

Hi-NET と気象庁観測点を統合した IPF 法 — 2016 年熊本地震への適用

山田真澄（京都大学防災研究所）、林元直樹、西前裕司（気象庁）

はじめに

パーティクルフィルタを用いた統合震源決定手法（Integrated Particle Filter 法: IPF 法）は、地震活動が活発な時期に比較的精度よくロバストに震源を決定できることが示されている（例えば、溜瀧ほか 2014、Wu et al., 2015）。本研究では、防災科学技術研究所の Hi-net と気象庁 の多機能型地震計のデータを統合し、IPF 法を適用した予測結果を発表する。観測網の統合処理によって、2016 年 4 月 14 日、16 日の熊本地震での速報発表が 2-3 秒程度早くなることが分かった。

気象庁の IPF 法と改良 IPF 法との違い

溜瀧ら(2014)は、気象庁観測網のデータを使用して震源決定を行う IPF 法を開発した。本研究では、Hi-net を統合して処理した Wu et al. 2015 の改良 IPF を使用する。この論文での改良点は、(1)Hi-net の観測記録を合わせて利用すること、(2)B- Δ 法と PCA 法は震源決定には利用せず、振幅と P 波到着時刻を利用すること、(3)イベントトリガに必要な観測点数を内陸では 3 点とすること、(4)震源決定には第 1 トリガ観測点近傍の 20 点のみ使用することの 4 つである。(1)の改良により観測点密度が 3 倍近く増加し、その結果複数の観測点がトリガするまで待機しても時間のロスが影響なくなった。また第 1 トリガ観測点近傍の観測点だけ使用することにより、複数のイベントの切り分けが容易になった。

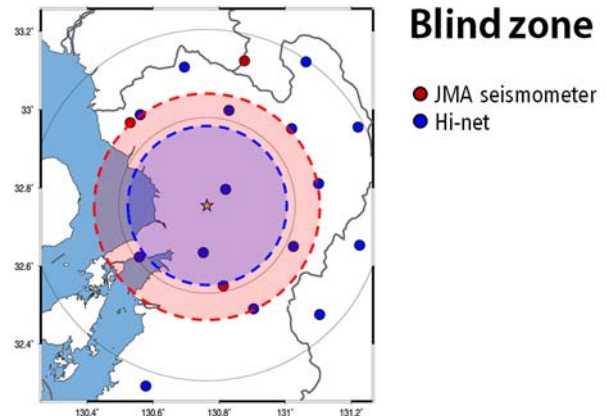


図1 気象庁の IPF 法と改良 IPF 法でのブラインドゾーン

4 月 14 日、16 日の熊本地震の結果

2016 年 4 月 14 日、16 日に発生した熊本地震では、震源近傍で非常に強い地震動を観測し、益城町では震度 7 を観測した。地震発生から緊急地震速報の発表には 14 日の地震で 8.1 秒、16 日の地震で 8.6 秒かかっている。気象庁の観測網と Hi-net を統合して処理した結果、速報発表は 2-3 秒早くなることが分かった。

図 1 に気象庁の IPF 法と改良 IPF 法でのブラインドゾーン（緊急地震速報が間に合わない地域）を示す。観測網統合によってブラインドゾーンは大幅に減少する。どちらの手法でも震源決定の精度は非常に高く、誤差は 10km 以内であった（図 2-4 参照）。

マグニチュードの推定結果は、14 日の地震では速報発表後 5 秒程度ばらつく（図 2）が、速報発表後は一定して震度 5 弱の警報発表基準を超えているので、速報はキャンセルされない。16 日の地震では、改良 IPF の推定結果は現行の緊急地震速報とほぼ同じである（図 3）。

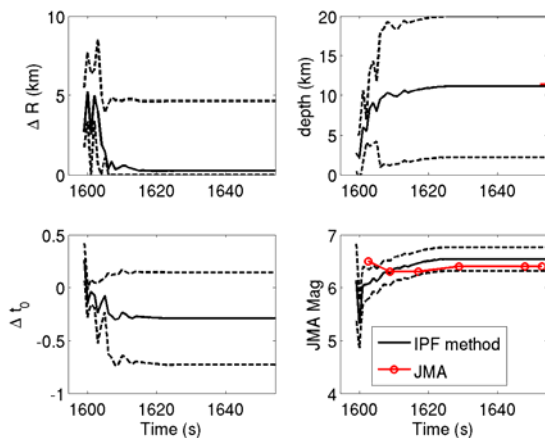


図2 4月14日の地震の改良IPF法のパラメータ推定結果

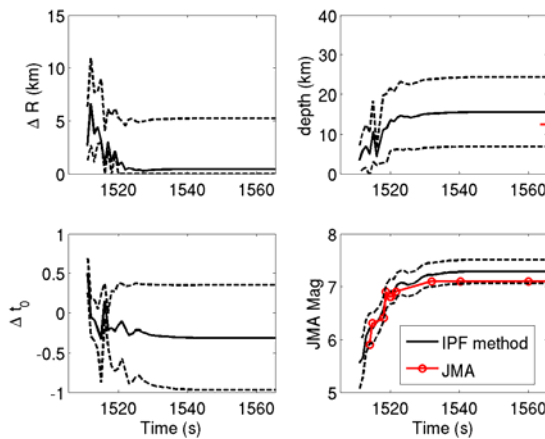


図3 4月16日の地震の改良IPF法のパラメータ推定結果

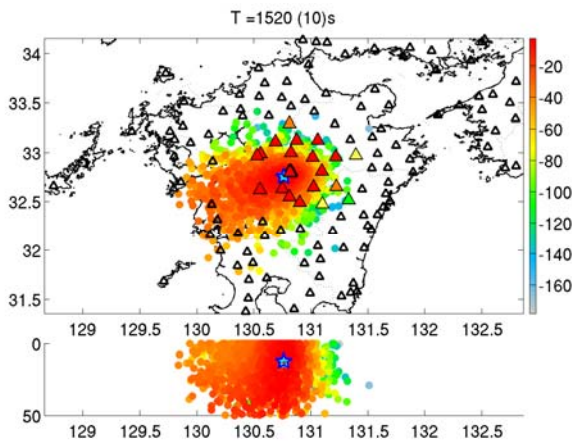


図4 4月16日の地震の震源決定精度（処理開始10秒後の結果）

熊本地震の余震に対する緊急地震速報

熊本地震の発生後1ヶ月間、緊急地震速報は19回発表している。このうち、観測された最大深度が3以下となる深刻な誤報は3件であった。小寺ら(2016)の分析によれば、これらの3つの誤報は離れた地域にほぼ同時に小さい地震が発生したことによるものであり、IPF法の適用によって分離が可能である。

本研究では、この3つの地震に対して改良IPF法を適用した。その結果、2つの地震に対してはイベント作成基準（STA/LTAによってトリガし、かつ変位が10秒以内に50 μ mを越える観測点が3点以上）をクリアせず、震源決定を行わなかった。小さい地震に対しては処理を行わないことによって、誤報を減らすことに貢献しているといえる。またもう1つの地震については、イベント作成条件をクリアし処理が始まったが、周辺の観測点がトリガせず、P波到着時刻の整合性がつかずにキャンセルされた。この地震に対しても、推定マグニチュードは4以下と小さく収まっており、緊急地震速報は発表されない（図5）。誤報を発表した3つの余震に対して、改良IPF法では緊急地震速報を発表せず、適切に動作することが分かった。

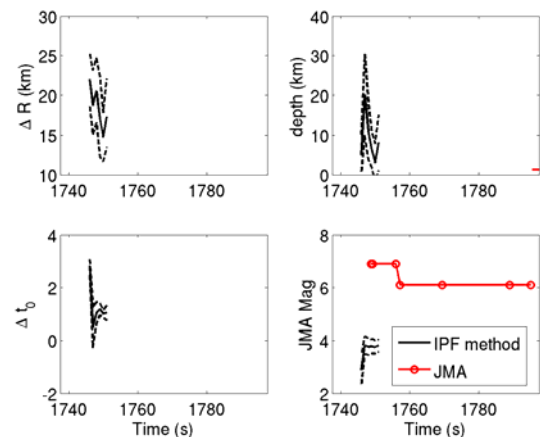


図5 現行の緊急地震速報が過大評価となった4月16日11時半の地震の改良IPF法のパラメータ推定結果

謝辞：気象庁・防災科学技術研究所の強震記録を利用させていただきました。