

観測網を統合した震源推定手法（IPF法）の検討

溜瀧功史、小寺祐貴（気象研究所）

1 はじめに

IPF法は、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震以降に課題となった同時多発地震を適切に分離する手法として、2016年12月の運用開始から約2年が経過した。その間、例えば2017年4月20日の福島県沖の地震（M4.8）と茨城県北部の地震（M1.4）では、両者のトリガ情報を適切に識別し、震源の誤決定を回避するなど、同時多発地震の識別は着実に進歩している（気象庁、2018）。

一方で、IPF法は、気象庁観測点（約270地点）と一部のKiK-net及びDONET（合計約20地点）を用いて運用しており、迅速性や初期の震源の安定性の観点では、より高密度なHi-net（約780地点）を用いた着未着法等には及ばない事例が多いことが実情である。さらに、今後S-netやDONETなどの海底地震観測網の活用を進める上でも、センサや設置環境の異なる多数の地震観測点を積極的に活用できる環境を整えることは重要である。

そこでまず本稿では、現在のIPF法において、Hi-netと気象庁観測点を統合的に使用した場合の、地震の識別性能、情報発表の迅速性および計算速度について検討を行ったので報告する。

2 処理結果

今回は、小寺（2019, 本研究集会）によって作成されたトリガデータを入力として使用した。

2016年4月16日01時25分に発生した熊本地震（M7.3, 本震）の処理結果を図1に示す。気象庁観測点のみを使用した場合とHi-netと気象庁観測点を併用した場合を比較すると、第1報相当の発表時間は、4秒早くなり、警報相当の発表時間は3秒早くなることが確認できた。M成長は、M6.9程度まで両者はほぼ一致した。また、震源位置もOTから9秒後には一元化震源とほぼ同じ位置に収束した。

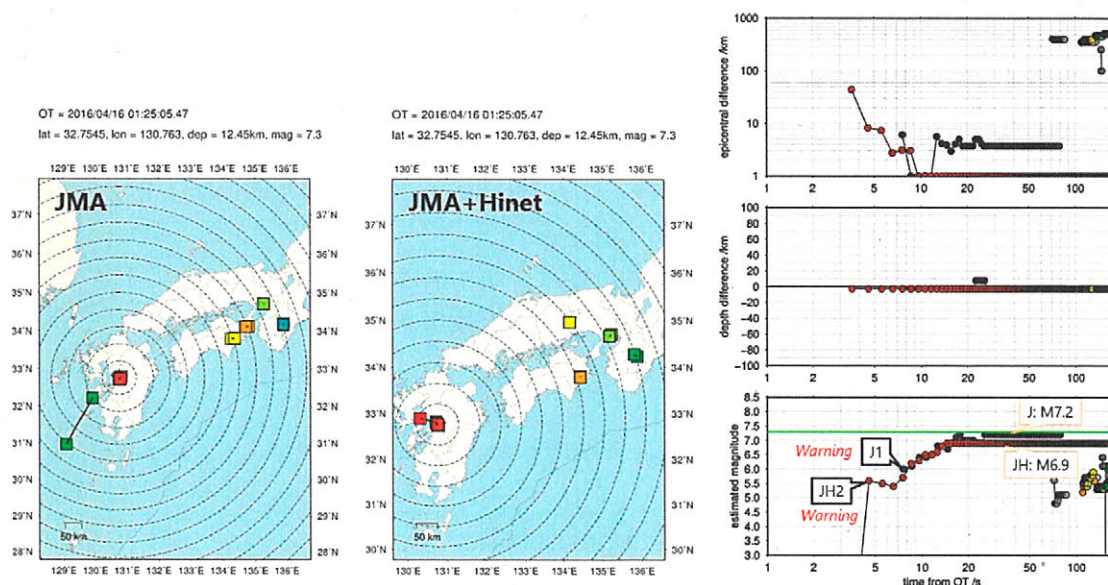


図1 震源推定結果の比較。左：気象庁観測点のみの場合，中央：気象庁+Hi-netの場合，右：それぞれ一元化震源と推定震源の震央距離，深さの残差，Mの比較を示す。

3 検討すべき事項

ただし、Hi-net 全観測点を用いた場合、気象庁観測点のみと比べると観測点数は約 4 倍に増加するため、処理にかかる計算時間が問題となる。IPF 法の計算時間は、生存観測点数×トリガデータ数×パーティクル数に比例しており、観測点数が 4 倍の場合、単純計算で約 16 倍も計算時間が増加することになる。そのため計算コストを下げるためには、例えば Wu et al. (2015) のように、1st トリガ観測点付近の 20 地点を観測点選別する、といった措置が考えられる。実際、熊本地震では、Hi-net と気象庁観測点は 600 地点以上がトリガしたので、観測点選別を行わない場合、1 回の計算サイクルに 10 秒以上の時間を要した。一方で、観測点選別を行った場合は、1 回の計算は 1 秒未満に抑えられた。従って、実用化の上では観測点選別の導入が必要だろう。一方で、観測点選別を行うと、遠方の観測点では最尤推定値のみと同一判定を行うために、パーティクルの広がりによって表現された震源の不確定性は考慮できない可能性がある。遠方の観測点に対する同一判定の安定性は今後検証の必要がある。

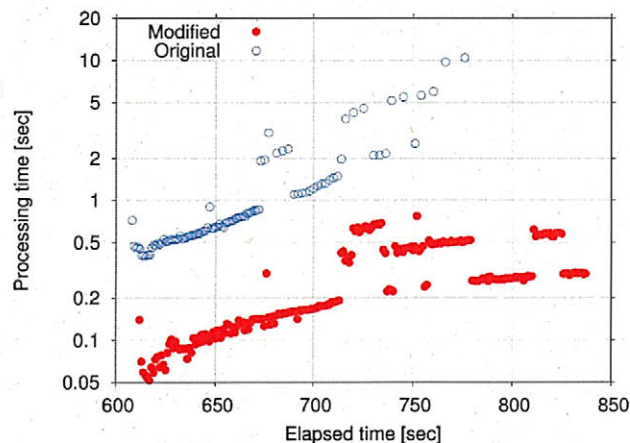


図2 1サイクルあたりの計算時間の推移。横軸は経過時間（秒）。青色：現在の IPF 法（観測点選別なし）の計算時間、赤色：観測点選別ありの計算時間。時間の経過とともにトリガ観測点は増加するので、計算時間も単調増加する。

また、山田・他 (2014) や小寺 (2019, 本研究集会) で指摘しているように、Hi-net を用いた場合、マグニチュードの飽和の懸念がある。そのため、初期の震源推定では Hi-net も併用した変位 M や速度 M を用いて、気象庁観測点が十分にトリガした段階で気象庁観測点のみを用いた変位 M に切り替えるといった対応も必要になるかもしれない。

さらに、ノイズに対処するための品質管理手法や、深発地震あるいは遠地地震による全国一斉トリガ等も検討課題である。事例検証等を通じて、今後も検討を進めていく。

参考文献

- 気象庁, 2018, 緊急地震速報評価・改善検討会技術部会 (第 8 回) 資料。
 山田・他, 2014, 日本地震工学会論文集。
 Wu et al., 2015, Geophys. J. Int. doi:10.1093/gji/ggu437.

謝辞：防災科研 Hi-net, KiK-net の波形を利用しました。