陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」(ALOS-2) の現状

Status of Advanced Land Observing Satellite 2 (ALOS-2, “Daich 2”) mission

古田 竜一*・五十嵐 保*

Ryoichi FURUTA and Tamotsu IGARASHI

Abstract : The Advanced Land Observing Satellite-2 “Daichi-2” (ALOS-2) was successfully launched by the H-IIA launch vehicle No. 24 at 12:05:14 p.m. on May 24 2014 (Japan Standard Time). And critical operation phase was successfully completed on May 27 2014. PALSAR-2 (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2) is the main mission instrument, have a spotlight mode (1 to 3m res.), a high resolution mode (3 to 10m res.) and a wide swath “ScanSAR” mode (60 to 100m res.). ALOS-2 will conducted (1) Disaster monitoring, (2) Archiving national land and infrastructure information related data, (3) Monitoring of cultivated area, and (4) Global monitoring.

1. はじめに

平成26年5月24日12時5分14秒（日本標準時）に、H-IIA ロケット24号機（H-IIA・F24）により陸域観測技術衛星2号「だいち2号」（ALOS-2）が予定通り打上げられた。 「だいち2号」は陸域観測技術衛星「だいち」の後継機で、「だいち」に搭載されていたフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ（PALSAR）を高性能化したPALSAR-2が主センサとして搭載されている。「だいち」は光学センサと合成開口レーダを同時搭載した衛星であったが、「だいち2号」では合成開口レーダのみである。なお、技術実証ミッションとして、小型赤外カメラ（CIRC）と船舶自動識別（AIS）信号受信機（SPAISE2）を搭載している。

「だいち2号」のミッション目的は、暮らしの安全の確保・地球規模の環境問題の解決など多岐に渡る²⁾。合成開口レーダにより昼夜・天候の影響をほぼ受けずに観測できるため、これらの目的が確実に達成できると期待される。また、「だいち2号」のミッションでは、産業利用の拡大がもう一つの目的となっており、実利用に向けた取り組みが加速すると期待される。

2. 「だいち2号」の打上げと現状

「だいち2号」は、種子島宇宙センターから平成26年5月24日12時5分14秒（日本標準時）にH-IIA ロケット24号機（H-IIA・F24）により予定通り打上げられた。ロケットは計画通り飛行し、打上げ後約15分47秒に「だいち2号」を正常に分離した¹⁾。同日の12時30分（日本時間）には、太陽電池パドルがオーストラリア上空付近で展開されたことがオーストラリアのパス局で受信したテレメトリデータにより確認された³⁾。同日19時45分発表の宇宙航空研究開発機構（JAXA）のプレスリリース³⁾によると、「だいち2号」の軌道計算を行った結果、衛星が表1に示すとおり、所定の初期軌道に投入されていることが確認されたとのことである。

平成26年5月26日には、フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ（PALSAR-2）のアンテナ展開が正常に行われ、翌27日16時00分（日本時間）にクリティカル運用期間を終了した。今後、初期機能確認運用期

表1 軌道計算結果³⁾

	決定値	計画値
遠地点高度	647.4km	645.8km
近地点高度	629.8km	628.5km
軌道傾斜角	97.9度	97.9度
周期	97.5分	97.5分

*一般財団法人リモート・センシング技術センター
「写真測量とリモートセンシング」VOL. 53, NO. 3, 2014

表2 だいち2号の主要諸元⁵⁾

観測センサ		合成開口レーダ (SAR)
SAR 周波数		L バンド (1.2GHz 帯)
観測モード	スポットライト	分解能：1×3 m 観測幅：25km
	高分解能	分解能：3～10m 観測幅：50km, 70km
	広域観測	分解能：100m 観測幅：350km
軌道	種類	太陽同期準回帰軌道
	高度	628km
	降交点地方時	12：00 (正午)
	回帰日数	14日
設計寿命		5年 (目標7年)
質量		2トン級衛星
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
打上げ日		平成26年5月24日
打上げロケット		H-IIA F24

間として約2ヶ月半かけ衛星搭載機器の機能確認等を実施する予定⁴⁾とのことである。なお、平成26年5月27日現在、衛星の状態は正常とのことである。

3. 「だいち2号」について

表2に、「だいち2号」の主要諸元⁵⁾を示す。前出の通り、「だいち2号」は合成開口レーダに特化した衛星である。そのため、光学センサに特化した衛星と違い、昼夜・天候の影響をほぼ受けずに観測できることが特徴である。なお、搭載されるフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR-2)については、次節で述べる。

「だいち」からの大きな変更点としては、上記に加え、回帰日数が46日から14日に短縮されたことである。また、ボディポインティング機能を有しており、最短12時間(半日)で関心地域の観測が可能となり、災害時などにおいて迅速な観測が可能となった。

「だいち2号」のミッションは、(1)防災機関における広域かつ詳細な被災地の情報把握、(2)国土情報の継続的な蓄積・更新、(3)農作地の面積把握の効率化、(4)CO2吸収源となる森林の観測を通じた地球温暖化対策などである。高分解能、高性能化されたLバンド合成開口レーダにより、暮らしの安全の確保、地球規模の環境問題の解決などを目的としている²⁾。

4. 「だいち2号」搭載のPALSAR-2について

「だいち2号」搭載のPALSAR-2は、「だいち」に搭載されていたPALSARに比べ分解能が向上した

表3 PALSAR-2の諸元⁶⁾

観測モード		スポット ライト	高分解能					広域観測（ScanSAR）		
			3 m	6 m		10m		350km		490km
中心周波数 [MHz]		1257.5		1236.5/1257.5/1278.5のうち一つ						
周波数帯域 [MHz]		84	84	42		28		14	28	14
空間分解能 [m]		Rg×Ag 3×1	3	6		10		100 (3look)	100 (3look)	60 (1.5look)
入射角範囲 [度]		8～70	8～70	8～70	20～40	8～70	23.7	8～70	8～70	8～70
観測幅 [km]		Rg×Ag 25×25	50	50	40	70	30	350 (5Scan)	350 (5Scan)	490 (7Scan)
偏波*		SP	SP/DP	SP/DP /CP	FP	SP/DP /CP	FP	SP/DP	SP/DP	SP/DP
雑音等価 後方散乱係数 [dB]		－24	－24	－28	－25	－26	－23	－26	－23	－26
信号対不要波 比 [dB]	Rg	25	25	23	23	25	20	25	25	20
	Az	20	25	20	20	23	23	20	20	20

*：Single Polarization (SP) HH or HV or VV or VH，：Dual Polarization (DP) HH+HV or VV+VH，：Full Polarization (FP) HH+HV+VV+VH，：Compact Polarization (CP) 円または45度直線偏波 (実験モード)

点、また、観測可能領域が拡大した点で高性能化されている。表3に、PALSAR-2の諸元⁹⁾を示す。

分解能の向上においては、新たな観測モードとしてスポットライトモードを追加し、1～3mの分解能で撮像できる。また、高分解能モードにおいても3m、6mでの撮像が可能で、PALSARの最高分解能10mでは判別できなかった対象物を判別できることが期待できる。

また、観測可能領域はPALSARの870kmから2,320kmまで拡大する。これは、「だいち2号」ではフェーズドアレイによる電波照射角の変更に加え、ボディポインティングによる左右観測機能をもつためである。「だいち2号」では、観測回帰日数も14日に短縮されるが、前出の機能とあわせると、最短12時間での観測が可能となる。災害時など迅速に観測が必要な場合に、威力を発揮することが期待できる。

また、偏波観測機能の拡充も高性能化された特徴の一つである。特筆すべきは、広域観測モード(Scan-SAR)に二重偏波観測機能が備わったことである。こ

れまでは、高分解能モードの二重偏波画像をモザイクして作成していた森林マップを、モザイク量が減ることにより効率よく作成することが可能となる。また、実験的ではあるがコンパクトポリメトリが高分解能モードに機能付加されたことにより、電離層でのマイクロ波の挙動解明や森林観測の精度向上のための研究開発に貢献するものと期待できる。

5. 干渉 SAR の高性能化

合成開口レーダの解析手法として、地盤・地殻変動が検出可能な干渉 SAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar (In-SAR)) がある。PALSAR-2はLバンドの合成開口レーダであり、植生透過能力の高さや干渉性の高さが特徴であり、干渉 SAR において他の周波数帯(CやXバンド)に比べ優位性を持つ。

「だいち2号」では、確実な干渉ペアを取得するために精密な軌道制御が行われる。軌道は、基準軌道に対して、半径500mのチューブ内を衛星が飛行するように保持される予定で、これより、軌道間距離が最大

図1 単偏波画像からカラー化された SAR 画像 (Pi-SAR-L2画像を使用)

1,000m 以内となる⁷⁾。L バンド合成開口レーダによる干渉 SAR においては、十分に安定的な解を得られることになる。また、軌道決定精度も50cm⁷⁾以内を目標としており、高精度の軌道値と短い回帰日数で、高精度の干渉 SAR 及び時系列干渉 SAR 結果が得られる可能性がある。近年では、Small BAseline Subset (SBAS)-InSAR や Persistent Scatterer (PS)-InSAR といった時系列干渉 SAR 解析が主流となっており、欧州やカナダでは実利用も始まっているが、X バンドやC バンドの合成開口レーダを用いているため干渉性の低さが課題となっている。「だいち2号」の運用開始により、この課題が解決され、実利用が加速することが期待される。

また、広域観測モードで取得されたデータによる干渉解析が実現可能⁷⁾であることも「だいち2号」の大きな特徴であり、「だいち」からの大きな改善点である。2008年の四川省地震や2011年の東日本大震災では、断層が300kmを超え、広域で地殻変動が発生した。「だいち」では複数パスの観測データにより干渉解析を行い、干渉解析結果をモザイクして広域の地殻変動を把握した⁸⁾が、広域観測モードによる干渉解析の実現により、広域の地殻変動を迅速に把握できるようになる。

さらに、観測周波数帯域と空間分解能の向上により、これまで検出できなかった小規模な地盤沈下や緩慢地すべりが検出できるようになると期待でき、道路・鉄道などのインフラ保全やダムなどの社会基盤構造物の変状監視に適用する事例が増加しそうである。

6. 産業界での利用拡大への期待

JAXA では「だいち2号」の本格運用を契機として、産業界における衛星データの利用拡大を推進していくとみられる。「だいち2号」においては、地球資源衛星1号「ふよう1号」(JERS-1)や「だいち」で培ってきた解析技術と産業界とのマッチングがどの程度できるかが課題となると考えられるが、裾野を拡大するためには、合成開口レーダの敷居を下げるような技術も必要と考えられる。

一般財団法人リモート・センシング技術センター (RESTEC) は、単偏波画像 (単画像の白黒画像) のみからカラー化する技術を開発することに成功した^{9),10)}。図1に示す通り、カラー化された画像は光学画像に近い色合いを実現しており、合成開口レーダ画像の客観性を向上することに成功している。これまで光

学画像や航空写真を頻繁に利用してきたユーザを取り込み、裾野を拡大できると期待している。

このような可視化技術だけでなく、「だいち2号」で取得されたデータの解析結果を利用者がわかり易い、扱い易い情報に変換する技術も必要となると考えられる。変化抽出結果をさらに加工して情報化することや、干渉 SAR 結果を定量的な計測値に変換して情報化していくことなどが利用拡大において急務と考えられる。

「だいち2号」における観測機会や観測精度の向上が、可視化・解析技術の向上につながり、産業界を刺激して衛星データの利用が拡大することを期待する。

(受付日2014.5.20, 受理日2014.5.30)

参考文献

- 1) 三菱重工業・宇宙航空研究開発機構プレスリリース, H-IIA ロケット24号機による陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)の打上げ結果について, http://www.jaxa.jp/press/2014/05/20140524_h2af24_j.html, 平成26年5月24日
- 2) 宇宙航空研究開発機構, 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2), http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos2/index_j.html
- 3) 宇宙航空研究開発機構プレスリリース, 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)の衛星状態および軌道計算結果について, http://www.jaxa.jp/press/2014/05/20140524_daichi2_j.html, 平成26年5月24日
- 4) 宇宙航空研究開発機構プレスリリース, 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)のクリティカル運用期間の終了について, http://www.jaxa.jp/press/2014/05/20140527_daichi2_j.html, 平成26年5月27日
- 5) 宇宙航空研究開発機構 第一衛星利用ミッション本部, 人工衛星プロジェクト だいち2号 (ALOS-2) 仕様, <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos2/spec.html>
- 6) 勘角幸宏, ALOS-2の開発状況, 第4回 ALOS-2/3 利用ワークショップ, http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/conf/workshop/alos2-3ws4/ALOS2_1_1_KankakuYukihiro.pdf, 2012年12月12日
- 7) 勘角幸宏, ALOS-2/PALSAR-2の開発状況, 第3回 ALOS-2/3 利用ワークショップ, <http://>

www.eorc.jaxa.jp/ALOS/conf/workshop/alos2_ws3/ALOS2_1_1_Kankaku_Yukihiro.pdf, 2011年11月17日

8) ALOS 解析研究プロジェクト EORC, JAXA, 陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) による東日本大震災の緊急観測結果(34), 画像ギャラリー, http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_pal_tohoku_eq_110418.htm, 2011年4月28日

9) 一般財団法人リモート・センシング技術センター,

～世界初! だいちを彩る新技術 SAR 画像をより身近に～ 陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」(ALOS-2) 搭載 L バンド SAR 画像のカラー化技術について, <http://www.restec.or.jp/?p=13497>, 2014年5月16日

10) 宇宙航空研究開発機構, 新しい解析手法とプロダクトについて「モノクロからカラーへ, 甦る地面の表情」, ALOS-2 SOLUTION BOOK だいち 2 号 SAR データの利用提案, P30, 2014年3月