

宇都宮の地震観測資料からみた関東地方周辺の 地震活動域について*

宇都宮地方気象台**

550.340.1

§ 1 まえがき

この調査は宇都宮において観測された地震観測資料を用いて、関東地方およびその周辺における地震活動域その他について、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要領⁽¹⁾」にもとづいて調査したものである。

(1) 観測資料と地震計

調査に使用した観測資料は昭和20年から昭和36年までの期間のウィーヘルト地震計の記録で、調査条件に適したものを使用した。

なお昭和28年には水平動地震計に精密記録装置が取付けられ、記象紙の送りが1分間30 mmから60 mmとなった(上下動は従来通り30 mm)。

この期間における地震計の常数はほぼ第1表のとおりである。

第1表 地震計常数值

成分	倍率	周期 sec.	摩擦値 m. m	制振度
南北動	75~96	4.3~5.3	0.14~0.4	3~8
東西動	74~94	4.5~5.3	0.15~0.4	3~8
上下動	72~80	4.3~5.0	0.2~0.6	4~7

§ 2 初動方向の分布による地震活動域について

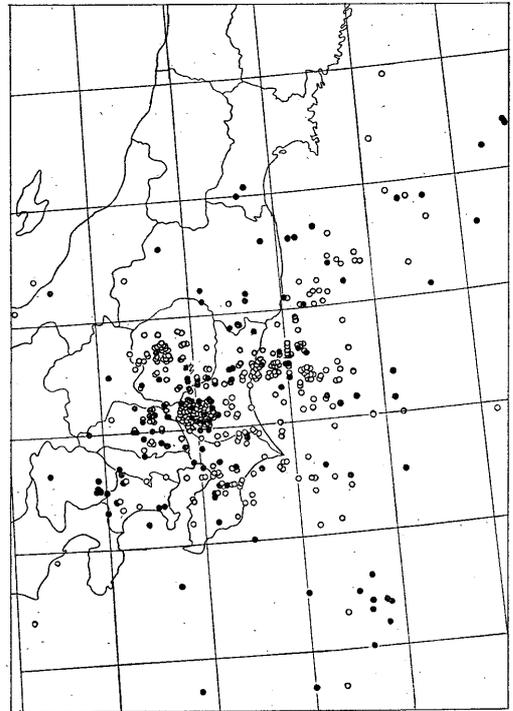
(1) 初動の押し、引きの分布

深さ100 km以内の震源及び初動の明瞭な関東地方およびその周辺地域の地震について、初動の押し、引きにしたがって震央の位置に●(押し)、○(引き)を記入したのが第1図である。ここに使用した資料の総計は396回、内押しが114回、引き282回である。

この震央分布によって地震の活動域を区分したものが

* Utsunomiya L.M.O.: Investigations of Seismic Activity from Seismograms Obtained at Utsunomiya (Received September 2, 1969)

** 担当者: 金丸元, 増山 満



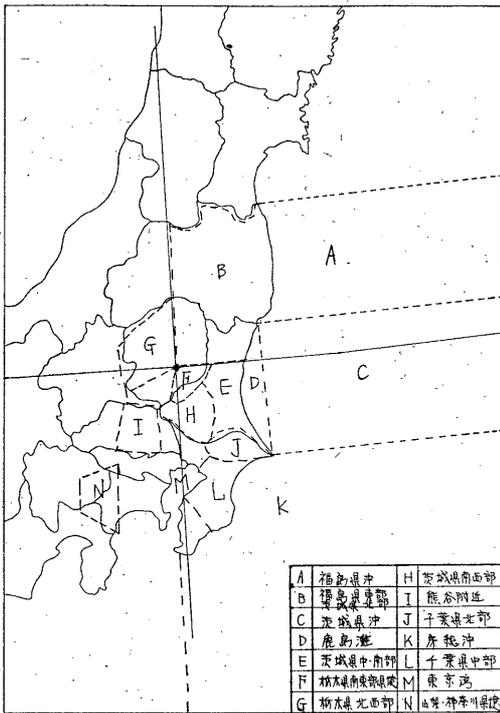
第1図 初動押し、引きの平面分布

●: 押し ○: 引き

第2図で、これはあくまで調査上の必要から区分したものであり、大局的に地震活動の単位を決めるには各所の調査結果によって決定されるものであろう。

関東地方及びその周辺の、初動の押しについて平面分布を見ると、埼玉県中部(この地域は押し、引きが半数)を中心とし、栃木県南東部県境を通り、茨城県北部から福島県東部をさらに北東にのび福島県沖北部に、また東京湾北部から千葉県中部を通して房総はるか南東沖に達するもの、もう一つは南西方向の神奈川・山梨県境付近の地域にまとまって観測されている。

第1図に使用した資料を用い、初動の押し、引きの立体的な分布を東西断面で作ったものが第3図(4)―(6)で、

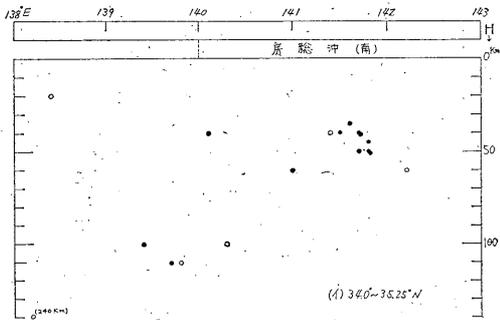


第2図 地域区分

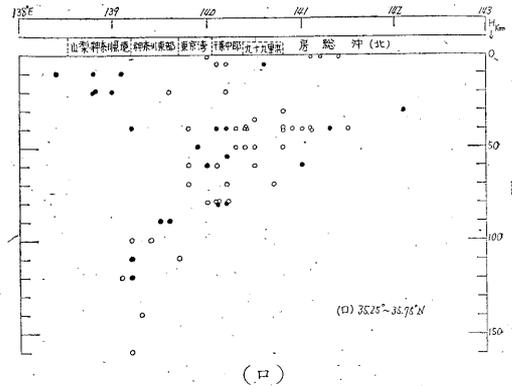
断面図は震源地（前記区分地域）の把握ができるよう南から $34^{\circ}\sim 35\frac{1}{4}^{\circ}\text{N}$, $35\frac{1}{4}^{\circ}\sim 35\frac{3}{4}^{\circ}\text{N}$, $35\frac{3}{4}^{\circ}\sim 36\frac{1}{4}^{\circ}\text{N}$, $36\frac{1}{4}^{\circ}\sim 37.0^{\circ}\text{N}$, $37.0^{\circ}\sim 38.0^{\circ}\text{N}$ の緯度で作成した。これらの区分による各震源地域の特徴を列記すると次のようになる。

$34.0^{\circ}\sim 35\frac{1}{4}^{\circ}\text{N}$ は、房総はるか南東沖から関東東南方沖の地域で、総数は少ないが押しが多く、東に行くにしたがって浅くなり、房総はるか南東沖では大半の地震が $30\sim 50\text{ km}$ の深さで起っている。

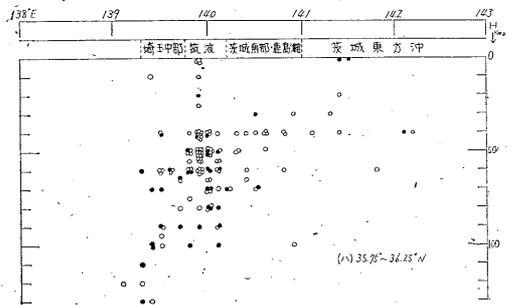
$35\frac{1}{4}^{\circ}\sim 35\frac{3}{4}^{\circ}\text{N}$ は、房総沖の北部、九十九里浜、千葉県中部、東京湾、神奈川・山梨県境等の地域で、神奈川・



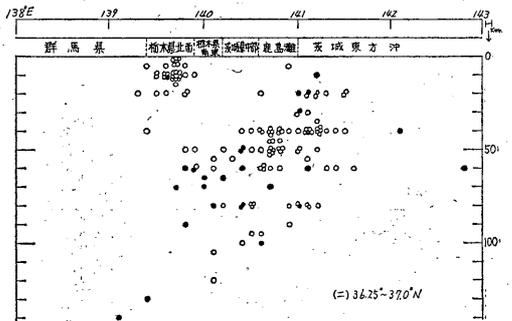
(イ)



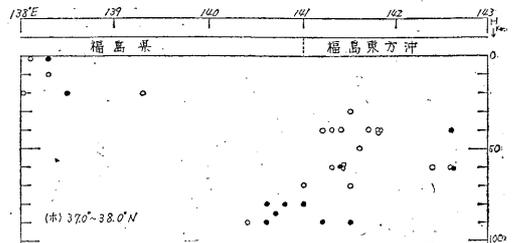
(カ)



(ク)



(キ)



(コ)

第3図 (イ)~(ホ) 初動の押し、引きの垂直断面の分布

● : 押し ○ : 引き

第2表 地域別初動の押し、引きの割合

地域 符号	地 域	押し、引きの回数			地域 符号	地 域	押し、引きの回数		
		●(押し)	○(引き)	計			●(押し)	○(引き)	計
A	福島県沖	14	23	37	H	茨城県南西部	15	50	65
B	福島県東部 茨城県北部	10	1	11	I	熊谷附近	12	13	25
C	茨城県沖	12	50	62	J	千葉県北部	2	11	13
D	鹿島灘	3	33	36	K	房総沖	15	19	34
E	茨城県中南部	4	14	18	L	千葉県中部	6	16	22
F	栃木県南東部県境	7	7	14	M	東京湾	2	3	5
G	栃木県北西部	2	40	42	N	山梨・神奈川県境	10	2	12

山梨県境付近では非常に浅い所で地震が発生し、その80%以上が押しである。この地域より東は不連続に深さが深く(100 km以上)60~70%が引きとなっている。

さらに東進すると震源は次第に浅くなり、千葉県中部で40~80kmの深さに分布し、銚子沖では深いものでも40 km位となっている。

35° $\frac{1}{4}$ °~36° $\frac{1}{4}$ °Nの地域は茨城県南部から、千葉県北部、茨城県南西部、埼玉県中部で、特に茨城県南西部は地震が多く、40~100 kmの深さで発生、75%が引きである。埼玉県中部の地震は深さ100 km前後のものが非常に多く、押し、引きは同数程度である。

36° $\frac{1}{4}$ °~37.0°Nは、茨城県沖から鹿島灘にかけて引きが非常に多く、押しは15%前後で比較的浅い所で起っている。内陸に入り西に進むにしたがって深く栃木県南東部は60~80kmの深さで起こる地震が多く、95%が押しとなっている。

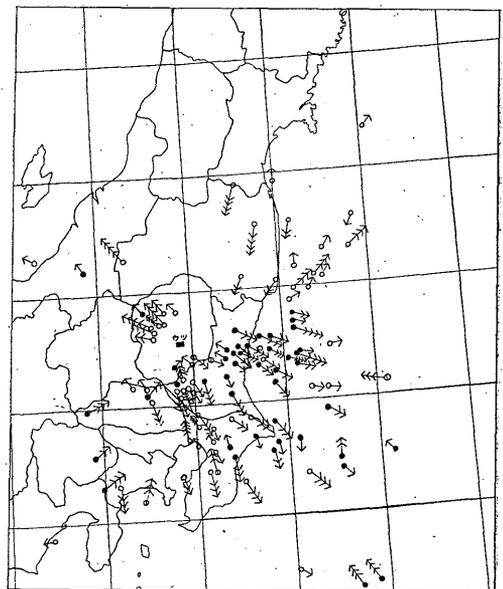
37.0°~38.0°Nの福島県沖は、深さ40~70kmに発生し、大半が引きであるが、沿岸に近くこれより深い所は押しとなっている。沿岸から福島県東部にかけては深さも80~90kmで、ほとんどの地震が押しを示している。

関東地方付近の震源地域別に初動の押し、引きの割合を取ったものが第2表で、第3図を組合せることによって、よりよく地域の特性を知ることができる。たとえば栃木県北西部の地域は非常に浅い地震が多く、95%が引きであり、神奈川・山梨県境も浅い地震が多いが初動は80%以上が押しである。

(2) 初動方向のかたより

初動方向のかたよりと地殻構造の関係については宇津⁽²⁾等の調査報告がある、同様な方法で宇都宮における場合を、前項と同じ資料を使用し、初動水平成分を合成

したものが、震央にたいしどのようになっているか、また震央位置によってどのような特徴があるか等を調べた。第4図は初動水平成分を地図上に記入したもので、この図の矢印は観測所(ウツ)における初動の向を、おのおの震央に平行移動したもので矢の数によって初動の大きさを区別した。矢の先が一つのもののは8 μ 以下、二つが、8~20 μ 、三つ20~50 μ 、四つ50 μ 以上の4種になっている。また初動が震央に向かって右にかたよって



- : 右にかたよっている
- : 左にかたよっている
- ① : かたよりなし

第4図 初動水平成分の分布

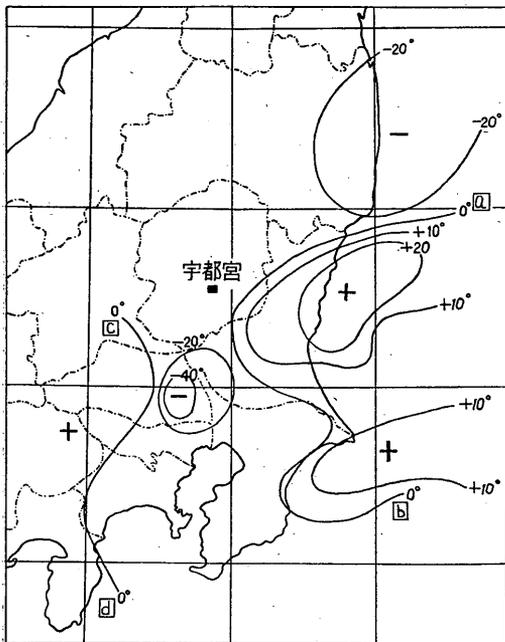
る場合黒丸(●), 左にかたよっている場合を白丸(○)で示したものである。

初動のかたよりの角度には, 地図や初動の読取り, 震央の位置の決定等による誤差がふくまれており最大 10° 近くになることもある。宇都宮の初動のかたよりを角度で示したのが第5図で, 数字は角度(初動方向が震央に向かって右にかたよっている場合を+, 左を-とする)である。

初動のかたよりの分布は地域により割合一致した傾向を示している。すなわち第5図の a~b, c~d の曲線によって境界が引ける。震央が宇都宮より東から南南東にある時は千葉県北部をのぞいて右(+)にかたよっている。又太平洋沿いの 37°N を境として南と北のかたよりは非常に不連続である。

(3) むすび

初動の調査をおこなった結果は各項の中に記したが, 押し・引き, かたよるかた等については地域によって明瞭な特徴を示している。また東西の震源断面図からは内陸の 139°E 付近から東進するにしたがって, 震源の深さは連続的に浅くなっているのが見られる。しかし分布の巾や傾斜は地域によって明瞭にちがっている。又一方向の断面であるが, 内陸部の福島県西部, 栃木県北西部, 山梨・神奈川県境のようにほとんどの地震が 20km より



第5図 初動のかたよりの角度

浅い所で発生, この地域は完全に独立した一つの震源地域を示している。

§3 走時曲線からみた地下構造について

(1) 資料

前章の調査に使用した資料のうち, P 波が iP 又は P と観測され, 震央距離 500 km 以内の深さ 80 km より浅い地震について, 和達・益田の走時曲線を標準とした時, 宇都宮における各地域の走時のかたよりについて調査を行った。

(2) 地域区分

ここでも地震活動の地域区分は, 前章の区分(第2図)にしたがって14の地域に区分した。しかし, 地震回数が少なく, 地域の特性を見ることができず, 区分を統合した方がよいと考えられる地域もあった。

(3) 走時曲線図

縦軸に宇都宮で観測した地震の初動の走時をとり, 横軸に震央距離をとって各深さ別に, $0 < h \leq 20\text{ km}$, $20 < h \leq 30\text{ km}$, $30 < h \leq 40\text{ km}$, $40 < h \leq 50\text{ km}$, $50 < h \leq 60\text{ km}$, $60 < h \leq 70\text{ km}$, $70 > h \leq 80\text{ km}$ の走時曲線図を書いたのが第6図(イ)-(ト)で実線は和達・益田の標準走時曲線, 記号は各地域(第3表)を表わしている。

(イ) $0 < h \leq 20\text{ km}$

この深さの走時は茨城県沖の地震で震央距離 $125 \sim 180\text{ km}$ の地域に発生したものの中には, $3 \sim 4$ 秒程度遅れているもののがかなりあり, 全般に遅れの傾向を示している。他の地域はほぼ標準に近いが, 房総沖, 神奈川・山梨県境で早く出ているものがある。

(ロ) $20 < h \leq 30\text{ km}$

この深さの地震は非常に数は少ないが, 茨城県沖の地震で震央距離 $120 \sim 140\text{ km}$ の所で遅いのが見られ, 房総沖の九十九里浜付近でやや早め, はるか沖の $260 \sim 300\text{ km}$ の所で若干遅れている。福島県沖の地震はよくのっている。

(ハ) $30 < h \leq 40\text{ km}$

福島県沖の地震は震央距離 300 km 以内で遅れて出ているものもあるが割合標準に近く, 300 km 以遠で $2 \sim 3$ 秒遅れている。茨城県沖の沿岸に近い鹿島灘ではほぼ標準にのっているが, 震央距離が大きくなるにしたがって早く出るもの数が多くなっている。又千葉県北部・中部のもので早いものがある。

(ニ) $40 < h \leq 50\text{ km}$

この深さの資料は少ないが割合標準走時にのっている。ただ福島県沖のもので遅いものがある。

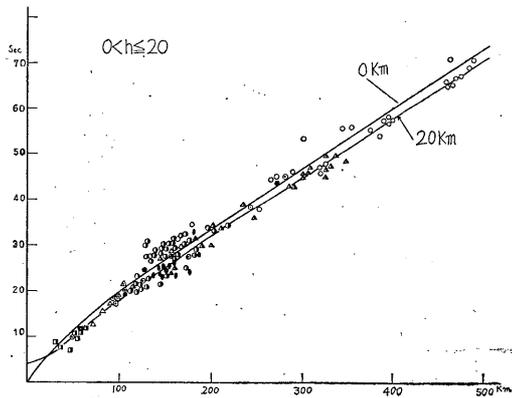
(ホ) $50 < h \leq 60\text{ km}$

震央距離の小さい福島県沖の地震で遅く、大きい所で2,3 早く出ているが、傾向としては標準走時にのっている。千葉県北部と中部では明瞭に走時差が現われ、前者は早く、後者は標準に近いか遅目であり、房総沖も遅

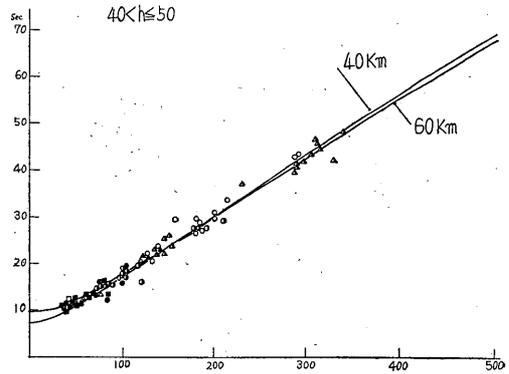
くなっている。

(へ) $60 < h \leq 70$ km

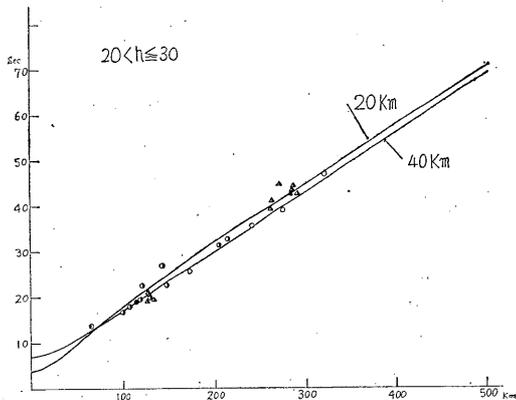
資料少なく2,3の地震が千葉県北部で早く、中部で遅くなっているほかはほぼ標準にのっている。



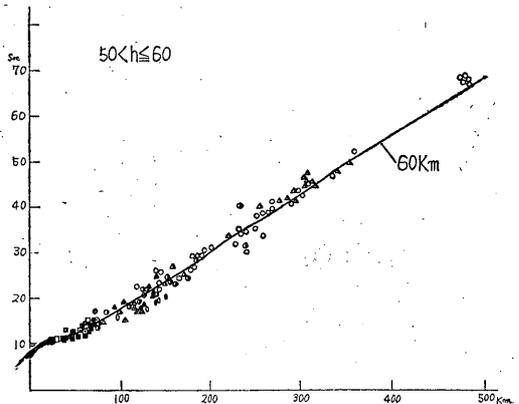
(イ)



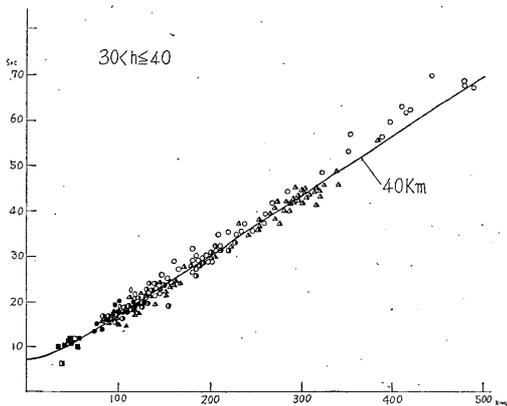
(ニ)



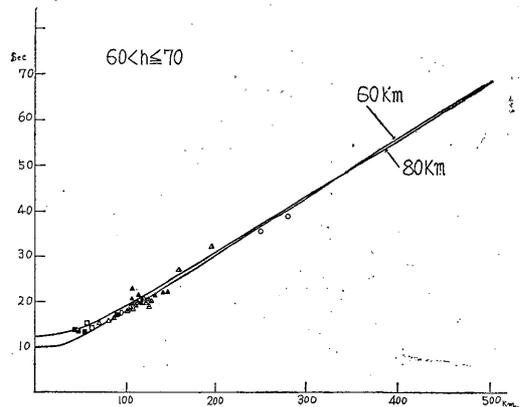
(イ)



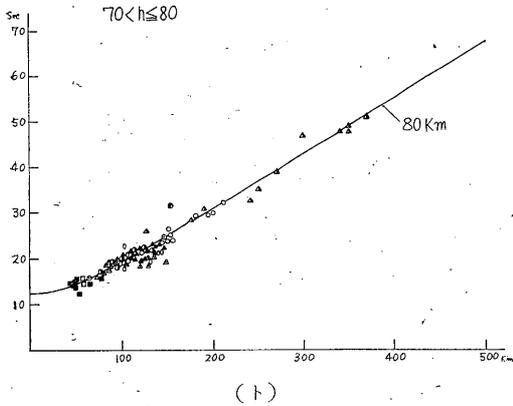
(ホ)



(ハ)



(ヘ)



第6図 走時曲線図 (イ)―(ト)

は標準に近いか遅い傾向となる。茨城県南西部の地震はほぼ標準にのっている。

(ト) $70 < h \leq 80$ km

千葉県北部・中部で震央距離 100 km を越すと早くなり、東京湾・茨城県南西部でも早くなる傾向を示している。

(4) むすび

以上標準走時曲線と各地域の走時差について、深さ別に調査した結果を表にしたのが第4表で、大要は次のとおりである。

(イ) 福島県沖は深さ 50 km より浅い地震や、震央距離 km 以下の地震で標準走時曲線より遅く、それ以外のものはほぼ標準にのっているがやや早めの傾向が見られる。福島県東部、茨城県北部の地震は標準に近い。

(ロ) 茨城県沖、鹿島灘は深さ 50km 付近で早く、他

第3表 地域記号

No. 9

記号	地域	地域	記号	地域	地域
○	A	福島県沖	■	H	茨城県南西部
◎	B	福島県東部 茨城県北部	△	I	熊谷付近
●	C	茨城県沖	△	J	千葉県北部
●	D	鹿島灘	▲	K	房総沖
□	E	茨城県中南部	▲	L	千葉県中部
□	F	栃木県南東部 県境	○	M	東京湾
■	G	栃木県西北部	●	N	山梨・神奈川県

第4表 地域と深度別走時差

地域			深 土 別 走 時 差						
符号	地域	記号	$0 < h \leq 20$	$20 < h \leq 30$	$30 < h \leq 40$	$40 < h \leq 50$	$50 < h \leq 60$	$60 < h \leq 70$	$70 < h \leq 80$
A	福島県沖	○	おそい	標準	はよりおそい傾向	標準	標準	標準	標準
B	福島県東部 茨城県北部	◎	標準	— (1.7おそい)	—	—	標準	標準	標準
C	茨城県沖	●	$\Delta 100-200$ おそい $\Delta < 100$ 早	標準	標準	標準	標準	—	標準
D	鹿島灘	●	標準	標準	標準	標準	標準	—	—
E	茨城県中南部	□	—	—	標準	標準	おそい	標準	標準
F	栃木県南東部 県境	□	—	—	—	—	標準	—	—
G	栃木県西北部	■	多少早め	—	早め	—	—	—	—
H	茨城県南西部	■	標準	—	標準	標準	標準	標準	標準
I	熊谷付近	△	標準	—	—	標準	標準	標準	標準
J	千葉県北部	△	標準	—	標準	標準	早め	標準	標準
K	房総沖	▲	標準	標準	標準	標準	標準	おそい	標準
L	千葉県中部	▲	—	—	標準	標準	標準	標準	標準
M	東京湾	○	—	—	おそい	標準	早め	標準	標準
N	山梨県西北部 神奈川県	●	標準	—	—	—	早め	—	—

(ハ) 千葉県北部の地震は、深さ $50 < h \leq 60$ km で明瞭に早く、 $30 < h \leq 40$ km と $70 < h \leq 80$ km で標準か早めである。千葉県中部の地震は $30 < h \leq 40$ km と $70 < h \leq 80$ km は北部と同様早めであるが、 $50 < h \leq 60$ km では逆に遅めとなっている。

(ニ) 房総沖の地震は九十九里浜からはるか南東海上までの地域を一つの地域として表わしたので走時のばらつきは割合大きい。走時は平均的には標準にのるが、九十九里浜付近の $30 < h \leq 40$ km の地震ではやや早い傾向を示している。

(ホ) 宇都宮における走時の資料から関東地方およびその周辺の状況を総合的にみると、太平洋岸の鹿島灘から茨城県沖にかけて深さ 50 km 付近に走時の早い所がある。北上するにしたがってこの層は深くなり福島県沖で 60~70 km となる。千葉県北部・中部から房総沖にかけて 30~40 km に、千葉県北部と東京湾付近には 50~60 km に、また、南関東全般に 70~80 km に早い層があると思われる。もちろん一つの観測点の走時から地層等を判断することは危険であるが、震央距離のことなる多くの観測点の資料から特定の地域を逐次調査し、それらを総合的に解析することによって、各地域の地震波の速度や地下構造等の実体がより明らかにされると考えられる。この調査は単に統計的な結果をまとめたにすぎないが、多少とも参考になれば幸いである。

§ 4 記象型から見た日本付近の地震活動域の単位について

(1) 同じ地域に起った地震をある一地点で観測した場合、記象型に類似性があるかどうかについて調べた。

使用した資料は1926年から1936年までの11年間に下記の条件に合った138個の地震を対象とした。

- (a) できるだけ3成分が記録されている地震
- (b) 震源地のわかっている地震
- (c) 震源の深さ 100 km 以内の地震

(2) 記象型のモデル

記象型を決めるため次の4種類のモデルを決めた。

- A型：(1) P, S相はほとんど明瞭に現われる。
 (2) 初期微動の振幅はほぼ一様である。
 (3) 振幅の最大はS相の位置にある。
 (4) 最大振幅から最大振幅の半分の振幅の現われる時間が短い。
- B型：(1) P, S相はほとんど明瞭に現われる。
 (2) 初期微動の振幅はほぼ一様である。
 (3) 振幅の最大はS相の位置にある。

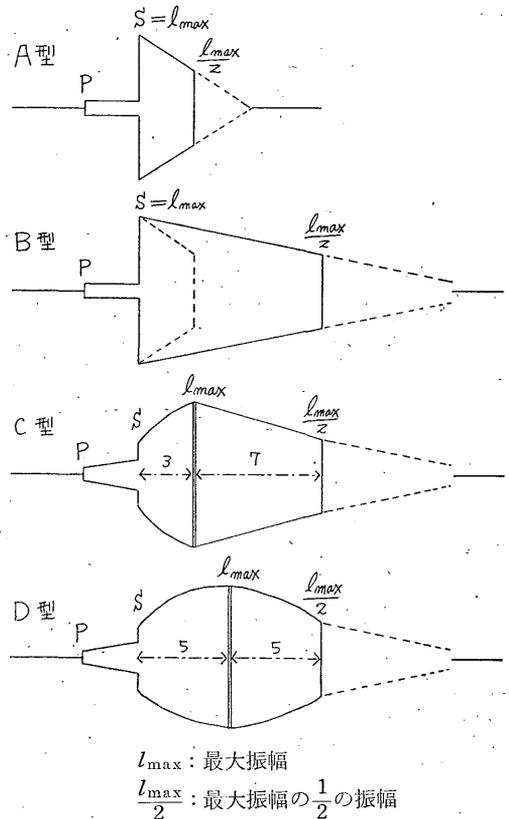
(4) 最大振幅から最大振幅の半分の振幅の現われる時間はA型より長い。

- C型：(1) P相は明瞭に現われることが多いが、S相は不明瞭のことが多い。
 (2) 初期微動は次第に増大する。
 (3) 振幅の最大はS相以後に現われ、最大振幅の位置はS相と最大振幅の半分の振幅の現われる時間のS相より30%以内にある。
- D型：(1) P相の現われ方は明瞭・不明瞭が同じ位であるが、S相は不明瞭のことが多い。
 (2) 初期微動は次第に増大する。
 (3) 最大振幅はS相以後に現われ、S相と最大振幅の半分の振幅の現われる時間のほぼ中間にある。

以上4つの型に分類した。第7図に模型を示し、それらの代表的例を第8図に示す。

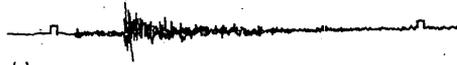
(3) 分布について

各記象型の分布に特徴があるかどうかを見るため震源



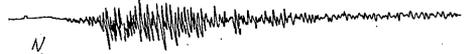
第7図 A, B, C, D型分類の模型図

S



N

S



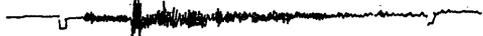
N

W



E

W



E

D



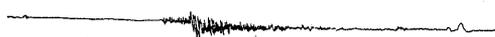
U

記象型の実例

A型 1960年4月16日07時31分 茨城県南西部
36.1°N, 139.9°E 震度 0 h 50 km

C型 1961年3月30日03時10分 茨城県東方沖
36.5°N, 141.5°E 震度 0 h 20 km

S



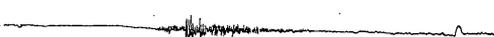
N

S



N

W



E

W



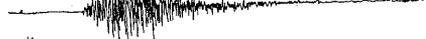
E

D



U

D



U

B型 1957年1月8日22時24分 鹿島灘沖
36.5°N, 140.7°E 震度 0 h 50 km

D型 1961年11月26日05時19分 茨城県東方沖
36.1°N, 141.4°E 震度 2 h 20 km

第8図 記象型の実例

位置にその記象型を記入したのが第9図である。

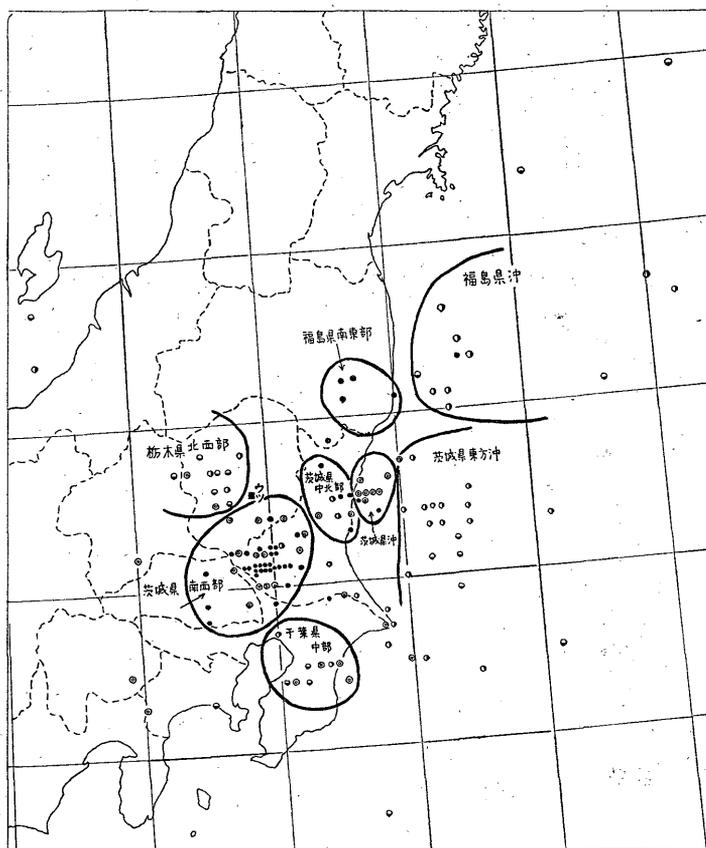
図からいくつかの地震発生地域に分けることができる。それぞれの地域で分類した4つの型の最多出現型を示すと第5表のようになる。

(4) まとめ

図や表からわかるように茨城県南西部を主体とした地

域はA型が多く、その北西すなわち栃木県北西部から群馬県境にかけて起こる地震はD型が多くなっている。また資料数は少ないが福島県南・東部はA型である。

茨城県沖の地震は東経141°を境にして側は最大振幅の周期が1.0秒以上が多いのに対して141°以西は1.0秒以下が多い。また鹿島灘の地震はこの東経141°以西の地震



● A型, ◎ B型, ⊙ C型, ⊖ D型

第9図 記象型の震央分布図

第5図 地震発生地域と記象型

地 域	記 象 型				計	最多記 象型と その割 合(%)	備 考
	A	B	C	D			
福島県南東部	4				4	A 100	
栃木県北西部		2	3	7	12	D 58	
茨城県南西部	30	13	1		44	A 68	
茨城県中・北部	5	2	2		9	A 56	
千葉県中部		4	2	3	9	B 44	
福島県沖	1		8	2	11	C 78	
茨城県沖	2	7			9	B 78	東経141°以西 鹿島灘を含む
茨城県東方沖		2	14	5	21	D 67	東経131°以東

域に含まれるものと考えられる。

なおこの調査では規模の大きな地震は完全な記象が得られないので小規模の地震が主体となっている。

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) 261~265, 369~374, 419~424
- 2) 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
- 3) 正務 章：東京有感地震のP波動および地震記象型と震央位置との関係について験震時報 11 (1941) 469~511