



Title	5. 短周期表面波より求めた東北地方の地殻構造
Author(s)	吉井, 敏尅; YOSHII, Toshikatsu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 19, 73-79
Issue Date	1968-03-13
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.19.73
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13939
Type	departmental bulletin paper
File Information	19_p73-79.pdf



5. 短周期表面波より求めた 東北地方の地殻構造

吉井 敏 尅

(北海道大学理学部地球物理学教室)

—昭和42年11月受理—

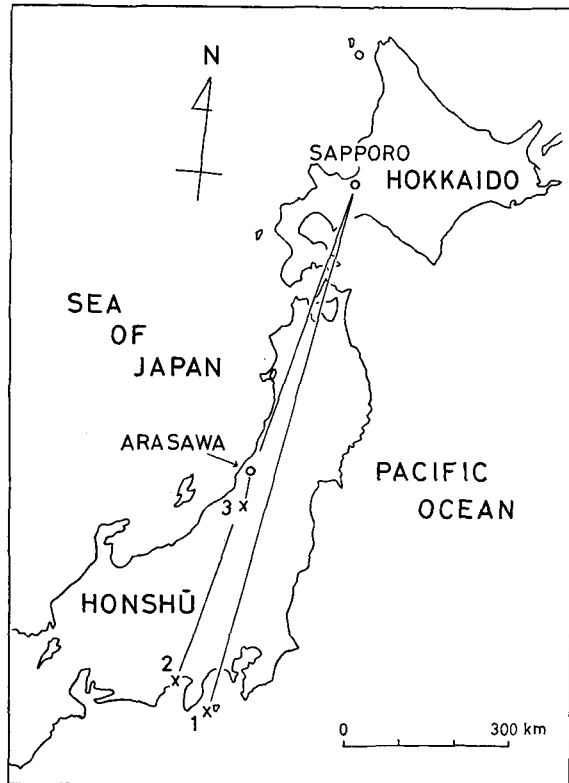
I. ま え が き

東北地方を縦断する径路の2つの分散性レイリー波をもとに、この地方の平均的な地殻構造について考察した。いずれも震央距離があまり長くはないので分散は十分とはいえないが、周期12~28sについて群速度を求めた。この観測値と比較するため、主として爆破地震動による過去の解析を参考に地殻内の各層の速度を仮定し、3つのタイプのモデルについて理論計算を行なった。長周期の観測値に限界があるので地殻直下の速度を正確に決定するのは難しいが、P波7.8~7.9 km/sが今回の観測をうまく説明する。又、爆破地震動の解析では、従来いわゆる玄武岩層を欠くモデルがこの地方の地殻構造として示されている。しかし今回の解析では、現存多くの人々が考えているように、この層が存在するという結果が得られた。地殻の厚さは平均30 kmである。

さらに以前発表した新潟地震の余震観測で記録された短周期ラブ波について再検討し、得られた新しいモデルをレイリー波の分散から得られたモデルと比較した。

II. 記録と群速度

解析を行なった2つの地震のデータを第1表に示す。観測に使用した計器は、振子の固有周期5sのもので、フィルターを用いてより長周期化してある¹⁾。第1図

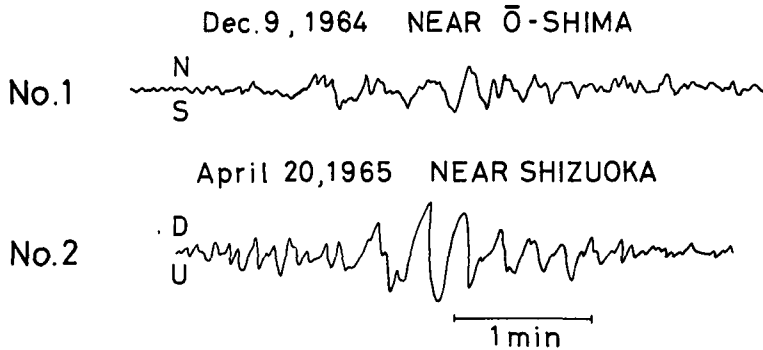


第1図 観測点および震央
Fig. 1. Locations of stations and epicentres.

1) 吉井敏尅；やや長周期の地震観測装置の試作，北大地球物理学研究報告，13 (1965)，115-125.

第 1 表
Table 1.

No.	Date and Time	Epicentre	Depth (km)	M	Obs. Station	Δ (km)
1	Dec. 9, 1964 02-50	34°35'N 139°18'E	0	5.8	Sapporo	960
2	April 20, 1965 08-42	34°53'N 138°18'E	20	6.1	Sapporo	947

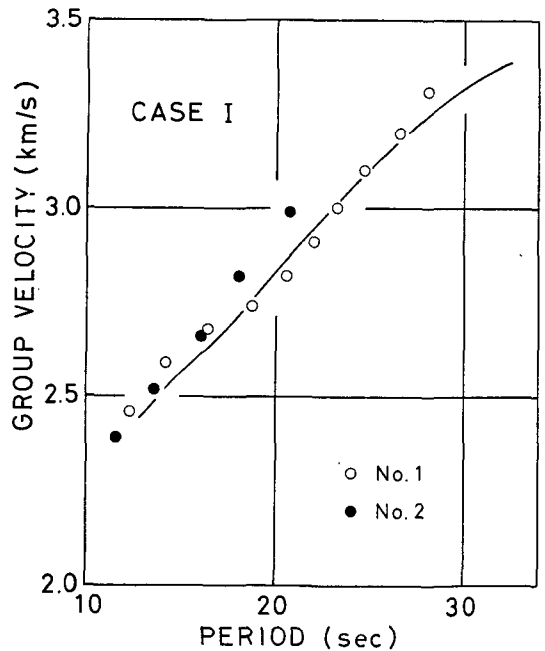


第 2 図 地震 No. 1 と No. 2 のトレース記録

Fig. 2. Traced records of earthquakes No. 1 and No. 2.

に示した震央および観測点に見られるとうり、これらの地震の径路は東北地方の平均的な地下構造を求めるのに大変都合が良い。いずれの径路も少し海の部分を含むが、地殻構造の上からはほとんど陸的と考えて良いであろう。

地震記録のうち表面波の部分を実 2 図に示す。計器の成分から考え、いずれもレイリー波であろう。これら表面波の山谷の到着時から群速度を求めたものを第 3 図に示す。白丸は地震 No. 1、黒丸は地震 No. 2 より求めたものである。図には理論曲線の一例も描かれているが、これについては後ほど述べることにする。震央距離が短く分散が十分ではないためこれらの観測値は精度の点でやや問題がある。従って、多数の同様な観測値を重ね合わせることが望ましいのであるが、今回は他に適当な記録が無かったのでこの 2 つについてのみ解析を行なった。



第 3 図 観測されたレイリー波の群速度および CASE I の理論曲線。

Fig. 3. Observed group velocities of Rayleigh waves and theoretical curve for CASE I.

得られた群速度は周期 12~28 s の間である。

No. 1 と No. 2 の群速度は完全には一致しないが、これが径路による地下構造の違いを表わすものかどうか精度の点で疑わしい。従って、理論曲線との比較では、同一の構造を仮定し、やや No. 1 の方にウェイトを置いて考えることにした。

なお、震源および震源時は気象庁地震月報発表のものを使用した。

III. 地殻モデルおよび理論曲線

一般に、分散表面波の解析から地殻内のいくつかの層の定数を独自に求めることは、ほとんど不可能といって良い。ここでは、日本各地における爆破地震動研究グループの解析結果を参考に各層の速度、密度を仮定し、層の厚さを変数と考えて理論計算を行なうことにした。もちろんこの方法によっても、各層の厚さを一義的に決定することは不可能である。

第 2 表

Table 2.

Layer No.	α (km/s)	β (km/s)	ρ	σ
1	2.50	1.30	2.50	0.313
2	*5.55	*3.05	2.65	*0.284
3	*6.10	*3.45	2.77	*0.265
4	*6.60	3.80	2.90	0.252
5	7.85	4.50	3.30	0.255
5'	7.55	4.33	3.22	0.255

α : compressional wave velocity

β : shear wave velocity

ρ : density

σ : Poisson's ratio

爆破地震動の解析では P 波をあつかうことがほとんどなので、表面波の解析で特に重要な S 波の速度は P 波の値をもとに仮定しなければならない。第 2 表に今回計算に使用した定数を示す。*印の付けたものは爆破地震動の結果を参考にしたものである。第 2 層、第 3 層については P 波、S 波の両方が観測されているので²⁾ これよりポアソン比を計算してみると各々 0.284, 0.265 になる。第 4 層以下については、ポアソン比が 0.25~0.26 になるよう速度を仮定した。

地殻直下の速度については、表面波等の研究から日本においては 8.0 km/s より相当小さいという報告もされている³⁾。そこでまず P 波 7.55 km/s というモデル、CASE I について考えてみた。CASE I の各層の厚さは第 3 表に示したとおりである。計算結果は第 3 図に示したが、長周期における曲線の形が観測値とはやや異質なものとなってしまう。この点は速度を速くすると解決できるので、今回は第 5 層の様な値を仮定することにした。

地殻モデルは、主として第 2 層、第 4 層の存在を確かめる目的で、次の 3 つのタイプを考えた。

1. 第 1~5 層のすべてを有するもの (CASE II)。

2) S. ASANO et al.; On the Travel-Time of S-Waves, Derived from the Explosion Seismic Observation, Bull. Earthq. Res. Inst., **37** (1959), 279-306.

3) K. AKI; Crustal Structure in Japan from the Phase Velocity of Rayleigh Waves, Part 1, Bull. Earthq. Res. Inst., **39** (1961), 255-283.

第 3 表
Table 3.

CASE I		CASE II		CASE III		CASE IV	
Layer	Thickness (km)	Layer	Thickness (km)	Layer	Thickness (km)	Layer	Thickness (km)
1	2.5	1	2.2	1	2.1	1	2.5
2	3.5	2	3.5	2	4.2	3	10.7
3	8.0	3	8.0	3	18.3	4	17.3
4	16.0	4	16.0	5	—	5	—
5'	—	5	—				
Total	30.0	Total	29.7	Total	24.6	Total	30.5

2. 第 4 層を欠くもの (CASE III)。

3. 第 2 層を欠くもの (CASE IV)。

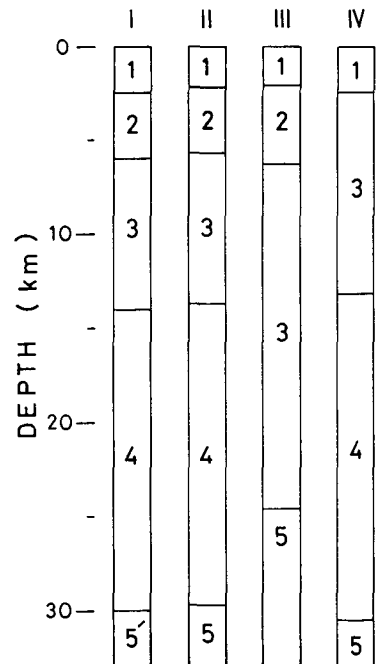
層の厚さを色々変化させてこれら 3 つのタイプについて理論計算を行なったが、そのうち結果の良かったものを第 3 表に示す。これらは又、第 4 図に柱状図として示した。観測値と理論曲線の比較は第 5 図にまとめて示した。

CASE II は図に見られるとうり大変結果が良かった。第 1 層 (堆積層) の厚さが 2.2 km と意外に大きい。第 3 層と第 4 層の厚さの比は大変興味のある点だが、この例のように第 4 層の厚いモデルの方が観測値と良く一致した。しかし第 4 層の速度をもう少し大きく仮定したら、又別の結果が得られるかも知れない。

CASE III は一般に観測値との一致は良くなかった。堆積層の厚さを変えることで理論曲線の短周期側の形をコントロールできるが、いずれも観測値より曲線の傾きが急になる傾向があった。

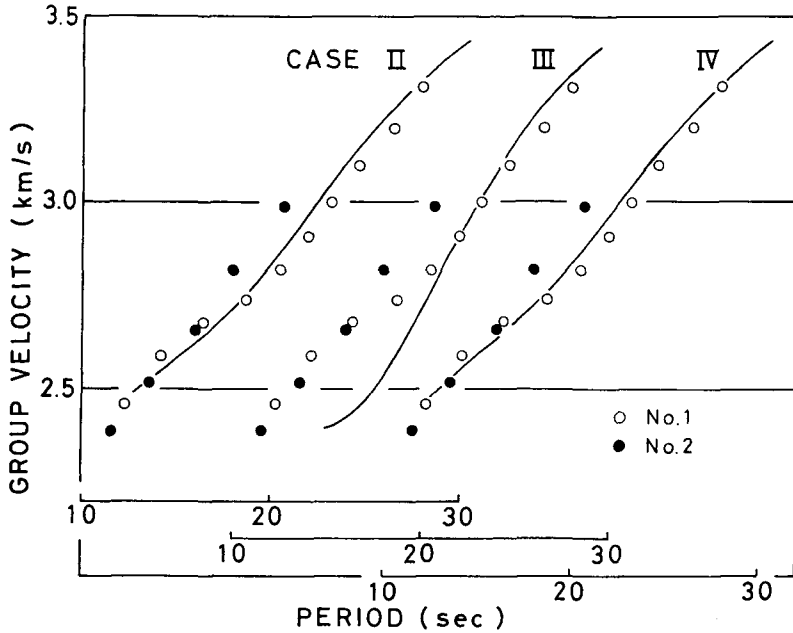
CASE IV は各層の厚さをうまく選ぶと、CASE II の曲線の形とほとんど同じになる。第 2 層をのぞいたためか、第 1 層は CASE II 以上に厚くなる。このタイプのモデルでも、やはり第 4 層が第 3 層より厚い方が結果が良かった。

地殻の厚さは CASE II, IV とほぼ 30 km であるが、CASE III だけはかなり小さく 25 km 前後になった。これは第 4 層という速度の大きな層を欠くためである。



第 4 図 4 つの地殻モデル。各層の定数は第 2 表に示す。

Fig. 4. Four crustal models. Elastic constants in each layers are indicated in Table 2.

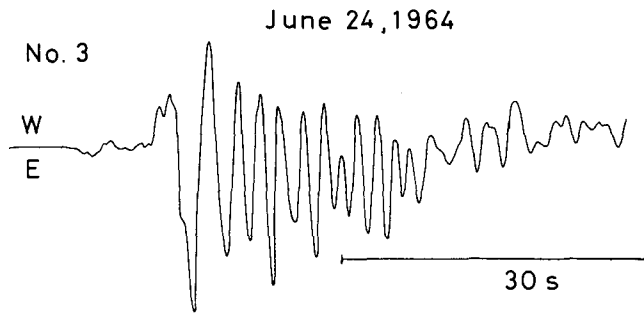


第5図 観測されたレイリー波の群速度および CASE II, III, IV の理論曲線
 Fig. 5. Observed group velocities of Rayleigh waves and theoretical curves for CASE II, III and IV.

IV. 短周期ラブ波の再検討

これらレイリー波の解析と同時に、以前発表した短周期ラブ波⁴⁾について再検討してみた。これは新潟地震の余震観測で記録されたもので、観測点は山形県荒沢、震央距離は 68 km である。第6図に記録を、第1図に径路を、地震 No. 3 として示した。この径路は地震 No. 2 の径路のちょうど中ほどに位置する。

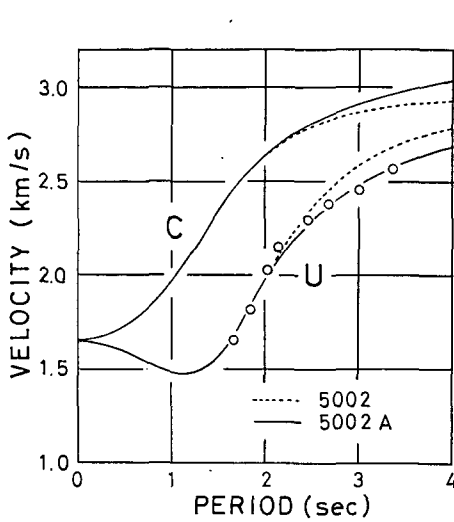
前論文では2層のモデルを仮定したところ、下層の速度が S 波 2.85 km/s 以下の値でないと観測値をうまく説明できないことを示した。この値は前述の第2層に比べかなり遅い。今回前論文のモデル 5002 ($\beta_1=1.65$ km/s, $\beta_2=3.00$ km/s, $H=0.66$



第6図 地震 No. 3 のトレース記録
 Fig. 6. Traced record of earthquake No. 3.

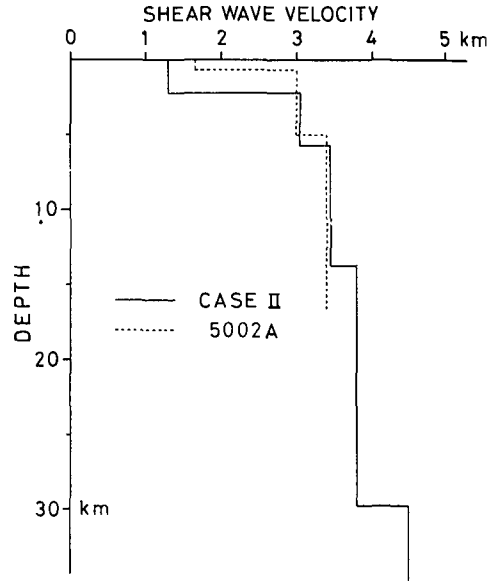
km) に加え、深さ 5 km に 3.40 km/s の層を置いた新しいモデル 5002 A について理論計算を行なってみたところ、第7図に見られるとうり観測値と良く一致する曲線が得られた。もちろん観測値の周期等から考え、たとえ第2層の速度を仮定してもこの第3層の速度および深さは

4) 吉井敏尙； やや長周期地震計で記録された短周期ラブ波，北大地球物理学研究報告，17 (1967)，1-6.



第7図 観測された短周期ラブ波の群速度およびモデル5002, 5002 Aの理論曲線。

Fig. 7. Observed group velocities of short period Love wave and theoretical curves for Model 5002 and Model 5002 A.



第8図 モデル5002 AおよびCASE IIのS波速度分布。

Fig. 8. Shear wave velocity distributions of Model 5002 A and CASE II.

正確には定めることのできない性格のものであり、他にうまい説明があるかも知れない。例えば、第2層に速度勾配を持たせるのも一つの方法である。しかし、この5002 Aと前述のCASE IIを比べてみると第8図の様に堆積層の厚さをのぞいて、大変良く似ているのは注目して良いであろう。

V. 結 論

群速度があまり長周期まで得られなかったので地殻直下の速度を正確に決めることは難しいが、P波7.5 km/sでは明らかに遅すぎることがわかった。従って今回は7.85 km/sの値を仮定して計算を行なったが、CASE IとCASE IIを比較してもわかるように、この程度の速度差が原因で地殻の厚さ等、他の重要な結論がひどく異なったものとはならないようである。

CASE IIIがあまり良く観測値と一致しなかったことから、いわゆる玄武岩層は存在すると考えて良からう。爆破地震動の解析において比較的新しい例^{5),6)}ではこれに相当する層が置かれているが、古い解析では東北地方を始めこの層を欠くものがほとんどである^{7),8)}。この理由

- 5) H. HOTTA et al.; Crustal Structure in Central Japan along Longitudinal Line 139°E as Derived from Explosion-Seismic Observation, Bull. Earthq. Res. Inst., **42** (1964), 533-541.
- 6) M. HASHIZUME et al.; Crustal Structure in the Western Part of Japan Derived from the First and Second Kurayosi and the Hanabusa Explosions, Bull. Earthq. Res. Inst., **44** (1966), 109-120.
- 7) T. MATSUZAWA; On the Crustal Structure in North-East Japan by Explosion Seismic Observations, Bull. Earthq. Res. Inst., **37** (1959), 123-154.
- 8) T. MIKUMO et al.; Crustal Structure in Central Japan as Derived from the Miboro Explosion-Seismic Observations, Bull. Earthq. Res. Inst., **39** (1961), 327-349.

について、現在では他の層にマスクされていたか、あるいは観測の精度が悪かったため見落したのであろうと考えられているようである。試みに CASE II のような地殻構造から期待される走時曲線を計算してみると、6.60 km/s の初動を見出すことはそう難しくないように思われる。又、第3層、第4層の厚さの比を変えてみると、大体1:1のあたりで6.60 km/s の初動は完全にマスクされてしまう。しかしこのようなモデルでは今回の表面波の分散をあまり良く説明できないことは前述のとうりである。

5.5 km/s 前後の層(爆破地震動の解析では第1層として置かれることが多い。)は無くても今回のレイリー波の群速度を十分説明できるが、山形県で得た短周期ラブ波を再検討してみると、この層が5 km 前後の厚さで存在すると大変都合が良い。しかし、東北地方全体にわたりこのような厚さで存在するかどうかは又別問題であろう。

地殻の厚さは CASE III をのぞいていづれも約30 km となった。これは爆破地震動、重力⁹⁾、表面波等の解析から得られた東北地方での値と矛盾しない。

終りに、爆破地震動、地質その他に関し有益な助言をいただいた当教室、田望助教授、岡田広氏、堀田宏氏に感謝します。計算には、北大計算センター、NEAC-2203 G を使用した。

5. Crustal Structure in North-eastern Japan from Short Period Surface Wave Dispersion

By Toshikatsu YOSHII

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Two dispersive Rayleigh wave trains have been analyzed to obtain the average crustal structure in the north-eastern Japan. The epicentral distances are less than 1000 km and these wave trains include no long period portion. The period range of group velocities analyzed is from 12 to 28 seconds.

Several multi-layered crustal models are presented for theoretical calculations. Wave velocities in crustal layers are determined chiefly from the studies by the Research Group for Explosive Seismology, Japan. The compressional and the shear wave velocities in each layer are shown in Table 2.

The crustal models are classified in three cases as shown in Table 3 and in Fig. 4. Comparison of the theoretical curves with the observed group velocities are shown in Fig. 5 and agreements are good for CASE II and CASE IV.

Following important results are obtained; existence of the basaltic layer, the layer No. 4 in this paper, seems to be reliable and the average crustal thickness is approximately 30 km in this region.

9) H. KANAMORI; Study on the Crust-mantle Structure in Japan, Bull. Earthq. Res. Inst., 41 (1963), 761-779.