

本州中部のテクトニクスと1993年の静岡の地震

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-01-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新妻, 信明 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00000335

本州中部のテクトニクスと1993年の静岡の地震

新 妻 信 明

Earthquakes in Shizuoka in 1993 and tectonics of central Japan

Nobuaki NIITSUMA

Abstract: The Crustal Activity Observatory of Shizuoka University has been carrying out seismological observations since 1979. This report describes the results of the seismological observations since 1990, especially on the earthquakes in Shizuoka on 7-11 August 1993, which had a maximum magnitude of 4.2, and their relation to the tectonics of central Japan.

The differences in magnitude (ΔM) between Shizuoka University and the Japan Meteorological Agency for 858 earthquakes with an epicenter less than 200 km from the observatory and with a focal depth shallower than 200 km have been examined, and the systematic differences with the focal azimuths are found. The relation between the magnitude and duration of the earthquakes is determined, based on seismological observations from June to August 1993.

The foci of the earthquakes in Shizuoka in August 1993 were located on the Kusanagi Fault, and the changes in the ratios of the maximum amplitudes of P and S waves were observed during the earthquakes.

The dislocation along the Kusanagi Fault is tilting the Udo Hills about 10° northwestward, and the rate of uplift of the Udo Hills is 4 mm/yr. The Kusanagi Fault is characterized by the landward boundary of a fore-arc basin along the subductive boundary of the Philippine Sea Plate and gravitational collapse.

The seismic activities in central Japan are related to the bending of the zonal structure and collision of the Izu Arc, caused by the motion of the Philippine Sea Plate. Historically, large earthquakes in Shizuoka, Southwest Japan, the northern Fossa Magna, Niigata, Misaka, the Matsuzaki Uplift Zones, and the Zenisu Ridge have happened closely in a time series.

Key words: earthquake, Kusanagi Fault, Udo Hills, tectonics, central Japan.

1. 緒 言

1995年1月17日に起こった阪神・淡路大震災は活断層による直下型地震の恐ろしさを再認識させたが、静岡の地下にも大規模な活断層が存在しており、直下型地震が襲う可能性が大きい。

地震活動の繰り返し期間は一般に数10年から1000年以上にも及び、その実体を知ることを困難にしている。また、地震の規模もやっと感じるM3から大きな被害を起こすM7の地震では放出エネルギーが百万倍も異なっており、それらの発震機構が同じなのか、あるいはどのように異なっているのかを明らかにしなければ、

地震予知の実現は困難である。

新妻・中野(1991)は静岡大学における地震観測と静岡周辺の地質に基づき有度丘陵の北西に大規模な活断層の存在を明らかにした。この断層をここでは草薙断層と呼ぶことにする。草薙断層は、有度丘陵を北西方向に傾動させており、有度丘陵の平均隆起速度は年間4mm程度と見積もられ(新妻・小田川, 1993), 隆起速度の最も大きな赤石山地やヒマラヤ山地に匹敵する。

草薙断層の上を東海道、東名高速道路、JR東海道線、東海道新幹線などの日本の動脈が通っており、この活断層の活動を明らかにすることは地震防災上きわめて重要である。このような予測のもとに観測体制を整えつつあった1993年8月7・8日にこの活断層においてM4.2を含む地震が発生した(図1)。

草薙断層を震源とする被害地震は、1800年以降でも1841年、1935年に起こっているほかに、静岡西方で起

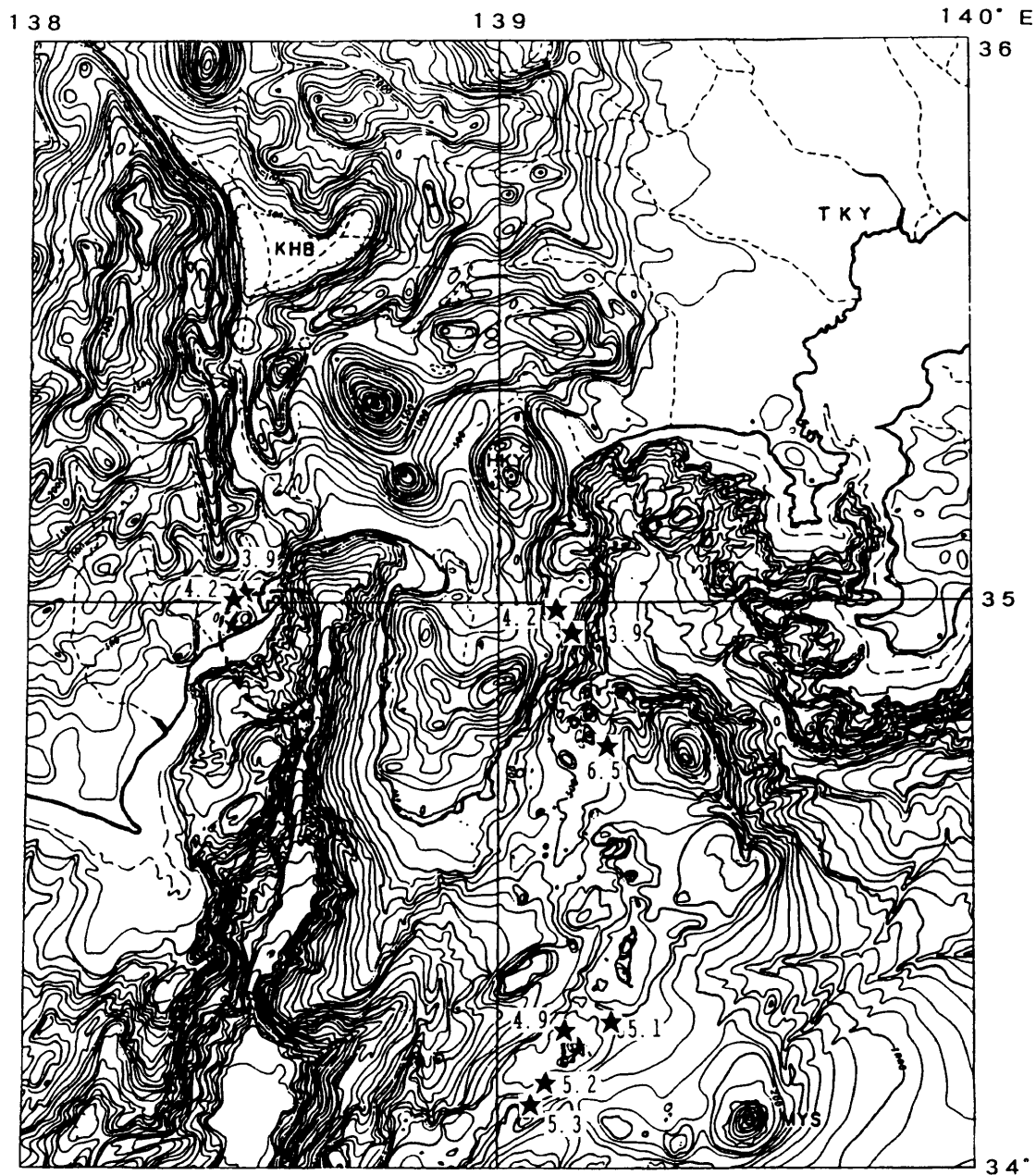


図1 1993年の静岡の地震の震央と草薙断層。星印：震央位置、数字はマグニチュード(図6に対応)。破線：草薙断層による滑動範囲。×：静岡大学地殻活動観測施設の地震観測点。

Fig. 1 Distribution of foci of earthquakes relating to the earthquakes in Shizuoka in August 1993. Black stars and numbers: foci and magnitudes of earthquakes. Broken line: Kusanagi Fault. ×: Crustal Activity Observatory of Shizuoka University.

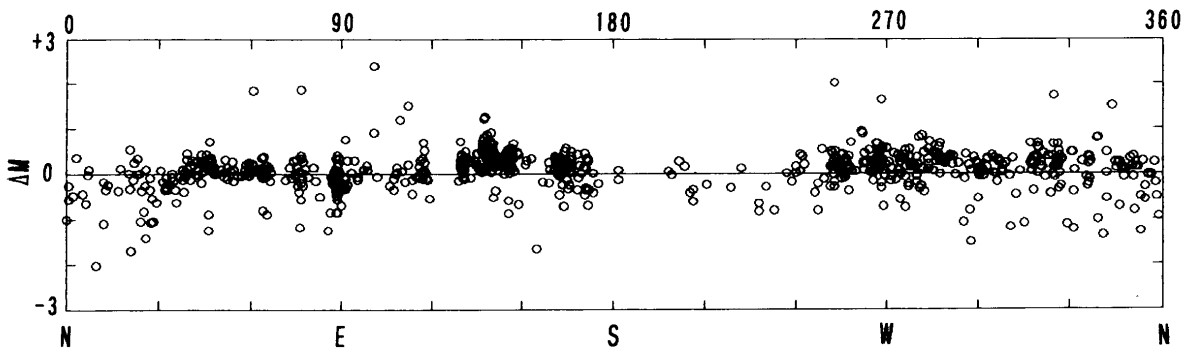


図2 震央距離200km以内、震源深度200km以浅の858個の地震の震央方位と静岡大学マグニチュードと気象庁マグニチュードとの差 (ΔM)。

Fig. 2 Difference in magnitude ΔM between Shizuoka University and Japan Meteorological Agency, and focal azimuth of 858 earthquakes with an epicenter less than 200 km from observatory and focus depth shallower than 200 km.

こったとされる1857年、1917年、1965年の地震や1854年の安政東海地震や1944年の東南海地震の際にも活動したことが予測される。

本稿では静岡大学地殻活動観測施設における地震観測結果、特に1993年8月7日の静岡地震、および1800年以降の被害地震資料に基づき中部日本におけるテクトニクスと静岡地震の関係について述べる。

2. 静岡大学における地震観測

静岡大学地殻活動観測施設には3成分微小地震計(明石製作所 ABS-3B型)が設置されており、1979年より観測を継続し(檀原, 1981)、1989年までの観測結果については新妻・中野(1991)に報告した。この観測点は、東名高速道路を通過するトラックや強風時の海岸波浪によるノイズが大きい、草薙断層によって切断された有度丘陵からの地震観測は、草薙断層の活動をj知るために重要である。

本施設一カ所の地震観測から独自に震源位置を決定できないので、約1年後に出版される気象庁の地震月報に報告されている地震と地震観測記録とを比較する作業を行った。今回は、1990年1月から1993年9月までの1754個の地震について地震月報の記載と比較するとともに、震央距離200km以内で震源深度200km以浅の858個の地震について地震観測記録の上下成分の最大振幅を用いてマグニチュード(静岡大学マグニチュード)を算出し、地震月報記載のマグニチュード(気象庁マグニチュード)と比較を行った。計算には新妻・中野(1991)の $a=1.85$ 、 $\alpha=0.12$ の係数を用いた。両マグニチュードの差(ΔM)は東方では小さく西方で大きいという系統的な異方性が、新妻・中野(1991)同様に、認められた(図2)。この異方性は統計的に有意である(図3)。今回は新島近海の地震が多数観測されたため南東方向の資料が得られ、南東方向が西方同様に大きな値であることが明らかになった。南東方向は草

薙断層に沿う滑動方向に当たっている。また、同一地域で起こった地震であってもマグニチュード差は変動している。この変動の原因が震源の状態に関係するのか、地震波伝達経路の状態に起因するのかについては今後の検討が必要である。

3. 地震動継続時間とマグニチュード

地震観測記録の中で地震月報の記載にないものも少数であるが見い出され、震源位置決定ができなかった。また、同時刻に起こった他の地震と誤って対応させることによってマグニチュード差が1以上に達するものもあった。観測記録の振幅が大きければP波とS波の到達時間差から震源までの距離を知ることが可能であ

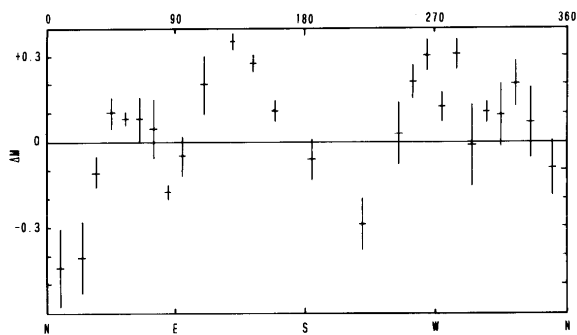


図3 震央距離200km以内、震源深度200km以浅の858個の地震の震源方位と静岡大学マグニチュードと気象庁マグニチュードとの差(ΔM)の平均値。線の範囲は平均値の1 σ 信頼限界。

Fig. 3 Mean and 1 σ confidence interval of difference in magnitude ΔM and focal azimuth of 858 earthquakes with an epicenter less than 200 km from observatory and focus depth shallower than 200 km.

るが、ノイズの大きい観測状況では振幅が小さい地震については困難である。ただし、高ノイズの状況でも振幅と地震動継続時間を知ることは可能であるので、地震月報に記載されている1993年6月から8月に起こった地震観測記録の地震動継続時間（F-P時間）を測定し、気象庁マグニチュードと比較したところ、マグニチュードが継続時間の対数に比例し、震源までの距離にそれほど依存しないことが明らかになった（図4）。

この関係を用いると、マグニチュードと振幅から震源距離を推定することが可能となる。以前、地震月報に記載されていない地震が草薙断層の動きに起因することも予測されたが、この関係を用いることによってその殆どが遠地に起こった地震であることが判明した。

4. 1993年8月静岡の地震

1993年8月7日15時1分に静岡で地震が起こり、新聞などでは震源は安倍川沿いと報道されたが、すぐに草薙へと訂正された。また、マグニチュードはM4.5と報道されていたが、地震月報ではM3.9とされている。この地震に続いてM1以下からM3.4の余震、そして8月8日0時18分にM4.2の最大の地震が起こり、8月11日23時の余震で終息した。地震月報による震源は北緯34度58分から35度6分、東経138度26分から28分、深度1-11kmで草薙断層面上にある。静岡大学の地震計から震源までの距離は1-5kmとなる。

観測されたP波とS波の到達時間差はいずれも1.7-1.8秒であり、M1以下の地震も捉えられている（図5）。震源が近接しているためにM3以上の地震は振り切れて波形の記録を取ることができなかった。上下成分の最大振幅を用いて求められたマグニチュード差は、-1.1から+0.11の範囲で、平均-0.38、標準偏差は0.30であった。このマグニチュード差は、静岡大学における振幅が気象庁による震源とマグニチュードから予測される振幅よりも小さく、平均で半分以下で、最も小さいものでは10分の1であることを示している。このような著しい減衰は、観測点が草薙断層の上を滑動している有度丘陵に位置している為と考えられる。

観測された波形は、上下成分を主体とするP波と水平成分を主体とするS波から構成されており、S波の水平成分はP波の数倍の振幅を持つが、8月8日8時から10時の間の地震の水平成分はP波の振幅と同程度と小さくなっている。その後起こった余震においては数倍に戻っている（表1）。この種の変化は、断層において進行している破壊状態の変化を反映していると予測される。

5. 1993年静岡地震前の地震活動

1993年8月の地震は草薙断層の活動に伴うものであるが、この断層上の地震活動は1990年3月19日18時31分のM2.1以後、観測されておらず8月7日15時のM3.9の地震が突然起こっており、前震は存在していない。

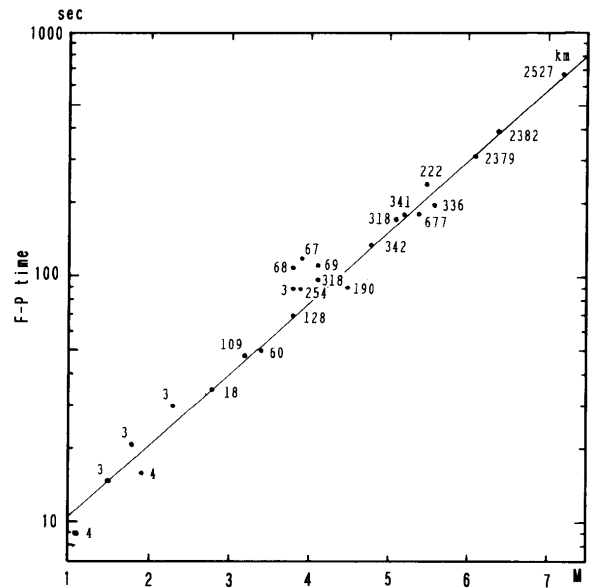


図4 地震動継続時間（F-P time）とマグニチュードとの関係。1993年6月から8月までの地震記録に基づく。数字は震央距離。

Fig. 4 Relationship of the duration and magnitude of earthquakes, based on the seismographic records from June to August 1993. Numbers show focal distance from observatory.

ただし、地震月報のマグニチュードによると8月7日15時の地震は8月8日0時の最大の地震の約3分の1のエネルギーしか放出していないので、これを前震と見なすことができるかもしれない。

8月の静岡地震前の顕著な地震活動としては、伊豆半島東方沖・伊豆大島近海と新島近海・三宅島近海の地震活動を上げることができる（図1・図6）。伊豆半島東方沖では1989年7月に手石海丘の噴火を伴う地震活動が1990年2月20日15時53分のM6.5の地震と1990年2月27日まで続いたその余震で終息し、1991年にM2.8とM3.6、1992年3月のM2.7の3つの地震を記録するのみの長い休息期をすごしていたが、1992年12月10日18時9分のM3.5を皮切りに1993年1月14日までにM2.7からM3.8の22個の地震が観測された。その後、1993年5月27日から6月6日のM2.0からM4.2までの90個の地震が観測され、1993年7月26日から7月28日にかけてM3.2からM3.9の4個の地震が観測された。その後は、1993年9月末まで地震は観測されていない。草薙断層で1990年3月に起こった地震は、伊豆半島東方の1990年2月のM6.5の地震活動の後にも起こっている（図7）。

新島近海では1990年にはM2.7からM3.4の地震が6個散発的に観測されただけであったが、1990年10月5日6時24分の三宅島南西方のM3.5の地震を皮切りとして活発化しM3.1からM3.9の25個の地震が起こり、10月27日23時4分のM4.2の地震で休息したが、1991年1月2日から新島近海でM4以上の地震を含む14個の活動が1993年9月末まで続いている。この地震の中で最も大きなM6.3の地震は1991年9月3日17時44分に銭洲

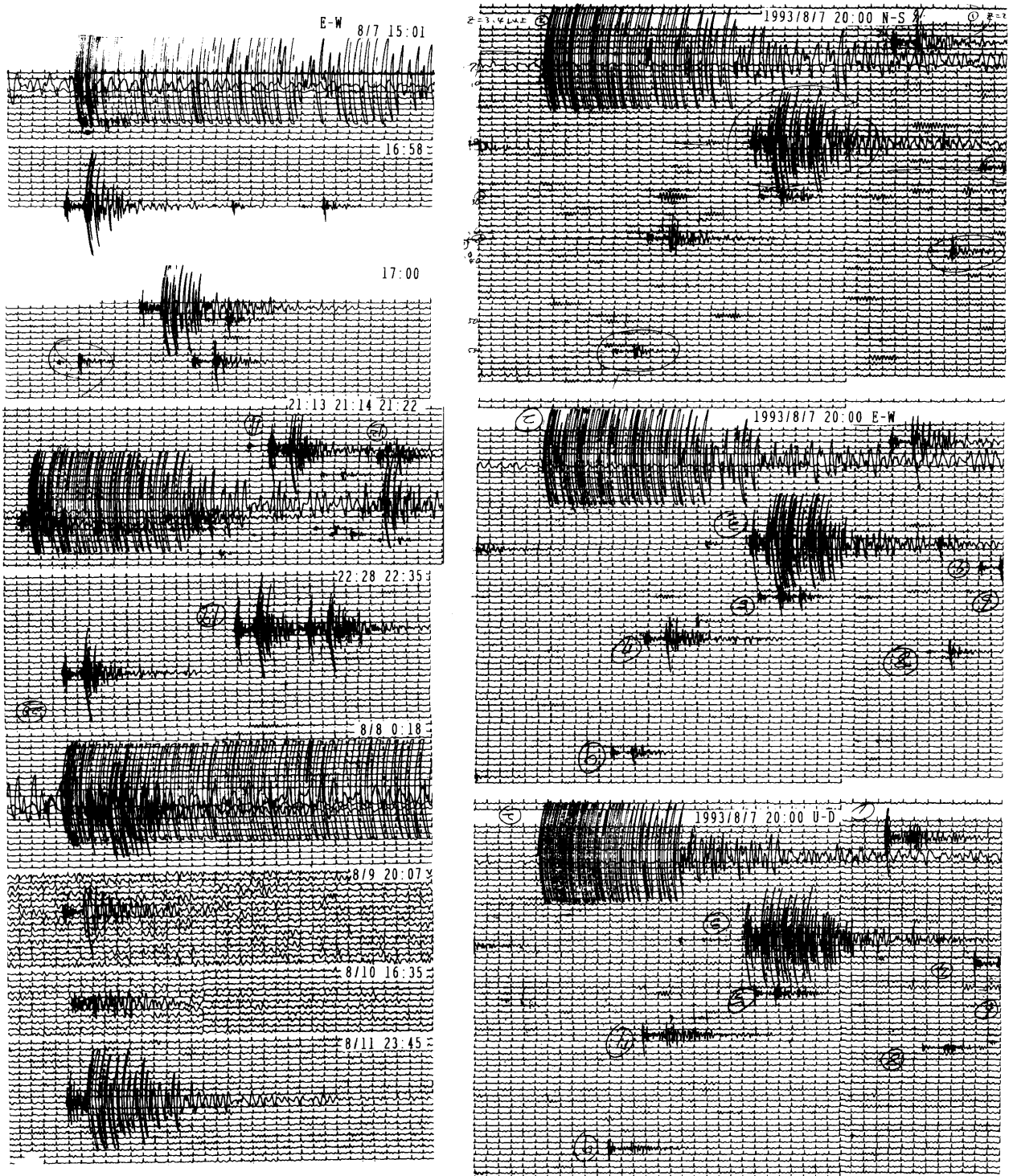


図5 1993年8月の静岡の地震の記録。右側は1993年8月7日20時から21時までの3成分記録、左側は1993年8月7日から8月11日までの東西成分記録、8月9日と8月10日のノイズは海岸波浪による。改行は1分、タイムマークは1秒。

Fig. 5 Seismographic records of earthquakes in Shizuoka in August 1993. Row corresponds to 1 minute, and time marks are 1 second intervals.

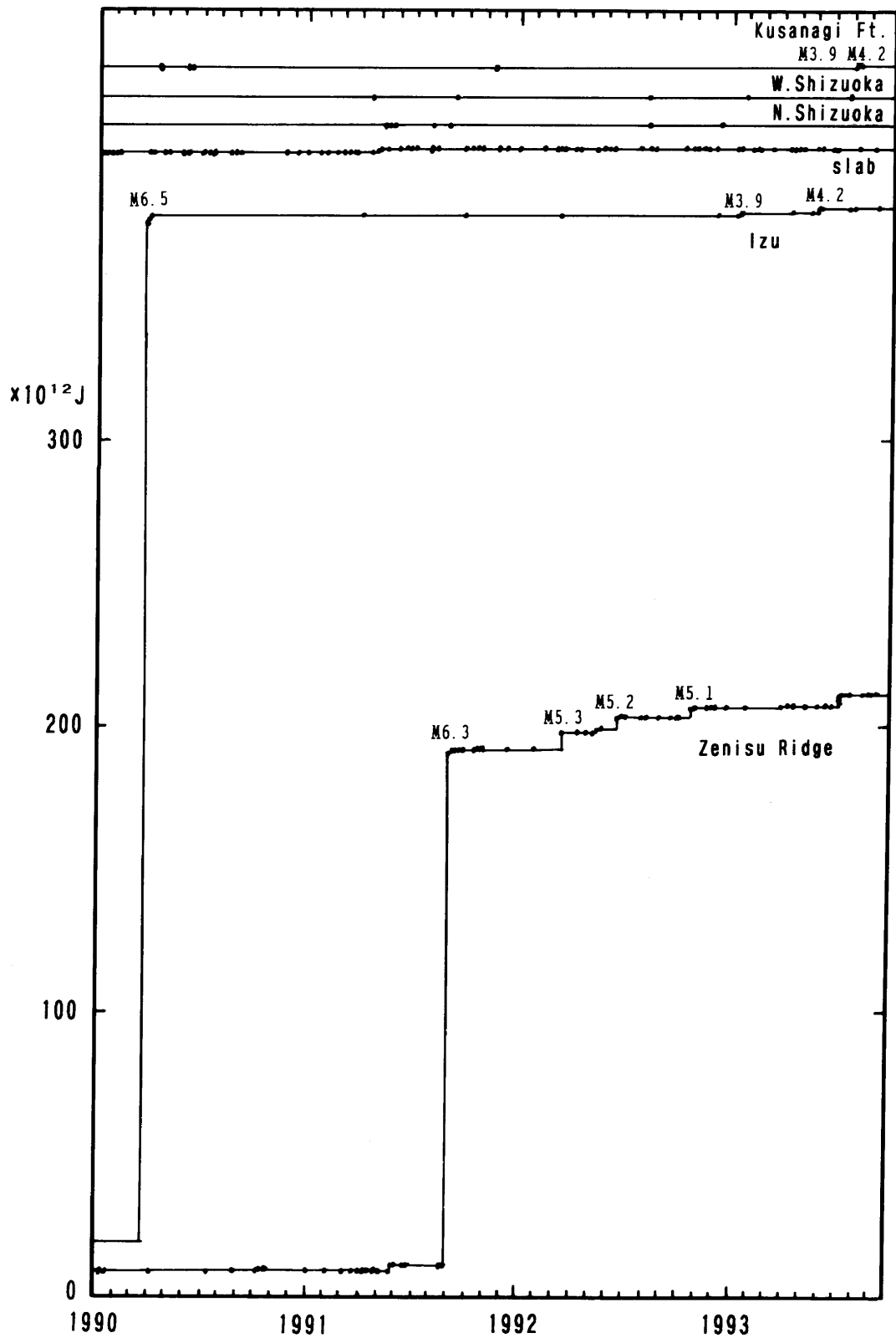


図6 草薙断層，静岡西方，静岡北方，沈み込みスラブ，伊豆半島東方および伊豆半島，新島近海を含む銭洲海嶺における1993年静岡地震前後の地震活動による積算エネルギー放出量。マグニチュード記載地震の震央位置は図1，図7に示してある。黒点：地震。

Fig. 6 Cumulative energy released by earthquakes along the Kusanagi Fault, west of Shizuoka, north of Shizuoka, subductive slab, Izu, and Zenisu Ridge. Black dots: earthquake events. The foci of earthquakes with the magnitude are shown in Figs. 1 and 7.

南の銭洲海底谷で起こっている。静岡地震直前の1993年7月11日から12日にかけてM4.9, M4.7, M4.5, M4.1, M3.0, M3.4の地震が銭洲で起こっている。

新島近海における地震活動は、伊豆半島東方における地震活動が活発な時期には停止しており、休息期に活発となっている。1990年に伊豆半島東方で活動を終

息すると、新島で活動が活発になり、1992年12月から1993年1月の伊豆半島東方における活動期には新島近海での地震活動が減退している。1993年5月3日から7日にかけて新島近海ではM2.5からM3.9の9個の地震が観測された後、1993年5月27日から6月6日に伊豆半島東方の活動期となり、1993年7月に再び新島近

表1 1993年8月の静岡地震の静岡大学マグニチュードと気象庁マグニチュード(M)の差(ΔM), P波およびS波の3成分最大振幅(Px, Py, Pz, Sx, Sy, Sz), P波とS波の最大振幅の比(P/Sx, P/Sy, P/Sz).

Table 1 List of the earthquakes in Shizuoka in August 1993. M: magnitude according to Japan Meteorological Agency; ΔM : magnitude difference between Shizuoka University and Japan Meteorological Agency; Px, Py, Pz: maximum amplitudes of the three components of P wave; Sx, Sy, Sz: maximum amplitudes of the three components of S wave; P/Sx, P/Sy, P/Sz: ratios of maximum amplitudes of the three components of P and S waves.

m	d	h	m	M	ΔM	Px	Py	Pz	Sx	Sy	Sz	P/Sx	P/Sy	P/Sz
8	7	15:01		3.9										
		16:58		2.0	-	6.7	9.8	-	31.0	34.8	-	0.22	0.28	-
		17:00		2.3	-	7.6	7.0	-	>	>	-	<0.23	<0.23	-
		17:09		1.0	-0.10	1.7	1.9	5.2	5.9	7.3	1.9	0.29	0.26	2.74
		17:10		1.5	-	4.2	5.2	-	12.8	17.3	-	0.33	0.30	-
		20:02		1.7	0.11	5.6	6.2	23.2	15.8	23.8	9.8	0.35	0.26	2.37
		20:05		3.5										
		20:19		2.5	-0.63	16.6	25.4	27.6	>33.4	>	>33.4	0.50	-	<0.83
		20:24		1.4	-0.38	2.8	4.4	10.2	4.1	7.8	4.1	0.68	0.56	2.49
		20:28		1.3	-0.15	2.1	4.0	6.8	6.2	11.4	7.8	0.34	0.35	0.87
		20:29		1.3	-0.07	2.7	3.7	7.9	3.5	7.3	3.4	0.77	0.51	2.32
		20:35		1.5	0.02	2.8	5.7	11.2	18.8	18.3	8.2	0.15	0.31	1.37
		20:37		1.1	-0.26	1.5	1.3	2.5	8.8	10.3	3.7	0.17	0.13	0.68
		20:57		1.4	-0.38	2.2	4.6	7.7	4.4	6.3	3.7	0.50	0.73	2.08
		21:13		2.0	-0.36	10.6	21.7	28.2	26.6	27.2	19.7	0.40	0.80	1.43
		21:14		1.4	-0.07	4.3	7.4	12.4	8.4	11.9	6.2	0.51	0.62	2.00
		21:22		3.2										
		21:24		1.6	-0.36									
		21:25		1.8	-0.18									
		21:26		1.5	-0.23									
		21:40		1.5	-0.29	1.7	3.8	5.8	13.7	6.2	5.4	0.12	0.61	1.07
		21:43		1.2	-0.24	1.4	1.8	3.3	4.3	3.5	2.3	0.33	0.51	1.44
		22:28		2.0	-0.36	11.3	22.0	25.7	26.8	33.4	22.4	0.42	0.66	1.14
		22:35		2.0	-0.54	6.3	13.4	17.1	20.2	31.0	16.6	0.31	0.43	1.03
8	8	0:18		4.2										
		0:21		2.5	-0.51									
		3:32		2.4	-0.73	9.2	13.1	28.0	>35.8	33.8	28.5	<0.26	0.39	0.98
		3:37		1.5	-1.09	1.4	3.6	4.6	6.3	6.0	4.6	0.22	0.60	1.28
		8:22		1.6	-0.26	6.0	7.4	20.0	4.8	6.8	3.0	1.25	1.09	6.67
		8:49		1.4	-1.00	2.3	2.6	8.1	2.5	2.6	3.6	0.92	1.00	2.25
		9:14		2.0	-1.01	6.5	8.4	17.6	7.0	7.5	4.6	0.93	1.12	3.83
8	9	20:07		2.0	-0.39	4.2	6.3	15.2	2.4	24.0	10.6	0.17	0.26	1.43
8	10	16:35		2.0	-0.54	4.5	6.6	15.7	11.7	9.3	5.7	0.39	0.70	2.75
		21:43		3.2										
8	11	2:18		2.6	-0.02	2.3	2.0	3.4	21.4	25.1	11.6	0.11	0.08	0.29
		23:45		2.6	-	10.8	17.6	26.6	>34.4	>33.4	>33.5	<0.31	<0.53	<0.79

海の活動の後、静岡地震が起こっている。このような相互関係は、草薙断層の活動と伊豆半島東方および新島近海がなんらかの関係性を有していることを示唆している。

今回の静岡地震の震源域を気象庁では「静岡県中部」の地域名で呼んでいるが、この地域の中で起こる地震には、安倍川よりも西方の糸魚川-静岡構造線以西の地震、駿河トラフから沈み込むスラブに起因する深度15km以深の地震、草薙断層より北側の地震を含んでいる。沈み込みスラブに起因する地震は比較的定常的に起こっているが、草薙断層および断層の北側の地震は少ない。草薙断層より北側の地震は1991年5月から1992年12月まで散発的に起こっている。また、糸魚川-静岡線西方の地震も1991年3月から散発的に起こっており、新島近海の地震が活発になった時期と合致している。糸魚川-静岡線西方では、静岡地震の直前の1993年7月24日にもM2.8の地震が起こっており、相互関係が示唆される(図6)。

6. 静岡地震と日本の被害地震

日本における被害地震年代表は、歴史資料をまとめた宇佐見(1987)、宇津(1982, 1985)と気象庁の1925年以降の資料をもとに理科年表(東京天文台編, 1994)にまとめてあり、数10年-1000年の繰り返しを検討することができる。資料が比較的良く揃っている1800年以降について静岡の地震と周囲の地震について検討を行った(図7)。

静岡における被害地震は、1841年、1857年、1917年、1935年、1965年にM6.1からM6.4の5個が報告されている(表2)。この中で、1857年と1917年の地震は糸魚川-静岡線西方であり、1965年の地震は糸魚川-静岡線上で、他の2個は草薙断層の活動によるものである(図7)。草薙断層の活動による地震では、駿府城や久能山東照宮の破損、三保の松原の沈下等が報告されており、被害は草薙断層に沿った静岡から清水平野北部にかけて著しい。

静岡における被害地震の前後に新島、足柄、近畿、信越、新潟において被害地震があり(表2)、相互関係が示唆される。特に1995年1月17日の阪神・淡路大震災(兵庫県南部地震)の震源では、1917年の静岡の地震の半年前である1916年に被害地震が起こっていることは注目される。1857年の静岡の地震については翌年の1958年に飛騨、1935年については1933年の能登・1934年の岐阜そして1936年の河内大和地震が起こっており、中部-近畿地域と静岡の地震は関連している。

1995年4月1日には新潟で被害地震が起こっているが、1964年の新潟地震の翌年の1965年に静岡で地震が起こっている。また、1965年の静岡の地震の3カ月後には松代群発地震が始まっており、1858年の静岡の地震の翌1858年に大町、1917年の前1916年に浅間山で地震が起こっている。

1993年の静岡地震では、新島近海と伊豆半島東方の地震活動との関連が示唆されたが、被害地震において

も密接に関連しており、1841年の静岡の地震については1836年の新島と1843年の足柄、1935年については1936年の新島、1965年については1967年の神津島の地震が対応している。これらの対応は溝上・萩原(1993, 1994)の指摘を支持している。

7. 被害地震の分布とテクトニクス

1800年以来の本州中央部における被害地震の分布を見ると地質構造と密接な関係が存在する(図7)。本州中央部は、プレート沈み込みにもなって形成される付加体による帯状構造が明瞭であり、その帯状構造が大きく屈曲している(Niitsuma, 1989)。屈曲の頂部には伊豆弧から伸びる火山列が存在し、フォッサマグナと呼ばれる中期中新世以降の地溝帯となっている。

フォッサマグナの西縁を区切る糸魚川-静岡構造線の西側では東西圧縮による共役な横ずれ活断層が発達しており、その活動としては1891年の濃尾地震(M8.0)や1995年の阪神・淡路地震(M7.2)が起こっている。大規模な共役横ずれ断層が広範囲に分布することは、東西圧縮の応力場が均質であることを示唆しているが、被害地震の起こり方も散点的にしかも均等に起こっている。

フォッサマグマ地域では北部の信越地域と南部の丹

表2 静岡の地震とその前後に起こった本州中央部の地震。
Table 2 Big earthquakes in central Japan with close relationship in the time series to the large earthquakes in Shizuoka.

	date	Lat.	Long.	region
	1836 3 31:	34.4,	139.2 (M5-6)	新島
	1841 4 22:	35.0,	138.5 (M6 ¹ / ₄)	駿河
	1843 3 9:	35.35,	139.1 (M6.5)	足柄
	1855 11 7:	34.5,	137.75 (M7-7.5)	遠州灘
	1857 7 14:	34.8,	138.2 (M6 ¹ / ₄)	駿河
	1858 4 9:	36.4,	137.2 (M7.0-7.1)	飛騨
	1858 4 23:	36.6,	137.9 (M5.7)	大町
	1916 2 22:	36.5,	138.5 (M6.2)	浅間山
	1916 11 26:	34.6,	135.0 (M6.1)	神戸
	1917 5 18:	35.2,	138.1 (M6.3)	静岡
	1933 9 21:	37.1,	136.8 (M6.0)	能登
	1934 8 18:	35.6,	137.0 (M6.3)	岐阜
	1935 7 11:	35.0,	138.4 (M6.4)	静岡
	1936 2 21:	34.6,	135.7 (M6.4)	河内大和地震
	1936 12 27:	34.4,	139.0 (M6.3)	新島
	1964 6 16:	38.4,	139.2 (M7.5)	新潟地震
	1965 4 20:	34.9,	138.3 (M6.1)	静岡
	1965 8 3-1969末:		(Σ M6.4)	松代群発地震
	1967 4 6:	34.2,	139.2 (M5.3)	神津島

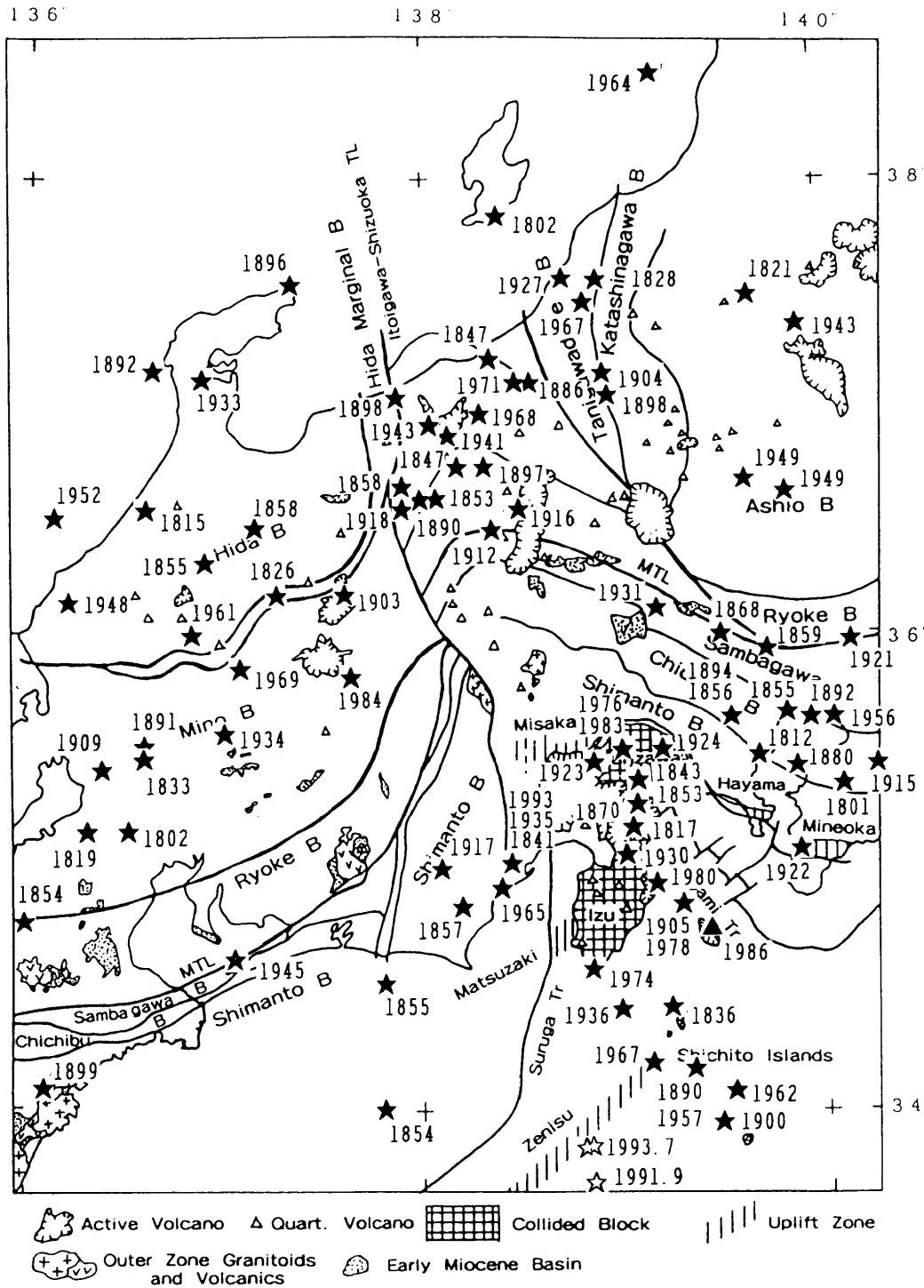


図7 1800年以降の被害地震の震央分布と本州中央部の帯状構造の屈曲、火山、伊豆・丹沢の衝突に関連する隆起帯。黒星：理科年表(1994)記載の被害地震，数字は年。白星：1993年静岡地震前の銭洲海嶺域における地震(図6に対応)，数字は年月。

Fig. 7 Focal distributions of big earthquakes in central Japan since 1800. The distributions of volcanoes, bending of zonal structure, collisional blocks of the Izu Arc, and uplift zone, related to the collision, are also shown. Black stars and numbers: foci of big earthquakes and years. White stars and numbers: foci of earthquakes along the Zenisu Ridge, related to the earthquakes in Shizuoka in August 1993, and years with months.

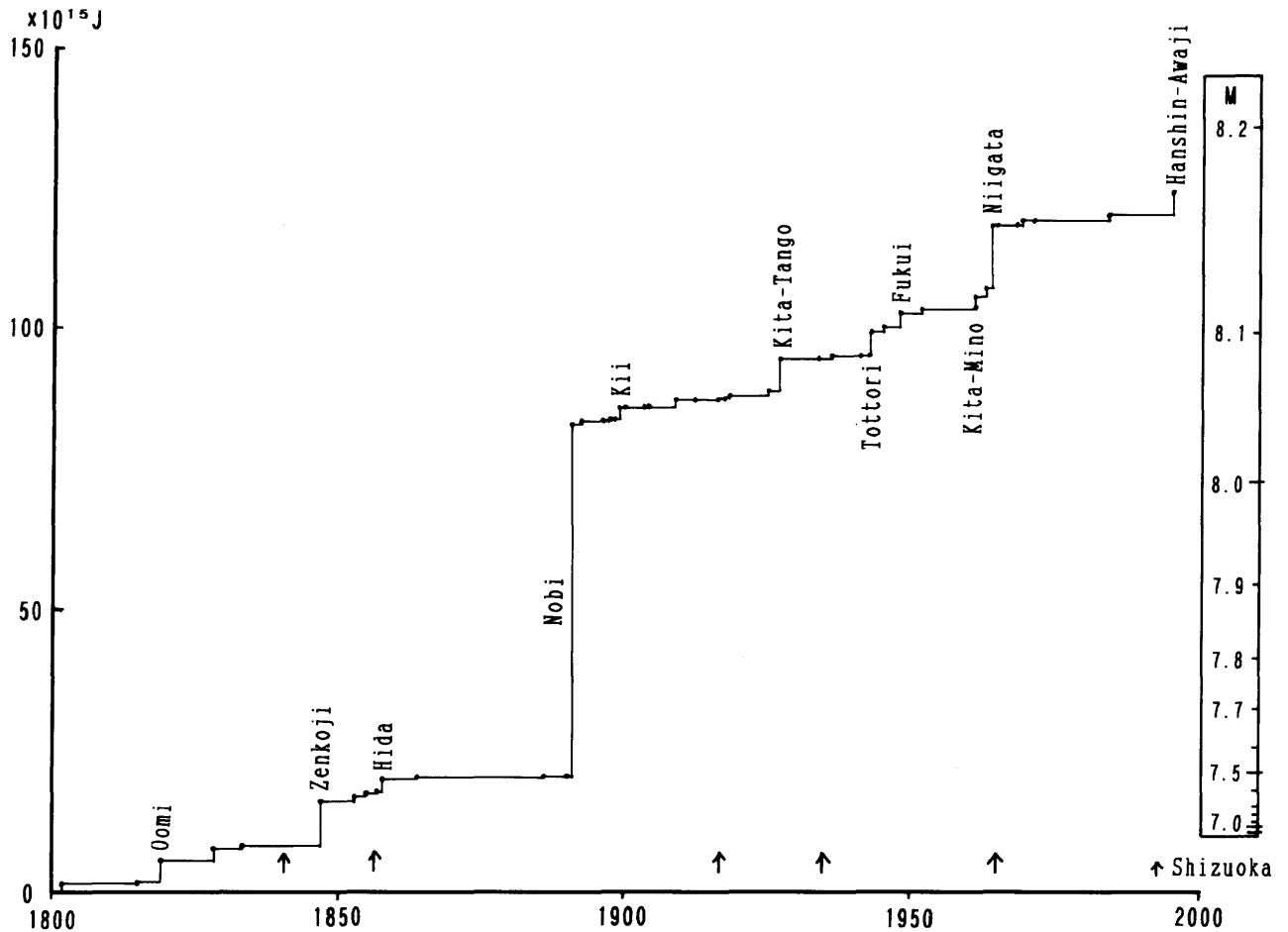


図8 1800年以降の本州中央部被害地震による積算エネルギー放出量。矢印：静岡地震。地震名はM7以上の地震について記載。右のスケールはマグニチュードとエネルギー放出量の関係。黒点：地震。

Fig. 8 Cumulative energy released by earthquakes in central Japan since 1800. Arrows: earthquakes in Shizuoka. The region names are shown for earthquakes larger than M 7.0. Black dots: earthquake events. Scale on right side presents the relation between the magnitude of earthquake and energy release.

沢・足柄・静岡地域に被害地震が集中している。北部では屈曲構造の成長、南部では伊豆弧の衝突を反映しているものと予測される。フォッサマグナの北東に位置する新潟地域にも被害地震が集中しているが、これは信越地域同様、屈曲構造の成長に伴うものであろう。

伊豆弧においては新島近海と伊豆半島東方に被害地震が起きているが、その震源域は伊豆弧の衝突の際に形成された銭洲海嶺、松崎隆起帯の延長部に当たっており、伊豆弧衝突に伴う隆起帯としてもう一つ御坂隆起帯が存在するが(新妻, 1991), それは上述の丹沢・足柄地域の被害地震と対応する。

これら本州中央部のテクトニクスは、フィリピン海プレートの北西方向沈み込みに伴う伊豆弧の衝突および伊豆海溝の後退によって支配されている。伊豆海溝が西方に移動すると三重会合点において日本海溝との間にずれが生じるが、最も厚い海洋プレートである太平洋プレートはこのようなずれに対応して沈み込み境界を変形することができず、沈み込まれている本州中央部を東西に圧縮・変形している(NIITSUMA, in press)。この三重会合点付近の変形に起因する東西圧

縮と伊豆弧の衝突によって帯状構造の屈曲が成長しており、本州中央部において起こる地震は、これらの応力や歪みが限界を越えた時に地殻が破壊するものであり、相互に関連することは当然といえよう。

地震の際に放出されるエネルギーはマグニチュードの1.5乗に比例すると言われており、本州中央部で起こった地震によるエネルギー放出量を算出してみるとその大部分をM7以上の地震が担っている(図8)。1800年以降のM7.0以上のこの地域に於ける地震は、

1819年：近江	M7¼
1847年：善光寺地震	M7.4
1858年：飛騨	M7.0-7.1
1891年：濃尾地震	M8.0
1899年：紀伊半島南東部	M7.0
1927年：北丹後地震	M7.3
1943年：鳥取地震	M7.2
1948年：福井地震	M7.1
1961年：北美濃地震	M7.0
1964年：新潟地震	M7.5
1995年：阪神・淡路震災	M7.2

と11回起こっており、約20年間隔となっている。しかし、1964年の新潟地震以降30年以上も大地震が起こらない状態が続いたが、これは1891年の濃尾地震前の状況と類似しており、1995年1月に起こったM7.2の阪神・淡路地震で蓄積したエネルギーが全て放出されたとは考えにくい。

伊豆および南部フォッサマグナにおけるM7.0以上の地震は、1923年の関東地震M7.9の後の

1924年：丹沢 M7.3

1930年：北伊豆地震 M7.3

のみであるが、M6級の地震が比較的多く起こっている。

8. 草薙断層の活動とテクトニクス

草薙断層は、約10万年前の最終間氷期の海岸段丘面（有度丘陵）を北西に10°も傾動させる大規模な円弧滑り断層と考えられる（新妻・中野，1991；新妻・小田川，1993）。この円弧滑りと、伊豆半島を載せるフィリピン海プレートの駿河トラフにおける沈み込みの関係は、1993年の静岡地震と伊豆半島東方および新島近海の地震との関連性からも重要である。

有度丘陵の傾動にともなう地形は海底における南東への突出部として認められ、その北側は折戸湾東方で富士川の下海扇状地に、南側は安倍川・大井川が注ぐ石花海（せのうみ）海盆に続く海底谷によって境されている（図1，図9）。駿河トラフ軸からこの海底谷に沿って「しんかい2000」の第474潜航が行われ、この円弧滑り面と考えられる水平に近い多数の滑り面が観察された（大塚・新妻，1991）。海底谷の南には石花海堆が存在し、その東の駿河トラフ軸部（石花海ゴージ）では伊豆半島の松崎隆起帯が衝突を開始している（新妻ほか，1990）。

駿河トラフはほぼ南北方向の軸を持つが、その方向を北東-南西に急変させて南海トラフに接続している。フィリピン海プレートはこの曲がった境界に沿って沈み込むためには、沈み込む伊豆弧側が破断する必要がある（新妻ほか，1992）。この破断の結果生じたのが銭洲海嶺であり（図7）、銭洲海嶺の南側には、モホ面まで達する大断層が存在している（徳山ほか，1991MS）。駿河トラフ-南海トラフ軸の曲がりの成長は伊豆半島の衝突に伴う帯状構造の屈曲と関連しており、丹沢の衝突の際に、同様な機構によって形成されたのが松崎隆起帯である。駿河トラフ東側の松崎隆起帯上には浅海成砂が下位の火山岩を不整合に被っており、駿河トラフへの沈み込みに伴って西北西に約10°傾斜している（新妻ほか，1990；小山ほか，1992）。

草薙断層による傾動は松崎隆起帯のすぐ北側で起こっており、有度丘陵の傾動の角が駿河トラフへの沈み込み角とほぼ等しいことから、草薙断層による円弧滑りは、山地の地滑りなどに見られる単なる重力崩壊とは異なり、プレート沈み込みに伴って、沈み込まれる前縁が隆起し、その後方が沈降して前弧海盆を形成する機構と同様な過程とみることができる。そして草薙断

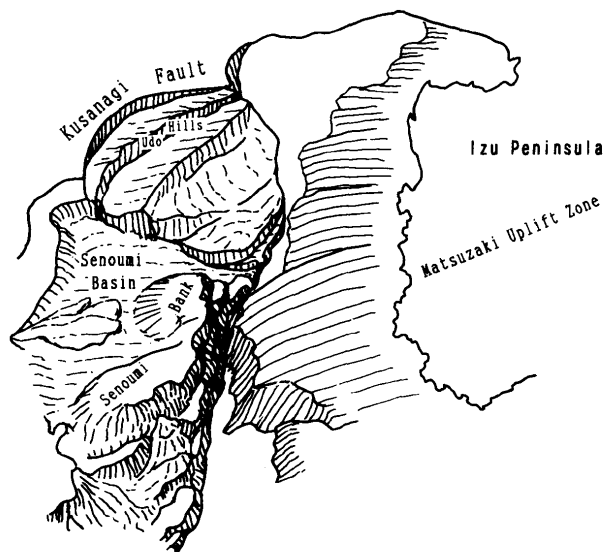


図9 草薙断層と駿河トラフにおけるプレート沈み込みとの関係。

Fig. 9 Relationship between the Kusanagi Fault and subduction of the Philippine Sea Plate.

層は前弧海盆に相当する石花海海盆の陸側を区切る断層となる。ただし、草薙断層の北側は丹沢・伊豆の衝突と三重会合点における東西圧縮によって急速に隆起しているため、前弧海盆形成過程に隆起に伴う重力不安定による重力滑動過程が複合していると見なすことができよう（図9）。

気象庁地震予知情報課（1994）では1993年の地震と同時に草薙断層のすぐ北西に位置する静岡地方気象台において体積歪計に著しい伸びを報告しているが、草薙断層の活動と調和的である。また、発震機構が東西から北西-南東方向の圧縮軸を持つとされているが、この方向は草薙断層の滑動方向に並行しており調和的である。

10. ま と め

1993年の静岡の地震は、有度丘陵の北西縁を円弧状に取り囲む草薙断層の活動に起因しており、伊豆半島東方および新島近海における地震活動と密接に関連している。

静岡でこれまでに起こった被害地震は新島・丹沢の伊豆弧北部、信越・新潟地域、および西南日本において起こる地震と関連しており、1995年1月の阪神・淡路地震と1995年4月の新潟地震が起こった現在、静岡において地震が起こる可能性は大きい。

本州中央部を支配している東西圧縮応力と帯状構造の屈曲は三重会合点周辺のプレート運動に起因する本州の変形と伊豆の衝突に起因しており、草薙断層の活動は両過程に密接に関連しており、フィリピン海プレート沈み込みに起因する前縁隆起と前弧海盆形成および

北方の急速な隆起に伴う重力滑動の両過程が複合したものである。

謝 辞

本研究に使用した地震観測記録の整理は、地殻物理学実験において行ったものであり、青山智之、坂田淑子、芹口康孝の各氏が参加した。本稿を仕上げるに当たり、静岡大学の小山真人、里村幹夫、R. Ross、大塚謙一の各氏には内容について助言・討論いただいた。

引用文献

- 檀原 毅 (1981), 静岡大学地殻活動観測所の概要. 静岡大学地球科学研究報告, **6**, 25 - 34.
- 気象庁地震予知情報課 (1994), 静岡県中部 (静岡市付近) の地震 (1993年8月7日M4.2). 地震予知連絡会会報, **51**, 471 - 477.
- 小山真人・新妻信明・狩野謙一・高木圭介・内村竜一・吉田智治・唐沢 譲・田邊裕高 (1992), 駿河トラフ伊豆側斜面の地質とテクトニクス「しんかい2000」第579潜航の成果— 海洋科学技術センター試験研究報告, 「しんかい2000」研究シンポジウム特集, **8**, 145 - 144.
- 溝上 恵・萩原弘子 (1993), 銭州海嶺における地震活動と広域地震活動との関係について. 地震予知連絡会報, **50**, 285 - 289.
- 溝上 恵・萩原弘子 (1994), 銭州海嶺における地震活動と広域地震活動との関係について (2). 地震予知連絡会報, **51**, 330 - 335.
- NIITSUMA N. (1989), Collision tectonics in the South Fossa Magna, central Japan. *Modern Geology*, **14**, 3 - 18.
- 新妻信明 (1991), 駿河トラフにおけるプレート沈み込みと南部フォッサマグナの地質. 月刊地球, 号外**3**, 174 - 179.
- NIITSUMA N. (in press), The trench - trench - trench type triple junction and tectonic evolution of Japan. *Island Arc*.
- 新妻信明・大塚謙一・狩野謙一・和田秀樹・佐藤隆一・渋谷朝紀・竹内真司・吉田智治・大浦坂勝利 (1990), 駿河トラフにおけるプレート沈み込みの直視観察. 海洋科学技術センター試験研究報告, 「しんかい2000」研究シンポジウム特集, **6**, 261 - 276.
- 新妻信明・中野 進 (1991), 有度丘陵における地震動振幅と地質構造. 静岡大学地球科学研究報告, **17**, 131 - 147.
- 新妻信明・徐 垣・Dresser D. (1992), 伊豆ゴージにおけるプレート境界の「しんかい6500」潜航調査. 海洋科学技術センター試験研究報告, 「しんかい2000」研究シンポジウム特集, **8**, 135 - 144.
- 新妻信明・小田川信哉 (1993), 谷津山 - 静岡大学間のレーザー光波測距. 静岡大学地球科学研究報告, **19**, 35 - 44.
- 大塚謙一・新妻信明 (1991), 駿河トラフにおける収束境界陸側斜面の変形構造断面の観察「しんかい2000」第474潜航調査の結果. 海洋科学技術センター試験研究報告, 「しんかい2000」研究シンポジウム特集, **7**, 33 - 43.
- 徳山英一・小泉 透・芦寿一郎・平 朝彦 (1991MS), 御前崎沖南海トラフ陸側波面の構造とその形成史. 地質学会予稿集, **98**, 351.
- 東京天文台 (1994 編), 理科年表, 1042p. 丸善, 東京.
- 宇佐見龍夫 (1987) 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 434P.
- 宇津徳治 (1982) 日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表: 1885 - 1980年. 地震研究所彙報, **57**, 401 - 463.
- 宇津徳治 (1985) 日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表: 1885 - 1980年 (訂正と追加). 地震研究所彙報, **60**, 639 - 642.