

# 阿蘇山, 大分, 下関で有感であった九州北東部の 地震についての一調査\*

一点観測による震源決定の精度

安 井 豊\*\*

550.340

## A Study of Earthquakes occurred in Northeastern Kyushu felt at Asosan, Oita and Shimonoseki

The Accuracy of Epicenter Determination  
from a Single Station Observation

Y. Yasui

(Miyazaki L.M.O.)

Rapid estimation of the epicenter of a large earthquake has sometimes been required for "tsunami warning" against the coast.

The author checked the accuracy of epicenter determination from observational data on three components of an initial motion and a  $P-S$  interval obtained at a single station, such as Miyazaki, Yakushima, Kagoshima, Kumamoto and Naze. Then, it is concluded that although the method might have some deviation they are not very serious and can practically be neglected in an urgent case.

It is also recognized that according to the distribution of epicenters, earthquakes are divided into several groups and the earthquakes of each group are characterized by depth of hypocenters, type of seismograms and deviated angle of initial motions from the direction of epicenters.

In this paper, the same conclusions are obtained at Asosan, Oita and Shimonoseki.

### ま え が き

筆者は先に本庁地震課提案の「地震予知のための予備調査」の趣旨<sup>(1)</sup>にそって南九州の地震について調査<sup>(2)</sup>し、有感地震の発生の際、一点観測の初動と  $P-S$  秒から震源はどれくらいの精度で求められるかを考究し、あわせて南九州の地殻構造を推測した。本稿は九州北東部、阿蘇山・大分・下関での有感地震について同様な調査をしたものの報告である。

南九州と異なり九州北東部では有感地震の数がきわめて少なく、調査に必要な最少限50個の有感地震を調査す

るためには、かなり以前までさかのぼらねばならなかったし、阿蘇では上下動成分がなく、大分では戦前の原簿焼失と戦後6年間の地震計の空白があり、下関の地震計は普通地震計でその性能が悪く、いづれも南九州ほどの調査をなし得なかったことは残念である。

本稿の内容は前報告<sup>(3)</sup>とほとんど同じであるが、念のため各要素につき次のように重複して説明しておく。

(1) 本地震はすべてその地における有感地震だけである。

(2) 震源は地震月報、または気象要覧の記載そのままをとり、疑わしいものもそのままにしてある。しかし、筆者が各地の資料から推測したものも加えてある。

(3) 初動偏角とは震央からその地に直線的に入射した

\* Received March 17, 1964

\*\* 宮崎地方気象台

方向とその地の初動水平2要素から決定した入射方向との角度差であり、震央からその地を見て初動入射方向が右よりにあるものを正值、左よりにあるものを負値にとっている。

(4) 計算深度とは地震初動3要素から入射角を求め、それを震央距離に延長した場合の深度 (km) である。

(5)  $P\sim S$  秒比または距離比は震源よりその地までの  $P\sim S$  秒を和達表から求め、それを実測  $P\sim S$  秒で割った百分率である。したがって、これが100以上となることは、その間の伝播速度が、標準値より速いこと、逆に100未満では遅いことを示している。

(6)  $iP$ ,  $eS$  などは原簿記載のものである。体感を表わす極急、急、緩も原簿記載のもので、昔のものもこれに統一しておいた。

本稿作製のための資料の照会に心よく応じられた福岡・広島・松山・下関・大分・熊本・佐賀・長崎・阿蘇・浜田・厳原各気象台・測候所ならびに研究助成金を交付された西日本気象協会と製図・謄写をしていただいた当台鶴木技官と大庭弘子嬢に厚く感謝の意を表す。

§ 1. 阿 蘇 山

(i) 震源の分布

昭和26年から昭和36年までの間の阿蘇山測候所における有感地震の数は61個であり、その中地震月報に震源の記載されているものが24個、筆者により震源の推定されたもの1個を加えても震源の判明しているものは25個にすぎず、過半数は阿蘇山での  $P\sim S$  秒が2秒以内の火山性地震 (爆発地震を含む) で震源はきわめて阿蘇に近いと推定されるものである。

震源を図示すると第1図のようになり、付近のきわめて浅い地震と豊後水道と日向灘のやや深い地震 (やや深いといっても80kmどまり) が有感であったことを示しているが、その分布には格別の特異性は見当らない。

(ii) 初動の押し引きと記象型

阿蘇山の地震計は上下動成分を欠いているが、水平動成分より逆算して押し、引きを勘案したのが第2図であり、これによれば押しが卓越しているが、押し引きの分布は北方震源の引き、他方向の押しとははっきり分かれている。しかし、その理由は今のところ説明できない。火山性地震はだいたい押しで始まっているようである。

記象型はほとんどが  $iP$   $eS$  であるが、火山性地震は  $eP$ 、日向灘地震には  $iS$  のものが多い。

(iii) 最大振幅と震度

阿蘇山測候所では、昭和36年2月27日の日向灘大地震

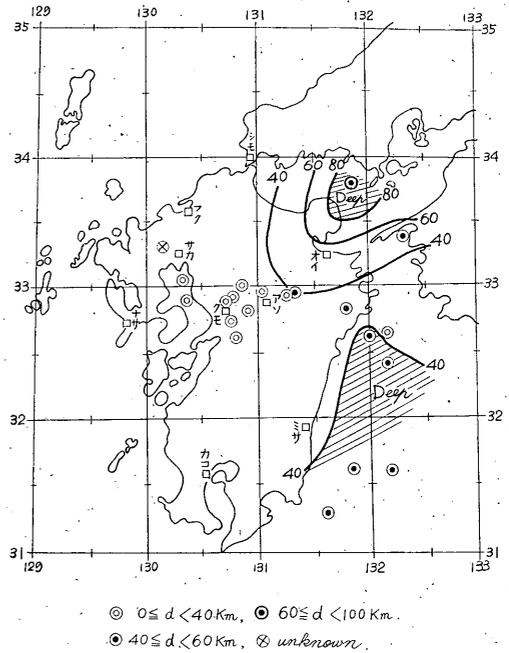


Fig. 1 Distribution of epicenters of the earthquakes felt at Asosan, 1951~1961.

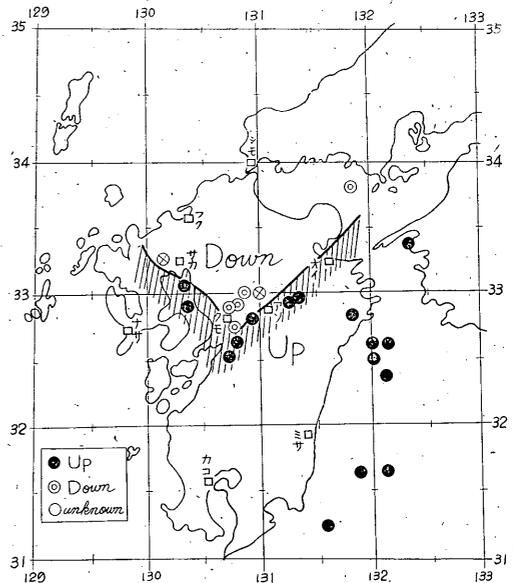


Fig. 2 Epicenters and their initial motions observed at Asosan, 1951~1961.

を除くと、震度II、IIIの地震はごく少なく、記象された最大振幅も上の1例を除くと500  $\mu$  に足りない。また

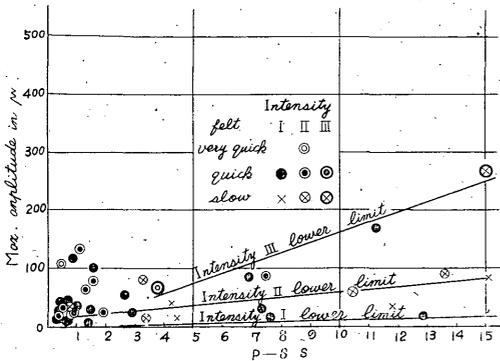


Fig. 3 A relation between maximum amplitudes ( $\mu$ ) and seismic intensities.

$P\sim S$  秒も 10 秒を超えるものはごくごく少ない。つまり調査に十分な資料がないことになるが、前稿<sup>2)</sup>と同様に最大振幅、 $P\sim S$  秒、震度との関係を体感別に調べてみると第 3 図のようになった。

震動極急のものはただ 1 つであって資料とならなかったが、震動急・緩のものについては次のことがいえる。

- (1) 他所での調査と同様に  $P\sim S$  秒の長いものほど緩のものが多い。
- (2) 阿蘇山では振幅  $10\mu$  以下で有感というものがあるが、これは震度が近いためであろう。  $20\mu$  以下で震度 II というものもある。
- (3) 他所では震動緩と急のものとは振幅は同じであっても震度のちがうことが眼についたが、阿蘇山ではこのことは明りよではない。しかし、同じ振幅でも  $P\sim S$  秒の長いものは震度が小さいとは言える。
- (4) 震度 III のものが 2 個あるが、図上の分布をみれば果して III であったかどうかは疑わしい。

(iv) 初動の偏角

阿蘇山測候所に東西動成分が付加されたのは昭和 32 年であるから、昭和 28 年の 1 例 (これはおそらく臨時) を加えても、震源と水平動 2 成分が判明しているものは 16 個にすぎず、それによる初動の偏角分布を示したものが第 4 図である。

これによれば資料の数がすくないので明りよではないが、偏角には他所同様地域分布性があるようである。すなわち、日向灘中部以南と有明海より阿蘇山に延びる帯状の両正值域とその他の負値域に分かれるようである。

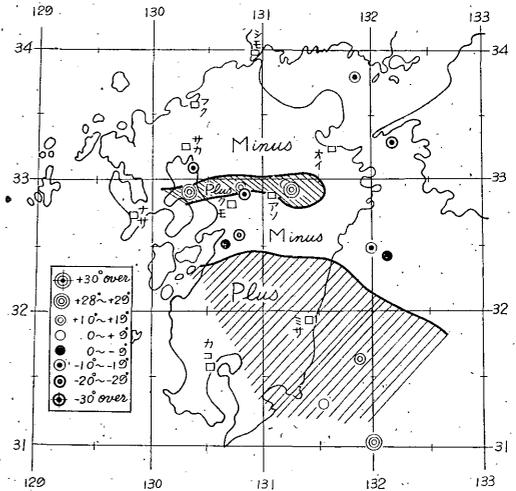


Fig. 4 Distribution of epicenters classified according to angles between the directions of epicenters and of initial horizontal motions at Asosan.

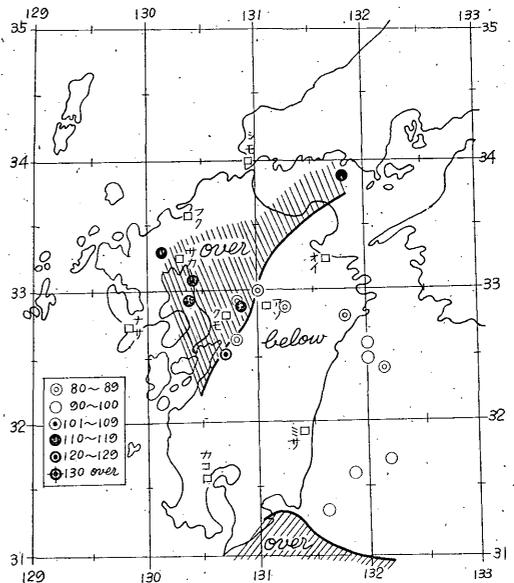


Fig. 5 Distribution of epicenters classified according to the ratio of  $P-S$  interval calculated from Wadati's table to that observed at Asosan.

(v)  $P\sim S$  秒比

$P\sim S$  秒比は第 5 図に示すように分布している。これによれば、阿蘇北方と西方および日向灘南部の over 値地域と東方、南方の below 値地域とが判然とわかれて

いて、 $P\sim S$  秒比にも地域性分布が認められるようである。もっとも below 値, over 値とも最大十数%の差にすぎない。

#### (vi) 一点観測による精度

阿蘇山測候所の一点観測による震源決定精度は、前述のように、 $P\sim S$  秒比では 10%内外の誤差にすぎないが、初動偏角のほうは正負ともかなり大きくて、震源は正確に決定できないようである。特に北方震源の場合にその傾向が強いが、津波の心配がないところであるから、一点観測で正確な震源を求める必要はまずないであろう。

## § 2. 大 分

### (i) 震源の分布

昭和25年から昭和37年までの間の大分地方気象台における有感地震の数は62個であり、そのうち、気象庁により震源の発表されたものは57個、筆者が震源を推定したものの4個を加えて、震源不明のものは1個に過ぎない。このことは大分が周囲の地震計配置に恵まれていることも1因であるが、大分では至近局発地震がきわめて少なく皆無に近いことにもよる。なお以上の数の61個は13年間のものであり、他の調査と同じ昭和26年から昭和36年までの11年間をとれば51個となり、阿蘇よりやや少ないが、阿蘇で局発がきわめて多かったことに対比して、大分では近、中距離のものが多かった。

震源を図示すると第6図のようになる。これによれば、震源は大分東方より南方にかけて多く、北方にもやや少数ではあるが分布しているに対し、西方で皆無であることが注目された。すなわち、大分における有感地震の多くは日向灘地震およびそれにつながる周防灘、豊後

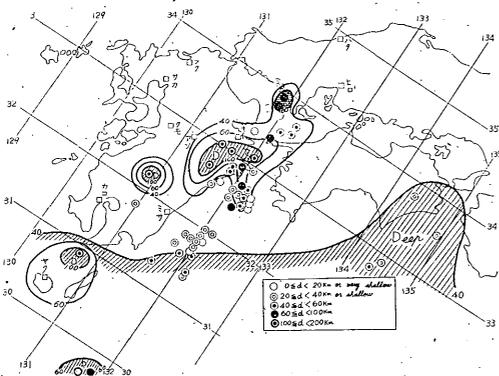


Fig. 6 Distribution of epicenters classified according to the focal depths.

水道、屋久島沖の地震であり、九州本土内のもはきわめて少ない。もちろん、九州本土内の地震数そのものが少ないのであるが、島原付近・熊本付近の地震のうち相当数が遠距離の宮崎において有感だったことを想起すれば、より近距離の大分において西方の地震がすべて無感であったことは、前稿<sup>(2)</sup>で熊本南方に地震波伝播阻害地帯らしいものがあると考えたのと同様に、大分西方から阿蘇山方面にかけて地震波伝播阻害地帯が存在するとみてよいであろう。

日向灘地震の特性として、震源は浅く 20~40km のものが多いが、周防灘から豊後水道および大分南方の山地にかけては 100 km に近いやや深発のものが散在している。

屋久島付近のやや深い地震も 1 部有感であったと同様に、遠距離有感の四国の地震がやや深いものであったことも当然である。

### (ii) 初動の押し引き

初動の分布は第7図のとおりで、だいたい日向灘の延岡沖以北の引き域(ただし松山西方沖に1部押し域があ

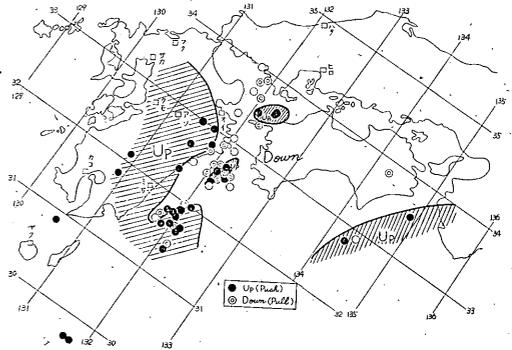


Fig. 7 Distribution of epicenters classified according to the initial motions at Oita.

る)と延岡沖以南の押し域および九州本土内の押し域のように、やはり震源ごとの地域性が認められる。

### (iii) 最大振幅と震度

他所と同様に、最大振幅、 $P\sim S$  秒と震度との関係を図示したものが第8図である。

大分では  $P\sim S$  7 秒以下のものは皆無であった。第8図を見れば他所と比較して極急・急・緩の体感別の震度が不規則で  $P\sim S$  秒との関係が明りようでない。たとえば、緩のものでは同じ振幅ではかえって遠距離のものの方が震度が大きいようにすら感じられる。震度 III lower

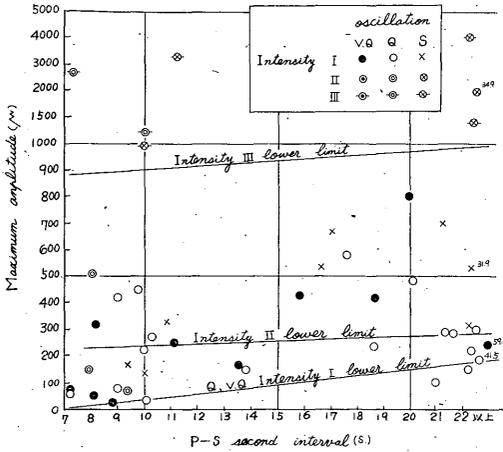


Fig. 8 Maximum amplitudes and seismic intensities at Oita.

limit の線や、震度 I lower limit の線のうち極急、急の線は書くことができるが、緩の震度 I lower limit の線と震度 II の線はどうしても書けなかった。大分でのこの問題はぜひ現地でも研究していただきたいと思う。

(iv) 初動の偏角

初動の偏角の読取れる震源はきわめて少ないが、その分布は第 9 図に示すようになっていいる。宮崎県南西部の一震源の初動および室戸岬南方の一震源はやや不正確であるが、だいたい  $\pm 10^\circ$  以内におさまっている。ただし、数が少ないため分布線を描くほどにはならない。

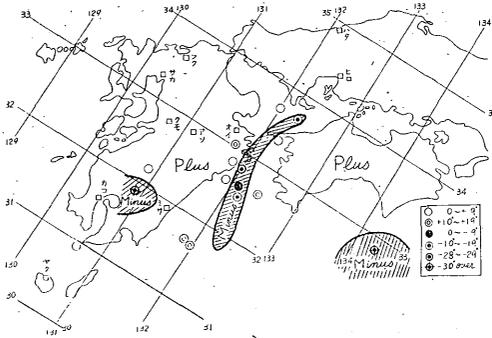


Fig. 9 Distribution of epicenters classified according to the angles between the directions of epicenters and of initial horizontal motions at Oita.

(v) P~S 秒比

P~S 秒比は第 10 図に示すように分布している。大部分の震源については比は  $100 \pm 10$  以内であり、日

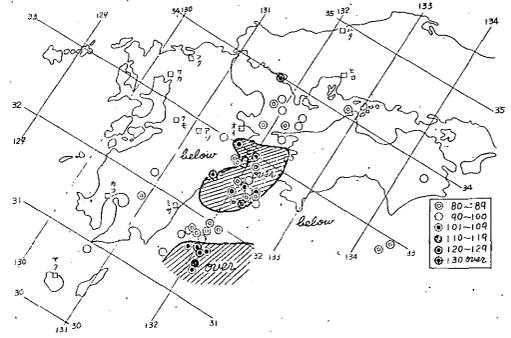


Fig. 10 Distribution of epicenters classified according to percentage of P-S time by Wadati's table to that observed at Oita.

向灘の中心部一帯に over 値が分布している。つまり、大分より南方日向灘一帯の地震波伝播速度は標準値よりやや速いが、大分至近地区と宮崎沖に標準値より遅い速度層のあることがうかがわれる。

なお、この比には数個突飛なものがあるが、その多くはやや深度の近距離地震であって、これが験測の失敗によるものか、震源の誤りによるものか、よれとも実在値であるのかは判定しにくい。

(vi) 振動型

振動型といっても初動の *iP*, *eP*, *iS*, *eS* の別であるが、その分布は第 11 図に示すとおりであり、圧倒的に *iP* *iS* が多い。つまり、大分での有感地震中最多を占める日向灘地震は宮崎の南方に *eP* が集中している以外はすべて *iP* であり、その他に大分北方と四国に *eP* 域が存在するだけである。*S* についてみれば、日向灘より豊

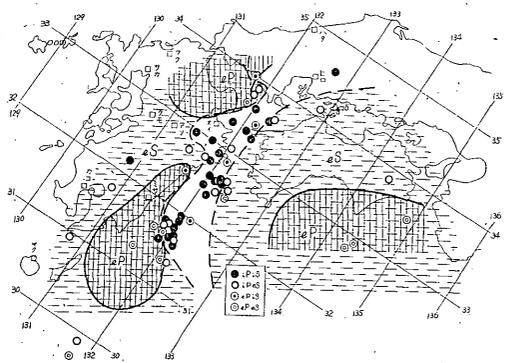


Fig. 11 Distribution of epicenters classified according to the commencements *i* or *e* of recordings at Oita.

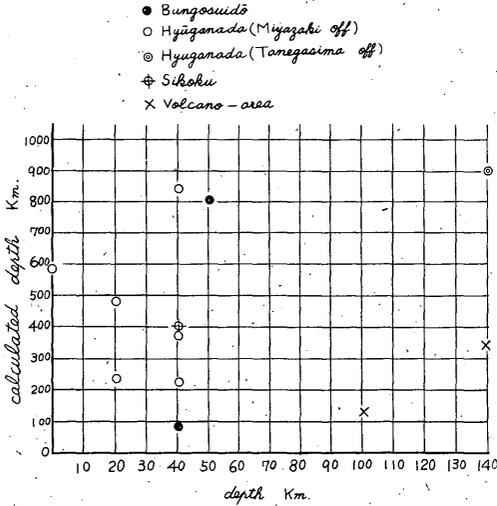


Fig. 12 Comparison between the calculated depth from three apparent components of initial motion at Oita and that given by J. M. A or C. M. O.

後水道の地震，つまり地震中の多数が *iS* であり，中心からはなれた両側が *eS* である。

(vii) 計算深度と真深度との関係

前稿<sup>(2)</sup>と同様に初動より入射角を求め，それを直線的に震央まで延長して得た計算深度を第12図に示す。その結果は予期されるように，実深度にくらべてはるかに深いものとなった。入射波動の屈曲がある以上，これは当然の差である。

(viii) 1点観測による震源決定の誤差

上述数項で述べたように大分の1点観測だけで震源・震央の位置を精密に定めることはむずかしいが，上述の地域特性を考慮することにより，ほぼ実用的誤差範囲で定めることは可能である。特に日向灘の地震と陸地内の地震とにそれぞれかなりの特徴があることを考えれば，津波情報の早期発布は可能であろう。

§ 3. 下 関

(i) 震源の分布

下関は由来有感地震の少ない所であるため，本調査に要する最少地震数をそろえるためには他所よりもかなりの以前にさかのぼる必要があった。すなわち昭和2年から昭和38年春までの36年半（ただしそのうち昭和20年春より，昭和21年の2年間は欠測であるから実質は35年間）有感地震の数は71個である。平均して年2回，皆無の年も珍らしくない。

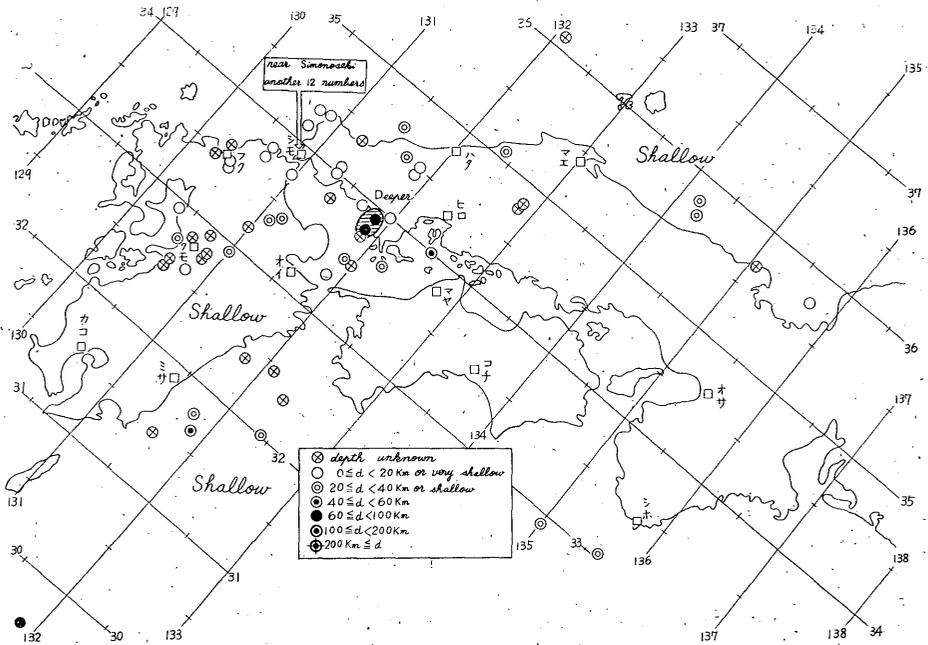


Fig. 13 Distribution of epicenters classified according to the ranges of focal depth.

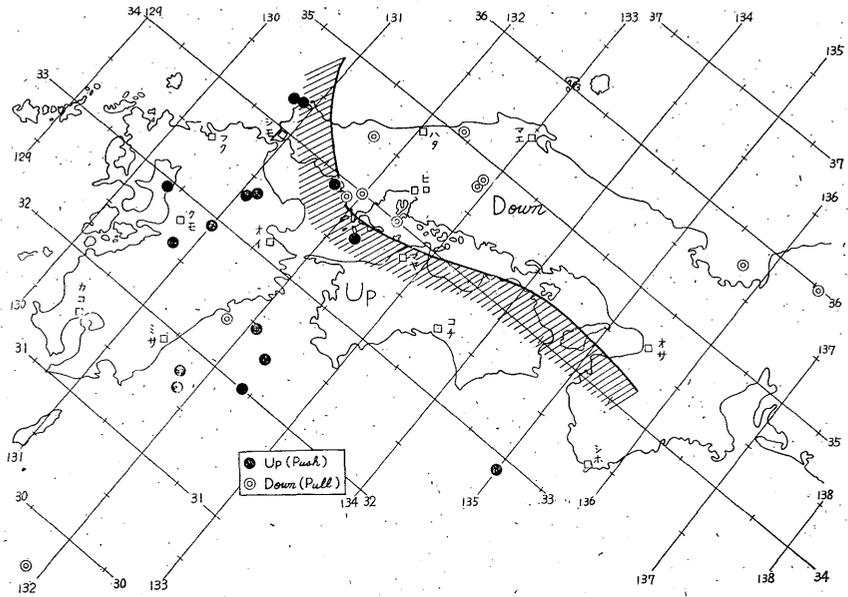


Fig. 14 Distribution of epicenters classified according to the initial motions

大分にくらべれば局発はやや多いが、宮崎、熊本などにくべらると少なく、上記71個のうち気象庁で震源が決定されたものは約50個、筆者が震源を決定したもの17個を加えると、下関地方気象台での有感地震の震源がほとんど判明していることとなる。

震源を図示すると第13図のようになる。下関の有感地震の震源は周辺に一樣に分布しているが、大分で有感であった四国の諸地震が下関では無感であり、一方、大分では無感であった熊本付近の地震が下関では有感であったことが対比的である。さらに大分南方の深発地震が下関では無感であったことは興味深い。こうしてみると、今まで数回にわたって述べた九州を横断する地震波伝播を阻害するらしい地帯は、大分に近い北方より西方にかけて存在するようである。

観測年数が古いために震源の多くは深度が不明であるが、深度の判明しているものについては一般に浅いと見られ、周防灘にやや深いものが存在することは宮崎・大分で述べたのと同様である。その他に昭和17、18年にかなり深いのが3回発現している。

(ii) 初動の押し引き

下関地方気象台地震原簿には初動要素が記入してあるものは少なく、また最近まで上下動が設置されていなかったため、初動の押し引きが判明しているものはきわめて少ないが、水平初動などから推測したものは第14図に

示すように分布している。

これによれば初動の押し引き分布は中国地方の引きとその他の押しとの2つにはっきり分れており、総数としては他所同様押しの方が多い。

(iii) 最大振幅と震度

他所と同様に最大振幅、 $P\sim S$ 秒と震度との関係を図示したものが第15図である。

観測値がかなりばらばらであるが、だいたい次のようなことがうかがわれる。ただし、下関では最近になるほど、同じ最大振幅に対しての震度が大きくなるとともに

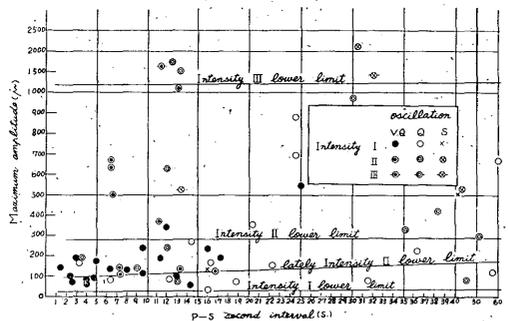


Fig. 15 A relation between maximum amplitude and seismic intensity at Shimonoseki.

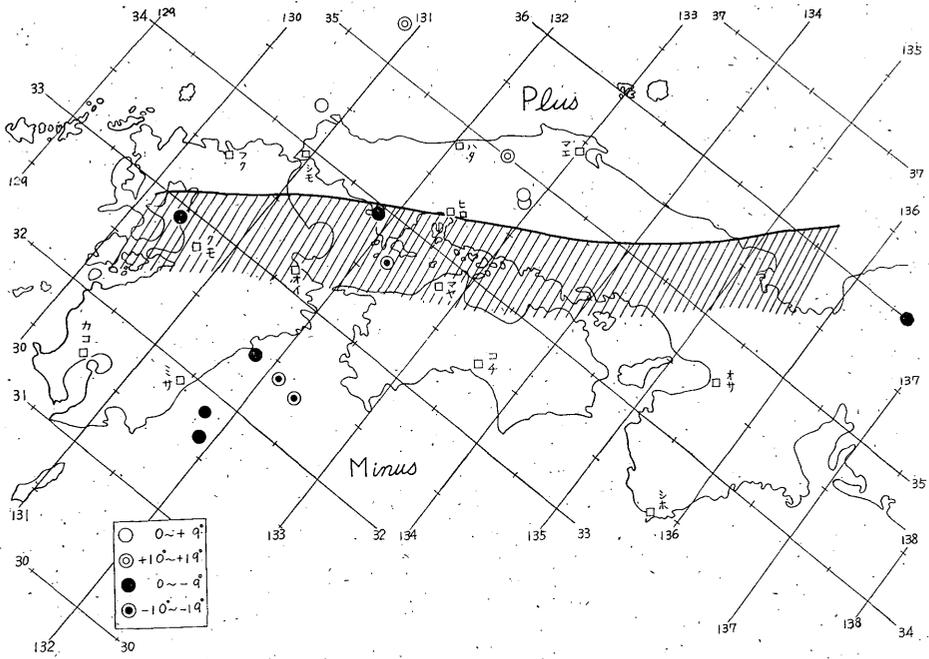


Fig. 16. Distribution of epicenters classified according to angle ranges between directions of epicenters and of initial horizontal motions at Shimonoseki.

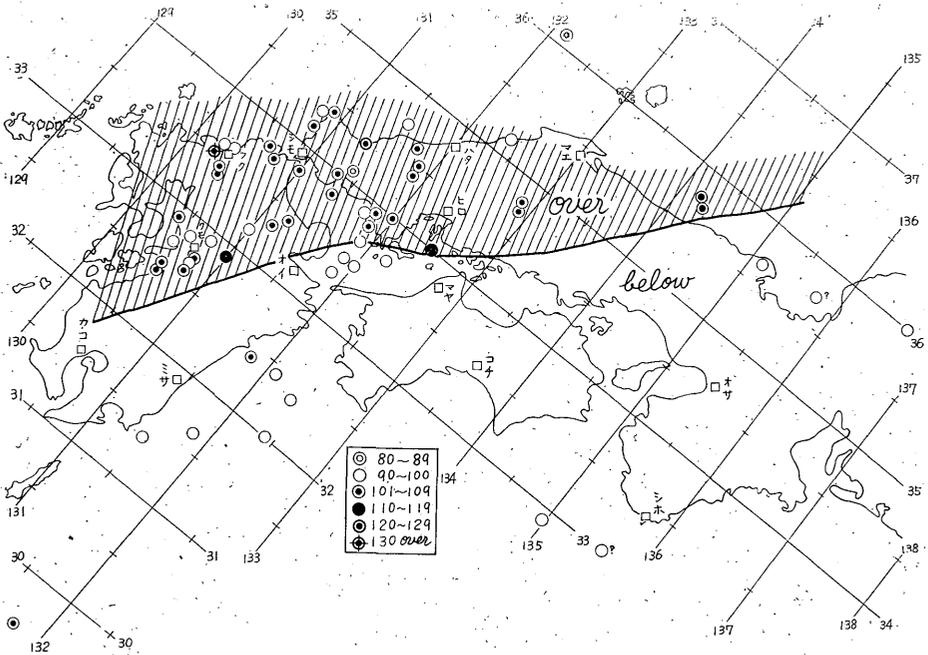


Fig. 17. Distribution of epicenters classified according to percentage ratios of  $P-S$  time by Wadati's table to that observed at Shimonoseki.

体感極急のものが減少していつているようであるが、これは庁舎のせいであるか、観測者のせいであるか不明である。

(1) 他所同様遠地のものほど振動がゆるいが、これは当然である。

(2) 震度と緩・急とは下関ではあまり関係がなく、だいたい  $1000\mu$  以上が震度Ⅲ、 $300\mu$  以上が震度Ⅱ、 $50\mu$  以上が震度Ⅰとなっているが、ちかごろでは  $150\mu$  前後の震度Ⅱのものも多い。

(3) 下関では震度Ⅲが最強であり、Ⅲのものもきわめて少ない。

(iv) 初動の偏角

下関では初動の偏角の読取れる震源はきわめて少ないが、その分布は第16図に示すようになっている。これによれば偏角はほぼ  $\pm 10^\circ$  以内におさまっているが、瀬戸内海を境として北の plus 地帯と南の minus 地帯とに2分されていることがうかがわれる。ただし、浜田付近と浜田沖の大きな plus 値には験測誤差があるのかもしれない。

(v)  $P\sim S$  秒比

$P\sim S$  秒比は第17図に示すように分布している、大部分の震源についての比は  $100\pm 10$  以内であり、図

で明りょうなように、熊本南方より大分やや北方を経て瀬戸内海を経て裏日本に抜ける線を境として、北方の over 値、つまり地震波伝播速度が標準値よりやや速い地域と南方の below 値、つまり地震波伝播速度が標準値よりやや遅い地域とにわかれている。これはあるいは大分付近に特に伝播速度が遅い地帯があることを意味するのかもしれない。

なお気象庁発表の震源は古いものは深度が示されていないので、それらについては  $P\sim S$  秒比はなるだけ近似値を示す深度のものをとり、その深度を震源の深度欄に括弧を付して示しておいた。

(vi) 振動型

振動型といっても初動の  $iP$ ,  $eP$ ,  $iS$ ,  $eS$  の別であるが、その分布は第18図に示すように、下関においても  $iP$   $iS$  が多いが、その傾向が近来特に強いようにみられるのは地震計更新のせいではないかと思う。

すなわち  $eP$  地帯は下関西方および遠地であり、 $eS$  地帯は下関西方より日本海一帯および日向灘南部一帯に過ぎない。

(vii) 計算深度と真深度との関係

他所と同様に初動より入射角を求め、それを直線的に震央まで延長して得た計算深度はわずかに3個が得られ

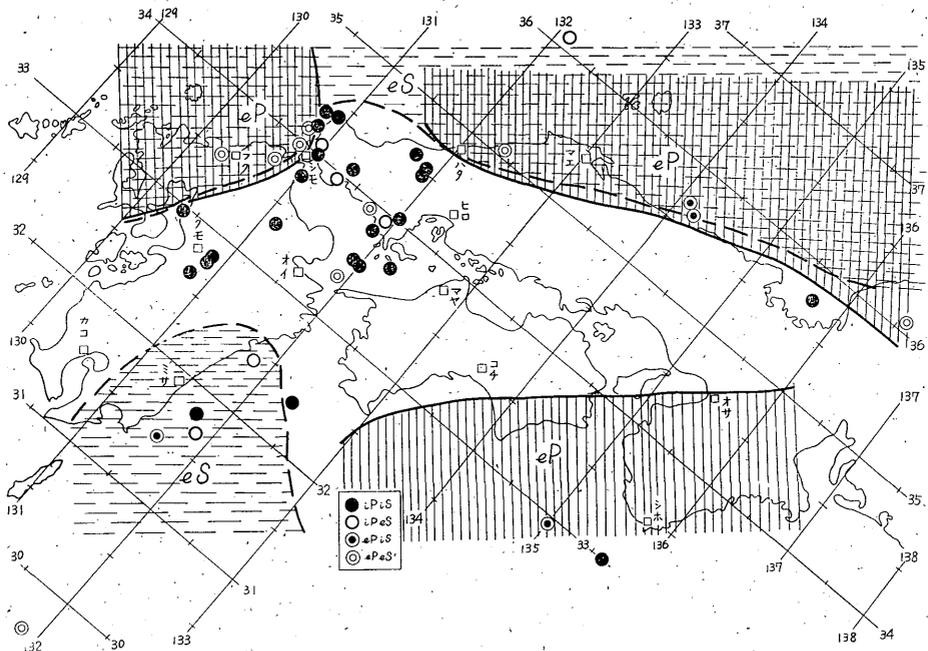


Fig. 18 Distribution of epicenters classified according to the commencements  $i$  or  $e$  of recordings at Shimonoseki.

ただけであるが、計算深度と真深度との間には他所でも見られると同じく、多大の差があるのは当然である。

(viii) 1点観測による震源決定の精度

上述数項で述べたように下関の1点観測だけで震源・震央の位置を実用的誤差範囲内で定めることができるといえよう。

ま と め

阿蘇山・大分・下関についても他所同様<sup>(9)</sup>に次のことがいえよう。

(1) 該地の一点観測だけでも実用的誤差範囲内で震央を定めることはできるが、震源深度の決定はむずかしい。

(2) 震源深度、押し引き、初動の偏角、 $P\sim S$ 秒比、記象型などは発震地域によってほぼ一定しているので、ある程度の補正は可能である。

(3) 最大振幅と震度との関係は震動の極急・急・緩によりかなりの差がある。

(4) 熊本付近より阿蘇山を経て大分北方を過って瀬戸

内海に抜る地殻不連続が認められる。しかし、周防灘・豊後水道・熊本北方では、その不連続は遠地ほど明りょうではないから、不連続層の存在は比較的そこらでは浅いらしい。これについては来年から四国・中国地方の同様な地震調査をする予定なので、その際によく考慮したい。

参 考 文 献

- (1) 気象庁地震課：地震予知のための予備調査(1)(2)(3), 測候時報 26 (1959) 261—265, 368—374, 420—428
- (2) 安井 豊：宮崎の有感地震についての一調査, 験震時報 28 (1963) 39—54
- (3) 安井 豊：屋久島・鹿児島, 熊本の有感地震についての一調査, 験震時報 29 (1964) 43—61
- (4) 安井 豊：名瀬の地震についての一調査, 験震時報 29 (1964) 63—67