

JERS-1 PSInSAR による濃尾平野の地盤変動観測

大同工業大学大学院 学生会員 ○佐伯茂雄

大同工業大学 正会員 大東憲二

応用地質(株) 正会員 水野敏実

(株)イメージワン 葛岡成樹

1. はじめに

Permanent Scatters Interferometry Synthetic Aperture Radar (PSInSAR)は差分干渉 SAR の一種であり、微小な地表面変動を安定して測定できることから広く地盤沈下観測や活断層モニタに実利用されてきた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 Differential InSAR(DInSAR)処理を行う。PSInSAR は、特に都市部において面的に地表面変動を観測することができ、かつ各地点での地表面変動の時間変化を観測することができるという特徴を持っている。

PSInSAR は本来 ESA 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なアーカイブを有していたため、ヨーロッパ全域で有効な PSInSAR 観測が可能であった。しかし、日本における ERS-1/2 のアーカイブは PSInSAR 観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 観測が要求される。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である。

2. JERS-1 PSInSAR の特性

JERS-1 SAR は ERS SAR と比べて表 1 のように使用する周波数と偏波（電界ベクトルの向き）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く、都市雑音などが多いなどという PSInSAR 観測に好ましくない特性を有している。

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(2000-1000MHz)	Cバンド(8000-4000MHz)
偏波	HH(水平偏波を発信し水平偏波成分を受信)	VV(鉛直偏波を発信し鉛直偏波成分を受信)

まず、使用周波数と偏波の相違が PSInSAR 観測にどのような影響するか予備検討した。この結果、山岳部などの植生の多いところでは、ERS に比べて JERS-1 の方が PS 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 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の方が重要となる。実際、都市同一地域を JERS-1 PSInSAR と ERS PSInSAR とで観測した結果を比較すると、PS 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 の相違によるものである。

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位置合わせが困難であり、正確な位相差を計算することが難しい。さらに、JERS-1 SAR データは特に都市部でノイズが混入しているため、そのままでは干渉計算が不可能である。

3. 濃尾平野の地盤変動モニタ

濃尾平野は我が国最大のゼロメートル地帯である木曽三川河口部を含み、高潮・津波・洪水・内水氾濫などの潜在的危険性の高い環境にある。また、渇水時期における短期間の揚水量の増加など、わずかな条件の変化にも影響を受けやすい地質構造上の特性を有している。この地域の地盤沈下は、図 1 に示すように、昭和 48 年をピークに年々減少し、昭和 55 年からほぼ横ばいとなり、最近では沈静化の傾向を示している。しかし、国土防災上引き続き監視していく必要がある。この地域における昭和 36 年からの最大沈下量は約 160cm である。

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 観測を検討した。

観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 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 日までの 32 シーンである。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ーとし、他のシーンを全てこのマスター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。

また、図 2 に濃尾平野における軌道の補正地を示す。この図で分かるように、軌道補正値は時間の経過とともに変動している。さらに、都市部の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 (衛星の進行方向) に沿って変動しており、ノッチフィルタ (与えた周波数でのノイズを除去する) 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 が取得できたものの木曽三川河口部ではほとんど PS が取得できなかった。しかし軌道補正を行い、都市ノイズを除去した結果、木曽三川河口部でも十分な PS が取得できるようになった。最終的にコヒーレンス (*) が 0.85 以上の PS を 74195 点抽出できた。これは平均 188PS/km² の密度となる。

*) PS/衛星間の LOS 距離 (視線方向距離) の時間変化を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。

4. おわりに

従来 C バンドの 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 データを使用しても有効な観測結果が得られることを確認した。このとき JERS-1 固有の軌道補正と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。このため将来的にも ENVISAT など C バンドデータを用いた PSInSAR と L バンドである AOS PALSER を用いた PSInSAR の両方を整備することが必要である。現在、図 3 に示すような、線形モデルを用いて濃尾平野の地表面変動の観測結果 (1992 年から 1998 年の平均地盤変動量) と非線形モデルを用いて地表面変動の観測結果 (10 点) の観測精度を水準点成果表などで検討中である。

参考文献

- 1) Ferretti A., Prati C., and Rocca F.(2000):Nonlinear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.38, pp.2202-2212, 2000.

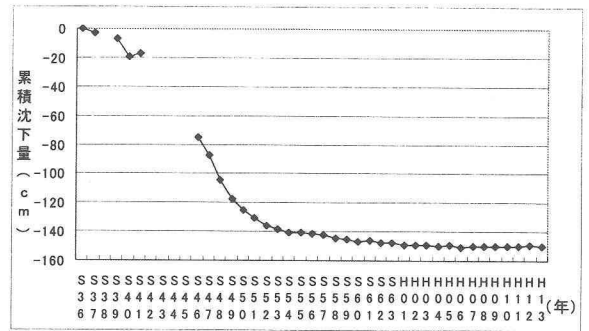


図-1 水準点 A3-4 (愛知県海部郡十四山村) の沈下量の経年変動

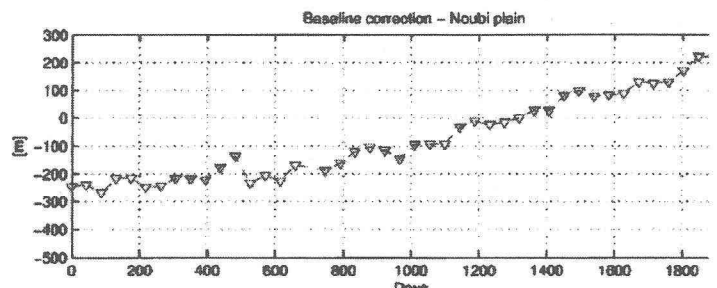


図 2 軌道補正値の時間変動

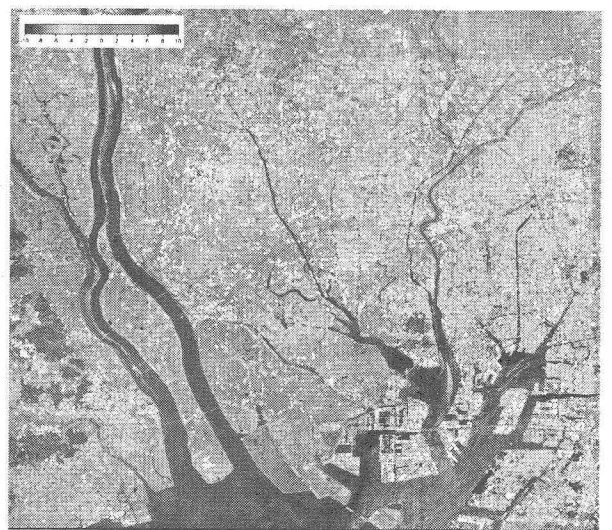


図 3 線形モデルを用いた濃尾平野の地表面変動観測結果