

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

NV5 Geospatial 株式会社

## NV5 GEOSPATIAL

### 目的

干渉 SAR 時系列解析は、単一の干渉ペアで実行する差分干渉解析(DInSAR)よりも、多数の 干渉ペアを用いることにより、より精度のよい変動(mm/year)を算出することが可能です。 このマニュアルでは、干渉 SAR 時系列解析に置ける E-PS 法の操作方法を説明します。

E-PS 法は Enhanced-PS を省略した名称です。従来の PS 法は、Persistent Scatterer と呼ばれ る地上からの反射が定常的に強いポイントを選択し、位相が安定しているポイントの変動を算 出します。そのため人工構造物などレーダー波を強く反射するようなエリアに適しており、レ ーダー波の反射が弱くなってしまう植生が多いエリアでは、変動を算出することができません でした。E-PS 法では Persistent Scatterer(PS)に加え、Distributed Scatterer(DS)と呼ばれる 散乱体からの反射も含め変動を算出します。統計的に類似した対象を識別するため、岩石露 頭、乾燥地、都市郊外、低密集森林地域などの広範囲に分布するターゲットへの適応を目的と しています。

使用するデータ数が多いほど結果の信頼性が向上します。結果の信頼性を担保するためには、 20以上のデータ数が必要です。また、使用するデータは、同じ衛星の同軌道ならびに同偏波の データを使用する必要があります。

### 処理の特徴

#### PS 処理

- ・ 放射量的に時間的に安定しているポイントターゲット(単一のピクセルまたはピクセルのグ ループ)の識別を行います。ポイント対象物は、観測期間に強い反射(後方散乱が大きい)と 高いコヒーレンスを特徴としています。
- ・ 使用するデータ数が多いほど、推定されたポイントターゲットの時間的変位量の信頼性と 品質が向上します。信頼性の高い結果を得るために PS 解析を実行するには、最低 20 以 上のデータが必要です。
- ・ 変位の推定には線形モデルが使用されます。非線形性は、2つの隣り合うデータ間で変位 がλ/4(4分の1波長)を超えない場合に検出できる可能性があります。

#### E-PS 処理

上記に加え E-PS 処理は以下の特徴があります。

・ 都市郊外や低密集の植生地域など、時間的な一貫性が破られるターゲットも識別でき、最 終結果のカバー範囲が大幅に向上します。



・ ポイントターゲットの時系列変位のノイズ軽減が期待できます。

E-PS 処理で使用するアダプティブフィルタの処理では2つの主要な処理が含まれています。

- 振幅の情報に基づき統計的に類似したピクセルの集合体を KS(Kolmogorov-Smirnov)と AD(Anderson-Darling)の手法を用いて DS の候補を特定します。
- 特定された DS の類似したピクセルの集合体に対して共分散行列を推定し、それらに対応 する位相の情報を用いて MLE (Maximum Likelihood Estimation)または PCA (Principal Component Analysis)を用いて重み付けします。そして指定したコヒーレンス閾値よりも 高い DS はその後、時系列変位の最終推定のために PS と一緒に処理されます。

### 使用ソフトウェア

本チュートリアルは、ENVI 6.1 および SARscape 6.1 のメニューで作成されております。E-PS 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。2018 年 3 月 9 日にカディア金鉱山の鉱滓ダムが決壊しました。決壊したエリアでは ダムの外周に植生があるため、従来の PS 法では取得できない PS 点が E-PS 法では取得され、 解析期間中の変位を捉えることを目的としています。



図 1:処理範囲(Google Earth)



### 処理の概要

E-PS 法の処理フローを以下の図に示します。PS 法と基本的な処理の流れに変更はありませんが、干渉処理の後にアダプティブフィルタを適用する処理が追加されます。



### 環境設定

SARscape において、データ処理を実行する前に、Sentinel-1 データを処理するためのパラメ ータセットに変更します。ENVI ツールボックス → SARscape → Preferences → Preferences Specific を選択し、「Load Preferences」から「Sentinel TOPSAR(IW-EW)」を 選択してください。選択が完了したら、右下の「OK」ボタンをクリックしてください。

General		General parameters	
LIUP (better than 1m)	opler BG Poly Degree	3	
One (better than ini)	opler AZ Poly Degree	2	
VHR (better than 3m)	pler AZ Poly Number	50	
VHR (better than 6m)	Azimuth Looks	1	
HR (better than 10m)	Range Looks	4	
MR (between 10m and 30m)	Block Size	30000	
LB (coarser than 30m)	Block Overlap	50	
Interference I and Calescence	icene Limit Increment	1000	
Interferometry Low Conference	graphic Grid Size (m)	15	
Wrong Orbital Data	Mean Window Size	3	
TanDEM-X Bistatic Configuration	polation Window Size	7	
CInSAR ERS-ASAR Interferometry	Orbit Interpolation	10	
Sentinel TOPSAR (IW - EW)	Resampling Method	4th Cubic Convolution	
PALSAR-2 ScanSAR	_		
TSX ScanSAR			
Squinted Data			

図 4: プリファレンスの設定ダイアログ

ENVI の Preferences にて入出力フォルダの設定を実施することにより、処理中の操作性が向上するため、入出力フォルダの設定も実施してください。ENVI → File → Preferences を選択し、左パネルの Directories をクリックします。

右パネルにある「Input Directory」、「Output Directory」、「Temporary Directory」にそ れぞれデータの配置先、出力先、処理中に使用される一時ファイルの配置先フォルダを設定し てください。



図 5: プリファレンスの設定ダイアログ



### コネクショングラフ

【目的】

E-PS 処理を実行する際の最初のステップです。このステップでは干渉処理を行うペアを決定し ます。E-PS 処理も 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。

#### 【操作】

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

nput Files	Optional Files	Output Files	Input File	
			Input File	
				0
				2
	from Disk Dates	I mor Managar/D	ata Managar	

図 6: コネクショングラフの設定ダイアログ

 Input Files タブ → Input File List の Browse をクリック → ファイルの選択ダイアロ グから、ファイルを選択し、「開く」をクリックしてください。「45desc\_Cadia」とい うフォルダ内に、「\*\_cut\_slc\_list」というファイルをすべて(85シーン)選択してくだ さい。複数のファイルを選択する場合は、Shift キーを使用します。

	sentinel1_45_20171227_192330681_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:40	ファイル	2
	sentinel1_45_20180108_192330263_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:40	ファイル	2
	sentinel1_45_20180120_192329866_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180201_192329445_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180213_192329361_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180225_192329243_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180309_192329207_IW_SIW1_D_W_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180321_192329258_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180402_192329660_IW_SIW1_D_W_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180414_192330126_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
	sentinel1_45_20180426_192330702_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list	2019/05/21 11:39	ファイル	2
(N)	sentinel1_45_20180426_192330702_IW_SIW1_D_VV_cut_cut_slc_list" "sentinel"	1_45_20150301_192: ~	*_slc;*_slc_list (*_slc;*_slc_list)	~
			開く(O) ▼ キャンセル	

図 7:ファイル選択

- 3. リファレンス画像を明示的に指定したい場合は、「Optional Files」タブにて、リファレンス画像を指定してください。本チュートリアルでは設定せずに進めます。
- 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+\_PS\_processingというフォルダが作成されます。



図 8:出力先の設定ダイアログ

5. 処理が終了すると、出力フォルダ内に auxiliary.sml が出力され、以下のような図が表示 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 法の場 合は、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。

## NV5 GEOSPATIAL



図 9:コネクショングラフ

また、「コネクショングラフ」のダイアログにて、干渉ペアの詳細な数値(観測日や 軌道間距離)を確認することができます。



図 10:コネクショングラフの出力ダイアログ

6. 処理終了後の ENVI の画面にはリファレンスの強度画像が表示されています。



図 11: ENVI に表示されたリファレンス強度画像

- 7. 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。
  - ・ 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
  - Reference\_selection.txt(レポートファイル): 選択されたリファレンス、ベースラインおよび理論上の精度値、しきい値などの入力選択パラメータが出力されます。



 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。

### 干涉画像作成

【目的】

PS を実行する際の二つ目のステップです。このステップでは、画像のコレジストレーション処理と干渉処理を自動的に行います。PS 処理の中でもっとも時間がかかる処理です。

#### 【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → PS & E-PS → 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。

PS In	terferome	etric Pro	cess			R	
Input Files	Optional Files	DEM/Cartograph Au	nic System uxiliary File	Parameters			<b>a</b>
8			Store I	Batch	Exec	Close	

図 12:干渉画像作成の設定ダイアログ

- Input Files タブ → Auxiliary File の横にあるフォルダアイコン 
   をクリック → フ ア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。後続の処理では、「コネクショングラ フ」の処理で指定した出力ディレクトリ内に作成される、「auxiliary.sml」ファイルを 入力ファイルに指定して処理を行います。「auxiliary.sml」ファイルには、処理したス テップの履歴、中間ファイルの保存場所などが記録されています。PS 処理は、処理に時 間がかかるため、途中で処理を止めた場合でも「auxiliary.sml」に履歴が残っており、 処理を中止したところから再開することが可能です。
- 3. Optional Files タブでは Geometry GCP ファイルと大気補正に使用するファイルが指定 可能ですが、本チュートリアルでは使用しません。Geometry GCP ファイルは衛星の軌



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。大気補正を使用する場合は、 GACOS(<u>http://www.gacos.net/</u>)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。併せて Parameters タブの「Atmosphere External Sensors」を設定してください。

PS Int	terferome	etric Pro	cess			R	
Input Files	Optional Files	DEM/Cartograp Geor	nic System netry GCP File	Parameters			
						6	М
		Optional V	/ater Vapour F	ile List			
			Store E	Batch	Exec	Clos	e

図 13: Optional Files の設定ダイアログ

 次に、DEM の設定を行います。DEM/Cartographic System タブ → DEM File の横に あるフォルダアイコン 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。

PS Interferom	etric Process		r D
Input Files Optional Files	DEM/Cartographic System DEM File	Parameters	
Output Projection: ஜ 🗾 🕵 итм			
WGS 1984 Reference Height 0.00			

図 14: DEM の設定ダイアログ

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 ックすると、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。

 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、基本的にはデフォルトのままで 問題ありません。ここでは「False」のまま進めますが、PS 処理の中間処理で干渉画像 を確認したい場合は、「Principal Parameters」 → 「Generate Dint Multilooked for



Quick View」を「True」に変更してください。その場合、tiff\_multilooked\_dint という フォルダが作成され、TIFF 形式の初期干渉画像が作成されます。

PS Interferometric Process						
Input Files Optional Files DEM/Cartog Princi	rraphic System Parameters pal Parameters ->					
	Main Parameters					
Generate Dint Multilooked for Quick View	True					
Az Looks for Quick View	1					
Rg Looks for Quick View	4					
Rebuild All	False					
Atmosphere External Sensors	NOT SELECTED					
Coregistration With DEM	True					

図 15:その他のパラメータ設定ダイアログ

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

- 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。
- 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、再度処理を実施し直す場合は、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。
- Atmosphere External Sensors: GACOS、MERIS などの外部センサを使用し、大 気補正を行います。MERIS は ENVISAT データのみに対応しています。
- 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。
- 6. 「Exec」ボタンをクリックして、処理を実行してください。
- 7. 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\_srdem: スラントレンジに再投影された 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(1回目)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(速度推定(1回目)の処理後に出力されます)
- ・ mu\_sigma: 振幅分散指数(速度推定(1回目)の処理後に出力されます)



※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。

### アダプティブフィルタ

【目的】

適応フィルタリングは、E-PS 処理を計算するために必須です。このステップをスキップし、ユ ーザーが干渉画像作成ステップの後に速度推定(1回目)を実行する場合、標準の PS 処理が実行 されます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス  $\rightarrow$  SARscape  $\rightarrow$  Interferometric Stacking  $\rightarrow$  PS & E-PS  $\rightarrow$  E-PS  $\rightarrow$  Adaptive Filtering を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。

Adaptive Filtering			
Input Files Parameters			
Au	kiliary File		
0	Store Batch	Exec Close	•

図 16: アダプティブフィルターの設定ダイアログ

 Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダアイコン 
 をクリック → フ ア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。また、「Parameters」タブでは、処理 に関する設定パラメータを変更することができます。ここでは、「Batch size (acq number)」を「20」へと変更してください。

Adaptive Filter	ring
Input Files Parameters	
	Principal Parameters $\!$
	Main Parameters
Shp Map Method	KS
Win Az Size (m)	100
Win Rg Size (m)	100
Adaptive Filtering Method	PCA
DS threshold	20
Activate Filtering Batch Mode	True
Batch Size (acq number)	20
Delete orig dint files	False
Rebuild All	False
0	Store Batch Exec Close

図 17:その他のパラメータ設定ダイアログ

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

- Shp Map Method: 統計的に均一な領域(Distributed Scatterer:分散散乱体)を特定するため、以下の2つの統計的検定の手法から選択します。
  - KS (Kolmogorv-Smirnov): シンプルで効果的ですが、テスト対象のピクセルの偏差に対する感度が低くなる可能性があります。
  - ➤ AD (Anderson Darling): KS と比較して、分布の裾に重点を置くため感度は 高くなる可能性はありますが、計算コスト(処理時間等)がかかります。
- Win Az Size (m): アダプティブフィルタに使用するアジマスウィンドウサイズ(m) を設定します。
- Win Rg Size (m): アダプティブフィルタに使用するレンジウィンドウサイズ(m) を設定します。
- Adaptive Filtering Method: 特定した DS の類似ピクセルの集まりに対して共分散 行列を推定します。DS に対応する SLC 位相の重みづけは以下の 2 つの手法から 選択します。
  - ▶ MLE (Maximum Likelihood Estimation): ガウス性を仮定した最尤推定量
  - ▶ PCA (Principal Component Analysis): 統計的手法の主成分分析
- DS threshold: PS と DS を区別する閾値です。Shp Map Method で選択した手法 により取得される値に対して設定し、この閾値より低い値を持つピクセルはフィル タリング処理が適用されません。

- Activate Filtering batch Mode: このフラグを設定するとバッチモードで処理が実行されます。多量のデータを処理する場合、アダプティブフィルタ処理を最適化するため、Trueの設定が推奨されます。以下の「Batch size」パラメータが関連パラメータです。
- Batch size (acq number): バッチモードで処理するデータ数を設定します(推奨 値:20)。これは、1つの「バッチグループ」を20画像単位で処理することを意 味します。設定値10以下は非推奨です。バッチモードは処理パフォーマンスを向 上させますが、フィルタリングについてはわずかに影響を与える可能性がありま す。そのため、バッチサイズは十分に大きくする必要があります。
- Delete orig dint files: このフラグを設定すると、干渉解析ステップで生成された元の干渉データ(dint ファイル)が削除されます。
- 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、再度処理を実施し直す場合は、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。
- 3. 「Exec」ボタンをクリックして、処理を実行してください。
- 4. 出力ファイルは work¥work\_interferogram\_stacking フォルダ内に1種類のファイルと 2つのフォルダが作成されます。
  - ・ データ日付\_fil\_DS\_dint: フィルタリングされた干渉画像
  - Filtered フォルダ

\_rsp\_slc: フィルタリングおよび位置合わせされた SLC 画像

cc\_ds: DS ピクセルの時系列コヒーレンス画像

cc\_ds\_avg: 時系列コヒーレンスの平均値画像(バッチモードが有効な場合のみ生成 されます)

・ Map フォルダ

KS/AD\_shp\_neighbors: 統計的に均質なピクセル数を示す画像。各ピクセルの値 は、1から最大ウィンドウサイズ (rg×az サイズ) をピクセル単位に変換した値の 範囲で表されます。



### 速度推定(1 回目)

【目的】

このステップでは、PS と DS の各ピクセルでの1回目の速度推定を行います。ここから PS 処 理と同様のステップに戻り、多時期の位相情報から高さや速度の推定を行います。信頼性の高 いポイントからリファレンスポイントとなるポイントを選定します。PS、E-PS 法は、ピクセ ル単位で処理を行いますが、広域を処理する場合には空間的な変動速度の分布を把握し、地域 (主に大気の水蒸気分布)の相違などにより生ずる変動を推定し、これらの差異によって生ず るオフセットを除去します。

#### 【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking →PS & E-PS → 3 - Inversion: First Step 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 18:速度推定(一回目)の設定ダイアログ

2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダアイコン P をクリック → フ ア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。また、「Parameters」タブでは、処理 に関する設定パラメータを変更することができますが、変更の必要はありません。

First	Step		
Input Files	Parameters		
		Principa	I Parameters 🗸
			Main Parameters
D	isplacement Sampli	ng (mm/year)	1
Min I	Displacement Veloc	ity (mm/year)	-25
Maxi	Displacement Veloc	ity (mm/year)	25
	Residual Height	Sampling (m)	2
	Min Resid	ual Height (m)	-70
	Max Resid	ual Height (m)	70
SubArea fo	or Single Reference	Point (sqkm)	25
	SubArea	Overlap (%)	30
	Number of	of Candidates	300
		Rebuild All	False

図 19:その他のパラメータ設定ダイアログ

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

- Displacement Sampling (mm/year): 変動速度の推定に使用されるサンプリング間隔 (mm/年)を設定します。
- Min Displacement Velocity (mm/year): 最小変動速度として想定される値 (mm/ 年)を設定します。
- Max Displacement Velocity (mm/year): 最大変動速度として想定される値 (mm/ 年)を設定します。
- Residual Height Sampling (m): 残差地形の高さを推定するためのサンプリング間隔 (m) を設定します。
- Min Residual Height (m): 参照 DEM に対しての最小残差高(負の値) を設定しま す。
- Max Residual Height (m): 参照 DEM に対しての最大残差高(正の値) を設定しま す。
- SubArea For Single Reference Point (sqkm): 1 つの基準点に対する最大サブエリ アサイズ(sqkm)を指します。
- SubArea Overlap (%): サブエリア間の重複率(%)を指します。
- Number of Candidates: 各サブエリア内の基準点の候補数です。 最終的には各サ ブエリアに対して1つの基準点が選択されます。
- 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、再度処理を実施し直す場合は、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。

## NV5 GEOSPATIAL

- 3. 「Exec」ボタンをクリックして、処理を実行してください。
- 4. 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。
  - Height\_first: 1 回目の参照 DEM モデルに対する補正(メートル単位)画像
  - ・ Velocity\_first: 1回目の平均変位速度(mm/年)の推定値画像
  - cc\_first:1回目の時系列コヒーレンス画像
  - 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。
  - SubAreas.shp: パラメータに従って計算されたサブエリアをスラントレンジ座標上 へ投影しています。

以下のファイルは interferogram\_stacking フォルダに作成されます。

- ・ mean: 強度の平均画像
- mu\_sigma: 振幅分散指数

以下のファイルは geocoding フォルダに作成されます。

- Ref\_GCP\_geo.shp: 処理に選択された GCP を地理座標上へ投影しています。
- SubAreas\_geo.shp: パラメータに従って計算されたサブエリアを地理座標上へ投 影しています。

## 速度推定(2 回目)

#### 【目的】

ここでは、速度推定(1回目)で調整された位相を用いて、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取り除き、大気やその他の影響による位相 を推定し、ノイズとして除去します。

#### 【操作】

1. ENVI ツールボックス → SARscape → Interferometric Stacking → PS → 4 - Inversion: Second Step を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。

Second Step	
Input Files Parameters	
	Auxiliary File
	🚔 -
0	Store Batch Exec Close

図 20:速度推定(二回目)の設定ダイアログ

 Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダアイコン ・をクリック → フ ァイルの選択ダイアログク → 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。Parameters タブの値の変更はありませ ん。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。

Second Step	
Input Files Parameters	Principal Parameters 🗸
	Main Parameters
Atmosphere High Pass Size (days)	365
Atmosphere Low Pass Size (m)	1200
Rebuild All	False

図 21: その他のパラメータ設定ダイアログ

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

- Atmosphere High Pass Size(days): 大気の時間的な分布を考慮しフィルターを適用します。頻繁に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。
- Atmosphere Low Pass Size(m): 大気の空間的な分布を考慮しフィルターを適用します。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のに適しています。
- 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、再度処理を実施し直す場合は、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。



- 3. 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。
  - ・ Height: 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
  - ・ cc: 時系列コヒーレンス画像

以下のファイルは work¥work\_second\_inversion フォルダ内に以下のファイルが作成 されます。

- slant\_atm\_meta: 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
- slant\_dint\_reflat\_meta: スラントレンジ座標上で算出された、大気補正後の日付 毎の平坦化干渉画像メタファイル
- slant\_dint\_meta: スラントレンジ座標上で算出された、大気補正後の日付毎の変 位画像メタファイル

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

- ・ precision\_height: 高さ残差の平均精度の推定値(メートル)
- ・ precision\_vel: 平均変位速度の平均精度の推定値(ミリメートル/年)

## ジオコーディング

【目的】

算出された変動速度や変動量に地理情報を付与して、ラスタやシェープファイルに保存しま す。これらの結果は、地理情報システム(GIS)などで取り扱うことが可能となり、地図上に 重ねて参照することができます。

【操作】

1. ENVI ツールボックス  $\rightarrow$  SARscape  $\rightarrow$  Interferometric Stacking  $\rightarrow$  PS  $\rightarrow$  5 – Geocoding を選択し、ワークフローダイアログを起動してください。

PS Geo	ocoding				D.
Input Files	Optional Files	DEM/Cartographic System	Parameters		
		Auxiliary File			
8		Store	Batch	Exec	Close

図 22:ジオコーディング設定ダイアログ

- 2. Input Files タブ → Auxiliary Files の横にあるフォルダアイコン  $\stackrel{\frown}{=}$  をクリック → フ ァイルの選択ダイアログク → 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。
- Optional Files タブでは、オプションで不動参照点として手動で GCP を指定することができます。また、SARscape にて GPS ファイルを読み込んで、詳細な位置と変動を指定し、PS の結果を GPS に合わせ込むこともできます。国土地理院が管理する GEONET(\*.pos)データをダウンロード後、SARscape ヘインポートし、本ダイアログで指定します。



図 23: Optional Files のパラメータ設定ダイアログ

 DEM の設定を行います。DEM/Cartographic System タブ → DEM File の横にあるフ ォルダアイコン 
 をクリック → ファイルの選択ダイアログから、Interferometric Process で使用した DEM ファイルを選択 → 「開く」をクリックしてください。

PS Geo	ocoding		<u></u>	Res and a second
Input Files	Optional Files	DEM/Cartographic System	Parameters	
		DEM File		
				🖻 A4
Output Pr	ojection:			
C 🔜	💽 итм			
WGS 1984	L			
Reference	e Height 0.00			

図 24: DEM のパラメータ設定ダイアログ

5. Parameters タブの値の変更はありません。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。

put Files Optional Files DEW/Garto	ographic System Parameters
Princi	pal Parameters 🗸 🗸
	Main Parameters
Product Temporal Coherence Threshold	0.75
Generate KML	raise
Upper Limit KML scaling	10
Lower Limit KML scaling	-10
Make Geocoded Shape	Falsa
Make Slant Shape	False
Rebuild All	False
Refinement Stacking	Stack All Products Refinement
Refinement Radius (m)	22.5
Refinement Res Phase Poly Degree	3
Vertical Displacement	False
Slope Displacement	Faise
Displacement Custom Direction	False
Azimuth Angle	0
Inclination Angle	0
X Dimension (m)	15
Y Dimension (m)	15

図 25: Parameters の設定ダイアログ

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

- Product Temporal Coherence Threshold: 設定した閾値以下の時系列コヒーレンス 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。※Second Inversion フォルダに作成されます。
- 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、再度処理を実施し直す場合は、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。
- Refinement Stacking: 以下のオプションから選択できます。選択したオプション により、Velocity または Residual Height、もしくは両方に対して Refinement が 実行されます。※Refinement GCP ファイルが必須です。
  - Stack Velocity Disp Refinement
  - Stack Residual Height Refinement
  - Stack All Products Refinement
- 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(北からの角度で時計回り方向を指定)と Inclination Angle(水平面からの角度で傾斜角を指定)が有効になります。
- X Dimention(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。それ以下の場合は、度として扱い、変換なしで使用されま す。

- Y Dimention(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。
- 6. 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\_EPS\_XX\_Y.shp

Parameters > Other Parameters の「Shape Max Number of Points」(シェー プファイルの最大ポイント数)を超える場合は、複数のシェープファイルが作成 されます。

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
- ・ SubAreas\_geo: サブエリアを示すシェープファイル
- EPS\_disp\_geo\_XX\_meta: Parameters > Principal Parameters の「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。ファイ ル名の XX には、コヒーレンス閾値の小数(0.XX)の数値が付与され

出力ルート名\_EPS\_XX\_cc\_geo: 地理座標付きコヒーレンス値画像

出力ルート名\_EPS\_XX\_vel\_geo: 地理座標付き変動速度の年平均値(ミリメートル/年)画像

出力ルート名\_EPS\_XX\_height\_geo: 残差地形の高さ画像

EPS\_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。

EPS\_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。

data\_XX\_disp\_geo: 各データ日付の変動画像です。

・ 以下ファイルは work¥work\_second\_inversion へ作成されます。



precision\_height: 高さ残差の平均精度の推定値(メートル)

precision\_vel: 平均変位速度の平均精度の推定値(ミリメートル/年)

### 結果の確認

- 結果の確認を行います。geocoding フォルダ内の「出力ルート名\_EPS\_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. また、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 26: E-PS 処理の結果表示

 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 27:時系列データの表示ツール

本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 点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。 黄緑プロットでは累積変動量が 80mm にもなり、3 月以降のグラフでは線形では変動が 追い切れず、変位に強い加速があったことが想定されます。

# NV5 GEOSPATIAL



図 29:時系列データのポイントのプロットを表示

5. PS 法と E-PS 法の結果を比較します。今回の解析エリアで得られた結果のポイント総数 は、PS 法では、E-PS 法で取得されたポイント数の 1/4 となりました。E-PS 法ではダム の輪郭にポイントが取得され、その変動が捉えられており、またその周辺の植生エリア についてもカバー率が向上していることが確認できます。



図 30: 左-PS法 / 右-E-PS法

### 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