

震源の深さを求むる方法 (第二法)

國 富 信 一

緒 言

震央距離を初期微動繼續時間 $P - S$ から求むる公式は多くの學者によつて算出されて居るが實用上便利なものは一次式に纏めたものである。然し其の多くは有効範圍を限定してあるから之れも實用には多少の手續を要する。此の不便を除く目的で大森博士は (1) 震災豫防調査會報告第八十八號甲に「近地々震の初期微動繼續時間に就て」論じ、淺間山爆發による強震二十七回を始め合計四十一回の地震を材料として、震央距離 Δ を初期微動繼續時間 τ から求める公式 $\Delta = 1.42\tau$ を提出して居られる。此の公式は千料以内の地に起つた近地々震に適用し得られるものであつて世に大森公式と稱せられ簡便なものとして今だに一般に使用せられて居る。

然し此の様な公式 $\Delta = 1.42\tau$ の常數たる 1.42 は實際は震源の深さ h の函數である事は既に衆知の事實である。従つて今日の如く地震觀測が進んだ時代では此の式を用ひて一個所の觀測から震央距離を算出し、初動方向の觀測と合せて震央位置を決定するなどは極めて誤差が多いから最早顧みられなくなつた。然し一方に於て尙此の公式が用ひられて居るのは、多くの觀測所で此の式から算出した震央距離を半徑として地圖上に圓弧を畫き、夫等の密集せる所を震央とすると云ふ方法に用ひられるからである。

前記大森博士の論文にもある如く大森公式 $\Delta = 1.42\tau$ は震央距離 Δ と初期微動 τ との關係を表はしたものである。故に其の常數は震源の深さによつて著しく異なる事勿論である。一方今村

博士及岸上、小平兩理學士(2)は地震研究所彙報第七號第三冊に於て「水成岩層の地震波傳播に及ぼす影響」を論じ、大森公式は震源距離 d と初期微動 τ との關係を表はすものとして $\frac{d}{v_p}$ なる式の常數 k が又震源の深さによつて異なる事を示して居られる。而して種々な震央距離に到達する地震波につき異なる震源の深さに對する k の値を表示して居る。

今村博士其他の調査は松澤博士の結果を其儘利用し更に地殼表層に十籽の厚みの水成岩層が存在するとの新らしき考へを誘導し、地震波の直進を假定して常數 k を算出したものである。即ち縦波及横波の速度は地表から十籽迄は夫々三籽六八及二籽一二とし、十籽から二十籽迄は夫々五籽〇及三籽一五とし、二十籽以下は夫々六籽一及三籽七とし、各層は一樣にして等質且十籽及二十籽に不連續層があるとの假定をしたものである。

斯くして震源距離 d は $\frac{d}{v_p}$ で與へられる事を示したが、 k が深さによつて異なるため震源の深さが未知である場合に此の式から震源距離を求めることは出来ない。それ故斯かる式は實用に供すると云ふ譯にはゆかない。要するに今村博士其他の研究は $\frac{d}{v_p}$ なる式の常數 k が深さによつて如何に變化するかと云ふ問題を處理したに過ぎぬものである。

扱大森公式が大森博士の論文にある如く震央距離 d と初期微動 τ との關係を表はすものであるとすれば假令常數 k が深さによつて變つても實用上にも亦理論的方面にも大なる意味を有する事となる。即ち茲に $\frac{d}{v_p}$ なる式を假定し $k(v_p)$ は震源の深さの函數であるとする。而して此の式の表はす關係を縦波及横波の走時から計算して k と震源の深さ h との關係を明かにして見やう。

我國に最近起つた地震を材料として地殼内部に於ける地震波の速度變化が如何になつてゐるかに就ては既に鷺坂(3)、本多(4)兩氏の研究があり、更に最近和達、鷺坂、益田三氏(5)は夫れに基いて縦波の走時を算出してゐる。此の表は震源の深さを各十籽毎に變へて、其處から出る地震波が各十籽毎の震央距離に達する場合の走時を求めたものである。

併し尙不幸にして我國では横波に對する走時表は未だ何の著者に由つても作られて居ない。只縦波と横波との速度の比を求めた人は尠くない故之等縦波速度 V_p と横波速度 V_s との比を用ひて逆に横波の走時表を既知の縦波走時表から算出する事とした。扱 V_p と V_s との比を求めた人々には松澤博士(6)、鷺坂氏(3)(7)本多技師(4)、和達博士(8)等があるが夫等の値

は左の如くである。

第一表 V_p と V_s との比

松澤 武雄

深さ	$V_p - V_s$
〇 粒—二〇 粒	一・五九
二〇 粒—五〇 粒	一・六五
五〇 粒 以上	一・六九

鷺坂 清信 (昭和五年三月伊東強震による)

深さ	$V_p - V_s$
〇 粒	一・六八
一〇 粒	一・六八
二十 粒	一・六八
三十 粒	一・六八
四十 粒	一・六八

鷺坂 清信 (昭和六年十一月小國強震による)

深さ	$V_p - V_s$
〇	一・五六一・六九
一〇	一・七三一・七二
二〇	一・六九
三〇	一・六九
四〇	一・七〇
五〇	一・七〇
五五	一・七〇

鷺坂 清信 (昭和五年北伊豆烈震前震による)

深さ(粒)	$V_p - V_s$
〇	一・六三一・七二
五	一・七五一・七八
一〇	一・七八一・七七
一五	一・七七一・七三
二〇	一・七七一・七三
二五	一・七七一・七三
三〇	一・七七一・七三

鷺坂 清信 (昭和六年四月志摩半島深發地震による)

深さ(粒)	$V_p - V_s$
四〇	一・七五一・七五
一〇〇	一・七六一・七七
一五〇	一・七七一・七七
二〇〇	一・七七一・七八
二五〇	一・七七一・七八
三〇〇	一・七七一・七八

本多 弘吉 (昭和六年四月五日八丈島沖深發地震による)

$V_p - V_s$ 深さ二〇〇粒にて $V_p - V_s$ は一・七五

和達 清夫

深さ(粒)	$V_p - V_s$
〇—一〇	一・七三一・七六
四〇	一・八四
六〇—八五	一・七四—一・七六
一四〇	一・七五
二四〇—三二〇	一・七七一・七五

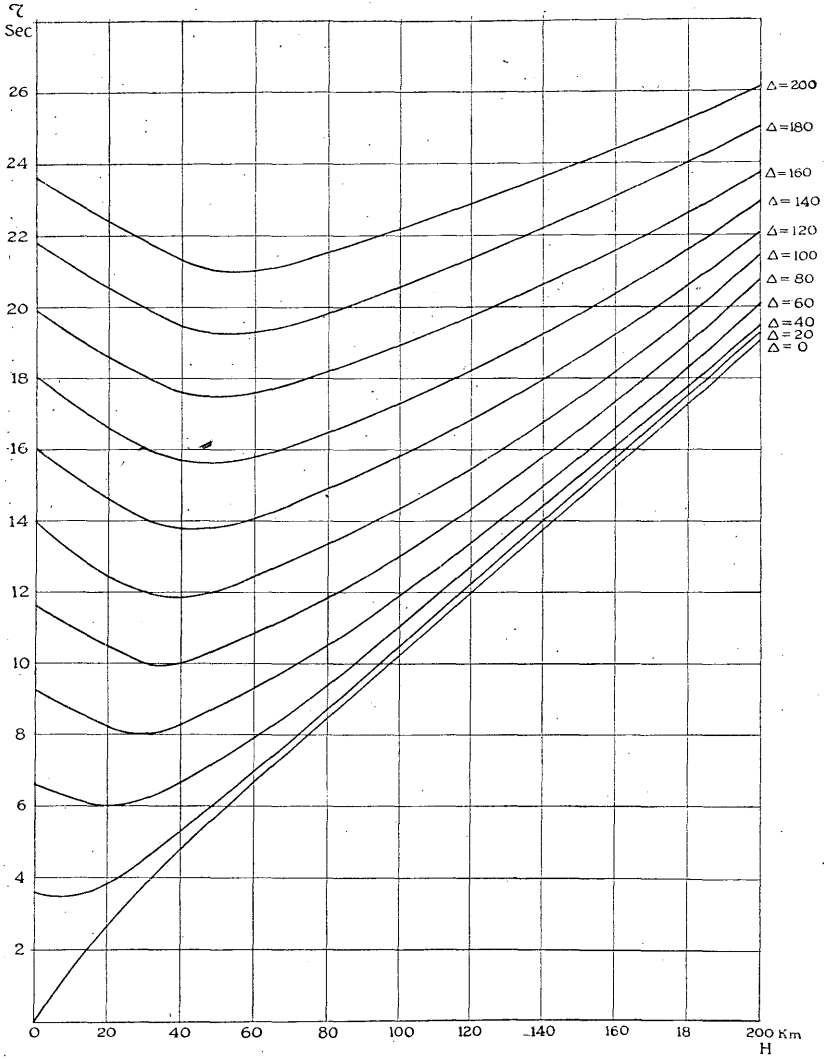
右の如く $V_p - V_s$ の値は深い所では各人の調査結果が善く一致するが浅い所は著しく異り、地表から十粒迄の間では松澤鷺坂兩氏の一・五八に對し和達氏の二・七五など可成りの相違を示してゐる。然し和達氏の測定を除いて他のは凡て地表近くでは $V_p - V_s$ が一般に小さい値をとる傾向が見えてゐる。然し諸氏の測定値の平均をとると地表から十粒位の深さ迄は一・六六となる。而して深い所でも二百粒位の深さで一・七五位である。

扱 $V_p - V_s$ の値は深さによつて多少の相違がある。併し $V_p - V_s$

第二表 初期微動継続時間 (τ) の値 (秒), H は震源の深さ (籽), Δ は震央距離 (籽)

$\Delta \backslash H$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
0	0	1.5	2.7	3.8	4.9	5.8	6.7	7.5	8.5	9.3	10.2	11.0	12.0	12.5	13.8	14.6	15.2	16.5	17.3	18.2	19.1
10	1.9	2.1	3.0	4.1	5.0	5.9	6.7	7.7	8.6	9.5	10.4	11.2	12.1	12.9	13.9	14.7	15.6	16.4	17.3	18.2	19.1
20	3.6	3.5	3.8	4.5	5.3	6.1	7.0	7.8	8.7	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1	14.0	14.8	15.8	16.7	17.6	18.4	19.2
30	5.2	4.8	4.7	5.3	5.9	6.6	7.3	8.2	9.0	9.9	10.8	11.6	12.5	13.3	14.2	15.1	15.9	16.6	17.8	18.5	19.4
40	6.6	6.2	6.0	6.1	6.7	7.3	7.9	8.6	9.3	10.2	11.0	11.9	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.9	17.8	18.6	19.6
50	8.0	7.6	7.1	7.1	7.4	7.9	8.5	9.2	9.9	10.6	11.4	12.2	13.1	13.8	14.8	15.5	16.3	17.2	18.0	18.9	19.8
60	9.2	8.7	8.2	8.0	8.3	8.8	9.3	9.9	10.5	11.2	11.9	12.6	13.3	14.2	15.0	15.8	16.7	17.5	18.3	19.2	20.1
70	10.5	9.9	9.3	9.0	9.1	9.6	10.2	10.6	11.2	11.8	12.4	13.1	13.8	14.6	15.4	16.3	17.1	17.8	18.7	19.5	20.3
80	11.6	11.0	10.5	10.0	10.0	10.4	10.9	11.4	11.8	12.4	13.0	13.6	14.3	15.1	15.8	16.6	17.4	18.2	19.0	19.8	20.7
90	12.8	12.1	11.4	11.0	10.9	11.2	11.6	12.1	12.6	13.2	13.7	14.3	14.9	15.6	16.3	17.0	17.8	18.5	19.3	20.2	21.0
100	13.9	13.1	12.4	12.0	11.8	12.0	12.5	12.9	13.4	13.9	14.3	14.8	15.4	16.1	16.8	17.5	18.2	19.0	19.8	20.6	21.4
110	15.0	14.2	13.5	13.0	12.8	12.9	13.3	13.7	14.2	14.6	15.1	15.6	16.1	16.7	17.3	17.9	18.7	19.4	20.1	21.0	21.7
120	16.0	15.3	14.6	14.0	13.8	13.8	14.1	14.5	14.9	15.3	15.8	16.3	16.8	17.4	17.9	18.5	19.2	19.8	20.6	21.4	22.1
130	17.0	16.3	15.6	15.0	14.7	14.7	15.0	15.3	15.7	16.1	16.5	17.0	17.5	18.0	18.6	19.2	19.7	20.4	21.2	21.8	22.5
140	18.0	17.3	16.6	16.0	15.7	15.6	15.8	16.1	16.5	16.9	17.3	17.7	18.2	18.7	19.2	19.7	20.3	21.0	21.6	22.3	23.0
150	18.9	18.2	17.5	17.0	16.6	16.5	16.7	17.0	17.4	17.8	18.2	18.5	19.0	19.4	20.1	20.4	21.0	21.6	22.2	22.9	23.5
160	19.9	19.2	18.5	18.0	17.6	17.4	17.6	17.9	18.2	18.7	19.0	19.4	19.8	20.2	20.6	21.1	21.6	22.1	22.7	24.1	23.7
170	20.8	20.2	19.5	19.0	18.5	18.4	18.5	18.7	19.0	19.4	19.8	20.1	20.6	21.0	21.4	21.9	22.3	22.8	23.3	24.8	24.4
180	21.8	21.1	20.5	19.9	19.5	19.3	19.3	19.5	19.8	20.2	20.6	21.0	21.3	21.8	22.1	22.6	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
190	22.5	22.1	21.5	20.9	20.4	20.1	20.1	20.4	20.7	21.0	21.4	21.7	22.1	22.5	23.0	23.3	23.8	24.2	24.6	25.2	25.6
200	23.7	23.0	22.3	21.8	21.3	21.0	21.0	21.2	21.6	21.9	22.1	22.6	22.9	23.3	23.7	24.0	24.5	24.8	25.3	25.7	26.1

第一圖



五

の深さに伴ふ變化の狀態は各著者によつてかなりの差があり何を眞とするかは尙斷言されぬ狀態である。故に著者は平均の値を採つてそれを $V_p - V_s$ の平均値とし、之れから横波の走時を算出する事とした。即ち地表から二百籽の深さ迄 $V_p - V_s$ は一・六六から一・七五迄變化するとして其の平均一

・七〇を V_p 、 V_s の値としたのである。斯様に平均値を採用してもそれによる誤差は僅かに五パーセントにしか當らない故走時を測定した時の誤差より寧ろ小さい位で著者が之れから行はんとする目的に對しては充分である。

斯くして前述した縦波の走時表に一・七を乗じたものを横波の走時とする。而して此の走時から縦波の走時を減すれば初期微動P—Sの値が種々な震源の深さH及震央距離 Δ に對して得られる。此の値を表示したものが第二表である。更に此の表の値により縦軸に震源の深さ、横軸に初期微動 τ の値をとつて、各震央距離 Δ に對するH— τ 曲線を書くと第一圖の如くになる。普通の場合には Δ — τ の曲線を書いて震源の深さを變へた場合に此の曲線が何んな形をとるかを見るのであるが、茲に著者が特にH— τ 曲線を描いたのには次の如き意味がある。

Δ — τ 曲線と彎曲點との關係 H— τ 曲線は震央から或る距りを有する地點に於ける初期微動 τ が震源の深さによつて如何なる値をとるかを知る爲に便利である。今此の圖を見れば判る如くH— τ 曲線は横軸に對して凸形を示して居る。此の事は一定の震央距離を有する地點に於て觀測された初期微動 τ は震源が或る深さの時に最小値をとる事を示すものである。

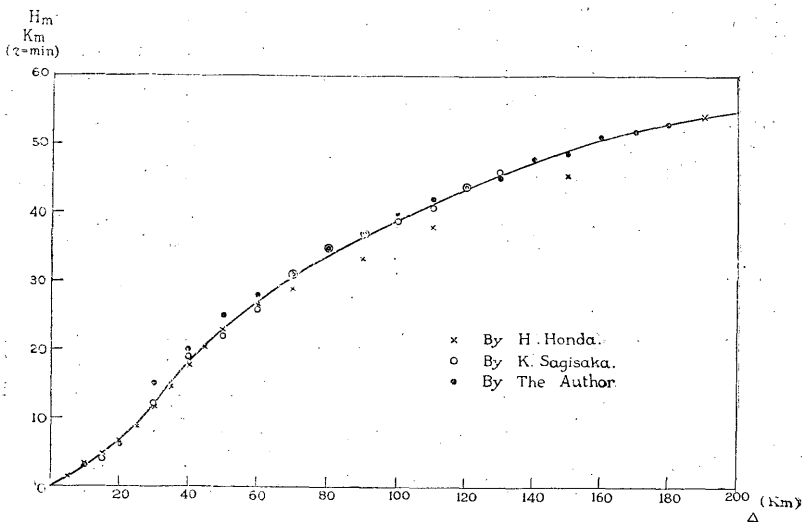
然らば或る一定の震央距離を有する地點にて τ が最小値となる様な震源の深さは幾何であるかを見る爲めに第一圖にて τ が最小値をとる點の震源の深さHを讀取つて見ると次の様な値となる。

第三表 初期微動が最小値をとる震源の深さ H_m

H_m	震央距離 Δ
0	0軒
3	10
6	20
15	30
20	40
25	50
28	60
31	70
35	80
37	90
40	100
42	110
44	120
45	130
48	140
49	150
51	160
52	170
53	180
54	190
55	200

此の表に示す値を圖示すると第二圖黑點で示した様な曲線が得られる。併し此の圖に示した H_m — Δ の曲線が如何なる意味を有するかを見るには $H_2 - H_1 = \phi(\Delta) - \phi(\Delta)$ なる式にて Δ が一定な値をとる場合 $H_2 - H_1$ が最小なるための條件を求むれば宜しい。茲に T_1 及 T_2 は夫々縦波及横波の走時を表はし ϕ は ϕ は夫々縦波及横波の走時曲線を表はす函數形である。併し此の函數形は極めて複雑であつて深さによる震波速度の分布を表はす式が簡單でない爲、 $H_2 - H_1$ が最小なる條件を求むる事は數式からは極めて困難である。故に他の方法によつて第二圖に示す曲線の性質を決定して見やうと思ふ。扱本多技師

第 二 圖



(4)が昭和五年十一月の北伊豆烈震の際に求めた結果によると走時曲線の彎曲點に相當する震央距離 Δ_0 は震源の深さ h により異なり兩者の間には第四表に示す様な關係が存在して居る。又鷺坂氏も同じ北伊豆烈震に就き本多技師とは別法にて矢張り彎曲點の震央距離 Δ_0 と夫れに相當する震源の深さ h とを求めて居る故之れも同じく第四表に記載する。

第四表 彎曲點の震央距離 Δ_0 と震源の深さ h との關係

震源の深さ h		彎曲點の震央距離 Δ_0
鷺坂氏による	本多氏による	
0	0.0	0
—	1.4	5
—	3.1	10
4	4.7	15
—	6.4	20
—	8.6	25
12	11.5	30
—	14.7	35
19	17.7	40
—	20.4	45
22	23.0	50
26	26.7	60
31	28.9	70
35	—	80
37	33.3	90
39	—	100
41	38.0	110
44	—	120
46	—	130
—	45.7	150
—	54.0	190

扱此の表に示す値を第二圖中に記入して見て、即ち本多氏の値は×印にて又鷺坂氏の値は○印にて圖表中へ記して見ると、夫等の點は極めてよく前の黑點を連ねた H_m — Δ 曲線上に載る即ち或る定まつた地點にて初期微動が最小値をとる場合、夫れは震源から水平に射出された震波に相當する。

換言すれば種々な深さから出る波の中或る定まつた地點では震源から水平方向に射出される様な深さから來た波が其の地點にて、他の如何なる深さから來たものより最小な初期微動を與へる即ち或る定まつた地點では、其の點が彎曲點となる様な深さから來た波が最小の初期微動を與へるものであると云ふ事になる。

此の事は著者の知る範圍内では新らしく見出されたものと思ふ。斯くして第二圖の曲線は彎曲點と震源の深さとの關係を與へるものであるから、若し走時曲線或は Δ — τ 曲線から彎曲點の震央距離 Δ_0 が求められるならば第二圖から其の地震の震源の深さが求め得られる譯である。

更に第一圖に示す H — τ 曲線は繁雜を避けるため震央距離十籽をきに對するものを示してあるが著者は各十籽毎の震央距離に相當するものを一つ／＼畫いた。而して此の圖に於て縦軸の値は其の深さに相當する τ の値を與へるものである。又此の圖表を用ふる時は震源の深さを直ちに知る事が出来る。例へば震央距離百籽の地點にて觀測した初期微動が十二秒四であつたとすれば震源の深さは二十籽或は六十籽である。此の時他の地點例へば百五十籽の地點にて觀測した初期微動の値が十六秒七で

あつたとすれば夫れに對する震源の深さは四十籽或は六十籽である。斯くして六十籽を以て此の地震の震源の深さとする。

但し此の如き方法により震源の深さを求むる時、或る地點で觀測した初期微動は著者が示した如く(10)地質構造等により、方向によつて異なる、故に其の震央距離に對する平均値によらねばならぬ。之れには豫め— Δ — τ 曲線を書き、其の曲線から Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 等に相當する τ_1 、 τ_2 、 τ_3 等を求め、夫等を用ひ第一圖から震源の深さを以て、其の平均値を採用するのが最良である。斯くして此の圖表からも震源の深さを以て、其の平均値を採用するのが最良である。斯くして此の圖表からも震源の深さを求める事が出来る。

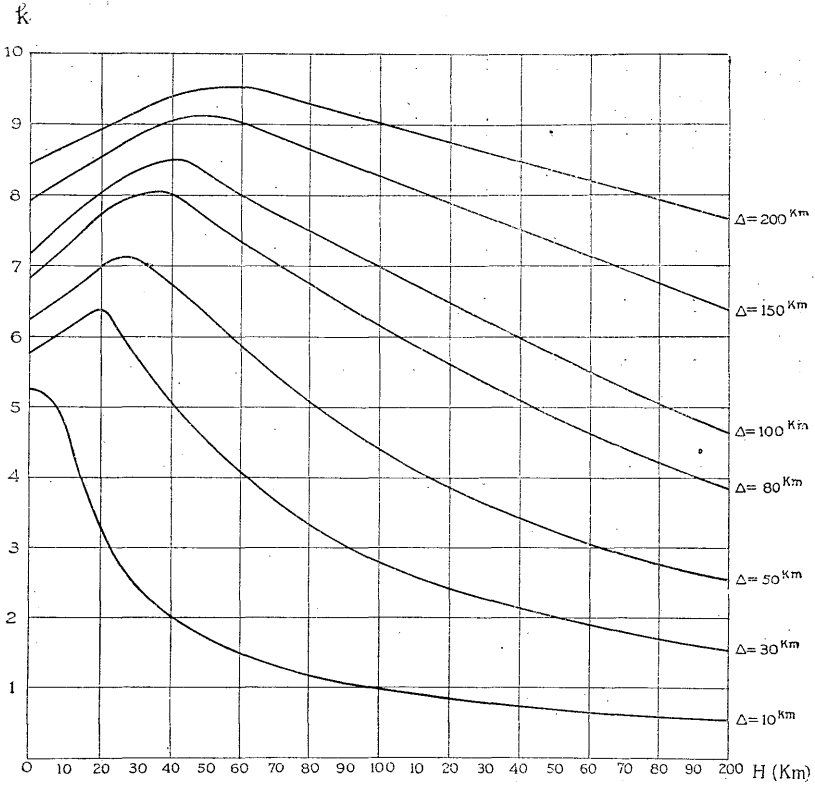
$\Delta = f(\tau)$ 式に於ける Δ の値 扱前掲第二表によつて震央距離 Δ と初期微動 τ との關係が種々な震源の深さによつて與へられて居る。故に $\Delta = f(\tau)$ なる τ 式に於ける Δ の値は震源の深さの函數として、此の表から種々な深さの震源に對するものが求め得られる。即ち前表から $f(\tau) = \Delta/\tau$

を算出して見ると第五表の如くなる。此の表に於て H 及 Δ は夫々震源の深さ及震央距離を籽で表はしたものである。即ち震源の深さ及震央距離が○籽から二百籽迄變るにつれ Δ の値は○

第五表 $\Delta = k(h \cdot \tau)$ に於ける k の値

$\Delta \backslash H$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
10	5.26	4.77	3.30	2.45	2.00	1.70	1.50	1.30	1.16	1.05	0.96	0.89	0.83	0.78	0.72	0.68	0.64	0.60	0.58	0.55	0.53
20	5.55	5.75	5.27	4.45	3.85	3.33	2.90	2.56	2.24	2.04	1.90	1.77	1.64	1.53	1.43	1.35	1.27	1.20	1.14	1.09	1.06
30	5.77	6.10	6.38	5.70	5.06	4.57	4.10	3.66	3.28	3.00	2.80	2.60	2.40	2.28	2.13	2.01	1.90	1.79	1.69	1.60	1.54
40	6.07	6.36	6.66	6.57	5.98	5.48	5.07	4.67	4.31	3.95	3.64	3.35	3.12	2.94	2.78	2.64	2.50	2.37	2.26	2.15	2.04
50	6.25	6.60	6.99	7.08	6.75	6.32	5.88	5.47	5.08	4.70	4.40	4.10	3.82	3.60	3.40	3.22	3.08	2.92	2.76	2.64	2.53
60	6.50	6.90	7.37	7.52	7.24	6.83	6.44	6.07	5.72	5.37	5.04	4.76	4.51	4.22	4.00	3.80	3.60	3.4	3.28	3.12	2.93
70	6.68	7.10	7.52	7.80	7.67	7.30	6.90	6.56	6.26	5.96	5.65	5.34	5.06	4.80	4.55	4.30	4.10	3.91	3.75	3.60	3.45
80	6.88	7.26	7.74	8.00	8.00	7.68	7.32	7.05	6.78	6.46	6.15	5.88	5.60	5.30	5.08	4.84	4.60	4.42	4.21	4.00	3.86
90	7.03	7.45	7.92	8.19	8.24	8.04	7.76	7.44	7.15	6.85	6.58	6.30	6.03	5.79	5.52	5.30	5.06	4.86	4.67	4.46	4.30
100	7.20	7.64	8.05	8.34	8.50	8.30	8.00	7.75	7.50	7.22	7.00	6.74	6.47	6.22	5.97	5.72	5.50	5.28	5.06	4.84	4.64
110	7.35	7.76	8.16	8.47	8.60	8.52	8.27	8.02	7.76	7.52	7.30	7.07	6.83	6.60	6.36	6.14	5.90	5.67	5.46	5.22	5.06
120	7.50	7.86	8.23	8.55	8.70	8.70	8.51	8.30	8.07	7.83	7.60	7.38	7.15	6.92	6.70	6.50	6.25	6.03	5.83	5.62	5.42
130	7.65	7.98	8.34	8.65	8.82	8.86	8.68	8.50	8.30	8.07	7.87	7.66	7.43	7.22	7.00	6.79	6.58	6.38	6.17	5.97	5.79
140	7.78	8.10	8.47	8.75	8.92	8.98	8.86	8.68	8.48	8.29	8.09	7.89	7.70	7.49	7.30	7.11	6.90	6.69	6.49	6.29	6.09
150	7.93	8.23	8.56	8.83	9.04	9.10	9.00	8.81	8.62	8.45	8.27	8.09	7.90	7.72	7.52	7.35	7.15	6.94	6.76	6.56	6.39
160	8.03	8.34	8.65	8.91	9.12	9.20	9.10	8.94	8.77	8.60	8.43	8.26	8.09	7.91	7.74	7.57	7.40	7.21	7.04	6.85	6.69
170	8.15	8.42	8.71	8.97	9.18	9.26	9.21	9.10	8.93	8.76	8.58	8.42	8.26	8.10	7.94	7.78	7.62	7.45	7.29	7.13	6.97
180	8.27	8.52	8.78	9.04	9.23	9.32	9.33	9.20	9.06	8.91	8.74	8.60	8.44	8.28	8.13	7.98	7.83	7.67	7.51	7.36	7.21
190	8.35	8.60	8.86	9.10	9.30	9.41	9.43	9.31	9.17	9.04	8.88	8.74	8.59	8.44	8.29	8.15	8.00	7.80	7.71	7.56	7.42
200	8.46	8.70	8.94	9.18	9.40	9.50	9.50	9.40	9.28	9.15	9.02	8.88	8.74	8.60	8.46	8.33	8.19	8.05	7.92	7.78	7.64

第 三 圖

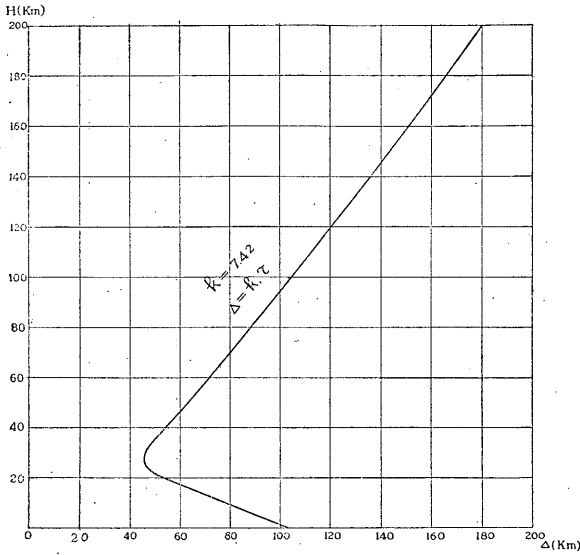


・五三から九・五〇迄變化する。故に近地々震に於て k を常數とする事は全く許されない事である。

扱第五表の k の値を縦軸に震源の深さ H を横軸にとつて各二十軒或は三十軒毎の震央距離に對する $k-H$ の曲線を畫いて見たのが第三圖である。此の圖に見る如く k の値は震源の深さによつて大に異り到底之れを常數と考へる事は出来ない。併し假に大森博士の式の如く $k = 7.42 \sqrt{\Delta}$ なる常數と考へると、大森公式 $\Delta = 7.42^2 k^2$ は極めて有效範圍が狭く、單に震央距離ばかりでなく、震源の深さによつても限定される事が判る。今假に k を七・四二とした場合の H 及 Δ を第三圖から讀取つて其の値を、震源の深さ H を縦軸に震央距離 Δ を横軸にとつた圖表中に記入して見ると第四圖の如き曲線が得られる。

即ち嚴密に云へば第四圖の曲線上の各點に相當する Δ 及 H に對してのみ大森公式 $\Delta = 7.42^2 H^2$ は有效である。然も震央距離五十軒以内には此の

第 四 圖



曲線は現はれぬ故震央から五十軒以内にある観測所では大森公式を使用してはならぬ事になる。又震源が百軒以内についた様な浅い地震では震央距離百二十軒以上の観測所では矢張り此の公式は使用出来ぬ事となる。之れは大森公式の有効範囲を示した一例として掲げたに過ぎないが、斯様な誤差を念頭に置けば

此の公式を用ひて、多くの観測所の材料から震央を求めても差支ないと思ふ。但し著者自身の考へから云へば故大森博士の我々國地震學界に與へられた功績を忘れぬため $\Delta = H$ を用ふ事は至極結構であるが計算を便ならしむるためには Δ を δ としても 10 としても何れでも誤差の點から見れば大差がない。故に此の公式を $\Delta = H$ として之れを大森公式とし、故博士の功績を保存しては如何かと考へる次第である。

扱第三圖に於て δ の數値は震源の深さの函數であるから若し観測によつて Δ 及 τ が測定出来得るならば夫れから δ を計算し更に其の値を利用して震源の深さ H を求め得る譯である。此の爲めには或る観測所で測定した震央距離 Δ と初期微動 τ の比により δ を算出し、其の δ と Δ から第三圖によつて震源の深さを求めることも出来る。而して斯様な測定を多くの観測所の値につき行つて其の平均をとれば震源の深さも可なり確らしいものが得られる譯である。然し尙此の方法では地質構造其他の原因による地震波の異常傳播等により誤差を伴ふ故一般には次の如き方法を用ふるのが便である。

即ち多くの観測所で測定した初期微動 τ 及震央距離 Δ によつて $\Delta - \tau$ 曲線を書き、其の曲線から任意の震央距離 $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots$

第 六 表

Time of occurrence		Epicentral distance					Mean depth ^{km}	diff. km
		30	50	80	100	130		
Jan 30 10 ^h 40 ^m	τ_{sec} k h_{km}	5.8 5.18 37	7.3 6.85 37	10.0 8.00 40	11.8 8.44 34	14.9 8.74 34	(36) 36	0
Mar 23 20 ^h 24 ^m	τ_{sec} k h_{km}	6.5 4.61 49	7.8 6.41 48	10.3 7.77 49	12.0 8.34 48	14.8 8.79 46	(50) 48	- 2
Mar 27 5 ^h 25 ^m	τ_{sec} k h_{km}	4.9 6.13 11	7.4 6.75 13	10.9 7.34 12	13.0 7.69 11	16.2 8.02 11	(13) 12	- 1
Apr 4 9 ^h 16 ^m	τ_{sec} k h_{km}	7.7 3.89 65	8.9 5.61 67	11.1 7.20 64	12.8 7.87 66	15.3 8.50 70	(63) 66	+ 3
May 25 19 ^h 27 ^m	τ_{sec} k h_{km}	4.8 6.24 13	7.1 7.03 22	10.5 7.61 18	12.6 7.93 17	15.5 8.39 21	(16) 18	+ 2
June 17 21 ^h 09 ^m	τ_{sec} k h_{km}	7.3 4.12 60	8.3 6.02 57	10.8 7.40 58	12.6 7.93 63	15.1 8.61 64	(58) 60	+ 2
June 30 1 ^h 08 ^m	τ_{sec} k h_{km}	7.5 4.00 62	8.6 5.81 62	10.9 7.33 60	12.6 7.93 63	15.3 8.50 65	(60) 62	+ 2
July 1 14 ^h 52 ^m	τ_{sec} k h_{km}	8.4 3.57 72	9.3 5.39 72	11.4 7.01 72	12.9 7.76 70	15.4 8.44 73	(70) 72	+ 2
July 20 8 ^h 29 ^m	τ_{sec} k h_{km}	5.9 5.03 40	7.6 6.58 44	10.1 7.91 42	12.0 8.33 49	14.8 8.80 38	(40) 43	+ 3
July 28 11 ^h (5 ^m)	τ_{sec} k h_{km}	6.4 4.69 48	7.8 6.41 48	10.3 7.77 49	12.0 8.33 49	14.7 8.87 47	(45) 48	+ 3
Aug 19 8 ^h 43 ^m	τ_{sec} k h_{km}	4.8 6.20 12	7.6 6.60 10	10.9 7.33 11	12.8 7.82 18	15.9 8.19 16	(13) 13	0
Sept 7 5 ^h 35 ^m	τ_{sec} k h_{km}	7.8 3.85 65	8.9 5.61 66	10.9 7.33 60	12.5 8.00 60	15.1 8.62 63	(63) 63	0

第 六 表 (續 き)

Time of Occurrence		Epicentral distance (km)					Mean depth km	diff _{km}
		30	50	80	100	130		
Sept 16 21 ^h 43 ^m	τ_{sec}	5.0	8.0	11.6	13.9	17.0	(0)	+ 2
	k	6.00	6.25	6.91	7.20	7.63	2	
	h_{km}	7	2	2	0	0		
Sept 21 11 ^h 20 ^m	τ_{sec}	5.2	8.0	11.7	13.8	16.9	(0)	+ 1
	k	5.77	6.25	6.86	7.25	7.70	1	
	h_{km}	0	0	0	1	2		
Sept 23 21 ^h 46 ^m	τ_{sec}	4.7	6.8	10.1	12.2	15.6	(22)	- 1
	k	6.39	7.36	7.92	8.20	8.32	21	
	h_{km}	19	17	26	25	19		
Sept 24 13 ^h 26 ^m	τ_{sec}	8.8	9.8	11.8	13.3	15.6	(76)	+ 2
	k	3.41	5.10	6.78	7.51	8.32	78	
	h_{km}	76	79	80	79	78		
Sept 28 4 ^h 50 ^m	τ_{sec}	6.0	7.3	10.2	12.0	14.6	(43)	+ 2
	k	5.00	6.85	7.76	8.34	8.86	45	
	h_{km}	41	38	48	48	50		
Sept 28 13 ^h 54 ^m	τ_{sec}	5.0	7.9	11.2	13.3	16.5	(6)	0
	k	6.00	6.33	7.15	7.51	7.89	6	
	h_{km}	7	3	7	7	8		
Oct 13 21 ^h 13 ^m	τ_{sec}	4.8	7.4	10.7	12.9	16.1	(12)	+ 2
	k	6.24	6.75	7.49	7.76	8.08	14	
	h_{km}	14	14	15	13	13		
Nov 29 3 ^h 34 ^m	τ_{sec}	8.9	9.9	12.0	13.4	15.7	(79)	+ 1
	k	3.38	5.06	6.67	7.47	8.27	80	
	h_{km}	77	80	80	80	81		
Dec 15 21 ^h 55 ^m	τ_{sec}	7.4	8.6	10.8	12.4	14.9	(59)	0
	k	4.06	5.81	7.40	8.07	8.73	59	
	h_{km}	61	62	58	57	57		
Dec 16 2 ^h 14 ^m	τ_{sec}	7.4	8.6	11.0	12.7	15.0	(59)	+ 3
	k	4.06	5.81	7.27	7.87	8.66	62	
	h_{km}	61	62	59	65	61		
Dec 19 2 ^h 14 ^m	τ_{sec}	6.2	7.8	10.2	12.0	14.6	(45)	+ 1
	k	4.84	6.41	7.85	8.34	8.90	46	
	h_{km}	44	48	45	48	46		
Dec 26 14 ^h 15 ^m	τ_{sec}	6.7	8.0	10.6	12.3	15.0	(52)	+ 1
	k	4.48	6.25	7.55	8.13	8.67	53	
	h_{km}	51	50	54	56	55		

に相當する $\tau_1 \tau_2 \tau_3 \dots$ 等を読みとり。

之等の値を用ひ

$$\Delta_1/\tau_1 = k_1, \Delta_2/\tau_2 = k_2, \Delta_3/\tau_3 = k_3, \dots$$

等を算出し、 $k_1 k_2 k_3 \dots$ と $\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 \dots$ 等から第三圖により震源の深さ $h_1 h_2 h_3 \dots$ 等を求め夫等の平均をとれば宜しい、此の場合震央距離大なる所では一組の Δ 及 h に對し H の値は二つ宛得られるが其の何れかであるかは異なる Δ 及 h の値によつて更に H を求めれば直ちに判明する。如何とならば一組の h 及 Δ に對して求められた H の値に比し少くとも二十料の差があるからである。

扱此の方法の適否を見るために著者は昭和六年中關東地方に發現し、少くとも十五個以上の觀測所に於て微動計により觀測せられ發震時及初期微動が善く驗測された地震二十四につき此の方法を適用して震源の深さを求めて見た。之等の地震に就ては既に著者(10)が關東地方に於ける地震波の異常傳播の問題を講究した際に $\Delta - \tau$ 圖表を作り、震央に於ける初期微動 τ_0 から一々其の深さを求めたものであつた。

第六表は之等二十四回の地震を表示してある。即ち第一行目は之等地震の發現月日及時刻で第三行から第七行迄は $\Delta - \tau$ 圖

表上夫々震央距離三十料、五十料、八十料、百料、百三十料、に相當する初期微動 τ の値及夫れから算出した h の値、更に夫等を用ひて第五表及第三圖から求めた震源の深さ h を表はしてある。

次に第八行は之等震源の深さの平均値であつて、括弧内の數字は著者が前述した別法によつて求めた震源の深さである。尙之等兩種の方法で求めた震源の深さの差を第九行に記してあるが、夫れに正負の符號を附したのは此の方法で求めた震源の深さが τ_0 より求めた値より大なるときに正符號を附したのである而して此の結果によつても判る如く此の方法から求めた震源の深さは τ_0 から求めたものと最大三料の差しかない。故に誤差の範圍内にて兩者は一致するものと見て差支ない。

斯くして大森公式の係數 h が震源の深さの函數であると云ふ性質を利用して逆に震源の深さを觀測によつて得た Δ 及 τ から求めることが出来る。

補遺 震央距離を求むる公式、初期微動 τ から震央距離 Δ を算出する公式を作る事は前述した様に其の常數が震源の深さの函數である故、簡單には出来ない。然るに鷺坂清信氏(11)は昭和五年十一月の北伊豆烈震の前震の震源は地表にあるものとし

て、震源の深さ零に對する公式を算出した。而して氏が算出された式は

$$\Delta = (5.7 + 0.12\tau)\tau$$

$$\tau < 20 \text{ 秒}$$

なる二次式であつた。

由て著者も第二表から Δ 震源の深さ零なる場合に對し、震央距離 Δ と初期微動 τ の關係を

$$\Delta = (a + b\tau)\tau$$

と假定し、初期微動二十秒以下の場合につき最小自乘法により係數 a 及 b を算出した處次の如き値を得た

$$a = 5.0248, \quad b = 0.1549$$

之れを前式に代入すると

$$\Delta = (5.0 + 0.16\tau)\tau$$

となつて震源地表にある場合に初期微動 τ から震央距離 Δ を算出する式を得た。此の式は鷺坂氏が全く別法で算出したものと誤差の範圍内にてよく一致する事を知る。

文 獻

- (1) 大森房吉 震災豫防調査會報告第八十八號甲
- (2) 今村明恒、岸上冬彦、小平孝雄 地震研究所彙報第七號第三册
- (3) 鷺坂清信 驗震時報第五卷第一號、同第六卷第一號
- (4) 本多弘吉 驗震時報第五卷第一號

- (5) 和達清夫、鷺坂清信、益田國母 氣象集誌第二輯第十卷第八號
- (6) 松澤武雄 地震研究所彙報第六號
- (7) 鷺坂清信 驗震時報第三卷第二號、同 卷第 號
- (8) 本多弘吉 驗震時報第六卷第一號
- (9) 和達清夫 氣象集誌第二輯第十卷第九號
- (10) 國富信一 昭和七年七月十九日大日本氣象學會月次會にて發表
- (11) 鷺坂清信 驗震時報第六卷第二號