

ベイズ推定を用いた地震観測データの即時解析と地震カタログへの適用

気象庁気象研究所 溜瀧 功史

緊急地震速報システムは、全国に展開された地震計で地震の発生を検出し、そのデータを用いて直ちに震源等を推定して将来の揺れを予測するリアルタイムモニタリングシステムである。地震計のデータをリアルタイムに解析し、情報発表を迅速に行うため、このシステムではデータ収集、ノイズ識別、個々の地震の識別、震源・マグニチュードの推定、情報作成、情報発信、といった一連の処理が自動でなされている。地震の即時解析技術と通信技術の発達により、例えば平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震では、東北地方の広い範囲に強い揺れが到達する前に、緊急地震速報を発表することが可能となった。一方、その後は、広域で地震活動が活発となったために、複数の地点で捉えられた別々の地震による地震波を、1 つの地震であると誤認識し、過大な揺れを予測する事例が多数発生するという課題が明らかになった。これは、多数の地震計で捉えられた地震波が、どの地震によるものかを分類する、分類問題として捉えることができる。従来は、地震波の検知時刻にのみ基づいて分類していたために、ほぼ同時刻に発生した地震を全自動で適切に分類することは困難であった。そこで、ベイズ推定の一種であるパーティクルフィルタを用いてリアルタイムに地震波を分類、震源推定を行うアルゴリズム(IPF 法: Integrated Particle Filter 法)を開発した[1]。IPF 法は、震源の位置を事後確率密度分布としてパーティクルで近似し、各地の地震波の検知時刻に加えて、揺れの大きさ等も同時に考慮して尤度関数を設定することで、従来よりも分類性能を向上させた。この手法を、過去(2011 年 3 月~4 月)に緊急地震速報を発表した 72 事例(うち誤報 22 事例)に適用したところ、迅速性は維持しつつ、誤報の回数を 0 回に減らすことに成功した。IPF 法は、2016 年 12 月に気象庁の緊急地震速報システム(EPOS:地震活動等総合監視システム)に導入され、現在運用されている。

さらに、これらの技術は微小地震観測にも適用することができる。気象庁は、文部科学省と協力して地震カタログと呼ばれる極微小地震から巨大地震(M0~9 クラス)の地震観測結果を保存、公開している。これらのカタログデータは、地震学の基礎データのみならず、防災普及啓発や大地震発生後の防災対応としても活用されているため、迅速な公開が求められている。このカタログデータ作成の迅速化、効率化のために、自動で多数の地震波(P 波、S 波)を検出し、それらを個々の地震に分類するアルゴリズム(PF 法: Phase combination Forward search 法)を開発した[2]。PF 法は、2016 年 4 月から気象庁の地震観測システム(REDC:地域地震情報センターデータ処理システム)に導入された。その導入直後に発生した平成 28 年(2016 年)熊本地震では、4 月 14 日から 5 月末までの 1 か月半の間に 70,000 個近くの地震を検出(平常時は全国で 10,000~15,000 個/月)し、地震活動の監視、把握等に有効であった。本発表では、これら 2 つのアルゴリズムの概要について紹介する。

参考文献

- [1] 溜瀧功史, 山田真澄, Stephen 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, 41-55, doi:10.4294/zisin.67.41.
- [2] 溜瀧功史, 森脇健, 上野寛, 東田進也, 2016: ベイズ推定を用いた一元化震源のための自動震源推定手法, 験震時報, 79, 1-13.