

大阪湾断層帯の地質学的断層－褶曲モデル

Geometry and kinematics of the Osaka Bay fault zone, southwest Japan

石山達也¹・末廣匡基²・横田 裕³

Tatsuya Ishiyama¹, Masaki Suehiro² and Hiroshi Yokota³

¹ 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, t-ishiyama@aist.go.jp)

^{2,3} ㈱阪神コンサルタンツ (Hanshin Consultants Co., Ltd., suehiro@hanshin-consul.co.jp, yokota@hanshin-consul.co.jp)

Abstract: We present structural models to define the kinematics and geometry of active fault-related folds along the Osaka Bay fault zone (OFZ), on the basis of numerous, high-resolution seismic reflection profiles and borehole data. The OFZ is an active intraplate fault system defined by more than 30-km-long arrays of southeast-verging reverse faults. The seismic sections and nearby borehole tied with them show that the core of the basement-involved fold overrides onto the lower portion of the thick Neogene sediments in the Osaka basin. Fault cutoffs identified on the GS-5M section and trishear solution for the GS-8ME section suggest that the forelimb geometries have formed above the propagating tip of 75° and 74° northwest-dipping thrusts, respectively. These solutions suggest that a 0.5 mm/yr of slip rate has been accommodated on the OFZ since ca. 1.2 Ma. This is consistent with shorter-term slip rates calculated by a structural relief across a ca. 0.33 Ma horizon deposited across the forelimb. Structural analyses are thus able to account for the bulk of the folding history accommodated above the thick-skinned OFZ during a millennial timescale.

キーワード: 活断層, 大阪湾, 大阪湾断層帯, 断層伝播褶曲

Keywords: active fault, Osaka Bay, Osaka Bay fault zone, fault-propagation fold

1. はじめに

過去十数年間にわたって大阪湾にて実施された反射法地震探査によって, 大阪湾断層帯 (岩崎ほか, 1994; Sato *et al.*, 1998; 横倉ほか, 1998) として知られる, 北東走向・西側隆起の逆断層帯の存在が明らかになった. 大阪湾断層帯は, 下部更新統のみならず, 上部更新統および完新統を変位させる活断層である (荒木ほか, 1995; 岩淵ほか, 2000; 北田ほか, 2001; 七山ほか, 2000; 島崎ほか, 1996). したがって, その幾何学的形状とすべり速度を推定することは, 大阪地域の震源断層モデルを構築する上で重要な課題である. しかし, 数多く取得された反射断面に対して, 断層構造および断層関連褶曲に焦点を絞った構造地質学的検討を行った例は Sato *et al.* (1998) を除いて皆無である. 本研究では, これらの断層帯を横断する数多くの反射法地震探査に加えて, 新第三系および第四系大阪層群の火山灰・古地磁気層序 (例えば, 市原編, 1993; 吉川・三田村, 1999)・深層ボーリング (GS-K1; Biswas *et al.*, 1999; 吉川ほか, 2000) の結果に基づき, 反射断面にあらわれた大阪層群の褶曲構造を説明する大阪湾断層帯の断層関連褶曲モデルについて検討する.

2. 大阪湾断層帯の概要

大阪湾断層帯は神戸沖付近から泉南沖まで, 全長 30 km 以上におよぶ逆断層帯である (横倉, 2000) (第 1 図). 本断層帯では, 反射法地震探査によって, Ma12 層およびこれより下位の大阪層群が参加する西側隆起の撓曲構造がイメージングされている (岩崎ほか, 1994; Sato *et al.*, 1998; 横倉ほか, 1998).

一方, 大阪湾断層帯が右横ずれ成分を有する可能性が, 横倉ほか (1998)・横倉 (2000) によって指摘されている. 大阪湾断層とほぼ同じ走向に分布する野島断層において, 1995 年兵庫県南部地震時の変位量 (栗田ほか, 1996) および平均変位速度 (水野ほか, 1990) の上下・水平成分の比が約 1:2 であることを根拠に, 横倉ほか (1998) は 1.0 mm/yr, 横倉 (2000) は 1.0~1.4 mm/yr の右横ずれ変位速度を大阪湾断層帯が有すると考えている. また, 島崎ほか (1996) は, シングルチャネル音波探査断面に横ずれ断層特有の変形構造が見出されることを指摘している.

横倉ほか (1998) は, 反射面と深層ボーリング (GS-K1) 中の下部-中部更新統層序の対比に基づき, 大阪湾断層帯の上下変位速度を 0.5~0.6 mm/yr と推定した. 岩淵ほか (2000) もほぼ同様の値を得ている. また, 七山ほか (2000) はシングルチャネル音波探

査断面と完新統層序に基づく単位変位量・平均活動間隔から、0.2~0.5 mm/yr と推定した。

3. 大阪湾断層帯の地下構造

3.1 大阪湾断層帯の反射断面

大阪湾断層帯のイメージングを目的とした反射法地震探査のうち、横倉ほか (1998) によって得られた GS-5M および GS-8ME の断面が、その地下構造を推定する上で最も適している (第2図・第3図)。その理由は、①測線が断層の走向にほぼ直交している、②測線と交差する既存の測線の近傍に、先新第三系基盤岩類の上面深度に達する深層ボーリング (GS-K1; Biswas *et al.*, 1999; 吉川ほか, 2000) が存在する、また③ GS-K1 ボーリングでは大阪層群の火山灰・古地磁気層序が詳細に検討されている (Biswas *et al.*, 1999)、の3点である。断層の分布が海域に限られ、表層地質と反射面の対比が一般に困難である大阪湾断層帯において取得された反射断面のうち、上記2測線はこれらの条件を満たしている。

横倉ほか (1998) によって得られた GS-5M および GS-8ME の位置を第1図に、深度断面を第2図および第3図に示す。両測線ともに、大阪湾断層帯によって南向きないしは南東向きの撓曲変形を受けた大阪層群および先新第三系基盤岩類 (白亜系花崗岩類) 最上部を捉えている。一般に、大阪湾断層の上盤側に形成された褶曲構造は、南東翼部 (すなわち前翼部) の長さ1 km 前後の単斜構造である。このような構造は逆断層に特徴的である。なお、横倉ほか (1998) は大阪湾断層帯のすべりが横ずれ成分を有する可能性を指摘している。しかし、反射断面に基づく限り、横ずれ断層に特徴的なフラワー構造などは見受けられない。そこで、以下の構造解析では大阪湾断層による褶曲構造を逆断層によって形成された単斜構造として扱う。

また、一部の測線では北西翼部 (すなわち後翼部) を有する背斜構造を捉えている。このような後翼部の形成は、断層面の深部の折れ曲がり (Suppe, 1983) か、バックスラストによって説明される。しかしながら、大阪湾断層帯で後翼部が前翼部に比べてはるかに小規模であるので、以下の解析ではこの構造を考慮に入れない。

3.2 測線 GS-5M の地質構造解釈

横倉ほか (1998) の GS-5M 測線にみられる反射面群は、これと交差する他の反射測線を介して、ボーリング GS-K1 の層序と対比することができる (第2b図)。対比に用いた反射断面は褶曲構造を含んでいる。しかし、大阪層群上半部に相当する反射面群は断層によって切断されておらず、連続的に追跡される。したがって、GS-5M 測線については、大阪層群上半部については大阪湾断層の両側でほぼ正確に対比す

ることができる。

GS-K1 ボーリングの層序と対比した GS-5M 断面の解釈図を第2b図に示す。断層の両側で対比される大阪層群田中累層最下部の海成粘土層 Ma-1 の分布深度には、撓曲構造を挟んで明らかに不連続が認められ、北西傾斜の逆断層による変位を受けている。一方、同様に断層の両側で対比される海成粘土層 Ma10 は撓曲変形を受けているが、その分布深度に明確な不連続は認められない。したがって、大阪湾断層は、その先端が深さ約0.3~0.8 km の間に位置する blind thrust であると考えられる。

大阪湾断層の両側における大阪層群の層厚は、Ma-1 層より下位ではほぼ一様である。これに対して、Ma-1 層よりも上位の地層は断層の下盤側で厚く、かつ上位に向かって前翼部の傾斜が減少する。また、断層両側で対比される Ma-1 層準の分布深度から、この層準の上下変位量は、約630 m であるのに対し、Ma10 層の上下変位量は約130 m である。このように、Ma-1 層の上下変位量は明らかに Ma10 層に比べて大きく、上下変位量の累積性が認められる。一方、これより下位の地層の上下変位量はほぼ一定である。これらの諸特徴は、Ma-1 層より上位の地層が撓曲構造の成長時期を示す growth strata であることを示す。すなわち、大阪湾断層の断層運動の開始時期が Ma-1 層の推定堆積年代 (約1.2 Ma; 内山ほか, 2001)、換言すれば大阪層群田中累層の堆積開始時期とほぼ同時であることを示している。

断層の両側で Ma-1 層と対比される反射面群は、その連続性から断層近傍まで追跡することが出来る。大阪層群を断ち切る断層構造をこれにより推定することが出来る。Ma-1 層層準で認められる断層両側の cutoff は、撓曲構造の向斜軸上に分布している。したがって、断層は向斜軸に沿って形成されたと考えられる。このように、局所的に歪みが集中する向斜軸面に沿って断層面が形成される現象は synclinal breakthrough と呼ばれ、地表面に向かって延伸する断層伝播褶曲 (fault-propagation fold) にしばしば観察される (例えば Suppe and Medwedeff, 1991)。cutoff の交線から推定される大阪湾断層の傾斜は約75°である (第2d図)。

Ma-1 層の上下変位量を約630 m、堆積年代である1.2 Ma を断層運動開始時期とすると、大阪湾断層の上下変位速度は約0.5 mm/yr と推定される。一方、Ma10 層 (酸素同位体比層序ステージ9; 吉川・三田村, 1999) の上下変位量を130 m、堆積年代を0.33 Ma (内山ほか, 2001) とすると、これから推定される上下変位速度は約0.4 mm/yr であり、Ma-1 層から推定される値と整合的である。また、これらの平均変位速度の値は、横倉ほか (1998) による値と同程度である。また、断層面の傾斜を75°とすると、Ma-1 層を変位基準とした場合の大阪湾断層の平均すべり速度は、約0.5 mm/yr と推定される。

3.3 測線 GS-8ME の地質構造解釈

横倉ほか (1998) の GS-8ME 測線に関しても、GS-5M 測線と同様の手法で、反射面群とボーリング GS-K1 の層序を対比することができる (第 3b 図) GS-K1 ボーリングの層序と対比した GS-8M 断面の解釈図を第 3b 図に示す。断層の両側で対比される大阪層群田中累層最下部の海成粘土層 Ma-1 の分布を追跡すると、Ma-1 層は撓曲変形を受けているが、GS-5M 測線で認められたような明確な不連続 (fault-cutoff) は認めがたい。先新第三系基盤岩類上面についても同様である。また Ma10 層よりも上位については、撓曲変形を受けているが、その分布深度に不連続は認められない。したがって、大阪湾断層は、その先端が Ma-1 の層準ないしそれ以深に位置する blind thrust であると考えられる。

また、大阪湾断層の両側における大阪層群の堆積構造には、GS-5M 測線と同様に Ma-1 層より上位での断層下盤側における層厚の増大と、前翼部の傾斜の上方への減少が認められる。また、Ma-1 層および Ma10 層の上位変位量はそれぞれ 530 m および 190 m であり、上下変位量の累積性が認められる。一方、Ma-1 層より下位では地層の層厚は断層の両側で同様であり、かつ上下変位量はほぼ一定である。したがって、Ma-1 層より上位の地層が撓曲構造の成長時期を示す growth strata であり、大阪湾断層の断層運動の開始時期は Ma-1 層の推定堆積年代 (約 1.2 Ma; 内山ほか, 2001) であると考えられる。

反射断面と GS-K1 ボーリングの層序により明らかになる、大阪層群の変形構造に基づき、大阪湾断層の幾何学的形状を推定するため、trishear fault-propagation fold model (Allmendinger, 1998a) によるモデリングを行った (第 3d 図)。上記より、Ma-1 層より下位の大阪層群は pre-growth strata であり、断層帯両側で層厚はほぼ一定である。したがって、平面歪み・変形前後で地層の層厚が一定である仮定のもと、pre-growth strata が tabular (板状) な形状に復元されるような解を求める。その結果、大阪湾断層の傾斜を約 74°, すべり量を約 650 m, trishear angle および p/s ratio (断層伝播－すべり量比, 定義は Allmendinger, 1998a,b を参照のこと) をそれぞれ 10° および 20.1 とすれば、大阪層群下部・都島累層の堆積構造を復元することができる。この場合、Ma-1 層の推定堆積年代 (約 1.2 Ma) から大阪湾断層のすべり速度は約 0.5 mm/yr となる。

Trishear fault-propagation fold model により推定した断層の傾斜およびすべり速度から求められる上下変位速度は約 0.48 mm/yr である。この値は Ma10 層の上位変位量から見積もられる上下変位速度 (0.4 mm/yr および 0.6 mm/yr) と整合的である。

4. 大阪湾断層帯の深部形状

GS-5M および GS-8ME の構造解析の結果推定され

た大阪湾断層は、いずれも 75° 前後で北西に傾斜する高角の逆断層である。上述のように、断層上盤側には後翼部をもつ背斜構造が認められるが、その幅は非常に小さいので、断層面は大きくその角度を変えることなく地下に延びるものと考えられる。GS-8ME における trishear fault-propagation fold model の結果は、上部地殻下部から上方に延伸したことを示唆する。このことは、大阪湾断層は上部地殻を高角で断ち切る thick-skinned thrust であることを意味する。このような解析例は Los Angeles 盆地の褶曲－衝上断層帯 (Allmendinger and Shaw, 2000) などで報告されている。

5. まとめ

既存の反射法地震探査断面およびボーリングデータを用いて、大阪湾に伏在する大阪湾断層帯の地下構造について検討した。その結果、以下の事柄が明らかになった。

①大阪湾断層帯は約 1.2 Ma 以降活動を開始した、高角 (75° 前後) で上部地殻を切る thick-skinned thrust である。

②横倉ほか (1998) による GS-5M および GS-8ME 測線で見積もった大阪湾断層のすべり速度は、ともに約 0.5 mm/yr である。

謝辞 Trishear fault-propagation model の適用に際しては、Allmendinger (1998b) による TrishearPPC を使用した。また、一部の図の作成に際しては Wessel and Smith (1995) による Genetic Mapping Tool 3.4.4 を使用した。ここに記して感謝いたします。

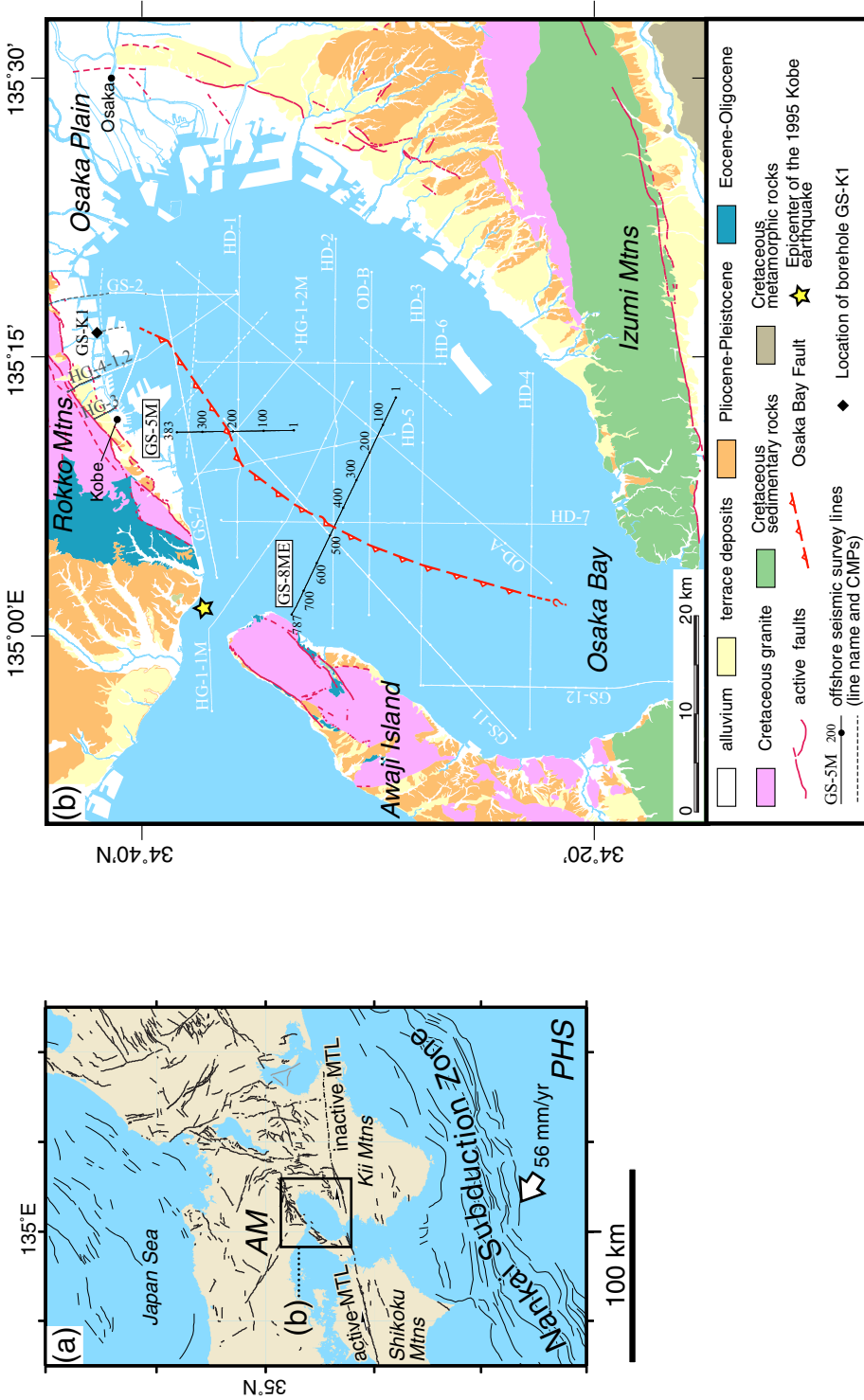
文 献

- Allmendinger, R. W. (1998a) Inverse and forward numerical modeling of trishear fault-propagation folds. *Tectonics*, **17**, 640-656.
- Allmendinger, R. W., (1998b) TrishearPPC 3.0. Ithaca, New York, 1998.
- Allmendinger, R. W. and J. H. Shaw (2000) Fault nucleation and propagation from fold shape: potential implications for earthquake seismicity. *Geology*, **28**, 1099-1102.
- 栗田泰夫・水野清秀・杉山雄一・井村隆介・下川浩一・奥村晃史・佃 栄吉・木村克己 (1996) 兵庫県南部地震に伴って淡路島北西岸に出現した地震断層. 地震 第 2 輯, **49**, 1, 113-124.
- 荒木隆介・石丸恒存・藤原 治 (1995) 音波探査による神戸沖海域の活断層－活断層の分布及び累積変位量の調査手法の検討－. 応用地質学会中部支部研究発表会, 25-28.
- Biswas, D. K., Hyodo, M., Taniguchi, Y., Kaneko, M., Katoh, S., Sato, H., Kinugasa, Y. and Mizuno, K. (1999) Magnetostratigraphy of Plio-Pleistocene

- sediments in a 1700-m core from Osaka Bay, southwestern Japan and short geomagnetic events in the middle Matsuyama and early Brunhes chrons. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **148**, 223-248.
- 阪神地域活断層調査委員会 (1996) 阪神・淡路地域活断層調査報告書. 兵庫県, 225p.
- 市原 実編 (1993) 大阪層群. 創元社, 340 p.
- 岩淵 洋・春日 茂・穀田昇一・沖野栄子・志村栄一・長田 智 (1995) 大阪湾西部の活断層. 海洋調査技術, **7**, 11-19.
- 岩淵 洋・西川 公・野田直樹・雪松隆夫・田賀 傑・宮野正美・酒井建治・深沢 満 (2000) 反射法音波探査に基づく大阪湾の基盤と活構造. 海上保安庁水路部研究報告, **36**, p. 1-23.
- 岩崎好規・香川敬生・澤田純男・松山紀香・大志万和也・井川 猛・大西正純 (1994) エアガン反射法地震探査による大阪湾の基盤構造. 地震, 第2輯, **46**, 4, 395-403.
- 活断層研究会 (1991) 新編日本の活断層—分布図と資料—. 東京大学出版会, 437 p.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩 (1990) 明石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 90p.
- 宮地良典・田結庄良昭・寒川 旭 (2001) 大阪東北部の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 130 p.
- 宮地良典・田結庄良昭・吉川敏之・寒川 旭 (1998) 大阪東南部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 113 p.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, 60 p.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆 (1996a) 1:25,000 都市圏活断層図「大阪西北部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆 (1996b) 1:25,000 都市圏活断層図「大阪東北部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆 (1996c) 1:25,000 都市圏活断層図「大阪南西部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆 (1996d) 1:25,000 都市圏活断層図「大阪東南部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆 (1996e) 1:25,000 都市圏活断層図「広根」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 七山 太・杉山雄一・北田奈緒子・竹村恵二・岩淵洋 (2000) 大阪湾断層及び和田岬断層の完新世活動性調査. 地質調査所速報, No.EQ/00/2, 179-193. (平成11年度活断層・古地震研究調査概要報告書)
- 西岡芳晴・尾崎正紀・寒川 旭・山元孝広・宮地良典 (2001) 桜井地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 141 p.
- 岡田篤正・東郷正美編 (2000) 近畿の活断層. 東京大学出版会, 395 p.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高 (1996a) 1:25,000 都市圏活断層図「岸和田」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高 (1996b) 1:25,000 都市圏活断層図「五條」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高 (1996c) 1:25,000 都市圏活断層図「和歌山」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高 (1996d) 1:25,000 都市圏活断層図「粉河」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・東郷正美・中田 高・植村善博・渡辺満久 (1996e) 1:25,000 都市圏活断層図「京都東南部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・東郷正美・中田 高・植村善博・渡辺満久 (1996f) 1:25,000 都市圏活断層図「京都東北部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・植村善博・東郷正美・中田 高・渡辺満久・鬼木史子 (1996g) 1:25,000 都市圏活断層図「京都西北部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 岡田篤正・植村善博・東郷正美・中田 高・渡辺満久 (1996h) 1:25,000 都市圏活断層図「京都西南部」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 尾崎正紀・寒川 旭・宮崎一博・西岡芳晴・宮地良典・竹内圭史・田口雄作 (2000) 奈良地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 162 p.
- Sato, H., Hirata, N., Ito, T., Tsumura, N. and Ikawa, T. (1998) Seismic reflection profiling across the seismogenic fault of the 1995 Kobe earthquake, southwest Japan. *Tectonophysics*, **286**, 19-30.
- 島崎邦彦・中田 高・岡村 真・石丸恒在・米田茂夫・荒木隆介・千田 昇・岡野健太・蓮田 清・松岡博美・吉岡 崇・露口耕治・粟本貴生・柴田俊彦・木下博久 (1996) 神戸沖活断層調査—1995年兵庫県南部地震前後の音波探査記録の比較—. 平成7年兵庫県南部地震緊急地殻活動調査報告論文集, 149-159.
- Suppe, J. (1983) Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science*, **283**, 684-721.
- Suppe, J. and Medwedeff, D. (1990) Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae Geologicae Helveticae*, **83**, 409-454.
- 内山美恵子・三田村宗樹・吉川周作 (2001) 大阪平野中央部, 上町断層の変位速度と基盤ブロックの運動. 地質学雑誌, **107**, 228-236.

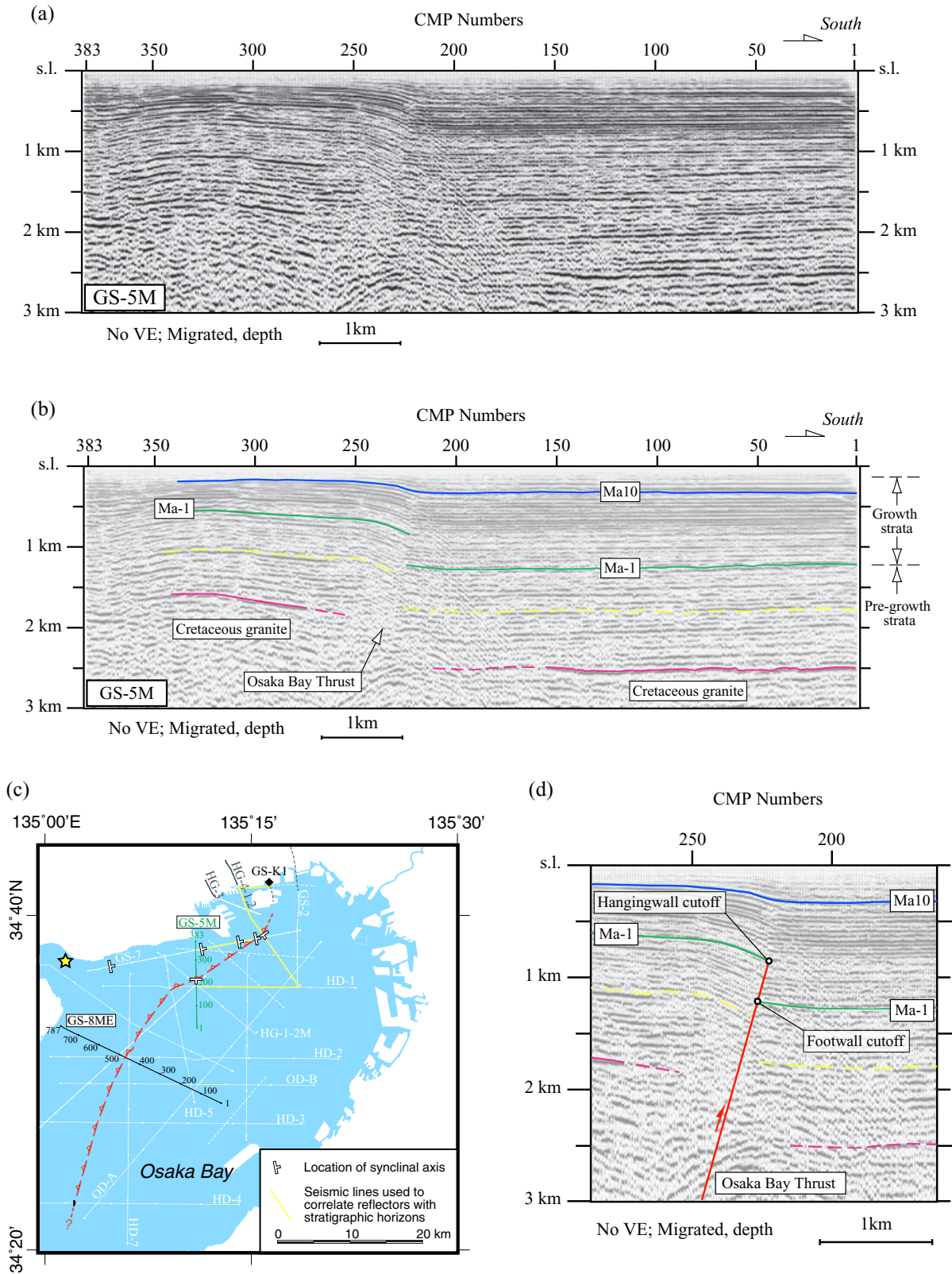
- 渡辺満久・鈴木康弘・中田 高 (1996a) 1:25,000 都市圏活断層図「須磨」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 渡辺満久・鈴木康弘・中田 高 (1996b) 1:25,000 都市圏活断層図「明石」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- 渡辺満久・鈴木康弘・中田 高 (1996c) 1:25,000 都市圏活断層図「神戸」. 国土地理院技術資料 D.1-No.333.
- Wei, D. and Seno, T. (1998) Determination of the Amurian plate motion, in *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*. M. Flowers, Chung, S. -L., Lo, C. -H. and Lee, T. -Y., editors, *Geodynamics Series 27*: Washington, American Geophysical Union, 337-346.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1995) New version of the Genetic Mapping Tools released [abs.]. *EOS* (Transactions, American Geophysical Union), **76**, F329.
- 横倉隆伸 (2000) 大阪湾断層. *科学*, **70**, 16-18.
- 横倉隆伸・加野直巳・山口和雄・宮崎光旗・井川 猛・太田陽一・川中 卓・安部 進 (1998) 大阪湾における反射法深部構造探査. *地質調査所月報*, **49**, 571-590.
- 吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体比層序との対比. *地質学雑誌*, **105**, 332-340.
- 吉川周作・水野清秀・加藤茂弘・里口保文・宮川ちひろ・衣笠善博・三田村宗樹・中川康一 (2000) 神戸市東灘区 1,700 m ボーリングコアの火山灰層序. *第四紀研究*, **39**, 505-520.

(受付 : 2004 年 9 月 24 日, 受理 : 2004 年 10 月 4 日)



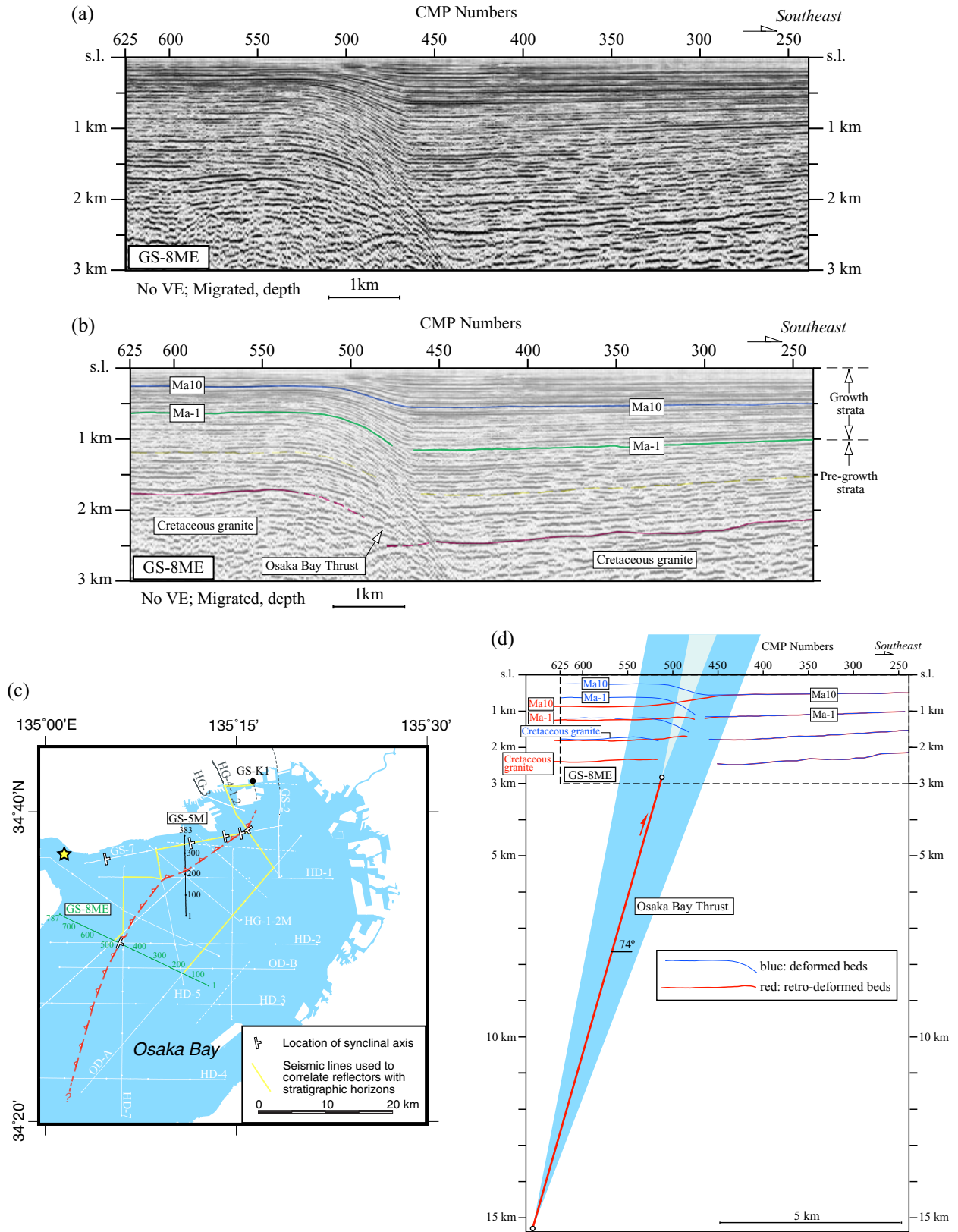
第1図. (a) 近畿地域の活断層図. 活断層の位置は活断層研究会 (1991) に基づく. 図中の略称は以下の通り: PHS: フィリピン海プレート, AM: アムールプレート, MTL: 中央構造線活断層系, プレーートの収束速度は Wei and Seno (1998) による. (b) 大阪湾の地質図. 地質図は尾崎ほか(2000), 西岡ほか(1998)および宮地ほか(2001)を改変, 活断層の位置は中田ほか(1996 a, b, c, d, e)・岡田ほか(1996 a, b, c, d, e, f, g, h)・渡辺ほか(1996 a, b, c)に基づく. 大阪湾における反射法地震探査測線 (HD-1 ~ 7: 岩淵ほか(2000), 岡田ほか(1996 a, b, c, d, e, f, g, h)・岩崎ほか(1994), OD-A, B: 岩崎ほか(1994), GS: 横倉ほか(1998)および深層ボーリング GS-K1 (Biswas *et al.*, 1999; 吉川ほか, 2000) の位置を示す. 図中の星印は 1995 年兵庫県南部地震の震央位置を示す.

Abbreviations of active faults within Kimki region, central Japan. Locations of active faults are from Research Group for Active Faults (1991). Abbreviations are as follows: PHS: Philippine Sea Plate, AM: Amurian Plate, MTL: Median Tectonic Line active fault system. Plate convergence vector is redrawn from Wei and Seno (1998). (b) Geologic map of the northern Osaka plain with locations of active faults, modified from Miyachi *et al.* (1998), Miyachi *et al.* (2001), Nishioka *et al.* (2001), and Ozaki *et al.* (2000). Locations of active faults are from Nakata *et al.* (1996a, b, c, d, e), Okada *et al.* (1996a, b, c, d, e, f, g, h), and Watanabe *et al.* (1996a, b, c). Locations of seismic sections (HD-1-7: Iwabuchi *et al.*, 2000, HG-1-1M, 2M: Committee for active fault research of Hanshin district, 1996, OD-a and b: Iwasaki *et al.*, 1994; GS: Yokokura *et al.*, 1998) and borehole (GS-K1: Biswas *et al.*, 1999; Yoshikawa *et al.*, 2000) are also shown. Asterisk indicates the epicenter of the disastrous 1995 Hyogo-ken Nambu (Kobe) earthquake ($M_{JMA} 7.2$).



第2図. (a) 横倉ほか (1998) による大阪湾断層の反射法地震探査 (測線GS-5M) の深度断面. (b) GS-5Mの解釈図. 断面の縦横比は1:1. (c) 測線GS-5Mおよび断面の解釈に用いた他測線・ボーリングGS-K1の位置. 解釈に用いた他測線は黄色で示す. (d) 断層近傍の解釈図. 断面の縦横比は1:1.

Fig. 2. (a) Depth, migrated seismic profile (GS-5M line) across the Osaka Bay fault acquired by Yokokura *et al.* (1998). (b) Interpreted depth seismic profile across the Osaka Bay fault, constrained by stratigraphy in the borehole GS-K1 and other seismic lines. No vertical exaggeration. (c) Location of the GS-5M line, borehole GS-K1, and other seismic lines. Seismic lines used to correlate stratigraphic horizons with seismic reflectors on GS-5M are highlighted by yellow lines. (d) Detailed interpreted seismic section. No vertical exaggeration.



第3図. (a) 横倉ほか (1998) による大阪湾断層の反射法地震探査 (測線GS-8ME) の深度断面. (b) GS-8MEの解釈図. 断面の縦横比は1:1. (c) 測線GS-8MEおよび断面の解釈に用いた他測線・ボーリングGS-K1の位置. 解釈に用いた他測線は黄色で示す. (d) 大阪湾断層の反射断面 (横倉ほか, 1998) の解釈を説明する, trishear fault-propagation fold (Allmendinger, 1998) に基づく断層モデル.

Fig. 3. (a) Depth, migrated seismic profile (GS-8ME line) across the Osaka Bay fault acquired by Yokokura *et al.* (1998). (b) Interpreted depth seismic profile across the Osaka Bay fault, constrained by stratigraphy in the borehole GS-K1 and other seismic lines. (c) Location of the GS-8ME line, borehole GS-K1, and other seismic lines. Seismic lines used to correlate stratigraphic horizons with seismic reflectors on GS-8ME are highlighted by yellow lines. (d) Trishear solution for the Osaka Bay fault imaged in the seismic profile acquired by Yokokura *et al.* (1998).