

## 気象庁震源データの変遷とその問題点\*

石川 有三\*

### Change of JMA hypocenter data and some problems

Yuzo Ishikawa  
Matsushiro Seismological Observatory  
Japan Meteorological Agency

JMA hypocenter catalogue is generally used for researching seismicity in Japan. This catalogue, however, has changed in quality with the development of the observation systems and the technique of the determining hypocenters. The travel time table used for determining hypocenters was changed in 1961, 1967, 1973, 1978 and 1983 since 1951. The formula of determining magnitude was changed in 1957, 1974 and 1977. The electronic computer was used from 1961 for determining hypocenters. Before 1961, hand-mapping method was used. In 1982, the lowest limit of the amplitude which should be reported was change to three times larger than before. It made the decrease of the ability for determining the magnitude of deep earthquakes and gave some distortion on the value of magnitude for shallow events.

#### § 1. まえがき

近年の汎用コンピュータやパーソナルコンピュータの普及と共に地震活動を統計的に処理する研究が多くなってきた。その様な研究の中で、対象とされる地震活動のデータとしては、広く流通している気象庁震源カタログ・ファイル（以下気象庁カタログと略す）が多く使われている。しかし、このカタログは気象庁の地震観測と震源決定の変遷と共に、内容的には時間的均質さを保っていない。この辺の事情については、一部で紹介されているが（市川, 1982, 浜田・他, 1983, 津村, 1987）、気象庁の地震観測に長年携わってきたメンバーの大量退職が始まり、震源データの変遷の歴史を詳しく知っている者が少なくなってきた。さらに最近パーソナルコンピュータを使った地震活動解析システム：SEIS-PC（石川・他, 1985, 石川, 1986）の利用者が増え、内容的変遷に十分な注意を払わずに、このカタログが利用される恐れが出てきた。そのため、ここで詳しく検討しその変遷を明らかにしておくことが必要にな

った。

#### § 2. 地震資料について

まず、震源カタログの内容の検討に入る前に、気象庁の出版物中の地震資料の歴史について調べてみる。

気象庁及びその前身の中央気象台では地震に関する報告を「気象要覧」と「Seismological Bulletin」に掲載していた。前者は、1900年（明治33年）の1号から、地震に関する色々な記述がある。後者は、中央気象台時代「地震年報」と呼ばれ、各年に発生した地震の震源要素が示されると同時にその地震の測器観測値も掲載されている（1925年から1950年まで存在するらしいが、1933-1939年は未確認。他に関東地震のときのものもある）。その中で特に1950年の「地震年報」（Central Meteorological Observatory, 1952）には、1885年から1950年までの震源カタログ（地震総数4195ヶ）が付いており、これが気象庁関係での震源カタログの第一号であると思われる。

\* Received August 26, 1987.

\*\* 気象庁地震観測所

1951年から出版され始めた「地震月報」は、この「地震年報」に代わるものであったが、「気象要覧」の中に記されていた地震に関する記述も無くなり、これら両方の役割を果たすものとして扱われた。

この「地震月報」の震源データが気象庁カタログに採用されているが、この震源が、気象庁の地震計の改良、整備等や震源決定法の改良等の歩みと共に検知能力の向上・変化等となり、先に述べた通り時間的に均質な資料とはなっていない。

さらに気象庁では震源カタログをときどき「地震月報別冊」という形で出版している。これは今まで

表1 色々な震源カタログ

地震年報	1950年版, 1952, 日本の主な地震のカタログ (1885年～1950年) 坪井のMと河角のMを併記 (地震総数4195ヶ)
地震月報	別冊1号, 1958, 日本付近の主要地震の表 (1926年～1956年) 1944年以前の地震: 1958年当時の決定法で再決定された 1945年: 気象要覧の震源 1951年以降: 地震月報の震源 Mは60km以浅だと坪井の式, 60km以深だと未定かM <sub>G</sub>
地震月報	別冊2号, 1966, 日本付近の主要地震の表 (1957年～1962年) 1957～1960 別冊1号と同じ方法 1961～1962 電子計算機で決定
地震月報	別冊3号, 1968, 日本付近の主要地震の表 (1963年～1967年)
地震月報	別冊4号, 1972, 日本付近の地域別地震表 (1961年～1970年) 地震月報と同じ
地震月報	別冊5号, 1974, 日本付近の深さ70km以深の地震表 (1961年～1973年) 震源要素はM以外「地震月報」と同じ。 Mは勝又の方法 (勝又, 1964)
地震月報	別冊6号, 1982, 改訂 日本付近の主要地震の表 (1926年～1960年) 走時表は市川・望月 (1971) 深さは10km毎。Mは坪井の式と勝又の式。
勝又カタログ	1961年から1975年まで地震月報でMが決っていない地震にすべてMを与えたもの

に6号まで出されており、表1にその簡単な注釈と共にタイトルを示した。現在、気象庁カタログは、1926年から1986年の途中までに発生した地震を含んでいるが、基本的には「地震月報」の震源データが用いられ、「地震月報」が存在しなかった1950年以前のデータには、「別冊6号」の震源データを採用している。従って気象庁カタログは基本的には「別冊6号」+「地震月報」で構成され、マグニチュードについてのみ「別冊5号」が追加利用されている。ただ、この「別冊6号」が出るまでは「別冊1号」の震源データが使われていたと思われる。「別冊6号」が出版されたのは1982年であるが、それ以前にも気象庁カタログは利用されていたので、1950年以前のデータを使用する際、どちらの資料を基にしたカタログかを注意する必要がある。ただ、「別冊6号」は最新の結果ではあるが、必ずしも正しい震源を与えているとは限らないようである。例えば1930年12月20日の広島県北部の地震の震央は明らかに震度分布から推定される震源域からはずれている。この他にも、この号のいくつかの地震の震源位置について疑問等が寄せられている。これは現在と比べれば質的にも量的にも不十分なデータをもとに、電子計算機を使って機械的に震源決定をしたことが原因と推定される。事実このカタログの前書には同趣旨の事が書かれてあり、カタログ中の震源データについてもM6.5以上程度の浅い主な地震についてはそれ以前に使われていた地震の震源データを併記してある。この併記された震源データは、注釈欄に「C」「D」と記されているので、このカタログを利用する際は必ず新旧どちらかの震源データを削除して利用しないといけない。ただ、こういう問題点はあるにしろデータ全体を同じ方法で機械的に扱って作られたカタログはそれなりの意味があり、先に述べた問題点がその価値を低めるものではない。

表1の最後にある「勝又カタログ」は勝又(私信)によるもので、その内容は1961年から1975年までの地震で「地震月報」にMが与えられていないものにすべてMを与えたものである。これは特にM未決定の地震が多い1961年から1964年までの期間については、貴重な資料となっている。

### § 3. 各種の変遷

概略は表2に示す通りであるが、以下各項目毎に少し詳細に記す。

表2 各種変遷の歴史

年	作業	走時表	深さ	M	決定能力
51	手作業	?	?	?	
52	"	?	?	?	
53	"	?	?	震度と距離	
54	"	?	?	"	
55	"	?	?	"	
56	"	?	?	"	
57	"	?	?	坪井	
58	"	?	?	"	
59	"	?	?	"	(IBM 704 導入)
60	"	?	?	"	
61	IBM 70	Wadati	20km毎(40km)	"	電計作業開始
62	"	"	"	"	
63	"	"	"	"	
64	"	"	"	"	
65	電計	"	"	"	両振巾 1 mm
66	"	"	"	"	
67	HITAC 5020F	内挿W	10km毎(20km)	"	67型展開開始
68	"	"	"	"	
69	"	"	"	"	
70	"	"	"	"	
71	"	"	"	"	
72	電計	"	"	"	
73	"	I・M(71)	10km毎(20km)	"	
74	"	"	"	+勝又	
75	"	"	"	"	
76	"	"	"	"	76型展開開始
77	"	"	"	+EMT公式	
78	"	+I(78)	"	"	
79	"	"	"	"	
80	"	"	"	"	
81	"	"	"	"	
82	"	"	"	"	2月から両振巾 3 mm
83	"	10月から83A	1 km毎	"	
84	"	83A	"	"	
85	"	"	"	"	

(1) 走時表

「地震年報」や「気象要覧」に示されている震源の決定方法については不明とされている(市川, 1982)。第二次世界大戦後は Wadati et al. (1933) と鷺坂・竹花 (1935) の走時表から作った S-P ~ Δノモグラフを利用している(市川, 1982)。ただ、これらの走時表は深さが 0~120km は 20km 毎, 120

~400km は, 40km 毎, 400~500km が 50km 毎であった(Wadati et al., 1933, 鷺坂・竹花, 1935)。

そのため決められた震源の深さも走時表の深さのきざみと同じであった。これは1967年から、補間により走時表が追加され20km毎が10km毎, 40km毎が20km毎となった(浜田・他, 1983)。

その後1973年から、市川・望月の走時表(市川・望月, 1971)が全面的に使われている。ただ1978年

以降、千島南部から北海道東方沖にかけての地域の地震についてのみ、特別の走時表（市川，1978 b）を使っている。その後1983年10月からこの特別の地域を除いた所では浜田（1984）による走時表 83 Aモデルに全面的に切り換えられた。これら市川・望月（1971）以降の走時表は深さ 200 kmまでが10km毎に与えられ、それ以深については20km毎になっている。

従って気象庁カタログを走時表の面から見れば、83 Aモデルは市川・望月の修正版であるため大幅な変更はなく、質的に異なっているのは1961年から1972年の間だけである。

## (2) 震源決定法と震源の深さ

1961年から地震月報用の震源決定は電子計算機を利用するようになったが、それ以前は手作業であった（市川，1982）。電子計算機を用いて震源要素を計算する方法とプログラムについては気象庁地震課（1963）及びIchikawa（1965）に報告されている。そして、求められた震源の深さは用いられた走時表に対応して1961年から1966年までは、0~120 kmが20 km毎で、120~400 kmは40 km毎、400~500 kmが50 km毎であった。その後走時表が補間された1967年以降は、0~200 kmが10 km毎、200~500 kmが20 km毎となった。市川・望月の走時表が採用された1973年以降は、最深が500 kmから600 kmまで延ばされただけで震源決定の深さのきざみは変化が無かった。しかし、浜田・他（1983）の震源決定法が採用された1983年からは震源の深さが1 km毎に求められる様になった。

従って気象庁カタログの震源の深さは1961年から1966年までが荒く、20 kmと40 km毎で、1983年以降は1 km毎だが、その他は10 km毎と20 km毎である。この様に深さのきざみが全期間を通じて一様ではないので、60年代や最近の地震を扱う場合注意を要する。

## (3) マグニチュード

地震の規模を示すものとしてマグニチュード(M)が採用されたのは1957年からであった。それ以前は、1953年から、4年間、震源とその震央距離の関係から一部の地震をA~Eの5段階に分けて評価していた。坪井の式（坪井，1954）が1957年から使われ始めたが、これは60 km以浅の地震についてのみで、用いた測器はウィーヘルト式地震計及び59年型地震計であった。一方、深い地震についてはGutenbergのMによって、しかし、1974年から60 kmより深い地震

については勝又の式（勝又，1964）を採用した。そして通称76型と呼ばれる電磁式高感度地震計が業務化された後の1977年からは67型、76型地震計の記録振幅を併用して浅い地震のMをきめるようになった（EMT公式：神林・市川，1977，竹内，1983）。ただこれは後で詳しく述べるが、67型、76型の速度型地震計の振幅だけでM 5程度までの大きさの地震を決めようとするとかかなり無理があり、59型地震計の振幅規制が3 mmとなって以降M 4.5~5程度の地震のマグニチュード決定に問題が生じたり、岸尾・望月（1987）や津村（1987）の指摘する様に深い地震のMがほとんど決められなくなったと考えられる。

気象庁カタログのMは、1926年から1976年まで坪井の式と勝又の式によって決められ、1977年以降だけがEMT公式が追加されている。本来「地震月報」の震源データによるものであれば1961年から1973年までは深い地震のMが与えられていないはずであるが、気象庁カタログの震源要素には「別冊5号」（表1参照）を基に深い地震のMが追記されている。またMが未決定の場合、時期により「9.9」とされたり「0」又はブランクになっていることがあるので注意を要する。SEIS-PCの震源カタログはMが未決定のものは「0」としている。

## (4) 検知能力

気象庁地震観測網の検知能力については、その観測機器の展開、更新等（浜松，1966，勝又，1971）により時と共に変化向上してきている。そのあたりの事情は1960年以前については、久保寺・他（1980）の調査があり、それ以降では、望月・他（1978）、市川（1978）、横山（1984）に報告されている。ここでは細かな地域的な変化については議論せず、日本全体すなわちカタログに質的变化を起こすような事実を列挙する。

まず、図1で気象庁地震カタログのなかの地震の数の経年的変化を見ると、1950年代でそれ以前と後とで差があるように見える。これは1951年から「地震月報」の発行が始まり、業務内容の変化があった可能性がある。また、1960年から、1964年までは更に増えたように見え、これはそれ以前の手作業による震源決定という苦勞から解放され、電子計算機処理が始まったことによるのが原因と思われる。

しかし、この増加も1965年には地震数が前年に比べほぼ半減してしまう。これは、1968、69年に回復したかに見えるが、図2のM 4以上、M 5以上のグ

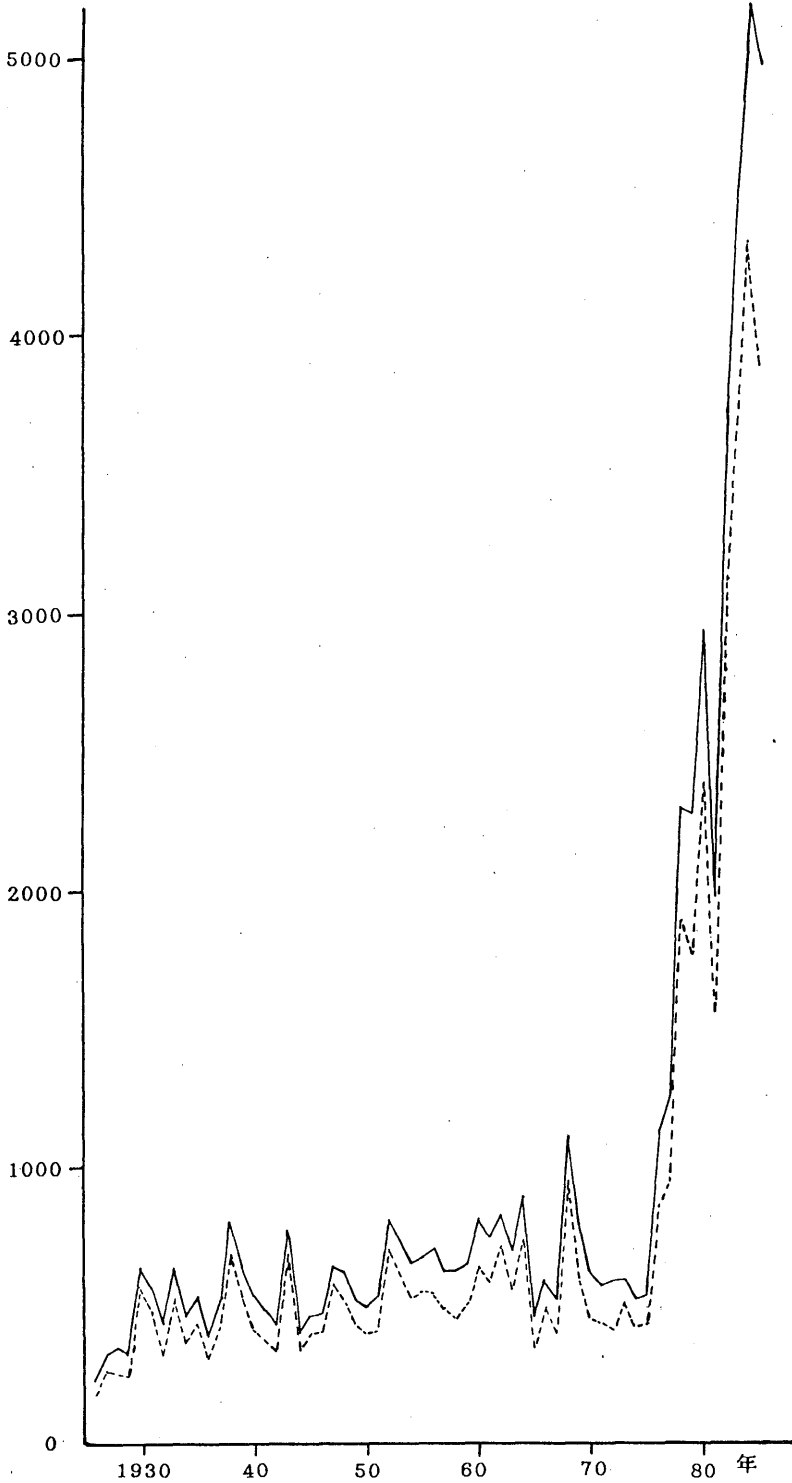


Fig. 1 The yearly change of the number of earthquakes in JMA catalogue. Real line and broken line show the changes of total event and shallow event ( $h < 60$ km), respectively.

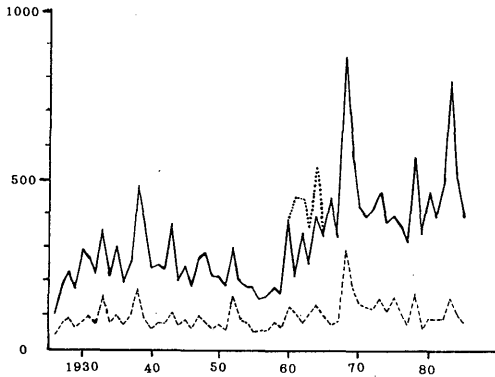


Fig. 2 Real line and broken line show the yearly change of the number of earthquakes of which magnitude is larger than 4 and 5, respectively. Dotted line in 1960s shows the same one for Katsumata catalogue.

ラフを見る限り、この2年間は異常に地震活動が高かった(1968年十勝沖地震のため)ことがわかる。従って1965年に始まった地震数の減少は1976年になるまで回復していない。これは表2の「決定能力」の欄に書いた「両振幅 1mm」が原因と考えられる。これは、それ以前は59型地震計記録で検出可能な地震はすべて検出していたのを、この年以降「両振幅 1mm」以上の地震のみ検出するようになったのである。この規制のため少し小さい地震は検出値が少なくなり震源が決定できなくなったと想像される。このため決定できた地震が減少し、1965年以降はそれ以前のおよそ6~7割になってしまった。そして、この減少は電磁式の67型地震計の展開でも回復できず、76型地震計の展開が始まった1976年になってやっと回復した。その後は76型地震計の展開の進展と、各管区のテレメータ化の進行と共に検知能力が飛躍的に向上した事が図1から理解できる。ただ、1982年の2月から再度基準が変わり、59型地震計記録については「両振幅 3mm」以上の地震についてのみ検出するようになった。これは高感度地震計が既に各地に展開された時点であったので、検知能力について何ら影響を与えていない。しかし、この規制は後に述べるようにMの決定について大きな問題を生じさせた。

気象庁カタログの全期間を通してみれば、図2、図3からM 5以上であれば1930年頃から殆ど検知されていること、またM 4以上であれば1960年の半ば

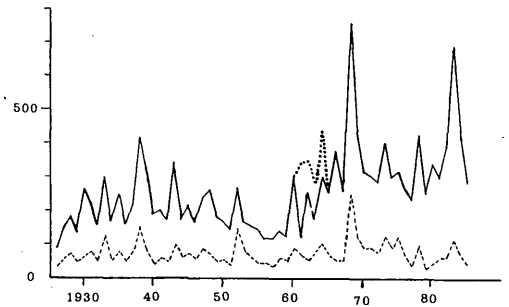


Fig. 3 Real line and broken line show the yearly change of the number of shallow earthquakes (shallower than 61km) of which magnitude is larger than 4 and 5, respectively. Dotted line in 1960s shows the one for Katsumata catalogue.

頃から同様であるとみて差し支えないようである。

#### § 4. 問題点

まず大きな問題としてマグニチュードがある。図4には1983年日本海中部地震とその余震群のM-度数分布を示している。図から明らかにM 5.1に一つのピークがあり、M 4.7に谷があるという異常な分布をしている。これは累積分布でもM 5から急になだらかになるという様子に対応しており、b値で見ればM 5の所にピークが現れている。この異常な度数分布は既に清野(私信)により指摘され、一部では地盤の悪い観測点(例えば秋田、青森等)が近くにあったことが原因ともされた。しかし、この異常な度数分布は全国の浅発地震を対象とした1982年2月から5年間地震でも見られる(図5参照)。ただ、図5の度数やb値がM 5でピークを持つのは、先の日本海中部地震の期間を含んでいるためそれが影響している恐れもある。しかし、図5の地震数が14,877ケで、図4が711ケと20倍であるため、ほとんど無視できると考えられる。ただ念の為、更に日本海中部地震の影響を避けた1982年2月から1983年4月までの全国の浅発地震についても調べてみた(図6)。しかし、図6でもいま述べた特徴が見られることから単にいくつかの観測点の地盤が悪いことが原因となっているのではなさそうである。

では、もう少し過去を調べてみる。図7に1970年から1975年までの同様の結果を示した。この期間は、Mの決定にEMT公式を使っていない。そのためか

度数分布は数が少ないM 6あたりで乱れるが、それよりMの小さい所ではほぼなだらかな分布になっている。次に、EMT公式も使われている1979年から1981年までの3年間の結果を図8に示した。これもほぼ正常な分布である。

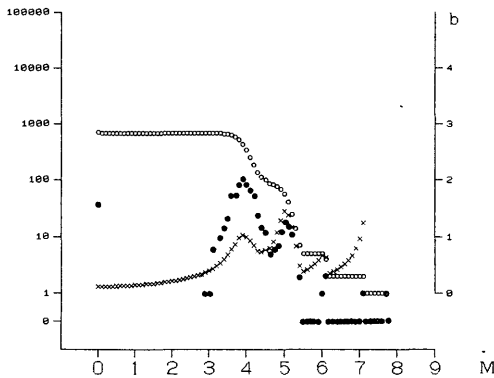
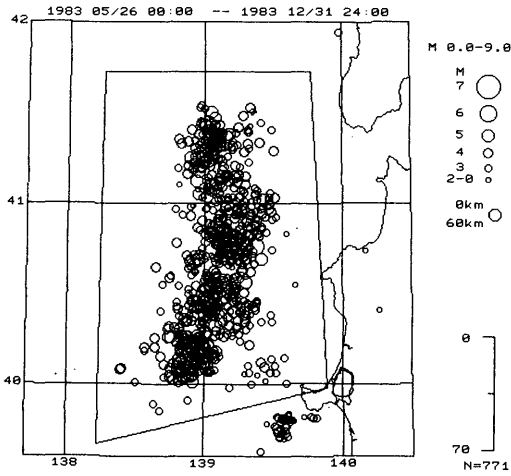


Fig. 4 Upper: The epicenters map of the Nihonkai-chubu earthquake and its aftershocks from May 26 to Dec. 31 in 1983.  
Lower: Magnitude-frequency distribution for the earthquakes in the rectangle in the upper figure. Closed circles, open circles and crosses show the frequency, cumulative frequency and b-values, respectively. These are the same for figures 5, 6, 7, and 8.

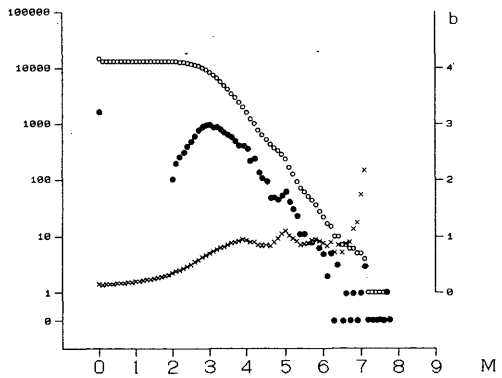
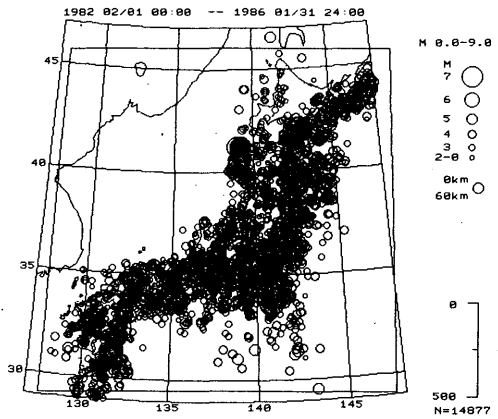


Fig. 5 The seismicity for recent 4 years from 1982 Feb. to 1986 Jan. in and around Japan.

以上から、異常な度数分布を示し始めたのは、1982年2月から「両振幅3mm」以上しか検測しないという規制が始まってからと結論できる。これは、この規制により低感度の59型地震計の検測値が減り、59型地震計でMが決まらない地震が増え、一方そのような地震にたいしては、短周期速度型地震計の振幅に基づくEMT公式を用いてMを決めているため、この二つのMの決定公式のつながりが良くない事から生じたと考えられる。要するに、EMT公式をM 4.5程度以上の地震に適用するとMの頭打ちが起こり、実際のMより小さい値にしていると思われる。従って、気象庁カタログを用いて統計的処理を行う場合、1982年2月からM 4.5~5（もしくはもう少し両側へ範囲を広げた）付近の地震のMがそれ以前のMとは質的に異なっていることを十分に考慮しな

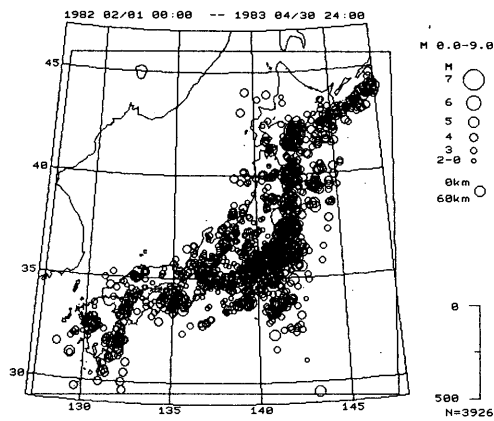


Fig. 6 The seismicity from 1982 Feb. to 1983 Apr. in and around Japan.

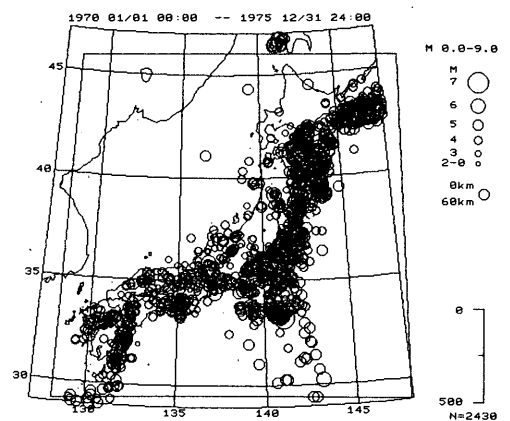
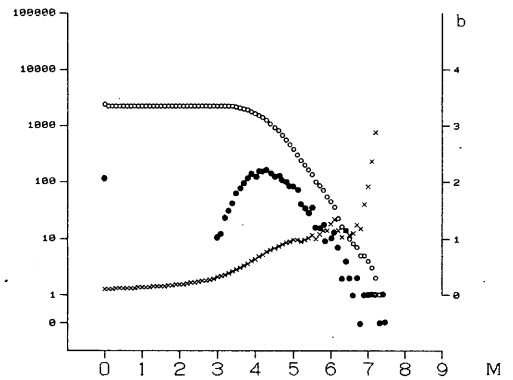
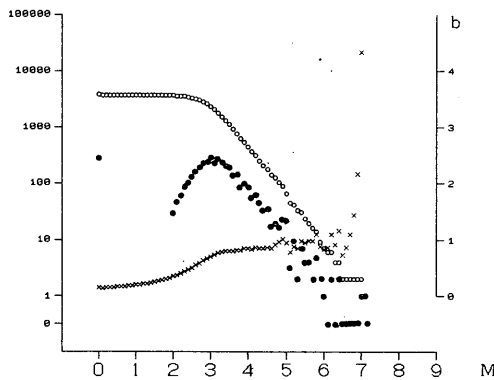


Fig. 7 The seismicity from 1970 to 1975 in and around Japan.



ければならない。

更に、この「両振幅3mm」規制は、59型地震計の読み取りデータを減少させ、このため59型地震計の振幅だけを用いる深発地震のMが決まらなくなるという事態をも引き起こしている(岸尾・望月, 1987, 津村, 1987)。

次に、検知能力の問題では1965年に始まった「両振幅1mm」規制で著しく低下したことは既に指摘した(図9参照)。この時期にはまだ、大学や国立防災科学技術センターの微小地震観測網が無く、気象庁の地震観測網の検知能力が低下したことは、大変残念なことである。しかし、浜田(私信)によれば、1961, 62年の地震を地震調査原簿から再調査し、最新の震源決定法を用いれば震源の求まる地震の数が約5割増えたとされている。1961, 62年は、地震震

料の面から見れば特別に条件の良い期間というわけではないので、同様の事がその前後の時期についても期待できる。従って、古いデータについても、再度原記録により近い資料まで戻って調査すれば、より質の良いデータが得られる可能性が高く、その様な調査が実現されることが望まれる。

最後に、宇津(1987)は気象庁が決定してきた地震のMが時と共に小さくなっている可能性を指摘した。これは気象庁のMと、震度分布及び水沢(緯度観測所)の大森式地震計によるそれぞれのMとの比較が根拠になっている。確かに、M決定方式の変更や計測機器の更新・改良の影響を受けている気象庁のMが時間的に均質でない可能性が高い。しかし、この変化も宇津が示した0.0078/年、0.0058/年という様な一定の経年的変化ではなく、何等かの変更



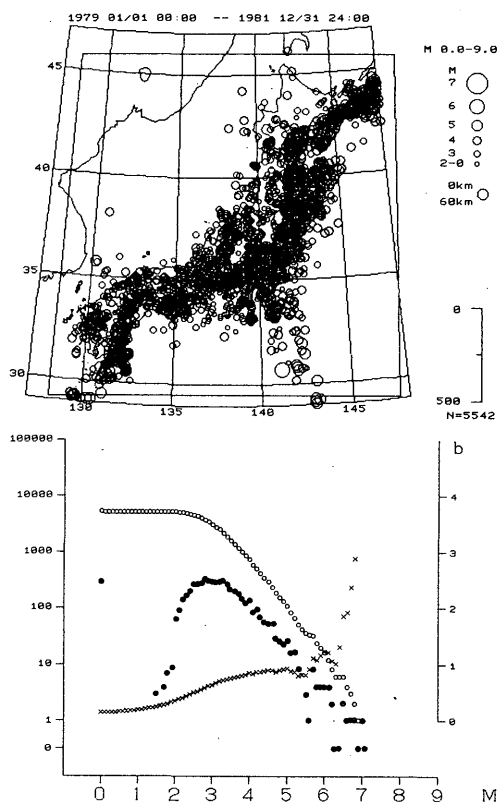


Fig. 8 The seismicity from 1979 to 1981 in and around Japan.

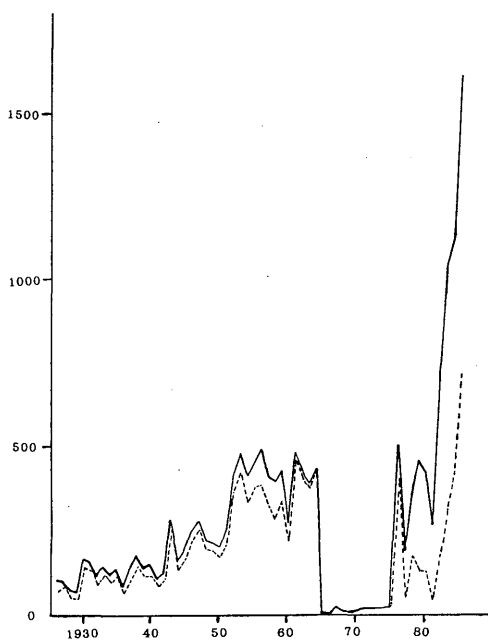


Fig. 9 Real line and broken line show the yearly change of the total number and the shallow one of earthquakes of which magnitude is less than 1 or undetermined.

があった年からステップ的に変化したものが積み重なったものと思われる。しかし、この問題については更に詳しい検討が必要である。

§ 5. おわりに

最後に気象庁の各種震源カタログ資料について色々御教示いただいた勝又護気象研地震火山研究部長に感謝いたします。

参考文献

The Central Meteorological Observatory (1952) : The Seismological Bulletin of the Central Meteorological Observatory, Japan For the Year 1950.  
 浜田信生 (1984) : 近地震震用走時表の再検討, 気象研究所報告, 35, 109-167.  
 浜田信生・吉田明夫・橋本春次 (1983) : 気象庁震源計算プログラムの改良 (1980年伊豆半島東方沖の地震活動と松代群発地震の震源分布の再調査),

験震時報, 48, 35-55.  
 浜松音蔵 (1966) : 気象官署における地震計観測の履歴表, 地震 (II), 19, 286-305.  
 Ichikawa, M. (1965) : Automatic data processing of seismological observation in the Japan Meteorological Agency and a few comments on the result obtained, Pap. Met. Geophys., 16, 90-103.  
 市川政治 (1978a) : 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 (1978b) : 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 (1982) : 気象庁における地震定常業務の変遷 (主として電子計算機使用以降), 験震時報, 46, 39-46.  
 市川政治・望月英志 (1971) : 近地震震用走時表について, 気象研究所報告, 22, 229-290.  
 石川有三 (1986) : SEIS-PC 改訂版の概要, 情報地質, 11, 65-74.

- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照 (1985) : SEIS-PCの開発—概要—, 情報地質, 10, 19-34.
- 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.
- 勝又 護 (1964) : 深い地震の Magnitude を決める一方法, 地震 II, 17, 158-165.
- 勝又 護 (1971) : 日本列島およびその周辺におけるサイスミシティとそれに関連する諸問題, 験震時報, 35, 75-142.
- 岸尾政弘・望月英志 (1987) : 小規模な深い地震のマグニチュード決定に付いて, 地震学会予稿集, 1, 47.
- 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, 22, 9-13.
- 久保寺章・内池浩生・本谷義信・植本貞人・茅野一郎 (1980) : 群発地震に関する資料収集解析 (第2報), 自然災害資料解析, 7, 67-78.
- 望月英志・小林悦夫・岸尾政弘 (1978) : 1965年～1974年の気象庁の震源検知能力, 験震時報, 42, 23-30.
- 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.
- 竹内新 (1983) : 気象庁76型地震計によるマグニチュードの決定, 験震時報, 47, 112-116.
- 坪井忠二 (1954) : 地震動の最大振幅から地震の規模Mを決めることについて, 地震 (II), 7, 185-193.
- 津村建四朗 (1987) : 気象庁による地震観測の現状と成果, 地震予知シンポジウム講演集, 1-7.
- 宇津徳治 (1987) : 関東平野の地震活動, 自然災害科学特別研究成果「関東平野直下の地震活動及び地震動予測についての基礎的研究」, 120-128.
- Wadati, K., K. Sagisaka and K. Masuda (1933) : On the travel time of earth quakes (Part 1), Geophys. Mag., 7, 87-99.
- 横山博文 (1984) : 最近の気象庁地震観測網の震源決定能力—1979～1983—, 49, 53-65.