

可変のタイムウィンドウによる単独観測点処理の改良

鉄道総合技術研究所

野田俊太, 山本俊六, 岩田直泰,
是永将宏, 佐藤新二, 芦谷公稔

1. はじめに

現在、緊急地震速報システムや新幹線の早期地震警報システムには、地震を検知した観測点が一点で震央位置を推定する単独観測点処理が用いられている。震央位置の推定は、B- Δ 法 (Odaka et al., 2003) (図 1) によって震央距離を、主成分分析法 (気象庁地震火山研究部, 1985) (図 2) によって震央方位を推定することによって行なう。単独観測点処理は推定の迅速性が高いものの、精度には問題が残る。

現行の手法では、全ての地震波であらかじめ固定された長さのタイムウィンドウによって地震諸元推定を行なうが、本研究では地震波によって異なる長さの可変のタイムウィンドウを用いることによって、単独観測点処理の精度および迅速性を大きく向上させることができる手法を提案する。なお、本研究で用いたデータセットは、K-NET の 1996 年から 2009 年の間に記録された震央距離 300km 以内、計測震度 3.5 以上の全 2,552 波形である。

2. 震央方位推定方法の精度と迅速性の向上

現行の震央方位推定方法では、P 波の自動検出時刻から 1.1 秒間のタイムウィンドウを用いて主成分分析を行なっている。しかしながら、上述のデータセットを用いて再検証を行なったところ、0.5 秒前後のタイムウィンドウを用いた場合が最も高精度となった (表 1)。これは、タイムウィンドウが短いほど、P 波の直達波よりも地殻構造の不均質性によって生じる後続の散乱波の影響が少なくなるためだと考えられる。

このことを踏まえて、さらに精度を向上させるため、上下動成分の P 波検出時刻から最初にゼロ・クロスするまでの時間をタイムウィンドウとして同様に震央方位の推定を行なった (図 3)。その結果、固定で最も精度が高かった 0.5 秒のタイムウィンドウの場合よりも精度が大きく向上した (表 1)。また、この方法は現行の手法より平均で約 0.4 秒推定に必要な時間を短縮することができる。

3. 震央距離推定方法の迅速性の向上

現行の B- Δ 法では、主に P 波の検出時刻から 2 秒間の波形データを使用することが多い (ここでは 2 秒 B- Δ 法と呼ぶ) が、本研究では B- Δ 法の迅速性を向上させるため、B- Δ 法の係数 A および B の時間変化に着目した。P 波の検出時刻から 0.1 秒間隔毎に 2 秒までの各波形データの A および B を求めると、A と B の時間変化は良い相関性を持って変化する傾向 (相関係数の平均値は 0.82) に加え、A および B は 2 秒間の間にほぼ一定の値に収束していく傾向が見られた (図 4)。この性質を使うと、A または B が収束したことを確認できれば、これまでの 2 秒 B- Δ 法の性能をほぼ確保したまま震央距離が推定できることになる。そこで A もしくは $\text{Log}_{10}B$ の微分データの絶対値が、ある閾値以下の値をある時間継続したかどうかを見ることによって収束の判定を行なうこととする。この方法を可変 B- Δ 法と呼ぶことにする。

図 5 および図 6 にそれぞれ、A の微分データによって収束の判定を行なったときの 2 秒 B- Δ 法と可変 B- Δ 法による推定震央距離の差の RMS、収束までに要する時間の平均値を示す。結果として、収束の判定条件を厳しくすればするほど収束までに要する時間が長くなるものの、可変 B- Δ 法の 2 秒 B- Δ 法に対する精度が高まる傾向が見られた。2 秒 B- Δ 法はそもそも真の震央距離に対してほぼ倍半分の精度であるため、そのことを考慮すれば可変 B- Δ 法は適切なパラメータを設定することにより 2 秒 B- Δ 法とほぼ同じ精度で 1 秒以内での震央距離の推定が可能である。

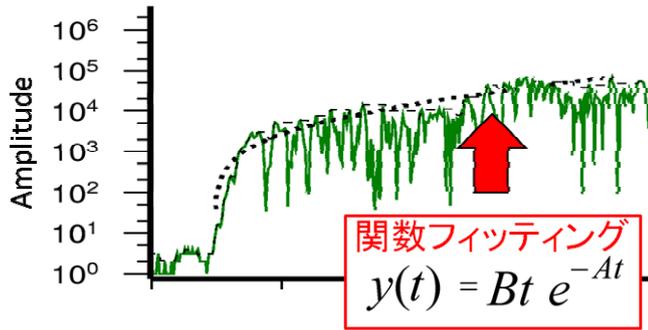


図 1. B-Δ法

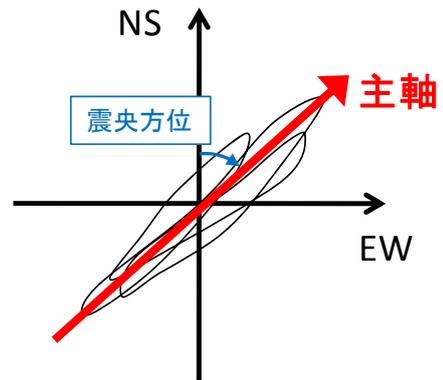


図 2. 主成分分析法

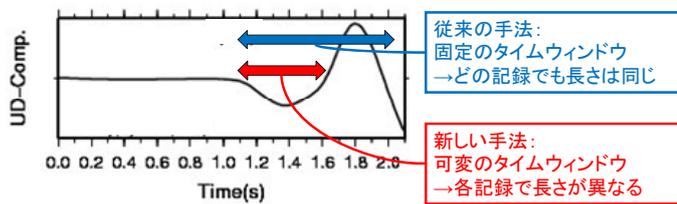


図 3. 震央方位推定方法における可変のタイムウィンドウ

表 1. 推定震央方位の誤差の結果のまとめ

タイムウィンドウ	誤差の平均値	誤差の RMS
固定 1.1 秒 (現行の手法)	46.8 度	71.3 度
固定 0.5 秒	39.4 度	60.4 度
可変 (P 波初動パルス幅)	31.9 度	50.8 度

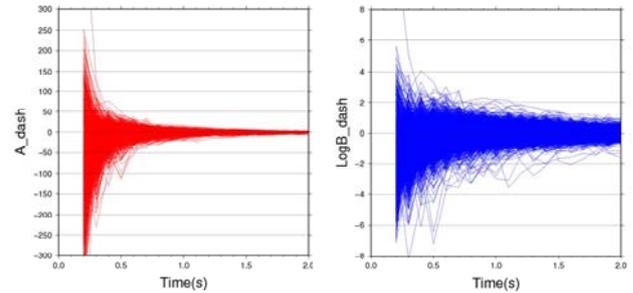
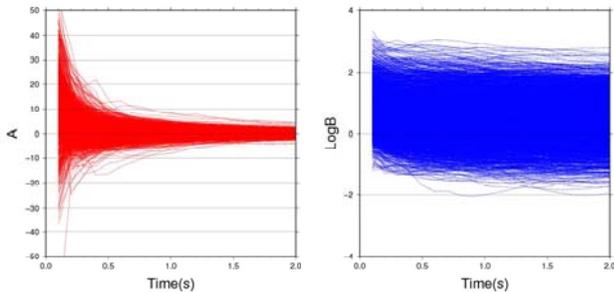


図 4. A および B の時間変化 (左から A, $\text{Log}_{10}B$, A の微分, $\text{Log}_{10}B$ の微分)

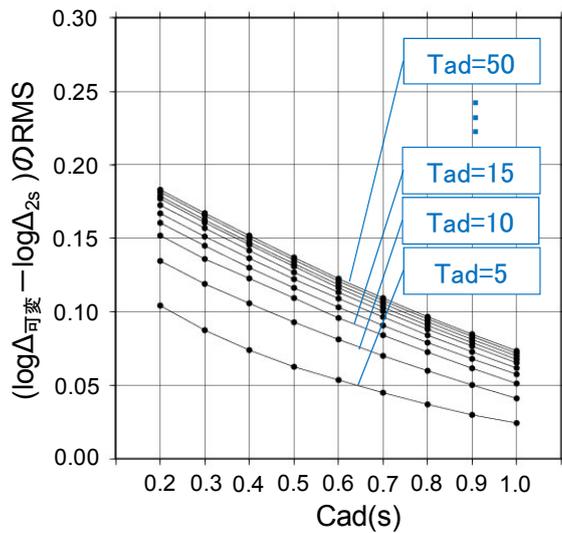


図 5. 推定震央距離の差の RMS

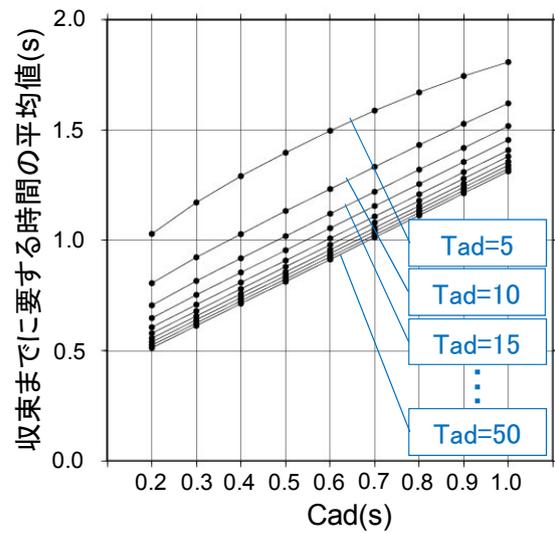


図 6. 収束までに要する時間の平均値