

小田原地震は起こるのか？

石橋克彦

1. はじめに

本誌編集委員長の萩原幸男先生から「小田原地震のその後(仮題)」という原稿のご依頼を頂いたのは1年も前のことだが、長いこと小田原地震の実質的な研究から遠ざかっているのに、締切を大幅に過ぎても、正直なところ書きあぐねている。特別目新しい議論があるわけではなく、昔書いたことと重複する点が多いが、いくつかのポイントを述べてみる。

相模湾北西岸の城下町小田原は、江戸時代初期以来5回の震災を受けた。そのうちの2回は、1703年と1923年のプレート間巨大地震によるが、あとの3回(1633年, 1782年, 1853年)は当時から「小田原地震」と呼ばれたローカルな大地震による。しかし、筆者が最初にこの地域に注目したとき(石橋, 1976)には、地下の大地震発生の規則性はまだ不明瞭だった。その後、歴史地震研究全般の進展もあり、筆者もいろいろ調べて、小田原付近の地下でM7相当の震源断層運動が平均約73年ごとに繰り返したこと、それは筆者が「西相模湾断裂」と命名したフィリピン海プレート内部の断裂の破壊と考えられること、近い将来また小田原地震(神奈川県西部地震)が発生するだろうこと、という主張に至った(石橋, 1988a, b, 1994)。なお、小田原地震の繰り返しについては、笠原(1985)と坂田(1987)も、違うテクトニックモデルによって議論した。

しかし最近では、小田原地震は問題にされていないように見える。政府の地震調査研究推進本部と中央防災会議が精力的に大地震・活断層の長期評価や強震動予測や地震対策に取り組み、いくつかの具体的な大地震が検討対象になっているが、小

田原地震は話題にならない。また、「地震予知のための新たな観測研究計画」が今年度で最初の5カ年計画を終え、次の5カ年計画が始まろうとしているが、そこでも同様である。

小田原地震が無視されている理由としては、M7級地震とM8級プレート間地震を一緒にしているという批判、時間間隔が揃いすぎていることへの疑問、M7級の3地震の地震像も少しずつ違って固有地震とは思えないこと、構造探査によって西相模湾断裂が確認できなかったこと、などが考えられる。しかし、筆者の説の核心は、相模湾・伊豆地域周辺のフィリピン海プレートの収束テクトニクスに関する作業仮説であるのに、それについても積極的な調査・研究・議論がほとんどおこなわれていない。

2. フィリピン海プレートの境界と形状

小田原地震を繰り返し発生させる場所として高角のフィリピン海プレート内断層を考えただけだが、それは小田原地震とは独立に、この地域のフィリピン海プレートの三次元的境界の考察から必然的に出てきたものである。(ただし、当初の石橋(1976, 1985)やIshibashi(1985)では、新生沈み込み境界的な左横ずれ低角逆断層の「西相模湾断層」を考えていた。その考えを、1986年伊豆大島噴火、1985年から始まったDELPH南部フォッサマグナ衝突現象の共同研究、故中村一明先生との議論などを通じて、大きく改めた)

本地域のテクトニクスの根本的な特徴は、いうまでもなく、収束するフィリピン海プレートが伊豆弧という島弧であって、東方からの太平洋プレートの沈み込みに伴う火山フロントによって、東側の非火山性伊豆外弧(IOA)リソスフェアと

西側の火山性伊豆内弧 (IIA) リソスフェアに分けられていることである。そして、少なくとも 5Ma より前から、IOA リソスフェアは関東地方の下へ沈み込みを続け、浮揚的な IIA リソスフェアは伊豆半島の北方地域で浮揚性沈み込み・衝突・付加を繰り返してきた。

石橋 (1988 a, b, 1999) は、このような特徴を念頭に置きつつ、フィリピン海プレートの沈み込み口と沈み込んだプレート上面の深さを推定した (図 1, 2)。要点は、IOA リソスフェアの沈み込み口は相模トラフ中軸～足柄平野ではなく相模海盆の南縁付近であり、したがってプレート上面の深さは足柄平野直下ではすでに 10 km 以上あること、IIA リソスフェアの沈み込み口 (静的、形態的な意味) は箱根火山北縁の衝突境界であること、したがって両者の沈み込み口は連続することができず、必然的に、ほぼ南北走向のプレート内断裂が出来るはずであることである。それは、貝塚 (1984) が指摘した鋏状断層の現在の姿だと考えられる。

海陸の構造探査によって西相模湾断裂が確認されなかった (加藤・他, 1993, 吉井, 1993) といわれるが、吉井 (1993) が議論しているように、深さや規模からみて、直接の検出は困難である。むしろ、図 1B あたりの海陸の大測線によって IOA リソスフェアの上面の位置・深さを確かめることが重要であろう。

真鶴海丘南縁に推定された断層 (大河内, 1990) が重視されて、それが西相模湾断裂を否定するもののようにいわれたことがある (例えば、萩原, 1993)。しかし、石橋 (1999) が詳しく論じているように、真鶴海丘南縁断層の存在自体、根拠不十分であるし、もし存在するならば、それは IOA リソスフェアの沈み込み口に関する石橋 (1988 a, b) の考えを支持するもので、結果的に西相模湾断裂を肯定することになる。

沈み込む IOA を IIA (衝突中) から切り離す西相模湾断裂の平均変位速度は、最大の部分で、フィリピン海プレートの収束速度とほぼ等しい 3 cm/yr 程度と考えられ、約 70 年ごとに M7 級地震が発生することと矛盾しない。図 3 に、西相模

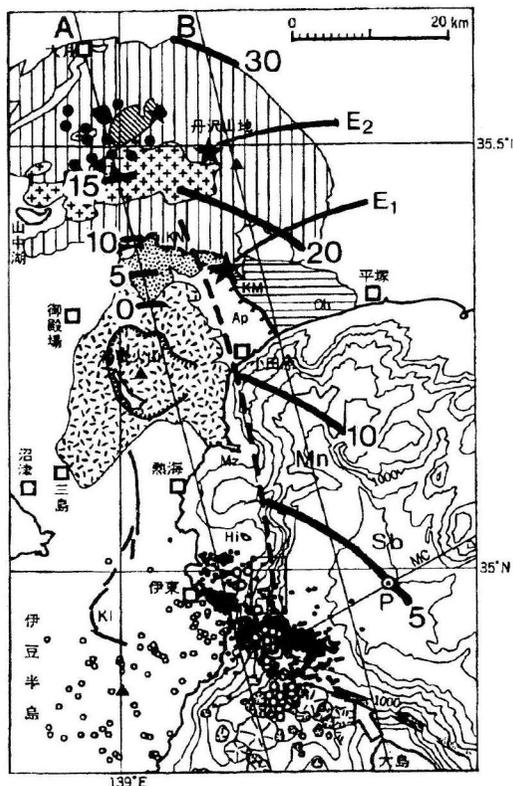


図 1 小田原周辺のフィリピン海プレート上面の深さ (太線, 数字は km) の推定 (石橋, 1999)。Ap: 足柄平野, Hi: 初島, KI: 北伊豆断層系, KM: 国府津・松田断層, KN: 神縄断層, Mn: 真鶴海丘, Mz: 真鶴岬, Oh: 大磯丘陵, Sb: 相模海盆。

湾断裂周辺の概念図 (石橋, 1994 所収) を示す。石橋 (1988 b) に掲載した図には北端最深部に描画ミスがあった。

3. 1923 年関東地震の断層モデル

1923 年大正関東地震の際に相模湾西岸の初島・真鶴岬などが著しく隆起したから、西相模湾断層ないしは西相模湾断裂が活動したと推定される (石橋, 1976, 1988 a, b, Ishibashi, 1985)。

最近、強震動や余震活動などに関して関東地震の再評価が進んでいるが、震源断層モデルとしては基本的に Wald and Somerville (1995) のものが採用されているようである。しかし、このモデルは、相模湾西岸の地殻変動を十分考慮しておら

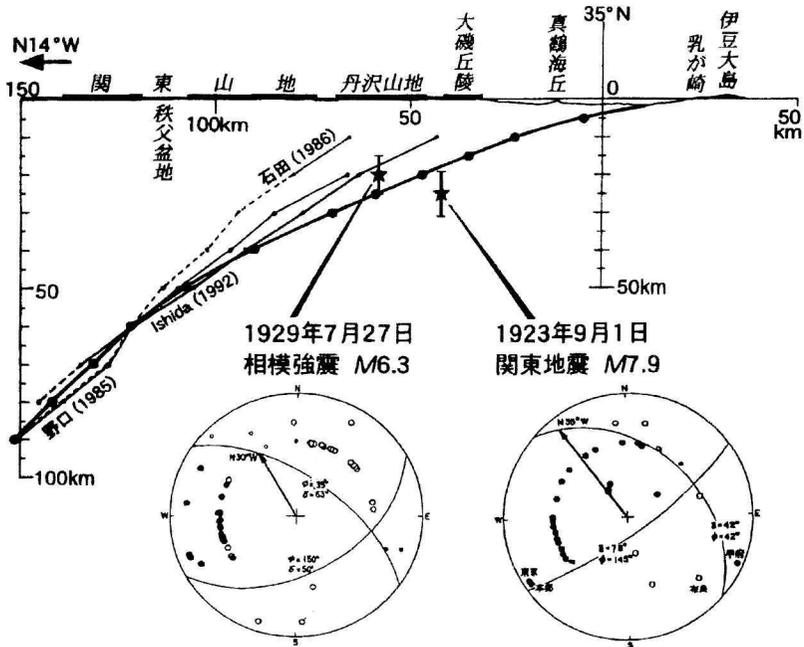


図2 図1の測線Bに沿うフィリピン海プレート上面の深さの推定(石橋, 1999).

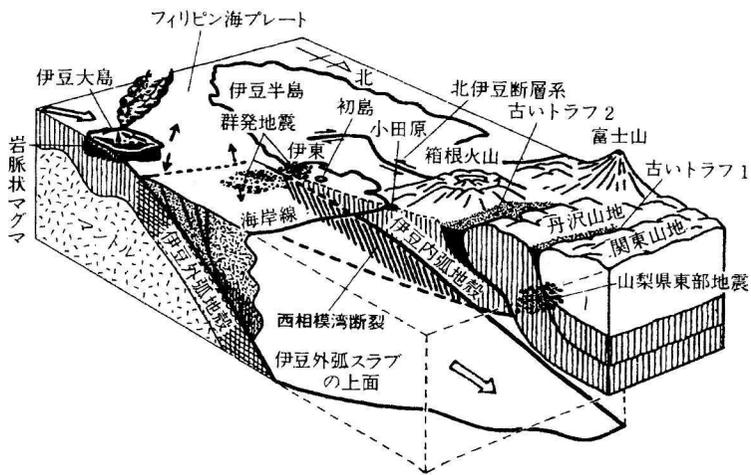


図3 西相模湾断裂周辺の概念図。伊豆外弧スラブの上の陸側プレートの物質を取り除いて見たところ。伊豆大島北方の点線は伊豆外弧プレートの沈み込み口。その付近の2組の黒矢印は、プレートの曲がりによる浅部の引っ張り応力。白い矢印は、フィリピン海プレートおよび伊豆外弧スラブの運動方向。(石橋, 1994より転載)

ず、伊豆半島周辺のテクトニクスと矛盾している。

1923年の地震時地殻変動に関しても、地震後の地殻変動(長期間および最近のGPS観測によるもの)に関しても、震源断層面のジオメトリー

(位置・深さや形状)を変えてみたインバージョンを是非おこなう必要がある。

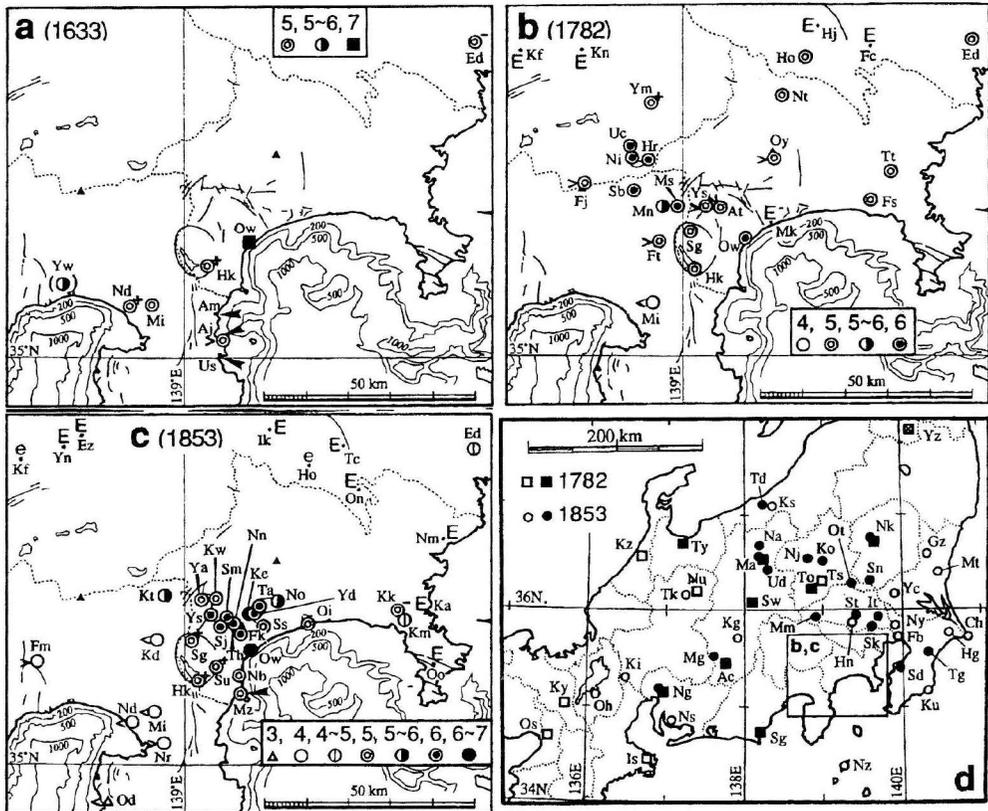


図4 3回の小田原地震の震度と津波（黒い矢頭）の分布。aは1633年寛永地震の全データ。dは1782年天明地震と1853年嘉永地震の有感範囲（白印は“地震”とだけ記されている地点，黒印は“大強，余程”などの修飾語が付されている地点，1782年のYzの×印は，無感と明記されていることを示す）。（石橋，1993より転載，地名略号はそれを参照）

4. 歴史地震

小田原付近の歴史地震に関しては，石橋（1993）のまとめが現在でも妥当と思われる。3回のM7級小田原地震の震度・津波の分布を図4に示す。

1633年の寛永小田原地震について，松浦・他（2002）が，国府津・松田断層と相模湾へのその延長部が長さ30 km程度，伊豆側を下盤とする低角逆断層運動を起こしたと考えるのが最も自然，と述べている。史料の再検討による細かい震度分布によって推定したというが，図4に示すデータからは，そのような結論は導けない。

1782年の地震は津波の有無をめぐる解釈が二転三転したが，石橋（1997）が史料を詳細に検討して津波は無かったと論証した。

宇佐美（2003）は，1633年地震を $M7.0 \pm 1/4$ ，1782年地震をM約7.0，1853年地震を $M6.7 \pm 0.1$ としている。しかし，1853年について石橋（1993）は，図4dの黒印（震度4に近い）の広がりから1782年とあまり変わらないことから，M6.7は過小評価でM7弱程度だろうと考えた。つまり，3回の小田原地震の規模はそれほど変わらないと思われる。

三つの小田原地震の震度分布から，左横ずれ高角逆断層の西相模湾断層上の震源域が導かれるわけではないが，そこでの繰り返しすべりと考えれば，図5に示すように震源域が推定される。津波を伴った1633年，1853年，1923年については，相田（1993）がそれぞれ複数の断層モデルについて津波の数値実験をおこなった。その結果，三つとも，西相模湾断層の活動に調和的な図6のモデル

ルが最適とされた。

1703年元禄地震の際にも西相模湾断裂が活動したという推定には、直接の証拠がまだない(石橋, 1993)。相田(1993)の津波シミュレーションでは、このときは同断裂が活動しないモデルのほうがよいとされ、萩原(1993)は断裂否定の根拠に挙げている。しかし、石橋(1993)が論じているように1923年のモデルとの間に矛盾があり、なお検討が必要であって、断裂が否定されたとはいえない。

図5に示すように、西相模湾断裂上で震源域を推定すると、結果的にいつも破壊するようにみえる領域が存在するので、石橋(1988a)は、そこが中核的なアスペリティで、約70年ごとの繰り返しを決めていると考えた。しかし、アスペリティ全般の性質に関して詳しいことがわかってきた現在では、この考えは粗っぽくて、時間的規則性と震源域の空間的ばらつきを统一的に説明するためには、更なる検討が必要である。

5. おわりに

宇津(1994)は、小田原付近の地震がまったくランダムではなくて、ある程度間欠的に起こってあれば、たまたま取った4個の時間間隔のサンプル

ルが今見ているようによく揃うことがありうることを、時間間隔の分布としてワイブル分布を用いて示した。その場合、次の地震も必ず前と同様の間隔で起こるとは考えないほうがよく、10~20年くらい前後にずれてもおかしくない述べている。

5回の地震の平均間隔は約73年だが、1923年

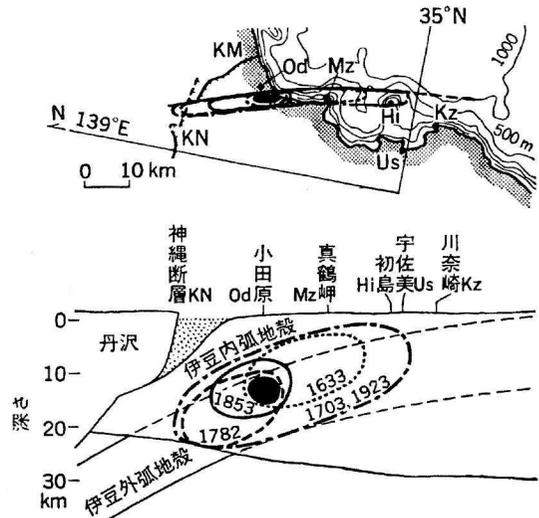


図5 小田原付近の過去5回の大規模な震源断層運動が西相模湾断裂上で起こったとしたときの震源域の推定。(石橋, 1988aより転載)

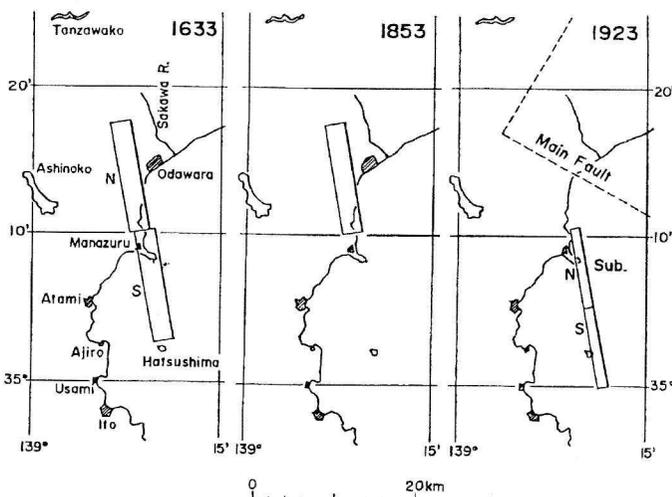


図6 相模湾北西部に起こった三つの地震津波に対する最適断層モデルの地表投影。(相田, 1993の図7を転載)

からすでに 80 年経っている。しかし石橋 (1988 b) は、1923 年の西相模湾断裂の破壊が特別大規模だったかもしれないこと、1703 年のあとは 79 年後であったこと、上盤近傍で 1930 年北伊豆地震が起こっていることから、次の神奈川県西部地震はある程度遅れるかもしれないと指摘した。

これらのことを勘案し、さらにこの地域の地殻活動の状況 (石橋, 1988 b, 1994) を考えれば、小田原付近の大地震が過去 5 回の偶然の規則性だけで途絶えてしまうとは考えないほうがよいだろう。今後 10 年程度のうちには、M7 級の神奈川県西部地震が発生する可能性は十分あると思われる。

ある地域の大地震の発生様式を理解し、将来予測に結びつけるためには、統計的な吟味によって規則性が偶然か必然かを検討するのさることながら、大地震を発生させる物理的メカニズムとしての当該地域の変動の実態に切り込むことが非常に重要だと考えられる。最近、この付近のプレート収束モデルとして「伊豆マイクロプレート」説 (例えば, Sagiya, 1999) が提案されているが、例えばこのモデルで相模湾の変動がどう説明されるのか、小田原地震も説明できるのか、西相模湾断裂説への対案になるのかは、重要で興味深い問題のほずである。

小田原付近が変動速度の大きな地域であることはたぶん間違いなく、一般論として大地震発生を懸念している研究者は少なくないようだから、起こる前に具体的な地震像と発生メカニズムを知ろうとする努力がもっとなされてよいと思われる。

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.
Ishibashi, K., 1985, Possibility of a large earthquake near Odawara, central Japan, preceding the Tokai

earthquake, Earthq. Predict. Res., 3, 319-344.
石橋克彦, 1976, 「伊豆東方線-西相模湾断層」と伊豆異常隆起の解釈-フィリピン海プレート最北境界の二重構造, 地震学会講演予稿集, No. 2, 29.
石橋克彦, 1985, 小田原付近の大地震発生の可能性, 月刊地球, 7, 420-426.
石橋克彦, 1988a, b, “神奈川県西部地震”と地震予知 I, II, 科学, 58, 537-547, 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.
石橋克彦, 1994, 大地動乱の時代, 岩波書店, 234 pp.
石橋克彦, 1997, 1782 年天明小田原地震の津波に対する疑問-史料の再検討一, 地震 ii, 50, 291-302.
石橋克彦, 1999, 相模湾西部周辺のフィリピン海プレートの境界 (短報), 第四紀研究, 38, 427-434.
貝塚爽平, 1984, 南部フォッサマグナに関連する地形とその成立過程, 第四紀研究, 23, 55-70.
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.
加藤 茂・岩淵 洋・浅田 昭・加藤幸弘・菊池真一・穀田昇一・楠 勝治・渡辺一樹, 1993, 相模湾の地殻構造と変動地形, 地学雑誌, 102, 399-406.
松浦律子・中村 操・唐鎌郁夫・茅野一郎, 2002, 歴史地震の震源位置および規模の系統的再検討-第 4 報一 (1633 年寛永小田原地震など 10 地震), 日本地震学会講演予稿集 2002 年度秋季大会, C66.
大河内直彦, 1990, 相模湾の活構造とテクトニクス, 地学雑誌, 99, 458-470.
Sagiya, T., 1999, Interplate coupling in the Tokai district, central Japan, deduced from continuous GPS data, Geophys. Res. Lett., 26, 2315-2318.
坂田正治, 1987, 小田原地震について, 防災科学技術, No. 61, 15-17.
宇佐美龍夫, 2003, 最新版日本被害地震総覧 [416]-2001, 東京大学出版会, 605 pp.
宇津徳治, 1994, 時間間隔が揃った数個の地震, 地震 ii, 47, 93-95.
Wald, D.J. and P.G. Somerville, 1995, Variable-slip rupture model of the great 1923 Kanto, Japan, earthquake: Geodetic and body-waveform analysis, Bull. Seismol. Soc. Amer., 85, 159-177.
吉井敏尅, 1993, 神奈川県西部における人工地震による地殻構造調査, 地学雑誌, 102, 393-398.