

# 津波避難システムの開発

地震予知総合研究振興会 大保 直人

## Development of System for Distributing Urgent Evacuation Information During Tsunami

Naoto OHBO  
Association for the Development of Earthquake Prediction

abstract

The 2011 Great East Japan Earthquake exposed limitations of present hazard maps and evacuation manual for unexpected earthquake and tsunami. In particular, information for the tsunami evacuation of residents was premised on mass evacuation, and this could be a major cause of delays in the tsunami evacuation. A system of distributing urgent evacuation information during tsunami has been developed by utilizing the Japan Meteorological Agency's "Earthquake Early Warning and Information on Earthquakes, Volcanic Activity and Tsunamis." Based on information about the earthquake and the tsunami height, the system identifies appropriate evacuation spots, disseminates information about them, and allows an administrator and family members to check on the safety of a registered user upon completion of evacuation. A series of tsunami evacuation drills were conducted, to examine the usefulness of the system, as well as to improve the details of the system.

### 1. はじめに

2011年東日本大震災では、津波リスクに対する取り組みや技術に限界があることが露呈した。津波避難について、想定外の規模の津波が発生した時に津波危険マップと避難マニュアルが効果的ではないことが明らかとなった。ハザードマップや避難マニュアルは、想定された地震と津波のシナリオで作成されていたためであり、事前に作成された津波ハザードマップや津波避難マニュアルには、限界がある。

最近のICTテクノロジーを使い、地震発生直後に地震情報（規模、発生場所）を、さらに津波発生情報（津波高さ）を個人個人に対して避難に関する正確な情報を配信できれば、あらかじめ作られた危険地図または避難マニュアルと違って、個人個人に適切な津波避難情報を提供できる。

例えば、個人の位置情報を利用して、津波高さや津波避難場所、避難ルートなどの情報を受け取ることが出来る。さらに、登録者の家族や同僚に避難状況を送ることなど、個人に情報を送る手段として電子メールが有効である。

上述した機能を備えた津波発生時に緊急避難情報を配信するシステムを開発した。

このシステムは、生成された情報を、最も多く確保された方法で提供するために、適切な避難情報を個人個人に合うように適切な情報を生成する。

システムは、気象庁から発表される緊急地震速報（EEW）と地震・火山・津波警報を利用している。システムは、あらかじめ作られたデータベースとして地方自治体が準備している津波避難場所の高さ情報を利用して、津波情報で得られた津波高さを利用して適切な避難場所情報をする。

情報を受け取る登録者の電子メールアドレスとその家族・同僚のメールアドレスを登録すると、システムから個々の登録者、家族・同僚に対して避難情報を自動的にすることができる。

## 2. 津波防災・減災に利用できる情報

図1は、気象庁が発表する緊急地震速報と津波警報・注意報の流れを示す<sup>1)</sup>。これは緊急地震速報を活用した津波警報・注意報の迅速化を受けたもので、2006年10月2日に公表されている。緊急地震速報に含まれる、震源位置やマグニチュードから津波の発生の有無を判定し、津波発生の可能性があると判断された場合、津波警報・注意報が発せられることになる。緊急地震速報と津波警報・注意報の概要と利活用の現状は以下のように整理される。

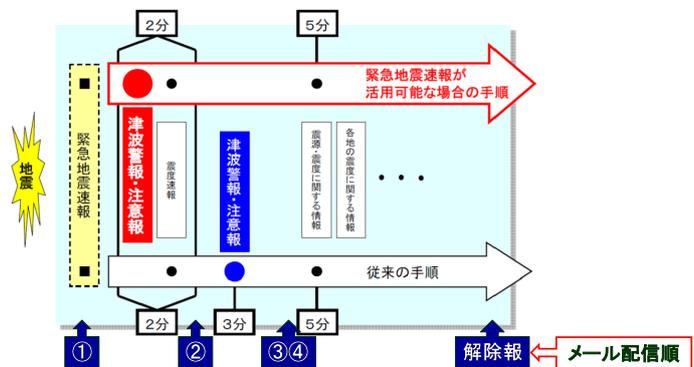


図1 緊急地震速報と津波警報・注意報の流れ<sup>1)</sup>

### (1) 緊急地震速報<sup>2)</sup>

緊急地震速報は2007年10月1日より一般利用が開始された。全国に展開された地震計ネットワークを活用することで、地震の発生を感知し、地震波が到来する前に地震の揺れを伝えるものが緊急地震速報である。気象庁から配信される緊急地震速報は、誤報の可能性や地震波の到達に間に合わない場合があるものの、その信頼性は公的に保障されている。図2に、地震発生後に発表される緊急地震速報（予報）と緊急地震速報（警報）の流れを示す。警報の中でも予想震度が大きい地震に対するものは「特別警報」として位置付けられている。

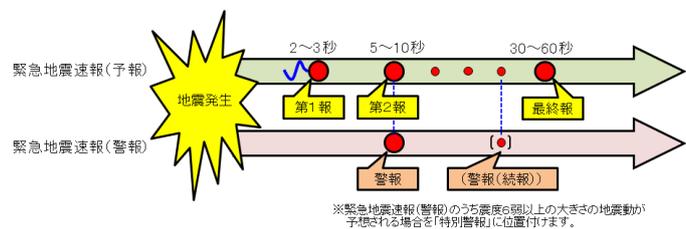


図2 地震発生後の発表される緊急地震速報の種類<sup>2)</sup>

### (2) 大津波警報・津波警報・津波注意報<sup>3)</sup>

2011年東日本大震災での津波被害を受けて、2013年3月から新たに津波警報が気象庁より発表されることになった。津波警報は、地震が発生した際に、即自的に推定される地震の規模と震源の位置を基に、津波の発生の有無と、震源近くの沿岸で予想される津波の高さを求める。津波の発生が予想される場合、地震が発生してから約3分を目標に、大津波警報、津波警報、または津波注意報を津波予報区単位が発表される。

予想された津波高さは、通常は5段階の数値を使って発表される（表1参照）。なお、地震の規模で

表1 津波警報・注意報の種類<sup>5)</sup>

種類	発表基準	発表される津波高さ		想定される被害	取るべき行動
		数値での発表 津波の高さの予想区分)	巨大地震の 場合の発表		
大津波警報	予想される津波高さが3mを超える場合	10m超 (10m<予想高さ)	巨大	木造家屋が全壊・流出し、人は津波による流れに巻き込まれる。	沿岸部や川沿いにいる人は、ただちに高台や避難ビルなど安全な場所に避難する。
		10m (5m<予想高さ≤10m)			
		5m (3m<予想高さ≤5m)			
津波警報	予想される津波高さが高いところで1mを超え、3m以下の場合	3m (1m<予想高さ≤3m)	高い	標高の低いところでは津波が襲い、浸水被害が発生します。人は津波による流れに巻き込まれる。	沿岸部や川沿いにいる人は、ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難する。
津波注意報	予想される津波高さが高いところで0.2mを超え、1m以下の場合であって、津波による災害のおそれがある場合	1m (0.2m<予想高さ≤1m)	表記しない	海の中では人は速い流れに巻き込まれ、また、養殖いかだが流出し小型船舶が転覆する。	海の中にいる人はただちに海から上がって、沿岸から離れる。

あるマグニチュードが8を超えるようなプレート境界の巨大地震に対しては、地震の規模を高い精度で短時間に求めることはできない。このような場合には、巨大地震が発生した海域における最大の津波想定等を基に、大津波警報、津波警報または津波注意報が発表される。この発表では、大津波警報と津波警報において、予想される津波の高さを「巨大」や「高い」という言葉を使って表わし、非常事態であることを伝える。さらに、最初の発表の後、地震の規模が高い精度で推定された時点で、大津波警報と津波警報を更新し、予想される津波高さを数値とし発表することとしている。

大津波警報・津波警報・津波注意報の種類、発表基準、津波高さ、そして想定される被害と取るべき行動の概要を表1<sup>3)</sup>に整理した。

### 3. 緊急津波避難情報システム<sup>4),5)</sup>

気象庁から発表される緊急地震速報と大津波警報・津波警報・津波注意報の発展形が、緊急津波避難情報である。これは、個人個人に特化した情報として緊急地震速報や大津波警報・津波警報・津波注意報を数百人程度のコミュニティへの配信を対象としている。また、地震や津波の情報だけでなく、適切な避難場所を示すことにも特徴がある。このため、自治体が指定した津波避難所の位置や規模の情報も利用する。

緊急津波避難情報の生成・発信を、数百数千のコミュニティに発信すれば、緊急津波避難情報の受信者は万、10万のオーダーで可能となる。

#### (1) システムの概要

緊急津波避難情報システムは次の2つの機能を持つ。

##### 1) 情報生成

事前の情報として、登録された携帯電話の位置情報のデータベース化と事前の情報対象地域の避難場所のデータベース化が必要である。地震発生に伴って気象庁から配信される緊急地震速報と大津波警報・津波警報・津波注意報から、情報配信先となるコミュニティの地域に特化した情報を抽出する。

##### 2) 情報配信

配信される情報は次の3つの項目である。

- データベースにある携帯電話への津波発生情報の配信
- データベースにある携帯電話へのデータベースにある避難場所・経路情報などの配信
- 津波警報等の解除に関する情報の配信

情報生成で説明されたように、緊急津波避難情報を利用するためには、配信される緊急津波避難情報を情報端末（携帯電話、あるいはスマートフォン、タブレット、PC等）のメールアドレスを事前に登録することが必要である。この他、家族等への安否情報を送るためには、安否情報を通知するメールアドレスを登録することもできる。利用者が直接システムに登録する場合はQRコードを使う（図5参照）。避難場所のデータベー

図5 利用者登録イメージ



図6 地震情報・津波情報・避難確認で配信されるメールイメージ

スは、自治体が公開している避難場所の情報の他、対象とするコミュニティが独自に設定した避難場所の情報を登録することもできる。

(2) システムから配信される情報

配信される情報項目の内、津波発生情報は、津波発生の可能性を知らせる「地震情報」である。避難場所・経路情報の具体的内容は、予想された津波高さより高い標高にある避難場所に関する「津波情報」である。避難場所に到着したことを確認する「避難確認情報」も含まれる。津波情報は、避難場所の住所の他、位置を示した地図も使い、避難経路を載せることも可能である。さらに、避難が完了した場合に家族等に「避難連絡 (安否情報)」を自動配信することも可能である。図4に配信される情報の概要を示す。緊急地震速報の地震規模・発生位置から、津波発生のあると判断される場合、地震情報が配信される。地震情報の内容は、津波発生のある地震が発生したことと、今後、大津波警報・津波警報等の津波情報に注意することを促すものである (図6参照)。

緊急地震速報に引き続いて気象庁より大津波警報・津波警報が発表される場合、津波情報が配信される。津波情報の内容は、大津波警報・津波警報にある予想された津波高さと、データベースにある避難場所の標高を基に、安全と考えられる避難場所の位置や経路に関するものである。津波情報を受信した利用者は、津波高さに応じた適切な避難場所の情報を得ることになる。具体的には、安全と考えられる避難場所情報と地図表示用の URL が配信される。URL をクリックすると地図が表示される (図6参照)。津波情報の受信後、利用者は、避難場所を確認し、指定された避難場所に避難することになる。

避難確認情報は、利用者が避難場所に到着したことを確認するメールであり、緊急津波避難情報システムの管理者が受信する (図6参照)。コミュニティのリーダーはこの管理者となることもできるし、管避理者でなくとも避難確認情報を直接知ることができる。なお、利用者は指定された URL に接続することだけで、避難確認情報の

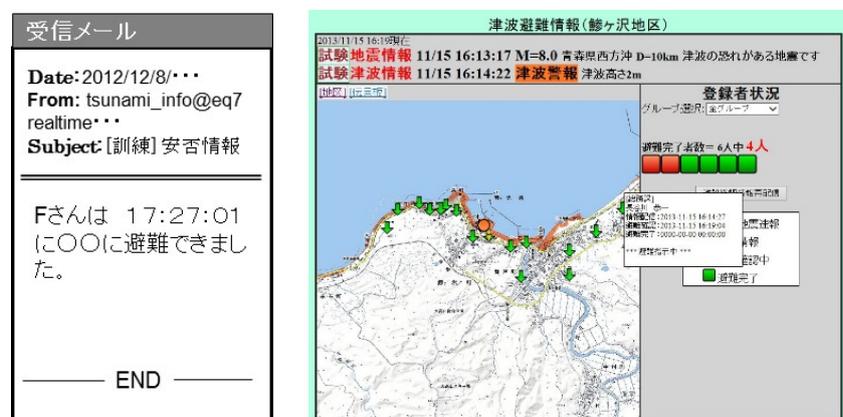


図7 安否情報イメージおよび避難確認状況の管理画面イメージ

発信ができる。無事に避難できたことが管理者に自動配信される他、あらかじめ設定した避難連絡を通知するメールアドレスにも配信される（図7参照）。最後に、気象庁より津波解除情報が発表されると、利用者に解除の情報が配信される。

### (3) システムの管理者

緊急津波避難情報システムでは、利用者とは別に、システムの管理者が必要である。前述のように、管理者はコミュニティのリーダーであってもよいし、他に代行してもらってもよい。管理者は管理画面（図7参照）を使って避難状況を逐次チェックする。例えば、避難確認情報が配信されると、管理画面にはデータベースにある利用者一人一人に対応しただけ赤色のタイルが表示される。ついで、避難連絡（安否情報）が受信されると、避難連絡をした利用者に対応したタイルが緑色に変わる。なお、避難連絡（安否情報）は、受信者が避難確認情報にある URL をクリックするだけで送信される。

## 4. 緊急津波避難システムの実用化に向けて情報の社会実験

緊急津波避難情報の実用化に向けて以下の地域で社会実験を実施した。



写真1 社会実験を実施した場所



写真2 社会実験説明風景



写真3 避難状況



写真4 管理画面

## (1) がれき処理現場での社会実験

この社会実験は、2012年5月14日「宮城県災害廃棄物処理現地亘理名取ブロック【名取処理区】」で実施した。この実験の目的は、緊急津波避難情報システムの動作確認、および携帯端末の登録方法、緊急津波避難情報を配信する際の課題の抽出と整理、安否確認の操作方法に関する課題の抽出と整理、管理画面に関する課題の整理であった。実験への参加者は、がれき処理現場で実際の作業に従事している現場従業員、作業員、システム開発者を含め54名であった。社会実験は、津波高さ5mの津波が来襲するとの条件で実施した。

社会実験を実施したがれき処理現場の事務所とその近傍の津波被害の状況を写真1に示す。がれき処理現場には、津波避難場所として標高約7mの高さに事務所を設けており、さらに事務所の横に従業員全員が避難できるスペースを設けていた。社会実験の事前説明の状況を写真2に示す。写真3は作業員の避難状況を示す。写真4は、社会実験で実際に写された、利用者の安否情報の表示画面を示す。なお、この社会実験では、54名中25名の利用者から避難完了の情報を受信することができなかった。

社会実験後、がれき処理現場では、緊急地震速報と大津波警報・津波警報・津波注意報を利用した緊急津波避難情報システムの仮運用を開始した。図8に2013年2月6日に発生したソロモン沖地震の例を示す。この地震を受けて、気象庁より津波注意報が発表され、実際に緊急津波避難情報システムが稼働し、緊急津波避難情報が発信された。2013年10月26日の地震に対しても、気象庁より津波注意報が発表され、緊急津波避難情報システムが稼働し、緊急津波避難情報が発信された。

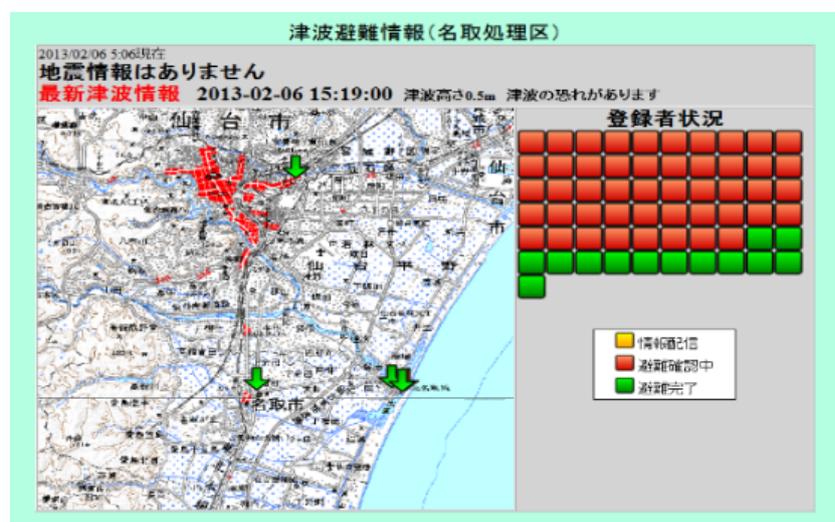


図8 ソロモン地震での稼働状況

## (2) 自治体防災担当者を対象とした社会実験

この社会実験は、2012年11月12日、高知市防災政策課職員を中心に実施した。職員は自治体の防災担当者であり、社会実験の目的は津波避難の机上訓練である。机上訓練には、市内の自主防災組織と高知工科大学が参加し、総勢111名となった。全参加者はメールアドレスを使った利用者登録を行う。机上訓練の内容は、地震情報・津波情報・避難状況確認・避難状況連絡・解除情報が自動的に配信され、配信された緊急津波避難情報に応じた適切な対応をとるというものである。

防災担当者の机上訓練では避難以外の行動をとることが検討された。例えば「津波情報」を受信した際、防災担当者は、最寄りの避難場所を選択し、緊急津波避難情報システムに連絡する。システムの管理者となった防災担当の責任者は、管理画面を使って各担当者が選択した避難場所を確認する。さらに責任者は、管理画面を使って、各防災担当者に二つの指示を出した。指示の発信はシステムの新しい機能である。指示の内容は、現在の避難場所から別の避難場所へ移動することと、移動する時点での被害情報を報告することである。

この社会実験に参加した防災担当者に緊急津波避難情報に関するアンケート調査を行った。その結果、メールが受信できなかった防災担当者が半数ほどいたことが判明した。この原因は、携帯電話のフィルターに引っかかったためである。フィルターの解除は不慣れな者には難しい。緊急津波避難情報システ

ムからのメールを実際に受信できるかの確認が重要であることが判明した。なお、本社会実験は、2012年11月21日の高知新聞で報道され、「双方向で安否を確認」と題して緊急津波避難情報の有効性が紹介された。

### (3) 仙台市三本塚地域住民を対象とした避難訓練実施

仙台市三本塚地域住民の協力を得て訓練を実施した。参加者に年配の方が比較的多かったため、携帯電話でのメール操作が不慣れであり、受信・操作方法の説明会を行った後に訓練を実施した。

この訓練に参加した住民は、津波被害に遭遇した体験があり、家族への安否確認情報が利用できることへの関心が高かった。写真5は、住民が高速道路への避難状況を示す。



写真5 高速道路上に避難した住民

## 5. 緊急津波避難情報の実用化に向けて

緊急津波避難情報は、数百人のコミュニティに対して発信し、個人個人にとって適切な避難場所・経路に関する情報である。この情報の生成・発信を行うシステムでは、避難終了後の安否情報も適切に処理することができる。この現状は十分評価できるものの、ハザードマップや避難マニュアルを超えた、津波避難を進める仕組みとしては更なる検討が必要であることは確かである。社会実験は、準備を整えた参加者が行うものであり、不意をついて発生実際の津波に対する有効性は実証されていないからである。

緊急津波避難情報システムの実用化に向けての課題を以下に示した。

1. 携帯電話のメール利用環境は、迷惑メールフィルターの設定方法が携帯電話の運営会社や機種で異なる。従って、緊急津波避難情報システムで配信されるメールが迷惑メールフィルターで届かないことを防ぐ工夫が必要となる。
2. 携帯電話やスマートフォンの利用範囲は、年々、広がっていることは事実である。しかし、地域によっては携帯電話への接続条件が悪いままで、緊急津波避難情報に関するメールの受信に大幅な遅れが生じることが分かった。全国一律は現実的ではないものの、できるだけ一律に通信環境を整備することが、緊急津波避難情報の実用化を支えることになる。
3. 今後、携帯電話やPCに代わってスマートフォンやタブレットの利用者が増加することが予想される。情報端末の進歩・発展に応じて、柔軟に対応できるような緊急津波避難情報システムとすることが必要となる。緊急津波避難情報の内容も、より高度なものとするのが望まれる。現状の多数を対象としたテキスト情報に比べ、個人に特化した地図情報も提供するという緊急津波避難情報は新しい試みであるが、陳腐化も早い。緊急津波避難情報システムと緊急津波避難情報の内容を、持続的に更新する努力が必要である。
4. 緊急津波避難情報は、数百名のコミュニティを対象とするところに特徴がある。具体的なコミュニティは、自主防災組織の他、企業、自治体および学校である。コミュニティの特性に応じて、緊急

津波避難情報の配信順序や内容を変更することも必要となる。実際、自治体の防災担当では、避難状況の報告という機能が追加されている。

5. 今後、本システムを高齢者などの災害弱者を対象とした安全・安心情報を配信可能とする機能を持たせたものに発展させる計画である。

#### 参考文献

1. 気象庁；津波警報・注意報の改善に関するこれまでの取り組み、緊急地震速報を活用した津波警報・注意報の流れ、平成 18 年 10 月 2 日 <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/known/tsunami/newmethod.html>
2. 気象庁、緊急地震速報（警報）及び（予報）について  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/portal/shikumi/eew\\_shousai.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/portal/shikumi/eew_shousai.html)
3. 気象庁、津波警報・注意報、津波情報、津波予報について  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index\\_tsunamiinfo.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index_tsunamiinfo.html)
4. 大保直人、今村文彦、寺田賢二郎、有賀義明、堀宗朗、山内芳朗、高田史俊、稲垣幸子；緊急津波避難情報システムの開発、地域安全学会概要集 No.31、2012
5. N. Ohbo, M. Hori, F. Imamura, K. Terada, Y. Ariga, M. Sugawara, Y. Yamauchi, F. Takada, and S. Inagaki, Development of System for Distributing Urgent Evacuation Information during Tsunami and its application, , 16WCEE, 2017, Paper N° 1320