

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 地殻変動研究室	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－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動の面的分布を明らかにするため、干渉 SAR 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 ヶ年の年次実施計画

1) 平成 17 年度：

欧州宇宙機関（ESA）の衛星である ENVISAT の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動の面的把握を試みる。

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干渉 SAR 解析を行う。また、干渉性に優れる L-band の SAR を搭載する ALOS（だいち）の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を試行し、山岳部での干渉性を確認する。

3) 平成 19 年度：

ENVISAT、ALOS の SAR データの干渉 SAR 解析を継続して実施する。

4) 平成 20 年度：

ENVISAT、ALOS の SAR データの干渉 SAR 解析を継続して実施する。

5) 平成 21 年度：

ENVISAT と ALOS の SAR データによる干渉 SAR 解析の結果を統合し、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動を面的に明らかにする。

(e) 平成 17 年度業務目的

ENVISAT の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、糸魚川－静岡構造線断層帯周

辺の地殻変動の面的把握を試みる。ENVISAT の SAR センサは波長 5.6cm (C-band) のマイクロ波を利用しており、波長 23.5cm (L-band) のマイクロ波を用いる ALOS (だいち) に比べると干渉性が低く、市街地などでは干渉が得られるが、植生に覆われている山岳部などでは干渉が得られ難いことが知られている。しかし、地殻変動に対する感度が高いことから、変動量が小さいと予想される地殻変動現象の検出に適している。そこで、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺で ENVISAT データを用いた干渉 SAR 解析を実施し、地殻変動の検出性を確認する。

(2) 平成 17 年度の成果

(a) 業務の要約

ENVISAT の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動の面的把握を試みた。解析の結果、山岳部では干渉が得られなかったものの、長野盆地や松本盆地などで良好な干渉が得られ、山間部に点在する谷間の平坦部などでも干渉が得られることがわかった。

多くのペアが大気中の水蒸気による位相遅延の影響を受けていることから、複数の干渉画像のスタッキングを行い、大気中の水蒸気分布の影響を低減させた地殻変動場を得た。得られた地殻変動場には (1) 長野盆地よりも南部では中央隆起帯の西側に変形が集中している、(2) 牛伏寺断層付近には変形の集中は特に見られない、(3) 白馬付近で変形の集中が見られる、などの特徴が見られ、これらは GPS キャンペーン観測の結果と調和的である。

(b) 業務の成果

ENVISAT の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の地殻変動の面的解明を試みた。解析には牛伏寺断層、松本盆地東縁断層周辺をカバーする Track303、Frame2871、観測モード IS2 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

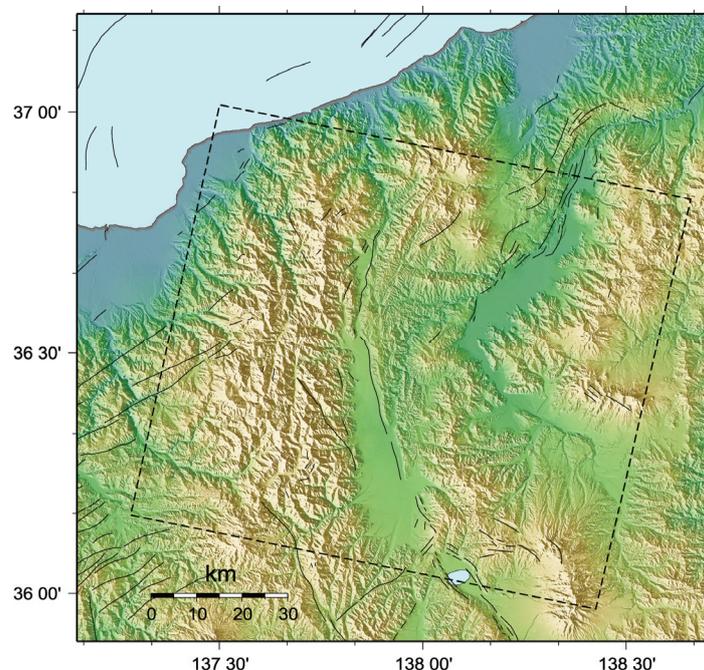


図 1 研究対象地域
矩形は本研究で用いた ENVISAT/SAR データのおおよその観測範囲を示す。

パス法 (Massonnet et al., 1993) を適用した。既存の DEM には国土地理院の 50m メッシュ DEM を用いた。

ENVISAT の軌道は DORIS (Doppler Orbit determination and Radiopositioning Integrated on Satellite) を用いて決定されている。この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、これらを初期干渉画像から除去して差分干渉 SAR 画像を得た。図 2 は、得られた差分干渉 SAR 画像の例である。色の 1 周期が衛星視線方向の 2.8cm の変動量差に相当する。長野盆地や松本盆地などでは良好な干渉が得られており、山間部に点在する谷間の平坦部などの一部でも干渉が得られている。それに対し、山岳部ではほとんど干渉していない。

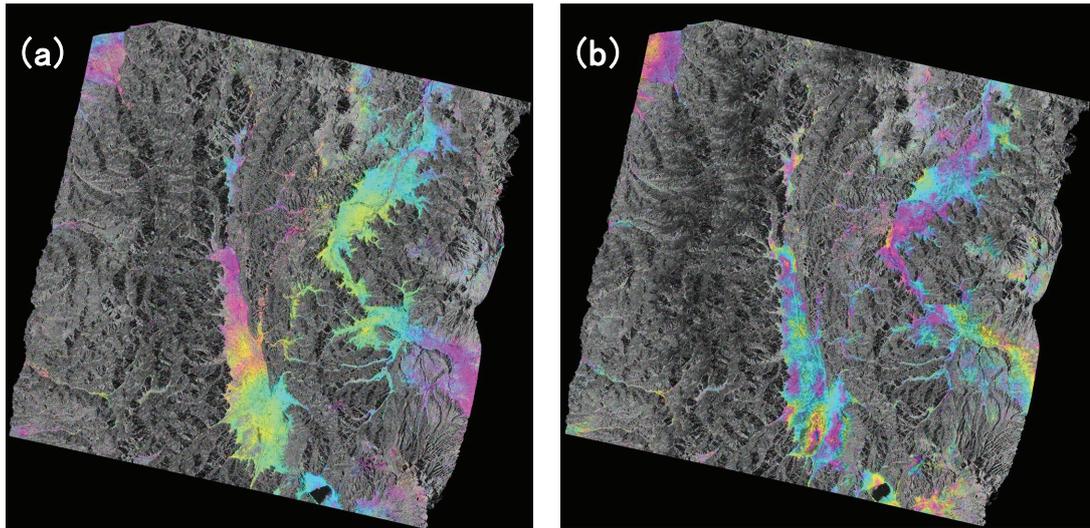


図 2 ENVISAT/SAR データの解析で得られた干渉画像の例
(a)2003 年 10 月 7 日～2004 年 11 月 30 日, (b) 2005 年 4 月 19 日～2005 年 5 月 24 日。色の 1 周期が 2.8cm の衛星視線方向の変動に相当する。

ENVISAT は波長 5.6cm の C-band のマイクロ波を用いている。JERS-1 (ふよう 1 号) や 2006 年 1 月に打ち上げられた ALOS (だいち) はこれよりも波長の長い (23.5cm) L-band のマイクロ波を用いている。C-band と L-band のマイクロ波を比較した場合、波長の長い L-band の方が干渉性が高く、山岳地域など植生に覆われている地域でも干渉が得られることが多い。それに対して C-band は植生に覆われている地域では干渉性を得ることが難しい。したがって、日本のように植生に覆われている領域が多い地域では、L-band のマイクロ波を用いる SAR が適しているといえる。しかし、C-band の SAR は用いている波長が短いことから、波長 23.5cm の L-band のマイクロ波を用いる JERS-1 や ALOS よりも地殻変動の検出感度が高いという利点がある。そこで、C-band でも可能な限り干渉性を高めるため、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解析を行った。一般に、二時期の軌道間距離が短いほど、また観測間隔が短いほど干渉性が高くなる。

2003 年 4 月から 2005 年 9 月までの 9 ペアを解析した。ペアによっては大気中の水蒸気による位相遅延の影響を大きく受けている (図 2b)。大気中の水蒸気分布は観測ごとに異なり、時間的にランダムであると考えられることから、異なる時期のペアを足し合わせる (スタッキング) ことにより、水蒸気による位相遅延の影響を低減させることができる (Fujiwara et al, 1998)。そこで、水蒸気の影響が比較的少な

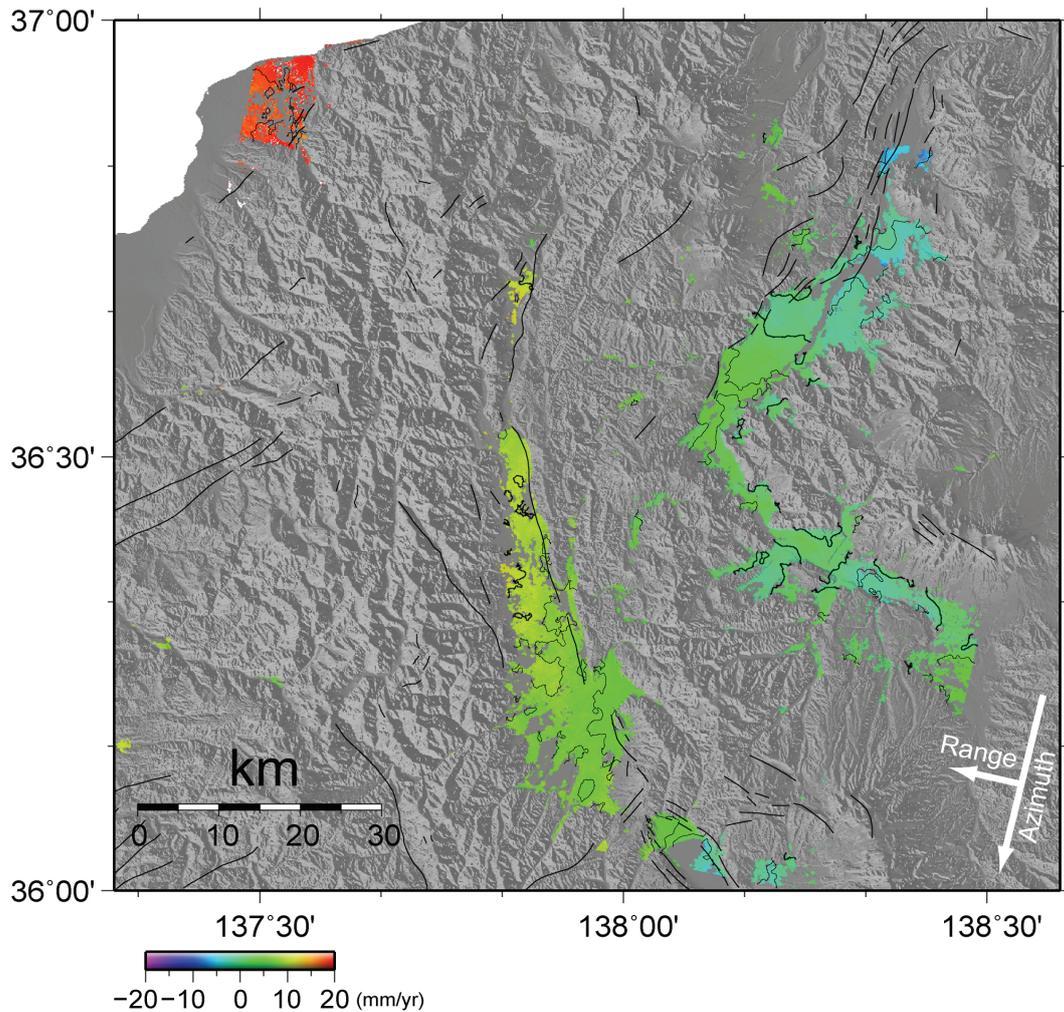


図3 干渉 SAR 画像のスタッキングにより得られた糸魚川-静岡構造線北部の地殻変動場。Azimuthは衛星の飛行方向、Rangeは衛星視線方向。衛星に近く向きの変動を+、衛星から遠ざかる方向の変動を-としている。コンターラインは2mm/yr毎に引いている。

い4つのペア（2003年4月15日～2005年9月6日、2003年10月7日～2004年11月30日、2004年11月30日～2005年4月19日、2003年6月24日～2005年8月2日）を用いてスタッキングを行った。図3は干渉 SAR 画像のスタッキングにより得られた地殻変動場である。干渉性がやや低い画像も用いたため、山間部のデータが一部失われてしまっている。

得られた変動場には次のような特徴が見られる。(1) 長野盆地よりも南部では中央隆起帯の西側に変形が集中している、(2) 牛伏寺断層付近には変形の集中は見られない、(3) 白馬付近で変形の集中が見られる。これらの特徴は GPS キャンペーン観測の結果と調和的である。

今回解析したペアの中には GPS 観測が実施されていない場所で干渉が得られているペアも存在し、干渉度が高いペアだけを用いてスタッキングを行えば GPS 観測を空間的に補完できる地殻変動データを得ることができると考えられる。ENVISAT データは現在のところ約3年分が蓄積されているが、干渉度の高いペアはまだ少数しか

得られていない。今後さらにデータが増えれば、軌道間距離が短いペアも増えると予想され、干渉性が高いペアを用いたスタッキングを行える可能性が高い。今後、継続的に ENVISAT データの解析を進めていく予定である。

(c) 結論ならびに今後の課題

ENVISAT データの干渉 SAR 解析により、長野盆地、松本盆地や山間部の平坦地で干渉が得られ、地殻変動を面的に明らかにすることができた。得られた地殻変動場は、GPS キャンペーン観測の結果と調和的である。今回解析したペアの中には GPS 観測が実施されていない場所で干渉が得られているペアも存在し、干渉度が高いペアだけを用いてスタッキングを行えば GPS 観測を空間的に補完できる地殻変動データを得ることができると考えられることから、今後観測されるデータも用いて継続的に ENVISAT データの解析を進めていく予定である。

ENVISAT の干渉 SAR 解析では、山岳地域で干渉が得られず、解析範囲の多くを占める山岳地域の地殻変動を明らかにすることができなかつた。2006 年 1 月に打ち上げられた ALOS (だいち) は干渉性の高い L-band のマイクロ波を用いる SAR センサを搭載している。山岳部の地殻変動を明らかにするためには、ALOS のデータを用いた干渉 SAR 解析が必要である。ALOS は 2006 年 9 月より本格的な運用が始まる予定であり、平成 18 年度以降、解析を行っていく予定である。

(d) 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. Rabautte (1993): The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry, *Nature*, 364, 138-142.

(3) 平成 18 年度業務計画案

ENVISAT により新たに観測された SAR データを購入し、17 年度に購入済みのデータとあわせて干渉 SAR 解析を実施する。また、干渉性を向上させるための手法について検討する。

平成 18 年 1 月に打ち上げられた ALOS (だいち) の定常運用が 9 月より開始される予定である。この ALOS は L-band の SAR センサ「PALSAR」を搭載している。L-band の SAR は 17 年度に用いた ENVISAT などに搭載されている C-band の SAR よりも干渉性が高いことから、ENVISAT データの干渉 SAR 解析では干渉が得られなかつた山岳部でも ALOS/PALSAR ならば干渉が得られることが期待される。この ALOS/PALSAR データを用いて干渉 SAR 解析を試行し、北アルプスなど研究対象地域の山岳部での干渉性を確認する。