

周波数マグニチュードの提案と緊急地震速報での利用

Proposal of frequency-dependent magnitude and its effectiveness in earthquake early warning

山本 俊六 [1]; 堀内 茂木 [1]; 中村 洋光 [1]; 呉 長江 [1]; 入倉 孝次郎 [2]

Shunroku Yamamoto[1]; Shigeki Horiuchi[1]; Hiromitsu Nakamura[1]; Changjiang Wu[1]; Kojiro Irikura[2]

[1] 防災科研; [2] 愛工大

[1] NIED; [2] Aichi Inst. Tech.

1. はじめに

堀内・他(2005), 山本・他(2005)は, 緊急地震速報において震度推定を行うための新しい震源パラメータ(震度マグニチュード)を提案し, これを利用することにより, 従来の手法に比べ精度の高い震度推定が可能になることを示した。また, 大きな地震の際には, 断層破壊終了前に最大震度をほぼ正確に推定できる性質があることも示した。現在, 震度マグニチュードを計算するルーチンは, 気象庁内に設置されたシステムで常時稼働中であり, 気象庁はその有効性の検討を行っている段階である。一方, 2006年8月より先行的運用が開始された緊急地震速報は, 今後システム制御などの分野に幅広く利用されることが期待されているが, これらの分野で望まれる情報は“震度”よりも, “振幅”や“応答スペクトル”であると考えられる。従って, ここでは, ユーザサイトにおける応答スペクトルの高精度な推定を目指し, 震度マグニチュードの概念を拡張した新しい周波数依存の震源パラメータ(=周波数マグニチュード)を提案し, その有効性について示す。

2. 周波数マグニチュードの定義

周波数マグニチュード($M_{freq}(f)$)と震源スペクトル($Mo(f)$)の関係を

$$M_{freq}(f) = \log(Mo(f)) + \text{const}$$

と定義した場合, 無限均質媒体を伝播する地震波の振幅($Amp(f)$)と $M_{freq}(f)$ の関係は以下ようになる。

$$M_{freq}(f) = \log(Amp(f)) + a(f) \cdot \log(r) + \pi \cdot f \cdot T/Q(f) / \ln(10) + \text{const} (1)$$

$r, f, T, Q(f)$ は, それぞれ震源距離, 対象周波数, 走時, Q 値を表し, 実体波の場合 $a(f)=1$ である。特に(1)式の $Amp(f)$ を, 対象システムの最大応答振幅と考えたものを, ここで示す $M_{freq}(f)$ の定義とする。観測波形から応答スペクトルが求めれば, (1)式より $M_{freq}(f)$ を求めることができ, 一旦 $M_{freq}(f)$ が求めれば, 任意の地点での応答スペクトルを直接求めることができる。なお, 計測震度の定義に従い, (1)式の $\log(Amp(f))$ の項を $1/2$ に置き換え, 対象周波数を 3Hz としたものが, 従来の震度マグニチュードの定義に対応する。

3. Hi-net データを用いた $M_{freq}(f)$ の計算とその性質

2002年以降Hi-netで記録された163地震(震源距離350km以内:14626データ)を対象に, 固有周波数0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0Hzの加速度応答(減衰定数5%)に対応する $M_{freq}(f)$ を求めた。リアルタイムで解析が行えるように, 漸化フィルタによりセンサー特性の補正を行い, その波形を入力として逐次的に加速度応答計算を行い, 秒単位で観測点ごとの $M_{freq}(f)$ と全観測点の平均値を求めた。なお, ここでは $a(f)=1.0$ を仮定し, 観測値と計算値の誤差を最小にする $Q(f)$, および周波数依存の観測点補正值を事前に求め, これらの係数を解析に用いた。S波部分まで含めた波形により求められた $M_{freq}(f)$ と M_{jma} を比較した結果, M_{jma} の大きな領域で, $M_{freq}(f)$ が頭打ちになる傾向が認められ, 振動数の高いものほど, 頭打ちが始まる位置が, 小さな M_{jma} 側にシフトすることが分かった。これは, 震源の持つコーナー周波数と関連する性質と考えられるが, ここでは応答システムの出力結果を通して見ているため, 若干鈍った見え方となる。 $M_{freq}(f)$ による加速度応答値の推定誤差(RMS)のレベルは対数スケールで0.23~0.33程度であり, 特に2Hz周辺では震度マグニチュードを用いた震度推定の場合と同程度の精度を示すことが分かった。

4. まとめ

ここでは緊急地震速報における応答スペクトルの高精度な推定を目指し, 新たに周波数マグニチュード($M_{freq}(f)$)を定義し, これを用いた推定手法を提案した。この手法では観測値から直接, 応答スペクトルを推定するため, 震源特性の影響を受けずに精度の高い推定が可能である。