

関東地方の地殻水平変動

藤井 陽一郎*・中根 勝見**

Horizontal crustal movements in the Kanto district, Japan
with special reference to their tectonic implications

Yoichirō FUJII and Katsumi NAKANE

Abstract The results of geodetic observations to detect crustal movements in the southern Kanto district, Japan before and after the 1923 Kanto earthquake with magnitude 7.9 show that the land was compressed along the NNW-SSE direction from the ocean to the land both for the preseismic and the postseismic periods, and abruptly reversed at the time of the earthquake. These facts enable us to presume that the southern Kanto district is mainly compressed by the NNW-SSE drifting of the Philippine Sea plate during the interseismic period and the giant earthquake occurred in the Sagami Bay is nothing but an elastic rebound to the drifting of the oceanic plate.

It is remarkable that the seismic upheaval was observed not only along the eastern coast of Sagami Bay, the Syōnan and the Miura-Boso peninsula, but also along the western coast of Sagami Bay, the north-eastern part of the Izu peninsula. The above-mentioned facts cannot be interpreted by the Ando's fault origin model of the 1923 Kanto earthquake in which only the Sagami Bay fault was ruptured but well interpreted by the Ishibashi's model in which both the Sagami Bay fault and the Nishi-Sagami Bay fault were ruptured. Moreover, the land upheaval as well as the horizontal movement along the NNW-SSE direction from the land to the ocean were continued even after the 1923 Kanto earthquake. The present authors interpret these postseismic crustal movements by the creep dislocation model in which slow reverse faulting along the deeper extension of the Nishi-Sagami Bay thrust is assumed.

It is concluded that the stored strain in the southern Kanto district was released not only by elastic dislocation at the time of the 1923 Kanto earthquake but also by creep dislocation after the earthquake especially along the East-off-Izu tectonic line.

At last, the authors pointed out that further studies should be focussed into investigating the mechanism of the intraplate earthquakes in the Kanto district in order to make clear the tectonic movement. It is important to know whether strain field caused by the drifting of the Pacific plate and the Philippine Sea plate is compatible to the mechanism of the intraplate earthquakes or not.

はじめに

既設の三角点の位置を決定しなおし、新・旧の経度・緯度の差を求めれば、三角点の水平変位ベクトルを計算することができる。変位ベクトルが算出されれば、これ

を用いて歪の各成分を求めることもできる。このような方法を用いて地殻の水平変動を研究しようという本格的な試みは、我が国の場合、1923年関東地震のあと始まった。この地震の復旧測量がすべて終了し、その報告書（陸地測量部、1930; THE IMPERIAL JAPANESE MILITARY LAND SURVEY, 1930）が出版されるに及んで、これらの測地データを用いたさまざまな関東地震原因論や関東地方の地殻変動論が続出したのである。

当時発表になった三角点変位ベクトルは、国際的にみ

* 茨城大学理学部地球科学教室 Faculty of Science, Ibaraki University, 2-1-1, Bunkyo, Mito, Ibaraki, 310 Japan

**国土地理院鹿野山測地観測所 Kanozan Geodetic Observatory, Geographical Survey Institute, (Ministry of Construction) Kanozan, Kimitsu, Chiba, 292-11 Japan

ても地殻変動研究の第1級の業績ではあったが、なにぶんにも始めての経験であったので、計算に当たっての不動と仮定する三角点、すなわち固定点のえらび方に問題があり、さらにまた計算はすべて手計算で行なわれたための制約もあった。新らしく電子計算機を用いて、1923年関東地震にともなう1等三角点の変位と歪を算出したのは佐藤・市原(1971)が始めてである。このあと一色(1975)が、1等三角点の本点(平均間隔45 km)のみならず1部の補点(平均間隔25 km)やその他の三角点を同時に網平均して、よりくわしい変位と歪の分布を与えた。さらに最近、中根(1978)は、明治成果と復旧測量成果の両方につき、1等三角点・補点の同時網平均とこの結果に依拠した2等三角点(平均間隔8 km)の網平均をおこない、もっともくわしい変位と歪の分布図をつくった。

本稿では、1923年関東地震の地震時地殻水平変動を中心とし、これを補足して、地震前と地震後の地殻水平変動にも言及して、測地的地殻変動論の立場から、関東南部のテクトニクスを考察することにする。この際、我々は、最近、伊豆半島北東部の地殻水平変動についてくわしい解析をおこない、この地域の1923年関東地震後の特異な地殻変動についていささか解明するところもあったので、このことにもふれる。

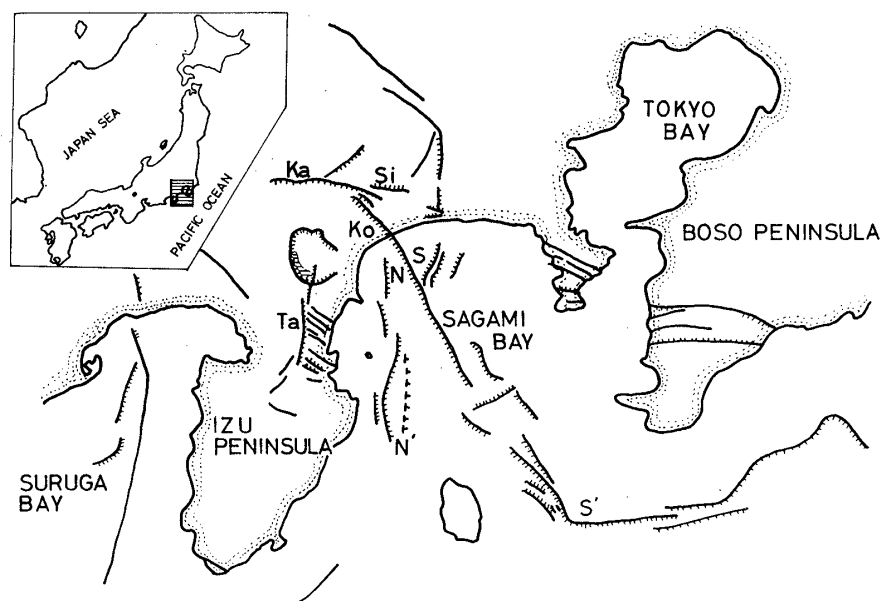
本稿で対象としている地域は、東からは太平洋プレートの圧縮力をうけるとともに、フィリピン海プレートがその北縁において本州弧と衝突し、かつサブダクション

もおこしている、とされる地域である。杉村(1972)においては、このようなプレート境界として、駿河湾内の駿河トラフから伊豆半島北端の神縄断層へとつながるように曲り、国府津・松田断層を経て、相模湾内の相模トラフへとぬける構造線が考えられた。このような考えにたいし石橋(1976)は、1923年関東地震時に西相模湾断層ともいふべき断層も活動したことを指摘し、さらに西相模湾断層から伊豆半島東海岸沖合をとって伊豆半島南部沖合へとつながり、最後は南海トラフへと連結する伊豆東方線のもつテクトニックな意義について論じた。本稿は、1923年関東地震前後の地殻変動は、相模湾断層と伊豆東方線とで構成される三角形の頂点をもつフィリピン海プレートの北北西進とそれへの弾性的反発によって説明できることを示し、1923年関東地震後の1930年代はじめにおきた伊豆半島北東部の異常地殻活動は、伊豆東方線地下深部でのクリープ性の逆断層運動によって説明できることを示す。

1923年関東地震前後の地殻水平変動

1. 地震前の変動

1923年関東地震のときの地殻水平変動の説明にはいるまえに、最近、我々が明らかにした、地震前の地殻水平変動について述べておく。我々も関東地震の前に、三角測量のくりかえしが行なわれているとは長い間気づかなかったのであるが、最近古い測量結果の解析を手がけるようになって、実はくりかえし測量がおこなわれている



第1図 南関東の主なテクトニクス。

Ka: 神縄断層

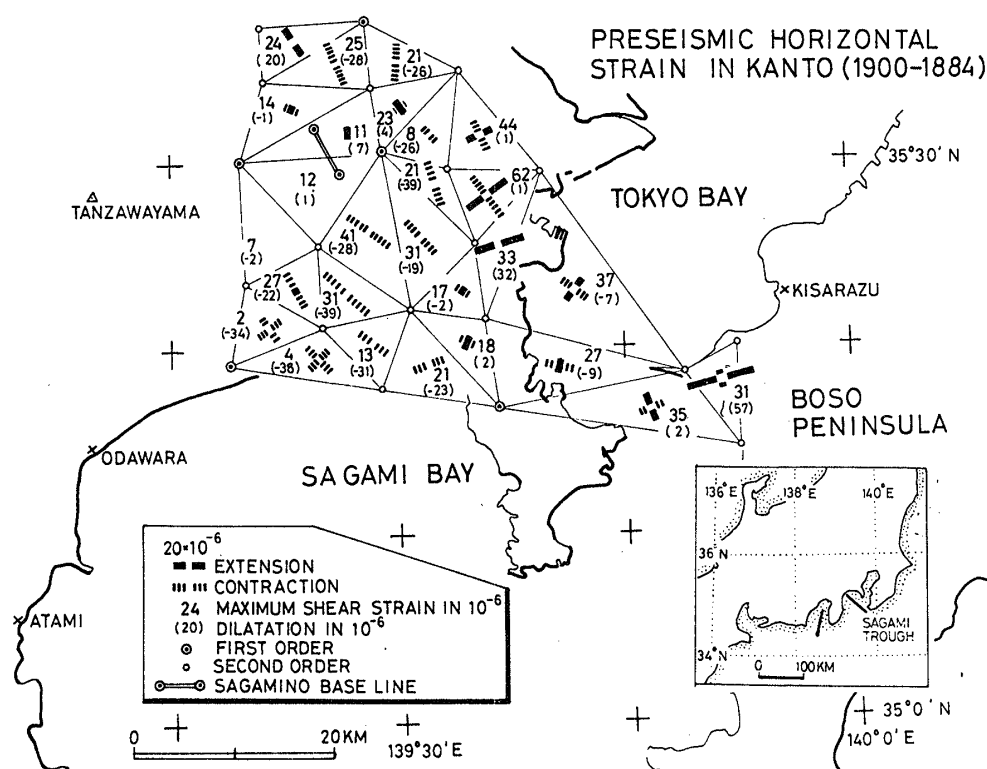
Ko: 国府津・松田断層

NN': 西相模湾断層

Si: 渋沢断層

SS': 相模湾断層

Ta: 丹那断層



第2図 1923年関東地震前の南関東での地殻水平歪。期間：1884—1900年。いくつかの三角形を除き、全体として北北西—南南東の圧縮がみられる。

ことを“発見”したのである。計算のくわしいことは、中根・藤井 (1977), 藤井・中根 (1978 b) をみていただくとして、結果を第2図に示した。第2図には、地殻歪を計算した測地三角形の位置と、そのなかでの主歪・最大せん断歪・面積歪などが示してある。古い測量は1884年ごろのもの、くりかえし測量は1900年ごろのもので、したがって表示されているのは約16年間の歪である。日本列島の平均的な最大せん断歪速度は $2 \times 10^{-7}/\text{yr}$ 程度であるので (中根, 1973), このていどの期間の歪としては東京湾西部の $(27 \sim 62) \times 10^{-6}$ という歪は異常に大きいといわなくてはならない。かつまた歪の計算された地域の西部では北北西～南南東方向の圧縮歪が卓越していることが分るが、東京湾西部では同じ方向の圧縮歪とともに、これに直交する伸長歪もめだつ。藤井・中根 (1978 b) では、南関東の他の地域でくりかえし測量の行なわれたところではこのような大きい歪は検出されなかったところから、東京湾西部において1923年関東地震に先行する前兆性異常地殻変動が出現したとしたが、それはともかくとして、ここでは地震前北北西～南南東の圧縮が卓越していたことに注目していただきたい。

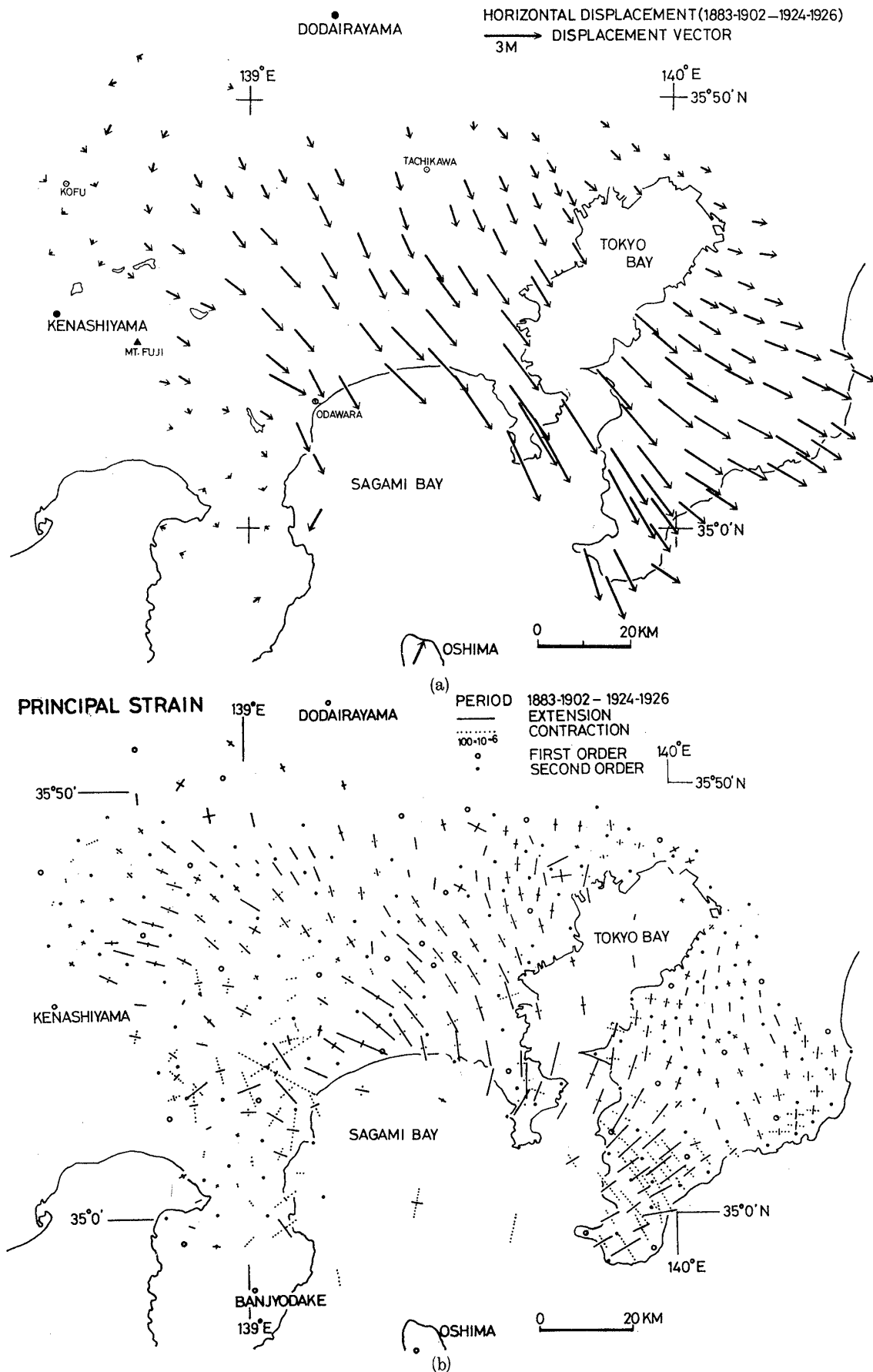
2. 地震時の変動

中根 (1978) は、1923年関東地震にともなう2等三角点の変位と歪とを解析した。手順として、まず1等三角

点本点と補点とで構成される武蔵1等三角網の明治成果を算出し、地震後の1等三角点の本点と補点の位置決定に際しては、関東地震の震源域よりあるていど離れた筑波山・堂平山・毛無山の3点を固定した場合と、筑波山・堂平山の2点のみを固定した場合と二通りの計算を試みて、その結果を比較した。どちらがよいかはにはわかに判定しがたかったので、とりあえず3点固定を採用し、この3点固定の場合の1等三角点変位に依拠して2等三角点の変位ベクトルを求めた結果が第3図(a)であり、主歪を図示したのが(b)である。

これからさまざまな地学上の知見が読みとれると思うが、とりあえず気づくことを列挙すれば次のとおりである。

- ①多くの三角点の変位ベクトルは南南東むきである。重要なことは国府津・松田断層の西方から伊豆半島北東部にかけても、変位ベクトルは南南東むきであることである。これは1923年関東地震の Ando (1971, 1974) のモデル、すなわちこの地震は国府津・松田断層とこれにつづく相模湾断層の右よこずれ逆断層運動であるという考えでは説明できていないことである。しかも垂直地殻変動に関しては上述の地域においても著しい隆起のあったことはよく知られており (例えば、THE IMPERIAL JAPANESE MILITARY LAND SURVEY,



第3図 1923年関東地震にともなう2等三角点の変動。

- (a) 筑波山・堂平山・毛無山の3点を不動と仮定して計算した2等三角点の変位ベクトル。
 (b) (a)から計算した主歪。

1930), 今回の水平変動は垂直変動とは調和的である。

②地殻変動は一般に、震源域より遠ざかるにつれてしだいに減少していくが、伊豆半島北部では急激に変動が小さくなっている、という特異な印象をうける。

③地殻変動の大きい地域が甲府のほうに内陸部ふかく入りこんでいる。とくに山中湖・河口湖の北部においてこの傾向が著しい。この地域においては被害も大きかったので(小幡, 1925), 被害分布と地殻変動の分布とは調和的である。

④変位ベクトルでみると必ずしもはっきりはしないが、歪でみると房総半島東部はまわりときり離れた特異な歪分布となっている。これは関東地震の最大の余震といわれている勝浦沖の1923年9月2日の地震(M7.4)の影響をうけているためであろう。

⑤全体として地殻変動の著しい地域は木造家屋の被害分布(松沢, 1925)と調和的である。

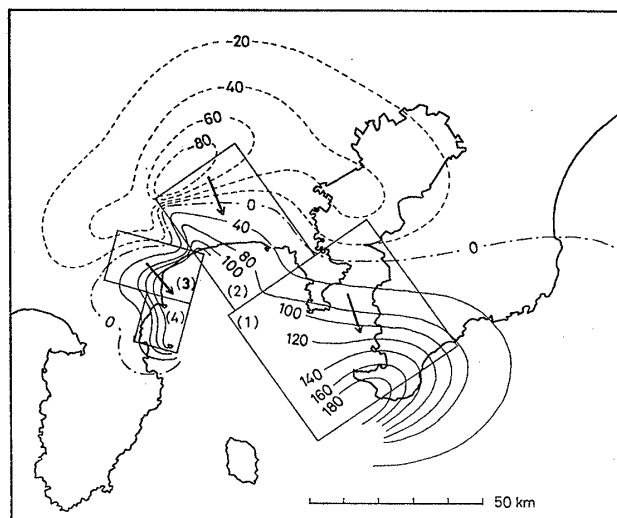
さらに①の事実に関連して、ここで、石橋(1977, 1980)の関東地震モデルに言及しておく必要がある。このモデルでは、1923年関東地震の際の海岸隆起は房総・三浦両半島の南部から湘南地方におよぶだけではなく、さらに真鶴岬や初島などの1.2m以上にも及ぶ隆起にみられるように、相模湾北西岸にも及んでいることに注目し、これを説明するため国府津・松田断層や相模湾断層の右よこずれ逆断層とともに、西相模湾断層の左よこずれ逆断層が考えられている。主として測地的垂直地殻変動のデータにもとづいてつくられたこの石橋モデルは、第3図と全く調和的であり、このモデルの妥当性を示しているといえよう。第4図には四つの断層面からなるこのモデルと、それに依拠して計算された理論的地殻垂直変動とを示した。この断層面のパラメーターは夫々次のとおりである；

①の断層面

断層の走向	$\phi = N35^{\circ}W$
断層面の長さ	$L = 44.98\text{km}$
断層面の幅	$W = 60.00\text{km}$
傾斜角	$\delta = 35^{\circ}$
断層面上端の深さ	$H = 1\text{km}$
右よこずれ量	$U_s = 6.58\text{m}$
逆断層すべり量	$U_d = 2.39\text{m}$

②の断層面

$\phi = N35^{\circ}W$
$L = 39.91\text{km}$
$W = 40.00\text{km}$
$\delta = 45^{\circ}$
$H = 3\text{km}$



第4図 1923年関東地震の断層モデル(石橋, 1977)

四つの断層面のパラメーターは本文参照。
矢印は逆断層運動上盤側のスリップの方向。
このモデルによる理論的水平・垂直変動は観測事実を大凡説明する。

右よこずれ量 $U_s = 6.58\text{m}$

逆断層すべり量 $U_d = 2.39\text{m}$

③の断層面

$\phi = N15^{\circ}E$
$L = 14.94\text{km}$
$W = 30.00\text{km}$
$\delta = 30^{\circ}$
$H = 1\text{km}$

左よこずれ量 $U_s = 3.00\text{m}$

逆断層すべり量 $U_d = 5.20\text{m}$

④の断層面

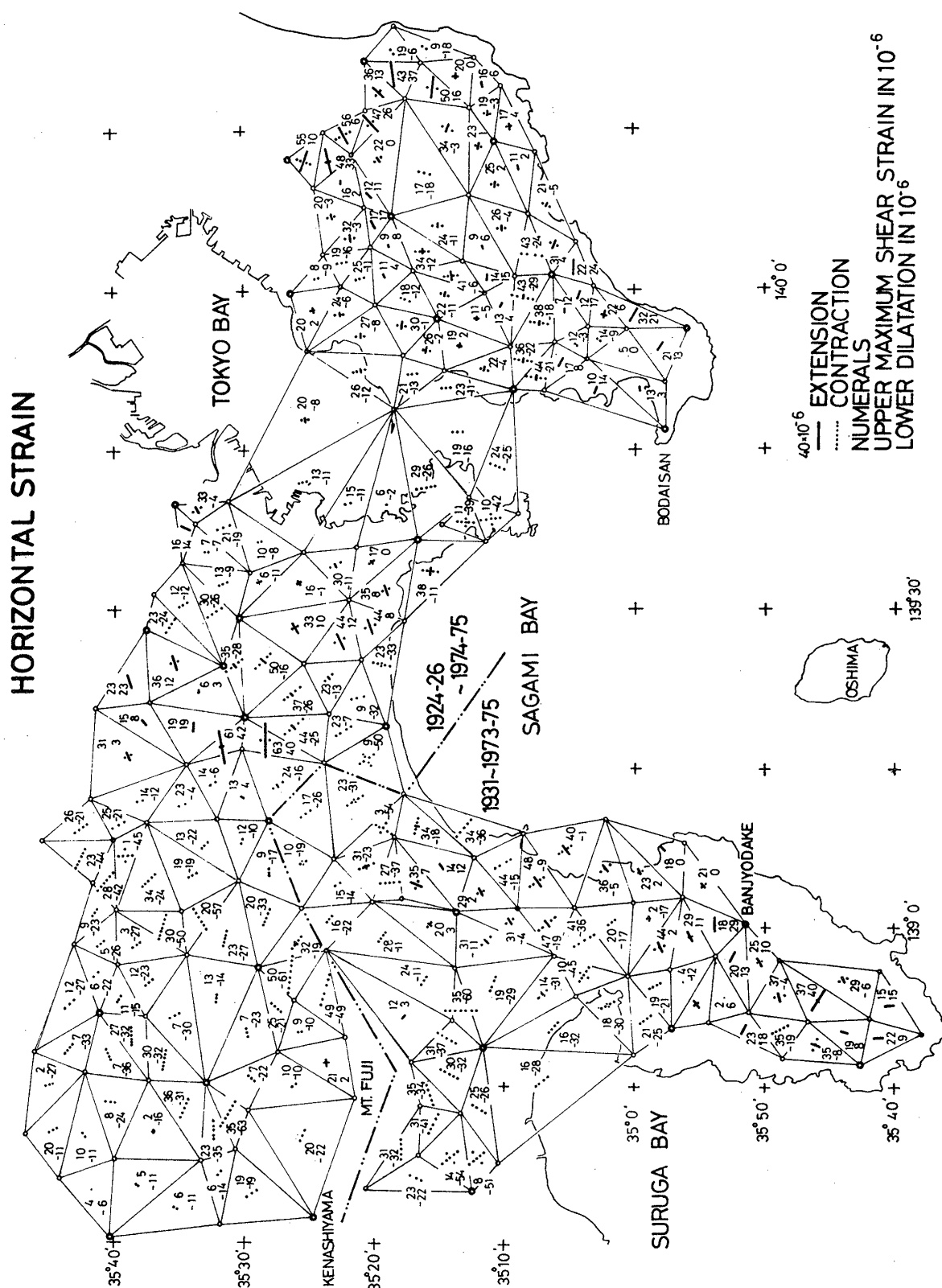
$\phi = N15^{\circ}E$
$L = 14.93\text{km}$
$W = 15.00\text{km}$
$\delta = 30^{\circ}$

左よこずれ量 $U_s = 2.00\text{m}$

逆断層すべり量 $U_d = 3.46\text{m}$

3. 地震後の変動

他の大地震と同じく、関東地震でも時定数が数年でいどの水平・垂直の余効の変動が観測されているが、今回はこの問題には立ちいらず、地震後50年間ほどの間の水平変動について述べる。陸地測量部の測地事業を継承した国土地理院は、1970年代の初頭、日本の地震予知研究計画のスタートとともに、南関東の精密変歪測量を実施してきた。又1974年度よりは日本列島精密測地網設定の事業を開始し、その1次基準点測量では、日本列島の1等三角点本点および補点・2等三角点の主要な点がすべ



第5図 最近50年間の南関東の地殻歪。期間：1924/1926—1974/1975年間および1931—1973/1975年間。主軸は第3図(b)の関東地震時の主軸と比べる
と、その向きが反転している。

て改測されることになっており、目下事業が精力的にすすめられている。明治の測地成果とこれらの測地データをつかい、日本列島の地殻歪を求めることができる。1924/1926年の関東震災復旧測量ないしは1931年北伊豆震災復旧測量の結果と、1970年代前半の測量結果とを用いて、南関東の最近50年間の地殻歪を求めたのが、第5図である。今日の精密測地網の1次基準点測量が関東平野内陸部にまで及べば、関東地震の震源域より遠く離れた三角点を固定点として採用して、これにもとづく各三角点の変位ベクトルを算出できるが、目下のところは測量が不完全でそのような計算ができない。しかし三角形各辺の辺長変化が分れば、各三角形ごとの主歪・最大せん断歪・面積歪などは計算できるので、第5図にはこれらの歪が示してあるわけである。

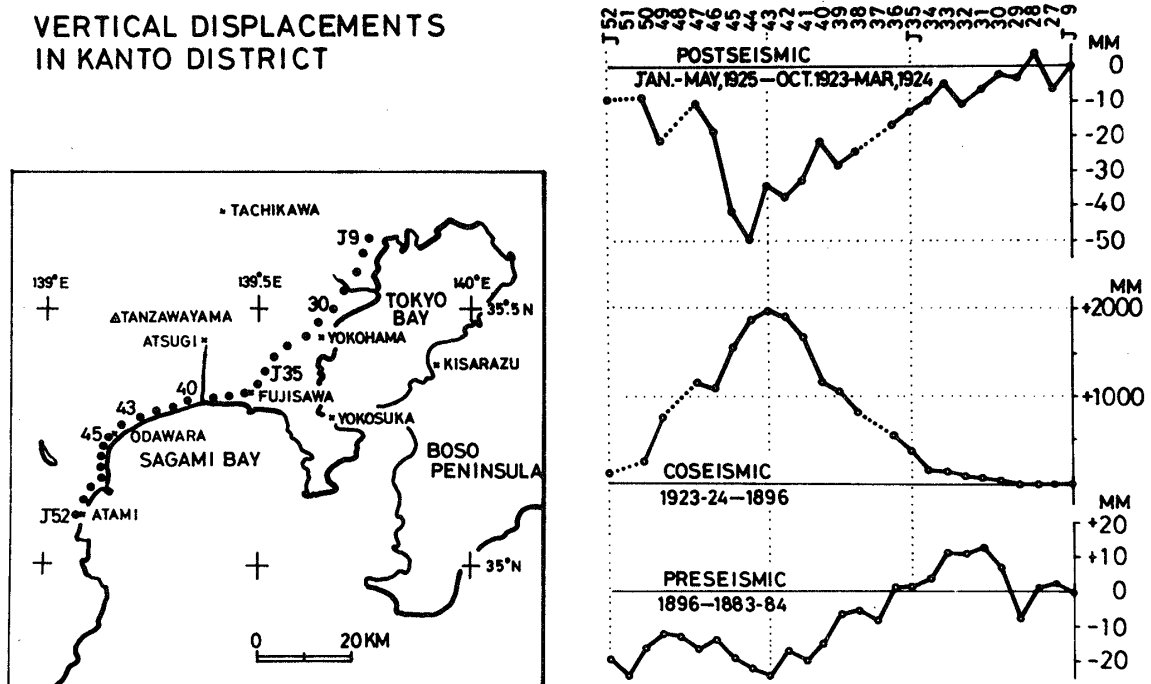
第5図は第3図(b)と比較すべき性質の図である。伊豆半島内の歪の比較は別として、関東地震時に著しい伸長歪の生じたところは、その後は反転して圧縮歪となっていることがよく分る。

4. フィリピン海プレート北北西進の反発としての 1923年関東地震

以上の1923年関東地震の地震前・地震時・地震後の水平地殻変動を比較することによって、南関東は大地震か

ら大地震への地震間にあつては圧縮の場であり、地震時にはそれが反転して伸長の場となることがよく理解できるであろう。垂直地殻変動の場合、南関東の海岸は地震間では沈降であつて、地震時は隆起し、1地震サイクルではさしひき残留隆起がのこっていくことはすでによく知られている (SUGIMURA & NARUSE, 1954, 1955; SUGIMURA, 1969; 藤井, 1972; 瀬野, 1977)。水平地殻変動については、南関東の場合、未だ十分な観測結果が出ていないとはいえ、垂直地殻変動との類推から1地震サイクルではさしひき残留圧縮が卓越していくであろうことは容易に推察される (藤井・中根, 1972; 瀬野・石橋1978)。このような結論は、関東地震時とその後の地殻変動に関する知識と、南関東に広く分布する完新世海岸段丘に関する知識を組み合わせ、これらを、大地震は最近地質時代にくりかえし発生したとの立場から解釈することによって得られた知見である。

ところで、関東地震の際の土地の垂直隆起量は、一般に三浦・房総の両半島などでは相模トラフに近づくにつれてしだいに増大するという傾向を示す。しかし、大磯のあたりでは、藤沢あたりから隆起量が著しくなり、二の宮付近で最大となり、国府津・松田断層のあたりでも1mをこす隆起量であり、熱海にちかづくにつれてようやく減少する、という傾向であつて、大磯付近で短波長



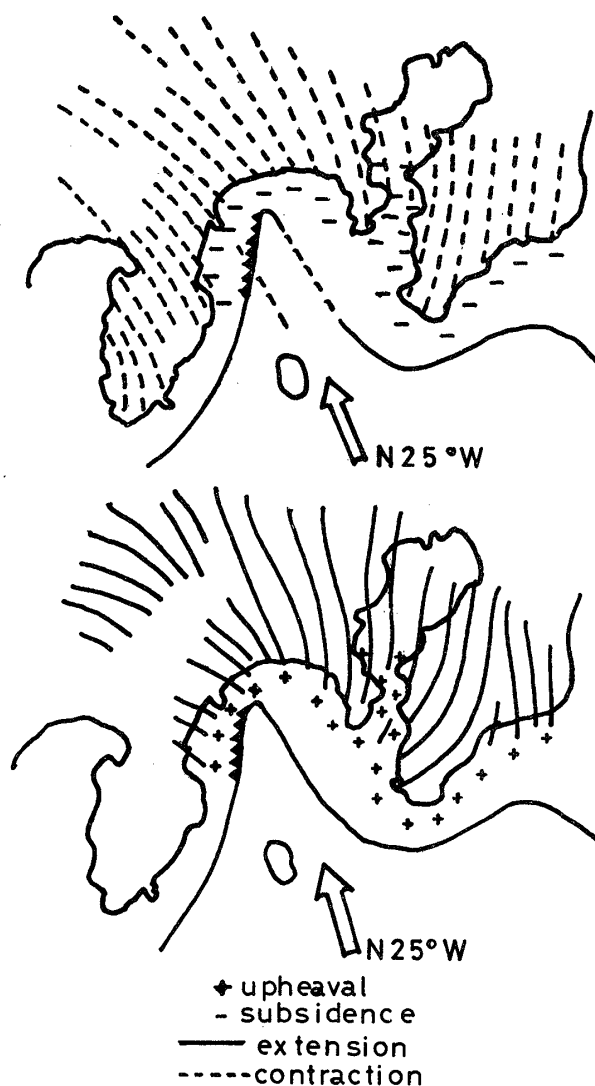
第6図 J9(東京)―J52(熱海)間の水準路線にそう各時期の地殻垂直変動。関東地震前熱海側が沈降していた(右、下)のが、地震時反転して小田原あたりを中心とした隆起(右、中)となり、地震のあとは再度沈降に転じている(右、上)。

の隆起が卓越している, といえる. 藤井・中根(1977)では, 大磯ブロックの特異な地震時変動を説明するため, 大磯丘陵は渋沢断層や国府津・松田断層のほか渋沢断層の東端より南西方向へ海までのびる二の宮沖スラストにかこまれた三角ブロックであって, 毎回の関東地震の際に北方へ傾動しつつ隆起する, と考えられている. 第6図には, このような特性をもつ大磯ブロックを横ぎる水準路線にそう, 関東地震前・地震時・地震後の垂直変動を示した. すなわち, 地震前には地震時もっとも隆起した B. M. 43あたりが周囲に比べ沈下が著しいという傾向を示すほか, 全体として熱海より沈下が増加している. 地震直後は B. M. 43あたりの沈下が極めて著しい.

以上のような事柄を念頭において, フィリピン海プレートの北北西進にともなう関東地方の圧縮・沈降と, それへの反発としての関東地震を考えた模式図が第7図である. 第7図中上段は地震間の期間の地殻変動を示す. 関東地震時のスリップから察すると, 相模湾においてのフィリピン海プレートの進行方向は $N25^{\circ}W$ ていどである. これは全体としてのフィリピン海プレートの北西進の方向 $N50^{\circ}\sim54^{\circ}W$ とはだいぶことなる (SENO, 1977). このことはこれでひとつの重要な問題であって十分な検討が必要であるが, ここではフィリピン海プレートの進行方向は $N25^{\circ}W$ であるとして話をすすめる. 関東地震の断層モデル (石橋, 1977, 1980) から, 相模湾断層においては約 $35^{\circ}\sim45^{\circ}$ の低角で, 西相模湾断層でも 30° の低角で, フィリピン海プレートは南関東の下にずりこむことが考えられる. これにともなう押しの運動によって図のごとき水平圧縮が卓越し, 下へのひきずりこみによって海岸では房総・三浦・湘南・伊豆半島北東部にかけて沈降がすすむ. 地震時の変動は第7図下段のごとく, 上段の図を反転したように伸長と隆起がおこる.

伊豆半島北東部の地殻変動

南関東の基本的テクトニクスは第7図のごとくであるというのが筆者らの考えであるが, ここで問題を複雑にしているのは伊豆半島の存在である. 第7図上段のごときが地震間の歪の場であり, この歪蓄積を解放したのが関東地震であるならば, この時三浦・房総半島と同じく伊豆半島の圧縮の場も伸長の場に転じてよかったはずであるが, 実際にはそうならず, 伊豆半島の地震時地殻変動はその北東部の海岸よりのみで激しかったことは前述のとおりである. そして, 伊豆半島の歪はその後の地震活動, すなわち1930年の伊東群発地震および北伊豆地震・1934年南伊豆地震・1964年の伊豆半島南端の地震・1974年伊豆半島沖地震・1976年河津地震・1978年伊豆大



第7図 南関東の地殻変動とフィリピン海プレートの北北西進. 上段: 巨大地震の間の期間, 南関東は, フィリピン海プレートの北北西進によって, 圧縮の場となりまた海岸は沈降する. 下段: 巨大地震の発生の時, プレート境界で逆断層運動がおき, 南関東は伸長の場に転じまた海岸は隆起する.

島地震とその誘発地震などによって, つぎつぎと解放されていったように思われる (中根・藤井, 1979).

このような関東地震後の伊豆半島での地殻活動のうち, 1930年代はじめの状況についてももう少し詳しく考えてみよう. 関東地震後も熱海あたりではゆるやかな隆起が続いていたが (藤井・中根, 1978 a), 1930年2月より6月にかけて伊東群発地震が起り, 伊豆半島伊東の震源域近くの水準点は著しい隆起を示した. その後群発地震は一時止んだようにみえたが, 11月はじめより今度は伊東の北網代や網代の西の浮橋さらにはその西の畑毛・大場などで地震が群発しはじめ, ついに11月26日北伊

豆地震の発生をみるに至ったわけである。ところで土地の隆起の方は、北伊豆地震発生のおともなお1933年ごろまで隆起をつづけた。そしてこれに対応するように土地の水平変動にも著しいものがあったのである。第8図は1931年2月/3月より1933年8月/1934年10月にかけての伊豆半島北部の2等三角点の変位を示す。これによると、真鶴岬や初島での変位は40 cm 前後のものであって、かつ南東方向むき、すなわち関東地震時の変位の方と同じであることが分るのである。なお、第8図にはほぼ同じ期間の伊東あたりの隆起が最大15 cm あまりにもなっていることも示してある。

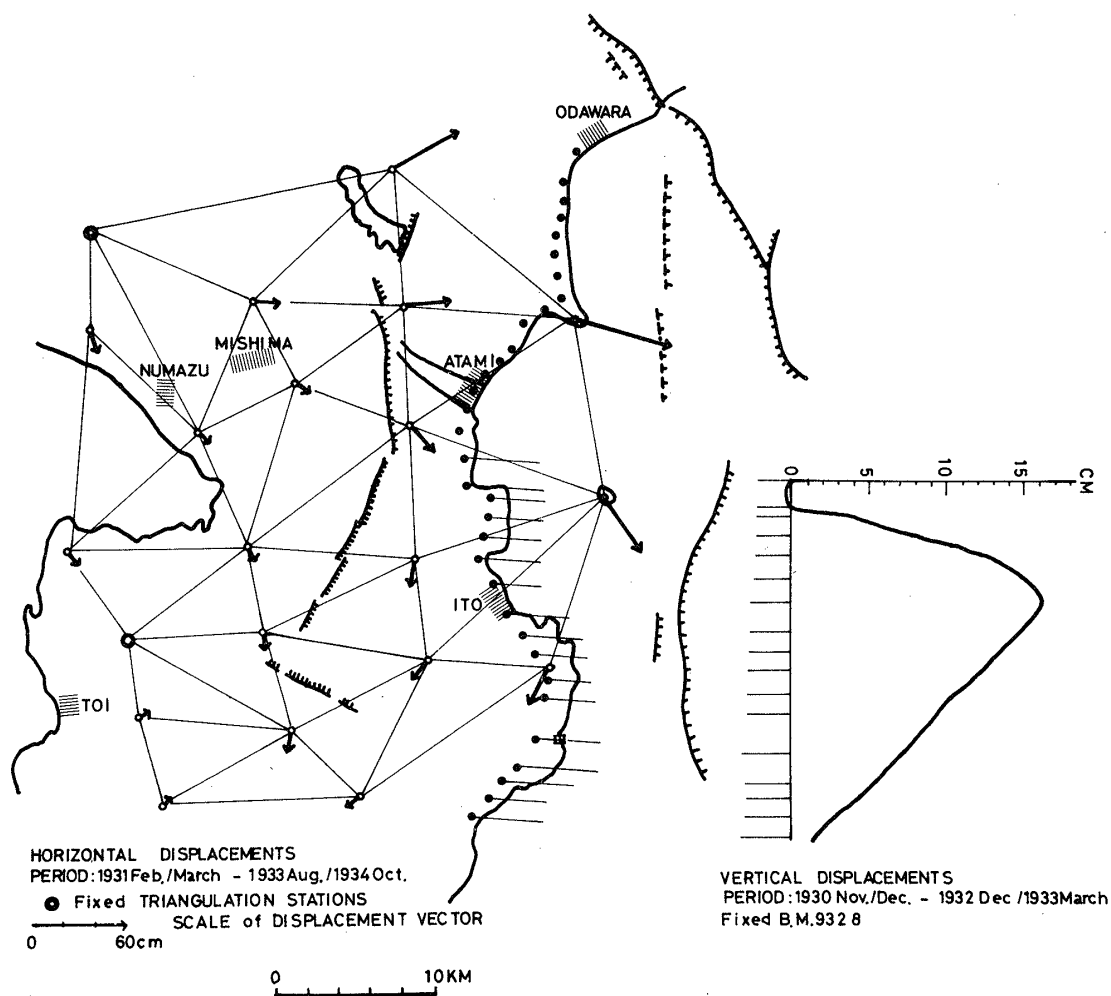
第8図のごとき地殻変動を説明するモデルとしては、いろいろのものが考えられようが、筆者らは、関東地震のあと、西相模湾断層の地震時にすべった断層面（第4図の③と④）の地下深部への延長部において、地震のあとゆっくりとした逆断層運動が続いていたとする、クリープディスロケーションモデルを提唱した。すなわ

ち、西相模湾断層では、関東地震のときには弾性的すべりに不足が起り、この不足の分は、数年ぐらいの時間かかってゆっくりと非弾性的にすべりがおこって補われた、と考えたのである。このようなクリープ性の断層運動のモデルのパラメーターとしては;

断層の方位	$\phi = N7^{\circ}E$
断層面の長さ	$L = 20\text{km}$
断層面の幅	$W = 30\text{km}$
傾斜角	$\delta = 45^{\circ}$
断層面上端の深さ	$H_1 = 4.2\text{km}$
断層面下端の深さ	$H_2 = 25.5\text{km}$
たてずれ量	$U_d = 43\text{cm}$
左よこずれ量	$U_s = 43\text{cm}$

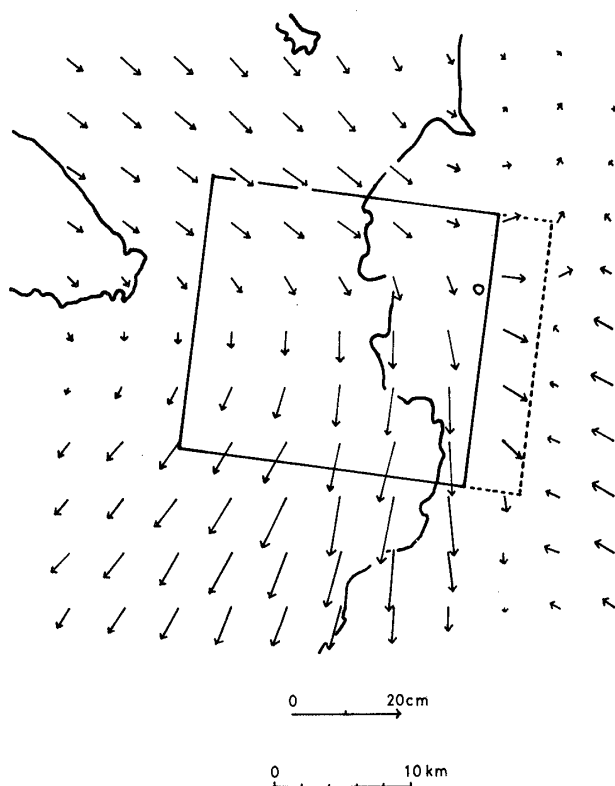
ていどのものが第8図の観測事実と調和的である（藤井・中根, 1978 a）。このモデルによる理論的地殻変動を第9図に示した。

このようなクリープ性の逆断層運動が地下深部で生ず



第8図 1930年はじめの伊豆半島北東部の地殻変動。各三角点は南東方向へ移動し、伊東付近には隆起が生じた。いずれも短期間の変動としては著しい変動である。

CREEP DISLOCATION MODEL ($U=60\text{ cm}$) HORIZONTAL DISPLACEMENTS



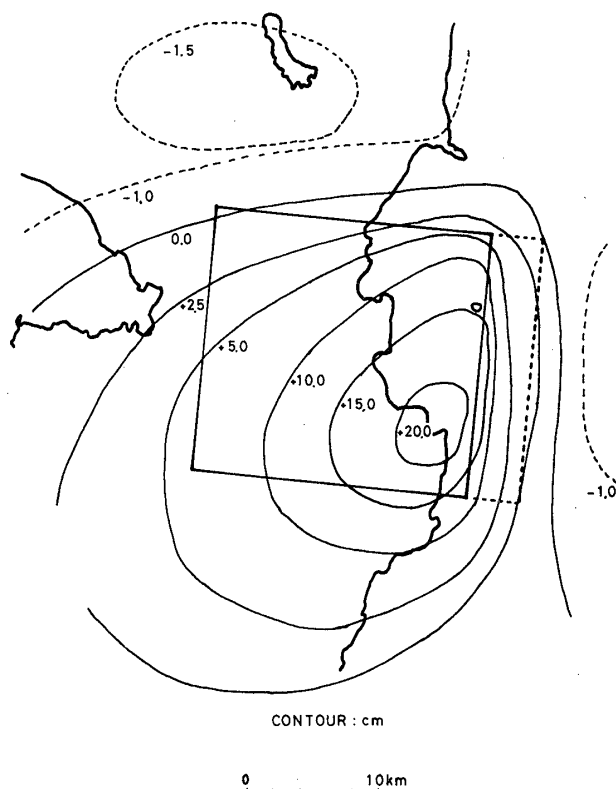
ると、地表ちかくの歪分布に、ところによっては 2×10^{-5} にちかい擾乱を与える。この擾乱に刺戟されて、もともと臨界状態にあった蓄積歪が解放されて、大小の地震や群発地震を生ずることがありうるわけである。それが伊東群発地震や北伊豆地震、さては1934年の南伊豆地震であったろうと考えられる。

以上のような、伊豆東方線ぞいに、1923年関東地震時に弾性的すべりが生じたあと、それにひきつづいて地下深部で非弾性的すべりが生じて、これが仲介となって1930年代前半の伊豆半島の地殻変動を生じた、という考えを模式的に示したのが第10図である。

関東地方の応力場とテクトニクス

以上、1923年関東地震前後の地殻水平変動とこれにつづく1930年代前半の伊豆半島の地殻水平変動とを、フィリピン海プレートの北北西進によって考えてみた。何といても関東地震はそうめったには起らない巨大地震であり、このような地学的大事件はその地域の基本的なテクトニクスを一挙に明らかにしてくれるものであって、南南東のテクトニクスの枠組みは本稿で述べたようなことであろう、と考えられる。

CREEP DISLOCATION MODEL ($U=60\text{ cm}$) VERTICAL DISPLACEMENTS

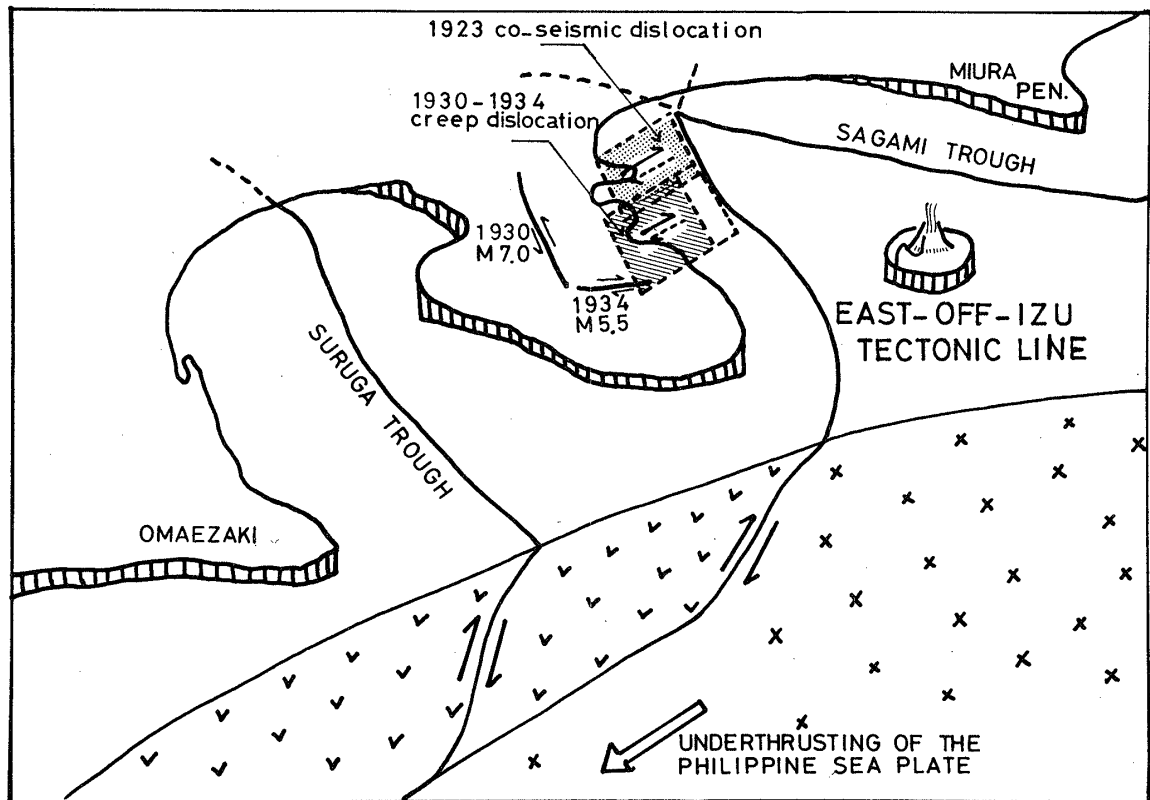


第9図 1930年代はじめの伊豆半島北東部の地殻変動を説明するクリープ・ディスロケーションモデル。逆断層運動のパラメーターは本文参照。

- (a) 地下深部の逆断層運動による理論的水平変位。
- (b) 地下深部の逆断層による理論的垂直変動。

つぎの課題は、このような立場から、関東地方各地域のより細部のテクトニクスがどのように展開できるか、ということである。筆者ら自身の研究は未だこのような課題を手がけるには至っていないが、ここでは、いくつかの試みについて述べて、今後の研究の方向を展望しておきたい。

関東地方の応力場とテクトニクスを解明していくうえで大切なのは、内陸部に発生した被害地震のメカニズムを微細に検討することであろう。石橋 (1975 a) は、1923年関東地震の前震的意義をもつ関東地方の4個の小被害地震および2個の余震について古い記録を吟味して震源を再計算した。また上記の4個の地震のメカニズムは必ずしも一義的には決めがたいが、大凡のところを推定して、茨城県南西部の内陸部の地震3個のメカニズムが、SW-NE 主圧力の逆断層型地震であることを見出した。現在では、この地域の地震は NW-SE 主圧力の



第10図 1923年関東地震後の伊豆東方線ぞいの地殻変動を説明するモデル。西相模湾スラストでの1923年関東地震時の弾性的断層運動にひきつづき、1930年代はじめまで隣の領域で非弾性的断層運動がつづき、これに刺激されて伊豆半島内陸部でも地震活動が起ったことを示す。

逆断層型であるので、関東地方内陸部の起震応力は関東地震を境にして変化したのではないかと考え、次の仮説を提唱した。すなわち、茨城県南西部は、南東側（日本海溝側）と南西側（相模トラフ側）とから圧縮力をうけ、地震をおこしているが、日頃は南東側からの圧縮のほうが卓越している。それが相模湾の大地震直前では南西側の圧縮力のほうが大となり、起震応力に変化がおこる、というのである（石橋、1975 b）。

また、ABE(1974) は、1923年関東地震後の著しい被害地震である1931年西埼玉地震(M7.0)が、N196°Eの走向をもつ左よこずれの地震であることを明らかにし、その走向が中央構造線の関東平野への延長に平行であることに着目している。ついでこの地震の震源域のちかくに発生した1968年の地震(M5.4)の震源過程を解析したが、このほうは深さ50 km ていどのところに位置する傾斜角30°、スリップ方向N6°Eの逆断層の地震であることを見出している。そして、この二つの地震のメカニズムの差は、関東地方の内陸部のテクトニクスな構造が浅部と深部とで異なることに由来するのであろうと述べている（ABE, 1975）。

これらの研究を発展させて最終的な結論をうるには、

まず関東地方の応力場についてのくわしい知見をうることが必要であり、これにはすでに手がけられているように内陸部の地震のメカニズムを精密に決めていくことが重要である。それとともに、あるていど確定した知識をもとにしてモデル計算によって応力場を推定していくことも研究の問題点を明確にするうえで有効である。瀬野(1979 a, b, c)は、日本列島の歪の場を、2次元の平面歪の場合の有限要素法によってモデル的に表現する方法を開発し、プレート境界のとり方、そこで与える強制変位（プレートの移動に対応する）、またプレート境界の一部にdecoupling（海のプレートが陸のプレートをひきずりこまない）があったとき、などに応じて内陸部の歪の場がいかに変化するか、を計算し、そのテクトニクスな意義について論じている。今のところ、細部は別として、大局的には日本列島の歪は、太平洋プレートとフィリピン海プレートの押しによる横圧によってもたらされるということがかなりよく表現されており、今後の成果が期待される。

さらにまた近い将来完成するであろう、国土地理院の関東地方における精密測地網1次基準点測量の成果も、過去80年間のあいだの歪を直接にあらわすものとして、

極めて実り多い結果が期待される。この測地事業が終了し、関東地方全域にわたる測地歪の分布が明らかになり、本稿の第5図を拡張したより広域の歪の図がつけられたとき、関東地方の応力場を支配している基本要因がますます明らかとなろう。そして、このような諸研究によって広域テクトニクスがより実証的に解明されるとともに、またそれぞれの地域特有のブロックテクトニクスとのつながりを明らかにするという方向にも研究は発展していくであろう。

ま と め

本稿では、まず、1923年関東地震の地震前・地震時・地震後と三つの時期についての南関東の地殻水平変動の図を示し、地震間の圧縮の場と地震時の伸長の場とが互に高い逆の相関にあることを示した。そして、このような歪の変化は、南関東では、北北西進するフィリピン海プレートの押しと、それへの反発としての巨大地震の発生という過程でよく説明されることを示した。この場合、フィリピン海プレートの最北縁としては、相模湾断層および伊豆東方線とでつくられる鋭角三角形の形をもった境界を考えることによって、関東地震時の変動のみならずその後の伊豆半島北東部の特異な変動も解明されることを示した。

さらに、今日までの研究の進展では、テクトニクスの枠組みが解明できているのは南関東のみであり、今後関東地方内陸部でのテクトニクスを解明していくためには、内陸部の地震のメカニズム決定が有力な手段の一つであることを強調した。また、精密測地網1次基準点測定の網の眼はまもなく関東全域をおおうことが期待され、その測地成果から関東全域の測地歪の分布がくわしく解明されたとき、広域的なテクトニクスとともにそれぞれの地域のブロックテクトニクスとのつながりもまた明らかになっていくであろう、という見通しを述べた。

文 献

- ABE, K., 1974: Seismic displacement and ground motion near a fault: the Saitama earthquake of September 21, 1931. *Jour. Geophys. Res.*, **79**, 4393—4399.
- , 1975: Static and dynamic fault parameters of the Saitama earthquake of July 1, 1968. *Tectonophys.*, **27**, 223—238.
- ANDO, M., 1971: A fault-origin model of the great Kanto earthquake of 1923 as deduced from geodetic data. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 19—32.
- , 1974: Seismo-tectonics of the 1923 Kanto earthquake. *Jour. Phys. Earth*, **22**, 263—277.
- 藤井陽一郎, 1972: 二の宮付近の地殻上下変動と相模湾大地震のくりかえし周期. 神奈川地学, **5**, 125—128.
- ・中根勝見, 1972: プレーートの衝突にともなう地殻変動と重力の経年変化. 測地学会誌, **18**, 180—190.
- ・——, 1977: 伊豆半島北東部の地殻水平歪の推移. 測地学会誌, **23**, 239—253.
- ・——, 1978 a: 1930年北伊豆地震とその前後における伊豆半島北部の地殻変動. 測地学会誌, **24**, 59—68.
- ・——, 1978 b: 関東地方における1923年関東地震前の地殻水平変動. 測地学会誌, **24**, 69—73.
- 石橋克彦, 1973 a: ERTS 1号による関東平野の「線形」といくつかの地震活動. 地震学会講演予稿集, no. 2, 131.
- , 1973 b: 大正10年竜ヶ崎地震の震源位置について——アーツ1号が発見した「線」との関連——速報. 地震学, **26**, 362—367.
- , 1975 a: 関東大地震直前の関東内陸の起震応力——相模トラフ大地震発生の指標. 地震学会講演予稿集, no. 1, 69.
- , 1975 b: 多層構造モデルのもとで多点の S-P 時間をもちいた古い地震震源再計算. 地震学, **28**, 347—364.
- , 1976: 「伊豆東方線——西相模湾断層」と伊豆異常隆起の解釈——フィリピン海プレート最北境界の二重構造——. 地震学会講演予稿集, no. 2, 29.
- , 1977: 1923年関東大地震の再検討(2)——「西相模湾断層の」の重要性. 地震学会講演予稿集, no. 1, 129.
- , 1980: 伊豆半島をめぐる現在のテクトニクス. 地球, **2**, 110—119.
- 一色 朗, 1975: 未公表資料
- 松沢武雄, 1925: 木造建築物ニヨル震害分布調査報告. 震災予防調査会報告, no. 100甲, 163—260.
- 中根勝見, 1973: 日本における定常的な地殻水平歪(1), (2). 測地学会誌, **19**, 190—199; 200—208.
- , 1978: 1923年関東地震に伴う2等三角点の変位の再計算. 測地学会誌, **24**, 214—225.
- ・藤井陽一郎, 1977: 関東南部における1923年関東地震の前兆性地殻水平変動. 測地学会誌, **23**, 254—260.
- ・——, 1979: 関東南部における地殻歪の蓄積とその解放について. 測地学会誌, **25**, 26—37.
- 小幡彦一, 1925: 関東大地震山梨埼玉両県下調査報告. 震災予防調査会報告, no. 100甲, 141—162.
- 陸地測量部, 1930: 関東震災復旧測量記事.
- 佐藤 裕・市原 満, 1971: 関東震災復旧三角測量について. 測地学会誌, **17**, 178—186.
- 瀬野徹三, 1977 a: 南関東・西南日本外帯の地震性地殻変動区における巨大地震の再来周期. 地震学, **30**, 25—42.
- , 1977 b: 地殻上下変動より推定された相模トラフ巨大地震の再来周期. 地震学, **30**, 253—264.
- , 1979 a: 日本列島の水平変動——有限要素法によるモデル計算——. 地震学会講演予稿集, no. 1, 182.
- , 1979 b: 南関東の歪場—fluctuated plate motion—. 地震学会講演予稿集, no. 1, 183.
- , 1979 c: ダイナミックに変化する広域応力場. 地震学会講演予稿集, no. 2, 2.
- , 1980: 変化する広域応力場——南関東を例として——. 地球, 印刷中.
- ・石橋克彦, 1978: もぐり込むプレート境界付近の陸側プレートの変形——残留隆起と残留短縮にたいする水平圧縮モデル. 地震学, **31**, 335—340.
- SUGIMURA, A., 1969: Tilted terraces, especially in the southern Kanto district. *Proc. U. S. Japan Conf. Res. Relat. Earthq. Pred. Probl.*, 91—94.
- 杉村 新, 1972: 日本付近におけるプレート境界. 科学, **42**, 192—202.
- SUGIMURA, A., and NARUSE, Y., 1954, 1955: Changes in sea level, seismic upheavals, and coastal terraces in the southern Kanto region, Japan (1), (2). *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **24**, 101—113; **26**, 165—176.
- THE IMPERIAL JAPANESE MILITARY LAND SURVEY, 1930: Re-survey of the Kwanto district after the great earthquake of 1923. *Bull. Earthq. Inv. Comm.*, no. 11, 1—80.