

# 津波防災における災害事前情報と 住民避難の関係に関する考察

本間 基寛<sup>1</sup>・片田 敏孝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>群馬大学大学院工学研究科社会環境デザイン工学専攻  
(〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1)

## 和文要約

気象庁の量的津波予報システムが導入されて以降、予報区の細分化や具体的な予想津波高さの発表といった津波予報の精緻化が進んだ。しかしながら、近年発生した津波災害では津波警報が発表されたにもかかわらず住民の避難が低調な結果に終わった事例が相次いでいる。その理由のひとつとして、津波警報の空振りによる「オオカミ少年効果」が挙げられる。災害事前情報の空振りは情報に対する信頼性を低下させてしまい、信頼性の低い災害事前情報は住民避難の阻害要因にもなり得る。本稿では、津波予報や避難勧告が有する不確実性や解像度の限度、これらを伝達するメディアが有する情報伝達解像度について整理するとともに、災害事前情報が住民にとって空振りと認識されてしまう要因を指摘した。また、住民は津波警報を過小評価する傾向にあること、避難のきっかけとしては津波警報よりも避難勧告を重視する傾向があることを示した。災害事前情報を津波避難に有効活用するための方策として、①行動指南情報としての避難勧告は災害情報リテラシーの低い住民に対するセーフティネットとして位置づけること、②津波予報と連動した津波ハザードマップの作成及び避難勧告基準の策定を提案した。

キーワード：津波予報、避難勧告、情報の空振り、情報解像度

### 1. はじめに

我が国では1952(昭和27)年から気象庁による津波予報制度が導入され、1999(平成11)年には従来のマグニチュードと震央から海岸までの距離等をもとにした経験的な手法による津波予報に代わり、数値シミュレーションを活用した量的津波予報システム(館畑 1998)が導入された。これに伴い、津波予報区は従前の全国18区から、都道府県単位(一部はさらに分割)の66区へと細分化されたとともに、津波の高さに関する情報は、「津波注意」「津波警報」「大津波警報」の3段階から、量的津波予報における詳細情報として「0.5m」「1m」「2m」「3m」「4m」「6m」「8m」「10m以上」の8段階に細分化された具体的な数値が発表されている。津波予報の発表に要する時間も、津波予報制度が導入された当初は地震発生から平均20分程度の時間を要していたが、現在は最速2分以内での発表が可能となっており、津波予報の発表に要する時間としては限界にまで迅速化されたといえる。このように、気象庁より発表される津波予報は世界に類を見

ないほど精緻化、迅速化がなされた災害情報といえる。

地震発生直後には、各地の震度や震源に関する情報とともに津波発生の有無についての情報が気象庁より発表される。津波の発生が予想される場合には津波予報が発表され、テレビやラジオ等の各種情報伝達手段によって国・自治体等の行政機関や防災関係機関へ伝達されるとともに、一般住民にも広く伝達される。津波予報は、自治体、とりわけ沿岸の市町村にとって、住民への避難勧告・指示を発令する際の重要な判断材料であるとともに、住民にとっても津波避難の是非に関する判断の一助となっている。このように、津波予報は我が国における津波防災において、自治体及び住民の初期行動を左右する重要な情報の一つといえよう。

一方で、近年の津波発生時において、津波警報や避難勧告等が発令されたにもかかわらず、住民の避難が低調な結果に終わった事例が数多く報告されており(例えば、松尾ら 2004)、住民の避難対応において津波予報が十分な効果を上げているとは言い難い。津波警報が発表され

ている状況下にも関わらず、住民がなかなか避難できない理由としては、①災害情報の空振りに伴う誤報効果(オオカミ少年効果)、②災害情報を自分の都合のいいように過小評価してしまう正常化の偏見、③災害情報や災害現象に対する理解力不足等が指摘されている(例えば、片田ら 2005)。特に、2006年11月及び2007年1月に発生した千島列島東方の地震では、北海道のオホーツク海沿岸及び太平洋沿岸において津波警報が発表されたが、前者の地震では住民の避難率が13.2%だったのに比べ、後者の地震では6.6%と避難率が半減した(総務省消防庁 2007)。1回目の地震では津波警報及び避難勧告が発令されたが結果として被害はほとんど発生せず、その結果2回目の地震では住民の多くが避難行動をしなかったと考えられ、「オオカミ少年効果」が顕著に現れた事例といえる。

災害情報は、予警報や避難勧告等といった発災前に発表される「災害事前情報」と、発災の事実や被害状況を示す「災害事後情報」に大別することができる。津波発生時、住民に対して迅速かつ確実な避難行動を促すためには、正確な災害事前情報を提供することが望まれる。しかしながら、災害事前情報はあくまで「事前の予測」であるが故に、誤報あるいは見逃しとなる可能性が含まれており、発表された津波予報の内容と実際の津波観測結果が一致しなかったり、避難勧告等を発令しても被害が発生しなかったりする可能性は十分にあり得る。仮に予報どおりに津波やそれに伴う被害が発生したとしても、津波予報や避難勧告等の災害事前情報は広く一般住民を対象として発表されるため、災害発生地域の住民にとってはその情報は「的中」であるものの、それ以外の地域の住民にとっては「空振り」と認識されてしまうことが考えられる。このように、災害事前情報の「的中」に関しては、情報発信者側(行政)と情報受信者側(住民)とではその認識が必ずしも一致しないことがある。災害事前情報を住民の避難行動に効果的に活用するためには、予測情報の精度向上を図るとともに、予測情報に含有される不確実性も考慮した活用方策の検討が必要である。

そこで本稿では、津波災害における災害事前情報の「空振り」に着目し、災害事前情報(津波予報や避難勧告・避難指示)の予測が実際の結果と一致しない要因について整理するとともに、情報発信者(行政)と情報受信者(住民)の間における災害事前情報に対する「空振り」の認識の違いについて検証する。具体的には、気象庁の量的津波予報のもととなる津波数値計算上における不確実性について既往の研究成果やシミュレーションをもとに整理するとともに、個々の住民は災害事前情報をどのように解釈し津波避難行動に活用するのかといった観点から、津波予報や避難勧告等に関する現状の問題点について検証する。そして、その結果を踏まえ、津波発生時における住民避難を促進するために効果的な災害事前情報の発表方法について検討を行う。

## 2. 津波予報の精度

### (1) 津波高の特性を形成する要素

1999年に気象庁が導入した量的津波予報では、津波の数値計算法を利用しており、予想される津波の高さや到達時刻を具体的な数値で定量的に発表している。津波予報では情報発表の迅速性が求められることから、数値計算をリアルタイムで行うのではなく、計算結果をあらかじめデータベース化し、発生した地震の震源情報をもとに津波予報のもととなる計算結果を抽出・内挿し、津波予報を行っている。津波予報データベースの構築にあたっては種々の仮定をおいていることから、津波数値計算には様々な不確実性が含まれる。津波予報を効果的に活用するためには、その情報にどのような不確実性が含まれているのかを明らかにし、その不確実性は予報結果にどのような影響を与えるのかを把握しておくことが重要である。津波数値計算の不確実性について論じているものとしては諸星ら(2003)の研究があり、津波ハザードマップの作成において津波浸水区域を予測する際に検討する必要がある不確実性要素について整理している。彼らは、想定地震が発生した場合の津波浸水予測を行う上での不確実性について論じているが、実際には想定とは全く異なる位置やメカニズムの地震による津波の襲来も考えられる。本章では、気象庁が発表する津波予報に与える影響という観点から、津波数値計算上の不確実性要素について考察する。

沿岸における津波の高さを決定する要素は、図-1に示すように初期水位分布を決定する「Source Effect」、波源から沿岸までの外洋伝播の特性を示す「Propagating Effect」、湾奥等の局所的な沿岸地形による効果を示す「Near-shore Effect」からなると考えられる。津波予報の高さと実際に観測される高さが異なるのは、それぞれの特性が事前に仮定した条件と異なったり、十分な精度・解像度で考慮されていなかったりするためである。ここではそれぞれの特性要素が津波予報にどのような影響を与えるかについて考察する。

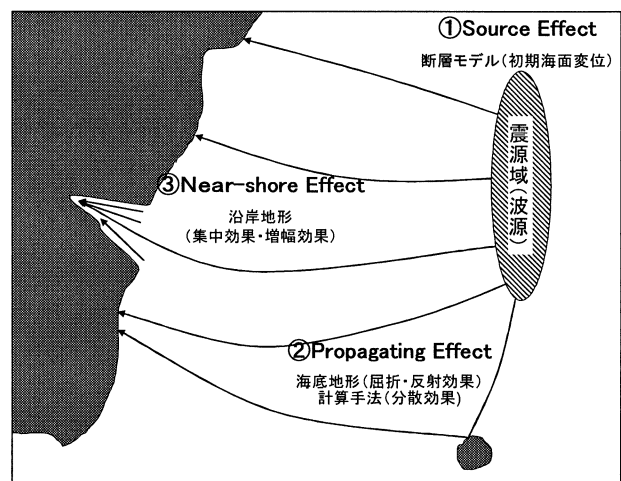


図-1 津波の高さを決定する要素

## (2) Source Effect

地震の断層パラメータ（位置、深さ、長さ、幅、すべり量、走向、傾斜角、すべり角）は、津波の発生源となる初期海面変位を決定し、津波の予想高さに最も大きな影響を与える。津波予報では、情報発表の迅速性が求められることから、震源断層についてあらかじめ種々の仮定をおいて想定断層を設定しており、地震発生後に地震波形データを解析して得られる震源要素（位置、深さ、マグニチュード）をもとに想定地震断層をデータベースから抽出し、その地震断層にもとづく津波数値計算結果を津波予報として発表している。メカニズム解については、断層の走向は過去の地震活動を考慮した上で地震発生海域に応じた設定している。また、断層の傾斜角及びすべり角については津波をより励起するパターンとして、それぞれ45度<sup>1)</sup>、90度に固定している。なお、2007年7月より、気象庁は地震発生10～20分後に地震のメカニズムを示すCMT解を推定し、その結果をもとに津波予報を修正（更新）することとしている。

現在の津波予報では、断層面を1枚と仮定して津波数値計算を行っているが、実際の地震、とりわけM8クラスの巨大地震ではその震源過程が複雑となり、複数のアスペリティが存在したり、断層メカニズムが破壊過程の途中で変化したりする可能性がある（例えば、1993年北海道南西沖地震（高橋ら1994））ため、正確な津波予報を行う上ではその影響を無視することができない。河田ら（2003）は、想定南海地震が発生した場合における波源不均一性の影響について評価しており、アスペリティの分布シナリオによっては予想される津波の高さが高くなる可能性があることを示している。しかしながら、地震発生直後には詳細なアスペリティの分布を求めることはできないため、津波予報の運用上、波源不均一性を考慮することは困難であるといえる。

したがって、Source Effectについては、断層傾斜角を45度、すべり角を90度とすることによって、安全側（過大評価）の予報を行うようになっているが、巨大地震の場合にはその震源過程が複雑となり、断層面を1枚とした単純なモデルでは表現することが困難であることから、地点によっては予報値が過小評価となってしまう可能性もあり得る。

## (3) Propagating Effect

震源付近における地殻変動によって励起された津波は外洋を伝播し、沿岸へと到達する。津波予報では、津波伝播を表現する数値計算モデルとしては長波理論式を採用している。

外洋における津波の伝播特性は海底地形の影響を大きく受けるため、数値計算に使用する海底地形データの精度や分解能によっては、伝播経路における屈折効果等を十分に評価できないことがある。とくに、大陸棚上で励起され、沿岸に沿って反射・屈折を繰り返すエッジ波を

予測するためには、海底地形の解像度を十分に高めなければならない（越村ら1997）。河田ら（2004）は北海道の太平洋沿岸を対象としたケーススタディで、格子間隔を500m以下にしなければエッジ波を評価することができないと指摘しているが、現状の津波予報で使用している数値計算モデルでは格子間隔が約1.5kmであることから、予報値にはエッジ波の影響が十分に加味されておらず、最大波を過小評価してしまったり、津波警報・注意報の解除を早めてしまったりする危険性がある。

遠地津波に関しては波数分散性を考慮する必要がある（後藤ら1988）が、津波予報では数値分散性を利用している。遠地津波では津波が長い経路を伝播してくるため波数分散効果が顕著に現れ、第1波の主峰の低下が見られるが、近地津波では伝播経路が短いためその影響は少ない。また、遠浅海岸に到達した津波は分散性によってソリトン分裂し、分裂後の波の頂部が高くなる場合もある。

## (4) Near-shore Effect

津波予報では線形長波方程式による計算を行っており、全ての海岸線は完全反射として、遡上計算は行っていない。水深が約100mの沖合いに、20～30km間隔で予測地点（Grid Point）を置いており、そこでの最大津波高を下記に示すグリーンの公式によって、海岸付近での津波高へと変換している（図-2参照）。

$$\eta h^{1/4} = \eta_1 h_1^{1/4} = \eta_2 h_2^{1/4} = \text{const} \quad (1)$$

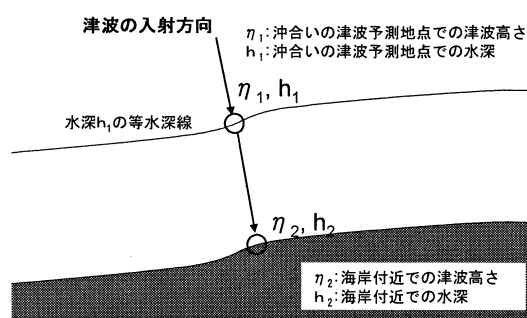


図-2 グリーンの公式による津波高の変換

ここで、 $\eta$ は津波の高さ、 $h$ は水深である。上式では浅水効果による増幅は表現されているものの、湾奥における集中効果による増幅が表現されていないため、複雑な沿岸地形を有する地域では過小評価で予報する可能性がある。

## (5) 津波数値計算上の不確実性のまとめ

波源の影響に関しては、断層のメカニズム解は傾斜角45度、すべり角90度の逆断層を仮定しており、津波を励起しやすいメカニズムを想定した津波予報となっているものの、マグニチュード8クラスの巨大地震になると震源過程の複雑性から断層面1枚のモデルでは正確な津

波予報が難しく、津波を過小評価してしまう危険性も含まれる。外洋伝播や局所地形の影響に関しては、現在の数値計算に用いている地形データの解像度や計算格子間隔では屈折効果や増幅効果が十分に表現されていない可能性もあり、実際に観測される津波よりも過小評価となる危険性がある。したがって、津波予報では必ずしも安全側（過大評価）で発表されるとは限らず、過小評価で発表されることもあり得ることを念頭に置くべきである。

### 3. 津波予報の空間解像度

1章で述べたように津波予報では予報区を66に分割し、それぞれの予報区において予想される最大の津波高を津波予報値として発表している。災害事前情報の信頼性を高めるためには、予測情報（予報値等）の精度を向上させるとともに、情報を発表する地域単位を細分化して空間的な解像度を高めることも望まれる。津波予報においても予報区をできる限り細分化することが望まれるが、2章で指摘したような様々な不確実性要素により、技術的な制約が生じてしまう。ここでは、津波予報区の細分化の可能性を検討してみる。

津波予報の空間解像度に大きな影響を与える特性は、Source Effect と Near-shore Effect である。Near-shore Effect については、津波数値計算のモデルにおいて使用している地形データの格子長に依存する。現在の津波予報で使用されているモデルでは空間格子間隔が2kmであるため、当然空間解像度はそれよりも粗いことになる。

計算格子間隔を短くしたとしても解決できない問題として Source Effect がある。一般に、マグニチュードの大きな地震ほど断層面の面積は大きくなる。断層面の長さL (km) と地震のマグニチュードMには、(2)式のスケールリング則が成り立つとされている(宇津 2001)。

$$\log L = 0.5M - 1.85 \quad (2)$$

マグニチュード8の地震では断層面の長さが約140kmに及ぶ。地震発生直後には震源の位置、すなわち断層の破壊開始点の位置が決定され、その情報をもとにデータベースより断層モデルを抽出して津波予報を発表している。しかし、断層面は有限の大きさを有しており、地震発生直後には断層の破壊が震源（破壊開始点）からどの方向へ伝播したのかを推定することが難しい<sup>2)</sup>。そのため、津波の波源となる初期海面変位の分布に断層の長さ分ほどの不確実性が生じ、その結果として沿岸における津波高の分布に影響を与える。

東南海地震の発生が想定されている三重県南部の予報区を例とし、断層面の位置による津波数値計算結果の違いを比較してみる。図-3は、三重県南東沖を震源とするM8.0の地震断層を仮定した場合の断層面配置であり、震源（破壊開始点）から南西方向へ破壊が伝播したと仮定した場合の断層面がA、双方向がB、北東方向がCである。仮定した断層パラメータを表-1に示す。

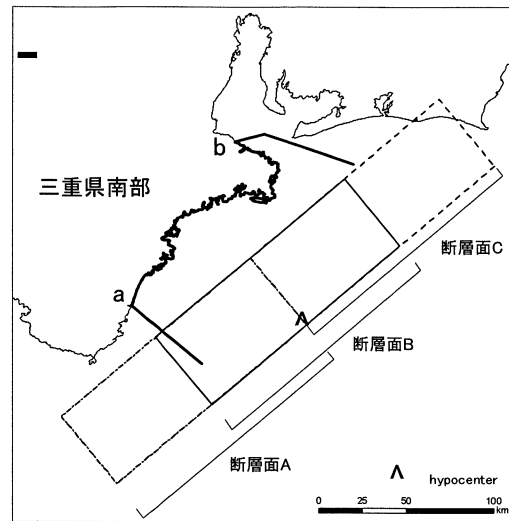


図-3 三重県南東沖を震源とする M8.0 の地震断層を仮定した場合の断層面配置

表-1 仮定した断層パラメータ

断層長さ	断層幅	すべり量	深さ	走向	傾斜角	すべり角
140km	70km	4m	10km	230°	45°	90°

図-4は3つの断層モデルそれぞれを仮定した場合の三重県南部の予報区における最大津波高である。三重県南部の予報区においては、3つの断層モデルとも予報区内の最大津波高は10m前後であるが、断層面A及びBは予報区内の南西側で、断層面Cは北東側で最大となっている。また、予報区内の各地点において最大となる断層モデルも異なっており、予報区内の南西側は断層面A、中央では断層面B、北東側では断層面Cの断層モデルのときに最大津波高となっている。このように、断層面を1枚の矩形で表現した極めて単純なモデルでも、断層面の位置による不確実性の影響により最大津波高に大きな違いが生じることがわかる。

津波予報の発信者側（気象庁）から見ると、津波予報を発表した予報区内において予報と同程度の最大津波高が観測されると「的中」とみなすことができるが、受信者側（市町村や住民）から見ると、それぞれの地点における最大津波高は予報区内の最大津波高と異なることから、多くの市町村や住民にとってはその津波予報は「空振り（過大評価）」と受け止められる可能性がある。このような津波予報に対する情報発信者と情報受信者の食い違いを解消する方法としては津波予報区を細分化することが考えられるが、前述したように Source 等の不確実性があるかぎり、十分な精度は望めないことがわかる。特にマグニチュードが大きい地震、すなわち規模の大きい津波ほど予報区を細分化することが困難であることがわかる。津波予報を住民の避難行動に活用するにあたっては、予報の精度や解像度には技術的な限界が伴うために「空振り（過大評価）」もしくは「見逃し（過小評価）」が生じるという前提のもとで方策を検討することが必要である。

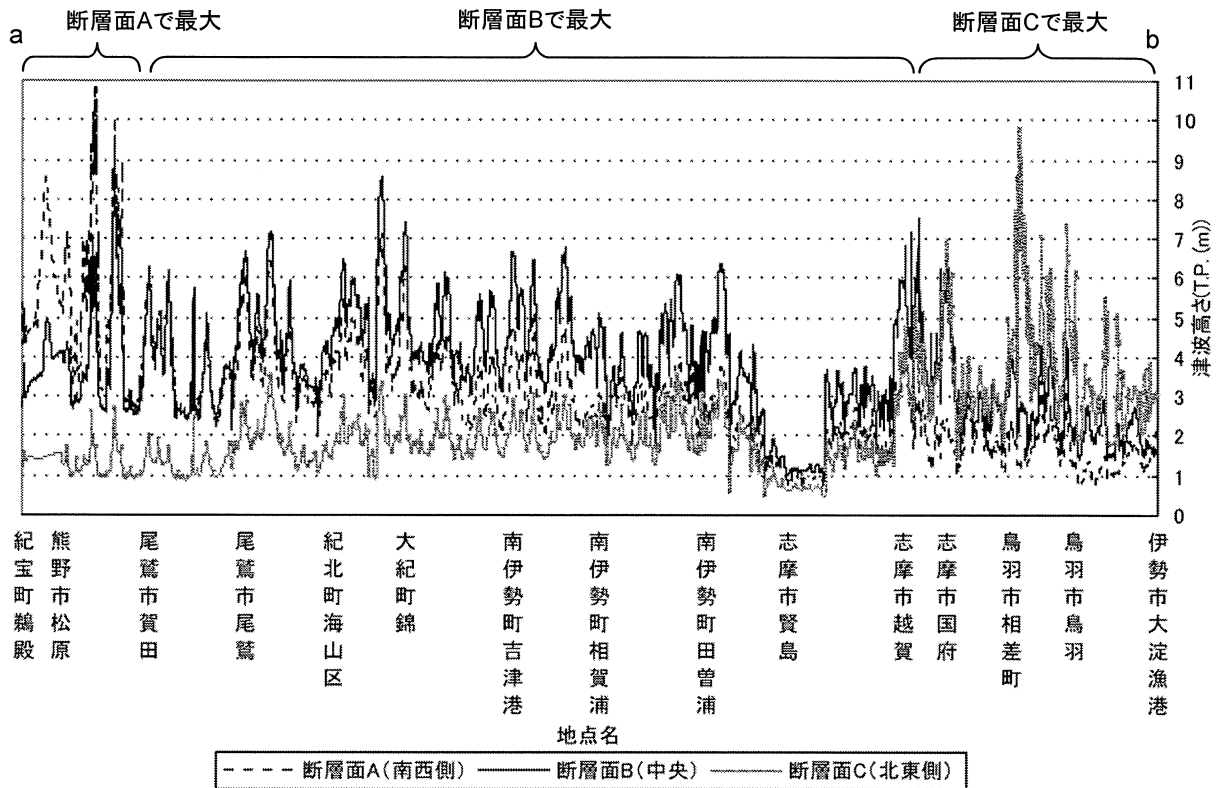


図-4 三重県南東沖を震源とする M8.0 の地震断層を仮定した場合の断層面別の津波高さ最大値

#### 4. 津波予報と住民避難の関係

気象庁より発表される津波予報はハザード現象である津波の挙動、具体的には津波の高さや到達時刻を予想するものであるが、住民に対して直接的に避難行動を促すことを目的とした情報ではない。津波災害において行政、特に市町村から住民に対して避難の必要性を示す情報としては、平時の情報としては津波ハザードマップ、災害発生時の情報としては避難勧告や避難指示が挙げられる。津波予報とともに津波ハザードマップや避難勧告等の情報は、津波発生時における住民の避難行動の重要な判断材料であるが、これらの災害事前情報が効果的に結びついていない面もある。

本章では、津波予報と津波ハザードマップ及び避難勧告等の関係について現状と課題を述べる。

##### (1) 津波予報と津波ハザードマップの関係

ハザードマップは、災害が発生した場合において、災害現象による被害が発生すると予想される領域及びその規模を地図上に表記したものである。一般的な津波ハザードマップでは、想定される地震の断層面を仮定し、その地震が発生した場合における津波の浸水状況を数値計算によって予測し、その結果を想定浸水域及び浸水深として地図上に表記している。したがって、想定する地震と津波ハザードマップに示された津波浸水予測は密接に関連している。津波ハザードマップを整備した市町村では、そのハザードマップにおいて浸水が予想されている

地域に対して避難勧告等を発令するよう地域防災計画に定めているところも多く、避難勧告等の発令において津波ハザードマップが果たす役割は大きい。

津波ハザードマップの課題の1つとして、津波予報と津波ハザードマップが十分に連動していないことが挙げられる。津波ハザードマップには、想定外力として設定した地震に関する情報（想定される地震名やその規模）が記載されているが、もし想定した地震と同規模の地震が発生した直後にはどのような津波予報が発表されるのかといった記述がなされていないものが多い。単一の想定地震にもとづく津波浸水予測結果のみを提示すると、住民や自治体の防災担当者にまで災害イメージの固定化をもたらし、それによって想定とは異なる規模の地震・津波が発生した場合には適切な避難行動とならないことも考えられる。このような課題に対応させる方策として、気象庁から発表される津波予報に基づいた津波ハザードマップがある。津波予報に応じた津波浸水予測図としては、宮城県名取市の津波ハザードマップや平成11年に国土庁が作成した津波浸水予測データベースなどがある。現在の気象庁の津波予報区はおおむね都道府県単位であり、津波予報では予報区内最大の予想津波高さを発表していることから、市町村によっては津波予報と同程度の津波が到達するとは限らないといった課題があるものの、発表された津波予報の高さと同程度の津波が到達した場合にはどの程度の浸水状況となり得るのかを事前に把握しておくことは防災対応上重要である。また、想定され

る地震にもとづく津波ハザードマップを作成している場合には、実際の地震発生直後において住民や自治体ができる情報は、「震源・震度に関する情報」と「津波予報」であることから、想定した地震が発生した場合には地震情報や津波予報がどのような内容で発表される可能性が高いのかを事前に把握し、津波ハザードマップに明記しておくことも重要である。それによって、津波ハザードマップを作成した際に想定した規模を超える地震が発生した場合においても、発表される地震情報や津波予報の内容に応じて住民や自治体が適切な対応行動をとることが期待される。

## (2) 津波予報と避難勧告・避難指示の関係

津波発生時の災害事前情報としては、気象庁から発表される津波予報とともに、市町村が発令する避難勧告・避難指示が挙げられる。津波予報は災害現象である津波の挙動、具体的には津波の高さや到達時刻を予想するものであるが、避難勧告等は津波の浸水による被害の発生が予想される地域の住民に対して避難行動を促すための情報である。避難勧告等は津波予報と並び、津波発生時に住民が避難の必要性を認識することに寄与する重要な災害事前情報である。

2003年に発生した十勝沖地震では、津波警報が発表された21市町村のうち、14市町村において避難勧告が発令されたが、避難勧告が発令された市町村では発令されなかった市町村に比べ住民の避難率が高かったことが報告されており(松尾ら 2004)、津波警報とともに避難勧告等は住民の避難を促進する効果をもつことがわかる。国がまとめた「避難報告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」(内閣府 2005)では、津波警報が発表された場合、市町村は避難指示を発令することを明記しており、2006年11月及び2007年1月に千島列島東方の地震では、津波警報が発表された沿岸市町村の全てにおいて避難勧告が発令された(総務省消防庁 2007)。このように「津波警報の発表=避難勧告の発令」といった認識が市町村においてなされつつある。

一方で、避難勧告を発令したものの住民の避難率が低かった市町村もあった。根室市等では避難勧告の発令対象範囲を市内の全域とし、明らかに津波被害の危険性が低い地域も含まれていたために、避難率が10%未満と極めて低い結果となった(片田・村澤 2007)。その原因として、避難勧告の発令対象範囲に関する事前の検討が不十分であることが挙げられる。津波発生を想定した地域防災計画において、津波警報が発表されれば避難勧告を発令することを明記している市町村は多いものの、避難勧告を発令する対象範囲は津波警報で予想される津波の高さに応じたものとはなっていない。津波被害の危険性が低い地域にまで避難勧告等を発令したものの実際には

浸水被害が発生しなければ、住民における避難勧告の信頼性を低下させ、「オオカミ少年効果」を引き起こしてしまう可能性が高い。避難勧告等の発令が住民の避難行動の促進に効果的であるためには、津波浸水による災害発生の危険性を適切に評価することによって避難勧告等の発令地域を選定し、避難勧告等の的中率を向上させることが必要である。そのためには、気象庁から発表される津波予報に応じた津波ハザードマップを作成するとともに、それを活用することによって津波予報で発表される津波の高さに応じた避難勧告等の発令対象範囲を事前に検討しておくことが重要である。

## 5. 情報伝達手段が有する解像度に伴う問題

災害事前情報を住民の避難行動判断に対して有効なものとするためには、予測精度や解像度を高めた高品質な情報を作成するとともに、その情報を必要としている地域や住民に対して適切に伝達することが必要である。

避難勧告や避難指示を音声情報や文字情報、画像情報として伝達すると、避難勧告等の発令の有無とともに対象範囲が情報量として含まれるので、情報受信者側(住民)は自らの判断において地域峻別をすることができる。しかし、津波災害の場合には地震発生直後に極めて迅速な避難行動が要求されることから、発信する情報の内容をできるだけ簡素化してサイレンの吹鳴としたり、音声情報等の場合は避難の要否のみを伝達したりすることが望まれる。洪水災害を対象とした群馬県桐生市の住民調査(群馬大学片田研究室 2001)では、住民が事態の緊急度や避難の切迫性をより感じる情報伝達手段として半鐘やサイレンを挙げていることが示されており、津波災害のような迅速な避難が求められる場合には簡素化した情報を伝達することも考えられる。

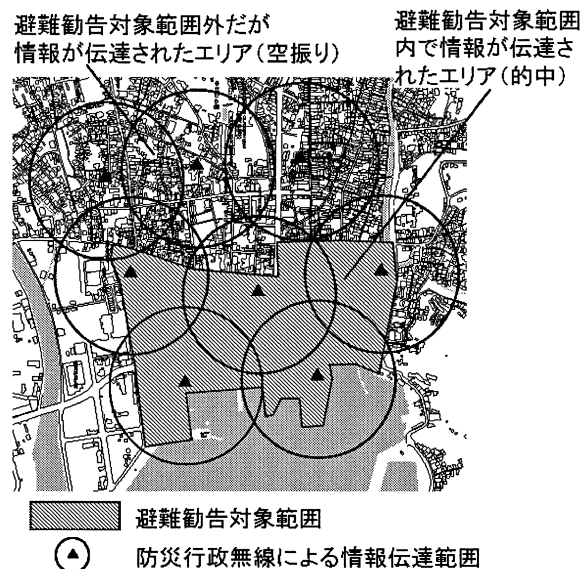


図-5 避難勧告と情報伝達手段の解像度の相違による食い違い



このように発表する情報内容を簡素化して情報量を少なくした場合、今度はどの地域あるいは住民を対象として伝達するかが重要となってくる。津波予報や津波ハザードマップ等の情報にもとづいて災害の発生危険度を適切に評価し、避難勧告等を発令する対象地域を的確に選定することができたとしても、防災行政無線等の情報伝達手段(メディア)が有する情報伝達の最小空間単位(以下、「情報伝達解像度」と呼ぶ)が災害事前情報の解像度に対応していなければ、避難の必要性がない住民に対してまで避難勧告等が伝達されてしまい、その住民にとっては「空振り」と認識されてしまったりすることがある(図-5)。避難の必要性がない住民に対して避難勧告を伝達する「空振り」が連続することにより、住民の情報に対する信頼性が低下してしまい「オオカミ少年効果」を引き起こす可能性がある。半鐘やサイレンといった簡素化した情報を伝達することにより情報の「わかりやすさ」を向上させることができるものの、情報内容には地域峻別性が含まれないことから、「空振り」の可能性は高まることが考えられる。半鐘やサイレンといった簡素化した情報を伝達する際には、屋外拡声器等に地域峻別性を与え、情報伝達解像度を高めることによって「空振り」を少なくする工夫が必要である。

災害事前情報の究極の伝達方法は、個々の住民に対して現在の位置や地理的特性、個人属性等を考慮した上で避難の必要性の有無を伝達することであるが、そのような情報伝達を実現することは現実的に不可能である。災害発生時における時間的制約や効率性を考えると、現状では情報伝達の対象者を、情報を受信する個人の属性に応じてグループ化し、同報による情報伝達を行うことになる。その場合、災害事前情報が有する解像度と情報伝達手段が有する解像度が対応するような形での情報伝達が望ましいと考えられる。例えば、津波予報はおおむね都道府県単位の66予報区に分割されていることからテレビ、ラジオ等のマスメディアによる情報伝達が適しているが、市町村単位あるいは町会・地域単位で発令される避難勧告や避難指示は防災行政無線や広報車、地域FM、CATVといった地域に閉じたメディアにより情報伝達することにより、情報の食い違いが生じにくくなると考えられる。また、防災行政無線の戸別受信機に戸別の峻別機能が付加されることによって、解像度がより高い

情報伝達が可能となり、「空振り」の最小化につながることを期待される。

このように、災害事前情報の解像度を高めたとしても、それを伝達するメディアの有する情報伝達解像度が低ければ、情報を受信する住民からみると解像度の低い情報と受け止められてしまうことから、災害事前情報が有する解像度に応じたメディアによる情報伝達が必要である。

### 6. 災害事前情報に対する住民の認識

住民にとって災害事前情報は的中することもあれば、空振りとなることもあり、場合によっては見逃しとなってしまうこともある。では、住民は津波に関する災害事前情報についてどのような認識を持っているのだろうか。本章では、2006年11月に発生した千島列島東方の地震に伴う津波を受け、北海道のオホーツク海沿岸及び太平

■どの程度の津波が来ると思ったか？

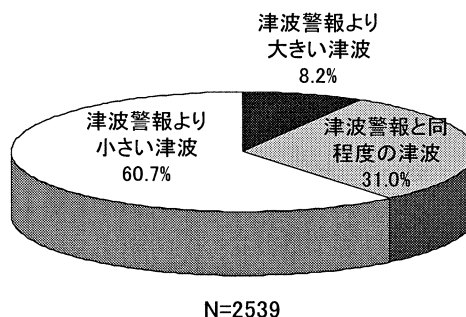


図-6 到達する津波の高さに関する認識

■どの程度の津波が来ると思ったか

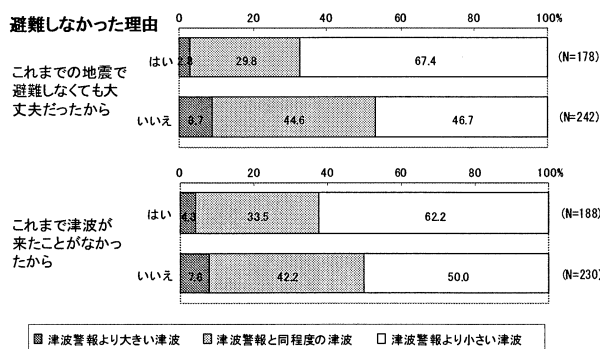


図-7 避難しなかった理由と津波警報に対する認識の関係

表-3 量的津波予報開始(1999年)以降の津波警報発表状況と実際の観測結果(気象庁 2002~2004, 2006~2007)

日付	震源地	M	津波予報	予想津波高さ	対象沿岸	観測値(最大) <sup>※1</sup>
2002/03/26	石垣島南方沖	6.6	津波警報(津波)	2m	宮古・八重山地方	与那国島・石垣島 10cm未滿
2002/03/31	台湾付近	7.0	津波警報(津波)	1m	宮古・八重山地方	与那国島 20cm程度
2003/09/26	十勝沖	8.0	津波警報(津波)	2m	北海道太平洋沿岸中部	十勝港 2.5m <sup>※2</sup>
				1m	北海道太平洋沿岸東部	釧路 1.2m
2004/09/05	東海道沖	7.4	津波警報(津波)	1m	和歌山県	串本 86cm
				1m	三重県南部、愛知県外海	尾鷲 58cm
2006/11/15	千島列島東方	7.9	津波警報(津波)	2m	オホーツク海沿岸	紋別 30cm
				1m	北海道太平洋沿岸東部	花咲 31cm
2007/01/14	千島列島東方	8.2	津波警報(津波)	1m	オホーツク海沿岸	網走 8cm
				1m	北海道太平洋沿岸東部	花咲 15cm

※1: 検潮所での高さ

※2: 現地調査では、えりもの遡上高4.0mが最大

洋沿岸の4自治体の住民に対してアンケート調査を行った結果(片田・村澤 2007)にもとづいて考察してみる。

(1) 津波警報に対する住民の認識

図-6に、住民が津波情報を取得した後どの程度の津波を想起したかを示す。住民の多くは津波警報で発表された予想津波高さよりも低い津波が襲来すると思っていることがわかる。では、実際の津波予報の精度はどのようなものだろうか。表-3に、量的津波予報開始後の津波警報の発表状況と実際の潮位観測結果を示す。量的津波予報開始後、津波警報は6回発表されているが、確かに4回は津波予報を大きく下回る津波であったものの、2006年11月以前では2003年十勝沖地震、2004年の東海道沖の地震では津波予報と同程度の津波であった。特に、十勝沖地震では最大遡上高が4m程度と、津波予報を上回る津波でもあった。2章で示したように、津波予報では震源については安全側(過大評価)となる断層を仮定しているものの、局所的には地形の影響により津波が集中し、津波が高くなることもある。したがって、必ずしも津波予報は安全側(過大評価)であるとは限らないといえる。それにも関わらず、住民は津波警報よりも小さい津波が来ると思っているのは何故だろうか。理由の一つとして、津波予報の有する情報解像度が考えられる。津波予報では数値計算により予報区内における津波の高さの最大値を予測しており、予報区内のある地点において予想と同程度の津波が観測されれば、情報発信者側から見るとその予報は「的中」とみなすことができるが、それ以外の地点の住民にとっては予報よりも津波の高さが低いために「空振り」とみなされてしまうことが考えられる。奥村ら(2001)は、災害事前情報の「空振り」

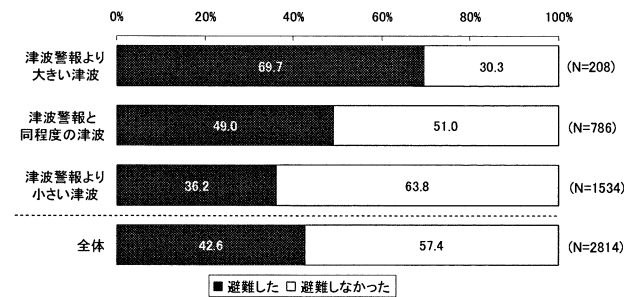


図-8 津波警報に対する認識別の住民避難率

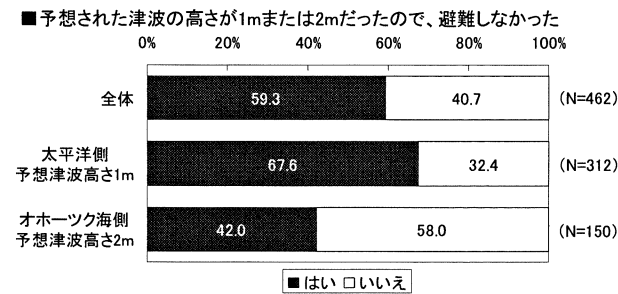


図-9 住民が避難しなかった理由

が情報の主観確率(実際に発災すると思う確率)を低下させ、「オオカミ少年効果」が生じ得ることを示している。実際、当地の太平洋沿岸地域では過去にも津波警報が発表され、避難勧告等が発令された経験があるが、図-7に示すように、避難しなかった理由として「これまでの地震で避難しなくても大丈夫だったから」、「これまで津波が来たことがなかったから」を挙げた住民ほど津波警報を過小評価している。

このような津波予報に対する住民の受け止め方は、住民の避難行動に影響を与えている。図-8は、津波予報に対する認識別の住民避難状況を示したものである。津波警報で示す高さよりも小さい津波が来ると思っている住民ほど避難しない傾向があり、情報に対する信頼性が住民の避難行動に直結していることがわかる。したがって、津波予報に対する住民の認識を改めるような津波防災教育を実施していくことが重要である。

図-9は、住民が避難しなかった理由として「予想された津波の高さが1mまたは2mだったから」と答えた住民の割合を示したものである。避難しなかった住民のうち、予想された津波の高さが1mであった太平洋側で67.7%、2mであったオホーツク海側で42.0%の住民が予想された津波の高さを避難しなかった理由としてあげている。津波予報で発表される津波の高さの具体的な数値が

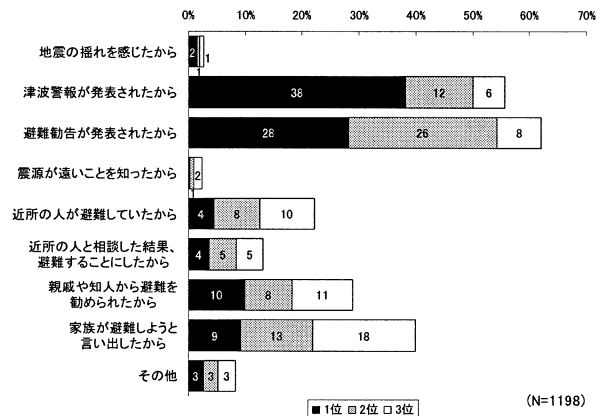


図-10 住民が避難を判断したきっかけ

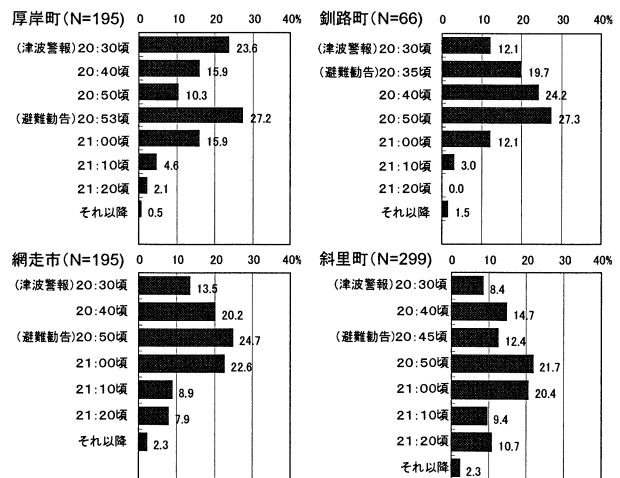


図-11 住民の避難開始タイミング



住民の避難行動に直接結びついていないことが考えられる。現在の量的津波予報では、予想される津波の高さを8段階に分け、精緻化された津波情報を発表しているが、そのような情報を住民に提供したとしても情報の受け手である住民側に十分な理解力が備わっていなければ、情報を有効活用し、避難行動へと結びつけることができないと考えられる。

(2) 住民が避難を判断するきっかけ

津波発生時において住民が避難を判断する際に活用する情報として、津波予報とともに避難勧告または避難指示がある。図-10 は、住民が避難を判断したきっかけを示している。今回の地震では当地における震度が1~2と小さかったことから、津波警報及び避難勧告の発表を受けて津波避難を判断した住民が多かったといえる。このうち、避難した住民の35.6%が、「津波警報」と「避難勧告」の両方を避難のきっかけとして挙げている。また、「避難勧告」はきっかけだが「津波警報」はきっかけでない住民が27.7%、「津波警報」はきっかけだが「避難勧告」はきっかけでない住民が21.1%であった。このことから、住民はどちらかという「津波警報」よりは「避難勧告」を避難判断のきっかけとする傾向があるといえる。

図-11 は、住民の避難開始タイミングを示したものである。住民が避難を開始した時刻を見ると、津波警報が発表された直後と避難勧告が発令された後に避難率が高くなっていることがわかる。避難勧告を発令した後に避難率のピークを迎えていることから、住民の多くは津波警報の発表を受けて即座に避難を判断したのではなく、その後に発令された避難勧告を受けて避難を判断したものと考えられる。

その理由として、住民は正常化の偏見により初着情報を無視する傾向があることが考えられる。典型的な例として、火災報知機が鳴ってもすぐには避難せず、周囲の状況を確認し実際に火災の発生を覚知してから避難を始める住民が挙げられる。災害発生時において住民は単独の情報だけではなかなか避難することができず、複数の情報を順次取得することによってリスク認知が高まり、あるきっかけをもって避難を決断することが多い。今回の事例でも、津波警報の発表により住民における津波へのリスク認知が高まり始め、正常化の偏見による心理的葛藤が生じている状況下、避難勧告が発令されたことにより住民は避難の開始を判断したものと考えられる。ただし、津波災害では最悪の場合地震発生から3分程度で津波が襲来する可能性もあることから、より迅速な避難行動が求められ、大きな揺れを感じたり、津波警報の発表を覚知したら、即座に避難を開始することが必要である。

7. 津波災害における避難情報のあり方

(1) セーフティネットとしての避難勧告・避難指示

津波予報は災害現象である津波の挙動そのものを予測する「災害現象予測情報」である一方、避難勧告等は津波予報をもとに各々の地域特性を反映させた上で被害発生危険度を評価し、その地域の住民に対して避難行動を要求する「行動指南情報」である。図-12 に示すように、住民は地震発生後、地震に伴う揺れを覚知し、その後津波予報である「災害現象予測情報」や避難勧告等である「行動指南情報」を取得することにより、津波避難を判断している。

6章で示したように、津波発生時において、揺れの直後や津波警報の発表を受けて避難を開始する住民は存在するものの、多くの住民は避難勧告等の発令を受けて避難していることがわかる。これは、津波情報に対する理解力、すなわち津波情報リテラシーが高い住民においては、災害現象予測情報である津波警報を正しく解釈し、災害発生危険度を自ら判断することによって避難行動へと結びつけることができているもの、津波情報リテラシーが低い住民は災害現象予測情報を正しく活用することができないために、津波予報を取得しても「予報よりも小さい津波が来る」と考えてしまうことによって避難できていないためと推察される。避難勧告や避難指示は、発令された地域が危険であることを示すと同時に、住民に対して避難行動を直接的に求める「行動指南情報」である。住民は正常化の偏見により初着情報である津波予報では避難しないものの、津波に対するリスク認知は高まっており、そこへ更なる情報として避難勧告等を取得することにより、住民は避難を判断したものと考えられる。したがって、津波情報リテラシーの高い住民に対しては、津波予報のような「災害現象予測情報」を提供しても避難行動へと結びつけることができるが、災害現象予測情報を正しく理解できない住民に対しては、避難勧告のような「行動指南情報」を提供することにより避難行動に結び付けてもらうというように、避難勧告等にはいわゆる「セーフティネット」としての役割があるといえよう。

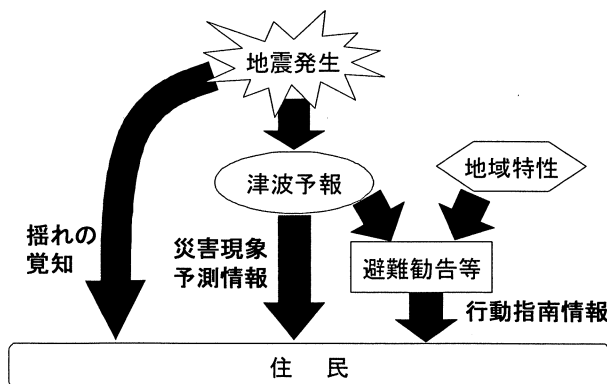


図-12 津波発生時に住民が取得する事前情報

## (2) 津波予報と連動した津波避難計画

地震発生直後に得られる情報は、「震源・震度に関する情報」と「津波予報」である。津波災害では洪水災害等と異なり、現象の発生を確認してからの避難では到底遅く、地震発生直後または津波警報の発表直後に避難を開始しなければならない。自治体が地震・津波発生直後に得られる情報は極めて限られていることから、その場で避難勧告等の発令判断をすることは非常に困難である。近年の津波警報が発表された事例では、多くの市町村では津波警報の発表を受けて避難勧告を発令しており、「津波警報の発表＝避難勧告等の発令」といった認識が市町村に普及しつつあるといえる。一方で、避難勧告等の発令範囲という面においては必ずしも適切な運用がなされていないことも見受けられる。一般的に、事前に整備されている津波ハードマップで示された浸水予測範囲をもとに、避難勧告を発令する地域を選定することになる。しかし、津波ハザードマップは既往最大の地震を想定して評価した津波浸水予測結果であることから、それよりも規模が小さい津波においても、常に過大評価で避難勧告等を発令してしまうことになってしまう。安全側を考えればそのような発令はやむを得ない面もあるが、いたずらに広範囲に避難勧告を発令することによって「情報の空振り」が連続し、避難勧告等に対する信頼性を低下させてしまう可能性がある。また、想定よりも大きな規模の地震が発生した場合には、さらに広い範囲に避難勧告を発令しなければならないが、現状の津波ハザードマップではそれを判断するに資する情報が掲載されていないことも課題である。

このように現状の津波ハザードマップは、想定と同規模の地震が発生した場合には有効であるものの、それ以外の地震が発生した場合には適切な避難勧告等の発令に結びついていないことが課題として挙げられる。したがって、津波ハザードマップや津波に係る避難勧告等の発令基準を津波予報と連動したものにすることが必要である。具体的には、津波ハザードマップには津波予報の高さに応じた浸水予測範囲を示すこと、地域防災計画では津波予報の高さに応じた避難勧告等の発令範囲を事前に決定しておくことが必要であると考えられる。

## 8. まとめ

津波予報には様々な不確実性要素が含まれているため予測精度には限界があることから、安全側（過大評価）や危険側（過小評価）の予報となったりすることがある。しかし、津波予報や情報伝達手段の有する解像度の限界により、住民は津波予報において津波の高さが安全側（過大評価）で発表されると認識してしまい、実際は予報よりも小さな津波となることが多いと考える傾向がある。このように津波予報が住民の避難行動に十分な効果をあげていないとはいえない。

津波予報を正しく理解することができなくても、その

地域の災害発生危険性を示す情報であり、行動指南情報でもある避難勧告・避難指示により避難を判断する住民も多く存在する。このことから避難勧告等は津波情報リテラシーの低い住民に対する災害事前情報のセーフティネットとして位置づけることもできる。一方で、実際の津波発生時における避難勧告等の発令状況を見ると、必ずしも適切な運用がなされているとは言えず、不適切な避難勧告等の発令を繰り返すことにより、住民の避難勧告等に対する信頼性の低下を招く可能性もある。したがって、津波予報の計算精度や解像度を向上させる技術開発を継続するとともに、住民が災害事前情報に対する信頼性を低下させてしまわないような運用・発表方法についても検討し、「情報の空振り」を減少させることによって住民の避難率の低下を防ぐことが重要である。

一方、前述のように災害事前情報には技術的な制約等により不確実性が伴うことから、情報の空振りを皆無にすることは現実的に不可能性であるといえる。津波予報に係る数値計算の精度向上や情報伝達手段の改善等により「情報の空振り」を解消するような努力を進めると同時に、情報の不確実性を十分に理解した上で災害事前情報を実際の避難に活用するような防災教育を推進し、情報が空振りになっても避難することが重要であることを住民に理解してもらうことが求められると考える。

## 補注

- 1) 各海域における海洋プレートの沈み込み角度を考慮し、津波高さに補正係数を乗じている。
- 2) 地震波形を解析して得られる CMT 解のセントロイドの位置より、おおよその断層破壊の伝播方向を推定することができる。

## 参考文献

- 宇津徳治 (2001), 地震学第3版, p. 279
- 奥村誠・塚井誠人・下荒磯司 (2001), 避難勧告の信頼度と避難行動, 土木計画学研究・論文集, Vol. 18 no. 2, pp. 311-316
- 片田敏孝・児玉真・桑沢敬行・越村俊一 (2005), 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から -, 土木学会論文集, No.789/II-71, pp. 93-104
- 片田敏孝・村澤直樹 (2007), 寒冷地における津波避難の課題 - 2006 年千島列島沖の地震に関する調査より -, 土木計画学研究・講演集, Vol. 35, CD-ROM (88)
- 河田恵昭・奥村与志弘・越村俊一・藤間功司・永井紀彦 (2004), エッジ波の発生を考慮した津波予警報の改良に関する研究, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 261-265
- 河田恵昭・奥村与志弘・高橋智幸・鈴木進吾 (2003), アスペリティに起因する南海地震津波の波源不均一性に関する研究, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp. 306-310
- 気象庁 (2002), 平成 14 年 3 月地震・火山月報 (防災編),

p. 22

気象庁 (2003), 平成 15 年 9 月地震・火山月報 (防災編), pp. 33-45

気象庁 (2004), 平成 16 年 9 月地震・火山月報 (防災編), pp. 40-60

気象庁 (2006), 平成 18 年 11 月地震・火山月報 (防災編), pp. 37-42

気象庁 (2007), 平成 19 年 1 月地震・火山月報 (防災編), pp. 38-43

群馬大学片田研究室 (2001), 群馬県桐生市を対象とした水害に関するアンケート 調査報告書, 群馬大学片田研究室ホームページ (参照年月日: 2007.9.16)

<http://www.ce.gunma-u.ac.jp/regpln/>

越村俊一・今村文彦・高橋智幸・首藤伸夫 (1996), 境界波としての津波の挙動特性とその数値解析, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp. 276-280

後藤智明・今村文彦・首藤伸夫 (1988), 遠地津波の数値計算に関する研究 その 1 支配方程式と差分格子間隔, 地震第 2 輯, 第 41 巻, pp. 515-526

総務省消防庁 (2007), 千島列島を震源とする地震による津波に対する地方公共団体の対応及び今後の対応, 消防の動き, No. 433, pp. 7-8

高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦 (1994), 津波を説明するための北海道南西沖地震断層モデル, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 251-255

館畑秀衛 (1998), 津波数値計算技術の津波予報への応用, 月刊海洋, 号外 No. 15, pp. 23-30

内閣府: 集中豪雨時等における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討会 (2005), 避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン, 内閣府ホームページ (参照年月日: 2007.9.16)

[http://www.bousai.go.jp/3oukyutaisaku/hinan\\_kankoku.html](http://www.bousai.go.jp/3oukyutaisaku/hinan_kankoku.html)

松尾一郎・三上俊治・中森広道・中村功・関谷直也・田中淳・宇田川真之・吉井博明 (2004), 2003 年十勝沖地震時の津波避難行動, 災害情報, No. 2, pp. 12-23

諸星一信・難波喬司・磯部雅彦・大下英治・杉浦幸彦・木俣順 (2003), 津波・浸水予測に係わる不確実性要素についての考察, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp. 346-350

(投稿受理 2007. 9. 30 訂正稿受付 2008. 3. 10)

---

# Study on the Relationship between Disaster Advance Information and Resident Evacuation In Tsunami Disaster Prevention

Motohiro HONMA<sup>1</sup> · Toshitaka KATADA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Gunma University

(〒376-8515 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu-shi, Gunma, Japan)

## ABSTRACT

After JMA tsunami quantitative information system has started, forecast regions have been subdivided and quantitative forecast heights are announced, tsunami forecast information get detailed. However, in the recent tsunami disasters, many residents didn't evacuate from tsunami though a tsunami warning was issued. One of the reasons is considered a *false effect*. A failure of disaster prediction makes a reliability of information down, poor reliable prediction information could prevent residents from evacuating. This paper reviews that the uncertainty and the limit of resolution which tsunami forecast and evacuation information include, the spatial resolution of media which convey these information, and points out the causes that residents think tsunami warning often end in failure. And, it shows that residents tend toward underestimate tsunami height compared with forecast height and judge to evacuate after getting the evacuation recommendation rather than the tsunami warning. We suggest that the evacuation recommendation, which is a *behavior instruction information*, should be placed a safety-net for residents with poor literacy to understand disaster information, the tsunami hazard map and the criterion to issue the evacuation recommendation should be connected with a tsunami forecast.

**Keywords** : *Tsunami Forecasting, Evacuation Information, False Alarm, Resolution of Information*