



Title	9. 分散性レーレー波の生成及び消滅に関する模型実験
Author(s)	田治米, 鏡二; TAZIME, KyoZi; 田中, 夕美子 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 13, 127-134
Issue Date	1965-02-25
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.13.127">https://doi.org/10.14943/gbhu.13.127</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13890">https://hdl.handle.net/2115/13890</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	13_p127-134.pdf



## 9. 分散性レーレー波の生成及び消滅に関する模型実験

田治米鏡二・田中夕美子  
(北海道大学理学部地球物理学教室)  
— 昭和39年10月受理 —

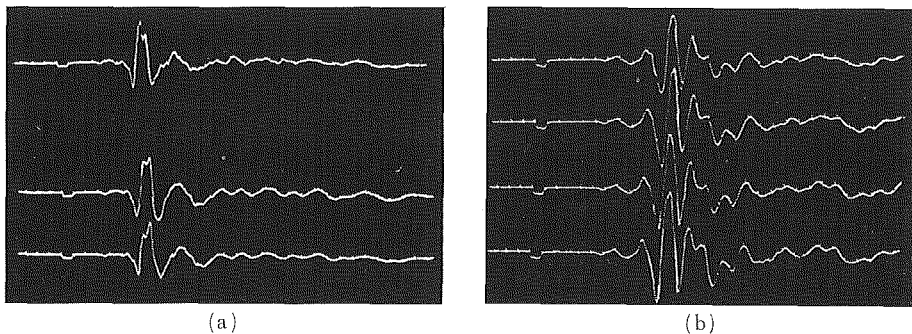
### 1. 実験の方針

半無限弾性体内のレーレー波及び板を伝わるレーレー型波の性質は、既にかなり充分に調べられている。然し、夫々の波の生成機構は、完全に明らかにされているとは未だ云えぬ。これらの波が、夫々の媒質の内で、いかにして生成されるかの過程を追う代りに、この実験では、媒質の幾何学的構造上の境界で、どんな影響を受けるかを調べることにする。

この実験に使用した装置の発振部及び受振部は、何れも、曾って浜田和郎<sup>1)</sup>が用いたものと同じである。

主題の実験に入る前に、厚さ2 mm、幅37 mmのプラスチック板を用い、アラルダイトで接着して、板を継ぎたした場合の継ぎ目の影響を調べた。先ず、振源及び受振器の頭をプラスチック板に当てる際の、当て方の影響を調べた。第1(a)図に示してあるのがこれで、余り気を使わずに、振源及び受振器の頭を、夫々当てたりはずしたりすると、測定波形にこの程度の違いを生じる。次に、継ぎ目のない場合とある場合とを比較した。この時の測定結果が第1(b)図のトレース1及びトレース2である。トレース3及び4は、同じ実験の繰返しに過ぎぬ。(a)図とは逆に、充分に気を使って実験を行なった場合の復元性を調べたのである。

これらの実験結果を見ると、波形は継ぎ目の有無には殆んど関係しないものと認められる。



第1図 予備実験：継ぎ目の影響

Fig. 1. Preliminary experiments: effects of connecting two plates.

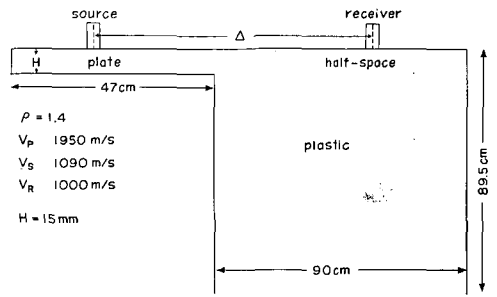
1) 浜田和郎：固体—固体波の周期特性に関する模型実験，地震，16 (1963)，133-144.

この理由により、第2図に示した模型は、1枚の大きな板から切り出さず、厚さ2 mm、幅15 mmの板を、同質同厚の大きな板にアラルダイトで接着して作られた。プラスチック板の性質の1部は図内に書き込まれているが、記号は次の如き意味を持っている。

$\rho$  密度、 $V_P$  P波の速度、 $V_S$  S波の速度、 $V_R$  レーレー波の速度。

この模型全体が、実は有限な大きさの1枚の板であるが、説明の便宜上、幅15 mmの部分

を板と呼び、幅の大きな部分を半無限体と称する。



第2図 実験に用いた模型

Fig. 2. The model used for the present experiment.

## 2. 測定結果の概観

まず、振源を半無限体との境界から24 cmはなれた板側に固定し、受振点を振源から、2 cmずつ、46 cmの距離迄移動させて記録をとった。これが第3(a)図である。

次に、振源を板との境界から24 cmはなれた半無限体側に固定し、受振点を振源から、2 cmずつ、48 cmの距離迄移動させて記録をとった。これが第3(b)図である。

表面波の波形を見ることを主眼にしているために、これらの記録では、初動部は明瞭でない。各トレースの最左端には発震時が記録されている。刻時は10  $\mu$ sである。

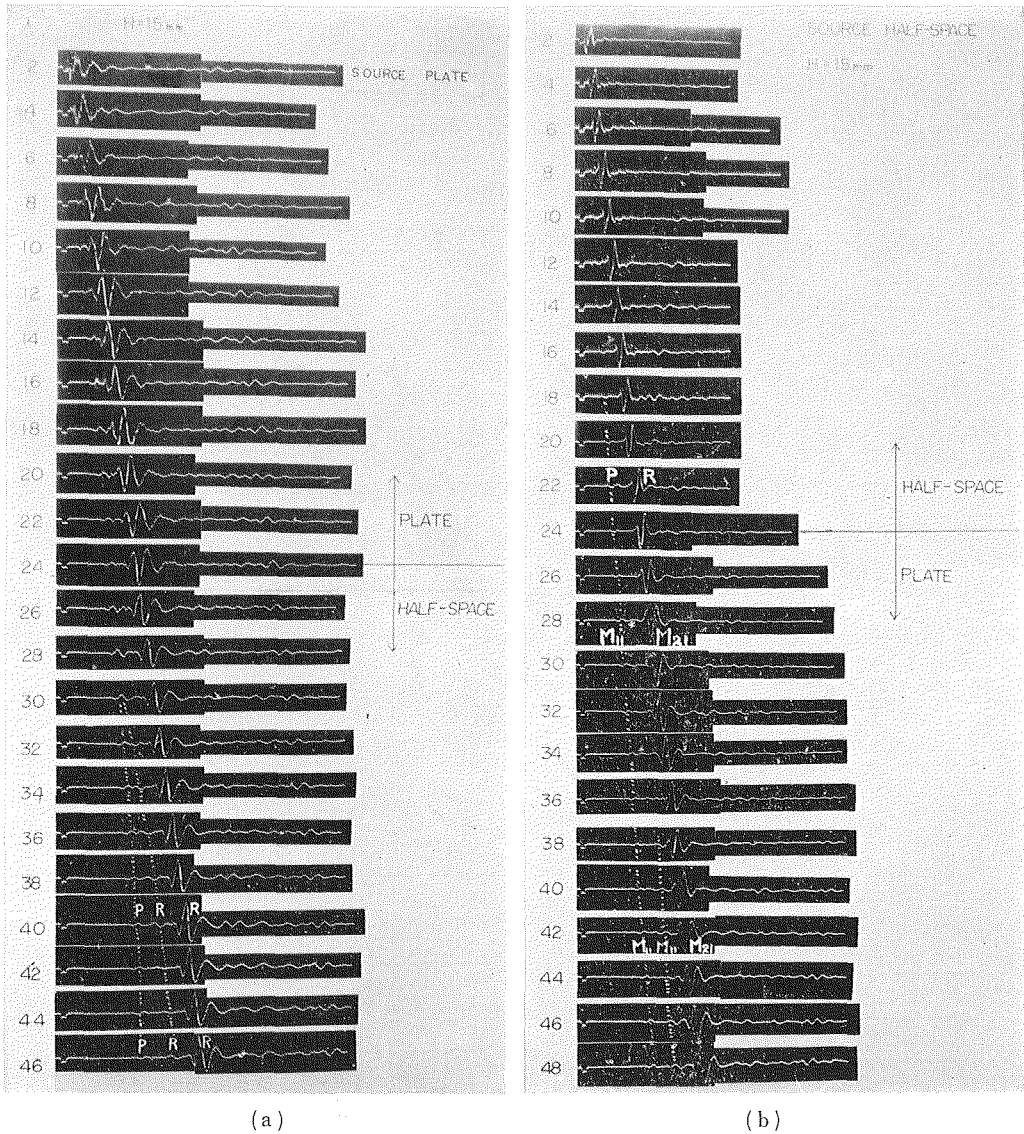
これらの記録から、各トレースの山谷の走時プロットを作ると、第4図の如くなる。○印は山、×印は谷の走時である。印の大小は振幅の大小を示している。

初動部に見られる2000 m/sの速度は第2図に示したP波の速度と一致し、半無限体側に見られる980 m/sはレーレー波の速度 $V_R$ を示しているものと考えられる。

これに反し、700~800 m/s及び1850 m/sは板内の分散性レーレー波の位相速度であろう。

このことを確かめるために、板の内部を伝わる分散性レーレー波の理論的分散曲線を求め、その図上に、位相速度及び群速度の実測値を、夫々白丸及び黒丸で、プロットすると第5図の如くなる。両者を比較すると、実測値は理論曲線上に大体のついているものとみなされる。

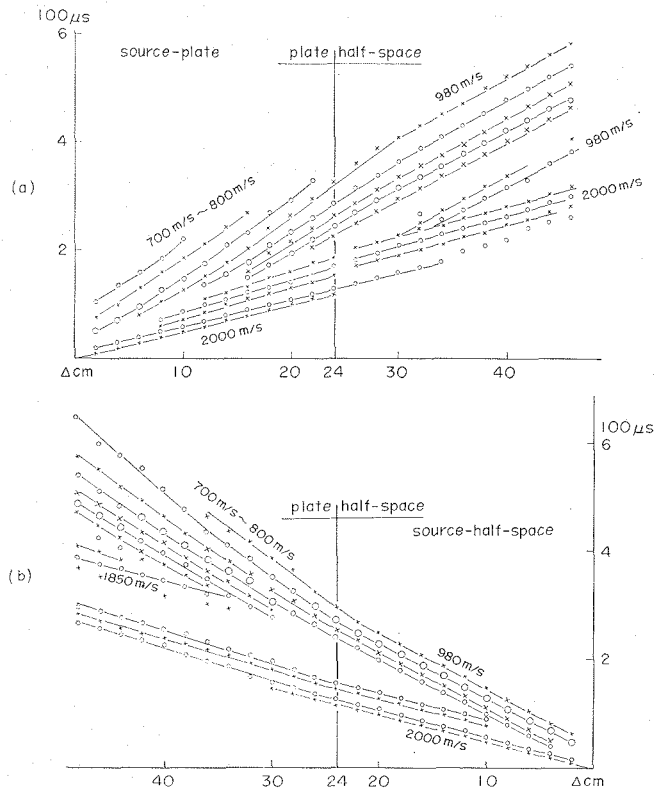
次に、振源と受振器の頭とを板の同一側に置いてとった記録と、板の反対側に置いてとった記録とを比較すると、第6図の如くなる。上のトレースが同一側でとられた記録であり、下のトレースが反対側でとられた記録である。測定の際に、変位の方向が、上下両トレースでは逆になっているので、大振幅の波群は板の中心線に対し非対称に振動し、小振幅の波群は対称に振動している。



第 3 図 第 2 図に示した模型を用いて得られた記録  
 Fig. 3. Records obtained by the model shown in Fig. 2.

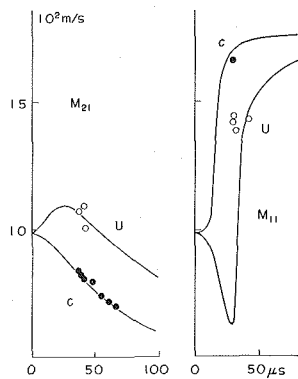
故に、板側で振幅は小さいが位相速度の大きな波群は、TOLSTOY 等<sup>2)</sup>の記号で示せば、 $M_{11}$  波である。これに反し、振幅が大きく、位相速度の小さい波群は  $M_{21}$  波である。かくの如き分類は、曾って本荘静光<sup>3)</sup>が述べた通りである。

2) TOLSTOY and USDIN: Dispersive Properties of Stratified Elastic and Liquid Media, Geophysics 18 (1953), 844-870.  
 3) 本荘静光: 板の中の弾性波 (模型実験), 物探, 14 (1961), 130-135.



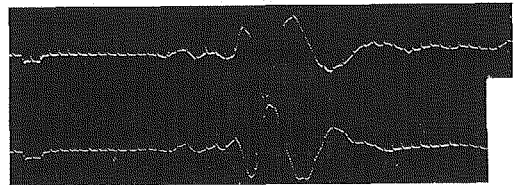
第 4 図 走時プロット

Fig. 4. Time-distance plots of all peaks and troughs, being indicated by  $\circ$  and  $\times$ .



第 5 図 位相速度及び群速度の実測値と理論的分散曲線との比較

Fig. 5. Comparisons of phase and group velocities observed with the theoretical dispersion-curves.



第 6 図 対称及び非対称振動の比較

Fig. 6. Comparison of symmetric and antisymmetric modes.

### 3. 異構造内の波への移り変わり

第4(a)図によると、P波は境界を通過して、そのまま半無限体側に抜けてゆく。但し、反射等のために、半無限体側では振幅が一層小さくなるようである。境界で、P波からレーレー波に変換された波は見られない。初動の振幅が小さすぎたので、反射やレーレー波の誘起が見られぬのであろう。

板側の $M_{11}$ 波は、半無限体側では、P波とレーレー波とに変換される。これらの波群の走時は、境界で幾分喰い違っているが、この喰い違いは、変換の際に生じたのであろう。 $M_{11}$ 波の反射は見られない。

$M_{21}$ 波は板側で最も優勢な波群であるが、半無限体側に入って暫らくすると、優勢なレーレー波に変換される。レーレー波に変換される迄の距離は、境界から1波長以内である。 $M_{21}$ 波からP波への変換及び $M_{21}$ 波の反射は見られない。

第4(b)図では、半無限体側のP波の1部は板側へ抜ける。この際、板側のP波の振幅は幾分小さくなる。P波の1部は、今度は、更に板側で $M_{11}$ 波に変換される。

半無限体側のレーレー波は、板側では、主として $M_{21}$ 波に変換される。レーレー波の1部は、P波又は $M_{11}$ 波にも変換されているようにも見えるが、これは明瞭でない。

以上の結果の要点を図で示すと、第7図の如くなる。点線は、余り明瞭でない変換を示している。

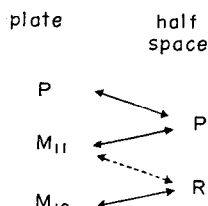
佐藤泰夫<sup>4)</sup>の理論的考察によれば、ポアソン比が0.25の場合は、板の $M_{11}$ 波の粒子の運動は水平方向に長い楕円で、回転の向きはレーレー波と同じである。これに反し、板の $M_{21}$ 波の粒子の運動は上下方向に長い楕円で、回転の向きはレーレー波の逆である。

レーレー波の粒子も上下方向に長い楕円運動をするので、この面から見れば、 $M_{21} \leftrightarrow R$ の変換が容易であろうと想像される。然し、回転の向きから見れば、 $M_{11} \leftrightarrow R$ の変換の方が自然らしく思われる。

今回の実験では、上下動のみしか測定していないので、第7図は一般的な結論ではない。理論的には、どちらの変換の方がエネルギーの消費が少ないか、で決るのであろう。

次に、大振幅の波群に着目し、 $M_{21} \leftrightarrow R$ の過程をスペクトル分析によって調べた。第8図に示してあるのがその結果である。

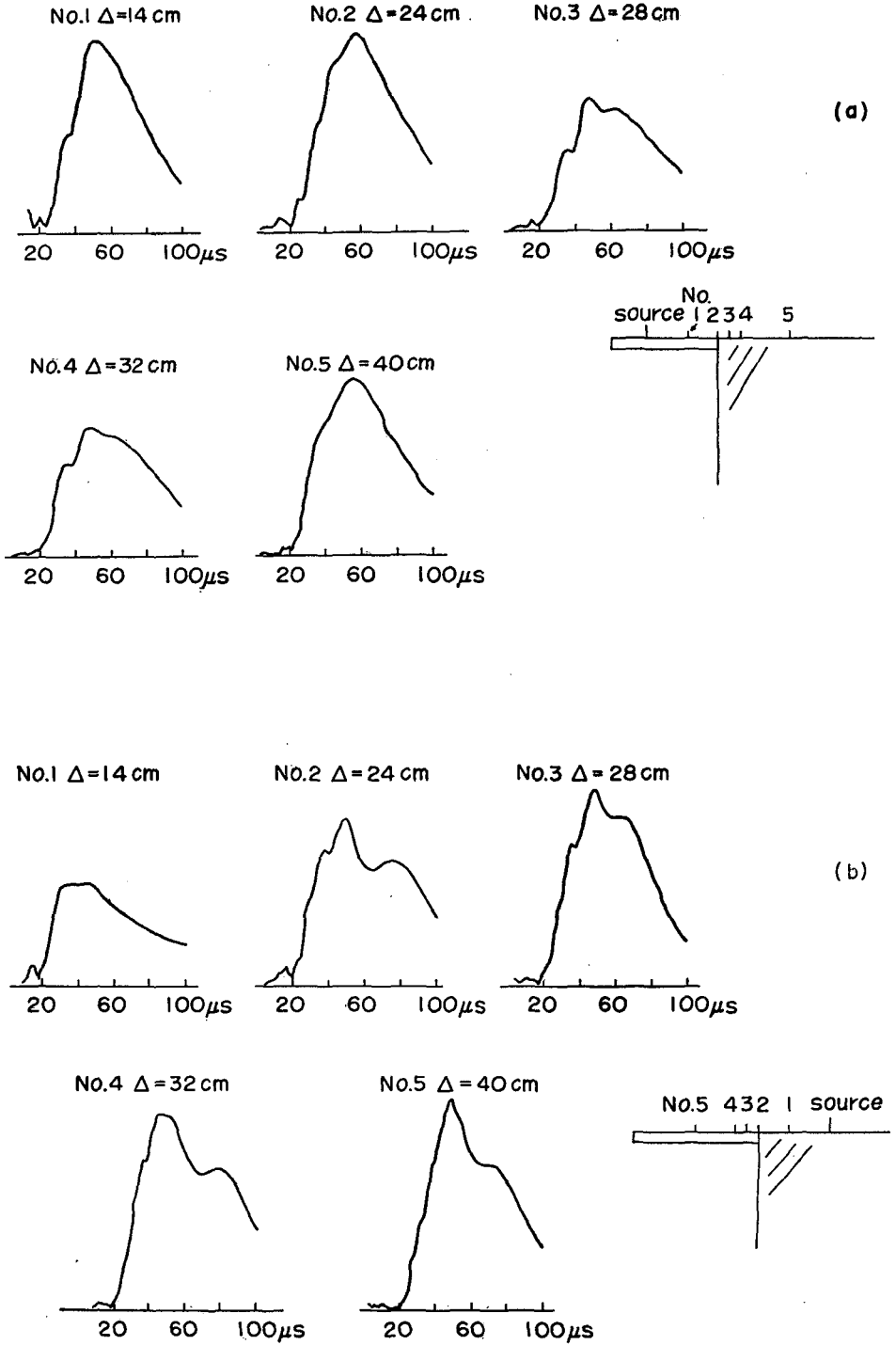
第8(a)図によれば、板側の $M_{21}$ 波のスペクトラムは、境界を過ぎて暫らくの間は乱されているが、半無限体側に充分入ってレーレー波に変換されてしまうと、再び $M_{21}$ 波固有のスペク



第7図 波の変換  
Rはレーレー波である

Fig. 7. Conversions of waves.  
R means RAY-LEIGH wave.

4) SATO, Yasuo: Study on Surface Waves II, Bull. Earthq. Res. Inst., 29 (1951), 223-261.



第 8 図 振幅の大きな波群のスペクトラムの変化

Fig. 8. Variations of spectra for the wave group most predominant.

トラムが保存されている。

第8(b)図によると、半無限体側で誘起されるレーレー波のスペクトラムは余り単純でない。板との境界付近では益々複雑である。然し、板側に充分入ると、 $M_{21}$ 波固有のスペクトラムが目立って来る。尤も、(a)図と異なり、今度は他波群のスペクトラムも重なっているらしく、全体の形は(a)図の $M_{21}$ 波のスペクトラム程単純でない。

第3図に示した記録は、各トレースの最大振幅が一定の大きさになるように、増

幅器の利得を調節してある。故に利得の目盛は、最大振幅になる位相の振幅の減衰を表わしている。これを図で示したのが第9図である。波群の対応は、上記の記号を用いれば、 $M_{21} \leftrightarrow R$ である。

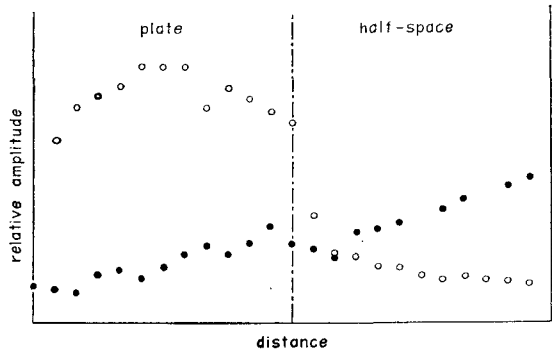
$M_{21}$ 波は板側の振源から少し離れた地点で最も優勢である。そこから急激に振幅を減じ、半無限体側のレーレー波に変換される。変換の効率が、かくの如く、余りよくないことを考えると、第4図には見られぬが、実は境界での反射、P波への変換等にエネルギーの1部が費やされているのかも知れぬ。レーレー波となってしまっただけからは、理論的に予想されるとおりの減衰をしている。

半無限体側で発生したレーレー波は、境界近く迄は普通の減衰を示している。板側に入り、 $M_{21}$ 波に変換される際に、振幅の急激な変化はない。又 $M_{21}$ 波に変換された後も、減衰の状態は、レーレー波であった時と大体同じである。

#### 4. あとがき

板と半無限体との継目の上部及び下部が、夫々いかに第2次的振源の役割を果すかを調べたかった。今回は媒質の表面だけで、然も上下動の測定のみしか行なわなかったもので、その目的に対しては、記録が不足すぎる。

この論文は著者等の1人の学部卒業研究であって、実験に際しては、同室の浜田和郎氏から多くの指導を受けた。この研究には昭和38年度文部省科学研究費(各個)の1部を用いた。



第9図 最大振幅の減衰

Fig. 9. Attenuations of amplitudes for the wave most predominant.

## 9. Model Seismology on Generation and Disappearance of Dispersive RAYLEIGH Waves

By Kyozi TAZIME and Yumiko TANAKA

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

The two-dimensional model is used which consists of a plastic plate having two parts: one is narrow in breadth and the other is wide, being called respectively a plate and a half-space.

Vertical motions are observed every 2 cm on the surface of the medium from one part to the other and *vice versa*.

Conversions between  $M_{21}$  and ordinary RAYLEIGH wave and between  $M_{11}$  and P wave are obvious but that between  $M_{11}$  and ordinary RAYLEIGH wave is not where M's are notations used by TOLSTOY and USDIN.

The spectrum of  $M_{21}$  is reserved when it is converted into ordinary RAYLEIGH wave, but that of the latter is deformed by the former. The amplitude of ordinary RAYLEIGH wave is not changed by the conversion into  $M_{21}$ , but that of  $M_{21}$  is abruptly decreased by the conversion into ordinary RAYLEIGH wave.