

大阪の資料からみた近畿地方の 地震の特性について*

山崎正男**・松本 久**

550.340.1.

§ 1. はしがき

本調査は主として「地震予知のための予備調査¹⁾」の要領にそって行なったものであり、これらは「初動について」、「地震気象型について」、および「P波走時について」よりなり、その一部はすでにまえに調査したものもあり²⁾、今回はそれ以後の資料を追加してまとめたものである。

§ 2. 資 料

ここに使用した資料は大阪においてウィーヘルト式地震計により観測したもので、当台にウィーヘルト式地震計が設置されたのは1929年4月1日に従って1929年以降の資料を対象としている。地震計常数は第1表のようになっており、この範囲内で変動していると考えてよい。なお地震計の南北線の方は真南北より西へふってお

第1表 地震計常数

成分	倍率	周期(秒)	制振度	摩擦値(mm)
1929年4月 検定				
南 北 動	80	4	4	0.37
東 西 動	80	4	4	0.37
上 下 動	80	4	4	0.22
1960年2月 検定				
南 北 動	94	5.1	9	0.12
東 西 動	89	4.8	9	0.09
上 下 動	67	4.2	6	0.23

* M. Yamasaki and H. Matsumoto: Investigations of Seismic Activity from Seismograms Obtained at Osaka, D. M. O. (Received Feb. 11, 1964)

** 大阪管区気象台

り1953年12月の測定でN7.5W° 1963年3月に再測定を行ない確かめてある。

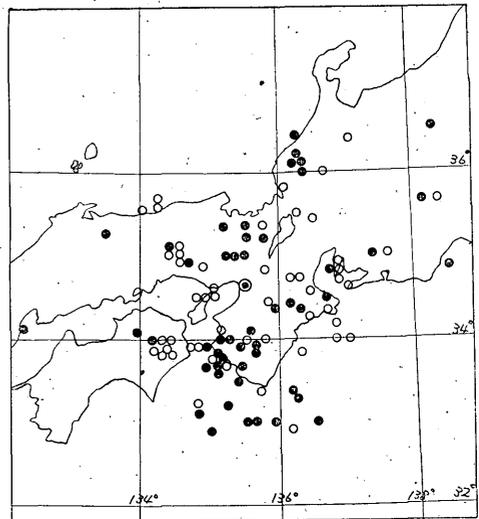
§ 3. 初動について

(1) 大阪で観測した初動の「押し」、「引き」が震源の位置によってどのような傾向を示すかを調べ、あわせて初動のかたよりについてその分布に特徴があるかどうかをみたものである。

資料の数は浅発地震に関しては110、深発、および稍深発地震について使用した数は60である。

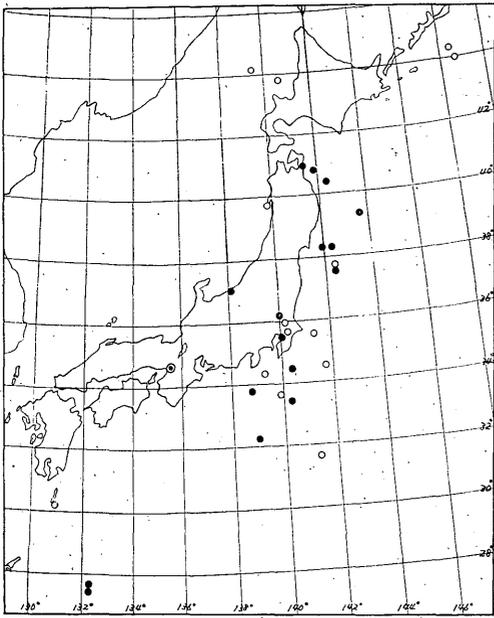
震源の位置と深さは地震月報別冊「日本付近の主要な地震の表」と「地震月報」に記載のものを使用した。

(2) まづ浅発地震について大阪でP波初動として観測された「押し」、「引き」をそれぞれの震源位置に「押し」の場合は●、「引き」は○で地図上に記入したものが第1図と第2図である。第1図は近畿周辺の浅発地震に関するものであり、第2図は前記以外の本邦周辺の地震

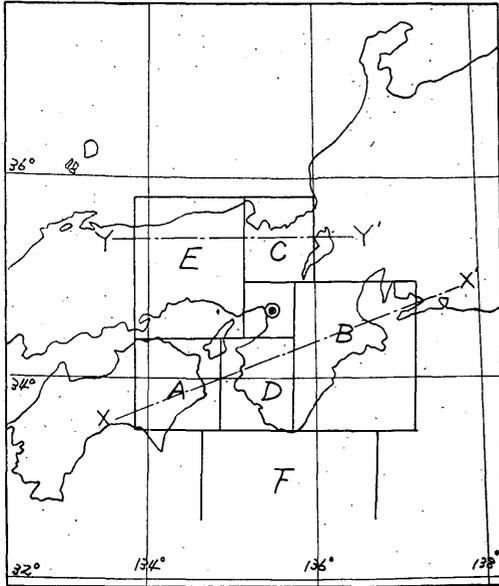


第1図 近畿周辺の浅発地震の押し、引きの分布

● : 押し ○ : 引き



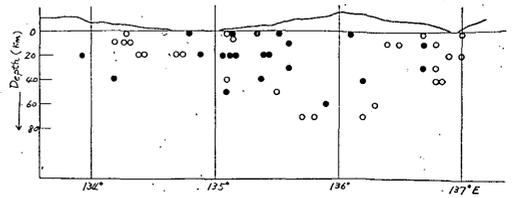
第2図 本邦周辺の浅発地震の押し引きの分布
●：押し ○：引き



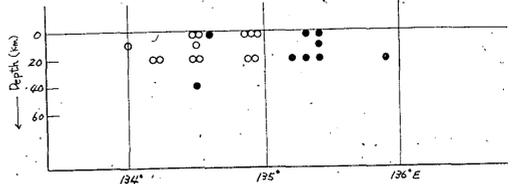
第3図 地域分布図

について初動として検出されているものを記入してある。しかし近畿周辺に遠の地震とくに浅発地震の初動については論議のあるところであるし、また資料も数も必然的にすくないのでここでは図に示すにとどめておく。

次に考察をすすめるまえに近畿周辺を第3図のように



第4図 X-X' 垂直断面図
●：押し ○：引き



第5図 Y-Y' 垂直断面図
●：押し ○：引き

A~Fの6つの地域における。すなわちA：四国東部 B：紀伊半島中部、三重県、伊勢海、熊野灘 C：京都府 D：紀伊水道、和歌山県 E：兵庫県 鳥取県東部 F：紀伊半島沖の各地域に相当する。これらの分けかたにも議論の余地はあらうが、第3図の「押し」、「引き」の分布の特徴づけるように分けたものである。震源の深さとの関連をみるために各地域の垂直断面をつくったのが第4図、第5図であり、これらの図は第3図中に示してある X-X'、Y-Y' での垂直断面をあらわしたものである。

以上のようにして分けた各地域についての「押し」、「引き」の分布をみるとややその特徴をあらわしている地域がある。各地域別にその分布の割合を出したのが第2表である。

第2表 各地域での分布の割合

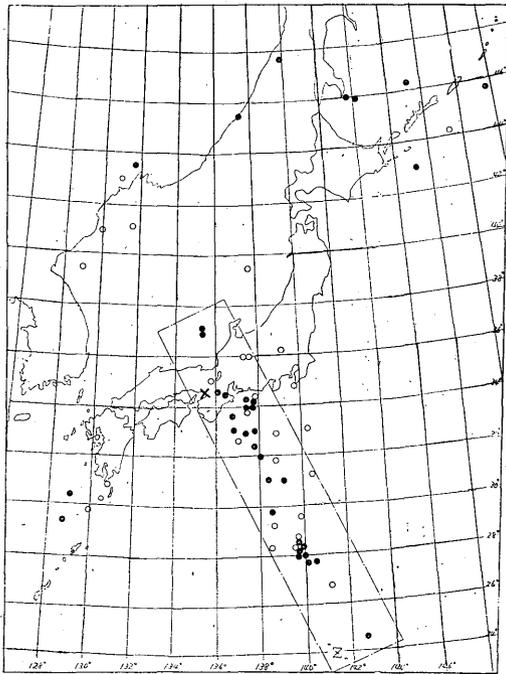
●：押し ○：引き

地 域	押し、引きの百分率 (%)	深さ (km)	P~S (sec)
A 四国東部	○ 80	0~20	15~20
B 紀伊半島中部、三重県、伊勢海、熊野灘	○ 75	10~70	6~25
C 京都府	● 88	0~20	5~15
D 紀伊水道、和歌山県	● 74	0~40	8~15
E 兵庫県、鳥取県東部	○ 87	0~40	7~20
F 紀伊半島沖	● 75	0~60	18~25

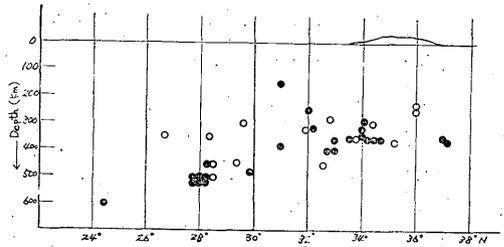
以上を考えあわせると、四国東部の地震では「引き」、紀伊半島沖の地震では「押し」、京都府では「押し」、兵庫県、鳥取県東部の地震では「引き」が多いようである。なお紀伊半島中部（深さ50~70km）、三重県、伊勢海、熊野灘の地震では「引き」が多く観測されているが紀伊半島中部、南部の地震は深さ50km以浅のものは「押し」、50~70kmのものは「引き」の傾向があることがうかがえる。なお四国東部の地震について使用した資料の大部分が初動の振幅が 10μ 以下であるので信頼度はややおちるのではないかとおもわれる。

一方、時間的な変化、すなわち或る期間では同じような型の発震機構で起っているが他の期間ではそれとはちがった型の発震機構で起っているかどうかを同一地域の「押し」、 「引き」の時間的な変化を調べてみたが、これは資料の数がすくないということも原因してか結論らしきものは引き出せなかった。

(3) 以上は近畿周辺の浅発地震に関するものであるが次に稍深発および深発地震のP波初動の「押し」、「引き」は第6図のように分布している。この図も前と同じように大阪での「押し」、「引き」をその震源の位置に書き表わしたものである。ここではそのほとんどを深さ300km以深のものが占めている。特に第6図中のZ地域の垂直



第6図 本邦周辺の深発地震の押し、引きの分布
●：押し ○：引き



第7図 Z地域垂直断面図

●：押し ○：引き

第3表 Z地域での分布の割合

●：押し ○：引き

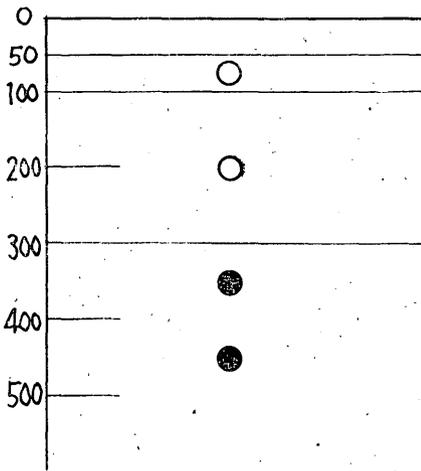
震源の深さ (km)	数	「押し」、「引き」の百分率 (%)
$100 \leq h < 300$	7	○ 71
$300 \leq h < 400$	18	● 72
$400 \leq h < 500$	7	● 56
$500 \leq h$	8	● 88

断面を示したのが第7図である。Z地域での「押し」、「引き」を深さ別にその割合を出すと第3表のようになる。これでは深さ100~300kmの地震では「引き」、深さ300km以深のものでは「押し」と言う結果がでている。

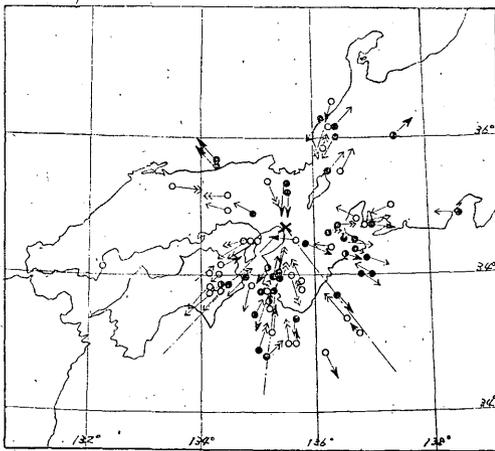
なお第6図をみると日本海北部から宗谷海峡をとおってオホーック海に延びるいわゆる宗谷深発地震帯と本州中央部を横断する深発地震帯に属するものは「押し」であり、また日本海北西部に起っている一群の深発地震では「引き」である傾向が非常に強い。

これまでみてきた分布をZ地域に限って深さとの関係をモデル化すると第8図のように表わせようである。

(4) 次に初動方向が震央と観測点を結ぶ線の方に正しく向くかどうか、もしかたよるとすればそのかたよりに地域的に系統だった特徴がみられるかどうかを調べてみた。初動方向が地域的にあるかたよりを示すことはすでに二、三人達によって調べられている。ここでは大阪のP波初動の水平成分、すなわち東西、南北両成分の合成値を使って水平方向のかたよりを求めたのが第9図である。図の矢印は大阪での初動方向をその震源位置に平行移動させたもので1本の矢印は振幅 10μ 以下、2本は $10\mu \sim 50\mu$ のもの、黒い矢印は 50μ 以上のものであることを示している。また方向のかたよりをあらはすために○は震央に対して左へかたよったもの、●は右へか



第8図 押し, 引き分布図
●: 押し ○: 引き



第9図 初動の偏り
●: 右へ偏り ↗: 10 μ 以下
○: 左へ偏り ↖: 10~50 μ
⊙: 偏りなし ↗: 50 μ 以上

たよったものであることを示すものである。

図は可成り特徴のある分布を示しており紀伊水道, 和歌山県西岸の地震は右にかたよることが多く, その東側と北西側に左へのかたよりを示す地域がある。それらのおよその境界は図中鎖線で示してある。宇津³⁾によれば初動方向のかたよりと地殻内の地震波速度あるひは厚さとの関係は, 早い(薄い)方にかたよるとされている。一方, 爆破地震動観測による近畿北部から中部にかけての地殻構造の解析⁴⁾が示すように大阪近辺から南西にかけて地殻の厚さが薄くなっている。此の結果と前述の調査

を適用することにより第9図中の境界線とくに最左端のものは意味があるようである。

§ 4. 地震記象型について

(1) 同じ地域に起った地震の或る観測所での記象型には類似性があるという事はしばしば言われていることであり, また我々の日常よく経験していることでもある。記象の型は地震の発震機構, 震源の深さ, その地震波の伝播経路, 地盤の状態などによるわけで, ここでは大阪におけるウィーヘルト式地震計により観測した資料により記象型の分類をおこない, その地域的な特性を調べた。

(2) 記象型の分類にさいしては次の基準にしたがった。

- 1) 主として水平成分を対象とした。
- 2) 分類にさいして対象とした地震の震源は大阪の周辺に限り, 従って震央距離は大阪より約 200 km, P~S 約 25秒までの範囲の浅発地震に限った。これは分類が複雑になるのを避けるため为本調査の範囲以遠については別に調査したい。
- 3) 分類を明確にするために両成分とも記象紙上で全振幅約 1 cm 以上のものを対象とし, スケールアウトしたものや一成分を欠くものは除外した。

使用した資料は1929年~1961年のウィーヘルト式地震計の記象で震源別に資料を内訳すると第4表のようになる。

(3) 記象型を分類するにあたっては次の点に着目した。

- 1) P, S の立ちあがり, とくに S の明瞭度
- 2) P から S までの振幅と S 以後の振幅の比

第4表 地域別の資料数

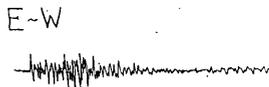
震 源 位 置	資料の数
兵庫県	16
紀伊半島 (和歌山, 奈良, 三重県)	31
紀伊水道	11
四国東部	17
紀伊半島沖	11
京都府, 滋賀県	18
鳥取, 島根県	12
岡山県	2
広島県	5
岐阜, 愛知県	12
計	135



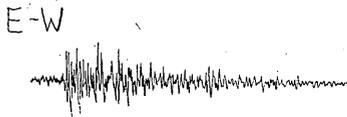
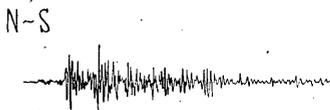
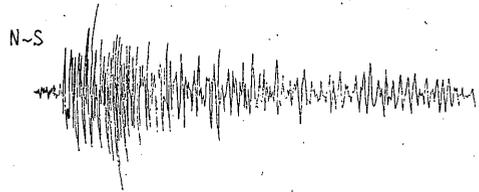
第10—1 図 A₁型 1935年11月19日 08時39分
徳島県南部
33.7°N 134.1°E h=0~10km
震度：I P~S : 22.2 sec.



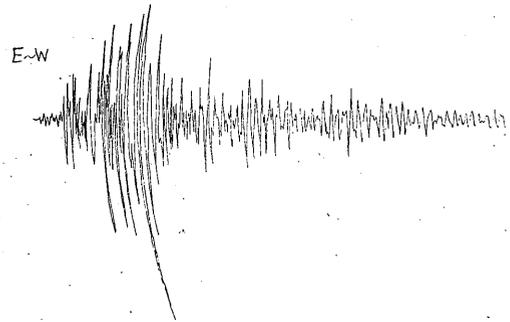
第10—4 図 C型 1946年12月28日 05時01分
京都府南部
35.0°N 135.7°E h=10km
震度：I P~S : 4.8 sec.



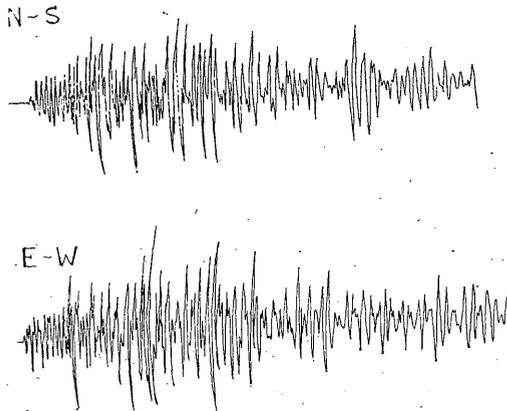
第10—2 図 A₂型 1948年6月15日 22時36分
和歌山県中部
33.8°N 135.5°E h=0~20km
震度：I P~S : 10.2 sec.



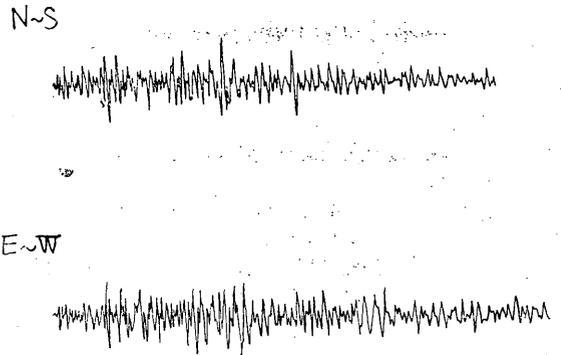
第10—3 図 B型 1943年1月29日 00時42分
岐阜県西部
35.7°N 136.5°E h=0~10km
震度：I P~S : 17.9 sec



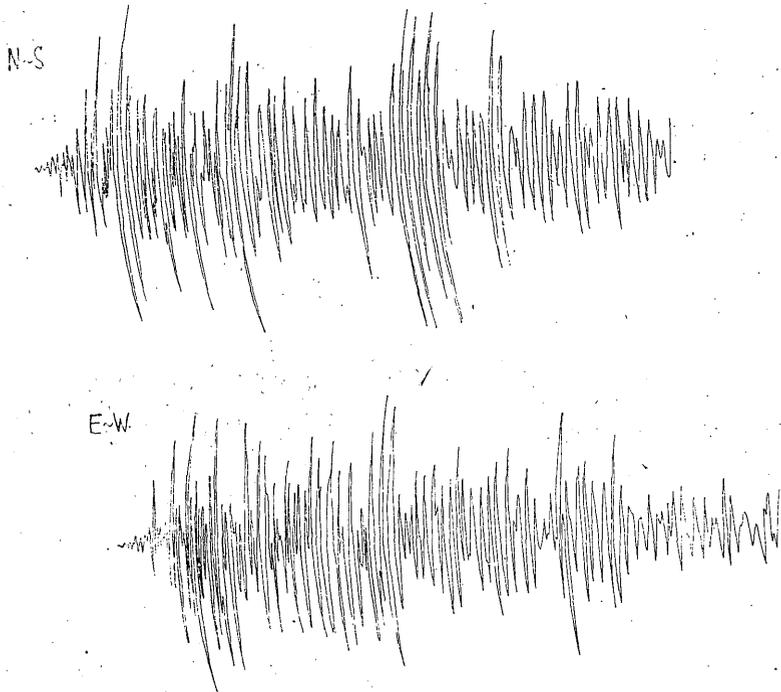
第10—5 図 D型1950年3月16日 02時41分
紀伊水道
33.6°N 134.6°E h=10km
震度：I P~S : 16.6 sec.



第10—6 図 E_1 型 1943年 9月12日 10時40分
鳥取県中部
35.5°N 133.9°E h = 0 km
震度 II : P ~ S : 24.0 sec.



第10—7 図 E_2 型 1944年 4月 5日 23時14分
鳥取県中部
35.4°N 134.0°E h = 10 km
震度 : 0 P ~ S : 19.2 sec.



第10—8 図 F型 1947年 4月29日 14時34分
紀伊半島沖
33°N 135°E h : VS
震度 : 0 P ~ S : 24.6 sec.

- 3) S 以後の振幅の減衰のしかた
- 4) P, S 以外の相 (\bar{P}) の現われ方
- 5) 東西, 南北両成分における P, S 相および最大振幅の現われ方の相対的比較

特に 5) により両成分の振幅の比較によってその方向のおよその見当をつけ得ることが多い。

以上の基準に従って型の分類を行なった結果は次のようになった。

- A型: S の立ち上がりの明瞭度および P より S までの振幅と S 以後の振幅の割合は成分によって異なり, これにより更に A_1, A_2 型に分けた。
- B型: 両成分とも S は明瞭に出る。 P より S までの振幅と S 以後のものとの比は両成分とも小さく, 最大振幅は S の発見直後, 南北成分に出やすい。
- C型: 両成分とも iP, iS , で S の始まりが最大振幅になり大きさは東西成分の方が大であることが多い。
- D型: S は両成分とも可成り明瞭に出て, 最大振幅は東西成分の方が大のことが多く S 以後の減衰は早い。なお \bar{P} は顕著に出る。
- E型: P より S までの振幅と S 以後の振幅の比は小さくなく S の出方も不明瞭であり減衰はおそい。なお型の特徴は同じであるが一成分が S の出方

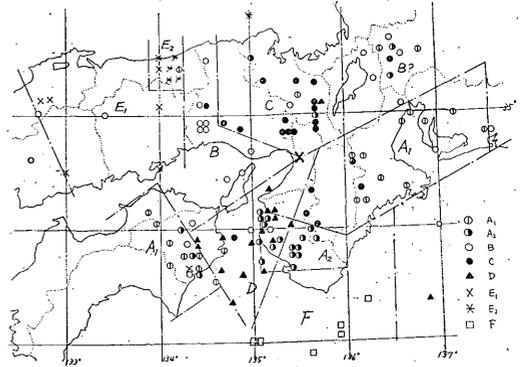
が可成り明瞭なものがあるのでこれを二つに分け E_1, E_2 とした。

F型: いわゆる紡錘型で P, S 共不明瞭である。

以上の分類の特徴と各型の代表的な震源位置を要約すると第5表のようになり, 各型の記象例は第10図に示してある。

なお A_1 型は大阪の東側 (三重県, 愛知県) と西側 (四国東部) に震源を有する地震にみられるが, 東側のものは S の発現以後, 約4秒周期の波が卓越することが多い。

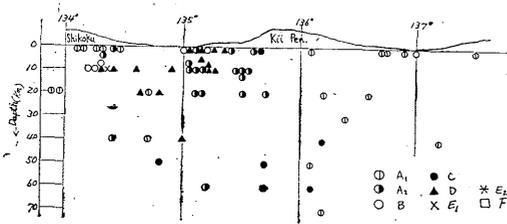
各型の分布に特徴があるかどうかをみるために震源位置にその記象型を記入したのが第11図である。各型の分



第11図 記象型の分布図

第5表 諸象型の特徴

型名	S の明瞭度	比 = $\frac{P \text{ より } S \text{ までの振幅}}{S \text{ 以後の振幅}}$	両成分における最大振幅の比較	\bar{P} 相の出方	減衰の仕方	震央位置	深さ (km)	$P \sim S$ (sec)	
A	A_1	iS_N eS_E	N~S成分は小	両成分ともほぼ同じか, N-S成分がやや大	i	やや おそい	三重県, 愛知県, 四国東部	0~70	6~25
	A_2	iS_E eS_N	E~W成分は小	E-W成分が大	i	やや はやい	和歌山県中部 南部	0~60	6~20
B	明瞭	両成分とも小	S の出現直後に 出易く, N-S成分が大	—	やや おそい	兵庫県西部, 南部, 岐阜県 西部, 滋賀県	0~40	7~20	
C	明瞭	両成分とも小	S が最大振幅に 成ることが多くて E-W成分が大	i	早い	京都府, 奈良 県, 兵庫県東 部	0~60	5~15	
D	両成分とも やや明瞭	両成分とも小	E-W成分が大の ことが多い	i	早い	紀伊水道, 和 歌山県西部	0~40	8~15	
E	E_1	不明瞭	両成分とも小で ない	同程度	—	おそい	岡山県, 広島 県東部, 島根 県東部	0~30	18~25
	E_2	S_N eS_E	両成分とも小で ない	同程度	—	おそい	鳥取県	0~30	18~22
F	不明瞭	両成分とも小で ない	同程度か E-W 成分がやや大	—	おそい	紀伊半島沖	0~60	18~25	



第12図 垂直方向の記象型分布図

第6表 記象型の占める比率

記象型	震源位置	占める比率 (%)
A ₁	三重県, 愛知県	79
A ₁	四国東部	62
A ₂	和歌山県中部	67
B	兵庫県西, 南部	91
B	滋賀県, 岐阜県南部	50
C	京都府, 兵庫県東部	74
D	紀伊水道, 和歌山県西部	56
E ₁	岡山県, 広島県東部, 島根県東部	83
E ₂	鳥取県	72
F	紀伊半島沖	75

布に従って地域を10ブロックに分け、そのおよその境界を図に鎖線で示してある。なおそれぞれの地域内においてその地域を代表する型が占める割合は第6表のとおりである。なお記象型と震源の深さとの関係を四国東部、紀伊水道、和歌山県、三重県、愛知県を含む地域について垂直断面にあらわしたのが第12図である。これを見ると主に大阪府北部、京都府の地域に属するC型は0~10kmの深さのものであるが紀伊半島中部では40~60km深さのものにあらわれることがうかがえる。

以上は大阪周辺、主に近畿地方、四国東部に震源を有する地震を対象として取り扱って来たが更にこの範囲を拡げて日向灘、福井県、本州中部以東の地震について調査したい。

§ 5. P 波走時について

(1) 本調査は「地震予知のための予備調査(C)」に相当するもので、これは或る観測点において標準走時曲線からのPの走時のかたよりを調査し、出来得ればそれによつて地下構造を推定しようとするものである。

(2) 先づ調査の方法としては1953年から1961年6月までの大阪で観測された地震のうちから次の条件に適合するものを選び出す。

- i) 初動が*iP* または *P* と観測されている。

- ii) 地震月報に震源の λ, ϕ, h もとも正確に求められている。
- iii) 震源における発震時が秒の1位まで求められている。
- iv) 震央までの距離 (Δ) が大体 500 km 以内であること。
- v) 震源の深さ (h) が 80 km 以内であること。

上記期間の地震約 2400 のうち i)~v) の条件に適合するもの 72 を選んだ。(資料の内訳は頁数の関係で省略)

これらの資料を用いて震央距離および走時を求め、これを震源の深さ別に図に示したのが第13図である。なお図中の曲線は和達・益田の走時曲線である。

次に走時曲線からの偏差を出し、その地域分布を見やすくするために、それらを地図上の震源の位置に示したのが第14図である。図中、○はW・M走時曲線より早いもの、●は走時曲線にのるもの(偏差が±0.5°以内のもの)、●はW・M曲線よりおそいものを表す。

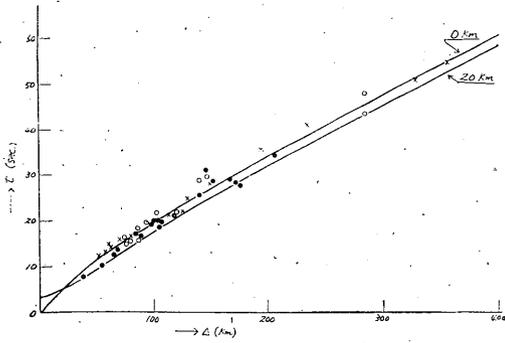
以上の各図からおよそ次のような傾向を見出すことができる。

- 1) 全体として和達・益田の走時曲線よりおくれる傾向がある。
- 2) 近畿北部から三重県方面にかけては大体走時曲線にのる。(特に0~20kmではその傾向が明瞭に出ている。)
- 3) 四国東部から紀伊半島にかけて、および中部地方ではおくれる傾向が強い。
- 4) 関東地方沖の地震は早く出る傾向がある。
- 5) 中国地方、四国西部、中部地方以東、および40kmより深い地震については資料が少ないためにその地域の傾向を指摘することはできない。

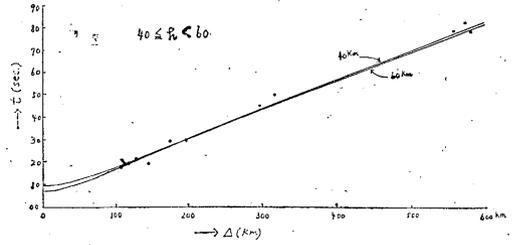
以上 1)~5) のことから、大阪を中心とした西日本、特に四国東部および紀伊半島は比較的地震波速度のおそい層からなっていると推定できるようである。(東京における調査⁶⁾を見ると、全体として走時曲線の両側に分布して特に一方に偏つていないとゆうことはない。又札幌における調査⁶⁾では、全体としてはむしろ早い方に傾向が見受けられる。)

(3) 本調査に関して考えられる観測および作業上の誤差については二、三の文献⁷⁾に検討されているが、ここではPの読みとり上の問題について少しふれておきたい。

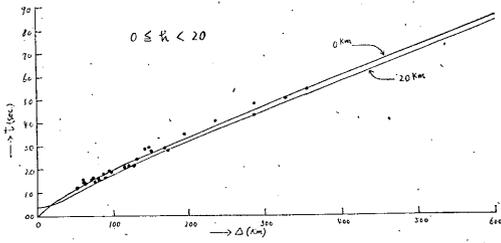
従来よりしばしば言われているように⁸⁾ 西日本では \bar{P} または P^* が大きく記録される傾向があり、最初に現れる P_n が微少である場合には次に現れる P^* または \bar{P} を P として検測する場合の多いことが指摘されている。



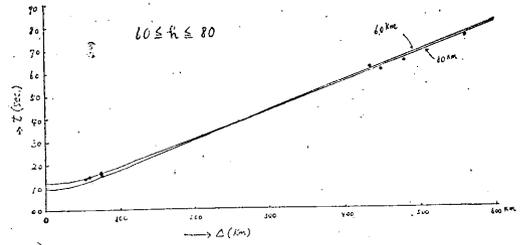
第13-1 × : $0 \leq h < 10\text{km}$
 ○ : $h = 10\text{km}$
 ● : $10 < h \leq 20\text{km}$



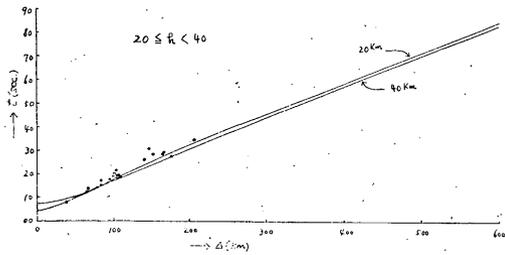
第13-4 図



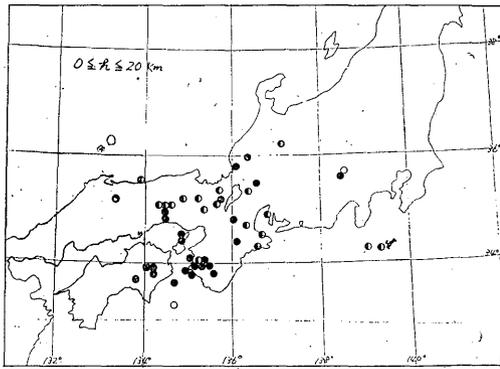
第13-2 図



第13-5 図

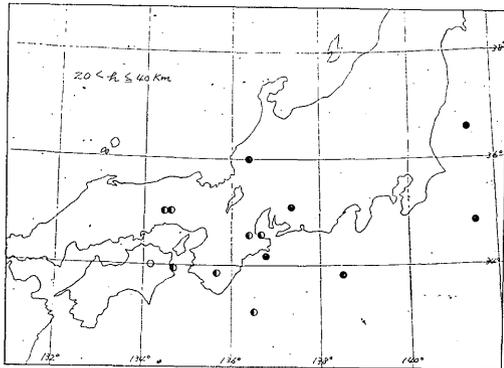


第13-3 図



第14-1図 走時偏差分布図

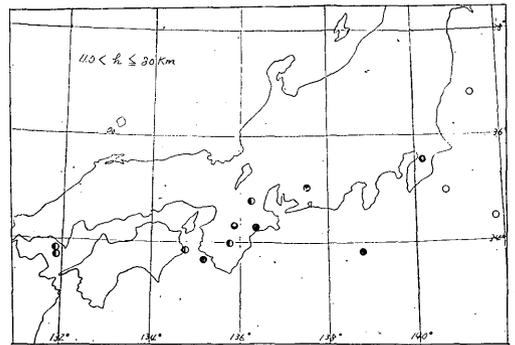
- おそい
- はやい
- ◐ かたよりなし



第14-2図 走時偏差分布図

- おそい
- はやい
- ◐ かたよりなし

松代では P_n を記録して走時曲線にのっているのに近傍のウイーヘルト地震計により観測している官署では走時曲線より数秒おくれて P が報告されていることが多い) 今回は個々の地震についてのこのような検討は行わなかったが、前記のような資料が本調査にまぎれ込んでいる可能性はある。事実第14-1図の甲府付近の二点は同一震源の本震と余震であるが、本震が走時曲線より約1秒早いのにに対して余震は約3秒おくれで現れている。また徳島県中部の三点は一連の地震であるが本震が1秒おくれであるのにに対して余震は4秒おくれとなっている。これは本震の場合には記録された P_n が規模の小さ



第14-3図 走時偏差図

- おそい
- はやい
- ◐ かたよりなし

い余震の場合には記録されなかった結果ではないかとも考えられる。

以上の事柄および誤差の問題からみて、走時曲線からの偏りが大部分±3秒以内である本調査の結果からは、西日本の地下構造の推定は前述の程度のものにとどめておくのが妥当と考えられる。

参考文献

- 1) 気象庁地震課：地震予知のための予備調査，測候時報，26 (1959) 6, 8, 9 号
- 2) 山崎正男：大阪の初動について，昭和36年2月近畿地区研究会誌
- 3) 宇津徳治：初動方向のかたよりについて，験震時報，21 (1956) 13~20
- 4) 爆破地震動観測グループ：爆破地震動観測による日本中部の地殻構造，地震，第2輯 14, 150~183
- 5) 前掲 1
- 6) 大野 譲，須賀盛典，南喜一郎：北海道周辺における地震活動域と地下構造，験震時報 26 (1961) 52~58
- 7) 前掲 1
地震課技術係：わが国の地震観測の現状その精度について，測候時報 23 (1956) 375~385
- 8) 例えば久本壯一：西日本の浅発地震について，験震時報 23 (1959) 149~154