駿河湾地域の地震時地殻上下変動¹⁾

石 橋 克 彦²⁾

Coseismic Vertical Crustal Movements in the Suruga Bay Region¹⁾

Katsuhiko ISHIBASHI²⁾

The coseismic vertical crustal movements in the Suruga Bay region, the Philippine Sea coast of central Japan, during three historical large earthquakes are briefly reviewed with special reference to the late Quaternary seismic crustal movement in the region. According to abundant historical documents, at the time of the 1854 Ansei-Tokai earthquake of magnitude around 8.4, many places on the west coast of Suruga Bay were remarkably uplifted, whereas the east coast was scarcely displaced or slightly subsided. The general pattern of that crustal deformation strongly suggests that the earthquake was basically due to a large-scale thrust faulting along a plane dipping westerly from the Suruga trough running north-south in the middle of the bay so far as the eastern part of its rupture zone is concerned. The pattern of the 1854 coseismic crustal deformation is generally in good harmony with the distribution of late Quaternary tectonic landforms, submarine topography and active faults in the Suruga Bay region, which implies that the 1854-type faulting has recurred many times during the late Quaternary due to the northwestward underthrusting of the Philippine Sea plate at the Suruga trough. There is no positive record of uplift nor subsidence concerning the coseismic crustal deformation in the Suruga Bay region at the time of the 1707 Hoei earthquake of magnitude around 8.4, which is considered on the basis of macroseismic and tsunami data, to have been basically an 1854-type faulting so far as the Suruga Bay region is concerned. At the time of the 1498 Meio earthquake of magnitude around 8.6, which is also considered on the basis of macroseismic and tsunami data, to have been basically an 1854-type faulting so far as the Suruga Bay region is concerned. a point on the west coast of Suruga Bay considerably subsided. This subsidence is interpreted as deformation of the hanging-wall side of the 1854-type reverse faulting. The difference among the coseismic vertical crustal movements on the west coast of Suruga Bay in 1854, 1707, and 1498 suggests that secondary reverse or normal faults on the hanging-wall side of the main thrust contribute much to the surface deformations and that these subsidiary faultings do not always accompany the plate boundary main ruptures. These features of coseismic crustal deformations in the Suruga Bay region should be taken into account in the morphotectonic investigation of the region.

I. は じ め に

駿河トラフに沿っては、相模トラフや南海トラフと同様に、プレート境界の大地震が繰り返し発生してきたと

考えられる。それらのうちのあるものは、沿岸一帯に顕著な地殻変動をもたらしたことがわかっている。これらの地震時地殻変動を正確に把握し、それを中・後期更新世～完新世の段丘面分布と比較することは、地震の起こ

1) 1984 年 1 月 16 日受付。1983 年日本第四紀学会大会シンポジウム (8 月 26 日, 静岡) にて発表。

2) 建設省建築研究所国際地震工学部。International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute, Ministry of Construction, Tsukuba.

表 1 1854 年安政東海地震による駿河湾沿岸の地震時地殻上下変動

記号 ¹⁾	地 点 名	状 況 ²⁾	出典 ³⁾	地殻上下変動量 (m)
a	仁 科	1892 年まで数 10 年間、海底や海岸に高低を生じたという話を聞かない。	1	~ 0
b	江 浦・獅子浜	江浦の寄洲(長さ~218m, 幅~109m)と獅子浜の海岸(長さ~327m, 幅~36m)が崩落して、それぞれ深さ約 15~27m の海となった。	1	津波の効果か?
c	下香貫(島郷)	約 990 アールの土地が陥落して沼となった。 幅約 109m 長さ約 164m の土地が陥没し、津波が入って深さ約 7~9m の潮水となった。	1 2	地殻変動ではない?
d	我 入 道	灌漑の水量からみて、狩野川河口左岸の地盤がおしなべて 3~6cm 低くなった。	1	-0.03~-0.06
e	小 林	幅約 90m 長さ約 218m の土地が、11 軒の家屋敷をのせたまま約 9~15m 陥没した。	2, 3	地殻変動ではない?
f	東 間 門	海岸が約 108m にわたって欠崩、また近くの土地が長さ約 90m 幅約 14m ほど陥没して小池となった。	1	地殻変動ではない?
g	原	約 220m 沖合の約 90×54m ² の海底は地震前好漁場だったが、深さ約 90m から約 48m に浅くなって漁獲がなくなった。	1	+
h	蒲 原	富士川下流右岸の南北~660m 東西~50m の地盤が約 1~3m 隆起して「蒲原地震山」を形成した。	4	+1~3
i	松 岡	南北 900m 余東西約 108m の領域が約 3.6m 隆起して「地震山」を形成した。	4, 5	+3.6
j	蒲 原	沖合の魚の群集する深い所が約 16m 浅くなり、漁獲が無くなった。	1	+
k	由 比	沿岸一帯に約 9~36m 海退し、水中に隠れていた岩礁が多く現れた。もと水面すれすれだった岩石について量ると、海面低下は 1.2m 内外。	1	+1.2
l	薩 埴 山	山裾まで波が寄せていたものが、約 36~327m 海退し、山腹の道路を海岸に付け替えた。	1, 6	+
m	清 水	清水湾・巴川河口が著しく隆起して干潟となり、小舟でも通れなくなった。 巴川河口では、干潮の時深さ 3.6~3.9m あったところが、1893 年の時点で、満潮でも約 1.8m である。	1, 7 1	+
n	村松・宮加三・駒越	清水湾の海面が、広いところで幅約 540m 以上、狭いところで約 180m 内外、陸化して田畑になった。清水湾は約 3m 余浅くなり、船の碇泊ができなくなった。	1	+3
o	石 部	漁船の碇泊した場所が約 180m 以上寄洲を置き陸地となった。海面・海中の岩石からみると、約 1.8m の隆起。	1	+1.8
p	吉 田	1893 年まで 50 年内外の間に沿岸の海底が約 1.8m 浅くなった。	1	+
q	川 崎	田畑が平均約 0.9m 地形高揚し、以来旱害が多くなった。約 327m 海退した。	1	+0.9
r	萩 間 川	水深が 0.9m 余減って大型船の出入りができなくなった。	8	+0.9
s	須々木・落居	著しい海退、須々木では 100m 前後。	8	+
t	御 前 崎	約 54~90m 海退。岩石の様子から、海岸近くでは約 0.9~1.2m 浅くなった。	1	+0.9~1.2
u	白 羽	海底浅深等の変遷については記すべきものなし。	1	~ 0
v	佐 倉	大地震以来海水が約 18m 遠くなった。	1	+
w	池 新 田	陸地全体が海面に突出した景況であるが、海底の浅深は記憶しない。	1	+
x	千 浜	震災後海面から見ると、陸地は 3m 以上もせり上がった。菊川は、以前ほど奥まで潮が満ちなくなった。	1	+3
y	三 浜・三 俣	地引漁業の場所で約 0.9m 海底が浅くなったが、30 余年で元に戻った。海岸の田が数年間水保ちが悪かったが、たぶん地盤隆起のためであろう。海底の復旧とともに元に戻った。	1	+0.9

1) 図 1 に対応。 2) 1 寸~0.03m, 1 尺~0.3m, 1 間(=6 尺)~1.8m, 1 尋(=5 または 6 尺)~1.5 または 1.8m, 1 丈(=10 尺)~3m, 1 町(丁)(=60 間)~109m, 1 町歩~99 アールによって、原記載を機械的に換算して表示した。 3) 1: 東京大学地震研究所(1977), 2: 沼津市立駿河図書館(1975), 3: 沼津市立駿河図書館(1977), 4: 羽田野(1977), 5: 恒石・塩坂(1979), 6: 藤井(1975), 7: 本田(1917), 8: 武者(1951)。

II. 1854 年安政東海地震による地殻上下変動

1854 年 12 月 23 日 (嘉永 7 〈安政元〉年 11 月 4 日) 朝 9~10 時頃に発生して関東~近畿地方の広い範囲に大被害を与えた安政東海地震 ($M \sim 8.4$) は、東海地方沿岸に顕著な地殻上下変動をもたらした。

この地殻変動については、一部分は以前から郡町村誌 (史) などに記載されていたが、明治 26~27 年 (1893~94) に静岡県知事が東京大学総長に回答した地震関連の調査報告書が昭和 51 年 (1976) 頃に再評価されたことによって、歴史地震にははかり詳しく実態が知られるようになった。この報告書の内容は羽鳥 (1976) によって紹介され、その後東京大学地震研究所 (1977) が全文を印刷公開しており、また他の史料も合わせた地震時地殻変動の全体は石橋 (1976; 1977a)・ISHIBASHI (1981) が図にまとめているが、本報では、海底地形や第四紀後期の変動地形と比較しやすいように図 1 を作製し、事実を表 1 にまとめた。

安政東海地震に関する史料は、主として 1976 年以降、それまで地震研究者に知られていなかった「新史料」が多数収集され、東京大学地震研究所・国立防災科学技術センター・静岡県などによって整理され一部公開されているが、今回はそれらはほとんど利用していない。したがって、図 1 と表 1 は今後多少加筆される可能性がある。なお、小林の地盤陥没や薩埵山下の隆起などの顕著な出来事はいくつかの文献に記されているが、いずれかによって信頼性の高い情報が得られれば、他の文献はいちいち列挙しなかった。

III. 考 察

表 1 と図 1 からまず明らかなことは、安政東海地震によって、大局的には、ほぼ富士川河口付近から西側の海岸部が御前崎の西方まで著しく隆起し、一方、伊豆半島西岸や狩野川河口付近がほとんど変動しなかったか多少沈降したことである。このことは、この地震の駿河湾地域の震源断層運動が、基本的には、駿河トラフから西に傾き下がる震源断層面に沿った逆断層運動であったことを強く示唆するものである (横ずれ成分については、表 1・図 1 のデータからはわからない)。少なくとも、駿河トラフに沿った南北走向の左横ずれ断層運動 (たとえば、恒石・塩坂, 1978) だけでは説明できない。上記の地震時地殻上下変動パターンはまた、大局的に、図 1 に示した駿河湾の海底地形、活断層分布、地形面の高度分布・傾動方向などの変動地形とよく調和している。この

ことは、この地域で第四紀後期を通じて 1854 年安政東海地震と同じ傾向の地震性地殻変動が継続してきたことを示しており、それは、下盤側 (伊豆半島側) が西向きに駿河湾西岸側の深部へ継続的に移動していること、つまり、駿河トラフで西方へのプレートの沈み込みが存在することを裏付けるものである。

しかし、細かくみると、駿河湾西岸の隆起は決して一様ではなかったようである。もちろん、データは人の印象を書き留めたり言い伝えたりしたものが主だから、表 1・図 1 の変動量の数値はあくまでも目安であるが、激しく隆起したところとそれほどでもないところが入り混じっているのは事実のようである。このことは、後述するように、地表の変形には、狭義のプレート境界主断層面に沿う断層運動だけでなく、上盤内の二次的な逆断層運動 (たとえば、PLAFKER, 1972) も重要な要因であることを暗示している。

原 (表 1・図 1 の g) の沖合で海底が浅くなったというのは、あるいは海底地すべりなどの影響で真の地震隆起ではないかもしれないが、沼津付近の震害や地変の状況などを考慮すると、原付近はある逆断層の上盤にあって実際隆起した可能性も考えられる。そのような逆断層があるとすれば、その地表トレースは、清水東方沖で駿河トラフ軸から北東に分岐して沼津~黄瀬川方面に上陸する線 (ほぼ、中村・島崎 (1981) のプレート物質境界) であろう。ただし、その可能性の検証やそのような逆断層運動の安政東海地震およびプレート境界における意義づけは、今後の問題である。

1707 年宝永地震 ($M \sim 8.4$) も、駿河湾地域に関しては、震度分布や津波の状況からみて、1854 年と基本的に同じ逆断層運動が湾の奥深くまで及んでいた「安政型」地震と考えられるが、駿河湾沿岸部の 1854 年のような地震時地殻上下変動の確かな記録は伝わっていない。御前崎と天竜川の間付近の横須賀湊 (現大須賀町) の隆起 (多田, 1943; 今村, 1943) が、たぶん一番東側の記録であろう。今村 (1943) は穿孔貝の化石から御前崎が宝永地震で 1.1 m 隆起したと推定したが、化石の年代に関する確かな根拠や隆起の他の証拠はなさそうである。羽鳥 (1977) は清水と三保が宝永地震で 1.5~2 m 沈降したと述べているが、これは石橋 (1977b) が詳しく議論しているように、津波や地震動の効果であって地殻変動ではないと思われる。

1498 年明応地震 ($M \sim 8.6$) も、地震動や津波の様子から、1854 年と同様の逆断層運動が駿河湾内部に及び、この地域に関しては基本的に「安政型」地震だったと推

測される(石橋, 1980; ISHIBASHI, 1981). 羽鳥(1975)はこの地震の津波波源域を東海沖から伊豆半島南方沖に推定したが, その時引き合いに出された式根島の隆起については, 太田ほか(1983)が, この地震には対応しないことを明らかにしている。

この地震による駿河湾地域の地殻変動で興味深いことは, 都司(1980)が指摘した焼津の小川の臨海部の沈降である。これは, 津波や地震動による二次的な地盤変動の疑いがないわけではないが, 地殻変動としての沈降である可能性が高そうである。都司(1980)は, これは安政東海地震の際の地殻変動と逆の傾向だと述べているが, 筆者は, この沈降が明応地震=「安政型」とする推定に矛盾するものとは思わない。なぜならば, FRIEDMAN *et al.*(1976)の実験結果のように, 大規模逆断層の上盤側の変形に伴うものとして, たまたま焼津付近が沈降した可能性は十分ありうるからである。焼津の沖合の石花海盆は, 米倉(1979)が指摘したように, 東西両縁に断層を伴う向斜構造を示しており, 上記の実験結果と似ている。しかも, 図1にみられるように, 海底地形の深みは焼津に向かって延びており, 明応地震時のような沈降がこの区域で累積してきたことを示唆している。ちなみに, 1854年に焼津付近が1498年と反対に隆起したという確かな証拠はないのではなからうか。

以上のように, 駿河湾沿岸の地震時地殻変動は, データが質・量ともに不十分であるが, ふたつの重要な特徴をもっている。

第一は, 1854年安政東海地震の時にみられたように, 基本的に駿河トラフから西方へのプレートの沈み込みを反映していることである。

第二は, 基本的に「安政型」だったと考えられる宝永地震の地殻変動パターンが安政東海地震とはやや異なっていたらしいことや, やはり「安政型」と考えられる明応地震の際に焼津が沈降したらしいことにみられるように, 地表の変形には上盤内の副次的な縦ずれ断層(逆断層または正断層)が大きく寄与しており, しかもそれらの副次的断層は, もちろん繰り返し活動して変位を累積することは地形から読みとれるけれども, プレート境界主断層の活動のたびにいつも同じようにつきあうわけではないらしい(このような考えは, すでに島崎(1980)が論じている)ということを示唆している点である。

駿河湾西岸の完新世海成段丘面の発達, 高度・広がりともに十分ではなく, そのためにプレートの着実な沈み込みやそれに伴うプレート間大地震の規則的発生が疑われることがあるが, この地域の変動地形の解釈には,

特に, 上記の地震時地殻変動の特徴を考慮することが大切だろうと思われる。

引用文献

- FRIEDMAN, M., HANDIN, J., LOGAN, J. M., MIN, K. D. and STEARNS, D. W. (1976) Experimental Folding of Rocks under Confining Pressure: Part III. Faulted Drape Folds in Multilithologic Layered Specimens. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **87**, p. 1049—1066.
- 藤井陽一郎(1975)東海地方の地殻変動。安藤雅孝・深尾良夫編「東海沖地震」, p. 18—27.
- 羽田野誠一(1977)大宮・入山瀬断層と蒲原地震山の読図と判読。地図, **15**, no. 3, p. 40—41.
- 羽鳥徳太郎(1975)明応7年・慶長9年の房総および東海南海道大津波の波源。震研彙報, **50**, p. 171—185.
- 羽鳥徳太郎(1976)安政地震(1854年12月23日)における東海地方の津波・地殻変動の記録—明治25年静岡県下26ヵ町村役場の地震報告から。震研彙報, **51**, p. 13—28.
- 羽鳥徳太郎(1977)静岡県沿岸における宝永・安政東海地震の津波調査。震研彙報, **52**, p. 407—439.
- 本田丹弥(編)(1917)静岡県安倍郡清水町沿革誌。581p., 清水町役場。
- 今村明恒(1943)遠州東南地塊の傾動に就いて。地震, **15**, p. 217—224.
- 石橋克彦(1976)東海地方に予想される大地震の再検討—駿河湾大地震について。地震学会講演予稿集, 1976 No. 2, p. 30—34.
- 石橋克彦(1977a)東海地方に予想される大地震の再検討—駿河湾地震の可能性。地震予知連会報, **17**, p. 126—132.
- 石橋克彦(1977b)1707年宝永地震の震源域は駿河湾奥まで及ばなかったか? 地震予知連絡会東海部会編「地震予知連絡会東海部会資料」, p. 69—78.
- 石橋克彦(1980)東海地震の長期的予測に関するコメント。「地震予知研究シンポジウム(1980)」, p. 123—125.
- ISHIBASHI, K. (1981) Specification of a Soon-to-Occur Seismic Faulting in the Tokai District, Central Japan, based upon Seismotectonics. D. W. SIMPSON and P. G. RICHARDS (eds.): *Earthquake Prediction: An International Review* (Maurice Ewing Series 4, 680 p., AGU, Washington, D. C.), p. 297—332.
- 石橋克彦(1983)甲府盆地における1854年と1923年の地震被害のテクトニックな意義。地震 第2輯, **36**, p. 668—671.
- 石橋克彦(1984)南部フォッサマグナ地域のプレート運動—日本海沈み込み説の適用。月刊地球, **6**, p. 61—67.
- 建設省国土地理院(1983)南関東・東海地域広域変動地形調査。
- 武者金吉(1951)日本地震史料。364p., 毎日新聞社。

- 中村一明・島崎邦彦 (1981) 相模・駿河トラフとプレートの沈み込み. 科学, **51**, p. 490—498.
- 沼津市立駿河図書館 (編) (1975) 地震之記. (図書館郷土資料叢書 (6), 32 p.).
- 沼津市立駿河図書館 (編) (1977) 天保八年より安政五年迄下石田村名主伴右衛門記録. (図書館郷土資料叢書 (7), 77 p.).
- 太田陽子・石橋克彦・森脇 広 (1983) 完新世後期における伊豆諸島, 式根島の隆起. 地震 第2輯, **36**, p. 587—595.
- PLAFER, G. (1972) Alaskan Earthquake of 1964 and Chilean Earthquake of 1960: Implications for Arc Tectonics. *J. Geophys. Res.*, **77**, p. 901—925.
- 島崎邦彦 (1980) 完新世海成段丘の隆起と, プレート内およびプレート間地震. 月刊地球, **2**, p. 17—24.
- SUGIMURA, A. and NARUSE, Y. (1954) Changes in Sea Level, Seismic Upheavals, and Coastal Terraces in the Southern Kanto Region, Japan (I). *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **24**, p. 101—113.
- 多田文男 (1943) 遠州灘沿岸横須賀付近の海岸地形—歴史時代に隆起せる砂丘と干潟との一例. 地理評, **19**, p. 683—689.
- 東京大学地震研究所 (1977) 安政元年 11 月 4 日東海沖地震に関する静岡県調査報告, 明治 26 年. 20 p.
- 都司嘉宣 (1980) 明応地震・津波の史料状況について. 月刊海洋科学, **12**, p. 504—526.
- 恒石幸正・塩坂邦雄 (1978) 安政東海地震 (1854) を起こした断層. 地震予知連会報, **20**, p. 158—161.
- 恒石幸正・塩坂邦雄 (1979) 富士川断層に関する追加データ (1). 地震予知連会報, **22**, p. 149—154.
- 米倉伸之 (1979) 東海沖の海底活断層. 月刊地球, **1**, p. 577—582.