

爆破地震による伊豆大島の地下構造—横断測線

長谷川功* 伊藤公介* 小野晃司* 相原輝雄**
 楠瀬勤一郎* 佐藤隆司*

HASEGAWA, I., ITO, K., ONO, K., AIHARA, T., KUSUNOSE, K. and SATOH, T. (1987) Crustal structure of Izu-Ōshima Island revealed by explosion seismic measurements — A profile across the Island. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.38(11), p. 741-753.

Abstract : Refraction seismic surveys were carried out across Izu-Ōshima Island from 1981 to 1983. Five shots fired at three shot points were recorded at about 80 observation sites. The analysis of travel time data was made by the methods of differences and ray tracing. The theoretical travel times were calculated for trial models by a computer program based on ray theory and the most consistent velocity structure with the data was chosen. Five velocity layers were identified as follows: the 1st layer, 1.1 km/s; 2nd layer, 1.8 km/s; 3rd layer, 2.5 km/s; 4th layer, 3.6 km/s; 5th layer, 5.5 km/s. The depths of the 3rd, 4th and the 5th layer become shallow from the coasts toward the summit of the island and those beneath the east coast are shallower than those beneath the west coast. The velocity structure is consistent with Bouguer anomaly along the profile. The 1st layer is geologically assumed as postcaldera products or the upper part of the products of Izu-Ōshima Volcano, the 2nd layer as mainly the upper part of the products, the 3rd layer as the lower part of the products or older strato-volcanoes which underlie Izu-Ōshima Volcano, the 4th layer as the montmorillonitized and zeolitized pyroclastic formation revealed by two drillings or the Miocene Yugashima Group which is assumed to underlie the formation, the 5th layer as the upper crust with a velocity of 5.5-6.0 km/s that exists characteristically beneath the ridges in the Philippine Sea.

1. はじめに

伊豆大島は1986年11月、1974年以来12年ぶりに噴火を起こし多大な被害をもたらした。この噴火過程や今後の噴火予知にとって大島火山の地下構造を知ることは非常に重要である。

伊豆大島及び周辺地域の地下構造については、YOKOYAMA (1969) はその当時までに実施された主として地球物理学的観測結果—島内及び周辺海域の重力・磁気探査、海域の地震探査、島内の電気探査等から大島の地下数 km までの密度構造モデルを提示し議論した。しかし、大島の速度構造は明らかではなかったのでそのモデルとの対比は十分には行えなかった。田中ほか (1969) は爆破地震による地震波速度変化の観測のために大島の北端で実施された乳ヶ崎爆破 (第1図のSP.C; 地震波速度変化研究グループ, 1975) を島内北部で観測し、2層及び3層水平速度構造を仮定し1 km 以浅の各層の速

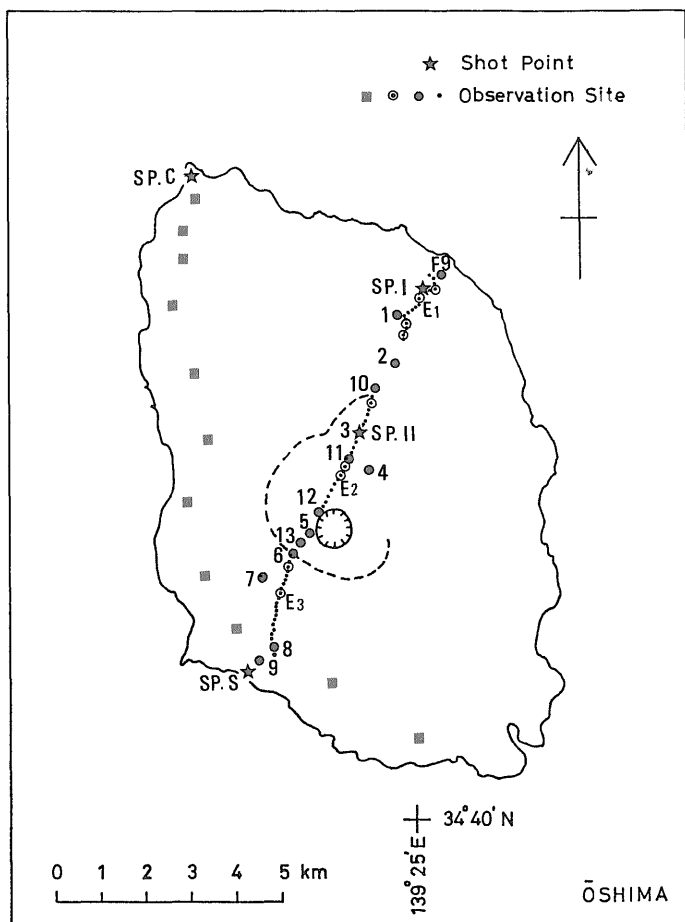
度及び深さを推定した。しかし片側走時でありしかも観測点が少なかったため、真の速度は決定出来なかった。

IKAMI (1978)、浅野ほか (1979) は、SP.Cを伊豆半島や房総半島で観測したデータから大島の下部地殻構造が周囲より薄くなっていると推定したが、大島の上部地殻構造に関してはデータを新たに加えてはいない。伊藤ほか (1981) は、SP.Cの爆破 (1977-1978年) 及びその代替点として1979年から開始された西海岸に位置する千波崎爆破 (第1図のSP.S; 地質調査所, 1981a) を大島西海岸沿いで観測し、2 km 以浅の上部地殻構造は3層構造を持つことを明らかにし第1層、第2層の真の速度及び深さを決定した。しかし島中央部や東海岸付近についての構造は極めて少ないデータに基づいて推定され、詳細は明らかにはならなかった。

その後、大島全島の上部地殻構造に関する知見を増加させるために、SP.Cの爆破観測 (1981-1983年) が島中央部を北北東方向に横断する測線上で実施され、更に1983年10月にはその測線上に二つの爆破点 (第1図のSP. I, SP. II) が配置され構造探査が実施された。こ

* 環境地質部

** 元環境地質部



第1図 爆破点及び観測点の配置図 爆破点 (SP.C, SP.S, SP. I, SP. II) は星印で示す。SP.C と SP.S の爆破が観測された西海岸の観測点 (伊藤ほか, 1981) は四角印で示されている。横断測線上の観測点では SP.S の爆破は大黒丸 (1-13, F9) 及び白丸の観測点で観測され, SP. I 及び SP. II の爆破は大黒丸 (但し 1, 3, 4, 7, 8 を除く) 及び小黒丸 (E1-E3) の観測点で観測された。小黒丸とその他の観測点では観測方式が異なっている。点線はカルデラ壁を示しその中に中央火口丘三原山火口が描かれている。

Fig.1 Map of shot points and observation sites. Solid star marks, shot points; solid squares, observation sites for SP.C and SP.S; solid, open circles, observation sites for SP.S; solid, small solid circles, observation sites for SP. I and SP. II.

の報告ではそれらの調査の概要と得られた大島の上部地殻の構造について報告する。

2. 爆破観測及び記録

第1図には、大島における四つの爆破点、SP.S (西海岸、千波崎爆破)、SP. I (東海岸)、SP. II (カルデラ内) と SP.C (北端、乳ヶ崎爆破) の位置及び観測点の配置が示されている。四角印で示されている西海岸の観測点では SP.C と SP.S の爆破が観測されており、伊藤ほか (1981) はその観測データを解析した。ここでは主として大島を北北東に横断する測線に関する爆破観

測及び記録について述べる。

SP.S においては、地震波速度変化の観測のために 1979 年からほぼ毎年一回ボーリング孔底で爆破が繰り返されてき。ボーリング孔は深度 70-80m で毎回十数 m 離れた場所に掘削し直されている (地質調査所, 1981a)。1981 年及び 1982 年の 2 回の爆破に際して、SP.C から北北東方向に大島カルデラを横断する測線上の観測点 (第1図の大黒丸, 1-13, F9) で移動させながら観測を実施した。1983 年 10 月にはその測線上に二つの爆破点 (SP. I, SP. II) を、観測点として小黒丸 (E1-E3) と大黒丸 (但し 1, 3, 4, 7, 8 を除く) を配置し、

爆破観測を実施した。このとき、SP.Sの爆破は実施されなかったため、小黑丸で示した観測点ではSP.Sの爆破観測データは取得出来なかった。そこで、1983年12月のSP.Sの爆破に際して9箇所の白丸の点で補充観測を行った。

構造調査に利用された爆破に関するデータは第1表に示す。薬量は300-517.5kgである。観測点の高度、爆破点からの距離は走時とともに第2表に示す。距離の空白は観測が実施されなかったことを示し、走時の空白は読み取り不能を示す。カッコ内の走時は読み取り精度が悪いことを示す。観測は固有周波数1Hz及び3.5Hzの換振器を使用し4-8チャンネルのデータレコーダに磁気録音する方式（第1図の四角、大黒丸、白丸）と約100m間隔に設置された4.5Hzのジオフォンの信号を24チャンネルの地震探鉱器に記録する方式（第1図の小黑丸）とに分かれ、SP.Sの爆破はすべて第一の方式で観測され、SP.I及びSP.IIの爆破は両方の方式で観測された。なお爆破及び観測に関する詳細は別に報告される予定である。

観測記録図を第2図-第4図に示す。観測点までの距離（ Δ ; km）に応じて $\Delta/6$ 秒を横軸の原点にそろえ、観測記録を並べてある。第2図はSP.S（S-4、S-5）、第3図はSP.I、第4図はSP.IIの爆破の抜粋観測記録である。SP.Sによる記録が非常に良好なのに対してSP.I、SP.IIによる記録はノイズレベルが高いこともあって全般的にS/Nは良くない。これはSP.I、SP.IIの爆破の効率がSP.Sに比べて1/10程度と悪かったためである。初動及び後続位相の到達時刻は10cm/s送りのオシログラフ再生記録から読み取った。読み取られた初動走時は第2表に示されている。

3. 解析及び解析結果

ある層の屈折波の走時（ T_{so} ）は

$$T_{so} = T_s + \Delta s_o / V + T_o \quad (1)$$

で表すことが出来る。ここで T_s 、 T_o はそれぞれ爆破点、観測点のtime term、 Δs_o は両点間の距離、 V は屈折層の速度である。走時の同定及び速度が決まると、この式により爆破点及び観測点下のtime termが計算出来、これは容易に深度断面に変換することが出来る。

走時曲線は第5図（上）に示されている。直接波の速度は、SP.Sで1.8km/s、SP.IIの西側では1.2km/s、SP.Iでは1.0-1.1km/sとなる。このことから、大島の最表層の速度は、西側で1.8km/s東側で1.1km/sとする。直接波の次に見られる屈折波の見掛け速度はSP.IとSP.IIの間では2.4-2.6km/sである。走時のバラツキは小さいので見掛け速度の平均から、真の速度は2.5km/sと求めることが出来る。SP.SとSP.Iの間ではこの層の存在は判然としない。更にこの下位には、3.4-3.8km/sの見掛け速度を持つ層が存在し、この走時はいずれの走時曲線上でもバラツキが大きく最も広範囲に見られる。そこでSP.SとSP.I及びSP.IIの走時から、バラツキが小さくなりその傾きは真の速度を示すはざとり走時を計算しプロットすると第6図のようになる。この層の真の速度は最小二乗法で決定された二つの傾きの値を平均して3.6km/sとなる。このようにして走時曲線は第5図（上）の直線で示したように区分・同定され、各層の速度が決定された。（1）式に基づいてtime termを計算し深度断面にしたのが第5図（下）である。最下層の見掛け速度はSP.Sの走時曲線では5.5km/sとなっている。他方、SP.Iからの走時曲線

第1表 構造調査に利用された爆破のデータ
Table 1 Location of shot points, shot time and charge size.

Shot point	Shot hole	Latitude (N) Longitude (E)	Height (m)	Shot time	Charge size (kg)
SP.S	S-4	34°41'44.4" 139°22'39.5"	15.9	Dec. 10, 1981 01 ^h 02 ^m 00.649 ^s	517.5
	S-5	34°41'44.7" 139°22'39.0"	17.2	Dec. 9, 1982 01 ^h 02 ^m 00.156 ^s	517.5
	S-6	34°41'44.6" 139°22'39.8"	16.9	Dec. 8, 1983 01 ^h 02 ^m 00.336 ^s	517.5
SP.II		34°44'33.5" 139°24'15.6"	486.4	Oct. 28, 1983 02 ^h 02 ^m 00.289 ^s	300
SP.I		34°46'13.4" 139°25'12.4"	215.3	Oct. 28, 1983 02 ^h 02 ^m 00.169 ^s	405

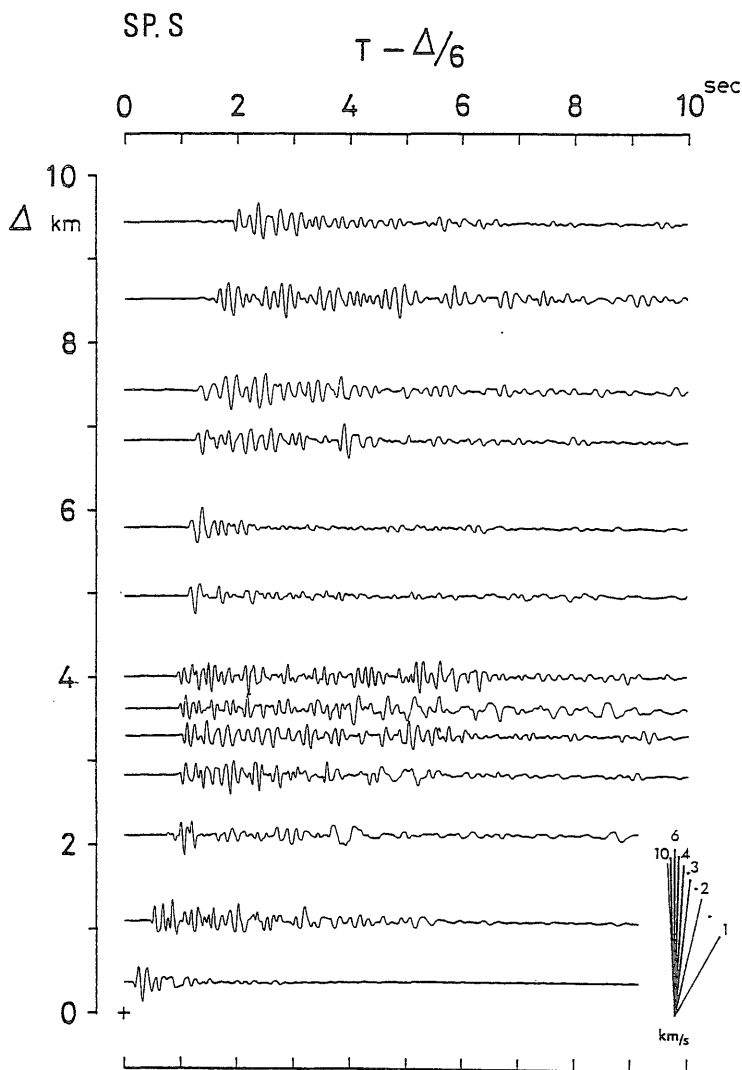
爆破点、ボーリング孔番号、緯度・経度、標高(m)、爆破時刻、薬量が示されている。

第2表 観測点の番号・記号, 標高, 距離および走時の表

Table 2 Height of observation stations, distances and travel times from SP.S, SP. I, SP. II.

Station	H(m)	Δ_s (km)	T_s (s)	Δ_2 (km)	T_2 (s)	Δ_1 (km)	T_1 (s)	Station	H(m)	Δ_s (km)	T_s (s)	Δ_2 (km)	T_2 (s)	Δ_1 (km)	T_1 (s)
SP.S	17			5.748		9.147		11 a	505	5.215	1.878				
9 c	17			5.748	2.067	9.147		E ₂ 12	505			0.474	0.318	3.873	1.446
" b	40	0.249	0.138					" 11	501			0.344	0.275	3.743	1.426
" a	64	0.379	0.212	5.375	1.994	8.774 (2.727)		" 10	494			0.214	0.184	3.613	1.397
E ₃ 22	133			4.956	1.642	8.353 (2.495)		" 9	489			0.084	0.086	3.483	1.343
" 21	151			4.936	1.636	8.335		" UH	486			0.007	0.019	3.404	1.307
" 20	165			4.843	1.608	8.242		SP.II	486	5.748				3.399	
" 19	177			4.746	1.578	8.145		3 b	485	5.793	1.991				
" 18	188			4.657	1.550	8.056		" a	485	5.841	1.981				
8 b	195	1.091	0.604					E ₂ 8	485			0.096	0.090	3.303	1.272
" a	187	1.104	0.614					" 7	484			0.176		3.223	
E ₃ 17	209			4.589	1.536	7.988		" 6	476			0.306	0.176	3.094	1.196
" 16	229			4.489	1.522	7.888		" 5	469			0.436	0.246	2.964	1.182
" 15	227			4.440	1.503	7.839 (2.616)		" 4	464			0.566	0.297	2.835	1.144
" 14	244			4.343	1.462	7.742		" 3	466			0.696	0.323	2.705	1.100
" 13	260			4.248		7.647 (2.405)		10 b	470	6.525	2.098				
" 12	277			4.179	1.436	7.577 (2.543)		E ₂ 2	459	6.566	2.107	0.826	0.362	2.576	1.094
" 11	292			4.093	1.412	7.491 (2.499)		" 1	454			0.956		2.447	1.096
" 10	307			3.986	1.371	7.384		10 a	450	6.832	2.283	1.083	0.520	2.318	1.098
" 9	325	1.866	0.903	3.886	1.339	7.284	2.451	" c	420	6.987	2.281				
" 8	338			3.796	1.300	7.193	2.418	2 c	390			1.512	0.743	1.890	0.957
" 7	355			3.702	1.288	7.099	2.399	" a	378	7.333					
7 b	258	2.116	0.977					" b	366	7.414	2.360	1.663	0.775	1.739	0.897
" a	330	2.120	1.002					E ₁ 23	295			2.101	0.955	1.300	0.751
E ₃ 6	377			3.594	1.257	6.991	2.363	" 22	282	7.987	2.471	2.246		1.156	0.675
" 5	402			3.492	1.227	6.889	2.343	" 21	275			2.337		1.063	0.640
" 4	428	2.355	1.054	3.401	1.217	6.797	2.339	" 20	270	8.174	2.552	2.433		0.966	0.595
" 3	462			3.295	1.211	6.690	2.331	" 19	264			2.533	1.136	0.866	0.557
" 2	492			3.202	1.191	6.596	2.326	" 18	260			2.630		0.769	0.511
" 1	528			3.091	1.169	6.485	2.288	" 17	255			2.692		0.714	0.488
6 a	553	2.828	1.248					" 16	250			2.765		0.651	0.469
" b	555	2.829	1.268	2.957	1.116	6.348	2.234	1 a	253	8.515	2.585				
13 c	575			2.581		5.976		" b	251	8.519	2.610				
" b	603	3.304	1.375					E ₁ 15	245			2.855	1.181	0.555	0.427
" a	637	3.411	1.435	2.344	0.971	5.742		" 14	241			2.937	1.187	0.465	0.385
5 b	682	3.641	1.466	2.112	0.914	5.511	2.001	" 13	237			3.012	1.218	0.388	0.343
" a	682	3.670	1.448					" 12	229			3.101	1.252	0.302	0.303
" c	675			1.999	0.908	5.398	1.979	" 11	221			3.193	1.278	0.206	0.235
12 b	633	3.996	1.522					" 10	215	9.034	2.683	3.293	1.294	0.107	0.138
" a	622	4.015 (1.517)		1.737	0.830	5.135 (1.851)		" 9	213			3.390	1.325	0.013	0.072
" c	610			1.664	0.813	5.062	1.944	SP. I	215	9.147		3.399			
E ₂ 20	594			1.533	0.621	4.931	1.746	E ₁ 8	213	9.194	2.700	3.453	1.341	0.087	0.125
" 19	581			1.383	0.590	4.781		" 7	205			3.498	1.346	0.182	0.203
" 18	565			1.253		4.652		" 6	196			3.555	1.377	0.280	0.289
" 17	550	4.620	1.662					" 5	188			3.612	1.386	0.279	0.280
" 17	551			1.123	0.513	4.522		" 4	183			3.680	1.407	0.314	0.312
" 16	540			0.995	0.482	4.395	1.618	" 2	168			3.739	1.397	0.341	0.311
" 15	532	4.878	1.714	0.864	0.438	4.263	1.575	" 3	175			3.740	1.425	0.354	0.349
4 b	520	4.956	1.791					" 1	158			3.770		0.372	
11 b	526	4.968	1.768	0.783	0.410	4.182	1.555	F ₉ a	90	9.613	2.782	3.866	1.429	0.513	0.377
4 a	505	5.141	1.854					" b	78	9.663	2.772	3.915	1.429	0.554	0.379
E ₂ 13	514			0.604	0.357	4.003	1.484								

Hは標高(m), Δ_s , T_s はSP.Sからの距離(km), 走時(s), Δ_1 , T_1 はSP.Iからの距離(km), 走時(s), Δ_2 , T_2 はSP.IIからの距離(km), 走時(s)を示す。



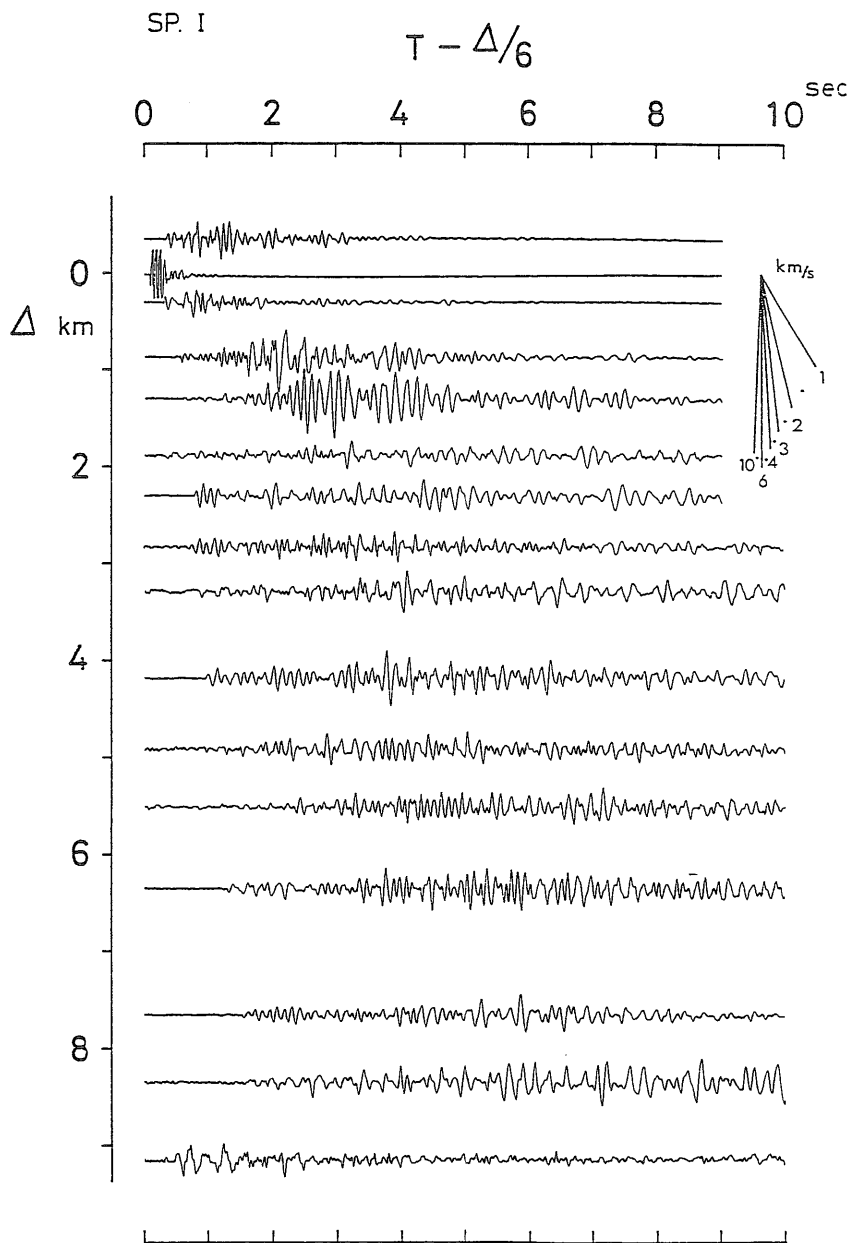
第2図 SP.Sの爆破の観測記録図 SP.S (S-4, S-5)の爆破の抜粋観測記録を観測点までの距離(Δ; km)に応じ $\Delta/6$ (s)を横軸の原点に揃え並べたものである。非常に良好な記録である。
 Fig.2 Record section for SP.S Travel time is reduced by Δ (distance in km)/6(km /s).

にはこの程度の見掛け速度が見られないがこれはその付近で記録のS/Nが悪いためである。いずれにしてもこのデータだけではこの層の真の速度は定まらない。そこでこの段階ではこの層のtime termは計算されていない。

次にこの構造を第一近似として波線経路の走時を簡単に迅速に計算出来る方法(長谷川, 準備中)によって走時を計算し観測走時との比較を行い, 観測走時に最も適合する構造をトライアンドエラーで求めた。この計算方法は爆破点から十分小さい刻み幅で順次変化する波線を出射させ波線理論に基づいて追跡し計算すべき波線を実

現しその走時を計算するものである。得られた結果は第7図(下)に示されており数字は速度, カッコ内の数字は密度である。▼印はカルデラ壁を▲印は中央火口丘三原山山頂を示す。図の中部にはそれに基づく計算走時(実線)及び観測走時(+, *, ○印)が示されており計算走時と観測走時の一致は良いと言える。なお図の上部には後述するように重力の測定値(+印)と下図の構造に基づく計算値(実線)が示されている。

この構造は以下に述べる考え方で求めたものである。中央火口丘付近の走時の遅れは局部的なので最上層の

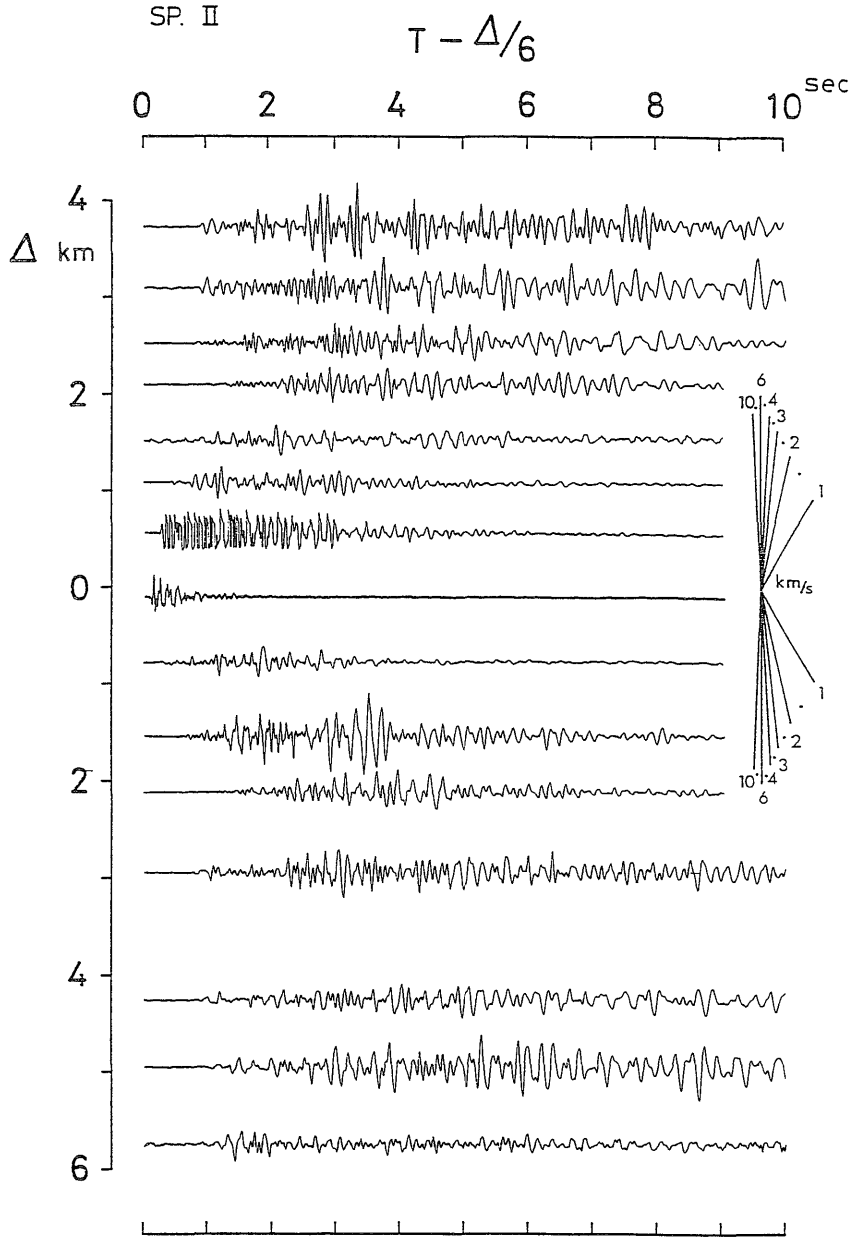


第3図 SP. I の爆破の観測記録図 SP. I の爆破の抜粋観測記録を観測点までの距離 (Δ ; km) に応じ $\Delta/6$ (s) を横軸の原点に描き並べたものである。SP.S の記録と比較して全般的に S/N は良くない。

Fig.3 Record section for SP. I. Travel time is reduced by Δ (distance in km)/6 (km/s).

1.1km/s 層の厚さで調節した。SP.S からの走時曲線で 1.8km/s の速度の次に 2.5km/s の見掛け速度を持つ直線を引くことも可能であることから 2.5km/s 層を西側にも存在させた。最下層の速度は 5.5km/s とした。それは SP.S の走時の見掛け速度が 5.5km/s 程度であ

ること、伊豆半島ではこの層に相当する層として 5.5km/s の速度が得られている (ASANO *et al.*, 1982) ことによる。またこの層の深度は伊藤ほか (1981) の観測データも参照しそれに矛盾しないように決定された。構造に関する諸元は第3表に示す。SP.S からの距離に



第4図 SP. IIの爆破の観測記録図 SP. IIの爆破の抜粋観測記録を観測点までの距離 (Δ ; km) に応じ $\Delta/6$ (s) を横軸の原点に揃え並べたものである。SP. Sの記録と比較して全般的にS/Nは良くない。

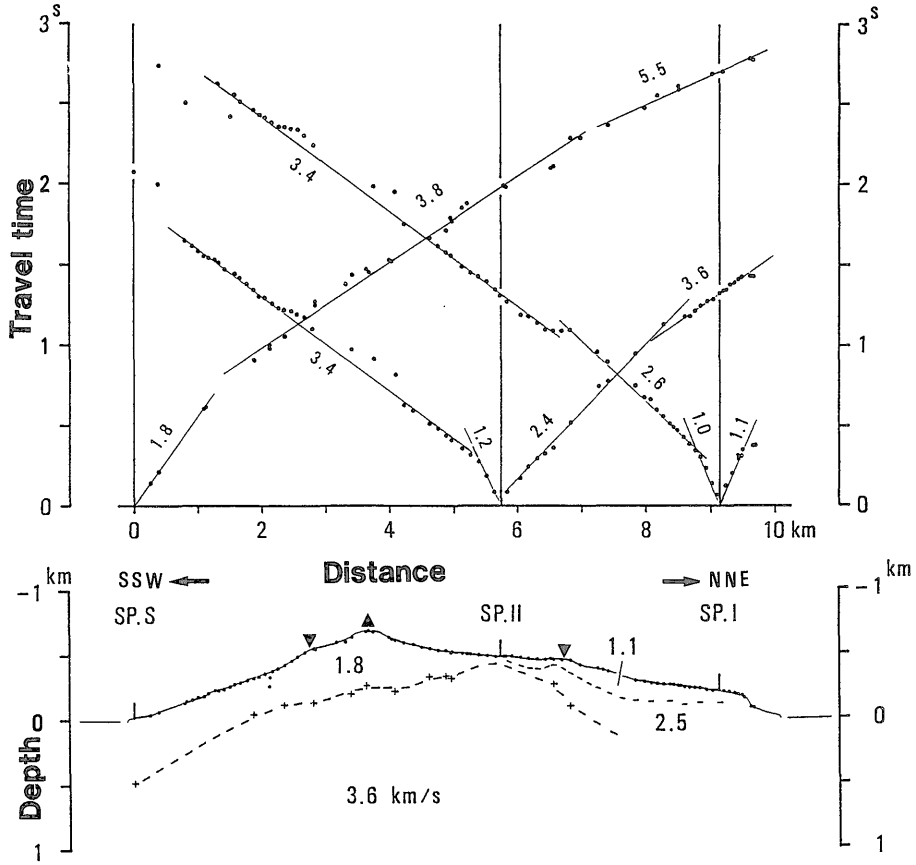
Fig.4 Record section for SP. II. Travel time is reduced by Δ (distance in km)/6(km/s).

応じた各層の海水準からの深さが示されている。－は海水準より高いことを意味している。

4. 議 論

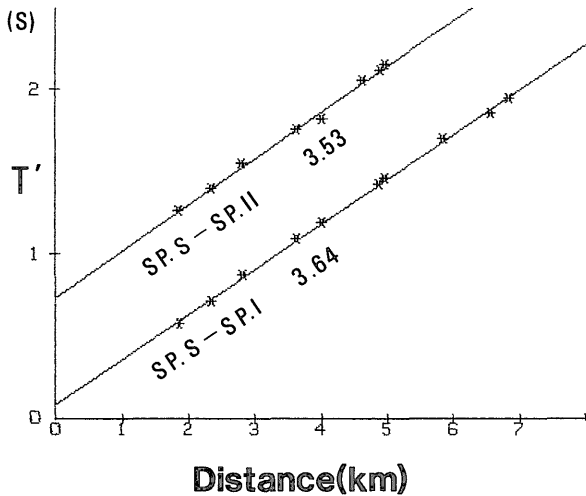
4.1 速度構造の特徴

今回初めて明らかになった速度層として1.1km/s層と2.5km/s層がある。1.1km/s層は島の東側に存在し、伊藤ほか(1981)が西海岸で明らかにした1.8-2.0km/s層とともに大島を覆う最表層部を構成している。SP. IとSP. IIの間で確認された2.5km/s層



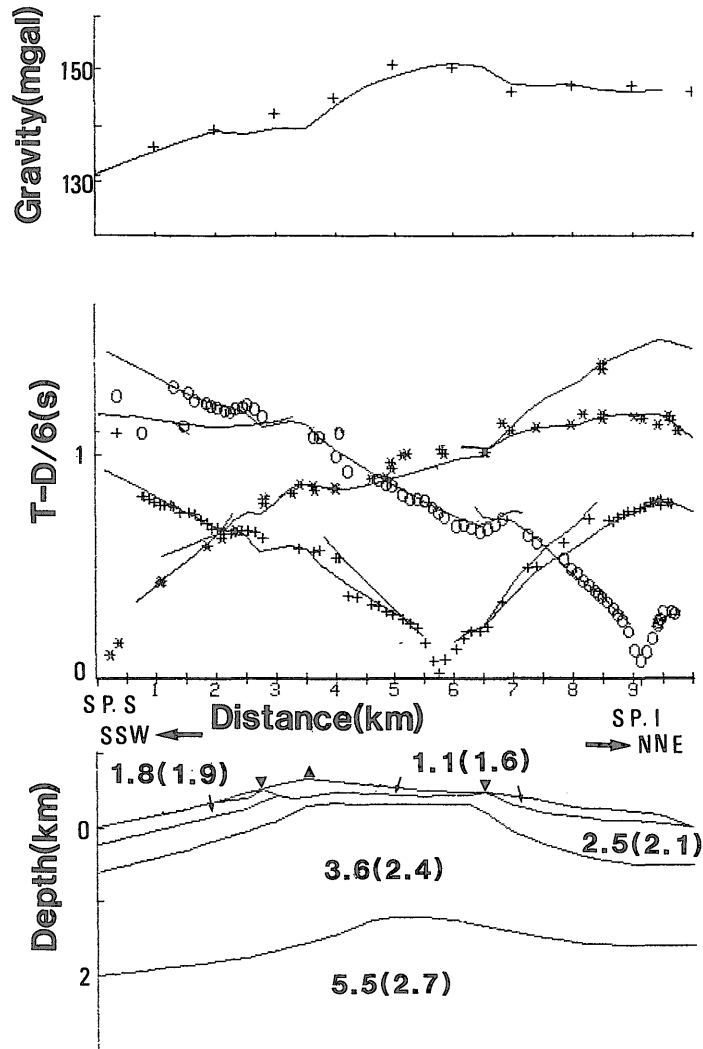
第5図 横断測線の走時図(上)と構造図(下) 構造図の深さの原点は海水準であり、深さ方向に+としてある。▼印はカルデラ壁、▲印は三原山山頂を示す。走時図には速度区分と見掛け速度が示されている。

Fig.5 Travel time plots (top) and velocity structure (bottom) obtained by the method of differences along the profile across the island.



第6図 はざり走時曲線 SP.SとSP.Iより得られたはざり走時(T')は下に、SP.SとSP.IIより得られたT'は上にプロットされ、速度はそれぞれ3.64km/s、3.53km/sである。真の速度は平均して3.6km/sとなる。

Fig.6 T' plots derived by applying the method of differences to the travel time data.



第7図 重力・走時・速度構造の比較図 上; 横断測線の重力観測値 (+印) と下図の密度 (カッコ内の数字) 構造から計算された重力値 (実線) を示す。重力観測値は YOKOYAMA(1969)による。両者の一致は非常に良い。中; 観測走時 (+, *, O印) と下図の構造より計算された走時 (実線) を示す。縦軸はそれぞれの爆破点から観測点までの距離を D (km) とし走時から $D/6$ (s) を引いた時間 (s) である。下; 観測走時にもっとも適合するようにトライアンドエラーで求められた構造。数字は速度 (km/s), 密度 (カッコ内; g/cm^3) を示す。▼印はカルデラ壁, ▲印は三原山山頂を示す。

Fig.7 Top; Observed gravity data (plus mark) and calculated gravity (solid line) from the density model (bottom) along the profile across the island. Middle; Observed travel time plots (asterisk, plus mark, open circle) and calculated travel time curves (solid line) from the velocity structure (bottom). Bottom; Velocity structure which obtained as calculated travel times are the most consistent with observed travel times. Numerals, velocity in km/s; numerals with parentheses, density in g/cm^3 .

は SP.S と SP. II の間ではその存在がはっきりしないが、その層を全域に存在させた第7図のモデルでも観測走時は矛盾なく説明されている。西海岸沿いの構造を明らかにした伊藤ほか (1981) はこの層を見いだしていない。そこでこの層が西海岸でも存在するとして伊藤ほか

(1981) のデータをもとに再計算したものを第8図に示す。下には構造が、上には計算走時 (実線) と観測走時 (*印) が示されており、2.5km/s層を設けても走時曲線は矛盾なく説明出来ることが分かる。

最下層の 5.5km/s 層は測線の端付近で片側走時が得

第3表 SP.S から0.5km 毎の地点における各層の海水準からの深さ
Table 3 Depths to the boundary of each layer below the sea level.

Distance* (km)	Depth (km)**				
	D1	D2	D3	D4	D5
0.00	-.02	-.02	0.23	0.60	2.00
0.50	-.10	-.10	0.13	0.50	1.95
1.00	-.18	-.18	0.03	0.40	1.90
1.50	-.26	-.26	-.07	0.30	1.85
2.00	-.35	-.35	-.17	0.17	1.80
2.50	-.48	-.40	-.25	0.05	1.75
3.00	-.57	-.44	-.44	-.10	1.65
3.50	-.66	-.42	-.42	-.29	1.55
4.00	-.62	-.48	-.48	-.33	1.43
4.50	-.57	-.46	-.46	-.31	1.27
5.00	-.53	-.44	-.44	-.31	1.21
5.50	-.50	-.42	-.42	-.31	1.22
6.00	-.48	-.43	-.43	-.31	1.25
6.50	-.47	-.47	-.47	-.22	1.33
7.00	-.42	-.30	-.30	0.07	1.41
7.50	-.35	-.20	-.20	0.22	1.49
8.00	-.27	-.15	-.15	0.35	1.55
8.50	-.25	-.10	-.10	0.45	1.58
9.00	-.22	-.10	-.10	0.50	1.60
9.50	-.16	-.05	-.05	0.50	1.60
10.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.60

*Distance from SP.S

**Depth to the boundary of each layer below the sea level
D1は第1層の上面の深さすなわち標高を示す。D2-D5は第2層-第5層の上面の深さを示す。-は海水準より高いことを意味している。

られたに過ぎず、速度は一意的に決定された訳ではない。伊藤ほか(1981)も西海岸沿いの測線においてこの層の速度は決定出来ず、6.0km/s、6.3km/sを仮定し、二つのモデルを提示している。5.5km/sを採用した場合の計算結果は第8図に示してあるが、SP.Cからの見掛け速度(5.5km/s)はフラットな重力分布から見て真の速度に近いと思われ、この層の速度として5.5km/sを採用するひとつの根拠である。なお仮に6.0km/sを採用するとこの層の深度が約200m深くなる。この層は、伊豆半島にみられるような大きな速度勾配を持つかどうかは、この層の屈折走時の観測範囲が狭いことから分からない。この構造の形態の特徴は伊藤ほか(1981)が既指摘しているように2.5km/s層以下の層が東で浅く西で深いこと、これらの層が島中央部に向かって浅くなることである。

この各層の速度値については阿蘇中岳(吉川ほか, 1959)、支笏湖(地質調査所, 1981b)、ハワイ島(ZUCCA

et al., 1982)で得られた速度値と類似の値を持っており、火山体の速度構造には共通性があるのかも知れない。

伊豆大島はフィリピン海プレートに属している。フィリピン海の海底地殻構造断面(MURAUCHI et al., 1968; HOTTA, 1970)を見ると、ほとんどの海嶺には5.5-6.0km/sの速度を示す層が存在し海盆のそれより若干大きく、しかもその層厚も厚くなっている。この層は大島の最下層(5.5km/s層)に対比出来ると思われる。この層の実体を考える上で重要である。

4.2 重力異常と速度構造

この測線に沿っての重力分布をYOKOYAMA(1969)の重力図から読み取り、9mgal/8kmという東西方向の広域的なトレンド(YOKOYAMA, 1969)をほぼこの測線の方向のトレンドと同程度と見なしそれを取り去り第7図上部(+印)に示す。島中央付近の高重力異常が特徴的で前述したような2.5km/s層以下がその付近で著しく盛りあがっている速度構造に対応している。

この重力分布と速度構造の関係をみるために得られた速度構造から重力異常を計算してみよう。

まず速度(V; km/s)と密度(ρ ; g/cm³)との対応はWOOLLARD(1959), TALWANI et al.(1961), MIKUMO(1961)に示されているが、ここでは簡単な関係式

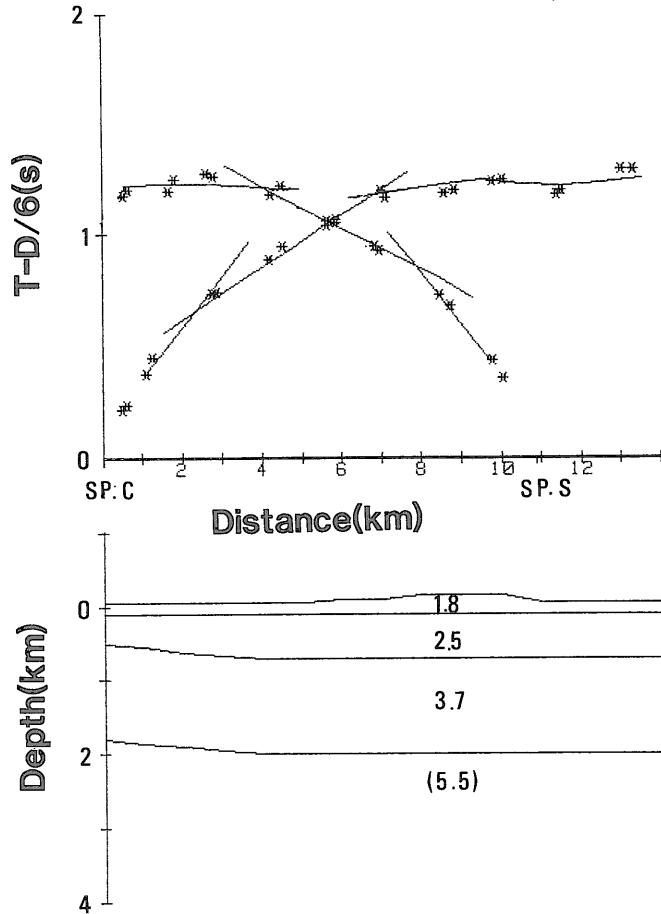
$$V=0.1\exp(1.5\rho) \quad \rho < 2.8 \quad (2)$$

より密度を計算する。これはMIKUMO(1961)が示した関係図に近い。第7図の下部には速度値に対応した密度値が(2)式から計算されカッコ内に示されている。

大島の等重力コンターはこの測線にほぼ直交した方向に長く伸びているので二次元構造と三次元構造による計算の差は無視しても良いようである。そこで二次元構造による重力分布をTALWANI et al.(1959)の方法により計算し、その結果を第7図上部に実線で示した。測定された重力異常と計算値の一致は非常によく、この密度構造は重力異常を良く説明していると思われる。速度が大きく高密度の層が島の中心で盛りあがっていることはハワイ島の地下構造(ZUCCA et al., 1982)の特徴と類似しており、このような構造の解釈や成因などについて考える上で重要である。

4.3 地質構造との対比

地質構造との対比は伊藤ほか(1981)がかなり詳しく論じているが、その対比は単純ではない。今回得られた速度構造と地質構造の対比を試みよう。地質層序は一色(1984)に従うものとする。1.1km/s層はカルデラ形成期及びそれ以後の噴出物または新期山体の未固結部に対比させるのが自然であろう。1.8km/s層は新期山体



第8図 西海岸測線の走時(上)と構造(下) 上:観測走時(*印;伊藤ほか,1981)と下図の構造より計算された計算走時(実線)を示す。下:観測走時にもっとも適合するように求められた構造。数字は速度(km/s)を示す。

Fig.8 Observed travel time plots (asterisk) and calculated travel time curves (solid line) from the velocity structure along the west coast.

に対比させることが出来る。2.5km/s層は古期山体またはより下位の3個の著しく開析された成層火山(岡田, 行者窟, 筆島火山)に対比出来る。泉津付近には泉津層(NAKAMURA, 1964)と呼ばれる古期山体が露出しており, 速度構造において2.5km/s層が泉津の海岸付近で露出することに対応する。また古期山体は千波崎の北方の海岸や東方の地層切断面でも露出しており西海岸の速度構造として2.5km/s層を存在させた速度構造との対応が考えやすい。

島の北北西海岸近くで掘削された2本の試錐から, この地域では海面下350-440mの深さにモンモリロナイト化及び沸石化作用を受けた火山岩層が伏在しており(一色, 1984), 西海岸の構造断面(第8図)と比較するとその付近の3.6km/s層の海面下の深さ(500m)に近い

値である。伊豆半島における構造調査によれば4.1-4.2km/sの速度層は湯ヶ島層に対比された(ASANO *et al.*, 1982)。これらのことから3.6km/s層は伏在する火山岩層またはその下位に存在が推定されている湯ヶ島層群に対比させることが妥当である。既に指摘したように, 5.5km/s層フィリピン海の高嶺下の5.5-6.0km/s程度の速度層に対比出来る。

特徴のひとつとして既に指摘した2.5km/s以下の層のいずれもが東で浅く西で深い傾向を示すことは, 地形断面, 海蝕崖の分布と高さ, 地層の分布などから指摘されている大島の西への傾動(NAKAMURA, 1964)を裏付けているのかもしれない。2.5km/s以下の層のいずれもが島中央部に向かって浅くなっていることは, 成層火山の断面としては極めて不自然であるとの議論がある

(伊藤ほか, 1981). 島中央部では, 溶岩及び溶結している粗粒火砕岩の累積が続き, 多くの岩脈が存在して速度や密度が周囲より大きくなり, 前述した速度・密度層構造と地質層序は必ずしも対応しなくなっているためと考えられる.

5. ま と め

大島横断測線下の構造はつぎのようになる. 第1層が1.1km/sec, 第2層が1.8km/sec, 第3層が2.5km/sec, 第4層が3.6km/secで, 第5層は一意的には定まらず5.5km/sec前後の速度を持つと推定される.

各層の平均的な厚さは次の通りである. 第1層の厚さがカルデラ内と東側で約0.1km, 第2層の厚さが西側で約0.2km, 第3層の厚さが約0.4km, 第4層の厚さが約1.3kmである.

この構造の特徴は第3層, 第4層及び第5層が東で浅く西で深いこと, これらの層が島中央部に向かって浅くなり重力の高異常に対応していることである.

地質的な対応関係に触れれば, 第1層がカルデラ形成期及びそれ以後の噴出物または新期山体の未固結部に, 第2層が新期山体に, 第3層が古期山体またはより下位の3個の成層火山に, 第4層が伏在する火山岩層または湯ヶ島層群に対比される. 第5層はフィリピン海の高嶺を形成する上部地殻の主要部に対比される. ただし島中央部においては速度構造と地質構造は上述のように必ずしも対応するものではないと思われる.

謝 辞 この調査は地質調査所所員の多くの方々の協力のもとに実施された. 現地作業に当たっては東京都大島支庁, 大島町役場・泉津支所をはじめとする多くの機関, 住民の方々の協力を得た. また大島測候所, 東大地震研究所大島火山観測所には観測実施に当たって御支援を受けた. ここに記して厚く謝意を表する.

文 献

浅野周三・一ノ瀬洋一郎・長谷川功・飯塚 進・鈴木宏芳(1979) 爆破地震動観測資料による南関東の地殻構造. 地震, 第2輯, vol.32, p.41-55.

ASANO, S., YOSHII, T., KUBOTA, S., SASAKI, Y., OKADA, H., SUZUKI, S., MASUDA, T., MURAKAMI, H., NISHIDA, N. and INATANI, H. (1982) Crustal structure in Izu peninsula, central Japan, as derived from explosion seismic observations. 1. Mishima-Shimoda profile *J. Phys. Earth*, vol. 30, p. 367-387.

地質調査所(1981a) 爆破地震による地震波速度変化の観測—第1回-第3回大島爆破(II) 実験結果概報. 地震予知連絡会会報, no.26, p.115-117.

———(1981b) 1980支笏湖地域地下構造探査. 火山噴火予知連絡会会報, no.22, p.32-35.

HOTTA, T. (1970) A crustal section across the Izu-Ogasawara Arc and Trench. *J. Phys. Earth*, vol.18, p.125-141.

IKAMI, A. (1978) Crustal structure in the Shizuoka district, central Japan as derived explosion seismic observations. *J. Phys. Earth*, vol.26, p.299-331.

一色直記(1984) 大島地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 133p.

伊藤公介・長谷川功・小野晃司(1981) 地震探査による伊豆大島の地下構造. 物理探鉱, vol.34, p.435-444.

地震波速度変化研究グループ(1975) 爆破地震による地震波速度の時間的変化に関する研究第1部観測報告. 地調報告, no.254, p.1-33.

MIKUMO, T. (1961) A study on crustal structure in Japan by use of seismic and gravity data. *Bull. Earth. Res. Inst.*, vol.44, p.965-1007.

MURAUCHI, S., DEN, N., ASANO, S., HOTTA, H., YOSHII, T., ASANUMA, T., HAGIWARA, K., ICHIKAWA, K., SATO, T., LUDWIG, W. J., EWING, J. I., EDGAR, N. T. and HOUTS, R. E. (1968) Crustal structure of the Philippine Sea. *J. Geophys. Res.* vol.73, p.3143-3171.

NAKAMURA, K. (1964) Volcano-stratigraphic study of Oshima, Izu. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 42, p.649-728.

TALWANI, M., WORZEL, J. K. and EWING, M. (1961) Gravity anomalies and crustal section across the Tonga trench. *J. Geophys. Res.*, vol.66, p.1265-1278.

———, ——— and LANDISMAN, M. (1959) Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with applications to the Mendocino submarine fracture zone. *J. Geophys. Res.*,

- vol.64, p.49-59.
- 田中康裕・清野政明・田沢堅太郎・赤羽俊朗
(1969) 伊豆大島の地震波速度と地下構造について. 火山, 第2集, vol.14, p.84-96.
- WOOLLARD, G.P. (1959) Crustal structure from gravity and seismic measurements. *J. Geophys. Res.*, vol.64, p.1521-1544.
- YOKOYAMA, I. (1969) The subsurface structure of Oshima volcano, Izu. *J. Phys. Earth.*, vol.17, p.55-68.
- 吉川宗治・加茂幸介・狐崎長狼 (1959) 阿蘇火山中岳火口周辺における地震探査. 火山, 第2集, vol.4, p.20-32.
- ZUCCA, J.J., HILL, D.P. and KOVACN, R.L. (1982) Crustal structure of Mauna Loa volcano, Hawaii, from seismic refraction and gravity data. *Bull. Seis. Soc. Am.*, vol.72, p.1535-1550.

(受付：1987年8月27日；受理：1987年10月5日)