

SARscape の干渉 SAR 時系列解析 チュートリアル：E-SBAS 法

NV5 Geospatial 株式会社

目的

干渉 SAR 時系列解析の E-SBAS 法の操作方法を説明します。E-SBAS 法の元となる SBAS 法は 2 枚の画像で処理を行う DInSAR(差分干渉 SAR)解析技術に基づいていますが、時系列干渉 SAR 解析では多数の画像を使用するため、DInSAR(差分干渉 SAR)解析に比べ、処理中にノイズや大気の影響を低減し、より精度のよい変動 (mm/year) を算出することが可能です。

E-SBAS 法は Enhanced-SBAS を省略した名称です。従来の SBAS 法に加え、位相が安定しているポイントとして導き出される Persistent Scatterer(PS)ポイントと統計的に類似した散乱体から得られる Distributed Scatterer(DS)ポイントを使用します。SBAS 法と PS 法を組み合わせ、高精度且つ広範囲な変位推定に対して、従来の SBAS 法と同様に変動推定に線形・非線形モデルを適用することができます。

処理の特徴

SBAS 法

- ・ DInSAR(差分干渉 SAR)解析と同様の処理を行います。しかし、多数のデータを使用していることから、2 つのデータを使用するだけでは算出できない位相のノイズや大気の影響を推定し除去します。
- ・ コネクショングラフで決定されたペアを用いて初期干渉画像を作成し、地形縞を除去後、位相ノイズを除去するためフィルタリングが行われます。その結果を利用しコヒーレンスが計算され、フェーズアンラップ処理を行います。
- ・ フェーズアンラップ処理を行うことから、面的な変動捉えます。また、変動モデルは線形だけでなく、非線形モデルを利用し、変動を算出することが可能です。
- ・ 大気の影響の推定を行います。GACOS を利用することも可能で、電離層伝搬モデルを用いた補正後にも残る、残留大気層遅延を推定します。

E-SBAS 法

上記に加え E-SBAS 処理は以下の特徴があります。

- ・ SBAS 法でセカンドインバージョンまで処理したデータを使用します。そのため、SBAS 法で推定される大気等のノイズ成分を 除去した干渉画像に PS 法を適用し、Persistent Scatterer(PS)ポイントと Distributed Scatterer(DS)ポイントの変動を算出します。結果はシェープファイルが出力されます。

- E-SBAS 法での処理は線形だけでなく、非線形モデルを利用し変動を導き出します。
- この機能は Lanari (2004)に着想を得ています。
R. Lanari, O. Mora, M. Manunta, J. J. Mallorqui, P. Berardino and E. Sansosti, "A small-baseline approach for investigating deformations on full-resolution differential SAR interferograms," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 42, no. 7, pp. 1377-1386, July 2004, doi: 10.1109/TGRS.2004.828196.

利用バージョン

本マニュアルの操作は、SARscape 6.1 と ENVI 6.1 を使用します。E-SBAS 法は SARscape 5.7 から搭載されていますが、本チュートリアルと同じ操作方法です。

使用データ

本チュートリアルでは、Sentinel-1（ディセンディング、トラック番号 45）データを使用します。データの観測期間は 2015 年 3 月 1 日から 2018 年 4 月 26 日の 85 シーンを使用します。処理に使用する範囲はオーストラリアのニューサウスウェールズ州オレンジにあるカディア金鉱山です。この解析では、SBAS 法よりも詳細に変動傾向の分布を捉えることを目的としています。



図 1 処理範囲(Google Earth)

処理概要

E-SBAS 法の処理フローについて、以下図に示します。E-SBAS 処理は SBAS 処理を実施後に続けて行います。この処理フローは SARscape の SBAS と E-SBAS の処理メニューと同じ順に記載しており、各フローにおける詳細説明や手順については後続の章において説明します。

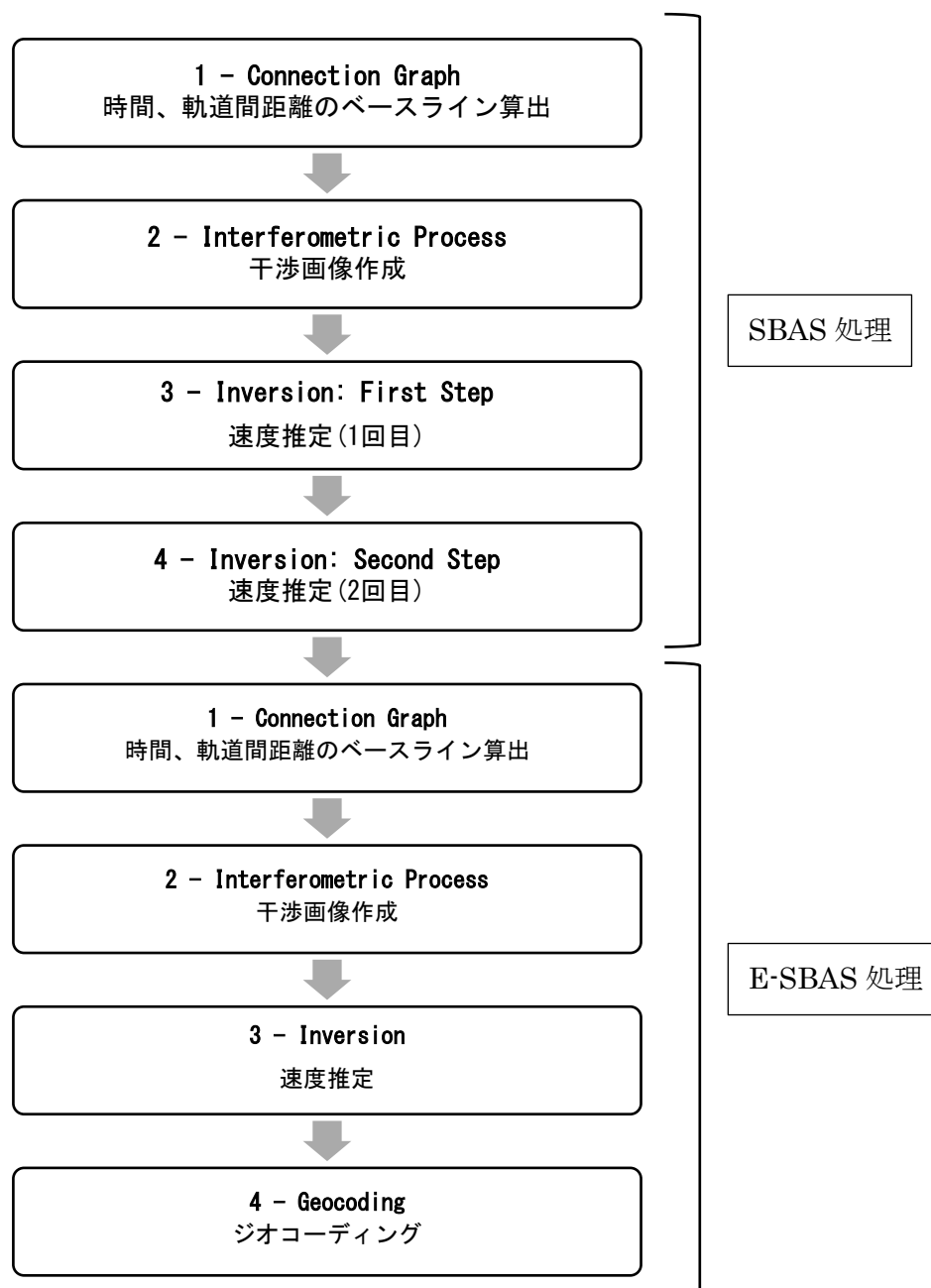


図 2 処理フロー

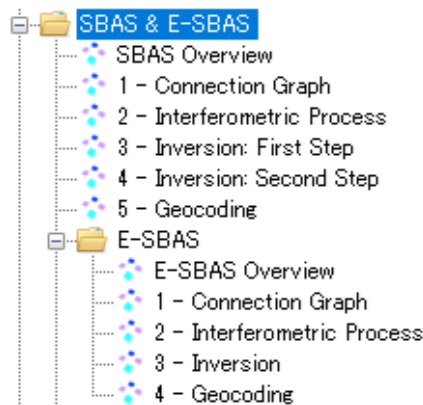


図 3 SBAS&E-SBAS 処理メニュー

事前準備

ENVI の Preferences 設定と SARscape の Preferences 設定を行います。

ENVI Preferences 設定：

File → Preferences → Directories → Input/Output/Temporary Directory へ使用するフォルダの設定を行います。

SARscape Preferences 設定：

Toolbox → SARscape → Preferences → Preferences specific → Load Preferences

Load Preferences にて使用するデータに適切な設定を指定してください。今回は「Sentinel TOPSAR(IW-EW)」を選択してください。

各設定項目について以下表へ説明を記載します。

表 1 Preference Specific 設定

Load Preferences 項目	説明
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
UHR (better than 1m)	1m/pixel 以下の高解像度データに適しています
VHR (better than 3m)	3m/pixel 以下の高解像度データに適しています
VHR (better than 6m)	6m/pixel 以下の高解像度データに適しています
HR (better than 10m)	10m/pixel 以下の高解像度データに適しています
MR (between 10m and 30 m)	10m~30 m/pixel の高解像度データに適しています

Load Preferences 項目	説明
LR (coarser than 30m)	数十 m~100m/pixel の中解像度データに適しています
Interferometry Low Coherence	コヒーレンスが低いまたはクロスコリレーションを使用してコレジストレーションを行う場合に画像内に目立つフィーチャが制限されている干渉データペアに適しています
Wrong Orbital Data	軌道パラメータの信頼性が低い干渉データセットまたはコレジストレーションのマルチテンポラル振幅シリーズに適しています
TanDEM-X Bistatic Configuration	バイスタティックモードでの TerraSAR-X + Tandem-X で取得された干渉データペアに適しています
CInSAR ERS-ASAR Interferometry	ERS と ASAR によって作成された干渉データペアに適しています
Sentinel TOPSAR (IW - EW)	TOPSAR (IW) モードで取得した Sentinel データの干渉処理を実施する場合この設定は必須です
PALSAR-2 ScanSAR	ScanSAR モードで撮影された Palsar 2 SLC の干渉処理を実施する場合この設定は必須です
TSX ScanSAR	ScanSAR モードで撮影された TerraSAR-X の干渉処理を実施する場合この設定は必須です
Squinted data	Squinted data (PALSAR-1, JAXA SLC 配信) の場合この設定は必須です

コネクショングラフ - SBAS

E-SBAS 処理を実施する際の SBAS 処理の最初の必須ステップです。この機能は複数の画像に対して干渉処理を行うための干渉ペアを定義します。この手順では指定された時間および空間的ベースライン値内にあるペアを選出し、作成されたコネクショングラフ内で線が繋がっているペアが干渉に使用されます。コネクショングラフの処理終了後には、Auxiliary.sml ファイルが出力されます。Auxiliary ファイルは SBAS の処理を管理するファイルです。実行されたステップ、出力されたデータの情報が含まれ、本処理以降は Input File へ Auxiliary ファイルを選択し処理を進めます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → 1 - Connection Graph を選択し、ダイアログを起動してください。



図 4 コネクショングラフの設定ダイアログ

2. Input Files タブ → Input File List の  Browse Files をクリック → ファイルの選択ダイアログから、使用するファイルを選択します。Shift キーを押しながら複数選択し、「開く」をクリックしてください。

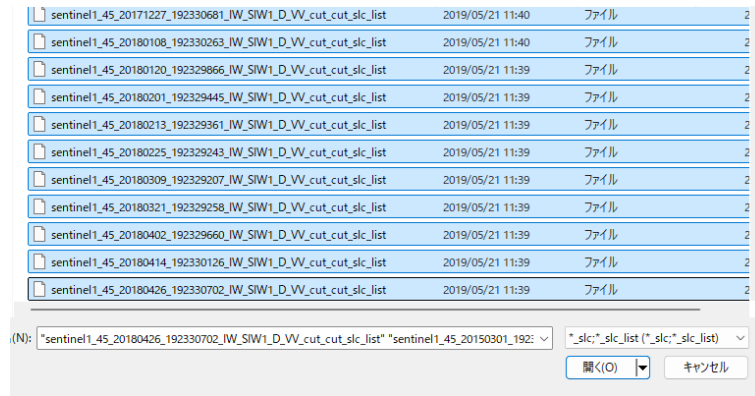


図 5 ファイル選択

- 基準にするデータを指定する場合は、「Optional Files」タブにファイルを指定してください。本チュートリアルでは指定せず進めます。ここで指定する画像は、Input Files でも指定している必要があり、スーパーリファレンスと呼ばれます。スーパーリファレンスは全ての処理において参照データとなり、このデータを元にスラントレンジ画像の位置合わせを行います。指定しない場合は SARscape が全データから一つスーパーリファレンスを選出します。

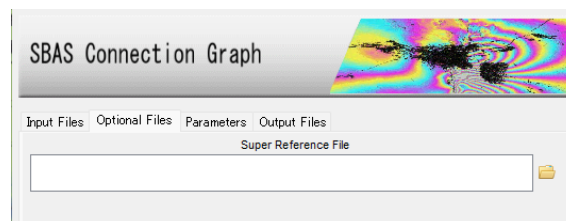


図 6 スーパーリファレンスデータ選択タブ

- コネクショングラフを算出する際の設定項目は、Parameters タブにあります。今回の処理も値を変更せずに実行します。データの条件などが異なる場合は設定が必要になる場合がありますが、事前準備の SARscape Preference 設定で使用するデータに合ったものを読み込んでいるため、基本的にはデフォルトのままで問題ありません。

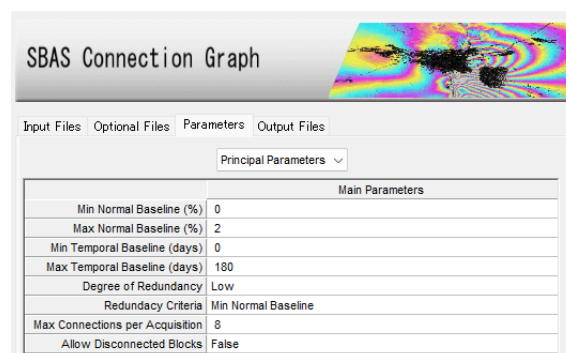


図 7 Parameters タブ

5. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下に記載します。

表 2 コネクショングラフのパラメータ

パラメータ名	内容
Normal Baseline	通常の基線長に対する設定で、センサにも依存しますが、Critical Baseline の最大 45~50%まで大きくできます。
Temporal Baseline	時系列のベースラインの閾値を設定する項目です。観測日の間隔が大きくコネクショングラフが繋がらない場合に調整することが可能です。
Degree of Redundancy	コネクションに対する Normal と Temporal Baseline の閾値を適用した後、さらにコネクションの余剰の程度を指定できます。
Redundancy Criteria	上記を Low に設定した際に余剰コネクションを削減するための基準を選択します。
Max Connections per Acquisition	余剰コネクションを減少させた後に残る各データ接続数の目安です。信頼できる速度推定解を得るには 5 以上の値が推奨されます。
Allow Disconnected Blocks	取得したデータの一部がメインのコネクションに含まれず、別個のコネクションブロックになっている場合は、Allow Disconnected Blocks オプションを有効にすることで時間的間隔が開いた別のコネクションも変動の算出に追加することが可能です。その補間は第一変動速度推定の処理時に Linear や Quadratic などのモデルを適用します。そのため、算出された結果の変動の信頼性は Allow Disconnected Blocks オプションを無効にしている時よりも低くなります。

6. Output Files タブにてフォルダアイコンをクリックし、ファイルの出力先と出力ルート名を設定し、「Exec」ボタンをクリックしてください。出力ルート名は、処理フォルダ名に使用され、出力ルート名+_SBAS_processing というフォルダが作成されます。

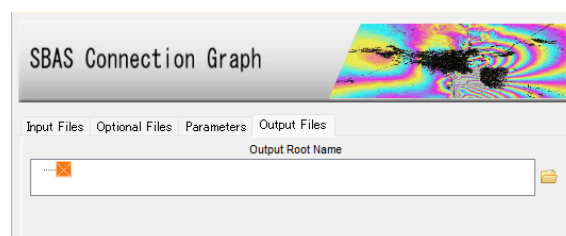


図 8 出力先設定タブ

7. 処理が終了すると、レポートとコネクショングラフが表示されます。グラフには、スーパーマスタの表示（黄色のポイント）、入力データの取得日(X 軸)の軌道間距離(Y 軸)を

示すタイムポジションプロットと軌道間距離(Y 軸)と入力データの取得日(X 軸)を示すタイムベースラインプロットが表示されます。処理にはコネクショングラフが繋がっているデータを使用します。また、タイムポジションプロットの接続は、一つの接続に対して平均的に約 5 接続程度あることが推奨されます。

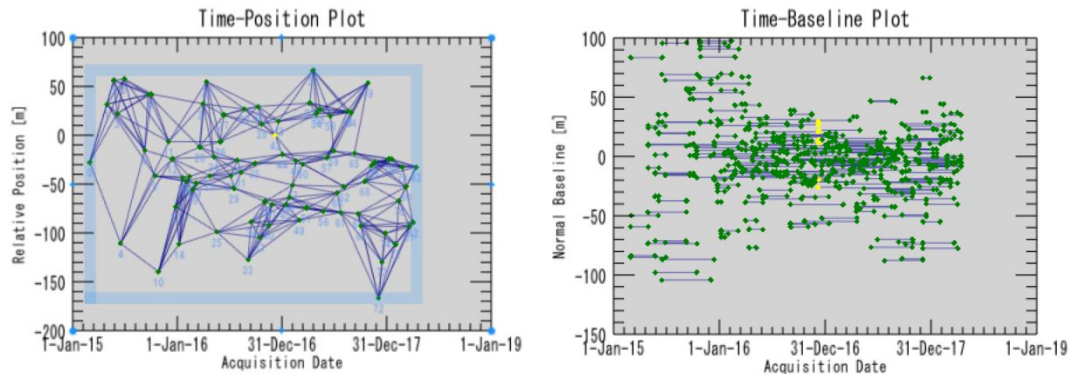


図 9 タイムポジションプロットとタイムベースラインプロット

8. 出力された `connection_graph` フォルダ内は以下のファイルが含まれます。

- Plot フォルダ: コネクショングラフを描画する際に使用する `CG_baseline.txt` と `CG_position.txt` が出力されています。
- 強度画像(`pwr`): スーパーリファレンスの強度画像とそれに関連するヘッダファイル(`.sml, .hdr`)
- `CG_report.txt`: 各ペアの基線長などの要約情報が記載されたファイル
- `CG_entire_report.txt`(レポートファイル): 実行可能なすべての入力ペアの組み合わせと、各ペアの詳細な説明を示すレポートファイルです。接続グラフが後から編集された場合、元のレポートは更新され、古いレポートは「`work_connection_graph`」サブフォルダに保存されます。

主要ではないファイルについては、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_SBAS_processing¥work¥work_connection_graph

【補足】

SBAS 処理では通常、コネクショングラフ内で線が繋がっているペアが使用されますが、軌道間距離(Normal Baseline)が広すぎる場合や、観測日の間隔が長くあいている場合などは、コネクショングラフが繋がらないことがあります。その場合、Normal Baseline と Temporal Baseline のパラメータ調整を行い、コネクショングラフを繋げる方法があります。軌道間距離が広くコネクショングラフが繋がらない場合は、Parameters タブにある Max Normal Baseline の割合を増やすか、該当データを除外することが考えられます。観測日の間隔によってコネクショングラフが繋がらない場合は、Parameters タブにある Temporal Baseline の期

間を大きくし、コネクショングラフが繋がるように調整が可能です。ただし、期間を長く設定することにより画像全体のコヒーレンスが悪くなり、その結果、干渉性も悪くなる可能性があります。Allow Disconnected Blocks パラメータを TRUE に設定することで、コネクションが繋がっていないものをつなげることが可能です。このパラメータでは、データ期間中に低コヒーレンスで通常処理に使用しないものも含めて処理を行い、最終結果のカバレッジを上げるという目的も含まれますが、結果の信頼性は低くなります。

干渉画像作成処理 - SBAS

E-SBAS, SBAS を実行する際の二つ目の必須ステップです。このステップでは、コネクショングラフで決定した干渉ペアデータの処理を行います。

干渉画像作成処理では以下の処理が実施されます。

- ・ インターフェログラム生成（コレジストレーション）
- ・ コヒーレンス画像作成と干渉画像のフィルタリング
- ・ フェーズアンラッピング

処理が終了すると、auxiliary.sml が保存されているフォルダへ interferogram_stacking フォルダが作成され、処理結果はこのフォルダに格納されます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → 2 - Interferometric Process を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。



図 10 干渉画像作成設定ダイアログ

2. Input Files タブ → Auxiliary File の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → コネクショングラフで出力された auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。

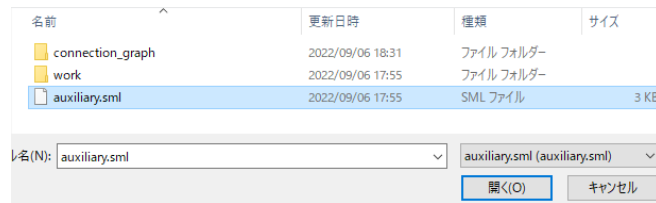


図 11 auxiliary ファイル選択ダイアログ

3. Optional Files タブでは以下のオプションファイルが指定可能です。本手順ではいずれも使用しません。



図 12 Optional Files の設定ダイアログ

4. Optional Files タブのオプションファイルについて簡単な説明を以下へ記載します。

表 3 干渉画像作成処理 Optional Files の項目一覧

オプション名	内容
Geometry GCP File	衛星の軌道の不正確さを修正するために使用することが可能です。
Avoid Moving Area File	変動があったエリアをマスクして処理をすることが可能です。参照 DEM と同じ地図投影法のシェープファイルを使用しエリアを指定してください。大きな地震があったエリア等、画像内で位相への影響が大きく解析できない場合等に有効です。

オプション名	内容
Optional Water Vapour File List	大気補正に使用するファイルが指定可能です。大気補正を使用する場合は、GACOS (http://www.gacos.net/) からダウンロードしたファイルを SARscape ヘインポートし、本ダイアログで指定します。Parameters タブの「Atmosphere External Sensors」を併せて設定してください。 ここで使用したデータは E-SBAS の干渉画像作成処理でも設定してください。
Classification Mask File	SBAS 処理中に特定のエリアをマスクして処理することが可能です。クラス ID は数字 (1, 2, 3...) でラベル付けされ、地理座標がついたラスタファイルを指定してください。マスクファイルは事前に SARscape ヘインポートする必要があります。

- 次に、DEM の設定を行います。DEM/Cartographic System タブ → DEM File の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログから、DEM ファイル (DEM/aw3d30_dem) を選択 → 「開く」をクリックしてください。

※SARscape で使用する DEM は SARscape フォーマットファイルで、楕円体高である必要があります。通常ここで使用した DEM は E-SBAS 処理を通して使用します。

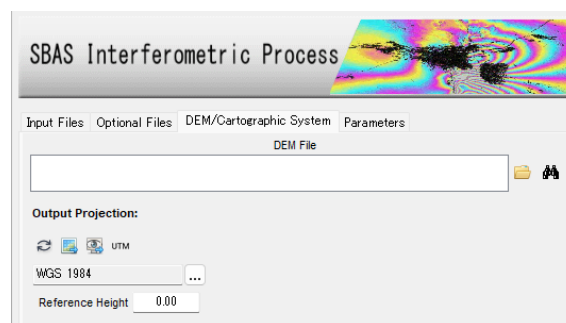


図 13 DEM 選択タブ

- DEM が用意されていない場合は、同じダイアログ画面の双眼鏡アイコンをクリックします。ダウンロードする DEM を選択して緑色のチェックマークをクリックすると、DEM Extraction ツールが起動し、インターネット上に公開されている DEM をダウンロードすることができます。ダウンロードしたデータは楕円体高に変換されています。

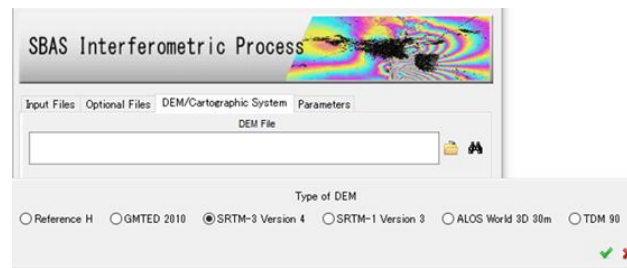


図 14 ダウンロードする DEM の選択ウィンドウ

7. その他の設定値を変更する場合は、**Parameters** タブで設定を行います。データの条件などが異なる場合は設定が必要になる場合がありますが、基本はデフォルトのままで問題ありません。値を変更せずに実行します。「**Exec**」ボタンをクリックし、処理を実行してください。

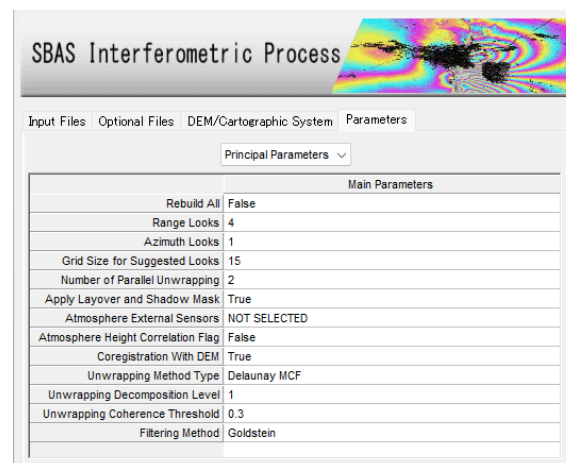


図 15 Parameters タブ設定

8. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下へ記載します。

表 4 干渉画像作成処理のパラメータ

パラメータ名	内容
Rebuild All	このフラグを設定すると、全てのデータを使用し最初から再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度処理を実施しなおす場合は、True にして実行します。既に処理済みのデータに対して、新しいデータを追加して処理する場合は、False を設定します。
Range/Azimuth Looks	レンジ・アジマスのルックス数を設定します。デフォルト値は、Preference Specific 設定でセンサに合ったルックス数が入力されています。

パラメータ名	内容
Grid Size for Suggested Looks	解像度 (m) を設定します。デフォルト値は、ルックスに合った解像度が入力されています。
Number of Parallel Unwrapping	CPU スレッドの総数を超えない程度で並行処理するアンラッピング処理の数を定義します。メモリ消費は並行処理に直接関係しますので設定変更前にシステムメモリを十分考慮する必要があります。
Apply Layover and Shadow Mask	結果のレイオーバー&シャドウ領域をマスクします。
Atmosphere External Sensors	GACOS や MERIS (ENVISAT のみ) の外部センサを用いて大気効果を除去します。外部レイヤは事前のダウンロードおよびインポートが必要です。
Atmosphere Height Correlation Flag	高度に相関する大気効果成分を推定し除去します。このフラグは、標高と強く相関がある大気効果を持つ山岳地帯向けです。
Coregistration with DEM	True の場合、コレジストレーション処理時に DEM を参照します。
Unwrapping Method Type	アンラッピングの手法を Region Growing、Minimum Cost Flow、Delaunay MCF から選択できます。
Unwrapping Decomposition Level	アンラッピング処理前のアンダーサンプリングレベルの数値を指定します。
Unwrapping Coherence Threshold	アンラッピングの際にこの値より低い全てのピクセルがマスクされます。
Filtering Method	フィルタリングの手法を Goldstein、Adaptive window、Adaptive Non-Local InSAR、Boxcar window から選択できます。

9. 処理が終了すると、「Would you like to load the outputs?」とファイルを読み込むか聞かれます。「Yes」をクリックすると処理結果ファイルが読み込まれます。
10. 出力ファイルは interferogram_stacking フォルダ内に以下のファイルが作成されます。
 - interf_tiff フォルダ: コヒーレンス画像や干渉画像等の中間ファイルを簡易的に確認するための TIFF 形式のクイックルックファイル
 - IS_cc_meta, series: コヒーレンス画像のメタファイルとシリーズファイル
 - IS_upha_meta, series: アンラップされた位相画像のメタファイルとシリーズファイル

- IS_pwr_meta, IS_pwr.series: スラントレンジ方向の強度画像のメタファイルとシリーズファイル
- IS_geo_lia: ジオコーディングされたローカル入射角画像
- IS_ls_mask: スラントレンジ方向のレイオーバとシャドーマスク画像(永続的なマスクとして使用されます)
- IS_geo_ls_mask: ジオコーディングされたレイオーバとシャドーマスク画像
- IS_srliia: スラントレンジ方向のローカル入射角画像

※メタファイル(_meta)を開くと処理結果の全画像が一度に ENVI へ開かれます。メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(.series)はメタファイルをアニメーション化させているので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。

メタファイルの本体データや主要ではないデータ等は、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_SBAS_processing¥work¥work_interferogram_stacking

速度推定(1 回目) - SBAS

ここでは、変動速度と高さの残差位相を算出するため、1 回目の速度推定を実施します。インターフェログラムを平坦化し、位相のアンラッピングとリファインメントを再実施します。SARscape5.6.2 から平坦化のための GCP 取得は内部処理で自動化されており、Refinement and Reflattening ステップは無くなり、手動取得の必要は無くなりました。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → 3 - Inversion First Step を選択し、ダイアログを起動してください。
2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → コネクショングラフで出力された Interferometric Process まで済んだ当該 SBAS 処理の auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。



図 16 速度推定(1 回目)設定ダイアログ

3. Optional Files タブでは Refinement and Reflattening に使用する GCP を指定することが可能ですが、本チュートリアルでは使用しません。

SARscape5.6.2 から、SBAS 処理の GCP 取得は内部処理として自動化されており、Refinement and Reflattening ステップは除外され、手動 GCP 取得の必要は無くなりましたが、オプションで従前のように手動取得を指定することも可能です。その場合は、この Inversion First Step の Optional Files タブで Refinement and Reflattening 用の Refinement GCP File を作成できますので SARscape5.6.0 以前と同様の手法で 30 点程度またはそれ以上の GCP を有効ピクセル上に指定してください。（巻末の「補足：手動で GCP を取得する手順」参照）

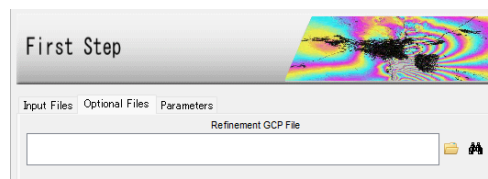


図 17 Optional Files タブ

4. Parameters タブは、Unwrapping Method Type に「Delaunay MCF」が選択されていることを確認し、「Exec」ボタンをクリックしてください。

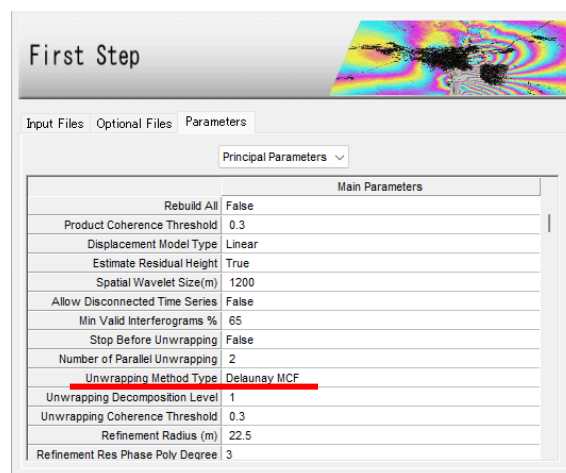


図 18 Parameters タブ

5. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下へ記載します。

表 5 速度推定(1 回目)のパラメータ

パラメータ名	内容
Rebuild All	再処理をする場合の処理実施の程度を設定できます。False にすると、処理中断などが発生した場合の再処理で既に処理済みのデータを再処理せずに済みます。True にするとファーストインバージョン処理を全てのデータを使用し、再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度最初から処理を実施したい場合は、True にして実行します。
Product Coherence Threshold	コヒーレンス値がこの閾値より小さい値を持つピクセルは、結果画像でダミー (NaN) 値が設定されます。
Displacement Model Type	速度推定に適用する変動モデルを指定できます。Linear、Quadratic、Cubic、Linear Periodic、No Displacement から選択します。

パラメータ名	内容
Estimate Residual Height	True の場合、残差地形の高さを推定します。高解像度の DEM を使用している場合や、20 枚未満の画像を使用している場合、このオプションの使用は推奨されません。
Spatial Wavelet Size (m)	参照 DEM を設定値の解像度まで低解像度化し、残差地形成分を推定し、それ以外の歪みに対してウェーブレット分解を実施します。
Allow Disconnected Time Series	取得したデータの一部がメインのコネクションに含まれず、別のコネクションになっている場合は、このオプションを有効にすることで時間的間隔が開いた別のコネクションも変動の算出に追加することが可能です。下にある Min Valid Interferograms % の閾値のもとでより広い解析範囲を提供します。
Min Valid interferograms %	このパラメータは各出力グリッドポイントでの有効なインターフェログラムの最小数の割合を表します。
Stop Before Unwrapping	True に設定した場合、最後のフェーズアンラッピング処理は実行されません。
Number of Parallel Unwrapping	CPU スレッドの総数を超えない程度で並行処理するアンラッピング処理の数を定義します。メモリ消費は並行処理に直接関係しますので設定変更前にシステムメモリを十分考慮する必要があります。
Unwrapping Method Type	アンラッピングの手法を Region Growing、Minimum Cost Flow、Delaunay MCF から選択します。
Unwrapping Decomposition Level	アンラッピング処理前のアンダーサンプリングレベルの数値を指定します。
Unwrapping Coherence Threshold	アンラッピングの際にこの値より低い全てのピクセルがマスクされます。
Refinement Radius (m)	GCP を近傍の有効ピクセルと関連付けるバッファ半径です。
Refinement Res Phase Poly Degree	位相平坦化の際の位相傾斜推定に用いる多項式の次数。デフォルト値の 3 はレンジおよびアジマス方向の位相傾斜と一定の位相オフセットが補正されることを意味します。位相オフセット補正のみが必要な場合、多項式の次数は 1 に設定できます。また、入力された GCP 数よりも次数が大きい場合は自動的に次数を減少します。

6. 処理の途中で以下の Warning が表示されます。この Warning はユーザーに通知するために表示されますが、ソフトウェアによって自動的に調整されるためそのまま処理を進めます。ウェーブレットサイズが、処理範囲のサイズに比べて高すぎることをユーザー

に通知する警告メッセージですが、ウェーブレットサイズはソフトウェアによって自動的に調整されるため、ユーザーがパラメータを調整する等はありません。（ウェーブレットフィルタは、地形残差の低周波成分を除去するように設計されています。）

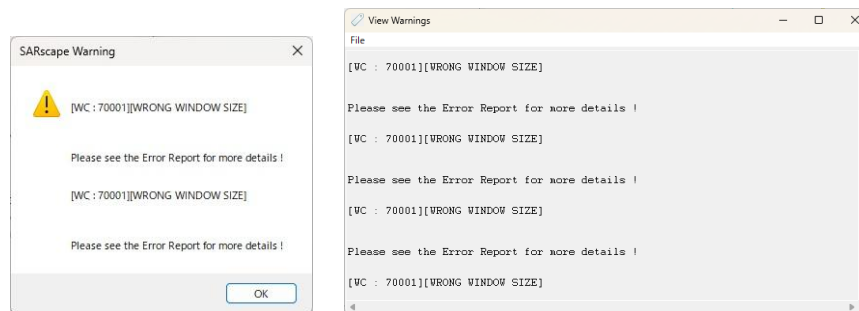


図 19 ウェーブレットサイズの警告メッセージ

7. 処理が終了すると、ファイルを読み込むか聞かれます。「Yes」をクリックすると処理結果ファイルが読み込まれます。

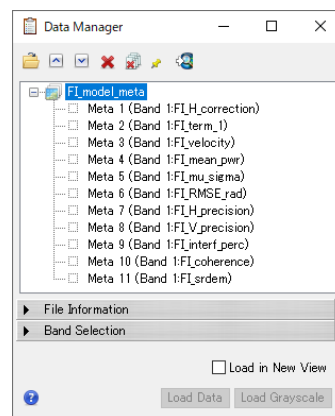


図 20 Data Manager 内の出力ファイル

8. 出力ファイルは **first_inversion** フォルダ内に以下のファイルが作成されます。出力されたメタファイルの **FI_model_meta** ファイルには初期速度推定画像（**FI_velocity**）などが含まれます。
 - **interf_tiff** フォルダ: コヒーレンス画像や干渉画像等の中間ファイルを簡易的に確認するための **TIFF** 形式のクイックルックファイルを格納
 - **inversion** フォルダ: 処理結果(スラントレンジ座標)を格納。**FI_model_meta** を **ENVI** へ読み込むと、このフォルダ配下の画像が読み込まれます。
 - **FI_model_meta, series: SVD Inversion** 解析から得られた高さ残差と変位速度(およびコヒーレンス等の画像(**inversion** フォルダ内のファイルを参照)のメタファイルとシリーズファイル
 - **FI_second_fint_meta, series: 再平坦化フィルタされた干渉縞画像**

- ・ `FI_second_upa_meta, series`: アンラップされた位相画像のメタファイルとシリーズファイル
- ※ メタファイル(`_meta`)を開くと処理結果の複数画像が一度に ENVI へ開かれます。メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(`.series`)はメタファイルをアニメーション化させているので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。
- ※ メタファイルの本体データや主要ではないデータ等は、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_SBAS_processing¥work¥work_first_inversion

速度推定(2 回目) - SBAS

2 回目の速度推定処理です。ここでは、前処理で取得した最適化されたアンラップ画像を使用し、再度変動速度や残差高さの推定を行い、これらの推定された位相を観測した位相から除去後、大気やその他の影響による位相も推定し、ノイズとして除去します。ここでも SARscape5.6.2 から平坦化のための GCP 取得は内部処理で自動化されており、手動取得の必要はありません。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → 4 - Inversion Second Step を選択し、ダイアログを起動してください。
2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → Inversion First Step まで済んだ当該 SBAS 処理の auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。



図 21 速度推定(2 回目)ダイアログ

3. Optional Files タブでは Refinement and Reflattening に使用する GCP を指定することが可能ですが、本チュートリアルでは使用しません。GCP の手動取得は速度推定(1 回目)と同じ操作方法です。

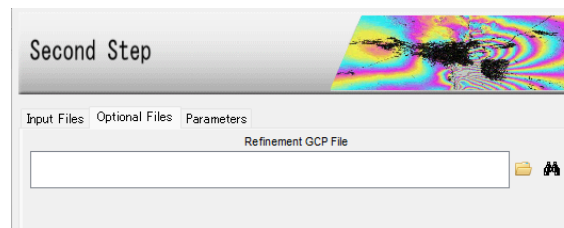


図 22 Optional Files タブ

4. Parameters タブでは、Refinement Res Phase Poly Degree の値を「1」へと変更し、その後、「Exec」ボタンをクリックしてください。パラメータについての詳細は、後述の表 6 速度推定(2 回目)のパラメータを参照してください。

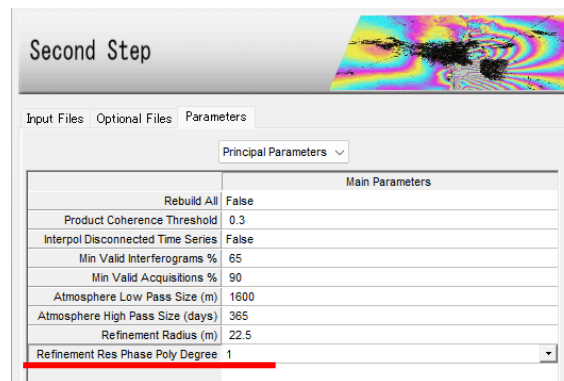


図 23 Parameters タブ

5. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下へ記載します。

表 6 速度推定(2 回目)のパラメータ

パラメータ名	内容
Rebuild All	再処理をする場合の、処理実施の程度を設定できます。False にすると、処理中断などが発生した場合の再処理で既に処理済みのデータを再処理せずに済みます。True にするとセカンドインバージョン処理を全てのデータを使用し、再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度最初から処理を実施したい場合は、True にして実行します。
Product Coherence Threshold	コヒーレンス値がこの閾値より小さい値を持つピクセルは、結果画像でダミー (NaN) 値が設定されます。
Interpol Disconnected Time Series	このパラメータを True に設定すると、変動結果が算出されていない部分に対して線形内挿の変動測定値を推定します。算出されていないギャップ前後の測定値から推測されるため、信頼性は慎重に評価してください。このパラメータの下にある (Min Valid Interferograms %, Min Valid Acquisitions %) パラメータを使用し、ギャップ間の変動を推定します。

パラメータ名	内容
Min Valid interferograms %	このパラメータは各出力グリッドポイントでの有効なインターフェログラムの最小数の割合を表します。
Min Valid Acquisitions %	このパラメータは各出力グリッドポイントでの有効な取得データの最小数の割合を表します。
Atmosphere Low Pass Size (m)	大気変動の空間的由来分布のウィンドウサイズを設定します。設定値が小さいと局所的な変動の補正に適し、大きいと広域な変動を補正することに適しています。
Atmosphere High Pass Size (days)	大気変動の時間的由来分布のウィンドウサイズを設定します。頻繁発生している大気変動を補正するには設定が小さい方が適しています。一時的な変動が少ない場合は設定値が大きい方が適しています。
Refinement Radius (m)	GCP を近傍の有効ピクセルと関連付けるバッファ半径です。
Refinement Res Phase Poly Degree	位相平坦化の際の位相傾斜推定に用いる多項式の次数です。デフォルト値の 3 はレンジおよびアジマス方向の位相傾斜と一定の位相オフセットが補正されることを意味します。位相オフセット補正のみが必要な場合、多項式の次数は 1 に設定できます。また、入力された GCP 数よりも次数が大きい場合は自動的に次数を減少します。

6. 処理が終了すると、ファイルを読み込むか聞かれます。「Yes」をクリックすると処理結果ファイルが読み込まれます。

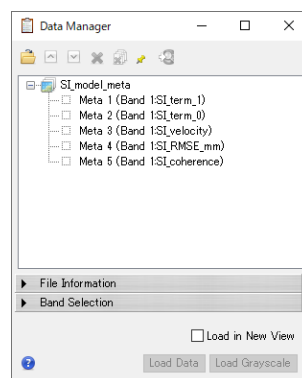


図 24 Data Manager 内の出力ファイル

7. 出力ファイルは `second_inversion` フォルダ内に以下のファイルが作成されます。出力されたメタファイルの `SI_model_meta` ファイルには初期速度推定画像 (`SI_velocity`) などが含まれます。

- **inversion** フォルダ: 処理結果(スラントレンジ座標)を格納。SI_model_meta を ENVI へ読み込むとこのフォルダ配下の画像が読み込まれます。
 - **SI_model_meta, series**: 時系列多項式回帰から得られた高さ残差と変位速度 (およびコヒーレンス等の画像(およびコヒーレンス等の画像(**inversion** フォルダ内のファイルを参照)のメタファイルとシリーズファイル
 - **SI_disp_first_meta, series**: 各データ日付の変位画像(大気補正無し)のメタファイルとシリーズファイル
 - **SI_disp_meta, series**: 各データ日付の変位画像(大気補正有り)のメタファイルとシリーズファイル
 - **SI_interf_counter_meta, series**: 各データ日付の有効な測定値画像 (コヒーレンスしきい値よりも高いコヒーレンスを持つインターフェログラム) のメタファイルとシリーズファイル
 - **SI_only_disp_upha_meta, series**: 残差高度推定成分によって平坦化されたすべてのアンラップされた位相画像
 - **SI_second_reflat_upha_meta, series**: Second Inversion での SVD で再平坦化されたすべてのアンラップされた位相画像のメタファイルとシリーズファイル
- ※ メタファイル(**_meta**)を開くと処理結果の複数画像が一度に ENVI へ開かれます。メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(**.series**)はメタファイルをアニメーション化させていますので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。

メタファイルの本体データや主要ではないデータ等は、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_SBAS_processing¥work¥work_second_inversion

コネクショングラフ – E-SBAS

E-SBAS 処理を実施する際の最初の必須ステップです。SBAS 処理でセカンドインバージョンまで実施した Auxiliary.sml ファイルが必須です。E-SBAS 処理は PS 処理と同様に、1 つのリファレンス画像を決定し、リファレンス画像以外はすべてセカンダリ画像となります。リファレンス画像は、すべてのデータにおける衛星軌道間距離や観測日などの条件に基づき、自動的に決定されます。決定された干渉ペアに基づき、後続の処理も行われます。本処理以降はこの処理で出力された Auxiliary ファイルを Input File へ選択し処理を進めます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → E-SBAS → 1 - Connection Graph を選択し、ダイアログを起動してください。

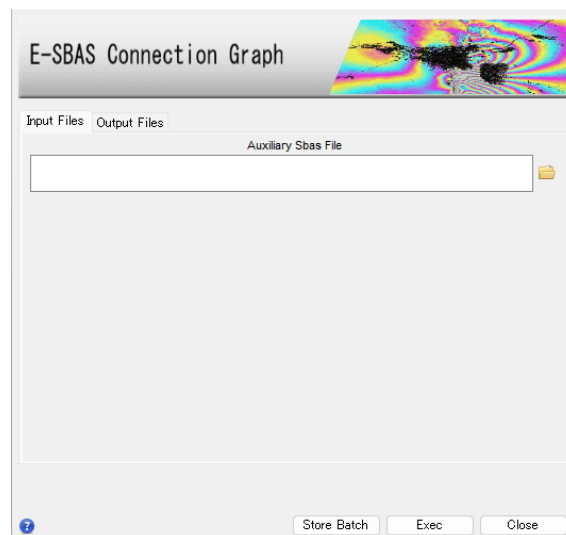


図 25 コネクショングラフダイアログ

2. Input Files タブ → Auxiliary Sbas File の Browse Files をクリック → ファイルの選択ダイアログから、SBAS 処理で使用した Auxiliary ファイルを選択します。

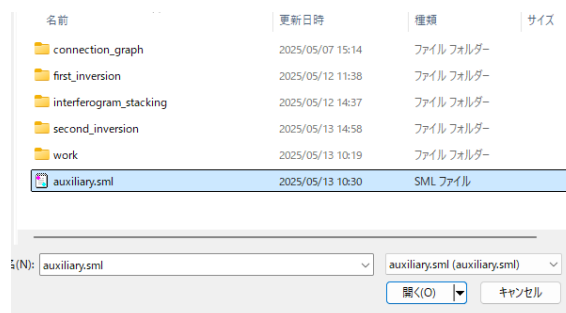


図 26 ファイル選択ダイアログ

3. **Output Files** タブにてフォルダアイコンをクリックし、ファイルの出力先と出力ルート名を設定し、「**Exec**」ボタンをクリックしてください。出力ルート名は、処理フォルダ名に使用され、出力ルート名+_ESBAS_processing というフォルダが作成されます。

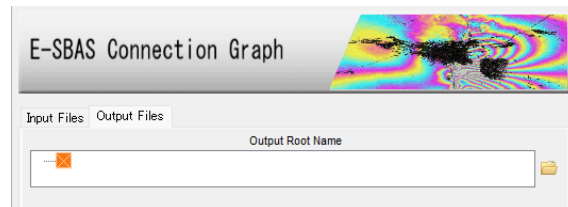


図 27 出力先設定タブ

4. 処理が終了すると、レポートとコネクショングラフが表示されます。黄色のポイントがリファレンス画像、緑色のポイントがセカンダリ画像を示しており、グラフの縦軸が衛星軌道間距離、横軸が観測日となります。リファレンス画像とセカンダリ画像の軌道間距離と観測日の乖離を確認することができます。PS 法と同様に、この緑色のポイントがスター状に分散していれば、よい状態であるといえます。

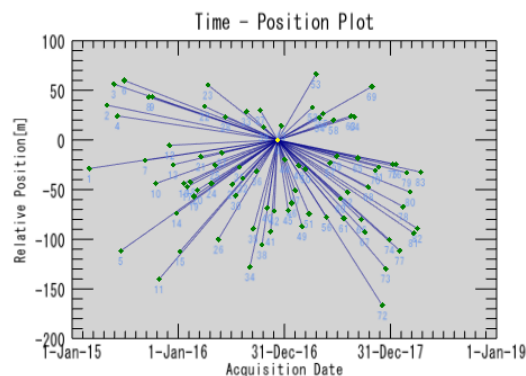


図 28 タイムポジションプロット

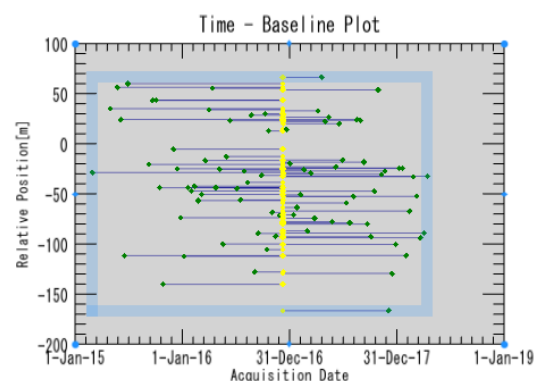


図 29 タイムベースラインプロット

5. 出力された `connection_graph` フォルダ内は以下のファイルが含まれます。

- `Plot` フォルダ: コネクショングラフを描画する際に使用する `CG_baseline.txt` と `CG_position.txt` が出力されています。
- 強度画像(`_pwr`)とそれに関連するヘッダファイル(`.sml, .hdr`)
- `CG_report.txt`: リファレンス画像とセカンダリ画像の一覧が記載されたファイル
- `Precision_report.txt`(レポートファイル): 各ペアの基線長等精度に関するテキストファイル。接続グラフが後から編集された場合、元のレポートは更新され、古いレポートは「`work_connection_graph`」サブフォルダに保存されます。

主要ではないファイル等については、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_ESBAS_processing¥work¥work_connection_graph

【補足】

E-SBAS 処理では、コヒーレンス閾値に関する設定はありません。前処理の SBAS 処理中に決定されたマスクエリアを使用します。

干渉画像作成処理 – E-SBAS

E-SBAS を実行する際の必須ステップです。このステップでは、先ほど実行したコネクショングラフで決定した干渉ペアデータの処理を行います。

干渉画像作成処理では以下の処理が実施されます。

- ・ コレジストレーション
- ・ 差分干渉画像作成

処理が終了すると、auxiliary.sml が保存されているフォルダへ interferogram_stacking フォルダが作成され、処理結果はこのフォルダに格納されます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → E-SBAS → 2 - Interferometric Process を選択し、ダイアログを起動してください。



図 30 干渉画像作成設定ダイアログ

2. Input Files タブ → Auxiliary File の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → コネクショングラフで出力された auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。

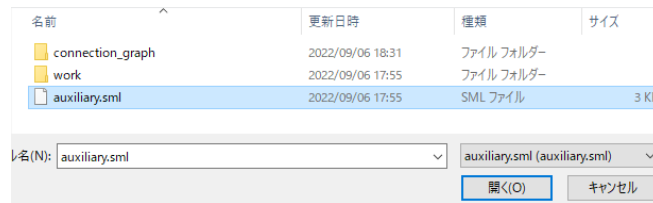


図 31 E-SBAS auxiliary ファイル選択ダイアログ

3. **Optional Files** タブでは以下のオプションファイルが指定可能です。本手順ではいずれも使用しません。使用できる **Optional Files** の詳細は 12 ページを参照してください。

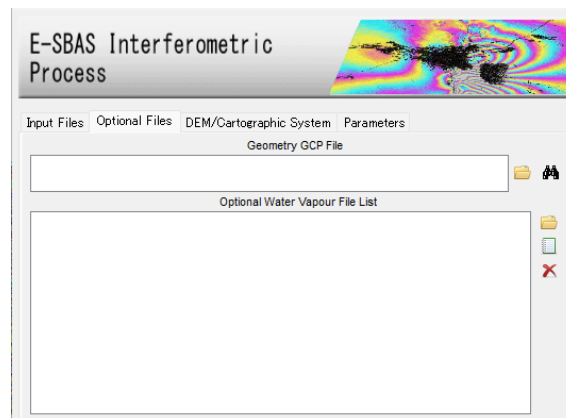


図 32 Optional Files の設定ダイアログ

4. **Optional Files** タブのオプションファイルについて簡単な説明を以下へ記載します。

表 7 干渉画像作成処理 Optional Files の項目一覧

オプション名	内容
Geometry GCP File	衛星の軌道の不正確さを修正するために使用することが可能です。
Optional Water Vapour File List	大気補正に使用するファイルが指定可能です。大気補正を使用する場合は、GACOS (http://www.gacos.net/) からダウンロードしたファイルを SARscape へインポートし、本ダイアログで指定します。Parameters タブの「Atmosphere External Sensors」を併せて設定してください。

5. 次に DEM の設定を行います。DEM/Cartographic System タブ → DEM File の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログから、DEM ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。SBAS 処理で使用した DEM を使用してください。

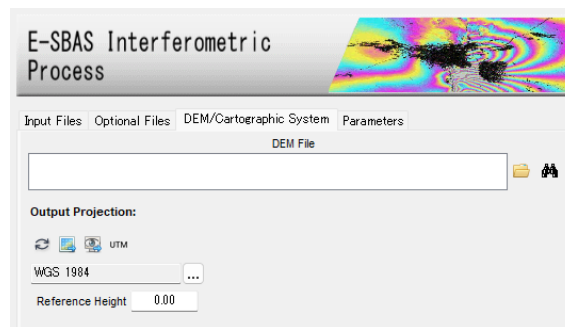


図 33 DEM 選択タブ

6. その他の設定値を変更する場合は、**Parameters** タブで設定を行います。データの条件などが異なる場合は設定が必要になる場合がありますが、基本はデフォルトのままです。値を変更せずに実行します。「**Exec**」ボタンをクリックし、処理を実行してください。

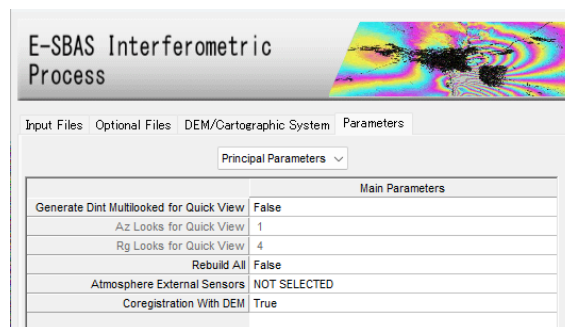


図 34 Parameters タブ設定

7. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下へ記載します。

表 8 E-SBAS 干渉画像作成処理のパラメータ

パラメータ名	内容
Generate Dint Multilooked for Quick View	マルチルック処理された干渉画像を出力します。デフォルトでは False に設定されています。True を設定すると、以下のルックス数を指定するパラメータが有効化されます。
Range/Azimuth Looks for Quick View	レンジ・アジマス数のルックス数を設定します。デフォルト値は、Preference Specific 設定でセンサに合ったルックス数が入力されています。
Rebuild All	このフラグを設定すると、全てのデータを使用し最初から再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度処理を実施しなおす場合は、True にして実行します。既に処理済みのデータに対して、新しいデータを追加して処理する場合は、False を設定します。

パラメータ名	内容
Atmosphere External Sensors	GACOS や MERIS (ENVISAT のみ) の外部センサを用いて大気効果を除去します。外部レイヤは事前のダウンロードおよびインポートが必要です。 SBAS の干渉画像作成処理で GACOS データを使用した場合、ここでも設定してください。
Coregistration with DEM	True の場合、コレジストレーション処理時に DEM を参照します。

8. 出力ファイルは `interferogram_stacking` フォルダ内に以下のファイルが作成されます。

- `IS_srдем`: スラントレンジ座標上へ再投影された DEM
- `slant_dint_meta`: 軌道縞等の除去後のインターフェログラム画像メタファイル
- `slant_pwr_meta`: スラントレンジ強度画像メタファイル

以下のファイルは速度推定(Inversion)処理実施後に本フォルダ内へ作成されます。

- `mean`: 強度の平均画像
- `mu_sigma`: 振幅分散指数画像

※ メタファイル(`_meta`)を開くと処理結果の複数画像が一度に ENVI へ開かれます。メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(`.series`)はメタファイルをアニメーション化させているので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。

メタファイルの本体データや主要ではないデータ等は、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_ESBAS_processing¥work¥work_interferogram_stacking

速度推定 – E-SBAS

このステップでは、PS と DS の各ピクセルの両方に適用される線形および非線形の変位傾向の速度推定を行います。SBAS の速度推定(2 回目)の処理を実施済みのデータを初期化し、大気位相成分を推定します。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → E-SBAS → 3 - Inversion を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。
2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → Interferometric Process まで済んだ当該 E-SBAS 処理の auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。

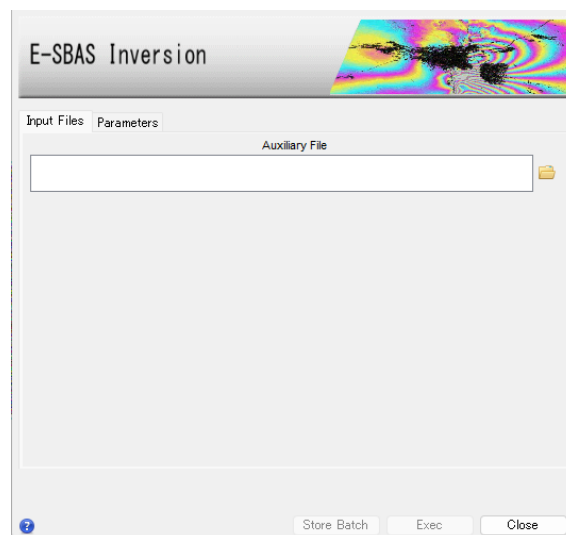


図 35 速度推定の設定ダイアログ

3. Parameters タブでは、そのまま使用します。Exec」ボタンをクリックしてください。

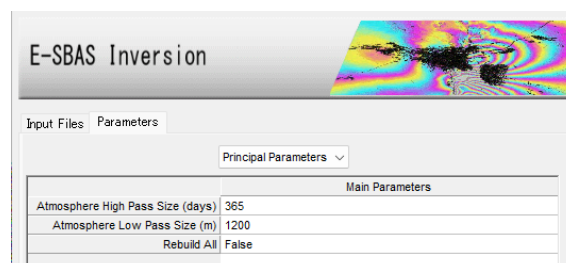


図 36 Parameters タブ設定

4. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下へ記載します。

表 9 E-SBAS 速度推定処理のパラメータ

パラメータ名	内容
Atmosphere Low Pass Size (m)	大気変動の空間的由来分布のウィンドウサイズを設定します。設定値が小さいと局所的な変動の補正に適し、大きいと広域な変動を補正することに適しています。
Atmosphere High Pass Size (days)	大気変動の時間的由来分布のウィンドウサイズを設定します。頻繁発生している大気変動を補正するには設定が小さい方が適しています。一時的な変動が少ない場合は設定値が大きい方が適しています。
Rebuild All	このフラグを設定すると、全てのデータを使用し最初から再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度処理を実施しなおす場合は、True にして実行します。既に処理済みのデータに対して、新しいデータを追加して処理する場合は、False を設定します。

5. 出力ファイルは inversion フォルダ内に以下のファイルが作成されます。

- Ref_GCP.shp: 処理に選択された GCP をスラントレンジ座標上へ投影しています。
- slant_atm_meta, series: スラントレンジ座標に投影された日付毎の大気関連成分のメタファイルとシリーズファイル
- slant_disp_meta, series: 大気補正後のスラントレンジ座標に投影された日付毎の PS 変位画像に対応するメタファイルとシリーズファイル

以下のファイルはジオコーディング実施後、inversion フォルダへ作成されます。

- cc: 時系列コヒーレンス画像
- Heightt: 大気補正後の参照 DEM モデルに対する補正(メートル単位)画像
- Velocity: 平均変位速度(mm/年)の画像
- precision_height: 高さ残差の平均精度の推定値(メートル)画像
- precision_vel: 平均変位速度の平均精度の推定値(ミリメートル/年)画像
- slant_disp_full_meta: 大気補正後のスラントレンジ座標に投影された日付毎の PS と DS 変位画像に対応するメタファイル

- ※ メタファイル(_meta)を開くと処理結果の複数画像が一度に ENVI へ開かれます。
メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(.series)はメタファイルをアニメーション化させているので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。

メタファイルの本体データや主要ではないデータ等、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_ESBAS_processing¥work¥inversion

ジオコーディング-E-SBAS

算出された結果に地理情報を付与し、ラスタやシェープファイルに保存します。E-SBAS 処理ではコヒーレンスを設定しませんでしたでしたが、本ステップでは最終結果の出力に伴うコヒーレンス値の設定があります。

【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → SBAS & E-SBAS → E-SBAS → 4 - Geocoding を選択し、ダイアログを起動してください。
2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログ → Inversion まで済んだ当該 SBAS 処理の auxiliary.sml ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。

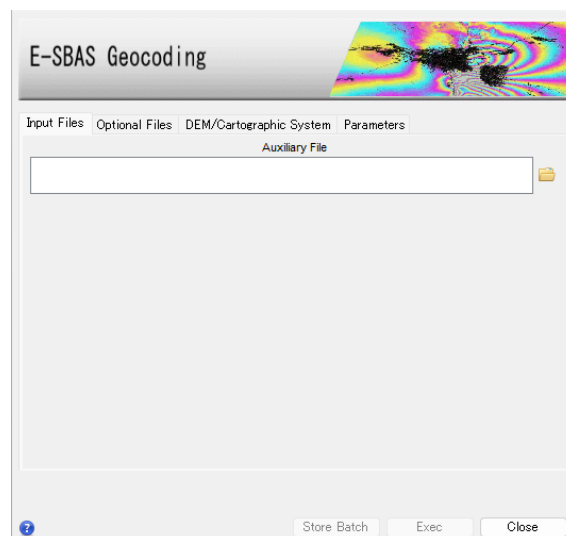


図 37 ジオコーディングダイアログ

3. Optional Files タブでは任意で Refinement and Reflattening または固定(不動)点の設定が可能です。本チュートリアルでは使用しません。

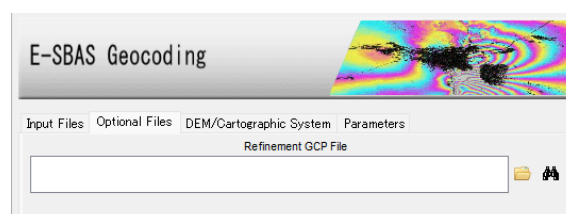


図 38 Optional Files タブ

【補足】

不動点をユーザー自身で設定したい場合は、手動で GCP 設定を実施できます。Optional Files タブの Refinement GCP File の横にある双眼鏡マーク をクリック → Generate Ground Control Points ダイアログを起動し、GCP を作成するためのファイルを選択し、GCP を 1~3 点程度設定します。1 点の GCP は不動参照点のみ、2 点以上になると、不動点かつ Reflattening 処理に使用します。

- DEM の設定を行います。DEM/Cartographic System タブ → DEM File の横にあるフォルダマークをクリック → ファイルの選択ダイアログから、DEM ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。出力データの投影法は DEM の投影法を使用しますが、DEM を使用しない場合 Output Projections にて投影法を指定します。

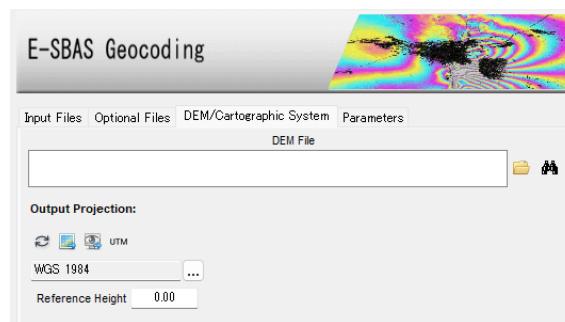


図 39 DEM 設定タブ

- Parameters タブでは、Make Geocoded Raster の値を「True」へと変更し、その後「Exec」ボタンをクリックしてください。

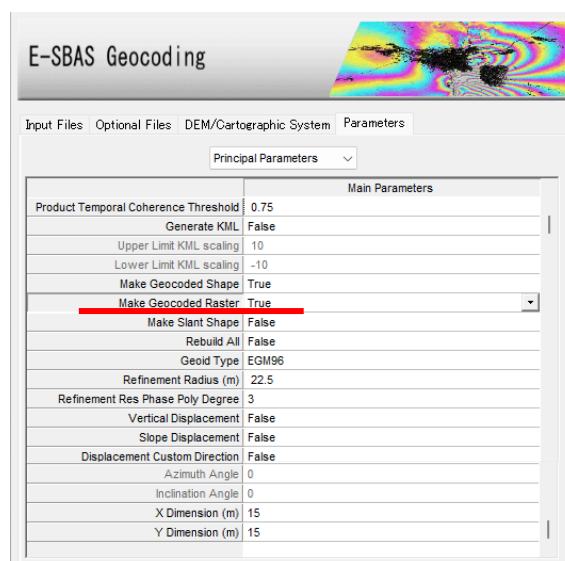


図 40 Parameters タブ設定項目

6. Parameters タブの Principal Parameters について簡単な説明を以下に記載します。

表 10 ジオコーディングのパラメータ

パラメータ名	内容
Product Temporal Coherence Threshold	設定した閾値以下の時間的コヒーレンス値を持つピクセルは、ダミー (NaN) 値が設定され出力されます。
Generate KML	True に設定すると、PS の結果が KML 形式で出力されます。以下の Upper/Lower Limit KML Scaling のパラメータが有効になります。
Upper Limit KML Scaling	予想される最大変動速度の値 (mm/年) を整数で指定します。
Lower Limit KML Scaling	予想される最小変動速度の値 (mm/年) を整数で指定します。
Make Geocoded Shape	True に設定すると、シェープ形式のファイルを出力します。
Make Geocoded Raster	True に設定すると、ラスタ形式のファイルを出力します。
Make Slant Shape	True に設定すると、スラントレンジ上でのシェープ形式のファイルを出力します。※inversion フォルダに作成されます。
Rebuild All	再処理をする場合の、処理実施の程度を設定できます。False にすると、処理中断などが発生した場合の再処理で既に処理済みのデータを再処理せずに済みます。True にするとファーストインバージョン処理を全てのデータを使用し、再処理を行います。一度処理を実行した後にパラメータなどの変更をし、再度最初から処理を実施したい場合は、True にして実行します。
Geoid Type	EGM96 と EGM2008 を選択できます。
Refinement Radius (m)	GCP を近傍の有効ピクセルと関連付けるバッファ半径です。
Refinement Residual Phase Poly Degree	位相平坦化の際の位相傾斜推定に用いる多項式の次数です。デフォルト値の 3 はレンジおよびアジマス方向の位相傾斜と一定の位相オフセットが補正されることを意味します。位相オフセット補正のみが必要な場合、多項式の次数は 1 に設定します。また、入力された GCP 数よりも次数が大きい場合は自動的に次数を減少します。
Vertical Displacement	視線方向の変動を垂直方向への移動と仮定した変化量を出力します。
Slope Displacement	視線方向の変動を最大傾斜方向への移動と仮定した変化量を出力します。
Displacement Custom Direction	True に設定すると、任意のベクトル方向への移動と仮定した変化量を出力します。Azimuth Angle と Inclination Angle パラメータが有効になります。
Azimuth Angle	Azimuth Angle (北からの角度で時計回り方向) を指定します。

パラメータ名	内容
Inclination Angle	Inclination Angle(水平面からの角度で傾斜角)を指定します。
X Dimension (m)	X(東)方向のグリッドサイズの目安を定義します。単位はメートルです。地図投影法の場合、0.2以上の数値はメートル単位として扱い、メートルから度に変換されます。それ以下の場合、度として扱い、変換なしで使用されます。
Y Dimension (m)	Y(北)方向のグリッドサイズを定義します。単位はメートルです。

7. 出力ファイルは geocoding フォルダ内に以下のファイルが作成されます。

- シェープファイル(.shp): PS 点、DS 点についてのポイントシェープファイルです。関連するファイル(.shx、.dbf、Google Earth .kml)も併せて出力されます。

ファイル名の形式は右記のようになります：出力ルート名_PS_DS_XX_Y.shp

XX には、コヒーレンス閾値の小数 (0.XX) の数値が付与され、Y には 1 つのシェープファイルに収まらない場合の増分番号が付与されます。

- mean_geo: 地理座標が付与された反射強度(Intensity)の平均値画像
- Ref_GCP_geo: 速度推定(1 回目)の工程で選択された地理座標付き GCP

Make Geocoded Raster を True に設定すると以下のファイルが出力されます。

- ESBAS_disp_geo_meta: 変動速度画像(ルート名_ESBAS_vel_geo)やコヒーレンス画像(ルート名_ESBAS_cc_geo)を含むメタファイルです。
- ESBAS_ALOS: レーダーの照射方位画像。正の角度は北から時計回りに測定されます。負の角度は北から反時計回りに測定されています。
- ESBAS_ILOS: レーダー入射角画像。角度は、地上の垂線と衛星を結ぶ視線方向(Line Of Sight)のなす角です。

※ メタファイル(_meta)を開くと処理結果の複数画像が一度に ENVI へ開かれます。メタファイルをテキストエディタで開くと各データの保存場所を確認することが可能です。シリーズファイル(.series)はメタファイルをアニメーション化させているので、自動再生して各データを確認することができるファイルです。

メタファイルの本体データや主要ではないデータ等、以下のフォルダ内にファイルが出力されます。

出力ルート名+_ESBAS_processing¥work¥work_geocoding

結果の確認

1. 結果の確認を行います。geocoding フォルダ内の「出力ルート名_PS_DS_XX_Y.shp」を ENVI へ読み込み、表示してください。複数のシェープファイルがある場合は全て読み込み、表示してください。
2. 反射強度の平均した画像も作成されていますので、geocoding フォルダ内の「mean_geo」ファイルも ENVI へ読み込み、背景画像として PS 処理の結果に重ね合わせてください。

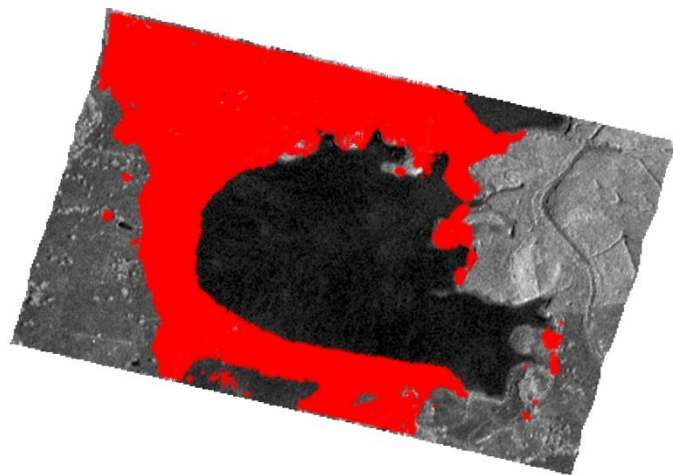


図 41 E-SBAS 処理の結果表示

3. ENVI ツールボックス → SARscape → General Tools → Time Series Analyzer → Vector を選択し、Data Range の Min と Max をそれぞれ、-30 と 30 に変更し、Color Apply ボタンをクリックし平均変動速度（mm/year）で色付けをします。

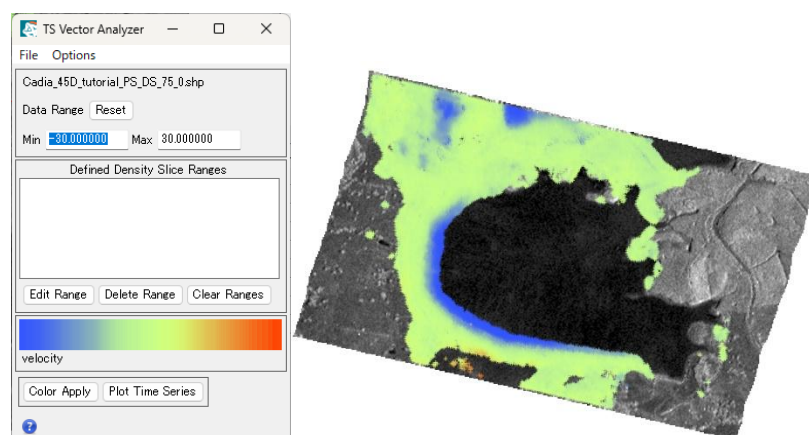


図 42 時系列データの表示ツール

【補足】

チュートリアルでは一つのシェープファイルのみ出力されていますが、複数のシェープファイルが出力されている場合、それらを ENVI へ表示し、それぞれに対して同じ操作を行う必要があります。手順は ENVI のレイヤーマネージャに表示されているシェープファイルを右クリック → Set as Active Layer を選択すると、「TS Vector Analyzer」で操作しているファイル名が変更されますので、Data Range を同様に変更し、Color Apply ボタンをクリックしてください。

4. 各ポイントを表示画面上で選択し、「Plot Time Series」ボタンをクリックすると、そのポイントの時系列の変動をグラフにて確認することができます。グラフ内の各ポイントが観測時期となり、地表面変動の変化を視覚的に確認することができます。左画像内の黄緑マークと右図の黄緑プロット、画像内の青マークと右図の青プロットが対応しています。青プロットでは累積変動量が 100mm 以上にもなっていることが確認できます。

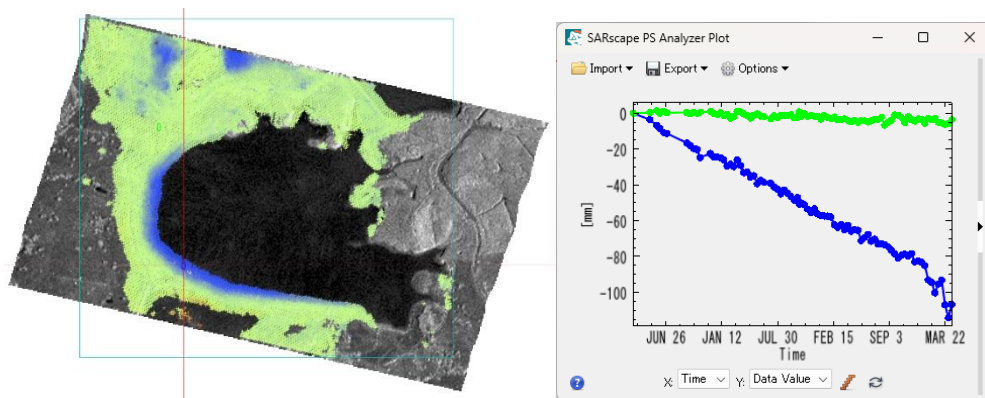


図 43 時系列データのポイントのプロットを表示

5. SBAS と E-SBAS の結果を比較します。E-SBAS の処理結果と合わせるため、SBAS の結果は「geocoding¥vector」内に出力されたシェープファイルを表示しています。今回の解析範囲は小さいですが、SBAS 法と E-SBAS 法で得られたポイント数は 2,000 点程度差があり、E-SBAS 法ではより詳細な変動分布を表しています。

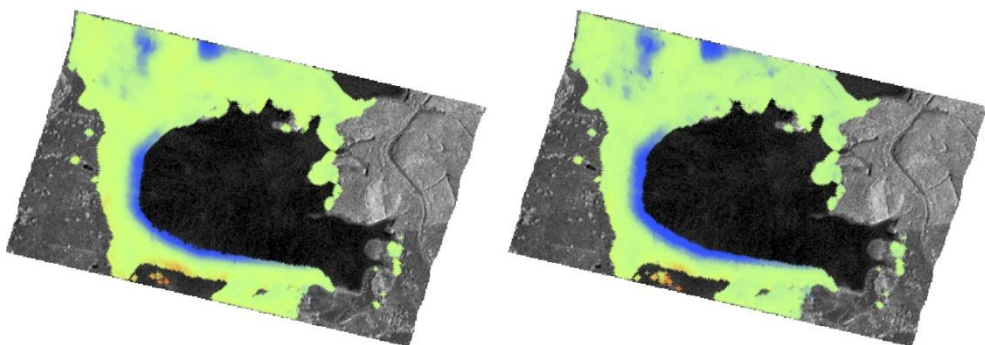


図 44 左-SBAS 法 / 右-E-SBAS 法

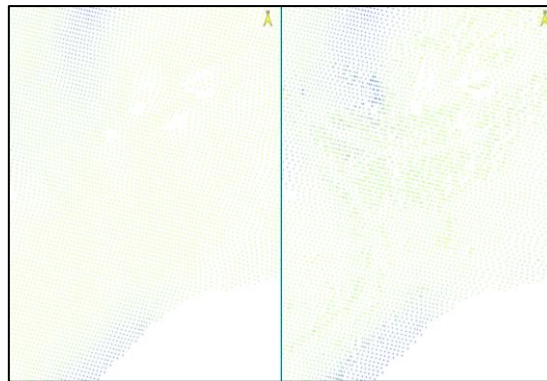
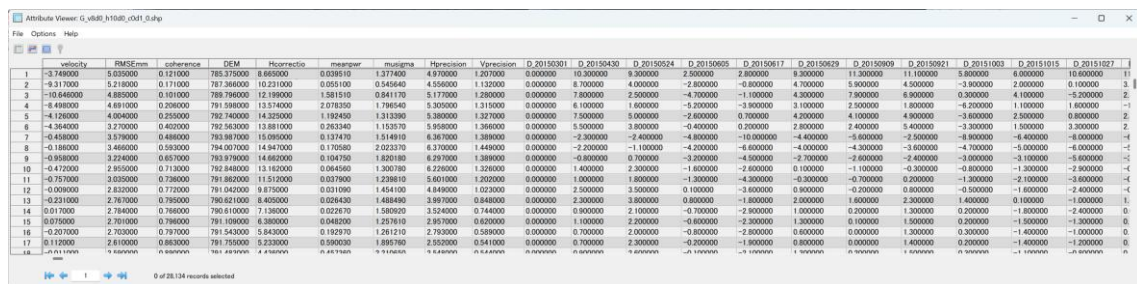


図 45 解析エリア北部を拡大

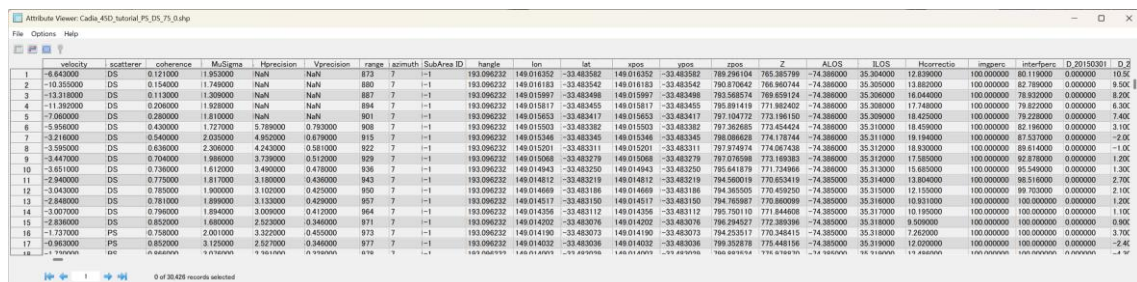
左-SBAS 法 / 右-E-SBAS 法

6. Layer Manager 内のシェープファイルを右クリックし、「View/Edit Attributes」を選択すると、属性の一覧が表示されます。E-SBAS 法では、左から 2 つ目の列に PS 点か DS 点かの属性が出力されています。



	velocity	RMSRms	coherence	DEM	Hcorrectio	manager	mutigma	Hprecision	Vprecision	D_20150301	D_20150430	D_20150524	D_20150609	D_20150617	D_20150629	D_20150609	D_20150921	D_20151003	D_20151015	D_20151027
1	-3.749000	5.035000	0.121000	785.375000	8.665000	0.039510	1.377450	4.970000	1.207000	0.000000	10.300000	9.700000	2.500000	2.600000	3.000000	11.300000	11.100000	5.800000	6.000000	10.600000
2	-3.317000	5.218000	0.171000	787.366000	0.055100	0.045480	4.556000	1.132000	0.000000	8.700000	4.000000	-2.800000	-0.800000	4.700000	5.900000	4.500000	-3.900000	2.000000	0.100000	3.100000
3	-10.546000	4.885000	0.101000	789.796000	12.189000	1.581510	0.841170	5.177000	1.289000	0.000000	7.800000	2.500000	-4.700000	-1.100000	4.300000	7.900000	6.900000	0.300000	4.100000	-5.200000
4	-4.498000	4.691000	0.206000	791.598000	13.574000	2.078350	1.796540	5.305000	1.315000	0.000000	6.100000	1.600000	-5.200000	-3.900000	3.100000	2.500000	1.800000	-6.200000	1.100000	1.600000
5	-4.126000	4.094000	0.255000	792.740000	14.325000	1.192450	1.313390	5.389000	1.327000	0.000000	7.500000	5.000000	-2.600000	0.700000	4.200000	4.100000	4.800000	-3.600000	2.500000	0.800000
6	-4.354000	3.270000	0.402000	792.563000	13.881000	0.263440	1.153570	5.958000	1.366000	0.000000	5.900000	3.800000	-4.400000	0.200000	2.800000	2.400000	5.400000	-3.300000	1.500000	3.300000
7	-0.458000	3.579000	0.488000	793.987000	15.085000	0.137470	1.514910	6.367000	1.389000	0.000000	-2.300000	-2.400000	-4.800000	-10.000000	-4.400000	-2.500000	-9.800000	-8.400000	-8.000000	-4.100000
8	-0.188000	3.469000	0.593000	794.070000	14.947000	0.170560	2.023370	6.370000	1.446000	0.000000	-2.200000	-1.100000	-4.200000	-6.600000	-4.000000	-4.300000	-3.600000	-4.700000	-5.000000	-6.000000
9	-0.958000	3.224000	0.657000	793.979000	14.682000	0.104750	1.620180	6.293000	1.389000	0.000000	-0.800000	0.700000	-3.200000	-4.500000	-2.700000	-2.600000	-2.400000	-3.900000	-3.100000	-5.600000
10	-0.472000	2.855000	0.713000	792.848000	13.162000	0.064560	1.300780	6.228000	1.326000	0.000000	1.400000	2.300000	-1.600000	-2.600000	0.100000	-1.100000	-0.300000	-0.800000	-1.300000	-2.800000
11	-0.757000	3.035000	0.738000	791.862000	11.512000	0.037960	1.239810	5.601000	1.202000	0.000000	1.000000	1.800000	-1.300000	-4.300000	-6.300000	-0.700000	0.200000	-1.300000	-2.100000	-3.600000
12	-0.009000	2.835000	0.772000	791.042000	8.875000	0.021190	1.454100	4.846000	1.023000	0.000000	2.500000	3.500000	0.100000	-3.600000	0.900000	-0.200000	0.800000	-0.500000	-1.600000	-2.400000
13	-0.231000	2.767000	0.795000	790.821000	8.405000	0.026430	1.488490	3.897000	0.848000	0.000000	2.300000	3.800000	0.800000	-1.800000	2.000000	1.600000	2.300000	1.400000	0.100000	-1.000000
14	0.017000	2.784000	0.768000	790.510000	7.136000	0.022670	1.580820	3.524000	0.744000	0.000000	0.900000	2.100000	-0.700000	-2.800000	1.000000	0.200000	1.300000	0.200000	-1.800000	-2.400000
15	0.076000	2.701000	0.796000	791.106000	6.386000	0.046200	1.257810	2.957000	0.620000	0.000000	1.100000	2.200000	-0.800000	-2.200000	1.300000	0.100000	1.500000	0.200000	-1.500000	-1.300000
16	-0.207000	2.703000	0.797000	791.543000	5.843000	0.192970	1.261210	2.793000	0.589000	0.000000	0.700000	2.000000	-0.800000	-2.800000	0.600000	0.000000	1.300000	-1.400000	-1.000000	0.000000
17	0.112000	2.610000	0.863000	791.755000	5.233000	0.590020	1.898780	2.552000	0.541000	0.000000	0.700000	2.300000	-0.200000	-1.800000	0.800000	0.000000	1.400000	0.200000	-1.400000	-1.200000
18	-0.111000	2.500000	0.899000	791.485000	4.670000	0.411740	1.810000	2.400000	0.540000	0.000000	0.700000	2.300000	-0.200000	-1.800000	0.800000	0.000000	1.400000	0.200000	-1.400000	-1.200000

図 46 SBAS 法シェープファイルの属性



	velocity	scatterer	coherence	MuSigma	Hprecision	Vprecision	range	Lcsmth	SubArea ID	hangle	lon	lat	spos	spos	spos	Z	ALOS	LOS	Hcorrectio	mutigma	interfaces	D_20150301	D_20151027
1	-6.643000	DS	0.111000	1.935000	NaN	NaN	873	7	-1	193.096232	149.016352	-33.483582	149.016352	-33.483582	789.296104	785.385799	-74.386000	35.304000	12.839000	100.000000	80.119000	0.000000	10.900000
2	-10.350000	DS	0.118400	1.749000	NaN	NaN	880	7	-1	193.096232	149.016183	-33.483542	149.016183	-33.483542	790.870642	786.969744	-74.386000	35.305000	13.862000	100.000000	82.789000	0.000000	9.500000
3	-13.318000	DS	0.113000	1.309000	NaN	NaN	887	7	-1	193.096232	149.015997	-33.483498	149.015997	-33.483498	793.858574	789.659124	-74.386000	35.308000	16.644000	100.000000	78.362000	0.000000	8.200000
4	-11.382000	DS	0.209000	1.839000	NaN	NaN	894	7	-1	193.096232	149.015817	-33.483455	149.015817	-33.483455	789.891419	771.982462	-74.386000	35.308000	17.148000	100.000000	79.822000	0.000000	8.300000
5	-1.060000	DS	0.280000	1.810000	NaN	NaN	901	7	-1	193.096232	149.015653	-33.483417	149.015653	-33.483417	797.104772	773.186150	-74.386000	35.309000	18.425000	100.000000	79.220000	0.000000	7.400000
6	-5.956000	DS	0.400000	1.727000	5.789000	0.783000	908	7	-1	193.096232	149.015503	-33.483382	149.015503	-33.483382	797.362655	773.644424	-74.386000	35.310000	18.690000	100.000000	82.186000	0.000000	3.100000
7	-3.218000	DS	0.540000	2.030000	4.892000	0.679000	915	7	-1	193.096232	149.015348	-33.483345	149.015348	-33.483345	798.086628	774.178744	-74.386000	35.311000	19.184000	100.000000	87.537000	0.000000	-2.000000
8	-0.599000	DS	0.636000	2.306000	4.243000	0.581000	922	7	-1	193.096232	149.015201	-33.483311	149.015201	-33.483311	797.874974	774.067438	-74.386000	35.312000	18.830000	100.000000	89.814000	0.000000	-1.000000
9	-0.447000	DS	0.704000	1.996000	3.739000	0.512000	929	7	-1	193.096232	149.015056	-33.483278	149.015056	-33.483278	797.076598	773.169323	-74.386000	35.312000	17.825000	100.000000	92.879000	0.000000	-2.000000
10	-1.651000	DS	0.736000	1.612000	3.490000	0.478000	936	7	-1	193.096232	149.014943	-33.483250	149.014943	-33.483250	795.641879	771.734966	-74.386000	35.313000	15.685000	100.000000	95.549000	0.000000	1.300000
11	-2.840000	DS	0.775000	1.817000	3.180000	0.436000	943	7	-1	193.096232	149.014812	-33.483219	149.014812	-33.483219	794.560019	770.853418	-74.385000	35.314000	13.804000	100.000000	98.516000	0.000000	2.700000
12	-1.042000	DS	0.765000	1.900000	3.102000	0.425000	950	7	-1	193.096232	149.014689	-33.483186	149.014689	-33.483186	794.365505	770.692920	-74.385000	35.315000	12.155000	100.000000	99.702000	0.000000	4.100000
13	-2.840000	DS	0.768100	1.899000	3.133000	0.429000	957	7	-1	193.096232	149.014517	-33.483150	149.014517	-33.483150	794.765987	770.860099	-74.385000	35.316000	10.831000	100.000000	100.000000	0.000000	1.200000
14	-1.007000	DS	0.796000	1.894000	3.000000	0.412000	964	7	-1	193.096232	149.014356	-33.483112	149.014356	-33.483112	795.750110	771.844608	-74.385000	35.317000	10.195000	100.000000	100.000000	0.000000	1.100000
15	-0.836000	DS	0.863000	1.686000	2.923000	0.346000	971	7	-1	193.096232	149.014202	-33.483076	149.014202	-33.483076	796.294827	772.369396	-74.385000	35.318000	9.569000	100.000000	100.000000	0.000000	0.900000
16	-1.727000	PS	0.758000	2.001000	3.322000	0.455000	973	7	-1	193.096232	149.014190	-33.483073	149.014190	-33.483073	794.253517	770.346415	-74.385000	35.318000	7.262000	100.000000	100.000000	0.000000	3.700000
17	-0.863000	PS	0.852000	3.125000	2.527000	0.346000	977	7	-1	193.096232	149.014032	-33.483038	149.014032	-33.483038	799.352878	775.448156	-74.385000	35.319000	12.020000	100.000000	100.000000	0.000000	-2.400000
18	-0.790000	PS	0.864000	2.970000	2.910000	0.370000	979	7	-1	193.096232	149.013874	-33.482999	149.013874	-33.482999	799.352878	775.448156	-74.385000	35.319000	12.020000	100.000000	100.000000	0.000000	-2.400000

図 47 E-SBAS 法シェープファイルの属性

補足：手動で GCP を取得する手順

Refinement and Reflattening 用の GCP 取得が内部処理により自動化されましたが、First、Second Step で各々 Reflattening 用に、そして Geocoding で不動参照点適用向けに Optional Files タブで従前どおりの手順で手動 GCP を取得することも可能です。

ここではユーザー自身で Reflattening 処理で使用する GCP を作成したい方向けに手動 GCP 取得の手順を示します。GCP はノイズ除去と軌道補正の設定を目的としています。GCP の配置は、変動のエリアは避け、コヒーレンスが高く有効な（アンラッピング画像上に存在する）ピクセルを目安に、画像全体に 30 点程度またはそれ以上取得します。

【操作】

1. 3 - Inversion: First Step の Refinement GCP を例にあげます。Optional Files タブを選択し、Refinement GCP File の横にある双眼鏡マークをクリック → Generate Ground Control Points ダイアログを起動します。GCP を作成するためのファイルを選択し、Next をクリックします。



図 48 Refinement and Re-flattening 設定ダイアログ

2. Generate Ground Control Points ダイアログが起動します。コヒーレンスが高く、変動のないところに 30 点程度またはそれ以上取得します。入力指定ファイルは `work¥work_interferogram_stacking` フォルダ内の同ベースファイル名の揃いのファイルであればユーザー任意で、細かい指定はないのですが、この説明では干渉画像の `_upha` 画像に対して、コヒーレンスの `_cc` 画像を参考に GCP を取得します。ただし、`*_meta` ファイルのようなメタファイルを指定すると動作しませんので、`_fint`, `_upha`, `_pwr`, `_cc` などの実体ファイルを指定するようにご注意ください。

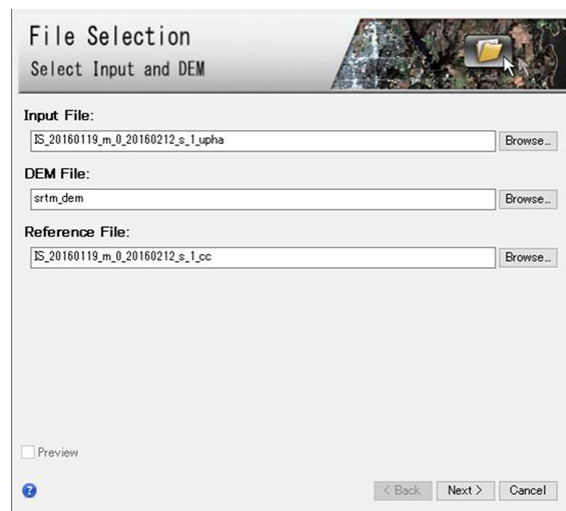


図 49 GCP 作成に使用するファイル設定ダイアログ

表 11 GCP 作成ツールの項目一覧

パラメータ名	内容
Input File	<u>GCP を設定する位置を示すファイル</u> 上記設定ファイルは出力ファイルパス ¥work¥work_interferogram_stacking 内にある*_upha 画像を使用します。
DEM File	<u>GCP の高さを示す DEM ファイル</u> 設定ファイルは Interferometric Processing でも使用 した DEM ファイルです。
Reference File	<u>GCP を設定するために参考とするファイル</u> ファイル選択は任意ですが、上記 Input File と同名ベ ースファイルで出力ファイルパス ¥work¥work_interferogram_stacking 内にある*_cc 画 像を使用します。

※以下フォルダに、使用するデータの各ペアで導出された_fint、_upha、_cc の閲覧用クイック
ックファイルがあるので、フォルダ内の画像のサムネイル表示や、windows の画像ビューワで簡単
に画像を確認することが可能です。クイックルックファイルを参考にどのファイルを使用すれば良
いかデータを確認し、決定することが可能です。

クイックルックファイル: 出力ファイルパス¥interferogram_stacking¥interf_tiff

- GCP 作成用のデータが ENVI へ表示された後、各画像のデータ値が認識しやすくなるよ
うに、_upha 画像と_cc 画像へ疑似カラーを付与します。

4. Layer Manager→_upha 画像を右クリック→Change Color Tables→Rainbow を指定し、さらに見やすいようにストレッチングをかけて画像を強調表示します。同じ操作を _cc 画像にも行ってください。

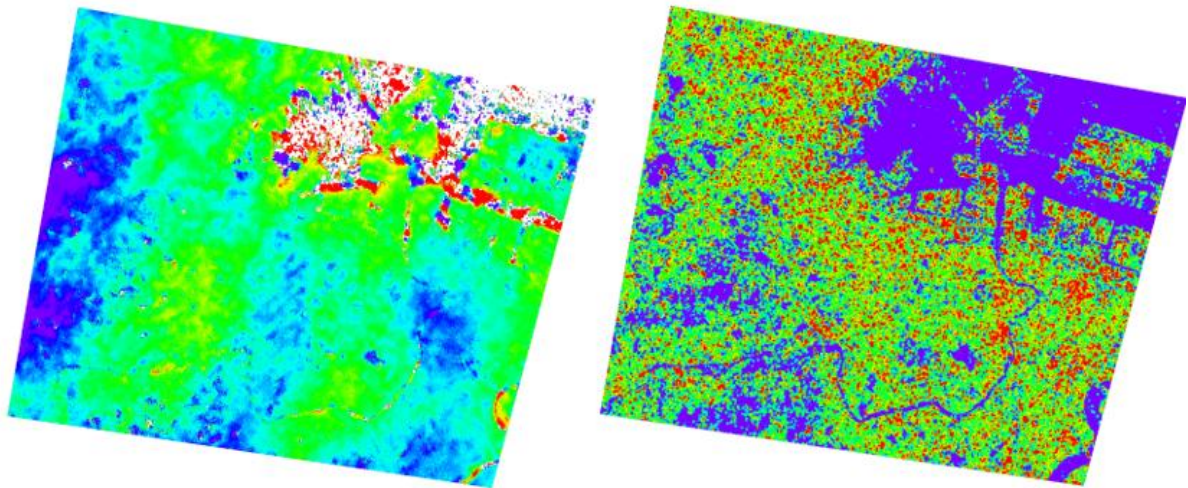


図 50 左図: _upha 画像 右図: _cc 画像

5. ENVI のツールバーにある、Transparency ツールを使用し、下の _cc 画像が参照出来るよう、透過度を変更します。画像全体に、_upha 画像のインターフェログラム画像で位相が安定していて、コヒーレンスの値が高い箇所に対して、任意の数だけ GCP を設定し、Finish をクリックします。

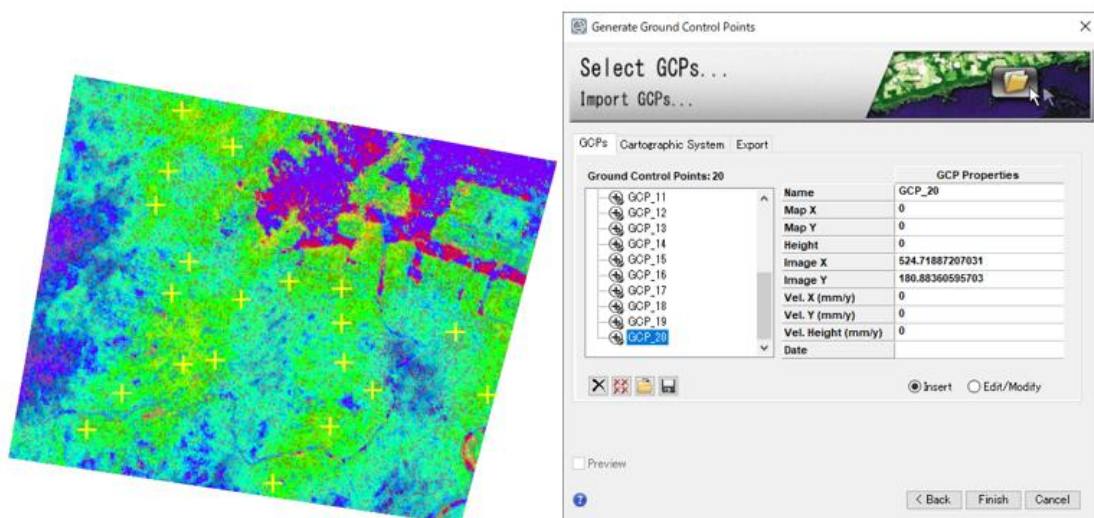


図 51 左図: 設定した GCP 右図: GCP 作成ダイアログ

6. GCP の処理が終了すると出力フォルダ直下へファイルが作成されています。また、出力されたファイルは自動的に **Optional Files** タブの **Refinement GCP File** へと設定されています。当該ステップの他の設定を実施して **Exec** をクリックして処理を開始します。

お問い合わせ先

本チュートリアルに関する、ご質問やご要望に関しましては以下のメールアドレスまでご連絡をお願いいたします。

NV5 Geospatial 株式会社

サポート窓口：

support_jp@NV5.com