

# 糸魚川－静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測 (第3年次) －地殻変動観測－

実施期間 平成14年度～平成18年度  
地理地殻活動研究センター  
地殻変動研究室 矢来 博司 西村 卓也

## 1. はじめに

現在、政府の地震調査研究推進本部では、日本列島の活断層における大地震発生長期予測に関する調査が実施されている。平成17年3月には、こうした調査結果に基づいて全国を概観する強震動予測値図が作成された。強震動予測値図を参照すれば、日本列島のどの地域が地震によって被害を受ける可能性がより高いか、という地域間の比較を行うことが可能になり、緊急性の高い地域から順番に、観測網の充実を図るとともに、詳細な調査を実施して、長期的な地震発生時期や地震規模の予測精度の向上、地震動の予測精度の向上、地殻活動の現状把握の高度化などを目指すことになっている。こうした重点的調査観測を平成17年度から実施する前に、現時点で地震発生の可能性が高いと評価された糸魚川－静岡構造線断層帯および宮城県沖の2地域について、パイロット的な重点的調査観測を実施し、調査観測体制が整備されることになった。

糸魚川－静岡構造線断層帯は、日本列島を東西に分ける地質構造協会である糸魚川－静岡構造線にほぼ沿う形で位置しており、特にその中部地域では、千年あたり8～9mという日本列島でも最大級の平均変位速度が推定されている。こうしたデータからは、地震規模がマグニチュード8級になるものと予想されるが、そうした地震は過去1000年以上発生した形跡がないため、近い将来に大地震が発生する可能性が高いと評価されている。

国土地理院では、本重点的調査観測の中で地殻変動観測に関する部分を評価することになった。

## 2. 研究概要

国土地理院では、地殻変動観測について、以下の2項目の研究を実施する。

### 1) GPS観測による詳細地殻変動分布の解明

断層帯周辺においてGPSの稠密なキャンペーン観測を繰り返して実施し、周囲のGPS連続観測点のデータとあわせて解析することにより、当該地域における地殻変動の詳細な分布を明らかにする。

### 2) 干渉SARによる断層帯周辺の地殻変動検出

断層帯周辺において、JERS-1、ERS、RADARSAT等の衛星データを用いた干渉SAR解析を実施し、日本列島内陸部の活断層周辺における非地震時の地殻変動の干渉SARによる検出可能性を検証するとともに、解析技術の向上を図り、当該地域における地殻変動を面的に把握することを目指す。

## 3. 平成16年度実施内容

平成16年11月10日から26日にかけてGPSのキャンペーン観測を実施した。平成14年度に設置された28点のキャンペーン観測点を2つのグループに分け（うち2点は両グループに共通）、それぞれについて5～7日間の観測を実施した。

観測には平成14～15年までは、TOPCON GP-R1DY受信機およびアンテナを主に使用していたが、平

成 16 年の一部の観測点では TOPCON LEGACY 受信機を使用した。GPS アンテナは鉄筋コンクリートの建築物の屋上に設置したボルトを用いて固定した。全観測点において 30 秒間隔で連続的に取得している。なお、観測機器の不調のために 2ヶ所でデータが取得できなかった。

取得されたデータを、周辺の GPS 連続観測点 (62 点) におけるデータとともに解析した。解析は IGS による精密暦、IERS による地球回転パラメータを用いて Bernese GPS software version 4.2 により実施した。IGS の臼田観測点の座標値を ITRF2000 座標系に準拠して固定し、他の観測点の座標値を算出した。さらに過去 2 年間の観測で得られた 2002 年および 2003 年の座標値と合わせ、平均的な変位速度を求めた。

干渉 SAR 解析については、RADARSAT-1 のデータを用いた干渉 SAR 解析による地殻変動検出を試みた。RADARSAT-1 は昨年度用いた ERS-1、ERS-2 と同様に C-band のマイクロ波を用いる SAR 衛星である。C-band のマイクロ波は植生を透過できないため、植生で覆われている山地などでは干渉が得られないことが多く、日本のように植生が多い地域では植生を透過する波長の長い L-band のマイクロ波を用いる SAR が有効である。しかし、C-band の SAR は L-band に比べ地殻変動に対する感度が高いという特長があり、干渉さえ得られれば微小な変動を捉えることができる。RADARSAT-1 は昨年度用いた ERS-1、ERS-2 と比較して地上分解能が高いため、これらの衛星よりも干渉性が高いと考えられている。

RADARSAT-1 データを用いた干渉 SAR 解析による地殻変動検出性について検証するため、2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震 (M6.8) を対象として解析を行った。解析ソフトウェアとして GAMMA リモートセンシング社の SAR 処理プロセッサを用いた。

#### 4. 得られた成果

2002~2004 年の 3 回の GPS キャンペーン観測結果から地殻変動速度ベクトルを計算した結果が図-1 である。この図には連続観測点についてのみ 2001 年から 2002 年のデータから算出された地殻変動速度を灰色のベクトルで示してある。また、同じデータを糸静線の北部地域と中部地域を拡大する形で図-2 に示した。これらの図を見ると、1 年間あたり僅か 1 週間程度の観測であるにもかかわらず、この地域の地殻変動速度がかなり正確に推定できている様子がうかがえる。大町市から上田市に至る線上では Sagiya et al. (2002, 2004) 等の連続観測により松本盆地東縁断層周辺に集中した短縮変形の存在が明らかにされているが、今回の観測結果も同様な傾向を示す。一方、白馬村から長野市に至る線上では東向き速度成分が次第に減少しながらも長野市付近まで見られており、東西圧縮変形が神城断層と長野盆地西縁断層、さらにはその間に挟まれた地域で分配されている様子がうかがえる。一方、大町市よりも南側になると糸静線より東側のブロックには顕著な地殻変動が見られなくなる。糸静線よりも西側の東南東向き速度成分も南に行くにつれて次第に小さくなる。牛伏寺断層付近では断層に平行な方向の変位成分が断層と直交する方向に変化している様子が見られ、左横ずれ的な剪断歪みが蓄積しているものと考えられる。

干渉 SAR 解析については、震源域について RADARSAT-1 による地震発生前 (10/1) のデータが存在することが確認できたため、地震直後に緊急観測のリクエストを行い、地震後 (10/25) の観測データを取得した。地震発生前と発生後のデータの干渉 SAR 解析の結果、比較的良好な干渉が得られ、地震に伴う地殻変動を捉えることができた (図-3)。平野部などの平坦な地域だけではなく、傾斜地の一部でも干渉が得られた。震源域の西側では衛星-地表間の距離が減少 (隆起、西への変位) し、東側では距離が増加 (沈降、東への変位) したことが捉えられている。

この地震の断層モデルが GEONET で捉えられた地殻変動から推定されている (国土地理院, 2004)。干渉 SAR 解析で捉えられた位相変化は、この断層モデルから予想される地殻変動と調和的である (図-4)。ただし、GEONET から推定された断層モデルは断層面上での一様なすべりを仮定しているため単純なパターンを示すのに対し、実際に得られた干渉画像はやや複雑な形状をしており、断層面上での複雑なすべり分布を反映していると考えられる。

なお、地震に伴う地殻変動の影響をほとんど受けない新潟平野において、沈下した領域が所々に見られる。また、河川の近くでは数 mm 程度のごくわずかな沈下が曲線状に連なった箇所も見られる。これは旧河道と関係がある可能性も考えられるが、本研究の主題から外れるため調査していない。

## 5. まとめ

GPS キャンペーン観測では、2002～2004 年の 2 年間の変動量を求めた。この 3 年間のパイロット重点観測を通して、これまで一部の測線沿いを除くと非常に低い空間分解能でしか見えていなかった北部糸静線周辺の地殻変動の様子が明らかになりつつある。さらなる精度向上のためには同様な観測をあと 2、3 回程度繰り返す必要がある。このように、観測期間中に地殻変動傾向が変化しなければ、という条件付きではあるが、稠密な GPS のキャンペーン観測は断層帯周辺の地殻変動の詳細分布を明らかにするために有効な手段であると言える。

干渉 SAR では、新潟県中越地震を対象に RADARSAT-1 のデータを用いた干渉 SAR 解析を行い、地震に伴う地殻変動を捉えることができた。軌道間距離や観測期間の違いがあるため直接比較はできないが、RADARSAT-1 では傾斜地でも干渉が得られており、ERS-1、ERS-2 と比較するとやや干渉性が高いといえる。ただし、RADARSAT-1 は軌道情報の精度が低いため、JERS-1 と同様に軌道の再推定が必要である。このため、空間スケールが大きく変動量が微小な地殻変動を対照とする場合には、JERS-1 の解析と同様に、GPS の観測結果と整合するように軌道の推定を行うなどの手法を用いる必要がある。2003 年 3 月から運用が開始された ENVISAT や 2005 年度打ち上げ予定の陸域観測技術衛星 (ALOS) は軌道情報が高精度であり、干渉 SAR 解析に適している。今後はこれらの衛星の利用を検討する必要がある。

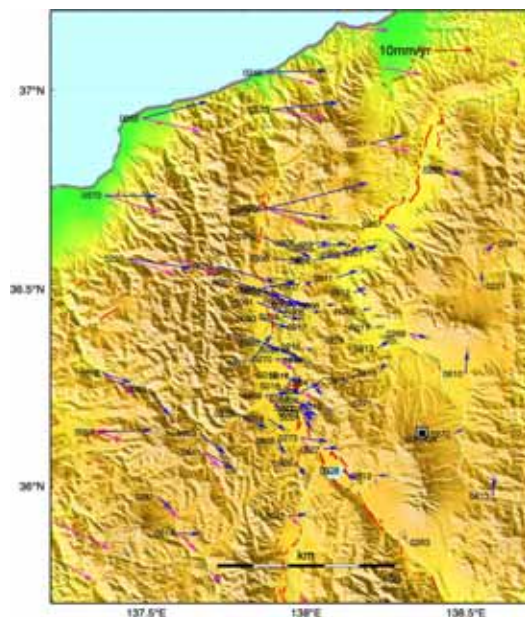


図-1 キャンペーン観測から得られた地殻変動速度分布。灰色の矢印は連続観測点の 2001～2002 年の日座標値から得られた地殻変動速度。いずれも白田の IGS 観測点固定。



図-2 (a) 糸静線北部地域における地殻変動速度分布。

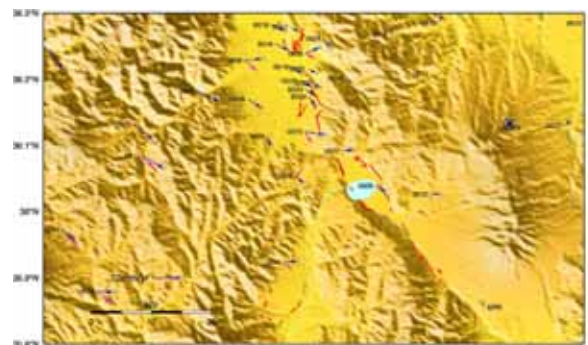


図-2 (b) 糸静線中部地域における地殻変動速度分布。

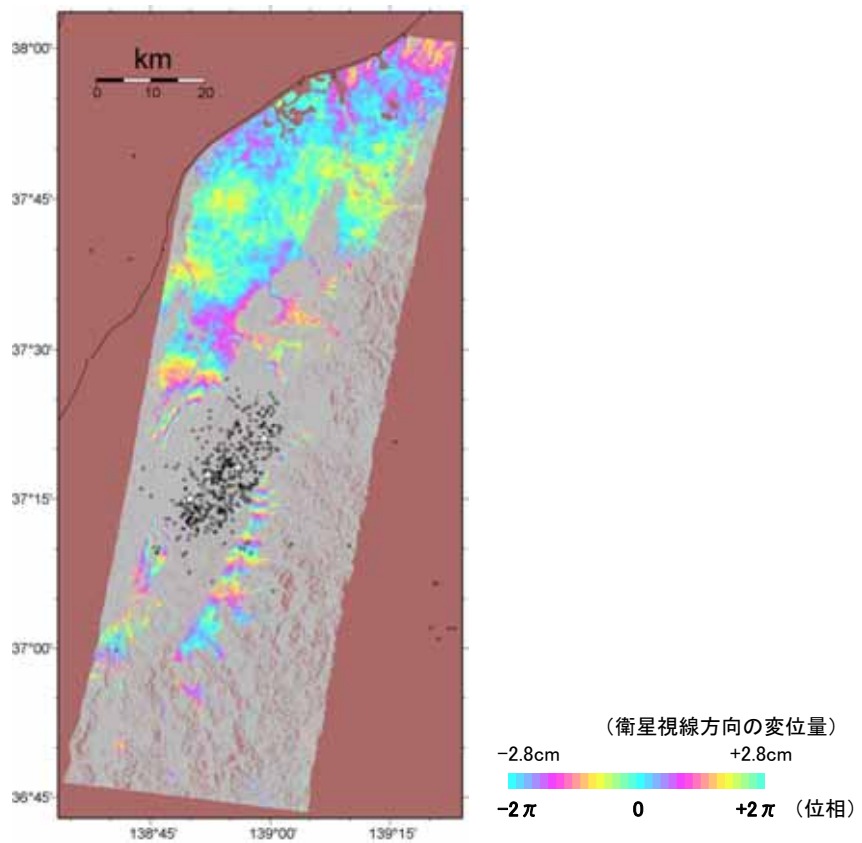


図-3 RADARSAT-1 の干渉 SAR 画像. 干渉画像の色は位相を示し、色の 1 周期の変化が衛星の視線方向の変位量 2.8cm に相当する。黒丸はペアの期間 (10/1~10/25) に発生した地震の震央、星印は M6 以上の地震の震央を示す。震源データは一元化震源を使用した。

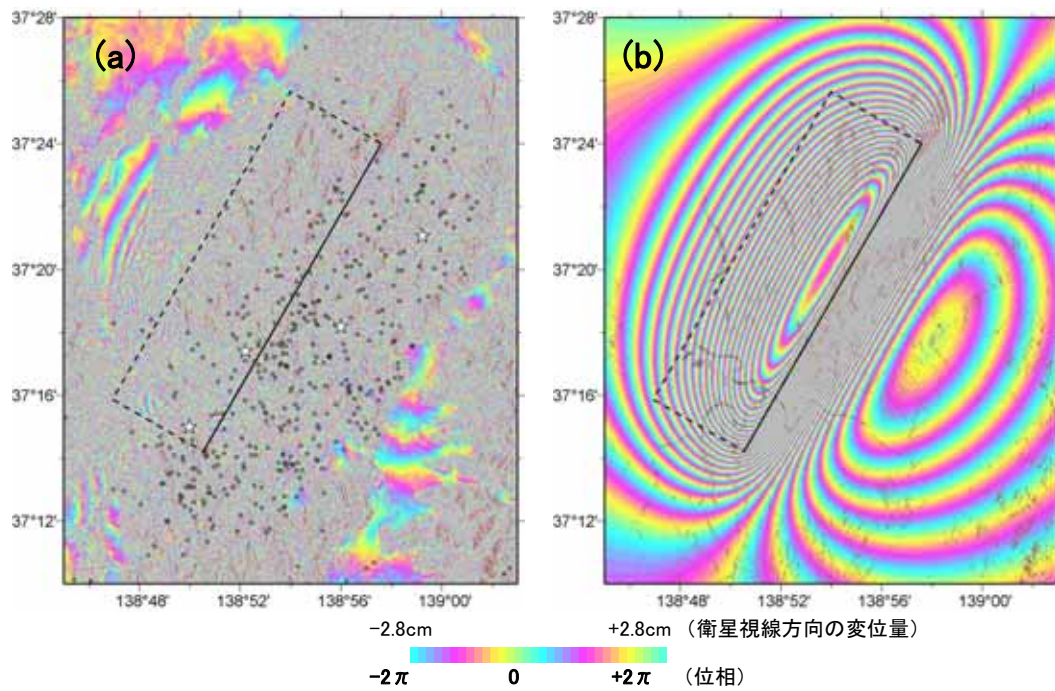


図-4 震源域付近の拡大図。(a)干渉 SAR 画像、(b)断層モデル (国土地理院, 2004) から計算した位相変化シミュレーション。