

Queen Charlotte 諸島地震の観測について* (2)

浜 松 音 蔵**

550.341

On the Queen Charlotte Islands Earthquake (Aug. 22, 1949)

Observed in Japan (The 2nd paper)***

O. Hamamatsu

(Seismological Section, J. M. A.)

Love waves are disturbed by SSS or the later group of S waves, so that their identifications are very difficult. Though the period of Love waves was unknown, their velocities seemed to be included in dispersion curve for the path across the Pacific Ocean.

As seen from Fig. 3, the arrival times of Rayleigh waves at distances between 52 and 58 degrees are later than the mean travel time curve. This result suggests that the effects of path and refraction on propagation of Rayleigh waves are most influential.

As seen from Fig. 10 and 11, the amplitudes and periods of Rayleigh waves between 60 and 64 degrees are rather large. Such phenomena appeared frequently at central Honshu in distant earthquakes.

It seemed that Rayleigh waves in Honshu were propagated through a path deviating by about 18 degrees to the east from the direction pointing to the epicenter. This suggests that the refraction taking place at the continental margin near Honshu, the boundary surface thus obtained shows good agreement with the strike of Japan Trench.

The dispersion curve of Rayleigh waves across Honshu is somewhat under that obtained for the North American continent by Ewing and Brilliant.

第一報¹⁾では本地震の P, S 波とその反射波などについて述べたが、ここでは表面波について述べる。

§ 5. L_q 波 (Love waves)

L_q 波はそれらしいと思われるのが見えるが、そのはじめは S 波やその後につづく波のためか、あるいは通ってきた経路の影響か、あまり判然としない。したがって、観測値にはかなりの誤差が含まれている。第一報の SSS 波の項で述べたとおり、これを L_q 波とみなして以下議論する。

Tab. 2 に L_q 波の観測値を載せたが、これを基に走時函数を計算すると、

* Received 19 June, 1956.

** 気象庁 地震課

*** Cf. Quarterly Journal of Seismology (Kensin-Ziho), 19 (1955), 99~107.

1) 験震時報 19, 99~107.

Tab. 2

Station	Epi- central distance	L_q	L_r	Amplitudes and periods of L_r			Composed amplitudes Mean period	Other phases
				N	E	Z		
Nemuro	55° 51'	eH $\begin{matrix} m & s \\ 23 & 18 \end{matrix}$	eN $\begin{matrix} m & s \\ 25 & 45 \end{matrix}$	2330μ 30 s	2435μ 30 s	2200μ 29 s	4021μ 29.7s	e $\begin{matrix} m & s \\ 24 & 26 \end{matrix}$
Sapporo	54 23	iE 24 12	E 26 21.5		3900 39	2700 37.0	4743 38.0	E 27 16
Mori	55 28	eE 24 18	N 27 27.3	2300 36.0	2500 36.0	no record	3397 36.0	T = 24.0s eE 25 07
Hachinohe	56 03	eN 24 19	iE 26 41.2	1480 33	3950 35.0	4480 35.5	6153 34.5	
Miyako	56 26	E 25 08	E 26 26.7	1840 35	2050 32.0	1460 33.0	4125 33.3	
Morioka	56 49	E 24 19	Z 26 56	1500 36	2850 34.6	3070 33.2	4449 34.6	
Akita	57 23	eN 24 30	Z 28 05			2600 33.7	2600 33.7	Z 25 26
Sendai	57 54	iE 25 07	EZ 28 17	2300 32.0	2830 35.0	3100 34.5	4786 33.8	
Fukushima	58 35	iE 25 40	Z 28 21	2120 34.4	2000 34.4	3800 34.0	4789 34.3	
Onahama	58 56		E 28 27	3030 31.0	4400 36.0	2900 36.7	6079 34.6	E 26 50
Mito	59 34		Z 28 48	time marks absent			4170 35.0	4170 35.0
Aikawa	59 36	eE 25 55	N 28 30	1120 32.0	3250 36.0	no record	3438 34.0	
Utsunomiya	59 47		E 29 05	no record	3620 36.0	4100 37.0	5470 36.5	
Kakioka	59 50	eE 25 30	iE 28 44.7	3200 32.0	3400 36.0	1300 34.0	4847 34.0	
Tsukubasan	59 53	eN 26 13	eE 29 20		34.7	no record	34.7	
Kumagaya	60 21		Z 29 09		36.0	2670 36.6	2670 36.3	
Tokyo	60 29		E 29 17	3600 32	3400 34.2	3080 35.0	5831 33.7	
Nagano	60 37	E 26 36	eE 29 47		2900 32.0	no record	2900 32.0	
Matsushiro	60 42	N 26 39	E 29 31		2400 31		2400 31.0	
Yokohama	60 44	E 26 45	Z 29 36			2750 36.0	2750 36.0	
Wajima	60 48		E 29 43		37		37.0	
Tomisaki	61 00	N 26 46	N 29 46					
Toyama	61 09	eE 26 56	E 30 00	3000 37.7	3100 35.5	2950 33.3	5226 35.4	
Funatsu	61 10	eE 26 16	N 30 29	3250 37.0		2900 36.5	4356 36.8	

Tab. 2

Station	Epi- central distance	L_q	L_r	Amplitudes and periods of L_r			Composed amplitudes Mean period	Other phases
				N	E	Z		
Oshima	61° 21'	N ^{m s} 26 43	Z ^{m s} 29 50	2850 μ 34.0s	μ s	1740 μ 35.4s	3340 μ 34.7s	m s
Mishima	61 21	eE 26 54	Z 29 46.1	2100 32.0	3750 40.0	4350 38.5	6115 36.8	
Shizuoka	61 46	eH 26 53	eZ 30 06	1660 35.0	2300 33.0	3170 33.3	4254 33.8	
Omaezaki	62 08	26 44	E 30 01.4			no record		e 27 19
Gifu	62 20	eE 26 47	Z 30 21.6		2870 37.0	4250 35.0	5128 36.0	
Nagoya	62 24	eE 27 35	eE 30 18	1600 38	1250 38.0	2440 34.6	3175 36.7	
Hikone	62 43	H 27 17	E 30 40	1400 30.0	3090 35.8	3160 37.0	4636 34.3	
Kameyama	62 55	H 27 32	Z 30 48		1450 30.5	3370 35	3669 32.8	
Kyoto	63 11	eN 27 02	N 30 50	1900 34.6	2770 36.2		3359 35.4	eN 28 17
Toyooka	63 18	E 27 29	eE 30 51	1840 36.0	2000 34.0	2670 34.0	3810 34.7	
Osaka	63 35	N 27 43	Z 30 59	1800 34.3	2700 36.5	3100 36.7	4488 35.8	
Owashi	63 38		Z 31 08	31.5		2440 37.2	2440 34.4	
Kobe	63 45	H 27 06	Z 31 07	860 35.0	1120 37.0	1950 35.0	2408 35.7	
Sumoto	64 09		H 31 16	1340 37.5	1550 41.0	2550 37.0	3271 38.5	
Shionomisaki	64 21		Z 31 36		2000 34.2	2400 34.0	3124 34.1	
Hamada	65 16		iZ 32 20.3	1500 29.0	1760 31.0	2500 36.6	3406 32.2	Z 28 18 eH 29 12
Murotomisaki	65 22	eN 27 56	Z 32 01	1600 35	1550 35	2250 36.0	3166 35.3	
Hiroshima	65 28		Z 32 29	1260 30.0	1340 32.0	3200 36.5	3691 32.8	
Matsuyama	65 42		iZ 32 24	930 35.0	930 33.0	1620 33.6	2087 33.9	
Shimizu	66 23		iZ 32 55			2100 35.4	2100 35.4	
Fukuoka	67 15		N 32 39	1120 33.0	1700 37.2	2700 37.3	3381 35.8	
Kumamoto	67 35	eN 30 00	Z 33 17			1470 36.7	1470 36.7	
Miyazaki	67 52	E 30 18	Z 33 03	2160 36.5	2100 33.0	2850 33.8	4147 34.4	Z 29 32
Kagoshima	68 37	H 30 53	iN 33 28	730 32.0	1500 32.5	no record	1668 32.3	

$$T = 04^h 22^m 44.743^s \text{ (G. M. T.)} + 0.429^s \text{ } (\Delta - 52^\circ 00')$$

$$\pm 7.365^s \quad \pm 0.013^s$$

$$N = 34, \quad 52^\circ < \Delta < 69^\circ.$$

Fig. 4²⁾ の中で L_q と表示した直線は上式から描いたものである。

この程度で分散をうんぬんすることはできないが、太平洋岸にある観測所 5 か所から速度を算出して参考にとどめる。

Tab. 3

Station	Arrival time		Travel time		Epicentral distance km	Velocity km/sec
	m	s	m	s		
Nemuro	eH	23 18	22	05	5772	4.36
Hachinohe	eN	24 19	23	06	6232	4.50
Miyako	E	25 08	23	55	6274	4.37
Sendai	iE	25 07	23	54	6438	4.49
Kakioka	eE	25 30	24	17	6652	4.57

波型がくずれているので周期を読みとることはできなかったが、Tab. 3 で求めた速度を Fig. 8³⁾ で比較するとかなり早く、太平洋域通過のものにはいるようである。表面波の経路は Aleutian 列島を横ぎり Bering 海を通して、千島列島に沿ってくるので⁴⁾、大体、長宗が調べた NW coastal region of the Pacific ocean の経路に相当するのであるが、周期のいかんにかかわらず、これよりは早い値になっている。

§ 6. L_r 波 (Rayleigh waves)

L_r 波は全国ほとんどの観測所で非常にはっきり観測され、ことに上下動成分は単純な sine motion の連続である。しかし、仙台以北では L_q 波の勢力がまだ強く残っているために、水平動はかなり乱れていて、はじまりを指摘することはむずかしい。これに反して、福島以南では、特に脈動が卓越していないかぎり、明りように読みとることができた。

Fig. 9 は任意の観測所 5 か所の記象から、S 波の振動を調べたと同様の方法で、毎 5 秒の波の振

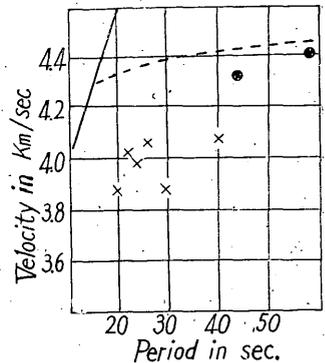


Fig. 8. Dispersion curves of Love waves.
 × : Nagamune's "NW coastal region of the Pacific"
 ● : Nagamune's Pacific path
 --- : Gutenberg & Richter's Pacific path
 — : J. Coulomb's Pacific path

2) 本文中 Fig. 1~7 および Tab. 1. は第一報, 験震時報 19, 99~107 参照.

3) B. Gutenberg & C. F. Richter : On Seismic Wave (3 rd paper), Gerl. Beitr. Geophysik 47, 75~91.
 J. Coulomb : Love Waves of the Queen Charlotte Islands of August 22, 1949 Bull. Seism. Soc. Amer. 42, No. 1, 29~39.

T. Nagamune : On the Travel Time and the Dispersion of Surface Waves (1), Geophys. Mag., 24, No. 1, 15~22.

4) 浜松・市川 : "遠地地震の震央決定の一助法", 験震時報 21 (1956), 83~92, 中 Fig. 2 参照.

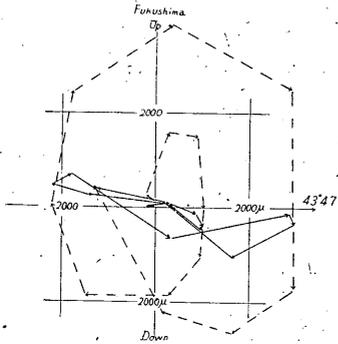


Fig. 9-1A.

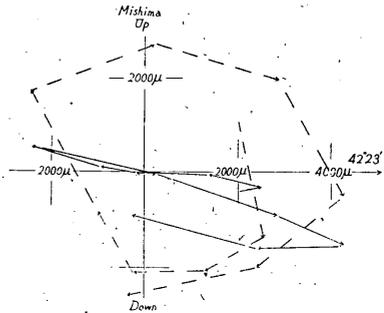


Fig. 9-1B.

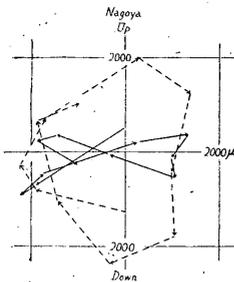


Fig. 9-2A.

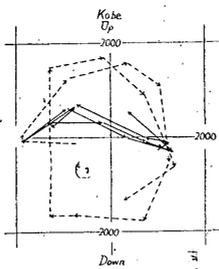


Fig. 9-2B.

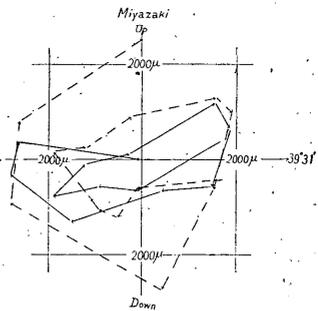


Fig. 9-2C.

Fig. 9. Loci of particle motion of L_r waves

The epicentral azimuth at stations is shown by degree and an arrow in figures.

Time interval between two adjacent cusps is always five seconds.

Full line: Loci in horizontal plane.

Dashed line: Loci in vertical plane which contains observation station and epicentre.

動の水平動の normal 成分と上下成分とを合成したものである。その際、振幅はいずれも振動倍率で補正した。横軸右端の矢印の方向は震央方向で、度・分で表わした数は観測所と震央を結ぶ大円と子午線とのなす角、つまり、震央の方位角である。水平動の振動方向および波の進行方向を含む鉛直面内の振動は、非常にはっきりと例外もなく L_r 波の性質を表わしているし、水平動と比較して上下動の振幅が明らかに大きい。水平成分の振動方向を詳細に検討すると、Fukushima, Mishima, Kobe などは震央方向と一致せず、時計回りの方向に若干ずれて入射している。これは L_r 波の伝ばしてきた方向が、太平洋測にずれていることを示すものと考えられる。

Fig. 10 および Fig. 11 は、S 波の振幅と周期を調べ作図したと同じ方法で、 L_r 波の振幅および周期と震央距離との関係を調べたものである。振幅はかなり急激に減衰している。周期は大部分の観測が $32^s \sim 37^s$ の範囲であるが、震央距離 $61^\circ < \Delta < 64^\circ$ では他より幾分長い。S 波の周期もこの

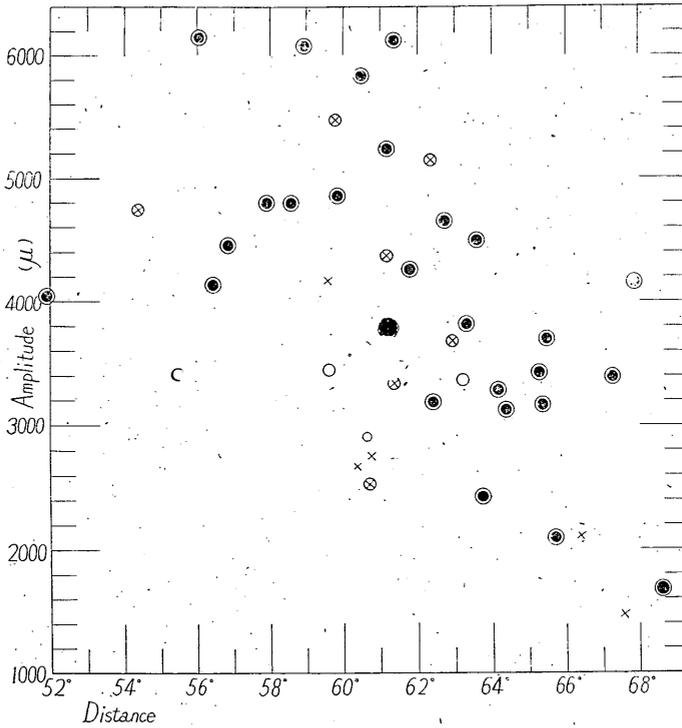


Fig. 10. Maximum amplitudes of Rayleigh waves

- : Composed value from two horizontal components and one vertical component.
- : Composed value from two horizontal components.
- ⊗ : Composed value from one horizontal and one vertical component.
- : Value of one horizontal component only.
- × : Value of one vertical component only.

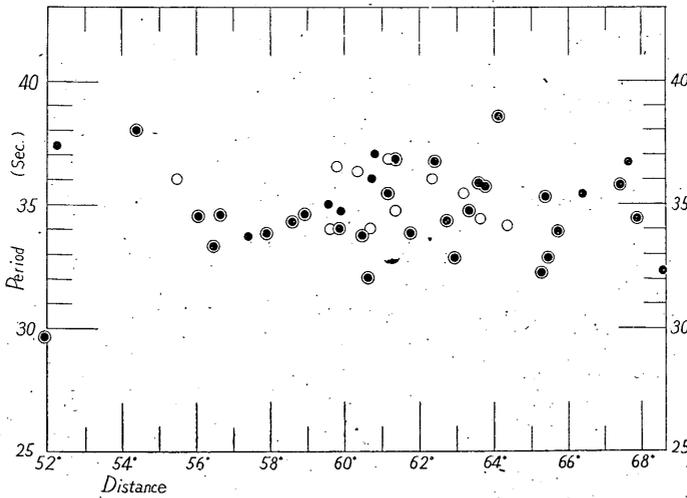


Fig. 11. Periods of Rayleigh waves

- : Mean value of two horizontal components and one vertical component.
- : Mean value of two horizontal components or one horizontal component and one vertical component.
- : Value of one horizontal component or one vertical component only.

範囲 ($60^\circ < \Delta < 64^\circ$) が他より長かったが、地域的には主として中部地方を含み関東・近畿地方にわたる範囲である。このような目でみれば、 S および L_r の振幅もこの範囲では減衰が小さいようである。この範囲は森田⁵⁾ が調べた遠地地震の異常地帯に相当するから、その異常性の現れであろう。

Tab. 2 中の L_r 波の発現時は、三成分中いちばん早く現れた比較的是っきりした sine motion のはじまりを読みとったものである。この観測値に基いて走時函数を計算すると、

$$T = 04^h 25^m 20.700^s \text{ (G. M. T.)} + 0.491^s (\Delta - 52^\circ 0')$$

$$\pm 4.83^s \quad \pm 0.008^s$$

$$N = 46 \quad 52^\circ < \Delta < 69^\circ.$$

Fig. 4 中で L_r と表示した直線は、上式から描いたものである。 L_r 波の観測値は、一見、不規則にばらついているが、それぞれ通過した経路の微妙な差が現れていて、走時曲線より遅い所は、内陸の影響をより多くうけているためであろう。このことについては、§ 7 でくわしく述べるが、森田・吉村がチリー北部の地震⁶⁾ を調べて述べているように、東西日本の走時の相異は、表面波が太平洋の中心部に偏向し、屈折して伝ばしてきたと考えるのが妥当である。ただ同論文では、 L_q 波の走時 (L_r 波は観測されなかったようだが) が早い地域 ($\Delta = 145^\circ \sim 152^\circ$) は、今回の地震では震央距離 $56^\circ \sim 63^\circ$ の範囲⁷⁾ にはいるのであるが、今回の地震の L_r 波では $52^\circ \sim 58^\circ$ が遅く、 $58^\circ \sim 64^\circ$ が早く、それ以遠の距離の所では、次第に遅く現れているようである。これは表面波の伝ば方向が、両者一致しているのではなく、今回の地震の経路のほうがやや北寄りであり、影響したと考えられる経路が異なるから当然である。しかし、走時の上から伝ば経路を厳密に議論することは無理であろう。

§ 7. L_r 波の分散

1. 発現時と周期

記象上から発現時と周期を読む方法は、Fig. 12 で $a_1, b_1, a_2, b_2, \dots$ を発現時、それに対応する周期は $a_2 - a_1, b_2 - b_1, a_3 - a_2, b_3 - b_2, \dots$ とし、各観測値をならした曲線からあらためて各周期に対応する発現時を読みとった。この方法の例を Fig. 13 に示し、読みとり値

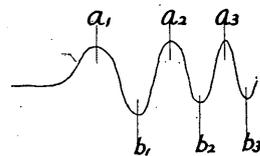


Fig. 12

を Tab. 4 に載せた。主として上下動成分を基にしたが、上下動になんらかの故障がある所は水平動から読み、三成分とも不適当な観測は捨てた。

Fig. 13 の A と B を比較すると、B は A に比べ長周期の波が早いので曲線が立っている。Fig. 14

5) 森田 稔：遠地地震の異常震域，験震時報 10 (1937)，25~42，および 11 (1940)，41~53。

6) 森田 稔・吉村慶丸：チリー北部強震の調査，験震時報 10 (1938)，188~217。

7) 大体近畿・中部地方の境から北，青森県までの範囲にあたる。

Tab. 4

Arrival time Period	Nemuro		Sapporo		Hachinohe		Miyako		Morioka		Akita		Sendai		Fuku-shima		Utsuno-miya		Kakioka		Tokyo		Nagano		Funatsu			
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
sec																												
20																												
21	30	45			33	20	33	20	32	30					31	59	32	50	32	30	33	12	33	40	33	42		
22	29	48	30	45	32	26	31	57	31	50					31	22	31	50	31	44	32	15	32	54	32	44		
23	29	11	30	16	31	45	31	09	31	19	32	09			30	58	31	20	31	23	31	46	32	27	32	14		
24	28	44	29	53	31	08	30	37	30	54	31	38	30	30	30	41	31	04	31	08	31	29	32	08	31	55		
25	28	21	29	32	30	37	30	11	30	34	31	11	30	12	30	28	30	54	30	56	31	16	31	52	31	44		
26	28	01	29	14	30	11	29	50	30	14	30	47	30	02	30	19	30	44	30	46	31	05	31	42	31	34		
27	27	43	29	00	29	50	29	31	29	59	30	26	29	51	30	10	30	36	30	38	30	56	31	33	31	26		
28	27	29	28	48	29	31	29	16	29	43	30	08	29	42	30	03	30	30	30	30	30	50	31	24	31	19		
29	27	16	28	39	29	16	29	03	29	29	29	52	29	33	29	56	30	24	30	23	30	44	31	16	31	11		
30	27	04	28	32	29	04	28	51	29	15	29	38	29	26	29	49	30	18	30	16	30	38	31	08	31	04		
31	26	52	28	27	28	55	28	39	29	02	29	25	29	20	29	42	30	11	30	09	30	32	31	02	30	56		
32	26	42	28	22	28	45	28	25	28	51	29	15	29	14	29	36	30	06	30	02	30	27	30	56	30	50		
33	26	32	28	17	28	38	28	16	28	41	29	05	29	08	29	30	30	00	29	56	30	21	30	50	30	44		
34	26	24	28	13	28	31	28	08	28	32	28	56	29	02	29	24	29	54	29	49	30	15	30	45	30	37		
35	26	16	28	09	28	25	28	00	28	24	28	48	28	56	29	17	29	49	29	43	30	10	30	39	30	31		
36			28	04					28	16			28	50	29	11	29	44	29	37			30	33	30	26		
37			28	00					28	09							29	40	29	31			30	28	30	20		
38			27	56													29	35	29	24			30	22	30	14		
39																	29	31	29	19			30	17				
40																	29	28					30	11				
Epicentral azimuth	48° 00'	46° 31'	45° 20'	45° 01'	44° 51'	44° 33'	44° 11'	43° 47'	43° 10'	43° 06'	42° 48'	42° 47'	42° 29'															
Component	Z	Z	N, E&Z	N, E&Z	N, E&Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	N & E	Z															
Type in Fig. 2	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B															
Symbol	N	SA	H	MI	MO	A	SE	F	U	K	T	NN	FN															

Tab. 4

Arrival time Period	Oshima		Mishima		Shizuoka		Nagoya		Hikone		Kame- yama		Toyooka		Osaka		Owashi		Kobe		Shimizu		Fukuoka		Miyazaki		
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m
20																											
21	33	33	33	40	34	09	34	27	34	50	34	38	35	37	35	24	35	12	35	23	37	00	38	37	37	56	
22	32	47	32	45	33	11	33	43	34	00	33	56	34	40	34	25	34	17	34	40	36	14	38	02	37	14	
23	32	27	32	17	32	40	33	18	33	36	33	28	34	04	33	50	33	51	34	05	35	47	37	33	36	47	
24	32	09	31	56	32	15	32	57	33	16	33	11	33	44	33	31	33	30	33	44	35	27	37	08	36	25	
25	31	58	31	42	32	02	32	42	33	02	32	59	33	29	33	20	33	15	33	29	35	09	36	46	36	04	
26	31	46	31	32	31	51	32	30	32	50	32	49	33	16	33	09	33	03	33	16	34	56	36	26	35	46	
27	31	34	31	24	31	42	32	21	32	38	32	41	33	06	33	01	32	53	33	06	34	46	36	06	35	32	
28	31	27	31	18	31	35	32	13	32	29	32	32	32	59	32	53	32	44	32	59	34	37	35	47	35	20	
29	31	19	31	11	31	28	32	06	32	21	32	25	32	52	32	45	32	36	32	52	34	28	35	30	35	08	
30	31	10	31	05	31	21	32	00	32	13	32	18	32	44	32	39	32	30	32	44	34	17	35	11	34	57	
31	31	01	31	00	31	16	31	53	32	06	32	11	32	38	32	32	32	24	32	38	34	09	34	55	34	47	
32	30	54	30	54	31	10	31	46	31	59	32	04	32	30	32	25	32	18	32	30	34	00	34	39	34	38	
33	30	48	30	49	31	05	31	39	31	53	31	57	32	23	32	19	32	14	32	23	33	52	34	24	34	28	
34	30	41	30	44	31	01	31	33	31	48	31	51	32	16	32	13	32	08	32	16	33	46	34	12	34	22	
35	30	34	30	38	30	56	31	26	31	43	31	45	32	09	32	06	32	04	32	09	33	38	34	00	34	16	
36	30	27	30	31	30	50	31	20	31	38			32	02	32	00	31	57	32	02	33	31	33	50	34	11	
37	30	22	30	26	30	47	31	13	31	33			31	54	31	54	31	51	31	55			33	40	34	06	
38			30	21			31	06					31	48	31	50	31	45	31	58					34	02	
39							31	00					31	40					31	40					33	58	
40							30	53																	33	53	
Epicentral azimuth	42° 22'		42° 23'		42° 12'		41° 54'		41° 46'		41° 41'		41° 29'		41° 22'		41° 21'		41° 16'		40° 09'		39° 39'		39° 31'		
Component	Z		Z		Z		Z		Z		N, E&Z		N		Z		N, E&Z		Z		Z		Z		E		
Type in Fig. 2	B		B		B		B		B		B		B		B		B		B		B		B		A		B
Symbol	OS		MS		SZ		NY		HK		KM		TY		O		OW		KB		SM		FK		MZ		

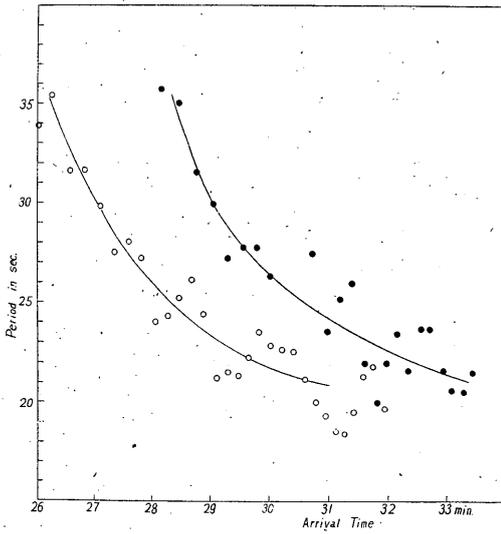


Fig. 13. A. Curves of arrival times vs. periods, with observed points.

○ : Nemuro ● : Hachinohe

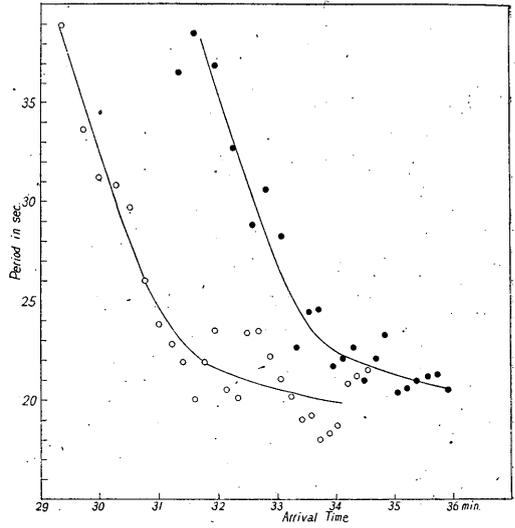


Fig. 13. B. Curves of arrival times vs. periods, with observed points.

○ : Kakioka ● : Osaka

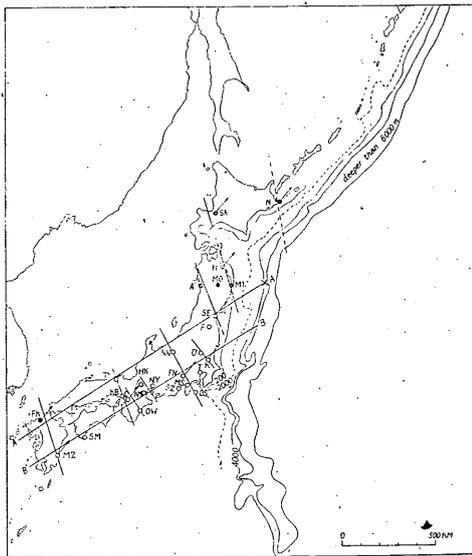


Fig. 14. ● : Type A in Fig. 13. ○ : Type B in Fig. 13. Arrow line : Epicentral direction. Iso-Arrival time line of waves, 30 sec. in period.

A-A', B-B' : Assumed ray paths.

× : Origin for calculation of relative distances.

で図示したが、今回調べたものは例外なく上記二つの type に分類できる。この伝ば様式の違いは、経路の差異を示していると考えられる。

2. 経路と屈折の影響

本邦の観測所における震央方向は、Fig. 14で観測所から矢印で示したようになる。経路上、本邦内陸部を横切らない Nemuro, Hachinohe, Miyako, Kakioka (若干内陸部を通る) が北太

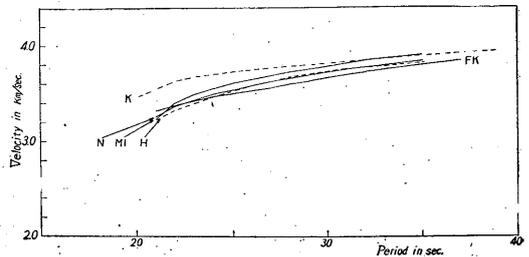


Fig. 15. Dispersion curves of Rayleigh waves (mainly oceanic).

K : Kakioka, FK : Fukuoka, N : Nemuro, MI : Miyako, H : Hachinohe

平洋を伝ばして到達したと考え、Tab. 4 の発現時から平均速度を算出し、分散曲線を描くと Fig. 15 となる。Hachinohe と Nemuro は伝ば経路がほとんど一致しているので分散曲線も一致しているが、他はかなり異なった分散を示している。Fukuoka は本邦内陸を通っているから、上記いずれの分散よりも速度が遅い。この相違は伝ば経路によって、かなり大きく分散の上に影響しているということである。この影響を無視して海洋や内陸の分散を求めることの危険であることを示している。

そこで、筆者は、発現時と周期を求める操作上で、あまり誤差が大きくないと考えられる周期 30 sec. について、等発現時線を見求めた (cf. Fig. 14)。Fig. 14 の等発現時線を見ると、 L_r が大円に沿って伝ばすれば震央方向と等発現時線が直角になるべきであるのに、あたかも震央方向から東よりはずれた方向から伝ばしてきたように傾いている。この傾向は周期 25 sec. でも同じである。

このように波の伝ば経路が震央方向と一致しないという原因としては、次の三通りに考えられる。

i) 経路上の差異 震央からの伝ば経路が各観測所で若干違うために、大陸周辺よりも太平洋の中心部によった経路を伝ばした波のほうが早く到達した。

ii) 屈折の影響 本邦付近における大陸層と大洋層の境界で屈折し伝ばしてきた。

iii) 偏向 速度の早い大洋層の中心部の方向に波が偏向して伝ばしてきた。

i) は大円に沿って波が伝ばしてきたと考えた場合で、ii) および iii) は東にずれた方向から入射したと考えた場合である。しかし、i) と iii) の場合は、伝ば様式が A, B 二つの type に区別される説明ができないことから、ii) 屈折の影響と考えるのが妥当であろう。

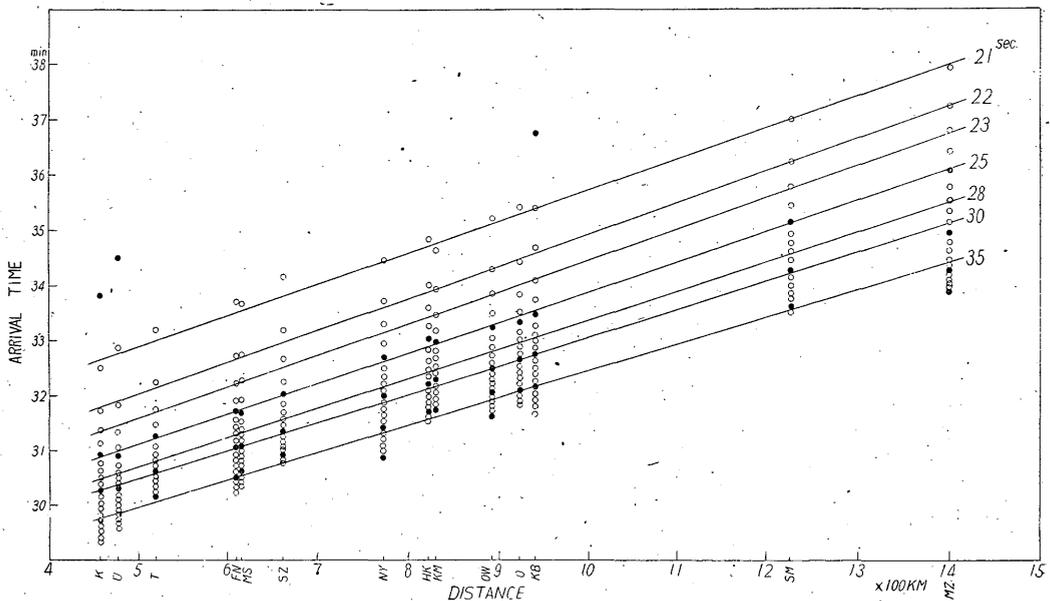


Fig. 16. Relative distances vs. arrival times of Rayleigh waves of different periods

3. 本州内陸における分散

内陸の分散を求める方法はいろいろあるが、ここでは Ewing & Brilliant⁷⁾ の方法によった。たとえば、Fig. 14 の直線 A—A', B—B' の経路に沿って伝ばしたと仮定する。距離の計算は×

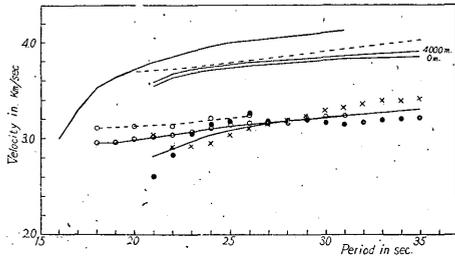


Fig. 17. Dispersion curves of Rayleigh waves.

- : Oceanic path (Brilliant & Ewing).
- - - : Central part of the Pacific (Nagamune).
- : Across the U. S. (Brilliant & Ewing)
- - -○ : " " (Wilson & Baykal)
- : Across A—A' in Fig. 14.
- × : " " B—B' "
- 0 m and — 4000 m : Across the N. Pacific from epicenter to the continental margin assumed respectively at depth 0 m and 4000 m near Japan Trench

印を原点にして各観測所間の相対距離を求め、Fig. 16 のごとく同じ周期の発現時を満足する直線の傾斜から最小自乗法で速度を求める。このような方法で、等発現時線から妥当と考えられる範囲内で伝ば経路の角度を変え、A—A' と B—B' から求められる分散が一致するような経路を求めた。このようにして求めた最も確からしい経路は、Kakioka の震央方向から時計回りやく 18° の線で Fig. 14 の A—A', B—B' に相当し、その分散は Fig. 16 および Tab. 5 である⁸⁾。

Fig. 17 および Tab. 5 の平均値は Ewing⁹⁾ が求めた America 大陸内の分散に比較

すると周期の割合にやや速度が遅い。

Tab. 5

Period ^{sec.}	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
V_c km/sec A—A'	2.60	2.83	3.06	3.14	3.17	3.26	3.18	3.16	3.20	3.16	3.15	3.18	3.20	3.21	3.22
V_c km/sec B—B'	3.03	2.91	2.92	2.95	3.04	3.10	3.15	3.19	3.24	3.30	3.33	3.37	3.41	3.41	3.43
Mean velocity	2.81	2.89	2.97	3.04	3.10	3.14	3.17	3.19	3.21	3.23	3.25	3.27	3.29	3.31	3.32

4. 屈折面の考察

先に求めた本州内陸部分の伝ば経路が、太平洋のある地点で屈折してきたものと考え、その場合の屈折面を考察した。いま、日本海溝の本州側で屈折したのち、Kakioka に到達した波の経路を考

- 7) M. Ewing & R. M. Brilliant : Dispersion of Rayleigh Waves Across the U. S., Bull. Seism. Soc. Amer. **44**(1954), 149~158.
- 8) 本州内陸中の伝ば経路は一義的には求められないので、trial and error によるほかない。本調査では Kakioka での震央方向からのずれが、時計回り 24°, 13° および震央方向について調べた。その結果から最も確からしい値 18° を求めた。
- 9) 前出 7) および J. T. Wilson & O. Baykal : Crustal Structure of the North Atlantic Basin as determined from Rayleigh Waves Dispersion, Bull. Seism. Soc. Amer. **38**(1948), 41~53.

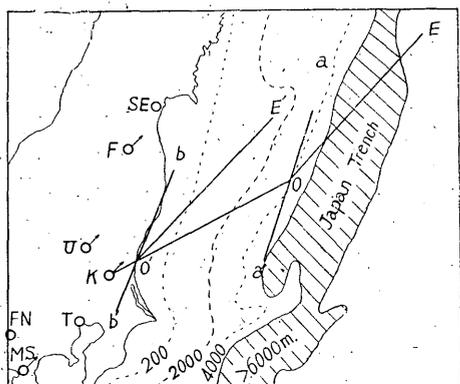


Fig. 18. Refraction of Rayleigh waves in front of Kakioka
 E-O, E'-O' : Ray of incidence
 O-K, O'-K : Ray of refraction
 a-a', b-b' : Boundary surface assumed at 4000 m and 0 m depth

える (cf. Fig. 18). 屈折点としては、海の深さ 0 m と 4000 m を考え、震央から屈折点までは距離 D_0 大円に沿って大洋の伝ば速度 (V_0) で来たと仮定する。ある周期の波の全経路の伝ば時間を T 、内陸部分の伝ば時間を T_c とすれば、大洋を伝ばするに要した時間 T_0 は $T_0 = T - T_c$ 、大洋におけるその周期の波の速度 V_0 は $V_0 = D_0/T_0$ 、このように求めた各屈折点に対する大洋の速度は Tab. 6 である。次に、屈折面における大洋側の入射角を θ_0 、大陸側の屈折角を θ_c 、大洋および大陸における L_r の速度を V_0, V_c とし、屈折の法則 $V_0/V_c = \sin\theta_0/\sin\theta_c$ から屈折面を求める¹⁰⁾と、

Tab. 7 および Fig. 18 で、海の深さ 0 m の点では子午線からのずれが $21^\circ 54'$ 、4000 m では $19^\circ 42'$ と求められ、等深線や日本海溝の線とかなり良く一致している。

この結果は、本州内陸を伝ばした L_r 波は、本州付近で屈折してきたと考えても矛盾しないということにはかならない。また、Fig. 13 における A, B の type の相異も、type B は本州付近で屈折したもので、type A は日本海溝が Kurile 列島に沿って曲っているその内側で屈折したと考えられる。これらのことから先に求めた本州内陸における経路 A-A', B-B' を、屈折によるものと考えても良いであろう。

5. 北太平洋における分散

大洋における分散は、大陸と大洋の境界をどの点とするか、屈折の影響を考えるかということによって値も異なってくる。前節で求めた海の深さ 0 m および 4000 m を屈折点とする、大洋におけ

Tab. 6

Period sec.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Mean
V_0 in km/sec Depth of sea 0 m	3.55	3.64	3.68	3.71	3.74	3.76	3.77	3.79	3.81	3.82	3.84	3.85	3.86	3.88	3.89	
V_0/V_c	1.26	1.26	1.24	1.22	1.21	1.20	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17	1.17	1.20
V_0 in km/sec Depth of sea 4000 m	3.59	3.68	3.72	3.75	3.77	3.79	3.81	3.82	3.84	3.85	3.87	3.89	3.90	3.91	3.93	
V_0/V_c	1.28	1.27	1.25	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.21

10) 表面波の屈折はこのような簡単な関係ではないだろうが、近似的計算としてさしつかえないであろう。

Tab. 7

Depth of sea	N	E	Epicentral azimuth from North	Distance		Angle of incidence θ_0	Angle of refraction θ_c	Refracted surface
				Continent km	Ocean km			
0 m	36° 25'	140° 37'	43° 23'	40	6612	68° 31'	50° 49'	21° 54'
4000 m	37° 20'	142° 53'	44° 20'	268	6399	65° 22'	48° 36'	19° 42'

る分散を図示すると Fig. 17 のごとくである。これは Ewing ら¹¹⁾ が求めた Tonga 諸島—America 間の分散に比較すると、その経路が大陸に近く沿っているの、周期の割に速度がかなり遅く現れている。最近、長宗¹²⁾が求めた中部太平洋の分散に近い値である。

§ 8. 結 論

日本における Rayleigh Waves を調べた結果

- i) 伝ば様式は A, B 二つの type に分類できる。
- ii) Type B の group について本州内陸における分散を調べた結果、伝ば経路が震央方向からやく 18° 東にずれていることがわかった。
- iii) このずれを日本海溝の内側で屈折した結果と考え、屈折面を計算すると、屈折面は等深線の走向とよく一致する。type A は、日本海溝が Kurile 列島に沿った面で屈折したと考えられる。
- iv) 本州内陸における L_r 波の分散は、U. S. A. 大陸内の分散より若干低い値である。
- v) 大洋における L_r 波の分散は、中部太平洋のそれに近い値である。

今回の調査では Rayleigh Waves しか調べられなかったが、今後機会を得て Love Waves についても同様な調査を進め、その結果から本州における地下構造を究明していきたい。

最後に、終始、御教導いただいた井上地震課長、酒井津波予報官ならびに地震課の諸兄に深く感謝いたします。

11) 7) と同じ。

12) T. Nagamune: "On the Travel Time and the Dispersion of Surface Waves (II)" Geophys. Mag., 27(1956), No. 1, 93~104.