

# 緊急地震速報など地震防災への最近の取り組みについて



**林元 直樹**

気象庁 地震火山部 地震火山技術・調査課 調査官

## 1. はじめに

繰り返し、地震災害を被ってきた我が国では、地震の揺れによる被害を受ける前に地震によって揺れることを知ることは夢であった。地震の発生直後から震源近くで観測された地震波のデータをもとに、各地での震度や長周期地震動階級および強い揺れの到達時間を予測し、それらを可能な限り素早く知らせる情報である緊急地震速報。気象庁は、2007年10月1日よりその一般提供を開始した。

本稿では、緊急地震速報の運用開始から現在までに直面した課題とその解決のための技術的改善について紹介する。

## 2. 緊急地震速報の発表状況

地震による揺れを捉えて、情報を発表するまでのすべてを瞬時に自動処理する緊急地震速報は、ノイズから地震を識別する観測技術、震源やマグニチュード (M) の推定および揺れの予測を行う解析の技術、情報を発表する技術の大きく3つの技術によって成り立っている。これらの実現には、気象庁のみならず、公益財団法人鉄道総合技術研究所や国立研究開発法人防災科学技術研究所（以下、防災科学技術研究所）、国立大学法人京都大学（以下、京都大学）の技術協力に加え、報道機関や通信事業者、予報業務許可事業者などの多くの関係機関や関係省庁の長年にわたる努力と協力が不可欠であった。

緊急地震速報には、人が強い揺れから身を守るために広く一般向けに伝える「警報」と、鉄道やエレベータ等の機器の自動制御等に活用するための高度利用者向けの「予報」との2種類があり、運用開始以降、これまで274回の警報と16,861回の予報を発表した（2023年11月30日現在、図1）。緊急地震速報による震度予測の合致率を示した精度指標である「スコア」を年度ごとにみると、これまでに概ね8割程度の予測精度を保持して緊急地震速報が発表されてきたことがわかる（図1）。一方で、時

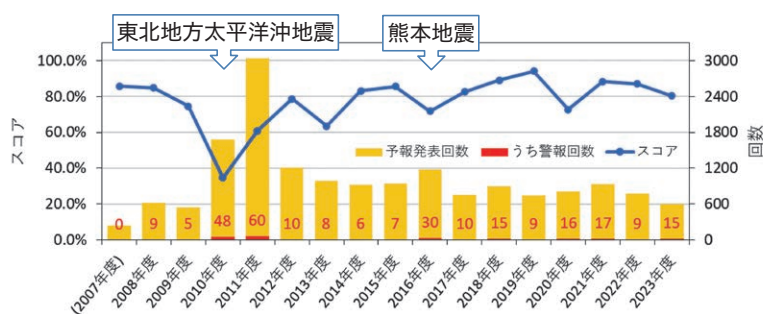


図1 緊急地震速報の警報および予報の発表回数と精度を示す「スコア」の年度別推移

「スコア」とは、緊急地震速報による震度予測が震度4以上または観測震度が震度4以上となった地域に対して、予測震度と観測震度との差が±1以内に収まる割合を示した精度指標である

折、地動ノイズや機器故障、処理の不完全さなどの理由から緊急地震速報の精度を低下させるような事例も経験してきた。

## 3. 東北地方太平洋沖地震における課題とその技術的改善

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0、最大震度7) では、本震発生時に東北地方に対して迅速に警報を発表することができた。しかし、いくつかの技術的課題に直面した。例えば、当時の処理手法では巨大地震時の震源域の広がりに対応できず、関東地方の強い揺れを精度良く予測することができなかった。また、その後の活発な地震活動においては、異なる場所ではほぼ同時に発生した複数の地震を適切に識別することができずに過大予測となった事例が相次いだ。気象庁では、これ

表1 近年の緊急地震速報の技術的改善

運用開始日	内容
2011年8月10日	複数の地震を分離するためのソフトウェア改修
2015年3月31日	気象庁地震計50地点、南関東KiK-net15地点等の活用開始
2016年12月14日	IPF法の運用開始
2018年3月22日	PLUM法の運用開始
2019年6月27日	海底地震計 (S-net、DONET) データの活用開始
2023年2月1日	長周期地震動階級の予測情報の追加
2023年9月26日	震源推定手法のIPF法への一本化

らの課題に対して以下の技術的改善を図ってきた(表1)。

### (1) 巨大地震への対応

震源域が広範囲となる巨大地震では、震源とMに基づく震度予測手法において、点震源仮定に基づく予測と実際の揺れとの乖離や、Mの飽和による予測の過小評価が生じる。このような課題に対応するため、震源とMによらず揺れから揺れを直接予測する「PLUM法」が開発され、震源とMに基づく予測手法と併用する形で2018年3月から運用開始した。PLUM法では予測地点周辺の観測点における震度を即時的に得る必要があることから、防災科学技術研究所が開発したリアルタイム震度を求める手法を活用している。

### (2) 地震の識別精度の向上

異なる場所でほぼ同時に複数の地震が発生した場合の地震の識別精度向上のため、京都大学との共同開発による「IPF法」の運用を2016年12月から開始した。パーティクルフィルタとベイズ推定を用い、地震波の走時残差だけでなく多種類の観測量を統合して処理する震源推定手法である本手法は、各観測点で検知された揺れがどの地震によるものかを判別する際にも走時残差と振幅の残差の両方を用いることによって、より適切に地震を識別することが可能となった。

### (3) 情報発表の迅速化

緊急地震速報をより迅速に発表するためには、震源近傍の観測網の活用拡大が極めて有効である。気象庁では海底地震計を緊急地震速報に活用するための技術開発を進め、防災科学技術研究所の協力を得て、2019年6月から地震・津波観測システム(DONET)、および日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の海底地震計の活用を開始し、2020年3月にはS-net観測点のうち日本海溝の東側に位置するS6の観測点を追加で活用開始した。これにより、日本海溝付近で発生する地震については最大で30秒程度、紀伊半島から室戸沖で発生する地震については最大10秒程度、緊急地震速報(警報)の発表が理論上早まることが期待される。

### (4) 様々な指標での情報提供

大地震に伴って発生する長周期地震動は、高層ビルなどを大きく揺らし被害を発生させる。このような長周期地震動による被害を把握するため、気象庁では「長周期地震動に関する情報検討会」での議論を踏まえ、長周期地震動階級という新たな観測指標を設けた。また、防災科学技術研究所が開発した絶対速度応答スペクトルの予測式を用いて、2023年2月から緊急地震速報に長周期地震動の予測結果を加え、警報の発表基準として長周期地震動階級3以上が予測された場合という新たな基準を追加した。

## 4. 最近の技術的改善：地震の識別処理のさらなる改善

これまでの処理では、IPF法の運用開始後も複数の震源推定手法を併用しており、それぞれの結果が同一の地震であるか否かを判定した上で、発表に用いる震源を決定し、同一地震によるものと判定された振幅データを用いてMを推定していた。しかしながら、2018年1月5日に茨城県沖の地震(M4.5、最大震度3)と富山県西部の地震(M4.0、最大震度3)がほぼ同時に発生した際には、2つの地震に対する震源推定結果と振幅データを誤って同一地震と判定したことで、茨城県沖でM6.4の地震が発生したと推定し、過大な警報を発表した。

この課題を解決するため、震源推定手法について、従来のIPF法を含む複数の手法の併用から、震源推定に用いるすべての観測データを統合して処理できるように改良を加えたIPF法に一本化する運用を2023年9月26日より開始した。この改善により、複数手法の推定結果に対する同一地震判定が不要となり、地震の識別処理の精度を向上させることが可能となった。2018年1月5日に過大警報を発表した事例においても、適切に2つの地震に分けて情報発表できることを確認している(図2)。

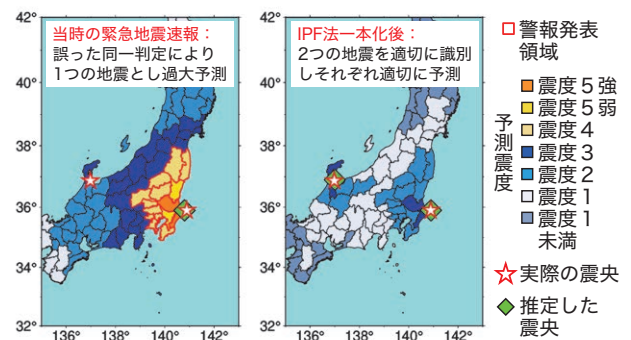


図2 2018年1月5日の茨城県沖(M4.5、最大震度3)と富山県西部(M4.0、最大震度3)の同時発生により発表された当時の緊急地震速報による予測(左)とIPF法への震源推定手法の一本化後の緊急地震速報の予測(右)

## 5. おわりに

緊急地震速報は、一般提供開始から約16年が経過した現在、国民の認知度は9割に迫り、社会にとっていわばインフラストラクチャーとして認められつつあるといえる。ただし、この16年の間に、例えばスマートフォンの普及など、情報を受け取る環境は大きく変化している。気象庁では、2023年に「緊急地震速報評価・改善検討会利活用検討作業部会」を開催して、今後の緊急地震速報の技術開発や利活用の方向性について議論し、報告書に取りまとめた。緊急地震速報が情報の受け手にとってより良いものであるよう、社会のニーズを確認しながら、より迅速でより精度の高い情報提供を目指して、気象庁はこれからも緊急地震速報のさらなる改善に挑み続けていきたい。