

1. 東海地方の地殻活動

東海地方がM8級の大地震の起こる可能性のある所として、地震予知連絡会において特定地域に指定されたのが1969年であり、さらに1974年には観測強化地域に指定された。1978年には「大規模地震対策特別措置法」が公布、施行され、東海地方は同法が適用される地震対策強化地域に指定された。

東海地域で大地震の発生の可能性が指摘された根拠は、(1)この地域がフィリピン海プレートの北西方向の運動によって押され続け、長期にわたってそれが解放されていないこと、(2)駿河トラフからの北西側へのフィリピン海プレートのもぐり込み運動を示唆する駿河湾西岸の沈降が進行していること、(3)歴史資料によると、駿河トラフ、南海トラフに沿ってM8級の大地震が100年～150年の間隔でほぼ規則的に繰り返し起っており、1854年の安政の大地震以後、今世紀に入って1944年の東南海地震、1946年の南海道地震が起ったが、浜名湖より東の部分が未破壊のまま残っていると考えられることである。観測・測量はこの地域とその周辺について重点的に行われている。広域にわたる地震活動、地殻変動、地下構造などについては第一部において述べられているので、ここでは主として時間的な変化について述べる。

図Ⅱ-1-1～図Ⅱ-1-6に、この地域の地盤の上下変動を示す。図Ⅱ-1-1は頻繁に繰り返し実施されている掛川～御前崎間の水準測量の結果である。掛川を基準とすると、御前崎は明瞭な年周変化を示しながら、年間5mm程度の割合で沈降を続けている。年周変化を取り除いた曲線を見ると、1992年以降に沈降の鈍化が見られ注目されるが、1986年ころにも類似の変化が認められる。基準とした掛川が変動している可能性があるため、駿河湾奥の安定していると思われる内浦を基準とした駿河湾沿いの水準測量を行い、各地点の変動を求めたのが図Ⅱ-1-4である。それによると、御前崎は単調に沈降しており、最近の沈降速度の減少は見られない。もっとも、測量距離が長いことによる誤差も考慮しなければならないが、水準測量と独立に求められた内浦と御前崎の潮位差曲線もほぼ同様な直線的変動を示している(図Ⅱ-1-4の右下の図)。

静岡から御前崎、浜名湖に至る水準路線網についても繰り返し測量を実施しているが、長期的に駿河湾沿岸が沈降し、浜名湖が隆起するという東下がりの傾動が続いている(図Ⅱ-1-5)。但し、この地域が一枚板として変動しているのではなく、時間的、空間的に複雑なパターンを示しながら変動していることが明らかになっている(図Ⅱ-1-6)。

なお、潮位のデータに基づいた加藤・津村方式による地盤変動グラフ(図Ⅰ-2-9)から1978年～1993年間の駿河湾沿岸の各検潮所の年間の沈降速度を見積もると、内浦はほぼ不動、清水は5mm、焼津は8mm、御前崎は9mm、伊豆半島西岸の田子は5mmとなる。

図Ⅱ-1-7から図Ⅱ-1-12にこの地域の水平変動を示すが、上下変動に比較して、測定資料が少なく、詳細な時間的な変化は十分捉えられていない。最近10年間、駿河湾を挟む東西方向の距離が年間1cm程度の割合で縮んでいる。内陸部で繰り返し実施している光波測量によると、ゆらぎを示しながら北西方向の距離の短縮が進んでいることが明らかになっている(図Ⅱ-1-10、図Ⅱ-1-12)。1993年からGPS連続観測が開始されたので、今後、水平変動の時間的な変化についても、さらに有効な情報が得られると思われる(図Ⅱ-1-11)。図Ⅱ-1-13～図Ⅱ-1-14は東海地方に展開されている埋め込み式体積歪計の最近の観測結果である。短期的な変化を見

るために、長期的なトレンドを除いたものを示している。静岡観測点に見られるように、観測井が浅いために降雨などによる地下水の影響を強く受ける場合がある。現在、歪計の更新にあたっては井戸の深さを深くして、できるだけこのような影響を避けるようにしている。観測開始以来、東海地域（伊豆半島を除く）では地震の前触れと見られるような変化は観測されていない。

図Ⅱ-1-15は東海地域における重力の時間的変化で、掛川を基準とした変化を示したものである。御前崎(OMZGS)の重力値が右上がりに増大しているが、これは御前崎の地盤の沈降と調和する結果である。

図Ⅱ-1-16から図Ⅱ-1-22は東海地域の地震活動の時間的変化を示したものである。M4クラス以上の地震に注目すると近年駿河トラフ沿いの活動が静穏であり（図Ⅱ-1-16）、この静穏な地域の周辺部でM6クラスの大きい地震が多発している（図Ⅱ-1-17）。このような地震活動の変化は1974年の伊豆半島沖地震の頃に始まって今日に至っている（図Ⅱ-1-17）。

図Ⅱ-1-19から図Ⅱ-1-21は最近10年間に東海地震の「想定震源域」とその東側及び西側領域に起ったM3以上の地震の発生状況を示したものである。「想定震源域」内の活動はほぼ定常的に続いているが、1988年から1989年にかけての約1年間M3以上の地震が全く発生しない静穏な時期があって注目をひいた。

図Ⅱ-1-22に駿河湾内及びその沿岸部で起った珍しい地震活動の2例を示す。(a)では1983年に起った駿河トラフ沿いの小地震の南から北への移動が明瞭に認められる。この北への移動は、石廊崎断層を通る北西-南東の構造線に達するとM4.0を含む地震群が起って一旦停止するが、しばらくしてその延長上の富士山麓でM4.7の地震が発生した（名古屋大学のデータによる）。(b)では、1993年8月に静岡付近のごく浅い所でM4.2を含む地震群が発生したが、それに引き続いて(a)の場合とほぼ同じ富士山麓の所でM3.2の地震が発生した。富士山麓のこの地域では、この10年間、M3以上のほかの地震は起っていない。

「東海地震」の想定震源域がはじめて提唱されてから十数年になるが、その後、微小地震や地殻変動の観測や海底地形の調査などの資料が蓄積され、これらのデータに基づく再検討が試みられている。図Ⅱ-1-23は微小地震の分布状態に注目して東海地震の震源域の推定を試みたものである。

東海地域では、地磁気、地電流の観測、測定が行われているが、図Ⅱ-1-24は最近の地磁気連続観測の結果である。特に異常と認められる変化は見られない。

1946年の南海道地震の前には井戸や温泉の異常があったことが報告されている。東海地域においても、地下水の水位、ラドン濃度、自噴量の変化の連続観測を実施している。（図Ⅱ-1-25～図Ⅱ-1-26）。これまで特筆すべき変化は観測されていない。

図Ⅱ-1-27に現在東海地方及びその周辺に展開している各種観測点の分布を示す。これらのデータはテレメータにより、東京の気象庁に集められ、記録されている。

[茂木清夫]

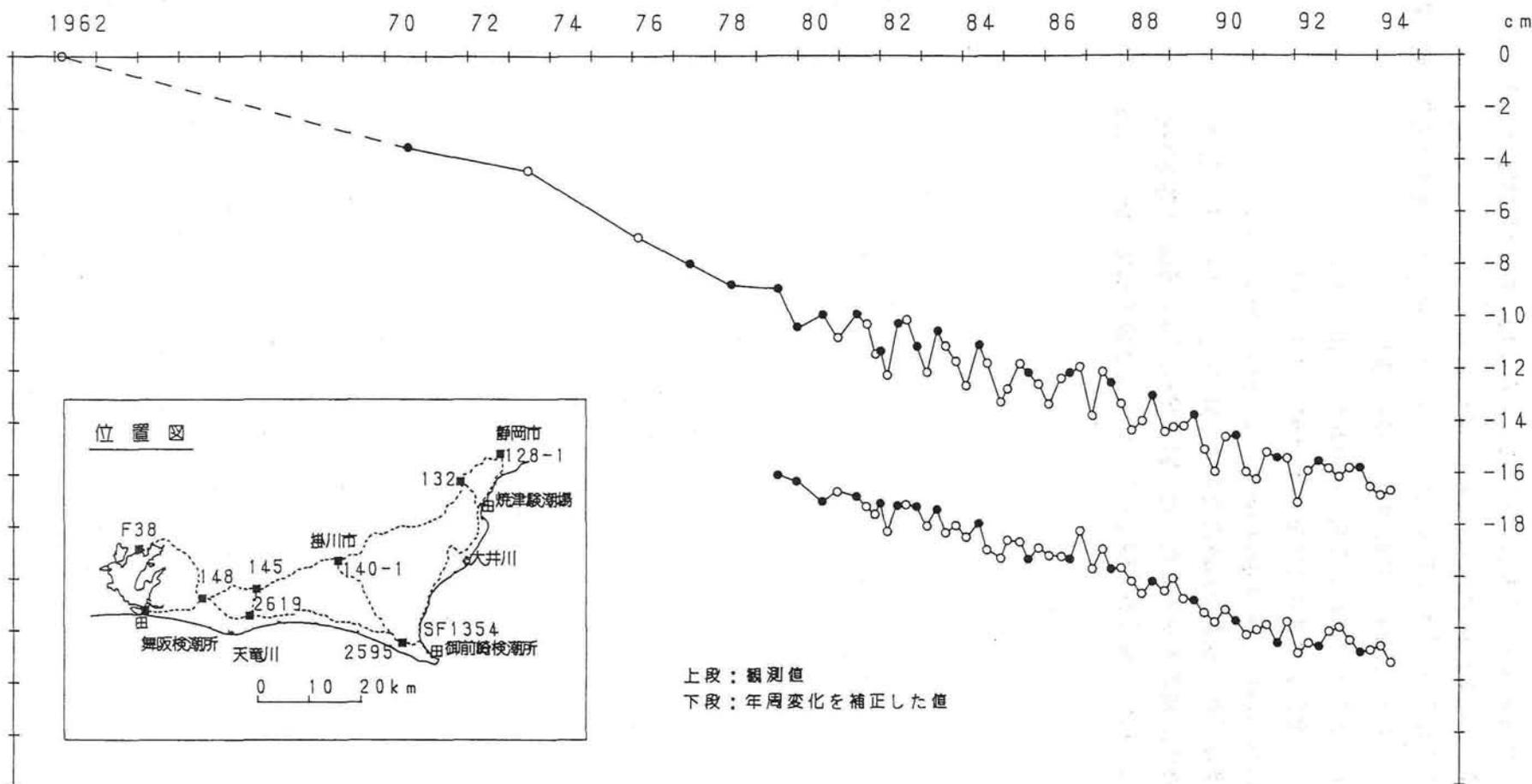
参 考 文 献

- 1) 国土地理院：地震予知連絡会会報，51(1994)，515-553。（各巻参考）

- 2) 気象庁：地震予知連絡会会報, 51(1994), 464-467. (各巻参考)
- 3) 東京大学地震研究所(石井紘)：地震予知連絡会会報, 47(1992), 308-312.
- 4) Kimata, F. : J. Phys. Earth, 40(1992), 585-599.
- 5) 名古屋大学理学部・京都大学理学部・国立天文台：地震予知連絡会会報, 51(1994), 576-577.
- 6) Mogi, K. : Tectonophys., 138(1987), 255-268.
- 7) 茂木清夫：地震予知連絡会会報, 48(1992), 332-335.
- 8) 松村正三：地震予知連絡会会報, 51(1994), 498-505.
- 9) Yoshioka, S. et al. : Geophys. J. Int., 113(1993), 607-621.
- 10) 東京大学理学部：地震予知連絡会会報, 51(1994), 584-585, ほか
- 11) 地質調査所：地震予知連絡会会報, 51(1994), 586-588. (各巻参考)
- 12) 松本則夫・ほか：地球惑星関連科学合同大会講演予稿集(1990), 218.

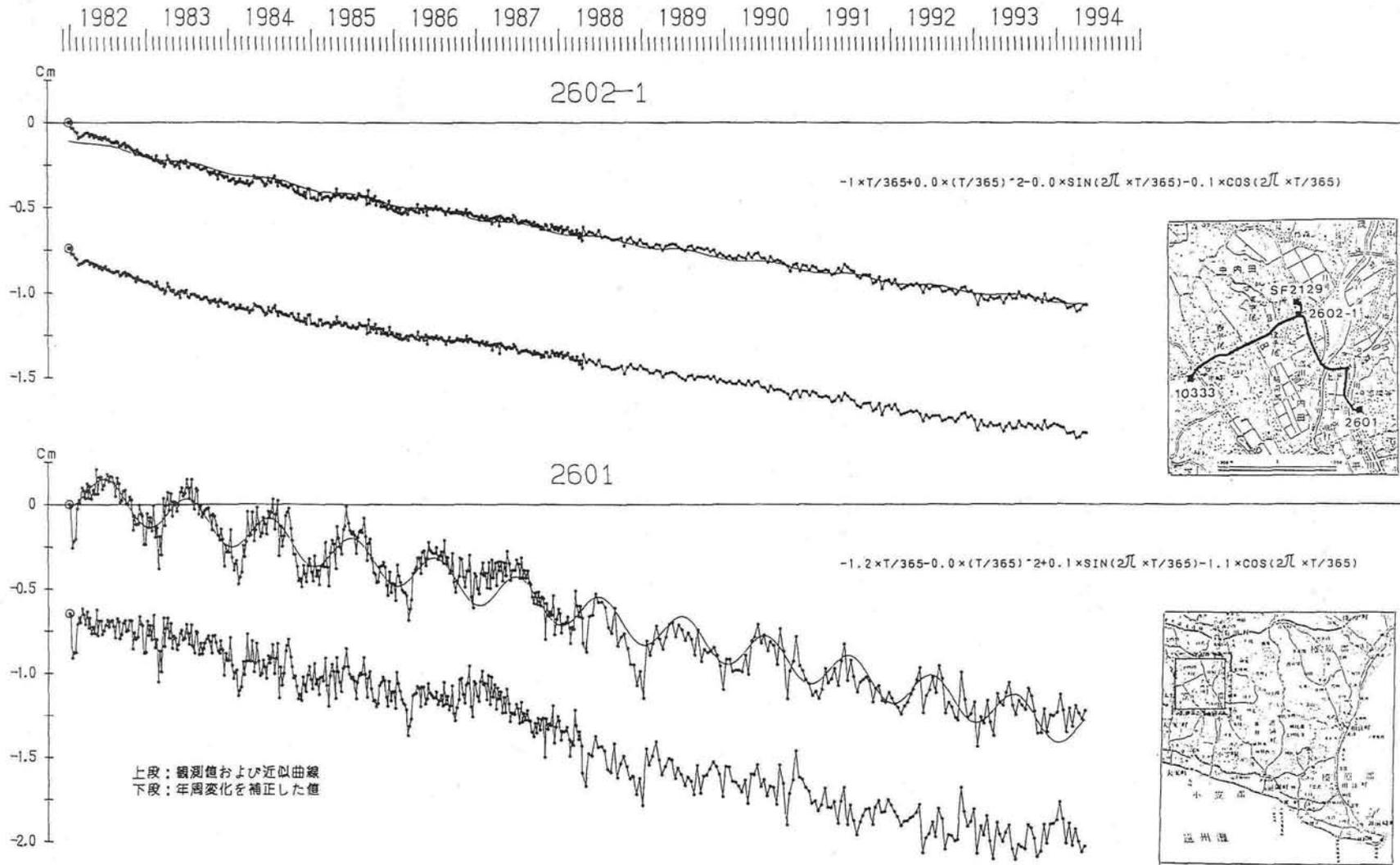
基準：140-1 基準年：1962

●：総平均計算値による。

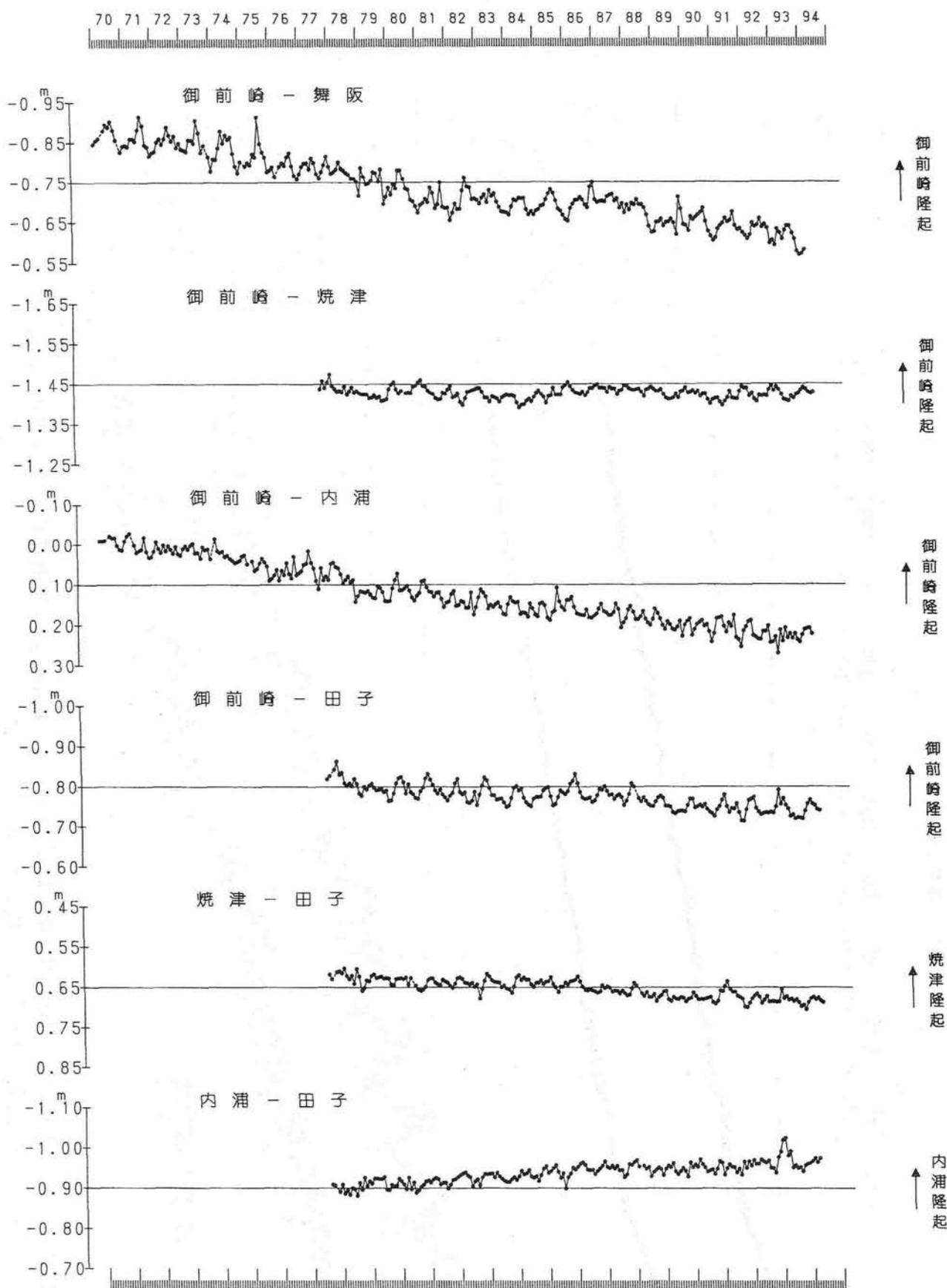


図Ⅱ-1-1 掛川に対する浜岡（水準点2595）の上下変動。御前崎に近い浜岡の水準点2595の上下変動は、年周変化を補正したグラフ（下段）で見ると、平均的には年間5mm程度の割合で掛川に対して沈降しているが、1986年頃及び1992年以降に沈降の鈍化、1988年頃にやや急速な沈降などその変化率に揺らぎが見られる（国土地理院による）。

基準：準基2129



図Ⅱ-1-2 静岡県による短距離水準測量の結果。掛川～御前崎路線の中間付近での短距離水準測量の結果であるが、半島先端側の沈降が認められる（国土地理院による）。



図Ⅱ-1-3 東海地方各験潮場間の月平均潮位差。御前崎は、舞阪、内浦及び田子に対して沈降を続けている。焼津は御前崎と同様伊豆半島側から見て、沈降している（国土地理院による）。データは、海岸昇降検知センター「潮位年報」による。

基準：内浦検潮所

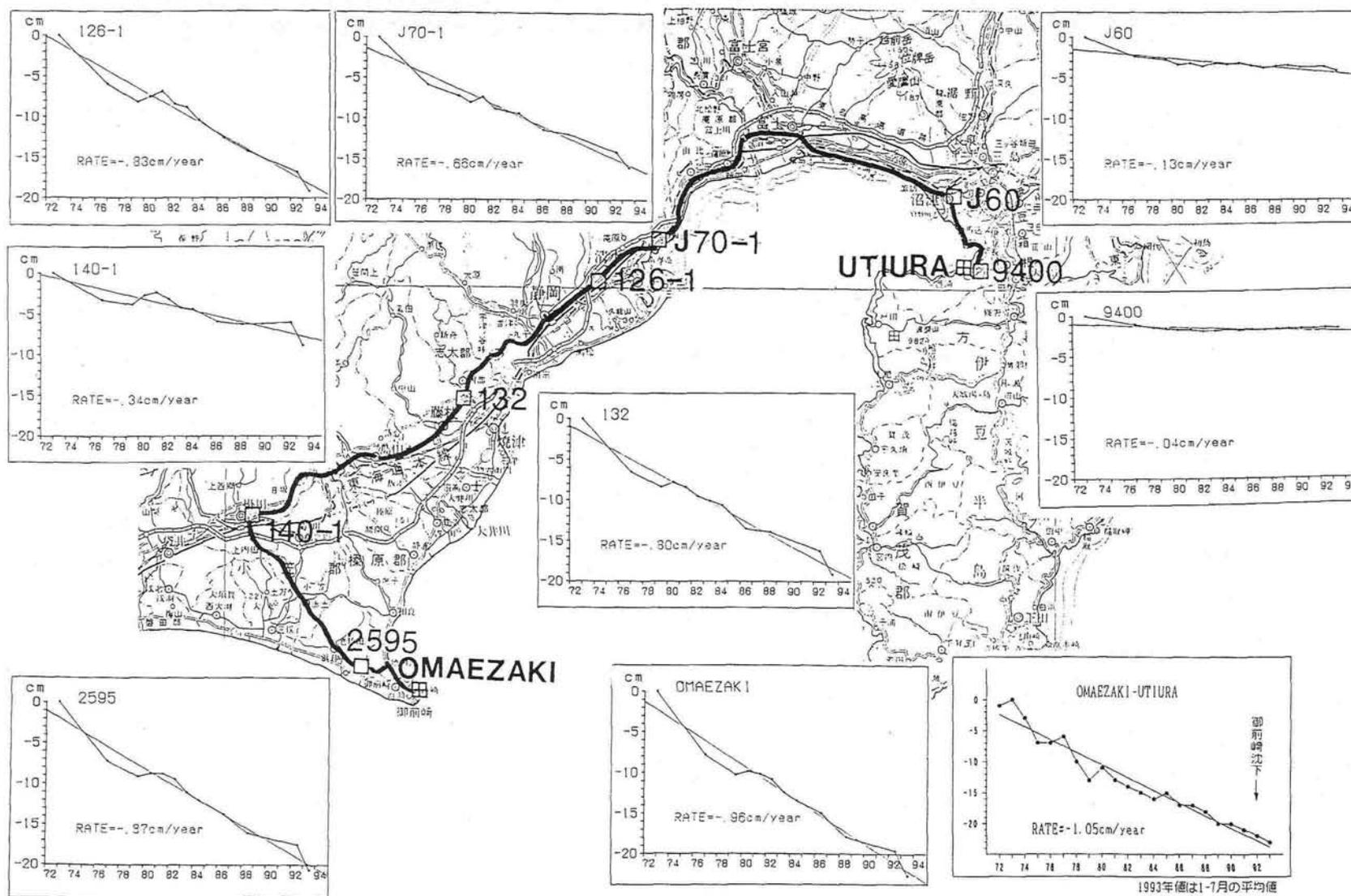
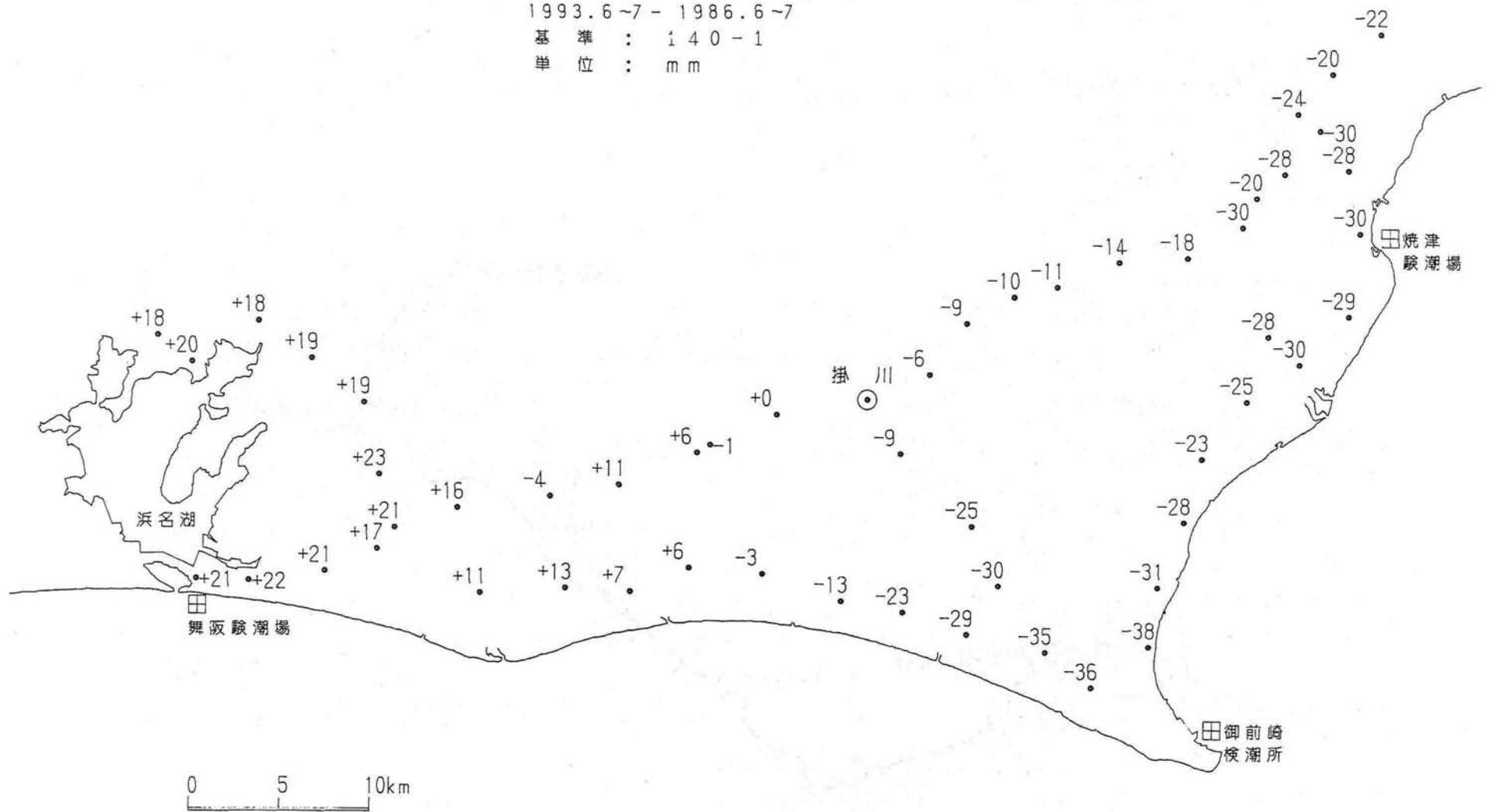


図 II - 1 - 4 内浦を基準とした水準測量と驗潮による駿河湾周辺の上下変動。この水準測量と驗潮の結果によると、内浦に対して御前崎は、年間約 1 cm 程度の速度で沈降している（国土地理院による）。

1993.6~7 - 1986.6~7
基準 : 140-1
単位 : mm



図Ⅱ-1-5 東海地方の上下変動(1986年~1993年)。掛川に対して、駿河湾沿岸部が3 cm以上沈降しているのに対し、浜名湖付近は、2 cm程度隆起している。この地域は全体として、東下がりの傾動を続けている(国土地理院による)。

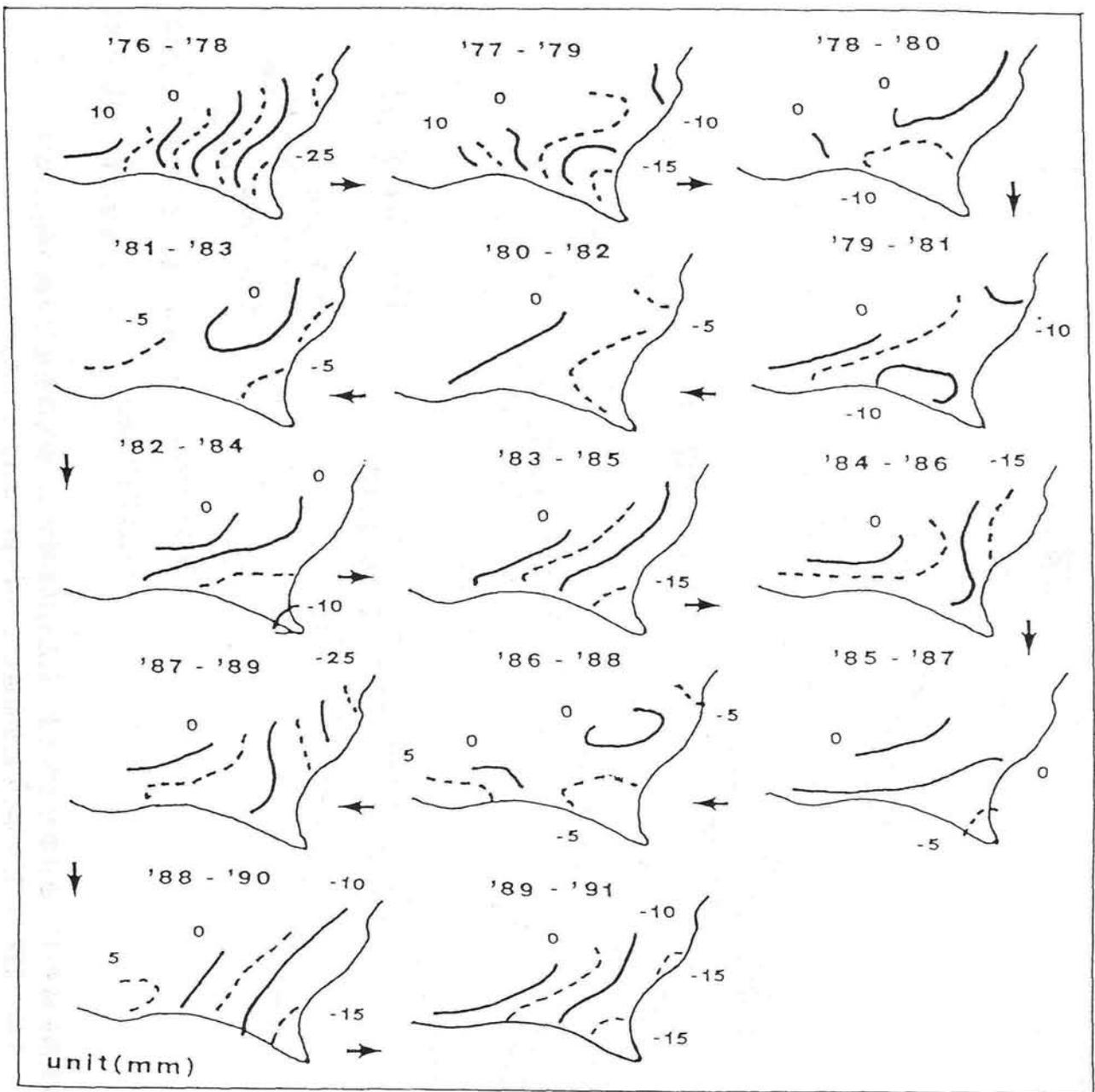


図 II - 1 - 6 御前崎地域の1976年から1991年までの上下変動の時間変化を解析し、2年間毎の変動を示す(石井紘, 1992)。

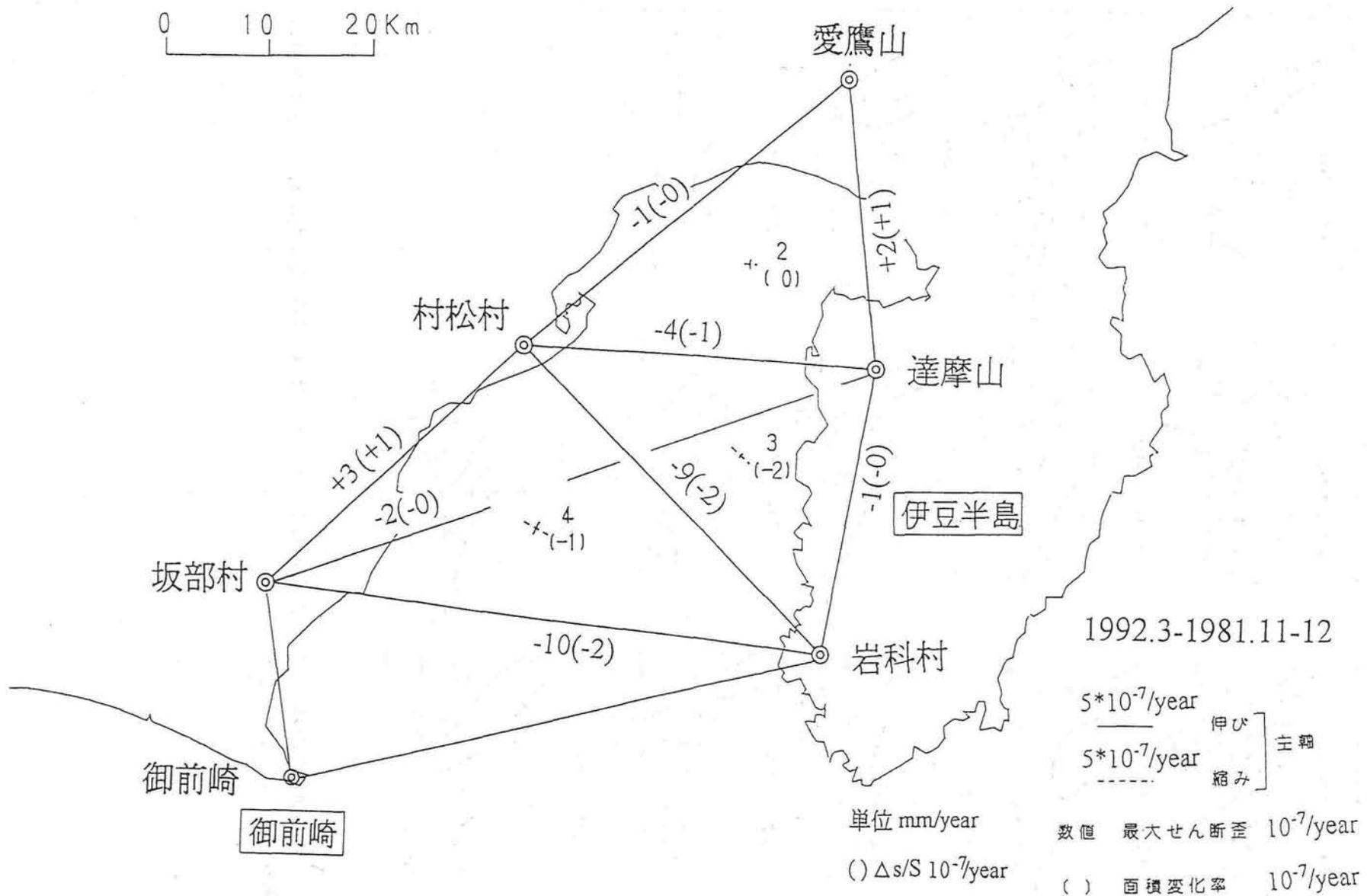


図 II - 1 - 7 駿河湾精密辺長測量結果(1) : 辺長の変化率と歪。最近約10年間では、駿河湾を挟む東西方向の辺が年間1 cm程度で縮んでいる。歪は、北西-南東方向の圧縮が卓越している(国土地理院による)。

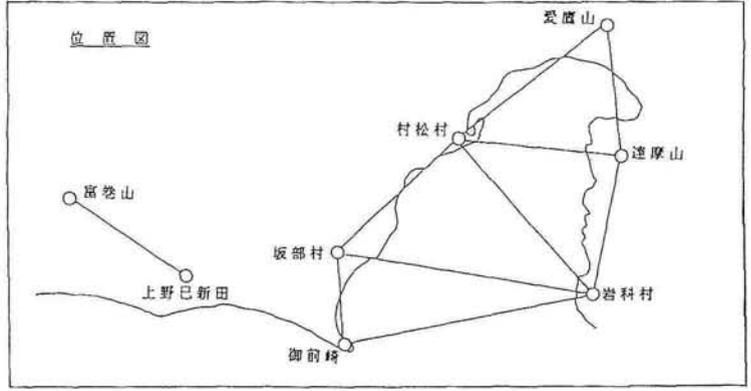
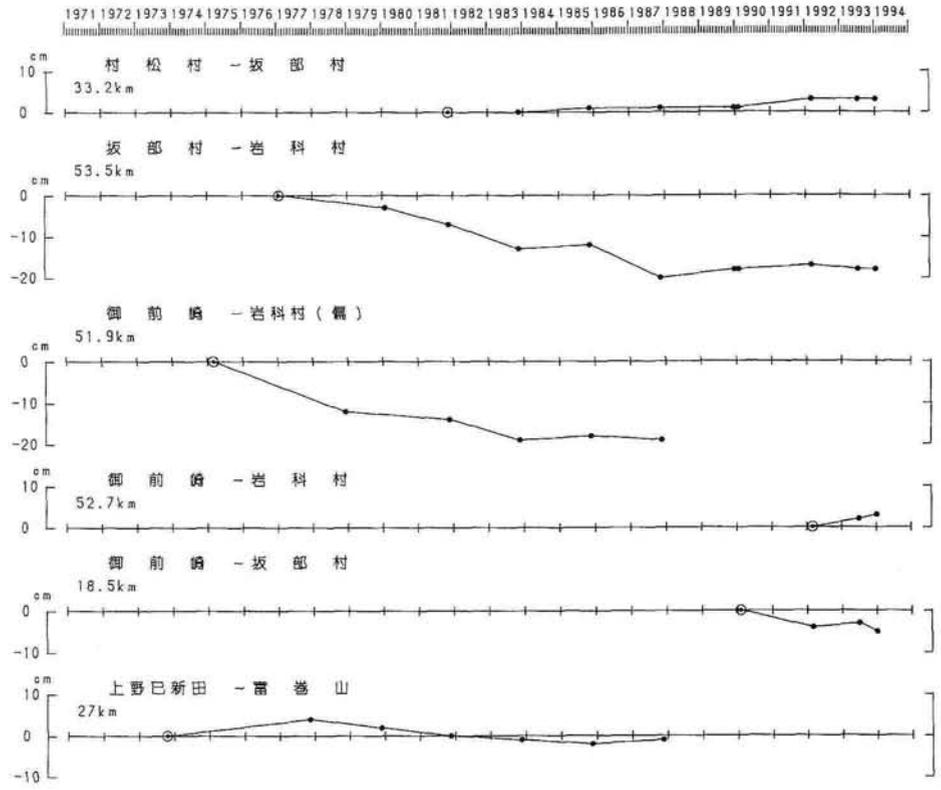
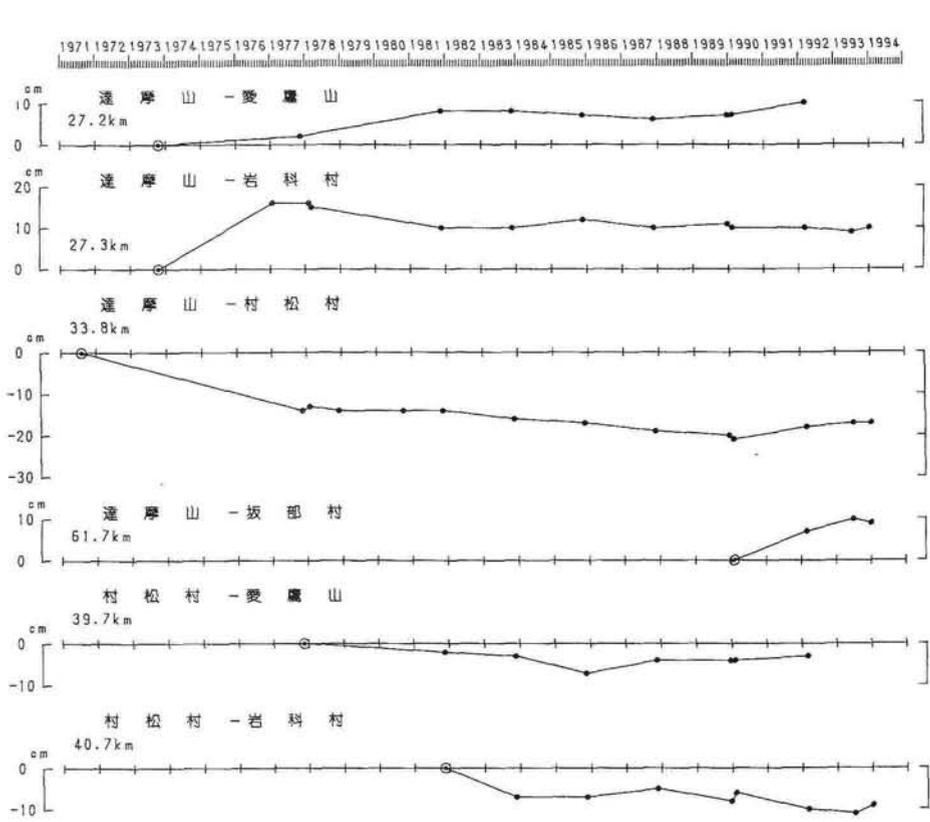
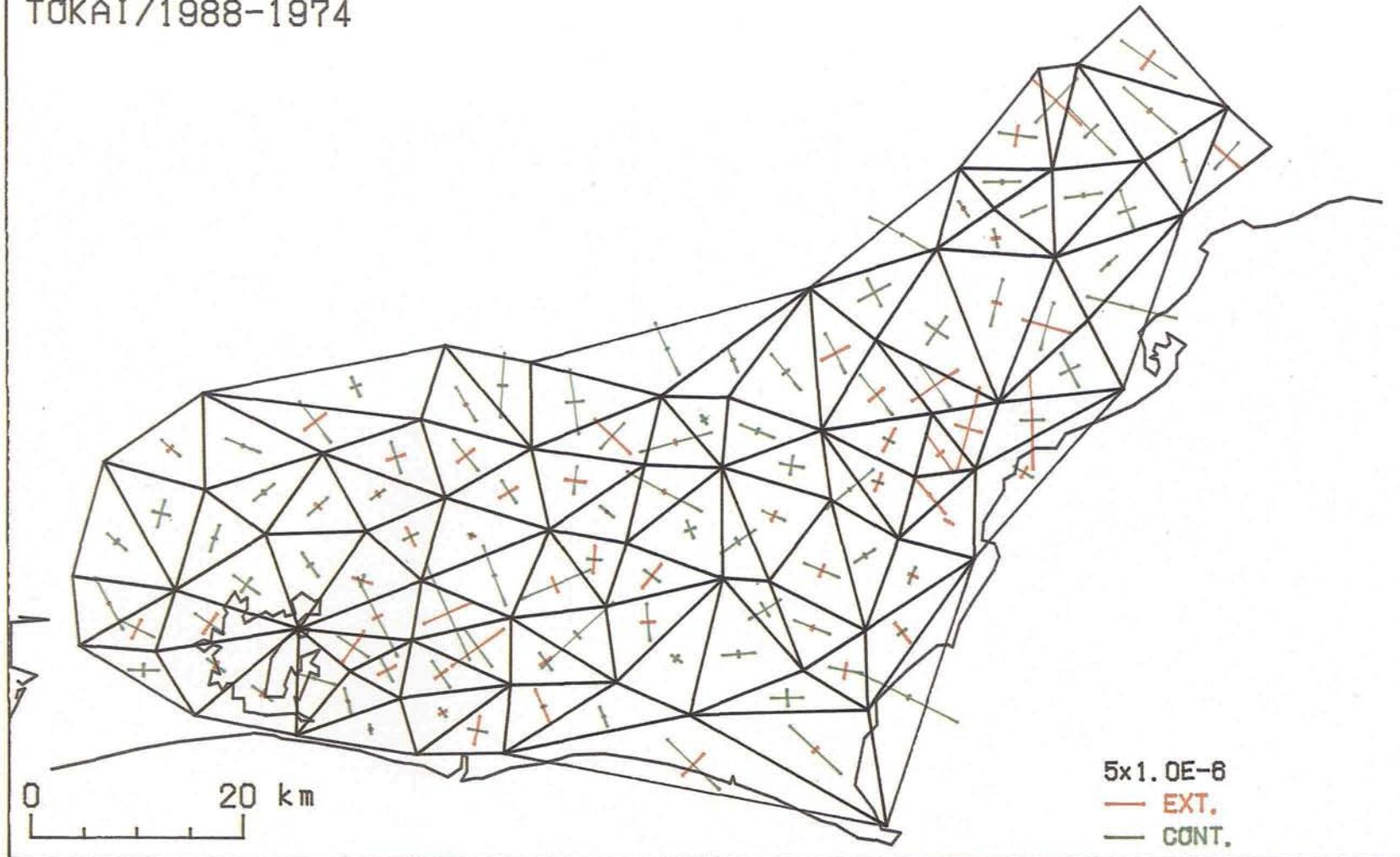


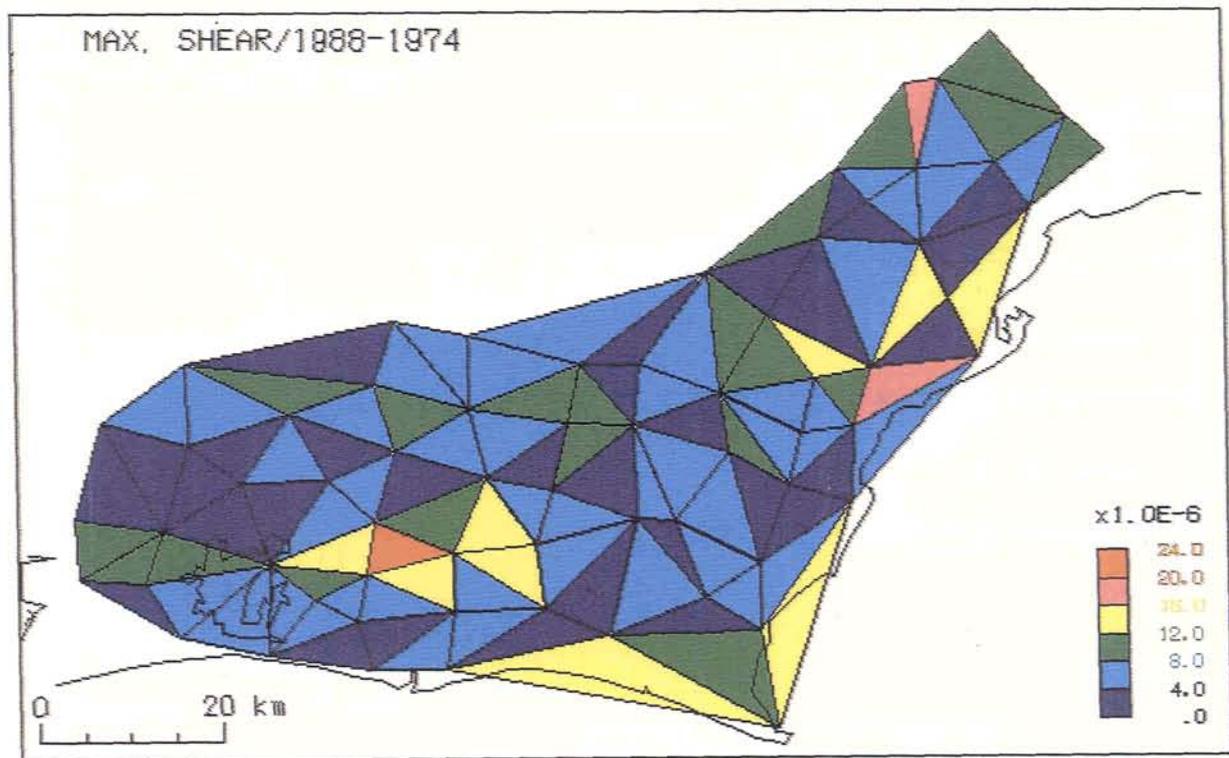
図 II - 1 - 8 駿河湾精密辺長測量結果(2): 辺長の経年変化。達摩山-村松村, 村松村-岩科村等の駿河湾をまたぐ辺は1988年頃まで縮み続けていたが, 以降変化が停滞している。達摩山-岩科村の1973年から1976年間の大きな伸びは1974年伊豆半島沖地震によるものである(国土地理院による)。

TOKAI/1988-1974

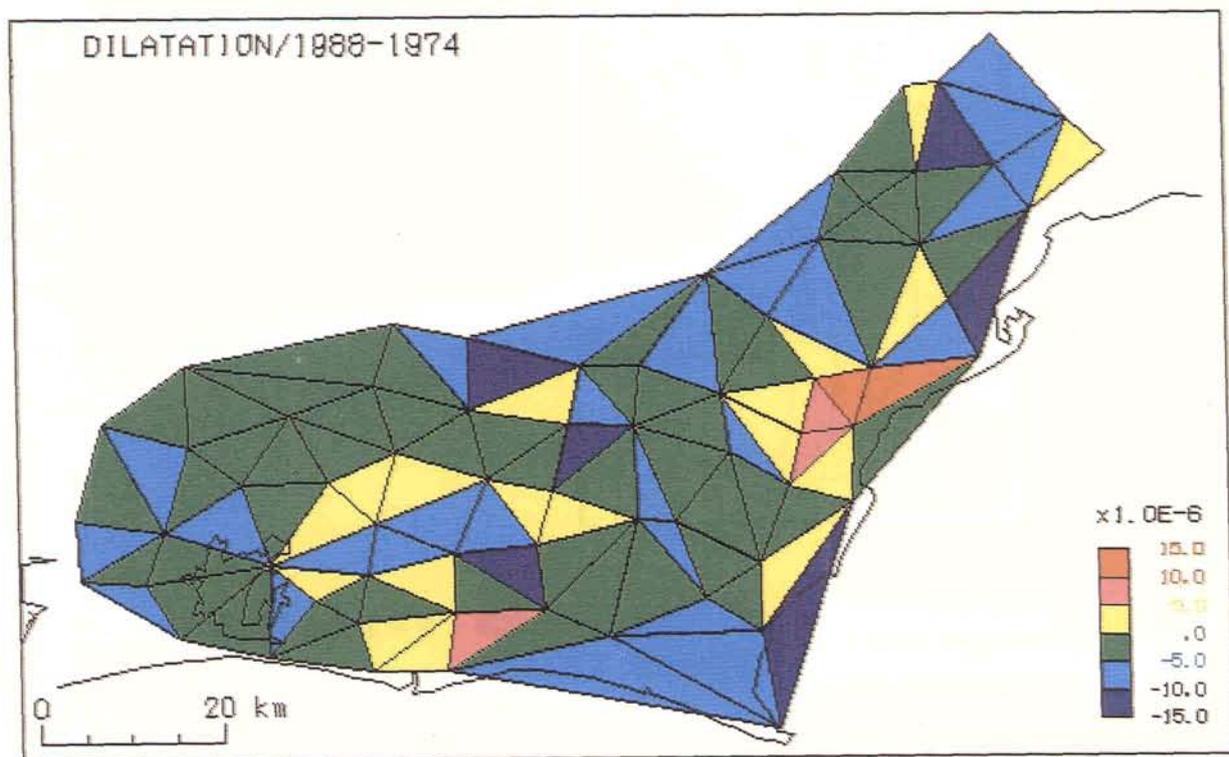


(a) 歪主軸の分布

図Ⅱ-1-9 東海地方の一次基準点測量結果：1974～'77（一次網1回目）-1986～'88（一次網3回目）。ほぼ全域で北西-南東ないしは西北西-東南東方向の縮みの場になっているが、特に浜名湖から東北東にやや大きな歪が集中するところが見られる。

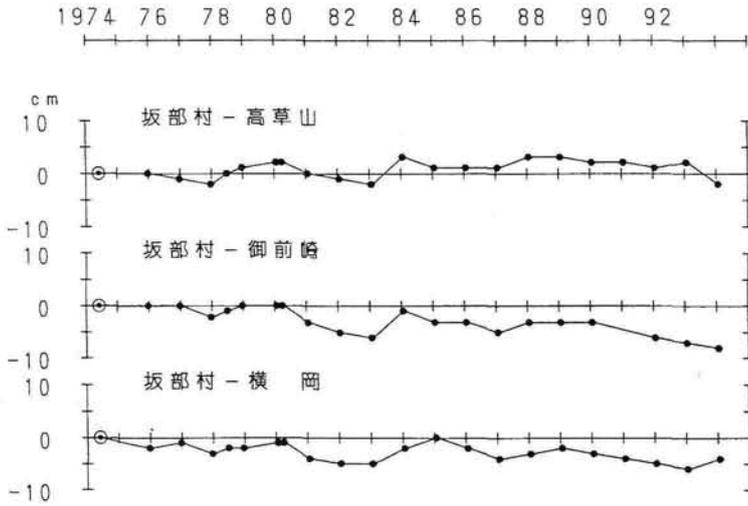


(b) 最大せん断歪の分布



(c) 面積歪の分布 (国土地理院による)

辺長の経年変化



水平歪・辺長変化

1993.12—1974.4

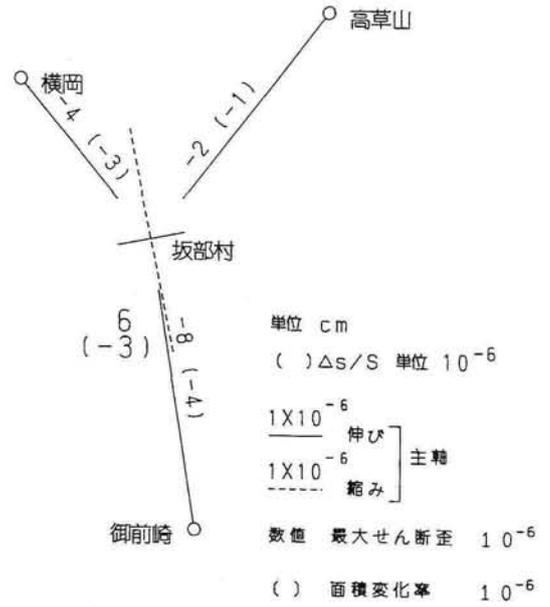


図 II - 1 - 10 御前崎精密辺長測量結果。南北ないし北北西-南南東方向の縮みが見られ、この地域の広域歪場と調和する（国土地理院による）。

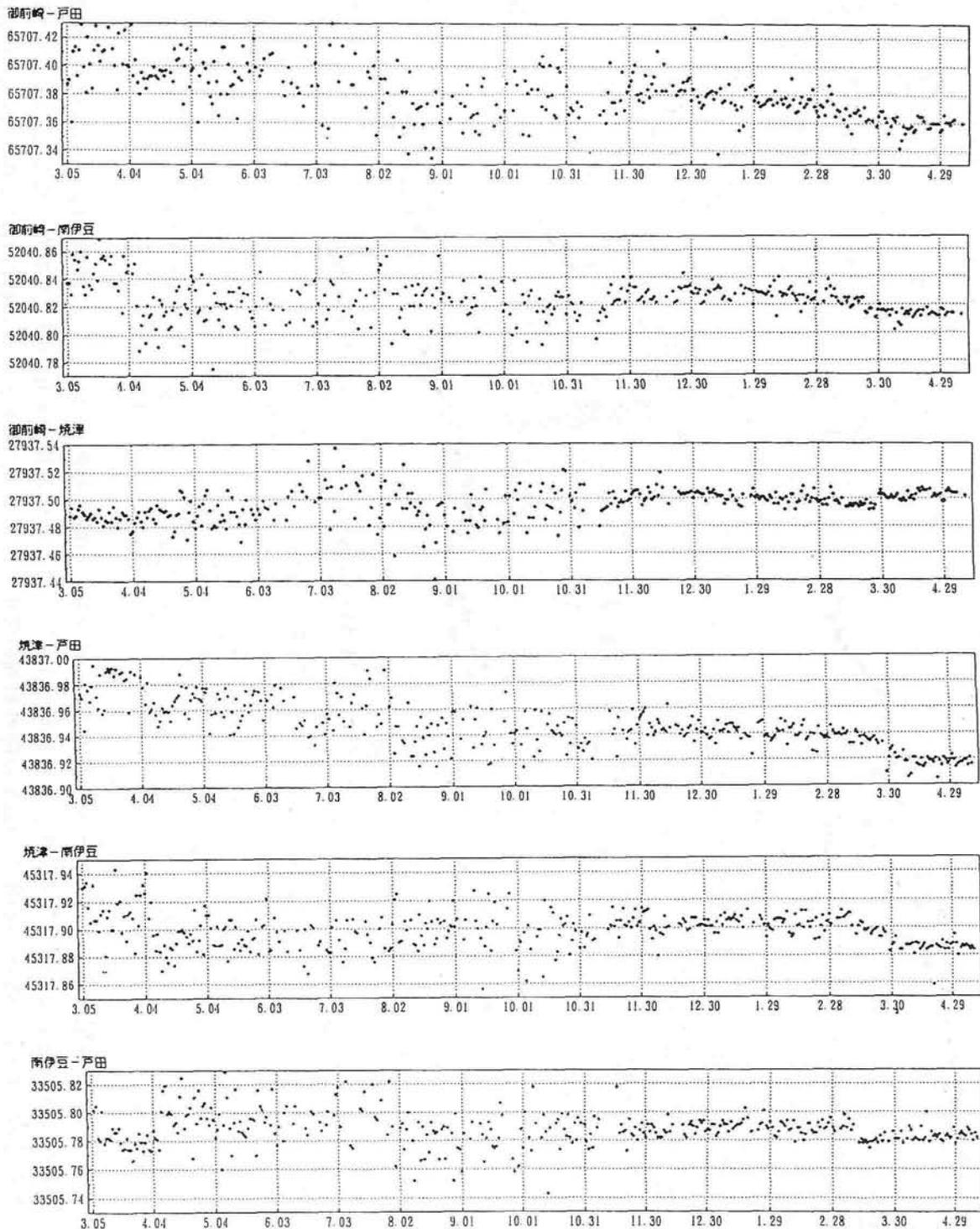
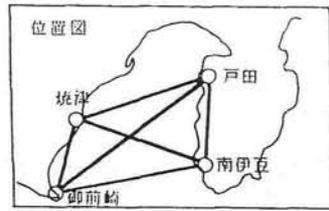
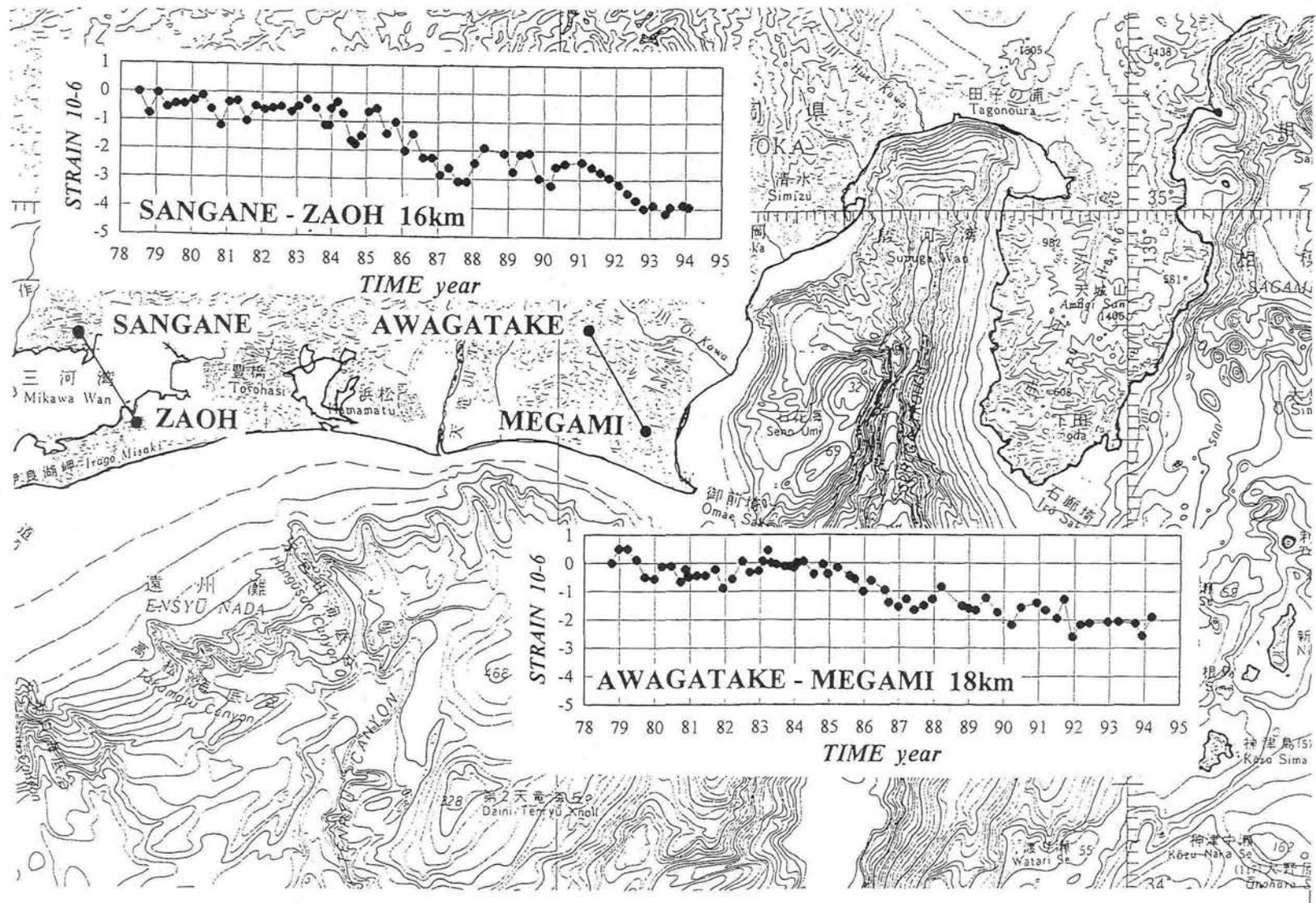


図 II - 1 - 11 駿河湾 GPS 連続観測結果。最近，駿河湾を横断する GPS 観測を開始した。この図は，1993年3月から1年間の観測結果であるが，途中11月に受信機の交換を行っており，データの連続性については問題がある。戸田と御前崎，焼津間の縮みが目立つが，さらに長期にわたる観測データが必要である（国土地理院による）。



図Ⅱ-1-12 三ヶ根-蔵王・栗ヶ岳～女神基線における基線長の時間変化。両基線では1978年以降、年数回、光波測距離を反復実施している。その結果、平均して $-(1\sim 2)\times 10^{-7}$ /年の基線長変化が観測された。そして、1985～1987年の急激な短縮、1980～1985年と1992年以降の短縮の停止というように基線長変化が時間的に一様でないことも明らかになった (Kimata, 1992)。

埋込式体積歪計の配置図

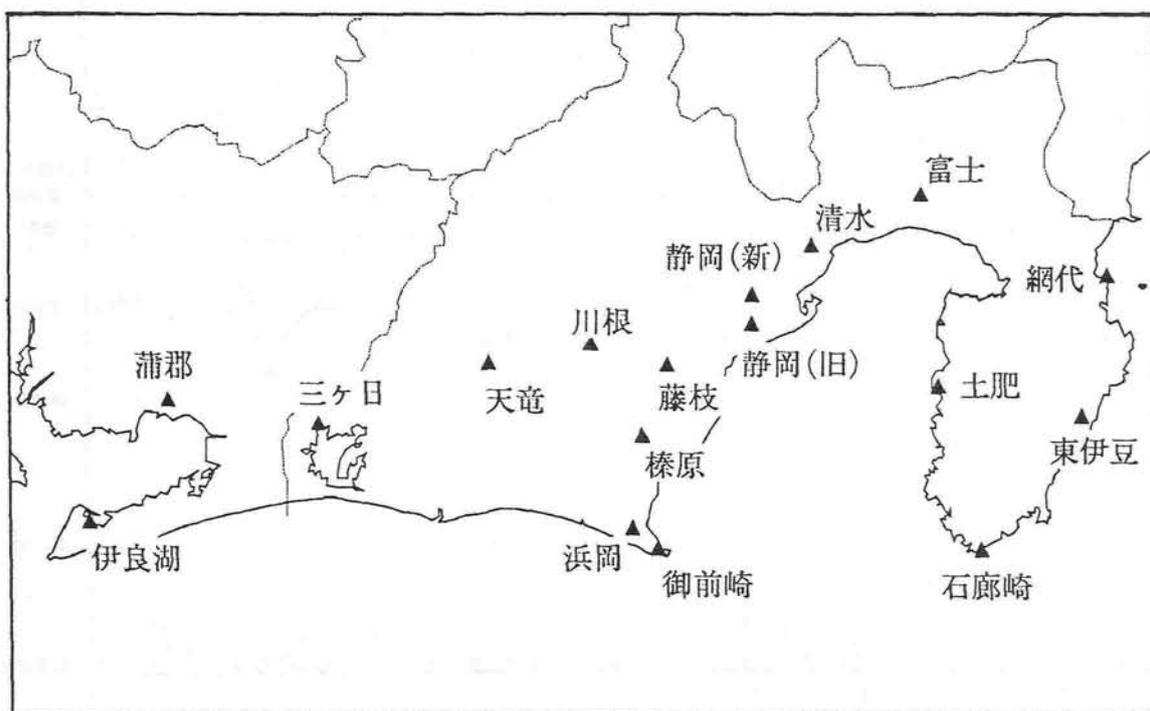


図 II - 1 - 13 埋め込み式体積歪計の配置図 (気象庁による)

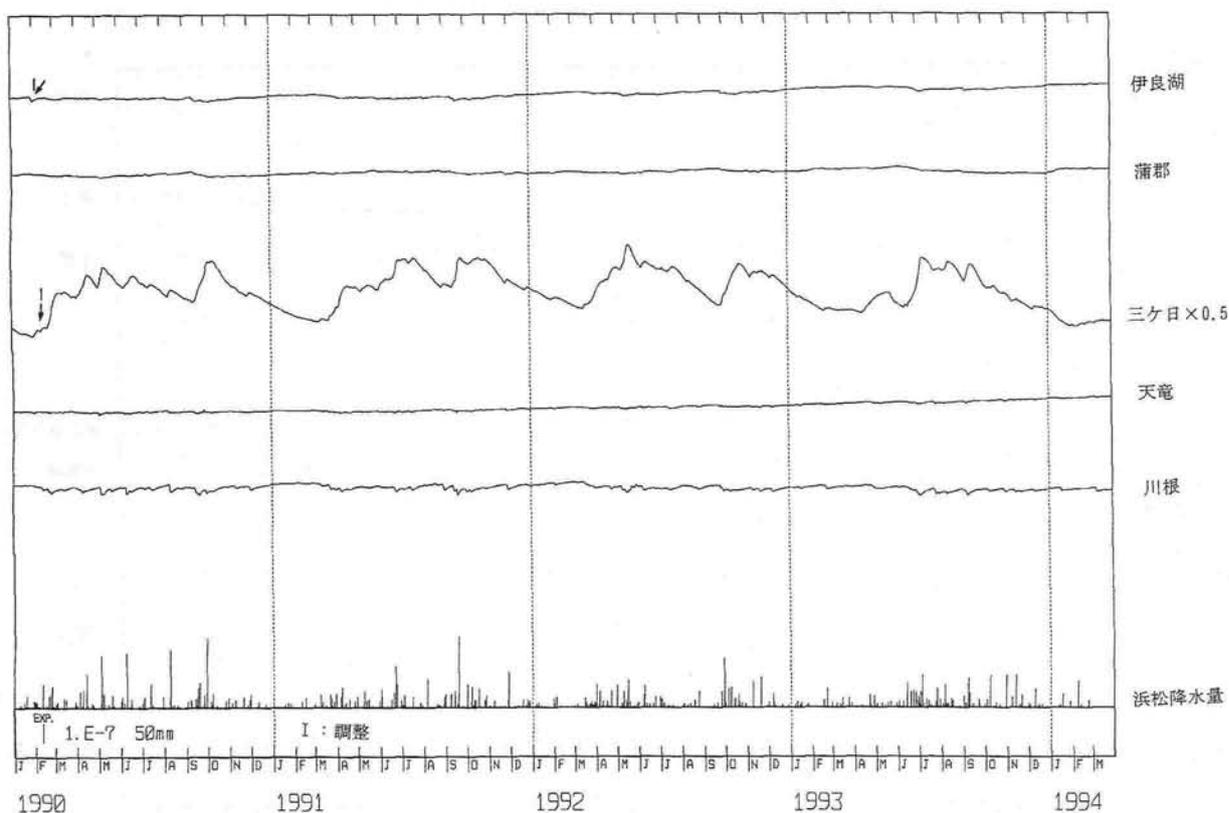


図 II - 1 - 14(a) 東海地方の埋め込み式体積歪計による歪観測結果 (長期的トレンドを除いたもの) (気象庁による)

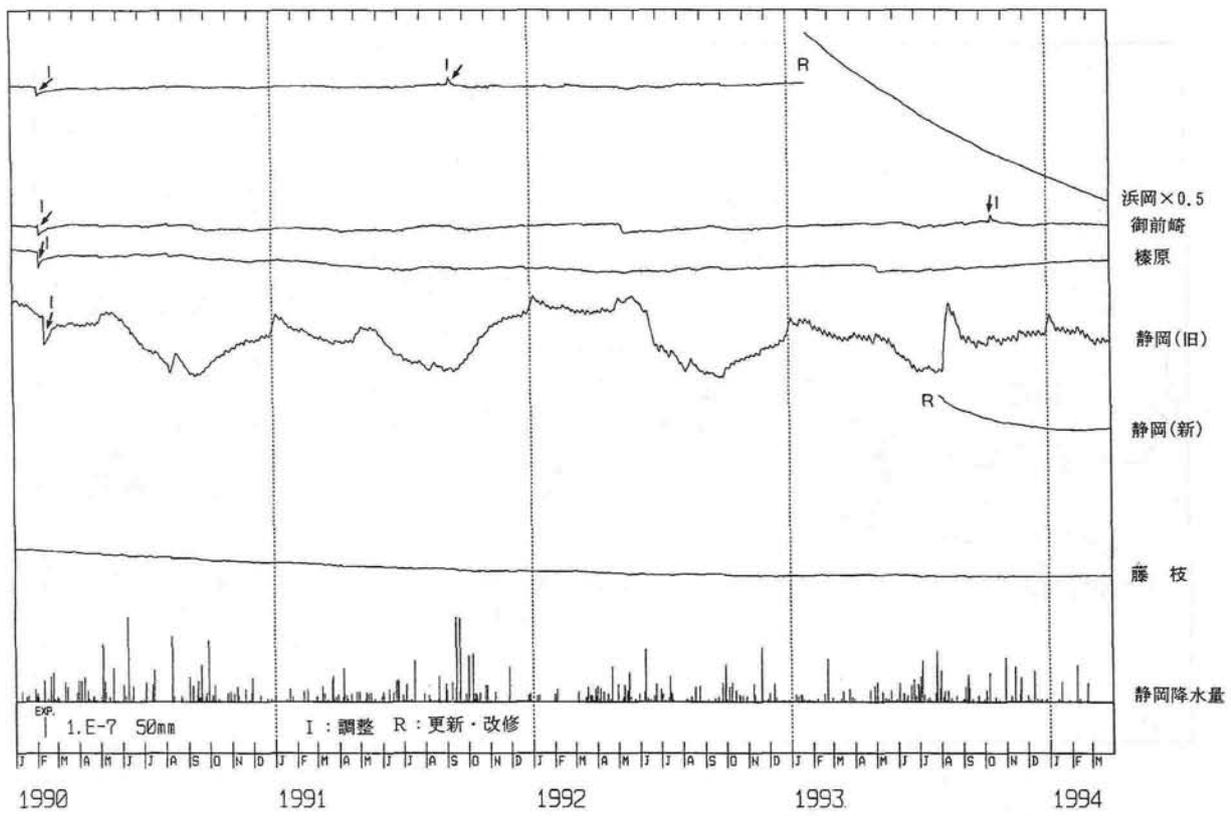


図 II - 1 - 14(b) (つづき)

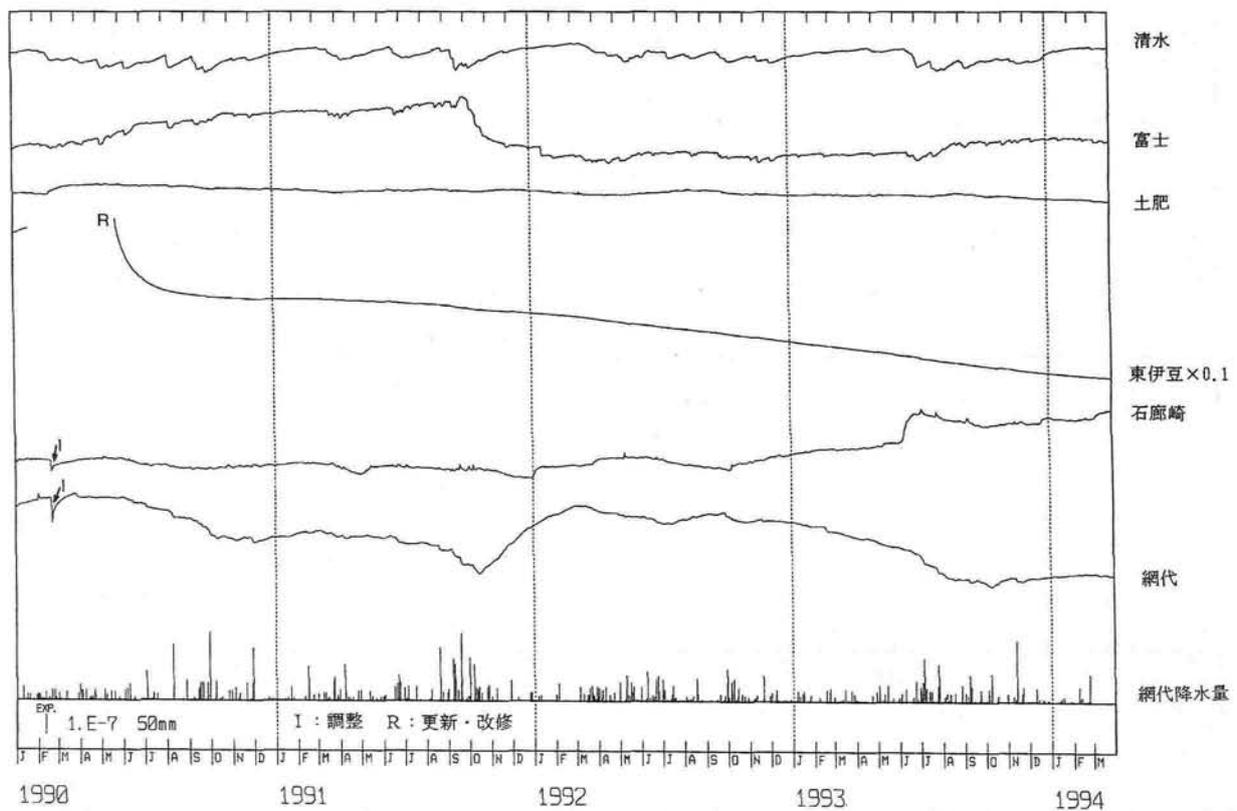
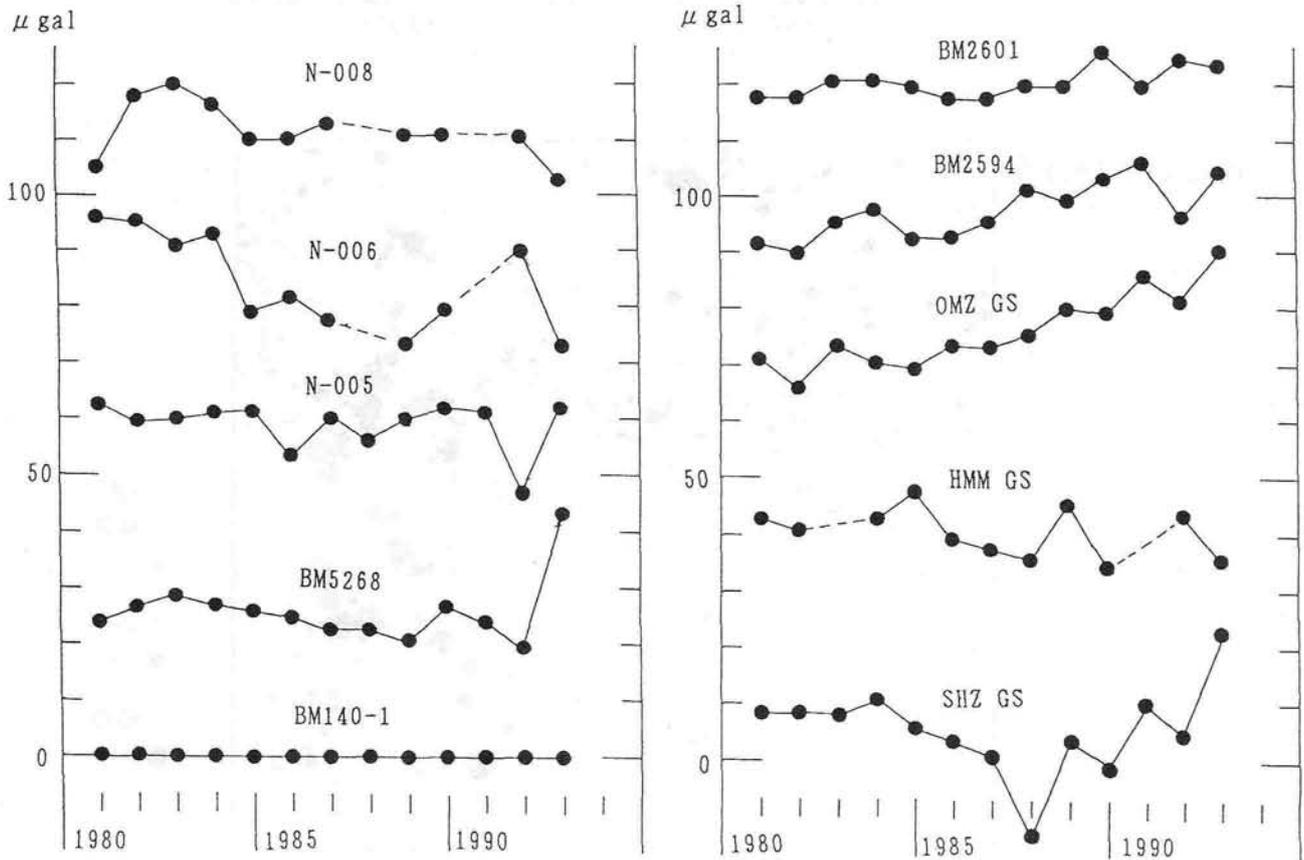
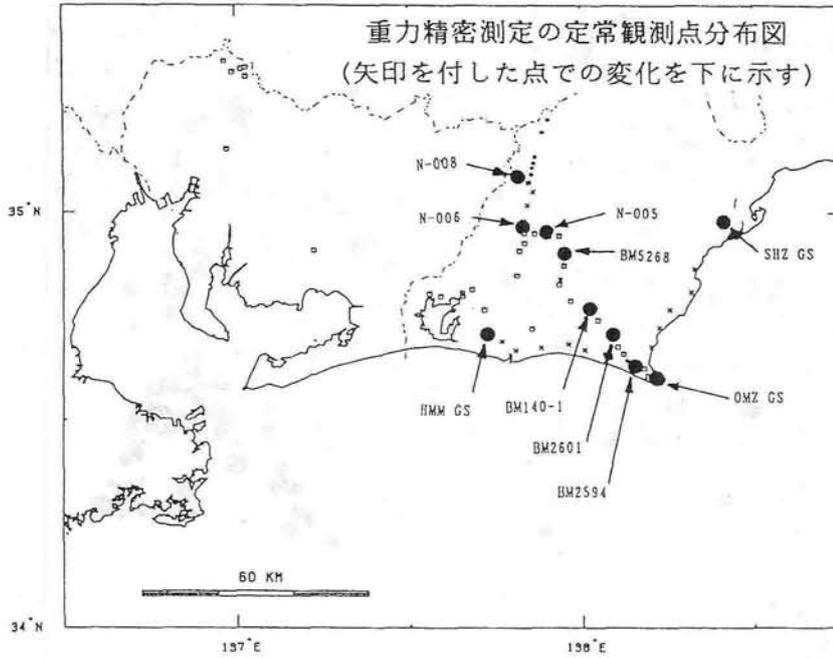


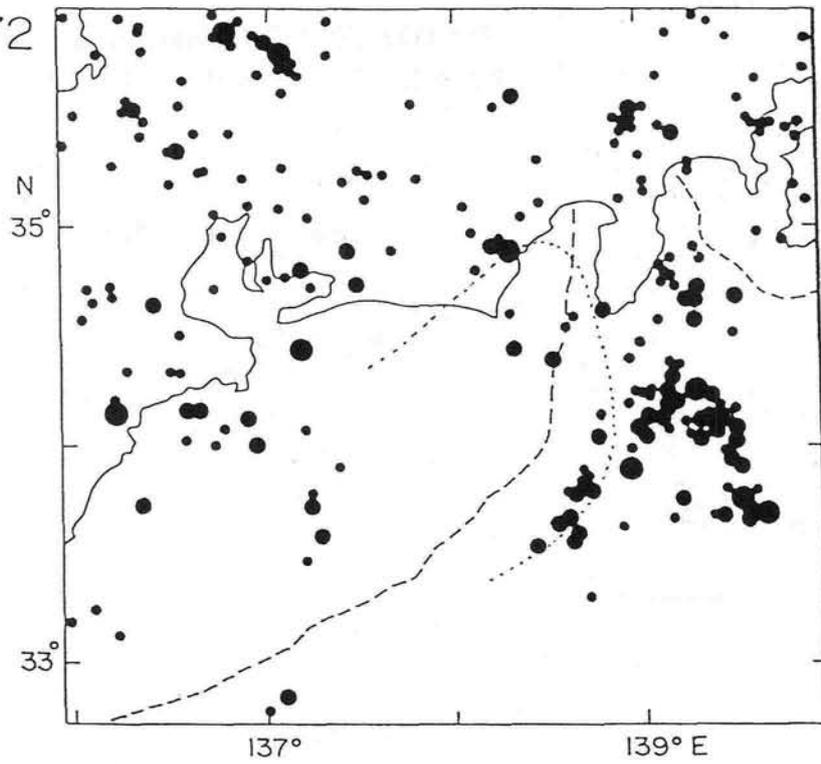
図 II - 1 - 14(c) (つづき)



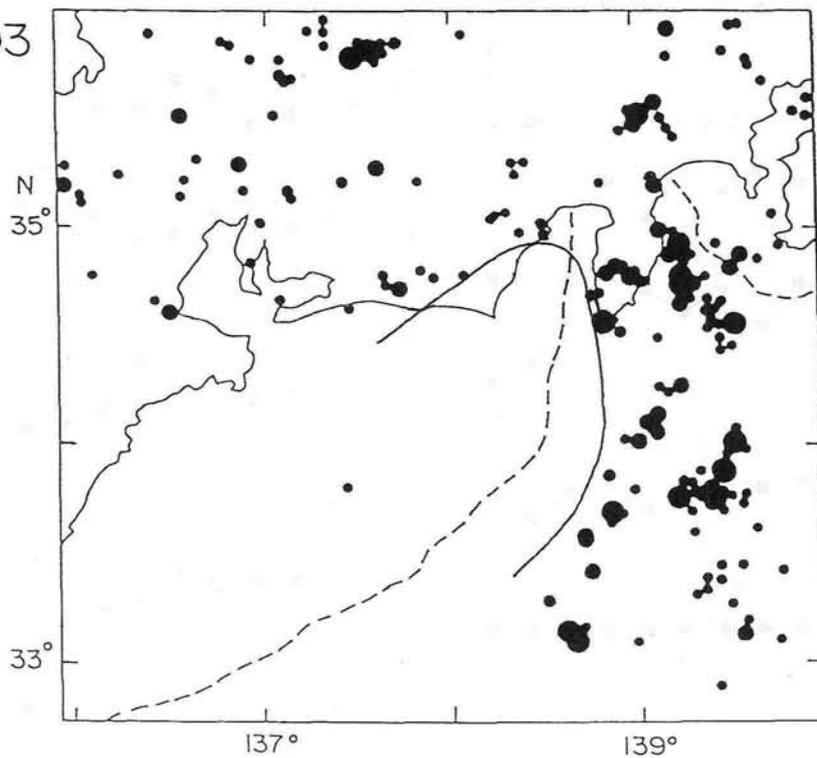
掛川(BM140-1)を基準にした重力変化. 期間: 1981~1993.

図 II - 1 - 15 東海地域における重力の時間的变化。掛川(BM140-1)を基準にした重力変化。期間: 1981~1993年 (名古屋大学・京都大学理学部・京都大学防災研・国立天文台による)

1950-1972

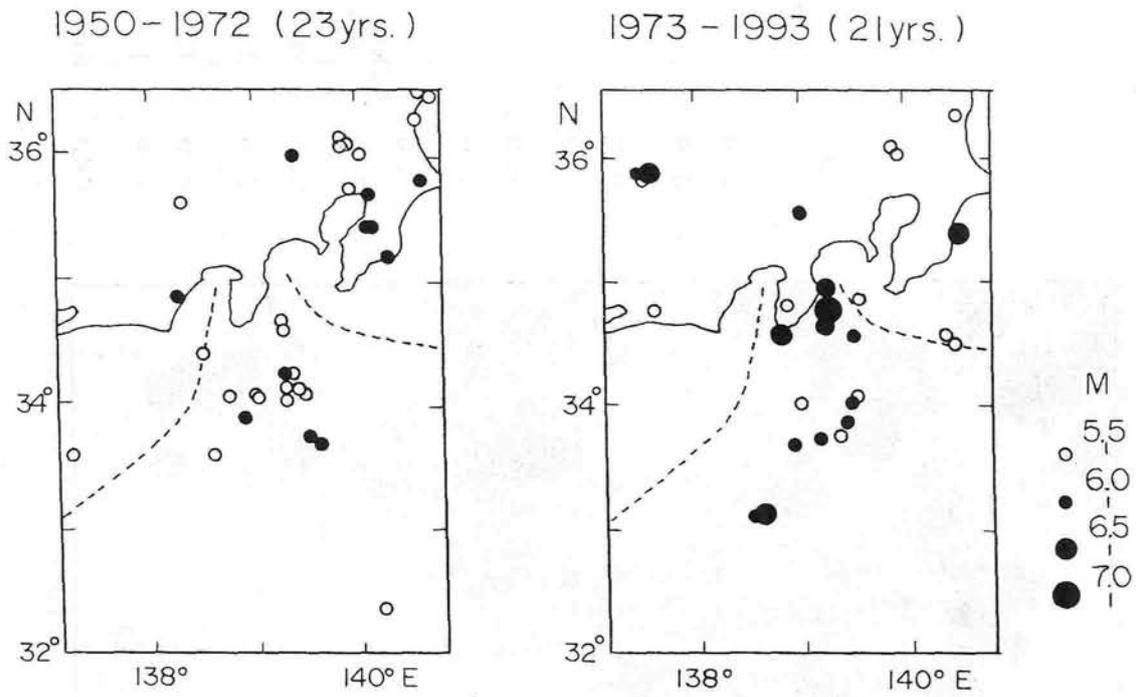


1973-1993



図Ⅱ-1-16 近年における東海地方の地震活動(その1)。(1950~1972)及び(1973~1993)の2つの期間に起こった東海地域及び周辺のM4.2以上の地震の分布(深さ60km以内)。近年、駿河トラフ~南海トラフ沿いの活動が静穏である(Mogi, 1987)。

(a)



(b)

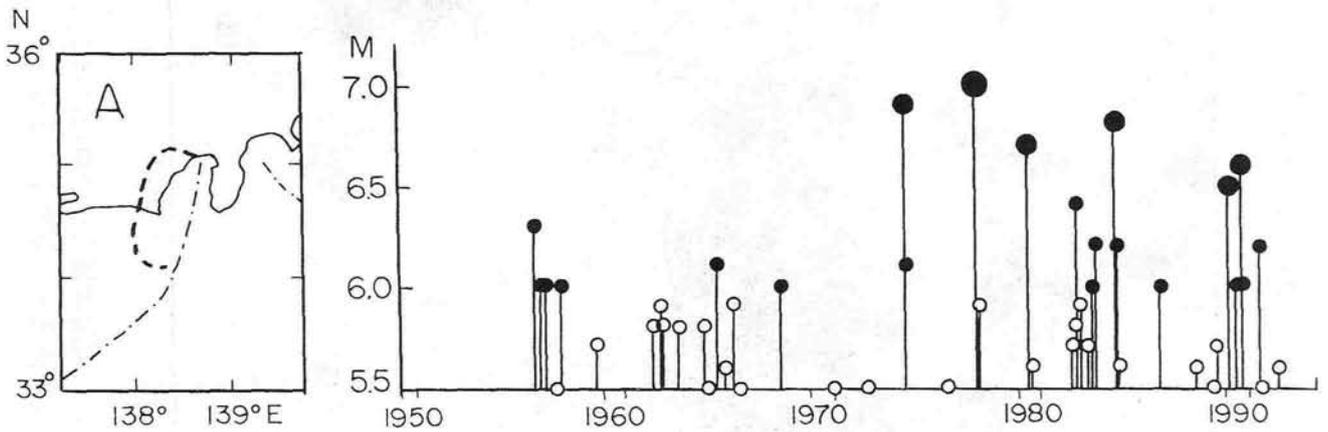
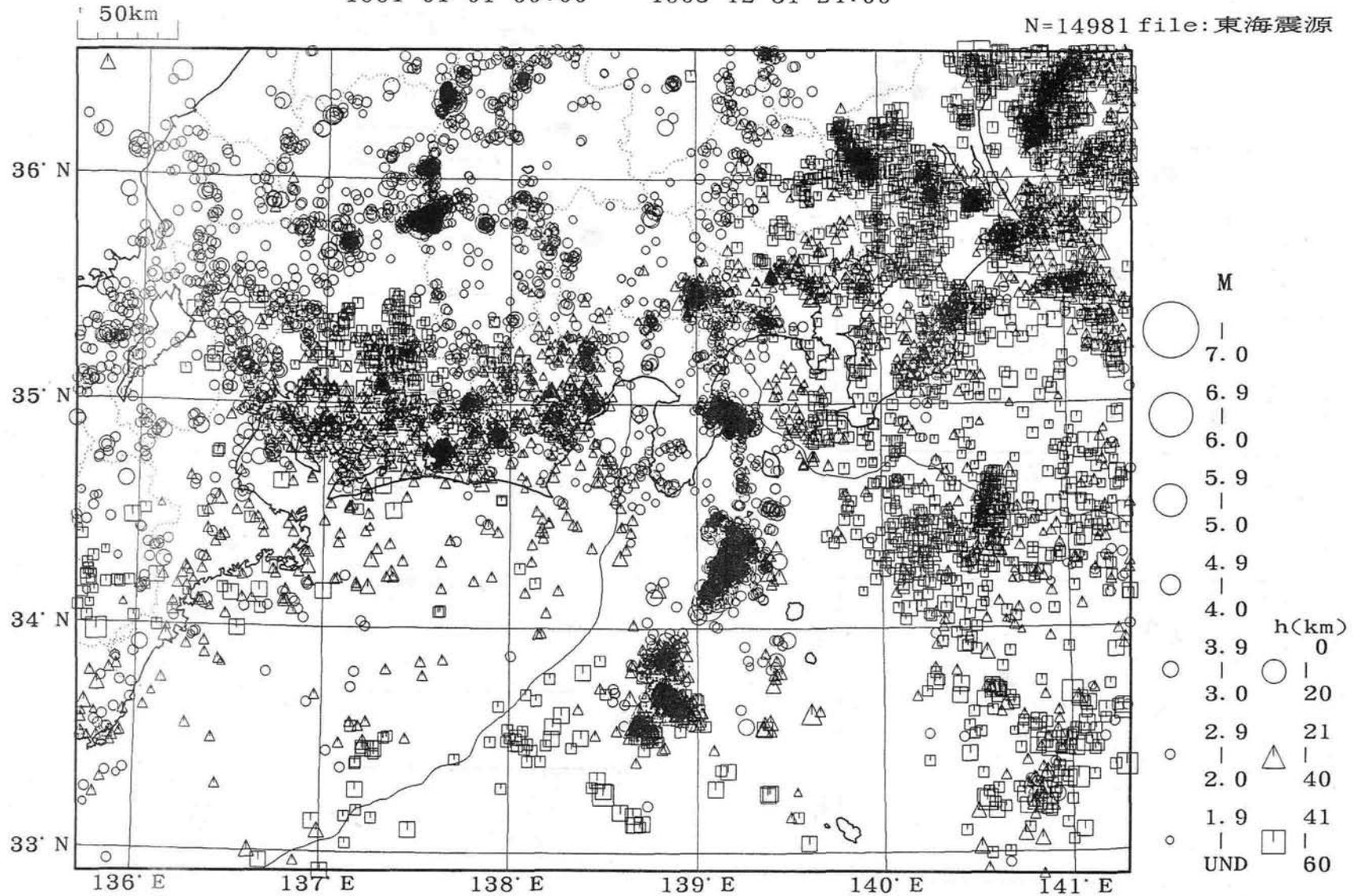


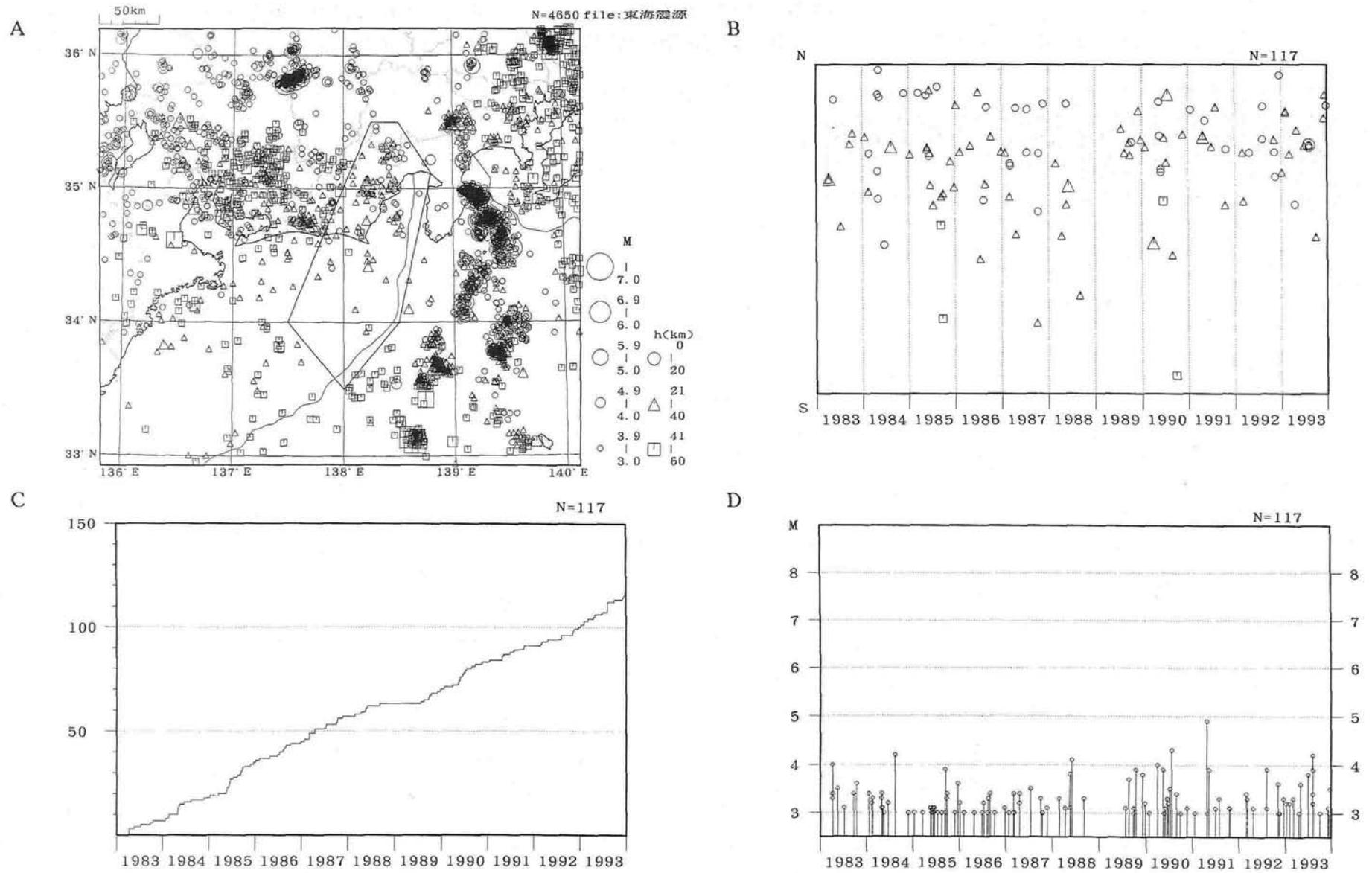
図 II - 1 - 17 近年における東海地方の地震活動(その2)。(a)(1950~1972)及び(1973~1993)の2つの期間に起こった東海地域周辺の比較的大きい地震 ($M5.5$ 以上)の分布。(b)領域Aで発生した $M5.5$ 以上の地震の $M - T$ グラフ。1973年頃から「東海地震」の想定震源域の周辺の活動が高まっている(茂木, 1992)。

1991 01 01 00:00 -- 1993 12 31 24:00

N=14981 file:東海震源



図Ⅱ-1-18 最近3年間に東海地域とその周辺に起こった地震の震央分布図（気象庁による：データは東京大学，名古屋大学，防災科学技術研究所，気象庁による）。



図Ⅱ-1-19 最近10年間の想定震源域の地震活動 (M3以上) A: 震央分布図, B: 時空間分布図, C: 回数積算図, D: M-T図 (気象庁による: データは図Ⅱ-1-18と同じ)

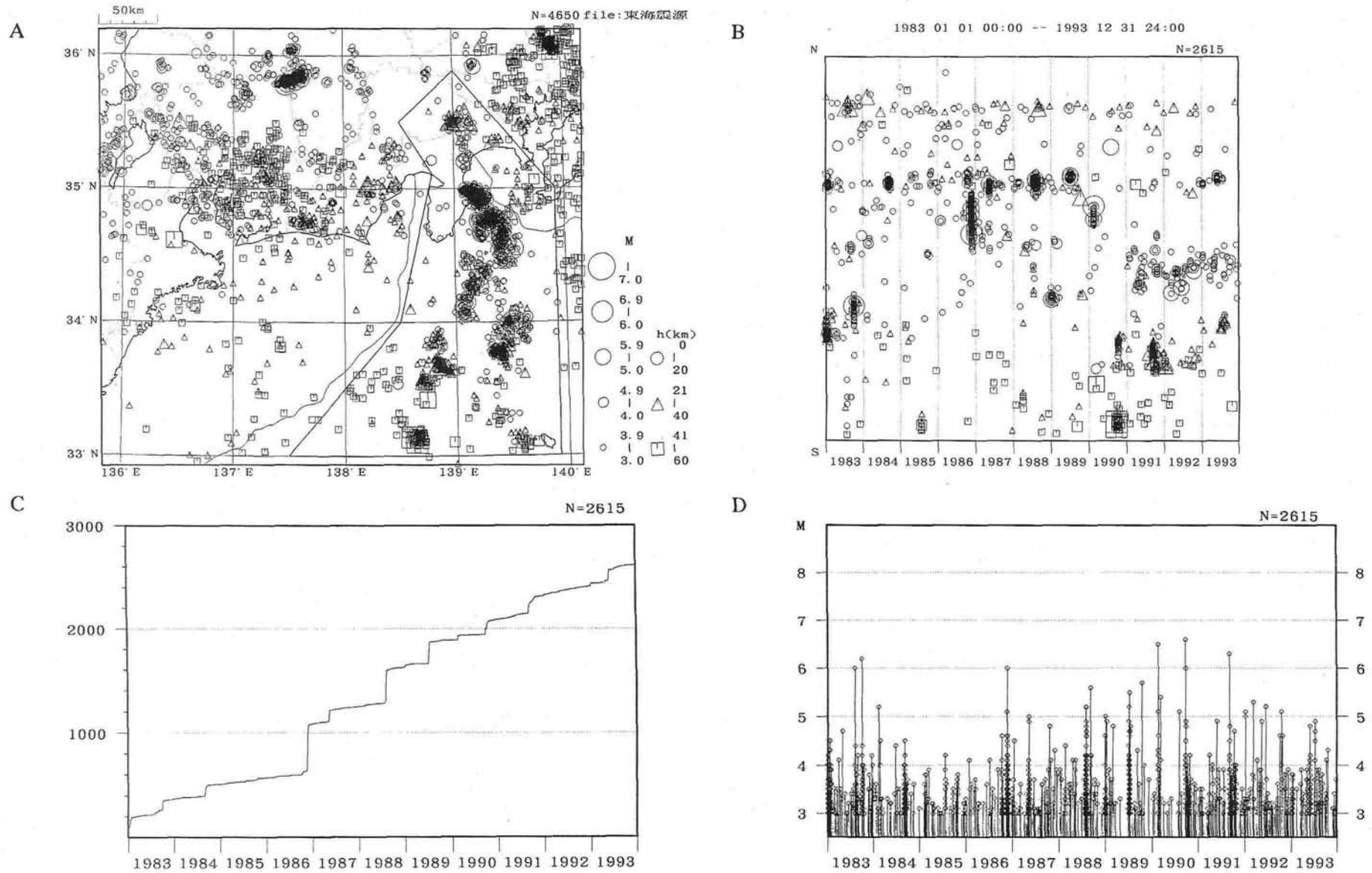


図 II - 1 - 20 最近10年間の想定震源域の東側領域の地震活動 (M3以上) A: 震央分布図, B: 時空間分布図, C: 回数積算図, D: M-T図 (気象庁による: データは図 II - 1 - 18と同じ)

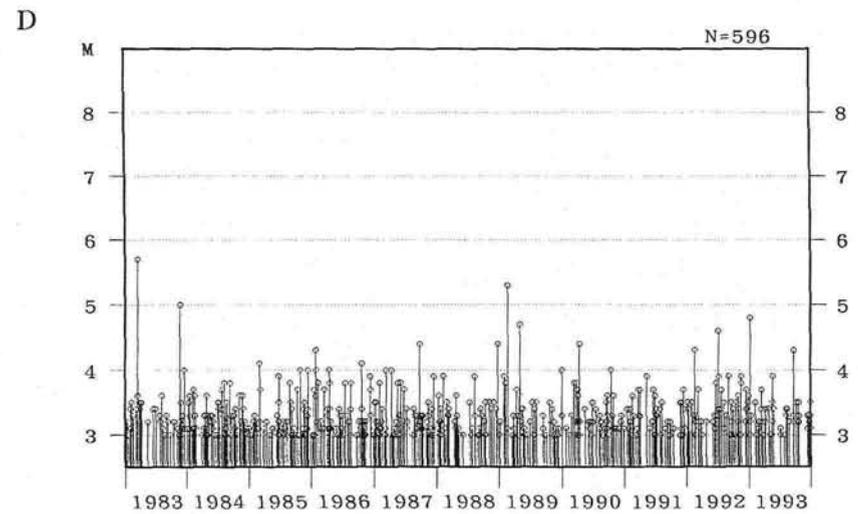
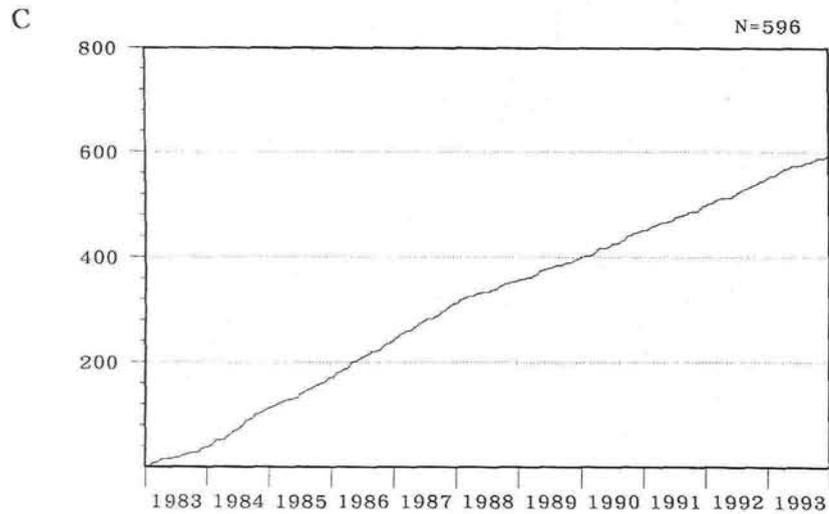
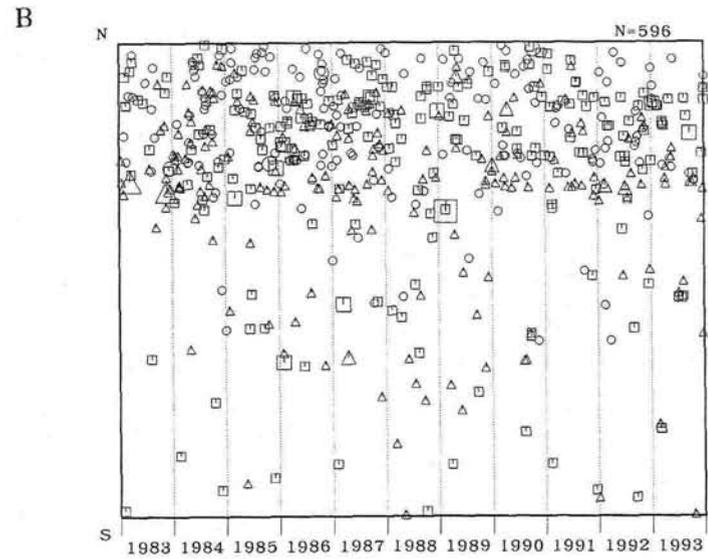
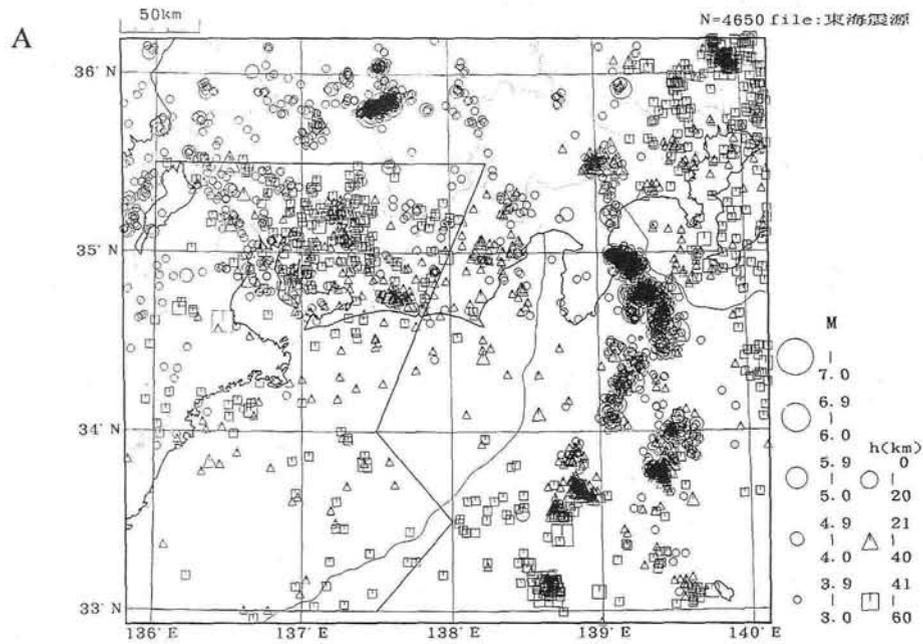
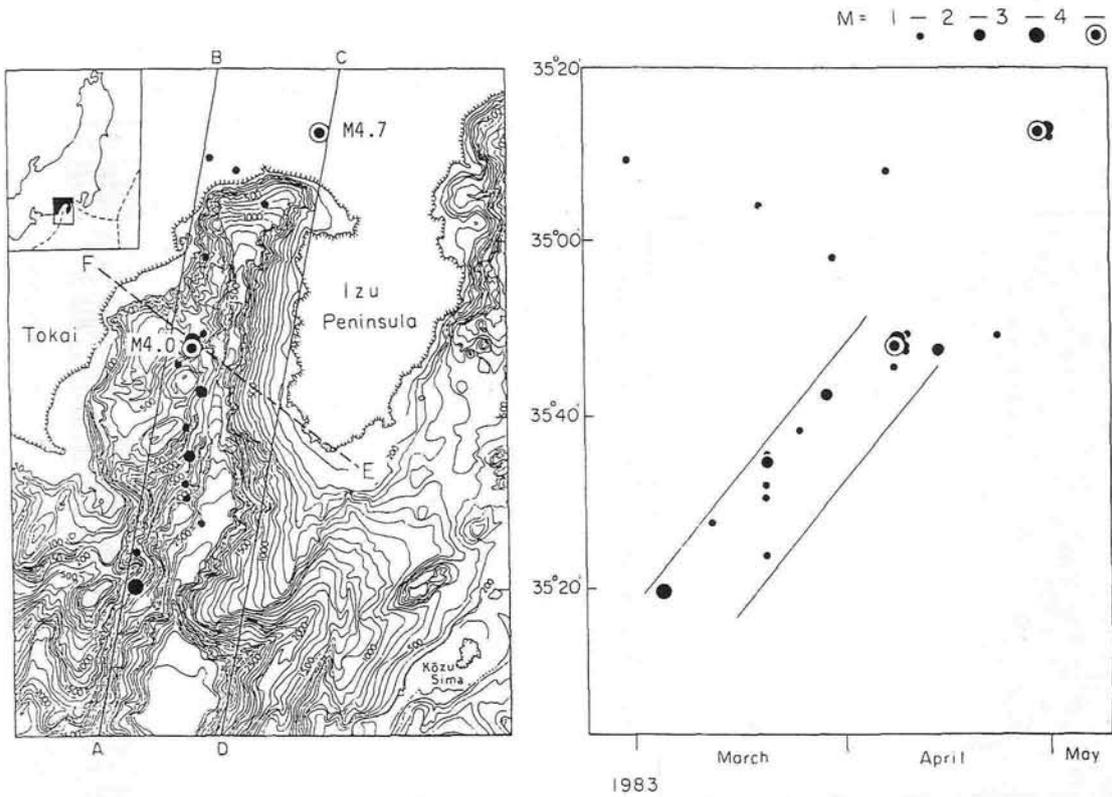
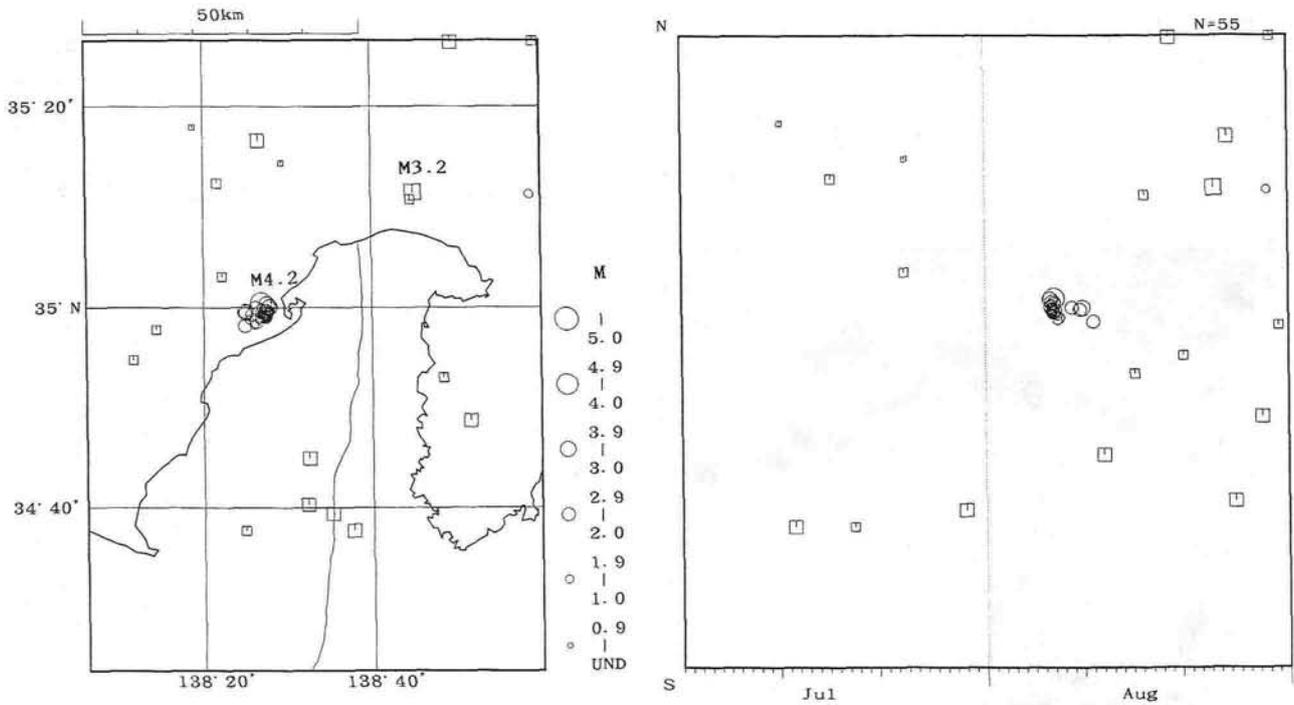


図 II - 1 - 21 最近10年間の想定震源域の西側領域の地震活動 (M3以上) A: 震央分布図, B: 時空間分布図, C: 回数積算図, D: M-T図 (気象庁による: データは図 II - 1 - 18と同じ)

(a)



(b)



図Ⅱ-1-22 近年、駿河湾及びその沿岸部で起こっためぼしい地震。

- (a)1983年3月～4月に駿河トラフに沿って起こった地震の移動(図のABCDの範囲内)。移動の延長線上にあたる富士山麓でM4.7の地震が起こった(データは名古屋大学)。
- (b)1993年8月の静岡付近の群発地震とそれに引き続いて起こったM3.2の富士山麓の地震(気象庁による)。

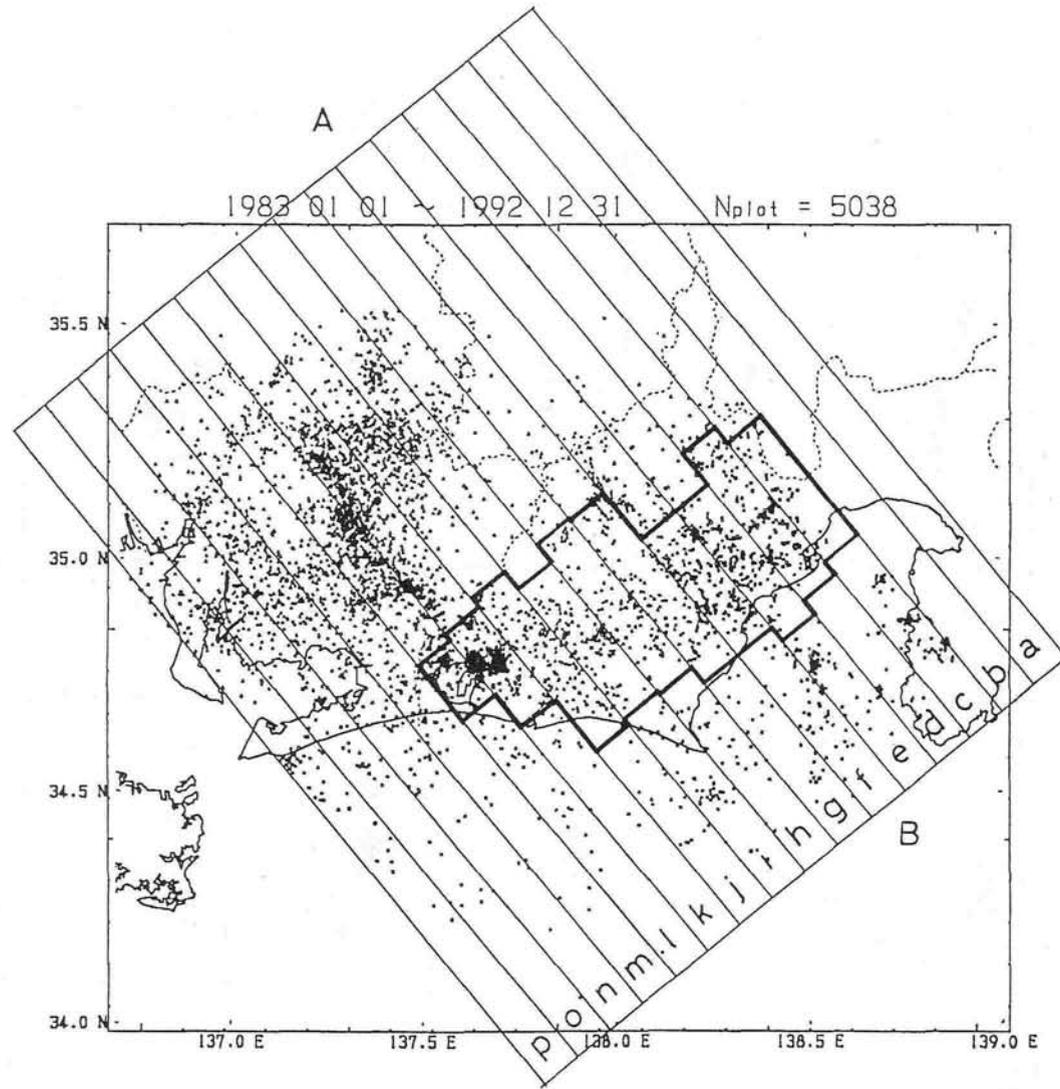


図 II - 1 - 23 微小地震活動による「東海地震」の震源域推定の試み（松村正三，1994）。

(a) フィリピン海スラブ内の微小地震分布。a~pの各短冊に対応する断面図を(b)に示す。太線による囲みは、(b)において上盤との相互作用でスラブ内に発生したと判定される活動域を抜き出したものであり、現在の固着域、すなわち次の東海地震の震源域に相当すると推測される。

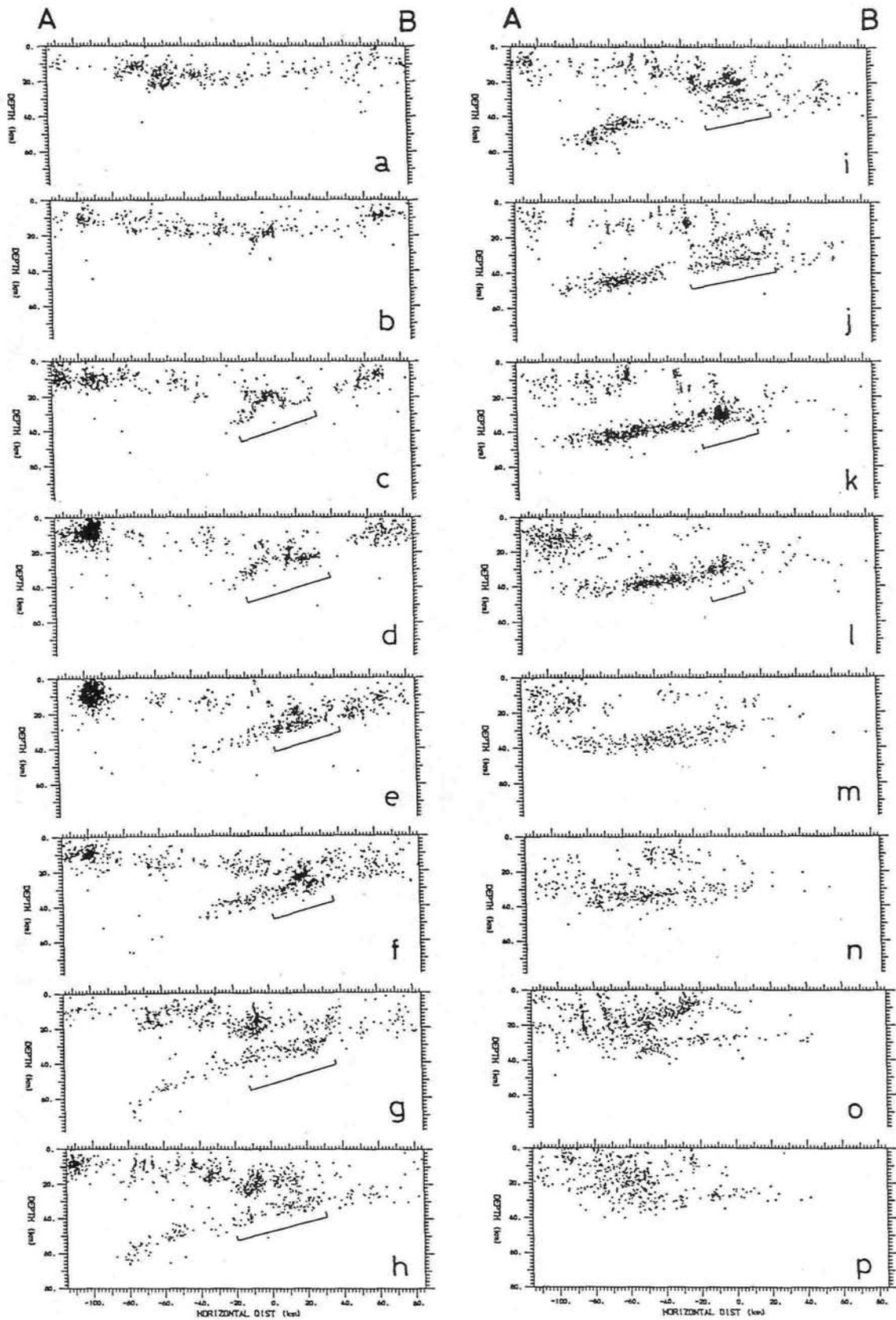
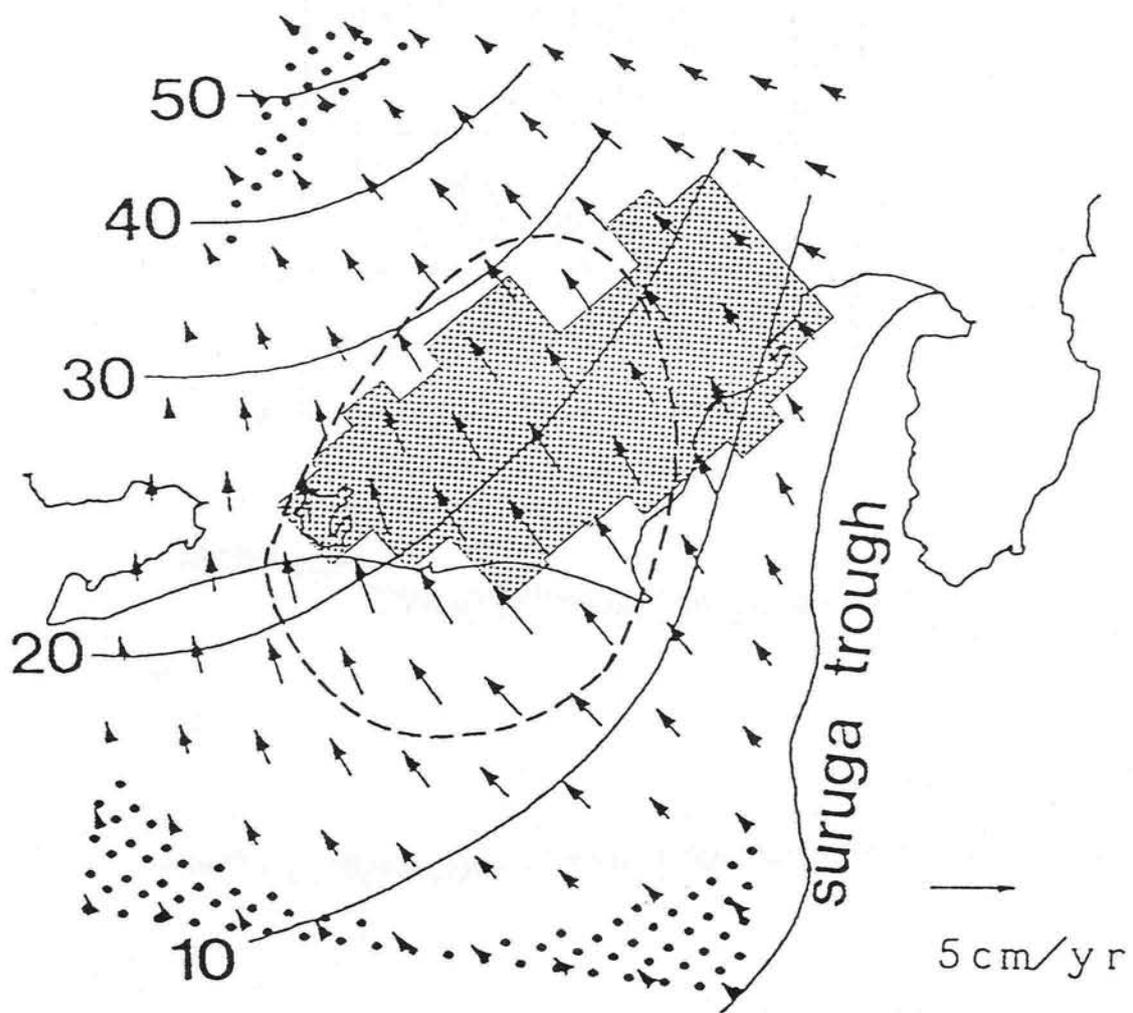


図 II - 1 - 23 つづき

(b) (a)に対応する地震の断面分布図。鍵線のマークは、地震の分布パターンから上盤とスラブの固着域と判定された部分。



図Ⅱ-1-23 つづき

(c) 地震活動から推定された固着域（影の部分）と Yoshioka et al. (1993)によって地殻変動から推定された固着領域（矢印の大きさが3 cm / yr を超える破線の範囲）。

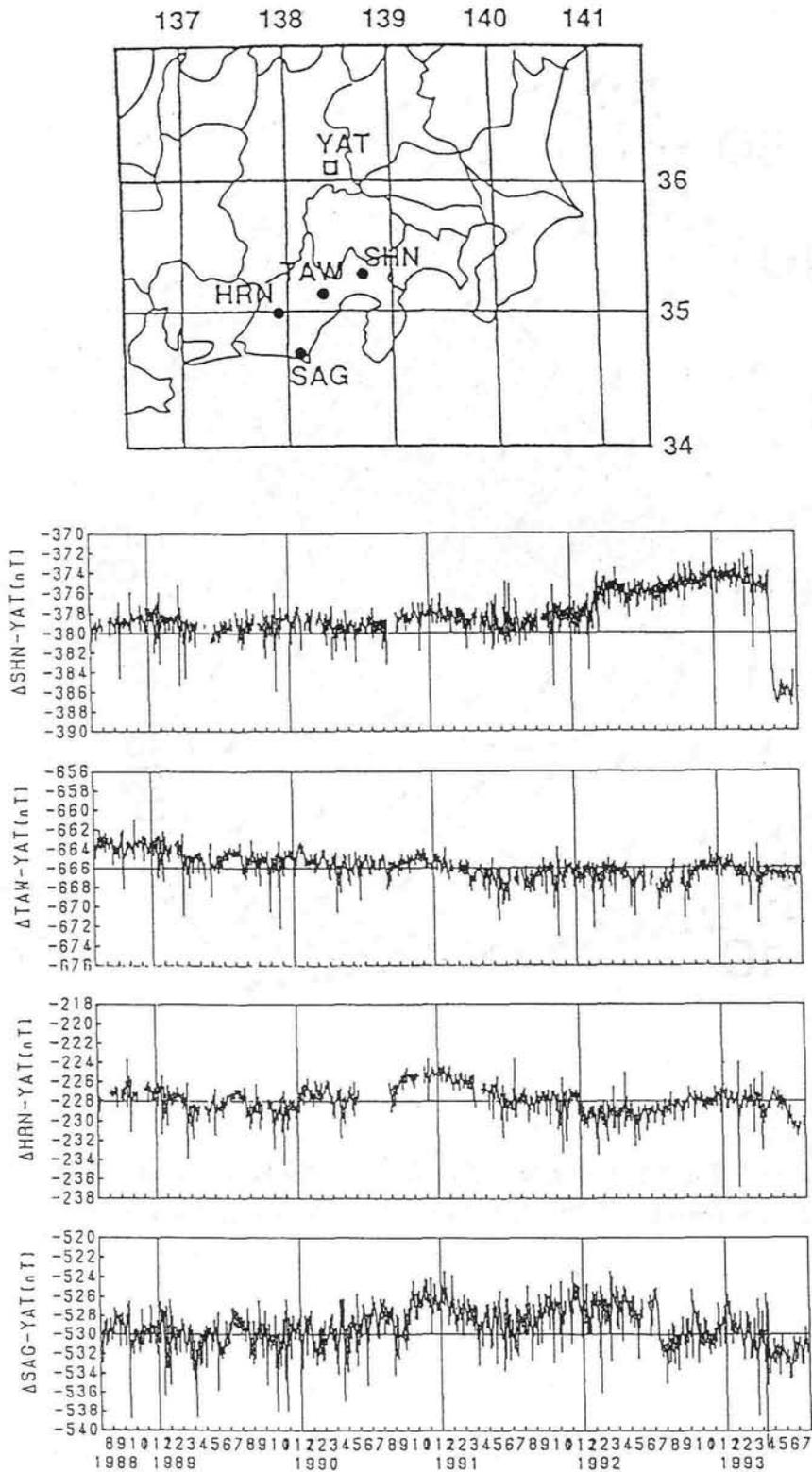
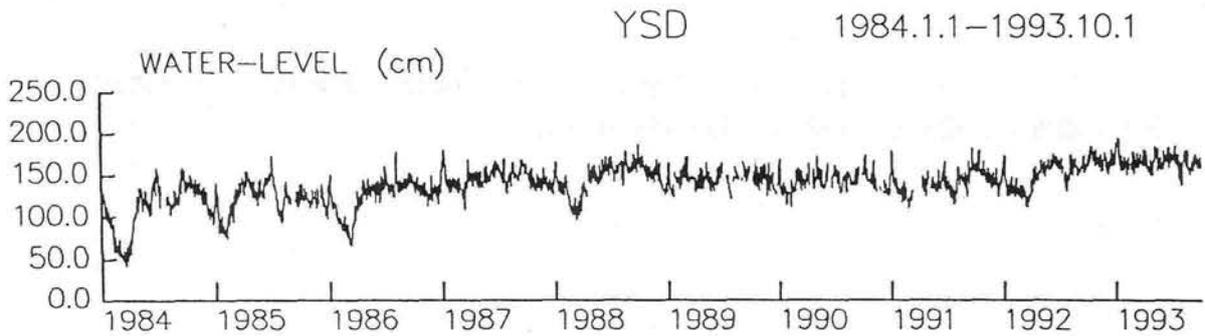
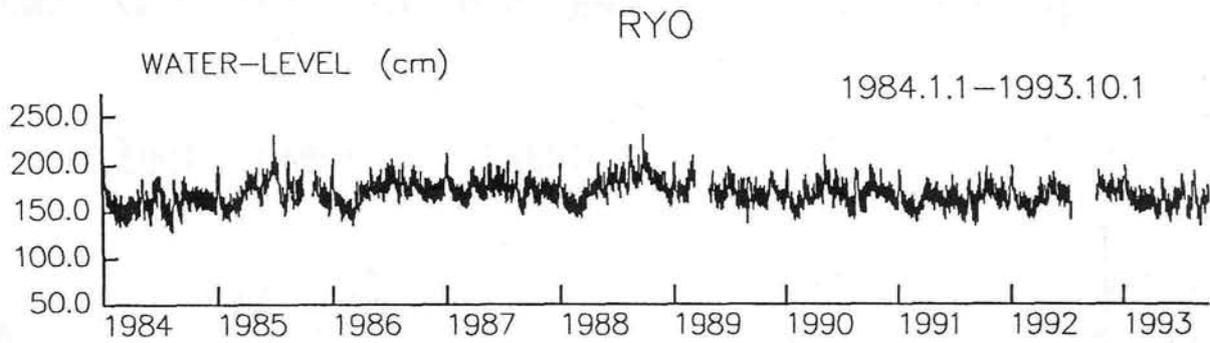
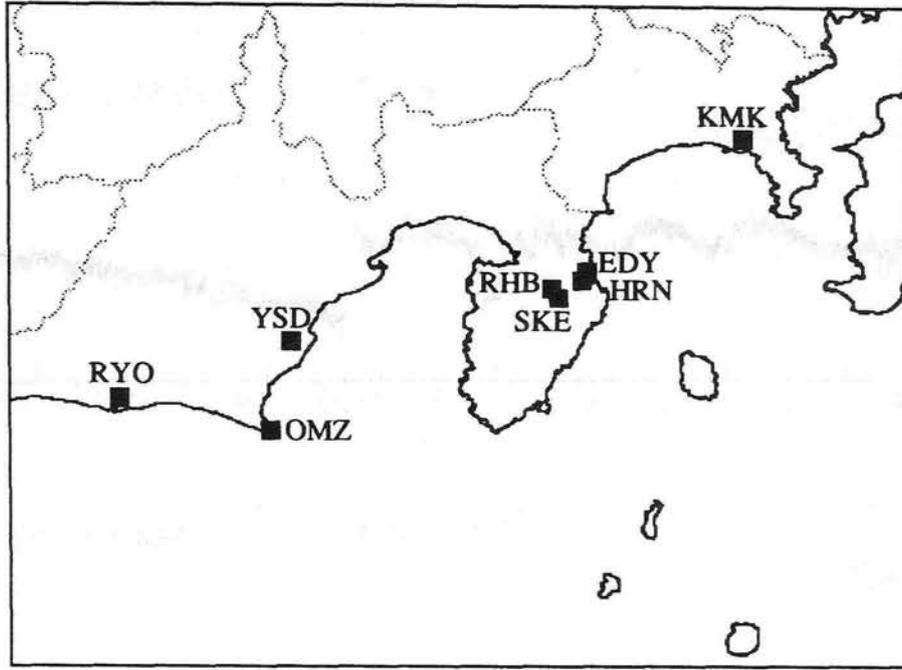
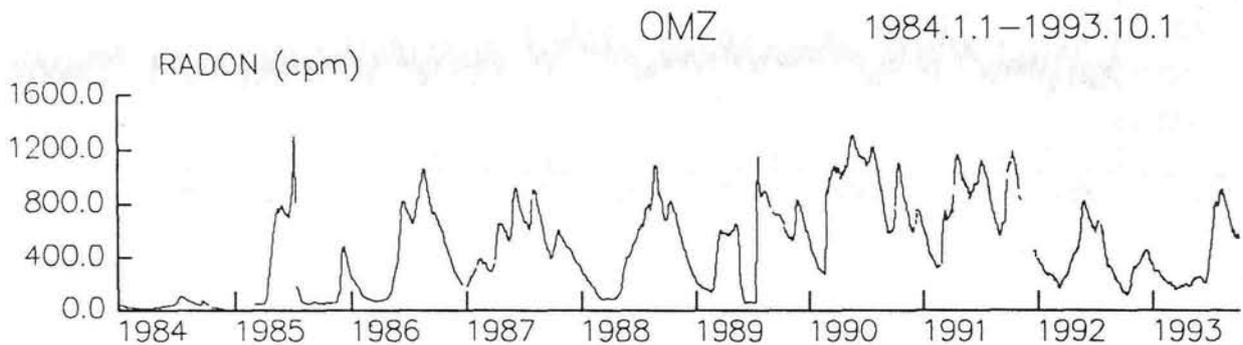
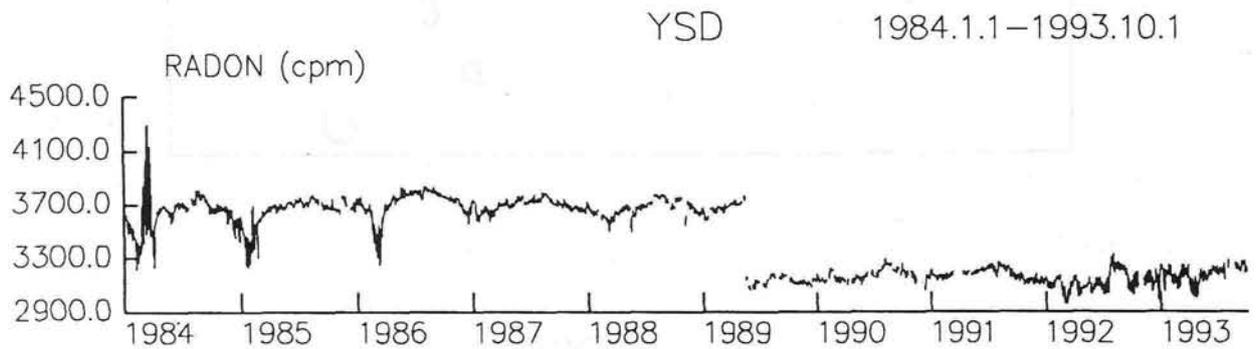
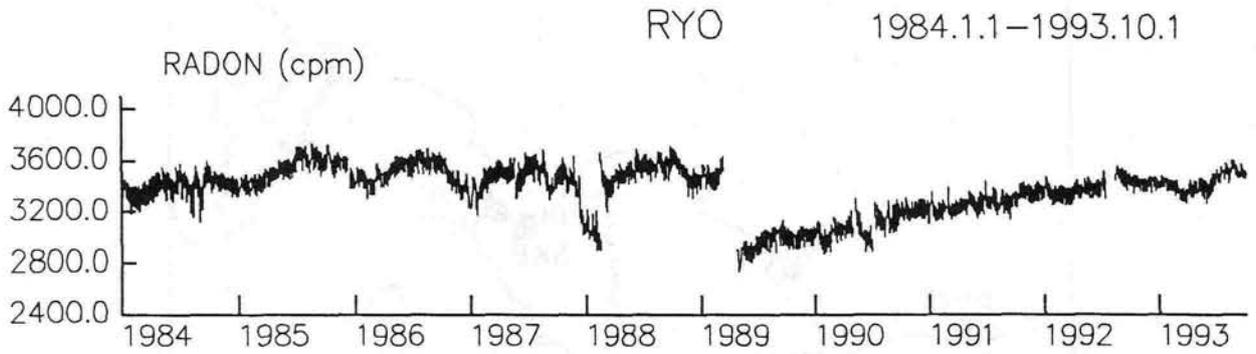


図 II - 1 - 24 東海地方における電磁気観測。東海地方における地磁気観測点（HRN：春野，SHN：篠坂，TAW：俵峰，SAG：相良），と八ヶ岳地磁気観測所（東大地震研）を基準とした各観測点における全磁力変化。ただし，データは夜間値の5日平均値を示し，1目盛りは2 nTである。急激な変化は外部地磁気変化による見かけ上のもの，長期的変化は地磁気永年変化による見かけ上のものであり，特に異常を示しているわけではない。また，ステップ上のデータのとびは人工擾乱によるものである。



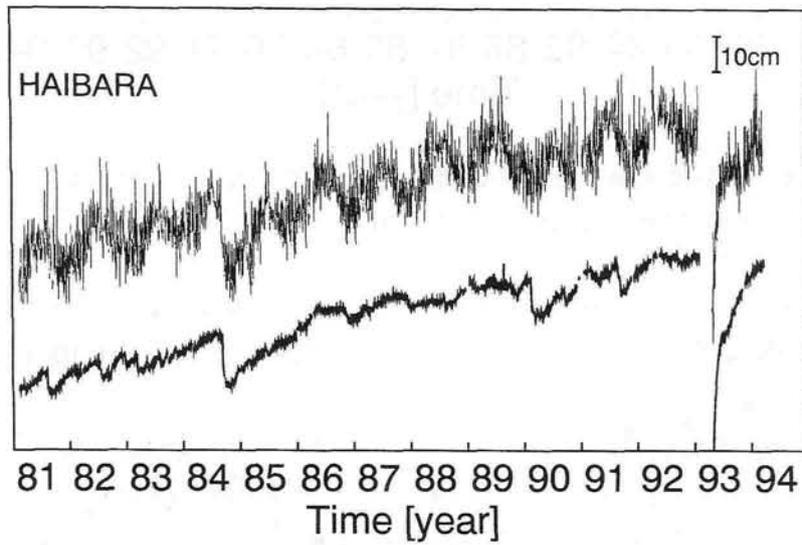
図Ⅱ-1-25 東海地方の地下水観測（東京大学理学部による）。RYO（竜洋），YSD（吉田）における地下水位の長期変化（1984年1月～1993年9月）。



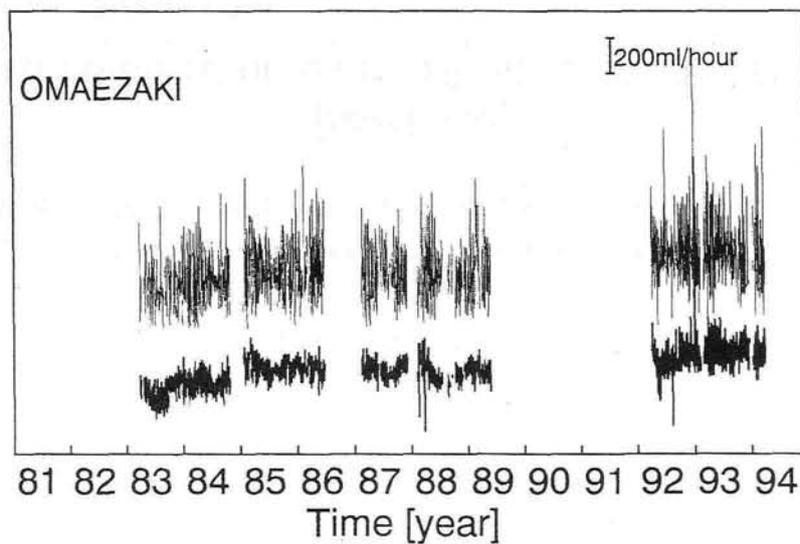
図Ⅱ-1-25 (つづき) RYO (竜洋), YSD (吉田), OMZ (御前崎)における地下水中のラドン濃度の長期変化 (1984年1月~1993年9月)



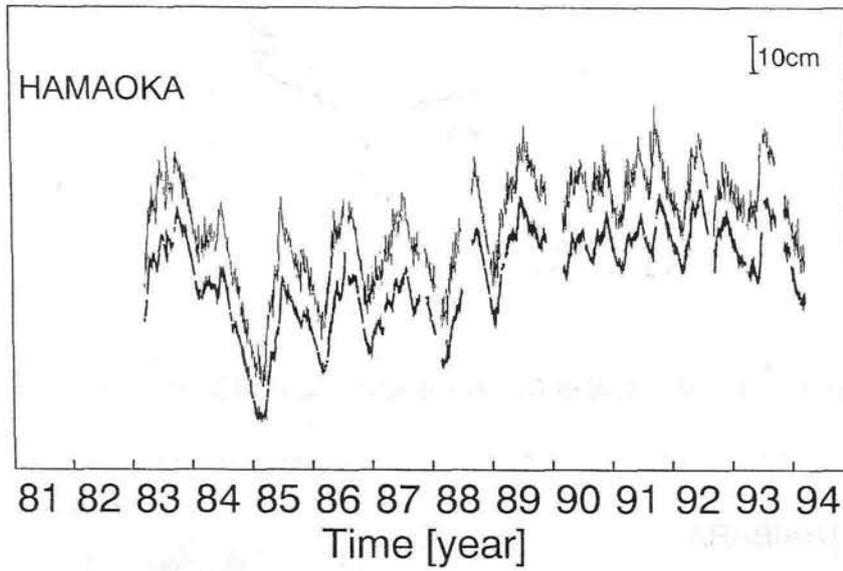
図 II - 1 - 26 東海地方の地下水観測（地質調査所による）。



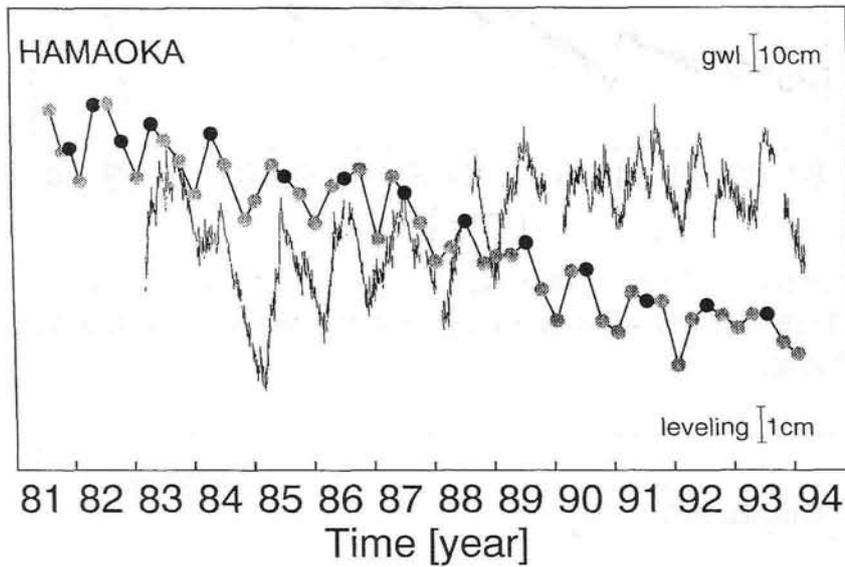
(a) 榛原観測井の水位の長期変動。細線が観測した水位で、太線が気圧・潮汐・降雨補正後の水位。なお、1993年4月に観測井を洗浄したため水位が低下した。地質調査所(1994)に最近までのデータを追加。



(b) 御前崎観測井の自噴量の長期変動。細線が観測した自噴量で、太線が気圧補正後の水位。地質調査所(1994)に最近までのデータを追加。

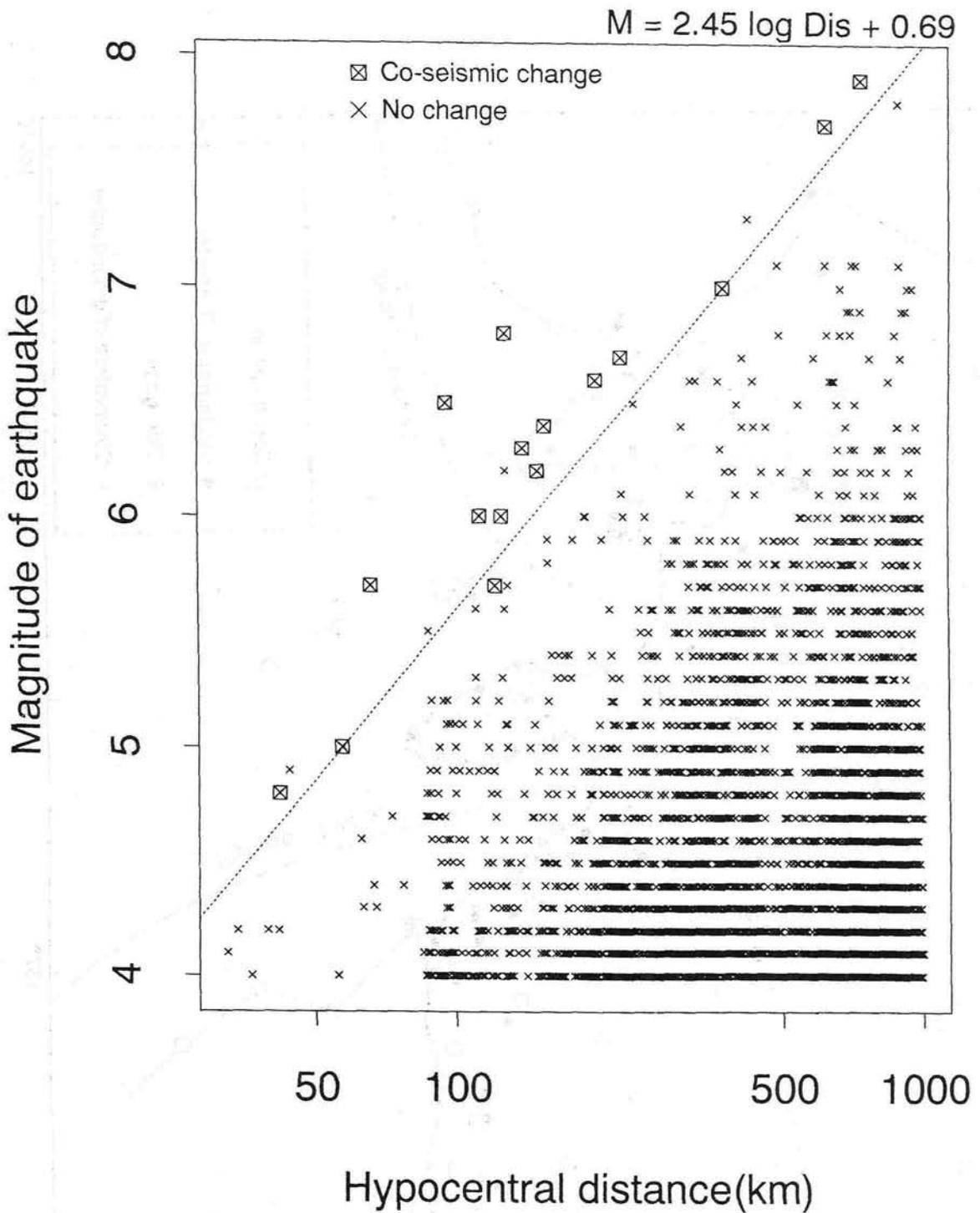


(c) 浜岡観測井の水位の長期変動。細線が観測した水位で、太線が気圧・潮汐・降雨補正後の水位。地質調査所(1994)に最近までのデータを追加。



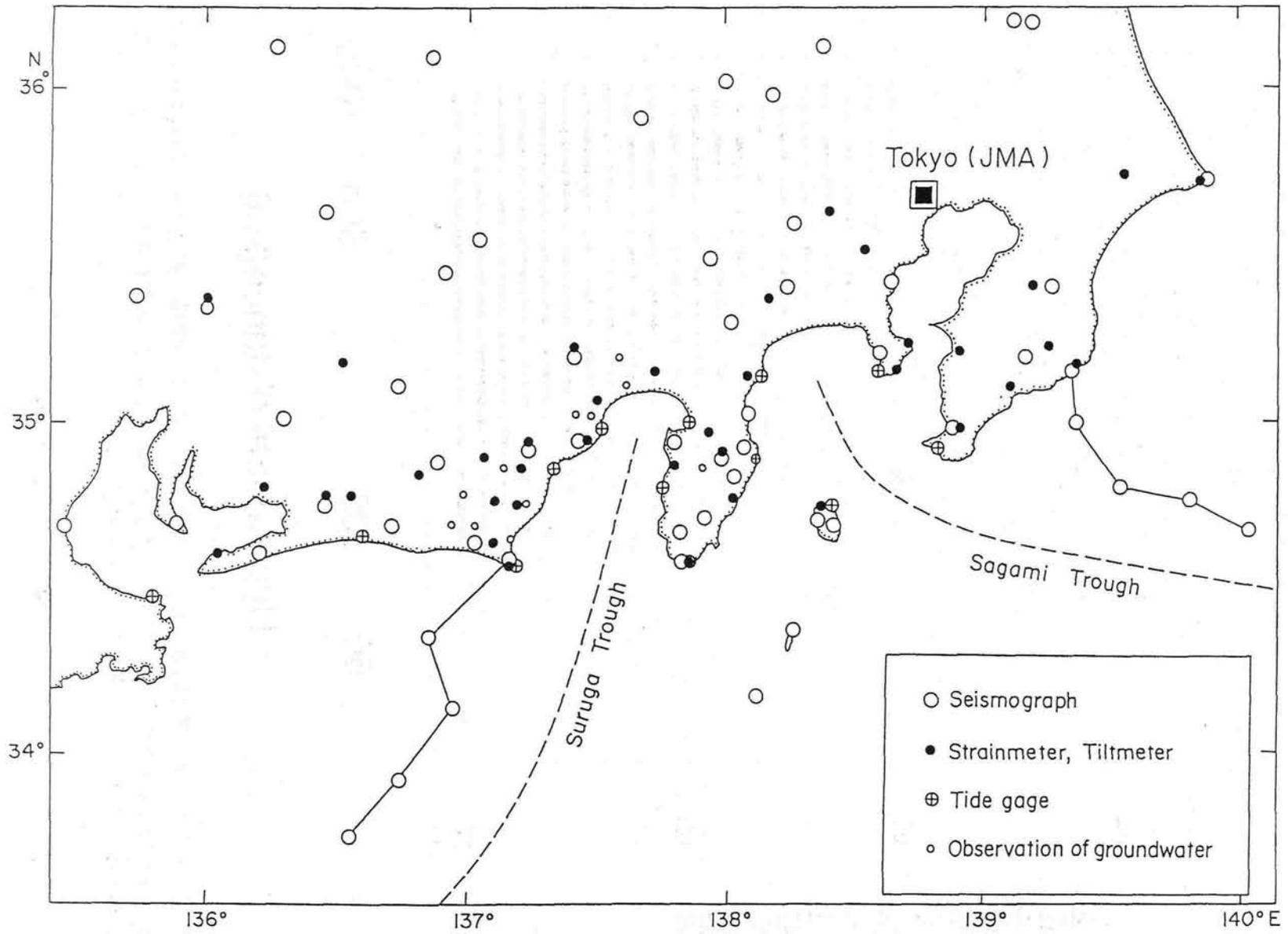
(d) 浜岡観測井の水位（生データ）と水準点2595の変動（丸印）との比較。両者は長期的には逆の相関を示し、短期的には正の相関を示す。地質調査所(1994)に最近までのデータを追加。

図Ⅱ-1-26 つづき



(e) 榛原観測井における震源距離(Dis)とマグニチュード(M)の関係。直線 $M=2.5 \log \text{Dis} + 0.69$ よりも震源距離が短い, またはマグニチュードが大きい地震の際に水位の低下が見られる。松本・ほか(1990)に最近までのデータを追加。

図 II - 1 - 26 つづき



図Ⅱ-1-27 東海地方及びその周辺における各種観測点の分布。データは、東京の気象庁にテレメーターで送られる。