



Title	4. 近地地震の記象に見られる長週期振動（その1）
Author(s)	田, 望; DEN, Nozomu; 吉井, 敏尅 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 12, 43-53
Issue Date	1964-08-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.12.43
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13873
Type	departmental bulletin paper
File Information	12_p43-53.pdf



4. 近地地震の記象に見られる長週期振動 (その1)

田 望・吉井敏尅

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和39年4月受理 —

I. ま え が き

Magnitude の小さい近地地震は、従来主として短週期の地震計を用いて観測され、その統計的性質が調べられてきた。しかし震央になるべく近い地点で、長週期の地震計を用いて地震動を観測することは、地震の発震機構などを研究するのに興味深いことである。

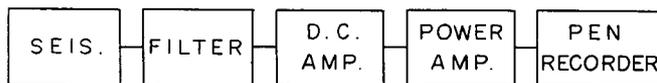
長週期の振動の観測はその計器の性質上、野外観測では傾斜、温度変化、人為的な振動などの障害があり、多くの制約を受ける。この点を考慮して、やや長い週期まで測定できる携帯可能な計器を試作し、seismicity の大きい北海道襟裳岬付近で野外観測をし、また札幌の当教室の実験室にて長期間の常時観測をした。

この結果得られた記録から、震央距離が或る範囲内にある地震の記録には、極めて顕著な長週期振動が含まれている事が明らかになった。本論文ではこの長週期振動につき観測された事実を述べ、その性質を考察する。

II. 計器と観測

この観測に使用した計器¹⁾の構成は第1図に block diagram で示してある。電磁式地震計の出力は濾波器に通した後直流増幅され、更に電力増幅されて、煤書き用 pen recorder に記録される。

電磁式地震計は著者の一人が以前に試作したものであり、観測には主として水平動地震計を使用し、場合により上下動のものを使用した。計器の総合特性をいろいろに変えて観測して

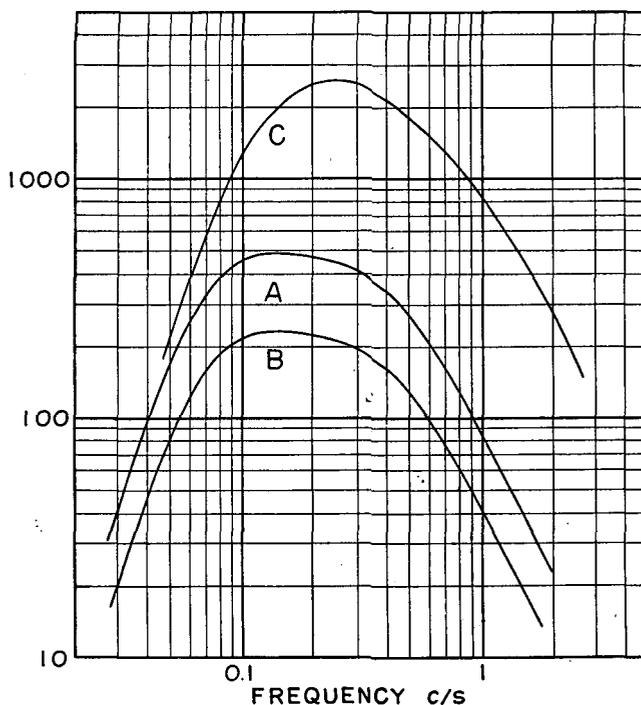


第1図 計器の構成

Fig. 1. Block diagram of seismograph.

みたかったためと、脈動その他の障害を避けるために、地震計はバネを交換する等により、その固有週期を3.5~10sにして使用したが、この論文に示されている例は総て3.5sで記録されたものである。

1) 吉井敏尅； やや長い周期の地震動を観測するための増幅器，北大地球物理学教室談話会（昭和39年2月）



第 2 図 この観測に用いた地震計の倍率曲線

Fig. 2. Magnification curves of seismograph used for this observation.

Filter は BENIOFF²⁾ の述べている如く、振子の長週期化、及び信号濾波の作用をするものであり、2 種類のものの場合に応じ使用した。

今回の観測に使用した種々の場合のこの計器の総合特性 (変位倍率) を第 2 図に示す。長週期において必ずしも高感度とは言えぬが、簡単な野外観測では上述の諸障害のためこの程度が実用上の限度であることがわかった。これ以上感度を高め、或いは週期をのばすためには、地震計の設置点に或る程度の設備をする事が必要であろう。本研究の目的として、震央距離の近い地震の記録を得る必要があるので、北海道内で最も seismicity の大きい地域の一つである襟裳岬付近を観測地として選び、1963 年 7 月 28 日より 8 月 12 日まで庶野で、その後は当教室の実験室にて観測を続けた。

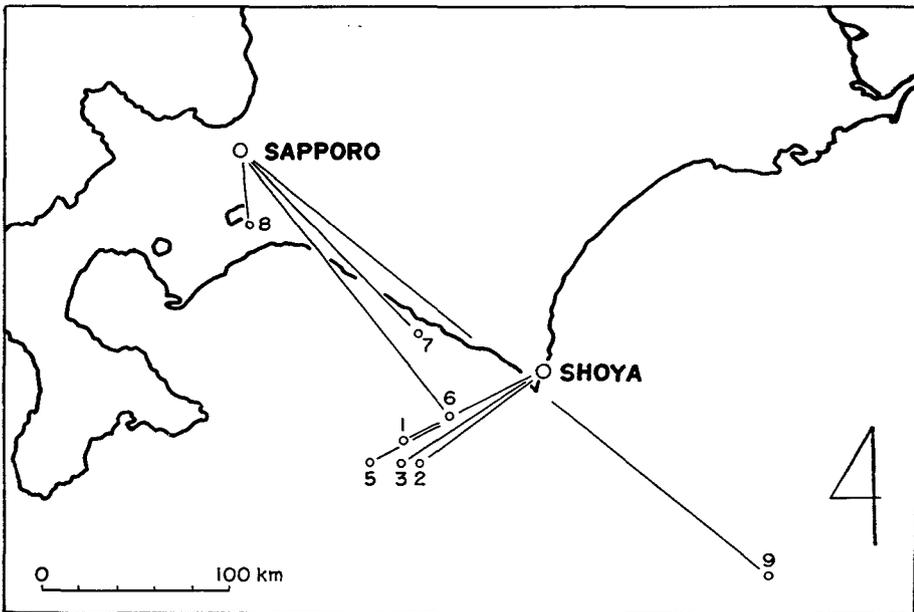
III. 資 料

この期間に観測された震央距離の近い地震の震源、観測地及び使用した計器の特性などの資料は第 1 表に示してある。観測地で SY と書かれたものは庶野を、SP は札幌を意味し、計器特性の A, B, C は第 2 図に示された特性に夫々対応する。震源及び magnitude は札幌管区気象台の発表によるものであり、震央及び観測地は第 3 図に示してある。また増幅器及び記録

2) H. BENIOFF; Long Period Seismographs, Bull. Seis. Soc. Am. 50 (1960), 1.

第 1 表
Table 1.

No.	Date	Time	St.	Focus			Δ	Cha.	Seis.	M
				N	E	H				
1	July 31	20-30	SY	41.7	142.4	40 ^{km}	85 ^{km}	B	EW-3.5	4.5
2	Aug. 1	00-09	SY	41.6	142.5	40	80	A	EW-3.5	4.3
3	Aug. 1	03-23	SY	41.6	142.4	60	85	A	EW-3.5	4.3
4	Aug. 7	21-59	SY	—	—	—	—	C	V -3.5	—
5	Aug. 9	00-23	SY	41.6	142.2	60	100	C	V -3.5	—
6	Sept. 14	14-45	SP	41.8	142.7	70	170	A	NS-3.5	4.3
7	Sept. 25	00-13	SP	42.2	142.5	60	130	B	NS-3.5	—
8	Oct. 18	14-17	SP	42.7	141.4	115	60	B	NS-3.5	4.6
9	Oct. 23	18-47	SP	41.2	144.7	40	350	B	NS-3.5	5.4



第 3 図 観測地および震央

Fig. 3. Observation stations and epicentres.

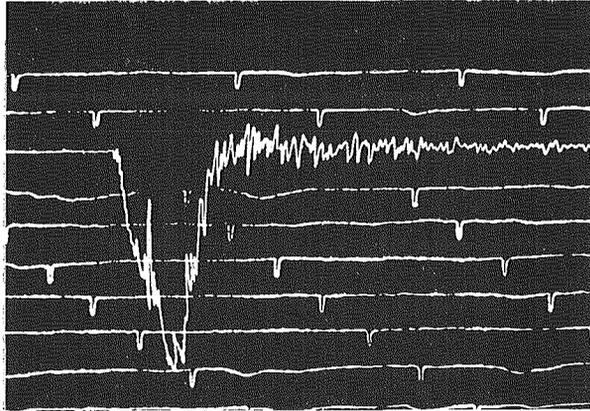
器が1成分しかなかったので、場合により水平動成分にしたり上下動成分にしたりして観測したので、その成分も第1表に示した。前述の如き感度の制約から、観測された地震の震度は気象庁震度階でI、或いはそれよりやや小さい程度のものである。

IV. 近い地震の記録の特徴

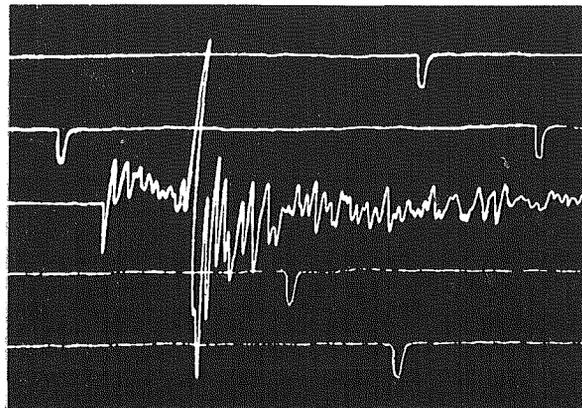
第1表に挙げた地震の記録を第4~14図に示す。所々に見られるパルス状のものは time mark であり、1分毎に1秒だけ0点を移動する方法を採った。地震 No. 1~9 の記録を見て直



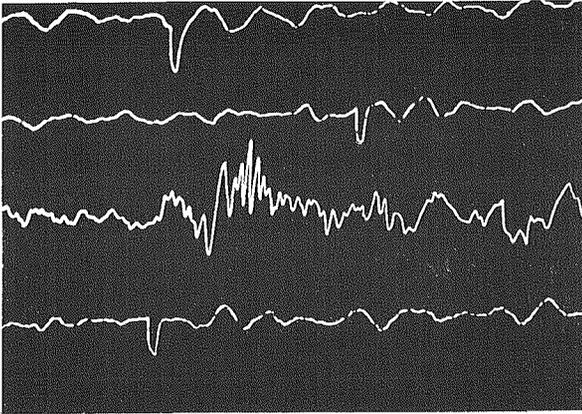
第 4 図 地震 No. 1 の記象
Fig. 4. Seismogram of earthquake No. 1.



第 5 図 地震 No. 2 の記象
Fig. 5. Seismogram of earthquake No. 2.

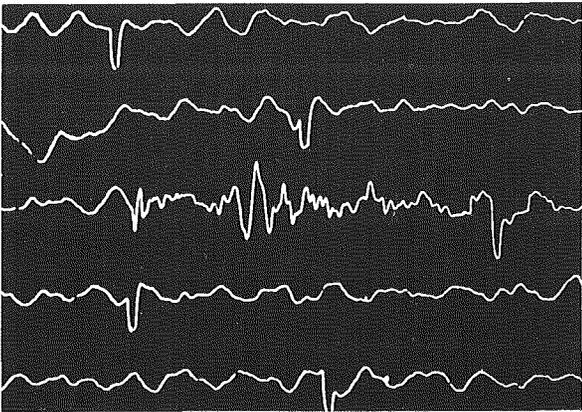


第 6 図 地震 No. 3 の記象
Fig. 6. Seismogram of earthquake No. 3.



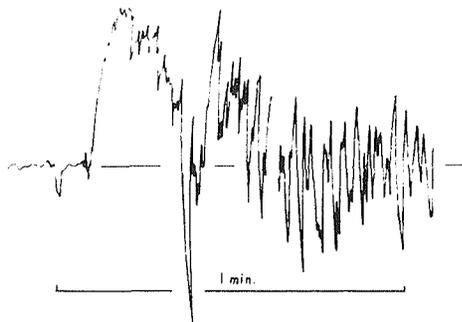
第7図 地震 No. 4 の記象

Fig. 7. Seismogram of earthquake No. 4.



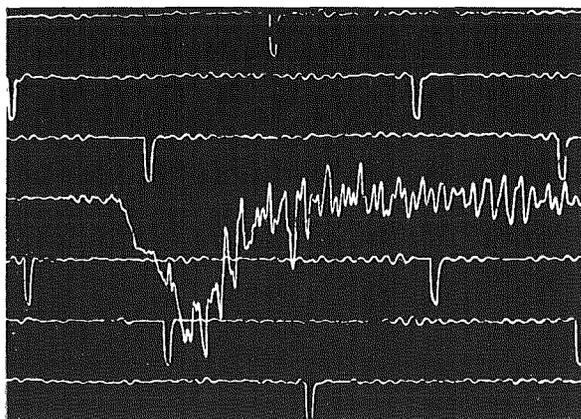
第8図 地震 No. 5 の記象

Fig. 8. Seismogram of earthquake No. 5.

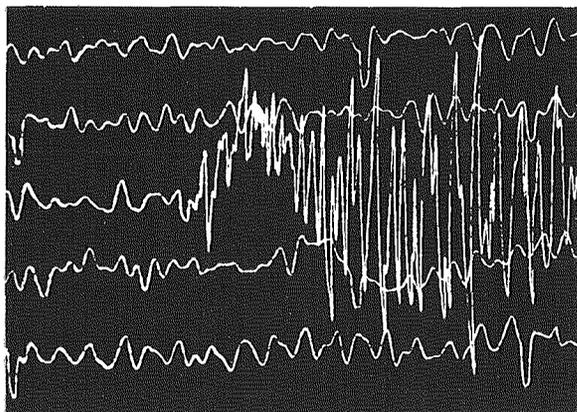


第9図 地震 No. 6 の記象

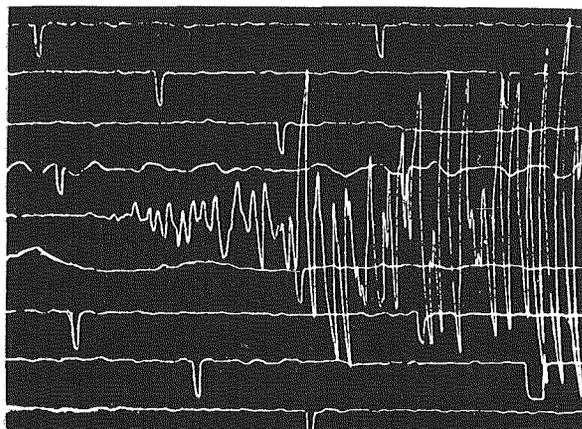
Fig. 9. Seismogram of earthquake No. 6.



第 10 図 地震 No. 7 の記象
Fig. 10. Seismogram of earthquake No. 7.



第 11 図 地震 No. 8 の記象
Fig. 11. Seismogram of earthquake No. 8.



第 12 図 地震 No. 9 の記象
Fig. 12. Seismogram of earthquake No. 9.

ちに解るように、P-S 時間の短い地震では、比較的単純な波形の長週期の振動が極めて卓越している。地震記象全体の様子はこの長週期振動に、週期数秒或いはそれ以下の短週期振動が重畳した形となっている。従って、この記録の信号を high-pass filter にかけるとか、或いは最初から短週期の地震計で記録していたとすれば、それは普通に見馴れた近地地震の記録となったであろうことは想像に難くない。

個々の記録を見ると、その長週期振動の現れ方にいろいろの型があるのが解る。例えば、No. 1 では P と同時に長週期成分は一方向に振幅が増し、S で大きな短週期振動と共に P 波部分とは逆の方向に長週期振動が始まっている如くに見える。この長週期振動は約 30 秒程度で終っており、その後は殆んど短週期振動のみとなっている。この様に、長週期振動を P 波と S 波の部分に分けて見る解釈が正しいかどうか、今の段階では決めかねるが、No. 3 もこれと同様の型を示している。また No. 2 を上述の如き解釈によつて見るならば、P 波と S 波の部分における長週期振動は同一方向であるため、見掛け上一山の大きな動きをしている形となっている。No. 7 もこれと同様な形を示しているが、長週期振動は P 波よりも数秒遅れている様にも見える。

No. 8 は内陸に起つた地震の例で、震源の深さは 115 km と発表されている。このような稍深発地震にも長週期振動が認められることは興味深い。しかしこの記録では S 波に関係があると思われる長週期振動を見出すことができない。

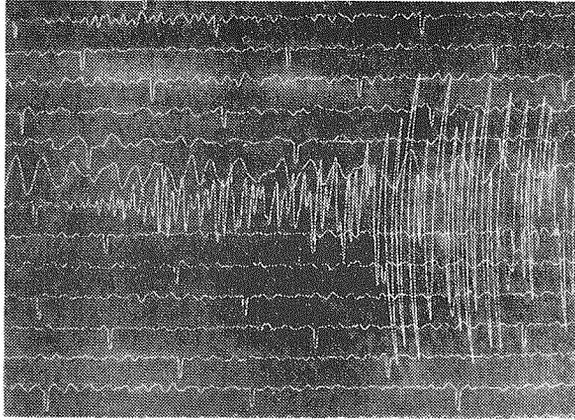
No. 4 は小さな地震で、感度を上げて観測したため脈動が重なりやや不明瞭であるが、長週期振動の型は No. 1 や No. 3 のものと同様であろう。No. 5 も No. 4 と同じ程度の地震であるが、前の諸例の如き長週期振動は顕著に現れていない。No. 9 はやや遠い地震の例であり、 SN 比は良好であるにもかかわらず、長週期振動は殆んど認められない。

V. 長週期振動の現れる条件

本論文に用いた資料はその数が少なく、未だ充分な事は言えぬが、第 1 表及び前節の記述からわかる如く、このような性質の長週期振動が顕著にあらわれるのは、P-S 時間が大体 20 s 以下の場合のようである。No. 9 に見られる如く、P-S 時間が 20 s 以上の場合は長週期振動は顕著にあらわれる事はない。1963 年 10 月 13 日のエトロフ島沖の地震の余震を、札幌において上述の計器によつて観測し、約 160 個の記録を得た。第 13 図に例示してある如く、これらの記録には長週期振動を顕著に含んだものは一つもなかった。この時の震央距離は約 700 km である。

P-S 時間が 20 s 以下で、長週期振動が顕著でないものはむしろ例外であつて、No. 5 はそれに相当する。然しこれは上下動一成分の観測であつたので、他の成分が如何であつたかは解らない。

このように、長週期振動が存在し、然もそれが顕著にあらわれるための必要条件として、“P-S 時間、すなわち震源距離にある制限がある。”ということは今回の観測から明らかになつ



第13図 エトロフ沖地震の余震の例

Fig. 13. One of aftershocks of the off Etorov earthquake.

た最も重要な結論である。また、この振動が水平動成分のみならず No. 4 の如く上下動成分にもあらわれ、No. 8 の如く稍深発地震にも現れたことも注目すべき事実である。

このP-S時間、または震央距離の条件は、magnitudeによってあるいは異なるかもしれぬが、この依存性を研究することは将来の課題である。今回の観測では第2図に示した感度の計器を使用したので、観測された地震の magnitude は4~5 のかなり狭い範囲内に限られている。これが、P-S時間約20s という条件と何等かの関連を生じたのかもしれない。

VI. 計器などの検討

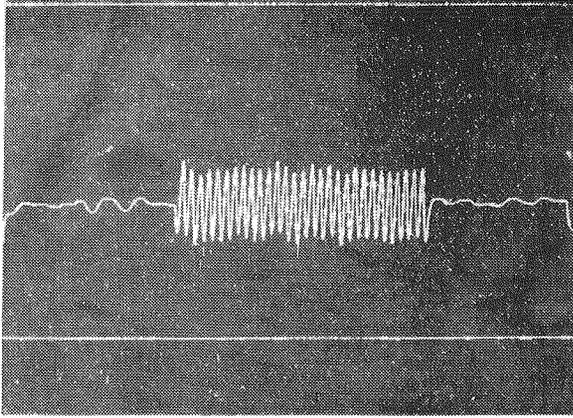
この振動の考察を更に進める前に、使用した計器などの検討をしておくことが望ましい。この振動が明らかに地動であって計器によって生じた見掛け上のものでない事を確かめるために、地震計を振動台³⁾にのせて励振するなど、種々の試験をした。

振子に電氣的な撃力を与えた時の計器全体の impulsive response の Fourier 変換は、加速度に対する感度の周波数特性と良い一致を示し、計器が広い周波数帯域にわたり良い応答を示すことを保証している。

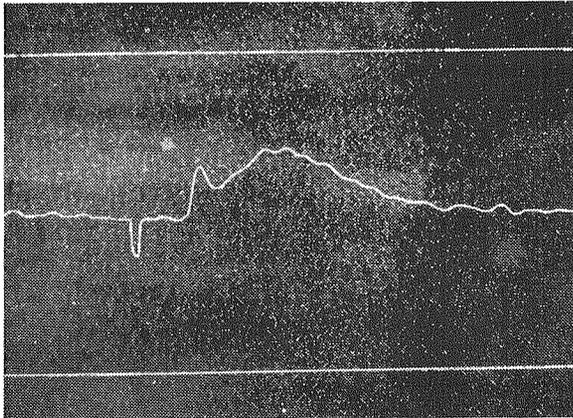
また有限長の正弦波電源で振動台を駆動した時の地震計の応答は、第14図に示される如く、出力に異常な長週期振動を生ずるようなことはない。ある時間から一定速度になるような変位で振動台を駆動した時の地震計の応答は第15図に示してある。これは観測された地震波計が如何なるものであるかを考えるのに役立つであろう。

今回観測した地震の震度は小さく、また地震計の設置には充分注意したので、短週期振動によって地震計がずって地面と相対的に動いたという可能性は全く考えられぬ。従って、長週期振動は測定の不完全さに起因するものではなく、地動として存在したものであることには疑

3) 田 望；地震観測用諸計器の試作，北大地球物理学研究報告，10 (1963)，143.



第14図 有限長正弦波に対するこの地震計の応答
 Fig. 14. Response of seismograph to limited sine wave train.



第15図 ある時間から一定速度になるような変位に対する応答
 Fig. 15. Response to displacement which has a constant velocity from its beginning.

う余地がない。また観測地点も、庶野と札幌では著しく地質構造が異なる。故に、この長週期振動は、短週期振動により二次的に局所的に生じたものとは考えられず、近い地震に固有な或る種の振動と思われる。

VII. 長週期振動についての事実と考察

以上述べた如く資料は多くないが、P-S時間が大体20s以下の地震では、殆んどすべての場合長週期振動が卓越することが明らかにされた。遠距離の地震では、それが殆んど認められない。これ以上に断定的な或いは定量的な結論を、今回の観測事実のみから導くことはできないが、この振動の性質に関し種々の可能性を考察しておくことは、将来研究を進める上に有益

なことであろう。

まず第一に、相当数の地震において、長週期振動の出現に P-S 時間の制限がある。このことから、同一の地震を種々の震央距離で観測した場合にも、或る震央距離内でのみ長週期振動が卓越するであろうことが想像される。そうであるとすれば、この振動が波動として伝播するものであるか否かに疑問が生じる。

もし、この長週期振動が波動として伝播するものとすれば、その減衰のしかたに問題がある。この様な長週期の波動に対し、震央距離の違いで甚だしくスペクトルを変えるような伝播の機構は考え難い。また、P 波とほぼ同時にあらわれるという伝播速度についても、明解な説明は難しい。

波動でない場合には、観測地点における strain や傾斜の変化が考えられるかもしれない。しかし、No. 4 の如く上下動成分にもこの振動が認められる事実を見ると、傾斜だけでは説明され得ないであろう。今のところ最も自然な解釈として、観測点における strain が地震に伴って release され、この事によって生じた単純な変位が、長週期振動として記録されたと考えられるかもしれぬ。しかし、それを究明するためには多点観測をして、長週期振動の地域的な分布状態を調べるとか、magnitude との関係性を調べる必要がある。このような長週期振動が、将来数多く観測される可能性がある事を考えると、この種の長週期振動は、震源域の研究に重要な役割を持つものと予想される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、助言や助力をされた、北海道大学田治米鏡二教授並びに堀田宏氏に感謝の意を表す。

尚、本研究には、昭和 38 年度文部省科学研究費の一部が用いられた。

4. Long Period Vibrations Observed in Records of Near-Earthquakes (Part I)

By Nozomu DEN and Toshikatsu YOSHII

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

In order to observe the long period vibration within short epicentral distances, a portable seismometer was fabricated which had a long natural period. Several near-earthquakes were observed with the seismometer at Shoya and Sapporo in Hokkaido.

When P-S times are shorter than about 20 seconds, long period vibrations are often seen on the seismograms which are illustrated by several figures. On the other hand, when P-S times are longer than about 20 seconds, those vibrations cannot be found.

Sometimes the long period vibration begins at the same time when P and S waves

reach, but sometimes it does several seconds later than the arrivals of them.

It is investigated from a few points of view why these long periods have been observed. It may be possible that any release of local strain would be occurred near the epicentre by an earthquake, though no definite conclusion has been obtained.