

## 漁船利用者の人的被害軽減を目的とした海上津波ハザードマップの開発

大橋 太郎\*・越村 俊一\*・今村 文彦\*

### 1. はじめに

政府の地震調査委員会の報告によると、宮城県沖地震の発生確率はここ30年間の間に99パーセントと報告されており、この地震による津波の発生によって、多くの漁船被害が予想される。漁船は漁民の生活と密接に関係していることから、ひとたび津波が発生した場合には、漁船を守ろうと行動する漁船利用者の命すら奪われる危険性がある。

津波避難で最も重要なのは、津波到達までの余裕時間内に津波被害を受けない場所（陸または沖合）に避難を完了することである。そのために迅速かつ適切な判断が必要とされる。しかしながら、津波発生時にこのような迅速かつ適切な避難行動をおこなうためには、事前から、自らの津波発生時におこなう対応行動の時間を認識し、避難できない場合に予想される被害の程度やその場所について理解しておくことが必要である。漁船利用者の避難方法に関する様々な研究<sup>1), 2)</sup>が行われているが、これらの研究は発展途上の段階であり、未だ未整備である。

本研究では、漁船を津波から守るために被害軽減行動（沖だし、係留・引き揚げ作業、停泊の位置の変更）が、津波到達以前に間に合うのか、間に合わないのかの判断ができる、かつ間に合わない場合に発生する漁船被害について、避難所要時間と津波到達時間とを比較することで求め、その上で、津波発生時の漁船利用者の望ましい判断に基づく避難行動につながるような情報を記載した海上津波ハザードマップの開発をおこなう。これにより誤った判断による避難行動がもたらす漁船利

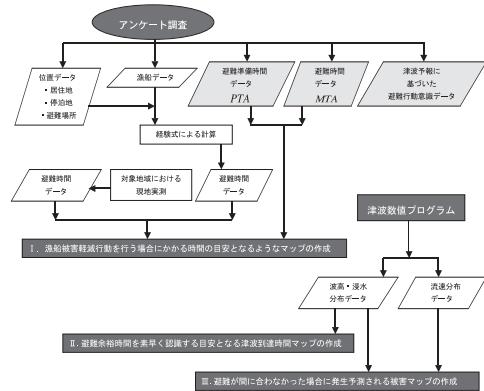


図-1 海上津波ハザードマップ開発フロー

用者の人的被害の軽減を図ることを目的とする。海上津波ハザードマップ開発の流れを図-1に示す。

### 2. アンケート調査の概要

気仙沼湾の階上地区、松岩地区、鹿折地区において、地区漁業協同組合の正組合員643人、6漁港を対象として津波避難行動に関するアンケート調査をおこなった。アンケートの有効回答数は643人中108人(17%)であった。アンケート調査内容は、津波発生時の津波避難に関する意識等についてである。

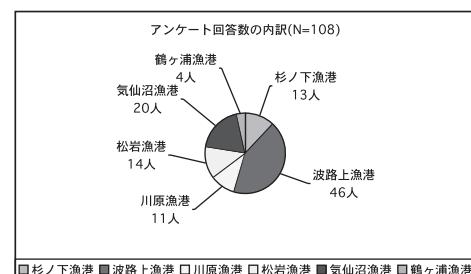


図-2 漁港ごとのアンケート回答数

\* 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

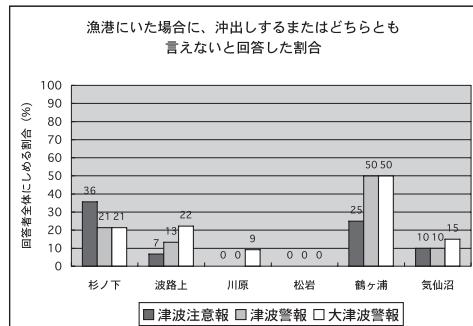


図-3 漁港にいた場合の沖出し行動の有無

### 3. 津波避難に対する考え方

図-3に示すのは、津波予報の程度によって、漁船利用者の沖出し避難に対する考え方がどのように変化するのかを調査した結果である。津波の大きさという情報だけでは漁船の沖出しを誦める判断材料としては不十分であり、津波の到達時間までの時間的余裕という情報も重要な判断材料になっていることがわかる。

### 4. 避難所要時間の検討

#### 4-1 避難所要時間の数値的検討

各漁港における避難所要時間の平均値を表-1に示す。この結果を見てみると、最も時間を費やす対応行動は避難海域までの移動であることがわかる。そこで、個人の考える避難所要時間がどの程度ばらついているのかを検討するために漁船の移動時間というものを考える。以下に示す日本小型船舶検査機構が示す速度の簡易式(1)によりもとめた漁船

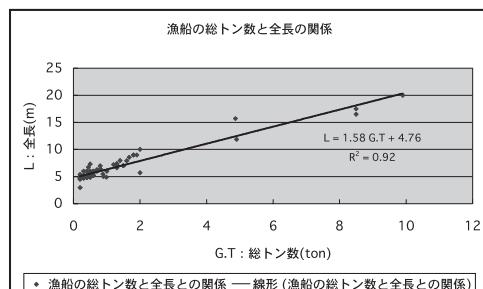


図-4 漁船の総トン数と全長の関係

の移動時間を比較する。

$$v = 0.755 \sqrt{l \times \left(\frac{ps}{G.T}\right)^{0.623}} \quad (1)$$

この式に船の全長(l), 総トン数(G.T), 馬力(ps)の三つのパラメータを代入することで速度が求まる。計算結果は実際の速度よりも遅い速度が算出される<sup>3)</sup>。災害時は通常よりも移動が困難になると考えられるので、この速度を漁船の平均移動速度とする。アンケート調査により得られた結果をもとに、それぞれのパラメータの関係を近似式で表し、この近似式と(1)式を用いることで、漁船の総トン数ごとの平均移動速度を算出した(図-4, 5, 6)。

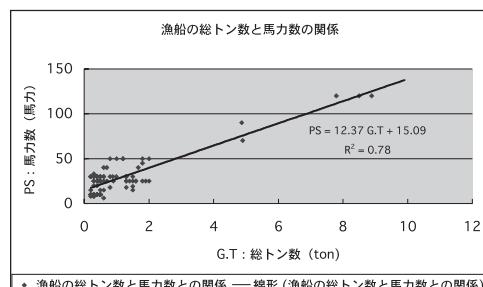


図-5 漁船の総トン数と馬力数の関係

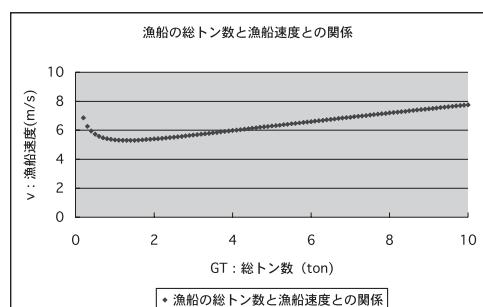


図-6 漁船の総トン数ごとの平均移動速度

表-1 各漁港における避難所要時間の平均値

避難所要時間の種類(分)	杉ノ下	波路上	川原	松岩	鶴ヶ浦	気仙沼
曳き上げ	6.7	14.0	16.5	9.2	6.8	13.9
係留作業	6.3	8.5	8.3	7.1	6.8	10.1
避難準備時間 漁船稼働(係留から)	4.0	5.8	9.8	4.0	4.8	6.6
漁船稼働(曳き上げから)	4.7	7.4	10.3	5.1	8.7	
操業中止	3.3	9.8	6.9	8.4	10.0	11.3
家から漁港への移動	2.7	7.9	9.0	5.6	2.3	6.0
漁港から避難場所への移動	16.7	20.1	24.5	26.4	36.3	37.9
漁港から避難場所(陸)への移動	3.3	5.3	7.5	5.6	4.3	9.0
家から避難場所(陸)への移動	2.0	3.5	6.7	5.1	3.3	6.0

## 4-2 漁船移動時間の実測調査

### 4-2-1 実測調査の内容

以上のように、アンケート結果と(1)式を用いることで、図-6に示す総トン数ごとの漁船の平均移動時間を求めることができた。

そこで、次の作業として、この値（以後、経験値と呼ぶ）が実際の漁船の平均移動時間と比較して、どの程度信頼できるのか検討をする必要がある。

そこで気仙沼市川原漁港において、漁船の移動速度について実測調査をおこなって頂いた。

(実測地域) 気仙沼湾長磯川原漁港

(調査漁船) G.T : 0.8t ps : 20 馬力 1 : 5m

(調査方法) 漁船の船主および作業員の方による水深30m海域までの移動時間の実測等

### 4-2-2 実測値と経験値との比較

実測調査による値（以後、実測値と呼ぶ）と経験値の比較をおこなった結果を表-3に示す。この結果を見ると、実測値の移動速度の方が、経験値よりも速いことが分かる。しかしながら、津波発生時は、平常時よりも沖合避難が困難であると考えた場合、この経験値は妥当であると考える。そこで、この経験

値の値を津波発生時の基準として、以後で漁船利用者の考える避難所要時間と比較をおこなう。

## 4-3 アンケート調査結果との比較

アンケート調査結果と経験値との比較をおこなった。漁船稼働後から避難（水深50m以上）海域への移動時間において、各漁港でアンケート値と経験値との間にばらつきが出た（図-7）。また、各漁港におけるばらつきの絶対値についても表-3に示すように比較した。

図-7の結果により、漁船が小型になればなるほどばらつきの個人差が大きくなっている。これは、同じ移動速度であっても、小型漁船の方が、海上の天候状態に左右されやすく、移動時間も変化しやすいという認識をもっているためと推測できる。

表-3を見てみると、湾奥の漁港ほどばらつきの平均が大きくなっている。これは、移動距離が増えれば、より海上の天候状態に影響を受け、移動時間も距離の関係以上に長くなるという認識をもっているためと推測できる。

## 4-4 記載情報としての注意点

以上により、各漁港における経験値からのばらつきをもとめることができた。そこでこれらの結果をもとに海上津波ハザードマップの記載情報としての検討をおこなう。

表-2 実測値と経験値との比較

移動距離(m)	行き(分)	帰り(分)	平均時間(分)	実測値(m/s)	経験値(m/s)
5800	15	17	16	6.04	5.41

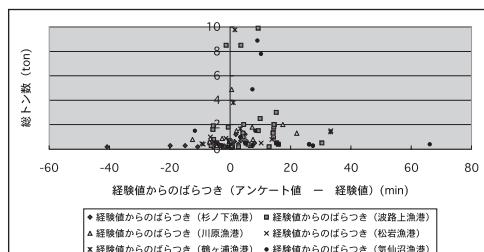


図-7 漁船総トン数ごとの経験値からのばらつき

表-3 各漁港におけるばらつき（絶対値）の比較

漁港名	ばらつきの最大値	ばらつきの最小値	ばらつきの平均
杉ノ下漁港（湾口）	40.76	0.76	9.29
波路上漁港	30.43	0.06	7.63
川原漁港	22.04	0.53	7.62
松岩漁港	33.32	0.12	7.34
鶴ヶ浦漁港	33.28	1.02	9.83
気仙沼漁港（湾奥）	66.12	2.61	15.92

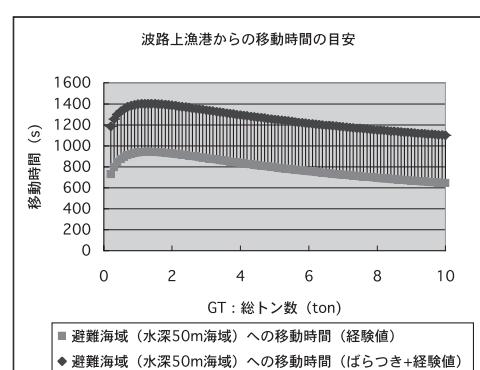


図-8 波路上漁港における移動時間の目安情報

漁船移動時間を記載情報として考える場合、これまでの検討により三つの点に注意する必要がある。

避難海域までの距離が遠ければ、ばらつきも大きくなる。

トン数が小さくなれば、その分天候等による海上状態に左右されやすく、ばらつきも大きくなる。

経験値は平常時における値であって、津波発生時は、より移動速度が遅くなる。

これらを踏まえた上で、記載情報の具体的な内容を検討する。

#### 4-5 記載情報としての検討

以上により記載情報の内容を以下に示す。各漁港の移動時間の目安となる情報（図-8 参照）を表示する。各漁港において表-3 のばらつきの平均を考慮した移動時間を表示している。

小さい漁船ほど、海域の状況に左右されやすいことから、「小さい漁船ほど、これ以上の時間がかかることが予想されます」等の情報を表示する。

避難海域、航路、等の海域情報を地図に載せる。

これらの検討により、以後のⅡ、Ⅲのハザードマップ（図-1 参照）作成検討後、具体的なハザードマップを作成する。

### 5. 津波数値シミュレーション

#### 5-1 対象地震

今回の津波到達時間および漁船被害評価のために使用する断層位置を図-9、各断層で発生させる地震規模・断層パラメータについて表-4 に示す。図-9 の計 56 個の点が各断層位置を表しており、それぞれの点において表-4 の条件で津波を発生させる。津波到達時間は ± 30cm の初期海面変動観測時間とした。

#### 5-2 漁船被害評価方法

##### 5-2-1 係留漁船の被害が発生する津波高

日本海中部地震津波時の港内における漁船

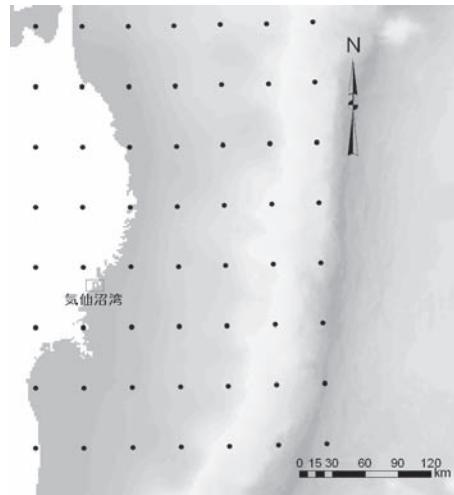


図-9 断層位置

表-4 推定地震の種類

マグニチュード	6.8	7.1	7.4	7.7	8.0
L(km)	33.1	46.8	66.1	93.3	131.8
W(km)	16.6	23.4	33.0	46.7	65.9
U(m)	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0

被害と港内津波高との関係<sup>4)</sup>を図-10 に示す。この図中の破壊率とは以下の (2) 式で求められている。ここで、a は滅失、b は大破、c は中破、d は小破、e は無傷である。港内の津波高が 1m 以上になると漁船の被害が発生し始めることがわかる。したがって、港内における係留漁船の被害が発生する限界津波高を 1m 以上とする。

$$D = \frac{a + b + 0.5c + 0.25d}{a + b + c + d + e} \times 100 \text{ (%) } (2)$$

##### 5-2-2 航行漁船の漂流条件

津波流速によって漁船が操縦不能となる限界流速を求めるために、日本海難防止協会が一般貨物船の保針限界について試算した結果<sup>5)</sup>を利用する。この試算によれば、船速が津波流速の 5 倍以上であれば斜め 12 度の流れに対して保針可能となる。小型船の場合はさらに操縦性が良いため、保船は容易となる。これを参考にすると、津波流速が 1m/s 以下の場合に、船舶の速力が 5m/s（約 18.5km/h）程度であれば、保船が可能となる。したがって図-6 より、すべての漁船が平均 5m/s 以

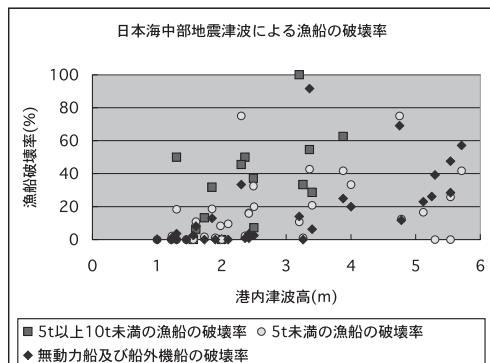


図-10 日本海中部地震津波による港内漁船被災率

上で移動できることから、1m/s以上の流速を漂流条件流速とする。

### 5-2-3 碎波が発生する水深条件

津波波高が水深の7割前後のところで碎波に至った体験談により以下の(3)式を満たすような場合に碎波が生じると示されている  
 $h (水深) } \times 0.70 \leq H$  (波高) (3)

### 5-3 被害発生頻度に関する検討

津波来襲に伴う被害発生頻度を表す指標として、漁船被害インデックス $H_D$ <sup>6)</sup>を導入して、漁船被害発生頻度を求める。ここで式(4)に計算式を示す。

$$H_D = \frac{T_D}{T_I} \quad (4)$$

これは、計算領域の各計算グリッドにおいて、津波第一波到達後からの総計算時間 $T_I$ に対する、漁船被害が見込まれる時間 $T_D$ の比で表され、計算領域内において相対的に漁船被害を引き起こす危険性の度合いを表している。

## 6. 海上津波ハザードマップの作成

以上の検討により、海上津波ハザードマップの作成をおこなう。図-11は気仙沼湾への津波到達時間に関するマップであり、図-12は避難所要時間と漁船被害の目安となるようなマップである。

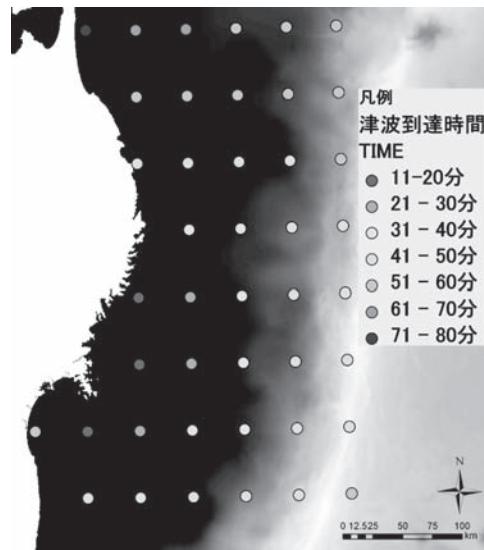


図-11 M8.0 の地震を想定した津波到達時間マップ

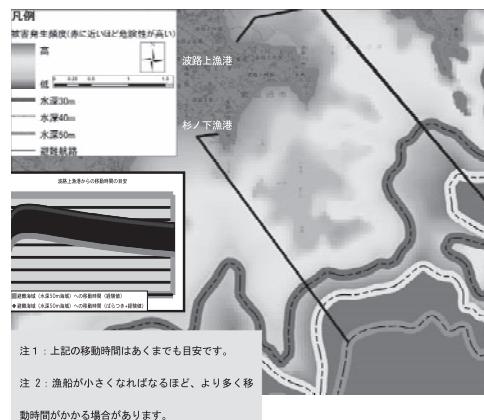


図-12 海上津波ハザードマップ(被害頻度、移動時間、注意事項等を記載)の例

## 7. まとめ

今回の検討によって、漁船利用者の避難意識に基づいた新しい海上津波ハザードマップの開発をおこなった。これにより、今まで多くの不確実性を伴っている故に進展が遅れていた海上における津波ハザードマップ作成研究に新しい形を提案した。今後、実際に現地に提案するための記載情報の信頼性の向上および、表現方法について検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) 大橋太郎・今村文彦: 被害軽減のための海上津波ハザードマップの作成, 東北支部技術研究発表講演概要集, pp.334–335, 2005.
- 2) 水産庁漁港漁場整備部: 災害に強い漁業地域づくりガイドライン, 165p, 2006.
- 3) 京都大学防災研究所: 巨大災害・津波による太平洋沿岸巨大連担都市圏の総合的対応シミュレーションとその活用手法の開発, 平成 15 年度成果報告書, 255p, 2004.
- 4) 首藤伸夫: 津波災害の変遷, 東北大学津波防災実験所研究報告第 4 号, pp.24–26, 1987.
- 5) 社団法人 日本海海難防止協会 : 日本海北部海域における津波発生時の港湾在泊船舶の安全確保に関する調査研究, 223p, 1998.
- 6) 越村俊一・Harold Mofjeld・片田敏孝・河田恵照: 津波の市街地氾濫による人的被害に関する一評価法, 米国シアトルウォーターフロントにおけるケーススタディー, 海岸工学論文集, 第 49巻, pp.1441–1445, 2002.