

4. 全体の成果の概要

本章では、本年度実施した各観測項目の成果の概要を述べることにする。本重点的調査観測では、糸魚川－静岡構造線（以下、「糸静線」という）断層帯の地域的特徴を明らかにすること、特に諏訪湖付近に存在するとされるこの断層帯のセグメント境界の構造解明を大きな目的とした。本年度の反射法地震探査・重力探査、電磁気探査、自然地震観測では、この諏訪湖付近の探査に着手した。前年度と同様に、これらの探査は密接な連携を持って実施され、互いの成果を総合的に解釈できるような体制を取っている。

反射法地震探査・重力探査は、本年度は諏訪湖付近に4本の測線を設定し、その浅部構造解明を主たる目的として実施した。塩尻測線は、その東端が松本盆地東縁断層の南延長にほぼ一致する。この測線西部のTWT（往復走時）0.5秒の深度付近から東に緩く傾斜する強い反射面が認められるとともに、この境界面の上位には背斜状に変形した岩体が認められ、全体として東傾斜の衝上断層群によって二つのスラストシートがスタックした構造を成していると解釈される。これらのスラストシートは地表の隆起傾向から判断して未だアクティブであり、重力探査の成果を合わせて解釈すると、松本地域の糸静線と基本的に同じ構造がこの地域まで連続していると考えられる。諏訪湖西岸を境とする岡谷断層群は、岡谷周辺で完新世の扇状地面を変位させているが、それより南方では直線的な地形境界は存在するものの明瞭な変位地形は発達しない。諏訪盆地は両側を断層で限られた地溝上の凹地であるが、西縁断層を横切る反射法断面（岡谷測線および茅野測線西部）はこの断層が大局的には東落ちの大きな撓曲構造の一部であることを示唆している。一方、東縁断層とその延長で左ずれの卓越する茅野断層を横切る反射法断面（下諏訪測線および茅野測線）は、東縁断層が西傾斜で、深くなるにつれて低角となる形状（listric）を示している。東縁断層は諏訪盆地の北部と南部ですべりのセンスが顕著に異なるにもかかわらず、北から南まで構造的には共通で一連の断層を成すことがわかった。

電磁気探査では、諏訪湖付近において、32点の観測点からなる広帯域および可聴周波数領域のMT観測を実施し、断層周辺の深度5km程度までの不均質構造の解明を図った。具体的には、諏訪湖南方に西南西－東北東方向の広帯域MT（300Hzから1/2000Hz）測線を設定し、断層周辺の深度5km程度までの構造を求めた。観測点の配置に当たっては、平成19年度に実施予定の反射法地震探査と同一測線とするように努め、互いの成果を比較検討できるように配慮してある。得られた比抵抗構造モデルによれば、諏訪盆地より西側の山地では低比抵抗層が東に向けて厚くなるが、その構造は北部セグメントの断層（牛伏寺セグメント）で断ち切られている。盆地内では低比抵抗が鉛直状に分布し、横ずれ断層運動で形成されたプルアパート堆積盆であることを裏付けているように思われる。この深い鉛直状の低比抵抗層は、堆積物であると考えられるが、これが諏訪盆地の異常震度の原因である可能性がある。さらに、この構造は東側の南部セグメントの断層（茅野セグメント）で断ち切られている。茅野セグメントは深部でやや西に傾斜する可能性があるようにも解釈できる。

自然地震観測の長期機動観測では、計器深度が50mの孔井地震観測点を山梨県北西部の3箇所（韮崎市円野町〔観測点名：韮崎円野〕、北杜市白州町白須〔同：北杜白州南〕、北杜市白州町上教来石〔同：北杜白州北〕）に新設し、これら3点のデータと既存の観測網

のデータとの併合処理を行えるよう、データ処理システムを整備した。この3観測点を山梨県北西部に新設したことによって、この地域の観測点密度は“約20 kmに1点”から“約10 kmに1点”へと飛躍的に向上し、従来はその深さを精度良く決めることが困難であった断層周辺域の浅発微小地震の震源をより高い精度で決定することが可能になった。更に、本年度、および前年度までに整備された観測点のデータは、防災科学技術研究所に集められた後に高感度地震観測網（Hi-net）のデータなどと共に効率的に併合処理され、気象庁や大学を始めとする各機関に転送されるとともに、防災科学技術研究所の地震波形処理システムによって、これらのデータに対する地震の検出と震源決定などの解析処理が速やかに行われている。こうした解析結果、たとえば震源決定の結果は、WEB上で広く公開されるとともに、地震調査委員会や地震防災対策強化地域判定会を始めとする各種委員会資料にも利用されている。

また、蓄積されつつあるデータを用いた地震波速度構造解析も進展した。自然地震データとともに、既往制御震源探査データも用いたトモグラフィ解析が行われ、その結果、糸静線断層帯の北部では北部フォッサマグナに対応する低速度域が、より鮮明な形で明らかになった。この地域での糸静線断層帯は東傾斜の逆断層とされているが、この地震活動は垂直もしくはやや西に傾斜した分布を示しており、想定される東傾斜の逆断層上の活動ではないことが明らかとなった。南部でも甲府盆地以南に分布する低速度域が検出された。一方で中部にあたる地域には、そのような低速度域は検出されなかった。すなわち、推定された地震波速度構造は、糸静線断層帯に沿って低速度が一様に分布する訳ではなく、断層に沿った構造に大きな地域性があることを示している。また断層帯の北端と南端ともに顕著な低速度帯の存在があり、断層のセグメンテーションを考える上で重要な地殻構造の地域性が本業務によって明らかになった。

稠密アレー観測では、現地収録式の自然地震観測装置を、糸静線断層帯・諏訪盆地周辺部の60箇所を設置し、糸静線断層帯中部における断層周辺の微小地震を観測した。また、平成17年度調査までに得られた自然地震データと、周辺の定常観測データをトモグラフィ法で解析し、断層帯南部の不均質な地殻構造と断層帯の深部構造を推定した。推定された速度構造は、表層地質と対比された。断層周辺では低速度となり、深さ10-15km程度まで低速度領域と高速度領域が西傾斜している。不均質な地殻構造を考慮して微小地震分布を高精度に推定すると、本研究期間に発生した微小地震の一部が断層の深部延長活動と関係がある可能性があることが分かった。一方、マグニチュード0程度までの極微小地震のメカニズム解を決定するために平成17年度に設置した糸静線南部域における臨時観測点（8箇所）は7月末まで継続し、データの蓄積を行った。これらの臨時観測点は、定常観測点と併せその分布が、約5km間隔程度になっている。これら臨時観測で得られたデータの解析を行ったところ、推定されたメカニズム解には横ずれタイプと逆断層タイプが混在しているが、その空間分布には地域性があることが明らかになった。つまり、糸静線南部セグメント周辺では逆断層タイプの地震が主であるのに対して、中央構造線周辺では横ずれタイプの地震がほとんどである。これは、地形・地質・トレンチ調査等から推定されている糸静線南部セグメントと中央構造線の運動センスとも調和的である。得られたメカニズム解を用いた応力テンソルインバージョンの予備解析によれば、中央構造線周辺では横ずれの応力場が、糸静線南部セグメント周辺では横ずれ成分を含んだ逆断層の応力場が推

定された。一方、主応力軸の方位には空間的な変化は見られず、西北西－東南東であった。

GPS 観測においては、糸静線中部の諏訪湖周辺に GPS キャンペーン観測点を 7 箇所新設した。この新設観測点および既存の観測点、合計 30 箇所で GPS キャンペーン観測を実施した。このデータを周囲の GPS 連続観測点のデータとともに解析し、正確な座標値を求めた。さらに、2002 年以降のデータについて統一的な手法で再解析し、得られた日座標値に基づいて各観測点の地殻変動速度を求めた。得られた地殻変動は、糸静線に沿って顕著に変化する地殻変動パターンを明瞭に示しており、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り、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。また、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といった特徴がある。地殻変動パターンは昨年度までの結果と整合的なものであるが、従来は議論ができなかった上下成分についても、地殻変動を捉えつつあると考えられる。

また、干渉 SAR による地殻変動解析も進展を見せており、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、断層帯周辺の微小な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。

このようなデータの集積によって、反射法・重力探査、電磁氣的探査及び自然地震トモグラフィーで求められた構造線断層帯及びその周辺の不均質構造と、地震観測及び地殻変動観測に基づく地殻活動の対応関係が明らかになりつつある。

変動地形調査においては、活断層の地震時挙動（活動区間・変位量分布）を推定するために、最近の活動の痕跡である変動地形の分析から、累積変位量および平均変位速度を地点毎に高密度で明らかにするための調査が実施された。糸静線断層帯中北部（松本～茅野）において、航空写真測量および現地地形調査に基づいて、平均約 600 m 間隔（断層変位が明瞭な範囲では数百 m）という高密度で鉛直変位量を計測した。また変位している地形面の年代を推定して平均変位速度を算出し、その分布を明らかにした。地形改変により変位地形が残っていない場所では大縮尺米軍航空写真を併用・解析した。その結果、活断層線そのものの認定においても新知見を得た。植生が多く航測システムで計測困難な岡谷市北方では LiDAR 計測を実施し、詳細な DEM（数値標高モデル）を得た。断層周辺のオルソ航空写真画像、活断層線の (x, y, z) 位置情報、変位地形の 3 次元標高データ、地形面分類情報等がすべて GIS 上で管理できる数値情報として整備され、データ検証の再現性・更新性を確保した。ここにも従来にない新規性があり、情報公開を考慮した活断層基礎情報整備の雛形を提示することができた。平成 17 年度に行った変動地形調査により明らかになった断層帯北部（白馬～松本）の鉛直変位速度分布を、地下の断層面に沿うネットスリップ速度分布に換算し、変動地形調査の成果を強震動予測に生かすための重要な基礎資料を作成した。さらに、平成 17～18 年度の変動地形調査の成果をもとに、断層帯北部の白馬村・池田町にてボーリング調査を、断層帯北中部の岡谷市にてピット調査をそれぞれ実施した。変位基準面の年代を決定し、平均変位速度および変位量の詳細等を明らかにした。

強震観測・地下構造調査では、糸静線断層帯における強震動予測高度化を目指し、反射

法・屈折法地震探査、三次元構造のモデル化、微動観測、強震動観測の4項目を基軸として業務を遂行した。特に、松本・諏訪・長野盆地における表層から地震基盤までの三次元地下構造の構築に着手する意味で、松本盆地についてはP波およびS波反射法地震探査を実施し、盆地浅部が $V_p=1.8\sim 2.3$ km/s、 $V_s=0.6\sim 0.9$ km/s という速い速度の堆積層から成ることが明らかとなった。また、今回の探査及び既往探査データの反射断面から基盤構造の精緻化が図られた。更に微動アレー探査を独立に行い、ほぼ同じS波速度が得られることを確認した。これらの結果に既存の探査データや地質資料、検層データ等をコンパイルし、面的な重力データに対するインバージョンを行うことにより、各盆地における三次元地下構造の統合的なモデル化を図った。また、前年度、糸静線断層帯における強震動評価を行うにあたり有効な観測記録の取得が期待される松本盆地内の2地点に強震観測点を設置したが、これまでに10を超える国内の地震に対して良好な強震記録が得られ、地盤構造とそこでの地震波増幅メカニズム解明が進展するものと期待される。