

第 3 章 潮位記録による地殻上下変動の推定

3.1 舞阪の潮位変化から推定される東海スロースリップの繰り返し発生

3.1.1 はじめに

日本では近年の稠密な GPS 観測網の展開により、様々な時定数を持つすべり現象が観測されている。このうち数か月から数年の継続時間を持つ長期的スロースリップイベントが、東海地域の浜名湖付近で 2001～2005 年に (Ozawa *et al.*, 2002 ; 国土地理院, 2006), 豊後水道付近で 1996～1997 年 (Hirose *et al.*, 1999) および 2003 年 (Ozawa *et al.*, 2004) にそれぞれ発生していることが報告されている。豊後水道では長期的スロースリップが 2 回観測されているが、東海地域ではまだ 1 回しか観測されていないことになる。東海地域で過去に同様な長期的スロースリップが発生していたかどうかを確認することは、南海トラフで発生する巨大地震の発生に関わるプレートカップリングの状態把握に重要な情報を提供する。ここでは、浜名湖湾口近くの舞阪検潮所の潮位データにも 2001 年頃から長期的スロースリップに対応する潮位の下降（すなわち地盤の隆起に相当）が認められること、そして、同様な変化が 1980 年代の始めや末にも見られることを報告する。なお、この報告は小林・吉田(2004)の内容をもとに期間を延長して解析したものである。

3.1.2 潮位データ

潮位データには地殻上下変動の他に海況の影響などが含まれており、1 カ所の潮位データからそれらを分けて取り出すことは困難である。地殻変動を議論する場合には、海況による変動を何らかの方法で推定し、それを補正する必要がある。この目的のために、海況による潮位変化が共通した海域にある観測点の潮位データを使って、それらの共通偏差を引き去るという津村 (1963) の方法が従来からよく用いられている。この方法は、観測点の多い伊勢湾や駿河湾の中の観測点については、湾内の潮位変化がよく似ているため非常に有効である。遠州灘沿いに隣接して他の観測点がない舞阪に対しては、伊勢湾や駿河湾内の観測点ほど補正効果が大きくないが、津村 (1963) によれば熊野灘から駿河湾までの海域が同一区分に入っているため、ここでは舞阪の東西に位置する御前崎と鳥羽のデータを用い、共通偏差を求めて同様の解析をすることとした。これら 3 カ所の検潮所の位置を Fig. 3.1.1 に示す。

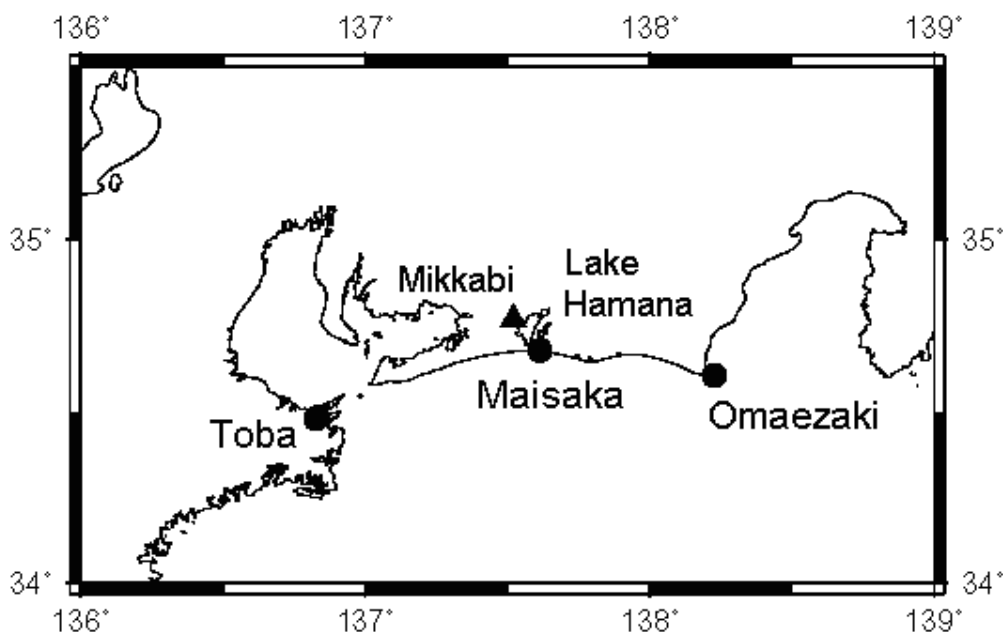


Fig. 3.1.1. Location of tide gauge stations whose data are investigated in this paper (dots).

舞阪検潮所は 1933 年、鳥羽検潮所は 1925 年、そして御前崎検潮所は 1958 年にそれぞれ観測を開始している。ここでの解析では 3 カ所の潮位データを同時に扱うため、1961 年 1 月から 2006 年 12 月の期間の月平均潮位データを使用した。最初に推算潮位（気象庁，1999）による潮汐補正を施し、次に舞阪は浜松、鳥羽は伊良湖、御前崎は御前崎の月平均気圧を用いて -10.0mm/hPa による気圧補正を行った。その結果を Fig. 3.1.2 に示す。各グラフ中の太い実線はそれぞれの検潮所における長期的な潮位変動で、御前崎と舞阪については直線、鳥羽については 3 次曲線で近似した。これらの直線または曲線からの偏差が海況による変動を表すとして、各検潮所の潮汐気圧補正データから偏差の平均値を差し引くことにより海況補正を行った。その結果を示したのが Fig. 3.1.3 である。Fig. 3.1.2 で各月に見られたばらつきがかなり改善されていることがわかる。

海況補正後の Fig. 3.1.3 に見られる変動は、必ずしもすべてテクニクな地殻変動を表しているわけではない。例えば、1960 年代から 1970 年代初めにかけての鳥羽における著しい潮位の上昇は、検潮所周辺の局所的な地盤沈降を表していると推定される（加藤・津村，1979）。しかし、御前崎の経年的な潮位上昇はプレート間カップリングの進行による海岸域の沈降を示していると考えられる。ここでの目的は浜名湖周辺における地殻変動の議論にあるので、ここでは特に舞阪での変化に着目する。舞阪の 1960 年代は 1970 年代後半以降と比較して月毎のばらつきが大きい。舞阪検潮所は前述のように浜名湖湾口近くに位置しているが、1946～1972 年は浜名湖が外洋とつながる今切口で拡張、しゅんせつ、固定工事が行われている（岡田，1983）。1970 年代初め頃まで点のばらつきが大きいのは、そのことが影響している可能性がある。このため、以下では 1975 年以降の変化について考察する。Fig. 3.1.4 は、補正した舞阪潮位の 1975～2006 年の期間についての拡大図で、その中に描かれている縦の 3 つの帯は、潮位の低下、すなわち地盤の隆起が見られた時期を示している。最後の 2001 年から 2004 年頃までの時期は、ちょうど浜名湖直下付近でスロースリップが生じたと推定されている期間と重なる。潮位記録から見積もられる 2001 年から 2004 年までの変化量は 3cm 程度で、これは GPS による舞阪付近の地殻上下変動量（国土地理院，2005） 4cm 程度とほぼ一致している。注目されるのは、最近と同様な潮位の低下が 1980～1982 年と 1988～1990 年にも見られることで、これに関しては次項で検討を行う。

3.1.3 議論

舞阪においては 2001 年から 2004 年頃まで潮位の低下が見られる。国土地理院（2006）は GPS 観測により、東海地域の長期的スロースリップは 2005 年に落ち着いたと報告しているが、2005 年のすべりの中心は浜名湖からその東側に移っている。また、浜名湖北西の三ヶ日にある傾斜計の変化も 2004 年に傾向が変化している（防災科学技術研究所，2006）ことから、舞阪における潮位の低下はスロースリップによる地盤の隆起を反映していると考えられる。それでは 1980 年代初めと末に見られる同様な変化についてはどうだろうか。

Kimata *et al.* (2001) は水準測量と光波測距データを用いた解析により、長期的スロースリップが 1978～1983 年と 1987～1991 年にプレート間固着域の深部側で発生していたと推定しているが、1980 年代末に関しては、この他にもスロースリップの発生を示唆するいくつかの観測事実がある。まず、防災科学技術研究所（2004）は、三ヶ日の傾斜計の記録に 2001 年以降の変化とよく似た変化が 1988～1990 年にも見られることを報告している。また、1988～1990 年には駿河湾西岸から浜名湖にかけてのスラブ内地震活動が明瞭に静穏化し（吉田・前田，1990）、掛川に対する御前崎の相対的な沈降速度が加速したが（Takayama and Yoshida, 2002）、浜名湖周辺のスラブ内地震活動の顕著な低下と駿河湾西岸域の沈降の加速は 2000 年以降も観測されている（松村，2003；高山，2005）。更に、Wiemer *et al.* (2005) によれば、駿河湾西岸域における地震活動の b 値の変化は、掛川－御前崎（浜岡）間の水準変化の様子と見かけ上よく似ていて、御前崎側の沈降の加速傾向が見られた 2000 年以降と 1988～1990 年の双方の期間で b 値が大きくなっていることを指摘している。東海地方における地殻変動及び地震活動の変化の詳細は、2000 年以降と 1988～1990 年とでまったく同じというわけではない（吉田，2001；高山，2005）が、以上の様々な観測データや解析結果を総合的に評価すると、1980 年代末にも 2001～2005 年頃と同じようなスロースリップが生じていた可能性が高いと考えられる。

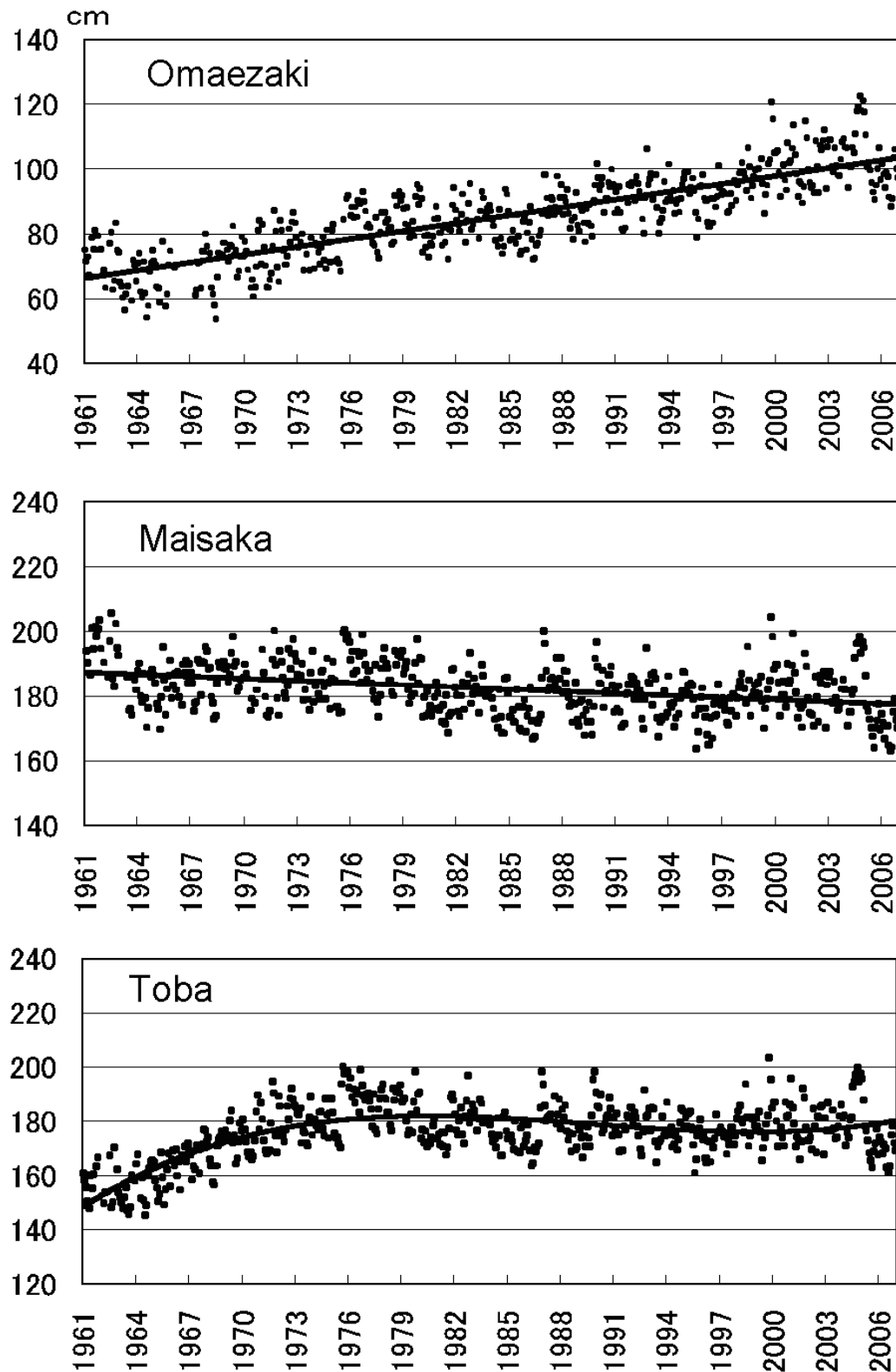


Fig. 3.1.2. Sea level records at Omaezaki (top), Maisaka (middle) and Toba (bottom) tide gauge stations after correction for astronomical tide and the effects of the atmospheric pressure. The thick lines represent long-term changes in sea level at each station. The long-term changes are approximated by a line for Omaezaki and Maisaka, and by a cubic curve for Toba.

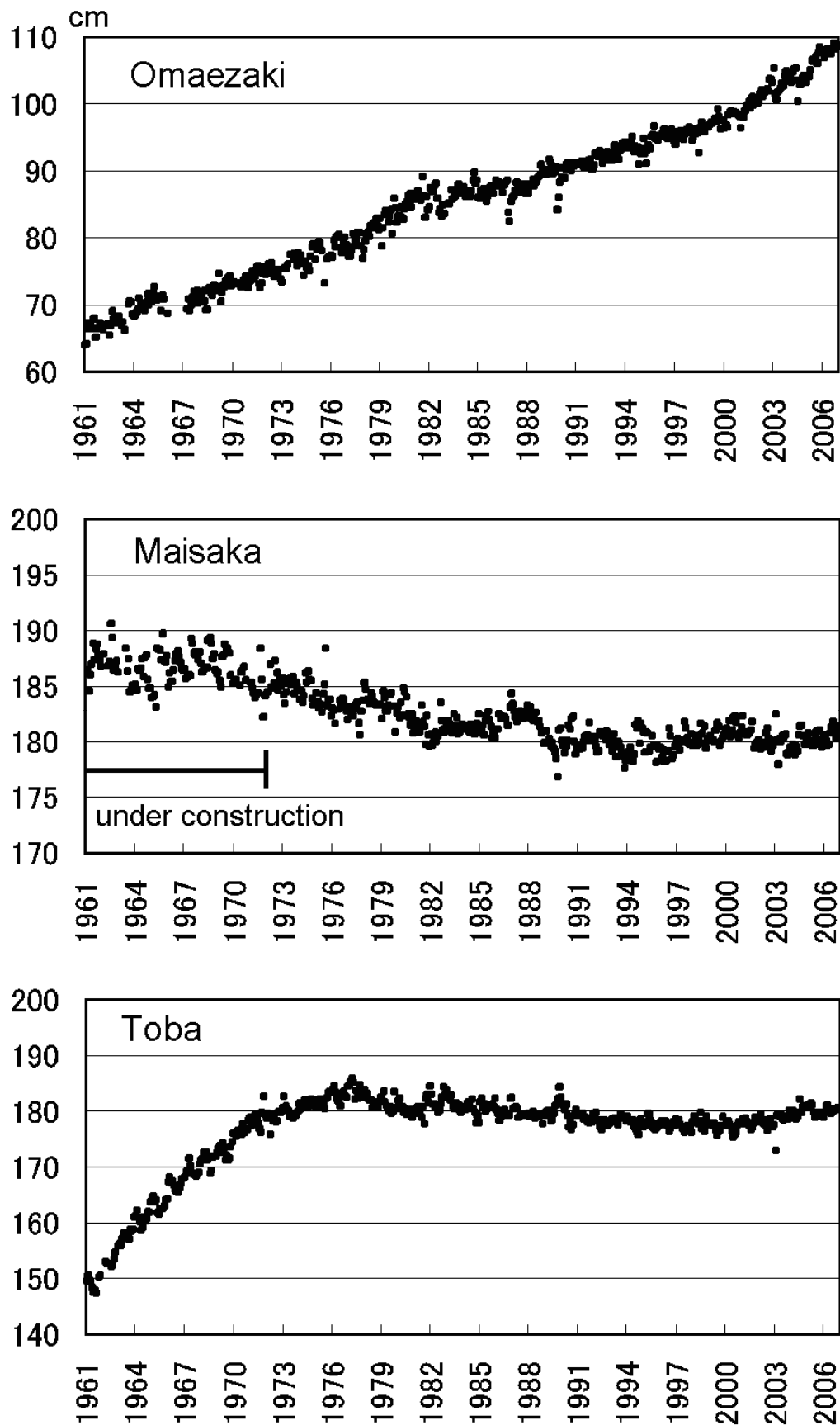


Fig. 3.1.3. Sea level changes after the average of the deviations from the long-term changes represented by the thick lines in Fig. 3.1.2 is subtracted from each of the corrected records at Omaezaki (top), Maisaka (middle), and Toba (bottom) tide gauge stations.

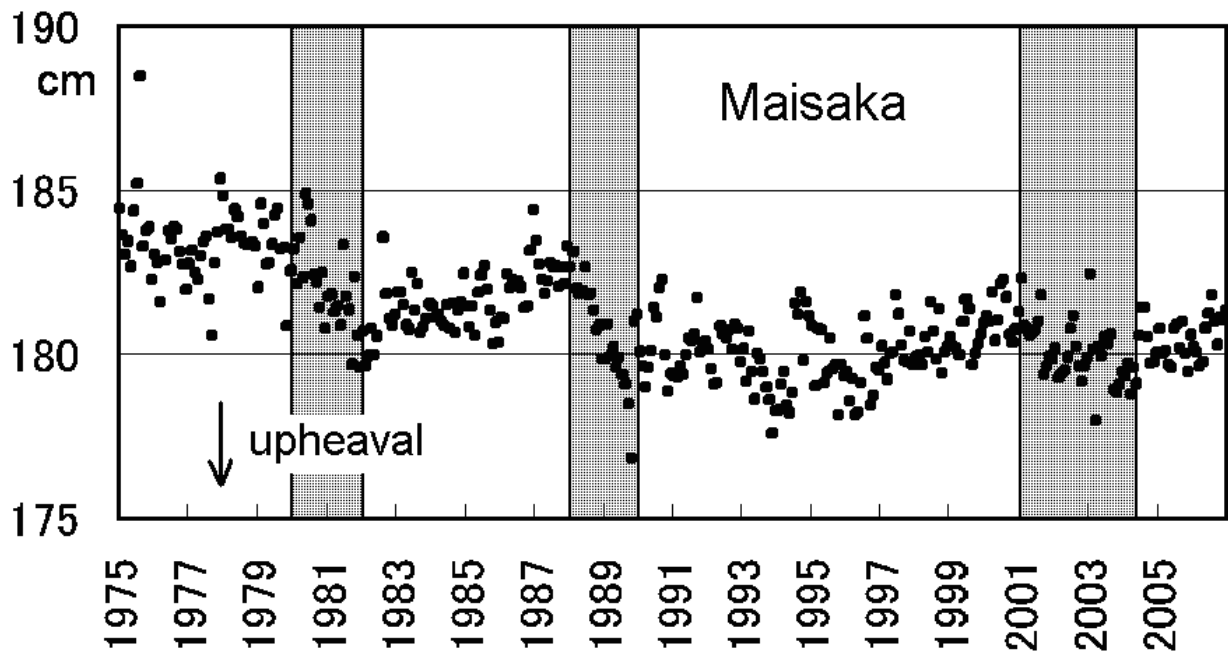


Fig. 3.1.4. Change of sea level at Maisaka after 1975. The shaded areas indicate the periods when lowering of the sea level (upheaval of the land) is observed.

これに対して 1980 年代初めは、まだ地震計の配置がまばらで決定されている震源数が少ないために、その当時、地震活動の変化があったかどうかを高精度で評価することは難しい。東海における水準測量も、その頃は測定の時間間隔が長かったが、1980～1982 年にも 1988～1990 年及び最近と似た特徴が上下変動速度の空間パターンに現れていたと言われている(名古屋大学環境学研究科, 2004)。また、前述のように、Kimata *et al.* (2001) が推定したスロースリップの発生時期である 1978～1983 年は、今回の解析で舞阪潮位に変化が見られた時期を含む。以上、証拠は十分ではないが、舞阪の潮位変化の様子が他の 2 回の変化と似ていることや、浜名湖下のプレート境界域は高压間隙水の存在によりスロースリップの生じやすい場所であるらしいこと (Kodaira *et al.*, 2004) などから、1980 年代初めにもスロースリップが発生していた可能性があると考えられる。

3.1.4 まとめ

2000 年秋に始まった東海地域長期的スロースリップのすべり領域の真上に近い舞阪検潮所の潮位データに、スロースリップによる地盤の隆起を示す潮位変化が現れている。舞阪の潮位データには同様な変化が 1980～1982 年と 1988～1990 年にも認められる。後者の期間に関しては、水準測量結果に基づく空間変動パターンや防災科学技術研究所の三ヶ日傾斜計データに見られる変動、更に、浜名湖付近のスラブ内地震活動の低下等、東海における地震活動の変化パターンなどが 2000 年以降に観測されている状況と似ており、同時期にもスロースリップが発生していたと推定される。前者の期間については他の観測データが少ないため、現時点での評価は難しいが、水準測量などの解析結果とは整合的であり、スロースリップが発生していた可能性があると考えられる。

(小林昭夫)

参考文献

防災科学技術研究所, 2004: 傾斜及び地震観測で捉えた東海地域におけるスロースリップイベントー繰り返し発生している可能性一, 地震予知連絡会会報, 71, 584-587.

- 防災科学技術研究所, 2006: 関東・東海傾斜観測網で捉えた東海地域における長期的スロースリップと短期的スロースリップ, *地震予知連絡会会報*, **75**, 438-442.
- 加藤照之・津村建四朗, 1979: 潮位記録から推定される日本の垂直地殻変動 (1951~1978), *地震研究所彙報*, **54**, 559-628.
- Hirose, H., K. Hirahara, F. Kimata, N. Fujii, and S. Miyazaki, 1999: A slow thrust slip event following the two 1996 Hyuganada earthquakes beneath the Bungo Channel, southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 3237-3240.
- Kimata, F., K. Hirahara, N. Fujii and H. Hirose, 2001: Repeated occurrence of slow slip events on the subducting plate interface in the Tokai region, central Japan, the focal region of the anticipated Tokai earthquake (M=8), *Eos Trans. AGU, Fall Meeting Suppl.*, **82(47)**, F266.
- 気象庁, 1999: 海洋観測指針 (第2部), 90pp.
- 小林昭夫・吉田明夫, 2004: 舞阪の潮位変化から推定される東海スロースリップの繰り返し発生, *測地学会誌*, **50**, 209-212.
- Kodaira, S., T. Iidaka, A. Kato, J. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda, 2004: High pore fluid pressure may cause silent slip in the Nankai trough, *Science*, **304**, 5675, 1295-1298.
- 国土地理院, 2005: 東海地方の地殻変動, *地震予知連絡会会報*, **73**, 166-227.
- 国土地理院, 2006: 東海地方の地殻変動, *地震予知連絡会会報*, **76**, 306-382.
- 名古屋大学環境学研究科, 2004: 最近 20 年間の水準・潮位・GPS 観測による東海地域の地殻変動とプレート間カップリングー1980~2003 年ー, *地震予知連絡会会報*, **72**, 424-430.
- 松村正三, 2003: 東海地域推定固着域内に発生する地震活動とその変化, *地震研究所彙報*, **78**, 269-282.
- 岡田正実, 1983: 潮位解析から見た御前崎の沈下 (1958~1982), *地震予知連絡会会報*, **30**, 222-227.
- Ozawa S., Y. Hatanaka, M. Kaidzu, M. Murakami, T. Imakiire, Y. Ishigaki, 2004: Aseismic slip and low-frequency earthquakes in the Bungo channel, southwestern Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L07609, doi:10.1029/2003GL019381.
- Ozawa, S., M. Murakami, M. Kaidzu, T. Tada, T. Sagiya, Y. Hatanaka, H. Yarai and T. Nishimura, 2002: Detection and monitoring of ongoing aseismic slip in the Tokai region, central Japan, *Science*, **298**, 1009-1012.
- 高山寛美, 2005: 東海地域の水準測量データの解析, *気象研究所技術報告*, **46**, 111-117.
- Takayama, H. and A. Yoshida, 2002: Temporal change of the vertical crustal movement on the western coast of Suruga Bay, central Japan, *Phys. Earth Planet. Int.*, **132**, 21-38.
- 津村建四朗, 1963: 日本沿岸の平均海面およびその変動の研究 (I) —潮位変化の地域分布—, *測地学会誌*, **9**, 49-90.
- Wiemer S, A. Yoshida, K. Hosono, S. Noguchi and H. Takayama, 2005: Correlating seismicity parameters and subsidence in the Tokai region, Central Japan, *J. Geophys. Res.*, **110**, B10303, doi:10.1029/2003JB002732.
- 吉田明夫, 2001: 東海地震の予知を目指して, *地学雑誌*, **110(6)**, 784-807.
- 吉田明夫・前田憲二, 1990: 駿河湾西岸域の地震活動に現れた静穏化現象, *地震*, **43**, 27-42.