

2F03 陸域観測技術衛星 2 号（ALOS-2）搭載 L バンド合成開口レーダ（PALSAR-2）の開発状況

○勘角幸弘，大澤右二，鈴木新一（宇宙航空研究開発機構）

The development status of PALSAR-2 onboard ALOS-2
Yukihiro Kankaku, Yuji Osawa and Shinichi Suzuki (JAXA)

Key Words: ALOS-2, PALSAR-2, ALOS, PALSAR

Abstract

As a post “daichi” (ALOS: Advanced Land Observing Satellite) mission, JAXA has been developing the ALOS-2 satellite which installs the state of the art L-band SAR named PALSAR-2 (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2). PALSAR-2 will meet the mission requirements with the high resolution, high sensitivity observation and high quality image. Also, In-SAR technique with wide area observation is the future of PALSAR-2 system. This paper introduces the overview of the PALSAR-2 onboard ALOS-2.

1. 背景

陸域観測技術衛星 2 号 (ALOS-2) に搭載される L バンド合成開口レーダ (PALSAR-2: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2) は、「だいち」(ALOS) 搭載の L バンド合成開口レーダ (PALSAR) の技術を継承、発展させた SAR センサである。

JAXA は 1992 年打上げの「ふよう」(JERS-1)、2006 年打上げの「だいち」(ALOS) と L バンド SAR 衛星を継承、運用してきた。L バンドの植生の影響を受けにくいという特徴が、地震等による地殻変動を捉える干渉 SAR 技術に最も適しているためである。特に「だいち」は、2008 年に発生した「四川大地震」や、2011 年 3 月に発生した「東日本大震災」による地殻変動を捉え、地震災害対応へ貢献した。しかしながら「だいち」は、ミッション寿命 3 年を超え、目標寿命である 5 年を運用した後、惜しまれつつ 2011 年 5 月に運用を終了した。

JAXA では、「だいち」搭載の PALSAR にて培った技術の継承、発展、及びデータの蓄積、活用を継続させるために ALOS-2 の開発を行っている。ALOS-2 は L バンド SAR 観測をメインミッションとして、設計寿命 5 年(目標 7 年)の間、公共の安全の確保、国土保全・管理、食料供給の円滑化、資源・エネルギー供給の円滑化、地球規模の環境問題の解決という要求に応えるための機能・性能を有している。

本稿では、ALOS-2 搭載の PALSAR-2 の概要を紹介するとともに、開発状況についても触れる。

2. PALSAR-2 システム

PALSAR-2 は図 1 に示すとおり、電気回路部とアンテナ部で構成される。

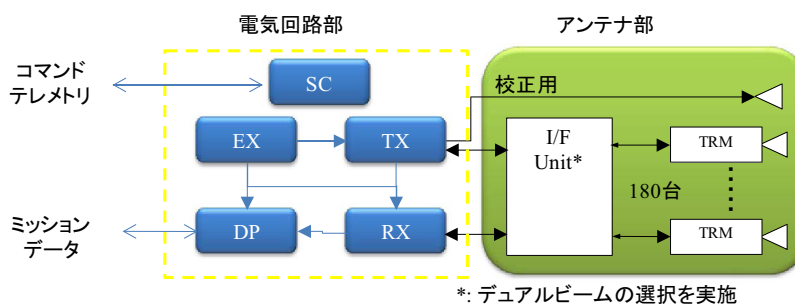


図 1 PALSAR-2 ブロック図

電気回路部は、PALSAR-2 を制御するシステム制御部 (SC)、線形周波数変調信号 (チャープ信号) を発生させる励振部 (EX)、励振部からの信号を増幅し、アンテナ部へ送信する送信部 (TX)、アンテナ部で受信された信号を A/D 変換する受信部 (RX)、受信部からのデータを圧縮処理し、衛星バスへ伝送するデータ処理部 (DP) にて構成される。

EX では、UP/DOWN チャープ、及び位相変調を各パルスに適応し、送信パルスの識別を行うことでアンビギュイティを削減する手法を採用している。また、受信信号は、DP にて DS-BAQ (Down-Sampling Block Adaptive Quantization) 方式により圧縮される。DS-BAQ 方式では、AD 変換時にレーダ帯域外のデータを削除することで、各国の SAR 衛星が有している BAQ 方式以上の圧縮性能を実現し、観測データ伝送を効率よく実施できる仕様とした。

アンテナ部は、電気回路部から伝送された信号を増幅後、地表面へ放射し、地表面からの後方散乱を受信する機能を有する。5 枚の電気パネルから構成され、フェアリング収納時には折り畳まれており、軌道上にて展開する。図 2 に示すように、展開後のサイズは 3m (EL) × 10m (Az) となり、ALOS-2 衛星システムの地球指向面 (+Z 面) に搭載される。観測時には衛星を右 (または左) 方向に 30 度傾け、2 次元電子ビーム走査により、衛星進行方向に対し直交方向へ観測入射角 8 度～70 度の観測、衛星進行方向 (Az 方向) に ±3.5 度のビーム制御を行い、観測を実施する。

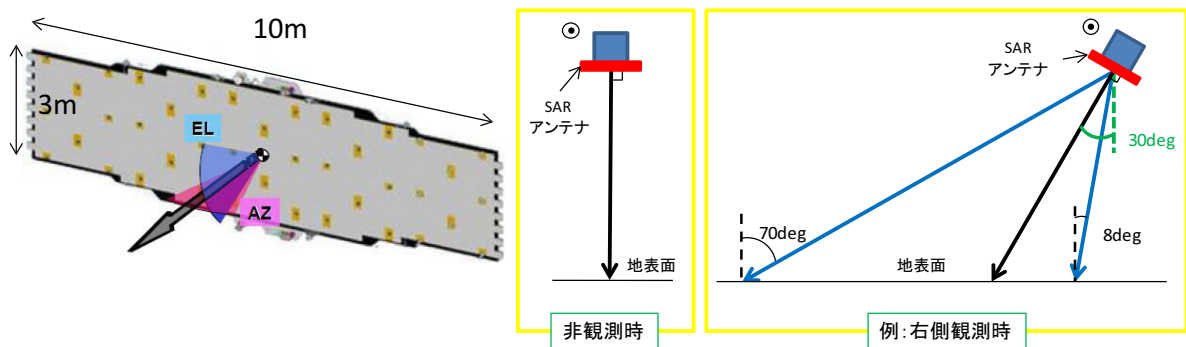


図 2 PALSAR-2 アンテナ部外観、及び観測姿勢

観測信号の送受信を担う送受信モジュール (TRM) は 180 台搭載され、水平・垂直偏波を独立に制御可能な機能を有しており、様々な偏波の組合せによる観測が可能である。さらに、TRM 内の最終段増幅器には、世界初となる高効率・高出力デバイスである窒化ガリウム (GaN) HEMT を搭載し、小型化及び高出力化を実現している。アンテナ部は観測信号送信時に観測性能 (分解能要求) を満足させるために、全開口送信 (送信電力:6,120W)、3/5 開口送信 (送信電力:3,944W) の 2 種類に開口制御され、観測信号受信時には開口を 2 分割して受信するデュアルビーム方式に対応している。デュアルビーム方式を用いた観測では、パルス繰り返し周波数を低減し、高入射角側での観測幅の確保が可能となっている。図 3 に PALSAR-2 の観測概念図を示す。

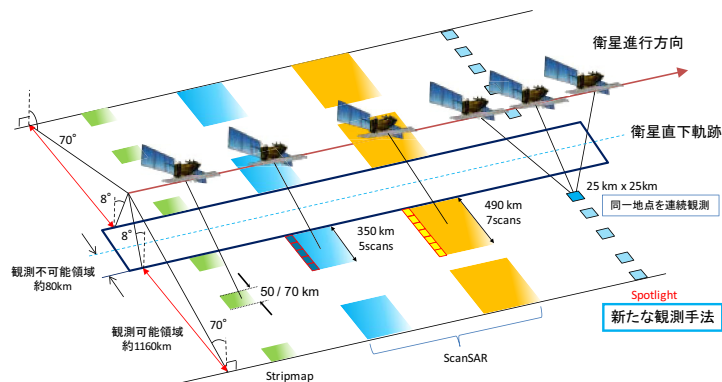


図 3 PALSAR-2 観測概念図

3. PALSAR-2 の観測性能

PALSAR-2 はミッション要求を達成するため、PALSAR と比較して観測モード数の増加、性能の向上を行った。各観測モードの性能について表 1に示す。

表 1 PALSAR-2 観測性能@観測入射角 37 度

観測モード	単位	スポットライト	高分解能			広域観測	
			[3m]	[6m]	[10m]	[350km]	[490km]
中心周波数	MHz	1257.5	1236.5 or 1257.5 or 1278.5 選択可能				
帯域幅	MHz	84	42	28	14/28	14	
分解能	m	1m(Az)x3m(Rg)	3m	6m	10m	100m	60m
観測幅	km	25 x 25	50	50	70	350	490
観測偏波	N/A	SP	SP/DP	SP/DP/FP/CP		SP/DP	
送信電力	W	3944	6120				

PALSAR継承モード

SP : 単偏波 (HH/VV/HV/VH)、DP : 2 偏波 (HH+HV/VV+VH)、FP : フルポラリメトリ (HH+HV+VV+VH)、CP : コンパクトポラリメトリ (送信偏波 : 45 度直線、右旋、左旋の選択、受信偏波 : H+V) (実験モード)

PALSAR-2 では、新たに 2 次元電子ビーム走査機能を具備し、スポットライト方式の観測を可能とすることで、衛星進行方向 (Az 方向) の分解能を 1m まで高めている。また、スポットライトモード、及び高分解能[3m]モードについては、電波法上使用可能な周波数帯域幅 85MHz (1215~1300MHz) のうち 84MHz を用いた観測により、衛星進行方向に対し直交方向 (Rg 方向) の分解能を 3m まで高めている。つまり、PALSAR-2 は、L バンドを用いた SAR としては最高の分解能を有することになる。

広域観測モードは、PALSAR を継承する観測幅 350km モードのほかに、観測幅 490km モードを追加、より広範囲の観測を可能としている。さらに PALSAR では観測開始制御、軌道制御等の影響により困難であった広域観測同士の干渉 SAR 処理 (ScanSAR-ScanSAR InSAR) に対し、PALSAR-2 では、異なる 2 回の観測において、衛星システムでの軌道制御の向上 (基準軌道に対し±500m チューブへの制御)、観測開始位置の制御 (2 回の観測によるビームオーバーラップを 90%以上確保)、及び観測信号の帯域幅拡大 (28MHz 観測) を実施することで ScanSAR-ScanSAR-InSAR の精度を高めている。これにより、大規模地震等における地殻変動の把握が可能となり、災害対応としてさらなる貢献が期待できる。

また、偏波観測においてはコンパクトポラリメトリモードを実験モードとして有している。フルポラリメトリ観測では、水平偏波、垂直偏波の交互送信により観測パルス繰返し周波数が高くなり、観測幅の確保が困難という不便性があったが、コンパクトポラリメトリ方式では、45 度直線偏波または右旋、左旋円偏波 (選択可能) 送信を行う事で、パルス繰返し周波数を低減、観測幅の確保を実現する。本方式は各国の SAR 衛星においても検証中であり、ALOS-2 としても軌道上において検証を実施する。

4. PALSAR-2 開発状況

PALSAR-2 は、真空点像応答試験 (アンテナ部及び電気回路部)、及び熱真空試験 (アンテナ部) を完了し、電気パネル 5 枚の連結作業を実施している。

真空点像応答試験では、図 4に示す通り電気パネル 1 枚分、及び電気回路部の Proto Flight Model(PFM)を筑波宇宙センター6m チャンバ内に格納し、試験を実施した。RF 放射にて点像応答試験装置へ入力し、地表面到達時間分の遅延を発生させ、再度アンテナ部へ入力することで、地表面の点像として分解能の確認が可能となる。真空点像応答試験の結果、分解能要求を満足する事が確認されたため、電気回路部については ALOS-2 衛星システムへ搭載され、衛星システムの Proto Flight Test (PFT)に供されている。

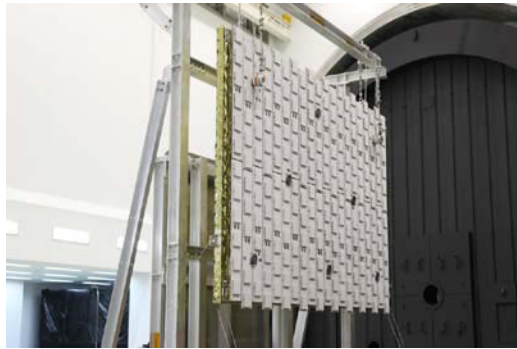


図 4 PALSAR-2 真空点像応答試験 パネル 1 枚

また、アンテナ部については、上記点像応答試験に引き続き、筑波宇宙センター13m チャンバにて熱真空試験に供された。チャンバのサイズ制限から、図 5に示す通り、5 枚パネルのうち、1,2,3 及び 3,4,5 の 3 枚ずつ 2 回に分けて実施され、熱真空状態でのアンテナ搭載機器の制御、通信について、問題ない事が確認された。アンテナ部については今後、電気試験、機械環境試験、及び展開機能確認試験を実施し、衛星システムへ引き渡される予定である。ALOS-2 衛星システムは、PALSAR-2 アンテナ部を除き、システム PFT を実施中であり、今後システム熱真空試験等、環境試験に供され、2013 年に H-IIIA ロケットにより打ち上げられる計画である。

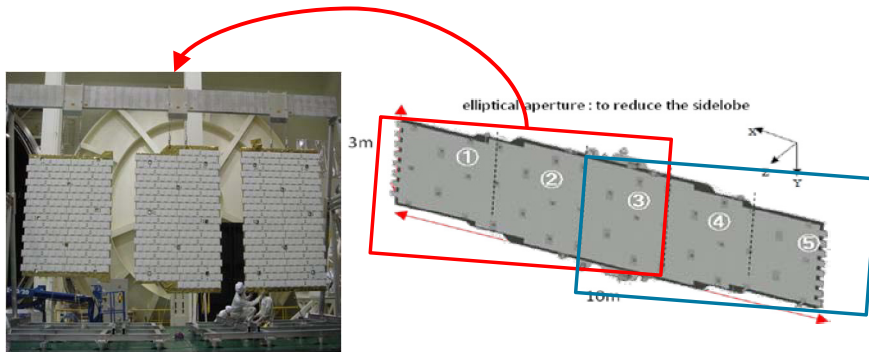


図 5 PALSAR-2 熱真空試験 パネル 3 枚

参考文献

- 1) Y.Kankaku et al., "The overview of the L-band SAR onboard ALOS-2", Progress In Electromagnetics Reserch Symposium Proceedings, 2009
- 2) Suzuki, S., Kankaku, Y., Osawa, Y., "Development Status of PALSAR-2 onboard ALOS-2," SPIE Remote sensing (2011).
- 3) Suzuki, S., Kankaku, Y., Osawa, Y., "ALOS-2 development status and draft acquisition strategy," SPIE Remote sensing (2012)