

緊急地震速報の配信状況と震源決定手法 その4

〔高度利用者向け【予報】と一般向け【警報】〕

2009年04月10日 株式会社ANET発行

高度利用者向け緊急地震速報を用いて、震央分布・発生頻度および震源決定手法について分析しております。そして、前報までに下記のとおりご報告しました。

緊急地震速報の配信状況と震源決定手法 その1 [頻度]
1. 震源位置の分布と頻度について
2. 震源位置の決定手法について
緊急地震速報の配信状況と震源決定手法 その2 [検知点等処理所要時分の推定]
1. [07年10月～08年08月末] 震源決定手法について
2. 一点検知による第01報 処理所要時分の推定
3. 多点検知による初報 処理所要時分の推定
4. 処理所要時分推定のまとめ
緊急地震速報の配信状況と震源決定手法 その3 [一点検知と猶予時分]
1. 一点検知の処理時分・多点検知の処理時分についての考察（再掲）
2. 一点検知による第01報と多点検知初報との結果差異
3. 一点検知による第01報と多点検知初報との配信時間差

これまで述べた“緊急地震速報”とは、実は“高度利用者向け”あるいは“予報”と呼ばれるタイプのものです。これとは別に、“一般向け”あるいは“警報”とよばれるタイプのものがあります。後者は、テレビ等で伝達されるもので、ときどき放送されています。本報告では、この2つのタイプの緊急地震速報について、比較します。

1. 震源位置の決定手法と地震の“強さ”について

その前に、緊急地震速報の処理手法と精度の関係について、再度整理します（前報“緊急地震速報の配信状況と震源決定手法 その1 [頻度]”もご参照ください）。なお、ここでは2007年10月1日～2009年01月31日の間（489日間）に配信された高度利用者向け緊急地震速報に基づく結果を示します。

第01報の処理手法は観測点1点（一点検知）での処理による場合もありますが、多くの地震の場合、第01報から多点検知によって震央などが決定されています。第01報から防災科研の方法（5点以上使用）を用いて震源を決定している場合が多いです。

2006年08月～2009年01月末	915日分での緊急地震速報による
期間内速報件数	1695 件 = 第01報の本数
うち、第01報多点検知：	1504 件
第01報一点検知：	191 件
うち、「レベル越え報」によるもの	： 3 件
キャンセルされたもの	： 9 件（1件はレベル越え）
最後まで1点検知によったもの	： 31 件

→ 【レベル越え・キャンセル・最後まで一点検知 以外の緊急地震速報】

： 1653 件
 うち、【第 01 報一点検知 途中から多点検知】： 149 件
 【最初から多点検知】： 1504 件

緊急地震速報のほとんどは、最初から最後まで多点検知によって震央などが決定されます。しかし、ある程度“大きな”地震に限れば、地震規模が大きいほど・かつ震央に近いほど、一点検知が出現し、多点検知に先行します。

表 1～3 に、地震規模M と 震央距離Δ と 一点検知による発報との関係を示します。

表 1

地震規模M と
 震央距離Δ と
 ①【レベル越え・
 キャンセル・
 最後まで一点検知
 以外の緊急地震速報】
 の頻度分布

		M						
		0.0 以上	3.5 以上	4.5 以上	5.5 以上	6.0 以上	6.5 以上	計
Δ	0 km以上	5	1	2	0	0	0	8
	3 km以上	19	44	13	1	0	0	77
	10 km以上	139	218	114	5	1	3	480
	30 km以上	211	380	199	25	2	3	820
	100 km以上	6	153	51	35	13	2	260
	300 km以上	0	3	3	0	2	0	8
	計	380	799	382	66	18	8	1653

2006年08月～2009年01月末 915日分

表 2

地震規模M と
 震央距離Δ と
 ②【第 01 報一点検知
 途中から多点検知】
 の頻度分布

		M						
		0.0 以上	3.5 以上	4.5 以上	5.5 以上	6.0 以上	6.5 以上	計
Δ	0 km以上	0	0	0	0	0	0	0
	3 km以上	0	20	6	0	0	0	26
	10 km以上	0	39	34	2	1	2	78
	30 km以上	1	5	26	7	1	2	42
	100 km以上	0	0	1	2	0	0	3
	300 km以上	0	0	0	0	0	0	0
	計	1	64	67	11	2	4	149

2006年08月～2009年01月末 915日分

表 3

地震規模M と
 震央距離Δ と
 最初が一点検知に
 なる割合 の分布

		M						
		0.0 以上	3.5 以上	4.5 以上	5.5 以上	6.0 以上	6.5 以上	計
Δ	0 km以上	0.0%		0.0%				0.0%
	3 km以上	0.0%	45.5%	46.2%	0.0%			33.8%
	10 km以上	0.0%	17.9%	29.8%	40.0%	100.0%	66.7%	16.3%
	30 km以上	0.5%	1.3%	13.1%	28.0%	50.0%	66.7%	5.1%
	100 km以上	0.0%	0.0%	2.0%	5.7%	0.0%	0.0%	1.2%
	300 km以上		0.0%	0.0%		0.0%		0.0%
	計	0.3%	8.0%	17.5%	16.7%	11.1%	50.0%	9.0%

2006年08月～2009年01月末 915日分

地震規模が大きく、震源が検知点に近い：“強い”地震のときに、一点検知による緊急地震速報第 01 報が発報されています。このことは、地震規模一点検知に使用される検知点：気象庁多機能型地震計設置地点（全国約 200 箇所）の基盤での最大予測震度と比較することで、より明らかになります。

図1に、“震央に最も近い早期検知用検知点”での基盤最大推定震度と地震規模、そして緊急地震速報【予報】（決定手法別）との関係を示します。

ここでいう“早期検知点基盤最大推定震度”とは、多機能型地震計設置地点での基盤（S波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 相当）における予測震度のうちの最大値です。結局、震央に最も近い多機能型地震計設置地点での値です。震央距離が小さく、地震規模が大きく、そして震源深さが浅いと、大きくなります。

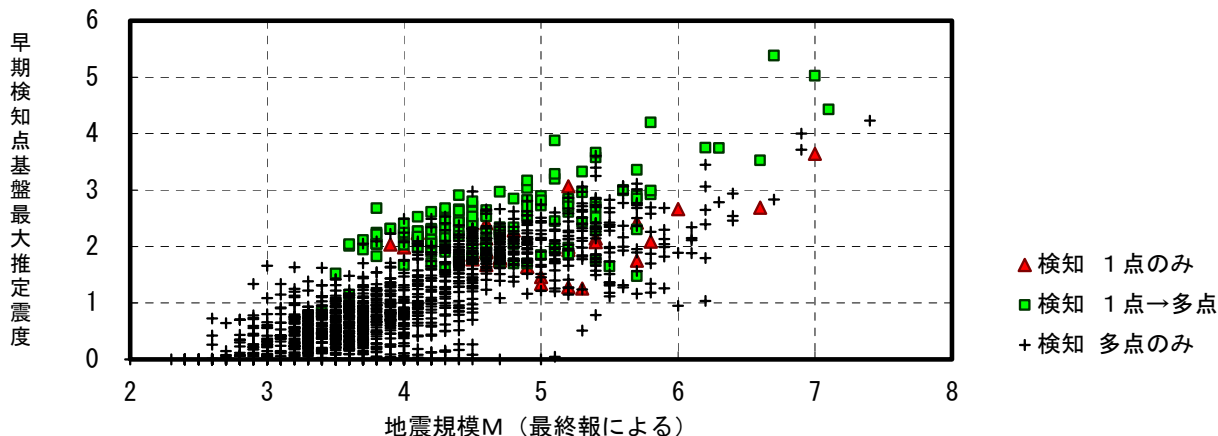


図1 早期検知点基盤最大震度 — 緊急地震速報の震央・震源決定手法推移の分布
2006年08月～2009年01月末 915日分での緊急地震速報による
早期検知点基盤最大推定震度：
震央から最も近い検知点での基盤推定計測震度（増幅倍率を1とする）

震度が大きい“強い”地震ほど、一点検知によって第01報が出る可能性が高くなるといえます。このことについては、以下のような解釈も可能です。

①一点検知では、“弱い”地震に対して発報しない可能性がある。

一点検知情報では後の段階の情報とくらべ、相対的に精度は低くなっています。結果的に一点検知によって情報が発報された場合でも、地震規模Mを1.0程度小さく見積もることもあります。従って、一点検知では地震規模Mが小さいと判断し情報を発報しなかったが、多点検知によって判断しなおしたところ地震規模Mが3.5以上になることも考えられます。

緊急地震速報の発報条件：推定地震規模M3.5以上・推定震度3以上

ある程度強い地震であれば、一点検知で多少過小評価された場合でも、発報基準に達するでしょう。しかし、それほど“強い”わけではない地震の場合は、あとのほうの情報：複数検知点での情報に基づく推定ではじめて発報基準に達する場合もあるでしょう。

②震源が深い場合には、1点目の検知点で検知してから2点目3点目の検知点で検知するまでさほど時間がかからない。しかし震源が深いので、一般に震度も大きくなりにくい。

1点目の検知点で検知してから、2点目3点目の検知点で検知するまでさほど時間がかからないことがあります。これは、震源がある程度深い場合と、複数の検知点の中心付近に震央が位置する場合に相当します。これらの場合、一点検知で波形を処理・判断しているさなかに2点目3点目での検知・統合判断が終わってしまう可能性があります。

この件については、今後もデータの蓄積などにより追求していきます。傾向として、そういう傾向：緊急地震速報の一点検知情報はある程度“強い”地震のときに発報される：図1によると最も近い検知点の基盤で震度2程度以上のときに発報される、といえます。

2. 一般向け緊急地震速報【警報】と高度利用者向け緊急地震速報【予報】

緊急地震速報には、一般向け緊急地震速報（【警報】）と呼ばれるものと、高度利用者向け緊急地震速報（【予報】）と呼ばれるものがあります。

地震の際、気象庁がまず作成する緊急地震速報は、高度利用者向けのもの（【予報】）と同じです。これに基づき、気象庁では、気象庁・防災科学技術研究所・各自治体所有の地震計（全国計約 4200 箇所）における震度を逐次予測しています。複数検知点からの情報により、この予測震度の最大値が 5 弱以上と推定された場合、一般向けの情報【警報】が発報されます。そして、テレビ・ラジオ等で伝達されます。

それぞれの詳細は、以下のとおりです。

高度利用者向け緊急地震速報【予報】：影響の大きい機器（列車など）の制御をする人のための情報

■発表される時： 1 点以上の検知点からの情報により

①加速度が 100 ガル以上である ②地震規模Mが 3.5 以上と推定

③気象庁などの震度計（全国約 4200 点のうちどこかで震度 3 以上が予測される場合。

→ 全国約 4200 点：各市町村代表地点の予測震度に基づいてますが、予測震度 3 以上で発表されます。余裕をみているといえます。

→ 実際には、地震規模Mが 3.5 以上という条件が利いているようです。従って最大震度 2 程度で情報が出ています。

■実際の発表内容： 電文で震源位置・地震規模などの情報が利用者のもとに届く。それに基づいてきめ細かい震度分布・到達時刻を予測。

○ 震度□□の ○ あと△△秒で

■伝達経路： 気象庁 →（財）気象業務支援センター

→配信サービスを提供する許可事業者 →利用者

■震度・到達時分予測の実際： 気象庁から予報業務許可を取得した事業者が、許可された手法によるプログラム等を作成し、プログラム等もしくは地震時予測結果を利用者に提供する。

一般向け緊急地震速報【警報】：テレビなどで大まかに伝えられる情報

■発表される時： 複数の検知点からの情報により気象庁などの震度計（全国約 4200 点）のうちどこかで震度 5 弱以上が予測される場合。

→ 全国約 4200 点：各市町村代表地点（多くの場合、役場位置）での予測震度に基づいてます。粗いです。代表地点での震度が、各市町村内の震度を代表するとは限りません。地盤が違えば震度もかわります。

→ 震度 5 弱では被害の可能性もあります。予測誤差・さらに上記“粗い”ことの影響を考えると、懸念も生じます。

■実際の発表内容：テレビ・ラジオから “大きな揺れが来ます” など。

× 震度□□の × あと△△秒で

→ 対象地点が放送受信範囲になってしまうので、具体的な表現は困難です。

→ 速報を放送するかどうかの基準は、放送事業者・地域により若干異なります。走行車両急停止の影響を考慮し震度 5 弱では放送しない事業者も多いです。

一般向け地震速報は、どうしても粗く遅くなります。高度利用者向け地震速報を利用すると、安全側+きめ細かい予測が可能になります。

A N E Tは、気象庁の許可をうけて配信サービスをご提供する事業者です。

かつ、気象庁からの予報業務許可に基づいて受信サービスを構築する事業者です。配信から受信までをカバーしております。

A N E Tの気象庁からの予報業務許可：許可第 101 号（2008 年 2 月）

3. 一般向け緊急地震速報【警報】と高度利用者向け緊急地震速報【予報】の比較

ここでは、一般向け緊急地震速報：【警報】と、緊急地震速報（高度利用者向け：【予報】）との関係を示します。

(1) 一般向け緊急地震速報【警報】の発報された地震について

一般向けの情報【警報】は、07 年 10 月の開始以来、09 年 01 月末までに 9 件発報されています。これらについて、同じ地震で発報された高度利用者向け情報【予報】により予測震度の最大値が 4 となった時刻と【警報】発報時刻との差を調べました。

表 4 一般向け緊急地震速報 発報履歴（09 年 01 月まで）

	M	最大震度	予測最大震度	【警報】 発表時分 発生から	【予報】 予測震度 4 到達時分 発生から	差		
1	08/04/28 02:32	宮古島近海	5.2	4	5弱	18.1秒	12.1秒	6.0秒
2	08/05/08 01:45	茨城県沖	7.0	5弱	5弱	75.2秒	27.2秒	48.0秒
3	08/06/14 08:43	平成20年岩手・宮城内陸地震	7.2	6強	6強	10.2秒	9.2秒	1.0秒
4	08/06/14 09:20	同 最大余震	5.7	5弱	5弱	14.1秒	9.3秒	4.8秒
5	08/06/14 12:27	同 余震	5.2	4	5弱	59.3秒	11.7秒	47.6秒
6	08/07/08 16:42	沖縄本島近海	6.1	5弱	5弱	25.2秒	16.1秒	9.1秒
7	08/07/24 00:26	岩手県沿岸北部	6.8	6弱	5弱	38.0秒	21.3秒	16.7秒
8	08/09/11 09:20	十勝沖	7.1	5弱	5強	38.0秒	21.3秒	16.7秒
9	08/11/22 00:44	根室半島南東沖	5.2	4	5弱	38.0秒	21.3秒	16.7秒

【警報】発表時分 : 警報発報時刻～地震発生時刻、の所要時分。
警報発報時刻は気象庁HP掲載資料による。

【予報】予測震度 4 到達時分 : 高度利用者向け速報【予報】で、気象庁・防災科学技術研究所・各自治体所有の地震計（全国約 4200 箇所）での予測最大震度が 4 となった時刻～地震発生時刻、の所要時分。
予報発報時刻・地震発生時刻は緊急地震速報電文記載による。

期間 : 07 年 10 月～09 年 01 月末

上表では、【警報】のみを利用する場合と、予測震度 4 を閾値として【予報】を機器制御に活用した場合の猶予時分を比較しています。

このように、【予報】を利用することにより【警報】より相当早く地震を知ることができるといえるでしょう。この効果は、予測震度4、などと閾値をお客様のほうで任意に指定できることによって得られるものです。

また、【警報】は対象範囲が広いので情報が粗くなります。発表の段階で各県3等分くらいの範囲を対象としていますし、テレビ・ラジオ等を介するために結局各放送局の放送エリア一円に同じ情報が流れます。その点、【予報】の場合はして一点ごとの予測震度を計算するので、適切な範囲にて何らかの処置を実施できるようになります。また、猶予時分も計算・表示可能です。

このように、高度利用者向け緊急地震速報【予報】を利用すると、テレビなどで放送されるもの（【警報】）より早く、適切な警戒情報を得ることができます。

(2) 一般向け緊急地震速報【警報】の発報された地震の特徴

図2に、“震央に最も近い早期検知用検知点”での基盤最大推定震度と地震規模、そして緊急地震速報【予報】（決定手法別）・【警報】との関係を示します。どのような【予報】が【警報】を発報させるか。あるいは、【警報】が出されない場合はどんな場合か、をみることができます。

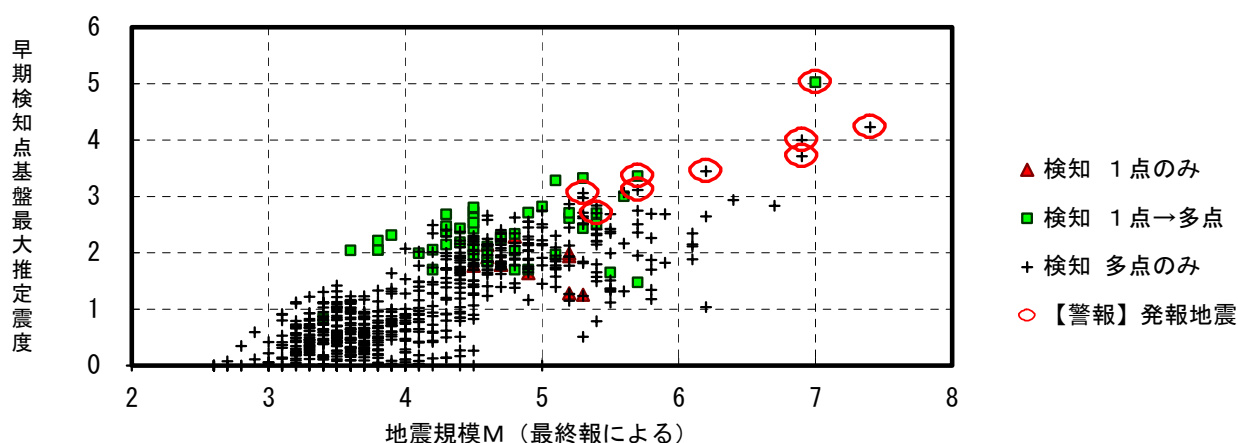


図2 高度利用者向け速報【予報】と一般向け速報【警報】

地震規模—震度（ここでは、震源に一番近い検知点の基盤での震度）の比較
2007年10月～2009年01月末 489日分での緊急地震速報による

早期検知点基盤最大推定震度：

震央から最も近い検知点での基盤推定計測震度（増幅倍率を1とする）

これによると、【予報】はほぼM3.5以上、という条件で出ているようです（最終報の段階でM3程度になる場合もあります）。また、【警報】ができるのは、地震規模が大きく、早期検知点基盤震度が大きい地震であるといえます。しかし、そのような場合でも【警報】が出ないケースもあります。出ている、表4にありますように猶予時分を期待できない場合も多いです。

4. 実際の震度4以上到達地震 と 高度利用者向け緊急地震速報【予報】の比較

ここでは、実際の震度4以上到達地震と、緊急地震速報（一般向け：【警報】・高度利用者向け：【予報】）との関係を示します。

2006年08月～2009年01月末（915日間）の間に、実測の最大震度が4以上となった地震は110件ありました。このうち、高度利用者向け緊急地震速報【予報】が発報された地震は100件でした。このうち、最初が一点検知・途中から多点検知となったものが32件でした。残り68件は、最初から最後まで多点検知のものでした。従って、10件の地震に対しては緊急地震速報が発報されませんでした。これらはほとんど全て、岩手宮城内陸地震などの余震です。

図3に、“震央に最も近い早期検知用検知点”での基盤最大推定震度と地震規模、そして緊急地震速報【予報】（決定手法別）・実際に震度4となった地震との関係を示します。実際に震度4となった地震に対しては、一部の余震を除き、緊急地震速報（高度利用者向け：【予報】）は発報されています。一方、図2と比較すると、実際に震度4になったケースでも【警報】が発報されない場合は多いといえるでしょう。

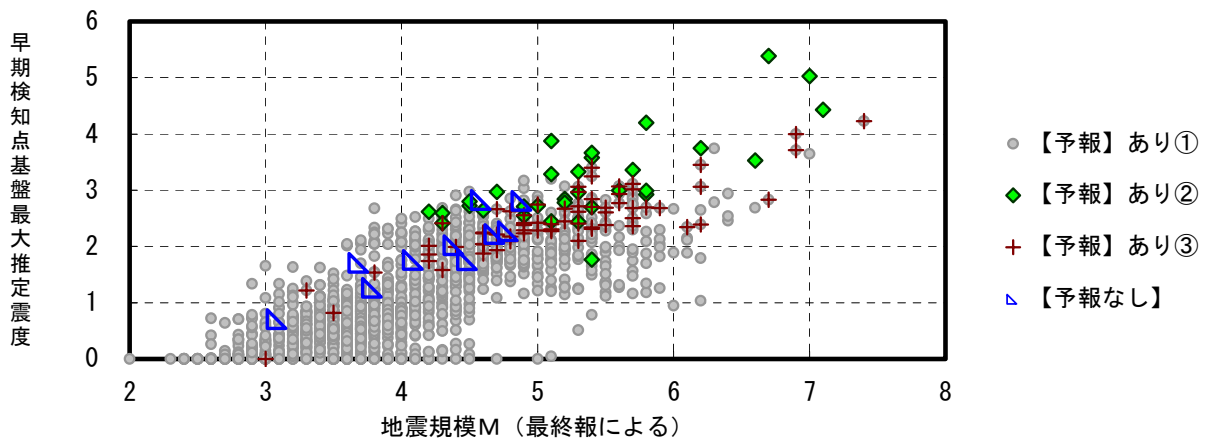


図3 高度利用者向け速報【予報】と実測震度4の地震

地震規模－震度（ここでは、震源に一番近い検知点の基盤での震度）の比較

2006年08月～2009年01月末 915日分での緊急地震速報による

早期検知点基盤最大推定震度：

震央から最も近い検知点での基盤推定計測震度（増幅倍率を1とする）

【予報】あり①：高度利用者向け緊急地震速報【予報】あり・ただし実測最大震度4未満

【予報】あり②：【予報】最初一点検知→多点検知 かつ、実測最大震度4以上

【予報】あり③：【予報】最初から多点検知 かつ、実測最大震度4以上

【予報なし】：【予報】なし・しかし最大震度4以上

【予報なし】のみ、確定報による。

結局、【警報】が発報されるのは、地震規模が大きく、実際の震度も大きい地震であるといえるでしょう。しかし、そのような大きな地震でも【警報】が発報されないケースは多い上、猶予時分が期待できない場合も多いです。

以上