

50. 筑波, 栃本において同時におこなつた多点式観測 法による関東および中部地方の微小地震の研究

地震研究所 { 宮 村 攝 三
堀 実 一
安 芸 敬 一
辻 浦 賢 照
松 本 英 照

(昭和37年7月24日発表—昭和37年9月30日受理)

1. 序 言

関東地方における地震活動の調査研究はすでにおおくのひとびと^{1)~6)}によつてなされてきたが、それらは気象庁および地震研究所に属する比較的低倍率の地震計による観測網によつて、長期間にわたりえられた資料をもとになされたものであつた。

筆者らはここ数年来比較的せまい範囲におかれた多数の地震計の集中記録をおこない、各点の地震動の対比により、波動の到来方向、みかけの速度、振動面などの種々の情報を現地ですみやかにもとめる、いわゆる波動相関法観測の開発につとめてきた^{7)~9)}。これが実用化されたのは1961年8月の北美濃地震余震観測¹⁰⁾であつた。ただしこれは無線地震計RTSの端局装置と記録装置の転用によつておこなつたもので解析専用の再生用磁気録音機、モニター用増巾器がなかつたので、ためこまれた録音地震記録の再生記録中は一定時間観測を中止せねばならなかつた。これらの不便をなくすためあたらしく移動用波動相関地震観測装置を製作した。1962年5、6月の約2ヶ月間にわたり無線地震計RTSを筑波におき、東京で記録し、新装置を栃本に設置して現地で記録、両地点で同時に多点式波動相関観測法による地震観測をおこなつた。

この研究は、関東地方から中部地方にかけての微小地震活動についての情報をうると同

- 1) A. IMAMURA and C. YASUDA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **3** (1927), 105~132.
- 2) T. KODAIRA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **11** (1933), 350~361.
- 3) T. NAGATA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **14** (1936), 420~426.
- 4) N. NASU, T. HAGIWARA and S. OMOTE, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **14** (1936), 427~437.
- 5) N. NASU, and C. YASUDA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **19** (1941), 476~491.
- 6) S. MIYAMURA, *Zisin*, **9** (1956), No. 4, 236.
- 7) K. AKI, M. TSUJIURA, M. HORI and K. GOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **36** (1958), 71~98.
- 8) K. AKI and M. TSUJIURA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **37** (1959), 207~232.
- 9) S. MIYAMURA, M. TSUJIURA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **37** (1959), 359~374.
- 10) S. MIYAMURA, M. HORI, K. AKI, H. MATUMOTO and S. ANDO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **39** (1961), 895~908.

時に、多点観測法による震源決定の精度について吟味することを目的としたものである。

2. 観測場所

われわれが今回観測を実施した筑波、栃本の位置は第1図にしめした。筑波における観測点の配置は第2図にしめすとおりで、その位置は技術部の岡田教官により三角測量によりもとめられたものである。その精度は ±3m である。各観測点より送信端局のある支所観測室までは遮蔽ビニール線を架設した。

また筑波の西南西約 117 km の栃本観測点は東大農学部附属秩父演習林栃本作業所内に設置されたもの

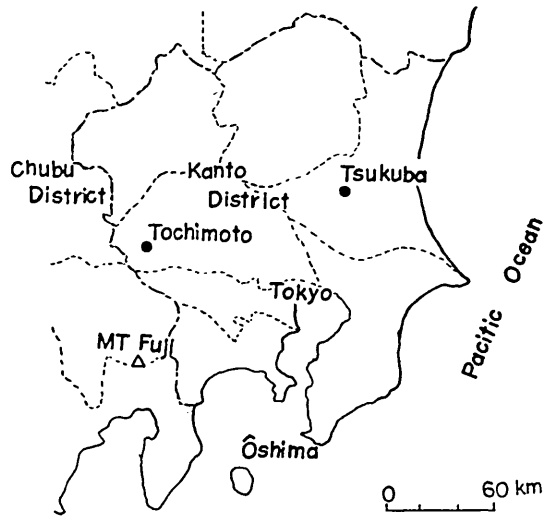


Fig. 1. The seismometer-array stations as established temporarily at Tsukuba and Tochimoto.

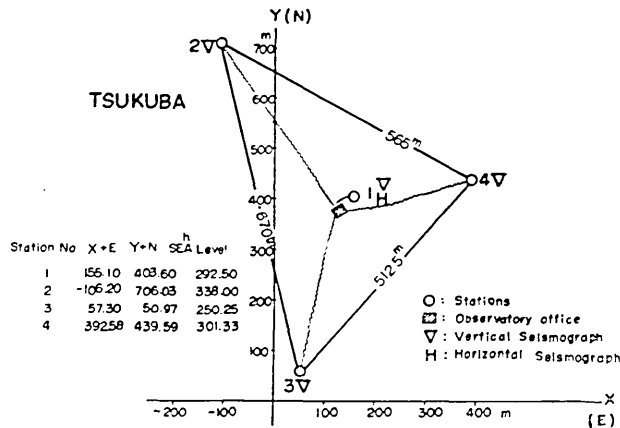


Fig. 2. The seismometer array at Tsukuba.

で標高約 650 m, 岩石は中世代の粘板岩で、筑波の花崗岩にはおよばないがそれでも非常にかたく微小地震観測には適している。第3図に換器器（地震計）の配置をしめした。No. 1~4とも筑波とおなじく岩盤をほりだしコンクリートをうって地震計台をつくった。その各位置は岡田教官の測量によりもとめられた。地震計の出力は遮蔽ビニール線により観測室学生宿舎までみちびかれ、それぞれの回線の増巾器にいれられた。

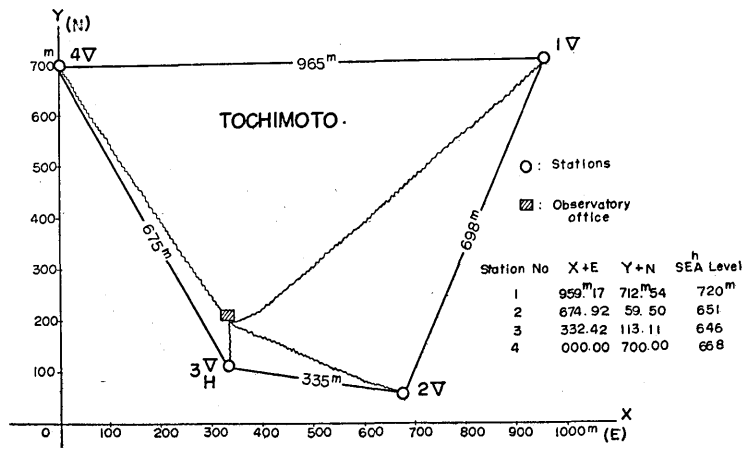


Fig. 3. The seismometer array at Tochimoto.

3. 観測装置

筑波における観測装置については, すでに宮村, 辻浦⁹⁾ によつて報告されているので省略する.

一方栃本で使用した観測装置の系統図は第4図にしめすごとく2セットよりなり, 各セット独立しても観測しうよう設計されている. すでにのべたように従来記録再生中は観測を一時中断せねばならなかつたが, 本装置ではそのような欠陥をのぞくことができた.

地震計(換振器)は筑波, 栃本とも各 No. 1~4 に上下動1台ずつ, またそのうち1点には東西, 南北動の2台の水平動地震計を併置した. 上下動換振器は本所技術部製の動線輪型動電換振器で振子周波数 3 c/s につくつてあつたものを Elinvar 製の La Coste のばねを使用して $T_0 = 1 \text{ sec}$ にのばしたものである. なお水平動はおなじく技術部製のもので $T_0 = 1 \text{ sec}$, いずれも $h = 2$ にそろえた. 換振器の出力は上下動約 3 volt/kine, 水平動約 1.2 volt/kine である.

観測装置全体の総合倍率特性は第5図にしめすようなもので, 各成分は2%以内で特性が一致している.

記録方法としては筑波, 栃本ともすでに北美濃余震観測報告¹⁰⁾ によつて報告されているように無終端磁気テープのながさ, すなわち録音遅延時間が約 30 sec になるようにえらんだ. これは保存用磁気録音機のひきがね装置による起動が S 波でおこなわれても, $S-P < 30 \text{ sec}$ ならば初動から記録されるというようにしたことになる. ひきがね装置は 3~5 cm/sec の速度で 0.3 sec 以上ペンが振動するような信号がくると保存用磁気録音機のモーターを起動し録音を開始させ, 約 90 sec のちに自動的に停止させるようにした.

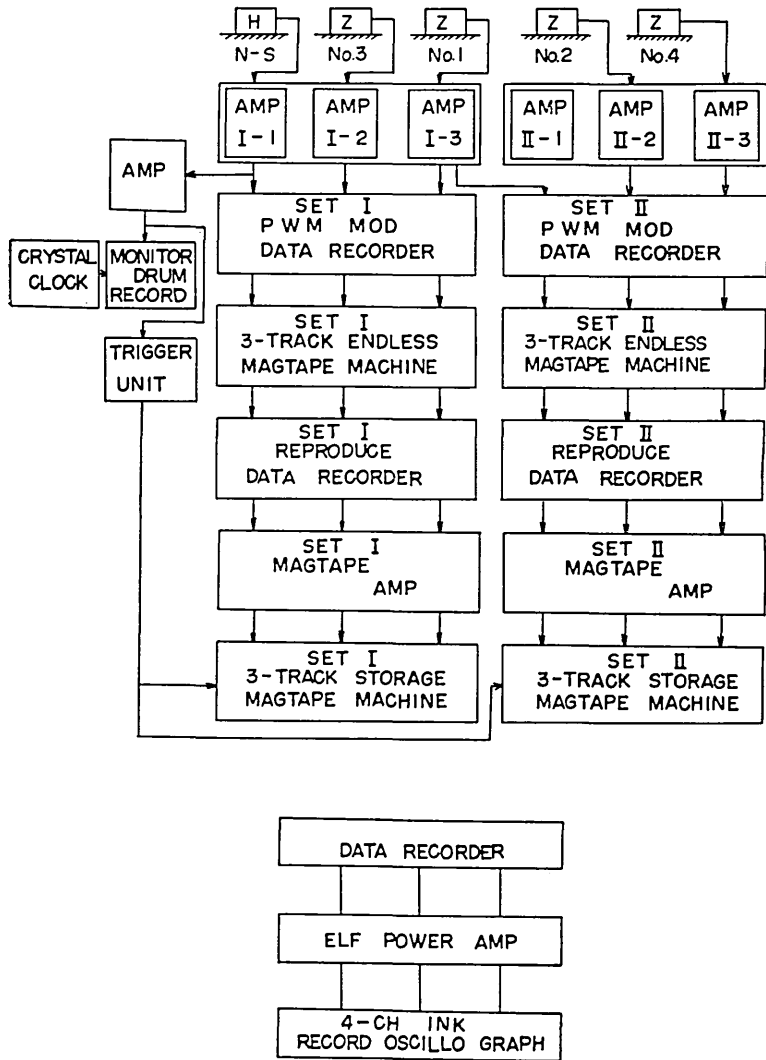


Fig. 4. Block diagram of the seismograph system operated at Tochimoto.

別にモニター記録として、1成分だけ大型記録円筒にインクがき検流計（固有周波数 40 c/s）で連続記録し、それには水晶時計から時分刻時をいれて発震時刻をよむようになっている。このモニター記録は、1日1回の記録紙のとりかえをおこなう。記録紙速度は 2 mm/sec、行間 1mm（筑波）、乃至 2mm（栃本）おくりで、ここには磁気テープに録音さ

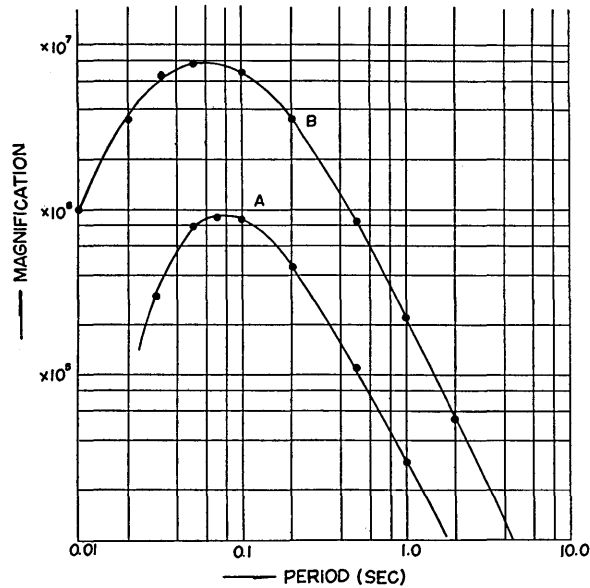


Fig. 5. The magnification curve of the seismograph system operated at Tochimoto (B) and at Tsukuba (A).

れなかつた小地震や、震源が比較的とおい地震の周期のながい地震波も記録された。

4. 観測実施

筑波では 1961 年 12 月以来 RTS により途中休止期間をくりかえしながら観測実施中であり、栃本は 1962 年 5 月 20 日から 6 月 30 日まで約 40 日間臨時出張連続観測をおこなつた。保存用磁気テープに録音された地震は毎日 1 回インクがきオシログラフにより 5 mm/sec と 100 mm/sec (筑波) 乃至 125 mm/sec (栃本) の記録速度で再生して解析に利用した。その記録例を第 6 図 a, b, c にしめす。a, b は同一地震の栃本および筑波における記録である。解析方法についてはすでに詳述されているが、はやおくり (100 mm/sec または 125 mm/sec) で再生された地震記録から第 1~4 点の初動部分の波形を対応させて、各点間の時間差をもとめ、その到来方向とみかけの速度を作図からもとめる。S-P 時間から震源距離をもとめるには人工爆破実験からえられた関東地方の地殻のあつき 25 km, P 波速度 6.1 km/sec, 外套部上層の P 波速度を 7.7 km/sec としポアンソン比 $\sigma = 0.25$ を仮定して第 7 図にしめすような地殻構造断面を使用した。なお両地点とも観測点はかなりの斜面に位置しているので水平面にそつたみかけの速度と到来方向をもとめる補正をおこなつた。

5. 観測結果

今回の観測結果の地殻構造と関連した問題は、安芸, 松本¹¹⁾によつて論ぜられる予定であ

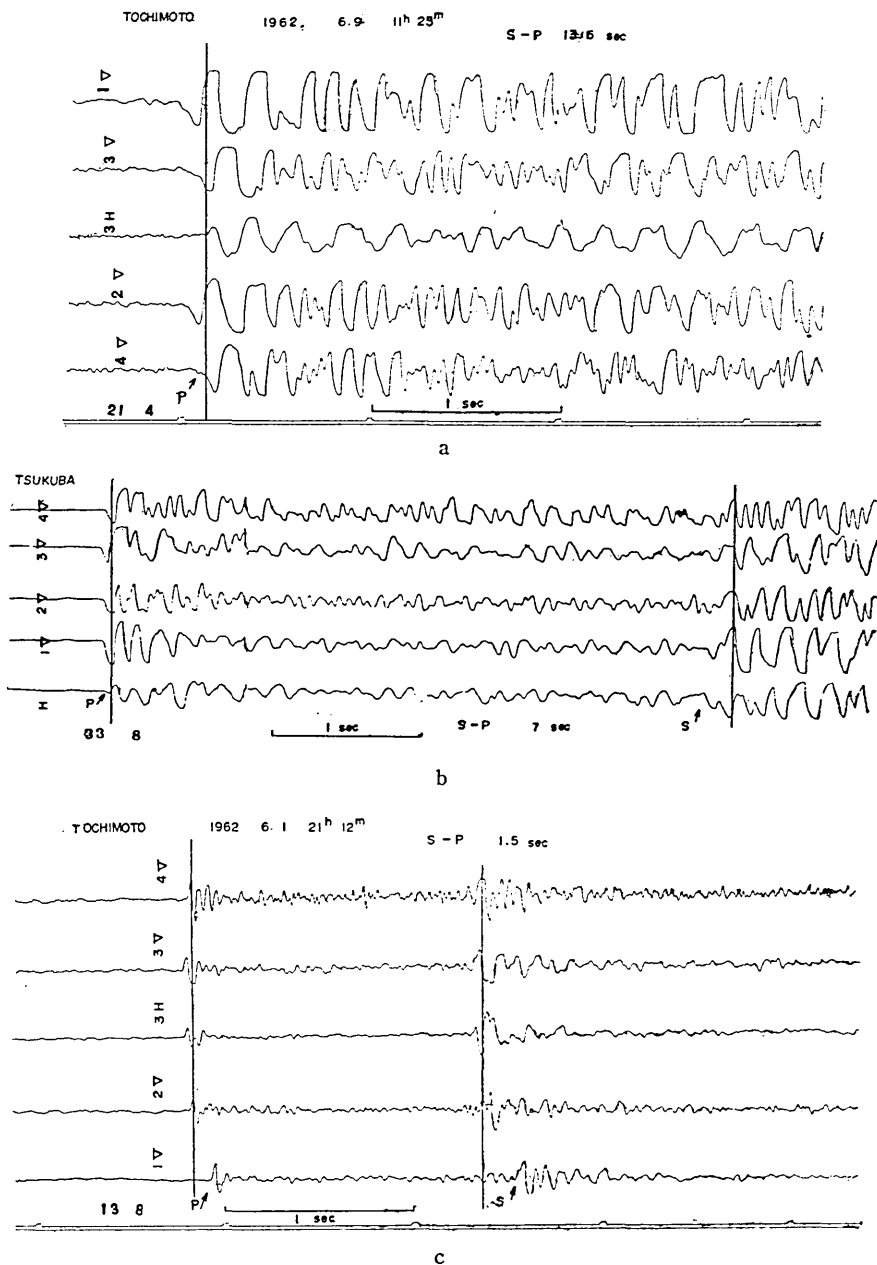


Fig. 6. Example of records reproduced at the paper speed of 100 or 125 mm/sec. a) and b) are the same earthquake record obtained at Tochimoto and Tsukuba respectively. c) is a record of very near shock at Tochimoto.

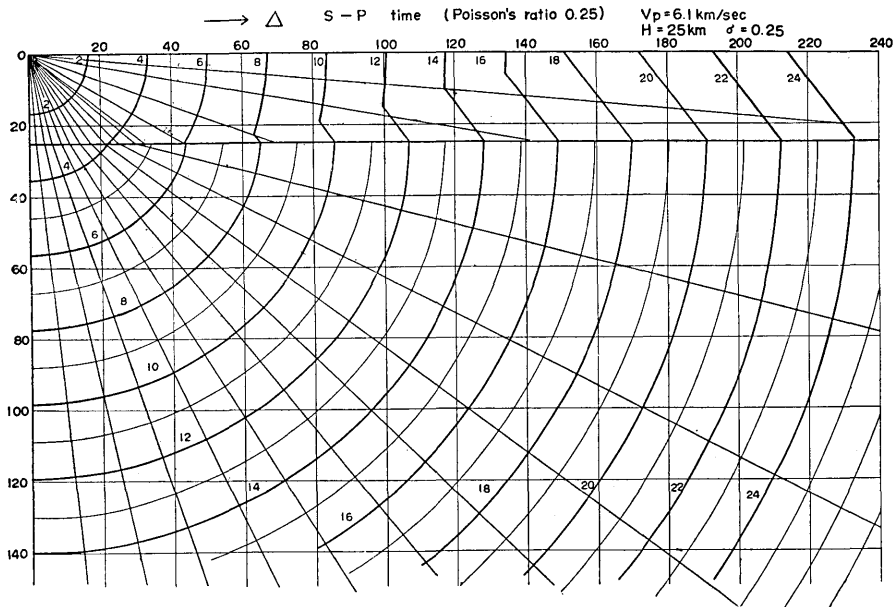


Fig. 7. The model of the crustal structure adopted in the determination of hypocentre from the apparent velocity of P waves.

るので、ここでは主として、もとめられた震源分布について概説する。筑波, 栃本における同一観測期間中録音記録された地震数はそれぞれ 153 および 329 で (筑波の感度は栃本の約 1/8), 第 8 図は記録された两点の初期微動継続時間 S-P の頻度分布をしめす。ま

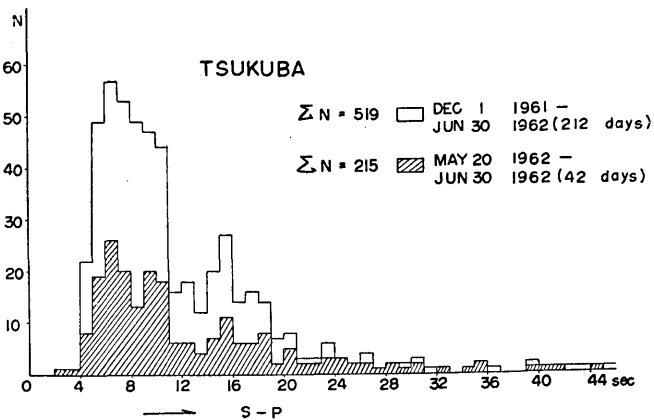


Fig. 8a. The frequency distribution of S-P times at Tsukuba.

11) K. AKI, H. MATUMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 41 (1963), No. 1 (In Press).

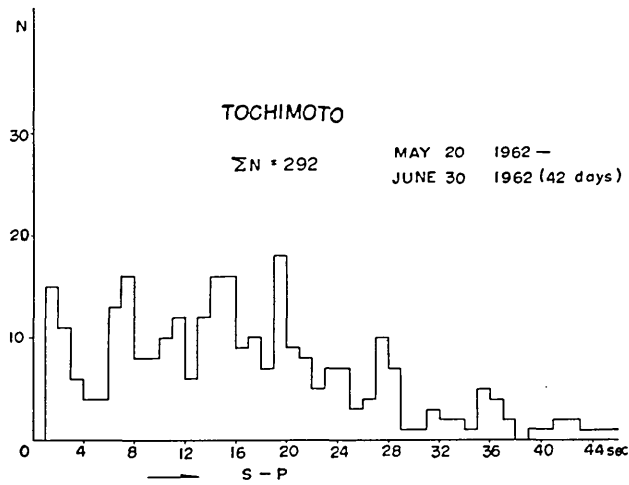


Fig. 8b. The frequency distribution of S-P times at Tochimoto

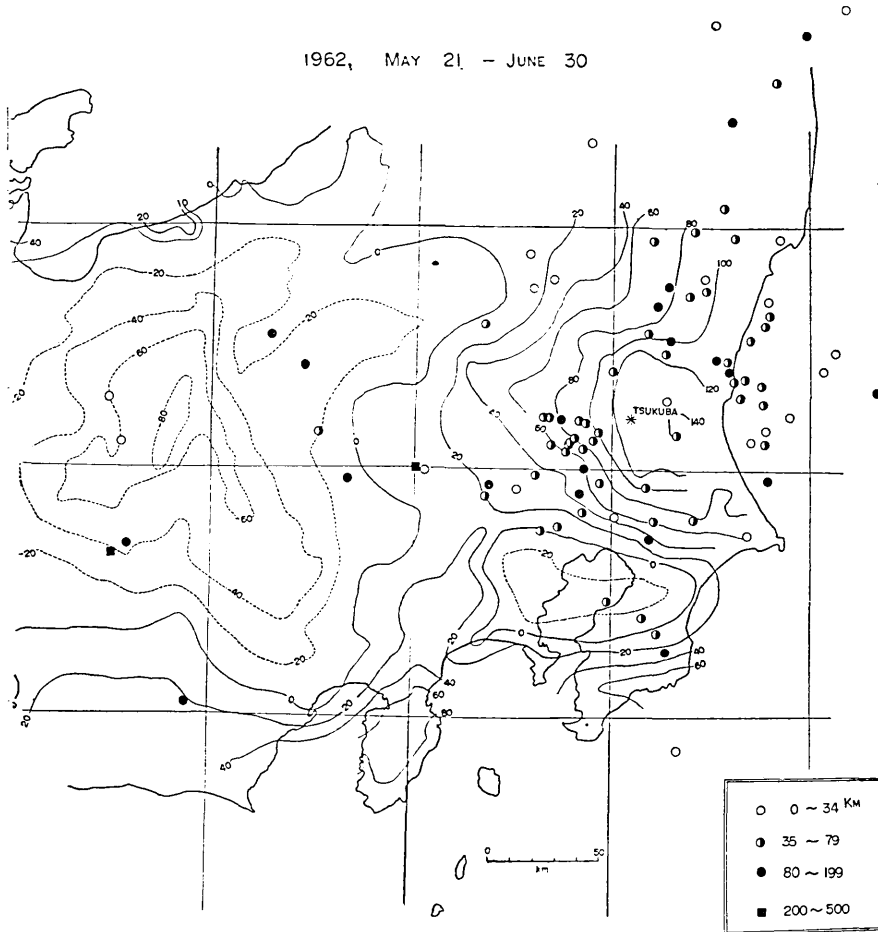


Fig. 9a. The epicentres determined by the observation at Tsukuba for the period May 21 to June 30, 1962, and the Bouguer gravity anomaly contours.

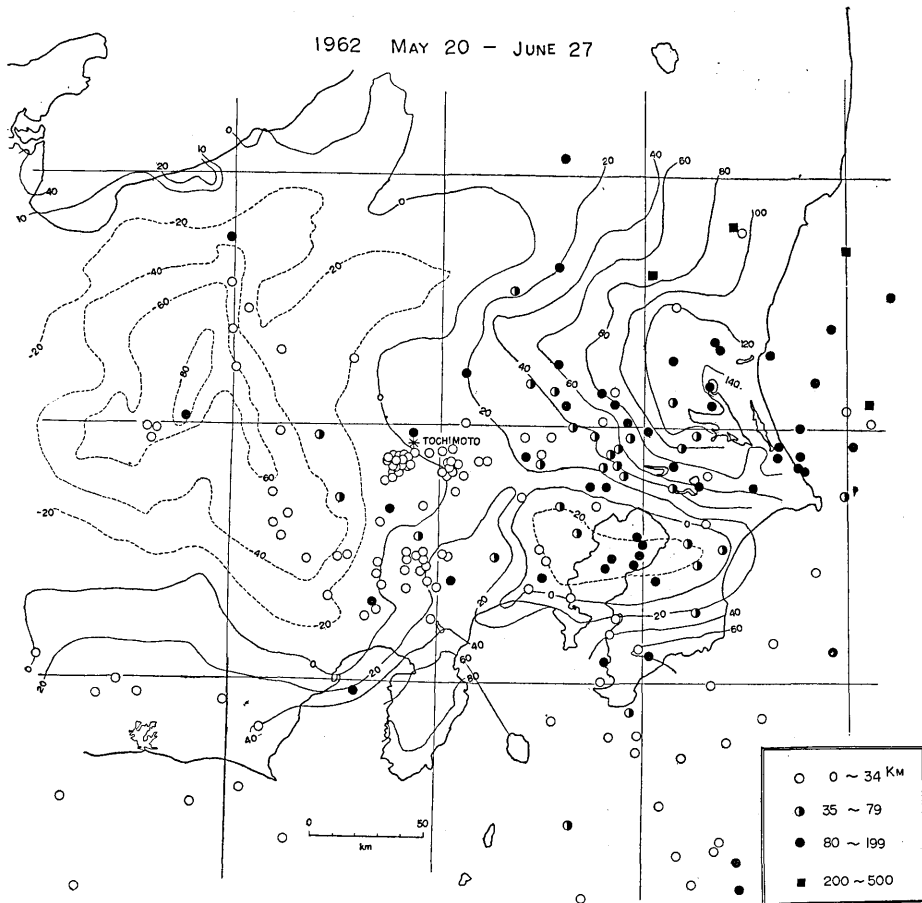


Fig. 9b. The epicentres determined by the observation at Tochimoto for the period May 20 to June 30, 1962, and the Bouguer gravity anomaly contours.

た筑波, 栃本で独立にきめた震央は第9図 a, b のようである. 1961年12月から1962年5月までの筑波での観測結果も第9図 c にしめた. 図は深度別に震央をそれぞれしめしてあるが, 関東地方では 35~75 km の深度におこる地震がおおく, 数十年来その活動は変化していないようにみえる. また東京湾北部から茨城県南西部におよぶ重力のブーゲー異常の勾配がおおきい場所に震央が集中しているのはいちじるしい事実で, これも気象庁などの観測による数十年間の震央分布によくにている. また図にしめすように関東地方西部から中部地方にあさい微小地震がおおいことは注目にあたいます. 栃本からえられた結果からは, 従来筑波においてあまり観測しえなかつた深度 20 km 以浅の秩父地震帯の活動がかなり活発にみとめられ, 同時に富士五湖附近のあさい地震活動も観測された. またフォッサ・マグナ地帯においても南北にわたつて系統的な地震の発生をみた. しかししづ

1961 Dec 1 - 1962 MARCH 31 (90 days)

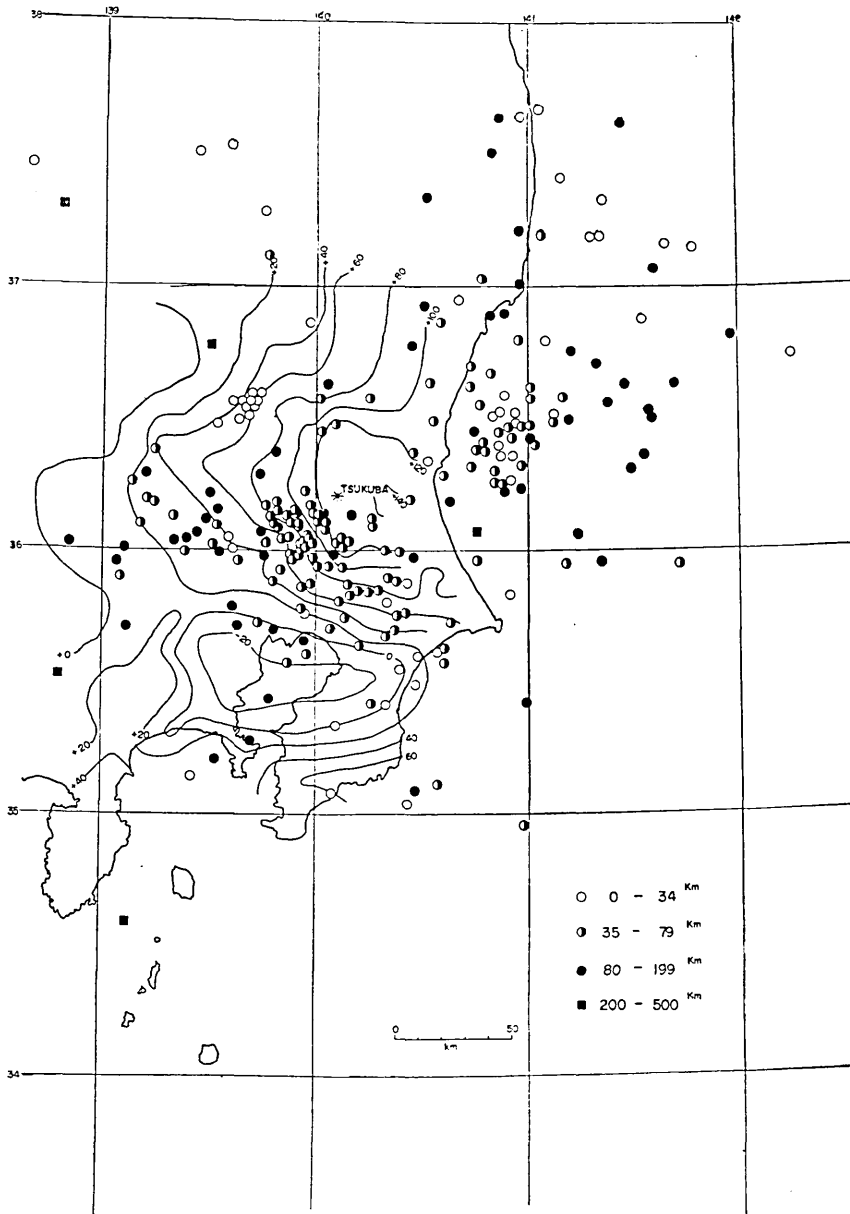


Fig. 9c. The epicentres determined by the observation at Tsukuba for the period Dec. 1, 1961 to May 30, 1962, and the Bouguer gravity anomaly contours.

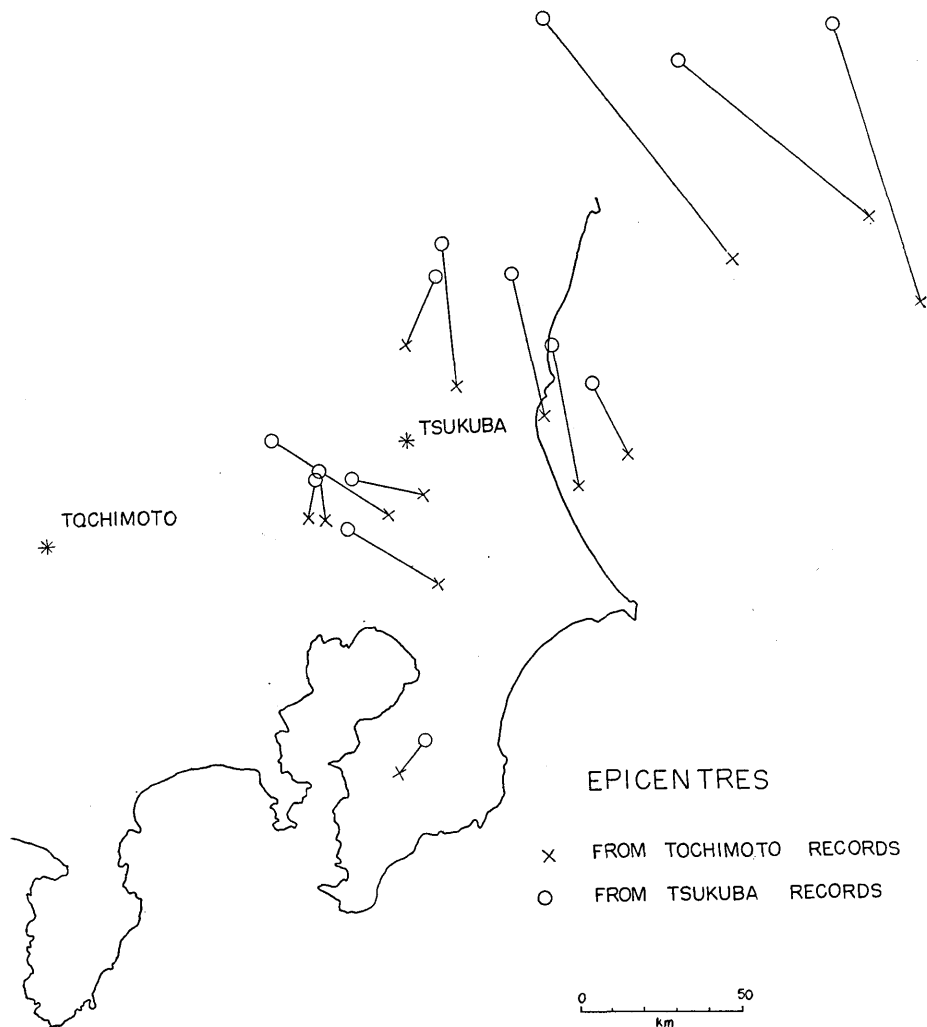


Fig. 10. The epicentres of common shocks determined independently by the observation at Tsukuba and at Tochimoto.

れも短期間の観測だけに結論的なことはいえない。

筑波, 栃本の両地点において特に精度よくみかけ速度の測定された地震は14個あつた。両地点でそれぞれきめた地震の震央を第10図にしめす。栃本からえた震央が筑波からもとめたものより, 栃本からみてつねに右側にずれていることはいちじるしい点である。このことをよりはつきりさせるため第11図にこのかたよりの角度 θ を栃本からの震央距離に対してプロットした。 θ は震央距離とともに増大しているようにみえる。もしこれが事実ならばこのかたよりの原因はモホのような不連続面の傾斜に帰せられるべきでなく, むし

る関東地方一帯で外套部上層の V_p が太平洋がわえゆくほど V_p がおおきくなつてゐるためとおもわれる。さらにおおくの資料による検討と関東地方西部の地殻構造の人工爆破実験による早急な研究がのぞまれる。

以上の結果から本観測装置による震源決定精度も適正な地殻構造断面をもちいればかなりよい結果を期待しうものとおもうので、さらに今後もこの観測法に改良をくわえ関東地方をはじめ各地方の地震活動の調査研究をつづけてゆきたい。

6. 謝 辞

本観測を実施するにあたって筑波における地震計室および観測室の使用をゆる

された萩原教授のふかい理解と現地の渡辺技官らの厚意に深謝する。また栃本観測点においては東大農学部附属演習林長をはじめ、秩父演習林、同栃本作業所から全面的の援助をえた。ここにころから感謝の辞をのべたい。換振器の改造、記録器の一部の製作は技術部によつた。実川技術部長はじめ各位にふかく謝意を表す。なお各観測点の位置決定をされた技術部岡田教官の協力に感謝したい。また本研究において終始協力をえた同室の森章子嬢に深甚の謝意を表す。

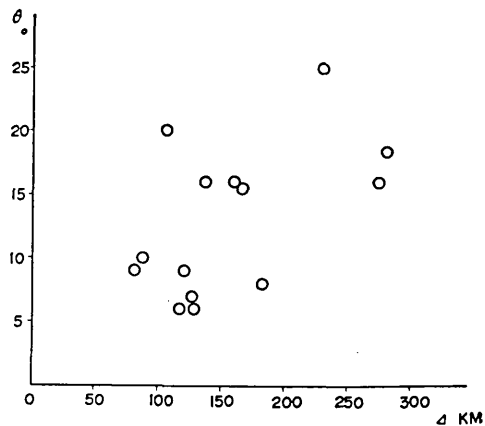


Fig. 11. The difference between the azimuthal angles θ from Tochimoto to the epicentres determined by the observations at Tochimoto and Tsukuba independently is plotted against the epicentral distance from Tochimoto.

50. Simultaneous Operation of Two Seismometer-array Stations in a Study of Micro-earthquakes in the Kanto and Chubu Region.

By Setumi MIYAMURA, Minoru HORI, Keiiti AKI,
Masaru TSUJIURA and Hideteru Matumoto,
Earthquake Research Institute.

A temporary seismometer-array station such as described by Miyamura et al. (1961) was established at Tochimoto and at Tsukuba to investigate the micro-earthquakes occurring in the Kanto and Chubu region. The principal purposes of the present investigation are 1) to find the accuracy of hypocentre determination by the seismometer-array method, 2) to locate the zones of micro-earthquakes in the Kanto and Chubu region and 3) to learn something about the structure of the crust and upper mantle in this region.

The epicentres determined independently by the Tsukuba station and by the Tochimoto station are shown in Fig. 9a and Fig. 9b respectively.

It is remarkable that many earthquakes in the Western Kanto and Chubu region occur in the crust, while those in East Kanto occur mostly in the upper mantle. Fig. 10 shows the epicentres of 14 shocks for which both stations could give good determinations of them. There is a systematic divergence between the epicentres determined independently at the two stations. This divergence may be explained if the velocity in the upper mantle increases seaward.