

遠地地震のモーメントマグニチュードを STS2 地震計を用いて即時推定するための経験式

Empirical formulas for quick estimation of the moment magnitude of teleseismic earthquakes with STS2 seismometer

西前 裕司[1], 岡田 正実[2]

Yuji Nishimae[1], Masami Okada[2]

[1] 気象庁精密地震観測室, [2] 松代地震観

[1] Matsushiro Seismological Observatory, JMA, [2] Matsushiro Seismo. Obs.

1. はじめに

気象庁精密地震観測室では、固有周期が 30 秒の動コイル型長周期地震計の変位特性の地震波形の P 波到着時から 40 秒間の波形の最大振幅を用いて、ハーバード大学グループが求めるモーメントマグニチュード(以下ハーバード M_w と略す)に相当するマグニチュード(以下松代 M_w と略す)を算出している。求めた M_w は津波予報などの参考資料となっている。しかし、この動コイル型長周期地震計は 1968 年に整備され、すでに設置されてから 30 年以上が経過し、老朽化が顕著になっている。また、ハーバード M_w と松代 M_w の差のばらつきもやや大きいことから、この式に代わる新しい経験式を作成する必要性が生じてきた。今回は松代からの震央距離が 20 度以上の地震のハーバード M_w を推定する経験式を作成した。

2. データとマグニチュード推定の経験式

モーメントマグニチュード M_w 推定の経験式を求めるために、ハーバード M_w を基準のマグニチュードとした。データは 1997 年 1 月から 1998 年 12 月までのハーバード $M_w 6.0$ 以上の地震、1999 年 1 月から同年 12 月までのハーバード $M_w 5.5$ 以上の地震、および 2000 年 1 月から 2001 年 6 月までのハーバード $M_w 7.0$ 以上の地震で、精密地震観測室の STS2 地震計で P 波の到着がわかる地震 356 個を使用した。これらの地震の STS2 地震計の上下動成分を用いて、ハーバード M_w を早期に推定する経験式を作成する。

地震波形データから求められた振幅から、 M_w を経験的に求めるために、(1)式の回帰式の係数を最小 2 乗法で決定する。

$$M_w = \log(A) + F(\Delta) + \dots \quad (1)$$

ここで、 A は地震波の振幅、 $F(\Delta)$ は震央距離に関する関数を示す。

関数 F として、一般的には、 $\log(\Delta)$ を用いた式が多いが、観測点と震源との直線距離を表す $2\sin(\Delta/2)$ を用い、関数 F として、 $\log(\sin(\Delta/2))$ を使用した方が、振幅の距離に対する振幅の減衰がいくぶん直線的になり、 $\log(\sin(\Delta/2))$ を用いるほうが望ましかった。

3. 議論とまとめ

従来のように経験式の振幅に、波形の最大振幅を用いた場合の推定された松代 M_w は、現行の松代 M_w より若干精度が良くなるだけであった。これは、最大振幅が様々な振動の重なり合いで決まるので、偶然的要因を含んでおり、不安定であること、また、松代 1 点の観測波形では、P 波の初動付近は特定の経路を伝わった波で、震源での初期破壊時の放射パターンの影響を強く受けることが主な原因であると考えられる。しかし、P 波到着後の地震波形の振幅の時間平均を取ることによって、後続破壊による振動を観測できるだけでなく、様々な経路を伝わってきた波をすべて含めることが可能となる。具体的には、最大振幅に代わり、P 波から 1 分から 11 分まで 1 分きざみで変えたものに P-S 時間を加えた、合計 12 種類の時間についての 2 乗平均振幅(以下 RMS 振幅と略す)を用いた経験式を作成し松代 M_w を計算した。RMS 振幅を計算する時間を長くした方が相関が高くなるが、5 分を超えるところから相関係数および標準偏差の値が頭打ちとなった。これは、震央距離が 20 度以上の地震を選択しているため、RMS 振幅の計算時間が 3 分を超えると、RMS 振幅の計算時間中に S 波が混入している波形で RMS 振幅を計算しているためであると考えられる。

結局、最も相関係数が高く、残差の標準偏差が小さいものは、RMS 振幅の計算時間に P-S 時間を用いたものであった。残差の標準偏差でみると、現行方式が約 0.30 であるのに対し、新方式では 0.18 と改善された。このことは、S 波が混入していない地震波を用いているので、P 波の平均的なエネルギーでマグニチュードを決めるという物理的な意味に忠実な方式が良い結果を示したといえる。また、この経験式は、精密地震観測室の STS2 地震計だけの波形を使用して求めたものであるが、気象庁および防災科学技術研究所の広帯域地震観測点の地震計のデータにも適用可能かどうかを調査した。その結果、他の観測点にも本研究で求めた式が適用できると考えられる。