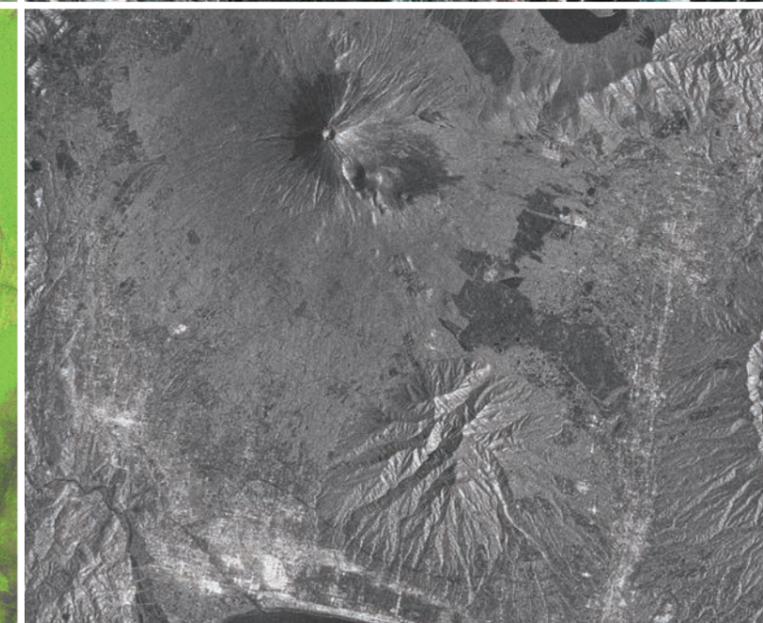
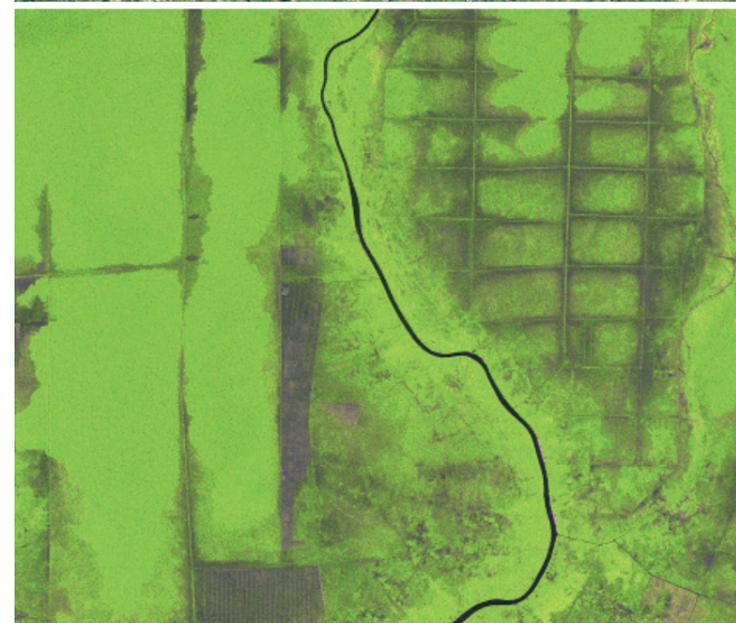
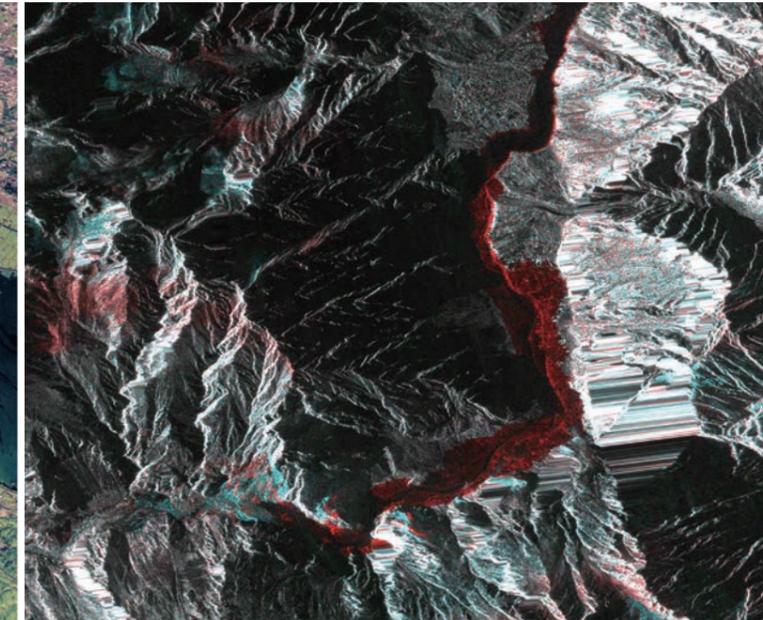


ALOS-2

だいち2号
SARデータの
利用提案

SOLUTION BOOK



□ 発行
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
第一衛星利用ミッション本部
衛星利用推進センター (SAPC) <http://www.sapc.jaxa.jp/>
地球観測研究センター (EORC) <http://www.eorc.jaxa.jp/>

□ ALOS-2利用に関するお問い合わせ
JAXA 第一衛星利用ミッション本部
衛星利用推進センター (東京事務所)
〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台4-6御茶ノ水ソラシティ
mail: SAPC-INFO@jaxa.jp

大地にも、 精密検査が必要だ。

宇宙からしか見えない、地球の変化がある。

日本が世界に誇るLバンド地表可視化レーダーが、

地殻変動や環境破壊で、

日々変わり続けるこの星の、

わずかな異常も見逃さない。

はじめに

陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2^{エイロス}: The Advanced Land Observing Satellite-2)は、『だいち』(ALOS)の後継機として、災害状況把握、農林漁業、海洋観測、資源探査等、多目的の利用が期待されている衛星です。

特に、ALOS-2に搭載されたLバンド合成開口レーダー(LバンドSAR^{サー})は、日本が世界に先駆けて技術を蓄積してきた分野であり、様々な分野における課題解決への貢献が期待されています。

本書は、産業・大学・行政等に携わる皆様に、ALOS-2によって期待されるソリューションを軸に衛星データの用法について紹介し、データを分析、加工するアプリケーションの新規開発や新しい衛星データの利用方法を発見して頂くことを目的に制作しました。

したがって本書では、ALOS-2の特徴をはじめ、SARデータの解析や最新の研究成果、実際の利用例をご紹介します。さらに、今後想定される利用法を「ソリューション提案」としてまとめました。

ALOS-2のデータは、ALOSが収集したデータのアーカイブとあわせて利用が可能です。また、他の衛星データや地上データ等との組み合わせによって新たな情報を発見できる可能性もあり、衛星データの可能性は無限大です。

本書を手にとって頂いた皆様に、ALOS-2の利用の可能性を感じて頂くことができましたら幸いです。

また、皆様の課題解決にむけ、衛星データの利用アイデアを着想されましたら、ぜひ巻末のJAXA連絡先までお気軽にご連絡ください。

Contents

はじめに

»» ALOS-2でできること

ALOS-2とPALSAR-2について知る(基礎編)

4

ALOS-2の概要
SAR画像と光学画像の違い
SARの画像の見方
LバンドSARの特徴

昼夜天候を問わず、情報を入手できる

6

ALOS-2の3つの特徴
観測モードにより分解能／観測幅が変わる
スポットライトモードでの撮影イメージ
高分解能モードでの撮影イメージ
広域観測モードでの撮影イメージ

»» ソリューション事例 災害

状況把握が災害復興を迅速にする

8

津波の被害状況を把握し、復旧計画を立案する
地盤変動から地震の被害を想定
土砂崩れや洪水の把握に利用
噴煙を突き抜け、火山を監視する
広い海域の火山活動も把握
国際協力を通じた世界の災害情報の提供
自治体の防災計画にも衛星画像が使える

»» ソリューション事例 土木

都市を地殻変動から守る

12

地盤沈下の傾向を捉える
長期的な地殻変動を捉え地震予知研究に貢献
道路や線路の保守点検・管理に利用
橋の管理に利用
巨大建造物の管理
水害からの復旧計画をたてる

ユーザーインタビュー 宇宙からインフラをモニタリングする

»» ソリューション事例 森林

40億haの監視こそ、人類の未来責任

18

森林を観測して、間伐事業に活かす

研究者インタビュー SAR研究30年。見えてきた未来。

»» ソリューション事例 海洋

広すぎる海だから宇宙から見る

20

北極海航路を観測し、運航ビジネスに活用する
海氷を監視し、船舶の安全運航を支援

海上風の観測から、風力発電所の立地場所を探す
安全安心な漁業や航行サービスを提供
海洋汚染の状況の把握と対策

»» ソリューション事例 エネルギー

眠るエネルギーを探し出せ

24

地下に眠る資源の兆候を探し当てる

ユーザーインタビュー リモートセンシングの専門家に聞く。ALOS-2の魅力とは

»» ソリューション事例 農業

未来の食料を支える

26

水稲作付面積を高精度に把握する

ユーザーインタビュー 宇宙から農業を把握したい

»» 画像解析プロダクトについて

画像解析について知る(上級編)

28

偏波とは？

PolSAR(ポラリメトリ成分分解)

PolInSAR(多偏波干渉SAR)

SBAS-InSAR(短基線長解析による干渉SAR)

PS-InSAR(永久散乱体を用いた干渉SAR)

D-InSAR(差分干渉SAR)

新しい解析手法とプロダクトについて

30

モノクロからカラーへ、甦る地面の表情

ALOSで蓄積したアーカイブ画像で、過去と現在を比較できる

PALSAR-2標準プロダクト処理レベル定義

プロダクト毎のデータサイズ一覧(GByte)

»» データを処理するためのソフトウェア

衛星画像を見たい! 使いたい!

32

JAXA Let's SAR

ASF MapReady

MultiSpec

MapTiler

NEST (Next ESA SAR Toolbox)

PolSAR-Pro

»» FAQ

34

»» ソリューション事例 デザイン・アート

こんなステキな商品に、実は衛星画像が使われている!

36

デザイン

SARデータを利用したアート

表紙画像

左上：SAR画像をカラー化した筑波宇宙センター周辺
(P.30参照)

左下：アマゾンの森林伐採地域の検出画像 (P.18参照)

右上：パキスタンのファンザ渓谷にできたダム湖 (P.9参照)

右下：ALOS/PALSARにて撮影した富士山 (P.4参照)

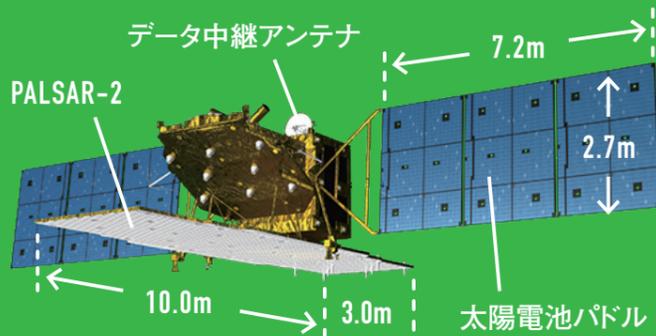
ALOS-2とPALSAR-2について知る(基礎編)

ALOS-2 の概要

『ALOS-2』は、『ALOS』の後継機として開発された地球観測衛星です。

ALOS が光学センサー2つと合成開口レーダー (SAR: Synthetic Aperture Radar) を持っていたのに対し、ALOS-2 は SAR のみに特化しています。ALOS-2 に搭載されている SAR は、今回新たに開発された高性能マイクロ波センサー「フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー (PALSAR-2)」です。

分解能や観測可能域が改良されたことで、より正確で迅速な情報提供が可能となりました。



| | |
|----------------|-----------------------|
| 設計寿命 | 5年 (目標7年) |
| 打上げ時期 | 2014年 (平成26年) |
| 打上げロケット | H-II A 24号機 |
| 射場 | 種子島宇宙センター |
| 軌道 (高度) | 628km (赤道上) |
| 周回時間 | 約100分 |
| 回帰日数 | 14日 |
| 衛星質量 | 2200kg 以下 (推奨含む) |
| 衛星サイズ (軌道上) | 約10.0m × 16.5m × 3.7m |
| ミッションデータ伝送 | 直接伝送およびデータ中継衛星経由 |
| PALSAR-2 (周波数) | Lバンド (1.2GHz 帯) |

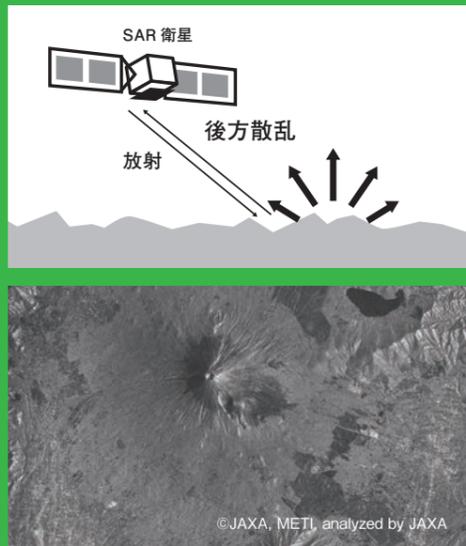
技術実証ミッションとして船舶自動識別装置 (AIS) 信号受信機 (SPAISE2)、小型赤外カメラ (GIRC) も搭載している。

SAR画像と光学画像の違い

地球観測衛星に搭載されている主なセンサー (観測装置) には、光学と SAR (Synthetic Aperture Radar、合成開口レーダー) の2種類があります。光学センサーは、人間の目に見える光 (可視光) で観測を行うのに対し、SAR は衛星に搭載しているレーダー

から電波を送受信して観測を行います。SAR の大きな特徴は、昼夜天候の影響を受けず観測できることです。このため、光学画像では雲に覆われている場所も、SAR 画像では雲を突き抜け地表の様子を捉えることができます。

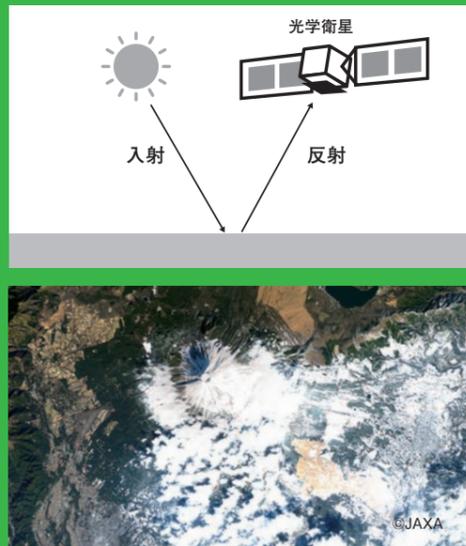
SAR



(左上) SAR 衛星概念図
(左下) SAR 画像
(右上) 光学衛星概念図
(右下) 光学画像

©JAXA, METI, analyzed by JAXA

光学

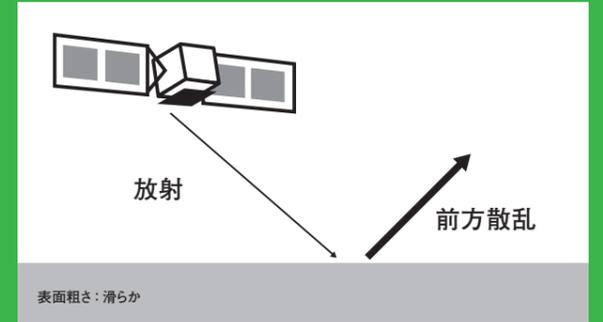
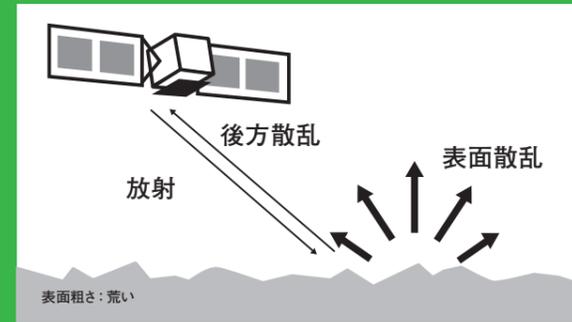


©JAXA

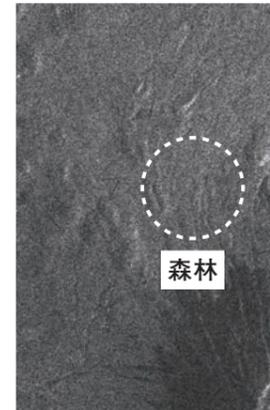
SAR の画像の見方

SAR は観測対象に対して電波を放射し、その反射波の強さで表面の状態を知ることができます。この反射成分を後方散乱と言います。後方散乱が強いほど SAR の画像上では明るく見えます。

図のように、粗い地表面に電波が照射された場合、表面で散乱が起きるため後方散乱が強くなり、画像上では明るく見えます。

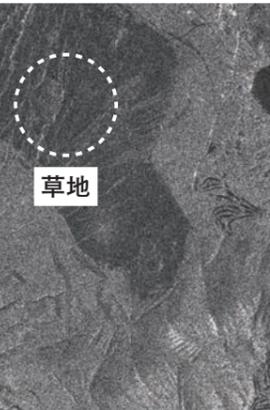


後方散乱 (大)



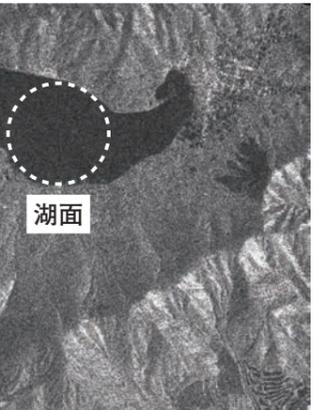
森林

後方散乱 (中)



草地

後方散乱 (小)



湖面

©JAXA, METI, analyzed by JAXA

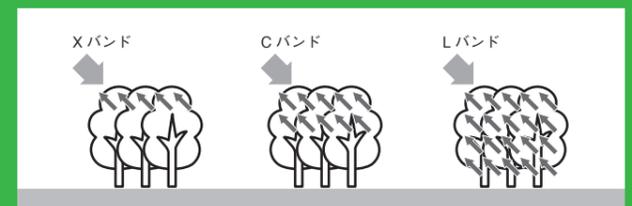
L バンド SAR の特徴

現在 SAR 衛星で観測に用いられる電波の波長は、大きく分けて X、C、L バンドの3種類があります。

波長が短い X バンドや C バンドの電波は、細かい構造を見るのに適しています。例えば、地表の僅かな凹凸を検知できたり、水面のさざ波や森林の枝葉などの細かい構造で反射する特徴があります。

一方で、波長の長い L バンドの電波は細かい構造を一部透過します。例えば、木の枝葉を透過しやすいため、地表面の形状を捉えることができます。

L バンド SAR は日本独自の技術です。日本のように植生や険しい地形が多い地域において、地表の観測をするには L バンドがとても有効です。



波長の長さは、バンドによって決まっている。X バンドでは約 3cm、C バンドでは約 5cm、L バンドでは約 24cm となっている。

昼夜天候を問わず、情報を入手できる

ALOS-2 の3つの特徴

地球上の広範囲な地域を撮影できる

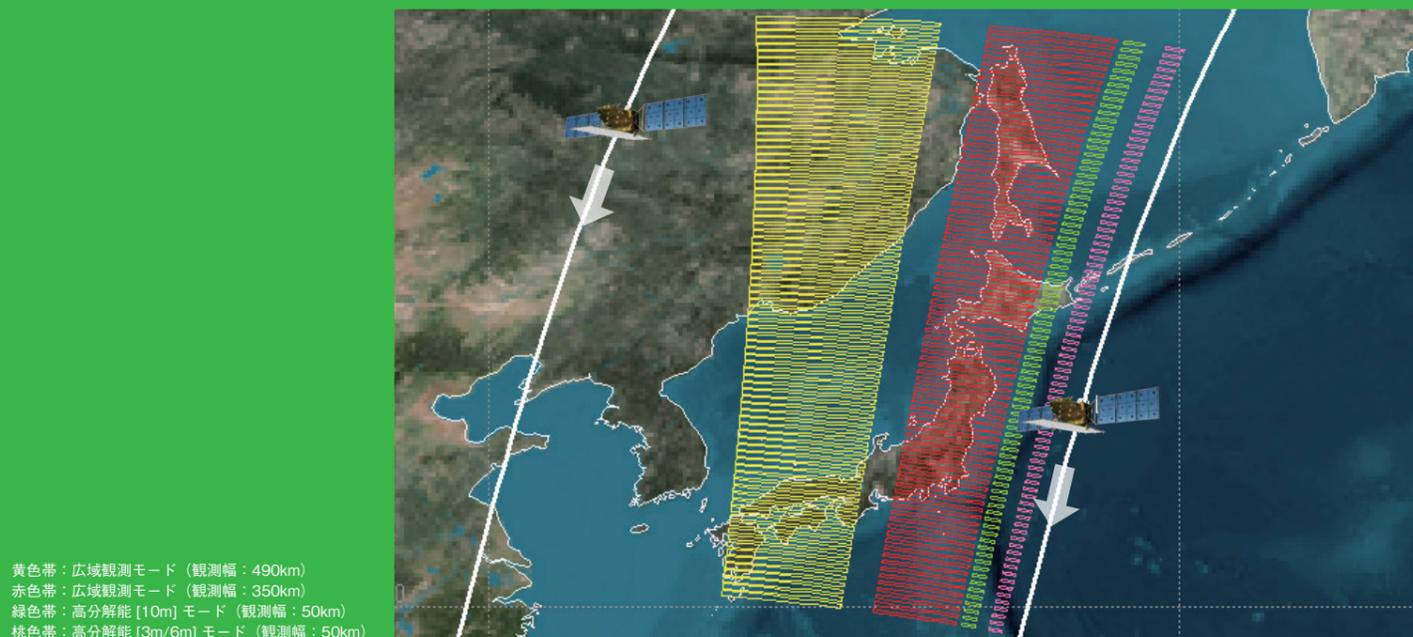
PALSAR-2のアンテナ面は衛星直下であり、観測時に衛星の姿勢を左右に傾けることで衛星の左右どちらの側も観測できるため、観測可能領域がALOSの約3倍である2,320kmになります。「広域モード」では、ALOS/PALSARの350kmより広い490kmの観測幅を実現できました。地球を一周する約100分の間に48分の観測時間が取れるのもALOS-2の強みです。

昼夜天候を問わず、詳細な観測ができる

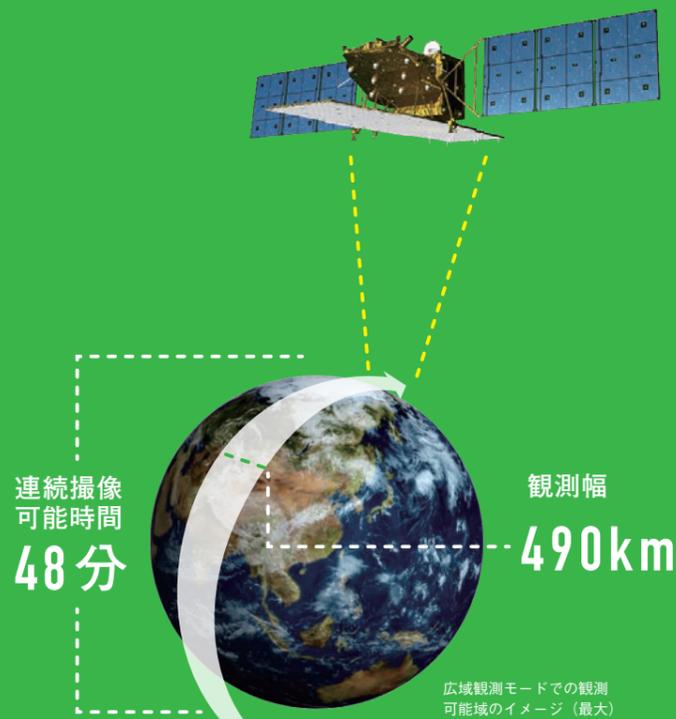
SAR（合成開口レーダー）は、昼夜や天候によらず、地表面の観測ができることが最大の特徴です。また、PALSAR-2は、「スポットライトモード」で1m×3mの分解能を有しており、ALOSに比べてより高解像度な観測ができます。また、分解能1m×3mでも観測幅25km、分解能3mでも50kmといった、高分解能でありながらも十分な観測幅が確保されていることも特徴の1つです。

災害時の迅速な観測に対応できる

災害発生時には、迅速な対応が求められます。ALOS-2では、衛星が左右両側を撮影できること、回帰日数が大幅に短くなったこと（観測すべき場所にすぐに行ける）、データ伝送能力を強化したことにより、迅速な観測が可能になりました。国内で災害が起きて緊急観測の要求があった場合、最短で2時間、最長でも12時間以内に被災地の画像が得られます。



黄色帯：広域観測モード（観測幅：490km）
赤色帯：広域観測モード（観測幅：350km）
緑色帯：高分解能 [10m] モード（観測幅：50km）
桃色帯：高分解能 [3m/6m] モード（観測幅：50km）



連続撮像
可能時間
48分

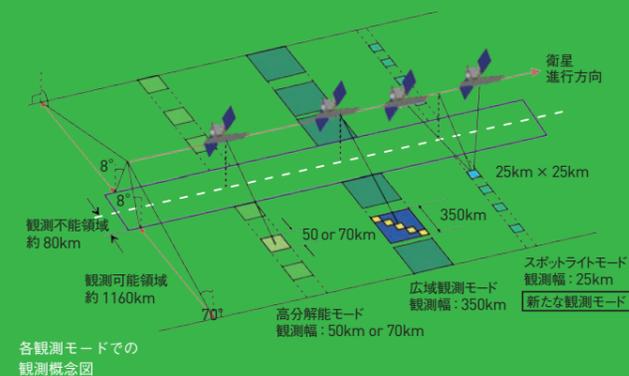
観測幅
490km

広域観測モードでの観測
可能域のイメージ（最大）

観測モードにより分解能／観測幅が変わる

ALOS-2では、大きく3パターンの観測モードが選べます。

最も詳細な観測を実現する分解能1m×3mの「スポットライトモード」（観測幅25km）のほか、分解能3～10mの「高分解能モード」（観測幅50～70km）、広範囲を一度に観測できる「広域観測モード」（分解能60～100m、観測幅350～490km）を備えています。これらの中から目的に応じて適切な観測モードを選択することで、最適な観測を行います。



各観測モードでの
観測概念図

スポットライトモードでの撮影イメージ

ALOSになかった機能として、「スポットライトモード」を追加したことで、1m×3mの高分解能で高画質の画像を得ることができるようになりました。スポットライトモードでは、衛星が飛びながら進行方向に沿って観測域を注視することで、見たい場所を長時間観測し続けることが可能です。その結果、より詳細な地表の様子を捉えられるようになりました。

高分解能モードでの撮影イメージ

デュアルビーム方式をPALSAR-2に採用したことで、「高分解能モード」では高分解能かつ広い観測幅を保つことが可能になりました。3m～10mの分解能を実現しつつ、50km～70kmにわたる広い観測幅を確保できるようになりました。

広域観測モードでの撮影イメージ

ALOS-2は、最大490kmの観測幅で撮影が可能です。他の地球観測衛星と比較しても極めて広範囲な撮影が可能となっています。

また、連続観測時間は最大48分と、地球のおよそ半周もの距離を一度に観測することができます。機器の向上により、格段に連続観測時間の長時間化および撮像範囲の拡大が実現できました。

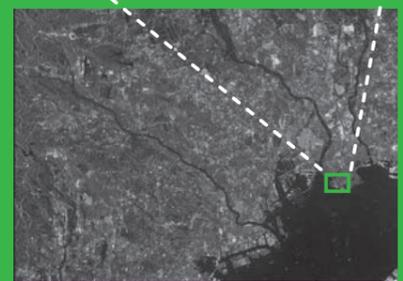
| 観測モード | 分解能 | 観測幅 |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| スポットライト (Spotlight) | 1m (Az) × 3m (Rg) | 25km (Az) × 25km (Rg) |
| 高分解能 (Strip) | 3m | 50km |
| | 6m | 50km |
| 広域観測 (ScanSAR) | 10m | 70km |
| | 100m | 350km |
| | 60m | 490km |

※ Az × Rg は、衛星進行方向（アジマス方向）の分解能が Az であり、電波照射方向（レンジ方向）の分解能が Rg であることを意味します。



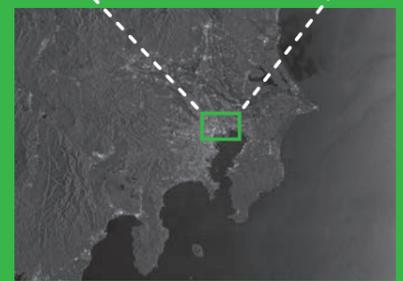
スポットライトモード
での撮影イメージ
(舞浜駅周辺)

©Pi-SAR-L2/JAXA



高分解能モードでの
撮影イメージ
(東京・千葉エリア)

©PALSAR/JAXA, METI



広域観測モードでの
撮影イメージ
(関東)

©PALSAR/JAXA, METI

SOLUTION >>> 災害

状況把握が災害復興を迅速にする

全体を俯瞰した観測が可能な地球観測衛星は、広い地域で発生した災害の状況を迅速に把握するために真価を発揮します。雨天時や夜間にも観測できる ALOS-2 は、災害発生時の状況把握の手段として利用できます。

>>> 津波の被害状況を把握し、復旧計画を立案する

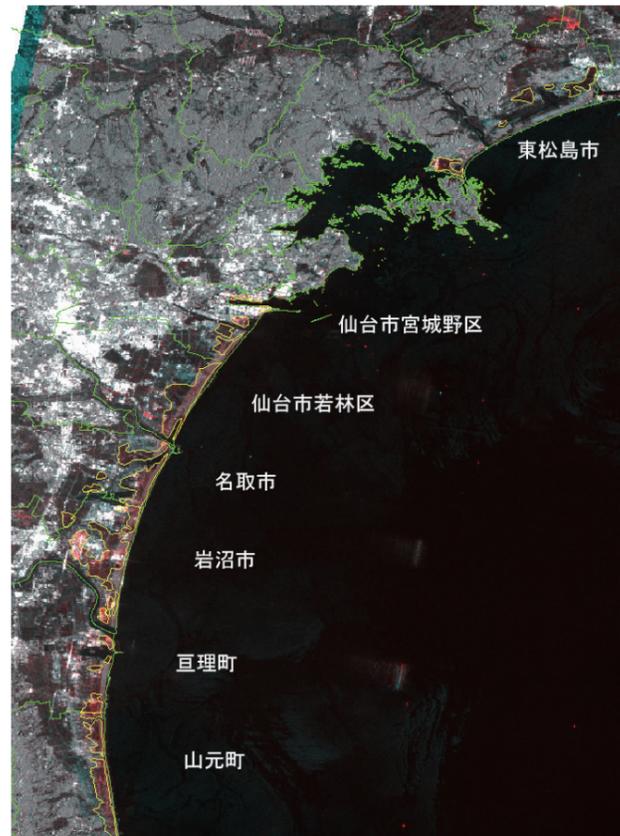
SAR のデータでは、津波による被害地域を特定することができます。水面や湿地では、電波の反射強度が低くなるため画像上では暗くなる一方、陸地では明るく見えます。この特性を利用して、津波や洪水の浸水域を抽出することができます。

災害発生時の緊急観測によって得られた画像は、まずは救助や孤立地域の判別などの緊急対応に利用されます。特に、広域災害の場合には、PALSAR-2 の広域観測モード (ScanSAR) を利用することも可能です。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、ALOS の PALSAR による緊急観測が行われました。津波による広範囲の浸

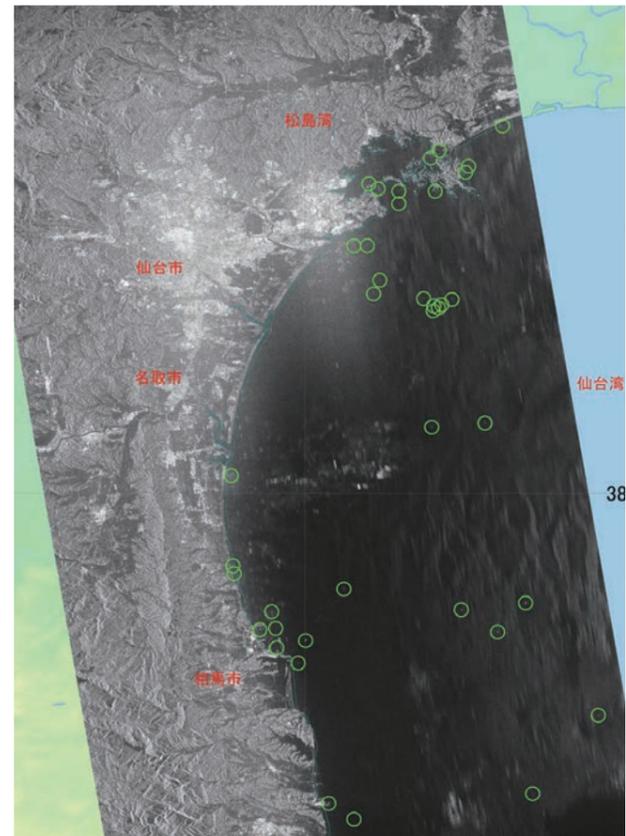
水域の情報は、官邸をはじめ防災行政機関や報道機関へ提供されました。この観測データはその後も引き続き、浸水域の復旧計画の立案に利用されました。また、海面を浮遊している瓦礫などの漂流物は画像上で明るく写るため、海面と区別できます。そのため、漂流物の総量の推定にも役立てられました。

ALOS-2 では、災害発生状況を観測後、配信まで最短で 1 時間での対応が可能になります。ヘリや航空機が飛行できない夜間や広域エリアの状況把握に力を発揮します。人命救助においては、発災後の 72 時間を経過すると生存率が大幅に低下するといわれており、初動対応における貴重な資料となり得ます。



浸水域の抽出 (黄色ポリゴン内が浸水域)
2011 年 3 月から 4 月にかけての観測画像を解析

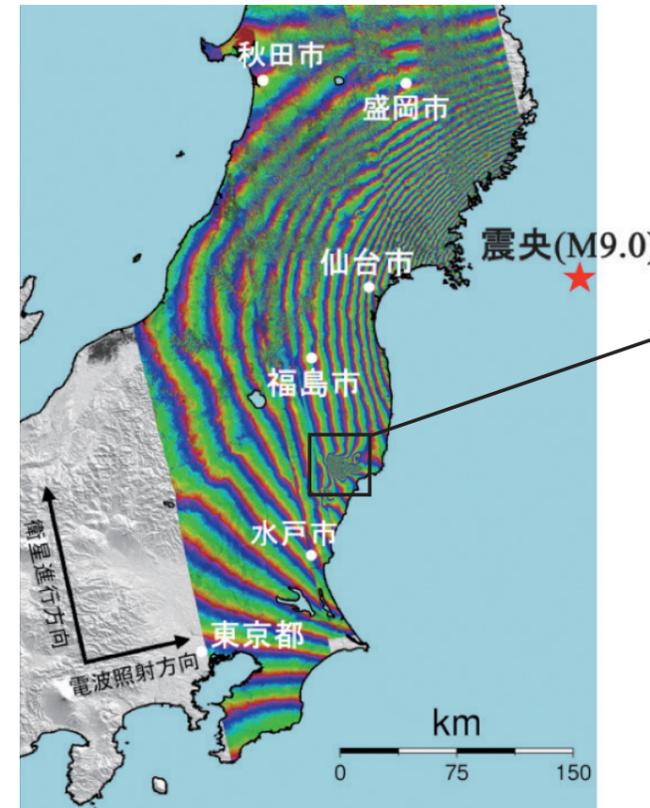
©JAXA, METI



海上漂流物の抽出 (緑色の表示内に海上流出物)
2011 年 3 月 13 日から 26 日までの観測画像を解析

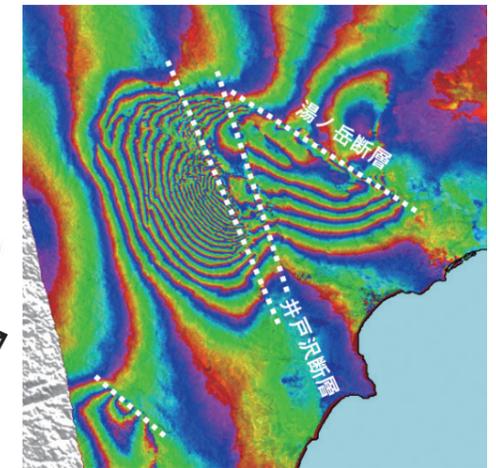
©JAXA, METI

>>> 地盤変動から地震の被害を想定



地面が衛星に近づく (隆起もしくは西向き) 地面が衛星から遠ざかる (沈降もしくは東向き)
-11.8cm 0 +11.8cm
(縮む) 衛星-地面間の距離変化 (伸びる)
©JAXA, METI analyzed by JAXA

東日本大震災での地盤変動 (2011 年)



©JAXA, METI analyzed by JAXA

東日本大震災で生じた地殻の変動は、ALOS の PALSAR によってはっきりと観測されました。図は、同じ場所で撮った日時の異なる 2 つのデータを比較して、地表の標高情報を得る「インターフェロメトリ (干渉法)」という手法によって得られた図です。虹色の縞が地表の変動の大きさやパターンを表します。等高線と同様に、縞の密度が高い所ほど変動が大きいことを示します。国土地理院が地殻変動を観測している電子基準点 (GPS 基準点) のデータでは「点」でしか変動を測定できませんが、この方法であれば「面」の変動を捉えることができます。

また、ALOS-2 では世界中どこで地震が起きても 3 日以内にデータが得られます。地震発生から早い段階で地殻変動の様子が把握できれば、被害規模を想定し復旧計画の立案などに利用できます。

©JAXA, METI analyzed by JAXA

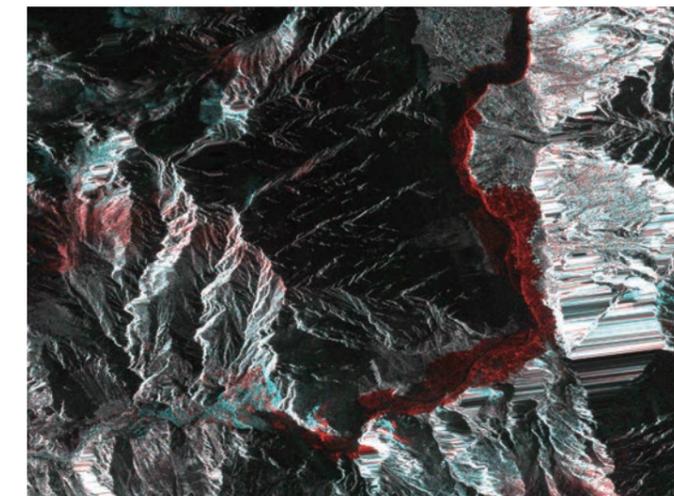
>>> 土砂崩れや洪水の把握に利用

土砂崩れや洪水の被害状況は、地表面の状態の変化を見ることによって分かります。

写真は、2010 年 1 月にパキスタンのフンザ渓谷で大規模な土砂崩れが発生し、川を堰止め自然のダム湖となった様子を ALOS の PALSAR が捉えたものです。

災害前の画像を「赤色」に、災害後の画像を「緑色と青色」に割り当てています。赤色は水没した箇所、青色が土砂崩れの発生箇所であると判読できます。

画像は現地政府へ提供され、避難指示などの判断に用いられました。このような画像解析により、実態を早急に把握することが可能となり、土砂災害への対策に利用されます。

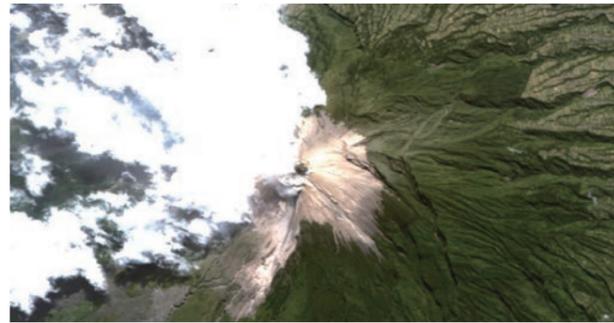
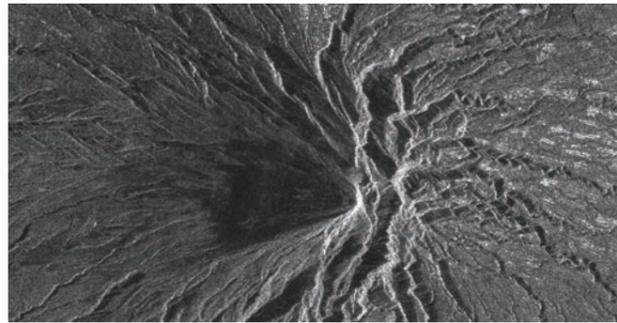


パキスタンのフンザ渓谷にできたダム湖
災害前: 2006 年 5 月 17 日撮影、災害後: 2010 年 5 月 29 日撮影

噴煙を突き抜け、火山を監視する

下の図はインドネシア ムラビ火山での噴火の様子です。インドネシア火山災害軽減局の情報によると、火山の火口が割れて、噴煙が火口から約 100m まで上がっているということでしたが、ALOS の AVNIR-2 による観測（右図）で噴煙が明瞭に見え、火口から山肌

に火山灰が広がる様子が見えます。PALSAR による観測（左図）でも、火口付近と火口からふもとに放射状に広がる起伏のある地形が、レーダーの反射波として明瞭に捉えられています。火口の西側（画像の左側）には、反射の弱い（暗い）地域が広がっており、地表面特性が異なっていることを示していると考えられます。



インドネシア ムラビ火山の噴火 2006年4月26日撮影 (左) SAR 画像 ©PALSAR/JAXA, METI (右) 光学画像 ©AVNIR-2/JAXA

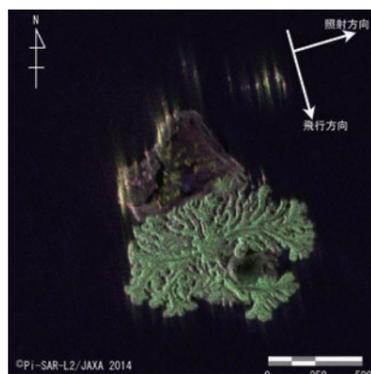
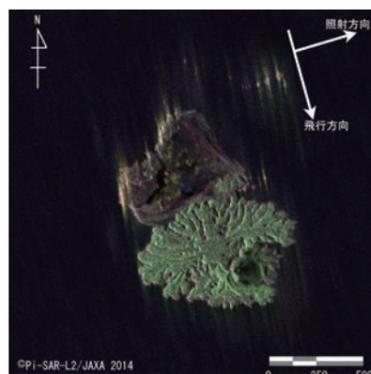
広い海域の火山活動も把握

2013年11月20日16時頃、東京・小笠原諸島の西之島の近海において、新島が出現しました。以後、活発な噴火活動に伴って新島は成長を続け、2013年12月26日には西之島と新島が一体化しました。

左図、中央図はそれぞれ2014年1月15日と2月4日にPi-SAR-L2で観測された西之島付近の2km四方の拡大画像です。それぞれHH偏波を赤、HV偏波を緑、VV偏波を青色に割り当ててカラー合成し

ています。2つの図より、1ヶ月弱で島の面積が拡大していることがわかります。また、右図は同時に取得した高度400m～500mからの空撮画像で、噴煙が2ヶ所から上がっていることが確認されます。

このように、SAR 画像では噴煙を透過するだけでなく、光学画像のように観測対象全体の様子も捉えることができます。



東京都西之島の噴火 (左) 航空機搭載 SAR より 2014年1月15日撮影 ©Pi-SAR-L2/JAXA (中央) 航空機搭載 SAR より 2014年2月4日撮影 ©Pi-SAR-L2/JAXA (右) 光学カメラより 2014年2月4日撮影 ©JAXA

※ Pi-SAR-L2 (Polarimetric Interferometric Synthetic Aperture Radar L-band 2) ……JAXA の航空機搭載型のレーダー。ALOS-2 で取得する画像と同程度の分解能で撮像することができる。 <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/Pi-SAR-L2/>

SOLUTION PROPOSAL

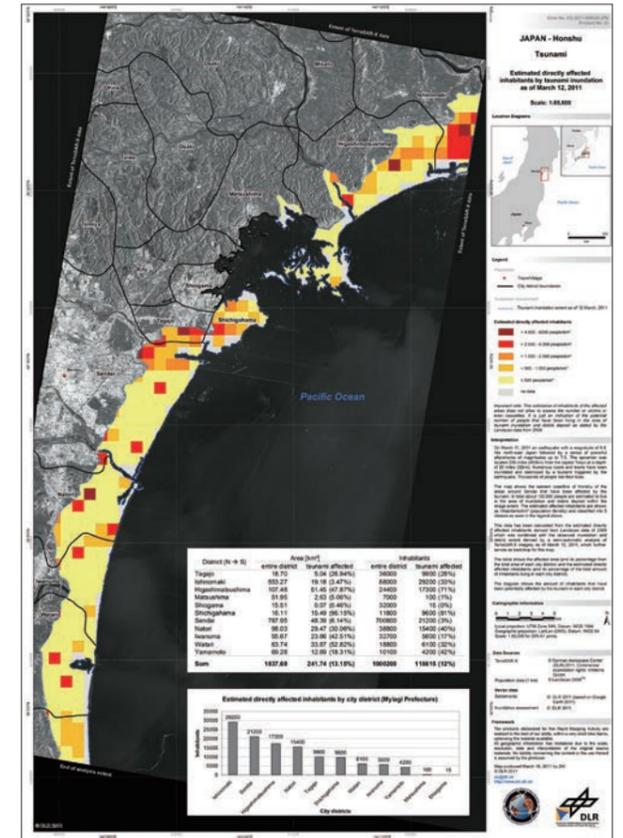
- 「減災」への活用
災害発生時、現状を素早く宇宙からの目で俯瞰し災害の影響を低減させる活動に利用する。
- 「災害ハザードマップ」の作成・配布
平時には自治体等の防災計画立案に活用する。

国際協力を通じた世界の災害情報の提供

災害発生時には、できるだけ迅速に被災地の観測画像を得ることが重要になります。しかし自国の観測衛星が必ずしも必要なタイミングで上空を飛んでいるとは限りません。そこで、災害時に各国が互いに協力して衛星からの観測データを提供しあう国際協力の枠組みがあります。その最大のが「国際災害チャーター」です。地震や洪水、台風などによる緊急を要する大規模災害は世界で毎年300前後発生していますが、そのうち例えば2012年には40の事例で国際災害チャーターが活動しています。欧米、中国、韓国、ロシアなど20を超える国や機関が参加しており、日本もALOSの打ち上げ後から参加しています。

また、このアジア版とも言えるのが「センチネルアジア」です。これは日本が主導して、インド、タイ、台湾といった国々が参加しています。さらに、イタリア、ドイツ、カナダとは災害時のデータ交換などで個別に協力しあう協定を結んでいます。2011年にALOSが運用を停止して以来、日本からデータを提供することはできなくなっていますが、ALOS-2の打ち上げ後は再び日本の活躍が期待されています。

国際災害チャーターを通じて DLR (ドイツ航空宇宙センター) より提供された東日本大震災における津波の被害地域図。画像は、光学画像 (Rapid-Eye) と SAR 画像 (TerraSAR-X) を重ね合わせたもの。



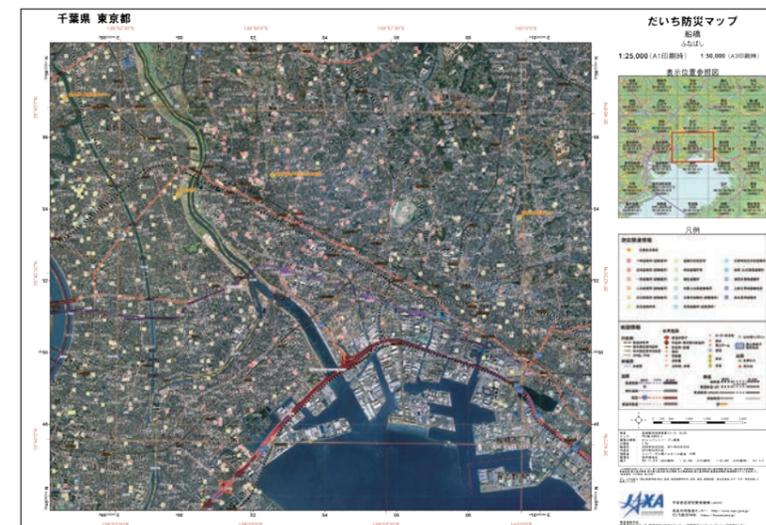
自治体の防災計画にも衛星画像が使える

地震・津波、火山噴火、土砂崩れ、洪水などの偶発的な災害の発生可能性について想定し、避難計画などを事前に策定しておけば、実際に発生してしまった際においても、対応がスムーズになるだけでなく、救える命が一人でも増えるかもしれません。

JAXA はこれまでも、「だいち防災マップ」を防災関係省庁や地方自治体に提供してきました。これは、ALOSで蓄積した詳細な光学

画像データに、道路の情報などを重ね合わせた地形図です。今後は、ALOS2で得られる災害速報データと併せて活用することで、これまで以上に国や地方自治体等の防災計画へ貢献することが期待されます。

このように、災害の予防や対策において、衛星データはとても大きな可能性を秘めています。



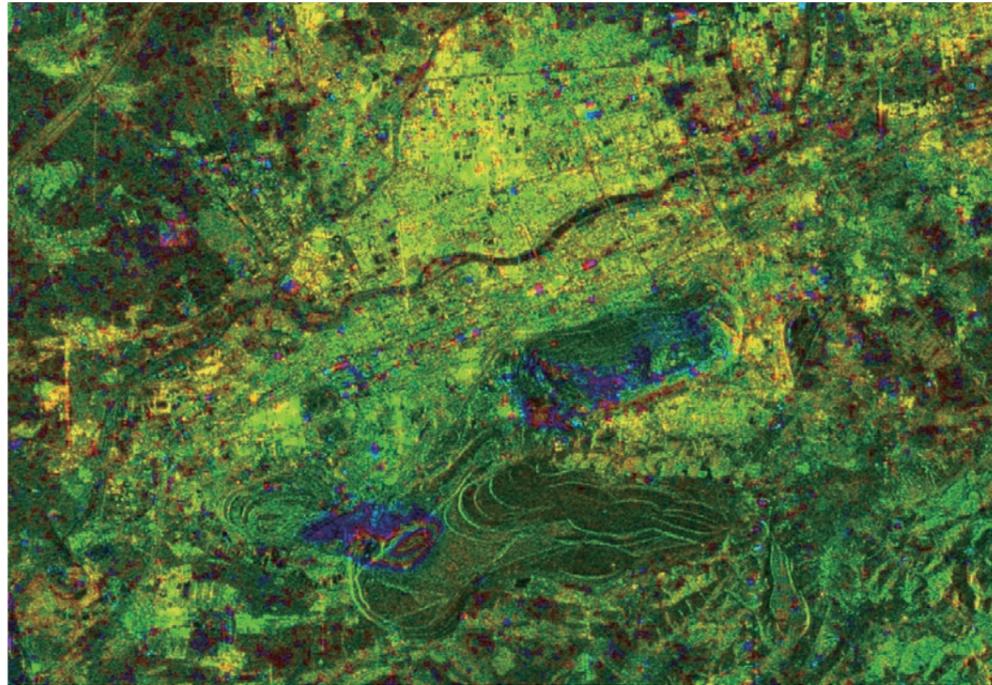
だいち防災マップ

SOLUTION >>> 土木

都市を地殻変動から守る

ALOS-2 では、数センチの精度で地表の動きを捉えることが可能です。
目に見えない大地の動きを捉え、地盤沈下の対策やインフラ保全のための基礎資料として利用できます。

>>> 地盤沈下の傾向を捉える



©JAXA, METI analyzed by RESTEC

地盤沈下地域の抽出

地面が衛星に近づく (隆起) 地面が衛星から遠ざかる (沈降)
-5.9cm 0 +5.9cm
(縮む) 衛星-地面間の距離変化 (伸びる)

地盤沈下や地殻変動といった地表面の動きは、人工衛星から地表面までの距離を測り、同じ場所で撮った日時異なる2つのデータを比較すること(インターフェロメトリ)で知ることができます。

地上でも電子基準点等を利用した観測が行われていますが、点の動きでしかその挙動を捉えることができません。人工衛星からは、数ミリ~数センチ単位の地盤沈下を、面で捉える事ができます。

この方法は、広域にわたる地域の変化を時間軸に沿って観測できるメリットがあり、様々な解析手法が開発されています。

図は、ALOS/PALSAR で取得した画像をインターフェロメトリ

処理することにより、ある炭鉱の地盤沈下の様子を捉えたものです。楕円状に青くなっている2つの場所で地表面が変形していると予測されます。右側の楕円は炭鉱で、実際に地盤沈下や地滑りが起きていました。また左側の楕円は、炭鉱を掘削する際に冷却用の水を供給する場所でした。地下水を大量に使ったために地盤沈下を起こしたと考えられます。

地盤沈下や地滑りは、実生活に大きく影響します。SAR 画像によって変動が起きる場所を見つけられれば、防災政策における意思決定にも役立ちます。

>>> 長期的な地殻変動を捉え地震予知研究に貢献

地殻変動は、長期間にわたり地殻の位置が年間数ミリから数センチ程度移動する現象で、地震や火山などに関連した現象として地表に影響が現れます。日本周辺は4つのプレートで覆われており、地下深くにあるプレートや断層の運動は火山、地震と密接に関係していると考えられています。そのため、長期間にわたって地殻変動の動きを捉えることは地震や火山のメカニズム解明にも貢献すると考えられています。

地殻変動の挙動は国土地理院により、水準測量、三角測量、GPS等によって長期間にわたり観測が試みられていますが、宇宙からの目とその新たな手法として加わろうとしています。

この画像は、東京~千葉周辺をALOSのPALSARでとらえ、インターフェロメトリ処理したものです。赤色部分が、地面が衛星から遠ざかる方向に沈降している箇所です。特に九十九里平野の大部分において地盤の沈下の様子が捉えられています。

©Analysis by GSI
from ALOS raw data of JAXA, METI

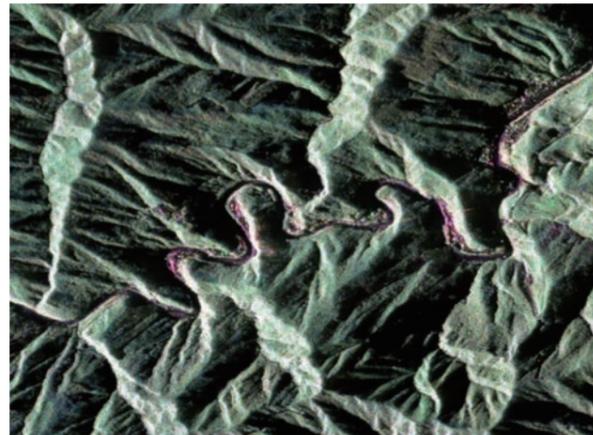
道路や線路の保守点検・管理に利用

日本では深い山に囲まれた道路や線路も珍しくありません。

右図は、Pi-SAR-L2で撮影した奈良県吉野郡天川村のSAR画像です。山間部を流れる川が画像上で暗く見えます。ALOS-2の3m分解能程度であれば、このように川を判別することができます。

このような地上から容易に監視できない箇所において、定期的に撮像したSAR画像を比較することで、川の氾濫や崖崩れの様子が分かり、周囲を走る道路や線路の点検や補修工事の優先順位を正しく設定することができます。

奈良県吉野郡天川村の道路の様子。
(航空機搭載 SAR より
2012年6月18日撮影)



©Pi-SAR-L2/JAXA

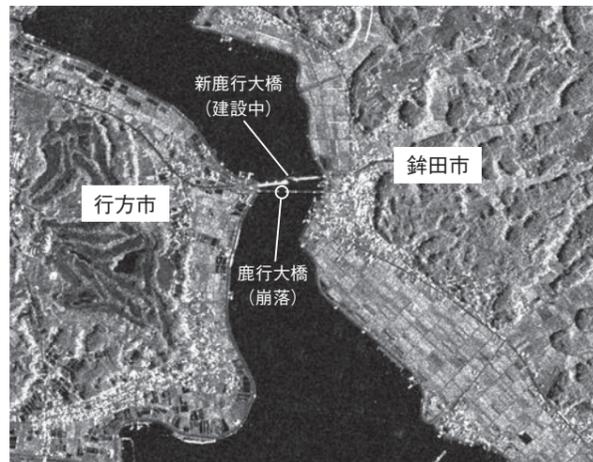
橋の管理に利用

広大な川に架かる橋の様子もSARでは捉えることができます。

図は、茨城県行方市と銚田市を結ぶ、鹿行大橋とその周辺の新鹿行大橋の様子もSARでは捉えることができます。図は、茨城県行方市と銚田市を結ぶ、鹿行大橋とその周辺の新鹿行大橋の様子もSARでは捉えることができます。図は、茨城県行方市と銚田市を結ぶ、鹿行大橋とその周辺の新鹿行大橋の様子もSARでは捉えることができます。

ALOS-2では定期的に観測を行うことで、道路や橋などの状況を把握することができます。

東日本大震災で崩壊した鹿行大橋の様子。国際災害チャーターより提供を受けた。TerraSAR-Xにより2011年3月13日撮影



©TerraSAR-X @German Aerospace Center (DLR) 2011
Commercial exploitation rights : Infoterra

巨大構造物の管理

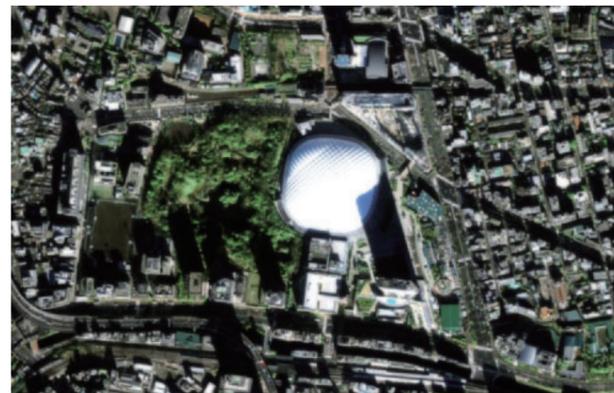
巨大構造物はそれ自体の重さで、地盤沈下を起こす場合があります。これは倒壊などの危険につながるため、定期的な点検が必要です。

下の2枚の図は、東京ドームとその周辺の画像です。右図は光学画像、左図がSAR画像(航空機搭載SARより撮影)です。



SAR画像(航空機搭載SARより2012年4月18日撮影)
赤色はHH偏波、緑色はHV偏波を示す。

©Pi-SAR-L2/JAXA



光学画像

©JAXA

ALOS-2のPALSAR-2でも同程度の分解能の画像が取得できるため、東京ドームのような巨大構造物を定期的にSARで観測することで、光学画像では分からない地盤の動きまで見ることができます。

水害からの復旧計画をたてる

台風や豪雨による河川の氾濫や津波の浸水被害を早期に詳細に把握する事で、二次災害の防止や復旧の計画づくりに貢献できます。

図は、東日本大震災時の津波によって浸水した地域の復旧計画図で、衛星利用の実証イメージです。こちらの背景の画像は航空機の光学カメラで撮影した写真ですが、SARでは被災前後画像を重ね合わせることで、浸水地域などを割り出すことができます。

ALOS-2の利用シナリオとしては、SARデータを用いて国土地理院が解析した結果が、国土交通省や自治体に提供され、災害の復旧計画作成に利用されるというものです。

復旧・排水の計画にあたっては、浸水地域を特定するだけでなく、高さに関するデータが必要です。ALOSによって作成されたデジタル3D地形データ(ALOS World 3D)と重ね合わせることで、浸水地域からどのように排水を行い、再びその土地を使えるようにするのかという検討ができます。

このように、災害に備える「防災」、災害発生後の「減災」、さらに災害を乗り越える「復旧」において、ALOS及びALOS-2のデータが活用できます。

衛星利用の実証イメージ ©国土地理院



SOLUTION PROPOSAL
ソリューション提案

- 都市計画への利用
地盤沈下の傾向をいち早くつかむことで、土地の安全性向上の基礎資料として利用する。
- 巨大インフラを地殻変動から守る
地殻変動の影響を継続的に監視することで、インフラへの影響を想定する。



国際航業株式会社
東日本事業本部 空間情報基盤技術部
リモートセンシンググループ 主任技師
虫明成生 氏

国際航業株式会社
東日本事業本部 空間情報基盤技術部
リモートセンシンググループ 技師
本田謙一 氏

国際航業株式会社
東日本事業本部 空間情報基盤技術部
リモートセンシンググループ グループ長
今井靖晃 氏

宇宙からインフラをモニタリングする

USER
INTERVIEW

ALOS の PALSAR を用いて、ダム の地盤沈下をモニタリングした国際航業株式会社。
空間情報技術のフロントランナーである同社が ALOS-2 に期待することは？
リモートセンシンググループの皆さんにお話を伺いました。

—皆さんの業務についてお聞かせ頂けますでしょうか。

今井 私たちが所属しているリモートセンシンググループでは、SAR 衛星や光学衛星、航空機から撮影した画像など、上空からセンシングしたものを一手に扱い、取得した画像やデータを二次加工し、お客さまの求めるサービスに転換しています。

—SAR のデータはどのように活用されているのでしょうか？

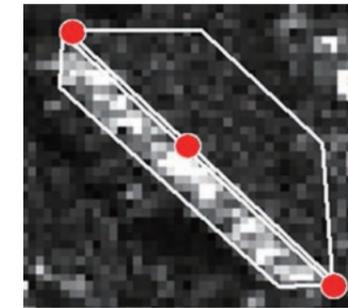
今井 弊社では独自開発した安価な小型 GPS センサーをダムや斜面に多点配置して、その変位・変動を 24 時間体制でモニタリングする『shamen-net』というサービスを提供しています。道路・鉄道管理者をはじめ、周辺の斜面に問題があってはいけない構造物などを所有・管理されている方々にご利用頂いており、そちらと連動する形で SAR の利用について実証実験を重ねています。

—土砂崩れの心配がある斜面を抽出したいというニーズをお持ちということですね？

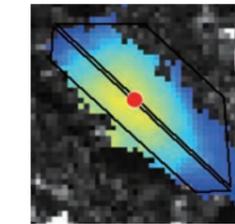
今井 はい。ターゲットが特定されている構造物のモニタリングは GPS で十分です。あくまでも将来的なイメージですが、「そもそも危ないダムや斜面がどこにあるのか」ということを広い範囲の中でスクリーニングするには、衛星の一番得意とする広域撮影できるメリットが活かしてくると考えています。現状のビジネスに使うというよりは、将来的に拡張させたい分野として、SAR を利用して様々なことを試みている段階です。

本田 衛星の特徴は、飛んでいれば——ですが、過去と現在を比較できることです。イタリアで都市の再開発などで地盤沈下が問題になったとき、GPS などではあらかじめセンサーを置いていなければ

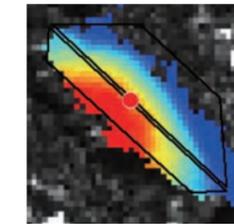
2006/12/6 撮影



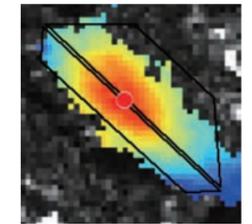
2007/12/9 撮影



2008/12/11 撮影



2009/12/14 撮影



PALSAR の DInSAR によるダム堤体の沈下量の変化。黒→青→赤に変化するに従って沈下量が大きくなっている。
©JAXA, METI, analyzed by (独) 土木研究所 国際航業株式会社

ば分からないところを、Cosmo-SkyMed の SAR データで過去の変位を確かめた結果が裁判の証拠に使われたという話もあります。

—ALOS-2 への期待をお聞かせ下さい。

虫明 やはり分解能が上がることです。弊社は ALOS の PALSAR を利用して、ロックフィルダムの変形を確認しましたが、分解能が 3 倍になれば、大きさが 3 分の 1 の小規模なダムでも適用できるかもしれません。適用範囲も大きく広がるのではないのでしょうか。

本田 モニタリングをするためには、観測間隔が短ければ短いほど精度が上がる可能性があるのですが、ALOS-2 の回帰日数が ALOS の 3 分の 1 の 14 日になるのは大きいですね。

今井 他にも、地球温暖化対策に関連して、JICA 等による途上国の森林資源モニタリングシステム整備のお手伝いをしています。そちらでは SAR 画像そのものを使うので、単純に分解能が高くなると詳細に森林資源を把握することができるので便利だと思います。

—なるほど。最後に、これからの衛星運用に対するご意見や期待するところを教えてください。

今井 これまでの弊社のリモートセンシングビジネスは、専門技術を武器に「このデータがあるからこうしましょう」といったプロセスを進めるお仕事が多く、公共のお客様を中心でしたが、民間ユー

ザ向けに広げていく必要を感じています。民間のお客様にとって重要なのは、プロセスではなく結果や情報の質です。そのためには、衛星データのみに限定せず、あらゆるデータを駆使してお客様の求める結果や情報を提供する形でないかと、リモートセンシングを民間に浸透させていくことは難しいと思っています。

本田 実はダムを見ようとする自体、私たちが「SAR で変位を見るならこれくらい」と想定するスケールからは小さすぎるのですが、shamen-net について共同研究を行っている土木研究所から「SAR 衛星でも変位が計測できるらしいね。ダムも見られないの？」と言われたのがキッカケなんです。

虫明 こんな狭いところの位相差が出るかなあ、と思いながら試したところ、うまく解析することができました。我々だけでは、その発想に辿り着けなかったと思います。その後も試行錯誤を続けながら、土木研究所と共同で取り組んでいます。

今井 専門外の方からの何気ない提案から、新しいソリューションが生まれることがある。そのためにも、データを加工する専門家である我々だけでなくエンドユーザーが、点ではなくより面的なデータに触れることができるようになると色んな展開が期待できるのではないのでしょうか。



沖縄県にあるロックフィルダム

国際航業株式会社
空間情報技術を中核とした技術サービスを提供。地図の整備、防災インフラの整備等を得意とする。ALOS/PALSAR を用いたダム変形計測に関する研究を実施。
WEB: <http://www.kkc.co.jp/>

SOLUTION 》 森林

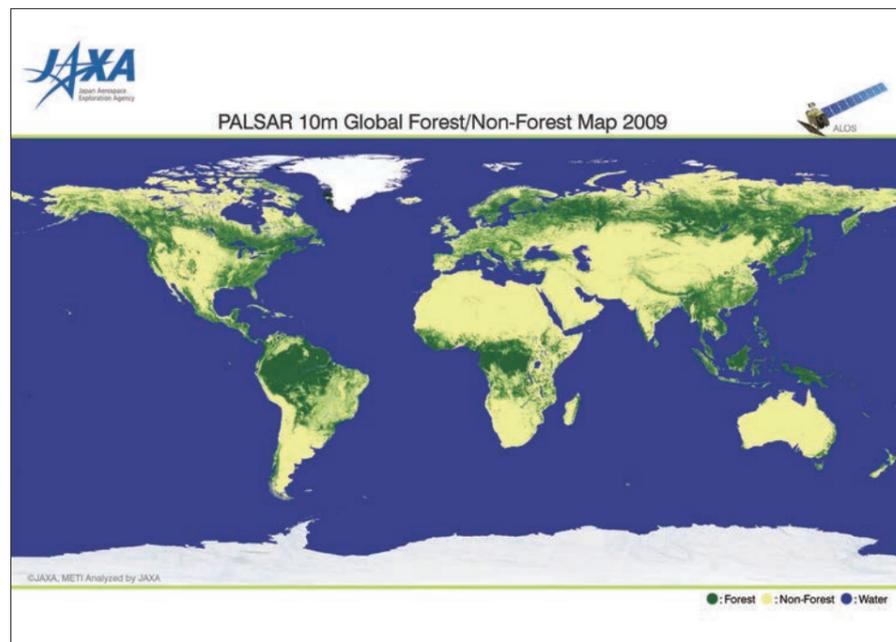
40億haの監視こそ、 人類の未来責任

森林の違法伐採や干ばつ、砂漠化のような広大な土地にわたる変化を地上から把握することは困難です。雲に覆われる山岳部や赤道直下地域でも、SAR衛星なら天候や昼夜の影響をまったく受けません。

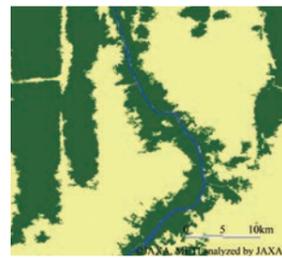
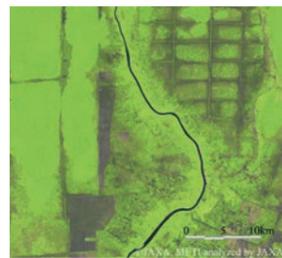
》 森林を観測して、間伐事業に活かす

LバンドSARは、雲の影響を受けにくい上、植生を透過する特性があります。そのため、雲に覆われることの多い熱帯雨林の観測にも有効です。日本はこれまで、LバンドSARによる継続的な森林観測を行ってきました。1992年に打ち上げられたJERS-1(ふよう1号)から2011年に運用を終了したALOSまで、途中の空白期間はあるものの11年以上の長期間にわたって観測したデータが得られています。

ALOS-2では観測に使える電波の種類が増え、より多くの情報が得られるようになります(P.28参照)。例えば、木の種類や高さが判別できるため、植林・間伐事業において樹種の分類や分布情報まで把握できるようになります。また、地球上の炭素量や森林のCO₂吸収量がより高い精度で推定できるようになるため、世界中の森林伐採の監視や地球温暖化を防ぐための国や国際機関などによる政策決定に役立てられます。



(左) 全世界森林マップ
(右) アマゾンの森林伐採地域の検出画像(上: オルソモザイク画像、下: 森林・非森林画像)



SOLUTION PROPOSAL

ソリューション提案

- 林業での森林モニタリングの活用
生育の状況を定期的にモニタリングし、植林、間伐と伐採の計画を作成する。
- 森林モニタリングによる砂漠化の防止
砂漠地域等の植生の実態を把握し、砂漠化を食い止める政策決定に役立てる。

SAR研究30年。 見えてきた未来。

長年SARの研究を続けてこられた島田さんは、日々SARデータを解析しセンサーの特性を調べたりする中で、SARのさまざまな利用法を考え実践されています。ALOS-2の打ち上げへの思いもきっと格別なはず。その熱い思いを語って頂きました。

RESEARCHER INTERVIEW

JAXA 第一衛星利用ミッション本部
地球観測研究センター 研究領域統括
島田政信さん

—ALOS-2への期待はどのような点にありますか？

ALOS-2において向上しているのは分解能だけではありません。デジタル機器自体の様々な性能が向上することによりALOSに比べて、全体に感度が高くなり、更に軌道の保持精度が上がることで、観測精度が向上することが期待されます。

解析手法の一つにSAR干渉法があります。この技術を高精度化することで、例えば人工構造物での変形箇所を見つけることもより可能になるのではないのでしょうか。老朽化している首都高速の弱い部分を見つけたり、関連する事故を未然に防ぐといったことに役立てられる可能性があります。

—災害監視の目的においても、利用の幅が広がりそうですね。

ALOSからALOS-2に移行する中で、大きな機能や感度の向上として「高分解能なボラリメトリ」というモードが加わったことが挙げられます。これは、振動する方向が異なる複数の電波を組み合わせる観測する手法(P.29参照)です。このモードで観測すると、森林と裸地の違いがはっきりと見えることなどが分かっています。急峻な山岳地帯の中の大規模土砂崩れなどをよりはっきりと見分けられるため、豪雨や台風といった災害時の救助活動で力を発揮することが期待されます。

—ビジネス展開についてどのような可能性が考えられますか。

災害の救助活動においても、行政と民間企業が連携して行えば、ビジネスになります。また森林保全に関するビジネスも考えられます。例えば、世界的に注目されている取り組みとしてREDD+があります。途上国に対し、経済的インセンティブを提供する見返りに、森林伐採・森林破壊をやめ保全をしてもらうという枠組みですが、これを機能させるためには信頼できる森林情報が必要になります。

島田さんの趣味はSARと音楽。バッハやモーツァルトをこよなく愛し、忙しい研究の合間を縫って音楽に酔いしれている。



また、海上風の強い場所を検出して風力発電所を建てる場所を選定するのに使うことが考えられます(P.22参照)。

ALOSに比べてデータの価格が下がるであろうこと、そしてデータの取得も短時間でできるようになることも、ビジネスでの利用を後押しするでしょう。

—打ち上げが楽しみです。

航空機に搭載されたALOS-2同様のセンサー(Pi-SAR-L2)で事前に研究はしているものの、打ち上がって送られてくるデータを見て初めて分かることも多いはず。地球の地殻が変動する様子がより詳しく分かる可能性もあり、例えばそれを固体地球の研究に活かすなど、理学的な面での興味や期待も尽きません。

JAXA 地球観測研究センター

地球観測衛星のデータ取得から処理・利用の研究をはじめ、ALOS-2など地球観測衛星のセンサーの開発を行っている。

WEB: <http://www.eorc.jaxa.jp/>

SOLUTION 海洋

広すぎる海だから宇宙から見る

海洋国家である日本にとって、海上輸送の安全を確保することは極めて重要です。航路上の安全の確認や新エネルギー開発における海洋利用の観点からも SAR データが活用されることが期待されています。

北極海航路を観測し、運航ビジネスに活用する

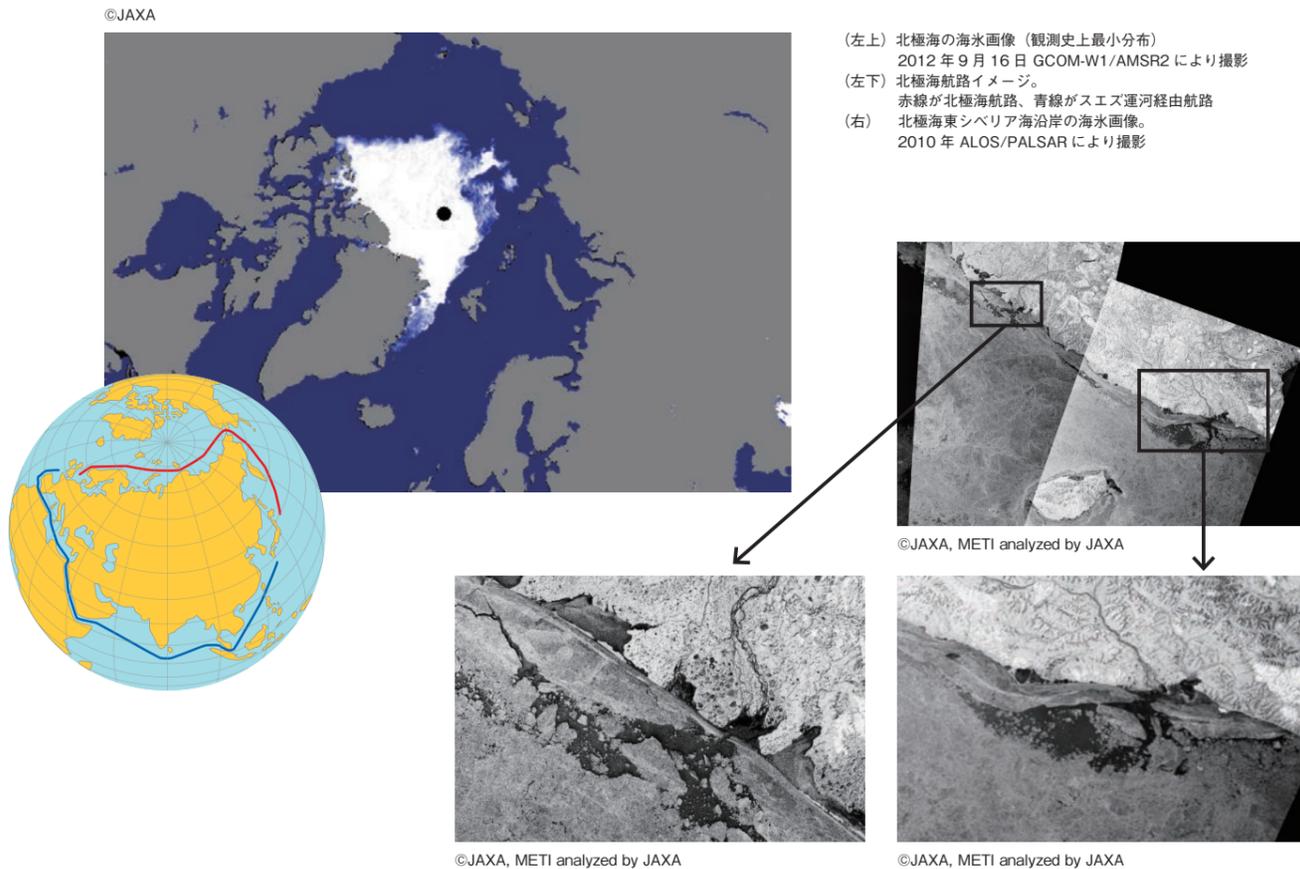
地球温暖化による北極海の海水の縮小は、アジアとヨーロッパ、アメリカ東部を結ぶ新たな航路を現実のものとしています。特に、海水の縮小の度合いが進んでいるロシア沿岸の北東航路が北極海航路として実用化されつつあります。

日本からヨーロッパへ向かう場合、これまでのスエズ運河経由に比べ、北極海航路を利用すれば距離にして40%も短縮されます。またスエズ沿岸では海賊被害も多発しており、安全面からも北極海航路への期待が高まっています。日本にもこの航路を使ってシベリアやロシア北部からの天然ガスなどの資源や貨物が運ばれるようになることが予想されます。

GCOM-W1/AMSR2 による広域な海水観測 (左上図) に対し、

ALOS/PALSAR は詳細で局所的な海水観測 (右下図) を行うことが特徴です。ALOS-2 ではさらに高分解能な観測を行うことができるため、北極海航路を航行する船舶に、より詳細な海水情報を提供できます。また、ALOS-2 に同時搭載の AIS (船舶自動識別装置) 受信機による船舶信号を海水画像と併せて取得することで、船舶がどのようなルートを航行しているか把握することができます。これらによって、海水情報や安全な航行ルートを船舶に提供することができます。

※ AIS 受信機……300t 以上の大型船舶に搭載が義務付けられている船舶自動識別装置。船舶の識別番号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその安全に関する情報を自動的に VHF 帯電波で送受信するシステム。



海水を監視し、船舶の安全運航を支援

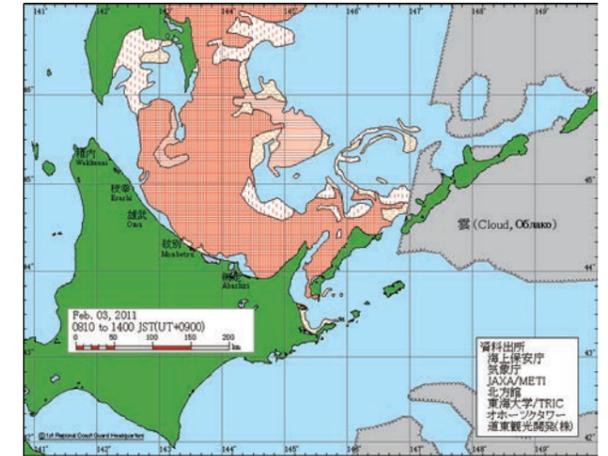
オホーツク海は日本海域で唯一海水が存在し、また北極海航路の通り道として注目が集まっています。

海上保安庁第一管区海上保安本部海水情報センターは、複数の機関からの情報をもとに、冬期の海水情報を毎日配信しています。

JAXA も ALOS/PALSAR の広域観測モードで観測した海水データを毎年12月から5月にかけて定期的に提供してきました。特に、冬期のオホーツク海は荒天の日が多く毎日のように雲に覆われているため、雲の影響を受けない SAR 画像の有効性が示されました。一方で、観測角が固定であったため、観測頻度が十分に取れなかったことが課題でした。

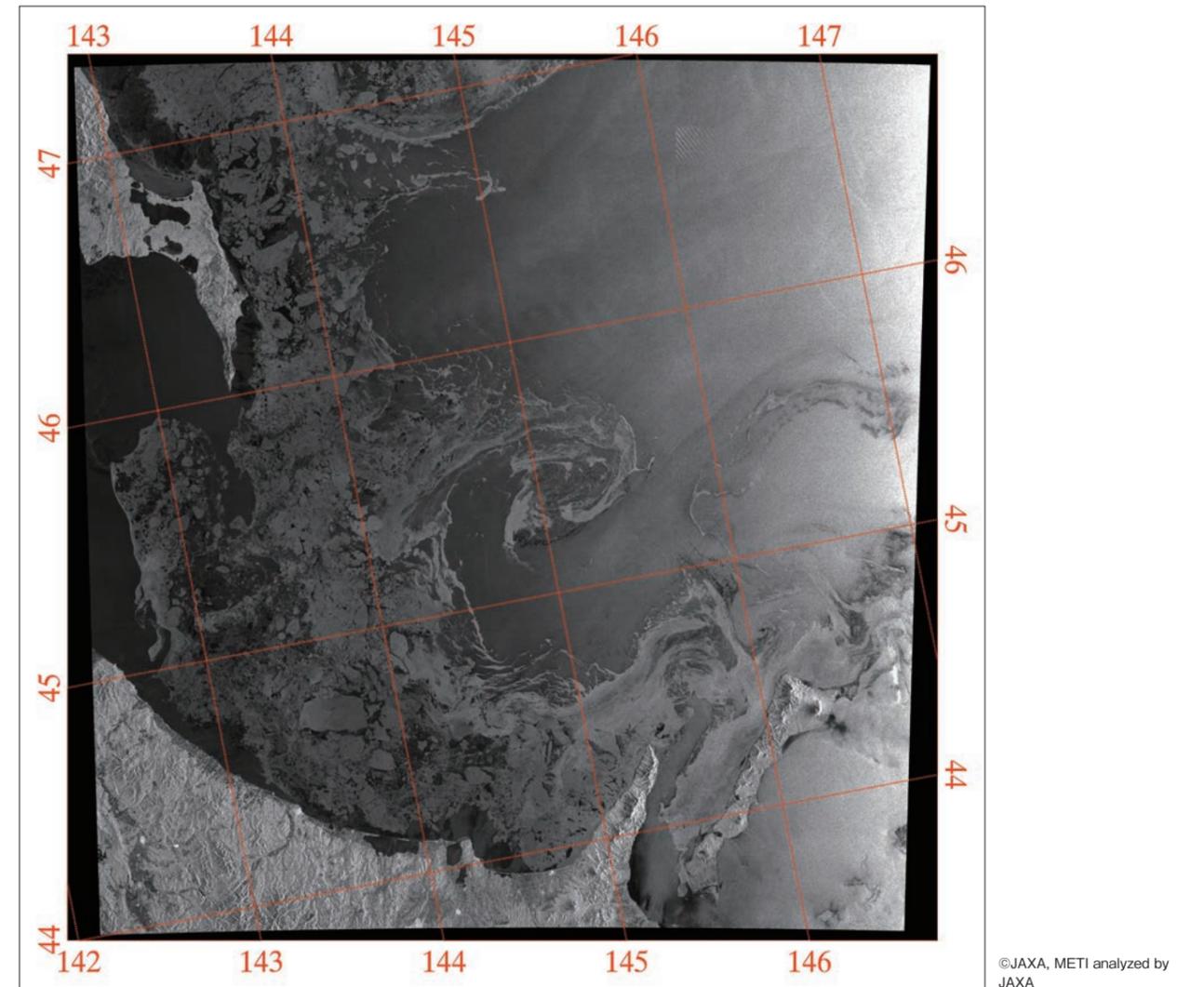
ALOS-2 では、左右両側観測が可能になることにより観測頻度を上げられ、ほぼ毎日海上保安庁に海水情報を提供できるようになりました。

また、広域観測モードでも HV 偏波での観測が可能になるためより多くの海水情報を提供できるようになることが期待されています。



(上) 複数の情報を解析して作成した海水速報 2011年2月3日
©海上保安庁 第一管区海上保安本部 海水情報センター

(下) ALOS/PALSAR により撮影されたオホーツク海の海水画像 2011年2月3日



» 海上風の観測から、風力発電所の立地場所を探す

風力発電が再生可能エネルギーの1つとして今、特に重要な存在となっています。その発電所の設置場所として、海上が目されています。海上は陸上に比べて風が強いので、エネルギー供給源として安定しており、また騒音や景観などの問題も少ないためです。

海上に風力発電所を建てるためには、まず海上において風が強い場所を探し、またどのくらいの強さなのかを知る必要があります。その際に力を発揮するのがSARデータです。

海面は、風によって摩擦を受けることで波が起きます。まずは小さな波（さざ波）が立ち、風が強まるとそれが発達して大きな波となっていきます。つまり、風が吹いて波が生じると水面が滑らかではなく、水面の「粗さ」を見ることで風の強さが推測でき

ます。SAR画像では、波のない静かな水面は暗く、波があって粗い水面は明るく見えます。ALOS-2はALOSに比べて感度が上がっているため、より暗いところまで見ることができ、より高い精度で風の強さを推測することが可能になります。

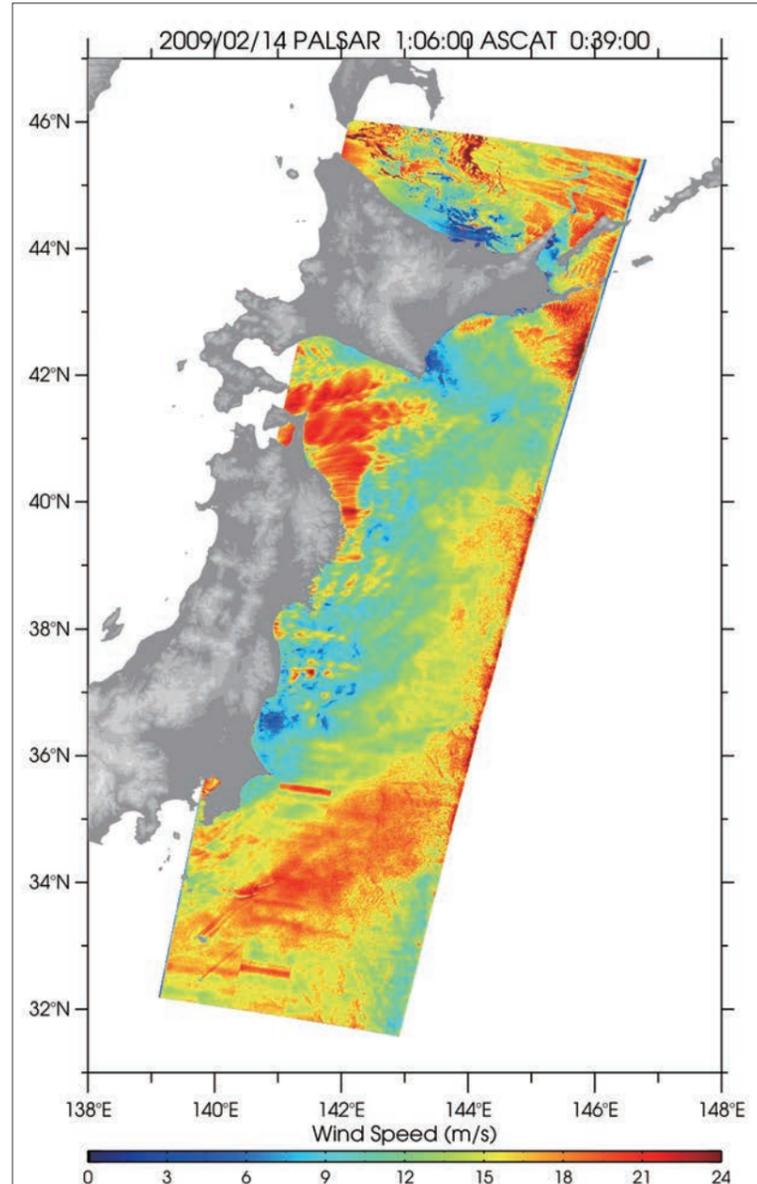
ALOS-2は「だいち2号」というだけあり、主な観測対象は陸地なのですが、沿岸から200kmまでの海域は観測計画に入っているため、世界中の沿岸海域については海上風の強さを推測できることとなります。

現在、世界各国では未来の電源やエネルギー計画について議論が巻き起こっています。世界各地の海上風の強さを測れるということは、ビジネスとしても非常に価値があると考えられます。



(左) 北九州市沖洋上風力発電設備
© 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
(右) 東日本近海における海上風の解析
2009年2月14日 ALOS/PALSAR により撮影

右図は2009年2月14日に北海道から東日本沿岸を観測したPALSARの広域観測モード(350km幅)により算出した海上風速分布を示しています。暖色系が強風域を表わしています。観測時には低気圧が北海道上に位置しており、北海道の南側で西風、北側で東風の風系となっています。沿岸風は陸上地形の影響を強く受けませんが、津軽海峡から三陸沖の沿岸では西風に対して沿岸付近から沖に向けて強風域が確認できます。さらに、山岳波の影響と思われる波動状の強風域のパターンが確認できます。沿岸域の海上風は大気の成層状態によっても影響を受けますが、SARではそれらの海上風分布を高解像度で把握することが可能となります。



©JAXA, METI analyzed by JAXA

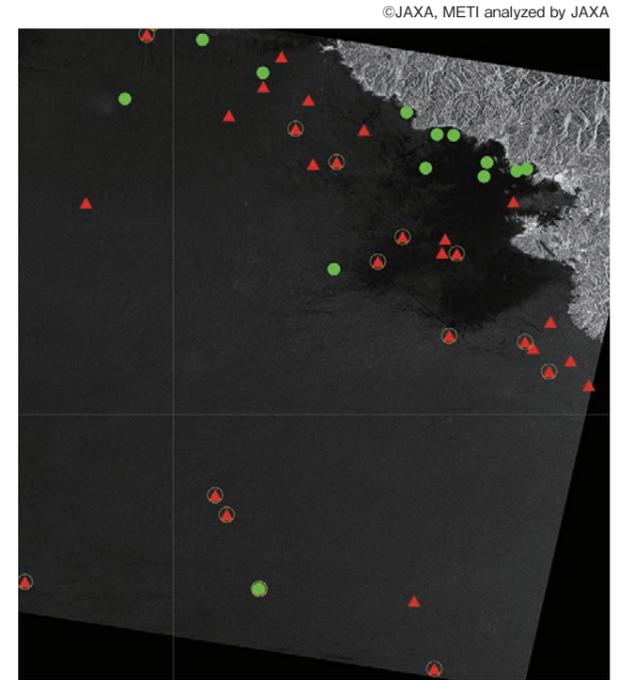
» 安全安心な漁業や航行サービスを提供

船舶の安全な航行、違法操業の漁船や不審船などの発見のために、船舶の動静をモニタリングできます。

右図はALOSのPALSARで撮像した近畿沖の画像です。同時期に取得したAIS(船舶自動識別装置)データを併せてプロットしています。SAR画像により船舶の分布状況が分かり、さらにAISデータを組み合わせることで、船舶の詳細情報が分かるようになります。

ALOS-2はSARとAIS受信機を同時搭載している世界で初めての衛星です。SAR画像とAISデータを組み合わせて利用することで、船舶の詳細な分布状態が分かり、海上での安全確保に貢献できるようになります。

違法漁業対策や油の流出経路に沿って運行している船舶の調査に役立てられたり、沖合の海上プラントなど海上施設周辺の船舶の状況把握に利用できます。また、船舶運航会社は、通航予定経路の船舶分布状況や小型船の存在の有無を予め確認することができます。

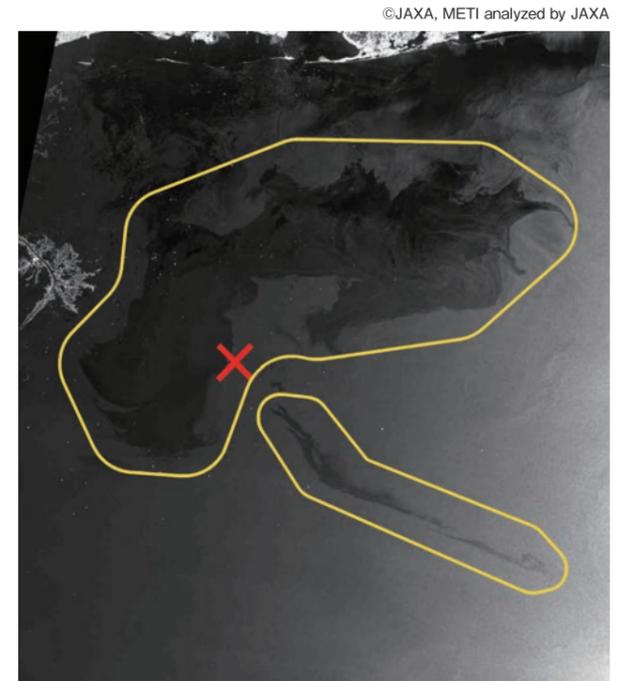


近畿沖の船舶検出状況。SAR画像(ALOS/PALSAR)にAISデータ(AIS沿岸局)を重ねている。
▲: 船長70m以上の船舶、●: 70m未満の船舶、○: AISデータ

» 海洋汚染の状況の把握と対策

2010年4月20日にメキシコ湾の海底石油掘削施設で爆発が起き、大量の原油が流出しました。数か月にわたって流出は続き、百キロ規模の油の帯が生じました。右図は、この際にALOS/PALSARで撮像したSAR画像です。海上に油が流出すると、海面にオイルスリック(油膜)が生じます。オイルスリックは普通の水面に比べて滑らかなため、SAR画像ではより暗く写り、水面との違いがはっきりと分かります。

これは海底に眠る資源探査にも活かれます。上記のような事故ではオイルスリックが一時的に発生するのに対し、海底油田から油が滲み出てくる場合は常時見られます。



メキシコ湾での油流出の様子(黄色の枠内が流出箇所)

| | |
|---------------------------------------|---|
| SOLUTION PROPOSAL ソリューション提案 | <input type="checkbox"/> 船舶の安全を確保 漁業関係者や海運会社などが、航海中の船の安全を確認する。 |
| | <input type="checkbox"/> 再生可能エネルギーの立地選定 国内外での風力発電所の立地資料として役立てる。 |

SOLUTION >>> エネルギー

眠るエネルギーを探し出せ

SAR データから分かることは、地表面にあるモノや人間の目で見えるものだけではありません。化石燃料や鉱物など地下に眠る様々なエネルギー資源の探査においても SAR データが利用されています。

>>> 地下に眠る資源の兆候を探し当てる

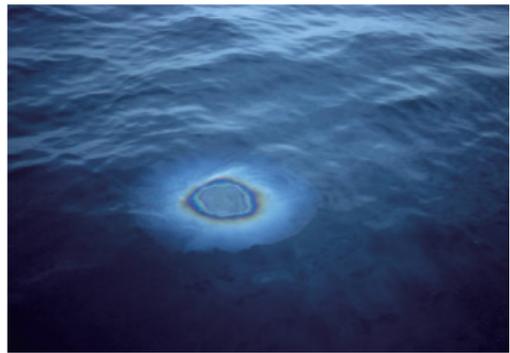
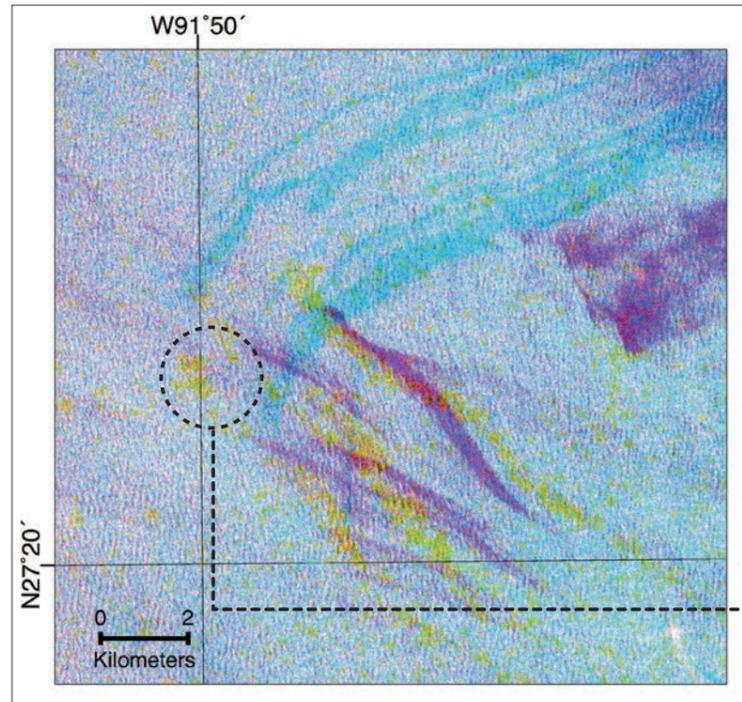
海底油田がある場所では、^{しんしゅつ}滲出した油が海面に浮かび、その後海流や海上風によって帯状のオイルスリック（油膜）を作ることがあります。

オイルスリックを SAR 画像で見ると水面よりも暗く見えるため、異なる時間の SAR 画像で常にオイルスリックが確認できる場所では、海底から石油がしみだしていることが示唆されます。

左図は、米国ルイジアナ沖のメキシコ湾における ALOS の PALSAR によって撮影された3時期のデータをカラー合成したものです。3時期のオイルスリックの帯が一か所から流れ出ているように見

えるのを手がかりに、海底からの石油の滲出点を推定することが可能です。

また、陸域で鉱物資源を探査する際にも SAR が利用できます。基本的に鉱物は、地下の熱水に溶け込んでいた化学成分が地中の割れ目や断層に沿って上昇し、地表近くで冷えて固まることで形成されます。このような鉱物が多く存在する可能性のある露頭（地表に露出している鉱床）を、SAR では見つけることができると考えられています。特に、Lバンド SAR では森林を透過して地表面を観測できるため、植生が多い地域における鉱物資源の探査にも適しています。



左：3 時期の PALSAR 画像によるオイルスリックの合成画像
 黄：2006 年 6 月 25 日
 赤：2006 年 6 月 13 日
 青：2006 年 5 月 20 日
 右：海面に浮上した直後のオイルスリック（光学カメラで撮影）

海底からの油滲出点である可能性が高い

SOLUTION PROPOSAL
ソリューション提案

- 海底油田の探査
オイルスリックを探することで、海底油田を探す。
- 鉱物資源の探査
地表面に露出する鉱床を探することで、鉱物資源を探す。

ユーザーインタビュー

リモートセンシングの 専門家に聞く。 ALOS-2 の魅力とは

横山空間情報研究所は、様々な形でリモートセンシングデータを活用した事業を行なっています。ALOS-2 の運用で、今後どのような展開が考えられるのか、1970 年代からリモートセンシングに携わってきた横山先生に伺いました。

岩手大学名誉教授
株式会社横山空間情報研究所 代表取締役社長
横山隆三さん

USER
INTERVIEW

——全国の企業や自治体を回って、ALOS-2 に関するヒアリングを行われたそうですね。

今回は新しいユーザーの掘り起こしに繋がればと思い、ALOS-2 が役立つ可能性が考えられる 12 の組織を訪問してお話を聞きました。

——従来のユーザーはどのように SAR データを用いているのでしょうか。

伝統的に資源探査分野では、SAR 画像が用いられています。地表面の割れ目を見つけて、「この地下に鉱山があるのではないか？」といったあたりをつけるわけです。近年は海面のオイルスリック（油膜）から海底油田を探す目的でも用いられています。ALOS-2 になると観測可能幅が約 3 倍、PALSAR-2 の分解能は約 3m まで向上するので、この分野でも更なる活躍が期待できます。

——ヒアリングの感触はいかがでしたか？

SAR は雲などの影響を受けずに地表を観測できるので、地滑りを調べている機関や、電力系の会社などが強い興味を示してくれました。

——電力系の会社は、地表のデータをどのように活用するのでしょうか。

大きく 2 つのニーズがありました。ひとつは、地熱発電の分野です。地熱発電は地下から汲み上げた熱水で発電するわけですが、熱水は地下に無限にあるから、どんどん発電すればよいというものではないようです。ニュージーランドでは熱水を汲み上げすぎると地表が沈むという報告があったそうです。SAR データから検出した地表面変動情報から熱水資源の状況を把握できるようになれば、地熱発電所の効率的な運用に利用できるのではないかと考えられます。もうひとつは、地滑りで送電線や導水管が曲がってしまうことがあり、現在は現象が発生してから対処しているそうです。しかし SAR データにより、管内の地表面の動きを定期的に把握できるようになれば、工事をする頻度や、そもそも変動がないところに付け替えるといった対処が可能かを知ることができるわけです。

——ヒアリングを経て、ALOS-2 へのご要望はありますか？

衛星 SAR なら、災害時に航空機が飛べるようになる前に、悪天候が続いて雲に覆われていてもデータが取れますから、自治体などは大きな興味を示していましたが、そのようなデータを役立てるには、常に衛星が飛んでいなければいけません。ですから今後、ALOS-2 と同様の機能を有する衛星が継続して打ち上がってほしいです。

そうならば、PALSAR-2 のデータを必要とする組織はかなり出てくると思います。

横山空間情報研究所

リモートセンシングデータを活用した様々な製品開発や解析処理の業務を行なっている。
WEB: <http://www.yg-space.jp/>

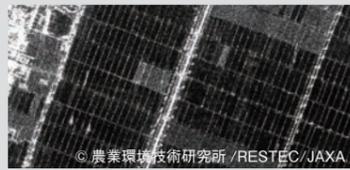
SOLUTION 》 農業

未来の食料を支える

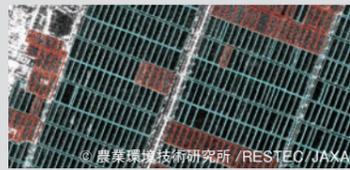
地球の人口爆発によって引き起こされる諸問題といかに向き合っていくかということは非常に重要な関心事です。食料問題においても、需要と供給の不均衡が予想されるため、農業の状況を正確に把握することが必要です。

》 水稻作付面積を高精度に把握する

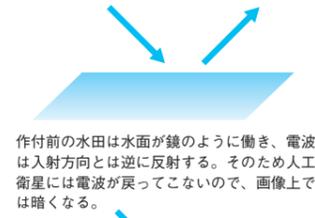
〔田植期〕



田植期の水田を撮影
(航空機搭載 SAR より撮影、2013年6月10日)



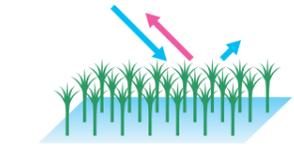
左の画像から、水面を抽出する。
青ポリゴン内が水面、赤ポリゴン内は水面以外。



作付前の水田は水面が鏡のように働き、電波は入射方向とは逆に反射する。そのため人工衛星には電波が戻ってこないため、画像上では暗くなる。



同様に、田植後、しばらくは電波の戻りが強く、画像上では薄暗くなる。

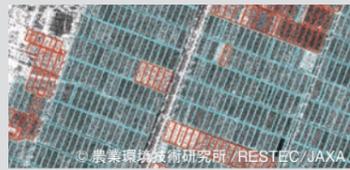


やがて稲の生育とともに電波の戻りが強くなり、画像上では明るくなる。

〔生育期〕



生育期の水田を撮影
(航空機搭載 SAR より撮影、2013年8月8日)



左の画像から、水田を抽出。田植期に抽出した水田(青ポリゴン内)の生育状況を把握して水稲が作付されたことを判断する。

食料問題に対応していくためには、まずは農作物の作付状況を正確に把握することが重要です。特に、多くのアジアの国々で主食として利用されている水稲の生産については、各国が正確で詳細なデータを必要としています。しかし実際に行われている調査はあまり信頼性が高いとは言えないのが現状です。そこでLバンド SAR の出番となります。

水稲は作付する際に水を張るため最初は暗く映ります。稲が育ち水面が隠れるにつれて徐々に明るく見えるようになっていきます。つまり、観測時期の異なる画像を比較する事で、明るさが変化した土地が水稲の作付域だと判断できます。

タイではすでに ALOS の PALSAR のデータを使ったこの利用の検証が終わり、今後 ALOS-2 のデータを使って実用化に移行する段階に

進んでいます。ALOS では狭い範囲の地域にしか使われていませんでしたが、広域でも詳細なデータが得られる ALOS-2 では、県全体などより広い範囲に利用して、食料安全保障上の基礎データとして使われることが期待されています。タイ以外では、ベトナム、インドネシアなどでも利用が始まりそうです。

また、水稲以外にもトウモロコシやサトウキビといった比較的大きな作物も Lバンド SAR によって見分けられる可能性があり、応用利用が検討されています。

通常、水田や畑では休耕や転作がしばしば行われるため、作付状況の把握が必要となります。SAR で広範囲にわたる作付状況を一度に把握できれば、より効率的な管理ができるようになります。

SOLUTION PROPOSAL

ソリューション提案

- 様々な食料の作付状況を把握
国内外で局地的に食料が不足することがないか、投資や政策決定の資料として利用する。
- 事業展開の基礎資料として使用
国内外の作付状況と農作物の生育状況を把握し、事業展開や投資の基礎資料として利用する。

USER INTERVIEW

宇宙から農業を把握したい

90年代後半から SAR データを農業に活かす研究をされてきた石塚さん。雲がかかっても狙った時期に自由に農地を観測したい、と思ったのが研究をはじめたキッカケだ。石塚さんにとって SAR と ALOS-2 とはどんな存在なのか伺いました。

独立行政法人 農業環境技術研究所
石塚直樹さん

—ご自身の研究テーマについてお聞かせください。

SAR データを農業分野へ活かす方法を研究しています。例えば、農作物の生産量を把握するためにも衛星データが役立ちます。

日本では米の生産と消費のバランスをとるために 1970 年から生産調整（いわゆる減反政策）が行われていますが、そのよりどころとなるのは作付面積などの統計値です。現在は、全国 38,000 ヶ所の圃場を人間が直接調査していますが、より効率的に衛星データによって行う方法が長年研究されています。現状ではもう少し精度を上げる必要があり、まだ実用化には至っていませんが、分解能の高い ALOS-2 のデータを用いればぐっと実用化が近づきそうです。

—農業分野で SAR データはどのように活かされていますか？

SAR データは、雲があっても観測ができる、水田などの水面を見分けられる、という特長を活かして、さまざまな応用が試みられています。例えば東日本大震災後の農地土壌の放射性セシウム濃度分布図を農林水産省が発表していますが、これにも SAR データが使われています。放射線量を計算する際、その場所に水が張っていたかどうか関係するのですが、場所ごとにその当時水があったかなかったかを SAR データで見分けています。

—いつから SAR データの研究を始められたのですか？

大学院では地下水の汚染に関する研究をしていましたが、同時に(独)森林総合研究所でアルバイトをしており、そこで衛星データにかかわる機会を得ました。SAR データを扱うようになったの

は、(独)農業環境技術研究所で働きだしてからです。当時、SAR はまだ広く使われていませんでしたが、雲の影響を受けずに観測できるという利点が注目され、少しずつ研究が始められるようになったという段階でした。

—ALOS-2 に期待することはありますか？

ALOS-2 の分解能の高さによって、日本のような小さい農地を対象にできることは大きく広がると期待されます。例えば、飼料用トウモロコシの作付面積や収量を知ることができないかと考えています。農業の現場では飼料作物の自給の重要性が言われている一方、飼料作物の市町村別の統計が公表されなくなっているため、こうしたところで衛星の力が発揮されればと感じています。

—SAR の今後の展望をどう考えますか？

SAR にしかできないことが確実にあり、もっと広く使われることを望んでいます。しかしどうしても光学センサーに比べて分かりにくいという印象をもたれがちです。私の仕事はデータと利用者の橋渡しをすることだと思っています。国の研究所にいるからには、国の政策や農業の現場でちゃんと活かされる技術を開発するのが使命と感じています。

独立行政法人 農業環境技術研究所

地球規模の環境変動と農業の相互作用の科学など、農業環境問題にかかわるさまざまな研究・技術開発を行っている。
WEB: <http://www.niaes.affrc.go.jp/>

画像解析について知る(上級編)

SAR センサーの特徴を活かすと何ができるのかをここまで説明してきました。その原理と代表的な解析手法について簡単に紹介します。

» 偏波とは?

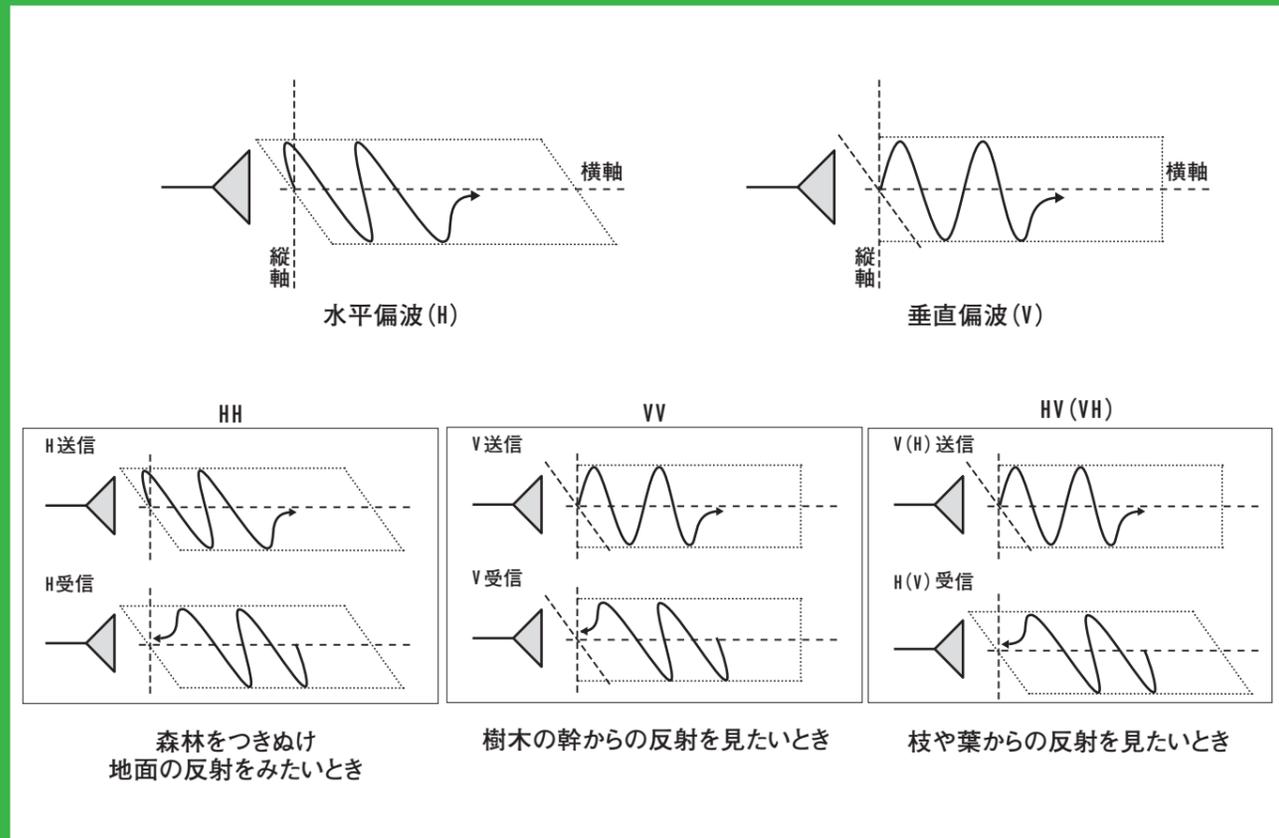
同じ周波数の電波でも、地面に水平に振動するか(H)、垂直に振動するか(V)の2種類があります。これを偏波と言います。SARが送信する電波にもH、Vの2種類あり、またそれが対象物に反射して返ってくる受信波にも同様に2種類あるため、送信・受信の組み合わせで考えると、HH、HV、VH、VVの4種類の波(4偏波)があることとなります。

各偏波は異なる特性や情報を持っています。例えば、HHは透過性がよく、森林に覆われているような場所でもある程度地面まで届きます。その性質を利用すると、地震や地盤沈下などに伴う地面の動きを捉えることができます。一方、VVやHVでは、例えば森林を観測したときに、その場所が木々に覆われているのか裸地なのかを知ることができます。なお、HVとVHではほぼ同じような見え

方になります。SARの強みの一つは、各偏波から得られた特性の異なる画像をさまざまな手法で合成させることによって、多様な解析ができることです。

ただ、常に4偏波すべての画像が得られるわけではありません。取得できる偏波の数は観測モードによって異なります。最も分解能が高いモードでは単偏波(HHまたはVVまたはHV)しか取れないものの、少し分解能を下げた、より広域が見られるモードにおいては2偏波、または4偏波すべての画像を得ることができます。

ALOS-2では、複数の偏波を観測できるモードが増えたため、解析の幅が広がりました。では具体的にどのような解析ができるのか、代表的な解析手法を紹介します。



» PoISAR (ポラリメトリ成分分解)

これは、4つの偏波から得たデータを合成してさまざまな方法で再分解することで、単偏波では分からない情報を引き出す解析手法です。4つの偏波を解析すると、電波が対象物に1回だけ反射したのか(一回散乱)、2回反射したのか(二回散乱)、それとももっと複雑に反射したのか(体積散乱、表面散乱)などの成分に分けることができます。戻ってきた電波の中に、どのような反射をしたものがどのくらいの割合を占めているかを調べることで観測対象の状態を探ることができます。

複数の偏波を使うとエントロピーという量を計算することもできます。エントロピーは「乱雑さ」を表す物理量です(一般に、乱雑なほどエントロピーが大きい)。例えば海氷を見分けるときにも、エントロピーを計算することで、より高い精度で氷の状態がわかります(ALOSでは、海氷観測の際によく使われる「広域観測モード」のときは単偏波しか取れなかったため、エントロピー計算はできませんでしたが、ALOS-2ではそれが可能になりました)。また土砂災害が発生し山が削れて地面が露出するとエントロピーが下がるため、そのような土地を見分けることにも利用できます。

» 利用例: 森林の密度、海上風や海氷の情報を得る

» PolInSAR (多偏波干渉 SAR)

ポラリメトリ成分分解とインターフェロメトリ(同じ場所を2回以上観測してデータの変化を見る方法。干渉 SAR、InSARとも言う)を組み合わせたものです。同じ場所で4偏波のデータを2度に分けて取り、この2時期のデータを干渉させて解析します。

» 利用例: 森林の高さやバイオマス量など植生の情報をより詳細に得たり、土地被覆をより高精度で得る

» SBAS-InSAR (短基線長解析による干渉 SAR)

これは干渉 SAR 時系列解析と呼ばれる手法の一つで、インターフェロメトリの拡張版とも言えます。インターフェロメトリでは、同じ場所で取った日時の異なる2回のデータを比べますが、SBAS-InSARでは、同じ場所で多数回取ったデータを、一度に処理して比べます。

地盤がゆっくりと沈下している場合は、2時期のデータだけでは正確な動きはわかりません。しかし時系列を追って多数のデータを比べると微小な動きもわかります。

» 利用例: 火山活動、地滑り、建物の老朽化など、年間数ミリレベルの動きを見る

» PS-InSAR (永久散乱体を用いた干渉 SAR)

画像の中の多くの点の明るさは時々刻々変化します。しかしその中には、変動せずに常に明るいままの点(PS点)もあります。大きな人工構造物などがPS点に該当しやすいのですが、そうした点だけを選んで干渉させるのがこの手法です。安定して明るい点だけを見れば、広い範囲における非常に微細な地殻の変動などを捉えることができます。

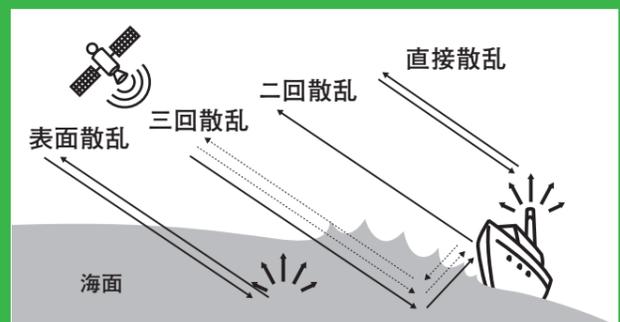
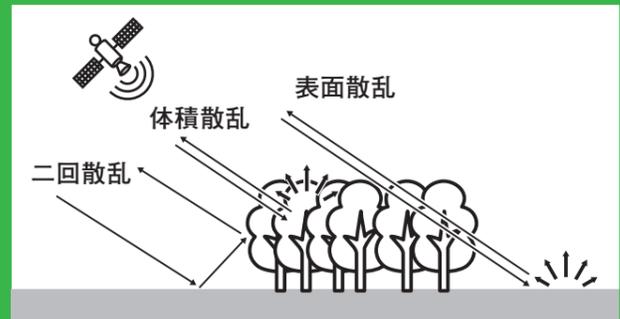
Lバンドは、CバンドやXバンドよりも多くPS点があることが分かっているため、この解析手法の利用に適しているといえます。

» 利用例: 都市域の地盤沈下を見る

» D-InSAR (差分干渉 SAR)

2枚の画像を比べて差分を取る干渉 SAR (InSAR) に対して、差分から地形の変化に相当する情報を出すのが D-InSAR です。この手法も地盤沈下や隆起といった地殻変動の観測に使われます。

» 利用例: 地殻変動、火山噴火予知、地盤沈下を見る



新しい解析手法とプロダクトについて

衛星画像の解析には様々な手法がありますが、研究によって新たな手法も開発されています。一例として SAR の「カラー化技術」をご紹介します。また、プロダクトについてご紹介します。

» モノクロからカラーへ、甦る地面の表情

SAR 画像は白黒で、初めての SAR 画像利用者にとって分かりにくい印象を与えてしまうことがあります。この問題を解決すべく、SAR 画像を疑似カラー化する技術を一般財団法人リモート・センシング技術センター（RESTEC）が開発しました。

SAR について簡単に言えば、観測する対象の表面の状態（滑らかさ、滑らかさ、周辺との類似度、色のばらつき具合など）をピクセルごとに解析します。そしてそれぞれの特徴がどのくらいの程度なのかを数値で表し、その値を RGB の色の値として置き換えることを行います。その結果、光学画像に近い画像が得られます。

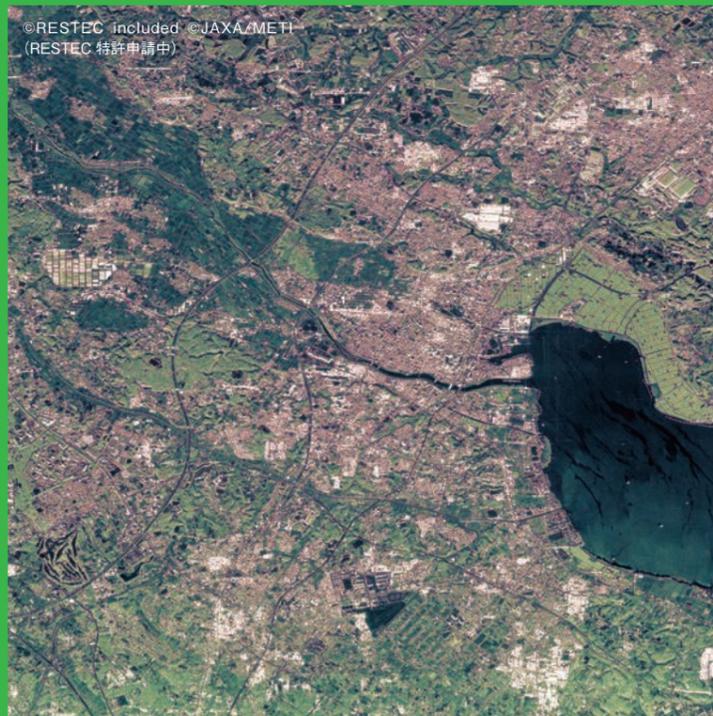
この疑似カラー化技術では、そのような観測対象の特徴（ザラザラさ、滑らかさ、周辺との類似度、色のばらつき具合など）をピクセルごとに解析します。そしてそれぞれの特徴がどのくらいの程度なのかを数値で表し、その値を RGB の色の値として置き換えることを行います。その結果、光学画像に近い画像が得られます。

表面状態が同じものの色を区別することはできない（例えば、周辺の状況や表面の状態が同一の、緑色の車と赤色の車があるとすると、その両者の色を見分けることはできない）など、光学画像とすべて同じにはなりません。下図の通り、一見したときには写真のイメージに近づいているといえるでしょう。

これまで分かりにくいと思われがちだった SAR 画像が、この技術によって直感的にも理解しやすいものになることで、より多くの人に、SAR を使いやすいものとして認識されることを目指しています。

また、この技術の期待される利用法の一つ挙げると、これまで光学画像を使って作られていた土地被覆分類図（土地がどのように使われているか示す図）が、SAR 画像によっても作ることができる可能性が開かれました。

疑似カラー化技術によって SAR のユーザーや利用法がさらに拡大することが期待されます。



筑波宇宙センター周辺
（上）航空機 SAR (Pi-SAR-L2) 画像
（下）航空機 SAR (Pi-SAR-L2) 画像をもとにカラー化した画像

» ALOS で蓄積したアーカイブ画像で、過去と現在を比較できる

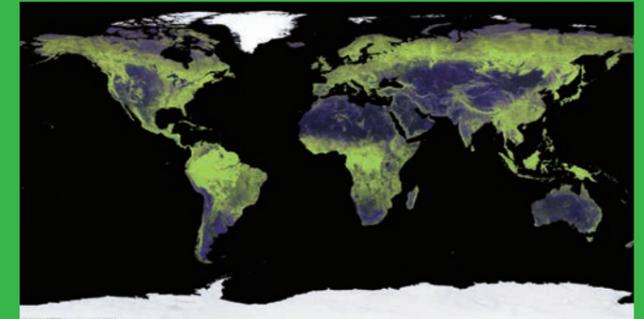
JAXA は、ALOS/PALSAR 画像を使用し、全球をカバーする 10m、または 25m 解像度の PALSAR モザイクデータセットを整備しました。このデータは、オルソ補正、勾配補正、モザイク処理を施しているため、地図に重ねて容易に使うことができます。またこのモザイクデータにより森林・非森林分類画像も整備しました。

これらの画像は、PALSAR が天候に左右されないレーダー画像であることを活かしたもので、森林や国土の経年変化を読み取ることができます。国内外の森林管理、国土管理事業に使用できます。

全世界をほぼ同時期（6～10月）に同一観測条件で撮影しており、ALOS-2 でも同様の観測によるデータセットが更新されていく予定です。このように ALOS-2 による継続した観測により、森林土地利用の時間的な変化を把握し、陸域起源の地球温暖化の要因

の特定や、REDD+（Reducing the Emission from Deforestation and forest Degradation plus）活動を推進します。

10m 分解能での PALSAR 全球オルソモザイクデータセット
（カラー合成処理を施しています）



©JAXA, METI, analyzed by JAXA

» PALSAR-2 標準プロダクト処理レベル定義

| レベル | 定義 | フォーマット |
|---------|---|------------------|
| レベル 1.1 | レンジ圧縮及びアジマス圧縮を行った後の、スラントレンジ上の複素数データである。1 ルックのデータであり、位相情報を含んでいるため、この後の処理のベースとなる。広域観測モードでは、スキャン単位でイメージファイルが作成される。 | CEOS SAR/GeoTIFF |
| レベル 1.5 | レンジ圧縮及びアジマス圧縮を行い、さらに地図投影した振幅データでマルチルックされたグラントレンジ上のデータである。 | CEOS SAR/GeoTIFF |
| レベル 2.1 | レベル 1.1 データに数値標高データを用いて幾何補正（オルソ補正）を行ったデータである。 | CEOS SAR/GeoTIFF |
| レベル 3.1 | レベル 1.5 データに画質補正（雑音除去処理、ダイナミックレンジ圧縮処理）を行ったデータである。 | CEOS SAR/GeoTIFF |

※レベル……P.36 Q6参照

» プロダクト毎のデータサイズ一覧（GByte）

| 観測モード | スポット ライト | 高分解能 | | | フルポリリメトリ | | 広域観測 | | | | | |
|--------------------------|-------------|-------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 3m | 6m | 10m | 6m | 10m | 350Km | | 490Km | | | |
| | | | | | | | 方式① | 方式② | 方式① | 方式② | | |
| 周波数帯域 | 84MHz | 84MHz | 42MHz | 28MHz | 42MHz | 28MHz | 14MHz | 28MHz | 14MHz | 28MHz | 14MHz | 14MHz |
| ピクセルサイズ | 0.625m | 2.5m | 3.125m | 6.25m | 3.125 | 6.25m | 25m | | | | | |
| L1.1（ジオリファレンス）* 1 | 4.3 | 5.2 | 2.4 | 1.0 | 5.5 | 2.1 | 3.5 | 6.9 | 27.1 | 54.1 | 6.0 | 46.8 |
| L1.5/L2.1/L3.1（ジオリファレンス） | 3.1 | 1.2 | 0.8 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | | | | 0.5 | |
| L2.1（ジオコーデッド）* 2 | 6.1 | 2.4 | 1.5 | 0.5 | 5.7 | 0.9 | 0.7 | | | | 1.1 | |

・ジオリファレンス：衛星進行方向を基準に地図投影したもの
・ジオコーデッド：地図上での方向を基準に投影したもの

*：フルポリリメトリ以外、単偏波のサイズであり 2 偏波の場合は 2 倍
* 1: 代表的なオプティカル / スキャン番号のデータサイズ
* 2: 想定される最大のデータサイズ

・方式①（バースト方式）
バーストごとにレンジ圧縮及び 1 ルックアジマス圧縮を行う。シグナルデータはバーストごとに作成されるが、同一スキャンかつ同一偏波に属するデータは同じイメージファイルに時系列順に格納。
・方式②（フルオーバーチャップ方式）
バースト間のゼロ埋めを行い、レンジ圧縮及び 1 ルックアジマス圧縮を行う（処理はスキャンごと、かつ、偏波ごと）。

衛星画像を見たい! 使いたい!

衛星画像を画像化したり、データ処理するには専用のソフトウェアが必要となります。

無償、有償で様々なソフトウェアがありますが、本書では ALOS (だいち) の標準プロダクトを取り扱うことのできる無償のソフトウェアを紹介します。

» JAXA Let's SAR

PALSAR モザイク画像等地理情報を持つ画像を取り扱え、森林分類、森林減少把握、災害抽出、船舶検出等を行うソフトウェア群です。

- ・ JAXA Let's SAR は JAXA/EORC のサイトより無償でダウンロード (Windows64-bit 版) できます。
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/index_j.htm
- ・ 現状は以下で紹介する 2 つのソフトウェアにおいて、森林関連の処理機能のみ付随していますが、将来的には災害、船舶検出の機能を順次付加します。
 - LUC
オブジェクト指向分類エンジンを搭載した土地被覆分類ソフトウェアです。位置情報を付加した現地調査データを教師データとした分類が可能です。
 - Gamma0 Change
2 期の PALSAR モザイクデータにおける Gamma0 の変化量を抽出し、森林減少・劣化を抽出できます。

» ASF MapReady

SAR 画像の幾何補正 (地図などに合わせられるよう、基準点を用いて正確な地理座標を与える) を行うソフトウェアです。

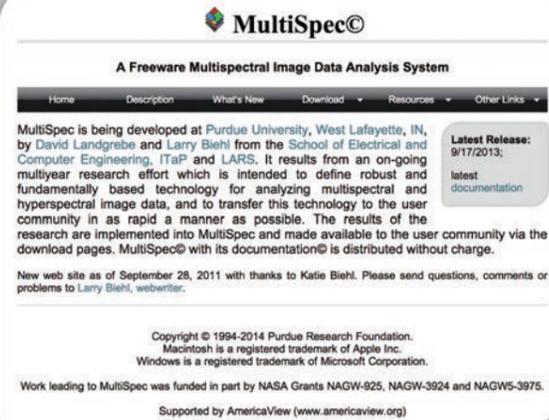
- ・ Alaska Satellite Facility の WEB サイトよりダウンロードできます。
<https://www.asf.alaska.edu/data-tools/mapready/>
- ・ 事前にユーザ登録が必要です。
- ・ Windows 版と Linux 版があります。
- ・ 最新バージョンとして、version3.2.1 (beta) の入手が可能です。
- ・ ALOS 標準プロダクトでは、レベル 1.1 と 1.5 のジオリファレンスデータを扱うことができます。



» MultiSpec

衛星データの分類処理を行うソフトウェアです。

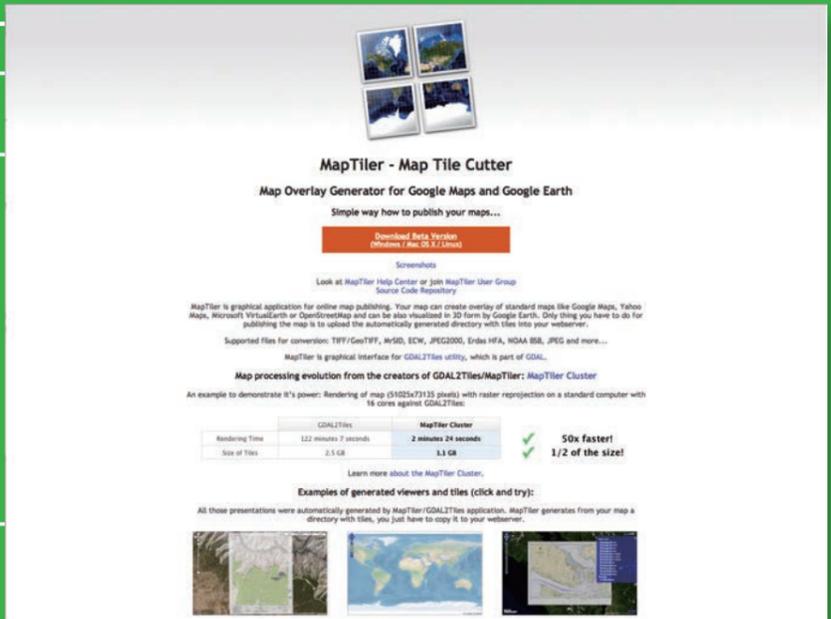
- ・ A Freeware Multispectral Image Data Analysis System の WEB サイトよりダウンロードできます。
<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>
- ・ ダウンロード時に、e-mail 等の情報を入力する必要があります。
- ・ Windows 版と Macintosh 版があります。
- ・ 最新バージョンとして、Windows 版は version3.3 の入手が可能です。
- ・ ALOS 標準プロダクトを直接読みこむことはできませんが、Geotiff などのファイル形式にすることで読み込むことが可能です。



» MapTiler

地理情報を持つ画像を、GoogleEarth 等に表示するためのソフトウェアです。

- ・ MapTiler の WEB サイトよりダウンロードできます。
<http://www.maptiler.org/>
- ・ Beta version の無償ダウンロードが可能です。
- ・ Windows 版と Mac OS 版、Linux 版があります。
- ・ 最新バージョンとして、version3.2.1 (beta) の入手が可能です。
- ・ ALOS 標準プロダクトを直接読みこむことはできませんが、Geotiff などのファイル形式にすることで読み込むことが可能です。



» NEST (Next ESA SAR Toolbox)

SAR 画像を解析するためのソフトウェアです。

- ・ 欧州宇宙機関 (ESA:European Space Agency) が開発しました。
- ・ ESA の WEB サイトよりダウンロードできます。
<https://earth.esa.int/web/nest/home>
- ・ ALOS 標準プロダクトでは、レベル 1.1 と 1.5 のジオリファレンスデータを扱うことができます。

» PolSAR-Pro

SAR 画像のポラリメトリ解析 (P.29 参照) を行うことのできるソフトウェアです。

- ・ 欧州宇宙機関 (ESA:European Space Agency) が開発しました。
- ・ ESA の WEB サイトよりダウンロードできます。
<http://earth.eo.esa.int/polsarpro/install.html>
- ・ ダウンロード時に、e-mail 等の情報を入力する必要があります。
- ・ Windows版とMac OS版、Linux版、Unix-Solaris版があります。
- ・ ポラリメトリ解析のために ALOS 標準プロダクトでは、レベル 1.1 のデータを扱うことができます。



FAQ

Q1. 地球観測衛星にはどんなセンサーがあるの？

地球観測衛星のセンサー（観測装置）には主に以下のものがあります。

① 光学センサー……太陽の光の反射や放射を測ります。デジタルカメラのように地表面をカラー画像で捉えることができます。

② 能動型マイクロ波センサー……センサーから発射するマイクロ波を使って、対象物が反射するマイクロ波を測ります。いわゆるレーダーです。ALOS-2はこのタイプになります。天候や昼夜を問わず地表面を捉えることができます。

③ 受動型マイクロ波センサー……対象物が放射するマイクロ波を測ります。

Q2. 衛星画像はどこから検索・入手できるの？

JAXAの衛星画像は、以下のサイトで検索・入手することができます。ALOS-2データの提供サイトについては打ち上げ半年後を目途にオープン予定です。

● AUIG（ALOS 情報システム WWW サービス）：ALOS データの検索ができます。

<https://auig.eoc.jaxa.jp/auigs/top/TOP1000Init.do>

● G-Portal（地球観測衛星データ提供システム）：JAXAの衛星およびセンサーで取得された画像や情報を配布しています。

<https://www.gportal.jaxa.jp/gp/top.html>

● E-Search（地球観測衛星データサイト検索システム）：各種データを提供する JAXA の各 Web を横断的に検索できます。

<http://www.sapc.jaxa.jp/e-search/>

● だいち画像ギャラリー：ALOSの各センサーで観測された画像と解析事例を公開しています。

<http://www.sapc.jaxa.jp/gallery/>

● JAXA デジタルアーカイブス：JAXA が取り組んでいる様々なプロジェクトの画像、映像を検索できます。

<http://jda.jaxa.jp/>

※ JAXA のホームページに掲載されている画像を使いたい場合は、JAXA デジタルアーカイブス窓口へ申請下さい。申請は上記 URL で行えます。詳しくはサイト内の「ご使用条件」をお読み下さい。

Q3. 衛星画像はどんな形で提供されるの？

衛星毎に決められている「シーン（観測幅に相当）」と呼ばれる画像の大きさの単位で、電子データとして提供されます。

大きくわけて2種類の製品があり、シーンで提供するデジタル製品と、複数枚の画像をつなぎ合わせたり（モザイク処理）、カラー合成などを行った付加価値製品があります。

Q4. ALOS-2 データはいつから使えるの？

ALOS-2の打ち上げ約半年後に運用段階が始まり、データを入力することができるようになります。

Q5. ALOS-2 データを利用したい場合、どこに問い合わせればよいのでしょうか？

ALOS-2が運用段階になった場合には、利用用途により JAXA かもしくはデータの配布業者からデータを入力できるようになります。まずは JAXA 衛星利用推進センターにお問い合わせください。

Q6. ALOS-2 の画像の処理レベルとは？

観測データにレンジ圧縮及びアジマス圧縮を施し、レベル 1.0、レベル 1.1、レベル 1.5 のプロダクトを作成して提供します。詳しくは、P.31 をご覧ください。

衛星で観測したデータはそのままでは解析などに使用できないので、それぞれの用途に適した標準的な処理を行っています。処理レベル毎にデータの保持している情報が異なります。

例えば、レベル 1.1 は地殻変動などの干渉解析をする際に必要な情報を含んでいますが、画像になっていないので、高度な技術が必要です。

レベル 1.5 は画像化（再生処理）されているので、画像として見たり、画像の持っている数値を解析することに使用できますが、標高データによる補正をしていないので、地図とは重なりません。

Q7. ALOS-2 の画像の階調は？

16ビットです。

Q8. ALOS-2 の画像の精度は？

ラジオメトリック精度（オフナディア角共通）

| | | |
|-------------------|-------------------------------------|---|
| 絶対精度 | 1dB(1 σ) : Corner reflector | |
| 雑音等価後方散乱係数 | -29dB 以下 | |
| 水平・垂直偏波間振幅比 (PLR) | 5%以内 | |
| 水平・垂直偏波間位相差 (PLR) | 5度以内 | |
| クロストーク (PLR) | -30dB以下 | |
| 分解能 | アジマス方向 1ルック時 | 3m / 5m |
| | レンジ方向 | 1.8m (84MHz) 3.6m (42MHz) 5.4m (28MHz) 10.8m (14MHz) |
| サイドローブ | アジマス方向 | -14dB以下 |
| | レンジ方向 | -14dB以下 |

使用データ：コーナリフレクタ（校正サイト）やアマゾンの一様森林を観測した PALSAR-2 画像。

評価方法：GRS80 楕円体に投影したコーナリフレクタ（Corner Reflector (CR)、校正サイト）の位置（GPS 計測）と SAR 画像から計測した位置の二乗平均平方根誤差（RMSE）であり、全世界に配置した 572 点の CR を使用して求めたもの。

※こちらは開発時での値のため、打ち上げ後に変更になります。

アンビギュイティ

| | |
|--------|--------|
| レンジ方向 | 22dB以上 |
| アジマス方向 | 35dB以上 |

幾何学精度（オフナディア角共通）

| | |
|------|------------------|
| 20 m | Spotlight, Strip |
| 70 m | ScanSAR |

Q9. 物理量への変換はどのようにするんですか？

標準成品品は地表の反射係数（正確には、後方散乱係数と言います）を表しています。データに入っている数値を DN（デジタルナンバーと言います）を用いると、Sigma-zero=10xlog10<DN²>+CF で変換できます。CF は校正係数ですが、衛星打ち上げ後、JAXA の行う初期校正により決定されます。

Q10. オルソ補正とは何ですか？

衛星や航空機による画像は、斜め観測や高さのある地形や建物などにより歪みが生じ、そのままの画像では地図に重ねられません。そこで、地図上に重ね合わせるために正射投影で歪みを補正することを、オルソ補正と言います。

Q11. 「ジオリファレンス（Geo-reference）」と「ジオコーデッド（Geo-coded）」の違いは？

■ ジオリファレンス（Geo-reference）
処理パラメータで設定した地図投影法に、画像を投影したデータ。衛星の軌道方向が、画像の上下となる。

■ ジオコーデッド（Geo-coded）
ジオリファレンス画像を回転させ、画像の北方向を画像の上に配置したもの。

・ Map North：処理パラメータで設定した地図投影法の北

・ True North：真の北（北極点基準）

Q12. PALSAR-2 データの、各モードにおけるピクセルスペーシングは？

PALSAR データのレベル 1.5 におけるピクセルスペーシングにつきましては、下記の通りとなっております。

FBS（高分解能モード 1 波）：6.25m または 12.5m より選択可

FBD（高分解能モード 2 波）：12.5m

WB1・WB2（広域観測モード）：100m

DSN（直接ダウンリンクモード）：12.5m

PLR（ポラリメトリモード）：12.5m

SOLUTION >>> デザイン・アート

こんなステキな商品に、 実は衛星画像が使われている!

衛星画像はデザインやアート、教育などでもご利用頂けます。
光学画像だけでなく SAR で観測した画像やデータも様々な用途でのご利用が可能です。

>>> デザイン



1 ファッション

ALOS で捉えた「ガラバゴス諸島」の、緑と青のコントラストに富んだ画像を生かしたダウンジャケットや、Tシャツなどのプロダクトが制作され販売されています。

2 家具

サウジアラビアの円形農場のデータをモチーフにしたソファ
© 株式会社イデー



© 有限会社 ファント



3 iPhone Case

ALOS 画像を活かした iPhone 用のケースが販売されています。
©GAS AS INTERNATIONAL/YOOSHIRO TITEN



4 Tシャツ

多彩な地表の姿を切り取り、Tシャツの柄として活用しました。
© ヴェレッジヴァンガード



5 地球色のクレヨン

日本各地の衛星画像から厳選して色を抽出し、その色を詰め合わせました。
© 株式会社 Granma + minna



6 iPad 用アプリケーション

「Coasting」各地の音楽を楽しみながら画像で海岸を巡ることでできるアプリケーションが販売されています。
© 株式会社 Qosmo



7 高精細 CG 友禅

高精細 CG 友禅の技術との融合により、ALOS の高精細なデータが着物上に忠実かつ芸術的に表現されました。
© 川邊祐之亮 <http://jss-kyoto.jp>



8 折り紙・包装紙

サハラ砂漠のリチャット構造とネフド砂漠の円形農場を撮影した画像が折り紙・包装紙の絵柄に活かされています。
© 株式会社 K&K

>>> SAR データを利用したアート

SAR 画像を美術表現に利用したアート「Microcosm」が製作されました。背景は、本作の映像のシーンを切り取ったものです。黒い背景に無数の白い点が表示されており、星空のように見えます。

これは、2007 年から 2010 年にかけて ALOS の PALSAR によって撮影された金沢の地形データから地表の変化を抽出し、差分が星空のように見えているものです。

普段の生活や季節が移り変わる際の町の何気ない変化を抽出して小さな宇宙を描くことで、地球外の視点による地球観と社会認識の共有を目指しました。

Microcosm / November 29th, 2010 at 10:18p.m. in Kanazawa
PALSAR Level 4.1: Processed by ERSDAC, Observed raw data: Belong to METI and JAXA, Changed from the original color by Hiroshi Suzuki.

制作：鈴木浩之、大木真人
制作年：2013 年



金沢市近郊の牧場での実験
(2010 年 10 月 14 日)

あとがき

数々の ALOS-2 によるソリューションの案をご説明してきました。SAR は少し難しいなあ、と感じられた方もいるかもしれません。しかし、SAR の基本的な特徴や性質が分かれば、多くの場面や分野で利用できる可能性があることを感じ取って頂いた方もいらっしゃると思います。

災害時などには「宇宙のインフラ」としての役割を担うだけでなく、災害時以外には ALOS-2 の特徴を活かしビジネスや社会生活、国際貢献に活用して頂ければ幸いです。ALOS-2 を使い倒すことで、SAR の分野で日本の技術が世界を先導し、お役に立つことができれば望外の喜びです。
(編集一同)

ALOS-2 を利用したいと思ったら、まず JAXA 衛星利用推進センター（東京事務所）メール：SAPC-INFO@jaxa.jp までご連絡ください。

本書に使用されている ALOS 画像は、宇宙航空研究開発機構および経済産業省が、航空機搭載 SAR (Pi-SAR-L2) 画像は宇宙航空研究開発機構が著作権を有しています。ただし、画像提供/© の但し書きがある場合はその限りにありません。
編集協力：一般財団法人リモート・センシング技術センター/クロスメディア・マーケティング 発行：2014 年 3 月

