



Title	10. 高速度層の厚さを知るための模型実験 (1)
Author(s)	田治米, 鏡二; TAZIME, Kyozi; 高橋, 満彌 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 14, 105-116
Issue Date	1965-09-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.14.105
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13902
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_p105-116.pdf



10. 高速度層の厚さを知るための模型実験 (1)

田治米鏡二・高橋 満 彌*

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 40 年 4 月受理 —

1. 実験の目的

高速度層は屈折波に対しシヤヘイ効果を行なうので、従来の屈折法の知識だけでは、高速度層の上面以下の情報は全然得られぬ。これは屈折法の致命的欠陥である。特に、高速度層が地表の近くにある場合に、屈折法がなすところなく降参せざるをえないのは甚だ残念である。

土木用地下探査においては、高速度層よりも下の構造はともかくとして、せめてその高速度層の厚さだけでも知りたい場合が多い¹⁾。

又、鉱床探査の際には、高速度層の下の地質構造を知りたい場合が屢々ある²⁾。

かくの如き要求に応じられぬ間は、地震探査の役割は大きな制限を受けざるをえぬ。

この欠陥を補なうための手段はいくつか考えられる：

- 1) 反射法を利用する、
- 2) 高速度層の下に発破点又は測定点を設ける、
- 3) 表面波の特性を利用する、
- 4) 高速度層の厚さと屈折波の波形との関係を調べる。

上述の手段は、1) から 4) へ行くに従い、波動理論的な困難さを増す。然し、野外測定の実施は容易になる。

この論文では、測定実施面の容易さの方を優先させて、3) 及び 4) を目標において、実験を行なうことにした。

2. 装置及び実験の方法

この実験に使用したシンクロスコープ、パルス発振器及びプリアンプは浜田和郎³⁾がかつて用いたのと全く同じものである。振源には直径 6 mm 及び高さ 3 mm、受振器には直径 3 mm 及び高さ 2 mm の円柱状のチタン酸バリウム磁器を使用した。それらの先端には、高さ 3 mm、直径 6 mm 及び 3 mm のシンチュウの円錐をはりつけた。これは、震央距離 Δ の測定精度を

* 現在の勤務先、日本特殊土木 KK

- 1) 田治米鏡二その他；白老川中流御料橋付近の地下探査，北大地物報告，13 (1965)，135-153.
- 2) 田治米鏡二その他；1958年の夏に下川鉱山で行なった地震探鉱の解析結果，北大地物報告，6 (1958)，35-47.
- 3) 浜田和郎；表面波の周期特性に関する模型実験，北大地物報告，12 (1964)，15-28.

よくするためである。振源に用いたチタン酸バリウム磁器の共振周波数は 450 kc であり、受振器のそれは 1050 kc である。但し、振源に用いたチタン酸バリウム磁器のバッカーを含めたヘッドの共振周波数は約 250 kc である。

振源も受振器も、第 1 図に描かれているごとく、表層に垂直に立てて測定を行なった。この方向が夫々の振動方向である。振源には電圧 270 ボルト、幅 10 μ s の矩形電圧をパルスとして与えた。

使用した模型は 8 種類であって、それらの大きさ、密度 ρ 及び P 波、S 波の速度 V_P , V_S は第 1 図に記入してある。この図の MODEL と記した数字は、アルミニウム板の幅を mm で表わした場合の数値に相当している。HS なる記号は半無限に広がった板を意味している。板の厚さは、プラスチックもアルミニウムも 2 mm である。MODEL 0 以外の模型は別種の 2 枚の板を接着剤ではり合わせてある。

振源は各模型の左端から 20 cm の位置に固定させた。これに反し、受振器は振源の位置から 2 cm 間隔で $A=40$ cm の位置迄逐次移動させた。この様にして、各模型毎に 20 ケの振動記録が得られた。

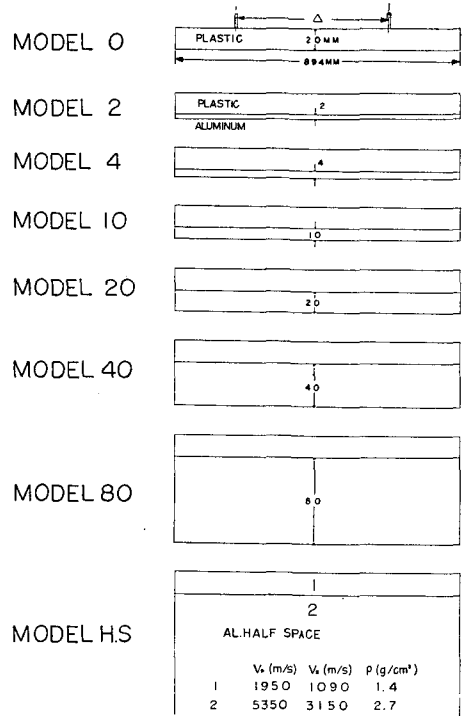
3. 記録の概観

各模型に対して得られた記録は第 2 図に示されている。これらの記録では、見やすくするために、計器の利得を調節し、最大振巾を一定の大きさにしてある。

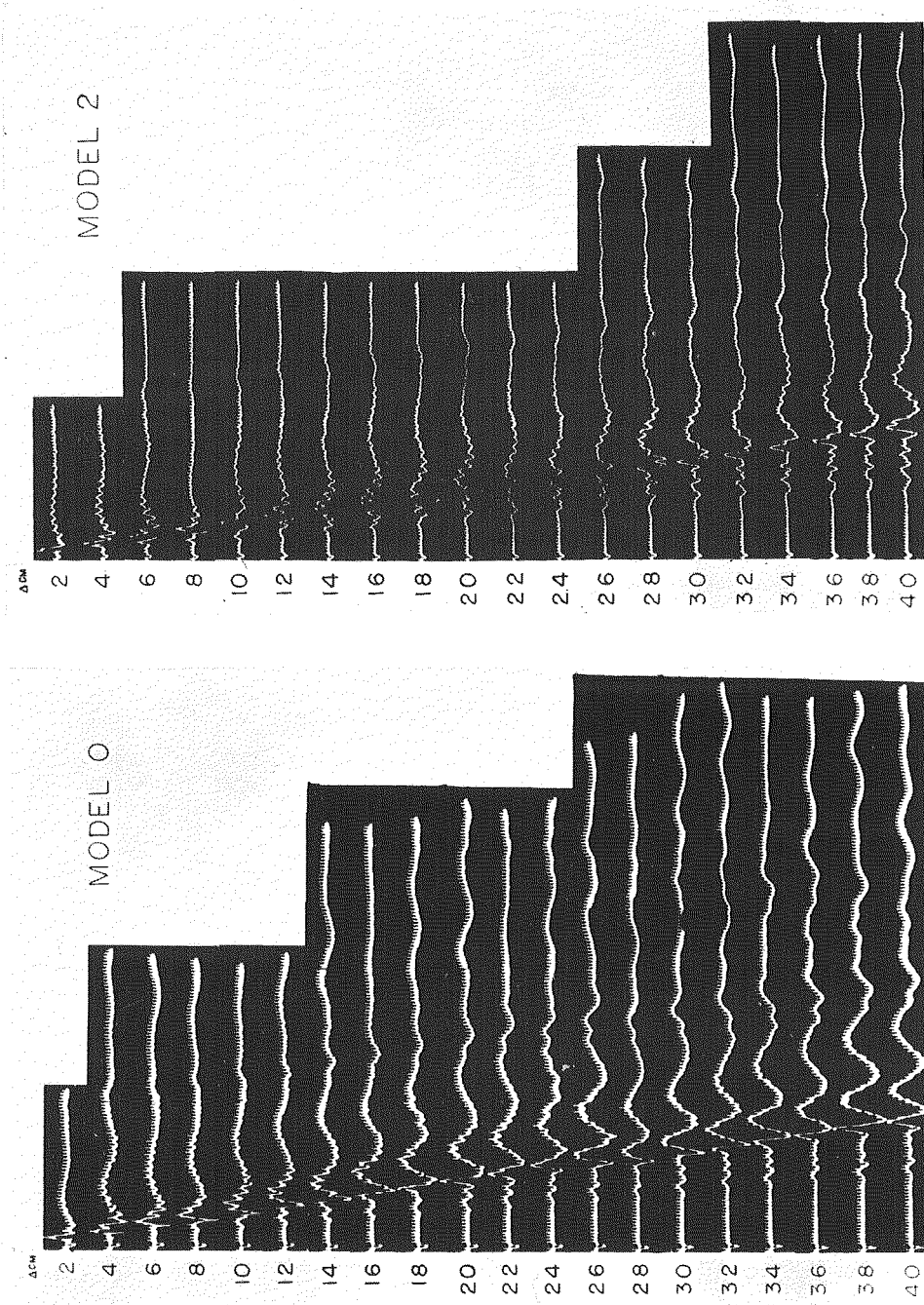
MODEL 0 A の全域にわたって、大振巾、大周期で正弦波に近い波形をした波群が目立っている。この波群は震央距離が小さいと、山谷の数も少なく、周期も小さい。然し、震央距離が大きくなるにつれて、それらは増大する。

又、この波群には、短周期の波群が重なっている。但し、短周期波群の振巾は震央距離が大きくなると急に減衰する。

上記の波群の前には、振巾も周期も小さい別の波群がある。震央距離が大きくなるにつれて、この波群の山谷の数も増える。



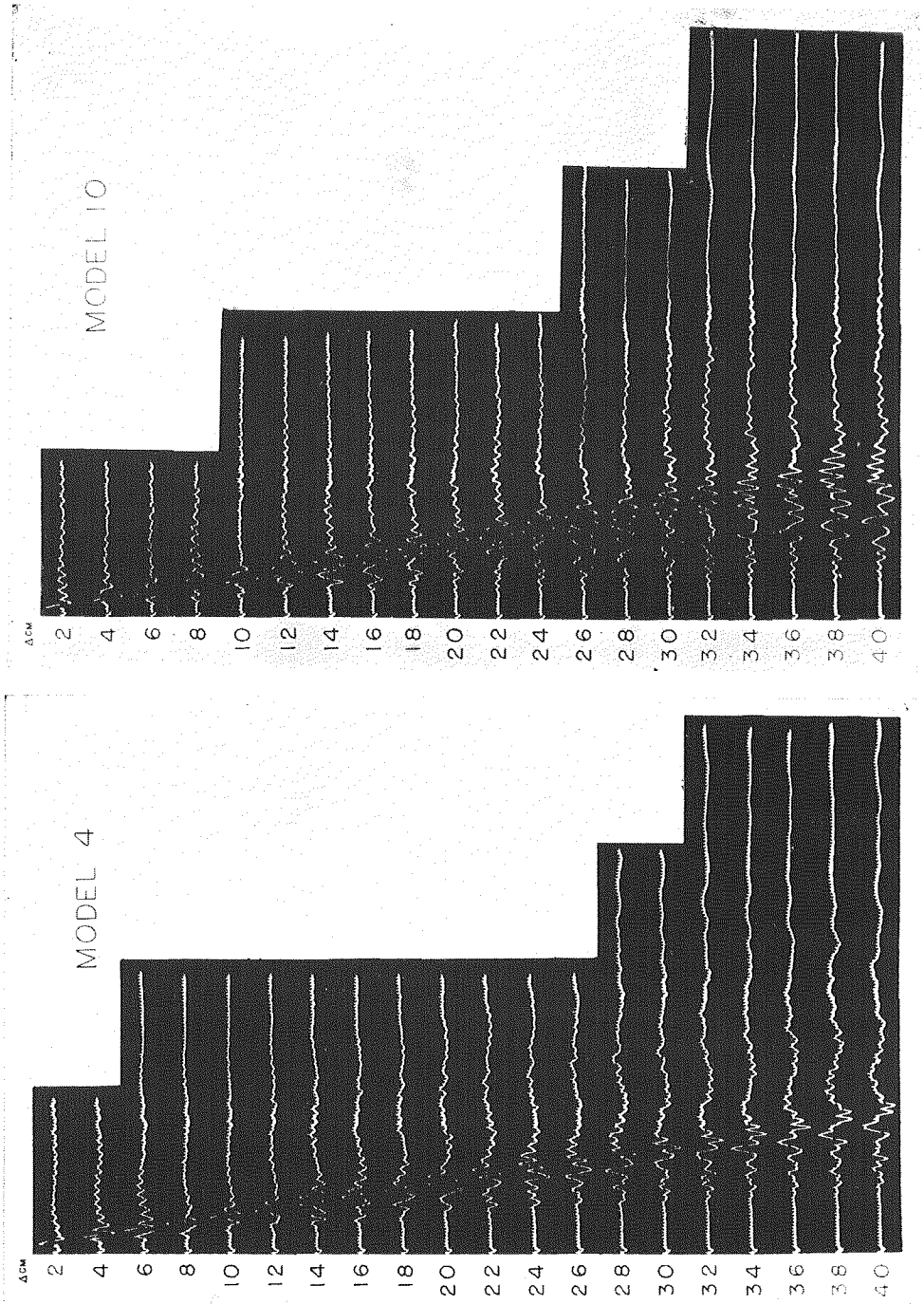
第 1 図 この実験に使用した模型
Fig. 1. Models used for the present experiment.



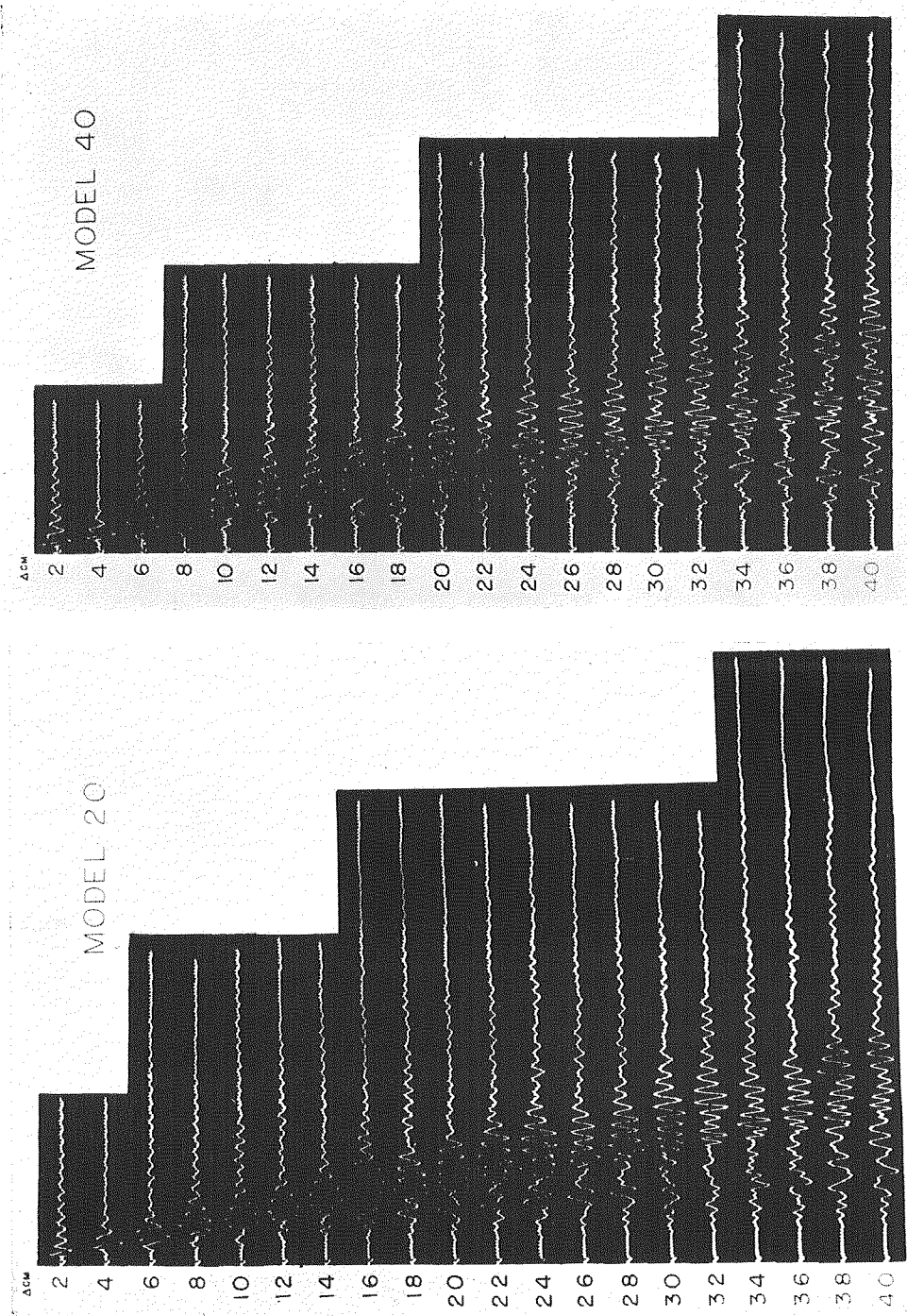
第2図 a

第2図 測定された全波形

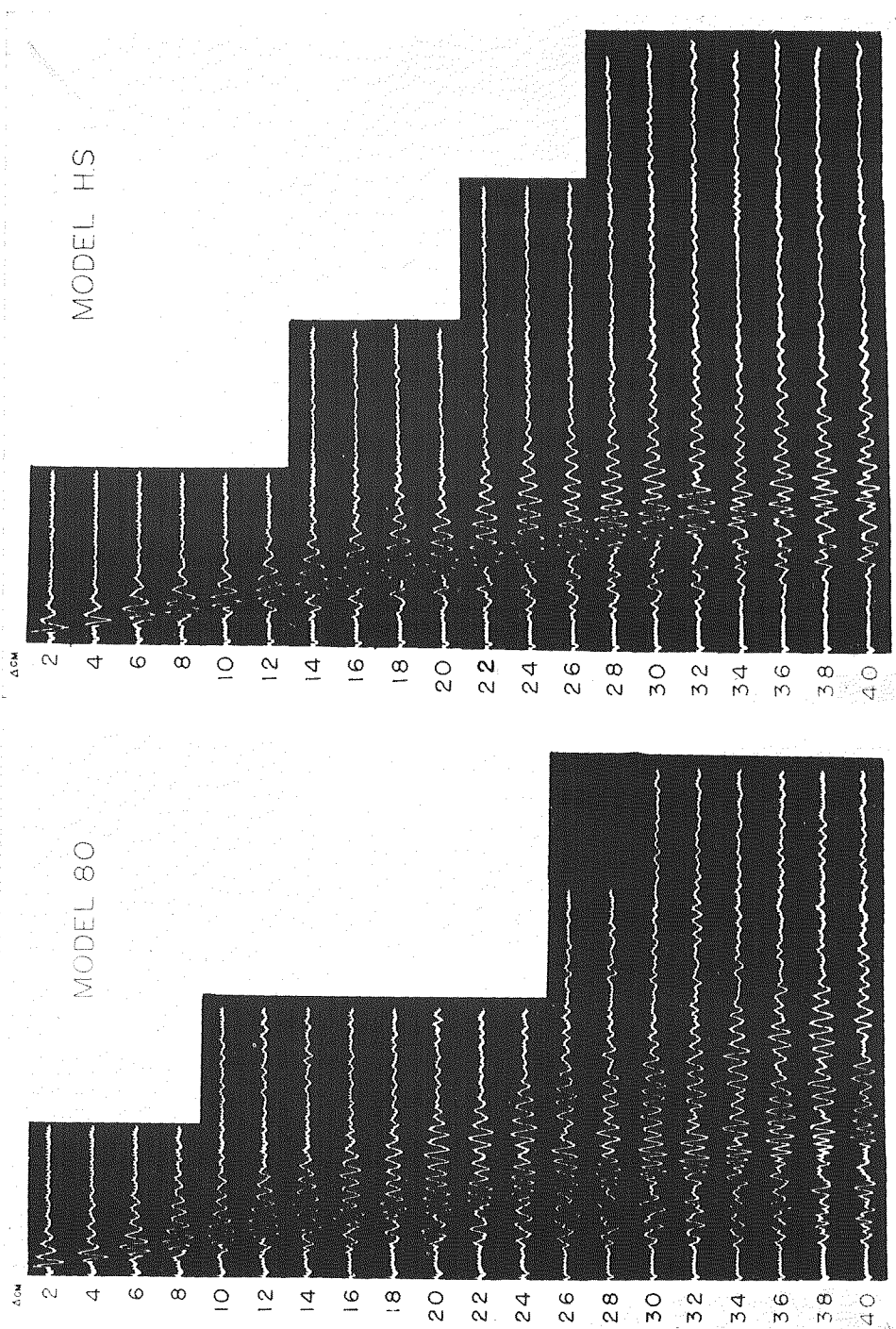
Fig. 2. Seismograms obtained.



第2図 b



第2図 c
第2図 測定された全波形
Fig. 2. Seismograms obtained.



第2図 d

第2図 測定された全波形

Fig. 2. Seismograms obtained.

本荘静光⁴⁾や田治米鏡二等⁵⁾が指摘しているところによれば、記録の最前部に現われている小振巾で小周期の波群は M_{11} 波であり、これに続く大振巾で大周期の波群は M_{21} 波である。大周期の波群に重なっている短周期の波群は、本荘静光⁴⁾は M_{22} 波であろうと述べている。然し、確かなことはわからない。

MODEL 2 MODEL 0と同様に、 Δ の全域にわたって、大振巾で大周期の波群が目立っている。然し、MODEL 0よりは波形が乱れ、周期は大きく、振巾は小さい。この波群にも、短周期の波群が重なっていて、その振巾はMODEL 0におけるよりも大きい。これらの波群の前には、振巾も周期も小さく、且つ不規則な波形をした波群がある。

MODEL 0と比較してみると、MODEL 2は全般に波形が乱れている。これは、アルミニウム板の影響によるものと思われる。記録の最前部にある小振巾で小周期の波群は、依然として、 M_{11} 波であり、それに続く大振巾で大周期の波群は M_{21} 波であろう。

MODEL 4 前の2つの記録に見られた、大振巾で大周期の波群は、震央距離が20 cm以上にならぬと明瞭でない。以前の記録で、この波群に重なっていた短周期の波群の振幅が益々大きくなって、今度の記録では、短周期の波群が目立って来た。

MODEL 10 今迄の記録に見られた大周期は、この記録では、余程注意して見ないと判らない。その代りに、短周期の波群の振幅が極めて大きくなった。記録の最前部に見られる振幅の極めて小さい波群は、 M_{11} 波ではなくて、アルミニウム板を伝わって来た屈折 P 波である。

MODEL 20 震央距離の全域にわたって、小振巾で小周期の波群が、時間的に最も早く現われている。この波群に続き、波形は不規則であるが、振巾も周期も大きい波群が目立っている。プラスチック板に固有な M_{11} 波が衰えて、その代りに、屈折 P 波や PL モードが発達して来たものと思われる。

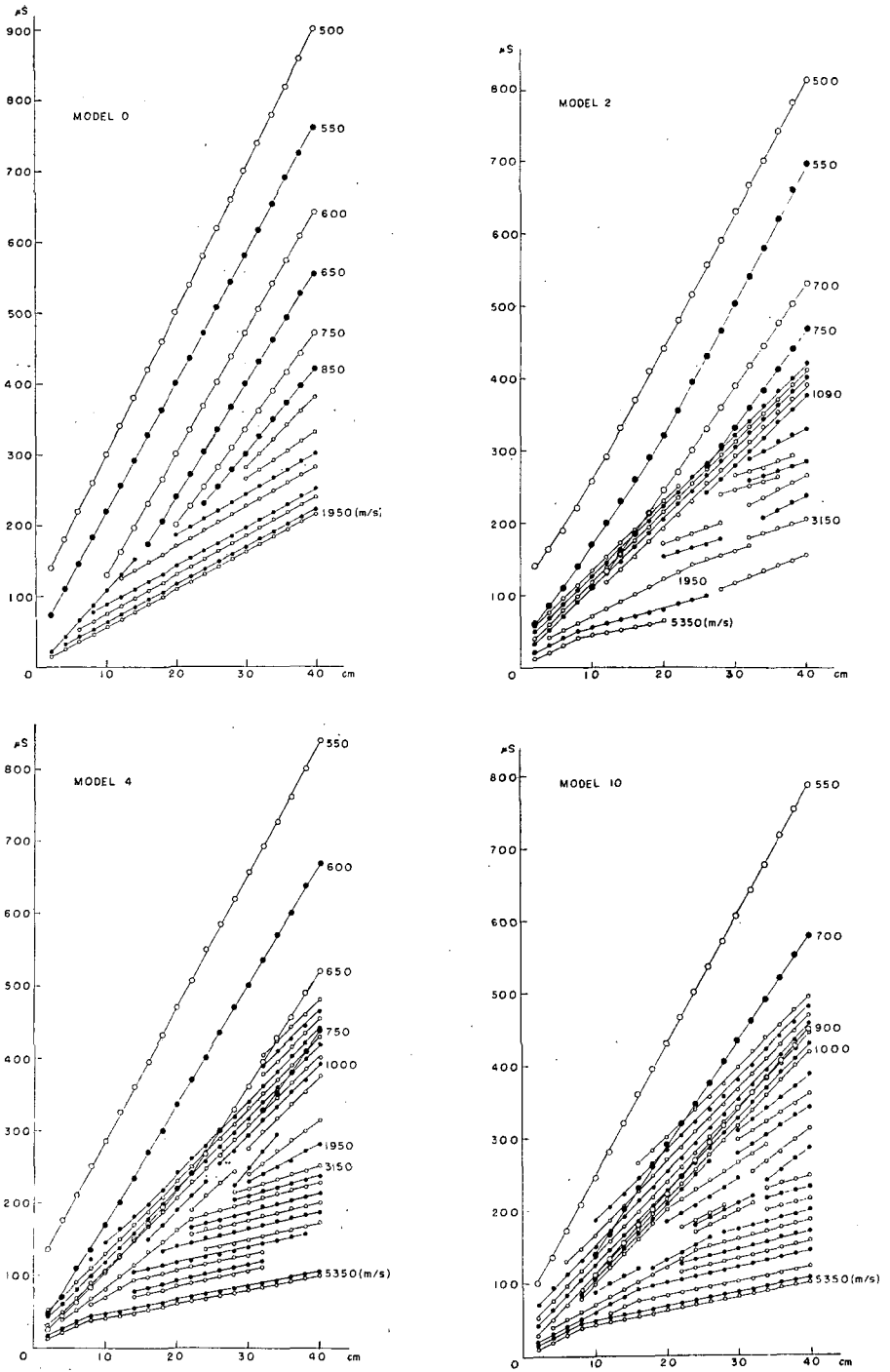
これらの波群の後には、紡錘形の包絡線を持った波群が目立ち、振幅は最も大きい。 Δ が大きくなると、この波群の波数が増え、包絡線は次第に細長くなる。この包絡線に包まれた波群の最初の部分の周期は小さく、時間の経過と共に、周期は次第に大きくなる。

MODEL 40 MODEL 20に良く似ている。但し、同じ Δ で比較すれば、紡錘形の包絡線はMODEL 40の方が細長く、含まれている山谷の数が多い。時間の経過と共に、この波群の周期は大きくなり、振幅は小さくなる。28 cm よりも大きい Δ では、この波群は、夫々別の包絡線を持った2波群に分かれる。

MODEL 80 美しい紡錘形の包絡線を持った数ヶの波群が目立っている。これらの包絡線はMODEL 40のそれよりも更に細長くなり、山谷の数も多い。22 cm から32 cm 迄の Δ では、夫々の包絡線で包まれた2つの波群が見られる。これに反し、34 cm 以上の Δ では、3

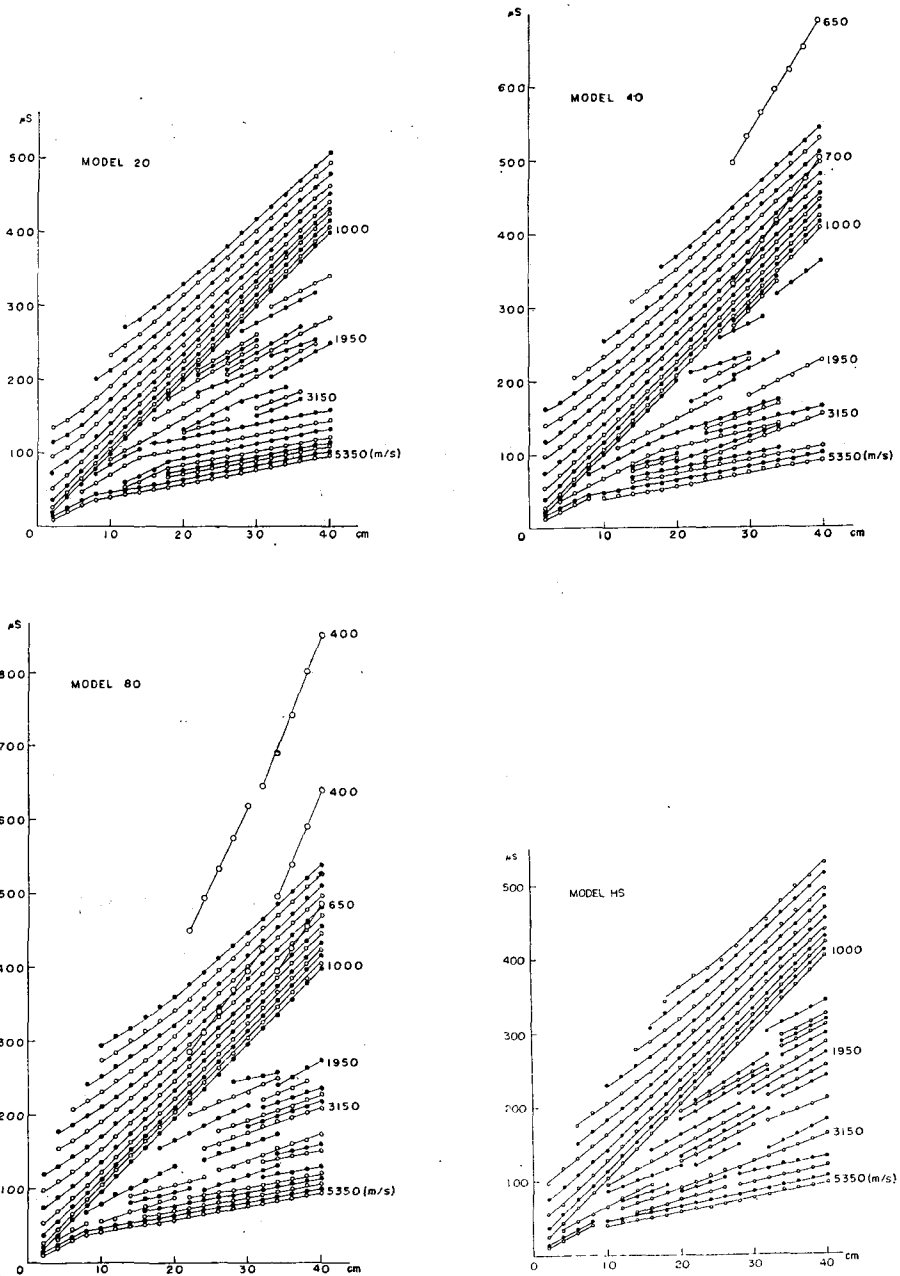
4) 本荘静光；板の中の弾性波(模型実験), 物探, 14 (1961), 130-135.

5) 田治米鏡二・田中夕美子；分散性レーレー波の生成及び消滅に関する模型実験, 北大地物報告, 13 (1965), 127-134.



第3図 (a) 山谷の走時プロット

Fig. 3. (a) Time-distance plots for peaks and troughs.



第3図 (b) 山谷の走時プロット

Fig. 3. (b) Time-distance plots for peaks and troughs.

つの小さな波群に分かれている。この様に、次第に分離してゆく波群が何であるかをいちいち指摘することは、目下のところ、未だできぬ。

MODEL HS ここでも、紡錘形の包絡線を持った波群が目立っている。MODEL 80 と同じ d で比較すれば、こちらの包絡線の方が短い。又 MODEL 40 及び MODEL 80 に見られた短い包絡線を持つ小波群は、ここでは見られない。故に、それらの小波群は、2枚の板をはり合わせて作った模型に特有な波群であったことがわかる。

4. 走時プロット

得られた記録の山谷の走時プロットは第3図に示してある。白丸は山、黒丸は谷の走時プロットであるが、各図の一番下の白丸のみは初動である。第3図に見られる現象の大半は既に第3節に述べられている。故に、ここでは、大ざっぱな整理だけしておくことにする。

MODEL 0 初動とそれに続く谷の位相速度は 1950 m/s であって、プラスチック板内の P 波の速度と一致している。その次には、 $1850 \sim 1000 \text{ m/s}$ の速度を示す直線が大きさの順に並んでいる。これらの速度は M_{11} 波の位相速度に対応している。図の上部に大きな白丸及び黒丸で示したプロットは、記録に見られた大振幅で大周期の波群の山谷の走時である。図に記入してあるこの部分の速度は、 M_{21} 波の位相速度に対応している。

MODEL 2~80 屈折波部の初動の速度 5350 m/s はアルミニウム板内の P 波の速度に一致している。アルミニウム板内の S 波の速度 3150 m/s やプラスチック板内の P 波の速度 1950 m/s に等しい位相速度が処々に見られる。プラスチック板内の S 波の速度は 1090 m/s であるが、第3図で 1000 m/s の速度が記入されている位相は、記録紙上で大振幅・大周期の波群に重なっていた短周期の山谷である。

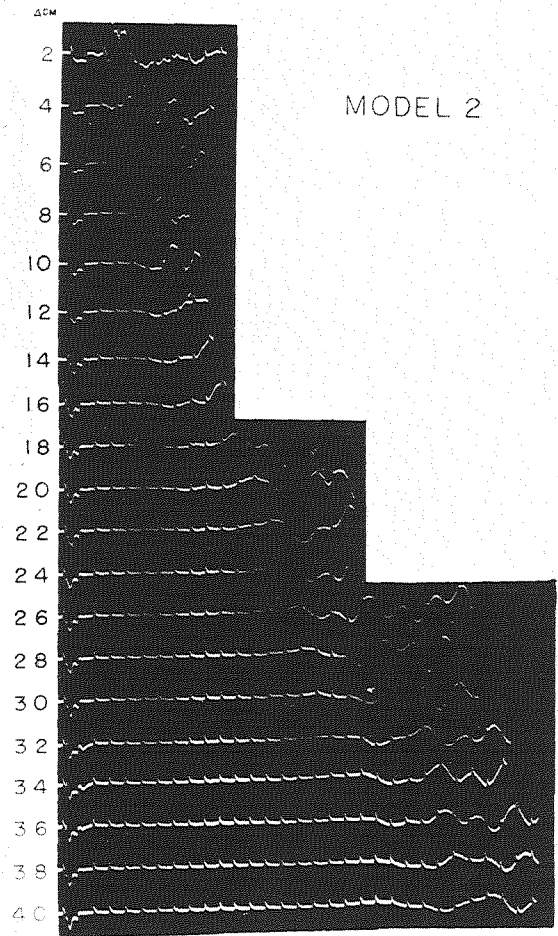
MODEL 40 及び MODEL 80 の最上部に大きな白丸で示されているプロットは、紡錘形の包絡線で囲まれた波群の中心を示している。故に、この部分に記入されている数値は、それらの波群の群速度を意味している。

MODEL HS 記入されている位相速度は、いずれも、アルミニウム板内及びプラスチック板内の P 波及び S 波の速度に等しいか又は極めてそれらに近い。

5. 測定結果に現われたアルミニウム板の幅の違い

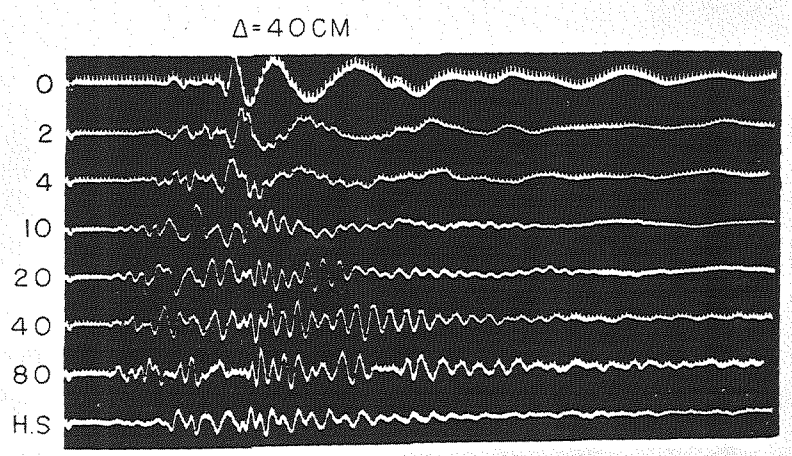
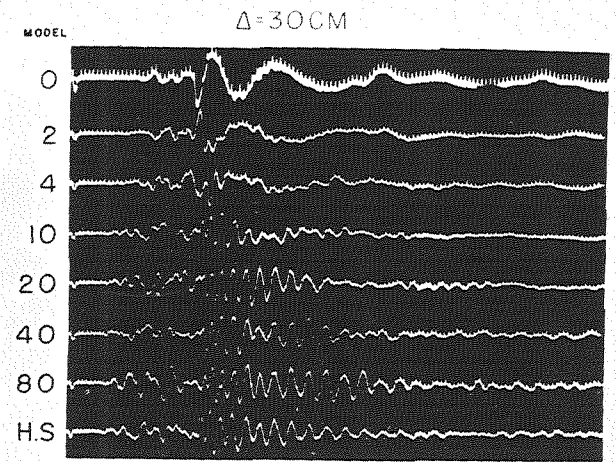
MODEL 2 の如く、アルミニウム板の幅が小さいと、第4図に示した如く、初動部分を拡大して調べても、 22 cm 以上の d では、屈折 P 波を認めることができぬ。アルミニウム板の幅がこの様に小さいと、屈折 P 波は伝播しにくいものと思われる。然し、今回は、アルミニウム板の幅と屈折 P 波の伝播のしにくさとを量的に関連づけることはできなかった。

第2図から $d=30 \text{ cm}$ 及び 40 cm の記録のみを抜き出して、模型の違いによる波形の違いを見やすくさせると、第5図の如くなる。この図から、次に挙げる事柄が認められる：



第4図 MODEL 2の初動部

Fig. 4. The seismogram of the first break for MODEL 2



第5図 模型の違いによる波形の比較

Fig. 5. Comparisons of wave forms due to various models.

1) アルミニウム板の幅が非常に小さいと、プラスチック板に固有な M_{21} 波が優勢である。これに反し、アルミニウム板を伝わる屈折波は劣勢である。

2) アルミニウム板の幅が大きくなるにつれて、上述の M_{21} 波は消え、紡錘形の包絡線を持った分散性の波群が卓越する。又屈折波も明瞭になる。

3) アルミニウム板の幅が非常に大きくなり、HS と記したものになると、分散性の波群は再び縮小する。同時に、屈折波も前よりは不明瞭になる。

但し、今述べた事柄は、模型の材質を変えれば、事情も異なって来るであろう。

今回の実験は、筆者等の一人の学部卒業研究であって、同室の浜田和郎氏から多くの助言を得た。この実験には、昭和 39 年度文部省科学研究費 (各個研究) の一部を用いた。

10. Model Seismology for Finding Thickness of a High Velocity Layer (1)

By Kyozi TAZIME and Mitsuya TAKAHASHI*

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

In case of refraction shooting, all lower velocity layers are masked by a high velocity layer. We can have then no knowledge about thickness of the layer. Where the layer exists near the surface of the earth, refraction shooting has nothing to do with prospecting. For the purpose of getting rid of this fatal defect, shapes of refraction and surface waves must be related to thickness of the high velocity layer. Experiments were carried out for models having various thickness. When the thickness was very small, no refraction wave could be developed. However, refraction wave acquired its own power as soon as the high velocity layer had a considerable thickness. Therefore no difference of the thickness may be distinguished by refraction wave. On the other hand, shapes of surface waves were gradually changed with increase of thickness of the layer. It is hopeful to know thickness of the layer by means of the analysis of surface waves, though no quantitative study was made in the present paper.

* At present, Japan Special Civil Engineering co., ltd.