

# 緊急地震速報（警報）の10年をふり振り返り 今後の課題と改善の方向を考える

Looking Back on the Decade of the Earthquake Early Warning (Alarm) and  
Thinking about Future Tasks and Directions of Improvement

鷹野 澄\*

Kiyoshi Takano

## 1. はじめに

2007年10月1日に一般向け緊急地震速報の提供が開始され、2007年12月1日に気象業務法が改正されて緊急地震速報（警報）が出されるようになってから10年が経過した。ここで、緊急地震速報（警報）とは、テレビや携帯電話などで警報として一般に出されている緊急地震速報を言い、警報が出ていないものは、緊急地震速報（予報）と呼ばれている（気象庁,2013）。緊急地震速報の現状の評価や改善については、

気象庁の緊急地震速報評価・改善検討会（気象庁,2018）及び同技術部会において検討されて公表されてはいるが、気象庁以外の第三者による客観的な評価・改善の検討はあまりされていない。本稿では、この緊急地震速報（警報）（以下単に「警報」と記す場合がある）についての10年間をふり振り返り今後の課題と改善の方向を考える（鷹野,2017a、鷹野,2017b）。

## 2. 緊急地震速報（警報）の発表の現状

ここでは、気象庁が公開している緊急地震速報（警報）の発表状況（気象庁,2017a）と震度データベース検索システム（気象庁,2017b）に

て公開されているデータをもとに、この10年間の緊急地震速報（警報）の発表の現状を整理した。

### 2.1 警報の空振りの現状

2017年10月6日までに186の地震に対して189件の警報が発表された（気象庁,2017a）。

このうち最大震度5弱以上を観測した地震は100であり、残り86の地震は警報の空振りす

\* 東京大学情報学環総合防災情報研究センター

キーワード：緊急地震速報（警報）

なわち、警報は出したけれど、震度5弱以上が観測されなかった地震で、最大震度4が35、最大震度3が28、最大震度2が19、最大震度1が2、無感が2であった。

図2.1は、2007年10月から10年間の、警報の空振りの件数を、月ごとにプロットしたもので、このうち最大震度3以下の空振りの件数については、赤い棒グラフで示した。

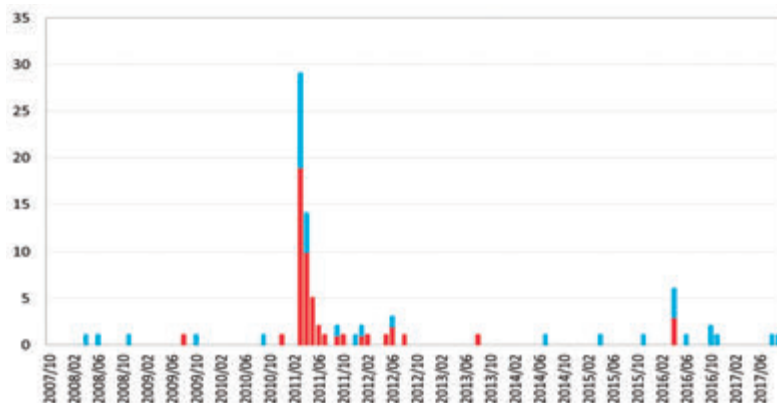


図 2.1 警報の空振り（警報が出たが震度5弱以上が観測されなかった地震）の月別件数。赤はそのうちの最大観測震度3以下の件数（気象庁, 2017a より著者作成）

このグラフから、2011年3月の東北地方太平洋沖地震の後と、2016年4月の熊本地震の後のように、大きな地震の後で、余震や誘発地震が頻発している場合には、空振りが多く発生していることがわかる。特に、東北地方太平洋沖地震の後では、離れて同時に発生した2つの地震の分離がうまくいかず、ひとつの大きな地震にして地震の規模を過大評価してしまった結果、しばしば警報の空振りを出してしまったこ

とが知られている（気象庁, 2014）。このため気象庁は、2016年12月14日からIPF法を導入し（気象庁, 2016）、離れた地震を適切に分離するよう改善を行った。しかしIPF法導入後も、2018年1月5日11時02分頃の地震（最大震度3）では、2つの地震を同一の地震として処理（気象庁, 2018）して、警報の空振りを発生しており、まだ改善すべき点が残されている。

## 2.2 警報の見逃しの現状

一方この10年間に日本周辺で最大震度5弱以上を観測した地震は176件発生した（気象庁, 2017b）。このうち緊急地震速報の警報が出た地震は100であり、残り76の地震は、警報の見逃しすなわち、最大震度5弱以上が観測さ

れたが警報が出なかった地震である。その内訳は、最大震度5弱が60、最大震度5強が15、最大震度6強が1となっている。

図2.2は、警報の見逃しの件数を月ごとにプロットしたものである。このうち最大震度5強

以上の地震の件数については、赤い棒グラフで示した。

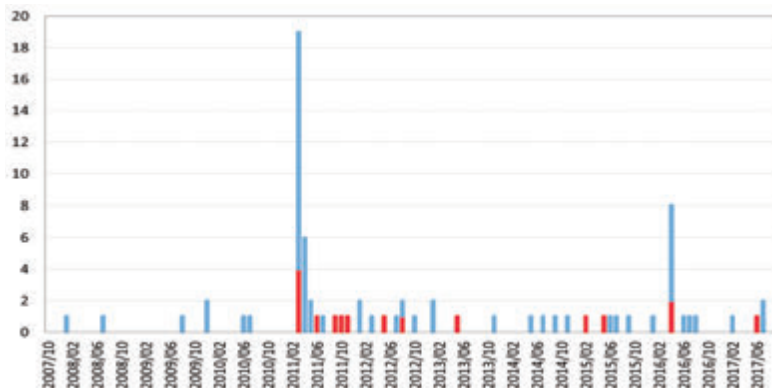


図 2.2 警報の見逃し（震度 5 弱以上が観測されたが警報が出なかった地震）の月別件数。赤はそのうちの最大観測震度 5 強以上の件数（気象庁, 2017a と気象庁, 2017b より著者作成）

このグラフから、見逃しについても、2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震の後に、2016 年 4 月の熊本地震の後に多く発生していることがわかる。ただそれ以外にも見逃しは単発的に

しばしば発生しており、特に震度 5 強以上の地震に対する見逃しの発生状況からは、余震や誘発地震の頻発によるもの以外にも原因がありそうに思われる。

### 2.3 警報の発信時間の現状

緊急地震速報は、地震の発生をいち早く伝える情報で、そのうち、被害の発生が予想される震度 5 弱以上の地震の発生が予想される場合に、警報が発信される。発生した地震に対して最初に出される情報を初報と呼ぶが、警報は初報の時に与えられるときもあるが、初報より遅れて出されることも少なくない。ここでは、地震を検知してからどれくらいで警報が発信されているかをこの 10 年間のデータから見てみることにする。

図 2.3 は、警報が出されて最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震を使って、地震を検知し

てから警報が出されるまでの発信時間（赤）とそのときの初報の発信時間（青）をグラフにしたものである。ここでは、観測された最大震度が 4 以下の空振りの警報については除外している。初報は平均して 5.4 秒で出されており、6 秒未満に 86% の地震で初報が出ている。しかし、警報は平均して 10.8 秒で出されており、10 秒未満に警報が出たのは 69% に留まっている。このように、警報は出されているものの、その発信時間は地震検知からだいぶ遅くなって出されていることがわかる。

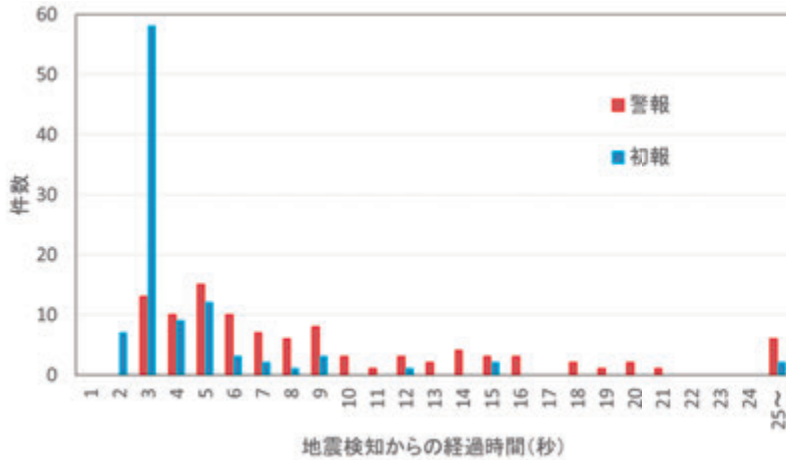


図 2.3 警報とその初報の発信時間  
(最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震の場合、気象庁 2017a より著者作成)

#### 2.4 警報が発表された地域の中の現状

緊急地震速報の警報は、震度 5 弱以上の強い揺れが予想される地震が発生した時に出されるが、警報が発表される地域（予報区）は、震度 5 弱以上が予想された予報区だけでなく、その周辺の震度 4 が予想された予報区にも出される

(気象庁, 2013)。この震度 4 の予報区の中には、震度 3 以下しか揺れない場所が広く含まれているために、緊急地震速報の警報は、震度 3 以下しか揺れない場所に広く出される結果となっている。

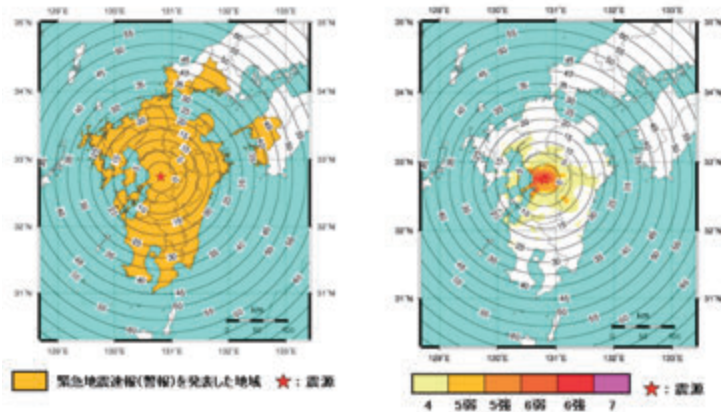


図 2.4 熊本地震の前震（2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分）の時の警報を発表した地域（左図）と観測された震度 4 以上の地域（右図）（気象庁 2017a より引用）

一例として、図 2.4 に 2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分に発生した熊本地震の前震の時の、緊急地震速報の警報発表区域（左図）と、観測された震度 4 以上の地域（右図）を並べて比べてみると、右図の白い部分は、震度 3 以下しか揺れていない場所であるが、その白い部分に広く警報が発表されていることがわかる。また、警報が発表された予報区内の面積を比べてみると、震度 5 弱以上の濃い色の着いた面積よりもその周辺の震度 3 以下の白い部分面積の方が広いことがわかる。このため、より多くの人が震度 3 以下で警報を体験する結果となるのである。このように警報発表区域の中では震度 3 以下の面積が広いことの方が多いため、もし何度も警報を体験するならば、震度 5 弱以上のときよりも

## 2.5 巨大地震の警報発表の現状

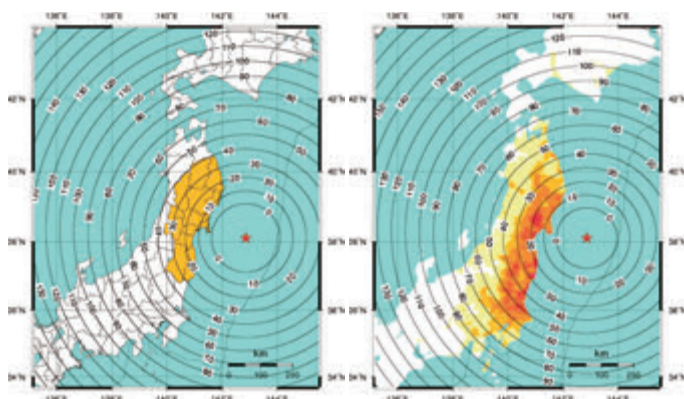
M8 クラス以上の巨大地震のときは、警報は地震検知から数秒から 10 秒ぐらいで、震度 5 弱以上が予想された時に発表されるが、巨大地震の断層破壊時間は 60 秒から 120 秒以上もかかることから、緊急地震速報の発表情報では、最初の警報発表後も地震の規模を示すマグニチュードが巨大化していくことが考えられる。図 2.5 の右の表に、東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の超巨大地震の時の緊急地震速報の発表情報を示したが、この時は、地震検知後 8.6 秒後の第 4 報で M7.2 となって警報が図 2.5 の左図の予報区に出された。その後、第 9 報からマグニチュードが 7.6、7.7、7.9、8.0、8.1 と徐々に大きくなっ

震度 3 以下のときの方が体験する頻度が高く、その結果、警報が出て「たいしたことない」と思う状況が生み出されるであろう。

警報の発表基準である震度 5 弱は、気象庁の震度階級では、被害発生の可能性の下限であるが、それより 2 階級以上低い震度 3 以下の地域にまで広く警報が出されている現状をみると、警報が「大判振る舞い」されていることは否めない。この状況は、警報の空振りの状況と相まって、被害発生を警告するという「警報」に対する信頼性を低下させているように思える。特に、緊急対応にリスクを伴うような利活用の現場では、現状の警報は大変利用しにくいものとなっている。

て巨大化していることを示していたが、この間に警報の続報が出ることはなく、図 2.5 の左図の警報発表予報区はそのまま変更されずに、結局、図 2.5 の右図の震度 4 以上が観測された地域より狭い地域に警報が出されただけであった。

巨大地震の場合は、一度出した警報を改定して警報の続報を出しなおす必要があるのだが、現在の「警報の続報の発表基準」では、M9 の超巨大地震であっても警報の続報が出されることはなかなか起こらないことが判明した。このように、警報の続報の出し方にも課題が残されている。



第1報	5.4秒後	M4.3	震度1
第2報	6.5秒後	M5.9	震度3
第3報	7.5秒後	M6.8	震度4
第4報	8.6秒後	M7.2	震度5弱
第5報	9.6秒後	M6.3	震度4
第6報	10.7秒後	M6.6	震度4
第7報	11.0秒後	M6.6	震度4
第8報	15.9秒後	M7.2	震度4
第9報	22.2秒後	M7.6	震度5弱
第10報	30.0秒後	M7.7	震度5弱
第11報	45.0秒後	M7.7	震度5弱
第12報	65.1秒後	M7.9	震度5強
第13報	85.0秒後	M8.0	震度5強
第14報	105秒後	M8.1	震度6弱
第15報	116.8秒後	M8.1	震度6弱

図 2.5 東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の緊急地震速報の発表情報 (右の表) と警報発表地域 (左図)、観測された震度分布 (右図) (気象庁 2017a より引用)

## 2.6 警報が発表された時の推定マグニチュードの誤差の現状

緊急地震速報では迅速な情報提供のために、震源の位置やマグニチュードなどの震源情報を、地震波が届いた2点以上の少ない観測点のデータから決めているため、警報発表時点での震源情報の誤差は大きいことが予想される。震源位置の誤差とマグニチュードの誤差は比較的関連していて、震源位置の誤差が大きいとマグニチュードの誤差も大きくなる傾向にある。そこで、ここでは、警報が発表された時の推定マグニチュードを最終的に確定したマグニチャー

ドと比較することにする。

図 2.6.1 は、警報が出されて最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震を使って、発生した地震のマグニチュード (横軸) と警報発表時の推定マグニチュード (縦軸) をプロットしたものである。ここで赤い点は、推定マグニチュードが最終的に確定したマグニチュードより  $\pm 1.0$  以上の誤差があるもので、+ 1.0 以上過大な推定が 5 件、- 1.0 以下の過小な推定が 3 件であった。

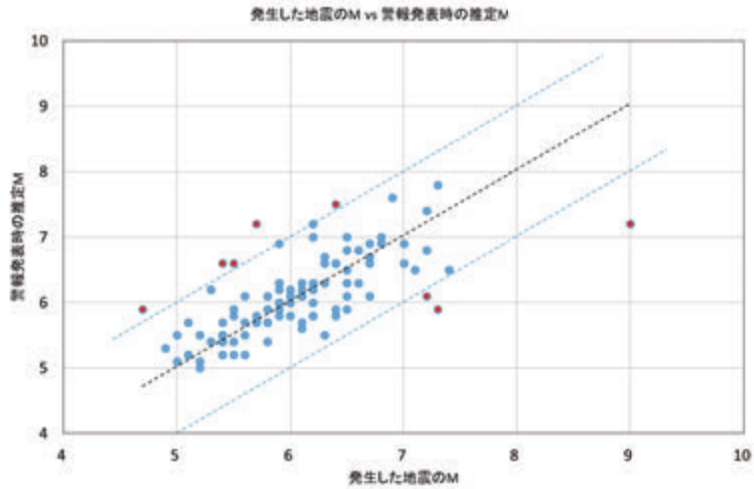


図 2.6.1 発生した地震のマグニチュードと警報発表時の推定マグニチュードの比較。  
赤い点は両者の差が 1.0 以上(気象庁 2017a より最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震から著者作成)

次の図 2.6.2 は、警報発表時の推定マグニチュードの誤差（確定マグニチュードとの差）を、地震検知から警報発表までの経過時間を横軸にして示したもので、ここでも赤い点は誤差が  $\pm 1.0$  以上のものである。図 2.6.2 から、最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震では、推定マグニチュードの誤差が大きいのは、警報が地震検知から約 15 秒以内に出された時までで、

それ以上経過してから警報が出された場合は、推定マグニチュードの誤差はあまり大きくないことがわかる。警報の発信時間と情報の正確さがトレードオフの関係にあることが明瞭に示されている。なお、ここにプロットした 100 個の地震の推定マグニチュードの誤差の平均は 0.06、標準偏差は 0.51（図の中にハッチングで示した範囲）であった。

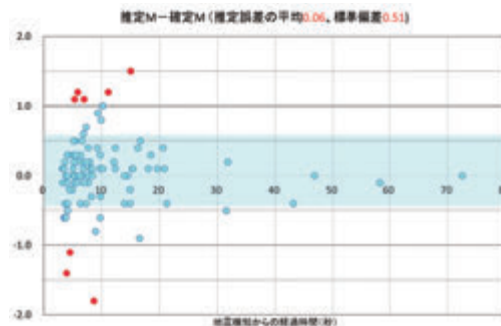


図 2.6.2 警報発表時の推定マグニチュードの誤差。横軸は地震検知から警報発表までの経過時間(秒)。誤差の平均は 0.06、標準偏差は 0.51 で、赤い点は両者の差が 1.0 以上（気象庁 2017a より警報が出されて最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震から著者作成）

次の図 2.6.3 は、同じく最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震について、警報が出された時の推定マグニチュードと地震検知からの経過時間の関係を示したもので、赤い点は、推定マグニチュードの誤差が + 1.0 以上過大なものの 5 つである。図中の青い実線は菊池 (2003) によるマグニチュード  $M_w$  と断層破壊継続時間  $T$  (秒) の関係式

$$M_w = 2\log T + 5 \quad (1)$$

で、赤い点線は  $T$  をその 1/2 とした場合である。この関係式を利用して、発生した地震のマグニチュード推定に要する経過時間の下限を調べて

みると、概ねこの関係式から  $T$  を 1/2 にした時間以上の経過時間でマグニチュード推定がされていることがわかる。このことは、マグニチュードの推定のための経過時間の下限が、菊池が予想した経過時間  $T$  の約半分程度で推定できていることを示している。また、誤差が + 1.0 以上過大な 5 つのケースのうち 4 つは、実線の関係式より長い経過時間  $T$  の後に決まっており、経過時間が十分長くても、マグニチュードが + 1.0 以上過大に推定される場合があったことがわかった。

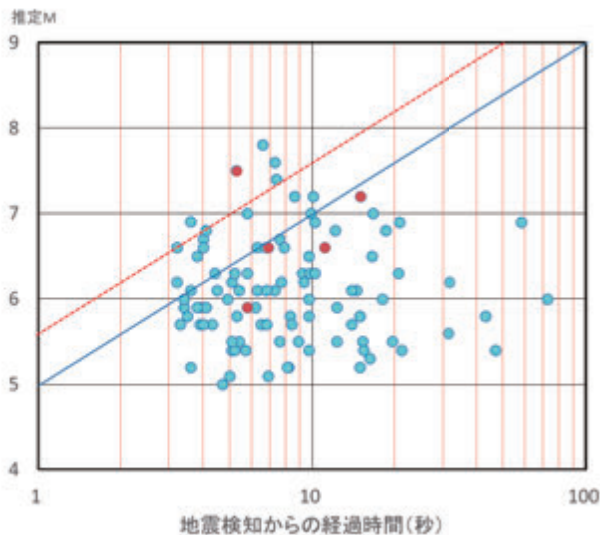


図 2.6.3 警報発表時の推定マグニチュードと地震検知からの経過時間の関係。図中の実線は菊池<sup>7)</sup>によるマグニチュード  $M_w$  と断層破壊継続時間  $T$  の関係式で点線はその 1/2 の場合。5 つの赤い点は推定マグニチュードの誤差が + 1.0 以上 (気象庁 2017a より警報が出されて最大震度 5 弱以上を観測した 100 の地震から著者作成)



### 3. 今後の課題とその改善の方向

以上の10年をふり返ってみると、警報の空振りや見逃しの件数がまだ多いこと、地震を検知してから警報が出されるまでの経過時間がまだ長いこと、警報発表地域に関しては強い揺れの周辺の震度3以下の地域まで広く出されていること、巨大地震が発生した場合に警報を改定して続報を適切に出すことが難しいこと、など今後の課題が色々あることがわかった。一方で、警報が発表された時のマグニチュード推

定の誤差は、最大震度5弱以上を観測した100の地震でみると、平均が0.06で標準偏差が0.51と比較的良好なこと、誤差の大きさと警報発表までの経過時間との間にはトレードオフの関係があること、十分な経過時間があっても+1.0以上に過大に推定されることもあることなども明らかにになった。

そこでここでは、以上のような課題に対する今後の改善の方向を考えてみることにする。

#### 3.1 警報のより迅速・確実な提供に向けて

図3.1は熊本地震の前震(2016/4/14 21:26:34.4)の時に震度7を観測したKiK-net 益城の観測波形に、地震を検知した時刻[21:26:38.7]とその3.8秒後に警報を発した時刻[21:26:42.5]を重ねたものである(防災科研,2016)。警報を発した時にはすでに震度7の主要動は到達しているが、その前に、地震を検知したP波の時点でも、強い揺れのS波の時点でも警報は出せそうに思える。現在の警報は、震源決定してから出されるため、地震検知から3秒未満で警報が出ることはないが、P波から強い揺れを予測して迅速に警報を出す方法や、S波の強い揺れから確実に警報を出す方法を導入すれ

ば、特に観測網の密な内陸で発生した地震に対しては、震源決定を待たずに迅速・確実に警報を出すことができ、さらに、震度5強以上の地震の見逃しもなくすることができるのではないだろうか。わが国には世界に類を見ない密な地震観測網があり多くのデータがリアルタイムで利用可能である。気象庁観測点やHi-net観測点だけでなく、K-NET/KiK-netの強震観測点や日本周辺の海底地震計などからも、リアルタイムで利用可能な観測データはすべて活用して、より迅速にそして確実に警報を出すことが必要ではないかと考えている。

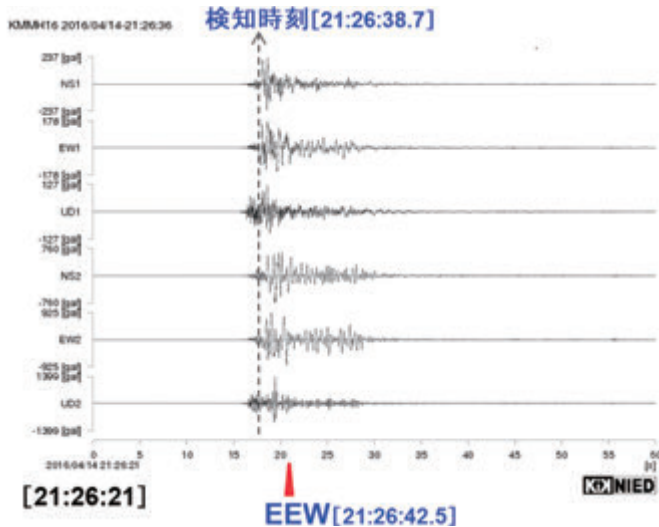


図 3.1 KiK-net 益城観測点の観測波形と緊急地震速報の地震検知時刻・警報発信時刻 (防災科研 (2016) より引用し一部加筆)

### 3.2 警報発表基準の見直し

被害を防ぐ「警報」としての本来の姿としては、まず「(A) 震度 5 弱以上の地震が発生した場合に (B) 震度 5 弱以上の予報区だけに警報を出す」ことが基本であろう。警報の続報の発表基準も、「新たに (C) 震度 5 弱以上の予報区が追加された場合」とするのが自然である。その際の (A), (B), (C) の「震度 5 弱以上」の基準は、予測震度の誤差を  $E \pm \sigma$  とすると、例えば、(A) は  $4.5 + E$  以上、(B) は  $4.5 + E - \sigma$  以上、(C) は  $4.5 + E$  以上などとするのが考えられる。予測震度の誤差  $E \pm \sigma$  については、西口他 (2016) によれば、予測震度 4.5 以上の

場合の誤差は  $+0.37 \pm 0.55$  という評価が示されているので、これを使うならば、(A) は 4.87、(B) は 4.32、(C) は 4.87 といった基準になるだろう。また予測震度の誤差は今後も改善されるであろうから、改善された新しい誤差  $E \pm \sigma$  を用いれば、より信頼性の高い警報が出せるようになると思われる。このように、現状の予測震度の誤差を適切に評価して、それを考慮した (A), (B), (C) の「震度 5 弱以上」の基準を使って警報を発表することで、信頼性が高く巨大地震の発生も伝えられる警報になるのではと考えている。

### 3.3 情報発表前の品質チェックとその強化

緊急地震速報の処理は迅速さが要求されるため完全な自動処理である。しかし多数の観測点の中には、ノイズや欠測、観測装置の故障など

予期せぬ事態があるだろうし、余震が続く状況や、同時に地震が発生した場合には、P 波や S 波に、別の地震の揺れが重なることしばしばあ

るだろう。このように自動処理ではそもそも誤報や空振りが発生しやすい状況であることから、「情報を出す前に品質チェック」をすることが必要である。例えば、推定した震源から予想されるP波やS波、振幅、リアルタイム震度などが、震源近くの観測点の記録に出ているかを調べることなどが考えられる。ここでも、気象庁観測点やHi-net観測点だけでなく、リアルタイムで利用可能なあらゆる観測データを駆使して、推定した情報の確からしさをチェックすることが肝要となる。そうして疑わしい情報がそのまま出されることのないようにしなければならない。

また、図2.6.3に示した菊地（2003）の関係式のように、「地震検知から数秒ではまだM8

クラスの地震に成長することはない」などの地震学の知見も、短時間で過大なマグニチュードが推定されたならその妥当性をチェックするのに利用可能ではないかと考えられる。ただこのようなチェックだけでは、過大なマグニチュード推定を防ぐには不十分で、前の図2.6.3の結果に見られるように、十分な時間をかけても推定が過大となることは考慮しなければならない。ひとつの評価だけでなく複数の評価を組み合わせることも必要になるであろうし、予期せぬ不具合に遭遇したらその都度改善をしていく必要があるだろう。かくのごとく品質チェックは容易ではなく、予期せぬ事態とのいたちごっこではあるが、信頼性の高い警報の実現には欠かせないものであると考えている。

#### 4. おわりに

本稿では、緊急地震速報（警報）のこれまでの10年間をふり取り、現状について整理したうえで、今後解決すべき課題とその改善の方向を考えてみた。この10年の間に、警報の空振りや誤報、震度3以下までの広い地域への警報発表などにより、多くの人が震度3以下で警報を体験してきた。その結果、被害を防ぐ警報としての信頼性に疑義を持たせてしまい、その活用を躊躇させているかもしれないことを危惧す

る。一方で、警報が出されるのが遅い（揺れてから出される）、強く揺れても警報が出ないことがある（見逃し）、巨大地震の発生がうまく伝わらないなどの課題はまだ残されたままである。今後の課題とその改善の方向については、ここに述べたもの以外にもまだあるかもしれない。優先順位の高いものから改善の方向について検討し、着実に一步一步解決していくことが必要ではないかと考えている。

#### 謝辞

本研究では、気象庁が公開している緊急地震速報（警報）の発表状況と震度データベース検索システム、防災科学技術研究所のK-NET/KiK-netのホームページに掲載の平成28年（2016年）熊本地震による強震動の公開情報を利用した。また地震研究所地震火山情報センターの鶴岡弘准教授と、地震研究所の「地震のリアルタイムモニタリングと予測情報の利活用」研究集会に参加いただいた大学や気象庁等の研究者には、有意義な意見交換をしていただいた。皆様に深く感謝する次第である。

## 参考文献

- 防災科研 (2016), 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震による強震動」、防災科研 K-NET/KiK-net 特集ページ HP (2017.10.31 参照)  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 菊地正幸 (2003), リアルタイム地震学、東京大学出版会
- 気象庁 (2018), 「緊急地震速報評価・改善検討会」、気象庁 HP (2018.01.30 参照)  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/eew-hyoka/>
- 気象庁 (2017a), 「緊急地震速報 (警報) 発表状況」、気象庁 HP (2017.10.31 参照)  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/pub\\_hist/index.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/pub_hist/index.html)
- 気象庁 (2017b), 「震度データベース検索」、気象庁 HP (2017.10.31 参照)  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 気象庁 (2016), 「緊急地震速報の技術的な改善 (IPF 法) 等について」、報道発表、2016 年 12 月 13 日
- 気象庁 (2014), 「今後の緊急地震速報の技術的改善について」、報道発表、2014 年 7 月 14 日
- 気象庁 (2013), 「緊急地震速報 (警報) 及び (予報) について」、気象庁 HP (2017.10.31 参照)  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/shikumi/shousai.html>
- 鷹野澄 (2017a), 「緊急地震速報 (警報) の発表方法を考える」、災害情報学会大会 2017
- 鷹野澄 (2017b), 「緊急地震速報の更なる改善に向けて (その 2)」、地震学会大会 2017
- 西口他 (2016), 「緊急地震速報の震度予測精度の検証 (2)」, 日本地震工学会大会 2016



鷹野 澄 (たかの・きよし)

[生年月] 1952 年 10 月 15 日

[出身大学または最終学歴] 東京大学大学院工学系研究科電子工学科

[専攻領域] 先端情報地震学

[主たる著書・論文] (3 本まで、タイトル・発行誌名あるいは発行機関名)

Lei Zhong, Kiyoshi Takano, Fangzhou Jiang, Xiaoyan Wang, Yusheng Ji and Shigeki Yamada, Spatio-Temporal Data-Driven Analysis of Mobile Network Availability During Natural Disasters, The 3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM2016), Vienna, Austria, 13-15 December 2016, IEEE, DOI: 10.1109/ICT-DM.2016.7857223, Best Paper Award of the conference

鷹野澄・鶴岡弘、緊急地震速報の特徴を活かした自動放送装置の開発, 災害情報, 13, 87-95, 2015.

鷹野澄, 地震災害軽減を目指したセンサネットワーク-IT 強震計による取り組みについて-, 電子情報通信学会誌, 92, 3, 209-217, 2009.

[所属] 東京大学情報学環総合防災情報研究センター

[所属学会] 日本災害情報学会、日本地震学会、電子情報通信学会、情報処理学会、SSA、IEEE

# Looking Back on the Decade of the Earthquake Early Warning (Alarm) and Thinking about Future Tasks and Directions of Improvement

Kiyoshi Takano\*

It has been 10 years since the provision of the Earthquake Early Warning for general use on October 1, 2007, and the Earthquake Early Warning (Alarm) on December 1, 2007 by revision of the Meteorological Service Law. In this paper, we will look back on the past ten years of the Earthquake Early Warning (Alarm) and think about the future tasks and the direction of improvement.

---

CIDIR of the Interfaculty Initiative in Information Studies, the University of Tokyo

Key Words : Earthquake Early Warnings (Alarm)