

仙台管区気象台における L-A DESS 地震端末 による地震データの処理状況*

市川 政治, 安部 徳郎**

§ 1. まえがき

仙台管区気象台に Local - Automatic Data Editing and Switching System (以下 L/A と略記) の地震端末が 1981 (昭和 56) 年秋に設置され、翌 1982 (昭和 57) 年 10 月からは津波予報業務を含む緊急震源決定業務や、L/A 地震波形収録 ディスクに収録された 67 型、あるいは 76 型地震計のデジタル化波形データの第一次処理結果と対応する波形を、気象資料伝送網を通して本庁へ伝送業務が正式に開始された。

この間、緊急震源決定作業の慣熟訓練と並行して、67 型、76 型地震計 (以下 67 型、76 型と略記) 設置官署から仙台管区気象台 (以下、仙台と略記) の波形収録ディスクへの波形データの効率的な収録のために、波形収録トリガー関係パラメータの最適化の作業が行われた。

本報告ではこれらの経過と新システムの地震検知能力や、決定した震源要素の信頼度などについて述べる。

§ 2. テレメータシステム

仙台管内には第 1-1 図に示すように、現在、12 箇所にて 67 型 (倍率 1,000 倍)、3 か所に 76 型 (倍率 5,000 ~ 10,000 倍) が設置され、これらは仙台にテレメータされている。このほか、北海道の寿都と根室の 67 型の出力も仙台にテレメータされている。

テレメータ化以前は、これらの地震計はそれ自身もつ簡単なアルゴリズムに基づくアナログ型の地震収録トリガーシステムにより、地震と判断したもののみをアナログ磁気テープに収録していた。67 型の変換器は大部分が気象官署構内に設置されているため、人工的振動による誤動作 (ミストリガーと呼ぶ) が多く、地震計そのものの倍率は 1,000 倍ではあるが、そのトリガーレベルは 100 倍程度に設定されている官署が多く、実質的にはその地震収録能力は倍率 100 倍の地震計程度でしかない。もちろん、人工的振動による誤動作を



第 1-1 図 仙台管区気象台にテレメータされている 67 型 (小丸) および 76 型 (大丸) 地震計設置地点

おそれ地震計交換部を地下に埋設するなどの考慮はされているが、官署近傍の急速な都市化のため、このような結果になってしまった。

一方、76 型はその交換部を人工的振動源から離れた地点に設置しているため、5,000 ~ 10,000 の倍率でも十分稼働している。そこで、付近で行っている発破や微小地震を多く収録し、震源決定という面からは、有効でないものが多数含まれている (第 2 図参照) (市川, 1979 a, 1982)。76 型の場合は現地連続記録を地震活動把握のためにとっているため、微小地震記録が必要な場合はこれを利用することができるので、テレメータされた地震記録のすべてを仙台の地震波形収録ディスクに取込む (以下収録と略記する) 必要はない。

仙台あるいは本庁での地震資料処理の効率化のため、震源要素が決定できるような地震記録のみを収録するよう、複数の地点で地震と考えられる信号を検出した場合のみ、トリガーが動くようにシステムを設計してある。もちろん、特殊な地点では、1 地点だけでもトリガーがかかるようにもしてある (市川, 1982)。地震波の伝播時間と、波形データ仮収録用のメモリー量が関係する遅延時間とのかねあいから、管内を 4 ブロックに分割し各ブロック内の 2 ~ 3 地点以上で設定された時間内に地震らしき信号を検出した場合、これら

* M. Ichikawa and T. Abe : Recent Seismological Data processing in the Sendai District Meteorological Observatory and Statistical Studies on the Results obtained (Received Mar. 20, 1983)

** 仙台管区気象台

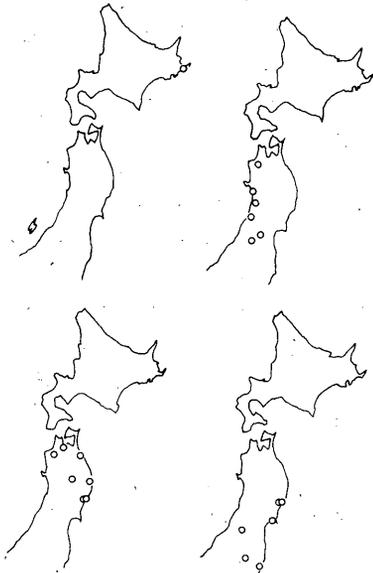
の地点の記録を3分間収録する。また、設定された地点数以上の地点で地震信号を検出した場合、そのブロック内の全地点の記録を収録する。当管内におけるブロック構成地点、およびブロック内全地点記録収録指示がでる最低地点数を第1表、第1-2図に示す。

第1表 地震識別用ブロック構成官署、2点トリガー組合せ官署、および各ブロックにおける地震記録収録指示を出すために必要な最小の地震信号検知地点数

- 区域1：根室
- 区域2：青森、青森2、八戸、盛岡、宮古、大船渡、大船渡2
- 区域3：青森2、秋田、本荘、山形、山形2、酒田
- 区域4：大船渡、大船渡2、石巻、山形2、白河、小名浜
- 2点トリガー組合せ
 - 八戸・青森2、宮古・八戸、宮古・大船渡2、青森2・大船渡2、青森2・本荘、青森2・山形2、本荘・山形2、大船渡2・石巻、白河・白河、山形2・白河、白河・大船渡2、大船渡2・山形2

地震記録収録指示最小地点数

ブロック番号	最小地点数	全地点収録指示地点数
1	1	1
2	3	4
3	3	4
4	3	3



第1-2図 テレメータ網のブロック構成観測点の分布

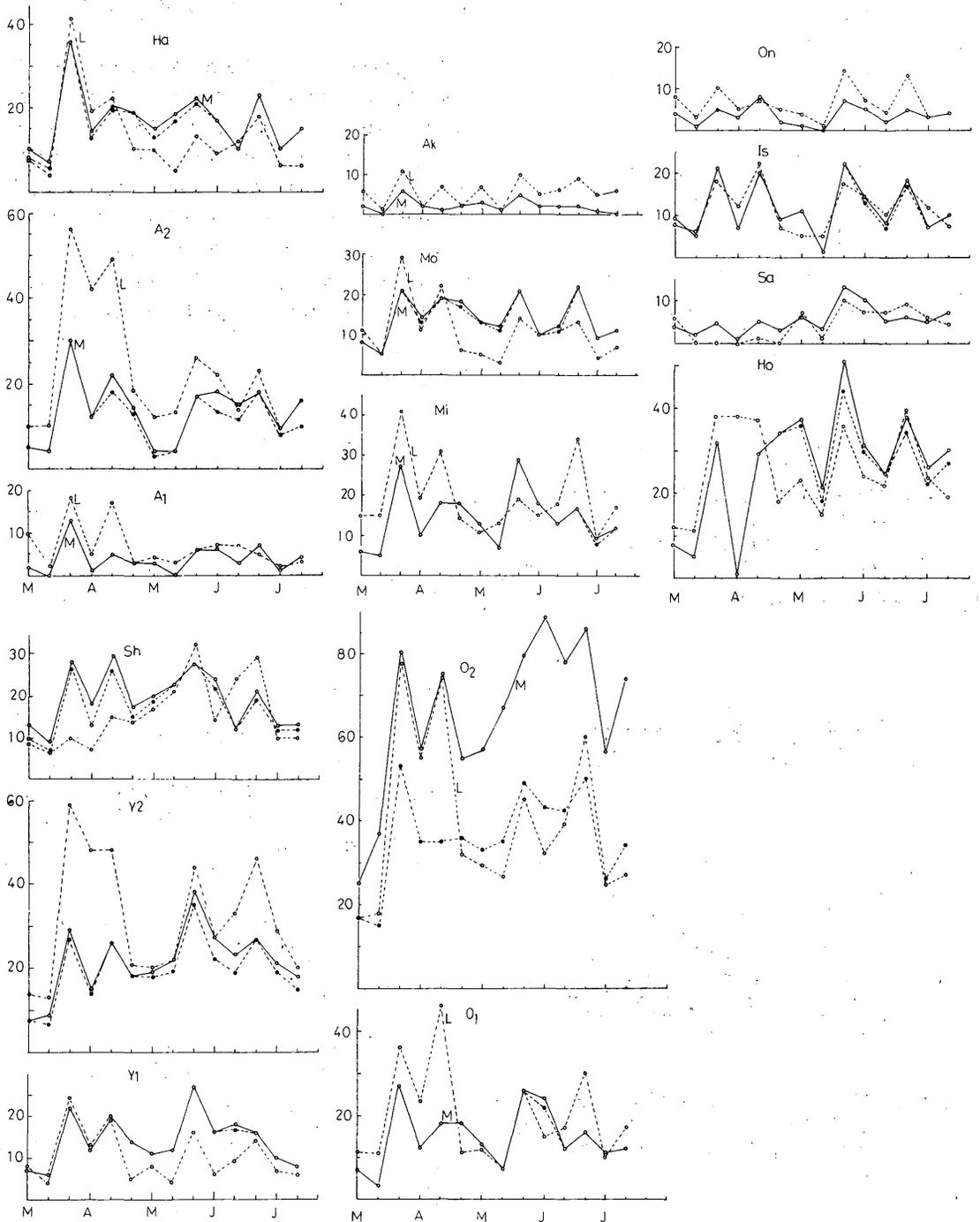
この新トリガーシステムによる地震収録能力が、従来の単独地点トリガーシステムの場合に比べて劣るようでは困るので、まずこの検討を行う必要がある。そこで、両システムが並行して稼動していた期間のうち、トリガー関係パラメータの最適化がほぼ終了した1982(昭和57)年3月~7月中旬までの観測結果を使って単独トリガーシステムが収録した地震記録数、新システムが収録した地震記録数、および前者が収録したもののうち、その地点でしか記録がとれていない場合の数などについて調べた。第2図にその結果を示す。

第2図の実線は単独トリガーシステムによる収録記録数、白丸を結んだ点線は新システムによるものである。また、黒丸を結ぶ点線は前者のうち、その地点以外では記録がとれなかった場合を除いたものに対応する。一般に新システムの地震収録数は従来のそれよりは多くない。しかし、収録された記録の震源要素決定に対する貢献度の面からみれば、新システムの方がはるかに優れている。たとえば、第3図に示すように大船渡の76型の従来のシステムでは非常に多くの地震を収録しているが、そのうちの半分以上が大船渡付近の局発地震(このうちには、発破を地震としている場合もあるらしい)である。新システムはこれらの震源決定には使用しない記録を収録していない。

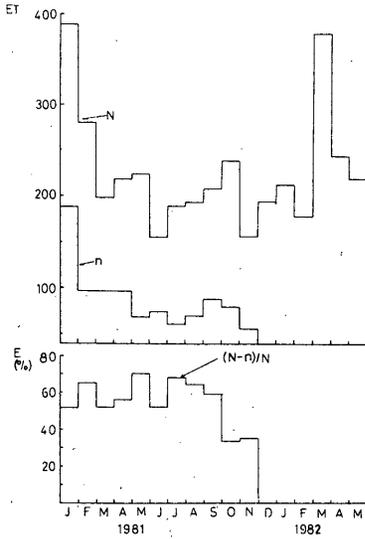
現在の震源要素決定プログラムは、3地点以上でPまたはSの発現時が合計4個以上験測されている場合を震源要素決定の対象としている。この震源要素決定対象地震数をシステム別に調べ図示したものが第4図である。ただし、第4図の上の図は従来のシステムによる地震数と新システムによるその差を示すものである。したがって、この図の横軸から下の場合には、新システムの方が多くの震源要素決定対象地震を収録したことになる。少なくともこの調査対象期間に限れば、新システムの方が優れている。

次に、新システムの地震収録成功率を調べてみる。1982(昭和57)年7月から1983(昭和58)年1月末までに新システムのトリガー回数3241、そのうち地震の数は2637であり、トリガー成功率は81%である。日別の収録記録数と対応する成功率を第5図に示す。従来のシステムの成功率は30%に満たないことを考えると(市川ら、1979)、新システムのそれは顕著に向上していることがわかる。

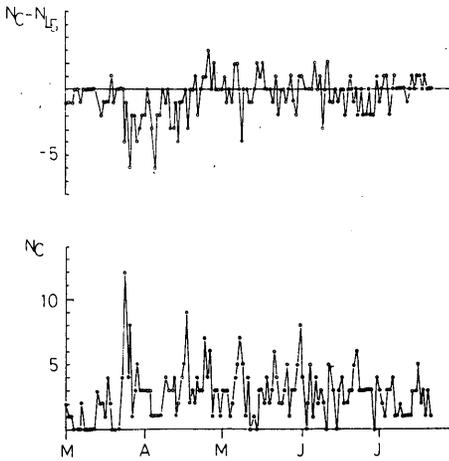
関東および中部地方における67型、76型のテレメータシステム展開の際の経験によれば、人間社会の活動が始まる午前7時ごろから10時かけて、新トリガーシステムは人工的振動と地震と誤判断する場合が多くなる(市川、1982)。これは、この時間帯のトリガー



第2図 1982年3月～7月中旬の間に従来の方式で収録した地震数(白丸を実線で結んだ折線(M))と新方式で収録した地震数(白丸を点線で結んだ折線(L))の旬別変化。黒丸を点線で結んだ折線は、その地点だけでしか記録がとれなかった。すなわち、震源要素決定に使用されなかった記録を除いた場合。
 Ha: 八戸, A2: 青森(76型), A1: 青森(67型), Ak: 秋田, Mo: 盛岡, Mi: 宮古, O2: 大船渡(76型), O1: 大船渡(67型), Sh: 白河, Y2: 山形(76型), Y1: 山形(67型), On: 小名浜, Is: 石巻, Sa: 酒田, Ho: 本荘



第3図 大船渡の76型地震計が収録した地震記録の震源決定への貢献度(1981年1月~1982年3月)。N:全検測結果, n:震源決定に使用されなかった検測結果数, $(N-n)/N$:震源決定への貢献度

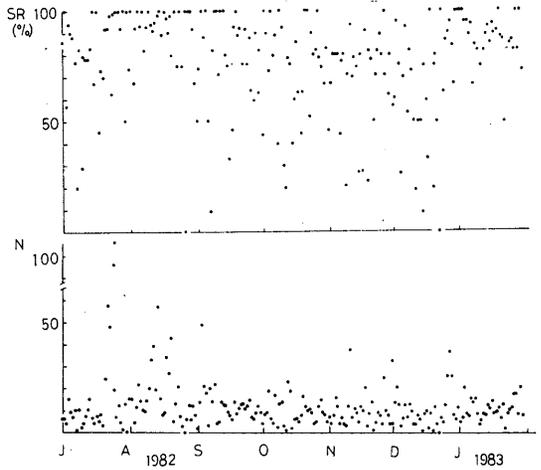


第4図 従来システムによって決定した地震数 N_c の日別回数と、従来システムおよび新システムが決めた地震数の差($N_c - N_l$) (1981年3月~7月)

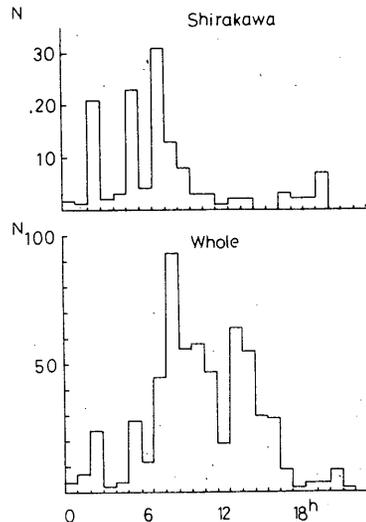
レベルの算出が、ノイズレベルの低い午前5~6時ごろのデータによっているためである。そこで、このミストリガー回数を少なくするために、午前5~7時に行うトリガーレベルの算出の際、平均ノイズレベルからトリガーレベルを求める時に使用している係数をこれ以外の時間帯のその2倍にしてある。この効果を

確かめるため、ミストリガー数の時間的変化の状況を調べた。

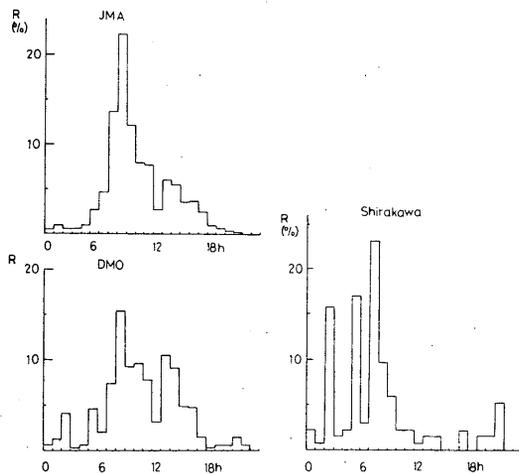
第6図(1)は仙台管内全観測点、および単独でトリガーをかけるようになっている白河についての結果である。第6図(2)は本庁における結果と比較するため、上の2例および本庁での結果(市川, 1982)をミストリガー回数ではなく、各地間帯におけるミストリガー回数を総回数で割って%で示したものである。この図からわかるように、仙台における8~10時のミストリガー発生率は本庁の場合に比べ小さい。すなわち、上記の処置により、ほぼ所期の目的は達したといえる。



第5図 新システムが収録した記録数N(ノイズおよび地震の記録)の日別回数(下図)と日別地震識別成功率SR(%)



第6図(1) 新システムの時間別ノイズ収録回数
上図:白河, 下図:全官署



第6図(2) 新システムの時間別ノイズ収録率(%)

JAM: 東京にテレメータされている全官署,
DMO: 仙台にテレメータされている全官署,
Shirakawa: 白河だけの場合

白河の場合は、単独トリガーのため7~8時の時間帯でのミストリガー率は高くなっている。このほか、2~3時、5~6時にも顕著なピークがあるが、これも付近の何らかの人工的振動によるものであろうが、その原因は明らかでない。12時~13時のミストリガーの発生率の低下は、人間社会活動の休止に対応する。

第2表に各地点のトリガーパラメータを示す。

第2表 各官署におけるトリガーパラメータ

	P	M	O
青森 2	5	15	5
青森	20	50	20
八戸	3	10	3
秋田	15	50	10
盛岡	4	12	4
宮古	5	15	5
本荘	3	12	3
大船渡	5	15	5
大船渡2	3	12	3
酒田	15	50	15
石巻	6	15	6
山形	5	15	5
山形 2	3	12	3
白河	3	12	3
小名浜	15	50	15

(昭和57年8月現在)

(P, M, Oについては市川(1982)参照)

§3. 震源要素決定能力

新システムの震源要素決定能力はどの程度であろうか。

第7図は1982年7月~11月までの間に、本州南方沖から千島南部にかけて発生した地震のうち、新システムがとらえた地震の震央分布図である。この図には、本庁決定の震央との違いを示すため、仙台と本庁決定の震央を直線で結んである。第8図には1982年7月~12月末までに決定した地震の日別回数を示してある。

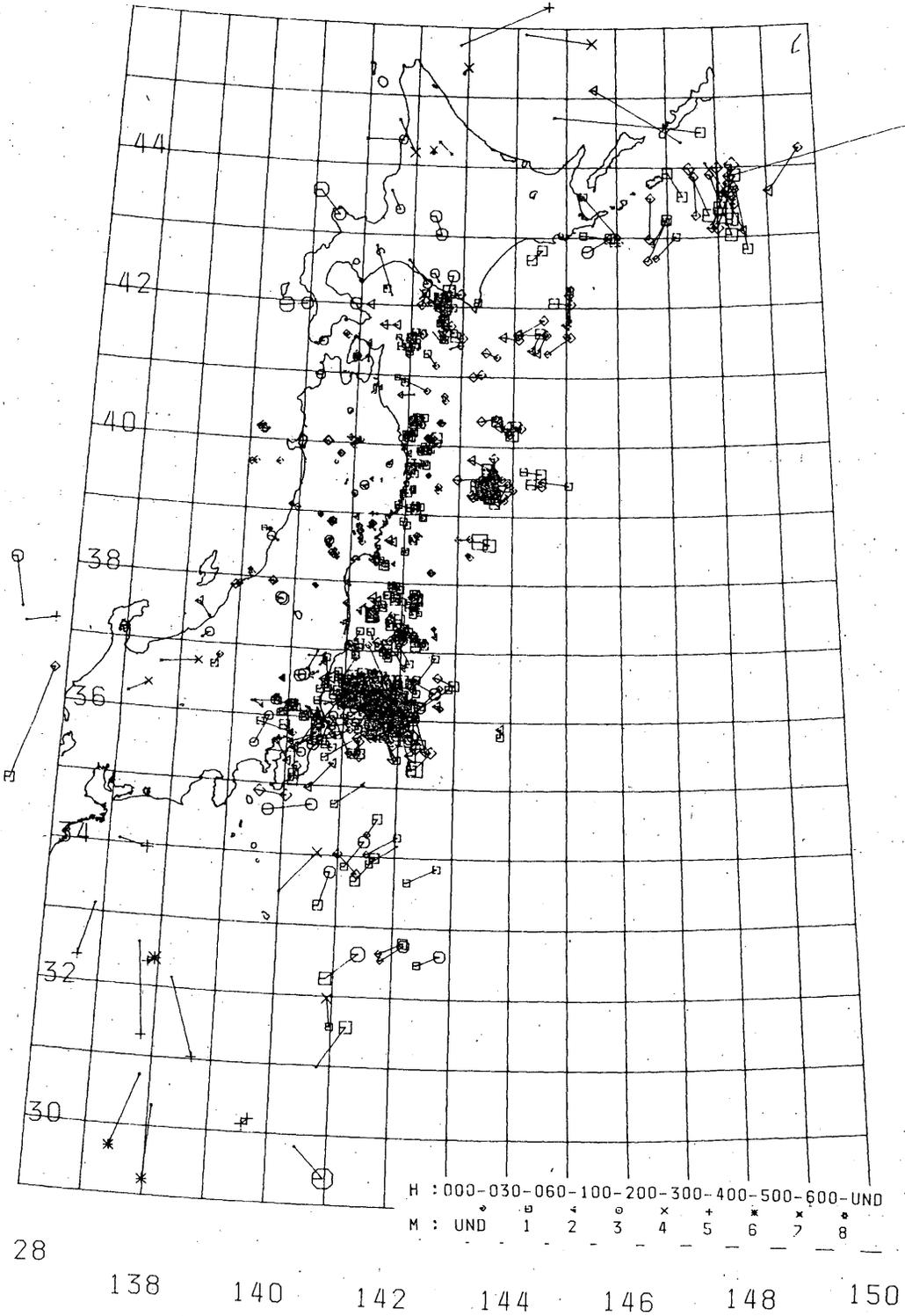
第9図右上地図に示した地域区分図のうち、仙台管区気象台地震観測網内をほとんどカバーする区域8(第9図でR1としてある。以下この区域を内陸と呼ぶ)、その周辺の区域番号3, 4, 5, 7, 9, 11および12(第9図のR2)およびR2の外側で区域番号1, 2, 6, 10, 13, 14および15(第9図のR3)の区域ごとに地震の規模(M)別積算度数(N)分布図を作成した。

図中の黒丸は本庁が全国データから決めた結果に基づくものであり、白丸は仙台のそれである。本庁決定数が仙台よりも少ない理由は、仙台が震源の深さの如何にかかわらず、地震記録継続時間からMを決めているのに対し、本庁では67型あるいは76型の最大速度振幅から決定するMは深さ60km以下に限っているため、70kmより深い地震のうちにはMが決まらないものがあることによる。

MとNとの関係に直線性が保たれている最小のMから、地震検知力を推定することができる。この最小のMは、R1では本庁、仙台ともほぼ同じで3程度、R2では仙台4、本庁3 $\frac{1}{2}$ である。R3では仙台4 $\frac{1}{2}$ 、本庁のそれはこの区域の地震の多くが、統計のなかに含まれていないので、その算出はしない。

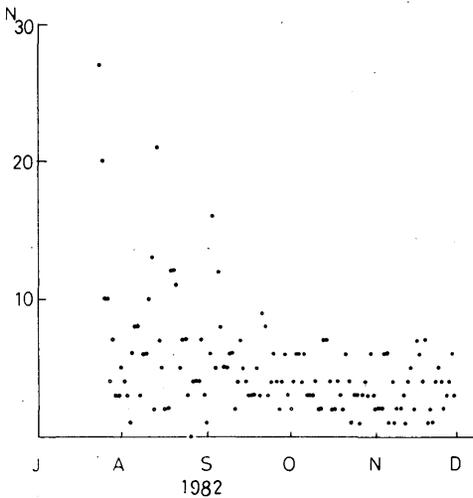
決定した震源要素の精度は別として、仙台で震源は決定したが本庁ではそれを決定していない場合(白丸)また、その逆の場合(黒丸)を第10図に示した。本庁が決め得なかった地震の数は、仙台のそれに比べて、圧倒的に多い。これはM~N分布図から推定した地震検知可能最低Mの結果と調和しない。仙台での決定地震数が多い理由は、本システムに付属しているアナログ・単独型地震識別装置が発する信号により、連続記録モニター記録をみて、新システムではトリガーがかかりそうにないことを確認したうえで(そのトリガー成功率は2.5%程度である)。手動でペンレコーダを起動させて記録をとって震源要素決定していることによる。このような場合は波形データは収録されないの、検測結果も本庁に伝送しない。したがって、仙台の方がより多くの震源を決定している。いずれにせよ、10

8207 8211



28

第7図 本庁による最終決定震央と仙台での暫定決定震央の差異



第8図 新システムにより決定された地震の日別回数 (1982年7月～12月)

年前に比べ仙台の地震検知力は著しく向上した。

§ 4. 決定震源要素の信頼度

ある程度以上のMの地震になると、仙台で震源決定すべき区域外でも管内の多くの地点で記録がとれ、震源要素の決定が可能となる。しかし、観測点の分布状

況のため、決定した震源要素は信頼できないものもある。また、震源要素決定に使用する基準走時表作成の際に仮定した地下構造が実際のもとは異なることによる震源要素の系統的なずれも生ずることがある(市川, 1979b)。

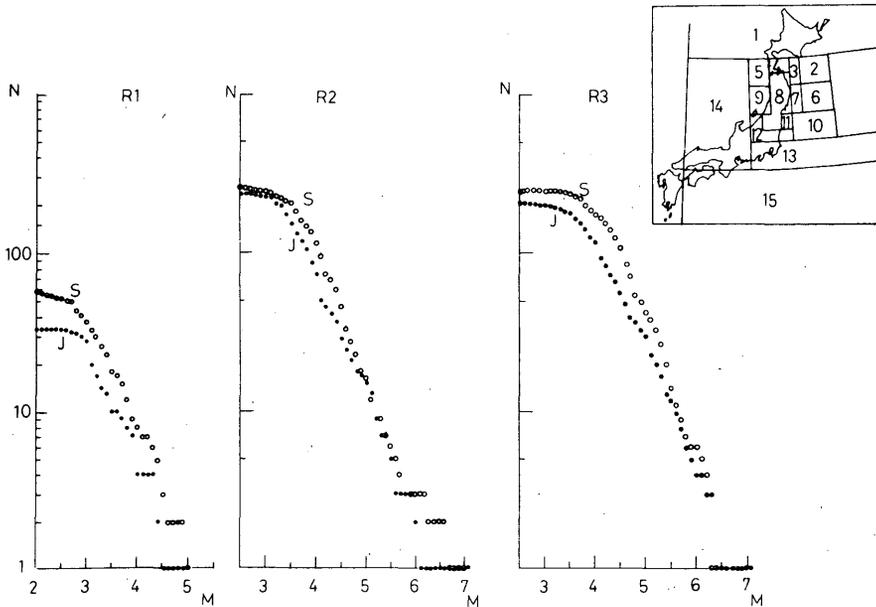
決定した暫定的震源要素を利用する場合、この状況を念頭に入れておく必要がある。この観点から各震源要素に対し、(仙台決定結果-本庁決定値)の平均値を第3表に示す。また、第12図に各要素の差異の度数分布図を示す。次に各要素の差異の地理的分布の特長について述べる。

i) 震源における発震時(Origin time, OTと略記)

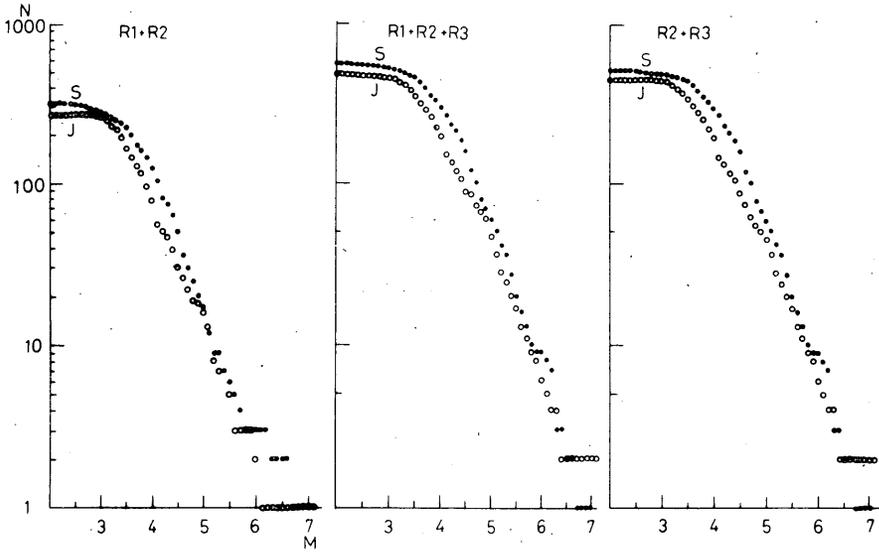
内陸および沿岸各地の地震に対して、OTの差異の平均は0.2~2^sの範囲にある。北海道東方沖以北や三陸はるか沖、日本海中部や関東地方以南では、仙台決定のOTは本庁のそれよりも1秒前後おそくなっている。

ii) 震源の深さ(h)

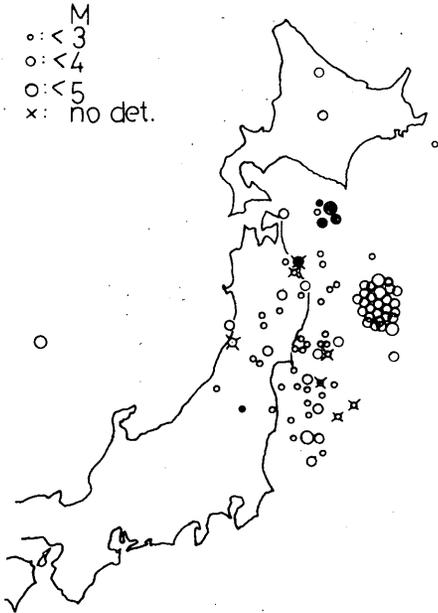
震源の深さの差異の平均は、三陸沖の地震を除いて、震源決定の精度内であり、大きな系統的な差異は認められない。しかし、度数分布をみると、内陸と宮城県沿岸の地震の場合は、あまり違いの大きいものはないが、観測網からはるかに離れた千島南部や関東地方の東方沖や南方沖では数10 km以上違う場合がある。



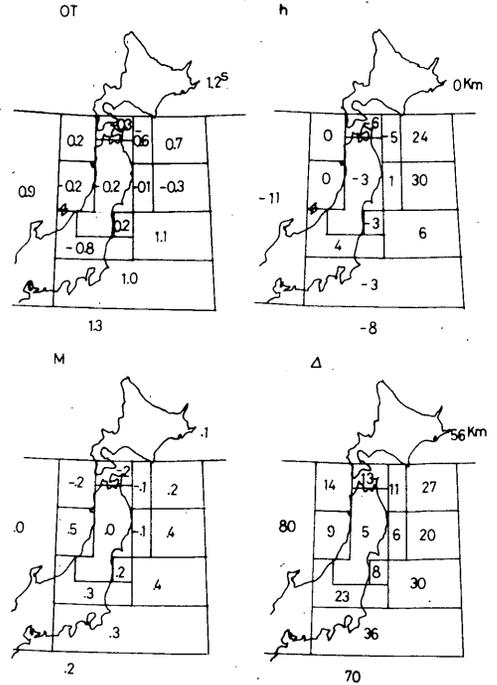
第9図 各地域における地震規模と積算度数の関係。J：本庁決定の地震、S：仙台決定の地震、R1：右上地図の番号8の区域内に発生した地震、R2：区域番号3, 4, 5, 7, 9, 11, 12内に発生した地震、R3：区域番号1, 2, 6, 10, 13, 14, 15に発生した地震



第9図(続き) 各地域における地震規模と積算度数の関係。J: 本庁決定の地震, S: 仙台決定の地震, R1: 右上地図の番号8の区域内に発生した地震, R2: 区域番号3, 4, 5, 7, 9, 11, 12内に発生した地震, R3: 区域番号1, 2, 6, 10, 13, 14, 15に発生した地震



第10図 仙台が決定できなかった地震(黒丸)および本庁が決定できなかった地震(白丸)の分布



第11図 各地域における仙台決定の震源要素と本庁決定のそれとの差の平均値

OT: 震源における発震時(単位: 秒), h: 震源の深さ(単位: km), M: 地震の規模, Δ: 震央(単位: km)

第3表 各地域(第9図参照)における仙台および本庁決の震源要素の差異の平均(mean)と標準偏差(S.D.)と計算に使用したデータ数(N)

地域番号	origin time			h			d			M		
	mean	S.D.	N	mean	S.D.	N	mean	S.D.	N	mean	S.D.	N
1	1.2 ^S	2.9 ^S	51	* -0.2	55.7	62	* 56	55.5	62	0.1	0.3	38
2	* 0.7	3.2	11	* 23.8	37.9	13	* 26	12.0	13	0.2	0.3	13
3	-0.6	1.4	33	* -5.1	36.2	37	* 11	10.1	37	-0.1	0.2	32
4	* -0.3	1.9	14	* -6.0	10.8	15	* 13	10.1	15	-0.2	0.5	9
5	* 0.2	0.6	3	0.0	0.0	3	* 14.1	13.7	3	-0.2	0.4	3
6	-0.3	1.7	35	* 30.0	23.9	45	* 20.0	9.9	45	0.4	0.4	45
7	-0.1	0.7	26	* 1.0	6.6	29	* 6.1	4.3	29	-0.1	0.3	24
8	-0.2	0.6	59	* -2.5	12.4	61	* 5.1	4.4	61	0.0	0.4	34
9	* -0.2	1.6	6	* 0.0	22.4	6	* 8.5	2.5	6	0.5	0.5	4
10	1.1	3.1	49	* 5.5	43.9	53	* 29.7	22.7	53	0.4	0.3	50
11	0.2	0.8	27	* -3.1	21.4	29	* 8.4	6.6	29	0.2	0.2	22
12	-0.8	3.3	144	* 3.9	34.7	155	* 23.4	18.2	155	0.3	0.3	135
13	1.0	2.9	43	* -3.2	41.6	47	* 35.6	20.5	47	0.3	0.4	40
14	* 0.9	7.4	9	* -11.0	65.5	10	* 80.1	44.3	10	-0.0	0.2	2
15	* 1.3	2.9	22	* -8.3	140.4	23	* 70.0	35.9	23	0.2	0.4	13
R2+	-0.6	2.6	253	1.0	30.7	274				0.2	0.4	229
R3+	0.7	2.7	146	8.7	45.4	173				0.3	0.4	140

各要素に対する差異の平均値計算に使用したデータ数が異なるのは、各差異のうち、設定した値より大きなものは統計から除いたためである。

また、Mの場合は本庁、あるいは仙台でこれを決定していない場合があることにもよる。

*は両者に差なしとする仮定は reject、*のない場合はその差が統計的に有意

+第9図参照

三陸沖の地震の場合は、系統的に仙台の方が震源の深さは深く決められている。この原因も基準走時表計算の際に仮定した地下構造と、海溝付近の地下構造との差異にある(市川, 1979)。

iii) 地震の規模(M)

内陸と、新潟県沖を除く周辺海域の地震に対する仙台と本庁決のMの差異の平均値は0ではあるが、標準偏差は大きい。三陸沖や関東地方では平均して1/3程度、仙台の方が大きく出ている。P波の上上がりを明瞭にするため、ノイズの小さな官署に対しては、上下動成分記録用ペンレコーダの感度を上げてある。したがって、記録の継続時間は通常よりも長くなっている。仙台のMが本来のそれよりも多くの地域で1/3程度大きく出ている原因はこのへんにあるらしい。

iv) 震央

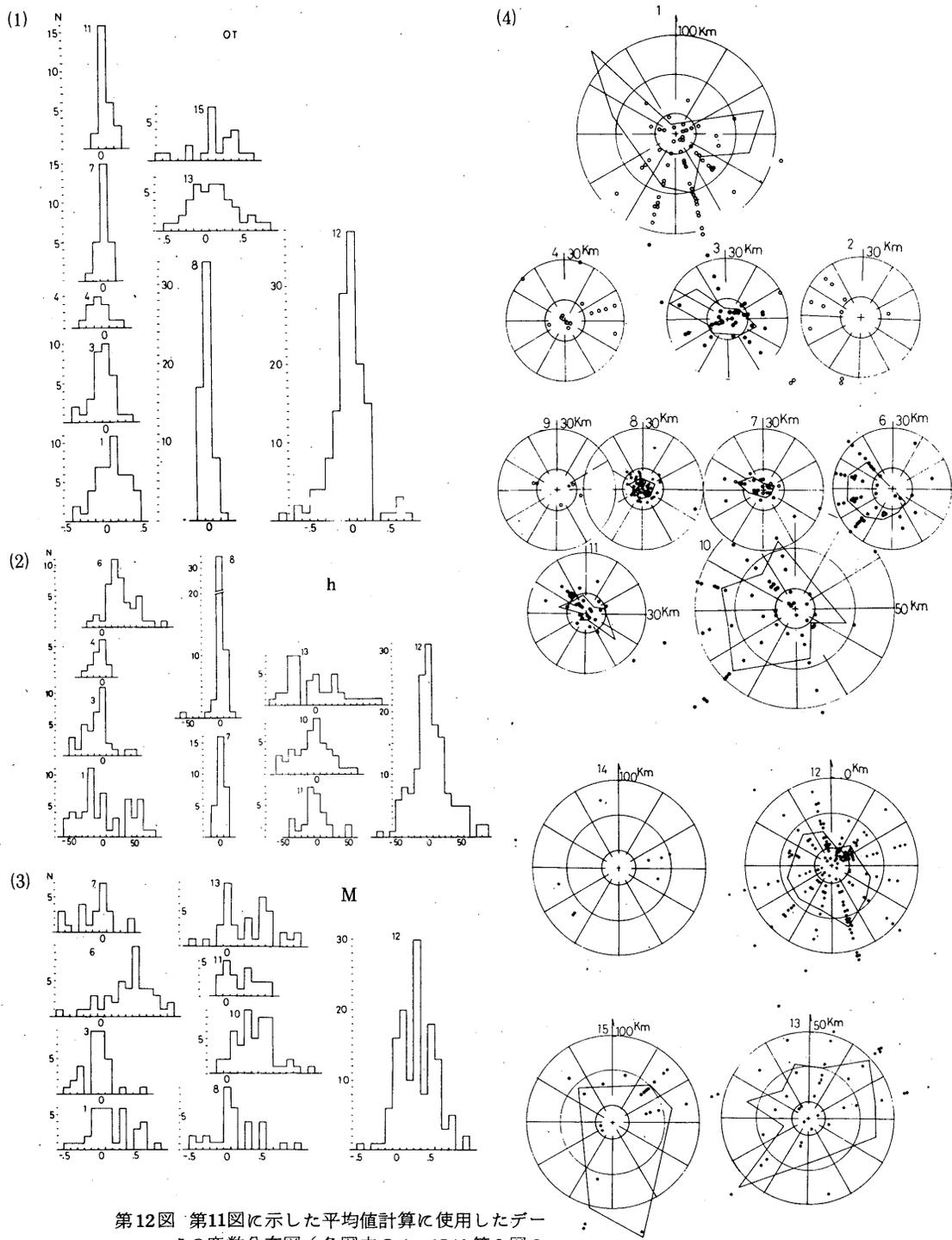
内陸の地震に関する限り、仙台と本庁との差異は小さく(第7図、第12図(2)参照)、震央決定の精度の範囲内のものである。しかし、観測網から離れるにしたがって両者の差異は大きくなり、それらの平均値は50

~80 km、個々の地震についてみると200 km以上のものもある。

第12図(4)~(5)は、地域別に作った両者の差異の分布図であるが(円の中心が常に本庁決の震央)、これから千島南部では本庁の震央に対し、仙台のそれは南にずれ、三陸沖の場合は西側に系統的にずれている。この原因はii)と同じである。本庁ではこのような系統的なずれを避けるため、千島南部および三陸沖用の特殊走時表を使用している(Ichikawa, 1978, 市川, 1979b)。

関東地方東方沖、関東地方南部の地震についても、本州方向あるいは観測網方向に引込むという系統的な差異が認められる。また、本州南方沖の地震に対する両者の差異は大きく、また、顕著な系統的差異が認められる。これは観測点の地理的分布に起因するものであろう。

千島南部や関東地方以南の地震に対する系統的な差異は、仙台の震源決定の責任の範囲外であるので緊急震源決定の場合には問題ではない。しかし、三陸沖の



第12図 第11図に示した平均値計算に使用したデータの度数分布図(各図中の1~15は第9図の地域番号に対応する)

(1): 震源における発震時, (2): 震源の深さ,
 (3): 地震の規模, (4): 本庁と仙台決定の震央の相対的分布(本庁決定の震央は円の中心にとってある)

地震については問題となる場合もあるので、緊急震源決定の際は、三陸沖あるいは千島南部の地震用の走時表を使用し、この系統的なずれを小さくするよう、震源決定プログラムには考慮がはらわれている。

§ 5. むすび

L/A地震端末の地震波形収録能力、震源決定能力、また、本庁と仙台が決めた震源要素間の差異を1981(昭和56)年～1983(昭和58)年のデータを使って調べ、次のことがわかった。

1) 複数地点トリガーシステムを採用したことにより、震源決定対象となるような地震の記録だけがとれるようになり、験測からはじまり震源要素決定とその印刷に至るまでの作業が効果的に行われるようになった。

2) 地震記録収録の成功率は80%以上であり、従来のものが30%以下であることに比べると地震記録収録成功率は著しく向上した。人工的ノイズレベルが低い早朝から人間社会活動の始まる7時ころから10時ころまでにかけては、東京ではミストリガーの回数が多かったが、仙台ではトリガープログラムを一部修正したことにより改善されている。

3) 仙台管内とその周辺に発生する地震に関する限り、仙台では本庁の決定している地震のほとんどすべての震源要素を決定している。

4) 内陸の地震の場合、ほとんどもれなく震源要素が決められている最低のMは3、その周辺で4程度である。これは76型地震計展開の際に行ったsimulationの結果とほぼ一致する。

気象庁は沿岸300kmまでの地域に発生する地震はM \geq 3を検知するよう要請されているが、沿岸地域に関する限り、まだその要請には応ぜられていない。

5) 内陸と観測網周辺のごく近いところに発生した地震に対しては、震央の差異の平均は数kmである。これは震央決定の精度内の値である。しかし、北海道東

方沖、千島南部、三陸はるか沖、関東地方以南では両者の差異の平均は数10kmであるばかりでなく、系統的な偏りが認められる。

これは震源要素決定に使用した基準走時表に起因するものである。この点を考慮し、緊急震源決定の場合、北海道東方沖、千島南部や三陸沖の地震に対しては特殊走時表を使用している。

6) Mも内陸を除いて1/3程度仙台の方が大きく出ている。これはペンレコーダの記録感度を上げてあるため、記録継続時間が本来のものより長くなっていることによるものと思われる。

謝 辞

本調査に当って観測課地震担当諸氏から絶大な援助を賜った。ここに記してこれら諸氏に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 市川政治(1969)：気象庁地震観測網の震源決定の精度・能力、研究時報、**21**、297-308
- Ichikawa, M. (1978)：Lateral Heterogeneity under the Southern Kurile Trench and its Vicinity and Systematic Discrepancy in Epicenter Locations, Geophys. Mag., **38**, 1-19
- 市川政治(1978a)：気象庁における震源要素新計算法と走時表、験震時報、**43**、11-19
- 市川政治(1978b)：気象庁新地震観測網の震源決定能力、験震時報、**42**、55-60
- 市川政治(1979)：三陸沖の震源分布、験震時報、**43**、59-65
- 市川政治、内池浩生(1979)：気象庁における地震データ伝送とデータ処理について、文部省科学研費・自然災害特別研究成果、No.A-54-2、84-109
- 市川政治(1982)：L-ADESS地震端末による地震データ処理、験震時報、**46**、47-83