

特集「次の南海トラフ巨大地震に備えて」—まえがき—

安藤 雅 孝¹ 浅 田 昭² 池 田 隆 司³
石 川 有 三⁴ 金 田 義 行⁵ 村 上 亮⁶

Introduction to the Special Issue on "Preparations for the Coming Large Earthquakes at the Nankai Trough"

Masataka ANDO¹, Akira ASADA², Takashi IKEDA³, Yuzo ISHIKAWA⁴,
Yoshiyuki KANEDA⁵ and Makoto MURAKAMI⁶

南海トラフ沿いには数十年以内に巨大地震が発生する可能性が高い。ハレー彗星が地球に接近したとき、その観測のために人工衛星を打ち上げた。同様に、第一級の地球現象である巨大地震発生に向け、メカニズム解明のため観測を行うのは、科学として自然であろう。しかも、次の南海トラフ巨大地震は、西日本各地域に甚大な被害を与えるものである。このような次の南海トラフ巨大地震に向けた研究計画は、地震のメカニズム解明のみならず、地震災害軽減をめざす、生活と安全を守る意義の高いものである。

南海トラフ沿いの巨大地震はくり返し発生し、西暦 684 年から 12 回にわたり歴史に書きとめられた。同じ場所に、同じような地震が繰り返し、それが歴史資料に残されているのは、南海トラフの他に世界に例はない。南海トラフは、地震発生に至る過程を理解するための最適のフィールドである。

南海トラフの巨大地震は、巨大地震の準備過程

を知る上で、他の沈み込み帯に比べ取り組みやすい有利な点が多い。それらをまとめると以下のとおりである。

1) 過去の地震に関する豊富な歴史資料が残されている。今村明恒、大森房吉などの多くの研究が残されている(たとえば、大森房吉, 1913; Imamura, 1930)。近年では宇佐美(1996)などの資料収集が進められ、現在もその内容は充実している(たとえば、石橋, 1999)。

2) 昭和の地震(東南海地震、南海地震)の前後の地震の 1 サイクルの地殻変動と地震データが残されている。気象庁の震源ファイル、南海地震後の四国の地震観測については高知大学による一連の研究がある(たとえば、木村, 1998)。Mogi(1981)は東南海・南海地震前後の周辺地域でのドーナツ現象の出現などを指摘している。測地観測については、陸地測量部、国土地理院による成果がまとめられており、多くの沈み込み帯の地殻変動研究は 1946 年南海地震のデータに基づき出

¹ 名古屋大学大学院理学研究科

² 東京大学生産技術研究所

³ 防災科学技術研究所

⁴ 気象研究所

⁵ 海洋科学技術センター

⁶ 国土地理院

¹ Graduate School of Science, Nagoya University

² Institute of Industrial Science, University of Tokyo

³ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

⁴ Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

⁵ Japan Marine Science and Technology Center

⁶ Geographical Survey Institute of Japan

発したと言えるだろう。

3) 震源域が陸に近い場合、津波の襲来や土地の隆起や沈降、強震動や余震などで巨大地震と判定する資料が残されている。なかでも内陸部での温泉の湧水変化などは重要な資料がある(川辺, 1991)。さらに最近では、液状化現象を用いた地震の年代決定も多く試みられている(寒川, 1992)。

4) 一つ一つの断層の領域は比較的是っきり分かれており(セグメント化)、その区分けは、地震毎にそれほど変わらない可能性がある(たとえば、Ando, 1975; 寒川, 1992)。また、海底地形などからセグメントが比較的是っきりしている(Sugiyama, 1994)。

5) 過去の地震の前兆的現象の報告や直前の前駆的現象が観測されている(たとえば、茂木, 1982; 川辺, 1982)。

6) 昭和の地震が比較的小規模なことから、時間予測モデル(Shimazaki and Nakata, 1980)より、次の地震発生までの時間が短いと考えられる(安藤, 1999)。

7) 地質・地球物理的観測データが豊富であり、現在も多くの観測調査が続けられている(たとえば、朴ほか, 2001 本号)。

8) トラフに沿いにプレート間のカップリングや地震の起こり方が変化しており、セグメント間での比較研究がしやすい(たとえば、Ito et al., 2000)。

次に発生する南海トラフ巨大地震に向けた調査研究は、すでに着手されている。平成8年度から12年度まで5年間継続された科学技術庁(現文部科学省)の振興調整費「南海トラフにおける海溝型巨大地震災害軽減のための地震発生機構のモデル化・観測システムの高度化に関する総合研究」もその一つである。本特集はこの研究プロジェクトの成果を中心にまとめものである。以下、本特集の構成について述べる。

1) 地震活動履歴を知る

活動履歴を知るとは、次の南海トラフ巨大地震予測にとって重要である。この間、自然に刻まれた種々の地震記録を読みとる試みが行われた。考古遺跡の液状化現象の発掘に基づく研究の進展

は著しい。それらの成果の一端を口絵に示したので参照していただきたい(寒川, 2001 本号)。巨大地震の復元には、地震の証拠を残す津波堆積物の調査は有効である。高潮などとは区別ができ、津波だけの特徴を残す堆積物が鍵となる。このような自然条件を備えた湿地帯での調査が行われた。過去2000年から3000年にわたる津波の記録を読みとることができたが、これらの結果は他に発表されているので参照されたい。池原(2001 本号)は、東海沖の堆積盆地に刻まれたタービダイトを用いて、地震の痕跡を求めた。もちろん、タービダイトは、強震動により引き起こされたとの仮定がある。池原は、過去2000年から3000年の間に約10回のタービダイトを検出したが、海の生物の ^{14}C の年代決定にはリザーバー効果などいくつかの解決しなくてはならない問題があると指摘している。

前空(2001 本号)は、室戸の隆起海岸の成因について新しい考えを示した。巨大地震の際に生じた隆起が、次の地震までに元に戻らず、積み重なって地形に残されていく(吉川ほか, 1964)、との考えが従来のものであった。前空は、これらの海岸段丘の隆起は1000~2000年間に一度間起こる内陸地震によるものであり、100年に一度起こるプレート間地震によるものではないとした。巨大地震と内陸地震との関連を知るための貴重な資料である。沈み込み帯に面する海岸段丘が隆起している例は他にも多く、それらの地震活動履歴を考える上で重要な内容を含んでいる。これらの地震活動履歴の研究は、歴史資料に基づく地震活動履歴を、時間的にさかのぼり、さらに歴史資料が不足する部分を補うことを目的とした。ただし、精度の点でまだ歴史資料と比較できる段階にはない。発生時間や空間分布を同じ精度で議論するにはさらに研究の進展が望まれる。

1946年南海地震の震源過程の再現が試みられている。橋本・菊地(投稿中)は、強震計のフェイズ記録を用いて、最初の破壊が潮岬に引き、引き続き二つの大きなイベントが起きたことを示した。これらの地震の強震波形を用いた解析は現在進められている。なお、橋本・菊地の論文は、時

間の都合上、本特集に掲載することができなかったが、本誌通常号に近く掲載される予定である。谷岡(2001 本号)は津波と地殻変動のデータを同時インバージョンにより、断層面上のスリップ量を求め、それを用いてハワイまで伝播する津波の数値計算を行った。Cummins ほか(2001 本号)は、海外で記録された地震波形、津波データを用いて震源過程の研究を行い、橋本・菊地が指摘しているように、紀伊半島西岸沖と四国沖の二つのイベントからなることを見つけた。この二つのイベントの間には沈み込む海底火山が位置しており、震源過程と断層面との間に深い関連があることを示唆し興味深い。このように、南海地震の震源過程がしだいに明らかにされてきていると言える。

2) 地震の発生の場を知る

巨大地震の震源の近くには、さまざまな変動の記録が、海底地形や海底の構造として残されている。海底地形、地下構造、活断層の3次元形状、地下の温度分布、間隙水圧などは、断層の状態を理解する上で欠かせない。地殻変動や流体の移動、地震活動などの空間分布と時間変化を知り、震源域および応力の変化を推定できる。朴ほか(2001 本号)はこれらを解く一つの鍵を与えている。なお、1999 年には日米共同で三次元地震探査が実施され、それらの成果は順次発表されるものと思われる。これらの成果の一部が口絵に紹介されている。

3) 新しい道具を作る

南海トラフ巨大地震の震源域は海底下にある。次に起こる地震の断層の状態を知ることが、地震に至る過程、地震破壊過程を予測する上で重要である。遠い陸上のGPSの変位記録を用いて、断層の固着状態を推定するのは分解能が悪い。地殻変動の大きさは擾乱源からの距離と共に急速に減少する。したがって、断層の真上の海底で地殻変動を測定することが不可欠である。田所ほか(2001 本号)、浅田ほか(2001 本号)は、GPS-音響測距方式を用いて、海底の固定点を数cmの精度で推定できることを示した。このように、海底地殻変動装置は実用化に向かっている。

池田ほか(2001 本号)はヒンジライン計画を紹

介している。1944 年東南海地震は、数日前からゆっくりとしたすべりが発生したと考えられる。近年、この種のゆっくりとしたすべりが、いくつか検出されている。固着域と安定すべりの境界付近は、応力集中が起きやすい。このような場所は、地表では地形的ヒンジライン(米倉, 1968)に相当する。このような場所を狙ってあらかじめ地殻歪み計等を設置しておくのがヒンジライン計画である。

4) 地震発生に至る過程をシミュレートし監視する

地震発生へ至る過程のシミュレーションは、研究プロジェクトの主要課題であった。有吉ほか(2001 本号)は観測データが充実している想定東海地震の震源付近の地震発生過程を摩擦面の相対速度や状態等を考慮してシミュレーションを行い、固着域下端付近で、本震発生数年前から微小地震の発震メカニズムに変化が起きやすいことを示した。有吉ほかは、観測データが充実している想定東海地震の震源域付近の地震発生過程を加藤・平澤の手法を用いて、固着域下端付近で、本震発生の数年前から微小地震の発震メカニズムに変化が発生する可能性があることを示した。このほか、プレートの沈み込みに伴う変形、巨大地震や内陸地震の発生など、対象を広げた試みも行われている。これらの成果は、今後順次公表されるものと思われる。ゆっくりしたすべりは、GPS 観測網の整備から検出される例が増えた。小沢ほか(2001 本号)は、GPS のデータを用いて、1997 年日向灘地震後に続く九州中部から豊後水道にかけて発生したゆっくりしたすべりについて解析を行った。プレート境界面上に発生したゆっくりしたすべりが広域に広がったとされている。このゆっくりしたすべりが起きた地域は、石川(1995)が地震空白域と指摘していた場所と一致している。地震空白域の物理モデルを考える上でも重要であろう。これらのゆっくりとしたすべりと、池田ほか(2001 本号)によるヒンジライン計画、有吉ほか(2001 本号)によるシミュレーションとの関連が注目される。

1946 年南海地震後の四国の微小地震活動は、高

知大学によりモニターされてきた(木村, 2001 本号)。現在, 地殻内地震が時間と共に減少しており, 巨大地震に向かって地震活動は, 応力場の変化, 断層面上の物性の変化, 等を知る指標となるものと考えられる。石川(2001 本号)は, フィリピン海プレートの形状を震源分布から求め, 四国と紀伊半島の間に, 断片化したプレートの“切れ端”があると指摘している。巨大地震の震源域を考える上で注目される。尾形(2001 本号)は, 南海トラフに沿う地震活動の解析から, 南海地震では前震の発生の可能性は低いことを指摘している。次の巨大地震を考える上で貴重なデータとなろう。

本特集で扱われている課題は, 月刊地球号外 24 号「南海地震—次の巨大地震に備えて—」および *Earth, Planets and Space* (Volume 53, No.4, 2001) の特集号“Great Subduction Zone Earthquakes”として公表されている。後者は, 1999 年 1 月高知市で開催されたに国際シンポジウム“Recurrence of Great Interplate Earthquakes and its Mechanism”を発展させまとめられたものである。そのほか研究課題の中には, すでに国内誌, 国際誌に報告されているものもある。これらの研究成果も併せて参照していただきたい。

文 献

(本特集の論文は下記には掲げていない)

- Ando, M. (1975) Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, Japan. *Tectonophysics*, **27**, 119–140.
- 安藤雅孝(1999) 南海地震予知, 新地震予知研究. 月刊地球, 号外, **20**, 71–76.
- 橋本徹夫・菊地正幸(投稿中) 地震記象から見た 1946 年南海地震の震源過程. 地学雑誌.
- Imamura, A. (1930) Topographical changes accom-

- panying earthquakes or volcanic eruptions. *Publ. Earthquake Invest. Comm. Foreign Languages*, **25**, 1–143.
- 石橋克彦(1999) 文献史料からみた東海・南海巨大地震—1. 14 世紀前半までのまとめ—. 地学雑誌, **108**, 399–423.
- 石川有三(1995) 地震活動空白域の意義. 月刊地球, 号外, **13**, 71–80.
- Ito, T., Yoshioka, S. and Miyazaki, S. (2000) Interplate coupling in Northeast Japan deduced from inversion analysis of GPS data. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **176**, 117–130.
- 川辺岩夫(1991) 地震に伴う地下水, 地球化学現象. 地震 **2**, **44**, 341–364.
- 木村昌三(1998) 西南日本の地殻地震活動と南海地震の発生時期との関連性. 京都大学防災研究所共同研究「西南日本における地震活動の定量的評価の研究(代表渡辺 晃)」, 104–113.
- Mogi, K. (1981) Strain accumulation and rupture processes in the subduction zone along the Nankai-Suruga trough in western Japan. In Das, S. et al. eds.: *Earthquake source mechanism*. Maurice Ewing Series 6, AGU, Washington, D.C., 183–194.
- 茂木清夫(1982) 日本の地震予知. サイエンス社, 336p.
- 大森房吉(1913) 本邦大地震概説. 震災予防調査会報告, **68**, 13–52.
- 寒川 旭(1992) 地震考古学—遺跡が語る地震の歴史—. 中公新書(1096), 中央公論社, 251p.
- Shimazaki, K. and Nakata, T. (1980) Time-predictable recurrence model for large earthquakes. *Geophys. Res. Lett.*, **7**, 279–282.
- Sugiyama, Y. (1994) Neotectonics of Southwest Japan due to the right-oblique subduction of the Philippine Sea Plate. *Geofisica Internacional*, **33**, 53–76.
- 佃 栄吉・岡村 眞・松岡裕美(1999) 過去約二千年の地層に刻まれた地震. 月刊地球, 号外, **24**, 64–69.
- 宇佐美龍夫(1996) 新編日本被害地震総覧[増補改訂 416–1995]. 東京大学出版会, 493p.
- 米倉伸之(1968) 紀伊半島南部の海成段丘と地殻変動. 地学雑誌, **77**, 1–23.
- 吉川虎雄・貝塚爽平・太田陽子(1964) 土佐湾北東岸の海岸段丘と地殻変動. 地理学評論, **37**, 627–648.