# 糸魚川ー静岡構造線断層帯における重点的調査観測(第2年次)

実施期間 平成 17 年度~平成 21 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 水藤 尚

# 1. はじめに

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境界である糸魚川-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。

平成17年8月に地震調査研究推進本部により策定された「今後の重点的調査観測計画について」では、重点的調査観測の目標、具体的な調査観測の手法、重点的調査観測の候補となる地震、及び基盤的調査観測としての活断層の追加調査・補完調査の候補と優先順位について記述されている。この中で、当面取り組むべき重点的調査観測の対象の一つとして糸魚川ー静岡構造線断層帯が提示されている。この糸魚川ー静岡構造線断層帯では、平成14~16年度にパイロット的な調査観測が実施されていたが、上記計画に基づき、平成17年度より本格的に重点的調査観測が推進されることとなった。

# 2. 研究概要

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担当し、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

GPS による地殻変動観測を空間的に補間し、糸魚川ー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。

# 3. 平成 18 年度実施内容

# 1) GPS 観測による詳細地殼変動分布の解明

観測を行った地域は、長野市、上田市、富士見町、箕輪町、塩尻市、松本市、白馬村を結んだ範囲である。 観測点は、平成 14 年度に、GPS の稠密キャンペーン観測用として最短 5 km 程度の間隔で 28 ヶ所に設置されていたが、これらに加えて、平成 18 年度には、糸静線の中部付近に 7 ヶ所の観測点を新設した。観測点は、いずれも安定した構造物に金属製のボルトを埋設したものである。平成 18 年 9 月 27 日から 10 月 12 日にかけて、上記観測点のうち 30 ヶ所において GPS 観測を行った。観測点を 2 つのグループに分け、各グループについて 1 週間ずつの観測を行った。

データ解析にはBernese GPS Software version 5.0 を使用した. 平成17年度までは旧バージョン (version 4.2) を使用していたため、今回の解析にあたっては、平成14年度以来の全観測データについて、同一の手法で再解析を実施した. 解析に際してはIGS により決定されたGPS 衛星の精密軌道および地球回転パラメータを

用い,各観測点の座標値は ITRF2005 座標系における値として計算した.座標値解析により,各観測点の精密な 日座標値が得られ,5年間にわたる日座標値から,各観測点の平均的な変位速度を求めた.

#### 2) 干渉 SAR による断層帯周辺の地殻変動検出

ENVISAT および ALOS「だいち」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.

ENVISATのSARセンサは波長5.6cmのC-bandマイクロ波を利用している.C-bandのSARは波長が短いために、植生に覆われている山岳部などで干渉性が低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は適している.そこで、平成17年度に引き続きENVISATデータを用いて干渉SAR解析を行い、糸静線近傍の地殻変動の面的解明を試みた.解析にはTrack303、Frame2871-2889、観測モードIS2のシーンを用いた.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、2003年4月から2005年10月までの18ペアを解析した.大気中の水蒸気による位相遅延の影響を低減させるために、異なる時期のペアのスタッキングを行い、2003~2005年の平均的な変動速度の分布を求めた.

本研究対象地域の大部分を山岳部が占めるため、糸静線を含む広範囲の変動を把握するためには ENVISAT よりも干渉性の高い SAR センサが有利である. 2006 年 1 月に打ち上げられた ALOS「だいち」は波長の長い (23.6cm) L-band マイクロ波を用いる SAR センサを搭載しており、干渉性が高い、そこで、「だいち」のデータを用いた干渉 SAR 解析を試行した。国土地理院で開発を行っている GSISAR を用いて解析を行った。

### 4. 得られた成果

### 1) GPS 観測による詳細地殼変動分布の解明

図-1はGPS キャンペーン観測点及びGEONET 観測点の精密な日座標値を元に、日座標値変化を直線近似する

ことにより得られた地殻変動速度の分布を示したものである. GEONET 観測点については、アンテナ交換の影響があるため 2003 年以降のデータを用いて、その他の観測点については 2002 年以降のデータを用いて速度推定を行った. 図-1の結果は概ね平成 17 年度までに得られていた結果と整合的である.

図-1に見られる地殻変動の特徴は昨年度に指摘した通りであり、(1) 北部では長野盆地西縁断層より西側で東西方向の短縮変形が顕著である。(2) 中央隆起帯では変形が小さく、その西縁が変形フロントになっている。

(3) 明科付近を境として、北側では西北西-東南東方向の短縮が卓越するのに対し、南側では糸静線に対する左横ずれの変形が見られる.

以上のような地殻変動の特徴は、白馬ー長野、大町-上田および松本周辺の地殻変動速度プロファイル(図-2)からも読み取ることができる。一番北の白馬ー長野方向の地殻変動速度プロファイル(図-2 a)では、糸静線 (ISTL)および長野盆地西縁断層 (WNBF)の付近で N105° E 方向の速度が不連続に変化しており、両者に挟まれた部分では顕著な変形が見られない。このことは、広域的な短縮変形が

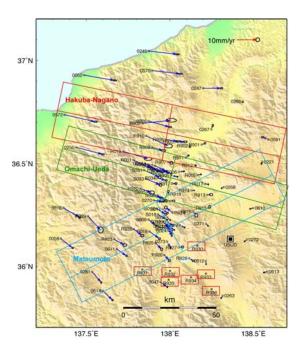


図-1 2002-2006 年における糸魚川-静岡構造線断層帯周辺の水平地殻変動速度分布.

稠密キャンペーン観測によって得られた全データを用い、USUD(臼田)固定のベクトルを示した. 矩形領域は図-2に示す速度プロファイルの表示領域である.

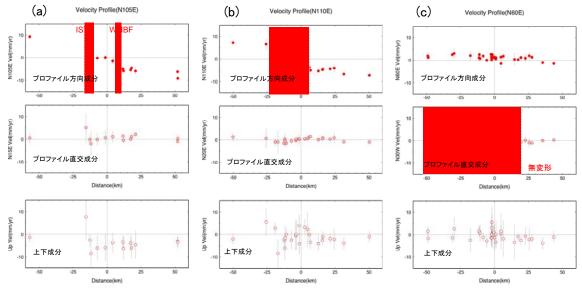


図-2 GPS 観測で得られた地殻変動速度プロファイル.

(a) 白馬-長野方向, (b) 大町-上田方向, (c) 松本周辺.

東西2つの断層帯のごく近傍で集中的に賄われていることを示しており、断層面が固着せずにクリープ運動している可能性も考えられる。大町一上田方向のプロファイル(図-2b)では、糸静線の周辺の幅30km程度の中で左横ずれを伴う逆断層成分が解消されるようになり、さらに南の糸静線中部松本付近のプロファイル(図-2c)では横ずれ成分が主体となり、変形は100km近い領域に及ぶ。

こうした地殻変形の不均質性は、断層面の性質とともに周囲の媒質の違いを反映しているものと考えられる. いわゆる中央隆起帯の北西側は、日本海拡大時に海底で堆積した地層が、その後に大きな短縮変形を受けている場所である. GPS による地殻変動は、こうした地質学的な時間スケールの変形運動が、現在も継続していることを強く示唆している.

一方,長野盆地西縁断層や糸静線北部の神城断層では,現在断層が固着して弾性エネルギーを蓄積しているようには見えないが,これらの断層では1847年善光寺地震,1714年小谷地震など被害地震が発生しており,非地震性の変形のみが起きている訳ではない.これらの断層における応力蓄積メカニズムについては,今後さらに詳細な観測や変形のモデル化を通して検討する必要がある.

# 2) 干渉 SAR による断層帯周辺の地殻変動検出

ENVISAT データの干渉 SAR 解析結果をスタッキングして得られた変動速度分布から、糸魚川ー静岡構造線断層帯を横切る白馬ー長野(Profile 1)、大町ー上田(Profile 2)、松本周辺(Profile 3)での変動速度プロファイルを作成した(図ー4)。 干渉 SAR 解析による変動速度場には次のような特徴が見られる。(1)断層帯の北部では長野盆地西縁断層と糸魚川ー静岡構造線近傍に変形が集中している。(2)大町付近では変動量が断層帯周辺の約  $30\,\mathrm{km}$  の幅で緩やかに変化している。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り、干渉 SAR 解析で得られた変動速度場と GPS 観測で得られた変動速度を比較すると、大局的には両者は整合しているといえる(図ー4)。

本研究対象地域の大部分を占める山岳部での地殻変動を明らかにするためには、ENVISATよりも干渉性の高い衛星を用いる必要がある。そこで、「だいち」PALSARデータを用いた干渉 SAR 解析を行い、山岳部での干渉性を検討した。解析の結果、平野部では良好な干渉が得られたものの、山岳部では干渉が得られなかった。今回解析したペアでは2時期の軌道間距離の衛星視線方向垂直成分が約2.1kmと長く、そのために山岳部での干渉性が劣化したと考えられる。なお、他地域の結果ではあるものの、基線長が短いペアの解析では山岳部を含めほ

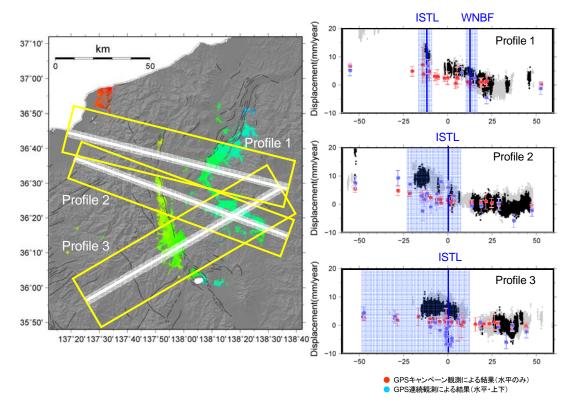


図-4 ENVISAT の干渉 SAR 解析で得られた変動速度のプロファイルと, GPS 観測で得られた変動速度の比較. (Profile 1) 白馬-長野方向, (Profile 2) 大町-上田方向, (Profile 3) 松本周辺. いずれも臼田に対する相対変動速度である.

プロファイルの黒点は 1 km 幅(図中白帯),灰色は 5 km 幅(図中灰色帯)で取り出した変動速度 分布を示す.比較に用いた GPS 観測点については白枠内の観測点を抽出した.薄灰丸は GPS 連続観 測,濃灰丸はキャンペーン観測によって得られた変動速度を SAR の衛星視線方向に投影した速度を 示す.ただし,キャンペーン観測点については上下変動速度を 0 と仮定して求めている.

ぼ全域で干渉することが確認できている. 衛星軌道のコントロールについては, 現時点では改善されていることから, 今後, データの蓄積と共に基線長の短いペアでの解析が可能となることが期待される.

# 5. まとめ

GPS 観測による詳細地殻変動分布の解明では、キャンペーン観測により、糸魚川-静岡構造線断層帯周辺の2002~2006 年の5年間の変動量が得られた。これまで一部の測線沿いを除くと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。断層帯を横切る速度プロファイル等から、地域によって断層帯近傍での変形様式が大きく異なることが明らかとなってきた。このように、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 による構造線断層帯周辺の地殻変動検出では、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 mm/年のスケールで空間的にも詳細に把握することができた. 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.干渉性が高いペアを用いることにより GPS 観測を空間的に補間し、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、今後も継続して ENVISAT データの解析を進めていく予定である.

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を目標として、干渉性の高い「だいち」の 干渉 SAR 解析を試行したが、今年度解析したペアについては2時期の衛星軌道間距離が長く、山岳部で良好な 干渉が得られなかった. 他の地域では山岳部において良好な干渉が得られることが確認されており、軌道のコ ントロールが改善されれば本研究地域においても山岳部の地殻変動を明らかにできると期待される.