

近地用の P , S および $P \sim S$ ノモグラムの作図法と それを利用した走時表について*

松本 久**

550. 340

まえがき

気象庁部内では現在 P , S 及び $P \sim S$ の走時表としては、和達・益田及び鷺坂・竹花の走時表¹⁾が主として用いられている。しかしながら、この走時表は深さが20 kmごとであるので、大阪管内のように20 kmより浅い地震の多い地域にとっては、浅い部分の間隔が開きすぎるうらみがある。

また、この走時表が仮定した地震波の速度が浅い部分では遅すぎるらしいこと、またモホ層などの不連続層が考慮されていないことなどのために、 P_n , \bar{P} などに関連した走時解析・記録の解析といったことに利用できない不便がある。

一方、戦後作られた高木・村井の走時表は二つの不連続層²⁾を置いて深さ10 kmごとに、屈折波・反射波なども含めて詳細に計算されている。しかしながら、この走時表も浅い部分の速度がおそいようで、浅い地震には具合が悪いように思われる。また、深さが10 kmごとではやはりもの足りないと思った。

戦後、爆破地震による地殻構造の研究が盛んになり、各地方の地殻構造がかなり詳細に解析されるようになってきているので、和達・益田などに代るものとしてこれらの結果を基にしたモデルによる新しい走時表が作られることを以前から筆者は期待していたのであるが、目下検討中ということで実現していないのが現状である。

筆者は以前、管内の観測表のチェックをしたり、大阪管区地震月報作製などに関連して震源を求める作業をしていたことがあったので、特に浅い部分が正確で詳細な走時表の必要を痛感していた。

たまたま1966年、管内の電磁式地震計網展開の第一次計画が終った段階で、観測値の精度の向上の具合を調べ

てみよう、ということになり、その際この走時表の作製を思い立ったわけである。

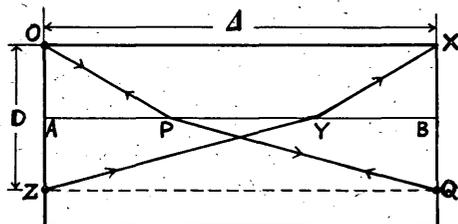
最初は爆破地震による解析結果を基にして高木・村井方式で計算をはじめたが、その計算の繁雑さのため中止した。

しかし、その後津波の逆伝播図にヒントを得て P のノモグラムを作図し、それから逆に走時表を求めるという方法を思いついたので、比較的容易にその目的を達することができた。^{3), 4)}

その後山崎氏より教えられ、地表を震源とした地震波の伝播図と深さ0における走時曲線についての問題は戦前の Leet の著書⁵⁾に載せられていることを知った。

しかしながら、主として地震深査の問題として深さ0 kmの走時曲線の解析を扱っている Leet の著書と筆者の場合とではその視点が異なること、また伝播図の作図法については詳しい説明はなされていないことなどから、多少なり投稿の意義はあると考える。ご批判、ご教示を頂ければ幸いである。

1. 原理



第1図

第1図を地殻の断面図として地震波の伝播を考える。

1) 深さ D にある点 Z を震源とし、 OX を地表面、 X を観測点、 AB を速度の不連続面とすると、地震波の ZYX の走時 τ_x を Δ の変化に従って計算するのが、走時表を作製する通常の方法のようである。

2) 同じ深さの対称点 Q を震源と考えれば、地表の O 点への波線 QPO は ZYX と左右対称の同形であるから、もちろん走時も同じく τ_x である。

3) 次に、今度は O 点を震源と考えて Q への走時を考

* H. Matsumoto: On the Method Constructing P , S and $P \sim S$ Nomograms for Near Earthquakes and Travel Time Tables Calculated from the Nomograms.

** 大阪管区気象台観測課

えれば、これも波線 OPQ は 2) と同じで方向が逆になるだけであるから、やはり走時は τ_x である。

以上のことから、地表の一点 O を震源とする地震波の伝播図を描き、深さ D で切った線上で Δ と τ の関係を読み取ってゆけば、それが 1) の方法で計算された深さ D の走時表と結果的には同じものになることがわかる。

従って 1) の方法で求めた各深さの走時表をもとにプロットして作図された P, P~S などのノモグラムは、地表の一点を震源とした P, P~S などの伝播図と、結果的には同じものになる。というよりは、むしろ 1) の走時表から描こうとするノモグラムというのは、実は地表の一点を震源とした地震波の伝播図そのものである、ということである。

2. ノモグラムの作図

作図までの手順は

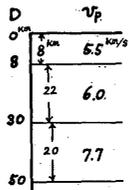
- 1) P の速度分布モデルを決める, 2) 波線の作図とそのための計算, 3) 直達波の作図とそのための計算, 4) 屈折波の作図, となる。以下この順序で説明する。

2.1 P の速度分布を決める

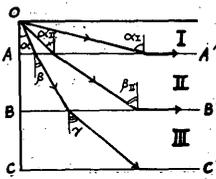
これには爆破地震による解析などを参考にして、目的とする地域の速度分布を水平成層構造としてモデルを決める。

第 2 図は御母衣爆破の結果⁷⁾を参考にした近畿の中・北部用のモデルの一例である。以下はこの例によって説明する。

2.2 P の波線の作図



第 2 図



第 3 図

地表の点 O を震源として地震波の伝播を考えるものとする (第 3 図)

- 1) 射出角 α をおき 5° ぐらいにとって、屈折の法則

$$\frac{\sin \alpha}{v_{p1}} = \frac{\sin \beta}{v_{p2}} = \frac{\sin \gamma}{v_{p3}}$$

に従って、それぞれの β, γ を三角函数表から求める。ここで v_{p1}, v_{p2}, v_{p3} はそれぞれ第 I, II, III 層の

P 波の波の速度である。

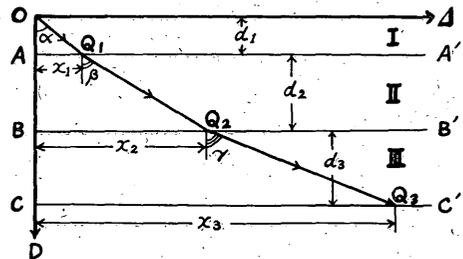
臨界角とそれに関連する角 α_I 及び α_{II}, β_{III} は別に求めておく (第 3 図及び第 1 表)

第 1 表 波線の屈折角の表

α	β	γ
5°	5°27'	7°01'
10	10 55	14 05
15	16 24	21 15
20	21 57	28 35
25	27 28	36 16
30	33 04	44 26
35	38 42	53 21
40	44 32	64 08
42	46 51	69 25
44	49 17	76 25
45	50 26	81 50
45°36'	51 13	90 00
50	56 37	
55	63 19	
60	70 50	
63	76 25	
65	81 30	
66 27	90 00	

この例では、 $\alpha_I=66^\circ 27'$ $\alpha_{II}=45^\circ 36'$ $\beta_{III}=51^\circ 13'$ である

- 2) 次に第 1 表の各角度の \tan を求める。
- 3) 波線の不連続面上の点 Q_1, Q_2 及び Q_3 を定めるために、震央距離 (Δ) にあたる x_1, x_2 及び x_3 を求める。(第 4 図)



第 4 図

$$\begin{aligned} x_1 &= d_1 \tan \alpha \\ x_2 &= x_1 + d_2 \tan \beta \\ x_3 &= x_2 + d_3 \tan \gamma \end{aligned}$$

である (第 2 表)

第2表 直達波の震央距離: x (km) の表

α	x_1	x_2	x_3
5°	0°76'	2°85'	5°31'
10	1 41	5 65	10 67
15	2 14	8 61	16 39
20	2 91	11 78	22 68
25	3 72	15 15	29 83
30	4 62	18 93	38 53
35	5 60	23 20	50 08
40	6 71	28 34	69 60
42	7 20	30 65	83 91
44	7 72	33 30	119 08
45	8 00	34 60	173 96
45°36'	8 17	35 57	∞
50	8 82	42 22	
55	11 41	55 21	
60	13 85	77 15	
63	15 70	106 70	
65	17 17	164 27	
66 27	18 40	∞	

30°	1°68'	6°05'	9°69'
35	1 77	6 47	10 83
40	1 90	7 05	13 00
42	1 95	7 30	14 70
44	2 02	7 64	18 71
45	2 06	7 81	26 11
45°36'	2 08	7 93	∞
50	2 26	8 92	
55	2 54	10 70	
60	2 91	14 09	
63	3 20	18 80	
65	3 44	28 22	
66 27	3 64	∞	

$$\tau_{p1} = \frac{d_1 \sec \alpha}{v_{p1}}$$

$$\tau_{p2} = \tau_{p1} + \frac{d_2 \sec \beta}{v_{p2}}$$

$$\tau_{p3} = \tau_{p2} + \frac{d_3 \sec \gamma}{v_{p3}}$$

である。

なお、説明の都合上計算の順序を以上のようにしたが、実際には、2・2; 1)の項で α に対する β, γ を求める際に、同時に $\tan \alpha, \sec \alpha \dots$ も求めておき、次に x_1, x_2, x_3 , 及び $\tau_{p1}, \tau_{p2}, \tau_{p3}$ を計算する。

2) 第I層の直達波

これはOを中心とした同心円(の一部)となるので、コンパスを用いて作図すればよい。

ただし、 d_1, d_2, d_3 は、第I, II, III層の深さである。なお、この説明では縮尺を考慮していないので、実際に作図する際には縮尺に応じた x を計算する。

4) 第2表によって方眼紙上に波線を引く。(4とDを同縮尺にしないと作図が困難である)

2・3 Pの直達波の作図

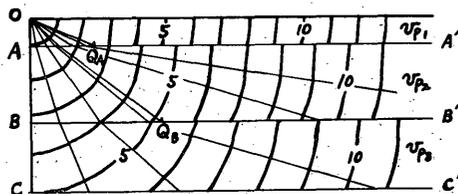
Pの波線の作図ができれば、次はその波線上を各層のPの速度で単位時間ごとの点を取り、同時刻の点を結べば求めるPの波面(直達波)となる。

1) 到達時間(τ_p)の計算

実際の作図に当っては、正確を期するために、 Q_1, Q_2, Q_3 への到達時間 $\tau_{p1}, \tau_{p2}, \tau_{p3}$, を計算しておき、作図の際のチェックポイントとする。(第3表)

第3表 直達波の到達時間: τ_p (sec) の表

x	τ_{p1}	τ_{p2}	τ_{p3}
0°	1°45'	5°12'	7°72'
5	1 45	5 12	7 74
10	1 48	5 22	7 90
15	1 51	5 33	8 12
20	1 55	5 50	8 46
25	1 60	5 74	8 96



第5図

3) 第II, III層における直達波

これは円弧にはならないので、波線上に各層のPの速度に従って単位時間ごとの点を求め、同時刻の各点を結ぶ。(第5図)この作業には、方眼紙などを用いて各層のPの速度による単位時間ごとの目盛を打ったスケールを作り、それによって波線上に点を打って行けば作業が手早く、また誤りも少ない。

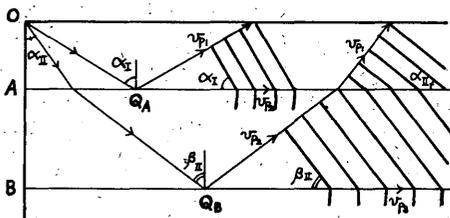
また、臨界点(Q_B, Q_C)から十分遠ざかれば、 Q_B, Q_C を中心とした同心円の一部と見做すことができ、さらに遠ざかれば近似的に直線として作図することができ

る。なお、これらの作図の過程では第3表により、たえずチェックをしながら作図を進めてゆくわけである。

2.4 Pの屈折波の作図

1) 臨界角と波面の傾きとの関係

第I, II層の臨界点以遠では、いわゆる P_n などに相当する屈折波の作図をする。これらの波線は各層内において、それぞれに平行となり、その傾きと臨界角との関係は第6図のようになる。



第6図

作図には、波線上に各層のPの速度による単位時間ごとの点を取り、三角定規二枚で平行線を引いてゆけばよいわけである。

2) 転向線

この屈折波の作図の過程で、屈折波が先行する直達波に追いつき、一致する点がある（それより先では屈折波が先行する）。これは後で述べるように走時曲線上の転向点に相当する点なので、これらの点を結んでおく。これを仮に「転向線」と呼ぶことにする（第7, 図8中の点線）。

2.5 波面の整理

以上で作図は一応終わったわけであるが、このままでは第I, II層の部分が複雑で却って使用上不便なので、転向線以遠では一番早く到達した屈折波を実線として、直達波を破線として、他はすべて消去した方が使用上は便利と思われる。

このようにして作図したのが、第7図のPのノモグラムである。ただし、この図では第III層の下に更に8.0km/sの第IV層を置いて作図してある（第8図のP~Sの場合も同様）。従って50km面は作図上の不連続面となっていて、そのための影響が第III層より上に現れているが、これは30kmのモホ面相当の不連続面によるものとはちがいが大きな意味はない。（図は1/200万判定図用の縮尺にしてある）

なお、このように層を次々と積み重ねることによって、かなりの深さまでのノモグラムを作図することが可

能なわけである。

また、速度が深さDと共に連続的に変化するモデルであれば、適当な厚さの不連続層の積み重ねとして作図した上で平滑化すればよい。

ただし、地球が球であるためにΔを無制限に大きくすることはできない。Dを80km, Δを300kmとすれば（第7図の場合）その誤差は約0.3sec, Dが100km, Δが500kmの場合は0.5sec約の誤差となる（球の場合よりおそくなる）。従って、このノモグラムまたは後述の走時表の利用に当ってはこの点を考慮しておく必要がある。

2.6 Sのノモグラムの作図

各層を通じて $v_P/v_S = \text{const.}$ であれば、Sの波線はPの場合と同一であり、ただ波面の間隔が異なるだけとなる（図は省略）。

2.7 P~Sのノモグラムの作成

P~Sの場合も $v_P/v_S = \text{const.}$ であれば、波線はPの場合と同一である。ただ、この場合はP波とS波の速度の差： $v_P - v_S$ というものを仮定して計算し、作図するわけである。

$$\frac{v_P}{v_S} = k \text{ とすれば、 } v_P - v_S = \frac{v_P}{k-1} \text{ となる。}$$

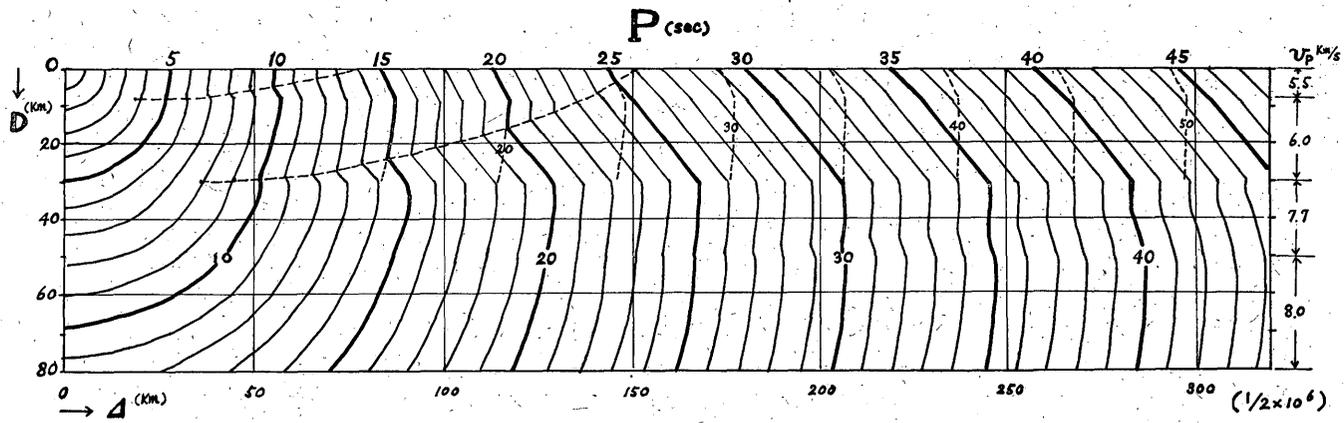
実際のkの値は1般に√3よりやや大きいとされているようであり、事実筆者の調べた範囲でも1.75~1.80程度の場合が多かった。第8図のP~Sノモグラムの場合には、 $k = 1.78$ として作図してある。

補遺：モデルについて

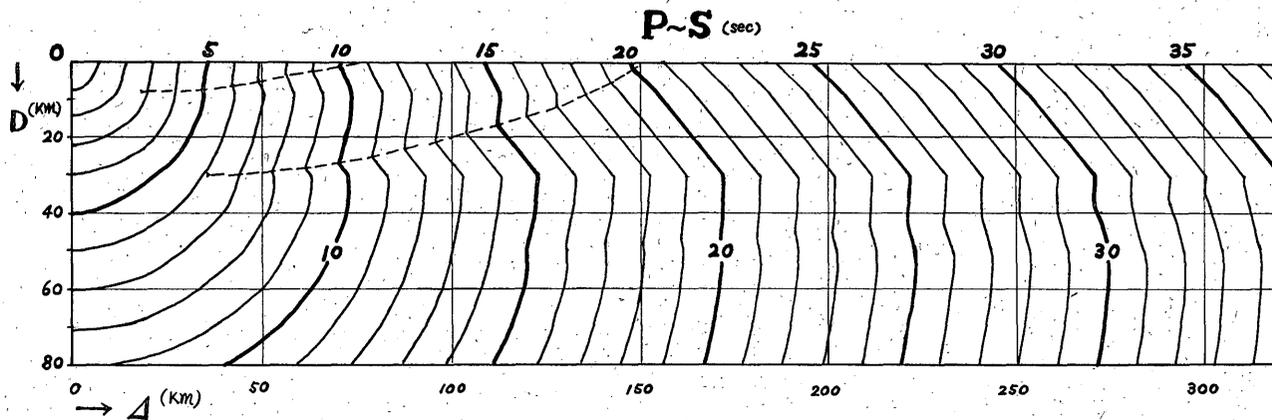
爆破地震による地殻構造の解析をみると、速度のおそい表層が地域によって、あったりなかったり、またモホ面も浅くなったり深くなったりで、そのままノモグラムのモデルとすることのできるような単純なものとはなっていない。

しかしながら、ノモグラムのモデルとしては、水平成層構造としなければならないという制約があり、また気象庁の観測網の観測点の平均間隔から考えると、爆破地震の解析結果に現れているような数kmを単位とするような構造の変化を考慮に入れても意味がない、ということもある。従ってモデルを決める際には、主として目的とする地域のモホ面の平均的な深さと、その上下のPの速度（この場合の例では第II層と第III層の速度）に着目すべきものと思う。

筆者はここに示したモホ面の深さ30kmのもの（Medel

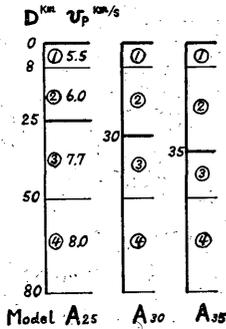


第7図 Pのノモグラム



第8図 P~Sのノモグラム

A₃₀, としている: 標準)の外に25kmのもの (A₂₅: 沿岸用)と35kmのもの (A₃₅: 内陸用)とを比較しながら使用している。(第9図)



第9図

これらの走時は転向点までは同一のものであり、それ

以遠では互いに平行な直線となる(第11・12a)図参照)。

また海洋経路, 例へば日向灘→室戸岬・潮岬などの走時の解析, あるいは逆に日向灘の地震の震源を決めるために室戸岬などのデータを使用する, といった場合には, さらにモホ面の浅い(10~20km)のモデルも必要のようである。

また, 筆者は, この御母衣爆破による解析結果を基にした「Aグループ」のノモグラムの外に, 倉吉爆破の解析結果を参考にしたモデルによる「Bグループ」のノモグラムも使用している。

3. 任意の深さの走時表・走時曲線を求めること

3-1 走時表

1) Pの走時表を求めるには, はじめに説明したように求める深さDで切った線上でΔとτ_Pとの関係を読み取

第4表 A₃₀のモデルによるPの走時表(sec)

D\Δ km	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
0	0.0	0.9	1.8	2.6	3.4	4.3	5.1	5.8	6.4	7.1	7.7	9.0	10.2	11.5
5	0.9	1.2	2.0	2.8	3.6	4.4	5.2	5.9	6.5	7.2	7.8	9.1	10.3	11.5
10	1.8	2.0	2.5	3.1	3.9	4.7	5.4	6.0	6.7	7.3	7.9	9.2	10.4	11.6
15	2.7	2.9	3.2	3.7	4.3	5.0	5.7	6.3	6.9	7.5	8.1	9.3	10.5	11.6
20	3.6	3.8	4.0	4.3	4.9	5.5	6.1	6.7	7.2	7.7	8.3	9.5	10.7	11.8
25	4.5	4.7	4.8	5.0	5.5	6.0	6.6	7.1	7.5	8.0	8.6	9.8	10.9	12.0
30	5.5	5.6	5.6	5.8	6.2	6.6	7.2	7.6	8.0	8.5	9.0	10.1	11.1	12.2
35	6.4	6.5	6.4	6.6	7.0	7.3	7.8	8.1	8.5	9.0	9.4	10.4	11.4	12.4
40	7.3	7.3	7.2	7.3	7.7	8.1	8.4	8.7	9.0	9.5	9.9	10.7	11.7	12.7
45	8.2	8.2	8.1	8.2	8.4	8.8	9.1	9.3	9.5	10.0	10.3	11.1	12.1	13.0
50	9.1	9.1	9.0	9.0	9.3	9.6	9.8	9.9	10.1	10.5	10.8	11.6	12.5	13.4
60	10.9	10.8	10.5	10.7	10.9	11.1	11.1	11.1	11.3	11.6	11.9	12.6	13.3	14.1
70	12.7	12.5	12.2	12.3	12.5	12.8	12.4	12.4	12.6	12.9	13.0	13.6	14.2	15.0
80	14.4	14.1	13.9	14.0	14.2	14.2	13.7	13.7	13.9	14.0	14.2	14.7	15.2	16.0
90	16.2	15.8	15.5	15.7	15.8	15.5	15.0	15.0	15.1	15.2	15.4	15.9	16.3	17.0
100	17.9	17.5	17.2	17.3	17.3	16.8	16.3	16.3	16.3	16.4	16.7	17.0	17.4	18.0
110	19.4	19.1	18.9	19.0	18.6	18.1	17.6	17.6	17.6	17.7	17.9	18.2	18.6	19.1
120	21.2	20.8	20.6	20.3	19.9	19.4	18.4	18.9	18.9	19.0	19.1	19.4	19.8	20.2
130	22.9	22.5	22.2	21.7	21.2	20.7	20.2	20.2	20.2	20.2	20.4	20.6	21.0	21.3
140	24.5	24.1	23.5	23.0	22.5	22.0	21.5	21.5	21.5	21.5	21.7	21.8	22.1	22.5
150	25.9	25.4	24.8	24.3	23.8	23.3	22.8	22.8	22.8	22.8	22.9	23.0	23.2	23.7
160	27.3	26.7	26.1	25.6	25.1	24.6	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.2	24.4	24.9
170	28.6	28.0	27.4	26.9	26.4	25.9	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.5	25.6	26.1
180	29.9	29.3	28.7	28.2	27.7	27.2	26.7	26.7	26.7	26.7	26.6	26.7	26.9	27.3
190	1.2	30.6	30.0	29.5	29.0	28.5	28.0	28.0	28.0	28.0	27.9	28.0	28.2	28.5

D km Δ km	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
200	32.5	31.9	31.3	30.8	30.3	29.8	29.3	29.3	29.3	29.3	29.1	29.2	29.4	29.1
210	33.8	33.2	32.6	32.1	31.6	31.1	30.6	30.6	30.6	30.6	30.4	30.5	30.7	30.9
220	35.1	34.5	33.9	33.4	32.9	32.4	31.9	31.9	31.9	31.9	31.6	31.7	31.9	32.1
230	36.4	35.8	35.2	34.7	33.2	33.7	33.2	33.2	33.2	33.1	32.9	33.0	33.1	33.3
240	37.7	37.1	36.5	36.0	35.3	35.0	34.5	34.5	34.5	34.4	34.1	34.2	34.3	34.5
250	39.0	38.4	37.8	37.3	36.8	36.3	35.8	35.8	35.8	35.6	35.4	35.5	35.6	35.8
260	40.3	39.7	39.1	38.6	38.1	37.6	37.1	37.1	37.1	36.9	36.6	36.6	36.9	37.0
270	41.6	41.0	40.4	39.9	39.4	38.9	38.4	38.4	38.3	38.1	37.9	38.0	38.1	38.3
280	42.9	42.3	41.8	41.2	40.7	40.2	39.7	39.7	39.6	39.4	39.1	39.2	39.3	39.5
290	44.2	43.7	43.1	42.5	42.0	41.5	41.0	41.0	40.8	40.6	40.4	40.4	40.5	40.8
300	45.5	45.0	44.4	43.8	43.3	42.8	42.3	42.3	42.1	41.9	41.6	41.6	41.8	42.0
転向点 (km)	② 76 ③ 150	② 50 ③ 140	③ 131	③ 114	③ 97	③ 77	③ 36	④ 300	④ 255	④ 210	④ 103	—	—	—

ればよいわけである (第4表)。

なお、表の下段、転向点の欄で、例えば、③97km となっているのは、97km 以遠での走時は第三層の速度 (7.7 km/s) によることを示したものである。

2) S または $P \sim S$ の走時表も同様にしてそれぞれのノモグラムから読取ってもよいが、 P の走時表に v_P/v_S 、または $(v_P/v_S - 1)$ を乗じても同じである。

なお、走時を $1/10$ 秒位まで正確に求めたい場合は、 $1/50$ 万のノモグラム (0.5sec の等 P 線) によれば確かであるが、 $1/100$ 万のものから読み取っても実用上は十分であると思う。

3.2 走時曲線

第10図は第4表によって描いた走時曲線の一部である。②③④などは第4表の記号と同じで、それぞれ、それ以遠では第II・III・IV層の速度による直線であることを示した記号である。

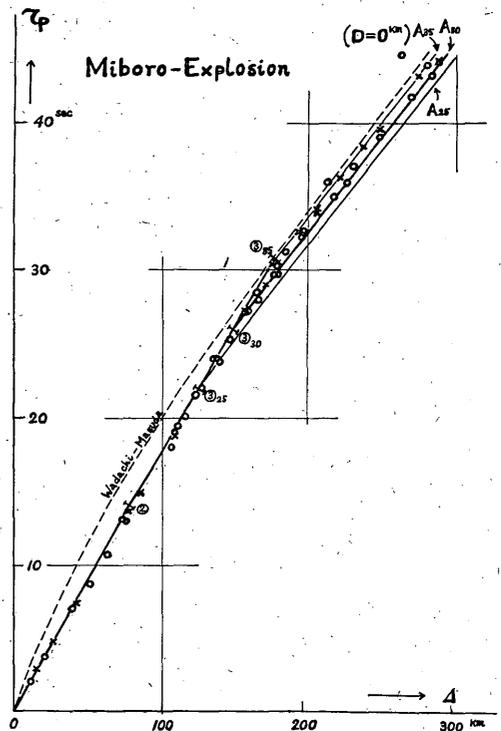
3.3 観測値との比較

1) 爆破地震との比較

第11図は御母衣爆破の観測値と A_{30} (および A_{25} , A_{35}) の0kmの走時曲線との比較である。観測値は一応曲線に乗っているが、これはもともとこの爆破による解析結果を基に作られた走時曲線であるから、合うのは当然である。

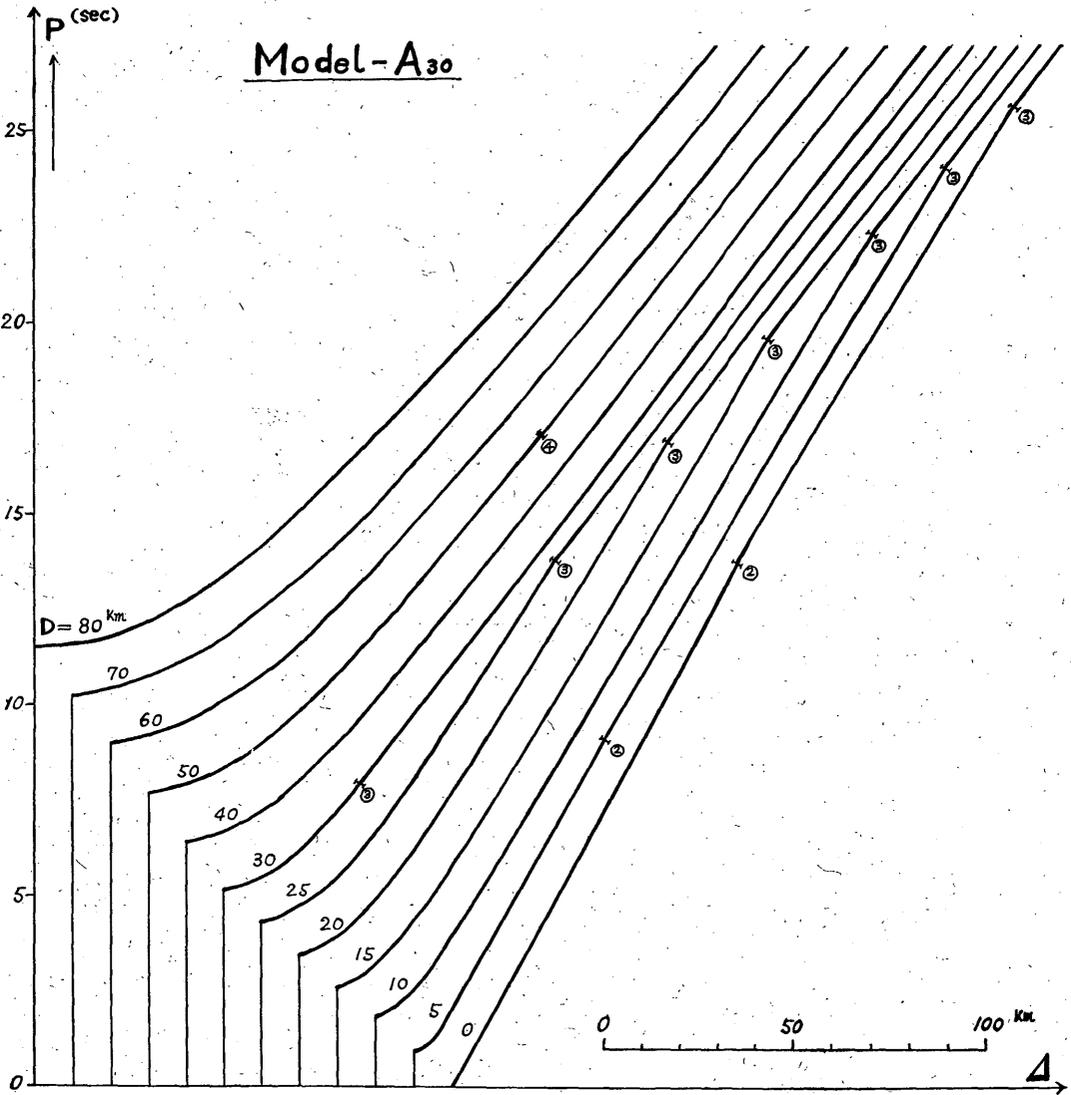
ただし、50~120km 付近では観測値の方がやや早くな

っているが、これは爆破点近傍では第I層がモデルの8



第11図 御母衣爆破の観測値と A_{30} の走時曲線との比較

○……西方測線
×……東方測線



第10図 A₃₀のモデルによる走時曲線

kmより薄いためである。また転向点(約150km)以遠では標準の A₃₀よりもおそく、A₃₅の方に偏しているが、これは観測点が地殻の厚い内陸に配列されているためである。

従ってこの観測値を満足させるためのモデルとしては、第I層を5km位とし、モホ面に相当する第IIIまでの深さを30kmよりやや深くしたものを用いればよいのであるが、近畿地方を中心に使用するにはやはり A₃₀を標準とした方がよいようである。

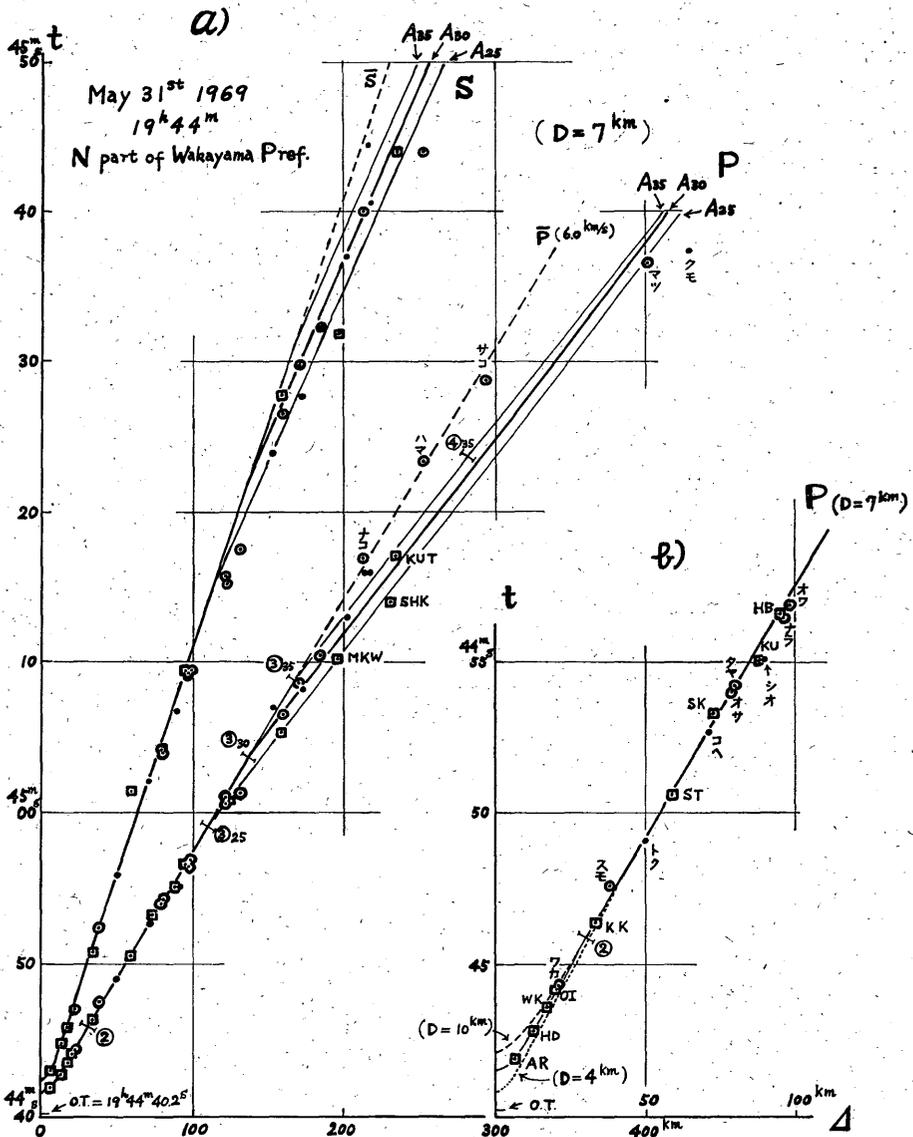
また、他の爆破の観測値とこの A₃₀を比較しても御母衣の場合と同程度であり、和達・益田のような大きな偏

りはない。

このことは、少なくとも気象庁程度の荒さの観測網と観測精度を対象に近地震を扱う場合には、この A₃₀程度の走時表でも、かなりの普遍性を持っていると言えるのではないかと考えられる。

2) 自然地震の場合

第12図 a)は、和歌山県北部の地震である。(M=4.4)この付近は東大の微小地震観測所の観測網の稠密な地域であり、そのデータを使用したために震源を極めて正確に決定することができた。(地震月報の震央はこれよりSSWに約3km、深さは10kmとなっている)



第12図 a)、b) 自然地震の観測値とA₃₀の走時曲線との比較

地震計略号

- VI 直親式電磁地震計
- { OP 光学式
- ENT 磁気テープ式電磁地震計
- { W ウィーヘルト式地震計
- P 普通地震計
- 東大・微小地震観測所

これを見ると0~120kmの範囲では観測値はよく走時曲線に乗っているが、200km以遠になると、松代、白木(SHK)などの高感度地震計による観測値と名古屋などの気象庁の一般の観測値との差が開いてくる。

これは100倍程度の地震計では微弱な P_n をとらえることができず、6 km/s程度の層を伝わってきた P が見掛上の P として観測されるためであるらしい、ということはこの図から推定することができる。

また、この走時曲線のモデルと実際の地殻構造との差があれば、それによって生ずる誤差は Δ と共に増大するわけであり、さらに伝搬の方向により地殻構造に差がある場合のばらつきも Δ と共に大きくなるということも当然含まれてくるわけである。

第12図 b) は震央付近を拡大したもので、一番よく合う深さ7 kmとその前後 ± 3 kmの走時曲線との差を示したものである。(直線部分を合わせてある。震央付近を合わせると直線部分がずれる)

あとがき

以上、今回はノモグラムの作図法と走時表の作製について述べたが、この方法の特徴は比較的簡単な計算と作図によって、震源決定用のノモグラムと共に任意の深さの走時曲線を求めることができる点にある。

今回は、これを利用した震源の図式解法についての筆者の方法を述べ、それに付随して生じた問題としての

「震源域」の現象について触れてみたいと思う。

最後に、これらの問題について終始有益な助言を頂いた大阪管区気象台山崎専門官をはじめ部内の方々、および数多くのデータを提供して下さった東大・京大をはじめ各大学の微小地震観測所関係の方々に対し、深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Wadati, K., K. Sagisaka and K. Masuda (1933) : On the Travel Time of Earthquake Wave (Part I~V), *Geophys. Mag.*, **7**, 87~153.
(または、地震観測指針・解析編, (1971), 付表, 85~90)
- 2) 高木聖, 村井五郎 (1953) : 震源 (第12報), 浅い地震の走時曲線の製作, 験震時報, **18**, 3号, 5~19.
- 3) 大阪管区気台観測課・地震係 (1967) : 大阪管内の電磁地震計設置後の観測値の精度について, 大阪地震だより, No.1, 1~7.
- 4) 大阪管区気象台観測課・地震係 (1967) : 地震再調査表 (大阪) がてきるまで, 大阪地震だより, No. 2, 2~7.
- 5) 松本久 (1968) : P ノモグラムによる震源決定について, 大阪管区気象研究会誌 (昭和43年), **2**.
- 6) Leet, L. D. (1936) : Practical Seismology and Seismic Prospecting, 108~160. (または、地震観測指針・参考編 (1968), 49~51)
- 7) 三雲健, 大塚道男, 宇津徳治, 寺島敦, 岡田惇 (1961) : 爆破地震動観測による日本中部の地震構造, 地震, 第2輯, **14**, 第3号, 168~188.
- 8) 橋爪道郎, 川本整, 浅野周三, 松村郁栄, 浅田敏, 玉城逸夫, 村内必典 (1966) : 第1回, 第2回, 倉吉爆破および花房爆破観測より得られた西部日本の地殻構造, 地震, 第2輯, **19**, 第2号, 125~134.