

高感度地震観測データの処理方法の改善に関する報告書

平成 26 年 2 月 12 日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

1. はじめに

我が国の高感度地震観測は、「地震に関する基盤的調査観測計画」（平成 9 年 8 月地震調査研究推進本部決定）により、地震現象を把握・評価する上で基礎となる基盤的調査観測に位置付けられている。その観測データについては、気象庁がデータ処理センターとして、平成 9 年 10 月以降、関係機関の観測データをリアルタイムで収集し、文部科学省と協力して地震波形の分析（地震波到達時刻の読取り等）やそれに基づく震源の決定等の処理を一元的に行っている（以下、一元化処理と呼ぶ）。その処理結果は、地震調査委員会における地震活動の現状評価や長期評価等の基礎資料として活用されるほか、地震カタログ（震源要素や地震波到達時刻の読取り値等を整理したデータベース）として広く公開され、大学等の研究機関においては地震発生機構や地下構造の解明、地震活動予測等の研究に利用されている。

一元化処理により決定された震源の数は、平成 22 年までは年間 10 万～13 万件で推移していたが、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」（以下、東北地方太平洋沖地震と記す）発生後の余震や誘発された地震活動により、平成 23 年の処理対象となる地震の数は年間 100 万件以上となると推定された。このため、平成 23 年分は、余震域で発生した地震に限って、処理対象とする地震の規模（マグニチュード、以下 M と記す）の下限を上げて処理することにより、約 2 年をかけて約 25 万件の地震の震源決定が行われた。余震活動は徐々に低下してきているものの、東北地方太平洋沖地震の発生前の平均的な地震活動状況と比べると依然として活発な状況にあり、平成 25 年時点においても、処理対象となる地震の数は年間 20 万件を超えると推定される。余震活動が今後も長期にわたって継続することを考慮すると、引き続き処理対象とする地震の規模の下限を上げて処理するなどの対処が必要な状況となっている。

一方、現在、独立行政法人防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網や独立行政法人海洋研究開発機構による南海トラフ沿いの地震・津波観測監視システムといった、海域における地震観測点の整備が進められている。今後、これら海域の観測点が増加することにより、海域で発生する地震の検知能力が向上することも念頭に、さらに効果的・効率的な処理を行っていく必要がある。

地震調査研究推進本部地震調査委員会では、こうした背景を踏まえ、高感度地震観測データの処理を円滑に進め、地震活動評価や地震調査研究の推進に資することを目的とし、高感度地震観測データの処理・解析結果の品質（震源・規模等の精度）および処理・解析方法の改善・高度化等について検討するため、平成 25 年 6 月、「高感度地震観測データの処理方法の改善に関する小委員会」（以下、小委員会と記す）を設置した。

今回の検討では、高感度地震観測データについて、大学や調査研究機関における活用状況の現状を把握し、処理結果に求められる品質について調査した上で、その品質を満たしつつ、より充実した地震カタログとするため、処理方法をどのように改善すべきかについて検討を行った。

2. 高感度地震観測データの処理方法の現状

一元化処理において、気象庁で行われている現在の高感度地震観測データの処理方法の概要は次のとおりである。

手順① 自動処理による地震波の検知（作業対象データの抽出）

気象庁に収集された観測データから、地震波と思われる部分を自動処理により検知する。これを複数の観測点について同時に行い、同一の地震によると考えられるものをひとまとめにして、一つの作業対象データとして抽出する。

手順② 地震とノイズの判別

抽出された個々の作業対象データが、地震による波形かノイズによるものかを職員が目視で確認して判別する。現状では、自動処理により抽出された作業対象データの半数程度が地震による波形と判断されている。

手順③ 検測と震源計算

- ・地震による波形と判断された作業対象データについて、職員が、地震波（P波、S波）到達時刻や最大振幅を読み取り（検測）、その結果を用いて震源要素（震源、M等）の計算を行う。
- ・震源計算に使用する観測点や検測値の組み合わせ等を変える、検測値を読み直すなどして震源計算結果の精度が一定の基準を満たすよう精査を行う。
- ・その結果、震源の精度が基準を満たしたもののみを処理結果として保存する。
- ・手順①～③は、平常時には、地震発生の日中に処理を終える。

手順④ 品質管理と地震カタログへの掲載

- ・翌日には、精度の確認のため、手順③までの処理担当者とは異なる複数の職員で再度精査する。ここまでの作業は気象庁本庁、管区气象台および沖縄气象台において分担して行い、その結果を気象庁本庁に集約し、暫定的な震源（暫定震源）として公開する。
- ・本庁担当者は、その後最終的な精査を行い、その結果を最終的な震源（確定震源）として地震カタログに掲載する。

上述の処理において、手順①の地震波の検知を行うための自動処理は、地震観測網の検知能力を考慮し、また、基盤観測網構築以前の大学等調査研究機関の観測網の検知能力を維持する観点から、陸域の浅い地震では概ねM1以上の規模の地震が検知されるよう設定されている。この水準を備えた地震カタログは、国内の地震調査研究機関だけでなく、海外の研究者からも高く評価されている。

一方、上述の手順②において地震と判断された波形については、東北地方太平洋沖地震の発生以前は、その全てについて精査が行われ、震源の精度が基準を満たしていれば地震カタログに掲載されていたが、東北地方太平洋沖地震の発生以降、その余震域を中心に地震発生数が著しく増加したことにより、余震域に限っては、設定した基準（処理対象の下限を海域M3、陸域M2を目安として設定）以上の地震のみを対象に精査が行われているのが現状である。

このため、余震域における設定基準未滿の地震については、震源精度の基準を満たさなかった地震同様、自動処理により検知されていても地震カタログに掲載されていない状況にある。

なお、上述の処理における震源計算には全国一律の速度構造を用いているため、実際の速度構造を適切に反映していない地域がある。また、観測点の設置高度や海底地震計直下の堆積層による影響など、地震波到達時刻の遅速に関する観測点ごとの補正は行われていない。

3. 高感度地震観測データの利活用状況

高感度地震観測データの処理結果の品質および処理方法の改善について検討を行うにあたり、地震活動評価や地震調査研究における高感度地震観測データ（震源、M、検測値等）の利活用状況の実態、データ処理への意見等について、大学等調査研究機関から聞き取り調査を実施した。調査対象機関および調査結果の概要は以下のとおりである。

<調査対象機関（順不同）>

北海道大学、東北大学、東京大学地震研究所、名古屋大学、京都大学、九州大学、（独）防災科学技術研究所、（独）海洋研究開発機構、（独）産業技術総合研究所、統計数理研究所、気象研究所、国土地理院、海上保安庁

<調査結果の概要>

○地震活動の評価・解析への利活用状況

地震調査委員会における地震活動の現状評価では、震源分布や時系列図等の地震活動解析結果を用いるにあたり、陸域の浅い地震については概ねM2以上の地震を利用している。また、必要に応じそれより小さい地震も利用することがある。海域の地震については、用いる地震のMの下限を検知能力に応じて上げている。

地震活動の評価・解析を行うためには、地震観測網の検知能力を考慮し、検知し得る地震を確実に利用できることが重要であり、さらに一定規模以上の地震については従来同様の精査された処理結果であることが必要。

○地震統計解析への利活用状況

使用可能なデータを全て用いている。統計解析を行うためには、地震カタログの完全性や均一性が重要だが、不完全な部分があっても統計的に処理して補う方法もある。震源の精度については、必ずしも全てが高い必要はないが、統計的に扱うには、その精度についての情報が必要。

○震源分布の利活用状況

地質情報等の他のデータとの比較を行う場合、臨時観測や調査観測の計画立案等の参考にする場合、地震活動に関する啓発活動等を行う場合は、おおよその震源分布（地震活動）が把握できれば十分であり、震源の精度やMの下限にはこだわらない。

M6～7クラス以上の地震について断層モデル推定の初期値や解釈等の参考として利用する場合は、その本震と余震について断層モデルと対比できるような震

源の精度が必要であり、迅速に提供されることが望ましい。

○地下構造解析への利活用状況

震源、Mのほか、地震波到達時刻等の検測値も用いる。用いるデータのMの下限は解析する構造の大きさによって異なり、微小な構造の解析にはM1程度も用いるが、大規模構造の解析には遠くまで地震波が届くような比較的大きな地震を用いる。また、利用者が必要に応じて再検測を実施している。

○震源再決定への利活用状況

震源、Mのほか、地震波到達時刻等の検測値も用いる。地下構造を変えたり、高度な手法を用いて震源の再決定を行っている。利用者が必要に応じて再検測を実施している。

○連続波形データの処理（地震波形記録の抽出）への利活用状況

独自の観測点（網）を有している研究機関は、地震カタログの震源データを用いて、自機関データも含めた連続波形データから地震波形記録の抽出処理を行っている。地震波形記録の抽出後、地震波到達時刻等の自動検測や手動検測、震源過程等の解析を行う。一元化処理による検測値については、そのまま使用する場合や利用者が必要に応じて再検測する場合もある。

このほか、以下のような意見が挙げられた。

- ・ 検知する地震の基準は、東北地方太平洋沖地震より前の状態を確保してほしい。
- ・ 少なくとも震度1以上を観測した地震については精査が必要。
- ・ 小規模の地震については、研究者向けとして、精査していない自動処理結果等を地震カタログに掲載してもらえるとよい。
- ・ 地震カタログ全体が一様の精度である必要はなく、精度ごとに階級を付けてもらえばよい。
- ・ 全国一律の基準ではなく、地域によって精査する地震の基準を変えてもよいのではないか。
- ・ 地震波形記録の抽出処理を行う上では、震源精度はそれほど問題ではない。精度が悪くても小さいものまであった方がよい。最低、観測点における地震波の検知時刻だけでもよい。一元化処理による検測値では不十分な場合は、地震波形に戻って研究者側で再検測する場合もある。
- ・ 自動処理による検知には地震だけでなくノイズも含まれるが、ノイズの判別には手間がかかるので、自動処理結果を地震カタログに掲載する場合はノイズを除去してほしい。

4. 高感度地震観測データの処理方法の改善の方向性

2節では、地震カタログの現状について記載した。現在の地震カタログは、精査の結果、一定の精度を満たした地震のみが掲載され、精度が十分でない地震や、東北地方太平洋沖地震の余震域に限って設定した基準未満の地震については、自動処理により検知されていても掲載がなされていない現状にある。また、3節では、高感度地震観測データの処理結果の利活用状況について聞き取り調査した結果を記載した。地震活動の評価等においては、一定規模以上の地震について従来と同等の精度が必要との意見が多く挙げられた一方、地震波形記録の抽出等の用途においては、従来と同様の精度でなくても、より小さな地震まで地震カタログに掲載されていることが望ましいとの意見が挙げられた。

こうした現状や利活用状況を考慮しつつ、現状より充実した地震カタログとするため、以下の方向性にに基づき、高感度地震観測データの処理方法の改善を図るべきである。

①地震検知能力の維持

地震カタログにおいて高い評価を受けている東北地方太平洋沖地震の発生前と同等程度の地震の検知能力を維持するため、自動処理による地震検知の設定は従来水準を維持する。

②検知された地震の全てを地震カタログへ掲載

自動処理で検知した結果を地震かノイズか判別したうえで、地震と判断されたもの全てについて処理結果を地震カタログに掲載する。現在の地震カタログでは掲載されない地震（震源の精度が十分でない地震や東北地方太平洋沖地震の余震域において精査を行わないこととした設定基準未満の地震）も次項③のように精度を付して掲載することで、地震カタログの充実を図る。

③精度に段階を付けた品質管理

地震活動の評価等の用途では一定規模以上の地震については精査した処理結果が必要である一方、地震波形記録の抽出等の用途では、従来と同等の精度でなくても小さな地震まで掲載されていることが望ましいという利活用状況を踏まえ、これまで全ての地震について一律であった品質管理を見直し、地震カタログに掲載する処理結果の精度に段階を付ける。

以上の改善の方向性を踏まえて、具体的には、以下のように処理すべきである。

- 陸域の浅い地震については、現在の地震調査委員会における地震活動評価において概ねM2以上の規模の地震を用いていることから、M2.0を基準として

それ以上の地震はとりこぼすことなく従来同様の精査を行う。

○海域の地震や深い地震については、検知能力が地震観測網から離れるに従って低下することを考慮して基準を設定する。

○設定した基準より小さな地震でも、震度1以上が観測された地震については、地震活動に関する一般社会の理解及び防災意識の向上という観点から精査を行う。また、地震活動評価等を行う上で、より小さい規模の地震活動の把握が必要な場合は、場所や時間を限って基準を下げて精査を行う。

○上記以外の地震については、自動処理または簡易的な処理を行うこととし、地震カタログに掲載する際には、これら処理結果の精度が分かるような属性を付す。

以上の改善を行うことにより、一定の品質水準が確保されるとともに、現状の地震カタログよりも掲載する地震数が増えるなど、地震活動評価や地震調査研究の推進に資する、より利用目的に適した充実した地震カタログになることが期待される。

5. 今後に向けて

東北地方太平洋沖地震以降に地震発生数が著しく増加したことにより、現在の処理手法による限界を越え、従前処理対象としていた規模の地震でも地震カタログに掲載されなくなったものがある。今回の検討では、このような現状を踏まえ、地震活動評価や地震調査研究の推進により適した地震カタログにするための処理方法の改善について検討を行った。今後さらに以下の点についても検討を行い、高感度地震観測データの処理方法の改善を進めていく必要がある。

- ・海域の地震観測網のデータについては、地震活動評価や地震調査研究の推進に有用なデータとして、広く利活用されていくことが期待されることから、今後活用されることになる観測網の配置や観測データのノイズの程度を踏まえた地震の検知能力を勘案・吟味して、本報告の趣旨を反映できるよう、そのデータの精度や、観測点補正を用いた震源計算の導入等、処理方法について適時に点検・検討すること。
- ・現状の地震カタログと同等程度の精度の震源を短時間に求められるよう、海域の観測点のデータも含め、大量の地震データをリアルタイムに自動処理する技術の開発・改良を進めること。