間評価時	計画:事業アウトプット指標を達成する。	実績: —
終了時評価時	計画:事業アウトプット指標を達成する。 加えて以下を達成する。 ①生産した衛星画像データおよびその利用技術が石油資源探査等において利用される。 ②量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じて、国際社会へ貢献する。	実績: 合計 16 件の石油資源探査案件において利用された。 量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供し、石油資源探査以外にも広く利用され、国内外の社会貢献に繋がった。
目標最終年度	①衛星画像データおよびその利用技術が継続して利用され、石油資源探査等に貢献する。 ②衛星画像データの継続的な提供を通じて、国際社会へ貢献する。	

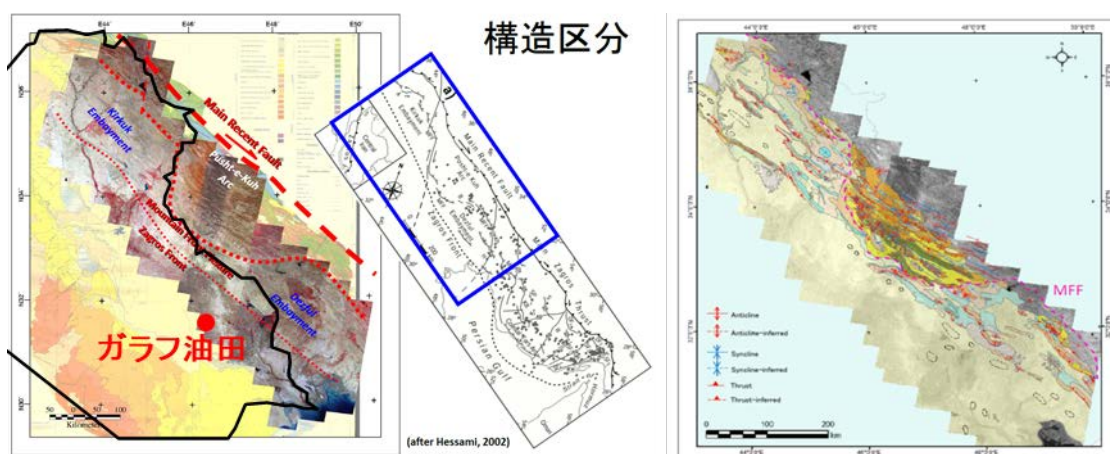
1. 事業アウトカム達成状況詳細① 生産した衛星画像データおよびその利用技術が石油資源探査等において利用される。

- ✓ 平成27年度は、石油開発企業等の3件の資源探査・開発案件にて（目標値2件）、ASTER及びPALSARデータが活用された。
- ✓ ASTER及びPALSARデータを利用した解析により、7件が油ガス田開発に、2件が開発計画の策定に、7件が鉱区取得に繋がった。

【油ガス田開発につながった事例】

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、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。

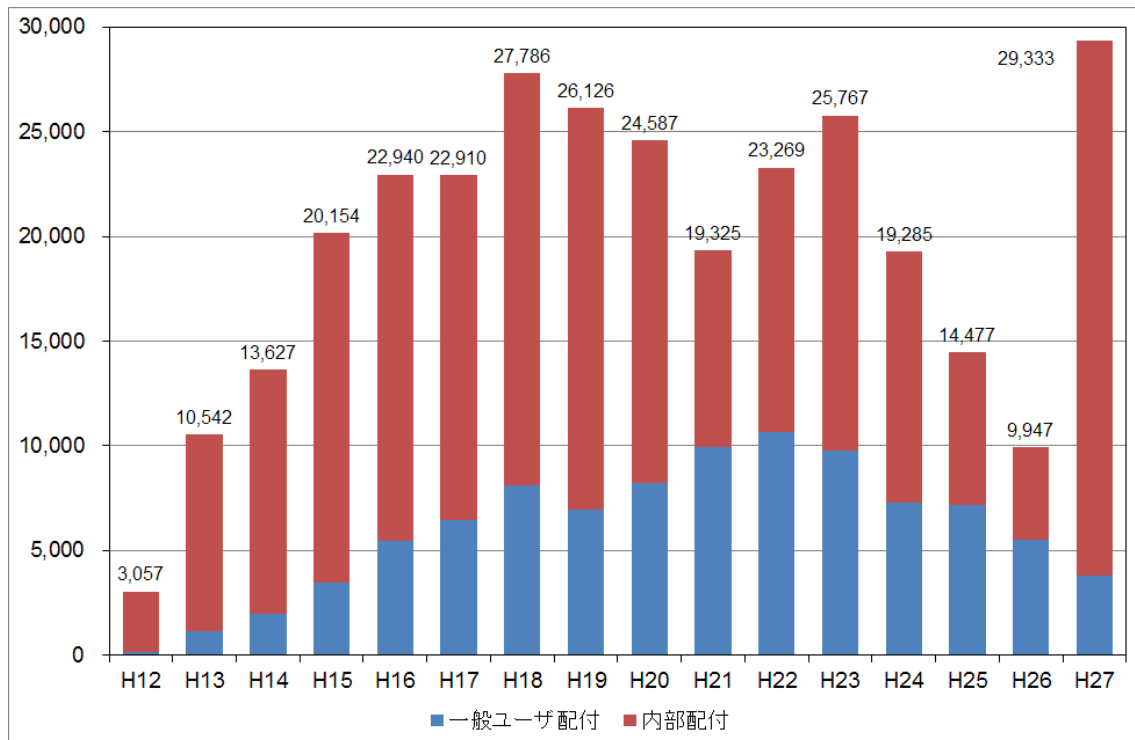


石油資源開発に貢献したイラクの地質詳細解析

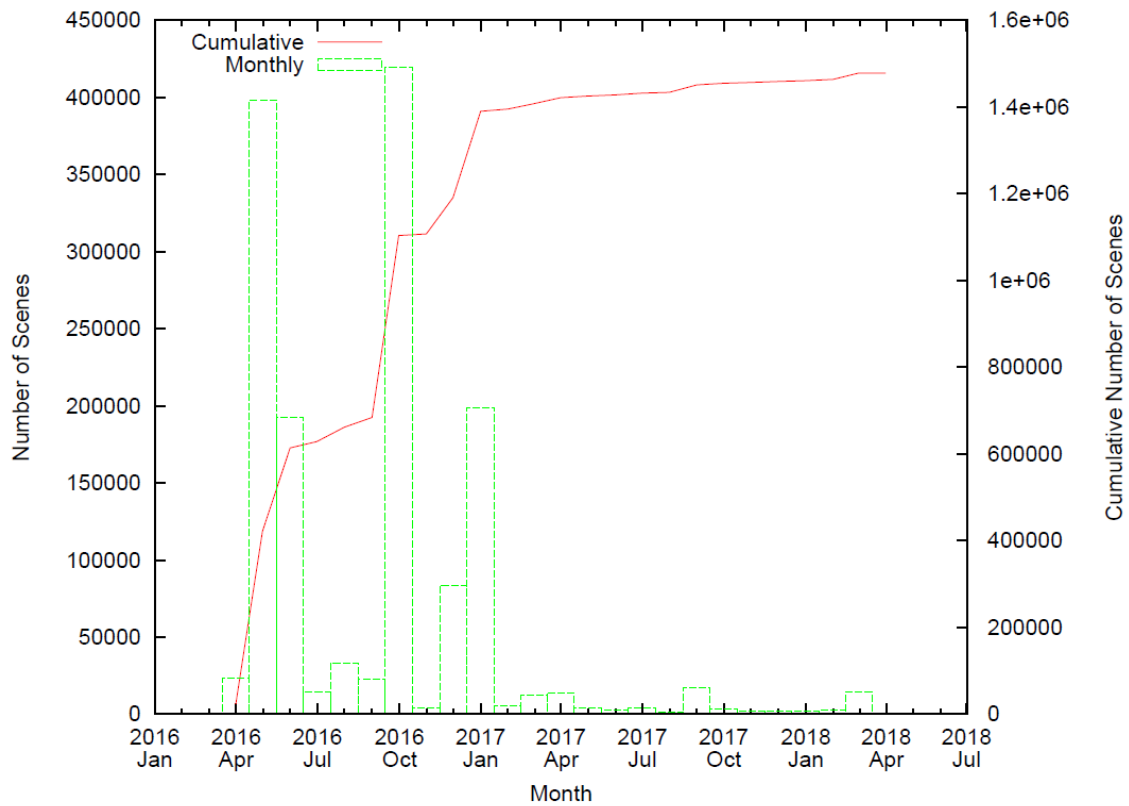
石油資源探査以外の分野（金属資源・環境・防災等）についても、データの実利用がされている。特に、金属資源探査分野においては、これまでに20案件以上の事例において鉱区取得や探鉱に繋がった。

2. 事業アウトカム達成状況詳細② 量・質ともに世界最高クラスとなる衛星画像データの提供を通じて、国際社会へ貢献する。

ASTERデータについては10万シーンを一般に、20万シーンを内部向けに配付した。事業終了後は150万シーンを配付している。



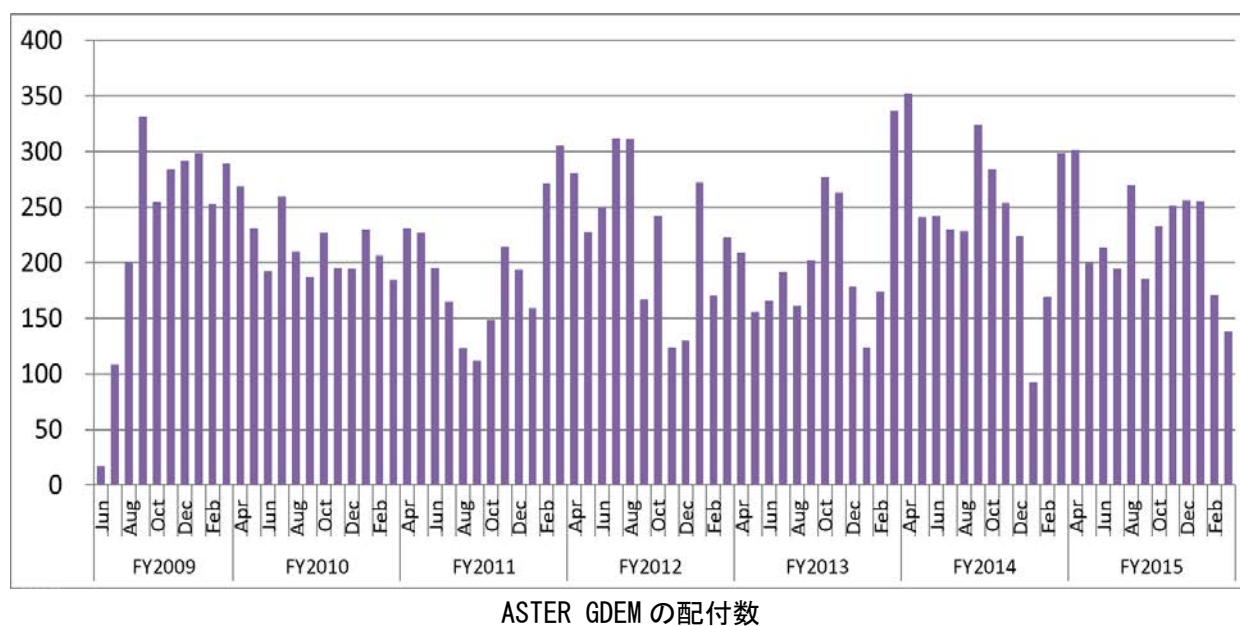
ASTER の配信数



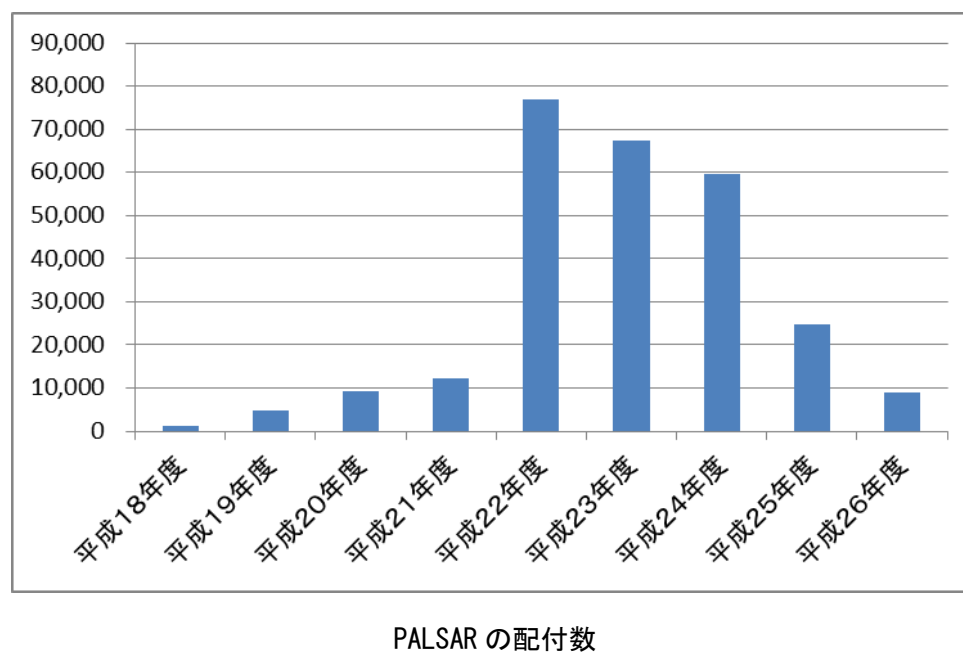
ASTER の配信数（事業終了後）

ASTER GDEM は、バージョン 1 と 2 を合わせて累計 1800 万タイルを配信した。（1 タイルは 1 緯度×1

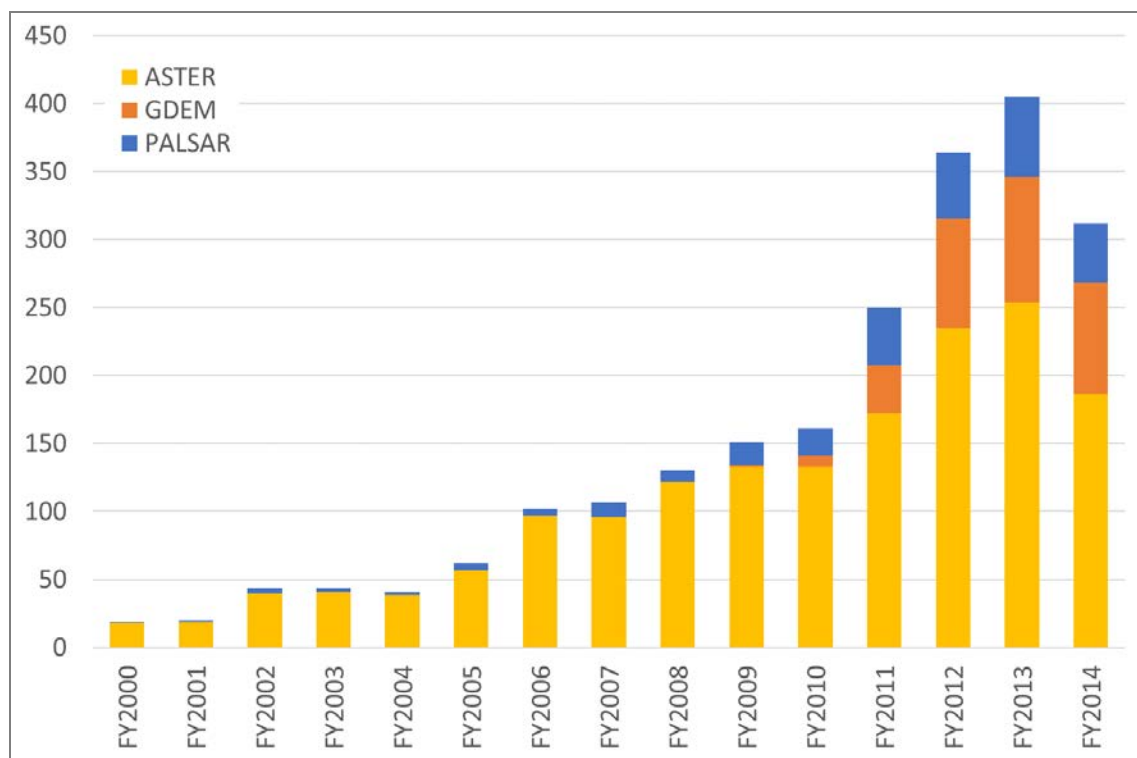
経度の区画)



PALSAR データは合計シーン配付した。



ASTER および PALSAR に関する研究論文件数について、Science Direct により論文を検索し、検索結果を整理した。その結果、ASTER・PALSAR に関連した論文発表の掲載数は事業終了時頃で 300 件／年を超えており、これらのデータが学術的に多く貢献をしていることが明らかとなった。



ASTER および PALSAR に関する研究論文件数

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

事業アウトプット① 衛星画像データの石油資源探査への利用技術を開発する。

(①a) 衛星画像データの石油資源探査への利用技術の開発

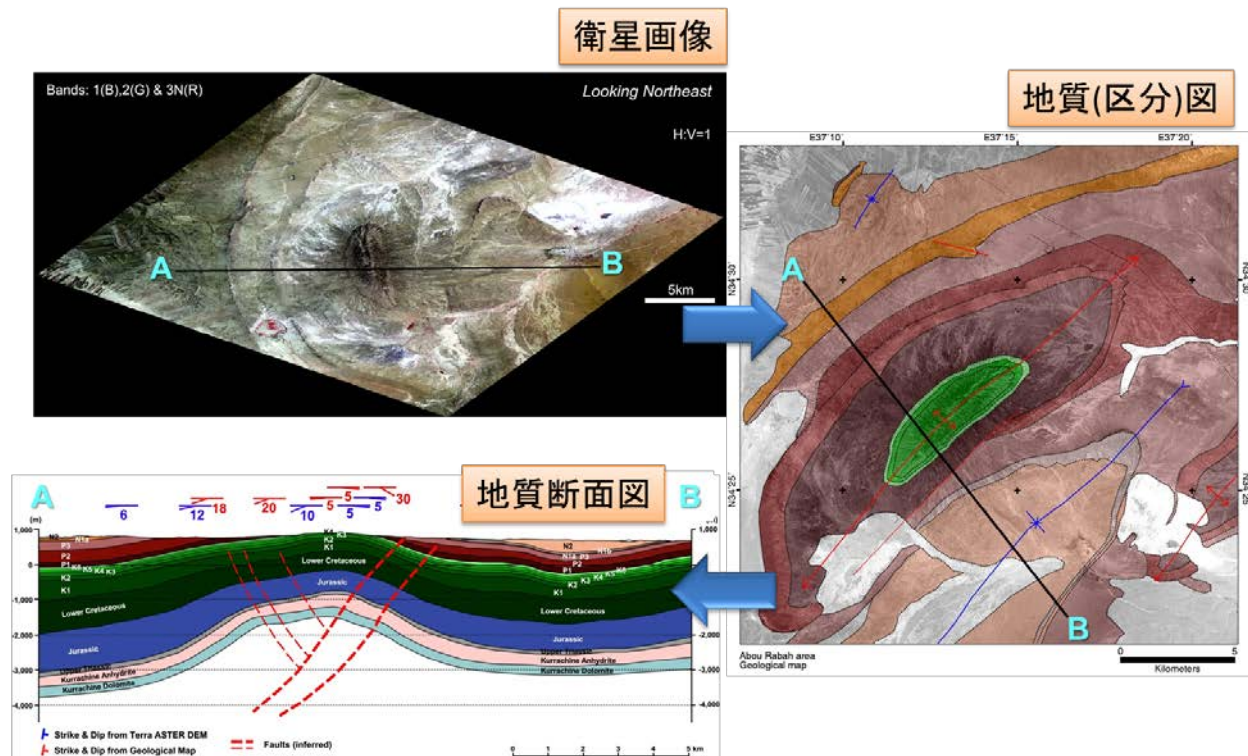
ASTER・PALSAR データについて、石油・ガス鉱床の地表状況・貯留構造等に応じた、あるいは石油・ガス資源の産出可能性がある地域における、石油資源探査への利用技術を合計 57 件開発し、全ての石油資源探査への利用ケースを網羅した。

在来型の石油・天然ガス鉱床は、石油ガスを地中に貯める貯留構造（トラップ）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。様々な条件を持つ合計 44 地域での利用事例を確立することにより、これらの各種条件における利用技術を網羅的に開発した。

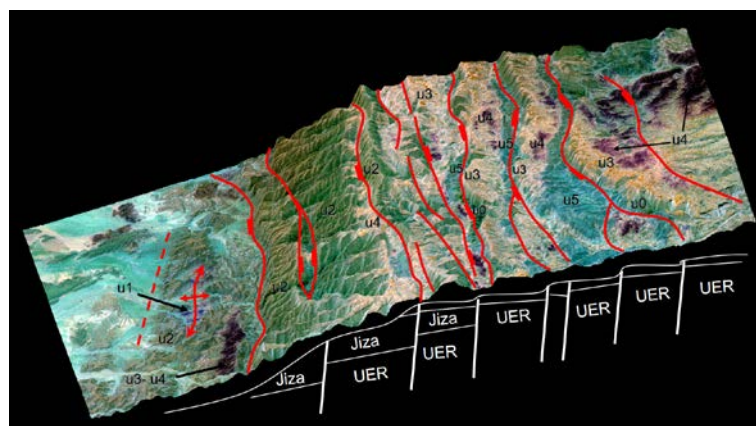
石油資源探査（在来型）への利用技術の開発（44 地域）

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 9 地域	アルゼンチン等の 2 地域	中国等の 8 地域
断層トラップ （背斜－断層の 組合せ含む）	利用者要望	中	小	中
	研究実施	メキシコ等の 7 地域	－	アルゼンチン等の 10 地域

その他（層位、不整合、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6地域	-	リビア等の2地域



有望地抽出のための地質判読（背斜トラップ・露岩地域）

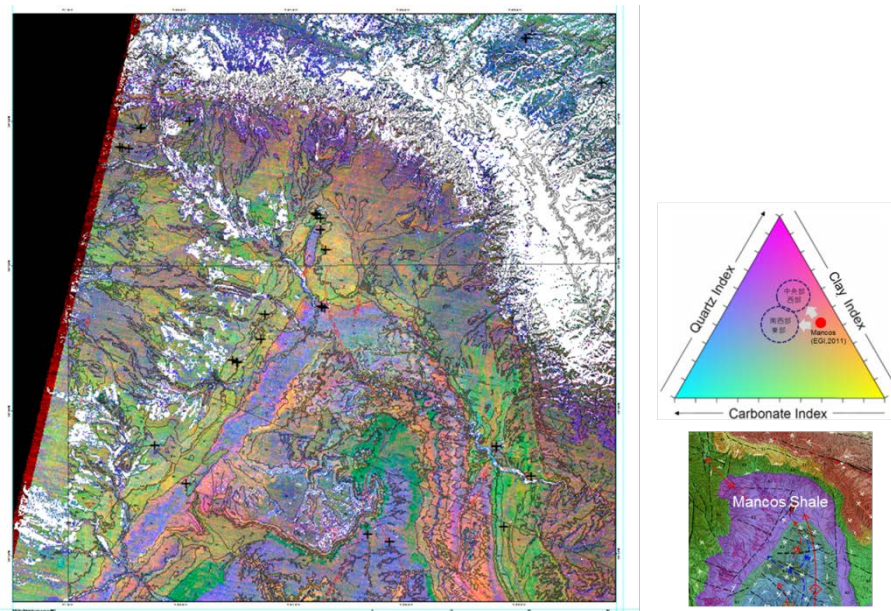


有望地抽出のための地質判読（断層トラップ・植生地域）

非在来型資源については、オイルサンドの開発、コールベッドメタンの開発、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技術を開発した。

石油資源探査（非在来型）への利用技術の開発（6 地域）

テーマ／技術		
非在来型資源 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 オイルサンド：カナダ 1 地域 シェールガス：米国等の 2 地域

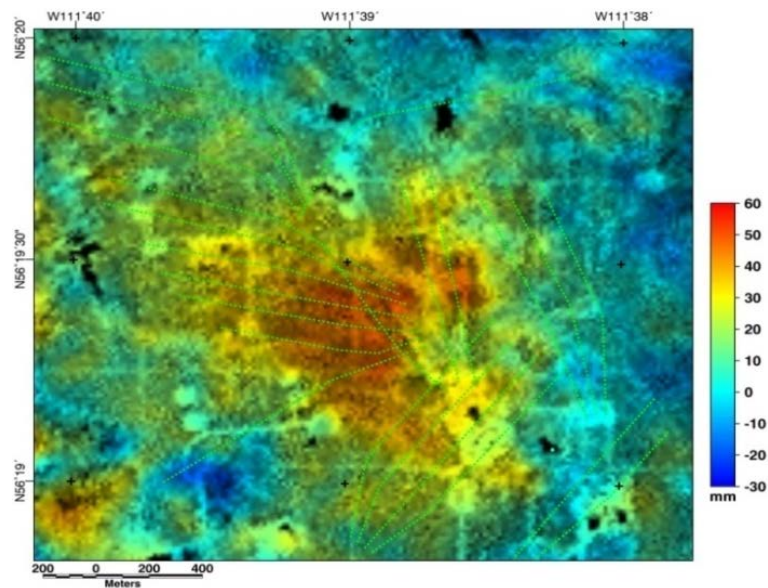


シェールガスに関する頁岩分布域の鉱物分布特性

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、北極圏において海水監視技術の開発の研究を行った。

石油資源探査（監視）への利用技術の開発（6 地域）

テーマ／技術		
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
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



地盤変動の抽出による油ガス田生産量監視



北極海の家氷モニタリング

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。

研究開発事例の一覧（石油資源）

No.	対象地域	対象	内容	トラップ	植生	地表
1	アルゼンチン・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・カンゲアン	在来	ASTER、PALSAR、地質・構造判読・解析	背斜	密	植生
10	インドネシア・パプア州北部	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・ザク罗斯	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・産油地帯	在来	ASTER、PALSAR、地質・構造判読・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	非在来	CBM 開発好適地抽出	-	密	植生

	リマンタン					
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

(②b) 衛星画像データの様々な分野への利用技術の開発

ASTER・PALSAR データについて、リモートセンシング技術の活用が期待される石油資源探査以外の分野（鉱物資源・環境・防災等）における課題を解決するための利用技術を合計 172 件開発した。

A) 金属鉱物資源探査への利用技術の開発

以下 16 種類の金属鉱物鉱床タイプの合計 48 地域について利用技術を開発した。

金属鉱物鉱床タイプ

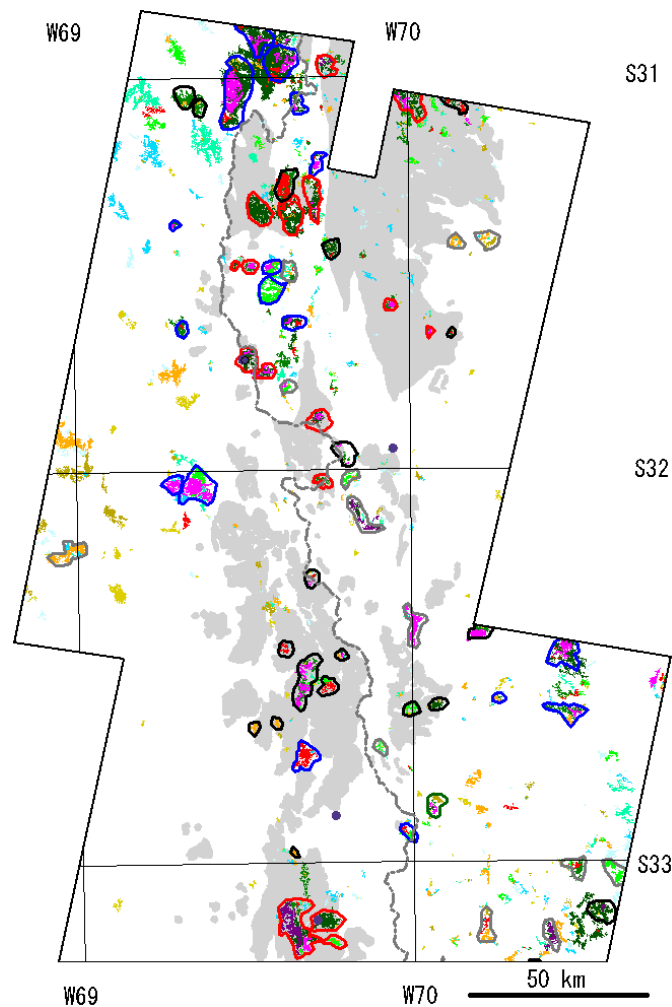
- (1) 斑岩銅鉱床
- (2) 斑岩錫鉱床
- (3) 斑岩銅スカルン関連鉱床
- (4) 亜鉛・鉛スカルン鉱床
- (5) タングステン・スカルン鉱床
- (6) 錫スカルン鉱床
- (7) 浅熱水性石英・明礬石金鉱床
- (8) 低硫化型浅熱水鉱脈鉱床
- (9) 黒色頁岩型ウラン鉱床
- (10) 黒鉱塊状硫化物鉱床
- (11) キプロス型硫化物鉱床
- (12) 南東ミズーリ鉛・亜鉛鉱床
- (13) ラテライト質ニッケル鉱床
- (14) ブッシュフェルト Cr 鉱床
- (15) ボディーフォーム状クロム鉄鉱床
- (16) 酸化鉄型銅金鉱床

研究開発事例の一覧（金属鉱物資源）

No.	年度	研究名
1	平成 10 年度	チリ共和国北部未探鉱地域における資源胚胎有望度評価技術の研究

	～平成 12 年度	
2	平成 10 年度 ～平成 12 年度	トルコ・トラブゾン地域における資源形成に関連する地質構造抽出のための地形解析手法の研究
3	平成 10 年度 ～平成 12 年度	熱帯雨林地域における石油資源等に係わる地下地質構造抽出技術の研究(ブラジル北部地域)
4	平成 11 年度 ～平成 13 年度	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
5	平成 12 年度	ASTER データの資源に関わる鉱物識別評価
6	平成 12 年度 ～平成 14 年度	イベリア半島スペイン南西部・ポルトガル南部における資源胚胎有望度評価技術の研究
7	平成 12 年度 ～平成 14 年度	チリ共和国中部乾燥露岩地域における ASTER データによる資源鉱床解析技術の応用研究
8	平成 12 年度 ～平成 13 年度	スカルン鉱床形成場抽出への ASTER データ利用技術の研究(ペルー中部地域)
9	平成 12 年度	資源探査における既存衛星データとの比較による ASTER データ評価
10	平成 13 年度 ～平成 15 年度	半乾燥地域～植生地域のメキシコ合衆国チサパ地域における衛星データを用いた資源探査の実 利用技術開発の研究
11	平成 13 年度 ～平成 15 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
12	平成 13 年度 ～平成 14 年度	衛星データを利用したミシシッピーバレー型金属鉱床抽出技術の開発
13	平成 13 年度 ～平成 15 年度	ハイパースペクトル・リモートセンシングの酸化鉄型銅-金鉱床および斑岩銅鉱床探査への応用
14	平成 14 年度	リモートセンシングデータを活用した風化残留型ラテライト・ニッケル鉱床の抽出技術の開発
15	平成 14 年度	オーストラリア Curnamona 地域における ASTER および航空機センサを相補的に用いた鉱物マッ ピング技術の研究
16	平成 15 年度	HyMap および ASTER データを利用したラテライト・ニッケル鉱床の抽出技術の研究開発
17	平成 15 年度 ～平成 16 年度	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
18	平成 15 年度	チリ共和国中～南部の半植生地域における金属資源探査への ASTER データの応用
19	平成 15 年度	南モンゴル帯中央部における金-銅鉱化帯抽出への ASTER データの適用
20	平成 16 年度	メキシコ中西部における鉱山開発有望地域抽出手法の研究開発
21	平成 16 年度	チリ共和国の疎らな植生地域における金属鉱床賦存有望地のポテンシャル評価技術の研究
22	平成 16 年度	ペルー共和国における既存鉱床周辺探査効率化への衛星データ利用技術の研究
23	平成 16 年度	ASTER データを利用した超塩基性岩に胚胎する PGM 鉱床の抽出技術の開発
24	平成 16 年度	TIR データによる鉱床探査地域選別手法の研究

25	平成 17 年度	ASTER および合成開口レーダによる地質および鉱山情報を用いた金属鉱床賦存有望地の抽出技術の開発
26	平成 17 年度	鉱床探査への地表兆候評価手法および金属鉱床賦存有望地の抽出技術の開発
27	平成 17 年度	ASTER および合成開口レーダによる植生地域におけるラテライト・ニッケル鉱床の抽出技術の開発
28	平成 17 年度	ASTER および合成開口レーダによる金属鉱床賦存有望地の抽出技術の開発
29	平成 17 年度	高硫化系浅熱水性砂岩型金属鉱床の抽出技術の開発
30	平成 17 年度	グライゼン化作用を伴うタングステン鉱床の抽出技術の開発
31	平成 18 年度	PALSAR と ASTER を用いた地質情報統合による資源開発有望地域抽出技術の研究開発
32	平成 18 年度	ボリビア共和国ボトシ地域における ASTER と PALSAR から抽出した地質情報の利用技術開発
33	平成 18 年度 ～平成 19 年度	半植生域における鉱床探査への地表兆候評価手法の開発
34	平成 18 年度	ALOS/PALSAR, JERS-1/SAR による鉱床賦存有望地の抽出技術の研究開発
35	平成 18 年度	ASTER および合成開口レーダによる植生地域における岩相分類技術の研究開発
36	平成 18 年度	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
37	平成 19 年度	タイ王国北東地域における ASTER, DEM, SAR および GIS を活用した鉱床賦存有望地域抽出技術開発
38	平成 19 年度	ペルー共和国中部における鉱床探査への ASTER,PALSAR 利用技術の研究
39	平成 19 年度	カザフスタン共和国中央地域における PALSAR を用いた鉱床に関する構造抽出技術の研究
40	平成 19 年度	ソロモン諸島の植生地域における PALSAR および ASTER による岩相分類技術の開発
41	平成 20 年度	アルゼンチン共和国北部における ASTER と DEM を用いた資源探査への応用
42	平成 20 年度	PALSAR および ASTER データによる変質岩露頭の抽出技術の開発
43	平成 20 年度	チリ共和国コピアポ地域における ASTER および合成開口レーダのデータ融合による鉱床賦存有望地域抽出技術の開発
44	平成 20 年度	ASTER の高次利用による酸性貫入岩抽出技術の研究(ペルー共和国中部地域)
45	平成 20 年度	ウズベキスタン共和国における PALSAR と ASTER を用いた鉱床情報抽出技術の研究
46	平成 21 年度	ボリビア西部における衛星データを用いた資源探鉱への最新解析技術の適用研究
47	平成 21 年度	チリ共和国における PALSAR と ASTER GDEM を用いた探鉱有望地域抽出技術の開発
48	平成 21 年度	ウズベキスタン共和国における PALSAR データの地形補正手法を用いた鉱化関連情報抽出技術の研究



金属鉱物資源の有望地抽出の事例

B) 環境・防災等への利用技術の開発

その他、環境や防災をはじめ、リモートセンシング技術の活用が見込まれる様々な分野における利用技術を開発した。その開発した分野について以下に整理する。

1. 環境分野への利用技術開発

(1) バイオマス, (2) 環境モニタリング, (3) ヒートアイランド, (4) 都市緑化, (5) 砂漠化, (6) 森林, (7) 竹林, (8) 湖沼水質, (9) 河川管理, (10) 沿岸, (11) マングローブ, (12) サンゴ礁, (13) 海氷, (14) 氷河, (15) 不法投棄, (16) CO2 地下貯留

2. 災害監視・防災分野への利用技術開発

(17) 災害予測, (18) 地盤沈下, (19) 伝染病監視, (20) 洪水, (21) 土砂災害, (22) 火山,

3. その他資源分野への利用技術開発

(23) メタンガス, (24) 地熱, (25) 水資源, (26) 波浪

4. 基盤情報整備への利用技術開発

(27) 地質, (28) 土地被覆, (29) 国土情報, (30) データセット

5. その他の利用技術開発

(31) 教育, (32) 電波伝搬

6. 一般的な解析手法の開発

(33) 分類手法, (34) DEM 解析手法, (35) 処理手法, (36) 利用モデル

また開発した利用技術のうち、特に良い成果が得られた利用技術について以下に示す。

研究開発事例の一覧（環境・防災分野等）

	分野	対象センサ	研究名	研究内容
1	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。
2	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。
3	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。
4	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。
5	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。
6	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おけ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。
7	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。
8	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。
9	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。

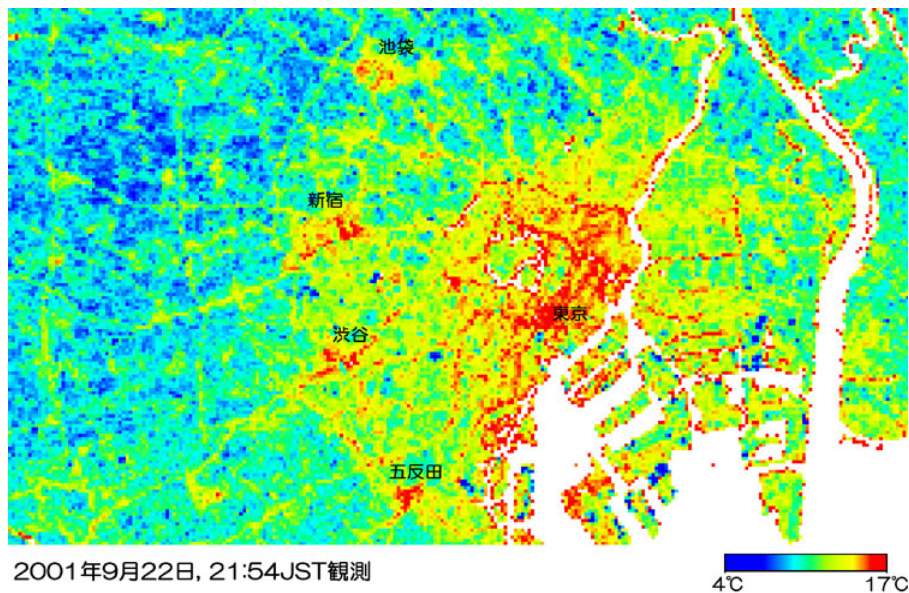
10	環境	ASTER	ASTER データを用いた森林の CO ₂ 吸収・固定量把握のための基礎パラメータに関する研究開発	衛星データを用いた森林計測のためのパラメータ算出手法の山地や丘陵地等の広域の森林計測への適応を行い、CO ₂ 吸収・固定量把握事業に応用可能な技術の開発を行う。
11	環境	ASTER	里山放置地域の竹林化の実態および特性把握に関する研究開発	里山の状況を把握・管理するために、ASTER データ (VNIR/SWIR/DEM) を用いた里山の竹林化の面的な分布状況、経年的な変化傾向、および竹林化の特性の把握手法を開発する。
12	環境	ASTER	ASTER データを用い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。
13	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。
14	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。
15	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。
16	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。
17	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。
18	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。
19	環境	ASTER, Hyper	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。

20	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。
21	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。
22	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。
23	環境	ASTER, Hyper	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。
24	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。
25	環境	ASTER	ASTER データを用いた北方林の CO ₂ 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 ₂ 吸収機能評価手法を開発する。
26	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。
27	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。
28	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。
29	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。
30	環境	PALSAR	差分干渉 SAR を用いた地盤沈下地域の高精度モニ	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 Di n SAR アルゴリズムの開発

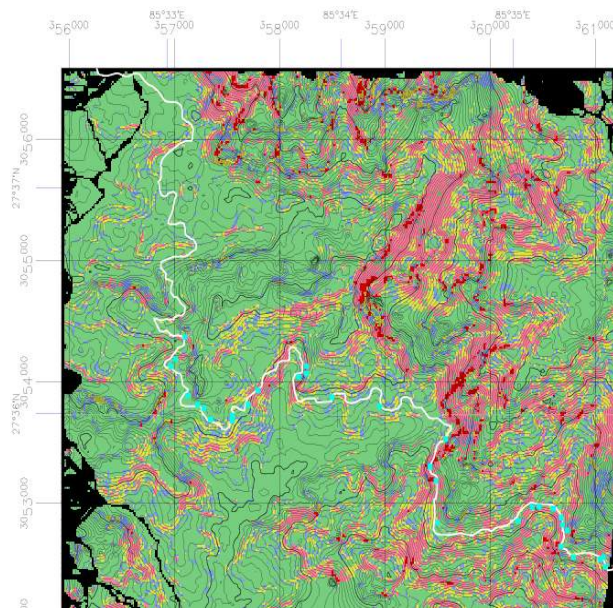
			タリング	を行う。
31	環境	ASTER	超苦鉄質岩を利用した大気 CO ₂ の地下貯留サイトの評価に関する研究開発	CO ₂ の超苦鉄質岩に伴う炭酸塩への吸着を念頭に置いた ASTER データを用いた適地抽出技術の開発を行う。
32	防災	PALSAR	差分干渉 SAR の高精度処理技術の開発	既存の SAR による差分干渉技術の問題点を洗い出し、それに伴って差分干渉アルゴリズムの開発を行い、最終的に高精度の地盤沈下モニタリングに適用する。
33	防災	ASTER	フィリピン(東南アジア島弧変動帯)におけるリモートセンシングによる資源・環境情報抽出技術の研究	東南アジア島弧変動帯の典型であ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。
34	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。
35	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。
36	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。
37	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。
38	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。
39	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。
40	防災	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。

41	防災	ASTER	ASTER による SO ₂ 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 ₂ 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。
42	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査に資することを目的とする。
43	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、ナンヨウアブラガリの栽培候補地の選定技術開発および評価を行う。
44	資源	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。
45	資源	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。
46	情報	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査に有用な地質情報抽出のための手法開発を行う。
47	情報	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。
48	情報	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。
49	手法	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。
50	手法	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。
51	手法	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。

52	手法	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。
53	手法	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。
54	手法	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。
55	手法	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、断裂系の三次元的な解析を行う手法を開発する。



ヒートアイランド解析結果



土砂災害危険度マップ解析結果

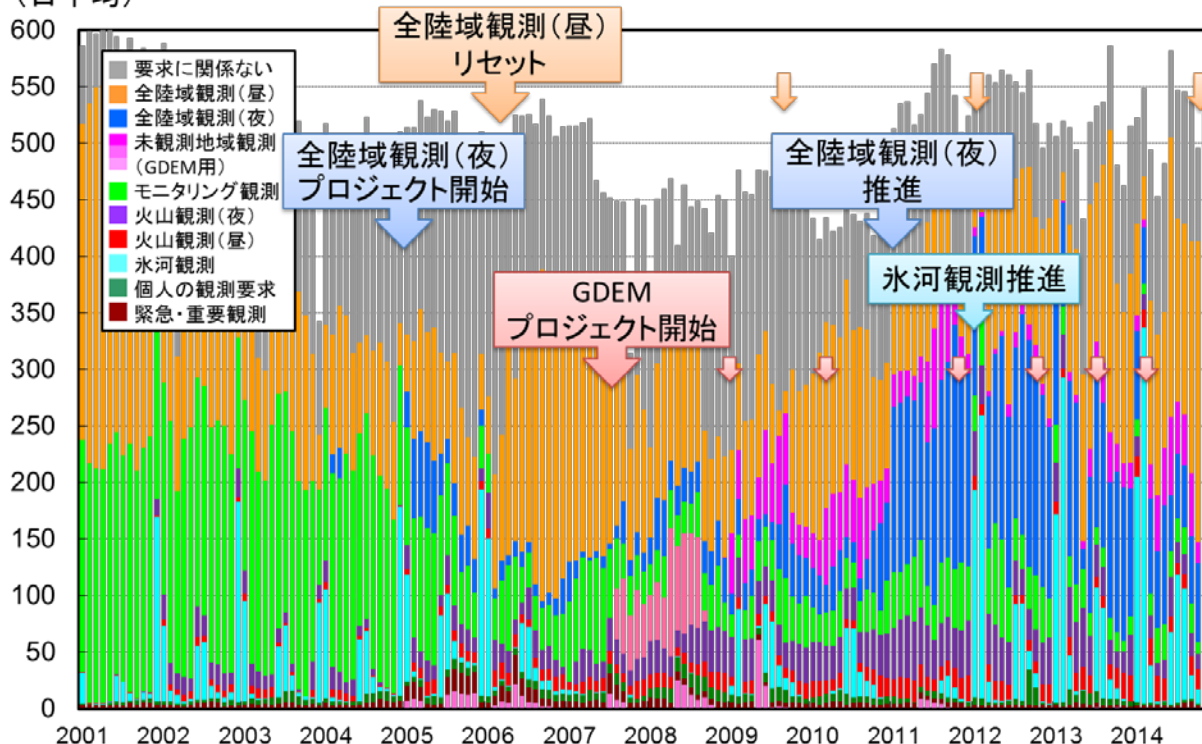
事業アウトプット② 品質の保証された衛星画像データを生産し、ユーザに提供する。

(②a) 観測計画の作成

- ✓ ユーザの各種要求を適切に優先度付けして、機器の観測制約を遵守しつつ、効率的な観測計画を作成し続けた。(下図参照)
- ✓ 毎日1日分の観測計画を滞りなく作成して、Terraを運用するNASAへ提出し続けた。(提出率99.99%を達成)

観測シーン数

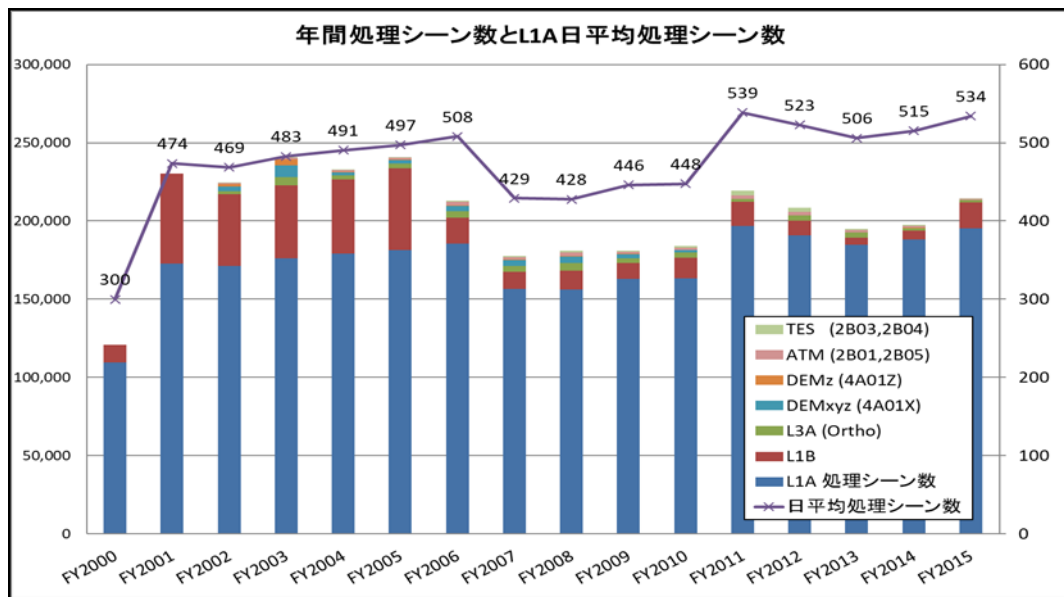
(日平均)



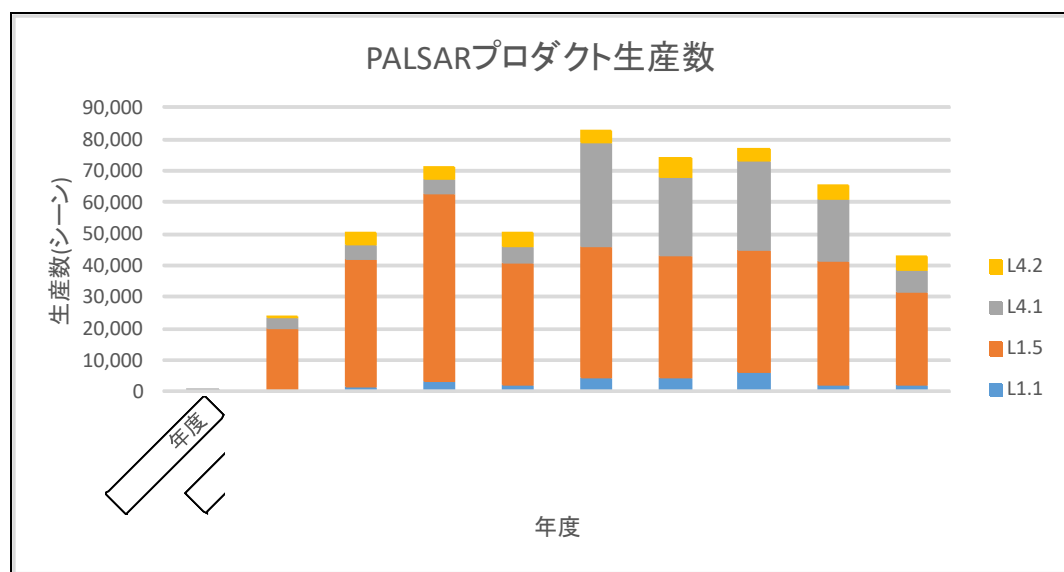
観測計画の作成結果

(②b) 衛星画像データの入手と処理と保存

観測計画に基づき、ASTER・PALSARの観測データの全量を、入手し、適切に処理し、保存した。平成29年度は、日平均534シーンのASTERデータを処理した。



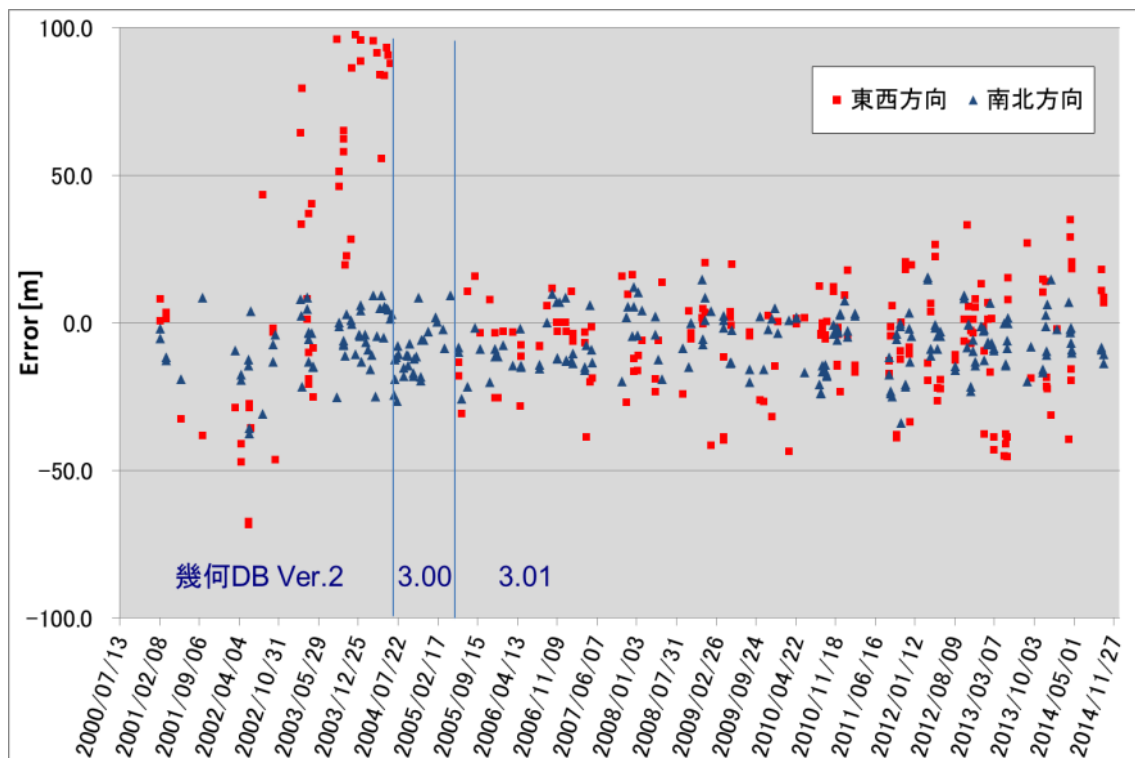
ASTER データ入手・処理・保存数
(平成29年度の処理数は、日平均で534シーン)



PALSAR データ入手・処理・保存数

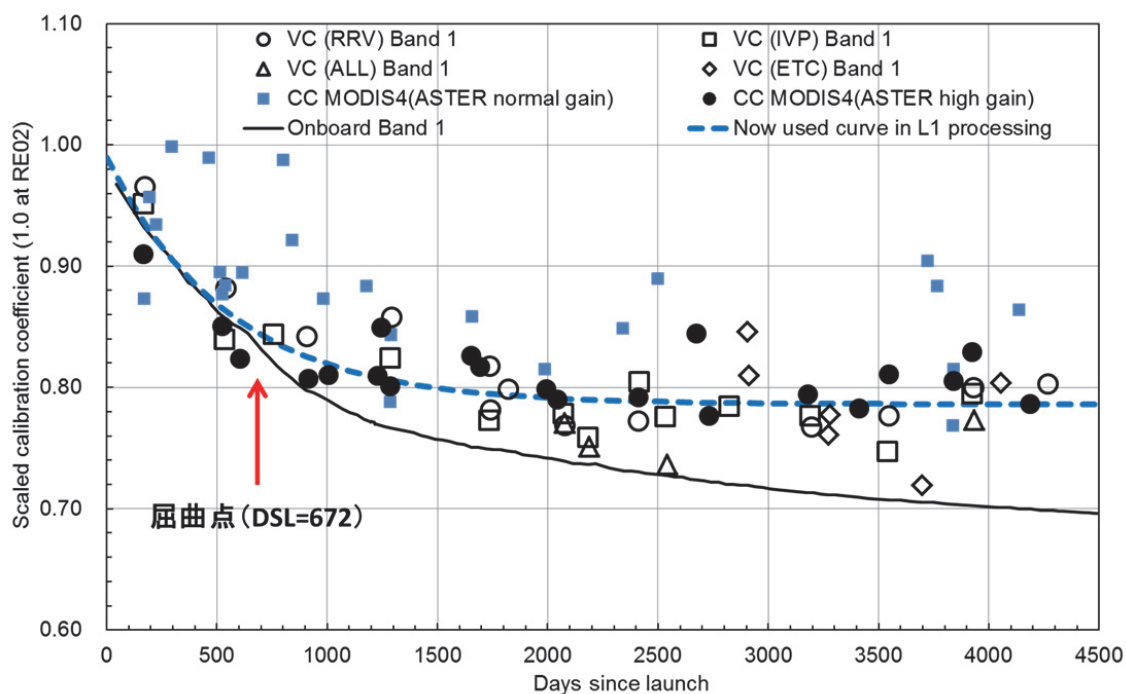
(2c) 衛星画像データの品質管理

ASTERの幾何精度においては、殆どのケースで30m以内の位置精度を維持している。

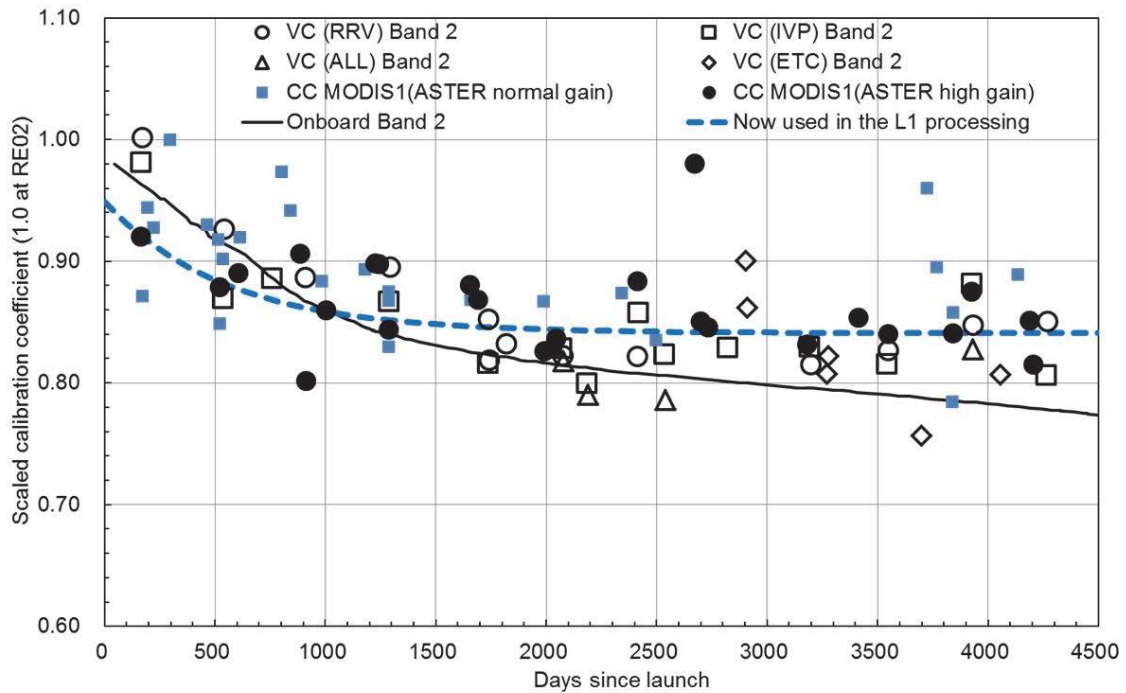


ASTER の位置精度検証結果

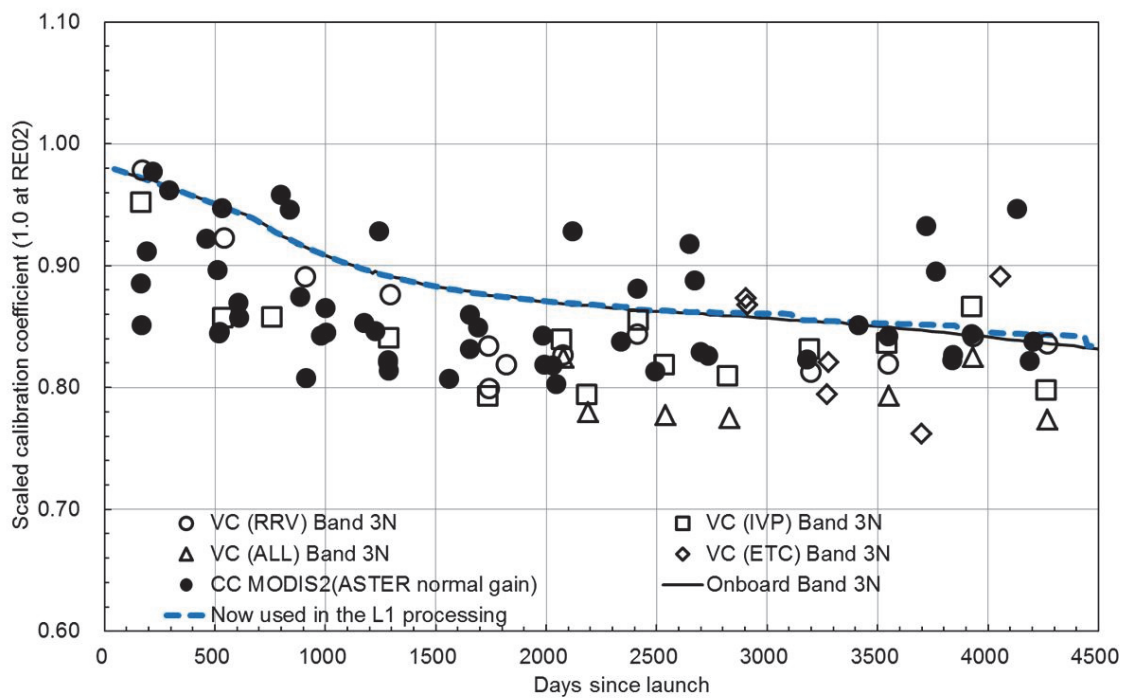
ASTER VNIR の放射量精度においては、可視近赤外において $\pm 2\%$ を維持していると考えられる。



(a) Band1



(b) Band2



(c) Band3N

ASTER VNIR の放射量感度経年劣化の解析

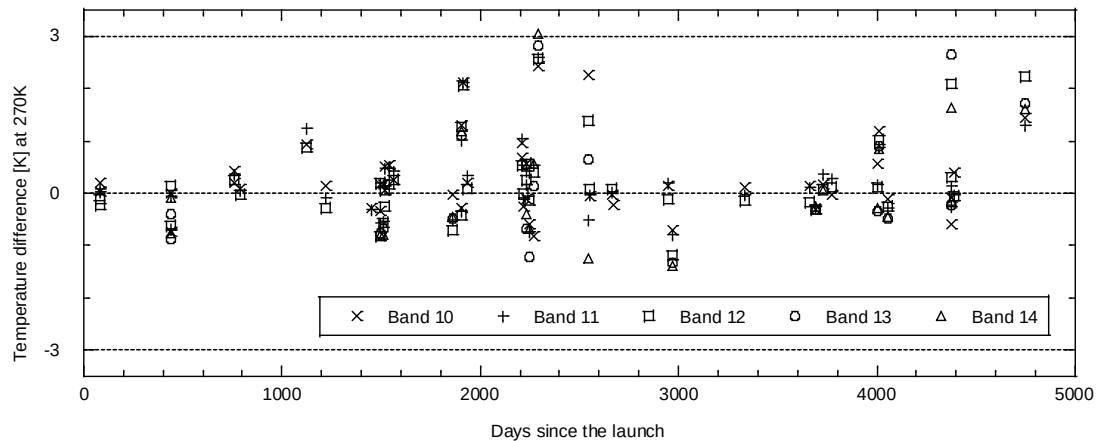
感度経年劣化分（青点線）を補正して品質を維持する。

黒実線：機上校正の結果

○□△◇：代替校正の結果

●：相互校正の結果

ASTER TIR の放射量精度においては、多くのケースにおいて、温度換算±1 度未満の精度となっている。



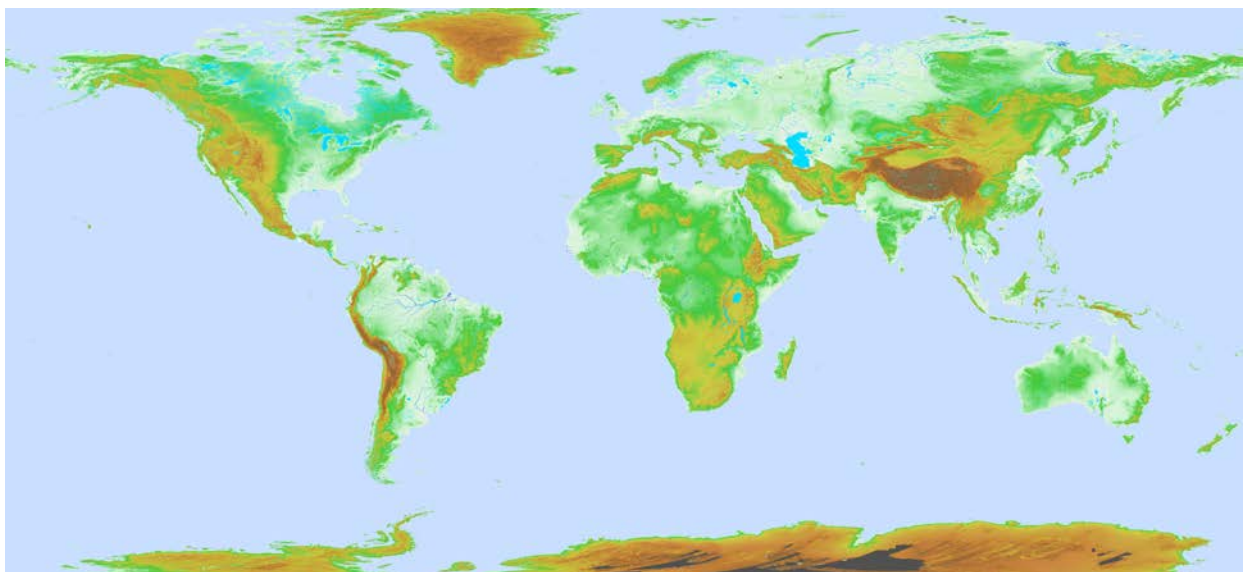
ASTER TIR の機上校正と代替校正の 270K での差の評価

(② d) 衛星画像データから処理した情報の整備

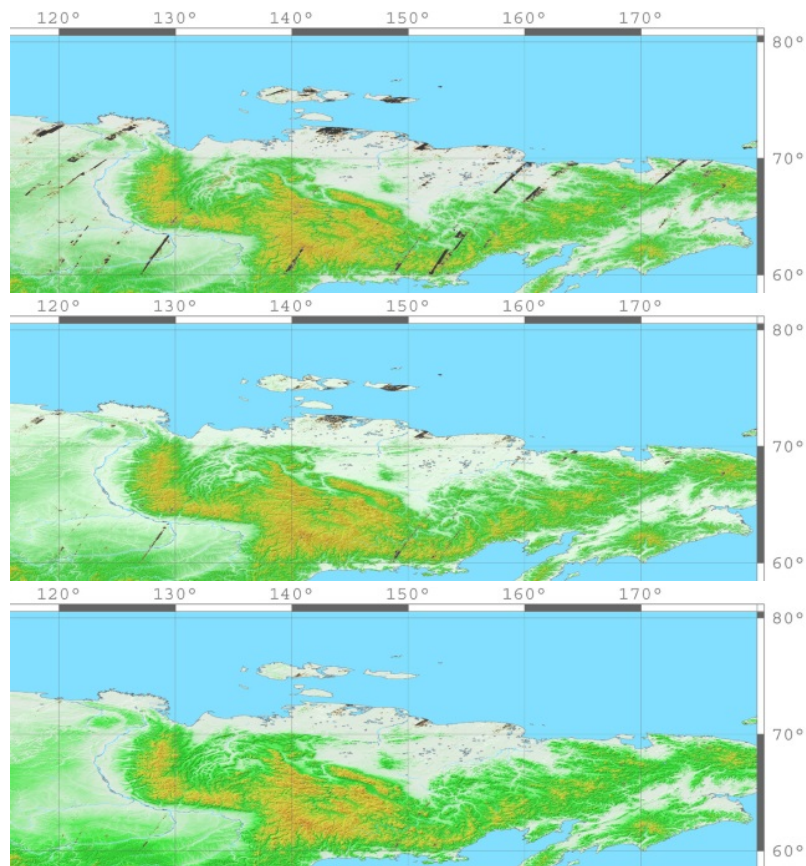
ASTER 全球三次元地形データ (ASTER GDEM) の整備

ASTER のステレオ画像データを処理することにより標高を算出するアルゴリズムを開発した。この処理を全球へ展開することにより唯一の全球を高分解能でカバーする ASTER 全球三次元地形データ (ASTER GDEM) を整備した。

ASTER GDEM は、2009 年 7 月にバージョン 1 を公開し、2011 年 10 月にバージョン 2、そして 2018 年にバージョン 3 を公開する予定である。バージョンアップに伴ってその品質を向上させている。



ASTER 全球三次元地形データ (ASTER GDEM)



上よりバージョン 1、2、3

バージョンアップとともにシベリア地域における DEM 欠損地域が低減する

オイルスリックデータベースの整備

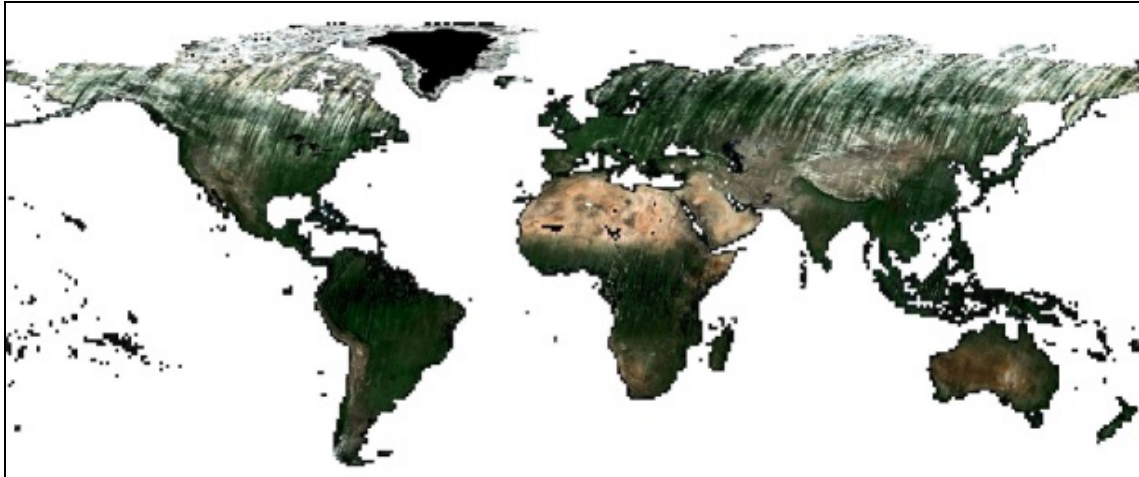
世界の海域のうち、石油資源有望地域の 23 沿岸域について、PALSAR データよりオイルスリック候補を抽出して、データベースとして整備した。



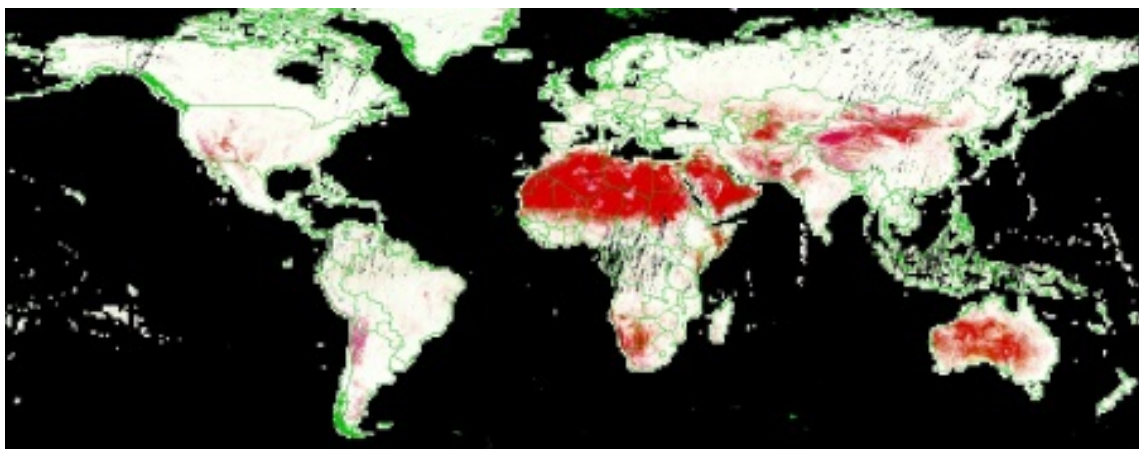
オイルスリックデータベースの整備地域

その他全球データの整備

ASTER VNIR から自然色画像を作成するアルゴリズムを開発し、全データに適用して全球放射率マップを作成した。また ASTER TIR から地表面放射率を作成するアルゴリズムを開発し、全データに適用して全球放射率マップを作成した。



全球自然色画像



全球放射率データ

（② e）衛星画像データのユーザへの提供

ASTER と PALSAR を合計約 30 万シーンユーザに提供した。また GDEM を約 1500 万件ユーザに提供した。

（2）事業アウトプット

事業アウトプット指標

アウトカムの達成に必要な以下の成果を達成することをアウトプットとする。

①衛星画像データの石油資源探査への利用技術を開発する。

②そのために必要な、品質の保証された衛星画像データを処理生産し、ユーザに提供する。 指標： ①開発した利用技術の開発件数 ②衛星画像データ画像の処理数（平成 27 年度の目標は日平均 500 シーン）・ユーザへの提供数		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時	計画：衛星画像データの生産システム、およびその利用技術の開発を開始する	実績：ASTER と PALSAR データの生産システム、およびその利用技術の開発を開始した。
中間評価時（衛星運用開始時）	計画：衛星画像データの生産システムの開発を完了し、システムの運用とデータの提供を開始する。	実績：ASTER と PALSAR データの生産システムの開発を完了し、システムの運用とデータの提供を開始した。
終了時評価時	計画：衛星画像データの処理生産（平成 27 年度の目標は日平均 500 シーン）と提供と品質管理を継続する。衛星画像データの利用技術の開発が全て完了する。	実績：ASTER と PALSAR の観測データの全量（平成 27 年度の実績は日平均 534 シーン）を適切に処理生産し、その内約 30 万シーンをユーザに提供した。利用技術を合計 57 件開発し、全ての石油資源探査への利用ケースを網羅した。

< 共通指標実績 >

論文数	論文の被引用度数	特許等件数（出願を含む）	特許権の実施件数	ライセンス供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ作成
449		2				

3. 当省(国)が実施することの必要性

本事業は以下の①～⑤の全てを満たすため、当省（国）において、当該事業を実施することが必要である。

①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合

⇒本研究開発は、世界最先端の衛星の長期間運用・そのデータ処理・利用技術開発と、技術的に高い難易度を有している。

②環境問題への先進的対応等、民間企業では市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合

⇒本研究開発は、知的基盤の整備を目的としているため、ミクロの市場原理が働かない。

③標準の策定、データベース整備等知的基盤の形成に資する研究開発の場合

⇒本研究開発は、全球を観測する衛星データとその利用技術という、重要な知的基盤の整備を目的としている。

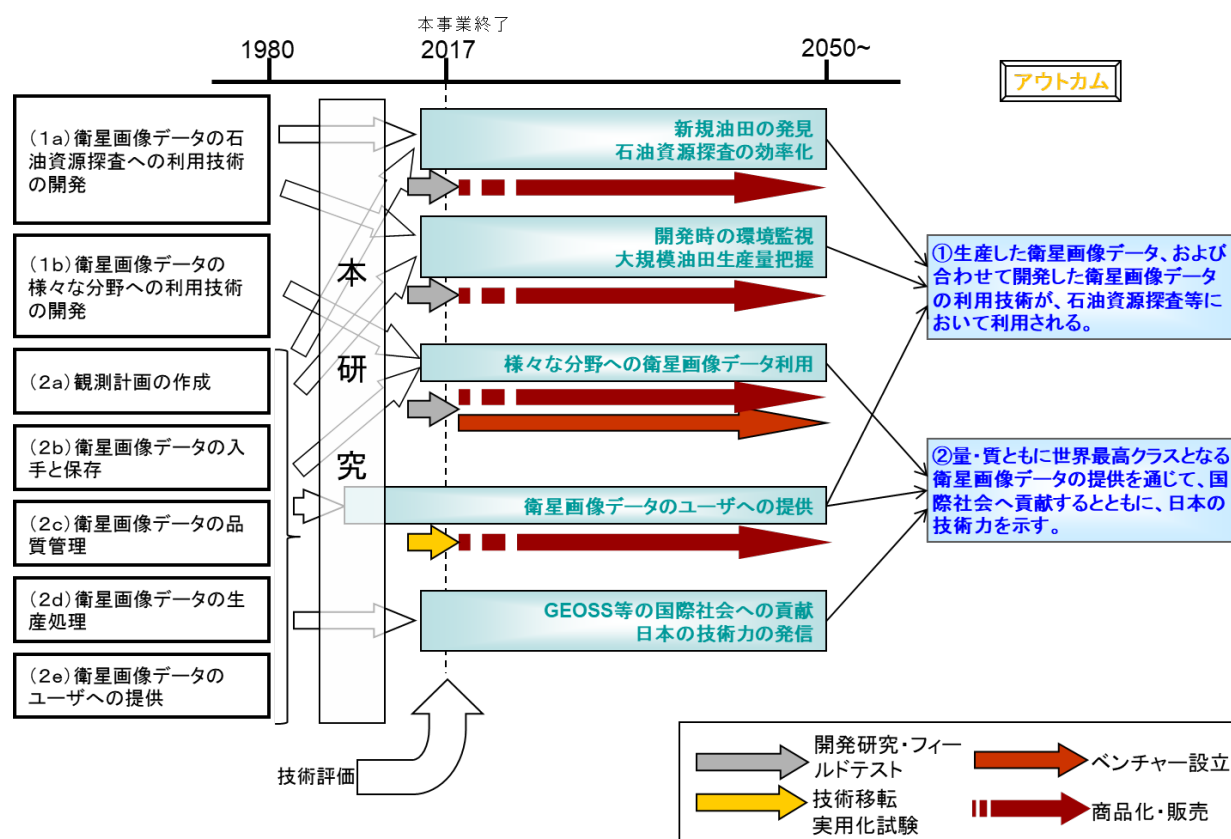
④国の関与により異分野連携、産学官連携等が進展し、研究開発活動に新たな付加価値が見込まれる場合

⇒本研究開発により提供される衛星データと利用技術は、幅広い分野において利用され、新たな価値を創造する。

⑤その他、科学技術的価値となる卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合

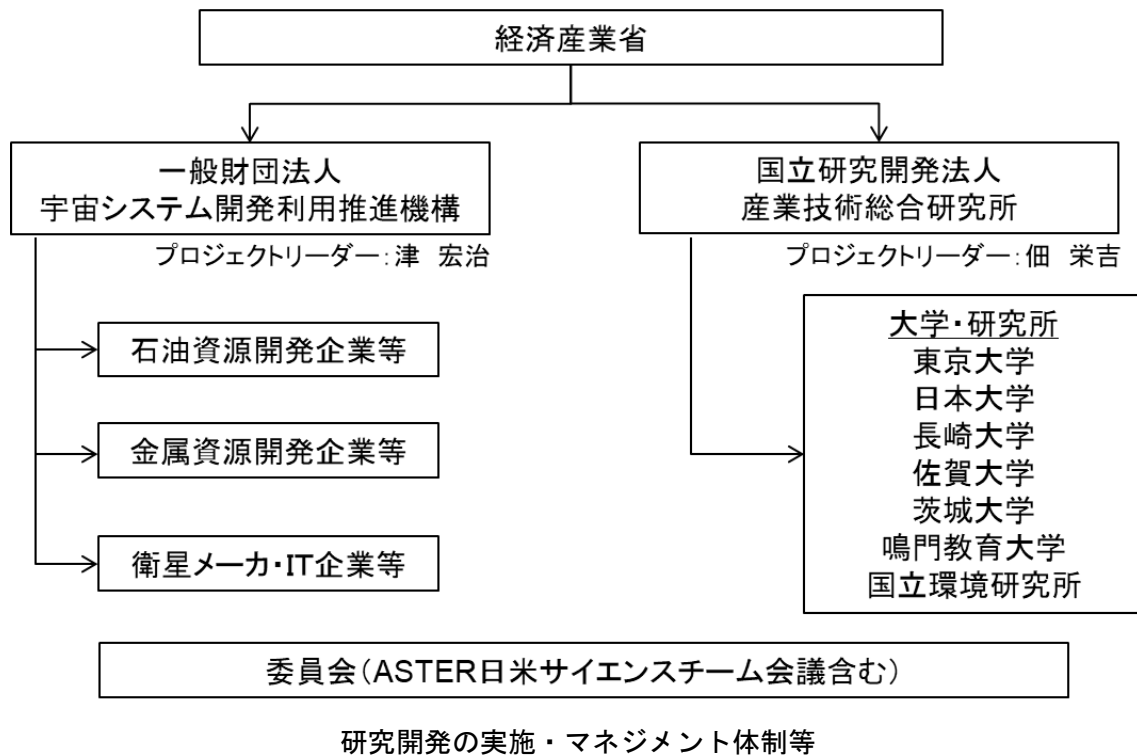
⇒本研究開発は、世界最先端の衛星データを提供するため、科学技術的価値として卓越性・先導性を有している。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等



6. 費用対効果

1. 石油資源の発見あるいは石油資源探査の効率化による効果

- ✓ 新規油田の発見・開発が実現した場合、数兆円～数十兆円の経済効果が期待される。

事業終了時において新規油田の発見は実現していない。(現時点の経済効果は0円)

- ✓ 衛星データの利用による費用削減効果は、一案件当たり数億円～数十億円となる。

事業終了時における利用案件数：16件 × 十億円 = **経済効果は160億円**

その後の利用案件数（推定） 年2件 × 十億円 = **経済効果は20億円／年**

2. その他の分野における利用による効果

- ✓ 金属鉱物資源

カセロネス銅鉱山「年400億円台の利益貢献を見込む」

- ✓ 環境

- ✓ 防災

3. 利用以外に本事業を通じて技術が得られたことによる効果

- ✓ 本事業を通じて得られた技術を他事業に展開（以下は一例）

- 大量データ処理システムの構築・運用する技術
- 衛星画像データから地形データを作成する技術

4. 学術的な成果による効果

ASTER・PALSARに関連した論文発表の掲載数は事業終了時点で300件超／年

参考：外部公開資料による経済効果の算定

ASTER と同型衛星センサである Landsat の経済効果分析によると、その経済効果は米国内で \$1.70billion、国際的に\$400million、合計\$2.19billion と評価されている。

利用分野	データ利用による節約効果
1. USDA Risk Management Agency	over \$100 million
2. U.S. Government Mapping	over \$100 million
3. Monitoring Consumptive Agricultural Water Use	\$20 - \$80 million
4. Monitoring Global Security	\$70 million
5. Landsat Support for Fire Management	\$28 - \$30 million
6. Forest Fragmentation Detection	over \$5 million
7. Forest Change Detection	over \$5 million
8. World Agriculture Supply and Demand Estimates	over \$3 - \$5 million
9. Vineyard Management and Water Conservation	\$3-5 million/year
10. Flood Mitigation Mapping	over \$4.5 million
11. National Agricultural Commodities Mapping	over \$4 million
12. Waterfowl Habitat Mapping and Monitoring	\$1.9 million/year
13. Coastal Change Analysis Program	\$1.5 million
14. Forest Health Monitoring	\$1.25 million
15. NGA Global Shoreline	over \$90 million (one time)
16. Wildfire Risk Assessment	\$25-50 million (one time)

引用資料：

National Geospatial Advisory Committee - Landsat Advisory Group1

The Value Proposition for Landsat Applications - 2014 Update

<https://www.fgdc.gov/ngac/meetings/december-2014/ngac-landsat-economic-value-paper-2014-update.pdf>