

避難計画の検討のための津波ハザードマップのあり方に関する研究*

Research on Tsunami Hazard Map for Evacuation Plan *

本間基寛**・片田敏孝***

By Motohiro HONMA**・Toshitaka KATADA***

1. はじめに

津波発生時における防災対応として津波ハザードマップの有用性が指摘され、近年各地でその整備が進められている。ハザードマップは、災害が発生した際にその災害現象による影響が及ぶと考えられる範囲ならびにその程度を地図上に示すことにより、災害発生時における円滑な避難行動を促進することを目的としている。

津波ハザードマップの作成手法に関して、内閣府等¹⁾が「津波・高潮ハザードマップマニュアル」を作成しており、その中で最悪の浸水状況をもたらす外力を「想定最大津波（想定地震規模、最悪震源位置）」と規定し、この外力条件をもとに津波浸水予測計算を行うことを推奨している。しかし、想定とは異なる地震が発生した際には津波の浸水状況がどのようになるのかという点を十分に把握しておかなければ、実際の地震津波発生時に津波ハザードマップを適切に活用することができないことが考えられる。

また、津波の襲来が懸念される際には気象庁から津波予報が発表されるが、想定される地震が発生した場合にはどのような津波予報となるのかが示されていない場合が多い。地震発生直後に住民及び自治体が得られる情報は「震源・震度に関する情報」と「津波予報」であることから、津波ハザードマップを津波発生時の避難行動に効果的に活用するためには、津波ハザードマップや避難計画を津波予報と連動したものにすることが必要である。

そこで本研究では、津波ハザードマップに関する現状と課題について整理するとともに、気象庁が発表する津波予報と連動した津波ハザードマップの作成方法及びその活用方策について提案する。

表-1 現状の津波ハザードマップの問題点

津波ハザードマップの問題点	
住民	津波浸水リスクの理解に関する問題 (ハザードマップが住民の適切な避難行動につながらない)
行政	避難計画の検討に関する問題 (発災時に発表される情報(津波予報)との連動性が不十分である)

2. 津波ハザードマップの現状と課題

津波ハザードマップを平時から整備しておくことにより、住民の避難の際のマニュアルとして有効活用されるとともに、行政の避難計画検討及び発災時における避難誘導に資することが期待される。しかしながら、現状では津波ハザードマップが津波発生時における避難行動及び避難誘導に適切に活用されていない側面がある。

津波ハザードマップに関する現状の問題点を、津波ハザードマップを活用し避難する立場の住民と、住民の避難誘導を的確に実施する立場である行政のそれぞれの視点に立って整理したものが表-1 である。本章では表-1 の枠組みにそって、津波ハザードマップの活用に関する現状の問題点を考察する。

(1) 住民の浸水リスク理解にかかる課題

一般的な津波ハザードマップは、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する。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した場合、住民はそこに示された浸水範囲及び浸水深が最大であると考え、浅い浸水深または非浸水区域の住民は津波発生時でも避難が不要であると認識してしまう可能性がある。津波ハザードマップに示される想定浸水域はあくまで想定される地震が発生した場合における1つのシナリオに過ぎず、将来発生する津波はその範囲内に留まるとは限らないことを住民に十分理解させなければ、災害イメージの固定化をもたらし、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はならないことが考えられる。

*キーワード：防災計画

**学生員、修(理)、群馬大学大学院工学研究科 博士後期課程
(群馬県桐生市天神町1-5-1、honma@ce.gunma-u.ac.jp)

***正員、工博、群馬大学大学院工学研究科
社会環境デザイン工学専攻
(群馬県桐生市天神町1-5-1、t-katada@ce.gunma-u.ac.jp)

また、一般的な津波ハザードマップでは紙面の地図に予想深水深がその区分に対応した色で表示されることが多い。津波の場合、浸水深が50cm程度であっても流速が大きかったり、瓦礫等の漂流物を伴ったりすることから、非常に危険である。津波の氾濫特性に関する知識が不十分な住民に対して想定浸水深を示したハザードマップを提示した場合、浸水深が50cm以下の浅いところでは安全であるという誤った認識を住民に与えてしまい、津波発生時にも避難しない意向を持ってしまう可能性がある。

（２）行政の避難計画の検討に関する課題

a) 避難勧告発令範囲の適正化

行政、とりわけ市町村は、整備した津波ハザードマップをもとに、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が多く、避難勧告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。

また、市町村が地震津波発生時に避難勧告の発令等を行う際の判断に必要な情報として、気象庁が発表する津波予報が挙げられる。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、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ており、津波予報は市町村における避難勧告・避難指示の発令判断に重要な役割を果たしているといえる。

一方で、避難勧告の発令範囲という側面では必ずしも津波予報の利点を十分に活用しきれていない点がある。前述の2006年11月の事例において、北海道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%未満と極めて低調な結果となった²⁾。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ったことが挙げられる。津波被害の危険性が低い地域にまで避難勧告を発令し実際に被害が発生しなかった場合、住民の避難勧告に対する信頼性が低下してしまうことが懸念される。

気象庁の津波予報では、量的津波予報システム³⁾により津波の高さを8段階に細分化された具体的数値が発表されているが、これらは沿岸部における津波の高さを示した固定点情報である。津波予報を避難計画に効果的に活用するためには、この固定点情報を面的な情報へと変換し、津波予報において発表される予想高さの津波が襲来した場合にはどの範囲が浸水し得るのかを把握しておくことが必要である。それを活用することにより、津波予報で発表される津波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可能になる。

b) 想定外地震への対応

津波ハザードマップを作成する際には、想定地震の

断層面を仮定し、津波伝播の数値シミュレーションを行うことで浸水予測を行う。

津波・高潮ハザードマップマニュアル⁴⁾では、津波ハザードマップ作成における外力条件として、外力レベル3（想定最大）を基本としている。ここでいう「想定最大津波」とは、中央防災会議の専門調査会等で検討された地震または既往最大地震の震源位置を当該地域で津波高さが高くなるよう設定した地震である。ただし、現状での地震学の知見では震源メカニズムの解明が不十分な地震もあり、想定地震が検討されていない地域では津波ハザードマップの作成が進んでいないところが多い。

例えば、北海道のオホーツク海沿岸の市町村では、これまでオホーツク海を震源とする地震によって発生した津波はほとんどなく、津波警報が発表されたことのない地域であった。したがって、これらの地域では津波ハザードマップが一切作成されておらず、事前に避難勧告の発令範囲を定めていた市町村は15.4%に留まっていた⁴⁾。2006年11月の千島列島沖を震源とする地震津波ではオホーツク海沿岸に津波警報（津波高さ2m）が発表されたが、津波ハザードマップが整備されていなかったために避難勧告発令範囲の決定に手間取り、発令が津波予報発表の約20分後と対応が遅れてしまった。

これまでに津波による被害を経験したことがなく想定地震の検討が十分になされていない地域においても、津波予報が発表された際に迅速かつ的確な判断により避難勧告を発令するためには、事前に津波浸水予測図を作成し、避難計画を検討しておくことが必要である。

3. 気象庁津波予報に対応した津波ハザードマップの提案

前章では、津波ハザードマップが住民の避難行動の促進及び行政の避難計画検討に有効活用されていない現状について述べた。津波発生時にハザードマップを有効活用するためには、津波ハザードマップや避難計画を気象庁が発表する津波予報と連動したものとすることが必要である。そこで本研究では、三重県尾鷲市を事例として、気象庁が発表する量的津波予報に対応した津波ハザードマップの作成手法を提案する。

（１）気象庁津波予報と連動した津波ハザードマップの作成手法

マップの作成フローを図-1に示す。現在の津波予報高さは8段階であるので、各津波予報高さで最大となり得る津波浸水範囲をマップに表示し、それらを重ね合わせることを考える。

a) 断層パラメータの設定

対象地点に津波が来襲する可能性がある地震の震源

位置を抽出する。抽出した震源の位置を図-2 に示す。

設定した断層パラメータを図-3 にまとめる。断層の傾斜角は 45 度、すべり角は 90 度とし、最も津波を励起しやすいものとした。断層の走向は図-2 に示したように、海溝軸もしくは海岸線に平行になるよう領域に応じて設定した。断層上縁の深さは 0km から 50km まで 10km 刻みで配置した。

想定する地震規模は、モーメントマグニチュード M_w を 6.5 から 8.3 まで 0.3 刻みで設定した。断層長さ L (km) , 断層幅 W (km) , すべり量 D (m) は、 M_w を用いて以下の式でそれぞれ算出した。

$$\log L = 0.5M_w - 1.9 \quad (1)$$

$$W = 0.5L \quad (2)$$

$$\log D = 0.5M_w - 3.4 \quad (3)$$

これら震央位置、深さ、マグニチュードを組み合わせた各断層パラメータについて、約 4000 ケースの津波伝播解析を行った。

b) 外洋計算の実施

気象庁が発表する津波予報では、球面座標系緯経度 1 分間隔格子の地形データを用いて、線形長波理論（摩擦項含む）により津波伝播計算を行っている。本研究の目的は、線形長波理論で計算される津波予報値（沿岸での津波高さ）を遡上範囲という面的情報に変換することを目的としている。そこで、解析対象である約 4000 ケースの断層パラメータについて線形長波理論による外洋計算を行い、それぞれの断層パラメータでの条件では対象地域でどのような津波予報が発表され得るのかを把握する。

尾鷲市の沖合い約 15km 地点に仮定の Grid Point を配置し、そこでの津波高からグリーンの式により尾鷲市沿岸部の津波高さへ換算する。これを津波予報値とみなし、津波注意報(50cm 未満)を除く 7 段階の予想津波高さにカテゴリー化する。

c) 遡上計算を実施する断層パラメータの抽出

7 段階にカテゴリーされた断層パラメータについて、各カテゴリーで遡上が最も大きくなるものを抽出して遡上計算を実施する必要がある。ただし、ここで算出した津波予報値は沖合いでの津波高さをグリーンの式により変換したものであることから、必ずしも各カテゴリーの津波予報値最大であるものが遡上域最大となるとは限らない。そこで、各津波予報値カテゴリーに分類された断層パラメータのうちそれぞれ上位 20 事例を抽出し、それらについて遡上計算を行うとともに、20 事例中の最大浸水深を算出することで、各津波予報値における最大浸水深図とすることにした。

d) 遡上計算の実施

各カテゴリーの上位 20 事例について、非線形長波理

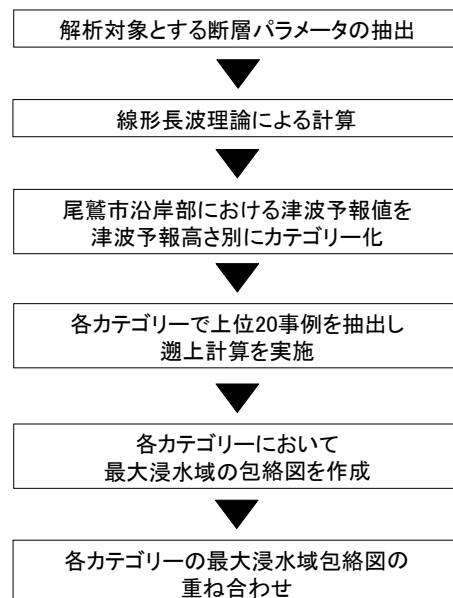


図-1 作成フロー

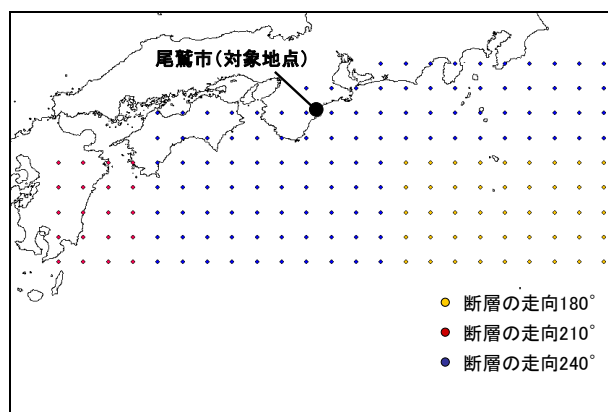


図-2 設定した震源断層の位置と断層パラメータの走向

緯度	31.0°～35.0° (0.5°刻み)
経度	131.0°～142.0° (0.5°刻み)
深さ	0km～50km (10km刻み)
マグニチュード	6.5～8.3 (0.3刻み)
走向	180°, 210°, 240° (領域に応じて設定)
傾斜角	45° (固定)
すべり角	90° (固定)

※震央位置は海域のみを対象とする

図-3 断層パラメータ

論による遡上計算を行った。計算格子サイズは 1350m 格子の領域 A から 12.5m 格子の領域 F までとし、6 段階ネスティング方式とした。なお、積分時間は最大浸水深を把握できる時間として 3 時間と設定した。

遡上計算より得られた最大浸水域の包絡図を作成し、その予想津波高さにおける最大浸水域図とした。本研究でのハザードマップは津波予報値に対応した住民避難計画の検討に資することを目的としていることから、浸水深の大きさは表示せず浸水域のみを表示することとした。

e) 最大浸水域包絡図の重ね合わせ

7 種類の最大浸水域包絡図を重ね合わせることで、図-4 に示すような津波予報高さに対応した浸水予測図とした。重ね合わせる際には津波予報値が高いものを下位レイヤーに、低いものを上位レイヤーとした。

(2) 従来型津波ハザードマップとの比較

従来型の津波ハザードマップである想定東南海・南海地震津波の浸水予測図を図-5 に示す。両者を比較すると、想定東南海・南海地震津波の浸水範囲は津波予報高さが 4 m 以上の場合の浸水範囲に対応することがわかる。また、想定とは異なる地震津波が予想される場合にはどういった範囲が避難対象地域となり得るかを明示することができている。これを活用することにより、地域防災計画において津波予報が発表された際の予想津波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できる。

4. まとめと今後の課題

津波ハザードマップに関する現状の課題を整理し、気象庁が発表する津波予報と連動した津波ハザードマップ及び津波避難計画の必要性を指摘した。それを踏まえ、気象庁の量的津波予報に対応した津波浸水予測図の作成手法を提案した。津波浸水予測図では、沿岸における津波高さを示した津波予報値を対象地域における最大浸水範囲を示した。こうして作成された津波浸水予測図を活用することにより、津波予報の高さに応じて避難勧告等の発令範囲を検討することが可能となることが示された。

本研究で作成した津波浸水予測図は、あくまで気象庁が発表する津波予報値（固定点情報）を対象地域の浸水範囲という面的情報に変換したものである。一方、津波予報では、地震発生直後に得られる震源情報（位置、深さ、マグニチュード等）をもとにデータベース検索方式により予想される津波高さを推定している。しかしながら、地震発生直後は正確な断層パラメータに関する情報を取得することは困難であり、津波予報値にも不確実性が伴う。津波予報の不確実性を十分に踏まえた上で、活用することが必要である。

謝辞：本研究は、平成19年度科学研究費補助金・基盤研究(A)

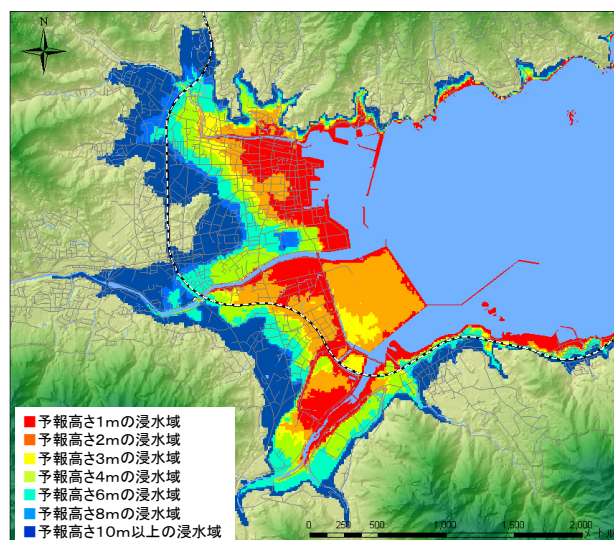


図-4 津波予報高さに対応した浸水予測図

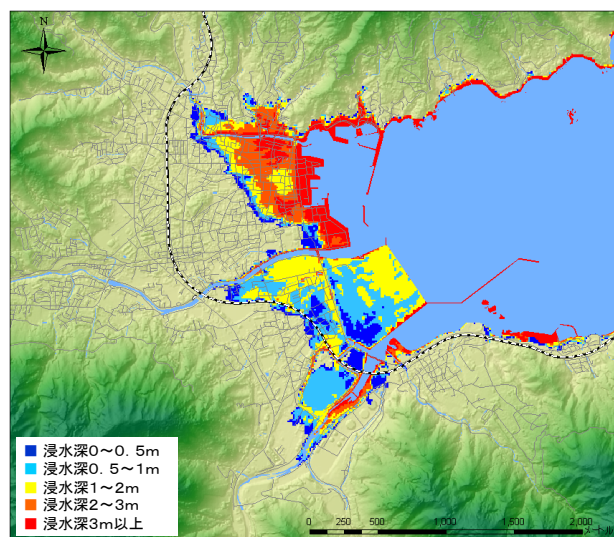


図-5 想定東南海・南海地震津波の浸水予測図

【課題名：災害に強い地域社会の形成技術に関する総合的研究、課題番号：19206055、研究代表：片田敏孝】の助成を頂いた。また、実施に当たっては、気象庁、尾鷲市からの協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府（防災担当）・農林水産省農村振興局・水産庁・国土交通省河川局・港湾局：津波・高潮ハザードマップマニュアル, 2004
- 2) 館畑秀衛：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, 1998
- 3) 群馬大学大学院工学研究科片田研究室：平成 18 年 11 月 15 日千島列島の地震における北海道の行政と住民の津波対応に関する調査報告書, 2007
- 4) 片田敏孝・村澤直樹：遠地津波に対する行政と住民の対応に関わる現状と課題, 災害情報 No.7, pp. 94-103, 2009