

## 7. 振動継続時間マグニチュード決定上の二三の問題

地震研究所 { 羽田敏夫  
酒井 要

(昭和48年12月14日受理)

### §1. はじめに

浅い近地地震のマグニチュードを振動継続時間を用いて決めることができる、と最初に提唱したのは Bisztricsany (1958) であった。その後、Solov'ev (1965)、津村 (1967, a, b) らがそれぞれサハリンと近畿地方の地震にこの方法を適用して成功を収め、最近ではいくつかの微小地震観測所でも振動継続時間 (F-P) からマグニチュードを決めることが試みられている (堀, 1973)。このマグニチュード決定法は、最大振幅を用いる従来の方法と比較して、地震記録が飽和して最大振幅が測れなくなってもかまわない。震央 (源) 距離が正確にわかっていなくともよい等の利点をもっている。他方、験測者の個人差、雑振動の性質、後続地震の有無等々の条件によって振動終了時点 (F) の判定にあいまいさがつきまとうことは避けられない。さらに、使用する地震計の感度、周波数特性、観測成分の違いが F-P の験測値にどの程度の影響を及ぼすか、など重要な問題が残されている。この報告では、北信微小地震・地殻変動観測所の基点である大峰観測点について得られた F-P マグニチュード決定式を示し、さらに地震計の感度をはじめ二、三の観測条件の影響について考察する。

### §2. 資 料

使用した地震は、1969年7月から1972年1月の間に気象庁 (1969~1972) で震源位置、マグニチュードが決められた地震のうち、大峰からの震央距離 200 km 以内、深さ 60 km 以内のもの約60個である。これらの地震の気象庁マグニチュード ( $M_{JMA}$ ) は 3.3~6.6 の範囲にあるが、5.5 以上のデータはわずか2個である。それぞれの地震について、大峰の記録から F-P を験測した。この期間大峰観測点では、高感度3成分に加えて上下動成分だけ、20 db 間隔4段階の低感度チャンネル ( $L_1 \sim L_4$ ) による観測を行っており、大きい地震については各低感度チャンネルでも F-P を験測することができた。高感度チャンネル (H) と  $L_1$  との感度差は時期によって多少の違いがあるが、およそ 20 db である。地震計の総合周波数特性を Fig.1 に示す。いずれも、固有周期 1 sec. の地震計を  $\eta^2=0.4$  のダンピング条件で使用している。高感度チャンネル (H) だけは低域フィルターによって 30 Hz 以上の高周波を落すようにしてある。しかし、地震記録の尾部にはこのような高周波成分は含まれないから、F-P 測定に関する限り、 $H \sim L_4$  は約1桁ずつ感度が異なるだけで完全に同一の周波数特性をもっていると考えてさしつかえない。

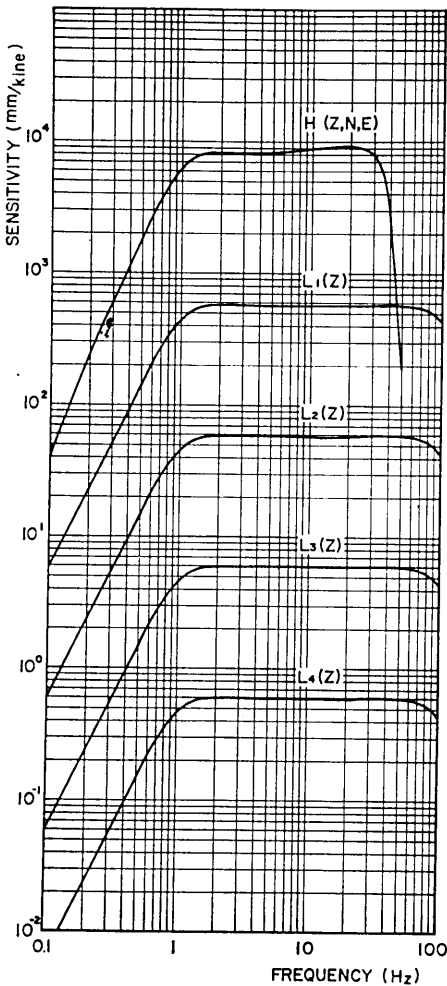


Fig. 1. Overall frequency characteristics of the seismographs at Ohmine.  
 H: high sensitivity channel.  
 L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>: low sensitivity channels.

### § 3. 大峰観測点におけるマグニチュード決定式

大峰の高感度上下動成分について、 $F-P$ と気象庁マグニチュード ( $M_{JMA}$ )との間に成り立つ統計関係を求める。Fig. 2に示すように、 $\log(F-P)$ と $M_{JMA}$ の間には直線的な関係が見られる。 $\log(F-P)$ 上の $M_{JMA}$ の1次回帰を求めると、

$$M_{F-P}(Z) = 2.41 \log(F-P) - 1.28 \quad (1)$$

を得る。かっこ内の $Z$ は、 $F-P$ (sec.)を上下動成分から読み取ったことを示す。(1)式から計算される $M_{F-P}$ は、「統計的に $M_{JMA}$ に合致するように定義された継続時間マグニチュード」又は「 $M_{JMA}$ の最確推定値」と呼ぶべきものである。大峰ただ1点の $F-P$ からはほぼ $\pm 0.5$ の精度で $M_{JMA}$ が推定できることがFig. 2(a)によって明かである。(1)式の係数は先にOhtake(1970)が試験的に用いた式とかなり異なっているが、これは後者の資料が不十分なこともあるが主として観測計器の特性の変更によるものと思われる。

水平動成分(NS)で観測した $F-P$ について同様の手順で回帰係数を求めると、

$$M_{F-P}(N) = 2.40 \log(F-P) - 1.24 \quad (2)$$

となり、(1)式との間に有意な違いは見出

せない(Fig. 2(b)参照)。即ち、 $F-P$ は上下、水平どちらの記録成分で読み取ってもかまわない。

### § 4. 振動終了の判定

地震動の始まった時点(P)を指定することは容易であるが、どこで振動が終了したと認定するかはかなり任意性が強い。しかし、実際に5人の観測者が同一の地震の $F-P$ を独立に読み取ってみたところ、 $M_{F-P}$ に換算して $\pm 0.2$ を超える個人差はあらわれなかつ

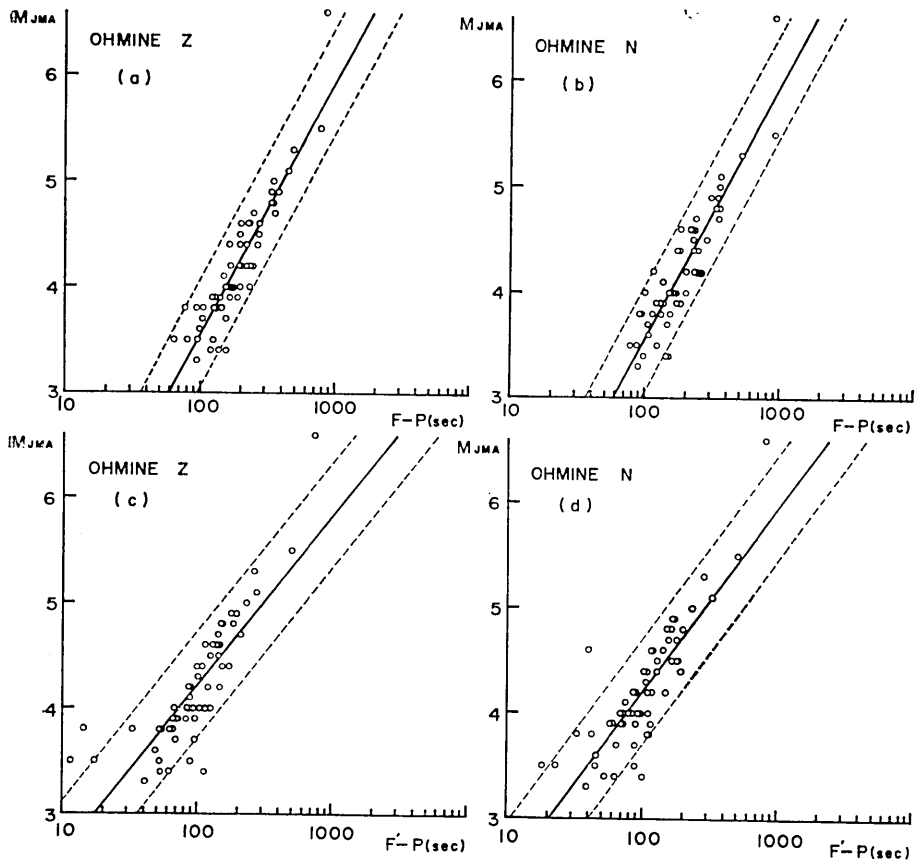


Fig. 2. Relation between the magnitude determined by Japan Meteorological Agency ( $M_{JMA}$ ) and  $F-P$  or  $F'-P$  in vertical and horizontal (N-S) components.  $F-P$  indicates total duration time of the seismic wave recorded, and  $F$  is replaced by  $F'$  when the termination of the oscillation is defined as the point where trace amplitude diminishes to 1mm (about  $110 \mu$  kine). Solid lines correspond to the equations (1)~(4) in the text. Magnitude range of  $\pm 0.5$  is indicated with broken lines.

た。津村も述べているように、振動終了時のあいまいさによって生ずる  $M_{F-P}$  値のばらつきは意外に小さい。

地震動の振幅がある決まった大きさにまで減衰したところをもって振動終了とする、と約束してしまえば、より客観的に振動継続時間を決めることができる。このような考えから、仮に記録上で片振幅 1mm (約  $110 \mu$  kine) を振動終了の目安 ( $F'$ ) として、 $F'-P$  と  $M_{JMA}$  との関係調べてみた。 $F'-P$  から推算されるマグニチュードを  $M_{F'-P}$  とすれば、上下動、水平動 (NS) 両成分についてそれぞれ、

$$M_{F'-P}(Z) = 1.60 \log(F'-P) + 1.02 \quad (3)$$

$$M_{F'-P}(N) = 1.74 \log(F'-P) + 0.72 \quad (4)$$

を得る。Fig.2 (c), (d) に見るように,  $M_{JMA}$  が4以下では両成分ともにデータのばらつきが大きく, (3), (4) の信頼度は(1), (2)よりも劣っている。従って, 振動終了の判定にたとえあいまさがあっても, 振幅で強制的に決めてしまわない方がよい。

### §5. 観測感度

地震計の感度が多少異なっても F-P はあまり変わらないと考えられている〔津村(1967, a,b)〕が, 定量的な検討はまだ行なわれていない。低感度 ( $L_1 \sim L_4$ ) 併行観測による結果を次に述べる。高感度チャンネル (H) の F-P を1として, 同一の地震の  $L_1 \sim L_4$  による F-P 観測値を感度に対してプロットしたのが Fig.3 である。H から  $L_4$  まで感度が

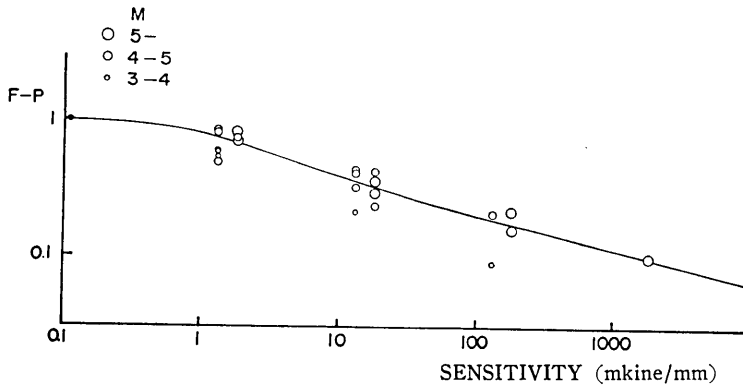


Fig. 3. Normalized F-P intervals as a function of the sensitivity of the seismographs employed for F-P reading.

4桁下ると, F-P は1桁,  $M_{F-P}$  にして3弱小さくなることがわかる。しかし, 比較的高い感度の  $H \sim L_1$  の間では, 感度の違いの影響は非常にわずかである。感度がH付近で2~3倍変わっても, それによる F-P の変化は数%にとどまり,  $M_{F-P}$  に0.1程度の影響しかあらわれない。

微小地震観測の際の総合倍率は一般に 10 Hz で数万~数十万倍程度であるから, 観測点相互の感度の違いを考慮せずに  $M_{F-P}$  を決めても, 実用上無視しうる  $\pm 0.1$  程度のばらつきしか生じない。

### §6. 震央距離

振動継続時間を用いるマグニチュード決定法は, 震央距離の影響が非常に小さいと考えられている。(1)式から決めた  $M_{F-P}(Z)$  と気象庁マグニチュード  $M_{JMA}$  との差を震央距離  $\Delta$  (Km) に対してプロットしたのが Fig.4 である。近距離では,  $M_{F-P}(Z)$  が  $M_{JMA}$  に較べて系統的に大きく決まりすぎている様子がわかる。

最小二乗法で直線をあてはめると,

$$M_{F-P}(Z) - M_{JMA} = 0.0027 \Delta + 0.33$$

を得る。これと(1)式とを組み合わせると, 震央距離を考慮に入れた F-P マグニチュード決定式:

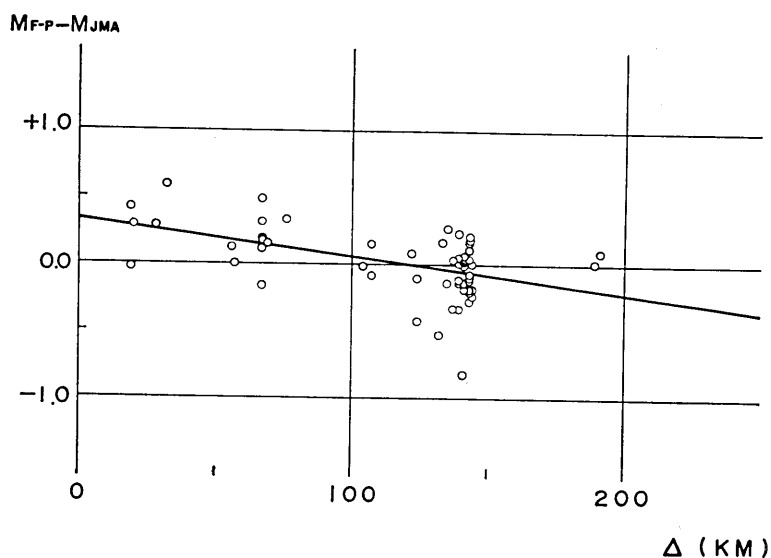


Fig. 4. Relation between the epicentral distance  $\Delta$  and the deviation,  $M_{F-P} - M_{JMA}$ , where  $M_{F-P}$  was determined by the equation (1).

$$M = 2.41 \log (F-P) + 0.0027 \Delta - 1.61 \quad (5)$$

が得られる。

## §7. おわりに

北信観測所で用いるべき F-P マグニチュード決定式として(5)を導びいた。  $M_{F-P}$  に誤差を持ち込む要因として、観測成分や感度の違い、個人差、振動終了の基準等について検討を加えたが、以上の諸要因を考慮に入れてもなおかつ、F-P によるマグニチュード決定法が有効であることが確認された。

実用上の見地からは、このほか低周波域での周波数特性の違いによる影響を定量的に調べておく必要がある。最近渡辺(1973)は、 $M_{F-P}$  決定式の係数が地震計や地盤の周波数特性によって異なることを見出し、さらに Aki (1969) の coda wave の理論から  $M_{F-P}$  決定式が導びかれることを示した。最近いくつかの微小地震観測所で用いている  $M_{F-P}$  決定式の中には、我々の式と係数が相当に異なるものもある。これは、地域差によるよりも、低周波域での周波数特性の違い(地震計の固有周期はほとんど全て 1 sec. だから主としてダンピング条件に左右される)に負うところが大きいのではないかと予想される。

この報告をまとめるに当っては、建設省建築研究所(前北信観測所勤務)大竹政和氏に多大な協力を得ました。また、資料をまとめるに当っては北信観測所の方々に協力していただき共に深く感謝致します。地震研究所津村建四朗氏にも適切な助言を得ており厚く感謝の意を表します。

## 文 献

- AKI, K., 1969, Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves, *J. Geophys. Res.*, **74**, 615-631.
- BISZTRICSANY, E. A., 1958, A new method for the determination of the magnitude of earthquakes, *Geofiz. Kozl.*, **7**, No. 2.
- 堀実, 1973, 堂平微小地震観測所の観測による近地地震のマグニチュードの決定, 地震研究所研究速報, **10** (4), 1-4.
- 気象庁, 1969~1972, 地震月報.
- OHTAKE, M., 1970, Micro-structure of seismic sequence related to a moderate earthquake, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **48**, 1053-1068.
- SOLOV' EV, S. L., 1965, Seismicity of Sakhalin, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 95-102.
- 津村建四朗, 1967 a, 振動継続時間マグニチュードの決定, 地震 [ii] **20**, 30-40.
- TSUMURA, K., 1967 b, Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 7-18.
- 渡辺晃, 1973, 近地地震のマグニチュード (統報), 地震 [ii], **26**, 160-170.

7. *Some Practical Problems on the Determination of Magnitude from Duration Time of Oscillation.*

By Toshio HANEDA and Kaname SAKAI,  
Earthquake Research Institute.

A relation between magnitude and duration time of shallow earthquakes was derived for Ohmine, the main station of the Hokushin Observatory of Microearthquakes and Crustal Deformation. Based on the obtained relation, magnitude of local earthquakes can be determined with a deviation smaller than 0.5 from the magnitude of Japan Meteorological Agency.

The effect of the following factors on duration time of oscillation was also examined : 1) individual difference of interpreters, 2) sensitivity of seismographs, and 3) epicentral distance of earthquakes. Our investigations revealed that duration time of earthquakes is useful enough for the estimation of local magnitude.