

一元化震源のための自動震源推定手法の高度化

溜瀧功史（気象庁）

気象庁では地震波形データから自動処理によって地震を検出し、その処理結果を人の作業によって精査することで、一元化震源カタログの作成を行っている。しかし、大規模な地震が発生すると、余震が多発するために、従来の自動処理手法である STA/LTA によるトリガではトリガ検知ができなかったり、あるいは自動処理においては複数の地震の相を混同して震源決定したりするために、実際の震源とは大きく異なる場所に誤った震源を決定することがあった。このような課題に対応するために、ベイズ推定を用いた自動震源決定アルゴリズムを開発した。本発表では、本アルゴリズムの概要及び適用事例について述べる。

このアルゴリズムは、大きく 2 つの処理に分かれる。1 つ目は自動検出処理で、地震波形データから P 相、S 相及び最大振幅を抽出するものである。この処理では、STA/LTA によるトリガを行わず、常時、SN 比(分散比等)の極大値を検出し、その検出結果を初期値として AR-AIC 法による検出を行う。震源決定を行うため、検出時刻と、検出時刻から 10 秒間の最大振幅を、後続の処理に渡す。

2 つ目は震源決定処理で、上記で得られた検出値とその最大振幅を用いて、観測値を最も満足する震源の探索を行う。従来の手法では、主に検出時刻のみによって震源決定に使用する検出値を選別していたが、本手法では検出時刻に加えて最大振幅を統合して用いることで、異なる地震の相やノイズの混入を従来よりも抑制することができる。具体的には溜瀧・他(2014)*1と同様に、各観測点の走時残差と、各観測点で計算されるマグニチュードのばらつきが最小になるほど尤度が大きくなるように尤度関数を定義する。ただし、この尤度関数は、下限値を設けることでノイズや別の地震の相といった異常値が混入しても著しく尤度が下がらないように設定した。また、最適解探索を効率化するための手段として、ベイズ推定に基づく帰納的な推定手法であるパーティクルフィルタを用いる。

本手法を全国に適用した事例を図 1、図 2 に示す。通常の活動時において、内陸の浅い地震については、M1 以上のほぼ全ての地震を自動で決定することができる。また、一元化震源との震央位置の差は概ね 1km 程度の範囲内に収まる。地震多発時においても、活動の度合いによるが、M1 以上については一元化震源のうち 7~8 割程度まで自動で決定することが可能である。これは、余震活動の推移や余震域の広がりをほぼリアルタイムにモニタする用途として十分に活用できると考える。現在、次世代地域地震センターデータ処理システムの更新にあわせて、システムへの組み込みを計画している。

*1: 溜瀧・山田・Wu, 2014, 緊急地震速報のための同時多発地震を識別する震源推定手法, 地震 2, 67 巻 2 号.

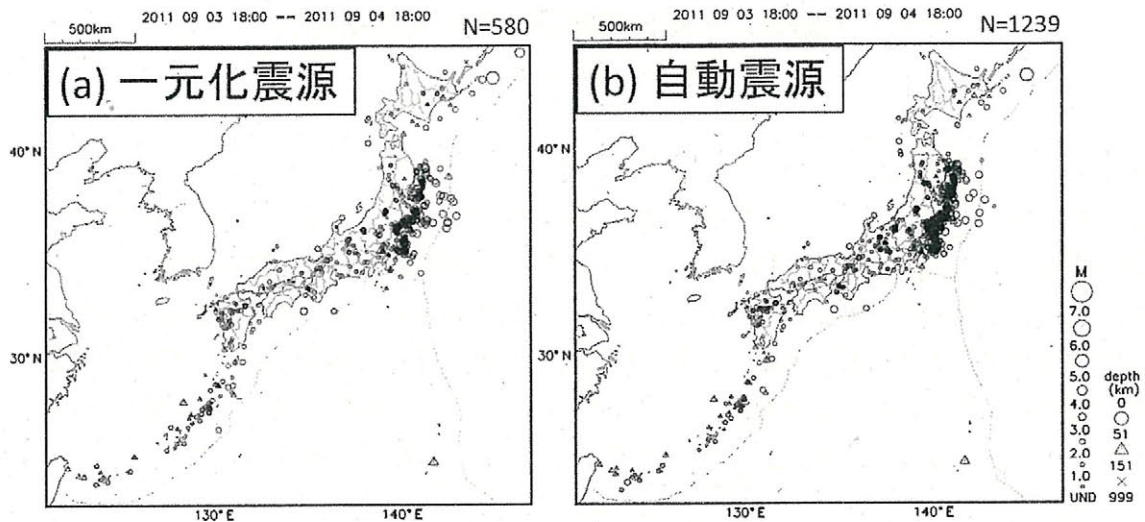


図 1 2011 年 9 月 3 日 18 時～4 日 18 時の処理結果の例
 (a) 一元化震源の分布, (b) 本手法による自動震源の分布を示す. 自動震源はノイズを除去したものを表示している. なお, 除去したノイズの個数は, 140 個であった.

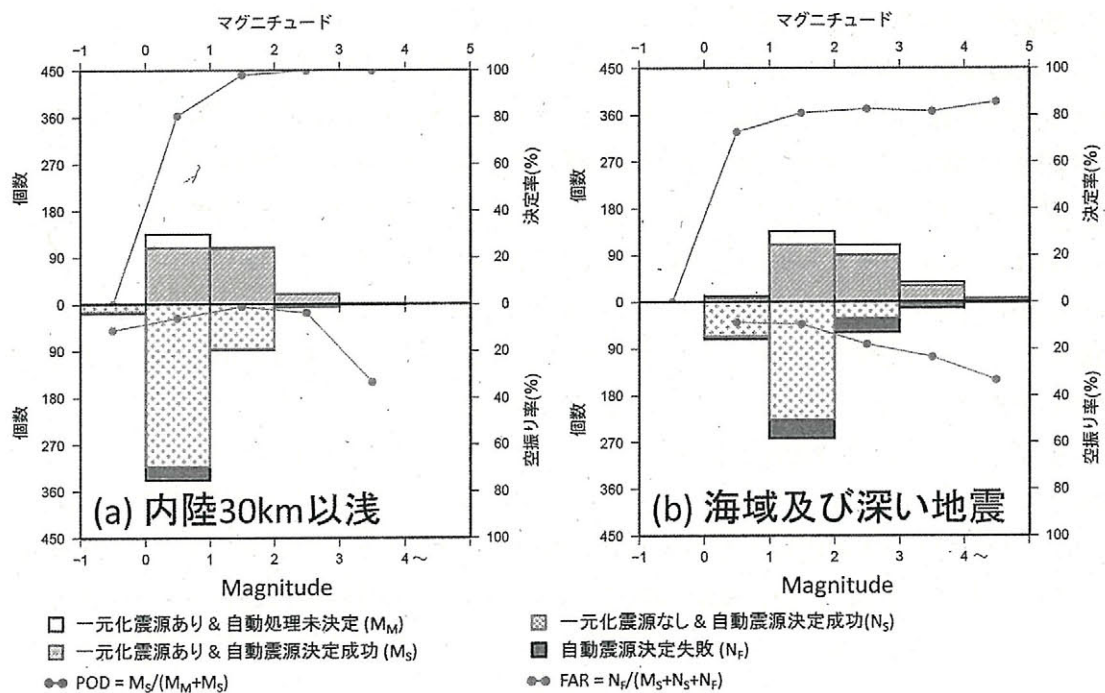


図 2 自動震源の M 別決定率
 上記期間における, 一元化震源と自動震源の M 別頻度分布を示す. 一元化震源と比較して, OT 差が 5 秒以内かつ緯度経度差 0.5 度以内の自動震源を一致した地震とみなしてカウントした(赤色). 一致しなかったもの(一元化震源カタログにない地震(青色)またノイズ(灰色))は, 下部に示す. 赤色の線は決定率(POD), 青色の線は空振り率(FAR)をそれぞれ示す.