

南海地震の体験談や史実に基づく 震源特性の考察

齊藤 剛彦¹・三神 厚²

¹元徳島大学大学院先端技術科学教育部博士後期課程
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail:saito@ce.tokushima-u.ac.jp

²徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部准教授 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail:amikami@ce.tokushima-u.ac.jp

本論文は南海地震の震源域を取り囲む、和歌山県、徳島県、高知県の各地において体感された揺れに関する体験談を文献や現地訪問に基づくヒアリングによって収集し、分析することで、地域ごとの揺れの特徴や時間的推移を見出し、それをもとに、既往の研究で提案されているアスペリティ位置や断層破壊のパターンの妥当性を検証するものである。さらに、提案されている震源モデルを仮定した地震動のシミュレーションによって、各地域の代表的な揺れを再現する。昭和南海地震については、体験談から地域間で明確な揺れ方の違いが認められ、既往の研究によって提案されている震源モデルは各地域で得られた揺れに関する体験談を概ね説明するものであった。安政南海地震や宝永地震についても体験談を収集し、アスペリティや断層破壊プロセスの再現性について分析を加える。

Key Words : Nankai Earthquake, Actual account, Asperity

1. はじめに

南海地震はこれまで約100から150年の周期で繰り返して発生してきた海溝型の地震である。地震断層面は、アスペリティと呼ばれる領域と背景領域からなる。実際に観測される地震動に対してはアスペリティの影響が支配的であり、背景領域の影響は小さいと考えられている¹⁾。最近の研究で、南海地震のような海溝型地震では、地震ごとにアスペリティは同じ場所に繰り返して現れる²⁾と考えられている(ただし、複数のアスペリティ領域のすべてがいつも破壊するわけではない)。そのため、過去の南海地震の際の震源特性を把握することは、次の南海地震防災に有効である。

1946年昭和南海地震当時は強震観測体制が十分整備されておらず、得られた記録から波形インバージョンによって震源の特性を明らかにすることには困難が伴うが、一方で、昭和南海地震では数多くの体験談が残されている。齊藤・三神³⁾は昭和南海地震について体験談から震源特性の検証を進めており、これまでのところ、神田ら⁴⁾や武村・神田^{5, 6)}の震源モデルが概ね体験談から得られる揺れの特徴を説明するものであることがわかってきた。しかし、断層

破壊の方向が繰り返すかどうかは不明であり、また、アスペリティの位置が本当に繰り返したのかなど、不明な点も多い。

そこで、本研究は南海地震の震源域を取り囲む、和歌山、徳島、高知の各地において体感された揺れに関する体験談を、昭和南海地震のみならず、安政南海地震や宝永地震についても可能な限り収集し、その分析から、これまでに神田らや武村・神田により震度インバージョンに基づき推定された南海地震の震源モデルを検証しようとするものである。体験談の収集にあたっては、地震動の強度特性のみならず、地震動の時間的推移として、地震動の周期特性や継続時間にも着目し、できるだけ多くの情報を抽出するよう試みた。

2. 昭和南海地震の体験談と地域別の体験談の特徴

(1) 概要

本研究では、南海地震の震源域を取り囲む、和歌山、徳島、高知の3県において、昭和南海地震の体験談を文献資料や現地訪問に基づくヒアリングによ

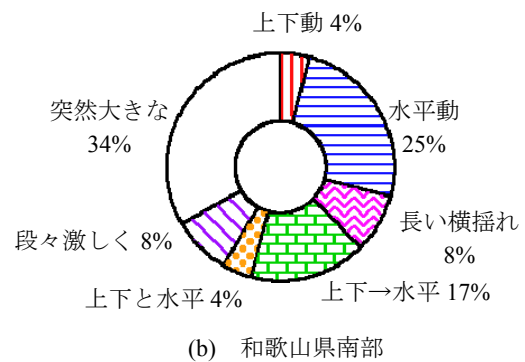
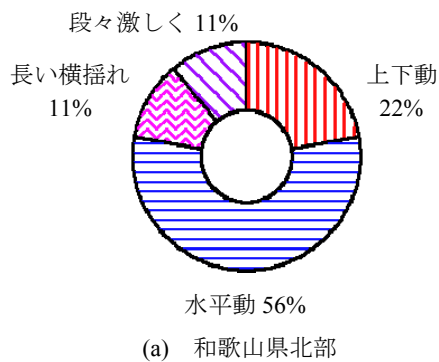


図1 和歌山県の体験談の割合

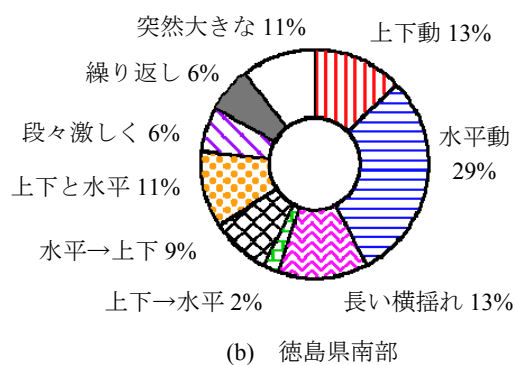
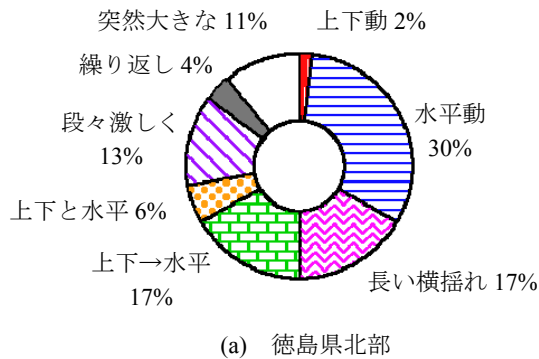


図2 徳島県の体験談の割合

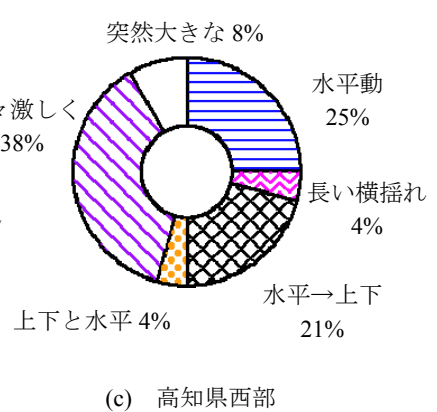
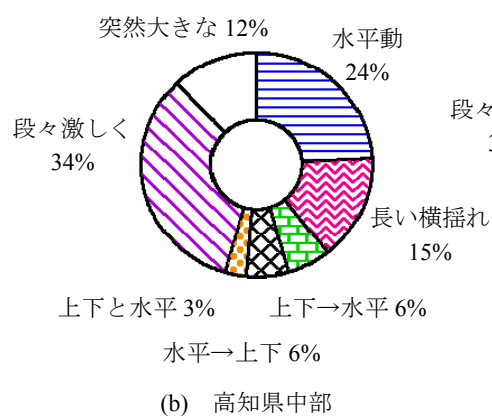
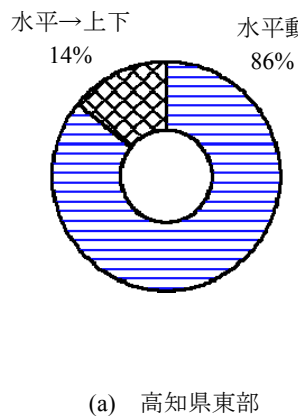


図3 高知県の体験談の割合

って収集した^{7~32)}。その結果、和歌山県32、徳島県132、高知県105の計269の体験談を収集した。これらを9種類の揺れ方のタイプに分類した。一人の証言内容が複数のタイプに属するような場合は、地震動の状況がそれら全ての要素を含んだものであったと判断した。あいまいな表現や判断が難しいものについては除外した。

(3) 地域別の体験談の特徴

各地域における揺れの違いを考察するにあたり、和歌山県は北部と南部、徳島県は北部と南部、高知県は東部、中部、西部に分割し、各地において得られた体験談をそれぞれ図1~3に整理する。

a) 和歌山県における地震動の体験談

和歌山県北部では「主に水平動だった」という体験談が多い。これに対し、和歌山県南部では「突然大きな揺れが来た」という体験談の割合が高い。「突然大きな揺れが来た」というあたかも直下型地震による揺れを感じたような体験談は、他の地域には認められないこの地域の典型的な証言である。この体験談から、和歌山県南部から比較的近いところにアスぺリティがあり、かつ、そのアスぺリティが最初にずれ、その揺れを感じたものと推察される。

b) 徳島県における地震動の体験談

徳島県北部では「主に水平動であった」、あるいは、「上下動から水平動に変化した」と感じた人が最も多かった。また、徳島県北部では「船に乗ったような揺れが長く続いた」という体験談が複数あり、

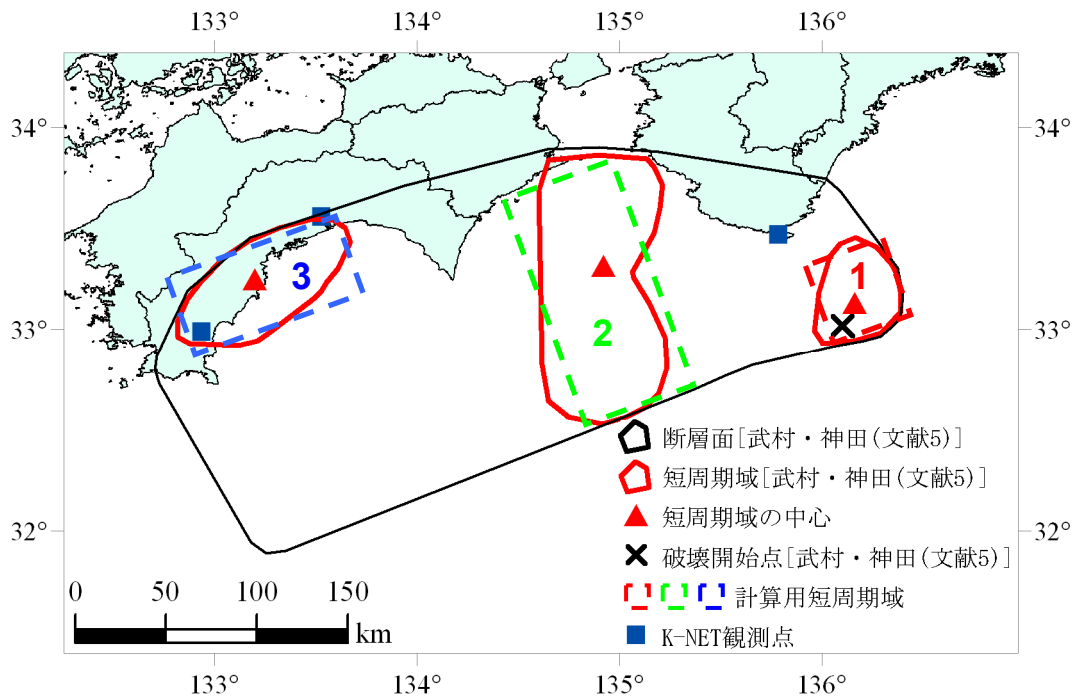


図4 震源モデルと波形作成対象地点

地震動の長周期成分が卓越していたことが伺われる。

徳島県南部では水平動を感じた人の割合が北部同様多い一方で、「主に上下動だった」のように上下動を感じた人の割合が北部よりも大きくなっている。全体的な傾向として、激しい揺れに襲われる前に、まずガタガタとした揺れを感じており、初期微動と主要動の到達にある程度の時間差があったことが伺われる。このことから、徳島県南部からある程度、離れた位置にあるアスペリティから発せられたP波やS波を初めに感じ、次いで、他のアスペリティによる揺れを次々と感じたものと推定される。さらに、徳島県南部では地震動が「水平動から上下動に変化した」という体験談も複数認められる。

c) 高知県における地震動の体験談

高知県では、どの地域でも主に水平動を感じている。高知県の最も際立った特徴として、中部と西部で「揺れが段々激しくなった」と証言する割合が高いことが挙げられる。また、四万十市中村の多くの住民は「揺れが小さいうちに屋外へ避難した」と証言しており、大きな揺れが来るまでの時間が長かったことが体験談から推察される。

3. 地震動のシミュレーションによる震源特性の検証

(1) 概要

前章では、昭和南海地震の揺れに関する体験談を、和歌山、徳島、高知の各地域で分析した結果、地域間で明確な揺れ方の違いが認められた。そこで、本章では、神田らや武村・神田による震源モデルを参考にして震源モデルを設定し、野津・菅野³³⁾の方法

を用いて地震動のシミュレーションを行い、作成された再現波形と体験談の特徴を特に時間的推移に着目しながら比較し、震源特性の設定の妥当性について考察する。

(2) 震源モデルの設定

神田ら⁴⁾や武村・神田^{5,6)}は昭和南海地震の資料による様々なインバージョン解析の結果を用いて、昭和南海地震の震源域及びアスペリティの位置を推定し、震度インバージョンにより昭和南海地震の短周期地震動の発生域を推定している。そこで、ここでの震源モデルは武村・神田⁶⁾の短周期域を用いる。図4に短周期域の位置を示す。昭和南海地震では潮岬沖(短周期域1)、紀伊水道付近(短周期域2)、四国沖(短周期域3)に設定されている。模擬地震動の作成において、背景領域の影響は限定的であり、アスペリティによる影響が支配的であるとする野津・菅野の考え方を採用する。各短周期域の地震モーメントは武村・神田において数値実験の際に用いている各アスペリティの値を用いた。背景領域を無視する場合、断層全体のモーメントマグニチュードは8.27となり、地震調査研究推進本部³⁴⁾の昭和南海地震の規模(8.2~8.5)の範囲内である。破壊開始点は神田らや武村・神田に従い、潮岬沖とした。

(3) 地表面レベルでの地震動シミュレーション結果

波形作成対象地点は、和歌山県南部、高知県中部、高知県西部の代表観測点として、K-NET³⁵⁾観測点であるK-NET 串本、K-NET 高知、K-NET 中村の計3地点を用いた。

野津・菅野の方法で地震基盤レベルでの加速度波形を作成し、SHAKE³⁶⁾を用いて、3つの波形作成対

象地点での地盤特性を考慮した地表面の波形を作成した。地盤データはK-NETで公開されているPS検層データを用いた。PS検層データより深い地盤構造は中央防災会議³⁷⁾の資料による地盤データを用いた。このとき、中央防災会議の地盤データは、K-NETの地盤データの範囲内で、概ね一致していることを確認している。

動的変形特性曲線(粘性土、砂質土、礫質土)は中央防災会議³⁷⁾のものを用いた。減衰定数の初期値は線形地盤で1%、その他の表層地盤で2.5%とした。

図5～7に作成された各地点の加速度波形をそれぞれ示す。横軸は断層の破壊が開始した時間を0秒としており、対象地点での波形伝播の遅れが表現されている。また、野津・菅野の方法では、水平動の加速度波形が作成されるため、これをS波と考え、一方、P波の到達時間は、 $V_p=6.5\text{km/sec}$ として概略評価し、短周期域1は赤、短周期域2は緑、短周期域3は青で、短周期域ごとに色分けし縦線で表示した。

a) 串本町

作成された波形を図5に示す。和歌山県串本町を想定して作成された波形からは、断層破壊開始からすぐにP波が到達し、間もなくS波が到達して、その後、最大振幅に至るまでの時間が他地点に比べ短いことがわかる。これは、最初に破壊した短周期域1から対象地点までの距離が近いため、「突然大きな揺れが来た」という和歌山県南部の体験談の傾向に整合する。

b) 高知市

作成された波形を図6に示す。短周期域1の破壊に伴うP波が到達してから約40秒後にS波が到達し、その後、徐々に地震動の振幅が大きくなりP波到達の約50秒後から短周期域2の影響で振幅が大きくなり、その後、短周期域3による影響も加わり、さらに振幅は大きくなる。高知県中部の体験談では「揺れが段々激しくなった」というのが典型的な証言であるが、その傾向と整合している。

c) 四万十市中村

作成された波形を図7に示す。中村では、P波の推定到達時間が破壊開始後約50秒で、その後、約50秒のP波や20秒程度の比較的弱いS波が続いたのち、急激にS波の振幅が大きくなる。高知県西部の体験談の特徴は、かなり長い時間ガタガタという比較的小さな揺れを感じた後、突然の強烈な揺れを感じていることであり、それを表現している。

3 地域の加速度波形を比較すると、串本町は短周期域1の影響が支配的であり、高知市や中村は短周期域3の影響が支配的である。また、高知市は徐々に揺れが大きくなったので、人々の避難の必要性を感じながら避難する猶予があったが、中村は小さい揺れが比較的長く続いた後、突然大きな揺れがきたため、避難が間に合わなかったことが人的被害を増大させることにつながった可能性があり、また、そのような証言も得られている。

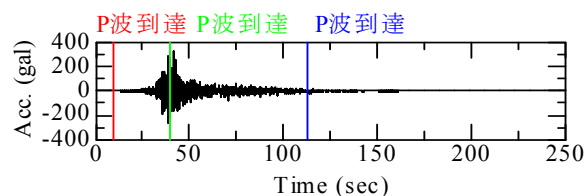


図5 K-NET 串本での地表面における加速度波形

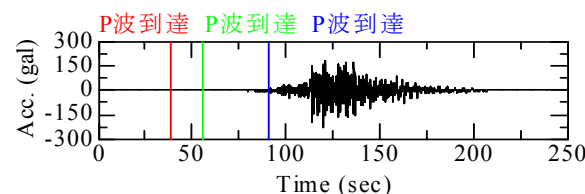


図6 K-NET 高知での地表面における加速度波形

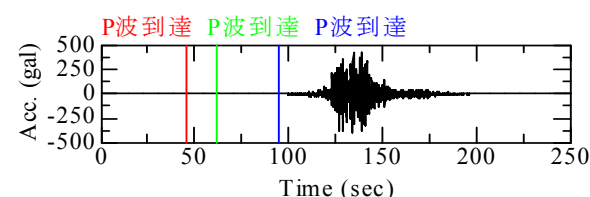


図7 K-NET 中村での地表面における加速度波形

4. 昭和以前の南海地震の体験談

(1) 安政南海地震

間城³⁸⁾に記述されている安政南海地震の際の高知県中西部の体験談には、最初は緩やかに揺れ出し、次第に強くなって、外に出た頃には歩くことが大変なほどの大きな揺れになったという記述がある。これについて、間城は震度3から4程度の小刻みな揺れが10秒から20秒程度続いた後、震度7の大きな揺れとなったと分析している。これは、昭和南海地震の際に高知県中西部で得られた特徴的な体験談と同様の体験談である。他の地域の揺れの類似性についても検討を加えていく。

また、大きな揺れの際、地面が大波のように揺れ動いたという証言が複数見られる。

(2) 宝永地震

間城³⁹⁾に記述されている、宝永地震の揺れに関する体験談には、高知県内において、外に出た人々は一人で立っている時はもちろんのこと、数人で手を組んでいても立っていることができず、簡単に6～7m転がった。そこで、多くの人々は地に手をつくか、何かにつかまっていたことが記述されている。このことから、昭和、安政と比べて大きな揺れだったことが推測される。

また、宇佐美⁴⁰⁾は史実から室戸の震度を7と判断しているが、昭和南海地震では比較的揺れが小さかった室戸付近にもアスペリティが存在することが伺われる。このように体験談や史実を積み重ねていくことで、震源特性の全容を少しずつ明らかにしてい

く。

5. 結論

昭和南海地震の揺れに関する体験談を、和歌山、徳島、高知の幅広いエリアから収集し、分析した結果、地域間で明確な地震動の違いが認められた。

神田ら、武村・神田の研究をもとに昭和南海地震の短周期域を3箇所設定し、統計的グリーン関数法を用いて、和歌山県南部、高知県中部、高知県西部の模擬地震動を作成した。その結果、既往の研究で提案されている短周期域を考慮することで、3地域の揺れに関する特徴的な体験談を概ね説明できた。また、安政や宝永の南海地震の体験談を加えて、アスペリティ位置の再現性や断層の破壊プロセスがどうであったかについて検討を加えている。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所 K-NET の強震記録ならびに地盤情報を使用させて頂きました。また、本研究では、野津・菅野の経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震波形計算プログラムを使用させて頂きました。関係各位に感謝の意を表します。本研究は、四国建設弘済会「平成20年度建設事業の調査研究に関する助成事業」の研究助成「南海地震の震源特性を明らかにするための体験談の調査・収集」(代表者：三神 厚)を受けて実施したものです。体験談の聞き取り調査にあたっては、美波町消防防災課の浜大吾郎氏他、多数の方々にご協力いただきました。記して感謝の意を表します。文献収集では、高知県立図書館の方々にご協力いただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 社団法人日本地震学会：なみふる Vol.33, 2002.
<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/publications/NAIFURU/vol33/v33p4.html>
- 2) Yamanaka, Y. and Kikuchi, M. : Asperity map along the subduction zones in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, B07307, doi:10.1029/2003 JB002683, 2004.
- 3) 齊藤剛彦, 三神厚：体験談に基づく1946年昭和南海地震の震源特性の検証, 地域安全学会論文集 No.15, 2011(採択決定済み).
- 4) 神田克久, 武村雅之, 宇佐美龍夫：震度インバージョン解析による南海トラフ巨大地震の短周期地震波発生域, 地震2, 第57巻, pp.153-170, 2004.
- 5) 武村雅之, 神田克久：東海・南海地震の短周期地震波発生中心とアスペリティ, 第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.218-221, 2006.
- 6) 武村雅之, 神田克久：震度データによる短周期地震波の震源推定, 歴史地震 第23号, pp.7-19, 2008.
- 7) 中央気象台：昭和21年12月21日南海大地震調査概報, 84pp, 1947.
- 8) 和歌山県：和歌山県災害史, pp.368-414, 1963.
- 9) 日置川町：日置川町誌 通史編 上巻, pp.83-85, 1996.
- 10) 由良町誌編集委員会：由良町誌 通史編 上巻, pp.252, 1995.
- 11) 印南町：印南町史 通史編 上巻, pp.269-274, 1990.
- 12) 串本町(串本高校歴史部)：1946年 南海地震の記録 体験者の証言から, 1977.
http://www.town.kushimoto.wakayama.jp/old_town/nankai/index.html
- 13) 田辺市：田辺市史 第三巻 通史編Ⅲ, pp.586-589, 2003.
- 14) 田辺市新庄公民館, 昭和の津浪復刻委員会：昭和の津浪復刻, pp.142, 1999.
- 15) 吉村守：昭和紀伊洪浪の記, pp.219, 1948.
- 16) 田辺市：田辺市誌 上巻, pp.236-242, 1982.
- 17) 徳島市：昭和南海地震体験談に見る徳島市の姿と知恵, pp.15-130, 2003.
- 18) 鵜津波を語り継ぐ会：地震津波体験の記録 恐怖の大津波, pp.1-61, 2003.
- 19) 牟岐町：牟岐町史, pp.938-956, 1976.
- 20) 牟岐町：南海道地震津波の記録 海が吠えた日, pp.2-127, 1996.
- 21) 海南町：南海地震津波の記録 宿命の浅川港, pp.1-69, 1986.
- 22) 穴喰町：南海大地震 五十年の記憶と教訓, pp.3-41, 1996.
- 23) 徳島地方気象台：あの惨況を忘れない・・・昭和南海地震聞き取り調査, pp.4-33, 2006.
- 24) 第五管区海上保安本部海洋情報部：昭和21年 南海大地震調査報告 地変および被害編3-1～3-3, 1948.
- 25) 三神厚：室戸付近における昭和南海地震の揺れに関する体験談の収集, 平成22年度土木学会四国支部第16回技術研究発表会講演概要集, I -42, pp.83-84, 2010.
- 26) 市原麒麟一郎, 土佐民話の会：南海大震災の記録 裂けた大地, pp.10-301, 1981.
- 27) 高知県：南海大震災誌, 880pp, 1949.
- 28) 高知市：高知市史中巻, pp. 548-551, 1971.
- 29) 高知市：稿本高知市史現代編(東京帝国大学地震研究所研究速報第5号「昭和21年12月21日南海大地震調査報告(其一)」), pp.370-380, 1985.
- 30) 産業経済新聞大阪本社：産経新聞, 日刊21555号, 2002.
- 31) 四万十市：広報四万十, 平成18年11, 12月号,
<http://www.city.shimanto.lg.jp/gyosei/kouhou-18.html>
- 32) 中村不二夫：南海地震は予知できる, 高知新聞社, 304pp, 2009.
- 33) 野津厚, 菅野高弘：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法—因果性と多重非線形効果に着目した改良—, 港湾空港技術研究所資料 No.1173, 2008.
- 34) 地震調査研究推進本部：南海トラフの地震の長期評価について, 51pp, 2001.
- 35) 防災科学技術研究所：強震ネットワークK-NET,
<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 36) Idriss, I. M and Sun, J. I. : Shake91 a computer program for conducting equivalent linear seismic response analysis of horizontally layered soil deposits modified based on the original SHAKE program published in December 1972 by Schnabel, Lysmer and Seed, 1992.
- 37) 中央防災会議：東南海, 南海地震等に関する専門調

- 査会, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/>
38) 間城龍男：南海地震，あさひ謄写堂，pp57-66，2011.
39) 間城龍男：宝永大地震—土佐最大の被害地震—，あ
さひ謄写堂，167pp，1995.
40) 宇佐美龍夫：最新版日本被害地震総覧[416]—2001，

東京大学出版会，605pp，2003.

VERIFICATION OF FAULT MODELS OF THE NANKAI EARTHQUAKE BASED ON ACTUAL ACCOUNTS

Takehiko SAITO and Atsushi MIKAMI

This study discusses the validity of fault models proposed for the Nankai Earthquake based on the actual accounts of people who experienced the earthquake. Testimonies that mention ground shaking during the earthquake were collected from Wakayama, Tokushima and Kochi. It was found that testimonies are consistent with the fault models proposed ever, describing different patterns of shaking in different regions. Simulation of ground motions is also conducted to further verify the fault model. Assuming the asperities and the fault rupture process, the simulated motions are capable of describing testimonies with reasonable accuracy for the 1946 Showa Nankai Earthquake. This study further verifies the Nankai Earthquake fault model by collecting a greater number of testimonies not only from the Showa Nankai Earthquake but also 1854 Ansei Nankai and 1707 Hoei Earthquake.