

## 新潟の地震記象から見た地震活動域について\*

伊東重敬\*\*

550.340.1

## 1. はじめに

この調査は先に本庁地震課から調査の提案があった「地震予知のための予備調査」にあたるもので、調査の方法は「測候時報」に掲載された要領<sup>1)</sup>にもとずき実施した。

調査の対象は主として当台にウィーヘルト地震計が設置された昭和27年から昭和41年までの15年間に起った地震のうち、地震月報に掲載された主な地震についてウィーヘルト地震計記象紙を中心に行った。

調査に先だち当台の地理的条件を述べると、現在信濃川の川沿いにあるこの付近は、昭和の初めごろまで信濃川の川敷きであったが、昭和8～9年ごろ一部を埋め立てて造成した所である。したがって地層は砂質地盤で地下水位が高いので地盤が非常に軟弱であり、新潟地震のさいはこの付近も流砂現象を起して地割れ陥没などが発生したため、気象台では庁舎宿舎とも傾斜沈下などの大

きな被害を受けている。

なお、地震以後、庁舎の改築を行った折、敷地のボーリングを行ったところ、地下7～8m位まではN値\*5以下という劣悪な状態であることがわかった。

このため冬期の季節風あるいは低気圧等により海上が時化るときは、当台が海岸からわずか2km以内の近距離にある関係上、激浪により容易に脈動が発達して記象を乱し、時には全く脈動が重なって記象の判別がつかず、地震記象の読取りが不可能になる場合も起る。

したがって本調査に利用できる資料が非常に少なく、不完全な考察となったため、十分な結果が得られなかった。今後資料を蓄積してより充実した調査を行う必要がある。

なお、この期間におけるウィーヘルト地震計の常数は下表のとおりである。

N値：標準貫入試験の打込み回数

成分名	重錘の重さ(kg)	倍率	周期(sec)	摩擦値(mm)	制振度
南北動	200	80～100	0.45～0.52	0.10～0.25	8～12
東西動	200	80～100	0.45～0.53	0.10～0.30	8～12
上下動	80	55～65	0.44～0.48	0.15～0.35	6～10

## 2. 地震記象型による活動単位の分類

これは前記予備調査のうちA調査にあたるもので、昭和27年から昭和41年までの15年間の記象を対象に調査を実施したものである。

本調査を行う場合は、原則として深さ100km未満の浅い地震と、100km以上の深い地震の二つにわけて調査を行うことになっているが、前に述べたとおり調査期間の短いことと、脈動などにより完全な記録が得られないことなどのため、深い地震記録は10数例しか得られ

ず、分類が困難となったのでこれも省略し、浅い地震のみ調査を行った。

## (1) 記象型の分類

記象を分類するに当たって感じたことは、明確に分離できるものは割合少なく、考えようによってはいずれにも該当するので、型による単位の分類にやや無理があることで、例えば同一地域で起った地震でも深さが異ったり発震年月がちがうと、異った記象を示すことがある。

いっぽうに近距離に起った地震は短周期の波が卓越しており、振幅の減衰が早いものが多いが、震央距離が遠くなるにしたがって、短周期の波が減衰して長周期の波が卓越し、減衰は遅くなる。

これを新潟の地震記象紙から見ると、震央が近い新潟

\* S.Ito: Investigations of Seismic Actiuity from Seismograms Obtained at Niigata (Received August, 18, 1967)

\*\* 軽井沢測候所

沖、酒田沖あるいは新潟県内陸から日本海沿岸付近にかけての地震は、振幅の増大が短周期に限られているが、東方海上の沖合に行くにしたがい、長周期の波が多くなり、特に三陸沖および北海道東方海上の地震になると、短周期の波が減衰して長周期の波が振幅を増し、全体として紡錘型に近くなる。

これらのことをもとに分類したのが第1表である。このわけ方は、一応AからGまでの7単位に大分類してい

るが、これらを詳細に見ると多少の差違が認められるので、一部はさらに細分類している。

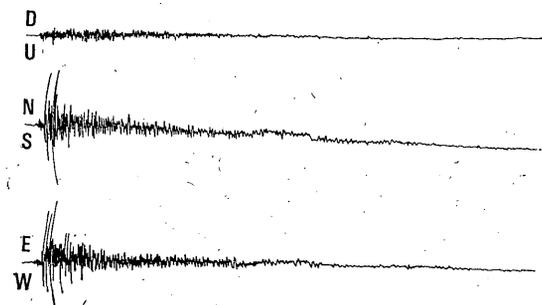
なお、高田測候所の調査<sup>2)</sup>によると、岩手沖の地震は周囲の記象と比較するとやや異なると報告されているが、当台の記象にはこの違いは見いだせなかった。

第1図AからGまでは、上記分類の代表的な記象を示した。

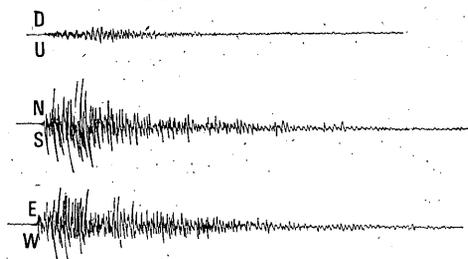
第1表 記象型の分類表

大分類	細分類	震央地名	(sec) P~S	(km) 深さ	記 象 の 特 徴	記象の代表例
A	A <sub>1</sub>	佐渡沖, 新潟沖 酒田沖	4~15	0~60	Pは短周期の様な小振幅で大きな変化はなく, Sは極めて明瞭で短周期の振幅は大きい。最大振幅はS波初動付近に出る減衰早い。P不明瞭S明瞭	佐渡沖
	A <sub>2</sub>	新潟, 山形県内 福島県西部	5~13	0~80	Pは上記A <sub>1</sub> に似ている。Sは顕著で振幅の大きい波がしばらく続き、短周期の最大振幅を記録した後、振幅を減ずるが、周期は長くなる。P不明瞭S明瞭	信濃川下流域
B		松代付近 長野南部	20~30	0~40	Pは上記Aに似ている。Sは短周期の大きい波ではじまり、振幅を増しながら周期も増大する。最大振幅はS波よりややおくれてあらわれる。減衰おそい。P不明瞭, S明瞭	松代付近
C		茨城県南西部 千葉県北部中部 利根川流域 埼玉県西部	15~35	20~80	Pは小振幅ではじまり周期短いが次第に振幅を増しつつ長周期の波わずかにあらわれる。Pは顕著で振幅を増大するとともに周期が長くなり最大振幅を記録する。これ以後長周期の振幅の山を何回か繰返して次第に減少する。Pやや明瞭, S明瞭	千葉県中部
D		岩手県南部 秋田県内 宮城県北部	20~45	0~60	Pは短周期の様な振幅ではじまり、ややおくれて長周期の振幅が増大する、Sは東西動に特に顕著な短周期振幅であらわれ、次第に長周期が卓越して最大振幅があらわれるが以後は、大きな振幅の増大はなく減衰する。P不明瞭, S明瞭	宮城県北部
E	E <sub>1</sub>	銚子沖 鹿島灘 茨城県沖	25~40	0~80	Pは短周期の振幅ではじまり徐々に振幅と周期をます。Sは長周期のやや大きい波ではじまり次第に振幅を増大した後2~3回振幅の山を繰返してゆるやかに減少する。P不明瞭, S明瞭	茨城県沖
	E <sub>2</sub>	福島県沖 宮城県沖 金華山沖	20~80	0~80	やや紡錘型, Pは長周期の波に短周期の波が重なり僅かに、振幅を増す。Sは長周期の波が次第に増大して最大振幅を記録した後数回振幅の増減を繰返しつつ減少する。P.Sともやや不明瞭	福島県沖

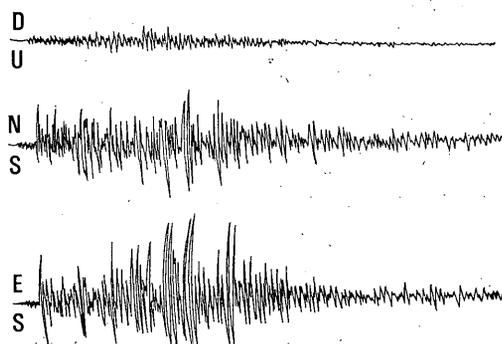
大分類	細分類	震央地名	(sec) P~S	(km) 深さ	記象の特徴	記象の代表例
	E <sub>3</sub>	男鹿半島西方沖 北海道西方沖	20~60	0~60	Pはやや周期の長い小振幅の波ではじまり、わずかに振幅を増しながら長周期のS波に変わる。S波に入ってから振幅を増大し同時に周期をまして最大振幅があらわれ以後振幅の山を繰返しつつ減少する減衰おそい。P不明瞭、Sやや不明瞭	男鹿半島 西方沖
F		房総半島南東沖 大島近海 新島近海	40~75	0~80	やや紡錘型、Pは短周期ではじまった後周期をましつ振幅も増大してSにつながる。Pはやや大きく長周期ではじまり振幅を増大して最大振幅を記録する。以後は時々振幅の山を繰返し不規則に変動しつつ減衰する。減衰おそい。P.S やや明瞭	三宅島近海
G	G <sub>1</sub>	三陸はるか沖 岩手県沖	45~80	30~80	紡錘型、Pは長周期の波に僅かに短周期振幅が重なり次第に振幅を増大する。S以後も振幅は更に増大し最大振幅を記録するがこれ以後も振幅は更に増大し最大振幅を記録するがこれ以後も何回か振幅を増減し次第に減少する減衰おそい。P.S とも不明瞭	三陸沖
	G <sub>2</sub>	浦河沖 十勝沖 釧路沖 エトロフ島付近	70~120	0~80	紡錘型Pは長周期小振幅ではじまり次第に振幅を増大する。P~Sは長い。SはPより大きい振幅ではじまり次第に増減しながら最大動を記録する。これ以後は増島大を繰返ししながら徐々に減衰する。減衰おそい。P.S 不明瞭	浦河沖



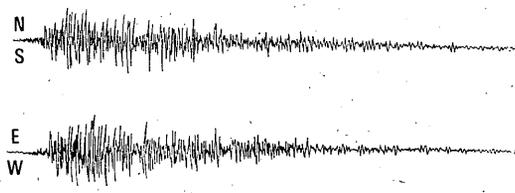
A<sub>1</sub>型 1956年7月16日15時27分佐渡沖, 38<sup>1</sup>/<sub>2</sub>°N, 137<sup>3</sup>/<sub>4</sub>°E, H 30km 震度2



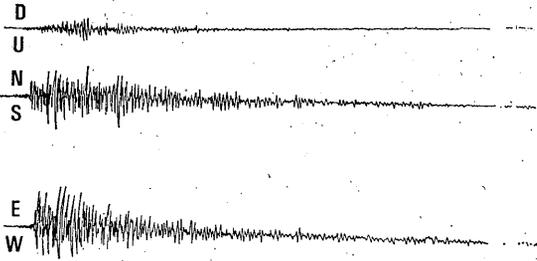
A<sub>2</sub>型 1966年9月22日13時15分信濃川下流域, 37°6'N, 138°40'E, H 0km 震度1



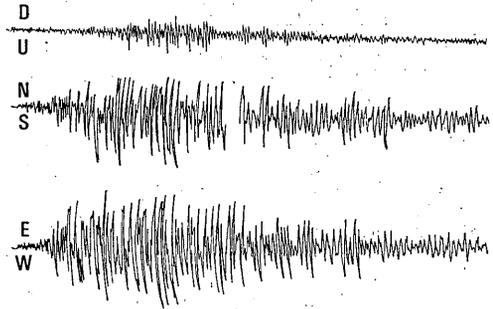
B型 1966年8月29日00時36分松代付近, 36°34'N, 138°15'E, H 0km 震度0



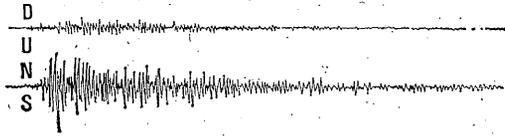
C型 1956年11月4日14時37分千葉県中部, 35.7°N, 140.2°E, H 80km 震度0



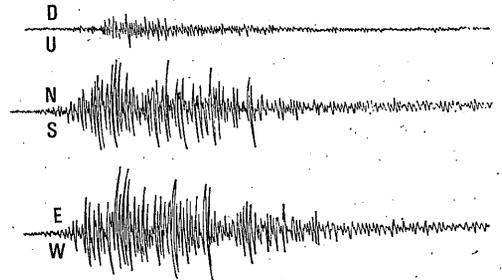
D型 1963年8月11日16時37分宮城県北部, 38°42'N, 141°08'E H 0km 震度0



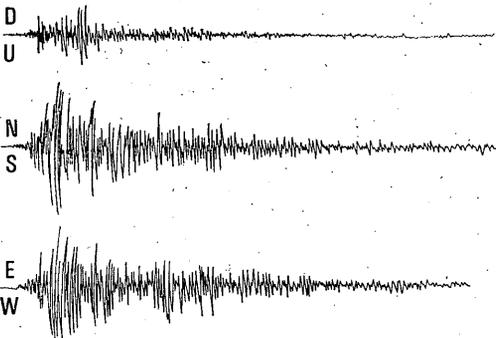
F型 1956年12月23日08時12分三宅島南方沖, 33.65°N, 139.5°E, H 20km 震度0



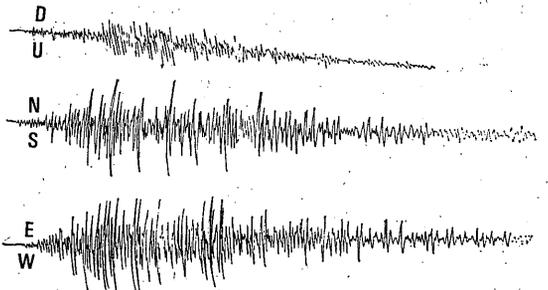
E<sub>1</sub>型 1963年7月19日18時00分茨城県沖, 36°16'N, 141°08'E H 0km 震度0



G<sub>1</sub>型 1953年1月19日15時59分三陸沖, 39.4°N, 143.9°E, H 49km 震度0

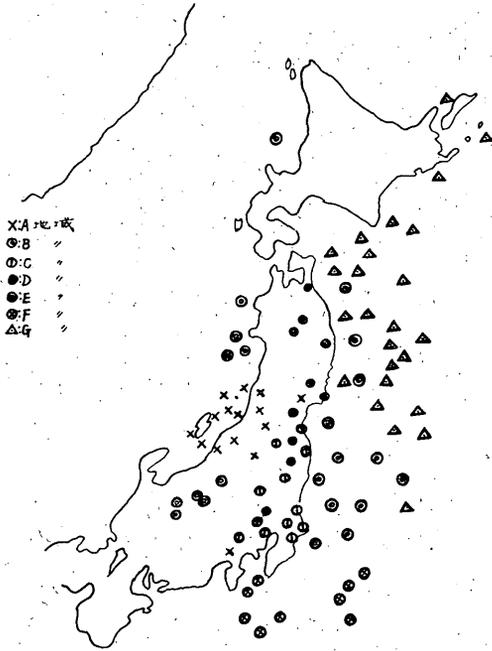


E<sub>2</sub>型 1966年12月27日10時22分福島県沖, 37°04'N, 141°12'E; H 40km 震度0

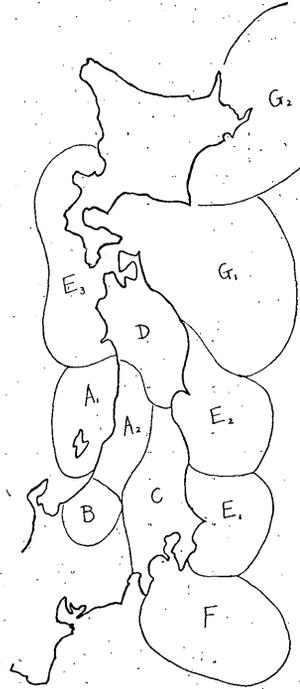


E<sub>3</sub>型 1964年5月7日21時08分男鹿半島沖, 40°29'N, 139°31'E, H 0km 震度0

G<sub>2</sub>型 1952年4月28日19時54分浦河南方沖, 42.4°N, 142.8°E, H 30km 震度0



第2図 地震記象型の震央分布



第3図 各記象型の発現地域

(2) 記象型による震央分布

第2図は各地震記象型の震央分布を示したもので、第3図はこれらの震央別の記象型からおおよその地域区分を示したものである。

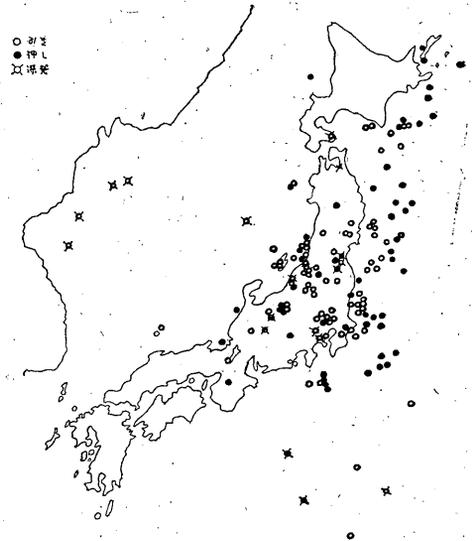
これらの分類の地域的特徴を述べると、A、Bとも新潟付近または比較的近距离にある内陸、沿岸付近の地震で、このうちA地域は震央距離100 km内外の極めて近い所に起った地震の記象であり、B地域は長野付近でも松代に起った地震を含む。CおよびD地域は関東地方から東北地方の内陸部にかけての震央をあらわし、E、F、Gのかく地域はすべて海洋に震央をもつ地震で、おもに本州東方洋上に発生した地震を分類している。このうちF、およびG地域の地震は、いわゆる紡錘型に分類される型である。

なお中部構造線を境にした南西日本の地震記録はきわめて少なく、また記象も小さいのでこれを省略した。

3. 初動方向の分布

(1) 上下動押し、引きの水平分布

当台で検出した上下動押し、引きの状況を地震原簿より拾い出し、地図上にプロットしたのが第4図である。



第4図 上下動押し引きの水平分布

第4表 震央別押し、引きの出現頻度

単位名	震央地名	範 囲			初動押し引き百分率				備 考
		N°	E°	H(km)	押し	引き	計	%	
1	新潟酒田沖	37.4~38.6	138.6~139.3	0~80	8	10	18	56	30年~34は全部引き36年~38年は押しがほとんど39年新潟地震以後は又引きが多くなる
2	佐渡沖	37.7~38.3	137.7~138.3	10~40	0	4	4	100	
3	新潟県内	37.3~38.0	138.6~139.8	0~40	1	6	7	86	
4	福島県内	36.9~37.5	139.2~140.5	20~100	2	6	8	75	
5	松代付近	36.2~36.7	138.2~138.4	0~10	10	2	12	83	
6	茨城県南西部	36.0~36.9	139.7~140.0	20~60	1	6	7	86	
7	茨城県沖	35.9~36.8	140.8~141.9	0~60	5	7	12	68	
8	福島県沖	37.2~37.8	141.2~143.2	20~60	3	4	7	57	
9	金華山沖	38.0~38.9	142.0~143.3	20~40	3	5	8	62	
10	三陸はるか沖	39.0~41.0	142.5~144.0	20~60	6	0	6	100	
11	新島近海	33.8~34.4	138.8~139.5	0~40	4	2	6	67	
12	房総半島南東沖	34.2~34.7	141.1~142.3	30~60	5	0	5	100	
13	北海道南東沖	41.7~42.0	143.7~145.5	40~80	3	3	6	50	

この資料は地震月報に掲載された震央の確実なものだけをえらんだので、震源の深さ100 km以上の地震も含んでいる。

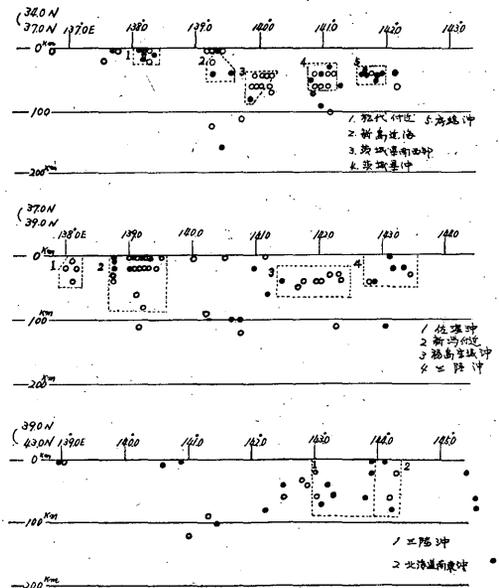
図を概観すると“押し”より“引き”がはるかに多いが、分布の状況は内陸でもおもに“引き”になっており、この中に“押し”はわずかに点在している。ただしこの“押し”はほとんど深さ100 km以上の地震によってしめられている。

また海上では、東日本の沿岸近くでほとんど“引き”となっているが、沖合では北海道東方から関東地方の東方海上にかけて、房総沖から豆南諸島にかけては“押し”が広く分布している。しかし本州はるか南方洋上に起きた地震におもに深さ200 km以上の深発地震で“引き”となっている。

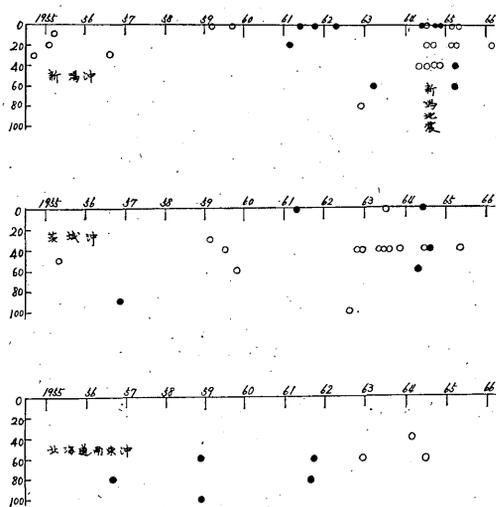
なお、これら海上の分布を更に細かく見ると、銚子付近では“押し”が沿岸付近まで接近し、また北海道南方の“引き”は、はるか沖合まで広がっている。

(2) 上下動の垂直分布

上下動“押し引き”の緯度線方向に沿う垂直断面を示したのが第5図である。



第5図 新潟における震央別押し引きの垂直分布



第6図 押し引きの時間的傾向

これらの図からおおよそつぎのことがわかる。すなわち本邦東方海上に発生する大部分の地震は、深さ 80 km 以浅に起っているがほとんど“押し”で、“引き”はわずかに深さ 20~60 km の間に散在している。しかし、この延長が内陸に入ると深さをまして 100 km 以上に広がり、とくに新潟付近では 200 km に達するものもあり、いずれも“引き”が多く“押し”はわずかである。また内陸には N40°以南で 40 km 以浅の地震がふえてくるが、これは大部分“引き”で“押し”に 20 km 以浅に集まっている。日本海側では 0 km 付近で押しが多いが、20 km 以深では引きが多く、とくに佐渡付近のものは全部引きとなっている。

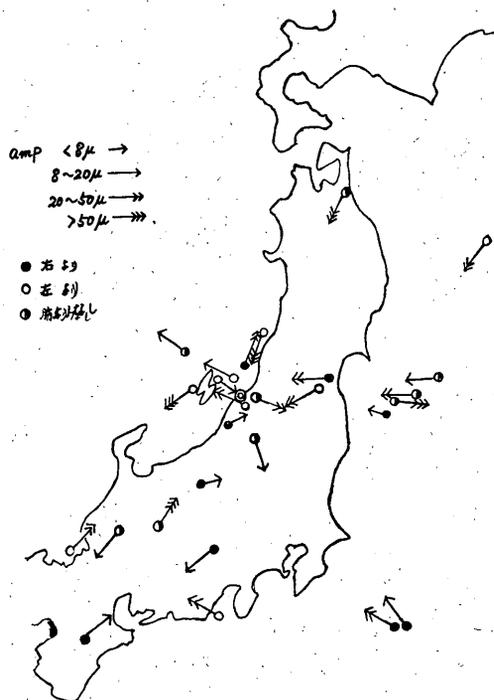
この“押し”引き分布の震央地域別垂直断面年変化を示したのが第6図である。

いずれも点が少ないため明瞭な傾向につかめないが、各地域とも押し、引きがある期間まとまってあらわれる傾向があり、茨城沖に群発するように見える。また新潟沖の場合、新潟地震を境に押し、引きの発生割合が変化しており、ともにまとまって起っている。

(3) 水平成分の観測点に対する片寄り

第7図は水平成分の初動方向が観測点に対して左右いずれに片寄っているかを示している。

使用できる資料が非常に少ないため、系統的な変化が見出されないので結論は出せないが、初動方向が左右いずれにも片寄らないものが比較的多い。



第7図 初動方向の片寄り

4. 地震活動単位別に見た標準走時曲線からのかたよ

先に記象型で分類した活動単位ごとに深さ別に見た標準走時からの片寄りを第8図 a~g に示す。

本調査は測候時報に掲載された要領にしたがい、震源の深さ別に和達・益田の標準走時曲線<sup>3)</sup>をえがき、これに当台の地震原簿から*iP*および*P*と検出したものなから震源の位置が確実なものをえらんで図上にプロットした。

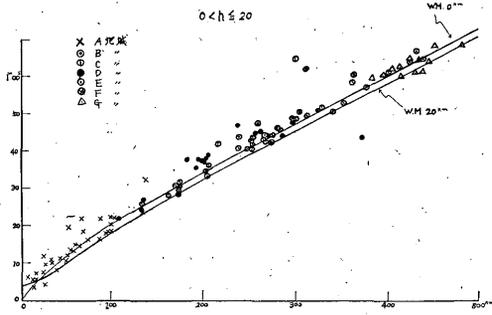
ただし、震央距離は200万分の1の震央決定図より求めた。

地震活動単位を深さ別に概観するとつぎのようなことがわかる。

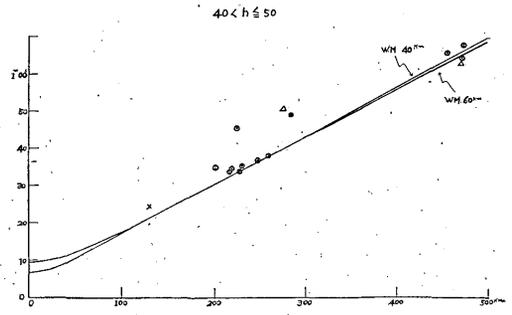
(1)  $h \leq 20$  (第8図 a)

A 地域はわりあいよく標準走時にのっているものもあるが、やや遅れて出るものが多い。B 地域は比較的良好に標準走時に一致している。C, D, E 地域とともにやや遅れ気味である。また F, G 地域に比較的良好に一致しているように見えるが、資料不足のためはっきり分らない。

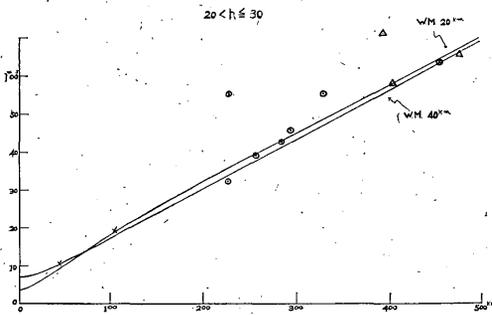
(2)  $20 < h \leq 30$  (第8図 b)



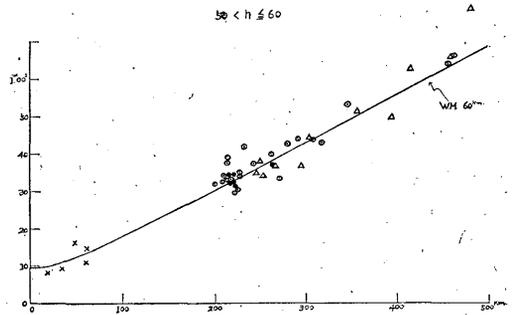
(a)



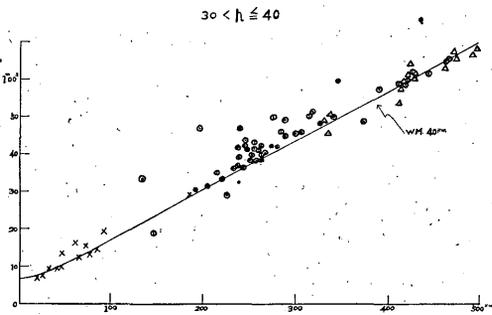
(d)



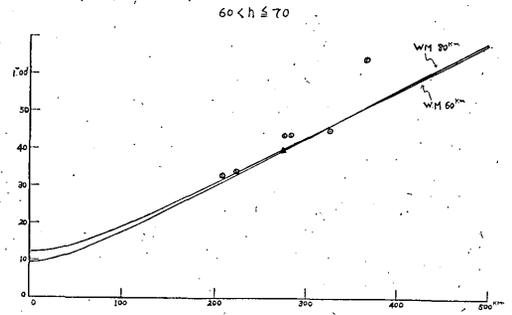
(b)



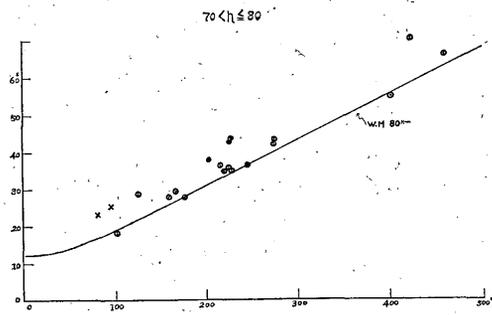
(e)



(c)



(f)



(g)

第8圖 走時曲線圖

資料が非常に少なく、わずかにE地域については近距離で標準走時に一致しているが、震央距離が遠くなるにしたがい遅れてくる傾向が認められる。

(3)  $30 < h \leq 40$  (第8図c)

A, D, Fの各地域は大体標準走時に一致しており、特にF地域はよく曲線にのっている。C地域は遅れの傾向にあり、E地域は近距離の場合は上記(2)の時と同じく標準走時にのっているものもあるが、大部分は遅れる傾向にある。またG地域は早いものと遅いものと混在しているが、やや早く出るものが多くなっている。

(4)  $40 < h \leq 50$  (第8図d)

これも資料が少なくにぎりしったこゝとはわからないが、CおよびE地域にだいたい標準走時に一致している。

(5)  $50 < h \leq 60$  (第8図e)

A地域は数が少ないのではっきりしないが、早目に出ている傾向が見られる。CおよびD地域はともに標準走時より早いものも遅いものもあるがほぼ一致している。G地域は震央距離400 km位まではやや早めにでてくるか、または一致しているか、400 km以上は資料不足でわからない。

(6)  $60 < h \leq 70$  (第8図f)

資料不足ではっきりわからないが、C地域は遅れる傾向が見られる。

(7)  $70 < h \leq 80$  (第8図g)

資料はCおよびE地域に限られており、C地域は遅れ気味であるが、E地域はだいたい標準走時に一致する。

以上のことがらを地域ごとにまとめるとつぎのようになる。A地域に属する地震は、震源の浅い場合多少遅れ気味であるが、40 km以上の深さになると標準走時に一致しさらに深い場合は早目に出るようである。

B地域は浅い地震が比較的良好よく標準走時に一致するが40 km以深は資料不足のため不明である。

C地域は震源の深さが40 km未満の浅い地震についてはおくれ傾向にあるが、50 km付近から一致し、80 kmでふたたび遅れるものがでてくる。

D地域は深さ20 km付近ではおくれであるが、30 km以深では一致してくる。ただし資料が少ないので深い地震についてはよくわからない。

E地域は深さ20 km未満でだいたいおくれで出るものが多いが、30 km付近からだいに一致し、60 kmより深い地震については早く出るものもある。

F地域は資料少くとくに深い地震は検測してないのでよくわからないが、深さ50 km付近までは標準走時によく一致している。

G地域は20 kmより浅い地震の場合、標準走時より早く出るものと遅く出るものと混在するが、40 km前後からやや一致し60 km付近で早や目に出るものが多い。

これらの事実から地層状態を考えると、内陸については、中部地方の一部を除き速度の遅い層が20~30 kmの厚さに分布し、また海上においても沿岸付近ではこの層が同じような厚さで広がっているものと推定される。しかし三陸沖から北海道南東沖にかけての沖合と、房総半島はるか南東沖では、この速度の遅い層はほとんど認められないがあっても厚さの薄いものしかないと思われる。

また三陸沖では、深さ40~60 kmぐらいの所でとくに速度の早い層が存在するのではあるまいか。

## 5. おわりに

以上の調査は当台のウィーヘルト地震計によって観測した資料にもとずいて行ったもので、得られた結果について多少の無理も感じられる。したがって、この考察について不適當な感もまぬがれないが、各官署の結果と総合すれば多少の参考になると考えあえて報告する。

## 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号, 8号, 9号
- 2) 山岸孝次郎, 池田伊太郎：高田の地震記象からみた地震活動域 験震時報 30 (1966) 3号
- 3) 気象庁 地震観測法