# Synspective SAR データ プロダクトガイド

Version 18.0
2026.04.01

© 2022 - 2026 Synspective Inc

# 目次


1 衛星の軌道と仕様 4
衛星の軌道 4
センサー仕様 5
2 撮像モード 6
STRIPMAPモード 6
SLIDING SPOTLIGHTモード 7
STARING SPOTLIGHTモード 8
3 プロダクトの処理レベル 9
SINGLE LOOK COMPLEX (SLC)プロダクト 10
GROUND RANGE DETECTED (GRD)プロダクト 10
SUPER-RESOLUTION GROUND RANGE DETECTED (超解像GRD)プロダクト 11
ORTHORECTIFIED PRODUCT (ORT)プロダクト 13
4 データフォーマット 14
5 参照 15

# 改訂履歴

| 版 | 日付 | 改訂内容 |
|---|---|---|
| 2.2 | 2021年11月25日 | - 初版 |
| 3.1 | 2022年3月19日 | - StriX-βに関する情報を追加<br>- 表１．１に再訪周期と注釈を記載<br>- 表２．１及び表２．２の一部の項目名及び単位標記を統一化並びに注釈を追加<br>- 図３．１を差し換え<br>- 表４．１のSLCプロダクトの誤記を修正 |
| 3.2 | 2022年4月13日 | - 表2.１の誤記を修正<br>- 表2.1 スラントアジマスピクセルスペーシングの値を変更 |
| 3.2.1 | 2022年11月16日 | - 表紙、最終ページの変更Updated Cover page and final page<br>- 誤記の修正 |
| 4.0 | 2022年12月19日 | - StriX-1に関する情報を追加 |
| 5.0 | 2023年3月3日 | - 「3. GROUND RANGE DETECTED (GRD)プロダクト」のリサンプリングに関する記述を更新<br>- 表2.1、2.2のグランドレンジ・アジマスピクセルスペーシングに注釈を記載<br>- 表2.1のStipmapモード（StriX-β及びStriX-1）のグランドレンジ分解能を修正<br>- 表2.1のStipmapモードのルック数を修正 |
| 6.0 | 2023年5月15日 | - 表2.1、2.2のスラントアジマスピクセルスペーシング [m]を修正<br>- 表2.1、2.2のグランドレンジ・アジマスピクセルスペーシングの注釈を削除（緯度に依存しなくなったため）<br>- 3章のSINGLE LOOK COMPLEX (SLC)プロダクトにおけるリサンプリングの説明を更新 |
| 7.0 | 2023年6月5日 | - Stripmapモードの超解像GRDプロダクトを追加 |
| 8.0 | 2023年8月1日 | - Sliding Spotlightモードの超解像GRDプロダクトを追加 |
| 9.0 | 2024年5月15日 | - StriX-3に関する情報を追加<br>- 図3.2を更新<br>- 表1.1の軌道情報を更新 |
| 10.0 | 2024年10月2日 | - Staring Spotlightモードを追加 |
| 11.0 | 2024年11月12日 | - 表1.1を衛星毎の列を集約<br>- 表1.2の中心周波数、RFピーク電力を更新<br>- 表2.1, 2.2, 2.3で衛星毎の列を集約<br>- 表2.1, 2.2, 2.3のオフナディア角、偏波、ルック数を削除<br>- 表2.1, 2.2, 2.3のNESZ, アジマスS/A、レンジS/Aの留意点を追記<br>- GRDと超解像GRDの仕様更新のため、表3.1更新、表3.2を追加 |
| 12.0 | 2024年12月3日 | - 表2.3, 3.1, 3.2にStaring Spotlight 2を追加<br>- 表2.1, 2.2, 2.3のアジマスS/Aを更新<br>- 表2.2のNESZを更新 |

| | | |
|---|---|---|
| 13.0 | 2025年3月25日 | - 表紙と背表紙を変更<br>- 軌道種類の説明と図を追加<br>- 撮像幅、撮像域の長さの説明を追加<br>- Long Stripmapの説明を追加<br>- Staring Spotlight 1, 2の説明を追加<br>- 表2.3の共通の値のセルを結合<br>- GRD XMLの校正係数の説明を追加 |
| 14.0 | 2025年5月23日 | - チャープ帯域幅を表1.2に追加<br>- スライディングスポット2を表 2.2, 3.1, 3.2に追加<br>- ステアリングスポットライト3, 4を表 2.3, 3.1, 3.2に追加 |
| 15.0 | 2025年6月25日 | - 干渉信号の留意点を追加<br>- Long Stripmapの撮像時間、シーン数を更新 |
| 16.0 | 2025年12月9日 | - Stripmap モードの撮像幅(表2.1)を更新<br>- GeoTIFF形式の説明を更新 |
| 17.0 | 2026年3月11日 | - デューティ比、受信帯域幅（表1.2）を追加<br>- 新しいモード（Spotlight Enhanced）を追加 |
| 18.0 | 2026年4月1日 | - ORTHORECTIFIED PRODUCT (ORT)プロダクトを追加<br>- 表4.1にORTを追加 |

# 1 衛星の軌道と仕様

Sysnpecitveの小型SAR衛星“StriX”は、同クラスの衛星と比較してより広い範囲を低ノイズで観測することが可能です。”StriX”衛星の初号機StriX-αは2020年に軌道へ投入され、30機の衛星コンステレーション構築へむけて順次追加されています。

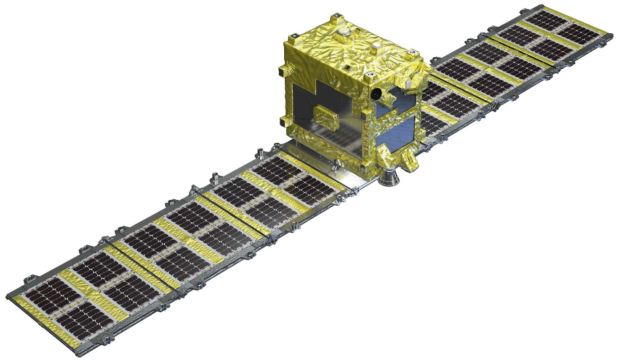


図1.1 StriX-αのイメージ

## 衛星の軌道

軌道高度500kmから561kmの範囲で運用されている“StriX”衛星は、太陽同期軌道や傾斜軌道を利用しています。衛星コンストレーションによって衛星の数が増えることで、観測頻度を高めることができます。StriX衛星の軌道は表1.1の通りです。

表1.1　StriX衛星の軌道

| | |
|---|---|
| 軌道種類 | 太陽同期軌道、傾斜軌道 |
| 軌道高度 | 500 - 561 km |
| 軌道傾斜角 | 43 - 97.7 degree |
| 再訪周期 | 1 - 7 days |

太陽同期軌道では特定の地上の地点を一定の間隔で、同一の地方時間に通過します。このため、観測対象区域のデータを一貫した条件下で取得することが可能です。また、北極・南極を通る軌道を周回するため、地球の地表面すべてを網羅して撮像することが可能です。

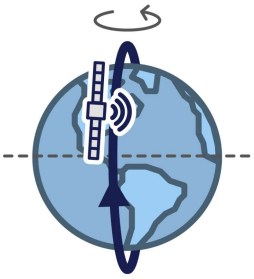


図1.2　太陽同期軌道のイメージ

傾斜軌道では観測可能な緯度範囲が制約されているため、その範囲内では太陽同期軌道と比較して観測頻度が増加します。特定の緯度帯のデータ収集に適しています。

図1.3　傾斜軌道のイメージ

## センサー仕様

“StriX”は、ターゲットされた地表面へXバンド帯域のマイクロ波を照射します。反射して返ってきた信号を分析して対象物を観測することで、形状や、対象物の変化を検出することができます。合成開口レーダー（SAR）は、小さなアンテナでも、軌道上に仮想的なアンテナをいくつも並べることによって、大きなアンテナと同等の性能を獲得する「合成開口」技術を利用しています。

StriX衛星に搭載されたSARセンサーの仕様は表1.2の通りです。

表1.2 StriX衛星のセンサー仕様

| | |
|---|---|
| 中心周波数 | 9.60 or 9.65 GHz |
| 撮像方向 | 左右 |
| PRF | 7 kHzまで |
| チャープ帯域幅 | 600 MHzまで |
| デューティ比 | 25 %まで |
| 受信帯域幅 | 1000 MHz以下 |
| RFピーク電力 | 1.5 kWまで |

| | |
|---|---|
| 偏波 | VV |
| オフナディア角 | 15～45度 |

StriX衛星の周波数帯域の影響により、地上レーダーなどの外部信号が受信信号に含まれる場合があります。プロダクト処理でこれらの干渉信号は除去されないため、製品画像に現れることがあります。

## 2 撮像モード

StriX衛星には、Stripmap（ストリップマップ）モード、Sliding Spotlight（スライディングスポットライト）モードとStaring Spotlight（ステアリングスポットライト）モードの3種類の撮像モードがあります。

### STRIPMAPモード

Stripmapモードでは、アンテナビームの中心は、図2.1に示すように、ほぼ一定のオフナディア角を保持して、衛星と連動し移動します。アンテナビームによって、地表面は電波で連続的に照らされ、衛星の軌道方向に連続して撮像されます。この撮像モードでは、撮像幅及び撮像域（シーン）の長い画像を、スラントレンジ分解能1.8m×スラントアジマス分解能2.6mで撮像できます。特に撮像域を長くしたLong Stripmap (撮像時間16 ~ 80秒, 2 ~ 10シーン分)も撮像可能です。

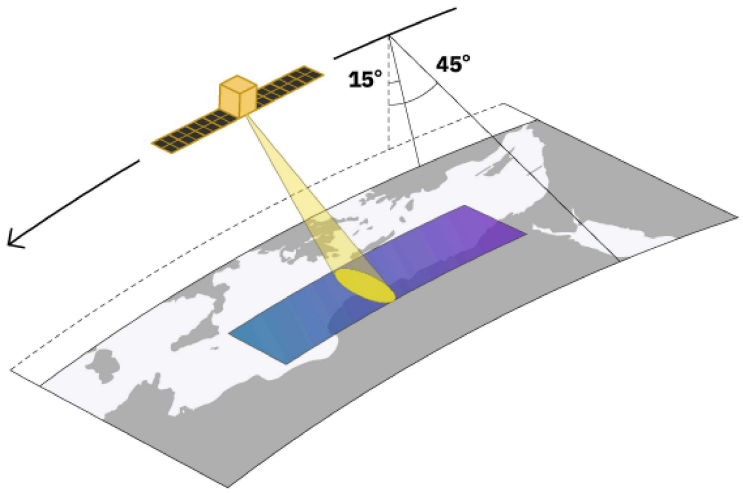



図2.1　Stripmapモード

Stripmapモードの仕様は表2.1の通りです。

表2.1　Stripmapモードの仕様

| 観測モード | Stripmap |
|---|---|
| 撮像幅[km] | 20[1] |
| 撮像域（シーン）の長さ[km] | >50[2] |

| | |
|---|---|
| NESZ[dB] | -21.7[3,4] |
| アジマスS/A [dB] | 21.7[3,4] |
| レンジS/A [dB] | 26.0[3,4] |
| スラントレンジ分解能[m] | 1.8 |
| グランドレンジ分解能 [m] | 3.6[2] |
| アジマス分解能 [m] | 2.6 |

1. オフナディア角などの撮像条件によって変わる
2. Long stripmapでは1シーン、約50kmで切り出されます
3. オフナディア角30度での解析値
4. StriX衛星の中で最低値を記載

## SLIDING SPOTLIGHTモード

SAR画像のアジマス分解能は、電磁パルスの照射時間とドップラー帯域幅に比例します。Sliding Spotlightモードでは、図2.2のように、アンテナビームをStripmapモードより遅く走査することで、電磁パルスをより長い時間、地表の特定箇所に照射します。これにより、Sliding SpotlightモードではStripmapモードよりも高解像度の画像を得ることができます。Sliding Spotlight 1と2が選択でき、それぞれのグランドレンジ分解能、 アジマス分解能は0.9m、0.9mと0.46m、0.5mです。高解像度のモードは広いチャープ帯域幅、長い照射時間で観測しています。

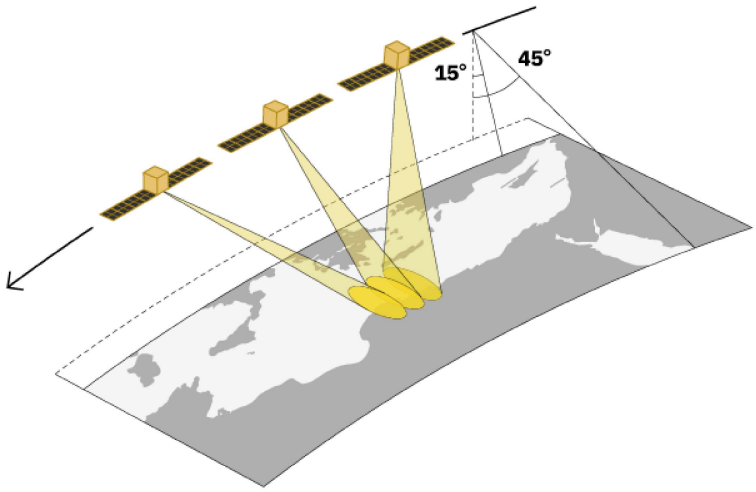



図2.2　Sliding Spotlightモード

Sliding Spotlightモードの仕様は表2.2の通りです。

表2.2　Sliding Spotlightモードの仕様

| 観測モード | Sliding Spotlight 1 | Sliding Spotlight 2 |
|---|---|---|
| 撮像幅[km] | 10[1] | |
| 撮像域（シーン）の長さ[km] | 10 | |
| NESZ[dB] | -15.7[2,3] | -15.4[2,3] |
| アジマスS/A [dB] | 20.2[2,3] | 28.9[2,3] |
| レンジS/A [dB] | 23.5[2,3] | 16.5[2,3] |
| スラントレンジ分解能[m] | 0.5 | 0.23 |
| グランドレンジ分解能 [m] | 0.9[2] | 0.46[2] |
| アジマス分解能 [m] | 0.9 | 0.5 |

1. オフナディア角などの撮像条件によって変わる
2. オフナディア角30度での解析値
3. StriX衛星の中で最低値を記載

## STARING SPOTLIGHTモード

Staring Spotlightモードでは、Sliding Spotlightモードと同様に、地表の特定箇所に照射します。ただし、Staring Spotlightモードは、図2.3のように、より観測域を狭めて照射するモードです。そのため、Sliding Spotlightモードより高解像度の画像を得ることができます。2つのパラメータの組み合わせ(チャープ帯域幅と撮像時間)で5種類のStaring Spotlightが撮像可能です。中でもStaring Spotlight 4は最も高解像度の画像です。またSpotlight Enhanced は、スペックルノイズ低減のためアジマス方向に 3 ルックのマルチルック処理が施されており、分解能は Staring Spotlight 3 と同等に調整されています。

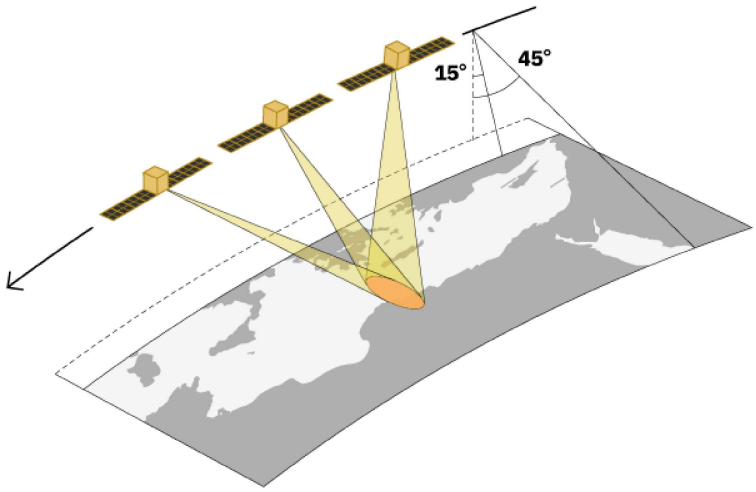



図2.3　Staring Spotlightモード

Staring Spotlightモードの仕様は表2.3の通りです。

表2.3　Staring Spotlightモードの仕様

| 観測モード | Staring Spotlight1 | Staring Spotlight 2 | Staring Spotlight3 | Staring Spotlight 4 | Spotlight Enhanced |
|---|---|---|---|---|---|
| 撮像幅[km] | 10[1] | | | | |
| 撮像域（シーン）の長さ[km] | 3 | | | | |
| NESZ[dB] | -17.4[2, 3] | | -17.1[2,3] | | |
| アジマスS/A [dB] | 20.2 [2,3] | | 30.4[2,3] | | |
| レンジS/A [dB] | 23.5[2,3] | | 16.5[2,3] | | |
| スラントレンジ分解能[m] | 0.5 | | 0.23 | | NA[4] |
| グランドレンジ分解能 [m] | 0.9[2] | | 0.46[2] | | |
| アジマス分解能[m] | 0.5 | 0.25 | 0.5 | 0.25 | 0.5[5] |

1. オフナディア角などの撮像条件によって変わる
2. オフナディア角30度での解析値
3. StriX衛星の中で最低値を記載
4. Spotlight Enhanced では、Ground Range Detected（GRD）プロダクトのみが利用可能。そのためスラントレンジ分解能は該当なし（NA）と記載
5. 分解能は、3ルックのマルチルック処理後の値

## 3 プロダクトの処理レベル

Synspective SARデータプロダクトは、デジタル画像データとそれに対応する画像注釈メタデータから構成されます。プロダクトは、各撮像モードと処理レベルにより定義されます。処理レベルは、

Single Look Complex（SLC)、Ground Range Detected（GRD）、SUPER-RESOLUTION GROUND RANGE DETECTED (超解像GRD) の3つです。

## SINGLE LOOK COMPLEX (SLC)プロダクト

SLCプロダクトは、SAR信号を画像化し、振幅と位相の複素数情報を含むシングルルックプロダクトです。衛星の飛行方向（アジマス方向）とスラントレンジ方向が画像の座標となります。ピクセル（画素）はアジマス方向とスラントレンジ方向でおおむね等距離です。スラントレンジ方向のピクセルの配置はゼロドップラー方向と一致します。SLCプロダクトは、位相情報に依存するアプリケーションや、高い解像度を活用するようなアプリケーションに適しています。また、SLCプロダクトは特に、インターフェロメトリを行いたい場合や、コヒーレント変化検出（CCD）によって地上の変化を抽出したい場合に用います。

各処理レベルの座標の定義に関し、スラントレンジとグランドレンジの定義は、図3.1を参照。

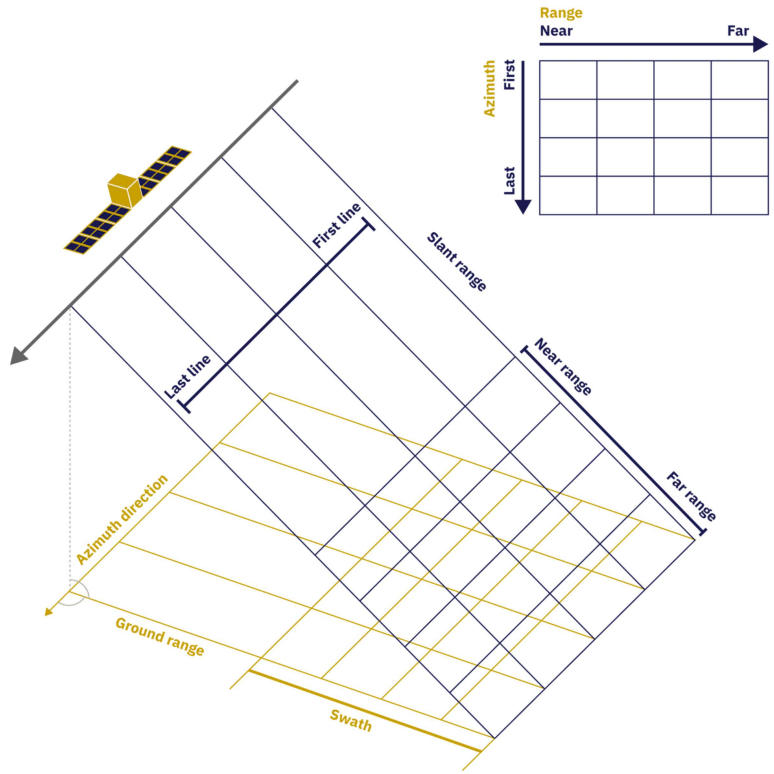



図3.1 スラントレンジとグランドレンジの定義

## GROUND RANGE DETECTED (GRD)プロダクト

GRDプロダクトは、SAR信号を画像化し、地球楕円体モデルを使用して地上に投影した画像データです。

ピクセル（画素）はアジマス方向とグランドレンジ方向で等距離です。グランドレンジの座標はスラントレンジの座標を地球楕円体に投影したものです。スラントレンジをグランドレンジに投影するにあたっては、WGS84楕円体、及びシーンの平均標高またはターゲットの標高が利用されます。

GRDプロダクトは地図座標系に一致する（北方向が画像の上になる）ように画像をリサンプリングしています。

GRDプロダクトではSLCプロダクトとは異なり、ピクセル値は検出された信号の大きさを表す実数であり、位相情報はありません。

StripmapとSpotlight Enhancedは、マルチルック処理されています。それによりスペックルが減少します。Sliding SpotlightとStaring Spotlightは、シングルルック処理されています。

表3.1　GRDの仕様

| Parameters | ルック数 | ピクセルスペーシング [m] |
|---|---|---|
| Stripmap | 2 | 5 |
| Sliding Spotlight 1 | 1 | 1 |
| Sliding Spotlight 2 | 1 | 0.5 |
| Staring Spotlight 1 | 1 | 0.5 |
| Staring Spotlight 2 | 1 | 0.25 |
| Staring Spotlight 3 | 1 | 0.5 |
| Staring Spotlight 4 | 1 | 0.25 |
| Spotlight Enhanced | 3 | 0.5 |

### SUPER-RESOLUTION GROUND RANGE DETECTED (超解像GRD)プロダクト

衛星から照射された電波を強く反射するターゲットがある場合、そのピクセル周辺において見かけ上、大きな十字型に反射が強い範囲が発生します。この問題により、SAR画像の解釈が複雑になり、画像の鮮明さが低下します。Spatially Varying Apodization (SVA)は、この十字型のアーティファクトを自動的に検出、除去します。

SVAはSLC画像に直接適用し、SVA処理されたSLCを地上に投影することで超解像GRD画像が生成されます。

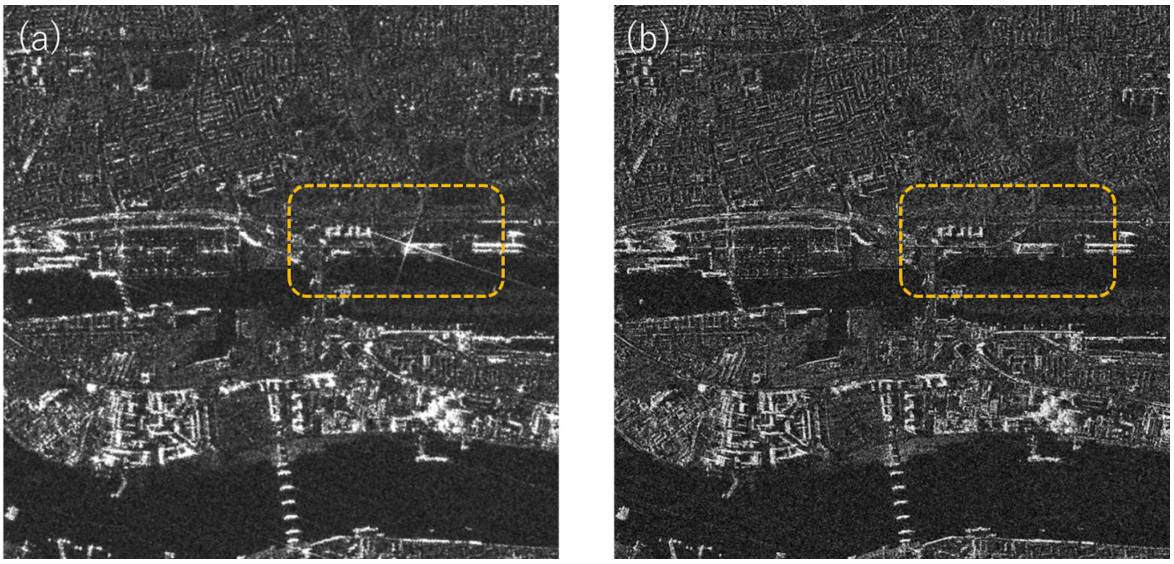



図3.2 (a) 5m x 5m GRD画像; (b) 1m x 1m 超解像GRD画像（Stripmap）
点線枠内の反射が強いターゲット（画像内の明るい箇所）によるサイドローブ(b)の画像では抑えられている。

SVA処理された画像の地球楕円体への投影は、鮮明な画像を適切に処理するためのいくつかの調整あるものの、標準のGRD画像と同様に処理されます。画像の解像度を落とさないようマルチルック処理は行っておりません。高解像な画像はより小さなサンプリングが必要となるため、画像サイズが大きくなります。 超解像GRDプロダクトの仕様は表 3.2の通りです。またSpotlight Enhanced では、SR-GRDプロダクトは提供されていないことにご留意ください。

表3.2　超解像GRDの仕様

| Parameters | ルック数 | ピクセルスペーシング [m] |
|---|---|---|
| Stripmap | 1 | 1 |
| Sliding Spotlight 1 | 1 | 0.5 |
| Sliding Spotlight 2 | 1 | 0.25 |
| Staring Spotlight 1 | 1 | 0.25 |
| Staring Spotlight 2 | 1 | 0.125 |
| Staring Spotlight 3 | 1 | 0.25 |
| Staring Spotlight 4 | 1 | 0.125 |

## ORTHORECTIFIED PRODUCT (ORT)プロダクト

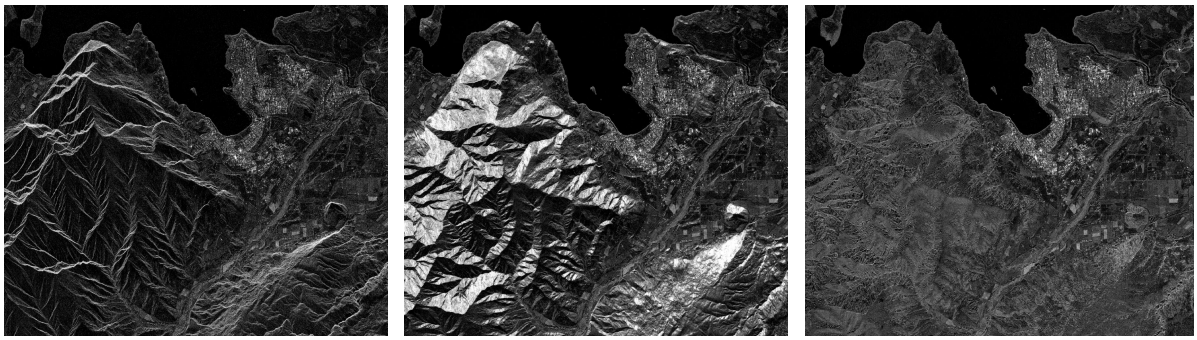
ORTプロダクトは、デジタル標高モデル（DEM）を使用して、SLCデータから生成された地形補正済みのSARデータプロダクトです。データを滑らかな基準楕円体に投影するGRDや超解像GRDプロダクトとは異なり、ORTはフォアショートニングやレイオーバーといった地形に起因する幾何学的な歪みを補正し、地形の起伏が激しい地域での位置精度を向上させます。地形によってレーダー信号が完全に遮られるレーダーシャドウ領域は、付属のレイオーバー/シャドウマスクで識別されます。

各ORTプロダクトには、以下の2種類の放射量データが含まれています。

- ORT sigma-naught — 楕円体入射角を使用して校正された後方散乱係数（$\sigma_0 = \beta_0 \cdot \sin \theta_E$）であり、GRDと同じ後方散乱の定義です。地形の傾斜による影響は残ります。

- ORT gamma-naught — DEM、衛星軌道、およびアンテナ指向幾何学から計算された局所的な照射面積によって正規化された後方散乱です（放射量地形補正（RTC)による地形平滑化gamma-naught）。これによりレーダー後方散乱の明るさに対する地形の傾斜による影響がSmall (2011) のピクセル面積積分法に従い除去されます。このデータは、CEOS Analysis Ready Data[2] で定義されている正規化レーダー後方散乱（Normalised Radar Backscatter: NRB）プロダクトタイプに相当します。地形の変化がある地域での定量的な後方散乱解析や時系列モニタリングに推奨されます。

図3.3は、これら3つのプロダクトの違いを示しています。シーンは北（上から下）から照射された山岳地帯であるため、北向きの斜面がレーダー画像では明るく見えます。GRD (a) では、これらの斜面は幾何学的にも圧縮されています（フォアショートニング）。ORT sigma-naught (b) はDEMを用いて幾何学的な補正を行い、地物を本来の位置に配置しますが、地形に起因する明るさの変化は残ります。RTCを適用したORT gamma-naught (c) は、さらに地形による後方散乱の影響を除去します。



a) GRD sigma-naught　b) ORT sigma-naught　c) ORT gamma-naught

図3.3 山岳地帯のシーンにおけるGRD、ORT sigma-naught、およびORT gamma-naughtの比較。観測方向は北から（上から下）。

ORTプロダクトは、ピクセル位置がピクセルスペーシングの倍数に揃えられた固定のUTMグリッドに投影されています。これにより、繰り返し取得された画像が同一のピクセル位置を持ち、リサンプリングなしで時系列解析を行うことが可能になります。ピクセルスペーシングは、Stripmapモードでは5.0 m × 5.0 m（GRDと同じ）、Sliding SpotlightおよびStaring Spotlightモードで1.25 m × 1.25 m（GRDより粗いですが、スペックルノイズとデータ量が削減されます）です。これらのピクセル位置は正確に一致します（4 × 4 Sliding/ Staring Spotlightピクセル = 1 Stripmapピクセル）。

オルソ補正に使用されるDEMは、Copernicus DEM GLO-30 バージョン2021_1（解像度約30 m、グローバル）です。これはTanDEM-Xミッションデータから導出された数値表層モデル（DSM）であり、地表ではなく、植生の樹冠を含むレーダー散乱面を表していることを意味します。森林地帯や密

集した市街地では、樹冠や地表の構造物によりDSMが地表の標高を過大評価する可能性があり、これらの地域における地形補正の精度が低下します。 絶対位置誤差（ALE）の推定値は、衛星および撮像モードごとにプロダクトのメタデータで提供されます。プロダクトの構成、ファイル命名規則、メタデータ、およびGeoTIFFの仕様の詳細については、「Synspective SARデータプロダクトフォーマットマニュアル」をご参照ください。

コピーライト：Produced using Copernicus WorldDEM™-30 © DLR e.V. 2010–2014 and © Airbus Defence and Space GmbH 2014–2018 provided under COPERNICUS by the European Union and ESA; all rights reserved.

## 4 データフォーマット

撮像モードと処理レベル毎のプロダクトのデータフォーマットは表4.1の通りです。

表4.1 各処理レベルのデータフォーマット

| 撮像モード | 処理レベル | | |
|---|---|---|---|
| | SLC | GRD、超解像GRD | ORT |
| Stripmap | CEOSまたはSICD | GeoTIFF + XML | GeoTIFF + XML |
| Sliding Spotlight | CEOSまたはSICD | GeoTIFF + XML | GeoTIFF + XML |
| Staring Spotlight | CEOSまたはSICD | GeoTIFF + XML | GeoTIFF + XML |
| Spotlight Enhanced | 提供なし | GeoTIFF + XML（GRDのみ） | 提供なし |

画像データは、SLCプロダクトの場合はCEOSまたはSICD形式で、GRD、超解像GRD、ORTプロダクトの場合はGeoTIFF + XML形式で提供されます。

CEOS形式は、複素数画像とその処理パラメータを保存するのに適した形式です。SICDはアメリカ国家地理空間情報局（National Geospatial-Intelligence Agency: NGA）によって定義された標準フォーマットです。

GeoTIFF形式は、一般的なSAR解析ソフトウェアやGISソフトウェアで容易に表示可能です。XMLと共に提供されるため、特別なソフトウェアを使用せずに利用できます。 またGRD、超解像GRDプロダクトには2つのGeoTIFFファイルが含まれています。1つは解析用のもので、XMLに記載の校正係数を使用して後方散乱係数に変換できます。もう1つは視認性向上のため、階調補正を施しています。ORTプロダクトは線形パワースケールの校正済みfloat32値として提供され、追加の校正係数を必要としません。全てのファイルはCloud Optimized GeoTIFF（COG）形式で提供されます。

データフォーマットの詳細については、Synspective SARデータプロダクトフォーマットマニュアルをご参照ください。

## 5 参照

[1] D. Small (2011), "Flattening Gamma: Radiometric Terrain Correction for SAR Imagery," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 49(8), 3081–3093. DOI: 10.1109/TGRS.2011.2120616

[2] CEOS Analysis Ready Data for Synthetic Aperture Radar, Product Family Specification v1.2. https://ceos.org/ard/files/PFS/SAR/v1.2/CEOS-ARD_PFS_Synthetic_Aperture_Radar_v1.2.pdf (accessed March 31, 2026)

Synspective