

緊急地震速報を用いた 東海大学清水キャンパス内防災システムの開発

川上 貴之¹⁾・長尾 年恭²⁾

Development of a Disaster Prevention System addressed to the Tokai University
Shimizu Campus by using Earthquake Early Warning Information

Takayuki Kawakami¹⁾ and Toshiyasu Nagao²⁾

Abstract

We are developing new earthquake warning system named Maebure Network System that notifies us before arrival of the S wave which is the most destructive seismic wave. This new warning system is based on the information of earthquake early warning information developed by the Japan Meteorological Agency which immediately released just after the occurrence of the earthquake. In this paper we make a brief introduction of JMA's earthquake early warning systems. Then we introduce our Maebure Network System, which is specially designed to Tokai University Shimizu campus. Because Shimizu campus is located just above the epicentral area of impending great Tokai earthquake which means very short leading time of this warning system. It is very difficult to solve how to utilize the information of earthquake early warning information epicentral area of great earthquake. Therefore, our Maebure Network System is designed very simple and quick respond system. Near future, we are going to add the capability to warn all students through the broadcasting at once.

緒 言

地震の揺れは、これまでは当然の事ながら突然やってきた。小学校などで行われる地震を対象とした避難訓練では、“教室が揺れ始めてからすぐに机の下に入る”ように指示される(静岡県教育委員会, 2004)。しかし、実際に強い揺れが続いているときに、人間はほ

とんど何もすることは出来ないと言われている。

1995年に発生した兵庫県南部地震では、死者は6,400人を超え、自然災害による被害としては戦後最大の規模になった。注目すべきは、直接被害による死者約5,500人のうち、77%が窒息・圧死によるもので亡くなったことである(厚生省大臣官房統計情報部, 1995)。たとえ、数十秒から数秒前であっても地震

1) 東海大学海洋学部海洋資源学科 〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

Department of Marine Mineral Resources, School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka 424-8610, Japan

2) 東海大学海洋研究所 〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka 424-8610, Japan
(2006年9月19日受付 / 2007年1月19日受理)

の揺れを前もって知る事ができれば、建物の外に避難することや、机などの下に移動することで身を守ることができ、人的被害を大きく減らすことが可能と考えられる。このような地震発生直後に情報を発し、地震動被害の軽減を目指した取り組みは、1868年に発生したサンフランシスコ地震を契機にアメリカで提唱され、海外ではアメリカのCUBEプロジェクト(Kanamori *et al.*, 1991)や地震被害早期評価システム(EPEDAT)や、メキシコの地震警報システム(SAS)などが開発されている(例えば 翠川, 1999)。

一方、国内で実用化されたシステムとしては、旧国鉄が開発し、1992年から東海道新幹線で稼動しているユレダス(Nakamura, 2004; 林, 2006)や1994年から稼動を開始した川崎市の震災対策支援システム、東京ガスの地震時導管網警報システム(SIGNAL)などがある(山崎, 1999)。また、兵庫県南部地震発生以後、面的な被害状況を早期に評価するシステムとして、内閣府の地震被害早期評価システム(EES)、横浜市高密度強震計ネットワークシステムなども開発された(内閣府, 2001; 横浜市防災会議, 2005)。そして現在では、高速化した情報処理技術や発達したITインフラを用いることで、地震により地面が揺れる前に“地震を知る”ことが可能となりつつある。それが気象庁の『緊急地震速報』である。

著者(川上)は、東海地域における地震被害の軽減を目的として、気象庁からNPO法人リアルタイム地震情報利用協議会(REIC)を通じて配信されている緊急地震速報を用いて、地面が揺れる前に“予測震度”と被害をもたらす“地震波の到達までの時間”を表示し警告するシステム『マエブレネットワークシステム』の開発を行っている。なお、このシステムは財団法人ソフトピアジャパンが支援する研究開発型ベンチャー創出事業に採用され、平成19年1月に開始する予定の試験運用に向けてシステムの開発を進めている。なお大学組織において緊急地震速報を活用する動きとしては、名古屋大学の即時地震情報システム(林ほか, 2005)や愛知工業大学の緊急地震速報を用いた避難計画(愛知工業大学地域防災研究センター, 2006; 愛知工業大学地震防災コンソシアム, 2006)などがある。

本報告では、緊急地震速報についての概念を示すとともに、『マエブレネットワークシステム』についてシステムのアーキテクチャを述べ、東海大学、特に想定東海地震震源域直上に位置する清水キャンパスの中で

将来どのように緊急地震速報を活用していくかについても議論を行う。

『緊急地震速報』とは

緊急地震速報とは、気象庁が2004年2月に試験運用を開始した地震災害の被害軽減を目指し試験配信されている新しいタイプの地震情報である(気象庁, 2006a; 横田ほか, 2002, 2003)。この緊急地震速報は、企業の工場や一般住宅での活用など、様々な場面での用途を想定している。既に実用化されているリアルタイム地震防災システムが、鉄道の運行やガスの供給を制御する等、特定のユーザ向けのものであった。また気象庁が発表する震源情報はこれまでは地震発生約2~4分後に配信されるものであったのに対し、緊急地震速報は、地震発生直後に震源近傍の地震計で観測された地震波を用いて、震源位置やマグニチュードを瞬時(1-2秒程度)に解析し、およそ2~7秒で第一報の地震情報が発表される。この緊急地震速報を受信することで、地震の強い揺れが来る前に、あらかじめ推定震度や余裕時間を知ることが可能となる。

緊急地震速報の原理と特徴

地震波には、速度が速く揺れ幅の小さいP波(縦波)と速度が遅く揺れ幅の大きなS波(横波)があり、地殻の浅いところでは、P波は毎秒約6 kmの速度で、S波は毎秒約3.5 kmの速度で伝わる。地震による被害は主にS波による揺れ(S波主要動)が原因であり、P波だけを用いて、瞬時に震源の位置と地震の規模(マグニチュード)を計算することにより、S波が建物等に到達する前に警告を促すことが可能となる(菊地, 2003; 東田ほか, 2004)。Fig. 1は、地震波の伝播と緊急地震速報の伝達を模式的に表したものである。地震発生直後に震源に最も近い一点ないし数点の地震計がP波を検知すると、気象庁は震源情報を配信する。その後、地震波を検知した地震計が増えるごとに震源情報は更新され、より精度の高い震源情報が配信される。

平成17年4月の時点で、緊急地震速報は気象庁の地震計203点(気象庁, 2006b)と、防災科学技術研究所の全国約800点の高感度地震観測網(堀内, 2005)の情報を併せて発信されている。このようなシステムを用い地震観測を行うことにより、想定東海震源域の南端を震源とした場合、地震発生後約7秒で速報が発表さ

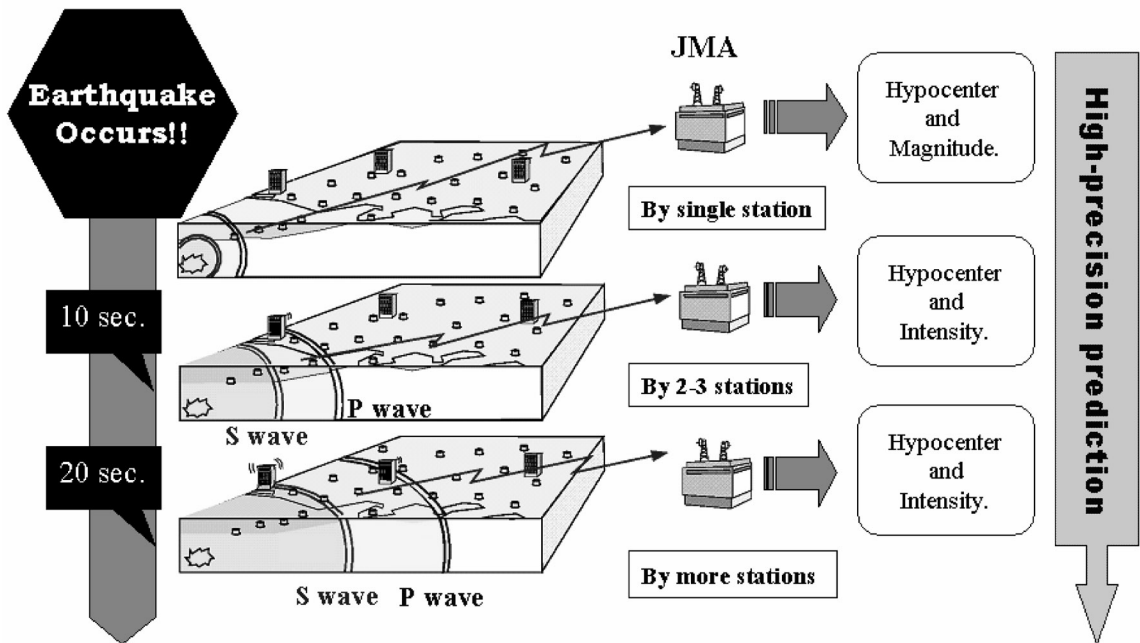


Fig. 1 Seismic wave propagation and concept of earthquake early warning system. (after Japan Meteorological Agency, 2006 e)

れ、約17秒後に静岡に大きな揺れが到達することが予測され、速報発表から約10秒間の猶予時間を作り出すことが可能となる(気象庁, 2006 c)。

また、平成13年に静岡県がまとめた第3次被害想定結果(静岡県, 2001)に対して、東京大学生産研究所のグループは、緊急地震速報を活用した場合の被害軽減効果について検討した(目黒ほか, 2004)。その試算結果によると、震源決定まで12秒要したと仮定し、緊急地震速報により主要動到達前に警告があった場合と警告がなく東海地震が発生した場合とを比較した被害の軽減率として、『死者81%、重傷者73%、中傷等72%』の軽減が可能であることが報告されている。以上のように緊急地震速報は、地震被害の軽減に非常に有効ではあるが、兵庫県南部地震や新潟県中越地震のような内陸の震源が浅い地震や、静岡における東海地震のように、想定される震源域の中の地域では、S波主要動到達までに数秒しかない場合や緊急地震速報の通報が間に合わないなどの技術的限界が存在する。さらに、2006年4月21日に伊豆東方沖で発生した地震に伴い通知された緊急地震速報では、実際には最大震度4であったのに対し、最大震度7と予測した(気象庁, 2006 d)。気象庁が原因を調査した結果、震度を推定するプログラムに誤りがあったこと、直前に発生

した小規模の地震と混同し実際の震源よりも離れた場所を震源と判断したことの二つの原因により実際よりも大きな震度を算出したことが判明した。緊急地震速報は、震度を震源距離・マグニチュード・地盤増幅度等の値から経験式を用いて算出しており、震源の情報自体も少数の観測点を用いて簡易的に求めたものである。緊急地震速報が示す情報には大きな誤差を含む場合があり、震源と地震の規模を高精度で推定できたとしても、経験式には誤差が内在しており、予測震度には計測震度と比べ $\pm 0.5-0.6$ 程度の誤差が生じる(気象庁, 2006 e)。また、一観測点のみを使用した地震情報には、付近での工事や落雷などに起因する誤報が含まれる可能性がある。

EPRCにおける取り組み

東海大学海洋研究所地震予知研究センター(EPRC)では、2005年度第三四半期より、猶予時間の少ない想定震源域直上での緊急地震情報の活用法を検討するため、リアルタイム地震情報利用協議会(REIC)から緊急地震速報を受信している。EPRCでは、この緊急地震速報を用いたキャンパス内および、東海地域での減災を目的としたシステムの研究開発およびネットワークの構築等の作業を2006年度より開始した。ま

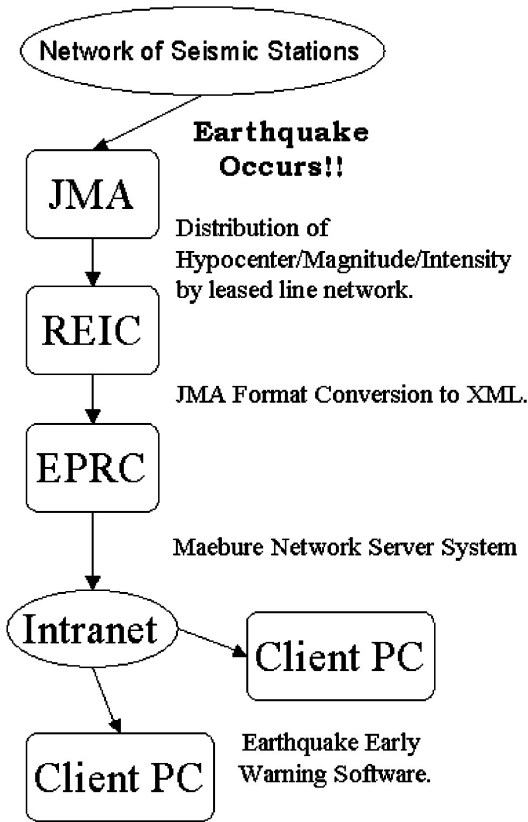


Fig. 2 The flow-chart of Earthquake Early Warning Information system.

た、著者(川上)は、財団法人ソフトピアジャパンの支援を受け、キャンパス内に緊急地震速報を配信するシステム(マエブレネットワークシステム)を開発中である。マエブレネットワークシステムは、学内にいくつか設けたクライアント PC へ二次配信するためのサーバシステム(緊急地震速報配信システム)と、PC 上で緊急地震情報を表示し、警告するクライアントソフト(緊急地震速報表示ソフトウェア)からなる。

緊急地震速報配信システム

緊急地震速報は、気象庁から専用回線を通じて REIC に配信され、XML 形式に変換されて、インターネット回線を通じて EPRC に配信される。緊急地震速報配信システムは、REIC から送信された緊急地震情報をキャンパス内のイントラネットを用いて、専用クライアントソフト(次節で述べる緊急地震速報表示ソフト)を使用するエンドユーザに対

Table 1 Requirements Specification (Maebure Network System)

OS	Windows2000/XP.
CPU	Pentium III 500MHz or higher.
Memory	256MB or higher.
HDD	At least 50MB available disk space.
Display	1280 x 1024 color.

して配信するサーバシステムである (Fig. 2)。この緊急地震速報配信システムでは、GUI を採用することで現在接続中のクライアントユーザ数・データサーバとの通信ログ・送信された緊急地震速報の内容を個別のウィンドウで表示し、システム稼動状況の可視化、管理面での操作性向上を目指している (Fig. 3)。

緊急地震速報配信システムは、動作環境として現在最も広く普及している Microsoft 社の Windows (Windows XP を推奨) を採用した。なおシステムの推奨動作環境の詳細については、Table 1 にまとめた。また、システム内部で XML を解析するためのモジュールとして、MSXML 3.0 を採用したため、Microsoft 社が提供する Internet Explorer 6.0 以上をインストールする必要がある。REIC 内のデータサーバ並びにキャンパス内のクライアント PC との通信は、TCP/IP Socket を利用しており、クライアント PC が増加するようであれば、同報が可能なマルチキャストでの情報送信に切り替える予定である。なお、緊急地震速報配信システムの一連のシステム開発には、Borland 社の Delphi 6.0 (Personal) を使用した。

緊急地震速報表示ソフトウェアの開発

緊急地震速報表示ソフトウェアは、緊急地震速報配信システムからもたらされた震源情報と地震の規模か

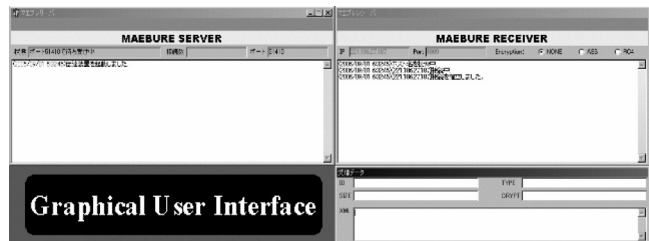


Fig. 3 Graphical User Interface on the Maebure Network System being developed at present.

ら、予め設定しておいた位置情報(たとえば清水キャンパス)データや当該地域の地盤増幅率を用いて、予測震度と地震波の到達までの時間を計算し、表示するソフトウェアである。本ソフトウェアは、事務などの用途で使用されている一般的なPC上での稼動を想定しており、情報の受信にあたり新規に専用の設備を導入する必要がないので、緊急地震情報の受信がローコストで実現可能となる。また、本ソフトウェアの特徴は、運用フィールドがFig. 4に示すように東海地震の想定震源域の直上に位置することである(中央防災会議, 2001)。

本来、緊急地震情報は地震波と情報伝達との速度差により、揺れを前もって知ることが可能となる。しかし、先述したように震源が運用フィールドの近くに存在した場合、主要動の到達までに震源情報の計算が間に合わない“技術的限界”が存在する。緊急地震情報は、時間の経過と共に確度の高い情報が得られるが、揺れはじめまでの時間的余裕がない場合には“第一報”が非常に重要となる。第一報を“いかに各ユーザに伝えることができるか”が想定震源域直上での運用の鍵となる。

本ソフトウェアでは、想定震源域内もしくはその近傍で発生した地震について、特に他の地震と警告のパターンを替えるなどして、東海地震に特化したシステムの作製を検討している。さらに本ソフトウェアは校内放送設備と直結し、一斉放送できる能力を有するが、この機能を使用するためには学生や教職員へ、緊急地震速報に対する啓発活動が十分行われている必要があり、これはハードというより、いわゆる“ソフト”の確立が大きな問題であり、唯一の解決方法は正しい知識を繰り返し講義やガイダンスを通じて啓発していく事であろう。このためには大学当局の協力も必要である。換言すればマエブレネットワークの最終の完成形は本論で述べた配信システムおよび受信ソフトウェアだけでなく、教職員や学生の知識レベルの向上まで含めて考える必要があると考えている。

まとめと今後の展開

緊急地震情報は、“人命を守る情報”である。たとえば、揺れが伝わる数秒前でも、机の下に避難するなど地震から身を守ることは可能である。また、数十秒の余裕がある場合には、火の元の確認や避難路の確保など、地震に備える時間を十分に作る事ができる。し

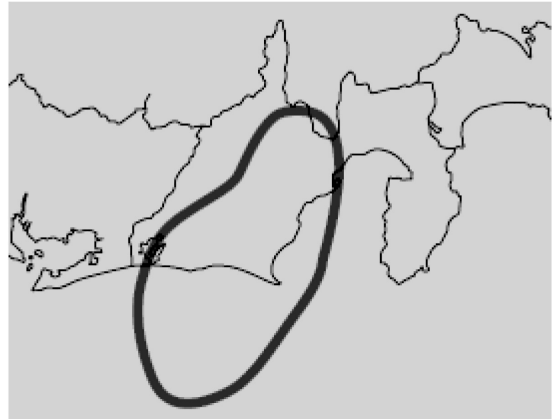


Fig. 4 The Predicted source region of the Tokai Earthquake.
(Central Disaster Prevention Council, 2001)

かし、先に述べたように想定される東海地震のような震源が近傍に存在するような地震では、主要動到達までの時間が非常に短いと考えられ、短時間に多くのユーザへ情報を伝達することが求められる。今後、大学キャンパスでのシステム運用を検討する場合、学内の放送機器を用いた緊急警報や廊下等に設置されているモニターによる警告などの機能をシステムにインプリメントする必要があると思われる。なお、このような学内への一斉配信に関しては、大学キャンパスという不特定多数の人が集まる場所での運用のため、緊急地震速報による警告によって「パニック」を引き起こす恐れが多分にある。そのため、気象庁が定めている緊急地震速報を提供する範囲内に、不特定多数の人への配信は含まれていない(気象庁, 2006f)。今後、校内放送や校内に設置されたモニターを用いた警告等を検討する場合、その利用方法についてのマニュアル作成や緊急地震速報に関するの事前周知を行う必要がある。

現在、マエブレネットワークシステムは平成19年4月に予定されている試験運用開始に向けて開発を行っている。なお、試験運用では海洋学部内のいくつかの研究室に協力を求め、各研究室内で緊急地震速報表示ソフトウェアを一定期間稼動し、緊急地震情報の活用について各ユーザからアンケート調査を行い、ソフトウェアの改善点や地震速報の活用に関する情報を収集し、今後のシステム全体の改良に向けて、より具体的な指針を作成する予定である。

謝 辞

本システムの開発は、財団法人ソフトピアジャンが支援する研究開発型ベンチャー創出事業に採択され、50万円の研究補助金の交付を受けた。また、リアルタイム地震情報利用協議会の野田洋一氏には、緊急地震速報の配信・ネットワーク構築等に格別のご配慮を頂いた。ここに記して感謝します。

引用文献

- 愛知工業大学地震防災コンソシアム(2006)平成17年度年次報告書, 3, 61-64.
- 愛知工業大学地域防災研究センター(2006)緊急地震速報と避難マップ. 愛知工業大学, 2p.
- 中央防災会議(2001)東海地震の想定震源域について. 東海地震に関する専門調査会(第6回)資料, 1-8.
- 林能成(2006)地震早期警報システムの現状と減災への展望-新幹線脱線を中心として-. 月刊地球, 号外 No. 53, 248-256.
- 林能成・伊藤貴盛・山岡耕春・平原和朗(2005)名古屋大学即時地震情報システムの作動状況と課題-2004年9月紀伊半島南東沖の地震を例として-. 日本地震工学会大会2004梗概集, 40-41.
- 堀内茂木(2005)緊急地震速報のための即時震源・マグニチュード決定と震源推定. 緊急地震速報伝達システムの開発と地震災害の軽減に関するシンポジウム講演集, 9-17.
- Kanamori, H., E. Hauksson, and T.H. Heaton (1991) TERRA scope and CUBE Project at Caltech. EOS, American Geophysical Union, 72, No. 50, 564.
- 菊地正幸(2003)リアルタイム地震学. 東京大学出版会, 78-79.
- 気象庁(2006 a)緊急地震速報の概要や処理手法に関する参考資料, 2p.
- 気象庁(2006 b), 緊急地震速報試験運用の拡大について. 気象庁報道発表資料, 2p.
- 気象庁(2006 c)緊急地震速報の試験運用開始について. 気象庁報道発表資料, 3p.
- 気象庁(2006 d)緊急地震速報の本運用開始に係る検討会(第五回)参考資料, 1p.
- 気象庁(2006 e)「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」中間報告, 3-7.
- 気象庁(2006 f)緊急地震速報の先行的な利活用に関する手引き, 2-3.
- 厚生省大臣官房統計情報部(1995)人口動態統計からみた阪神・淡路大震災による死亡の状況. 厚生統計協会, 3-4.
- 目黒公郎・藤縄幸雄・川上則明・西野哉誉(2004)緊急地震速報導入による社会へのインパクト. 緊急地震速報利活用システムに関するシンポジウム講演集, 53-59.
- 翠川三郎(1999)リアルタイム地震防災システム. 地震ジャーナル, 28, 52-65.
- Nakamura, Y (2004) UrEDAS urgent earthquake detection and alarm system now and future. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Canada, 908, 1-3.
- 内閣府(2001)平成13年度版 防災白書. 第1部 第2章, 4/4-7.
- 静岡県(2001)第3次地震被害想定結果. 静岡県地震対策資料, 182-2001, 11-18.
- 静岡県教育委員会(2004)大規模な地震が発生した場合に想定される対応行動. 学校の地震防災対策マニュアル(改訂版), 12-13.
- 東田進也・小高俊一・荻谷公稔・大竹和生・野坂大輔(2004)P波エンベロープ形状を用いた早期地震諸元推定法. 地震第2輯, 56, 351-361.
- 山崎文雄(1999)リアルタイム地震防災システムとは. 消防科学と情報, 58, 8-15.
- 横浜市防災会議(2005)横浜市防災計画. 震災対策編, 73-77.
- 横田崇・上垣内修・加藤孝志(2002)『ナウキャスト地震情報』の実用化に向けて. 地震ジャーナル, 34, 41-49.
- 横田崇・上垣内修・加藤孝志(2003)ナウキャスト地震情報の実用化に向けて. 月刊地球, 号外 No. 41, 110-115.