

大地震によって生じた気圧微振動の観測*

村山 信彦**

Rayleigh-coupled and Infrasonic Air Waves Produced by the Large Earthquake in Japan and Its Vicinity for 1958—1965

N. Murayama

(Observation Section, J. M. A)

It was examined whether or not Rayleigh-coupled air and infrasonic air pressure waves could be found in the micro barographic records obtained in Japan for 1958—1963 (and one for 1965). Associated with the large earthquake occurred in Japan and vicinity, eighteen cases of the former and nine cases of the later, were possibly traced in the records. Significant cases, i. e., October 13, 1963 Etorofuoki, March 21, 1960 Sanrikuoki, November 7, 1958 Etorofuoki, June 16, 1964 Niigata, and February 14, 1965 Aleutian earthquakes and some special cases are described in the text. The other cases are tabulated in chapter 7.

1. まえがき

大地震によって大気の振動が発生し、それが遠地まで伝搬することは、近年観測記録としてえられ、また理論的にもその説明が試みられている。大気振動とカップルした地震動または海面振動はやや古くより知られていたが、地震動の結果生じた空気振動の伝搬・伝搬した地震動とカップルして生じた空気振動については、その存在が指摘されたのは最近のことである (Benioff, Ewing and

Press⁽¹⁾, Cook and Young⁽²⁾, Bolt⁽³⁾).

ここでは Bolt が1964年3月24日のアラスカ大地震について発表し、その後関係学者の研究対象としてクローズアップした、地震のとき生じた気圧波 (準音速で伝搬するもの、以下単に気圧波と略す) とレーリー波とカップルした空気振動 (約3.7km/sの速度で伝搬する地震のレーリー波にカップルして局所的に生ずるもの以下単にレーリー空気波と略す) に着目して、微気圧計記象を調

Table 1 Network of microbarograph observation and kind of instrument installed

No.	station	lat.	long.	1959	1960	1961	1962	1963
		N	E				P 56	
A	Wakkanai	45°25'	141°41'	P 56	P 56	P 56	P F—4 R	P F—4 R
B	Kushiro	42°59'	144°24'	P 56	P 56	P 56	P 56	P 56
C	Akita	39°43'	140°06'	P 58	P 58	P 58	P 58	P 58
D	Tokyo	35°41'	139°46'	P 58	P 58	P 58	P 58	P 58
E	Wajima	37°23'	136°54'	P 56	P 56	P 56	P 56 P F—4 R	P F—4 R
F	Murotomisaki	33°15'	134°11'	P 56	P 56	P 56	P 56 P F—4 R	P F—4 R
G	Kagoshima	31°34'	130°33'	P 58	P 58	P 58	P 58	P 58

* Received September 25, 1967

** 気象庁測候課

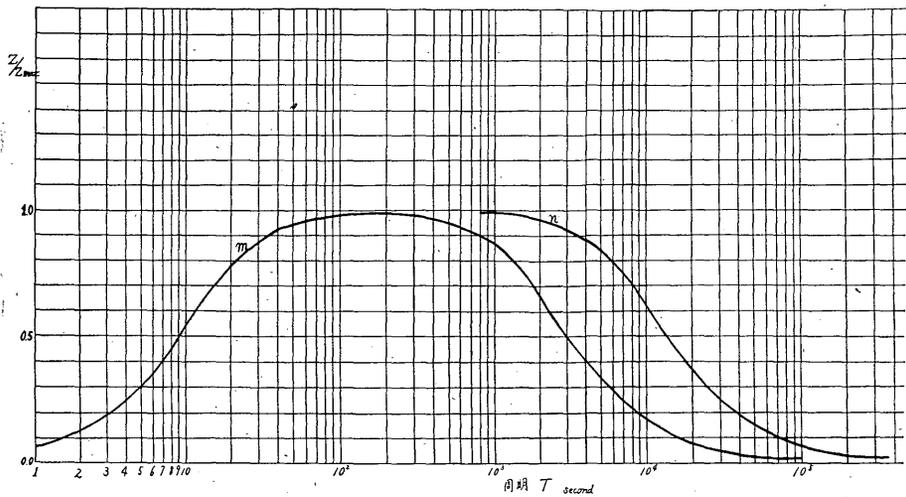


Fig 1. Period response curves for two kinds of microbarograph: JMA 56(n) and JMA P58(m) models

べた結果を報告する。すでに1958年11月7日エトロフ沖地震、1964年3月28日アラスカ大地震、1964年6月16日新潟地震については、関連の調査結果を報告⁴⁾したが、ここであらためて1956年から1963年までの全微気圧記録を総合調査した。これにより1963年10月13日の千島エトロフ沖地震に関連した、レーリー空気波と推定される顕著な記録や、いままでの日本の資料調査では見だされていなかった二、三の気圧波も確認できた。

ここで気圧波については震源付近で発生し大気中を伝搬するものであるが、レーリー空気波は地震波のレーリー波が伝搬経路のその地点で地面に接する空気中に起した振動である。大気振動を記録する微気圧計が地震動によって測器自身の鉛直振動を記録するのであるかの疑問がある。したがってレーリー空気波の判定はこの点を明らかにすべきであるが、われわれの微気圧計について現在その判定の試験が実施できない。そこで微気圧計が地震波のレーリー波そのものを記録しているかも知れない。このような理由にあってここでレーリー空気波としているものが、本当に空気振動であるかどうかは微気圧計の試験に待たなければならない。ここでは Bolt および後述の Donn¹¹⁾の記録とわれわれの記録を比較し、前考を3見本としてそれとの類似性をもって主観的に判定してある。

そこで次節から顕著な記録や特異な記録について個々にとり上げ、その他については表にとりまとめて説明する。調査の基準とした条件は次のとおりである。

1) 微気圧計は第1表に示すもので JMA56型は低感度(1~2 mb/cm に記録)その他は高感度のもの(0.1

~0.2 mb/cm に記録)である。微気圧計の周期感度曲線を第1図に示す(PF-4R型はP58型と同じ性能のもの)

2) 調査した地震は大地震に限り、世界大地震年代表(理科年表)、から規模 $M \geq 6$ のもので日本付近(範囲は第2図参照)のものをとった。ただし一部は理科年表の“日本および隣接地域の大地震年代表”より採用した。

3) $M \geq 8$ の遠地地震すなわち1957年4月14日21h17m サモア島、1957年12月4日3h37m ゴビアルタイ(Passechnik の報告⁶⁾)、1959年5月4日07h15m カムチャッカ付近、1960年5月22日19h11m チリ沖についても調査した。しかし微気圧計の性能不足や遠距離などのため見だせなかった。なお1965年2月14日アリユーションの地震については、上記期間外であるが8節に付記した。

この報告の目的は1) 地震によって生ずる気圧振動の観測例をできるだけ多く提示して、その存在確認に役立つこと、2) 微気圧計の地震研究への有効性を示すこと、3) 大気、大地の境界に起る現象を示すことによりそれらの相互作用の研究に情報を提供することなどである。

第2図に微気圧計設置点(A, B, ……H)、調査対象の地震の震央の位置: 十字印は記録のないもの、小丸印は記録を見出したもの、大丸印は $M \geq 8$ で記録のあったもの、三角印は特異な記録として第6節に述べたものを示してある。

2. 1963年10月13日千島エトロフ沖地震の場合

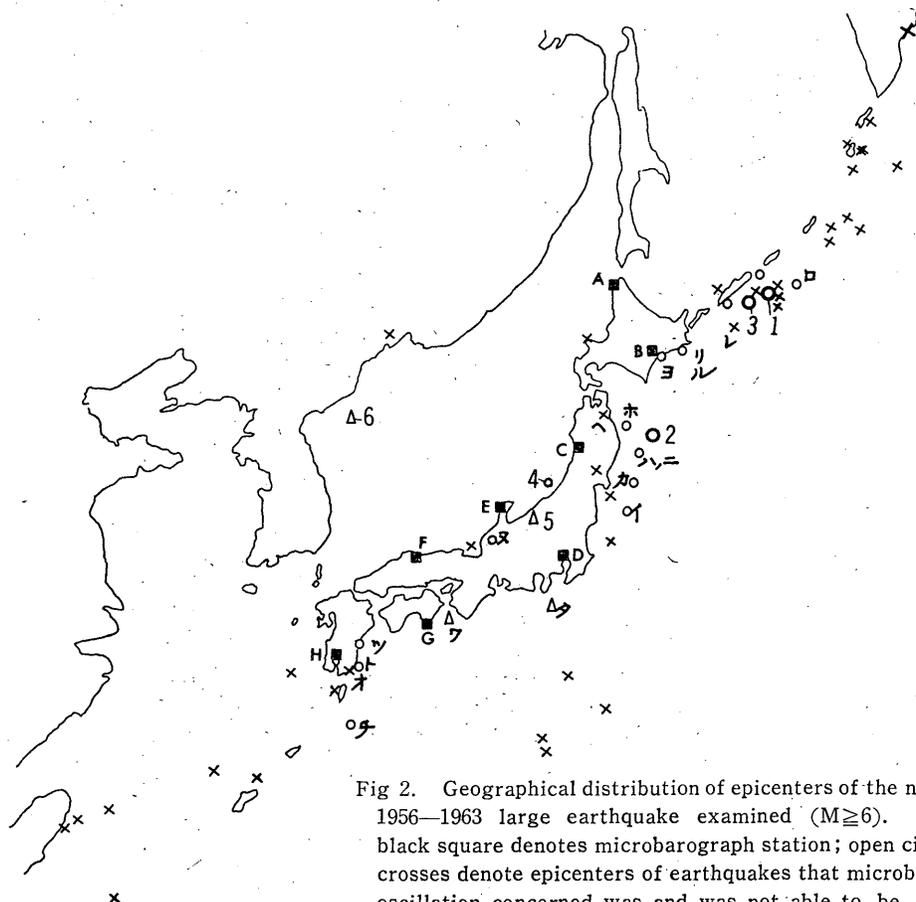


Fig 2. Geographical distribution of epicenters of the near-Japan 1956—1963 large earthquake examined ($M \geq 6$). Legends: black square denotes microbarograph station; open circles and crosses denote epicenters of earthquakes that microbarometric oscillation concerned was and was not able to be traced in the microbarogram respectively. Triangles denote that of particular case discussed in chapter 6. Bold sign is used for the larger earthquake of $M \geq 8$. Japanese syllabary is identical to the number of Table 1. For Roman figures attached refer to the text in chapter 2 to 7.

OCT 13, 1963

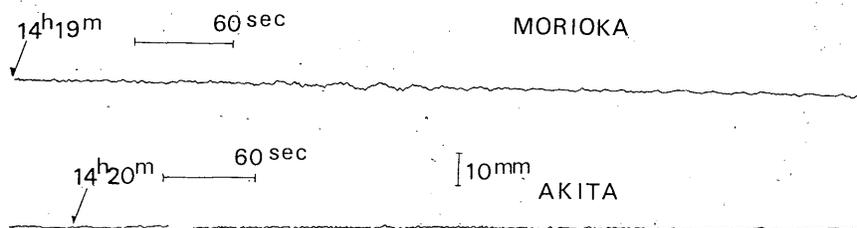


Fig. 3. B) Records of Strong Motion Seismograph

1963年10月13日14h17m (JST 以下同じ)、震央 43.8° N, 148.5° E (第2図点1) 震源深さ20km, $M=8\frac{1}{4}$ の地震に対応する微気圧振動は、秋田 (C)・東京 (D) で認められた。そのうち秋田の微気圧計記録は特に顕著である。

まず東京では 3.7km/s の速度を仮定したとき、レーリ

ー波到着時刻14h23mで第3図Aに示したように、約1分周期の波が約4分続いているように見えるがノイズに対し判別できるほど明瞭でなく、その後14h26.5mころより約20秒周期の波が3分未満続き(振幅 0.01mb)、かなりはっきり判別できる。これらはレーリー空気波であろう。なお気圧波は15h25mに到来が期待されるがノ

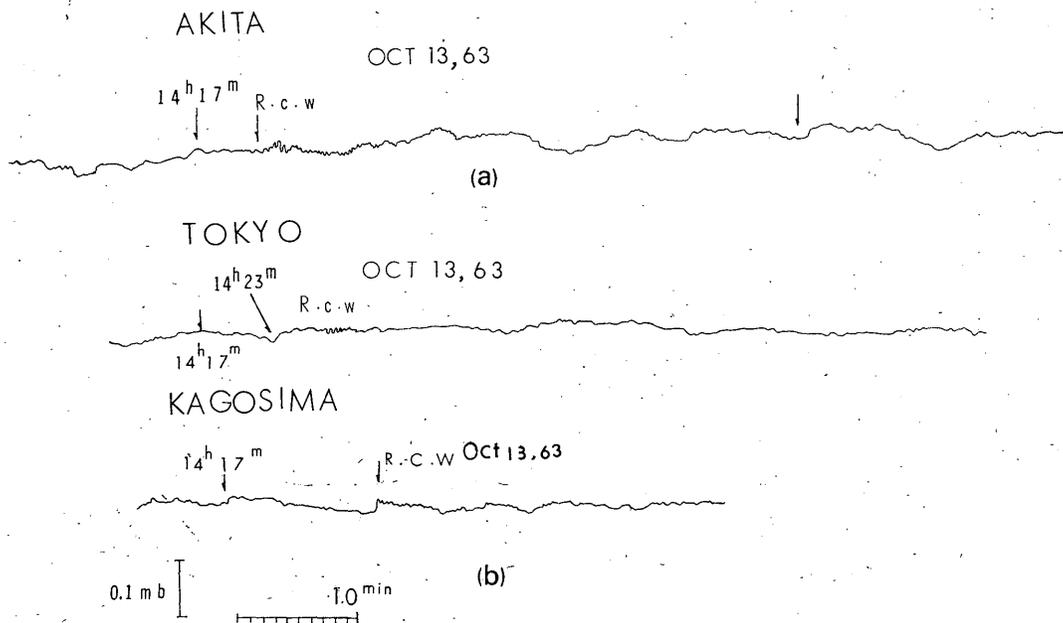


Fig 3. A) Microbarogram of Akita(c) associated with the October 13, 1963; (14h17m JST) Chishima earthquake (1). Rayleigh-coupled air waves can be clearly traced.
B) Microbarograms of Tokyo and Kagoshima for the October 13, 1963 Chishims (Etorofuoki) earthquake (1).

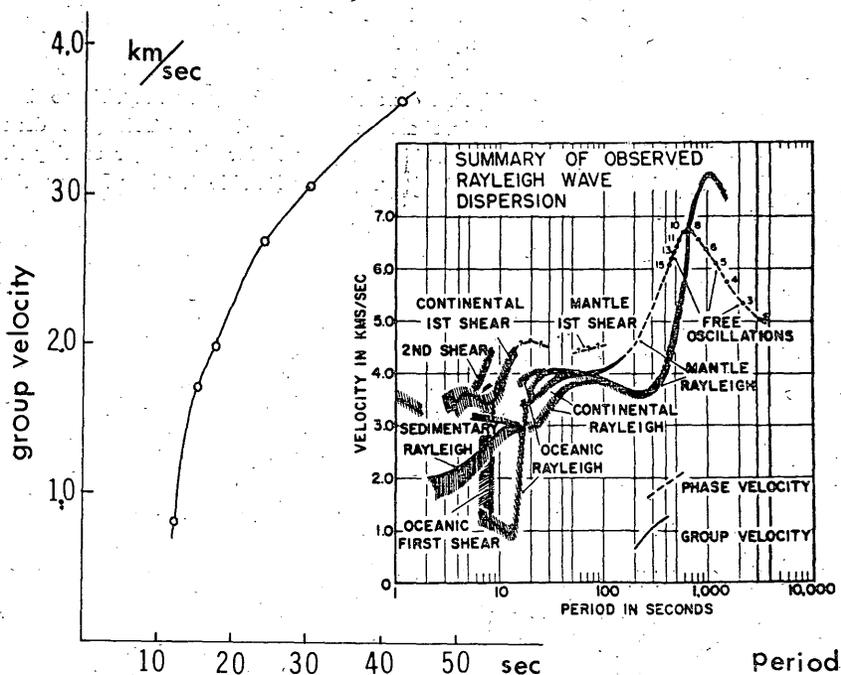


Fig 4. Group velocity dispersion curve against period of Rayleigh-coupled air waves which is shown in Fig 3. A

Table 2. Rayleigh-coupled air and infrasonic air pressure waves obtained at several point for the Oct 13, 1963(14h17m JST)Chishima earthquake.

Chishima Earthquake		Oct13, 1963	05h17m GMT	14h17m JST	ϕ 44.8°N	λ 149.5°E	h (20km)	M 8 ¹ / ₄
Station		Kushiro	Akita	Tokyo	Wajima	Muroto	Kagoshima	
distance from epicenter		466.9km	918.1km	1306.4km	1336.1km	1840.1km	2207.0km	
Rayleigh-coupled air Waves	Propagation time by $v=3.7\text{km/s}$		2m06s	4m08s	5m53s	6m01s	8m17s	9m56s
	exhected arrival time (JST)		14h19m	14h21m	14h23m	14h23m	14h25m	14h27m
	second	arrival	14h18m	14h21m	14h26.5m	14h23m	14h24m	14h29.5m
		max. amp.	0.01mb	0.02mb	0.01mb		<0.01mb	<0.01mb
		period	≤1 min	1~0.2min	~0.3min	trace	0.5min	0.3min
duration		9 min ?	22 min	≥3 min		trace	≥3 min	
Pressure waves	Propagation by $v=320\text{m/s}$		24m19s	47m49s	1h08m03s	1h09m41s	1h35m50s	1h54m57s
	expacted arrival time (JST)		14h36m	15h05m	15h25m	15h27m	15h53m	16h11m
	record	arrival	14h36m ?					
max. amp.		≤0.01mb						
	period	≤1 min						
	duration	?						

イズとの判別ができない。

次に秋田 (C) においてはレーリー波の到着期待時刻 14h21m (3.7km/s を仮定) であり、記録では 14h21m に周期約 1 分で始まり正分散した準正弦波形が続き、約 0.2 分の周期まではっきり確認できる。約 20 秒周期の波が最大の振幅を示している 0.02mb である。全継続時間は、約 22 分にわたっている。気圧波の到来期待時刻 15h05m には記録上ノイズと判別される記録はない。この秋田の記録は今回見出されたうち最もきれいな記録をしているもので、他の記録の判別の基準として使った記録より読取った周期・群速度の関係を第 4 図に掲げた。Oliver⁽⁶⁾の地震波のレーリー波の分散曲線と比較すると(第 4 図挿入図)、長周期のものが大陸レーリー波、短周期のものは海洋レーリー波の分散に乗る。

ここで地表面の鉛直振動とそれに接する空気の気圧振動との関係は、次の音波の放射式が適用されるとする。

$$p = \rho c v$$

ここに p は擾乱気圧(音圧)、 ρ は空気密度、 c は空気中の音速、 v は大地の鉛直振動速度で、標準大気について $\rho = 1.19 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ 、 $C = 330 \text{ m/s}$ とすると、 $\rho c = 40$ 、

$v = 2\pi a/t$ したがって、

$$p = 247 a/t$$

ここで p は気圧の全振幅 (μb)、 a は大地の鉛直振動の全振幅 (cm)、 t は運動の周期 (sec) である。

20 秒周期波の全振幅は微気圧計の感度特性曲線より周期について補正して 0.02mb であるので

$$20 \text{ dyne/cm}^2 = 247 a/20 \text{ sec}$$

$$\therefore a = 1.6 \text{ (cm)}$$

すなわち 8 mm の地面上昇に相当する。

ここで、一倍強震計の記録(上下動)と比較する。第 3 図 B に秋田と盛岡(震源からほぼ同じ距離にある)における記録を示したが、微気圧記録のある秋田では当時地震計が長周期のレーリー波の記録に適さない状態にあったので、盛岡のレーリー波の記録から周期約 20 分の波を拾うと鉛直の地動は全振幅約 2 mm である。一倍強震計の周期特性を地震観測指針(観測編 1967 年版 p.18)の図より補外によって周期 20 秒について求めると約 0.18 (周期 30 秒について約 0.10) である。したがって実際の鉛直振動の全振幅は約 11 mm となる。すなわち微気圧計記録より推定される地面振動とかなりよく一致する。そこでこのことから微気振動がこの地点の地震のレーリー

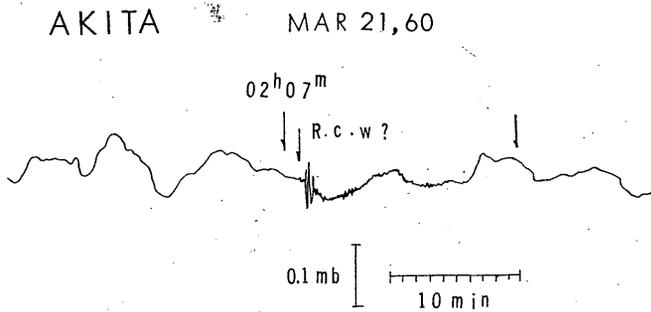


Fig 5. Microbarogram of Akita (c) associated with March 21, 1960(02h07m JST) Sanrikuoki earthquake (2).

波と関連していることが推定できる。

このほか輪島 (E) では風の乱れによるノイズが著しく記録されていて確かな判別が困難だが、14h23m(レーリー波到着期待時刻)から約4分間ノイズと違った記録がみられ、15h27m(気圧波到着期待時刻)から約20分にやはりノイズと多少異なる記録が認められ、それぞれ該当波動の記録を暗示している。釧路 (B) では14h18mに明瞭に微動がみられ(レーリー空気波相当)、14h36mから気圧波らしいものを認める、室戸岬 (G) では14h24m(レーリー空気波)、鹿児島 (H) では14h30mにわずかに微振動を認める。これらの各地の状況を第2表にまとめて示した。以上の判別が正しいとするとレーリー空気波は約3000kmを超える地点で生じたことになる。

12日11h26mから15日09h32mの間に起った同一震源地震について秋田の微気圧計記録を調べたところ、13日06h05m、06h09m、07h03m地震に対しレーリー空気波らしい根拠をかすかに認めたが判別できなかった。

3. 1960年3月21日三陸沖地震の場合

1960年3月21日02h07m (JST) 震央40.0°N, 143.5°E, 震源深さ60km (第2図の点2) で発生した $M=7$ の三陸沖地震に対応する微気圧計の振動は、秋田 (C) で顕著な記録がえられた。その他の地点ではノイズが大きい等の理由で確認できなかった。秋田の記録を第5図に示す。震央距離298.4kmでレーリー波 (3.7km/sを仮定) の伝搬は81秒かかり02h08.5mに記録開始が期待される。実際約1.4分後に周期約20秒の圧縮に続き周期20秒の3つの波形が記録され最大の倍振幅は0.07mb, 約1.5分後より非常に短周期の波動が約8分続き周期約15秒の波が後続して約4~5分継続している。全継続時間は約12~13分である。気圧波の方は地震後16分の02h23mからが期待されるが判別できない。

ここで微気圧計の記録 (20~30秒周期波全振幅約0.06mb) から推定される鉛直振動の全振幅は50~70mmであり、一方一倍強震計では記録が8mmで20~30秒周期について前述と同様にして40~80mmと推算さる。両者はかなりよく一致しており第1節と同様な推論が成立する。

この地震は23日22h22mを含んで計3回 $M \leq 6$ 以上のものが発生したが微気圧記録は認められなかった。

4. 1958年11月7日エトロフ島沖地震の気圧波

1958年11月7日07h58m (JST)に44.5°N148.5°E, $M=8 \sim 8 \frac{1}{4}$, の千島列島エトロフ島沖地震に対応する微気圧記録についてはすでに報告⁽⁴⁾⁽⁵⁾されているが、ここで微気圧計記録紙の再調査の結果を述べる。古いので記録紙の紛失などであまり有用な情報はえられなかった。特に気圧波に注目したが、秋田 (C) における記録 (JMA 56型による) がえられたのみであった (稚内、釧路で欠測、東京・輪島記録紙紛失、室戸、鹿児島でノイ

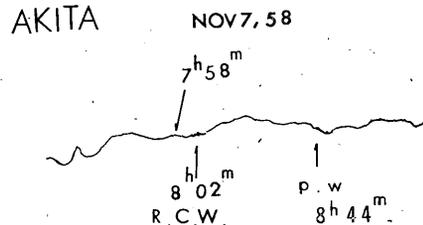


Fig 6. Microbarogram (by JMA 56) of Akita (c) associated with the off-Etorofu Is. earthquake of November 7, 1958(3). Infrasonic air pressure waves can be traced at 08h44m JST.

Rayleigh-coupled air and infrasonic air pressure waves obtained at Akita (C) associated with the Nov. 7, 1958 (07h58m JST) Etorofu earthquake (3).

ズのため判別不可能).これを第6図に示す.記録紙よりの読取り値をレーリー空気波・気圧波について第3表にまとめた.微気圧計の性能がおとるので波形を云々できないが,この記録から地震により準音速の微気圧波の発生が確かめられた.また震源が海底の地震においてもその発生が確認されたわけである.

5. 1964年6月16日新潟栗島南方沖地震の場合の気圧波

1964年6月16日13h02m(JST)の, 38°21'N, 139°11'E, M=7.5の新潟地震に対応する微気圧計の記録についてはすでに報告(4)したが,前報ではレーリー空気波に注目し,気圧波についてはふれなかった.ここで速度 $v=320\text{m/s}$ として再調査した.

Table 3. distance between Akita and epicenter: 874.7km

Rayleigh coupled air waves	record	propagation time by $v=3.7\text{km/s}$	3m56s
		expected arrival time (JST)	08h02m
pressure waves	record	arrival	08h02m
		max. amp.	~0.01mb
		period	<1 min
		duration	4min
Rayleigh coupled air waves	record	propagation by $v=320\text{m/s}$	45m33s
		expected arrival time (JST)	7d08h44m
pressure waves	record	arrival	08h44m
		max. amp.	0.005mb
		period	?
		duration	?

JUN 16, 1964 WAJIMA

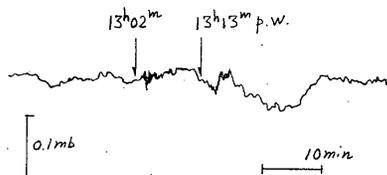


Fig 7. Microbarogram of wajima (E) associated with the Niigata earthquake of June 16, 1964 (13h02m JST)(5). Pressure fluctuation starting at 13h13m is regarded as an infrasonic air pressure waves associated with the earthquake.

	経過時間	気圧波到着期待時刻
新潟—輪島	680 sec	13h13m (JST)
新潟—秋田	585 sec	13h12m
新潟—東京	894 sec	13h17m

によって記録紙をみると,輪島(E)のものが13h13mから約30秒周期の波から始まりわずかに正分散した振動が認められ,約1分後から非常に短周期の波が約1分記録

AKITA

Feb 2, 61

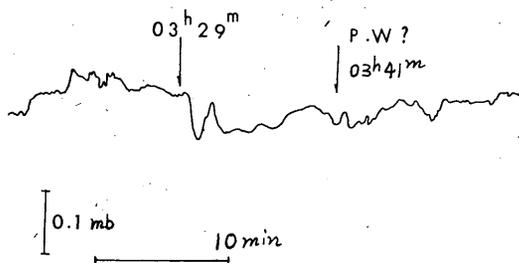


Fig 8. a) Microbarogram of Akita(C) of February 2, 1961. This may be associated with the Nagaoka earthquake (5) of February 2, 1961 (03h29m JST).

Table 4. Microbarographic oscillations read from the figure 8(a)(Nagaoka earthquake of February 2, 1961)

time of appearance	period	time between earthquake and appearance	propagation speed
03h30m	2min	73sec	3.7km/s
03h33m	1.8	253	1.1km/s
03h41.1m	1.2	739	366 km/s
42.2m	1.0	805	336 km/s
43.1m	0.6	858	315 km/s

TOKYO

Aug 26, 62

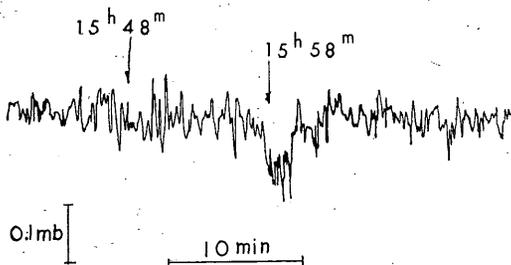


Fig 8. b) Microbarogram of Tokyo(D) of August 26, 1962. This is discussed in the text in relation to an aftershock of Miyakejima Island volcanic eruption (タ).

Table 5 Record of microbarographic oscillation (Rayleigh-coupled air and infrasonic pressure waves) associated with the large earthquake occurred near Japan Island, 1959-1963 (Significant cases described in the chapter 2-6 in the text are omitted).

No.	time of earthquake			location of epicentre	observ- ation station with scale of seismic intensity	Rayleigh coupled waves	pressure waves	remarks	average distance from epice- ntre km
	year	day	J. S. T.	depth of focus : magnitude					
イ ロ	1959	oct26	16h35m	本州東方沖 37.5°N 142.5°E 60km 6 ¹ / ₂	Akita I	16h36.5m		16h36.5m より約10秒周期の波が数分継続	320
		oct27	15h52m	千 島 45.5°N 151.0°E 100km 6 ¹ / ₂	Akita I Tokyo I	15h55.5m 15h56m		15h55.5m ころより約1分間非常に短周期の波がつづく、このころ風の乱れが著るしかったが、上記の時刻のみ記録の様子が一変している。 *15h56mころより風の乱れが消え1分周期の波が3個みられる	1,080 1,420
ハ ニ	1960	Mar23	9 h23m	三 陸 沖 39.5°N 143.0°E 6 ¹ / ₄ ~6 ³ / ₄	Akita II	9h23.5m		9h23.5mころより約2~5分間短周期波を記録	240
		Mar24	7 h22m	" "	Akita I	7h23~24m	7 h33m?	7h33mころ周期約0.5分の波をトレースできる	240
ホ ヘ	1960	Jul30	2 h31m	三陸沿岸 40.1°N 142.3°E 50km 6 ³ / ₄	Akita III	2h32.5m	2 h41m?	2h32.5mころ0.5分以下の周期の波が2分以上つづく 2h41m周期0.5分以下の波をトレースできる	200
		Oct9	18h00m	本州(青森) 40.8°N 141.2°E 155km 6 ¹ / ₄	Akita I~II	18h1.5m		18h1.5mより著るしく短周期の波が2分間つづく	160
ト チ リ	1961	Feb27	2 h10m	日向灘 31.6°N 131.2°E 54km 7~7 ¹ / ₄	Tokyo 0			*2 h13~14mころより5分くらいトレースできる	900
					Muroto I~II			2 h10m ころ以降1時間くらい非常に短周期の波をトレースできる (タイム不良)	330
					Kagoshima IV	2h10.6m	2 h15m?	2h10.6mころ0.6mbの振動、周期0.5分以下の波がほぼ正分散し約3分つづく (タイム不良) 2h15mころより約30分間周期約2分の波を記録 (気圧波)	70
Jul18	23h03m	琉球北部 29.4°N 131.6°E 21km 6 ¹ / ₂ ~6 ³ / ₄	Kagoshima III	23h04m		23h04m ころ (タイム不良) 非常に短い周期の波が3~5分つづく	250		
Aug12	0 h51m	北海道東方 43.0°N 145.0°E 50km 7	Kushiro IV Kagoshima 0			約0.5mbほど段階的に気圧レベルが上る 0 h58m約0.5分周期の波2~3分トレースできる	40 1,810		

No.	time of earthquake			location of epicentre		observ- ation station with scale of seismic intensity	Rayleigh coupled waves	pressure waves	remarks	average distance from epice- ntre km
	year	day	J. S. T.	depth of focus	magnitude					
ス	1961	Aug19	14h33m	北 美 濃 0 km	$\begin{cases} 36^{\circ}01'N \\ 136^{\circ}46'E \\ 7.0 \end{cases}$	Wajima III			14h34~5mにショック状振動を記録	160
ル		Nov15	16h17m	北海道東岸 43km	$\begin{cases} 43.1^{\circ}N \\ 145.1^{\circ}E \\ 6\frac{1}{4}\sim 6\frac{1}{2} \end{cases}$	Kushiro IV			16h19m ころ風による乱れの中で非常に短周期で振幅大となる	40
オ		Nov27	14h57m	九 州 25km	$\begin{cases} 31.6^{\circ}N \\ 131.1^{\circ}E \\ 6\frac{1}{4}\sim 6\frac{1}{2} \end{cases}$	Kagoshima III	14h57—58m		14h57m~58m より約1分間非常に短周期の波が認められる, なお同じころ約25秒の波1個がかさなっている	60
ワ	1962	Jan 4	13h35m	四国近海 43km	$\begin{cases} 33.7^{\circ}N \\ 135.2^{\circ}E \\ 6\frac{1}{2} \end{cases}$	Muroto III			*13h39mころ気圧減少に入り13h45mころ1.5~2mb(最大)の気圧減少, 14h15mころ回復(高気圧のはり出しの時に当る, 潮汐と関連か?)	80
カ		Apr12	9 h52m	本州近海 48km	$\begin{cases} 38.1^{\circ}N \\ 142.3^{\circ}E \\ 7\sim 7\frac{1}{4} \end{cases}$	Akita		10h02m	10h02mころ短周期波をトレースできる	230
ヨ		Apr23	14h58m	北 海 道 25km	$\begin{cases} 42.0^{\circ}N \\ 143.4^{\circ}E \\ 7\sim 7\frac{1}{4} \end{cases}$	Kushiro V Akita I~II			14h58mころ0.3mbほど段階的に気圧増加 わずかにトレースできる	100 430
タ		Aug26	15h49m	三 宅 島 40km	$\begin{cases} 34^{\circ}07'N \\ 139^{\circ}27'E \\ 5.9 \end{cases}$	Tokyo		15h58m	15h58mころ気圧レベル約0.1mb上り約3分後回復, これを気圧波とすれば約320m/s で伝播したことに相当する(この時刻に火山爆発なし, 噴火後の群発地震中最大で西海岸でがけくずれあり)	170
レ		Nov10	10h33m	千 島 33km	$\begin{cases} 43.8^{\circ}N \\ 147.3^{\circ}E \\ 6\frac{1}{2}\sim 6\frac{3}{4} \end{cases}$	Akita	10h35—36m		10h35~6mころより風による乱れの中に20秒周期波2分以上つづく	770
ソ	1963	Mar27	6 h34m	越前岬沖 0 km	$\begin{cases} 35^{\circ}47'N \\ 135^{\circ}46'E \\ 6.9 \end{cases}$	Wajima	6 h34—35m		6 h34m直後乱れ弱まり約1分トレースできる	200
ツ		Oct 4	8 h24m	九 州 33km	$\begin{cases} 32.2^{\circ}N \\ 131.6^{\circ}E \\ 6\frac{1}{2} \end{cases}$	Kagoshima	8 h15m		8 h25m ころ約10秒周期の波が1~2分トレースできる	120
										1,260

註: 1) * のものは記録が明瞭でなくその存在が不確かなもの 2) **機械的な原因で(測器自体の上下動)により生じたと考えられるもの

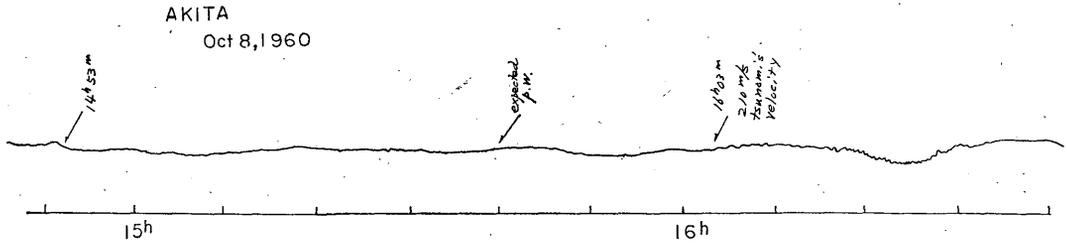


Fig 8. c) Microbarogram of Akita(C) of October 8, 1960. This is set forth in the text in relation to the deep Western Japan Sea earthquake of October 8, 1960 (6).

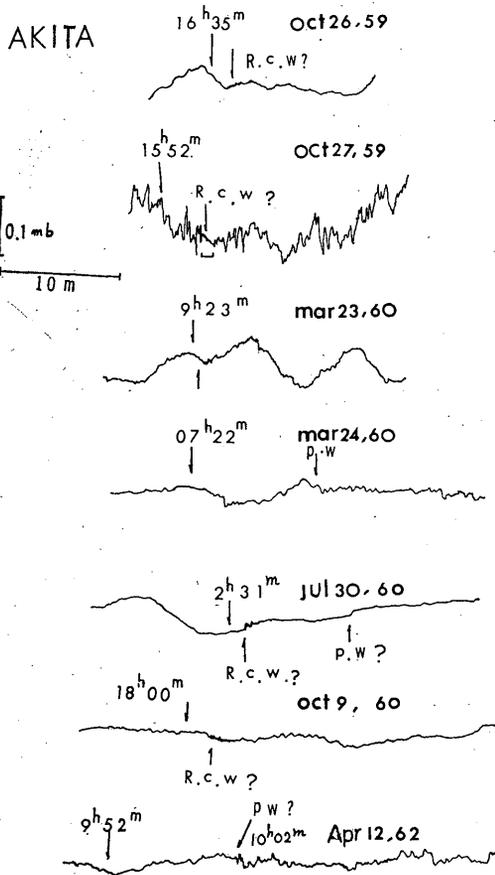


Fig. 9 (a)

されている(第7図), このように時間的に期待どりの記録が存在するので, これは地震によって生じた気圧波を書いたものとしてよいだろう. 輪島と震央距離のほぼ同じ秋田で記録されなかった理由については今のところまだわからない.

6. 特殊の記録例

6.1. 1961年2月2日03h29m (JST) の長岡地震⁽⁸⁾ (138.5°E, 37.3°N, M=5.2, 震源極めて浅い) のと

き, 秋田(震央距離270km)の微気圧計に第8図aのような記録がみられた. 古い資料のため記録の時刻が悪いが, 図に示した時刻は大きな誤差はないと思う. 03h30mに約2分周期の波, 03h41m頃約1.2分周期の波とそれに続く短周期の波が認められる. 第4表に読取り値を掲げた. それぞれレーリー-空気波と気圧波と到着期待時刻が一致する. 前後の記録状況との判別にかなり疑問があるので, また未決定のものとして本節の一例としてとり上げておく. 震央距離170kmの輪島(E)では03h03m頃から10分間くらい振動がみられるが03h45mころよりノイズが増大しそれとの関連から判別が一層困難であった.

6.2. 1962年8月24日22h20m (JST) 三宅島が噴火⁽⁹⁾し, 24日23h~25日04hの間噴火を繰り返えし噴煙が5kmまで上った. 噴火は25日に止みその後火山性の群発地震があった. すなわち26日15h48m55s (M=5.9, 深さ40km)と27日07h35m10s (M=5.2, 深さ40km)である. 東京の微気圧計は8月26日15h48m (JST)の地震に対応し, 同日15h58mに約0.1mbの気圧上昇(圧縮)を, 風の乱れによるノイズの多い中で顕著に記録した. 約2~3分後に圧縮が終り旧に復し, これは周期約2.5分と読取れる. またこのとき同時に乱れのノイズよりも短周期の振動が始り約8分間続いたのが認められた.(第8図b)

また28日室戸岬の微気圧計にレーリー-空気波(5h23m)気圧波(5h47m)と推定される記録があった. すなわちこの時刻に火山噴火がないので, 地震によるものか, また随伴して起った地崩れなどによるものと推定した. これについては他の報告⁽¹²⁾に詳述してある.

6.3. 1960年10月8日14h53m (JST) 日本海西部 (40°N, 130°E)における深発地震(深さ650km)の後, 秋田(C, 震央距離900km)の微気圧計の記録をみるとレーリー-空気波・気圧波に相当するものはなく, 16h04mころより周期約1分の波が始まり, 16h17m~20mころ周期約30秒, 16h25m頃周期約20秒未満の波形がみら

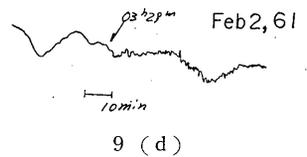
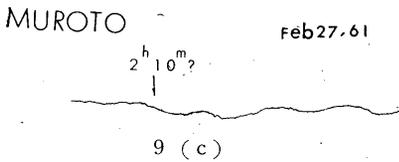
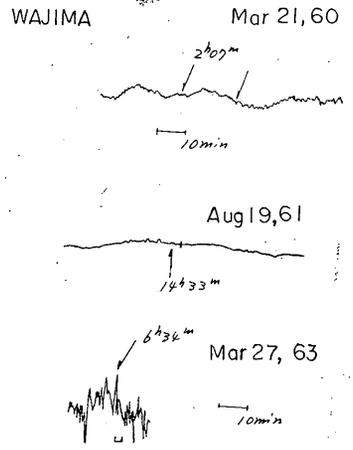
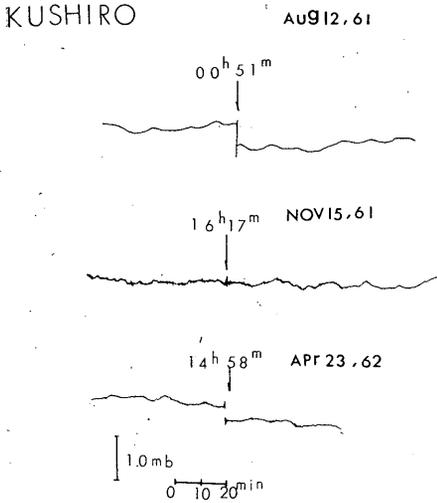
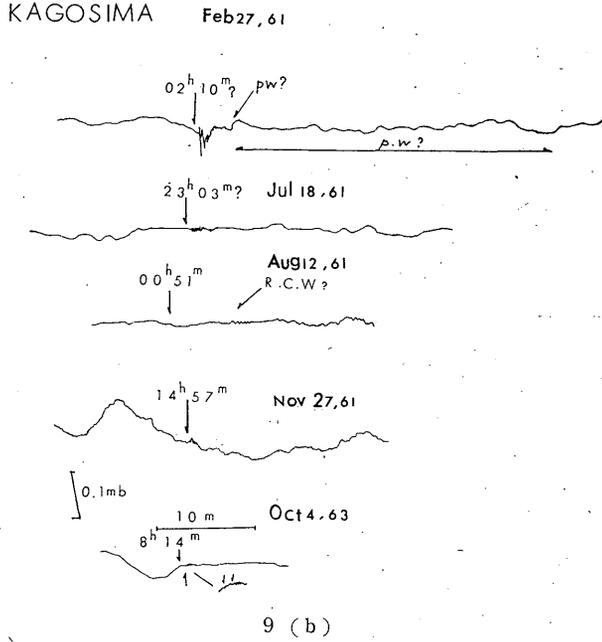


Fig 9. Examples of microbarograms of Akita, (c), Kagoshima (H), Kushiro (B), Muroto (G), and Wajima (E) associated with the 1959—1963 large earthquake occurred near Japan Island which are listed in the Table 5. R. C. W and P. W. imply Rayleigh-coupled waves and Pressure waves respectively.

れ、16h33m~34m ころ終了している (第8図c)。

この波形は一般に風の乱れのノイズに比べて正分散の傾向を示しているのでこの地震と関係が求められるのではないかと考えとり上げることにした。16h04mの記録をとると伝搬速度が210m/sとなり、津波の伝搬速度にはほぼ一致する。震央は秋田のちょうど西方にあって日本海を横断した配置にある。210m/sの速度は海洋の重力波の速度 $v = \sqrt{gH}$ (g は重力加速度 H は海深) に相当する。

7. その他の地震 (1959—1963) による微気圧振動

前節までにレーリー空気波・気圧波をかなり顕著に記録した場合等を個々に述べたが、ここで1959—1963年の微気圧計全記録を調べた結果見出された他の地震のものについて表としてまとめ第5表に掲げた。そのうちの主なものを第9図a, b, c, dに観測地点別にならべた。表には年次を追って、地震発生時刻 (JST)、震源および記録のえられた地点・記録の波の種類、説明とさらに震央距離 (概略値) の順に記してある。

ここにかかげたものには判別のはっきりできるもののほか、不明瞭ながら時間的に期待されるとおりであるので採用したものも含まれている。また特に不確実なもの

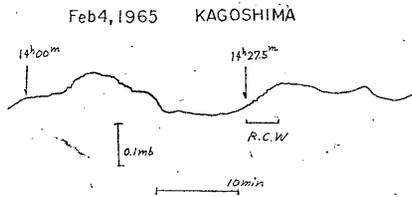


Fig 10. An additional example: microbarogram of Kagoshima (H) associated with the large Aleutian earthquake of February 14, 1965 (14h 07m JST) (7). The record of Rayleigh-coupled waves has been obtained at 4338km of epicentral distance.

や震源が観測点に極く近く (微気圧計本体の機械的な振動力と思われるものには星印を付してある。波の種類から時刻を記してあるものは、ここでの調査の基準にかなり筆者の経験を加味して該当のものとして判別を下したものである。

前節までの記述と第5表の情報を総合し、次のように要約される。1) 大規模地震のときレーリー空気波 (レーリー波そのものかも知れない) が周期1分未満の振動として微気圧計に記録される、2) 準音速の気圧波 (短周期) が記録されることがある、3) これらの微気圧波を生ずる地震は、震源が比較的浅い (浅発地震) に限られるようである 4) 海底地震でも気圧波が発生伝搬す

る場合がある。

8. 付記: 1965年2月14日のアリューシャン地震

1965年2月14日14h07m (JST) アリューシャン列島沖 (51°N, 178°E) の大地震 ($M \approx 8$) では、最大波高約数10cmの津波が日本にも到来している。微気圧計記録をみると震央距離4,338mの鹿児島において、14h27~28mころ周期約20秒の極く微小な気圧振動が約5分続いているのが認められる (第10図)。この時刻はレーリー波の速度3.7km/sによる到来期待時刻に当たっている。振幅は0.01mb以下の微小な振動であるが、鹿児島だけノイズが少なく判別できた。他の地点特に北方では風の乱れによるノイズが多く全く確認できず、ただ米子(F)においてそれらしい波形をかすかに認める。震央距離が4000kmもある地点でかすかながらもレーリー空気波を認めたのは今のところこの例だけである。

9. むすび

以上に、大地震のとき発生したレーリー波にカップルした微気圧振動と準音速で伝わった気圧波の観測例を示した。ここではそれぞれの波の伝搬速度を、記録よりの判定基準とし、波形の分散性が認められるかどうか、ノイズとの関係はどうかに注意して判定を行った。調査中Donn⁽¹⁾の報告が発表され参考となった。また気圧波については本調査終了と同時に三雲⁽²⁾の報告に接し大いに力を得た次第である。それは三雲の報告以前には理論的な考察をしたものがなかったからである。本調査が適当であり将来のこの種の研究に傍証の役割が果せることを確信したので発表することとした。われわれの記録はすべて微小なので詳細な解析に使うには適していなく、存在の確認だけにとまるのは残念である。この種の観測は将来は地震計潮位計などと組合せて行う必要がある。

終りに本報告の草稿を校閲して下さいました木村耕三地震課長、湯村哲男調査官に感謝したい。特に湯村調査官には草案の一部の記述について有益な助言と地震計記録の引用についての助力をいただいた。

references

- 1) H. Benioff, M. Ewing and F. Press (1951) Sound waves in the atmosphere generated by a small earthquake. Proc. Nat. Acad. Sci. 31, 600—603
- 2) R. K. Cook and J. M. Young (1962) Strange sounds in the atmosphere II, Sound 125—33
- 3) B. A. Bolt (1964) Seismic air waves from the great 1964 Alaskan earthquake. Nature 202, 1095—

—1096

- 4) N. Murayama (1965) Investigation of microbarographic oscillations from the large earthquake volcanic explosion, and frontal Passage, Jour. Meteor. Resear., 17, 153—159
- 5) I. P. Passechnik (1959) Air waves occurring during the Gobi-Altai earthquake of December 4, 1957. Izv. Geophys. Ser. 1959, 1687—1689
- 6) J. Oliver (1962) Summary of observed seismic surface wave dispersion. Bull. Seismol. Soc. Amer. 52, 81—86
- 7) R. Koike (1959) Microbarographic observations of the Off Etorofu Island earthquake on 7 Nov, 1958 and the large explosion at Mt. Asama on 10 Nov., 1958. Quart. Jour. Seismol. 24, 45—46
- 8) Niigata L. M. O. Nagaoka Weather Message Station (1961) The Nagaoka earthquake of Feb. 2, 1961. Quart. Jour. Seismol 26, 5—26
- 9) Japan Meteor. Agency (1964) Report on the eruption of Volcano Miyakejima in Japan. Quart. Jour. Seismol. 28 (supplementary volume) p 1—28
- 10) N. Murayama (1967) Microbarographic waves associated with the eruptions of Japanese volcanos of 1956—1965. Quart. Jour. Seismol (in press)
- 11) W.L. Donn and E.S. Posmentier (1964) Ground-coupled air waves from the Great Alaskan earthquake. Jour. Geophys. Resear. 69, 5357—5361
- 12) T. Mikumo (1967) Atmospheric pressure waves and tectonic deformation associated with the Alaskan earthquake of March 28, 1964 (in the manuscript to be published)