## 3.3 断層帯周辺における地震動予測の高度化のための研究

## (1)業務の内容

(a) 業務題目 断層帯周辺における地震動予測の高度化のための研究

(b) 担当者

	所属機関	役職	氏名
国立大学法人	東京大学地震研究所	教授	纐纈 一起
国立大学法人	東京大学地震研究所	助教	三宅 弘恵
国立大学法人	東京大学地震研究所	特任研究員	石瀬 素子

(c) 業務の目的

サブテーマ(1)・(2)で得られた成果を基に、神縄・国府津-松田断層帯およびその西 方延長部における震源断層モデルと地下構造モデルを構築し、本断層帯周辺地域における 地震動予測の高度化を図る。

- (d) 3 ヵ年の年次実施計画
  - 1) 平成 21 年度:

神縄・国府津-松田断層帯(以下、「本断層帯」)周辺の地下構造に関する既存の 資料の収集と整理を行う。また、次年度以降に実施を予定している当該断層帯周辺 地域の地下構造モデル化のための手法について検討する。さらに、既存の強震観測 網で得られた地震記録を用いて対象領域の地下構造の地域性について調査する。

2) 平成 22 年度:

サブテーマ(1)・(2)による成果および初年度で収集した既存の資料を考慮 して、本断層帯の震源断層モデルの構築を行い、得られた震源モデルおよび初年度 に構築した地下構造モデルを用いた地震動予測に着手する。

3) 平成 23 年度:

本断層帯の西方延長領域までを考慮した震源のモデル化を行い、より広い領域を 対象とした地震動予測を実施する。その際、サブテーマ(1)から提供される当該 断層帯の深部構造を参考にして、断層帯底部とフィリピン海スラブの関係を明確化 した震源モデルを構築し、精度の高い地震動予測を実施する。

(e) 平成 21 年度業務目的

本断層帯を対象とした調査観測は過去にも実施されており、周辺の地下構造に関す る資料が多数報告されている。本年度は、本断層帯を含む周辺地域の地下構造モデル 構築のため、これら既存資料の収集とその整理を行い、さらに地下構造モデル化手法 について検討する。加えて、既存の強震観測点で得られた地震動の面的分布を調査す ることにより、当該地域の地震動の地域性の把握に努める。

## (2) 平成21年度の成果

- (a) 業務の要約
  - 1) 神縄・国府津-松田断層帯およびその周辺地域における地下構造に関する文献およ びデータの収集

本断層帯とその強震動予測に関係する東海〜南関東地域において実施された屈折 法地震探査、反射法地震探査、ボーリング調査、速度検層などの地下構造に関する データおよび文献を収集し、次年度以降に実施を予定している地下構造モデル化に 備えた。

2) 地下構造モデル化手法の検討

強震動予測で使用する地下構造のモデル化手法として、全国地震動予測地図(地 震調査研究推進本部地震調査委員会,2009)で採用されている Koketsu et al. (2009)による地下構造の標準的なモデル化手法を用いることとした。

3) 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

既存の強震観測網で得られた伊豆半島周辺で発生した中規模地震の地震記録を基 に、当該地域における地震動の地域性の検討を行った。その結果、本断層帯の東側 に分布する足柄平野での地震動の地域性が観測された。加えて、断層面の傾斜方向 である山間部に位置する観測点において平野部よりもより大きな地震動が励起され たことが示された。

- (b) 業務の成果
  - 1) 当該地域における地下構造に関する文献収集
    - 強震動予測に使用する地下構造モデル作成のため、本断層帯を含む地域で実施さ れた地下構造調査結果の収集を行った。本断層帯が位置する神奈川県においては、 地震調査研究推進本部地震調査委員会による「全国を概観した地震動予測地図」の 作成に関連して数多くの地下構造調査(反射法地震探査、屈折法地震探査、微動ア レイ探査など)が実施されており(神奈川県,2000;2001;2002a;2002b;2003)、 既に詳細な構造が明らかにされている。たとえば、足柄平野を横断する地震波速度 断面においては、層構造とともに東に傾き下がる国府津-松田断層の断層面が得ら れている。さらに、これら調査の一環として行われた過去の構造探査の文献収集に ついても十分な整理が行われている(図1)。加えて、近年では、大都市圏地殻構造 調査研究計画における相模湾、房総半島、東京湾、関東山地東縁などの南関東地域 における大深度弾性波探査や大深度ボーリング調査などにより、浅部構造だけでな くプレートの形状を含む深さ数+kmまでの深部の地震波速度構造も明らかにされ ている(文部科学省研究開発局・他,2002;2003;2004;2005;2006)。これら資料 を次項に示す手法に活用して、平成22年度以降、当該地域における地下構造モデル 化を実施する。



1,2,4,48,49,56:Yamamizu(1996),3:嶋ほか(1983),5,13,17,34:小林ほか(1985),6:山中ほか(1993),7,8,9,10,11,12:神奈 川県(2001),14,40,55:鈴木ほか(1993),15:地球科学総合研究所(2001),16:神奈川県(1996),18:笠原ほか(2002),19: 長谷川ほか(1992),20,21:神奈川県(2002),23,24,27:正SG(1991),25:宮腰ほか(1994),26:岩田ほか(1989),28:沖野ほ か(1994),29:横井ほか(1993),30,31,32,37:西澤ほか(1991),33:Asano et al.(1982),35:Yoshii et al.(1986),36:国土地 理院(1994),38,39:座間ほか(1989),41,42,43,44,45,46,47:浜田ほか(1990),50,51:千葉県(2003),52,53:千葉県(1999), 54:千葉県(2001),57,58:鈴木ほか(1999),59:鈴木ほか(1985)

- 図1 神奈川県の地下構造調査で収集・整理された、過去に実施された地下構造調査 位置と文献(神奈川県, 2002a)。
- 2) 地下構造モデル化手法の検討

地下構造のモデル化については、全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部地 震調査委員会,2009)でも使用されている Koketsu et al. (2009)の方法を使用す る。この手法は、各種地下構造調査結果を順に統合していくことで地下構造を高度 化し、最終的に三次元地下構造モデルを構築する方法で、本年度収集した地下構造 に関するデータを活用することができる。以下に、モデル化の手順を示す。図2に は、手順の流れ図を示す。 0次モデル

- 手順(1) 表層地質やボーリング柱状図などの地質情報や各種構造探査の結果か ら総合的に判断して、速度構造と地質構造の対比を行う。
- 手順(2) 手順(1)の対比結果に基づき、屈折法探査、反射法探査、ボーリング検 層、微動探査、自然地震記録のスペクトル比解析などの結果を参照して各 層にP波およびS波速度と密度を与える。

0.5次モデル

- 手順(3) 面的に存在する探査データ(屈折法探査や重力探査など)や地質コン ター図などを用いて、各速度層を区切る境界面の形状を決定する。決定は インバージョンで行うが、十分なデータがない場合は補間などの順解法を 用いる。手順(4)の情報やデータはインバージョンの拘束条件あるいは補 間の追加データとして扱う。
- 手順(4) 断層や褶曲の形状など、不連続な構造に関する情報を収集する。反射 法やボーリング検層のデータは、用いる速度構造が手順(2)の速度と矛盾 しないように注意して深度へ変換する。
- 手順(5) 工学的基盤上面の形状は、微動探査結果やボーリング情報等を補間し て求める。また、必要ならば、基盤がごく浅い地域にも風化層を設定する。
- 手順(6) K-NET や KiK-net などの自然地震記録に対してスペクトル比解析(この 解析も可能ならインバージョンで行う)などを適用して得られた、複数の 観測点における速度構造を用いて、地下構造モデルを調整・修正する。

1 次モデル

手順(7)観測記録のある中規模地震をいくつか選び、手順(6)の調整された地下 構造モデルを用いて、各観測点における地震動をシミュレーションする。 その結果が観測記録に一致するようにモデルをさらに調整する(この調整 も可能ならインバージョンで行う)。



- 図2 強震動評価のための地下構造モデル化の流れ図(地震調査研究推進本部地震調査 委員会(2009)および Koketsu et al. (2009)より)。
- 3) 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

関東地震や想定東海地震などの相模・駿河・南海トラフ沿いに繰り返し発生する 地震に備え、本断層帯が位置する南関東の太平洋沿岸地域には多くの強震観測点が 設置されている。本業務では、同地域に展開されている東京大学地震研究所の強震 観測網の観測点で得られた強震記録(東京大学地震研究所強震観測データベース, http://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/)の面的分布を調べることにより、地震動の 地域性について検討した。

図3に2009年伊豆半島東方沖の地震(Mw4.9、2009年12月18日)で記録された 伊豆半島周辺地域の最大加速度分布を示す。太平洋沿岸部と足柄平野の中央部にお いてより強い地震動が励起されており、この分布は、微地形区分に基づく表層地盤 増幅率の分布(J-SHIS, http://www.j-shis.bosai.go.jp/)と概ね対応している。 図4には、2009年駿河湾の地震(Mw6.3、2009年8月11日)で得られた本断層帯近 傍での震度分布と速度波形の東西成分を示す。足柄平野内に位置する観測点では、 強い揺れが比較的長く継続しており、平野の中央部ほど継続時間が長くなっている。 また、揺れの強さを比較すると、断層面の直上の山間部の観測点で平野部の観測点 で得られた揺れよりも強い地震動が励起された観測点が見られ、同様の傾向が伊豆 半島東方沖の地震でも観測されている。



図3 2009年伊豆半島東方沖の地震(Mw 4.9、2009年12月18日)の際、東京大学地 震研究所の強震観測網で得られた地表の最大加速度分布。赤色の星は震央を示 す。断層トレースと断層面の地表投影は、全国地震動予測地図(地震調査研究 推進本部地震調査委員会,2009)でモデル化された本断層帯の位置と形状に基 づく。



- 図4 2009年駿河湾の地震(Mw 6.3、2009年8月11日)の際、東京大学地震研究所の強震観測点で得られた足柄平野における地表の震度分布と速度波形(東西成分)。断層トレースと断層面の地表投影は、全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部地震調査委員会,2009)でモデル化された本断層帯の位置と形状に基づく。
- (c) 結論ならびに今後の課題

本断層帯周辺の地下構造構築に関する既存の調査資料やデータおよび本業務における 強震観測から、本対象領域における地震動には地域性があることが明らかになった。来年 度以降に実施を予定している強震動予測のための地下構造のモデル化の際、これらを利活 用法することが今後の課題である。

- (d) 引用文献
  - 1) 地震調查研究推進本部地震調查委員会, 全国地震動予測地図, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09\_yosokuchizu/index.htm, 2009.
  - Koketsu, K., H. Miyake, Afnimar and Y. Tanaka, A proposal for a standard procedure of modeling 3-D velocity structures and its application to the Tokyo metropolitan area, Japan, Tectonophysics, 472, 1-4, 290-300, 2009.
  - 3) 神奈川県, 神奈川県地下構造調査, 2000.
  - 4) 神奈川県, 神奈川県地下構造調査, 2001.
  - 5) 神奈川県, 神奈川県地下構造調査, 2002a.
  - 6) 神奈川県, 平成13 年度神奈川県活断層(神縄·国府津-松田断層帯) 調査事業成

果報告書, 2002b.

- 7) 神奈川県,平成14 年度神奈川県活断層(神縄・国府津-松田断層帯)調査事業成 果報告書,2003.
- 8) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・防災科学技術研究所,文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成14年度成果報告書,2002.
- 9) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・防災科学技術研究所,文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成15年度成果報告書,2003.
- 10) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・防災科学技術 研究所,文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成16年度成果報告 書,2004.
- 11) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・防災科学技術 研究所,文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成17年度成果報告 書,2005.
- 12) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所・京都大学防災研究所・防災科学技術 研究所,文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成18年度成果報告 書,2006.
- 13) 東京大学地震研究所, 東京大学地震研究所強震観測データベース, http://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/.
- 14) 地震ハザードステーション J-SHIS, http://www.j-shis.bosai.go.jp/.

## (3) 平成 22 年度業務計画案

平成 21 年度に収集した資料と地下構造モデル化手法に基づき、本断層周辺の地下構造 モデルを構築する。さらに、サブテーマ(1)・(2)による成果および初年度に収集した 既存資料を考慮して、本断層帯の震源断層モデルの構築を行い、得られた震源モデルおよ び当該年度に構築した地下構造モデルを用いた地震動予測に着手する。