

関東地方周辺のプレートシステム

伊藤谷生＝東京大学理学部 千葉達朗＝日本大学大学院

① 3つのプレートが攻めあう関東地方

関東地方の周辺には、太平洋プレート、ユーラシアプレート、そしてフィリピン海プレートという3つのプレートが配置されている（図1）。太平洋プレートは、ユーラシアプレートに対して西北西の方向に平均的10 cm/年の速度で運動しながら、ユーラシア及びフィリピン海プレートの下にもぐりこんでいる。一方、フィリピン海プレートは、ユーラシアプレートに対して北西の方向に平均約3 cm/年の速度で運動しながら、ユーラシアプレートの下にもぐりこんでいる（SENO, 1977）。こうして関東平野とその周辺地域においては、ユーラシアプレートの下にフィリピン海プレートがもぐりこみ、さらにその下に太平洋プレートがもぐりこんでいることになる。まさに関東地方では、3つのプレートが立体的・重層的に攻めあっているのである。

② 関東地方下におけるフィリピン海プレートの形状

太平洋プレートが、千島―日本―伊豆・マリアナ海溝にそって、ユーラシア及びフィリピン海プレートの下にもぐりこんでいる様子を、震源分布の立体視によってみごとに示したのは吉井（1978）である（図2）。その後、関東地方の微小地震（中・小地震を含む）の震源データが次々に発表されるに伴って、関東地方下の活発な地震活動がフィリピン海プレートのもぐりこみ

と関連したものであるということが指摘されるようになった（例えば、笠原，1980；島崎ら，1981；牧，1981）。

図3及び図4は、そうした指摘の根拠の1つとなった関東地方下の立体視用震源分布図である。まず深度100 km以浅の震源のみをプロットした図3を立体視してみよう。相模トラフから甲府南東方にいたる走向およそN40°Wの線から北東側へ傾斜するきれいな震源面（便宜上A面としておく）が存在するのがわかる（注1）。このA面は、房総半島南方下から東京西方下までは明瞭であるが（注2）、それより北および北東へむかうと不明瞭となる。一方、相模トラフから甲府南東方を結ぶ線より南西側へ、このA面を追うことはむづかしい。ただし、伊豆半島西部より北西方向へ傾く面が存在するようにも見えるが、これについては不確定の要素が強い。

次に全深度の震源についてプロットした図4を立体視してみる。そうすると図3でみられたA面の下に、ほぼ南北の走向をもち西に傾斜する別の面（便宜上B面とする）が存在することがわかる。そして、A面の下方とB面は房総半島南方から南部をへて、その北西方までの間で接触しているようにみえる。この関係を明瞭に示しているのが、震源断面図（図5）である。このB面が、太平洋プレートの上面位置を示している。

一方、A面が北西進するフィリピン海プレート

注1＝相模トラフの陸上延長部と甲府南東方との間には、地震のまばらな地域があるようにもみられる。

注2＝ただし房総半島南方下から東京西方下に至る線付近では深度の異なる地震が密集しているようにみられる。

の上面位置を示す可能性が高い。実際、このように仮定すると関東地方の地震活動及び発震機構が合理的に説明できる（笠原，1980；島崎ら，1981；牧，1981，など）。以上のことから考えて、フィリピン海プレートが関東地方の下にかなりもぐりこんでいることは確かなようである。では、もぐりこむフィリピン海プレートの形状はどうなっているか、中村・島崎（1981）は、図3及び図4等のデータを用いて図6のようなプレート上面の等深線を示している。しかし、一義的にそのようにいえるわけではない。第1の問題点は、埼玉県東部から茨城県付近におけるフィリピン海プレートの形状である。中村・島崎（1981）は、太平洋プレートと接触あるいは衝突したフィリピン海プレートが東へおしあげられて、ユーラシアプレートと太平洋プレートの上にサンドイッチのようにはさまれていると主張している。これに対し、牧（1981）は、フィリピン海プレートが太平洋プレートと接触していることは同じく指摘しながらも、東へのおしあげとサンドイッチ状のはさみこみは否定している。これについては、いずれが正しいか、未解決のままであるが、両プレートの接触位置が、前章（補章1）で指摘されている“鉤の手型”の新第三系基底最深部の位置とほぼ一致することは興味深い。関東堆積盆地の成因とあわせて、今後の大きな検討課題となろう。

第2の問題点は、関東地方西部から東海地方に

図1 関東地方周辺のプレート境界

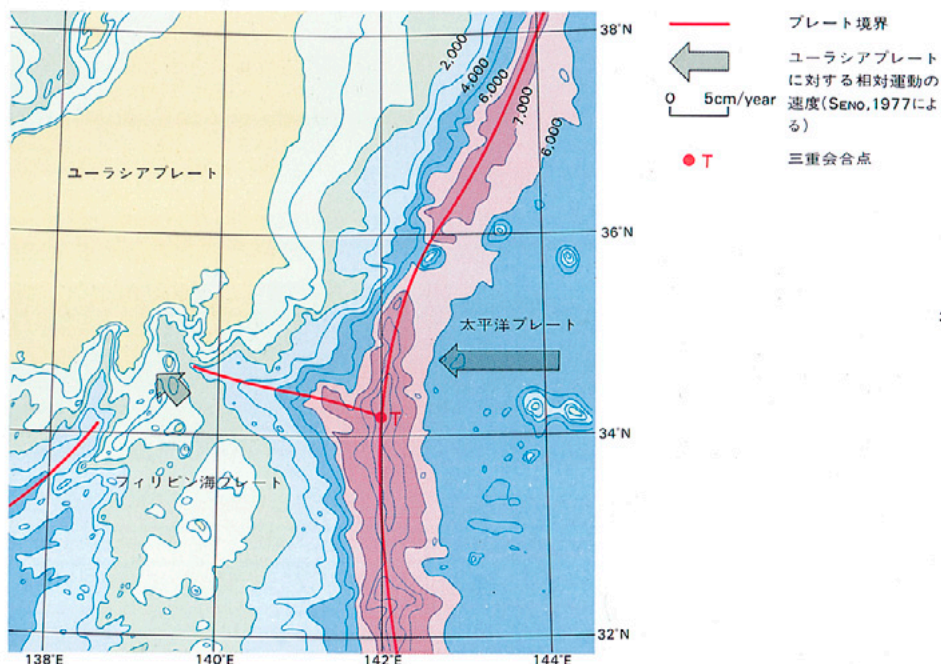


図6 中村・島崎（1981）によるフィリピン海プレート上面と太平洋プレート上面の等深線

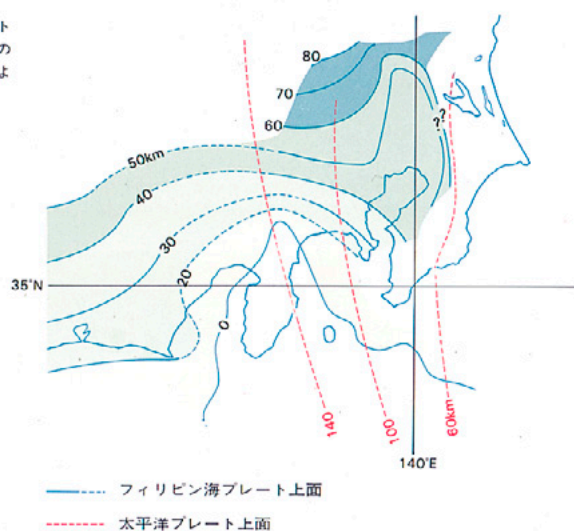


図2・図3・図4を立体視する方法

53P の 3 枚の図は、それぞれ 55P の 3 枚の図と並べ、立体視して下さい。立体視する方法は、裸眼により立体視の練習をすればできます。53P を左へずらして、53P と 55P の図を 2 枚並べ、眼にあわせて、図への距離や角度を調節しながら、2 枚の図の地形線が 1 本に見えるようにすれば立体視できます。なお、航空写真などをみる実体鏡（ステレオビュー）を使えば簡単に立体視できます。

かけてのフィリピン海プレートの形状である。中村・島崎（1981）が図6で主張するように、プレート上面が、伊豆半島北方～山梨県付近をまわって東海地方に接続するとはにはわかに断定できない。実は、これは、この10年間論争されてきたフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界問題にもつながる大問題なのである。このことについては、次の節で検討しよう。

③フィリピン海プレート北端部の境界問題

《境界問題をめぐる議論》

プレートテクトニクスは、準剛体とみなされるプレートどうしの地球規模での運動を論じたものである。従って、プレート間の運動が集中するプレート境界の性質や位置は、プレートテクトニクスにとって本質的な問題である。同時に、プレート境界近傍においては、実際に地殻の変形が集中するので、構造地質学的見地からもプレート境界の性質や位置は極めて重要な問題となっている。ここに、この10年間、フィリピン海プレート北端部の境界問題への関心が集中した根拠の1つがある。まず、境界問題をめぐるこの間の議論をふりかえってみよう。

最初にフィリピン海プレート北端部の境界問題についてのモデルを提出したのは杉村（1972）である（図7a）。彼によれば、両者の境界は、南海トラフ～駿河トラフから伊豆半島のつけ根に上陸し、神縄断層をへて、相模湾断層（国府津～松田断層を相模トラフ中軸部に延長した断層）に至るという。この境界にそって、フィリ

ピン海プレートはユーラシアプレートの下にもぐりこむが、北端部に位置する伊豆半島のつけ根では両プレートは衝突しているとした。この杉村モデルの提出と相前後し、それを支持するものとしてANDO（1971，1974）により1923年の関東地震のモデルが示された。安藤は、関東地震に伴う地殻変動のデータ（MUTO，1932）をもとに、くいちがい弾性論から、関東地震は相模湾断層の右横すべり逆断層運動によるものとした。

この杉村モデルは、1970年代の後半になると、地震学及び地質学の両面から批判されることになる。まず、杉村モデルを支えている安藤の関東地震モデルについて疑問を提出したのが石橋（1977）である。石橋は、関東地震の際の海岸隆起が相模湾南西岸にも及んでいることに注目し、相模湾断層の右横すべり逆断層運動だけでなく、伊豆東方線（岡山，1968）の一部をなす西相模湾断層の左横すべり逆断層運動の存在も指摘した。この石橋モデルは、関東地震にともなう二等三角点の変位を詳しく再解析した国土地理院の結果（図8）によっても支持されている。すなわち、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をむいており、単純に相模湾断層の運動だけでは説明がつかない。これらの結果を踏まえて、藤井（1979）は、石橋（1977）の提案をうけ入

図2—日本及びその周辺地域の震源分布の表示
1964—1974年。ただし震源の深さが70km以浅で・マグニチュードが5以下のものを除く。＜吉井(1978)による＞

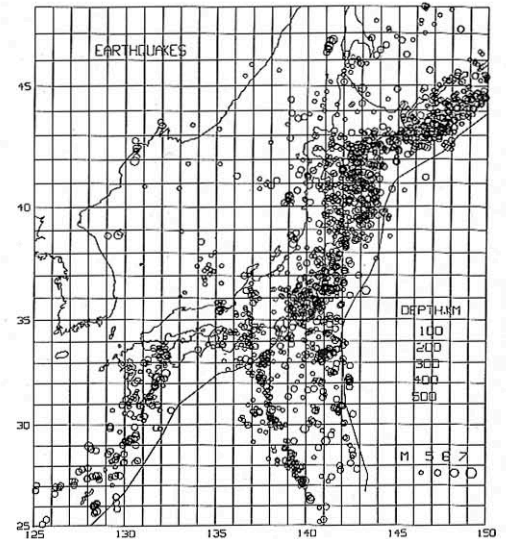


図3—関東地方下の震源分布<100km以浅>の立体表示
東大地震研究所の5点以上の観測点によって震源が決定された1977～1980年の地震のうち震源の深さが100km以浅のものをプロット。＜島崎・吉井・中村の報告（1981）による＞

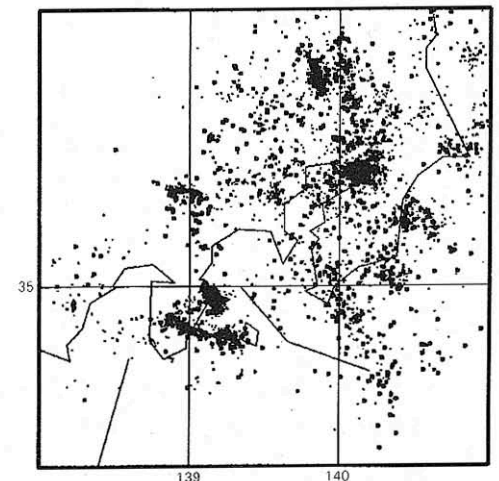


図4—関東地方下の震源分布<全深度>の立体表示
図3と同期間同じ方法による震源分布の全深度をプロット。＜島崎・吉井・中村の報告（1981）による＞

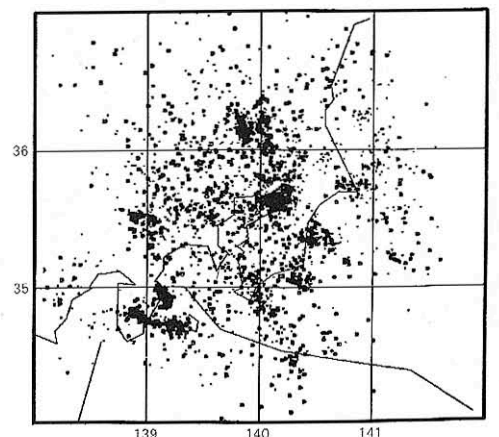
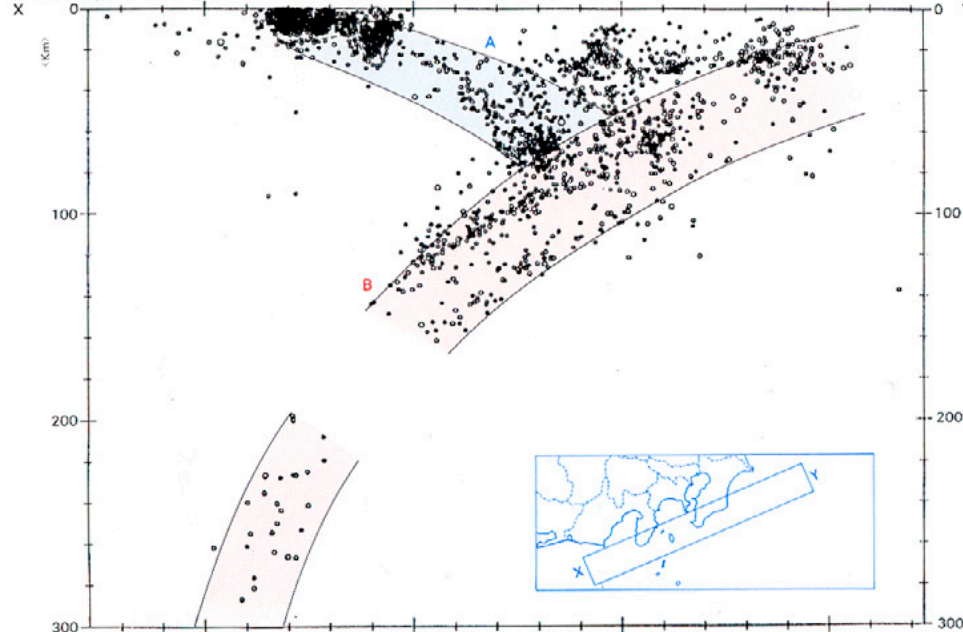


図5—伊豆半島西方から房総半島東方にかけての震源断面図

＜1971年6月1日～1980年5月31日。地震総数2646。マグニチュード2.0～7.5＞



東大地震研究所堂平微小地震観測所・地震活動研究部門地震予知移動観測室(1981)による

れつつ杉村モデルとは異なるプレートシステムのモデルを提出した(図7b)。藤井によれば、杉村モデルで示された駿河トラフ中軸部から伊豆半島北端部の境界は死滅しつつあり、代って伊豆東方線がフィリピン海プレートの収束の一部をうけもちつつある、ということになる。

一方、杉村モデルによってプレート境界とされた神縄断層及びその周辺地域についての構造地質学的調査が、1970年代後半以降積極的にすすめられてきた。その最初の成果は、まず佐藤(1976)が、東西性の衝上断層としての神縄断層が、松田町北方で北西―南東方向の中津川右横すべり断層系によって切られていることを見出したことである。そして星野ら(1977)の研究をへて、同じく東西性の神縄断層が、駿河小山の北東方において、北東―南西の塩沢断層系(左横すべり)によって切られることを示した狩野ら(1978)の成果へと発展していった。こうして、1970年代のはじめまでひとつづきの衝上断層と思われてきた神縄断層は、東西の走向をもち北側が南側に衝上する神縄衝上断層と、それを東部で北西―南東方向に右ずれ変位させる中津川断層系、西部で北東―南西方向に左ずれ変位させる塩沢断層系によって構成される複合断層系(=神縄断層系)であることが明らかとなったのである(狩野ら、1980)。

これらに対して、杉村モデル提出後の諸データを総括し、杉村モデルを緻密化したものが中村

・島崎モデル(1981)である。中村(1979)はまず、伊豆半島及びその南方地域での地震の発震機構が、相模及び駿河トラフにもぐり込むために生ずるフィリピン海プレートの曲がりや北端部での衝突によって合理的に説明できるとした。このプレートの曲がりや、杉村モデルを支持するものであるとし、先述の石橋・藤井らの杉村モデル批判に対しては、次のような理由からそれを退けた。すなわち、西相模湾断層は、ユーラシアプレートに衝突するフィリピン海プレート北端部とその下にもぐりこむ北東部の落差に起因するプレート内断層であるというのである。さらに中村・島崎(1981)は、プレート境界に関する概念を整理し、それを力学境界と物質境界に分けた。その例として、杉村モデルでプレート境界とされた神縄断層―国府津・松田断層は力学境界であり、物質境界はそれより海側、すなわち駿河小山付近から酒匂川を下り、足柄平野に抜ける地域に物質境界が走ることがあげられている。

これらのモデルとは全く異なるプレートシステムを提示しているのが恒石(1981)である(図7c)。彼は、神縄断層系に関する狩野ら(1978)の研究結果と、伊豆半島の湯ヶ島層群と伊豆半島地方の御坂層群は同一であるという見地から、プレート境界が伊豆半島のつけ根をとるという杉村モデルを退けた。伊豆東方線を力学的なプレート境界とみる藤井モデルについては、

1978年伊豆大島近海地震が伊豆東方線を横切る右横すべり断層運動として発生したこと、1980年川奈崎沖地震の断層運動の走向は伊豆東方線とは一致するがセンスが左横すべりであること、などから否定した。こうして、伊豆東方線はすでもぐりこみをやめたプレート境界であり、フィリピン海プレートの北西進運動は、駿河湾―富士川断層の左横すべり運動として表現されているという。

以上のべたように、フィリピン海プレート北端部の境界については、大別して3つのモデル――杉村モデル(及び中村・島崎モデル)、藤井モデル、恒石モデル――が提示されているが、いずれも決定的証拠に乏しい。海上保安庁水路部等による海底音波探査結果が最近次々と発表されているが、それらのデータもこれらのモデルの当否を一義的に決定できるものではない。

《議論の総括と境界問題の本質》

杉村モデル以来の議論をやや詳しくふりかえったのは、プレートテクトニクスと構造発達史をつなぐうえで極めて重要な境界問題についてのいくつかの本質的なことがらが含まれているからである。その第1は、プレートテクトニクスから要請されるプレート境界は、地質構造の要素である断層と一対一に対応するものではないということである。両者は、対象としている空間的なスケールが異なっている。例えば、杉村モデルでは《プレート境界=神縄断層》という

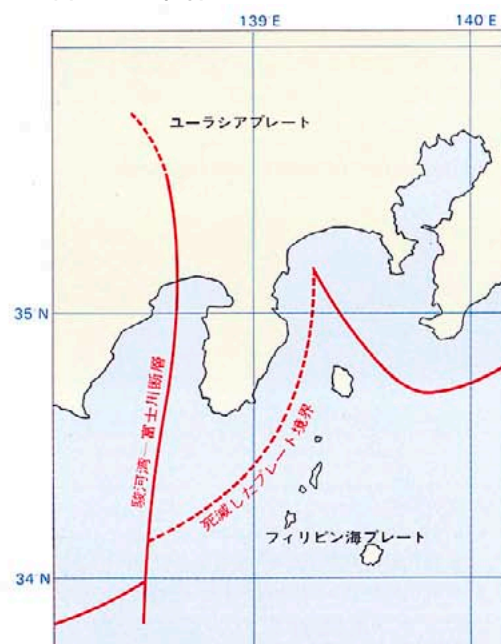
図7・a―杉村モデル<注1>



図7・b―藤井モデル



図7・c―恒石モデル



注1=中村・島崎(1981)における物質境界としてのプレート境界もほぼ同じ。

図3・図4は、東京大学地震研究所・吉井敏助教授、中村一明助教授、島崎邦彦助教授の未公表資料によって、資料の公表を快諾された3氏に深く感謝する。また本章の作成においては、地質調査所海洋地質部・

中村光一氏との討議から様々な示唆を受けた。特に記して感謝の意を表する（伊藤）。

ようにとらえられていたが、その後の研究成果をふまえて、中村・島崎モデルでは、力学境界を構成する断層群の1つとして神縄断層があげられるようになってきた。この力学境界は、中村・島崎（1981）がプレート境界の概念を整理した際、採用した考え方で、2つのプレート間の変形が集中する領域という意味に用いられている。彼らによれば、地表付近の問題を大縮尺で扱うためには、この力学境界と2つのプレートの物質境界を区分して考えねばならない。今後、地球スケールでのプレートテクトニクスから要請されるプレート境界の構造地質学的実体を明らかにすることが求められている。

第2に、プレート境界の位置が時間軸に対して安定かどうかを検討する必要がある。藤井モデル及び恒石モデルは、現在の位置を固定してとらえていない。両モデルとも、現在が新しい境界への移行過程にあることを示唆している。これに対して、杉村モデルにおいても、中村・島崎モデルにおいても、プレート境界の位置の変遷については言及されていない。しかしながら、杉村及び中村・島崎モデルを支えている、「フィリピン海プレートが、その北端部＝伊豆半島のつけ根で衝突している」という見方自身は、現在の状況がフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に全面的にもぐりこむ状況への移行過程を示しているという考えにもつながりうる。もしそうであるならば、中村・島崎モデ

ルにおける境界の位置は、不安定であっても不思議ではない。いずれにせよ、境界を安定したものととらえず境界自身の歴史を明らかにする作業が必要であろう。

第3に、第2のこととも関連してユーラシアプレートに対するフィリピン海プレートの運動方向の変遷を吟味する必要がある。少なくとも中期更新世以降、丹沢山地南部～大磯丘陵地域付近の応力配置は、殆んど南北水平圧縮を示してきたことが既に知られている（上杉ほか、1981）。これに対し、現在のフィリピン海プレートの運動方向及びここ100年間の水平歪の解析結果から期待される同地域の最大圧縮主応力軸は、北西－南東方向であり、明らかに有意の差を示している。フィリピン海プレートの運動方向が、最終氷期以降のある時期に北から北西へドラスティックに転換したのか、プレートの運動方向自身がこの程度はジグザグに揺れるのか、あるいはまたもぐりこむプレートの運動方向ともぐりこまれるプレート内での最大圧縮応力軸の方向にはこの程度のずれが生じうるのか、検討されねばならない。

これらの諸点を検討してはじめて、プレートテクトニクスと構造発達史を具体的につなぐ作業にとりかかることができるのである。

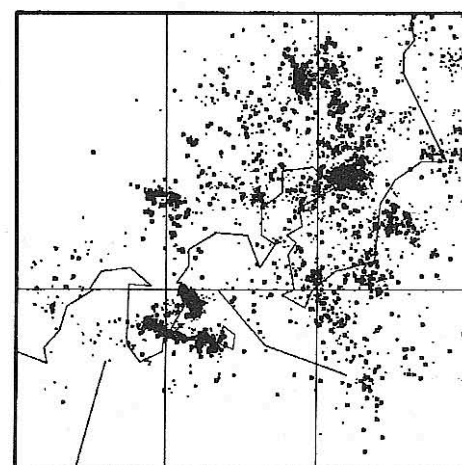
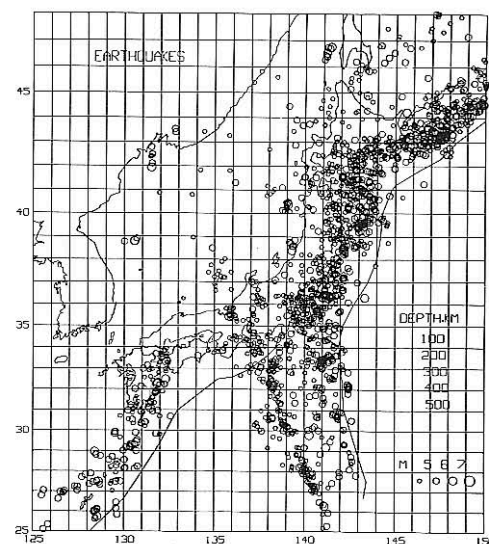


図8—1923年関東地震に伴う2等3角点の水平変位ベクトル

