

# GAMMA ソフトウェアのご紹介

## はじめに

GAMMAソフトウェアでは、SAR(合成開口レーダ)のRAWデータの取り込みから数値標高モデル、変位図、土地利用図等の成果物の作成までの一連の処理フロー全体をサポートしています。

GAMMAソフトウェアには複数のモジュールが含まれており、各モジュールはドキュメント付きの十分に構造化されたコードで構成されています。このソフトウェアは、ユーザが各自の処理タスクを作成できるような幅広い機能を備えたツールボックスであると理解してください。プログラムはコマンドラインで個別に実行することもできますし、スクリプトからプログラムを呼び出し、より自動的かつ効率的な方法で処理シーケンスを実行することもできます。

## GAMMAソフトウェアモジュール構成

GAMMAソフトウェアは4つのメインモジュールに分かれています。

- モジュール型SARプロセッサ(MSP)
- 干渉SARプロセッサ、差分干渉およびジオコーディングソフトウェア(ISP/DIFF&GEO)
- ランドアプリケーションツール(LAT)
- 干渉ポイントターゲット解析(IPTA)

他にも、SARの画像位置合わせやジオコーディング機能は別個のGEOパッケージとしても利用できます。さらに、運動補正アドバンスドモジュール(MOCOM)の専用パッケージや時間領域逆投影(TDBP)プロセッサを利用し、(安定性の低いプラットフォームから得られた)航空機搭載データの高度な処理を行うこともできます。

## コード

GAMMAソフトウェアはANSI-Cで記述されています。計算集中型プログラムの多くは、複数のコア処理を行うためにOPENMPを用いて並列化されています。標準のバイナリ配布は次のプラットフォームで利用できます。

- Intel/AMDプロセッサ Linux OS(Ubuntu, Debian, CentOS, Fedora, Redhat) 64-bit
- Intel/AMDプロセッサ Microsoft Windows 7, 8, 10 64-bit OS systems
- macOS Mojave 10.14.1 (64-bit/バイナリ)
- 上記以外のプラットフォーム向けのディストリビューションの提供も必要に応じて行われる場合があります。

## サポートされているセンサー

本ソフトウェアは、人工衛星および航空機搭載SARやGAMMA可搬式レーダ干渉計(GPRI)のデータ処理で使用実績があります。人工衛星SARには下記が含まれています。

- ERS-1/2
- ENVISAT ASAR
- Radarsat-1/2
- Sentinel-1A/1B
- JERS, ALOS PALSAR-1/2
- SEASAT, SIR-C, UAVSAR
- TerraSAR-X, Tandem-X, PAZ
- Cosmo-Skymed
- KOMPSAT 5
- RISAT
- Gaofen-3
- ICEYE

## 構造

主な処理機能は、品質管理ツールと表示ツールによって補完されています。最終成果物や中間成果物ならびに入力データの表示については、ユーザが利用しやすい表示プログラムや、SUNラスタファイル、BMP、TIFF形式といった汎用画像生成プログラムによってサポートされています。データはGeoTIFF形式やkmlファイルでもエクスポートできます。

GAMMAソフトウェアに関するドキュメントはWebブラウザからアクセスでき、印刷可能なPDF形式のユーザーガイド、多数のhtml形式のコマンドプログラム用のリファレンスマニュアルページ、インストール手順、バージョン変更情報、バグ修正情報、アップグレード情報が掲載されています。

特定の処理シーケンスの説明や新規ユーザのトレーニングを行うために、文書化したデモンストレーション例を利用することもできます。例には、処理に必要な入力データのほか、使用するコマンドが表示され、その説明も付けられています。さらに、比較用として中間結果や可視化した最終結果が提供されています。

保守に加入されると、ソフトウェアの使用に関するサポートが提供されます。ユーザからの質問には、本ソフトウェアの開発者であり、自らのプロジェクトでソフトウェアを使用している担当者が回答を行います。

## 開発

GAMMAはソフトウェアを非常に高度なレベルに保つことに注力しています。当社の研究開発プロジェクトや、高い技術力を持つSAR/InSAR/PSIスペシャリストとの密な連携を通して、ソフトウェア開発に有益な情報を得ています。定期的に新しい機能と適応を実装し、新しいセンサーとアルゴリズムをサポートしています。アップデートは通常6月下旬または7月初めのいずれかと12月の年2回実施されます。アップデートには次の内容が含まれます。

- 新しいセンサーへの適応(この方針の下、Radarsat Constellation Missionのサポートを行うなど)
- Pythonラッパーの追加(下記参照)
- 新しい機能(スプリットビーム・スプリットスペクトルInSAR、閉位相の計算、修復補間ルーチン、ブロックマッチングと3Dフィルタリングを使用したノイズ除去、電離層の特定と緩和手順など)
- 既存機能の改善(代替補間器の追加、DEMインポートの簡易化など)
- 新しいオペレーティングシステムやライブラリ(FFTW3など)への適応
- アップデート情報(個別のpdfやソフトウェアドキュメント内で提供)

以前のバージョンや旧形式の衛星データとの互換性を保ち、コマンドラインパラメータの変更をできるだけ抑えるよう努めていますが(ユーザが開発した自動シーケンスを妨げる可能性があるため)、やむを得ない例外については適切に実装し、報告を行うようにしています。

## メンテナンスとサポート

GAMMA社は自社の研究開発にソフトウェアを使用しています。つまり、ソフトウェアは直近の開発に合わせて、最新状態に保たれていると言えます。サポートの問い合わせ先は、ソフトウェアの開発者であり、業務で定期的にソフトウェアを使用している担当者となります。

## Pythonラッパー

プログラミング言語であるPythonの普及に伴い、GAMMAソフトウェアユーザを含む多くの研究者がPythonを使用して、データ処理、結果の解析、独自スクリプトの開発を行うようになりました。

今回、py\_gammaモジュール・ラッパーを介してGammaソフトウェアをPythonに統合できるようになりました。Pythonスクリプト内およびSpyderやPyCharmなどのPython 対話型開発環境(IDE)内でGAMMAソフトウェアのツールやデータ形式をスムーズに利用できるようになります。

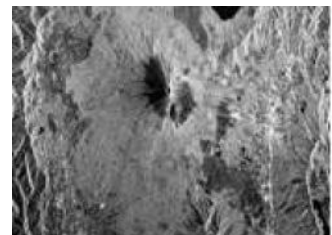
ラッパーの使用により以下が実現できます：

- バイナリイメージ、ポイントリストとデータ、パラメータファイル、タブファイルの読み込み、検査、書き出しが容易になります。
- GAMMAソフトウェアプログラムの呼び出しは、変数を関数の引数として使用できるPython関数の呼び出しとなります。また、システム出力を変数に格納したり、ログファイルに書き込むことができます。
- 対話型Python環境内で使用すると、関数名の検索や自動補完ができます。
- 各関数のドキュメントに簡単にアクセスできます。

## SAR再生モジュール(MSP)

SAR再生モジュール(MSP)の主な機能は、SAR RAWデータの前処理、選択式アジマスプレフィルタ付きレンジ圧縮、オートフォーカス、アジマス圧縮、マルチルックのための後処理です。

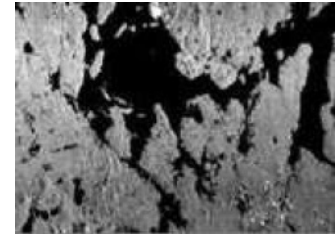
前処理の段階では、RAWデータと(CEOSリーダファイルなどの)メタデータに基づき処理パラメータを決定します。レンジ圧縮の間、クイックルック画像処理用プレフィルタによりデータがアジマス方向に間引かれる場合があります。アジマスプロセッサはRADARSAT-1データで必要とされるような、2次的なレンジマイグレーションオプションを伴ったレンジドブブラアルゴリズムを使用しています。ユーザは、画像の出力ジオメトリにおけるスキュー補正の有無を選択できます。オートフォーカスアルゴリズムを使って、プラットフォームの軌道方向速度



富士山上空のJERS-1。処理はRFIフィルタ等による。RAWデータは日本NASDA提供。

の推定値を絞り込みます。処理された画像は、アンテナパターン、レーダーの軌道方向のゲイン変化、アジマスおよびレンジ参照関数の長さ、スラントレンジに関して放射測定的に正規化されます。アクティブトランスポンダを使用したり、データ提供機関が処理した較正データとの相互検証により、多くの利用可能なセンサ/モードに対して絶対較正定数を測定しました。干渉処理からGammaの再生処理は位相保存であることが実証されています。マルチルック画像は、シングルルック複素画像のサンプルの時間領域での平均処理で得られます。処理関連のパラメータおよびデータ特性は、商用の作図パッケージで表示可能なテキストファイル形式で保存されます。高精度軌道(「Delft」、PRC、DORIS)の使用がサポートされています。ASARのAlternative Polarization(AP)のRAWデータの処理もサポートされています。ファインビーム単偏波(FBS)のPALSAR-1処理では、ファインビーム二重偏波(FBD)のほか、JAXA(科学者ユーザー向け)またはERSDAC(商用ユーザー向け)の完全偏波データがサポートされています。さらに、PALSAR-1 ScanSARのRAWデータの処理がサポートされています。COSMO-SkyMedのRAWデータについては、すべてのストリップマップモード処理がサポートされています。Sentinel-1データのRAWデータ処理はサポートされていません。

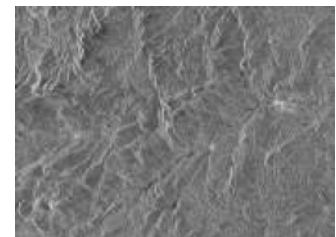
別パッケージである運動補正アドバンスドパッケージ(MOCOM)および時間領域逆投影(TDBP)プロセッサを利用し、(安定性の低いプラットフォームである)航空機搭載データの処理を行うこともできます。



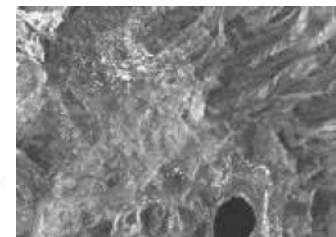
RADARSAT-1ファインモード。処理はセカンドレンジ圧縮による。MSPでは、全てのRADARSAT-1ストリップマップモードの処理をサポートしています。RAWデータはカナダRSI提供。



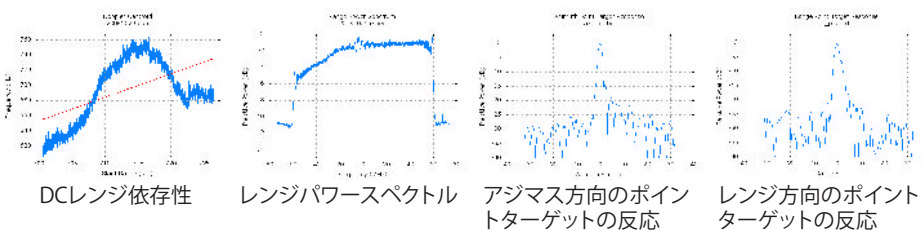
PALSAR-1 FBDモード。ニュージーランド、クライストチャーチにRFIフィルタリング処理を適用。SAR RAW生データは日本NASDA提供。



約3000Hzの高いドップラーセントロイドを有するERS-2ゼロジャイロモード(zero-gyro mode)のデータ。RAWデータからの推定による。RAWデータはESA提供。



Cosmo-SkyMedによるイタリアの高解像度Xバンドデータ。SAR RAWデータはイタリアのASI提供。



## InSAR、DInSAR、トラッキング及びジオコーディング(ISP/DIFF&GEO)

ガンマ干渉SARプロセッサ(ISP)と差分干渉及びジオコーディングソフトウェア(DIFF&GEO)は、干渉画像(インターフェログラム)、差分干渉画像、スプリットビームおよびスプリットスペクトル干渉画像、オフセットマップの生成や、標高、変位、コヒーレンスマップなどの関連データの生成に必要なアルゴリズム全体を網羅しています。さらに、SLCおよびGRDプロダクトのラジオメトリック較正、位置合わせ、ジオコーディングや、地形補正されたシグマ0およびガンマの正規化がサポートされています。



主な機能は次の通りです。

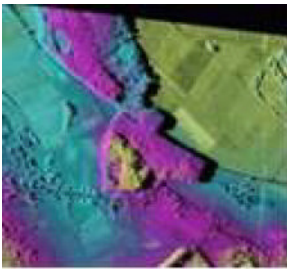
- 軌道と基線に基づいた位相モデル
- モノおよびバイスタティック(TDX)位相モデル
- 2経路、3経路、4経路DINSARのサポート
- 傾斜適合共通バンドフィルタリング
- 干渉画像の適合フィルタリング
- 最小フローコストの位相アンラッピング
- 領域拡張ブランチカット法によるアンラッピング
- 大気によるパス遅延の推定と補正
- 地形効果を考慮した位置合わせ
- マッチングを用いた位置合わせの精緻化
- スペクトルダイバーシティ法を用いたS1 IWSの位置合わせの精緻化
- S1 IWSのバースト選択のサポート
- 高度なオフセットトラッキング方法
- スプリットビームとスプリットスペクトルInSAR
- SARからマップジオメトリへの変換
- マップからSARジオメトリへの変換
- データに基づくジオコーディングの精緻化
- 真のピクセル領域の測定
- 地形補正した $\sigma^{\circ}$ と $\gamma$ の正規化
- ERS/ENVISATクロスInSAR
- Tandem-XのDEM生成
- PALSAR FBS/FBD InSAR
- PALSAR-2 ScanSAR InSAR
- S1 TOPSモードのInSAR
- TSX-ScanSAR InSAR
- クロスモードInSAR
- 電離層効果の緩和
- 閉位相の推定

いくつかの重要なアプリケーションについて以下で詳細を説明します。

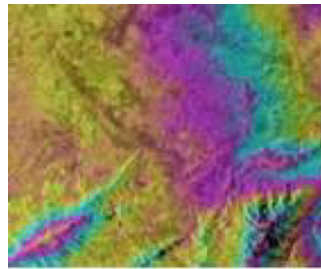
## 干渉法による標高マップの生成

GAMMAソフトウェアは、取得した1組の干渉に適したSARデータに基づいて標高マップの生成をサポートします。このペアは、Tandem-Xまたは適切な航空機搭載システムから得られる「シングルパス」ペアや、衛星搭載のSARから得られるリピートパスペアで構いません。リピートパスペアの場合、時間的非相関、大気パスによる遅延効果、および変形由来の位相によって結果が破損するため、シングルパスシステムの使用が強く推奨されます。専用ミッション(Tandem-X)の利用可能性に加え、それ以外の要素も長年にわたって改善されてきました。従来、利用可能な軌道状態ベクトルの精度は現在よりもずっと低いものでした。そのため、干渉データおよびコントロールポイントに基づく基線の推定が重要な要素でした。現在、このステップは、高精度軌道状態ベクトルが利用可能になったおかげで、非常に容易になりました。さらに、今では通常、既存のDEM(SRTMなど)から処理を開始することで、ジオコーディングや位相アンラッピングのステップを簡易化し、高さに対する位相の感度を高精度で推定できます。これまでは、基線に基づいた位相モデルが通常使用されていました。現在では、軌道データに直接基づいた位相モデルによる2経路差分干渉法を使用しています。

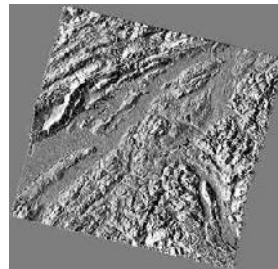
Tandem-XによるDEMの生成は、モノスタティックおよびバイスタティックによる取得の両方に対してサポートされています。



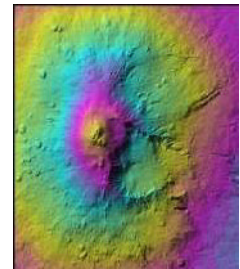
航空機搭載DOSAR標高マップ、Solothurn近郊(スイス): SAR処理、MSPとISPによるInSAR。データはDornierとチューリッヒRSL大学提供。



SIR-C、アマゾン(コロンビア): 熱帯林地帯のInSAR標高マップ(Lバンド、vv偏波)。InSAR処理はGAMMA ISPによる。SIR-CのSLCデータはJPL/NASA提供。



ERS-1/2タンデム、Bern(スイス): 起伏陰影図。干渉処理はGAMMA MSP、ISP及びDIFF&GEOによる。ERS RAWデータはESA提供。



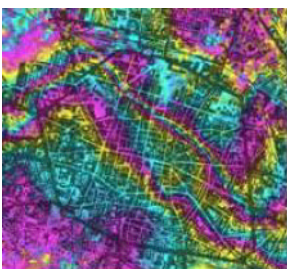
TerraSARタンデムによる標高マップ。イタリア、エトナ山。DINSAR法によるSRTM3秒DEMを基準に使用。TDX SLCデータはDLR提供。

## DInSARによる変位マッピング

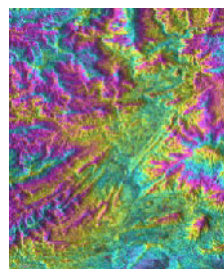
ISP/DIFF&GEOは、地形効果と変位効果の分離に関して非常に柔軟に設計されています。2経路差分干渉法では、SRTM DEMのような他のソースから利用可能なDEMを使用して、干渉画像から差し引かれる地形由来の位相をシミュレーションします。DEMに依存しない他のアプローチ方法には、3及び4経路差分干渉法があります。この場合、地形的な位相効果を差し引く基準として、なるべく差分効果を持たない干渉画像を使用します。差分効果のある干渉画像に最適近似の基準用干渉画像に基づいて、最適な位相スケーリングパラメータを決定するオプションが含まれています。

差分干渉位相は、地上変位の視線方向(LOS)の成分に関連しています。LOS方向を決定するプログラムがあり、変位が所定の方向(例えば、垂直方向または地表面の勾配に沿う方向など)にあると仮定することで、その方向における変位を推定できるようになっています。さらに、昇交軌道および降交軌道における取得データを使用するなど、複数の観測に基づいて変位ベクトルを決定するためのプログラムが含まれています。また、大気によるパス遅延と残存軌道位相推移の推定および緩和をサポートするツールも含まれています。先進のフィルタリングとアンラッピングツール等も含まれています。

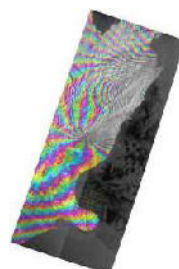
Sentinel-1 IWS TOPSモードのデータでは、位置合わせやDINSAR処理が完全にサポートされています。Sentinel-1 IWSデータの位置合わせについては、マッチング処理とバースト重複領域の二重位相差干渉画像を考慮するスペクトルダイバーシティ法を使用して、その精緻化処理が決定されます。PALSAR-2では、ScanSARデータを使用したDINSAR処理もサポートされています。さらに、ERS-ENVISATを使った異なるセンサー間のクロス干渉法のサポートもされています。



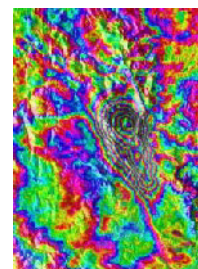
ERS-1のDINSARによって得られたポーランドの地盤沈下マップ。カラースケールは色周期あたり1cm/年。ERS RAWデータはESA提供。



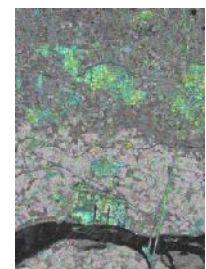
TerraSAR-X ScanSARを使ったDINSAR、パキスタン。データはDLR提供。



2016年ニュージーランド地震時のPALSAR-2 ScanSAR DINSAR。データはJAXA提供。



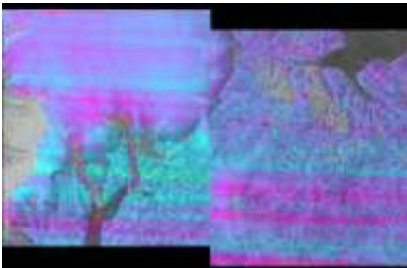
2016年のイタリア地震発生時のS1A-S1B DINSAR。S1データはESA提供。



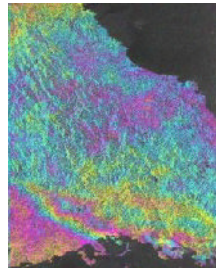
マルチ解像度データを用いたRadarsat-2 DINSAR。SLCデータはカナダMDA提供。

## スプリットビーム干渉(SBI)およびスプリットスペクトル干渉(SSI)

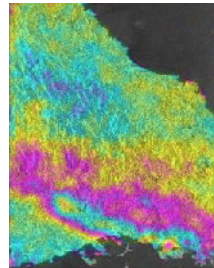
SBIとSSIがサポートされています。どちらの手法でも、干渉SLCペアはバンドパスフィルタリングされ、SBI用にはアジマスサブブロック、SSI用にはレンジサブブロックの2種類のサブブロック画像が生成されます。SSIの場合、電離層経路遅延の推定と緩和を行う必要があるため、位置合わせの前にスペクトルフィルタリングが行われます。SBIの場合、位相はメートル単位のアジマス変位や電離層の影響に対応しています。



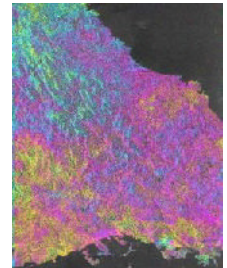
2015/1/17～2015/1/29のデボン州氷冠のS1 SBI画像。電離層の影響を示す。



差分干渉画像



電離層位相の推定

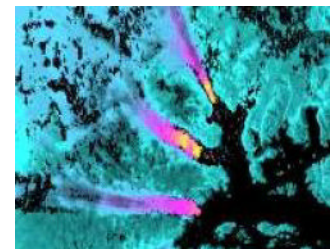


電離層補正した差分干渉画像

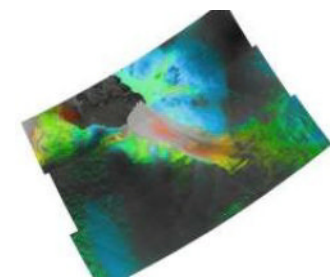
## オフセットトラッキングによる変位マッピング

ISP/DIFF&GEOには、高度なオフセットトラッキングツールも含まれており、SLCまたは検出データのいずれかから開始します。オフセットマップは、強度相互相関マップまたはコヒーレンス最適化マップを使用して導き出せます。オフセットマップに加えて、推定品質も判定されます。オフセットに関わるバイアスを最小化するため、オフセット推定前の入力データについてオーバーサンプリングがサポートされています。大きなオフセットを推定する手助けとして、初期状態のオフセットマップを任意で使用することで、さらなるオフセット推定を導くことができます。推定されたオフセットは、高速移動する氷床の干渉画像のコヒーレンスを最適化するなど、空間的に適応した位置合わせを行うためにも使用することができます。さらに、オフセットマップの後処理(ジオコーディング、外れ値の特定と除去、空間フィルタリングと補間、視覚化)がサポートされています。

TOPSモードのS1 IWSデータを使用したオフセットトラッキングが完全サポートされています。また、ISPではシングルSLCにおける電離層の影響の特定もサポートしており、アジマスサブブロック画像間のオフセットを割り出すことで行われます。



S1のレンジオフセットマップ、グリーンランドの氷河



S1 IWSのオフセットトラッキングの結果、南極のパインアイランド氷河

## ラジオメトリック較正、位置合わせおよびジオコーディング

利用可能な多くの衛星搭載SARセンサおよびそれらの出力データに対して、ISP機能はラジオメトリック較正をサポートしています。DIFF&GEOの重要な構成要素の1つに、高精度ジオコーディング用プログラムが挙げられます。レンジドップラから地図座標、またその逆を含む地形および楕円体補正のジオコーディングが組み込まれています。リサンプリングのステップには適切な補間アルゴリズムが適用されます。不正確な軌道情報による影響を最小限に抑えるために、ジオコーディングには細かい登録ステップがあります。このステップを自動化するため



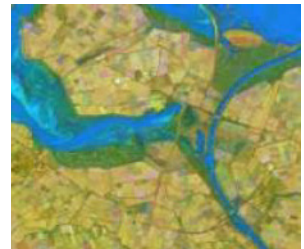
に、DEMIに基づいてSAR画像のシミュレートを行い、またそれを用いて相互相関解析によりジオコーディングの精緻化が決定されます。地上レンジの画像のジオコーディングもサポートされています。DIFF&GEOは、既存のDEMに基づいて「真のピクセル領域」の決定をサポートします。「真のピクセル領域」は、地形ラジオメトリック較正に使用されたり、局所的な入射角および倒れこみ/シャドウマップのような他の画像パラメータに使用されます。また、DIFF&GEOでは地形のトポグラフィ効果を考慮したSLCの位置合わせもサポートしています。

## ランドアプリケーションツール(LAT)

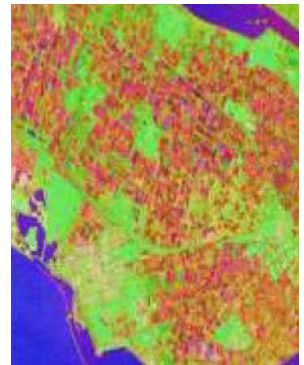
ランドアプリケーションツールは、フィルタリング、パラメータ抽出、ポラリメトリ、簡単な分類、モザイク処理、およびデータ表示ツールをサポートしています。

フィルタリングツールには、空間フィルタ(移動平均、メジアン、Frost、Lee、Enhanced Lee、GAMMAマップ、BM3D、多時期構造フィルタ)や(Quegan他(2001)による)多時期フィルタリングツールが含まれています。指定されたポリゴン領域とラインデータを抽出して調べることができます(平均値、標準偏差、ヒストグラム)。適合コヒーレンス、テクスチャ、効果的なルック数推定プログラム、画像データに対する簡単な計算プログラムが含まれています。階層的閾値(しきい値)処理スキームを使用し、登録済の入力データセット(複数可)に基づき1つ以上のクラスに分類できます。マップジオメトリの複数のデータセットのモザイク処理がサポートされています。RGBやHIS合成を生成するツールや異なる画像の画像強度を交換するためのツールが含まれています。

LATのフィルタリングおよび分類ツールの多くは、InSAR、DINSAR、PSI処理にも非常に役立ちます。例えば、後処理(低品質の結果や条件オフセットマップのマスク処理)や特定の処理ステップの改善(S1の位置合わせ効率向上や位相アンラッピングエラーの補正)などです。



ERSコヒーレンス(赤色)、平均後方散乱(緑色)、後方散乱時間的変動(青色)のRGB合成画像、オランダ。



ストークスパラメータから決定された偏光度。RSAT2 HH、HV SLCペアに基づく計算による。

## ジオコーディングモジュール(GEO)

SARデータ較正、ジオコーディング、画像の位置合わせ機能が、スタンドアロンのGEOモジュールでも利用できます。このモジュールは、高度なSARデータ較正、ジオコーディング、画像の位置合わせ機能は必要としているが干渉解析は不要な方たちにとって有用です。レンジドププラから地図座標、またその逆を含む地形および楕円体補正のジオコーディングが組み込まれています。リサンプリングのステップには適切な補間アルゴリズムが適用されます。軌道情報が不正確な時は、細かい登録ステップによるジオコーディングが必要とされます。このステップを自動化するため、DEMIに基づいたSAR画像のシミュレートを行い、そのシミュレート画像を用いて相互相関解析により自動的に詳細な位置合わせが決定されます。また、地上レンジの画像のジオコーディングおよび、SARまたはマップジオメトリにおける画像の位置合わせもサポートされています。



GEOの諸機能は、ISP/DIFF&GEOにより全てカバーされています。

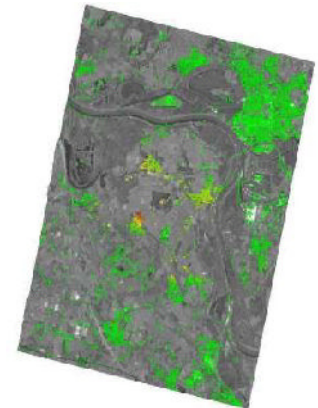
## 干渉ポイントターゲット解析(IPTA)

干渉ポイントターゲット解析(IPTA)は、PSI(Persistent Scatterer Interferometry)やSBAS(Small Baseline Subset Interferometry)などの高度な時系列解析手法をサポートしています。IPTAは、2、3の決まりきった処理をサポートするソフトウェアというよりは、多種多様なアプローチを可能にする「ツールボックス」です。1つまたは複数のリファレンスタックの使用、シングルルックまたはマルチルック干渉位相の使用、Point ScattererやDistributed Scattererによる位相の使用、空間・時間領域の位相のアンラッピング、ベクトルデータ形式か2Dラスタ形式でのデータの格納などの機能があります。

IPTAモジュールは、他のGAMMAソフトウェアモジュールと完全に互換性があります。IPTAで使われるベクトルデータと通常の2次元ラスタ形式間で変換を行うプログラムが含まれ、同一の位相モデルが使用されます。IPTAを便利に使用するには、GAMMA ISPおよびDIFF&GEOモジュールへのアクセスが必要となります。

IPTAで、ユーザはベクトルデータ形式(いわゆるポイントデータスタック)でデータを格納することが出来ますが、これにより処理効率を飛躍的に向上させ、ディスクおよびメモリ要件を低減することができます。別の重要な要素には、データの時間的次元を体系的に用いるためのプログラムがあります。

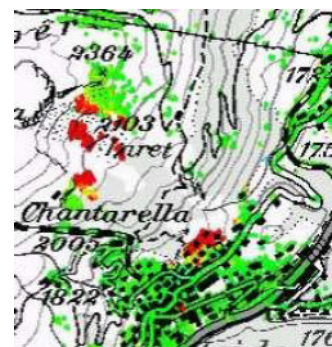
典型的なIPTAの処理シーケンスは、複数のリピートパスSLCの位置合わせから始まります。次に、よく用いられるPSI手法として、スペクトルコヒーレンス測定と後方散乱ポイントターゲット候補の時間的変動に基づき、処理の早期段階で事前選択が行われます。その後、解析はこれらの候補に対してのみ行われます。システムパラメータとターゲットパラメータの干渉位相の依存性を記述する物理モデルは、従来の干渉法で使用されているモデルとまったく同一です。位相アンラッピングや多時期のセットからの情報検索を最適化するのに反復処理の手法が使用されます。改良されたパラメータには、散乱体の地形標高、変位、大気によるパス遅延、レーダの基線が含まれます。位相項の違いは、それぞれの空間的、時間的および基線依存性に基づいて識別することができます。大気による位相遅延は、例えば空間次元においては比較的なだらかですが、時間次元においては相関していません。地形位相は垂直方向の基線成分に対して線形依存性を示し、変動は多くの場合、空間・時間次元において比較的なだらか(ローパス)であると想定できます。



ドイツ、ボルト、ERS PSI処理の例。平均変動率は、-7.5cm /年(赤)~+7.5cm /年(青)間のカラースケールを用いて表示。



千葉県、PALSAR-1 PSI処理の例。平均変動率は、-2.5cm /年(赤)~+2.5cm /年(青)間のカラースケールを用いて表示。



スイス、サン・モリッツ、Cosmo-Skymed PSI処理の一例。平均変動率は、-1.0cm /年(赤)~+1.0cm /年(青)間のカラースケールを用いて表示。

ポイント状のターゲットを使用する利点は、面的に分布したターゲットに観測される図形的な非相関がなく、臨界的な基線長を超える基線のペアであっても干渉位相を読み取れる点です。結果として、より多くの干渉ペアを解析に含めることができ、広い時間軸にわたって高精度の結果が得られます。これは、空間的な基線長が非常に長いセンサー(ERS、ENVISAST、Radarsat-1、PALSAR-1)には特に興味深いものです。また、面的に分布したターゲットやマルチルック位相、時間的かつ空間的に短い基線長のマルチリファレンススタックを使用することで、動きが非常に高速であつたり不均一である場合、非都市部の場合、比較的小さなデータスタックの場合の処理を最適化することができます。

位相アンラッピングは、空間領域(最小コストフローアルゴリズムを使用)または時間領域(回帰直線解析と併用して適用)で行うことができます。IPTAには、InSARデータに基づき(地形依存的な成分とより局所的な「乱流成分」による)大気パス遅延を推定する機能があります。さらに、熱による膨張効果の位相を推定し緩和する機能(特に高層ビルの場合)も含まれています。

IPTAで得られる主な結果は、地形の標高、平均変動速度、変動履歴、相対的な大気パス遅延、これらに関連した品質情報です。結果は、テキストファイル、バイナリファイル、kmlのいずれかでエクスポートできます。

Sentinel-1 IWS(TOPSモード)データの時系列解析は、IPTAで完全にサポートされています。また、TerraSAR-X ScanSARデータの時系列解析もサポートされています。

PALSAR-2スタックも十分な大きさであるため、時系列解析の対象となります(IPTAでサポート)。

IPTAモジュールでは、GAMMA可搬式レーダ干渉計(GPRI)で得られたデータに対し、PSI法およびSBAS法による処理もサポートしています。



残差位相(開始時)

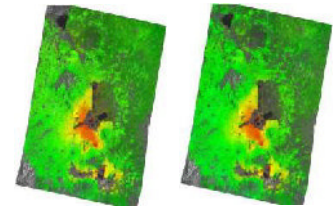


推定される熱膨張位相



推定される熱膨張位相を差し引いた残差位相

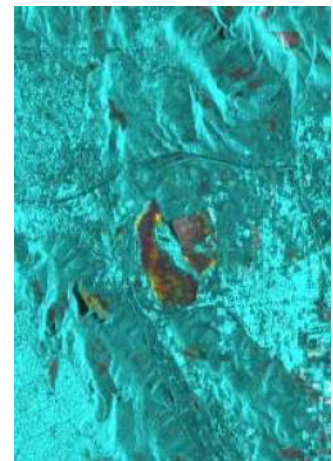
熱膨張位相項を緩和するためのTSX例。1つのカラーサイクルが2つの位相サイクルに対応。



SBAS

PSI

12個のS1 IWSデータのスタックを用いて求めた平均変動速度をメキシコシティに適用。SBAS法(左)とPSI法(右)による。



アテネ近郊のSentinel-1A IPTAのデモ結果。高速で不均一な動きが見られる小領域(平均変動速度を表示)を含む。

## その他

### 詳細情報

GAMMAソフトウェアトレーニングコースの日付、内容等の追加情報は、<http://www.gamma-rs.ch>でご確認いただけます。

価格表や具体的な提案をご希望の場合は、[wegmuller@gamma-rs.ch](mailto:wegmuller@gamma-rs.ch)までご連絡ください。

### 参考

GAMMAソフトウェアの特定の要素や機能をまとめた技術レポート、会議・雑誌論文が多数あります。これらの文書一覧には、各PDFファイルダウンロード用のリンクが記載されています：

[https://www.gamma-rs.ch/uploads/media/GAMMA\\_Software\\_references.pdf](https://www.gamma-rs.ch/uploads/media/GAMMA_Software_references.pdf)

さらに、下記URLでは、半年毎にユーザ配布されるアップグレード情報がダウンロード可能なpdf形式で提供されています：

[https://www.gamma-rs.ch/uploads/media/GAMMA\\_Software\\_upgrade\\_information.pdf](https://www.gamma-rs.ch/uploads/media/GAMMA_Software_upgrade_information.pdf)

### デモスクリプトの例

GAMMAソフトウェアのユーザは、デモスクリプト例の一覧にアクセスできます。デモスクリプトでは、特定の処理手順(例えば、S1 IWSデータの位置合わせ等)が説明されています。また、入力データ、処理や個々の使用コマンドが記されたREADMEテキストファイル、いくつかの中間生成物や最終成果物(デモスクリプト実行時に生成される自分の処理結果との比較用)も提供されています。

現在、デモスクリプトの例一覧に含まれているのは次の通りです。

- MSP/ISP/DIFF & GEO/LATの基本的なデモ例(ユーザーガイドの例の補助)
- IPTAのデモ例(ERS Borth, PALSAR Chiba, S1\_Athens)
- S1の位置合わせ/DInSAR/トラッキング(Mexico\_INSAR, S1\_Bari\_coreg S1A\_S1B\_DINSAR\_ItalyEarthquake, DevonIceCap, Greenland\_tracking)
- S1多時期後方散乱(S1\_Magdeburg\_multitemp)
- Tandem-XのDEM生成(TDX\_demo\_Etna)
- 電離層の推定と緩和(PALSAR1\_Furuya, PALSAR2\_Tokyo)

### 最新の開発状況

- ALOS PALSAR ScanSARのデータ処理と干渉処理
- RISAT、KOMPSAT-5、Gafen-3への適応
- PALSAR-2、TSX ScanSAR干渉処理
- Sentinel-1(S1A/S1B)への適応



- 複数基線による時系列解析
- 拡張オフセットトラッキング機能
- S1 TOPSモードのデータのサポート(SLCを使用)
- スプリットビーム・スプリットスペクトル干渉法
- 電離層の影響の特定と緩和
- RSAT-2、PALSAR-2、S1クロスモード干渉法
- DEMの読み込みとジオコードされた結果の書き出しの向上
- TSX用プログラムを使用しPAZの完全サポートを確認

---

## ガンマ社のご紹介

GAMMAリモートセンシング・リサーチ&コンサルティングAG (株式会社) はスイスの会社です。

1995年からSAR干渉処理ソフトウェアのライセンス販売、研究プログラムへの参加、マイクロ波リモートセンシング分野でのサービスおよびコンサルティング等を行っています。

### サービスと製品

- 処理サービスおよびSAR成果品の提供
  - SAR、干渉SAR、IPTA処理
  - SARジオコーディングおよびモザイク処理
  - 地表変位図の作成
  - 土地利用、森林、農業分野のアプリケーション
  - 標高の図化
- ソフトウェアライセンス販売
- アプリケーション開発、サポート、コンサルティング

### GAMMAハードウェア製品

- Gamma可搬式レーダー干渉計(GPRI-II)
- Gamma Lバンド放射計(ELBARA)
- Gamma 散乱計(WBSCAT)
- Gamma LバンドSAR(10mレール/自動車/ドローンでの使用)

#### ガンマリモートセンシング株式会社

##### Gamma Remote Sensing AG

Urs Wegmüller, Charles Werner, Tazio Strozzi, Andreas Wiesmann

Worbstrasse 225, CH-3073 Göligen, Switzerland  
phone: +41 31 951 70 05, fax: +41 31 951 70 08  
gamma@gamma-rs.ch <http://www.gamma-rs.ch/>

#### ガンマ社日本代理店

##### 株式会社 オープン GIS

〒130-0001 東京都墨田区吾妻橋 1-19-14 紀伊国屋ビル 1F

Tel: (03)3623-2851 Fax: (03)3623-3025

E-mail: [sales@opengis.co.jp](mailto:sales@opengis.co.jp) <https://www.opengis.co.jp/>