

3. 白木微小地震観測所の観測網で観測された 微小地震のマグニチュード

地震研究所 茅野一郎

(昭和48年12月28日受理)

白木微小地震観測所の観測網で観測された微小地震のマグニチュードを、気象庁マグニチュード M_J と偏りを生じないように決める目的で、HES 1-0.2 地震計および Benioff 短周期地震計の記象からマグニチュードを算出する実験式を作った。HES 地震計は主として微小地震を対象として白木観測所および3つの衛星点で共通に用いられているものである。Benioff 地震計は白木観測所に設置されている USNOAA の世界標準地震計の短周期用であるが、HES 地震計でスケールアウトしているようなやや大きい地震について良い記象が得られる。それぞれの地震計の特性および倍率曲線は、「白木微小地震観測所における観測の概要 1965-1973」(本号 pp. 1~8) Tables 1, 2 および Figs. 1, 2 を参照.)

マグニチュードの算出には、P-S 時間および水平動の記録上の最大振幅を用いる。震源距離を用いずに P-S 時間を用いたのは震源の決定されていない地震についてもマグニチュードを決めたいからであり、記録上の最大振幅を用いたのは、元々マグニチュードというものにはある程度の不確かさがあるのは止むを得ないと考えて複雑な手続を省いてなるべくかんたんに求められるようにするためである。水平動の2成分の合成は行なわず大きい方をとっている。最大動が水平動両成分に同一位相で同じ大ききで表われることはむしろ稀であり、そうだとした場合でも振幅で高々 $\sqrt{2}$ 倍、マグニチュードにして 0.15 しか違わないからである。

P-S 時間 t_{ps} 、水平動の記録上の最大振幅 A とマグニチュード M との間に

$$M = \log A + \alpha \log t_{ps} + \beta \quad (0)$$

の関係があるとして、係数 α , β を求めた。[Richter (1935), 坪井 (1954)]

I) 気象庁で震源およびマグニチュードの決められている地震のうち白木から震央距離 A が 500 km 以内のものをとり、マグニチュードとして気象庁マグニチュード M_J 、最大振幅として Benioff 短周期地震計によるもの A_B をとって、 $M_J - \log A_B$ と A の間の関係をプロットすると Fig. 1 のようになる。用いたデータは 1968 年 1 月~1969 年 5 月の地震約 130 個である。震央距離 100 km 以下には気象庁で震源やマグニチュードを決められた地震が非常に少ない。震源距離によって系統的な偏りがみられるが、ある距離範囲の地震はほとんど同じ地域のものである——つまり各距離で各方位に一樣に地震が起こっているわけではない——という事情から、これが距離によるものか、地域差のようなものかははっきり区別できない。これに (0) 式のような直線をあてはめるのは少し無理かもしれないが、第 1 近似としてそうみなしてメノコで図の 3 本の直線のうちの中央の直線をあてはめて、 α , β を求めると

$$\alpha=1.78, \quad \beta=-1.51$$

となる。±0.4 程度のバラツキを認めれば (Fig. 1 の両側の線) ほとんど全部の点がこの間に入る。震央距離の大きいところ (300~500 km) で上にはみ出す点が少し多いが、震央距離が小さいところに重点をおいて、これらの点には一応目をつぶることとする。従って Benioff 短周期地震計の記録に対しては次の式を採用する。

$$M_B = \log A_B + 1.78 \log \Delta - 1.51$$

大森係数を 8 として P-S 時間に換算すれば次の式を得る。

$$M_B = \log A_B + 1.78 \log t_{ps} + 0.10 \quad (1)$$

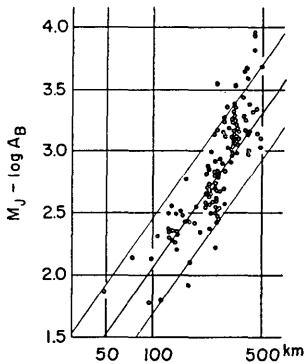


Fig. 1.

Fig. 1. Relation between JMA magnitudes (M_J), maximum trace amplitudes on Benioff short period seismogram (A_B) at Shiraki (SHK) and epicentral distances.

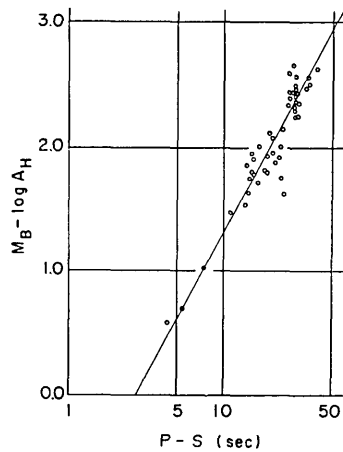


Fig. 2.

Fig. 2. Relation between magnitudes determined from Benioff short period seismograms by formula (2), maximum trace amplitudes on HES seismograms (A_H) at Shiraki (SHK) and P-S time in second.

II) 次に (1) 式でマグニチュード M_B の求められた地震について、HES 1-0.2 電磁地震計の水平動の最大振幅 A_H をとって、 M_B , A_H , t_{ps} の間の関係をプロットすると Fig. 2 のようになる。用いたデータは 1968 年 5 月, 1969 年 1, 2 月および 8 月の振幅の確実なもの約 50 個で、Fig. 1 の場合より全体として近くてマグニチュードの小さい地震のものである。これに図のような直線をあてはめ、 α , β を求めると

$$\alpha=2.30, \quad \beta=-1.00$$

となるので、HES 1-0.2 電磁地震計の記録からマグニチュードを算出する式として

$$M_H = \log A_H + 2.30 \log t_{ps} - 1.00 \quad (2)$$

を採用する。(2) 式を求めるために用いた地震以外の地震について、 M_B と白木の記録か

ら (2) 式で求めたマグニチュード M_S と比較すると Table 1 $M_B - M_S$ の欄のようになりよく一致している。

Table 1. Comparison of magnitudes determined from records of different seismograms at different stations.

	$10^{\circ} \leq (P-S) \text{ min} < 15^{\circ}$				$15^{\circ} \leq (P-S) \text{ min}$			
	$M_M - M_S$	$M_K - M_S$	$M_F - M_S$	$M_B - M_S$	$M_M - M_S$	$M_K - M_S$	$M_F - M_S$	$M_B - M_S$
-0.5	2	1				1		
-0.4	1		1				1	
-0.3		1			1	2		2
-0.2	3	2			7	1		1
-0.1	1	2	2	2	8	3	2	2
0.0		2	2	1	8	4	6	2
+0.1	3		2	2	6		7	3
+0.2			1	1	5		3	1
+0.3	1				1		2	
+0.4	1							
+0.5					2		4	
+0.6			1					
	12	8	9	6	38	11	25	11

M_S : Magnitude determined from HES seismogram at Shiraki (SHK)

M_M : Magnitude determined from HES seismogram at Mikawa (MKW)

M_K : Magnitude determined from HES seismogram at Kutsugahara (KUT)

M_F : Magnitude determined from HES seismogram at Fube (FUB)

M_B : Magnitude determined with Benioff seismogram at Shiraki (SHK)

(P-S) min: Minimum among P-S times observed at four station, SHK, MKW, KUT, and FUB of each shock.

III) HES 1-0.2 電磁地震計は白木 (SHK) のほか、三川 (MKW)、沓ヶ原 (KUT)、布部 (FUB) に設置されているから、各観測点で得られた記録から (2) 式で算出したマグニチュードをそれぞれ M_S , M_M , M_K , M_F とする。白木と他の 1 個以上の観測点で共通に観測された地震について、 M_M , M_K , M_F と M_S とを比較すると Table 1 のようになる。観測点によっていくらか系統的な差があるようにみえるが、その偏りは平均すると ± 0.1 程度に過ぎないので、全観測点について (2) を適用することにする。但し、S-P が 4 秒以下というような非常に近い観測点の記録から (2) 式で求めたマグニチュードは Fig. 3 に示すように著しく小さすぎる。これは厳密には (0) の型の関係が成り立っていないことを示すものと考えられる。このことは (0) 式によれば $t_{ps} \rightarrow 0$ で $M \rightarrow -\infty$ に発散することから考えても当然であろう。また Fig. 2 にみられるように (2) 式を決める際にも P-S 5 秒以下のデータはほとんどない。この範囲の信頼できるデータが非常に少ないので、別の式を作ることはやめて、実際手続としては、P-S が 5 秒以下であるような近い観測点のデータはできるだけ使わないで、その他の観測点のデータからマグニチュードを求めることにする。

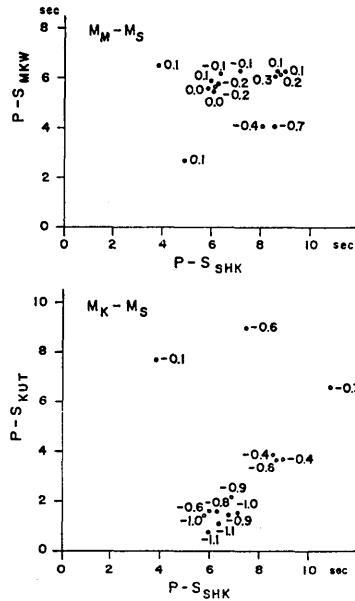


Fig. 3. Relation between difference of magnitudes determined at two stations and P-S times at the two stations. When P-S times are shorter than 4 sec, too small magnitudes are given.

まとめ

白木微小地震観測所の観測網で観測された微小地震のマグニチュードを次のようにして決める。

- i) 白木 (SHK) の HES 1-0.2 電磁地震計の記録から (2) によって算出する。 M_S
- ii) 白木 (SHK) の HES 1-0.2 電磁地震計の記録がスケールアウトしているときは、Benioff 短周期地震計の記録から、(1) によって算出する。 M_B
- iii) M_S , M_B が共に求められないときは、三川, 沓ヶ原, 布部の HES 1-0.2 電磁地震計の記録から (2) 式によって算出した M_M , M_K , M_F から決める。

但し、P-S が 5 秒以内の観測点のデータはそれが白木であっても原則として使わない。それしかないときは止むを得ず採用するがその場合マグニチュードが実際より小さく求められている可能性がある。

白木の観測結果から得られる M_S 又は M_B が優先的に採用されるわけであるが、 M_S が M_M , M_K , M_F と系統的に偏っているような場合、例えば $M_S=1.0$, $M_M=1.3$, $M_K=1.4$, $M_F=1.3$ ならば 1.3 とすることがある。

付：津村 (1967) の提案した総振動継続時間からマグニチュードを決める方法がある。試みに Benioff 短周期地震計によって総振動継続時間とマグニチュードとの関係を調べてみた。その結果は Fig. 4 に示すように、総振動継続時間のマグニチュードに対する依存性が小さく、バラツキが非常に大きいので、総振動継続時間からマグニチュードを決めても誤差が非常に大きくなると考えられるのでこの方法をとらないことにした。

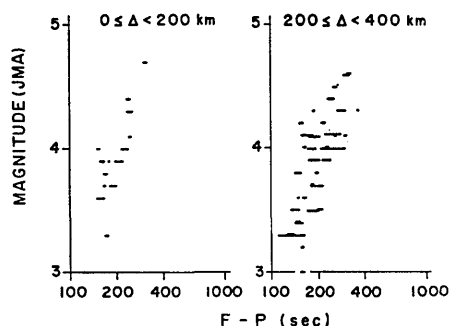


Fig. 4. Relation between magnitudes determined by JMA and total duration times of oscillation on Benioff short period seismogram at Shiraki (SHK). The two ends of each bar indicate the duration times in two horizontal components of seismograms of an earthquake. Duration times show large scattering and weak correlation with magnitudes.

文 献

- RICHTER, C. F., 1935: An Instrumental Earthquake Scale, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, **25**, 1-32.
 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, *地震 II*, **7**, 185-193.
 津村建四朗, 1967: 振動継続時間による地震のマグニチュードの決定, *地震 II*, **20**, 30-40.
 TSUMURA, K., 1967: Determination of Earthquake Magnitude from Total Duration of Oscillation, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, (1967), 7-18.

3. Determination of Magnitude of Local Microearthquake from Data Obtained by Shiraki Microearthquake Observation Net.

By Ichiro KAYANO,

Earthquake Research Institute.

For determination of magnitudes of local microearthquakes in areas surrounding Shiraki Microearthquake Observatory (SHK), two experimental formulae were established.

- 1) $M_B = \log A_B + 1.78 \log t_{ps} + 0.10$
- 2) $M = \log A_H + 2.30 \log t_{ps} - 1.00$

t_{ps} : P-S times in second.

A_B : The larger one of the maximum trace amplitudes of the two horizontal components of the Benioff Short Period Seismogram.

A_H : The larger one of the maximum trace amplitudes of the two horizontal components of the HES Seismogram.

There is little systematic deviation among magnitudes calculated from formulae (1) and (2) and JMA magnitude.

Amplitudes at the station at which P-S time is shorter than 5 sec are not used except unavoidable cases, because they give too small magnitudes.

When Shiraki's seismograms traces are off scale, magnitudes are calculated from observational data at satellite stations.