相模湾の活構造とテクトニクス

大河内直彦*

Active Geological Structures and Tectonics in Sagami Bay Area

Naohiko OHKOUCHI*

Abstract

Sagami Trough is regarded as the boundary between the Philippine Sea plate and the northeast Japan plate. Previous studies have suggested that a great earthquake will probably occur in the near future in the Sagami Bay area, the northwest portion of Sagami Trough. In this study, active geological structures and topographies in Sagami Bay are described on the basis of detailed analyses of multi-channel and single-channel seismic profiles and topographic maps, and the tectonics of this region are discussed.

The Sagami Bay fault and its landward extension, the Kozu-Matsuda fault were generally thought by previous workers to be a northeast-dipping oblique-slip fault, on which most of the relative motion between the two plates are accommodated. The Manazuru Bank situated 5-10 km west of this fault, however, are formed with strongly deformed trough fill sediments. Moreover the rupture surface of the 1923 Kanto earthquake (M. 7.9) deduced from geodetic and seismological data extends across the Kozu-Matsuda-Sagami Bay fault. These suggest that the Manazuru Bank is underlain by a north-dipping thrust fault, on which the plate motions are accommodated. I speculate that the leading edge of the thrust fault is now propagating further west to Izu Peninsula. This could explain the late Quaternary deformation of Izu Peninsula and Ashigara Plain.

I. はじめに

1989年7月に伊東沖で海底火山が噴火した。それに先だって1986年11月には伊豆大島が35年ぶりに大きな噴火をしており、相模湾周辺は最近再び注目を集めている。歴史的にみると伊豆大島の噴火はその直後に相模トラフ沿いの大地震をともなっており、中村(1971)やKANAMORI(1972)はこの2つの地学現象の間になんらかの関係があることを指摘している。また異なった見地からも、南部フォッサマグナまたは相模トラフ付近を震源とする大地震(大規模地震:松田, 1985)や、神奈川県西部地震(石橋, 1988など)が近い将来に起こることが指摘されている。首都圏に近いから、これらの地震を予測することはあらゆる意味で重要であるが、現在のところ研究者によってその地震像にかなり差がある。その最大の理由として、陸域に比べ海域の地形学的・地質学的知識が極端に少ないことが影響しているように思われる。今

* 東京大学理学部地理学教室 * Department of Geography, Faculty of Science, University of Tokyo

現在, 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo

回はそのギャップを埋めるべく、主として音波探査記録を用いて相模湾底の地形・地質構造を解析した。

II. 研究の手法と目的

本研究では、海上保安庁水路部が1980年前後に相模湾を調査した際に得られた半マイル(約0.9km)間隔のシングルチャンネル音波探査記録を中心に解析した(図1)。この音波探査記録は現在までのところほとんど未発表(茂木ほか, 1981によって調査の概報はなされている)ないし未解析の状態にあり、現在水路部にマイクロフィルムで保存されているものである。測線の総延長距離は6,000km以上ある。さらに1970年代前半に地質調査所によって得られたシングルチャンネル音波探査記録(地質調査所, 1976参照: 図1), 1989年に東京大学海洋研究所のサイドスキャンソナー IZANAGI で得られた記録, 海上保安庁水路部(1983)の10万分の1相模湾海底地形図などの解析も併せて行なった。

加藤ほか(1983)は、相模湾中央部を北東-南西方向に横切るマルチチャンネル音波探査記録(48チャンネル)を得て、相模海盆の数kmの厚さをもつ堆積層の記載を行なった。また KONG *et al.* (1984)は相模海盆から相模海丘付近で10測線のマルチチャンネル音波探査記録(12チャンネル)を解析し、層相区分と活構造の記載を行なった。今回、これらの研究で得られたマルチチャンネル音波探査記録も資料として用いている(図1)。音波探査記録の詳細に関しては、前記の各論文を参照されたい。また以下、単に“音波探査記録”と記した場合は、上述の海上保安庁水路部(1983)によって得られたシングルチャンネル

図1 音波探査記録測線図

- A: マルチチャンネル音波探査記録(加藤ほか, 1983; KONG *et al.*, 1984)
- B: シングルチャンネル音波探査記録(海上保安庁水路部)
- C: シングルチャンネル音波探査記録(地質調査所)

Fig. 1 Location of seismic lines

- A: multi-channel seismic lines (KATO *et al.*, 1983; KONG *et al.*, 1984)
- B: single-channel seismic lines (Hydrogr. Dept., M. S. A.)
- C: single-channel seismic lines (Geol. Surv. Japan)

音波探査記録を指すものとする。

研究の主な目的は2つある。1つは相模湾に分布する活構造を上に掲げた資料をもとに認定、マッピングし、今後の研究に基礎資料を提供することである(図2)。過去に KANEKO(1971), 歌代・岩淵 (1971) 地質調査所 (1976), 活断層研究会 (1980) によって同様の研究が行なわれているが、本研究ではより多くの音波探査記録とより詳細な海底地形図を用いている。本来ならば活構造について認定した根拠(音波探査記録など)を1つずつ示すべきだが、誌面の都合上省略した。音波探査記録による活構造の認定基準は基本的には活断層研究会 (1980) の作成した認定基準に準じており、音波探査記録以外の根拠を用いて

図2 相模湾の海底地形図(海上保安庁水路部(1983)を簡略化)および活構造図

音波探査記録の測線も示す。等深線間隔は100m。破線は研究海域境界を示す。

AGC: 足柄海底谷, ATC: 熱海海底谷, HII: 初島, JSS: 城ヶ島海脚, MRC: 布良海底谷, MSB: 三崎海丘, MUB: 三浦海丘, MZB: 真鶴海丘, OIH: 大磯丘陵, OIS: 大磯海脚, OYB: 沖ノ山, SMB: 相模海丘, SMH: 相模小丘, TII: 手石島, TKC: 東京海底谷, ATF: 熱海峠断層, KMF: 国府津・松田断層, SBF: 相模湾断層

Fig. 2 Submarine topographic and structural map of Sagami Bay

(Topography is Compiled from Hydrogr. Dept., M. S. A. (1983))

Survey lines are also showed. Contour interval is 100m. Broken lines show the study area boundary.

AGC: Ashigara Canyon, ATC: Atami Canyon, HII: Hatsushima Island, JSS: Jog-ashima Spur, MRC: Mera Canyon, MSB: Misaki Bank, MUB: Miura Bank, MZB: Manazuru Bank, OIH: Oiso Hill, OIS: Oiso Spur, OYB: Okinoyama Bank, SMB: Sagami Bank, SMH: Sagami Hill, TII: Teishi Island, TKC: Tokyo Canyon, ATF: Atami Toge Fault, KMF: Kozu-Matsuda Fault, SBF: Sagami Bay Fault

認定したものは破線で示し区別した。一部の断層では、特殊な環境に生息する生物群集によって断層の存在が追認されている。正断層と逆断層の区別は音波探査記録の縦横比が大きいためほぼ不可能である。また長さ2km以下の活構造は省略した。音波探査記録による活構造の認定の問題点は、大陸棚では堆積速度が大きいうえに多重反射が海底下の浅い部分であられるため、また急斜面では回折波が卓越するため、活構造を見逃している可能性が大きいと考えられることである。

こうして活構造の分布を把握した上で、既存の陸上資料や研究結果を検討して相模湾周辺のテクトニクスについて考察するのがもう1つの目的である。これまでの相模湾周辺または南部フォッサマグナのテクトニクスに関する地質学的研究は主として陸上調査に基づき、そしてそれを海底まで外挿するものが多かったが(例えば、ITO *et al.*, 1989)、海底で得られた知見を陸上の資料と照らし合わせるにより、何か新しい特徴が見出されるかも知れないと考えた。

III. 相模湾の地形および地質構造

相模湾の地形と地質構造を以下、伊豆半島東岸から相模湾沿岸部を時計回りに、そして最後に相模湾中央部という順序で述べる。簡略化した相模湾の地形図と活構造図を図2に示す。

1) 相模湾西部

伊豆半島東岸は初島付近を除いて陸棚の発達が悪く、比高約1,000 mの急斜面をもって相模海盆に至る。伊東以南のその急崖には単成火山が数多く分布しており、伊豆小笠原弧の火山フロントとなっている。葉室ほか(1980)によると、これらのほとんどは過去10万年以降に形成されたものである。初島付近は陸棚が広く、音波探査記録から比較的新しい火山体の存在が読み取れ、全磁力分布図(図3)にみられる地磁気異常地点とよく一致する。伊東以北では、手石島と初島の西方約4 kmの地点などで火成岩の噴出があることが音波探査記録から読める。また初島はその南東部に最高点(約50m)をもつ火山島で、第四紀後期の海成段丘が分布し、その段丘は北西方向に傾動している可能性が指摘されている(石橋ほか、

図3 相模湾の全磁力分布図

等磁力線間隔は100ガンマ。

MZB: 真鶴海丘 (歌代・岩淵(1971)を改変)

Fig. 3 Chart showing the total geomagnetic force of Sagami Bay
Contour interval is 100 gammas.

MZB: Manazuru Bank

(modified from UTASHIRO and IWABUCHI(1971))

図 4 Line 1 の音波探査記録 (地質調査所)
測線は図 1, 2 参照。

Fig. 4 Single-channel seismic profile of Line 1 (Geol. Surv. Japan)
Survey line is shown in Figs. 1 and 2.

1982)。1989年7月の海底噴火によって形成された手石海丘も伊東の北方水深約90mのところにある(小澤, 1989)。

相模湾西部においては熱海海底谷が唯一の大きな海底谷である。海底谷の上流部はほぼ円形をした小堆積盆で、その西縁には東落ちの断層が走る。堆積盆の出口周辺は音響不透明層によって構成される比高数10mの地形の高まりをなしている。熱海海底谷は、その上流部が熱海峠断層(村井・金子, 1973)の海側の延長と一致するので断層線谷となっている可能性もある。

真鶴海丘(頂上の水深868m)は熱海海底谷の南側に位置し、相模海盆からの比高が約500mの音響的にmassiveな構造をもつ高まりである。真鶴海丘の成因として考えられる可能性としては、火山、初生的な地形の高まり、変形構造の3通りである。しかしこれまで真鶴海丘の成因に関する議論はほとんど行なわれていない。全磁力分布図には、初島付近の陸棚でみられたような異常はみられない(図3)。また真鶴海丘の南側の測線の音波探査記録(図4)によると、真鶴海丘南縁には少なくとも厚さ約1.5kmの堆積物がみられ、真鶴海丘を初生的な地形の高まりや火山とみるのは不自然と思われる。一方、真鶴海丘南東方の堆積面では最も新しい地層まで変形させている構造がみられ(図5:図2には便宜上背斜として記載してある)。その構造を測線の異なる音波探査記録によって追跡して行くと真鶴海丘へと連続している。したがって、真鶴海丘は堆積層が変形し隆起することによってできた地形である可能性が高い。仮に初島における完新世の隆起速度1.5mm/y(石橋ほか, 1982)を適用すると、真鶴海丘は約30万年前から形成され始めたことになり、これは国府津・松田断層が活動を開始したのと同時期である。

伊東以南の海域では音波探査記録不良のため、活構造の認定は一部を除いてほとんど行なっていない(図2で破線で示した海域)。

2) 相模湾北部

足柄平野の沖には陸棚がほとんどなく、急傾斜の斜面にはガリーが数多くみられる。足柄海底谷は堆積物で埋積された幅の広い谷底をもち、この谷底中にみられる必従方向に伸びた比高数10mの高まりは、堆積物が局所的に再堆積してできた地形であることが音波探査記録から読み取れる。また1972年に起きた海

底電線切断事故は、海底地滑りとそれに伴う乱泥流が原因であることが判明しており（大塚ほか, 1973）、堆積物の再移動・再堆積が谷底中でかなり頻繁に起こっていることを裏付けた。大磯海脚は地形の伸びの方向と斜交した北西—南東方向に背斜軸が走っており、この軸を陸上に延長すると更新世末期から完新世にかけて隆起量が大きい大磯丘陵付近（YONEKURA, 1975; MATSUDA *et al.*, 1978）に一致する。

陸上では足柄平野の東縁を国府津・松田断層が走り、大磯丘陵との境界をなしている。山崎（1984）は国府津・松田断層の活動開始年代を約25万年、ITO *et al.*（1989）は約30万年とした。すなわちそれ以後大磯丘陵は足柄平野に対して隆起してきたのである。ボーリングの資料から推定すると足柄平野の沈降速度は後期更新世に入ってから衰えているので（山崎, 1984）、国府津・松田断層の活動度が落ちている可能性も考えられる。1923年の関東地震の際には、国府津・松田断層を越えて足柄平野側にまで隆起域が及び、海岸部では熱海付近まで隆起したことが知られている。

大磯海脚の南方にある北北東—南南西方向に伸びた比高約200mのtear-drop型の地形を相模小丘（新称）と呼ぶ（図2）。音波探査記録によると、相模小丘はその内部に比較的良好な初生堆積構造が残された段丘地形であることがわかる（図6）。すなわち、相模小丘の部分を残して周囲が侵食されてしまった fill-strath 段丘と考えられる。そして相模小丘内にみられる層理面が周囲の海底谷底よりも深い位置までみられることから、現在の海底谷は再び堆積傾向にあり、海底谷底に新しい堆積物が薄くのっているものと考えられる。大磯丘陵をはじめ相模湾沿岸がかなり地殻変動の激しい地域である（例えば、YONEKURA, 1975; MATSUDA *et al.*, 1978）ことから類推すると、相模小丘付近も同様にかなり地殻変動が激しいことが推測され、相模小丘はその初生堆積構造の“保存の良さ”からするとかなり新しい時代（数万年前以降）に形成された地形であろう。推測ではあるが、相模小丘形成に関して次のような筋書きを考えることも可能であろう。すなわち、真鶴海丘の成長（同時に相模海丘も成長していたかもしれない）により一時的に真鶴海丘と相模海丘の狭窄部が閉じ、酒匂川によって運搬されてきた大量の土砂が真鶴—相模海丘でせき止められ、相模湾北西部に堆積盆地を形成した。しかし再び国府津・松田断層およびその海底の延長部分の活動によって現在の相模海丘と真鶴海丘の間に断層線谷が形成され、堆積盆地にたまっていた堆積物は流失した。その際に相模小丘の部分だけ侵食されずに残され、現在のような地形配列になった、というものである。

3) 相模湾東部

足柄平野から東側では陸棚が海岸から5~10km 沖まで広がり、急傾斜の大陸斜面をへて水深700~1,000mの堆積盆地（三浦海盆列）になる。多くの海底谷が必従方向と斜交した北東—南西~東西方向に陸棚を

図5 Line 2の音波探査記録（海上保安庁水路部）
測線は図1、2参照。

Fig. 5 Single-channel seismic profile of line 2
(Hydrogr. Dept., M. S. A.)
Survey line is shown in Figs. 1 and 2.

図 6 Line 3 (左), 4 (右) の音波探査記録 (海上保安庁水路部)

測線は図 1, 2 参照。

Fig. 6 Single-channel seismic profiles of Lines 3 and 4 (Hydrogr. Dept., M. S. A.)

Survey lines are shown in Figs. 1 and 2.

侵食し、その結果海底谷の両側に海脚が形成されている。東京海底谷は相模湾東部で最も大きな海底谷で、谷頭部は浦賀水道まで達している。東京湾に流入した堆積物は東京海底谷を通じて相模トラフへ運ばれる。東京海底谷の流路形態は鴨川海底谷・相模トラフ（藤岡ほか（1984）の相鴨トラフ）系と類似しており、同じ応力場で形成された構造谷に起源をもつと考えられる。東京海底谷以南における海脚・海底谷は、それぞれ背斜軸・向斜軸に一致し造構運動によって地形が形成されている可能性が高い。ただし房総半島沖の布良海底谷は他の海底谷とは異なった北西―南東方向の流路をもち、沖ノ山の南西を走る断層の延長線上にある。房総半島南端付近の陸棚は多数の断層（図2ではほとんど省略されている）によって激しくブロック化している。その断層の走向は陸棚の西側ほど北西―南東方向に近く、東側ほど東西方向になる。これは相模トラフが房総半島南端沖で屈曲していることを反映しているものと思われる。

4) 沖ノ山堆列周辺

相模湾には北西―南東方向に伸びる一連の地形の高まりがあり、それらは一括して沖ノ山堆列と呼ばれる。南東側から順に沖ノ山（頂上の水深54m）・三崎海丘（414m）・三浦海丘（557m）・相模海丘（449m）と続く。沖ノ山の頂上部には最終氷期の低海面期に形成されたと考えられる平坦面が存在する。この平坦面は東西方向の断層によって切られている。三崎海丘は東京海底谷をはさんで沖ノ山の北側に位置し、頂上部にある平坦面は北東―南西方向の断層によって南東側が約150m落ちている。三崎海丘の北側には城ヶ島海底谷をはさんで三浦海丘がある。三浦海丘の南西縁は2本の平行な断層によって堆積盆地と境されている。相模海丘は東堆と西堆に分かれており、西堆の方が約50m深い水深をもつ。東堆では水深490m

以浅の頂上部が、西堆では水深 530m 以浅の頂上部が平坦面をなすので、西堆が断層運動により相対的に沈降していると推定される。これら一連の沖ノ山堆列の西縁は急崖をなし、杉村 (1972) の言う相模湾断層の海底面への表われと捉えることができよう。以下に相模湾断層と言う場合は、沖ノ山堆列の西縁に沿って海底面にあらわれた断層という意味で用いる。

沖ノ山堆列と相模湾東部の大陸斜面との間には三浦海盆列があり、加藤ほか (1983) によるマルチチャンネル音波探査記録から推定すると、おそらく数 100m 程度の薄い堆積物によって埋積されている。相模湾東部の陸棚を開析する海底谷は、三浦海盆列では幅広い谷底をもち、沖ノ山堆列の切れ目をぬけて相模トラフ軸へと流れ込んでいる。この三浦海盆列から沖ノ山堆列付近には、数多くの南北方向の断層が分布している (図 2)。また三崎海丘の東側にある小堆積盆地には、サイドスキャンソナー記録によって数多くの泥火山の存在が推定されている (平 朝彦, 私信)。

沖ノ山堆列の成因に関しては、従来火山起源であるとする説 (例えば、地質調査所, 1976) と、付加堆積物と見なす説 (例えば、FUJIOKA *et al.*, 1989) の 2 通りの解釈がある。音響的には相模海丘以南の各海丘とも massive な構造をもっている。かつて地質調査所によるドレッジで火山岩が採集されたことがあり、沖ノ山堆列が火山起源であると見なす重要な根拠になっている。しかしその後の数多くの調査をまとめた結果によると、火山岩は含礫泥岩中に碎屑物として存在するため、必ずしも沖ノ山堆列が火山であることを示さないということが報告されている。(FUJIOKA *et al.*, 1989)。一方、沖ノ山堆列付近の全磁力に異常はほとんどみられない (図 3)。したがって沖ノ山堆列を火山と見なす積極的理由はない。以下の考察では、沖ノ山堆列は真鶴海丘と同様に付加堆積物であると仮定して話を進めることにする。

三浦半島城ヶ島南方にある城ヶ島海脚 (頂上の水深約 400m) は、その両側を海底谷によって侵食されることによって形成された海脚ではなく、しかも音波探査記録によると海脚の南西縁が断層によって規定されている。これらの形態はいかにも沖ノ山堆列と類似している。城ヶ島海脚は沖ノ山堆列と同様の成因に

図 7 Line 5 の音波探査記録 (地質調査所)

測線は図 1, 2 参照。

Fig. 7 Single-channel seismic profile of line 5 (Geol. Surv. Japan)

Survey line is shown in Figs. 1 and 2.

よって形成されたのではないだろうか。

5) 相模海盆周辺

相模湾中央部は、伊豆半島、真鶴海丘、沖ノ山堆列、伊豆大島で囲まれた三角形をした堆積盆地（相模海盆）となっており、少なくとも表層数 100m は相模トラフを境に東側と西側の堆積場に分けられる。相模トラフより東側にみられる堆積物の表層数 100m の層理面は西南西にわずかに傾斜しており、海底谷群によって形成された扇状地と考えられる。三崎・三浦両海丘の西側には相模湾断層にはほぼ平行に背斜軸があり、相模海丘南部へ曲線を描きながら連続している（図 7）。一方、相模トラフより西側の堆積物は、全体に北～北北東方向に傾動してウェッジ状に堆積している（図 4）。なおマルチチャンネル音波探査記録（加藤ほか、1983；KONG *et al.*, 1984）や図 4 から判断すると、相模海盆全体としては東縁～北縁、すなわち沖ノ山堆列西縁沿いから真鶴海丘南部にかけて基盤（おそらく白浜層群）が最も深くなっている。加藤ほか（1983）によると、三崎海丘西側で堆積層の厚さは 4,000m 以上に達するものと考えられている。このような堆積物の層厚分布の特徴は、相模湾トラフにおいて基盤が沈み込みのために下方に湾曲していることを示していると考えられる。東京海底谷の搬出した堆積物が形成したと考えられる沖ノ山南西方の扇状地は、現在の流路がこの堆積面を削り込んでいるため段丘化している。またこの扇状地が南西方向に張り出しているため、相模トラフの現在の流路はトラフ底の西縁に位置している。

東京海底谷が形成した沖ノ山西方の扇状地には、比高数 10m の楕円形をした地形の高まりがいくつか

図 8 Line 6 の音波探査記録（海上保安庁水路部）
測線は図 1, 2 参照。

Fig. 8 Single-channel seismic profile of Line 6
(Hydrogr. Dept., M. S. A.)

Survey line is shown in Figs. 1 and 2.

ある。音波探査記録によるとその地下は音響的に不透明な層によって構成されている（図 8）ので、実体が何であるかはっきりしない。図 2 では便宜上背斜として記載した。この背斜軸の方向はバラバラで規則性をもたないようである。プレートが沈み込む際に表層の堆積物がいかに変形されるかについて粘土を用いた実験によると、陸側斜面に堆積物が付加されて形成される付加プリズム内で上昇流が起こることが知られている（COWAN and SILLING, 1978）。したがって、地質構造の複雑な地塊もしくは急傾斜の層理面をもつ地塊が上昇してきて、それが音波探査記録上で不透明層となって表現されている可能性が考えられる。いずれにしてもこの比高数 10m の高まりは、プレートの沈み込みに関連した構造であると考えられる。詳細な地形図によると、さらに南東方向の布良海脚にも同様の地形が分布するが、音波探査記録によると図 8 ほど顕著な地下構造は認められないので、図 2 には記載していない。

IV. 考 察

相模湾内を北西—南東方向に並ぶ沖ノ山堆列は、かつて“タガがはずれた”形態をもつと表現され、堆と堆の間に横ずれ断層または

トランスフォーム断層が存在して、相模湾断層はそれらによって分断されているものと推定されていた(中村・島崎, 1981)。今回音波探査記録を詳細に解析した結果と KONG *et al.* (1984) の結果を合わせると、相模海丘南部から三浦・三崎両海丘の西側まで連続した背斜軸が存在し(図2, 7)、少なくとも相模湾断層を胴切りする断層は存在しないと考えられる。

また、沖ノ山堆列の西側に背斜軸が存在することは、付近一帯が水平短縮場にあることを示している。かつて、フィリピン海プレートは東北日本プレートに対し北西方向に移動しているので、相模湾断層はほぼ横すべりもしくは正断層の形でプレートの抜け出しが起こっている可能性が指摘された(NAKAMURA *et al.*, 1984)。もしそうならば、相模湾断層をはさんで水平短縮成分は生じ得ず、背斜構造も形成されないであろう。しかし相模湾は伊豆と本州が衝突している丹沢山地に“近い”ため、その影響を考慮する必要がある。すなわち、本州に対する伊豆半島の衝突が進行することにより、相模トラフと駿河トラフのなす角度が時代とともに小さくなっていることが期待される。したがって、衝突地点より東側にある相模湾断層の北東側の地塊が、フィリピン海プレートに対し丹沢山地を支点として時計回りに回転し、それによって相模湾断層付近で水平短縮成分が生じたと解釈することができる。実際、三浦半島および大磯丘陵で葉山層群から三浦層群にかけてのサンプルについて残留磁化とフィッシュントラック年代を測定した結果によると、三浦半島、大磯丘陵は4 Ma以降 25°~30°回転している(吉田, 1982)。回転中心を丹沢付近とし、回転速度を4Maの間一定であったと仮定すると、三浦半島先端付近はフィリピン海プレートに対して南西方向に数 cm/y のオーダーで移動している可能性がある。

次に、相模湾周辺における現在のプレート境界がどこに位置するかについて検討してみる。まずプレート境界の定義を明確にしておく必要がある。中村・島崎(1981)は、プレート境界を比較的大縮尺で論ずる際には物質境界と力学境界に分離すべきことを強調した。ここでは中村・島崎(1981)によって提唱された力学境界について考えてみる。従来相模湾周辺の第四紀テクトニクスを論じる際、その力学境界としては相模湾断層—国府津・松田断層系が考えられてきたようである(例えば, ITO *et al.*, 1989)。その主たる根拠は、国府津・松田断層がA級の活動度をもつ活断層である(活断層研究会, 1980)ことと、相模湾断層が比高200m以上の急崖をもつことである(NAKAMURA *et al.*, 1984)。しかし国府津・松田断層の水平ずれ(右ずれ)成分は検出されておらず、また MATSU'URA *et al.* (1980) は1923年関東地震の地殻変動を最もよく説明する断層モデルとして、相模湾断層—国府津・松田断層系より反時計回りの走向をもつ断層を提示した(図9)。したがって、必ずしも相模

図9 1923年関東地震の測地学的資料から求めた断層面(MATSU'URA *et al.*, 1980のMODEL 3: 破線)と相模湾断層, 国府津・松田断層, 真鶴海丘の位置関係を示す図

Fig. 9 Chart showing the horizontal relation of the rupture surface of 1923 Kanto Earthquake deduced from geodetic data (MODEL 3 in MATSU'URA *et al.* (1980): broken line) to the Sagami Bay fault, the Kozu Matsuda fault, and the Manazuru Bank

図10 相模湾西部における模式的南—北断面

Fig. 10 Schematic N-S profile across the western part of Sagami Bay

湾断層—国府津・松田断層系だけが力学境界であると考えする必要はないのではないだろうか。

そこで筆者は次のように考えてみた。先に述べたように比高約 500m にも達する真鶴海丘が新しい堆積物の変形によって形成されているならば、真鶴海丘南縁も力学境界たる資格をもっているのではないだろうか。すなわち、プレート収束運動の一端を担っている活動度の大きな北傾斜の逆断層が存在し、その一部が真鶴海丘の南縁で地表にあらわれている。そして1923年の関東地震の震源断層は、相模湾北西部では相模湾断層—国府津・松田断層系ではなく、この真鶴海丘下に存在する逆断層だと考えるのである。

KANAMORI (1971) によって地震学的に求められた1923年関東地震の断層モデルは傾斜 34°NE 、走向 $\text{N}70^{\circ}\text{W}$ で、位置は少し北よりであるが断層面の走向は上で述べた逆断層面とかなりよく合っており、また上述の MATSU'URA *et al.* (1980) によって、測地学的に求められた同地震のモデル (MODEL 3) も、同様に真鶴海丘下の逆断層面の存在と調和している (図 9, 10)。上記の逆断層を想定すれば1923年関東地震の際に熱海付近まで隆起したことも説明できる。一方、伊豆半島海岸部には明瞭な海成段丘はあまり分布せず、これまで詳細な研究はあまり行なわれていないが、松島 (1984) は初島の段丘調査結果 (石橋ほか, 1982) や縄文土器の発掘調査結果を根拠に伊豆半島の北東部が中期完新世以降から隆起傾向にあることを指摘している。したがって、国府津・松田断層の活動速度が完新世になって衰えている可能性があると考え合わせると、真鶴海丘下の逆断層面が現在西方の伊豆半島側へ波及しつつあるのかも知れない。この真鶴海丘下の逆断層面と国府津・松田断層の関係は、プレート収束境界において断層活動が海側へ順次移動していくことにより形成される覆瓦構造、として捉えればよいと筆者は考えている。この逆断層面の西端が伊豆半島方面の地下にどこまで達しているかは不明である。

以上、真鶴海丘下から北～北北東方向に傾斜した逆断層面が存在し、プレート収束運動の一部を担っていると考えることにより、相模湾北西部における第四紀後期の地殻変動様式を説明することができる。本稿では主として相模湾で得られた地形学的・地質学的データによって論を進めてきたが、今後の地震予知のためにも既存の地球物理学的データの見直し、および真鶴海丘の調査が急務であろう。

謝 辞

東京大学理学部地理学教室の米倉伸之助教授、池田安隆助手をはじめとする諸先生方には日頃から数多くの御教示をいただいた。東京大学海洋研究所の平朝彦教授、徳山英一助手、徐垣博士には多くの有益な議論をいただいた。海洋科学技術センターの服部陸男博士と田中武男博士には貴重なビデオの閲覧の許可をいただいた。工業技術院地質調査所の奥田義久海洋地質課長には音波探査記録閲覧の便宜をはかっていただき、茅根創博士をはじめとする海底構造セミナーの方々には有意義な議論をしていただいた。

海上保安庁水路部大陸棚調査室の方々には研究場所を提供していただき、海洋情報課および海の相談室の方々には音波探査記録の複写その他について大変お世話になった。特に長岡信治博士には終始有意義な議論と励ましの言葉をいただいた。以上の方々に心からお礼申し上げます。

文 献

- 地質調査所 (1976): 海洋地質図 3 “相模灘及付近海底地質図”。
- COWAN, D. S. and SILLING, R. M. (1978): A dynamic, scaled model of accretion at trenches and its implications for the tectonic evolution of subducting complexes. *J. Geophys. Res.*, **83**, 5389-5396.
- 藤岡換太郎・古田俊夫・飯山敏道・古家英・中村一明・中村保夫・小川勇二郎・竹内 章・谷口英嗣・渡辺正晴 (1984): 房総海底崖付近の地質——KT 83-20次航海報告——. 震研彙報, **59**, 267-326.
- FUJIOKA, K., KINOSHITA, M., SOH, W., TSUKAWAKI, S., ASHI, J., AKIMOTO, K. and WATANABE, M. (1989): Geology of Sagami Bay and its environs—Reports on the results of KT 88-1 Cruise—. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **64**, 391-431.
- 葉室和親・荒牧重雄・加賀美英雄・藤岡換太郎 (1980): 東伊豆沖海底火山群, —その 1—. 震研彙報, **55**, 259-297.
- 石橋克彦 (1988): “神奈川県西部地震”と地震予知 1. 科学, **58**, 537-547.
- 石橋克彦・太田陽子・松田時彦 (1982): 相模湾西部, 初島の完新世段丘と地殻上下変動. 地震, **35**, 195-212.
- ITO, T., KANO, K., UESUGI, Y., KOSAKA, K. and CHIBA, T. (1989): Tectonic evolution along the northernmost of the Philippine Sea plate since 1Ma. *Tectonophysics*, **160**, 305-326.
- 海上保安庁水路部 (1983): 相模湾海底地形図.
- KANAMORI, H. (1971): Faulting of the great Kanto Earthquake of 1923 as revealed by seismological data. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **49**, 13-18.
- KANAMORI, H. (1972): Relation between tectonic stress, great earthquakes and earthquake swarms. *Tectonophysics*, **14**, 1-12.
- KANEKO, S. (1971): Neotectonics of Oiso Hill and contiguous district in south Kanto, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **77**, 345-358.
- 加藤 茂・佐藤任弘・桜井 操 (1983): 南海・駿河・相模トラフのマルチチャンネル反射法音波探査. 水路部研究報告, **20**, 1-24.
- 活断層研究会 (1980): 日本の活断層. 分布図と資料. 東京大学出版会. 363p.
- KONG, Y. S., KAGAMI, H., TOKUYAMA, H., IGARASHI, C. and NASU, N. (1984): Sub-bottom geological structures of Sagami Bay. *Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo*, **16**, 1-91.
- 松田時彦 (1985): 大磯型地震について. 月刊地球, **7**, 472-477.
- MATSUDA, T., OTA, Y., ANDO, M. and YONEKURA, N. (1978): Fault mechanism and recurrence time of major earthquakes in southern Kanto district, Japan, as deduced from coastal terrace data. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **89**, 1610-1618.
- 松島義章 (1984): 完新世段丘からみた相模湾・駿河湾の沿岸地域のネオテクトニクス. 第四紀研究, **23**, 165-174.
- MATSU'URA M., IWASAKI, T., SUZUKI, W. and SATO, R. (1980): Static and dynamical study on faulting mechanism of the 1923 Kanto earthquake. *J. Phys. Earth*, **28**, 119-143.
- 茂木昭夫・桂 忠彦・中嶋 逞・桜井 操・加藤 茂 (1981): 駿河・相模トラフ付近の海底調査概報. 月刊地球, **3**, 443-451.
- 村井 勇・金子史朗 (1973): 南関東のネオテクトニクス・ノート. 関東大地震50周年論文集, 125-145.
- 中村一明 (1971): 地殻歪の指示者としての火山——火山のテクトニクス例——. 火山, 第2集, **16**, 63-71.
- 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**, 490-498.
- NAKAMURA, K., SHIMAZAKI, K. and YONEKURA, N. (1984): Subduction, bending and extension. Present and Quaternary tectonics of the northern border of the Philippine Sea plate. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, **26**, 221-243.

大塚謙一・加賀美英雄・本座栄一・奈須紀幸・小林見吉 (1973): 相模湾の海底地すべりと乱泥流. 海洋科学, **5**, 446-452.

小澤幸雄 (1989): 伊東沖海底火山噴火に遭遇して. 地質ニュース, **422** (10), 6-13.

杉村 新 (1972): 日本付近におけるプレート境界. 科学, **42**, 192-202.

歌代慎吉・岩淵義郎 (1971): 相模湾の海底地形地質構造について. 地学雑誌, **80**, 77-88.

山崎晴雄 (1984): 活断層から見た南部フォッサマグナ地域のネオテクトニクス. 第四紀研究, **23**, 129-136.

YONEKURA, N. (1975): Quaternary tectonic movements in the outer arc of southwest Japan with special reference to seismic crustal deformations. *Bull. Dept. Geogr., Univ. Tokyo*, **7**, 19-71.

吉田彰二 (1982): 南部フォッサマグナの新生代テクトニクス——三浦・大磯地域の古地磁気と F. T. 年代——. *NOM*, **9**, 33-39.

(1990年3月26日受付, 1990年6月18日受理)