

# 衛星リモートセンシング・データ解析 ~SARscape入門~

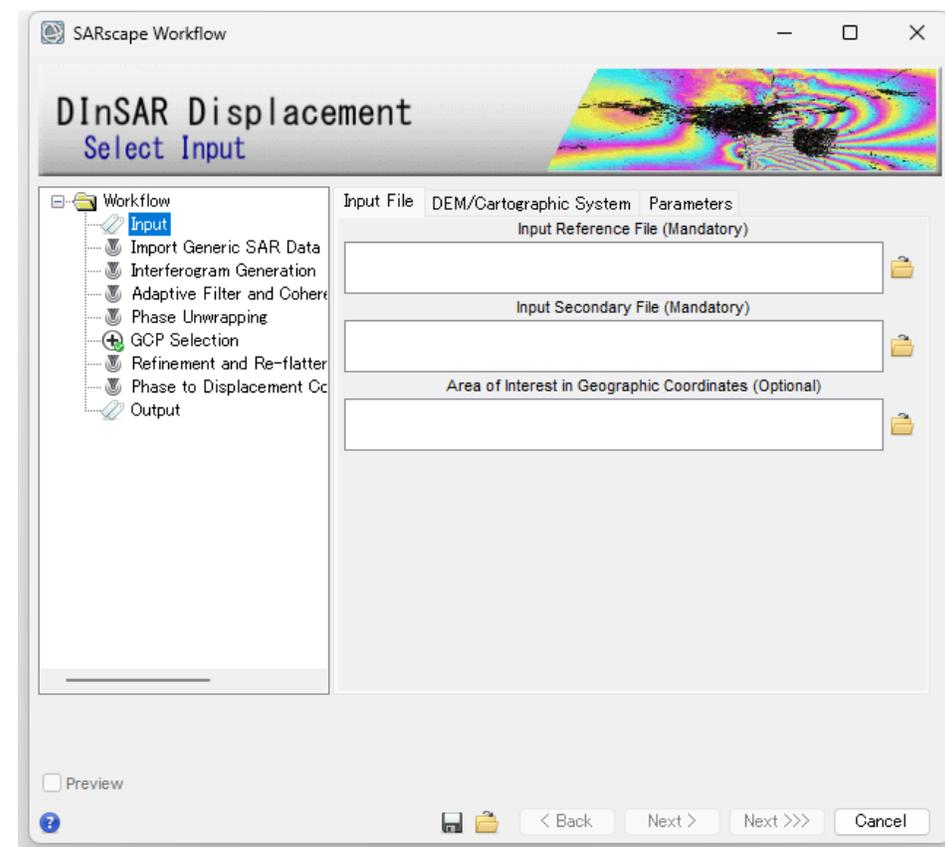
NV5 Geospatial 株式会社

# N|V|5

# SARscapeについて

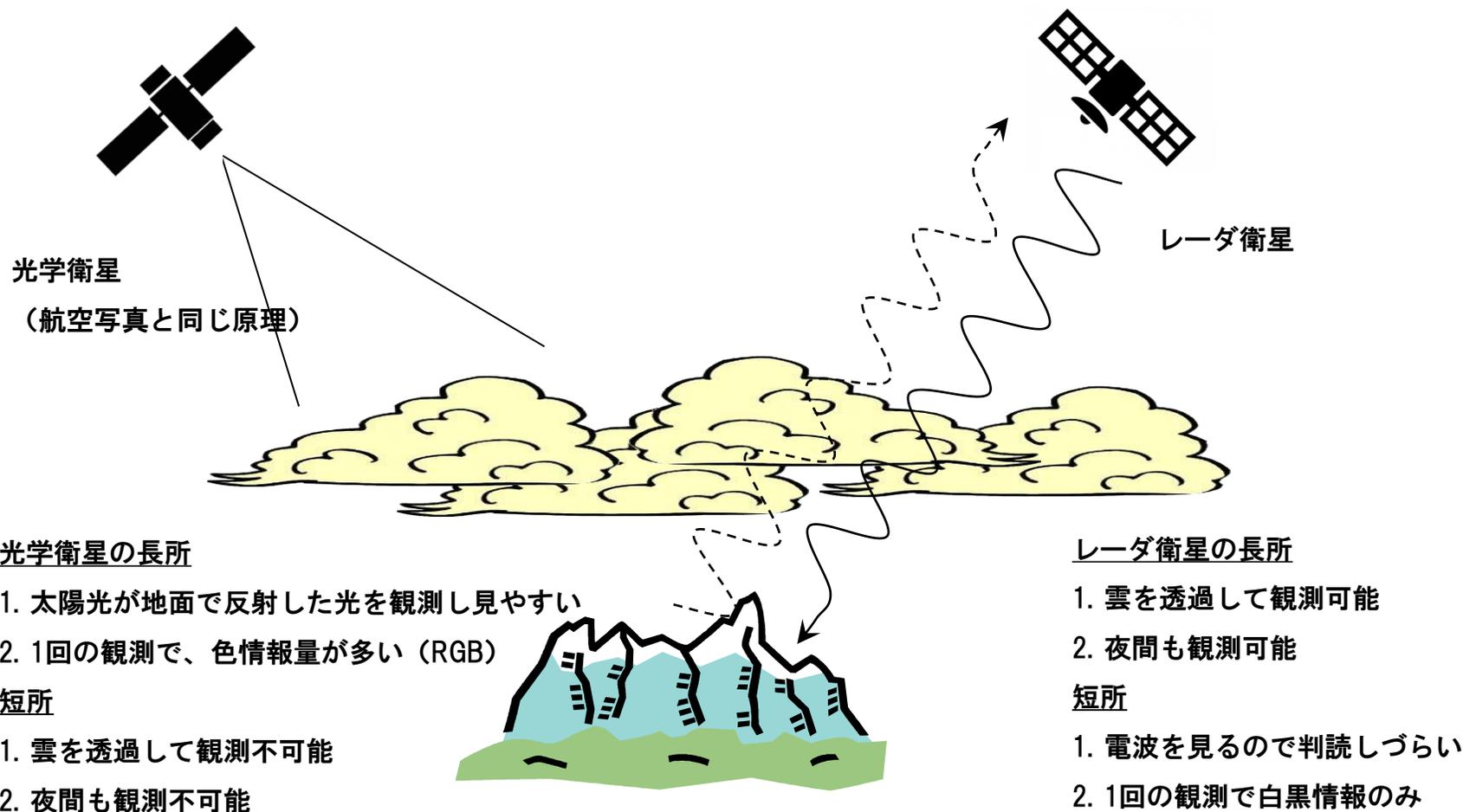
# SARscapeとは

- ENVIの追加モジュールであるSARscapeは、SARデータ処理機能をパッケージとして設計されており、スイスのsarmap社によって開発されています。光学センサの可視化やデータ解析に定評のあるENVI上で動作し、GUIを提供しています。最新のSARセンサの処理やSARデータと光学データを組み合わせる際に、非常に有効なツールとなります。
- モジュール構成
  - Basicモジュール
  - Focusingモジュール
  - Gamma & Gaussianモジュール
  - Interferometry/Differential Interferometryモジュール
  - Interferometry Stackingモジュール
  - ScanSAR Interferometryモジュール
  - Polarimetry/Polarimetry Interferometryモジュール



SARについて

# SARデータとは: SARデータと光学データの相違点

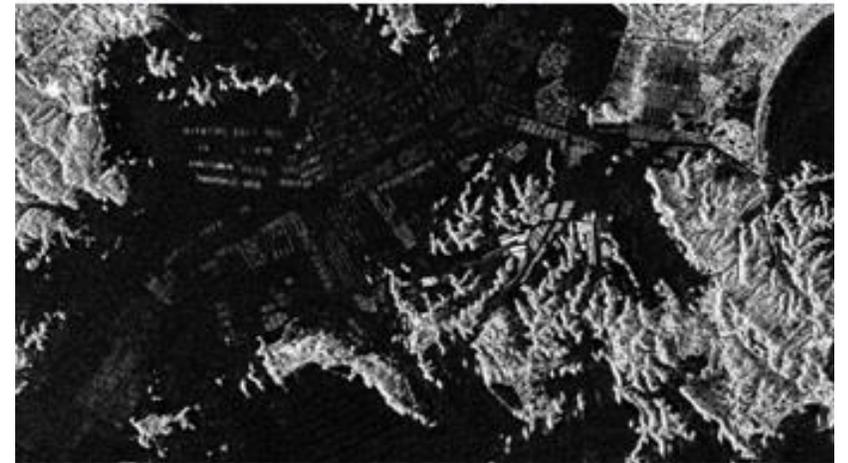


# SARデータとは

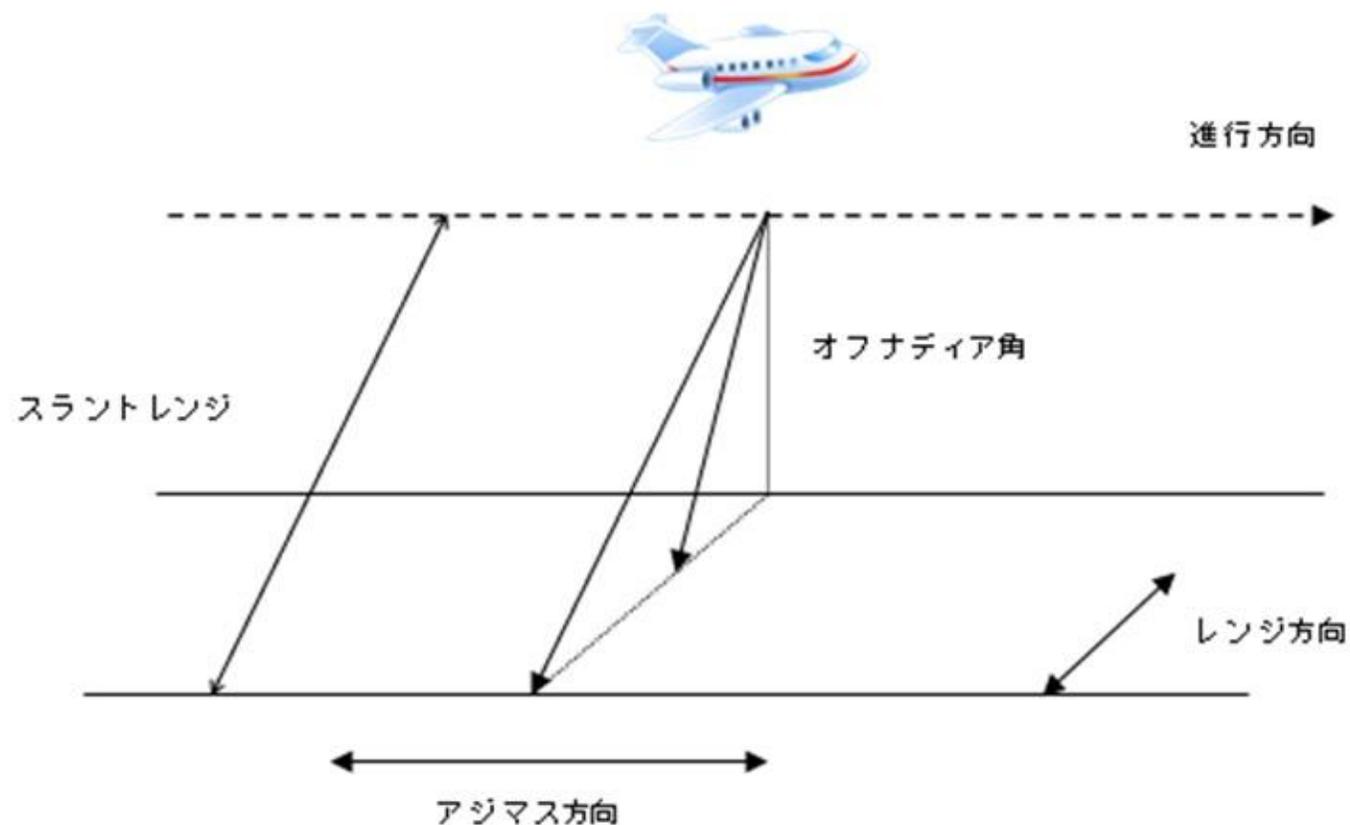
- 異テして源とス録せ光  
サシ記さを  
ンダを生陽  
セ一号発太  
学レ信を、す  
光。た一めま  
は、すぎたき  
はでてルるで  
性点っネあが  
特う戻工でと  
ないてのブこ  
要とし気イウ  
重る射磁テ行  
のあ反電クを  
ムであ、ア測  
テサかは、観  
スン表のムず  
シセ地もテわ  
グなてのヌ問  
ンブしそシを  
ジイ信ムダ夜  
一テ発ステ  
メクをスレ、  
ダイア号シ、  
レーナは、す  
レなりは、す  
とせ

## SARの特徴

- 夜間観測可能
- 雲を透過する
- 白黒画像
- 表面粗度を観測
- 水面を分離しやすい
- 振幅と位相の情報を持つ
- 偏波が使える



以下の図に示した用語はSARデータを処理する上で、必要な用語となり、本マニュアル内でも使用します。



演習に入る前に:  
**ENVI/SARscape**インターフェース

## Windows10 / 11

[Start Menu] > ENVI 5.7 > ENVI 5.7



## Mac

/Applications/harris/ -> ENVI5.7のアイコンを選択

## Linux

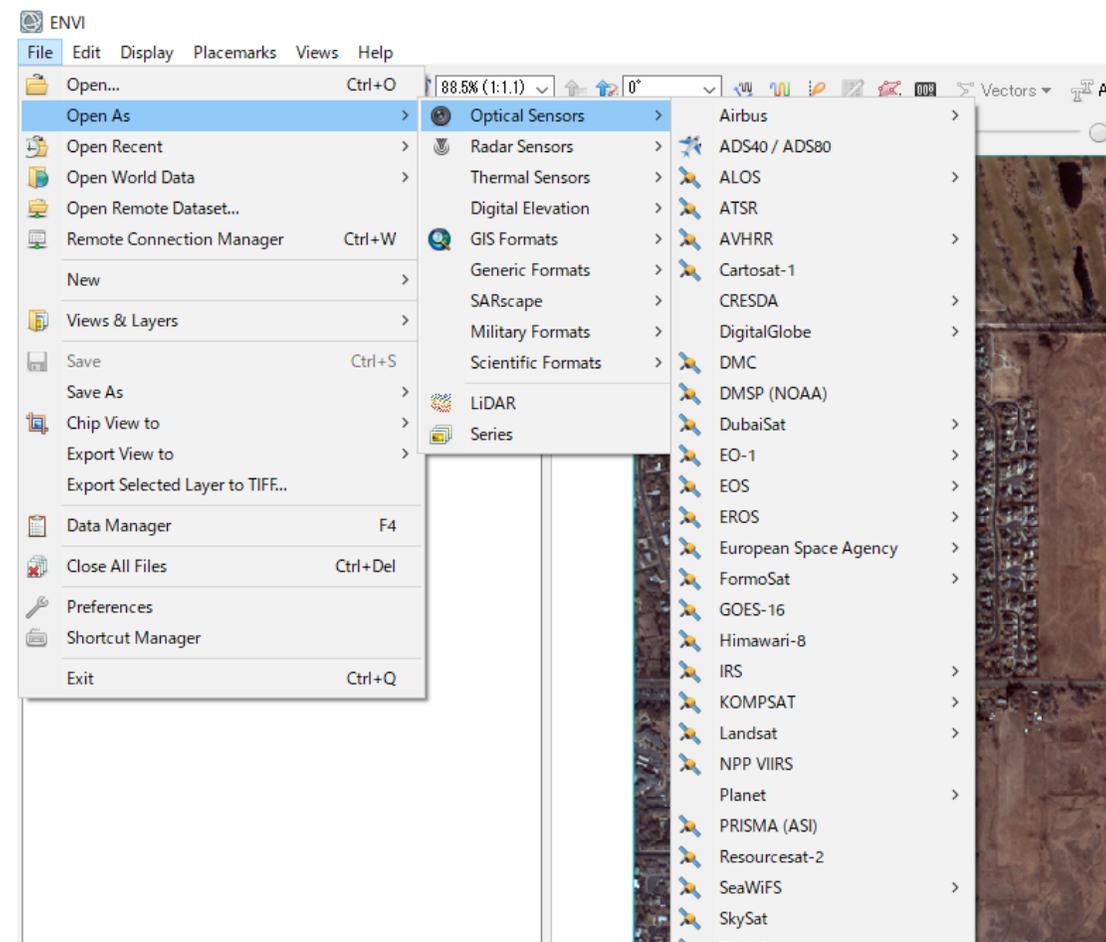
ターミナルから `envi_rt` コマンドを入力する

# ENVIインターフェースについて



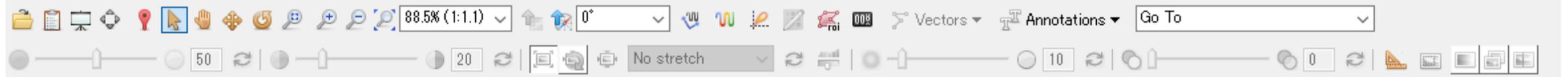
# ENVIインターフェース: メニューバー

- ファイルを開く、編集、表示に関するツールや、ウィンドウの分割など、インターフェース及び、画像の基本的な操作に必要な機能を提供します。



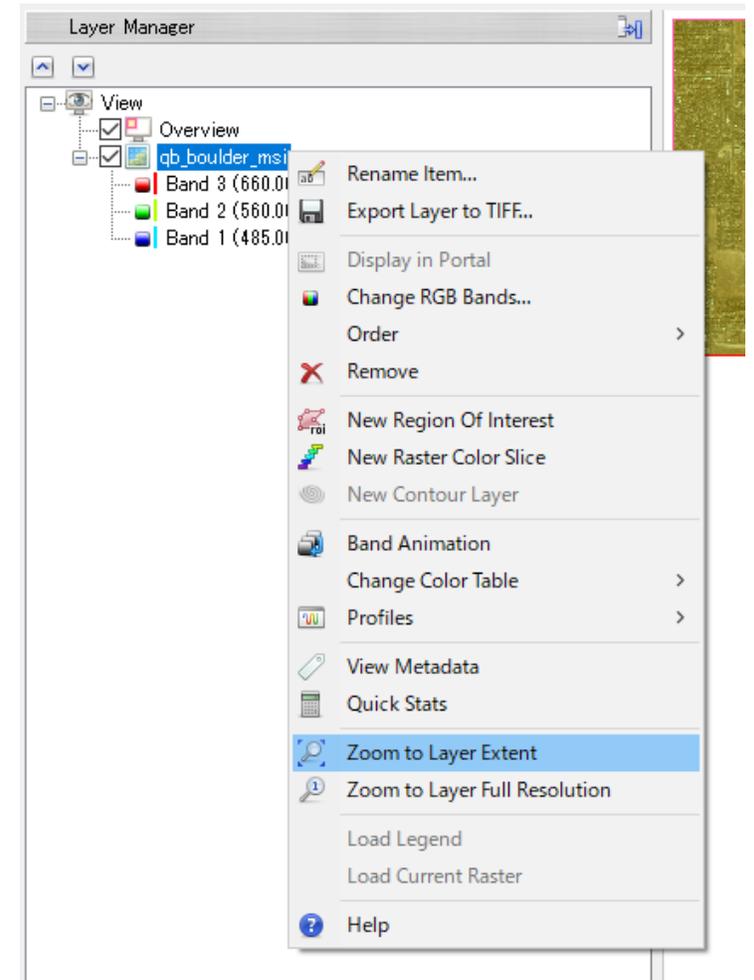
# ENVIインターフェース: ツールバー

- ズームイン・アウトや、パン、アノテーション、ストレッチなど、表示した画像に対して操作に関するツールをグラフィカルなアイコンで提供します（詳細は後述します）。



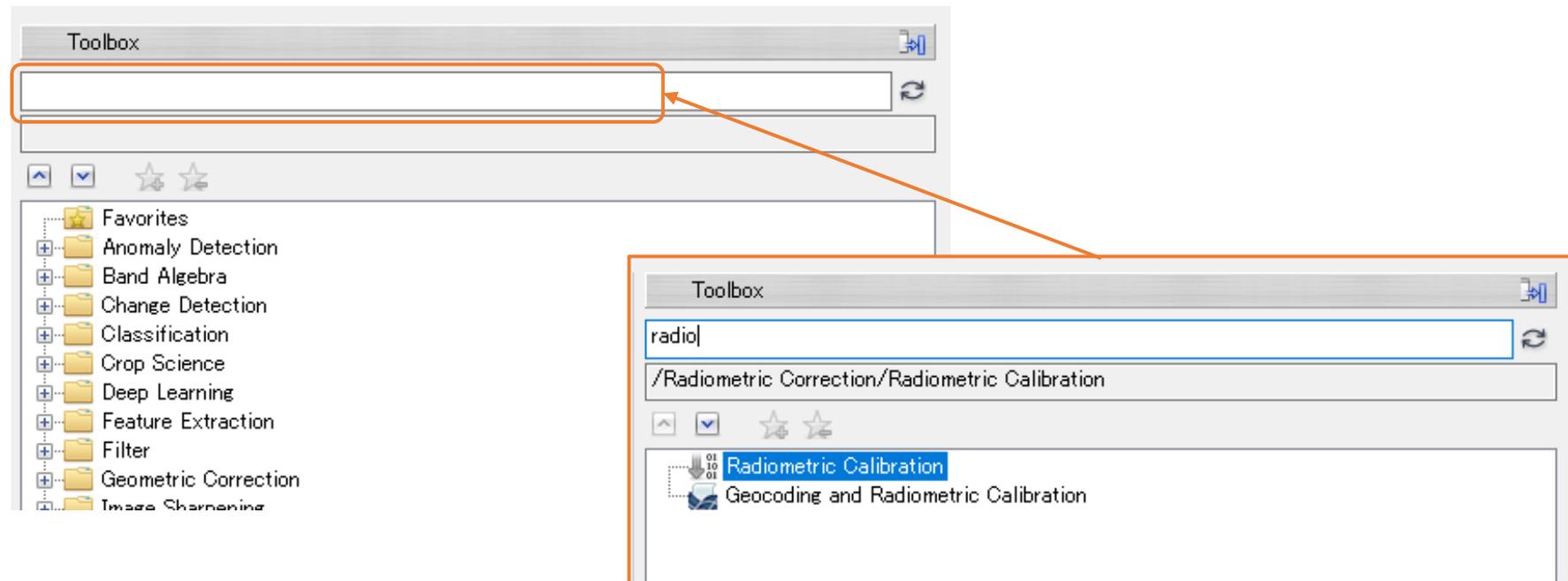
# ENVIインターフェース: レイヤマネージャ

- インターフェースに表示されている画像の管理を行います。
- チェックボックスをオン/オフする事で、表示/非表示の設定を行います。
- ファイル名上で右クリックをすると、サブメニューが表示され、表示の削除やRGBコンポジットの変更などが行えます。
- レイヤマネージャの[Overview]へチェックを入れることで、画像全体を表示します。



# ENVI インターフェース: ツールボックス

- ENVI の解析機能がカテゴリごとに格納されています。検索機能が提供されており、「Search the Toolbox」へキーワードを入力することで、該当の機能がリスト表示されます。

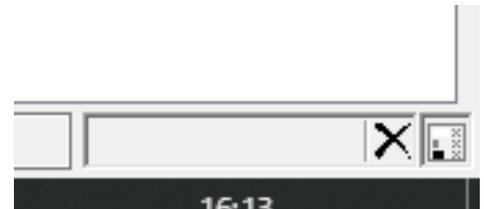


# ENVIインターフェース: カーソル値表示およびプロセスバー

地図投影法を保持した画像上でマウスを移動させると、カーソルのある場所のピクセルに対応した地図情報が表示されます。



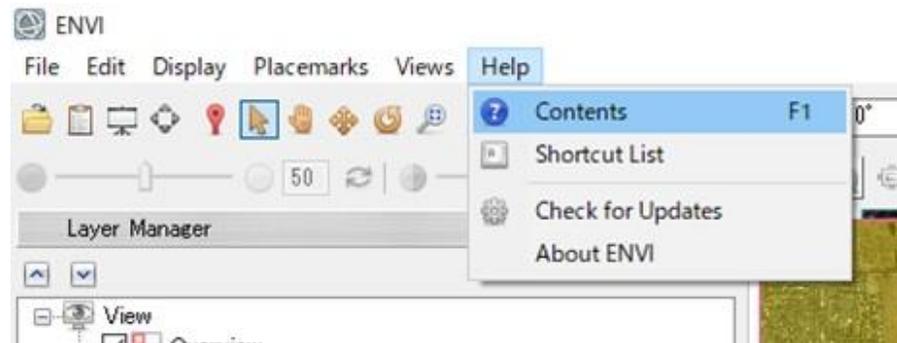
プロセスバーは、処理の経過を表示しています。右側にあるバツマークをクリックすると、処理はキャンセルされます。



# ENVI HELPとSARscape HELP

## ■ ENVI HELP

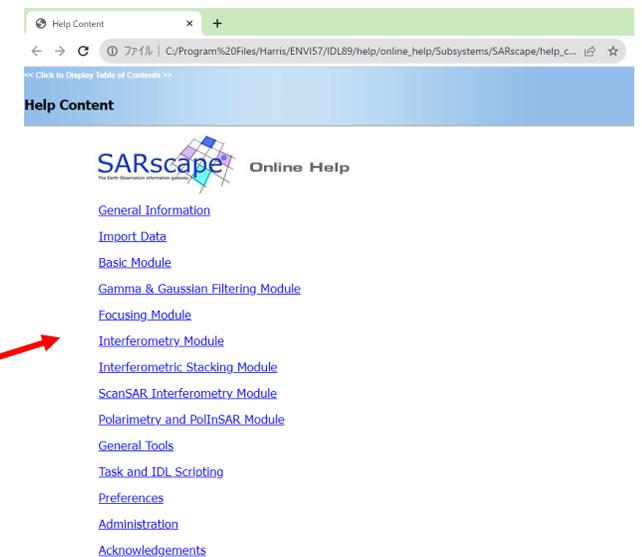
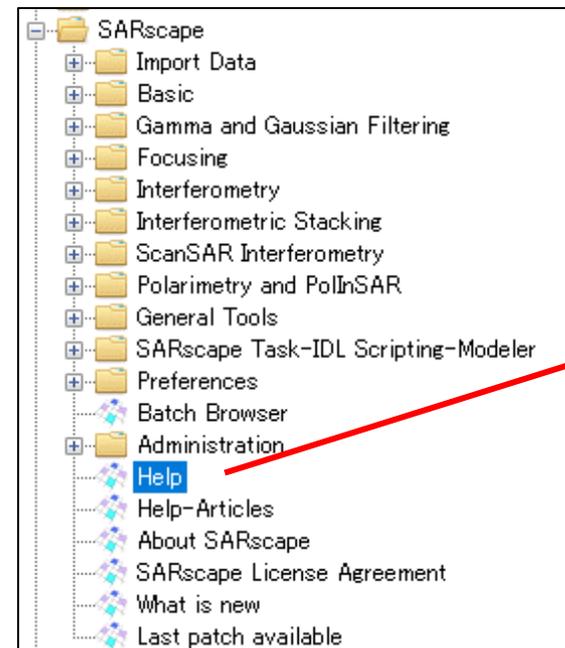
メニューバーのHelpから起動します。



HTML形式のファイルを開く場合の指定のブラウザが起動し、対応のヘルプページが開きます。

## ■ SARscape HELP

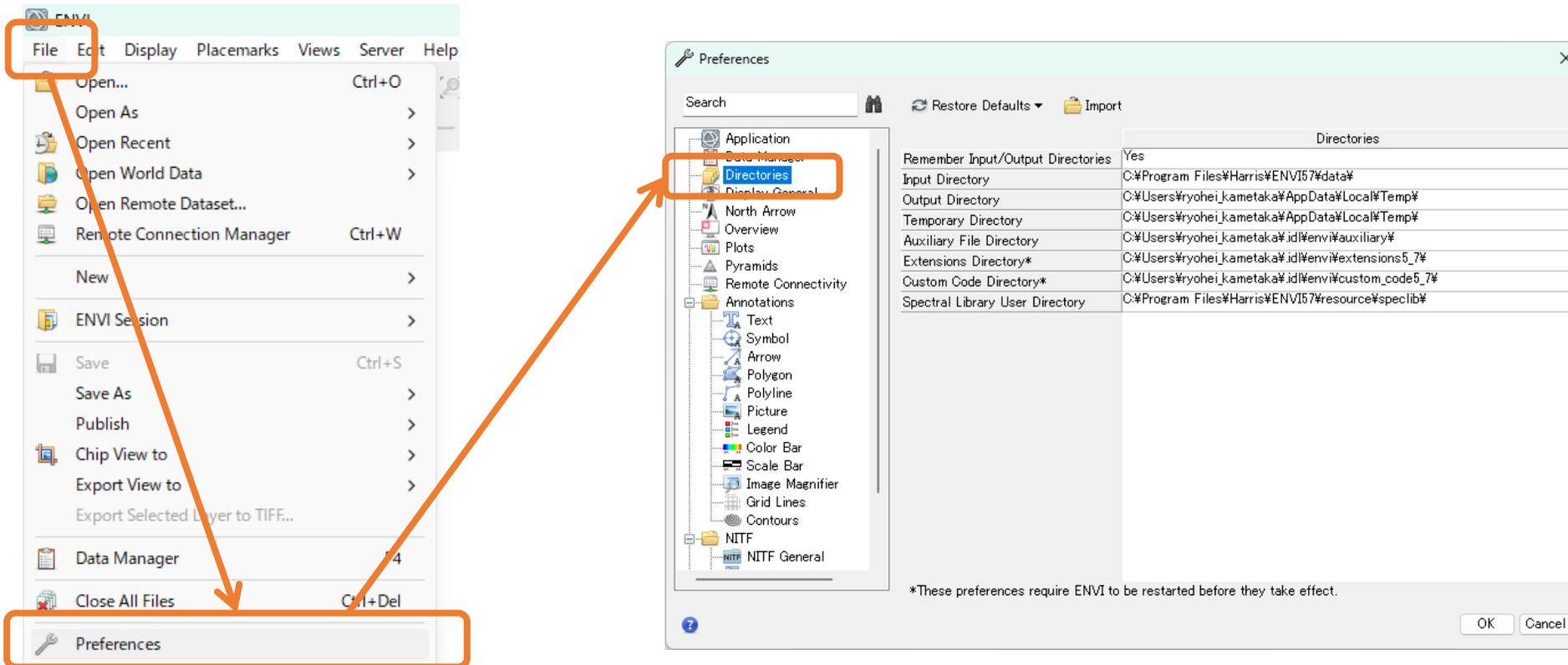
ENVIのToolbox内のSARscapeのメニューからHelpを起動します。



# ENVI/SARscapeの基本設定について

# 環境の設定: Preference

- 使用するデータへのアクセスなどを容易に行うため、環境の設定を行います。
- ENVI では、ファイルの入出力ディレクトリをあらかじめ指定することで、デフォルトで指定したディレクトリを表示することが可能です。



# 環境の設定: Preference

	Directories
Remember Input/Output Directories	Yes
Input Directory	C:\Training\SARscape\
Output Directory	C:\Training\SARscape\Output\
Temporary Directory	C:\Training\SARscape\Output\

名称	機能
Input Directory	入力ファイルを指定する際に表示するインプットディレクトリの指定
Output Directory	出力ファイルを指定する際に表示するインプットディレクトリの指定
Temporary Directory	処理中に作成される、テンポラリファイルの保存先

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/Preferences.html#Director>

# 環境の設定: SARscapeのPreference

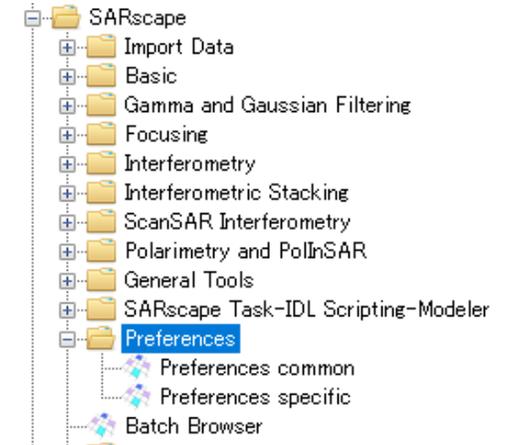
SARscapeの処理で使用される設定は、SARscapeのPreferencesで行います。

- Preferences common

- DEMなどのデフォルト読み込み先ディレクトリやGPUの使用設定を行うメニューです。

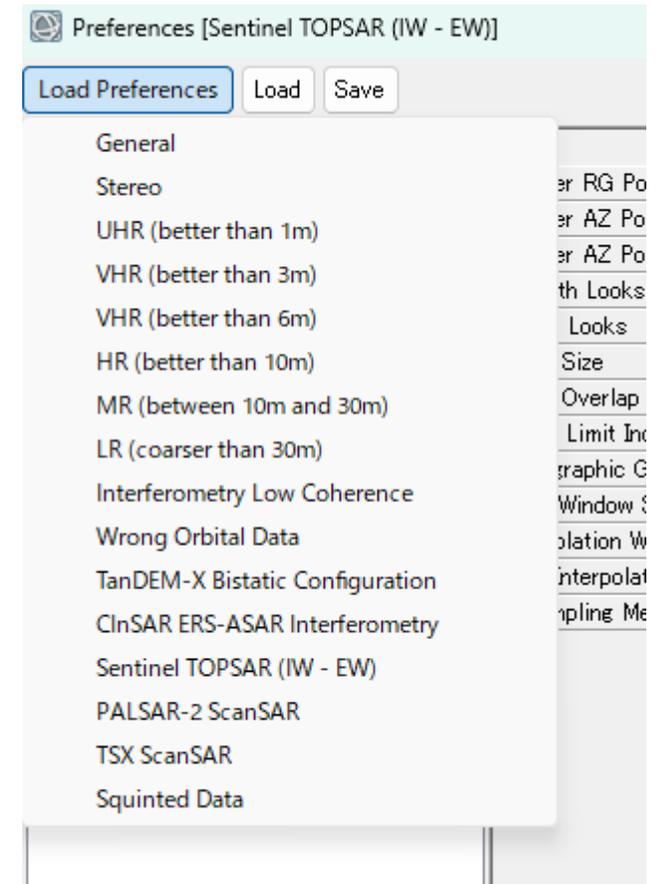
- Preferences specific

- 各処理に使用されるパラメータのデフォルト値を設定します。
- Load Preferencesボタンから、使用するSAR画像の特性にあわせたパラメータのデフォルト値に変更します。



# SARscapeのPreferences specific: 設定例

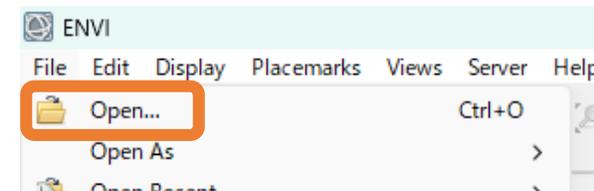
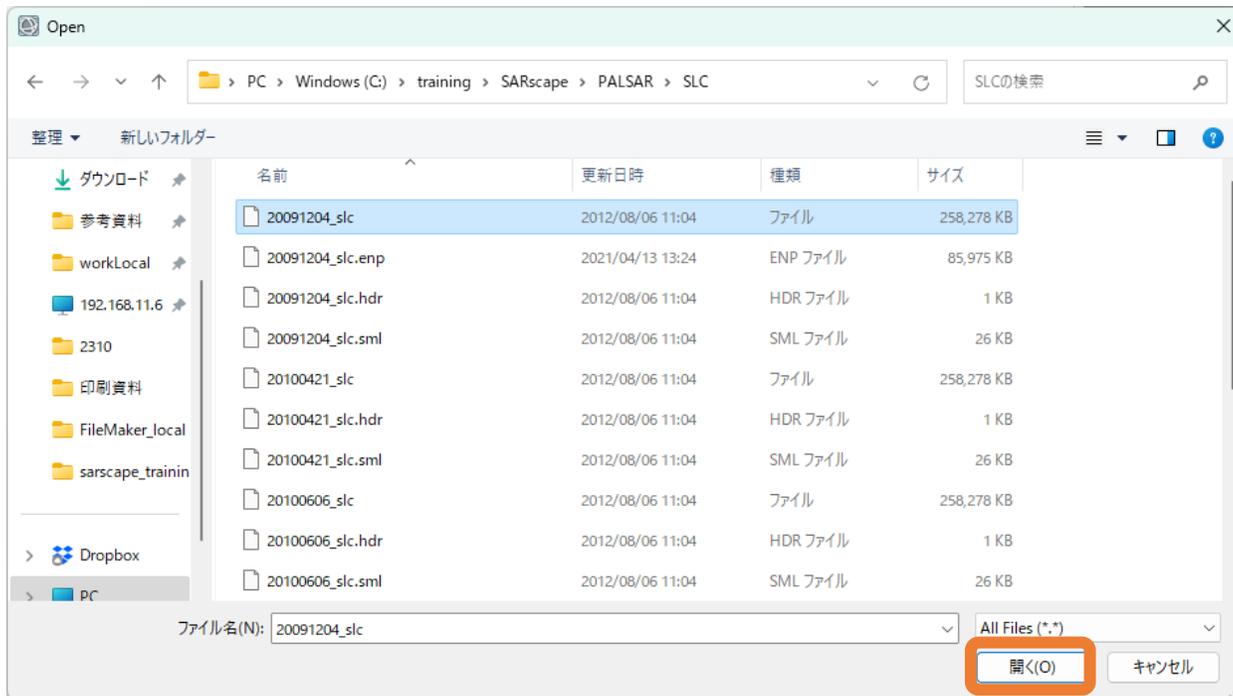
- **General:**
  - 入力データタイプに合わせて特に調整されていない、一般的なパラメータ設定です。
- **VHR (better than 3m) :**
  - ALOS-2 の高分解能モード(3m)で干渉 SAR を行う場合や、市街地などコヒーレンスが良い場所といった場合の超高解像度データに適しています。
- **Interferometry Low Coherence:**
  - 山間部や事前に大きな変動が発生していることが分かっているケースなど、コヒーレンスが良くないと想定される場所での設定に適しています。
- **Sentinel TOPSAR (IW - EW):**
  - TOPSAR(IW)モードで取得した Sentinel データ(※日本国内はこれに該当)の干渉処理を実施する場合、この設定は必須です



# ENVIの基本操作について

# ファイル読み込み

- ENVI にALOS PALSAR のSLC画像を読み込んで表示します。ラスタデータの読み込み、表示を行います。
- SARscapeを用いてインポート済みのSLCデータです。このデータはENVI形式のデータです。

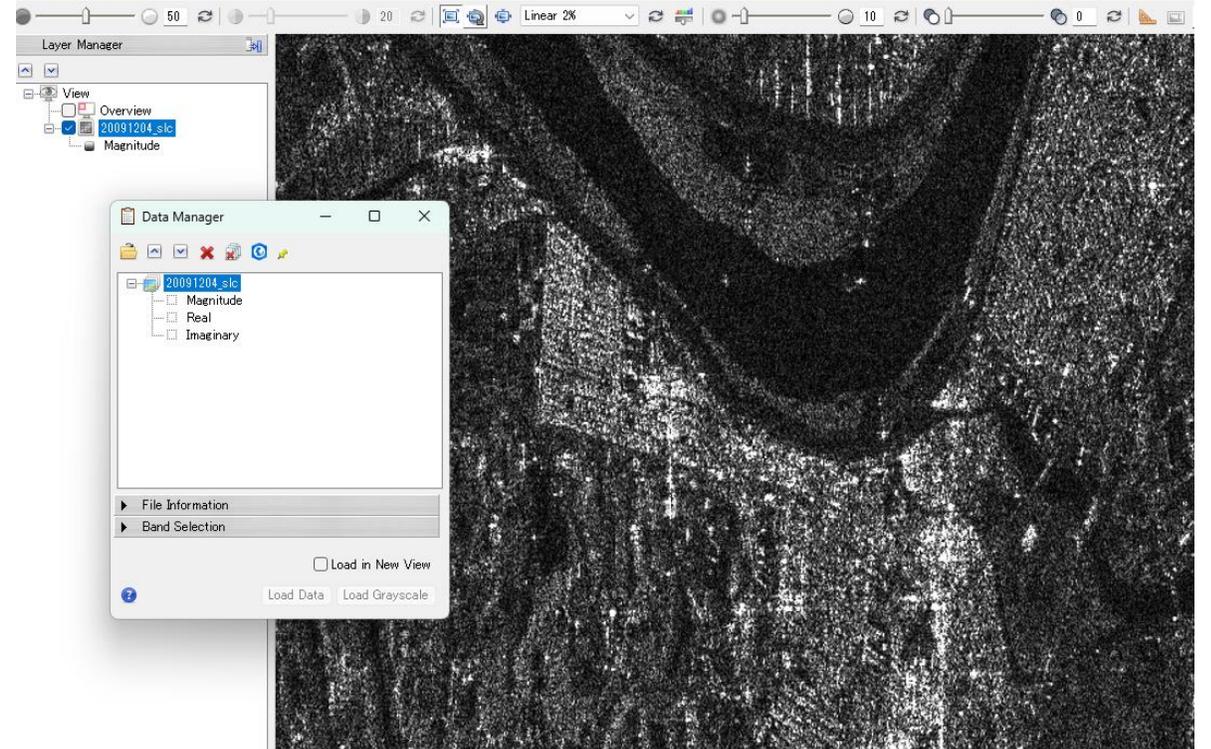


C:\training\SARscape\PALSAR\SLC\  
20091204\_slc

# 20091204\_slcについて

読み込んで表示しているデータは、SLC（Single Look Complex）データです。

- データのタイプは複素数（実数、虚数）となります。
- ENVIでは、内部的にMagnitude（実数と虚数の二乗の和の平方根にしたもの）を計算した画像を表示しています。

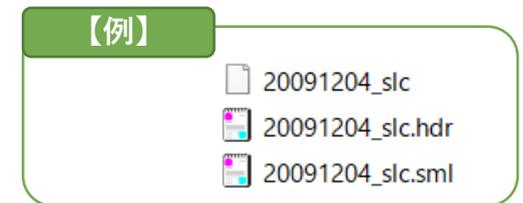




# SARscapeのファイルフォーマットとは

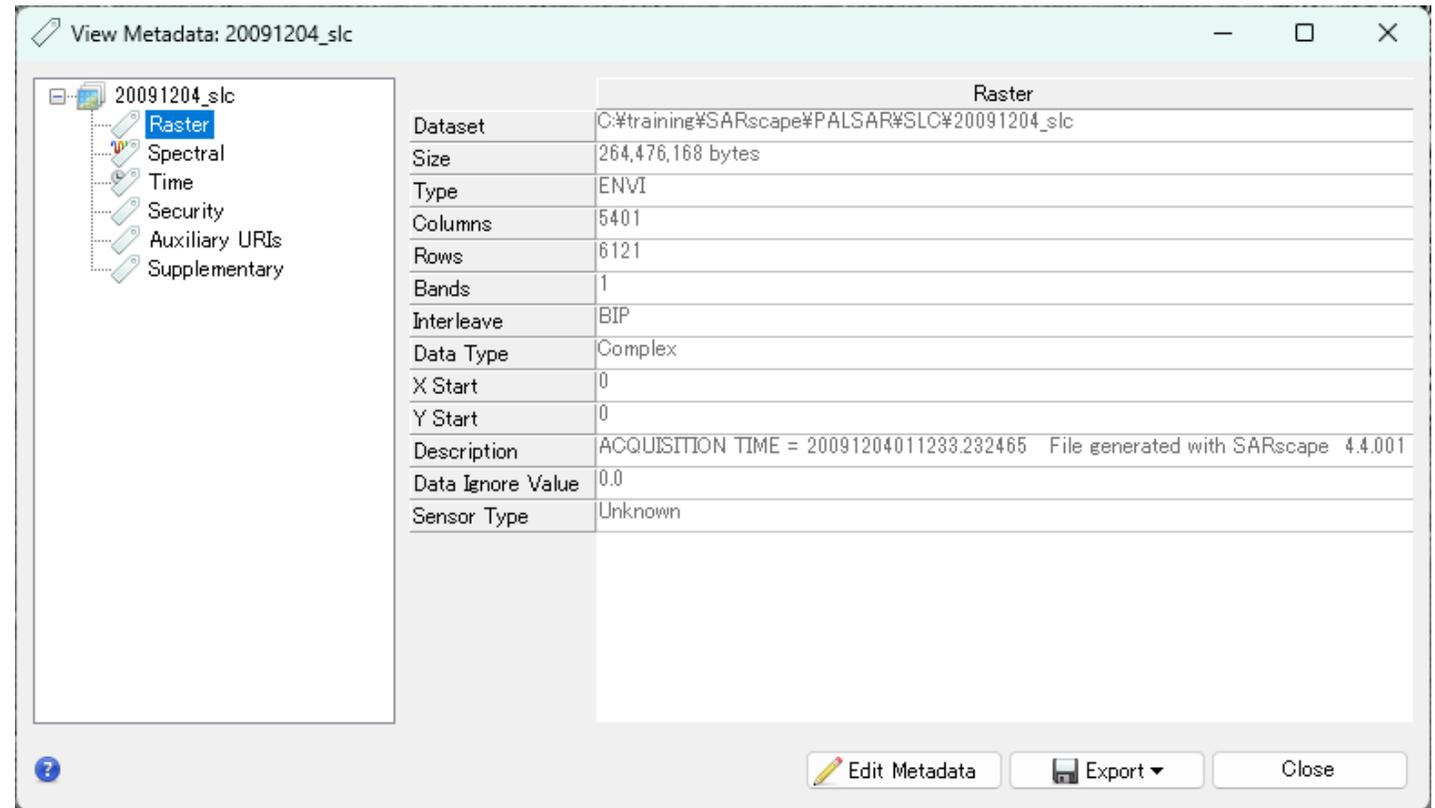
- SARscapeのファイルフォーマットは、データをSARscapeへインポート後に作成されます。
  - 画像についてはENVIフォーマットと同等になります。
- SARの解析を行うため、通常のENVIフォーマットに軌道情報等のSARの処理に必要なパラメータが含まれたSMLファイルが付加されています。
- SARscapeでSARの解析処理を行うためには、以下の3つのファイルが必要となります。

ファイルの種類	内容
画像データ	フラットバイナリの画像データ
ENVIヘッダーファイル	ENVIがファイルを読み込む際に必要とするヘッダーファイル (ASCII形式)
SARscape パラメータファイル	SARscapeが処理の際に使用するパラメータファイル (XML形式)



# View Metadata

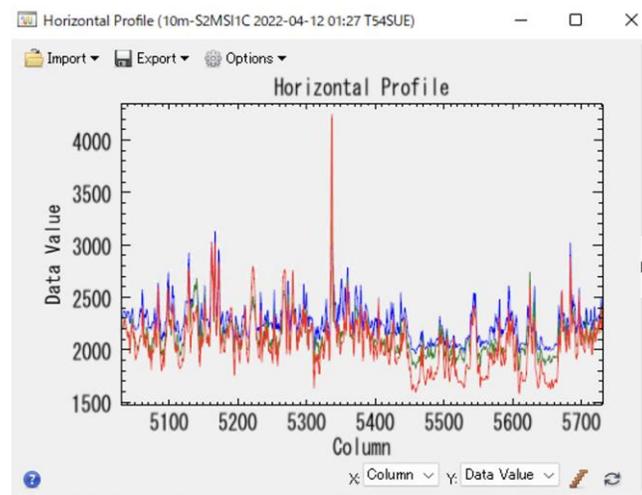
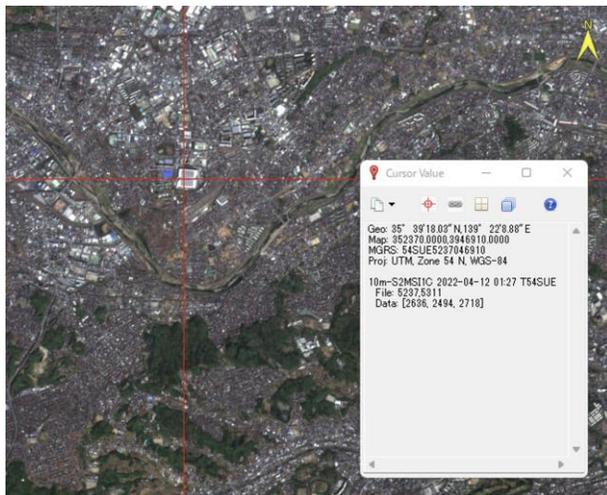
- データが開かれたら、レイヤマネージャで右クリックしView Metadataを選択して詳細を確認してみます。
- データのサイズや型に加え、設定されている波長情報や投影情報や波長情報が確認できます。
  - 現在読み込まれているデータが、実数（浮動小数点）符数が付もしくは符無し、の整数型かどうかを理解することは、データ解析をする上で重要になります。
  - 今回のデータはComplex(複素数)で定義されていることが確認できます。



# ディスプレイツール

ツールバーで提供されているツールを使用して、表示した画像に様々な操作を行うことができます。

- **Cursor Value** 
  - 十字が交差するポイントのピクセル値や緯度経度を確認できる
- **Arbitrary Profile** 
  - 始点と終点を指定すると、その間のピクセル分布を確認できる

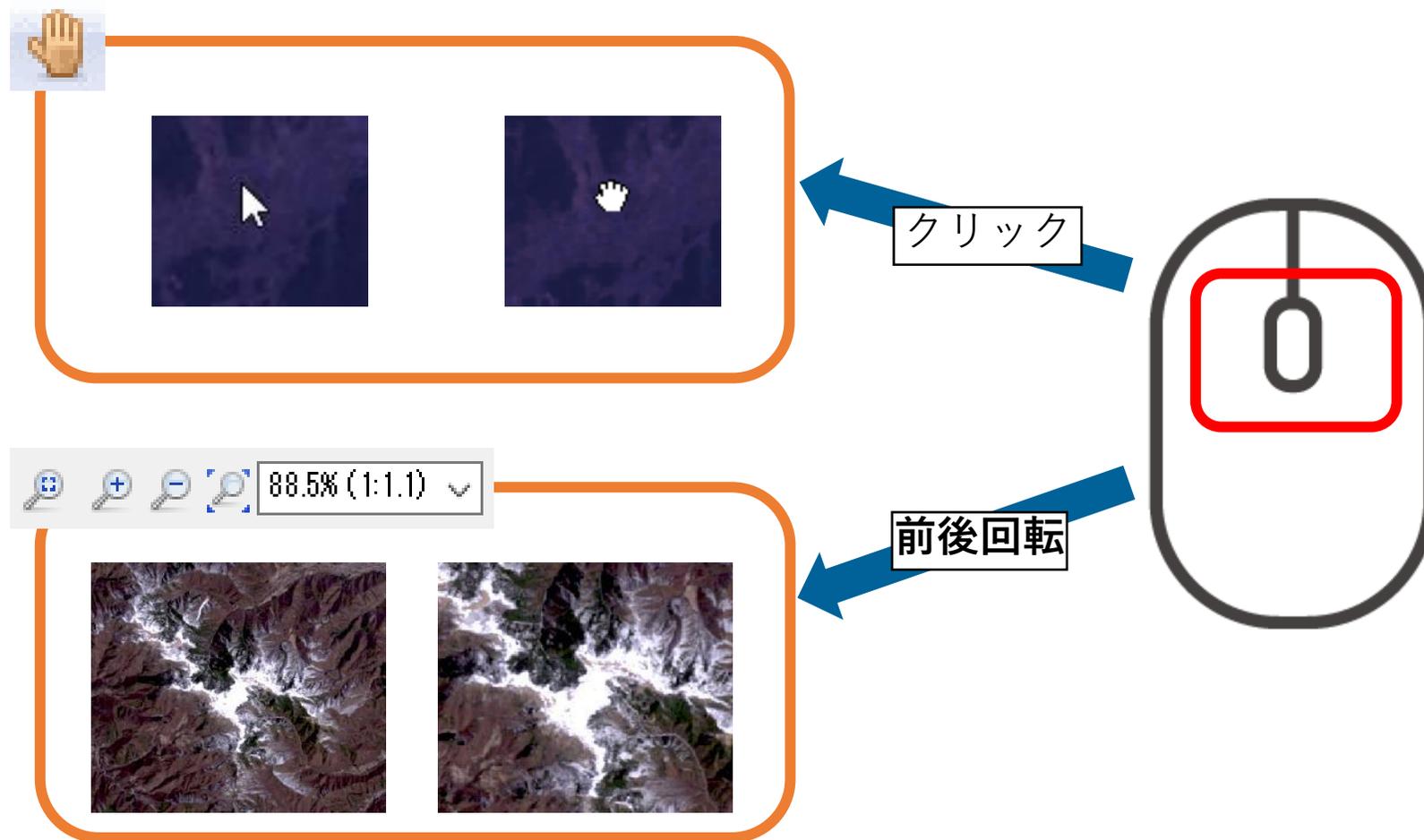


演習:

Cursor Valueツールを使用して、開いたSLCデータのピクセル値を確認してみます。このデータには地理情報が登録されていないため、地点の緯度経度ではなく画像のピクセル座標が表示されることを確認します。

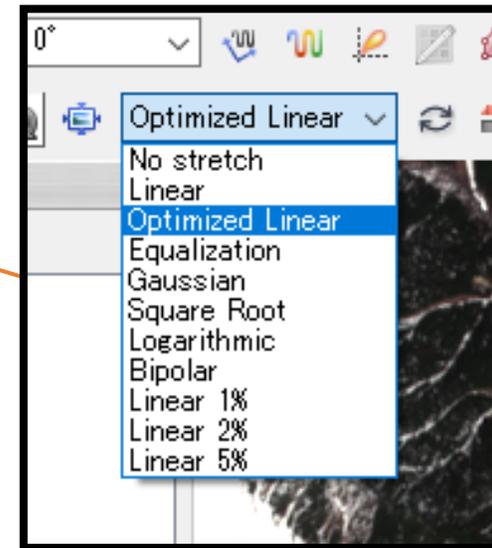
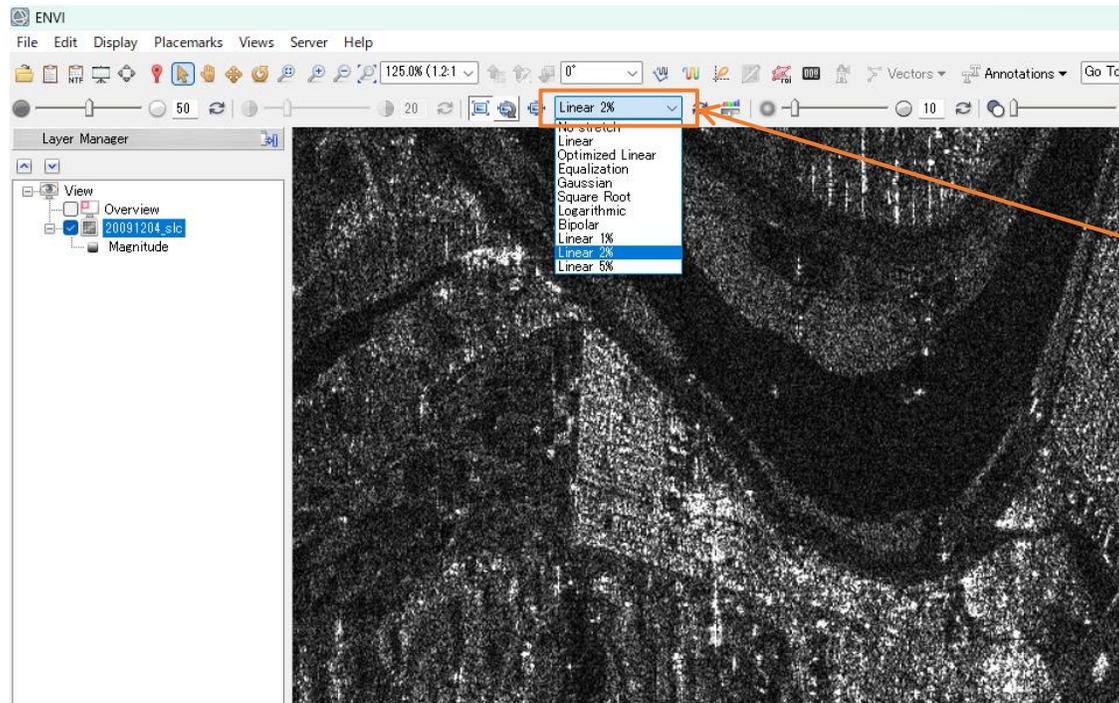
<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/DisplayTools.html>

# 3ボタン式マウスによる移動の簡略化: パン機能とズーム機能について

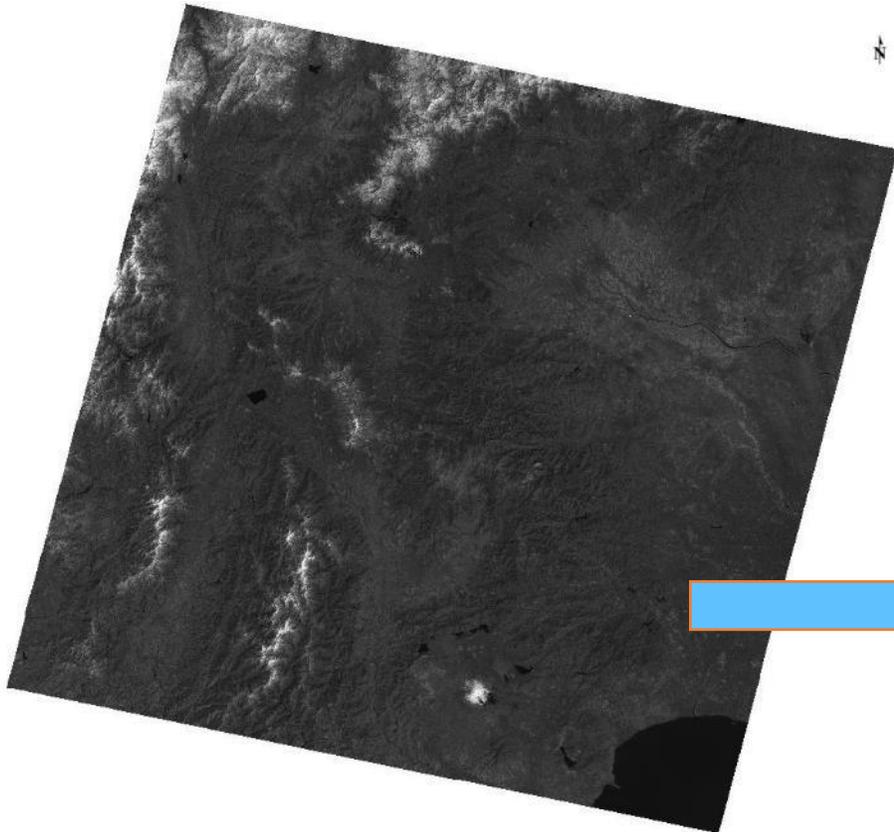


# ストレッチの調整

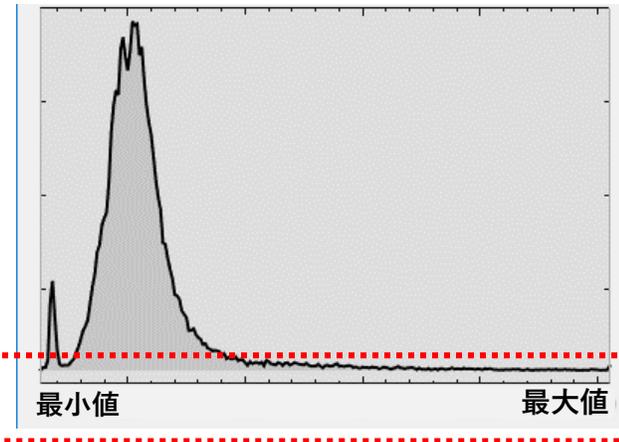
- 表示した画像に対して、ストレッチやコントラストなどを変更して、画像を見やすくします。
- レイヤマネージャで表示されている画像を選択し、操作を行います。



# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理

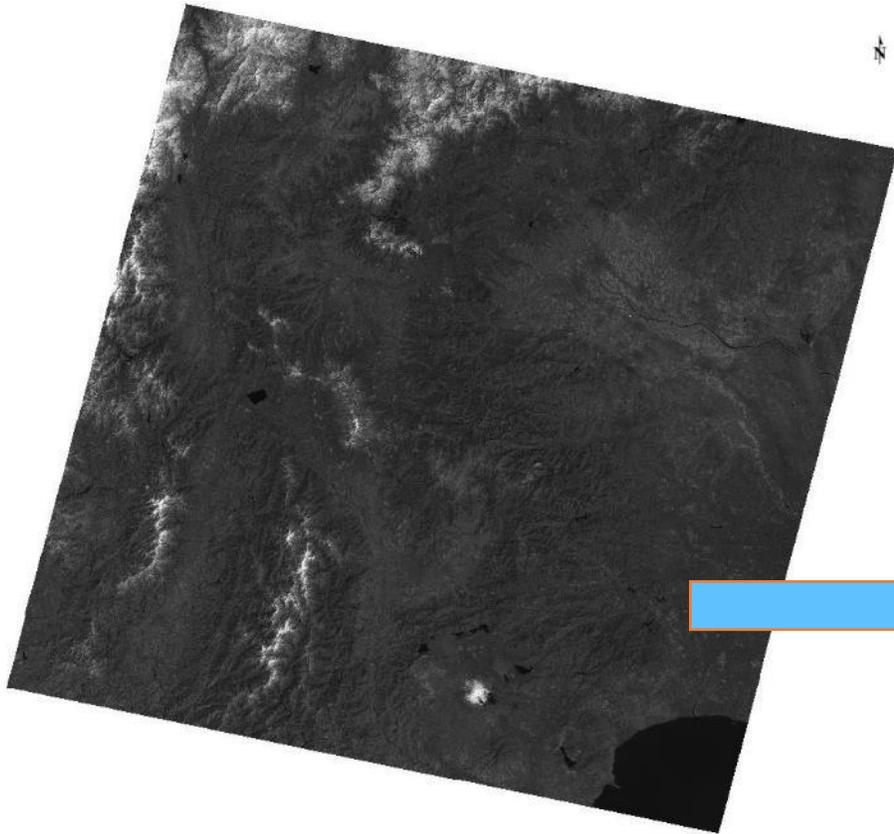


暗く見える

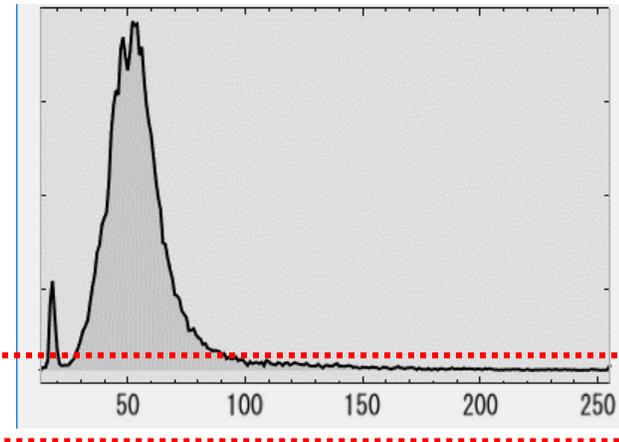
明るく見える

各ピクセルには様々な値が入っており、上に示すような分布だとします。  
(値の取る範囲は、データがどのような型を持つかに依ります。詳細は後述します。)

# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理

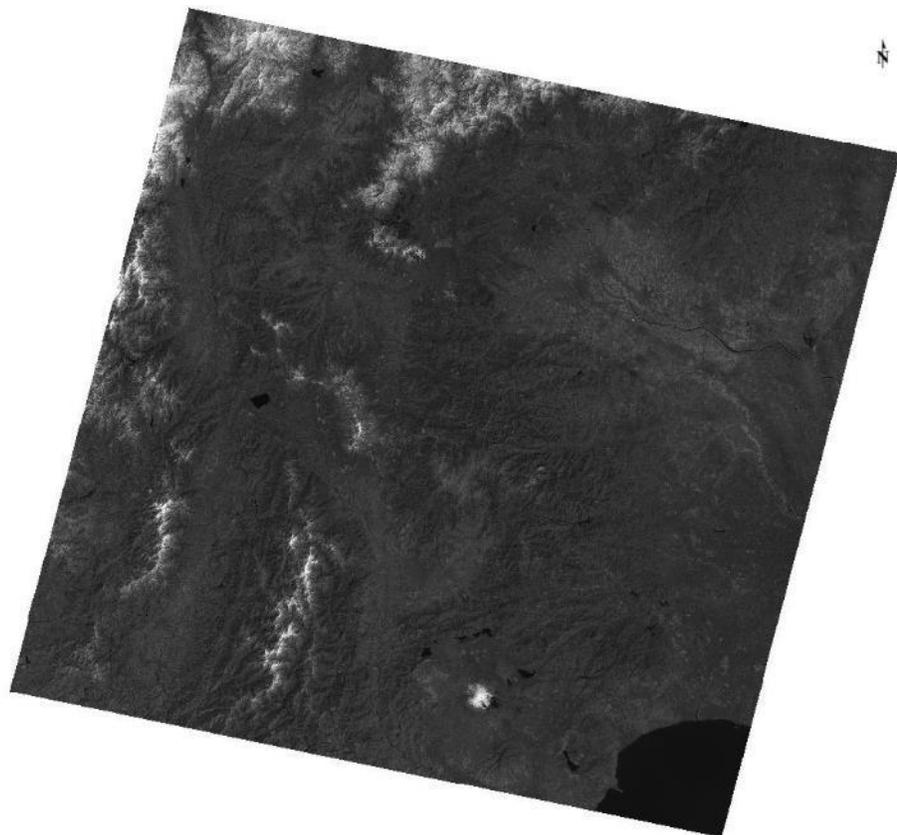


暗く見える

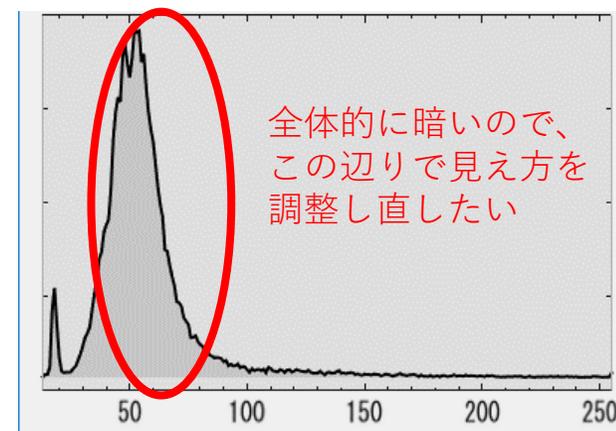
明るく見える

まずはENVIで表示するにあたって、データ値を輝度値(0から255のBYTE値)に変換します

# ストレッチとは？



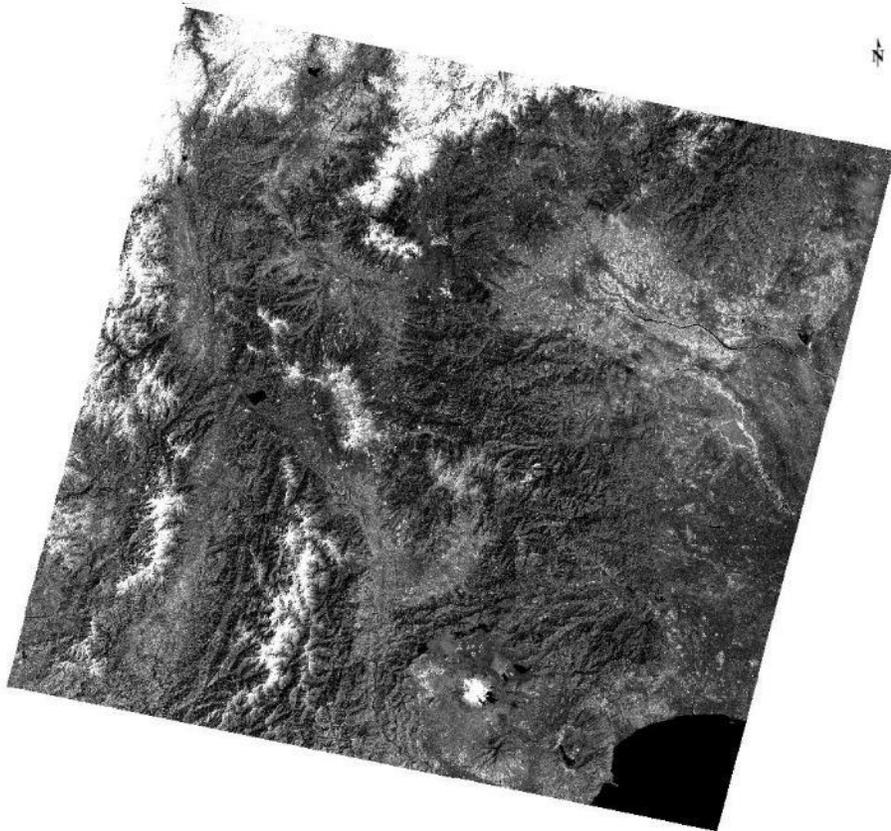
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



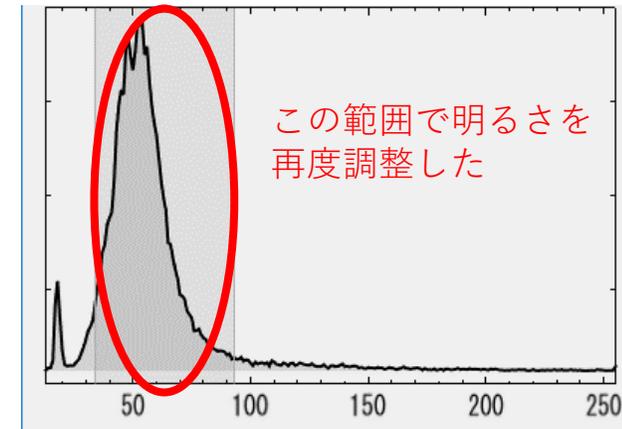
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



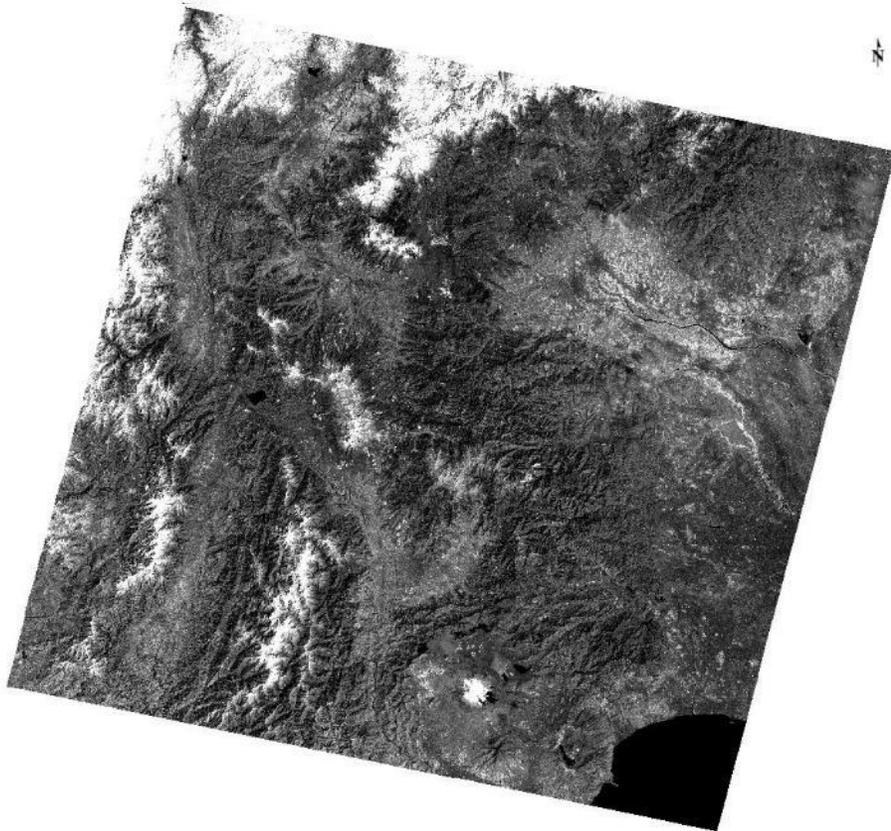
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



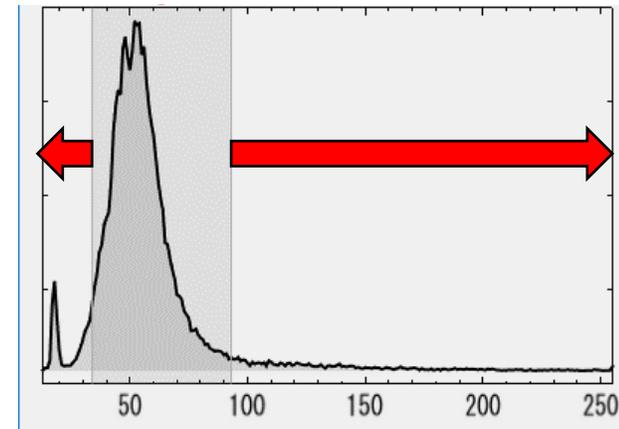
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



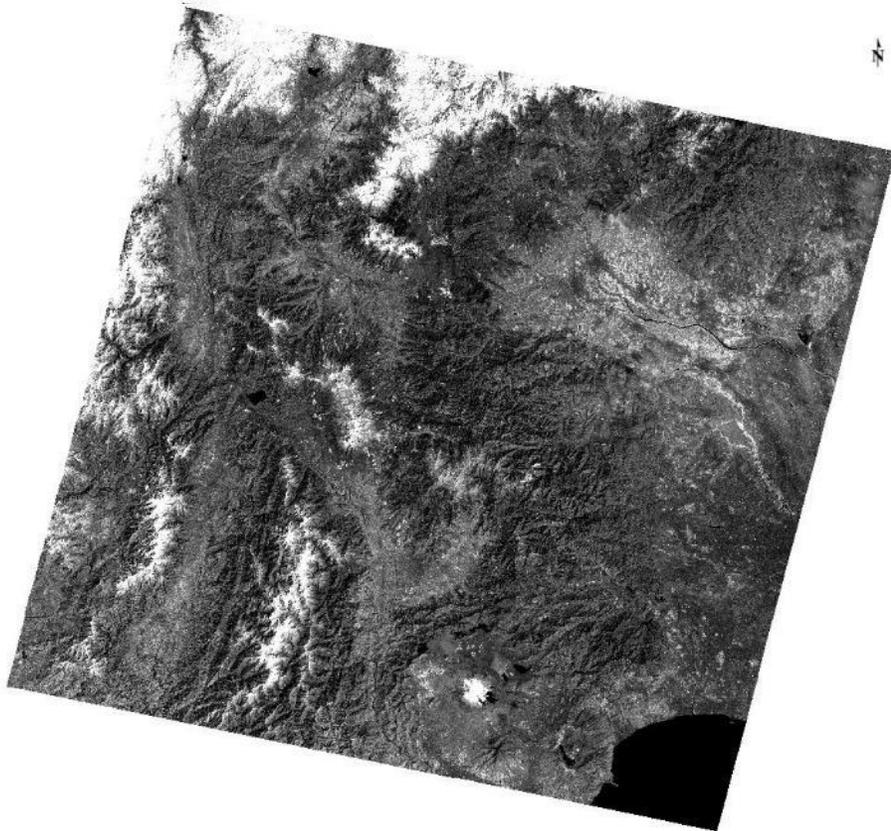
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



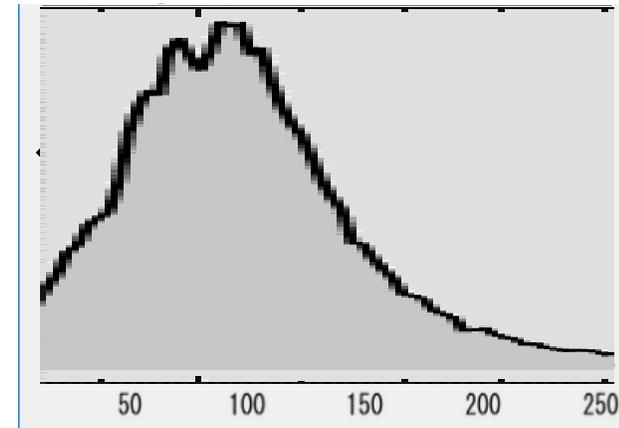
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



暗く見える

明るく見える

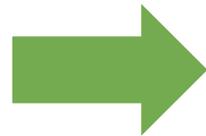
# ストレッチの実施

ENVIのストレッチ機能には、変換方法が幾つか用意されています

- ここではLinear 2%からSquare Rootに変更します
- その他のストレッチ手法について:  
 – <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/BackgroundStretchTypes.html>



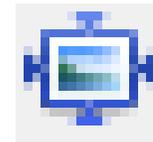
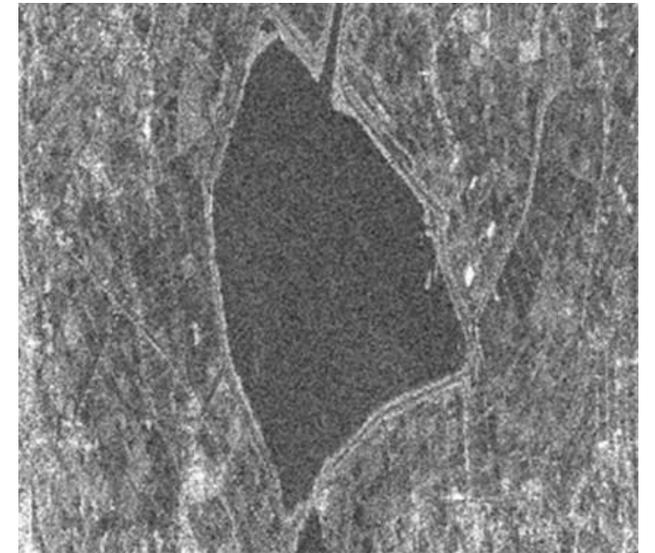
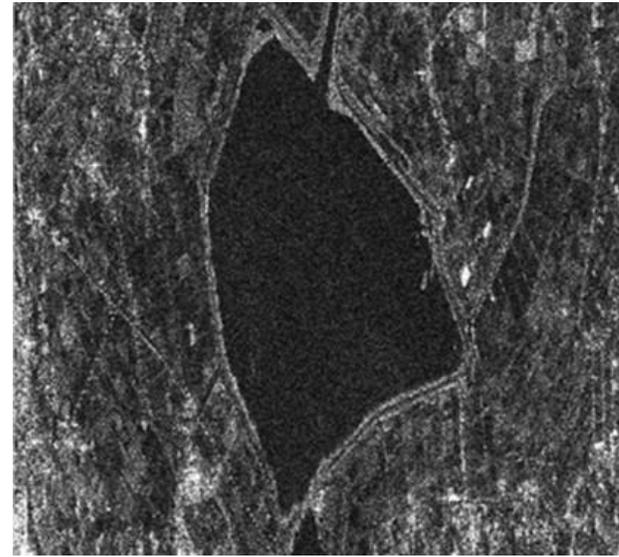
Linear 2%



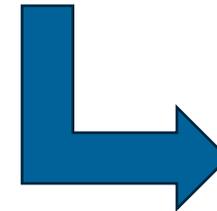
Square Root

# ストレッチの実施 (Viewエリアで最適化)

1.  ボタンで全体を表示し、  
 ボタンで水域(暗い箇所)を拡大します
2.  ボタンで、表示したエリアについてストレッチを適用します
3.  ボタンをクリックして拡大/縮小による自動更新を有効に設定します
4.  ボタンで、全体に対して再度ストレッチを実施します



Stretch on View Extent



# カラーの変更

前の項目で表示したレーダ画像に対して疑似カラーを付与します。

- グレイスケールの画像には、カラーテーブルを割り当てることで、データの分布を一目で確認することが可能です。
- 疑似カラーを付与する機能として、「Change Color Table」と「Raster Color Slices」のツールがあります。
  - この演習では、Change Color Tableについてのみ触れます。

Raster Color Slicesについては以下を参照:

<https://www.harrisgeospatial.com/docs/ColorSlices.html>

# Change Color Table

1. レイヤーマネージャ → グレイスケール画像の「20091204\_slc」を右クリック → Change Color Table → Rainbow を選択します。
2. カラーテーブルを選択すると、選択したカラーテーブルにより色づけされた画像がディスプレイに表示されます。

適用している疑似カラーは、データの実際の各ピクセル値に對してではなく、ストレッチされた後の見え方に対して適用されています。

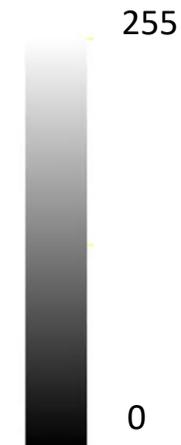
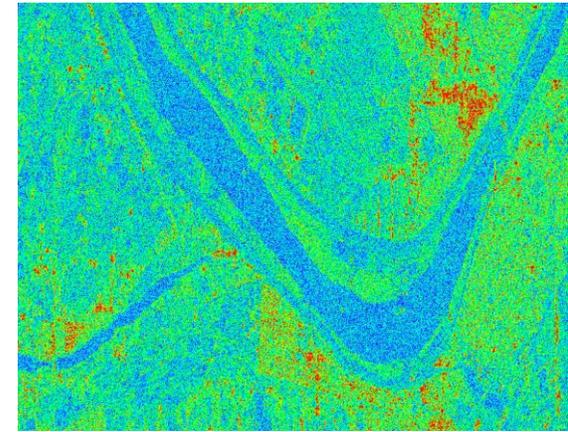
- ストレッチを変更すると、色の当たり方が変わることをご確認ください

0	0	0
500	500	500
1000	1000	1000

Original Data

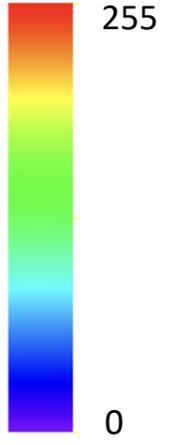
0	0	0
127	127	127
255	255	255

Linear Stretch (Grey Scale)



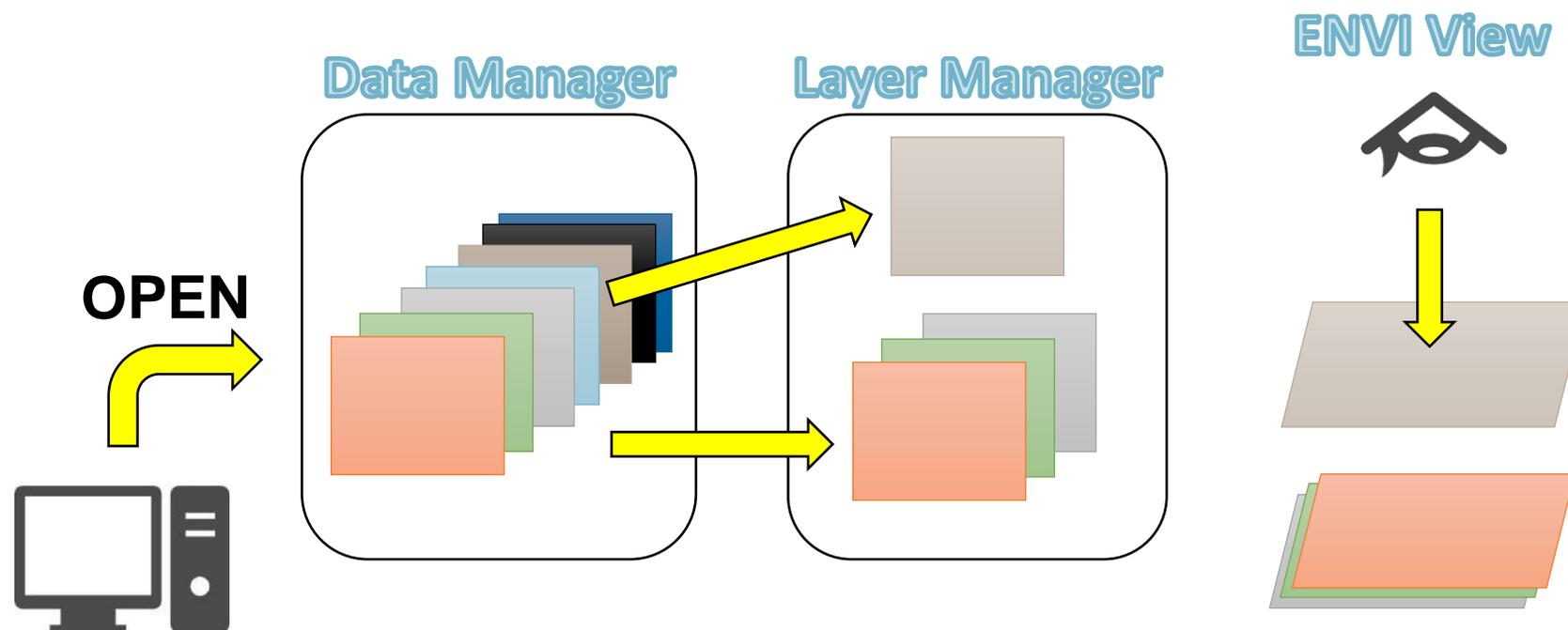
0	0	0
127	127	127
255	255	255

Rainbow Color with Linear Stretch (Rainbow)



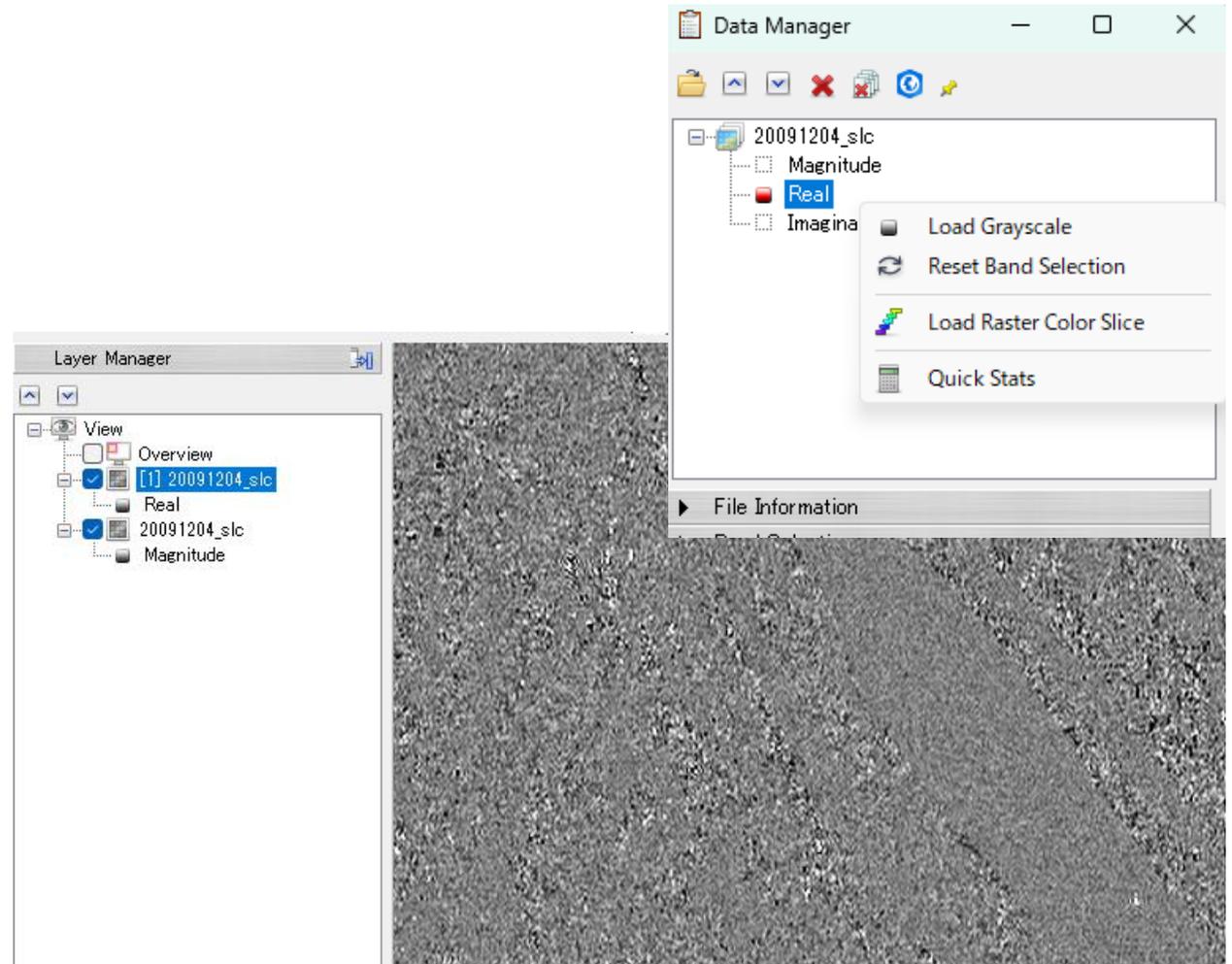
Data Manager は読み込んだファイルを管理しています。

- レイヤーマネージャでは、表示している画像の情報しか表示されません。
- データの詳細情報を確認する時や、すでに読み込んだデータを別の表現(バンドのグレイスケール表示や、RGB コンポジットの変更など)で表示する際にこのマネージャを使用します。
- <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/OpeningLocalFiles.html#OpenDataManager>



# データマネージャ: 演習

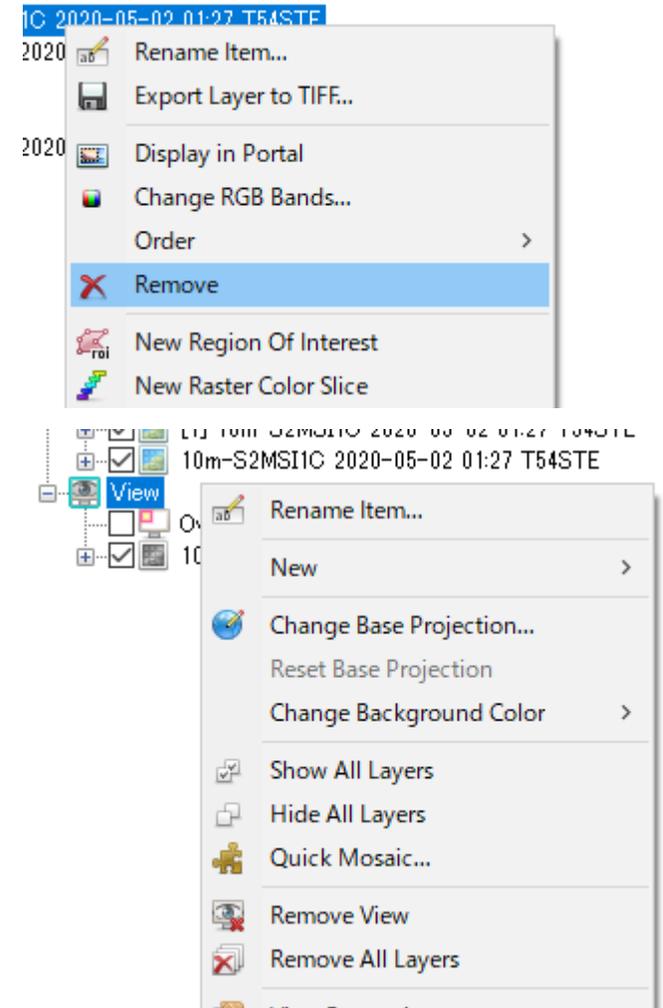
1. メニュー → File → Data Manager を選択してください。
2. Data Manager ダイアログ → 「20091204\_slc」の [Real] を右クリック → Load Grayscale を選択してください。
3. Real が表示され、レイヤーマネージャへ追加されていることを確認してください。



# 画像を閉じる

- 表示している画像を閉じ、必要がなくなったView を閉じることが出来ます。
  - 個々のレイヤはレイヤを右クリックし、Removeで閉じます
  - Viewを削除する場合はViewを右クリックし、Remove Viewを選択します
  - Viewは残したまま、Viewにあるレイヤを削除するには Remove All Layersを選択します。

- ✓ Layer Managerから削除してもData Managerにはデータが残ります。
- ✓ 必要のないファイルを閉じる場合は、Data Manager から該当ファイルを右クリック → Close File を選択してください。



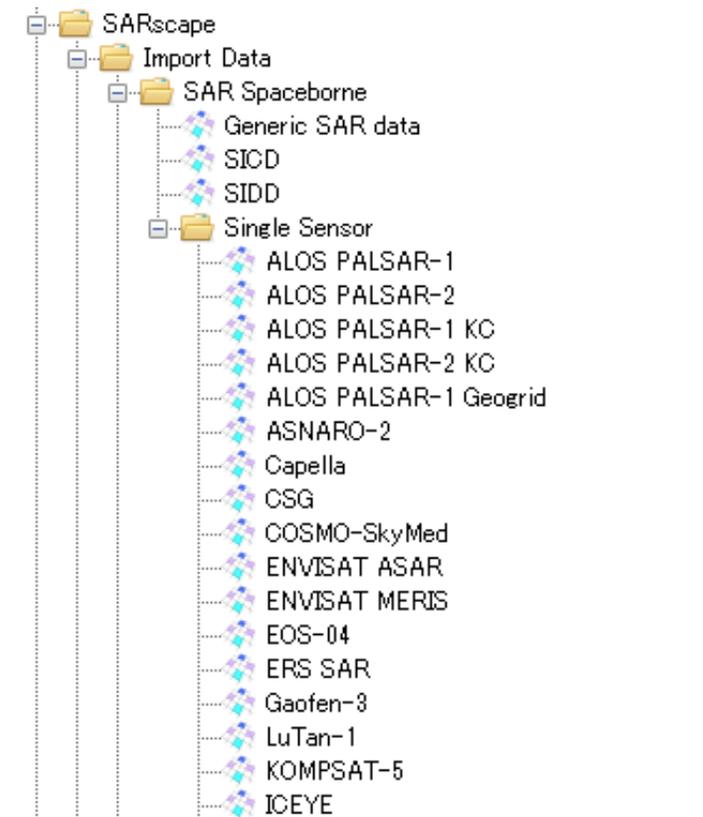
# SARscape での基本処理 (Basic Module)

## データのインポートと切り出し編

# SARscape での基本処理（事前準備）

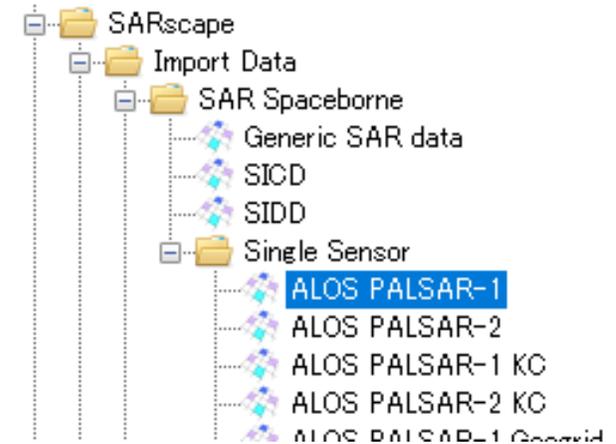
ワークフロー内にもインポートや切り出しの機能はありますが、基本となるステップのため、それぞれの機能について説明します。

- データのインポート
- 解析範囲の切り出し



# データのインポート: 演習

- データ配布元から提供されたデータは、一度 SARscape のインポート機能にて ENVI フォーマット + SML ファイルの形式に変換する必要があります。
- SARscape では、これまでに衛星に搭載されている SAR データに関しては、ほとんどのデータをサポートしています。Basic モジュールを利用して SAR 画像を扱う上で必ず必要になるデータ処理方法について説明します。



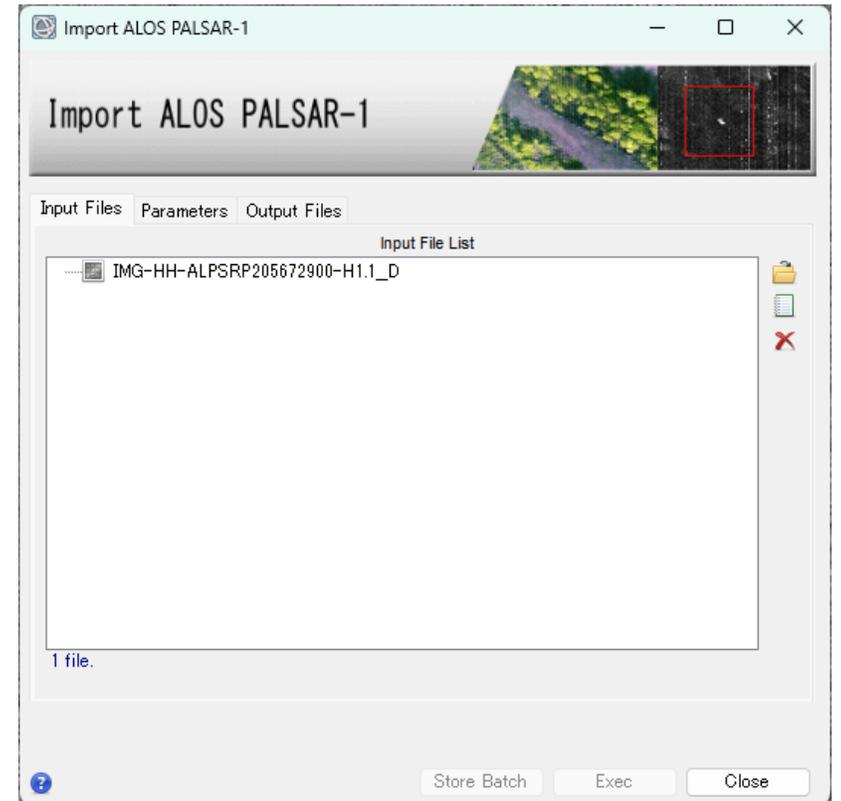
1. ENVI ツールボックス → SARscape → Import Data → SAR Spaceborne → Single Sensor → ALOS PALSAR-1 を選択してください。

# データのインポート: 演習

2. Import ALOS PALSAR-1ダイアログが表示されます。Input File List → Browse Files... ボタン  をクリックしてCEOSのイメージファイル「IMG-HH-ALPSRP205672900-H1.1\_\_D」を選択します。

**【設定値】**

C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥Original¥1data¥  
 IMG-HH-ALPSRP205672900-H1.1\_\_D



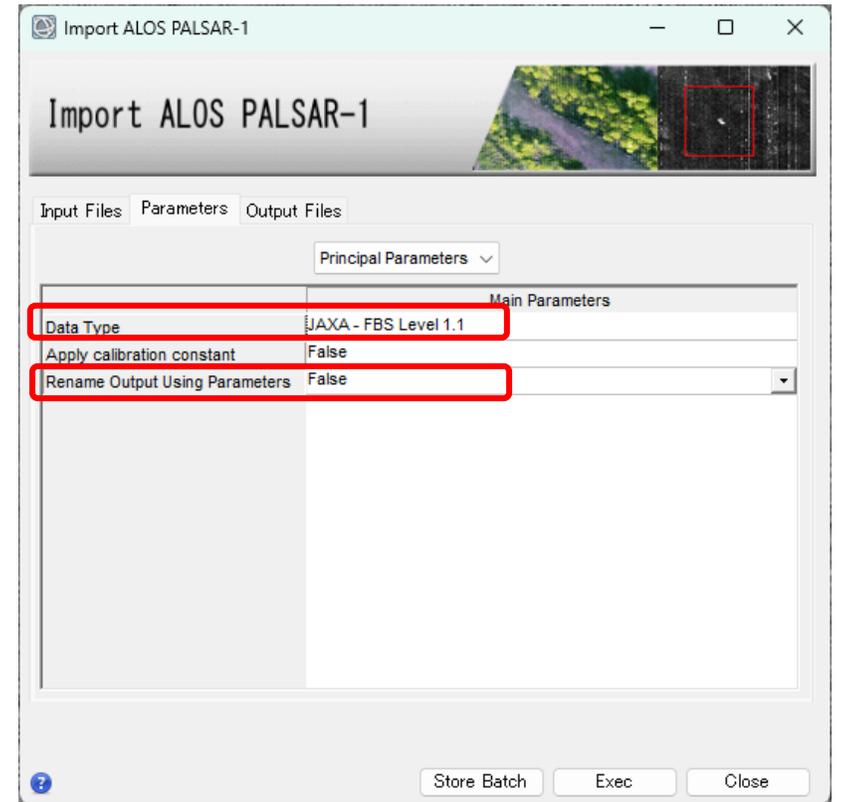
# データのインポート: 演習

3. 今回のデータは、JAXAフォーマットの PALSAR FBS L1.1 のデータです。  
 Parametersタブ → Data Type および  
 Rename the File Using Parameters を変更  
 更します。

**【設定値】**

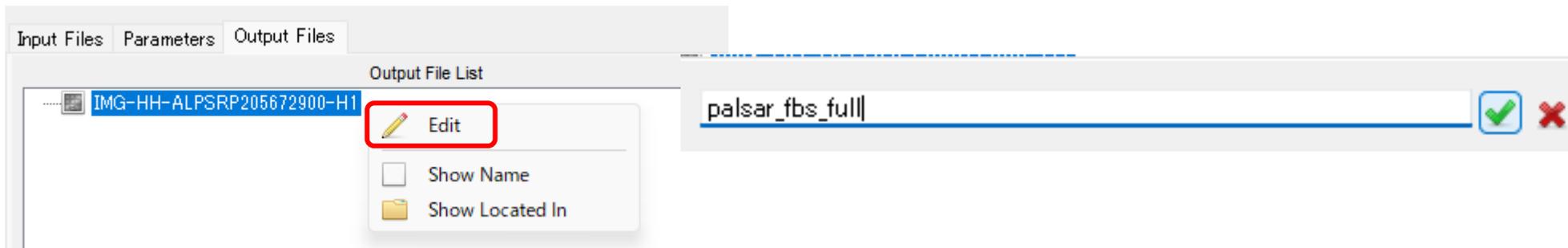
Data Type: JAXA – FBS Level1.1

Rename the File Using Parameters: false

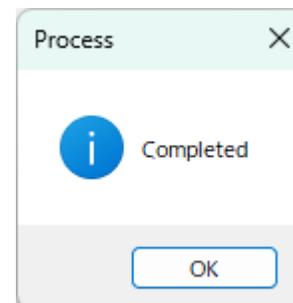


# データのインポート: 演習

4. Output Filesタブにて出力ファイル名を入力します。Output File List → ファイル名を右クリックしてEdit → 「palsar\_fbs\_full」へと変更しチェックマークで確定 → ツール下部の「Exec」をクリックしてツールを実行してください。

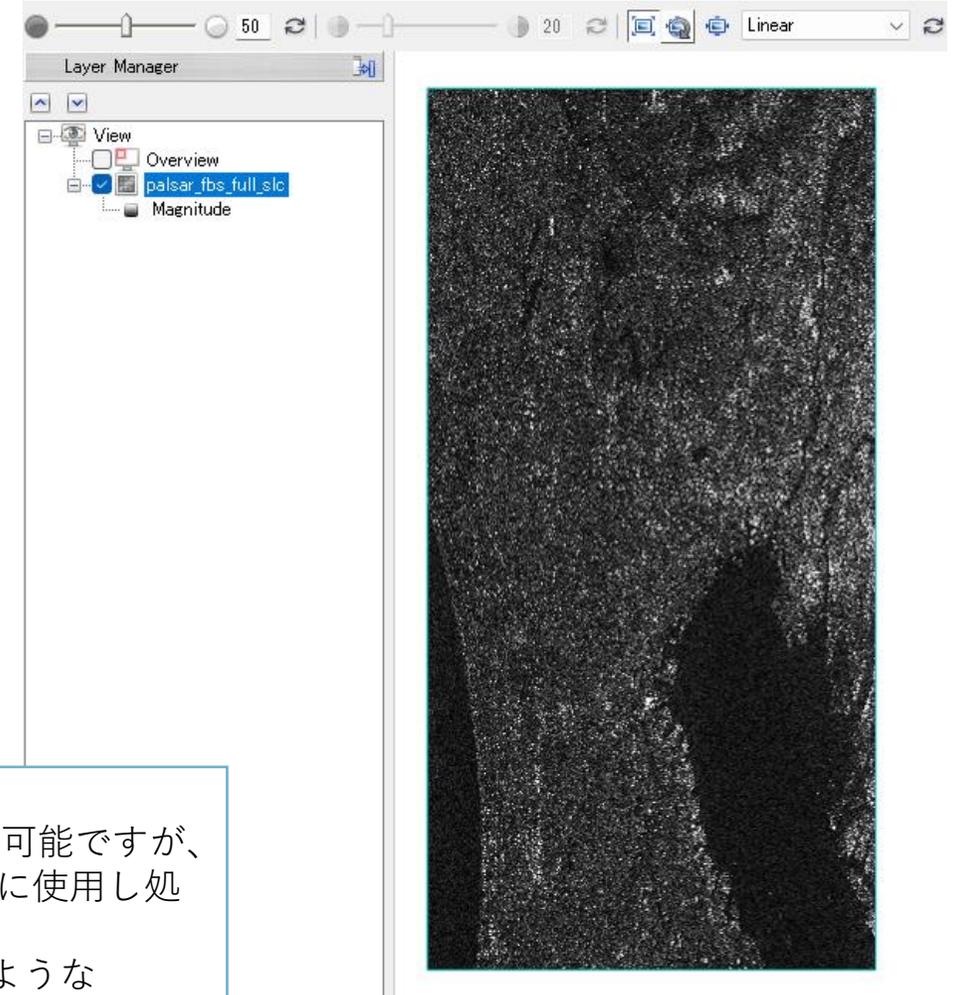


処理が正常に完了すると、Completedというメッセージダイアログが出現します。OKボタンを押下しても、ツール自体は自動では閉じられません。もう一度Execを押下しないようご注意ください。



# データのインポート: 演習

5. インポートしたデータは自動的にENVIへ表示されます。  
 ✓ファイル名には、SLCであることを示す\_slcが自動的に付加されています
6. KMLファイル（Google Earth 形式のファイル）も作成されますので、地理的な位置を簡単に確認することが可能です。



**補足:**  
 メニュー → File → Open As → Radar からさまざまなSARデータをインポートすることが可能ですが、このようにしてメニューから読み込まれたものは、SARscapeツールのインプットデータに使用し処理を行うことはできません。（あくまで表示のみ）  
 SARデータを干渉といった「処理」のインプットに利用するためには、ここで紹介したようなSARscapeツールによるインポートの工程が必要となります。

# ENVIのレンジ・アジマス設定 (※右側照射を前提とした説明)

## 【仕様】

ENVIは左上を原点とします

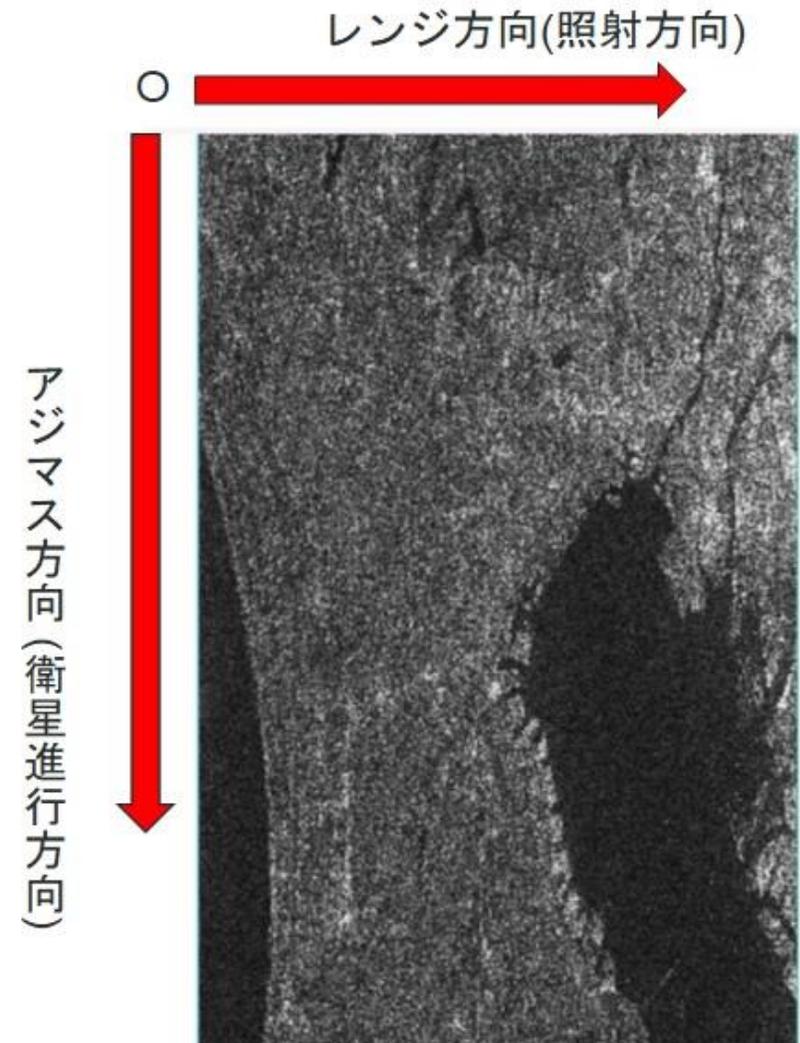
- X軸方向がレンジ
- Y軸方向がアジマス

## 衛星の軌道は2通り

- アセンディング軌道
  - 南から北に向かう軌道
- ディセンディング軌道
  - 北から南に向かう軌道

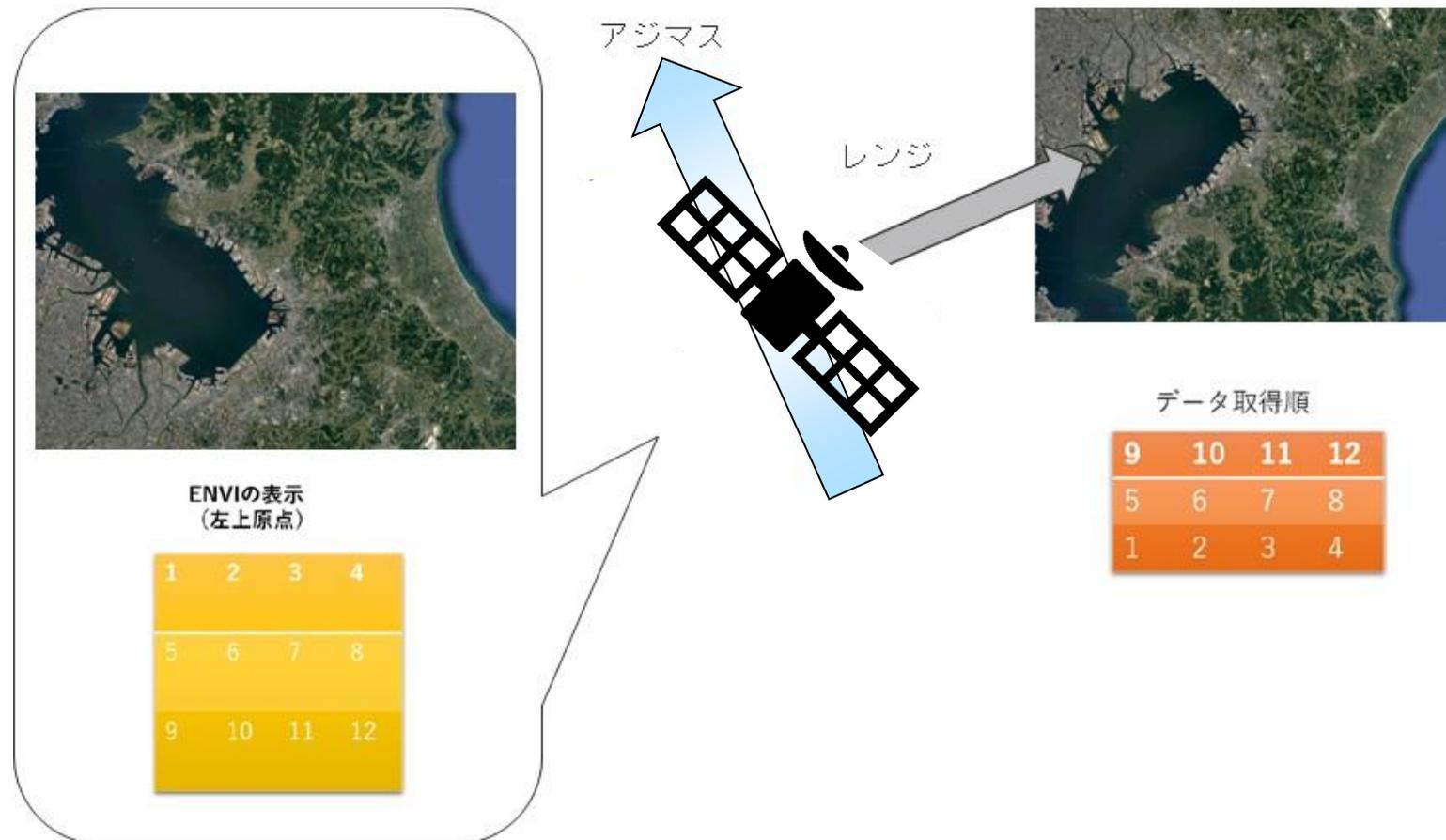


どちらの起動で取得されたかにより、  
ENVIで読み込んだ際の表示のされ方が異なります。  
※ジオコーディング前



# ENVIで読み込んだ際の表示: アセンディング軌道の場合

アセンディング軌道は上下反転して表示されます

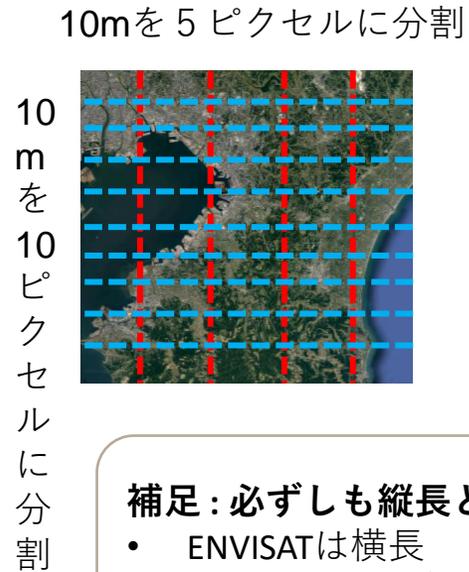


# ENVIで読み込んだ際の表示: ディセンディング軌道の場合

ディセンディング軌道は左右反転して表示されます



# レンジ方向とアジマス方向で分解能が異なると、 画像が伸びたように表示される



表示する時は  
各ピクセルは正方形

- 補足：必ずしも縦長とは限らない
- ENVISATは横長
  - TerraSARはほぼ1:1



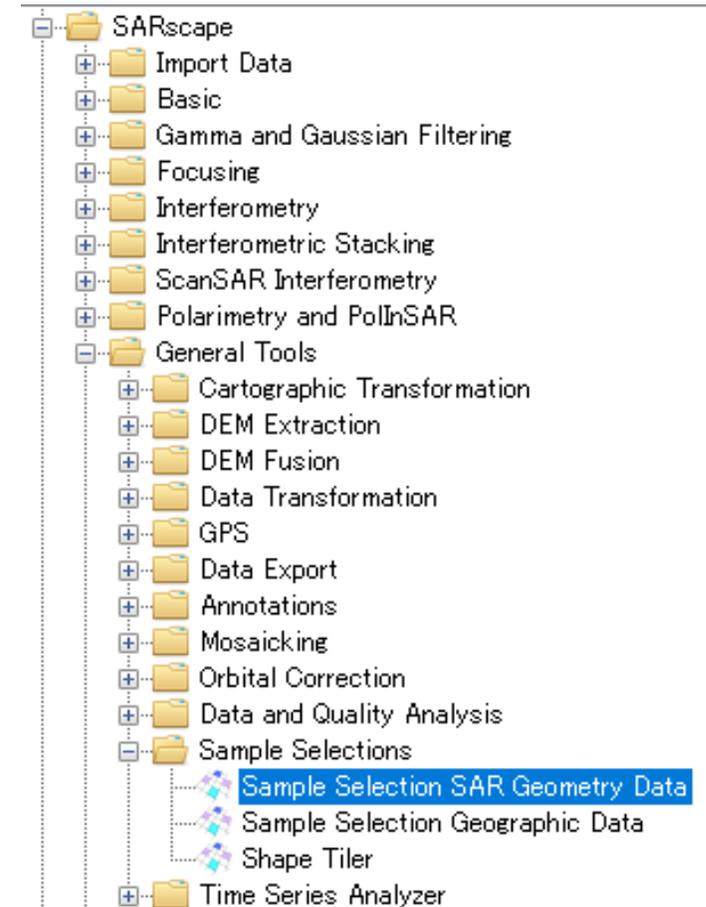
データを多くとれる（解像度の細かい）  
アジマス側に伸びている

例:

ある衛星では、レンジ方向で2m解像度、アジマス方向で1m解像度とします。  
この状態で10m四方を見ると、レンジ方向で5ピクセル、  
アジマス方向で10ピクセル分データが取得できることとなります。

# 解析範囲の切り出し: 演習

- SARデータのSLC (Single Look Complex) はファイルサイズが大きいため、フルシーンでは処理時間がかかってしまうことがあります。その際は、事前に画像切り出しを施すことが有効ですが、SARscapeで切り出し画像を処理する際にもsmlファイルが不可欠になります。
  - ENVIや他のソフトウェアで切り出しを実施したファイルでは、smlファイルが付属しておらずSARscapeでは処理できませんので、SARscapeのSample Selectionツールを使用して実施します。
1. ENVIツールボックス → SARscape → General Tools → Sample Selections → Sample Selection SAR Geometry Dataを選択してください。



# 解析範囲の切り出し: 演習

2. Input Filesタブで入力ファイルを指定します。Input File List → Browse Filesボタン → 「palsar\_fbs\_full\_slc」を指定します。

## 【設定値】

C:¥Training¥SARscape¥Output¥  
 <先ほど出力したファイル>



# 解析範囲の切り出し: 演習

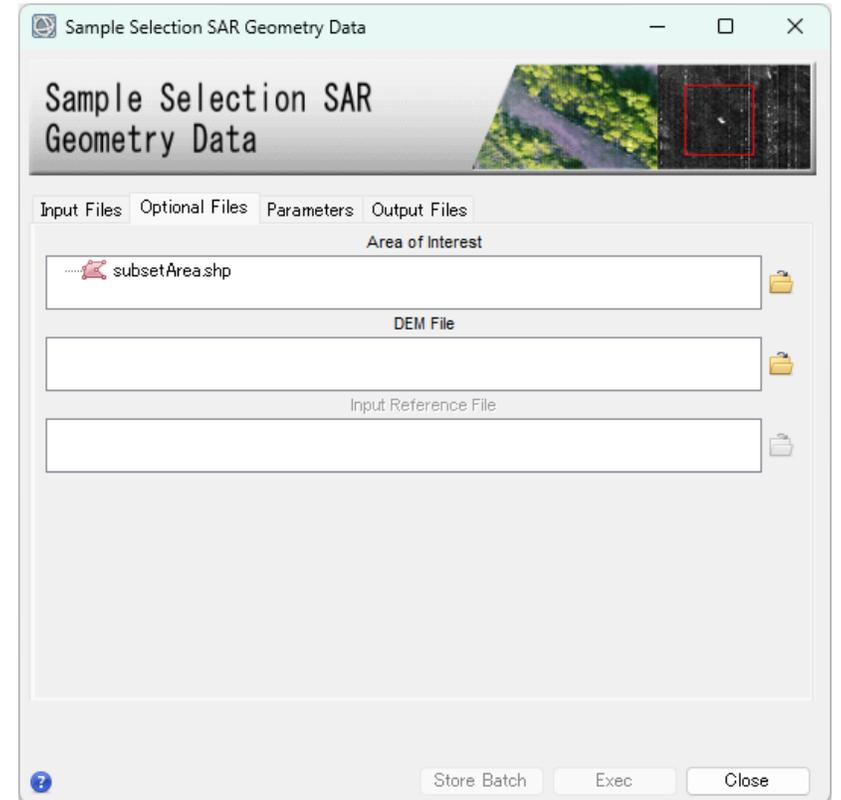
3. Optional Filesタブを選択し、Area of Interestに切り出し範囲を指定したシェープファイルを指定します。

## 【設定値】

C:¥training¥SARscape¥PALSAR¥Shape¥  
subsetArea.shp

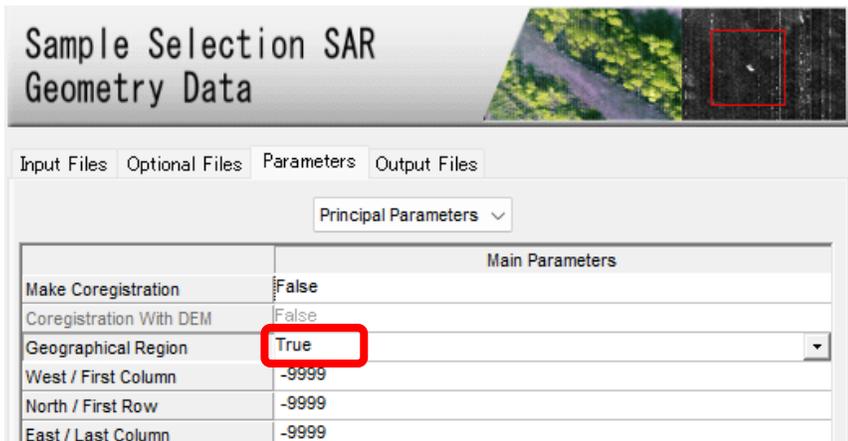
## 注意点

- ✓ Sample Selectionで使用できるシェープファイルは緯度経度座標(Lat/Lon)で定義されている必要があります。
- ✓ UTMで定義されたシェープファイルでは切り出せないので注意が必要です。



# 解析範囲の切り出し: 演習

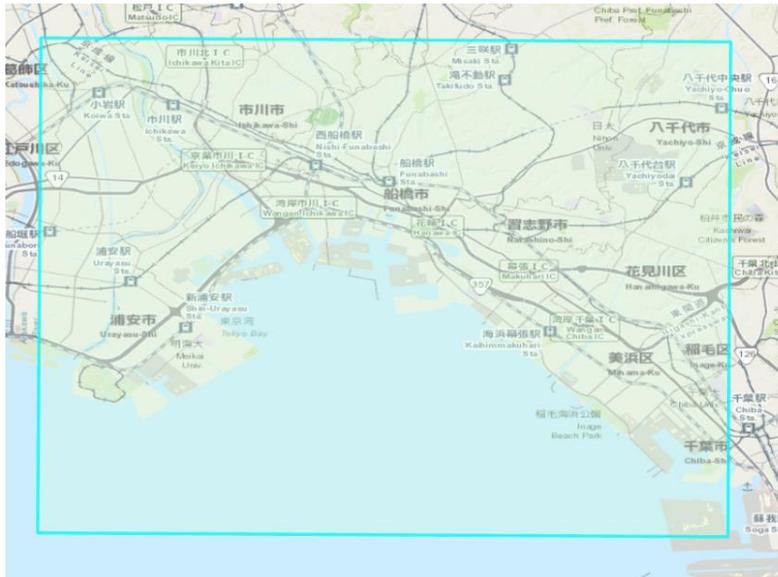
- ParametersタブのGeographic RegionをTrueに設定します。各Column/Rowの値は設定したシェープファイルから読み込まれるので-9999のまま構いません。
- Output Filesタブで出力ファイルを指定します。Output File List → 「palsar\_fbs\_full\_cut\_slc」になっていることを確認し「Exec」をクリック(切り出しを示すため、自動で付加されます)



# 解析範囲の切り出し: 演習

結果が表示されることを確認します。

→ なぜ斜めに切り出されたのか？



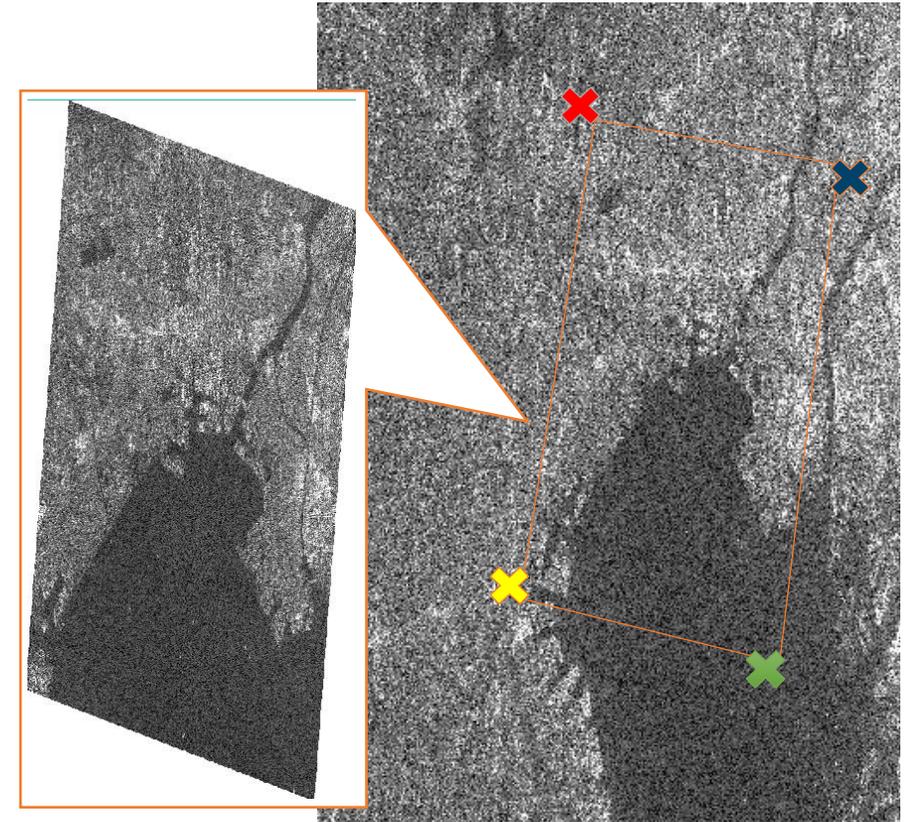
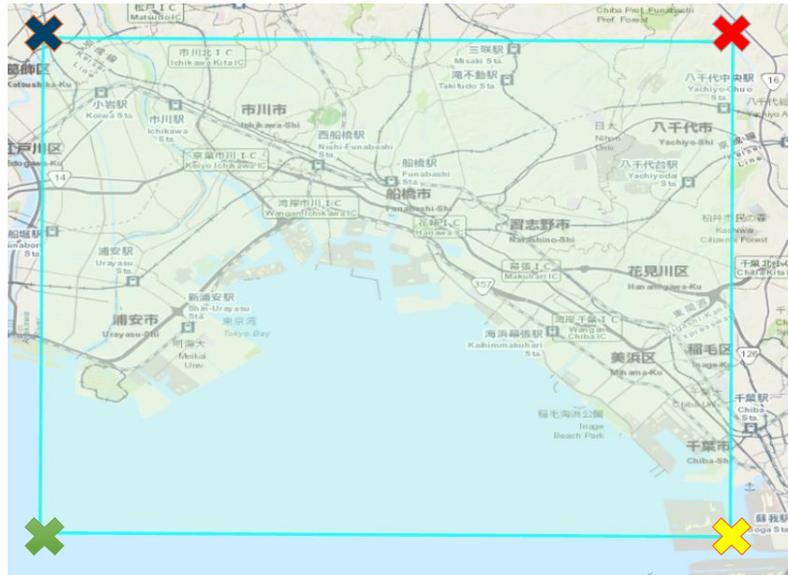
使用したシェープファイルのエリア



出力結果

# 解析範囲の切り出し: 解説

- 切り出しに使用したシェープファイルが長方形のポリゴンだとしても、頂点に対応する緯度経度はSARイメージの上では必ずしも長方形にはなりません
  - ジオコーディングという処理を実施した後に得られるイメージは、切り出しに使用したシェープファイルと同じような長方形のものになります。

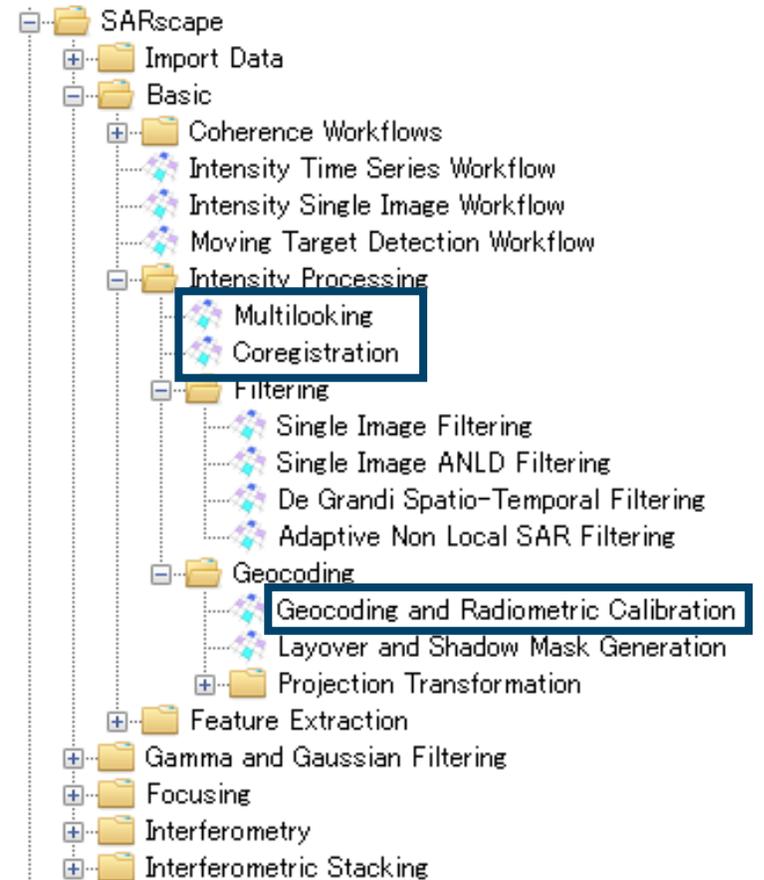


# SARscape での基本処理 (Basic Module) Sentinel-1を使用した災害の前後比較

# 処理の概要とデータについて

インポート/サブセット済みのSentinel-1のSLCデータ2シーンに対して以下の処理を行い、前後比較を行います

1. 強度画像の作成(Multilooking)
2. 作成した強度画像の位置合わせ(Coregistration)
3. 地図情報の付加(Geocoding and Radiometric Calibration)
4. RGB合成を変更することにより被害エリアを強調



## 関東地方における令和元年の台風19号 襲来前後

- 撮影時期: 2019年8月19日 / 2019年10月12日のペア(襲来は10月12日夜間)
  - ✓ S1B\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20191012T204247\_20191012T204314\_018447\_022C0C\_0256
  - ✓ S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20190819T204321\_20190819T204349\_028643\_033DB5\_082A
- パラメータ設定はENVI ツールボックス → SARscape → Preferences → Preferences specific → Sentinel TOPSAR を使用



出展: 東京消防庁

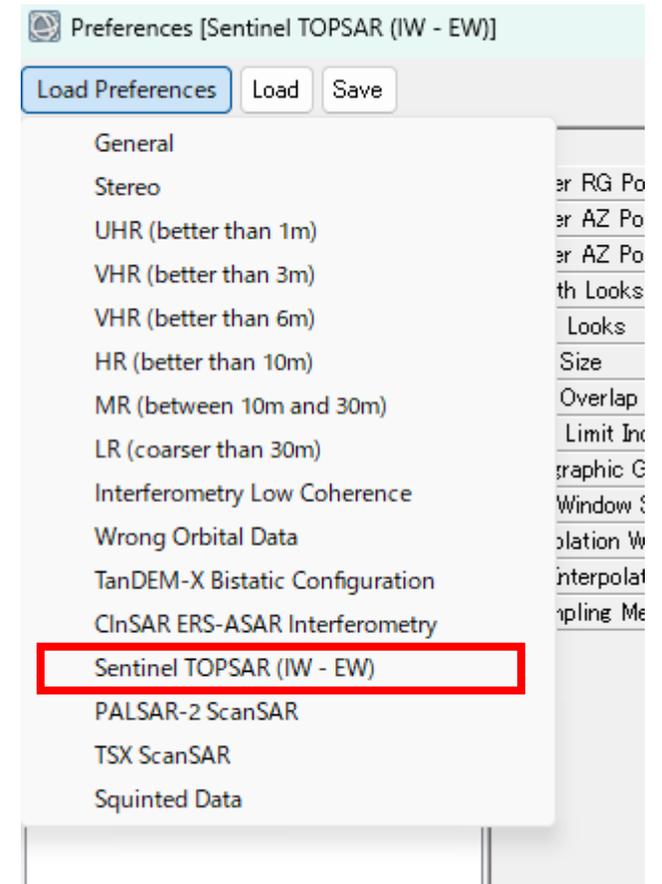
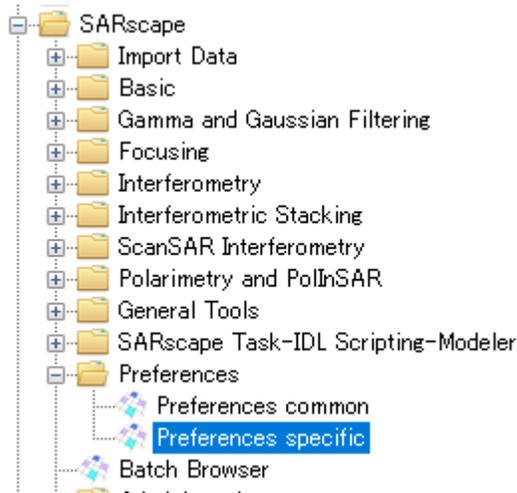
(<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/camp/2020/202005/camp1.html>)

令和元年東日本台風に伴う増水した荒川

(国土交通省荒川下流河川事務所より引用)

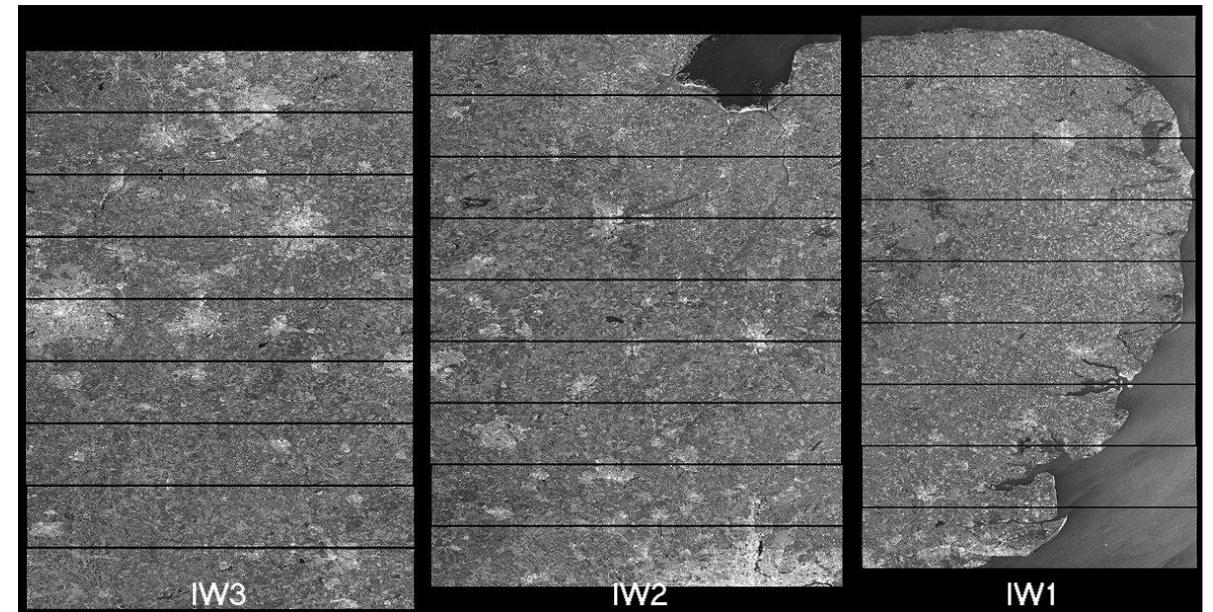
# Preferences specificの変更

- Sentinel-1のTOPSAR(IW)を使用した解析を行う場合ので、Sentinel TOPSAR (IW - EW)という設定に変更してください。
  - /SARscape/Preferences/Preferences specific



# Sentinel-1のインポート結果について

- Sentinel-1は、広域を TOPSAR というモードで観測を行うため、ファイルが**バースト**という単位で構成されます。
  - 3つのサブスワスの中に 約9個ずつのバーストが含まれており、SARscape において、ユーザはこれらのファイル構成を意識することなく操作できます。



<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes/interferometric-wide-swath>



# Sentinel-1のインポート結果の切り出しについて

- Sample SelectionでSentinel-1のデータを切り出す際には、\*\_slc\_listをインプットに指定する
  - 出力結果は\*\_cut\_slc\_listで構成管理され、実体となる\_slcは\*.split\_burst\_cutフォルダ配下に配置される

各バーストの実体となる\_slcはこのフォルダ\*\_bursts\_cut中で管理

sentinel1\_46\_20190819\_204323662\_IW\_D\_VV.split\_burst\_cut  
sentinel1\_46\_20190819\_204323662\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_list

バーストの構成管理は\*\_cut\_slc\_listで定義

```

<?xml version="1.0" ?>
<HEADER_INFO xmlns="http://www.sarmap.ch/xml/SARscapeHeaderSchema"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.sarmap.ch/xml/SARscapeHeaderSchema
  http://www.sarmap.ch/xml/SARscapeHeaderSchema/SARscapeHeaderSchema_version_1.0.xsd">
  <RasterInfo>
    <source_subfiles_list>
      <MatrixString NumberOfRows = "1" NumberOfColumns = "10">
        <MatrixRowString ID = "0">
          <ValueString ID = "0">sentinel1_46_20190819_204323662_IW_D_VV.split_burst_cut/burst_IW2_3_slc</ValueString>
          <ValueString ID = "1">sentinel1_46_20190819_204323662_IW_D_VV.split_burst_cut/burst_IW2_4_slc</ValueString>
          <ValueString ID = "2">sentinel1_46_20190819_204323662_IW_D_VV.split_burst_cut/burst_IW2_5_slc</ValueString>
          <ValueString ID = "3">sentinel1_46_20190819_204323662_IW_D_VV.split_burst_cut/burst_IW2_6_slc</ValueString>
          <ValueString ID = "4"></ValueString>
          <ValueString ID = "5"></ValueString>
          <ValueString ID = "6"></ValueString>
          <ValueString ID = "7"></ValueString>
          <ValueString ID = "8"></ValueString>
          <ValueString ID = "9"></ValueString>
        </MatrixRowString>
      </MatrixString>
    </source_subfiles_list>
    <OtherInfo>
      <MatrixString NumberOfRows = "1" NumberOfColumns = "2">
    
```

# Multilooking

マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

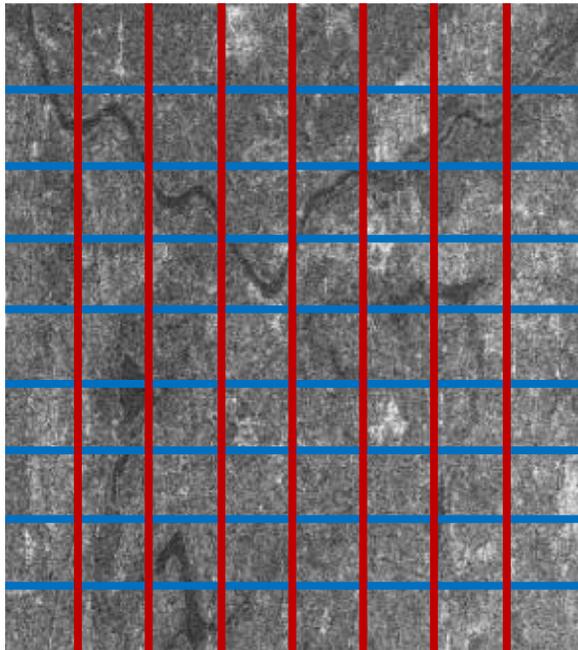
- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をやすくするため



# Multilooking

マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

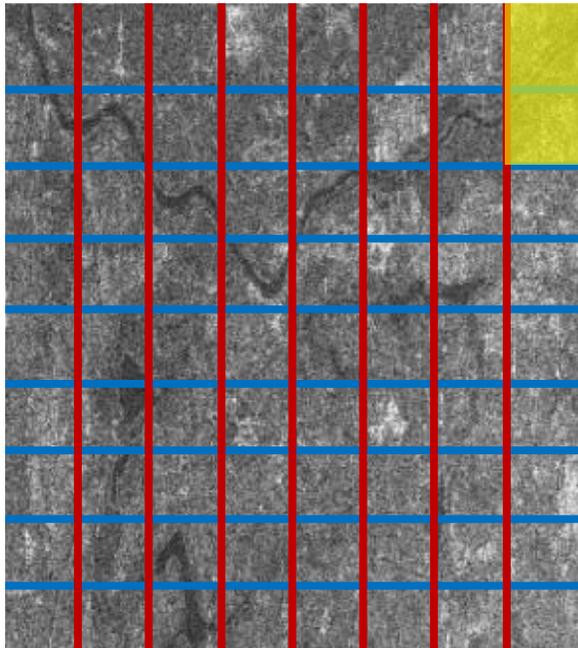
- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をやすくするため



# Multilooking

マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

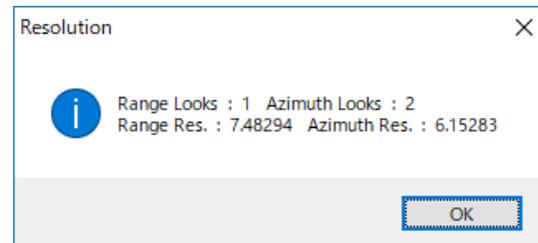
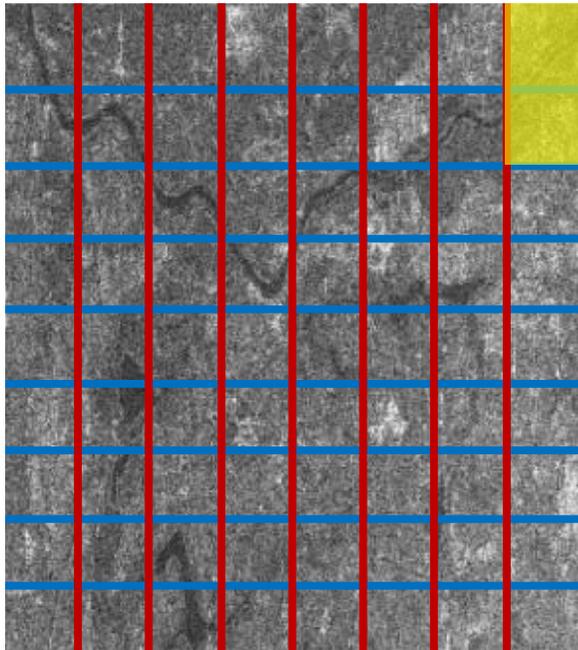
- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をやすくするため



# Multilooking

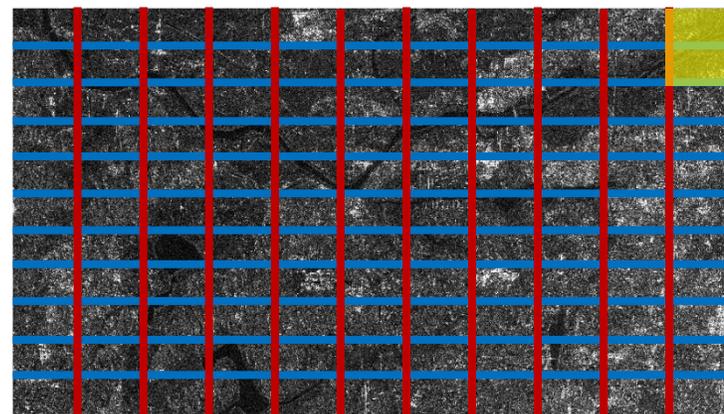
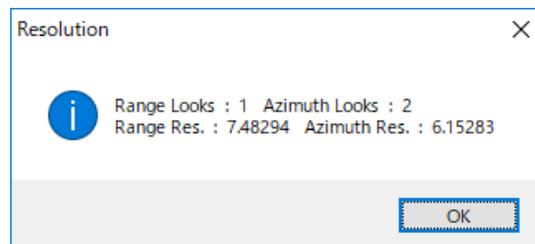
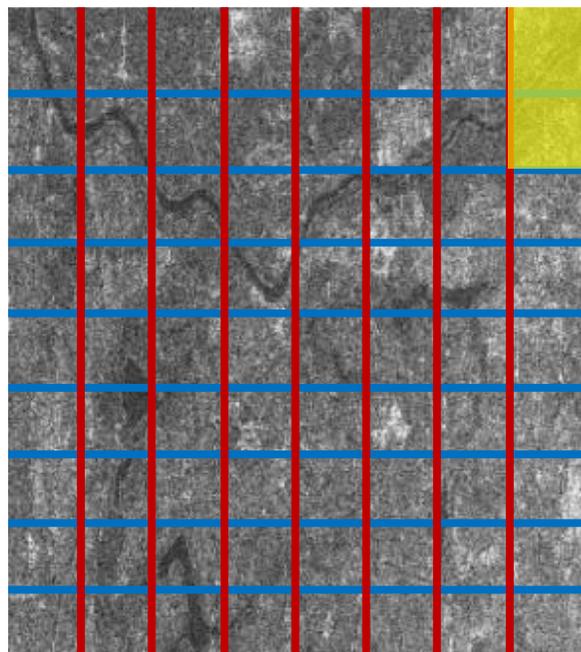
マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をしやすくするため



マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

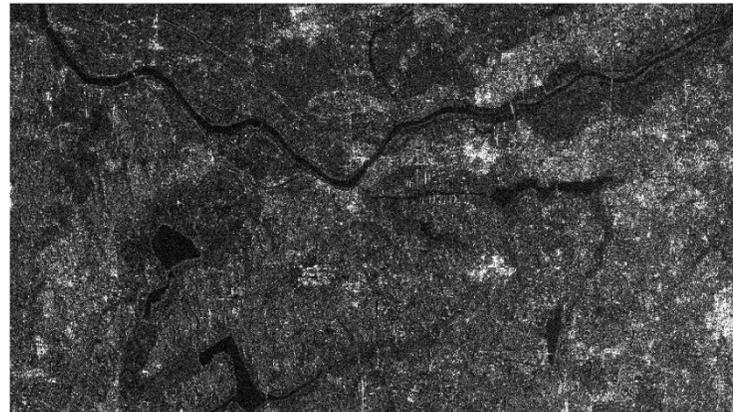
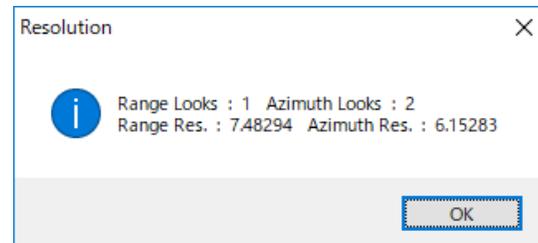
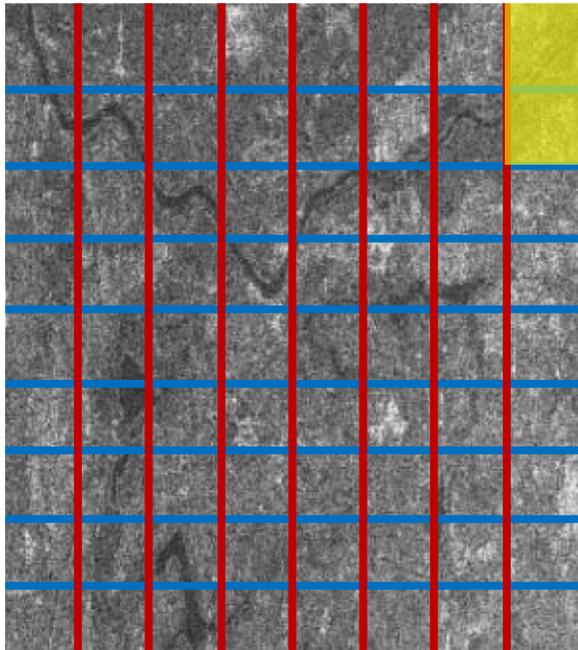
- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をしやすいするため



# Multilooking

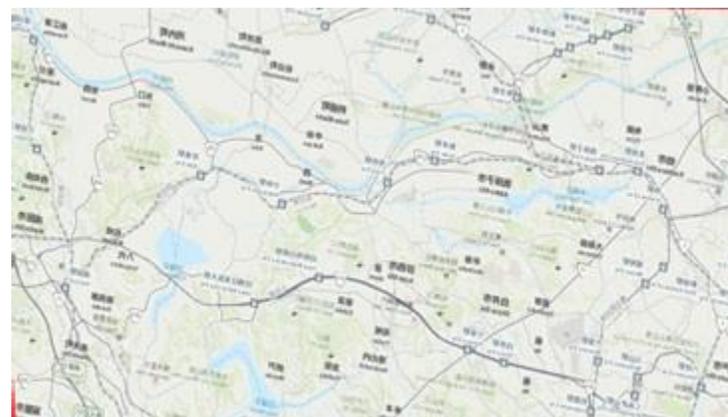
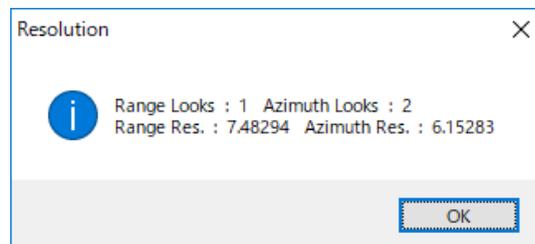
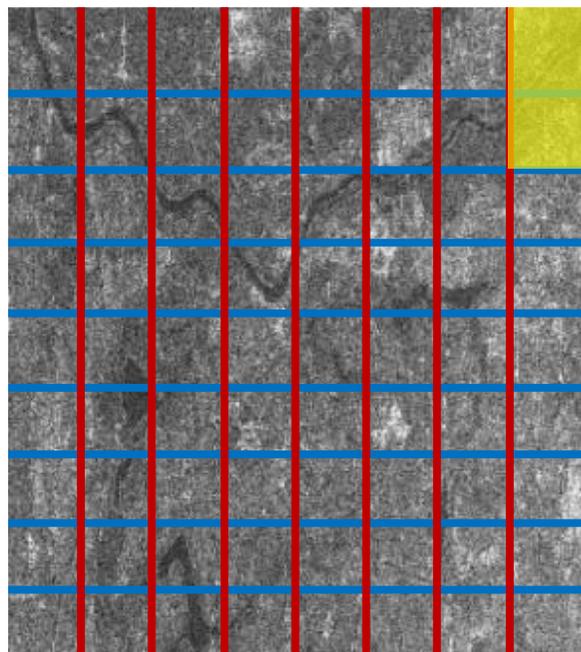
マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をしやすくするため



マルチルック処理を実施する目的は次の3つです。

- ✓強度画像を作成するため
- ✓SAR画像に含まれたノイズを軽減するため
- ✓(補助的) 縦横をサイズを正方形に近づけ、地物の判読をしやすくするため



1. /SARscape/Basic/Intensity Processing/Multilookingを起動します
2. 以下の設定を行い、Execを押下します

## 【Input Files】

C:\¥training¥SARscape¥Sentinel

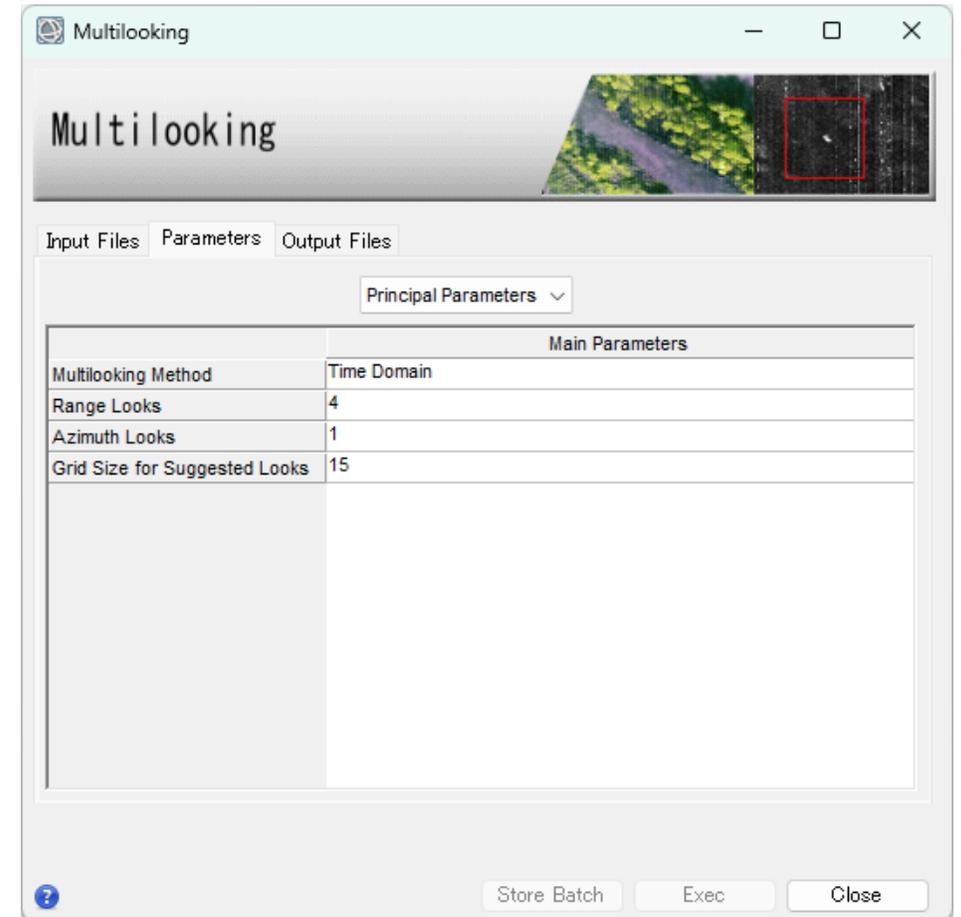
- ✓ sentinel1\_46\_20191012\_204249184\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_list
- ✓ sentinel1\_46\_20190819\_204323662\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_list

## 【Parameters】

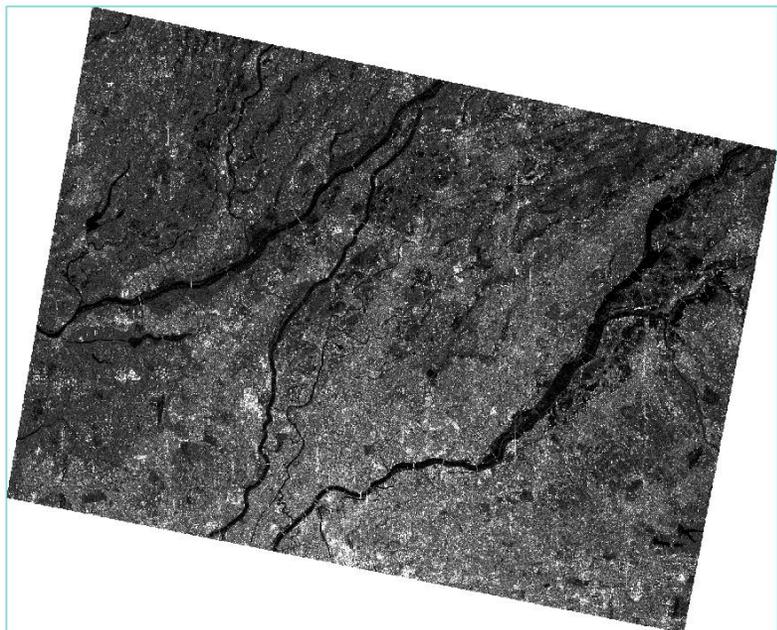
デフォルトの設定とします

## 【Output Files】

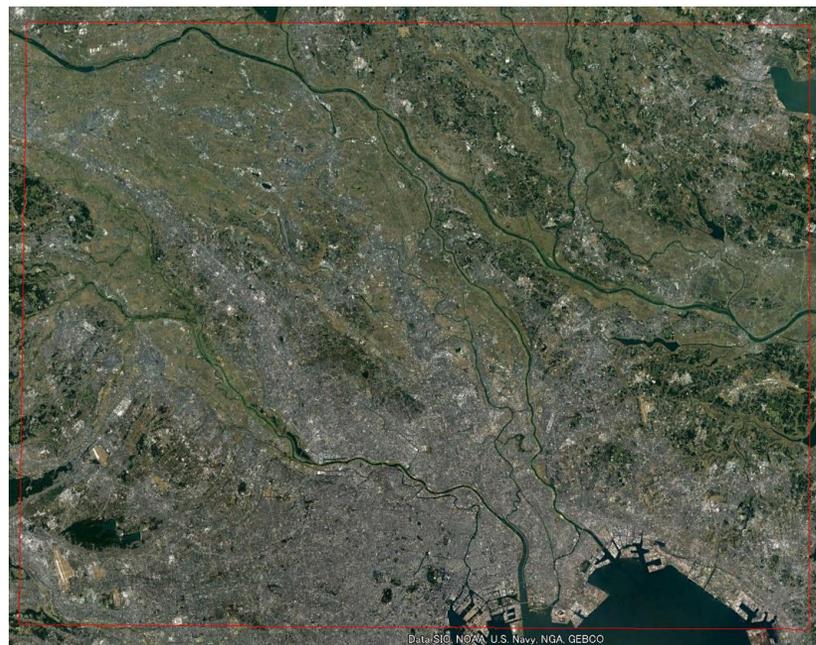
C:\¥training¥SARscape¥Outputに出力されることを確認する



- 強度画像が表示されることを確認します
  - この時点では地図情報は設定されていません



Multilookされたデータ

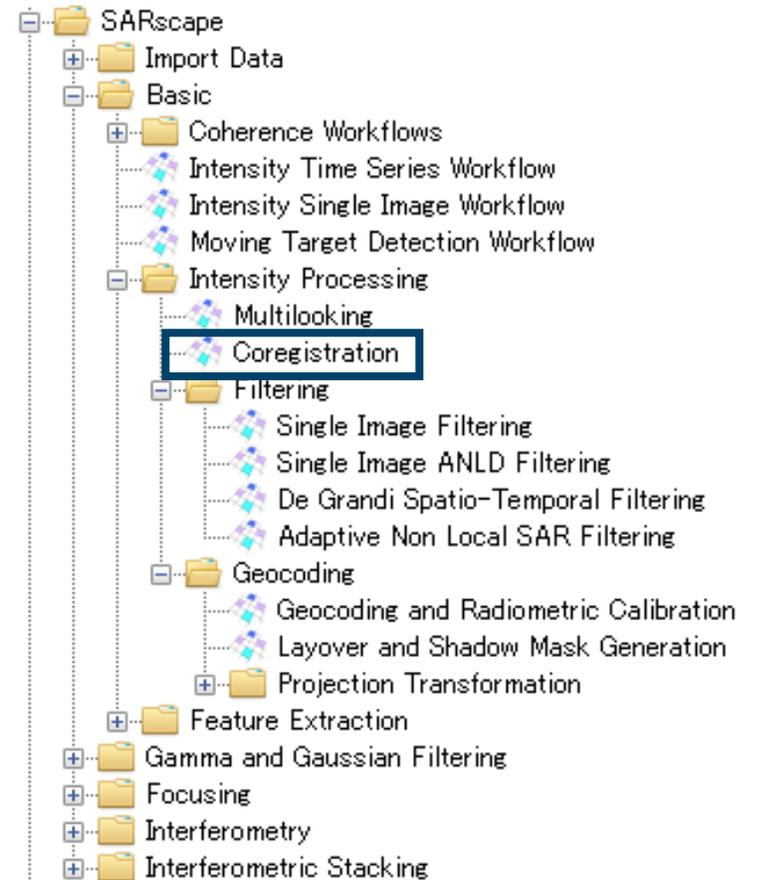


対応するエリア

※斜め方向に切り出されているのは、Sample Selectionのスライドで説明したものと同様の理由です

# Coregistraion

- コレジストレーション処理では、スラントレンジ画像のまま画像のマッチングを行うことが可能です。
- コレジストレーション処理を行うためには、各シーンは軌道と撮影モードが同じである必要があります。
- DEMを参考情報として設定することもできます。



1. /SARscape/Basic/Intensity Processing/Coregistrationを起動します
2. 以下の設定を行い、Execを押下します

## 【Input File list】

C:¥training¥SARscape¥Output

sentinel1\_46\_20191012\_204249184\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_pwr

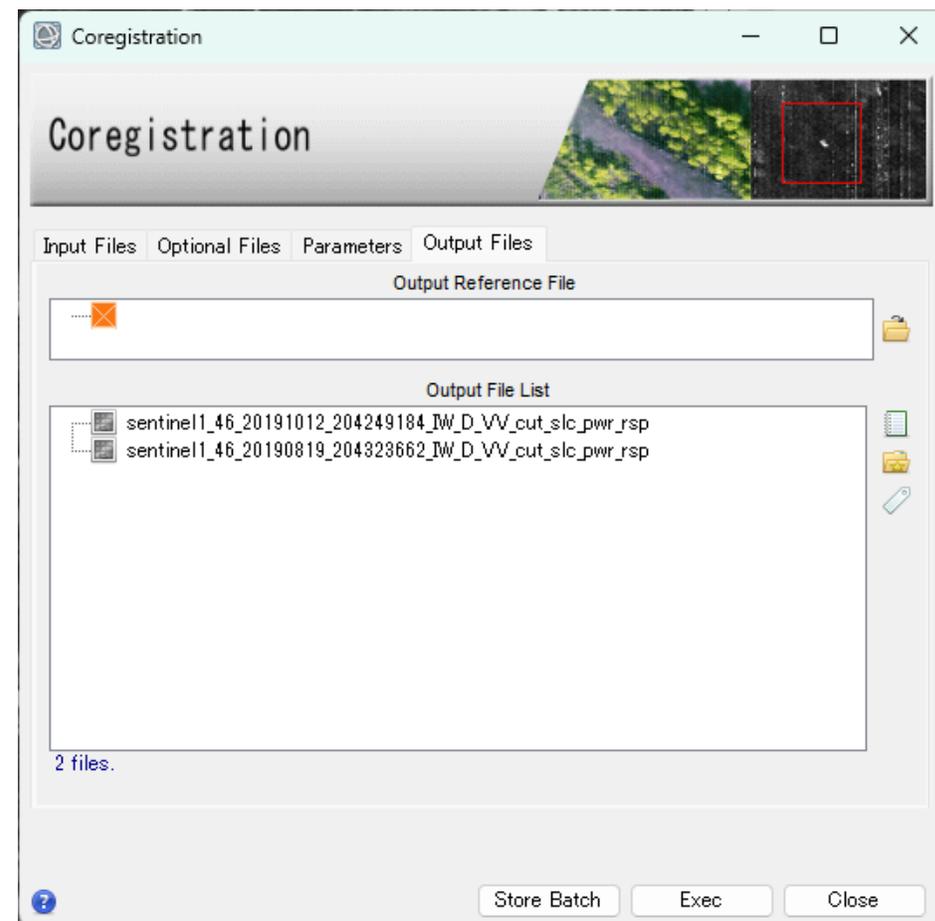
sentinel1\_46\_20190819\_204323662\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_pwr

## 【Parameters】

デフォルトの設定とします

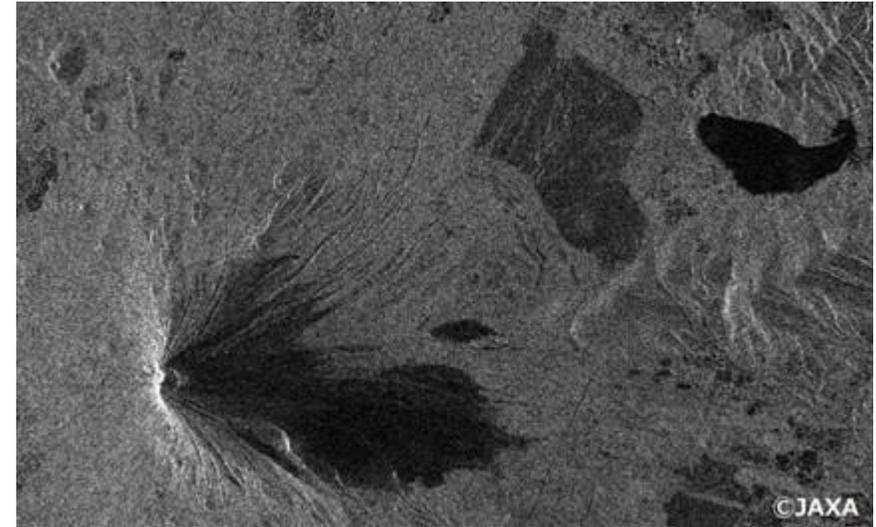
## 【Output Files】

C:¥training¥SARscape¥Outputに出力されることを確認する

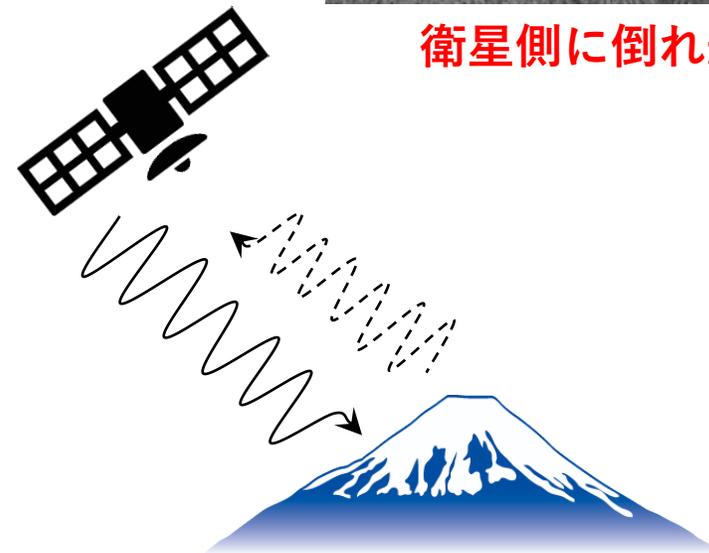


# Geocoding and Radiometric Calibration

- SAR画像では地上からのレーダ反射を斜め上空から測定しているため、高い地物などでは、光学画像よりも大きなゆがみが発生します。
- SARscapeではこのゆがみを補正するため、DEMを使用してジオコーディング処理を行います。
- DEMを使用し、フォーショットニング、レイオーバーといったSAR特有のゆがみも補正することが可能です。



衛星側に倒れ込むように見える



# Geocoding and Radiometric Calibration

1. /SARscape/Basic/Intensity Processing/Geocoding/Geocoding and Radiometric Calibration を起動します
2. 以下の設定を行い、Execを押下します

## 【Input Files : 先ほどの出力結果】

C:¥training¥SARscape¥Output¥

sentinel1\_46\_20191012\_204249184\_IW\_D\_VV\_c  
ut\_slc\_pwr\_rsp

sentinel1\_46\_20190819\_204323662\_IW\_D\_VV\_c  
ut\_slc\_pwr\_rsp

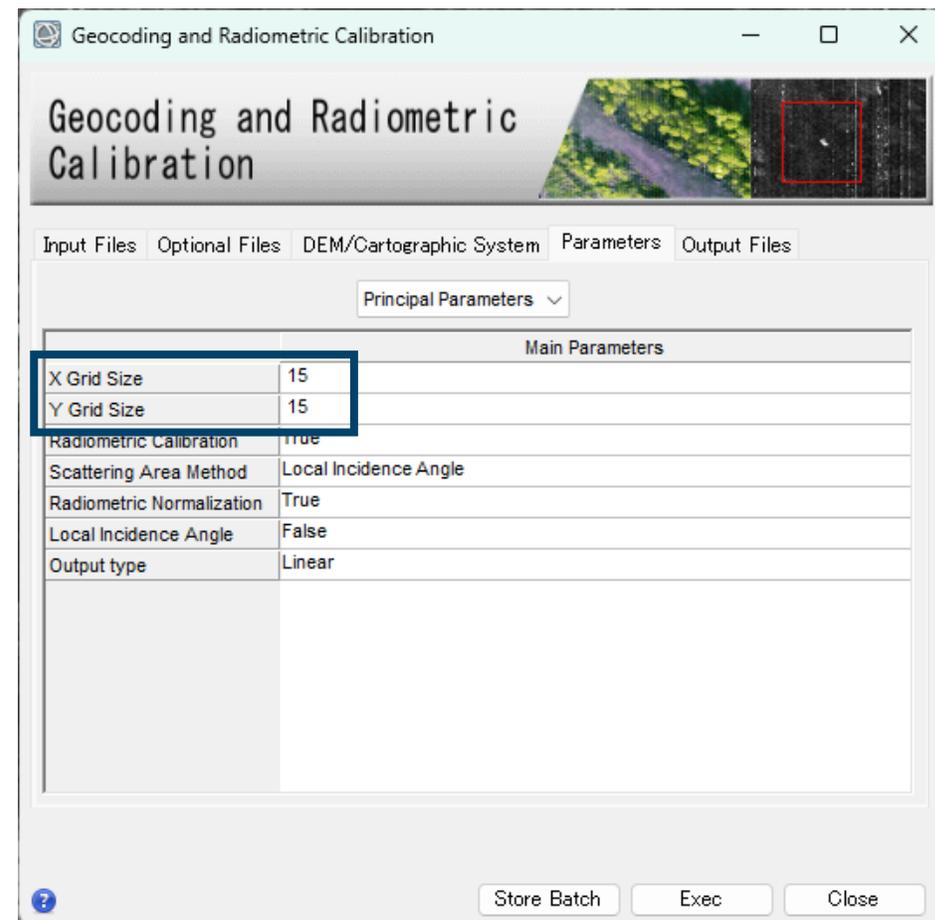
## 【DEM/Cartographic System】

C:¥training¥SARscape¥Sentinel¥DEM

- Srtm-3\_V4\_dem

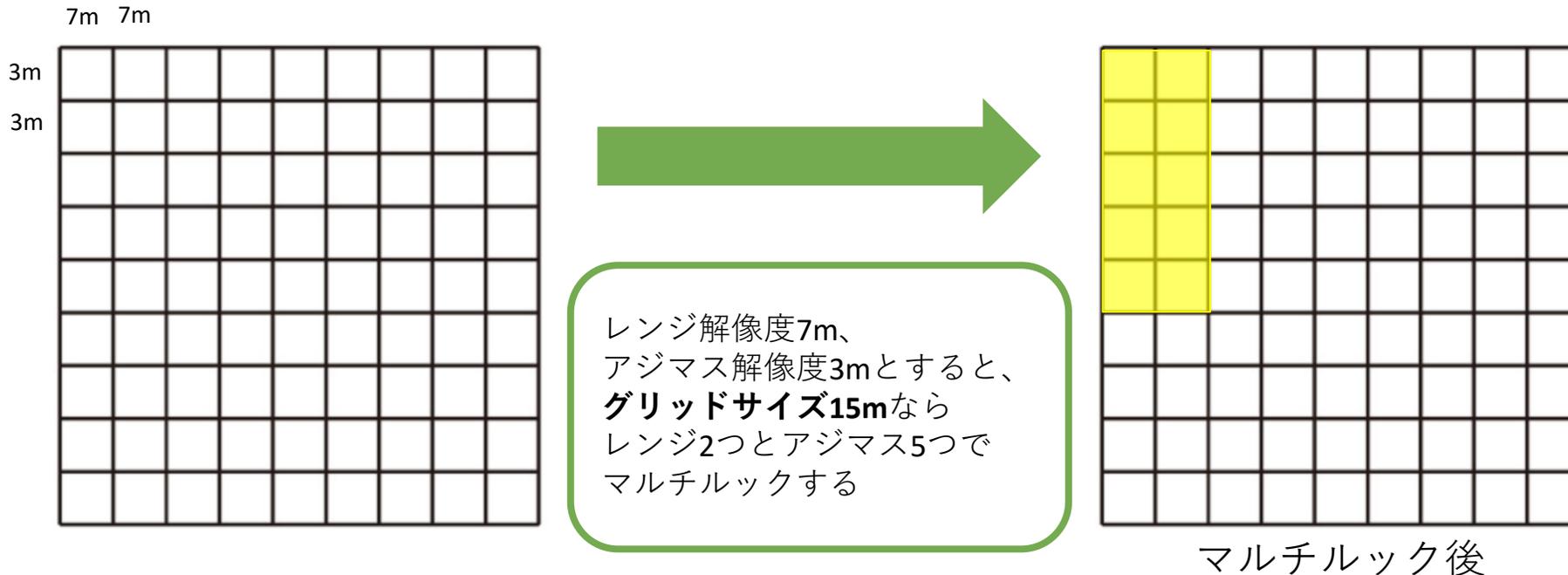
## 【Output Files】

C:¥training¥SARscape¥Outputに出力されることを確認する



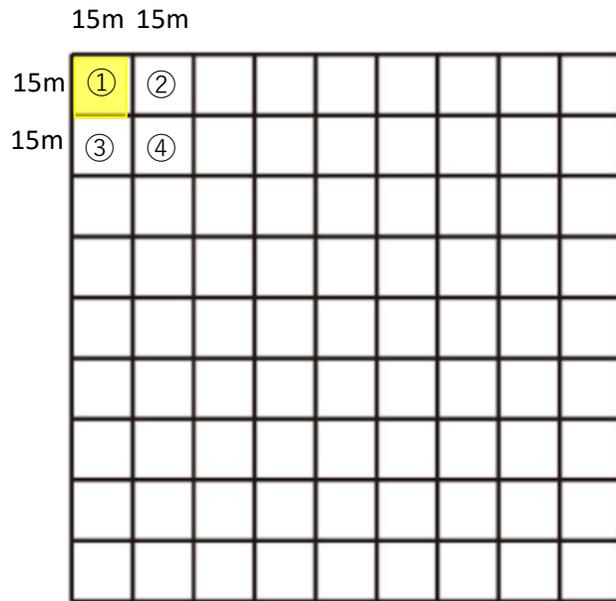
# 補足: Grid Size

- マルチルックを実行するときのGrid Sizeと、ジオコーディングする際のGrid Sizeは区別して考える必要があります
  - マルチルックで指定するGrid Sizeは、元々のレンジ/アジマス方向の解像度から1ピクセルの縦横サイズを目安を決めています
  - ジオコーディングで指定するGrid Sizeは、出力されるデータの1ピクセルを何m解像度と定義するかを決めています



# 補足: Grid Size

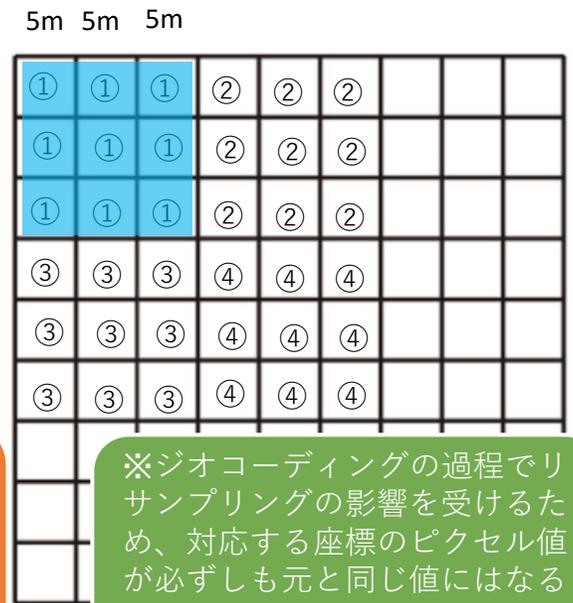
- マルチルックを実行するときのGrid Sizeと、ジオコーディングする際のGrid Sizeは区別して考える必要があります
  - マルチルックで指定するGrid Sizeは、元々のレンジ/アジマス方向の解像度から1ピクセルの縦横サイズを目安を決めています
  - ジオコーディングで指定するGrid Sizeは、出力されるデータの1ピクセルを何m解像度と定義するかを決めています



マルチルック後

マルチルックでグリッドサイズ15mとしていても、ジオコーディングした後の1ピクセル解像度は自由に定義できる

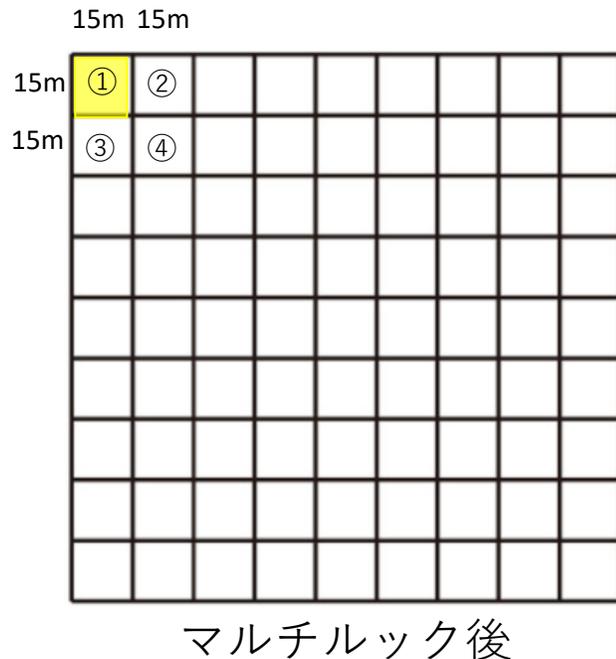
ジオコーディングで定義したのが5mグリッドなら右図のようになる



※ジオコーディングの過程でリサンプリングの影響を受けるため、対応する座標のピクセル値が必ずしも元と同じ値にはなるとは限らない

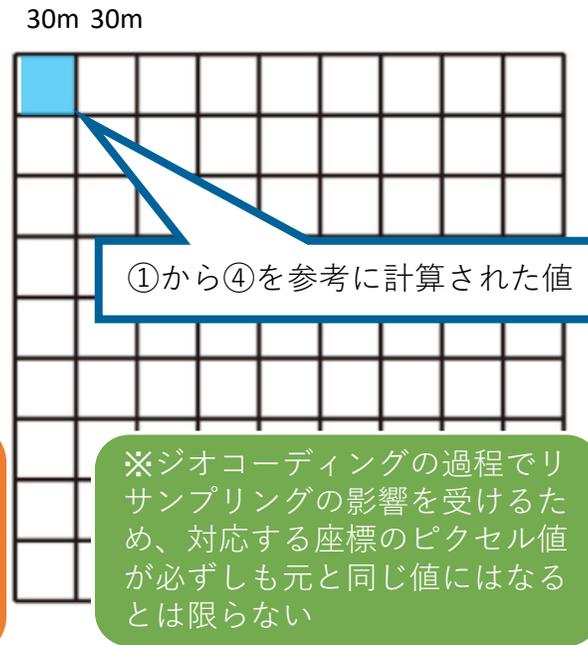
# 補足: Grid Size

- マルチルックを実行するときのGrid Sizeと、ジオコーディングする際のGrid Sizeは区別して考える必要があります
  - マルチルックで指定するGrid Sizeは、元々のレンジ/アジマス方向の解像度から1ピクセルの縦横サイズを目安を決めています
  - ジオコーディングで指定するGrid Sizeは、出力されるデータの1ピクセルを何m解像度と定義するかを決めています



マルチルックでグリッドサイズ15mとしていても、ジオコーディングした後の1ピクセル解像度は自由に定義できる

ジオコーディングで定義したのが30mグリッドなら右図のようになる



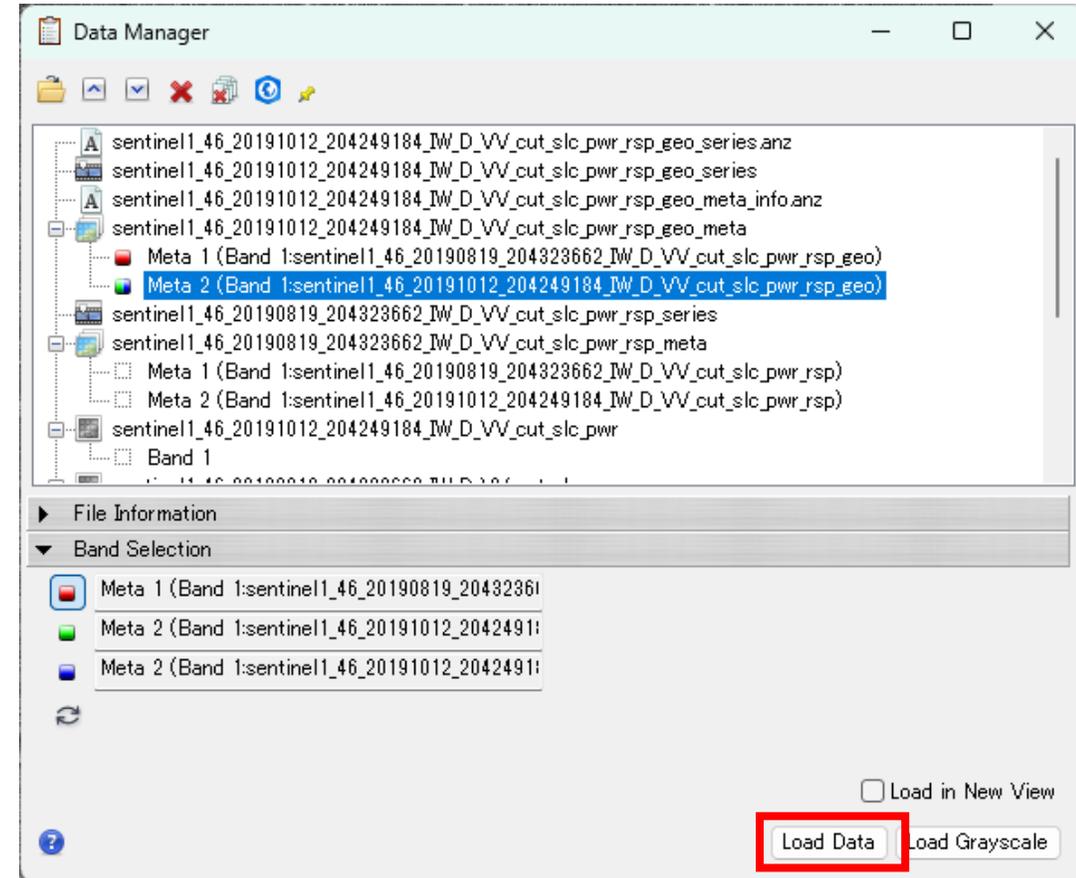
# Geocoding and Radiometric Calibration

3. ENVIレイヤマネージャに以下のファイルが追加されていることを確認します

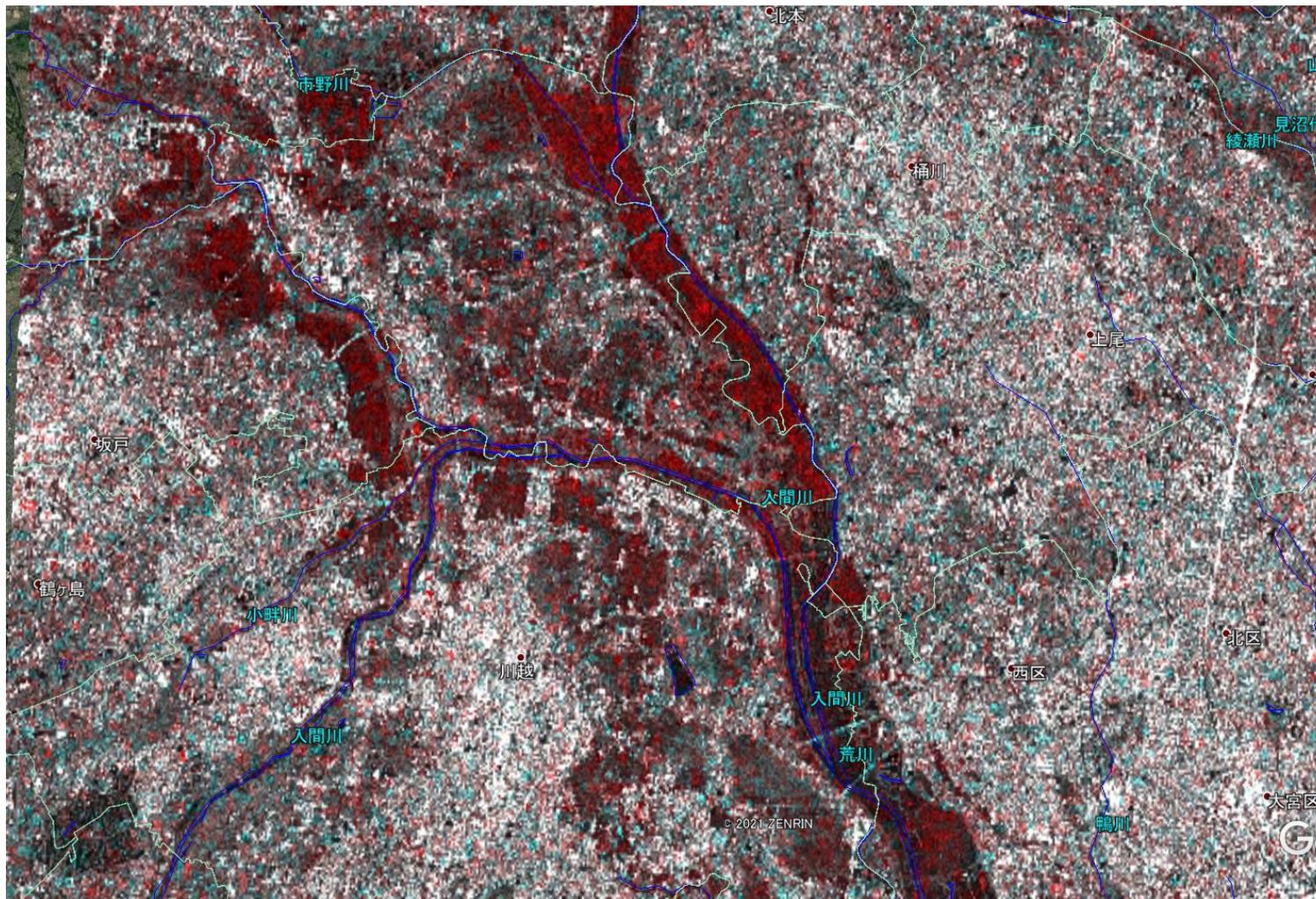
**sentinel1\_46\_20191012\_204249184\_IW\_D\_VV\_cut\_slc\_pwr\_geo\_meta**

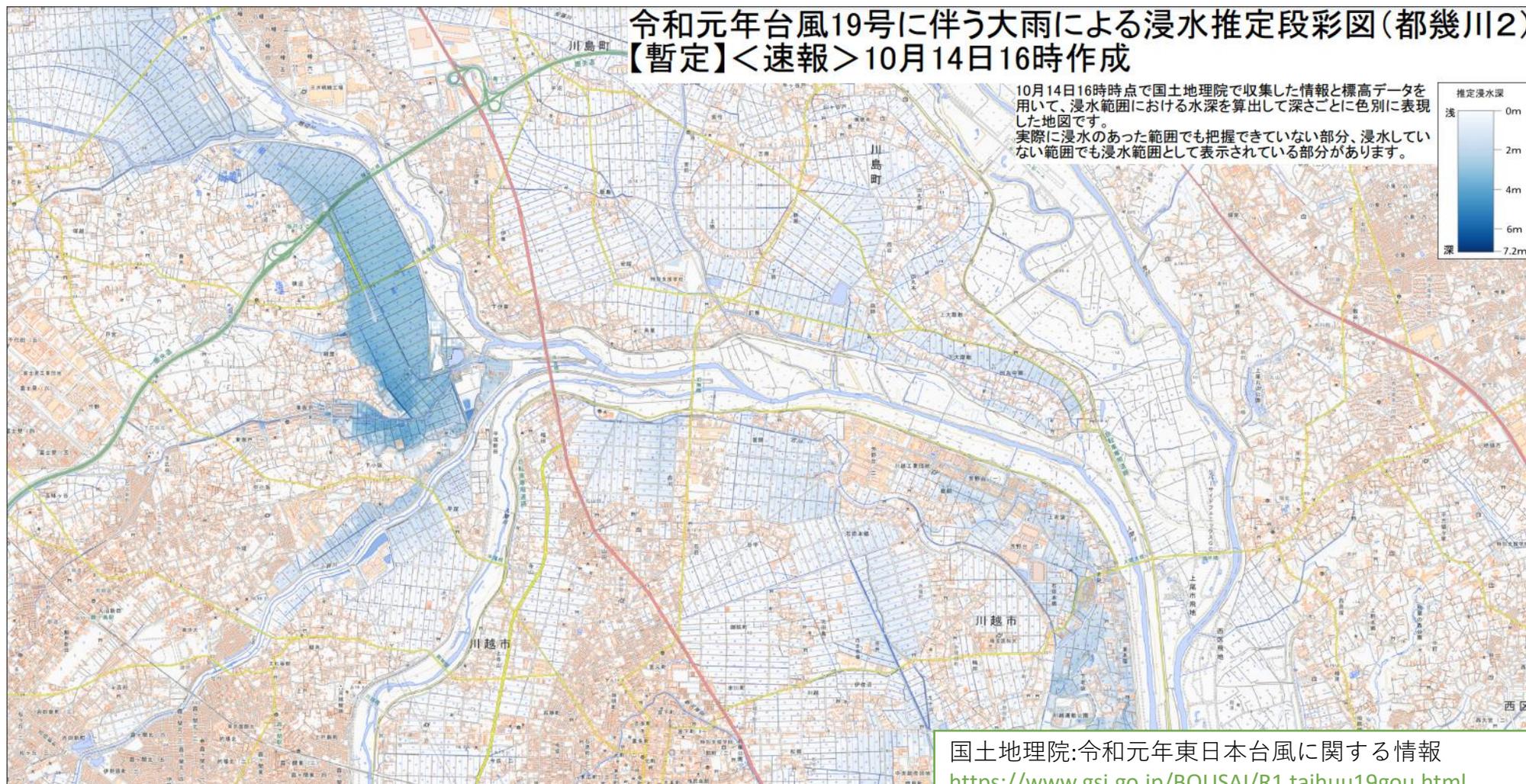
4. データマネージャーを起動します
5. 以下のRGB構成でロードします

- : 台風通過前(8/19)
- : 台風通過後(10/12)
- : 台風通過後(10/12)

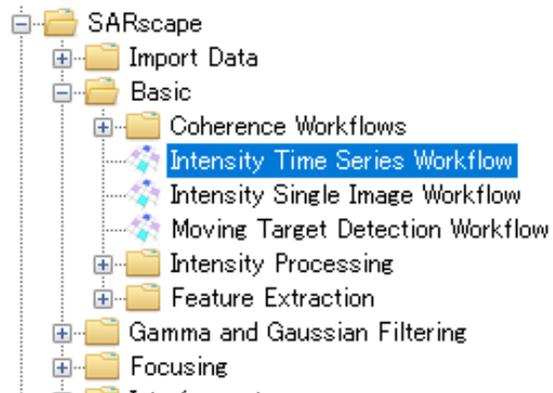


# 結果の確認





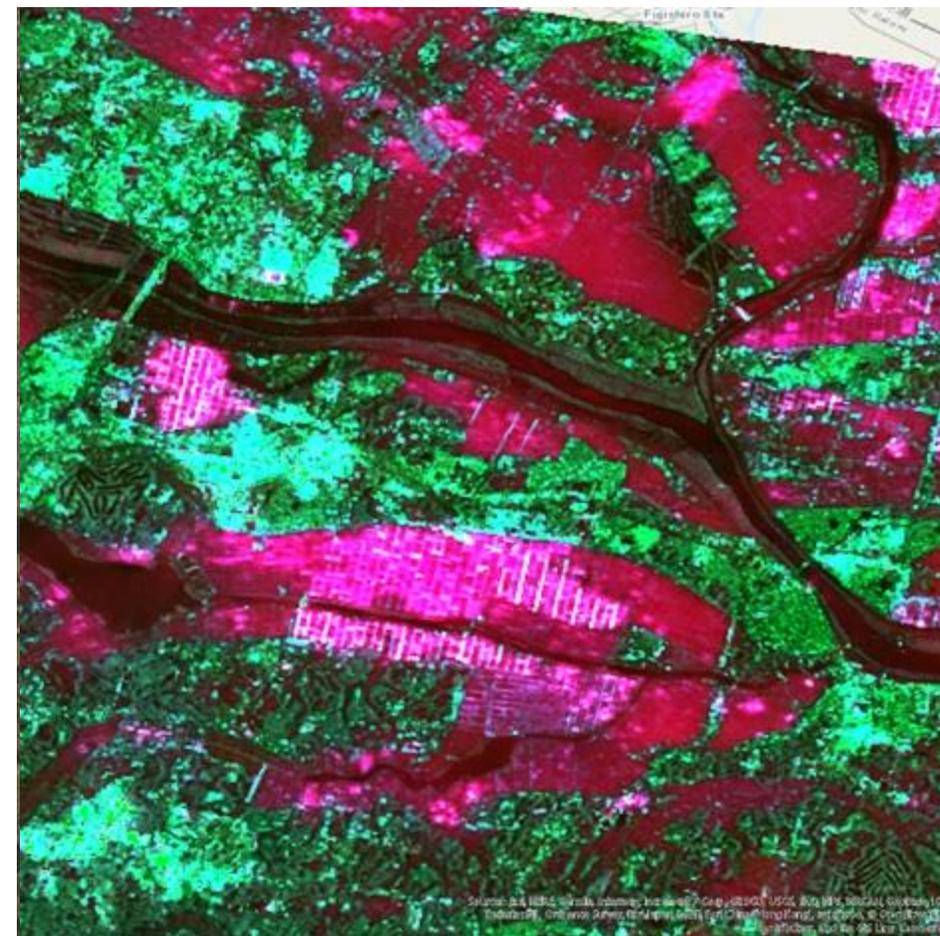
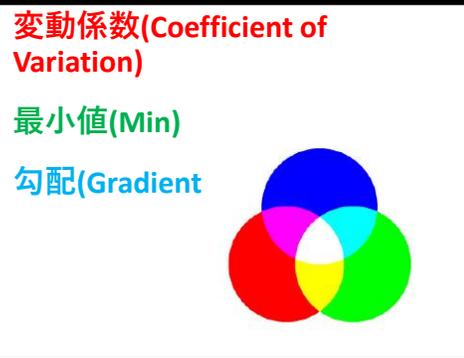
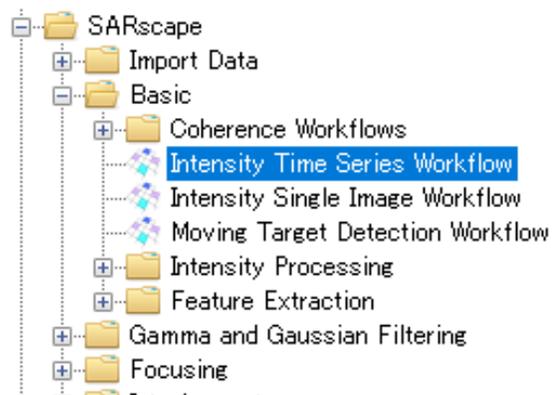
複数の強度画像から特徴的なエリアを抽出・強調するためのワークフローが提供されています。



参考:

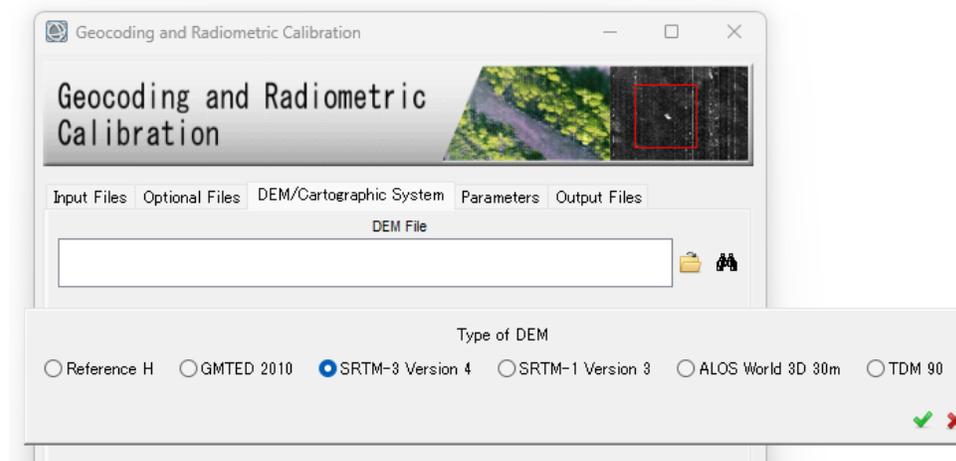
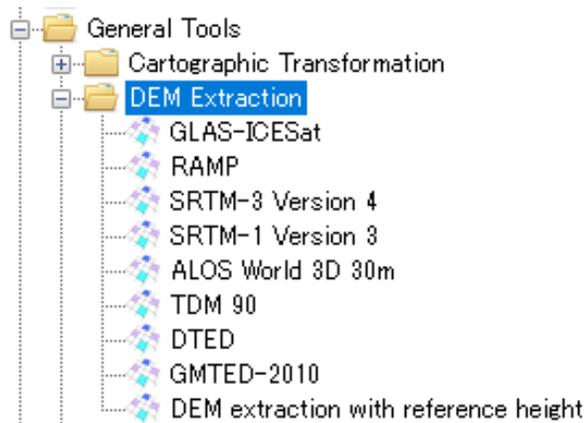
# Intensity Time Series による植生の時系列変化

複数の強度画像から特徴的なエリアを抽出・強調するためのワークフローが提供されています。



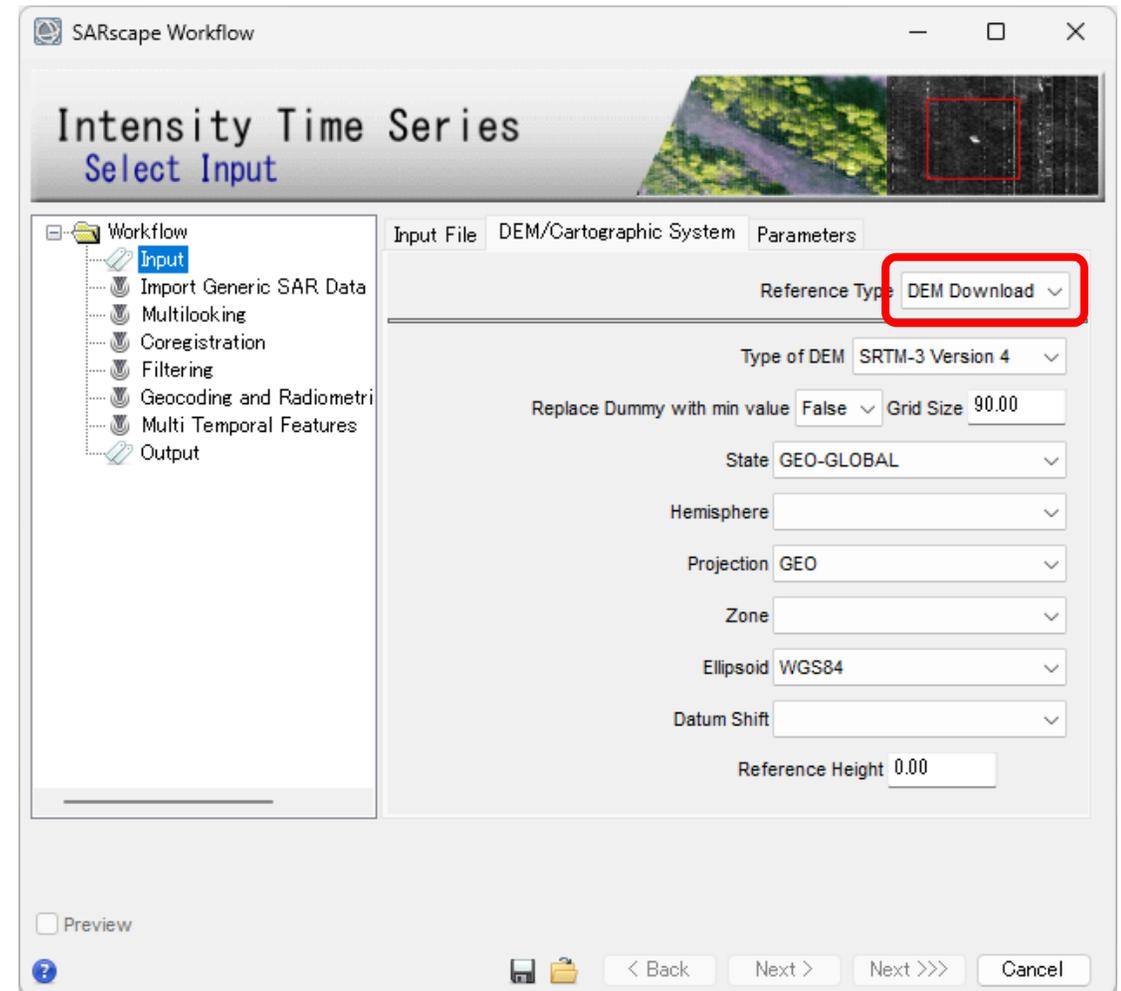
# SARscape での基本処理についての補足: DEMダウンロードツール

- SARscapeでは、STRM3 version 4といったDEMをダウンロードするためのツールが提供されています。
  - ENVIツールボックス → SARscape → General Tools → DEM Extraction → 使用するDEMを選択
  - DEMのインプットが必要な処理では、DEM/Cartographic SystemタブのDownload DEMボタンから個別ツールが起動できます。



# SARscape での基本処理についての補足: DEMダウンロードツール

- SARscapeでは、STRM3 version 4といったDEMをダウンロードするためのツールが提供されています。
  - ワークフロー機能の場合、DEM/Cartographic SystemタブのDEM Downloadを選択すると、一連の処理のなかでDEMのダウンロードが行われます。

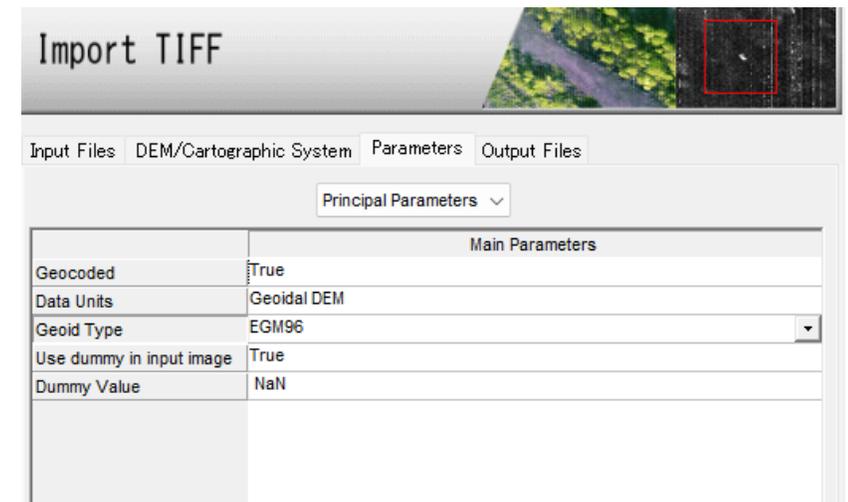
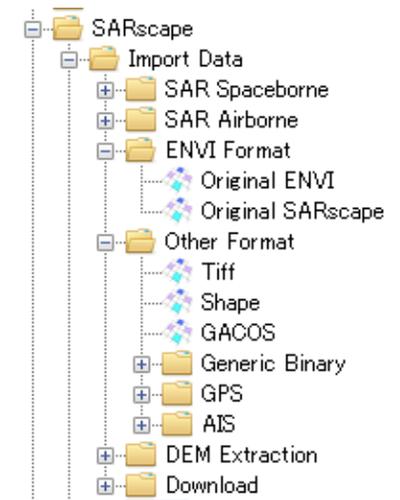


# SARscape での基本処理についての補足: DEMインポート

- SARscapeのDEM ExtractionツールでサポートされていないDEMデータを使用する場合は、以下のようなステップが必要です。
  1. SARscapeへのインポート処理
  2. 標高から楕円体高への変換処理

## インポート処理 (GeoTIFF形式の場合)

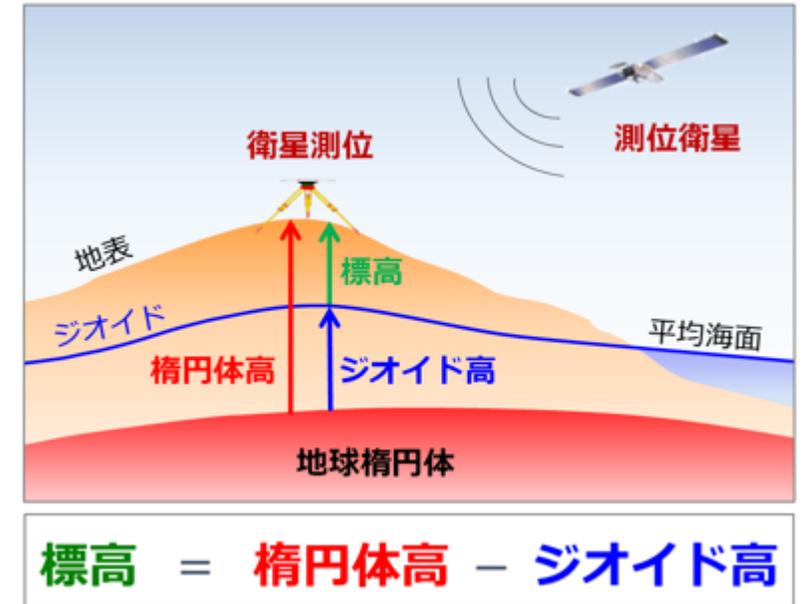
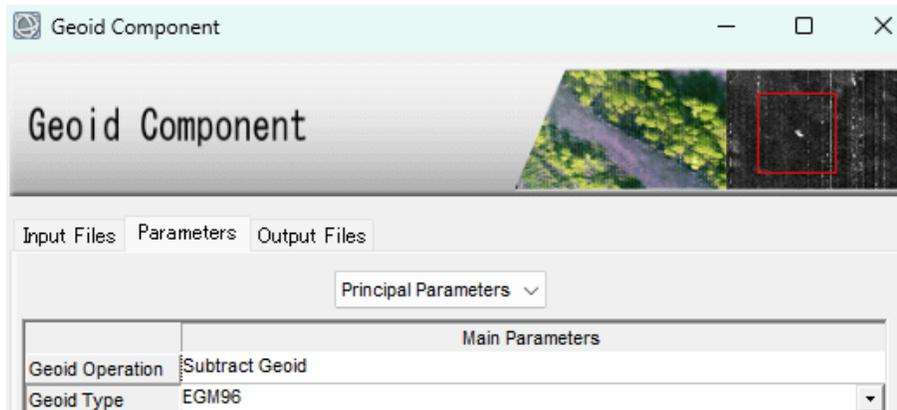
1. ENVIツールボックス → SARscape → Import Data → Generic Format → Tiffから手元のDEMデータに合ったフォーマットのインポータを選択してください。
2. データを読み込む際に、Parametersタブ → Principal Parameters → Data unitをGeoidal DEMに設定してください。Dummy Valueには、入力ファイルの無効値を入力してください。



# SARscape での基本処理についての補足: DEMインポート

## 楕円体高への変換

1. ENVIツールボックス → SARscape → General Tools → Cartographic Transformation → Geoid Component
2. Parametersタブ → Principal Parameters → Geoid Operation → Subtract Geoidに設定し、Geoid Typeを選択してください。  
✓ ジオイド高の影響を「取り除く (Substract)」という意味の設定で、内部計算上は標高(データのピクセル値)に対しジオイド高が加算されている
3. Output Filesタブで設定する出力ファイルでは、「ファイル名\_dem」となるように命名してください。



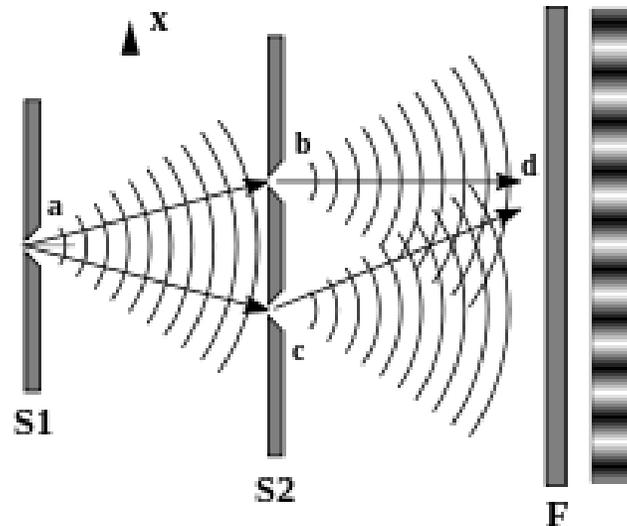
楕円体高、ジオイド高、標高の関係  
出展: 国土地理院

[https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo\\_geoid.html](https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoid.html)

# SARscape インターフェロメトリ (Interferometry Module)

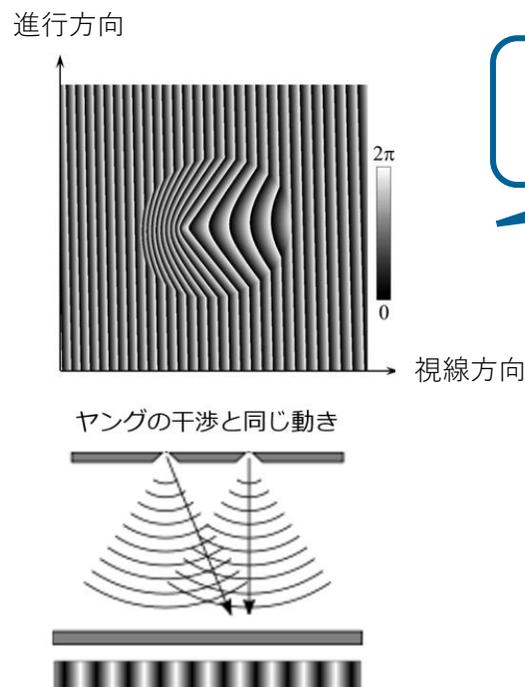
# SARインターフェロメトリ(干渉SAR)とは: ヤングの干渉実験

- 光波と光波がぶつかって、強め合った箇所は明るくなり、弱め合った箇所は暗くなります。スクリーン上にはそれらが交互に現れ、干渉縞という縞模様ができます。(高校物理 // 光と波のはなし)
- SAR衛星もマイクロ波を照射しているので、2シーンを干渉処理させると縞模様ができます。干渉SARはこれと同じ原理です。

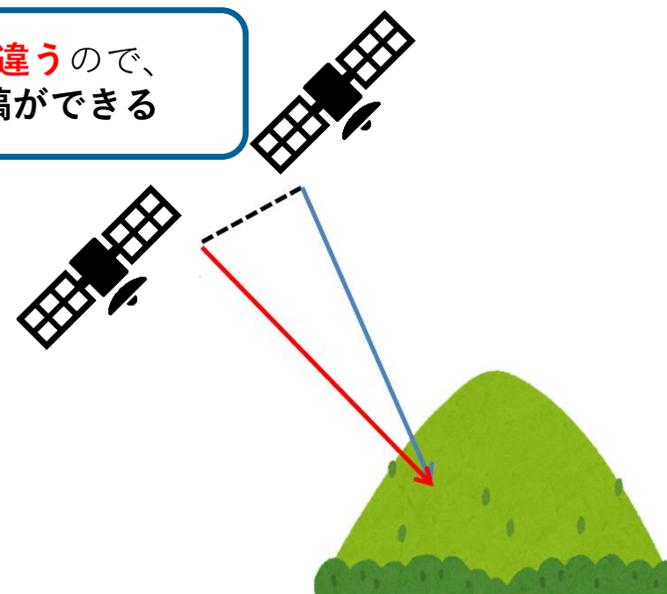


# SARインターフェロメトリ(干渉SAR)とは: 干渉処理を行う際の前提条件

- 処理で必須になるのは「2つのSARデータ」と「1つのDEMデータ」です。
- これらのデータは**観測条件がすべて一致している**必要があります。
  - 同じ衛星で取得したデータであること
  - 同じ軌道で取得したデータであること
  - 同じ観測モードで取得したデータであること



撮影された場所が**微妙に違う**ので、  
干渉処理を行うと干渉縞ができる



出展:  
日本リモートセンシング学会「基礎からわかるリモートセンシング」(理工図書株式会社)  
講義用パワーポイント 第15章 SARの高度解析

# SARインターフェロメトリ(干渉SAR)とは: この干渉縞は何でできている?

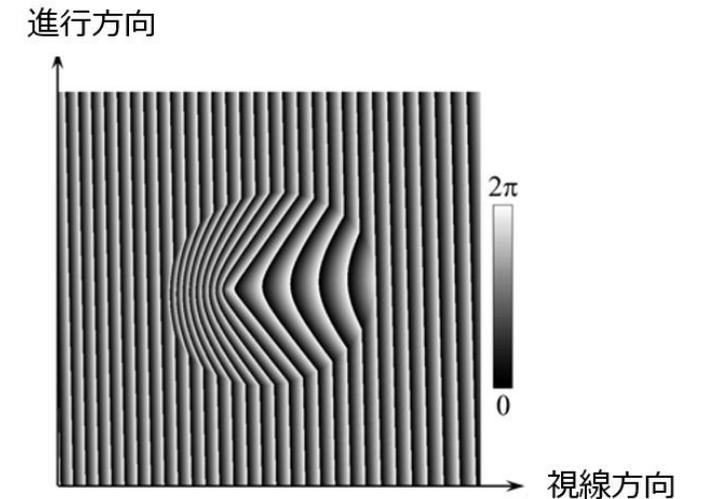
干渉処理の最初にできるこの干渉縞を、初期干渉縞とよびます。

## 【初期干渉縞の構成要素】

1. 衛星の軌道が微妙にずれているために起きる干渉縞 (**軌道縞**)
2. 地形の起伏で起きる干渉縞 (**地形縞**)
3. 撮影する前後で地面に変動があったことで起きる干渉縞 (**変動縞**)



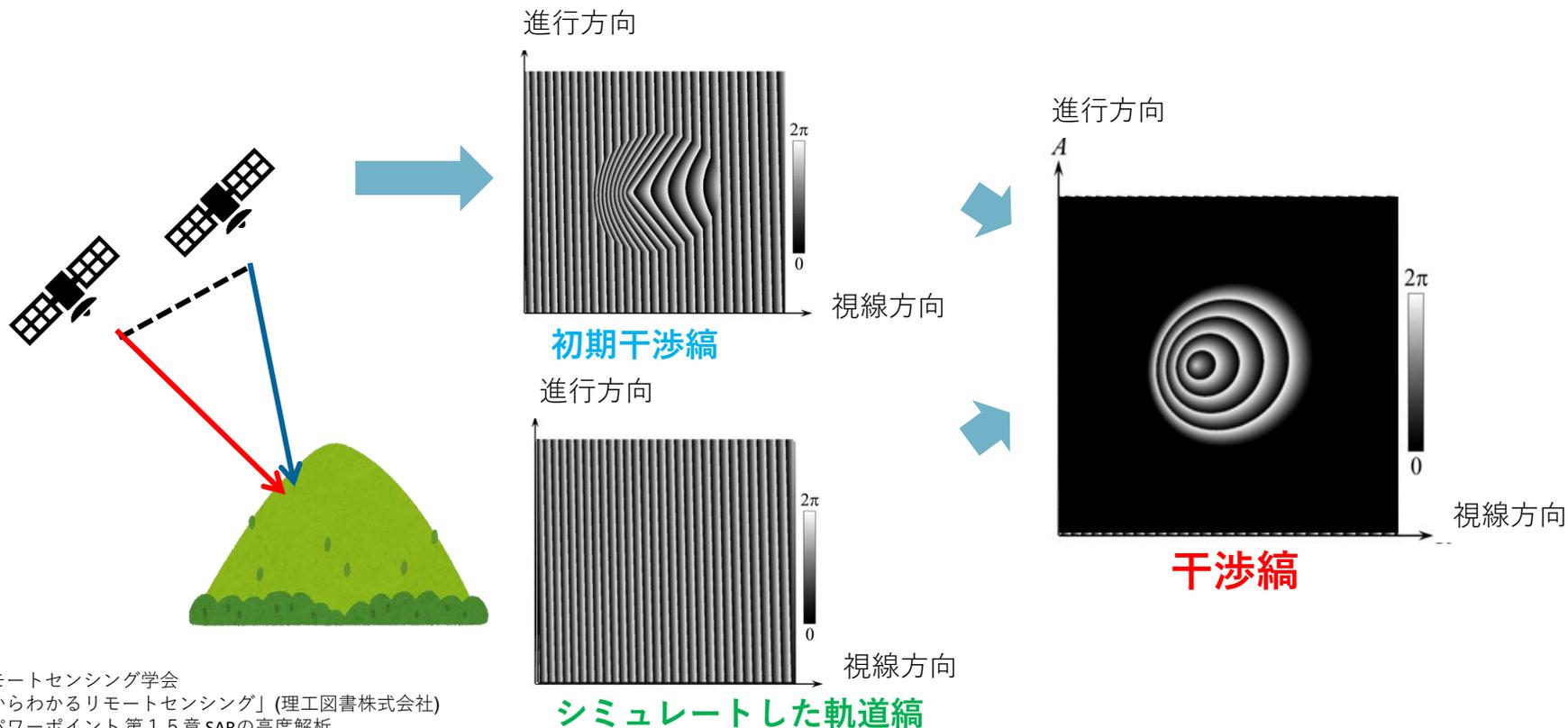
初期干渉縞からこれらの情報を除いていき、  
**目的の情報**を得るのが干渉処理の流れになります



出展:  
日本リモートセンシング学会「基礎からわかるリモートセンシング」(理工図書株式会社)  
講義用パワーポイント 第15章 SARの高度解析

# SARインターフェロメトリ(干渉SAR)とは: 処理の流れ

- 2つの複素数データから位置合わせして**初期干渉縞**をつくります。
- 2つの軌道情報から**シミュレートした軌道縞**をつくります。
- **初期干渉縞**から**シミュレートした軌道縞**を取り除き、**干渉縞**をつくります。



# SARインターフェロメトリ(干渉SAR)とは: 処理の流れ

【初期干渉縞の構成要素】 → 【干渉縞の構成要素】

- ~~1. 衛星の軌道が微妙にずれているために起きる干渉縞 (軌道縞)~~
2. 地形の起伏で起きる干渉縞 (地形縞)
3. 撮影する前後で地面に変動があったことで起きる干渉縞 (変動縞)

除去

この干渉縞を2通りに解釈する

InSAR

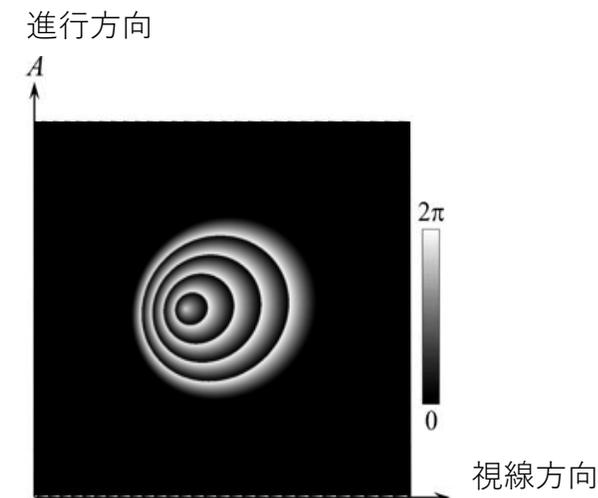
**解釈1: 地面の変動は発生していない**

この場合、変動縞の成分は存在しない。  
つまり干渉縞=地形縞なので、これを高さに変換すれば  
**地表面の高さ情報(DEM)を取得**することができる

DInSAR

**解釈2: 地面が撮影の前後で変動している**

この場合、変動縞の成分も存在していると考えられる。  
このうち地形縞の成分は参考となるDEMからシミュレートできるので、  
**地表面の変動情報を取得**することができる

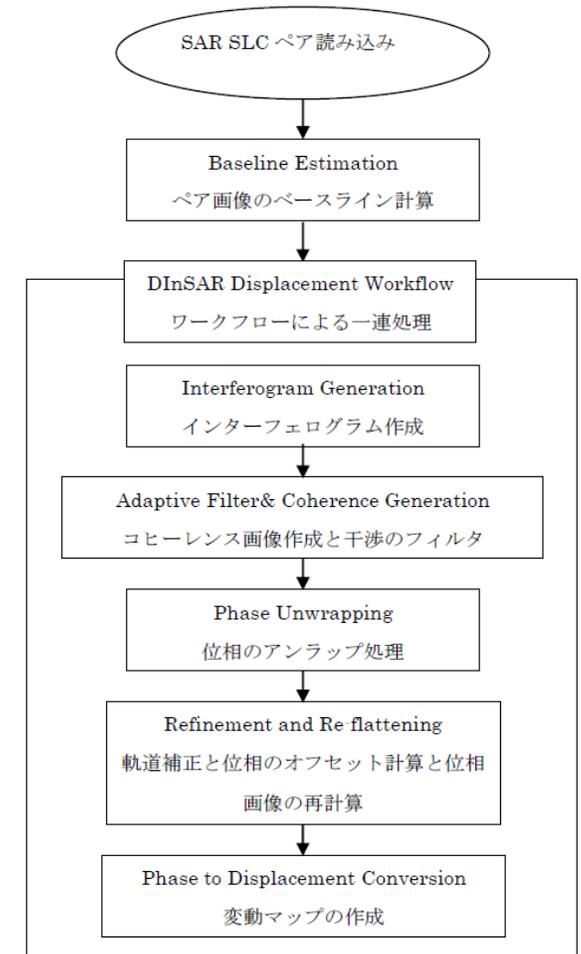


干渉縞

# DInSAR Displacement ワークフロー

SAR画像ペアからインターフェログラム（干渉画像）を作成し、変動マップ作成まで一連の処理を実行します。

1. インターフェログラムの作成
2. コヒーレンス画像作成と干渉フィルタ
3. 位相のアンラップ処理
4. 軌道補正と位相のオフセット計算
5. 変動マップの作成



# 使用するデータについて

## Bam地方のENVISAT ASAR IS2地震前後

- 撮影時期: 2003年12月3日 / 2004年2月11日のペア
- 本トレーニング使用するデータはすでにSARscapeへインポート済み

### バム地震(2003 Bam earthquake)

- 2003年12月26日午前5時28分発生
- 震央はイラン南東部のケルマーン州バム
- マグニチュード6.6の直下型地震

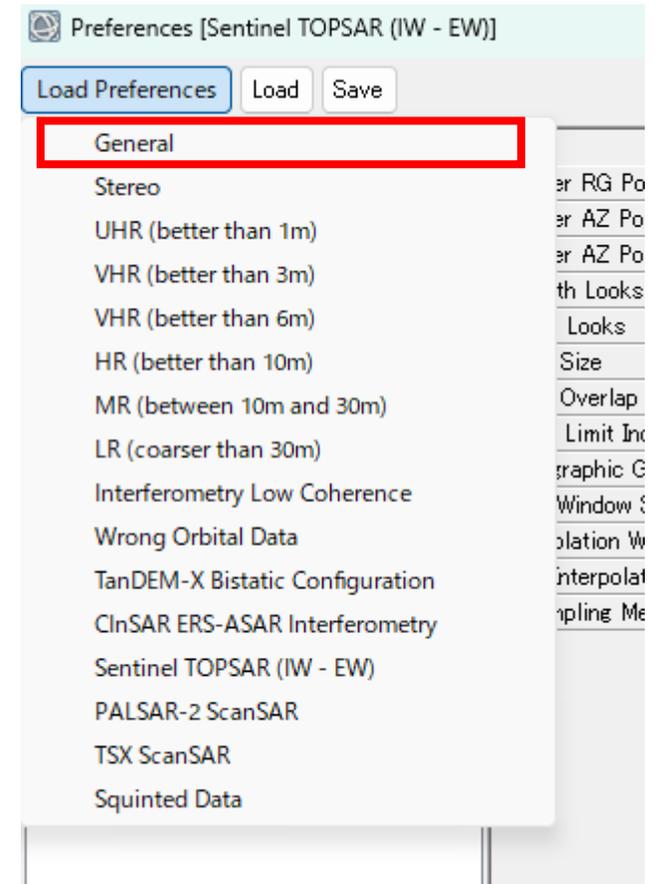
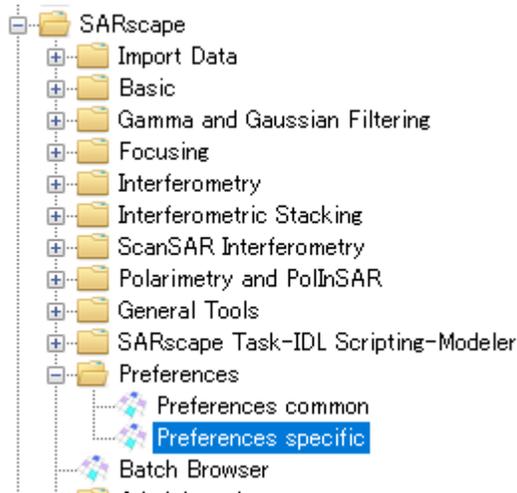
テヘランタイムズ:

<https://www.tehrantimes.com/news/419753/On-the-occasion-of-2003-Bam-earthquake>



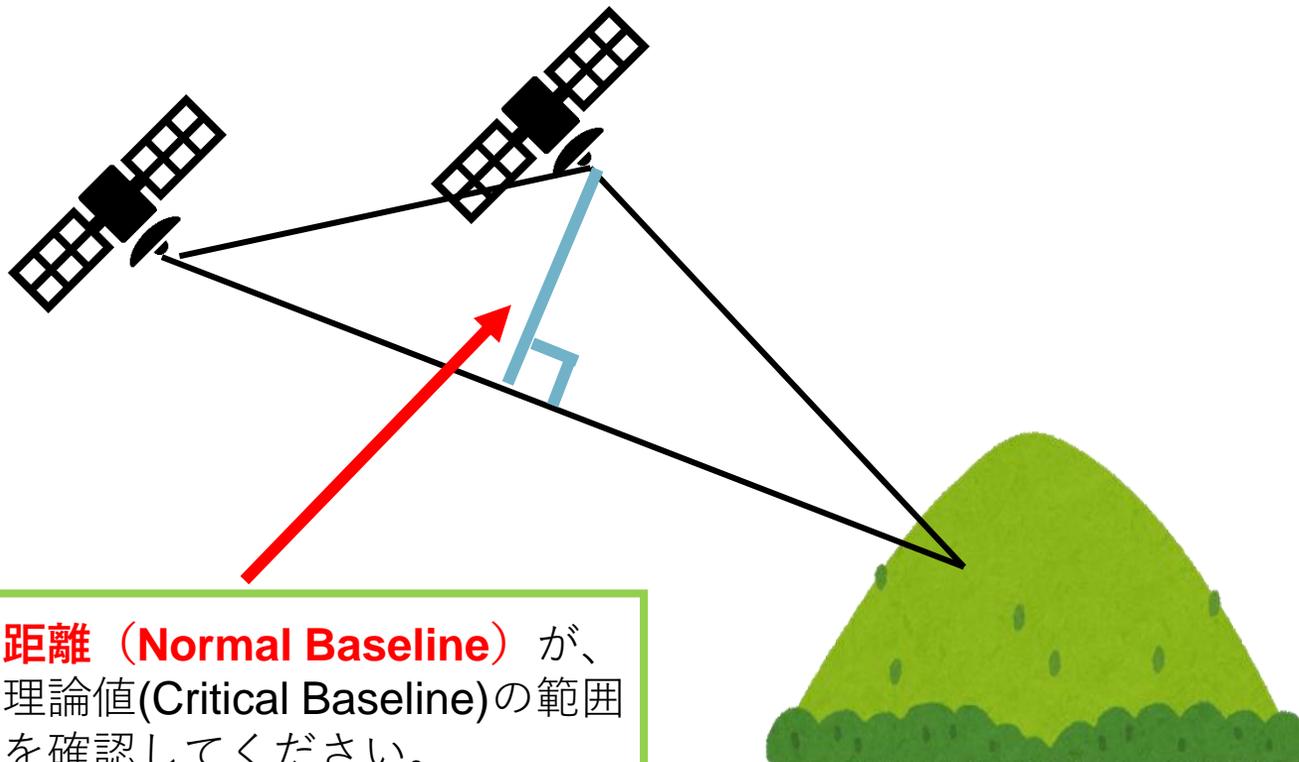
# Preferences specificの変更

- 先ほどの演習でSentinel TOPSAR (IW - EW)を使用していたので、ここではGeneralという設定に変更してください。
- /SARscape/Preferences/Preferences specific

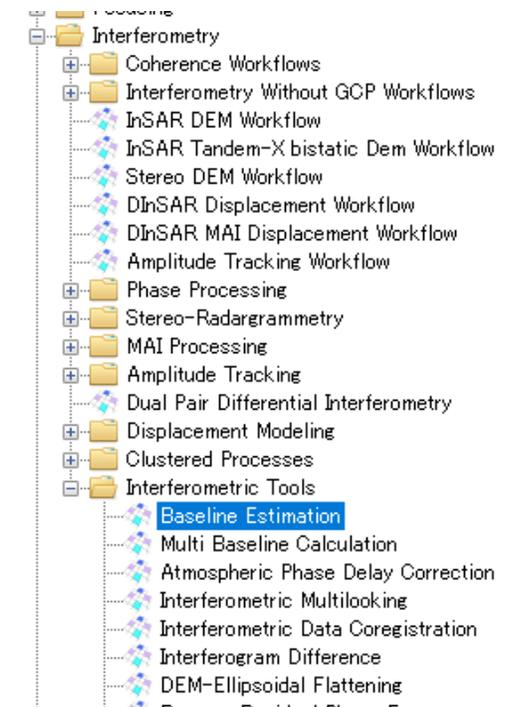


# まず干渉するデータペアかを確認

- Baseline Estimation: Normal Baseline / Critical Baseline
  - ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometry → Interferometric Tools → Baseline Estimation
- 選んだSAR画像のペアは、干渉処理ができるかを調べるツールです。
  - 注) 得られた結果は参考値であり、処理の中で使用されるものではありません。



垂直ベースライン距離 (Normal Baseline) が、干渉処理に適した理論値(Critical Baseline)の範囲に収まるかどうかを確認してください。



# Baseline Estimationの確認

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometry → Interferometric Tools → Baseline Estimationを選択し、設定ダイアログを起動します。
2. Input FilesタブにReferenceおよびSecondaryのファイルを設定し、Execボタンで実行します。

## 【設定値】

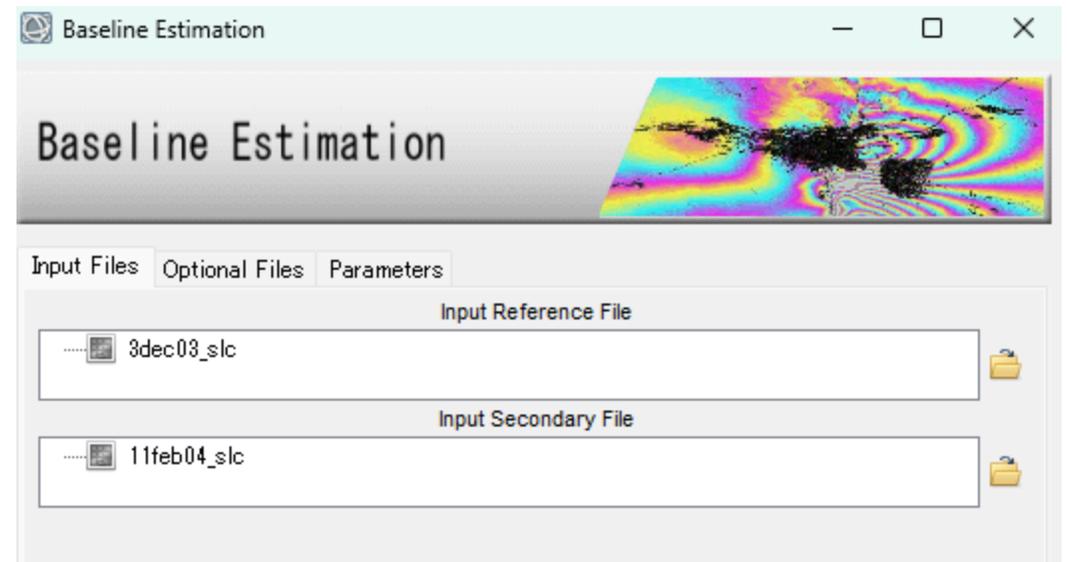
Input Fileタブ

Input Reference File:

C:\Training\SARscape\DInSAR\3dec03\_slc

Input Secondary File:

C:\Training\SARscape\DInSAR\11feb04\_slc



# Baseline Estimationの確認

出力結果を確認します。

- Normal Baseline（垂直方向の距離）が Critical Baseline（臨界ベースライン）の距離に収まっているか確認します。
- Critical Baselineより Normal Baselineが大きくなった場合は、位相情報が大きく異なるため、二つの画像を干渉させ、インターフェロメトリの処理を行うことができません。

干渉するための臨界ベースラインが±966.296[m]に対し、両者のノーマルベースラインが3.773[m]であるので、このペアは干渉できるペアとわかる。

```

Baseline Estimation
File
Normal Baseline (m) = 3.773      Critical Baseline min - max(m) = [-966.296] - [966.296]
Range Shift (pixels) = -0.200
Azimuth Shift (pixels) = 2.558
Slant Range Distance (m) = 849807.494
Absolute Time Baseline (Days) = 70
Doppler Centroid diff. (Hz) = -40.853      Critical min-max (Hz) = [-1652.416] - [1652.416]
2 PI Ambiguity height (InSAR) (m) = 2521.097
2 PI Ambiguity displacement (DInSAR) (m) = 0.028
1 Pixel Shift Ambiguity height (Stereo Radargrammetry) (m) = 699719.234
1 Pixel Shift Ambiguity displacement (Amplitude Tracking) (m) = 7.804
Reference Incidence Angle = 23.457      Absolute Incidence Angle difference = 0.000
Potentially suitable for Interferometry or Amplitude Tracking
  
```

# Baseline Estimation: 2 PI Ambiguity displacement (DInSAR) (m)

干渉縞1波長(2πサイクル)に対応する変位を表します。

- この数値が大きいほど、小さな変位の変化を検出する能力が粗くなります。
- これは使用している衛星の波長に依存し、衛星間の距離は影響しません。

$$\psi_{2\pi} = \frac{\lambda}{2}$$

演習で使用しているENVISATの波長はおよそ 5.6cm なので.....

$$\psi_{2\pi} = \frac{\lambda}{2} = \frac{5.6 \times 10^{-2}}{2} = 0.028[m]$$

→ このSAR画像ペアでは、1波長に対しておよそ0.028mの変動感度があると分かる

# Baseline Estimation: 2 PI Ambiguity height (InSAR) (m)

干渉縞1波長(2πサイクル)に対応する高さを表します。

- この数値が大きいくほど、小さな高さの変化を検出する能力が粗くなります。
- 衛星間の距離が離れているほど高さ方向の検出精度は高くなります。

$$\phi = \frac{4\pi B_n}{\lambda R \sin(\theta)} h$$

$$\xrightarrow{\phi=2\pi} h_{2\pi} = \frac{\lambda R \sin(\theta)}{2B_n}$$

$B_n$ : 垂直ベースライン距離  
 $\lambda$ : 観測衛星の波長  
 $R$ : スラントレンジ距離  
 $\theta$ : Referenceの入射角

演習で使用しているENVISATの波長はおよそ 5.6cm なので.....

$$h_{2\pi} = \frac{\lambda R \sin(\theta)}{2B_n} = \frac{5.6 \times 10^{-2} \times 849807.494 \times \sin(23.457 \text{ deg})}{2 \times 3.773} \approx 2521[m]$$

→ このSAR画像ペアでは、1波長に対しておよそ2521mの高さ感度があると分かる

# 2 PI Ambiguity height (InSAR) (m)の値と InSAR処理の向き不向きについて

$$\phi = \frac{4\pi B_n}{\lambda R \sin(\theta)} h \xrightarrow{\phi=2\pi} h_{2\pi} = \frac{\lambda R \sin(\theta)}{2B_n}$$

$B_n$ : 垂直ベースライン距離  
 $\lambda$ : 観測衛星の波長  
 $R$ : スラントレンジ距離  
 $\theta$ : Referenceの入射角

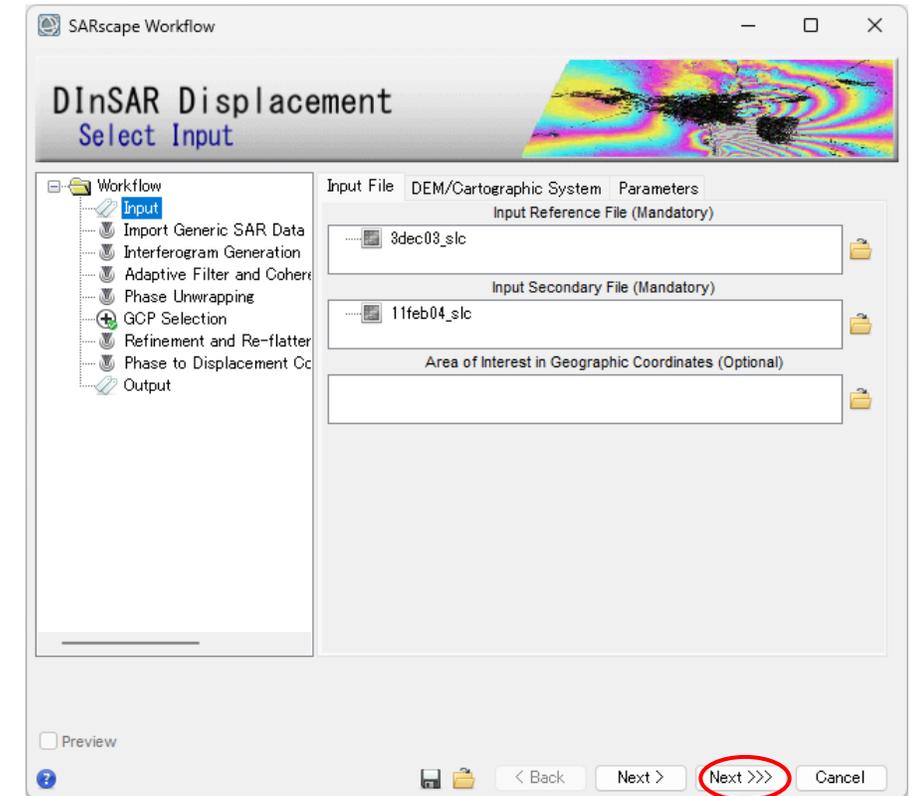
ベースラインが長い	$2\pi AH$ が小さい → 小さな高さの変化を検出する能力が高い	InSARに向いたペア
ベースラインが短い	$2\pi AH$ が大きい → 小さな高さの変化を検出する能力が低い	InSARに向いていないペア

※ 大きい/小さいの目安: 100[m]前後

参考:  
ALOS-2やSentinel-1のような衛星は軌道毎の衛星間距離が一定の範囲内に収まるよう制御されています。  
一般にペア間のベースラインが短い(= 2 PI Ambiguity heightが大きい)ため、DEM作成を目的としたInSAR処理には不向きです。

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Input ステップ

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometry → DInSAR Displacement Workflow を選択し、DInSAR ワークフローダイアログを起動してください。  
✓ ツールボックスの検索機能は使用しないでください。先に検出されたツール名の方が優先表示され、GCP取得の工程が省略された方のDInSAR Displacement Workflowが起動されてしまいます。
2. Inputダイアログの設定は以下のようになります。以下の値を設定し、Nextボタンをクリックしてください。



## Input Fileタブ

Reference File: C:¥Training¥SARscape¥DInSAR¥3dec03\_slc  
Secondary File: C:¥Training¥SARscape¥DInSAR¥11feb04\_slc

## DEM/Cartographic Systemタブ

DEM file: C:¥Training¥SARscape¥DInSAR¥srtm25\_dem

## Parametersタブ:

GridSize: 25.0

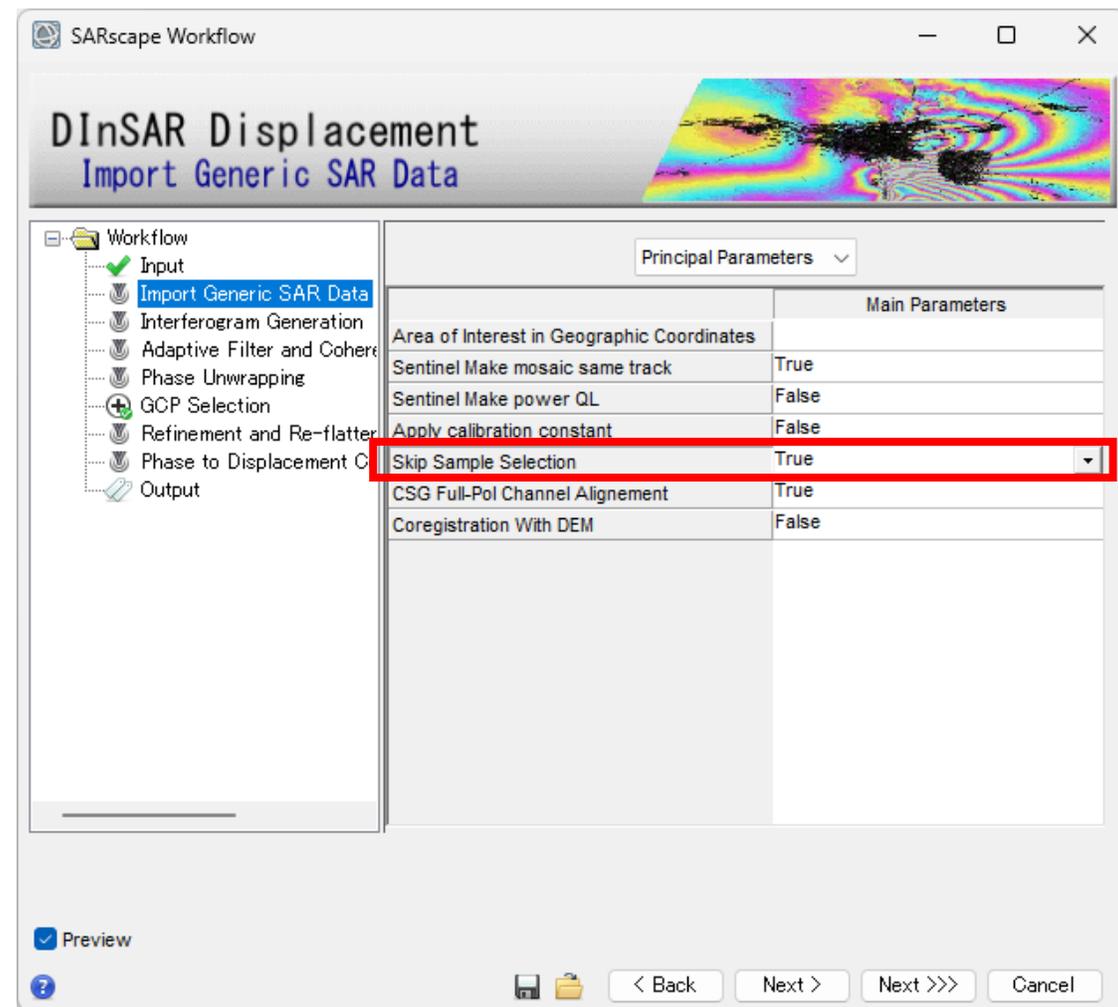
**Next>>>は押さないでください。**

対話的な処理が必要な工程まで、要求されるまで処理が一気に進んでしまいます。

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## Import Generic SAR Data ステップ

- 事前にSLCにインポートしていない場合、ワークフロー内でもオリジナルデータからインポートが可能です。
- この演習ではSample Selectionの工程をスキップしますので「Skip Sample Selection」パラメータはTrueに変更し、「Next」をクリックしてください。

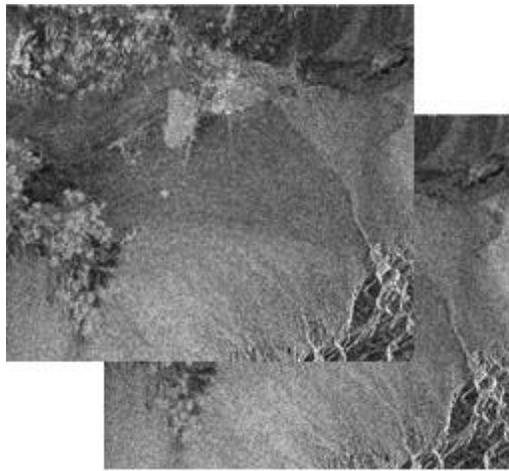


# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

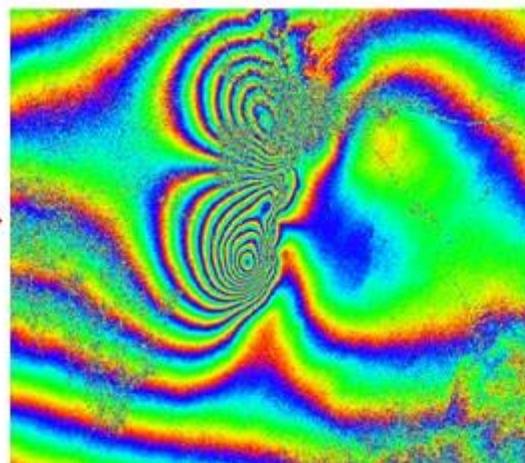
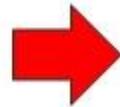
## Interferogram Generation ステップ

干渉画像を作成ステップです。

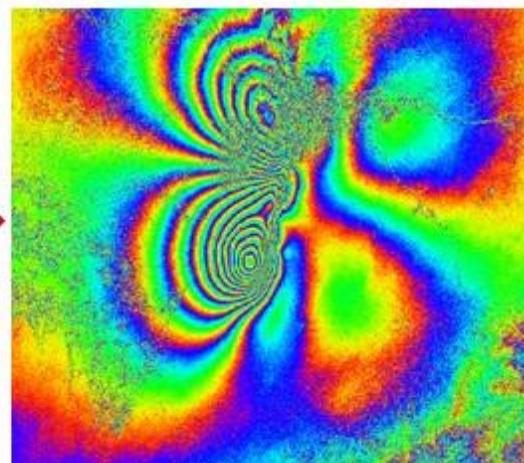
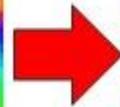
- SARscapeではアンラップのために、軌道縞・地形縞の除去をここで行います。
- `_int`という中間ファイルは、これらの情報が除去されていない画像です。



強度画像(\_pwr)

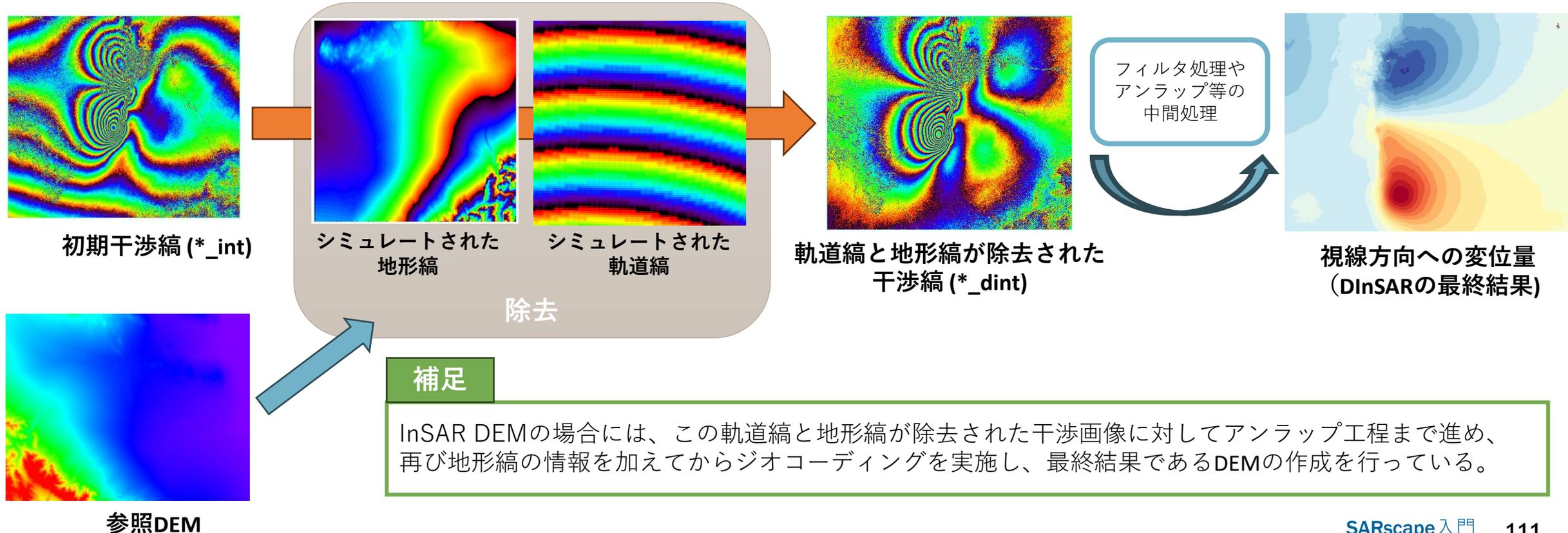


干渉画像(\_int)



平坦化された干渉画像  
(\_dint)

- SARscapeでは、干渉画像の作成過程で参照DEMをインプットすることが要求されます。
- この参照DEMから「シミュレーションした地形縞」を作ることができるので、初期干渉縞から「シミュレートした軌道縞」と併せてこれらを取り除き、干渉画像をつくります。



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## Interferogram Generation ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

### 【設定値】

Range Looks: 1

Azimuth Looks: 4

→変更後にEnterキーで確定させる

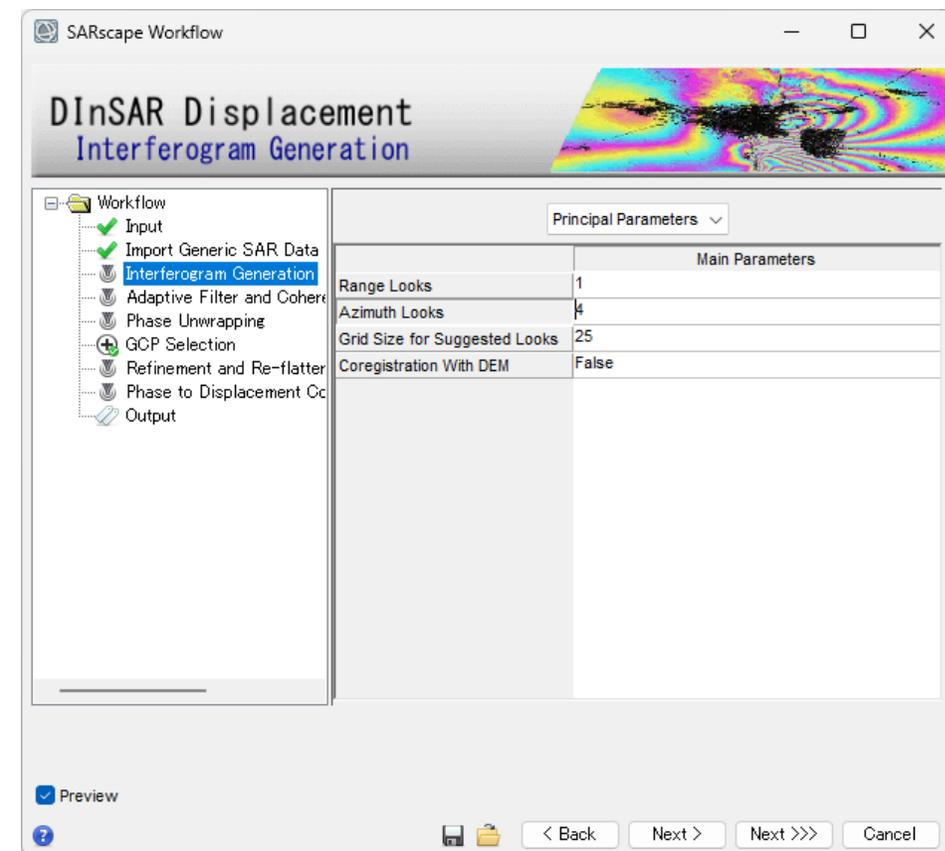
補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

INTERF\_out\_master\_pwr: 3dec03\_slcの強度画像

INTERF\_out\_slave\_pwr: 11feb04\_slcの強度画像

INTERF\_out\_dint: 軌道縞等の除去後のインターフェログラム画像



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

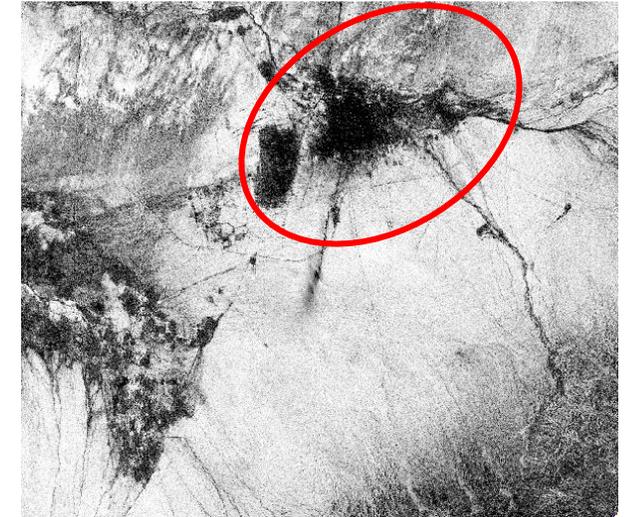
**コヒーレンス画像作成**と、干渉画像のフィルタリングのステップです。

## コヒーレンスを計算する目的

- 測定(干渉位相)の品質を特定する
- 後方散乱係数と併せ、地上のオブジェクトに関する情報を抽出する

$$\gamma = \frac{|\sum s_1(x) \cdot s_2(x)^*|}{\sqrt{\sum |s_1(x)|^2 \cdot \sum |s_2(x)|^2}}$$

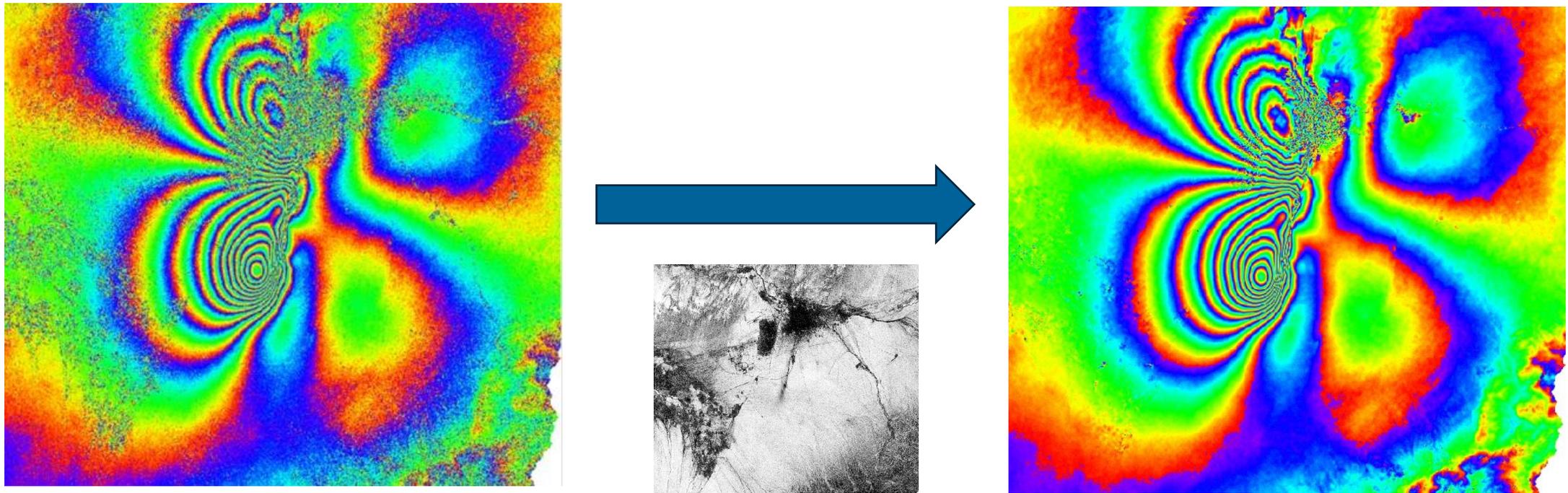
ペアの各点がどのくらい似ているか、という類似度を0から1の範囲で表したもの。  
1に近いほど類似度が高い。



本データでコヒーレンスの低い場所では、  
地震前後の変化が大きかった可能性が考えられる。

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

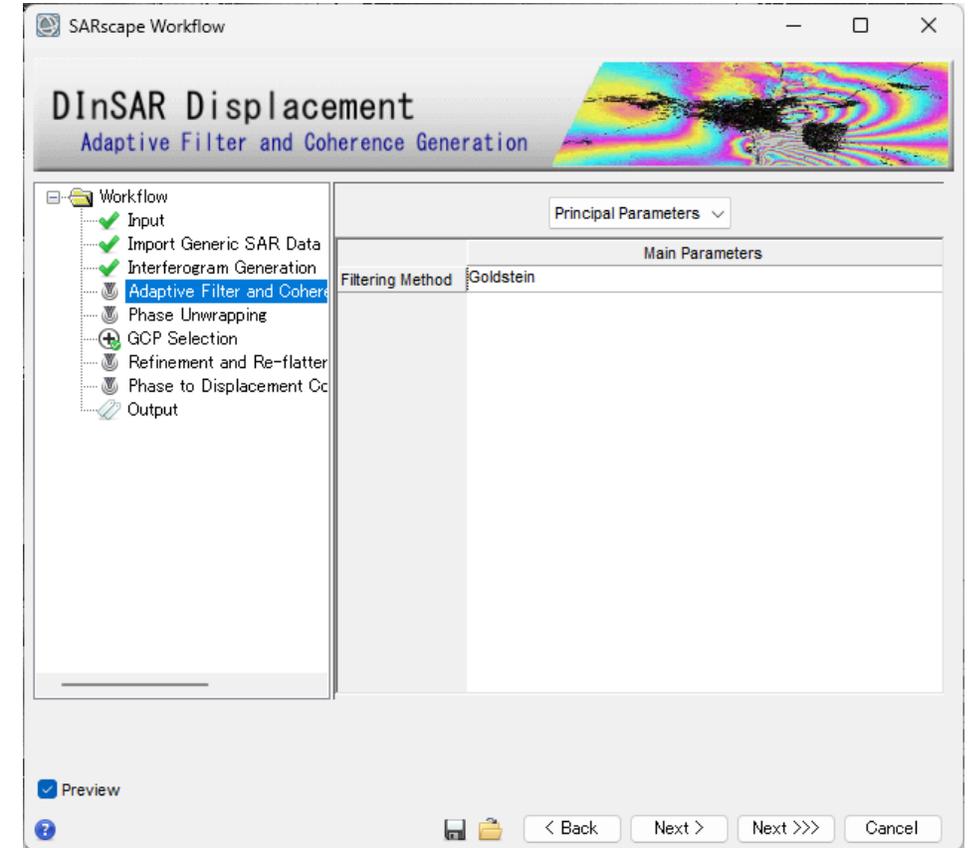
コヒーレンス画像作成と、**干渉画像のフィルタリング**のステップです。



コヒーレンス値を使用して、  
様々な地物に対して個々にフィルタ処理が実行される

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

パラメータはデフォルトの  
「Goldstein」のまま「Next」をクリック  
して次のステップへ進みます。



補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

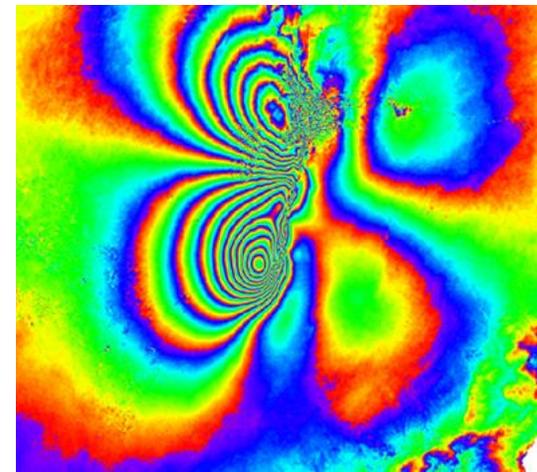
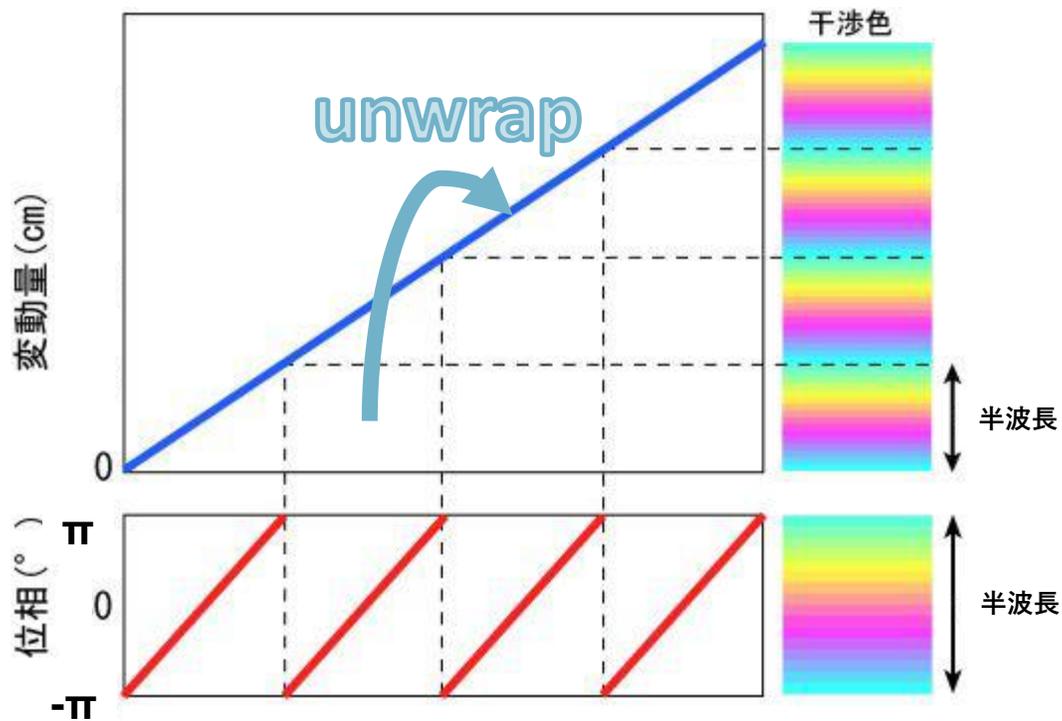
INTERF\_out\_cc: コヒーレンス画像

INTERF\_out\_fint: ノイズ除去後のインターフェログラム画像

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

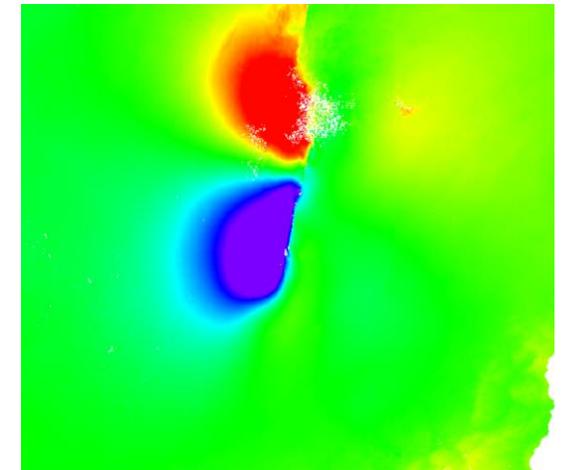
## Phase Unwrapping ステップ

- ここまでに生成された干渉画像は、各ピクセルが $[-3.14, 3.14]$ の値(周期 $2\pi$ )になります。
  - つまり、 $[-3.14, 3.14]$ の範囲に値が折り畳まれて(wrap)います。
- この折り畳まれていた状態を解いて(unwrap)、周期的な変化を直線的な変化に戻す処理をアンラップといいます。



← 周期的な変化

↓ 直線的な変化



unwrap

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## Phase Unwrapping ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

### 【設定値】

Unwrapping Method Type: Minimum Cost Flow

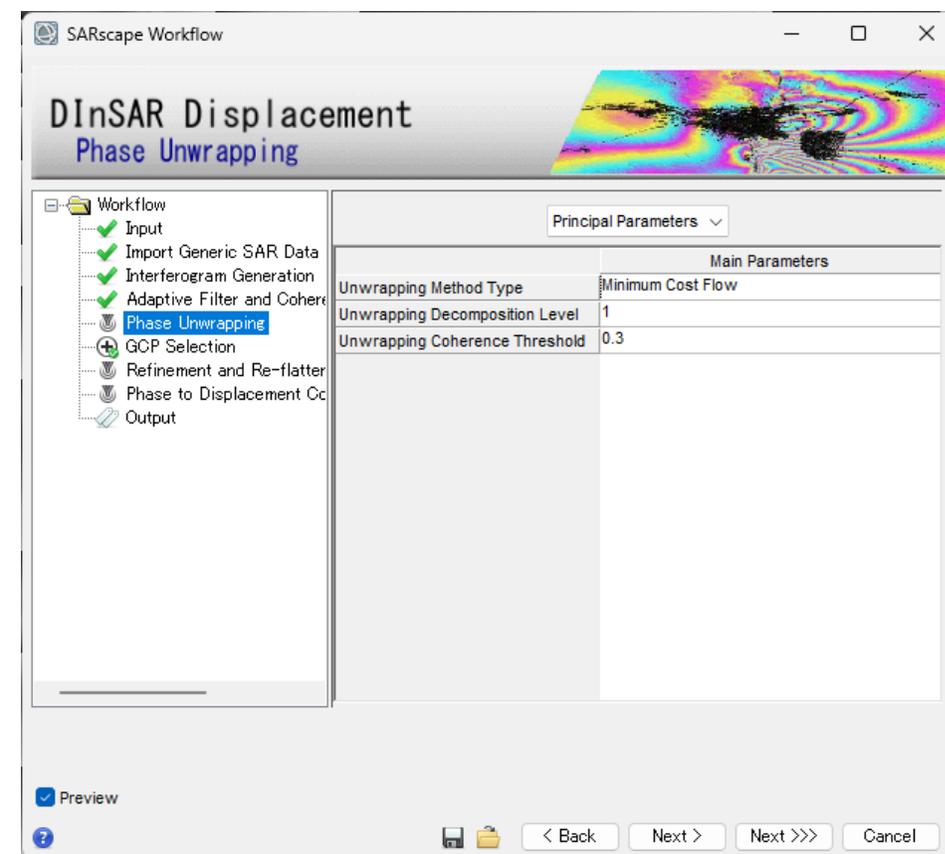
Unwrapping Decomposition Level: 1

Unwrapping Coherence Threshold: 0.3

補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

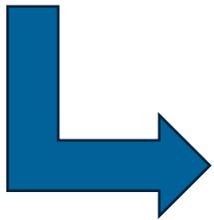
INTERF\_out\_upa: フェーズアンラップ画像



- 次に行う Refinement and Re-flattening の処理に必要な GCP (Ground Control Point: 地上基準点) を設定します。
  - 干渉の色が大きく変化する箇所やコヒーレンスの低い場所は避けて取得します。
- **目的: 不動点を指定するため**

ここまでの工程で、既知の不動点が「動いている」と判断されている可能性がある

- アンラップ画像は、周期的な位相変化を直線的な変動量に変えたもの
- 本来は動いていない場所であっても、アンラップ直後の画像では動いていると計算されてしまっている箇所もある

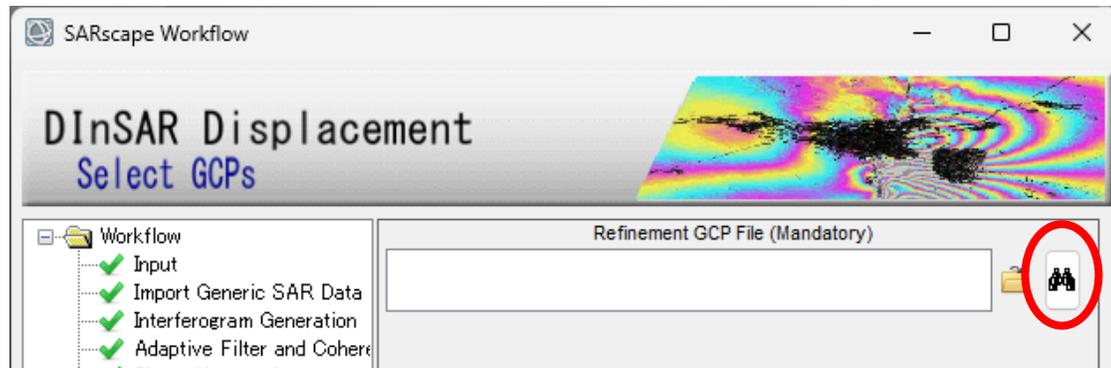


**この場所は動いてない、というポイント(不動点)を指定する**  
約4-5点程度 (可能なら、安定構造物や動いていないことが既知の点を採用)。  
軌道補正の意味もあるので、ここでも可能な限り広域で取ることが望ましい。

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

1. 双眼鏡アイコンをクリックしてください。
2. Generate Ground Control Pointsダイアログが開きます。ファイル選択は以下の設定値をBrowseから選択して「Next」をクリックします。

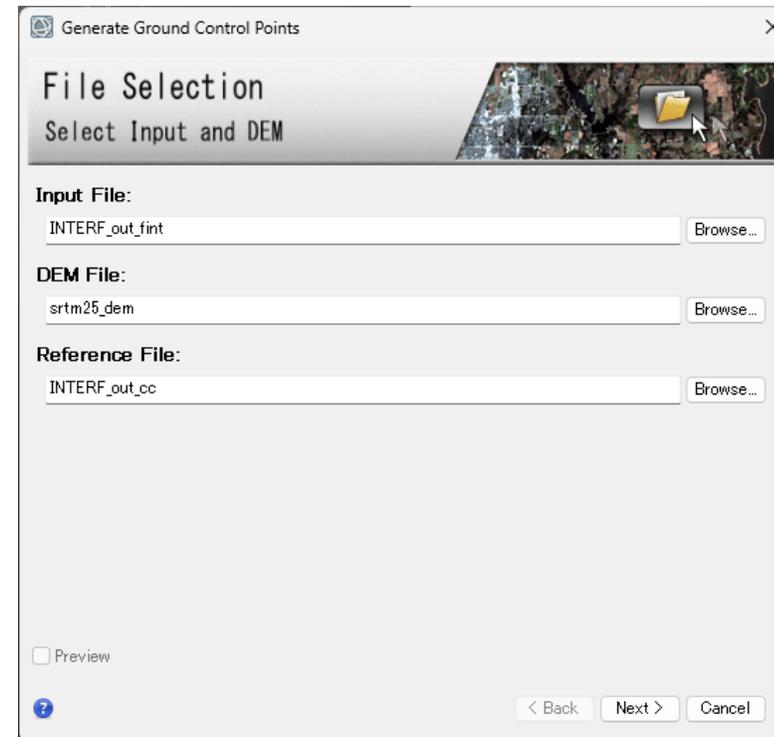


### 【設定値】

Input file: INTERF\_out\_fint

DEM file: srtm25\_dem

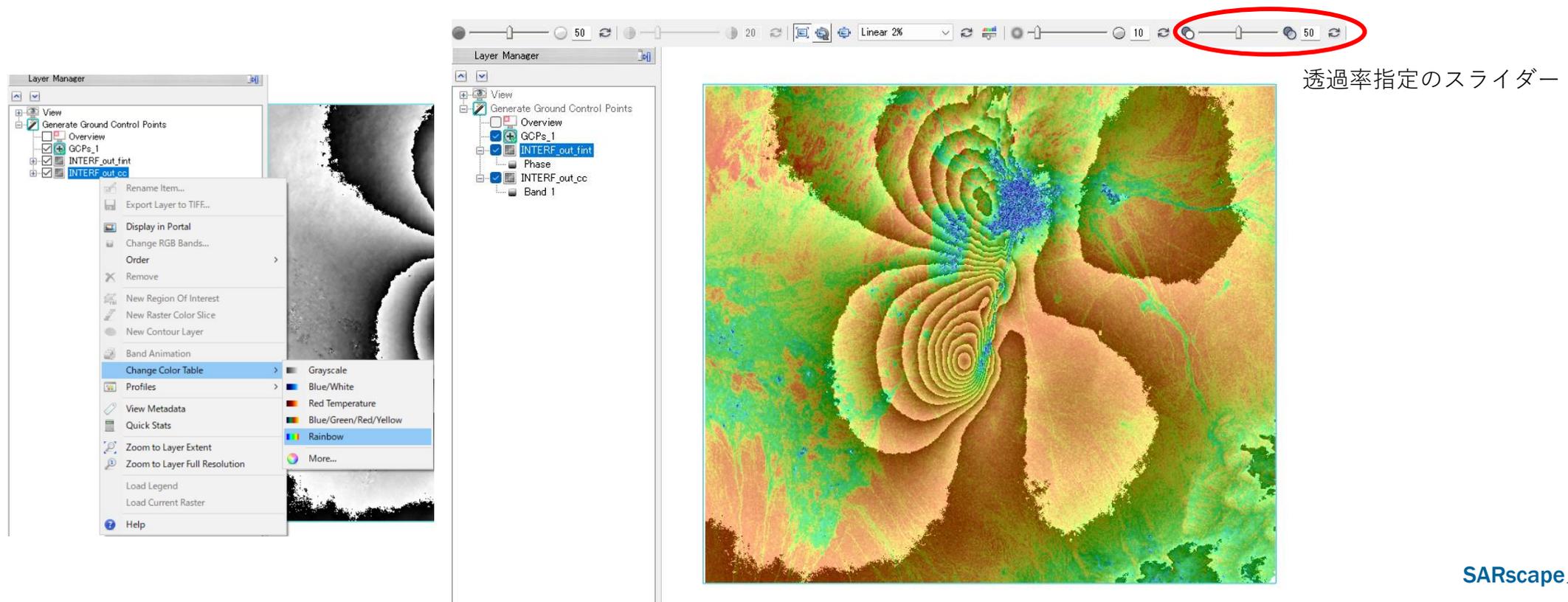
Reference file: INTERF\_out\_cc



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

- レイヤーマネージャの「INTERF\_out\_cc」を右クリックし、Change Color Table → Rainbow を選択してください。
- 「INTERF\_out\_fint」レイヤーを選択し、透過率を変更して、コヒーレンス画像が見えるように設定してください。

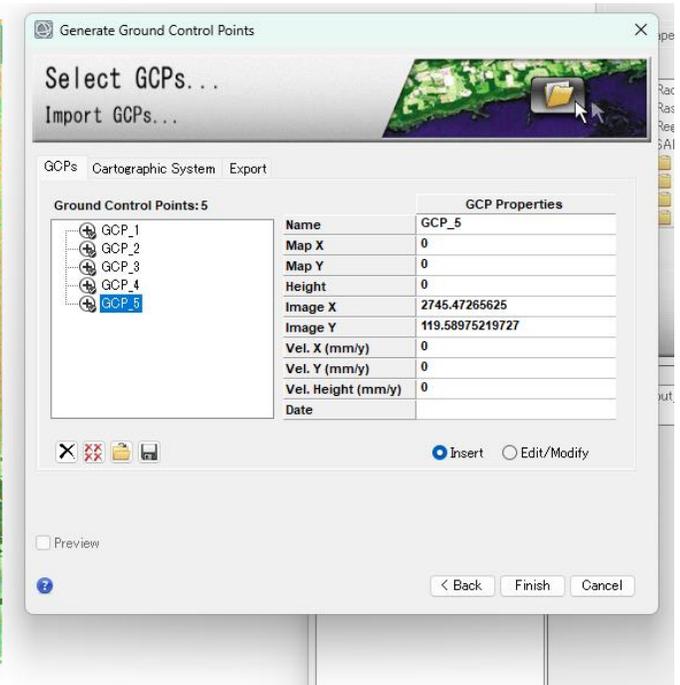
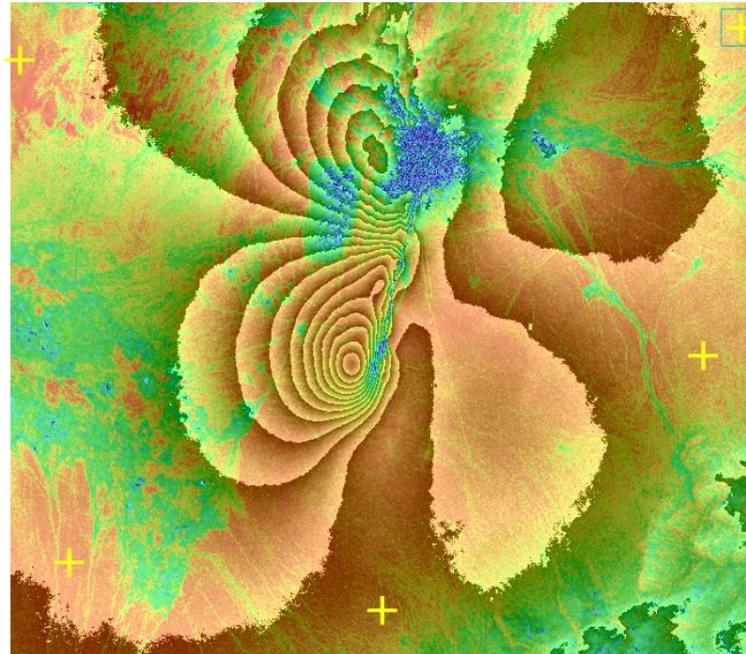


# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

### 5. 以下を参考にGCPを取得します。

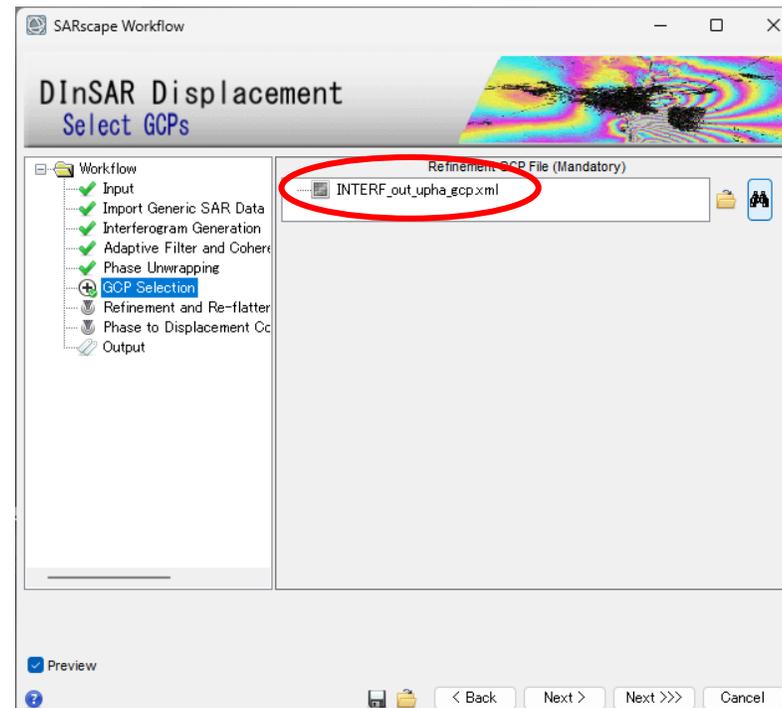
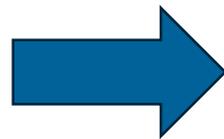
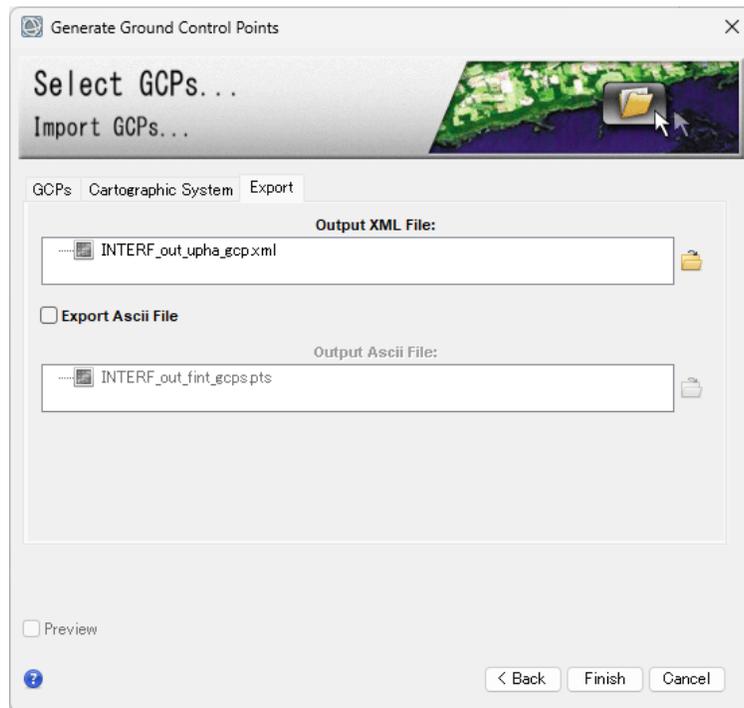
- ✓ コヒーレンスが高く（赤く透ける箇所）、位相情報が安定（FRINGEを越えずある程度値が一定な箇所）している場所をポイントとして設定します。
- ✓ ポイントを設定する際は、左マウスボタンで画像内の任意の場所をクリックしてください。
- ✓ 画像全体に均一に3~5ポイントを取るように設定してください。



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

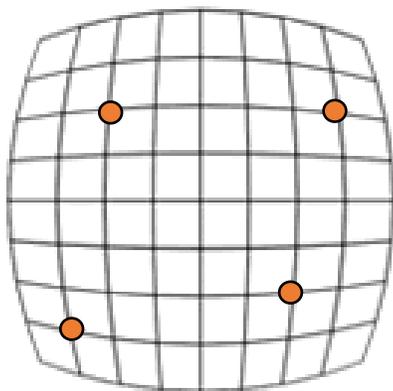
## GCP Selection ステップ

6. GCPを保存します。ポイントが取り終わりましたら、Generate Ground Control Points ダイアログに戻ります。Export タブでOutput XML File に任意のファイル名を設定できます。「Finish」ボタンをクリックしてください。
7. ワークフローに戻り、Refinement GCP Fileに今作成したファイル名が入力されていることを確認して「Next」をクリックします。

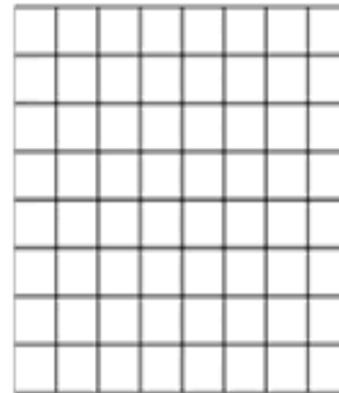


# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Refinement and Re-flattening ステップ

- GCPの情報を使用して補正を行うステップです。
  - フィルタ処理を行った後の干渉画像(\_fint)およびアンラップ画像(\_upha)に対して補正を行った結果が表示されます。
- 使用した関数や誤差については、処理後に表示されるRefinement Resultウィンドウに表示されます。
  - 中間生成物として、同様のものがtxt形式で保存されています。
  - デフォルトの手法 Polynomial Refinement ではResidual Phase Poly Degreeの項目に設定している数のGCP点が最低でも必要となる(初期値:3)



GCPを設定し  
補正を行う



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Refinement and Re-flattening ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

## 【設定値】

Refinement Radius(m): 37.5

Refinement Res Phase Poly Degree: 3

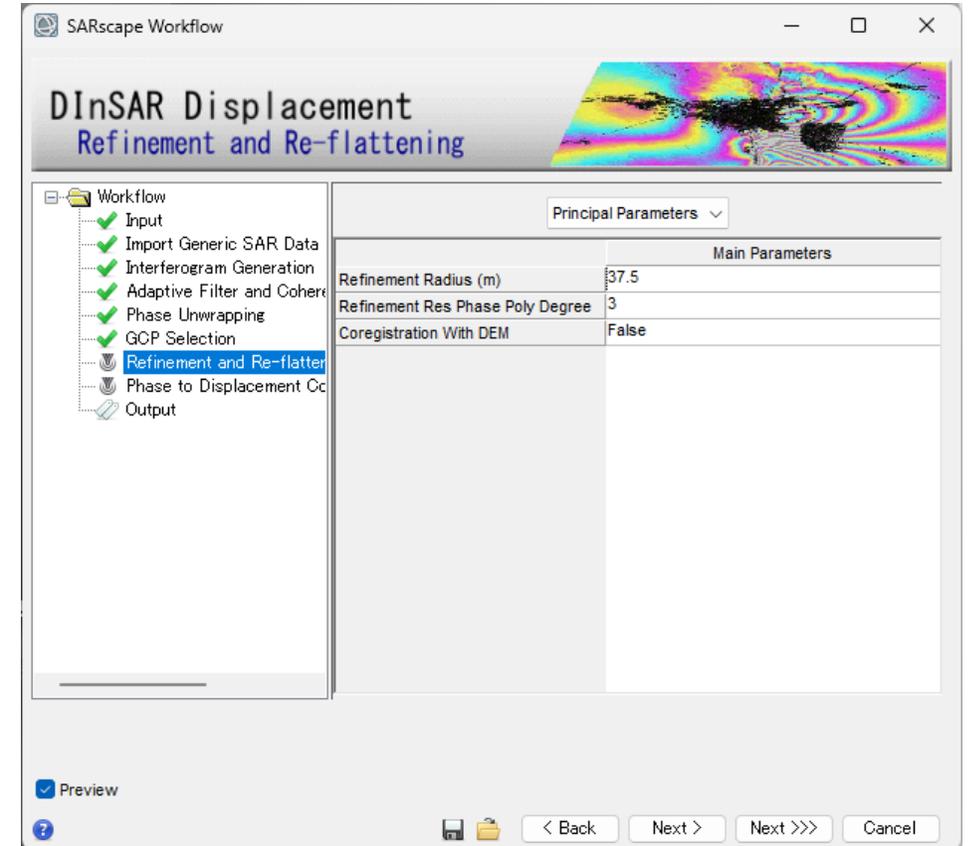
Coregistration With DEM: False

補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

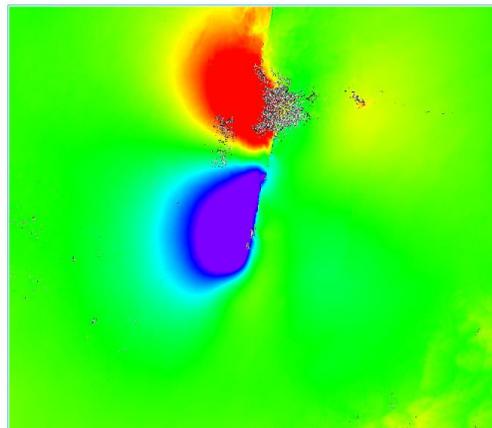
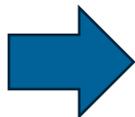
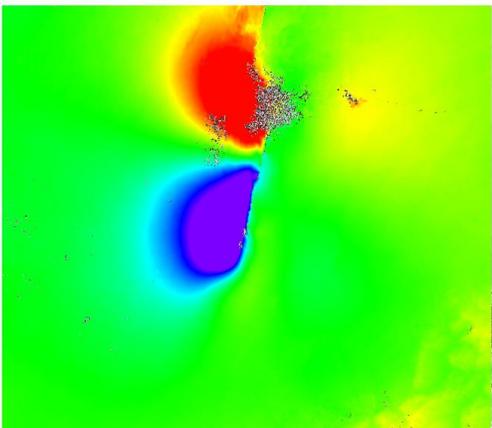
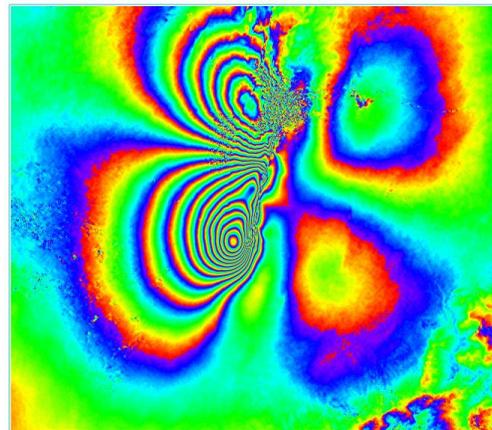
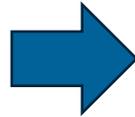
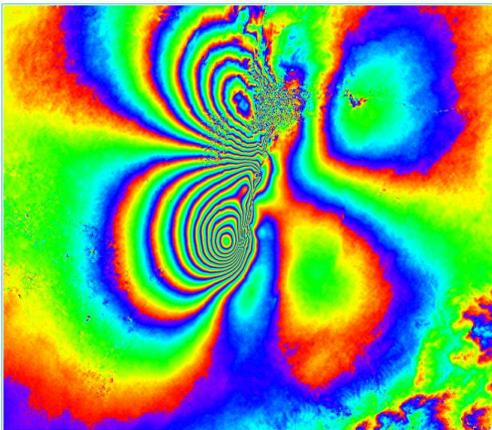
INTERF\_out\_reflat\_fint: リフラットしたノイズ除去干渉画像

INTERF\_out\_reflat\_upha: リフラットしたフェーズアンラップ画像



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Refinement and Re-flattening ステップ

結果を確認します。

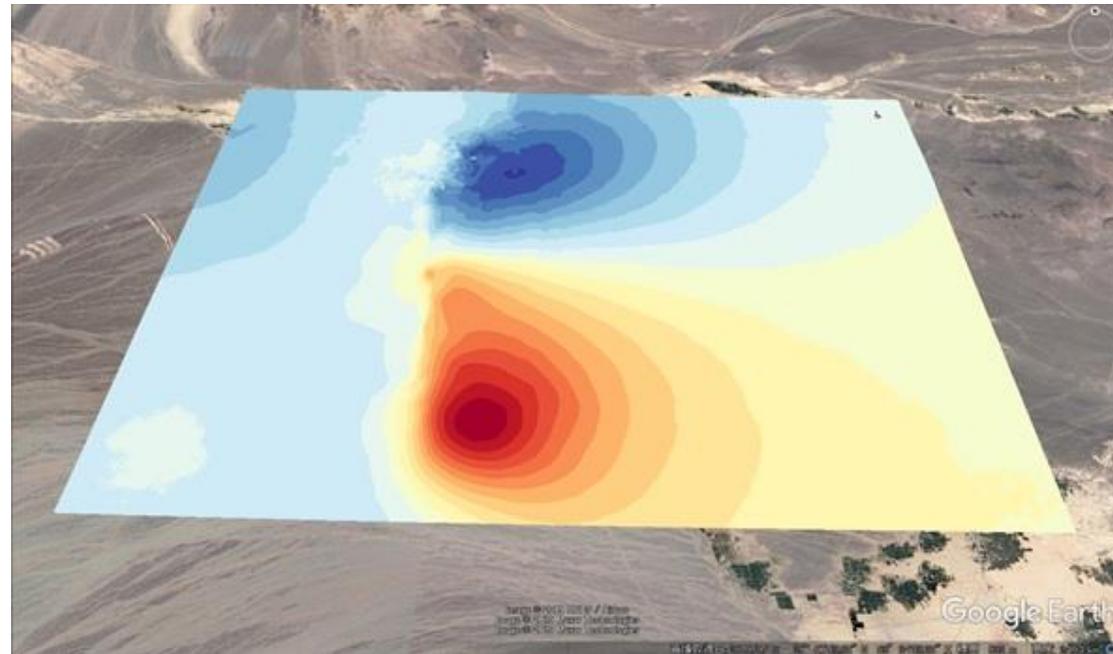
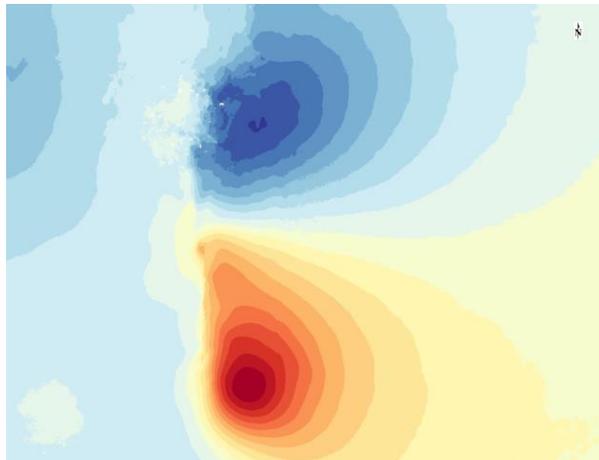


```
Refinement Results
File
ESTIMATE A RESIDUAL RAMP
Valid points found = 5
Extra constrains = 2
Polynomial Degree choose = 3
Polynomial Type : = k0 + k1*rg + k2*az
2.2310626501
0.0020817837
-0.0003549477
Polynomial Coefficients (radians) :
    k0 = 2.2310626501
    k1 = 0.0020817837
    k2 = -0.0003549477
Root Mean Square error (m) = 221.2855883764
Mean difference after Remove Residual refinement (rad) = -0.0275473423
Standard Deviation after Remove Residual refinement (rad) = 0.4447610367
```

使用された多項式近似の式と係数。  
下部のRMSEなどは、インプットとして使用している DEM と、多項式近似でゆがみ除去された結果との間で計算される値で、これは、インプットとして使用している DEM 自体の精度に影響を受ける。

# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Phase to Displacement Conversion ステップ

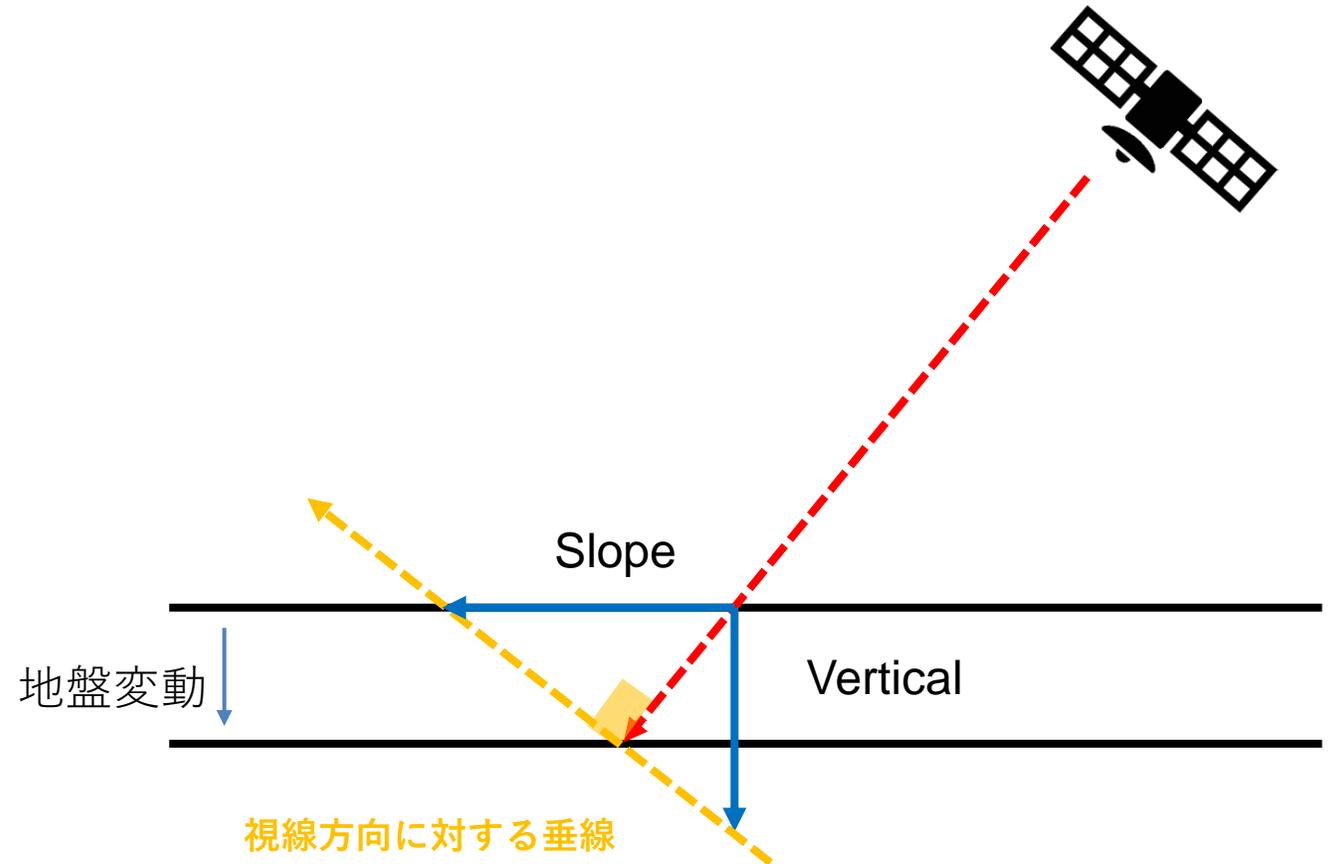
- ジオコーディングした変動マップデータを作成するステップです。
- 各ピクセルの値は、2時期の画像間のSARの視線方向の変動量(m)を表します。
  - 衛星に近づく方向が正、衛星から遠ざかる方向が負の値となります。



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

## Phase to Displacement Conversion ステップ

- Phase to Displacement ConversionにはVertical / Slope Displacementというパラメータが含まれます。
- これは視線方向の変位がすべて水平 / 垂直方向に移動していたとしたと仮定した場合に理論上成り立つ水平 / 垂直方向の変化量を示したものである
  - 視線方向の変位量を水平/垂直に「分解」しているわけではありません。



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習 Phase to Displacement Conversion ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

## 【設定値】

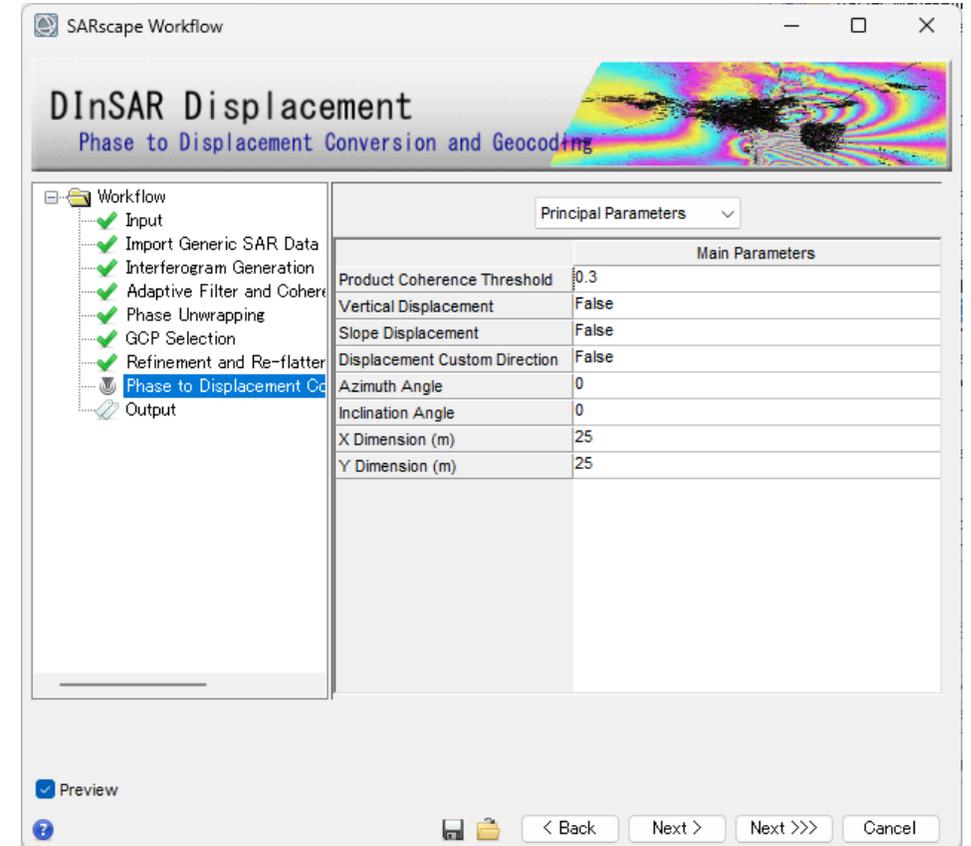
Product Coherence Threshold: 0.3

X Dimension (m): 25(任意)

Y Dimension (m): 25(任意)

補足:

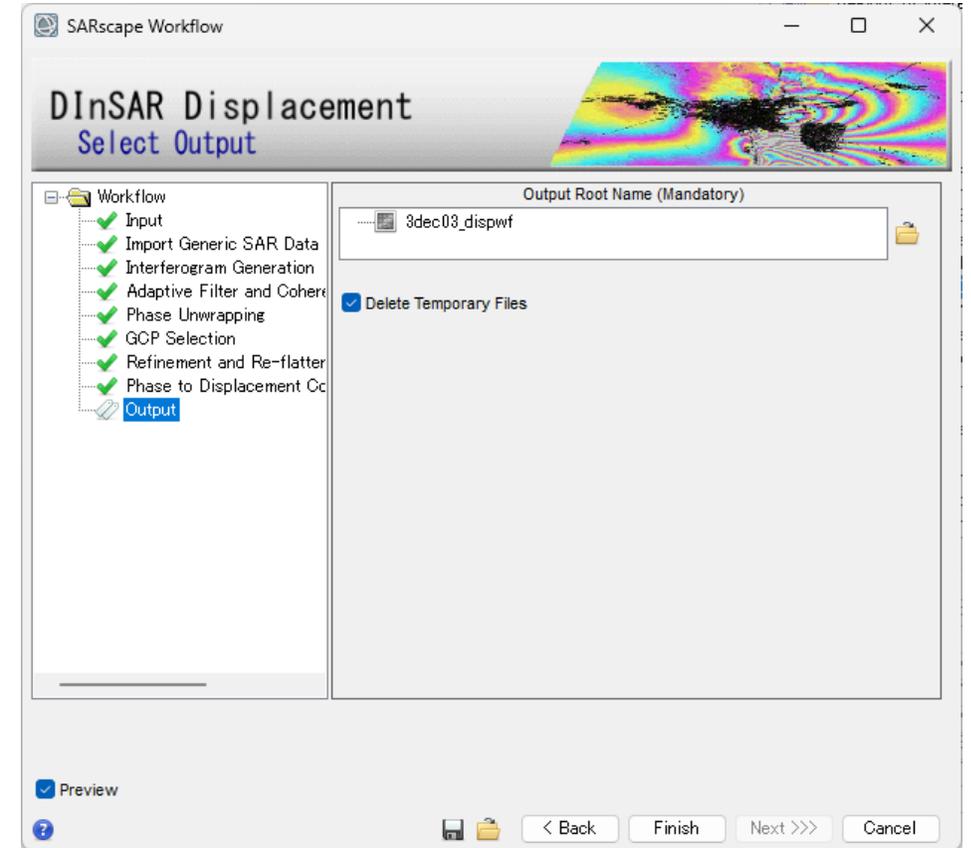
垂直方向やスロープ方向へ逆投影した変動結果を出力する場合はVertical Displacement、 Slope DisplacementをTrueにしてください。



# DInSAR Displacementワークフロー: 演習

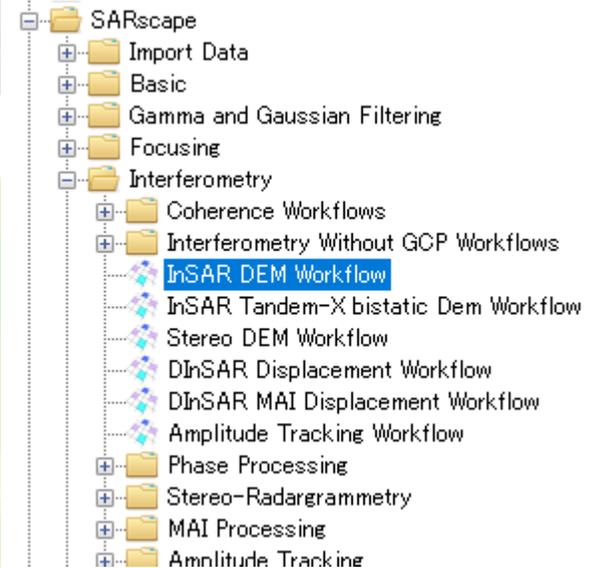
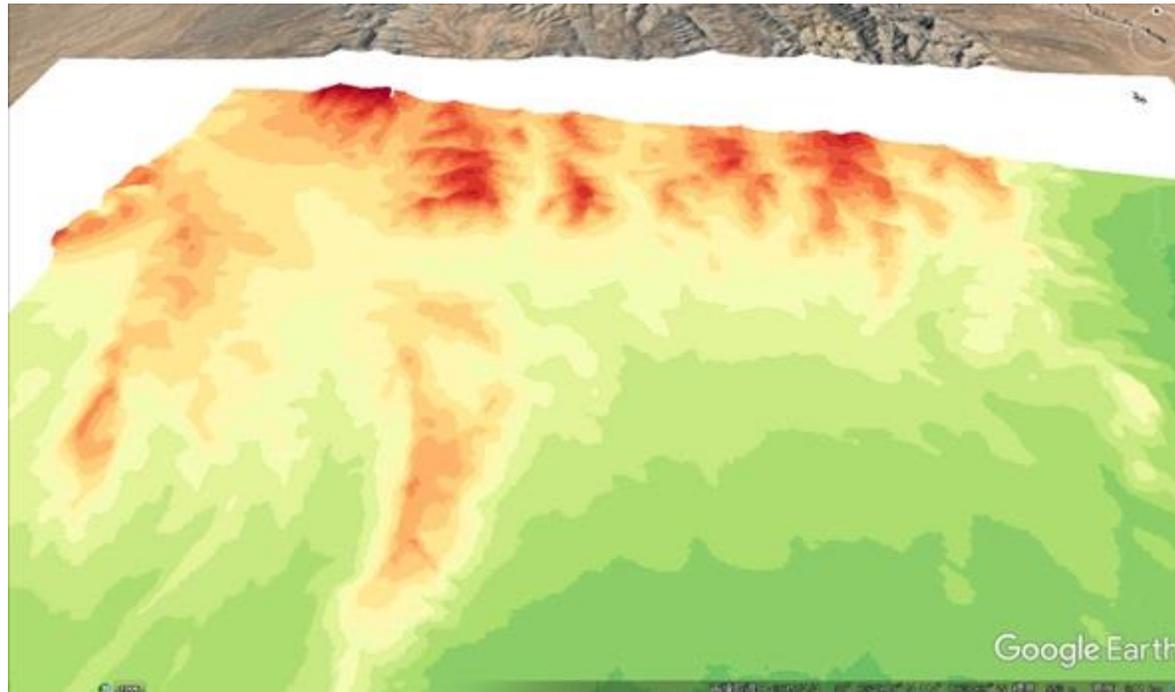
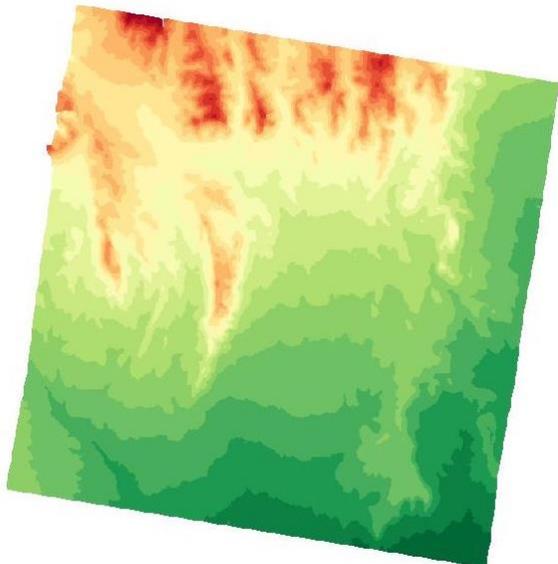
## Output ステップ

- Output Root Nameに任意のベースファイル名を入力し「Finish」をクリックします。
  - Delete Temporary Filesにチェックを入れたままにしておくと、今までPreview用に作成したテンポラリファイルを削除します。
  - 中間生成物もすべて残しておく場合には、このチェックを外してからFinishを押してください。



# 参考: InSAR DEMワークフロー

- 今回実行したDInSAR同様に、DEM作成のためのInSARワークフローも SARscapeに搭載されています。
- 詳細なステップは補足スライドにまとめてあります。



# さらに学習したい人のために

弊社HPでは、SARscapeの基本操作手順書を提供しています

弊社HP <https://www.nv5geospatialsoftware.co.jp/>  
ナビゲーションバー > 技術情報 > 技術資料(日本語)  
> SARscape 基本操作手順書の一覧 (強度画像、PS、SBAS、GCPなど)

## SARscape 基本操作手順書の一覧 (強度画像、PS、SBASなど)

Tuesday, October 20, 2020

SARscapeの基本的な解析処理やツール利用に関する操作手順書を公開します。

下記のリンクからPDFをダウンロードできます。是非、皆さまの業務や研究にご活用下さい。

※ SARscapeでは、バージョンによって、GUIや一部選択項目などに違いがあります。下記手順書のダウンロードでは、おおまかな使用バージョンを記載しておりますが、ご不明点がございましたら技術サポート宛にお問い合わせをお願いします。

1. Sentinel-1のダウンロードサイトの情報やSARscapeのダウンロードツールの基本操作説明です
  - 1-1. SARscape Sentinel-1 Downloadツール使用手順 (SARscape5.5まで)
  - 1-2. SARscape Sentinel-1 Downloadツール使用手順 (SARscape5.6.2)
2. SARscapeでSLCデータから地理座標情報付きの強度画像を作成する操作手順書です
  - 2-1. SARscape 地理情報付き強度画像作成手順書 (SARscape5.5まで)
  - 2-2. SARscape 地理情報付き強度画像作成手順書 (SARscape5.6.2)
3. Sentinel-1を使って干渉SAR解析を行う際の基本的な操作手順書です

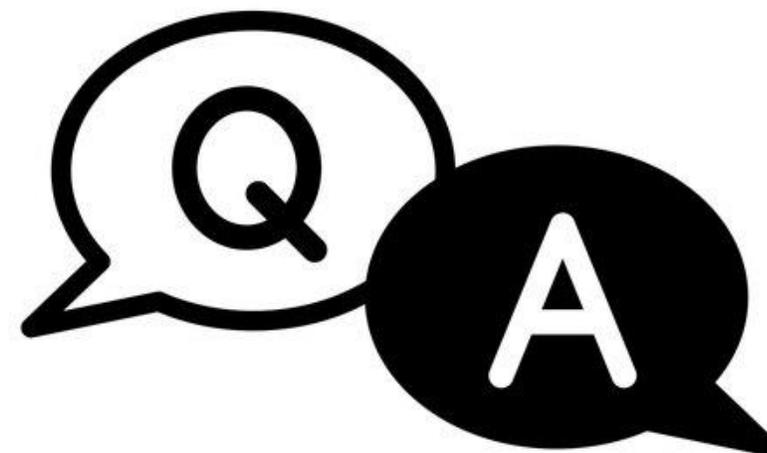
# 質疑応答

- 本日のトレーニングや全体を通して、疑問点があればご質問ください。
- トレーニング終了後に思いついた質問などあれば、以下の連絡先までご連絡ください。

NV5 Geospatial 製品・サポート連絡先

E-mail :

[support\\_jp@NV5.com](mailto:support_jp@NV5.com)



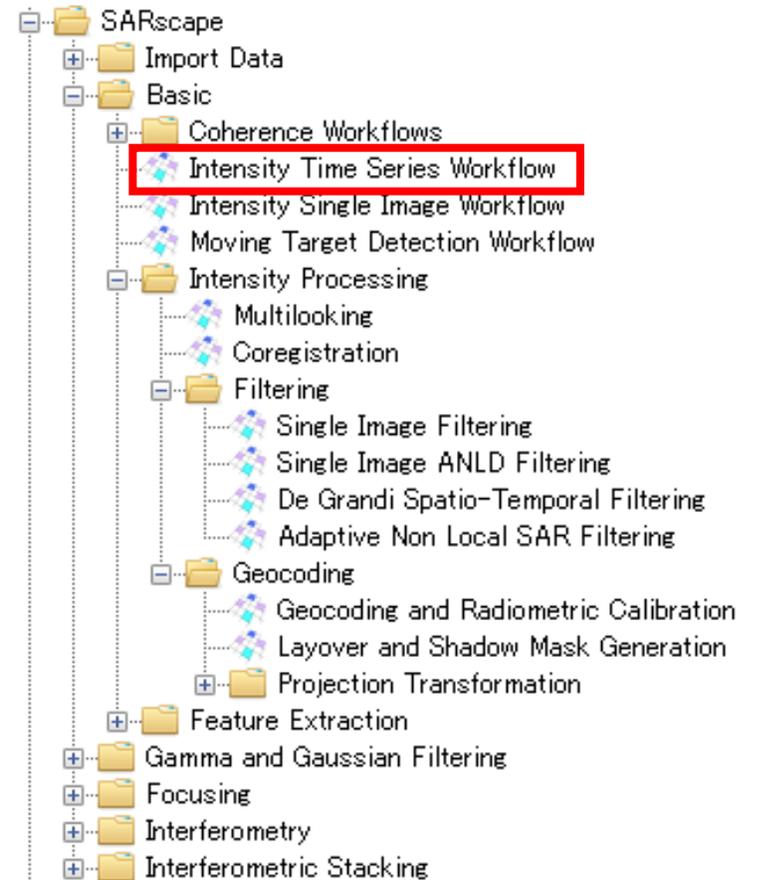
**N|V|5**  
GEOSPATIAL

補足演習1:  
Intensity Time Series ワークフロー

# SARscape での基本処理手順: Intensity Time Series ワークフロー

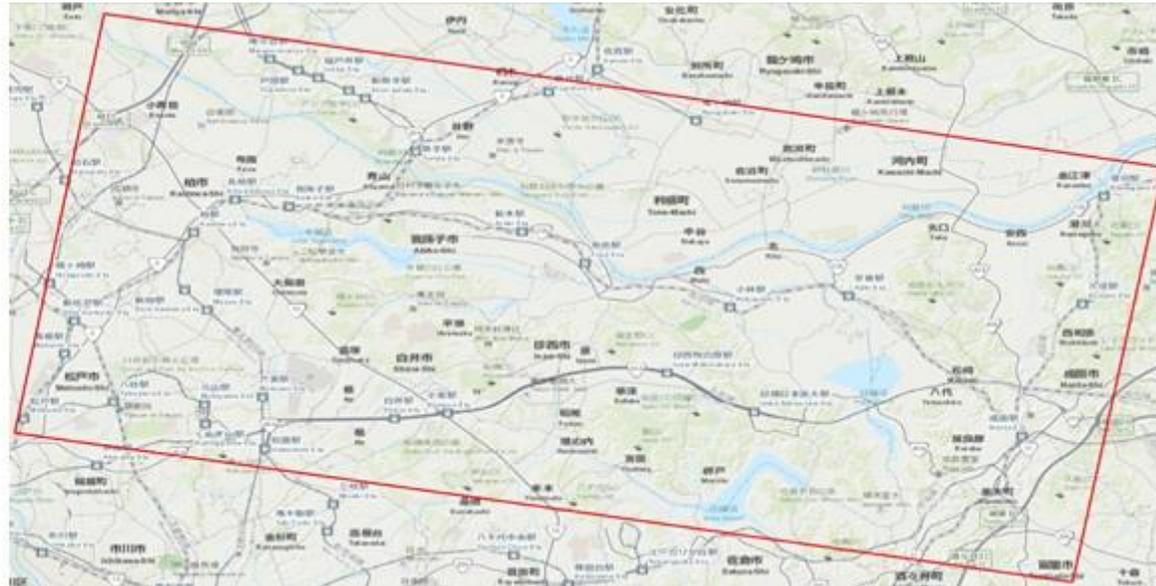
同じ撮影条件で得られた異なる撮影時期のデータを対象にして、以下の一連の処理をまとめて実施するためのワークフローが用意されています。

1. マルチルック
2. コレジストレーション
3. フィルタ
4. 時系列データの解析
5. ジオコーディング



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

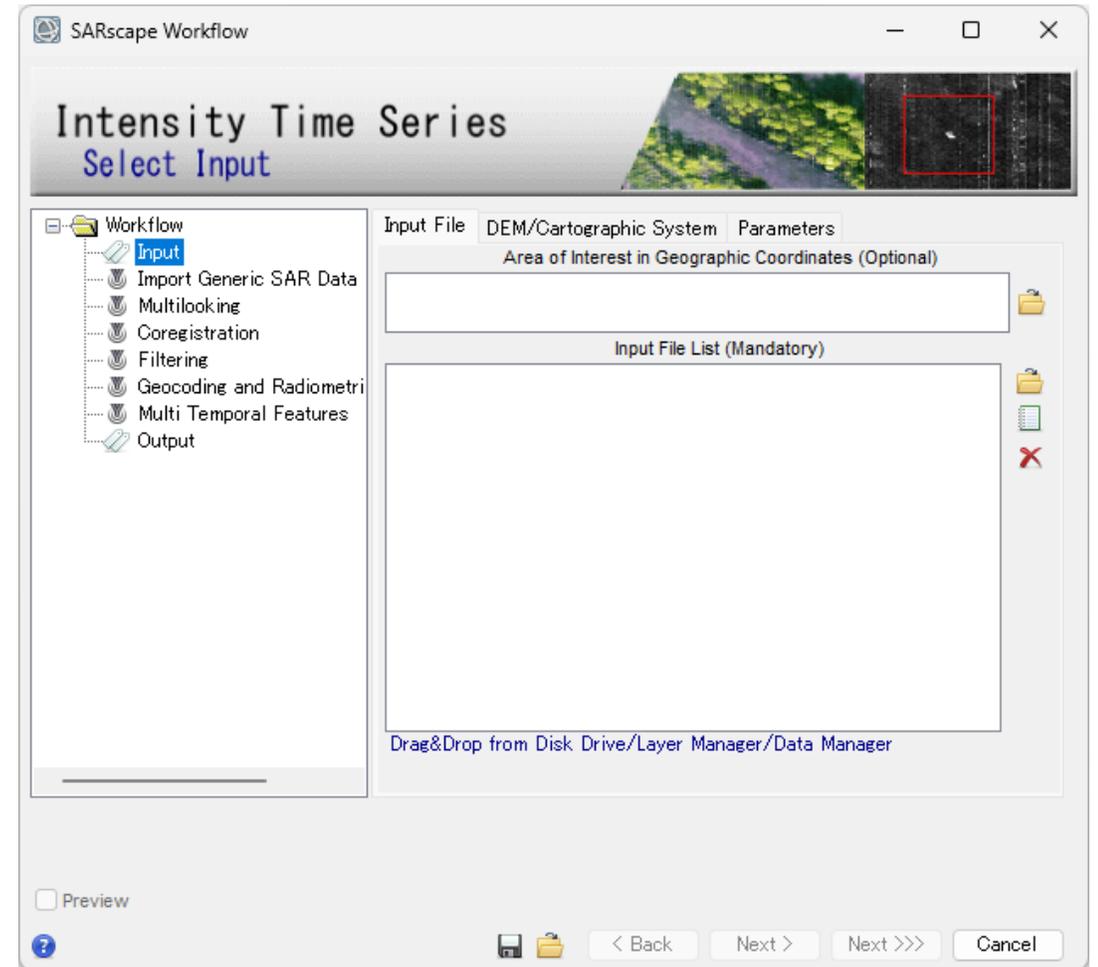
- 同一シーンの複数時期のデータを扱いますが、すべて読み込みから行うと時間がかかりますので、既に小さなサイズに切り取ったSLCデータを利用して処理を行います。
- 柏市から成田市あたりまでの範囲のSAR SLCデータを使用します。  
2009年12月04日、 2010年04月21日、 2010年06月06日  
2010年07月22日、 2010年09月06日、 2010年10月22日の6シーン



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Input ステップ

1. 表示しているデータがある場合には、データマネージャでファイルを閉じてください。
2. ENVI ツールボックス → SARscape → Basic → Intensity Time Series Workflow を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。ワークフローダイアログは以下のようになります。左側にワークフロー内の処理ステップのリストが表示されます。



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Input ステップ

3. 以下の設定値を入力し、左下の Preview にチェックを入れて、Preview にチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

### Input Files:

- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20091204\_slc
- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20100421\_slc
- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20100606\_slc
- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20100722\_slc
- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20100906\_slc
- C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥SLC¥20101022\_slc

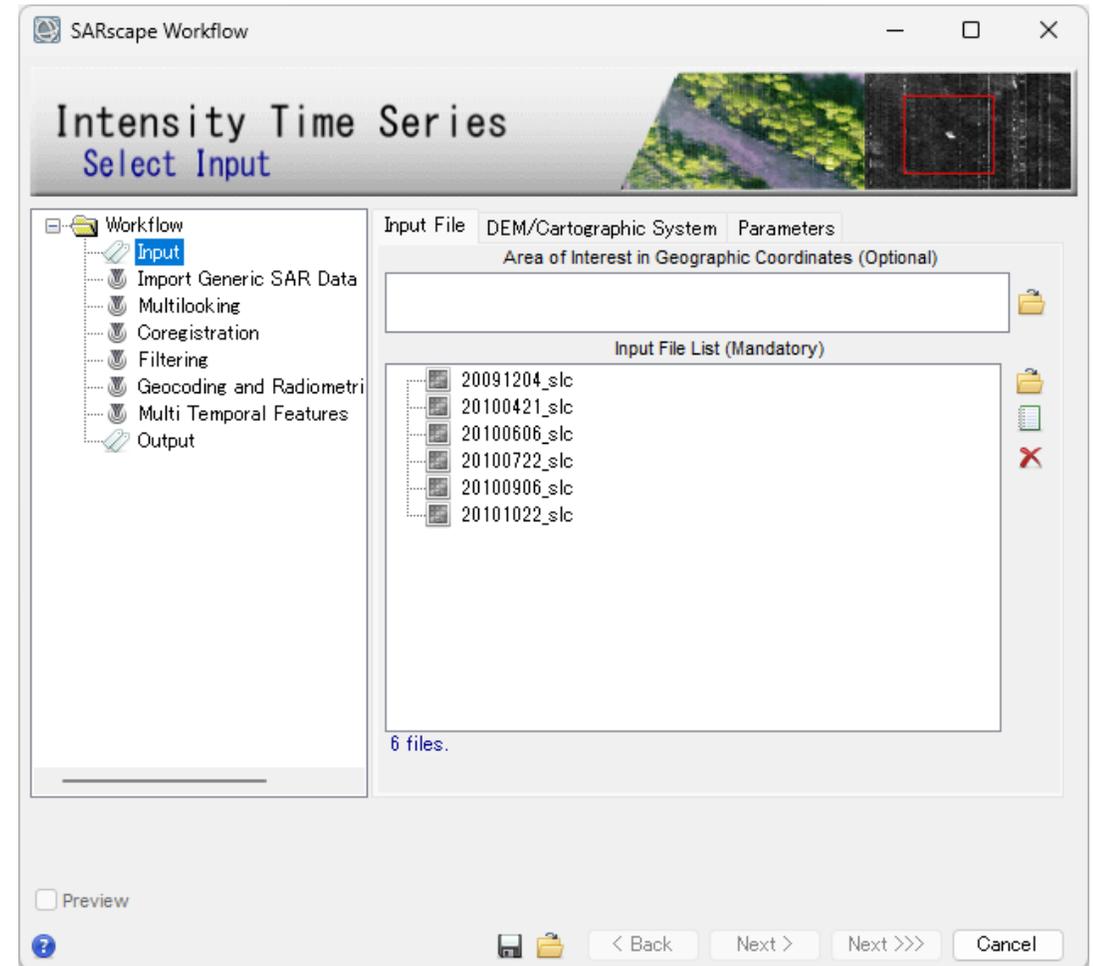
### DEM/Cartographic System:

C:¥Training¥SARscape¥PALSAR¥DEM¥srtm\_dem

### Parameters:

Grid Size: 6.5

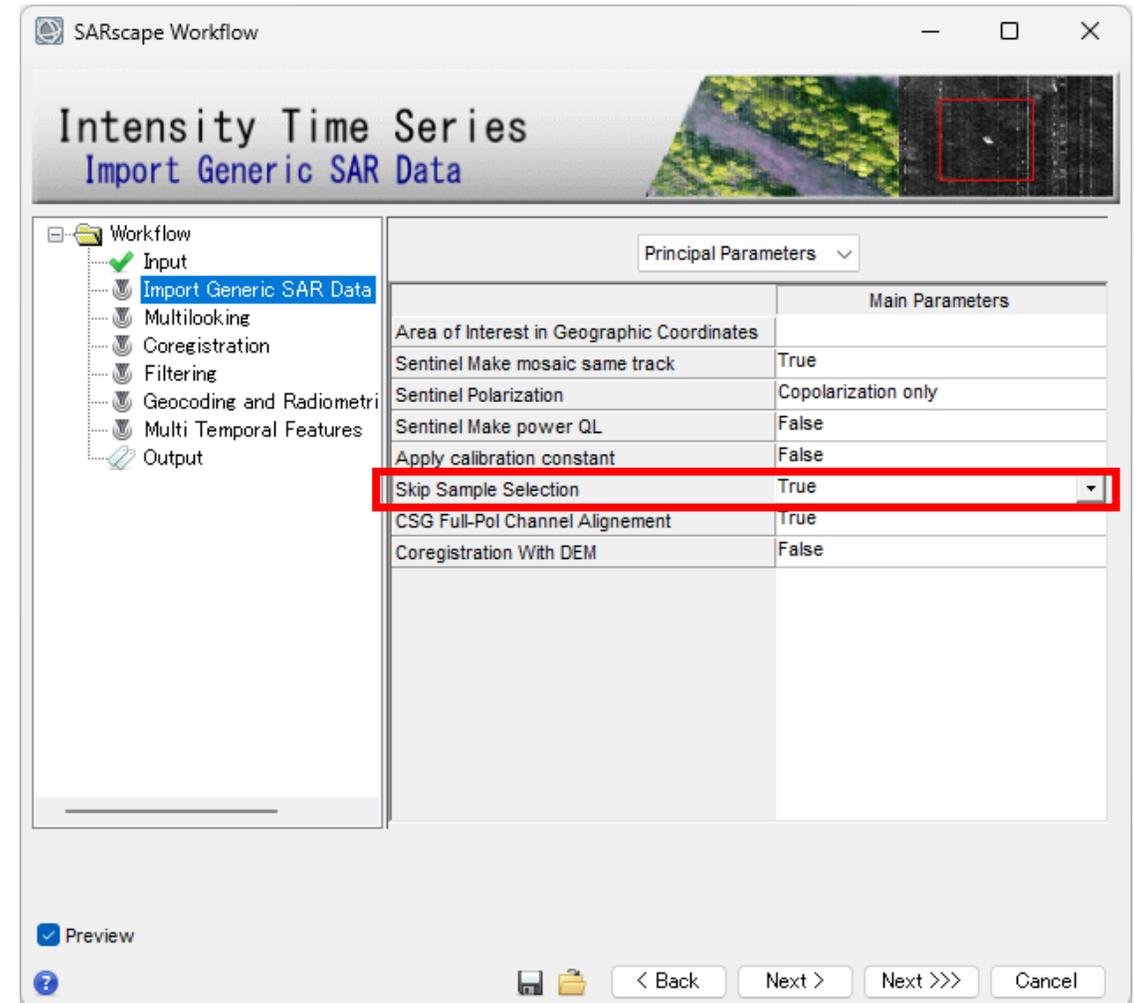
Filter Method: De Grandi Spatio-Temporal



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Import Generic SAR Data ステップ

- 事前にSLCにインポートしていない場合、ワークフロー内でもオリジナルデータからインポートが可能です。
- この演習ではSample Selectionの工程をスキップしますので「Skip Sample Selection」パラメータはTrueに変更し、「Next」をクリックしてください。



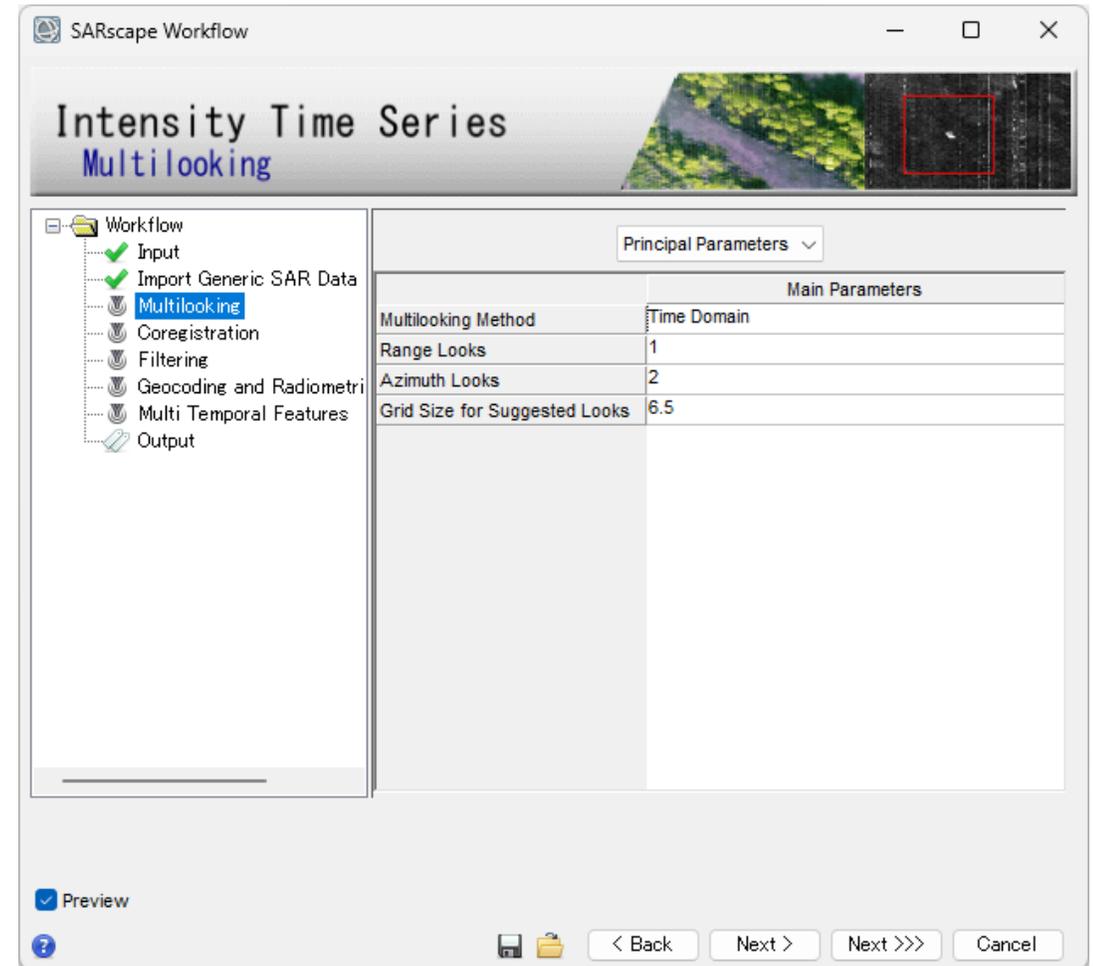
# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Multilooking ステップ

1. Principal Parametersの各項目が【設定値】の通りであることを確認して、Previewチェックボックスにチェックを入れて「Next」をクリックします。
2. 処理が完了すると、ENVI上に\*\_pwrと接尾子のついた各入力ファイルの強度画像が表示されます。レイヤーマネージャで各レイヤーを確認すると、この段階では互いに位置にずれがあることが確認できます。

### 【設定値】

Multilooking Method: Time Domain  
Range Multilook: 1  
Azimuth Multilook: 2  
Grid Size for Suggested Looks: 6.5



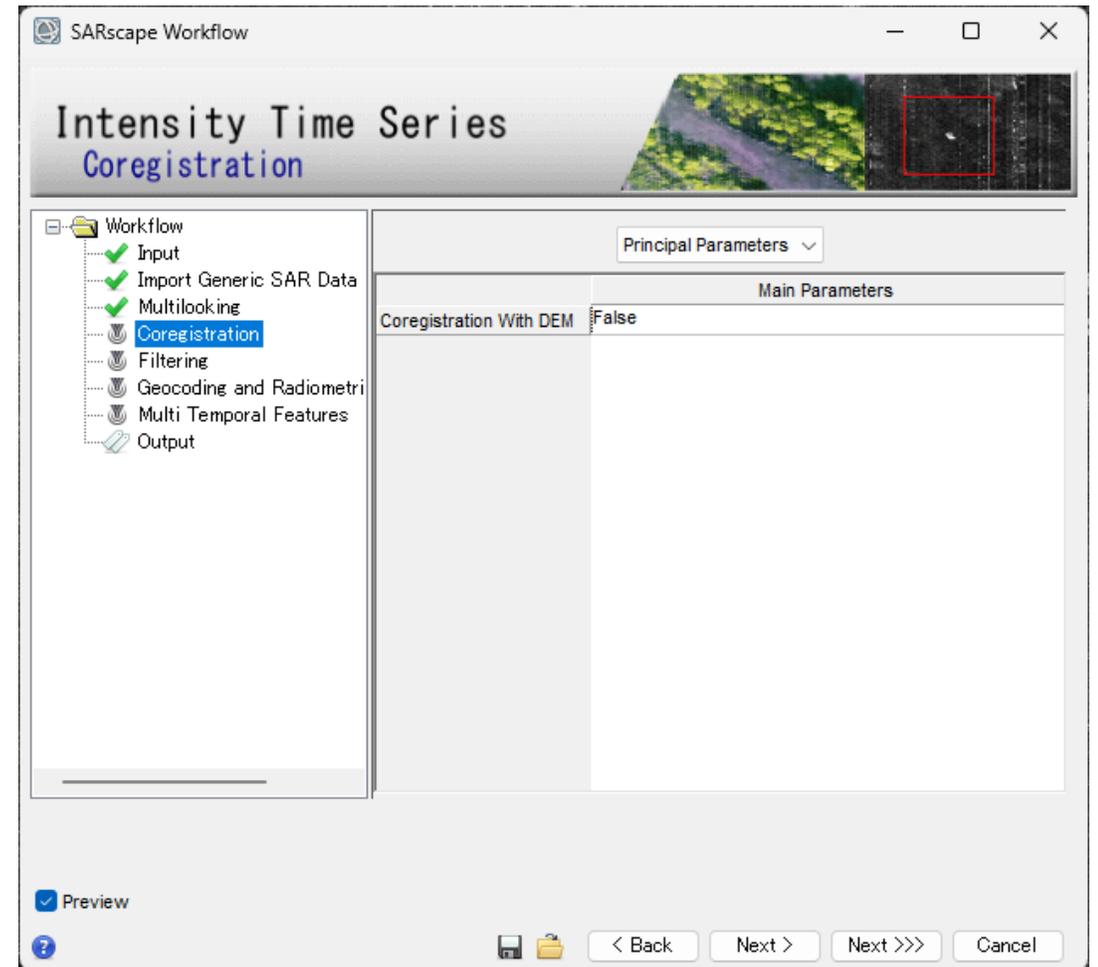
# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Coregistraion ステップ

1. Principal Parametersの各項目が【設定値】の通りであることを確認して、Previewチェックボックスにチェックを入れて「Next」をクリックします。
2. 処理が完了すると、ENVI上に\*.rspと接尾子のついた各強度画像の位置合わせされた画像群が表示されます。レイヤーマネージャの表示/非表示切り替えや透過度を変更して各レイヤーの位置にずれがなくなったことを確認してください。

### 【設定値】

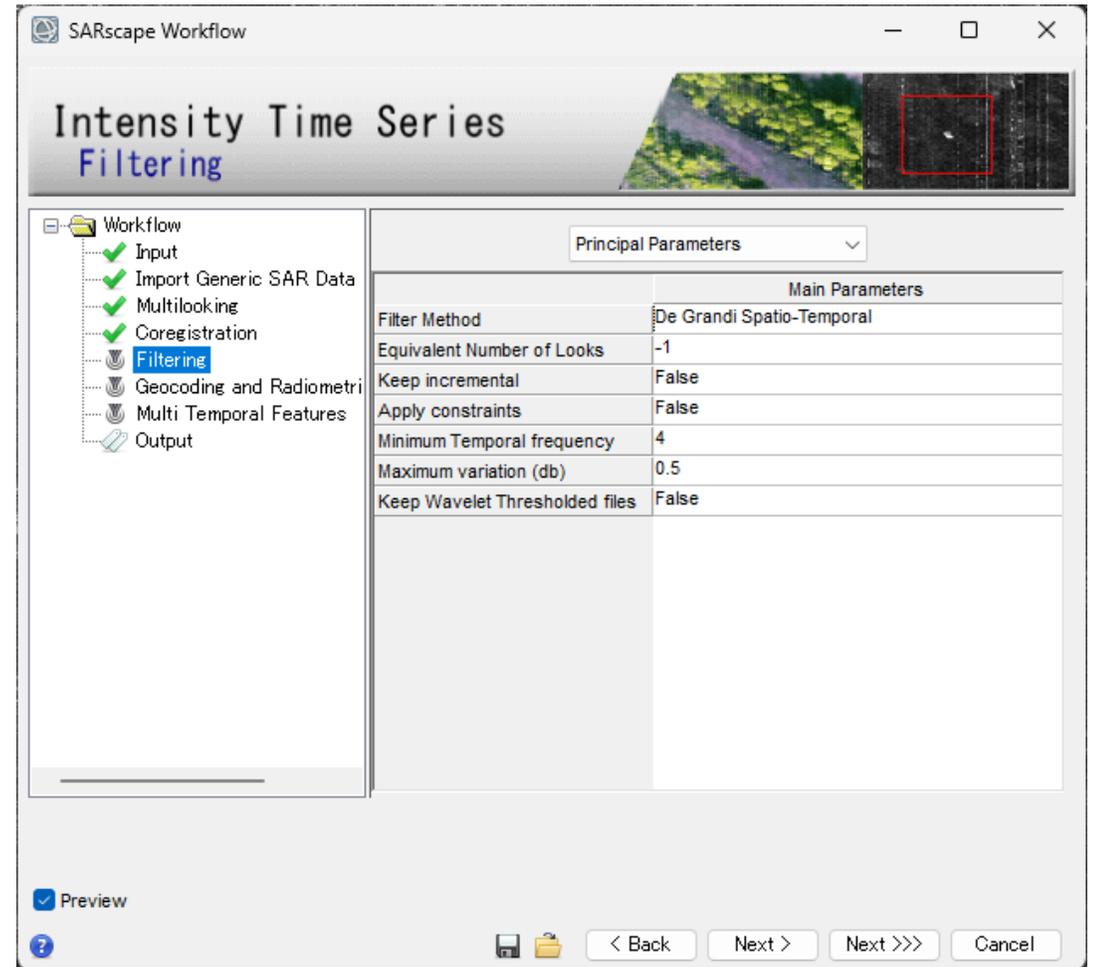
Coregistration With DEM: False



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## De Grandi Spatial-Temporal Filtering ステップ

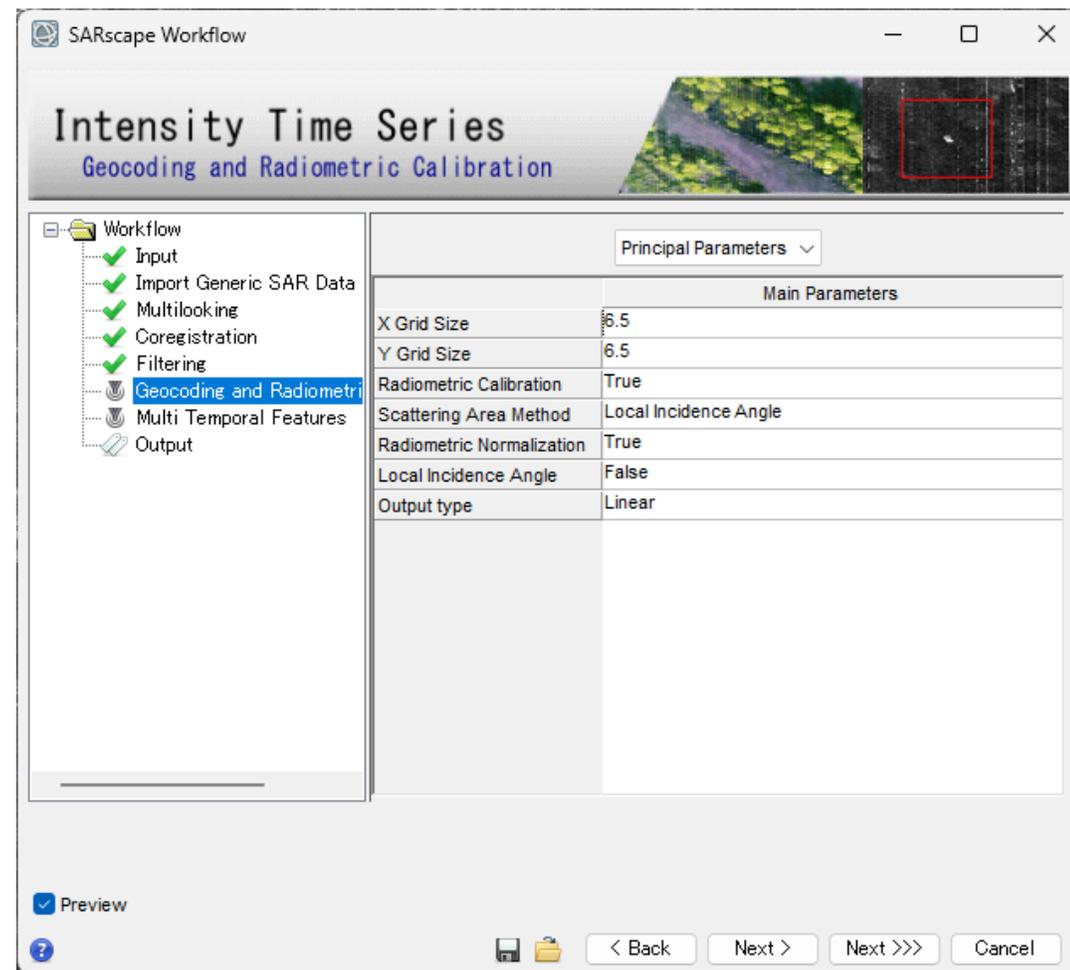
1. Principal Parametersの各項目はデフォルト設定のまま、Previewチェックボックスにチェックを入れて「Next」をクリックします。
2. 処理が完了すると、ENVI上に\*filと接尾子のついた位置合わせされた各強度画のフィルタリングされた画像群が表示されます。レイヤーマネージャの表示/非表示切り替えや透過度を調整して同一日付の\*\_rspと\*\_filの比較をしてみましょう。河川の部分などが軽減されていることがわかります。



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Geocoding and Radiometric Calibration ステップ

1. パラメータはデフォルトのまま「Next」をクリックしてください。
2. 処理が完了すると、ENVI上に\*\_geoと接尾子のついたジオコーディングされた画像群が表示されます。ENVIのステータスバーに地理情報が表示されていることが確認できます。  
✓ SAR画像に付加される投影情報はDEMデータが持つ投影情報となります。

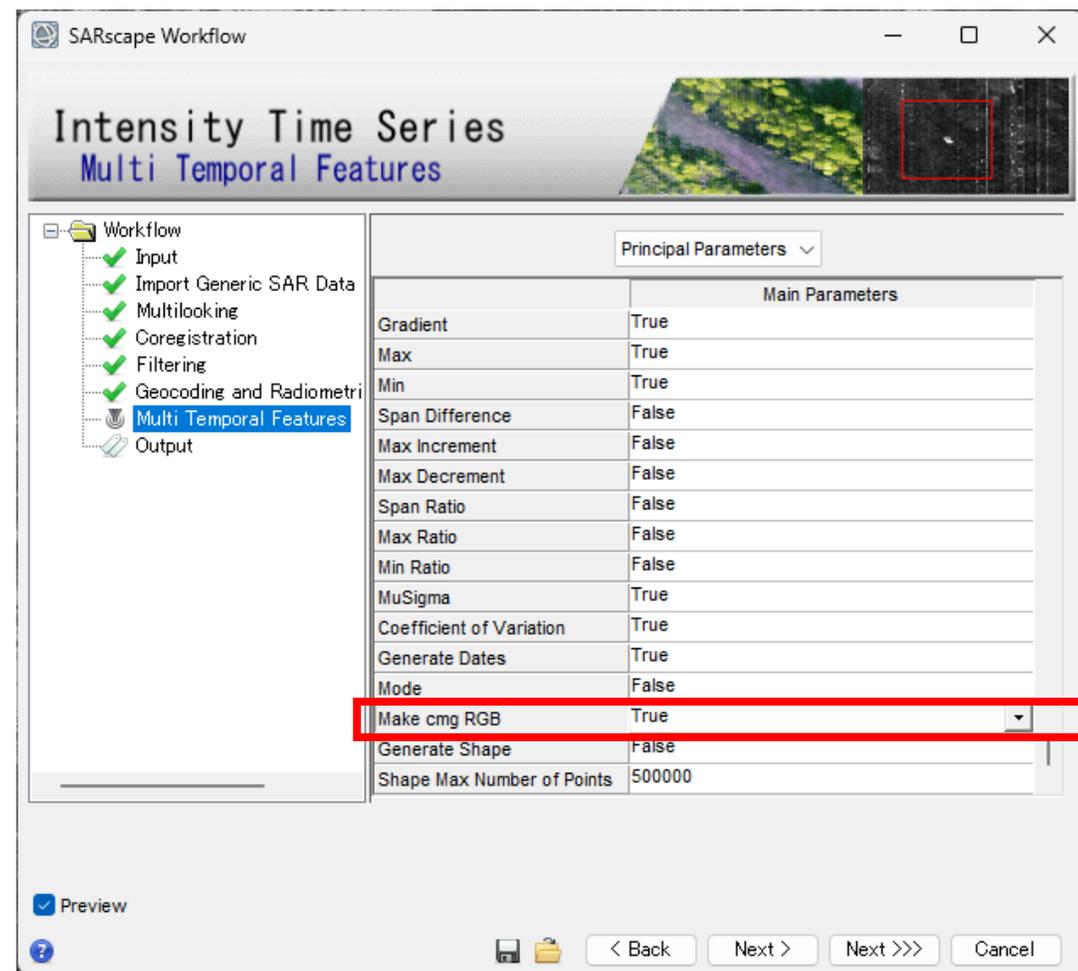


# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Multi Temporal Features ステップ

入力した時系列SARデータの統計計算など特徴抽出します。

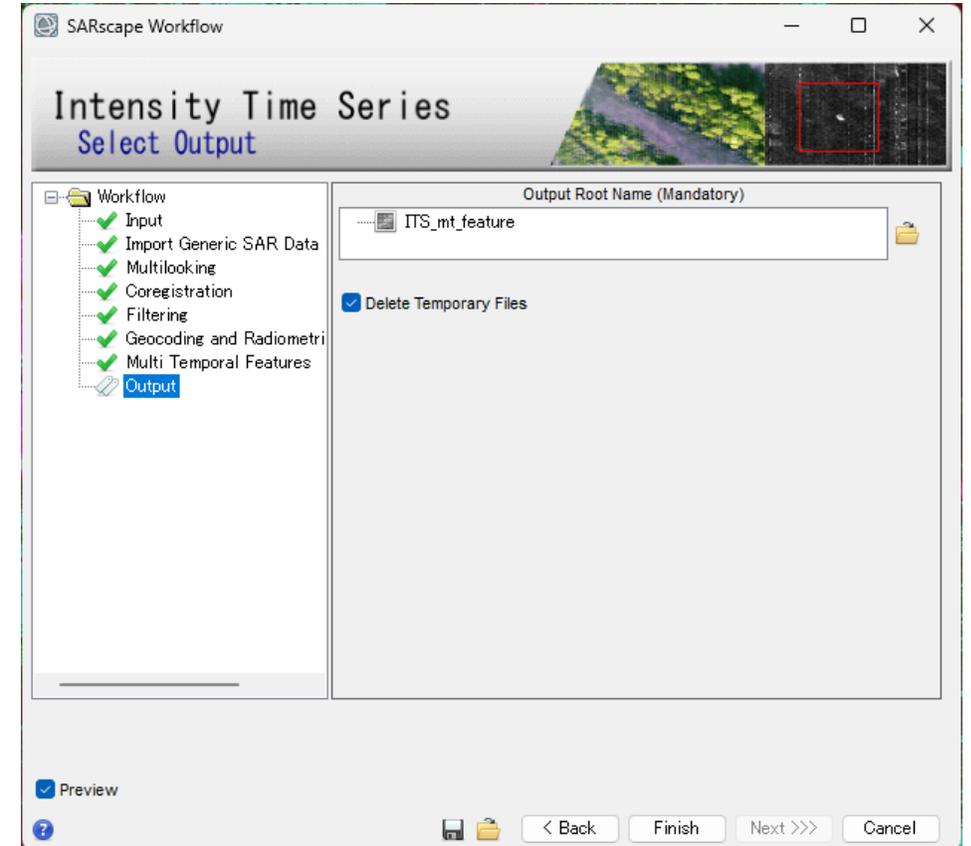
1. パラメータはデフォルトのまま「Next」をクリックしてください。
  - ✓ Make cmg RGBフラグこのフラグを設定すると、以下をRGB合成画像として生成してくれます。(デフォルト:True)
    - ✓ 変動係数 (Coefficient of Variation)
    - ✓ 最小値 (Min)
    - ✓ 勾配 (Gradient)



# Intensity Time Series ワークフロー: 演習

## Output ステップ

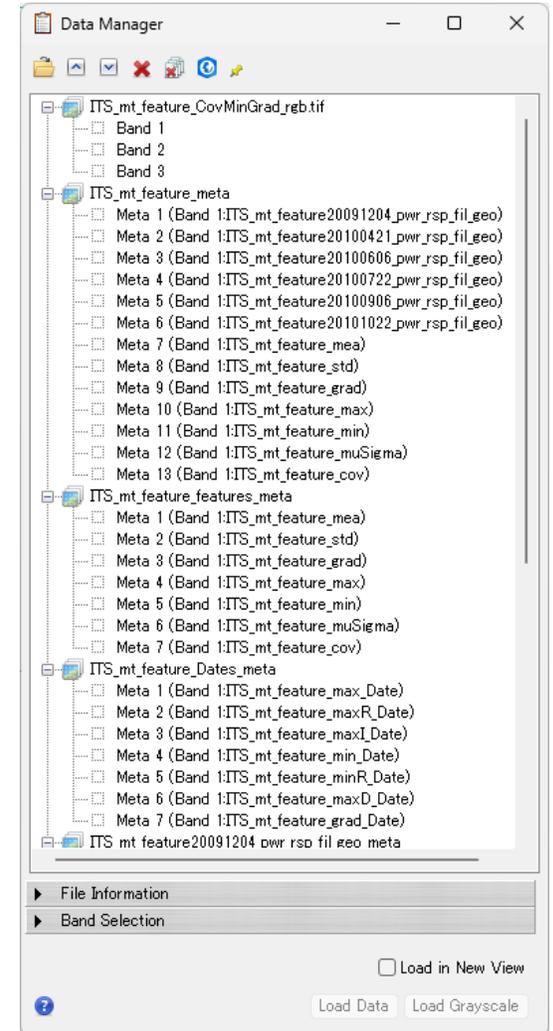
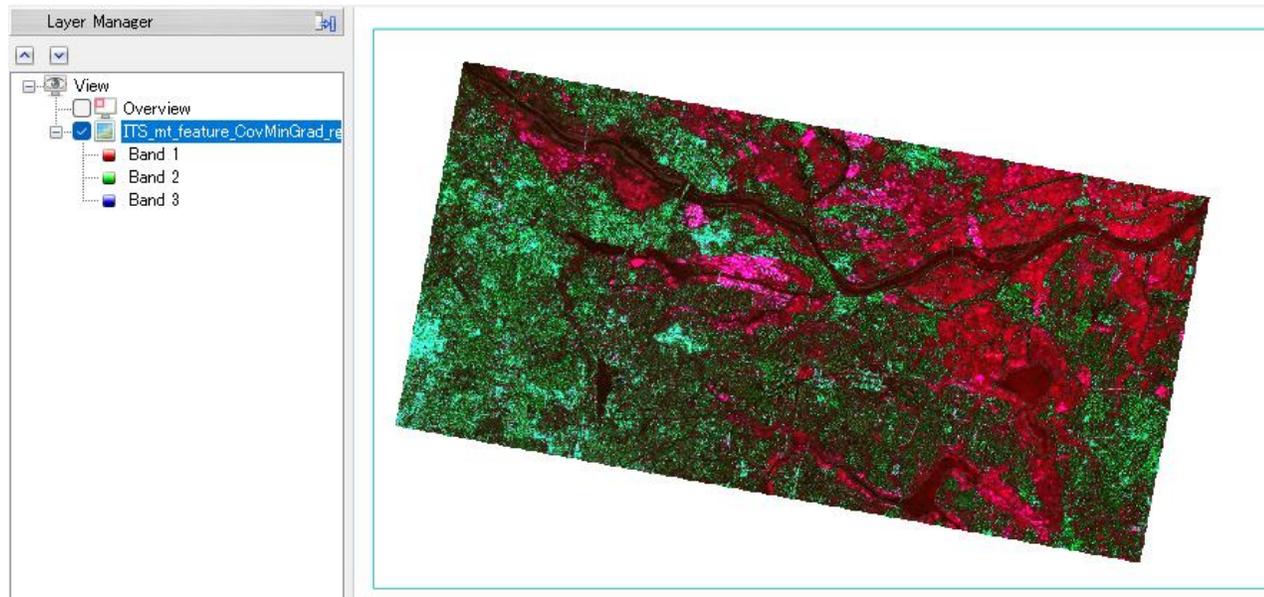
- Output Root Nameに任意のベースファイル名を入力し「Finish」をクリックします。
  - Delete Temporary Filesにチェックを入れたままにしておくと、今までPreview用に作成したテンポラリファイルを削除します。
  - 中間生成物もすべて残しておく場合には、このチェックを外してからFinishを押してください。



# Intensity Time Series ワークフロー: 結果確認

処理が完了すると、レイヤーマネージャにあった中間ファイルは削除され、出力した\*\_mt\_feature\_metaファイルが表示されます。

- Make cmg RGBがTrueになっていると、Coefficient of Variation, Min, Gradient をRGBに割り当てたTIFFが作成されます。
- \*\_metaファイルには、Band1~Band6までに各日付のジオコーディング画像と、Band7以降にMulti-Temporal Featuresで設定したバンドが含まれています。



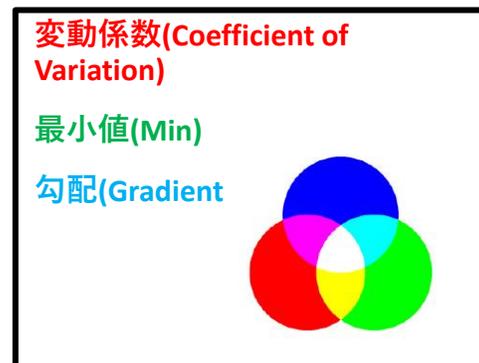
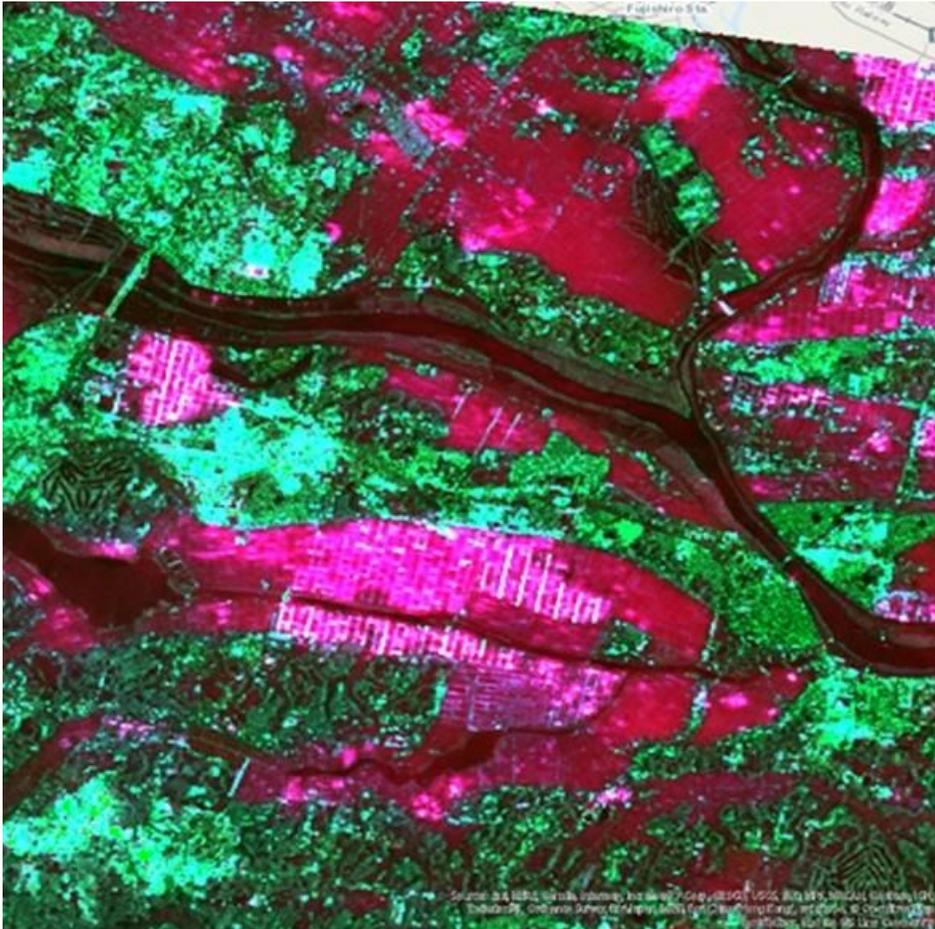
# Intensity Time Series ワークフロー: 結果確認

intensity\_CovMinGrad\_rgb.tif ファイルを確認します。

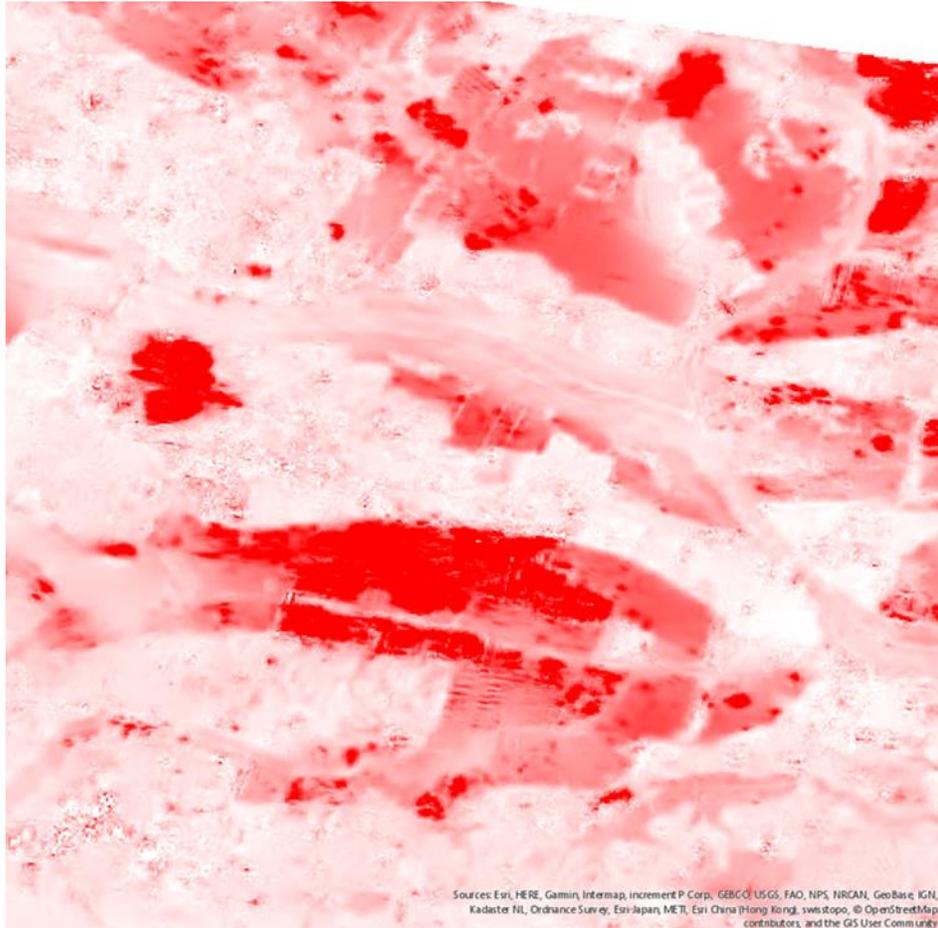


# Intensity Time Series ワークフロー: 結果確認

intensity\_CovMinGrad\_rgb.tif ファイルを確認します。



intensity\_CovMinGrad\_rgb.tif ファイルを確認します。



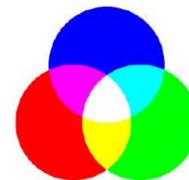
## 変動係数:

- 標準偏差 / 平均値 → 時系列的なばらつきの大きさ
- 水田といった時間毎に著しく変化していく場所では、この値が大きくなります。

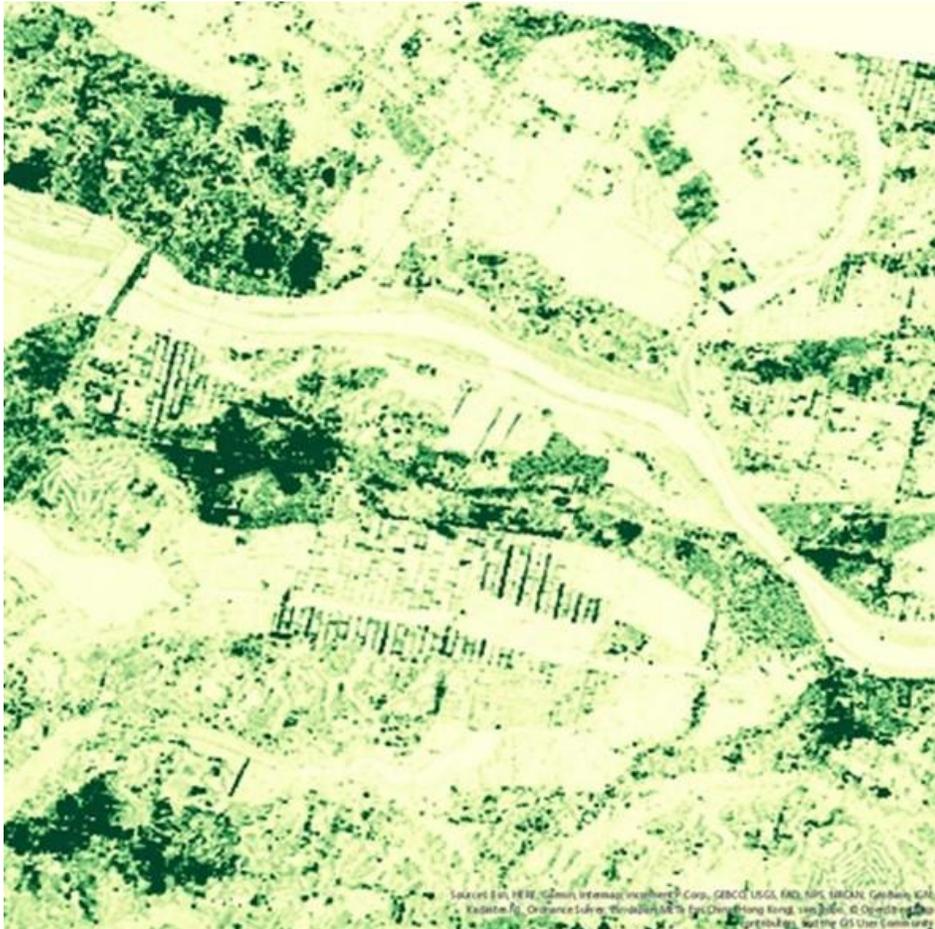
変動係数(Coefficient of Variation)

最小値(Min)

勾配(Gradient)



intensity\_CovMinGrad\_rgb.tif ファイルを確認します。



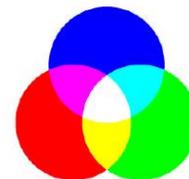
## 最小値:

- 入力期間での最小値
- 強い反射を示す建物といった構造物では、最小値自体がほかの対象物よりも大きな値を示します。

変動係数(Coefficient of Variation)

最小値(Min)

勾配(Gradient)



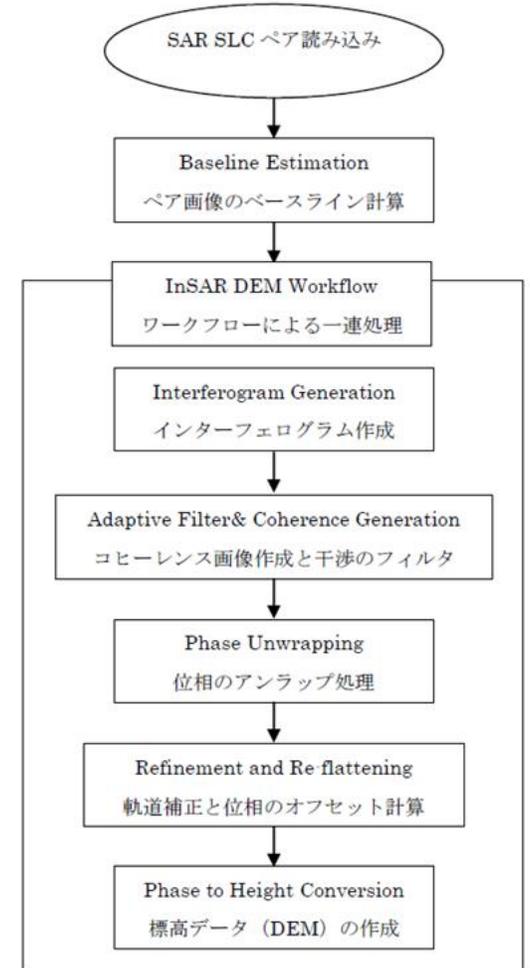


## 補足演習2: InSAR DEMワークフロー

# 処理の概要

SAR画像ペアからインターフェログラム（干渉画像）を作成しDEM作成まで一連の処理を実行します。

1. インターフェログラムの作成
2. コヒーレンス画像作成と干渉フィルタ
3. 位相のアンラップ処理
4. 軌道補正と位相のオフセット計算
5. 標高データ(DEM)の作成



# 使用するデータについて

## ビーバーダムウォッシュ国立保護区周辺のENVISAT ASAR IS4 データ

- 撮影時期: 2002 年11月7日 / 2003年1月16日 のペア
- 本トレーニング使用するデータはすでにSARscapeへインポート済み

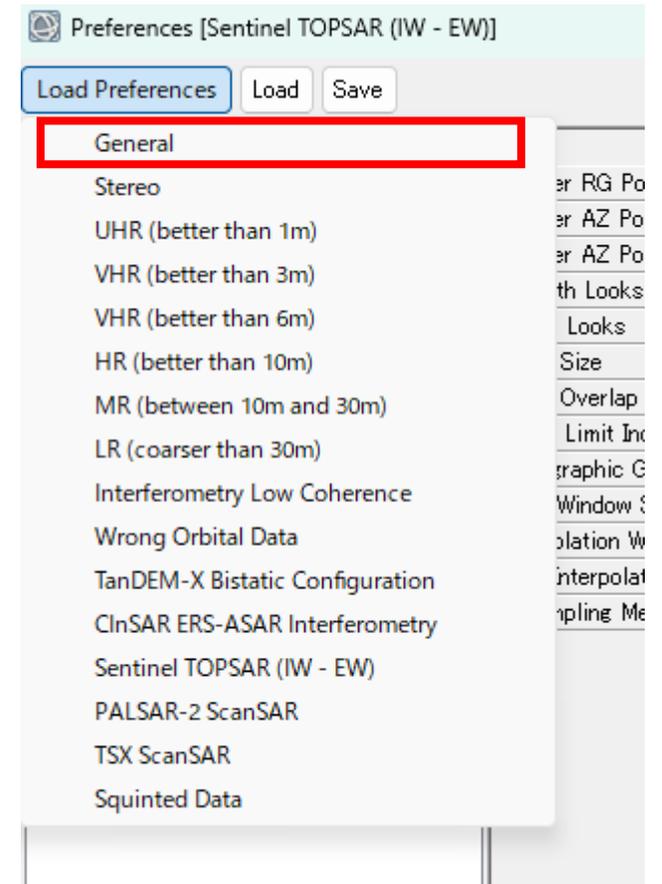
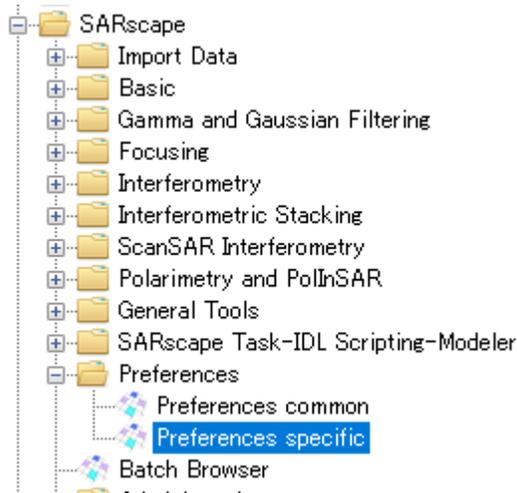


The Bureau of Land Management

<https://www.blm.gov/visit/beaver-dam-wash-national-conservation-area>

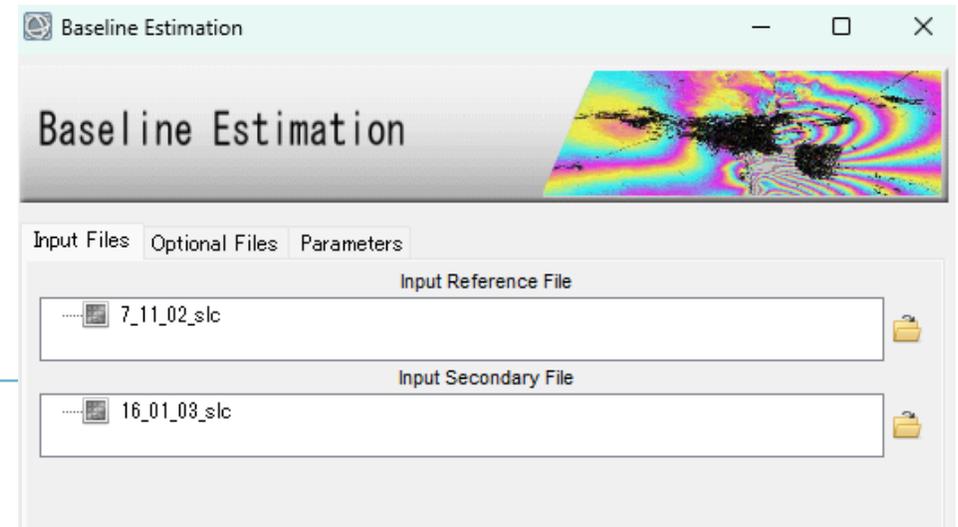
# Preferences specificの変更

- 先ほどの演習でSentinel TOPSAR (IW - EW)を使用していたので、ここではGeneralという設定に変更してください。
- /SARscape/Preferences/Preferences specific



# Baseline Estimationの確認

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometry → Interferometric Tools → Baseline Estimationを選択し、設定ダイアログを起動します。
2. Input FilesタブにReferenceおよびSecondaryのファイルを設定し、Execボタンで実行します。



## 【設定値】

Input Fileタブ

Input Reference File:

C:\Training\SARscape\reference\InSAR\_Input\DORIS\7\_11\_02\_slc

Input Secondary File:

C:\Training\SARscape\reference\InSAR\_Input\DORIS\16\_01\_03\_slc

# Baseline Estimationの確認

出力結果を確認します。

- Normal Baseline（垂直方向の距離）が Critical Baseline（臨界ベースライン）の距離に収まっているか確認します。
- Critical Baselineより Normal Baselineが大きくなった場合は、位相情報が大きく異なるため、二つの画像を干渉させ、インターフェロメトリの処理を行うことができません。

干渉するための臨界ベースラインが  $\pm 1418.164[m]$  に対し、両者のノーマルベースラインが  $116.530[m]$  であるので、このペアは干渉できるペアとわかる。

```

Baseline Estimation
File
Normal Baseline (m) = 116.530   Critical Baseline min - max(m) = [-1418.164] - [1418.164]
Range Shift (pixels) = 0.512
Azimuth Shift (pixels) = -112.329
Slant Range Distance (m) = 905391.324
Absolute Time Baseline (Days) = 70
Doppler Centroid diff. (Hz) = -44.496   Critical min-max (Hz) = [-1694.995] - [1694.995]
2 PI Ambiguity height (InSAR) (m) = 113.593
2 PI Ambiguity displacement (DInSAR) (m) = 0.028
1 Pixel Shift Ambiguity height (Stereo Radargrammetry) (m) = 31527.278
1 Pixel Shift Ambiguity displacement (Amplitude Tracking) (m) = 7.804
Reference Incidence Angle = 31.330   Absolute Incidence Angle difference = 0.007
Potentially suitable for Interferometry or Amplitude Tracking
  
```

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Input ステップ

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometry → InSAR DEM Workflow を選択し、InSAR ワークフローダイアログを起動してください。  
✓ ツールボックスの検索機能は使用しないでください。先に検出されたツール名の方が優先表示され、GCP取得の工程が省略された方のInSAR DEM Workflowが起動されてしまいます。
2. Inputダイアログの設定は以下のようになります。設定を確認し、Nextボタンで先に進めます。

### Input Fileタブ

Reference File:

C:\Training\SARscape\reference\InSAR\_Input\DORIS\7\_11\_02\_slc

Secondary File:

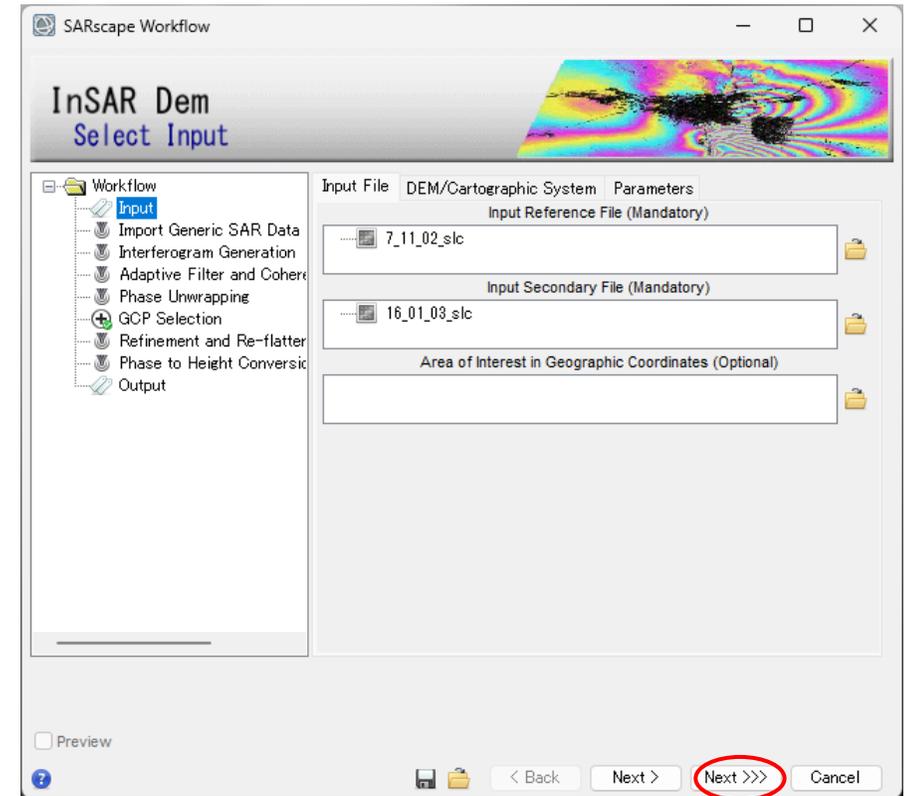
C:\Training\SARscape\reference\InSAR\_Input\DORIS\16\_01\_03\_slc

### DEM/Cartographic Systemタブ

DEM file: C:\Training\SARscape\reference\InSAR\_Input\start\_dem

### Parametersタブ

Grid Size: 25.0



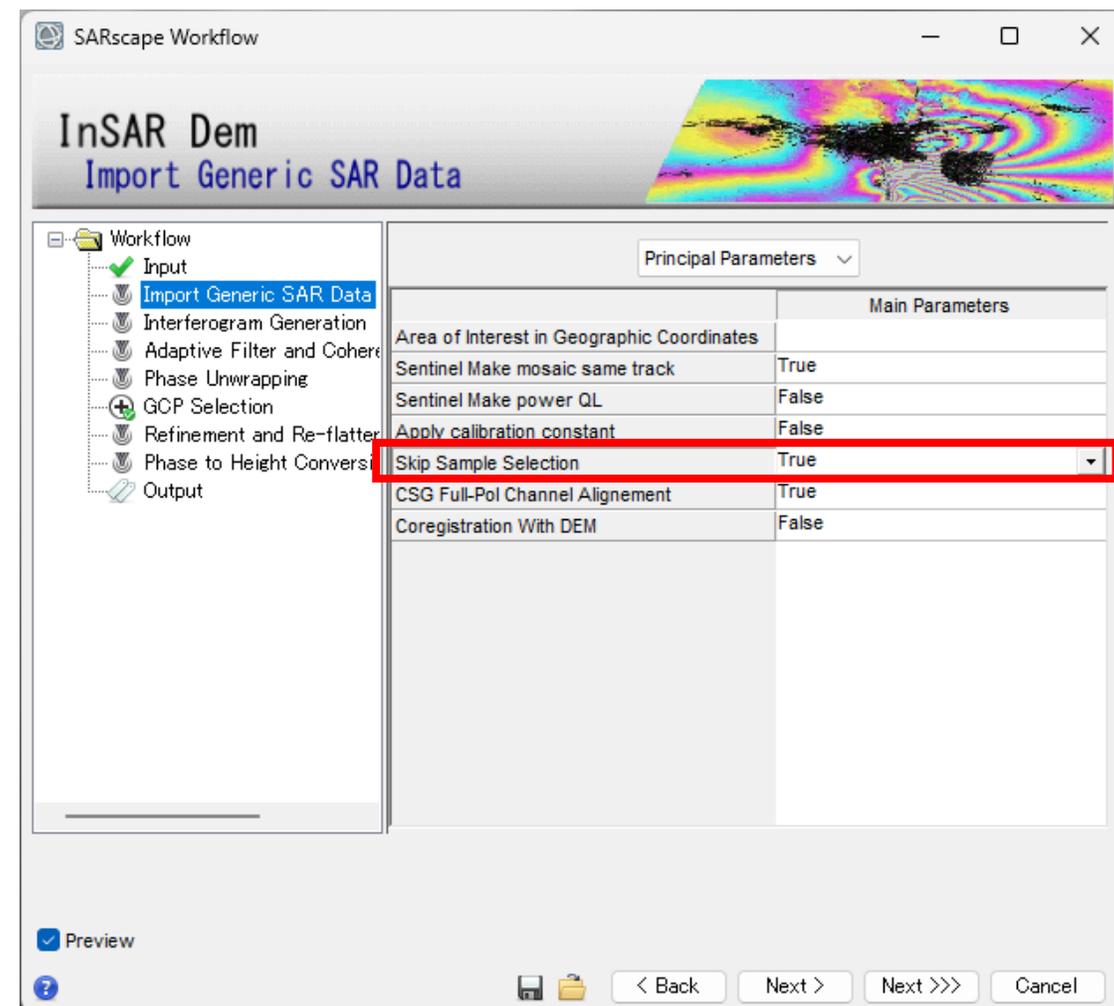
**Next>>>は押さないでください。**

対話的な処理が必要な工程まで、要求されるまで処理が一気に進んでしまいます。

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Import Generic SAR Data ステップ

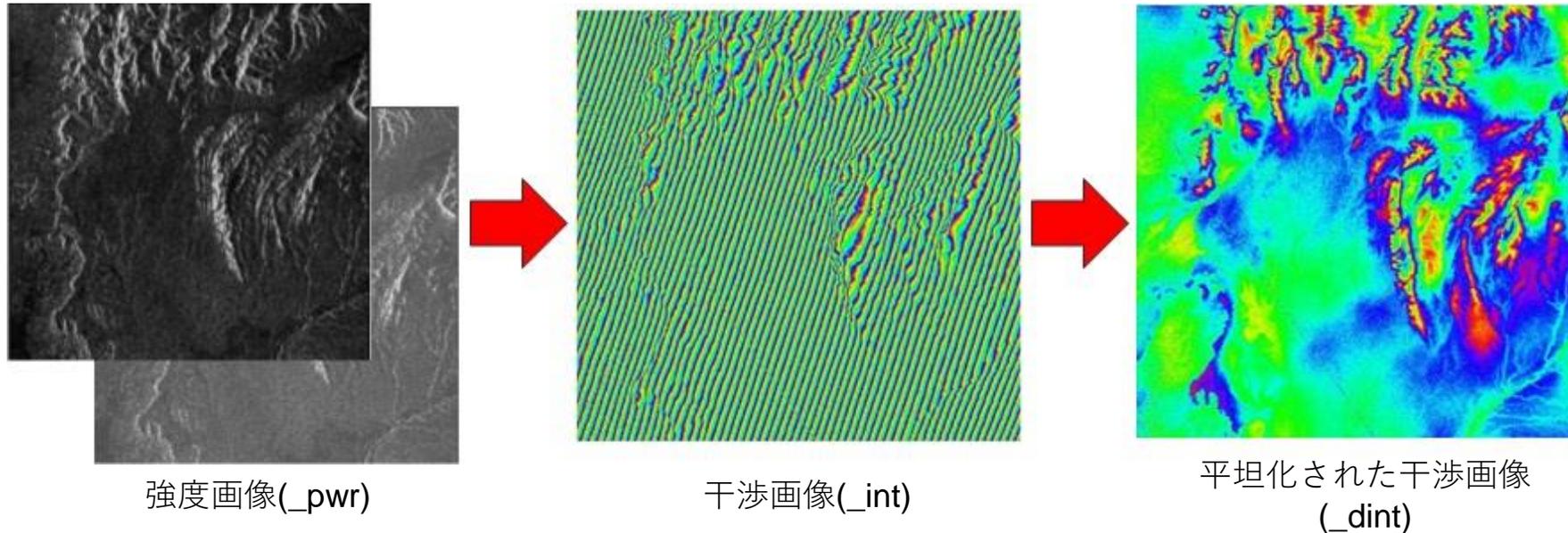
- 事前にSLCにインポートしていない場合、ワークフロー内でもオリジナルデータからインポートが可能です。
- この演習ではSample Selectionの工程をスキップしますので「Skip Sample Selection」パラメータはTrueに変更し、「Next」をクリックしてください。



# InSAR DEMワークフロー: 演習 Interferogram Generation ステップ

干渉画像を作成ステップです。

- SARscapeではアンラップのために、軌道縞・地形縞の除去をここで行います。
- `_int`という中間ファイルは、これらの情報が除去されていない画像です。



# InSAR DEMワークフロー: 演習 Interferogram Generation ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

## 【設定値】

Range Looks: 1

Azimuth Looks: 4

→変更後にEnterキーで確定させる

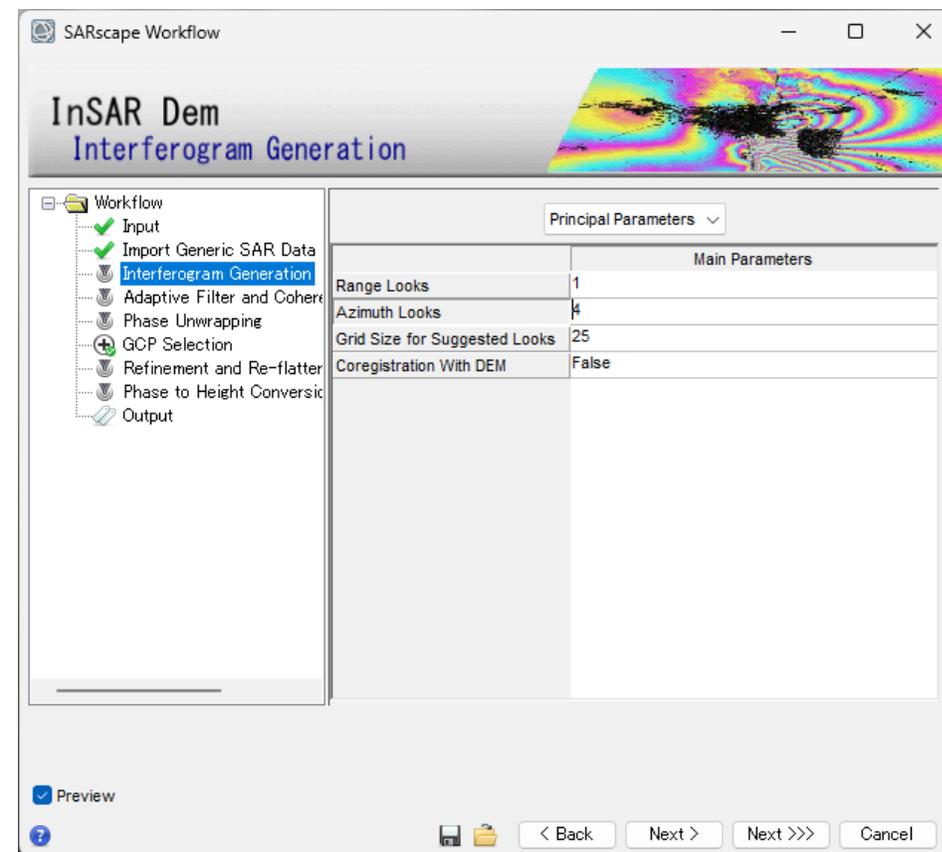
補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

INTERF\_out\_master\_pwr: 7\_11\_02\_slcの強度画像

INTERF\_out\_slave\_pwr: 16\_01\_03\_slcの強度画像

INTERF\_out\_dint: 軌道縞等の除去後のインターフェログラム画像



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

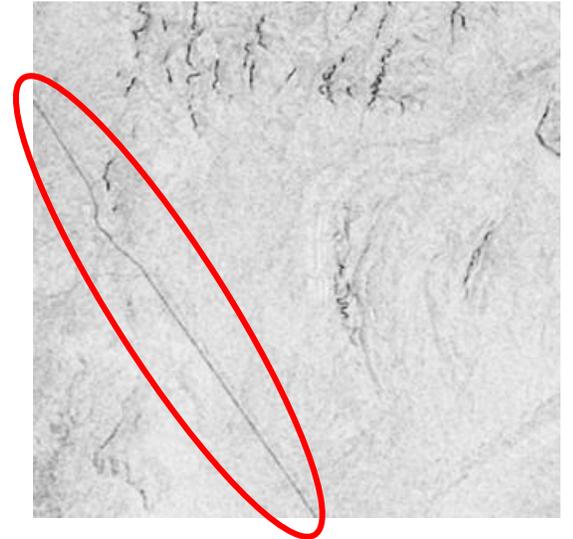
**コヒーレンス画像作成**と、干渉画像のフィルタリングのステップです。

### コヒーレンスを計算する目的

- 測定(干渉位相)の品質を特定する
- 後方散乱係数と併せ、地上のオブジェクトに関する情報を抽出する

$$\gamma = \frac{|\sum s_1(x) \cdot s_2(x)^*|}{\sqrt{\sum |s_1(x)|^2 \cdot \sum |s_2(x)|^2}}$$

ペアの各点がどのくらい似ているか、という類似度を0から1の範囲で表したもの。  
1に近いほど類似度が高い。

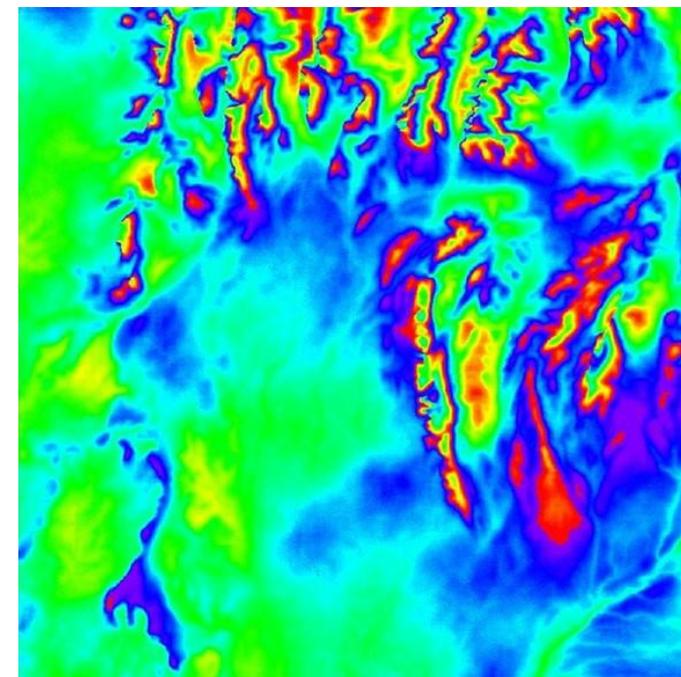
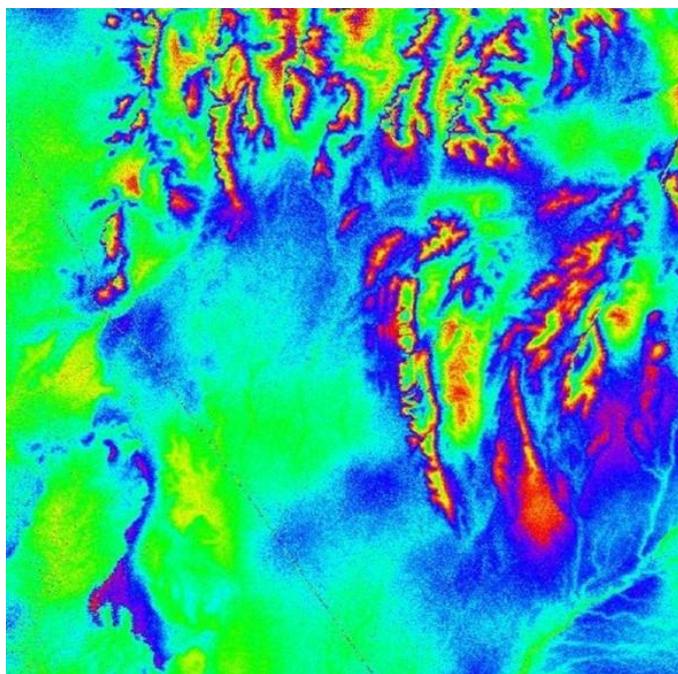


本データでコヒーレンスの低い場所は、  
Google Earthで確認すると、未舗装の道路だった。

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

コヒーレンス画像作成と、**干渉画像のフィルタリング**のステップです。

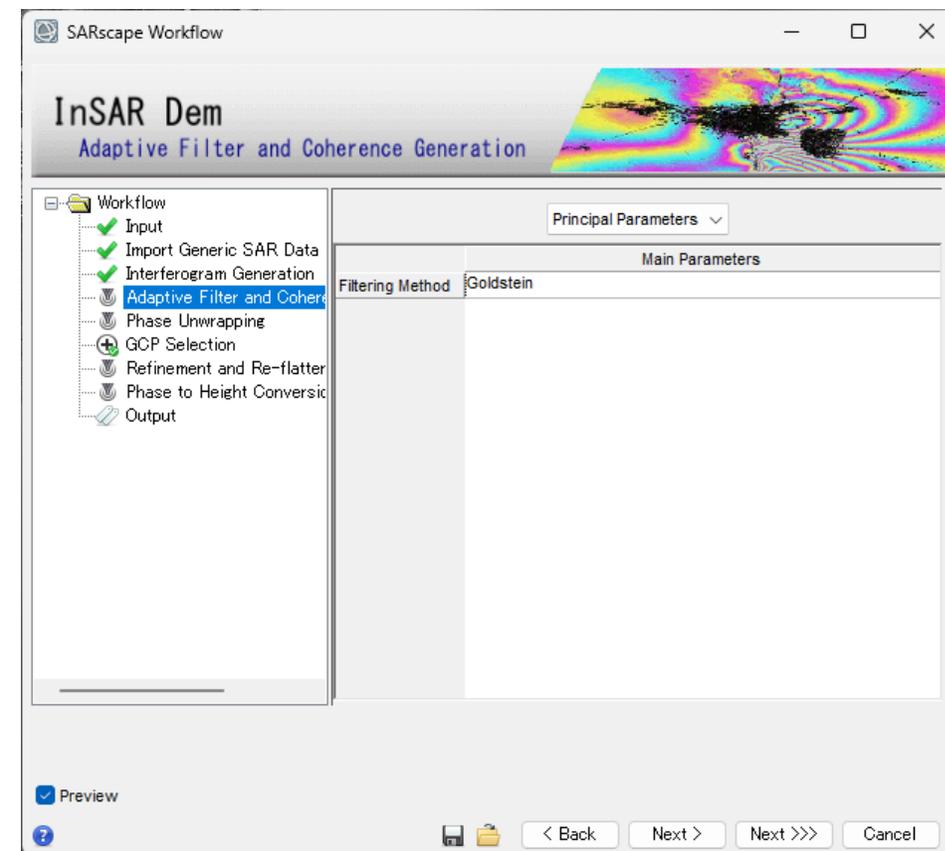


コヒーレンス値を使用して、  
様々な地物に対して個々にフィルタ処理が実行される

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Adaptive Filter& Coherence Generation ステップ

パラメータはデフォルトの「Goldstein」のまま「Next」をクリックして次のステップへ進みます。



補足:

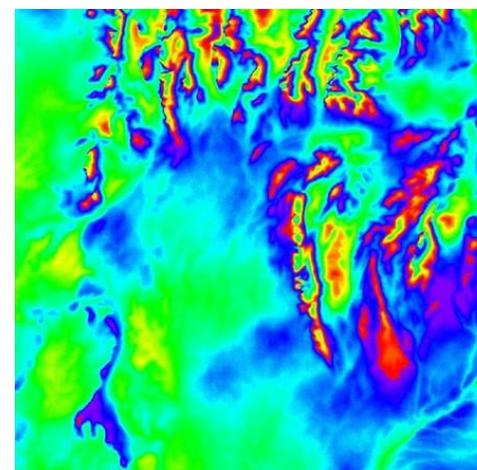
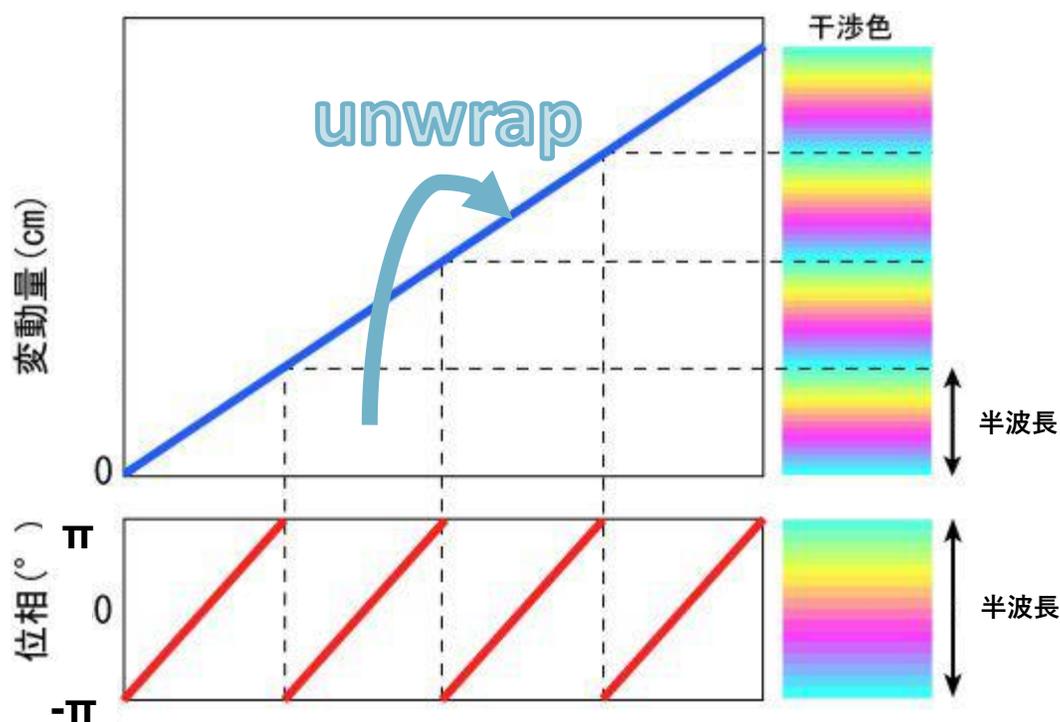
Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

INTERF\_out\_cc: コヒーレンス画像

INTERF\_out\_fint: ノイズ除去後のインターフェログラム画像

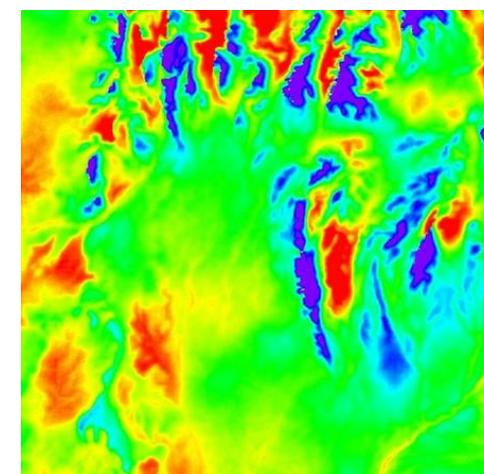
# InSAR DEMワークフロー: 演習 Phase Unwrapping ステップ

- ここまでに生成された干渉画像は、各ピクセルが $[-3.14, 3.14]$ の値(周期 $2\pi$ )になります。
  - つまり、 $[-3.14, 3.14]$ の範囲に値が折り畳まれて(wrap)います。
- この折り畳まれていた状態を解いて(unwrap)、周期的な変化を直線的な変化に戻す処理をアンラップといいます。



← 周期的な変化

↓ 直線的な変化



unwrap

# InSAR DEMワークフロー: 演習 Phase Unwrapping ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

## 【設定値】

Unwrapping Method Type: Minimum Cost Flow

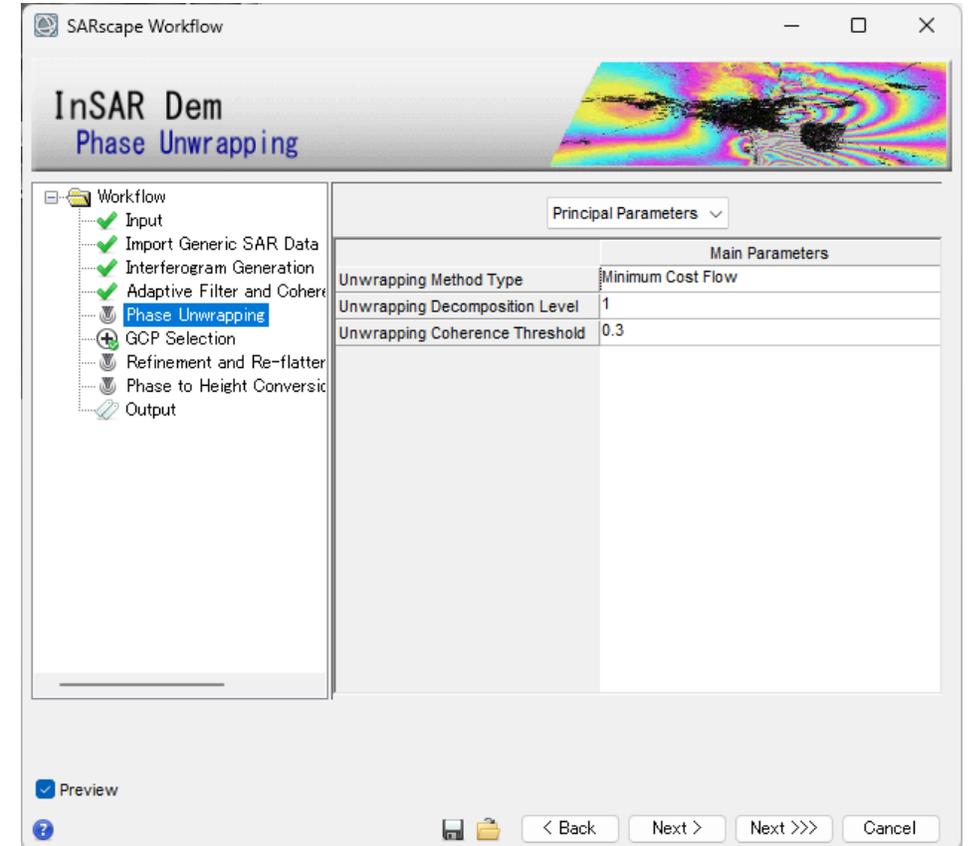
Unwrapping Decomposition Level: 1

Unwrapping Coherence Threshold: 0.3

補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

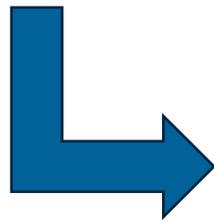
INTERF\_out\_upa: フェーズアンラップ画像



- 次に行う Refinement and Re-flattening の処理に必要な GCP (Ground Control Point: 地上基準点) を設定します。
  - 干渉の色が大きく変化する箇所やコヒーレンスの低い場所は避けて取得します。
- **目的: 参照DEMで取りきれないノイズの除去と軌道補正のため**

### 地形情報(DEM)を求める際に含まれる誤差の原因

- 大気中には水蒸気などの微粒子があることで、位相遅延の原因になる
- 使用した衛星ペアは完全に平行な軌道で同じ場所を観測してはいないため、相対的なズレがどうしても含まれる

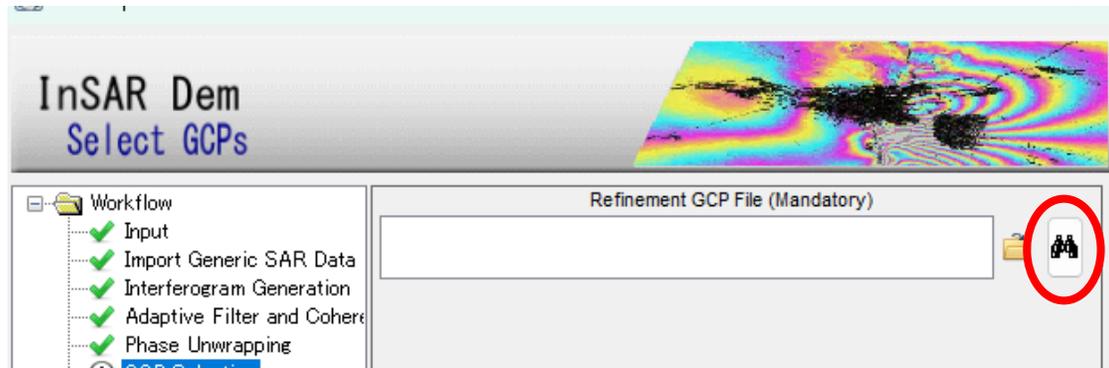


干渉SARの結果に手動で位置情報を与え、これらの誤差を除去する  
広く画像全体で、およそ20点程度のGCPを取得する

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

1. 双眼鏡アイコンをクリックしてください。
2. Generate Ground Control Pointsダイアログが開きます。ファイル選択は以下の設定値をBrowseから選択して「Next」をクリックします。

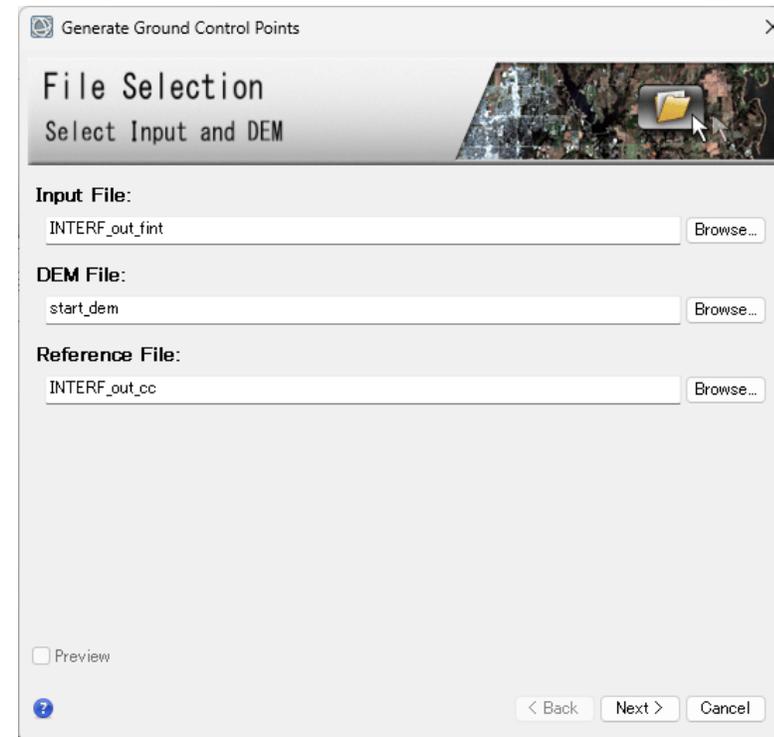


### 【設定値】

Input file: INTERF\_out\_fint

DEM file: start\_dem

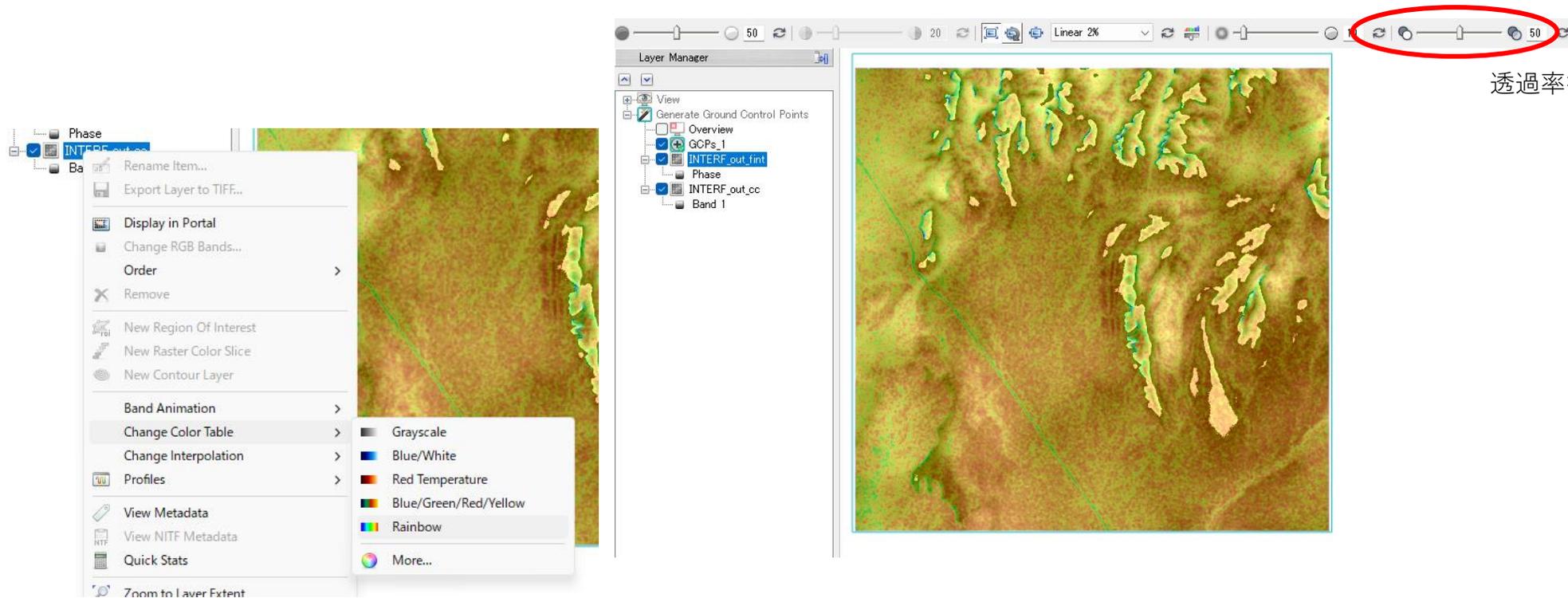
Reference file: INTERF\_out\_cc



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

- レイヤーマネージャの「INTERF\_out\_cc」を右クリックし、Change Color Table → Rainbow を選択してください。
- 「INTERF\_out\_fint」レイヤーを選択し、透過率を変更して、コヒーレンス画像が見えるように設定してください。



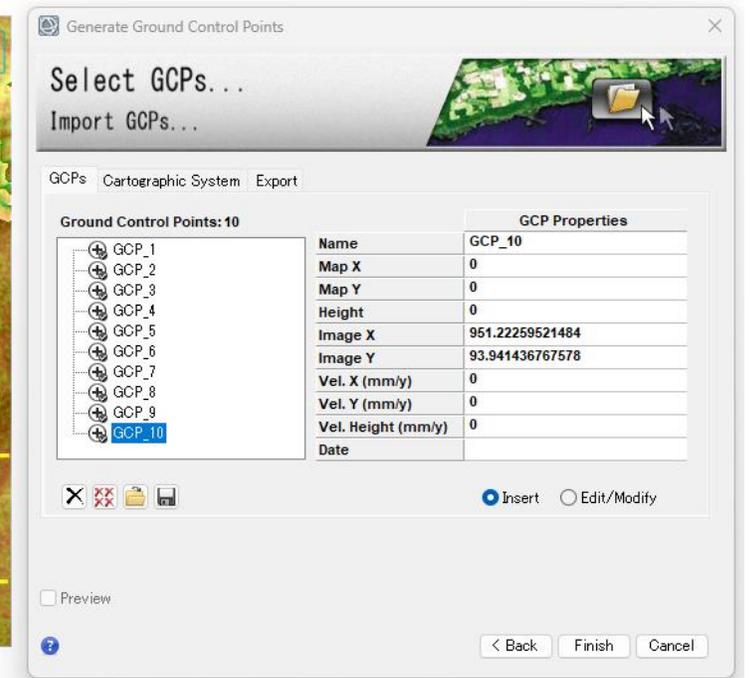
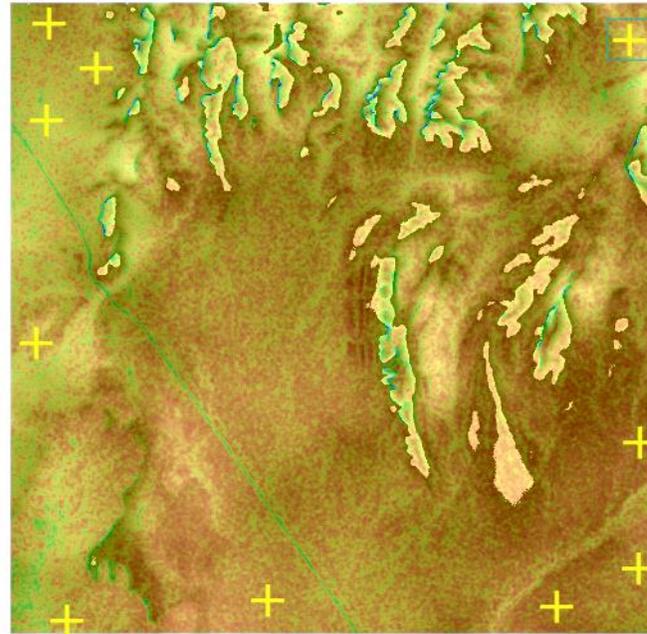
透過率指定のスライダー

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

### 5. 以下を参考にGCPを取得します。

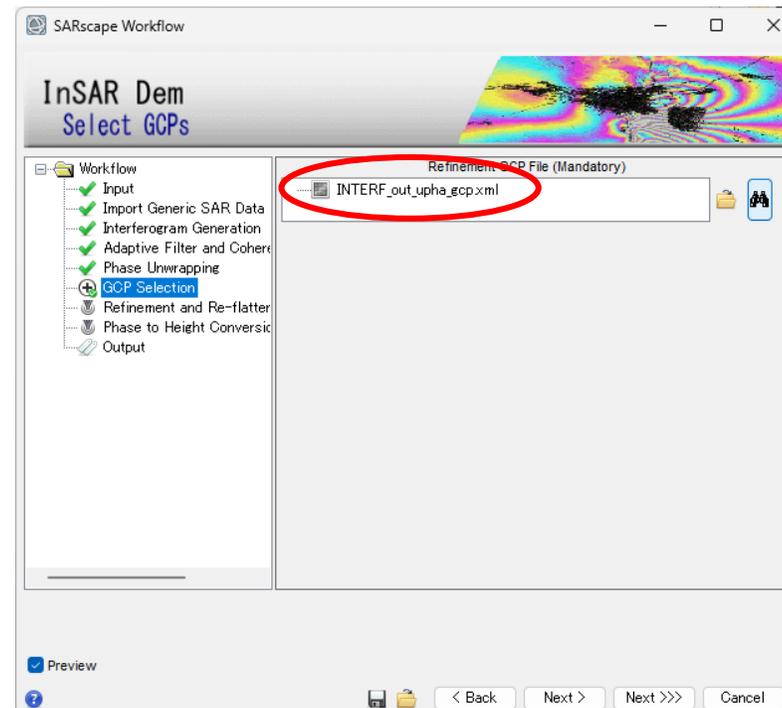
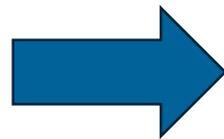
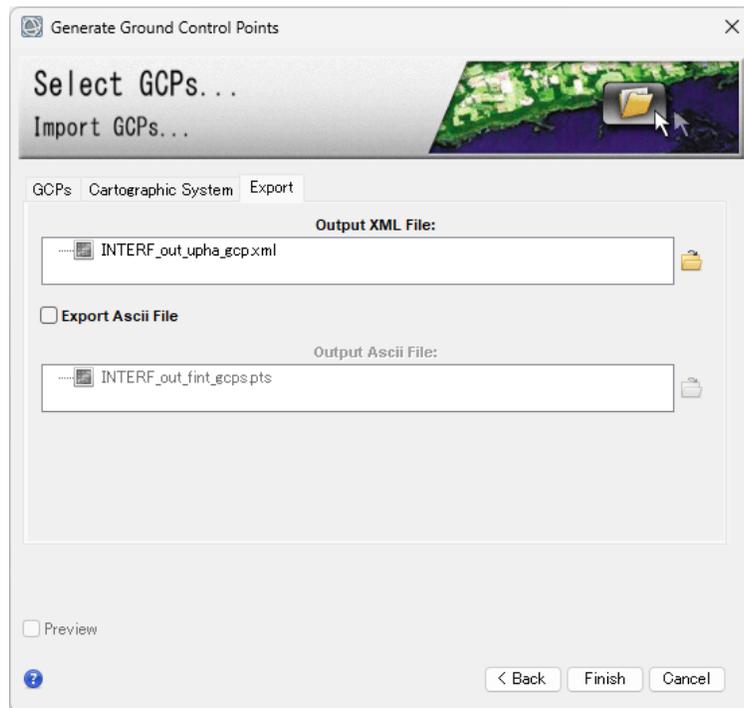
- ✓ コヒーレンスが高く（赤く透ける箇所）、位相情報が安定（FRINGEを越えずある程度値が一定な箇所）している場所をポイントとして設定します。
- ✓ ポイントを設定する際は、左マウスボタンで画像内の任意の場所をクリックしてください。
- ✓ 画像全体に均一に10ポイントを取るよう設定してください。



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## GCP Selection ステップ

6. GCPを保存します。ポイントが取り終わりましたら、Generate Ground Control Points ダイアログに戻ります。Export タブでOutput XML File に任意のファイル名を設定できます。「Finish」ボタンをクリックしてください。
7. ワークフローに戻り、Refinement GCP Fileに今作成したファイル名が入力されていることを確認して「Next」をクリックします。



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Refinement and Re-flattening ステップ

- GCPの情報を使用して補正を行うステップです。
  - フィルタ処理を行った後の干渉画像(\_fint)およびアンラップ画像(\_upha)に対して補正を行った結果が表示されます。
- 使用した関数や誤差については、処理後に表示されるRefinement Resultウィンドウに表示されます。
  - 中間生成物として、同様のものがtxt形式で保存されています。
  - デフォルトの手法 Polynomial Refinement ではResidual Phase Poly Degreeの項目に設定している数のGCP点が最低でも必要となる(初期値:3)



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Refinement and Re-flattening ステップ

以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

### 【設定値】

Refinement Radius(m): 37.5

Refinement Res Phase Poly Degree: 3

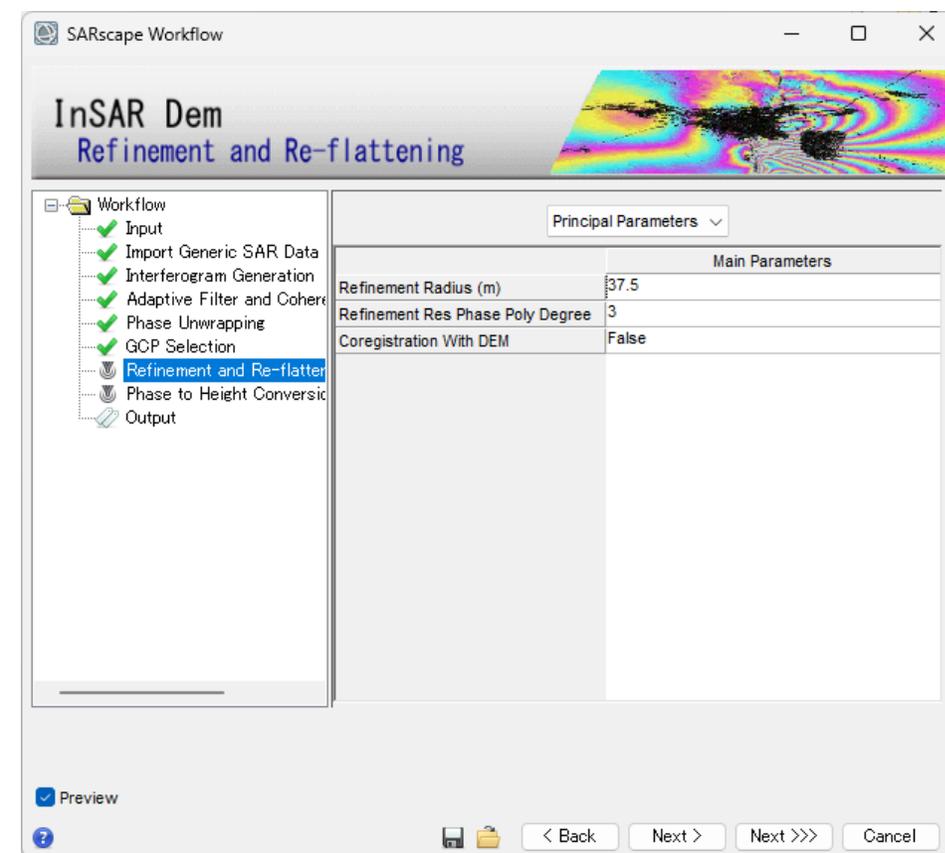
Coregistration With DEM: False

補足:

Previewにチェックを入れると、以下の中間処理結果がENVIに表示されます。

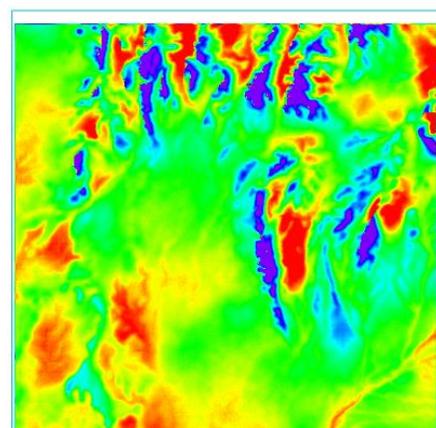
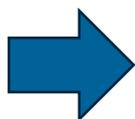
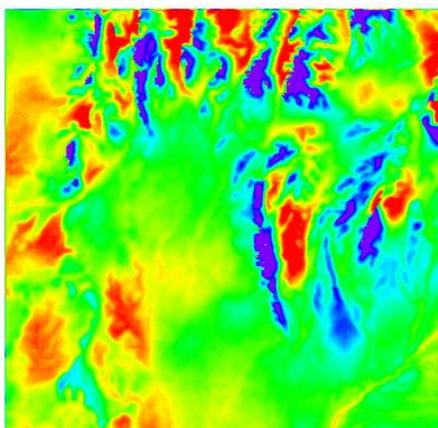
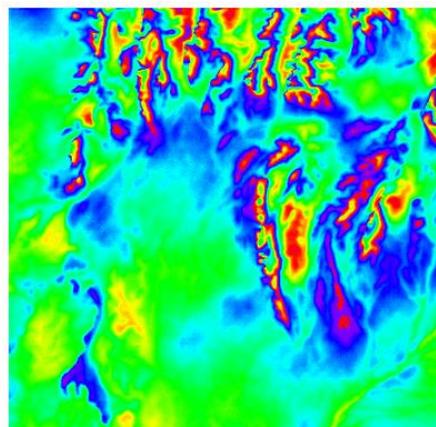
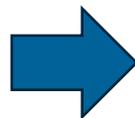
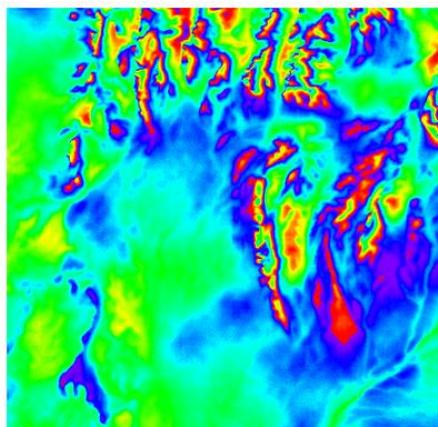
INTERF\_out\_reflat\_fint: リフラットしたノイズ除去干渉画像

INTERF\_out\_reflat\_upha: リフラットしたフェーズアンラップ画像



# InSAR DEMワークフロー: 演習 Refinement and Re-flattening ステップ

結果を確認します。



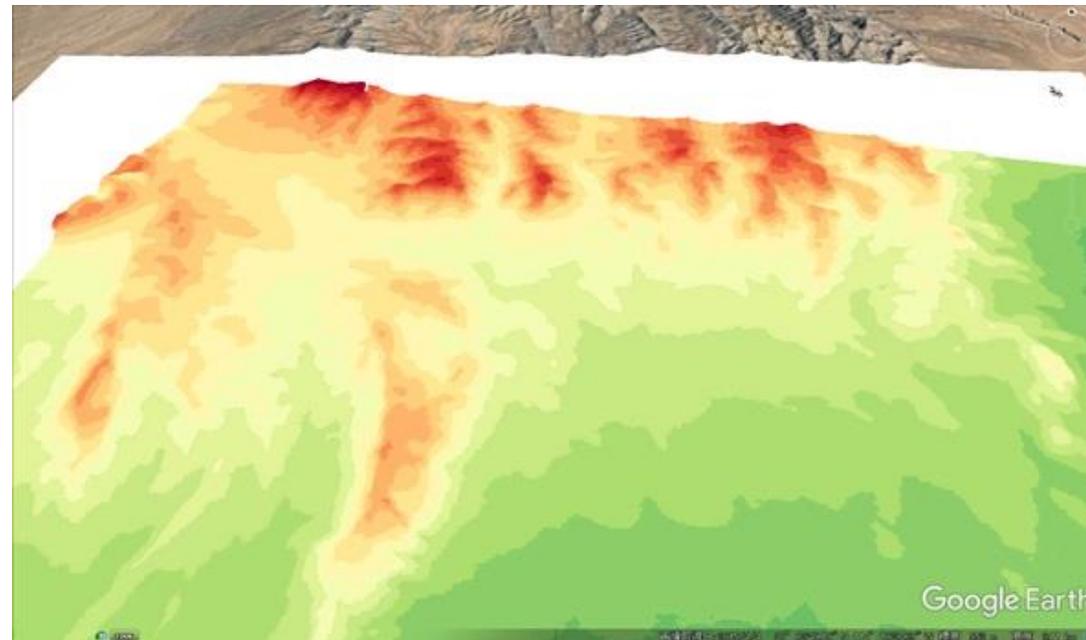
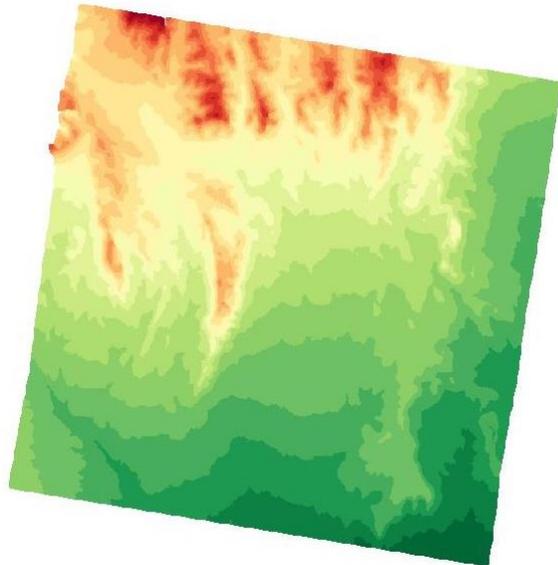
```
Refinement Results
File
ESTIMATE A RESIDUAL RAMP
Valid points found = 10
Extra constrains = 2
Polynomial Degree choose = 3
Polynomial Type : = k0 + k1*rg + k2*az
0.4617586253
-0.0006976972
-0.0007290611
Polynomial Coefficients (radians) :
      k0 = 0.4617586253
      k1 = -0.0006976972
      k2 = -0.0007290611
Root Mean Square error (m) = 13.7355156100
Mean difference after Remove Residual refinement (rad) = 0.0231476713
Standard Deviation after Remove Residual refinement (rad) = 0.7653590186
```

使用された多項式近似の式と係数。  
下部のRMSEなどは、インプットとして使用している DEM と、多項式近似でゆがみ除去された結果との間で計算される値で、これは、インプットとして使用している DEM 自体の精度に影響を受ける。

# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Phase to Height Conversion ステップ

- 位相差を高さ情報に変換するステップです。
- ジオコーディングした標高データ（DEM）が作成されます。
  - Output TypeがEllipsoidal(デフォルト値)だと楕円体高で、Ellipsoidal and Geoidalだと楕円体高と標高値の双方で出力されます。



# InSAR DEMワークフロー: 演習

## Phase to Displacement Conversion ステップ

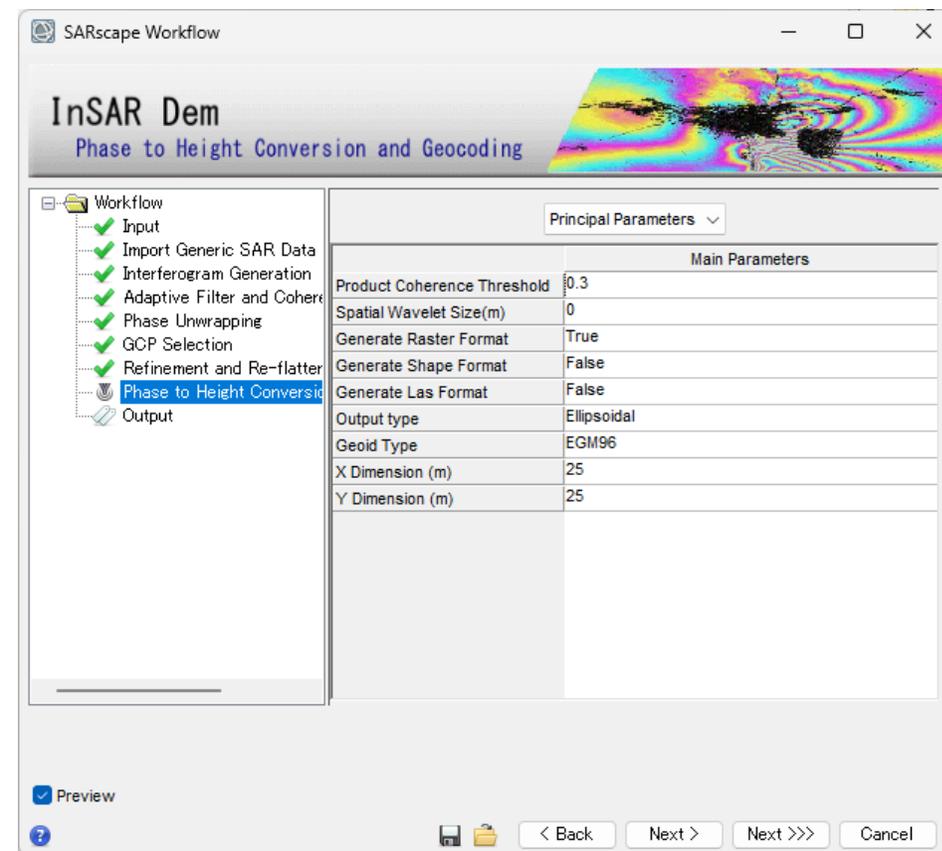
以下の設定値を入力し、左下のPreviewにチェックを入れて、「Next」をクリックして次ステップへ進みます。

### 【設定値】

Product Coherence Threshold: 0.3

X Dimension (m): 25(任意)

Y Dimension (m): 25(任意)



# InSAR DEMワークフロー: 演習

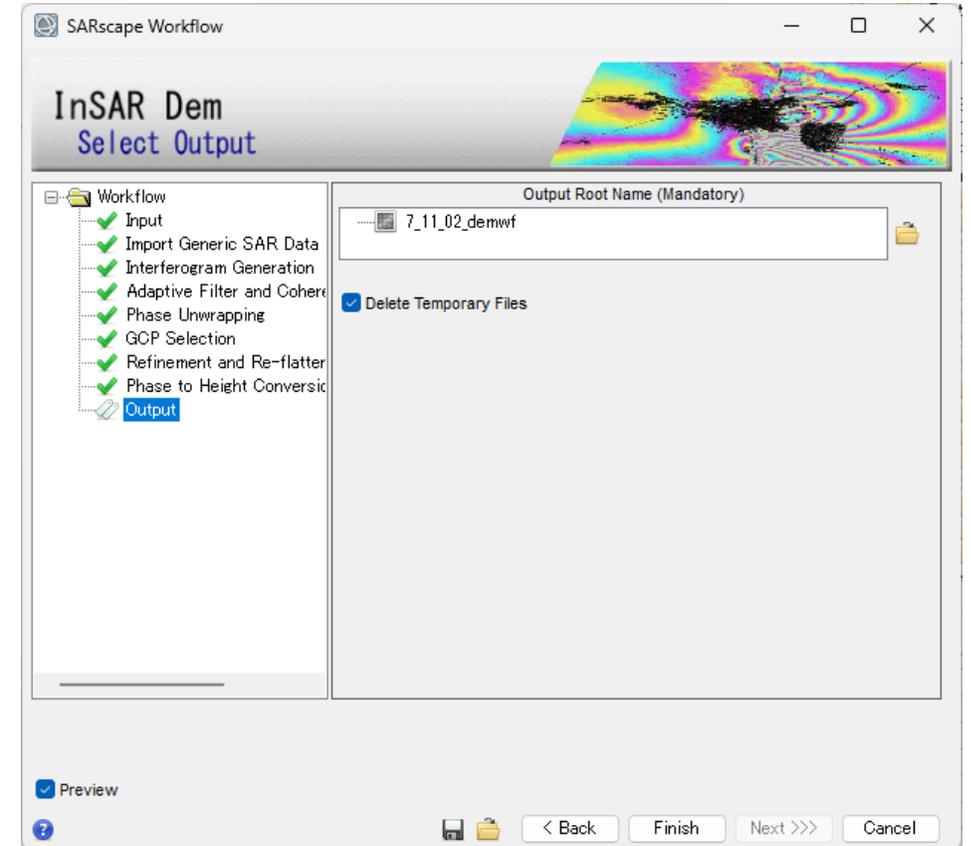
## Output ステップ

- Output Root Nameに任意のベースファイル名を入力し「Finish」をクリックします。
  - Delete Temporary Filesにチェックを入れたままにしておくと、今までPreview用に作成したテンポラリファイルを削除します。
  - 中間生成物もすべて残しておく場合には、このチェックを外してからFinishを押してください。

補足:

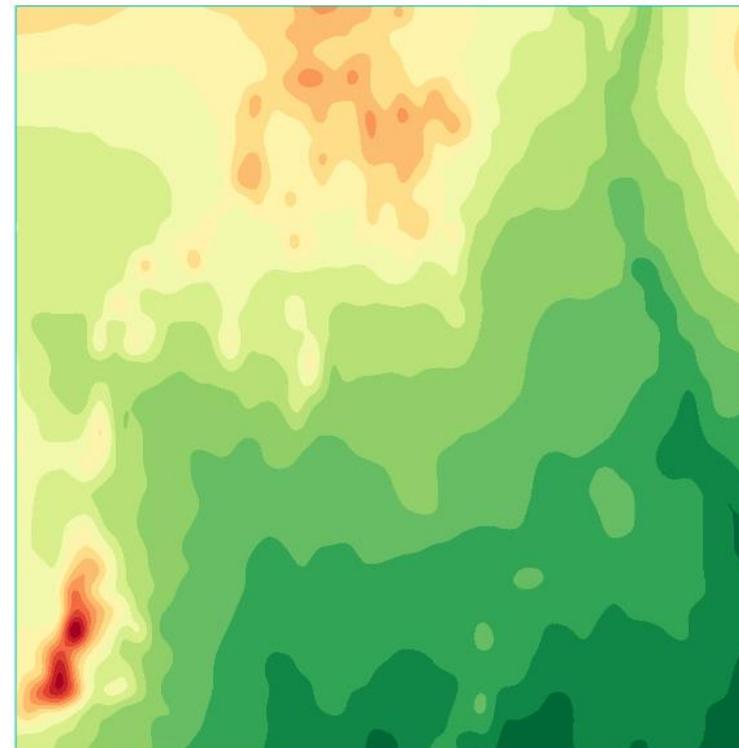
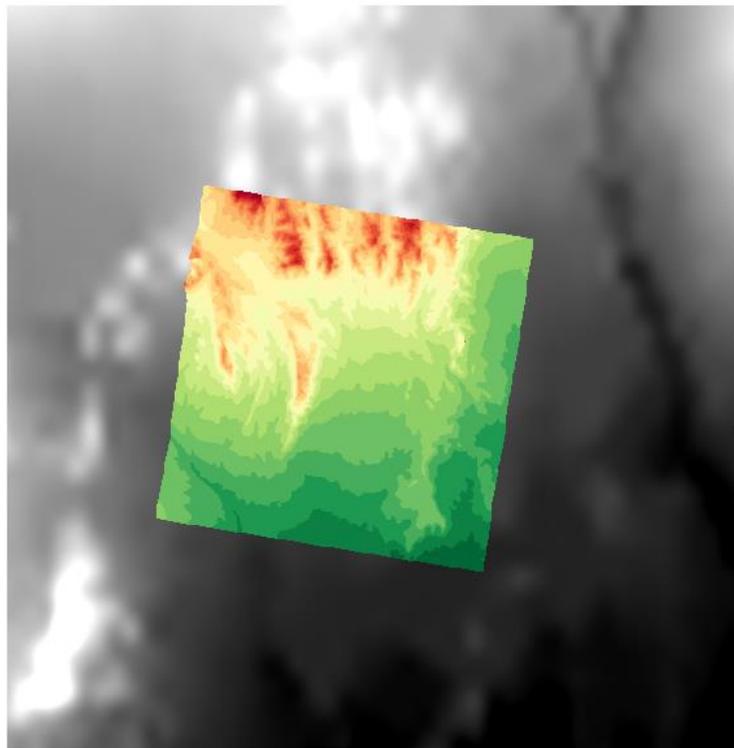
DEMファイルと同時に出力ディレクトリには\*\_precisionファイルと\*\_resolutionファイルが作成されます。

- \*\_precisionファイルはDEMデータの各ピクセルの信頼度を示し、低い値を持つピクセルが信頼度の高いデータとなります。
- \*\_resolutionファイルは、入射角角に基づいた各ピクセルの解像度となります。



# InSAR DEMワークフロー: 結果の確認

使用したsrtm\_demと並べて、結果を比較してみてください。



**N|V|5**  
GEOSPATIAL