

地すべり・土砂堆積 被災エリア推定

操作手順書

目的

衛星 SAR で地球を観測する場合、地物の状態に変化があると、人工衛星への反射強度(後方散乱)に変化が生じる可能性が高まります。例えば、地震や豪雨による地すべりなどで、森林エリアが裸地になった場合は以前に比べ反射強度が弱まり、平らな部分に倒木や土砂などが堆積した場合には、逆に反射強度が強まる傾向になると言われています。本書では発災前・発災後の 2 時期の SAR データからそれぞれの強度画像の生成工程を含め、以下 2 つの解析手法と操作手順を紹介します。(SAR 画像処理の手順は共通しています。)

- ・二時期の SAR 強度画像を用いたカラー合成表示による被災エリア推定
- ・ENVI の差分抽出機能を用いた二時期の反射強度変化エリアの抽出

尚、一般論として SAR 強度画像を用いた解析を実施しても、全ての被災エリアを正確に抽出することは難しい為、上記手法を用いた解析結果も、災害対応の初動時における早期被災地推定への利用が望ましいと言われています。また、JAXA・国土交通省作成の「災害時の人工衛星活用ガイドブック 土砂災害版」では、上記のカラー合成表示を行った場合も、直近の光学画像や地形情報等も含め、総合的に判断することを推奨しています。更に同書では「土砂移動面積が大きいほど、SAR 画像からの土砂移動箇所抽出率が高まる傾向にある」と記されており、「概ね面積 10,000 m²以上かつ、幅 40m 以上または長さ 100m 以上の土砂崩壊地の抽出を想定、面積 1,000 m²未満規模の土砂崩壊地の抽出は困難」と参考値が記載されています。

この手順書は、SARscape の入門用マニュアル(SARscape 入門)と ENVI の入門用マニュアル(ENVI 入門)を終了していることを前提としています。基本的な操作方法や文言などについては、それらの入門用マニュアルを参照してください。

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。

使用データ

本チュートリアルでは、JAXA ALOS-2 PALSAR-2 のディセンディング軌道のデータを使用します。平成 30 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震を挟む、2018 年 8 月 23 日と 2018 年 9 月 6 日のデータを使用します。

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。今回は高解像度の PALSAR-2 データを使用するため、「VHR (better than 3m)」を選択します。Sentinel-1 を使用する場合は、「SENTINEL TOPSAR(IW-EW)」を使用します。

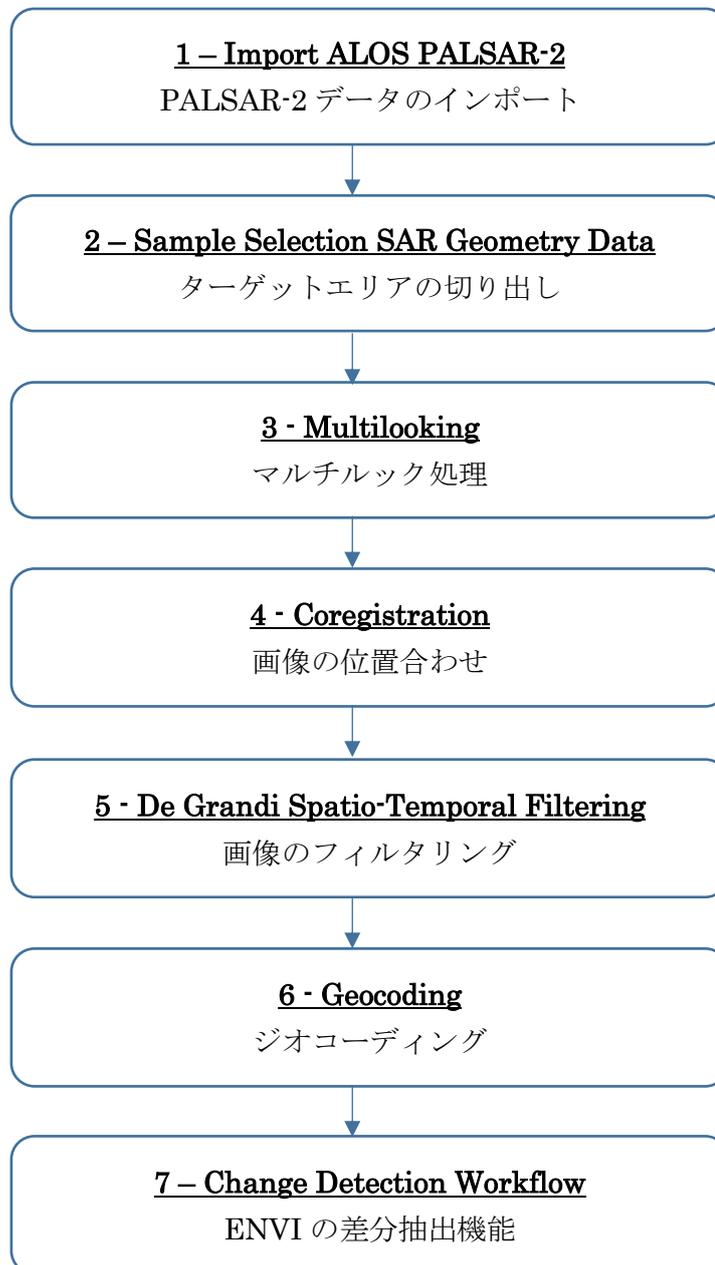
各設定項目について次項の表へ説明を記載します。

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 以下の超高解像度データに適しています。
VHR (better than 3m)	3m 以下の超高解像度データに適しています。
VHR (better than 6m)	6m/pixel 以下の超高解像度データに適しています
HR (between 10m)	10m/pixel 以下の超高解像度データに適しています
MR (between 10m and 30m)	10~30 m/pixel の高解像度データに適しています
LR (coarser than 30m)	30m/pixel 以上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

処理概要

処理フローについて、以下図に示します。この処理フローは処理手順に沿って SARscape と ENVI の処理メニューと同様の名前を記載しており、各フローにおける詳細や手順については後続の章において説明します。



PALSAR-2 データのインポート

SARscape で処理を行う際の最初の必須ステップです。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 のファイルフォーマットは、基本的に 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。

- 画像データ: フラットバイナリの画像データ (拡張子なし)
- 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 (拡張子: .hdr)
- SARscape パラメータファイル: SARscape が処理の際に使用する XML 形式のパラメータファイル (拡張子: .sml)

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下のツールを起動します。
/SARscape/Import Data/SAR Spaceborne/Single Sensor/ALOS PALSAR-2
- ii. Input Files タブでは、Input File List の欄をクリックすることで、ファイル選択ダイアログが起動します。インポートするデータの「IMG-」から始まるファイルを選択し、「開く」をクリックしてください。

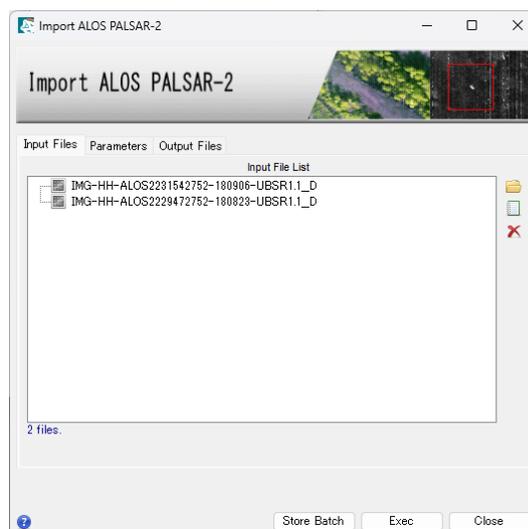


図 1. インポートダイアログの Input Files タブ

- iii. Parameters タブでは、変更する項目はありません。Principal Parameters の Rename Output Using Parameters は True のままにします。出力ファイルにデータの日付などが入った名前を自動的に付与します。

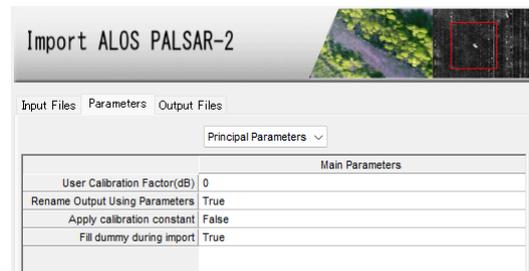


図 2. インポートダイアログの Parameters タブ

- iv. Output Files タブを確認します。ファイル名を右クリックし、出力先などの設定を確認し、「Exec」ボタンをクリックしてください。



図 3. インポートダイアログの Output Files タブ

ターゲットエリアの切り出し

解析範囲が決まっている場合、処理を実行する前に必要なデータ範囲を切り出します。SAR データの SLC (Single Look Complex) はファイルサイズが大きいため、画像全体を処理すると時間がかかるため、必要範囲に限定することで処理時間を短縮することが可能です。ENVI や他のソフトウェアで切り出したファイルでは、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。

切り出し範囲は、SAR 画像のピクセル座標あるいは緯度経度座標、シェープファイルまたは Google Earth で作成した KML/KMZ などのポリゴンを使用する事が可能です。今回は Google Earth 上で作成した、以下範囲の KML ファイルを使用します。

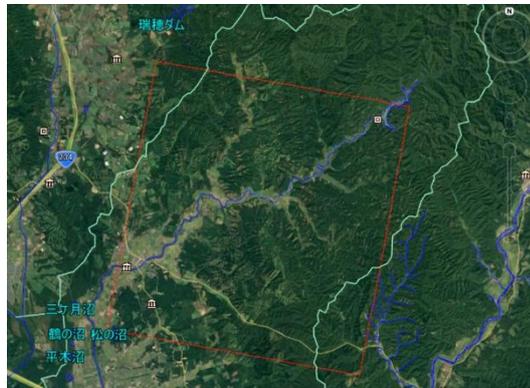


図 4. Google Earth 上で作成したポリゴン

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下のツールを起動します。
/SARscape/General Tools/Sample Selections/Sample Selection SAR Geometry Data
- ii. Input Files タブでは、前の処理でインポートした画像(接尾子: slc)を指定してください。

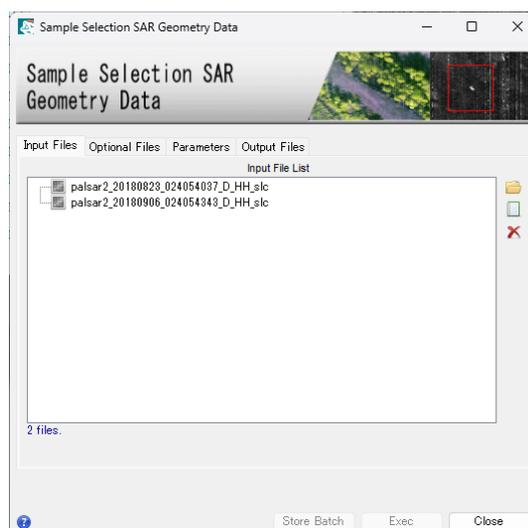


図 5. サンプルセレクションダイアログの Input Files タブ

- iii. Optional Files タブの Area of Interest では、事前に Google Earth 上で作成したポリゴンを保存した KML ファイルを指定します。

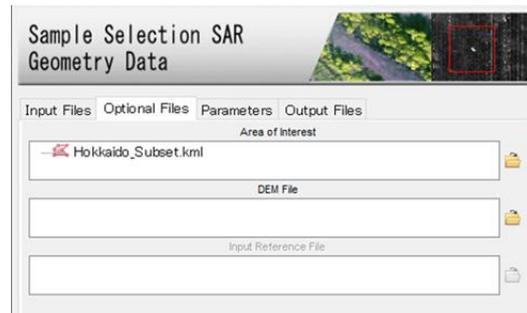


図 6. サンプルセレクションダイアログの Optional Files タブ

- iv. Parameters タブをクリックします。緯度経度情報を使用してサブセットするため、<Geographical Region>を<True>にします。

参考: Area of Interest ファイルを使用せず、座標値を入力して範囲を設定する場合はここで設定します。SAR 画像のピクセル座標値を使用する場合は、<Geographical Region>を<False>に設定します。緯度経度の座標値を使用する場合は、<True>を設定します。

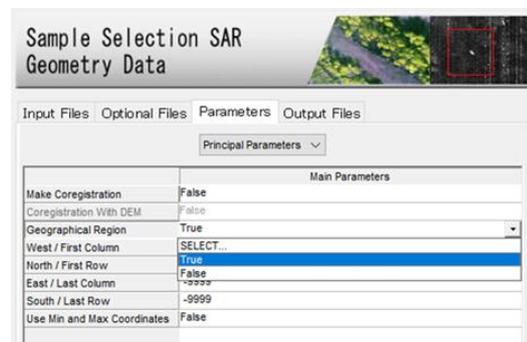


図 7. サンプルセレクションダイアログの Parameters タブ

- v. Output Files タブをクリックし、出力先を確認します。「Exec」ボタンをクリックし、処理を実行してください。出力ファイルには自動的に接尾子 slc の前に、cut という文字が追加されます。



図 8. サンプルセレクションダイアログの Output Files タブ

マルチルック処理

入力した SLC (Single Look Complex) データのマルチルック処理を実施し、強度画像を作成します。強度画像の出力ファイルには **pwr** という接尾子が付与されています。

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下のツールを起動します。
/SARscape/Basic/Intensity Processing/Multilooking
- ii. Input Files タブでは、前の処理で出力したファイル(接尾子: cut_slc)を選択します。ファイルを選択後、パラメータファイルを参照した **Range/Azimuth** の参考ルック数が表示されます。

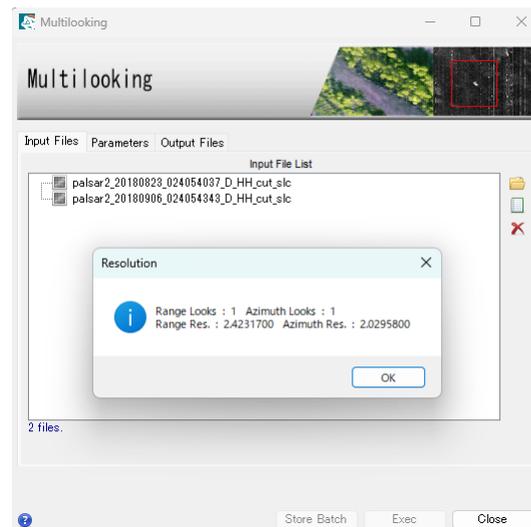


図 9. マルチルックダイアログの Input Files タブ

Parameters タブでは、Range/Azimuth のルック数と Grid Size for Suggestion Looks に希望する解像度(m 単位)を設定します。今回の処理は、PALSAR-2 データの解像度通り、<Range/Azimuth Multilook>のルック数をそれぞれ<1>に設定し、<Grid Size for Suggestion Looks>に<3>を設定します。

参考: 希望する解像度を入力すると、その解像度に合わせたルック数を表示したダイアログが表示され、ルック数が自動設定されます。

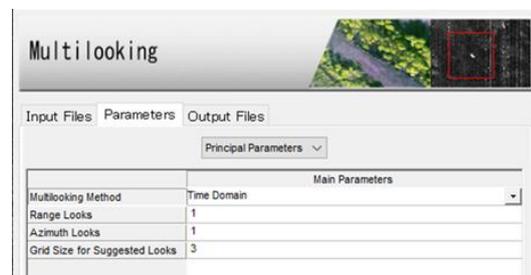


図 10. マルチルックダイアログの Parameters タブ

- iii. Output Files タブをクリックし、出力先を確認します。設定に変更がない場合は、「Exec」ボタンをクリックしてください。出力ファイルには、自動的に接尾子 pwr が付与されます。

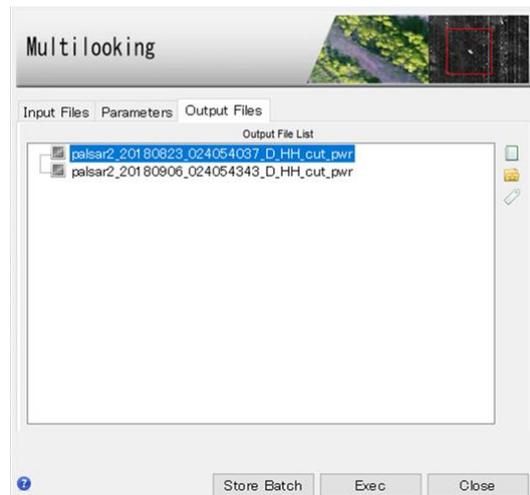


図 11. マルチルックダイアログの Output Files タブ

画像の位置合わせ

ここでは、強度画像の位置合わせを行います。SARscape が自動的に画像のタイポイントを検索し、画像のマッチングを行います。この機能は、今回使用する強度画像だけでなく、SLC データにも利用できます。

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下のツールを起動します。
/SARscape/Basic/Intensity Processing/Coregistration
- ii. Input Files タブでは、前の処理で出力したファイル(接尾子: pwr)を選択します。一つの参照データを Input Reference File に設定し、それに合わせて位置合わせを行うファイルを Input File List に設定します。

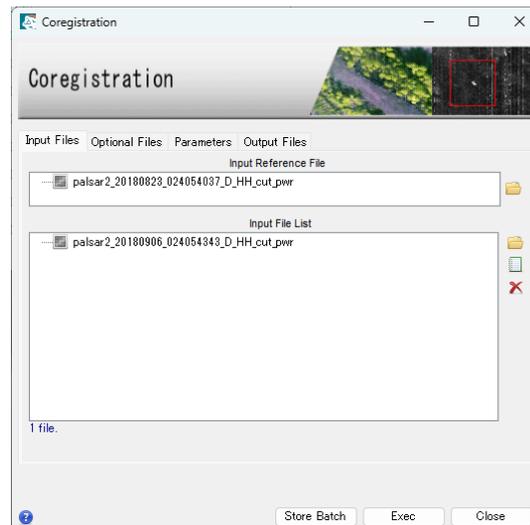


図 12. コレジストレーションダイアログの Input Files タブ

- iii. **Optional Files** タブと **Parameters** タブの内容は変更せず、**Output Files** タブをクリックし、出力先を確認します。出力ファイルには **rsp** という接尾子が付与されます。処理を実行させるため「**Exec**」ボタンをクリックしてください。

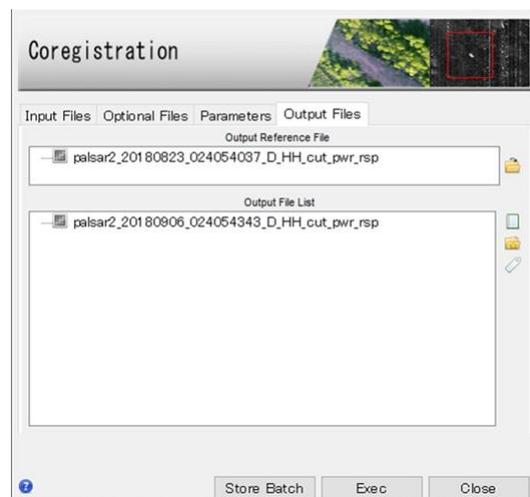


図 13. コレジストレーションダイアログの Output Files タブ

- iv. 処理が終了すると、**Layer Manager** へ処理結果が含まれたバンドアニメーション形式のファイルが追加されます。出力データを確認する場合は、**Display** → **Series/Animation Manager** を選択し、**Series Manager** を起動します。**Series Manager** の右向き矢印をクリックすることで、2枚の位置合わせした画像が交互に表示されます。**Layer Manager** にあるもう一つのファイルは出力されたファイルが一つのデータとして管理できるよう、**meta**(メタ)ファイルが出力されています。

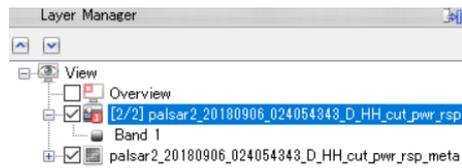


図 14. Layer Manger 内の出力ファイル

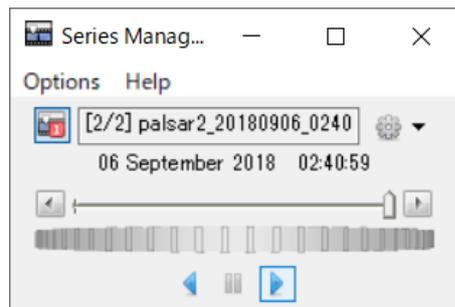


図 15. Series Manager ウィンドウ

画像のフィルタリング

SAR 画像には通常スペックルノイズが含まれており、このノイズを除去するため、フィルタリング処理を実施します。今回使用する De Grandi Spatio-Temporal Filtering では、複数の画像を使用してフィルタリングを行う機能です。

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下ツールを起動します。
/SARscape/Basic/Intensity Processing/Filtering/De Grandi Spatio-Temporal Filtering
- ii. Input Files タブでは、前の処理ステップで出力したファイル(接尾子: rsp)を選択します。

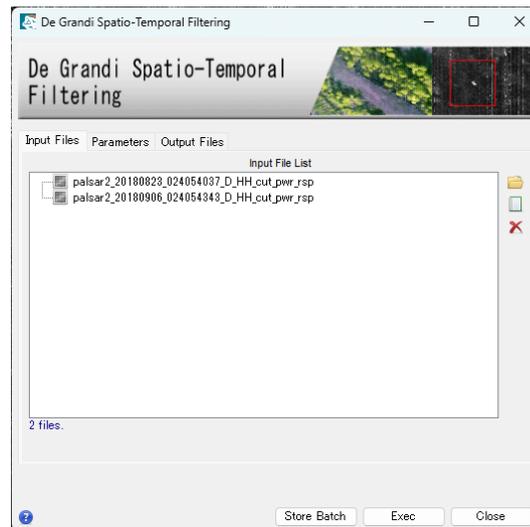


図 16. フィルタリングダイアログの Input Files タブ

- iii. Parameters タブに変更はありません。Output Files タブをクリックし、出力ファイルを確認してください。出力ファイルには、fil という接尾子が付与されます。処理を実行させるため「Exec」ボタンをクリックしてください。

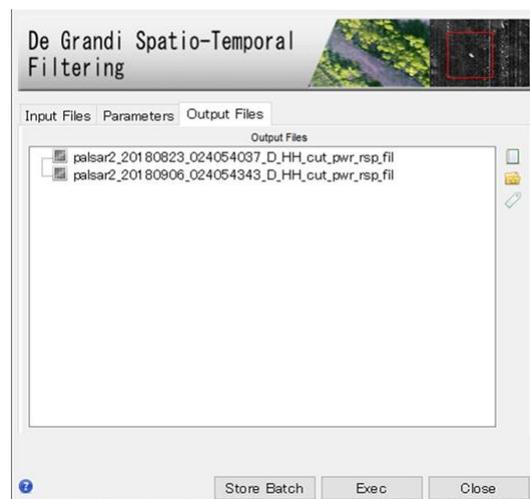


図 17. フィルタリングダイアログの Output Files タブ

- iv. 処理が終了すると、Layer Manager へ処理結果が含まれたバンドアニメーション形式のファイルが追加されます。出力データを確認する場合は、Display → Series/Animation Manager を選択し、Series Manager を起動します。Series Manager の右向き矢印をクリックすることで、2 枚の位置合わせした画像が交互に表示されます。Layer Manager にあるもう一つのファイルは出力されたファイルが一つのデータとして管理できるよう、meta(メタ)ファイルが出力されています。

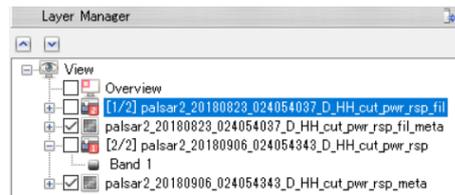


図 18. Layer Manger 内の出力ファイル

【補足】

複数枚のデータで処理をする場合、本手法がスペックルノイズ除去に有効ですが、今回のように2枚の画像のみを使用してフィルタ処理を実行する際、スペックルノイズが取り切れない場合があります。その結果、カラー表示や差分抽出時に斜面崩壊、崩壊土砂堆積エリアの識別がうまくいかない事が考えられます。その場合、Multilook 処理時に分解能を下げ、ルック数を大きく設定することを試してください。解像度を下げることにより、スペックルノイズの影響を軽減できる可能性があります。

ジオコーディング

SAR 画像に地理情報を付与します。

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下ツールを起動します。
/SARscape/Basic/Intensity Processing/Geocoding/Geocoding and Radiometric Calibration
- ii. Input Files タブでは、前の処理で出力したファイル(接尾子: fil)を選択します。

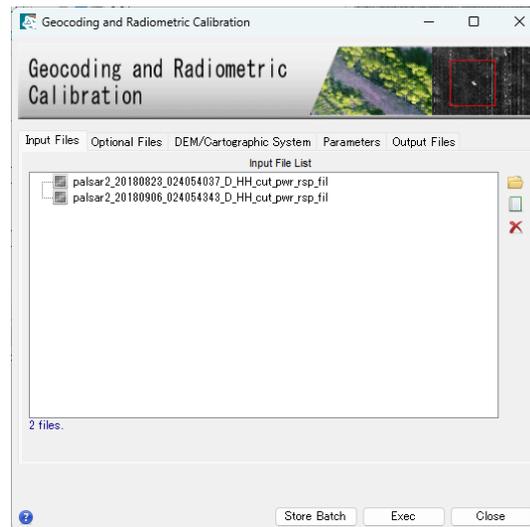


図 19. ジオコーディングダイアログの Input Files タブ

- iii. DEM の設定を行います。楕円体高の標高データを準備している場合は、<フォルダマーク>をクリックし、該当の DEM ファイルを選択します。DEM をダウンロードする場合は、<双眼鏡マーク>をクリックします。ダウンロードする DEM を選択できますので、選択後、<緑色のチェックマーク>をクリックし決定してください。

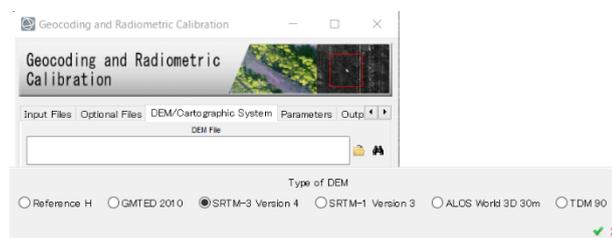


図 20. ジオコーディングダイアログの DEM 設定タブ

- iv. DEM Extraction ダイアログが起動します。DEM を既に準備している場合は、この手順はスキップしてください。
- Input Files タブでは、自動的に処理に使用するファイルが選択されています。
 - DEM/Cartographic System タブの変更はありません。必要であれば投影法を選択してください。この設定は処理結果にも反映されます。
 - Parameters タブの変更はありません。
 - Output Files タブにて出力先を確認し、「Exec」ボタンをクリックし、処理を実行してください。出力ファイルには、dem という接尾子が付与されます。

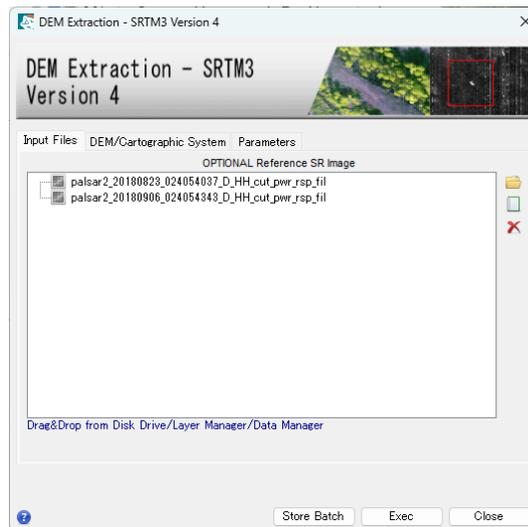


図 21. DEM Extraction ダイアログの Input Files タブ



図 22. DEM Extraction ダイアログの DEM/Cartographic System タブ

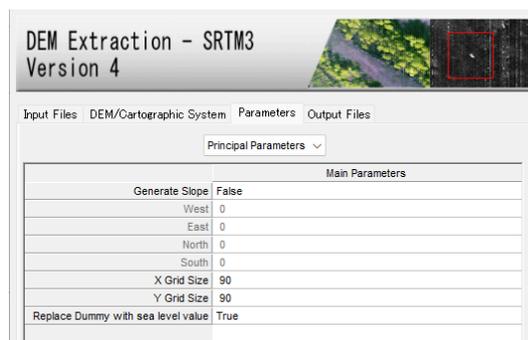


図 23. DEM Extraction ダイアログの Parameters タブ



図 24. DEM Extraction ダイアログの Output Files タブ

- v. DEM ファイルが設定されていることを確認します。

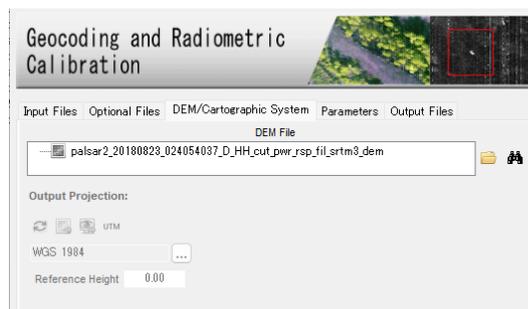


図 25. ジオコーディングダイログの DEM/Cartographic System タブ

- vi. Parameters タブでは、以下の値を変更します。<Output Type>を<dB>へと変更することで、後方散乱係数(マイクロ波の反射強度)を dB(デシベル)単位で出力します。

- X/Y Grid Size: 3
- Output type: dB

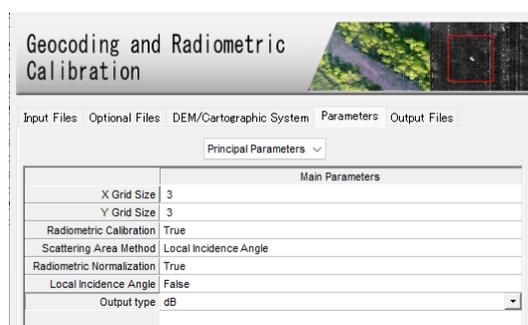


図 26. ジオコーディングダイログの Parameters タブ

- vii. **Output Files** タブをクリックし、出力ファイルを確認してください。出力ファイルには、**geo** という接尾子が付与されています。処理を実行させるため「**Exec**」ボタンをクリックしてください。



図 27. ジオコーディングダイログの Output Files タブ

- viii. 処理が終了すると、**Layer Manager** へ処理結果が含まれたバンドアニメーション形式のファイルとメタファイル、データの情報を示すアノテーションファイルが追加されます。ジオコーディング処理後は他の画像と座標が違うため、**Layer Manager** 上の他の画像のチェックを外し、非表示にしてください。その後、**Zoom to Full Extent** ボタンをクリックし、メインディスプレイに表示されたことを確認してください。その後 **Pan** ツールで場所の移動やズームを行い、結果を確認してください。

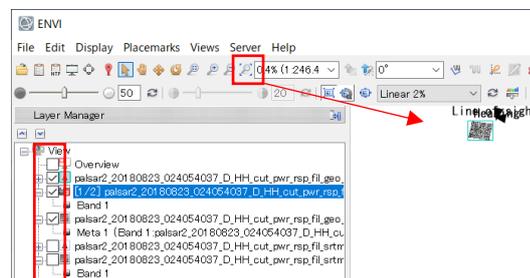


図 28. Layer Manger と Zoom のツール

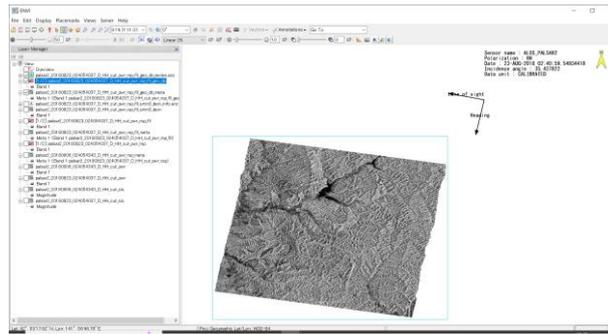


図 29. ジオコーディングの出力結果

- ix. 出力されたファイルをカラー合成表示します。データマネージャ  を開き、以下のファイルの Meta1 と Meta2 にカラーを割り当て、「Load Data」ボタンをクリックし画像を表示してください。山中の斜面崩壊エリアが赤色(地震前の反射強度が強い)、崩壊土砂の堆積エリアが水色(地震後の反射強度が強い)で表現されています。

palsar2_20180823_024054037_D_HH_cut_pwr_rsp_fil_geo_db_meta ファイル

- 赤: Meta1(2018/08/23 のデータ)
- 青: Meta2(2019/09/06 のデータ)
- 緑: Meta2(2019/09/06 のデータ)

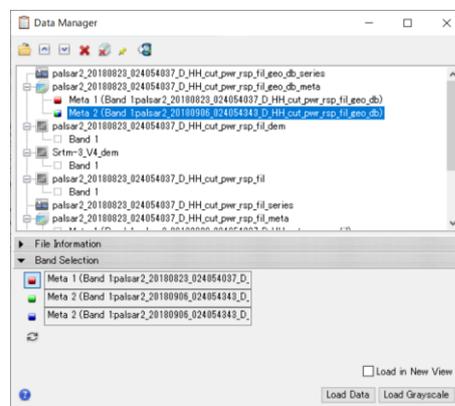


図 30. ENVI の Data Manager

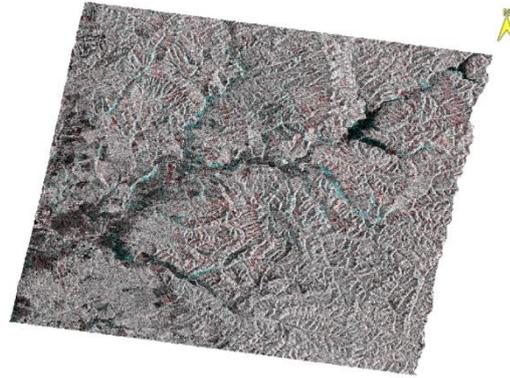


図 31. カラー合成表示

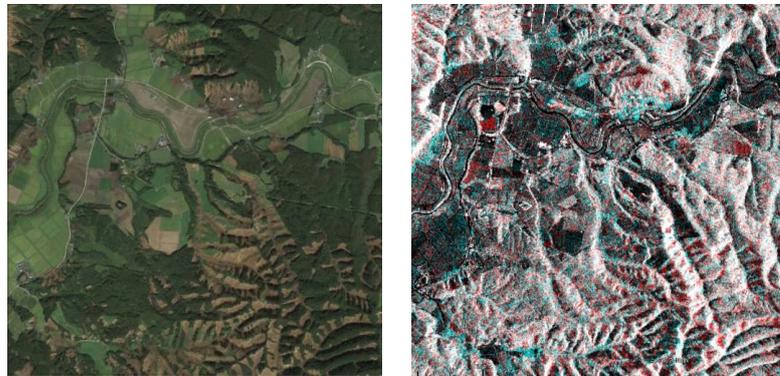


図 32. 左: 2018年9月11日の Google Earth の画像 右: カラー合成表示

【補足】

DEM Extraction ダイアログからのダウンロードに問題が発生した場合、FTP サイトに接続できないことが原因で発生している可能性があるため、外部へのインターネット接続に問題がないか、また別の DEM をダウンロードすることをお試しください。

国土地理院数値標高データを使用する場合は、事前にインポートし、楕円体高へと変換する必要があります。手順については、「[地理院 DEM のインポートについて_v61.pdf](#)」を参照してください。該当資料をお持ちでない場合は、お問い合わせ先までご連絡ください。

ENVI の差分抽出機能

二枚の画像の差分を抽出する ENVI の機能です。強度画像はレーダーの反射強度を表す白黒画像のため、ENVI の機能を利用することができます。前の手順で実施した強度画像の生成過程で作成されるファイルについては、ジオコーディング後に出力されたファイル(接尾子: db)のみを使用しますので、その他のファイルは閉じてください。

【操作】

- i. ENVI ツールボックスから、以下ツールを起動します。
/Workflows/Change Detection Workflow
- ii. Select Data ダイアログでは、前の処理ステップで出力したファイル(接尾子: db)を選択します。Time1 には地震前の 2018/08/23 のデータを選択、Time2 には地震後の 2019/09/06 のデータを選択し、「Next」をクリックします。

palsar2_20180823_024054037_D_HH_cut_pwr_rsp_fil_geo_db

palsar2_20180906_024054343_D_HH_cut_pwr_rsp_fil_geo_db

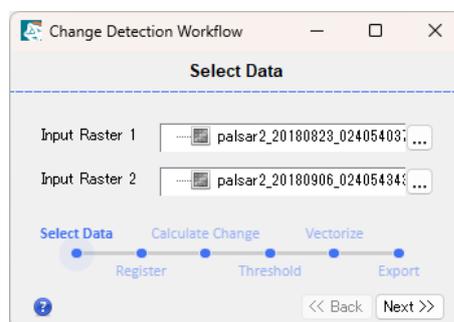


図 33. 差分抽出のファイル選択ダイアログ

- iii. Image Registration ダイアログは、画像の位置合わせのステップですが、既に Coregistration のステップで位置合わせをし、二枚の画像の位置が合っているため処理は行いません。パラメータは変更せず、「Next」をクリックしてください。

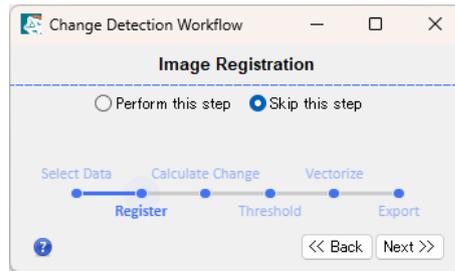


図 34. 差分抽出の画像の位置合わせダイアログ

- iv. **Calculate Change** ダイアログでは、**Band1**(データ値)を元に差分を比較するため、パラメータは変更せず、「**Next**」をクリックします。

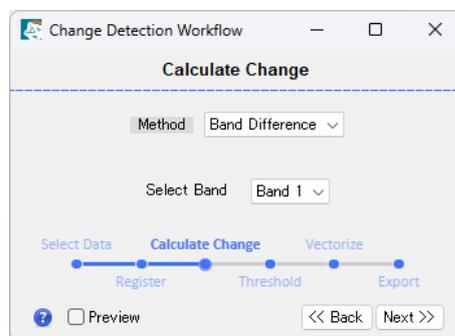


図 35. 差分抽出方法選択ダイアログ

- v. **Threshold** ダイアログでは、ダイアログ下部の<**Display result**>のチェックボックスへチェックを入れてください。斜面崩壊エリア、崩壊土砂の堆積エリアが現されているか結果を見ながら調整することが可能です。**Layer Manager** 上の画像を表示/非表示することも可能です。見やすい画像を表示し、**Transparency** で透過度を変更することで、パラメータ変更の結果を確認しやすくなります。調整が終了しましたら、「**Next**」をクリックします。

- 青色: 地震前より反射が増加(崩壊土砂の堆積が推定されるエリア)
- 赤色: 地震前より反射が減少(斜面崩壊が推定されるエリア)

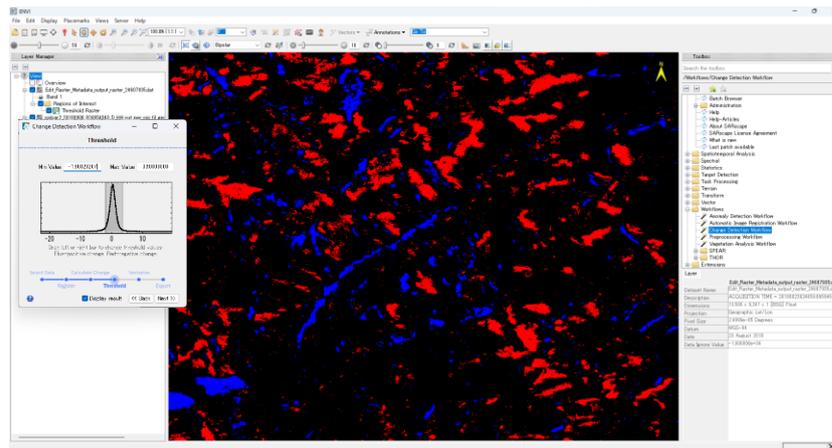


図 36. 差分抽出の閾値調整とプレビュー画面

- vi. **Vectorize Changes** ダイアログでは、抽出した差分をベクタ情報へ変換するためのステップです。<Preview>のチェックボックスへチェックを入れてください。シェープファイルへと出力するための値を調整してください。調整が終了しましたら、「Next」をクリックします。
 - **Minimum Pixels:** 最小ピクセル数を設定します。この値より少ないピクセルの差分はベクタ情報として出力されません。設定には奇数を使用します。デフォルト値は3です。
 - **Smooth Kernel Size:** ベクタの平滑化の値を設定します。最小値は0(平滑化なし)が設定でき、デフォルト値は3です。

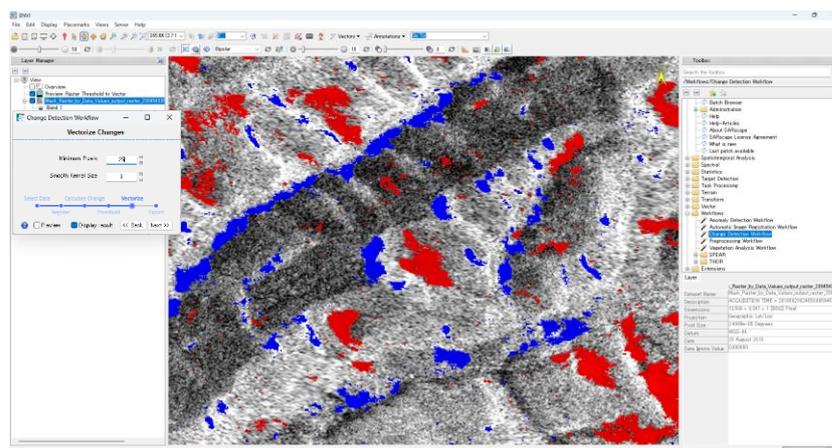


図 37. Vectorize Change ダイアログとプレビュー画面

- vii. **Export Result** ダイアログでは、出力設定を行います。ベクタデータ、ラスタデータを出力するため、上部二つのオプションにチェックを入れ、出力先と出力ファイル名を

設定してください。その他必要な出力にチェックを入れ、「Finish」をクリックします。これで差分抽出のステップは終了です。

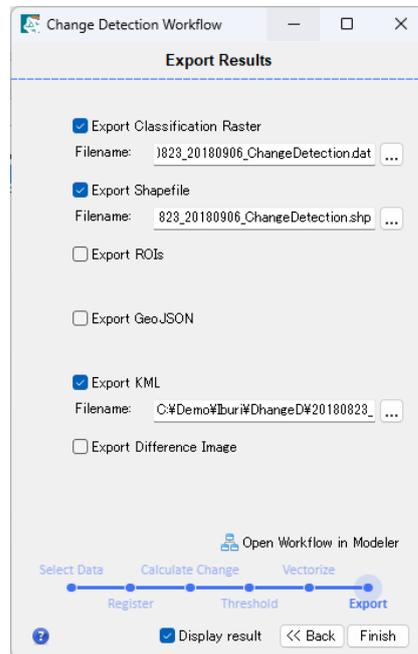


図 38. 差分抽出の出力設定ダイアログと算出結果の表示

- viii. 出力結果を表示します。Layer Manger 上の必要のない(Unclassified)などのチェックをオフにし、非表示にします。



図 39. 2019/09/06 の SAR データ上に出力結果を表示

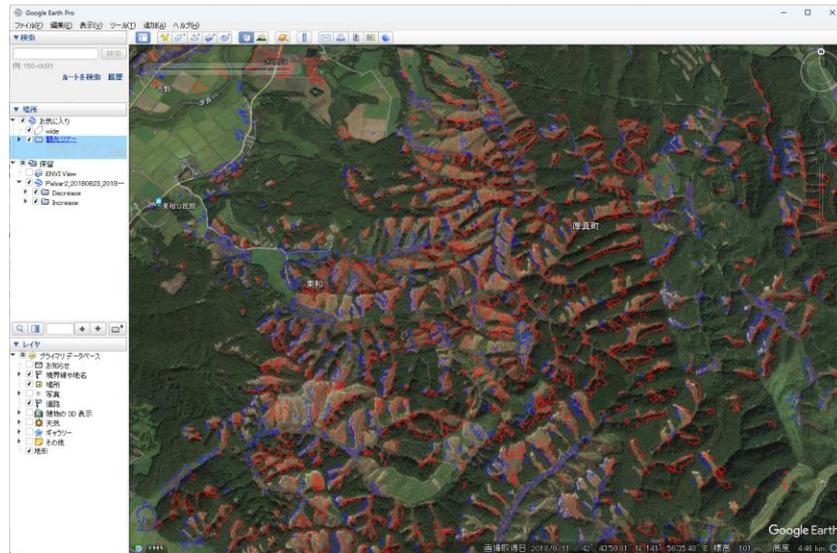


図 40. Google Earth Pro 上の 2018/09/06 の画像に出力結果を表示(厚真町上空)

謝辞

本操作手順書での使用データは JAXA/ALOS 研究公募 RA6 の支援により提供されました。この場を借りて深謝申し上げます。

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