

緊急地震速報による津波注意喚起システムの開発

Development of Tsunami attention system with Earthquake early warning system

○小池則満¹, 倉橋奨², 廣内大助³
 Norimitsu KOIKE¹, Susumu KURAHASHI, Diasuke HIROUCHI

¹ 愛知工業大学都市環境学科土木工学専攻
 Department of Civil Engineering, Aichi Institute of Technology
² 愛知工業大学地域防災研究センター
 Disaster Prevention Research Center, Aichi Institute of Technology
¹³ 信州大学教育学部
 Faculty of Education, Shinshu University

We developed the tsunami attention system with the earthquake early warning system (EEWs). The main target of this system is people to make decision whether evacuation from high risk area by tsunami disaster or not. The system has built in the package of EEWs. The factors of judgment about tsunami attention are magnitude, depth of epicenter and position of epicenter. Those factors are included in the EEWs. Demonstration function of the system can display the image of P wave, S wave and the tsunami attention message on the map in the pop-up window. In addition, the tsunami attention can be provided by e-mail and the EEWs display. We'd like to test the system for facilities with people needed a special support.

Keywords : Tsunami, Earthquake Early Warning system

1. はじめに

海域で地震が発生した場合、迅速に津波発生の可能性を考慮した対応を始める必要がある。しかしながら、気象庁が津波警報・注意報を出すまでに数分の時間があり、たとえば東日本大震災でも地震発生から最初の津波警報発令まで3分かかっている。片田らは、2003年に実施した気仙沼市における住民アンケート調査において、津波を意識した避難の意向を持ちつつも津波に関する情報を待ち続けた住民が多数いたことを指摘し、過剰に情報に依存しない意志決定が必要であるとしている¹⁾。

このように地震発生から津波警報・注意報発令までの数分の空白時間をなくし、より迅速な避難行動につなげるためには、気象庁の正式な津波警報・注意報が発令される前に、何らかの情報を住民に与えて注意を促すことが必要であると考えられる。そこで、我が国で最も早く発せられる地震情報である緊急地震速報の情報を活用出来れば、より早く津波に対する警戒を促すことが出来ると考えられる。緊急地震速報では、震源（地震発生場所と深さ）とマグニチュードが発表されるため、震源の深さおよびマグニチュードと津波発生の関係式を用いれば、津波の可能性について知らせることが可能である。

しかしながら、気象業務法第二十三条において、「気象庁以外の者は、気象、地震動、火山現象、津波、高潮、波浪及び洪水の警報をしてはならない」とされている。したがって津波発生の可能性に関する情報を配信する際には、あくまで気象庁の津波警報・注意報が発表されるまでの時間における注意喚起であることを明確に示さなくてはならない。一方で、切迫感のない弱い表現では住民の避難行動に結びつかないことから、その表現の仕方に工夫が必要と考えられる。

そこで本稿では、緊急地震速報の情報のみを使って津波発生の可能性の有無についていち早く知らせるシステム開発について、そのコンセプトと概要を述べるとともに、今後の課題について検討する。

2. 地震規模と津波発生式の算出方法

津波発生と地震動についての式は、飯田の式²⁾が広く知られている。これは地震マグニチュード M と震源の深さ D (km) に依存するとして、式(1)で示されている。

$$M \geq 0.017D + 6.42 \quad (1)$$

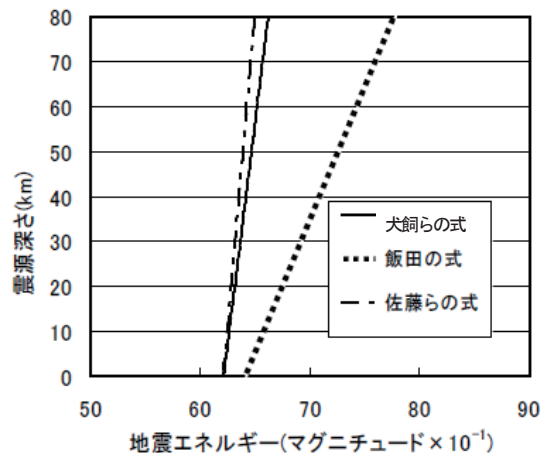


図-1 地震エネルギーと震源深さによる津波発生判断式 (参考文献3より抜粋・一部改変)

犬飼らはこの式を検証し、過去85年間の地震と津波の観測結果から、次の関係式を導いている³⁾。

$$M \geq 0.005092D + 6.210526 \quad (2)$$

さらに犬飼らは、佐藤ら⁴⁾の震源深度が深い地震の際のエネルギー減衰結果を参考にして、次のような式を合わせて示している。

$$M \geq 0.0036D + 6.21 \quad (3)$$

これらの式を図-1に示す。これを見ると飯田の式よりも深い震源、もしくは小さなマグニチュードにおいても津波が発生し得るとしている。また、犬飼らが導いた式(2)と、佐藤らの減衰係数を用いた式(3)をみると両者はよく一致することから、犬飼らは、津波発生の可能性は、震源の深さとマグニチュードの関係で判断できると考察している。

これらの式は、津波の規模を含んだものではない。また津波の遡上高は地形が大きく影響するので、これらの式をもって直ちに大きな被害が発生するような巨大津波が来襲するとは言えない。しかしながら、より迅速に津波発生の可能性を住民に知らせ、注意を促すためには有用な判断基準になると考えられる。

3. 津波注意喚起システムの判断フロー

本システムにおける津波注意喚起までの判断フローを図-2に示す。まず緊急地震速報のマグニチュード M_{EEW} と震源の深さ D_{EEW} を受信する。これらが犬飼らの条件式よりも震源が深くマグニチュードが小さければ津波発生の注意喚起は行わない。次に緊急地震速報の震央位置の海陸判定のタグから、地震の震央が海域である場合には注意喚起を行い、陸域であれば注意喚起は行わないものとする。すなわち、震央位置の海域判定、マグニチュード、震源の深さの3つの条件により、津波発生の可能性を知らせる情報提供のトリガーとする。

このアルゴリズムでは、津波の高さや到達時間など、津波に関する詳細な情報は計算できないが、いち早く逃げる、または、津波情報に注意が必要であることをいち早く提供することが可能である。

4. 津波注意喚起システムの開発コンセプト

本システムの運用イメージを図-3に示す。

まず、気象業務支援センターより、緊急地震速報が配信業者に送られる。緊急地震速報には、震央位置、マグニチュード、震源の深さ、海域・陸域のフラグが含まれ

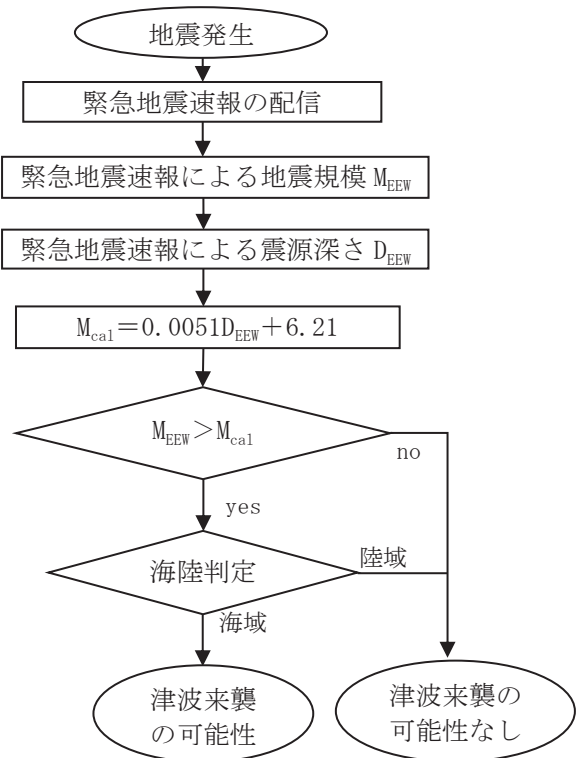


図-2 津波来襲可能性判断についてのアルゴリズム

ており、これらの情報を用いて配信業者のサーバーで津波発生の可能性を演算する。緊急地震速報は、地震観測データの数が増え、震源位置やマグニチュードの計算結果が変わる(基本的には精度がよくなる)たびに、第1報、第2報と情報が更新される。本システムの演算では、各報に対して逐次津波発生の可能性の計算を実施している。津波発生の可能性のない小さな地震では、震度と猶予時間のみが提供され、津波発生の可能性がある地震では、震度と猶予時間に加え、津波発生の可能性の情報を提供する。

以上の通り、本システムは基本的には緊急地震速報端末と一体的に運用する仕組みとし、配信サーバーにアルゴリズム等を組み込むことを想定しており、既存の緊急地震速報システムの活用が前提となる。

報知方法についても、緊急地震速報端末を使用することから、たとえばユーザー側がPCポップアップを使用しているならば、PCポップアップのみで津波注意喚起の配信を行う。これにより、利用者側は津波注意喚起システム導入のための投資は最低限に抑えられること、運用・メンテナンスを一体的に行えることなどのメリットがある。一方で、緊急地震速報に最適化された環境が必ずしも津波注意喚起のニーズに一致しない場合も出てく

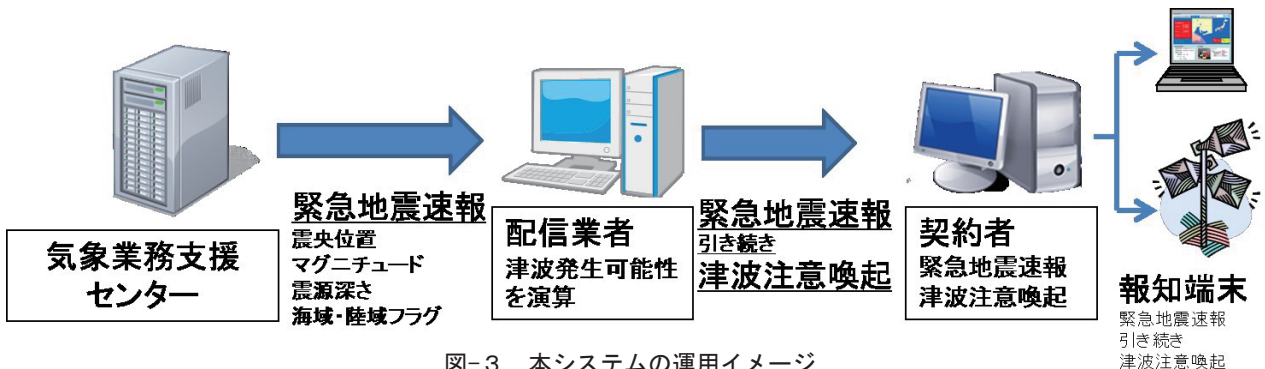


図-3 本システムの運用イメージ

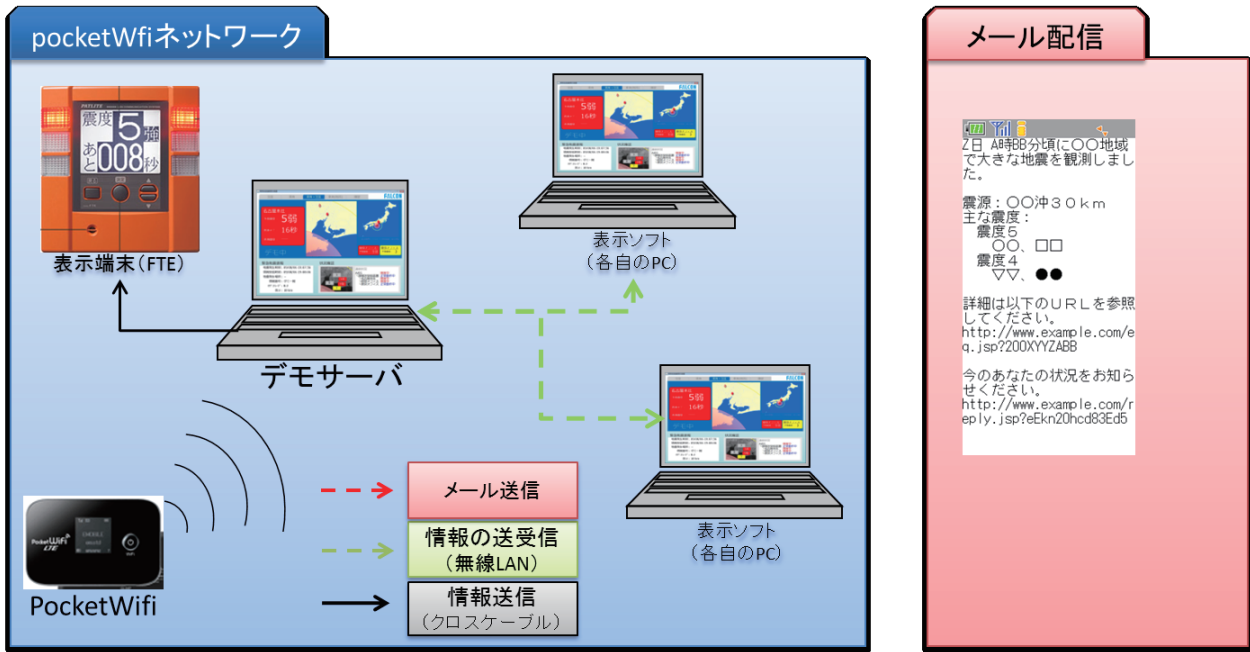


図-4 PocketWifi によるデモシステムのイメージ



図-5 デモシステムの報知端末

る可能性はある。たとえばユーザーの位置が緊急地震速報によるトリガーに達しない予想震度の場合、緊急地震速報のサイレン等はならない。しかしながら、ユーザーの端末設置位置の震度が小さくても、津波来襲を警戒すべき場合がある。逆に、津波来襲の可能性を考慮して緊

急地震速報のトリガーとなる震度を下げて設定すれば、頻繁に起こる小さな地震でもサイレンが鳴り、ユーザーによっては、諸活動の一時的中断等による損失が生じやすくなることになるし、これが繰り返されれば、いわゆるオオカミ少年となってしまい、注意喚起に対する行動

を行わなくなってしまうことも危惧される。したがって、将来的には、強震動によるリスク、津波のリスクとシステムのトリガーとの関連を十分に精査したうえで、それぞれの設置場所やユーザーの利用内容に合わせたトリガーを設けることが望ましい。

システムの想定使用場所は、要援護者を多数抱える海岸沿いの介護施設、学校、公共施設などである。特に、避難の迅速な意志決定が、人的被害の多少を左右するようなリスクを抱える医療機関等での活用を想定している。本システムによって得られる数分間をどのように活かすかが重要な課題である。また、気象業務法により、警報を独自に発することは禁じられているため、すぐさま実用に供することは難しい。そこで本研究では、システム実用化に向けたデモンストレーション機能を備え、訓練等に使用できるようなシステムを開発した。その概要を図-4に、表示イメージ等を図-5に示す。ノートPCをデモサーバーとして使用し、Wifiによって複数のPCへ情報を送り、あらかじめ表示ソフトのインストールされたPCにおいてポップアップが行われるようになっている。また、メールによる配信も可能である。PCにポップアップした際の表示イメージを図-6に示す。この表示画面に示すように、主要動到達前でも津波発生の可能性があれば、ポップアップした画面内に「津波発生の可能性あり」という文字が表示される。またパトライト社製の表示端末にも表示されるが、こちらは仕様により緊急地震速報の表示が優先されるため、緊急地震速報の最終報の後に津波情報を表示するようにした。デモシステムには選択式による想定地震をいくつか組み込むことが可能である。様々な想定地震に対して到達までの猶予時間や津波発生の可能性の有無を利用者が認識できるようにするとともに、訓練に供与されることを期待している。

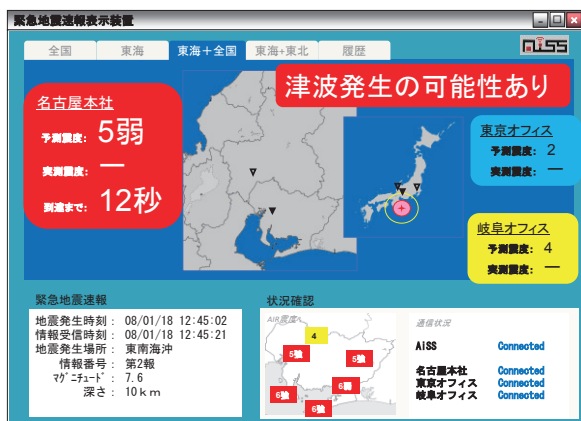


図-6 PC画面表示イメージ

5. まとめ

本稿では、緊急地震速報による情報に基づいた津波注意喚起システムの開発概要について述べた。避難訓練等に使用するためのシステム一式を整えることができたことから、今後は津波リスクのある施設を対象に、実証実験を行って使用者のニーズを把握するとともに、避難実施の意志決定を的確に行えるようなシステム構築を目指していきたい。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費基盤研究（C）「クリアランスタイムのある災害における要援護者搬送計画策定手法の開発」の下に行われたものの一部であることを申し添える。

参考文献

- 1) 片田敏孝, 児玉真, 桑沢敬行, 越村俊一: 住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査, 土木学会論文集, 789巻, 2-71号 PP. 93-104, 2005.
- 2) Kumizi IIDA: Magnitude and energy of earthquakes accompanied by tsunamis, and tsunami energy, Journal of Earth Sciences, Nagoya Univ., PP101-112, 1958.
- 3) 犬飼直之, 能登兵衛, 加藤文章: 津波速報のための津波発生判断モデルの開発, 第27回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, 2009.
- 4) 佐藤浩章, 金谷守, 大鳥靖樹: 地震観測記録に基づく地震動の減衰特性—硬岩地盤における減衰定数の同定と地盤安定性評価に及ぼす影響—電力中央研究所報告—, N04041, 2005.