

資料2

緊急地震速報評価・改善検討会技術部会（第9回）の報告

緊急地震速報評価・改善検討会 技術部会（第9回）を3月5日に開催した。

当技術部会では、前回以降の緊急地震速報の発表状況や PLUM 法導入後の評価、海底地震計の活用による発表の迅速化・精度向上、平成30年1月5日の過大警報を受けて震度の過大予測対策について、報告・説明して意見交換を行ったので、その概要を報告する。

技術部会の議題

- 1 緊急地震速報に係わる報告事項
 1. 1 緊急地震速報の発表状況
 1. 2 主な地震における緊急地震速報の発表状況
 1. 3 PLUM 法の評価
 1. 4 遠地地震の検知による緊急地震速報（予報）発表事例
- 2 緊急地震速報の迅速化と精度向上に向けた取り組み
 2. 1 海底地震計データの活用
 2. 2 震度の過大予測対策と地震識別処理の改善について

各議題の説明概要は次ページ以降のとおり。

1 緊急地震速報に係わる報告事項

【概要】

- 前回技術部会（第8回）の報告以降の発表状況と、震度6弱を観測した地震や警報の見逃し・空振り事例、遠地地震による揺れを検知して発表した事例について報告した。
- 10月4日の千葉県東方沖の地震では、初期段階で震源をやや沖合いに推定したことによりマグニチュードを過大に推定し広範囲に緊急地震速報（警報）を発表したが、S-netを活用することで改善できることを報告した。
- PLUM法の導入により、予測震度が過小評価となるケースは減ったが震源近傍で過大評価となるケースが増えたこと、PLUM法による震度予測が従来法より先に震度5弱以上に達することで緊急地震速報（警報）の発表契機が早まった事例が6地震あったことを報告した。

参考（説明資料）

(1) 2018年10月4日00時15分の千葉県東方沖の地震（M4.7、最大震度4）

IPF法による推定震源が実際の震源よりもやや沖合いに決まったことで、広範囲に警報を発表したが、S-netを活用するとIPF法震源は実際の震源に近くなり、緊急地震速報（警報）は発表しないことがわかっている（2.1項で説明）。

(2) 予測震度の残差と震央距離との関係

震源近傍については、特にMの小さな浅い地震における震源近傍の急峻な距離減衰により、PLUM法による予測震度が過大になる場合がある（図1.1）。

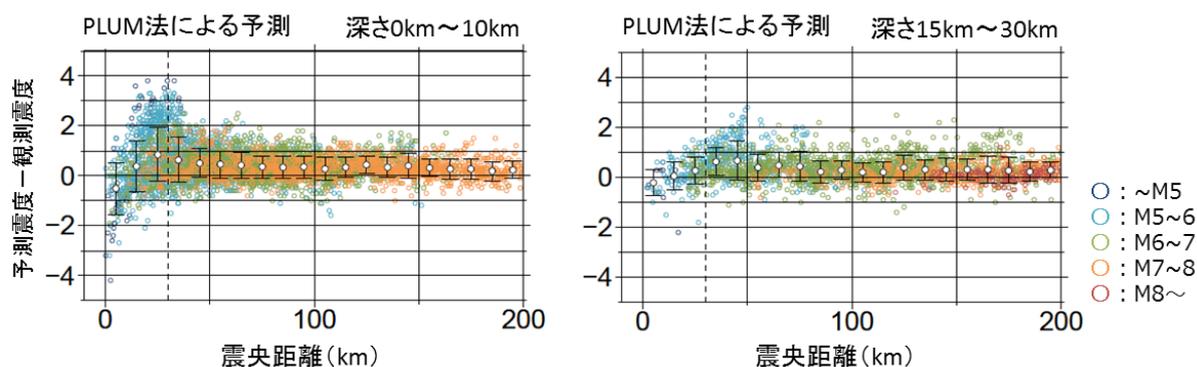


図1.1 PLUM法による予測震度の残差と震央距離との関係（第8回技術部会資料より抜粋）。
Mが小さい（黒・青）・深さが浅い（左側）方が過大傾向。

(3) 警報発表契機がPLUM法により早まった事例

2018年3月22日のPLUM法運用開始以降、2019年1月までに緊急地震速報（警報）を発表した14個の地震のうち、6個の地震でPLUM法により緊急地震速報（警報）を、従来法のみの場合より早く発表することができた。このうち、4個の地震では従来法の予測結果が5弱未満であり、PLUM法のみによって緊急地震速報（警報）を発表した。

表1.1 PLUM法により緊急地震速報（警報）を早く発表した地震

時刻	震央地名	M	最大観測震度	PLUM法予測結果が初めて5弱を超えたときの、地震波検知からの経過時間（秒）	従来法予測結果が初めて5弱を超えたときの、地震波検知からの経過時間（秒）	PLUM法の予測最大震度（計測震度）	従来法の予測最大震度（計測震度）
2018/04/14 04時00分	根室半島南東沖	5.4	5弱	8.0	-	5弱 (4.5)	4 (3.8)
2018/06/17 15時27分	群馬県南部	4.6	5弱	7.5	-	5弱 (4.6)	4 (3.8)
2018/07/07 20時23分	千葉県東方沖	6.0	5弱	13.5	-	5弱 (4.6)	4 (4.0)
2018/09/06 03時07分	胆振地方中東部	6.7	7	7.3	10.4	5弱 (4.8)	4 (4.0)
2018/11/02 16時53分	紀伊水道	5.4	4	11.4	-	5弱 (4.5)	4 (3.7)
2019/01/03 18時10分	熊本県熊本地方	5.1	6弱	6.0	9.8	5強 (5.4)	4 (4.1)

※表中の「-」は従来法予測結果が5弱を超えていないことを示す。

※表中の「予測最大震度」は緊急地震速報（警報）の第1報で発表した予測震度の最大値。

2 緊急地震速報の迅速化と精度向上に向けた取り組み

2.1 海底地震計データの活用

【概要】

- 緊急地震速報へのS-net等海底地震計データの活用に向けて、処理システムへの実装を進めている処理手法について説明した。
- S-net周辺地域で発生した地震について検証を行った結果、実装される処理手法によって想定どおりの処理結果になることを報告した。

【議論等】

- 海底地震計は陸から離れているため、地震を観測した観測点がある程度集まってから処理するという発想は良い。地震を検知した観測点が少ない時点で無理する必要はない。

参考（説明資料）

（1）海底地震計の特徴および、データの活用における課題とその対策

海底地震計は、厚い堆積層の上に設置されている上、やわらかい堆積物の上に固定することができないため、地震波が増幅されたり、強い揺れで地震計の姿勢がわずかに変わったりすることで振幅が過大に観測される場合がある。

このため、陸の地震計とは異なり独自の対策が必要となる（図2.1）。

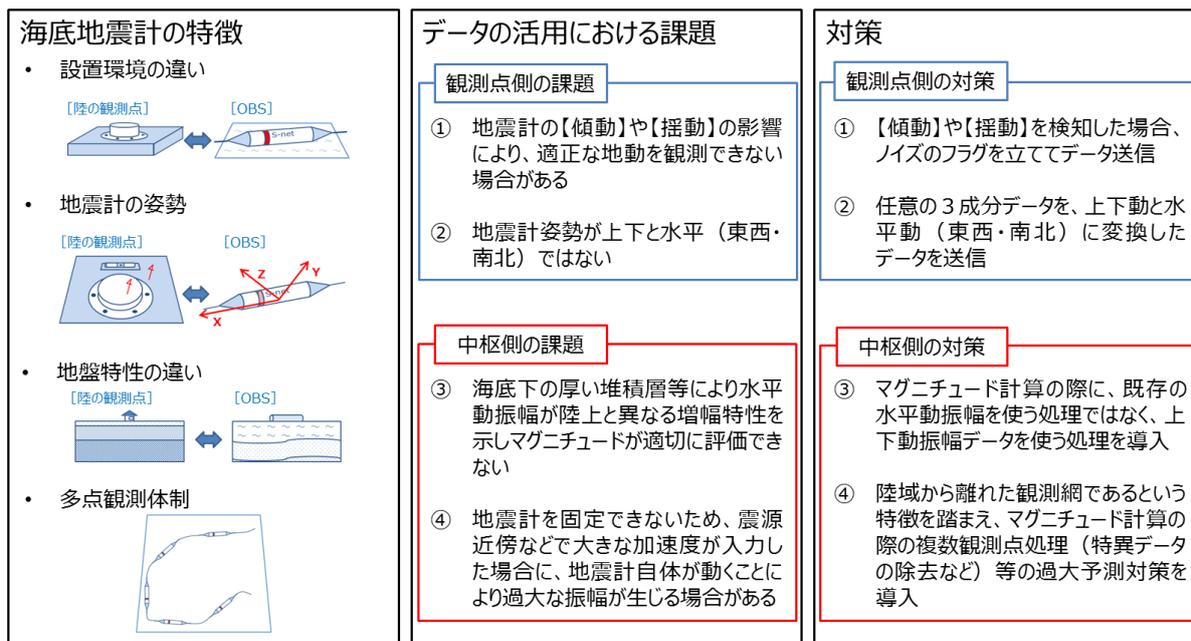


図 2.1 海底地震計の特徴および、データの活用における課題とその対策

(2) 観測点側の対策（図 2.1 中、①および②の対策）

緊急地震速報用にデータ処理を行っている S-net 陸上局においても図 2.1 右上に示す①②の対策が必要なことから、現在、国立研究開発法人防災科学技術研究所の協力のもと、S-net の陸上局に表 2.1 に示す新規機能を追加した実装を進めている。

このうちの一つ、地震計の地震時の「傾動」や「揺動」の検出については、図 2.2 に示す上下動加速度波形の単純積分波形を用いた品質管理処理を導入する。

表 2.1 S-net の単独観測点処理に実装される新規機能

対処すべき事象	新規追加機能
姿勢角・設置方位角の補正	パラメータによる3成分の回転補正 回転補正パラメータ値の異常検知機能
振幅の活用	上下動変位振幅の送信 傾動・揺動品質管理処理

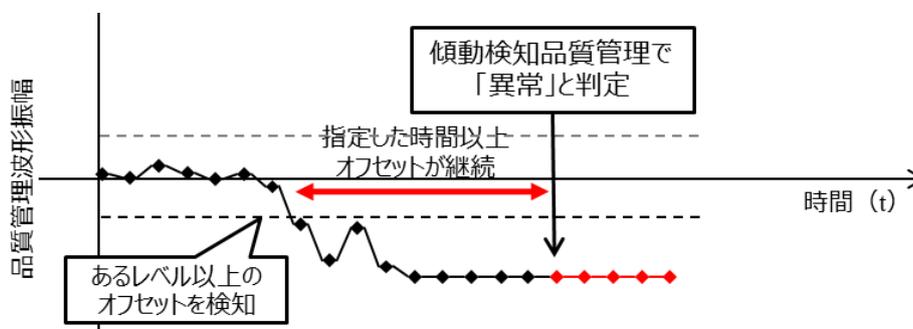


図 2.2 傾動・揺動検知品質管理処理の模式図

上下動加速度波形を単純積分した品質管理波形が一定時間ゼロクロスしないことより、オフセット変化を抽出し異常と判定する。

（3）中枢処理に実装する新たな処理手法（図2.1中、③および④の対策）

海底地震計では、震源の近傍であるほど振幅値の異常が発生しやすいことがわかってきた。海底地震計においては、陸で強い揺れを観測するまでの間に十分な時間的猶予があることから、陸上のように1点のみから発表を許容するマグニチュード推定手法ではなく、複数のデータを待ってM計算処理を開始し、さらに上位2点のデータを除外する等の手法を導入する（図2.3）。

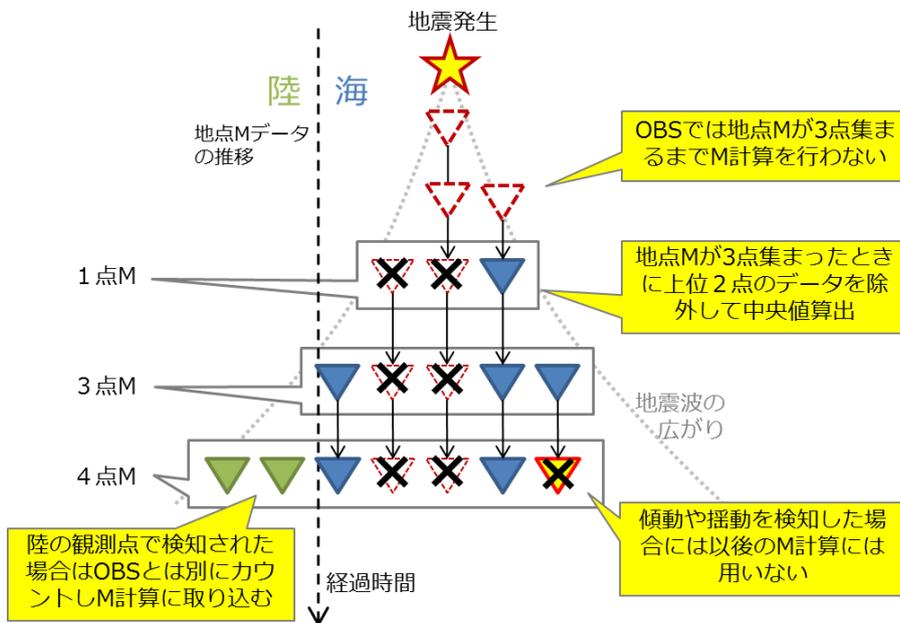


図2.3 海底地震計の振幅をM計算に利用する際のロジック概要図

（3） S-net 活用による IPF 法の迅速化・精度向上

2018年10月4日の千葉県東方沖の地震（M4.7、最大震度4、図2.4）では、初期

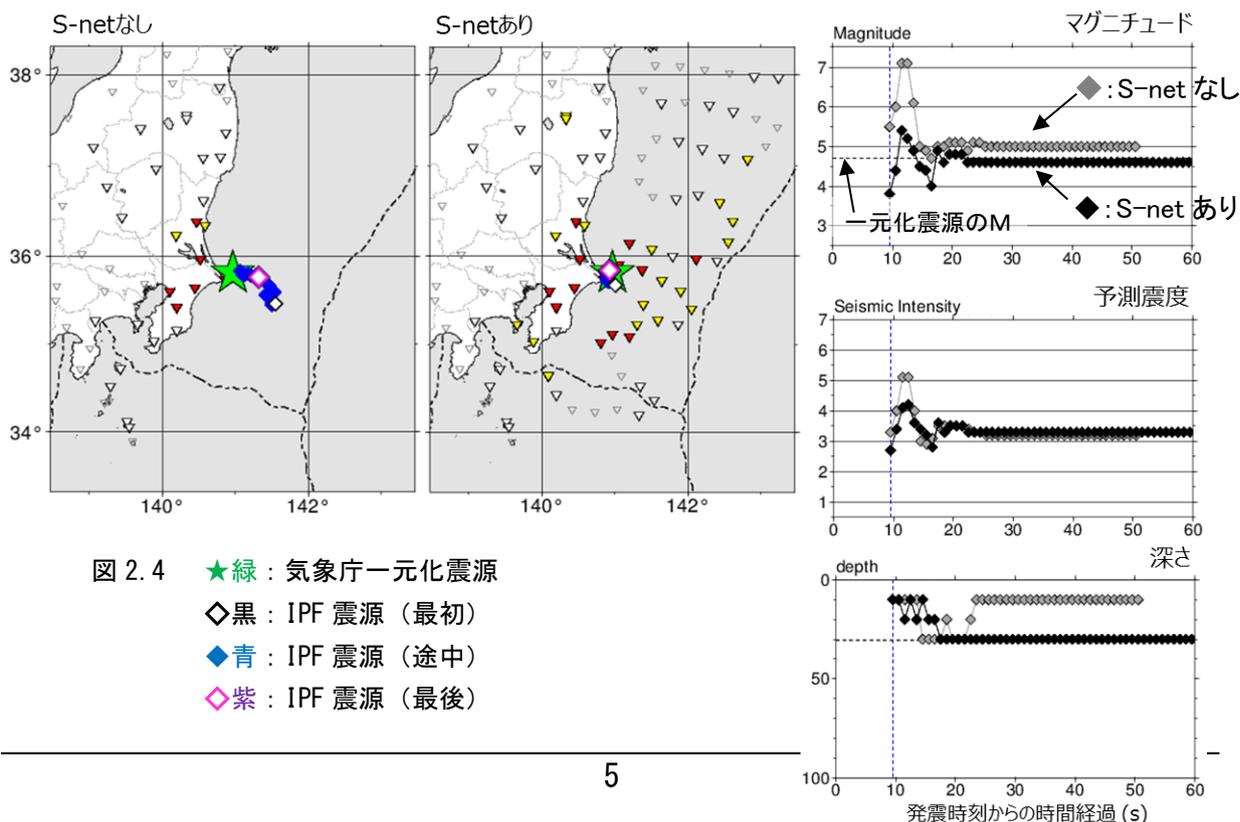


図2.4 ★緑：気象庁一元化震源
 ◆黒：IPF 震源（最初）
 ◆青：IPF 震源（途中）
 ◆紫：IPF 震源（最後）

の震源が沖合に推定され、震度4以上の予測範囲をやや過大に予測した警報を発表した。

S-net を活用した場合には、IPF 法による震源が初期の情報から安定して推定されており（地図の右側）、最大予測震度も震度4と適切に推定できている（右側の折れ線グラフ 2 段目）。千葉県東方沖の地震や房総半島南東沖の地震などは、観測点配置により陸の観測点のみでは初期の震源推定の精度が確保しづらい地域であるが、S-net の活用により震源の精度向上が期待できる。

また、図 2.5 に、今回検証した OBS 活用の条件において、S-net を活用した場合に、警報発表基準を満たす条件となるまでの時間がどの程度迅速になるか、計算した理論値を示す。OBS の振幅のみでは3点目の振幅を待つことになるが、S-net の観測網内であれば概ね理論上は5秒程度の迅速化が見込まれることがわかる。

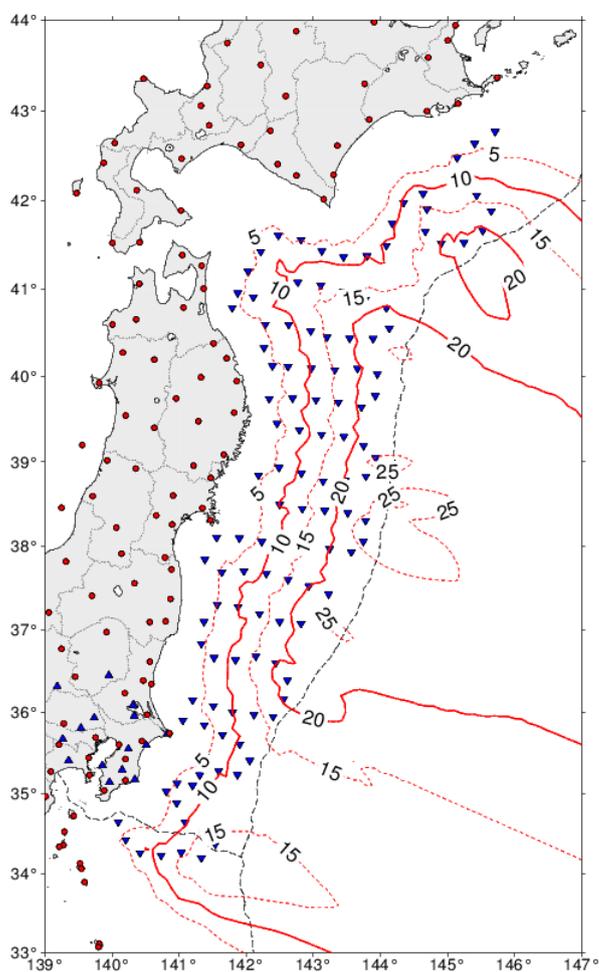


図 2.5 今回検証した OBS 活用の条件において、S-net データ (S1~S5) を活用した場合の理論上の警報発表可能タイミングの迅速化を示すコンターマップ。S-net の観測網内部では概ね 5 秒程度、海溝軸付近では最大で 28 秒程度、S-net の活用により警報発表が早まる可能性がある。

謝辞

本検証に用いたデータは、国立研究開発法人防災科学技術研究所からの提供を受けたものである。

2. 2 震度の過大予測対策と地震識別処理の改善について

【概要】

- 平成30年1月5日に茨城沖の地震に対して震度を過大に予測し緊急地震速報（警報）を発表した件について、マグニチュード計算や震源更新条件を見直す対策について説明し、この対策により過大予測を回避できることを報告した。

【議論等】

- マグニチュード計算の際には推定震源近傍の観測点の振幅を使うことが重要である。連続データをリアルタイムで受けているのであれば震源近傍の振幅を用いることで解決できるのではないか。

⇒2018年1月5日の過大予測は、富山県西部から茨城県沖に震源が置き換わったにもかかわらず富山県の振幅が使われつづけたことが原因であった。マグニチュード計算で理論走時に整合しない振幅を使用しないことで対処した（気象庁）。

参考（説明資料）

（1）今年度に行ったシステム改修

過大予測となった原因が、震源を茨城県沖に置き換えたこと、茨城県沖を推定震源として、富山県内・石川県内の観測点の振幅を使ってマグニチュードを計算したことから、以下①～③についてシステム改修を行った。

① マグニチュード計算における観測点選別処理

観測した振幅の発現時間が、推定震源から算出されるP波到達時刻と整合しない場合、その振幅を使わない（図2.6）。

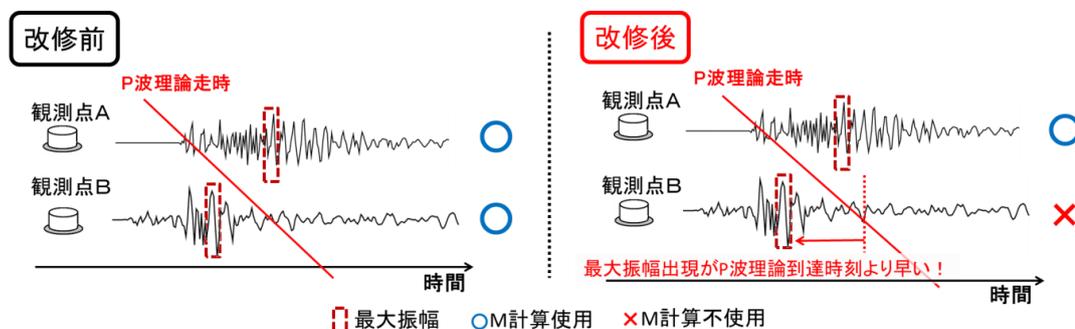


図2.6 ○印の地震波形はM計算に使用し、×印のものは使用しない。

② 地震同一判定処理

既に精度の良い推定震源がある場合、後続の、同じ震源推定手法による震源で置き換えない。

③ イベントID発番処理

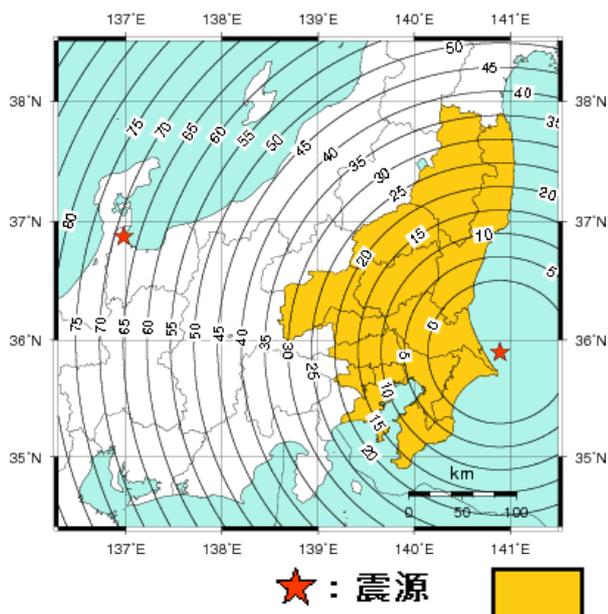
IPF法の地震識別能力を活かすため、IPF法で別地震と指定された震源は、後続の処理においてもそれらを同一地震とせず別地震として処理する。

結果、茨城県沖の震源決定後に緊急地震速報（警報）を発表せず、富山県西部の震源で予報の発表を継続し、震度の過大予測が起こらないことが確認できた（表2.2、図2.7）。これらの改修を2019年3月中に処理システムへ適用予定である。

表 2.2 今回の改修を適用後の再現試験の結果

処理時刻	緯度	経度	深さ	M	震央地名	処理状況
11:02:32.46	37.0	136.8	10	3.9	石川県能登地方	予報第1報(最大予測震度なし)
11:02:32.80	36.9	137.1	10	4.4	富山湾	予報第2報(最大予測震度3)
11:02:33.26	36.9	137.0	10	4.3	富山県西部	予報第3報(最大予測震度3)
11:02:37.11	36.9	137.0	10	4.3	富山県西部	予報第4報(最大予測震度3)
11:02:43.78	-	-	-	4.1	-	着未着法震源候補(茨城県沖)を受信し、同一地震判定
11:02:43.79	-	-	-	4.1	-	着未着法震源候補(茨城県沖)への代表震源更新を押し
11:02:57.10	36.9	137.0	20	4.1	富山県西部	予報第5報(最大予測震度3)
11:03:07.67	36.9	137.0	20	4.1	富山県西部	予報第6報(最大予測震度3)

平成30年1月5日に発表した
緊急地震速報(警報)

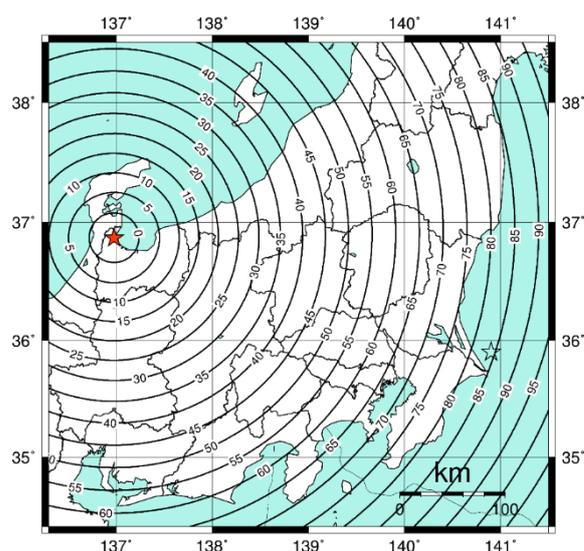


★：震源



茨城県沖を推定震源として最大震度5強を予測し、広範囲に緊急地震速報(警報)を発表した。

今回改修を適用後は
緊急地震速報(予報)のみを発表



緊急地震速報(予報)を発表した地域

富山県西部を推定震源として最大震度3を予測し、緊急地震速報(予報)を発表・更新する。
(図は予報第一報)

図 2.7 緊急地震速報(警報)を発表した地域及び主要動到達までの時間