

日本における L_g 相の観測 (1)*

宇津 徳治**

550.341

On the L_g Phase of Seismic Wave observed in Japan (1)

T. Utsu

(Seismological Section, J. M. A.)

The short period seismic surface wave phase L_g having the velocity about 3.5 km/sec. was found on seismogram of the Siberian Earthquake of Jan. 5, 1958 recorded at Nagasaki, one of the I. G. Y. stations in Japan. Since then, this phase sometimes appeared on the seismograms in the case of shallow earthquakes occurring in Siberia, Outer Mongolia and China.

It seemed certain that this phase had been recorded by many seismographs distributed over Japan, so the seismograms of 8 earthquakes were collected from 20 stations and examined.

It became clear that this phase had been recorded only in Kyushu (sometimes in Hokkaido). This shows that the crustal structure under the central part of the Japan Sea is not continental, while the Yellow Sea and the northern part of the East China Sea are continental; since the presence of the L_g phase indicates that all the path from epicenter to the observing station lies on continental structure.

§ 1. まえがき

1952年に Press, Ewing⁽¹⁾らは、北米 Palisades 観測所の地震記象中に、2種類の顕著な短周期の表面波が存在することを発見し、これを L_g および R_g 相と命名した。この波の伝ば速度はそれぞれ約 3.5 km/s および 3.0 km/s で、浅い地震で、伝ば経路が大陸中にあるとき、震央距離数度から数十度にわたってよく現れ、振幅は S や SS などの数倍に達するものである。この波は、その後、いくつかの観測所で記録されていることがわかり、その伝ば機構についても、いろいろと議論されているが⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾、日本ではまだ明りょうな記録が見出されていなかった⁽⁹⁾。

たまたま、I. G. Y. 地震観測のため、長崎海洋气象台に設置された電磁光学式地震計の、1958年1月5日 Baikal 湖東北東の地震記象中に、 L_g および R_g 相が明りょうに記録されていることがわかり、その後も、同じ相は、数回、同地震計に記録された (Fig. 1~4 参照)。この相は、また、Asia 大陸中に震源をもつ浅い地震に際して、日本の一部の観測所でも記録されているように思わ

* Received May 23, 1958.

** 気象庁地震課

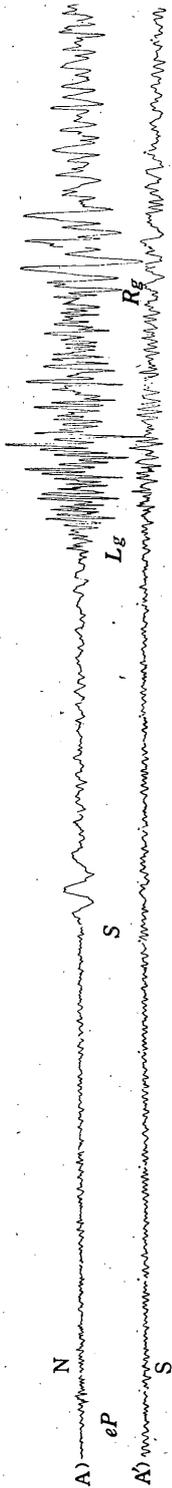


Fig. 1. L_g and R_g phase recorded at Nagasaki with electromagnetic seismograph

(A) Jan. 5, 1958; NNE of Lake Baikal, $\Delta = 24^\circ.7$

(A') Jan. 24, 1958; Aftershock of (A)

れたので、とりあえず、8個の地震について、18か所の記録を集めて調査を行った。

§ 2. L_g 相の性質

現在までに、いくつかの研究によって知られている L_g 相の性質をまとめて記すと、次のようになる。

(1) L_g 相が記録される条件

浅い地震を震央距離数度～数十度で観測したとき現れる。ただし、波の伝ば経路が、北米大陸、欧亚大陸、Africa 大陸、Australia など大陸構造のところだけを通ってくる場合に限られる。逆に、 L_g 相を通すかいなかによって、その経路が大陸構造かそうでないかを判別することが行われている（たとえば Oliver, Ewing, Press⁽⁵⁾）。

(2) 伝ば速度

表面波であるから走時は直線である。速度の平均は、

Press, Ewing によれば $L_g : 3.51 \pm 0.07$ km/s, $R_g : 3.05 \pm 0.7$ km/s,

Lehmann によれば $L_g : 3.57$ km/s,

Båth によれば $L_{g1} : 3.54 \pm 0.07$ km/s, $L_{g2} : 3.37 \pm 0.04$ km/s,

$R_g : 3.07 \pm 0.10$ km/s,

Gutenberg によれば $L_{g1} : 3.58 \pm 0.02$ km/s, $L_{g2} : 3.38 \pm 0.10$ km/s などと求められている。すなわち、 L_g は平均 3.5～3.6 km/s, R_g は 3.0～3.1 km/s という一致した値となっているほか L_{g2} という 3.3～3.4 km/s の相も認められている。

(3) 周期

L_g 相は普通の Love 波よりずっと短周期で、速度がややおそいで、記象上 Love 波と重って現れる。周期は

Press, Ewing によれば L_g の始まり： $1/2 \sim 6$ s, R_g の最大動：8～12 s,

Båth によれば $L_{g1} : 3 \sim 8$ s (平均 5.8 s), $L_{g2} : 3 \sim 12$ s (平均 6.8 s),

$R_g : 3 \sim 14$ s (平均 9.2 s)。

(4) 記録波形、振動方向

L_g 相の立上りはかなり明りょうで、振幅は、P, S, SS など既知

の相の数倍になることもある。振動方向は、上下成分には現れない（現れてもすぐ小さくなる）という説 (Press-Ewing, Båth) と、上下成分にも明りょうに現れるという説 (Lehmann, Gutenberg) とがある。 R_g 相は L_g 相ほど明りょうには現れないようであるが、振動は Rayleigh 波と同じようである。

(5) 分散性

Press, Ewing によれば L_g は異常分散、 R_g ははっきりしないが正常分散らしいといい、Båth によれば、 L_g はほとんど分散せず、 R_g は異常分散するという。

この L_g および R_g の伝ば機構については、いろいろの解釈が行われてきた。Press, Ewing⁽¹⁾ は L_g は SH 波が地殻上層中で重複反射してきたものと考え、Love 波と L_g 波の関係が浅い水中での爆発の際現れる ground wave と water wave に似ていることに注目している（前者は正常分散、後者は異常分散する。両者の周期は次第に近づき Airy phase が到着したとき一致する）。

一方、Båth⁽³⁾ は地殻中に maximum velocity layer (深さ最大 10 km) と minimum velocity layer (深さ 10~20 km) を考え、 L_{g1} は地表とこれらの層の表面で全反射しながら進んで来た波、 L_{g2} は minimum velocity layer 中の channel wave、 R_g はこれらの層を含む媒質中の Rayleigh 波と考え、また、Gutenberg⁽⁴⁾ は地殻を構成する granitic layer と gabbro layer 中にそれぞれ low velocity layer を考え、 L_{g1} は前者中の、 L_{g2} は後者中の channel S wave としている。そして channel P wave に相当する Π_g 相を観測したと報告している⁽¹⁰⁾。大洋底には、low velocity layer が存在しないので L_g は伝ばしないと考える。

さらに、Oliver, Ewing⁽⁷⁾⁽⁸⁾ は、はじめ、地殻を一層と考え、 L_g は higher mode の Rayleigh 波の短周期の branch と Love 波の短周期の branch から成り、 L_g の上下成分および縦波成分は前者、横波成分は後者に当ると考え、 R_g は Rayleigh 波の分散曲線の broad flat minimum に相当するので、振幅が大きく、分散が正常であったり異常であったりすると説明したが、次の論文では、地殻を二層と考え、Nagamune⁽¹¹⁾ の計算を引用して、 L_{g1} は M_2 波の分散曲線の maximum に当り、 L_{g2} は minimum に当る。それに second mode の Love 波も同じような分散曲線を示すので、 L_g が 3 成分同時に現れることが説明されるとした。

§ 3. 長崎で観測された L_g および R_g 相

国際地球観測年に際して、1957年8月、長崎海洋気象台に設置された電磁光学式地震計*に、Fig. 1 に示すような顕著な相が記録された。Fig. 1 の A は、Baikal 湖東北東の地震 (Fig. 6, 7 の A)

* 動コイル型 3 成分、換振器の周期 1 s、ガルバノメーターの周期 20 s、換振器、ガルバノメーターとも臨界制振、最大倍率約 3,000 倍、1 分の送り 30 mm。

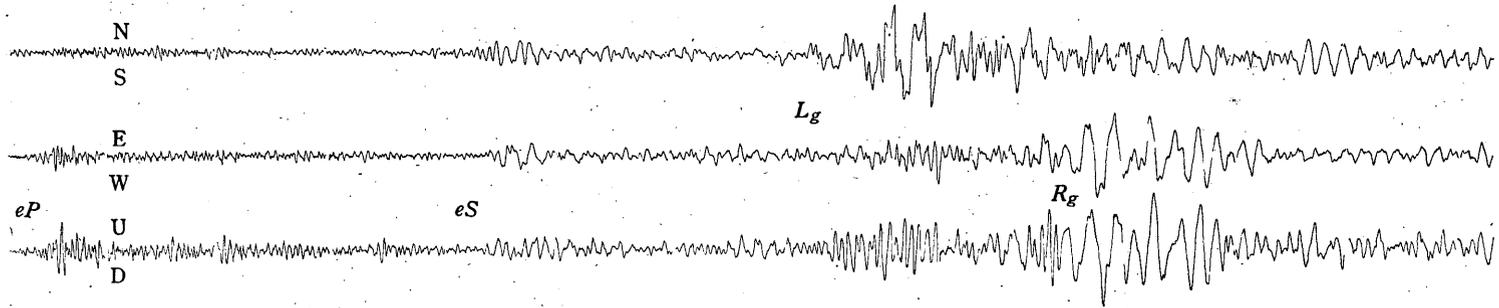


Fig. 2. Seismogram of the Szechwan Province Earthquake of Feb. 8, 1958 (cf. Fig. 7, B).
Nagasaki electromagnetic seismograph, $\Delta = 22^\circ.0$

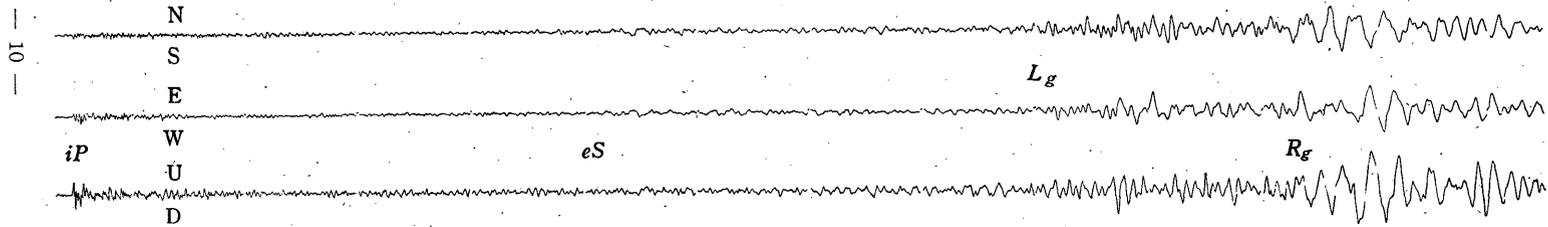


Fig. 3. Seismogram of the Outer Mongolia Earthquake of Feb. 24, 1958 (cf. Fig. 7, C).
Nagasaki electromagnetic seismograph, $\Delta = 26.9^\circ$

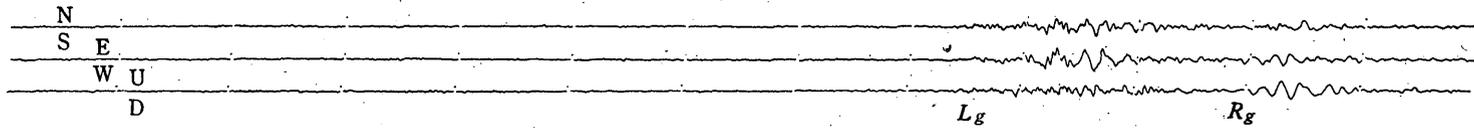


Fig. 4. Seismogram of the Outer Mongolia Earthquake of Apr. 10, 1958. (cf. Fig. 7, D).
Nagasaki electromagnetic seismograph, $\Delta = 29.4^\circ$

で、長い周期の S 波の3分20秒後から、周期2~3sの著しい相が現れ、1分後に最大となり、またその1分20秒後からは、周期9sくらひの別の相が現れている。これが別の地震でないことは、その余震 (Fig. 1のA')にも振幅が小さくて立上りははっきりしないが、同じ相を記録したことから確められた。

この相が、 L_g および R_g 相として知られているものと同じものであることは、前節に示した L_g および R_g 相のもついくつかの性質を具えていることから判断される。すなわち、

(1) Fig. 6からわかるように、波の経路は、満州、朝鮮半島、朝鮮海峡を通っており、この地域は大陸構造であると考えてよい。

(2) U.S.C.G.S. による震央および震源時を用いて震央距離、走時を計算し、これから速度を求めると、 L_g が3.50 km/s、 R_g が2.98 km/s となり、既知の値とよく一致する。

(3) 周期は L_g が約2.5s、 R_g が約9.3sで、これも既知の値とよく合う。

(4) 記象型も、前節(4)とむじゅんしない。

(5) 分散については、波の到着時刻と周期との関係をプロットしてみると Fig. 5のようになり、分散はあまり明りょうでない (図で L_g の部分は3振動ずつの平均周期をとってある)。

Fig. 2, 3に示す二つの地震は Fig. 1ほど明りょうではないが、やはり L_g , R_g 相が現れている。特に Fig. 2の地震は、震央が長崎のほとんど真西に当たっているが、 L_g は3成分とも現れており、単純な Love 波の振動ではないようにみえる。また、Fig. 4の地震は、 P , S とまったく記録されず、 L_g および R_g 相のみ現れている。したがって、そのことを知らずに記象を見ると、非常に奇妙に感じるものである。この地震の規模はかなり小さく松代でも、 P 相はまったく記録されなかった。

Table 1aにこれらの地震の観測結果を示す。これをみると、長崎で観測された L_g 相は周期約3s、 R_g 相は約10s前後で、 L_g 相の振幅は S と同程度であるが、 R_g 相の振幅はそれより大きい。しかし、地震計の振動倍率の関係で、 L_g が大きく記録されるのである。

この L_g 相が現れる地震は、このように、Siberia、中国方面の地震に限られ、他の地域に起った地震には現れないようである。Fig. 6は1957年9月から1958年3月までの7か月間に日本周辺に起ったマグニチュード6 (松代決定) 以上の地震の震央であるが、 L_g 相の現れたものは Fig. 1~3に示した地震 (Fig. 6でA, B, Cと記号が付けてある白丸) だけであつた (◎印は記象がス

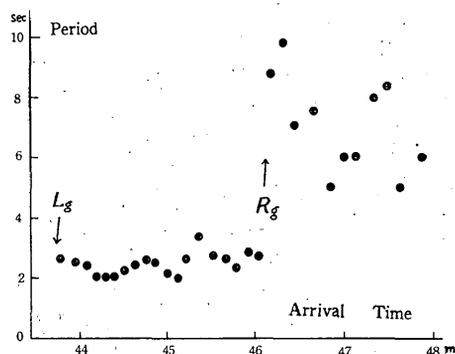


Fig. 5. Arrival time vs. period for L_g and R_g wave of Fig. 1 (A) earthquake

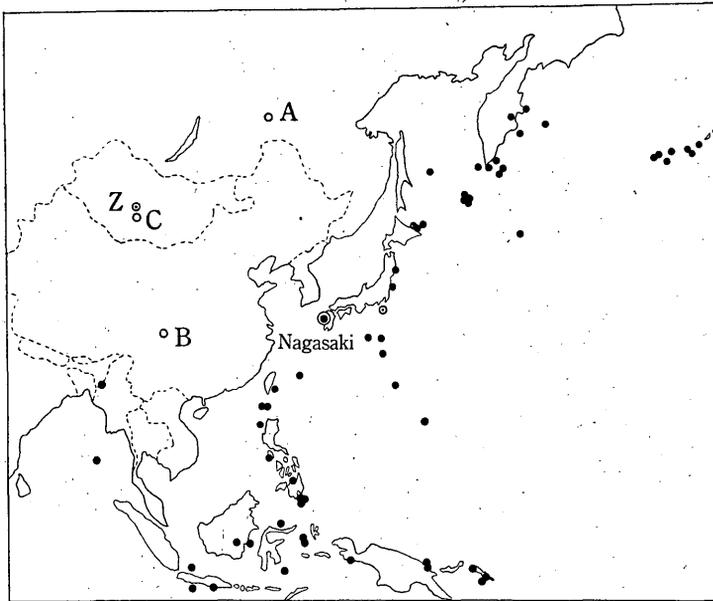


Fig. 6. Epicenters of earthquakes of magnitude larger than 6 from Aug. 1957 to Mar. 1958. L_g phase is recorded at Nagasaki for earthquake A, B and C (cf. Fig. 1-3)

ケールアウトしたため L_g 相があるか不明のものである). Z と記号が付けてある外蒙古の地震は, その余震のいくつかに微弱ではあるが L_g 相が現れた. その地震を Table 1 b に示してある.

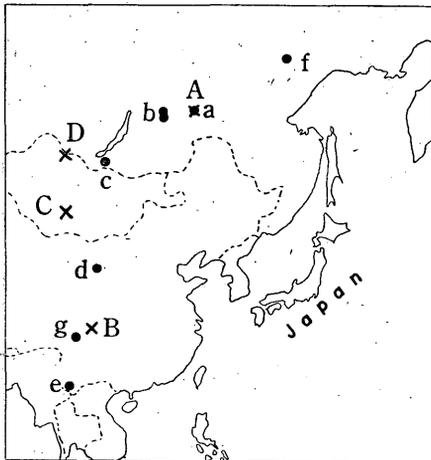


Fig. 7. Epicenters of earthquakes investigated in this paper (A, B, C, D : cf. Table 1, a, b, c, d, e, f : cf. Table 2)

§ 4. 日本各地で観測された L_g 相

Table 2 に示す 8 個の地震 (震央位置は Fig. 7 に示す) について 18 か所の地震計記録紙を調べた. 地震計は Wiechert 式または普通地震計である. Table 2 で, ○は L_g 相が明りょうに記録されたこと, △はやや不明りょうであるが L_g 相の記録があること, ×は L_g 相の記録が認められないこと, — は地震の記録がまったくないこと, 空らんは記録紙が得られなかったことを示す. 以下, おのおの地震について観測値を示す.

(a) 1958 年 1 月 5 日 Siberia, Baikal 湖東北東の地震

Table 1 a. L_g and R_g phase observed at Nagasaki

Earthquake		(A)	(A')	(B)	(C)	(D)
Date		Jan. 5, 1958	Jan. 24, 1958	Feb. 8, 1958	Feb. 24, 1958	Apr. 10, 1958
Epicerter		56 $\frac{1}{2}$ °N, 121°E	56 $\frac{1}{2}$ °N, 121°E	31 $\frac{1}{2}$ °N, 104°E	45°N, 99°E	51 $\frac{1}{2}$ °N, 99°E
Location		Siberia	Siberia	Szechwan Prov.	Outer Mongolia	Outer Mongolia
Magnitude †		6 $\frac{1}{4}$ —6 $\frac{1}{2}$		6	6—6 $\frac{1}{4}$	
Δ		24.7°	24.7°	22.0°	26.9°	29.4°
Origin time (J.S.T.)		20 ^h 30 ^m 44 ^s	13 ^h 35 ^m 35 ^s	08 ^h 23 ^m 30 ^s	21 ^h 27 ^m 06 ^s	19 ^h 55 ^m 31 ^s
Time	<i>P</i>	36 ^m 11 ^s	?	28 ^m 26 ^s	32 ^m 46 ^s	—
	<i>S</i>	40 28	45 ^m 57 ^s	32 23	37 22	—
	L_g	43 46	49 30	35 20	41 10	20 ^h 10 ^m 59 ^s
	R_g	46 04	?	37 01	43 28	13 10
Velocity	L_g	3.50 km/s	?	3.45 km/s	3.54 km/s	3.52 km/s
	R_g	2.98	?	3.02	3.05	3.09
Period	L_g	2.5 s	3.0 s	3.3 s	3.2 s	3.2 s
	R_g	9.3	9.5	9.0	11	9.0
Amplitude*	<i>P</i>	0.7 μ **	?	2.5 μ	0.5 μ	—
	<i>S</i>	7.8 **	(1.2 μ)	6.0	1.6	—
	L_g	5.2 **	2.5	5.5	1.6	1.8 μ
	R_g	18.8 **	?	?	?	11

* composed one from maximum amplitudes of 3 components

** N-S component only, † determined from observation at Matsushiro

Table 1b. Aftershocks of the Outer Mongolia Earthquake of Dec. 4, 1957.
 L_g phases from these shocks were observed at Nagasaki

Date and Time (J.S.T.)	Epicerter	Magnitude †	Time of L_g phase at Nagasaki
Dec. 4 12 ^h 37 ^m 45 ^s	45°N 100°E	7 $\frac{1}{2}$	Main shock (Seismograph scale out)
4 20 19 30	45 $\frac{1}{2}$ 100 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	20 ^h 24 ^m 54 ^s
4 22 20 08	45 101	5 $\frac{3}{4}$ —6	22 33 49
6 03 09 32	45 100	5 $\frac{1}{4}$ —5 $\frac{1}{2}$	03 23 20
7 23 11 15	43 $\frac{1}{2}$ 100	5 $\frac{1}{4}$ —5 $\frac{1}{2}$	23 24 46
8 15 13 02	45 100	5 $\frac{1}{4}$	15 26 50
9 01 26 33		5 $\frac{3}{4}$ —6	01 38 50
12 06 55 10	44 $\frac{1}{2}$ 101		07 08 46

長崎の I. G. Y. 用地震計に L_g および R_g 相が明りょうに記録された地震で、日本各地の観測所でも、地震動は一応記録されたが、電磁式地震計をもっている I. G. Y. 関係の観測所以外は P 相、 S 相とも不明りょうであった。 L_g 相は九州および北海道の観測所で、かなり明りょうに記録され

Table 2. Observations of L_g phase at various stations in Japan

Earthquake	(a)	(b)	(b')	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
Date	Jan. 5, 1958	Jun. 27, 1957	Jun. 30, 1957	Feb. 7, 1957	July 31, 1954	Feb. 3, 1950	Apr. 14, 1951	Apr. 14, 1955
Origin time (J. S. T.)	20 : 30 : 44	09 : 09 : 28	07 : 33 : 52	05 : 34 : 55	09 : 59 : 57	08 : 33 : 19	22 : 32 : 59	10 : 28 : 58
Epicenter	56 $\frac{1}{2}$ °N, 121°E	56 $\frac{1}{2}$ °N, 116°E	56°N, 116°E	50°N, 106°E	39°N, 104°E	22°N, 100°E	61°N, 136°E	30°N, 101 $\frac{1}{2}$ °E
Location	Siberia	NE of Lake Baikal	Aftershock of (b)	Outer Mongolia	Ningsia Province, China	Yunnan Province, China	Siberia	Sikang Province, China
Magnitude		7 $\frac{1}{2}$			6 $\frac{1}{2}$	7.0	6 $\frac{3}{4}$	7 $\frac{1}{4}$
Nemuro	○	△	—	○	×	×	×	×
Asahikawa	○	○		○				×
Urakawa	○	△	—	○	×	×	×	×
Suttsu	○	○	—	○	×		×	×
Mori	○	○	△	○	×	×	×	×
Morioka	×	×	—	×	×	×	×	
Fukushima	△	×	?	×	×	×	×	×
Kakioka	×	×	—	—	×	×	×	×
Tokyo	×	×	×	×	×	×	×	×
Nagoya	×	×	—	—	×	△	×	×
Sumoto	×	×		×	×	×	×	×
Kochi	△	△		△	△			×
Hamada	×	×	—	△	△		×	×
Oita	○	○	○	○	○	△	×	×
Izuhara	○	○	○	○	○		×	×
Kumamoto	○	○	○	○	△	○	△	×
Saga	○	○	○	○	△	○	×	
Nagasaki	○	○	○	○		△	×	×
Tomie	○	○	○	○	△	×	×	×

○ : L_g phase is clearly recorded,× : L_g phase is not recorded,△ : L_g phase is recorded but not clear,

— : No trace of earthquake

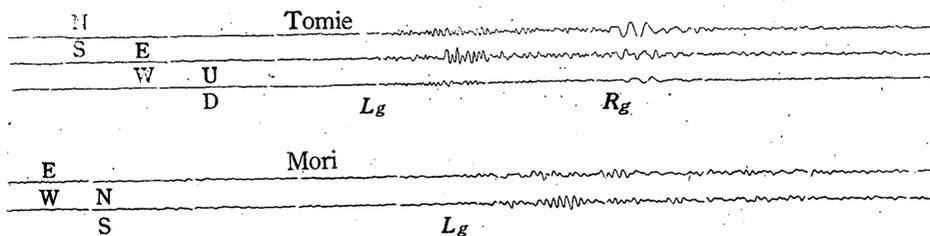


Fig. 8. Seismograms of the Siberian Earthquake of Jan. 5, 1958, Tomie and Mori; Wiechert Seismograph



Fig. 9. Seismogram of the Yunnan Province Earthquake of Feb. 3, 1950, Kumamoto; Wiechert Seismograph

(Fig. 8 参照), 本州, 四国の観測所では, 浜田, 高知, 福島などで小さく記録されたほかは, 記録がなかった. この L_g 相発現の地域性は, 非常に著しいもので, Table 3 の観測表に示すように, 九州, 北海道では L_g の最大振幅が数十 μ に達したのに, 本州中央部の名古屋, 東京, 柿岡などではこん跡もみとめられなかった (2~3 μ あれば記録上に認められるはずである). 震央距離は大差ないので, これは伝ば経路の性質によるのではないかと思われる. Table 3 a に, 震央距離, L_g 相の発現時, 速度 (震央距離/走時 から求めた), L_g 相の最大振幅と最大動の周期を示す. なお, このほか, 観測原簿 (地震課) によれば, Table 3 b に示す観測所で L_g 相を記録しているらしく

Table 3a. Observational data of L_g phase from the Siberian Earthquake of Jan. 5, 1958

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
				N	E	Z	N	E	Z	
Nemuro	20.6°	20h 42m 19s	(3.29)km/s	4 μ	6 μ	— μ	3.2 s	4.2 s	— s	
Asahikawa	18.7	40 25	3.55	15	10	14	3.0	2.8	3.0	
Urakawa	20.2	41 05	3.61	21	7	—	4.1	4.2	—	
Suttsu	18.5	40 15	3.60	13	11	—	3.2	3.2	—	
Mori	19.3	40 44	3.57	(20)	(20)	(15)	4.2	4.2	—	
Fukushima	23.0	42 33	3.61	4	4	—	2.8	3.2	—	
Kochi	24.7	44 55	(3.23)	3	1	—	2.2	2.2	—	
Oita	24.6	44 13	(3.37)	24	24	—	3.0	3.3	—	
Izuhara	23.2	43 05	3.48	13	28	—	2.4	2.4	—	43m23s
Kumamoto	24.8	44 03	3.45	38	33	8	2.5	2.5	2.5	44m31s, 44m56s
Saga	24.3	43 37	3.50	55	50	—	3.8	4.0	—	44m02s
Nagasaki	24.7	43 49	3.50	5	5	7	3.0	3.0	—	43m58s, 45m12s
Tomie	24.7	43 29	3.58	22	14	12	2.9	2.6	2.9	43m57s, 44m46s

Table 3 b

Station	Δ	Time	Velocity	Station	Δ	Time	Velocity
Obihiro	19.9°	20h 40m 57s	3.61km/s	Simonoseki	23.4°	20h 43m 23s	3.47km/s
Tomakomai	19.3	41 02	3.47	Fukuoka	24.0	43 27	3.49
Muroran	19.3	41 02	3.47	Kagoshima	26.0	44 31	3.49
Hakodate	19.7	41 10	3.49	Yakushima	27.1	45 11	3.47

思われるが、記象紙を見ていないので確定はできない。

(b) 1957 年 6 月 27 日 Siberia, Baikal 湖北東方の地震

この地震は規模が大きかったので、日本各地の観測所で良好な記録が得られた。 L_g 相は、(a) の地震と同じく、九州と北海道の観測所で記録された (Fig. 9 参照)。長周期の表面波の重っているの、振幅、周期が読みとりにくい箇所が多いが、観測値を Table 4 a に示す。この地震の余震の一つ (6 月 30 日) にも、九州と北海道 (浦河、森) に L_g 相が認められた。その観測値も Table 4 b に示してある。

Table 4a. Observational data of L_g phase from the Lake Baikal Earthquake of June 27, 1957

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases	
				N	E	Z	N	E	Z		
Asahikawa	21.1°	09h 20m 25s	3.57km/s	180 μ	70 μ	160 μ	3 s	3 s	3 s	20m 52s, 21m 02s	
Urakawa	22.5	21 10	3.57	70	50	—	4	4	—		
Suttsu	20.8	20 24	3.53	65	70	—	3	3	—		
Mori	21.5	20 38	3.57	170	160	110	3	3	3		
Kochi	26.1	23 59	(3.32)	—	—	—	—	—	2 $\frac{1}{2}$		
Hamada	24.4	22 53	(3.38)	8	4	3	—	—	—		
Oita	25.8	23 23	3.40	—	—	—	3	3	—		
Izuhara	24.3	22 17	3.51	90	270	—	3 $\frac{1}{2}$	4	—		22m 33s, 23m 00s
Kumamoto	25.9	23 01	3.53	250	300	—	2	2	—		22m 34s
Saga	25.4	22 59	3.49	380	400	—	3	3	—		
Nagasaki	25.8	23 13	3.47	110	130	120	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	—		
Tomie	25.6	22 47	3.56	350	160	100	2 $\frac{1}{2}$	—	4		23m 20s

Table 4b. Observational data of L_g phase from the Lake Baikal Aftershock of June 30, 1957

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. Amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
				N	E	Z	N	E	Z	
Oita	25.4°	07h 47m 50s	(3.36)km/s	3 μ	3 μ	1 μ	3.7s	3.2s	3.5s	
Kumamoto	25.5	47 15	3.53	5	5	1	2.0	2.0	—	
Saga	25.0	47 04	3.51	5	5	—	3.3	4.2	—	
Nagasaki	25.4	47 26	3.47	—	3	—	—	3	—	
Tomie	25.2	47 05	3.53	3	3	—	3.2	3.0	—	

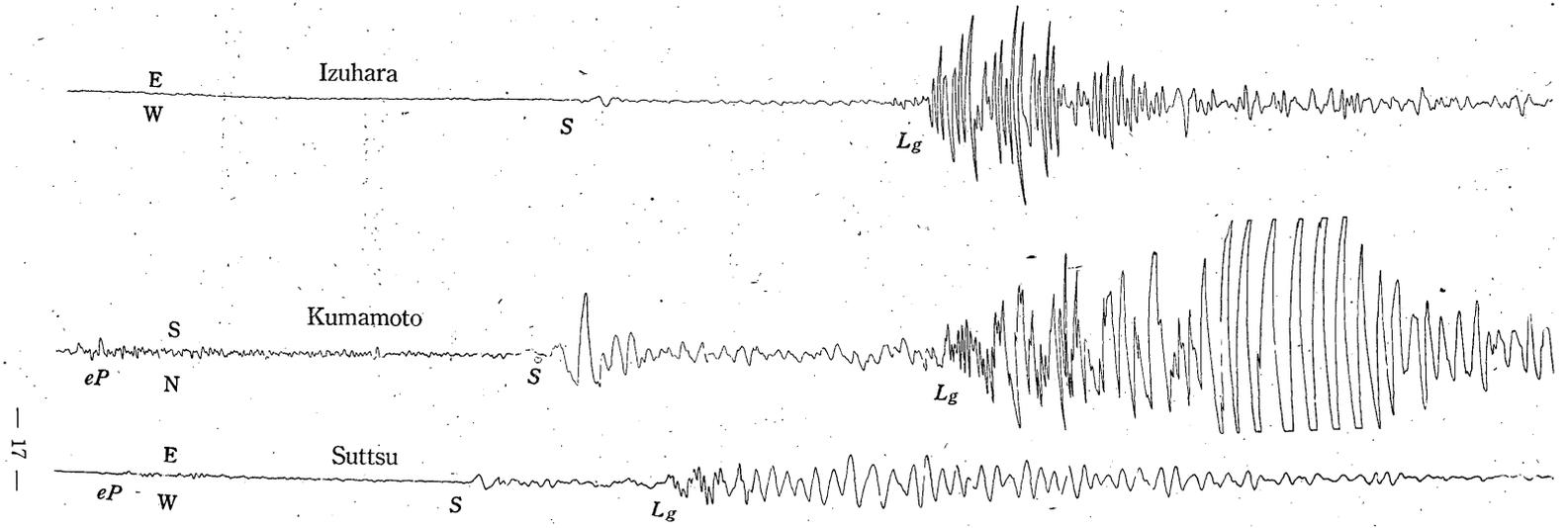


Fig. 10. Seismograms of the Lake Baikal Earthquake of June 27, 1957.
 Izu-hara : Portable Seismograph ($T_0=3s, V=50$),
 Kumamoto : Wiechert Seismograph,
 Suttsu : Portable Seismograph ($T_0=5s, V=40$)

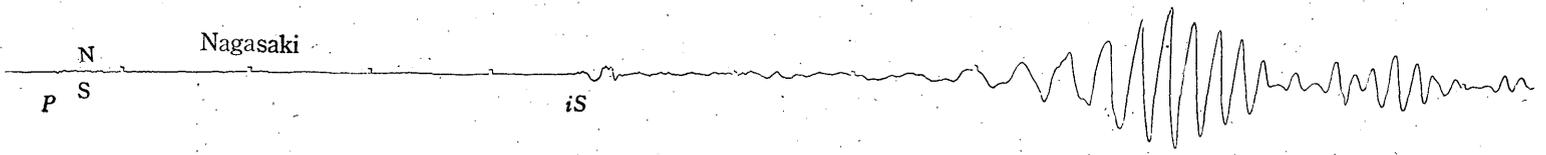


Fig. 11. Seismogram of the Sikang Province Earthquake of Apr. 14, 1955 (No L_g phase)
 Nagasaki : Wiechert Seismograph

日本における L_g 相の観測 (1) —宇津

(c) 1957 年 2 月 7 日 Mongolia 北部の地震

この地震は (a) の地震よりやや小さく、 P 相を記録できたのは松代のみで、他の観測所では S 相も記録できず、ただ、九州、中国、四国、北海道の一部の観測所で L_g 相だけが記録された。つまり、これらの観測所では L_g 相を初動として報告しているのである。観測値を Table 5 に示す。このほか、観測原簿によれば福岡、鹿児島、広島、松山、苫小牧でも L_g 相を記録しているらしく思われる。

Table 5. Observational data of L_g phase from the Outer Mongolia Earthquake of Feb. 7, 1957

Station	Δ	Time of L_g			Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
		h	m	s		N	E	Z	N	E	Z	
Nemuro	27.7°	05h	50m	27s	(3.38)km/s	2 μ	1 μ	- μ	3.1 s	4.3 s	-s	
Asahikawa	25.4	48	20	3.52		2	2	—	3.8	2.8	—	
Urakawa	26.5	48	54	3.51		3	5	—	—	4.1	—	
Suttsu	24.5	47	56	3.48		6	4	—	4.0	4.0	—	
Mori	25.1	48	28	3.43		17	11	—	4.0	4.0	—	49m 15s
Kochi	26.2	48	56	3.47		3	3	—	3.6	3.8	—	
Hamada	24.4	48	05	3.43		3	3	3	3.0	3.5	5.0	
Oita	25.4	48	37	3.44		32	20	15	3.2	5.0	3.4	
Izuhara	23.4	47	24	3.47		9	10	—	2.3	4.1	—	
Kumamoto	25.2	48	24	3.46		18	17	3	2.0	2.0	3.2	49m 02s
Saga	24.7	48	03	3.48		25	33	—	3.9	3.4	—	
Nagasaki	24.8	48	16	3.44		2	4	—	—	1.7	—	48m 49s
Tomie	24.3	47	46	3.50		8	6	3	2.9	2.9	1.9	

以上 (a), (b), (c) 三つの地震の震央位置と L_g 相の記録された観測所、記録されなかった観測所を Fig. 12 に示す。●は (a), (b), (c) 三つの地震とも L_g 相が明りょうに記録された所、○は三つの地震とも L_g 相が記録されなかった所である。●は L_g 相が記録されることと記録されないことがあつた所である (Table 2 参照)。

(d) 1954 年 7 月 31 日 中国寧夏省の地震

L_g 相は九州から中国、中国四国にかけての一部の観測所で記録されたが、あまり明りょうではなかった。観測値を Table 6 に示す。

(e) 1950 年 2 月 3 日 中国雲南省の地震

L_g 相は九州から中部地方にかけての一部の観測所で記録されたが、あまり明りょうではなかった。観測値を Table 7 に、記象例を Fig. 9 に示す。

(f) 1951 年 4 月 14 日 Siberia の地震

(g) 1955 年 4 月 14 日 中国西康省の地震

Table 6. Observational data of L_g phase from the Ningsia Province Earthquake of July 31, 1954

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
				N	E	Z	N	E	Z	
Kochi	24.4°	10h 13m 27s	(3.35) km/s	15 μ	6 μ	2 μ	3.9s	3.9s	—s	
Hamada	22.8	12 23	3.40	3	3	—	2.5s	2.5s	—	
Oita	23.0			(100	190	27)*	(5.4	4.4	4.4)*	
Izuhara	20.9	11 08	3.45	15	7	—	3.9	2.2	—	
Kumamoto	22.5	12 09	3.42	20	20	—	2.7	2.7	—	

* probably L_g phaseTable 7. Observational data from L_g phase from the Yunnan Province Earthquake of Feb. 3, 1950

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
				N	E	Z	N	E	Z	
Nagoya	34.8°	08h 52m 15s	3.41 km/s	17 μ	12 μ	— μ	3.8s	3.8s	—	
Oita	30.0			—	130?	—	—	5.0	—	
Kumamoto	29.2	**		18	18	11	3.0	3.0	3.0	
Saga	28.9	08 49 25	(3.33)	110	90	—	5.0	3.8	—	

Table 8. Observational data of L_g phase from the Siberian Earthquake of Apr. 14, 1951

Station	Δ	Time of L_g	Velocity of L_g	Max. amplitude of L_g			Period of L_g			Later phases
				N	E	Z	N	E	Z	
Kumamoto	28.6°	**		6 μ	6 μ	—	2.0s	2.0s	—	

** Time correction unknown

§ 5. 日本付近における L_g の伝ば

前節および前々節の調査の結果、次のことがわかった。

(1) Aleutian 列島, Kamchatka 半島, 千島, 琉球, Philippine 諸島, Indonesia, 南太平洋方面の地震では、日本には L_g 相が現れない。これは、太平洋底が L_g を伝ばしえないためである。

(2) L_g 相は Siberia, 中国方面の地震に際して、日本の一部で記録されることがある。伝ば経路を考えると、日本海の北部, 黄海, 東シナ海の北部は海洋であっても、 L_g を伝えうることになる。すなわち、大陸構造をもっていることになる。

(3) Fig. 12 にみられるように、日本海の中央部は(水深2000m以上のところを点線で示してある) L_g の伝ばをさまたげると考えると*, (a), (b), (c) の地震の L_g 相が、九州, 北海道にだけ

* Oliver, Ewing, Press⁽⁶⁾によれば、Bering 海の深い所も L_g を通さないのが非大陸構造であるとしている。Bering 海と日本海は列島と大陸の間にはさまれた海で深さも 3000~4000 m 程度で条件がよく似ている。

現れることが説明される。Table 2 にみられるように (a), (b), (c) と震央が西へゆくにつれ、大分、高知、浜田などの L_g 相の記録が明りょうになってくることも、この説明に好つてである。Press, Ewing⁽⁴⁾ は非大陸構造の地域を 100 km 程度も通ると L_g は著しく減衰するといっているが、 L_g を通すところと通さないところの区別は、かなり著しいものと思われる。

(4) このように Baikal 湖周辺の地震には、九州および北海道に L_g 相が現れるが、中国の地震では、日本西部にときどき L_g 相が現れることがあるが、あまり明りょうではない (長崎の記録 Fig. 1 と Fig. 2 をくらべてみてもわかる)。また、Siberia の地震 (f) では、北海道、東北地方に L_g 相が現れてもよいように思われるが、まったく記録されない。これは、地震そのものが L_g 相を出しにくいものか (たとえば地殻中に震源がないためとか)、あるいは伝ば経路の性質によるものかよくわからない。

(5) この調査で L_g 相が記録された震央距離は $18^\circ \sim 30^\circ$ であるが、さらに遠い地震、すなわち Iran, Turkey 方面の地震については、 L_g 相が現れるかどうかはまだわからない。伝ば経路からみると、九州などで記録されてもよいように思えるが、振幅が小さいであろうから、脈動の小さい所に、相当高倍率の地震計を置かないと無理かも知れない。

§ 6. R_g 相の観測

L_g 相の現れている記象上に、 R_g 相と思われる相が認められることがある (たとえば、Fig. 7 の富江の記象)。その観測値を Table 9 に示す。

Table 9. Observational data of R_g phase

Earthquake	Station	Δ	Time of R_g	Velocity of R_g	Max. amplitude of R_g			Period of R_g			
					N	E	Z	N	E	Z	
a	Izuhara	23.2°	20h 46m 06s	2.80km/s	15 μ	—	—	—	—	—	—
	Kumamoto	24.8	46 16	2.96	60	—	35	8	—	9	
	Nagasaki	24.7	46 04	2.98	10	—	—	9	—	—	
	Tomie	24.7	46 04	2.98	90	40	40	8	9	8	
b	Izuhara	24.3	09 24 13	3.05	80	—	—	11	—	—	
c	Tomie	24.3	05 50.7	2.8	20	—	—	9	—	—	
d	Tomie	21.1	10 13.2	2.9 _s	—	—	15	—	—	10	

§ 7. あとがき

以上の調査の結果、日本でも L_g および R_g 相が記録されることが確かめられた。特に Baikal 湖周辺の地震に際して、九州、北海道で大きく記録されることがわかった。このとき、本州では記

録されない(記録されても九州にくらべてはるかに小さい)のは、日本海の中央部が大陸と地殻構造が違って、 L_g の伝ぱがきまたげられるためと考えられる。これに反し、黄海、東シナ海の北部はいわゆる大陸棚で、大陸と同じ構造をもっていると思われる。日本海と東シナ海の地殻構造の違いは、前に Love 波、Rayleigh 波の分散から Akima⁽¹²⁾ によって見出されている。

日本で観測された L_g 相の周期は 2~5 s (平均 3.3 s) で、速度は相の立上りが実体波ほど鋭くないこと、震央位置、震源時に相当の誤差があるため精密には求まらないが、3.4~3.6 km/s (平均 3.48 km/s) である。

L_g 相は震央距離 $20^\circ \sim 30^\circ$ 程度ではその初動から 1 分くらい後で最大振幅に達し、次第に小さくなり 3 分間くらい続く。この間、周期はあまり変化しないようである。振動は上下成分にも明りょうに認められ、水平成分には縦方向の成分も横方向の成分もまじっているようであるが、さらにくわしいことは次報に述べたいと思う。

記象紙の借用については、本庁および関係官署の各位の御協力をたまわり、また、調査については、広野課長はじめ地震課の諸氏の御激励を頂いた。ここにあつく御礼申上げる。

文 献

- 1) Press, F. and Ewing, M. : Two Slow Surface Waves across North America, B. S. S. A. **42** (1952) 219—228.
- 2) Lehmann, I. : On the short period surface wave $\langle L_g \rangle$ and crustal structure, Bulletin d'information de l' UGGI (IUGG News Letter) (1952) 248—251.
- 3) Båth, M. : The elastic Wave L_g and R_g along Euroasiatic Path, Arkiv för Geofysik. **2** (1954) 295—342.
- 4) Gutenberg, B. : Channel Waves in the Earth's Crust, Geophysics **20** (1955) 283—294.
- 5) Oliver, J., Ewing, M. and Press, F. : Crustal structure of the Arctic regions from the L_g phase, Bull. Geol. Soc. Amer. **66** (1955) 1063—1074.
- 6) Press, F., Ewing, M. and Oliver, J. : Crustal Structure and Surface Wave Dispersion in Africa, B. S. S. A. **46** (1956) 97—103.
- 7) Oliver, J. and Ewing, M. : Higher Modes of Continental Rayleigh Waves, B. S. S. A. **47** (1957) 187—204.
- 8) Oliver, J. and Ewing, M. : Normal Mode of Continental Surface Waves, B. S. S. A. **48** (1958) 33—49.
- 9) 宇津徳治 : 松代の近地地震記象中の顕著な相について (その 2), 験震時報 **21** (1956) 107—111.
- 10) Press, F. and Gutenberg, B. : Channel P Waves II_g in the Earth's Crust, Trans. Amer. Geophys. Union, **37** (1956) 754—756.
- 11) Nagamune, T. : M_2 Waves in a Medium with Double Surface Layers, Geophys. Mag. **27** (1956) 345—352. 長宗留男 : 二つの表面層がある場合の M_2 地震波について, 験震時報 **21** (1956) 47—54.
- 12) Akima, T. : On Dispersion Curves of Surface Waves from the Great Assam Earthquake of September 15, 1950. B. E. R. I. **30** (1952) 237—257.