

3. 8 干渉 SAR による構造線断層帯周辺の地殻変動検出

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 干渉 SAR による糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動検出

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
国土地理院地理地殻活動研究センター	主任研究官	矢来博司

(c) 業務の目的

GPS による地殻変動観測を空間的に補完し、糸魚川－静岡構造線断層帯（以下、「本断層帯」）周辺の地殻変動の面的分布を明らかにするため、SAR 干渉解析を行う。得られた地殻変動から断層帯周辺の詳細な状況を把握する。

変動量が小さいと予想されるため、干渉 SAR による微小な地殻変動の検出技術の向上を目指し、活断層周辺域の地殻変動観測手法の確立に資する。

(d) 5 カ年の年次実施計画

1) 平成 17 年度：

欧州宇宙機関(ESA)の衛星である ENVISAT の SAR データを用いて SAR 干渉解析を行い、本断層帯周辺の地殻変動の面的把握を試みた。

2) 平成 18 年度：

ENVISAT により新たに観測されたデータを用いて、17 年度に購入したデータとあわせ SAR 干渉解析を行う。また、干渉性に優れる L-band の SAR を搭載する陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) の PALSAR データを用いて SAR 干渉解析を試行し、山岳部での干渉性を確認した。

3) 平成 19 年度：

ENVISAT、「だいち」の SAR データの SAR 干渉解析を継続して実施した。

4) 平成 20 年度：

「だいち」の SAR データの SAR 干渉解析を継続して実施した。また、ENVISAT と同様に C-band のマイクロ波を用いる ERS-1、ERS-2 の SAR データを用いた SAR 干渉解析を実施した。

5) 平成 21 年度：

C-band の SAR 衛星 (ERS-1、ERS-2、ENVISAT) と「だいち」の SAR データによる SAR 干渉解析の結果を統合し、本断層帯周辺の地殻変動を面的に明らかにする。

(e) 平成 20 年度業務目的

ERS-1、ERS-2 および「だいち」の SAR データを用いて SAR 干渉解析を行い、本断層帯周辺の地殻変動の面的把握を試みる。

ERS-1、ERS-2 は、昨年度用いた ENVISAT と同様、波長 5.6cm (C-band) のマイクロ波を利用している。C-band の SAR では、市街地などでは干渉性が良好であるが、植生に覆われている山岳部などでは干渉性が低く、干渉しないことも多いため、解析範囲全域の地殻変動を把握することは難しい。しかし、地殻変動の検出感度が高いことから、変動量が小さい地殻変動現象の検出には適している。ERS-1、ERS-2 は、ENVISAT に比べ観測期間が長く（当領域では 1992 年 4 月以降、現在まで）、長期間にわたるデータを用いることで、変動速度の小さい現象を把握できる可能性が高くなる。そこで、ERS-1、ERS-2 データを用いた干渉 SAR 解析を実施し、断層帯近傍の地殻変動の把握を図る。

また、C-band の SAR では山岳部での変動を把握することが困難なため、山岳部を含めた地域全体の地殻変動を面的に把握するためには、C-band よりも干渉性の高い L-Band による SAR データを用いる必要がある。C-band よりも波長の長い L-band の SAR は植生を透過することから干渉性が高く、山岳地域などでも干渉画像が得られることが多い。そこで、L-band のマイクロ波を用いる「だいち」の PALSAR データを用いた SAR 干渉解析を行い、山岳部における地殻変動の把握の可能性について検討する。

(2) 平成 20 年度の成果

(a) 業務の要約

C-band のマイクロ波を用いる ERS-1、ERS-2 の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、本断層帯南部での地殻変動の面的把握を試みた。解析の結果、当初の想定通り、山岳部では干渉画像が得られなかつたものの、諏訪湖周辺や甲府盆地など断層帯近傍では比較的良好な干渉画像が得られ、山間部に点在する谷間の平坦部などでも干渉することがわかった。

L-band のマイクロ波を用いる「だいち」の PALSAR データを用いた SAR 干渉解析を実施した。この地域の大部分を占める山岳部を含め、ほぼ全域にわたって干渉画像が得られたことから、「だいち」のデータを用いることにより本地域の山岳部の地殻変動を把握することが可能である。

(b) 業務の成果

(b-1) ERS-1、ERS-2 データの干渉 SAR 解析

ERS-1、ERS-2 の SAR データを用いて SAR 干渉解析を行い、本断層帯近傍の地殻変動の面的把握を試みた。糸魚川一静岡構造線南部を対象とし、解析には Track031、Frame2871 のシーンを用いた（図 1）。地形縞の除去に既存のデジタル標高モデル (DEM) を用いる 2 パス法 (Massonnet et al., 1993) を適用し、既存の DEM として SRTM3-DEM を用いた。Delft 大学が公開している精密軌道情報を利用して軌道縞、地形縞のシミュレーションを行い、差分干渉画像を得た。

干渉性の低い C-band で可能な限り干渉領域を広く得るため、軌道間距離が短く、かつ観測間隔が比較的短いペアを選び、1992 年 6 月から 1999 年 10 月までの 30 ペアを解析した（図 2）。解析結果の例を図 3 に示す。山岳部ではほとんど干渉していないが、諏訪湖周辺や甲府盆地だけではなく、山間部に点在する谷間の平坦部などでも良好な干渉が得られている。

解析結果のうち、1992 年 7 月から 1995 年 7 月までの期間の 7 ペアについて、アンラッピングを行い衛星視線方向の変動量に換算したもの足し合わせ（スタッキング）、年平均変動量を求めた（図 4）。

諏訪湖周辺を基準とすると、諏訪湖よりも北西側では衛星に近づく向きへの変動（東方向 and/or 隆起）、南側では衛星から遠ざかる向きの変動（西方向 and/or 沈降）となっている。GEONET で捉えられている変動とは、変動の向きは調和的である。しかし、一部にアンラッピングの際のエラーが見られることや、干渉解析の結果にまだ軌道情報の誤差が含まれていると考えられることから、今後も解析を進める予定である。

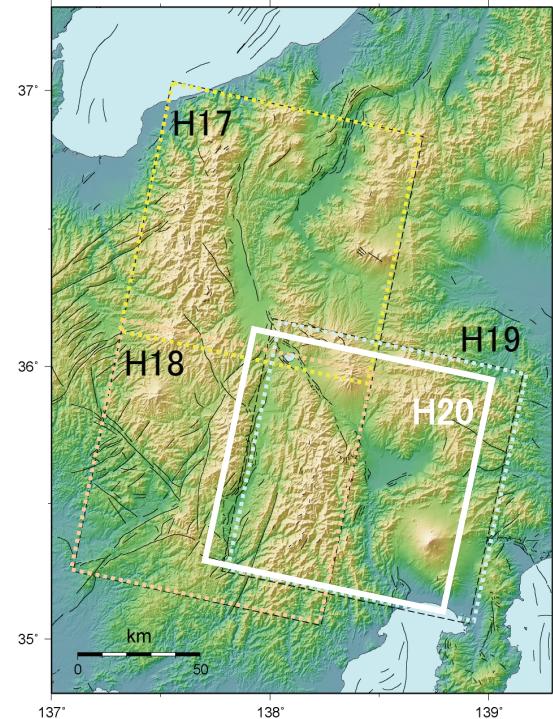


図 1 解析に用いた ERS-1、ERS-2 の観測範囲（白枠）。

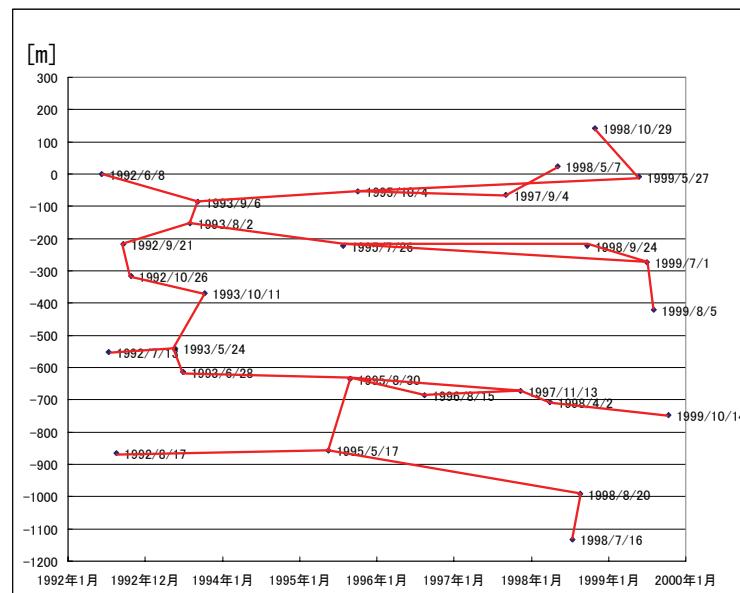


図 2 1992 年 6 月 8 日の観測位置に対する、他の観測日における観測位置の Bperp 成分。横軸は観測日、縦軸は Bperp(m)。赤線は解析したペア。

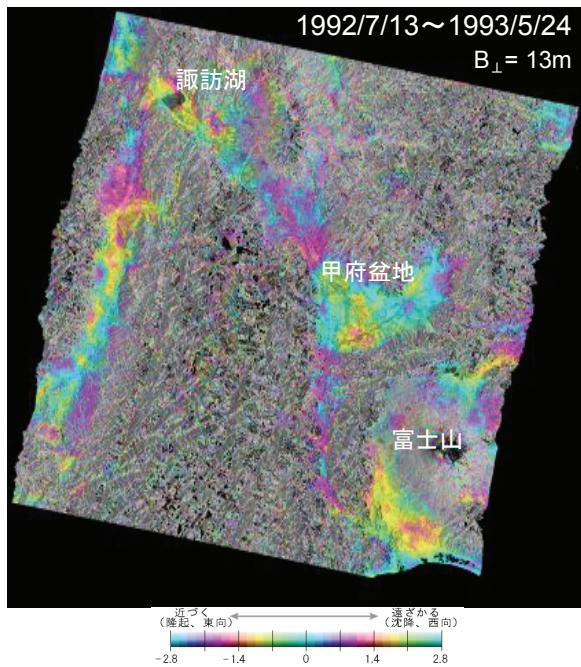


図3 ERS-1 データの解析で得られた断層帯南部の干渉画像の例。諏訪湖や甲府盆地など平坦な領域で干渉が得られている。

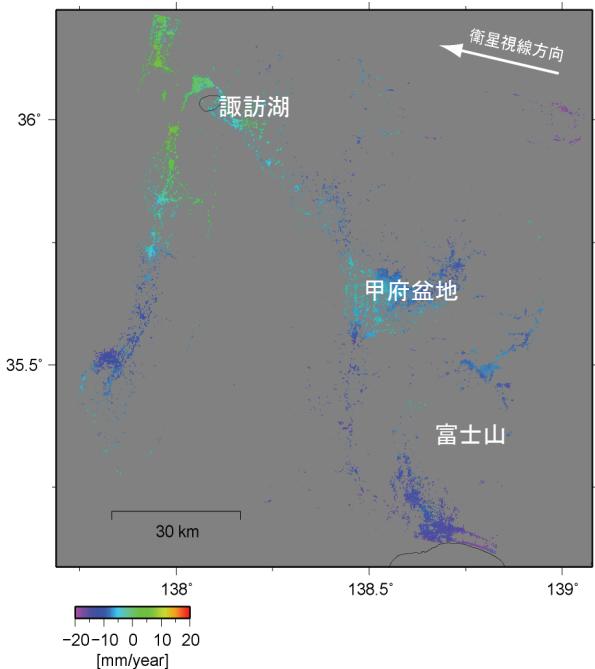


図4 1992年7月から1995年7月までの期間のペアのスタッキングにより得られた地殻変動速度の分布。衛星に近く向きの変動を+としている。

(b-2) 「だいち」データのSAR干渉解析

「だいち」のPALSARデータを用いたSAR干渉解析を行い、この地域の山岳部における干渉性を調査した。

解析には Ascending 軌道（北行軌道）の Path408 及び Path409 の Frame700～720、Descending 軌道（南行軌道）の Path61 Frame2880～2890 のデータを用いた（図5）。解析ソフトウェアとして国土地理院で開発されたGSISARを用い、2パス法により差分干渉画像を得た。

解析の結果、ほぼシーン全体にわたって干渉が得られた（図6）。山岳部の山頂付近で干渉が得られていない領域があるが、これは積雪による影響と考えられる。したがって、山岳部における変動を把握するためには、積雪時期を避ける必要がある。

今回得られた干渉画像には位相変化が見られるが、昨年度と同様に、これらのほとんどが地殻変動ではなく大気中水蒸気による位相遅

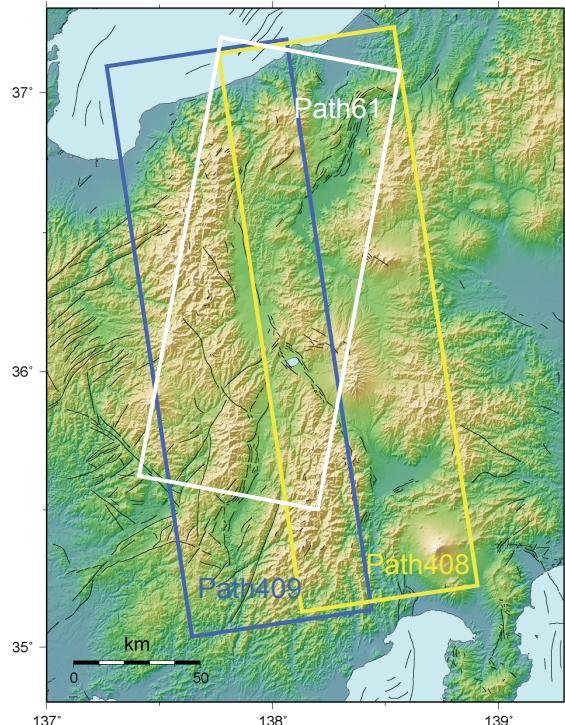


図5 解析に用いた「だいち」PALSARデータの観測範囲。Ascending2 パス(Path408, 409)、Descending1 パス(Path61)を解析した。

延ノイズであると考えられる。これらの位相変化の大きさは変動量に換算して数 cm にもなるのに対し、検出しようとする地殻変動の大きさは 1 ~ 2 cm/年であることから、変動を抽出するためには長期間にわたるデータを用い、スタッキング処理等によって気象ノイズの低減を図る必要がある。

なお、2008 年 7 ~ 8 月に、「だいち」の軌道面調整が行われた結果、その期間の前後で軌道位置が大きくずれることとなり良好な干渉画像が得られなくなった。そのため、SAR 干渉解析で得られた地殻変動情報は、現時点では軌道面調整前後で時間的に不連続となっている。ただし、軌道位置の変化傾向から、平成 21 年度後半には軌道面調整時期をはさむ長期間ペアで良好な干渉画像が得られる可能性があり、これにより地殻変動情報の時間的不連続が解消されることが期待される。

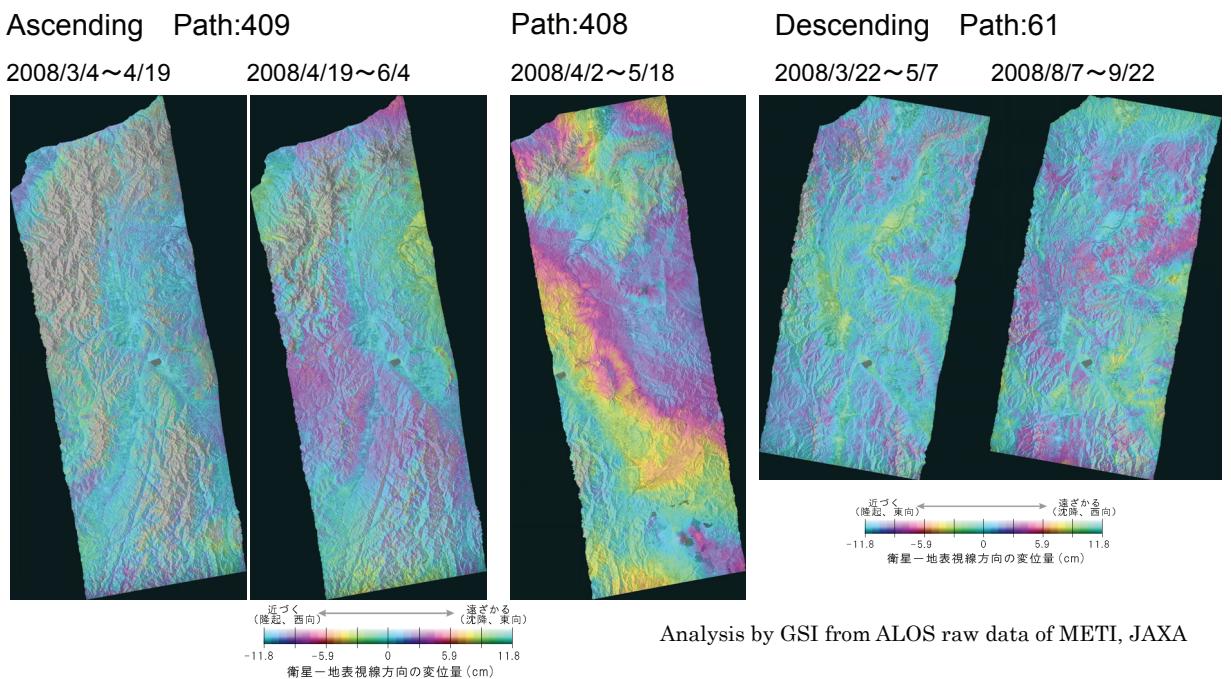


図 6 「だいち」PALSAR データの解析により得られた干渉画像。いずれも 1 回帰周期（46 日）のペアを解析したもの。積雪域を除き、いずれのペアでもほぼ全域で干渉が得られている。なお、Path408 の解析結果に見られる位相変化は、ほとんどが大気中水蒸による位相遅延ノイズと考えられる。

(d) 結論ならびに今後の課題

ERS-1、ERS-2 データの SAR 干渉解析では、諏訪湖周辺、甲府盆地や山間部の平坦地で干渉が得られた。1992 年 6 月から 1999 年 10 月までの 7 年以上にわたる期間のデータを用いることにより、本断層帯南部で断層帯近傍の微小な地殻変動を面的に明らかにできる可能性があると考えられる。

「だいち」の PALSAR データの SAR 干渉解析では、山岳部を含めたほぼシーン全体にわたって干渉が得られた。「だいち」の PALSAR データを用いることにより山岳部における変動の把握が可能と考えられる。ただし、現時点での問題点として、得られる干渉画像に検出しようとする地殻変動の大きさと同程度かそれ以上の大気中水蒸による位相遅延ノイズが含まれること、2008 年 7

～8月に実施された軌道面調整期間の前後で地殻変動情報が時間的に不連続となっていることが挙げられる。これらは、気象ノイズを低減させるためのスタッキング処理、および今後観測されるデータにより形成が期待される長期間ペアの解析により解決が期待される。

(e) 引用文献

- 1) Fujiwara, S., P. A. Rosen, M. Tobita and M. Murakami (1998): Crustal deformation measurements using repeat-pass JERS 1 synthetic aperture radar interferometry near the Izu Peninsula, Japan, *J. Geophys. Res.*, 103, 2411–2426.
- 2) Massonnet, D., M. Rossi, C. Carmona, F. Adragna, G. Peltzer, K. Feigl and T. Rabaute (1993): The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry, *Nature*, 364, 138–142.

(3) 平成21年度業務計画案

C-band の ERS-1、ERS-2 および ENVISAT の SAR データを用いた SAR 干渉解析を継続して実施する。また、L-band の「だいち」PALSAR データを用いて SAR 干渉解析を継続して実施する。これらの結果を統合し、本断層帯周辺の地殻変動を面的に明らかにする。