

# 気象庁における地震定常調査業務の変遷\*

(主として電子計算機使用以降)

市川 政治\*\*

550. 34. 034. 037.

## § 1. ま え が き

昭和36(1961)年から、気象庁における地震定常調査業務は手作業に代って、電子計算組織によって行なわれるようになった。それから20年余、手作業から機械作業に変わった当時に比べると電子計算機の性能は、予想も出来なかったほど急速な進歩をしている。その進歩につれて、地震定常調査業務の形態・手順も徐々に変わって来ている。また、これまで、月あるいは旬単位で行なわれてきている定常調査業務が、近々、日単位で行なわれるようになりつつある。

地震学会発足100年を記念して刊行された特別号に筆者が、地震計測-震源決定・走時曲線についての歴史を執筆するに当って、中央気象台の定常業務として、震源がどのようにして決められていたか調べてみたが、結局、まとまったものは発見できなかった。勿論、震源決定法について、数々の論文は発表はされているが、地震年報、気象要覧などに記載されている震源がどの方法で決められたかは明らかでない。

一方、この20年間における地震定常調査業務も、上記のように使用する電子計算組織の性能に応じて変わって来ているが、その辺の事情を知る関係者も次第に少なくなってきている。そこで、地震調査業務が旬単位から日単位で行なわれるようになるこの機会に、気象庁における電子計算組織による地震定常調査業務の変遷をふりかえってみることにした。

## § 2. 手作業による定常地震調査業務

電子計算機組織による地震定常調査業務について述べる前に、参考までに昭和20年~30年代における当該業務の作業手順について述べよう。

各地の地震観測実施官署における観測結果は、一地震一葉以上の観測表(Fig. 1)により旬毎に管区气象台を経由して本庁に送られて来た。これらの観測表は時間順に整理され、地震調査原簿に転記される(Fig. 2)。これは大変な作業であった。

地震観測表									
石垣島 観測所					地震番号 40				
震度(Ⅱ)					有感地震番号 2				
使用地震計 W.C.S					その他				
発震年月日 1957年 6月 20日									
27 7026									
相	発 現 時 刻			振 幅			周 期		
	h	m	s	N	E	Z	sec.		
172	16	02	52.5				125		
170	16	02	52.5				112		
170	16	02	50.7						
175	16	02	52						
172	16	02	52.7						
172	16	02	52.7						
172	16	02	51				101		01
170	16	02	52				170		14
170	16	02	52				100		02
P~S	00m	70s		P~F			0.5h 0.2ms		
P~	m	s		P~			m s		
人体感覚	性 質			地 場					
	極急 ⑤ 緩			石 無					
記 事									

Fig. 1. 手作業時代の地震観測表。

\* M. Ichikawa: Note on the Automatic Processing of Seismological Data in the Japan Meteorological Agency, Received Dec. 1, 1981.

\*\* 気象庁地震課

(1960年8月) 12日

観測所	震度	発震時刻	距離	P-S	P-P	最大振幅	備考	性質	
宮古	II	16 11 19.6	237	0.7	23.20	1.2	11-19.7 12-19.6 13-19.5 14-19.4 15-19.3 16-19.2 17-19.1 18-19.0 19-18.9 20-18.8 21-18.7 22-18.6 23-18.5 24-18.4 25-18.3 26-18.2 27-18.1 28-18.0 29-17.9 30-17.8 31-17.7 32-17.6 33-17.5 34-17.4 35-17.3 36-17.2 37-17.1 38-17.0 39-16.9 40-16.8 41-16.7 42-16.6 43-16.5 44-16.4 45-16.3 46-16.2 47-16.1 48-16.0 49-15.9 50-15.8 51-15.7 52-15.6 53-15.5 54-15.4 55-15.3 56-15.2 57-15.1 58-15.0 59-14.9 60-14.8 61-14.7 62-14.6 63-14.5 64-14.4 65-14.3 66-14.2 67-14.1 68-14.0 69-13.9 70-13.8 71-13.7 72-13.6 73-13.5 74-13.4 75-13.3 76-13.2 77-13.1 78-13.0 79-12.9 80-12.8 81-12.7 82-12.6 83-12.5 84-12.4 85-12.3 86-12.2 87-12.1 88-12.0 89-11.9 90-11.8 91-11.7 92-11.6 93-11.5 94-11.4 95-11.3 96-11.2 97-11.1 98-11.0 99-10.9 100-10.8	⑤	浅
八戸	III	20.2	274	0.7	4	1.0	11-20.6 12-20.5 13-20.4 14-20.3 15-20.2 16-20.1 17-20.0 18-19.9 19-19.8 20-19.7 21-19.6 22-19.5 23-19.4 24-19.3 25-19.2 26-19.1 27-19.0 28-18.9 29-18.8 30-18.7 31-18.6 32-18.5 33-18.4 34-18.3 35-18.2 36-18.1 37-18.0 38-17.9 39-17.8 40-17.7 41-17.6 42-17.5 43-17.4 44-17.3 45-17.2 46-17.1 47-17.0 48-16.9 49-16.8 50-16.7 51-16.6 52-16.5 53-16.4 54-16.3 55-16.2 56-16.1 57-16.0 58-15.9 59-15.8 60-15.7 61-15.6 62-15.5 63-15.4 64-15.3 65-15.2 66-15.1 67-15.0 68-14.9 69-14.8 70-14.7 71-14.6 72-14.5 73-14.4 74-14.3 75-14.2 76-14.1 77-14.0 78-13.9 79-13.8 80-13.7 81-13.6 82-13.5 83-13.4 84-13.3 85-13.2 86-13.1 87-13.0 88-12.9 89-12.8 90-12.7 91-12.6 92-12.5 93-12.4 94-12.3 95-12.2 96-12.1 97-12.0 98-11.9 99-11.8 100-11.7	⑥	浅
盛岡	III	15.6	137	1.7	24	1.5	11-15.4 12-15.3 13-15.2 14-15.1 15-15.0 16-14.9 17-14.8 18-14.7 19-14.6 20-14.5 21-14.4 22-14.3 23-14.2 24-14.1 25-14.0 26-13.9 27-13.8 28-13.7 29-13.6 30-13.5 31-13.4 32-13.3 33-13.2 34-13.1 35-13.0 36-12.9 37-12.8 38-12.7 39-12.6 40-12.5 41-12.4 42-12.3 43-12.2 44-12.1 45-12.0 46-11.9 47-11.8 48-11.7 49-11.6 50-11.5 51-11.4 52-11.3 53-11.2 54-11.1 55-11.0 56-10.9 57-10.8 58-10.7 59-10.6 60-10.5 61-10.4 62-10.3 63-10.2 64-10.1 65-10.0 66-9.9 67-9.8 68-9.7 69-9.6 70-9.5 71-9.4 72-9.3 73-9.2 74-9.1 75-9.0 76-8.9 77-8.8 78-8.7 79-8.6 80-8.5 81-8.4 82-8.3 83-8.2 84-8.1 85-8.0 86-7.9 87-7.8 88-7.7 89-7.6 90-7.5 91-7.4 92-7.3 93-7.2 94-7.1 95-7.0 96-6.9 97-6.8 98-6.7 99-6.6 100-6.5	⑦	浅
三島	0	22.6	132	1.7	13	1.5	11-22.5 12-22.4 13-22.3 14-22.2 15-22.1 16-22.0 17-21.9 18-21.8 19-21.7 20-21.6 21-21.5 22-21.4 23-21.3 24-21.2 25-21.1 26-21.0 27-20.9 28-20.8 29-20.7 30-20.6 31-20.5 32-20.4 33-20.3 34-20.2 35-20.1 36-20.0 37-19.9 38-19.8 39-19.7 40-19.6 41-19.5 42-19.4 43-19.3 44-19.2 45-19.1 46-19.0 47-18.9 48-18.8 49-18.7 50-18.6 51-18.5 52-18.4 53-18.3 54-18.2 55-18.1 56-18.0 57-17.9 58-17.8 59-17.7 60-17.6 61-17.5 62-17.4 63-17.3 64-17.2 65-17.1 66-17.0 67-16.9 68-16.8 69-16.7 70-16.6 71-16.5 72-16.4 73-16.3 74-16.2 75-16.1 76-16.0 77-15.9 78-15.8 79-15.7 80-15.6 81-15.5 82-15.4 83-15.3 84-15.2 85-15.1 86-15.0 87-14.9 88-14.8 89-14.7 90-14.6 91-14.5 92-14.4 93-14.3 94-14.2 95-14.1 96-14.0 97-13.9 98-13.8 99-13.7 100-13.6	⑧	浅
青森	III	18.2	181	1.6	14	1.5	11-18.1 12-18.0 13-17.9 14-17.8 15-17.7 16-17.6 17-17.5 18-17.4 19-17.3 20-17.2 21-17.1 22-17.0 23-16.9 24-16.8 25-16.7 26-16.6 27-16.5 28-16.4 29-16.3 30-16.2 31-16.1 32-16.0 33-15.9 34-15.8 35-15.7 36-15.6 37-15.5 38-15.4 39-15.3 40-15.2 41-15.1 42-15.0 43-14.9 44-14.8 45-14.7 46-14.6 47-14.5 48-14.4 49-14.3 50-14.2 51-14.1 52-14.0 53-13.9 54-13.8 55-13.7 56-13.6 57-13.5 58-13.4 59-13.3 60-13.2 61-13.1 62-13.0 63-12.9 64-12.8 65-12.7 66-12.6 67-12.5 68-12.4 69-12.3 70-12.2 71-12.1 72-12.0 73-11.9 74-11.8 75-11.7 76-11.6 77-11.5 78-11.4 79-11.3 80-11.2 81-11.1 82-11.0 83-10.9 84-10.8 85-10.7 86-10.6 87-10.5 88-10.4 89-10.3 90-10.2 91-10.1 92-10.0 93-9.9 94-9.8 95-9.7 96-9.6 97-9.5 98-9.4 99-9.3 100-9.2	⑨	浅
水沢	II	22.7	209	2.0	12.6	1.5	11-22.6 12-22.5 13-22.4 14-22.3 15-22.2 16-22.1 17-22.0 18-21.9 19-21.8 20-21.7 21-21.6 22-21.5 23-21.4 24-21.3 25-21.2 26-21.1 27-21.0 28-20.9 29-20.8 30-20.7 31-20.6 32-20.5 33-20.4 34-20.3 35-20.2 36-20.1 37-20.0 38-19.9 39-19.8 40-19.7 41-19.6 42-19.5 43-19.4 44-19.3 45-19.2 46-19.1 47-19.0 48-18.9 49-18.8 50-18.7 51-18.6 52-18.5 53-18.4 54-18.3 55-18.2 56-18.1 57-18.0 58-17.9 59-17.8 60-17.7 61-17.6 62-17.5 63-17.4 64-17.3 65-17.2 66-17.1 67-17.0 68-16.9 69-16.8 70-16.7 71-16.6 72-16.5 73-16.4 74-16.3 75-16.2 76-16.1 77-16.0 78-15.9 79-15.8 80-15.7 81-15.6 82-15.5 83-15.4 84-15.3 85-15.2 86-15.1 87-15.0 88-14.9 89-14.8 90-14.7 91-14.6 92-14.5 93-14.4 94-14.3 95-14.2 96-14.1 97-14.0 98-13.9 99-13.8 100-13.7	⑩	浅
秋田	I	16.7	239	1.8	18	1.5	11-16.6 12-16.5 13-16.4 14-16.3 15-16.2 16-16.1 17-16.0 18-15.9 19-15.8 20-15.7 21-15.6 22-15.5 23-15.4 24-15.3 25-15.2 26-15.1 27-15.0 28-14.9 29-14.8 30-14.7 31-14.6 32-14.5 33-14.4 34-14.3 35-14.2 36-14.1 37-14.0 38-13.9 39-13.8 40-13.7 41-13.6 42-13.5 43-13.4 44-13.3 45-13.2 46-13.1 47-13.0 48-12.9 49-12.8 50-12.7 51-12.6 52-12.5 53-12.4 54-12.3 55-12.2 56-12.1 57-12.0 58-11.9 59-11.8 60-11.7 61-11.6 62-11.5 63-11.4 64-11.3 65-11.2 66-11.1 67-11.0 68-10.9 69-10.8 70-10.7 71-10.6 72-10.5 73-10.4 74-10.3 75-10.2 76-10.1 77-10.0 78-9.9 79-9.8 80-9.7 81-9.6 82-9.5 83-9.4 84-9.3 85-9.2 86-9.1 87-9.0 88-8.9 89-8.8 90-8.7 91-8.6 92-8.5 93-8.4 94-8.3 95-8.2 96-8.1 97-8.0 98-7.9 99-7.8 100-7.7	⑪	浅
浦河	I	18.0	298	1.8	18.4	1.5	11-17.9 12-17.8 13-17.7 14-17.6 15-17.5 16-17.4 17-17.3 18-17.2 19-17.1 20-17.0 21-16.9 22-16.8 23-16.7 24-16.6 25-16.5 26-16.4 27-16.3 28-16.2 29-16.1 30-16.0 31-15.9 32-15.8 33-15.7 34-15.6 35-15.5 36-15.4 37-15.3 38-15.2 39-15.1 40-15.0 41-14.9 42-14.8 43-14.7 44-14.6 45-14.5 46-14.4 47-14.3 48-14.2 49-14.1 50-14.0 51-13.9 52-13.8 53-13.7 54-13.6 55-13.5 56-13.4 57-13.3 58-13.2 59-13.1 60-13.0 61-12.9 62-12.8 63-12.7 64-12.6 65-12.5 66-12.4 67-12.3 68-12.2 69-12.1 70-12.0 71-11.9 72-11.8 73-11.7 74-11.6 75-11.5 76-11.4 77-11.3 78-11.2 79-11.1 80-11.0 81-10.9 82-10.8 83-10.7 84-10.6 85-10.5 86-10.4 87-10.3 88-10.2 89-10.1 90-10.0 91-9.9 92-9.8 93-9.7 94-9.6 95-9.5 96-9.4 97-9.3 98-9.2 99-9.1 100-9.0	⑫	浅
山形	I	28.0	216	1.1	11	1.5	11-27.9 12-27.8 13-27.7 14-27.6 15-27.5 16-27.4 17-27.3 18-27.2 19-27.1 20-27.0 21-26.9 22-26.8 23-26.7 24-26.6 25-26.5 26-26.4 27-26.3 28-26.2 29-26.1 30-26.0 31-25.9 32-25.8 33-25.7 34-25.6 35-25.5 36-25.4 37-25.3 38-25.2 39-25.1 40-25.0 41-24.9 42-24.8 43-24.7 44-24.6 45-24.5 46-24.4 47-24.3 48-24.2 49-24.1 50-24.0 51-23.9 52-23.8 53-23.7 54-23.6 55-23.5 56-23.4 57-23.3 58-23.2 59-23.1 60-23.0 61-22.9 62-22.8 63-22.7 64-22.6 65-22.5 66-22.4 67-22.3 68-22.2 69-22.1 70-22.0 71-21.9 72-21.8 73-21.7 74-21.6 75-21.5 76-21.4 77-21.3 78-21.2 79-21.1 80-21.0 81-20.9 82-20.8 83-20.7 84-20.6 85-20.5 86-20.4 87-20.3 88-20.2 89-20.1 90-20.0 91-19.9 92-19.8 93-19.7 94-19.6 95-19.5 96-19.4 97-19.3 98-19.2 99-19.1 100-19.0	⑬	浅

USCGS:  
 Aug. 13 07<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> 55<sup>s</sup>  
 46°N 142°E  
 R about 60 km.  
 Near east coast of Honshu, Japan.

三陸沖  
 40:3°N  
 142:5°E  
 R about 40 km  
 11:16:00  
 11:16:00  
 11:16:00

有

Fig. 2. 手作業時代の調査原簿の一例.

この調査原簿から震源要素の決定を行なうのであるが、これも大変な作業である。震源が決められそのような地震は、地図にPやP~Sの発震時をまず記入し、深さを適当に仮定し、P~S-A モグラムからP~S円を描いて震央を決める。若し最大有感距離が100 Km以上の場合や、相当な規模の無感地震の場合は、各地のP, Sを方眼紙にプロットして、深さ別の和達らの走時曲線にこれら観測値をあてはめる作業を行なう。良くあてはまらない場合は、震央を変えて同じ作業を繰り返し、最終震源を決める。大きな地震の場合は、せいぜい1日に1~2個しか震源要素が決められないほど、これは重労働であった (Fig. 3)。決められた震源は、他の人がチェックするようになってはいたが、震源決定精度には個人差がどうしても出た。さらに、昭和32(1957)年以降は震源の深さ60km以浅の地震で、地盤係数が1に近い5地点以上で周期5秒以下の水平2成分最大振幅が観測されている場合は、坪井の式(1954)から規模を計算する。

全国的に観測された外地地震の場合は、USCGS

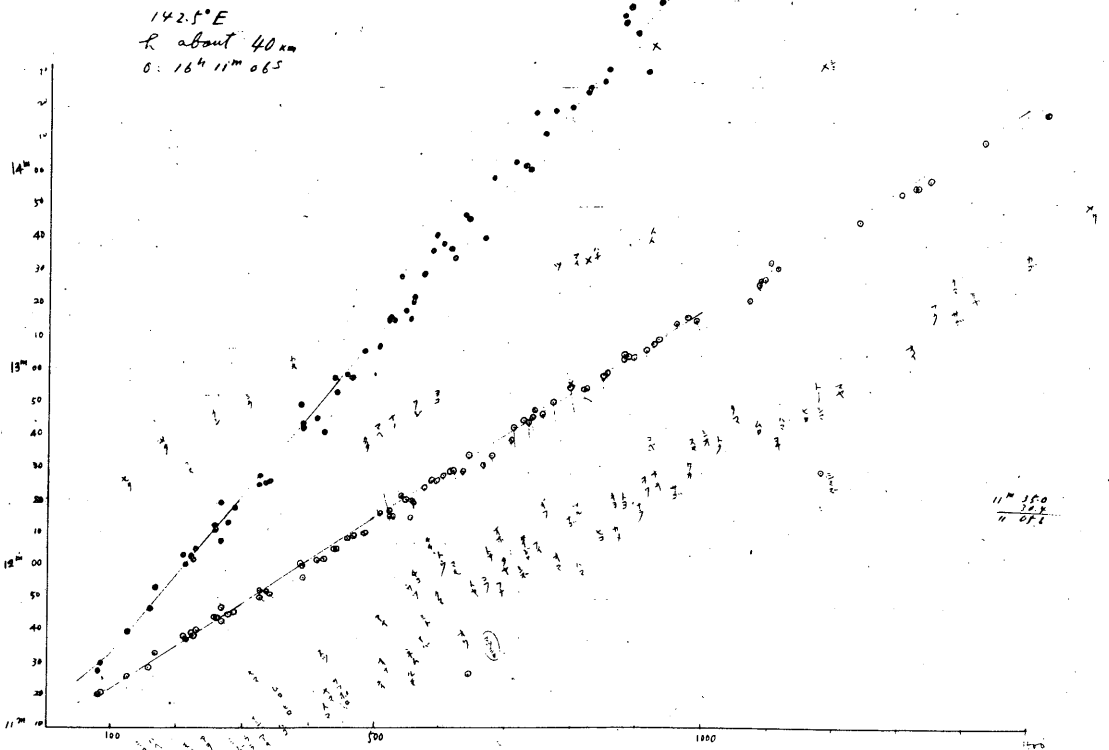


Fig. 3. 震源要素決定のため作られた走時曲線の一例.

(当時) 決定の震央から、手動計算機を使って震央距離を計算し、走時曲線を描いて観測値のチェックを行っていた。

震源決定作業が終ると、誤検測あるいは誤記と判断された報告に対して再調査依頼書を作成し、これを関係官署に郵送する。これに対する再検測結果、あるいは回答に基づいて、調査原簿を訂正する。場合によっては、最大有感距離が 100 Km を越えたため、震源再決定を行なうようなこともでてくる。

次に、地震月報作成作業に入る。地震月報は有感地震の表、無感地震の表、主な地震の表(主として最大有感距離 100 Km 以上の地震)、主な地震に対する各地の検測結果、地域別・有感・無感別統計結果、主な地震の震央分布図、主な地震の各地の震度分布図などからなっていた。

これら各項目に対する印刷原稿を、原簿から転記作成する。作成した原稿は誤記発見のため、すべて読合せを行っていた。これらの原稿に基づいて作られた月報ゲラの読合せを行なう。校正は通常 3 校までとられていた。

以上の諸作業は数人からなる調査係が担当して行われたが、大地震が発生するとそれに伴う多数の余震のため、処理作業は大幅におくれるのが常であったが、通常でも地震月報が利用者の手許に届くのは大体 1 年～一年半後であった。

### § 3. 電子計算機組織への移行

上記のように地震定常調査業務は、非常に労力を要する仕事であったので、検測対象地震や検測要素の規制などにより、作業量軽減の工夫がなされてきた。

一方、昭和 34 (1959) 年には、気象庁に気象数値予報用電子計算機が導入され、また同じころ、統計課には統計機が稼働していた。

設置された電子計算機は、当時、世界最高の性能を持ったものであったが、メモリ数約 8 K 語 (1 語 36 ビット)、加減算 24～84  $\mu$ s、乗除算 200～240  $\mu$ s 程度のもので、今日のマイクロコンピュータよりも劣る程度のものである。この計算機には磁気テープデッキ 6 台と 4 K 語の磁気ドラム 2 台、ラインプリンタ 2 台その他が周辺装置として設置されてい

た。

地震定常調査業務がこの電子計算機によって行なえるかどうかの検討が、計算機設置と同時に行なわれた。現在では当然と考えられている電子計算機による震源要素決定も、当時は多くの人々がこれを危ぶんでいた。とにかく、昭和 35 (1960) 年から週 2 回、1 回 15 分程度、震源要素計算用プログラム開発のため、この計算機が使用できるようになった。約 1 年間、処理プログラムの開発とテストを行った結果、観測データを入力するだけで安定した最終震源要素が求められるプログラムを作成することができるようになった (地震課, 1963, Ichikawa, 1965)。

IBM 704 のラインプリンタは、ドット型式であったため、調査原簿や地震月報オフセット印刷原稿としては不向きであった。そこで、統計課で使用していた IBM 405 事務統計機組織をこれらの作成に使うことにした。このほか、調査原簿作成のため、観測地点別データカードを時間順にならびかえる作業は同じく統計課のカードソータ IBM 80 を使用した。

観測データカードの format は、官署名 6 カラム、整理番号 (地点番号) 3 カラム、震度 1 カラム、発震日 2 カラム、第 1 位相名 (主として P 相) 4 カラム、対応する時分秒 7 カラム、第 2 位相名 (主として S 相) 4 カラム、対応する発震分秒 5 カラム、最大振幅それぞれ (3 成分とも同じ) 4 カラム (振幅部 3 カラム、指数部 1 カラム)、同周期 3 カラム、P 波初動として水平 2 成分はそれぞれ方向記号 1 カラム、振幅 3 カラム、上下成分は方向記号だけ、および年月それぞれ 2 カラムずつ、合計 68 カラムであった。

当時、データとして使い得る最大カードカラム数は 72 であったが、調査原簿や地震月報オフセット原稿作成に使用した IBM 405 の各種制限、とくにローマ字使用可能なカラム数の関係から最大振幅を表わすのに指数を使用したり、また、上下成分の初動振幅を入れることが出来なかった。この format は IBM 704 が 5020 F に更新された際、現在のものに更新された。

震央カードの format には変更はないが、昭和 54 (1979) 年に、従来の有感最大距離による地震階級指示を廃止した際、従来、7 カラム目にパンチしてい

た、U (無感), L (局発), S (小区域), M (稍顕著), R (顕著)の代りに有感地震はF, 無感地震はUを使うことにした。

#### § 4. 震源要素計算手順

##### i) IBM 704 / IBM 405 時代

前記の format で句毎に管区気象台経由で本庁地震課に送付される各地の験測結果は、まずカード化される。

これらのカードは、IBM 80 で時間順にソートし、IBM 405 で調査原簿が作成される。この調査原簿に基づいて、地震の区分けが手作業で行なわれる。P ~ S が 4 地点以上から報告された地震について、震源計算の準備が行なわれる。すなわち、原簿作成のとき使用したカードのなかから、震源計算可能なものを引抜き、その後識別カード (7, 8, 9 カラムに 131 をパンチしたもの) を挿入する。また、震源計算には使用しないほうがよいと考えられるデータは、2 枚の識別カードの間にそのカードを挿入する。

このカードデッキを使って震源要素の計算を行なう。計算結果をラインプリンタに出力すると同時にカードパンチにも出力する。この震源要素カードを対応する観測カードデッキに挿入して、いわゆる O ~ C - 4 図と地震規模の計算を行なう。この O ~ C - 4 図から計算結果のチェックを行ない、場合によっては、データを適当に選び直して再計算を行なう。

最終震源要素計算結果を地図にプロットして震央地名、地震の階級を決め、これらを調査原簿に記入する。震源要素の決められない地震も P ~ S、震度分布などから、震央地名を決めこれも調査原簿に記入する。

次に震源カード作成のためのパンチ原稿を全地震について作る。震源要素の決まらない地震は発震日時分、地震階級、地域番号、震央地名だけがパンチ原稿に記入される。この原稿から作られた震央・震源要素カードは、IBM 405 による地震の表、震源表原稿作成用に使用する。

IBM 405 では、同一 format のものしか同時には印刷できなかつたので、観測表原稿中の震源要素と験測表は別々に印刷され、前者を後者に別途貼付して完全原稿を作った。

以上の手順による地震定常調査業務は、昭和 36 (1961) 年から昭和 41 (1966) 年まで続いた。

##### ii) HITAC 5020 F 以降

IBM 704 は HITAC 5020 F に更新のため昭和 41 (1966) 年に撤去され昭和 42 年 4 月から稼働を開始した。この間、IBM 7090 が震源計算に使用された。

HITAC 5020 F はメモリ容量 131 K 語 (1 語 32 ビットとなる)、外部記憶装置として容量 256 K 語の磁気ドラム 3 台、磁気テープデッキ 10 台を持っている。加減算は  $3.1 \mu s$ 、乗算  $4.7 \mu s$ 、除算  $19.7 \mu s$  と IBM 704 に比べ 10 倍以上の処理スピードを持っている。

HITAC 5020 F の設置と同時に統計課の IBM 405、80 などの事務統計機も撤去されたため、観測カードのハード的時間ソートが出来なくなった。しかし HITAC 5020 F は上記のようにメモリー容量、処理能力とも IBM 704 に比べ格段と向上したため、観測値の時間ソートはソフト的に行ない調査原簿を作成した。震源要素計算に使用するカードは、原簿作成と同時に作った観測値記入磁気テープから、必要なものだけをオンラインカードパンチを使って出力するようにした。

ラインプリンタの出力文字もドット型式からタイプライタ型式のものに変わったので、調査原簿や地震月報用オフセット原稿も HITAC 5020 F で印刷するようになった。IBM 405 と異なり、ローマ字使用上の制限もなくなったので、前記のように観測カード format も現在のものに変えた。

IBM 704 時代は O - C ~ 4 図や地震規模の計算は、別途、行なわれていたが、IBM 7090 以降は震源計算と同時に進行するようにプログラムを直した。また震源計算に使用する走時表も浅い方では現在のように 10 Km きざみのものを使うように直した。

#### § 5. 震源要素決定法

震源要素計算法として、最小自乗法による Geiger の方法と呼ばれているものがある。この方法には線型化した観測方程式が使用されているので、第 1 近似の震源要素が必要である。

問題はどのようにして、この第 1 近似震源要素を決めるかである。従来の図的方法でいちいちこれを

決めていたのでは能率的でない。そこで、 $P$ 、 $S$ からOrigin timeを、 $S-P \sim d$ から震源を求める方法を開発した(地震課, 1963, Ichikawa, 1965)。この方法では $S-P$ が4地点以上で検測されていなければ、震源要素が決められないという弱点がある。

地震予知研究計画に関連して、気象庁は日本とその周辺に発生する規模3以上の地震の観測を担当するようになり、観測網と観測結果処理装置の整備を行ってきた。その結果、小さな地震も観測できるようになったが、上記の $P \sim S$ が4つ以上なければ震源要素が決められないという条件のため、震源要素の決められる地震はそれほど多くならなかった。そこで、3地点で $P$ 又は $S$ の発震時が4以上検測されていれば、第1近似震源要素が求められる新プログラムを作成し、これを昭和51(1976)年から定常調査業務に適用している(市川, 1978)。

昭和51(1976)年からは地震月報に使用する震央分布図はプロッタで行なうようになった。また、震央地名の命名も計算機で行なうように昭和54(1979)年からなった。

## § 6. 震源要素決定用基準走時表

第2次世界大戦後、気象庁における震源要素の決定は和達ら(1933)、鷺坂ら(1935)らの走時表やこれらから作った $S-P \sim d$ ノモグラムを基準としている。しかし、この走時表から決めた震源要素には、系統的なずれのあることがAki(1965)によって指摘された。また、上の走時表は爆破地震動観測結果に比べ、最大 $3^s \sim 4^s$ おそいこともわかった(Aki, 1965)。

そこで、昭和48(1973)年からは、爆破地震動観測結果から求めた地表から35 Kmまでの $P$ 、 $S$ 波の速度分布と、それ以深はJeffreys-Bullenの速度分布を組合せて計算した走時表(市川・望月, 1970)を気象庁は基準走時表として使用している。

千島南部から北海道東方沖に発生する地震に対する気象庁決定の震央は、系統的に南方に数十Km~百Km以上も世界的データによる震央よりずれていることが多くの人々によって指摘されている。また、三陸沖に発生する地震の深さも、世界的データに基づいて決めたものに比べ気象庁のものは深く求められ

ている

これらの現象は、気象庁の基準走時表である市川・望月の表が、内陸で行なわれた爆破観測結果に基づいて作られたためである。事実海底爆破地震動観測結果に比べ、 $h=0$  Kmの市川・望月の走時表は最大数秒おそい。そこで、この観測結果から $h0 \sim 150$  Km、 $d0 \sim 1500$  Kmの走時表を作成し(市川, 1978)、昭和53年以降上記2地域の地震の震源要素決定に使用している。

## § 7. 地震の規模

地震の大きさを表わす尺度として、気象庁は昔から、体感の範囲を使っていた。また、昭和28(1953)年1年間だけであったが、震度~有感距離から地震をA, B, C, D, Eの5段階に分け地震の規模を示そうとした。

昭和32(1957)年からは、坪井の式(坪井, 1954)によって深さ60 Km以浅の地震の規模が決められるようになった。前記のように、規模決定は地盤係数が1に近い観測点(地震観測法, 1952)で検測された5秒以内の周期を持った水平最大動から求めている。

60 Kmより深い地震の規模決定のための方法が2, 3開発されたが(たとえば、広野ら1952, Inouye 1959, 勝又1957, 1964), 各方法を多数の地震を使って比較した結果、勝又の方法が最適であることがわかった(岸尾ら, 1973)。気象庁は昭和50(1975)以降60 Kmより深い地震の規模を、勝又の表を使って決めている。

日本付近に発生する規模3以上の地震を観測するため、気象庁は67型あるいは76型と称する速度型地震計を全国80か所以上に展開した。その結果、倍率100倍の59型地震計では観測できない地震も67型・76型地震計に記録され、震源が決定できるようになった。これらの地震の規模決定法が開発され昭和52(1977)年から、この方法と坪井の式から求め規模の平均値をもってその地震の規模としている(神林ら, 1977)。坪井の式による規模が求められない場合は、前者をもってその地震の規模としている。

67型・76型地震計の場合は、倍率が高いため、

記録紙上ではスケールアウトして最大振幅が検測できない場合がある。そこで、 $P \sim F$ 時間から地震の規模を求める式が作られた(市川ら, 1981)。X-Yディジタイザなどによる緊急震源決定の場合は、昭和56年から試験的にこの方法が気象庁では使われている。

### §8. 自動検測システム

67・76型地震計の全国展開に伴って、多数の地震記録が磁気テープに収録されることが予想された(市川, 1969, 1978)。そこで、これら磁気テープ収録記録の自動処理システムの開発が昭和45(1970)年から48年にかけて行なわれた。その成果に基づいて昭和50(1975)年には、地震記録自動処理装置が地震課に設置され稼働を開始した。また、76型地震計全国展開による収録地震記録の増加に対処するため、昭和53(1978)年には、地震記録自動処理装置の処理能力のレベルアップがなされた(市川, 1980)。

この装置には、いわゆる interactive 方式が導入されており、計算機が処理した結果が正しくない場合は、外部からの指示で瞬時にそれを修正できるようになっている。当該装置はおそらく、1日に数百~千以上の地震記録を処理するだけの能力を持っているものと思われる。

### §9. 地震計記録のテレメータ

67型地震計の全国展開に当って、津波予報業務の迅速化のため、各管区気象台管内の4~5地点の当該地震計記録を管区気象台にテレメータした。これが気象庁における地震定常観測業務におけるテレメータの始まりである。このテレメータ網のスパンは短かく、観測網外の地震の震央の即時推定には適当でないことがわかったので、その後、隣接管区気象台管内の地震計記録を取込んだ、いわゆる広域観測網の全国展開を昭和50(1975)年から開始し、成果をあげている。

御前崎沖に布設された海底地震計は、地震課にテレメータされ昭和54(1979)年から正式観測を行っている。

高倍率地震計の全国展開と処理装置の導入によっ

て、気象庁の地震観測網の検知力は著しく改善された。しかし問題は、その処理が旬単位で行なわれ、最終震源要素が出るのは1か月~1か月半後になってしまうという点である。

この問題を解決するため、昭和55(1980)年には、東京管区気象台管内の観測点の67型、76型地震計記録の大部分が地震課にテレメータされるようになった(市川, 1981)。また昭和56(1981)年には仙台・札幌管区気象台の当該地震計記録は各管区気象台にテレメータされる。他管区についても逐次テレメータ化が行なわれる予定である。

各管区に集められた地震記録は、即日、前処理されC-ADESSを使って地震課に伝送される。この伝送波形記録は前述の地震記録自動処理装置で最終検測される。テレメータ網が完成するとこの検測結果と、日々電報報告される59型地震計地震記録の検測結果とにより、発震後2~3日後には最終震源要素が求められることになる。

### §10. 震源要素の発表

地震定常調査結果や観測結果の一部は、気象要覧や地震年報に発表されていたが、昭和26(1951)年に地震年報が廃刊となり代りに地震月報が出版されるようになった。この地震月報には、より詳細な資料が掲載されているので、気象要覧に発表される地震資料は簡単化された。

地震定常調査業務が機械化されてから、震源要素決定までに要する時間は著しく短縮されたものの、地震月報が資料利用者に届くまでには、相当な日時を要した。そこで、昭和42(1967)年8月から地震月報中の震源の表のみをオフセット印刷し、これを利用者に配布するようにした。しかし、いろいろの事情で、この震源速報は昭和48(1973)年1月から配布できなくなった。

しかし、関係者の強い要望があったので、昭和51(1976)年10月から、定常調査業務を1か月分まとめて行なっていたものを旬単位で行なうように改め、同時に震源要素を旬報として関係機関に配布するようにした。

§ 11. まとめ

長年に亘る観測網の整備と資料処理業務の機械により、気象庁の地震検知力は最近著しく向上した。Fig. 4は1926年から1980年に気象庁が決定し発表し、あるいは発表する震源要素の数である。図中の黒丸は調査原簿に記入されているデータを使って電子計算機で再決定した震源要素の数を示す。

この図から調査業務が機械された1961年と76型地震計が全国展開を完了した1978年に、決められた震源要素が急増していることがよくわかる。また、1926年～1960年における手作業により決定された地震数と、電子計算機によって再決定された地震数

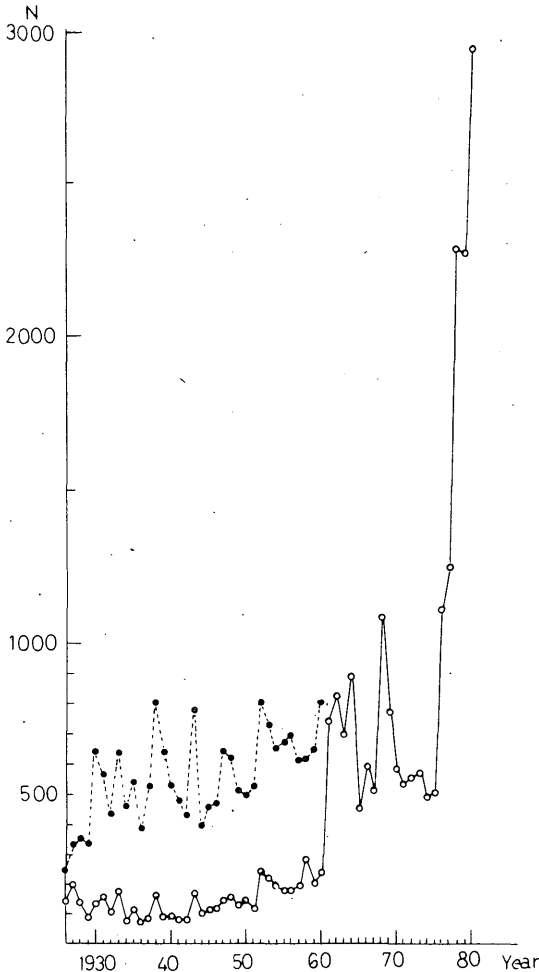


Fig. 4. 昭和一(1926)年～昭五五(1980)年に気象庁が決定した震源要素数

の差は、機械化の効果を示唆するものと言えよう。

Fig. 5は1980年中に日本の内陸に発生した地震のうち、震源要素の決まったものから作った地震規模別積算度数分布図を示すもので、これから気象庁の地震観測網は当初予測したように(市川, 1978)規模3以上の内陸に発生する浅発地震を殆んどもれなく検知していることがわかる。

とにかく、10年前に比べ数倍以上の震源要素が現在決められており、また、この作業が当時の半分の人手で行なわれていることを特記したい。気になることは、最近の日本とその周辺の地震活動が著しく低いと言うことである。ひとたびこれが活発化したならば、恐らく現在の人員では円滑に資料を処理することは困難になるであろう。十分な対策を構ずる必要があるように考えられる。

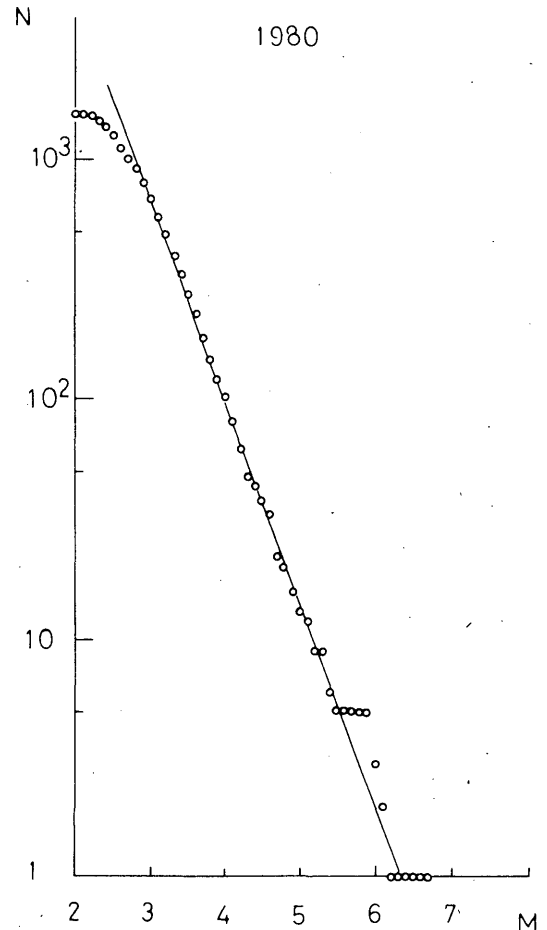


Fig. 5. 日本内陸に1980年中に発生した浅発地震に対する規模別積算度数分布図。

## 参 考 文 献

- Aki, K. (1965) : Accuracy of Origin Time, Epicenter and Focal Depth of Local Earthquake Obtained Routinely by the Japan Meteorological Agency, Bull. Earthq. Res. Inst., **43**, 23-38.
- 中央気象台 (1952) : 地震観測法, 付3-3.
- 広野卓蔵・岩井保彦 (1952) : 深発地震の規模 (マグニチュード) を決める一方法, 験震時報, **16**, 14-22.
- Ichikawa, M. (1965) : Automatic Data Processing of Seismological Observations in the Japan Meteorological Agency and a Few Comments on the Results Obtained, Pap. Met. Geophys., **16**, 90-103.
- 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.
- 市川政治・望月英志 (1970) : 近地地震用走時表について, 気象研究所報告, **22**, 229-290.
- 神林幸夫・市川政治 (1977) : 気象庁67型地震計記録による近地浅発地震の規模決定について, 験震時報, **41**, 57-61.
- 市川政治 (1978) : 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 (1978) : 気象庁地震観測網の震源決定能力, 験震時報, **42**, 55-60.
- 市川政治 (1980) : 地震記録自動処理装置, 験震時報, **44**, 55-74.
- 市川政治 (1981) : 地震資料伝送網, 測候時報, **48**, 17-27.
- 市川政治・神林幸夫 (1982) :  $P \sim F$  による地震規模の決定, 験震時報, **46**, 1~6.
- Inouye, W. (1959) : Magnitude of Deep-focus Earthquakes in and near Japan, Pap. Met. Geophys., **9**, 177-192.
- 勝又護 (1957) : 深い地震の Magnitude を決める一方法, 験震時報, **22**, 17-21.
- 勝又護 (1964) : 深い地震の Magnitude を決める一方法, 地震II, **17**, 158-165.
- 岸尾政弘・望月英志 (1973) : 深い地震のマグニチュードを決めるための一調査, 験震時報, **38**, 47-75.
- 気象庁地震課 (1963) : 地震調査業務の機械化について, 気象庁技術報告, No. 22.
- 鷺坂清信・竹花峰夫 (1935) : 近地地震におけるS波の走時表及び初期微動表, 験震時報, **8**, 149-161.
- 坪井忠二 (1954) : 地震動の最大振幅から地震の規模  $M$  を定めることについて, 地震II, **7**, 185-193.
- Wadati, K., K. Sagisaka and K. Masuda (1933) : On the Travel Time of Earthquakes (Part 1), Geophys. Mag., **7**, 87-99.