

緊急地震速報評価・改善検討会
利活用検討作業部会
(報告書)

令和5年4月

緊急地震速報評価・改善検討会

利活用検討作業部会

緊急地震速報評価・改善検討会 利活用検討作業部会 委員名簿

- 青井 真 国立研究開発法人 防災科学技術研究所
地震津波火山ネットワークセンター長
- 石森 大貴 ゲヒルン株式会社 代表取締役
- 越塚 登 東京大学大学院情報学環 教授
- 酒井 聡一 ESRI ジャパン株式会社 先端技術開発グループ 部長
- 塩見 講平 株式会社 NTT ドコモ 災害対策室 担当課長
- 廣井 悠 東京大学大学院工学系研究科 教授
- ◎福和 伸夫 名古屋大学 名誉教授
- 保科 泰彦 日本放送協会 報道局災害・気象センター長
- 山田 真澄 京都大学 防災研究所 准教授

◎は部会長、敬称略、五十音順

目次

1. はじめに	4
2. 緊急地震速報の技術的改善について	6
2-1. 緊急地震速報の技術的改善の具体的な内容	6
2-2. 緊急地震速報の技術的改善に関する課題	10
3. 現行の緊急地震速報の利活用について	11
3-1. 緊急地震速報の利活用の現状について	11
3-2. 現行の緊急地震速報の利活用に関する課題	12
4. 今後の緊急地震速報の方向性について	14
4-1. 今後の緊急地震速報について	14
4-2. 今後に向けた課題とその解決のために	15
5. まとめ	17
6. おわりに	19

開催履歴

参考資料

1. はじめに

緊急地震速報、すなわち「地震の発生直後に、各地での今後の揺れの強さや到達時刻を予測し、それを迅速に知らせることによって人的及び経済的被害を軽減するための情報」の実用化は、地震国日本に住む人々の願いであった。その実現には幾多の困難があったが、気象庁は、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」という。）などの関係機関との技術協力により、2007年10月1日から緊急地震速報の一般提供を開始した。緊急地震速報の伝達には、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が不可欠であった。緊急地震速報の一般提供開始から15年余りが経過した現在、緊急地震速報の認知度は国民の9割に迫るとともにその意義は広く認知され、我々の社会生活に浸透した情報となっている。

気象庁は、その後も、緊急地震速報がより社会に使いやすいものとなるよう、防災科学技術研究所や京都大学などの関係機関との技術協力のもと、緊急地震速報評価・改善検討会や同技術部会の議論を受け、様々な改善を進めてきた。特に、「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」という。）で直面した課題に対しては、海底地震計を利用した情報発表の迅速化、PLUM法の導入による巨大地震への対応、IPF法の導入と震源推定手法の一本化による震源推定精度の向上、および長周期地震動予測の追加による様々な指標での情報提供といった、緊急地震速報の一連の情報改善・技術的改善を行っており、現在ひとつの区切りを迎えようとしている（詳細は「2. 緊急地震速報の技術的改善について」を参照）。

一方、情報通信技術などの発展に伴ってスマートフォンの普及が急激に進むなど、緊急地震速報受信者の情報利用環境は、運用開始当初から大きく変化している。また、2018年8月の交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（気象庁（2018）、以下、「気象分科会提言」という。）では、データが社会における様々な分野で十分に利活用されるための取り組み（利活用促進）を重点的に進めることが肝要とされるとともに、今後の緊急地震速報について、面的な揺れの広がりや予測の提供などが技術開発の具体的な目標とされた。

これらのことから、気象庁では、今後の緊急地震速報の技術開発やデータ利活用の方向性を整理するため、2023年2月から緊急地震速報評価・改善検討会利活用検討作業部会（以下、「作業部会」という。）を開催し、以下の議題に沿って検討を進めてきた。

議題1：緊急地震速報の技術的改善について（報告）・・・本報告書2.

議題2：現行の緊急地震速報の利活用について・・・本報告書3.

議題3：今後の緊急地震速報の方向性について . . . 本報告書4.
本報告書は、その検討結果を取りまとめたものである。

今後、報告書に沿って気象庁などにおいて必要な技術開発や利活用促進に向けた取り組みが実施され、様々な分野における緊急地震速報の高度利用により、防災減災に関する技術の社会実装が一層促進されることを期待する。

2. 緊急地震速報の技術的改善について

緊急地震速報は、地震発生直後の震源付近での観測データをもとに震源の場所を速やかに決定するとともに、地震の規模を時々刻々推定し、各地の揺れの強さや到達時刻を予測して、強い揺れが到達することを事前に知らせる情報である。現地観測点における単独観測点処理や、中枢処理としての複数観測点処理など、様々な震源推定手法や震度予測手法の組み合わせによって、ある地点での揺れの予測を強い揺れに襲われる前に情報提供することが可能となった（中村（2007）、東田・他（2010））。気象庁は2006年8月1日に緊急地震速報の先行的運用を、また2007年10月1日に一般提供を開始した。以降、東北地方太平洋沖地震をはじめ、多くの地震において緊急地震速報が発表され、日本においてはいわばインフラストラクチャーの一つとしての位置づけが得られつつある（東田（2015））。緊急地震速報の一般提供から15年余りが経過したのを機に、緊急地震速報の技術的改善について振り返る。

2-1. 緊急地震速報の技術的改善の具体的な内容

2007年10月1日から2023年1月末までの緊急地震速報の発表回数は、次のとおりである。

- 緊急地震速報（警報）：計258回
- 緊急地震速報（予報）：計16,158回

これまでに発表した緊急地震速報について、年度ごとに予報・警報の発表回数と予測精度を示すスコア¹の推移を示したものが図2-1である。緊急地震速報の一般提供開始以来、概ね8割前後の予測精度を保って緊急地震速報が発表されてきたことが分かる。一方で、時折、地動ノイズや機器故障、処理の不完全さ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。

特に、東北地方太平洋沖地震では、いくつかの本質的な技術的課題に直面した。例えば、地震発生時に東北地方に対しては迅速に警報を発表できたが、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できなかった（図2-2）。また、その後の活発な地震活動では、ほぼ同時に発生した複数の地震の分離が適切にできずにひとつの地震として処理したことなどを理由として過大予測となった事例が多く、スコアが大きく低下した（図2-1、気象庁（2012）、干場・尾崎（2012））。

気象庁は、このような課題に対し、緊急地震速報の技術的改善を図ってきた。

¹ 観測または予測震度が4以上であった予報区のうち、予測誤差が±1階級以内であった予報区の割合

特に、東北地方太平洋沖地震以降の技術的改善の内容は、(1) 情報発表の迅速化、(2) 巨大地震への対応、(3) 震源推定精度の向上、(4) 様々な指標での情報提供、と大きく4つに分類することができる。以下では、これら4つのカテゴリにおいてどのような技術的改善が行われることにより、現在の緊急地震速報の基礎が形作られていったのかについて述べる。

(1) 情報発表の迅速化

緊急地震速報の発表を迅速化するためには、処理そのものの高速化と、地震計をできるだけ震源の近くに設置し地震検知までの時間を短縮化する、という2つのアプローチが考えられる。前者は緊急地震速報の開発当初から技術開発がなされており、処理そのものの高速化は地震現象の物理的な背景に照らしてほぼ限界まで達している。一方、後者は、観測点の活用拡大、特に海底地震観測網の活用は緊急地震速報の迅速化のためには極めて有効であることから、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(林元・他(2023))、防災科学技術研究所の協力を得て、2019年6月から地震・津波観測監視システム(以下、「DONET」という。)、および日本海溝海底地震津波観測網(以下、「S-net」という。)の海底地震計の活用を開始した。2020年3月には、S-net観測点のうち日本海溝より東側のS6を追加活用開始している。

図2-3に、2019年6月以降、海底地震計を活用することで緊急地震速報(予報)第1報発表の迅速化の効果が確認された、155個の事例の震央分布図を示す。日本海溝沿いでは、海底地震計を活用しない場合と比較して緊急地震速報(予報)第1報が20秒以上迅速化された事例が確認された。これは、理論上見込まれる迅速化と概ね同等の効果である。なお、これらにはS-netのみで緊急地震速報を発表した34個の事例も含まれている。

(2) 巨大地震への対応

東北地方太平洋沖地震の発生時に発表された緊急地震速報においては、東北地方においてはおおむね想定通りの機能を発揮した一方、関東地方の強い揺れは精度良く予測できなかった。これは、震源とマグニチュード(以下、「M」という。)から震度を予測する手法において、点震源仮定に基づく震度予測が巨大地震においては実際に観測される震度と乖離したため、そしてMの飽和による震度予測の過小評価が生じたためである。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」(Hoshihara and Aoki (2015))による揺れから揺れの予測の簡易版、Kodera et al. (2018))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月から運用が開始された(図2-4)。PLUM法の実現にあたっては、予想地点の周辺の観測点における計測震度

相当値をリアルタイムに得る必要があったため、防災科学技術研究所が開発したリアルタイム震度（功刀・他（2008））を活用した。

PLUM 法の併用による利点が顕著に表れた事例として、2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖を震源とする M7.4 の地震が挙げられる。23 時 36 分の M7.4 の地震の直前となる 23 時 34 分に、同じく福島県沖を震源とする M6.1 の地震が発生した。M6.1 の地震は震源と M を推定して震度予測を行うことができ、緊急地震速報（警報）が発表された一方、M7.4 の地震は、各観測点で直前の M6.1 の地震による処理が継続していたため M7.4 の地震波が到達した時点で新たな地震として検知することができなかった。しかし、M7.4 の地震で地震計が観測した揺れを基に PLUM 法による震度予測が行われ、猶予時間は少ないものの、M7.4 の地震に対しても緊急地震速報（警報）が発表された（図 2-5）。なお、このように地震が続発して発生する場合に震源と M を推定して震度予測を行うことは困難な問題であるが、パラメータのさらなるチューニングや新たなロジック開発など、今後の改善が必要な課題である。

（3） 震源推定精度の向上

緊急地震速報の震度の予測精度の向上のためには、震源の推定精度の向上が欠かせない。緊急地震速報の運用開始以来、気象庁はパラメータチューニングなどによる震源推定精度の改良を図ってきたが、さらに、同時多発地震への対応のため、2016 年 12 月から、京都大学との共同開発による「IPF 法」（溜淵・他（2014））の運用を開始した。IPF 法はパーティクルフィルタとベイズ推定を用いた震源推定手法であり、観測値と仮定震源から計算した理論値の残差（震央方位残差、震央距離残差、M 残差、走時残差）が小さいほど尤度が大きくなるような尤度関数を設計し、各パーティクルで尤度を計算し、最も尤度の大きいパーティクルを震源として推定する手法である（図 2-6）。また、各観測点で検知された地震動がどの地震に対応するものであるかの判定（以下、「同一判定」という。）において、これまでは走時残差のみを使って同一判定していたのに対し、IPF 法は走時残差と振幅の残差の両方を用いて同一判定を行うことで、より適切に同一判定を行うことができる。

一方で、IPF 法の運用開始以降にも、同時多発地震やノイズを適切に分離できなかったために過大警報を発表した事例が 2 回あった（図 2-7）。1 つ目は、2018 年 1 月 5 日にほぼ同時発生した茨城県沖の地震（M4.5）と富山県西部の地震（M4.0）の事例で、震源推定手法の一つである「着未着法」（Horiuchi et al.（2005））が推定した茨城県沖の震源の M を計算する際に、ほぼ同時に発生した富山県西部の地震について誤った同一判定を行い、その振幅を用いて M 計算を行ったため過大な M（6.4）を推定して過大警報を発表した。2 つ目は、2020 年

7月30日の鳥島近海の地震（M6.0）の事例で、ノイズの影響で房総半島沖に精度悪く震源を推定し、さらにそのMを計算する際に母島観測点の振幅を用いてM計算を行ったことで過大なM（7.3）を推定して過大警報を発表した。これらの原因はいずれも、緊急地震速報処理がその開発経緯により複数の震源推定手法を併用していること、およびM推定時に震源の紐づけを行う同一判定処理を行っていることに起因するものであった。

この課題を根本的に解消するため、気象庁は、すべての観測データに対して、IPF法によって一元的にグルーピングしたデータのみを用いて震源とMを同時に推定するアルゴリズムの改善を実施した（図2-8）。この改善ではすべてのデータをIPF法の入力として用いる必要があるため、現在のIPF法が使用している加速度型地震計のデータに加えて、速度型地震計である防災科学技術研究所のHi-netのデータもIPF法に使用できるように、以下の3つの改良が施された。1つ目は、Hi-netの速度波形の加速度波形への変換とその加速度波形に対する単独観測点処理の追加、2つ目はIPF法において多数のHi-net観測点のデータを活用するための処理負荷軽減策の導入と尤度関数の改良、3つ目はIPF法一本化に伴うM計算と緊急地震速報の発表条件の変更である（※追加した処理の詳細については第1回利活用検討作業部会参考資料1を参照）。

気象庁は動作検証のため、2017年1月から2020年8月の緊急地震速報発表事例（2950事例）について、当時の緊急地震速報とIPF法一本化後のシミュレーション結果の比較を行った。当時の緊急地震速報とIPF法一本化後の推定震源について比較したところ、緊急地震速報の予測精度を示すスコア（図2-9）については、過去に誤った同一判定を原因として発生した2つの過大警報事例（2018年1月5日と2020年7月30日）についてもMの過大評価による過大警報が発表されておらず、スコアが低くなっていないことが示された。そのうち2018年1月5日の事例では、2つの地震を適切な場所と規模で別々に推定出来たことが確認された（図2-10）。上記検証などを踏まえ、気象庁は、2023年内目処で震源推定手法をIPF法に一本化するために、準備を進めている。

（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。東北地方太平洋沖地震でも、震源から遠く離れた東京都内や大阪市内の高層ビルで、低層階よりも高層階で揺れが大きくなり、家具の転倒・移動などの被害があった。このような長周期地震動による被害は、地表での震度から把握することが難しいことから、気象庁は長周期地震動階級という震度とは異なる揺れの大きさの指標を新たに設けた。各地で観測された長周期地震動階級については、長周期地震動に関する観測情報として2015年3月から気象庁ホー

ムページで試行提供が開始され、2019年3月から本運用となった。2023年2月からは観測情報のオンライン配信による情報提供の迅速化が実施されている。

さらに、長周期地震動により生じる被害の軽減のため、これまでの震度による緊急地震速報の警報発表基準に、長周期地震動階級による基準（階級3以上の予測で警報基準）が追加され、2023年2月1日から発表が開始された（図2-11）。また、新規情報として、長周期地震動の予測結果を加えた、緊急地震速報（予報）の提供が開始された。長周期地震動は、その距離減衰に周期依存性があるほか、深部地盤構造などの影響を受け増幅しやすい周期が場所により異なるなどの特性がある。長周期地震動階級の予測に際しては、気象庁は、防災科学技術研究所がその特性を踏まえた上で開発した絶対速度応答スペクトル（Sva）距離減衰式（Dhakal et al. (2015)）を用いている。

2-2. 緊急地震速報の技術的改善に関する課題

前節では、これまで行われてきた緊急地震速報の技術的改善について示した。データにノイズも含まれる中、地震波の冒頭のみ部分からその後の地震の揺れを予測するという緊急地震速報の技術は、利用する観測点の品質管理を適切に行うことに加え、これまでと同様、迅速化や精度向上に対する技術的改善を継続的に行う必要がある。

なお、これまでの精度向上の目標は主に「空振り」や「見逃し」の軽減であったが、今後は「空振り」はある程度許容しつつも「見逃し」をさらに少なくする工夫のほか、例えば現在は震度予測を行っていない深発地震による異常震域など、一般的な感覚では驚く揺れに対して緊急地震速報の発表がない事例への対応など、利用者の要望や納得感を重要視した改善を優先する取り組みが、今後気象庁に望まれる。

3. 現行の緊急地震速報の利活用について

ここでは、本作業部会議題2「現行の緊急地震速報の利活用について」において検討された、緊急地震速報の現在の利活用とこの15年余りの間の利活用事例について紹介し、現状の利活用で課題となっている点について報告する。

3-1. 緊急地震速報の利活用の現状について

はじめに、気象庁が現在発表している緊急地震速報の利活用について述べる。気象庁が発表する緊急地震速報には警報と予報がある(図3-1)。警報は、予想される震度などが所定の基準に達した地域の人々が短時間で「身構える」ことができるよう、テレビやラジオ、スマートフォンなどを用いて広く一般にシンプルな呼びかけを行っている。強い揺れに襲われるまでの時間が短いという緊急地震速報の持つ本質的な性質から、今後も警報の伝え方については、シンプルに呼びかけることが望ましい。一方、予報は、予報業務許可事業者、配信事業者によってスマートフォンのアプリや専用受信端末などを通じて配信され、警報の内容に加え震度などの詳細な予想や到達予想時刻などが含まれている高度利用者向けの情報である。

緊急地震速報の利活用を考える際、人間が身を守るための利活用と機械の制御を行うための利活用との二つの観点から考えることが多い。人間による利活用としては、主にテレビ、ラジオ、スマートフォンなどで伝えられる警報のほか、自治体、学校、病院、空港などの施設で館内放送などに利用される予報も含めて、個人あるいは集団で身を守る行動をとるものである。一方、機械による利活用としては、主に自動制御が一般的であり、鉄道やバスでの減速・停止信号としての利用やLPGプラントの遮断弁を緊急作動しガスの流れを停止するといった工場・事業所での利用、集客施設やマンションでのエレベーターの運行制御が挙げられる(図3-2)。

次に、過去のアンケート調査から緊急地震速報の実際の利活用状況を振り返る。気象庁は、顕著な地震が発生した際に緊急地震速報の利活用状況のアンケート調査を行っている。「緊急地震速報」の認知度は、運用開始前の2007年5月には35%程度であったが、普及啓発の取り組みにより、運用開始直前の9月には61%となった(気象庁(2007))。その後も気象庁では、緊急地震速報に係る普及啓発を継続して行っており、年2回の緊急地震速報訓練の際には、あわてずに身を守る行動を確認するよう呼び掛けてきた。この間、東北地方太平洋沖地震や平成28年(2016年)熊本地震など、大きな被害をもたらした地震発生時に実際の緊急地震速報を経験した機会もあったことなどから、2021年度はその認知度が87%に増加しており(気象庁(2022))、緊急地震速報は着実に社会に定着してきていると言えてよい。

緊急地震速報を見聞きした際に何らかの行動ができている割合には調査の時期と地域によって差が見られ、緊急地震速報を見聞きした経験が多いほど、何らかの行動ができているとする割合が高いと考えられる（図3-3）。緊急地震速報を見聞きした際に何らかの行動をしたという回答の中には、「外に出ようとした」「火の始末をした」「家具などを押さえようとした」という回答も含まれるので、必ずしも推奨されている行動を取ったわけではないことに留意する必要があるものの、多くの人々が地震からの被害を回避するための何らかの行動を取ったと考えられる。緊急地震速報を見聞きした経験が少ない方に適切な行動を取っていただくためには、引き続きの普及啓発や訓練などの実施が必要である。さらに、2021年3月に発生した福島県沖の地震に対するアンケート結果からは、緊急地震速報には警報と予報があること、誤検知によって緊急地震速報を発表する場所があることについて、知っているという割合が低いことが分かった。今後は緊急地震速報が適切に利用されるよう、緊急地震速報の性質やその利点と限界について、引き続き普及啓発に取り組む必要がある。

また、緊急地震速報（予報）の利活用促進のためには、機械利用を行うユーザーに予報を提供する予報業務許可事業者の役割が重要である。地震動の予報業務許可事業者数は、緊急地震速報の運用開始以降ほぼ横ばい、あるいは漸減傾向が見える（図3-4）。今後、予報事業の活性化を目指し、こうした予報業務許可事業者とともに、緊急地震速報の利活用促進に向けた議論を行う必要がある。

現在、気象庁では全国を188の予報区に分けて情報提供を行っている。他方、予報業務許可事業者は任意の地点の予測を行うことが可能であり、地図上に揺れの予測の分布を作成し提供することが可能である。既に防災科学技術研究所では、観測結果と予測を重ね合わせたサービスを行っている（図3-5）。このように、予報業務許可事業者による緊急地震速報の提供は、利用するユーザーのニーズに対してより適切な情報提供を可能としている。

3-2. 現行の緊急地震速報の利活用に関する課題

現状における緊急地震速報の人間による利活用と機械による利活用は、行動や処理に要する時間に差があることから、これらについての課題は分けて考える必要がある。

人間による利活用においては、緊急地震速報の伝達時に視覚に障がいがある方に音声のみでいかに早く内容を伝えるか、また聴覚に障がいがある方に音を使わずにどのように伝えるか、日本語を母国語としない方に多言語でどのように伝えるかなど、ユニバーサルデザインについての取り組みが課題となっている。例えば、スマートフォンでは、通知された内容を読み上げるように防災アプリ側で対応している例もあることから、このような取り組みをスマートフォン

のアプリ以外の分野にも広げていくことにより、課題を解決することが可能であると考えられる。音を使わない通知については、カメラのフラッシュ機能を用いて点滅で伝える設定が可能であるので、機能の利用検討がなされているところである。また、これらの多様性がある表現とクオリティとを両立させるため、情報伝達の基本設計をしっかりと構築することが重要である。

機械による利活用においては、3-1. で見てきた自動制御について、利用者や機器の安全な停止という仕組みとしては役割を果たしているが、緊急地震速報には警戒を解除する仕組みがない。このため、地震発生後の復旧は揺れが収まった後に震度情報などを参考にして人の判断により対応していることが実情であり、緊急停止からの復旧に時間を要することが課題となっている。(図3-2)。例えば、ガスメーターは揺れを感知すると自動的にガスの供給を停止するが、再開のためには利用者側で手動復旧の必要があり、ユーザーが安全確認を行うことと自動復旧できることをバランスよく行うことが求められている。また、現在多くのエレベーターにはセンサーが実際の揺れを感知して停止するという仕組みがあるが、緊急地震速報を受信することによって、いち早く安全に停止する仕組みは十分に普及していないと考えられる。例えば、誤報の際にキャンセル報が入って再開できるなどの仕組みがあれば、エレベーターでの普及も進むと考えられる。

このような、機械の自動制御における緊急地震速報の利活用状況については、現在、その事例が十分には把握できていないことが課題であり、今後、調査を行っていく必要がある。また、機械による利活用を更に拡大させていくためには、予報業務許可事業者の役割も重要である。例えば、様々な分野における緊急地震速報の利活用事例をまとめ、気象庁ホームページなどで広く周知することで、同様の利活用が広がっていくことが期待できる。また、2-1. で述べたような情報伝達の迅速性の観点でも、国の観測点を維持することによる地震検知の迅速性の担保に加え、事業者側においても低遅延での通信技術を活用することなどによって情報伝達の迅速化を進めることが重要である。

4. 今後の緊急地震速報の方向性について

ここでは、本作業部会議題3の「今後の緊急地震速報の方向性について」において検討された内容について報告する。気象分科会提言を踏まえ、「面的な揺れの広がり予測」や「様々な指標での情報提供」について、技術とニーズの2つの側面から今後の方向性を整理した。

4-1. 今後の緊急地震速報について

現在の緊急地震速報の予測は、これから来る最大の揺れに対する備えを呼びかけるものであるが、今後、技術開発が進み、揺れの予測の精度が向上し、よりきめ細かな情報提供が可能となると、特に機械による自動制御の利活用のニーズが高まると考えられる。

気象データの提供を例にすると、ある広がりを持つ地域に対して発表される予報や警報の結果のみならず、高解像度降水ナウキャストやキキクルなどの提供画面で見られるような、予測から観測までの情報をシームレス（継ぎ目なく）に提供することで、防災情報としてのデータの更なる活用を広げる取り組みが進んでいる。今後の緊急地震速報を考える上では、例えば面的な予測情報や、揺れの時系列での盛衰を表現する情報など、きめ細かな情報提供は気象データの提供と同様、有用であると考えられる。

気象分科会提言において、将来の気象業務の方向性が整理され、緊急地震速報の今後について、「面的な揺れの広がり予測を提供するとともに、震度だけでなく長周期地震動階級も合わせ、揺れの状況を様々な指標により提供」することが目標として記載されている（図4-1）。2-1.（4）で述べたように、既に震度だけではなく、長周期地震動階級も合わせた揺れの予測の提供を実現しているが、より精度の高い面的な揺れの広がり予測については予測技術そのものに加え、データの描画方法や配信も含めた今後の技術開発やニーズ調査が必要である。

面的な揺れの広がり予測に関連し、今後実現が期待されるものの一つとして、気象研究所で開発が進められている地震動の予測手法がある。気象研究所では、2-1.（2）で述べたように、巨大地震の対応として震源とMによる推定によらず、揺れから揺れを直接予測する手法を開発しており、現在気象庁はその簡易版としてのPLUM法を運用している。この、揺れから揺れを直接予測する手法は、データ同化²技術を活用して面的な揺れの強さや伝播方向を推定し、10秒後、20秒後…の揺れの状況を精度高く予測するものである（図4-2）。この予測手法によって、個々の地震や地盤条件によって揺れの伝わり方に違いがあつ

² 数値モデルからの推定値と観測値及びそれらの誤差情報をもとに、最も確からしい値を作成する処理のこと。

た場合にも、その揺れの特徴を含めたきめ細かな呼びかけが可能になる。また、巨大地震の場合、断層の破壊の進行具合によって、この後揺れがさらに大きくなるのか、あるいはこれから揺れが収まるのかなど、揺れの推移を知らせることも可能になる。さらに、揺れが長く続く長周期地震動に対しても、周期ごとの揺れを予測することにより、その周期で揺れやすい建物に対して、今後どのくらい揺れが継続するのかについての情報提供が可能になる。また、このような揺れの面的な分布と推移を伝えることで、体感とより整合する予測情報が提供され、予測情報への納得感やその後の情報への信頼感にもつながると考えられる。

緊急地震速報には、予測精度の向上に加え、情報提供の方法にも解決すべき課題がある。現在は、緊急地震速報の揺れの予測から、震度速報による揺れの観測状況の情報提供には、わずかとはいえ時間的な隔りがある。今後、予測だけではなく観測データまでをシームレス化して情報提供を行うことで、例えば、機械の緊急停止から復帰までの一連の流れを自動制御などにより高度化することで、迅速な復帰が可能となり得る（図4-3）。

4-2. 今後に向けた課題とその解決のために

緊急地震速報には、迅速かつシンプルな呼びかけによって人的被害を軽減するという重要な意義がある。しかし、今回議論されたような、高度な機械制御を行うための、面的な揺れの予測情報の提供や、予測情報と観測情報のシームレスな提供にあたっては、情報提供の迅速化とは相反するデータ量の増加という課題が生じることが予想される。さらに、緊急時のデータの輻輳にも注意する必要がある。今後は、最低限、必要な情報を確実に届けるよう現行のシンプルな情報提供を引き続き行っただうえで、大容量データの提供に関する新たな技術開発が必要となる。気象庁が、今後より多くのデータを提供する際には、現在提供しているXMLファイルの送信だけではなく、データ容量が小さくなるファイル形式や汎用性の高いデータ形式など、その他のデータの提供方法についても検討を行う必要がある（図4-4）。面的な揺れの広がりや予測を提供する場合に、今後デバイスが多様化していくことも考えられることから、用途ごとにデータ提供に関する検討をすることが重要となってくる。これらの情報をどのように伝達するのかということと、受け取った情報をどのように表現するかということとはそれぞれ分けて検討するというような、情報の基本設計を適切に行う必要がある。

また、データの利用拡大を考える場合には、データの利便性とセキュリティの両立や、データ利活用ができる人材の育成など、気象分野のデータ活用の取り組みも参考にしながら今後検討を進めていく必要がある。さらに、直接的な緊急地震速報のデータの利用の他にも、経験式や機械学習を用いた予測モデル

の構築による震度予測精度向上のため、気象庁は過去の計測震度などのデータや観測点情報、データの逐次提供についても検討することが必要である。

これらの課題への対応や中長期的に解決すべき技術上の課題、IT 技術の進展に対応した情報のあり方の検討については、今後も技術とニーズの両面からの検討を継続していく必要がある。このため今後は、専門家や緊急地震速報利用者協議会などの関係機関へのヒアリングを実施するとともに、今回の作業部会と同様な場での議論などを進める必要がある。

5. まとめ

本作業部会では、緊急地震速報のこれまでの技術的改善や利活用の状況を振り返り、今後の利活用の方向性について整理した。今後は本作業部会での議論を踏まえ、以下のように取り組みを進めて欲しい。

（緊急地震速報の技術的改善について）

緊急地震速報の運用開始以降に取り組んできた技術的改善については、緊急地震速報が信頼のある情報として防災行動に貢献する上で、前述したような不断の取り組みが重要である。今後も、緊急地震速報の更なる精度向上に向けた技術開発やシステム上の課題への対応については引き続き取り組んでいく必要がある。緊急地震速報の迅速な情報発表のためには、海域観測網の新たな活用を進めることが必要である。また、安定的な発表のためには、気象庁および関係機関により陸域・海域の既存の観測網が維持されることが重要である。なお、このような技術的改善の取り組みに際しては、利用者の立場に立った評価により改善を図ることが望ましい。

（現行の緊急地震速報の利活用について）

緊急地震速報の利活用については、人間による利活用と機械による利活用に分けられる。

人間による利活用においては、緊急地震速報（警報）が広く認知されており、人が「身構える」ためのシンプルな呼びかけが今後も重要である。緊急地震速報（予報）を活用することで実現するより細やかな情報提供や、情報の受け手に応じた適切な伝達の方法などは、予報業務許可事業者や配信事業者の協力のもとで更なる活用推進が期待される。特に、障がいのある方や日本語を母国語としない方などに配慮した情報のあり方について、民間事業者での優良事例も参考にすることが望ましい。

機械による利活用においては、更なる利用拡大が望まれることから、まずは緊急地震速報の機械での利用状況について、調査・解析することが必要である。機械での利用拡大には迅速化が有効であるが、気象庁による海域観測網の新たな活用による迅速化とともに、民間による低遅延でのデータ伝送技術の開発によっても迅速化を図るなど、気象庁および大学・公的機関に民間を加えた官民連携による取り組みを活性化し、機械での利用に適したデータ提供を実現する必要がある。これらの実現に向けて、利活用事例の収集、気象庁 HP での事例の公表や関連分野への事例紹介などを実施することで、利活用の拡大に向けた取り組みを推進することが望ましい。

(今後の緊急地震速報の方向性について)

今後、面的な揺れや推移の予測情報の提供が可能になれば、予測と体感がより整合的になり、予測に対する納得感が醸成できる。また、予測情報と観測情報とのシームレス化が可能になれば、緊急停止から復帰までを自動制御などにより迅速化でき得る。これらを実現するため、気象庁には、気象庁観測点の維持管理のみならず更なる関係機関の観測データ収集のための調整や、データを常時収集・処理するための技術開発及びシステム設計などを関係機関と連携して推進することが求められる。

また、今後の緊急地震速報データの利用拡大とともに、汎用性・効率性の高いデータの検討やセキュリティの強化、データ利活用ができる人材の育成なども併せて検討を行う必要がある。これらは情報の基本設計を適切に行ったうえで検討する。さらに、気象庁が保有するリアルタイム震度情報などのデータについても、迅速に提供することにより、新たな地震情報のニーズへの対応や機械学習などの技術開発に活用を行うことが可能となると考えられることから、関係機関とも調整しながら活用を検討していくことが求められる。

気象庁は、今回整理された課題や中長期的な技術上の課題、IT 技術の進展などに対応するため、今後も情報のあり方の検討を継続する必要がある。今後も、本検討会のような専門家・関係機関へのヒアリングを行うとともに、本作業部会のような場での議論の継続が求められる。

6. おわりに

本作業部会では、一般提供開始以降の緊急地震速報の技術的改善や利活用状況を振り返り、現在の課題から今後の情報提供、情報のニーズやデータ提供の方法まで、広範にわたって議論してきた。

緊急地震速報が社会からより信頼、期待されるインフラストラクチャーとして成熟していくためには、引き続き、情報の精度向上や迅速化、普及啓発、利活用拡大に努めていく取り組みが欠かせない。気象庁には、これらの取り組みを継続することで、地震災害から一人でも多くの住民の命を救い安心・安全な生活を守ることや、経済的損失を軽減することを期待する。

緊急地震速報評価・改善検討会 利活用検討作業部会 開催履歴

第1回作業部会（令和5年2月27日開催）

議題：

1. 緊急地震速報評価・改善検討会利活用検討作業部会について
2. 緊急地震速報の技術的改善について（報告）
3. 現行の緊急地震速報の利活用について
4. 今後の緊急地震速報の方向性について

第2回作業部会（令和5年3月22日開催）

議題：

1. 話題提供
2. 報告書（案）について

参考文献

- 気象庁 (2018) : 交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」について,
<https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/20a/bunkakai_rep.html>.
- 中村浩二 (2007) : 緊急地震速報について, 物理探査, 60, 367-374.
- 東田進也, 堀内茂木, 山本俊六 (2010) : 揺れの予測情報と地震災害低減への活用, 平成22年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, 931-936.
- 東田進也 (2015) : 緊急地震速報の過去・現在・未来, 地震調査研究推進本部20年の資料集, 114-120.
- 気象庁 (2012) : 緊急地震速報評価・改善検討会技術部会 (第4回) 資料,
<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/study-panel/eew-hyoka/t04/20121001_siryou1.pdf>.
- 干場充之, 尾崎友亮 (2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震での緊急地震速報と津波警報, 地震2, 64, 155-168.
- 林元直樹, 野口恵司・齋藤潤・干場充之 (2023) : 緊急地震速報への大規模海底地震観測網データ活用のための取り組み —S-net と DONET の活用—, 験震時報, 86 : 3.
- Hoshiya M., and S. Aoki (2015) : Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real-Time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, Bull. Seism. Soc. Am., 105, 1324-1338.
- Kodera Y., Y. Yamada, K. Hirano, K. Tamaribuchi, S. Adachi, N. Hayashimoto, M. Morimoto, M. Nakamura, and M. Hoshiya (2018) : The Propagation of Local Undamped Motion (PLUM) Method: A Simple and Robust Seismic Wavefield Estimation Approach for Earthquake Early Warning, Bull. Seism. Soc. Am., 108, 983-1003.
- 功刀 卓, 青井 真, 中村 洋光, 藤原 広行, 森川 信之 (2008) : 震度のリアルタイム演算法, 地震2, 60, 243-252.
- 溜瀨功史, 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.
- Horiuchi, S., H. Negishi, K. Abe, A. Kamimura, and Y. Fujinawa (2005). An automatic processing system for broadcasting earthquake alarms, Bull. Seismol. Soc. Am. 95, 708-718.

Dhakal Y. P., W. Suzuki, T. Kunugi, and S. Aoi (2015) : Ground Motion Prediction Equations for Absolute Velocity Response Spectra(1 - 10s) in Japan for Earthquake Early Warning, 日本地震工学会論文集, 15(6), 91-111.

気象庁 (2007) : 緊急地震速報の認知度に関するアンケート調査 (第 2 回) の結果が出ました, <https://www.jma.go.jp/jma/press/0709/14b/eew_enq2.pdf>

気象庁 (2022) : 令和 3 (2 0 2 1) 年度気象情報の利活用状況に関する調査報告,

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/hyouka/manzokudo/R3manzokudo/R3manzokudo_data.pdf>