

## 6. 紀伊半島の局地地震 (第4報)

——臨時観測網による震源位置の決定——

地震研究所 宮村 攝三

(昭和34年3月24日発表——昭和34年12月28日受理)

1952~1956年4回にわたり実施した和歌山附近における臨時地震観測の験測結果を整理し、震源位置の決定をおこなつた。まず、もつとも多数の明確な  $p$ ,  $s$  着震時のえられた1956年の資料について、ことなれる型式の地震計をもつ観測点グループの資料を混用するときは、多数の資料の最小自乗法的処理によつても、 $p$ ,  $s$  の着震時刻では合理的な結果がえられない。しかし、初期微動時間  $s-p$  ではおおむね適当な結果がえられる。そこで、つぎには資料の統一性をたもつため、主として石本式加速度計のみによる観測結果をもちい、すべての観測点のくみあわせについて  $s-p$  法で震源決定をおこなつた。そして、これらの結果の精度を検討し、個々の誤差を計算し、その誤差を考慮した平均値をもとめた。

えられた震源は北部の長瀬変成帯地域ではほぼ10km以浅に分布し、深度2~3km程度の極浅発のものもあるが、南部の非変成秩父帯および四万十帯地域では震源はふかき10~30kmに分布し、北部にあるような極浅発のものはほとんどないらしいことが推定された。

### 1. 序 言

すでにのべたように<sup>1)</sup>、1952~1956年4回にわたり和歌山附近に頻発する局地地震研究のために臨時的精密観測をおこなつた。大地震にともなう余震群の観測をはじめ、和歌山、伊東の群発地震など局地地震の震央地域における観測的研究は那須信治<sup>2)</sup>の丹後地震余震(1927)の観測以来しばしばおこなわれており、種々の興味ある事実が報告されている。これらの局地地震はその震源深度からかんがえて、地質学の対象となる地殻部分に生じているので、地質学からえられた知識との関連において考察するのもつとも適当な地震活動であるとおもわれる。和歌山附近の地震群はかつて昭和初年の活動期に南海道地震との関連をかんがえて今村明恒<sup>3)</sup>らにより研究されたが、筆者はさらにまた西南日本

1) S. MIYAMURA, "Local Earthquakes in Kii Peninsula, Central Japan, Part 3," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **37** (1959), 609-635.

2) N. NASU, "On the Aftershocks of the Tango Earthquake," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **6** (1929), 245-331; **7** (1929), 133-152; **13** (1935), 335-399.

3) A. IMAMURA, T. KODAIRA and H. IMAMURA, "The Earthquake Swarms of Nagusa and Vicinity," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **10** (1932), 636-648.

外帯に中央構造帯にそつて大井川上流、渥美湾附近、和歌山附近、剣山附近、大分県南部、熊本県、長崎県南部等点々と局地地震の活動が推定されることにも興味をもち、まづ紀伊半島の局地地震の地質学的意味を検討することに着手した。

局地地震の地質学的意義を検討するには、その震源位置を地質構造の単位と同程度の精度で決定することが必要である。そのために上述の臨時観測をおこなつたのであるが、もちろん震源位置の精密な決定には地震波速度についてのくわしい地下構造があらかじめ知られていなければならない。地震観測網の設置された地域の人工地震による地下構造調査をおこなつて、それによりえられた構造にもとづく走時図を利用し、震源決定をおこなう方法は、もつとも理想的であるが、これはソ連において、トルクメンその他で若干実施されているだけである。われわれは自然地震の観測から地殻構造も同時にきめてゆかなくてはならない。現在、南アフリカ、タジックその他中央アジア各地および南カリフォルニアにおいては数百軒のひろがりに、非常に精密な常設観測網ができているが、わがくにの常設観測網は現在それらにくらべその感度と刻時の両面から不充分であり、紀伊半島における局地小地震の観測などにはあまり利用できない。われわれの和歌山附近における臨時観測では、前報告<sup>1)</sup>でのべたように、同一標準時計による共通の分秒刻時を直接記象上に記入、記録紙速度も 4 mm/sec にして、常設観測網はもちろん、従来わがくにの余震観測等でころみられたいかなる臨時的地震観測にくらべても、格段に精度のたかい観測をおこなつたので、南アフリカその他の一流の観測網に比肩しうる観測を、臨時的にはあるが、実現することができた。わがくには、従来、余震観測結果等の解析において、刻時の不備や、記録装置の故障、停電等により、各観測点で記録された地震の対応に、疑義をうむような事態に遭遇することがままあつた。特に計算または作図によつて適当な震央がもとめられなかつたり、震源深度が虚になつたりしたばあい、これが対応のまちがえによるとされることはしばしばあつた。事実、余震のような極浅発地震では、震央距離による波動勢力の減衰は非常にいちぢるしいものであり、そのような地震が観測網内の各地で頻発しているばあい、対応の疑義ということはきわめておこりうることなのである。もちろん適当な震源がもとめられない理由は、けしてこれだけではなく、むしろおおくは位相同定のまちがえ、つまりちがつた種類の位相をとつてこれを同一の信号として計算したこと、あるいは解析の基礎となつた媒質の均一性の仮定の成立しないこと、等々によることがおおいものとかんがえられる。ただ、地震の対応ということも、しばしば解析にあたつて、困難な問題とされていたことも事実である。われわれの観測ではくりかえしのべたように同一標準時計による分秒刻時を地震と一緒に直接記録して各点の着震時をきめているので、このような疑義はまず生ずる心配がない。位相同定さえちがわなければ、 $\pm 1/50$  sec の精度が確保されていることもすでにのべたとおりである。一方、観測点の位置についての精度も、従来ほとんど考慮されていなかつた点をあらため、簡簡な測量をおこなつて  $\pm 10$  m 程度にまで観測点の坐標を決定したことも、あたらしいことである。

本稿ではこのようなたかい観測精度のもとにえられた各点の地震記象を驗測し、震源坐標と震源発震時刻,\* 地震波速度をもとめ、それらの精度を検討し、震源分布、地震波速度等の地質構造との関連を考察した。

\* 発震機巧に関連する諸量を動力学的震源要素とよぶのに対し、これらは運動学的震源要素とよぶことができる。

## 2. 着震時による震源位置の決定

2.1 観測点  $S_i$  に地震波動の特定位相の到達した時刻 (着震時  $t_i$ ) を利用して、震源  $O$  の位置  $(x_0, y_0, z_0)$  と震源における発震時刻 (震源時  $t_0$ ) とをもとめることは、驗震業務として一般におこなわれている。既存の標準的走時表を利用するのが普通であるが、個々の地震について位相の伝播速度をも未知数としてもとめることもある。いずれにしても、一般の近地震の解析では、かなりひろい範囲の観測点の資料をあつかうので、ほぼ  $\pm 0.1$  sec の時刻精度で充分であるとされている。ところが非常に局地的な地震で、ごくせまい範囲でのみ観測がおこなわれる余震観測のようなばあい、着震時法ではこれよりはるかにたかい時刻精度が要求される。そのために従来わがくにではこのような局地地震の着震時刻による解析はほとんどおこなわれたことがなかつた。表俊一郎<sup>4)</sup>は鳥取地震 (1943. IX. 10) の余震観測ではじめてラジオ放送の時報を地震記象に重叠する方式を導入して、着震時刻の観測をおこなつたが、4点のみの観測であつて、着震時による震源決定をなすにいたらなかつた。ついで福井地震 (1948. VI. 28) の余震観測においても表俊一郎<sup>5)</sup>はふたたびこの方法をもちい、はじめて、ただ1例であるが5点観測に成功して、その解析をこころみた。

その後今市地震 (1949. XII. 26) の余震観測でも絶対時刻の記入はわれわれの担当した舟生1点で実施されただけであつたので<sup>6)</sup>、わがくにではなおこの方法の実際的検討はまったくおこなわれていない状況であつた。和歌山地震群の臨時観測においては、この問題を、震源決定にあたりまず検討することにした。

2.2 もつとも簡単な仮定として半無限均一地殻内に震源があり、地表面で直達波の観測がおこなわれるばあいについてかんがえる。

観測点  $S_i$  の坐標を  $x_i, y_i, z_i$ , 観測点  $S_i$  における直達波位相の着震時を  $t_i$  とし、震源  $O$  の坐標を  $x_0, y_0, z_0$ , 震源  $O$  におけるその位相の発震時を  $t_0$ , 伝播速度を  $v$  とする。基本式は

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2 = (t_i - t_0)^2 v^2, \quad (1)$$

4) S. OMOTE, "The Preliminary Report on the Aftershocks of the Tottori Earthquake," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **22** (1944), 33-41.

5) S. OMOTE, "On the Aftershocks of the Fukui Earthquake, Part 2," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **28** (1951), 311-319.

6) S. MIYAMURA und T. AKIMA, "Über die Beobachtung der Nachbeben des Imaichi-bebens am Dorfe Hunyu, Provinz Totigi," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **28** (1950), 421-433.

$x_i, y_i, z_i, t_i$  は観測値で,  $x_0, y_0, z_0, t_0$  および  $v$  が未知数である.

(1) 式を変形すると,

$$2x_ix_0 + 2y_iy_0 + 2z_iz_0 + t_i^2v^2 - 2t_it_0v^2 + (t_0^2v^2 - x_0^2 - y_0^2 - z_0^2) = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2, \quad (2)$$

そこで,

$$X=2x_0, Y=2y_0, Z=2z_0, U=v^2, V=-2t_0v^2, W=t_0^2v^2-x_0^2-y_0^2-z_0^2, \quad (3)$$

とおくと, (2) 式は

$$x_iX + y_iY + z_iZ + t_i^2U + t_iV + W = r_i^2 \quad (4)$$

となる. ただし  $r_i^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$ .

$x_0, y_0, z_0, t_0, v$  の 5 未知数に対してこれらの観測方程式は一次でない. したがって  $X \sim W$  の 6 個は独立でない. しかし, もし坐標の,  $xy$  面を地表面に平行にとつておけば, 観測点同志の標高差があまりないと,  $z_i \approx 0$  とおくことができる. こうすると (4) 式から  $Z$  の項がきえて,

$$x_iX + y_iY + t_i^2U + t_iV + W = r_i^2, \quad (5)$$

が観測方程式となる. これは  $X, Y, U, V, W$  の 5 未知数について一次であり, これは  $i=5$  のばあいひとつみの解をあたえる.  $i>5$  であれば最小自乗法的処理をくわえて, とくことができる. 従来は  $x_0, y_0, z_0, t_0, v$  の近似値をもとめて, それによつて, (1) 式を一次化して, 最小自乗法にかけするのが普通であつたようであるが, 今回はこのように直接的に一次化した観測方程式 (5) をもちいた.

ただし, われわれのばあい, 主として誤差をふくむとかがえられる観測量は  $t_i$  であるが, (5) 式の左辺にある未知数  $U, V$  の係数にこの誤差をふくむとかがえられる量はいっている. 普通の最小自乗法では, 観測方程式の未知数の係数は誤差をふくまぬ量で, 観測量は右辺の常数項のみにはいつている. 左辺の係数にも誤差をふくむ一般のばあいに対して適用すべき方法は W. E. DEMING<sup>7)</sup> によつて提出されている. しかし, もし誤差にもとづく係数のおもみがすべての観測方程式についてひとしいならば, 結果は残差の平方の影響だけしかちがわなこともしれている<sup>8)</sup>. われわれのばあいすべての観測点についての測定精度はもちろん実際には区々であるが, これを個々に推定することは, のちにものべるように, 非常に繁雑であり, 後節の誤差の議論では, これらに一応一定の誤差  $\delta t_i \equiv \delta t$  をかんがえているので, もしそうかんがえれば, (5) 式から普通の方法で正規方程式をつくつて, 計算をすすめてよい. したがつて, ここでは, この式にしたがつて解析した.

**2.3** われわれの和歌山附近における臨時観測は, しばしばのべたように刻時方式に特

7) W. E. DEMING, *Statistical Adjustment of Data*, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1943).

8) *cf. loc. cit.* 7) chapter 10, Problem 8.

に重点をおいたので、 $\pm 0.02$  sec の精度が、すくなくとも刻時だけについては保証されている。したがって着震時法による震源要素決定は相当多数の事例について、こころみうるはずである。しかし、実際には前報<sup>9)</sup>でのべたように石本式加速度計をもつ基準観測点だけでは、着震時法による震源決定の最小必要観測数5点以上で観測された地震は約10%程度にすぎず、しかも、感度の不足のために、そのうちには、鮮明な初動をすべての観測点でしめしているとはいえないものもある。そこで、初動の判定において疑問の生じえないように、高感度地震計の観測結果を採用するため、そのような観測点の多数が同時に運転された1956年4月の京都大学との共同観測時の資料について解析することにした。

この観測での観測点は、1) 石本式加速計によるもの (IA グループ)、2) 地震研究所の電子地震計 (遠隔記録地震計 RTS, LTS をふくむ) によるもの (ES グループ)、3) 京都大学の電磁地震計によるもの (KU グループ) にわけられる。前2者の位置坐標は前報告<sup>9)</sup>第3表に黒島 ( $\phi=34^{\circ}01'N$ ,  $\lambda=135^{\circ}06'E$ ) を原点とし、水平面上、北方に  $+x$ , 東方に  $+y$ , 鉛直下方に  $+z$  をとつた右手系直角坐標でしめた。後者の坐標は T. MIKUMO<sup>10)</sup>により和歌浦 ( $x=+20.91$  km,  $y=+6.74$  km) を原点とし、南方に  $+x$ , 東方に  $+y$  とした坐標でしめされている。

これらの観測点の比較的多数点で初動乃至 S 相の着震時を記録しえた代表的 10 地震について、その preliminary readings を資料とし、2.2 でのべた方式により、初動時刻について最小自乗法的処理をおこない、震源要素と伝播速度とをもとめた。(最小自乗法解析) その結果は Table 1 にしめすように、震央坐標は一応えられるが、速度、震源時刻、深度はすべて不合理なあたいとなつた。資料となつた初動の記象は Fig. 1 にしめすように非常に明瞭なちあがりであつて、よみとりの誤差はかんがえられない。S についての最小自乗法解析の結果も、Table 2 にしめすように、ほぼ同様に不合理な結果になつてしまつた。

そこで原記象について位相同定の再検討をこころみ、資料に若干の改訂をおこない、多少うたがわしいものはすて、あるいはふたつの時刻を保留的に採用した、その結果、preliminary readings にくらべ、資料数は減少した。そこで、計算に採用しうる観測数が必要最小数 5 にくらべあまり大でなくなつたことと、資料の誤差は確率的よみとり誤差よりも、位相同定の問題がおおきいことなどからみて、最小自乗法的処理も多少適当でないともかんがえられ、また宮山要太郎<sup>11)</sup>も指摘してのように、不適当な資料の混入発見の

9) *loc. cit* 1).

10) T. MIKUMO, "On the Anomalous Time-Distance Curves Observed in Local Earthquakes," *Zisin*, [ii], 8 (1955) 158-160. T. MIKUMO, "Precise Seismometric Observations in the Epicentral Region of Local Shocks," *Memoir of the College of Science, Univ. of Kyoto*, Ser. A, 28 (1956), 161-207. T. MIKUMO, M. OTSUKA, and A. KAMITSUKI, "On the Nature of Local Earthquakes Observed in Wakayama District," *Zisin*, [ii], (1956), 218-228.

11) Y. MIYAYAMA, "On the accuracy of determination of hypocentre," *Journ. Meteorol. Soc., Japan*, [ii], 9 (1931), 23-32.

便宜のためということもあり、最小自乗法のかわりに、種々の 5 観測点のくみあわせについて、それぞれ 5 元連立方程式をといてゆく方法をとった。(連立方程式法解析)。

その結果は Table 3, 4 にしめたように、若干のくみあわせではもつともらしい解をうることができたが、やはり不合理な結果をあたえるばあいも相当あつた。

### 3. 初期微動時間法による震源決定

3.1 均質地殻内の震源決定についての 2.2 の議論において、採用する信号としての特定位相に仮想波  $s-p$  をとつたときには、その震源時は  $t_0 \equiv 0$  となる。したがつて観測方程式は、

$$x_i X + y_i Y + t_i^2 U + W = r_i^2, \quad (6)$$

$$X = 2x_0, Y = 2y_0, U = v_{s-p}^2, W = -(x_0^2 + y_0^2 + z_0^2), \quad (7)$$

ただし  $r_i^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$  となる。

このばあいにも、左辺の未知数  $U$  の係数が誤差をふくむ量であるが、そのおもみが  $i$  によらず一定であるとすれば、DEMING<sup>12)</sup> により普通の方法で最小自乗法を適用できる。

しかし、このばあいには、左辺の誤差をふくむ係数をもつ項が 1 項だけであるから、

$$X' = 2x_0/v_{s-p}^2, Y' = 2y_0/v_{s-p}^2, U' = -1/v_{s-p}^2, W' = -(x_0^2 + y_0^2 + z_0^2)/v_{s-p}^2 \quad (8)$$

とおいて、変数変換して、

$$x_i X' + y_i Y' + r_i^2 U' + W' = -t_i^2 \quad (9)$$

を観測方程式としておけば、この問題をさけることはできる。

3.2 着震時法をこころみた 1956 年の 10 地震について、同一の資料で  $s-p$  法により震源要素の決定をこころみてみると、preliminary readings を最小自乗法で処理したばあいも、資料再検討後にいろいろのくみあわせで 5 元連立方程式法でといたばあいも、いづれも Table 5 にしめすように、仮想波速度  $v_{s-p}$  としてかならずしも一定値はあたえないが、大体合理的な解をうることができた。

$s$  位相の同定は C. F. RICHTER<sup>12)</sup> ものべているように、いろいろ問題がおおいし、特にわれわれのばあい、1 成分観測もおおいので、 $s$  による着震時法のうまくゆかないことはうなづけるが、 $p$  については、Fig. 1 にしめた記象例でもわかるように、相当はつきりしたものがおおい。しかもその着震時法はすべて失敗している。そして同一の資料で  $s-p$  法では比較的合理的な解がえられたということは、きわめて不思議におもえる。

同様の結果は三雲健<sup>14)</sup>によりすでに報告されており、これについて三雲は震源の問題に

12) *loc. cit.* 7, 8).

13) C. R. RICHTER, *Elementary Seismology*, (W. H. Freeman and Co. San Francisco, 1958), pp. 292-294.

14) T. MIKUMO, *loc. cit.* 10).

関係づけて興味ある見解を發展させた。筆者はしかし、なおこれについて、震源決定法に関して若干詳細の検討をおこなつてみたいとかがえた。そこでまず  $s-p$  法による震源決定を同一型式の地震計による観測資料でいろいろの面から検討することにした。

**3.2** 震源決定が初期微動時間法でもうまくゆかないばあいのあることは、位相の混用がひとつの原因となつてるとおもわれたので、これをできるだけさけるため、観測計器の整一性をたもつように石本式加速度計の観測だけをあつかつてみた。これは3成分観測であるから  $S$  の同定には有利であるが、感度の点で初動がちいさくなる。そのために4点以上で明確な資料をあたえる地震は1952~1954年の3回の観測で約50にすぎなかつた。1956年にも前述の10地震以外に若干の資料があつたが、今回は解析しなかつた。資料となつた石本式加速度計の記象例を Fig. 2~4 にしめた。

これら1952~1954年の主として石本式加速度計による観測結果について、初期微動時間法による震源決定をこころみた。4点以上の観測のあるものは、観測点数を  $n$  とするとき  $N = \binom{n}{4}$  のすべてのくみあわせについて、震源決定をおこなつた。Table 6 の  $E_i$  がこれである。  $n$  が4にくらべあまり大でないばあい、前節でも言及したように最小自乗法を利用するよりも、この方法の方が適切とかがえた。震源決定法には高橋龍太郎<sup>15)</sup>の作図法をもちいた。

また4でのべる方法で、初期微動観測値が正規分布誤差  $\delta t_i$  をもつばあいに期待される、震源坐標  $x_0, y_0, z_0$  と  $s-p$  仮想波速度  $v_{s-p}$  の誤差を個々のばあいすべてについて計算した。そして、一地震に対してのこれらのいくくみかの数値を上記の誤差に応じて荷重平均したものを、その地震の震源要素の平均値としてさだめた。これが Table 6 の  $E_0$  である。

こうしてえられた各地震についての  $v_{s-p}$  の  $x_0, y_0, z_0$  との関係をしらべると、5でのべるごとく  $x_0 > 9$  km の地域においては、ほぼ  $v_{s-p}$  を一定とかがえられるので、その平均値をつくつた。ただしここでも  $\delta t$  に対する  $\delta v_{s-p}$  に応じた荷重平均をとると結局その平均値として、 $\bar{v}_{s-p} = 6.80 \pm 0.11$  km/s がえられる。

そこで  $x_0 > 9$  km の北部地帯のものは  $\bar{v}_{s-p} = 6.80 \pm 0.11$  km/s をもちいて、ふたたび  $\binom{n}{3}$  のくみあわせの震源  $E_i$  をきめなおした。そしてそれぞれの誤差に応じたおもみによる荷重平均を  $E_0$  とした。(第6表  $E_i, E_0$ )。3点のみ観測資料のある地震で  $x_0 > 9$  km と推定されるものも、この平均仮想波速度 6.80 km/s をもちいて震源をもとめた。このようにしてもとめた震源位置の分布については後節で論ずる。

#### 4. 初期微動時間法震源決定の精度

**4.1** 半無限均一地殻内の震源からの直達波を地表で観測するばあいの基本関係式は2.2の(1)にしめた。直達波として  $s-p$  仮想波をとり、観測点の標高があまりたか

15) R. TAKAHASHI, "A Graphical Determination of the Position of the Hypocenter of an Earthquake and the Velocity of the Propagation of the Seismic Waves," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 6 (1929), 232-244.

くなく、ほぼ  $z_i=0$  ととることができれば、これは

$$(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2+z_0^2=t_i^2v^2, \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (10)$$

となる。高橋竜太郎の作図法も当然この式の  $n=4$  とした 4 元連立方程式にもとづくわけで、解析的にあらわせば、それをといて、

$$\begin{aligned} x_0 &= x_0(x_i, y_i, t_i), \\ y_0 &= y_0(x_i, y_i, t_i), \\ z_0 &= z_0(x_i, y_i, t_i), \\ v_{s-p} &= v_{s-p}(x_i, y_i, t_i), \quad i=1, 2, 3, 4, \end{aligned} \quad (11)$$

をもとめているのである。

すでにのべたように、われわれの観測では観測点位置  $x_i, y_i$  の精度は、初期微動時間  $t_i$  の精度にくらべはるかにたかいかんがえられるから、誤差は主として  $t_i$  の観測値のみからはいつてくるとみなしうる。

この独立変数  $t_i$  に 0 のまわりに標準偏差  $\delta t_i$  をもつて正規分布する確率的誤差があるとき、従属変数  $x_0, y_0, z_0, v_{s-p}$  に期待される確率的誤差はそれぞれのあたいのまわりに、つぎのような標準偏差をもつて正規分布をするはずである。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \delta x_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left( \frac{\partial x_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2}, & \delta y_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left( \frac{\partial y_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2}, \\ \delta z_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left( \frac{\partial z_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2}, & \delta v_{s-p} &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left( \frac{\partial v_{s-p}}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2}, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

である。 $\delta t_i$  は実際には地震ごとに、観測点ごとに、すべてことなっているわけであるが、それを推定することは、不可能ではないにしても、かなり繁雑になる。それで一応すべての観測に対して一定値  $\delta t$  をとるものとする。これは  $t_p, t_s$  の位相のよみの誤差  $\delta t_p, \delta t_s$  から、 $\delta t = \sqrt{(\delta t_p)^2 + (\delta t_s)^2}$  で計算する。 $\delta t_p, \delta t_s$  は  $\pm 0.05$  sec 程度であるから  $\delta t = \pm 0.07$  sec になる。ここでは位相同定のまちがえは無視しているわけであるが、若干そのようなことも考慮して、以下では一応  $\delta t = \pm 0.1$  sec に対して誤差計算をすることにする。

$\partial x_0/\partial t_i, \partial y_0/\partial t_i, \partial z_0/\partial t_i, \partial v/\partial t_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) のあたいは (10) 式を  $t_i$  に関して偏微分した式からつぎのようにしてもとめられる。すなわち (10) 式より

$$\left. \begin{aligned} (x_i-x_0) \frac{\partial x_0}{\partial t_j} + (y_i-y_0) \frac{\partial y_0}{\partial t_j} - z_0 \frac{\partial z_0}{\partial t_j} + vt_i^2 \frac{\partial v}{\partial t_j} + \delta_{ij} v^2 t_i &= 0, \\ \delta_{ij} &= \begin{cases} 1 & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases}, \quad i, j=1, 2, 3, 4. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

この 16 個の 1 次方程式を  $\partial x_0/\partial t_i, \partial y_0/\partial t_i, \partial z_0/\partial t_i, \partial v/\partial t_i$ , ( $i=1, 2, 3, 4$ ) についての 4 くの 4 元連立方程式としてといて  $\partial x_0/\partial t_i, \partial y_0/\partial t_i, \partial z_0/\partial t_i, \partial v/\partial t_i$  をもとめる。このばあ



い、係数にはいつている  $x_0, y_0, z_0, v$  には作図法でえられた数値をもちいばよい。

こうして  $\delta t = \pm 0.1 \text{ sec}$  に対して計算された  $x_0, y_0, z_0, v$  の誤差が Table 6 の  $E_0$  に附記されている第 1 種の誤差である。

4.2 一地震について  $n > 4$  の  $t_{s-p}$  の観測がえられたときには、前節でふれたように  $N = \binom{n}{3}$  の観測点のくみあわせについて作図法で震源要素  $x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}, v_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) の決定をおこない、それぞれについての上述の誤差を計算した。そしてその誤差の 2 乗に逆比例したおもみをつけて荷重平均値  $\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0, \bar{v}$  をつくつた。すなわちこの平均値の精度には、おのおのの震源要素の第 1 種誤差から誤差伝播によつてえられる誤差、つまり観測値に  $\pm 0.1 \text{ sec}$  の誤差があつたとしたときに期待される誤差 (第 1 種誤差) とともに、これら  $N$  ケの数値に対するその平均値の分散として推定される誤差がある。後者については、小数例の母平均信頼限界<sup>16)</sup>として、5% の危険率におけるあたいをとつて、第 2 種の誤差として、Table 6 の  $E_0$  に斜字体で附記した。これはいろいろの観測点のくみあわせでえられた作図結果の一致する程度をしめすものであつて、4 点以上の資料を最小自乗法で処理したときに計算される誤差にちかき性質をもつものであり、各点の  $t_{s-p}$  観測値に一定の誤差 (たとえば  $\delta t_{s-p} = \pm 0.1 \text{ sec}$ ) があつたとき、観測点位置  $(x_i, y_i)$  や、震源位置等  $(x_0, y_0, z_0, v)$  の関係で先験的にきまる第 1 種の誤差とは、その意味がちがつている。Fig. 5 に震央位置だけについて、その関係をあらわす若干の実例をしめた。破線にて個々のくみあわせの震央位置  $E_i$  とその第 1 種誤差をしめし、実線にてその荷重平均値  $E_0$  と第 1 種誤差をしめした。そしてその第 2 種誤差としての 5% 危険率平均値信頼限界をふとい線であらわした。

4.3  $v_{s-p}$  を一定既知値としたばあいには、(11) 式は

$$\begin{aligned} x_0 &= x_0(x_i, y_i, t_i, v), \\ y_0 &= y_0(x_i, y_i, t_i, v), \\ z_0 &= z_0(x_i, y_i, t_i, v), \quad (i=1, 2, 3), \end{aligned} \quad (14)$$

となり、(12) 式は

$$\begin{aligned} \delta x_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial x_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2 + \left( \frac{\partial x_0}{\partial v} \right)^2 (\delta v)^2}, \\ \delta y_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial y_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2 + \left( \frac{\partial y_0}{\partial v} \right)^2 (\delta v)^2}, \\ \delta z_0 &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{\partial z_0}{\partial t_i} \right)^2 (\delta t_i)^2 + \left( \frac{\partial z_0}{\partial v} \right)^2 (\delta v)^2}, \end{aligned} \quad (15)$$

となる、 $\delta t_i \equiv \delta t = \pm 0.1 \text{ sec}$ ,  $\delta v = \pm 0.11 \text{ km/sec}$  として、(13) 式に対応した、9 個の一次式、

16) M. MASUYAMA, *Syösū Rei Matomekata to Zikken-Keikaku*, (Kawa-ide Syobō, Tokyo, 1944).

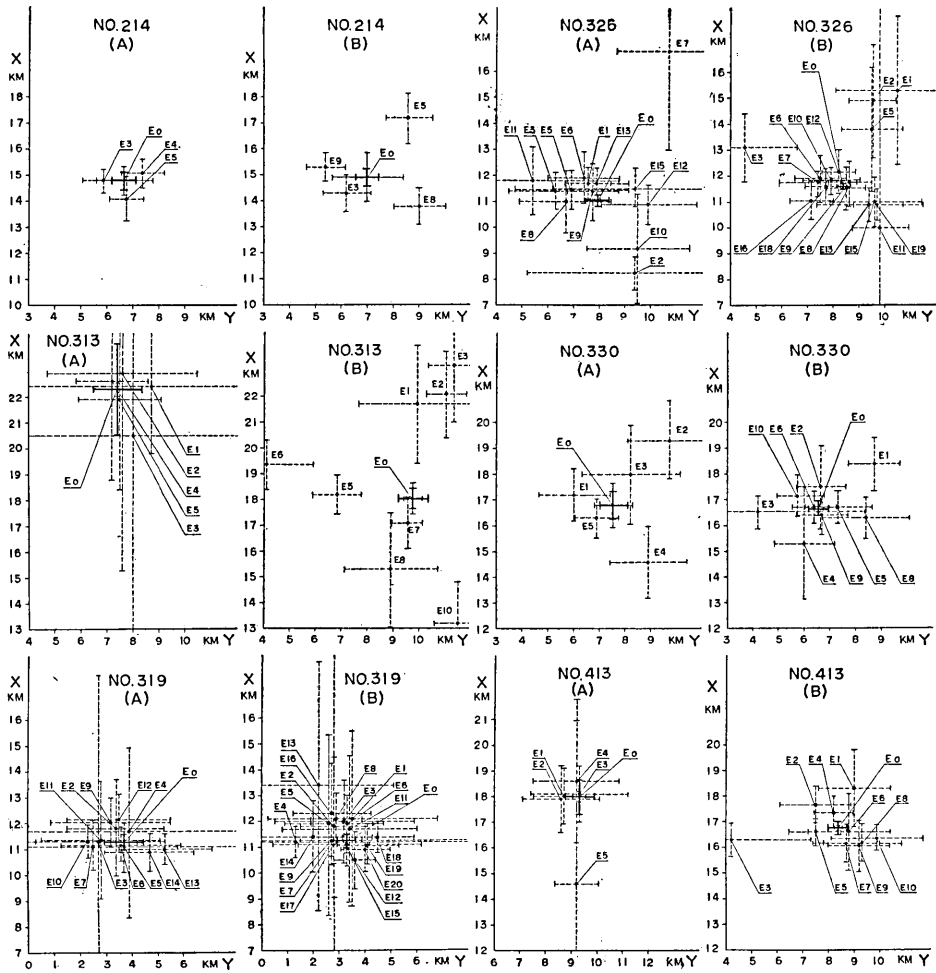


Fig. 5. Errors of epicenter coordinates,  $\delta x$  and  $\delta y$ , expected by observational errors  $\delta t = \pm 0.1$  sec in  $s-p$  intervals at four (A) or three (B) stations adopted in the locations. (1st kind errors)  $E_i$  is an epicenter by a combination of stations and  $E_0$  is their weighted mean value. Thick lines indicate the limit of confidence at 5% risk attributed to  $E_0$ . (2nd kind errors.) Number of earthquake should be referred to Table 6.

$$\left. \begin{aligned} (x_i - x_0) \frac{\partial x_0}{\partial t_i} + (y_i - y_0) \frac{\partial y_0}{\partial t_i} - z_0 \frac{\partial z_0}{\partial t_i} + \delta_{ij} v^2 t_j &= 0 \\ \delta_{ij} &= \begin{cases} 1, & i=j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, \quad i, j=1, 2, 3 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

がえられ、この3くみの3元連立方程式から  $\partial x_0 / \partial t_i$ ,  $\partial y_0 / \partial t_i$ ,  $\partial z_0 / \partial t_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) をもと

め、連立方程式

$$(x_i - x_0) \frac{\partial x_0}{\partial v} + (y_i - y_0) \frac{\partial y_0}{\partial v} - z_0 \frac{\partial z_0}{\partial v} + \delta t_i t_i^2 v = 0 \quad (17)$$

から  $\partial x_0/\partial v$ ,  $\partial y_0/\partial v$ ,  $\partial z_0/\partial v$  をもとめると、これで (15) によつて  $\delta x_0$ ,  $\delta y_0$ ,  $\delta z_0$  がもとまる。こうして計算したものが Table 6 にしめした 3 点観測のばあいの第 1 種誤差である。荷重平均およびその第 1 種、第 2 種誤差は 4 点観測のばあいと同様のかんがえて計算できる。

4.4 前節で論じた正規分布誤差  $\delta x_0$ ,  $\delta y_0$ ,  $\delta z_0$ ,  $\delta v$  は実はたがいに相関関係にある。たとえば、 $\delta t_i$  に対してかりに +0.1 sec, 0.0 sec, -0.1 sec, といったあたりをとり、これが 4 観測点  $S_i$  の  $t_{s-p,i}$  それぞれに独立に生ずるくみあわせは  $3^4=81$  あり、それぞれのばあいに  $\delta x_0$ , etc. を

$$\delta x_0 = \sum_i^4 \frac{\partial x_0}{\partial t_i} \delta t_i,$$

etc. から計算できる。こうしてえた 81 の空間の点はひとつの誤差空間をしめる。Fig. 6 に  $x_0, y_0$  面のきりくちを 1 例としてしめす。あきらかにほぼ原点を中心とした楕円的分布をなしている。このような誤差空間において、一般に原点を中心とする 4 次元の楕円体がかんがえ、誤差点の分布確率はその内外でひとしいとしたとき、これを誤差楕円体とよぶ。その主軸のながさと方向とは、 $\delta x_0$ ,  $\delta y_0$ ,  $\delta z_0$ ,  $\delta v$  およびおのおのあいだの偏相関係数とから計算できる。これらを個々に計算することはのちの機会にゆずり、ここではただ震源決定の誤差表示としてはここまでおこなうべきものであることを注意するにとどめておく。

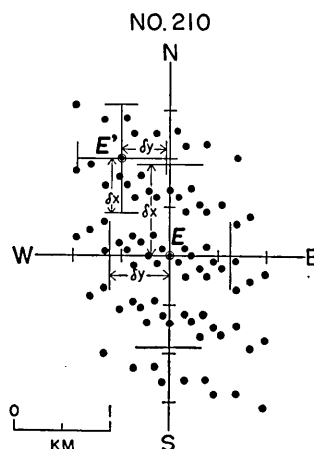


Fig. 6. An example of the distribution of error ellipsoid points of an epicenter,  $E$ , obtained by 4 station  $s-p$  intervals with +0.1, 0.0, -0.1 sec observational errors in  $3^4=81$  combinations.  $E'$  is the mean position of epicenter obtained by 3 station  $s-p$  intervals, with  $v_{s-p} = 6.80$  km/s.

## 5. $s-p$ 仮想波速度と震源の空間分布

5.1 上述の計算によりえられた個々の地震についての  $v_{s-p}$  のあたりの、 $x_0, y_0, z_0$  との関係を図 7 に図示した。  $v_{s-p}$  と  $y_0$  はなんら相関もないが、  $x_0$  については  $x_0 > 9$  km のものが、ややちいさいあたいをしめすことがわかる。しかし  $x_0 < 9$  km では観測網からはずれるものもあり、誤差がおおきいし、事例もすくないので、あまり確定的なことはいえないが、南部の非変成古生層乃至中生層の部分が、北部の変成岩帯にくらべ  $v_{s-p}$  が小であることは、多少の意味をもつものかもしれない。今後の事例の増加をまつて再

検討をくわえたい。  $z_0$  との関係は従来丹後地震余震<sup>17)</sup>、和歌山地震群<sup>18)</sup>などで明示されているのであるが、ここでは  $z_0 < 3$  km 程度の極浅発のものは、観測網の密度と地震の規模との関係で4点観測のできたものがすくなく、わづかに2例にすぎず、一方  $z_0 > 10$  km のものはすべて後節でのべるように場所的に偏在しており ( $x_0 < 9$  km), またいづれも精度がわるい、  $10 > z_0 > 3$  km の範囲内での  $v_{s-p}$  と  $z_0$  との関係には  $z_0$  にもなう  $v$  の増

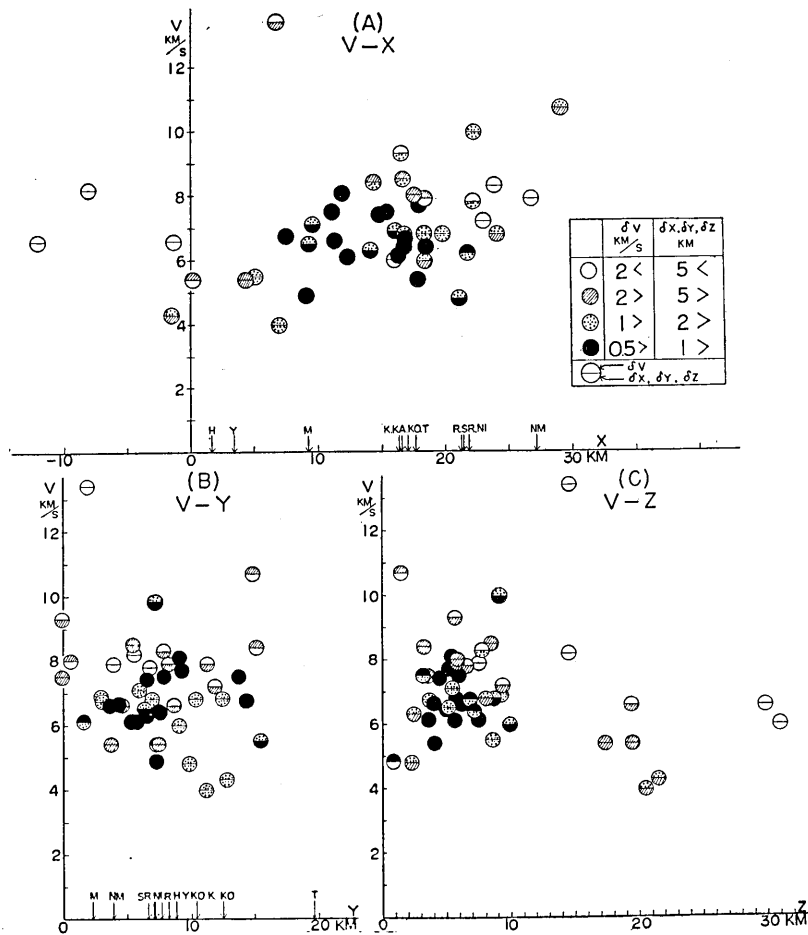


Fig. 7. Velocity of  $s-p$  wave,  $v_{s-p}$  and the coordinates of origins  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ , simultaneously obtained as the result of weighted means for the earthquakes observed at more than 4 stations. H, Y, etc., mean abbreviations of station names, which should be referred to the previous paper *loc. cit.* 1.)

17) *loc. cit.* 15).

18) *loc. cit.* 3), 10).

加がうかがえるが、全体としてはつきりしたものとはいえない。これも今後事例の増加をみたのちに再検討したい。

5.2 和歌山附近の  $v_{s-p}$  の地下分布は今村明恒<sup>19)</sup>のしめしたところによると、ごくうすい 50 m ほどの堆積表層 ( $v_{s-p} = 1 \text{ km/sec}$ ) のしたに、 $v_{s-p} = 3.8 \text{ km/sec}$  の基盤が 10 km あたりまで存在することになっている。今村明恒の結果を前節の議論にしたがつて誤差評価すると、Table 7 のようになり、深度のふかい 3 例 ( $z_0 \geq 4 \text{ km}$ ) はやや誤差が大であるから、 $v_{s-p} = 3.8 \text{ km/sec}$  層の 3~4 km 以深の存在は疑問としてよい。

一方、三雲健<sup>20)</sup>は 1954, 1956 年のわれわれとの共同観測の解析で、表面に 4 km 程度のあつさの層をおき、 $v_p = 4.3 \text{ km/sec}$ ,  $v_s = 2.5 \text{ km/sec}$  (したがって  $v_{s-p} = 3.4 \text{ km/sec}$ ) とし、そのしたのふかさ 10 km までを  $v_p = 5.4 \sim 5.6 \text{ km/sec}$ ,  $v_s = 3.2 \text{ km/sec}$  (したがって  $v_{s-p} = 7.7 \text{ km/sec}$ ) の層とする地殻構造を推定している。

われわれの結果ではこれらのいづれがただしいかを決定するだけの極浅発地震の事例もすくなく、4 km 以深の地震の結果だけから、三雲健の構造を独立に推定することも、やや困難にみえるので、一応第一近似として、 $z_0$  による変化はなく  $v_{s-p}$  一定とし、成層構造の決定は今後の問題にのこした。

$v_{s-p}$  を一定として、 $10 > z_0 > 4 \text{ km}$  の事例のみについて、第 1

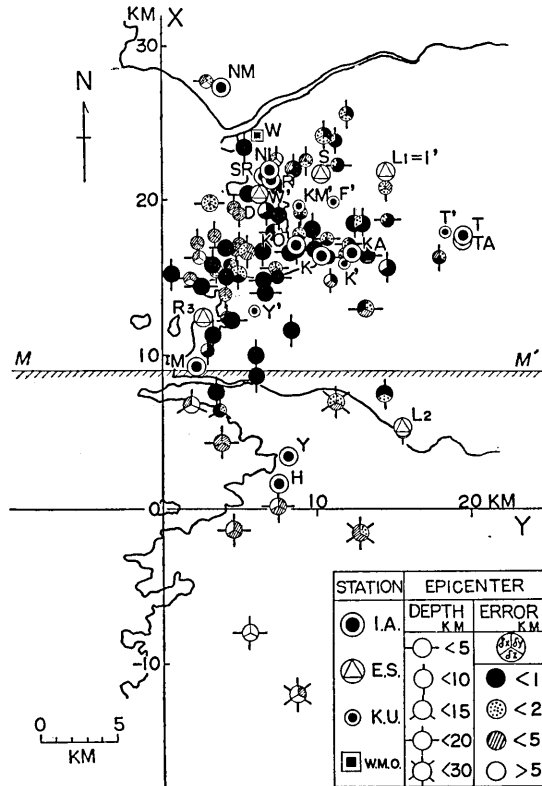


Fig. 8. Epicenters determined by  $s-p$  method using the data of I.A. stations in the 3 expeditions in 1952-1954. I.A.: Ishimoto accelerograph station. E.S.: Electronic seismograph station of E.R.I.K.U.: Kyoto university station with electromagnetic seismograph. W.M.O.: Wakayama Meteorological Observatory. Errors shown are the 1st kind errors. Epicenters indicated by small circles are those determined only by 3 stations, taking  $v_{s-p} = 6.80 \text{ km/sec}$ . H, Y, etc., mean abbreviations of the station names, which should be referred to the previous paper. (*loc. cit.* 1).

19) *loc. cit.* 3).

20) *loc. cit.* 10).

種誤差の自乗に逆比例するおもみをつけて、荷重平均をつくと

$$\bar{v}_{s-p} = 6.80 \pm 0.11 \text{ km/sec}$$

となった。

5.3 Table 6 にまとめた震源位置決定結果から、この地方の震央分布を深度と第 1 種誤差による種別でしめたものが Fig. 8 である。深度 10 km 以深のものは北部長瀬変

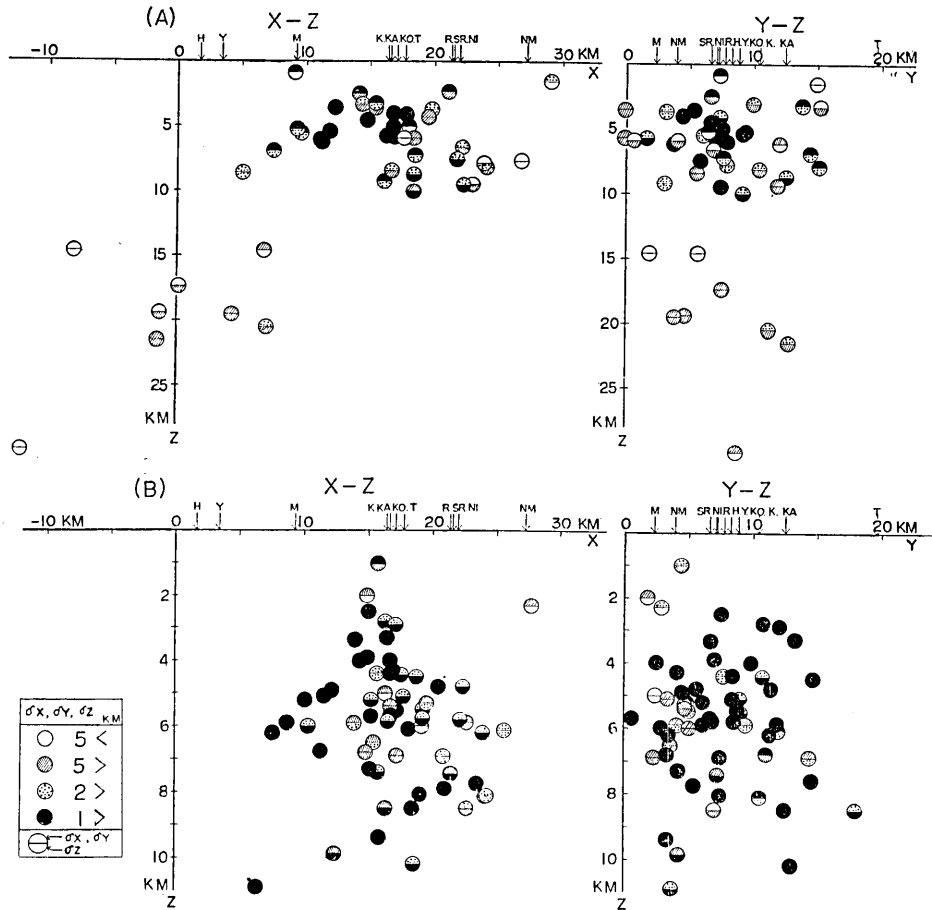


Fig. 9. Hypocenters projected to the vertical planes. 1st kind errors are shown for the respective coordinates. H, Y, etc. mean abbreviations of the station names, which should be referred to the previous paper, (*loc. cit.* 1.) (A): 4 station result. (B): 3 station result.

成帯地域にはなく、 $MM'$  でしめた  $x=9 \text{ km}$  の線をさかいとして、南部非変成古生層、中生層地域には深度 10~30 km の地震が分布していることが明示されている。 $MM'$  はいわゆる御鉢構造線とよばれているものにはほぼ一致する。

深度分布をさらによくみるために、東西および南北の垂直断面に震源を射影して図示したものが Fig. 9 である。

$x_0 < 9$  km のものは  $v_{s-p}$  の平均値をつくるにいたらなかつたので、震源決定に4点観測を要し、事例がすくなく、誤差もおおきいのでなお断定的結論はくたせないが、極浅発のものがすくないことはたしかである。このことは初期微動時間の頻度分布からも推定できる<sup>21)</sup>。  $x_0 > 9$  km において  $z_0 > 10$  km の地震が存在しないことは、この期間に関するかぎり、まづまちがいない。  $x_0 < 9$  km について南方ほど深度がましていること、  $z_0 = 10 \sim 15$  km にほとんど地震のないことなどは誤差を考慮してもめだつが、事例がすくないので、これもまだはつきり結論はできない。北部地域の  $z_0 < 4$  km の極浅発地震、特にその分布上限、南部地域の震源分布、速度分布などは、なお今後観測、研究をすすめるべき課題としておきたい。

## 6. 結 語

和歌山附近に1952~1956年に頻発した局地的小地震の臨時観測の結果を解析してつぎの諸点をあきらかにすることができた。

1) 相当精度のたかい観測をおこなうことができたにもかかわらず、 $p, s$  の着震時による震源要素の決定はうまくゆかなかつた。これは解析に採用した各点の位相に異種のものが入り混じることと、伝播および発震についての単純な仮定がまちがっていることが、おもな原因とおもわれる。後者について検討するにさきだち、前者の位相同定の問題をふくめて、なお観測の精密化がのぞまれる。もつとも多数の観測点をもうけることができた1956年の京大との共同観測においても、なお詳細の検討には点数が不足であり、かつ異種の地震計の混用は、波動の性質について種々困難な問題が想定されるので、さげなければならぬ。波動減衰のいちぢるしいこのような極浅発地震では、各点に周波数特性が一定で、相当感度範囲のひろい観測計器をもちいる必要がある。

2)  $p, s$  着震時で適当な解のえられない地震も  $s-p$  時間をとつて解析すると、比較的適切な解がえられる。これは  $p$  において異種の位相をとつたばあいにも、それに対応する  $s$  をとれば、それらの伝播速度において大差なければ  $s-p$  波としては同種の信号とかがえうることによるのではないかとおもわれる。

3) したがつて、今回の観測結果から震源分布の概況をえるために、同一地震計の観測資料で、 $s-p$  法による解析をくわしくおこなつた。すなわち1952~1954年の石本式加速度計の資料から多数の震源を作図法にもとづいてもとめた。その結果の精度は  $s-p$  の観測に  $\pm 0.1$  sec の誤差があつたときの誤差(第1種誤差)として、個々に計算してみた。これは観測点と震源との位置関係から、いろいろのあたになるが、良好なばあいは震源位置で数百メートル以下の誤差となるが、観測網からはづれた震源では数 km をこえてしまうこともある。

4) ひとつの地震についていくくみかの観測点の別々のくみあわせで震源決定をして

21) S. MIYAMURA, loc. cit. 1).

みると、それぞれ、適当な誤差で、もつともらしい解がえられるが、それらはもちろん完全には一致しない。ばあいによると相当ちがつた位置がえられる。不適当な資料が混入しているときは、その観測点をふくむくみあわせがすべて不合理な結果をあたえるはずであるが、作図可能で合理的結果がえられて、それらがちがつているばあい、そのいずれがただしい解であるかはわからない。4 点の観測だけでひとつの解をえたとき、そのただしさを保証するものはない。ただ一応それを震源とする以外に方法がないから、それをとるというにすぎない。いくくみかの結果がえられたときは、それらの第 1 種誤差の自乗に逆比例したおもみをつけて、平均値をつくる。この平均値には、第 1 種誤差とは別に、平均値の分散度から推定される信頼限界をそのただしさを保証するめやすとしてあたえることができる。これを第 2 種の誤差とした。第 1 種の誤差よりも第 2 種の誤差の方がちいさいばあいもあれば、逆のばあいもある。第 1 種の誤差は観測誤差をきめれば観測点と震源の位置関係から先験的にきまつてくるものであるが、第 2 種の誤差は、観測の実際の誤差から事後的にきまるものである。後者は必要最小数の観測しかないときには当然もとめえないものであつて、今回の計算結果からみると、必要最小数による震源決定についてはかなりの誤差を期待しなくてはならないようにおもわれる。5%危険率の  $F$  分布による信頼限界が事例数に応じて急激に増大し  $N=2\sim 3$  ではかなり大となるのが普通である。一方第 1 種誤差が大でも、事例がおおければ、第 2 種誤差はかなり小となりうるようである。

5) このような誤差を考慮して、えられた  $s-p$  仮想波速度を対応する震源位置との関係において考察すると、水平的には北部  $x_0 > 9$  km の地域においては、 $z_0 < 10$  km であり、 $v_{s-p}$  は第 1 近似として、ほぼ一定値をもつとかがえ、 $\bar{v}_{s-p} = 6.80 \pm 0.11$  km/sec (第 1 種誤差) とした。南部  $x_0 < 9$  km では、事例がすくないが、 $z_0 > 10$  km であるにもかかわらず、 $v_{s-p}$  はややちいさいあたいをもつようである。地質的にみると北部には変成岩層、南部は非変成堆積層が分布しているので、興味をひくが、なお事例がましてから詳論したい。今村明恒は表層に 50 m の  $v_{s-p} = 1$  km/s 層をおき、そのしたに  $v_{s-p} = 3.8$  km/sec の層をかながえた。また三雲健は  $z < 4$  km に堆積層が存在する成層地殻構造をこの地方に推定した。われわれの資料だけではこの点なお充分明瞭でないので、一応北部では  $v_{s-p}$  については均質の地殻構造をもつものとかがえ、くわしい地殻構造については今後の研究にのこした。

6) 北部で  $\bar{v}_{s-p} = 6.80$  km/sec とした 3 点の観測の資料も利用し、合計 82 の震源をきめた。その深度分布は北部  $x_0 > 9$  km の長瀨変成岩帯においては  $z_0 < 10$  km にかぎられる。 $z_0 = 2\sim 3$  km のものもあるが、これら極浅発のものはその規模と、観測網の密度と感度とのため、おおくの事例を決定できなかつた。

7) 南部  $x_0 < 9$  km の秩父帯、四万十帯では  $z_0 = 10\sim 30$  km のややふかい地震があり、南方ほどふかくなつており、 $z_0 = 2\sim 3$  km の極浅発のものはないらしい。しかし事例がすくないので、今後の観測と研究とを必要とする。



## 7. 謝 辞

本研究の基礎になつた 1952~1956 年の臨時観測については前報告<sup>22)</sup>の謝辞であげたような多数のかたがたの御支援をうけた。あらためて謝意をのべる。本稿の準備にあつて特別の協力をえた同僚堀実教官にここから感謝の意を表したい。計算の一部は富士電算機計算所(有隣電機精機株式会社)の近末卓三氏其他のおせわでおこなうことができた。付記してその御厚意に感謝する。また、三雲健、大塚道男両氏はじめ京都大学地球物理学教室のかたがたには共同観測中はもちろん、機会あるごとに議論をしていただき、うるどころがあつた。同教室佐々憲三、西村英一両教授の御配慮を感謝する。

6. *Local Earthquakes in Kii Peninsula, Central Japan. Part 4.*  
 — Location of Earthquakes by the Temporary  
 Network of Stations near Wakayama —

By Setumi MIYAMURA,  
 Earthquake Research Institute.

1. As reported in the previous paper,<sup>1)</sup> 4 expeditions were made in 1952-1956, for the purpose of locating the origins of local shocks then occurring in swarms in Wakayama district, in order to deduce any seismo-geological implication of the seismicity. Observation accuracy of the operations was said to be the highest ever realized for such local earthquake programmes, including many aftershock observations worked out in our country, since the classical work of N. Nasu<sup>2)</sup> after the Tango Earthquake, 1927. For the wider areas precise networks were of late realized in Southern California and Central Asia but the method is classical and the accuracy is limited (presumably of the order of  $\pm 0.1$  sec). A more modern network was operated in South Africa which seemed to be the highest model of local shock observations and only it can be superior to our operations in time accuracy. As the emphasis was laid exclusively on the time service we got an accuracy of  $\pm 0.05$  sec, with the recording paper speed of about 4 mm/sec. Of course, many complicated problems are encountered in phase identifications which may result in much greater time difference, leading even serious misinterpretation in the location of origin. But, excepting this identification problem it seemed to us enough to solve the fundamental but ever unsolved problem of earthquake origin location.

2. At first we analyse the data obtained in the last expedition in 1956, operated in collaboration with T. MIKUMO and others<sup>10)</sup> of Kyoto University. For, at that time many electronic and electromagnetic seismographs of high sensitivity were used, enabling the fixing of accurate on-sets of the first arrivals of the earthquake motions. Preliminary readings of *P* and *S* were obtained at several to ten odd stations for ten selected shocks, and we analysed them by the least squares method (L.S.M.), using the observation equations (5), directly linearized, instead of making use of 1st approximation

22) *loc. cit.* 1).

values as usual, from the fundamental relation (1) for the direct waves  $p$  and  $s$ , in the uniform homogeneous medium.

As shown in Table 1 and 2 we could not obtain by this L.S.M. analysis any reasonable solutions for the kinematic elements of the shocks, i.e. for the coordinates of epicenters, depths, origin times and the propagation velocity of the wave used.

After re-examination of the original seismograms, we omitted some dubious readings and thus the number of data available for the location of a shock by arrival times was somewhat reduced, which circumstance makes the least squares method rather inadequate. Moreover, as the nature of data dispersion seems not due to ordinary observation errors but mainly due to mixing of different phases, the least squares procedure may not be adequate.<sup>11)</sup> Thus we solved the simultaneous equations for selected combinations of 4 stations. (Simultaneous Equations Method, S.E.M.) Nevertheless, reasonable solutions were obtained only for several combinations of stations shown in gothic numerals in Table 3 and 4.

3. On the contrary, when we analyse the same data by the  $s$ - $p$  intervals method, using the observational equations (6), we found reasonable solutions both by L.S.M. and by S.E.M. as shown in Table 5. Failure of the arrival times method and success of the  $s$ - $p$  method in location of earthquake origin thus far mentioned were reported also by T. MIKUMO.<sup>10)</sup>

Though the identification of  $S$  may involve many complicated problems as C. F. Richter wrote in his book<sup>13)</sup> there seems to be no ambiguity in  $p$  on-sets in our data, as indicated in examples of seismograms given in Fig. 1. S.E.M. for combination of data suggests that the mixed use of different types of seismographs may be responsible in part. But it cannot be the sole reason of the difference between the arrival times method and the  $s$ - $p$  method in earthquake location. T. MIKUMO<sup>10)</sup> developed an interesting discussion on this problem relating it to a mechanism of origins. The present writer, however, tried to check the accuracy of locations in some detail before advancing into such elaborate discussion with T. MIKUMO.

Thus, considering the results of preliminary analysis given above for 1956 data, we decided to adopt the  $s$ - $p$  method for the 1st approximation analysis, and selected the data from Ishimoto accelerograph stations in the 1st three expeditions, 1952-1954. In these years seismicity was rather high and a considerable number of shocks was recorded at more than 4 stations, the least necessary number of stations for the  $s$ - $p$  method analysis, although it even seemed to be too small compared to the total number of shocks recorded at all stations. Above all, as at these stations all 3-component, two horizontal and one vertical, identical instruments were used, it was very suitable for the identification of both  $p$  and  $s$  phases. Examples of seismograms are shown in Fig. 2~4.

Among many existing methods of analysis we adopted the graphical method by R. TAKAHASHI.<sup>15)</sup> When there were  $n > 4$   $s$ - $p$  data, we search for  $N = \binom{n}{4}$  solutions corresponding to all  $N$  combinations of 4 stations out of  $n$ . Among them are included irrational solutions that could not give real epicenter or depth. Excepting such irrational solutions, we calculated the weighted means of each solutions, weights of which are taken as proportional to the inverse squares of errors, that might be expected when  $s$ - $p$  intervals at 4 stations have equal Gaussian errors  $\delta t_i = \delta t = \pm 0.1$  sec. The results are listed in Table 6 together with the data used.

4. Formulae for the calculation of the above mentioned errors of the kinematic elements of earthquake origins in homogeneous medium determined by the  $s$ - $p$  method

are given by eqs. (12) and (13).

On the other hand the weighted mean values of the solutions by combinations of 4 stations out of  $n$  for an earthquake have their own limits of confidence, based on the small sample theory of statistics for example to 5% risk (cf. M. MASUYAMA'S book<sup>10</sup>). The latter are given for each case in italic numerals in Table 6.

For the constant  $v_{s-p}$  with  $\delta v_{s-p}$  errors, the errors derived by the formulae (15) and (16) and the results are also shown in Table 6. Limits of confidence to 5% risk are given in italic numerals in this case, too.

5. The velocity of fictitious  $s-p$  wave,  $v_{s-p}$ , obtained not only for a shock for each combination of 4 stations, but also for the earthquakes with similar hypocentral positions must be common, but the calculated values given in Table 6 differ in considerable range. Plotting the  $v_{s-p}$  values versus coordinates of corresponding origins  $x_0$ ,  $y_0$  and  $z_0$ , we get Fig. 7, in which we also indicate the errors of 1st kind of the velocity and coordinate values in the upper and lower parts of circles respectively. While  $v_{s-p} \sim y_0$  diagram shows only a mere scattering of points, we can notice the following features in  $v_{s-p} \sim x_0$  and  $v_{s-p} \sim z_0$  diagrams. Values of  $v_{s-p}$  at  $x_0 < 9$  km seem to be small compared to the values at  $x_0 > 9$  km. It may probably reflect the situation, that the geological formations are divided by the so-called Mikabu Tectonic Line approximately coincident with the parallel of MM' at  $x_0 = 9$  km into the northern metamorphic Nagatoro and southern non-metamorphic Titibu and Simanto terrains.

Relation between  $v_{s-p}$  and  $z_0$  was investigated by many authors in various regions, among which we can refer to the results by R. TAKAHASHI in Tango<sup>15</sup> district and by A. IMAMURA<sup>3</sup>) in Wakayama district.

Our diagram of  $v_{s-p} \sim z_0$  in Fig. 7 illustrates that  $v_{s-p}$  at  $z_0 > 15$  km have very small values contrary to the general expectation. They all belong to the epicenters in the southern area at  $x_0 < 9$  km as stated above and some geological implication may be surmised. At  $z_0 < 10$  km slight increase of  $v_{s-p}$  with  $z_0$  are seen, but, as there are very small number of events at  $z_0 < 4$  km, we dare not decide whether the crust be a medium of linearly increasing  $v_{s-p}$  with  $z_0$  or of constant  $v_{s-p}$  underlain by another surface layer of smaller  $v_{s-p}$ . The latter structure was proposed by T. MIKUMO<sup>10</sup>) as a 2nd approximation, but, for the time being, we decided to restrict ourselves only in 1st approximation discussion.

For  $x_0 > 9$  km i.e.  $z_0 < 10$  km, we assume  $v_{s-p} = \text{constant}$  and obtained the weighted mean  $\bar{v}_{s-p}$  using the weight proportional to inverse squares of the 1st kind error calculated for each  $v_{s-p}$ . Thus we get  $\bar{v}_{s-p} = 6.80 \pm 0.11$  km/sec. This value was used for the re-determination of the elements for all combinations out of formerly treated data at more than 4 stations. Data obtained only at 3 stations were also analysed, making use of this  $\bar{v}_{s-p}$  value, if the epicenters were supposed to lie in the northern area,  $x_0 > 9$  km.

They are also listed in Table 6 after the results of more than 4 station shocks for respective years.

6. Geographical distributions of the epicenters located by  $s-p$  method for 1952-1954 expeditions are illustrated in Fig 8, discriminating their depths and hypocentral errors, attributable to *a priori* observational errors of  $\pm 0.1$  sec in  $s-p$  intervals. (1st kind errors) Epicenters determined only by 3 station data are shown by small circles with the same signs of depths and errors as the epicenters by more than 4 station data. Of course, 3 station data epicenters are restricted in the northern area,  $x_0 > 9$  km.

The plots of these epicenters are distributed uniformly over the network of stations, but outside the network they are found only in its southern neighbourhood. To the

north of Wakayama City, to the west in Kii Strait and to the east of Todoroki ( $T$ ), there might have been found as many epicenters as to the south of Yuasa ( $Y$ ), considering the relation in distance from the stations, but we can hardly find them in those northern, western and eastern vicinities.

Distribution of the earthquake origins in solid or the depths of the hypocenters indicated in Fig. 8 will be made clearer in Fig. 9, taking the vertical projection of the hypocenters in  $xz$  and  $yz$  planes.

It is very clear that no earthquake originates at a depth greater than 10 km in the northern three-quarters of the area covered by the network, i.e. in the area at  $x > 9$  km. Further south from the parallel  $MM'$  at  $x = 9$  km the origin becomes deeper as it goes southward. Owing to the small number of origins determined in the southern area, it seems premature to conclude the latter as a fact, but the errors of their locations may support the conclusion. Between the depth 10~14 km, we could locate no earthquake by our network, and it seems to mean something, if we think of the existence of a crustal asthenosphere of plastic nature. In the northern area there are many extremely shallow origins but in the southern area no such earthquake, at least one strong enough to be detected by our network, was found. It will be a future problem to locate such extremely shallow shocks both in the northern and southern areas.

---

Table 1. Data and results of  $p$ -arrival time analysis by least squares method for the 1956 temporary observation in Wakayama district. (unit in km and sec.)

No.	Date and Time (J.S.T.)	Data of $p$ Arrival Times at						Results of Analysis (in km and sec)	
		I.A. station (in sec)		E.S. station (in sec)		K.U. station (in sec)			
1	IV 14 13h 38m	<i>NI</i>	39.70	<i>R</i> <sub>3</sub>	39.84	<i>F'</i>	40.04	$x_0$ :	14.69
		<i>KO</i>	39.86	<i>L</i> <sub>1</sub>	41.83	<i>N'</i>	41.02	$y_0$ :	7.97
				<i>L</i> <sub>2</sub>	40.65	<i>K'</i>	40.18	$z_0$ :	
				<i>K<sup>E</sup></i>	40.06	<i>Y'</i>	39.00	$t_0$ :	
				<i>KO<sup>E</sup></i>	39.83			$v_p$ :	$\sqrt{-7.5}$
2	IV 15 16h 03m	<i>NI</i>	31.89	<i>R</i> <sub>3</sub>	31.56	<i>W'</i>	31.90	$x_0$ :	10.91
		<i>KO</i>	31.38	<i>L</i> <sub>1</sub>	32.01	<i>F'</i>	31.92	$y_0$ :	8.77
		<i>KA</i>	31.79	<i>L</i> <sub>2</sub>	32.52	<i>K'</i>	31.63	$z_0$ :	
		<i>TA</i>	32.71	<i>K<sup>E</sup></i>	31.50	<i>Y'</i>	30.90	$t_0$ :	
		<i>M</i>	30.38	<i>KO<sup>E</sup></i>	31.7			$v_p$ :	$\sqrt{-29.6}$
		<i>Y</i>	31.20	<i>TA<sup>E</sup></i>	32.62				
3	IV 16 13h 28m			<i>L</i> <sub>2</sub>	50.00	<i>W'</i>	49.59	$x_0$ :	17.01
				<i>KO<sup>E</sup></i>	49.26	<i>N'</i>	50.18	$y_0$ :	10.18
						<i>K'</i>	49.41	$z_0$ :	
						<i>Y'</i>	49.79	$t_0$ :	
						$v_p$ :	$\sqrt{-3.2}$		
4	IV 19 09h 25m	<i>NI</i>	03.92	<i>L</i> <sub>1</sub>	06.38	<i>W'</i>	04.04	$x_0$ :	17.59
		<i>KO</i>	04.28	<i>L</i> <sub>2</sub>	04.63	<i>F'</i>	04.32	$y_0$ :	11.37
		<i>KA</i>	04.66	<i>KO<sup>E</sup></i>	04.23	<i>N'</i>	05.33	$z_0$ :	$\sqrt{-16}$
		<i>TA</i>	05.39			<i>K'</i>	04.84	$t_0$ :	04.09
		<i>Y</i>	07.08			<i>Y'</i>	04.80	$v_p$ :	4.85
5	IV 19 14h 47m	<i>KA</i>	57.22	<i>L</i> <sub>1</sub>	57.89	<i>W'</i>	55.66	$x_0$ :	12.65
		<i>TA</i>	56.42	<i>L</i> <sub>2</sub>	55.13	<i>F'</i>	55.37	$y_0$ :	13.33
				<i>KO<sup>E</sup></i>	56.09	<i>N'</i>	55.76	$z_0$ :	
						<i>K'</i>	55.82	$t_0$ :	59.6
						<i>Y'</i>	56.40	$v_p$ :	1.44

(to be continued)

(continued)

No.	Date and Time (J.S.T.)	Data of $p$ Arrival Times at						Results of Analysis (in km and sec)	
		I.A. station (in sec)		E.S. station (in sec)		K.U. station (in sec)		$x_0$ :	$y_0$ :
6	IV 21 16h 33m	<i>KO</i>	25.72	$R_2$	26.89	$W'$	26.20	$x_0$ :	11.98
		<i>KA</i>	26.15	$L_1$	26.03	$F'$	26.35	$y_0$ :	10.66
		<i>TA</i>	27.06	$L_2$	27.01	$N'$	26.73	$z_0$ :	$\sqrt{-849}$
				$K^E$	26.10			$t_0$ :	
				$KO^E$	25.69			$v_p$ :	1.45
7	IV 22 12h 44m	<i>M</i>	54.99	$R_3$	55.41	$W'$	56.75	$x_0$ :	7.01
				$L_1$	53.19	$F'$	56.49	$y_0$ :	9.04
				$L_2$	56.89	$N'$	56.28	$z_0$ :	$\sqrt{-18}$
				$KO^E$	55.99	$K'$	55.70	$t_0$ :	54.5
								$v_p$ :	6.21
8	IV 22 17h 03m	<i>KO</i>	20.90	$R_2$	22.34	$W'$	21.40	$x_0$ :	18.46
		<i>KA</i>	21.53	$L_2$	22.03	$F'$	21.46	$y_0$ :	11.21
				$K^E$	21.63	$N'$	22.29	$z_0$ :	$\sqrt{-29}$
				$KO^E$	20.89	$K'$	21.45	$t_0$ :	21.
								$v_p$ :	5.2
9	IV 22 17h 11m	<i>KO</i>	53.23	$R_2$	55.08	$W'$	53.75	$x_0$ :	17.06
				$L_2$	54.43	$F'$	53.74	$y_0$ :	11.51
				$K^E$	54.08	$N'$	54.50	$z_0$ :	
				$KO^E$	53.21	$Y'$	54.50	$t_0$ :	
								$v_p$ :	$\sqrt{-7.4}$
10	IV 22 17h 35m			$R_2$	06.97	$W'$	07.50	$x_0$ :	9.78
				$R_3$	06.35	$N'$	07.32	$y_0$ :	11.71
				$L_1$	05.22	$K'$	06.74	$z_0$ :	$\sqrt{-32.7}$
				$L_2$	07.95	$Y'$	06.5	$t_0$ :	05.19
				$K^E$	06.49			$v_p$ :	4.24
				$KO^E$	06.52				

Table 2. Data and results of s-arrival time analysis by least squares method for the 1956 temporary observation in Wakayama district. (unit in km and sec.)

No.	Date and Time (J.S.T.)	Data of s Arrival Times at						Results of Analysis (in km and sec)	
		I.A. station (in sec)		E.S. station (in sec)		K.U. station (in sec)			
1	IV 14 13h 38m	<i>NI</i>	40.90	<i>R<sub>3</sub></i>	41.09	<i>K'</i>	41.54	$x_0$ :	13.77
		<i>KO</i>	41.04	<i>L<sub>1</sub></i>	43.95			$y_0$ :	-0.01
				<i>L<sub>2</sub></i>	42.28			$z_0$ :	
				<i>K<sup>E</sup></i>	41.38			$t_0$ :	
				<i>KO<sup>E</sup></i>	40.88			$v_s$ :	$\sqrt{-84}$
2	IV 15 16h 03m	<i>NI</i>	34.28					$x_0$ :	10.19
		<i>KO</i>	33.38					$y_0$ :	4.25
		<i>KA</i>	33.85					$z_0$ :	4.69
		<i>TA</i>	35.63					$t_0$ :	30.47
		<i>M</i>	31.83					$v_s$ :	3.40
		<i>Y</i>	33.23						
3	IV 16 13h 28m	<i>KO</i>	50.02	<i>L<sub>2</sub></i>	50.84	<i>W'</i>	50.43	$x_0$ :	17.36
				<i>K<sup>E</sup></i>	50.20	<i>F'</i>	51.52	$y_0$ :	9.83
				<i>KO<sup>E</sup></i>	49.94	<i>Y'</i>	50.76	$z_0$ :	
								$t_0$ :	
							$v_s$ :	0.6	
4	IV 19 09h 25m	<i>NI</i>	04.98	<i>L<sub>1</sub></i>	08.25	<i>F'</i>	05.36	$x_0$ :	18.29
		<i>KO</i>	05.36	<i>L<sub>2</sub></i>	05.89	<i>N'</i>	07.01	$y_0$ :	10.20
		<i>KA</i>	05.82	<i>KO<sup>E</sup></i>	05.21	<i>K'</i>	06.02	$z_0$ :	$\sqrt{-165}$
		<i>TA</i>	07.13			<i>Y'</i>	06.12	$t_0$ :	04.49
		<i>Y</i>	08.96					$v_s$ :	3.47
5	IV 19 14h 47m	<i>TA</i>	57.42	<i>L<sub>2</sub></i>	55.95	<i>W'</i>	56.76	$x_0$ :	20.01
				<i>KO<sup>E</sup></i>	57.29	<i>F'</i>	56.29	$y_0$ :	12.80
						<i>N'</i>	56.94	$z_0$ :	
						<i>K'</i>	57.14	$t_0$ :	47.6
						<i>Y'</i>	58.10	$v_0$ :	1.62

(to be continued)

(continued)

No.	Date and Time (J.S.T.)	Data of $s$ Arrival Times at						Results of Analysis (in km and sec)	
		I.A. station (in sec)		E.S. station (in sec)		K.U. station (in sec)		$x_0$ :	$y_0$ :
6	IV 21 16h 33m	<i>KO</i>	27.32	$L_2$	29.18	$F'$	27.82	$x_0$ :	14.06
		<i>KA</i>	27.44	$K^E$	27.72	$N'$	28.39	$y_0$ :	10.77
		<i>TA</i>	29.43	$KO^E$	27.30	$K'$	27.45	$z_0$ :	
						$Y'$	27.29	$t_0$ :	
							$v_s$ :	$\sqrt{-1.4}$	
7	IV 22 12h 44m	<i>KO</i>	59.69	$R_3$	58.35	$N'$	60.08	$x_0$ :	10.35
		<i>KA</i>	59.70	$L_1$	55.99	$K'$	59.39	$y_0$ :	9.52
		<i>M</i>	58.31	$L_2$	61.44	$Y'$	58.51	$z_0$ :	$\sqrt{-108}$
		<i>Y</i>	56.47	$KO^E$	59.79			$t_0$ :	58.2
							$v_s$ :	4.17	
8	IV 22 17h 03m	<i>KO</i>	21.54	$R_2$	23.91	$F'$	22.23	$x_0$ :	18.33
		<i>KA</i>	21.16	$L_2$	22.98	$N'$	32.90	$y_0$ :	10.99
						$K'$	22.24	$z_0$ :	$\sqrt{-22}$
							$t_0$ :	21.7	
							$v_s$ :	3.71	
9	IV 22 17h 11m	<i>KO</i>	53.83	$R_2$	56.55	$F'$	54.54	$x_0$ :	16.20
				$L_2$	55.39	$N'$	55.97	$y_0$ :	13.56
				$KO^E$	53.95			$z_0$ :	
							$t_0$ :		
							$v_s$ :	$\sqrt{-0.3}$	
10	IV 22 17h 35m			$R_2$	10.09	$W'$	10.03	$x_0$ :	10.10
				$R_3$	08.35	$N'$	09.87	$y_0$ :	10.90
				$L_1$	06.52	$K'$	09.11	$z_0$ :	$\sqrt{-21}$
				$L_2$	10.77	$Y$	08.70	$t_0$ :	07.37
				$K^E$	09.27			$v_s$ :	3.40
				$KO^E$	09.27				



Table 3. Data and results of  $p$ -arrival time analysis by simultaneous equations method for the 1956 temporary observation in Wakayama district. (unit in km and sec.)

1) IV14 13h 38m						2) IV15 16h 03m					
$L_1$	41.82	$L_1$	41.82	$L_1$	41.82	$L_1$	41.82	$R_3$	30.56	$R_3$	30.56
$K^E$	40.07	$K^E$	40.07	$K^E$	40.07	$K^E$	40.07	$L_1$	32.01	$L_1$	32.01
$KO^E$	39.83	$KO^E$	39.83	$KO^E$	39.83	$KO^E$	39.83	$L_2$	32.52	$L_2$	32.52
$L_2$	40.65	$L_2$	40.65	$L_2$	40.50	$L_2$	40.50	$KO^E$	31.37	$KO^E$	31.37
$R_3$	39.80	$K'$	40.18	$R_3$	39.80	$K'$	40.18	$K'$	31.50	$TA^E$	32.62
$x_0$ :	19.59	$x_0$ :	18.17	$x_0$ :	21.63	$x_0$ :	18.75	$x_0$ :	9.04	$x_0$ :	11.01
$y_0$ :	1.73	$y_0$ :	11.44	$y_0$ :	0.07	$y_0$ :	11.43	$y_0$ :	-1.63	$y_0$ :	7.87
$z_0$ :	9.52	$z_0$ :	$\sqrt{-7}$	$z_0$ :	9.65	$z_0$ :	2.45	$z_0$ :	16.12	$z_0$ :	$\sqrt{-24}$
$t_0$ :	37.40	$t_0$ :	40.07	$t_0$ :	36.72	$t_0$ :	40.04	$t_0$ :	26.94	$t_0$ :	30.85
$v_p$ :	4.98	$v_p$ :	7.62	$v_p$ :	4.99	$v_p$ :	7.74	$v_p$ :	4.70	$v_p$ :	7.06
4) IV19 09h 25m						5) IV19 14h 47m			6) IV21 16h 33m		
$W'$	04.04	$W'$	04.04	$L_1$	57.64	$R_2$	26.91	$R_2$	26.91	$W'$	26.20
$F'$	04.32	$F'$	04.32	$L_2$	55.13	$L_1$	26.03	$L_1$	26.03	$L_1$	26.03
$R_3$	06.37	$N'$	05.33	$W'$	55.66	$KO^E$	25.71	$KO^E$	25.71	$KO^E$	25.71
$L_2$	04.63	$K'$	04.84	$F'$	55.37	$L_2$	27.47	$L_2$	27.03	$N'$	26.80
$KO^E$	04.26	$Y'$	04.80	$N'$	55.76	$K^E$	26.11	$K^E$	26.11	$Y'$	26.02
$x_0$ :	22.46	$x_0$ :	-91	$x_0$ :	25.31	$x_0$ :	12.19	$x_0$ :	10.30	$x_0$ :	15.56
$y_0$ :	2.61	$y_0$ :	70	$y_0$ :	13.62	$y_0$ :	15.56	$y_0$ :	11.76	$y_0$ :	15.86
$z_0$ :		$z_0$ :		$z_0$ :	7.14	$z_0$ :	$\sqrt{-26}$	$z_0$ :	$\sqrt{-38}$	$z_0$ :	
$t_0$ :		$t_0$ :		$t_0$ :	53.57	$t_0$ :	26.47	$t_0$ :	26.08	$t_0$ :	
$v_p$ :	$\sqrt{-14}$	$v_p$ :	35	$v_p$ :	5.24	$v_p$ :	7.62	$v_p$ :	10.76	$v_p$ :	$\sqrt{-264}$
7) IV22 12h 44m						8) IV22 17h 03m					
$M$	55.06	$W'$	56.75	$R_2$	22.52	$K'$	21.45	$L_2$	54.58		
$R_3$	55.41	$F'$	56.49	$KO^E$	21.13	$KO^E$	21.13	$KO^E$	53.37		
$L_1$	53.19	$N'$	56.28	$W'$	21.40	$W'$	21.40	$W'$	53.75		
$L_2$	56.89	$K'$	55.70	$F'$	21.46	$F'$	21.46	$F'$	53.74		
$KO^E$	55.99	$KO^E$	55.99	$N'$	22.29	$N'$	22.29	$N'$	54.50		
$x_0$ :	-8.07	$x_0$ :	5.07	$x_0$ :	13.77	$x_0$ :	17.16	$x_0$ :	9.45		
$y_0$ :	11.91	$y_0$ :	6.52	$y_0$ :	6.62	$y_0$ :	7.81	$y_0$ :	6.62		
$z_0$ :	$\sqrt{-386}$	$z_0$ :	$\sqrt{-3.5}$	$z_0$ :		$z_0$ :	2.95	$z_0$ :			
$t_0$ :	54.22	$t_0$ :	54.36	$t_0$ :		$t_0$ :	20.78	$t_0$ :			
$v_p$ :	8.28	$v_p$ :	7.25	$v_p$ :	$\sqrt{-6.2}$	$v_p$ :	7.27	$v_p$ :	$\sqrt{-61}$		
9) IV22 17h 11m											

Table 4. Data and results of s-arrival time analysis by simultaneous equations method for the 1956 temporary observation in Wakayama district. (unit in km and sec.)

1) IV14 13h 38m			2) IV15 16h 03m		4) IV19 09h 25m				5) IV19 14h 47m		
<i>KO</i>	41.04	<i>KO</i>	41.04	<i>KO</i>	33.31	<i>NI</i>	05.04	<i>L<sub>2</sub></i>	05.89	<i>TA</i>	57.07
<i>R<sub>3</sub></i>	41.05	<i>R<sub>3</sub></i>	41.05	<i>KA</i>	33.85	<i>KO</i>	05.37	<i>F'</i>	05.36	<i>L<sub>2</sub></i>	55.95
<i>L<sub>2</sub></i>	42.32	<i>L<sub>2</sub></i>	42.32	<i>TA</i>	35.70	<i>KA</i>	05.96	<i>N'</i>	07.01	<i>W'</i>	56.76
<i>K'</i>	41.54	<i>K'</i>	41.54	<i>M</i>	31.79	<i>K'</i>	06.02	<i>K'</i>	06.02	<i>F'</i>	56.29
<i>K<sup>E</sup></i>	41.54	<i>K<sup>E</sup></i>	41.39	<i>Y</i>	33.21	<i>Y'</i>	06.12	<i>Y'</i>	06.12	<i>N'</i>	56.94
<i>x<sub>0</sub></i>	9.81	<i>x<sub>0</sub></i>	12.40	<i>x<sub>0</sub></i>	10.19	<i>x<sub>0</sub></i>	25.95	<i>x<sub>0</sub></i>	24.53	<i>x<sub>0</sub></i>	20.99
<i>y<sub>0</sub></i>	9.44	<i>y<sub>0</sub></i>	7.51	<i>y<sub>0</sub></i>	5.66	<i>y<sub>0</sub></i>	2.7	<i>y<sub>0</sub></i>	4.36	<i>y<sub>0</sub></i>	12.18
<i>z<sub>0</sub></i>		<i>z<sub>0</sub></i>	$\sqrt{-18}$	<i>z<sub>0</sub></i>	$\sqrt{-7}$	<i>z<sub>0</sub></i>		<i>z<sub>0</sub></i>	8.39	<i>z<sub>0</sub></i>	2.64
<i>t<sub>0</sub></i>	41.36	<i>t<sub>0</sub></i>	41.20	<i>t<sub>0</sub></i>	31.41	<i>t<sub>0</sub></i>		<i>t<sub>0</sub></i>	02.09	<i>t<sub>0</sub></i>	36.19
<i>v<sub>s</sub></i>	11.91	<i>v<sub>s</sub></i>	9.73	<i>v<sub>s</sub></i>	3.58	<i>v<sub>s</sub></i>	$\sqrt{-147}$	<i>v<sub>s</sub></i>	3.60	<i>v<sub>s</sub></i>	9.27
6) IV21 16h 33m			8) IV22 17h 03m								
<i>L<sub>2</sub></i>	29.18	<i>L<sub>2</sub></i>	29.18	<i>R<sub>2</sub></i>	24.13						
<i>K<sup>E</sup></i>	27.76	<i>K<sup>E</sup></i>	27.76	<i>L<sub>2</sub></i>	23.22						
<i>KO<sup>E</sup></i>	27.41	<i>KO<sup>E</sup></i>	27.41	<i>F'</i>	22.23						
<i>K'</i>	27.45	<i>K'</i>	27.45	<i>N'</i>	23.90						
<i>Y'</i>	27.82	<i>Y'</i>	27.29	<i>K'</i>	22.24						
<i>x<sub>0</sub></i>	18.10	<i>x<sub>0</sub></i>	13.94	<i>x<sub>0</sub></i>	12.37						
<i>y<sub>0</sub></i>	11.01	<i>y<sub>0</sub></i>	9.59	<i>y<sub>0</sub></i>	-21.18						
<i>z<sub>0</sub></i>	$\sqrt{-1.4}$	<i>z<sub>0</sub></i>	$\sqrt{-7.3}$	<i>z<sub>0</sub></i>	$\sqrt{-802}$						
<i>t<sub>0</sub></i>	27.99	<i>t<sub>0</sub></i>	27.73	<i>t<sub>0</sub></i>	19.57						
<i>v<sub>s</sub></i>	3.67	<i>v<sub>s</sub></i>	6.21	<i>v<sub>s</sub></i>	6.56						

Table 5. Data and results of  $s$ - $p$  interval analysis by the least squares method (L.S.M) and the simultaneous equations method (S.E.M) for the 1956 temporary observation in Wakayama district. (unit in km and sec.)

Earthq.	1) IV14 13h 38m								2) IV15 16h 03m			
Method	L.S.M.				S.E.M.		S.E.M.		S.E.M.		L.S.M.	
Data ( $s$ - $p$ )	$NI$ 1.20	$KO$ 1.12	$KO$ 1.20	$KO$ 1.20	$KO$ 1.20	$KO$ 1.20	$KO$ 1.20	$KO$ 1.20	$NI$ 2.20	$M$ 1.45	$Y$ 2.03	
	$R_3$ 1.25	$L_1$ 2.12	$R_3$ 1.25	$R_3$ 1.25	$R_3$ 1.25	$R_3$ 1.25	$R_3$ 1.25	$R_3$ 1.25	$KO$ 2.00			
	$L_2$ 1.63	$K^E$ 1.30	$L_2$ 1.67	$L_2$ 1.67	$L_2$ 1.67	$L_2$ 1.67	$L_2$ 1.67	$L_2$ 1.67	$KA$ 2.06			
	$KOE$ 1.05	$K'$ 1.36	$K^E$ 1.47	$K^E$ 1.32	$K^E$ 1.32	$K^E$ 1.32	$K^E$ 1.32	$K^E$ 1.32	$TA$ 2.92			
Results	$x_0$ : 17.59		$x_0$ : 18.67		$x_0$ : 26.27		$x_0$ : 16.48		$x_0$ : 11.31			
	$y_0$ : 5.83		$y_0$ : 3.49		$y_0$ : -2.37		$y_0$ : 5.17		$y_0$ : 3.80			
	$z_0$ : 8.94		$z_0$ : 8.89		$z_0$ : $\sqrt{-104}$		$z_0$ : 9.87		$z_0$ : 9.92			
	$v_{s-p}$ : 8.45		$v_{s-p}$ : 8.75		$v_{s-p}$ : 8.57		$v_{s-p}$ : 8.79		$v_{s-p}$ : 6.70			
Earthq.	2)				3) IV16 13h 28m							
Method	S.E.M.		S.E.M.		S.E.M.		L.S.M.		S.E.M.		S.E.M.	
Data ( $s$ - $p$ )	$KO$ 1.94	$KO$ 1.94	$KO$ 1.94	$KO$ 1.94	$KO$ 0.75	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84	$W'$ 0.84
	$TA$ 3.00	$TA$ 3.00	$KA$ 2.05	$L_2$ 0.84	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34	$N'$ 1.34
	$KA$ 2.05	$M$ 1.42	$M$ 1.42	$KOE$ 0.68	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79	$K'$ 0.79
	$Y$ 2.02	$Y$ 2.02	$Y$ 2.02		$Y'$ 0.97	$Y'$ 0.97	$Y'$ 0.97	$Y'$ 0.97	$Y'$ 0.97	$KOE$ 0.68		
Results	$x_0$ : 10.56	$x_0$ : 11.35	$x_0$ : 10.09		$x_0$ : 18.15		$x_0$ : 17.81		$x_0$ : 27.51			
	$y_0$ : 8.22	$y_0$ : -0.46	$y_0$ : 10.14		$y_0$ : 9.83		$y_0$ : 8.55		$y_0$ : 18.47			
	$z_0$ : 7.37	$z_0$ : 10.58	$z_0$ :		$z_0$ : 4.46		$z_0$ : 6.61		$z_0$ :			
	$v_{s-p}$ : 5.08	$v_{s-p}$ : 7.83	$v_{s-p}$ : $\sqrt{-7}$		$v_{s-p}$ : 7.35		$v_{s-p}$ : 8.93		$v_{s-p}$ : $\sqrt{-82}$			
Earthq.	4) IV19 09h 25m								5) IV19 14h 47m			
Method	L.S.M.				S.E.M.		S.E.M.		L.S.M.			
Data ( $s$ - $p$ )	$NI$ 1.06	$Y$ 1.88	$KOE$ 0.98	$NI$ 1.07	$F'$ 1.04	$F'$ 1.04	$F'$ 1.04	$TA$ 1.0	$F'$ 0.92			
	$KO$ 1.05	$L_1$ 1.87	$F'$ 1.04	$KO$ 1.11	$N'$ 1.68	$N'$ 1.68	$N'$ 1.68	$L_3$ 0.82	$N'$ 1.18			
	$KA$ 1.16	$L_2$ 1.26	$N'$ 1.68	$KA$ 1.17	$K'$ 1.18	$K'$ 1.18	$K'$ 1.18	$KOE$ 1.20	$K'$ 1.32			
	$TA$ 1.74	$L^E$ 1.25	$K'$ 1.18	$L_2$ 1.22	$Y'$ 1.32	$Y'$ 1.32	$Y'$ 1.32	$W'$ 1.10	$Y'$ 1.70			
			$Y'$ 1.32									
Results		$x_0$ : 17.28		$x_0$ :	$x_0$ : 19.65		$x_0$ : 21.41					
		$y_0$ : 7.98		$y_0$ :	$y_0$ : 7.92		$y_0$ : 13.94					
		$z_0$ : 8.81		$z_0$ :	$z_0$ : 7.35		$z_0$ : 5.78					
		$v_{s-p}$ : 8.58		$v_{s-p}$ : $\sqrt{-80}$	$v_{s-p}$ : 7.73		$v_{s-p}$ : 7.62					

(to be continued)



Table 6. Data and results of  $s$ - $p$  interval analysis by R. TAKAHASHI's graphical method for the 1952-1954 expeditions near Wakayama.

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of $s$ - $p$ wave	Remarks: stations and $s$ - $p$ intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1952	km	km	km	km/s	
1-203* X28 12h 16m	7.0 $\pm$ 1.2	11.2 $\pm$ 1.2	20.5 $\pm$ 4.7	3.97 $\pm$ 0.76	$E_0$ : $K_{5-70}$ , $T_{6-20}$ , $M_{5-68}$ , $H_{5-40}$
2-204 XI5 11h 47m	18.50 $\pm$ 0.64 17.6 $\pm$ 1.3 20.0 $\pm$ 1.1 18.95 $\pm$ 0.64 19.20 $\pm$ 0.73 18.96 $\pm$ 0.41 $\pm 0.49$	7.60 $\pm$ 0.78 6.8 $\pm$ 1.1 6.5 $\pm$ 1.4 7.64 $\pm$ 0.87 9.5 $\pm$ 1.9 7.39 $\pm$ 0.59 $\pm 0.76$	7.2 $\pm$ 1.2 7.60 $\pm$ 0.96 6.7 $\pm$ 1.8 8.70 $\pm$ 0.71 7.90 $\pm$ 0.69 8.07 $\pm$ 0.43 $\pm 0.51$	6.40 $\pm$ 0.33	$E_0$ : $NM_{1-85}$ , $K_{1-21}$ , $T_{2-20}$ , $H_{2-85}$ $E_1$ : $NM_{1-85}$ , $K_{1-21}$ , $T_{2-20}$ $E_2$ : $K_{1-21}$ , $T_{2-20}$ , $H_{2-85}$ $E_3$ : $NM_{1-85}$ , $T_{2-20}$ , $H_{2-85}$ $E_4$ : $NM_{1-85}$ , $K_{1-21}$ , $H_{2-85}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_2$ , $E_3$ , $E_4$
3-208* XI22 21h 32m	-1.5 $\pm$ 4.9	12.8 $\pm$ 1.2	21.5 $\pm$ 4.7	4.30 $\pm$ 0.97	$E_0$ : $K_{6-60}$ , $T_{6-90}$ , $M_{6-10}$ , $H_{5-20}$
4-210 XI24 18h 35m	15.40 $\pm$ 0.93 17.30 $\pm$ 0.96 15.98 $\pm$ 0.71 16.45 $\pm$ 0.57 $\pm 5.7$	13.80 $\pm$ 0.63 13.84 $\pm$ 0.52 11.70 $\pm$ 0.93 13.33 $\pm$ 0.45 $\pm 8.2$	3.2 $\pm$ 1.1 2.4 $\pm$ 1.0 4.00 $\pm$ 0.89 3.29 $\pm$ 0.66 $\pm 7.1$	7.50 $\pm$ 0.39	$E_0$ : $NM_{2-10}$ , $K_{0-62}$ , $T_{0-91}$ , $M_{1-80}$ $E_1$ : $NM_{2-10}$ , $K_{0-62}$ , $T_{0-91}$ $E_4$ : $NM_{2-10}$ , $K_{0-62}$ , $M_{1-80}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_4$
5-211 XI25 13h 32m	9.30 $\pm$ 0.93 8.40 $\pm$ 0.82 9.05 $\pm$ 0.79 8.50 $\pm$ 0.69 8.70 $\pm$ 0.53 8.67 $\pm$ 0.34 $\pm 0.19$	6.4 $\pm$ 1.0 6.25 $\pm$ 0.82 5.96 $\pm$ 0.72 5.2 $\pm$ 1.8 6.4 $\pm$ 1.0 6.10 $\pm$ 0.46 $\pm 0.28$	5.2 $\pm$ 1.9 5.5 $\pm$ 1.0 5.75 $\pm$ 0.65 6.10 $\pm$ 0.69 6.30 $\pm$ 0.97 5.91 $\pm$ 0.39 $\pm 0.25$	6.52 $\pm$ 0.55	$E_0$ : $NM_{2-90}$ , $T_{2-51}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-40}$ $E_1$ : $NM_{2-90}$ , $T_{2-51}$ , $M_{1-00}$ $E_2$ : $T_{2-51}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-40}$ $E_3$ : $NM_{2-90}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-40}$ $E_4$ : $NM_{2-90}$ , $T_{2-51}$ , $H_{1-40}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_2$ , $E_3$ , $E_4$
6-214 XII10 18h 04m	15.0 16.4 14.80 $\pm$ 0.47 15.10 $\pm$ 0.58 14.10 $\pm$ 0.86 14.78 $\pm$ 0.35 $\pm 0.57$	7.3 5.6 5.83 $\pm$ 0.84 7.35 $\pm$ 0.88 6.73 $\pm$ 0.71 6.60 $\pm$ 0.46 $\pm 1.1$	imaginary 0.0 2.9 $\pm$ 1.7 5.0 $\pm$ 1.3 4.4 $\pm$ 1.3 4.52 $\pm$ 0.81 $\pm 1.4$	6.8 7.8 7.17 $\pm$ 0.41 7.52 $\pm$ 0.36 7.88 $\pm$ 0.53 7.43 $\pm$ 0.25 $\pm 0.53$	$E_1$ : $NM_{1-80}$ , $T_{1-80}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-90}$ $E_2$ : $K_{0-78}$ , $T_{1-80}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-90}$ $E_3$ : $NM_{1-80}$ , $K_{0-78}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-90}$ $E_4$ : $NM_{1-80}$ , $K_{0-78}$ , $T_{1-80}$ , $H_{1-90}$ $E_5$ : $NM_{1-80}$ , $K_{0-78}$ , $T_{1-80}$ , $M_{1-00}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_5$
	14.30 $\pm$ 0.70 17.2 $\pm$ 1.0 13.78 $\pm$ 0.72 15.30 $\pm$ 0.55 14.92 $\pm$ 0.35 $\pm 0.94$	6.20 $\pm$ 0.93 8.55 $\pm$ 0.90 9.0 $\pm$ 1.0 5.38 $\pm$ 0.75 6.99 $\pm$ 0.44 $\pm 1.4$	2.4 $\pm$ 1.4 4.90 $\pm$ 0.83 4.45 $\pm$ 0.86 1.2 $\pm$ 2.5 3.90 $\pm$ 0.54 $\pm 1.0$		$E_3$ : $K_{0-78}$ , $M_{1-00}$ , $H_{1-90}$ $E_5$ : $NM_{1-80}$ , $K_{0-78}$ , $T_{1-80}$ $E_8$ : $K_{0-78}$ , $T_{1-80}$ , $H_{1-90}$ $E_9$ : $NM_{1-80}$ , $K_{0-78}$ , $M_{1-00}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_5$ , $E_8$ , $E_9$ . Other 6 combinations of stations do not give definite epicenters
7-215 XII14 09h 08m	17.6 $\pm$ 4.2 12.8 $\pm$ 2.9 14.87 $\pm$ 0.99 15.13 $\pm$ 0.95 15.6 $\pm$ 1.2 15.06 $\pm$ 0.58 $\pm 0.50$	0.6 $\pm$ 5.4 5.4 $\pm$ 1.8 5.1 $\pm$ 1.5 3.3 $\pm$ 1.3 4.00 $\pm$ 0.89 4.16 $\pm$ 0.62 $\pm 0.64$	5.9 $\pm$ 4.6 7.55 $\pm$ 0.71 8.1 $\pm$ 1.5 6.7 $\pm$ 1.2 6.1 $\pm$ 1.7 7.28 $\pm$ 0.53 $\pm 0.54$	8.0 $\pm$ 1.8	$E_0$ : $K_{1-45}$ , $T_{2-50}$ , $M_{1-30}$ , $H_{2-30}$ $E_1$ : $K_{1-45}$ , $T_{2-50}$ , $M_{1-30}$ $E_2$ : $K_{1-45}$ , $T_{2-50}$ , $H_{2-30}$ $E_3$ : $K_{1-45}$ , $M_{1-30}$ , $H_{2-30}$ $E_4$ : $T_{2-50}$ , $M_{1-30}$ , $H_{2-30}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_4$

\*  $x_0 < 9$  km

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave $v_{s-p}$ km/s	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$ km	$y_0$ km	$z_0$ km		
1952					
8-216 XI 5 18h 19m	17.1 ±1.8	12.10±0.83	2.90±0.83		$E_0$ : $K_{0.49}$ , $T_{1.20}$ , $M_{1.90}$
9-217 XI 8 20h 09m	15.00±0.67	7.47±0.86	2.5 ±1.0		$E_0$ : $M_{1.20}$ , $K_{0.60}$ , $W_{1.60}$
10-218 XI12 03h 58m	16.5 ±1.1	11.90±0.78	5.87±0.62		$E_0$ : $T_{1.45}$ , $K_{0.89}$ , $W_{1.70}$
11-219 XI14 10h 41m	23.9 ±1.2	11.3 ±1.0	6.2 ±1.0		$E_0$ : $T_{1.79}$ , $K_{1.44}$ , $NM_{1.50}$
12-220 (207) XI18 20h 55m	22.3 ±1.1	11.40±0.86	4.80±0.98		$E_0$ : $NM_{1.50}$ , $K_{1.12}$ , $T_{1.56}$
13-221 XII 1 22h 36m	22.6 ±1.1	7. ±13.	8.5 ±5.0		$E_0$ : $NM_{1.50}$ , $K_{2.66}$ , $M_{5.95}$
14-222 XII 2 02h 21m	16.3 ±2.8	18.0 ±1.6	8.5 ±1.0		$E_0$ : $K_{1.30}$ , $T_{2.14}$ , $M_{1.83}$
15-223 XIII2 02h 08m	10.3 ±1.1	2.90±0.71	6.00±0.80		$E_0$ : $T_{2.85}$ , $M_{0.89}$ , $H_{1.70}$
16-224 XIII3 09h 48m	16.3 ±1.6	10.80±0.67	2.80±0.62		$E_0$ : $K_{0.40}$ , $T_{0.95}$ , $M_{1.66}$
17-225 XII 1 22h 36m	22.55	7.00	8.50		$E_0$ : $NM_{1.50}$ , $K_{1.63}$ , $M_{2.44}$
1953					
1-301 X27 16h 23m	29.1 ±1.8 17.2 ±2.5 14.8 ±1.9 15.7 ±1.5 ±11.	14.9 ±6.1 12.1 ±1.9 15.04±0.81 14.60±0.75 ±9.4	1.5 ±18.5 8.00±0.58 5.6 ±1.0 7.40±0.51 ±9.2	10.7 ±1.4	$E_0$ : $KO_{1.27}$ , $KA_{1.18}$ , $M_{2.19}$ , $T_{1.15}$ $E_1$ : $KO_{1.27}$ , $KA_{1.18}$ , $M_{2.19}$ $E_3$ : $KO_{1.27}$ , $T_{1.5}$ , $M_{2.19}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_3$ . Other 2 combinations of stations cannot give real epicenters
2-302 X28 06h 18m	15.4 ±2.4 14.40±0.83 13.6 ±1.8 14.8 ±1.2 14.37±0.82 14.39±0.50 ±0.27	-0.1±4.7 1.6 ±1.2 2.6 ±1.4 2.00±0.83 2.6 ±1.3 2.52±0.55 ±0.51	3.6 ±5.0 4.5 ±1.6 5.3 ±1.3 3.90±0.24 5.7 ±2.0 3.98±0.24 ±0.30	7.5 ±1.5	$E_0$ : $KO_{1.30}$ , $T_{2.70}$ , $M_{1.00}$ , $Y_{2.00}$ $E_1$ : $KO_{1.30}$ , $M_{1.00}$ , $Y_{2.00}$ $E_2$ : $KO_{1.30}$ , $T_{2.70}$ , $M_{1.00}$ $E_3$ : $T_{2.70}$ , $M_{1.00}$ , $Y_{2.00}$ $E_4$ : $KO_{1.30}$ , $T_{2.70}$ , $Y_{2.00}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_4$

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
3-306* X31 20h 37m	5.8 ±2.0 0.2 ±5.3 8. ±11. 5.1 ±1.9 ±3.3	15.1 ±1.2 18.3 ±3.3 16.0 ±5.6 15.51±0.90 ±1.8	7.9 ±2.7 9.2 ±8.7 31. ±37. 8.6 ±1.9 ±3.6	5.10±0.91 6.9 ±1.7 11. ±11. 5.52±0.79 ±1.3	$E_1$ : $KO_{2-98}$ , $T_{2-94}$ , $M_{3-04}$ , $Y_{2-10}$ $E_2$ : $KA_{2-91}$ , $T_{2-94}$ , $M_{3-04}$ , $Y_{2-10}$ $E_3$ : $KO_{2-98}$ , $KA_{2-91}$ , $T_{2-94}$ , $M_{3-04}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ , $E_2$ , $E_3$ . Other 2 combinations of stations cannot give real epi- centers
4-307* XI 1 17h 53m	4.3 ±4.7	3.8 ±3.5	19.5 ±4.4	5.4 ±1.4	$E_0$ : $R_{4-85}$ , $KA_{4-60}$ , $T_{5-25}$ , $M_{3-74}$
5-312 XI 7 19h 42m	23.9 ±5.4 22.7 ±2.5 21.2 ±1.1 20.70±0.88 19.1 ±2.5 20.90±0.64 ±0.63	7.9 ±2.1 9.0 ±2.7 5.8 ±2.2 7.3 ±1.1 8.5 ±2.1 7.44±0.84 ±0.85	7.8 ±1.3 6.4 ±1.6 6.68±0.96 6.76±0.63 8.2 ±1.3 6.90±0.47 ±0.49	8.3 ±2.5	$E_0$ : $R_{1-00}$ , $KO_{1-25}$ , $KA_{1-40}$ , $M_{2-10}$ $E_1$ : $R_{1-00}$ , $KO_{1-25}$ , $KA_{1-40}$ $E_2$ : $R_{1-00}$ , $KO_{1-25}$ , $M_{2-10}$ $E_3$ : $R_{1-00}$ , $KA_{1-40}$ , $M_{2-10}$ $E_4$ : $KO_{1-25}$ , $KA_{1-40}$ , $M_{2-10}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ ~ $E_4$
6-313 XI 7 21h 48m	22.4 ±2.6 22.9 ±7.6 20.5 ±9.9 22.6 ±3.8 21.9 ±3.5 22.3 ±1.8 ±0.26	8.7 ±6.4 7.6 ±2.9 8.0 ±4.3 7.2 ±1.4 7.5 ±1.6 7.41±0.97 ±0.18	8.3 ±6.5 9.8 ±3.3 9.6 ±2.1 9.5 ±1.7 9.3 ±1.7 9.45±0.97 ±0.15	8.9 ±5.3 10.4 ±4.8 9.4 ±2.9 10.10±0.86 9.7 ±1.8 9.98±0.76 ±0.13	$E_1$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $KA_{1-21}$ , $T_{1-63}$ $E_2$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $KA_{1-21}$ , $M_{1-70}$ $E_3$ : $KO_{1-10}$ , $KA_{1-21}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_4$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_5$ : $R_{0-95}$ , $KA_{1-21}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ ~ $E_5$
	21.7 ±2.3 22.1 ±1.7 23.2 ±2.2 18.20±0.77 19.33±0.99 17.10±0.77 15.3 ±2.2 8.4 13.2 ±1.6 18.06±0.42 ±0.64	9.9 ±2.3 10.98±0.79 11.3 ±1.0 6.83±0.96 4.1 ±1.9 9.55±0.61 8.9 ±1.8 13.8 11.50±0.91 9.75±0.35 ±0.57	5.8 ±1.5 5.2 ±1.2 4.6 ±2.1 5.68±0.60 5.4 ±1.3 4.30±0.84 7.30±0.47 0.0 5.8 ±1.1 6.10±0.30 ±0.33		$E_1$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $KA_{1-21}$ $E_2$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $T_{1-63}$ $E_3$ : $R_{0-95}$ , $KA_{1-21}$ , $T_{1-63}$ $E_5$ : $R_{0-95}$ , $KA_{1-21}$ , $M_{1-70}$ $E_6$ : $R_{0-95}$ , $KO_{1-10}$ , $M_{1-70}$ $E_7$ : $R_{0-95}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_8$ : $KO_{1-10}$ , $KA_{1-21}$ , $M_{1-70}$ $E_9$ : $KA_{1-21}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_{10}$ : $KO_{1-10}$ , $T_{1-63}$ , $M_{1-70}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ ~ $E_{10}$ except $E_4$ , $E_9$
7-314 XI 7 22h 58m	24.1 ±2.1 24.1 ±3.3 24.1 ±2.5 24.2 ±2.9 25. ±13. 24.2 ±1.6 ±0.10	10.4 ±1.5 10.3 ±3.3 10.5 ±1.0 10.5 ±1.3 10.4 ±1.4 10.47±0.67 ±0.05	8.1 ±2.6 8.2 ±2.6 8.1 ±1.6 8.1 ±1.9 7. ±15. 8.10±1.1 ±0.08	6.80±0.98	$E_0$ : $R_{1-35}$ , $KO_{1-60}$ , $KA_{1-66}$ , $T_{2-05}$ $E_1$ : $R_{1-35}$ , $KO_{1-60}$ , $KA_{1-66}$ $E_2$ : $R_{1-35}$ , $KO_{1-60}$ , $T_{2-05}$ $E_3$ : $R_{1-35}$ , $KA_{1-66}$ , $T_{2-05}$ $E_4$ : $KO_{1-60}$ , $KA_{1-66}$ , $T_{2-05}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ ~ $E_4$
8-315 XI10 02h 20m	18.4 ±4.6 18.8 ±2.0 19.2 ±1.6 20.1 ±2.4 19.23±1.1 ±0.92	4. ±10. 5.9 ±2.3 6.77±0.94 7.1 ±1.3 6.77±0.72 ±0.58	5.9 ±2.9 5.5 ±1.3 5.70±0.62 6.00±0.72 5.79±0.44 ±0.30	7.9 ±4.2	$E_0$ : $R_{0-90}$ , $KO_{0-95}$ , $KA_{1-30}$ , $T_{2-10}$ $E_1$ : $R_{0-90}$ , $KO_{0-95}$ , $KA_{1-30}$ $E_2$ : $R_{0-90}$ , $KO_{0-95}$ , $T_{2-10}$ $E_3$ : $R_{0-90}$ , $KA_{0-95}$ , $T_{2-10}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1$ ~ $E_3$ ( $KO$ , $KA$ , $T$ ) cannot give real epicenter

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
9-316*	-12.1	15.0	<i>imaginary</i>	10.6	$E_1: KO_{1.90}, KA_{1.75}, T_{1.95}, R_{2.50}$
XI13	9.8 ± 2.8	12.4 ± 1.2	8.0 ± 7.6	6.0 ± 2.2	$E_2: KO_{1.90}, KA_{1.75}, M_{2.16}, R_{2.50}$
22h 58m	10.3 ± 2.2	12.2 ± 3.1	8.1 ± 1.9	5.8 ± 1.4	$E_2': KO_{1.90}, KA_{1.75}, M_{2.20}, R_{2.50}$
	7.5	12.5	<i>imaginary</i>	4.3	$E_3: KO_{1.90}, KA_{1.75}, Y_{1.40}, R_{2.50}$
	8.2 ± 4.9	14.3 ± 1.9	11.6 ± 8.9	8.1 ± 2.4	$E_4: KO_{1.90}, KA_{1.75}, M_{2.16}, T_{1.95}$
	5.8 ± 3.3	14.2 ± 1.9	10.0 ± 7.0	8.5 ± 3.5	$E_5: KO_{1.90}, KA_{1.75}, Y_{1.40}, T_{1.95}$
	6.9 ± 2.2	17.2 ± 4.3	3.0 ± 7.1	7.1 ± 1.6	$E_6: R_{2.50}, KO_{1.90}, M_{2.16}, Y_{1.40}$
	2.7 ± 10.	21. ± 16.	1. ± 123.	9.4 ± 5.4	$E_7: R_{2.50}, KA_{1.75}, M_{2.16}, Y_{1.40}$
	0.5	26.	6.	10.	$E_7': R_{2.50}, KA_{1.75}, M_{2.20}, Y_{1.40}$
	—	—	—	—	$E_8: R_{2.50}, T_{1.95}, M_{2.20}, Y_{1.40}$
	8.6 ± 1.5	14.4 ± 1.1	7.0 ± 3.1	6.50 ± 0.96	$E_9: R_{2.50}, KO_{1.90}, T_{1.95}, M_{2.16}$
	7.2 ± 1.7	14.4 ± 1.2	6.0 ± 3.1	6.8 ± 1.2	$E_{10}: R_{2.50}, KO_{1.90}, T_{1.95}, Y_{1.40}$
	6.1 ± 1.9	15.1 ± 1.6	7.6 ± 2.2	7.5 ± 1.1	$E_{11}: R_{2.50}, KA_{1.75}, T_{1.95}, Y_{1.40}$
	7.7 ± 2.1	15.1 ± 1.5	8.6 ± 2.6	7.2 ± 1.0	$E_{12}: R_{2.25}, KA_{1.75}, T_{1.95}, M_{2.16}$
	8.0 ± 1.1	14.50 ± 0.86	2.3 ± 5.7	5.80 ± 0.92	$E_{13}: KO_{1.90}, T_{1.95}, M_{2.16}, Y_{1.40}$
	6.5 ± 1.5	15.5 ± 1.3	5.2 ± 2.7	6.70 ± 0.98	$E_{14}: KA_{1.75}, T_{1.96}, M_{2.16}, Y_{1.40}$
	9.8	10.1	<i>imaginary</i>	2.5	$E_{15}: KO_{1.90}, KA_{1.75}, M_{2.16}, Y_{1.40}$
	7.49 ± 0.57	14.40 ± 0.43	6.92 ± 1.2	6.76 ± 0.39	$E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_{15}$
	± 0.21	± 0.19	± 0.37	± 0.15	except $E_1, E_2', E_3, E_7, E_8, E_{15}$
10-319	—	—	—	—	
XI16	11.8 ± 1.9	3.4 ± 1.9	6.9 ± 2.9	6.8 ± 1.9	$E_1: R_{1.80}, KO_{1.50}, KA_{1.82}, T_{2.80}$
04h 59m	11.3 ± 6.5	2.7 ± 2.4	6.4 ± 4.4	7.1 ± 1.5	$E_2: R_{1.80}, KO_{1.50}, KA_{1.82}, M_{1.08}$
	11.7 ± 3.3	3.9 ± 4.8	6.4 ± 1.8	6.5 ± 1.4	$E_3: R_{1.80}, KO_{1.50}, KA_{1.82}, Y_{1.63}$
	11.10 ± 0.99	3.7 ± 5.6	5.8 ± 1.4	6.5 ± 1.7	$E_4: KO_{1.50}, KA_{1.82}, T_{2.80}, M_{1.08}$
	11.15 ± 0.66	3.6 ± 2.3	7.3 ± 2.0	7.2 ± 1.3	$E_5: KO_{1.50}, KA_{1.82}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	11.10 ± 0.94	2.5 ± 3.3	8.0 ± 2.6	7.7 ± 1.8	$E_6: R_{1.80}, KO_{1.50}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	—	—	—	—	$E_7: R_{1.80}, KA_{1.82}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	12.05 ± 0.96	3.2 ± 2.2	6.5 ± 1.3	6.69 ± 0.83	$E_8: R_{1.80}, T_{2.80}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	11.30 ± 0.63	2.3 ± 3.0	5.5 ± 1.8	6.91 ± 0.98	$E_9: R_{1.80}, KO_{1.50}, T_{2.80}, M_{1.08}$
	11.35 ± 0.62	2.8 ± 2.3	5.4 ± 2.1	6.74 ± 0.87	$E_{10}: R_{1.80}, KO_{1.50}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	12.15 ± 0.95	3.5 ± 2.0	6.3 ± 1.4	6.52 ± 0.89	$E_{11}: R_{1.80}, KA_{1.82}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	11.00 ± 0.59	5.3 ± 1.8	5.5 ± 1.7	5.95 ± 0.82	$E_{12}: R_{1.80}, KA_{1.82}, T_{2.80}, M_{1.08}$
	10.90 ± 0.74	4.7 ± 1.8	6.2 ± 1.6	6.30 ± 0.83	$E_{13}: KO_{1.50}, T_{2.80}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	10.6	7.2	<i>imaginary</i>	4.2	$E_{14}: KA_{1.82}, T_{2.80}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	11.28 ± 0.24	3.67 ± 0.68	6.22 ± 0.52	6.60 ± 0.11	$E_{15}: KO_{1.50}, KA_{1.82}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	± 0.27	± 0.55	± 0.37	± 0.23	$E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_{15}$
	—	—	—	—	except $E_1, E_8, E_{15}$
	12.1 ± 3.4	3.5 ± 3.3	7.2 ± 5.4		$E_1: R_{1.80}, KO_{1.50}, KA_{1.82}$
	11.8 ± 2.7	2.8 ± 1.3	6.4 ± 3.8		$E_2: R_{1.80}, KO_{1.50}, T_{2.80}$
	12.0 ± 1.6	3.2 ± 2.7	6.85 ± 0.67		$E_3: R_{1.80}, KO_{1.50}, M_{1.08}$
	11.20 ± 0.61	1.3 ± 6.8	4. ± 13.		$E_4: R_{1.80}, KO_{1.50}, Y_{1.63}$
	11.9 ± 3.5	2.6 ± 1.7	5.0 ± 7.4		$E_5: R_{1.80}, KA_{1.82}, T_{2.80}$
	11.9 ± 1.1	3.3 ± 1.4	6.80 ± 0.63		$E_6: R_{1.80}, KA_{1.82}, M_{1.08}$
	11.3 ± 8.9	2.8 ± 7.4	5.5 ± 2.1		$E_7: R_{1.80}, KA_{1.82}, Y_{1.63}$
	12.1 ± 1.0	2.9 ± 1.0	6.80 ± 0.66		$E_8: R_{1.80}, T_{2.80}, M_{1.08}$
	11.28 ± 0.61	2.67 ± 1.2	5.5 ± 1.8		$E_9: R_{1.80}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	8.7	3.0	0.0		$E_{10}: KO_{1.50}, KA_{1.82}, T_{2.80}$
	11.7 ± 2.9	3.4 ± 2.6	6.88 ± 0.79		$E_{11}: KO_{1.50}, KA_{1.82}, M_{1.08}$
	11.10 ± 0.81	3.3 ± 2.9	6.3 ± 3.0		$E_{12}: KO_{1.50}, KA_{1.82}, Y_{1.63}$
	13.4 ± 4.9	2.2 ± 2.9	6.1 ± 3.3		$E_{13}: KA_{1.82}, T_{2.80}, M_{1.08}$
	11.4 ± 1.4	2.0 ± 2.3	5.2 ± 4.6		$E_{14}: KA_{1.82}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	10.5 ± 1.1	3.60 ± 0.80	7.15 ± 0.70		$E_{15}: T_{2.80}, M_{1.08}, Y_{1.63}$
	12.3 ± 2.0	2.7 ± 1.5	6.70 ± 0.87		$E_{16}: T_{2.80}, M_{1.08}, KO_{1.50}$
	11.10 ± 0.77	2.8 ± 1.4	5.5 ± 1.9		$E_{17}: KO_{1.50}, T_{2.80}, Y_{1.63}$
	11.40 ± 0.62	4.5 ± 1.4	6.70 ± 0.57		$E_{18}: R_{1.80}, M_{1.08}, Y_{1.63}$

(to be continued)



(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
	11.05±0.76	4.1 ±1.2	6.85±0.58		$E_{10}$ : $KO_{1.60}$ , $M_{1.08}$ , $Y_{1.63}$
	10.90±0.91	4.00±0.96	6.95±0.65		$E_{20}$ : $KA_{1.82}$ , $M_{1.08}$ , $Y_{1.63}$
	11.29±0.23 ±0.041	3.30±0.34 ±0.068	6.78±0.21 ±0.035		$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{20}$ except $E_{10}$
11-320* XI16 21h 10m	6.8 ±5.0	1.9 ±9.7	14.6 ±6.1	13.4 ±6.6	$E_0$ : $KA_{1.53}$ , $T_{1.90}$ , $M_{1.10}$ , $Y_{1.21}$
12-321* XI17 03h 13m	-12. ±24	8.7 ±4.4	29.9 ±7.6	6.6 ±3.4	$E_0$ : $KA_{6.30}$ , $T_{6.60}$ , $M_{5.61}$ , $Y_{5.10}$
13-322 XI19 07h 57m	22.5 ±3.8 22.5 ±2.7 25.1 ±7.9 14.0 ±7.7 21.6 ±2.2 21.9 ±3.0 21.8 ±1.4 ±0.91	5.7 ±1.3 5.7 ±1.0 5.5 ±1.9 8.2 ±2.5 5.0 ±1.7 6.2 ±1.8 5.83±0.64 ±0.44	7.7 ±1.6 7.1 ±8.7 8.2 ±1.4 5 ±11. 7. ±10. 7.4 ±1.1 7.47±0.90 ±0.16	6.7 ±1.7 5.8 ±1.0 7.8 ±2.6 3.9 ±3.4 6.19±0.79 6.25±0.96 6.11±0.49 ±0.26	$E_1$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ $E_2$ : $R_{1.20}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_2'$ : $R_{1.20}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.00}$ $E_3$ : $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_4$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_5$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ , $Y_{3.20}$ $E_6$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_6$ except $E_2'$
	22.1 ±3.0 22.4 ±1.0 23.9 ±1.0 23.45±0.80 22.6 ±1.0 23.65±0.92 23.0 ±3.0 24.0 ±1.2 24.4 ±1.6 24.1 ±1.2 23.41±0.36 ±0.15	5.3 ±3.3 6.1 ±1.8 9.7 ±6.2 3.6 ±2.6 5.7 ±1.4 6.7 ±2.0 5.4 ±2.6 5.6 ±2.9 4.5 ±1.8 4.2 ±2.3 5.40±0.69 ±0.23	7.90±0.96 7.97±0.73 7.3 ±2.1 7.0 ±1.7 7.95±0.93 7.80±0.87 7.3 ±4.3 6.7 ±3.0 4.5 ±5.8 5.4 ±3.4 7.76±0.40 ±0.11		$E_1$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ $E_2$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $M_{2.34}$ $E_3$ : $R_{1.20}$ , $KO_{1.48}$ , $Y_{3.20}$ $E_4$ : $R_{1.20}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_5$ : $R_{1.20}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ $E_6$ : $R_{1.20}$ , $KA_{1.78}$ , $Y_{3.20}$ $E_7$ : $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ $E_8$ : $KO_{1.48}$ , $KA_{1.78}$ , $Y_{3.20}$ $E_9$ : $KA_{1.78}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_{10}$ : $KO_{1.48}$ , $M_{2.34}$ , $Y_{3.20}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{10}$
14-323 XI21 01h 52m	19.0 ±2.5 16.5 ±1.8 16.4 ±1.4 15.80±0.95 13.1 ±8.4 15.9 ±1.1 16.25±0.70 ±0.66 16.14±0.59 ±0.44	6.2 ±4.8 -1.4±5.5 -0.8±3.1 1.5 ±2.1 4.1 ±3.8 1.2 ±2.4 1.6 ±1.4 ±1.4 1.49±0.84 ±0.93	6.8 ±1.2 6.0 ±3.1 3.5 ±3.4 4.4 ±1.3 5.9 ±1.1 4.4 ±1.3 5.70±0.66 ±0.62 5.44±0.59 ±0.51	4.9 ±1.5 7.8 ±3.0 6.77±0.87 6.12±0.75 5.6 ±1.0 6.27±0.77 6.11±0.48 ±0.40 6.14±0.41 ±0.28	$E_1$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$ $E_2$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ , $M_{1.28}$ $E_3$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$ $E_4$ : $R_{1.48}$ , $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$ $E_5$ : $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$ $E_6$ : $R_{1.48}$ , $K_{1.67}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$ $E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_5$ $E_0'$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_6$
	17.5 ±3.3 17.1 ±2.6 16.5 ±1.4 16.0 ±3.6 15.9 ±1.0 15.90±0.93	1.8 ±3.5 0.8 ±1.6 -0.8±2.6 0.5 ±1.9 0.4 ±1.4 0.5 ±1.1	7.6 ±3.8 6.5 ±2.6 3.7 ±3.9 5.3 ±5.6 5.2 ±1.8 5.2 ±1.5		$E_1$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ $E_2$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $T_{3.08}$ $E_3$ : $R_{1.48}$ , $KO_{1.53}$ , $M_{1.28}$ $E_4$ : $R_{1.48}$ , $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$ $E_5$ : $R_{1.48}$ , $KA_{1.94}$ , $M_{1.28}$ $E_6$ : $R_{1.48}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
	12. ±16.	1.1 ±1.6	5. ±15.		$E_7$ : $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$
	14.6 ±3.0	1.4 ±2.8	6.8 ±2.7		$E_8$ : $KO_{1.53}$ , $KA_{1.94}$ , $M_{1.28}$
	15.9 ±5.3	0.4 ±3.2	5.2 ±7.8		$E_9$ : $KA_{1.94}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$
	15.0 ±2.1	0.9 ±1.6	6.4 ±2.1		$E_{10}$ : $KO_{1.53}$ , $T_{3.08}$ , $M_{1.28}$
	15.22±0.54 ±0.22	0.62±0.56 ±0.11	5.70±0.83 ±0.20		$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{10}$
15-324	12.2 ±6.5	0. ±12.	7.2 ±3.4	9.2 ±3.6	$E_1$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $T_{2.40}$
XI21	16.8	-16.	<i>imaginary</i>	14.3	$E_1'$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $T_{2.24}$
23h 15m	9.0	-1.8	<i>imaginary</i>	9.3	$E_2$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	7.7	-20.	<i>imaginary</i>	15.1	$E_2'$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.24}$
	10.1	8.6	<i>imaginary</i>	2.9	$E_3$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$
	9.5 ±1.1	5.8 ±3.0	5.4 ±2.6	7.1 ±1.8	$E_4$ : $KO_{1.37}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	9.3 ±1.1	4.9 ±3.0	6.8 ±2.5	8.1 ±1.8	$E_4'$ : $KO_{1.37}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.24}$
	8.6 ±1.4	4.5 ±2.7	6.8 ±2.1	7.9 ±1.6	$E_5$ : $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	7.4 ±2.9	1.0 ±6.5	9.0 ±1.8	10.3 ±3.3	$E_5'$ : $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.24}$
	9.85±0.82	6.7 ±1.7	3.8 ±2.0	6.5 ±1.1	$E_6$ : $K_{1.30}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	9.80±0.81	5.7 ±1.7	5.6 ±1.9	7.6 ±1.1	$E_6'$ : $K_{1.30}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.24}$
	9.55±0.58	6.0 ±1.3	5.5 ±1.2	7.09±0.78	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_6$
	±0.47	±1.0	±1.3	±0.69	
	9.51±0.63	5.3 ±1.5	7.3 ±1.2	7.92±0.89	$E_0'$ : Weighted mean of $E_1' \sim E_6'$
	±0.94	±1.8	±2.7	±1.22	
	22.8 ±1.3	5.7 ±1.3	8.4 ±9.7		$E_1$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $T_{2.40}$
	11.3 ±2.6	4.1 ±2.4	5.55±0.62		$E_2$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$
	9.65±0.67	3.9 ±2.7	2.7 ±5.4		$E_3$ : $KO_{1.37}$ , $KA_{1.67}$ , $Y_{1.18}$
	9.3 ±1.7	6.5 ±1.3	4.5 ±1.1		$E_4$ : $KO_{1.37}$ , $M_{0.90}$ , $T_{2.40}$
	9.50±0.64	6.5 ±1.2	4.9 ±1.1		$E_5$ : $KO_{1.37}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	9.52±0.61	6.15±0.94	4.80±0.63		$E_6$ : $KO_{1.37}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$
	8.9 ±1.2	8.0 ±2.1	6.4 ±1.1		$E_6$ : $KA_{1.67}$ , $Y_{1.18}$ , $T_{2.40}$
	9.68±0.82	6.28±0.66	4.60±0.75		$E_6$ : $T_{2.40}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$
	9.04±0.72	5.65±0.79	5.10±0.60		$E_{10}$ : $KA_{1.67}$ , $M_{0.90}$ , $Y_{1.18}$
	10.06±0.28	6.07±0.37	5.19±0.29		$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{10}$
	±0.76	±0.17	±0.12		except $E_7$ (by $KA$ , $T$ , $M$ ) which could not be obtained
16-326	11.70±0.59	7.55±0.90	5.0 ±2.7	7.2 ±1.2	$E_1$ : $R_{1.50}$ , $KA_{1.17}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
XI22	8.25±0.66	9.4 ±4.2	8.6 ±4.2	10.5 ±5.3	$E_2$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $M_{1.06}$
11h 09m	11.40±0.70	6.3 ±1.8	7.4 ±2.6	8.3 ±1.5	$E_3$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
	12.6	11.4	<i>imaginary</i>	7.0	$E_4$ : $R_{1.50}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
	11.45±0.77	6.9 ±2.2	8.1 ±2.4	8.5 ±1.4	$E_5$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $Y_{1.34}$
	11.9 ±1.0	7.4 ±1.4	5.7 ±2.2	7.6 ±1.1	$E_6$ : $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
	16.8 ±3.8	10.7 ±2.0	6.5 ±2.1	5.8 ±1.7	$E_7$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$
	11.0 ±1.2	6.7 ±1.8	7.1 ±2.6	8.3 ±1.3	$E_8$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$
	11.4 ±1.1	7.75±0.96	5.3 ±2.1	7.50±0.87	$E_9$ : $R_{1.50}$ , $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$
	9.2 ±2.1	9.5 ±2.0	1. ±26.	6.9 ±1.2	$E_{10}$ : $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$
	11.8 ±1.3	5.4 ±3.4	8.7 ±3.1	9.2 ±2.2	$E_{11}$ : $KO_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
	10.90±0.73	9.9 ±1.9	4.7 ±3.0	6.7 ±1.2	$E_{12}$ : $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $Y_{1.34}$
	11.70±0.61	7.9 ±1.2	5.7 ±2.0	7.49±0.84	$E_{13}$ : $R_{1.50}$ , $KA_{1.17}$ , $T_{1.93}$ , $Y_{1.34}$
	—	—	—	—	$E_{14}$ : $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $M_{1.06}$ , $Y_{1.34}$
	11.50±0.86	9.9 ±3.7	8.9 ±3.9	9.0 ±2.4	$E_{15}$ : $R_{1.50}$ , $KO_{1.17}$ , $KA_{1.17}$ , $Y_{1.34}$
	11.08±0.23	7.86±0.44	6.01±0.71	7.54±0.35	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{15}$
	±0.21	±0.19	±0.23	±0.13	except $E_4$ , $E_{14}$ , which could not be obtained

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
	15.3 ±2.7	10.5 ±2.4	7.62±0.88		$E_1: R_{1.50}, KO_{1.17}, KA_{1.17}$
	14.9 ±2.2	9.48±0.91	7.6 ±1.2		$E_2: R_{1.50}, KO_{1.17}, T_{1.93}$
	13.1 ±1.3	4.8 ±2.1	5.64±0.60		$E_3: R_{1.50}, KO_{1.17}, M_{1.06}$
	13.8 ±2.4	9.5 ±1.2	6.7 ±2.0		$E_5: R_{1.50}, KA_{1.17}, T_{1.93}$
	11.92±0.92	7.50±0.99	4.2 ±1.0		$E_6: R_{1.50}, KA_{1.17}, M_{1.06}$
	11.75±0.50	7.4 ±1.5	3.7 ±1.4		$E_7: R_{1.50}, KA_{1.17}, Y_{1.34}$
	11.55±0.85	8.50±0.74	2.80±1.73		$E_8: R_{1.50}, T_{1.93}, M_{1.06}$
	11.80±0.51	8.60±0.86	3.6 ±1.2		$E_9: R_{1.50}, T_{1.93}, Y_{1.34}$
	11.78±0.51	7.9 ±1.2	3.7 ±1.3		$E_{10}: R_{1.50}, M_{1.06}, Y_{1.34}$
	10. ±10.	9.8 ±1.1	3. ±21.		$E_{11}: KO_{1.17}, KA_{1.17}, T_{1.93}$
	10.88±0.65	9.9 ±2.1	5.00±0.71		$E_{13}: KO_{1.17}, KA_{1.17}, Y_{1.34}$
	11.00±0.95	9.6 ±1.6	5.0 ±1.0		$E_{15}: KA_{1.17}, T_{1.93}, Y_{1.34}$
	11.03±0.70	7.15±0.83	5.05±0.63		$E_{16}: KO_{1.17}, M_{1.06}, Y_{1.34}$
	12.15±0.87	8.22±0.67	2.8 ±1.6		$E_{17}: T_{1.93}, M_{1.06}, Y_{1.34}$
	11.60±0.72	7.70±0.82	4.20±0.77		$E_{18}: KA_{1.17}, M_{1.06}, Y_{1.34}$
	10.90±0.62	9.70±0.98	5.05±0.76		$E_{19}: KO_{1.17}, T_{1.93}, Y_{1.34}$
	11.61±0.19 ±0.089	8.41±0.25 ±0.12	5.07±0.24 ±0.16		$E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_{20}$ except $E_4, E_{12}, E_{14}, E_{20}$ which could not be obtained
17-327 XI23 17h 16m	9.10±0.46 12.7 ±2.1 8.05±0.69 5.80±0.93 7.56±0.53 ±3.0	7.32±0.80 0.2 ±1.6 5.8 ±1.1 3.05±0.78 3.46±0.60 ±3.1	0.86±6.1 6.0 ±1.8 6.25±0.54 6.20±0.70 6.22±0.40 ±0.11	4.86±0.45	$E_0: KO_{1.67}, T_{3.10}, M_{1.06}, Y_{1.20}$ $E_1: KO_{1.67}, T_{3.10}, M_{1.06}$ $E_2: KO_{1.67}, M_{1.06}, Y_{1.20}$ $E_4: T_{3.10}, M_{1.06}, Y_{1.20}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1, E_3,$ $E_4, KO, T, Y \text{ cannot give a}$ $\text{real epicenter } E_2$
18-329 XI25 05h 07m	12.65±0.69 12.85±0.71 12.30±0.46 12.35±0.50 12.6 12.05±0.73 12.32±0.28 ±0.25	5.2 ±1.0 5.4 ±1.0 5.1 ±1.3 5.1 ±1.3 11.4 5.7 ±1.2 5.27±0.59 ±0.37	3.0 ±1.9 3.9 ±1.6 2.6 ±2.9 4.0 ±2.4 imaginary 3.7 ±1.7 3.55±0.88 ±0.68	6.05±0.59 6.10±0.58 6.17±0.60 6.48±0.98 6.0 6.00±0.65 6.12±0.33 ±0.21	$E_1: R_{1.54}, KA_{1.45}, T_{2.56}, M_{0.91}$ $E_1': R_{1.54}, KA_{1.45}, T_{2.56}, M_{1.00}$ $E_2: R_{1.54}, KA_{1.45}, T_{2.56}, Y_{1.58}$ $E_3: R_{1.54}, KA_{1.45}, Y_{1.58}, M_{0.91}$ $E_4: R_{1.54}, T_{2.56}, Y_{1.58}, M_{0.91}$ $E_5: KA_{1.45}, T_{2.56}, Y_{1.58}, M_0$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_5$ except $E_4$
18-329 XI25 05h 07m	12.16±0.95 12.15±0.55 12.20±0.55 12.25±0.56 12.45±0.84 11.9 ±1.0 12.20±0.27 ±0.058	5.0 ±1.1 5.0 ±1.7 4.7 ±1.2 3.7 ±1.1 4.80±0.84 4.20±0.73 4.50±0.40 ±0.20	4.84±0.68 5.2 ±1.7 4.90±0.69 4.2 ±1.9 4.65±0.90 5.30±0.93 4.89±0.37 ±0.12		$E_2: R_{1.54}, KA_{1.45}, M_{0.91}$ $E_5: R_{1.54}, KA_{1.45}, Y_{1.58}$ $E_6: R_{1.54}, M_{0.91}, Y_{1.58}$ $E_7: R_{1.54}, T_{2.56}, Y_{1.58}$ $E_9: KA_{1.45}, M_{0.91}, Y_{1.58}$ $E_{10}: T_{2.56}, M_{0.91}, Y_{1.58}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_2, E_5,$ $E_6, E_7, E_9, E_{10}. \text{ Other 4 com-}$ $\text{binations cannot give real}$ $\text{epicenters}$
19-330 XI25 06h 08m	17.2 ±1.0 19.3 ±1.5 18.0 ±1.9 14.6 ±1.4 16.30±0.77 16.78±0.50 ±0.78	6.0 ±1.4 9.7 ±1.6 8.2 ±1.9 8.9 ±1.5 6.90±0.83 7.53±0.57 ±0.76	5.3 ±1.1 3.9 ±1.8 6.9 ±1.6 4.6 ±1.3 4.0 ±1.5 4.99±0.62 ±0.60	7.02±0.66 5.1 ±1.0 7.7 ±1.1 5.79±0.75 6.43±0.51 6.44±0.32 ±0.42	$E_1: R_{100}, KO_{0.90}, T_{2.10}, Y_{2.10}$ $E_2: R_{1.00}, KO_{0.90}, KA_{1.07}, T_{2.10}$ $E_3: R_{1.00}, KO_{0.90}, KA_{1.07}, Y_{2.10}$ $E_4: KO_{0.90}, KA_{1.07}, T_{2.10}, Y_{2.10}$ $E_5: R_{1.00}, KA_{1.07}, T_{2.10}, Y_{2.10}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_5$

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
	18.4 ±2.0	8.7 ±2.0	6.00±0.47		$E_1: R_{1.00}, KO_{0.90}, KA_{1.07}$
	17.5 ±1.6	6.65±0.94	5.72±0.83		$E_2: R_{1.00}, KO_{0.90}, T_{2.10}$
	16.55±0.67	4.2 ±4.2	4.0 ±4.3		$E_3: R_{1.00}, KO_{0.90}, Y_{2.10}$
	15.3 ±2.2	6.0 ±1.2	4.9 ±2.8		$E_4: R_{1.00}, KA_{1.07}, T_{2.10}$
	16.68±0.62	7.3 ±1.3	5.10±0.86		$E_5: R_{1.00}, KA_{1.07}, Y_{2.10}$
	16.67±0.60	6.40±0.86	5.03±0.93		$E_6: R_{1.00}, T_{2.10}, Y_{2.10}$
	16.30±0.79	8.4 ±1.7	6.05±0.72		$E_8: KO_{0.90}, KA_{1.07}, Y_{2.10}$
	16.40±0.78	6.70±0.99	5.80±0.89		$E_9: KO_{0.90}, T_{2.10}, Y_{2.10}$
	17.15±0.80	5.76±0.79	5.3 ±1.0		$E_{10}: KA_{1.07}, T_{2.10}, Y_{2.10}$
	16.67±0.28 ±0.11	6.55±0.38 ±0.21	5.69±0.28 ±0.11		$E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_{10}$ <i>except } E_7 \text{ which was not real}</i>
20-333 XII 29 00h 14m	16. ±45.	-48. ±1714.	31. ±1323	6. ±81.	$E_0: R_{1.05}, KO_{10.75}, M_{9.6}, Y_{10.6}$
21-336 XII 2 17h 54m	22.2 ±2.0 21.7 ±2.2 22.0 ±1.6 22.8 ±2.4 22.13±1.1 ±0.69	6.8 ±7.8 7.8 ±2.4 8.52±0.87 8.8 ±1.2 8.54±0.69 ±0.44	6.6 ±3.3 6.10±0.81 5.60±0.88 5.4 ±1.3 5.79±0.54 ±0.53	7.8 ±4.2	$E_0: R_{0.85}, KO_{1.10}, KA_{1.33}, T_{1.95}$ $E_1: R_{0.85}, KO_{1.10}, KA_{1.33}$ $E_2: R_{0.85}, KO_{1.10}, T_{1.95}$ $E_3: R_{0.85}, KA_{1.33}, T_{1.95}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1, E_2,$ $E_3, E_4 \text{ (by } KO, KA, T) \text{ is not}$ <i>real</i>
22-337 XII 2 17h 57m	26.8 ±6.4 25.1 ±3.2 25.5 ±2.4 26.3 ±2.8 25.60±1.6 ±0.83	11.3 ±4.3 11.2 ±3.3 11.95±0.96 12.2 ±1.2 12.01±0.75 ±0.38	7.6 ±8.5 6.8 ±3.9 6.2 ±2.7 5.4 ±3.9 6.14±1.9 ±0.86	7.9 ±5.6	$E_0: R_{1.30}, KO_{1.60}, KA_{1.63}, T_{1.85}$ $E_1: R_{1.30}, KO_{1.60}, KA_{1.63}$ $E_2: R_{1.30}, KO_{1.60}, T_{1.85}$ $E_3: R_{1.30}, KA_{1.63}, T_{1.85}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1, E_2,$ $E_3, E_4 \text{ (by } KO, KA, T) \text{ is not}$ <i>real</i>
23-339 XII 4 11h 35m	21.13±0.83 21.7 ±1.7 20.6 ±1.5 17.4 ±2.3 20.41±0.99 ±2.7	9.9 ±1.6 8.5 ±2.2 5.6 ±1.0 4.7 ±1.3 5.64±0.75 ±2.0	2.3 ±3.1 4.85±0.84 4.85±0.77 2.4 ±4.9 4.82±0.56 ±0.48	4.78±0.92	$E_0: R_{0.75}, KO_{1.00}, KA_{1.20}, T_{2.24}$ $E_1: R_{0.75}, KO_{1.00}, KA_{1.20}$ $E_2: R_{0.75}, KO_{1.00}, T_{2.24}$ $E_3: R_{0.75}, KA_{1.20}, T_{2.24}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1, E_2,$ $E_3, E_4 \text{ (by } KO, KA, T) \text{ is not}$ <i>real</i>
24-341 XII 6 07h 14m	23. ±12. 24. ±12. 18.6 ±2.4 20.2 ±4.6 17.2 ±3.3 18.50±1.8 ±0.37	11.9 ±2.3 12.7 ±1.4 13.0 ±1.1 11.1 ±4.5 13.7 ±1.6 12.98±0.75 ±0.45	9.4 ±2.8 7. ±11. 10.00±0.72 10.2 ±1.2 10.40±0.59 10.22±0.43 ±0.20	7.2 ±2.6	$E_0: KO_{1.60}, K_{1.60}, T_{1.77}, M_{2.56}$ $E_1: KO_{1.60}, K_{1.60}, T_{1.77}$ $E_2: KO_{1.60}, T_{1.77}, M_{2.56}$ $E_3: KO_{1.60}, K_{1.60}, M_{2.56}$ $E_4: K_{1.60}, T_{1.77}, M_{2.56}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_4$
25-343 XIII 10 13h 19m	14.4 ±2.0 12.98±0.64	15.2 ±7.9 13.2 ±1.3	3.3 ±3.4 1.6 ±2.7	8.4 ±1.4	$E_0: KO_{0.90}, KA_{0.57}, T_{0.78}, Y_{1.60}$ $E_2: K_{0.90}, KA_{0.57}, Y_{1.60}$ <i>Other 3</i> <i>combinations could not give</i> <i>real epicenters</i>
26-346 XIII 11 05h 50m	14.15±0.67 13.1 13.7 ±1.0 13.95±0.77 14.7 ±1.6 13.96±0.58 ±0.45	6.60±0.79 5.9 7.4 ±1.5 6.69±0.87 6.1 ±1.4 6.69±0.68 ±0.58	2.5 ±2.1 0.0 3.2 ±1.2 3.60±0.87 3.1 ±1.1 3.35±0.60 ±0.32	6.32±0.80	$E_0: R_{1.20}, KO_{0.70}, KA_{1.07}, M_{1.10}$ $E_1: R_{1.20}, KO_{0.70}, KA_{1.07}$ $E_2: R_{1.20}, KO_{0.70}, M_{1.10}$ $E_3: R_{1.20}, KA_{1.07}, M_{1.10}$ $E_4: KO_{0.70}, KA_{1.07}, M_{1.10}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_2, E_3,$ $E_4$

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1953	km	km	km	km/s	
27-347	16.0 $\pm$ 5.3	2.9 $\pm$ 9.1	2. $\pm$ 19.	7.2 $\pm$ 3.1	$E_1$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$
XIII1	16.75 $\pm$ 0.89	4.30 $\pm$ 0.94	3.8 $\pm$ 2.2	6.5 $\pm$ 1.0	$E_2$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$ , $M_{1.33}$
05h 59m	16.75 $\pm$ 0.90	4.7 $\pm$ 1.1	3.95 $\pm$ 0.86	6.60 $\pm$ 0.48	$E_3$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	17.0 $\pm$ 1.0	4.2 $\pm$ 1.4	4.4 $\pm$ 1.4	6.78 $\pm$ 0.76	$E_4$ : $R_{1.00}$ , $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	17.3 $\pm$ 4.5	4.0 $\pm$ 3.8	3.9 $\pm$ 3.9	6.8 $\pm$ 1.3	$E_5$ : $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	16.80 $\pm$ 0.63 $\pm$ 0.08	4.38 $\pm$ 0.63 $\pm$ 0.13	4.05 $\pm$ 0.68 $\pm$ 0.13	6.65 $\pm$ 0.36 $\pm$ 0.07	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_5$
	16.3 $\pm$ 2.1	3.6 $\pm$ 2.3	3.2 $\pm$ 5.1		$E_1$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$
	16.5 $\pm$ 1.6	4.1 $\pm$ 1.1	3.9 $\pm$ 2.1		$E_2$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $T_{2.38}$
	16.70 $\pm$ 0.93	4.6 $\pm$ 1.7	4.5 $\pm$ 1.0		$E_3$ : $R_{1.00}$ , $KO_{0.90}$ , $M_{1.33}$
	17.0 $\pm$ 2.6	4.2 $\pm$ 1.4	4.4 $\pm$ 3.4		$E_4$ : $R_{1.00}$ , $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$
	16.97 $\pm$ 0.75	4.0 $\pm$ 1.0	4.3 $\pm$ 1.1		$E_5$ : $R_{1.00}$ , $KA_{1.38}$ , $M_{1.33}$
	16.90 $\pm$ 0.74	4.20 $\pm$ 0.83	4.40 $\pm$ 0.93		$E_6$ : $R_{1.00}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	19. $\pm$ 11.	3.9 $\pm$ 1.1	3.4 $\pm$ 6.1		$E_7$ : $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$
	17.2 $\pm$ 1.5	4.0 $\pm$ 1.2	3.9 $\pm$ 2.2		$E_8$ : $KO_{0.90}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	17.0 $\pm$ 4.0	4.2 $\pm$ 2.4	4.4 $\pm$ 5.8		$E_9$ : $KA_{1.38}$ , $T_{2.38}$ , $M_{1.33}$
	17.4 $\pm$ 2.0	3.8 $\pm$ 1.9	3.5 $\pm$ 3.6		$E_{10}$ : $KO_{0.90}$ , $KA_{1.38}$ , $M_{1.33}$
	16.88 $\pm$ 0.40 $\pm$ 0.055	4.08 $\pm$ 0.39 $\pm$ 0.45	4.29 $\pm$ 0.51 $\pm$ 0.060		$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{10}$
28-348	19.2 $\pm$ 2.4	10.5 $\pm$ 2.1	4.5 $\pm$ 2.9	7.4 $\pm$ 2.1	$E_1$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$
XIII4	18.3 $\pm$ 2.1	9.9 $\pm$ 2.3	6.4 $\pm$ 1.9	9.4 $\pm$ 2.3	$E_2$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$
22h 12m	18.8 $\pm$ 1.9	10.2 $\pm$ 1.9	5.19 $\pm$ 0.89	8.2 $\pm$ 1.1	$E_3$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $Y_{2.00}$
	16.1 $\pm$ 3.4	9.9 $\pm$ 1.5	5.4 $\pm$ 1.5	8.0 $\pm$ 1.2	$E_4$ : $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $M_{1.44}$
	19.5 $\pm$ 3.1	10.4 $\pm$ 1.8	5.2 $\pm$ 1.0	8.5 $\pm$ 1.3	$E_5$ : $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	17.8 $\pm$ 1.2	7.0 $\pm$ 1.6	5.2 $\pm$ 1.2	7.64 $\pm$ 0.87	$E_6$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	16.50 $\pm$ 0.97	7.90 $\pm$ 0.76	1.4 $\pm$ 5.0	6.50 $\pm$ 0.92	$E_7$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	—	—	—	—	$E_8$ : $R_{0.80}$ , $T_{1.41}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	18.2 $\pm$ 1.5	8.8 $\pm$ 1.0	5.9 $\pm$ 1.3	8.74 $\pm$ 0.95	$E_9$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $T_{1.41}$ , $M_{1.44}$
	18.7 $\pm$ 1.3	9.60 $\pm$ 0.99	5.5 $\pm$ 1.1	8.12 $\pm$ 0.79	$E_{10}$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	19.3 $\pm$ 1.3	10.60 $\pm$ 0.91	5.3 $\pm$ 1.1	8.43 $\pm$ 0.72	$E_{11}$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	17.4 $\pm$ 1.1	8.90 $\pm$ 0.70	5.4 $\pm$ 1.3	8.45 $\pm$ 0.83	$E_{12}$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $M_{1.44}$
	21.9	7.1	imaginary	9.1	$E_{13}$ : $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	27.8	4.5	imaginary	11.5	$E_{14}$ : $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	11.89 $\pm$ 0.44 $\pm$ 0.21	9.13 $\pm$ 0.34 $\pm$ 0.22	5.36 $\pm$ 0.39 $\pm$ 0.095	8.06 $\pm$ 0.30 $\pm$ 0.14	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{15}$ except $E_8$ , $E_{13}$ , $E_{14}$ , $E_{15}$ . which were not real
	19.3 $\pm$ 1.6	10.5 $\pm$ 1.5	4.80 $\pm$ 0.77		$E_1$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$
	19.5 $\pm$ 1.2	10.98 $\pm$ 0.64	3.50 $\pm$ 0.79		$E_2$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $T_{1.41}$
	17.50 $\pm$ 0.76	6.0 $\pm$ 1.4	3.80 $\pm$ 0.78		$E_3$ : $R_{0.80}$ , $KO_{0.70}$ , $M_{1.44}$
	16.66 $\pm$ 0.51	8.0 $\pm$ 1.6	2.9 $\pm$ 1.5		$E_5$ : $R_{0.80}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	16.60 $\pm$ 0.62	8.14 $\pm$ 0.68	2.70 $\pm$ 0.92		$E_6$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$
	16.70 $\pm$ 0.58	8.2 $\pm$ 1.0	2.7 $\pm$ 1.1		$E_7$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $Y_{2.00}$
	16.80 $\pm$ 0.56	10.25 $\pm$ 0.60	1.2 $\pm$ 2.8		$E_9$ : $R_{0.80}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	20.0 $\pm$ 1.5	11.12 $\pm$ 0.84	3.55 $\pm$ 0.87		$E_{10}$ : $R_{0.80}$ , $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$
	14.2 $\pm$ 1.5	9.8 $\pm$ 1.1	3.65 $\pm$ 0.98		$E_{12}$ : $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$
	16.10 $\pm$ 0.73	10.1 $\pm$ 1.3	4.45 $\pm$ 0.52		$E_{13}$ : $KO_{0.70}$ , $KA_{0.75}$ , $Y_{2.00}$
	15.55 $\pm$ 0.92	11.9 $\pm$ 1.1	4.95 $\pm$ 0.69		$E_{15}$ : $KA_{0.75}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	16.04 $\pm$ 0.73	11.20 $\pm$ 0.68	4.03 $\pm$ 0.69		$E_{18}$ : $KO_{0.70}$ , $T_{1.41}$ , $Y_{2.00}$
	16.15 $\pm$ 0.75	7.5 $\pm$ 1.4	4.50 $\pm$ 0.69		$E_{19}$ : $KO_{0.70}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	16.72 $\pm$ 0.98	8.1 $\pm$ 1.1	2.5 $\pm$ 2.2		$E_{20}$ : $KA_{0.75}$ , $M_{1.44}$ , $Y_{2.00}$
	16.68 $\pm$ 0.20 $\pm$ 0.14	9.88 $\pm$ 0.24 $\pm$ 0.23	4.01 $\pm$ 0.22 $\pm$ 0.11		$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{20}$ except $E_4$ , $E_8$ , $E_{11}$ , $E_{14}$ , $E_{16}$ , $E_{17}$ , which were not real
29-350	40.7	9.9	imaginary	9.7	$E_0$ : $KO_{1.50}$ , $KA_{1.60}$ , $T_{1.72}$ , $M_{2.74}$
XIII6					
13h 50m					

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave $v_{s-p}$	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$		
1953	km	km	km	km/s	
30-351	17.0 ±5.1	8.7 ±2.6	10.4 ±2.0	6.2 ±1.3	$E_1: KO_{1.70}, KA_{1.80}, T_{2.44}, M_{2.32}$
XII 17	19.4 ±4.1	9.4 ±2.4	9.9 ±1.1	5.8 ±1.2	$E_2: KO_{1.70}, KA_{1.80}, T_{2.44}, Y_{3.20}$
23h 57m	—	—	—	—	$E_3: KO_{1.70}, KA_{1.80}, M_{2.32}, Y_{3.20}$
	—	—	—	—	$E_4: KO_{1.70}, T_{2.44}, M_{2.32}, Y_{3.20}$
	29.3	2.5	<i>imaginary</i>	7.8	$E_5: KA_{1.80}, T_{2.44}, M_{2.32}, Y_{3.20}$
	19.4 ±3.2	9.1 ±1.8	10.02±0.96	5.97±0.88	$E_0: \text{Weighted mean of } E_1, E_2$
	±11.	±3.1	±1.9	±1.8	
	14. ±15.	8.0 ±1.5	11.1 ±3.9		$E_1: KO_{1.70}, KA_{1.80}, T_{2.44}$
	17.9 ±3.3	8.6 ±2.7	11.50±0.92		$E_2: KO_{1.70}, KA_{1.80}, M_{2.32}$
	22.8 ±1.3	9.3 ±3.1	10.0 ±1.2		$E_3: KO_{1.70}, KA_{1.80}, Y_{3.20}$
	18.6 ±2.4	7.7 ±1.4	11.4 ±1.0		$E_4: KO_{1.70}, T_{2.44}, M_{2.32}$
	22.9 ±1.3	7.5 ±1.3	9.9 ±1.4		$E_5: KO_{1.70}, T_{2.44}, Y_{3.20}$
	23.1 ±1.3	2.4 ±2.3	7.5 ±2.8		$E_6: KO_{1.70}, M_{2.32}, Y_{3.20}$
	20.0 ±4.9	7.0 ±2.7	10.4 ±3.6		$E_7: KA_{1.80}, T_{2.44}, M_{2.32}$
	23.7 ±2.2	6.5 ±2.2	8.0 ±4.3		$E_8: KA_{1.80}, T_{2.44}, Y_{3.20}$
	24.5 ±1.6	3.8 ±1.8	1.7 ±1.6		$E_9: KA_{1.80}, M_{2.32}, Y_{3.20}$
	24.17±1.63	10.47±0.67	8.10±1.1		$E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_9$
	±0.10	±0.05	±0.08		$E_{10}$ (by $T, M, Y$ ) is not real
31-352	15.66±0.72	4.4 ±1.1	1.0 ±4.7		$E_0: KO_{0.70}, M_{1.00}, Y_{1.90}$
X 31					
19h 18m					
32-353	17.5 ±1.7	10.7 ±1.4	4.43±0.51		$E_0: KO_{0.70}, R_{1.00}, KA_{0.71}$
XI 3					
01h 47m					
33-354	14.8 ±9.1	10.95±0.99	6.8 ±2.9		$E_0: KO_{1.10}, KA_{1.06}, T_{1.69}$
XI 4					
19h 47m					
34-355	15.4 ±2.5	3.5 ±2.3	6.5 ±1.7		$E_0: KO_{1.25}, KA_{1.63}, M_{1.32}$
XI 26					
09h 13m					
35-356	19.1 ±2.1	5.0 ±2.3	6.0 ±2.5		$E_0: R_{1.00}, KO_{0.95}, KA_{1.36}$
XI 27					
03h 54m					
36-357	17.2 ±2.8	2.3 ±2.6	6.9 ±3.1		$E_0: KO_{1.40}, KA_{1.81}, M_{1.55}$
(334)					
XI 30					
23h 51m					
37-358	12.4 ±3.2	4.2 ±2.8	9.85±0.62		$E_0: KO_{1.75}, KA_{2.00}, M_{1.49}$
(335)					
XII 1					
12h 23m					
38-359	22.6 ±2.6	9.4 ±2.6	5.9 ±1.9		$E_0: R_{0.95}, KO_{1.30}, KA_{1.32}$
XI 1					
10h 45m					
39-360	16.7 ±2.2	4.7 ±2.4	5.4 ±2.6		$E_0: R_{1.10}, KO_{1.00}, KA_{1.39}$
XI 13					
01h 27m					

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of s-p wave $v_{s-p}$	Remarks: stations and s-p intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$		
1953	km	km	km	km/s	
40-361 XII 1 02h 04m	27.7 ± 3.8	2.9 ± 1.8	2.3 ± 9.2		$E_0: R_{1.20}, KA_{2.20}, T_{2.90}$
41-362 XII 1 23h 17m	14.9 ± 2.3	1.8 ± 2.2	2.0 ± 7.0		$E_0: KO_{1.10}, KA_{1.60}, M_{0.88}$
42-363 XII 3 04h 06m	19.5 ± 2.2	4.7 ± 2.5	5.3 ± 1.8		$E_0: R_{0.90}, KO_{10.5}, KA_{1.45}$
43-364 XI30 20h 52m	13.9 ± 2.4	4.1 ± 2.2	5.9 ± 1.2		$E_0: KO_{1.20}, KA_{1.54}, M_{1.12}$
1954					
1-401* XI10 06h 12m	-1.3 ± 8.0	4.6 ± 4.9	19.4 ± 4.2	6.6 ± 2.1	$E_0: KA_{1.20}, T_{1.72}, M_{3.38}, Y_{3.09}$
2-402 XI12 22h 16m	16.7 ± 1.6	5.5 ± 2.1	8.4 ± 2.1	8.5 ± 1.4	$E_0: KO_{1.05}, SR_{1.14}, M_{1.38}, Y_{1.88}$
3-403* XI12 23h 28m	-8. ± 18.	5.6 ± 5.8	14.6 ± 5.5	8.2 ± 3.5	$E_0: KO_{3.57}, T_{1.00}, M_{2.80}, Y_{2.30}$
4-405 XI16 16h 42m	19.8 ± 1.4	3.1 ± 1.5	3.7 ± 1.9	6.75 ± 0.75	$E_0: SR_{0.79}, KO_{1.07}, M_{1.66}, Y_{2.60}$
5-408 XI20 11h 21m	18.5 ± 2.2 18.5 ± 2.4 18.4 ± 1.9 18.2 ± 2.1 21. ± 61. 18.40 ± 1.1 ± 0.08	12.7 ± 3.5 12.6 ± 3.2 12.3 ± 2.8 12.3 ± 2.6 13 ± 23. 12.47 ± 1.5 ± 0.11	8.7 ± 1.5 8.6 ± 1.1 8.7 ± 1.6 8.4 ± 1.7 8.9 ± 1.0 8.72 ± 0.57 ± 0.04	6.9 ± 1.7 6.8 ± 1.2 6.8 ± 1.0 6.7 ± 1.3 8. ± 22. 6.81 ± 0.61 ± 0.07	$E_1: SR_{1.59}, KA_{1.28}, KO_{1.40}, M_{2.38}$ $E_2: SR_{1.59}, KA_{1.28}, KO_{1.40}, Y_{2.62}$ $E_3: SR_{1.59}, KO_{1.40}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_4: SR_{1.59}, KA_{1.28}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_5: KO_{1.40}, KA_{1.28}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_5$
	18.5 ± 2.9 18.5 ± 1.3 18.35 ± 0.92 18.5 ± 1.1 18.37 ± 0.80 18.3 ± 2.2 18.4 ± 1.0 18.3 ± 1.0 18.3 ± 1.3 18.36 ± 0.72 18.38 ± 0.33 ± 0.014	12.6 ± 2.5 12.5 ± 2.5 12.2 ± 5.8 12.5 ± 1.1 12.5 ± 1.6 12.6 ± 1.6 12.5 ± 2.2 12.6 ± 2.2 12.6 ± 1.7 12.6 ± 2.6 12.52 ± 0.59 ± 0.012	8.4 ± 1.1 8.6 ± 1.6 8.7 ± 3.1 8.50 ± 0.68 8.50 ± 0.74 8.50 ± 0.76 8.48 ± 0.73 8.5 ± 1.4 8.50 ± 0.81 8.4 ± 2.1 8.49 ± 0.30 ± 0.007		$E_1: SR_{1.59}, KO_{1.40}, KA_{1.28}$ $E_2: SR_{1.59}, KO_{1.40}, M_{2.38}$ $E_3: SR_{1.59}, KO_{1.40}, Y_{2.62}$ $E_4: SR_{1.59}, KA_{1.28}, M_{2.38}$ $E_5: SR_{1.59}, KA_{1.28}, Y_{2.62}$ $E_6: KO_{1.40}, KA_{1.28}, M_{2.38}$ $E_7: KO_{1.40}, KA_{1.28}, Y_{2.62}$ $E_8: KO_{1.40}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_9: KA_{1.28}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_{10}: SR_{1.59}, M_{2.38}, Y_{2.62}$ $E_0: \text{Weighted mean of } E_1 \sim E_{10}$

(to be continued)

(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of <i>s-p</i> wave	Remarks: stations and <i>s-p</i> intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1954	km	km	km	km/s	
6-410	16.9 ± 2.5	12.7 ± 5.5	9.3 ± 3.1	11.0 ± 4.2	$E_1$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, KA_{0.85}, M_{1.45}$
XI24	18.7 ± 1.9	11.6 ± 2.2	5.92 ± 0.84	7.5 ± 1.0	$E_2$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, KA_{0.85}, Y_{2.24}$
05h 51m	16.58 ± 0.81	5.3 ± 1.2	4.9 ± 1.3	6.2 ± 0.60	$E_3$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, M_{1.45}, Y_{2.24}$
	15.3	7.5	<i>imaginary</i>	5.2	$E_4$ : $SR_{1.10}, KA_{0.85}, M_{1.45}, Y_{2.24}$
	—	—	—	—	$E_5$ : $KO_{0.92}, KA_{0.85}, M_{1.45}, Y_{2.24}$
	16.91 ± 0.72	7.0 ± 1.0	5.79 ± 0.67	6.80 ± 0.51	$E_0$ : <i>Weighted mean of <math>E_1 \sim E_4</math></i>
	± 1.3	± 5.0	± 1.6	± 1.2	
	19.0 ± 2.0	11.4 ± 1.7	5.2 ± 1.0		$E_1$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, KA_{0.85}$
	16.50 ± 0.90	5.8 ± 1.7	5.50 ± 0.58		$E_2$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, M_{1.45}$
	17.26 ± 0.76	7.6 ± 4.0	6.12 ± 0.54		$E_3$ : $SR_{1.10}, KO_{0.92}, Y_{2.24}$
	15.53 ± 0.72	8.53 ± 0.75	4.18 ± 0.71		$E_4$ : $SR_{1.10}, KA_{0.85}, M_{1.45}$
	17.48 ± 0.66	10.2 ± 1.1	5.30 ± 0.56		$E_5$ : $SR_{1.10}, KA_{0.85}, Y_{2.24}$
	12.3 ± 1.7	10.9 ± 1.3	3.1 ± 2.5		$E_6$ : $KO_{0.92}, KA_{0.85}, M_{1.45}$
	17.18 ± 0.83	11.3 ± 1.5	5.68 ± 0.54		$E_7$ : $KO_{0.92}, KA_{0.85}, Y_{2.24}$
	17.35 ± 0.85	4.8 ± 1.5	5.0 ± 1.3		$E_8$ : $KO_{0.92}, M_{1.45}, Y_{2.24}$
	17.00 ± 0.56	4.2 ± 1.8	5.70 ± 0.83		$E_{10}$ : $SR_{1.10}, M_{1.45}, Y_{2.24}$
	16.80 ± 0.28	8.73 ± 0.45	5.46 ± 0.23		$E_0$ : <i>Weighted mean of <math>E_1 \sim E_{10}</math></i>
	± 0.28	± 0.63	± 0.16		<i>except <math>E_9</math></i>
7-412	16.6 ± 1.1	-0.1 ± 3.0	5.7 ± 4.8	9.3 ± 3.2	$E_0$ : $SR_{1.09}, KO_{1.13}, KA_{1.48}, M_{1.02}$
XI24	18.6 ± 2.3	5.3 ± 2.4	6.7 ± 1.4		$E_1$ : $SR_{1.09}, KO_{1.13}, KA_{1.48}$
18h 16m	12.1 ± 2.2	4.7 ± 2.0	4.65 ± 0.75		$E_4$ : $KO_{1.13}, KA_{1.48}, M_{1.02}$
	15.2 ± 1.6	4.9 ± 1.5	5.16 ± 0.69		$E_0$ : <i>Weighted mean of <math>E_1, E_4</math></i>
	± 29.	± 2.6	± 8.1		$E_2, E_3$ are not real
8-413	18.0 ± 1.1	8.7 ± 1.2	5.0 ± 1.3	7.5 ± 1.1	$E_1$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, KA_{0.86}, M_{1.60}$
XI29	17.9 ± 1.3	8.6 ± 1.5	5.2 ± 1.1	7.78 ± 0.94	$E_2$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, KA_{0.86}, Y_{2.00}$
03h 42m	18.1 ± 1.1	9.3 ± 1.9	5.15 ± 0.99	7.82 ± 0.53	$E_3$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	18.6 ± 2.4	9.2 ± 1.7	5.9 ± 2.1	8.2 ± 1.7	$E_4$ : $SR_{0.86}, KA_{0.86}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	14.6 ± 7.2	9.19 ± 0.85	3.2 ± 9.9	5.8 ± 4.6	$E_5$ : $KO_{0.68}, KA_{0.86}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	17.99 ± 0.64	9.31 ± 0.56	5.17 ± 0.60	7.74 ± 0.40	$E_0$ : <i>Weighted mean of <math>E_1 \sim E_5</math></i>
	± 0.22	± 0.26	± 0.16	± 0.14	
	18.3 ± 1.5	9.0 ± 1.4	4.38 ± 0.48		$E_1$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, KA_{0.86}$
	17.65 ± 0.73	7.5 ± 1.4	4.50 ± 0.52		$E_2$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, M_{1.60}$
	16.28 ± 0.67	4.2 ± 3.1	1.7 ± 7.2		$E_3$ : $SR_{0.86}, KO_{0.68}, Y_{2.00}$
	17.37 ± 0.66	8.20 ± 0.73	4.02 ± 0.66		$E_4$ : $SR_{0.86}, KA_{0.86}, M_{1.60}$
	16.57 ± 0.58	7.53 ± 1.03	3.2 ± 1.1		$E_5$ : $SR_{0.86}, KA_{0.86}, Y_{2.00}$
	16.6 ± 1.5	8.8 ± 1.6	4.62 ± 0.78		$E_6$ : $KO_{0.68}, KA_{0.86}, M_{1.60}$
	16.15 ± 0.73	8.7 ± 1.3	4.55 ± 0.63		$E_7$ : $KO_{0.68}, KA_{0.86}, Y_{2.00}$
	16.16 ± 0.74	9.3 ± 1.5	4.53 ± 0.76		$E_8$ : $KO_{0.68}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	16.03 ± 0.99	9.2 ± 1.2	4.90 ± 0.94		$E_9$ : $KA_{0.86}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	16.87 ± 0.49	9.9 ± 1.8	1.9 ± 4.1		$E_{10}$ : $SR_{0.86}, M_{1.60}, Y_{2.00}$
	16.73 ± 0.23	8.37 ± 0.39	4.39 ± 0.25		$E_0$ : <i>Weighted mean of <math>E_1 \sim E_{10}</math></i>
	± 0.13	± 0.15	± 0.096		
9-421*	0.2 ± 5.7	7.5 ± 2.4	17.4 ± 3.3	5.4 ± 1.3	$E_0$ : $SR_{5.10}, KO_{4.48}, M_{3.75}, Y_{3.30}$
XII10					
01h 27m					
10-422	16.7 ± 2.6	0.4 ± 5.4	14.1 ± 8.6	10.1 ± 7.0	$E_1$ : $SR_{1.62}, KO_{1.63}, KA_{1.85}, M_{1.61}$
XII14	18.0 ± 3.3	4.1 ± 2.7	12.4 ± 4.5	8.1 ± 2.2	$E_2$ : $SR_{1.62}, KO_{1.63}, KA_{1.85}, Y_{2.40}$
16h 50m	16.7 ± 1.5	0.8 ± 3.0	9.4 ± 1.9	7.5 ± 1.3	$E_3$ : $SR_{1.62}, KO_{1.63}, M_{1.61}, Y_{2.40}$

(to be continued)



(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of s-p wave	Remarks: stations and s-p intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$v_{s-p}$	
1954	km	km	km	km/s	
	15.5 ± 1.0	4.0 ± 1.6	7.6 ± 2.2	6.2 ± 1.1	$E_1$ : $SR_{1.62}$ , $KA_{1.85}$ , $M_{1.61}$ , $Y_{2.40}$
	16.10 ± 0.79	3.0 ± 1.2	9.2 ± 1.4	6.89 ± 0.79	$E_5$ : $KO_{1.63}$ , $KA_{1.85}$ , $M_{1.61}$ , $Y_{2.40}$
	± 0.79	± 1.5	± 1.7	± 0.88	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_4$
	18.6 ± 3.3	6.0 ± 3.2	10.60 ± 0.96	—	$E_1$ : $SR_{1.62}$ , $KO_{1.63}$ , $KA_{1.85}$
	16.5 ± 1.4	1.0 ± 2.6	8.1 ± 1.7	—	$E_2$ : $SR_{1.62}$ , $KO_{1.63}$ , $M_{1.61}$
	15.65 ± 0.88	-0.9 ± 6.3	5.6 ± 9.8	—	$E_3$ : $SR_{1.62}$ , $KO_{1.63}$ , $Y_{2.40}$
	15.6 ± 1.0	3.5 ± 1.3	8.79 ± 0.70	—	$E_4$ : $SR_{1.62}$ , $KA_{1.85}$ , $M_{1.61}$
	16.06 ± 0.75	3.9 ± 2.0	9.2 ± 1.2	—	$E_5$ : $SR_{1.62}$ , $KA_{1.85}$ , $Y_{2.40}$
	12.7 ± 3.0	5.5 ± 2.7	9.78 ± 0.51	—	$E_6$ : $KO_{1.63}$ , $KA_{1.85}$ , $M_{1.61}$
	15.4 ± 1.0	5.8 ± 2.9	10.6 ± 1.3	—	$E_7$ : $KO_{1.63}$ , $KA_{1.85}$ , $Y_{2.40}$
	15.6 ± 1.0	2.2 ± 1.7	8.9 ± 1.1	—	$E_8$ : $KO_{1.63}$ , $M_{1.61}$ , $Y_{2.40}$
	16.4 ± 1.2	3.0 ± 1.3	8.3 ± 1.5	—	$E_9$ : $KA_{1.85}$ , $M_{1.61}$ , $Y_{2.40}$
	15.96 ± 0.68	2.5 ± 2.0	8.60 ± 0.89	—	$E_{10}$ : $SR_{1.62}$ , $M_{1.61}$ , $Y_{2.40}$
	15.83 ± 0.33	3.25 ± 0.63	9.37 ± 0.30	—	$E_0$ : Weighted mean of $E_1 \sim E_{10}$
	± 0.13	± 0.30	± 0.17	—	
11-423 XII 18 12h 59m	17.88 ± 0.56	7.3 ± 1.1	4.10 ± 0.92	5.40 ± 0.47	$E_0$ : $S_{1.18}$ , $SR_{1.01}$ , $KO_{0.80}$ , $M_{2.00}$
12-424 XI 19 11h 29m	12.5	7.8	0.0	—	$E_0$ : $KO_{0.65}$ , $KA_{0.90}$ , $M_{0.95}$
13-425 XI 23 00h 24m	17.7 ± 1.7 19.6	8.9 ± 1.6 9.1	5.10 ± 0.51 4.5	—	$E_0$ : $KO_{0.77}$ , $SR_{1.00}$ , $KA_{0.91}$ $E_0'$ : $KO_{0.77}$ , $KA_{0.91}$ , $W_{1.10}$
14-426 XI 24 11h 56m	17.7 ± 2.3	3.4 ± 2.5	5.1 ± 3.0	—	$E_0$ : $KO_{1.09}$ , $SR_{1.06}$ , $KA_{1.55}$
15-427 XII 1 10h 14m	20.8 ± 1.1 21.9	14.5 ± 2.2 10.2	6.9 ± 1.4 6.6	—	$E_0$ : $KO_{1.25}$ , $SR_{1.20}$ , $M_{2.40}$ $E_0'$ : $KO_{1.25}$ , $M_{2.40}$ , $W_{1.20}$
16-428 XII 3 08h 58m	21.4 ± 2.6 20.2	7.2 ± 2.6 7.1	7.45 ± 0.70 7.3	—	$E_0$ : $SR_{1.11}$ , $KO_{1.31}$ , $KA_{1.45}$ $E_0'$ : $SR_{1.11}$ , $KO_{1.21}$ , $KA_{1.45}$
17-429 XII 9 05h 17m	16.3 ± 2.6	2.4 ± 8.4	5. ± 11.	—	$E_0$ : $SR_{1.21}$ , $KO_{1.15}$ , $W_{1.60}$
18-430 XIII 18 14h 51m	6.38 ± 0.99	3.7 ± 1.7	10.90 ± 0.56	—	$E_0$ : $KO_{2.35}$ , $M_{1.67}$ , $Y_{1.80}$
19-431 XI 25 05h 05m	19.2 ± 1.8	9.0 ± 1.8	5.53 ± 0.52	—	$E_0$ : $SR_{0.91}$ , $KO_{0.87}$ , $KA_{1.03}$
20-432 XI 29 21h 09m	18.7 ± 1.8	14.66 ± 0.70	4.50 ± 0.76	—	$E_0$ : $SR_{1.42}$ , $KA_{0.81}$ , $T_{1.00}$

(to be continued)

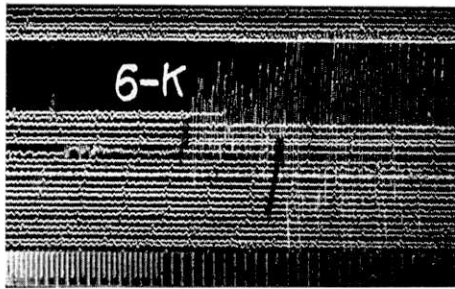
(continued)

No. Date Time (J.S.T.)	Epicenter		Depth	Velocity of s-p wave $v_{s-p}$	Remarks: stations and s-p intervals used
	$x_0$	$y_0$	$z_0$		
1954	km	km	km	km/s	
21-433 XII 3 02h 53m	15.6 ± 1.7	7.4 ± 1.6	4.4 ± 1.5		$E_0$ : SR <sub>1.09</sub> , KO <sub>0.69</sub> , KA <sub>1.00</sub>
22-434 XII 10 03h 45m	17.1 ± 2.1	5.0 ± 2.2	5.5 ± 2.2		$E_0$ : SR <sub>1.06</sub> , KO <sub>0.99</sub> , KA <sub>1.37</sub>

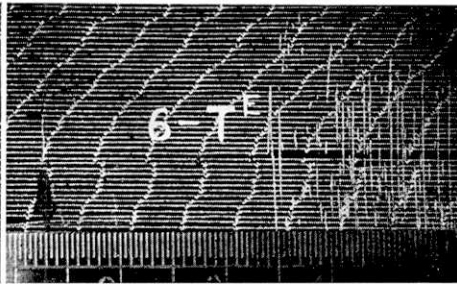
Table 7. 1st kind errors calculated by the present author for  $k(=v_{s-p})$  and origins obtained by A. Imamura in Wakayama district.

No.	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$k$
1	17.85 ± 0.29	7.55 ± 0.35	1.57 ± 1.99	3.10 ± 0.84
2	15.68 ± 2.97	8.05 ± 1.55	5.93 ± 5.99	3.90 ± 3.30
3	17.80 ± 0.41	7.50 ± 0.40	0.60 ± 4.47	3.00 ± 0.47
4	18.00 ± 0.40	6.45 ± 0.63	0.85 ± 3.83	3.10 ± 0.93
5	17.38 ± 0.22	7.50 ± 0.36	1.00 ± 3.52	3.26 ± 1.02
6	18.40 ± 0.88	10.20 ± 2.21	2.85 ± 1.36	3.75 ± 1.47
7	17.90 ± 0.50	9.50 ± 1.72	2.90 ± 2.04	3.75 ± 1.55
8	17.25 ± 0.35	7.42 ± 0.46	2.00 ± 2.68	3.73 ± 1.42
9	11.00 ± 11.17	6.30 ± 2.25	6.90 ± 2.67	5.76 ± 5.16
10	18.15 ± 0.60	8.20 ± 0.77	2.64 ± 2.24	3.90 ± 1.44
11	14.75 ± 4.16	8.10 ± 1.09	4.00 ± 3.31	4.30 ± 3.17

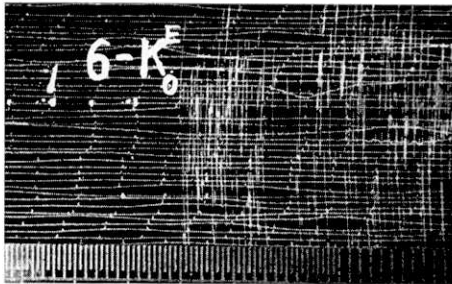
N.B. Hypocenters are shown in our coordinate system (*loc. cit.* 1) and No. of earthquakes are referred to the paper of A. Imamura (*loc. cit.* 3).



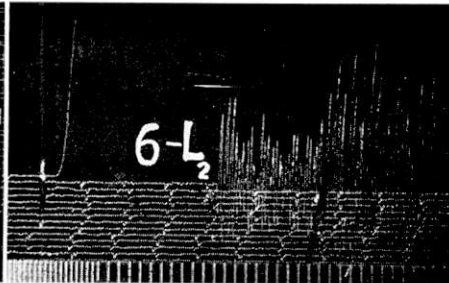
$t_p = -32^s, 28$ , K. L. T.  
( $30^s, 56$ , J. S. T.)



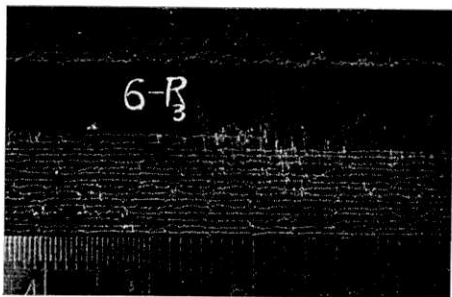
$t_p = -33^s, 73$ , K. L. T.  
( $32^s, 01$ , J. S. T.)



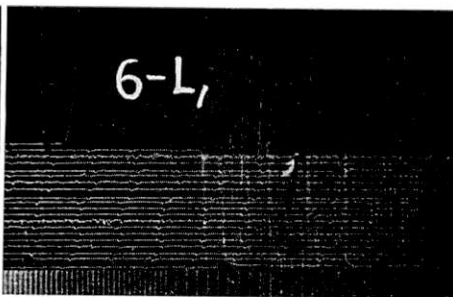
$t_p = -33^s, 09$ , K. L. T.  
( $31^s, 37$ , J. S. T.)



$t_p = -34^s, 24$ , K. L. T.  
( $32^s, 52$ , J. S. T.)



$t_p = -33^s, 22$ , K. L. T.  
( $31^s, 50$ , J. S. T.)



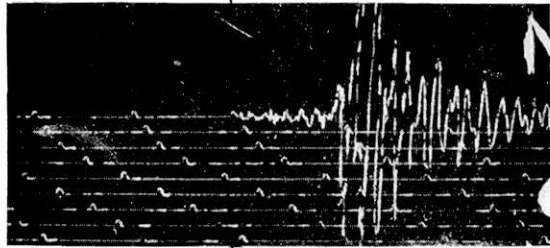
$t_p = -34^s, 34$ , K. L. T.  
( $32^s, 62$ , J. S. T.)

(震研彙報 第三十八号 図版 宮村)

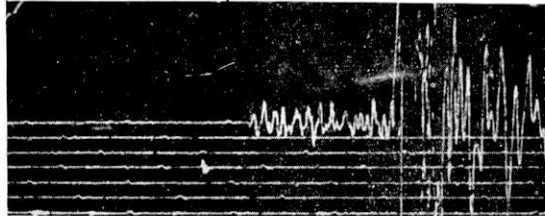
Fig. 1. Seismograms of a shock obtained at the electronic stations of E. R. I.† in the 1956 expedition in Wakayama district. J. S. T.: Japan Standard Time. K. L. T.: Kainan Local Time (by a chronometer at Kainan base station. cf. *loc. cit.* 1).  $R_3, L_1$  etc.: Stations (cf. *loc. cit.* 1) Time marks are given at every second.

No. 326  
1953 XII.22 11<sup>h</sup>09<sup>m</sup>

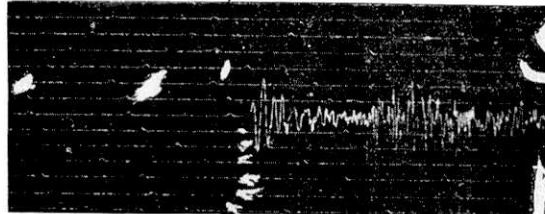
*M*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 04



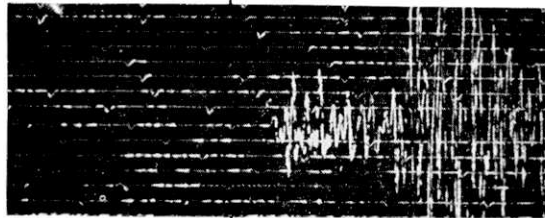
*Y*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 21



*KO*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 22



*KA*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 41



*T*  
 $t_p$ : 08<sup>s</sup>. 11

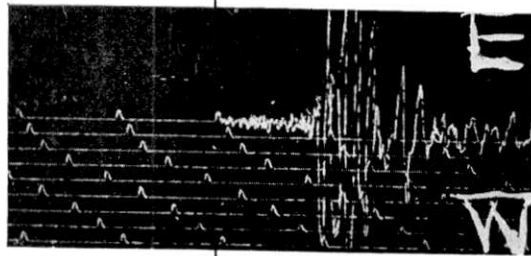


07.0 Sec

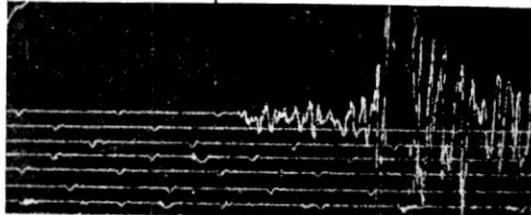
Fig. 2. Seismograms of an earthquake obtained at the Ishimoto accelerograph stations in the 1953 expedition in Wakayama district. (NS component.) *M*, *Y* etc.: Stations. (cf. *loc. cit.* 1.) Time marks are given at every second.

No. 326  
1953 XII.22 11<sup>h</sup>09<sup>m</sup>

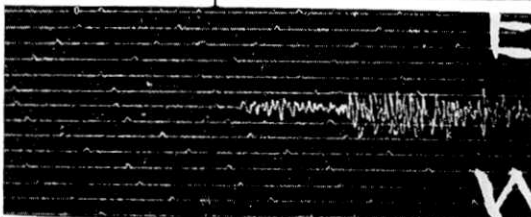
*M*  
 $t_p : 07^s. 00$



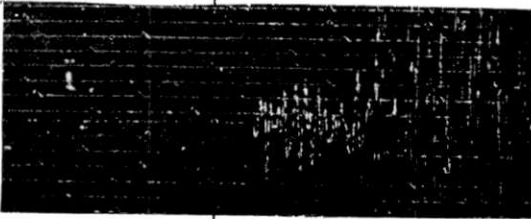
*Y*  
 $t_p : 07^s. 21$



*KO*  
 $t_p : 07^s. 21$



*KA*  
 $t_p : 07^s. 39$



*T*  
 $t_p : 08^s. 13$

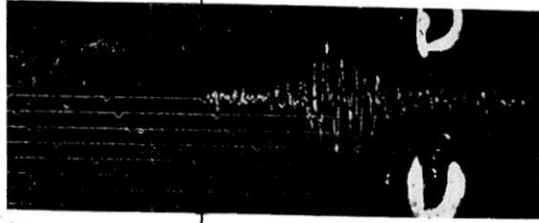


07.0 Sec

Fig. 3. Seismograms of an earthquake obtained at Ishimoto accelerograph stations in the 1953 expedition in Wakayama district. (EW component) *M*, *Y*, etc.: Stations (cf. *loc. cit.* 1). Time marks are given at every second.

No. 326  
1953 XII 22. 11<sup>h</sup>09<sup>m</sup>

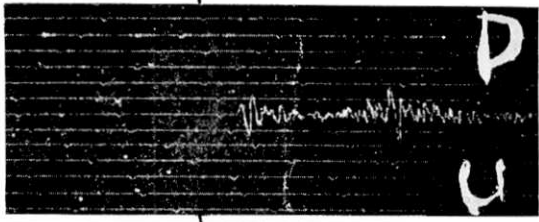
*M*  
 $t_p$ : 06<sup>s</sup>. 95



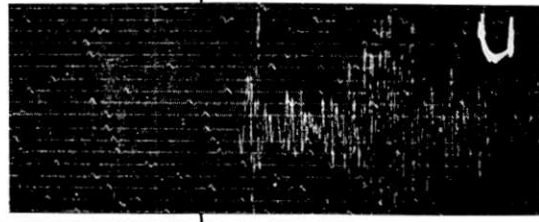
*K*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 19



*KO*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 21



*KA*  
 $t_p$ : 07<sup>s</sup>. 39



*T*  
 $t_p$ : 08<sup>s</sup>. 13



07.0 Sec

Fig. 4. Seismograms of an earthquake obtained at the Ishimoto accelerograph stations in the 1953 expedition in Wakayama district. (Z component) Z at Y was spoiled. At K was only vertical. M, K etc.: Stations (cf. loc. cit. 1). Time marks are given at every second.