

緊急地震速報の IPF 法への一本化へ向けた検証

*野口 恵司¹、林元 直樹¹、溜淵 功史²、小寺 祐貴²

1. 気象庁、2. 気象研究所

1. はじめに

緊急地震速報の震源推定手法の1つである IPF 法 [溜淵・他(2014)] は、同時多発地震による観測データを適切に分離して処理できるという利点がある。一方で、IPF 法の緊急地震速報への活用開始以降、同時多発地震やノイズを適切に分離できなかったために、2回の過大警報を発表した。その原因は、緊急地震速報処理が、Hi-net を使用した着未着法 [Horiuchi et al.(2005)] や、AR-AIC 法等を用いて自動検測し最小二乗法によって震源を決定する処理を併用しており、それらが推定した震源と、IPF 法がグルーピングした観測データを誤って同一判定した結果、マグニチュードを過大評価したためであった。

この問題を解決するため、IPF 法がグルーピングした観測データのみを用いて緊急地震速報を発表するシステムの構築を目指す。そのために、現在の IPF 法は、気象庁観測点、海底地震計、KiK-net の一部を使用しているが、それに加えて Hi-net も使用する必要があり、検討を行ってきた。

昨年の発表時点では、IPF 法の尤度関数に一元化震源決定と同じ震源距離の重み [上野・他(2002)] を導入することで、特に 70km 程度より深い地震や島しょ部の地震で震源推定精度が向上することを確認した。

本発表では、緊急地震速報の IPF 法への一本化へ向けて、着未着法との比較や緊急地震速報との比較を行った結果について報告する。また、IPF 法の尤度関数についてチューニングを行ったため、それについても報告する。

2. 緊急地震速報の IPF 法への一本化へ向けた検証

2017年1月～2020年8月の緊急地震速報発表事例(2950個)、東北地方太平洋沖地震(2011/3/11～31)の一連の地震、及び熊本地震(2016/4/14～30)の一連の地震について事例検証を行い、以下の比較と調査を行った。

- IPF 法の入力データを Hi-net のみとしたときの着未着法との比較
- 当時の緊急地震速報との比較
- IPF 法の空振りと見逃し事例の調査

3. IPF 法の尤度関数のチューニング

IPF 法の入力データ (A 電文) の傾向を分析し、尤度関数のチューニングを行った。

IPF 法は以下の残差から尤度を計算している。

- 主成分分析 [横田 (1985)] と震央方位の残差 (以下、震央方位の残差)
- B- Δ 法 [Odaka et al.(2003)、東田・他(2004)] と震央距離の残差 (以下、震央距離の残差)
- 振幅から計算した M と震源 M の残差 (以下、M の残差)
- 検測時刻と P 波理論走時の残差 (以下、走時残差)

これら残差について、その傾向を分析したところ以下4点の特徴が見られた。

- 震央距離の残差は対数正規分布
- 震央距離の残差の多くが0より大きい
- 震央方位の残差、震央距離の残差、及びMの残差については、分布から計算した標準偏差は震源距離によらずほぼ一定
- 走時残差の分布から計算した標準偏差には震源距離への依存性がある

これらの特徴を反映するため、尤度関数の再設計を行った。また、それぞれの残差についての特徴をもとに、表の通りに尤度関数の設定を行った。

$$p(x|\mu, \sigma, k, w_i) = \lambda_i \exp\left\{-\frac{w_i(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} + (1-\lambda_i)$$

表：各残差における尤度関数の設定

	$x - \mu$	σ	w_i	λ_i
震央方位の残差	$x - \mu$	20	1	0.1
震央距離の残差	$\log_{10} x - \log_{10} \mu - 0.4$	0.3	1	0.1
Mの残差	$x - \mu$	0.4	1	0.25
走時残差	$x - \mu$ (使用する未トリガは近傍10地点)	1.5	R_{\min}^2/r_i^2 未トリガは1	$0.5 \exp\{-0.00795(r_i - r_{10})\}$

R_{\min} ：最短震源距離（ただし、50 km 未満は 50 km に固定）、 r_i ：震源距離

r_{10} ：震源近傍10地点目の震源距離

R_{\min}^2/r_i^2 が1より大きければ $w_i = 1$ 、 $i = 1, \dots, 9$ のとき $r_i - r_{10} = 0$

4. 結果

IPF法の入力データをHi-netのみとして当時の着未着法と比較し、震源精度や第1報発表時刻に大きな差異はないこと、IPF法は当時の緊急地震速報と同等以上の震源推定精度であること、誤った同一地震判定による過大警報を公表していないことを確認した。

IPF法の尤度関数をチューニングした結果について、A電文の特徴を考慮してパラメータを設定したことにより、一部事例で同一判定の改善を確認した。また、事例全体では昨年発表時の結果と比較して震源推定精度やスコアが同等であることを確認した。

[謝辞]

本発表では気象庁観測点のデータのほかに、MOWLAS (Hi-net、S-net、DONET、KiK-net) のデータを利用しました。記して感謝いたします。