

JERS-1 SAR データを用いた PSInSAR による濃尾平野地盤沈下計測

イメージワン(株)	正会員	○ 葛岡 成樹
大同工業大学	正会員	大東 憲二
大同工業大学	学生会員	佐伯 茂雄
応用地質(株)	正会員	水野 敏実

1. はじめに

人工衛星リモートセンシング技術の一種である差分干渉 SAR 技術(DInSAR)は、広域の地表面変動を精密に計測できるため、測地学の分野で地震による断層の計測などに利用されてきた。しかし DInSAR は大気中の水蒸気の影響のなどで、解が求まるときは正確な解となるものの、必ずしも解が求まる保証がなく、実務としての利用に限界があった。

Permanent Scatterers InSAR (PSInSAR)は差分干渉 SAR(DInSAR)の一種であるが、微小な地表面変動(mm/year レベル)を安定して計測できることから地盤沈下計測などの実務に利用されるようになってきた¹⁾。PSInSAR では 30 シーン程度の SAR 画像を精密に位置合わせし、長期にわたって反射波の位相が安定している恒久的な散乱点(PS)にのみ着目して DInSAR 処理を行う技術である(図1 参照)。PSInSAR は、とくに都市部において面的に地表面変動を計測することができ、かつ各地点での地表面変動の時間変化を計測することができるという特徴をもっている。

PSInSAR は、本来 ESA(ヨーロッパ宇宙庁)が打ち上げた ERS-1/2 の C バンド SAR を対象に開発された技術である¹⁾。ERS-1/2 はヨーロッパにおいて豊富にデータを蓄積していたため、ヨーロッパ全域で有効な PSInSAR 計測が可能であった。しかし日本における ERS-1/2 のアーカイブは、PSInSAR 計測に必要なシーン数が揃っていない場所があり、ERS-1/2 以外の衛星を用いた PSInSAR 計測が要求される。日本においてアーカイブ数の多い SAR 衛星は L バンドである JERS-1 であるが、JERS-1 PSInSAR では C バンドの ERS-1/2 向けの PSInSAR とは異なった検討が必要となった。

この研究では、JERS-1 の SAR データに対して PSInSAR 技術を適用し、その有効性を確認することを目的とする。

2. L バンド PSInSAR

JERS-1 SAR は、ERS SAR と比べて、表 1 のように使用する電波の周波数・波長が異なっている。また表 1 以外にも、JERS-1 には ERS と異なり衛星軌道決定精度が悪い、都市雑音などが多いなどという PSInSAR 計測に好ましくない特性を有している。

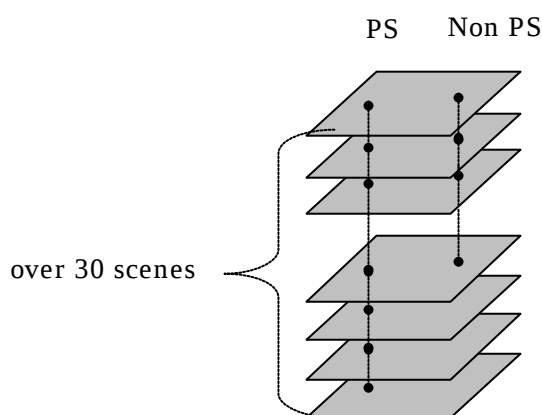


図1 PSInSAR の原理

表 1 JERS-1 SAR と ERS SAR の主な相違

	JERS-1 SAR	ERS SAR
使用周波数	L バンド	C バンド
偏波	HH	VV

キーワード Interferometry, DInSAR, Lband, 偏波, リモートセンシング

連絡先 〒163-0712 東京都新宿区西新宿 2-7-1 新宿第一生命ビル 12F (株)イメージワン TEL 03-5908-2850

まず、使用周波数と偏波の相違が PSInSAR 計測にどのように影響するか予備検討した。この結果、山岳部など植生の多いところでは、ERS に比べて JERS-1 の方が PS 点を密度高く抽出できた。しかし、都市部においては元々 C バンドでも十分な密度で PS 点を抽出しており、周波数の差による PS 密度の差より、偏波の相違による PS 点として抽出される対象物の相違の方が重要となる。実際に都市の同一地域を JERS-1 PSInSAR と ERS PSInSAR とで計測した結果を比較すると、PS 点として抽出した道路が両者で異なっている。これは道路のような構造物の反射特性と偏波方向が、抽出された PS 点の相違に反映されている。

また、JERS-1 における軌道決定精度が良くないため、与えられた軌道決定値そのままでは多数の SAR シーン間での精密なレジストレーションが困難であり正確な位相差を計算することが困難であった。さらに JERS-1 SAR データにはとくに都市部でノイズが混入し、そのままでは干渉計算が不可能である。

3. 濃尾平野の地盤沈下計測

濃尾平野周辺の ERS-1/2 アーカイブは 22 シーンであり PSInSAR の基本的な要件 30 シーンを下回っている。このため 30 シーン以上を有する JERS-1 SAR を用いた PSInSAR 計測を検討した。

計測対象は名古屋市街部・木曽三川河口部および揖斐川右岸地帯を含む約 625km² の範囲である。JERS-1 SAR データは 1992 年 10 月 20 日から 1998 年 9 月 15 日観測までの 32 シーンを入手した。このデータの中で軌道決定精度が悪いシーン(3 シーン)およびベースライン長(垂直方向)が大きいシーン(2 シーン)を除いた 27 シーンを使用した。この 27 シーンのうち 1997 年 12 月 25 日のシーンをマスタシーンとし、他のシーンを全てこのマスタシーン上に位置合わせした。この 27 シーンのベースライン長(垂直方向)は -2449.83m から 2921.75m の間であり、通常の DInSAR では干渉処理が困難な組み合わせとなるデータでも PSInSAR では利用できることを示している。

JERS-1 SAR では、軌道決定値の精度が悪く DInSAR 処理が困難な場合が多い。今回 PSInSAR 処理を実施するに当たり、軌道決定値を補正して精度を向上した。

また、都市部ノイズを除去するために、SAR 生データを周波数解析し、ノイズ信号固有の周波数成分を求めた。このノイズ信号周波数成分はアジマス方向に沿って変動しており、ノッチフィルタを構成してノイズを除去した。補正前には名古屋中心部では十分な密度で PS 点が取得できたものの、木曽三川河口部ではほとんど PS 点が取得できなかった。しかし軌道補正・都市ノイズを除去した結果、木曽三川河口部でも十分な密度で PS 点が取得できるようになった。

4. PSInSAR 計測結果

JERS-1 データを用いて得た PSInSAR の結果を見ると、名古屋都市部を中心に、地盤沈下解析に十分な密度での PS 点が取得でき、最終的にはコヒーレンス^(*)が 0.85 以上の PS 点を 74,195 点抽出できた。これは平均 118PS/km² の密度となる。また、各 PS 点において、時系列データが得られている。

(*) PS/衛星間の LOS 距離(視線方向距離)の時間変化として線形のモデルを使用したとき、線形モデルからの乖離を示す。

5. おわりに

従来 C バンド SAR である ERS-1/2 向けに開発された PSInSAR に、JERS-1 の L バンド SAR データを使用して有効な計測結果が得られることを確認した。このとき JERS-1 固有の軌道補正・ノイズ除去が必要であった。また周波数・偏波の相違により抽出できる PS が異なるため、将来的には RADARSAT や ENVISAT など C バンドデータを用いた PSInSAR と L バンドである ALOS PALSAR を用いた PSInSAR の両方を整備することが必要となろう。

参考文献

- ¹⁾ Ferretti A., Prati C., and Rocca F.: Nonlinear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.38, pp2202-2212, 2000.