

## 65. 岐阜県中部地震 — 1969年9月9日 — の余震の震源精度

地震研究所 神 沼 克 伊

(昭和45年6月23日発表—昭和45年7月13日受理)

### 1. は し が き

気象庁地震観測網により決定された震源の精度については、安芸(1965)が詳しく議論している。安芸は爆破地震動研究グループの走時結果を説明しうる地殻構造に基き、気象庁の観測結果を使って、震源を再決定し、気象庁が業務で決めた震源と比較した。その結果、中部地方に起る地震については、その震央は変化せず、深さは気象庁発表のものが、約10 km深く、発震時は、気象庁の決定した値に1~2秒加える必要があるとしている。

筆者は、大地震の余震研究の今後の研究課題として、3課題の提案をした(神沼・後藤; 1970)。その1つは、“余震の震源精度”の問題で、絶対精度の向上を考えると同時に、目的に応じた震源決定精度の検討、少ない努力で、その精度をうるための観測方法の検討の必要性ををいた。

この問題検討の1つとして、気象庁が決めた震源と、大学の観測網で決めた震源、さらに三点方式の臨時観測で決めた震源とが、どの程度一致するかを調べた。

比較に用いた地震は、1969年9月9日の岐阜県中部地震の余震である。

### 2. 余 震 の 分 布

気象庁により決められた余震は、本震直後から、9月30日までの間に38個あった。その余震分布を第1図に示した。USCGSにより震源の決定された余震は3個である。これら3個の余震(●)と本震(⊗)とを、気象庁の対応する地震と結んで示してある。

2個の余震が、大きく西にづれているが、これらは、11日18時09分23秒(図左側)と12日03時38分33.1秒とに発震時が決まっている。しかし前者の緯度、経度の誤差は±6~9'であり、後者は、深さが50 kmと、他の余震に比較して異常に深い。この精度の悪い2個の余震を除くと、余震域はほぼ30 km×12 kmの楕円形とも考えられ、その面積は約283 km<sup>2</sup>である。

また、9月15日~10月5日の20日間、地震研究所の余震観測班(1970)は、八幡町にて三点方式で臨時観測を行ない、震源を決定した。その余震域も第1図に示した。その中でも八幡町の東8~13 km、深さ7~12 kmの地域に余震集中域があるので、その部分を斜線で示した。この余震域は26 km×14 kmの楕円形をなし、面積は約286 km<sup>2</sup>である。

全体の余震分布はやや異なるが、八幡町の真東に余震の集中域があり、北にゆくにしたが、い少なくなる傾向は似ている。USCGSの震央は、気象庁の震央に較べ、西にずれる傾向

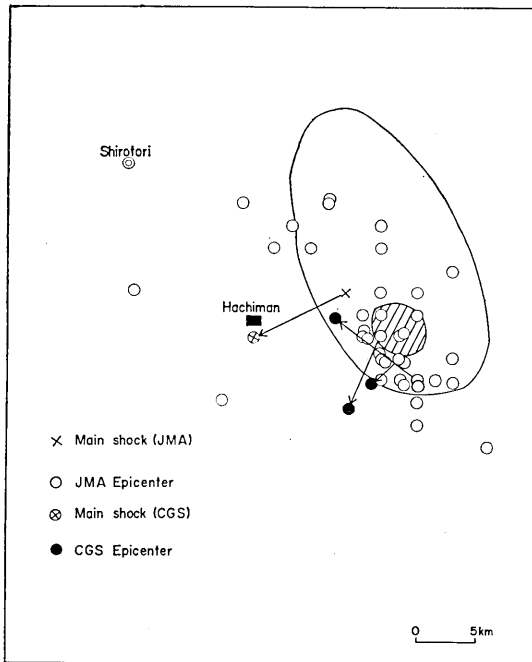


Fig. 1. Aftershock locations of the earthquake of September 9th, 1969. The area closed with a solid line is the aftershock area and a clear grouping of aftershocks can be seen in the hatched area determined from the temporary observations.

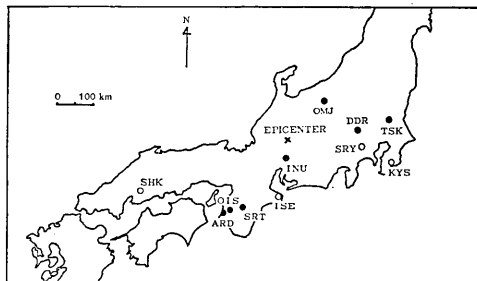


Fig. 2. The station distribution used for the hypocenter determination of aftershocks. Stations shown by solid circles are used in all cases, and those shown by open circles are used in 3 cases out of 10, 11 and more than 13 stations. INU is used also only in 3 cases out of 7, 11 and more than 13 stations.

### 3.1. 6 観測点の場合

使用した観測点は、震研観測網の中から、余震域を中心に、東側、西側とも3点になる

がある。

### 3. 微小地震観測網による震源の決定

地震研究所や大学の微小地震観測網の資料を使い決定した震源と気象庁の震源とを比較する。震源決定に用いた地下構造のモデルは、Kaminuma (1966) の表面波から求めた中央日本の平均的なモデル J-S-C 1 (ただし第1, 2層のp波の速度は5.5 km/sとした) である。

震源決定は、P-S時間から発震時を決める方法とP波の到達時刻のみを使う方法の2つを用いたが、前者の方法は、誤差も大きく、震源がよく決まらなかったので、以下の議論はすべて後者の方法による。深さがマイナスつまり空中に決まった場合には、5 kmとして震央および発震時を決めた。計算は金森・津村のプログラムを使った。

震源決定に必要な最小観測点数は5点であるが、ここでは6点とした。これは、震研の堂平、柏崎、北信、和歌山、白木の各観測網を合計すると、20有余の観測点があるが、このうち少なくとも、異なる2つの観測網の6点で記録されれば、その地震の震源はかなりの精度で決定できると考えた。第2図には、以下の各節で震源決定に用いた11観測点と本震の位置とを示した。

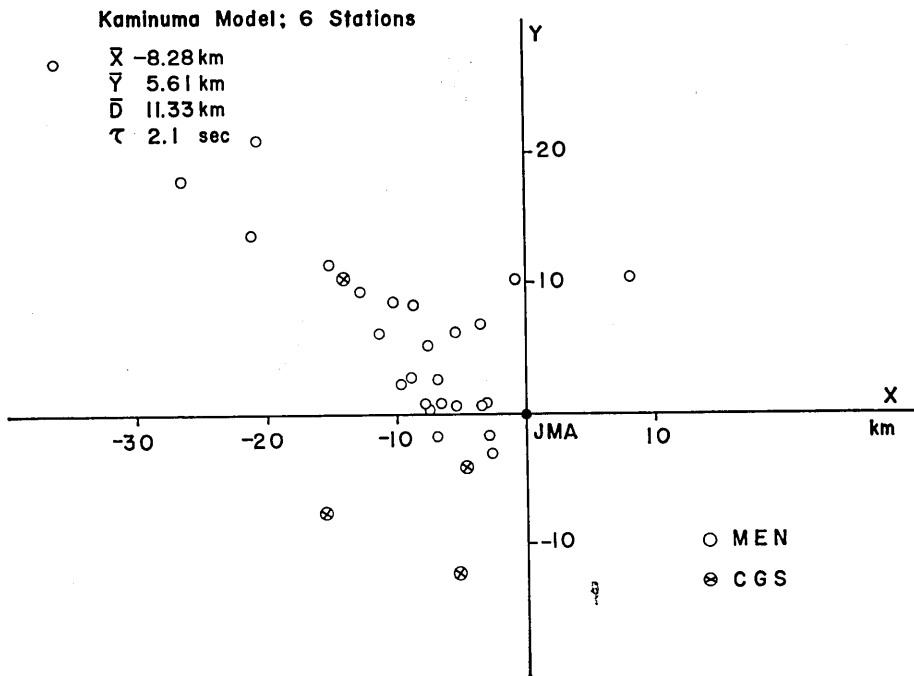


Fig. 3 Relative hypocenter locations determined by micro earthquake observatory networks (MEN). The number of stations used is 6. The origin is the JMA epicenter.

ように選んだ。東側の場合、比較的沢山の余震を観測しているという理由で、北信ネットの大峰 (OMJ)、堂平ネットの堂平 (DDR) と筑波 (TSK) を選び、西側は、同じ理由で和歌山ネットの生石山 (OIS) を選び、他の2点の猿谷 (SRT) と有田 (ARD) はランダムに選んだ。

決定した震源の震央と気象庁の震央との差を第3図に示した。E—W 方向を X、N—S 方向を Y とし、気象庁震央を原点にとってある。X 方向の差の平均  $\bar{x} = -8.28$  km、Y 方向の差の平均  $\bar{y} = 5.61$  km、震央間の距離の平均  $\bar{d} = 11.33$  km、発震時の差の平均  $\bar{\tau} = 2.1$  S となり、新しく決定した震央は、気象庁の震央より北西方向にずれる傾向がある。ただ1個東側にずれた例があるが、これは第1図の左端に大きく離れて震源の決まった余震であり、むしろ気象庁の震源が正しく決まってないことに原因がある。

発震時は気象庁より約2秒遅くなっている。深さは、5 km に仮定した地震以外は、30～90 km と気象庁よりかなり深く決まっている。ただ本震の深さは12 km で例外的によく決まっている。

決定した震央の誤差は  $\pm 1 \sim 10$  km で平均6 km であり、深さの誤差は  $\pm 10$  km 以上で、非常に大きい。発震時の誤差は  $\pm 1$  秒以下である。

### 3.2. 7 点の場合

3.1 で用いた6観測点に、余震域に最も近い点が1点加えた場合には、6点の場合に較

べて、震源はどのように動くかを調べた。震源に近い点として、余震域から約 50 km 南にある名古屋大学犬山観測所 (INU) を選んだ。

$\bar{x} = -5.40$  km,  $\bar{y} = 2.95$  km,  $\bar{d} = 7.97$  km,  $\bar{\tau} = 1.5$  s であり、6 点の場合より 2~3 km ほど、震央が、気象庁の震央に近づく。しかし犬山を入れた効果は、むしろ深さがよく決まることにある。6 点の場合、深さを 5 km と仮定せざるをえなかった地震数は、25 個中 10 個で 40%、他の 15 個のうち、20 km より浅く (つまり実際の震源に近く) 決定されたのは 1 個であったが、犬山を加え 7 点にした場合、5 km に仮定したのは 15 個中 5 個 (33%)、その他はすべて 15 km より浅く決まっており、臨時の余震観測の結果と一致する。

震央の誤差は  $\pm 3 \sim 4$  km、深さも同程度である。

### 3.3. 10 点の場合

3.1 の 6 点に、東側は堂平ネットの城山 (SRY)、清澄 (KYS)、西側は和歌山ネットの伊勢 (ISE) と白木ネットの白木 (SHK) を加えた 10 点の資料から震源を求めた。これら 10 点の観測点で同時に記録した余震は、きわめて少なくなり、震源の決まった地震は 8 個である。

地震の数は少ないが、6, 7 点の場合より、震央のずれは少なくなっている、 $\bar{x} = -6.57$  km,  $\bar{y} = 0.02$  km,  $\bar{d} = 6.84$  km,  $\tau = 1.9$  s で、6, 7 点の場合よりも、 $\bar{d}$  はやや小さくなっているが西側にずれる傾向は変わらない。

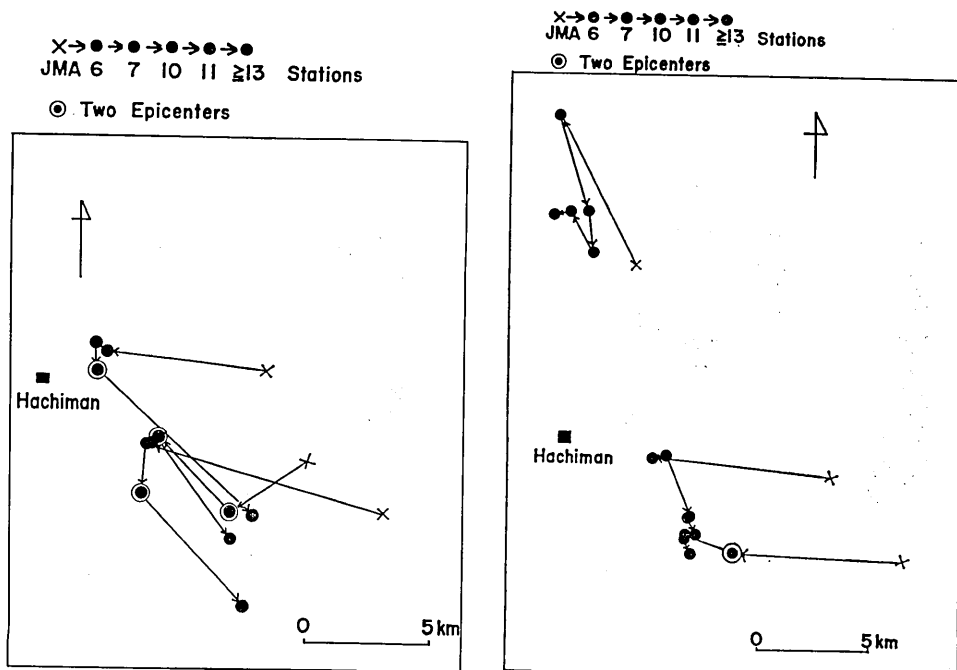


Fig. 4 a), b). The change of epicenter locations obtained with different numbers of stations.

深さは、8個中6個が5 kmに仮定されていて、7点の場合、すなわち観測点の数が少なくとも、近い点の入った場合の方が、実際の値に近いようである。発震時は、気象庁の結果よりも、やはり約2秒遅い。震央の誤差は±1~3 kmである。

### 3.4. 11点の場合

10点に犬山を加えた11点で震源を決めた場合、震央はほとんど変動しないが、深さは、気象庁や臨時観測で決めた深さ5~15 kmに一致する。震央の誤差は±2 km、深さのそれも±2 km、発震時のそれは±0.5 sである。

第4図a, b)は気象庁、6点、7点、10点、11点と11点にさらに他の観測点を使い13点以上の6通りの場合で決まった震央の移動を矢印で示した。a)は“11点→13点以上”が5 km以上の差がある場合である。これは追加した観測点の多くが、犬山ネットの観測点であるため、震源決定に使ったモデルと局地的な地下構造の違いが、震央を南に引っぱる結果になったと考える。一方b)の場合は、両者が誤差の範囲で一致している。これは犬山以外すべての観測点が震源から100 km以上離れているので、新しく加わった観測点の影響が少ないと思われる。第1表には、これらの震源を地震別に示した。誤差を考慮にいれば、7点以上の観測点を使えば、悪い場合でも±2~3 kmの精度で震央を決めることができる。

また第5図には、第4図の震央に対応する震源の深さを示した。犬山を入れた(7点、11点、13点以上)場合の深さは、他の場合より、よく決まっている。

第6図は、それぞれの場合の気象庁震央との相対的なずれ、発震時の差、および深さの平均を示した。“11点→13点以上”の震央のずれの大きいのは、前述した理由による。いずれの場合にも、震央が西側に5~7 kmずれる傾向に変わりはなく、6点の場合を除いては、深さも11~12 kmになる。また発震時は、いずれの場合も気象庁のそれより約2秒遅い。

### 3.5. 13点以上の場合

3.4で述べた11点以外に、微小地震観測所の資料をできるだけ集めて決めた震源と、気象庁の震源を比較した。第7図には、微小地震ネットの10点以上の観測点を使って決めることのできた地震26個すべてを示した。白丸は13点より少ない観測点で決めた震央、黒丸は13点以上でしかも、八幡町の臨時観測点(つまり震源から10数kmの地点)の

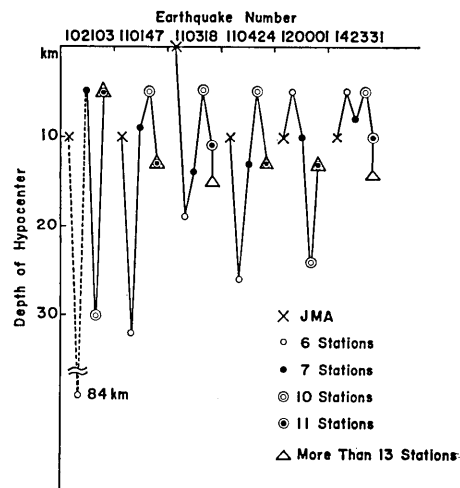


Fig. 5. The focal depths of different cases. The depth of aftershocks determined from the temporary observations is 5—15 km.

Table 1. Epicenters determined from JMA network and the micro-earthquake observatory networks.  
The numbers of stations used are 6, 7, 10, 11 and more than 13 stations.

No. of station	date	h	m	s	$\tau$ (s)	Latitude	Longitude	D(km)	X(km)	Y(km)	$\Delta$ (km)
102103											
JMA	10	21	03	14.8 $\pm$ 0.2		35°50' $\pm$ 1'	137°01' $\pm$ 1'	10			
6				17.47 $\pm$ 1.85	2.7	35.895° $\pm$ 11km	136.980° $\pm$ 6km	85	-3.33	6.84	7.608
7				16.22 $\pm$ 0.28	1.4	35.855 $\pm$ 2	136.993 $\pm$ 3	5	-2.15	2.40	3.224
10				18.60 $\pm$ —	3.8	35.839 $\pm$ 3	136.997 $\pm$ 2	30	-1.78	0.63	1.892
11				16.17 $\pm$ 0.19	1.4	35.853 $\pm$ 2	136.985 $\pm$ 2	5	-2.87	2.18	3.609
18				16.09 $\pm$ 0.17	1.3	35.852 $\pm$ 2	136.978 $\pm$ 2	5	-3.54	2.11	4.119
110147											
JMA	11	01	47	11.1 $\pm$ 0.1		35°45' $\pm$ 1'	137°07' $\pm$ 1'	10			
6				14.71 $\pm$ —	3.6	35.757° $\pm$ 3km	137.029° $\pm$ 2km	32	-7.95	0.78	7.991
7				12.60 $\pm$ 0.29	1.5	35.757 $\pm$ 2	137.033 $\pm$ 2	9	-7.59	0.78	7.630
10				12.18 $\pm$ 0.10	1.1	35.732 $\pm$ 1	137.046 $\pm$ 1	5	-6.41	-2.00	6.715
11				12.97 $\pm$ 0.23	1.9	35.731 $\pm$ 2	137.044 $\pm$ 1	13	-6.59	-2.11	6.992
18				13.06 $\pm$ —	2.0	35.725 $\pm$ 2	137.050 $\pm$ 2	13	-6.05	-2.77	6.655
110318											
JMA	11	03	18	39.0 $\pm$ 0.1		35°44' $\pm$ 0'	137°06' $\pm$ 1'				
6				42.81 $\pm$ —	3.8	35.717° $\pm$ 1km	137.068° $\pm$ 1km	19	-2.90	-1.81	3.422
7				42.26 $\pm$ 0.11	3.3	35.717 $\pm$ 1	137.068 $\pm$ 1	14	-2.90	-1.81	3.422
10				41.26 $\pm$ 0.18	2.3	35.744 $\pm$ 2	137.032 $\pm$ 2	5	-6.17	1.18	6.282
11				41.89 $\pm$ 0.40	2.9	35.744 $\pm$ 3	137.032 $\pm$ 2	11	-6.17	1.18	6.282
22				42.54 $\pm$ 0.10	3.5	35.706 $\pm$ —	137.068 $\pm$ —	15	-2.90	-2.92	4.119

(to be continued)

(continued)

No. of station	date	h	m	s	$\tau$ (s)	Latitude	Longitude	D(km)	X(km)	Y(km)	$\Delta$ (km)
110424											
JMA	11	04	24	32.5 ± 0.2		35°43' ± 1'	137°09' ± 1'	10			
6				35.38 ± —	2.9	35.719° ± 3km	137.067° ± 2km	26	-7.53	0.26	7.536
7				34.07 ± 0.28	1.6	35.719 ± 2	137.067 ± 2	13	-7.53	0.26	7.536
10				33.20 ± 0.18	0.7	35.726 ± 2	137.045 ± 2	5	-9.53	1.04	9.583
11				33.99 ± 0.39	1.5	35.724 ± 3	137.044 ± 2	13	-9.62	-0.89	9.568
18				34.07 ± 0.35	1.6	35.718 ± 2	137.048 ± 2	13	-9.25	-0.22	9.257
120001											
JMA	12	00	01	52.8 ± 0.1		35°43' ± 1'	137°08' ± 1'	10			
6				53.89 ± 0.16	1.1	35.741° ± 3km	137.034° ± 2km	5	-9.01	2.70	9.409
7				54.46 ± 0.44	1.7	35.741 ± 3	137.033 ± 2	10	-9.10	2.70	9.496
10				55.82 ± —	3.0	35.723 ± 4	137.029 ± 3	24	-9.47	0.70	9.493
11				54.71 ± 0.51	1.9	35.723 ± 3	137.029 ± 4	13	-9.47	0.70	9.493
22				55.00 ± 0.10	2.2	35.682 ± 2	137.074 ± 2	13	-5.38	-3.85	6.617
142331											
JMA	14	23	31	13.7 ± 0.1		35°46' ± 0'	137°05' ± 1'	10			
6				14.51 ± 0.16	0.8	35.774° ± 3km	137.011° ± 2km	5	-6.56	0.81	6.614
7				14.84 ± 0.47	1.1	35.779 ± 3	137.008 ± 2	8	-6.84	1.37	6.971
10				14.46 ± 0.12	0.8	35.766 ± 1	137.009 ± 1	5	-6.75	-0.07	6.745
11				15.04 ± 0.26	1.3	35.766 ± 2	137.009 ± 1	10	-6.75	0.04	6.745
16				15.78 ± 0.33	1.1	35.717 ± 2	137.076 ± 2	14	-6.64	-5.437	5.474
Mean											
6					2.5			29	-6.21	1.60	7.097
7					1.8			10	-6.02	0.95	6.380
10					2.0			12	-6.69	0.25	6.785
11					1.8			11	-6.91	0.48	7.103
more than 13					2.0			12	-4.68	-2.18	6.040

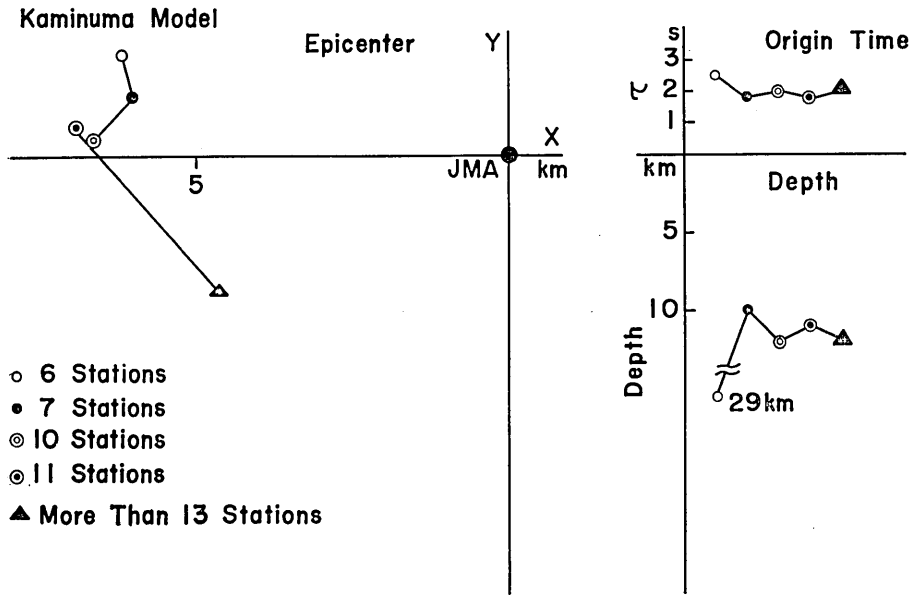


Fig. 6. Relative epicenter locations of mean, the origin time difference between MEN and JMA, and mean focal depths of each case.

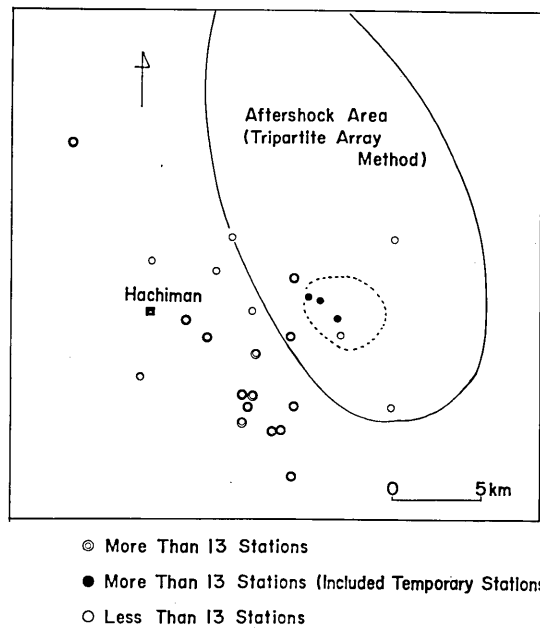


Fig. 7. Locations of aftershocks determined by MEN; more than 10 stations were used.



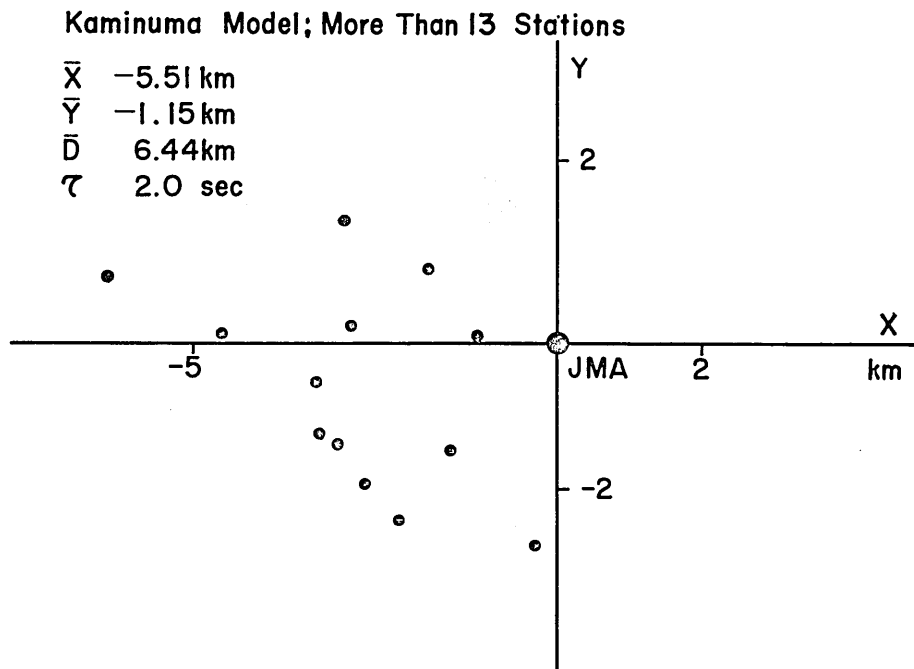


Fig. 8. Relative epicenter locations determined from more than 13 stations.

資料も使って決めた震央、二重丸は 13 点以上の場合である。この二重丸の場合のみをとりだし気象庁の震央との相対的な差を示したのが第 8 図である。

それぞれの値のづれは、 $\bar{x} = -5.51$  km,  $\bar{y} = -1.15$  km,  $\bar{d} = 6.44$  km,  $\bar{\tau} = 2.0$  s である。

これらの震源の精度は前節でも述べたように、水平方向、深さとも  $\pm 1 \sim 3$  km である。その誤差を考慮しても、気象庁の震央より西に位置することは確かである。

#### 4. モデルの違いによる震源の移動

気象庁の P 波の発震時を使い、前章と同じ地下構造モデルに基いて、16 個の余震の震源を再決定した。気象庁震央との相対的なずれを第 9 図に示した。それぞれの値の平均は、 $\bar{x} = -0.34$  km,  $\bar{y} = 1.67$  km,  $\bar{d} = 2.89$  km,  $\bar{\tau} = 1.7$  s である。これは気象庁の震源精度 ( $\pm 1 \sim 2'$ ) と、筆者の精度 ( $\pm 1 \sim 3$  km) とを考慮すれば、震央については、ほとんど一致している。

深さは、気象庁の決定方法が 10 km ごとなので、一概に比較はできないが、得られた深さをそのまま平均すれば、5 km と 7 km で、気象庁の方がやや深くなっている。

発震時が、気象庁より約 2 秒遅いことに変わりはない。震央が動かず、発震時が遅くなることは、安芸 (1965) の結果と同じである。以上のことから、気象庁の使っている、和達・鷺坂・益田の走時表は、少なくとも中央日本の地下構造を代表する構造としては、P 波の速度がやや遅いようである。

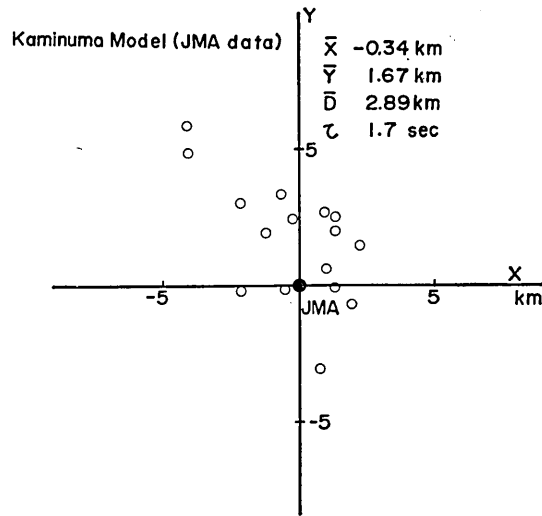


Fig. 9 Relative epicenter location using the Kaminuma model (Kaminuma; 1966) and JMA data.

微小地震ネットで決めた地震の震央が西にずれる理由は今後の検討を要する。

##### 5. 臨時観測点を設置した場合

既存の微小地震観測網に加え、震央の近くに臨時観測点を1点設置した場合に、震源はどの程度の精度になるかを調べた。

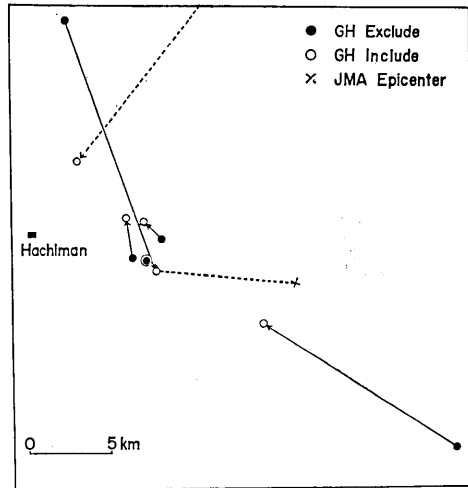


Fig. 10. The change of epicenter location according to the different combinations of stations used. Closed circles are epicenters determined by only ERI networks and open circles are those determined by ERI networks and a temporary station at Hachiman (GH).

震研観測網で決めた震源と、同観測網に臨時観測点八幡 (GH) を加えて決めた震源を第2表に示し、震央の移動を第10図に示した。6個の地震のうち3個は、もしGHが無ければ、震源は精度よく決まらなかったことになる。特に No. 250422 の地震は、GH を使用しない場合は5点でしか観測されず、しかも計算に役立った観測点は3点で、発震時は決まらなかったのが、GH を加えることにより、震源を決めることができた。

地震が小さければ、当然それを記録する観測点の数は少ないことになり、震源が精度よく決まりにくくなる。小さな余震 ( $M=3.5$  位まで) の震源まで決めるためには、震央附近に少なくと

Table 2. Epicenters determined by MEN both excluding and including the temporary station of GH.

No.	excluding GH				including GH					
	O. T.	latitude	longitude	depth	No. of station	O. T.	latitude	longitude	depth	No. of station
160722	07 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	49.42 <sup>S</sup> ±2.7 S	35.641° ±9.8km	137.279° ±17.4km	78.9km ±56.5	6	35.711° ±1.3km	137.133° ±1.4km	5.0km R	7
210841	08 41	30.93 ±0.21	35.749 ±2.9	137.052 ±2.6	5.0 R	10	35.752 ±3.5	137.050 ±2.9	7.4 ±2.5	11
221753	17 53	41.18	35.746 ±6.0	137.061 ±4.5	24.9 ±10.5	6	35.746 ±4.9	137.062 ±3.7	11.3 ±2.5	7
222102	21 02	22.45 ±0.21	35.759 ±2.5	137.072 ±2.4	5.0 R	6	35.770 ±3.2	137.060 ±3.1	10.4 ±2.1	7
231552	15 52	11.13 ±0.10	35.736 ±1.4	137.076 ±1.2	5.0 R	10	35.743 ±2.0	137.067 ±1.5	9.4 ±1.6	11
250422	04 21	*	36.669 ±15.2	138.180 ±21.3	5.0 ±0.9	3	35.804 ±5.6	137.015 ±7.8	10.2 ±1.5	5

\* Not determined

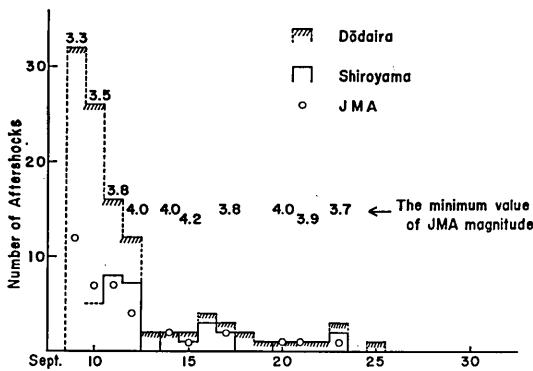
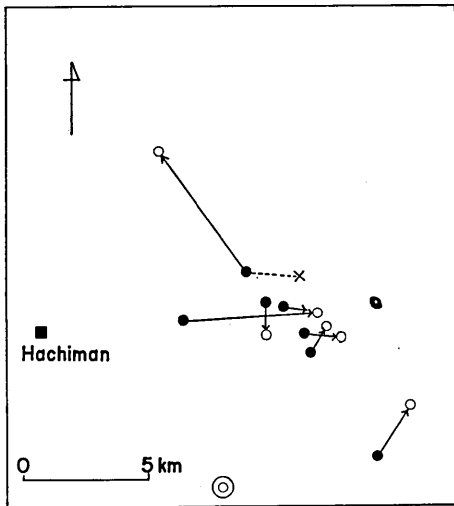


Fig. 11. Daily frequency of observed aftershocks at Dodaira (DDR) and Shiroyama (SRY) station. Open circles correspond to the number of aftershocks determined by JMA.



- ◎ Main Shock
- MEN Epicenter
- Tripartite Epicenter
- × JMA Epicenter

Fig. 12. The change of epicenter between MEN and the tripartite epicenter.

震源は決めにくくなり、小さな余震は微小地震ネットでは記録されにくくなり、両者ともに震源決定ができた余震は少なかった。その結果を第3表に示す。また第12図には、両者の震央分布を、対応する地震を結んで示した。第13図は微小地震ネットで決めた震源

も1点は臨時観測点を設ける必要がある。

既設の微小地震ネットではどの程度の余震が記録されるかを調べるため、堂平ネットの堂平と城山で記録された岐阜県中部地震の余震数を日別に示したのが、第11図である。堂平観測点は堂平ネットの中でも筑波と並んでノイズも少なく、よい記録がとれる観測点であるのに反し、城山観測点はノイズレベルも高く、トラブルも多い観測点である。城山は本震が起きた時は、調整中で記録はとれていない。両点の地震数は、日常業務

の読みとり結果であって、この目的のために特別に読んだのではない。図の丸印は気象庁で震源を決めた余震数である。この両者の数を比較すると、震源域から160~200 kmの距離にある微小地震観測所でも、気象庁で決める余震の1.5~2.5倍の余震を記録している。気象庁ネットで震源が決まった余震のマグニチュードの下限は、図に示したように3.5~4.0である。したがって、堂平観測点程度の微小地震観測所と臨時観測点を併用すれば、M=3.5程度の余震の震源までを水平方向に2~3 km、深さは1~2 kmの精度で決めることが可能である。

### 6. 三点観測と微小地震ネットの震源

犬山を含め、10点以上の観測点を用いて決めた微小地震ネットの震源と臨時的三点観測で決めた震源を比較した。大きな余震は、三点観測では記録がサチリ、

Table 3. Epicenters determined from MEN and by the tripartite array method.

No.	M. E. N. epicenter						tripartite array (at Hachiman)				distance between two epicenters
	No. of station	date	origin time h m s	latitude	longitude	depth	azimuth	△	depth		
160722	11	16	07 22 48.09	35.718°	137.135°	4.5km	101°	15.0km	0.3km	2.5	
210841	15	21	08 41 30.81	35.785	137.076	4.1	33.5	8.7	11.5	6.0	
221713	8	22	17 13 31.27	35.803	137.138	7.1	87	10.5	10.0	5.0	
221753	10	22	17 53 39.78	35.767	137.050	10.8	87	11.0	11.0	5.4	
222102	14	22	21 02 22.80	35.761	137.102	6.6	92	12.0	12.0	1.5	
230942	15	23	09 42 28.61	35.771	137.092	6.5	87	11.0	9.0	1.4	
231552	18	23	15 52 11.39	35.773	137.086	8.4	91	9.0	9.0	1.4	
250421	10	25	04 21 59.63	35.755	137.106	5	89	11.2	10.8	1.3	

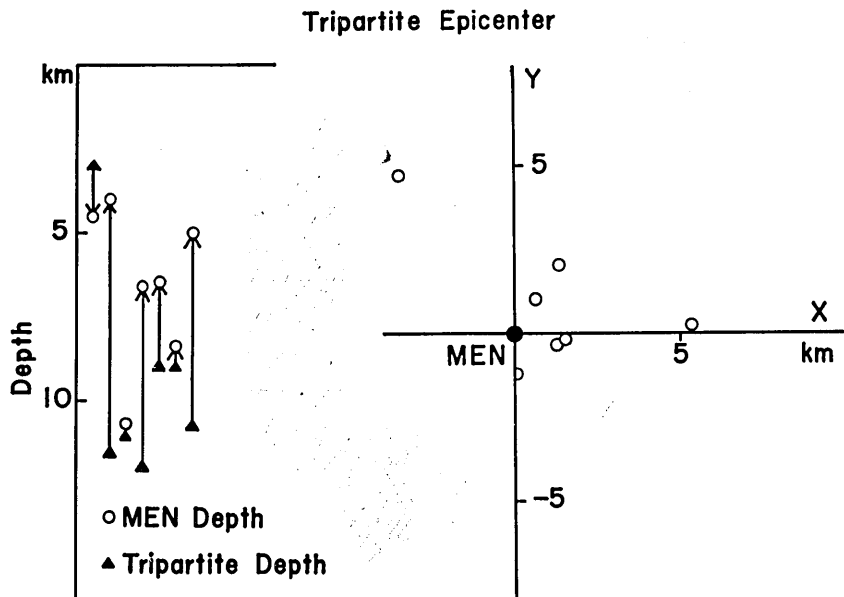


Fig. 13. The change of focal depth between MEN and tripartite depth and the relative epicenter location.

を基準に、三点観測の結果との差及び深さを示した。地震が大きく、三点観測からは震源決定精度の悪いと思われる1個(第13図、第4象限)の例外を除くと、他の三点観測の震央は微小地震ネットの震央より東側に1~2 kmづれている。第1図からも解るように、三点観測の震央は、東西方向では、気象庁の震央に近いことになる。深さは3~4 km 三点観測の方が深くでている。

三点観測で震源決定に使用したモデルは、1961年の北美濃地震の時に宮村他(1961)が使った Aki model であり(余震観測班; 1970)、微小地震ネットのモデルとは異なる。微小地震ネットと同じ Kaminuma model を使って、三点観測の震源を再決定しても、第4表に示すように、深さはほとんど変わらず、水平方向には1 km 位の違いである。しかし

Table 4. The difference of hypocenters determined by the tripartite array method according to the different models.

apparent velocity	P-S time	Aki		Kaminuma		Kaminuma (k=7.0)	
		△	depth	△	depth	△	depth
9.5 km/s	1.59 s	8 km	10 km	7.5 km	10 km	6.5 km	9 km
8.5	1.73	10	10	9	10	8	9
7.70	1.89	12	10	11	10	10	9
7.05	2.20	15	10	14	10	12.5	9

Kaminuma model の P 波の速度はそのまま、大森係数  $k=7.0$  (Poisson's ratio:  $\sigma \approx 0.27$ ) と仮定すると、三点観測で決めた震央は、約 2 km 西にずれ、深さも 1 km ほど浅くなり、微小地震ネットの結果と一致する。

従ってこの地域の大森係数は、三点観測で震源決定に使ったモデルの  $k=8.5$  ( $\sigma=0.25$ ) が大き過ぎると云える。

## 7. 結 語

以上述べたように、中央日本で地震が起った時、特別の目的が無い場合の大地震の余震観測の実施の方法は、本震直後すみやかに震央附近に臨時観測点を設けるべきである。この観測点と既設のネットの併用により、気象庁の観測結果のみに依存する場合より、数倍多い余震の基礎的資料が得られる。

震源決定のため、名古屋大学犬山観測所には、特に読みとりをお願いした。大井田氏はじめ職員諸氏に厚く御礼申上げる。また資料を提供していただいた震研の堂平、北信、和歌山、白木の各支所、防災研の鳥取微小地震観測所、京大阿武山地震観測所の皆様に謝意を表したい。

いろいろ討論していただいた宮村教授、津村建四朗氏に感謝したい。最後に、図や原稿の整理に協力いただいた、荻野泉君、後藤良子嬢に感謝する。

## 文 献

- AKI, K., 1965, Accuracy of origin time, epicenter and focal depth of local earthquake determined routinely by the Japan Meteorological Agency, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 23-38.
- KAMINUMA, K., 1966, The crust and upper mantle structure in Japan, Part 2. Crustal structure in Japan from the phase velocity of Rayleigh waves, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44**, 495-510.
- 神沼克伊・後藤良子, 1970, 日本における大地震の余震の研究・観測について, *震研彙報*, **48**, 507-520.
- 宮村撰三, 堀実, 安芸敬一, 松本英照, 安藤誠一, 1961, 北美濃地震余震観測 — 岐阜県八幡町における観測 —, *震研彙報*, **39**, 895-908.
- 余震観測班, 1970, 岐阜県中部地震—1969年9月9日—の余震観測, *震研彙報*, **48**, 1155-1163.

### *65. Accuracy of Origin Times and Hypocenters of Aftershocks of the Earthquake of the Central Part of Gifu Prefecture, September 9, 1969.*

By Katsutada KAMINUMA,  
Earthquake Research Institute.

Three future problems in the study of aftershocks are proposed by the authors (Kaminuma and Goto; 1970). One of these problems is the necessity to discuss the

accuracy of hypocenters with the objectives to obtain the absolute locations of earthquake hypocenters and to determine the necessary accuracy for each of the study.

About 40 aftershocks of the Earthquake of the central part of Gifu Pref. September 9th, 1969 were observed by the Japan Meteorological Agency (JMA) network. JMA gives the preliminary focal depths at 10km steps and solves the least-squares equation for the origin time, latitude and longitude using the Wadati-Sagisaka-Masuda's travel time table. The probable errors of origin time are then below 1 second and those of latitude and longitude are 1 to 2 minutes.

There are many seismological observatories operated by several universities in central Japan. The locations of the aftershocks were also determined using the data of the micro-earthquake observatory networks (MEN). The crustal structure used in the computation of the earthquake location is the Kaminuma model obtained from surface wave studies (Kaminuma; 1966).

One of the purposes of the present paper is to estimate how to change the location and how much accuracy can be obtained in the origin time, epicenter location and focal depth, with the number of stations used in the computation (Figs. 3, 4, 5 and 8). Another purpose of this paper is also to estimate the differences in origin times and hypocenters given by JMA and MEN (Fig. 6).

The results are summarized as follows:

1. The MEN and CGS epicenters are located to the west by about 5 km with respect to the JMA epicenters (Figs. 3, 6 and 8).
  2. Considering the probable errors, the epicenters determined from JMA data using the Kaminuma model are not shifted (Fig. 9).
  3. The origin time of the JMA location is 1 to 2 seconds earlier than that for the other locations (Figs. 3, 6, and 8).
  4. If the data of a station near the epicenter are used in the calculation of the earthquake location, the accuracy of the epicenter is not increased but that of the depth is increased (Figs. 3, 4, 5, and 6).
  5. The probable errors of location and depth determined by MEN are as follows:
    - i) In the case of 6 stations used: several kilometers in location and very large in depth.
    - ii) In the case of 7 stations used: several kilometers in location and depth.
    - iii) In the case of 10 stations used: a few kilometers in location and depth.
    - iv) In the case of 11 stations used: 1 to 3 kilometers in location and depth.
    - v) In the case of more than 13 stations used: 1 to 3 kilometers in location and depth.
  6. When a large earthquake occurred in central Japan, a temporary observation should be carried out near the epicenter. The number of aftershock which can be determined its hypocenter by MEN is a few times as many as that of JMA.
-