

24. 全商用交流電源簡易電子地震計

地震研究所 松本英照

(昭和31年12月18日発表—昭和34年3月27日受理)

§ 1.

微小地震を局地的に観測してその発震時や初期微動継続時間等を正確に記録し、その資料の解析をするならばわれわれは地震について未知の複雑な問題をとくいとぐちをうる事ができるとかんがえられる。

この目的でわれわれは1952年来和歌山地方で10数点の臨時観測点や7点の委託常時観測点をもうけ観測を実施してきた。

この経験により、よい地震記象を有効にかつかずおおくるためには、

- i) 感度が適当にたかいこと。
- ii) 取扱が簡単で故障がすくないこと。
- iii) 周波数範囲が適当であること。

この3点の条件をそなえた地震計を使用することが必要であることを痛感した。

ところがいままでに委託用に使用してきた石本式加速度計 ($V = 200$, $T_0 = 0.51$) では ii) を満足するだけで、和歌山地方の局地的微小地震観測に、短期間では充分よい資料をあたえてくれない。

そこで筆者はこの3条件をそなえ、しかも製作費、維持費が経済的で輸送、設置にも便利な地震計を設計することにした。

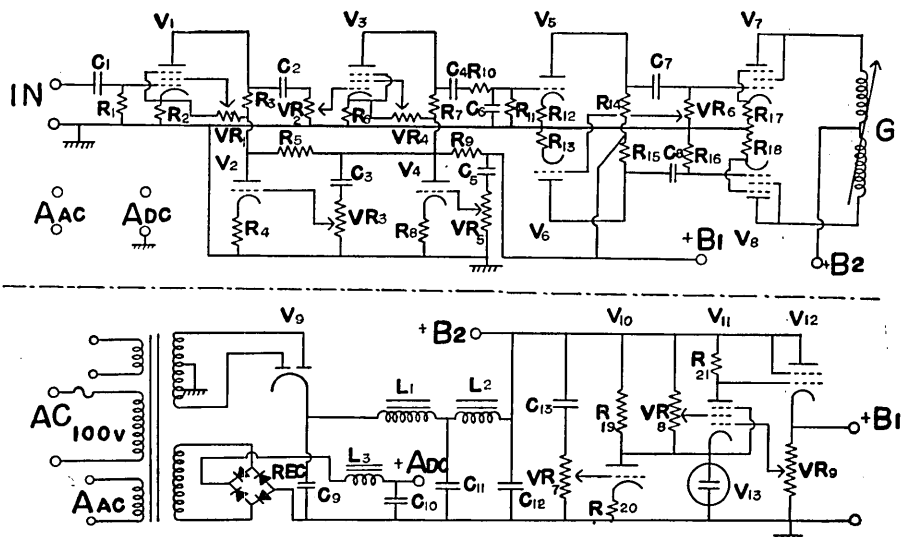
i), iii) の条件を満足する地震計は、光学記録方式のものでいろいろな型式のものがあるが、これらには委託用として、経済的にも、とりあつかいの点でも充分満足できるような地震計はないので、設置場所の制約もすくなく設置、操作の容易な可動線輪型換振器—増幅器—インクがきオッシュログラフを結合したいわゆる電子地震計をえらぶことにした。

§ 2.

この装置の換振器は本所技術部製可動線輪型換振器 (自己振動数3 Hz, 出力約3 Volts/kine) を利用し、ペンがきオッシュログラフは三栄測器社製のペンがき検流器をもちい、これらに適合した増幅器を設計することにした。

この増幅器は ii) の条件を満足させるために、電源を全部商用交流で供給することを設計の第1方針とした。

このために安定度、感度、球数におのずから限度ができたが、これらの点については、いろいろ実験をして最良の条件をもとめた。



V ₁ , V ₃ , V ₁₁ .	6 SJ 7	R ₁₇ , R ₁₈ .	420 Ω.
V ₂ , V ₄ , V ₅ , V ₆ .	½6 SN 7	R ₁₉ .	30 K Ω.
V ₇ , V ₈ .	6F6.	R ₂₁ .	1 M Ω.
V ₉ .	5Z3.	VR ₁ , VR ₄ , VR ₈ .	50 K Ω.
V ₁₀ .	6J5.	VR ₂ , VR ₃ , VR ₅ , VR ₆ , VR ₇ .	500 K Ω.
V ₁₂ .	6L6.	VR ₉ .	100 K Ω.
V ₁₃ .	VRA 65/80	C ₁ , C ₂ , C ₄ , C ₇ , C ₈ .	1 μF.
R ₁ , R ₁₁ , R ₁₆ .	500 K Ω	C ₃ , C ₅ , C ₁₃ .	2 μF.
R ₂ , R ₆ .	1 K Ω.	C ₆ .	0.2 μF.
R ₃ , R ₇ .	250 K Ω.	C ₉ , C ₁₁ .	20 μF.
R ₄ , R ₈ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₂₀ .	2 K Ω.	C ₁₂ .	40 μF.
R ₅ , R ₉ .	3 K Ω.	C ₁₀ .	1000 μF.
R ₁₀ .	300 K Ω.	L ₁ , L ₂ .	20 H.
R ₁₄ , R ₁₅ .	100 K Ω.	L ₃ .	0.5 H.

Fig. 1 Circuit of HFSA (M-1).

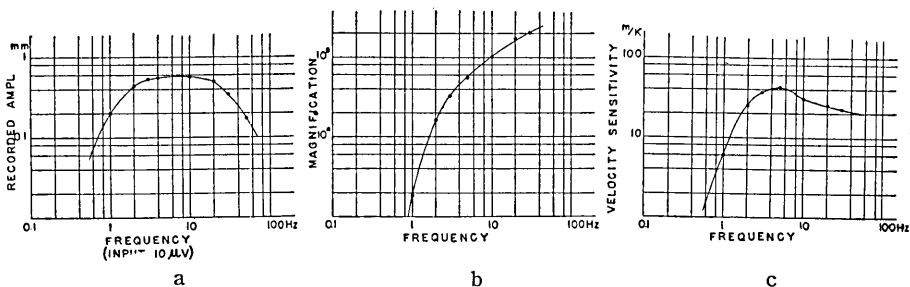


Fig. 2 a Frequency Characteristic of HFSA (M-1).
 b Frequency Characteristic of a Seismograph with HFSA (M-1) (Displacement).
 c Frequency Characteristic of a Seismograph with HFSA (M-1) (Velocity).

設計した増幅器はひとつは高周波用、他は中間周波用であつて、前者を HFSA (M-1)、後者を MFSA (M-2) と名づけた*。

HFSA (M-1) は地震活動の中心部附近とおもわれる観測点用につくつた増幅器で、ヒラメントを交流加熱する増幅器としては、この感度が安定にはたらく最高限度で、重量は比較的かるく輸送に便利な点と、球数がすくないため保守面で経済的であるばかりでなく故障がすくない利点はあるが、周波数特性は範囲がせまく、そのために使用範囲も限定される。なお第1図にしめす配線図のように、整流平滑した電源でヒラメントを加熱すれば交流電圧変動のはげしい地域でも増幅器は安定に動作するが、交流直接加熱では若干安定度が低下するので条件がゆるすならばヒラメント用整流平滑装置はくみこむことがのぞましい。この増幅器の配線図および特性を第1図と第2図にしめす。

MFSA (M-2) は地震活動の中心部から数十軒以上はなれた観測点用につくつた増幅器でヒラメントは整流平滑した直流で加熱している。

この増幅器の配線図および特性を第3, 4, 5図と第6図にしめす。

なお、このばあいには換振器は出力を平坦化して使用周波数範囲をひろげるために出力端子に $1\mu F$ のコンデンサーを並列につないで使用している。

MFSA (M-2) は HFSA (M-1) にくらべ使用真空管数も使用電力もおおいので感度・安定度・周波数特性は良好であるが、実際使用の経験では使用条件の難点として使用電力のおおいことによる経済的制約および真空管の消耗による故障が (M-1) より増加したことが判明している。

§ 3.

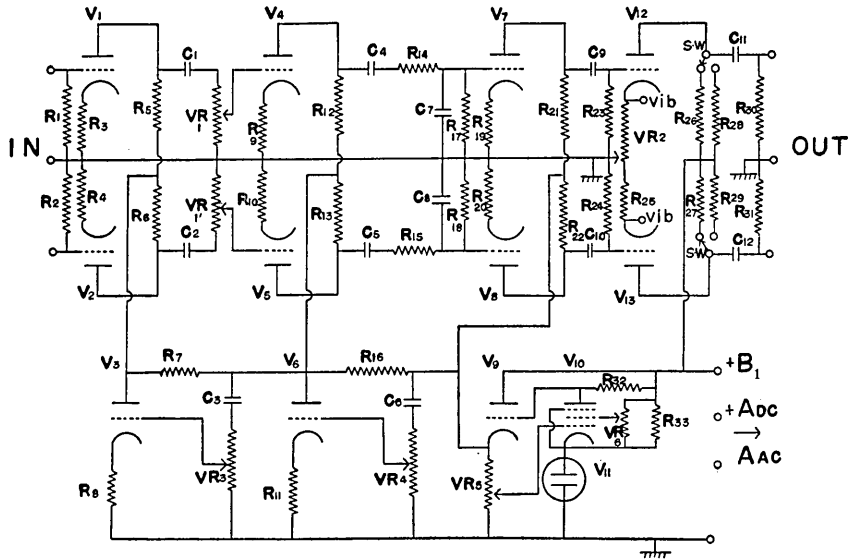
以上これら2種の増幅器は既存の換振器・検流器を利用し地震計を構成するように設計したので特性は換振器・検流器の特性に左右され要求を充分満足することができなかつたが、製作してから現在まで約3年間紀伊半島各地の高等学校乃至発電所堰堤事務所数箇所にて委託観測をおこない、一応連続使用にたえ有効な記録を観測できることが判明したのでこの装置を報告する。

この装置を使用してえられた記録の実例を第7図にしめす。

今後これら増幅器に対する課題としてはより一層の安定度、耐久度の増加があるが、真空管自体に寿命や安定度、耐久度の問題があるので、この点を真空管寿命の統計的算出にもとづく真空管の早期交換あるいは真空管劣化の表示回路の採用による故障の早期発見ならびに防止の方法をこうずるか、または高信頼度のトランジスターが実用されるようになればこれを使用することによりこの課題を解決するつもりである。

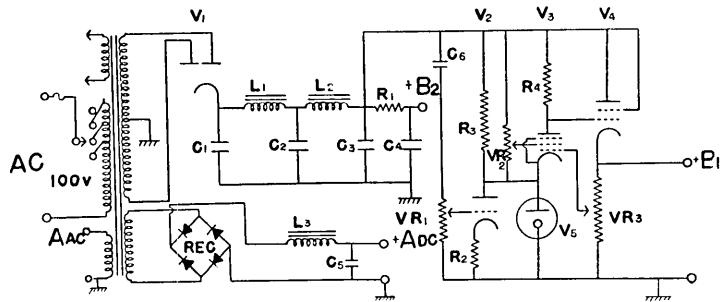
しかし、現在わがくには真空管を使用した正規の連続観測はなく、真空管回路を採用

* 高周波用 HFSA (M-1) は High Frequency Type Seismic Amplifier (Matumoto's No. 1)、中間周波用 MFSA (M-2) は Medium Frequency Type Seismic Amplifier (Matumoto's No. 2) の意味で地震周波数 (Seismic Frequency) においては $0.03\sim 0.3$ c/s を Low Frequency、 $0.3\sim 3$ c/s を Medium Frequency、 $3.0\sim 30$ c/s (ELF) を High Frequency とよぶことにした。



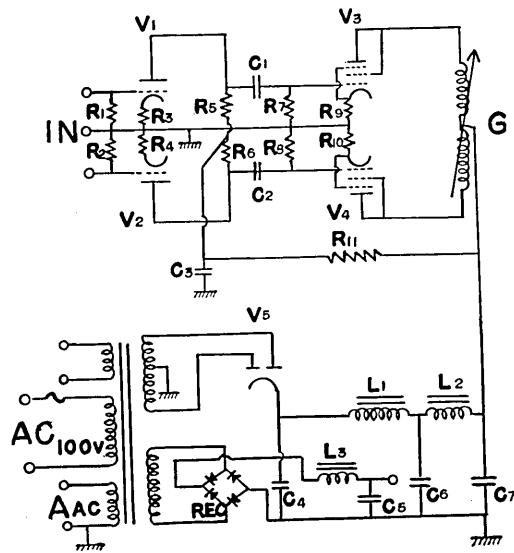
V ₁ , V ₂ , V ₄ , V ₅ , V ₇ , V ₈ .	6SL7.	R ₂₈ , R ₂₉ .	1 K Ω.
V ₃ , V ₆ , V ₁₂ , V ₁₃ .	6SN7.	R ₃₂ .	1 M Ω.
V ₉ .	6J5	R ₃₃ .	30 K Ω.
V ₁₀ .	6SJ7.	C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ , C ₅ , C ₆ .	
V ₁₁ .	VRA 65/80	C ₉ , C ₁₀ , C ₁₁ , C ₁₂ .	2 μF.
R ₁ , R ₂ , R ₁₇ , R ₁₈ , R ₂₃ , R ₂₄ .		C ₇ , C ₈ .	0.5 μF.
R ₃₀ , R ₃₁ .	500 K Ω.	VR ₁ , VR ₃ , VR ₄ .	500 K Ω.
R ₃ , R ₄ , R ₉ , R ₁₀ , R ₁₉ , R ₂₀ .	5 K Ω.	VR ₂ .	3 K Ω.
R ₅ , R ₆ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₂₁ , R ₂₂ .	250 K Ω.	VR ₅ .	100 K Ω.
R ₇ , R ₁₆ .	3 K Ω.	VR ₆ .	50 K Ω.
R ₈ , R ₁₁ , R ₂₅ .	2 K Ω.	vib.	Vibrator Out put.
R ₁₄ , R ₁₅ .	300 K Ω.	S. W.	Vib-Galva Switch.
R ₂₆ , R ₂₇ .	100 K Ω.		

Fig. 3 Circuit of MFSA (M-2), Main Amplifier Part.



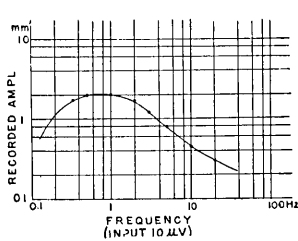
V ₁ 5Z3.	R ₂ 2 K Ω.	C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ .	20 μF.
V ₂ 6J5.	R ₃ 30 K Ω.	C ₅ .	1000 μF.
V ₃ 6SJ7.	R ₄ 1 M Ω.	C ₆ .	2 μF.
V ₄ 6L6.	VR ₁ 500 K Ω.	L ₁ , L ₂ .	20 H.
V ₅ VRA 65/80.	VR ₂ 50 K Ω.	L ₃ .	0.5 H.
R ₁ 1 K Ω.	VR ₃ 100 K Ω.		

Fig. 4 Circuit of MFSA (M-2), Power Source Part.

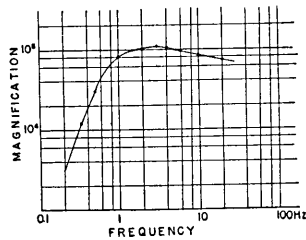


V ₁ , V ₂ .	1/2 6SN7.	R ₁₁ .	50 K Ω .
V ₃ , V ₄ .	6F6.	C ₁ , C ₂ .	2 μ F.
V ₅ .	5Z3.	C ₃ , C ₄ .	10 μ F.
R ₁ , R ₂ , R ₇ , R ₈ .	500 K Ω .	C ₅ .	1000 μ F.
R ₃ , R ₄ .	2 K Ω .	C ₆ , C ₇ .	20 μ F.
R ₅ , R ₆ .	100 K Ω .	L ₁ , L ₂ .	20 H.
R ₉ , R ₁₀ .	420 Ω .	L ₃ .	0.5 H.

Fig. 5 Circuit of MFSA (M-2), Recorder Part.



a



b

Fig. 6 a Frequency Characteristic of MFSA (M-2).
 b Frequency Characteristic of a Seimograph with MFSA (M-2), (Displacement).

して長期間観測が有効に実施できるかどうかという点に疑問がもたれていたが、この装置といままでの観測結果はこの問題に一応の回答をあたえることができたのではなからうかとおもう。

おわりに種々御指導をえた宮村研究室主任、観測を担当された三重県立飯南高等学校教

論朝倉一昭氏はじめ生徒諸氏，地震研究所和歌山観測所今村久氏，和歌山県古座町和歌山県営七川堰堤事務所原敏勝氏，和歌山県竜神村関西電力甲斐の川堰堤山口竜次郎氏に感謝する。

*24. Simple Electronic Seismographs supplied only
with Commercial A. C. Source.*

By Hideteru MATUMOTO,
Earthquake Research Institute.

Two types of simple electronic seismographs were designed and constructed in order to increase the efficiency of observation for local earthquake study.

One of the seismographs is named HFSA (M-1)*, which will be utilized for the observation of extremely near shocks ($d < ca. 20$ Km). The circuit is shown in Fig. 1, and the characteristics are seen in Fig. 2.

The other one is named MFSA (M-2)*, which must be utilized for the observation of ordinary near shocks. The circuits and the characteristics are shown in Fig. 3, 4, 5, and Fig. 6.

The circuits were designed so as to keep the seismograph in stable condition by non-specialist observers.

Since 1955, they have been used to record the small earthquakes at a few stations in Kii Peninsula. i.e. Kayumi, Waka-ura, Kainokawa and Sitikawa.

Examples of seismograms including several kinds of small earthquakes which can be recorded only by a high sensitive seismograph are reproduced in Fig. 7.

They have been operated continuously without trouble by high school pupils or electric power station staff, and thus we conclude that such electronic seismographs having several stages of valve circuit fed by commercial A.C. only, are usable in routine operation.

* cf. footnote on p. 377.

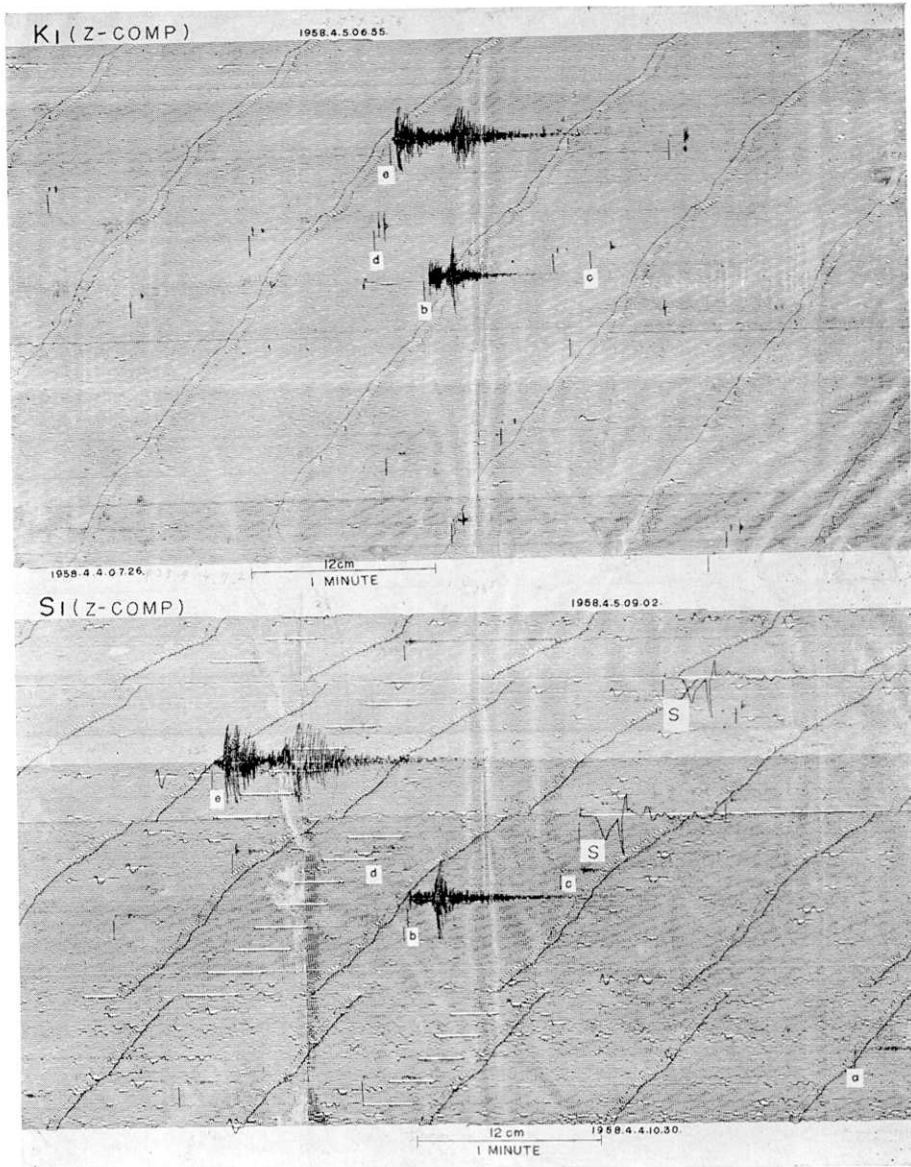


Fig. 7a Example of seismograms at Kainokawa (K 1) and Sitikawa* (S 1), recorded by HFSA (M-1) and MFSA (M-2) respectively on April 4-5, 1958.

Earthquakes are indicated by arrows, of which followings are identified at both stations. (a at Kainokawa is trace)

- | | | | | | |
|---|------------|-----|----------|-------|---|
| a | Intensity. | (0) | 4d13h13m | (JST) | { Local shocks not recorded by
J. M. A. station
From Western Part of Kainokawa. } |
| b | " | (0) | 4d20h11m | " | |
| c | " | (0) | 4d21h22m | " | |
| d | " | (0) | 4d22h30m | " | |
| e | " | (1) | 5d02h25m | " | |

Disturbances by A.C. source break are shown by S. Fluctuations on the lines are due to rapid disturbances in A.C. main source.

* Also spelled as Shichikawa.

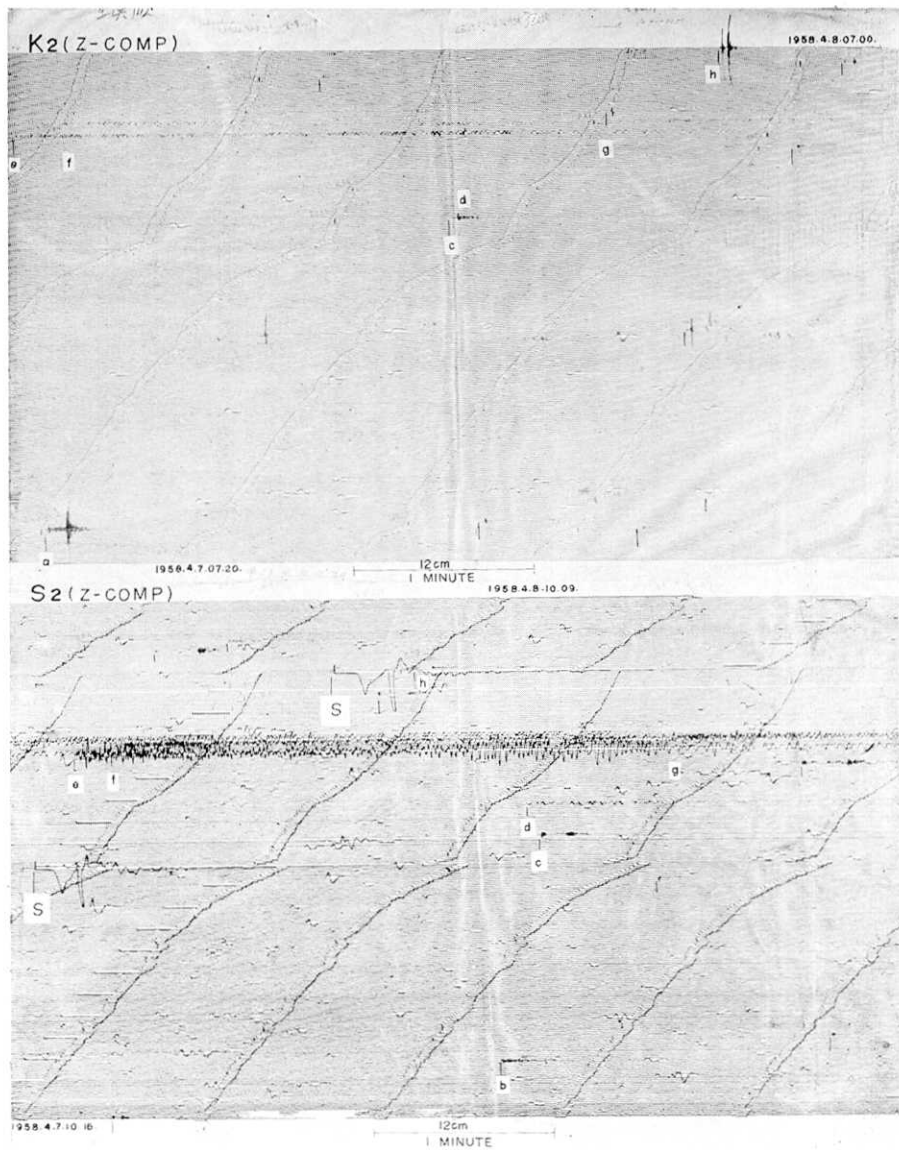


Fig. 7b Example of seismograms at Kainokawa (K 2) and Sitikawa (S 2) recorded by HFSA (M-1) and MFSA (M-2) respectively on April 7-8, 1958.

Earthquakes are indicated by arrows, of which followings are identified at both stations. (a at Sitikawa is on the other sheet.)

- | | | | |
|---|---------------|---------------------|--|
| a | Intensity (0) | 7d08h53 m (JST) | } Local shocks not recorded by J. M. A. station. |
| b | " | (0) 7d12h44 m (") | |
| c | " | (0) 7d23h14 m (") | |
| d | " | (0) 8d00h39 m (") | From Alaska. 66 1/2 N, 197 W. |
| e | " | (0) 8d03h07 m (") | From Off E Coast of NE Honsyu |
| f | " | (0) 8d03h40 m (") | 38 1/4 N, 143 3/4 E, h=20km. |
| g | " | (0) 8d03h40 m (") | From Off E Coast of NE Honsyu |
| | | | 38 1/4 N, 143 1/2 E, Shallow. |
| h | " | (0) 8d06h59 m (") | Local shocks not recorded by J. M. A. station. |

Disturbances by A.C. source break are shown by S. Fluctuations on the lines are due to rapid disturbances in A. C. main source.