

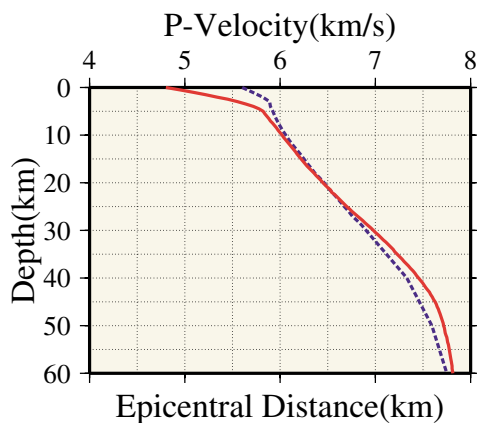
気象庁の新しい震源計算プログラムについて

(気象庁地震火山部地震予知情報課 上野 寛)

気象庁は2001年10月1日より、震源計算と初動極性にに基づく発震機構解析に用いる地震波速度構造及び震源計算に用いる観測点重み関数を変更しました。

●走時表の変更（浅部速度構造、走時表のデータ間隔）

気象庁が用いる標準速度構造を、深さ約10km以浅の速度構造を以前の速度構造と比べ遅く、深さ約30km～60kmの速度構造を以前の速度構造と比べて速くするように改良しました。これは最近の爆破地震動研究グループが得たP波走時と自然地震のS波走時を用いて推定したものである。以下、以前の走時表を『83A』、新走時表を『JMA2001』と書く。

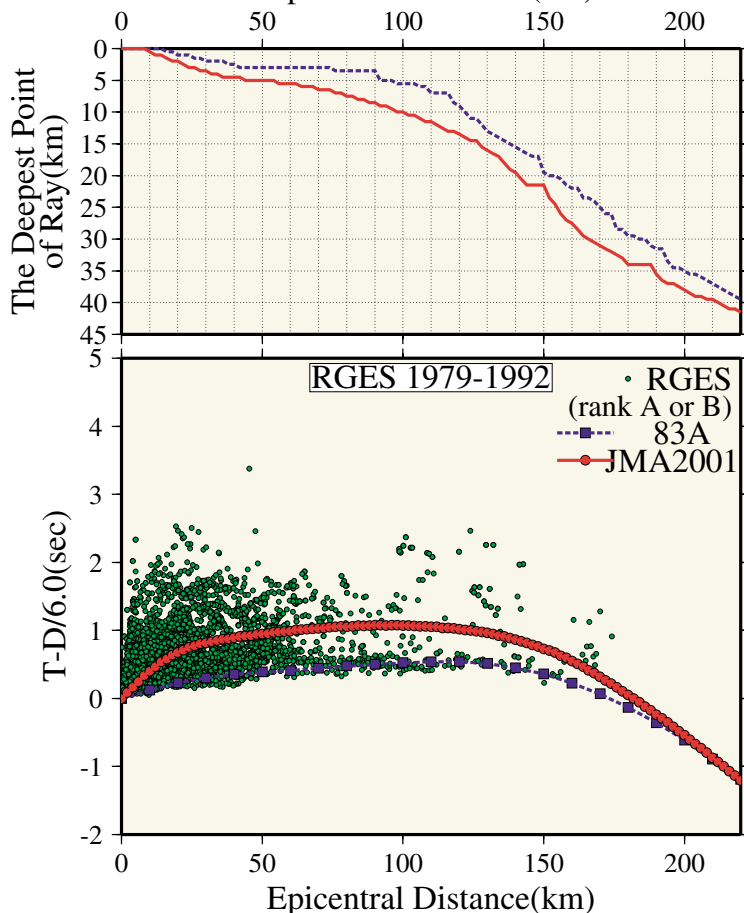


以前気象庁が用いていたP波浅部速度構造(—)と現在のP波浅部速度構造(—)

代表的な深さの速度は以下の通り。

深さ	83A		JMA2001	
	P	S	P	S
0km	5.6	2.9	4.8	2.5
5km	5.9	3.3	5.8	3.4
10km	6.1	3.5	6.0	3.5
20km	6.5	3.8	6.5	3.8
30km	6.9	4.0	7.0	4.0
40km	7.3	4.2	7.5	4.3
50km	7.6	4.3	7.7	4.4
60km	7.8	4.4	7.8	4.4

(単位はkm/s：少数第2位四捨五入)



波線の最深点分布

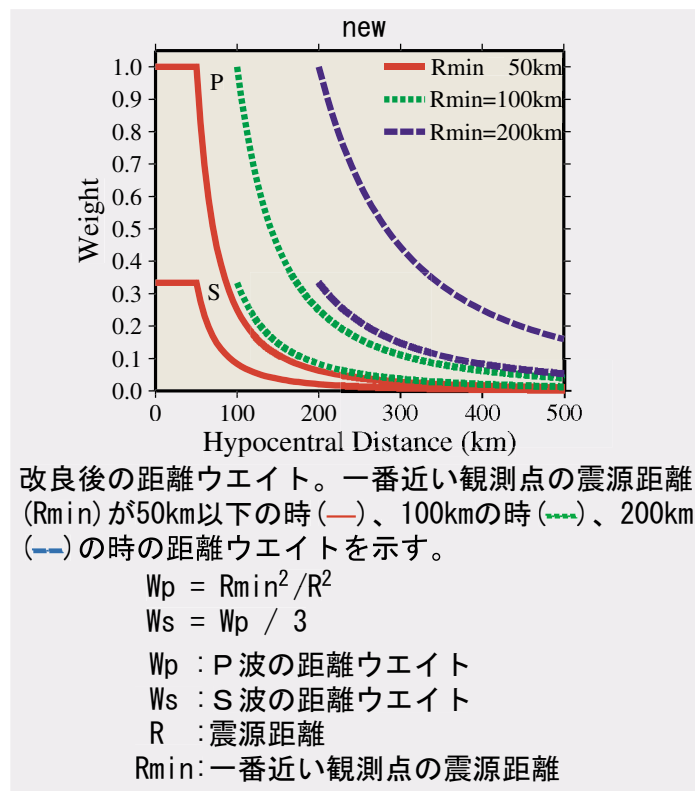
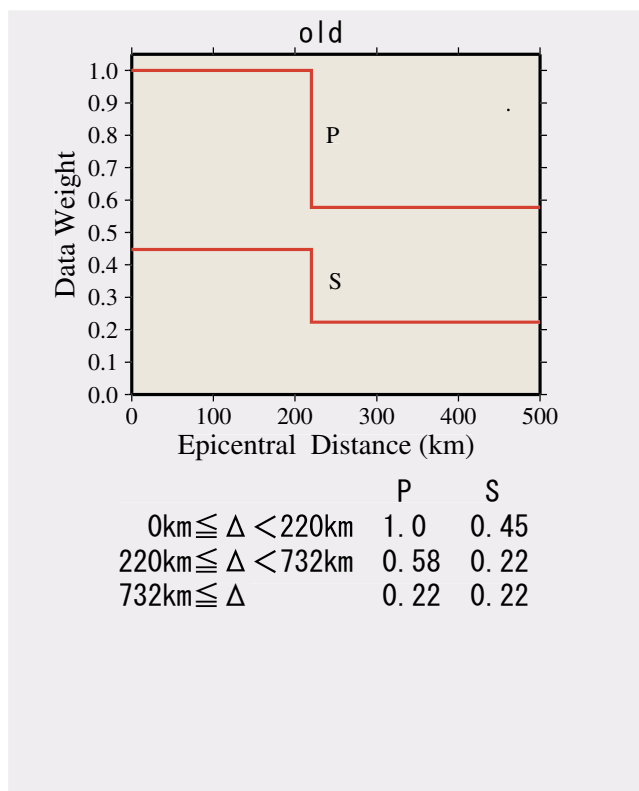
RGESの初動走時(読み取りランクA, B) (●)、83Aの深さ0kmの走時(■)とJMA2001の深さ0kmの走時(●)の比較

観測点密度が高くなったのに対応して、走時表のデータ間隔を小さくしてより正確な走時を計算出来るようにした。

	83A	JMA2001 (深さ、水平同じ)
深さ	0～ 200km 10km刻み	0～ 50km 2km刻み
	200～ 700km 20km刻み	50～200km 5km刻み
水平	0～2000km 10km刻み	200～ 10km刻み (深さ700kmまで、水平2000kmまで)

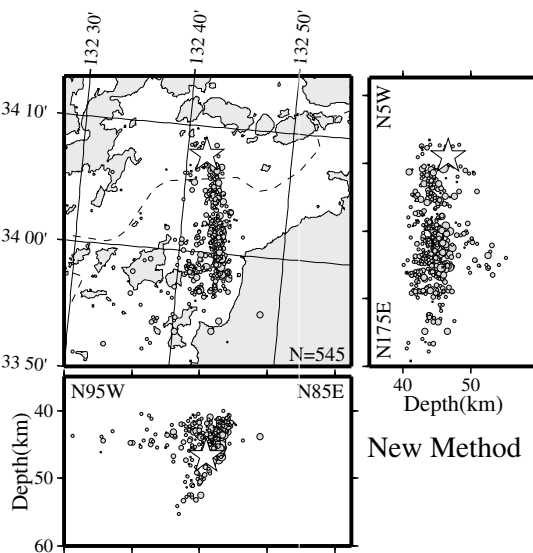
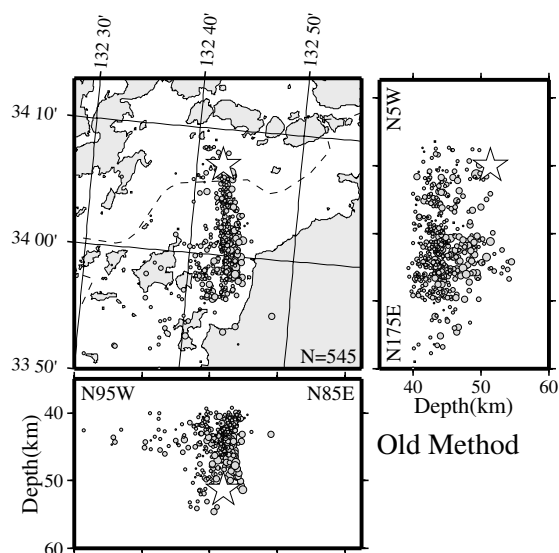
●距離に関するデータの重み付け（以下、距離ウエイト）の変更

以前の震央距離に対して不連続に変化する距離ウエイトから、震源距離に対して連続的に変化する距離ウエイトに変更した。

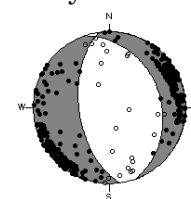


●震源の変化例

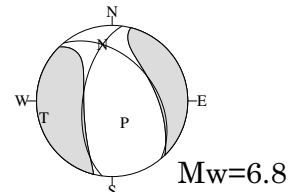
The Geiyo Earthquake in 2001(Mjma6.7)
2001/03/24-09/30



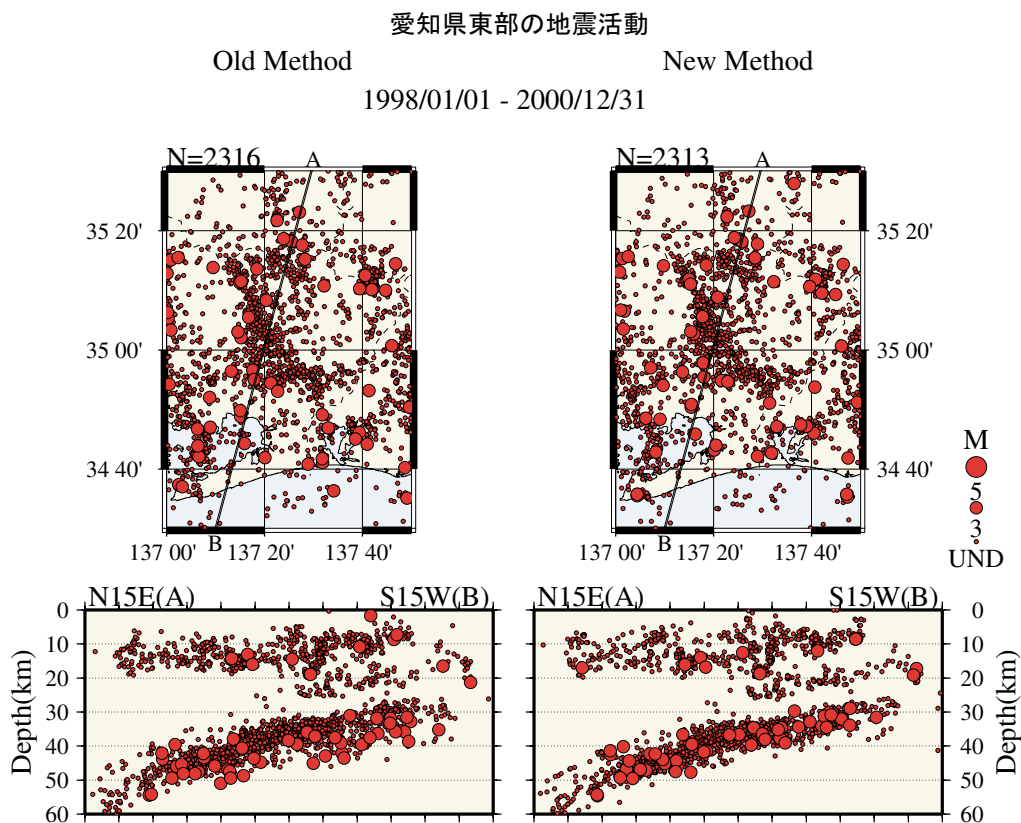
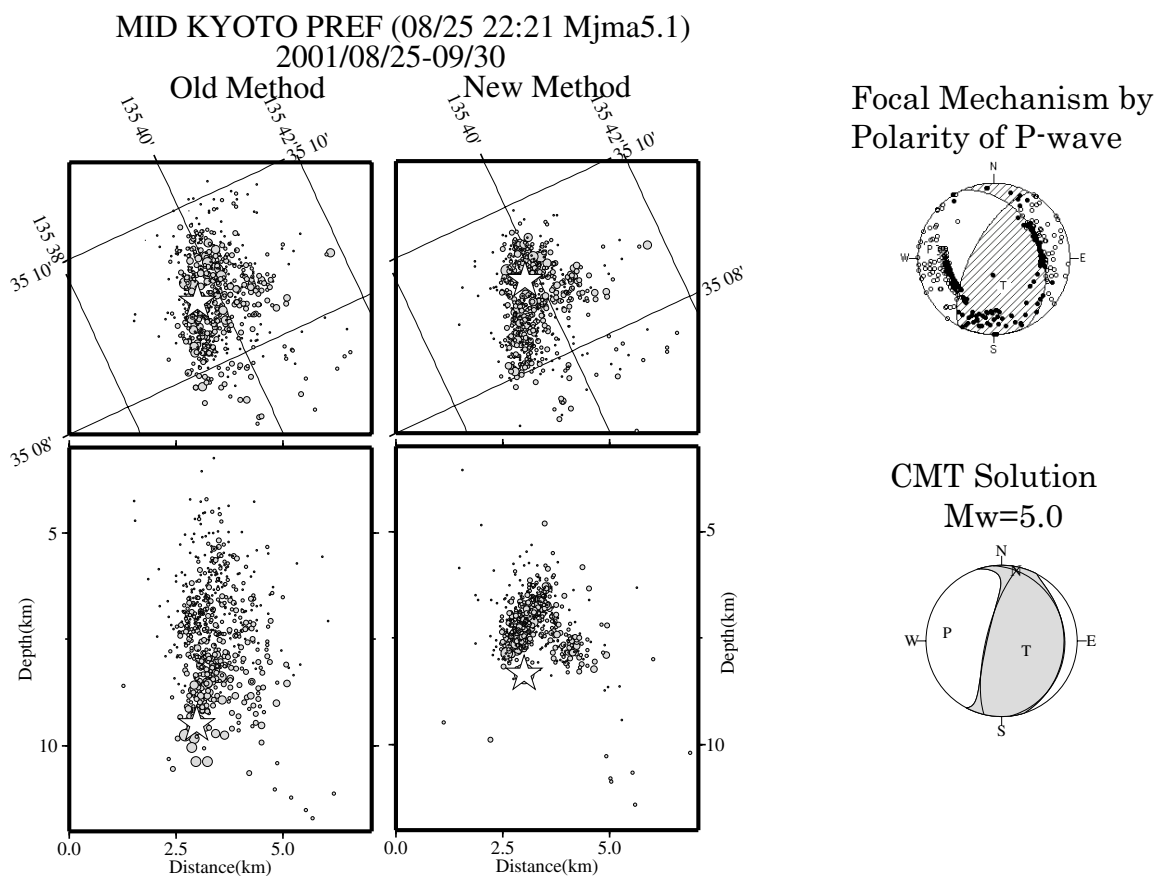
Focal Mechanism by
Polarity of P-wave



CMT Solution



以前の方法での震源分布は断層面がどちらに傾斜しているか分かりにくかったのに対して、新しい方法での震源分布では、西傾斜の断層面がよりはっきり見えるようになった。また、以前の方法での結果ではMの大きい地震が深めに決める傾向があったが、新しい方法ではそのような傾向は見えない。



現在の方法ではMが大きい地震が深めに決まっているが、
新しい方法ではMの大きさに影響を受けにくくなっている
ことが分かる。

気象庁の走時表の歴史

● 和達・鷺坂・益田、鷺坂・竹花（～1972）

P波走時表⇒1930年北伊豆地震の観測結果から求める

S波走時表⇒北伊豆地震や深発地震等から求める

1961～ 電子計算機使用（深さ20km毎）

1967～ 深さ10km毎

【問題点】

深さ0km、震央距離20～200kmの範囲で、3～4秒程度系統的に遅い

震央距離0～1500km、深さ0～500kmまでの走時表の為、日本周辺で発生する地震や深さ500kmより深い地震の震源計算に支障

● 市川・望月（1973～1983.9）

P波走時表⇒東北・関東・中部地方での10箇所の爆破地震動グループの観測から得られたデータを使用

S波走時表⇒東北・関東地方での8箇所の爆破地震動グループの観測から得られたデータを使用

深い部分の走時表⇒Jeffreys and Bullenの走時表の基になった速度構造使用

【問題点】

- ・ 走時表の分解能が0.1秒単位
- ・ 走時表と用いた速度構造と一部矛盾
- ・ 北海道東方沖、三陸はるか沖などUSGSやISCなどが決定した震源と系統的なずれを生じる

● 市川（1978～） LLと呼ばれる

P波走時表⇒東北地方東方沖での海底爆破からの観測から得られたデータを使用

S波走時表⇒USGS、ISCの震源と比較して V_p/V_s を決定

北海道東方沖や三陸沖のみに適用

● 浜田（1983.10～2001.09） 83Aと呼ばれる

市川・望月の用いた速度構造を基に0.01秒単位の走時表に改良

深さフリーもしくは1km単位で決定

【問題点】

地表付近の速度がやや速く、モホ面付近の速度がやや遅い

● 上野他（2001.10～） JMA2001と呼ぶ

P波走時表⇒1979～1992の爆破地震動グループの観測データを使用

S波走時表⇒自然地震のS波を使用

連続に変化する距離ウェイトから連続的に変化する距離ウェイトに変更

【問題点】

- ・ 複雑な日本の地下構造を一次元で表すのは無理

● 中村他（20??～）

3次元速度構造を考慮した震源計算プログラムを開発中

平成13年10月01日
気象庁地震火山部

ftpサイトをご利用頂いている皆様へ

気象庁は、10月1日より、震源計算と初動極性に基づく発震機構解析に用いる地震波速度構造及び震源計算に用いる観測点重み関数を変更しました。

震源計算方法の改良についての詳細は、
日本地震学会ニュースレターVol. 12, No. 4, 2000, 15-18pをご覧ください。

なお、今回の変更にあたって、震源データの連続性を保つ為に1997年10月の一元化処理開始以降の震源に対して震源再計算を行う予定です。再計算したデータは今後ftpサイトで公開します。その際は別途お知らせ致します。

また、1997年10月からの一元化処理の開始に伴い、観測点数の増加による検測作業量の増大を抑える目的で、検測対象とする観測点を震央から比較的近いものだけに限定してきました。このため、遠方の検測値が生産されなくなり、速度構造解析の目的で検測値データをご利用頂いていた方々にご不便をおかけすることとなっていました。これを是正するため、10月1日以降に日本及びその周辺で発生したマグニチュード5以上の地震については、原則として全国の観測点の明瞭なP、S相発現時刻を検測することとしました。ただし、この追加検測相については、原則として震源計算、マグニチュード計算には用いません。

これらに伴い、気象庁の震源及び検測値ファイルフォーマットの一部に若干の変更がありますのでお知らせ致します。

なお、気象庁マグニチュードについても、改善を図るべく計算手法の最終調整を行っているところで、近日中に改善された計算式への切り替え及び過去に遡った再計算を行う予定です。これについても、改めてお知らせ致します。

マグニチュード計算方法の改良については、
地震ジャーナルVol. 31 (2001年6月), p. 59-67 をご覧ください。

フラグの追加、変更等のご案内

(1) 新走時表 (JMA2001) を使って計算した震源と現用の走時表 (83A) を使って計算した震源は区別できるようにする。

対象レコード：震源レコード

フラグの場所：59カラム目

従来	1	標準走時表
	2	三陸沖用走時表
	3	北海道東方沖用走時表
	4	千島列島付近用走時表
新	1	標準走時表 (83A)
	2	三陸沖用走時表 (LL)
	3	北海道東方沖用走時表 (83A+LL)
	4	千島列島付近用走時表 (83A+LL)
	5	標準走時表 (JMA2001)
	6	千島列島付近用走時表 (JMA2001+LL)

(2) 新射出角表導入に伴い、メカニズム決定に用いた射出角表を区別するために以下のフラグを導入する。

対象レコード：メカニズム解レコード

フラグの場所：80桁目

従来 空白

新	空白	83A走時表に対応するもの、あるいはそれ以前のもの
	1	JMA2001走時表に対応するもの

- (3) 津波早期検知網の加速度記録を二階積分し、機械式強震計の特性を再現する6秒のハイパスフィルターで検出した時の地震計種別を『S』としていたが、『S』は機械式強震計を表すフラグとして既に使用しており、それと明確に区別するため『f』に変更する。

対象レコード：検測値レコード

フラグの場所：13カラム目

新 f 変位（加速度→二階積分 機械式強震計の特性を再現するHPF 6s）

- (4) 気象官署に設置してある計測震度計加速度記録を二階積分し、機械式強震計の特性を再現する6秒のハイパスフィルターで検出した時の地震計種別を『j』とする。

対象レコード：検測値レコード

フラグの場所：13カラム目

新 j 変位（計測震度計加速度→二階積分 機械式強震計の特性を再現するHPF 6s）

- (5) 追加検出した参考検測値の95カラム目は『R』とする。追加検測値は原則として震源計算、マグニチュード計算には使用しない。

対象レコード：検測値レコード

フラグの場所：95カラム目

新 R 追加参考検測値

気象庁震源カタログの延伸（1923 年 8 月から 1925 年 12 月まで）

従来気象庁の震源カタログは、1926 年 1 月から 1960 年までは、1982 年に発行された「改訂日本付近の主要地震の表(1926-1960 年)」地震月報別冊，No 6 及び 1961 年以降の地震月報が利用されてきた。しかし気象庁本庁には 1923 年関東地震の際焼失した資料以降、1923 年 8 月から 1925 年 12 月までの地震調査原簿は現存する。そのため 1923 年 8 月以降、1925 年 12 月までの期間について震源決定作業を行い、検測値に基づく震源カタログの期間を 1923 年 8 月から現在までに延伸したのでその概要を紹介する。

1．観測網と精度

1923 年の関東地震発生当時すでに 80 点以上の測候所、気象台で地震観測が行われていたが、地震計の性能や、運用については、関東地震以降急速に進められた新しい地震観測設備の整備以降と以前では質的、量的に相当の開きがある。質の面では 1926 年頃、1930 年代前半を境に変化しており、1926 年以前は、絶対時刻（P 相、S 相）を用いた震源決定が困難な地震が多い。また関東地方、近畿地方とそれ以外の地域では検知能力に大きな差が認められる。1926 年から 1930 年代前半は過渡期で、地震計の整備が一巡した 1930 年代前半から 1940 年代初めまでは大きな変化はない。

2．震源の決定

時刻精度が不十分なことから基本的に S - P 時間を用いて震源を決定した。一部の観測データが豊富な地震については発現時刻（P 相、S 相）を用いて震源を決定した。地震のマグニチュードについては、当時は片振幅（水平動最大振幅の内、大きい方の成分の振幅）しか報告されていないことから、1 成分の振幅から推定した。なお従来から使われている宇津カタログには琉球や千島など検測値からの震源決定の困難な地震がかなりある。これらについては、規模が大きいことから除外せず、宇津カタログの震源をそのまま採用している。また地震のマグニチュード（M）については、宇津カタログとは 0.1-0.2 程度の違いを生じる場合があるが、基本的には新たに計算した M を採用した。しかし、精度の点を考えると M を変更することの意味はあまりないと考えられることから、一部の被害地震については宇津カタログの M をそのまま採用している。

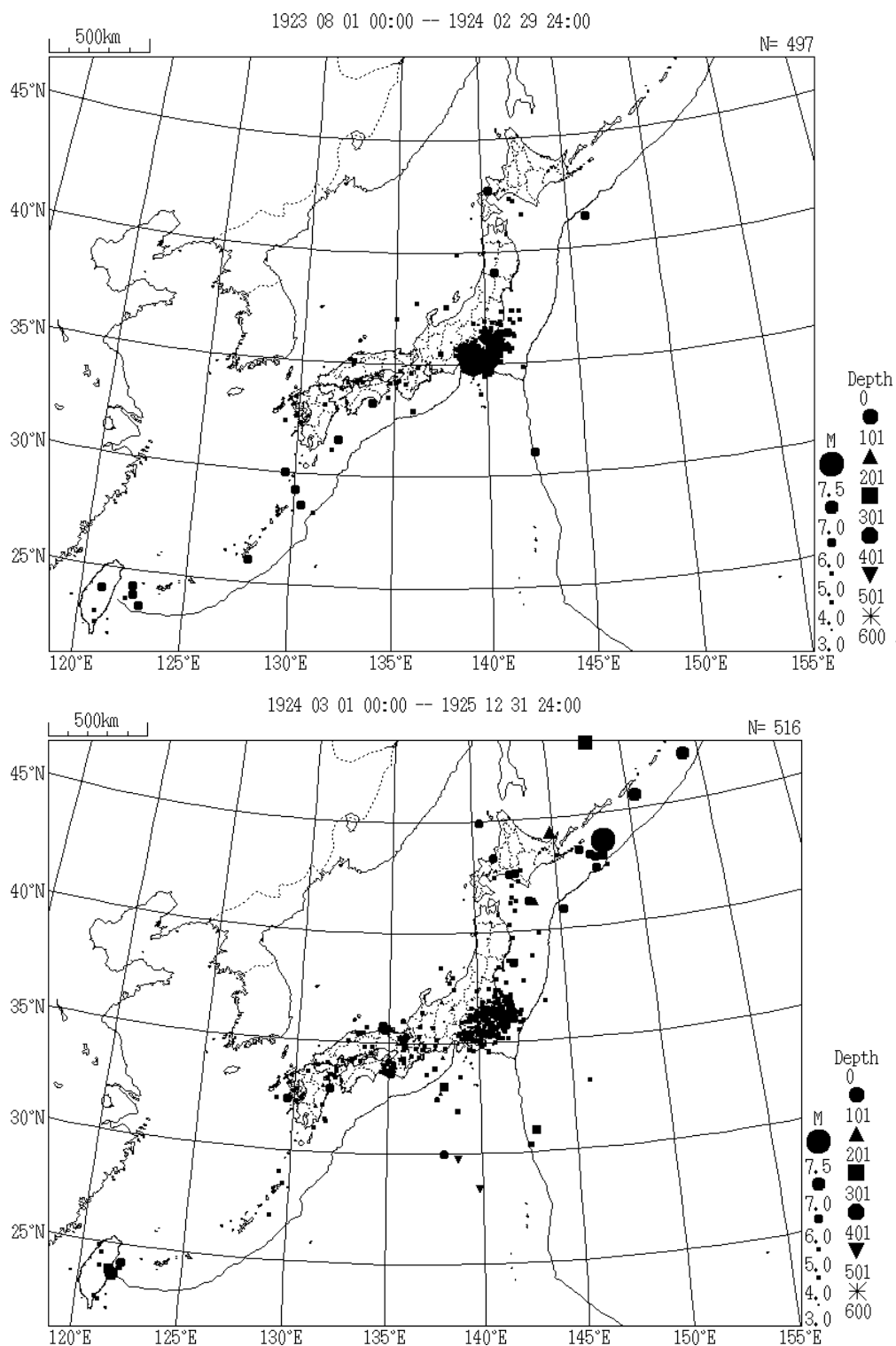
震源決定精度が不十分であっても、地震が起きた事実を示すことを重視しなるべく多くの震源をカタログに記載することにしたが、内容については今後も検討を続け、改善を考えたい。

3．利用方法

現在 1926 年以降の震源についても見直しを行っており、改訂結果は一元化 FTP サイトから download 出来るようにした。また地震年報 CD ROM にも最新の改訂結果を掲載する予定である。なおカタログの全面的改訂までには時間を要することから、カタログの中味が不均一になる。一様なカタログを利用する必要がある場合には、引き続き「改訂日本付近の主要地震の表(1926-1960 年)」地震月報別冊，No 6 を利用して頂きたい。

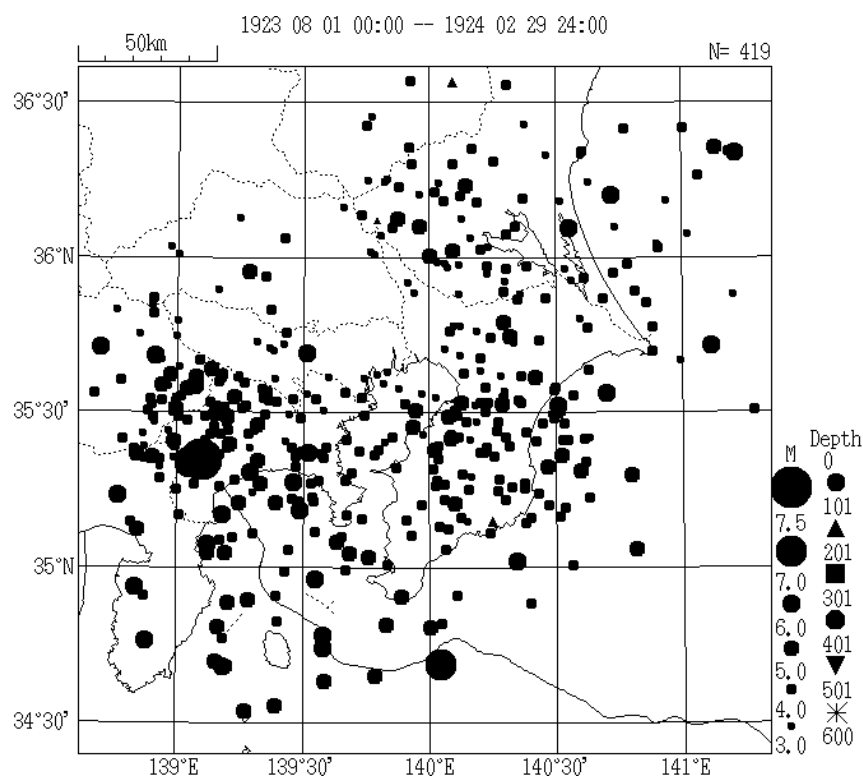
4．延伸した部分のカタログの幾つの特徴

2 年半あまりの期間で約 1000 個の地震を決定したが、半数は 1923 年の関東地震及びその余震である。その他の活動としては近畿地方（和歌山県） 1925 年北但馬地震などが目立つ。地震検知能力が関東地方や、近畿地方で高くその他の地域は低かったことが伺われる。

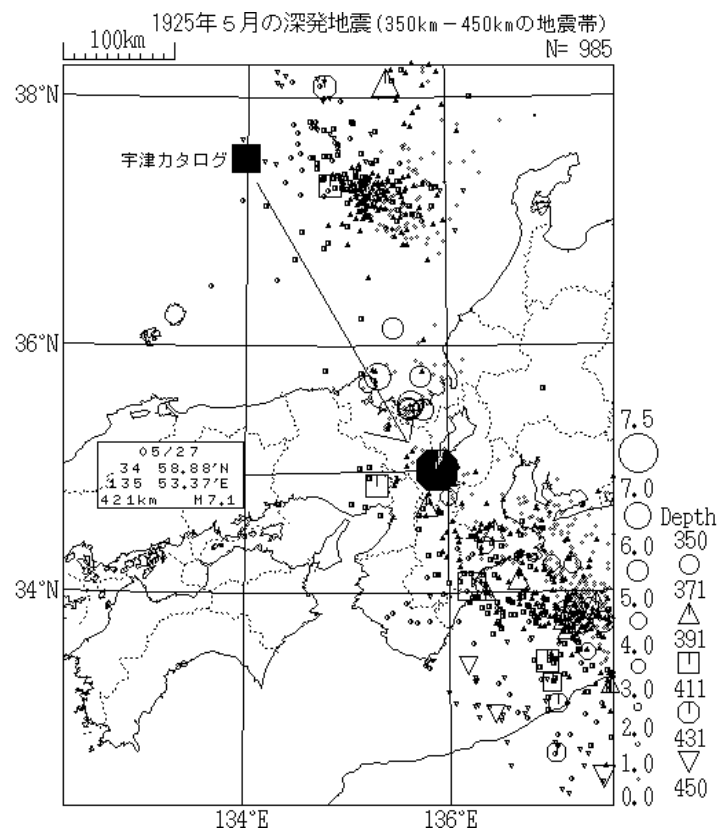


関東地震の余震活動

関東地震の余震活動は、神奈川県、房総半島で活発であったが、茨城県南西部の活動も活発化したと見られる。



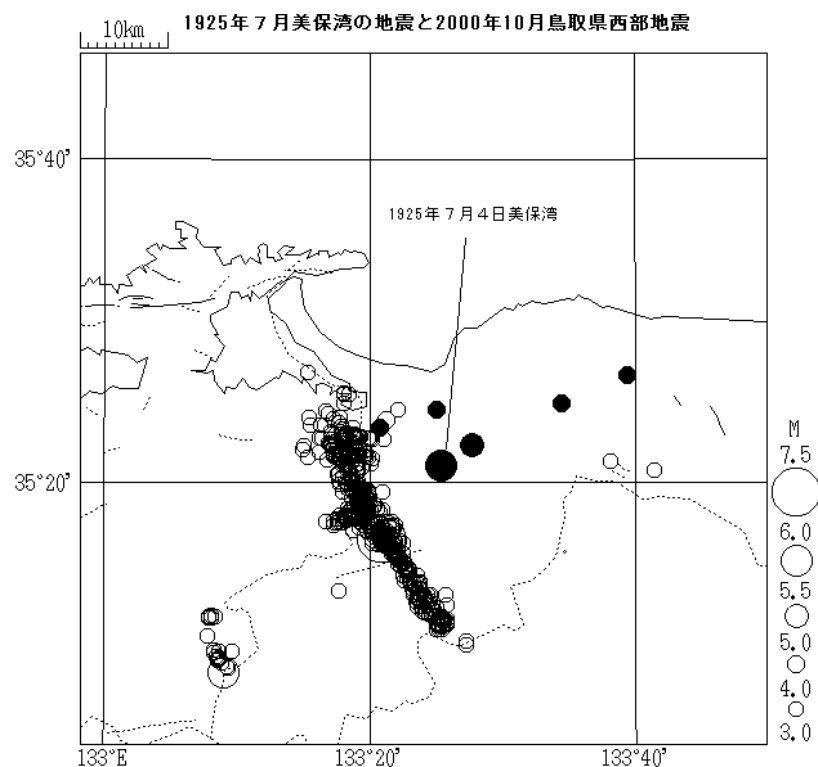
和達の深発地震



1925 年 5 月に起きた地震は同月の北但馬地震の走時との比較から深発地震であることが和達の研究で明らかにされたが、その震央は従来日本海とされてきたが、内陸に決まり深さは 420km となった。今日の深発地震帯の位置との比較からも妥当な位置と考えられる。

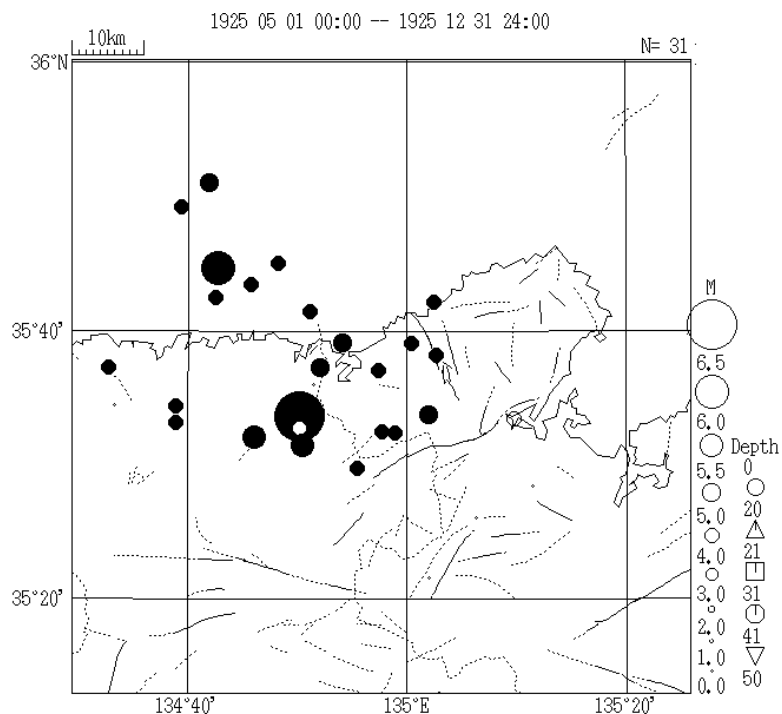
(350km から 450km の深さの最近の深発地震と 1925 年 5 月の深発地震の位置関係)

美保の地震と 2000 年鳥取県西部地震



1925 年 7 月 4 日に鳥取県西部で発生した地震（M:5.8 宇津カタログ）は従来美保湾の地震と呼ばれてきたが、2 時間前に発生した前震を含め 6 個の震源が決定された。震源は東西方向にばらついていて、2000 年鳥取県西部地震の震源に近接している。この地震の余震に関する境測候所管内の有感報告が地震調査原簿に記載されており、それには、日野川上流、根雨、上長田、法性寺などの地名が見いだされる。このことから、この地震は、鳥取県西部地震の震源付近で発生したと考えることが妥当である。

1925 年 5 月北但馬地震（M:6.8）



北但馬地震とその余震を含め 1925 年内に 31 個の震源が求められた。いずれも S-P 時間を用いて震源が決定されており、この地域では震央の誤差は東西方向（東北東—西南西）に大きくなることを考えると、余震域は北丹後地震の余震域と平行な北北西—南南東の可能性を示唆している。

プレートの断面

関東地震の余震活動が一段落した 1924 年 3 月以降 1925 年までの茨城県南西部を中心とした関東地方の地震活動を今日の地震活動を比較した。精度の差は歴然であるが、かろうじて太平洋プレートの上面の形状が認められ、期間を延長すれば、下面やフィリピン海プレートの形状も認められそうに見える。

