第2回鉾田爆破地震動観測から 得られた地殻構造について

東京大学地震研究所 松 沢 武 雄
" " 松 本 利 松
" " 浅 野 周 三

(昭和 35 年 3 月 28 日受理)

The Crustal Structure as Derived from Observations of the Second Hokoda Explosion.

Takeo MATUZAWA,

Earthquake Research Institute, The University of Tôkyô,

Tosimatsu MATUMOTO,

Earthquake Research Institute, The University of Tôkyô,

Shûzô ASANO,

Earthquake Research Institute, The University of Tôkyô.

(Received March 28, 1960)

The crustal structure as shown in Fig. 6 was derived from observations of the second Hokoda explosion. That is, in the Kwantô area the first layer has a velocity of 1.74 km/sec with a thickness of 0.92 km and ceases to exist in the farther north of Hitati. The second layer has a velocity of 5.5 km/sec with a thickness of 4.3 km, however, its bottom surface begins to taper northward at a distance of $\Delta = 40$ km from Hokoda, and near Tamura the third layer with velocity of 6.2 km/sec comes near the earth surface.

In North-east Japan, except Siroiwa and Kaneyama, the surface is covered by a certain thin layer and the second layer, corresponding to that of Kwantô area with a velocity of 5.5 km/sec, has a velocity of 5.8 km/sec with thickness 4~8 km.

The velocity of P_n waves is 7.7 km/sec and the depth of the Mohorovičić discontinuity is 27.5 km under Hokoda and tapers northward with inclination of about 2° . The depth of the Mohorovičić discontinuity is verified by reflected waves observed at Sano.

Hitati is a singular point and the third layer is supposed to be upheaved near to the earth surface. The correspondence of this feature to the surface geology and gravity data is very good.

1. P_1 層 P_2 層の速度について

爆破点ではすでに前回の実験の際に約 1200 m の測線をはり、最小二乗法によつて 1.79 km/sec の速度が求められているが¹⁾,再び 550 m の測線で 12 成分の観測を行なつた。前報²⁾で述べたように、第2回の資料だけからは 1.71 km/sec, 2 回の資料を合わせると 1.74 km/sec の速度が得られた。

Fig. 1. Travel time curves of the waves from the second Hokoda Explosion.
 HI, HII, KI and KII mean observed travel time of the first, second
 Hokoda Explosion, the first and second Kamaisi Explosion respectively.

第2層 (P_2 層) についていえば, Fig. 1 に示すように大谷, 水戸 A, B, 佐野および前回の巴川, 玉里(前回は参考に止める)の観測値は intercept time 1.02 sec, 速度 5.5 km/sec

Table 1. Thickness of the P_1 layer.

V_2 km/sec	τ_2 sec	V_1 km/sec	τ_1 sec	z_1 km
5.5	1.02	1.74	0.035	0.92
5.4	1.01	1.74	0.035	0.895
		1.79	0.053	0.906
		1.71	0.028	0.885

の線によくのついている。また, 今回の資料だけから, よみとりの class³⁾ a, b, c, d によつてそれぞれ, 4, 3, 2, 1 のおもみをかけて大谷—佐野間の4点で最小二乗法によ

Table 2.

Station	$O-C$	Correction to height	$(O-C)_H^*$
	sec	sec	sec
1. Hokoda			
2. Ōya	0.06	negligible	0.06
3. Mito A	0.05	"	0.05
4. Mito B	-0.03	"	-0.03
5. Sano	0.15	"	0.15
6. Hitati	-0.03	-0.05	-0.08
7. Daigo	0.05	-0.01	0.04
8. Tanakura	0.16	-0.02	0.14
9. Tamagawa	0.01	-0.02	-0.01
10. Tamura	0.12	-0.04	0.08

* $(O-C)$ means $(O-C)$ in which correction to height is taken into account.

り走時式を求めると $t \text{ sec} = 1.01 + (4 \text{ km} / 5.40)$ となる。 P_2 層の速度 V_2 , intercept time τ_2 の2組の値と, P_1 層の速度 V_1 , intercept time τ_1 の3組の値とのある組合せに対する P_1 層の厚さ z_1 を求めると, Table 1 のようになり何れの値を用いても z_1 は 0.9 km である。したがって仮に第一層は速度 1.74 km/sec , 厚さ 0.92 km , 第2層は速度 5.5 km/sec , intercept time 1.02 sec の値を採用する。この Model による大谷—佐野間の ($O-C$) は他の点とまとめて Table 2 に与えられている。佐野の値は 0.15 sec でやや大きい, P_1 層が少し厚いとすればよい。

2. P_2 層底面の形状と P_3 層の速度について

Fig. 1 の走時図から判るように, 日立—田村あるいは日立—白岩間は 6 km/sec 前後の速度の線に属するが, 日立の走時が速いために, この値の取扱い方しだいでかなり違った速度の線を考えることができ, したがって Model もいろいろ考えられる。例として, 実際に検討した Model だけをあげる。

(1) みかけの速さとして $6.4 \sim 6.5 \text{ km/sec}$ を用いる Model (Model 1).

日立は測線からはずれていて異常に速いので別にすると, 大子—白岩間の5点は割合よく $6.4 \sim 6.5 \text{ km/sec}$ の線にのる。 P_2 層には 5.5 km/sec の速度の層をおき 6 km/sec 位の速度の層を P_3 層とし, 適当な傾斜により $6.4 \sim 6.5 \text{ km/sec}$ のみかけ速度を説明しようとする Model である。

(2) みかけの速さとして 6.2 km/sec を用いる Model (Model 2).

この Model は日立—田村間の5点を通る線として 6.2 km/sec の線を認め, その結果として生じた 5.5 km/sec の線と 6.2 km/sec の線の離れ方を断層をおいて説明しようとするものである。

考えられる Model のうち, 今回の資料だけから何れが妥当かを, 他地方の構造と独立に, 一つ一つ検討し, 資料を最もよく説明すると同時に, なるべく簡単な構造を求め, 他地方と比較し, 相違があれば両方を見直すという手続を踏めば最も合理的である。しかし, すでに東北地方および関東地方北部の構造は求められているので, それらを認め, まず2地方の構造とうまくつながりそうで, かつ, なるべく簡単な Model を選び, どの程度観測値を説明できるかを検討する。

Model 1 について検討するに当り, まず第3層の実質速度の値をどれだけにとるか, 観測値と計算値をどこまで合わせるかが問題であるが, 実質速度として仮に関東地方北部で採用した値 6.1 km/sec^9 を採用してみる。それは関東地方北部とつながっているからである。第2の問題に関しては東北地方の整理の際に, 表土層, 時間精度を考慮して $|O-C| \leq 0.1 \text{ sec}$ まで

議論したが⁹⁾、今回も一応この立場をとる。

さて、6.4~6.5 km/sec のみかけ速度を与えるためには、傾斜 $5^{\circ}14' \sim 6^{\circ}32'$ の角度で北へ行く程、浅くなっていることが必要である。表土層を省略し P_2 層底面の鉾田での深さを求めると、走時図で 5.5 km/sec と 6.4~6.5 km/sec の線の変る折れ曲り距離は大体 30 km であるので、5.5 km/sec と 6.1 km/sec の2層だけとし境界面は上記の角度で傾斜しているとする。5.3 km の値を得る。一様な傾斜とすると $\Delta = 46.3 \sim 57.9$ km で P_3 層が地表へ出る。仮に関東地方北部の値 6 km を採用しても $\Delta = 52.4 \sim 65.5$ km で地表へ出る。10 km としても露出する Δ は 87~109 km にすぎない。しかるにみかけ速度 6.4~6.5 km/sec の線にのるのは太子一田村、あるいは白岩間で、 $\Delta = 73 \sim 132$ km あるいは 73~150 km の間であるから、このような小さい Δ で P_3 層が地表へ出るのは困る。

Fig. 2.

上述のように、一様な傾斜では鉾田直下の深さが深くなりすぎるので、Model 2 を考慮して Fig. 2 のように、適当な震央距離 Δ_0 km までは水平で、 Δ_0 km から適当に傾いている構造を考える。この Δ_0 km は日立の走時から定める。また、 Δ_0 km までは、方位による構造の相違はなく、境界面は水平とする。第1近似として 5.5 km/sec の層と 6.1 km/sec の層の境界面が水平とし、走時図上の折れ曲り距離を 30~50 km(佐野、日立間) とすると、 P_2 層底面の深さとして 3.4~5.7 km の値を得る。したがって P_2 層の厚さとして関東地方北部での値 6 km を採用してみる。この Model で P_2 層底面が傾き始める距離 Δ_0 を媒介変数として日立一白岩間の走時を求めると (O-C) は Table 3 のようになる。Table 3 から、この

Table 3.

Station	Δ km	T_{obs} sec	(O-C) sec	
			$\Delta_0 = 20$ km	$\Delta_0 = 30$ km
Hitati	55.161	9.88	-0.25	-0.29
Daigo	73.030	13.01	-0.02	-0.03
Tanakura	98.935	17.16	-0.07	-0.09
Tamagawa	119.472	20.22	-0.37	-0.40
Tamura	131.789	22.27	-0.31	-0.37
Siroiwa	150.331	25.00	-0.70	-0.70

Model では (O-C) の絶対値がかなり大きくなることが判る。日立以遠で初動を与える波の道は鉾田直下を通る訳ではないので、水平な P_2 層底面を許されるだけでもちあげても、関東北部での値と直ちに矛盾することはない。したがって第一近似として求めた厚さ 3.4~5.7 km を

目安として、若干の Δ_0 と P_2 層の厚さ z_2 との組合せに対して、日立の走時を求めると Table 4 のようになる。佐野は P_2 層

を通つた波が初動を与えるとした方がよいので、 $z_2 = 3.8 \text{ km}$ は不適當で精々 $z_2 = 4 \text{ km}$ である。仮に $z_2 = 4 \text{ km}$ 、 $\Delta_0 = 30 \text{ km}$ として比較的速い遠方の玉川、田村の走時を P_3 層だけ通るとし

Table 4. $O-C$ in sec at Hitati.

$\Delta_0 \text{ km} \backslash z_2 \text{ km}$	20	30	35	40
3.8	—	-0.04	-0.05	-0.08
4.0	-0.04	-0.06	-0.08	-0.11
4.5	-0.09	—	—	—

て計算しても、 $(O-C)$ はそれぞれ -0.21 sec 、 -0.17 sec となり計算値がおそすぎ、 P_3 層の実質速度として 6.1 km/sec を採用したことが妥当でないことを示す、 P_3 層の実質速度を 6.1 km/sec より大きい値にしても関東北部の構造を多少変更することによつて $(O-C)$ を同じ程度にできると考えられる。かくして、 P_3 層の実質速度として 6.2 km/sec を仮定し、同様な吟味を試みる。

まず P_2 層の厚さ z_2 の第1近似として、走時図上の折れ曲り距離 $35 \sim 50 \text{ km}$ (佐野—日立間) に対して、 z_2 は $4.3 \sim 6.2 \text{ km}$ となる。若干の Δ_0 、 z_2 の組合せに対して計算した日立の $(O-C)$ は Table 5 のようである。日立の高度補正は -0.05 sec であることを考えて、 $z_2 = 4.3 \text{ km}$ 、 $\Delta_0 = 40 \text{ km}$

Table 5. $O-C$ at Hitati (in 0.01 sec)

$\Delta_0 \text{ km} \backslash z_2 \text{ km}$	30	35	40	45
4.3	4	1	-3	-8
4.5	—	—	-5	—
4.9	-5	—	—	—

を採用すれば、 $(O-C)$ は -0.03 sec 、高度補正を考慮に入れて -0.08 sec となる。この値はまた、佐野の初動が

P_2 層を通つた波によるとの解釈にも合う。 P_2 層底面の傾斜を定めるために、遠方の玉川、田村の走時を、 P_3 層へ屈折してからは P_3 層だけを通つて到達した波が初動を与えるとして計算すると、 $(O-C)$ はそれぞれに対し、 0.05 sec 、 0.12 sec となる。 P_2 層底面は $\Delta_0 = 40 \text{ km}$ より傾斜し、丁度玉川と結ぶ線と一致しているとすると、傾斜角は $3^\circ 46'$ になり、田村と結ぶ線と一致しているとすると、傾斜角は $3^\circ 15'$ になり (P_2 層底面が傾いて 6.4 km/sec のみかけ速度を与える角度が $3^\circ 18'$ になる) 大子、柵倉、玉川の $(O-C)$ は2つの場合に対して Table

Table 6. Inclination and $O-C$ in sec.

Station \ Inclination	Daigo	Tanakura	Tamagawa	Tamura
$3^\circ 46'$	0.05	0.19	0.05	0.12
$3^\circ 15'$	0.05	0.16	0.01	0.12

6 に与えられている。大差ないが、後者すなわち、 $d_0 = 40 \text{ km}$ のところから $3^\circ 15'$ で傾斜して、田村付近で P_3 層がほとんど露出している Model を採用する。

3. P_n について

今回の観測の主目的は、東北地方ですでに得られている資料とともに、 P_n 層に関する知識を精密にすることにあつた。今回の観測点のうち、 P_n 層を通過する波が初動を与えると考えられるのは、白岩以遠であり、Fig. 1 によつてみかけ速度 7.9 km/sec の線に観測値がよくのつていることが判る。この値は東北地方の結果と合わせて考えれば、 P_n 層に関するものと判断される。上部の構造に関しては、白岩—川俣付近は余りよく求められていないので、妥当なものを仮定せざるを得ない。東北地方では、速度 $5.75 \sim 5.85 \text{ km/sec}$ の層と速度 $6.1 \sim 6.2 \text{ km/sec}$ の層の境界面が $6 \sim 11^\circ$ の傾斜で釜石爆破点付近で浅くなつていて、釜石爆破点から、傾斜した境界面への垂線の長さが $0.5 \sim 2.0 \text{ km}$ の範囲と求められている。また、走向は北から時計廻りに測つて $200^\circ \sim 210^\circ$ の方向である⁷⁾。一方、今回の白岩以遠の観測点は、多少の凹凸はあるが、ほぼ走向 200° の線に沿つており、この線は釜石爆破点からひいた走向 200° の線と約 30 km はなれている。釜石爆破点で傾斜面への垂線の長さは $0.5 \sim 2.0 \text{ km}$ であるが、これを釜石爆破点直下の 5.8 km/sec 層の厚さと見做し 30 km 隔つた走向 200° の線の下の厚さ z_2' は Table 7 に与えられごとくである (Fig. 3)。Table 7 から 5.8 km/sec 層の厚さ z_2' は $4 \sim 8 \text{ km}$ の範囲と考えてよいことが判る。

Fig. 3

Table 7. z_2' (km)

$h \text{ km}$	0.5	2.0
θ		
6°	3.7	5.2
11°	6.3	7.9

つぎに Moho 不連続面の深さは、第1近似として、 6.2 km/sec の線と 7.9 km/sec の線との交点が 145 km として概算すると 25 km となる。また 7.9 km/sec のみかけ速度を与える Moho 不連続面の傾斜角 θ と実質速度 V_4 との関係は、Table 8 に与えられている。

Table 8. V_4 and θ which give 7.9 km/sec (The negative sign of θ means the dip toward the north).

$V_4 \text{ km/s}$	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2
θ	$4^\circ 04'$	$2^\circ 58'$	$1^\circ 56'$	$57'$	0°	$-54'$	$-1^\circ 45'$	$-2^\circ 35'$

3・1. Moho 面を水平とする場合

まず Moho 面が水平の場合、すなわち $V_4 = 7.9 \text{ km/sec}$ の場合は $d_3 = 27.5 \text{ km}$ とすると白

岩、金山を除き $|O-C|$ は小さくなるが、その結果は種々の z_2' に対して Table 9 に与えられる。Table から、白岩、金山の走時が他に比べて速いこと、ならびに z_2' の値による走時

Table 9.

z_2' (km)	0	2	4	5	6	8
Station						
Siroiwa	-0.09	-0.12	-0.15	-0.17	-0.18	-0.22
Kawamata	0.11	0.08	0.05	0.03	0.02	0.00
Isida	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.05
Kaneyama	-0.14	-0.18	-0.21	-0.23	-0.23	-0.27
Watari	0.13	0.10	0.07	0.05	0.04	0.01
Miyatoko	0.13	0.10	0.07	0.05	0.04	0.01

の差は $z_2' = 4 \sim 8$ km の範囲では、0.1 sec 以下であり、 z_2' の値は問題にならないことが判る。白岩、金山の走時に対しては、種々の解釈が可能である。第1に釜石爆破の結果から、この断面では表土層が殆んどなく、5.8 km/sec 前後の速度の層が殆んど地表から存在することが結論されており⁸⁾ (現在、問題となつている付近までハッキリしている訳ではない)、また、表土層等からの誤差が 0.1 sec 以内と仮定すると、白岩、金山の走時が異常に速いのは、5.8 km/sec の層が他に比して薄いことでは解決されず ($z_2' = 0$ としても白岩、金山の $(O-C)$ はそれぞれ -0.09 sec, -0.14 sec である) 白岩、金山へ到達する波の道筋にあたる Moho 面のある部分が持ち上つていることによるとせざるを得ない。しかもそのもち上りにより、この2点以外の点の走時が影響をうけないことが必要である。従つて、白岩に対していえば、Moho 面から臨界屈折角で田村へ到達する波が Moho 面より屈折する点 (白岩より 52.44 km 近い点) から、白岩よりも 26.08 km 近い点まで (これは白岩に達する波が Moho 面から臨角屈折角で屈折する点である) Moho 面が 5° の角度で一様に傾斜しており、それよりも遠くでは、かなり急な角度で、もとの深さまでおちており、金山に対していえば、金山よりも 49.10 km 近い点から 26.42 km 近い点まで、Moho 面が 5° で一様に傾斜してもち上り、それから先はもとの深さまで急に落ちている構造になる (Fig. 4)。こうすれば白岩、金山に対して $(O-C)$ はそれぞれ 0.02 sec, -0.05 sec となる。この解釈は局部的仮定を導入するので、これまでの指導原理と相容れないことを考慮し、かつ、なるべく浅い所に原因を求めようとする第2の立場として、白岩、金山は表土層が殆んどないために $(O-C)$ は小さく、他の観測点には速度のおそい表土層があるためにおけると解釈するものがある。仮に $z_2' = 5$ km として $d_3 = 26.5$ km とすれば

Fig. 4

よいことが求められる (Table 10). 第3は中間的な立場で白岩, 金山では 5.8 km/sec 層をなくし, 他の点にはおそい表土層をおくのである. d_3 は $27 \sim 27.5 \text{ km}$ が適当と考えられる.

3・2. Moho 面が傾いている場合

Moho 面が傾斜するとした場合に対しても, 白岩, 金山の走時の解釈には, 少なくとも前述の3つの立場が存在し得る. 関東北部で得られた $V_4 = 7.7 \text{ km/sec}$ を仮定すると, 第1の立場では, $d_3 = 29 \text{ km}$ (ただし, 鉾田直下の深さ, 以下同様) が適当で Moho 面は $1^\circ 56'$ の角度で北へ行くほど浅くなる (Table 8 および Table 10). この場合にも, 白岩, 金山の速い走時の説明には, 白岩に対しては, 白岩よりも 51 km 近い点から 22.9 km 近い点まで, 水平に対し $6^\circ 56'$ の角度で一様に傾斜し (即ち, $1^\circ 56'$ の傾斜面に対して 5° の角度でもちあがることになる), その先では急に $1^\circ 56'$ で延長した所までおち, 金山に対しては, 金山よりも 53 km 近い点から 20.8 km 近い点まで水平から $6^\circ 56'$ の角度で一様に傾斜し, それより先では,

Fig. 5

$1^\circ 56'$ の一様な傾斜で延長した所までおちる (Fig. 5).

(O-C) は Table 10 に与えられている. 第2の立場では, 白岩, 金山以外のおそい点は, おそい速度の未知の表土層によるとすると, $d_3 = 27.5 \text{ km}$ ととればよく, 求められた (O-C) は Table 10 に与えられる. 第3の立場は, 以上の値から推察できるので省略する. 従つて,

$V_4 = 7.9 \text{ km/sec}$ でも $V_4 = 7.7 \text{ km/sec}$ でも説明でき, P_n

の速度を1つに定めることはできない. P_n の速度の範囲を定めるために, $V_4 = 7.5 \text{ km/sec}$ と $V_4 = 8.2 \text{ km/sec}$ の2つの場合を計算した結果は, Table 10 に示されているが, 何れの値も不都合を生ぜず, 今回の資料だけでは, 正確な値を求めることはできない.

3・3. 釜石爆破参照

そこで今回は釜石爆破の逆測線になつていたので, 釜石爆破の資料⁹⁾ を考慮に入れる. Fig. 1には2回の釜石爆破の走時図が重ねて与えられているが, P_n の点のうち精度のよい値は第1, 2回の金山, 第2回の川俣, 白岩があり, 更に遠方の点は振巾が小さかつたり, 偶々起つた自然地震の邪魔のために精度は余りよくない. この3点の4つの観測値は, 7.5 km/sec の速度の線によくのつていると見做せる (Fig. 1). また第1回の野木沢は初動が小さいが, 第2回が自然地震の邪魔をうけているのに比べて若干よいので, 前記の4個の値と第1回野木沢の精度が等しいとして線をひくと, 7.8 km/sec の速度が得られる. 今回のみかけ速度 7.9 km/sec と併せて, 7.5 km/sec の場合は実質速度 7.7 km/sec , 傾斜角 $1^\circ 56'$, 7.8 km/sec の場合は実質速度 7.85 km/sec , 傾斜角 $29'$ となり, 何れも東北地方が浅くなつてい. 記録のよさ

からいつて、 P_n としては $V_4=7.7$ km/sec, 傾斜角 $1^\circ56'$ なる値が妥当と考える. 鉾田直下の Moho 面の深さ d_3 については, Moho 面を凹凸させるか, 未知の表土層をおくかにより異なり, 前者では 29 km, 後者では 27.5 km となる. Moho 面を凹凸させるのは不自然であり, 資料も不十分なので, 寧ろ未知の表土層をおき $d_3=27.5$ km なる値を採用したい.

4. 総合モデル

かくして求められた最後の地殻構造は Fig. 6 に示されている. P_1 層は速度 1.74 km/sec, 厚さ 0.92 km, 佐野付近でやや厚く, 日立以遠ではないと仮定している. P_2 層は関東地方で

Fig. 6. Final Model.

は速度 5.5 km/sec, 厚さ 4.3 km, 底面は $\Delta=40$ km の点より $3^\circ15'$ で傾斜し, 田村付近では P_3 層が地表近くまで来ている. 日立の方向のみは特別で, $\Delta=40$ km の点から P_3 層が殆んど地表付近へもち上っている. 白岩以遠では P_2' 層があり, その速度は 5.8 km/sec で, 厚さは 4~8 km の程度である. 白岩, 金山を除き, 点線で示すような, うすい表土層があるとす. P_3 層の実質速度は 6.2 km/sec, Moho 面の鉾田での深さは 27.5 km, $1^\circ56'$ の角度で東北地方で浅くなっている. P_n の速度は 7.7 km/sec である.

このような Model で計算された (O-C) は, 田村までが Table 2 に, P_n に対しては Ta-

Table 10.

Station	Correction to height	$V_4=7.7, z_2'=5$ $\theta=1^\circ56'$		$V_4=7.9, z_2'=5,$ $\theta=0^\circ$		$V_4=7.5,$ $z_2'=5,$ $\theta=4^\circ04'$	$V_4=8.2,$ $z_2'=5,$ $\theta=-2^\circ35'$
		$d_3=27.5$	$d_3=29.0$	$d_3=26.5$	$d_3=27.5$	$d_3=30.0$	$d_3=26.0$
11. Siroiwa	-0.04 ^{sec}	0.04 ^{sec}	-0.06 ^{sec}	-0.01 ^{sec}	-0.02 ^{sec}	-0.19 ^{sec}	-0.18 ^{sec}
12. Kawamata	-0.02	0.25	-0.05	0.21	0.01	0.04	0.04
13. Isida	-0.02	0.32	0.01	0.27	0.07	0.10	0.10
14. Kaneyama	negligible	0.02	-0.05	-0.03	-0.05	-0.20	-0.19
15. Watari	"	0.29	0.00	0.25	0.05	0.07	0.09
17. Miyatoko	"	0.29	0.00	0.25	0.05	0.07	0.09

(V_4 in km/sec, z_2' and d_3 in km)

ble 10 に V_4 , d_3 の若干の組合せに対して与えられている。高度補正も考慮したが、発破点の火薬の頭の深さが地表下、平均 35 m で発破点の標高が 41 m なる故、観測点の高度そのものを用いて計算した。Table から判るように、殆んどすべて 0.1 sec 以下なる故、東北地方の整理の際に述べたように偶然誤差としてよい程度である。Table 2 において佐野、棚倉は (O-C) が 0.1 sec より大きい。佐野では恐らく表土層が厚いために、棚倉は初動が小さいために、おくられていると考えられる。Table 10 において、最も妥当と考えられる $V_4 = 7.7$ km/sec, $d_3 = 27.5$ km の値に対して、白岩、金山以外は (O-C) が 0.2~0.3 sec にもおよぶが、これは未知の表土層によると考える。仮に鉾田と同じく、速度 1.74 km/sec の層であれば 0.4 km 位おけば十分であり、妥当な値である。

5. 反射波からの検討

佐野では、Moho 面からの反射波をとらえる目的で、E.T.L.-M3 型地震探鉱用器械を用いて観測した。観測の詳細はすでに報告されているが¹⁰⁾、1 h 05 m 9.61 sec, 11.35 sec, 12.85 sec に優勢な phase が存在する。この3つは特に明瞭である。

他方、種々の不連続面からの反射波の走時を計算してみると、 P_1 層底面からの反射波の走時は 19.56 sec, P_2 層底面からの反射波の走時は 7.38 sec であり、前者に相当するらしい phase はない。また 7.38 sec は丁度、初動付近で判らない。Moho 面からの反射波については、Fig. 6 に示された Model については 11.27 sec であり、観測された 11.35 sec の phase よりもわずかに 0.08 sec 早いだけでよく一致しているといえる。 $V_4 = 7.9$ km/sec, $d_3 = 27.5$ km で水平とすると更によく一致する。他の phase の解釈については種々考えられるが、今回は考察しなかつた。ただ 11.35 sec の phase は丁度 S 波の出現する時刻であるが、この phase の 12 成分によるみかけ速度は 7.7 km/sec 位になるので、恐らく Moho 面からの反射波であろう（初動のみかけ速度は 5.9 km/sec である）。

Fig. 7.

6. 重力および地質との比較

まず重力の Bouguer 異常の分布をみると、最も顕著なことは、日立付近で Bouguer 異常が正で大きいことである¹¹⁾。これは日立の走時異常の解釈のために、日立だけ孤立して P_3 層を殆んど地表付近まで持ち上げたことと定性的に一致している。Fig. 7 には鉾田—日立観測点の断面での Bouguer 異常を示した。

表面地質からいっても、日立付近には、日立古

生層が露出していることとよく対応する。

Fig. 6 に示されたもう一つの特長は、玉川、田村、白岩付近の構造である。勿論 P_3 層が全く地表へ出ているとする必要もないので、表面地質に対応が必ずしもつくとは限らない。この付近は阿武隈山地に属し、日立ほど顕著な特長はなく、むしろ表面的には断層はない。ただし、この付近に断層を考える地質学者もいるとのことである。何れにしろ、日立のようにうまく対応していない。

7. 結 論

今回の観測の主目的は、 P_n に関する諸量をより精密に定めること、東北地方と関東地方北部の地殻構造の関係を知ることであつたが、解析の結果 Fig. 6 に示されるような構造を得、両地方を矛盾なく結びつけることができ、 P_n も従来よりはよく決定し得た。すなわち、関東地方では、第一層は速度 1.74 km/sec, 厚さ 0.92 km で、この層は日立以北ではなくなる。第 2 層は速度 5.5 km/sec, 厚さ 4.3 km, 底面は $d=40$ km の所より $3^\circ 15'$ で傾き、田村付近では速度 6.2 km/sec の第 3 層が地表近くまで来ている。東北地方では、白岩、金山以外では未知の表面層がうすくあり、関東の 5.5 km/sec の速度に相当するのは 5.8 km/sec であり、厚さ 4~8 km の程度と仮定した。 P_n 波の速度は 7.7 km/sec, Moho 面の深さは鉾田の真下で 27.5 km であり、約 2° の傾斜で東北地方では浅くなっている。この Moho 面の値は、また佐野における反射波の走時からも妥当性を裏付けされた。野反、鉾田第 1 回の整理からは、関東地方北部では第 3 層の速度 6.1 km/sec, Moho 面の深さ 25 km としているが、今回の結果では、第 3 層は 6.2 km/sec の速度を必要とし、Moho 面の深さも、鉾田直下では 27.5 km としている。従つて関東地方北部の構造は多少修正を要するが、大体の傾向には変化がないと考える。また、日立の方向だけでは構造が別で、日立では第 3 層が地表近くまで来ている。これは重力、地質とも極めてよく一致している。

8. 謝 辞

終りに、資料解析の機会を与えて下さつた爆破地震動研究グループに心より感謝の意を表します。また図版の製作は内田資子嬢にいただいたので、記して感謝の意を表します。

後 記

鉾田をローマ字書きにする時、Hokota ではなく Hokoda とすべきことが気付かれたが、説明図に書き入れられたものはそのままとした。

また地名のローマ字書きは訓令式によつた。

参 考 文 献

- 1) 爆破地震動研究グループ： 地震，第2輯，第11巻，第2号．
- 2) 爆破地震動研究グループ： 地震，第2輯，第13巻，第2号．
- 3) 爆破地震動研究グループ： loc. cit., 2)
- 4) 爆破地震動研究グループ： loc. cit., 1)
- 5) The Research Group for Explosion Seismology, Pub. Bureau Central Séism. Int., Série A, Trav. Sci., **19** (1954) 229. T. Matuzawa, Bull. Earthq. Res. Inst., **37** (1959) 123.
- 6) 爆破地震動研究グループ： loc. cit., 1)
- 7) The Research Group for Explosion Seismology, loc. cit., 5)
T. Matuzawa, loc. cit., 5)
- 8) 同上
- 9) The Research Group for Explosion Seismology, Bull. Earthq. Res. Inst., **32** (1954) 79;
33 (1955) 699.
- 10) 爆破地震動研究グループ： loc. cit., 2)
- 11) C. Tsuboi et al: Bull. Earthq. Res. Inst., Suppl. Vol. **4**, Part 7 (1956).