

## 2. 堂平微小地震観測所に属する堂平、 筑波および清澄各観測点の P波到着時刻の検知能力

地震研究所 { 宮村 攝三  
山田 幸枝\*

(昭和48年1月20日受理)

1. 堂平微小地震観測所 堂平微小地震観測所は遠地、近地、局地の大小の地震について、超長周期、長周期、中周期、短周期のひろい周期範囲で各種の計測をおこなって、地震学の広汎な研究分野の必要とする観測資料を提供する総合的地震観測所として計画され、無線地震計を主体とする地震計配列 seismometer array によって、単に図形記録をとるだけの通常地震観測所 conventional or classical station から、磁気記録をなかだちとする事後資料処理、さらには自動検測オンライン資料処理などもおこなう近代的地震観測所への発展をめざす実験的研究観測のためにつくられた。

1963-1966年主観測所の堂平山に極超短波多重無線地震計がおかれ、1967-1969年2衛星観測点の無線地震計と各種の付帯装置がつけられた。1965年地震予知研究計画が発足したために地震研究所では一般的研究施設としての総合地震観測所の建設は困難となり、通常型観測所として世界標準地震計観測網 WWSSN の1点となった白木について、1966年堂平も地震予知研究計画のわく内の微小地震観測所として定員4名の地震研究所付属施設となり設立、上記の諸装置にくわえて局地地震活動観測のための若干の設備が追加された。

堂平 Dodaira, DDR には埼玉県比企郡都幾川村堂平山頂付近の数百mの範囲内に分散する6ヶ所の半地下壕におかれた短周期地震計(うち4ヶ所はN, E, Z 3成分, 2ヶ所はZ成分のみ)からなる不規則小口径地震計配列 irregular small aperture seismometer array (cluster ともよぶ)と、主観測地下壕におかれた中周期、長周期、超長周期(広帯域)地震計各N, E, Z 3成分とがあり、これらが地下ケーブルで送信室にみちびかれ、7000 MHzの極超短波多重無線電波により約70 kmはなれた東大地震研究所の無線地震計室におくられ、受信記録されている。衛星観測点としては現在筑波 Tsukuba Telemeter, TSK\*\*, 清澄 Kiyosumi Telemeter, KYS\*\*, 城山 Shiroyama, SRY および大山 Ōyama, OYM の4ヶ所があり、3~6成分の主として短周期地震計をもつ単一点観測所 single station observatory として、400 MHz または 60 MHz の超短波無線地震計により本所の無線地震計室で受信記録されている。すなわち DDR, TSK, SRY,

\* 旧姓林, 1971 退職。

\*\* 遠隔記録されてない従来の観測所は Mt. Tsukuba, MTJ および Kiyosumi, KIY で、後者は戦後廃止されたまゝである。

1) 微小地震観測所要覧, 微小地震観測研究連絡会(地震研究所)1970年3月刊。

Table I. Stations and instruments used for the routine reporting at Dodaira Micro-Earthquake Observatory.

Station		Position	Foundation	Seismograph used		Magnification
Code	Name					
DDR	Dodaira (Main Vault)	35.°98 N 139.°19 E 800 m	Palaeozoic slate	SPZ		46K (1 Hz)
				Filter Sum (6 SPZ)		130K (1 Hz)
TSK	Tsukuba Telemeter	36.°21 N 140.°11 E 280 m	Granite	SPZ		25K (1 Hz)
				SPZ Filter	CH 1	100K (1 Hz)
					CH 2	271K (2 Hz)
KYS	Kiyosumi Telemeter	35.°20 N 140.°15 E 180 m	Tertiary sandstone	SPZ (50 m borehole)		10K (1 Hz)

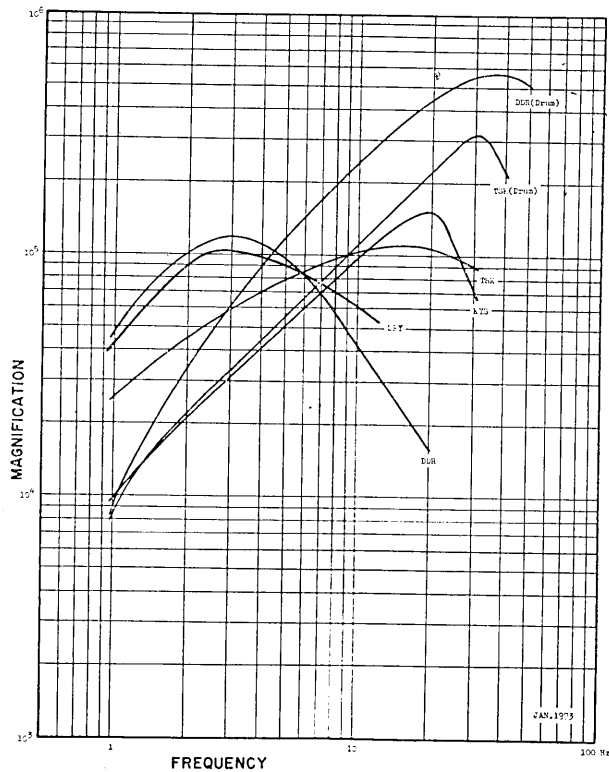


Fig. 1. Frequency characteristics of magnification of the seismographs used for the routine reporting to US CGS at Dodaira Micro-Earthquake Observatory.

KYS, OYM の5観測点の無線地震計をまとめた堂平微小地震観測所のシステムはひとつの不規則大口径地震計配列 *irregular large aperture seismometer array* をなしている。観測点の位置、地質、計器等の詳細は別に記述されているが<sup>1)</sup>、本報告に必要な要項は第I表と第1図にまとめてある。

2. 国際地震観測網への協力 堂平微小地震観測所はわがくにの代表的な高度感地震観測所のひとつとして、地震活動の世界的規模の比較研究のために国際的地震観測網による世界各地の地震の探知能力の向上に寄与する目的をもって、白木微小地震観測所および和歌山微小地震観測所とともに、おもな近地地震とすべての遠地地震の検測結果を定常的に米国内務省沿岸測地局 USCGS (現在は国立海洋大気庁 NOAA の国立地震情報センター NEIC) に通報している。通報は堂平観測所では1967年はじめから、開始当初は週2回程度、現在はほぼ毎日、航空便で郵送している。通報事項は記録されるすべての遠地地震 ( $S-P > 60 \text{ sec}$ ) と TSK における倍率 1 Hz で 8,400 倍の短周期上下動地震計の図形記録上で総震動継続時間  $F-P$  が1分以上の近地地震 ( $F-P > 60 \text{ 秒}$ , ほぼ  $M > 3.5$  にあたる<sup>2)</sup>) について、1) DDR, TSK, SRY, KYS の短周期地震計 (原則的に上下動) による P 波到着時刻 (たちあがりの緩急をしめす E か I と、おしひきのむき+か-をふくむ)、2) S, PcP, pP, その他検出できる顕著な位相の到着時刻、3) TSK における短周期上下動地震計の P 波群最大記録振巾の地動変位 (単位 *mili-micron*  $m\mu$ ) とその周期 (単位 *sec*)、4) DDR の長周期地震計 3 成分の表面波最大記録振巾の地動変位 (単位 *micron*  $\mu$ ) とその周期 (単位 *sec*) である。

通報された資料は USCGS においてその震央速報業務 PDE (Preliminary Determination of Epicenters) に利用され、EDR (Earthquake Data Report) に掲載される。週2回程度の郵送では時間的にまにあわず、利用されないこともおおかった。ほぼ毎日郵送している現状でもまだ利用されないばかりもあるので、テレックスによる送信が希望されており、1970年気象庁の好意で実現可能のはこびとなっていたが、地震研究所の紛争による人手不足等で実現していない。

通報されたすべての資料は別に地震観測速報<sup>3)</sup>として毎月発行され、1970年以降は白木 SHK および和歌山 OIS (または OIC) の通報資料もふくめて刊行されている<sup>4)</sup>。一方 Edinburgh の国際地震センター International Seismological Centre (ISC) は USCGS (NOAA) を通じて EDR の内容をうけとり、その地震報告 Bulletin of I.S.C. の資料として利用しているので、地震研究所からの報告も当然これに貢献している。

DDR の観測点の雑震動水準は TSK よりややたかく、1台の短周期地震計の感度はわづかながら TSK の方がたかいが、DDR では6ヶ所の観測点の地震計の出力を濾波器 (中心周波数上下動 0.8 Hz, 水平動 0.5 Hz, 帯域巾オクターヴ) をとおして加算した Filter sum

2) 堀 実, 堂平微小地震観測所の観測による近地地震マグニチュードの決定, 地震研究所速報第10号第4冊 (1973), 1-4.

3) Preliminary Seismological Bulletin of the Dodaira Micro-Earthquake Observatory, Jan. 1967—Dec. 1969.

4) Preliminary Seismological Bulletin of the Dodaira Micro-Earthq. Obs., Shiraki Micro-Earthq. Obs. and Wakayama Micro-Earthq. Obs., Jan. 1970—Dec. 1972. (Oct. 1970—Jan. 1971 could not include the data of Shiraki M. E. O. owing to an internal difficulties)

(FS)をつくり、これにより上下動では1 Hzでほぼ130 Kの倍率をえて、遠地の微弱な震動を検出するのに利用している。またTSKの短周期上下動地震計には中心周波数1 Hz, 2 Hz, 6 Hz, 15 Hz, 帯域巾1オクターヴの濾波器をとおした出力を記録し、同時に到着した近地、遠地の地震を分離して検知することと、P波群最大振巾のよみとりとに利用している。これらの装置の利点についてはすでに紹介したのであるが<sup>5)</sup>、日常の検測において非常に役にたっているので特にしるしておく。

PDEによる世界的地震事件の探知能力の増強は最近数年非常にいちぢるしいものがある。気象庁の松代観測所は非常に検知率のたかい観測所であり、主として遠地地震の観測を目的としてつくられ、WWSSNの地震計も設置されたのであるが、皮肉なことにWWSSNとしての観測がはじまってまもなく1965年8月から松代地震群の活動がはじまり、その最盛期には遠地地震の検測にもかなりの支障を生じたとおもわれる。これはややはなれている堂平、和歌山なども若干の影響はまぬかれないが、日本で松代以外にも高感度観測所が国際センターに通報をおこなったことは世界の震央決定業務に大きな貢献となった。松代が検測できないのに地震研究所のいずれかの観測所が検測している例をEDRにおいてみだすことはしばしばである。もちろん逆のばあいは当然沢山ある。一地域における完全な観測は国際観測網の1点としては、地球上の地理的な位置の重要性を別にしても何ヶ所かの観測所の協力が必要である。さらに日本のように地下構造の地方的差違があるばあいは、全国的に散在した国際観測所の意義は大きい。本報告は堂平観測所がP波到着時刻の通報でどの程度の水準にあるかみるためにしらべたもので、かなり以前にまとめたもので、印刷の機会をえなかったものであるが、現在の状況もほぼ大差ない。mb資料の報告をふくめ、他の観測所との比較、地震地域ごとのくわしい状況も資料の増加した現在しらべてみることは興味があるが、ここではP波到着時刻のみにつき、ごく概略を報告するものである。

3. 堂平、筑波、清澄におけるP波到着時刻の検知率資料 第II表にDDR, TSK, KYSの3観測点で1967年1月より1968年12月までの2年間にP波到着時刻の検測された地震数 $n$ とそのおなじ期間にUSCGSにより震源位置とマグニチュード $mb$ が決定された地震総数 $N$ とを $mb$ の範囲で分類し、震央距離 $5^\circ$ ごとにくぎってしめた。 $\Delta \geq 102^\circ$ 以上の地震事件は対象からはぶいた。各震央距離ごとにP波到着時刻の検知率 $P=100 \times (n/N)$ %も計算してしめた。第2~4図にはこれをグラフとしてしめた。

第III表には $mb \geq 5.0$ の地震事件について、各観測点からの震央方位別に分類し、震央距離 $5^\circ$ ごとに $n$ ,  $N$ ,  $P$ をしめた、第5~7図はこれを図示したものである。

第IV表はDDRのみについて震源のふかさによる検知率のちがいをしらべるためにつくった表であるが、地震数がすくないので、図面でしめすことはしなかった。

4.  $mb$ 別検知率 第2~4図の、a)  $mb \geq 4.5$ について検知率 $P$ をみるに $\Delta < 10^\circ$ の近地震についてはDDR, TSKはほぼ100%の検知率であるがKYSは95~85%であ

5) 宮村撰三 群列方式地震観測へのあゆみ。日本の地震学の概観、第3篇第1章第4節。地震第2輯第20巻第4号1967年、107-122頁

Table II. P arrival time detection at DDR (II-1), TSK (II-2) and KYS (II-3) for different magnitude ranges. n: number of reported P, N: number of events located by USCGS in PDE, excepting those during the shut-down time of the respective stations.  $P=100 \times (n/N) \%$ .

Table II-1. DDR (1967-1968)

m (USCGS)	4.5≤m<5.0			5.0≤m<5.5			5.5≤m			Total (m≥4.5)			
	Δ (degree)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0— 4.9		110	110	100	59	59	100	21	21	100	190	190	100
5— 9.9		220	227	98	75	77	100	36	36	100	333	338	99
10— 14.9		70	87	80	51	54	94	22	22	100	143	163	88
15— 19.9		48	88	55	43	53	81	13	13	100	104	154	68
20— 24.9		77	131	59	43	57	75	14	14	100	134	202	66
25— 29.9		11	87	13	31	88	35	12	13	92	54	188	29
30— 34.9		10	57	18	45	83	54	16	19	84	71	159	45
35— 39.9		33	131	25	99	167	59	48	54	89	180	352	51
40— 44.9		51	253	20	97	215	45	48	58	83	196	526	37
45— 49.9		17	115	15	50	117	43	34	36	94	101	268	38
50— 54.9		11	233	5	56	144	39	31	35	89	98	412	24
55— 59.9		6	81	7	23	37	62	3	3	100	32	121	26
60— 64.9		4	75	5	26	59	44	16	17	94	46	151	30
65— 69.9		45	199	23	55	95	58	21	23	91	121	317	38
70— 74.9		10	159	6	30	77	39	12	13	92	52	249	21
75— 79.9		20	169	12	27	67	40	20	23	87	67	259	26
80— 84.9		1	93	1	9	40	23	7	13	54	17	146	12
85— 89.9		4	98	4	3	45	7	7	10	70	14	153	9
90— 94.9		0	17	0	2	26	8	1	3	33	3	46	7
95— 99.9		0	18	0	0	11	0	0	2	0	0	31	0
100—102.0		0	1	0	0	2	0	0	0	—	0	3	0
Total		750	2429	31	824	1571	52	382	428	89	1956	4428	44
During shut-down time			70			26			10			106	
Total			2499			1597			438			4534	

Table II-2. TSK (1967-1968)

m (USCGS)	4.5≤m<5.0			5.0≤m<5.5			5.5≤m			Total (m≥4.5)			
	Δ (degree)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0— 4.9		132	133	99	72	72	100	21	21	100	225	226	100
5— 9.9		194	199	97	63	63	100	30	30	100	287	292	98
10— 14.9		60	90	67	48	52	92	21	21	100	129	163	79
15— 19.9		37	82	45	32	48	67	13	13	100	82	143	57
20— 24.9		80	133	60	34	47	72	14	15	93	128	195	66
25— 29.9		8	99	8	27	102	26	9	13	69	44	214	21
30— 34.9		12	63	19	40	81	49	14	17	82	66	161	41
35— 39.9		30	127	24	82	164	50	41	54	76	153	345	44
40— 44.9		38	256	15	95	219	43	42	55	76	175	530	33
45— 49.9		13	111	12	50	116	43	37	40	93	100	267	37
50— 54.9		8	229	3	51	149	34	28	35	80	87	413	21
55— 59.9		5	85	6	23	37	62	4	4	100	32	126	25

m (USCGS)	4.5≤m<5.0			5.0≤m<5.5			5.5≤m			Total (m≥4.5)		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
60— 64.9	3	73	4	24	57	42	12	16	75	39	146	27
65— 69.9	46	208	22	54	94	57	22	25	88	122	327	37
70— 74.9	9	160	6	27	78	35	9	12	75	45	250	18
75— 79.9	9	173	5	26	67	39	20	23	87	55	263	21
80— 84.9	1	95	1	6	37	16	7	13	54	14	145	10
85— 89.9	3	99	3	4	45	9	7	11	64	14	155	9
90— 94.9	0	17	0	3	27	11	1	2	50	4	46	9
95— 99.9	0	18	0	0	13	0	0	3	0	0	34	0
100—102.0	0	1	0	0	2	0	0	0	—	0	3	0
Total	688	2451	28	761	1570	48	352	423	83	1801	4444	41
During shut-down time		48			27			15			90	
Total		2497			1597			438			4534	

Table II-3. KYS (1967-1968)

m (USCGS)	4.5≤m<5.0			5.0≤m<5.5			5.5≤m			Total (m≥4.5)		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0— 4.9	94	101	93	52	55	95	19	20	95	165	176	94
5— 9.9	189	222	85	64	74	86	34	37	92	287	333	86
10— 14.9	32	95	34	31	55	56	20	21	95	83	171	49
15— 19.9	17	91	19	21	48	44	8	11	73	46	150	31
20— 24.9	26	129	20	24	59	41	12	14	86	62	202	31
25— 29.9	2	90	2	3	87	3	7	15	47	12	192	6
30— 34.9	1	54	2	6	82	7	8	19	42	15	155	10
35— 39.9	3	135	2	17	169	10	31	53	58	51	357	14
40— 44.9	8	245	3	52	210	25	31	61	51	91	516	18
45— 49.9	4	112	4	28	105	27	22	34	65	54	251	22
50— 54.9	6	234	3	27	136	20	22	35	63	55	405	14
55— 59.9	4	88	5	13	40	33	4	7	57	21	135	16
60— 64.9	0	71	0	12	59	20	11	15	73	23	145	16
65— 69.9	24	207	12	25	95	26	17	24	71	66	326	20
70— 74.9	2	154	1	11	67	16	6	12	50	19	233	8
75— 79.9	1	167	1	8	62	13	13	22	59	22	251	9
80— 84.9	0	82	0	1	33	3	4	13	31	5	128	4
85— 89.9	1	111	1	0	49	0	3	12	25	4	172	2
90— 94.9	0	16	0	0	24	0	0	3	0	0	43	0
95— 99.9	0	20	0	0	14	0	0	2	0	0	36	0
100—102.0	0	0	—	0	2	0	0	0	—	0	2	0
Total	414	2424	17	395	1525	26	272	430	63	1081	4397	25
During shut-down time		75			72			8			155	
Total		2499			1597			438			4534	

Table III. P arrival time detection at DDR (III-1), TSK (III-2) and KYS (III-3) for the events of  $m \geq 5.0$  in the four different quadrants. n: number of events located by USCGS in PDE, excepting those during the shut-down time of the respective station,  $P = 100 \times (n/N) \%$ .

Table III-1. DDR ( $m \geq 5.0$ , 1967-1968)

Quadrant $\Delta$ (degree)	I. NE			II. SE			III. SW			IV. NW		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0— 4.9	50	50	100	19	19	100	8	8	100	3	3	100
5— 5.9	88	89	100	8	8	100	13	13	100	2	2	100
10— 14.9	42	44	95	5	5	100	25	26	96	1	1	100
15— 19.9	24	24	100	12	12	100	18	28	64	2	2	100
20— 24.9	14	14	100	26	31	84	15	24	63	2	2	100
25— 29.9	11	15	73	1	1	100	29	69	42	2	16	13
30— 34.9	20	24	83	1	1	100	38	71	54	2	6	33
35— 39.9	20	21	95	23	37	62	101	155	65	3	8	38
40— 44.9	9	12	75	71	154	46	60	99	61	5	8	63
45— 49.9	12	17	71	29	60	48	27	49	55	16	27	59
50— 54.9	7	8	88	30	72	42	28	59	47	22	40	55
55— 59.9	0	0	—	20	31	65	1	1	100	5	8	63
60— 64.9	0	7	0	25	41	61	6	9	67	11	19	58
65— 69.9	1	8	13	70	95	74	0	0	—	5	15	33
70— 74.9	1	6	17	35	46	76	1	3	33	5	35	14
75— 79.9	4	11	36	31	45	69	6	19	32	6	15	40
80— 84.9	1	9	11	5	19	26	0	5	0	10	20	50
85— 89.9	0	1	0	2	11	18	2	16	13	6	27	22
90— 94.9	2	7	29	0	7	0	0	5	0	1	10	10
95— 99.9	0	2	0	0	7	0	0	1	0	0	3	0
100—102.0	0	0	—	0	1	0	0	0	—	0	1	0
Total	306	368	83	413	703	59	378	660	57	109	268	41

Table III-2. TSK ( $m \geq 5.0$ , 1967-1968)

Quadrant $\Delta$ (degree)	I. NE			II. SE			III. SW			IV. NW		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0— 4.9	60	60	100	17	17	100	13	13	100	3	3	100
5— 9.9	70	70	100	7	7	100	14	14	100	2	2	100
10— 14.9	41	43	95	5	5	100	22	24	92	1	1	100
15— 19.9	21	22	95	12	12	100	11	26	42	1	1	100
20— 24.9	15	15	100	26	32	81	6	13	46	1	2	50
25— 29.9	12	18	67	0	1	0	23	82	28	1	14	7
30— 34.0	18	24	75	1	1	100	33	67	49	2	6	33
35— 39.9	17	19	89	11	32	34	92	160	58	3	7	43
40— 44.9	9	12	75	63	154	41	59	99	60	6	9	67
45— 49.9	13	20	65	28	60	47	30	52	58	16	24	25
50— 54.9	5	6	83	27	73	51	28	64	44	19	41	46
55— 59.9	0	0	—	17	29	59	1	1	100	9	11	82

Quadrant $\Delta$ (degree)	I. NE			II. SE			III. SW			IV. NW		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
60—64.9	0	7	0	24	43	56	4	6	67	8	17	47
65—69.9	2	9	22	69	94	73	0	0	—	5	16	31
70—74.9	1	6	17	27	43	63	1	3	33	7	38	18
75—79.9	4	11	36	29	45	64	6	18	33	7	16	44
80—84.9	1	9	11	3	18	17	1	4	25	8	19	42
85—89.9	0	1	0	2	12	17	2	17	12	7	26	27
90—94.9	2	7	29	1	6	17	0	6	0	1	10	10
95—99.9	0	3	0	0	9	0	0	1	0	0	3	0
100—102.0	0	0	—	0	1	0	0	0	—	0	1	0
Total	291	362	80	369	694	53	346	670	52	107	267	40

Table III-3. KYS ( $m \geq 5.0$ , 1967-1968)

Quadrant $\Delta$ (degree)	I. NE			II. SE			III. SW			IV. NW		
	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)	n	N	P (%)
0—4.9	40	42	95	18	19	95	10	10	100	5	6	83
5—9.9	83	91	91	8	9	89	9	13	69	1	1	100
10—14.9	31	45	69	5	6	83	13	24	54	2	2	100
15—19.9	12	23	52	11	11	100	4	23	17	2	2	100
20—24.9	11	14	79	21	36	58	3	23	13	1	2	50
25—29.9	2	15	13	2	25	8	7	72	10	1	14	7
30—34.9	5	25	20	5	33	15	7	70	10	1	5	20
35—39.9	8	22	36	19	79	24	34	158	22	2	7	29
40—44.9	6	12	50	64	193	33	29	98	30	2	9	22
45—49.9	5	15	33	21	67	31	16	49	33	14	21	67
50—54.9	5	8	63	22	84	26	16	58	28	10	33	30
55—59.9	0	0	—	12	30	40	0	1	0	5	16	31
60—64.9	0	7	0	14	42	33	1	2	50	7	22	32
65—69.9	1	9	11	31	74	42	1	2	50	2	17	12
70—74.9	0	6	0	8	30	27	0	1	0	4	34	12
75—79.9	2	10	20	15	40	38	2	19	11	2	14	14
80—84.9	1	9	11	2	20	10	0	4	0	2	13	15
85—89.9	0	1	0	0	12	0	1	16	6	2	34	6
90—94.9	0	6	0	0	9	0	0	5	0	0	9	0
95—99.9	0	3	0	0	8	0	0	1	0	0	4	0
100—102.0	0	0	—	0	1	0	0	0	—	0	1	0
Total	212	263	58	278	828	34	153	649	24	64	266	24

る。  $\Delta = 30^\circ$  まで P は急激にさがり、DDR は 30%、TSK は 20%、KYS は 5% ちかくまでおちる。  $\Delta = 35^\circ \sim 40^\circ$  で DDR、TSK は 45~50%、40~45% に上昇、相対的極大があり、  $\Delta = 50^\circ \sim 60^\circ$  で 25% くらいの相対的極小におち、  $\Delta = 65^\circ \sim 70^\circ$  に 35~40% の相対的極大があり、それからさらに減少して  $\Delta = 90^\circ$  で 10% 以下におちる。KYS は  $\Delta = 40^\circ \sim 70^\circ$  で増加しても 20% はこえず、  $\Delta \geq 70^\circ$  で 10% 以下におちてしまう。  $\Delta = 25 \sim 30^\circ$ 、  $50 \sim 60^\circ$  の相対的極小と  $\Delta = 30^\circ \sim 40^\circ$ 、  $65^\circ \sim 70^\circ$  の相対的極大が日本周辺のマ



Table IV. P arrival time detection at DDR for the events of  $m \geq 5.5$  (IV-1),  $5.5 \geq m \geq 5.0$  (IV-2),  $5.0 > m \geq 4.5$  (IV-3) and  $m \leq 4.5$  in the shallow ( $6 \leq h < 60$  km), intermediate ( $60 \leq h < 300$  km), transient ( $300 \leq h < 450$  km) and deep ( $\leq 450$  km) depth ranges. n: number of P arrival time reporting, N: number of events located by USC & GS in PDE, excepting those during the shut-down time of DDR,  $P = 100 \times (n/N) \%$ .

Table IV-1. DDR (1967-1968,  $m \geq 5.5$ )

Depth h (km)	$450 \leq h$			$300 \leq h < 450$			$60 \leq h < 450$			$0 \leq h < 60$		
	$\Delta$ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
0— 4.9	0	0	—	2	2	100	3	3	100	16	16	100
5— 9.9	1	1	100	0	0	—	4	4	100	30	30	100
10— 14.9	0	0	—	0	0	—	3	3	100	20	20	100
15— 19.9	1	1	100	0	0	—	5	5	100	7	7	100
20— 24.9	0	0	—	0	0	—	1	1	100	13	13	100
25— 29.9	0	0	—	0	0	—	4	4	100	8	10	80
30— 34.9	0	0	—	0	0	—	10	20	83	6	7	71
35— 39.9	0	0	—	1	2	50	8	8	100	39	44	89
40— 44.9	0	0	—	0	0	—	24	28	86	22	28	79
45— 49.9	6	6	100	0	0	—	7	8	88	21	22	95
50— 54.9	0	0	—	0	0	—	11	13	85	20	23	87
55— 59.9	2	2	100	0	0	—	0	0	—	1	1	100
60— 64.9	0	0	—	0	0	—	3	4	75	13	13	100
65— 69.9	5	6	83	2	2	100	4	4	100	10	11	91
70— 74.9	0	0	—	0	0	—	5	5	100	8	9	89
75— 79.9	0	0	—	1	1	100	3	3	100	15	18	83
80— 84.9	0	0	—	0	0	—	1	1	100	6	12	50
85— 89.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	7	10	70
90— 94.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	1	3	33
95— 99.9	0	0	—	0	0	—	0	1	0	0	1	0
100—102.0	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
Total	15	16	94	6	7	86	96	107	90	263	298	88

Table IV-2. DDR (1967-1968,  $5.0 \leq m < 5.5$ )

Depth h (km)	$450 < h$			$300 \leq h < 450$			$60 \leq h < 300$			$0 \leq h < 60$		
	$\Delta$ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
0— 4.9	0	0	—	2	2	100	10	10	100	48	48	100
5— 9.9	4	4	100	1	1	100	6	6	100	65	65	100
10— 14.9	0	0	—	1	1	100	10	10	100	39	41	95
15— 19.9	0	0	—	0	0	—	17	18	94	26	35	60
20— 24.9	0	0	—	1	1	100	9	10	90	33	46	72
25— 29.9	0	0	—	0	0	—	9	20	45	23	68	34
30— 34.9	1	2	50	0	0	—	20	38	53	24	43	56
35— 39.9	0	0	—	0	0	—	17	33	52	83	135	61
40— 44.9	3	3	100	1	1	100	48	103	47	48	110	44
45— 49.9	5	6	83	1	2	50	9	32	28	34	76	45
50— 54.9	0	0	—	0	0	—	18	37	49	36	104	35
55— 59.9	1	1	100	0	0	—	9	14	64	13	22	65

Depth h (km)	450 < h			300 ≤ h < 450			60 ≤ h < 300			0 ≤ h < 60		
	Δ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
60—64.9	0	0	—	0	0	—	8	14	57	18	45	40
65—69.9	18	23	78	2	2	100	8	13	62	27	56	48
70—74.9	6	7	86	0	0	—	7	10	70	17	60	28
75—79.9	0	0	—	1	2	50	6	11	55	21	55	36
80—84.9	0	0	—	0	0	—	2	6	33	7	34	21
85—89.9	0	0	—	0	0	—	0	1	0	3	44	68
90—94.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	2	26	77
95—99.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	10	0
100—102.0	0	0	—	0	0	—	0	1	0	0	2	0
Total	38	46	83	10	12	83	213	387	55	567	1,125	50

Table IV-3. DDR (1967-1968, 4.5 ≤ m &lt; 5.0)

Depth h (km)	450 ≤ h			300 ≤ h < 450			60 ≤ h < 300			0 ≤ h < 60		
	Δ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
0—4.9	0	0	—	4	4	100	15	15	100	91	91	100
5—9.9	6	6	100	9	9	100	22	23	96	186	190	98
10—14.9	1	1	11	5	5	100	18	19	95	46	61	75
15—19.9	4	4	11	3	4	75	16	30	53	26	51	51
20—24.9	0	0	—	0	0	—	22	32	69	54	98	55
25—29.9	0	0	—	0	0	—	13	13	100	11	74	15
30—34.9	0	1	0	0	0	—	6	23	26	4	33	12
35—39.9	1	1	100	0	0	—	10	30	33	22	100	22
40—44.9	2	5	40	1	2	50	20	115	17	27	131	21
45—49.9	0	1	0	0	0	—	7	42	17	10	72	14
50—54.9	0	0	—	1	2	50	1	69	14	9	161	6
55—59.9	2	3	67	0	0	—	2	27	7	1	48	2
60—64.9	0	0	—	0	0	—	3	22	14	2	54	4
65—69.9	37	71	52	1	8	13	5	27	19	16	106	15
70—74.9	1	19	53	0	3	0	3	29	10	6	108	6
75—79.9	1	1	100	2	6	34	6	25	24	11	133	8
80—84.9	0	0	—	0	0	—	0	1	0	1	92	1
85—89.9	0	0	—	0	0	—	1	7	14	3	90	3
90—94.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	17	0
95—99.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	18	0
100—102.0	0	0	—	0	0	—	0	1	0	0	0	—
Total	56	113	50	26	43	61	157	550	29	526	1,728	33

Table IV-4. DDR (1967-1968, Total or m ≥ 4.5)

Depth h (km)	h ≥ 450			300 ≤ h < 450			60 ≤ h ≤ 300			0 ≤ h < 60		
	Δ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
0—4.9	0	0	—	8	8	100	28	28	100	155	155	100
5—9.9	11	11	100	10	10	100	32	33	97	281	285	99
10—14.9	1	1	100	6	6	100	31	32	98	105	122	86

Depth h (km)	h ≥ 450			300 ≤ h < 450			60 ≤ h ≤ 300			0 ≤ h < 60		
	Δ (degree)	n	N	P	n	N	P	n	N	P	n	N
15—19.9	5	5	100	3	4	75	38	53	72	59	93	63
20—24.9	0	0	—	1	1	100	32	43	74	100	157	64
25—29.9	0	0	—	0	0	—	26	37	70	42	152	28
30—34.9	1	3	33	0	0	—	36	73	49	34	83	41
35—39.9	1	1	100	1	2	50	35	71	49	144	279	52
40—44.9	5	8	63	2	3	67	92	246	37	97	269	36
45—49.9	11	13	85	1	2	50	23	64	36	65	170	38
50—54.9	0	0	—	1	2	50	30	119	25	65	288	23
55—59.9	5	6	83	0	0	—	11	41	27	15	71	21
60—64.9	0	0	—	0	0	—	14	40	35	33	112	29
65—69.9	6	100	60	5	12	42	17	44	39	53	173	31
70—74.9	7	26	27	0	3	0	15	44	34	31	177	18
75—79.9	1	1	100	4	9	44	15	39	38	47	206	23
80—84.9	0	0	—	0	0	—	3	8	38	16	138	12
85—89.9	0	0	—	0	0	—	1	8	13	13	144	9
90—94.9	0	0	—	0	0	—	0	0	—	3	46	7
95—99.9	0	0	—	0	0	—	0	1	0	0	29	0
100—102.0	0	0	—	0	0	—	0	2	0	0	2	0
Total	108	175	62	42	62	68	479	1026	47	2384	3151	76

Table V. Detection Capability P (%) for the seismic events  $m \geq 5.0$ .

Δ (degree)	DDR	TSK	KYS	MTJ <sup>6)</sup>	KMU <sup>7)</sup>	SHK <sup>8)</sup>	MAT <sup>9)</sup>
	1967-1968			'63 I-'64 IV	1968	'69-'70	1968-1969
0—5	100	100	95	80	80	(75)	98
5—15	97	98	80	90			99
15—30	66	54	32	57			97
30—60	57	52	27	41	19	(50)	92
60—90	48	46	24	28	10	(45)	92
90—103	7	9	0	38	0	(5)	70
104—109	—	—	—	25			13
110—180	—	—	—	22			(25)

ントルの速度構造を反映しているものかどうかは確言できないが、 $\Delta = 30^\circ$  までの非常に急激な減少、 $\Delta = 30 \sim 70^\circ$  のゆるやかな減少、そして  $\Delta > 70^\circ$  の急激な減少は、すべての mb の範囲についてみられるから、これは P 波振幅減衰の一定の関係をしめし、マントルの深さによる速度構造を反映しているものとみられる。

b) の  $mb > 5.5$  の地震事件についてみると、DDR は  $\Delta = 25^\circ$  まで、TSK は  $\Delta = 20^\circ$  まで 100% の検知率をしめすが、KYS は  $\Delta = 15^\circ$  まででも 93% で、100% にはなら

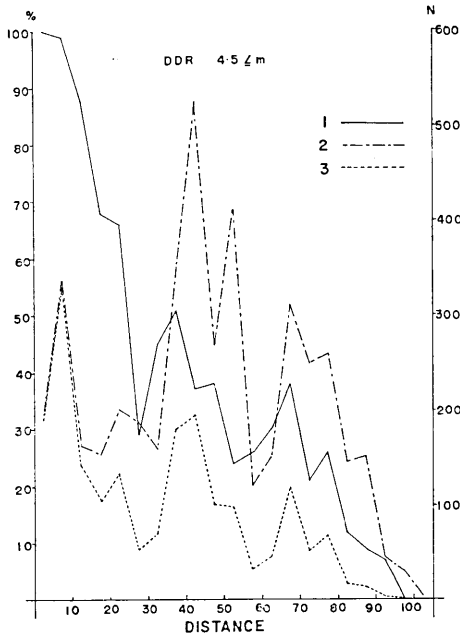


Fig. 2a

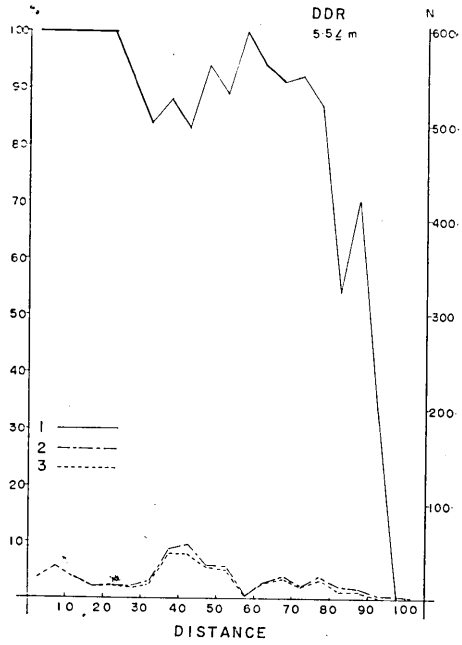


Fig. 2b

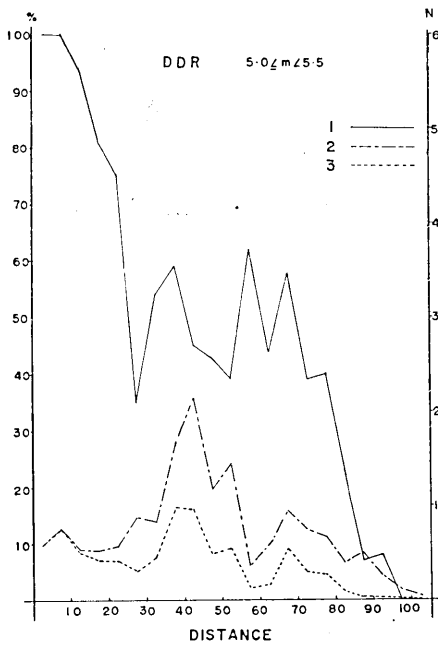


Fig. 2c

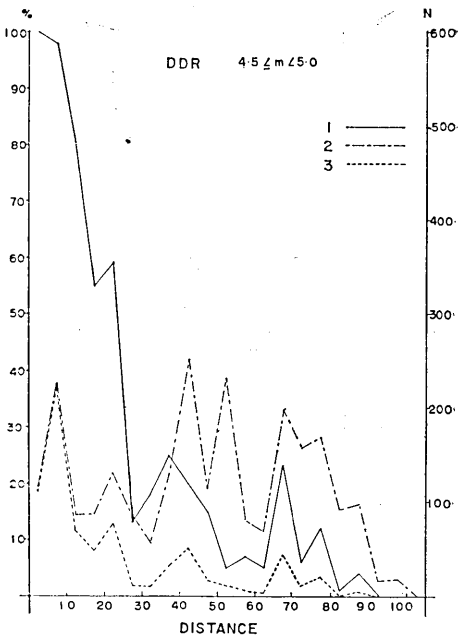


Fig. 2d

Fig. 2. P arrival time detection at DDR. a) for  $m \geq 4.5$ , b) for  $m \geq 5.5$ , c) for  $5.0 \leq m < 5.5$ , d) for  $4.5 \leq m < 5.0$ . 1: Detection rate  $P = 100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reporting in PDE, 3: Number of detected P arrivals.

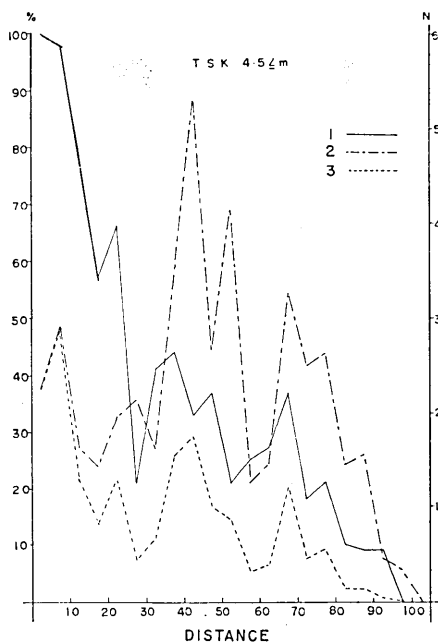


Fig. 3a

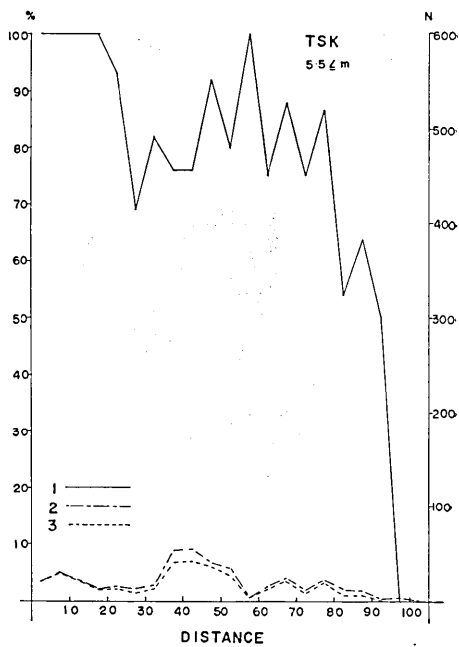


Fig. 3b

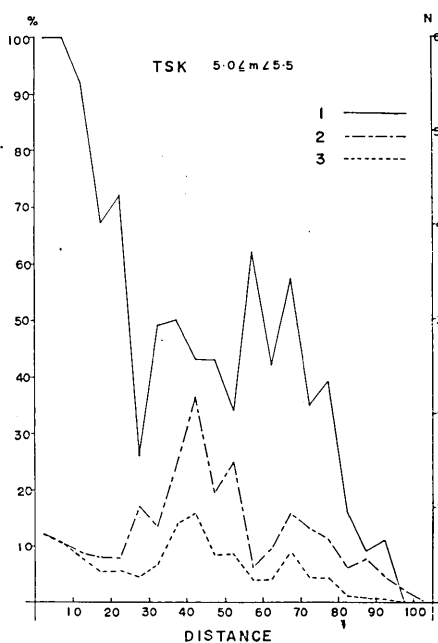


Fig. 3c

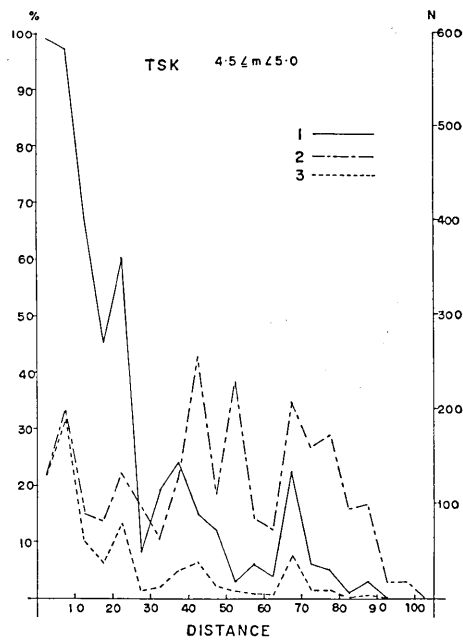


Fig. 3d

Fig. 3. P arrival time detection at TSK. a) for  $m \geq 4.5$ , b) for  $m \geq 5.5$ , c) for  $5.0 \leq m < 5.5$ , d) for  $4.5 \leq m < 5.0$ . 1: Detection rate  $P = 100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reported in PDE, 3: Number of detected P arrivals.

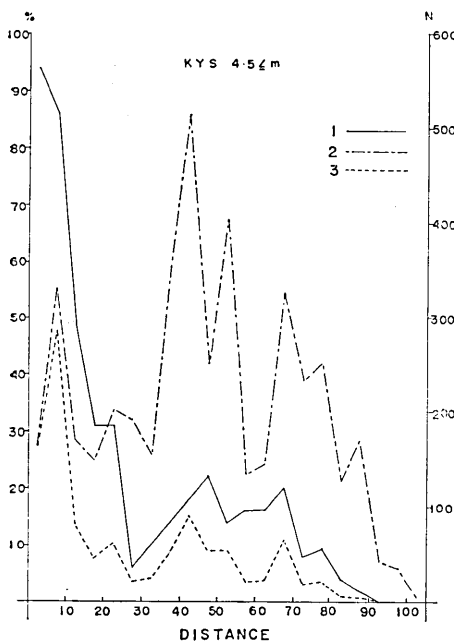


Fig. 4a

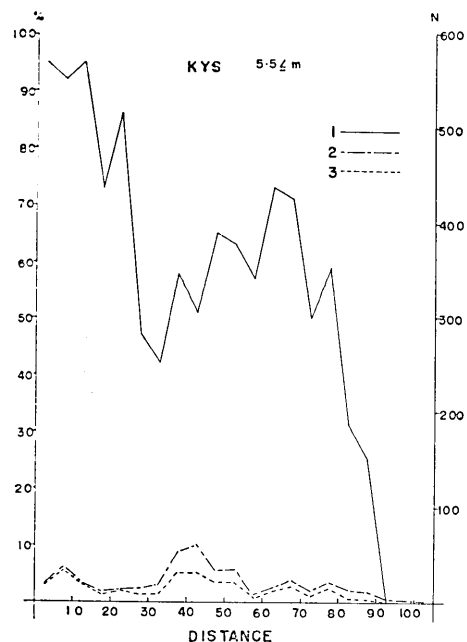


Fig. 4b

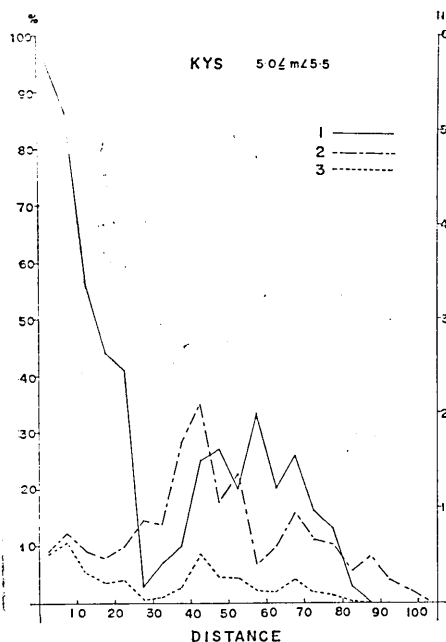


Fig. 4c

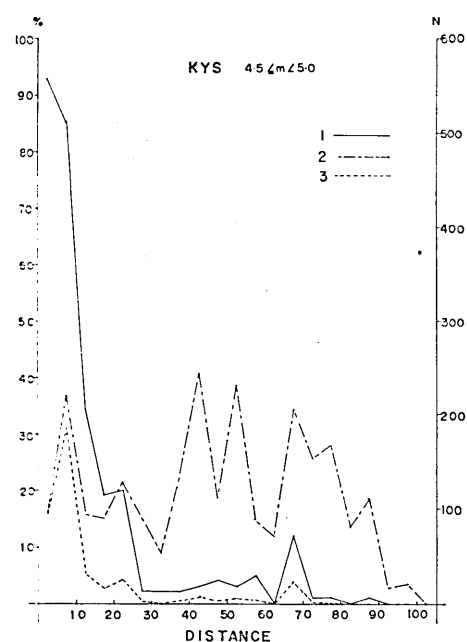


Fig. 4d

Fig. 4. P arrival time detection at KYS. a) for  $m \geq 4.5$ , b)  $m \geq 5.5$ , c) for  $5.0 \leq m < 5.5$ , d) for  $4.5 \leq m < 5.0$ . 1: Detection rate  $P = 100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reported in PDE, 3: Number of detected P arrivals.

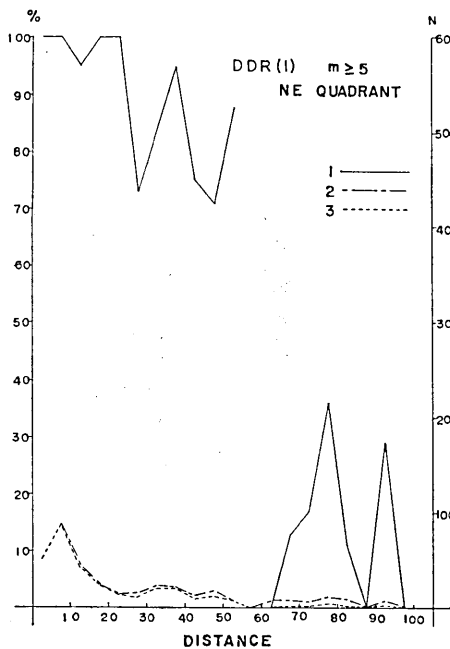


Fig. 5a

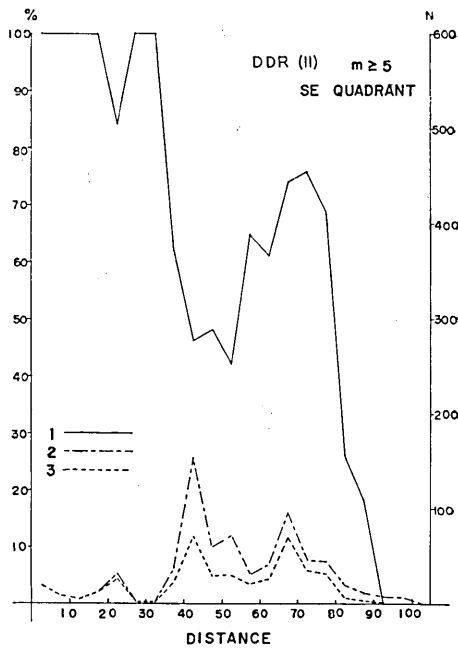


Fig. 5b

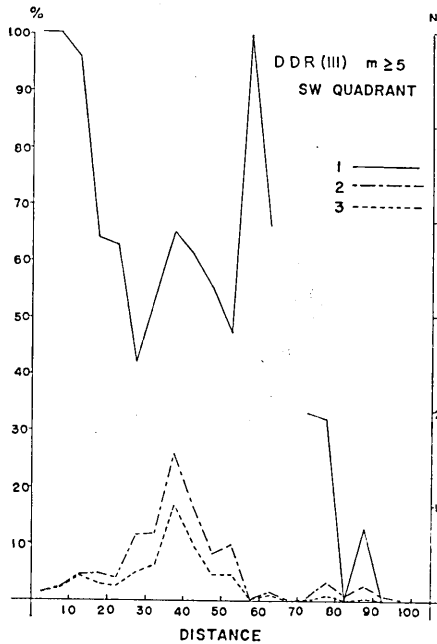


Fig. 5c

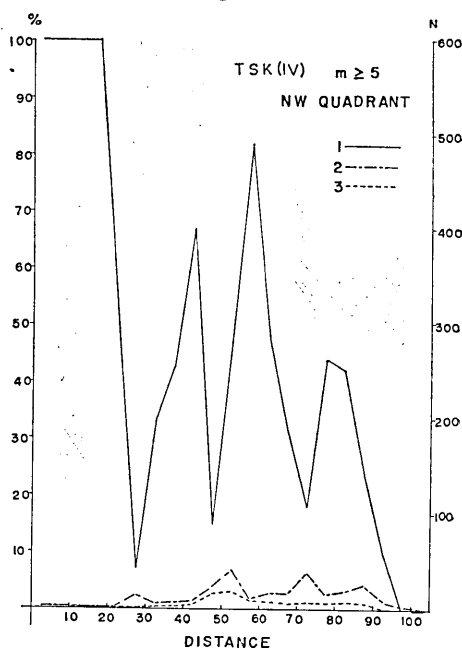


Fig. 5d

Fig. 5. P arrival time detection at DDR for the events of  $m \geq 5.0$  in the four different quadrants. 1: Detection rate  $P=100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reported in PDE, 3: Number of detected P arrivals.

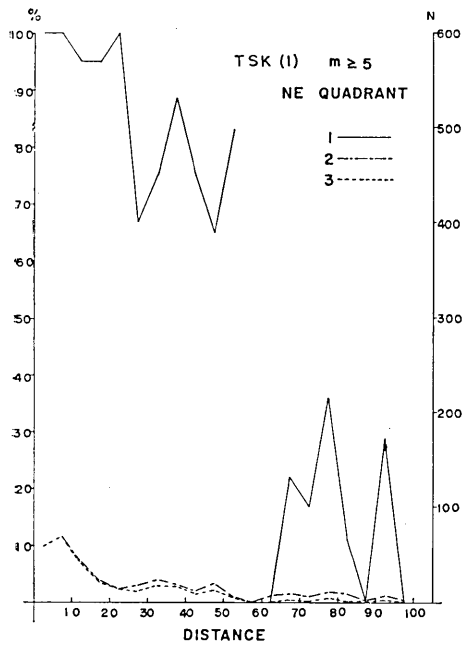


Fig. 6a

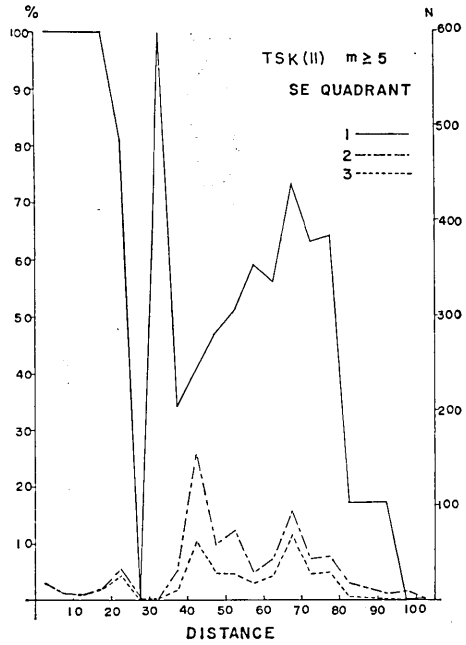


Fig. 6b

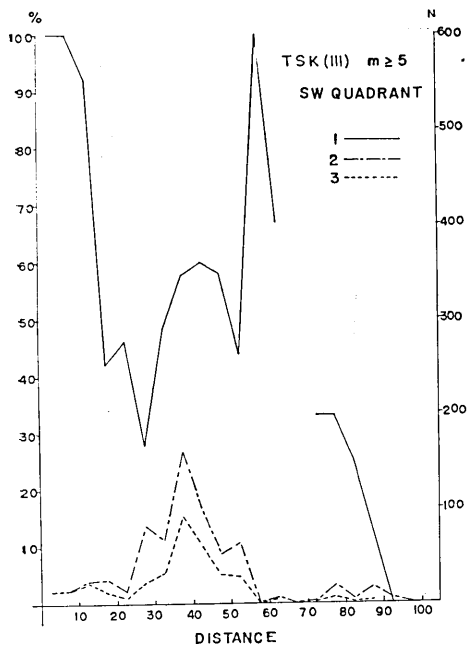


Fig. 6c

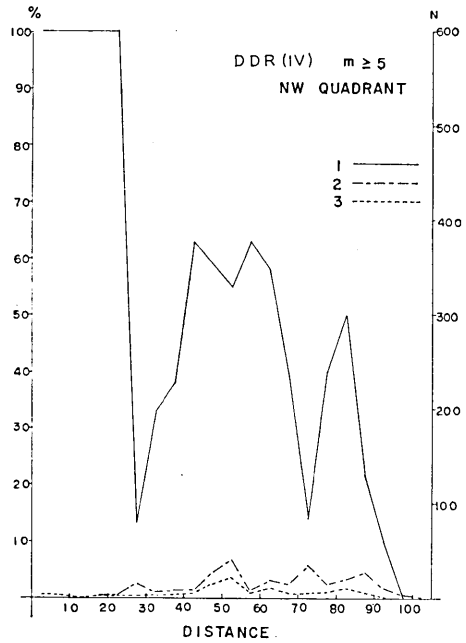


Fig. 6d

Fig. 6. P arrival time detection at TSK for the events of  $m \geq 5.0$  in the four different quadrants. 1: Detection rate  $P = 100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reported in PDE, 3: Number of detected P arrivals.



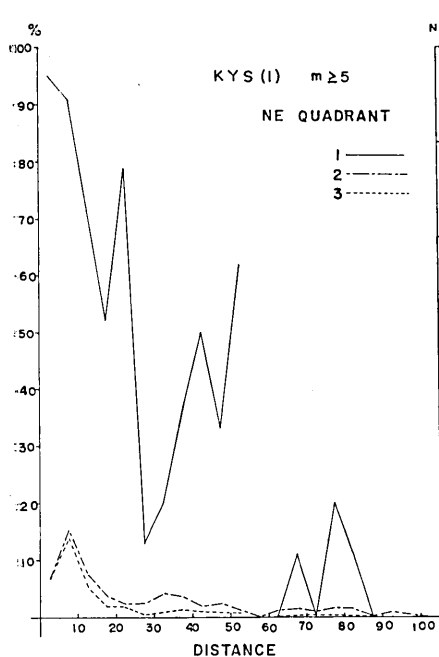


Fig. 7a

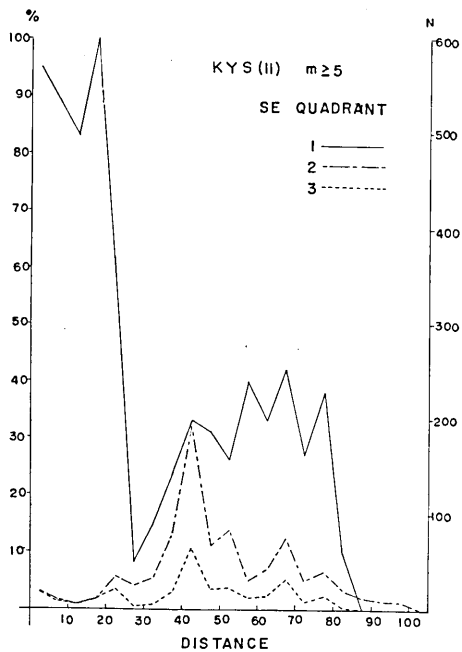


Fig. 7b

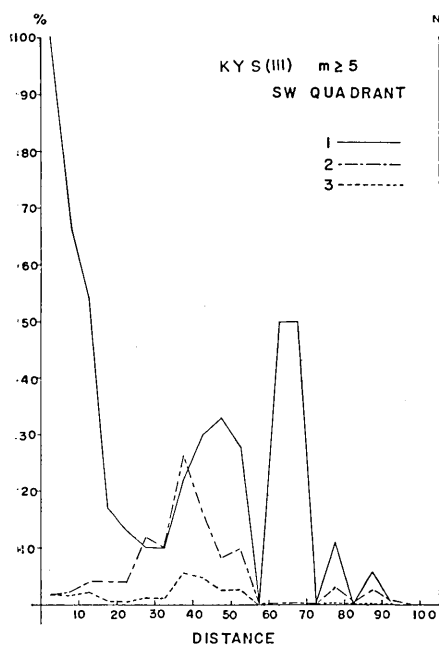


Fig. 7c

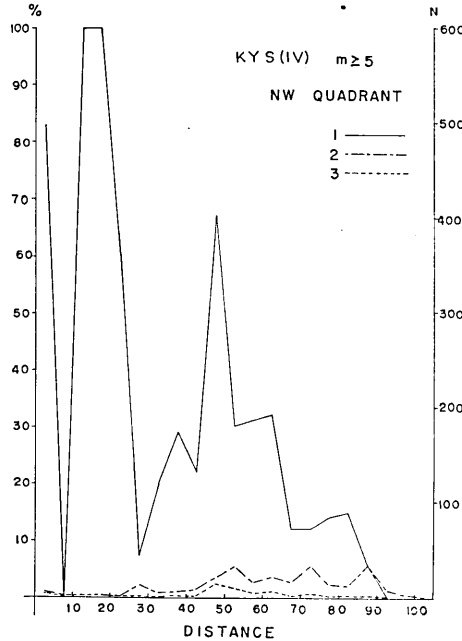


Fig. 7d

Fig. 7. P arrival time detection at KYS for the events of  $m \geq 5.0$  in the four different quadrants. 1: Detection rate  $P = 100 \times (n/N)\%$ , 2: Number of events reported in PDE, 3: Number of detected P arrivals.

ない。  $\Delta=30\sim 80^\circ$  では DDR は 85~100% 平均 90%, TSK は 70~100% 平均 85%, しかし KYS はわずかに 40~70% 平均で 50% の探知率である。  $\Delta>80^\circ$  では急激に減少し,  $\Delta>90^\circ$  では  $mb>5.5$  でもほとんど探知できなくなる。

c) の  $5.0\leq mb<5.5$  では  $P=100\%$  は DDR, TSK は  $\Delta<10^\circ$  であり, KYS は 85%,  $\Delta=30\sim 80^\circ$  の P は DDR が 35~60% 平均 50%, TSK は 30~60% 平均 45%, KYS は 15~30%, 平均 20% である。

d) の  $4.5\leq mb<5.0$  では  $\Delta=30\sim 80^\circ$  の P が DDR で 15~25%, 平均 15%, TSK は 5~25%, 平均 10%, KYS は 5% 以下である。

5. 震央方位別の検知率 第5~7図にしめす a) 北東象限, b) 南東象限, c) 南西象限, d) 北西象限の  $m\geq 5.0$  の地震についての DDR, TSK の探知率 P をみるに, 北東象限では  $\Delta\leq 25^\circ$  で  $P\geq 90\%$ ,  $\Delta=25\sim 50^\circ$  で 70~90%,  $\Delta=60\sim 90^\circ$  で 10~30% におちる。南東象限では,  $\Delta=20^\circ$  までは 100% だが, それからばらつきをもって低下し  $\Delta=40\sim 80^\circ$  では 40% から 75% まで  $\Delta$  とともにむしろ増加する。  $\Delta>80^\circ$  ではもちろん 20% 以下におちる。

南西象限では  $P\geq 95\%$  は  $\Delta=15^\circ$  までで, それから急落して  $\Delta=20\sim 30^\circ$  で 40~50% となり, それから  $\Delta=40\sim 60^\circ$  ではやはりやや上昇し,  $\Delta>70^\circ$  でまた急落する。

北西象限では DDR は  $\Delta\leq 25^\circ$ , TSK は  $\Delta\leq 20^\circ$  で  $P=100\%$  であるが,  $\Delta=25\sim 30^\circ$  では 10% 前後までおち, それからやや上昇,  $\Delta=40\sim 80^\circ$  ではゆらぎは大きいが大體 40~50% の水準とかがえられる。 KYS については探知率がひくく, ばらつきが大きい, やはり多少象限による差はみられる。

地震の震央は各象限で震央距離別に一樣に分布しているわけではないことは, N の変化をみればわかるから, 実際には個々の地震地域毎に考察しなくてはならないので, より多数の資料をもちいて, そのような調査をする必要があり, それはマントル構造についてのよりくわしい情報をあたえるとおもわれる。

6. 震源ふかさ別の検知率 震源のふかさ  $h$  を a)  $h<60$  km, b)  $60$  km  $\leq h<300$  km, c)  $300$  km  $\leq h<450$  km, d)  $h\geq 450$  km の4段階に分類すると, 震央距離  $5^\circ$  ごとの地震数はあさい地震をのぞいてかなりすくない。 DDR についてのみしらべたが, どの震央距離でもあさい方が P はちいさいようである。つまりふかい地震ほど探知されやすい。これは一般的傾向でもある。

7. 考察 わが国の高感度地震観測所の P 波到着時刻の検知能力は筑波地震観測所 (MTJ)<sup>6)</sup>, 浦河地震観測所 (KMU)<sup>7)</sup>, 白木微小地震観測所 (SHK)<sup>8)</sup>, 松代地震観測所 (MAT)<sup>9)</sup> について発表されている。それらとここに調査した堂平微小地震観測所の検知率

6) 萩原尊礼, 岩田孝行; 筑波観測所の Detection Capability について, 地震 第2輯 第18巻, 1965, 113-122頁。

7) 本谷義信; 浦河地震観測所における地震観測 III—地震検知能力—, 北大地球物理学研究報告第27号, 1972, 55-65頁。

8) 茅野一郎, 森川敏子; 白木 (SHK) における遠震初動検知能力, 昭和46年度地震学会秋季大会 (高知) 講演予稿集。 (講演番号115)

9) 末広重二, 佐藤 馨, 山岸 登, 斎藤 進; 松代地震観測所の Detection Capability について, 昭和47年度地震学会春季大会 (東京) 講演予稿集 (講演番号130)

とをくらべるために第V表をつくった、各報告<sup>6-9)</sup>における震央距離、マグニチュードの分割等がまちまちであるので、 $mb \geq 5.0$  について、適当な震央距離分割の表を各報告からもとめた。距離の境界  $\pm 1^\circ$  は各報告でちがっているのを無視した。白木は表がえられなかったので、文献 8) の図面から筆者が推定した値で、括弧にいれてしめた。

松代は段然検知率がたかく  $mb \geq 5.0$  については核のかげをのぞき全世界の地震事件にたかい探知力をしめしている。 $\Delta < 15^\circ$  では DDR, TSK も MAT 同様 100% にちかい検知率をしめすが、MTJ (TSK とおなじ筑波の HES 1-1 地震計による結果) はややさがり 90% である。1963年ころは1967-1969より USCGS の全世界的探知力が相当わるいとかんがえられるので、この値はもうすこし低いとみなさなくてはならないかもしれない。SHK は約 75% で KMU, KYS よりもひくい。 $\Delta = 15 \sim 30^\circ$  となると MAT はなお 100% にちかいが SHK, DDR, MTJ, TSK の順に 70~55% におちる。KYS は 30% にすぎない。

$\Delta = 30 \sim 90^\circ$  では MAT はなお 90% であるが DDR, TSK, SHK の順で 60~45%, MTJ は 40~30% で一段おち、KYS と KMU は夫々 25%, 20% となる。 $\Delta = 90 \sim 103^\circ$  となると MAT も 70% 台になり、DDR, TSK, SHK は 10% 以下になる。しかし MTJ は 38% で案外おちない。PKP ( $\Delta > 105^\circ$ ) については今回は調査しなかった。

DDR, TSK は MAT にはおよばないが  $m \geq 5.0$  については遠地地震で 50% 以上、近地地震では 90% 以上の P 時刻検知率をしめし、遠地地震については SHK と同等、近地地震 ( $\Delta < 15^\circ$ ) については SHK 以上である。

定常観測のつねとして、いかに高検知率の観測所でも時として種々の事情から検知できないことがあるので、それは堂平の各観測点についても、また松代等とのあいだについてもいえるから、これら各点の国際観測への協力が最近の世界的地震震源決定の進歩に貢献していることはうたがいない。P 時刻以外にマグニチュード  $mb$  の資料については最近まで MAT が送付していなかったので、TSK の報告は特に重要な位置をしめていた。国際地震観測における日本の高感度地震観測所の寄与についてはさらにいろいろの側面から調査して報告したい。

8. 謝辞 堂平微小地震観測所の保守および検測をおこなっている辻浦賢氏はじめ同僚のみなさまに感謝する。図面の完成には柳沢美津子嬢の協力をえた。第 1 図は同僚中村功氏による。しるして感謝する。

## 2. *Detection Capability of P Arrival Times at the Stations DDR, TSK and KYS belonging to the Dodaira Micro-earthquake Observatory.*

By Setumi MIYAMURA and Sachie YAMADA\*,

Earthquake Research Institute.

1. Dodaira Micro-earthquake Observatory has been mailing the seismological interpretations to USCGS (now NOAA) and cooperated in its routine service of the Prelimi-

\* née Hayashi, resigned from ERI in 1971.

nary Determination of Epicenters. The interpretations have been also published as Preliminary Seismological Bulletins since 1967 to date. The detection capability of the P arrival times at the stations DDR (Dodaira), TSK (Tsukuba Telemeter) and KYS (Kiyosumi Telemeter) during 1967-1968 is summarised here. The interpretation is mainly done by using the short period vertical component seismograms recorded on a 4 channel parallel trace ink-writing oscillograph with minute time mark channel. The interpretations at SRY (Shiroyama), the 4th station of the R.T.S. (Radio Telerecording Seismograph) network were sent to USCGS but they are not investigated in this report. For DDR direct filter sum out-put of short period vertical seismometers at the 6 separated vaults within about 1.5 km distance is used for the weak teleseismic signals. Short period vertical filter seismograph out-puts at TSK are also helpful in the interpretation especially for the body wave magnitude data.

2. Magnifications of the instruments used in the routine interpretations are as follows:

DDR: SPZ 9K and 46K at 1 Hz.

SPZ Filter Sum ca 130 at 1 Hz.

TSK: SPZ 8.4K and 25 at 1 Hz.

SPZ 4 Channel Filter. ca 100K at 1 Hz and 271K at 2 Hz.

(mainly used to report P maximum amplitude)

KYS: SPZ 10K at 1 Hz.

Frequency characteristics of these seismographs are illustrated in Fig. 1. (cf. Table IV)

3. Table II lists the number of P arrivals  $n$  detected at DDR, TSK and KYS together with the total number of seismic events  $N$  reported in the P.D.E. for the respective epicentral distances. The table is prepared for each different magnitude range, i.e. for  $4.5 \leq m < 5$ ,  $5 \leq m < 5.5$ ,  $5.5 \leq m$  and  $4.5 \leq m$  respectively. The percentage  $P = 100 \times (n/N)\%$  is also given. The listed data  $n$ ,  $N$  and  $P$  are illustrated taking  $\Delta$  in abscissa in Figs. 2-13.

For the events  $m \geq 5.5$  detection probability of DDR is approximately 90% up to  $\Delta = 75^\circ$  but that of KYS and TSK is slightly lower, i.e. 80% and 60% respectively. In  $\Delta < 10^\circ$  the probability is above 90% for the events  $m \geq 4.5$  at the three stations. Detection of PKP is not investigated.

4. Detection capabilities of the seismic events  $m \geq 5.0$  in the different azimuths are tabulated in Table III for the 4 quadrants according to the epicentral distances. The results are illustrated in Figs. 14-25. For the 1st or NE quadrant the detection capability is distinctly high at the three stations equally about  $\Delta < 60^\circ$ , while in  $\Delta > 60^\circ$  the detection capability of NE quadrant is lower than the other quadrants. It may reflect the effect of the island arc mantle structure beneath the NE Japan.

5. The detection capabilities of the seismic events in different depth ranges are tabulated only for DDR in Table IV. Owing to the small size of the event population for each depth groups the results are not conclusive.

*Acknowledgement* The writers appreciate with thanks the continuous effort of the staff of the Dodaira Micro-earthquake Observatory in keeping the station operation and continuing the daily interpretation works. Thanks are also due to Miss Mitsuko Yanagisawa for her help in drafting the figures. Fig. 1 is drafted by Mr. I. Nakamura.