

4. 全体成果概要

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とする。神縄・国府津-松田断層帯（以下、「本断層帯」）を取り囲む丹沢山地～富士山周辺部は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う多重衝突によって、いくつかの断層帯と複雑なブロック的地殻構造を形成している。このような地域に位置する本断層帯の活動性を評価するためには、断層帯の全体像を明らかにするとともに、周辺地域におけるひずみ(ひずみ速度)の分配を明らかにすることが不可欠である。この目的を達成するために、本重点的観測では、三つのサブテーマ（断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測、断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測及び断層帯周辺における地震動予測の高度化のための研究）を有機的に連携させて実施している。

断層帯の三次元的形状及び断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測では、構造探査及び機動的な地震観測を実施した。制御震源地震探査による地殻構造の解明においては、平成21年度の伊東-逗子測線を含め、大学・地方自治体が実施した神縄・国府津-松田断層系を横切る既存の反射法地震探査データを、共通したパラメータで再解析し、統合的な速度構造による地下断面を作成することとした。これらの断面をもとに神縄・国府津-松田断層系の三次元地下形状モデルを作成した。神縄・国府津-松田断層帯周辺では、1990年から反射法地震探査が実施されている。これらの異なる仕様で取得されたデータを統一的な手法と、近年開発された屈折トモグラフィー法による速度構造解析・CRS (Common Reflection Surface)法などの手法で再解析することにより、断層形状を高い精度で明らかにするための基礎資料とした。解析した測線は、平成13年度(2001)神奈川県地下構造調査 Line-A、同 Line-B、大都市圏地殻構造調査として実施した平成15年度(2003)相模湾測線、同、関東山地東縁測線、松田測線、平成17年度(2005)小田原-山梨測線 足柄区間である。これらのデータセットについて、統一ワークフロー及び統一パラメータによる統合解析、複合型コヒーレントノイズ抑制処理、初期モデルランダム化による' Turning-ray' トモグラフィー解析、CRS (Common Reflection Surface)法による統合解析をそれぞれの測線データについて実施した。とくに反射断面での反射イベントの連続性の向上が見られ、得られた速度構造も利用して、断層形状の地質学的な解釈を行った。相模湾にほぼ平行に取られた探査測線(地下構造調査 Line-A 及び相模湾測線)では、中角度で傾斜する国府津-松田断層の西側に、東傾斜の逆断層が形成されていることがわかった。これらの再解析結果と、既存の反射法地震探査断面をもとに、三次元断層形状モデルを作成した。得られた、断層形状をもとに神縄・国府津-松田断層帯の震源断層の三次元形状についてのモデルを作成した。

自然地震観測に基づく断層周辺の広域的3次元構造調査においては、機動観測点30点からなる観測網の整備を進めるとともに、平成21年度に設置した2点の保守を実施した。本年度設置の30観測点は、既存観測点の間を埋めるように神奈川県に16点、山梨県に8点および静岡県6点に配置し、浅発微小地震活動が活発な断層周辺域では、観測点間隔が10km

以下の高密度の観測網が実現した。より北側の観測点密度が低い領域においても、観測点間隔が約 15 km 程度に向上した。定常観測網によって観測対象領域（北緯 35～36 度、東経 138.～139.5 度）で検出された浅発微小地震（深さ 30 km 以浅、M 0 以上）916 個を、本業務の観測網で観測することができた。本業務で実施されるような多点での長期にわたるオフライン観測では、記録回収の度に多量のデータを含む多数の記録媒体がデータセンターに集まる。これらのデータ処理を滞ることなく進めて解析結果と成果を速やかに得るため、既存観測網（防災科学技術研究所の Hi-net や神奈川県温泉地学研究所等の観測網）の記録とスムーズにマージ（併合）処理するための処理システムを構築した。

神縄・国府津－松田断層帯北縁部（箱根火山－丹沢山地）の地震活動と構造不均質の調査においては、本断層帯北縁部を挟んで、20 点の機動的な地震観測点を箱根山から丹沢山地に設置・維持し、東京大学地震研究所の地震観測網データとの統合処理を行っている。また、本断層帯近傍の採石発破（2 箇所）を用いて、震源決定用の表層構造を推定するための観測を実施した。そのデータから、地殻最上部を 2 層モデルとして構築した。その速度は、第 1 層が、2.5km/s、第 2 層目が 3.6 km/s であり、1 層目の層厚が 0.15 km と薄いことがわかった。本業務で得られた表層構造及び既往研究結果を参考にし、本断層北縁部周辺の速度構造（一次元速度構造）を仮定し、震源決定の予備解析を行った。本断層帯北縁部周辺で、2000 年 10 月～2008 年 5 月までに発生した、約 3500 イベントを解析対象とし、震源再決定を行ったところ、震源の深さは温泉地学研究所ルーチン処理で得られたものより、数 km ほど浅くなることが分かった。この差は、表層に実際に則した低速度層を仮定していることに起因すると考えられる。

神縄断層西方延長の比抵抗構造探査では、箱根カルデラ南東縁から河口湖にいたる長さ 45km の測線上で、広帯域 MT 法観測を行い、神縄断層西方延長の深度 4 km までの比抵抗構造を解明した。その結果、丹沢山地の高比抵抗ブロックが顕著であることがわかった。その東側では低比抵抗層が南東に向かって徐々に厚く分布する。神縄断層の延長部は、この低比抵抗層の北西端付近にあると思われる。またこの低比抵抗層は 4km 程度に厚いと推定される。またこの低比抵抗層の中に、北西方向の不連続構造が求められた。この構造は、伊豆ブロックが 0.5 Ma に衝突するまで、トラフが存在し、足柄層が厚く堆積したこと、さらにその後の伊豆の衝突で変形していると解釈できる。箱根カルデラでは地表付近 1-2km に顕著な低比抵抗層が存在するが、これは地熱系で変質を受けた粘土鉱物を含む地層をあらわしている。カルデラの外縁ではこの低比抵抗層は失われていることがわかった。

断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測は、変動地形学的アプローチから、本断層帯の活動履歴や平均変位速度の解明を図るものである。浅海域での国府津－松田断層の活動様式の解明においては、小田原市早川から中郡大磯までの相模湾北西部に設けた 17 測線（延べ測線長約 108 km）でブーマーを音源とする高分解能マルチチャンネル音波探査を実施した。対象海域は、西端を小田原市早川、東端を中郡大磯町、南端を大磯海脚とする相模湾北西部で、これまでに推定されている海域部の断層や褶曲をカバーするように

した。調査測線は合計 17 本、延べ測線長は約 108 km であった。その結果、相模湾北西沿岸および大磯海脚では、海面から往復走時で最大約 0.4 秒までの深度における地質構造をイメージングすることができた。反射断面の解釈により、陸域で認定されている国府津-松田断層の走向延長部の沿岸部で同断層の存在を示唆する反射面の不連続が認められた。また、同断層上盤側（東側）に分布する二宮海底谷および大磯海脚北西部では、北東-南西方向に軸をもつ褶曲群が認められ、その一部には最終氷期に形成されたとみられる海脚頂部の海食台に背斜状の変形を示唆する反射パターンが認められた。ただし、推定された活構造沿いには上部更新統-完新統はほとんど分布しておらず、地層採取による後期更新世以降の活動性の定量的な評価は困難である。

地質学的手法に基づく神縄・国府津-松田断層帯北縁部の活断層に関する調査研究においては、浅間山南東麓の内川断層を挟んで上盤下盤側、丸山断層の下盤側でのボーリング調査を実施した。具体的には、浅間山、北足柄中学校跡地、南足柄市壙下においてボーリング調査を行い、テフラ分析による年代測定を行った。浅間山の結果から、城山と浅間山の間には、活断層等の地質構造の違いが認められた。このことは、中満ほか（2007）が指摘している城山断層（SRF）や浅間山断層（SGF）の存在が示唆される。北足柄中学校跡地の結果から、北足柄中学校跡地を形成する矢倉沢面の基底礫層は酒匂川由来の内山礫層に対比される可能性が高い。その離水年代を約 50Ka と仮定すると、現在の酒匂川河床に分布する内山礫層との比高が約 100m あることから、両者の間には上下方向に約 2km/k. y. の平均変位速度をもつ活断層の存在が示唆される。更に、南足柄市壙下の結果によれば、深度約 80m（海拔-40m）に箱根東京軽石（Hk-OP）が認められることから、少なくとも Hk-OP が堆積後に、足柄平野側が 40m 以上沈降していることが推定される。

神縄・国府津-松田断層帯の変動地形と活動様式・活動性の解明では、平成 21 年度の既存資料の収集と検討結果に基づき、神縄・国府津-松田断層帯およびその延長部を含む、足柄平野周辺および酒匂川流域の活構造を対象にして、活断層の活動時期について解明することを目的としている。本年度は、まず、空中写真・大縮尺地形図を用いて再検討を行った。その結果、国府津-松田断層に沿っては、非常に新しい時代に形成されたと考えられる比高数 m の西向き変動崖が、足柄上郡大井町上大井から小田原市国府津にかけて、ほぼ連続的に分布していることが明らかになった。この結果を踏まえ、上曽我地区で、トレンチ掘削・放射性炭素同位体年代測定・火山灰分析を実施した。これらの結果に基づき、国府津-松田断層を挟む後期完新統の層序を明らかにし、地形・地質断面図を作成した。その結果、河成堆積物とこれを切断する衝上断層の構造が観察された。地層の年代測定結果から、過去約 5000 年間の国府津-松田断層の活動が少なくとも 3 回発生したことを示唆する。また、国府津地区および千代台地周辺においてオールコアボーリング調査を実施した。その結果、国府津地区では、東傾斜の逆断層によって形成されたと考えられる東側隆起の累積的な変形構造が完新統に認められることがわかった。さらに、国府津-松田断層帯を含む足柄平野周辺および酒匂川流域の活構造を対象にして、活断層・変動地形の位置・

分布について解明することを目的として、高精度浅層反射法地震探査を実施した。その結果、足柄平野南東部から大磯丘陵にかけての高精度構造推定に必要な発振記録を得ることができた。

断層帯周辺における地震動予測の高度化のための研究においては、最終年度に予定している本断層帯周辺域を対象とした強震動予測のための震源モデルおよび地下構造モデルの構築を進める目的で、調査研究を実施した。震源断層モデルの構築においては、初年度から実施している本断層帯周辺域の地下構造に関する文献収集に加え、震源に関する文献調査を実施した。断層モデル構築には、既往の研究成果及び本調査観測で得られた成果を的確に反映させる必要がある。そこで、12月に本調査観測の実施者・関係者による検討会を実施し、想定断層としてどのようなモデルが考えられるかまた妥当であるか等についての議論を行った。

一方、地下構造のモデル化については、想定東海地震および東南海地震の長周期地震動予測のための全国1次地下構造モデルを、神縄・国府津－松田断層帯周辺地域における強震動予測のための地下構造モデルとして使用することに対する検討を行った。中小地震の地震動シミュレーションによる観測波形の再現性によって評価を実施した。更に、強震観測による当該地域における地震動の地域性の検討を行った。既存の強震観測網で得られた当断層帯周辺で発生した最大震度6強を記録した静岡県東部の地震(2011年3月15日、M6.0)の地震記録を基に、当該地域における地震動の地域性を調査した。その結果、本断層帯の東側に分布する足柄平野では、平野の中央部よりも縁辺部において強い揺れが励起されていたことが示された。昨年度調査した中規模地震の際には、平野中央部において強い揺れが励起されており(平成21年度本重点的調査観測・研究報告書、2010)、地震規模によって地震動の地域性が異なる可能性が示唆された。