技術研究報告(東京大学地震研究所) No. 1, 50-58 頁, 1996 年. Technical Research Report (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), No. 1, p. 50-58, 1996.

広島地震観測所の変遷と震源データ

三浦勝美*

History and Microseismic Epicentral Data of the Hiroshima Seismological Observatory

Katsumi MIURA*

Abstract

Shiraki Microseismological Observatory has been enlarged and moved to a new location in 1983 during the fourth National 5-year Earthquake Prediction Research Program in order to monitor the seismic activity in the western part of the Nankai Seismic network. The observatory was reorganized as Hiroshima Seismological Observatory, Earthquake Observation Center, as a part of the organization of Earthquake Research Institute. Seismic data at 22 observation sites in Chugoku, Shikoku and Kyusyu districts are sent now to the observatory by telemetering. This paper outlines the present observational system of this observatory and describes overall features of seismic activity. The seismicity clearly shows the subduction of the Phillippine Sea plate underneath Southwest Japan. Distribution of microearthquakes along several lineaments are also notable in western Chugoku district, but the source of this localized microseismic distribution is unknown at present because the lineaments do not coincide with active faults.

Key words : Hiroshima Seismological Observatory, Shiraki Microseismological observatory, seismicity of Chugoku, seismicity of southwest Japan, seismic observation, telemetering of seismic data, Phillippine Sea plate.

はじめに

広島地震観測所は,第4次地震予知計画に基づき南海観 測網の西部地域の地震活動把握のため1983年に開設され た.同時に既設の白木微小地震観測所の微小地震観測網, および国際地震観測業務も引き継いだ.付属の観測点は当 初8点であったが,隣接大学間データ交換により順次観測 点数を増し,現在,中国・四国・九州地域の22ヶ所からテ レメータ転送されている.本報では観測の概要やその結果 得られた震源データについて述べる.

観測網の移り変わり

広島地震観測所といっても,正式に広島と呼べるように なったのは地震研究所が改組された1995年になってから

である. それまでは設置法の関係で, 旧来の白木微小地震 観測所が正式な名称であった。そのため多くの混乱や不便 が生じた. テレメータ観測点の配置を図1に示した. また 観測点の一覧を表1に示した. 白木 (SHK), 三川 (MKW),中野原 (NKR)の3点は旧白木観測所以来の観 測点で,現地収録方式であったものをテレメータ化したも のである. 中野原観測点はテレメータ化の際, 地震計を保 守しやすい場所に約100m移設した.これに伴い観測点 コードをNKR1と変更した. その他の観測点は1983年か ら1985年にかけて新設されたものである. テレメータ方 式は白木,三川,中野原はNTTの専用回線による有線方 式で、その他は400 MHz帯無線回線を使用した方式であ る. 権現山観測点は無線の中継のみを行ってきたが、1995 年に地震観測も開始した。1985年には隣接大学間データ交 換により、高知大学高知地震観測所の土居 (DOI), 粟生 (AOU), 窪川 (KUB), 京都大学徳島地震観測所の池田 (IKD)の4点も有線方式でテレメータ化された.現在は, インターネットを利用した効率のよいデータ交換システム に順次切り替えられている. 高知大学のテレメータ観測点

¹⁹⁹⁶年5月15日受付, 1996年8月5日受理.

^{*} 地震地殻変動観測センター広島地震観測所, (東京大学地震 研究所).

^{*}Hiroshima Seismological Observatory, Earthquake Observation Center, (Earthquake Research Institute, University of Tokyo).



図 1. テレメータ観測点配置図

の全成分と九州大学の中津(NKT),佐賀関(SGS),竹田 (TKD) がインターネットでデータ交換されるようになっ た.今後もインターネットや衛星を利用した新しい伝送シ ステムに切り替えられる予定である.また気象庁とのデー タ交換も進められており,これからは地震観測の様子も大 きく変わっていきそうでもある.各観測点の位置や観測期 間などの詳細は表1を参照されたい.

1. 国際標準および広帯域観測

観測に使用されてきた地震計も,時代とともに移り変 わってきた.旧白木観測所は国際地震観測網の一環とし て,気象庁地震観測所とともに国際標準地震観測を担って きた.国際標準地震観測には長周期地震計としてプレス ユーイング型(固有周期100秒),短周期地震計としてはベ ニオフ型(固有周期1秒)が使用されている.諸原は表2 に示した.いずれも上下,南北,東西の3成分観測である. 記録方式は光学式で,記録媒体は大判(30 cm×90 cm)の ブロマイド紙である.光学式のため記録の最大振れ幅はか なり大きく記録紙からはみ出るほどである.ただし写真と 同じ原理のため,記録の処理はやっかいなものであった. 露光した記録紙を光がかぶらないように注意して扱わなく てはならないし,現像処理も行わなくてはならなかった. その後1985年10月消耗品の供給元である米国側の財政難 により,短周期は上下動1成分のみの観測となった.また 1988年6月には記録方式も手間も経費もかさむ光学式か

表 1. テレメータ観測点一覧

観測点名	観測点コード	緯度	経度	標高(m)	開始年月	所在地	所属機関
白木	SHK	34-31-56	132-40-39	285	1965.07	広島県広島市安佐北区白木町牛岩	東京大学地震研究所
三川	MKW	34-36-40	133-06-25	320	1967.09	広島県世羅郡甲山町伊尾	東京大学地震研究所
中野原1	NKR1	34-56-27	132-49-22	330	1984.01	広島県双三郡君田村中野原	東京大学地震研究所
権現山	GGZ	34-28-57	132-28-31	385	1994. 04	広島県広島市安佐南区緑井	東京大学地震研究所
北条	HJO	33-55-48	132-48-55	360	1984.03	愛媛県北条市牛谷	東京大学地震研究所
嘉納山	KNZ	33-54-42	132-14-55	600	1983. 05	山口県大島郡久賀町三つ石	東京大学地震研究所
長野山	NGN*	34-16-20	131-52-52	990	1994. 05	山口県都濃郡鹿野町	東京大学地震研究所
西鳳翩山	NHB≭	34-12-29	131-24-45	729	1994.05	山口県山口市	東京大学地震研究所
秋穂	AIO*	33-59-25	131-26-18	86	1994.05	山口県吉敷郡秋穂町	東京大学地震研究所
両子山	FTG	33-34-51	131-36-07	690	1983. 05	大分県東国東郡安岐町両子	東京大学地震研究所
長浜	NGA	33-32-00	132-28-06	750	1983. 07	愛媛県喜多郡長浜町豊茂	東京大学地震研究所
三崎1	MSK1	33-24-13	132-07-18	90	1985.06	愛媛県西宇和郡三崎町松	東京大学地震研究所
土居	DOI	33-57-39	133-23-51	120	1985.04	愛媛県宇摩郡土居町北野	高知大学理学部
粟生	AOU	33-47-32	133-46-14	470	1985.04	高知県長岡郡大豊町粟生	高知大学理学部
窪川	KUB	33-14-08	133-07-07	250	1985. 04	高知県高岡郡窪川町宮内	高知大学理学部
朝倉	AKR	33-32-38	133-29-19	-30	1994.09	高知県高知市朝倉本町	高知大学理学部
室戸	MUT	33-15-42	134-10-36	140	1994.09	高知県室戸市室戸岬町東大谷	高知大学理学部
池田	IKD	34-03-35	133-47-34	340	1984. 04	徳島県三好郡池田町	京都大学理学部
竹田	TKD	32-48-52	131-23-23	751	1994.09	大分県大野郡緒方町	九州大学理学部
中津	NKT	33-27-59	131-18-31	215	1994.09	大分県宇佐郡院内町	九州大学理学部
佐賀関	SGS	33-13-43	131-51-27	100	1994.09	大分県北海郡佐賀関町	九州大学理学部

注:東京大学以外の機関の観測点の観測期間年月はデータ交換開始時, *は臨時観測点

表 2. 国際標準地震計

地震計型式	成分	周期(地震計)	周期(ガルバノメー	タ) 倍率	記録送り
ベニオフ	UD, NS, EW	1.0 Sec.	0.75 Sec.	×12, 500	60 mm/Sec.
プレスユーイング	UD, NS, EW	15.0 Sec.	100.0 Sec.	×1, 500	15 mm/Sec.
注:ベニオフ型は 1985	5/10 より U	D のみ, プレスユ	ーイング型は 1988/6	より倍率は×750	に変更

ら感熱式に交換され現在に至る.

白木観測点には 1990 年 5 月 STS-1 型地震計 (3 成分) が設置され広帯域観測が行われている. STS 地震計のディ ジタルデータはいったん現地のパソコンに収録され, 1 日 数回電話回線でダイアルアップし, 観測所や地震研究所の ワークステーションに回収される.

2. 旧白木観測所の微小地震観測

茅野(1973)によると、旧白木観測所は国際標準地震観 測をメインにスタートしたが、微小地震観測網も随時整備 された.旧白木観測所の観測点の配置を図2に、また一覧 を表3に示した.広島県に3点、島根県に1点展開された 観測体制は1983年のテレメータ化まで続けられた.旧白 木観測所時代の観測点の詳細は表3(微小地震観測所要覧 より抜粋)を参照されたい.表中、宇津戸観測点は三川観 測点のある三川ダムの堰堤嵩上げ工事のための、補助観測 点であった.沓ヶ原観測点は当初からの白木観測所設置の 観測点であるが、近傍に広島県が中野原観測点を設置し、 データを白木観測所が利用することになったため平行観測 の後撤収した.その後中野原観測点は地震研究所に移管さ れた.これらはすべて現地への委託観測で、地震計は HES



図 2. 旧白木観測所観測点配置図

mark 11
、町午宕
<u>ج</u>
i i
<u>ج</u>

表 3. 旧白木観測所観測点一覧

注:*はテレメータ化されたため表1と重複

表 4. 各観測点の地震計

観測点	機種/成分	周期(Sec.)	減衰定数(h)	感度(V/Kine)	ゲイン(dB)	分解能(bit)
白木	A / UD	1.0	0.7	2.45	72	10
"	B / NS	1.0	0.7	2.45		
	B / EW	1.0	0.7	2.42	72	10
三川	A / UDL	1.0	0.7	2.42	42	
"	B / NS	1.0	0. <u>7</u>	2. 38	72	10
	A / UD	1.0	0.7	2.40		10
"	A / UDL	1.0	0. 7	2. 43	42	10
"	B/NS B/EW	1.0	0.7	2.40		10
権現山	H / UD	1.0	0. <u>7</u>	0.65	60	10
" 北条	A / UD	1.0	0.7	2.50	50 72	10
"	B / NS	1.0	0. 7	2. 50	72	10
<u>希</u> 約山	A / UDL	1.0	0.7	2.50	42	10
"	B / NS	1. Ŏ	0. <u>7</u>	2. 50	72	10
長野山	H / UD	1.0	0.7	2.50	60	10
	H / NS	1. Ŏ	0. <u>7</u>	3. 00	ĞŎ	10
四鳳翩山	E / UD E / NS	1.0	0.7	2.88	60	10
秋穂	F / UD	1.0	0. <u>7</u>	3. 14	ĞĞ	10
一面子山	A / UD	1.0	0.7	3. 18	66	10
"	A / UDL	1.0	0.7	2. 50	36	10
"	B/EW	1.0	0.7	2.50	66	
長浜	A / UD	1.0	0.7	2. 41	72	10
"	B / NS	1.0	0. 7 0. 7	2.41	40 72	10
"	B / EW	1.0	0.7	2.42	72	10
I	D / EW	1.0	0.65	2.50	72	10
土居			0.62	2.57	60	
"	D/EW	1. 0	0. 62	2.57	60	12
栗生 〃	C / UD		0.62	2.57	60	12
	D/EW	1. Ŏ	0. 62	2.57	60	12
進 川 "	C / UD		0.62	2.57	60 60	12
// +11.0	D/EW	1. ŏ	0. <u>6</u> 2	2. 57	60	12
朝倉		1.0	0.62	1.30	86	12
	Î / EW	1. Ŏ	0. <u>6</u> 2	0. <u>12</u>	86	12
至尸 //	D / NS	1.0	0.62	2.57	60	12
//	D/EW	1. Ŏ	Ŏ. ĞŽ	2. 57	ĞŎ	12
加田 "	D / EW	1.0	0.60	2.57	60	10
竹田	A / UD	1.0	0.7	2. 34	66	14
"	B / EW	1.0	0. 7 0. 7	2. 34	60	14
中津	A / UD	1.0	0.7	2. 34	60	14
"	B / NS	1.0	0. 7	2. 34	54	
"此"		1.0	0.7	2. 34	54	14
四月因	B / NS	1.0	0. <u>†</u>	2. 34	54	14

 〃
 B / EW
 1.0
 0.7
 2.34
 54
 14

 注1:地震計機種については表5を参照
 注2:成分略号は、UD:上下動 NS:南北動 EW:東西動 UDL:上下動低感度

が用いられた. HES 地震計は現在, そのほとんどが現役を 退いており,あまりご存じの方が多くないと思われるので 概要を説明する. 地震計は固有周期1秒で,現行の国産の 1秒の速度型地震計を1回り大きく(もっとか)したよう な箱形の地震計である.記録方式は光学式で記録媒体は35 mmフィルムである.前記の国際標準観測と同様,現像処 理を必要とし扱いは面倒なものであった.しかし同時期ほ かの観測所で行われていたすす書きドラム式に比べ,大変 コンパクトにまとまった記録装置である.時計などの周辺 機器を含めても4chの記録装置は,机1つに全て置ける 程度である.

HES 方式による観測は1973年まで行われた. それ以

降, 順次ペン書きドラム方式に切り替えられた. なお中野 原観測点のみは開設当初より, ペン書きドラム方式であっ

表 5. 地震計機種

略号	型式	機種	製造元
A	MTDV-1C-W	上下動	振動技研
В	MTDH-1C-W	水平動	振動技研
С	PK-110V	上下動	勝島製作所
D	PK-110H	水平動	勝島製作所
Е	JC-V100-3D	3 成分型	マークランド
F	JC-V100-V	上下動	マークランド
G	JC-V100-H	水平動	マークランド
H	L-4-3D	3 成分型	マークプロダクト
Ι	WS-1102	3成分型	沖電気



図 3. 震源分布図 (1977.01.01-1983.07.20)

54

た. 1983年のテレメータ化に伴い地震計はすべて1秒の 速度計に統一され今日に至る. 詳しくは表4を参照された い.表4には地震計機種は略号で記した. 略号の説明は表 5に示した.

データ処理

旧白木観測所時代には、読みとりは全くの手作業で行わ れていた.HES 式はフィルム記録であるため、リーダーと 呼ばれた光学式拡大器を使って行われた.ドラム式記録は ルーペとスケルによって読みとりが行われた.集計用紙に 書き込まれた読みとり値は、地震研究所のパンチセンター にてカード化された後、ミニコンにて震源計算処理が行わ れた.

1983年のテレメータ化以降は、読みとりや震源計算など のデータ処理が手作業およびパソコンで行う方法に変わっ た. さらに 1985 年にはミニコン (NEC 社 MS 50) システ ムが導入された. このシステムはテレメータ装置からの地 震波を取り込み,オンライン処理する部分と,震源計算や 解析などを行うオフライン処理部とで構成されている. 読 みとりはディジタイザーを用いて手動で行うものであっ た. このシステムは 1994 年には小型で高性能な UNIX マ シンの導入で引退した.現在は UNIX マシン 2 台を用いた 卜部・束田 (1992),卜部 (1994) による WIN システムで ほとんどの処理を行っている. このシステムはミニコンの システムに比べはるかに高速であり,かつ経済性も高く, 非常に快適な処理が行える.マシンは処理用にさらに 2 台,波形データ流通用に1台導入されている. 各マシンは LAN 接続によりデータを共有しているので,計5台のマ シンを使うと大変能率的に処理作業を進めることができ る.以前のミニコンのシステムでは、一系統のみの作業の



図 4. 震源分布図(1983.07.21-1994.09.17)

流れであったため、作業は1人しか担当できなかった.新 システムではデータの共有化によって、作業効率が飛躍的 に高まった.またWINシステムでは、自動処理機能が常 駐しているので、休日など無人状態であっても大まかな地 震活動の把握ができる.最終的には自動震源は全て対話処 理によって読み直しを行っている.

しかしいかに高能率化が計られたとはいえ,観測網の拡 大にともない深刻な問題も生じてきた.とりわけトリガー イベントの多さは切実な問題である.5台のマシンが同時 稼働といっても常勤職員が3名の観測所にとってはかなり の負担である.これは今後気象庁や大学間のデータ交換を 進める上で大きな検討課題であろう.

震源データ

これまでの観測により得られた 1995 年までの震源デー タは、観測網の拡張や解析システムによって、以下の 3 つ の期間に分けて扱うことができる.まずは委託観測期間に おける広島県および周辺地域の 1977 年 1 月 1 日から 1983 年 7 月 20 日 (図 3).次にテレメータ化後の瀬戸内海西部 と周辺地域の 1983 年 7 月 21 日から 1994 年 9 月 17 日 (図



図 5. 震源分布図 (1994.09.18-1995.12.31)

4). WIN システムが導入された 1994 年 9 月 18 日以降(図
5). 震源の数は震源分布図の範囲外のもの含めると前期が
6,354 個,中期が 14,567 個,後期が 5,320 個で総数は 26,241
個である. 観測点数や観測網の広さなど違いがあるので、
震源分布図の作図範囲は期間によって異なる.

1994年9月のUNIXマシンによるWINシステム導入 までの震源決定は、浅野ほか(1986)の方法によりパソコ ンを用いて行った、1983年のテレメータ化以前の震源は、 読みとり原簿を倉庫から探し出しパソコンに打ち込んで再 計算した。その結果1977年までさかのぼることができた、 震源データは、複数のファイルで管理されている。最も使 いやすいファイル形式はマイクロサイス形式である。震源 データの利用についての取り決めは明確に定まっているわ けではないが、関係者と協議のうえ他機関の研究にも利用 可能である。

震源分布の特徴

広島地震観測所の観測網,つまり瀬戸内海西部とその周 辺地域の震源分布の最も顕著な特徴としては,震源の深さ の分布にある.北緯34°付近を境に,それ以北の中国地方 の陸域ではほとんどの地震が地殻内の浅いところで発生している.それ以南の瀬戸内海から豊後水道にかけての海域では、ほとんどの地震が上部マントルで発生している.

1. 地殻内地震の分布

地殻内地震の特徴の主なものとしては、図 6-a~c に示 される3ヶ所に地震の直線状配列が顕著に認められる.山 陰海岸に平行した山口県から島根県中部にかけての線上配 列は、三瓶山で直角に向きを変え広島県東部の福山市へと 続き, さらに直角に向きを変え岡山県西部の総社市あたり に達している。直行しながら続くこの線上配列は、この地 域のテクトニクスを解明するための大きな手がかりと思わ れる. この線上での地震は定常的に発生しているもので, 短期間のデータでみてもこの傾向は大きくは違わない. 図 6-(あ)~(き)の中国山地から山陰地方に群発地震発生帯 が多くみられるのも、この地域の特徴の一つである. この うち(あ),(い)で示した三瓶山および広島県北部の活動 は定常的にもかなり活発であり、数年ごとに大きな高まり がみられる. その他の群発域の活動期間は1~2年程度で ある.図 3~5の各図にみられる広島県中部の極限られた, 狭い範囲にのみに定常的に発生している稍深い(深さ35



図 6. 地殻内地震の震央分布(1983.07.21-1993.12.31, h 0~25 km)

km 付近) 地震群も興味深い活動である. 中央構造線付近 の地震活動は全般的には低調であるが,図 6-(く)~(こ) に示した箇所にはややまとまった震源域がみられる.

2. 稍深発地震の分布の特徴

瀬戸内海とその周辺は、南海トラフから沈み込むフィリ ピン海プレートの北西端に位置し、震源分布からプレート の姿を解明することは重要な研究課題である。やや深発地 震の解析からやや深発地震面の形状を調べた三浦ほか (1991)では、つぎのような結果を得ている。

1) 地震面は四国西部の深さ約40kmから,西北西に鉛 直方向に角度を増しながらつらなり,九州中部では深さ約 140km付近に達している.

2) 地震面の形状は、上に凸の円弧状の曲面で、厚さは 10数~20 km であり関東・東北地方にみられる二重構造 は認められない。

3) 地震活動は、周防灘と安芸灘北部を結ぶ線上より北 西側ではほとんどなく、地震面の北西端と考えられる。

4) 地震面の最深部は北になるほど浅く,しだいに低角 度となっている.

5) 稍深発地震活動は、海域では活発であるが中国地 方、四国陸域では急激に低下する.

6) 四国中部から中国地方にかけての地震面は,水平から5°の低角度でつらなり少なくとも広島県中部の北緯 34.5°付近まで達していると考えられる.

7) 地震面には、伊予灘の深さ 50 km 付近と豊後水道の

深さ80~100 km 付近に,低活動域が認められる.

8) 伊予灘の低活動域は,北への広がりがみられスラブの断裂を示している可能性がある.

おわりに

広島地震観測所とその前身である白木微小地震観測所の 観測網また観測方法の変遷についてまとめることができ た.また多年にわたる観測データの蓄積状況についてもま とめることができた.さらに観測データから得られたおも な結果の概要も述べることができた.広島地震観測所のこ とについて,おおむね総合的に理解いただける内容にでき たように思われる.

文 献

- 浅野周三・三浦勝美・井上義弘・三浦禮子・石桁征夫・吉井敏 尅, 1986, 中国地方およびその周辺の地震活動―白木微小地震 観測所テレメータ観測網による―, 地震 2, 39, 229-240. 微小地震観測所要覧(第2版), 1979, 97.
- 茅野一郎, 1973,広島および島根県地方とその周辺域における微小地震活動,地震2,26,178-203.
- 三浦勝美・佃 為成・三浦禮子・井上義弘・浅野周三, 1991, 瀬 戸内海西部とその周辺の稍深発地震面, 地震 2, 66, 553-570.
- ト部 卓・東田進也, 1992, WIN-微小地震観測網波形験測支援のためのワークステーション・プログラム (強化版), 地震学会 講演予稿集, No. 2, 331.
- ト部 卓, 1994, 多チャンネル地震波形データのための共通 フォーマットの提案, 地震学会講演予稿集, No. 2, 384.