

## 緊急地震速報とオンサイト地震警報システムの現状と課題

東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター(CIDIR)

東京大学地震研究所地震火山情報センター(EIC) 鷹野 澄

### 1. 緊急地震速報の情報伝達の現状と課題

2007年10月から気象庁は一般向け緊急地震速報(警報)の提供を開始した。一般向け緊急地震速報は、「2点以上の地震観測点で観測され、最大震度が5弱以上と推定された場合」に震度4以上が予想される地域に出される。提供開始から1年間の間に8回の一般向け緊急地震速報が出されたが、地震を検知してから6秒未満に出されたものは、岩手宮城内陸地震の本震(M7.2)の4.5秒後の1回のみで、その情報の提供が遅いことが問題となった。図1に高度利用者向け緊急地震速報(以下単に緊急地震速報と呼ぶ)と一般向け緊急地震速報の発信状況をグラフに示した。ここで時間は気象庁が公表している「地震波を検知してからの経過時間(秒)」である。また緊急地震速報の「初報」としては、第1報または第1報から1秒以内に出された第2報を採用している。緊急地震速報の初報の約8割は、地震波検知後6秒未満で出されているのに対して、一般向け緊急地震速報は、6秒未満で出されたのは1回のみで、残り7回は8秒以上後に出されており、初報に比べて大幅に遅れて出されていることがわかる。

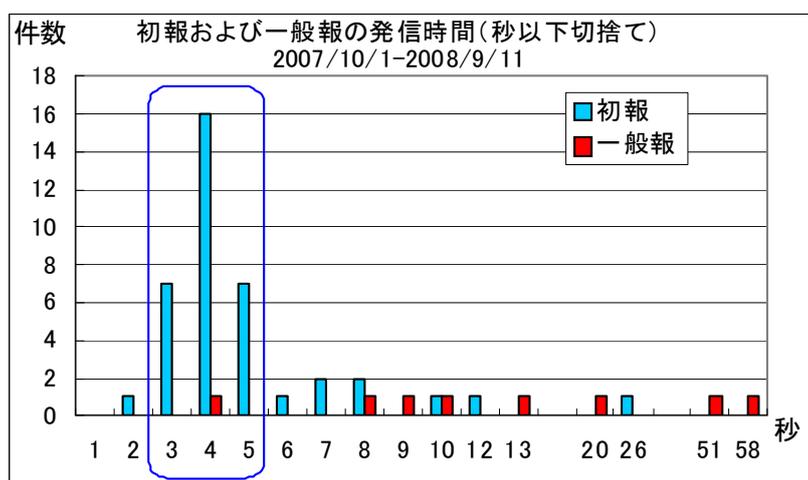


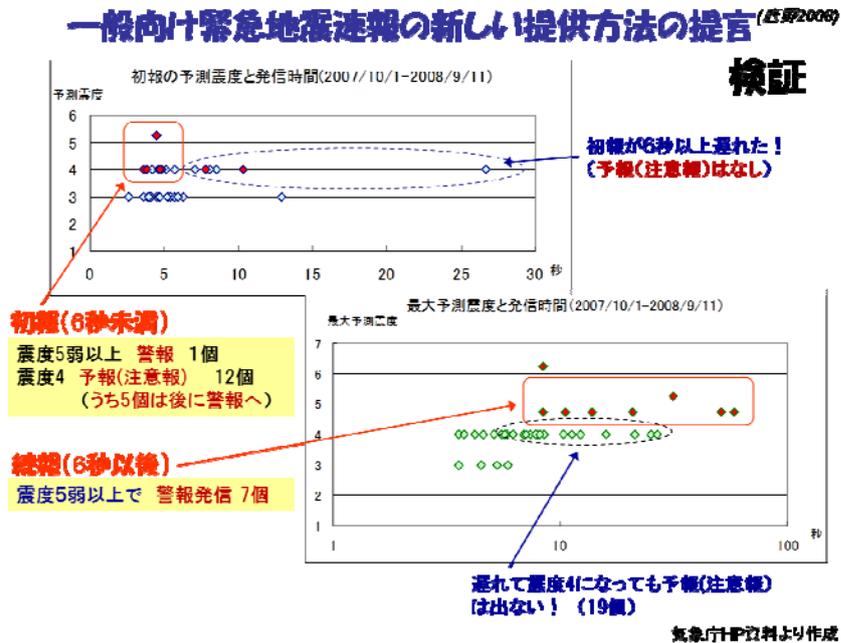
図1 緊急地震速報の初報の発信時間と一般向け緊急地震速報(警報)の発信時間

これに対して、鷹野 2008 は、以下のような一般向け緊急地震速報の提供方式を提案した。

- (1) 初報の段階：地震検知後6秒未満でかつ予測震度が4の場合に予報(注意報)として、5弱以上の場合には警報として一般向け緊急地震速報を提供する。
- (2) 続報の段階：地震検知後6秒以上経過した段階では、予測震度が震度5弱以上に成長した場合に警報として一般向け緊急地震速報を提供する。すでに予報(注意報)が出ている場合は、予報から警報への切換となる。
- (3) マグニチュードの改訂：マグニチュードが7程度に成長した場合は、M改訂情報を提供し、さらに、マグニチュードが7.5程度に成長した場合も、M改訂情報を提供して、巨大地震の発生を伝えるとともに、すでに公表されている強震動予測や被害想定などを参考にして情報を提供する。

これらのうちの(1)と(2)により、図2に示すように、これまで大幅に遅れて出されていた7回の一般向け緊急地震速報のうち初報が6秒以内に発信される5回について迅速に予報(注意報)を出すことが可能になる。6秒以内に予報が12回出されて、そのうちの5回が後に警報に切り替わったことになる。予報のみで警報にならなかったものは7回である。これをもし初報、続報という段階で基準を分けずに、単純に「予

測震度4で予報を出す」ようにすると、6秒以後に震度4になる「遅すぎる予報」が19回も出されることになる。予報と続報という各段階で基準を設けることで、「遅すぎる情報」を大幅に減らして適切な情報提供ができることが分かるであろう。



緊急地震速報を有効に活用するには、まず地震の発生を一秒でも早く伝えることが必要で、それには、時々刻々改訂される緊急地震速報を、初報、続報、改訂報、のように段階的に出すことが必要である。現在の一般向け緊急地震速報（警報）の単純な基準では、「遅れて出される警報」を多発することになるのは明らかで、2年前にすでに指摘されている(鷹野2008)。早急に改善すべき課題である。

**2. オンサイト警報システムの現状と課題**

緊急地震速報が発信されるのは、地震検知後 3 秒から 5 秒である為、震源に近い最も被害の大きな場所で間に合わないという弱点がある。この緊急地震速報の弱点を補うために利用されている「オンサイト地震警報システム」について、その現状と課題について論じる。

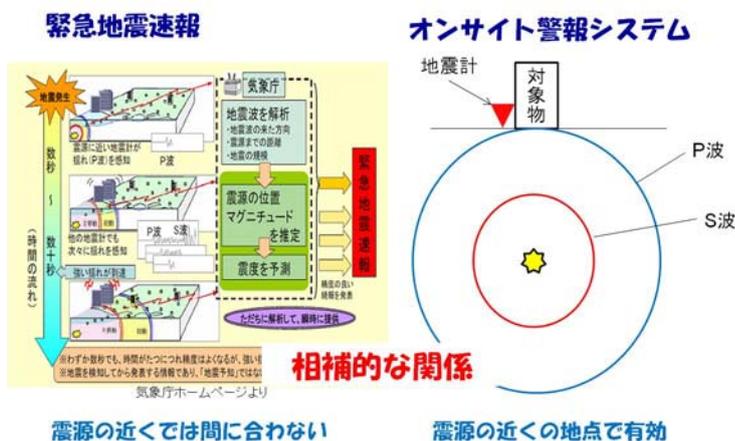


図3 緊急地震速報とオンサイト警報システムの概念図

**駿河湾地震(2009.8.11) K-net焼津(震度5強)**

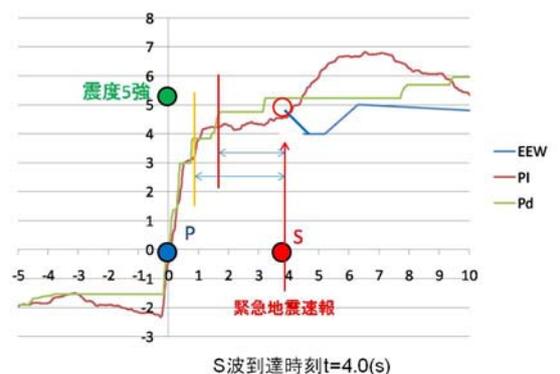


図4 PI,Pdによる震度の予測の例

オンサイト地震警報システムとは、現場で地震が発生したことをいち早く検出して緊急停止するシステムのことである。これには、実際の強い地震動（主要動）を検知して動作する「S波検知」と、その前の初期微動を検知して主要動の強い揺れを予測して緊急動作する「P波検知」がある。前者は確実性が高いので最後の砦として、後者は多少信頼性は劣るが空振りの影響が少ない場合に有効なものとして活用される。また後者のP波検知は、図3に示すように、緊急地震速報の弱点とする震源に近い場所で効果的であることから、直下型地震対策として、鉄道やエレベータだけでなく、多くの施設等において緊急地震速報と併用した利用が望まれるものである。

図4は、オンサイト警報システムの手法であるPI法(Nakamura 1998)ならびにPd法(Wu & Kanamori,2005)を用いた予測震度式(鳥海修士論文 2009)を用いて、2009年8月11日の駿河湾の地震の際のK-net 焼津観測点における予測震度を求めたグラフである。震源に近いこの観測点では、S波とほぼ同じ時刻に緊急地震速報が出されているが、PIとPdで初期微動から震度を予測すれば、それより2~3秒早く警報が出せることがわかる。同様の手法を、岩手宮城内陸地震の周辺の観測点に適用すると、KiK-net 一関西の観測点ではP波到着後0.5秒で警報が出せることがわかり、周辺の観測点86個で調べると、図5に示すように、震源に近いほど感度が鋭く迅速に警報が出せることもわかった。これから、オンサイト警報は緊急地震速報と組み合わせることにより、お互いの弱点をうまく補うことがわかる。

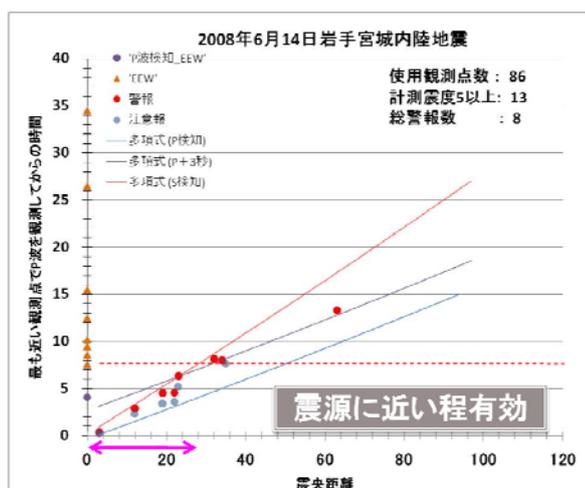


図5 震源近傍の観測点での警報発信  
震源に近いほど迅速に出せている。

P波検知システムの予測誤差は±1程度あるので、たとえば震度6弱では緊急停止するが震度5弱では緊急停止しては困るというような場合には使いにくい。一方、震度4ぐらいから緊急停止しても構わないような場合、たとえば高層エレベータや列車などでは有効である。放送設備等の動作開始までに時間のかかる装置に対しては、P波検知で電源投入するなどの利用もできる。

一方、P波検知システムの課題は、図6に示すようにいくつかある。特に現状では、各メーカーの独自開発で閉鎖的なシステムとなっていること、利用できる機能や性能が標準化されていないこと、その結果普及が遅くコストも高いこと、といった問題が利用者の導入の障害となっていると考えられる。

オンサイト警報システムと緊急地震速報は、組み合わせて使うことでより迅速に精度よく利用可能になるので、このような利用を普及させることが望ましい。しかし、現状では利用者が必要とするレベルに適した利用方法の標準化やガイドラインはない。現在、気象庁で緊急地震速報の利用のガイドラインが作られているが（これはもっと早く作っておくべきであったが）、オンサイト警報と組み合わせた利用方法については検討されていない。今から利用方法の標準化やガイドラインの策定を進める必要がある。

### P波オンサイト警報の課題

- 予測精度の向上(推定震度の誤差±1)  
震央から離れた場所( $\Delta > 30\text{km}$ )で鈍くなる  
複数指標の活用
- 誤報・誤動作  
複数のセンサーを離れた場所に置く  
(3重4重の安全対策)
- 導入の障害  
P波検知の「警報」は第3者に出せない  
独自開発、閉鎖システム、非標準、コスト高

図6 P波オンサイト警報の課題

### 3. 公的観測網のさらなる活用に向けて

最後に本研究集会のテーマである、「さらなる迅速化と精度の向上」について、ここでは、利用者が個々に導入するシステムについてではなくて、公的な観測網のさらなる活用について述べる。

現在の我が国の地震観測網としては、防災科研や気象庁、大学、JAMSTEC などによる高感度地震観測網(約1200点)と広帯域地震観測網(約80点)がある。これらは、日々の地震の震源決定に活用されているものであるが、このうち緊急地震速報に利用されているものは気象庁の約200点のみである。防災科研のHi-netの約800点も緊急地震速報の震源決定には使われてはいるが、気象庁の観測点でトリガーされないと緊急地震速報としての情報は出ない。地震を迅速に検知するには、200点では少なすぎるのは明らかで、現在使われているHi-netの観測点はトリガーとして使うべきであるが、より望ましいのは、KiK-netの観測点をリアルタイム化することである。これでトリガー点を1000点にできる。さらに、K-netの観測点もリアルタイム化すれば、現在の10倍の2000点のトリガー点になる。ここまで増えれば、地震検知が迅速化され情報の精度も向上することは間違いない。さらに、KiK-netやK-netの観測点でオンサイト警報の処理も行えば、その周辺地域にオンサイト警報として迅速な情報が出せる。これこそ直下型にも対応できる新しい緊急地震速報となるであろう。(なお、残念ながら、自治体の震度観測点約3000点をこのようなものに利用するのは絶望的である。)

### 4. まとめ

緊急地震速報については、情報伝達の現状と課題について述べた。現状の一般向け緊急地震速報(警報)の提供方式では、震度5弱となる地震に対して、地震を検知してから10秒以上経過して出されるのはやむを得ない。しかしその結果、実際は3秒から6秒以内に情報が出されているのに情報は伝わっておらず、「地震の後に遅れて出る警報」、「間に合わない警報」が定着しつつある。この根本の原因は、本来、初報、続報、改訂報と段階的に基準を決めて情報提供すべきところを、一つの基準のみにしてしまったことによる。鷹野2008で提案されているように段階的な方式に早急に改める必要がある。

オンサイト警報システムについては、緊急地震速報の弱点である震源に近い地域では感度が高く、緊急地震速報と組み合わせる使用が望ましい。しかし、現状では各社の独自開発で閉鎖的システムとなっていて、利用者が必要とするレベルに適した基準(ガイドラインや標準化)がなく、導入コストも高い。早急に利用者の要求レベルに応じたガイドラインの作成や標準化を進めることが必要である。

本研究集会のテーマである「さらなる迅速化と精度の向上」の為には、公的観測網のさらなる活用が望まれる。Hi-net観測点のトリガー点としての利用は早急に実施すべきであるが、より重要なのはKiK-netやK-netのリアルタイム化である。これにより現在の約200点のトリガー観測点が2000点と10倍になり、地震検知が迅速化され精度も向上することは間違いない。さらに2000点で周辺のオンサイト警報も出せば、直下型にも対応できる新しい緊急地震速報になるだろう。関係機関の奮起を期待したい。

謝辞： 緊急地震速報の発信状況は気象庁のHPから利用しました。記して感謝します。

(参考)

菊地2003, リアルタイム地震学、菊地正幸著、東大出版会。

鷹野2008, 一般向け緊急地震速報の情報提供方法の提言、日本災害情報学会大会予稿集。

鷹野2009, 直下型地震対応のオンサイト地震警報システムの現状と課題、日本災害情報学会大会予稿集。

気象庁HP 緊急地震速報の発信状況 <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/joho/joho.html>

鳥海2009, 修士論文