

よりロバストで迅速なマグニチュード推定手法

山田真澄、Jim Mori (京都大学)

荒木正之 (株式会社 aLab)

現在気象庁により推定されているマグニチュードは、地震計の変位振幅に基づいて計算されている。この手法では、距離減衰を用いるために、震源が正しく決まらなると大きな誤差を生み出す。実際に島嶼部で発生した地震では、マグニチュード推定が 3 以上も異なっていたケースがあった。本研究では、P 波の振幅情報と周期情報を統合することにより、よりロバストなマグニチュード推定を行うことを目指す。

1. はじめに

近年、数多くの IT 強震計が考案されているが、オンサイト地震動情報を利用して地震動予測を行うためには、適応したアルゴリズムの開発が必要である。

これまでに提案されたマグニチュードの推定手法として以下のものがある。

- ・ P 波の周期を利用する : c method (Wu and Kanamori, 2005)
- ・ P 波の振幅を利用する : 緊急地震速報(Odaka et al., 2003)

本研究では、波形に含まれている情報を最大限に生かすため、両者を統合してよりロバストで迅速に最終値に収束する M 推定アルゴリズムの提案と、時間とともに増える観測記録数の影響の検討を行った。

2. データ

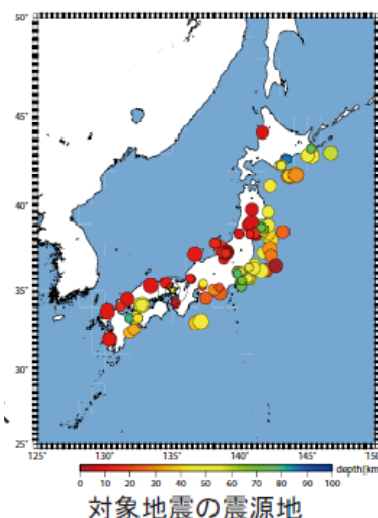
K-NET と KiK-net の震源近傍の加速度記録 (117 地震) を利用した。

- ・ JMA マグニチュード(M) : 4.0 ~ 8.0
- ・ 最初の P 波検知から 10 秒以内に波形が到達した記録

それぞれの記録から、まず以下の成分を計算する。

- ・ P 波到達後 3 秒間の最大変位(Pd3)
- ・ P 波到達後 3 秒間の主要周期(c)

長周期のノイズが大きいので、 $f_c=0.075\text{Hz}$ のバターワースフィルタをかけ、長周期成分を落とした。



3. 手法

各記録の M と c と Pd3 の関係から回帰式を構築する。誤差は正規分布に従うと仮定し、観測値が得られた時の M の確率を正規分布で表わす。最適な M は 2 つの確率密度関数の和の最大値とする。

回帰式 2 は震源距離(R) と震源深さ(D) が必要だが、他の手法により既知と仮定する。回帰式 1 は震源位置の情報はいらない。

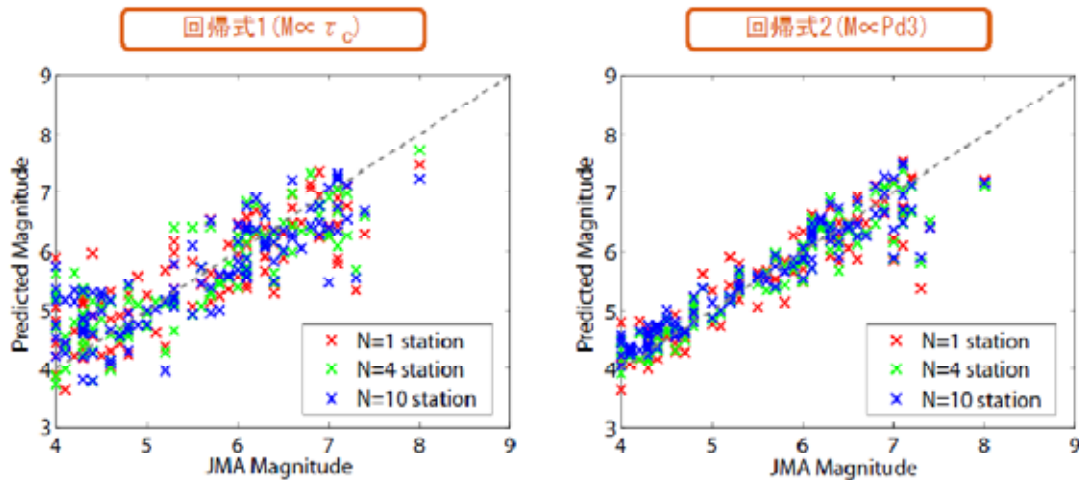
P 波検知した観測点の数によって標準偏差やパラメータが異なるので、観測点数ごとに回帰を行った。複数の観測記録からの M 予測値がある場合は、中央値を採用する。

- ・ 回帰式 1: $M = c_1 \log_{10}(\tau_c) + c_2 \pm \sigma_t$
- ・ 回帰式 2: $M = c_3 \log_{10}Pd3 + c_4 \log_{10}R + c_5 R + c_6 D + c_7 \pm \sigma_p$

$$\text{Prob1}(M|\tau_c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2}} \exp\left[-\frac{(M - (c_1 \log_{10}\tau_c + c_2))^2}{2\sigma_t^2}\right]$$

$$\text{Prob2}(M|Pd3) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_p^2}} \exp\left[-\frac{(M - (c_3 \log_{10}Pd3 + c_4 \log_{10}R + c_5 R + c_6 D + c_7))^2}{2\sigma_p^2}\right]$$

4. 結果



5. 結論

P 波の振幅情報と周期情報を統合することにより、より信頼性の高いマグニチュード推定ができることを示した。

- ・ 観測点数ごとに回帰を行うことにより、回帰式の精度を向上した。
- ・ 振幅情報と周期情報を用いているので、よりロバストな予測が可能である。特に回帰式 1 は震源位置情報が不要なので、島嶼部など震源位置に精度がない場合もマグニチュードの大きなバラツキを防ぐことが可能である。
- ・ 提案した手法は、既往の手法よりも早く最終 M に到達することを示した。
- ・ 観測点数が 1 の場合には、近地項の影響が大きい場合があるので、それらの記録をアウトライヤーとすれば予測精度は向上するであろう。
- ・ 茨城沖地震、鳥取県西部地震など立ち上がりの遅い地震では、3 秒以上の波形を考慮する必要がある。
- ・ 本手法はリアルタイムで扱える形式でプログラミングされているので、即座に IT 地震計への適用が可能である。