

リアルタイム震度の成長から分かるもの —震央距離の推定時間短縮に向けた試み—

山本俊六、野田俊太、佐藤新二、岩田直泰、是永将宏（鉄道総合技術研究所）

1. はじめに

単独観測点による震源情報推定は、早期地震防災上重要な役割を担っており、精度と即時性をさらに向上させることが期待されている。ここではP波極初動部（約0.5秒以内）の性質に着目した新しい震央距離推定手法について検討する。その際、現在、新幹線の早期地震防災システムや気象庁の緊急地震速報に使用されているB- Δ 法（Odaka et al., 2003）をベンチマークとして性能評価を行う。B- Δ 法は通常、P波検知後2秒間のデータを用いて震央推定を行っているが、これより推定精度を低下させず、推定時間を短縮することを目標とする。

2. P波極初動部の性質（リアルタイム震度の成長）

初めに、異なるマグニチュードの地震を扱い、P波極初動の成長の差異について検証する。ここでは、振幅の成長に関する平均的な性質を確認することを目的として、リアルタイム震度を利用する。図1に、ほぼ同一震源距離（50km前後）の地震記録をマグニチュードに応じて3つのグループに分けた場合の、リアルタイム震度の成長の各平均値を示す。グループ1はM=5の地震、グループ2はM=6の地震、グループ3はM=6.9~7.1の地震波を扱っている。

図1より、リアルタイム震度の成長が、マグニチュードの違いにより、P波到達後の時間の経過に伴い大きく変化するものの、P波の極初動部（図中の破線内）ではマグニチュードによる成長の差異は顕著に認められないことが分かる。従って、極初動部では、振幅あるいは振幅の成長は概ね震源距離のみに依存すると考えることができる。

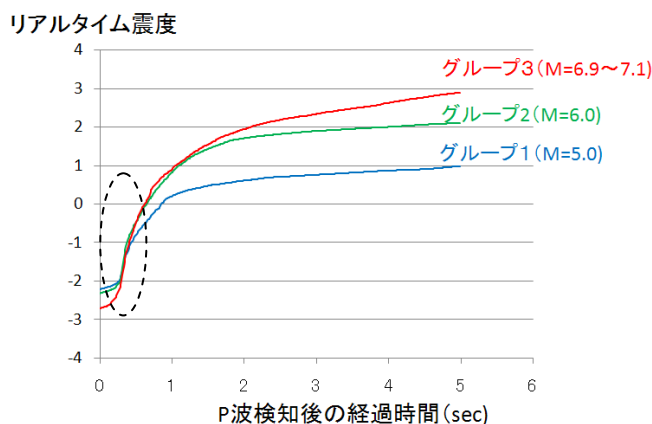


図1 リアルタイム震度の成長（平均値）の比較

3. P波極初動部を対象にした新しい震央距離推定手法の提案

B- Δ 法は数秒程度のタイムウィンドウを想定して開発されたため、マグニチュードの違いにより成長包絡形状が変化することを前提にしたフィッティング関数を扱っている（式(1)参照）。(1)式中、 A 、 B は係数であり、 t は時間を表す。また exp の項がマグニチュード依存に対応する部分である。

$$y(t) = B t \exp(-A t) \quad (1)$$

ここでは、マグニチュード依存性の低いP波極初動部を扱うことを前提に、成長をより単純に表現できる(2)式を使用する。Cは係数である。

$$y(t) = C t \tag{2}$$

震央距離推定に際しては、地震の個性や、表層地盤の影響を受け難い高振動数（10～20Hz）の加速度成分の絶対振幅包絡線に対して(2)式でフィッティングを行い、最小自乗法で最適な係数Cの値を求め、事前に用意したCと震央距離Δの関係から、距離を求めるものとする。

K-NETの2237記録(M=4.3～8.0)を対象に0.5秒のタイムウィンドウを利用した場合の係数Cと震央距離の関係性を求めた結果を図2に示す。またその時、得られた回帰式を(3)式に示す。

$$C = 1854 \Delta^{-1.828} \tag{3}$$

この式を利用した推定震央距離（対数表示）と真値の残差はrmsで0.3029となった。同様の解析を2.0秒のタイムウィンドウに対しても行い、それぞれ、B-Δ法の残差と比較したものを表1に示す。

表1より、本手法（0.5秒）の精度は、B-Δ法（0.5秒）の精度より約3割向上すること、さらにB-Δ法（2.0秒）の精度と同等以上であることが分かる。

4. まとめ

M依存性の低いP波極初動部を扱い、高振動数成分を簡単な関数でフィッティングすることで、震央距離を推定する手法を提案した。今回扱ったデータセットでは、この手法により、B-Δ法(2.0秒)と同等以上の精度を保ったまま、推定時間を1/4（0.5秒）に短縮できることが示された。今後、他のデータセットによる検証、タイムウィンドウ、フィルタの最適化を行う予定である。

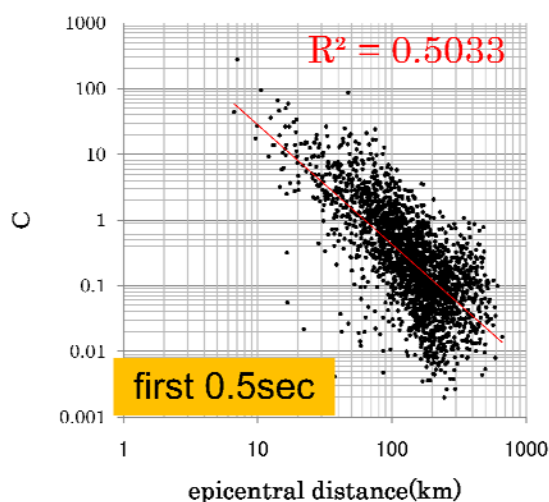


図2 本手法による係数Cと震央距離の関係

表1 本手法とB-Δ法の推定精度の比較
(震央距離推定の平均誤差（対数）)

	0.5sec window	2.0sec window
B-Δ法	0.4208	0.3160
本手法	0.3029	0.3115