

# 深い地震の機構と記象型に就て（概報）

本 多 弘 吉

一、緒言 前論文<sup>(1)</sup>で著者は震源の深さが極めて浅く、地震に際して震源に於ける地殻の變位が實際觀測される様な場合に、地震計に記録される初動及び一般に記象型が、震源に於ける地殻の運動即發震機構に依つて支配される事を示した。然らば震源に於ける地殻の運動を直接には觀測する事の出来ない深發地震に於ても、地震記象型は矢張り震源に於ける發震機構に依つて支配されてゐるだらうと云ふ事が想像される。實際既に鷺坂氏は二三の深發地震の記象を、震源に於ける適當な發震機構を假定して説明しやうとする注目を公にされてゐる。最近には石本博士は震源にある種の四重源の存在を推定して多くの地震の初動分布を説明され、又河角氏は同様<sup>(2)</sup>な考へから出發して計算を進められてゐる。

本論文で著者は先づ昭和七年四月五日八丈島南方沖及び同二十八日熊野灘に起つた深發地震等を精査し、さきに鷺坂氏の得られた様な關係の存在する事を數量的に確める。次に浅い地震<sup>(3)</sup>で考へた發震機構を謂はゞ立體的に推し擴めた様な考へから、上に得る結果を定性的ばかりでなくかなりの程度迄數量的に説明する。又最近我が國に起つた幾つかの著しい深發地震の機構の間には密接な關係のあることを示

し、之から我が國附近の地下數百籽の深處に働いてゐると考へられる歪力に言及する。

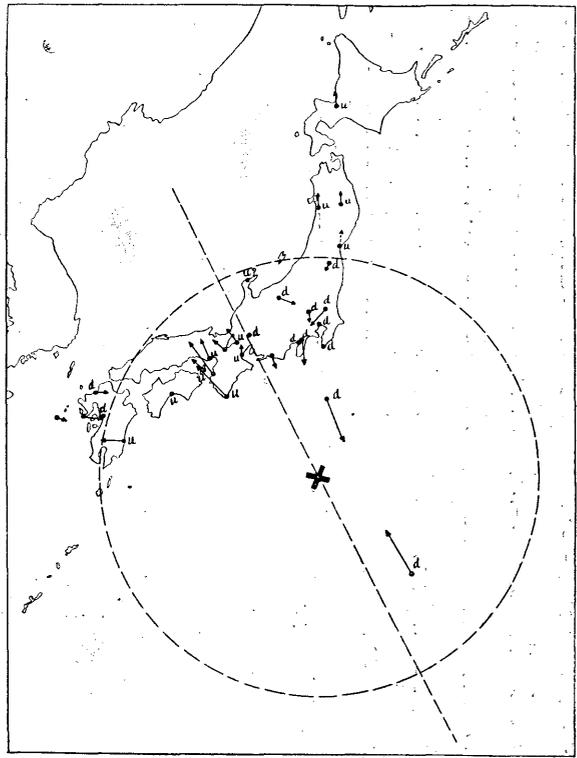
尙便宜上本論文には觀測値等は總て省略し、極めて概要を記すに止め、詳細は岡田臺長閣下の御許しを得て中央氣象臺歐文彙報にのせて戴き度と思つてゐる。

二、最近我が國に起つた二三の深發地震を精細に調査し、初動の分布並びに大いさ、記象型の配布等を出來る丈數量的に調べやう。

(イ) 昭和七年四月五日四時十八分頃の八丈島南方沖の地震

震央は東經一三九・一四度、北緯三〇・五四度、八丈島の南々西約二百九十籽に當る。震源の深さは約二百籽、八丈島及び父島で人身感覺があつた他に關東地方の東半部及び奥羽地方の南東部は例の如く異常震域となつた。

初動の水平成分を地圖上に記入すると第一圖に示すが如くなり、一目して初動分布に依つて全地域は震央を過ぎる北二十二度西の直線と震央を中心とする半徑約八百二十籽の圓とで四つに區分される事が分る。之等二つの線は其の近くでは初動の大いさが著しく小さく且つ其の兩側では方向相反する事から夫々P相節線或は節圓と呼ばれてゐるものである。一方發震時の走時曲線の彎曲點の震央距離は約八百五十籽と求められるから此處に述べた節圓は震源から略々水平に出た震波線の地表に到達したものに他ならない。従つて地表下約二百籽の震源附近では鉛直面と水平面とで四區域に分つ時、相對する二つの區



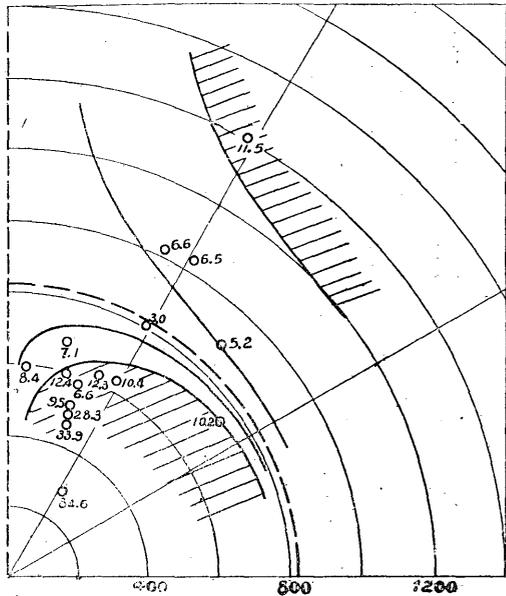
第一圖 八丈島沖地震初動分布圖

域では初動は密波、他の二つでは疎波となつてゐる事が分る。

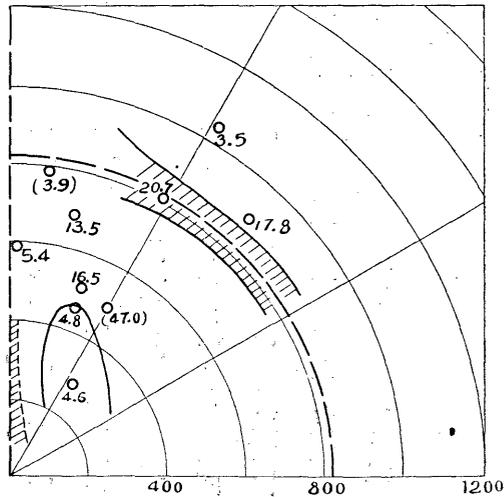
初動の大きさに就ては北二十二度西の節線並びに震央を過り之に直角な直線に關して對稱であるとし、震央を原点、節線を縦軸、北六十八度東の直線を横軸に取り、初動の水平並びに上下成分を組合せて記入したものを第二圖に示す。節線及び節圓の近くでは初動が著しく小さいこと等の關係が綺麗に表はされてゐる。又淺い地震の調

査の時に行つた様に、記象型の配布を見る爲P相或はS相が始つてから大體十秒以内の最大全變位を夫々[P]或は[S]で表はし[S]<sub>1</sub>[P]の分布圖を作ると第三圖の如くになり、之から節線の近くではS波の振幅はP波に比べて非常に大きいことがよく分る。

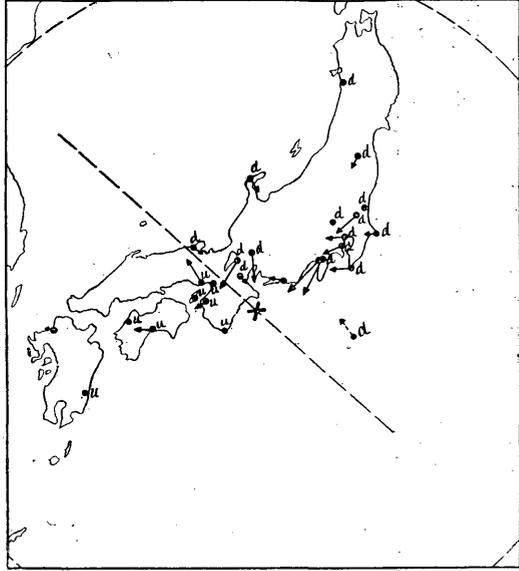
(ロ) 昭和七年四月二十八日十二時四十三分頃の熊野灘の地震 震央は東經一三六・七七度、北緯三四・〇〇度、熊野灘に當り、震源の深さは約三百軒、關東地方の一部が異常震域となつてゐる。第四圖に初動の水平成分の分布を示す。震央を過る北五十一度西の直線がP相節線となり、其の東側では初動は疏波、西側では密波となつてゐる。前の八丈島沖の地震の節圓に相當するものは見當らないが、此の地震では節圓が現はれるとしても其の半径は千軒を越へるべきで、恐らく此の地震の勢力が余り大きくはなかつた爲遠方では充分驗測出來なかつたであらう。かく考へると此の地震の機構は本質的には前者と全く



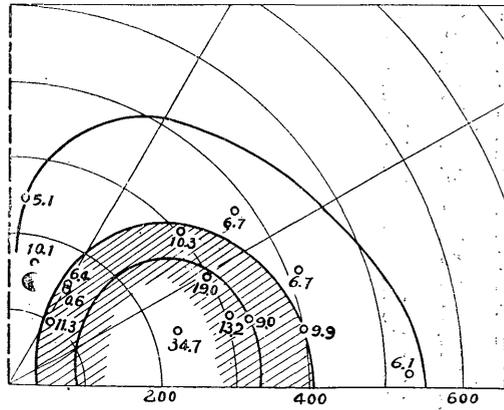
第二圖 八丈島沖地震初動の大きさ(ミクロン)



第三圖 八丈島沖地震  $\begin{matrix} [S] \\ [P] \end{matrix}$



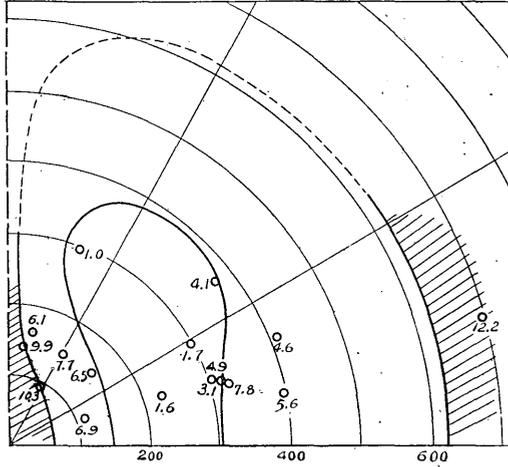
第四圖 熊野灘地震初動分布圖



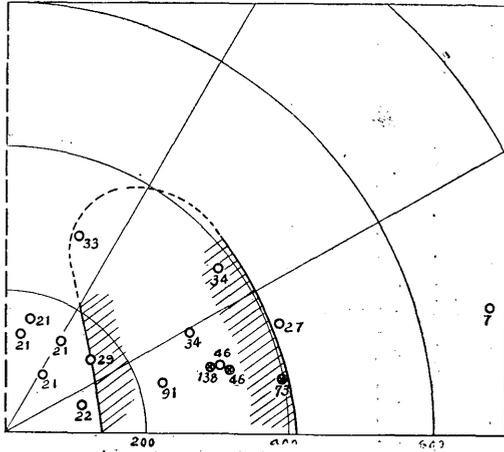
第五圖 熊野灘地震初動の大きさ(マイクロン)

同一である事が分る。北五十一度西の節線を縦軸に北三十九度東の直線を横軸を取る。初動の大きさは第五圖に示す様に極めて規則正しく分布され節線の近くでは小さく横軸上原点から二百軒前後の邊が極大となつてゐる。SPは第六圖に見られる様に節線の附近で極大で初動の極大である邊で極小となつてゐる。更にP及びSの分布圖(第七圖及び第八圖)を見ると、特に⊗で表はした柿岡、東京、横濱の様に異常震域に屬する地點では規則正しく分布されてゐる他のものに比べてPもSもどちららもづつと大き

い。即異常震域の地では之迄屢々述べられた様に地震波の週期が非常に短いばかりでなく、振幅も異常に大きい事が分る。



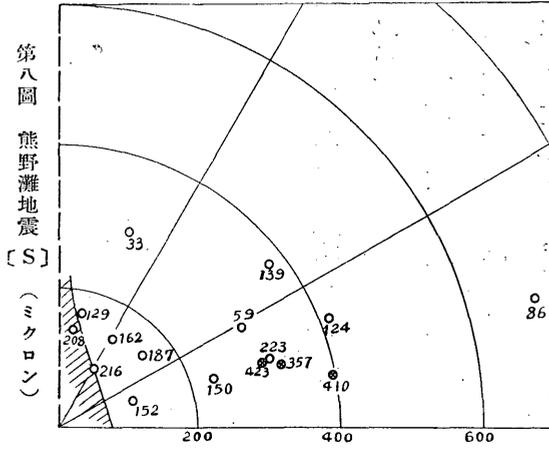
第六圖 熊野灘地震  $\left[ \frac{S}{P} \right]$



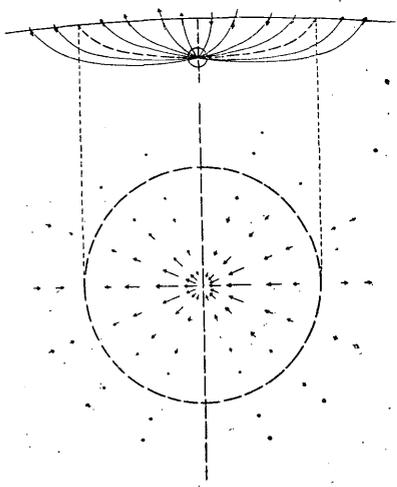
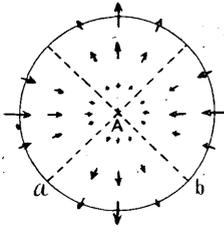
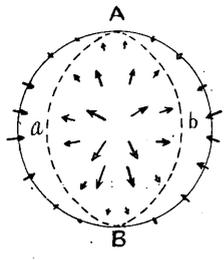
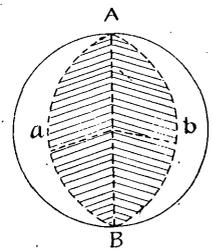
第七圖 熊野灘地震 [P] (ミクロン)

三、深發<sup>(7)</sup>地震の機構と記象型 上に八丈島沖の地震の調査からも知れた様に、震源の極めて深い地震では震源のまはりに或る大いさの球を考へ、其の中心O點を過り互に直交する二つの平面で球面を四等分したとする。而して其の相對する二つでは地震を惹き起した力、又は地震に際しての最初にして恐らく

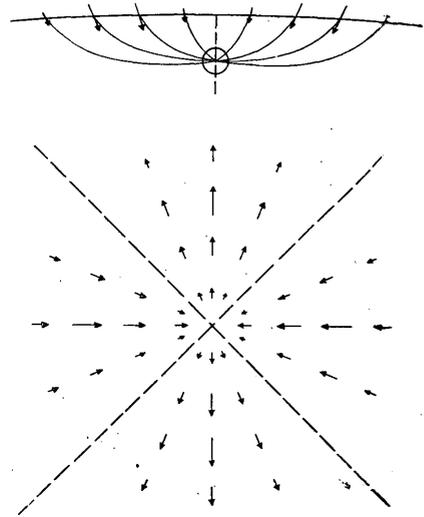
最大の變位はO點の方に向き他の二つではO點と丁度逆に向いたとする。且つ其等の力又は變位の大きさは球面を四等分する二つの大圓の近くでは小さく、其等の中間では極大であるとする(第九圖)。地震波



第九圖



第十圖



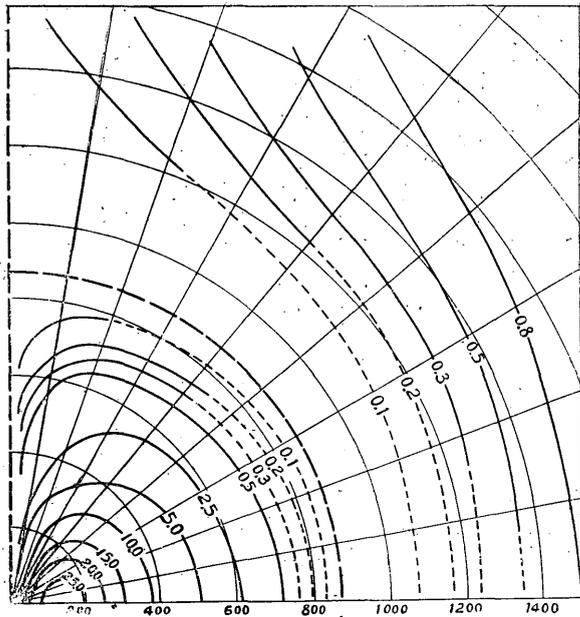
第十圖

の速度が地表からの深さを増すと共に大きくなる事も勿論考慮に入れる。震源で球の  $A B$  軸が水平に、 $A a B$  面が鉛直になつてゐるとすると地表に於ける初動分布は第十圖に示す様になり八丈島地震の場合と全く一致する結果を得る。 $A B$  軸が鉛直に向いてゐる時は地表に於ける初動分布は第十一圖に示す様になり、昭和六年二月二十日の日本海北部の地震とか、又恐らくは昭和六年六月二日の益田川中流域の地震も之に屬すると

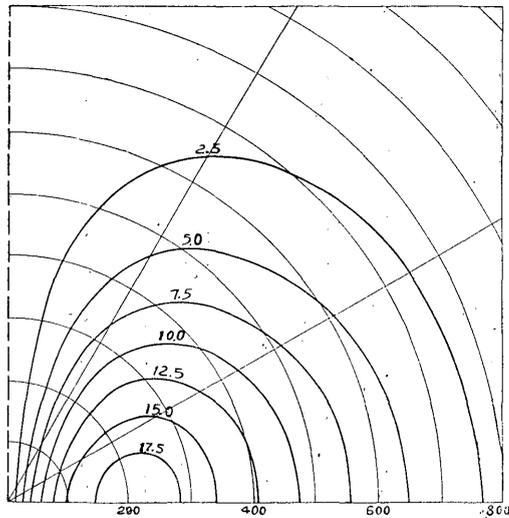
思はれる。 $A B$  軸及び  $A a B$  面が種々の位置を取るにつれ地表に於ける初動分布の更に複雑な形式が導かれる。

次に此等の事柄を幾らか數量的に考へて見よう。震源のまはりに半徑  $r_0$  なる球面を考へ、其の上で變位は半徑の方向にのみ起り、其の大きさは第九圖に示した様に、 $O$  點を原點とし  $O a$  線を軸とする球座標に關して  $\sin 2\theta \cos \varphi$  に比例するとする。 $P$  波の速度で傳播する此の形の變位は無限に擴つた彈性體內に傳はる振動の一つの特解<sup>9)</sup>であり得る。今  $O a$  が地表に垂直に上方に向いてゐるとし、半徑  $r_0$  の球面上で半徑の方向に  $A_0 \sin 2\theta \cos \varphi e^{i\omega t}$  なる形の變位が週期的に起つてゐるとする。數學的には隨分不完全で

はあるが、河角氏も一二の場合に就て既になされた様に、震源の深さが極めて深いことから震源附近では無限に擴つた弾性體に關する理論が成立するとする。之に地殼の均質でないことや表面の影響等を附加して考へることとする。0と $\theta$ の角をなし震源から $\theta$ の増す方向に一度の開きを以て射出された震波線が地表に於て $d\Delta$ の幅を持つとし、其の點に於ける射出角を $\epsilon_0$ とする。途中でエネルギーは吸



第十二圖  $\sqrt{\frac{\sin \theta}{\Delta \sin \epsilon_0 d\Delta}} \sin 2\theta \cos \varphi (10^{-3} \text{ 秒}^{-1})$   
 (震源の深さ 200 軒)



第十三圖  $\sqrt{\frac{\sin \theta}{\Delta \sin \epsilon_0 d\Delta}} \sin 2\theta \cos \varphi (10^{-3} \text{ 秒}^{-1})$   
 (震源の深さ 320 軒)

收されないとし、且つ表面に於ける反射の影響も考慮に入れると、地表で観測されるべき地動の振幅A

$$A = 2.0 \times 13.2 \times 10^{-2} A_0 t^0 \left[ \sqrt{\frac{\sin \theta}{J \sin^6 \theta}} \sin 2\theta \cos \varphi \right] \text{ (籽) } \text{ と與へられる。}$$

但し上式は震源の深さ二、三百籽の地震で震央距離千五百籽以内位に行はれるものである。之に適當の數値を代入し、震源の深さ二百籽及び三百二十籽に就て計算した結果を圖示すると第十二圖及び第十三圖の如くなる。

第十二圖は觀測から得られた第二圖と、第十三圖は第五圖と夫々全體として極めてよく一致した形を示してゐる。第十二圖で0.3の線が第二圖の10の線と殆んど一致してゐる。假に此等の關係が震源の近くでも行はれるとする。而して八丈島沖の深發地震で震源のまはりに描いた半徑十籽の球面上に於けるA<sub>0</sub>を求めて見ると十二耗位となる。同様にして熊野灘地震では矢張り半徑十籽の球面上で〇・四耗位となる。斯くして初動分布及び其の大きさは可なりによく説明された譯である。彈性論の研究からP波の成分の小さい所では一般にS波の成分が大きいのであつて、此の事から大體第三圖及び第六圖に示した様な關係が説明される。

**五、深發地震の機構と地殼深處に於ける歪力** 淺い地震の機構の調査から本州中部の地殼の極く淺層には大體西北西—東南東の向きの壓力又は之に直角な水平張力が働いてゐるらしい事が考へられてゐる。

(14)

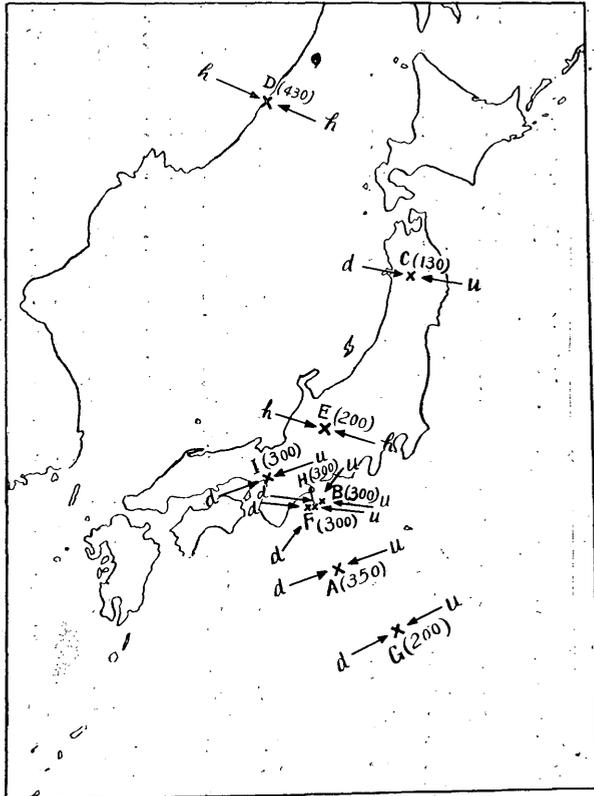
最近我が國に起つた著しい深發地震に就て同様な調査をすると、第十四圖に示す様に我が國附近の地下二三百浬の地殻深處には極大體として東西に向きかつ東上り西下りの壓力、又は西上り東下りの張力が働いてゐるらしい。而して和達博士が嘗て深發地震帯と名附けられた本州中部を横斷する地帯で地殻

第十四圖

地殻深處に於ける壓力の方向

括弧内の數字は震源の深さ

$h$ は水平壓力を  $u, d$ は壓力の働いてゐる方向が $u$ から $d$ の方に斜下に向いてゐる事を示す



A	昭和 3年	3月	29日	14時	07分
B	4	6	3	6	39
C	6	1	9	10	46
D	〃	2	20	14	34
E	〃	6	2	11	38
F	〃	6	30	1	44
G	7	4	5	4	17
H	〃	〃	28	12	43
I	〃	5	5	13	11

の破壊が行はれて、過度の歪力を取り除かれつゝあるのではあるまいかと考へられる。

六、結論 本調査で得られた主な事柄を列記すると次の如くである。

(イ) 昭和七年四月五日八丈島沖の地震（震源の深さ約二百軒）及び同月二十八日熊野灘の地震（震源の深さ約三百軒）に就て調査を行つた。

(ロ) 上の地震でP波の初動は節線及び節圓の近くでは極小で其等の間では極大である事、及びS波の振幅並びにS波の振幅のP波の振幅に對する比は節線及び節圓の近くでは極大で其等の間では極小である事等を出來る丈數量的に示した。

(ハ) 所謂異常震域の地域では地震波の週期が異常に短いばかりでなく、其の最大振幅も異常に大きいことを示した。但しP波の初動、S波の最大振幅のP波の其れに對する比等に就ては特に異常は認められない。

(ニ) 震源のまはりに小さな球面を作り、其の上で半徑の方向に球座標で  $\sin 2\theta \cos \phi$  に比例する變位を考へ、地震波の速度が地表からの深さを増すと共に大きくなる事を考慮に入れると、上に調べた様な地震ばかりでなく、種々の型式の深發地震の初動分布が説明される。

(ホ) 地殻内で地震波エネルギーが吸収されないと假定し、地表に於ける反射の影響をも考へ、上に述べた機構に就て計算した結果は實測から得られた結果とよく一致する。又初動のみでなく一般に記

象型の問題もうまく説明される。

(へ)上に述べた様な關係が假に震源の近くでも行はれるとすると、八丈島沖の地震では震源のまはりの半徑十軒の球面上での $A_0$ は約十二耗位、熊野灘地震では〇・四耗位となる。

(ト)最近我が國に起つた多くの著しい深發地震の機構の間には密接な關係があり我が國附近の地下二、三百軒の深處には極大體として東上り西下りの向きの壓力、又は之に直角な向きの西上り東下りの張力が働いてゐるとも考へられる。

終りに臨み終始御指導下さいました岡田臺長閣下に心からの感謝の意を表します。又御助言下さいました藤原先生、國富先生、鷺坂氏、調査に際して種々の便宜を御與へ下さいました測候所長各位、並びに製圖其の他で御手傳下さつた本臺地震掛の三浦、木澤の兩君に厚く御禮申述べます。

(昭和七年七月十二日中央氣象臺にて)

一本	多	中央氣象臺歐文彙報	第四卷、第三號
二	鷺坂	同	第三卷、第三號
三	石本	地震研究所彙報	第十號、第二冊
四	河角	地震研究所談話會で講演	
五	本多	前出	
六	石川	中央氣象臺歐文彙報	第三卷、第二號
七	本多	測候時報	第三卷、第十七號
八	石川	氣象集誌第二輯	第十卷、第四號

九 妹 澤 地震研究所彙報第十號 第二册

一〇 河 角 前 出

一一 本 多 中央氣象臺歐文彙報 第四卷、第一號

和達、鷺坂、益田、氣象集誌 第十卷、第八號

一二 Gutenberg, Handb. d. Geophys. Bd. IV, Lief. 2.

松 澤 地震 第四卷、第三號

一三 妹 澤 前 出

小 平 氣象集誌 第十卷、第四號

一四 本 多 驗震時報 第五卷、第二號

一五 和 達 中央氣象臺歐文彙報第一卷