

関東地方の地震の発震機構と地質構造ならびに造構運動との関係*

鈴木耐元** 小玉喜三郎** 田村 穰*** 石橋 裕*** 片野篤史***

The Earthquake Generating Stresses and their Relation to the Geologic Structures and Recent Crustal Deformation in Kanto District, Central Japan

Yasumoto SUZUKI, Kisaburo KODAMA, Minoru TAMURA,
Yutaka ISHIBASHI and Atsushi KATANO

Abstract

Earthquake generating stresses are analyzed using the radiation pattern of the initial motion of P waves in Kanto district. The radiation pattern is divided into four quater spheres by two nodal planes in the hypocenter. The earthquake is supposed to occur due to displacement along the either of nodal planes in depth, so the strikes of fault planes are definitely determined if they are of dip-slip type. They have the common strikes in each area in Kanto district, as shown in Figs. 9, 10 and 11. If they are of such type that one of the nodal planes is steep and the other is gentle, the former plane is generally parallel to the common strike stated above, so it is supposed to be the fault plane in depth.

The common strikes are NNE-SSW or NE-SW in the northeast area, parallel to the outline of Tokyo Bay in the bay and its surrounding areas, and perpendicular to the Kanto mountainland in the west area. These directions are related to the geologic structures and recent crustal deformations, so it might be said largest tectonic units and their movements are controlled by the processes and structures of the upper mantle.

The maximum compression axes are usually parallel each other in each area, for instance, NW-SE is the general common direction in the northeast area and E-W is the common direction in the south area. The minimum principal axes of horizontal deformation of the earth's crust are nearly parallel to the maximum compression axes in those areas. On the other hand, the minimum principal axes are nearly perpendicular to the maximum compression axes in the Kanto mountainland and its surrounding areas.

These facts show that the deformation of the earth's crust is deformed in harmony with the stresses in depth in east Kanto district but the deformation is not consistent with the deep stresses in the Kanto mountainland and its surrounding areas.

The earthquake generating stresses are related not only to the crustal deformation in each area but also to the deep earthquake zone.

1. ま え が き

関東地方は、日本列島のなかでも最も地震活動の活発な地域である。そのなかに大きな位置をしめている関東平野は、第四紀の始めから関東造盆地運動とよばれる沈降運動を行っていて、関東平野の地震活動はこの沈降運動と密接な関係をもっていると考えられる(鈴木, 1968 a, 1968 b)。

さて、地震は、地殻や上部マントルが変形する際に、

その特定の場に歪が集中し、断層運動が行われることによって発生すると考えられる。したがって、地震は、地下深部の応力状態や断層運動に関する情報を提供し、造構運動の機構を解明するのに有力な手がかりを与えてくれるものと考えられる。

これまで、関東地方の起震歪力については FUKUTOMI (1933) や ICHIKAWA (1962) らによって論じられている。しかし、これらは、主として起震歪力の空間的な分布を議論したもので、地表付近の造構運動や地質構造との関係については、ふれられていない。

筆者らは、本論文で、関東地方に発生した地震の P 波初動の分布を解析して、震源近傍の応力状態や断層運動

* 1976年4月日本地質学会総会で講演

** 燃料部

*** 元芝浦工業大学土木工科学学生

について考察した。さらに、それらと地表付近の造構運動や地質構造との関係についても検討した。

謝辞 気象庁の市川政治博士には、発震機構解析のプログラムを教えていただいた。東京大学地震研究所の松田時彦博士、地質調査所の三梨昂・垣見俊弘技官には、解析結果について御討論いただいた。名古屋大学青木治三博士には、地質学会での講演に際して、造構運動のモデルについて御討論いただいた。芝浦工業大学の高田武雄教授、地質調査所坊城俊厚燃料部長には、いろいろ御援助いただいた。これらの方々に、厚く御礼申しあげる。

2. 起震歪力とその求め方

地震が発生すると、多くの観測所で地震波が記録される。このうちP波の初動は、他の地震波にさきがけて記録されるので、その初動方向を読みとりやすい。P波の初動を、震源を中心にしてその近傍に球を仮想し、その上に投影すると、P波初動の押しと引きの領域は、一般に震源で直交する2平面によって分けることができる(第1図 a)。この2平面は節面とよばれる。

ひじょうに浅い地震では、観測所における押し・引き分布の領域は、地表で直交する2節面によって分けることができる場合が多いが、これは、2節面が垂直の場合にあたる。

このようなP波の初動分布は、2つの節面に直交する第3の面内にあり、初動が引きの領域の節面の交角を2等分する方向に最大圧縮応力が働き、初動が押しの領域の節面の交角を2等分する方向に最大引張応力が働く。前者は主圧力軸、後者は主張力軸とよばれる。このような応力下において2つの節面のうちのどちらかの面にそってずりが発生する場合に、まえにのべたような地震波

の分布が生ずる(第1図 b)。なお、これと等価の偶力系が働いても、同じ初動分布を示す(第1図 c)。

このように、P波初動の押し・引き分布から、地震が発生した近傍の応力場、断層やその運動方向などを求めることができる。ただし、P波初動の分布からだけでは、2節面のうちのどちらの面によって断層運動が行われたかを決定することはできない。

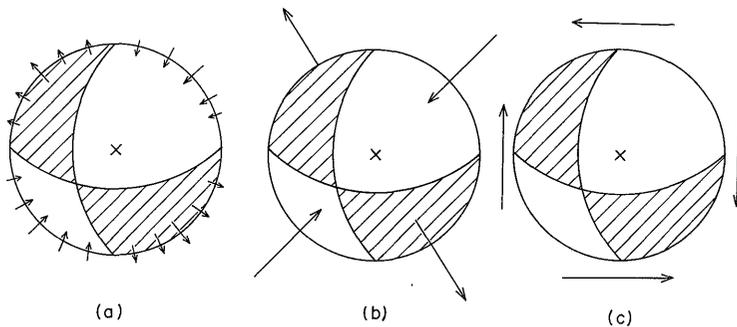
さて、地震波は、地球内部の速度分布にしたがって反射したり屈折したりする。したがって、地表で観測された押し・引き分布を、震源を中心として、その近傍に仮想された球面上に投影するためには、各観測所に到達した地震波が、震源でどちらの方向に射出されたかをきめなければならない。すなわち、震源の深度、震央距離と射出角との関係を知る必要がある。これらの関係を求めるには、地球を球とし、地震波速度は球対称で、中心からの距離 r だけの関数とする(第2図)。地球を O を中心とする同心球によって、無数の球殻にわけると、その1つの球殻付近をすすむ震波線を $P_0P_1P_2$ とすると、球殻の厚さを薄くすれば、 P_0P_1, P_1P_2 は直線で、その速度はそれぞれ v_1, v_2 で一定と考えられる。 P_0, P_1, P_2 の各点は O を含む平面内にあるから、屈折の法則から

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2'}{v_2} \quad (1)$$

ここで、 i_1, i_2' は P_1 における入射角と屈折角である。

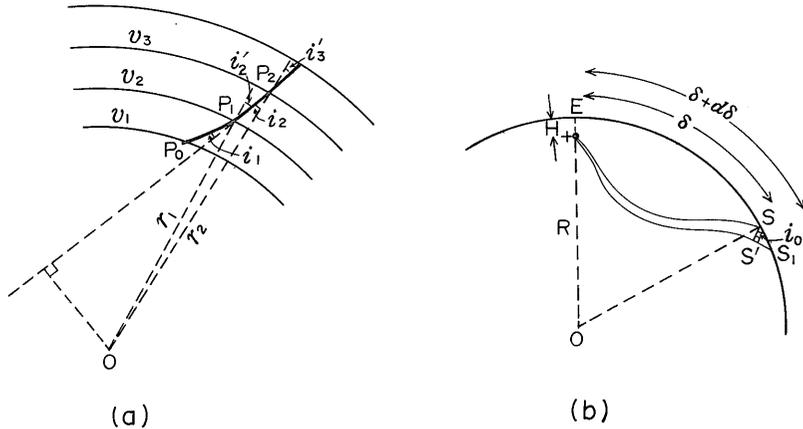
この両辺に $\overline{OP_1}$ をかけると、左辺の分子は $\overline{OP_1} \sin i_1$ 、右辺の分子は、 $\overline{OP_1} \sin i_2'$ となり O から P_1P_2 におろした垂線の長さとなる。これは $\overline{OP_2} \sin i_2$ に等しい。すなわち

$$p = \frac{r \sin i}{v} \quad (2)$$



第1図 発震機構(本多, 1942による)

- (a) P波初動の分布。斜線で示した四分球からは押し波が、その隣の四分球からは引き波が射出される。矢印の長さは初動の大きさを示す。
- (b) P波初動分布を説明する応力配置。主圧力あるいは主張力による。
- (c) P波初動分布を説明する応力配置。2組の偶力による。



第2図 震波線の経路
 (a) 震波線の経路と速度 v , 入射角 i との関係
 (b) 近接した観測点への震波線の経路

この p は震波線のパラメーターとよばれ, 一つの震波線にそって一定である (丸山, 1968). 震波線と球殻面とのなす角を e とすると

$$p = \frac{r \cos e}{v} \quad (3)$$

地表付近の速度を v_0 , 震波線と地表とのなす角を e_0 とすると

$$\frac{r \cos e}{v} = \frac{r_0 \cos e_0}{v_0} \quad (4)$$

ただし, r_0 は地球の半径.

震源において, 震波線と鉛直線とのなす角を θ , 球殻面とのなす角を e_e とすると, $e_e = 90^\circ - \theta$ であるから

$$\frac{r_e \cos (90^\circ - \theta)}{v_e} = \frac{r_0 \cos e_0}{v_0} \quad (5)$$

ここで r_e は震源を通る球殻面の半径, v_e は震源付近の速度である. この式を展開して

$$\sin \theta = \frac{v_e r_0}{v_0 r_e} \cos e_0 \quad (6)$$

地球の半径を R , 震源の深度を H とおくと

$$\sin \theta = \frac{v}{v_0} \frac{R}{R-H} \cos e_0 \quad (7)$$

と書ける.

さて, 震源 H からでた地震波が, 地表の観測点 S に達するとする (第2図). 震源 H の鉛直線上にある地表の震央を E とすると, 震央距離は中心角で $ES = \delta$, 地震波が H を出てから S に達するまでに要する時間は走時 T である. HS_1 を HS に隣接した震波線とし, S_1 下の震央距離と走時をそれぞれ $\delta + d\delta$, $T + dT$ とする. S から HS_1 におろした垂線の足を S' , HS の地表への入射角を i_0 ,

地表付近の地震波速度を v_0 とすると

$$\sin i_0 = \frac{S'S_1}{SS_1} = \frac{v_0 dT}{r_0 d\delta} \quad (8)$$

(2)を地表における値であらわすと

$$p = \frac{r_0 \sin i_0}{v_0} \quad (9)$$

これに(8)を代入すると

$$\cos e_0 = \frac{v_0}{r_0} \cdot \frac{dT}{d\delta} \quad (10)$$

震央距離を地表にそう距離であらわすと, $r_0 d\delta = d\Delta$ であるから

$$\cos e_0 = v_0 \frac{dT}{d\Delta} \quad (11)$$

これを(7)に代入すると

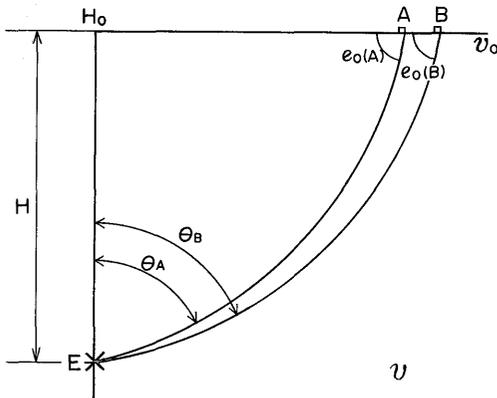
$$\sin \delta = v \frac{R}{R-H} \cdot \frac{dT}{d\Delta} \quad (12)$$

したがって, この式から震源の深度 H , 震央距離 Δ , 走時曲線 ($\Delta-T$ 関係) が求められていれば, 射出角 θ が求められることになる (本多, 1954) (第3図).

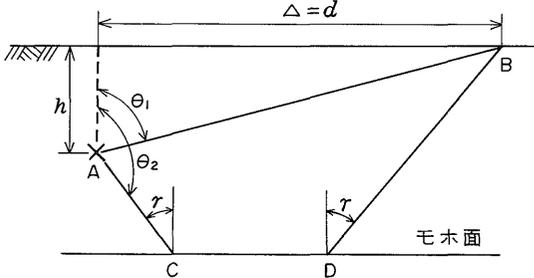
なお, 震源が地殻内にある場合には, モホ面での屈折によって, 地表での押し・引き分布が特異な分布をとることがある. この場合においても, 震源を中心とした仮想球上に, この屈折を考慮して P 波初動の押し・引きを投影してやればよい. すなわち, 観測所が臨界距離よりも震央に近い場合には, 地震波は直接震源から観測所に到達するから

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\Delta}{H} \quad (13)$$

として求められる (第4図).



第 3 図 震源の深度、震央距離と射出角との関係



第 4 図 地殻内地震の地震波線の経路

観測所が臨界距離よりも遠い場合には、モホ面での屈折波が地震波初動として観測される。この場合には、臨界面角を r とすると、射出角は $\theta = 180^\circ - r$ となる。

このようにして、各観測所での押し・引き分布を、震源に仮想された球面上にひきもどして投影したあと、先にのべた方法でそれらをわける節面が決定され、主圧力軸・主張力軸などが求められるわけである。

3. 解析資料

筆者らが解析にもちいた地震資料は、1926年から1975年6月までの気象要覧と地震月報によった。とりあげた地震は、関東地方の北緯 $34^\circ 45'$ から $36^\circ 45'$ 、東経 139° から 141° 内に発生したもののうち、6カ所以上の観測所でP波初動が記載されているものである。このうち、観測所が比較的良好に配置されていて、起震歪力が決定されるもの50個を記載した。このほかに、ICHIKAWA(1971)の解析した同地域の51個の地震について、結果をそのまま引用させていただいた。したがって、とりあつかった地震は、合計 101個である。

4. 解析結果

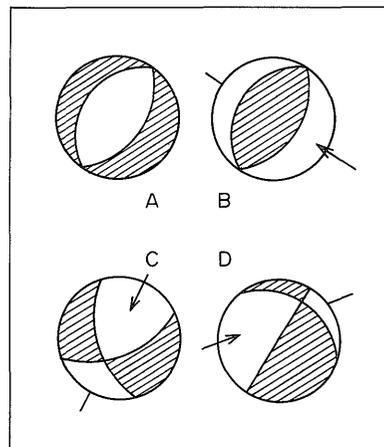
求められた結果を、第1表と第5図に示す(本文末に一括)。第1表には、左から地震の発生年(J.S.T.)、震央の緯度・経度、震源深度、P波初動が読み取られた観測所数、節面の法線の方位と傾斜角(方位は北を0として反時計まわりに測った角度、傾斜角は鉛直軸からの角度)、主圧力軸・主張力軸・中立軸の方位と傾斜角(方位と傾斜角は、節面の方位と同様に記載)の順に示した。

4.1 節面の方位

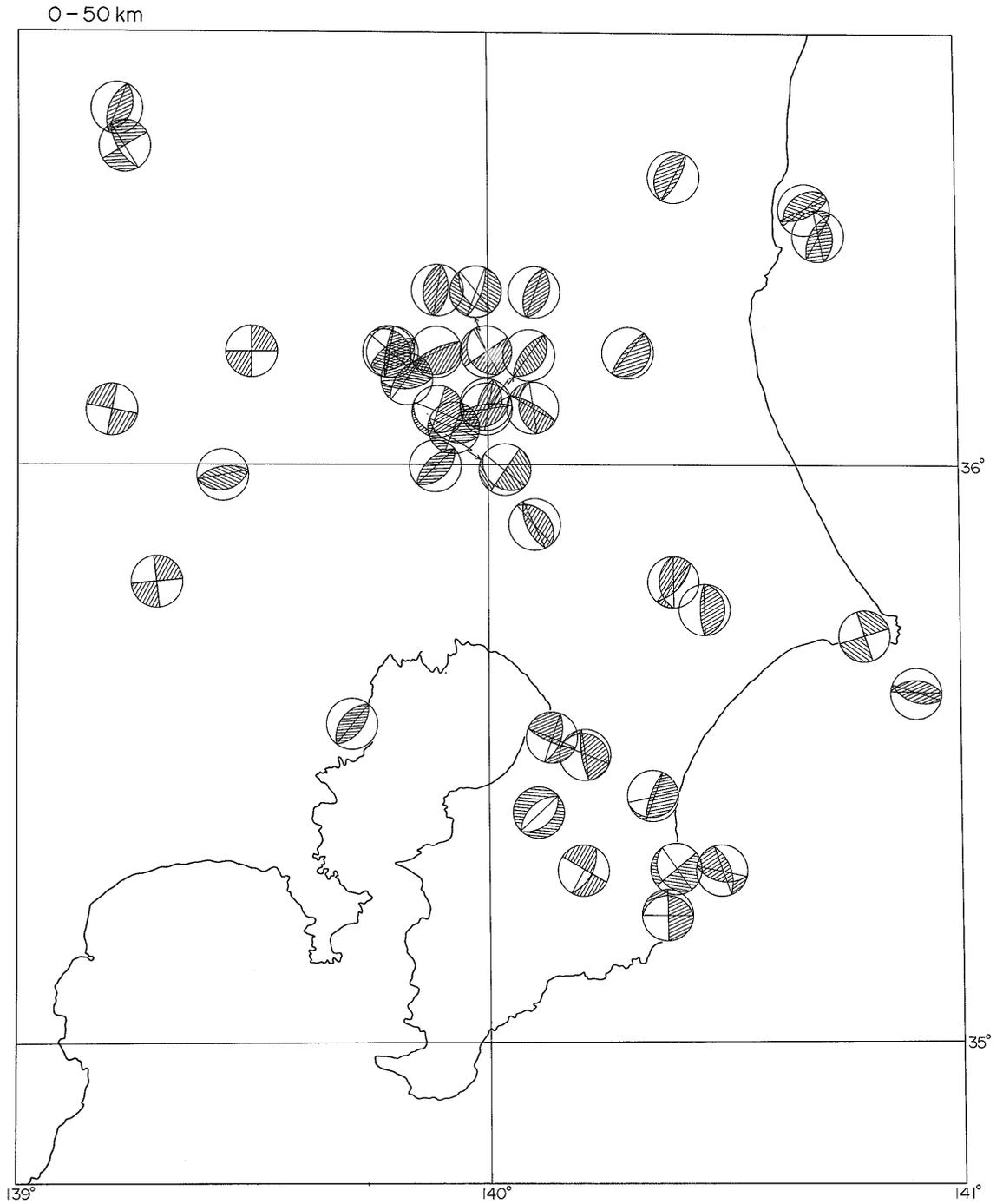
第7・8図は、それぞれ震源の深度が0ないし50kmと51km以上の地震のP波初動の節面を、シュミット網上に示したものである。斜線を付した部分は、押し波が射出された領域を示す。

これらの図から、節面の方位と傾斜、2節面の相互関係などが読みとれる。さらに、それらをいくつかの型に区分できることがわかるであろう(第6図)。

まず第1の型は、2つの節面はほぼ同じ走向をもち、節面にそうずりは傾斜成分だけで、走向ずり成分をもたないものである。これには、節面にそうずりが正断層型のものと同断層型のものがある。前者をA型、後者をB型とよぶことにする(第6図)。第2の型は、2つの節面がともに立っていて、節面にそうずりは走向成分を主とし傾斜成分をあまりもたないものである。これをC型とよぶことにする。第3の型は、節面の一方が急で、一方はゆるく、節面の走向が互いに斜交するものである。この型では、節面にそうずりは、走向成分と傾斜成分をとにもつことになる。この型をD型とよぶことにする。関東地方に発生する地震の多くは、これらA、B、C、Dの4つの型のどれかに属する。

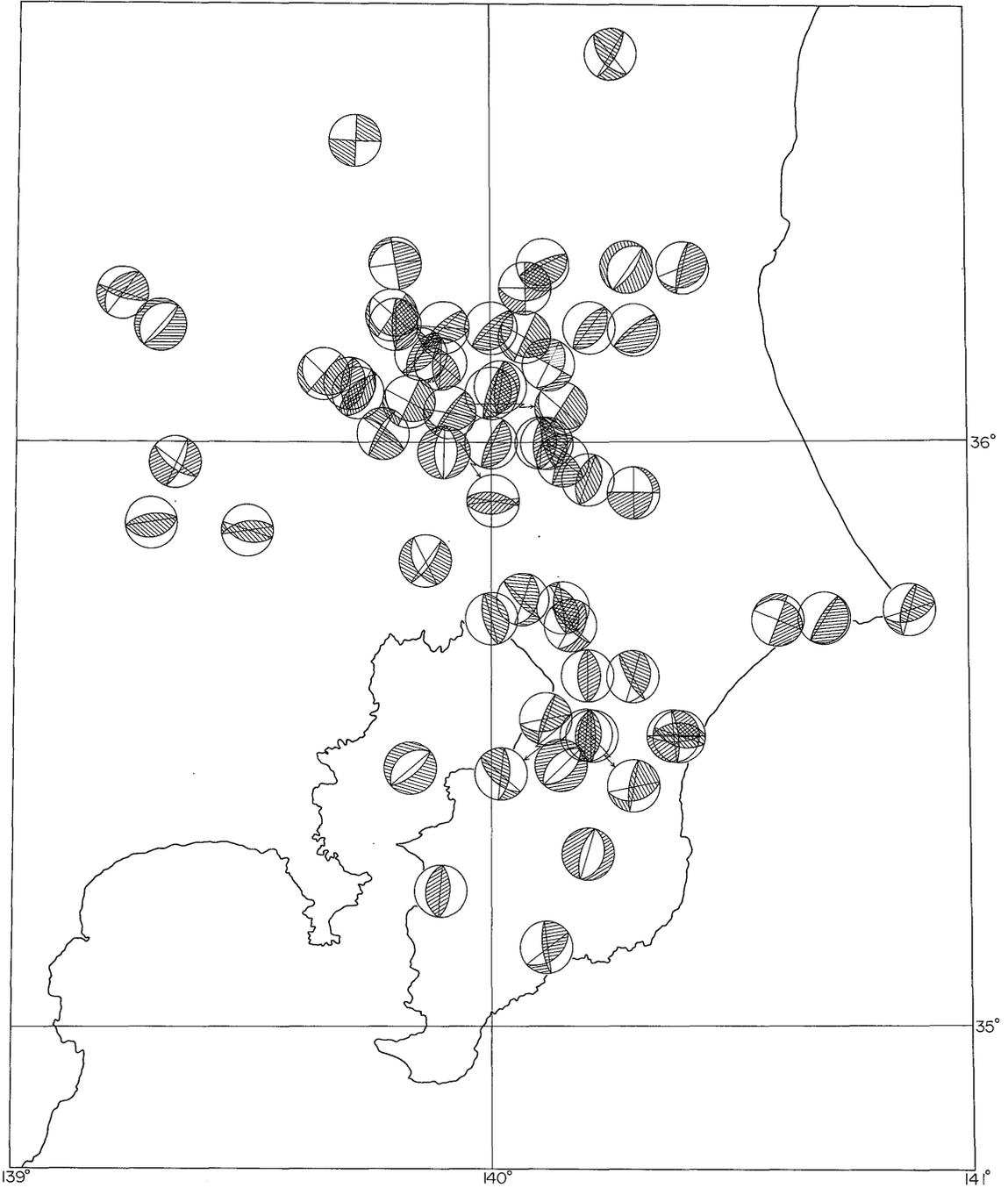


第 6 図 発震機構の型



第7図 節面の分布図
シュミット網上で上半球投影 (以下同じ). 模様は第1図に同じ.

51 km 以上



第 8 図 節面の分布図

さて、第7・8図を見ると、起震歪力の求められた地震は、北緯36°、東経140°付近を中心として北方ないし北東方に延びる地域に発生したもの、その西方の関東山地およびその周辺地域に発生したもの、東京湾と房総半島およびその周辺地域から銚子付近に至る地域に発生したものに、大まかに区分できるように思われる。第1の地域を東北部、第2の地域を西部、第3の地域を南部と呼ぶことにする。

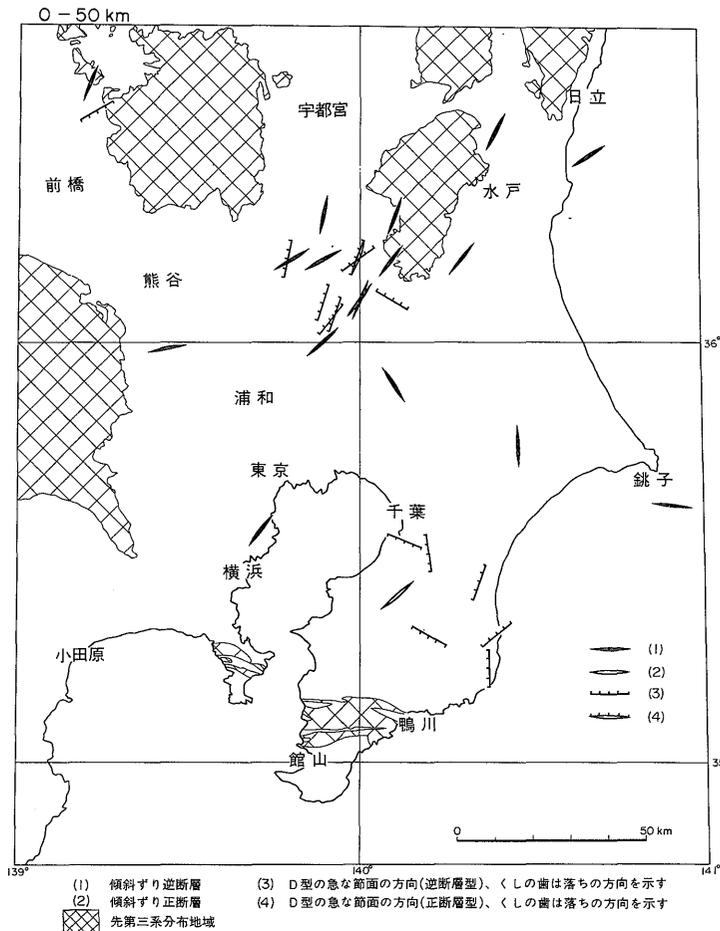
50 km 以浅の地震の節面を記入した第7図によると、東北部は、ほとんど大部分がB型とD型からなる。西部は、B型とC型のみでしめられる。南部は、おもにB型とD型からなるが、A型がわずかに房総半島中部に存在する。

51 km より深い地震の節面は、50 km より浅い地震の節面の性格と多少異なる傾向がある(第8図)。東北部には、A型、B型とD型が見られる。すなわち、50 km 以

浅のものにあまりないA型が認められる。西部では、A型、B型、D型とC型に近いものが見られる。この地域でも、50 km 以浅には見られなかったA型が認められる。南部では、A型、B型とD型が見られ、ここでもA型の割合が多くなっている。このように、より深い所では、傾斜ずり成分のみをもつ正断層が多く発生する傾向があるように思われる。

さて、2つの節面のうちどちらの面にそって断層運動が行われたかは、P波初動分布だけでは決定できない。しかし、A型とB型の起震歪力では、2節面の走向がほぼ同じ方向をとるので、断層の走向だけは、一義的に決められる。

このようにして、50 km 以浅の地震の断層の走向を示したのが第9図である。東北部では、その大部分が北北東-南南西ないし北東-南西と、きわめて一定した方向をとっている。なお、D型の節面のうち急傾斜する節面



第9図 深部断層面の方向分布図

が、上記の方向と平行する傾向がある。この節面にそうずりは、いずれも西側が落ちる傾向を示している。そのほか、北西-南東および西北西-東南東を示すものがある。

西部では、北北東-南南西と東北東-西南西のものが見られる。D型の節面のうち急な面は、北東-南西方向を示す。

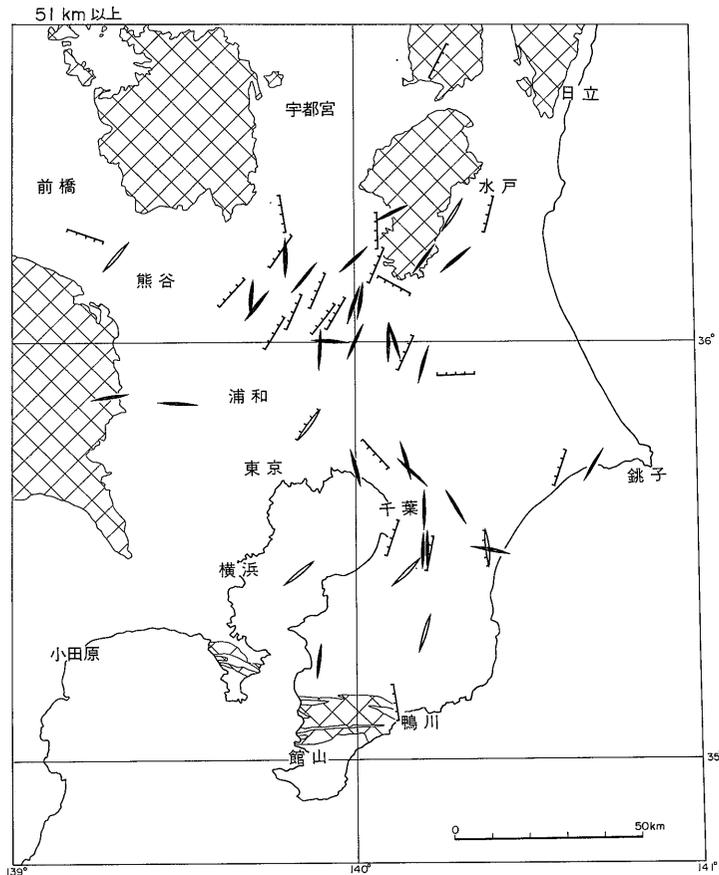
南部では、南-北および北東-南西の方向をとっている。D型の節面のうち、急傾斜する節面は、北西-南東、南-北および北東-南西など、一定した方向を示さない。

つぎに、50 km より深い地震についてみると(第10図)、東北部では、大部分のものが南-北ないし北東-南西方向をとる。また、D型の節面のうち急な節面は、上記の方向と平行し、節面にそうずりは、いずれも西落ちを示している。その他、東-西と北西-南東方向のものも認められる。このように、東北部では、50 km 以浅の地震と51 km より深い地震の断層面は、概して平行する傾向がみられる。

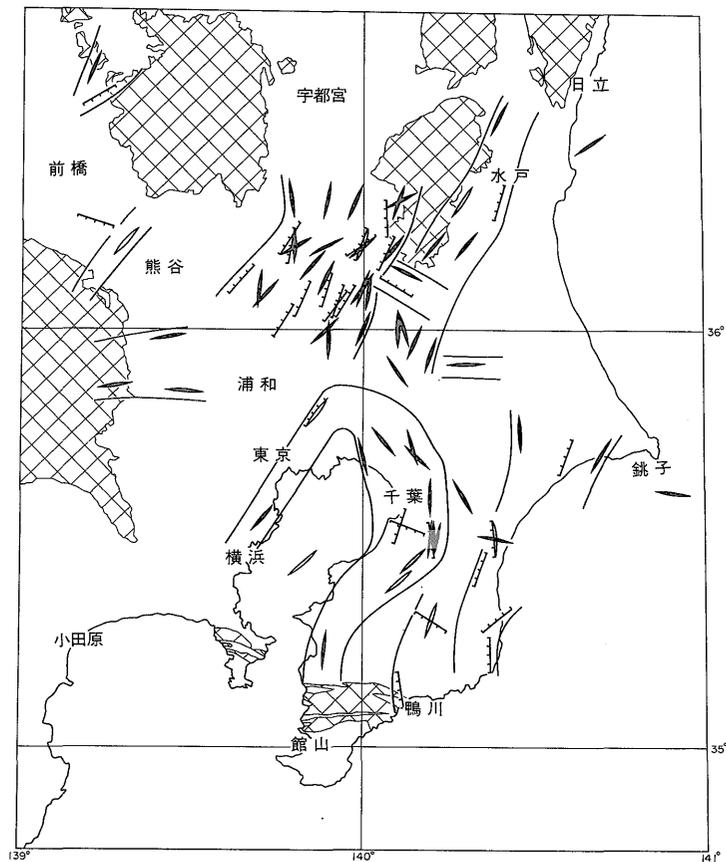
西部では、北東-南西と東-西方向をとる。D型の節面のうち急な面は、西北西-東南東の方向を示している。ここでも、数は少ないが、50 km 以浅の地震の断層面は、より深い地震の断層面と平行する傾向が認められる。

南部の東京湾周辺地域では、節面はその外縁に平行する傾向が見られる。D型の急な節面も同じような傾向をとる。その面にそうずりの方向は、いずれも西落ちである。太平洋岸では、海岸線に平行するものが多いが、これに直交ないし斜交するものも認められる。このように、南部では、50 km 以浅のものいくつかは、51 km 以深のものとかならずしも平行していない。

さて、以上の50 km 以浅と51 km より深い地震に伴って活動したと考えられる断層面を、一括して第11図に示した。東北部では、いずれの深さにおいても、南-北ないし、北東-南西の一定した方向をとるものが大部分を占めている。D型の急な節面は、上記の方向と平行するもので、これが断層面と考えられるが、それらはいずれも西落ちの傾向を示している。そのほかに、北西-南東



第10図 深部断層面の方向分布図



第11図 深部断層面の一般走向を示す図

の方向を示すものも見られる。

西部地域は、関東山地の外縁に直交する断層の活動で特徴づけられる。そのほかに、足尾山地と関東山地の中間の地域で、山地の外縁に平行する西北西-東南東の方向を示すものも認められる。

南部では、東京湾の周縁に平行する断層の活動がいちじるしい。それらの多くは、逆断層であるが、房総半島の中央部付近は、正断層で特徴づけられる。太平洋にそう地域では、海岸に平行する断層の活動で特徴づけられる。そのほか、海岸線に直交あるいは斜交するものも見られる。D型の急な節面は、A型とB型の節面と平行することから、地震に際しての断層面と考えられるが、それらはいずれも、西落ちの傾向を示している。

4.2 主圧力軸の方位

第12図は、50 km 以浅の地震の主圧力軸の方向を示したものである。軸の長さは、傾斜の \sin に比例してとつてあるので、傾斜が急なほど軸が短くなっている。

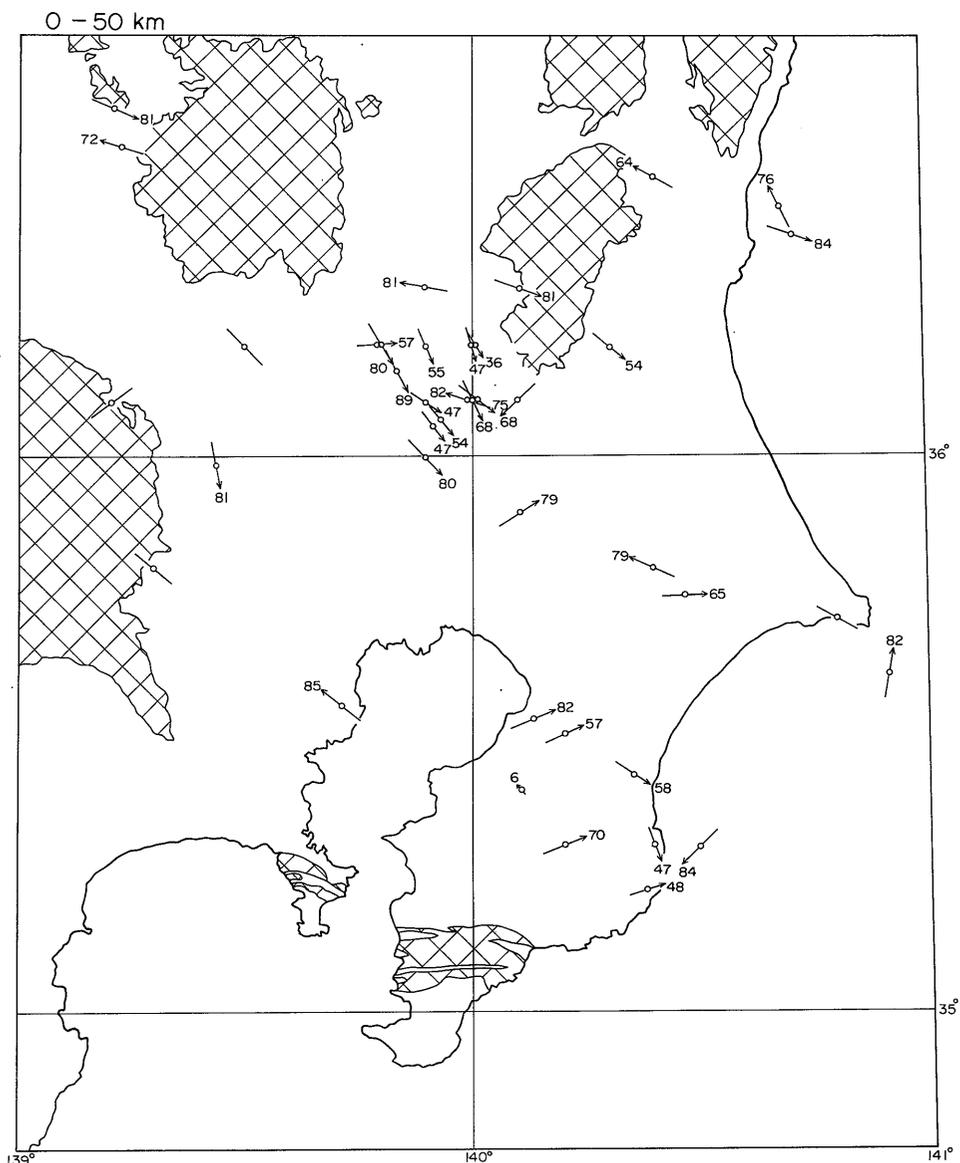
東北部は、大部分のものが北西-南東ないし東-西の方向で、南東ないし東に傾いている。傾斜¹⁾は一般に45°よりもゆるい。一部、これらに直交して北東-南西の方向で、南西に傾くものも認められる。

西部は、その北部で西北西-東南東、南部で南-北、北西-南東および北東-南西などいろいろな方向をとっている。傾斜は一般に水平に近い。

南部は、東北東-西南西ないし東-西の方向で、東北東ないし東に傾くものが多い。傾斜は一般に30°よりもゆるい。ただし、房総半島中部には、ほとんど垂直のものが見られる。なお、東部の海岸近くでは、北西-南東ないし北北西-南南東の方向で、南東ないし南南東に傾くものも認められる。

つぎに、51 km より深い地震の主圧力軸の方位について述べる (第13図)。

1) 以下本文に記載した傾斜は、第5表の傾斜の余角で、水平からの傾きを示す。



注：傾斜角は鉛直軸からの角度

第12図 主圧力軸の方向分布図。軸の長さは傾斜の sin に比例してとってある (以下同じ)

東北部の主圧力軸は、一般に北西-南東ないし東-西の方向で、ほとんど南東に傾き、傾斜は 45° よりもゆるいものが多い。そのほかに、東北東-西南西や南-北方向をとるものも見られる。以上のように、この地域では、50 km 以浅の地震の主圧力軸の方向と51 km よりも深い地震のそれとは、ほぼ平行している。

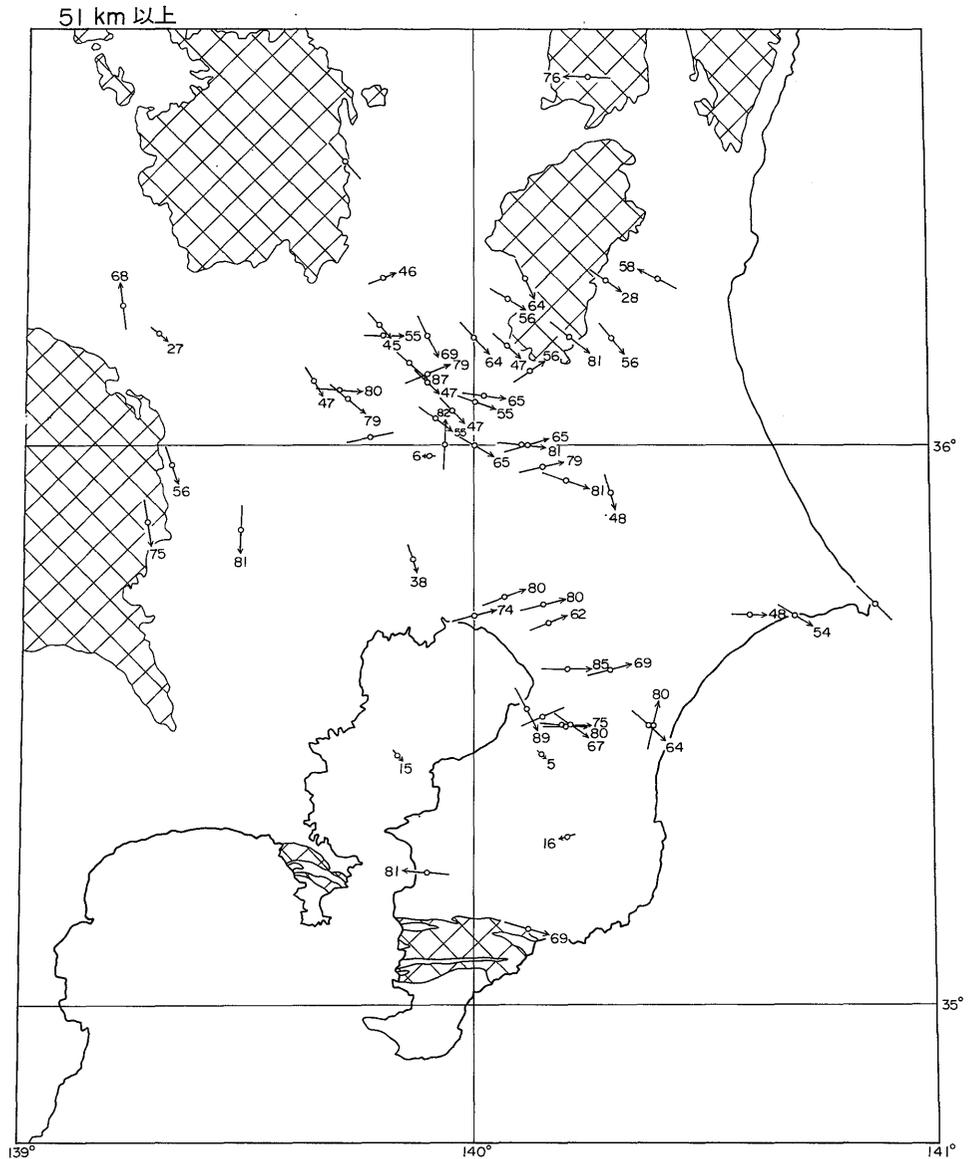
西部では、南-北ないし北西-南東の方向をもち、南ないし北へ 30° 以下の傾斜で傾いている。このような方向

性は、50 km 以浅の地震と異なっている。

南部は、一般に東北東-西南西ないし東-西方向と北西-南東の方向をもち、東北東もしくは南東に傾いている。ただ房総半島中部から東京湾中部地域においては垂直に近い傾きをもつものもあるが、その他の地域では、 30° 以下のゆるい傾斜を示している。

4.3 主張力軸の方位

50 km 以浅の地震の主張力軸の方位を、第14図に示



注：12図と同じ

第13図 主圧力軸の方向分布図

す。

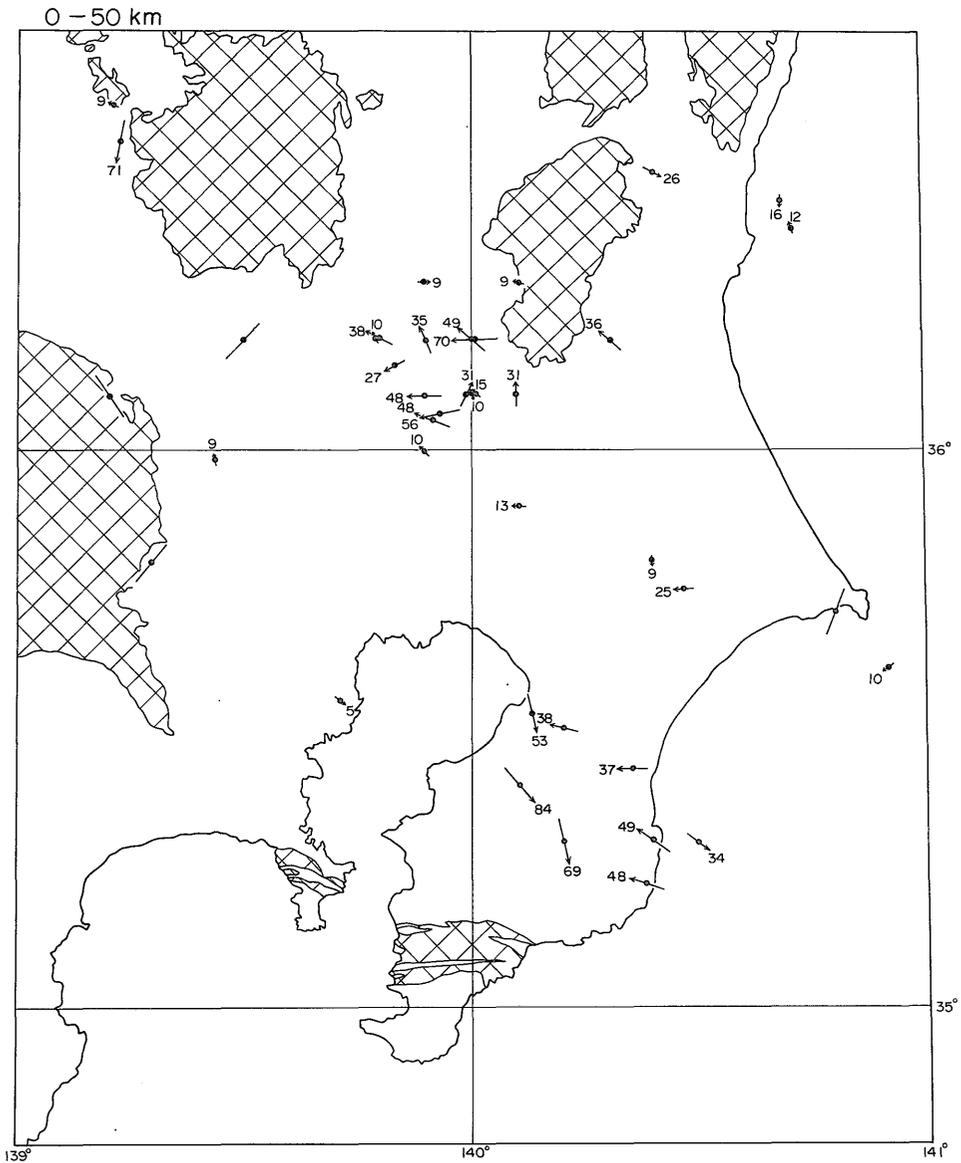
東北部の主張力軸は、東-西ないし北西-南東の方向で、西ないし北西に傾くものが多い。そのほかに、南-北方向を示すものがある。傾斜は 45° 以上の急な傾きをもつものが大部分である。そのほか、南-北に近い方向のものもあるが、傾斜は 50° に近い急傾斜を示している。

西部における主張力軸の方向は、南-北、北東-南西と

北西-南東、傾斜は水平に近いものや垂直に近いものなど様々で、一定の方向を示さない。

南部のそれは、東-西ないし北西-南東の方向で、南東ないし西方へ 45° 以下の傾斜をもって傾くものが多い。東京湾の西側および南部の北辺地域には垂直に近いものが見られる。

つぎに、51 km よりも深い地震の主張力軸についてのべる (第15図)。



注：12図と同じ

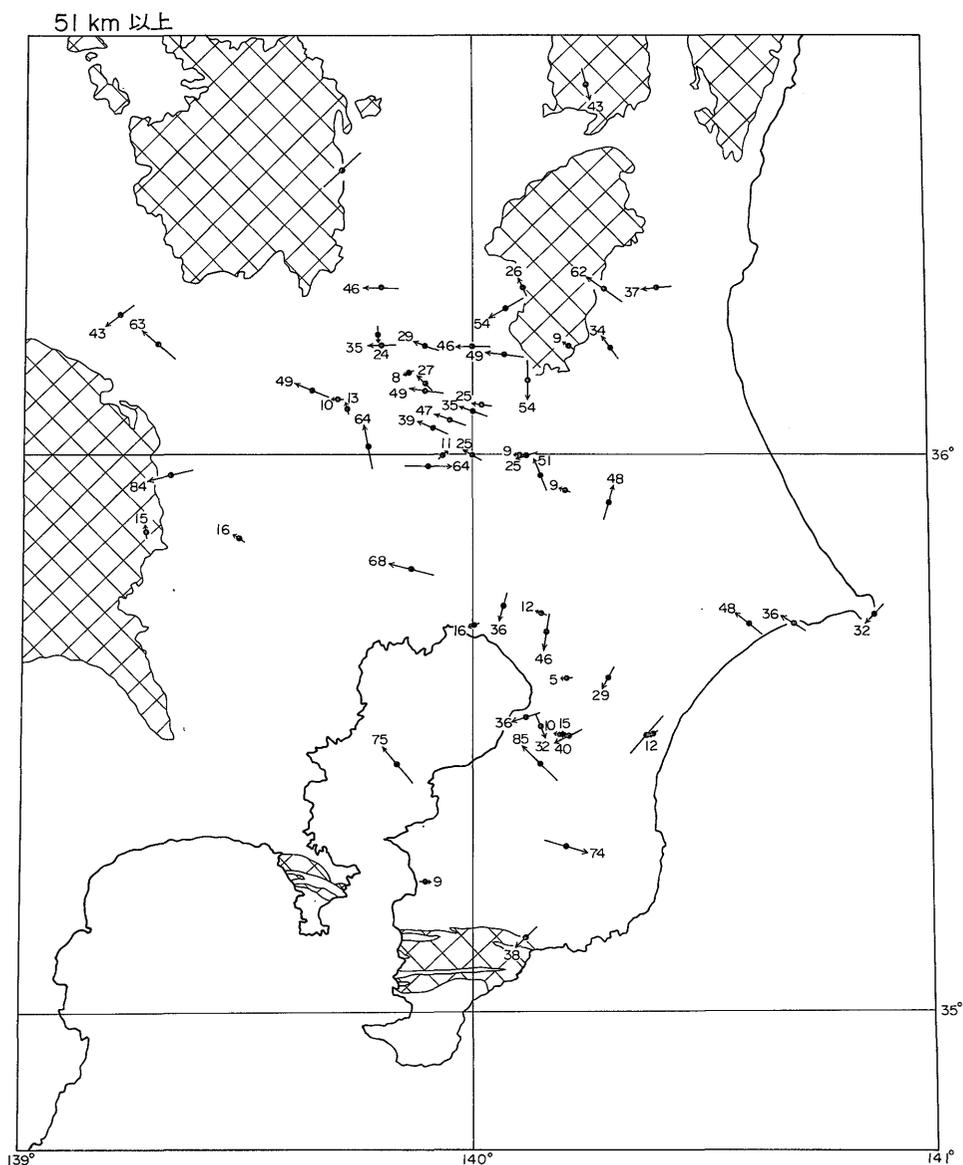
第14図 主張力軸の方向分布図

東北部についてみると、筑波山地の東側においては北西-南東ないし東-西の方向を示し、北西ないし西へ傾くのに対して、同山地の西側では東-西ないし西北西-東南東の方向で大部分が西に傾いている。傾斜は、 80° 以上の急なものから 10° 以下のゆるいものまでであるが、一般に 60° 前後の急傾斜を示すものが多い。

5. 深部における断層運動と地質構造との関係

P波初動分布から求められる深部における断層面は、第11図に示したように、地域ごとによりきわめて一定した方向性をもっている。このような方向性が、地表付近の地質構造とどのような関係をもっているかを検討する。

まず、関東地方東北部については、北北東-南南西ないし北東-南西の方向性がいちじるしい。これは、筑波山地の東西両縁にほぼ平行する方向である。この西縁は、等重力線のコンターが北北東-南南西方向に密集して



第15図 主張力軸の方向分布図

走り (畠山, 1964; 藤井, 1974), 地震探鉱の結果によって, 鳥山-菅生沼断層と名付けられた大規模な断層の発達することが確かめられている地帯でもある (石井, 1962). 深部における断層運動が一定の方向性を示す範囲はかなり幅が広く, 一本の断層と関係づけることはできないが, そのような深部における幅広い断層運動の一部が地表付近に反映したものが, 鳥山-菅生沼断層ではなからうか. また, 筑波山地の示す北北東-南南西に延びる

方向性も, そのような深部の断層運動を反映して形成されたものであろう. 筑波山地南縁には, 西北西-東南東方向の断層の活動が見られるが, これも, 同山地の形成に関係するものと思われる.

筑波山地の南南東方には東-西方向の断層運動が認められる. この方向は, 利根川の方にほぼ平行するもので, 北側の常陸台地と南の下総丘陵を境する方向である. これらの台地相互の構造地質学的関係は, 今後の研究課

題であるが、関東平野中部に発達する台地は、断層によって境されていることが多い。例えば堀口 (1974) による大宮台地と武蔵野丘陵とを境する荒川断層等が挙げられよう。上記の断層も、地表付近の断層と関係をもつものと予想される。

西部地域は、関東山地の外縁に直交する断層運動によって特徴づけられる。この種の断層のいくつかは、地質構造的に見出されている断層の方向と一致している。例えば、垣見ら (1973) によると、関東山地東北縁の東松山付近には、東西方向の基盤を大きくずらすような断層が引かれている。この付近はまた、等重力線のコンターが、東西に折れ曲る位置にも当たっていて、基盤を大きくずらせる断層の存在を裏付けている (石井, 1962; 島山, 1964; 藤井, 1974)。このほか、川越南方に西北西-東南東の断層が推定されている (垣見ほか, 1973)。関東山地の北縁では、その縁辺に直交した基盤と新第三系を切る断層が確認されている (垣見ほか, 1973) が、その平野部への延長は明らかにされていない。

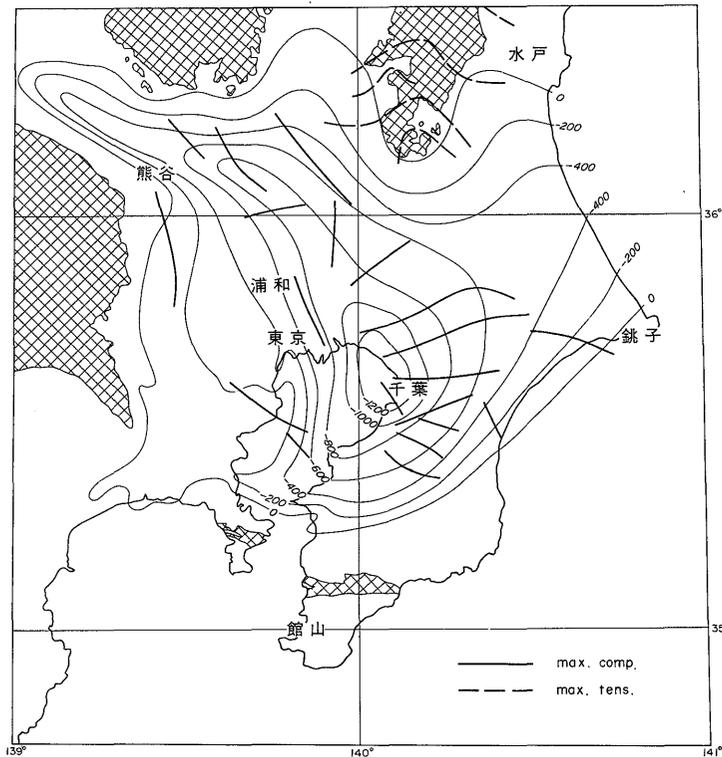
いずれにしても、P波初動分布から求められる上記の

断層運動の方向は、地表における断層運動の深部における表現なのであろう。

南部では、東京湾の周縁に平行する方向の断層運動がいちじるしいことを特徴としている。最近の地殻変動は、地形に平行する運動によって特徴づけられるが、東京湾周辺地域では、それが大きな断層運動と関係をもっていることが証明されているわけではない。したがって、単なる予想であるが、上に述べた事実から東京湾の形成は深部における断層運動に伴うもので、そのような運動が現在も進行中であることを示しているのではなからうか。太平洋岸に平行する断層運動も、同じような性格のものであろう。

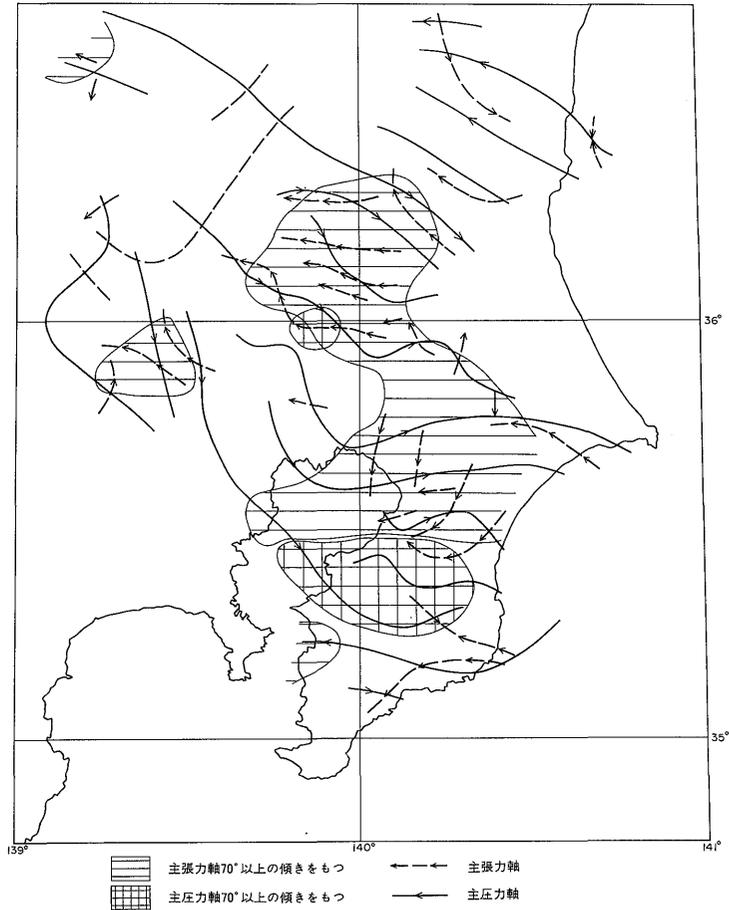
6. 起震歪力と造構運動との関係

よく知られているように、関東平野は、第四紀の始め以来、関東造盆地運動とよばれる沈降運動を行っている。この運動の形態は、第四紀層基底の等深線に表現されている (第16図)。すなわち、第四紀層の基底は、現在東京湾北東端付近において1,200mもの深部に位置して



第16図 第四系の基底等深線図 (垣見・衣笠・木村, 1973より編集)

斜線部は先新第三系の基盤岩分布地域。太い実線と太い破線は、主圧力軸と主張力軸の一般方向。



第17図 主圧力軸 (実線) と主張力軸 (点線) の一般方向を示す図

矢印は軸の傾きの方向を示す. 横線で囲む範囲は主張力軸が70°以上に傾く地域, 縦横線で囲む範囲は主圧力軸が70°以上に傾く地域を大まかに示す.

いるが, 構造盆地の周縁部に向かって次第に深度を減じ, 北方の筑波・足尾山地, 西方の関東山地, 南方の房総・三浦半島や南東方の太平洋岸では地表付近ないしそれ以上の高さに上昇している.

関東平野の地震活動は, このような沈降運動の中心部でより活発であり, 相対的に周辺地域よりも深い地震の活動する傾向が認められている (鈴木, 1968 a). したがって, この地域の地震活動は, 関東造盆地運動の深部過程を反映しているものと考えられる.

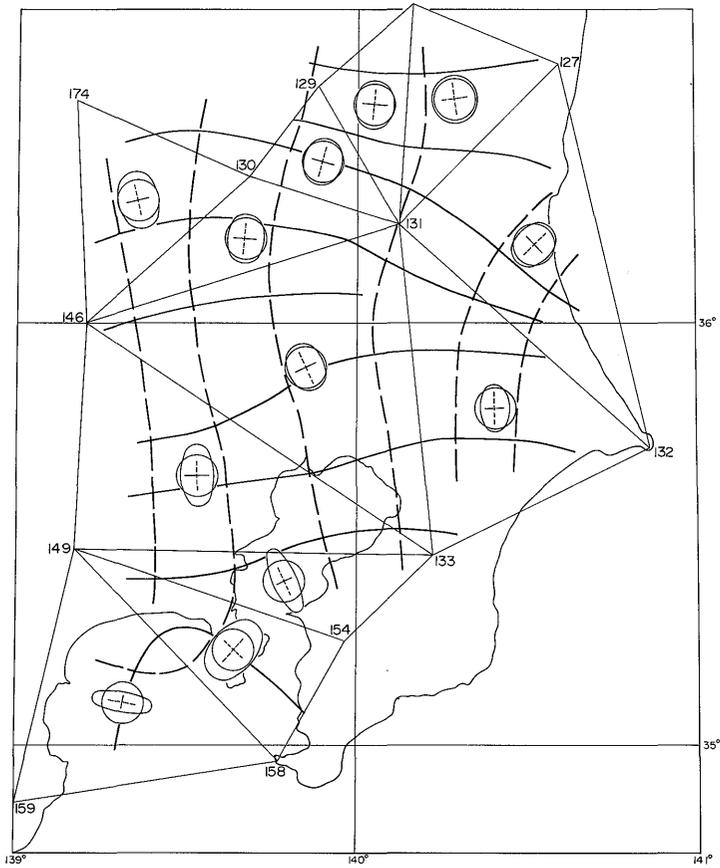
そこで, この運動と起震歪力がどのような関係をもっているかを検討し, さらに, 三角点の変動から求められる地殻の水平的な歪と起震歪力との関係について考察することにする.

関東地方の起震歪力の主圧力軸は, 一般に45°よりも

ゆるい傾きを示している. ところが房総半島中部ないしその周辺地域では, 垂直に近い傾きをもっている (第17図). また, 正断層の活動が他の地域に比較して多い. 一方, 房総半島北部ないし東京湾北部から筑波山地の西方にかけての地域では, 主張力軸が70°以上の急な傾きをもっていることで特徴づけられる. また, 関東地方西部でも, 同様の傾向の地域が見られる.

主圧力軸の立つ房総半島中部ないしその周辺の地域は隆起域にあたり, 主張力軸の立つ房総半島北部や東京湾北部から筑波山地の西方地域は, 沈降域に対応しているように見える. しかし, 筑波山地のような隆起域では, このような関係が認められず, 地表の造構運動と発震機構の関係はそれほど単純でないようである.

ただし, 主圧力軸の水平成分の方向は, 関東造盆地の



第18図 一等三角点の変動から求められる歪楕円と主歪軸 (鈴木ほか, 1975)

実線は主歪軸の収縮を、破線は伸張を示す。歪楕円や主歪軸はきわめて誇張して示してある。

等沈降量線に直交する傾向が見られるのに対して、筑波山地周辺の隆起域では、前者と逆に主張力軸が等変動量線に直交する傾向が認められ、起震歪力と造構運動は何らかの関係があることを暗示しているように思われる。

さて、第18図は、関東地方にある1等三角点の変動から求めた、主歪軸の方向と歪楕円とを模式的に示したものである(鈴木ほか, 1975)。最小主歪軸(収縮が最大の主歪軸)の方向は、関東北東部では西北西-東南東、北西部では東-西の方向をとる。関東中部ないし南部では、一般に東-西方向をとるが、一部北東-南西、北西-南東の方向をとっている。なお最大主歪軸は、これらに直交する。

この地殻の水平変形と起震歪力を比較すると、関東地方の東部では、起震歪力の主圧力軸の水平成分の方向(第12, 13図)と最小主歪軸(第18図)とがほぼ平行する傾向が認められる。すなわち、深部の起震歪力と調和

的に、地殻が水平方向に変形している。

ところが関東山地の周辺地域では、起震歪力の主圧力軸と最小主歪軸とは直角に近い方向で交わっている。とくに、51 km よりも深い地震の起震歪力(第13図)において、この傾向がいちじるしい。すなわち、関東山地周辺地域では、深部の起震歪力と地殻の水平方向の変形様式が非調和的である。

なお、関東山地周辺地域を除いて、主圧力軸の水平成分の方向は、中・深発地震面の等深線に直交する傾向がある。このことは、関東地方の地震活動が、この地域の隆起・沈降運動と関係をもちつつも、全体として、島弧の中・深発地震活動にも規制されていることを示しているものであろう。

7. まとめ

関東地方に発生した地震のP波初動の押し・引き分布

を解析して、起震歪力を求め、深部における断層運動を推定し、地質構造や造構運動との関係を検討した。

震源において、押し波と引き波を出した領域を分ける2つの節面のうちの一方は、深部における地震に際しての断層面と考えられる。これら2つの節面の走向がほとんど同じ場合、つまり、節面にそって運動が傾斜ずり成分だけで、走向ずり成分をもたない場合には、断層面の走向は一義的に決められる。その方向は、地域ごとに一定の方向性をもっている。すなわち、関東地方の北東部では北北東-南南西ないし北東-南西、南部においては東京湾の外縁や太平洋岸にほぼ平行する。関東地方西部では、関東山地の外縁に直交する傾向をもっている。D型の発震機構型(第6図)では、2つの節面のうち急な面が上記の走向と平行することから、それが深部における断層面と考えられる。

このような深部における断層面の方向は、地表の地質構造あるいは断層の一般的な方向と平行する。このことは、各構造方向が、上部マントルの構造に規制されていることを示している。また、現在沈降運動をしていると考えられる東京湾と、その周辺の地震に伴う断層運動とが関係をもっているように見える事実は、沈降運動の根が深いことを示しているものと考えられる。

起震歪力のうち主圧力軸は、地域ごとに比較的一定した方向性をもっている。すなわち、北東部では北西-南東の方向性を示し、南東方に傾いている。南部では東-西ないし北西-南東の方向で、東ないし東南方に傾いている。このような傾向は、浅い地震についても深い地震についても共通して認められる。西部における浅い地震は方向性が一定しないが、深い地震は南北方向をとっている。

主張力軸の方向は、地域ごとにばらつきが大きい。

三角点の変動から求められる地殻の水平歪のうち最小主歪軸の方向は、関東地方東部においては主圧力軸に平行し、深部の応力状態と地表の変形とが調和的である。しかし、関東山地周辺地域では、深い地震の主圧力軸は地表の最小主歪軸と直交する傾向があり、深部の応力状態と地表の変形とは非調和的である。

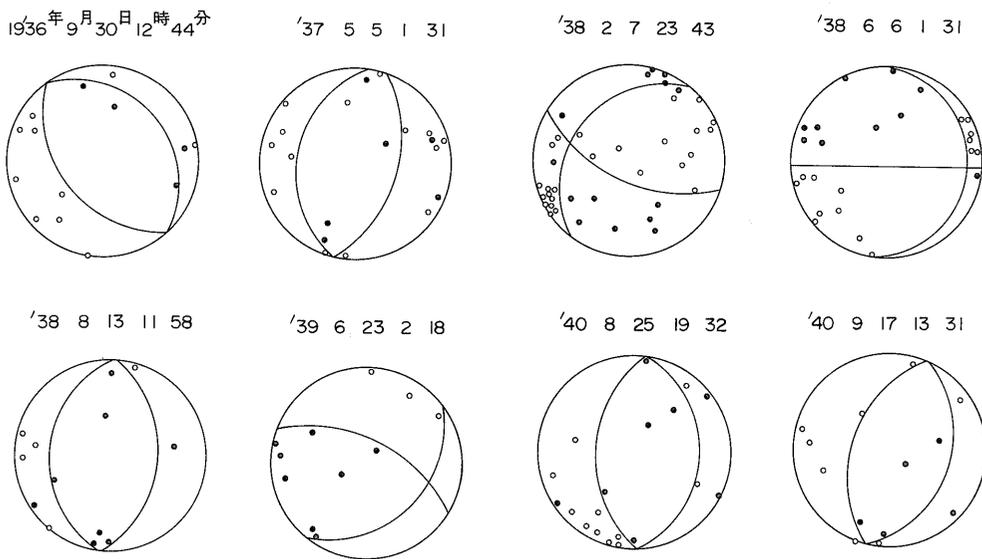
起震歪力の主圧力軸は、一般に 45° 以下のゆるい傾斜をもっているが、房総半島中部ないしその周辺地域では立っている。一方、主張力軸は、関東平野中部では立つ傾向がある。後者は関東造盆地運動の中心部に位置し、前者はその後背地にあたることから、隆起・沈降運動と起震歪力との関係を暗示している。しかし同時に、主圧力軸の水平成分の方向は、中・深発地震の等深線と直交する傾向があり、より広域的なものとも関係をもつよう

に思われる。

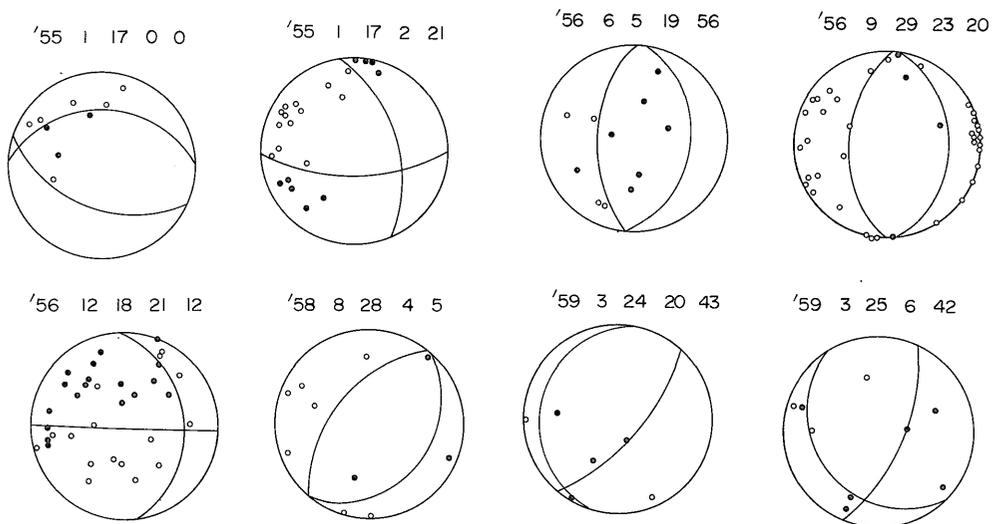
参考文献

- 藤井陽一郎(1974) 関東地方の重力とテクトニクス。関東地方の地震と地殻変動(垣見・鈴木編), p. 215-220, ラテイス。
- FUKUTOMI, K. (1933) Some statistical problems concerning initial earthquake motion (the first report). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 11, p. 510-529.
- 島山 勉(1964) 関東平野における物理探鉱の総合的研究。物理探鉱, vol. 17, p. 50-71。
- 本多弘吉(1954) 地震波動(増訂版)。227p., 岩波書店, 東京。
- 堀口万吉(1974) 関東平野西部の地形区分と段丘面の変動。関東地方の地震と地殻変動(垣見・鈴木編), p. 119-127, ラテイス。
- ICHIKAWA, M. (1962) Statistical investigation of earthquake mechanism in Kwanto district. *Geophys. Mag.*, vol. 31, p. 243-256.
- (1971) Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1926-1968. *Geophys. Mag.*, vol. 35, p. 207-274.
- 石井基裕(1962) 関東平野の基盤。石油技協誌, vol. 27, p. 405-430。
- 垣見俊弘・衣垣善博・木村政昭(1973) 後期新生代地質構造図。東京・地質調査所。
- 丸山卓男(1968) 地震波—基礎的理論; 宮村撰三(編)地震・火山・岩石物性。p. 1-62, 共立出版。
- 鈴木尉元(1968 a) 日本列島とその周辺地域の震源分布についての試論。地調報告, no. 228, 33 p.
- (1968 b) 関東および中部地方の最近の造構運動と発震機構との関係について。地調月報, vol. 19, p. 519-528。
- ・浅野雄嗣・武内和俊・矢萩順一・小玉喜三郎・宮下美智夫(1975) 日本列島における一等三角点の変動解析。地調月報, vol. 26, p. 639-667。

(受付: 1976年8月12日; 受理: 1977年4月21日)

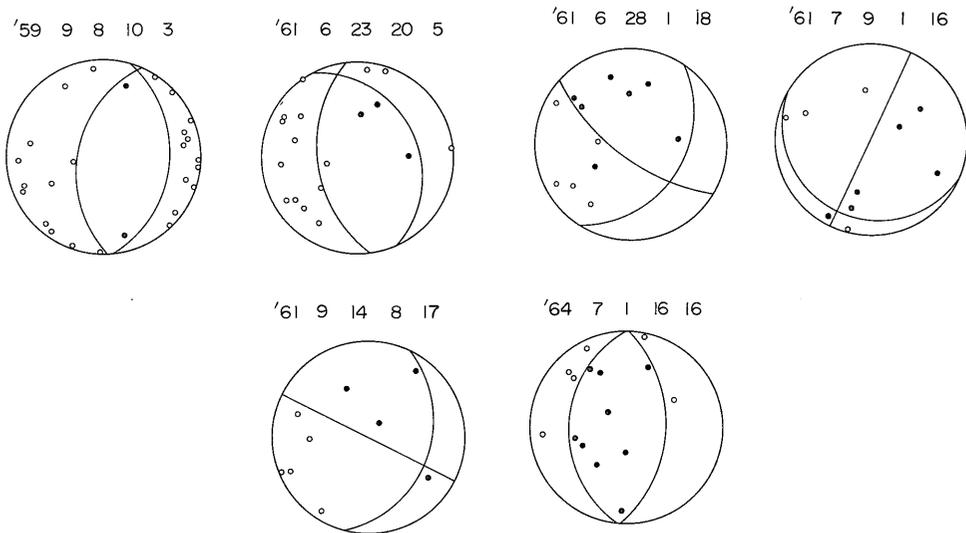


第 5 図(a)

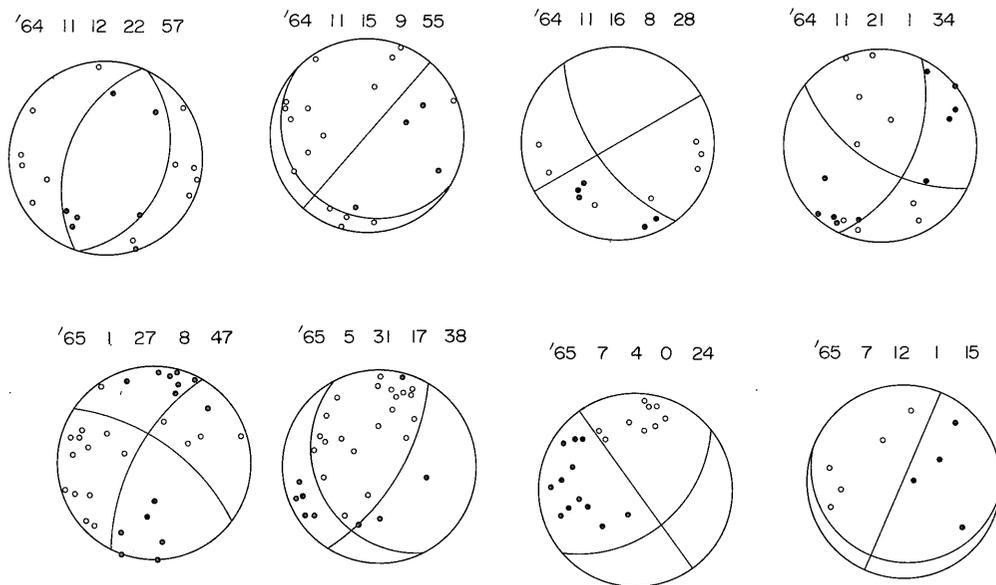


第 5 図(b)

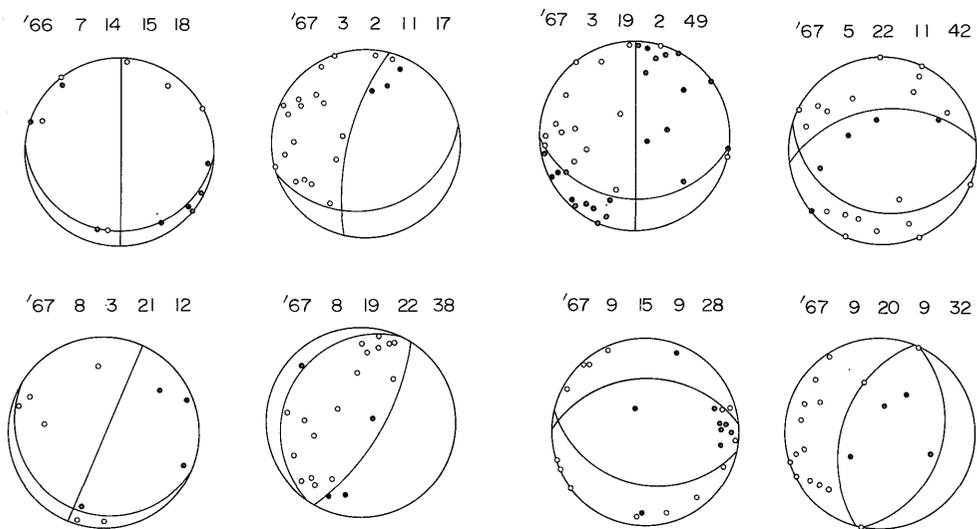
第 5 図 起震歪力資料。ステレオ上半球投影 (黒丸は初動の押し, 白丸は初動の引きを示す)



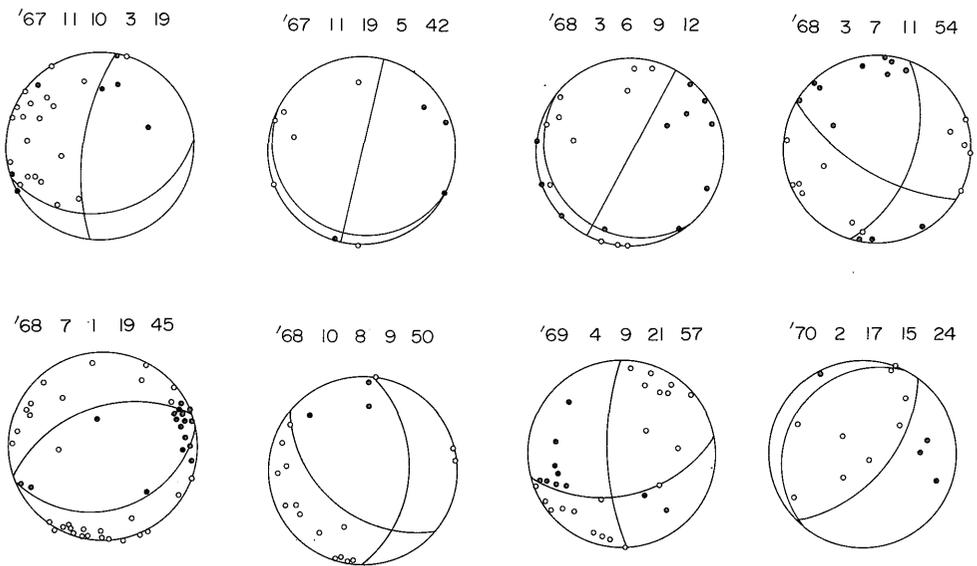
第5図(c)



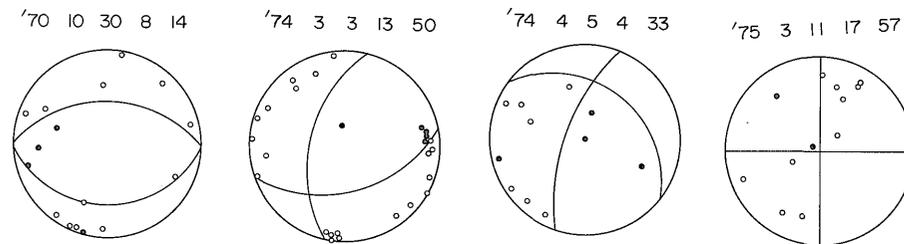
第5図(d)



第 5 図(e)



第 5 図(f)



第 5 図(g)

第1表 関東地方の地震の発震機構

日時 (J.S.T.), 震源の緯度・経度・深度, *P*波初動が読みとられた観測所の数, 節面の傾斜方向と傾斜角 (傾斜方向は北を0とした反時計まわりの角度. 傾斜は鉛直軸からの角度で, 垂直が0, 水平が90°), 主圧力軸・主張力軸 (方位は北を0として反時計まわりの角度, 傾斜は鉛直軸からの角度で, 鉛直が0, 水平が90°), 中立軸の方向と傾斜.

* ICHIKAWA (1971) の資料

	Data and Time			Epicenter			Sta. num.	Plane A		Plane B		Max. Pre.		Max. Ten.		Null Vec.	
	d	h	m	N	E	Dep. km		Dip dir	Dip	Dip dir	Dip	Dir	Inc	Dir	Inc	Dir	Inc
*	1927	Sep.	7 19 33	36° 0'	140° 0'	60	11	63.0	20.0	243.0	70.0	63.0	65.0	243.0	25.0	333.0	90.0
*	1928	May	21 1 28	35 36	140 18	60	36	74.0	29.0	300.0	69.0	105.0	69.0	330.0	29.0	203.0	71.0
*	1928	Oct.	5 15 58	36 12	139 30	20	16	89.0	90.0	179.0	90.0	44.0	90.0	134.0	90.0	0.0	0.0
*	1929	Apr.	23 23 16	36 6	140 6	50	14	150.0	70.0	279.0	30.0	313.0	68.0	182.0	31.0	52.0	69.0
*	1930	Aug.	17 18 28	35 18	140 12	40	22	62.0	60.0	331.0	89.0	111.0	70.0	13.0	69.0	240.0	30.0
*	1931	June	17 21 9	35 48	139 18	10	36	6.0	90.0	96.0	90.0	51.0	90.0	141.0	90.0	0.0	0.0
*	1931	Sep.	7 5 34	35 39	139 54	70	30	89.0	39.0	269.0	51.0	269.0	6.0	89.0	84.0	359.0	90.0
*	1931	Sep.	21 11 20	36 6	139 12	15	46	80.0	90.0	170.0	90.0	125.0	90.0	35.0	90.0	0.0	0.0
*	1933	Apr.	2 18 52	36 18	140 24	65	14	21.0	19.0	257.0	79.0	64.0	58.0	275.0	37.0	164.0	75.0
*	1934	June	15 14 30	36 18	139 48	65	15	100.0	90.0	190.0	10.0	110.0	46.0	270.0	46.0	10.0	80.0
*	1934	Sep.	1 20 17	36 12	140 0	60	19	43.0	19.0	223.0	71.0	43.0	64.0	223.0	26.0	133.0	90.0
*	1935	Feb.	20 5 10	35 42	140 36	60	34	70.0	90.0	160.0	20.0	89.0	48.0	231.0	48.0	340.0	70.0
*	1935	July	31 17 12	36 12	140 12	60	15	51.0	36.0	231.0	54.0	51.0	81.0	231.0	9.0	321.0	90.0
*	1936	Sep.	30 12 44	35 54	140 6	50	14	131.9	35.0	296.4	56.0	122.7	79.4	267.4	12.9	31.4	32.7
*	1937	Jan.	23 17 58	36 6	140 0	50	11	60.0	30.0	189.0	70.0	26.0	68.0	157.0	31.0	287.0	69.0
*	1937	Mar.	28 6 10	35 33	139 43	35	18	51.0	50.0	231.0	40.0	231.0	85.0	51.0	5.0	321.0	90.0
*	1937	May	5 1 31	36 6	140 0	50	20	64.9	53.0	260.0	38.0	251.6	82.4	26.3	10.7	160.6	82.5
*	1938	Feb.	7 23 24	36 15	139 13	100	39	234.4	36.0	343.0	77.0	188.6	65.6	307.7	43.0	81.6	57.1
*	1938	June	6 1 31	35 55	140 18	65	25	0.0	90.0	89.9	18.0	17.2	47.7	162.6	47.7	270.0	72.0
*	1938	Aug.	13 11 58	36 18	139 54	50	13	80.9	54.0	260.9	36.0	260.9	81.0	89.9	9.0	350.9	90.0
*	1938	Aug.	21 7 25	35 36	140 12	70	16	90.0	40.0	270.0	50.0	90.0	85.0	270.0	5.0	0.0	90.0
*	1939	Mar.	10 3 12	36 9	139 51	60	16	41.0	42.0	236.0	49.0	49.0	87.0	294.0	8.0	139.0	82.0
*	1939	June	23 2 18	36 18	140 24	50	11	54.0	54.0	157.6	72.0	12.2	78.6	111.7	50.6	269.1	41.6
*	1940	July	15 0 31	36 6	140 0	50	22	52.0	30.0	232.0	60.0	52.0	75.0	232.0	15.0	322.0	90.0
*	1940	Aug.	15 23 54	36 12	139 54	50	11	24.0	10.0	204.0	80.0	24.0	55.0	204.0	35.0	294.0	90.0
*	1940	Aug.	25 19 32	36 0	140 6	60	18	85.9	36.0	265.9	54.0	85.9	81.0	265.9	9.0	355.9	90.0

関東地方の地震の発震機構と地質構造ならびに造構運動との関係 (鈴木・小玉・田村・石橋・片野)

(第1表つづき)

	Data and Time			Epicenter			Sta. num.	Plane A		Plane B		Max. Pre.		Max. Ten.		Null Vec.			
	d	h	m	N	E	Dep.		Dip dir	Dip	Dip dir	Dip	Dir	Inc	Dir	Inc	Dir	Inc		
	1940	Sep.	17	13	31	36° 18'	140° 6'	50 km	13	70.9	36.0	250.9	54.0	70.9	81.0	250.9	9.0	340.9	90.0
*	1944	June	16	16	17	35 48	140 24	40	32	49.0	59.0	271.0	39.0	247.0	79.0	2.0	24.0	152.0	69.0
*	1947	May	21	4	55	36 12	140 18	50	13	51.0	9.0	231.0	81.0	51.0	54.0	231.0	36.0	141.0	90.0
*	1950	Sep.	10	12	21	35 18	140 30	40	36	110.0	59.0	349.0	49.0	317.0	84.0	56.0	34.0	223.0	57.0
*	1951	Jan.	9	3	32	35 24	140 6	50	48	42.0	39.0	222.0	51.0	222.0	6.0	42.0	84.0	312.0	90.0
*	1951	Mar.	9	16	11	35 30	140 12	50	16	160.0	20.0	279.0	80.0	114.0	57.0	259.0	38.0	12.0	73.0
*	1951	Oct.	9	12	27	36 12	140 18	60	14	39.0	11.0	219.0	79.0	39.0	56.0	219.0	34.0	129.0	90.0
*	1952	May	8	9	58	35 27	140 9	60	24	45.0	50.0	225.0	40.0	45.0	5.0	225.0	85.0	315.0	90.0
*	1953	May	21	8	6	36 12	139 54	60	15	221.0	69.0	355.0	29.0	26.0	69.0	251.0	29.0	124.0	71.0
*	1953	July	10	4	21	35 42	140 48	30	20	17.0	90.0	107.0	90.0	62.0	90.0	159.0	90.0	0.0	0.0
*	1953	July	28	0	11	35 18	140 24	50	12	39.0	89.0	306.0	19.0	21.0	47.0	237.0	49.0	129.0	71.0
*	1953	Dec.	25	20	26	36 12	139 48	60	12	90.0	10.0	270.0	80.0	90.0	55.0	270.0	35.0	0.0	90.0
*	1954	Jan.	17	20	46	36 6	140 6	70	26	82.0	20.0	262.0	70.0	82.0	65.0	262.0	25.0	352.0	90.0
	1955	Jan.	17	0	0	35 30	140 24	80	9	178.4	36.0	343.0	55.0	169.4	80.4	311.3	12.1	78.2	82.7
	1955	Jan.	17	2	21	35 30	140 24	80	24	0.0	72.0	96.0	72.0	48.0	64.1	318.0	90.0	228.0	25.7
*	1955	Mar.	19	17	16	36 12	139 48	50	11	31.9	35.0	212.0	55.0	32.0	80.0	212.2	10.0	122.0	90.0
*	1955	July	24	20	2	35 42	140 42	70	48	59.0	9.0	239.0	81.0	59.0	54.0	239.0	36.0	149.0	90.0
*	1955	Dec.	18	14	33	36 12	139 48	50	16	140.0	20.0	259.0	80.0	94.0	57.0	239.0	38.0	352.0	73.0
	1956	June	5	19	56	36 6	139 42	90	11	85.9	35.0	266.0	55.0	86.0	80.0	266.2	10.0	176.0	90.0
	1956	Sep.	29	23	20	35 30	140 12	70	44	85.9	35.0	266.0	55.0	86.0	80.0	266.2	10.0	176.0	90.0
*	1956	Sep.	30	8	20	35 30	140 12	70	54	90.0	30.0	270.0	60.0	90.0	75.0	270.0	15.0	360.0	90.0
	1956	Dec.	18	21	12	35 36	139 12	120	35	87.9	37.0	357.9	90.0	147.0	56.0	28.0	56.0	267.9	53.0
	1958	Aug.	28	4	5	36 0	139 54	50	16	43.9	35.0	224.0	55.0	44.0	80.0	224.2	10.0	134.0	90.0
	1959	Mar.	24	20	43	36 30	140 24	50	6	61.9	71.0	242.1	19.0	242.0	64.0	61.8	26.0	151.9	89.9
	1959	Mar.	25	6	42	36 12	140 0	50	10	68.9	71.0	309.5	35.0	31.9	36.0	271.1	69.6	169.5	61.8
	1959	Sep.	8	10	3	36 24	140 42	50	27	77.9	36.0	342.5	55.0	68.9	80.4	210.8	12.1	337.7	82.7
*	1960	Jan.	14	19	25	36 0	140 6	80	58	106.0	20.0	286.0	70.0	106.0	65.0	286.0	25.0	15.0	90.0
*	1960	Feb.	1	11	41	35 18	140 12	80	18	106.0	29.0	286.0	61.0	286.0	16.0	106.0	74.0	196.0	90.0
*	1960	Feb.	11	12	15	35 42	140 0	60	14	30.0	60.0	131.0	70.0	84.0	54.0	349.0	84.0	251.0	37.0
*	1960	Feb.	23	18	23	35 36	140 6	80	14	105.0	29.0	285.0	61.0	105.0	74.0	285.0	16.0	195.0	90.0

(第1表つづき)

	Data and Time			Epicenter			Sta. num.	Plane A		Plane B		Max. Pre.		Max. Ten.		Null Vec.			
	d	h	m	N	E	Dep.		Dip dir	Dip	Dip dir	Dip	Dir	Inc	Dir	Inc	Dir	Inc		
*	1960	June	21	7	56	36° 18'	140° 6'	60	15	206.0	71.0	26.0	19.0	26.0	64.0	206.0	26.0	116.0	90.0
*	1961	Feb.	26	0	23	36 8	139 54	60	14	140.0	40.0	273.0	60.0	113.0	79.0	226.0	27.0	18.0	66.0
	1961	June	23	20	5	35 43	140 9	80	18	118.9	36.0	278.5	55.0	104.9	80.4	246.8	12.1	13.7	82.7
	1961	June	28	1	18	35 41	140 10	80	13	60.9	35.0	317.9	81.0	111.3	62.1	351.0	46.4	221.9	56.5
	1961	July	9	1	16	36 7	139 54	60	10	64.9	89.0	331.9	18.0	47.5	46.8	261.8	48.7	155.2	72.0
	1961	Sep.	14	8	17	36 8	140 7	60	10	63.9	35.0	332.5	89.0	123.0	55.5	2.7	53.7	241.8	55.0
*	1962	Feb.	6	7	55	35 52	139 17	120	96	9.0	30.0	189.0	60.0	9.0	75.0	189.0	15.0	99.0	90.0
*	1962	Apr.	23	12	54	36 13	139 48	60	23	55.0	89.0	320.0	12.0	43.0	45.0	247.0	47.0	247.0	47.0
*	1962	Sep.	24	18	23	35 27	139 50	60	10	40.0	60.0	220.0	30.0	40.0	15.0	220.0	75.0	310.0	90.0
*	1962	N. v.	9	18	21	35 55	140 28	40	23	92.0	20.0	272.0	70.0	92.0	65.0	272.0	25.0	2.0	90.0
*	1963	Aug.	4	20	43	35 26	140 21	40	33	12.0	20.0	250.0	79.0	56.0	58.0	270.0	37.0	156.0	74.0
*	1963	Dec.	24	21	55	36 5	140 0	60	35	72.0	10.0	252.0	80.0	72.0	55.0	252.0	35.0	342.0	90.0
*	1964	Apr.	17	11	58	36 27	140 40	40	24	23.0	59.0	219.0	32.0	209.0	76.0	0.0	16.0	117.0	83.0
	1964	July	1	16	16	35 14	139 54	100	15	85.9	54.0	265.9	36.0	265.9	81.0	85.9	9.0	355.9	90.0
	1964	N. v.	12	22	57	36 37	139 13	0	20	66.9	36.0	246.9	54.0	66.9	81.0	246.9	9.0	336.9	90.0
	1964	N. v.	15	9	55	36 7	139 39	60	20	48.9	89.0	316.0	19.0	30.6	47.1	246.6	49.0	139.2	71.0
	1964	N. v.	16	8	28	36 33	139 14	20	12	31.9	89.0	301.4	63.0	253.4	72.0	350.0	70.5	123.9	27.0
	1964	N. v.	21	1	34	35 58	139 20	60	20	64.9	71.0	324.4	62.0	17.0	55.8	283.0	84.2	184.6	34.8
	1965	Jan.	27	8	47	36 1	139 46	80	32	240.0	72.0	144.0	72.0	282.0	90.0	192.0	64.1	12.0	25.9
*	1965	Apr.	6	14	32	36 3	139 55	60	46	232.0	82.0	351.0	16.0	40.0	55.0	247.0	39.0	140.0	76.0
	1965	May	31	17	38	35 48	139 52	120	34	53.9	73.0	298.1	35.1	17.7	38.2	257.1	68.1	153.9	60.4
	1965	July	4	0	24	35 14	140 0	100	21	36.0	54.0	126.0	90.0	345.0	65.0	88.0	66.0	216.0	36.0
	1965	July	12	1	15	36 11	140 4	60	10	64.9	89.0	331.9	18.0	47.5	46.8	261.8	48.7	155.2	70.0
*	1966	Apr.	29	11	25	36 40	140 15	80	16	59.0	70.0	308.0	46.0	268.0	76.0	15.0	43.0	166.0	51.0
	1966	July	14	15	18	35 13	140 23	40	14	90.0	90.0	179.9	18.0	107.2	47.7	252.6	47.7	0.0	72.0
	1967	Mar.	2	11	17	35 32	140 7	80	22	10.9	35.0	251.5	71.0	49.3	69.6	288.5	36.0	150.9	60.8
	1967	Mar.	19	2	49	36 16	140 4	80	40	269.6	89.0	1.0	36.0	59.6	56.0	300.4	54.2	178.9	54.0
*	1967	Mar.	21	6	54	36 9	139 50	50	30	4.0	50.0	232.0	52.0	29.0	89.0	297.0	27.0	119.0	63.0
	1967	May	22	11	42	35 51	139 29	70	24	189.3	55.0	343.0	38.0	358.0	81.3	234.9	15.7	90.1	71.1
	1967	Aug.	3	21	12	36 4	139 56	50	10	69.9	89.0	338.5	35.0	39.7	53.7	279.4	55.5	160.6	55.0

関東地方の地震の発震機構と地質構造ならびに造構運動との関係 (鈴木・小玉・田村・石橋・片野)

(第1表つづき)

Data and Time				Epicenter			Sta. num.	Plane A		Plane B		Max. Pre.		Max. Ten.		Null Vec.		
d	h	m		N	E	Dep.		Dip dir	Dip	Dip dir	Dip	Dir	Inc	Dir	Inc	Dir	Inc	
1967	Aug.	19	22	38	36° 17'	140° 18'	100	21	54.9	73.0	234.8	17.0	54.9	28.0	234.9	62.0	324.9	90.0
1967	Sep.	15	9	28	35 36	140 55	40	24	179.3	38.0	344.0	53.0	170.7	82.0	305.6	10.7	79.7	82.5
1967	Sep.	20	9	32	35 56	140 12	80	20	71.9	36.0	251.9	54.0	71.9	81.0	251.9	9.0	341.9	90.0
1967	N. v.	10	3	19	35 30	140 13	80	29	12.9	35.0	260.5	75.0	56.4	66.7	295.9	40.3	161.3	59.2
1967	N. v.	19	5	42	36 6	139 54	40	11	72.9	89.0	339.7	17.0	56.4	46.5	268.9	48.4	163.2	73.0
1968	Mar.	6	9	12	36 3	139 55	50	22	54.9	89.0	321.7	17.0	38.4	46.5	250.9	48.4	145.2	73.0
1968	Mar.	7	11	54	35 32	140 8	50	25	70.9	58.0	328.5	71.0	112.2	81.7	15.8	52.8	212.8	38.5
1968	July	1	19	45	35 59	139 26	50	51	10.9	36.0	190.9	54.0	10.9	81.0	190.9	9.0	280.9	90.0
1968	Oct.	8	9	50	35 31	140 9	70	19	84.9	53.0	320.4	53.0	112.6	90.0	22.7	31.7	202.7	58.3
1969	Apr.	9	21	57	36 47	139 46	100	31	7.9	57.0	271.4	80.0	314.5	59.5	53.7	74.8	166.7	34.9
1970	Feb.	17	15	24	36 12	139 18	80	13	49.9	72.0	230.1	18.0	49.8	27.0	229.9	63.0	139.9	89.9
1970	Oct.	30	8	14	36 0	139 56	80	17	7.0	38.0	171.6	53.0	358.3	82.4	133.0	10.7	267.3	82.5
1974	Mar.	3	13	50	35 43	140 53	60	27	17.9	53.0	253.4	53.0	45.7	90.0	315.6	31.7	135.6	58.3
1974	Apr.	5	4	33	35 58	140 9	70	11	144.0	54.0	247.6	72.0	102.2	78.6	201.7	50.6	359.1	41.6
1975	Mar.	11	17	57	36 31	139 43	130	13	268.0	89.0	358.0	90.0	314.0	89.0	223.0	89.0	88.0	1.0