

# 仙台の地震観測から得られた東北地方周辺の 地震活動域と地殻構造\*

渡辺 偉夫\*\* 八木 恒介\*\*\* 瀬良 義郎\*\*\*

550.340.1

## I はしがき

本調査は、さきに気象庁地震課から提案のあった、「地震予知のための予備調査」の一環として、仙台の地震観測資料に基いて

- A (記象型の分布から日本付近の地震活動域単の位を定めること。)
- B (初動の押し、引きの分布から地震活動域の単位を定めること。)
- C (走時曲線から地殻構造の地方性を明らかにすること。)

について調査を行なったものである。

## § 1 調査に用いた地震計とその常数值

この調査に用いた地震計はウィーヘルト式地震計である。この地震計は、1926年仙台に新設された現在の地震計台に設置したもので Göttingen 製 (H: No. 292. Z: No. 302) である。その後1951年には水平動の記録装置は1秒周期の回転円錐振子のガバナーを有する記録装置に改良され、記象紙の送りが従来1分間約30mmであったものが60mmとなり、記象紙上の時刻精度が向上している。また、この時に JJJ 放送のパルス電流で刻時計および起動器を装御する時報受信装置が設置されているが、この装置は1957年 JJJ の周波数変更その他のため運用は休止し、代って、ラジオ時報の検出が記録紙上に記録される装置が用いられた。制振器は同じく1950年に空気制振器から磁気制振器に代えられ制振度7~8で使用されている。

全期間中のウィーヘルト式地震計の常数はおおむね次のとおりである。

第1表 ウィーヘルト地震計常数

成分	重すい質量 kg	倍 率	周 期 sec	摩擦値 mm	制振度
水平動	200	75~100	4.5~6.0	0.1~0.2	5~8
上下動	80	50~70	4.5~5.0	0.1~0.2	5~8

## II 地震記象型からみた地震活動域について

### § 1 資 料

この調査は「はしがき」にあげたA調査にあたるもので使用した地震記象資料は1926年から1951年に亘る25年間に、当台ウィーヘルト式地震計に記録された最大振幅60 $\mu$ 以上の地震で、3成分が記録されているものを対象とし、震源等の資料は「地震月報別冊1」から求めた。なお、この資料は震源の深さ100km未満のもの629個、100km以上のもの52個に分けて調査した。

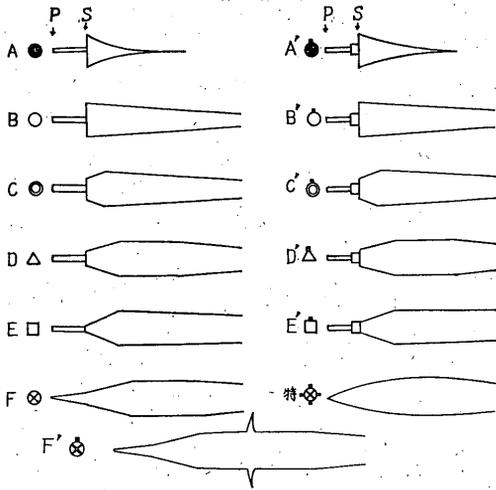
### § 2 調査の方法と経過

最初に上述資料の地震記象を写しとり、同様な型と思われるものは記号を用いて整理していったが、中間的な型の記象や成分によって型の異なるものが多数でできたので分類に窮した。そこでできるだけ客観性を得るために、第1図のA~Fの6つの型と一部変形ともいふべきA'~F'の6つの型および、特種型の計13の型に分類することとした。分類作業の順序は水平動(N~S, E~W), 上下動の3成分の各について上述の13の型に分類した後、さらに、記象を見ながら水平2成分を頭の中で合成し、それに上下成分の記象型を加味して、最終的に型を決定するようにした。その際、水平動に重きをおいた。なお、型分類についてP波とS波の振幅比に着目した分類を考えたが、必ずしも地域差があるわけではなく、また中間的な場合の処理に問題があるので割愛することとした。

調査の対象となった100km以浅と、100km以深の地震資料の内容は第2表、第3表のとおりである。

\* H. Watanabe, T. Yagi and Y. Sera: In the Investigations of Seismic Regions and Crustal Structure in and near North-east Japan Derived from Observations of Sendai (Received March 13, 1968)

\*\* 気象庁地震課 \*\*\* 仙台管区気象台



第1図 記象型分類基準

第2表 100km 以浅の地震資料内容

a) 震度別地震数

震度	0	I	II	III	計
地震数	394	137	87	11	629

b) マグニチュード別地震数

M	<4.9	5.0~5.9	6.0~6.9	>7.0	計
地震数	101	392	128	6	629

c) 深さ別地震数

深さ(km)	<20	20~49	50~69	70~99	V. S, S	不詳	計
地震数	20	265	136	30	40	42	629

d) 記象型の数

記象型	{ A (A')	{ B (B')	{ C (C')	{ D (D')	{ E (E')	{ F (F')	特殊	計
地震数	{ 110 (2)	{ 115 (16)	{ 76 (10)	{ 55 (7)	{ 70 (3)	{ 150 (11)	{ 3 }	{ 629 }

e) 記象型の各成分合成状況(AはA'を含む以下向前)

水平動2成分

AA	AB	AB	BB	BC	BC	CC	CD	CD	DD	DE	
地震数	72	32	23	62	18	28	37	9	12	30	7

上下動を加えて決定した型

A	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D	
地震数	72	32	23	62	18	28	37	9	12	30	7

DE	EE	EE	EF	EF	FF	AC	BD	CE	DF	その他	計
7	54	7	19	114	12	6	3	20	57	629	

第3表 100km 以深の地震資料内容

a) マグニチュード別地震数

M	5.0~5.9	6.0~6.9	7.0~7.4	不明	計
地震数	4	17	6	25	52

b) 深さ別地震数

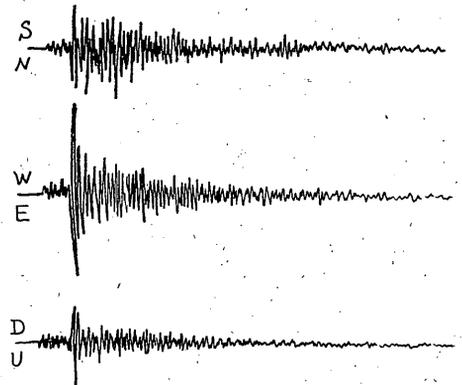
深さ(km)	100	200	300	400	500	600	深発	計
地震数	22	6	13	6	2	1	2	52

c) 記象型の数

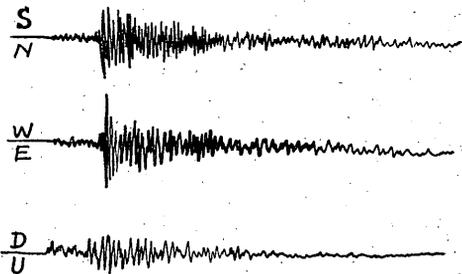
記象型	A	B	C	D (D')	E	F	計
地震数	6	28	10	4	1	2	52

§3 浅発地震についての調査結果

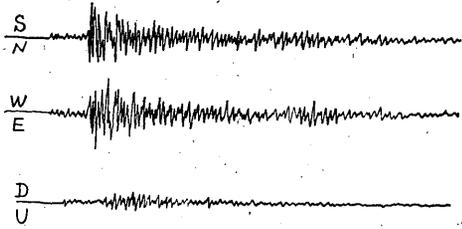
第1図に示した記象型分類基準に従って選出された記



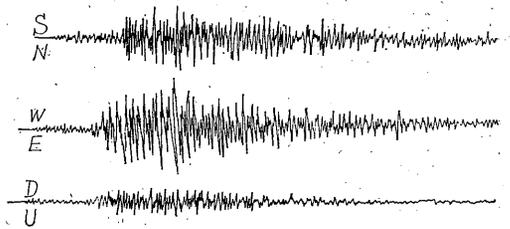
A型 1942年4月10日16時32分宮城県沖, 38.0N, 142.0E h 60km 震度2P~S 11.5秒



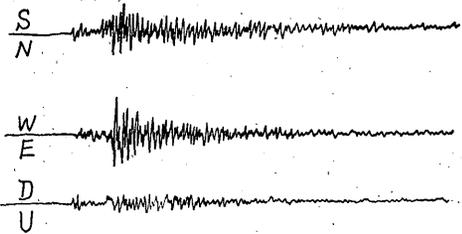
A'型 1938年8月12日43時分福島県沖, 37.2N, 141.9E h 0km 震度0



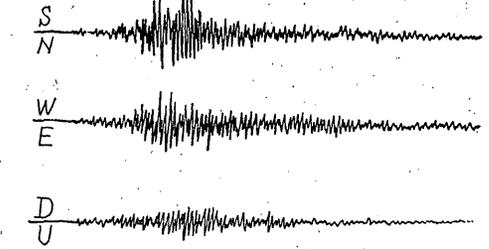
B型 1931年10月25日22時45分岩手県中部, 39.4N, 141.7E h 10km 震度0 P~S 21.0秒



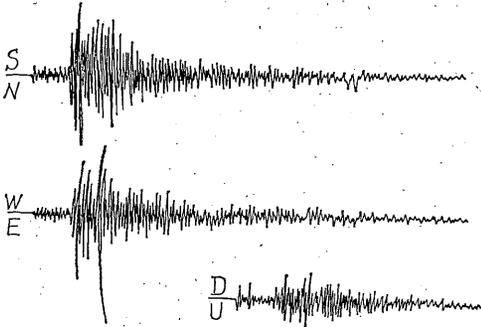
D型 1930年12月13日23時23分北海道南部, 42 2/3.N, 142 1/3E h 20~40km 震度0 P~S 51.2秒



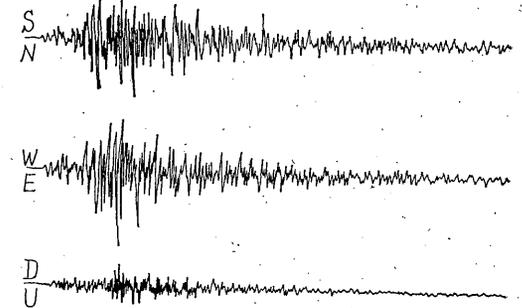
B'型 1942年10月13日12時54分福島県東方沖, 37.3N, 141.5E h 20km 震度0 P~S 11.9秒



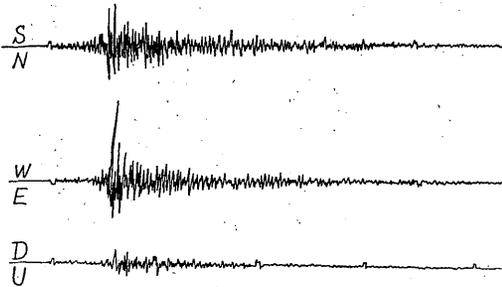
D'型 1937年9月29日07時55分茨城県南部, 36.2N, 139.9E h 60km 震度0 P~S 25秒



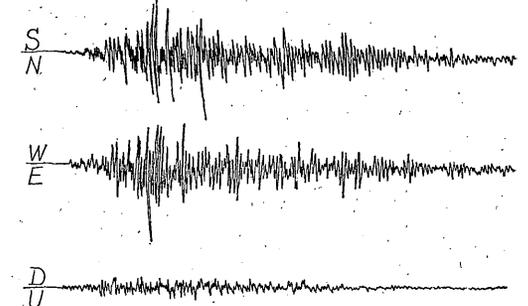
C型 1936年4月27日21時51分茨城県沖, 36.2N, 141.0E h 0~10km 震度2 P~S 21.4秒



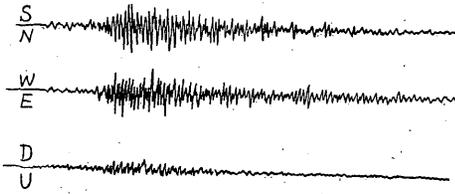
E型 1927年12月28日23時33分関東はるか東方沖, 36.6N, 142.3E h 20km 震度0 P~S 26.4秒



C'型 1945年2月27日05時04分青森県東方沖, 40.8N, 142.7E h 60km 震度0 P~S 33.6秒



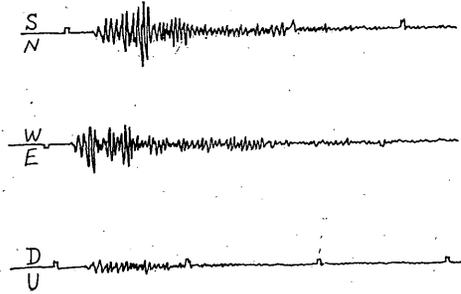
E'型 1926年10月3日04時02分千葉県沖, 35.4N, 141.0E h 30km 震度0 P~S 36秒



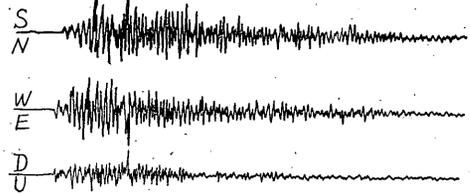
F型 1933年4月2日00時59分三陸沖, 39.5N, 143.5E 震度0



F'型 1928年5月31日16時26分三陸はるか沖, 39.8N, 143.9E h 40km 震度0 P~S 32秒



特殊型 1946年10月10日05時59分阿武隈川下流, 37.9N, 140.8E h V.S 震度0 P~S 13.2秒



特殊型 1947年12月11日08時19分福島県東方はるか沖, 37.8N, 142.1E h 20km 震度I P~S 14,8秒

第2図 記象型の実例(浅発地震)

象例は第2図に示すとおりである。

記象型の分布は第3図に示すとおりで、各型とも傾向としてはまとまった分布をするが、区域別に見ると、同一型のみの区域はむしろ少なく、地域によっては余り似ていない記象型の混入する場合もある。記象型の出現地域を示す第4図では2種以上混合の区域として区分したものが多し。また地震数の少ないところではいって区分けすることをしなかった。

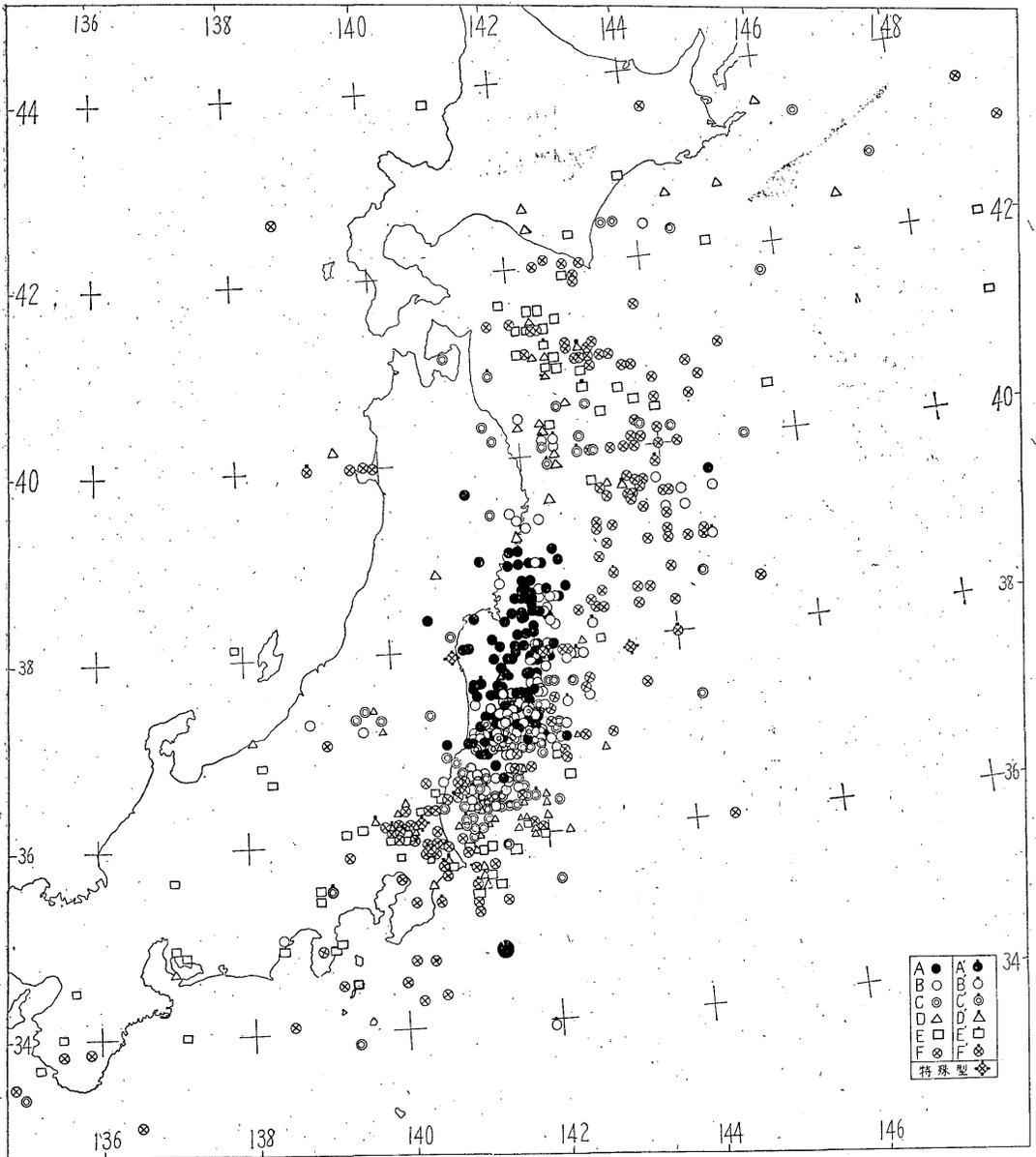
第3図中、福島県南部の沖は非常に密になって見にくい、この区域は大体A・B型の混合と見ることができ、その南部と東部にC型が多数混入した地域がある。

この地域の大部分は1938年11月の福島県沖の地震の余震が大部分を占めている。なお、この区域の東側から南側にかけてのF型の地震は殆んどが1944年以降に発生しており、特徴的である。

その他特に記しておきたいのは、第2図の特殊型に示すような型で、F型に似ているが、振幅に比して概して振動時間が短かく、記象の首部から尾部に至る間数秒の周期が卓越するものの記象が阿武隈川河口付近から37.8°N線上を正東にのびる第4図の破線a-bに沿って分布しており、周辺の記象型に対して異質的に見られる。またこの特殊型に似ているF型3個がこの線上にの

第4表 特殊型地震資料

No.	発 震 時					震 源			震 度	M	記 象 型	
	年	月	日	時	分	地 名	$\phi$	$\lambda$				h
1	1942	4	21	07	57	宮城県沖	37.9	142.2	40	0	5.0	F
2	1942	10	10	05	59	阿武隈川下流域	37.9	140.8	V S	0	4.8	特殊
3	1947	12	11	08	19	福島県はるか沖	37.8	142.1	20	1	5.3	特殊
4	1948	5	14	05	50	同 上	37.8	142.4	V S	0	5.5	F
5	1948	5	17	06	17	同 上	37.8	143.3	50	50	5.5	特殊
6	1947	7	7	18	25	宮城県沖	37.9	142.4	S	0	5.1	F



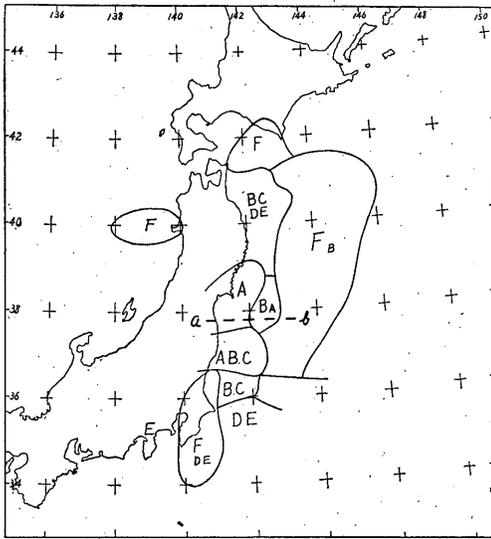
第3図 浅発地震記象型別震央分布図

っているのは、この場合のF型は特殊型と同系のものと考えられるであろう。第4表は第4図のa-b線上の特殊型とF型の地震の表である。

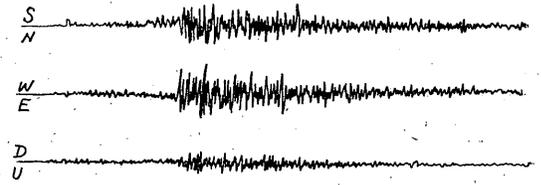
§4 深発地震についての調査結果

各記象型の震央分布は第5図に示すとおりであり、記象型の分布は地域別に区分することは困難であるが、次のような傾向が見受けられる。1) 北海道, 本州の内陸

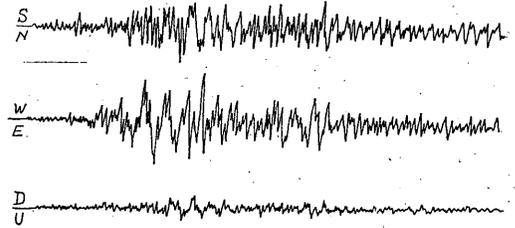
およびその沿岸付近は殆んどAおよびB型で占められている。2) 南方洋上の深発地震地帯はB・C・D型が混在している。3) 千島南部南方沖の地震群はA以外のすべての型が混在している。その中には、第6図F型に示すような一見浅発地震を思わせる。これは震源の深さが100km程度で余り深くないことにもよるが、それを考慮に入れても総振動時間が長く、殊に尾部が長く続くのが目立つ。4) その他の地域においてはB型の一般的な



第4図 浅発地震各記象型の発現地域



B型 1931年1月21日17時59分花咲半島南東沖, 44.4N  
145.6E h 100 km 震度0 P~S 69.9秒



F型 1937年2月21日16時03分千島列島南部, 44N,  
150E h 120 km 震度0 P~S 1分34.9秒

第6図 記象型の実例(深発地震)

深発型を示す。

### III 初動方向の分布から見た地初活動域について

#### § 1 震動の押し・引き分布

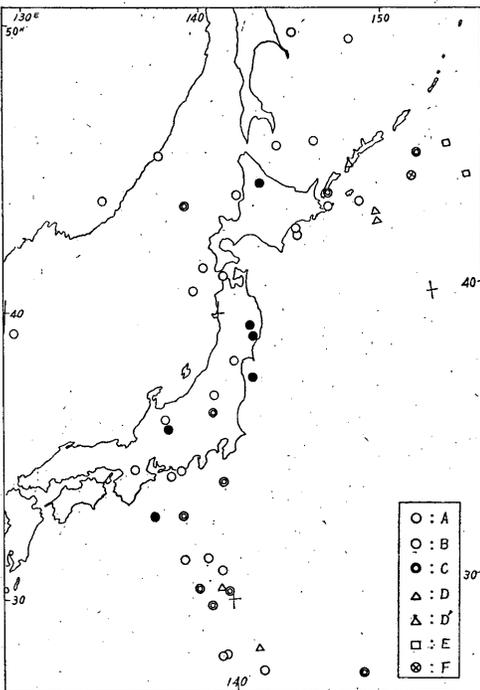
##### 1) 資料

この調査は「はしがき」にあげたB調査にあたるもので使用した資料は、測候時報第26巻9号掲載の調査要領にもとづいて、仙台でウ式地震計を設置して観測を開始した大正14年(1926年)10月から、昭和33年(1958年)12月までの33年間の観測資料からえらびだした。なお初動の一部が原簿に記載されていないもの、および合成水平初動方向が震央方向から40度以上かたよっているものについては、原記象紙を再調査した上で資料としてある。

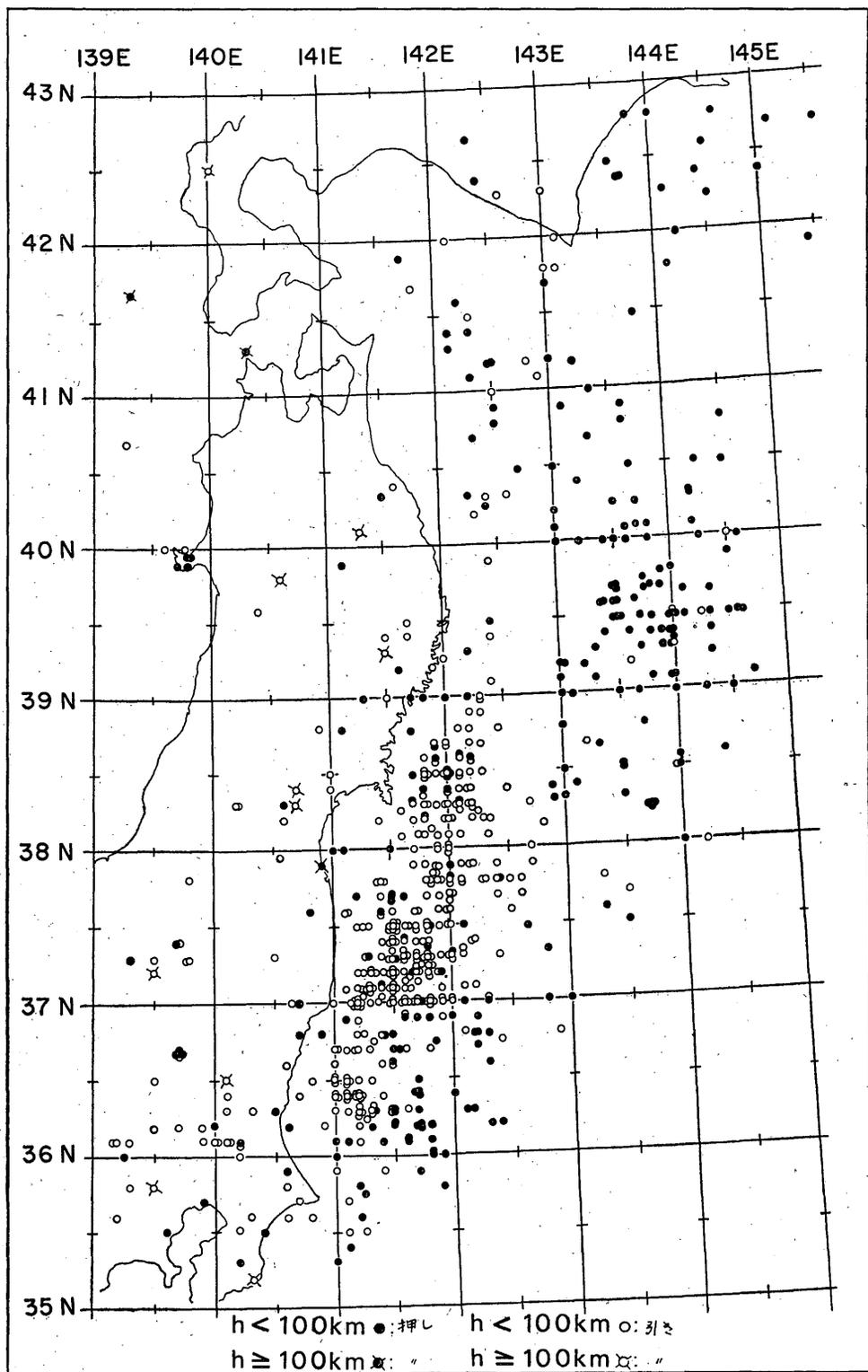
震源位置については、地震月報別冊I「日本付近の主要地震の表」・地震月報(昭和26年以降)ならび気象要覧(昭和25年以前)を用いた。なお気象要覧より震源位置を用いた数は総数の3%である。

##### 2) 初動の押し・引きの平面的分布

第7図は以上の資料をもとにして作った初動の押し・引きの平面的な分布図で、震源の深さに対する区別は100kmを境とした。資料数は、震源の深さが100m未



第5図 深発地震記象型別震央分布図



第7図 初動の押し・引きの平面的分布 (1926~1958年)

満では押し283, 引き379, 100 km以深では押し4, 引き12の総数678である。

図を巨視的に見ると,  $37^{\circ}\text{N}\sim 41^{\circ}\text{N}$ では $142^{\circ}\frac{2}{3}\text{E}$ を, また $36^{\circ}\text{N}\sim 37^{\circ}\text{N}$ ではこれよりやや西によった $141^{\circ}\frac{1}{2}\text{E}$ 付近を境として東側では押し, 西側では引きまたは押し引きの混合域に二分出来よう。またこれを細分して地域的に見ると, 押しの地域では, 昭和8年3月の大津波地震とこれに伴う広大な余震域を含んだいわゆる三陸沖( $38.2^{\circ}\text{N}\sim 41.0^{\circ}\text{N}$ ,  $142.8^{\circ}\text{E}$ 以東)と, 茨城県沖( $35.8^{\circ}\text{N}\sim 36.9^{\circ}\text{N}$ ,  $141.5^{\circ}\text{E}\sim 142.4^{\circ}\text{E}$ )があり, 引きの地域では鹿島灘( $36.2^{\circ}\text{N}\sim 36.8^{\circ}\text{N}$ ,  $140.7^{\circ}\text{E}\sim 141.5^{\circ}\text{E}$ )がある。宮城県沖から福島県沖にかけては, 多数の引きに押しがまざっての分布が見られる。このほか, 青森県東方沖・男鹿半島付近・福島県西部・茨城県南西部・銚子付近などにそれぞれ地震のまとまりが見られるが, これらについては後述する。

### 3) 初動の押し・引きの立体的分布

第7図の水平分布を手がかりとして, 震源の深さの決定されている資料を用いて, さらに立体的分布から地震の活動単位の区分を検討した。

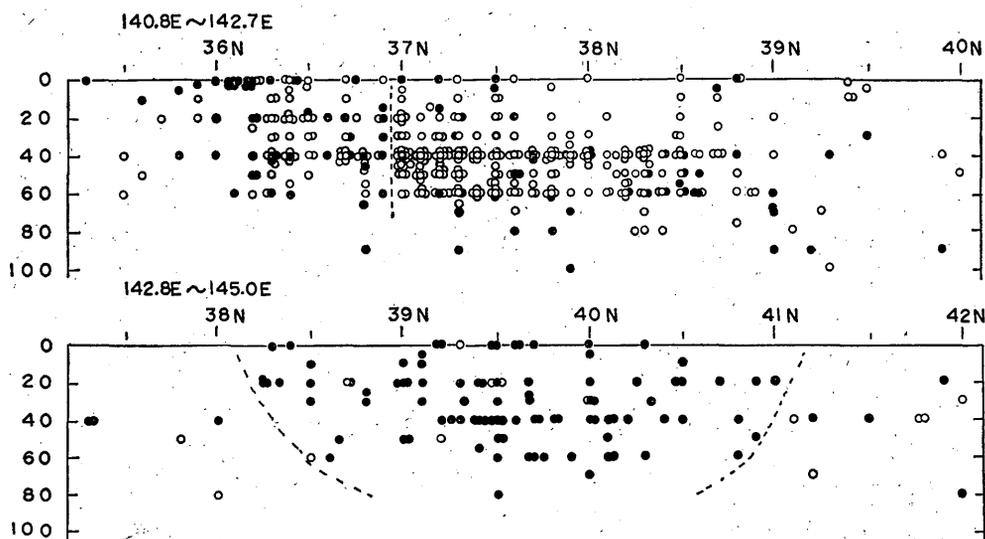
#### ア) 経度面から見た分布

第8図は第7図の分布状態を考慮して, ( $37.0^{\circ}\text{N}\sim 42.0^{\circ}\text{N}$ ,  $142.8^{\circ}\text{E}\sim 145.0^{\circ}\text{E}$ )の区域と( $35.0^{\circ}\text{N}\sim 40.0^{\circ}\text{N}$ ,  $140.8^{\circ}\text{E}\sim 142.7^{\circ}\text{E}$ )の区域を経度面にそった断面を示している。前者は押しの分布域で,  $38.9^{\circ}\text{N}\sim 40.5^{\circ}\text{N}$ の区域を主体として,  $38.2^{\circ}\text{N}$ から $41.0^{\circ}\text{N}$ にかけて, 深

さ0~80 kmのわん状の分布を示す三陸沖地震のまとまりが見られる。一方後者では,  $35.5^{\circ}\text{N}$ から $35.9^{\circ}\text{N}$ にかけて, 銚子付近にある引きの地震が, 深さ0から60 kmと南に傾斜して深くなっている分布が見られる。また第7図からも明らかなように, ここでも $36.9^{\circ}\text{N}$ で垂直に顕著な境を示して, これより銚子付近の地震までの間に, 深さ(h)0~70 kmで押しの茨城県沖の地震と,  $36.2^{\circ}\text{N}$ から $36.8^{\circ}\text{N}$ の間に $h=0\sim 60\text{ km}$ において, 引きの鹿島灘の地震が重なって見られる。また $37.0^{\circ}\text{N}\sim 38.9^{\circ}\text{N}$ の間では, 引きに押しの混った宮城県沖と福島県沖の地震が, 100 kmの深さまでに分布している。この両者の境は不明瞭であるが,  $37.9^{\circ}\text{N}$ 以南では $h=70\text{ km}$ 以深に, また $38.2^{\circ}\text{N}\sim 38.6^{\circ}\text{N}$ では,  $h=40\sim 60\text{ km}$ に, にややまとまった押しの分布が見られることから, 両者の境を一応 $38.0^{\circ}\text{N}$ にとることとする。さらに,  $39.0^{\circ}\text{N}\sim 39.3^{\circ}\text{N}$ の $h=60\sim 100\text{ km}$ の範囲には岩手南部県境沿岸部の地震や,  $39.4^{\circ}\text{N}\sim 39.5^{\circ}\text{N}$ の $h=0\sim 10\text{ km}$ には, 小数ではあるが岩手県南東部に, ややまとまった引きの地震発生域が見られる。

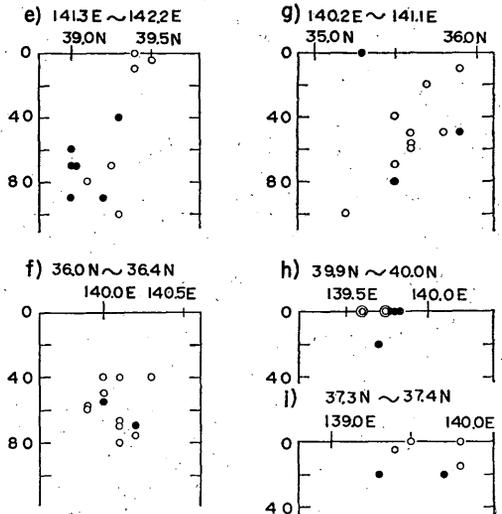
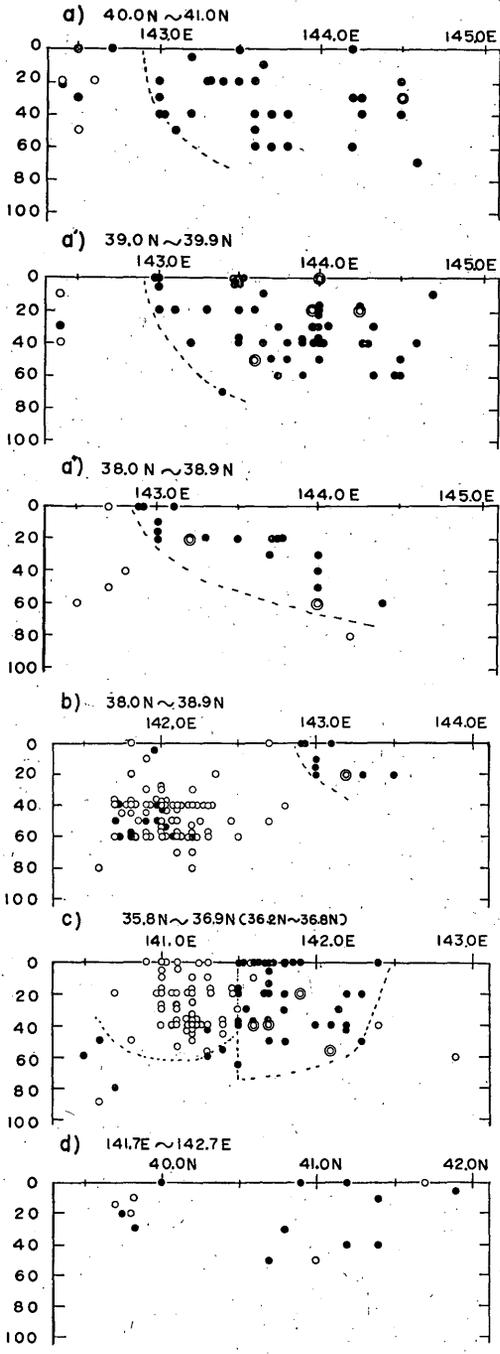
#### イ) 緯度面からみた分布

ここまでおおよその地震活動域の区分が出来たが, さらに区分境界が緯度面や経度面に傾きを持つことも考慮して浜松<sup>2)</sup>が行なったように, 緯度 $0.1^{\circ}$ ごとの断面図からこの点を検討した。この結果から知られた区分については次項で述べることとし, ここでは検討過程は割愛する。なおこの検討において, 三陸沖(昭和8年)と



第8図 初動の押し, 引きの経度断面の分布 ●: 押し ○: 引き

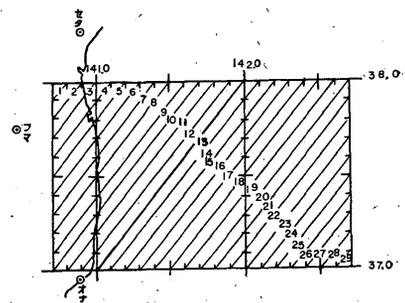
福島県沖（昭和13年）の大地震においては、その余震の中に本震と初動分布を異にする地震のあることが本多・竹花<sup>34)</sup>, 正務<sup>35)</sup>によって述べられているので、余震\*中の



第9図 初動の押し, 引きの分布

●: 押し ○: 引き ⊙: 転位押し ⊗: 転位引き

- a) ~ a'') 三陸沖
- b) 宮城県沖
- c) 鹿島灘と茨城県沖
- d) 八戸南東沖と青森県東方沖
- e) 岩手県南部および南東部
- f) 茨城県南西部
- g) 銚子付近
- h) 男鹿半島付近
- i) 福島県西部



第10図 初動の押し, 引きの斜方向断面 (福島県沖の地震)

\* 宇津・関<sup>6)</sup>らの調査による  $\log A = M - 4$  (Aは $\text{Km}^2$  単位)の範囲の地震

でその震央の場の押しまたは引きと逆の初動が観測された地震（以後転位地震と云う）は押し（○）印、引き（◎）印として、それぞれ逆の初動の地震と読みかえて活動域の区分を考えることにした。

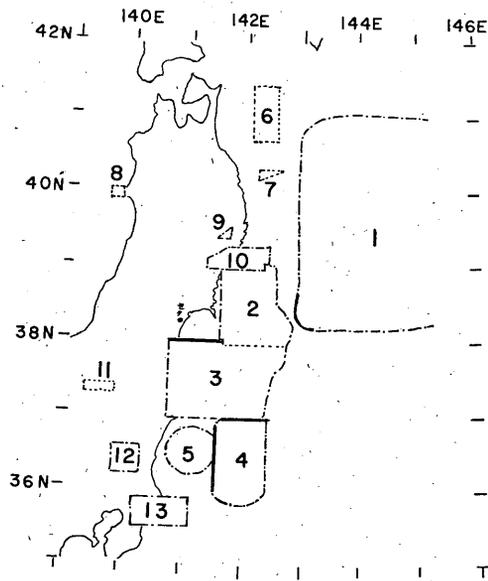
#### ウ）活動域の立体的分布

以上の検討結果を総括して、東北地方およびその周辺における地震活動を、いくつかの活動群に区分してその状況を示したのが第9図a)～i)および第10図である。

第9図a)・a')・a'')は、幾つかの強震(昭和3・V; 昭和8・Ⅲ; 昭和10・X; 昭和27・X)と、その余震を含む三陸沖の地震群について、緯度1°ごとの断面で示してある。〔図中少数の引き(◎印)の地震は、昭和8年3月の大地震の余震中に起った転位地震である。〕これらの図から142.9°Eを境に、ここの地震群の震源は東にゆくにつれて、その深さが0から80kmと次第に深まってゆく傾向が見られる。一方この地震群の南辺は第8図で示したように38.2°Nであるが、第9図a')およびb)から、38°N～39°Nの間では、引きの多い宮城県沖の地震が、142.9°Eに向って震源が次第に浅くなるような姿で起っているように考えられる。c)図は茨城県沖および鹿島灘の地震群を示している。両者の境はこれまでも述べたように、平面的にもまた垂直面でも141.5°Eで顕著な境をなしている。なお茨城県沖地震群の中で引きの地震(◎印)は、昭和13年11月の福島県沖地震の余震中に含まれる転位地震である。h)図は男鹿半島付近の群で、昭和15年5月の男鹿地震によるもので、これにも余震中に転位地震がある。i)図は福島県西部域で、図中引きの地震は、昭和8年8月の田島地震で、押しはこれ以外のときに起ったものであり、両者は $h=20$ kmで区別されているようである。g)図は銚子付近の地震群を示し、前述のように南に深く傾斜した引きの地震の下に押しの地震群があるように見られるが、断面区分の両端の地震が重なって見られるもので、この活動群の単位外のものと考えることとする。その他、青森県東方沖と八戸南東沖の地震群d)図や岩手南部県境沿岸部とこれより北によった岩手県南東部e), f)など一応の活動域の一単位としてまとめたが、資料数やまとまりの状況から今後さらに資料を追加して検討してゆく必要がある。福島県沖の地震群については、緯度0.1°毎の断面図から検討した結果、活動域の区分は一応(37.0°N～38.0°N; 140.7°E～142.7°E)の範囲区分が得られたが、さらにこの範囲内の比較的数少ない押しの地震に着目して、第10図のような斜方向断面図から検討した。

図は(37.9°N, 140.7°E)と(38.0°N, 140.8°E)の2点を結ぶ線を1とし、これに平行に夫々0.1°毎に平行線2, 3, …, 29を前記範囲内で引いて、各線上の地震と深さの関係を示してある。この図からわかることは、線8の深さ20kmから線13の深さ60kmを結ぶ線の左側(北西側)では、押しの地震が主となっており、右側(南東側)では、昭和13年11月の福島県東方沖の地震の余震中の押しの転位地震(○印)のほか、深さ60km以深の押しの地震をのぞけば、ごく少数の押しが含まれているのみで、引きの地震を主体としており、前者と区別出来よう。

以上の結果を第5表および第11図に地震活動域の単位をまとめて示す。



第11図 活動域区分

実線：確実な界区分、点線：不明確な界区分  
鎖線：やや確実な界区分

#### 4) 押し・引きの時間的傾向

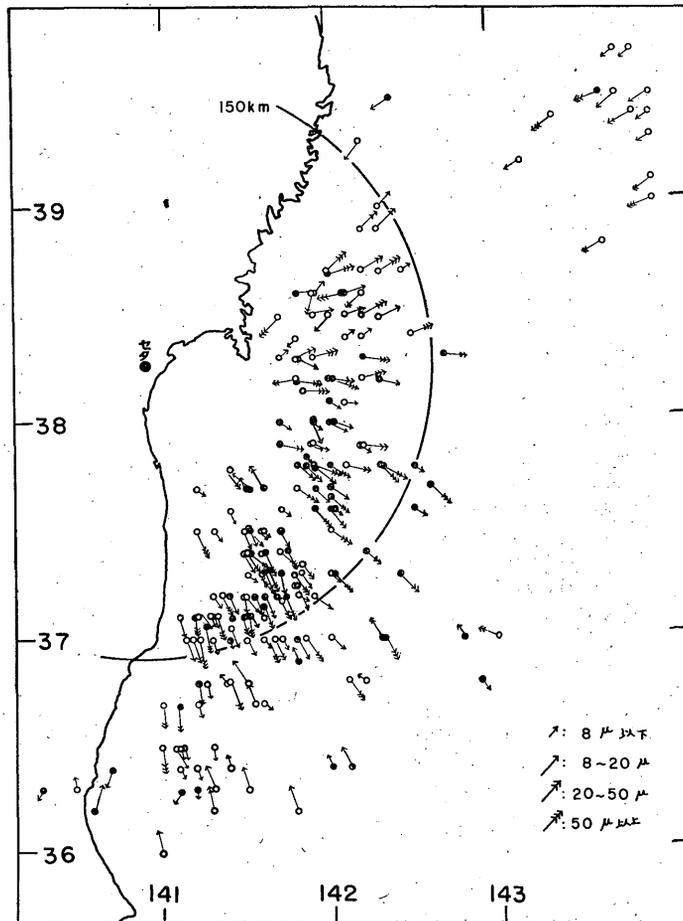
さきの資料を使って押し・引きのまざっている各群について調べたが、転位地震を除けば、特に時間的な傾向は見られなかった。

#### § 2 初動方向のかたより

資料中深さ30～60kmの地震について、その水平初動の合成値を、宇津<sup>2)</sup>の調査と同じ方法で、震央に初動方

第5表 初動の押し, 引きを示す地域とその割合

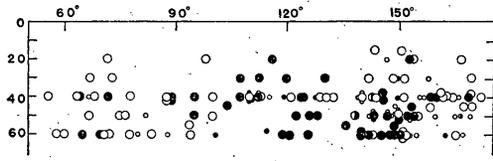
単位	震央地名	範		距 h km	押し引きの百分率				備 考
		°N	°E		●	○	計	%	
1	三陸沖	38.2~41.0	142.9~144.7	0~80	105	7	112	94	三陸沖地震(昭3. V, 昭8. III, 昭10. X, 昭27. X)を含む○7は転位地震
2	宮城県沖	38.0~38.9 38.1~39.0	142.5~142.8 141.6~142.8	0~90	16	73	89	82	金華山沖地震(昭11. XI, 昭12. VII)を含む
3	福島県沖	37.0~37.9 38.0	142.3~142.7 140.7~142.7	0~90	33	170	203	84	福島県東方沖地震(昭13. XI)を含む●に転位地震5を含む。内部で●がまとまっている
4	茨城県沖	35.8~36.9	141.5~142.4	0~65	42	6	48	88	福島県東方沖地震(昭13. XI)の余震を含む。○に転位地震4を含む
5	鹿島灘	36.2~36.8	140.7~141.5	0~60	1	53	54	98	茨城県沖(昭5. VI), 塩屋岬南東沖(昭13. V)を含む
6	青森県東方沖	40.7~41.4	142.1~142.5	20~30	8	1	9	89	
7	八戸南東沖	40.2~40.3	142.2~142.6	10~30	2	3	5	60	
8	男鹿半島付近	39.9~40.0	139.6~139.8	0~20	4	2	6	67	秋田県西部(昭14. V)の地震
9	岩手県南東部	39.4~39.5	141.5~141.7	0~10	0	3	3	100	
10	岩手県南部 境沿岸部	39.0~39.3	141.3~142.4	60~100	5	3	8	63	
11	福島県西部	37.3~37.4	139.3~139.8	0~20	2	4	6	67	田島地震(昭18. VIII)
12	茨城県南西部	36.0~36.4	139.9~140.3	40~80	2	11	13	85	
13	銚子付近	35.5~35.9	140.2~141.1	0~60	0	9	9	100	



第12図 初動方向のかたより ●: 右へかたより ○: 左へかたより ⊙: かたよりなし

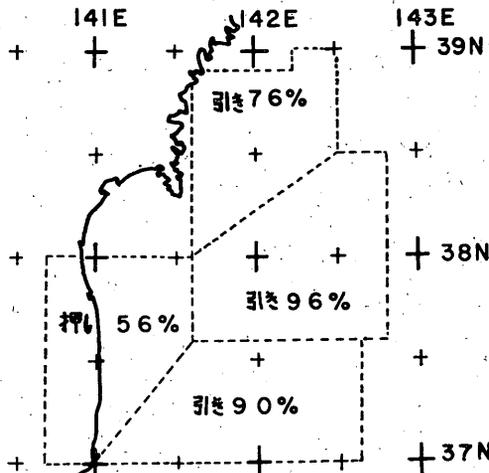
向を平行移動してそのかたよりを調べた(第12図)。さらに、仙台を中心とした半径150 Kmの範囲内の地震で、その深さが明らかなものについて、仙台を中心に北を0°南を180°として、各方位別に深さとかたよりの関係を示したのが第13図である。

これらの図から考察すれば、深さ40 kmのものを除いて、仙台の東方(方位90°付近)で右かたよりと左かたよりの地域が境をなしている傾向が見られる。すなわち、宇津によれば、図の範囲では、東方より北または南にゆくに従って地震波の速度が早いか、地殻表層が薄くなっていると推定される。なお、さらにこまかく見れば、南東から南の方向(130°~180°)では、深さ40 km以浅で左かたよりが多く、また40 km以深でも150°付近から南で左かたよりがやや多くなって境をなしている傾向があるが、これはそのままこの付近の地殻構造(速度分布)の複雑さを物語っているであろう。



第13図 初動方向のかたより垂直分布

● 右かたより $\geq 8\mu$  ○ 左かたより $\geq 8\mu$  ○ : かたよりのない $\geq 8\mu$   
 ● : " <  $8\mu$  ○ : " <  $8\mu$  ○ : " <  $8\mu$



第14図 宮城県、福島県沖の区分

§ 3 あとがき

仙台で観測された初動の押し・引きは地震の起こる地域で可成りはっきりした分布が見られる。これはそれぞれ

れの地域で類似した発震機構が保持されていて、なお、かつ地域内の震源と観測点との相対位置の関係が良いためであろう。しかし活動域区分については資料数の不足の地域や宮城県沖と福島県沖の地震についての境のようにやや不明確な区分のままのものもある。宮城県沖・福島県沖については斜方向断面図(第10図)とC調査に見られるP波の速度分布やこの付近の規模別の地震分布等からみて第14図に示すような区分も考えられるが共に今後の資料をまわって検討したいと思っている。

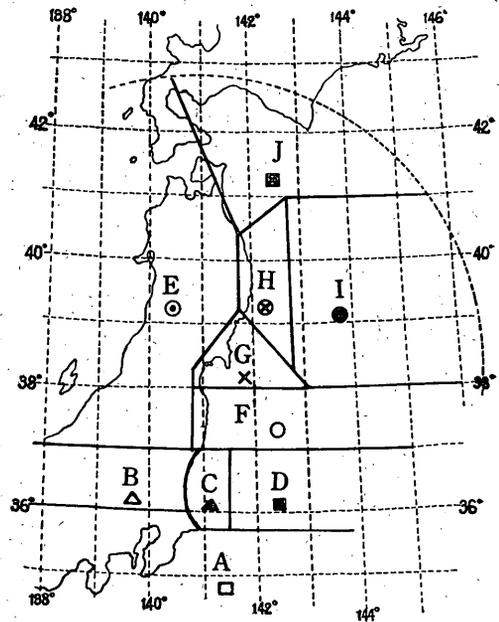
IV 走時曲線からみた東北地方周辺の地殻構造

§ 1 調査資料

この調査は「はしがき」にあげたC調査にあたるもので資料は、1953年から1961年までの9年間、当台のウィーヘルト地震計によって観測された地震のうちP波が*iP*またはPと観測されているものを使用した。資料は同期間中仙台から半径500km以内に震源を持つもので、震源の各要素が明確なもの305個の地震を使用している。またS波はこの地震のうち*iS*またはSと観測されている222個について調査した。

§ 2 地域区分

別に調査している記象型あるいは初動分布による地域区分と東京<sup>1)</sup>および札幌<sup>9)</sup>のものを参考にして第15図のようにAからJの10地域に分けた。これらは第6表のよ



第15図 地域区分図

うに区別符号で示してあり, これは次項の走時曲線を示した図で使用してある。

これらの地域と震源の深さ別による資料の数は第7表に示した。これを見ると, 各地域によって資料がかなり片寄っている。またP波に対するS波の資料の割合は, 地域別ではAとIで, ほぼ半分位であり記象型と関係して明確な差異が見うけられる。深さ別では浅いものが小さいのは極めて常識的であるが, 30~40 km のところでも地域によってはS波は明瞭でない。

第6表 地域記号と地域範囲

記号	地域符号	地 域 範 囲
□	A	房総沖, 南関東
△	B	北関東
▲	C	鹿島灘茨城県沖(西)
■	D	茨城県沖(東), 関東東方はるか沖
⊙	E	東北地方(内陸)
○	F	福島県沖, 福島県東方はるか沖
×	G	仙台湾, 金華山沖
⊗	H	岩手県沖
●	I	三陸はるか沖
⊠	J	青森県東方沖, 十勝沖

第7表 地域および震源の深さ別資料数

地 域	P	S	S/P × 100 %	震源の深さ	P	S	S/P × 100 %
				km			
A	23	12	52	km ≤ 20	78	42	54
B	9	7		20 < h ≤ 30	14	11	79
C	35	28	80	30 < h ≤ 40	97	75	77
D	30	23	77	40 < h ≤ 50	21	17	81
E	11	8	73	50 < h ≤ 60	60	48	80
F	82	76	93	60 < h ≤ 70	8	4	
G	34	30	88	70 < h ≤ 80	27	25	93
H	7	6		計	305	222	63
I	63	26	40				
J	9	6					
計	305	222	63				

§ 3 走時偏差

資料からPおよびSの走時曲線を作ったのが, 第16図(a)~(g)および第17図(a)~(g)である。この図の縦軸は当台において観測された初動の発現時から震源における発震時(気象庁発行の月報による)を差し引いた走時をとり, 横軸に震央距離をとった。

各震源の深さ毎に  $h \leq 20$  km,  $20 < h \leq 30$  km,  $30 < h \leq 40$  km,  $40 < h \leq 50$  km,  $50 < h \leq 60$  km,  $60 < h \leq 70$  km, および  $70 < h \leq 80$  km の図を作ったが, この図の中の実線はP波について和達・益田, S波については鷺坂・竹花の走時曲線で以下これらの走時曲線を標準曲線と名付ける。

図中の各記号は各地域を表わし, 第6表に示したもので, これらの図から得られた結果は次のとおりである。

1) P波の場合

(1)  $h \leq 20$  km

D地域は大体標準曲線にのっているがI地域はやや早めに出ている傾向が認められる。

(2)  $20 < h \leq 30$  km

この深さに属するものは資料が少ないので確実なことが云えないが, AおよびC地域は標準曲線より早い傾向がある。

(3)  $30 < h \leq 40$  km

A地域はばらつきは大きい△が430~460 kmで3~4秒早く出ている。C地域でもばらつきは大きい, やや早く出ている傾向がある。F地域では△が100 km以上では早く, 100 km以下では遅くなる傾向で, 同じことがG地域でも△が100 km以上では早く, それ以下ではおそい。I地域ではやや早い傾向にある。

(4)  $40 < h \leq 50$  km

F地域ではやや早く, 資料が少く不確実ではあるが, G地域ではややおそい。

(5)  $50 < h \leq 60$  km

B地域では資料が少ないので不確実であるが, やや早い。

F地域およびG地域はいずれもやや早い傾向にある。I地域はほぼ標準曲線にのっている。

(6)  $60 < h \leq 70$  km

A地域はややおそい傾向である。

(7)  $70 < h \leq 80$  km

C地域は不確実であるがややおそい。F地域はやや早い傾向にある。

2) S波の場合

(1)  $h \leq 20$  km

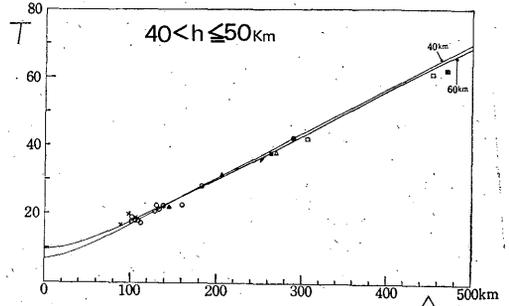
DおよびI地域はばらついているがほぼ標準曲線にのっている。I地域についてはP波と異なっている。

(2)  $20 \leq h < 30$  km

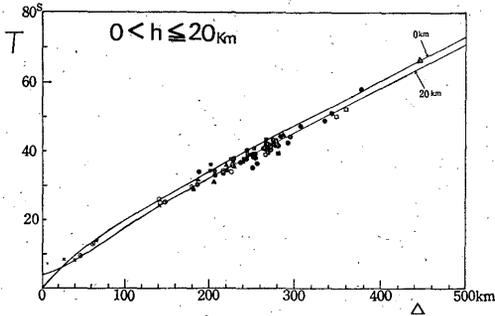
C地域は資料が少なく不確実であるがやや早い。

(3)  $30 < h \leq 40$  km

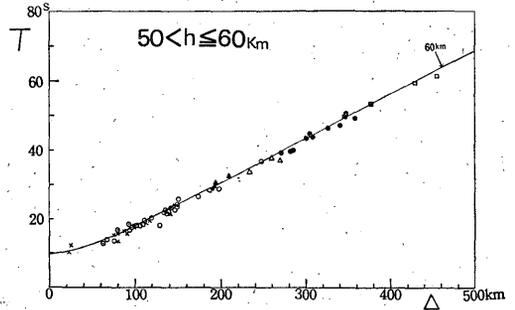
A, CおよびD地域は標準曲線よりやや早い。F, G地域では $\Delta$ が110 km以内では標準より遅く、F地域ではそれ以上ではやや早い。またI地域は標準より早く、不確実ではあるがJ地域ではやや早い。



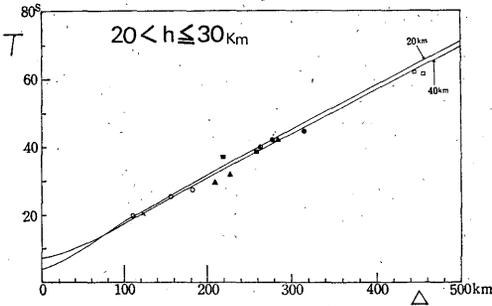
(d)



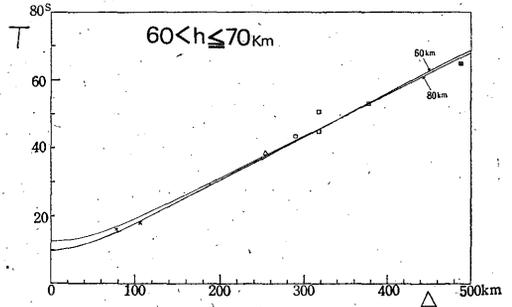
(a)



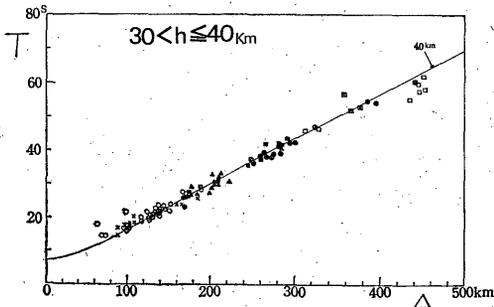
(e)



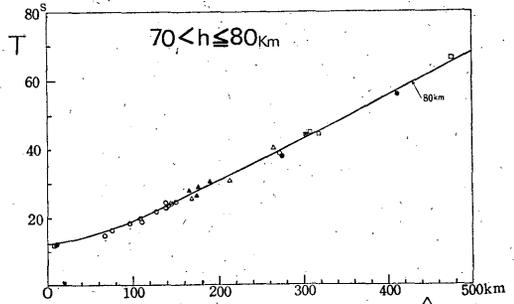
(b)



(f)



(c)



(g)

第16図 P波走時曲線図

(4)  $40 < h \leq 50$  km

F地域では大体標準に合っているが、これはP波の場合と異なる。G地域では不確実であるが、やや標準より遅れている。

(5)  $50 < h \leq 60$  km

F地域では標準よりやや早い、G地域では大体標準曲線にのっている。後者はP波と異っている。

(6)  $70 \leq h \leq 80$  km

C地域は資料は少ないが、やや標準より遅れているが、F地域はやや早い。

地域は大体標準曲線に合っている。

4) F地域(福島県沖, 福島県東方はるか沖)では  $h=30 \sim 50$  km  $\Delta=100$  km 以内では標準曲線よりやや遅く、それ以上では早い。またはこれ以上深くなっても全般にやや早い。

5) G地域(仙台湾, 金華山沖)では  $h=30 \sim 50$  km では約110 km 以内では標準曲線よりややおそく、それ以上では早い。F, G地域ともこの境界はかなり明確なものである。

6) I地域(三陸はるか沖)では  $h=40$  km まで標準

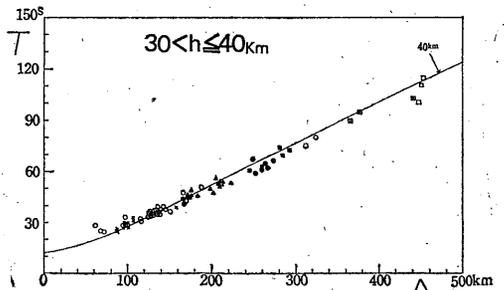
§ 5 まとめと考察

前述の結果をまとめて第18図(a)(b)に示してあるが、これらよりみて

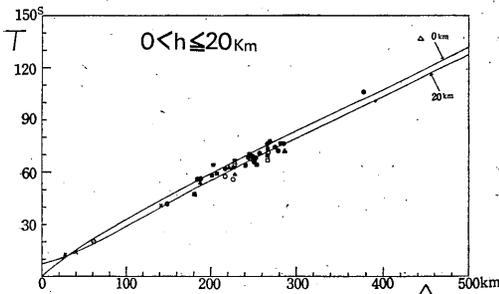
1) A地域(房総沖, 南関東)では  $h$ (震源の深さ)  $=30 \sim 40$  km で標準曲線よりかなり早い、 $h=60 \sim 70$  km でやや遅くなっている。

2) C地域(鹿島灘, 茨城県沖)では  $h=20 \sim 40$  km で標準曲線よりやや早く  $h=70 \sim 80$  km でやや遅くなっている。

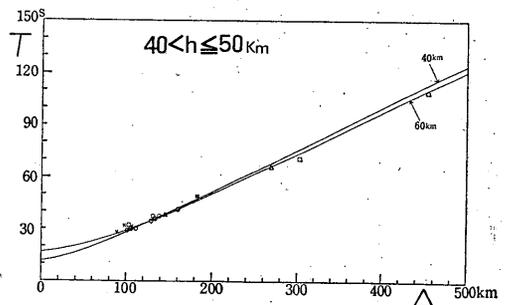
3) D地域(茨城県沖(東), 関東東方はるか沖)この



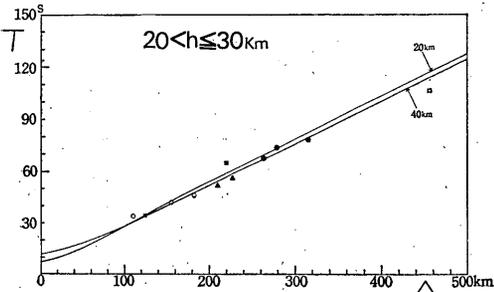
(c)



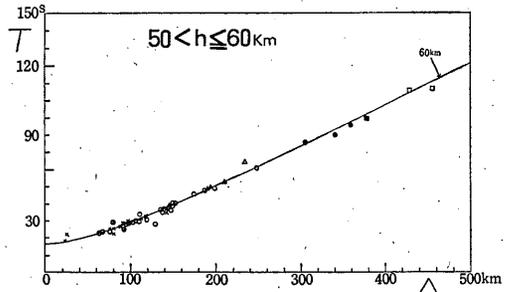
(a)



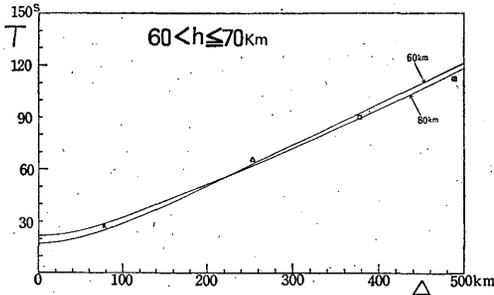
(d)



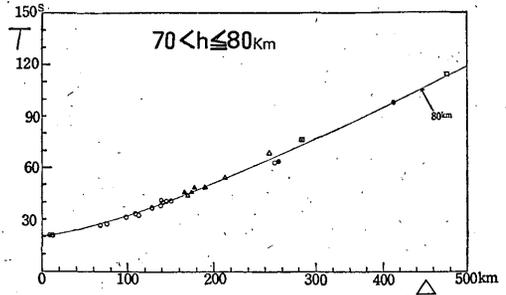
(b)



(e)



(f)



(g)

第17図 S波走時曲線図

深さ km	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
10				○					f	
20			f							
30	○		f	○		f	f		f	
40		f				f	f		○	
50						f				
60	f									
70			f			f				
80										

$F(F)$ : 標準曲線より早い (不確定)  
 $f(f)$ : 〃 遅い (〃)  
 $f(f)$ : 〃 遅い (〃)  
 $f(f)$ : 〃 遅い (〃)  
 $○(○)$ : 〃 に合っている (〃)

(a)

深さ km	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
10				○					○	
20			f							
30		f	f	f		f	f		f	f
40	f		f			f	f			
50						f	f			
60										
70						f				
80			f			f				

(b)

第18図 a) P波の場合 b) S波の場合

第8表 地殻内のP波の速度

和達・益田 (1933)		鉦田(茨城県) (1959)		田村(福島県) (1959)		石淵(岩手県) (1959)		釜石(岩手県) (1959)	
深さ km	速度 km/sec	深さ km	速度 km/sec	深さ km	速度 km/sec	深さ km	速度 km/sec	深さ km	速度 km/sec
0	3.20	0.92	1.74			0.53	2.51		5.75~
		4.3	5.5				5.75~	0.5~2.5	5.85
10	5.25				6.2	10~	5.85		6.10~
						15			6.20
20	6.34		6.2			20~	6.10~		
				24		25	6.20	20~	
30	7.11	27.5						25	
40	7.44				7.7		7.5		7.5
50	7.59		7.7				8.0		8.0
60	7.71								
70	7.87								

曲線よりやや早い, それより深い所では大体合っている。これらの結果は関東, 東北各地で行はれた人工爆破から推定される地殻構造第8表の結果とは矛盾しない。

### 参 考 文 献

- 1) 気象庁地震課; 地震予知のための予備調査 (3), 測候時報, 26 (1959), 419~424
- 2) 浜松音蔵; 東京における初動方向からみた地震活動域について, 験震時報, 24 (1960), 115~120
- 3) 本多弘吉・竹花峰夫; 三陸沖強震の余震, 昭和8年3月3日三陸沖強震及津波報告, (1933), 61~70
- 4) 中央気象台地震係; 昭和13年11月5日福島県東方沖地震及び同余震調査報告, 験震時報, 10 (1938), 528~545
- 5) 正務章; 東京有感地震の波初動及び地震記象型と震央位置との関係に就いて, 験震時報, 11 (1941), 469~511
- 6) 宇津徳治・関彰; 余震区域の面積と本震のエネルギーの関係, 地震, 7 (1954), 233~239
- 7) 宇津徳治; 初動のかたよりについて, 験震時報, 21 (1956), 13~20
- 8) 中西盆・永松武生; 三陸沖地震に於ける波初動と震央位置との関係について, 験震時報, 12 (1941), 49~54
- 9) 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) 48~51
- 10) 玉城逸夫; 浅発地震の走時より出された日本の表層構造, 同誌, 地震, 7 (1954) 1~7, (1955) 226~232
- 11) T. Matuzawa: On the Crustal Structure in North-East Japan by Explosion Seismic Observations B.E.R.I., 37 (1959), 123~154
- 12) T. Matuzawa, T. Matumoto and S. Asano: On the Crustal Structure Derived From Observations of the Second Hōkoda Explosion B.E.R.I., 37 (1959), 509~524