

25. 対数特性広振幅範囲電子地震計

地震研究所 松本英照

(昭和34年1月27日発表—昭和34年3月27日受理)

§ 1

我々が地震とよんでいるものは規模の点で相当ひろい範囲をもち、現在までに観測からえられた結果によると、 10^1 から 10^{25} -erg におよぶエネルギーをもつさまざまな地震が存在することがわかっている。そしてその地表にあたる地震動についても、これもまた加速度にして 10^{-6} から $8\sim 9\times 10^2$ gal の範囲、速度、変位にしても同様のひろい範囲にわたるのである。

これらの地震動を、記録上でふりきらせることなく完全な形で記録するためには、感度のちがう数種あるいはそれ以上の地震計を併用して観測しなければならない。そして実際に、現在の地震観測所でも何種類かの地震計を併用してはいるが、これらは感度とともにその周波数特性もまたことなっているのが普通である。

もちろん、これら数種の地震計の感度だけをちがえて周波数特性は同一にしたものを使用することも不可能ではないが、現実には感度のちがう地震計相互では周波数特性もおおのずからちがってくるからおおく、地震を統計的に処理する場合には感度の換算が繁雑で手数がかかり、しかも誤差を生じやすい。

そこで、もしひとつの地震計が数種の地震計に対応する感度を全部そなえているならば、前述の不便さがさけられ、ことからは非常に簡単になり、設置や保守の点でも大変有利で経済的である。特に余震観測等のような強弱さまざまな地震動を記録する臨時観測にはいろいろな利点を発揮するものとおもわれる。

それで筆者はひとつの記録中にできるだけひろい範囲の強弱の地震動を記録できる地震計をかんがえることにした。

ひとつのきまつた記録振幅範囲のなかに広範囲の感度をおさめるのは、振幅のレベル特性に圧縮特性をもたせるということであるが、その圧縮特性になにか意義のある関係をもたせたいため、マグニチュードやその他いろいろ地震の大きさをかんがえるときに記録振幅の対数がおおくもちいられているので、対数特性をもたせることにした。

この結果、普通の地震計ではよみとり上 $1\sim 30$ mm、約 30 倍の振幅範囲しかもてないものが、 $1\sim 10^4$ mm 相当、約 1 万倍の振幅範囲を記録できることになった。

この程度の範囲がとれば、この装置を余震観測等に使用して微小地震から震度 IV 程度までの地震動をひとつの地震記象中に同一の特性で記録することができるので、地震の活動状況をしらべるために大変便利であるとおもわれる。

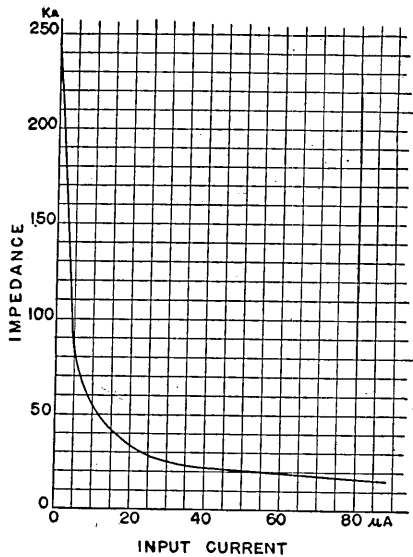


Fig. 1 Static characteristic of counter resistor which was used in the amplifier as N1, N2, N3.

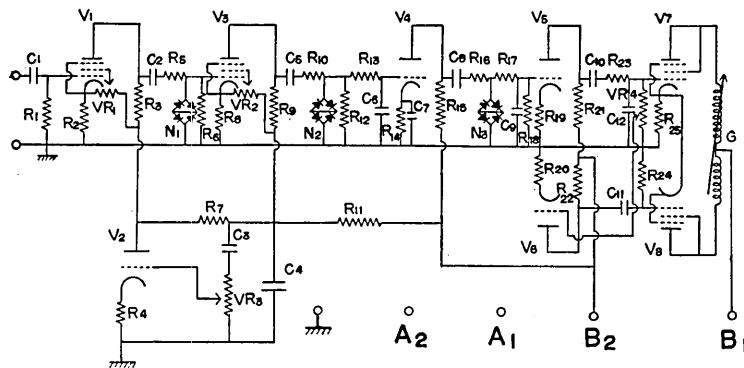
1959年1月この装置を使用し、筑波山支所において観測をこころみたが、一応初期の目的を満足することがわかつたので、簡単に報告する。

§ 2

この装置は電磁型換振器，増幅器，ペンがき検流器から構成されている。

増幅器は本装置の特性の主体をなすもので、5段の容量抵抗結合増幅器である。圧縮特性をもたせるために第1，第2，第3段間に抵抗とくみあわせた亜酸化銅整流器網をもっている。

亜酸化銅整流器には Fig. 1 のような逆抵抗の性質があり，本器はその抵抗変化の顕著な部分の性質を固定抵抗と結合した分圧器として利用し，圧縮特性をもたせたものである。かかる圧縮器網は極超低周波用に筆者が特に考案したもので，1段あたりの圧縮率がたかくとれない



V ₁ , V ₃ .	6SJ7.	R ₂₅ .	210 Ω.
V ₂ , V ₄ , V ₅ , V ₆ .	1/2 6SN7.	VR ₁ , VR ₂ .	50 KΩ.
V ₇ , V ₈ .	6F6.	VR ₃ , VR ₄ .	500 KΩ.
R ₁ , R ₆ , R ₁₂ , R ₁₈ , R ₂₁ .	500 KΩ.	C ₁ , C ₂ , C ₅ , C ₈ , C ₁₀ , C ₁₁ .	1 μF.
R ₂ , R ₈ .	1 KΩ.	C ₃ .	2 μF.
R ₃ , R ₉ .	250 KΩ.	C ₄ .	20 μF.
R ₄ , R ₁₄ , R ₁₉ , R ₂₀ .	2 KΩ.	C ₆ , C ₉ .	0.25 μF.
R ₅ , R ₁₀ , R ₁₅ , R ₁₆ .		C ₇ .	10 μF.
R ₂₁ , R ₂₂ , R ₂₃ .	100 KΩ.	C ₁₂ .	0.1 μF.
R ₇ , R ₁₁ .	3 KΩ.	N ₁ , N ₂ , N ₃ .	Oxide copper rectifier network.
R ₁₃ , R ₁₇ .	300 KΩ.		

Fig. 2 Circuit of the amplifier, for logarithmic wide amplitude range seismograph.

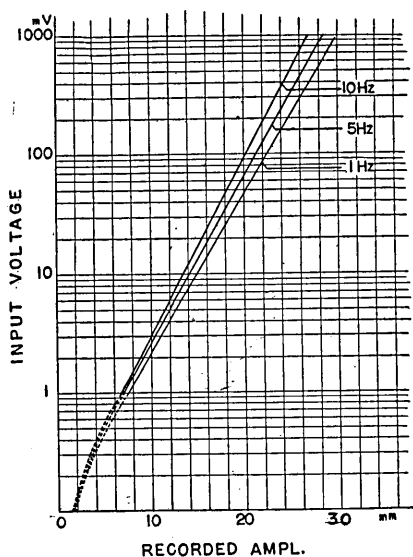


Fig. 3 Suppression character of the amplifier.

ので3段に挿入することになった。増幅器の配線図および圧縮特性を Fig. 2, 3, 4 にしめす。

換振器は地震研究所技術部製可動線輪型換振器で、検流器は三栄測器製のものを使用した。これらの特性を Fig. 5, 6 図にしめす。

以上、個々の特性についてのべてきたが、これらを総合して地震計としてのはたらきをみると、Fig. 7 にしめすように周波数特性が平坦でない。

おそい記録紙速度の記録では、周期がよみとれないので、振幅の大小がいかなる周波数に対応する地動を表現するかわからず、補正がきかないから地震計の機能として不満足である。かかる不都合は増幅器の特性を改善すればよいのではあるが、換振器をとりかえて使用することもあるので換振器の特性を平坦化して増幅器にあたえることにした。対象とする地震動の周波数を 1~10 c/s として、この範囲を平坦化することにしたが、完全に平坦化するには相当感度をさげることになる。適当な感度を保持するために、周波数特性の起伏を若干は許容することにして、Fig. 8 のような特性をもつ等化器を換振器の出力に挿入したが、その結果増幅器入力として Fig. 9 のようなものがえられた。

この等化器により平坦化された入力を増幅器にみちびき、地動の速度を変化させると、Fig. 10 のような速度に対するレベル特性がえられる。一応速度の対数と記録振幅とのあ

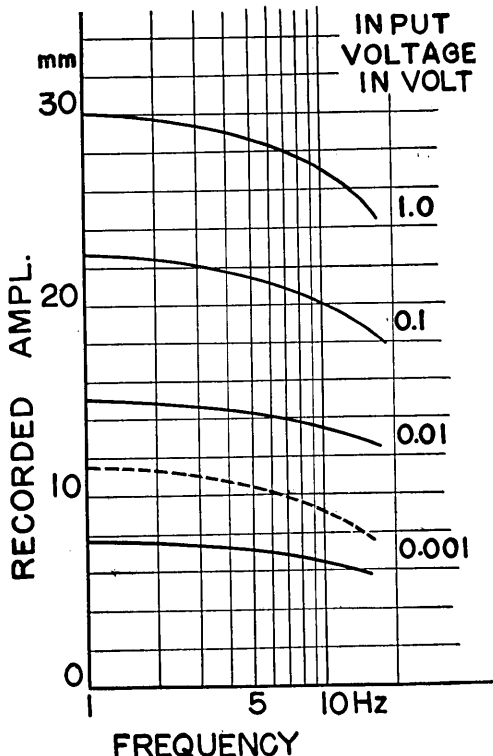
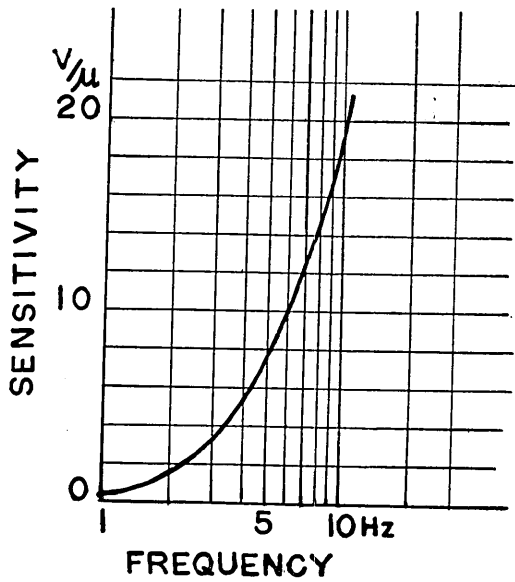
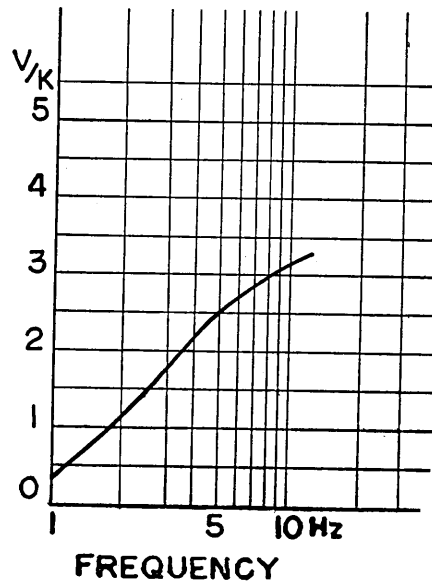


Fig. 4 Frequency characteristic of the amplifier. (Voltage level-amplitude) Solid lines indicate characteristic of the logarithmic amplifier and dotted line indicates characteristic of ordinary one, used for comparison.

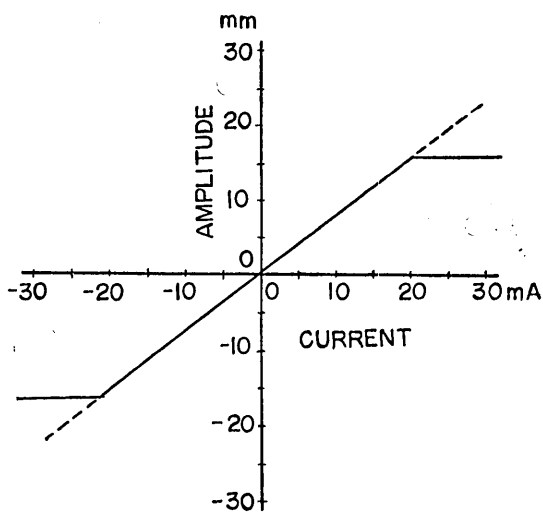


a Frequency characteristic of the transducer (Displacement).

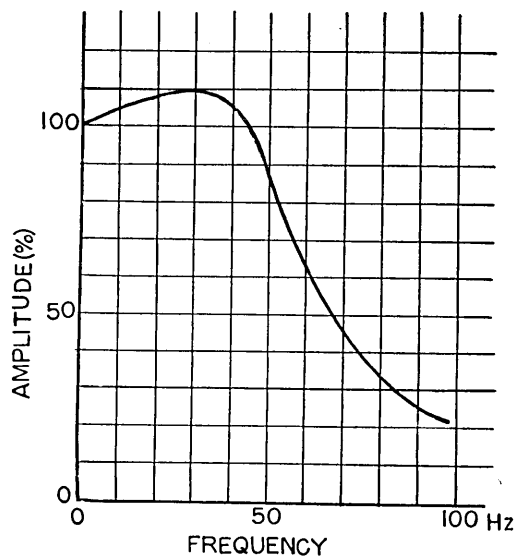


b Frequency characteristic of the transducer (Velocity).

Fig. 5



a Sensitivity characteristic of the galvanometer.



b Frequency characteristic of the galvanometer.

Fig. 6

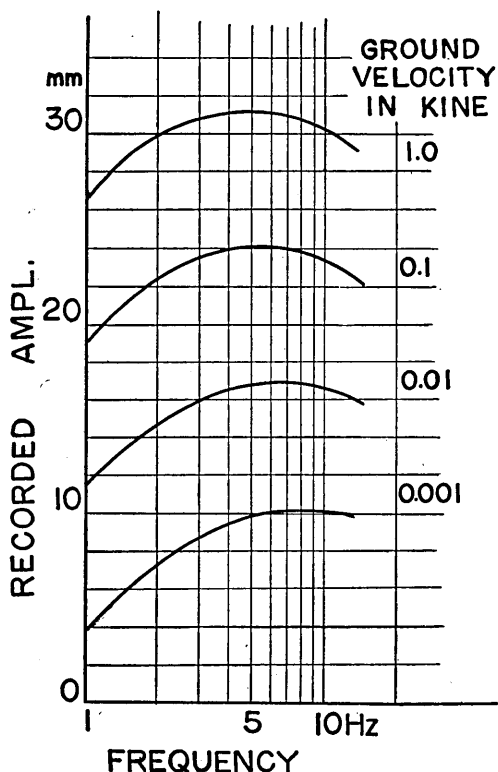


Fig. 7 Frequency characteristic of unequalized seismograph.

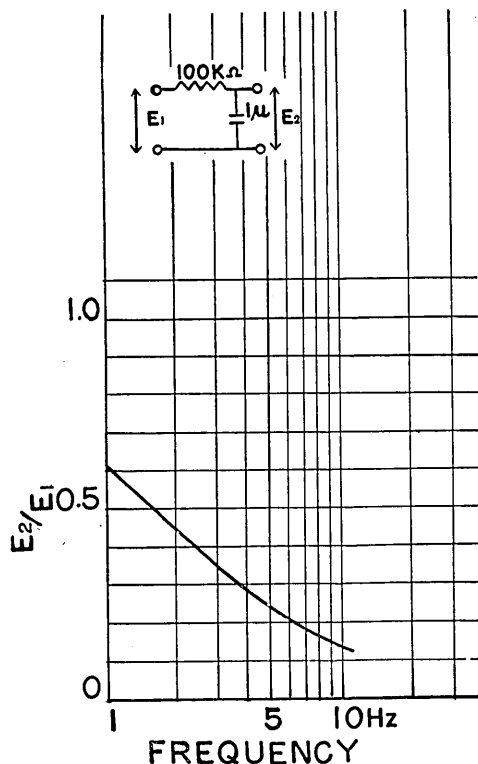


Fig. 8 Frequency characteristic of the equalizer.

いだには比例関係が成立している。

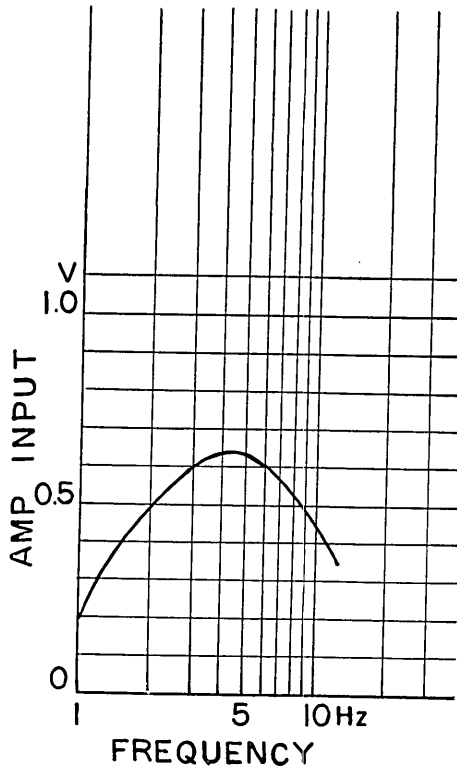
装置の特性を実際の地震観測でしらべるために 1959 年 1 月筑波山支所で観測を実施した結果、Fig. 11 の整理結果がえられた。記録の実例を Fig. 12, Fig. 13 にしめた。

比較に使用した増幅器とこの装置の増幅器の周波数特性は 1 mV 入力時には Fig. 6 破線と直下の実線の特性をもつものでもほとんど同一のものである。これら増幅器の周波数特性が同一で Fig. 11 の結果をえたということはこの装置が対数振幅特性をもっていることを意味し、較正曲線からのずれはおそい記録紙速度による位相の対応誤差、あるいは較正曲線の周波数偏差等から説明できる範囲にあるので問題はない。比較にもちいた増幅器の感度範囲の制限のため、破線の部分では当然点はえられないわけであるが、実際には観測期間中にそのようなつよい地震動をあたえる地震はなかつた。

§ 3

この装置を試作した最初の目的は

- i) 記録できる振幅の範囲をひろげること。
- ii) 振幅に対数特性をもたせること。



(Ground velocity 1 milli-kine constant.)

Fig. 9 Frequency characteristic of equalized transducer output.

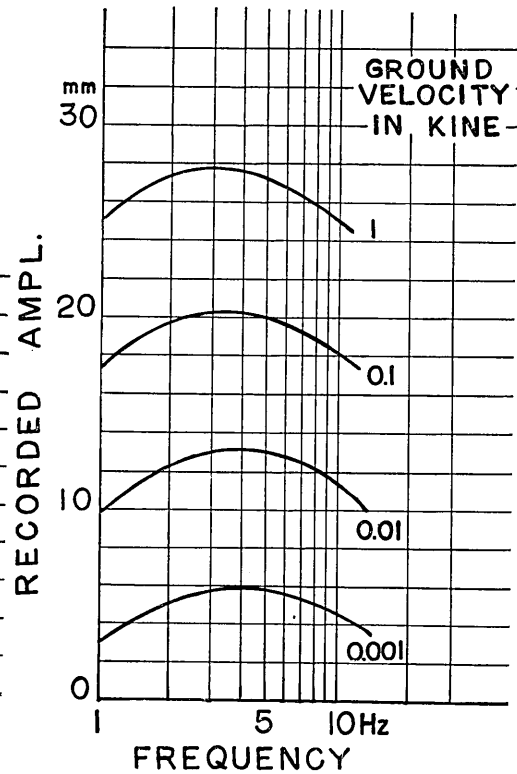


Fig. 10 Frequency characteristic of equalized seismograph.

この2点にあつたが、以上の結果からほぼこの目的は達成した。しかしながら、この装置でさらに厳密な定量的な測定をすることも希望されるので、周波数特性が、さらに平坦化されることがのぞましい。このことは換振器と増幅器両方で、今後の課題とすべき事項であるが、ちかい将来には任意の周波数帯を任意の振幅範囲、任意の感度で観測できるような完成されたものにしたとおもっている。

この研究に関し宮村研究室主任の御援助と御指導をふかく感謝する。また観測にあたり種々御協力をえた筑波山支所渡辺正雄技官に感謝する。

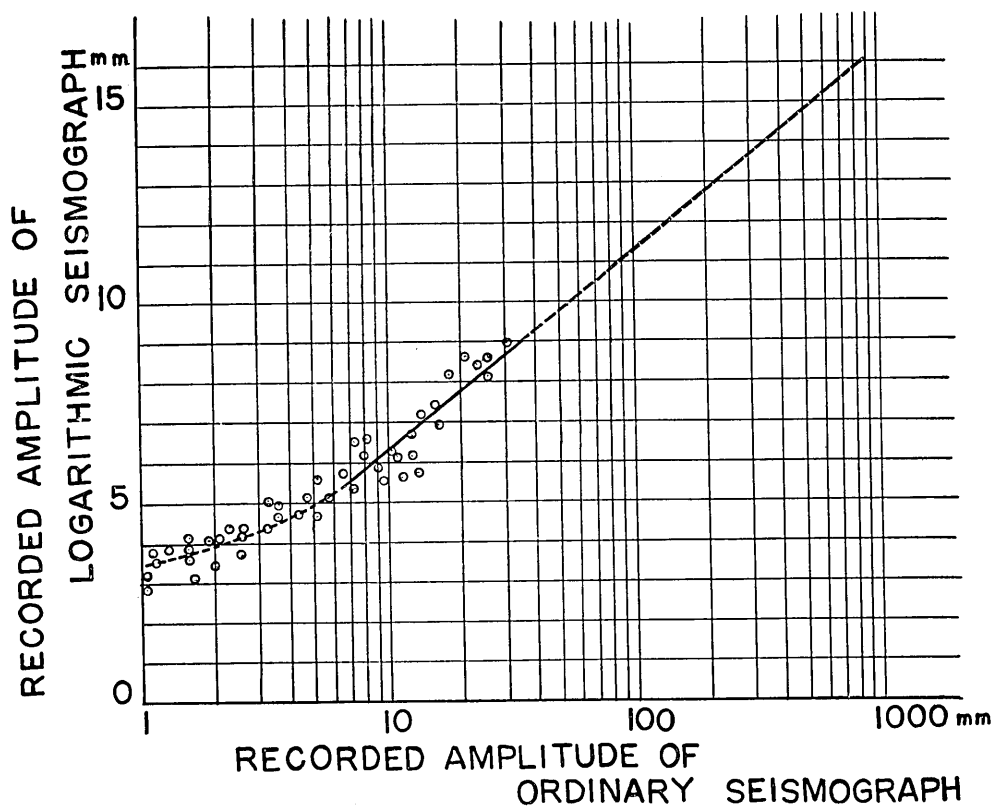


Fig. 11 Comparison of amplitudes recorded by the logarithmic and ordinary amplifiers.

25. *Logarithmic Wide Amplitude Range Electronic Seismograph.*

By Hideteru MATUMOTO,
Earthquake Research Institute.

A logarithmic wide amplitude range seismograph was designed and constructed, in order to remove a defect of the ordinary seismograph which can record only earthquake motion of very limited intensity range. Namely, the ordinary seismograph of high sensitivity too often reaches its limited full amplitude range in the seismic observation.

But we can extend the amplitude range by making use of a suppression character in the amplifier circuit. For this purpose the author adopted the logarithmic character which is very often utilized in the analysis of seismic observation. And the recording amplitude range was extended 300 times to that of the ordinary seismograph in the same limited amplitude of 30 mm.

In order to get the logarithmic suppression, the author put potentiometers which are composed of a resistor and a network with four oxide copper rectifier elements in the amplifier circuit. Needless to say, the oxide copper has a counter resistor character shown in Fig. 1.

Making use of this character, the potentiometer gives suppression for the input voltage, but it is not so sharp to get enough suppression for logarithmic character. So the author put this potentiometer in the circuit at three stages. Thus the character of the amplifier as shown in Fig. 3 and Fig. 4 was obtained by the circuit shown in Fig. 2.

Fig. 5 and Fig. 6 indicate the characteristics of the transducer and the galvanometer used.

Overall character of the seismograph is illustrated in Fig. 7.

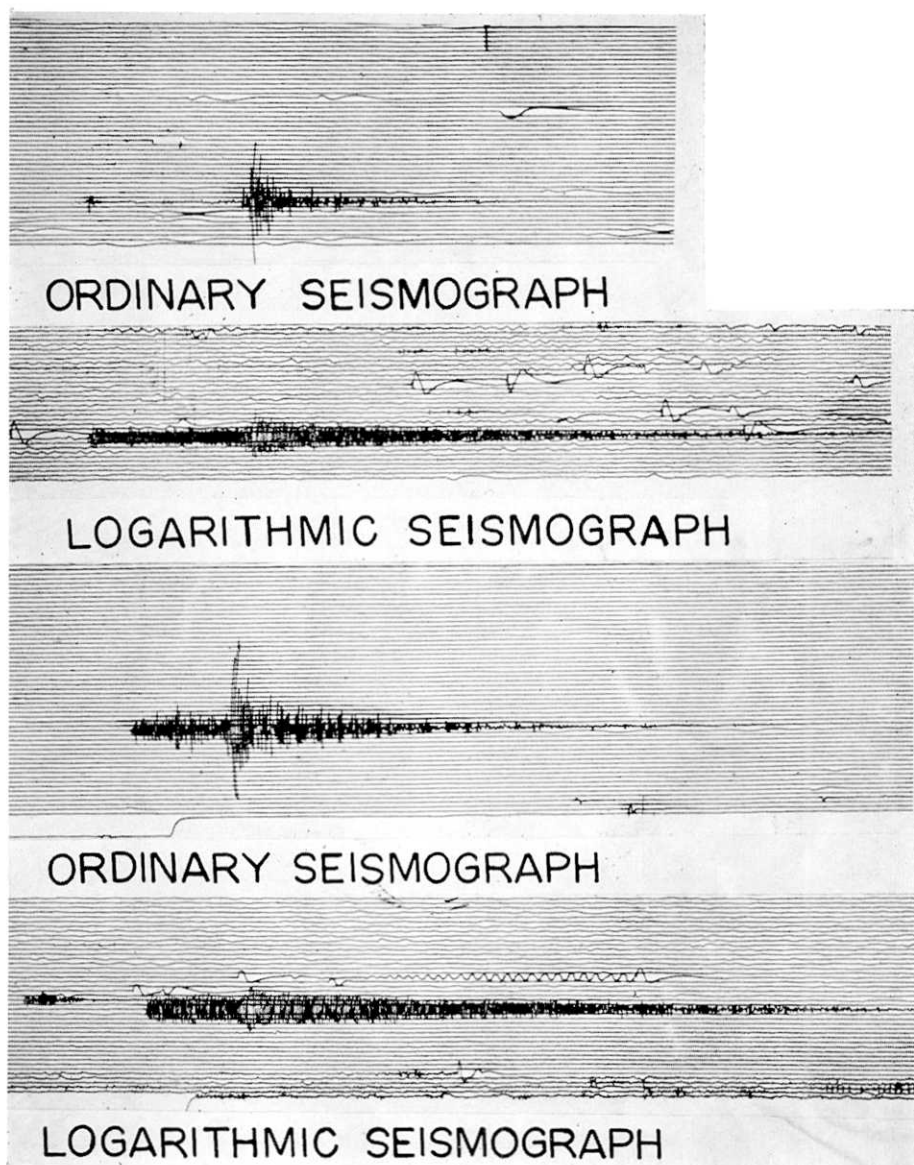
For the observation work of high accuracy, this character is not yet satisfactory, so we introduce a device to equalize the character by a simple network as seen in Fig. 8.

Fig. 9 shows the input voltage of the amplifier, when the equalizer is put between the transducer and the amplifier.

Through these processes, a satisfactory velocity-frequency characteristic as seen in Fig. 10 was obtained, and it was verified by an experimental observation executed at Tukuba in Jan. 1959, using the logarithmic and ordinary seismographs.

Recorded amplitude of corresponding waves by the two seismographs are compared in Fig. 11, which clearly shows the satisfactory character.

Reproductions in Fig. 11 and Fig. 12 indicate the seismograms obtained by the two seismographs with a common transducer.



（震研彙報 第三十七号 図版 松本）

Fig. 12 Example of seismograms recorded at Tukuba by logarithmic amplifier and ordinary amplifier having characters as seen in Fig. 4.

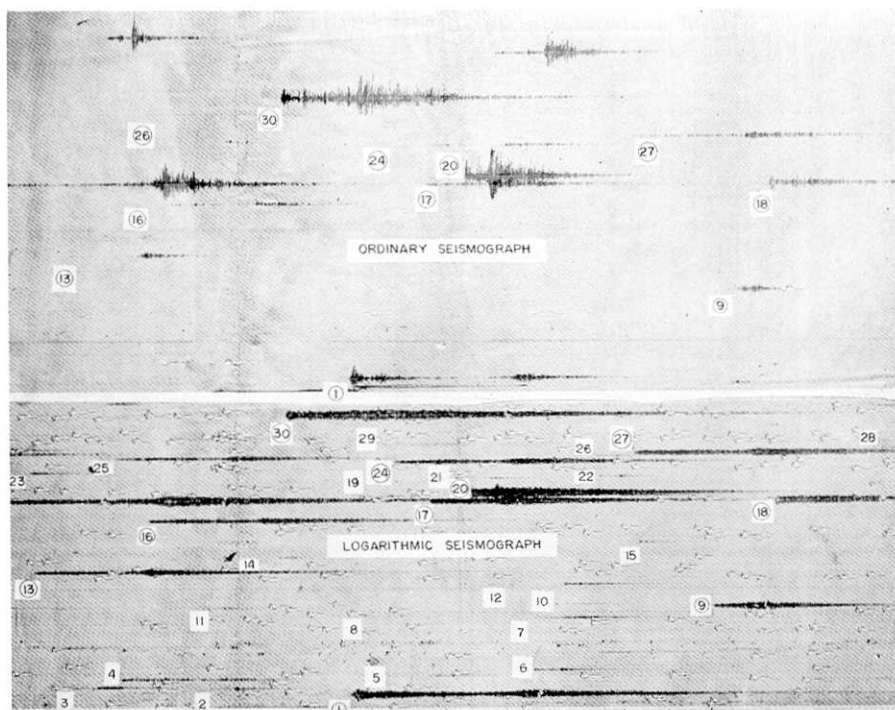


Fig. 13 Example of seismograms recorded at Tukuha by logarithmic amplifier and ordinary amplifier with characters shown in Fig. 4.