

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]

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
 - (1) 第1報の震源決定手法
 - (2) 第2報以降の震源推定手法の推移 ～全ての地震の場合～
 - (3) 第2報以降の震源推定手法の推移 ～影響の大きい地震の場合～

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

本報告では、一点検知による情報の特徴について引き続きまとめます。

一点検知情報は、多点検知情報に比してどうしても精度が劣ります。そのため、利用者様にその使用の有無の確認をお願いしております。例えばJR各社の新幹線では、安全性をより重視して、緊急地震速報の一点検知と同一の処理方法による情報を使っています。しかし、情報の信頼性をより重視する利用者様は、緊急地震速報の一点検知情報を使用されず、多点検知の情報のみを使用されています。この状況は、当社利用者様に限らないようです。

そこで、本報告では一点検知情報の精度、また一点検知情報を利用することで猶予時分をどれだけ増加できるかについて調べました。

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）

前報にて、2007年10月1日～2008年08月31日の間（336日間）に配信された高度利用者向け緊急地震速報を用いて、検知点などでの処理所要時分を推定しました。

ここでいう“処理所要時分”は、気象庁検知点にて地震が最初に検知されてから利用者様のもとに電文が到着するまでの所要時分です。以下の仮定により推定しました。

一点検知第01報処理所要時分（推定値）：

一点検知第01報発報所要時分 — 気象庁方法によるP波検知最小所要時分
 （地震発生時刻～最も近い検知点でP波を検知した時刻 の差）

一点検知第01報発報所要時分： 地震発生時刻～一点検知第01報電文到達時刻 の差

電文配信に要する時分はごくわずか：IP-VPN回線の場合、気象庁から当社配信センターを経てお客様手元端末に達するまで0.1秒のオーダーですので、無視しています。

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推定結果を示します。一点検知による第01報での処理所要時分推定結果の傾向は、表1のとおりでした。また、多点検知による初報での処理所要時分推定結果の傾向は、表2のとおりでした。

表1 【緊急地震速報 一点検知による第01報での処理所要時分推定結果の傾向
07年10月～09年01月末】

		処理所要時分(秒)				所要時分 5秒以上
		最大	最小	平均	偏差	
全	61件	39.2	-0.6	7.2	6.6	29件
検知点基盤最大震度2.5以上	16件	6.6	2.5	4.0	1.1	3件
検知点基盤最大震度3.0以上	5件	3.7	2.5	3.1	0.5	0件
検知点基盤最大震度3.5以上	1件			3.7		1件

※前報：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]の結果（表4）と期間が異なるものの、傾向は同じです。

表2 【緊急地震速報 多点検知初報での処理所要時分推定結果の傾向
07年10月～09年01月末】

		処理所要時分(秒)				所要時分 5秒以上
		最大	最小	平均	偏差	
全	771件	66.7	-3.4	10.0	8.0	588件
検知点基盤最大震度2.5以上	47件	29.7	-3.4	5.7	6.8	14件
検知点基盤最大震度3.0以上	12件	15.9	-1.1	4.6	4.2	3件
検知点基盤最大震度3.5以上	4件	7.3	1.5	4.2	2.1	1件

※前報：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]の結果（表5）と期間が異なるものの、傾向は同じです。

一点検知による緊急地震速報第01報には、処理時分に大きなばらつきがあります。しかし、「多機能型地震計設置位置基盤での最大震度」が大きい場合には、ばらつきが小さくなります。検知点基盤最大震度2.5以上の場合、処理所要時分は4秒弱前後です。

また、多点検知による初報での処理所要時分には、かなり大きなばらつきがあります。ただ、検知点基盤最大震度3.0以上の場合、処理所要時分は4秒強前後です。

これらのことは、以下の事情によるものと考えております。

一点検知による場合は、地震計での震源推定時間（約2秒）に速報配信基準に達するかどうかの判定に要する時間が加味されます。また、二点検知の場合は、二点目の検知点にP波が到達してから震源推定および判定などに要する時間です。

気象庁検知点にて最初にP波を検知した時点で、一点検知により震源位置等が推定されます。ある程度大きい地震の場合とはもかく、小さい地震の場合、検知誤差の影響により配信基準を下回る可能性が考えられます。その場合、別の検知点でP波を検知してようやく速報が配信される可能性があります。この場合、上記仮定のうち“最も近い検知点でP波を検知した時刻”が成り立ちません。結果的に、P波を最初に検知すべき時刻から相当あとになって検知・そして速報を発報することになります。さらに地震が小さい場合、結局P波一点検知による速報が発報されない場合も多いです（→前報参照）。また、多点検知情報についても同様のことが考えられます。

ただし、これらは結局規模の小さい地震・影響も小さい地震についての問題であり、実用上問題は無いものと考えられます。

2. 一点検知による第01報と多点検知初報との結果差異

一点検知による緊急地震速報は、多点検知によるものと比較して相対的に精度が低いものとされており、ここでは、その精度について詳しく調べました。

2006年8月1日～2009年1月31日の間（915日間）で第01報が一点検知（レベル超え以外）・その後多点検知となったケースは149件ありました。これらの地震規模・震央位置について、一点検知による第01報と、最終報（多点検知による）との差異を調べました。結果を表3に示します。参考として、多点検知による最初の情報（以下、多点検知初報、とします）と最終報との差異も示しました。

表3 【一点検知による第01報・多点検知初報・多点検知最終報の結果差異

06年08月～09年01月末】

地震規模Mの変化		最大	最小	平均	+σ	-σ
地震規模Mの変化	1点初報－最終報（多点） M	1.5	-1.4	0.0	0.5	-0.5
	多点初報－最終報（多点） M	1.9	-1.1	0.0	0.5	-0.4
震央位置の変化	1点初報－最終報（多点） (km)	167	0	29	57	
	多点初報－最終報（多点） (km)	291	0	25	69	
震源深さの変化	1点初報－最終報（多点） (km)	10	-110	-10	9	-29
	多点初報－最終報（多点） (km)	70	-110	-6	14	-25

経度方向1度： 90.2 km 緯度方向1度： 111.0 kmとする

一点検知第01報－多点検知最終報との間には、地震規模Mで±0.5程度・震央位置で数十km程度・震源深さで20km程度の誤差が存在します。しかし、多点処理初報－多点検知最終報との間の誤差も、同じくらいあります。

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

一点検知による緊急地震速報は、多点検知によるものと比較して相対的に精度が低いものとされており、そのために、一点検知による速報を使用しない選択も考えられます。ただしこの場合は、一点検知による第01報から多点検知による最初の情報までの時間差分だけ余裕時間が短くなります。そこで、これまで配信された緊急地震速報において、一点検知による第01報と多点検知による最初の情報までの時間差を調べました。

2006年8月1日～2009年1月31日の間（915日間）で第01報が一点検知（レベル超え以外）・その後多点検知となったケースは149件ありました。これらのケースでの【一点検知による第01報と多点検知による最初の情報までの時間差】と検知点基盤での最大推定震度との関係調べました。結果を表4に示します。

表4 【一点検知による第01報と多点検知による最初の情報までの時間差

06年08月～09年01月末】

		時間差(秒)				時間差 3秒以上
		最大	最小	平均	偏差	
全	149件	14.0	0.0	3.5	3.1	72件
検知点基盤最大震度2.5以上	56件	14.0	0.0	3.8	3.4	28件
検知点基盤最大震度3.0以上	17件	8.0	1.0	4.2	2.4	10件
検知点基盤最大震度3.5以上	10件	8.0	1.0	3.7	2.3	5件

一点検知による第 01 報から多点検知初報までの時間差は、平均 3.5 秒でした。また、この時間差平均値と推定最大震度、あるいは地震規模などとの間に明確な関係（傾向）は認められませんでした。もっとも、地震規模が大きい場合、ばらつきは小さくなっているようです。データが少ないですが、検知点基盤最大震度 3.5 以上でいえば平均 3.7 秒・偏差 2.3 秒です。

次に、一点検知による第 01 報から多点検知初報までの時間差の“地域性”を調べました。図 1 に、検知点基盤最大震度 3.0 以上の地震（17 件・平均 4.2 秒 →表 4）において、一点検知第 01 報—多点処理初報の時間差を、各地震の震央位置に記載した結果を示します。

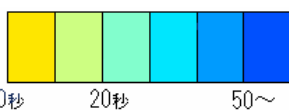
図 1 一点検知第 01 報 —
多点検知初報の時間差
(推定 秒) と
震央分布

最短距離検知点基盤震度
3.0 以上
06 年 08 月～09 年 01 月末
915 日分

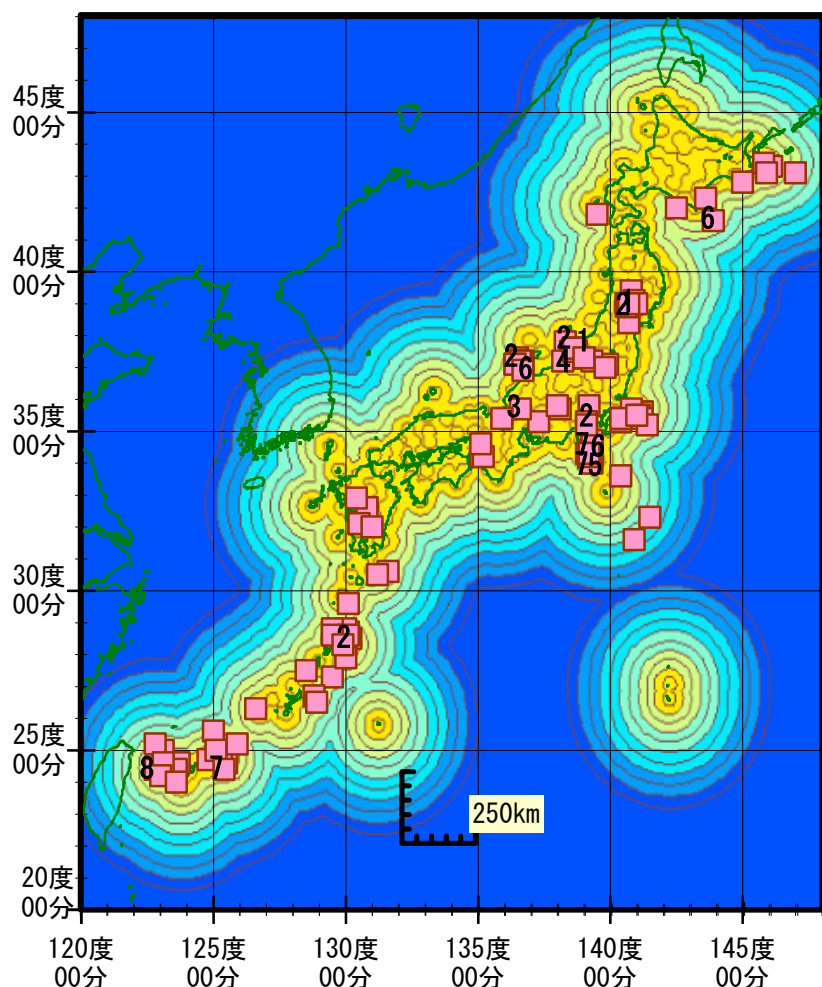
■
1 点検知「レベル越え以外」
→多点検知[最終報まで]

黒太数字
同 最短距離検知点基盤震度
3.0 以上

背景：検知点までの
P 波到達時分



(気象庁方式による推定)
(震源深さ10kmの場合)



これらの結果から結論を導くには、まずデータが少ないというしかありません。しかし、より影響の大きい地震では一点検知情報が確実に出るらしいこと・その場合一点検知情報を用いれば多点検知情報だけを用いるより数秒（平均 4 秒）猶予時分を増やせること・推定誤差の面でも多点検知初報と一点検知第 01 報とでは劇的な差はないこと、は一応あきらかです。とはいえ猶予時分の増加分にばらつきがあるのも事実です。

ただ、図 1 に示すように、この 2 年間で 4 回、伊豆半島東方沖を震央とする地震で時間差 5 秒以上：一点検知情報を使っていたら猶予時分を 5 秒も増加できたという実例もあります。これを考えると、少なくとも一点検知情報の適用について検討する必要があると思います。

なお、一点検知による第 01 報から多点検知初報までの時間差については、ある条件を仮定することでシミュレーションすることも可能です。以下に、別報にて報告しましたシミュレーション結果を引用します。

(詳しくは、ANET 技術レポート：【緊急地震速報による猶予時分分布 その 1 [東経 140 度 30 分線上の仮想鉄道]】をご参照ください。)

◆ 検討条件

対象：東経140度30分直上に位置する仮想鉄道線 (座標系：旧座標系)

手法：気象庁の手法に従う (各種計算式・増幅倍率)

P波検知点：実際の緊急地震速報のうち、一点で震源推定可能な

気象庁の多機能型地震計 (P波検知点 全国約 200 点) のみとする。

震源深さ：10 k m

速報処理時分：一点検知は 5 秒 (←実績統計値による平均値よりやや大)

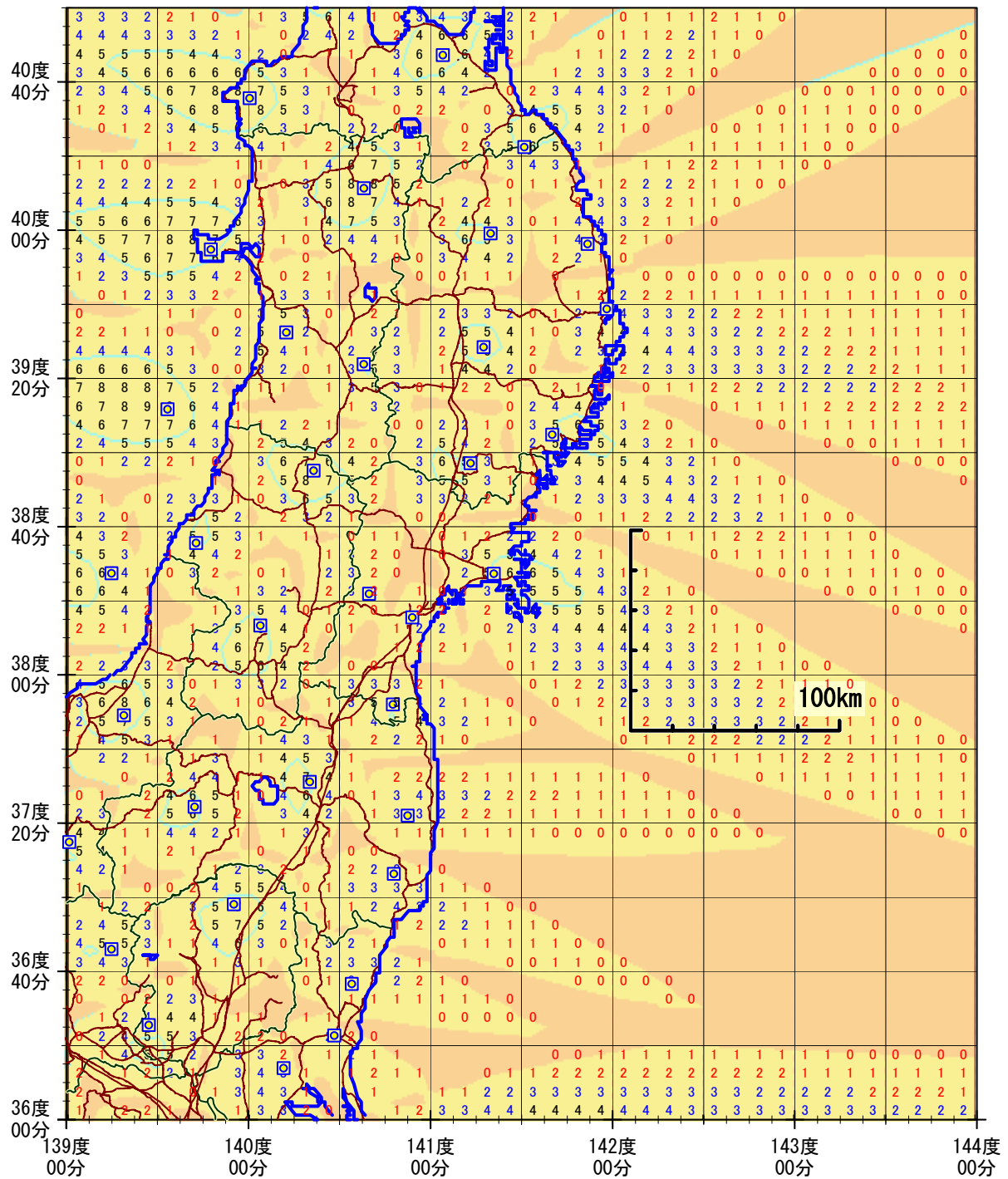
二点検知統合判定は 4 秒 (←実績統計値による平均値)

(注) 速報処理時分とは、検知点でP波を検知してから、気象庁 (実際は気象業務支援センター) が速報を配信し、利用者様のもとに到達するまでに要した時間です。一点検知の場合は、地震計での震源推定時間 (約 2 秒) に速報配信基準に達するかどうかの判定に要する時間などを加味したものです。二点検知の場合は、二点目の検知点にP波が到達してから震源推定および判定などに要する時間です。

図 2 に、P波一点検知情報とP波二点検知情報の時間差の分布を示します。震央位置ごとに、一点検知情報を用いることで猶予時分を何秒増加させることができるかを示したものです。この図では、図中の格子点位置それぞれを震央とする地震を考え、それぞれについて“沿線” (のどこか) での猶予時分 (秒) 最小値の差を計算し、図中格子点位置に小数字で示しています。背景は猶予時分の値によって色を変えています。

この図に示しますように、気象庁のP波検知点 (多機能型地震計) に近いところでは、P波一点検知によってP波二点検知より数秒も多い猶予時分を得ることができます。また、P波検知点が岬のようなところであれば、その沖合を震央とする地震に対して猶予時分を多めに得ることができます。一方、とくに海域では、P波一点検知とP波二点検知とがほとんど同時になるケースも多く、この場合P波二点検知のほうが先に情報を発報させる場合もあります (この場合、一点検知による情報は実際には発報されません)。

P波一点検知については、気象庁も、利用者様に使用不使用を決めてもらうという立場です。使用不使用に関しての得失については、個別ケースにより異なるものと思います。ご不明の点について、ご相談いただけたら幸いに存じます。



背景数字：1点検知－2点検知 猶予時分差

1点検知－2点検知<2秒

数字：1点検知－2点検知<4秒

数字：1点検知－2点検知>4秒

地震 になるケースのみ

○： 気象庁検知点

背景彩色：1点検知－2点検知 猶予時分差

(2点検知情報が沿線S波到達に間に合わない場合は
1点検知情報猶予時分そのものとする)



図2 東北地方 震央位置と 【一点検知】速報－【二点検知】速報までの時分差【秒】

震源深さ10 km

一点検知速報処理時分5秒 (←実績統計値による平均よりやや大)

二点検知統合判定時分4秒 (←実績統計値による平均値)

以上