

衛星SARによる地震被害想定の可能性

笹川 正*

1. はじめに

地震が発生したときの被災地の情報収集体系は、人が被災の情報を調べてこれを報告する消防や警察、自治体の情報伝達システムの体系と、航空機やヘリコプターにより面的な被災情報を取得しこれを報告する体系の2つがある。前者に対しては、地理的な観点でいえば点的な情報であり、GIS（地理情報システム）により統合化された情報として取り扱われることが望ましい。後者は、被害の広がりを中心、強さを把握することと通報のできない地域の状況を把握することにある。点情報の取り扱い、携帯電話に代表されるように衛星通信やパケット通信容量の回線確保が重要な課題となっている。一方、面的な情報収集にあたっては、夜間、雨天、曇天における情報収集が課題となり、夜間暗視カメラ（熱赤外カメラ）やSAR（合成開口レーダー）が解決策として期待されている。本稿は、面的な情報収集に対する衛星SARの可能性について言及する。

2. 面情報の取得技術

1. 面情報の局面による性格づけ

(1) 視認情報

初動時に映像から人的に判別できる情報を取得する。非通常の撮影画像から火事などの即時性のある情報を把握するため、各自治体（消防）においてヘリテレが準備されている。ヘリテレの場合は、施設や災害

のポイントをフォーカスし、これをリアルに伝える効果がある。一方、航空写真や衛星画像は、全体を把握し、被害の広がり、中心を想定することができる。

(2) 計量情報

単純な視認ではなく、等距性、等積性のある画像や3Dデータから距離、面積、体積、個数、変動量などを計測した情報である。たとえば、倒壊個数がいくつか、地滑り箇所が何箇所か、土量はいくらかというように被害を量で表すことである。これまで、航空写真オルソ、航空機デジタルセンサー、航空機レーザーや地上GPS観測点と組み合わせ、人的な判読作業をつうじて復興支援や科学的分析のために提供されてきた。デジタル情報化が進み人的に計測することから自動化し、初動時の情報リソースとしての活用が期待されている。

2. 面的な情報収集技術

(1) デジタルカメラ

視認情報および計量情報の2つの性格を共存させる技術が、マルチレイフォトグラメトリーによるピクセルマッチング手法である。デジタルカメラの普及は目覚しく、ベクセル社のUCD、ライカジオシステムズ社のADS30やインターグラフ社のDMCが日本では普及している。これらデジタルカメラは、フィルム現像や焼き増しが不要であり、画像の解像度（ラジオメトリック）も高い、画像は即時提供のポテンシャルがあり、提供時間の短縮が期待されている。こ

* 株式会社パスコ

これらの技術は映像だけのヘリテレと異なり、正確な標定要素をもち、正射投影された画像地図（オルソ画像）として他のGISデータと座標軸上で重なり分析が可能となる。

（２）ピクセルマッチング

取得画像は、前出のとおり一義的には視認画像として初動把握に寄与し、計量情報化するためにピクセルマッチングにより高さ情報を取得して、オルソ化（オルソレクタフィケーション）を行う必要がある。ポストプロセッシングによりGPS/IMUにより座標系を整理し、視差画像から画素のマッチングを行い、これをリサンプリング、平滑化して高さメッシュ情報とする。一般には地上解像度の2.5倍から3倍程度のメッシュがよい。視差画像は、前後の1パターンだけではエラーの棄却ができないので、2 - 3パターンのマッチングが望ましい。ADS40は3ラインセンサーなので3パターンのマッチングが可能であり、エラーの棄却が十分である。フレームカメラにおいてもUCDのようにフレームスピードが高いとラップ率を80 - 90%に高め、マッチング精度をたかめ、オクルージョンをなくす効果を期待できる。

（３）他のセンサー

熱赤外センサー、ハイパースペクトルセンサーなど他の航空機センサーは、電磁波の可視から長波のバンドに感知するセンサーである。熱をもつ物体が放射率によってことなるが一定の熱赤外波として外部に放射してくる強さを捕らえるセンサーが熱赤外センサーである。熱赤外センサーは夜間撮影に適しており、表層の放射熱分布により火災発生を含めたおおよその状況を捉えることができる。

SARセンサーは、マイクロ波による能動

型（みずからマイクロ波を照射し、これをアンテナで受ける）のセンサーである。マイクロ波は波長が長く、Xバンドで3.0cm程度、Lバンドで15cm程度である。波長が長いいため、雲や雨の粒子をすり抜けて地上に到達し、後方錯乱による反射波も雲や雨の粒子をすり抜ける。このため、夜間や曇天、雨天にかかわらず撮影でき緊急撮像に大きな期待がよせられている。

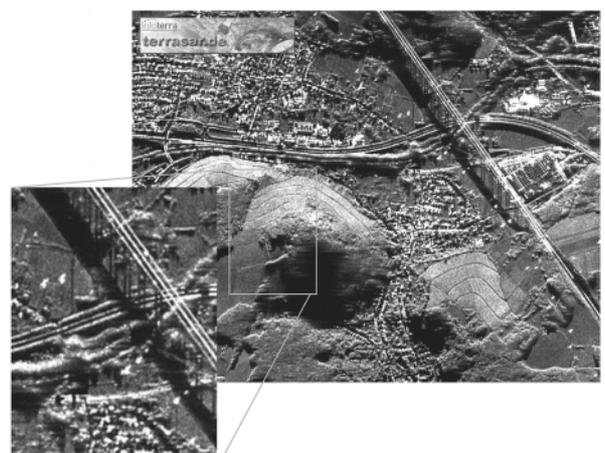
３．衛星SARの可能性

衛星SARの緊急撮像の可能性について、ドイツ航空宇宙局がEADS社とPPP事業により打ち上げるXバンド合成開口レーダー衛星TerraSAR-Xについて紹介し、緊急撮影にかかる可能性を検討する。

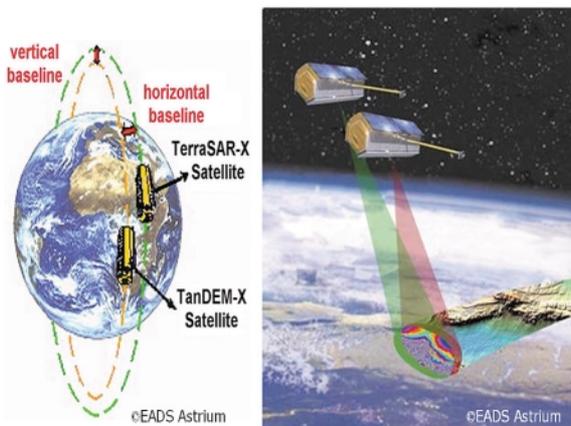
1. TSXについて

（１）TSXの概要

TerraSAR-Xは、光学およびレーダー地球観測衛星システムの中でも世界最高水準の技術の粋を集めた高分解能（入射角55度で65cm（レンジ方向））、高稼働率（同一目標物の再測周期：1.5日（90%確率））の、XバンドSAR衛星である。波長の短いXバンドは他の波長の長いSARに比して、地形表層をきめ細かく観測することができる。さ



©Infoterra GmbH



TerraSAR-XとTanDEM-Xの同時撮影時のイメージ図

らにダイナミックレンジの広い明るい画像を取得できる。また、DEM（数値地形モデル）や地形の変化抽出などに利用されるインターフェロメトリ処理においても、検出能力が非常に優れている。

(2) TSXの国内運用

撮影と同時に地上局へのデータ転送を可能としたTerraSAR専用受信局を国内に設置される。受信後、取得画像はアーカイブされ、最速10分で画像プロダクト（レベル1b）が生成される。直接受信圏外での撮影も、取得データは衛星搭載の大容量メモリに記録され、ダウンリンク完了まで保存され、国内の受信局を利用してダウンロードされる。

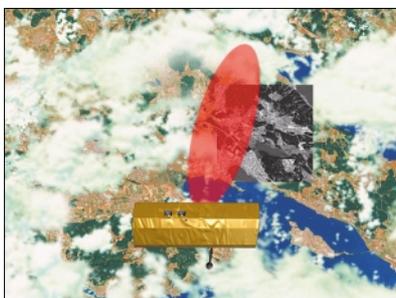
(3) スケジュールとTDX

TSXは本年10月に打ち上げられ、本年12月末から商業運用が行われる。TDX（タンデム-X）はTerraSAR-Xとの併用運用機として2008年に打ち上げが予定されている。TerraSAR-Xとの同時撮影による時間差なしでのインターフェロメトリを可能し、TerraSAR-X単独の場合に比べ、さらに高品質のDEM（数値標高モデル）が作成が可能となる。TerraSAR-Xと同一軌道上に時間差が無い状態で軌道周回するため、両機体の間隔と位置、そして撮影ビームモードをコントロールすることで、様々な設定での非常に自由度の高い同時観測が可能になる。TerraSAR-Xの基本設計を踏襲することで、短期間での製作を低コストで実現される。

(3) ビームモード

TerraSAR-Xには、SpotLight、StripMap、ScanSARと呼ばれる3つのビームモードがある。SpotLightでは、プラットフォームの移動に伴い、ある限られた対象地域をビーム方向を変えながら照射し続ける。StripMapでは、固定されたアンテナから照射された散乱面をプラットフォームの動きに沿って細長く走査していく。ScanSARでは、プラットフォームの進行とともにビーム照射

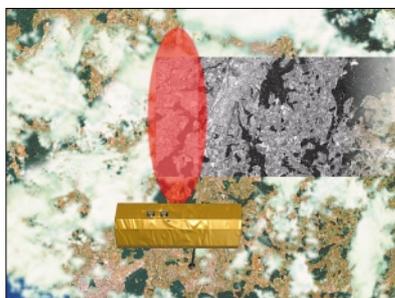
SpotLightモード



©:EADS Astrium

非常に高い分解能（1-2m）の画像を得るのに最適
空間分解能：1-2m
観測幅：10km

StripMapモード



©:EADS Astrium

最適な空間分解能と観測幅の組み合わせ
空間分解能：3m
観測幅：30km

ScanSARモード



©:EADS Astrium

広域（100,000km²まで）の画像を得るのに最適
空間分解能：16m
観測幅：100km

方向をグラントレンジ方向に変化させて、広域の撮影を行なう。

(4) インターフェロメトリー

SARのインターフェロメトリーでは、同じ場所の2つのSARデータを干渉させることによって得られる位相差により、地表面の高度や変動についての情報を取得する。インターフェロメトリーには、同一地点を2時期で観測するリピートパスインターフェロメトリーと同一軌道で2機のアンテナを用いて観測するシングルパスインターフェロメトリーがある。TerraSAR-Xは後発併用機のTanDEM-Xと併せて用いることにより、シングルパスインターフェロメトリーも可能となる。この方法では、2つの取得画像の時間差がないため、高精度のDEMの取得が可能となる。

2. TSXの災害時への適用

(1) 光学衛星と比較した情報収集確率

TSXと光学衛星と比較してその撮像確率は、天候要素として、光学衛星の撮影可能日が9日に1回(雲量20%以下の撮像可能な統計的日数)、昼間時8時間(実際は光量が必要なので6時間程度)と想定する。SAR衛星の撮影確率は天候要素9倍×時間要素3倍で27倍となる。

(2) 災害時の情報収集確率

一方、軌道に関しては、TerraSAR Xは

日本上空(アンテナ補足圏)に1日3~4回周回し、1.5日に1度同一点の再撮影が可能(90%確率)となる。撮影要求から撮影まで18時間で撮影が可能(90%確率)となるものと想定できる。

(3) 差分解析

差分解析により変化を抽出し、災害のダメージを定量的に捕らえることが可能となる。その方法は、輝度を比較する方法、インターフェロメトリーによる高さ情報の比較などができる。TDXになればさらにその精度が増す。実証的な検証が必要だが、SARの大きな特徴のひとつであり期待が高い。

4. まとめ

新潟地震において、対策本部が設置されたのは13時間54分後であった。これは地震が夕方におき、夜が明けるまでその状況が把握できなかったことによる。情報収集確率をたかめる手段として衛星SARはその一助をなすことができる。地震発生をとめることはできないので、発災したあといかにダメージを軽減させるか、つまり『減災』の取り組みが重要である。衛星SARは、情報収集確率を高めることができ、この『減災』に大きく寄与するものとする。

また、紹介してTSXのみならず、他のSAR衛星、光学衛星や当業界が寄与できる航空機撮影、ヘリ撮影など情報収集の機構を終結し、撮影機会の確率をさらに増し、収集した情報を的確に分析して提供できる機構をもつことが課題と考える。

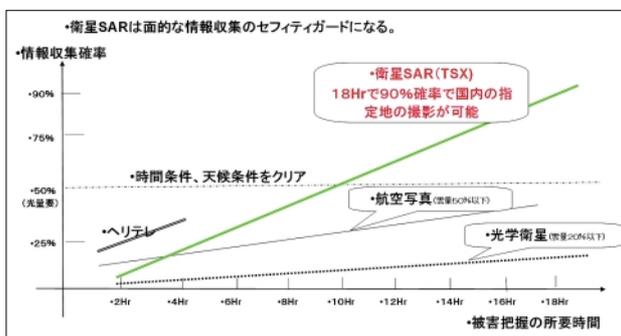
(発表日: 2006年1月26日)

発表者紹介

笹川 正(ささがわ ただし)

所属: 株式会社パスコ

E-mail: tadashi_sasagawa@pasco.co.jp



情報収集確率のイメージ