

国際標準地震観測の思い出

三浦 勝美 (地震地殻変動観測センター広島地震観測所)

はじめに

現在では、グローバルな地震観測には STS 地震計をはじめとする広帯域地震計によるデジタル記録を用いるのが主流となっている。これらの地震計が登場する以前は国際標準地震観測網がグローバル地震観測の役割を担っていたが、今ではそのほとんどの機器が現役を退いている。若い研究者の方には記録方式や処理方法など知らない人も多いのではないかと思われる。私も短い期間ではあるが、広島地震観測所の前身である白木微小地震観測所で国際標準観測に従事したことがあるので、おもに観測方法や記録処理の流れについてまとめてみた。

国際標準地震観測の概要

世界標準地震計観測網 (World-Wide Standardized Seismograph Network 略称 WWSSN) は、1960 年代のはじめに米国沿岸測地局 (United States Coast and Geodetic Survey 略称 USCGS) が地下核爆発探知の目的で世界各国 125 ヶ所に設置したものである。我が国には松代の気

象庁地震観測所と広島の白木微小地震観測所に設置された。白木微小地震観測所の全景を図 1 に示す。奥の建物が地震観測棟で手前が研究棟である。観測棟の見取り図を図 2 に示す。観測には長周期地震計としてプレスユース

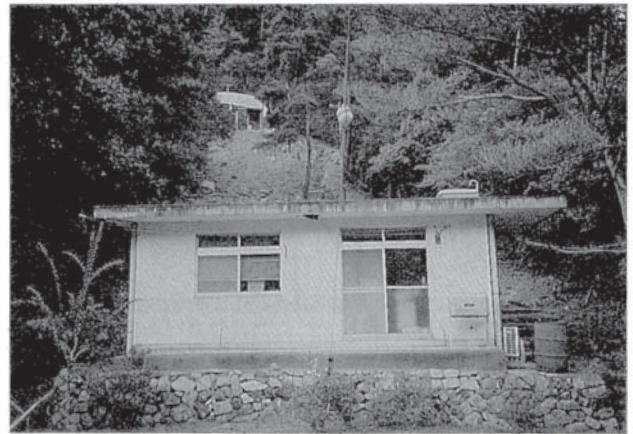


図 1. 白木微小地震観測所全景。奥が観測棟，手前が研究棟。

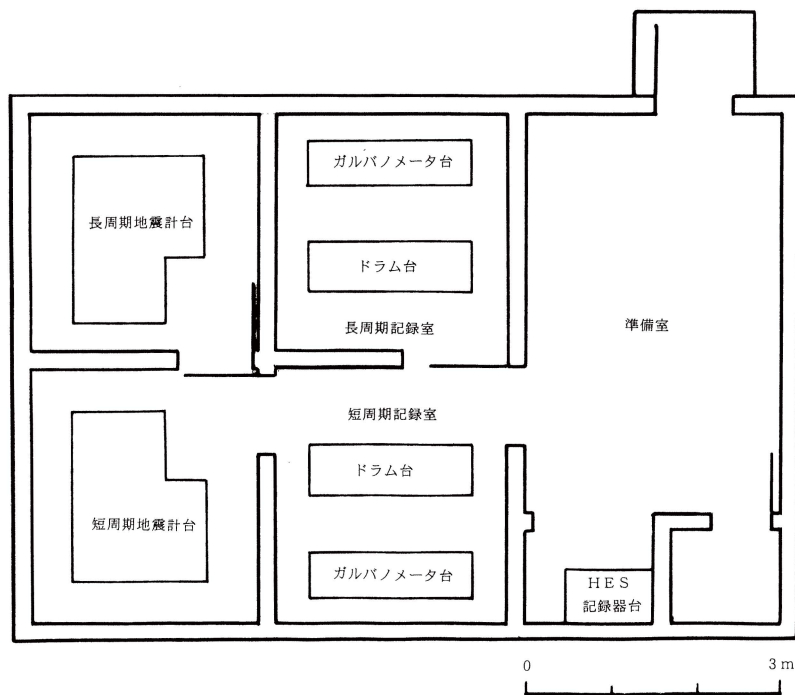


図 2. 観測棟見取り図

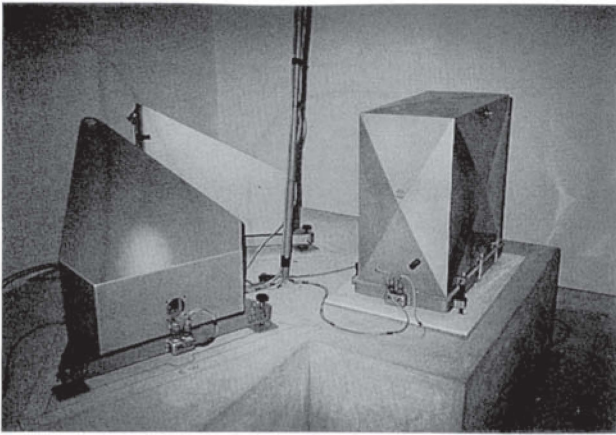


図 3. プレスキューイング型長周期地震計. 右が上下動, 左手前が東西動, 奥が南北動.

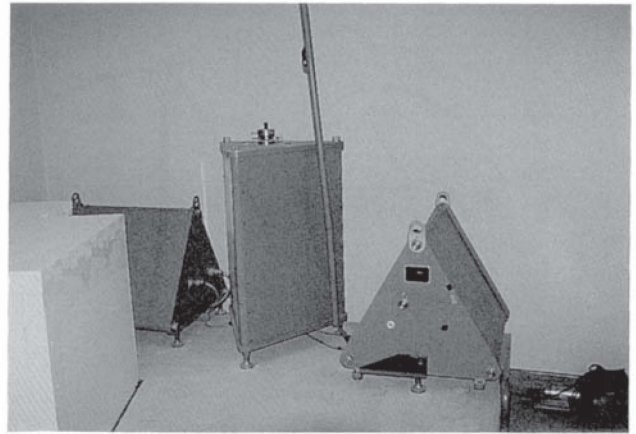


図 4. ベニオフ型短周期地震計. 右が南北動, 中央が上下動, 左が東西動.

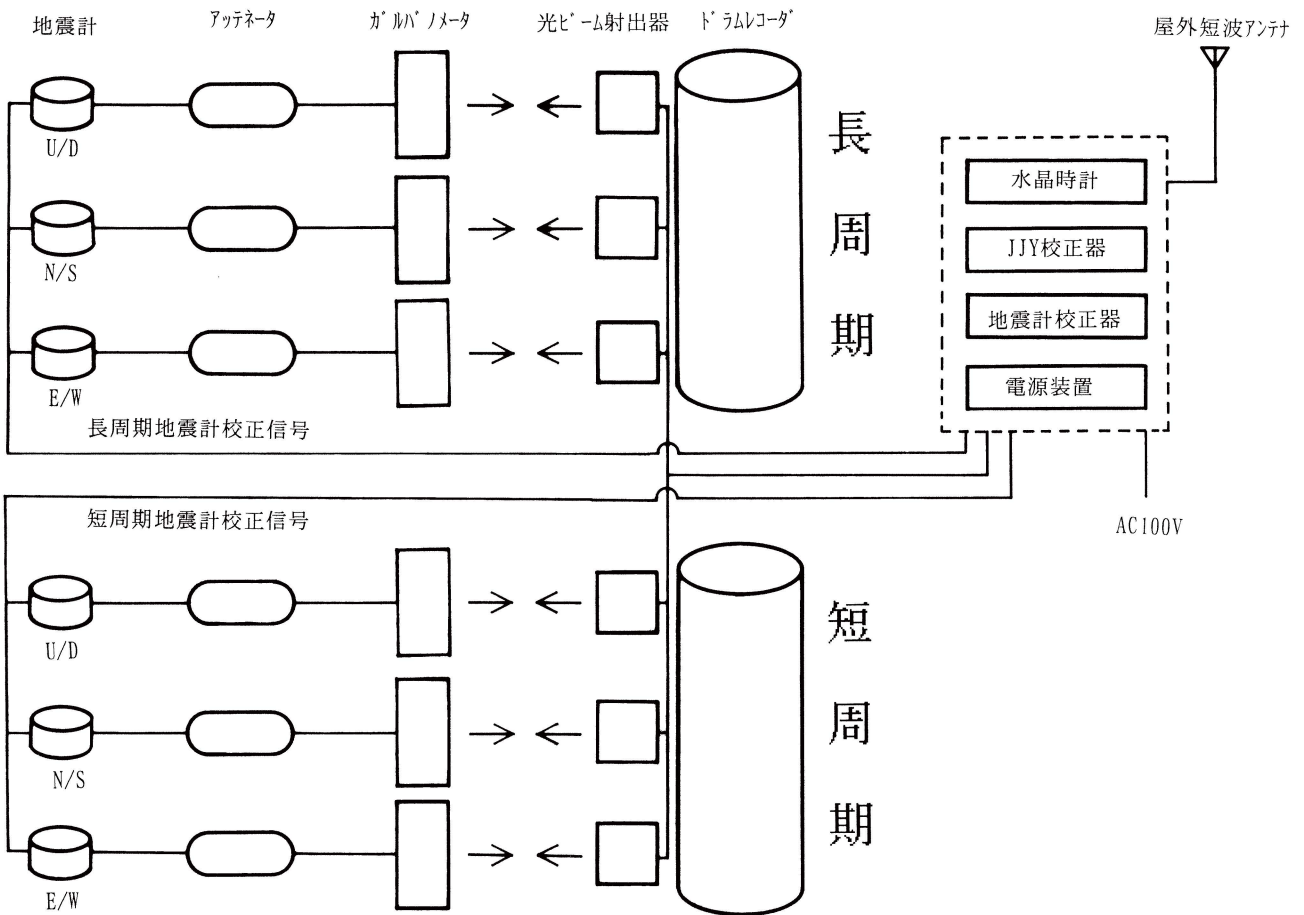


図 5. 観測システム機器構成図

型 (固有周期 100 秒), 短周期地震計としてベニオフ型 (固有周期 1 秒) が使用された. 図 3 に長周期地震計, 図 4 に短周期地震計の外観を示す. それぞれが上下動, 南北動, 東西動の 3 成分観測である. 図 5 に観測システムの機器構

成を示す. 記録方式は光学式で, 記録媒体は大判 (幅 30 cm 長さ 90 cm) のプロマイド紙である. 地震計や時計などの信号はコンソールで総合的に制御されていた. コンソールには水晶時計, JJY による時刻校正器, 地震計検定器,

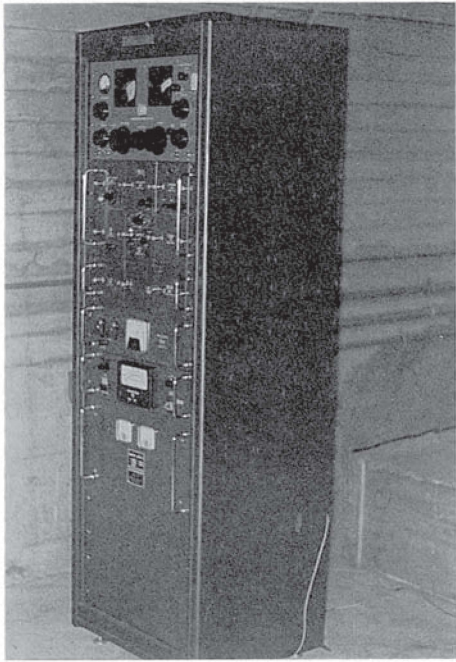


図 6. コンソール. 上から順に JJY 受信機, 水晶時計および時刻校正器, 地震計検定器, 電源装置が組み込まれている.

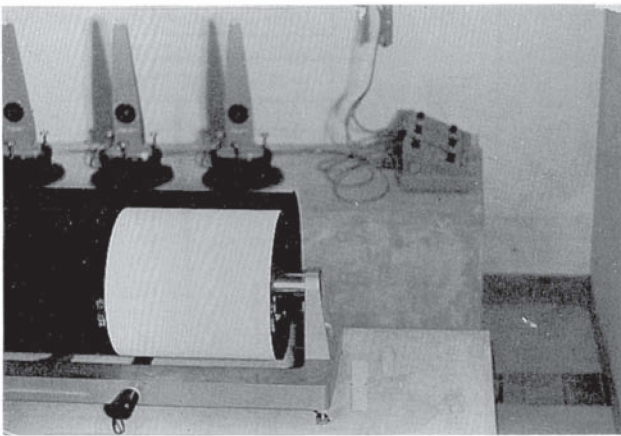


図 7. 長周期観測記録部. 手前にドラム記録器, 奥の左にガルバノメータと右にアッテネータが設置されている.

電源装置が組み込まれていた. 図 6 にコンソールの外観を示す. コンソールの時計システムは故障が多く, 設置から数年後, 微小地震観測システムからの時刻信号に切り替えられた. このシステムについては前報の三浦・三浦 (1998) を参照されたい.

記録装置と記録紙の取り替え

長周期と短周期観測の記録部がそれぞれの記録室に分かれて設置されていた. いずれも 3 成分の記録紙を巻き付けるドラムとガルバノメータで構成されている. 記録部の外

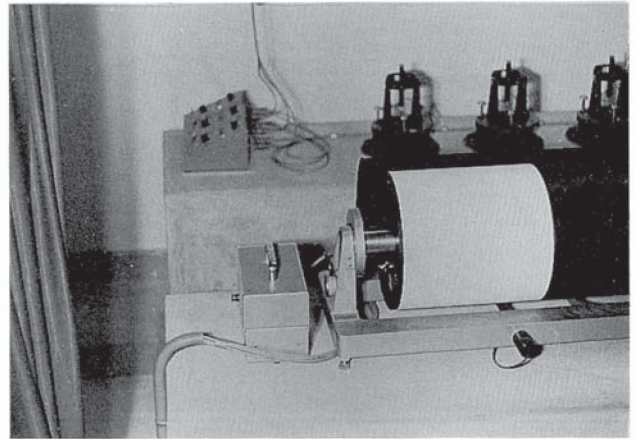


図 8. 短周期観測記録部. 手前にドラム記録器, 奥の右にガルバノメータと左にアッテネータが設置されている.

観を長周期のものを図 7 に, 短周期のものを図 8 に示す. 図 9 で, 左から短周期用ガルバノメータ, 短周期用アッテネータ, 長周期用ガルバノメータ, 長周期用アッテネータ, 光ビーム射出器 (短, 長周期同型である) の外観を示す. 地震計の信号はアッテネータを介してガルバノメータに供給される. 記録は, 光ビーム射出器より射出された光ビームが, ガルバノメータのミラーによって反射しドラムレコーダに描線する光てこ式である. ガルバノメータとドラムとの距離は約 1 m である. ドラムには大判のプロマイド紙 3 枚をセットした. このような大がかりな観測システムであったため記録部を遮光箱に収容できず, 記録室全体が大きな暗箱となった. ちょうど電磁式オシログラフをうんと大きくしたようなものである. 記録紙の交換作業は, 目が慣れてやっと手元が見える程度の, 赤色の暗室灯の下での不自由なものであった. 記録用のプロマイド紙は, 箱から取り出してそのままドラムにセットすると, 湿度の変化のため伸縮してしまいドラムから剥がれ落ちてしまうことがあったらしい. このためプロマイド紙は部屋の湿度になじむように, 1 日間記録室の箱に吊してから使用した.

作業の流れは次のようであった. まず準備室である前室を消灯し記録室に入り, 記録室内の暗室灯を点灯してプロマイド紙の回収を行う. 次に, 湿度になじませるため吊してある交換用のプロマイド紙の入った箱の戸を閉めた後, 地震計のレベルチェックなどの点検作業のため記録室を明るくする. 点検作業中は欠測となるので, できるだけ短時間で作業を終了する必要がある. 点検作業終了後, 再び記録室を暗くしてプロマイド紙をドラムに巻き付ける. 長周期, 短周期両成分のドラムに装着を完了した後, 翌日用のプロマイド紙を箱に吊してようやく記録紙の交換作業の完了である. プロマイド紙は回収用の暗箱に入れて, 80 m 離れた研究棟にある暗室に運んだ.

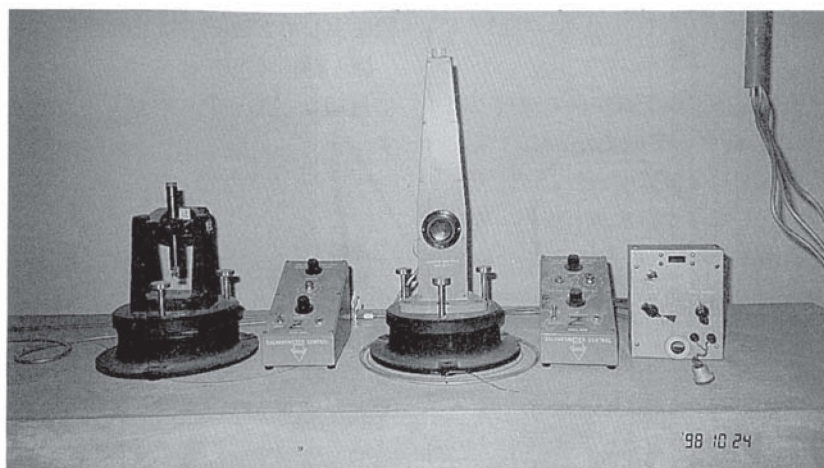


図 9. 光学記録関連機器. 左から短周期用ガルバノメータ, 短周期用アッテネータ, 長周期用ガルバノメータ, 長周期用アッテネータ, 光ビーム射出器 (短, 長周期同型).

現像処理と読み取り

回収したプロマイド紙は研究棟の暗室で現像処理した。プロマイド紙の一般的な処理行程は現像, 停止, 定着, 水洗, 乾燥である。地震記録は単純な線画像であり, 一般の写真ほど微妙な諧調はなく, 現像時間の管理も写真処理ほどは要求されないものであった。このため観測所では停止行程は省略されていた。現像液はコダック社製デクトールで, 現像温度は 20°C であった。現像時間は 1 分を目安に, 暗室灯の下で記録の軌線の現れ具合を見ながら調整した。振幅の大きな地震が記録されている場合は, 背景はやや黒ずんでしまうが軌線がかすれないよう現像時間を長めにした。定着液はコダック社製のコダック・フィクサーで, 定着時間は 10 分強が目安であった。定着は, 現像ほど温度管理をしていなかったため, 季節や液の疲労具合で定着時間はまちまちであった。水洗は流水で 30 分を目安に行った。水洗も温度管理していないため, かかる時間は季節によりまちまちであった。乾燥は, 手作りの乾燥箱の中にクリップで吊し, 自然乾燥した。このような手間をかけてやっと記録の完成である。図 10 に完成した記録の例を示す。記録例は 1983 年 5 月 26 日の日本海中部地震の時のものである。

記録の完成のあとに初動と初動付近の周期と振巾を読み取った。読み取りは短周期成分のみ行った。タイムマークは時マークと分マークがスタンプされていた。記録の送りは毎分 60 mm であった。記録は図 11 のルーペを使って 0.1 秒単位で読み取り, 1 分の長さを測って早見表から送り補正の値を調べ, 補正した値を読み取り用紙に記入した。検測結果の例を図 12 に示す。

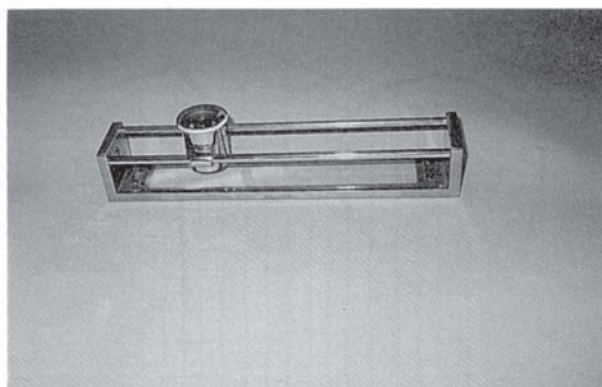


図 11. 読み取り用ルーペ. 最小目盛り 0.2 mm.

苦 勞 話

光学式記録器には, ペン書式に比べ, 円弧補正が不要, 大振幅が得られる, 摩擦抵抗がないなどの優れた点も多い。一方で, 扱いが大変な上, 処理も面倒であるなどの欠点もある。

現像処理が終了するまでは常に遮光しておかなければならず, この点に最も苦労した。時には回収用の暗箱を落として蓋が開いてしまい, 大慌てで蓋をした。などという失敗もある。もちろん感光した部分は真っ黒になってしまった。また, 現像も記録紙の交換も暗室灯の下の作業なので, ささまざまな困難が伴った。取り換え用のプロマイド紙を落としてしまい, 裏表が分からなくなったこともあった。その場合の対策を尋ねたら, 「舐めて味がある方が表だ。」との教官の言葉には驚かされた。白木観測所は微小地震観測に HES を使用していたので, プロマイド紙の現像処理に加え HES フィルムの現像処理も行っていた。仕事の半分は写真処理という化学処理を行うわけなので, 手は臭くな

る, 作業着は汚れるなど, 結構つらい作業であった.

あ と が き

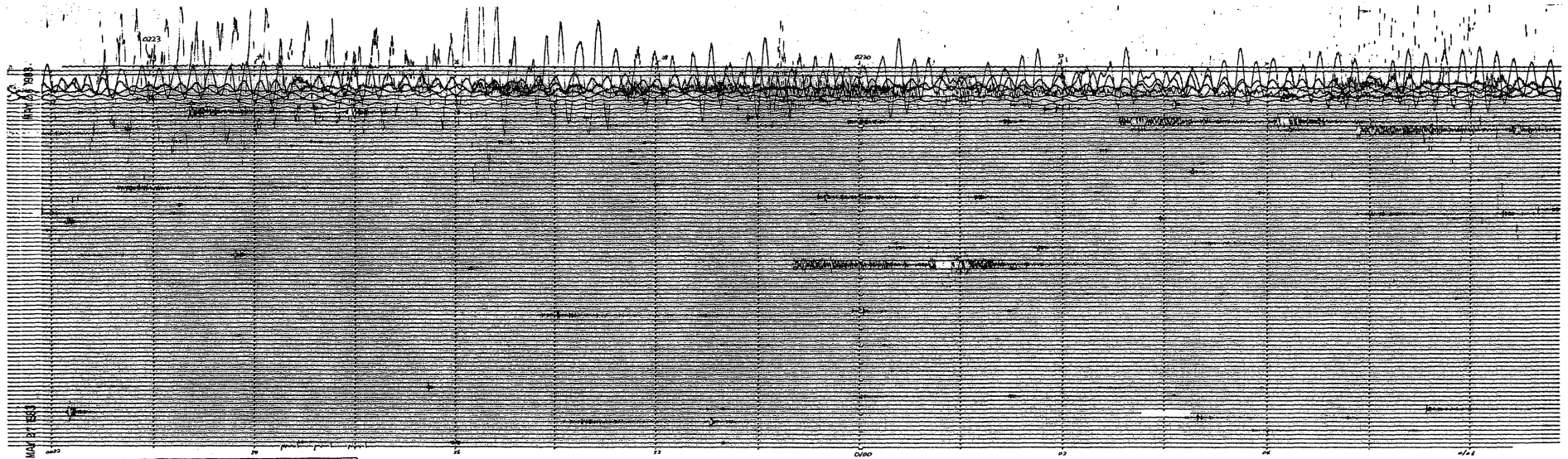
国際標準地震観測網 (WWSSN) の記録装置の維持と記録の処理は, 現在では考えられない手間のかかる作業であった. この観測で得られた記録は世界中の多くの研究者に利用されてきた. 記録はよく知っているが, 観測の現場は知らないという方も多いのではないかと思う. また適切な処理を行えば, 今でも地球内部の研究や震源過程の現代

的な研究に使える貴重な記録である. 記録処理の苦勞の一端を少しでも理解いただければ幸いである.

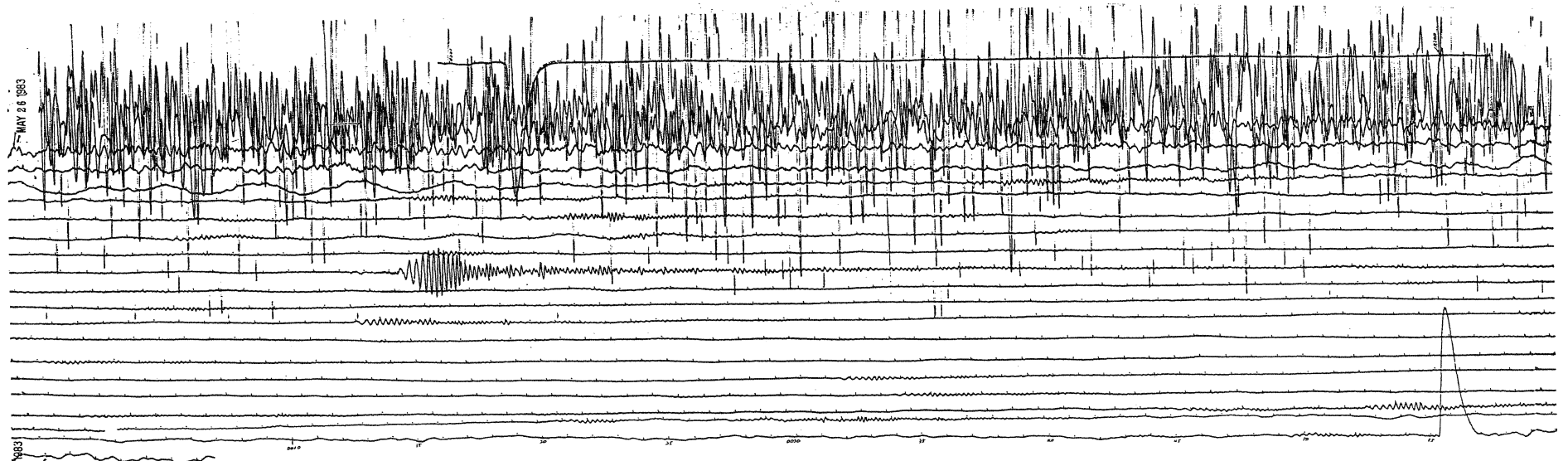
謝 辞: 本報をまとめるに当たっては, 平田直教授には適切なお助言をいただいた. 感謝とお礼を申し上げます.

文 献

三浦禮子・三浦勝美, 1998, HES 記録の読み取り, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 2, 161-163.



STATION SERIAL COMP MAG 2.262 CAL COR 2.26 2.02 N/A
DATE ON 8-34-73 TIME ON 02:23 CORR -0001 MS @ 02:23 GMT
DATE OFF 8-34-73 TIME OFF 01:06 CORR -0001 MS @ 02:21 GMT
To/F 1g 100 Remarks



STATION SERIAL COMP MAG 2.592 CAL COR 2.56 2.06 N/A
DATE ON 8-34-73 TIME ON 02:21 CORR -0001 MS @ 02:21 GMT
DATE OFF 8-34-73 TIME OFF 01:06 CORR -0001 MS @ 02:21 GMT
To/F 1g 100 Remarks

図 10. 記録例. 1983年5月26日日本海中部地震の記録. 上が短周期上下動, 下が長周期上下動. 記録送りは短周期が毎分60mm, 長周期が毎分15mm.

検 測 用 紙

1985年 Dec 月

No.	相成分	直前時分		発震時読	送り読	周期読	振巾読	発震時 sec	ΔT sec	発震時			周期 sec
		h	m							h	m	S	
12/18 (0238~0249) 阿ノ 軸 311													
18 (+)epZ		03	58	25.3	(30.3)	(0.5)	(0.4)				L		-0.2 m 4.2
18 (+)epZ		16	54	31.2	(36.2)	1.4	2.1				L		-0.8 m 4.8
12/19 (0254~0114) 阿ノ 軸 大 主 11 N16													
12/20 (0123~0109) 阿ノ 軸 大 主 11 Dec 21													
20 (+)epZ		03	56	28.7	(33.7)	(1.0)	(0.5)				V		-1.7 m 5.5
20 epZ		11	43	50.6	(55.6)	—	—						7.2
20 (+)epZ		12	25	13.6	(18.6)	(0.9)	(0.6)				V		-1.4 m 5.0
12/21 (0121~0041) 阿ノ 軸 311													
21 (+)epZ		01	23	11.6	(16.6)	1.4	1.0				V		-1.4 m 6.0
21 (+)epZ		02	16	19.6	(24.6)	(0.6)	(0.9)				V		-1.9 m 5.3

記録開始	月	日	時	分	時刻補正 (ΔT)	秒	時	分
記録終了						:時刻		
						:時刻		

年	月	日
---	---	---

東京大学地震研究所
白木微小地震観測所

図 12. 検測値記載用紙