

リモートセンシングデータの向上を実現するSAR画像処理技術

木村 恒一・藤村 卓史・小野 清伸

要 旨

NECは、1980年に日本で初めてSARデータの画像再生処理に成功して以来、各種SAR画像処理に関する研究開発を継続的に進めてきています。SARデータの高次処理を行うことにより、地表の三次元情報の取得や変化抽出、更にはターゲット解析のためのSAR特有である特徴量抽出が可能となります。本稿では、SAR画像処理の最新技術として、ポラリメトリックSAR画像解析ソフト「RSGIS-SAR」、ScanSAR / ScanSARインターフェロメトリ、バイスタティックSAR画像再生処理について紹介します。

キーワード

●SAR ●合成開口レーダ ●地球観測 ●ScanSAR ●スキャンSAR ●Bistatic SAR
●バイスタティックSAR ●インターフェロメトリ ●ポラリメトリック ●Polarimetry ●RSGIS

1. まえがき

合成開口レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）は、航空機や人工衛星に搭載され、マイクロ波を使用して地表の画像を得るレーダです。SARは光学センサと異なり、地球表面の画像を得るためには、レーダで観測したデータの画像化処理を行う必要があります。更に、画像化したデータの高次処理を行うことにより、地表の三次元情報の取得や変化抽出、ターゲット解析のためのSAR特有である特徴量抽出が可能となります。

本稿では、このようなSAR画像処理に関する近年の研究開発の成果について報告します。

2. NECにおけるSAR画像処理

NECは、1970年代からSAR処理ソフトウェア開発の自主研究に着手し、1980年に日本で初めてSARデータの画像再生処理に成功しました（米国衛星SEASAT観測データ）。

それ以来、1985年に財団法人リモート・センシング技術センター（RESTEC）殿向けにSAR画像処理専用の計算機NEDIPSを開発・納入、1992年には日本初の衛星搭載SARである「JERS-1 SAR」用の画像処理用としてNEDIPS-SARを宇宙開発事業団（現在の宇宙航空研究開発機構（JAXA））殿向けに開発・納入、更に2006年には日本の最新衛星搭載SAR

である「だいち」搭載PALSARの画像処理ソフトウェアを自社研究で開発してきました。

航空機搭載SARでは機体動揺などの影響により、衛星搭載SARと比べて画像処理は難しくなりますが、JERS-1 SARと同じ1992年には、日本初の航空機搭載SAR「NEC-SAR」用のSAR画像処理ソフトウェアの開発に成功しました（図1）。その後もSAR処理の研究を続け、現在では航空機に搭載可能なオンボード画像再生装置や、最高分解能30cmに対応した航空機SAR用の画像処理ソフトウェアを開発してきました。



図1 航空機搭載SAR「NEC-SAR」の観測画像

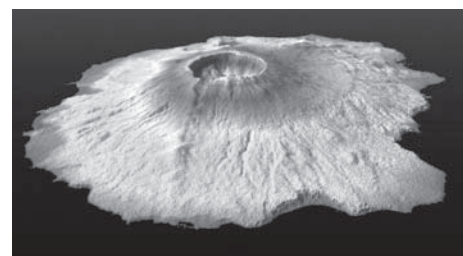


図2 干渉SAR処理によるDEM作成例

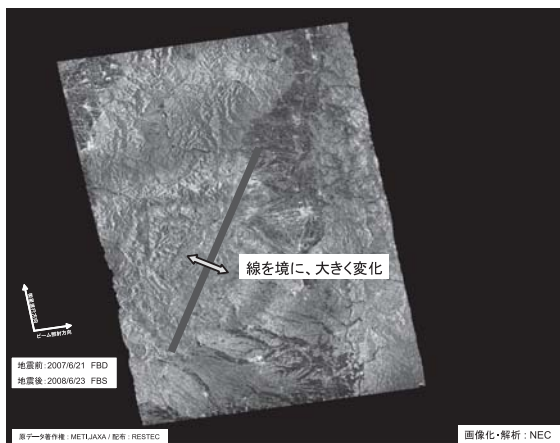


図3 干渉SAR処理での地殻変動抽出例 (2008年宮城地震)

また、SAR画像処理の技術として、航空機搭載SARにおける動揺補正の技術や外来干渉波の除去技術、更に、高次処理の技術として、三次元のDEM (Digital Elevation Model) を作成するための干渉 (インターフェロメトリ) SAR処理 (図2) ¹⁾ や、地殻変動を抽出する差分干渉SAR処理の技術 (図3)、ターゲットの各種解析を行うためのポラリメトリ処理 (多偏波処理) の技術の開発を行ってきています。

3. 近年のSAR画像処理技術の開発

本章では、SAR画像処理の最新技術として、以下の3項目について報告します。

- ・ポラリメトリックSAR画像解析ソフト「RSGIS-SAR」
- ・ScanSAR / ScanSARインターフェロメトリ
- ・バイスタティックSAR画像再生処理

3.1 ポラリメトリックSAR画像解析ソフト「RSGIS-SAR」

Pi-SARやPALSARのような近年のSARでは、送受信に用いる電波の偏波方向として、送信に垂直/水平の2種類の直線偏波、受信に垂直/水平の2種類の直線偏波の、計4組の偏波を用いる観測モードを有している場合が増えていきます。このような観測モードを有するSARはポラリメトリックSARと呼ばれ、単一偏波では抽出できないターゲット情報を抽出し、解析することが可能です。

NECは、ポラリメトリックSARの解析を行うソフトウェア

「RSGIS-SAR」を開発しました。RSGIS-SARは2つの機能を有しています。

1つ目の機能は、SARの送受信に用いた偏波の方向を仮想的に変更する機能です。一般にSAR画像では、送受信に用いた電波の偏波方向によって、ターゲットからの電波の反射輝度が異なり、その結果、画像化した際のターゲットの見え方が異なります。RSGIS-SARでは、送受信に用いた偏波の方向を仮想的に変更し、変更した偏波の方向で観測される反射輝度を算出して、画像を表示します。

図4は、PALSAR画像にて偏波方向を変更した画像です。

(a) が垂直方向の偏波で送信し、水平偏波で受信した際の画像です。(b) は送信と受信の偏波の方向をどちらも60度回転した際の画像です。(a) では埋もれていた受信信号が、

(b) のように偏波の方向を変更することによって識別できるようになります。この機能を使用して、ターゲットを最も明確に認識できる偏波角度を選択することが可能です。

2つ目の機能は、ポラリメトリックSARで観測した4組の偏波による観測データから、送受信時の偏波の種類と受信電力



(a) 垂直偏波送信 / 水平偏波受信



(b) 垂直偏波を60度回転した偏波での送信 / 水平偏波を60度回転した方向での受信

図4 偏波方向を変更したSAR観測画像

との関係のグラフ (偏波シグネチャダイアグラム) を、画素ごとに算出して表示する機能です。偏波シグネチャダイアグラムは、電波が反射したターゲットの形状によって異なるため、ターゲットの形状推定に利用できます。

3.2 ScanSAR / ScanSARインターフェロメトリ

第2章で示したように、SARの高次処理技術の1つに、地殻変動を抽出する差分干渉SAR処理があります。これは、同じ場所を2回以上観測することにより、その観測データを干渉させ、更にDEMとの差分を取ることで、地殻変動を抽出する画像処理技術です。

PALSARのような近年の衛星搭載SARでは、以前から使用されているストリップマップSARに加えて、スキャンSAR (ScanSAR) と呼ばれる広域観測モードを有している場合が増えています。スキャンSARでは、時分割で観測方向を切り替えることで、ストリップマップSARの数倍広いエリア

を1回の観測パスで観測することができます。スキャンSARでは、時分割で観測方向を切り替えているため、干渉SARで干渉させる2回の観測パスで、その切り替えタイミングを完全に合わせることは難しいという問題がありますが、NECではPALSARの広域撮像モード (スキャンSAR) どうしでの差分干渉SAR処理を、世界に先駆けて成功させています。

図5 は、2008年中国四川地震前後のデータを用いたPALSARの高分解能モード (ストリップマップSAR) での差分干渉SAR解析結果 (国土地理院 (GSI) 殿解析結果²⁾) です。広域にわたる影響を見るために、地震前後でおのおの、観測エリアの異なる観測を行った複数枚の差分干渉SAR画像をつなぎ合わせています。

一方、図6 はNECで画像化した広域撮像モード (スキャンSAR) での差分干渉SAR (ScanSAR / ScanSARインターフェロメトリ) の処理結果画像です³⁾。その観測幅は350kmであり、非常に広い範囲の地殻変動を、地震前後に各1回の観測データのみで抽出することに成功しました。

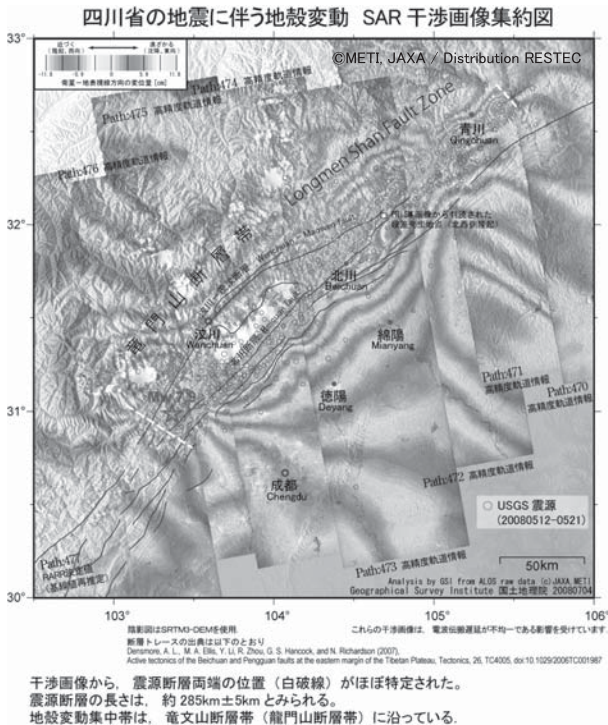


図5 2008年中国四川地震における複数画像を使用した差分干渉SAR解析結果

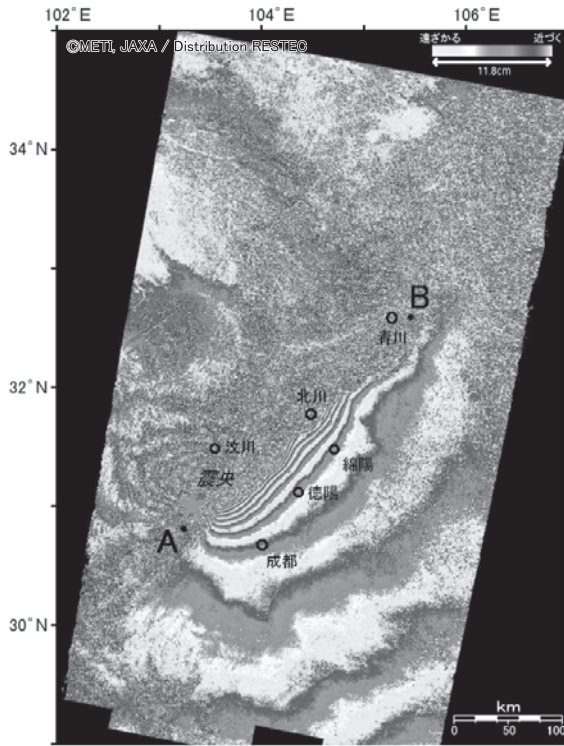


図6 2008年中国四川地震におけるScanSAR / ScanSARインターフェロメトリによる差分干渉SAR解析結果

3.3 バイスタティックSAR画像再生処理

一般的に使用されているSARは、電波を送信するアンテナと受信するアンテナを共用しており、送信アンテナと受信アンテナが同じ位置にあることから「モノスタティックSAR」と呼びます。一方、送信アンテナと受信アンテナを分けて、異なる位置に配置して観測を行うSARを「バイスタティックSAR」と呼びます。モノスタティックSARとバイスタティックSARでは、地表面での電波の反射方向の異なる観測を行っているため、観測情報・観測画像が異なります。例えば、モノスタティックSARでは観測できない物体をバイスタティックSARでは観測できる場合があります。しかし、バイスタティックSARでは、送信に用いるアンテナ・送信機と、受信に用いるアンテナ・受信機が異なる位置にあるため、両者間でのタイミング同期が課題となります。

NECがJAXA殿からの委託研究で実施した衛星SAR・航空機SAR間バイスタティックSAR実験では、SARのハードウェアにバイスタティックSAR用の特別な機能を設けず、観測したデータの画像処理によりタイミング同期の課題を解決して、バイスタティックSAR観測データの画像化に成功しました。その画像処理アルゴリズムを図7に示します。観測後の地上

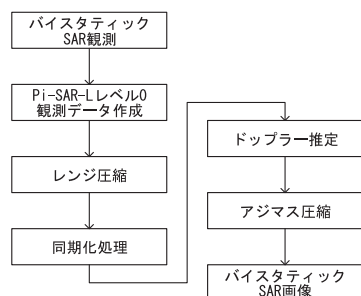
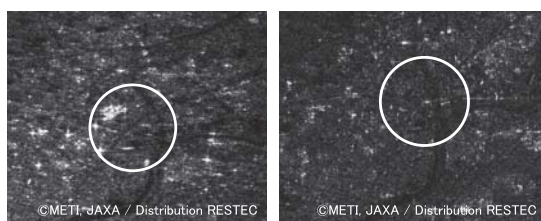


図7 バイスタティックSAR画像再生処理



(a) PALSAR/Pi-SAR-L
バイスタティック SAR 観測画像

(b) PALSAR モノスタティック SAR
観測画像

図8 PALSARモノスタティックSAR観測画像

処理における「同期化処理」ステップでタイミング同期を行うとともに、後段の「ドップラー推定」では動揺補正やバイスタティックSAR用のドップラー周波数推定を行うことで、バイスタティックSAR画像処理を実現しています⁴⁾。図8の

(a) が上記で画像化したバイスタティックSAR観測画像です。

(b) のモノスタティックSAR観測画像と比べると、地表の物体により反射輝度が異なり、両者で見え方に差があり、衛星SAR・航空機SAR間バイスタティックSARの有効性を確認しました⁴⁾。

4. おわりに

NECでは1970年代から継続してSARの画像処理の研究開発を進めており、SAR画像解析ソフト「RSGIS-SAR」、ScanSAR / ScanSARインターフェロメトリ、バイスタティックSAR、といったSAR画像再生や高次処理などに関する新しい成果を上げています。今後もSARを含めたりモートセンシングデータの付加価値化、画像識別性の向上など、実用的で役立つ技術開発を進めます。

参考文献

- 1) 宮脇正典ほか、“航空機SARによる三宅島火口のDEM作成”、SAR Workshop 2002、2002年1月
- 2) 国土地理院:2008年5月12日中国・四川省の地震に伴う地殻変動と震源断層(2008/07/04)
<http://cais.gsi.go.jp/Research/topics/topic080604/index.html>
- 3) 宮脇正典ほか、“PALSAR ScanSARインタフェロメトリによる2008年中国四川地震の地殻変動抽出”、日本リモートセンシング学会 第45回学術講演会、2008年12月
- 4) 藤村卓史ほか、“PALSARとPi-SAR-Lによる第一回Bistatic SAR観測実験”、2010-12-SANE、電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会、2010年12月

執筆者プロフィール

木村 恒一
航空宇宙・防衛事業本部
宇宙システム事業部
シニアマネージャー
兼 誘導光電事業部
グループマネージャー
IEEE会員

藤村 卓史
航空宇宙・防衛事業本部
宇宙システム事業部
エキスパートエンジニア
兼 誘導光電事業部
エキスパートエンジニア
電子情報通信学会会員

小野 清伸
航空宇宙・防衛事業本部
宇宙システム事業部
兼 誘導光電事業部

NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご覧ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.64 No.1 宇宙特集

特別寄稿：宇宙ソリューションで社会に貢献する時代へ
宇宙特集によせて
宇宙事業ビジョンとロードマップ
NECのグローバルな宇宙ソリューション事業への取り組み

◆ 特集論文

ロードマップ実現に向けた取り組み

宇宙技術とIT・ネットワーク技術の融合
宇宙分野におけるグローバル市場への参入戦略
「宇宙利用」のためのサービス事業の推進
先進的宇宙システム「ASNARO」の開発

ロードマップの実現を支える技術と製品(人工衛星/宇宙ステーション)

国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう(JEM)」の開発
金星探査機「あかつき」の開発
小型ソーラー電力セイル「IKAROS」の開発
月周回衛星「かぐや」の開発
地球観測衛星(陸域観測技術衛星)「だいち」の開発
超高速インターネット衛星「きずな」の開発
総合宇宙利用システムの普及を促進する小型SAR衛星技術

ロードマップの実現を支える技術と製品(衛星地上システム)

衛星運用を支える地上システム
衛星データの利用を促進する画像処理システム

ロードマップの実現を支える技術と製品(衛星バス)

リモートセンシング事業を迅速に立ち上げる標準プラットフォーム「NEXTAR」
衛星機器を構成する標準コンポーネント

ロードマップの実現を支える技術と製品(通信)

衛星通信を支える通信技術
世界で活躍する衛星搭載用中継機器

ロードマップの実現を支える技術と製品(観測センサと応用技術)

観測衛星「いぶき」を支えた光学センサ技術と展望
全地球上の雨と雲を観測する電波センサ技術
リモートセンシングデータの向上を実現するSAR画像処理技術
衛星画像を活用した産業廃棄物監視システム

ロードマップの実現を支える技術と製品(基盤技術)

宇宙技術を支える基盤技術や開発プロセス
月惑星探査を支える軌道計画と要素技術
宇宙用耐放射線性POL DC/DCコンバータの開発
宇宙開発向けプリント配線板の認定状況と今後の展開

ロードマップの実現を支える技術と製品(誘導制御計算機)

ロケット用誘導制御計算機の変遷と展望

小惑星探査機「はやぶさ」

小惑星探査機「はやぶさ」の開発と成果

◆ NEC Information

NEWS

NEC C&C財団25周年記念賞表彰式開催



Vol.64 No.1
(2011年3月)

特集TOP