

東北地方に展開した磁気テープ記録式 地震観測装置に関する諸調査(2)*

仙台管区気象台**

550.34

1. はしがき

第1報では昭和44年度に設置したこの装置についての諸調査の結果を報告(1973)した。ここでは、主として昭和45年度に設置した磁気テープ記録式電磁地震計(以下、磁気テープ式地震計と略す)の設置点の状況、ノイズの状態および総合的な地震探知の状況などについて述べる。

2. 変換器設置点の状況***

2.1

昭和45年度の測器は、昭和46年3月下記の5官署に磁気テープ式地震計を設置し、6月1日から観測業務を実施した。

青森、八戸、石巻、白河、小名浜。

これらのうち、八戸・白河については変換器をそれぞれ構内の地下15mおよび21mに埋設した(第2.1図)。小名浜については、昭和43年に気象研究所が当所の地下100mに変換器を埋設し、ノイズの研究(1969)を実施したが、そのあと引継いで変換器を使用した。付近の地質は、最上部沖積層(0m~55.5m)で細い砂または中砂(上部)とシルト(下部)に区分され、両層とも貝殻を多く含んでいる。次ぎは洪積層(55.5m~75.5m)が分布し、砂礫とシルト。その下は第三紀層(75.5m~)に変わり、上部はうすい泥岩、下部はほとんど砂質頁岩から成り、時にはうすい砂岩の層を伴い縞状を呈し、小型の貝化石を含んでいる、とのことである。

石巻は測候所付近の柱状図によると、岩盤が浅く比較的良質地盤(第2種地盤)なので、変換器は既設の地震計台に設置した。

青森は沖積層が厚く、構内地下に埋設しても所期の効果が期待できないので、抜本的改良は第二次計画で考慮することとし、一応現在の地震計台に変換器を設置した。

2.2 埋設点と地上(地震計台)との振幅比

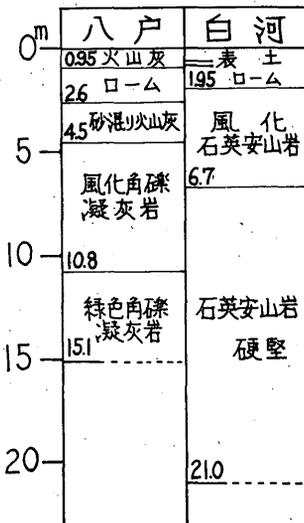
方法については、第1報と同様、地震動の振動周期1秒以下の最大振幅について、埋設点と地上(59型、 $T_1=5$ 秒、 $V=100$)の記録を比較した(第2.2~3図)。

八戸・小名浜とも地下埋設点の振幅は地上に比し0.35とかなり小さい。なお、小名浜における気象研究所の調査では、1秒以下の波の地上との振幅比はだいたい0.2程度となっている。

石巻(図略)は両地震計とも現用の地震計台上に設置しているにもかかわらず、振幅値がかなり一致していない(0.74)。これは盛岡(第1報参照)の場合と同様、両地震計の倍率が正しく規正されていないためかもしれない。

白河・青森については、磁気テープ式地震計設置後、既設の地震計による観測を中止したので、このような調査はできなかった。

なお、この調査方法では、両地震計の特性の相異や特に倍率規正の問題があり、厳密な比較はできないよう

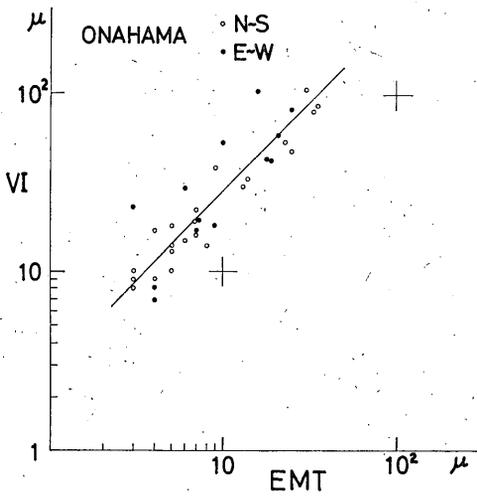


第2-1図 変換器埋設点の地質

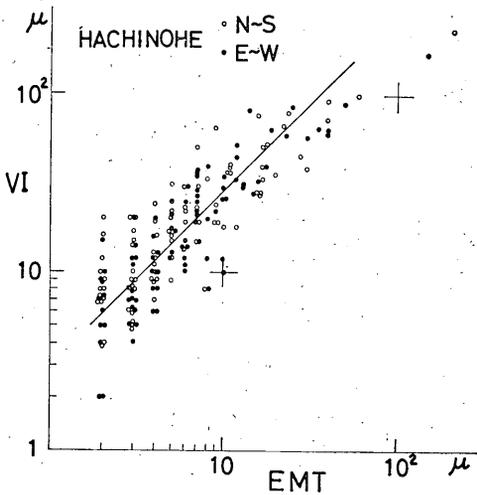
* Sendai D. M. O: Investigations on Electro-magnetic Seismograph with Tape Recorder and Transmitting Unit Developed in Tohoku District (Part 2) (Received December 7, 1973)

** 技術部観測課 新堀信夫, 浜松音蔵

*** 浜松音蔵



第2-2図 最大振幅による埋設点(EMT)と地上(VI)との比較(八戸)
 EMT: 磁気テープ式地震計(埋設点地下15.1m)
 VI: 59型電磁地震計(地震計台)



第2-3図 最大振幅による埋設点(EMT)と地上(VI)との比較(小名浜)
 EMT: 磁気テープ式地震計(埋設点地下100m)
 VI: 59型電磁地震計(地震計台)

ある。

3. ノイズについて*

東北地方の磁気テープ式地震計は、仙台、福島を除く11官署に設置され、小名浜を除く太平洋側の7官署はノイズも小さく、トリガー値を0.5μにおさえることがで

第2-1表 最大振幅(周期1秒以下)による設置点と地上との振幅比

	八戸	小名浜	石巻
地震計	EMT/VI	EMT/VI	EMT*/VI
振幅比	埋設/地上 0.35	埋設/地上 0.35	地上/地上 0.74
変換器設置点	-15.1m	-100m	0m
調期査間	昭和46年6月~昭和47年2月		

注) EMT*: 磁気テープ式地震計(地上型変換器)
 EMT: // (埋設型変換器)
 VI: 59型直視式電磁地震計

きた。このため、検知能力は大きく、白河では、昭和47年1~12月に1612個の地震を観測することができた。しかし、日本海側は、内陸部の山形を除いた3官署で交通ノイズや脈動が多く、トリガー値を大きくとらざるを得なかった。したがって地震の観測回数は少なく、青森では上記1年間に166個しか記録されていない。今回、前年度設置された6地点を含めて、前回同様の観測・調査を行なったので報告する。

3.1 ノイズのためこみ状況

磁気テープ式地震計は、地震・ノイズの別なく所定のトリガー値をこえる振動があったとき作動し、ためこみが行なわれるため、シルト、砂礫などの堆積層が厚く、地盤が軟弱で、交通ノイズや脈動が大きく、これが原因となったためこみも多い。このような地点は、ノイズによるためこみを少なくするため、トリガー値を大きくとっているが、それでも第3.2表のように、地表とノイズの比(S/S+N)は数%といった例も多い。また、ノイズの少ないときは100%といったように変化が大きい。太平洋側官署の変換器埋設点は岩盤に達したところが多く、地盤が硬いので、トリガー値を小さくしてあるがS/S+N比は大きく、地震をよく記録している。

第3.1図は、月別の地震観測回数であるが、昭和46年9月、47年12月は全般に多目となっている。9月は三陸沖、12月は八丈島近海の地震によるものである。これら11地点の観測回数は傾向的につぎの4つにわけられる。

- i) 地震ためこみの最も少ない地点は、酒田・秋田・青森・小名浜などであるが、これらの地点は沖積層の厚い軟弱地盤のため、都市ノイズは大きく、脈動によっても作動し、トリガー値を大きくとってある。このため、変位の小さい地震はためこみが行なわれず、地震観測数は少ない。小名浜の変換器は地下100mに埋設されているが、それでも脈動により作動することが多

* 新編信夫

第3-1表 上下動トリガーレベルの変更状況 (単位: μ)

レベル設定年	昭45年12月	昭46年2月	3月	4月	6月	7月	昭47年8月	12月	昭48年3月	4月	6月
大船渡	1				0.5						
盛岡	1	0.5									
宮古	1				0.5						
山形	1				0.5						
秋田	3.5			2.5							
酒田	7	12									
青森		7.5									
八戸		0.5									
石巻		1.2				2	1	0.7			
白河		1			0.5						
小名浜		2	3						2	3	

酒田: 隔測化のため観測中止

第3-2表 地震ためこみ状況 (S/S+N %)

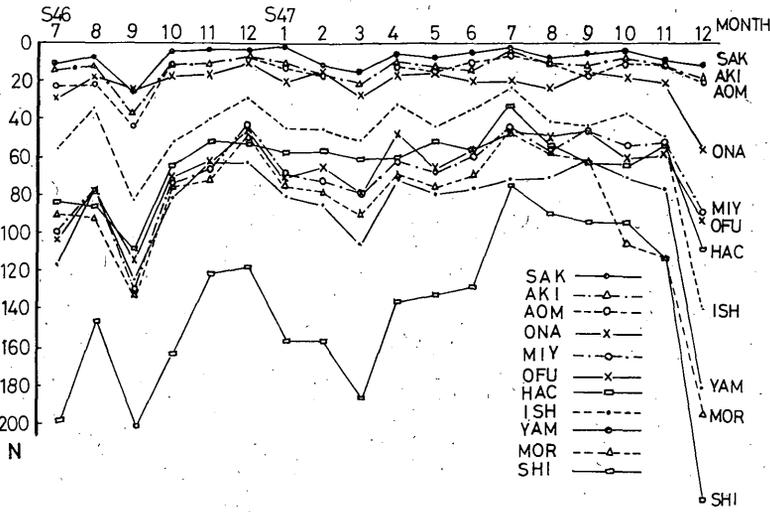
官署	46年7月	8	9	10	11	12	47年1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
秋田	24	23	55	18	21	11	15	19	31	32	15	30	15	12	14	14	6	28
青森	10	11	27	7	2	5	14	16	12	10	10	6	2	6	15	5	8	9
酒田	75	70	53	25	4	8	14	6	24	10	72	100	40	56	35	57	8	5
小名浜	76	30	20	17	67	43	10	8	14	62	52	51	33	15	8	6	0.4	56
石巻	16	37	52	50	19	21	12	16	19	19	22	28	43	76	22	24	26	41
宮古	85	98	98	90	98	65	62	69	83	66	77	85	90	87	66	95	96	98
大船渡	82	80	76	53	56	44	65	62	68	45	57	50	46	60	49	63	60	54
八戸	94	87	83	82	84	81	73	95	87	90	85	90	65	72	89	71	57	53
山形	89	94	98	98	97	97	84	92	90	96	93	89	92	74	94	83	93	98
盛岡	89	95	99	99	93	89	41	92	98	92	70	90	94	91	69	81	55	40
白河	81	83	81	75	61	62	65	62	65	63	59	76	96	83	95	81	92	97

第3-3表 地震観測回数 (昭和46年7月~昭和47年12月)

	46年7	8	9	10	11	12	47年1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	47年計
宮古	100	80	130	74	65	43	69	74	80	63	68	60	36	58	37	55	53	90	743
山形	117	79	126	81	64	63	81	85	107	71	80	77	48	73	62	71	78	183	1016
白河	199	146	201	163	121	117	157	158	187	137	133	129	75	91	95	96	113	241	1612
小名浜	28	17	23	17	16	9	19	14	27	16	16	21	20	24	16	19	21	57	270
大船渡	102	80	113	69	61	44	71	66	79	48	66	58	46	50	45	62	58	94	743
八戸	83	85	109	65	52	52	58	57	61	61	53	57	33	54	63	64	54	110	725
石巻	55	34	82	52	39	28	43	45	52	32	44	35	23	41	45	38	49	141	588
盛岡	90	91	132	74	71	48	74	78	90	70	76	70	46	59	62	105	114	197	1041
秋田	14	12	37	12	10	6	10	16	22	11	14	14	6	10	12	9	12	21	157
青森	22	22	44	12	(1)	6	13	18	(11)	13	17	11	7	10	19	12	12	23	166
酒田	12	7	25	5	3	4	1	12	14	6	8	6	4	10	6	4	11	14	96

注(1) 磁気テープにためこんだ地震の総回数を月別にしめた。

(2) 青森の()は11月は2旬, 3月は1旬欠測, その他の旬の合計観測数。



第3-1図 地震観測回数

く、トリガー値は 3μ と大きくとっており、他の太平洋側地点より地震のためこみは少ない。

ii) 石巻は、北側道路を走る工事用車のノイズでトリガー値を大きくしてあったが、昭和47年11月に道路が舗装され、12月に工事も終了したため、 0.7μ までさげることができた。変換器が地上型であり、周囲3方向を道路が走ることもあって、さらにトリガー値をさげることができなかった。なお、本調査期間中は、トリガー値 2μ であった期間が多いので、地震観測回数は少なくなっているが、この後はつぎのグループに入っている。

iii) 八戸・盛岡・宮古・大船渡・山形など、中央部と太平洋側の地域は、地盤もよく良好な観測ができ、よい検知能力を示している。

iv) 白河は、検知力のきわめて良好な地点で、トリガー値は 0.5μ と前記グループと同じでも、地震のためこみは2倍近い数になっている。

3.2 常時微動

昭和47年8月31日、9月、10、20日の3回にわたり、前回同様のノイズ臨時観測を実施した。観測は6~24時までの3時間毎に正時5分~10分にかけての5分間連続記録をとり、最大振幅、周期の読み取りを行なったものである。最大振幅の読み取りは、5分間の記録のうち、2~3分間を 6.3 mm/sec の速度で可視記録に変え、N、E成分別に2~3振動がほぼ同じような周期で振動しているものをえらび、大きい順に5個をとりだし、算術平均してその時刻の最大振幅とした。周期は12時(一部9・15

時を使用)の記録から連続2分間の全振動を読み取り、度数分布を求めた。

ア、最大振幅

地震ためこみのトリガーは、上下成分の変位量で設定している。可視記録の上下成分は速度記録のみなので、水平2成分について最大振幅を求めた。第3.2図はN~S成分によったが、E~W成分もほぼ同じ値を示し、また、上下成分もこれらと大きな差はないとされているので、トリガー値設定の参考となる。

i) 八戸・大船渡・白河は、 $0.2\sim 0.3\mu$ と小さく、振幅変化があまりなかった。

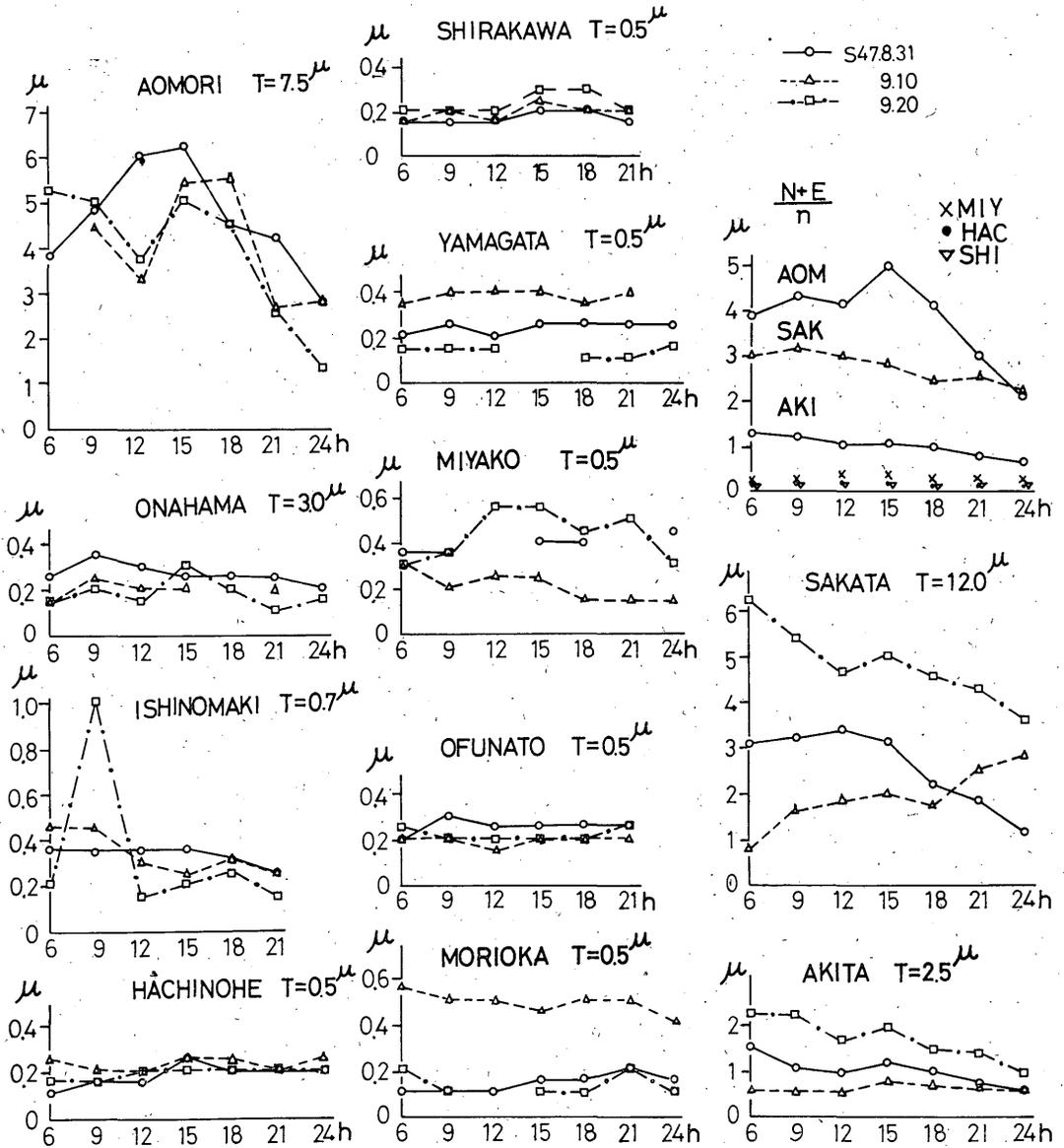
山形・宮古・盛岡・小名浜・石巻も一般に小さく、 $0.2\sim 0.5\mu$ で、振幅は日によりわずかな増減がみられた。

ii) 日本海側の3地点は青森・酒田・秋田の順でノイズが大きく、青森は変換器が地上型のためあって、交通ノイズが大きい、夜間は半減する。

酒田・小名浜で今回求めた最大振幅とトリガー値との間に差の大きいのは、脈動の影響がやすく脈動発生時の連続作動をさせないため、第3.2表の $S/S+N$ 比が示すように冬期間は小さく、夏は脈動の発生が少ないために $S/S+N$ 比は大きくなっている。トリガー値を遠隔調整できれば、脈動発生時のみ設定値を現在程度にあげ、常時は小さい値で使用することができ、これにより地震の観測数を増加させることができるであろう。

イ、周期別度数分布

周期分布は、地盤の状態により大きくかわり、軟弱地



第3-2図 常時微動の時刻別最大振幅

盤はピークが小さく、分布範囲は拡がる傾向をみせる。(第3.3図)

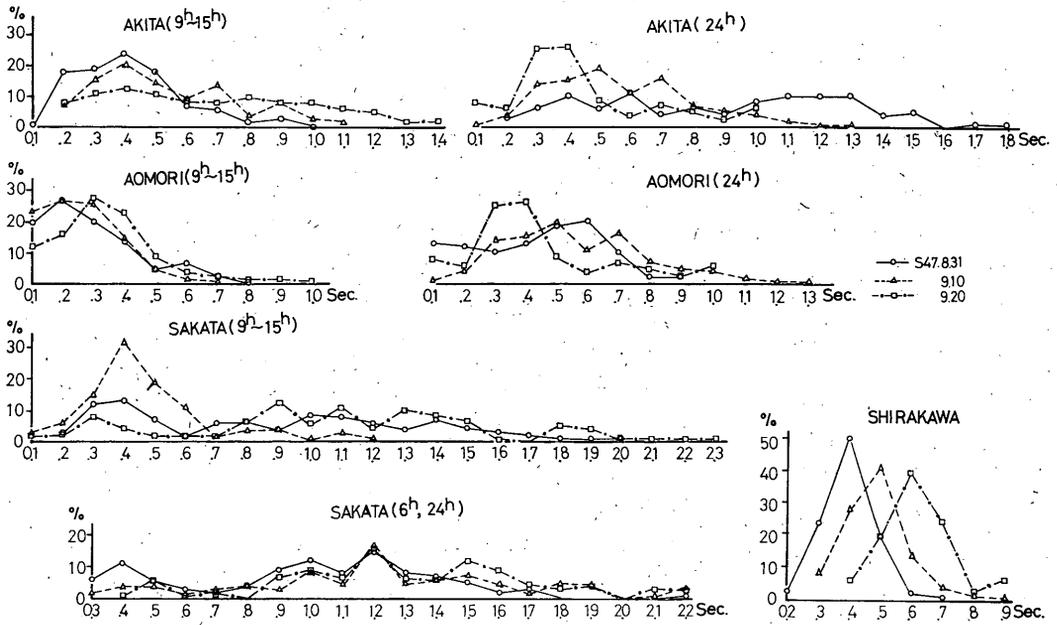
秋田・酒田・青森にこの特徴がでており、0.3~0.4秒に一つのピークがでて、その後は漸減して1~2秒まで続いている。酒田は1.0秒前後にもう一つの山らしいものがあり、2秒以上のものも認められる。青森は、交通ノイズが大きくはいるため、日中短周期の波が強くなって、ピークは0.1~0.3秒付近にあらわれ、夜間は交通量

の減少で短周期の波は少なくなり、0.5~0.6秒付近で多くなってくる。

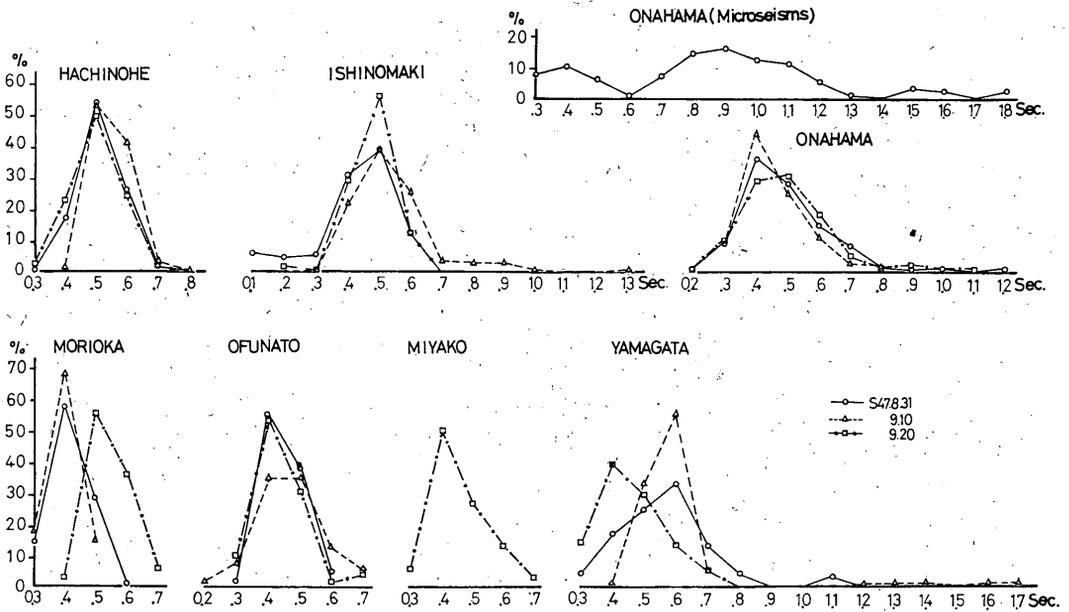
その他の個所は、0.3~0.4秒付近がピークで大きく、50%をこえ、周期の拡がりも小さい。

3.3 まとめ

ノイズの大小は、磁気テープ式地震計による地震探知力を左右することになるので、現状は握のため臨時観測を行ない、雑微動調査を行なった。



(a)



(b)

第3-3図 a, b 常時微動の周期別度数分布

ア. 現在設定されているトリガー値は、白河・八戸・大船渡など、さらに小さくすることの可能な地点もあるが、雑微動の発生状況からみて、各地ともほぼ妥当な値に設定されている。

イ. 八戸・宮古・盛岡・大船渡・山形・石巻・白河はノイズが小さく、周期別頻度も小範囲に集まり、地盤のよいことを示しており、地震探知力は良好である。

ウ. 青森・酒田はノイズが大きく、周期別分布の幅も広がっている。秋田・小名浜は前記2地点よりノイズは小さいが、脈動による作動が多く、地震探知力は劣っている。

エ. 地震探知力を改善する面からみると、
 i) 遠隔調整により脈動発生時に容易にトリガー値

を可変できれば、小名浜のトリガー値をさらに小さくできる。

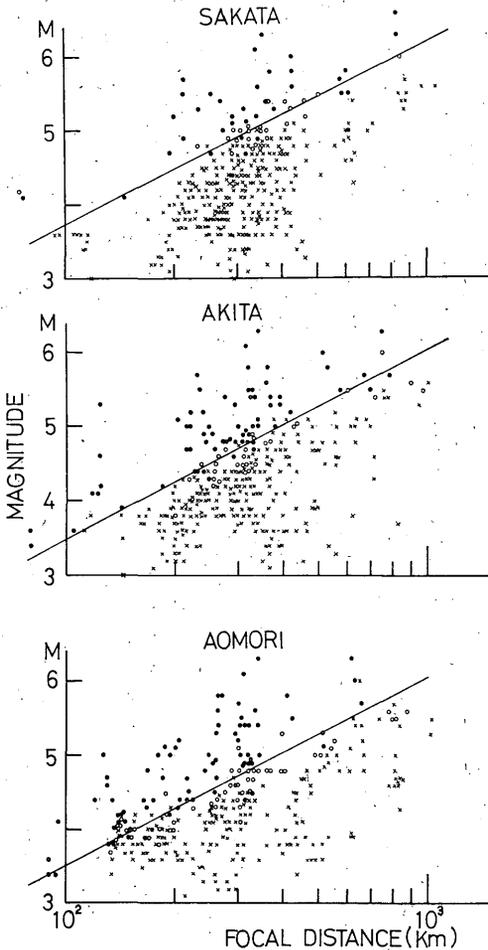
ii) 酒田は昭和48年11月変換器を移設し隔測することになった。青森についても良地盤隔測することが望ましい。

4. 東北地方の地震探知の現状*

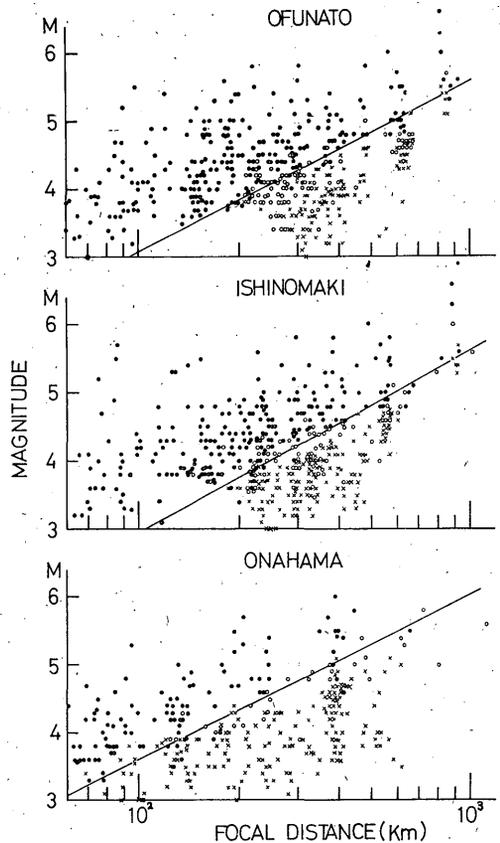
4.1 各官署における地震探知の状況

4.1.1 まえがき

ここでは、昭和45年度磁気テープ式地震計設置官署ばかりでなく、前回調査した昭和44年度設置官署についても再調査した。その理由は、小地震資料を加えて震源事項が追加決定されたこと、トリガーレベルを変更したことおよび探知距離として震源距離を採用したことなどに

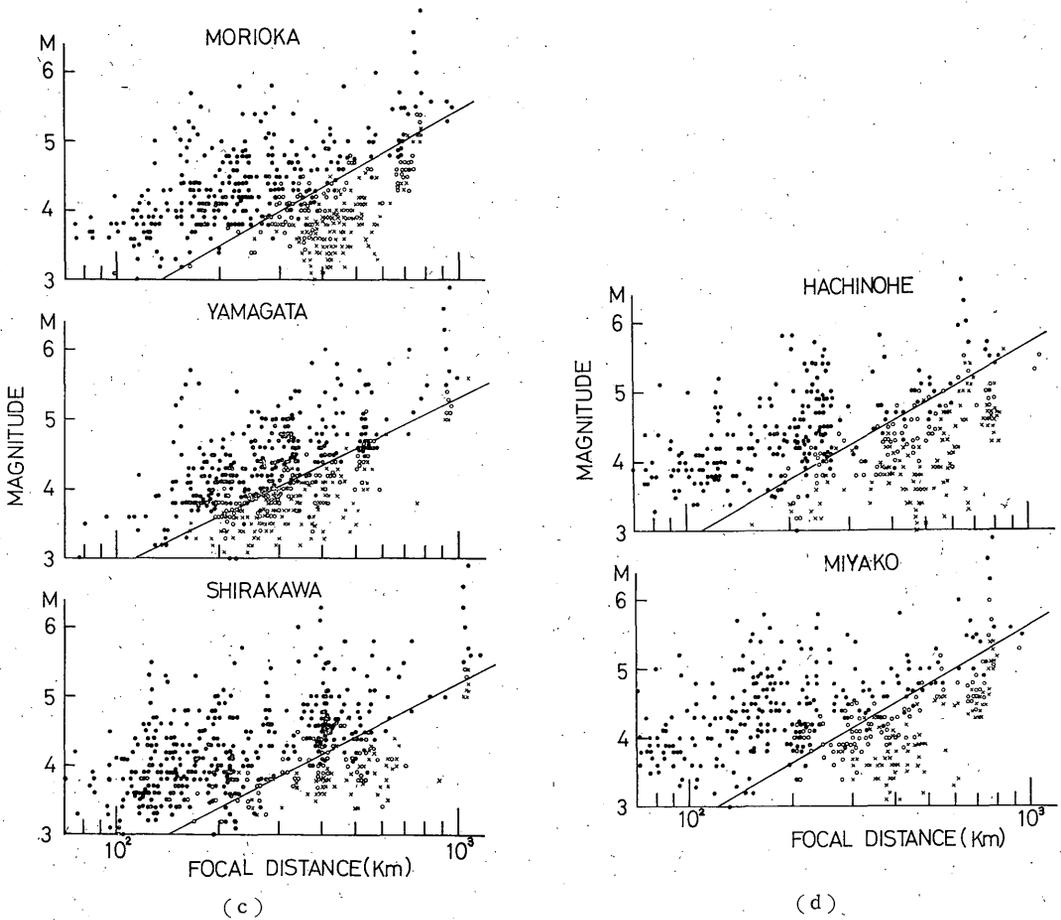


(a)



(b)

* 浜松音蔵



第4-1図 磁気テープ式地震計による地震探知

黒丸: Pを観測した地震
 白丸: Pは不明あるいは欠測したが, SあるいはXを観測した地震
 x: タメ込まなかった地震

よる。なお、既設の59型電磁地震計については昭和45年度磁気テープ式地震計設置官署のうち白河・青森（59型未設置）を除く八戸・石巻・小名浜について調査した。また磁気テープ式地震計を併設していない仙台・福島 の59型電磁地震計の探知力について、今回新たに調査した。他官署の59型についてはすでに第1報で報告したので今回は省略した。

調査方法および資料は前回同様の方法、資料を用いた。

調査期間は昭和46年6月～昭和48年2月までの資料によった。

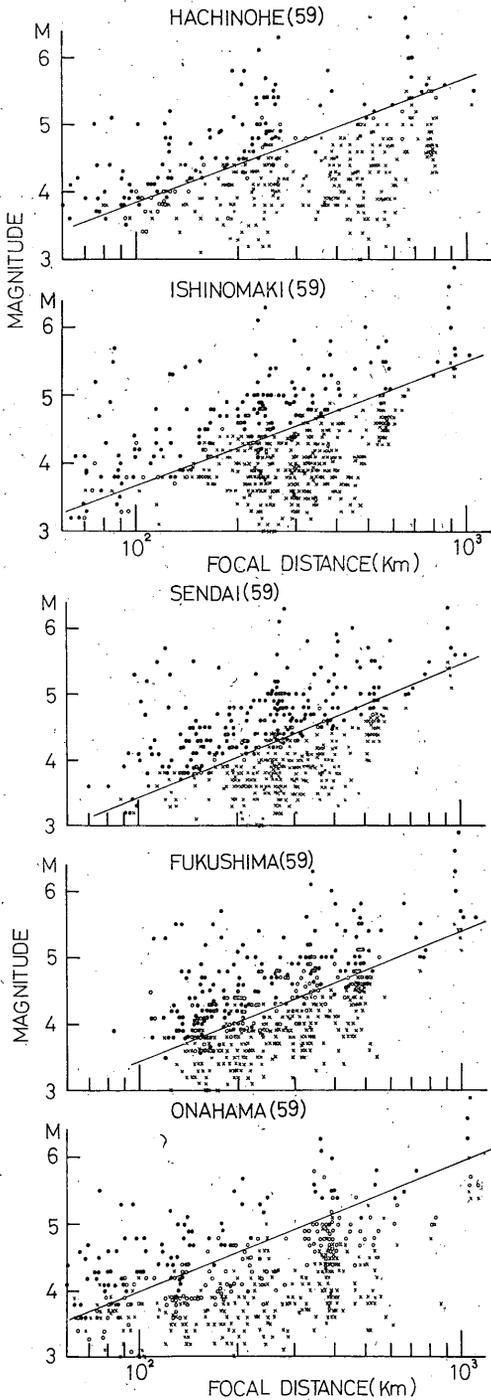
その他調査の詳細については、第1報に記載したのでここでは省略する。

4.1.2 調査結果
 結果を第4.1図～第4.4図および第4.1表に示す。

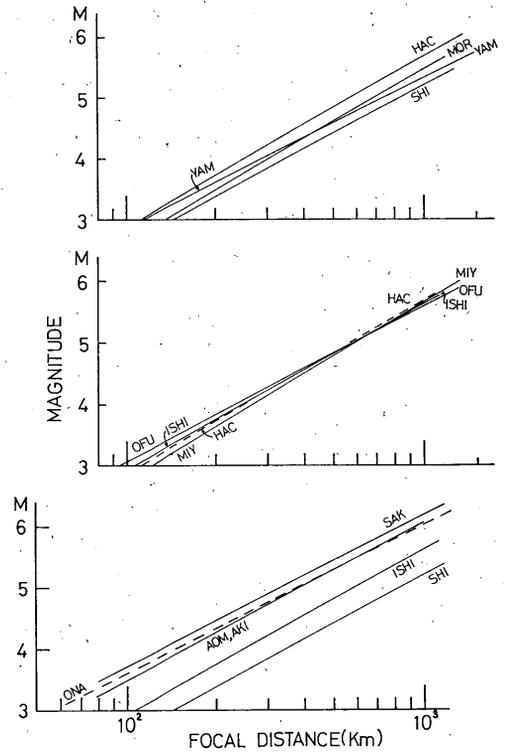
ア. 磁気テープ式地震計観測官署
 変換器の固有周期が1秒であるため、Mの大きいところでは59型電磁地震計より落ちてくる。M=3～5くらいに着目すると、東北地方では相対的にいって白河・盛岡・山形が特に良く、酒田・青森・秋田・小名浜が悪い。

酒田は昭和48年11月に変換器を酒田市近郊の松山町総光寺境内に埋設し隔測化したので、探知力の拡大が期待される。

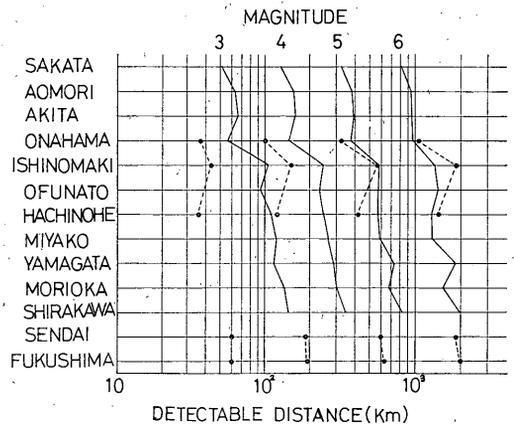
小名浜は常時ノイズが0.4μ以下第3.2図であるから、脈動卓越時のトリガーについて工夫すれば、現在よ



第4-2図 59型電磁地震計による地震探知
 黒丸: Pを観測した地震
 白丸: Pは観測できなかったが、SあるいはX相を観測した地震
 ×: 記録しなかったかまたは観測基準振幅以下であった地震



第4-3図 磁気テープ式地震計による地震探知の比較



第4-4図 各官署の磁気テープ式地震計および59型電磁地震計の地震探知範囲の比較
 実線: 磁気テープ式地震計
 破線: 59型電磁地震計

第4-1表 各官署における地震探知範囲

官署	地震計型名	変換器設置点	トリガレベル	係数		探知範囲 (km)			
				a	b	M=3	M=4	M=5	M=6
酒田	EMT	-30m	12 μ	-1.25	+2.49	51	128	323	814
青森	EMT*	0	7.5	-1.61	+2.56	63	155	381	936
秋田	EMT	-30	2.5	-1.69	+2.58	66	160	390	953
小名浜	EMT	-100	2.5	-1.25	+2.43	56	145	374	965
石巻	EMT*	0	1	-2.40	+2.68	104	245	579	1366
大船渡	EMT*	0	0.5	-1.98	+2.53	93	232	577	1432
八戸	EMT	-15	0.5	-2.71	+2.80	110	250	569	1294
宮古	EMT	-12	0.5	-2.98	+2.88	119	265	589	1311
山形	EMT	-25	0.5	-2.11	+2.48	115	290	734	1856
盛岡	EMT	-31	0.5	-3.07	+2.85	135	303	680	1534
白河	EMT	-21	0.5	-2.67	+2.63	143	343	823	1973
八戸	VI	0	5	+0.10	+1.87	36	122	418	1432
石巻	VI	0	5	+0.01	+1.83	43	151	531	1870
小名浜	VI	0	5	+0.10	+1.95	37	100	326	1061
仙台	VI	0	5	-0.60	+2.02	61	190	594	1857
福島	VI	0	5	-0.51	+1.97	61	195	627	2019

注：地震計型名 イ) EMT*：磁気テープ式地震計（地上型変換器）
 ロ) EMT： " "（埋設型 " "）
 ハ) VI：59型直視式電磁地震計

トリガレベル：VIは験測基準振幅

係数： $M=a+b \log D$

M：マグニチュード，D：震源距離

り探知力を上げることも可能である。

イ. 59型電磁地震計観測官署

設置官署の表層地盤の影響をうけているようである。今回調査した官署のうちでは福島が比較的良好である。仙台は61型の変換器（周期10秒）1成分（N～S）を500倍で記録させたものを験測に利用しているので、59型との総合された探知力である。

4.2 東北地方に起こる地震に対する規模別探知可能範囲

前節の調査結果に基づいて、各官署の探知力から総合的に東北地方の規模別探知範囲を調べた（第4.5図）。東北地方の北部および南部については、北海道および関東、新潟県の官署の探知力が加わるから、図で示した範囲より良いはずである。探知範囲は仙台・福島以外は磁気テープ式地震計による。

図に示した4st.の範囲は、少なくとも4官署でP相から観測可能な範囲（震源要素が決められる）、3st.は3官署がP相から観測可能な範囲（震源が求まる）である。

ア. M=3.0探知可能範囲（第4.5図a）

磁気テープ式地震計はM3以上の地震をもれなくとらえる目的で展開したが、東北地方の現状では内陸に起こる地震でも無理のようである。特に日本海側が弱い。酒田はこの調査後の昭和48年11月隔測化により改善されたが、秋田・青森についても改善の必要がある。

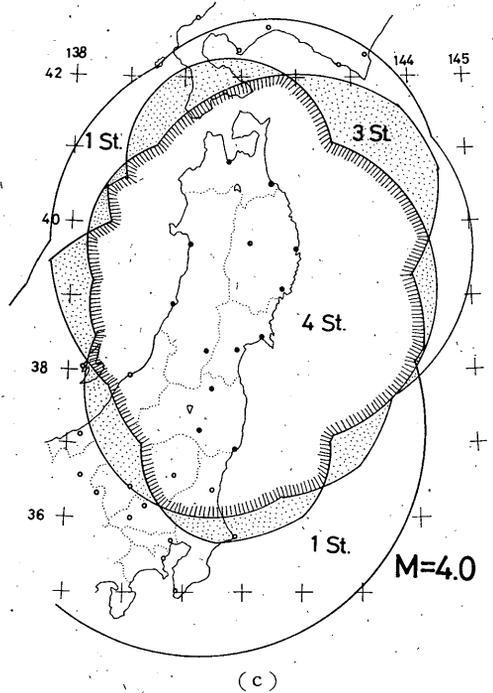
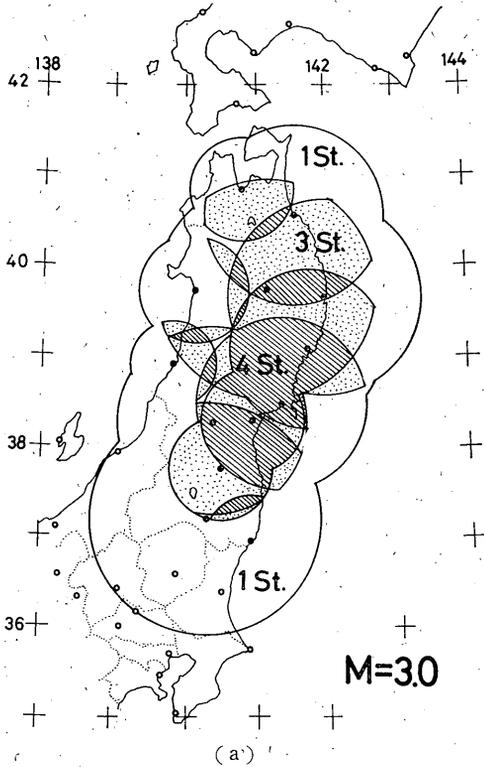
しかし、これらが改善されたとしても、M3は無理のようである。

イ. M=3.5探知可能範囲（第4.5図b）

内陸に起こる地震についてはもれがないようであるが、海域については不十分である。地震活動の分布からみて、太平洋側では青森県東方沖、三陸沖、福島県はるか沖が弱く、日本海側では秋田県沖が特に弱いようである。

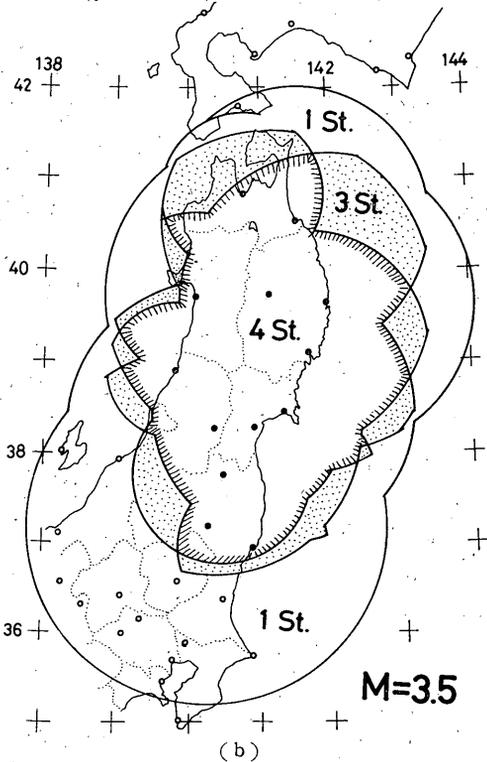
ウ. M=4.0探知可能範囲（第4.5図c）

内陸および近海に起こる地震についてはもれがない。しかし、地震活動の分布からみて、日本海側は十分としても三陸はるか沖に起こる地震は無理のようである。このことは次節の調査結果とも一致する。



第4-5図 東北地方地震観測官署による規模別探知可能範囲

- 4 st: 少なくとも4官署がPから観測する範囲
- 3 st: 3官署が //
- 1 st: 1官署が //



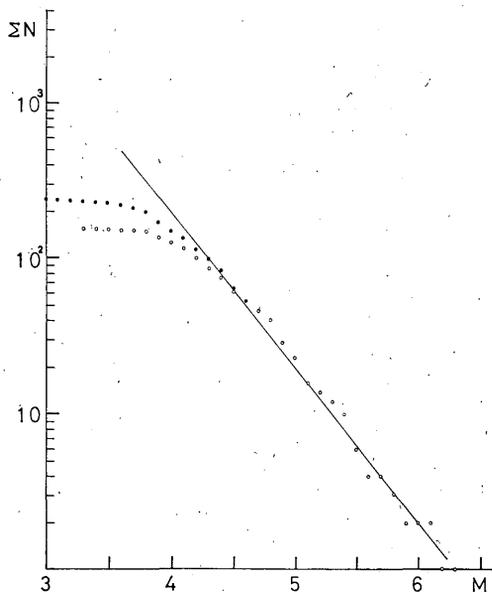
4.3 東北地方に起こる地震をもれなく震源決定できる限界 ($h \leq 60$ km)

磁気テープ式地震計による小地震資料を加えた結果*, 震源決定 (M も決定)された地震の数は, 従来より5割増加した. (Jun. '71~Jan. '73).

昭和46年6月~昭和48年1月の期間, 東北地方(海域を含む)に起こった地震 ($h \leq 60$ km, M 決定されたもの)を従来の資料で震源決定した(地震月報記載の List 3 Earthquake Origins)場合と, 磁気テープ式地震計による小地震資料を加えて震源決定(小地震表**)した場合, もれなく震源決定できる限界について検討したのが第4.6図である. 小地震表記載の地震は $M4.7$ 以上のものではなく, $M4.6$ から加わっている.(図の黒丸)したが

* 小地震資料とは, 磁気テープ式地震計で全振幅 15μ 以下, $P \sim S \leq 30$ 秒の観測資料をいう. 全振幅 10μ 以上の観測資料 ($10 \mu \sim 15 \mu$ の地震はダブル)は従来の資料とともに震源事項を決定している. 従来の資料だけでは不足だが, 小地震資料を加えると震源事項が決定されるものを小地震表として作表している

** 正式には, 「小地震の資料を併用して求められた震源の表」



第4-6図 東北地方に起こった地震の M と N (積算回数) の関係 (Jun. '71~Jan. '73)
 白丸: 従来の資料(地震月報, おもな地震の表)
 黒丸: 小地震表(磁気テープ式地震計小地震資料を加えたもの)

って、従来の資料は M 4.7以上の地震についてはもれがないと考えられる。また、小地震表記載の地震が加わったことにより、図中直線(傾斜を1にとる)にのる範囲が M 4.3となった、このことから、小地震資料が加わり(磁気テープ式地震計の展開により)、東北地方に起こる地震をもれなく震源決定できる限界は M 4.3となり、従来より0.4向上したといえる。

4.4 まとめ

磁気テープ式地震計を展開したことにより、

- i) 東北地方に起こる地震で震源決定 (M も決定) される数は従来より5割増加した。
- ii) 東北地方に起こる地震をもれなく震源決定できる限界は、従来 M 4.7であったが、磁気テープ式地震計の資料が加わった結果 M 4.3となり、0.4向上した。

このことは、特に白河・盛岡・山形の探知力が向上したことによる。

トリガーレベルを現状でも改善できる官署(小名浜)がある。また、酒田は昭和48年11月近郊からの隔測化が完成したので、日本海側の地震探知力の向上が期待できる。しかし、地震予知計画にのった、 M 3以上の地震をもれなくとらえる、という観測体制にはほど遠く、抜本的改善が必要である。そのためには、

- ア. 観測点を増加する
- イ. 隔測高倍率化をはかる
- ウ. 海底地震計の設置(特に、三陸沖に対して)などが必要であろう。

参考文献

- 仙台管区気象台(1973): 東北地方に展開した磁気テープ記録式地震観測装置に関する諸調査(1), 験震時報, **37**, 135~165.
- 広野・末広・古田・佐藤(1968): 地中地震計によるバックグラウンドノイズの研究(第2報), 気象研究所研究報告, **20**, 189~206.
- 勝又 護(1973): 大・中・小地震に関連する分野の展望, 地震予知術究シンポジウム, 地震学会, 55~60.
- 帆前・勝又(1971): 気象庁地震観測網の地震検知能力および日本付近の地震活動, 測候時報, **38**, 356~361.