

# 神奈川県西部地震について

吉田明夫\*

On the Western Kanagawa Prefecture earthquake

by

Akio YOSHIDA\*

## Abstract

In this report we review the contents and the back setting of the Ishibashi's hypothesis on the Western Kanagawa Prefecture earthquake. Then, we introduce other ideas about the focal model of the earthquake. In the descriptions seismotectonics in the northeastern Izu Peninsula is briefly overviewed. This short report is not intended to be a comprehensive one. There have been many research works that could not be introduced. In discussion we point out some potentially significant tectonic structures on the surface as well as within the Philippine Sea plate which are supposed to play an important role in the converging tectonics around the Izu Peninsula and occurrence of disastrous earthquakes in the region.

## 1. はじめに

江戸時代に、神奈川県西部を中心に大きな被害を与えた地震がいくつか発生したことが知られている（宇佐見, 1987）。その中で、小田原付近に震源があったと推定されるマグニチュード  $M$  7クラスの地震である1633年寛永小田原地震、1782年天明小田原地震、1853年嘉永小田原地震と、相模トラフ沿いのプレート境界地震である1703年元禄地震、1923年関東地震とを合わせて、それらがほぼ70年間隔で起きていることに注目した石橋(1988a; 1988b)は、これらの地震が震源域を共有していたと推定し、それを説明する鍵となる、いわゆる西相模湾断裂仮説を提唱した。西相模湾断裂は相模トラフから沈み込む関東スラブと、伊豆半島を載せて本州弧に衝突している伊豆—小笠原弧を切断する意味を持つフィリピン海プレート内の想定断層である。その仮説は“小田原地震”70年周期（正確には73年周期）説にテクトニックな根拠を与えるものであり、また、次の地震が1998.4年 $\pm$ 3.1年に起きると予想されたことと相まって、伊豆半島周辺のテクトニクスに関心を持つ研究者のみならず防災関係者や広く社会一般の大きな関心と呼んだ。神奈川県の地震被害想定では、いまでも石橋説に基づいた断層モデルが用いられている（神奈川県地震被害想定調査委員会, 2009）。西相模湾断裂は、しかし、その後、多方面にわたる調査が行われたにもかかわらず、その存在は実証されていない（例えば、萩原, 1993）。現

在、次の“小田原地震”が起ると予想された時点から、すでに10年以上経過しており、この間に地下構造探査や活断層調査、稠密地震観測データを使った応力場解析など、新たな研究成果も報告されていることから、ここで“小田原地震”73年周期説とその背景をあらためて振り返ってみることは意味があると考えられる。なお、表題にある“神奈川県西部地震”という表現は、石橋説では“小田原地震”とほぼ同じものを表しているが、本報告では、必ずしも西相模湾断裂とは関係なく、神奈川県西部に震源を有する被害地震の意味で少し広く用いている。

次節では、石橋説の要点について述べ、次いで、“小田原地震”の震源モデルに関する別のいくつかの考え方を、伊豆半島北東部のサイスマテクトニクスと関連づけながら紹介する。本報告は、石橋説に代わる新たなモデルを提案するものではないが、神奈川県西部に発生する被害地震の震源モデルを明らかにするうえで、今後、どのような視点でどのような調査を進めるべきかについて、参考となるいくつかのヒントを提供したいと思う。

## 2. 西相模湾断裂仮説

石橋(1988a, 1988b)による神奈川県西部地震の震源モデルは、互いに関連する二つの仮説からなっているとみてよい。一つは、フィリピン海プレートとともに構成する伊豆—小笠原弧と関東スラブが、隣り合っている

\* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586

論文, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第43巻, 23-28, 2011

にもかかわらず、前者は本州弧に衝突し、後者は相模トラフから沈み込んでいるという、伊豆半島北東部の収束テクトニクスを、どのように理解するかということに関わる。石橋(1988a, 1988b)は、これに対して、伊豆の外弧(関東スラブ)と内弧(火山が乗っている伊豆半島)を分けるスラブ内断裂が存在するという仮説を提示することで解決を図った。そしてその仮想上の断裂を西相模湾断裂と名付けた。西相模湾断裂説の発端は、関東地震の際に初島や熱海など、伊豆半島北東端部が隆起した事実を説明しようとして提案された西相模湾断層である(石橋, 1980)。その意味ではもともと“小田原地震”の震源モデルの提案というより、むしろ、プレート境界地震(大正関東地震)の震源モデルの考察からでてきた仮説といえる(石橋, 1993)。後に、この西相模湾断層(断裂)に江戸時代の3つのM7クラスの震源を関係づけることによって、神奈川県西部における周期的地震発生モデルが提起されることになった。この断裂はスラブ内に想定されたものなので、地表でその位置を確定することはできないが、石橋(1988a, 1988b)は、相模湾西部を南北に走る海底急崖が、南部域で断裂が生じ始めるところを現しているとみなした。この西相模湾断裂を探す試みは、1980年代末から1990年代にかけて多面的に進められたが、その証拠を見つけることはできなかった(萩原, 1993)。スラブをほぼ鉛直に切ると想定されているので、見つけるのがそもそも難しいのは事実である。西相模湾断裂仮説は、石橋(1993)やIshibashi(2004)がいみじくも述べているように、確かな観察(観測)事実に基づいて提示されたものというより、一つ概念モデルということができる。

本節の初めに、石橋モデルは二つの仮説からなると指摘したが、一つは上述の伊豆周辺のテクトニクスに関わる西相模湾断裂の想定、そしてもう一つは、江戸時代の3つのM7クラスの地震及び1703年元禄地震、1923年関東地震の震源が、この断裂上でコア領域を共有していたという仮定である。後者の考えによって、江戸から大正にかけての神奈川県西部域あるいは相模湾の5つの地震(そのうちの二つは、本体はプレート境界地震である)が、何故、ほぼ73年周期で発生したか、一応説明される。相模湾周辺での、本州弧に対するフィリピン海プレートの相対運動速度は約3cm/yearであり、衝突してほとんど本州弧に付着しているとみなされる伊豆半島に対する関東スラブのずれ運動速度も、だいたい同程度と考えてよいとすると、そこで70年間固着していれば、ずれの蓄積が2mほどになって、これはM7クラスの地震のスリップ量にほぼ相当するからである。西相模

湾断裂説は、伊豆衝突テクトニクスと“小田原地震”の73年周期の発生を合わせて説明する、いわば一石二鳥の仮説と言える。

非常に巧妙な仮説のように見えるが、弱点もある。西相模湾断裂が観測的に実証されていないということは、いま置いておくとしても、やや無理があると考えられるのは、M7クラスの3つの地震とM8クラスの二つの地震を同列に議論していることである。上述のように、もともと西相模湾断層(断裂)は大正関東地震の際に伊豆半島北東端部が隆起した事実を説明しようとして考えられた仮説である(石橋, 1993)。ここに江戸時代の4つの被害地震の震源を持ってくるに際しては、大正関東地震と同じプレート境界地震である1703年元禄地震のときも西相模湾断裂が動いたか、また、江戸時代の3つのM7クラスの被害地震の震源が本当に西相模湾断層上にあったか、別途、吟味する必要がある。前者に関しては、その当否を判断する資料は乏しい。萩原(1993)は、元禄地震の際の静岡県伊東市宇佐見での津波が、記録に拠れば押しから始まったのに対して、相田(1993)のモデル計算によれば、西相模湾断裂の動きでは引きから始まることになるという結果を引用して、元禄地震時には西相模湾断裂は活動しなかったと推論している。これは西相模湾断裂の存在そのものを否定するものではないが、西相模湾断裂を震源とする地震発生73年周期説を否定することになる。なお、石橋(1993)は、元禄地震の津波に関する資料のあいまいさを指摘して、上の萩原(1993)の推論に反駁している。いずれにしても、元禄地震時に西相模湾断裂が動いたことを積極的に支持する資料はいまのところなく、73年周期説が元禄地震を組み込んだ上で成り立っているのは、一つの弱点と言えるであろう。

江戸時代の3つのM7クラスの地震の震源が本当に西相模湾断層の上にあったかどうかについても、疑念がないわけではない。被害の大きかった範囲は、それらの3つの地震で明らかに違いがあり、また、1633年寛永小田原地震は津波を伴ったが、1782年天明小田原地震と1853年嘉永小田原地震では津波が観測されなかった(都司(1986)は熱海市網代の古文書の解釈から、天明小田原地震の際に津波があったと推定したが、石橋(1993)は否定している)。石橋(1988a, 1988b)は江戸時代の3つの小田原地震の被害域に差違があるのは、それぞれの地震が西相模湾断層の異なった部分を震源域としていたためと考え、また、一定周期での地震発生を説明するため、“小田原地震”の震源域は小田原直下に核となる領域を共有していたとした。しかし、たとえ、特定の

核領域を共有していたとしても、震源域の広がりも規模も異なる地震が、なぜ、73年 $\pm$ 0.9年という相当に厳密な周期に従って発生するのか、疑問が残る。最近、植竹ほか(2010)は、1782年天明小田原地震と1853年嘉永小田原地震の被害調査記録を新しいデータも加えて再吟味し、震度の大きな区域が足柄平野の北部、山梨・神奈川県境付近にあったことを示した上で、震度インバージョン法によって震源域を推定した結果について報告している。それによれば、天明小田原地震の震源域は山梨・神奈川県境にあって足柄平野にはなく、また、嘉永小田原地震の震源の中心部も足柄平野北端部の山梨県境に近いところに推定されている。酒匂川下流域の小田原は軟弱な地盤のために、震源が直下になくとも比較的大きな被害が生じた可能性のあることも指摘されており(萩原, 1993)、江戸時代の3つの”小田原地震“の震源域が小田原直下のスラブ内の断裂にあるとする仮説を積極的に支持するデータや報告は、石橋の所論以外にはないように思う。

なお、小田原付近で被害地震がほぼ70年周期で発生していることは、ずっと以前に大森(1906)によって指摘されている。まだ起きていなかった関東地震を除けば、その他の4つの地震は石橋(1988a, 1988b)が取り上げたものと同じである。石橋説が新しいのは、その周期的発生をプレート相対運動と結びつけたところにあるが、大きさが異なり、震源域の広がりもそれぞれ異なる5つの地震を、同じ”特徴的な固着域“を共有していたとし、しかもそれが一定の周期で壊れた、そして将来もその周期的発生が続くと想定したのは、実証的というよりやや概念先行のモデルであったと言って良いだろう。小田原地震—西相模湾断裂説が提唱された当時、固着域や固有地震が先端的な考え方として流布していたことも、こうしたモデルの提唱の背景として作用したかもしれない。

プレート境界において、ほぼ一定の周期で繰り返し発生する相似地震の事例は数多く報告されている(例えば, Uchida et al., 2007; 岡田, 2009)。しかし、M7クラスの”固有“地震が数十年の決まった周期で発生する例は知られていない。破壊は複雑な現象であり、日食や月食のように大地震が規則正しく起きると想定すること自体、無理があるように思う。

江戸の小田原地震の震源モデルについては別の考え方も提出されている。次節ではそれらのいくつかを紹介する。

### 3. 伊豆半島北東端部のサイスマテクトニクスと神奈川

#### 県西部地震の震源モデル

前述したように、神奈川県西部地震についての石橋モデルは、二つの仮説を合わせたものになっている。一つは関東スラブの沈み込みと伊豆の衝突テクトニクスに関わる西相模湾断裂の想定であり、もう一つは、江戸時代から大正にかけて小田原に大きな被害を与えた5つの地震の震源がその断裂上にあった、あるいは断裂の一部を共有していたという仮説である。これらは、本来は独立に考察すべきものであるが、石橋説はそれを合わせて、しかも一挙に説明しようとしており、それが、他のモデルと画する石橋説の特徴となっている。以下では、まず、伊豆半島北東部周辺のテクトニクスという視点から、西相模湾断裂の意義を考察し、次いで、テクトニクスとの関わりに注目しながら、小田原地震の震源モデルに関する他の考え方を紹介する。

図1は深さ10-40kmの地震の震央分布に、西相模湾断裂(WSBF)と、国府津—松田断層(KMF)及び丹那断層(TF)、それに真鶴半島から丹沢に続くサイスマック・ゾーン西縁(WBSZ)を示したものである。相模トラフから関東スラブが沈み込んでいるのに対して、伊豆半島は本州弧に衝突しつつ駿河トラフでの沈み込みに伴って西方に曲げられつつあるという、この地域のテクトニックな場の状況からすると、伊豆半島北東部はその接合部として大きな変形を受けていることが想像される。地表での変形を主として担っているのは国府津—松田断層と丹那断層である。国府津—松田断層は陸上でみられるA級の活断層として地震調査委員会により活動評価をされているが、関東地震を起こしたプレート境界断層から派生したスプレー断層という考え方もある(例えば、佐藤ほか, 2011)。それに対して、松田(1985)は、関東地震とは別のタイプの、大磯丘陵を隆起させるような地殻変動がこの断層の運動によって生じると推定している。一方、Koyama and Umino(1991)や木村(2006)、吉田ほか(2011)は、丹那断層とその北側に続く平山断層、それに国府津—松田断層とその北西の神縄断層で囲まれた真鶴ブロック(真鶴マイクロプレート)が、相模トラフから沈み込む関東スラブに追従して、北方に沈み込もうとする動き(浮揚性沈み込み)を持つという考えを提出している。

図1の4つの線のうち他の2本の線はフィリピン海プレート内に想定される構造線である。点線は西相模湾断裂(WSBF)を示し、破線は真鶴半島付近もしくはその南の伊豆半島東方沖の群発地震活動域(EISR)から丹沢に続くサイスマックゾーンの西縁(WBSZ)に相当する。図1にプロットされている地震は深さが10-40kmである

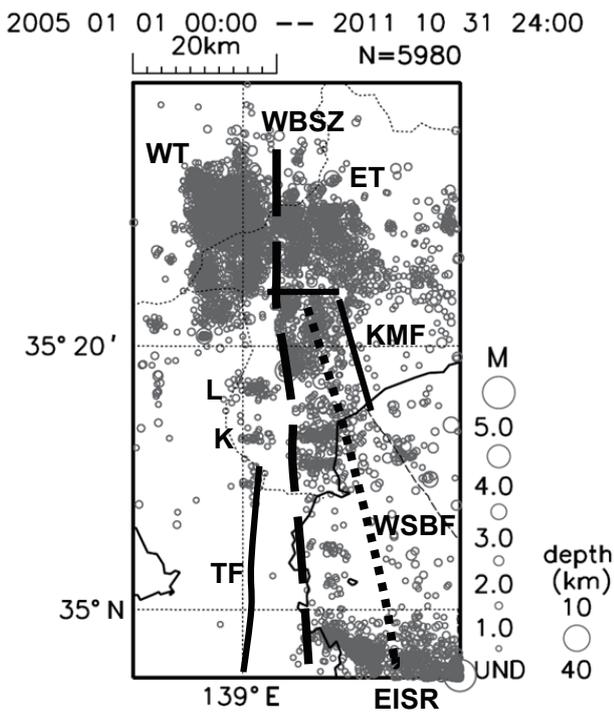


図1 神奈川県・静岡県・山梨県境付近の地震の震央分布。データは気象庁一元化震源による。深さ10km-40km、期間は2005年1月1日-2011年10月31日。WBSZ、WSBF、EISR、TF、KMF、ET、WT、K、Lは、それぞれ地震帯西縁、西相模湾断裂、伊豆半島東方沖群発地震域、丹那断層、国府津-松田断層、東丹沢、西丹沢、箱根駒ヶ岳、低周波地震発生域を示す。

Fig. 1. Distribution of earthquakes in the Kanagawa-Shizuoka-Yamanashi boundary region. Hypocentral data are taken from the Catalogue of the Japan Meteorological Agency. Range of the depth is 10km-40km, and the period is from January 1, 2005 through October 31, 2011. WBSZ, WSBF, EISR, TF, KMF, ET, WT, K, L indicate Western Boundary of Seismic Zone, West Sagami Bay Fracture, Off Eastern Izu Swarm Region, Tanana Fault, Kozu-Matsuda Fault, Eastern Tanzawa, Western Tanzawa, Hakone-Komagatake, and occurrence area of low frequency earthquakes, respectively.

ので、箱根など一部地域を除いて、また最北部でプレート間地震が混じる可能性がある以外は、フィリピン海プレート内の地震と考えて良い。この地震分布から素直にみれば、WBSZが関東スラブと伊豆地塊を分ける境界と考えるのが自然であろう。吉田(1990;1993)及び野口・吉田(1991)は、そうした考えに基づいて、WBSZが沈

み込みと衝突を分ける境界とみなした。神奈川県・山梨県境の丹沢山塊下は顕著な地震活動域であるが、WBSZの北方延長を境に東丹沢活動域(ET)と西丹沢活動域(WT)に分けられ、両域の震源分布にギャップが認められるほか、それぞれの活動域の地震のメカニズムにも違いがみられる(Yukutake et al., 2011)ことも、WBSZが何らかの意味でスラブ内の構造境界であることを示唆している。石橋(1988a, 1988b)の提唱したWSBFは、サイスマックゾーンの中を通過しており、地震分布にそれと対応した構造は見えない。なぜ、この場所に想定したかは、先にも述べたように、伊豆半島東沖を南北に走る海底急崖と西相模湾断裂の関連性を考慮したためである。WSBFとWBSZの間にみられる地震帯について、石橋(1993)は、それはWSBF上盤の歪み蓄積領域に相当し、WBSZの西側に地震が分布しないのは、そこが地温の高い火山性非地震域であるからではないかと推定している。

国府津-松田断層や丹那断層は、その活動履歴からみて、江戸時代の小田原地震を起こした震源断層とは考えられず、地表には、小田原地震の震源断層と推定される活断層は存在しない。石橋説はWSBF上に小田原地震の震源があったというものであるが、同様な考えに基づけば、WBSZも一つの候補かもしれない。しかし、植竹ほか(2010)の結果などから、その可能性は低いように思われる。もっと可能性のある候補は、足柄平野下のプレート上面境界地震である(例えば、笠原, 1985)。坂田(1987)は、「熱海-沼津構造線」(多田, 1977; Tada and Sakata, 1977)から北側に沈み込んでいるプレート境界相当の面が存在して、小田原地震の震源はその面上にあると考えた。一方、相模トラフから沈み込む関東スラブは伊豆半島の下を通過して駿河トラフから沈み込む東海スラブまでスムーズにつながっているという見方も、最近提出されている(佐藤ほか, 2011)。Seno(2005)の、伊豆半島上部地殻は沈み込むスラブから剥がれて分離しているという説も、同じ範疇に属すと言っていいだろう。彼らは小田原地震の震源については述べていないが、スラブ上面境界で地震が起きる可能性を示唆する考えと言える。一方、Ishida and Kikuchi(1992)は、1990年8月5日に箱根湯本直下で発生したM5.1の地震の解析結果をもとに、“小田原地震”はその近辺のフィリピン海スラブ内の地震ではないかと推定した。萩原(1993)は、このM5クラスの地震によって小田原付近で震度5が観測されたことから、近辺のやや大きな地震が、軟弱な地盤の小田原付近に歴史的な地震被害を与えてきた可能性もあると推量している。2007年10月1日に、箱根湯本直下で発生したM4.9の地震によっても、小田原市内で震

度5弱が観測されている(棚田, 2008)。“神奈川県西部地震”の候補としては、更にもう一つ、浮揚性沈み込みをしている真鶴ブロックの北側で発生する地殻内の逆断層地震という可能性(小田原, 2011; 私信)も指摘しておきたい。

#### 4. 終わりに

次の小田原地震が起きると予想された1998年からすでに13年が経過した。石橋(1988a, 1988b)の西相模湾断裂仮説は、伊豆半島北東部の収束テクトニクスと“周期的な小田原地震の発生”を合わせて説明する、当時としては、なるほどと思わせるアイデアであった。しかし、その後の研究の進展と、それから、2011年東北地方太平洋沖地震から学んだこと：プレート境界での特徴的地震と考えられたものは、実はもっと長い時間スケールでみたときには決して特徴的地震ではないという痛念は、次の小田原地震もまた、これまでの歴史的被害地震と同様に特定のコア領域を共有して $73\pm 0.9$ 年後に発生するという、あまりに規則的な地震発生説に疑問を投げかける。伊豆半島北東部は宮城県沖に比べて格段に複雑な地殻構造とテクトニクスのものであることを鑑みるなら、そうした疑念はなおさらであろう。

この報告では、小田原地震についての石橋説の内容とその背景を振り返るとともに、伊豆半島北東部のサイスマテクトニクスと関連させながら、これまでに提案された、石橋説以外の、小田原地震の震源モデルのいくつかを紹介した。決して網羅的なレビューではなく、取り上げなかった研究も少なくない。いずれにしても、神奈川県西部地震の震源像を明らかにするには、伊豆半島北東部におけるプレート収束についての深い理解が不可欠である。この短報では、それを考える手がかりになると思われる活断層やスラブ内の想定構造線の意義についても若干述べた。稠密なGPS観測によって当該域のプレート間カップリングや活断層深部の動きを探るとともに、小田原から丹沢に延びるサイスマック・ゾーンの地震活動の特性を明らかにすることによって、温泉地学研究所が、近い将来に、神奈川県西部地震の震源像の解明につながる画期的な研究成果をあげることを願ってやまない。

#### 謝辞

瀬野徹三氏及び野口伸一氏からいただいたコメントは原稿の改善にたいへん有益でした。記して感謝します。

#### 参考文献

- 相田 勇 (1993) 相模湾北西部に起こった歴史津波とその波源数値モデル, 地学雑誌, 102, 427-436.
- 萩原幸男 (1993) 「神奈川県西部地震」研究の現状と展望, 地学雑誌, 102, 337-340.
- 石橋克彦 (1980) 伊豆半島をめぐる現在のテクトニクス, 月刊地球, 2, 110-119.
- 石橋克彦 (1988a) “神奈川県西部地震”と地震予知 I, 科学, 58, 537-547.
- 石橋克彦 (1988b) “神奈川県西部地震”と地震予知 II, 科学, 58, 771-780.
- 石橋克彦 (1993) 小田原付近に発生した歴史地震とその地学的意義, 地学雑誌, 102, 341-353.
- Ishibashi, K. (2004) Seismotectonic modeling of the repeating M 7-class disastrous Odawara earthquake in the Izu collision zone, central Japan, Earth, Planets Space, 56, 843-858.
- Ishida, M. and M. Kikuchi (1992) A possible foreshock of a future large earthquake near Odawara, central Japan, Geophys. Res. Lett., 19, 1695-1698.
- 笠原敬司 (1985) 関東南部における大地震再来周期について, 月刊地球, 7, 440-445.
- 神奈川県地震被害想定調査委員会 (2009) 神奈川県地震被害想定調査.
- 木村治夫 (2006) 伊豆半島北東部における活断層システムと真鶴マイクロプレートの運動, 月刊地球, 号外, 54, 142-148.
- Koyama, M. and S. Umino (1991) Why does the Higashi-Izu monogenetic volcano group exist in the Izu Peninsula?: Relationship between late Quaternary volcanism and tectonics in the northern tip of the Izu-bonin arc. J. Phys. Earth, 39, 391-420.
- 松田時彦 (1985) 大磯型地震について, 月刊地球, 7, 472-477.
- 野口伸一・吉田明夫 (1991) 山梨県東部の最近の地震活動とその地学的意味, 地震, 44, 247-258.
- 岡田正実 (2009) 繰り返し地震および余震の確率予測, 「地震」第2輯地震60周年記念特集号, s143-s153.
- 大森房吉 (1906) 大地震の平均年数に就きて, 震災予防調査会報告, 57, 27-32.
- 坂田正治 (1987) 小田原地震について, 防災科学技術, 61, 15-17.
- 佐藤比呂志・岩崎貴哉・飯高 隆・蔵下英司 (2011) 制御震源地震探査による地殻構造の解明, 神縄・国府津—松田断層帯における重点的な調査観測, 平成

22 年度成果報告書, 文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所, 5-69.

Seno, T. (2005) Izu detachment hypothesis: A proposal of a unique cause for the Miyake-Kozu event and the Tokai slow event, *Earth Planets Space*, 57, 925-934.

多田 堯 (1977) 熱海 — 沼津構造線の提唱, *地震* 2, 30, 374-377.

Tada, T. and S. Sakata (1977) On a fault model of the 1923 great Kanto earthquake and its geotectonic implication, *Bull. Geogr. Surv. Inst.*, 22, 103-120.

棚田俊収 (2008) 2007 (平成 19) 年 10 月 1 日神奈川県西部で発生したマグニチュード 4.9 の地震に関するアンケート調査, *温泉地学研究所報告*, 40, 75-78.

都司嘉宣 (1986) 天明小田原地震 (1782- VIII -23) の津波について, *地震* 2, 39, 277-287.

Uchida, N., T. Matsuzawa, W. L. Ellsworth, K. Imanishi, T. Okada, and A. Hasegawa (2007) Source parameters of a M4.8 and its accompanying repeating earthquakes off Kamaishi, NE Japan - implications for the hierarchical structure of asperities and earthquake cycle, *Geophys. Res. Lett.*, 34, doi:10.1029/2007GL031263.

植竹富一・野口厚子・中村 操 (2010) 天明相模の地震及び嘉永小田原地震の被害分布と震源位置, *歴史地震*, 25, 39-62.

宇佐見龍夫 (1987) 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 434p.

吉田明夫 (1990) 神奈川県西部の地震活動とその地学的な意味, *地震* 2, 43, 205-212.

吉田明夫 (1993) 神奈川県西部及びその周辺の地震活動とテクトニクス, *地学雑誌*, 102, 407-417.

吉田明夫・原田昌武・小田原 啓 (2011) 箱根火山の東傾斜と丹那断層, *地学雑誌*, 120, 646-653.

Yukutake, Y., T. Takeda, R. Honda, and A. Yoshida (2011) Seismotectonics in the Tanzawa Mountains area in the Izu-Honshu collision zone of central Japan, as revealed by precisely determined hypocenters and focal mechanisms, *Earth Planets Space*, in press.