

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)  
プロジェクトの  
事後評価質問に対する回答

平成 24 年 1 月 30 日

宇宙航空研究開発機構

**【本資料の位置付け】**

本資料は、平成24年1月16日（月）に開催された第1回推進部会における陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）プロジェクトの説明に対する構成員からの質問に対し、独立法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の回答をまとめたものである。

● 1. 評価項目（成果・アウトプット）に関連する質問

1-1	災害時の利用について	3ページ
-----	------------	------

● 2. 評価項目（成果・アウトカム）に関連する質問

2-1	センサの仕様値と技術検証結果	6ページ
2-2	PALSAR のポラリメトリに関して	10ページ
2-3	Palsar の分解能	15ページ
2-4	衛星技術の Lessons & Learned	16ページ
2-5	衛星のミッション寿命	18ページ
2-6	運用終了の判断基準と発生した不具合に関する見解	20ページ

● 3. 評価項目（成果・インパクト）に関連する質問

3-1	学術論文の傾向分析	21ページ
3-2	大学等研究者の学術的立場からの研究について	24ページ
3-3	特許について	26ページ

● 4. 評価項目（成否の要因に関する分析）に関連する質問

4-1	データ中継技術衛星「こだま」(DRTS) の有効性	27ページ
4-2	利用に関するユーザの意見	28ページ
4-3	利用状況及びユーザーコミュニティからの要望	33ページ
4-4	教訓・提言事項について	52ページ
4-5	陸域観測技術衛星の今後の展望について	54ページ

● 5. 評価項目（効率性）に関連する質問 ～プロジェクトの効率性～

5-1	プロジェクトの資金	57ページ
5-2	画像配布プライスの低減策	59ページ

● 6. 評価項目（効率性）に関連する質問 ～プロジェクトの実施体制～

6-1	利用実証体制の構築状況について	60ページ
-----	-----------------	-------

## 1. 評価項目（成果・アウトプット）に関連する質問

【質問番号 1-1】 災害時の利用について

【質問内容】

東日本大震災を例に災害時の利用について伺いたい。各省庁等にデータを送ったということであるが、データが送られた先でどのような利用のされ方をしたのかももう少し詳細に知りたい。データを送られた先では、「このあたりまで津波が来ている」というただそれだけを確認しただけなのか、あるいは具体的な救助・支援活動にまで活用されているのか。

以前の審査の際、この点を何度も確認したが、たとえば救助ヘリとどのような組み合わせで被災時に使われるのか、という質問に対して明快な答えがなかった。

東日本大震災の後、「だいち」の画像について話題を聞いたことがなかった。災害時に実質的な利用がされているのか、非常に気になった。

【資料の該当箇所】

推進 1-2-4

【回答者】 J A X A

【回答内容】

「だいち」による東日本大震災への対応については、衛星画像を各防災機関が利用しやすいようJAXAで処理・解析し、内閣官房、内閣府(防災)をはじめとする政府・自治体に情報を提供しました。

利用一例としては、内閣官房の官邸危機管理センターでは、仙台空港等の発災前後比較画像により患者・物資等の輸送拠点の被害状況把握、福島第1原子力発電所を中心とした広域画像による避難・屋内退避の範囲確認などを行い、震災直後の現地被害状況の全容把握が困難な中、「だいち」画像が現地状況を広域・一様に把握するための資料として初動対応期を通じて最も活用されました。また、国土交通省国土技術政策総合研究所では、「だいち」画像により大規模土砂災害の調査を実施し、約200個の土砂崩壊及び危険箇所を発見しました。当時、観測機器は東北沿岸部に集中利用され東北内陸部の観測手段が限られていたこと、ヘリの目視調査のみでは隙間無く調査出来ないこと、かつ原発30km圏内は当時飛行禁止であったことから、「だいち」画像は非常に有効に利用されました。

表「東日本大震災への対応 例」に政府・自治体の利用・活動状況を示します。

なお、「東日本大震災対応報告書 ～地球観測衛星及び通信衛星による対応の記録～」に国内外の機関と協力して実施した種々の活動を整理しております。

本報告書は、JAXAの衛星利用推進センターホームページで公開しております。

(<http://www.sapc.jaxa.jp/antidisaster/index.html>)

## 東日本大震災対応報告書

～地球観測衛星及び通信衛星による対応の記録～



2011年11月

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

表 東日本大震災への対応 例

内閣官房	仙台空港、福島原発等関心域の前後比較画像等提供。原発については、国際災害チャーターによる高分解能画像も含め、4/19まで提供。その他、浸水域の解析結果を提供。
内閣府	発災当日に57枚（翌日に追加要望のあった19枚）のだいち防災マップを提供、各県の対策本部に送付。引き続き観測結果、チャータプロダクト、原発関連のプロダクト／大判印刷物を随時提供。北海道から千葉までの湛水域の判読結果を提供。
警察庁	防災WEBの観測画像を警察庁にてダウンロードし各種プロダクト作成の上、各県現地対策本部へ大判印刷出力を送付。
国土交通省	津波被害エリアの湛水状況について情報提供要請あり、3/21～4/22までPALSAR、AVNIR-2による解析結果を提供。沿岸の被害状況について、三陸沿岸、千葉液状化エリアの情報を提供。都市地域整備・住宅関連部局へも展開。強震度地域にある土砂災害危険箇所（約4万カ所）の点検を行うため内陸部の観測要請あり。国土技術政策総合研究所で解析実施。その他、関心地域（山火事の可能性）の画像を提供。
農林水産省	津波被害エリアの農地の湛水状況について情報提供。農水省は、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県で約2万4千haの浸水と推定されると発表（3/29、被災地域の衛星画像写真を活用）。また、千葉県北部（九十九里浜周辺）から茨城県沿岸の浸水状況について解析結果を提供。本データは農水省の調査結果の検証および今後の農地復旧工法検討の材料として利用されるとのこと。
水産庁	水産庁との間で、沖合に流された漁船の搜索の参考情報として岩手沿岸画像を提供。
海上保安庁	海上安全部より海上漂流物について情報提供要請あり、3/13, 16, 及び4/18観測解析結果を提供。
環境省	三陸沿岸の漂流物分布について要請あり、陸前高田周辺のみで約56万m <sup>2</sup> の漂流物の存在を確認。環境省側の検討とほぼ同等。本結果は海上保安庁にも提供済み。

文部科学省	原発関係の画像を提供。
防災科学研究所	災害リスク情報PF上での「だいち」画像公開要請があり、東北、及び新潟長野の画像を提供。NPO活動のSinsai.infoにも展開された。
国土地理院、地震WG	発災前後の画像を順次提供。国土地理院は干渉SARと電子基準点の融合解析により、牡鹿半島付近で最大3.5m以上の地殻変動と発表。
宮城県	国際災害チャータ（海外衛星）からの情報により、女川運動公園上のSOSメッセージが確認され、宮城県に情報提供。
岩手県・岩手大	岩手大を通じて関係機関（岩手県等）に画像、解析結果を随時提供。国道45号線の状況については光学での判読結果を提供。岩手県より発災前後の画像の利用要請あり提供。
関東地方整備局	国土地理院経由で千葉県の液状化エリアの状況把握の要請あり。海外衛星画像による判読結果を提供。
和歌山県	岩手県－和歌山県の協定に基づき、4月末より支援のため現地入り。現地活動用だいち防災マップ等の要請あり提供。
京都大学防災研	内閣府への協力として、緊急地図作成プロジェクトを立ち上げ。JAXAへの協力要請あり、画像提供。

## 2. 評価項目（成果・アウトカム）に関連する質問

### 【質問番号 2-1】 センサの仕様値と技術検証結果

#### 【質問内容】（質問をご記入下さい）

3つのセンサについて、仕様値と技術検証された計測値の桁が異なる等、差分が大きすぎる。また、絶対値とRMS値が混在する等、比較のベースが異なっているものもある。また、世界最高もしくは世界レベルとあるが、世界の水準がどうであるかについての説明がなされていない。

精度については、技術検証の期間中に努力して向上したとの説明もあったが、技術検証の結果を適切に評価できるよう、説明してください。

#### 【資料の該当箇所】

推進1-2-4、22ページ

#### 【回答者】 JAXA

#### 【回答内容】

本資料に書かれた数値は全て絶対値です。例えば、精度についての記述はRMSと記述しておりますが、正確にはRMSE (Root Mean Square Error) のことで、真値との平均二乗誤差のことを意味しており、比較の基準は合致しています。又、真値としては、SARはコーナー反射鏡という人口構造物で、反射係数と反射点が30cm程度の精度でわかっているものを使用しています。光学センサについても画像から認識出来る人口構造物や道路の交差点等を精密GPSで計測し、それを比較の基準点として評価したRMSEです。

PALSARの幾何学精度の仕様値と実測値の大きな差異はSTRIPモードで見られますが、この背景は以下のものです。今回の精度評価については、JERS-1 SARの実力値を背景としたもので、1) 軌道決定精度が180m(衛星進行方向、 $3\sigma$ )+50m(クロストラック方向、 $3\sigma$ )であった、2) ドップラー周波数の決定精度等に不安定要因が含まれていた可能性がある、等の理由からJERS-1の幾何学精度は200m~300mが生じていた。JERS-1と同様な衛星運用方法を有するRadarsat SARも80mの幾何学精度を有していること、また、当初ALOSはJERS-1やRadarsatと同じくヨーステアリングを実施しないこととなっていたことから、本表にありますように100mを目標仕様として設定しました。

打ち上げの直前になり、PALSARについては画質が向上することと同時に、他の2センサについても画質に影響が無いことが判明し、衛星運用をヨーステアリングとすることとなりました。衛星打ち上げ後に、全世界規模でデータ収集、Ascending, Descendingのデータを用いた受信タイミングの原点調整 (CRを用いた受信原点調整)、を行った結果、当初、10m強のRMSEが得られましたが、その後の更なる調整により7.8mと小さくすることができました。このように大きな精度向上は、予想を越えるもので、その要因としては、1) ドップラー周波数の計測精度が高い(あるいはPALSARの時刻計測が正確)、2) 幾何学精度が高い、3) 原点補正の実施、4) 評価に精密CRを利用し、同時にCRの高さ補正を導入したこと、衛星の軌道決定値が40cmと非常に高いことが考えられます。L-band SARは電離層の遅延の影響を受けており、この遅延量補正ができれば更なら精度向上も期待されるものと考えられます。

このように、幾何学精度については世界の宇宙機関が自国のSARの校正検証活動として関連学会等で発表しているところですが、2007年当時まではERS-1が20m、Radarsatが80m、radarsat-2が30mとあり、このPALSARの10あるいは7.8mは世界一でした。しかし、2007年5月に打ち上げられたTerra sar-xは帯域幅が300MHzと広いこと、電離層の影響を受けにくいこと等の理由で、位置精度が10cmになったとの報告が2011年になされました（IGARSS2011, Vancouver）ので、現時点では世界2位に位置することとなりました。

#### 精度の向上試行

SARについては、1) 映像化アルゴリズムの開発と映像画質の向上、2) SAR画像の特性把握と性能向上、3) 結果的に幾何学精度の向上、4) 校正検証の実施、が必要な精度向上の項目であり、各々について、打ち上げ後もデータの収集、解析、パラメータ調整等につとめた結果、上述のように、幾何学精度の向上が出来ただけでなく、画質についても改善が図られました。一例は、ScanSARではスカロッピングという厄介な衛星進行方向に繰り返し雑音が発生する、スキャン間で輝度差が発生する等の現象がありましたが、特別なアルゴリズムの開発（Specan処理とアジマスアンテナパターンの最適化、及び重み補正の最適化）し、適用することで、350km一様に高品質のScanSAR画像を作成することが可能になりました。また、高次成果物であるオルソ補正（勾配補正）や試作成果物である地殻変動図の作成、更には全球規模での森林変化を観測する為の全球SARモザイク画像の作成等を通して、SARの幾何学補正と地形高度の関連性、ドップラー周波数、ドップラー周波数変化率との関係についても明確化することで、地形情報とより合致するSARデータの（補正方法の開発も含め）補正方法の収集を行うことができました。これらの結果が、位置精度に関しては8mという高精度なものにつながったものと考えています。また、この経験を通して、更に高分解能なPALSAR-2の処理方法、補正方法、幾何学補正精度向上方法の見通しを得ることができました。

光学センサについては、25000分の1の地形図作成というミッション目的に合致する為のPRISM位置精度の向上が目的であり、その実現の為に、高精度地上データの収集（地上基準点のことで、全世界に広く分布しています）、太陽照射に伴い光学ベンチ（PRISMを固定している台）が時間とともに、非常に微小な熱歪みを受けることが予想されましたが、地上データの組み合わせを通じたモデル化により、PRISMの幾何学精度を徐々に高めることができました。この実データの収集と、モデル化、継続的な補正と検証が、PRISMの位置決定精度の向上に貢献し、合わせて、DEM算出アルゴリズムの開発、マッチング精度の向上と高速化、検証データとしてLidarデータの収集及び統計的評価を通して、DEMが収集されることになりました。日本全土については、標準偏差である $1\sigma$ が5m、空間分解能10mのDEMが作成されました。日本全土のほぼ92%をカバーしております。

なお、第一回部会資料推進1-2-4では、幾何精度の計測値を「8m」と記載しておりましたが、これは1桁に丸められており、正確には「7.8m」でしたので、こちらに修正させていただきました。



### 3. 成果 (2)アウトプット 詳細説明 2 衛星技術検証(4/6) ~ センサ評価概要(1/2) ~



軌道決定	仕様	軌道上性能	
軌道決定位置決定精度(距離誤差, 95%)	< 200m	35m	ラングム誤差 23m (X: 8m, Y: 8m, Z: 20m, all 2σ) ハーフ誤差 12m (2σ)
GUTSオフライン処理位置決定精度(距離誤差, 3σ)	< 1m	0.31m	ラングム誤差 0.13m (3σ) (オフセット法による) ハーフ誤差 0.18m (3σ) (SLRレンジングによる)

PALSAR	項目	計測値 (括弧内の数値は標準偏差を表す)	仕様
	幾何精度	7.8m(RMSE) : 高分解モード	100m(RMSE)以下
	ラジオ精度	0.64dB / 0.17dB (注)左の数値は一般的な機器、右の数値は極めて安定的な機器を使って検証した結果。	1.5dB以下
	パラメトリ校正	VV/HH振幅比(dB) : 0.02dB(0.04m) VV/HH位相差(deg) : 0.321(1.01m) クロストーク : -31~-40dB	0.2dB以下 5deg以下 -30dB以下
	雑音等価散乱係数	-34dB	-23dB以下
	分解能(m)	アジマス方向 : 4.49m(0.1m) レンジ方向(14MHz) : 9.6m(0.1m) レンジ方向(28MHz) : 4.7m(0.1m)	4.5m以下 10.7m以下 5.4m以下

世界最高、または、世界レベル



センサ	幾何精度 (GCPなし) 絶対精度(RMSE) (m)	幾何精度 (GCPあり) 相対精度(RMSE) (m)	仕様 絶対精度(RMSE) (m)
PRISM 前方	5.3	2.5	2.5m (直下視) (1/25000の地図作成に必要な精度は12.5m)
直下	6.0		
後方	6.9		
AVNIR-2	34.3	5.6	133.8m (直下視)



A

参考 各国の衛星データの幾何精度等について

衛星/立体視センサ (打上年)	開発国	分解能	観測幅	幾何精度 (GCPなし)	DEM(DSM)		備考
					間隔	標高精度	
ALOS/PRISM (2006)	日本	2.5m	35-70km	6.0m *1 (直下視)	10m	2.8m *1	*1: 2011年2月 後期利用段階終了報告
SPOT-5/HRS (2002)	仏国	10m	120km	27m *2 (CE90)	20m	10-15m	*2: 2004年現在の評価結果
IKONOS (1999)	米国	1m	11km	4.4m *3 (CE90)	高精度ステレオ画像*4		*3: 2002年現在の評価結果 *4: 縮尺1/4,800相当の精度
Cartosat-1/PAN (2005)	インド	2.5m	30km	不明	10m	6.4m	1m分解能の2号機を2006年予定
シャトル/SRTM (2000)	米国	16-30m	225km	10m(CE90)	30-90m	6-10m	レーダデータによるDEM

センサ名	開発国	幾何学精度	ラジオ精度	雑音等価散乱係数 (dB)	DEM
PALSAR(2006)	日本	7.8m(RMS)	0.64dB/0.17dB	-34dB	17m(1sigma)
JERS-1 SAR(1992)	日本	200~300m	1.0 dB	-18dB	-
AMI/ERS-1(1991)	欧州	20m	0.30 dB	-24dB	11m(1sigma)
RADARSAT SAR(1995)	カナダ	80m	+/-1.0dB	-24dB	
ASAR/ENVISAT(2000)	欧州	23.3m	+/-0.11 ~ +/-1.20	-24dB	
SRTM(2000)	米国	11.9m(90%)	-	-	10m(3sigma)
Terra-SAR-X(2007)	ドイツ	10cm (1sigma)	TBD		
Radarsat-2(2007)	カナダ	15~30m	TBD	-30~-40dB	

A  
24

【質問番号 2-2】 PALSAR のポラリメトリに関して

【質問内容】

PALSAR のセンサ評価値（推進 1-2-4 の p. 22）を見ますと、雑音等価散乱係数、ポラリメトリ校正、ラジオメトリック精度などはいずれも仕様値を大きく上回っており、特に雑音等価散乱係数は-34dB と十分低く、良好なポラリメトリック画像が取得されたものと思われま

す。（1）ポラリメトリック画像は実利用のどのような分野で特に有効でしたか。例も幾つかお示し下さい。

（2）ポラリメトリック画像に関する技術的検証では新しい試みもなされたと思います。そこで得られた新しい知見をご紹介下さい。

【資料の該当箇所】

【回答者】 J A X A

【回答内容】

（1）ポラリメトリック画像の実利用分野での有効性と例示について

ご指摘のように、PALSAR の雑音等価後方散乱係数は、-34dB と仕様値を 11dB も上回るものでした。計測方法は、広大な（ハワイ近くの）海域について、画像の平均処理、最小値検索をかけて、特に孤立島の背景のレーダーシャドウ領域、風の凧領域等を中心に検出したものです。帯域幅の狭い、FBD(14MHz)で-34dB, 帯域幅の二倍広い FBS で-29dB を得ています。この特性と、更には、クロストーク特性の為に非常に高いポラリメトリ性能が確認されました。その結果が、本表に示されるように、-31~-40dB にわたるクロストーク性能です。これは、コーナー反射鏡（TCR:Trihedral Corner Reflector）を参照にして、校正済みデータの HV にどれくらいの信号強度が漏れ込んでいるかを計測する方法と、自然対象物について HV と HH あるいは VV と HV の相関係数で評価したのですが、ここにあるように非常に小さな値を計測することができました。

ポラリメトリの実利用分野への応用については、1) 観測幅が狭い (35km)、2) 入射角が 26 度までに限定されていた、3) 過去データが余り無い (2 年に一回の頻度で世界の半分の領域を観測) ことから、緊急時には観測されませんでした。70km の観測幅を持つ FBS や FBD が先行し、その結果として地殻変動量の把握等には貢献いたしました。しかし、緊急観測以外では、1) 成分分離法による土地利用分類 (図 1)、2) 森林分類、3) Pol-InSAR 手法を用いた土地利用分類精度の向上、4) 科学面では Faraday Rotation の検出等があげられます。ここまでは Full Polarimetry の事例でしたが、広い意味で Dual Polarization モード (FBD) もポラリメトリです。FBD は HH+HV で 70km を観測します。こちらのモードは実利用で大いに使用されました。1) HV は森林の伐採領域からの散乱強度が弱く、その後の成長についても散乱強度が弱いために、HH よりも (HH は二回散乱のために森林再生を茂った森林と誤認識する)、使用しやすい偏波です (図 2 に JAXA が世界で最初に作成した 10m 分解能の全球森林非森林分類図を示します)。2) 同様に HV は森林火災跡の検出に有効なことがわかりました (ギリシャの山火事、オーストラリアの山火事等)。3) NESZ が低いことは様々なアプリケーションに有利です。例えば、海洋油汚染についても添付のような画像を得ることができました (図 3)。4) また、海洋風速の推定等 (図 4) にも効果的

でした。

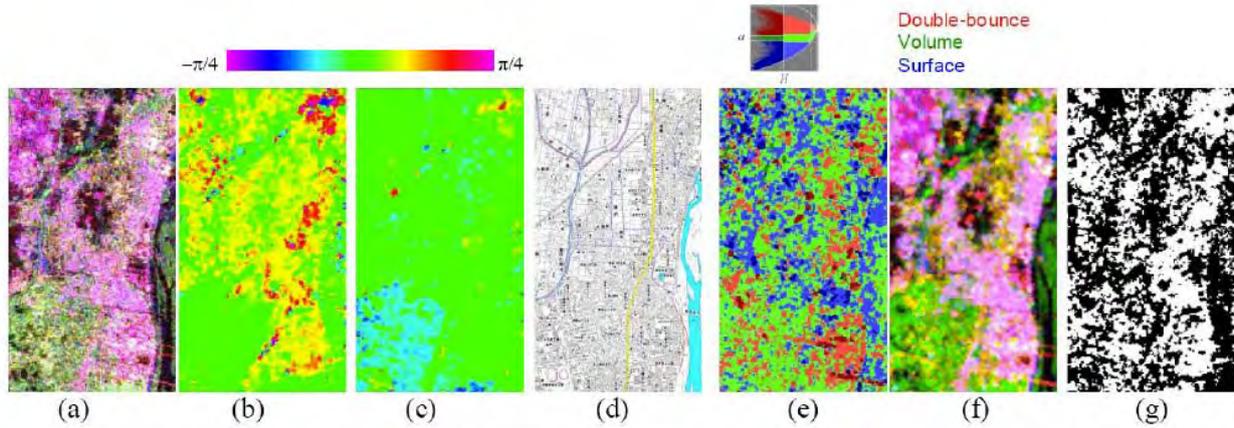


Fig. 2-2 Part of the results from PALSAR data of Isehara, Japan: (a) Pauli vector image from the descending orbit, (b) PO angles from the ascending orbit, (c) PO angles from the descending orbit, (d) Map by The Geospatial Information Authority of Japan (GSI), (e) H-a classification, (f) Three component decomposition, and (g) Built-up areas by the proposed method.

図1 ポラリメトリによる散乱成分分類と土地利用分類（木村等）

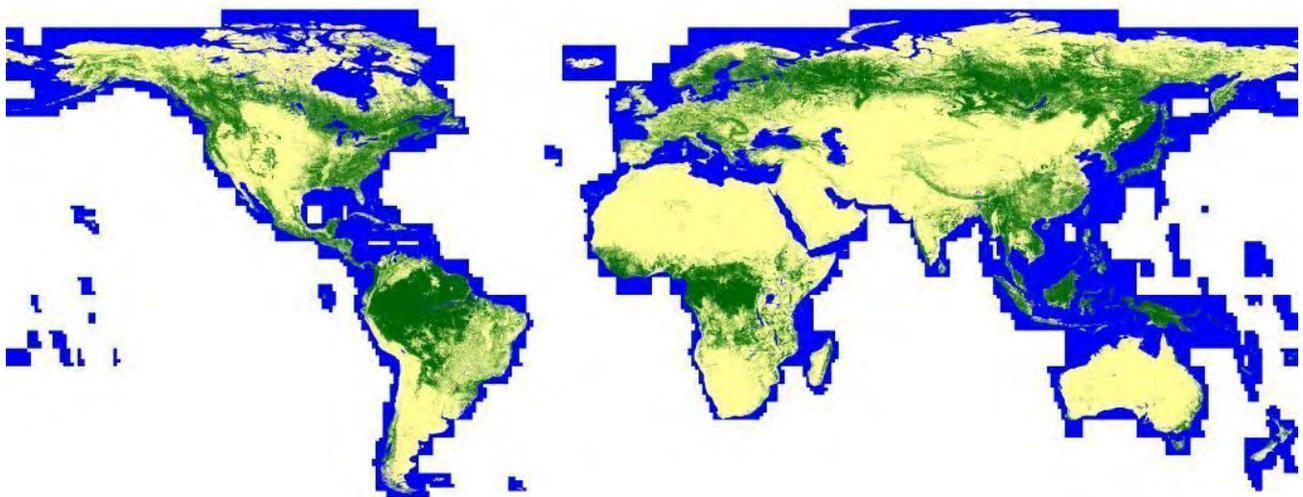


図2 全世界森林分類図（FBDを用いた分類）：非森林（黄色）、森林（緑）：島田他

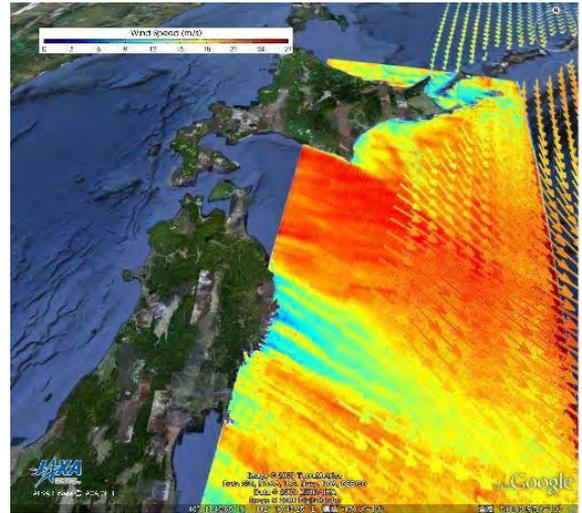
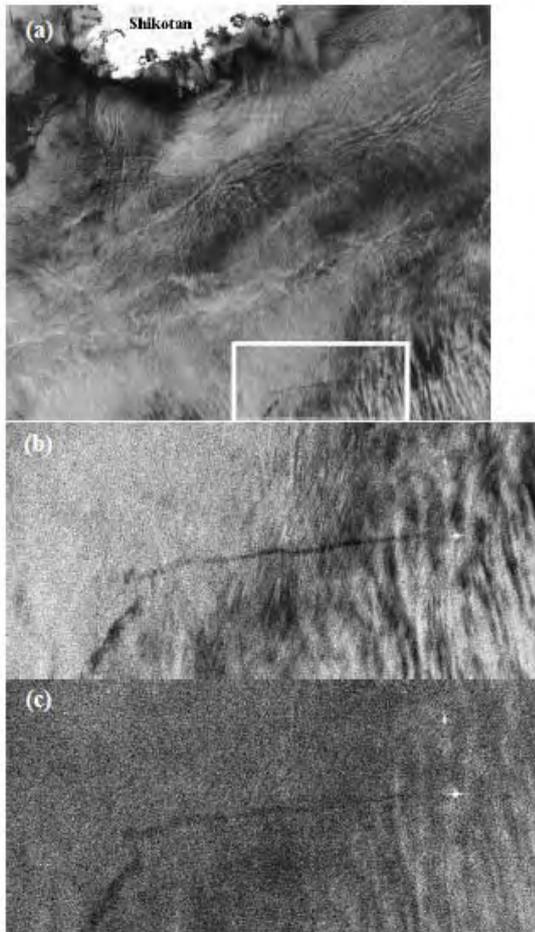


図3 北海道沖のオイルスピル (Prof. Mitnikによる) 図4 海上風風速分布 (磯口他)

## (2) ポラリメトリック画像の技術的検証に関する新しい試みと知見

2-1) 校正手法の開発 : Polarimetry校正は数学的に厳密なことから、多くの研究者に好まれたテーマです。これまでに (ポラリメトリックSARを持っていたところが早く開発するのは当然なことでしょう)、JPLのVan Zyl 法、Freeman法、S Quegan法が主要な方法でした。各々、1 個のCRと自然ターゲットの使用、特殊なCRの使用、自然ターゲットの使用といくつかの仮定のもとに決めるものですが、PALSARにおいては、更に、3種類の方法が開発検証されました。1) 一つ目は、岐阜大学の木村教授が開発したもので、人口構造物に対する電波の回転角 (オリエンテーション角) をHVとVHで等しくなるべきとの条件で解決する方法、2) 二つ目は、JAXAの島田が開発した方法で、アマゾンの森林を対象物として扱い、透過率の偏波依存性をモデル化し、コーナー反射鏡を使用することで森林の様に透過率が偏波依存性を有する対象物も偏波依存性の無い裸地と同様に扱えること等を利点にした方法です。この方法は、JAXAのPol校正の補助的手法として用いられ、データの時間的安定性や、校正係数の安定性の評価に使用されました。3) 3番目の方法は、故藤田教授が提案しその後福地教授が推進した、特殊なコーナー反射機器を用いた方法です。いずれの方法も、IEEE TGRSにreviewed paperとして掲載されました。又、応用の分野では、Polarimetric SARの分類手法が開発されました。

2-2) 散乱体の成分分離手法の開発 : HH, HV, VVの独立3成分を用いて対象物の分離を行う方法 (decomposition) に対して、従来は、体積散乱、表面散乱、二回散乱に分類する手法

が主でしたが、分解能によっては（平均個数によっては）、表面散乱あるいは二回散乱成分が負になる（ことがある）という、欠点を補う方法が開発されました。一つは、新潟大学山口教授の4成分分類法、もう一つはMSS有井博士の非負の固有値法です（図5）。いずれも、従来の手法（Freeman-Durden法）では体積散乱成分が大きめに推定されるという欠点を是正することができました。

その他、SARの自然対象物に対する知見としての、いくつかの基本的な特性についても知見を得ることができました。例えば、森林域の信号の対称性（Reflection Symmetry）などです。

2-3) 電離層特性の把握：外部磁場内を電磁波が伝搬するとき発生する偏波面の回転現象としてファラデー回転角があります（図6）。この角度は、電子数、周波数、磁力、磁力線と電波の成す角度に比例することが知られていますが、PALSARにおいては多く観測することができました。また、時間帯によって変動する電子密度に関連して屈折率が局所的な変化をすることから、そこを通過したときに筋状雑音の発生する現象の確認（図7）、太陽黒点数との関連性、電離層の移動についてのGPS側との関連性が確認されました。

B. Gakona, Alaska ALOS PALSAR imaged on April 1, 2007

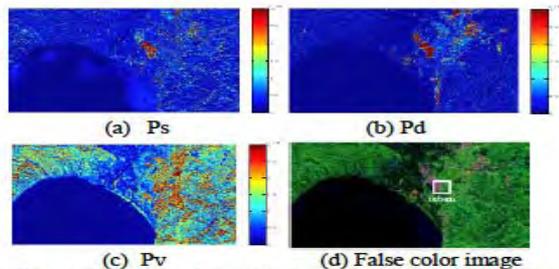


Fig.3 Decomposed results by using Freeman-Durden decomposition.

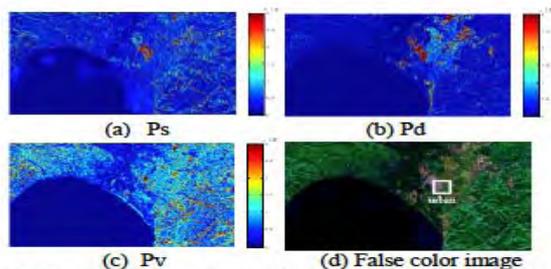


Fig.4 Decomposed results by using Aree-van Zyl decomposition.

図5 Aree-van zyl 法による成分分離

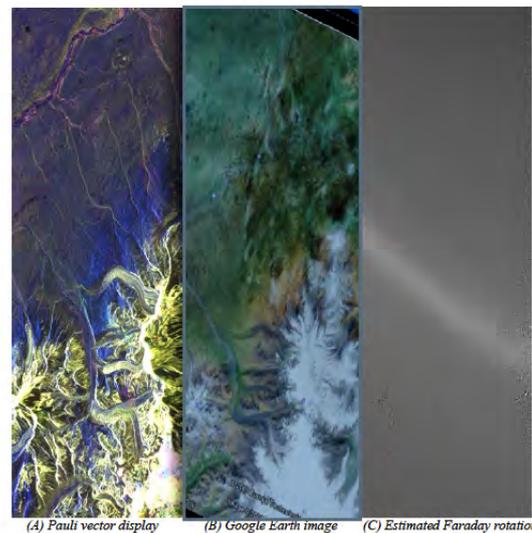


図6 Faraday 回転（アラスカで見られたもの、左から SAR 画像、グーグル画像、ファラデー回転角）、J S Lee らによる



図7 南米で見られた筋状雑音（プラズマバブルとの関連性による）：島田他

【質問番号 2-3】 Palsar の分解能

【質問内容】

ALOS 2 では Palsar の分解能の向上が実現されるようですが、これは ALOS 1 の運用を  
試みて初めて可能となったのか、そうとすればどのような成果に基づいて可能となっ  
たのか要点を説明して下さい。

【資料の該当箇所】

推進 1-2-4 44 ページ

【回答者】 JAXA

【回答内容】

PALSAR-2 は PALSAR に比べて、レンジ方向に（電波照射方向に）最大で 3 倍の分解能向上  
が、アジマス方向に 5 倍の分解能向上が図られます。

レンジ方向（距離方向）の分解能向上：帯域幅を 3 倍に拡大することで達成出来ます。帯  
域幅の拡大は、過去から存在する技術であり、特に ALOS-1 を運用して可能になったもので  
はありません。

アジマス方向（衛星進行方向）の分解能向上は、衛星ビーム方向を電氣的にアジマス方向  
に変更して、約 15 秒間観測し続けることで達成されます。アンテナビームの方向変化は機  
械的な方法と電氣的な方法があります。後者はフェーズドアレー方式と呼ばれるもので、  
衛星の姿勢を変更させること無く、ビーム照射が可能で SAR 映像の品質を高く維持出来る  
特徴があります。更にこの方法は、受動型と能動型に分類出来ますが、ALOS-2 では能動型  
を採用しています。つまり、能動型のフェーズドアレーアンテナです。これは、アンテナ  
面上に 180 個分布配置する TR モジュール（送受信モジュール）の位相分布を変更するこ  
とで達成するものです。TR モジュールは一個当りの送信電力を低く抑えることができ、宇宙  
での放電問題を解決出来る部品であり、国内では ALOS-1 で初めて TR モジュールを採用し、  
レンジ方向だけ位相変更出来るアンテナビームを構築しました。結果的には、設計通りの  
性能を確認することができました。

従いまして、TR モジュールの技術的な実現性を ALOS で確認していたからこそ、ALOS-2 で  
可能になったととらえることができます。