

P 波最大加速度を用いた新たな震度予想手法の提案

愛知工業大学

○上田 竹寛

愛知工業大学

正会員

倉橋 奨

愛知工業大学

正会員

正木 和明

愛知工業大学

入倉 孝次郎

1. はじめに

リアルタイム地震情報の例として、緊急地震速報がある。緊急地震速報により、予想震度を提供することで、被害が軽減されることが期待されている。しかし、生産設備の制御などの高度利用を行う場合は、予想精度は十分ではない。図 1 に示すように、緊急地震速報を利用した予想方法では、多くの経験式を介して震度を予想していることが、予想精度を下げる要因の一つと考えられる。

そこで、本研究は震度予想の精度向上を目的とした新たな震度予想手法を提案した(図 2)。そして、平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震の K-NET および KiK-net の地表記録を用いて、震度予想に必要な関係式を決めた。また、本方式の有効性について、予想震度と実測震度を比較し・検証した。

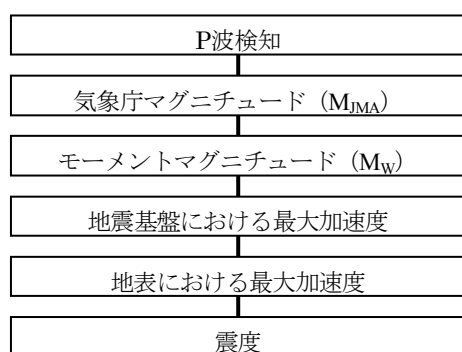


図1 緊急地震速報を用いた予想方式¹⁾

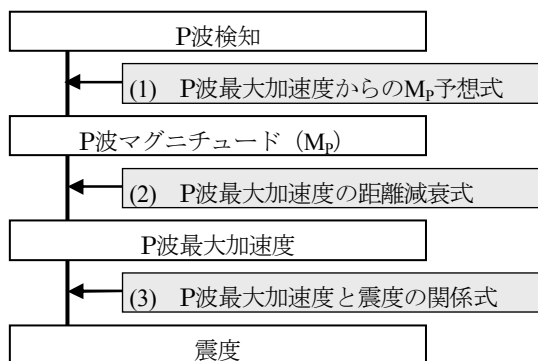


図2 提案予想方式

2. 震度予想手法

図 2 に示した提案方式は、(1)実測の P 波最大加速度

から P 波マグニチュード M_p を算出し、(2) M_p を用いて震度を予想する地点の P 波最大加速度を予想する。そして、(3)予想した P 波最大加速度から震度を予想する手順をとる。震度の予想を行うために、3 つの関係式が必要である。ただし、(1)および(2)は同じ変数の関係式であるため、2 つの関係式を示せばよい。よって、本研究では、震度予想に必要な P 波距離減衰式および P 波最大加速度と震度の関係式を導く。

3. 震度予想に必要な関係式

3.1 P 波距離減衰式

距離減衰に関する既往研究の多くは、S 波に関するものである。P 波に関する研究は、近年注目されているが確立されていない。そこで、リアルタイム地震情報の利用を目的とした、地表記録における P 波最大加速度の距離減衰式を導いた。

岩手・宮城内陸地震の本震と $M_w 4.5$ 以上の余震の記録を用いた。巨大地震の場合、震源を面的に捉える必要がある。そのため、本震では震源域からの最短距離をとっている。一方、余震は震源距離を用いた。

回帰モデルは物理的意味のある式(1)とした。右辺の第 2 項は幾何減衰、第 3 項は粘性減衰、第 4 項はサイトエフェクトを表している。サイトエフェクトは主に地点近傍の増幅度を指している。

$$\log P_{\max} = a \cdot M_w - \log r - b \cdot r + c \quad (1)$$

$P_{\max}$: P 波地表面最大加速度、上下動成分 (cm/s^2)

M_w : モーメントマグニチュード (防災科研 F-net より)

r : 震源からの距離 (km)

a, b, c : 回帰係数

近似方法は、近似を階層に分けて行う 2 ステップ²⁾を用いた。これにより、変数のトレードオフ問題を回避して、回帰係数を決定できる。その結果、 $a=0.59$, $b=0.002$ となった。係数 c は地点ごとに決まるが、平均は 0.85 (標準偏差 0.26) となった。

$$\log P_{\max} = 0.59M_w - \log r - 0.002r + 0.85 \pm 0.26 \quad (1')$$

ここで、式(1)の M_w を M_p に置き換えた式(2)を M_p の定義とする.

$$M_p = \frac{1}{0.59} (\log P_{\max} - \log r - 0.002r + 0.85) \quad (2)$$

P 波地表面最大加速度の実測値から式(2)で M_p を求め、式(1)を用いて、任意の地点の P 波地表面最大加速度が予想できる.

3.2 P波最大加速度と震度の関係式

S 波最大速度と震度の関係は良い相関があるとされている. しかし、リアルタイム地震情報は S 波の到達を待たず、震度を予想する必要があるため、P 波から震度を予想する必要がある. そこで、P 波と震度の関係式について提案する.

回帰モデルは S 波についての式を参考にし、近似方法に平均回帰直線³⁾を用いた. 独立変数と従属変数を入れ替えて近似を行い、その幾何平均を回帰直線とする方法である.

回帰分析の結果、式(3)が得られ、P 波最大加速度から震度を予想できる.

$$I = 2.04 \log P_{\max} + 1.30 \pm 0.48 \quad (3)$$

I : 震度

$P_{\max}$: P 波地表面最大加速度, 上下動成分 (cm/s^2)

4. 本提案方式の検証

本提案方式に従って、P 波の実測最大加速度から M_p を計算し、P 波最大加速度を予想した. これを用いて震度を予想した. 予想震度と実測震度を比較し、本方式の検証を行った. 図 3 に結果を示す. 図 3 の左は、地点ごとのサイトエフェクトを考慮した場合であり、左はすべての地点の平均を用いている. また、図 4 は緊急地震速報の方式による予想震度と実測震度の比較である.

図 3 から、精度のよい予想が可能であることがわかる. 特に地点ごとのサイトエフェクトを考慮した場合は、ばらつきが小さく、精度の向上が見られた. 図 4 の緊急地震速報の方式の精度と比較しても、本方式の精度は劣らない. よって、今回の検証においては、本提案方式は有効な震度予想方式であると言える.

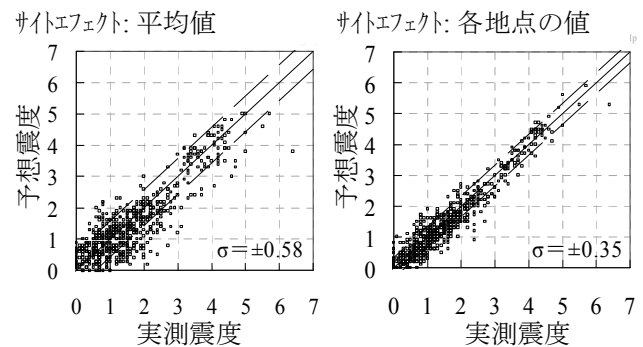


図 3 本提案方式による予想震度と実測震度の比較

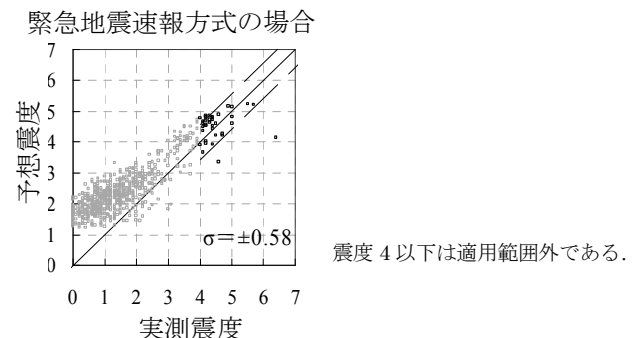


図 4 緊急地震速報の方式による予想震度と実測震度の比較

5. 結論

P 波マグニチュードを用いて、震度予想を行う手法を提案した. 岩手・宮城内陸地震を用いて手法の有効性を検証した結果、提案した手法は有効であると言える. ただし、他の地震の記録を加え、同様の結果となるか検証する必要がある.

謝辞

本研究は独立行政法人 防災科学技術研究所の運用する強震観測網 (K-NET および KIK-net) の記録を用いています. ここに記し、謝意を表します.

参考文献

- 1) 気象庁地震火山部: 緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料, 2007
- 2) W.B.Joyner and D.M.Boore, "Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake", Bull. Seism. Soc. Am., Vol.71, No.6, pp.2011-2038, Dec. 1981.
- 3) 宇津徳治: 震度-震央距離-マグニチュードの関係 その 1. 東日本太平洋岸沖合を除く日本の浅発地震, 地震研究所集報, Vol.59, pp.219-233, 1984