

マルチエージェントモデル・シミュレーションによる津波時の小型船舶の出港方法の提案

名古屋大学 学生会員 ○稲岡 駿

名古屋大学 正会員 富田 孝史

1. はじめに

津波からの漁船の避難について、東日本大震災前の水産庁による2006年版の「災害に強い漁業地域づくりガイドライン」によると、津波警報発表時の港内漁船の沖出し避難を禁止していた¹⁾。しかし、表-1に示すように東日本大震災の際には、岩手・宮城・福島県の3県で約1100隻の漁船の沖だし避難が行われ、合計26人が亡くなった。その中で出港遅れが原因で亡くなった人数は20人に及んだ(表-2)²⁾。また農林水産省のデータによると、300を超える漁港が被災し、約20,000隻の漁船が被害を受けた³⁾。

このような状況から、生命の安全を第一に考える必要はあるが、漁民にとって大切な資産であり生業のためにも重要な漁船を津波災害から守ることも大切であるといえ、津波から漁船が安全に避難する方策が必要である。本研究では防波堤等の構造物で囲まれた漁港内での漁船の航行が避難に及ぼす影響を、マルチエージェントモデルを使用した数値計算により明らかにすることを目的とした。

2. 漁船避難における課題

漁船の沖だし避難時に起こりうる被害を無くすためには、沖出しに関するルールを設定してそれを漁民一人一人に認識させることが重要であると考えられる。しかし、現状では沖出しの判断を明確にするルールは無いようである。

各港から避難海域に行く際には、表-2に示した東日本大震災時に明らかになったように、沖だしの判断に迷う、養殖棚に絡まる、津波の流れの影響で身動きが取れなくなる、津波の碎波により転覆するなどの課題がある。津波の流れや碎波に関する影響は避難海域の設定において考慮されるものである。一方、沖だしの判断には、地震の震源位置やマグニチュード、津波警報だけでなく、避難にかけられる時間と津波到達時間という時間が重要なパラメータになる。広い海域においては最高速度で避難海域を目指すこ

とが可能である一方、防波堤等で囲まれた半閉鎖性海域の漁港内では、安全な航行のために最高速度で航行することはできないかもしれない。さらに他の船との干渉もある。すなわち、津波来襲時の緊急時に漁港内でどのような条件が安全な避難につながるのかを事前に把握しておくことは漁船の避難計画を策定する際に重要な要素になる。

表-1 沖出による犠牲者の内訳²⁾

	沖出し隻数	犠牲者数
岩手	約 330隻	9人
宮城	約 600隻	14人
福島	約 170隻	3人
3県	約1100隻	26人

表-2 東日本大震災で沖出しした船舶の被災原因²⁾

原因	犠牲者数	主な被災状況
出港遅れ	20	車で漁港に駆け付けてから船に乗ろうとしたが、間に合わなかった(岩手)、最も湾奥にある漁港から沖出しをしたが、津波にのまれた(宮城)、沖出しをしたが湾内で津波に遭い外洋へ出られず、海上火災に巻き込まれた(宮城)
養殖施設に絡まる	2	漁港から出たところで養殖施設やロープが船に絡まり、津波を受けた(宮城)
大津波警報解除前に帰港	1	一度は沖に避難したが、その後、帰港したところで次の津波にのまれた(宮城)
原因不明	3	

3. シミュレーション手法

本研究で行う数値計算には、マルチエージェントモデルのartisoc³⁾を用いた。このモデルでは、漁船などの個々の意思に基づく運動をモデル化し、種々の条件を設定した仮想的な空間の中で運動させることにより、個々の相互作用により生じる様々な状況を分析することができる。本モデルを使用した既往研究では、陸上における津波から避難⁴⁾⁵⁾、交差点における出会い頭事故⁶⁾などがあり、津波避難やエージェントの相互干渉を考慮した検討がなされている。

本数値計算では、一つ一つの漁船(エージェント)の動きを実際の漁船の挙動に近づけるために、漁船相互の距離感、速度および進行方向をつぎのように設定した。

距離感：当該エージェントの前方の左右それぞれ 30° 以内にいる他のエージェントを認識して、2 隻分の距離まで近づくとその場に停止する。

速度および進行方向：基本的には漁港の開口部中央の一点に向かって 2.5 m/step の速度で進む。ただし、左右に他のエージェントを認識すればそれぞれ右と左に 20° 回転して 1.5 m/step の速度で進む。

漁港の形状については、図-1 に示すような単純化を図った。なお、図の下側にある港口の開口部のメッシュは 6 メッシュを基本として数種類変化させた。1 メッシュは 5m 相当である。ここで、1 step が何秒に相当するのかが重要になる。図-1 の漁港モデルに 1 エージェントのみを配置し、平均 5 ノットで移動すると仮定すると、500 m の距離を 200 step で移動するので 1 step は 1 s に相当する。

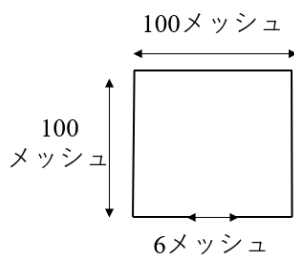


図-1 漁港モデル (1 メッシュ 5m 相当)

エージェントの移動において、前方のみに他のエージェントがいて左右にはいないときの進路選定にランダムさを考慮した。このため、同じ計算条件であってもその結果には差が生じることになるので、それぞれの計算条件において複数回のシミュレーションを行い、その平均値を算出することにした。

数値計算では、漁船の数や初期配置、開口部の長さを数パターン変化させて、エージェントの動き出しから漁港出口に達するまでの時間を主要な対象にした。結果の一例として、図-2 に 30 隻の漁船を画面上部 4 分の 1 の範囲（漁港の奥部）に一様にランダムに配置させ、開口部の長さを 6 メッシュ (30m 相当) に設定した場合の結果を示す。このケースでは、動き始めから全ての漁船が漁港から出港するのに 369 step すなわち 6 分 9 秒かかる結果となった。

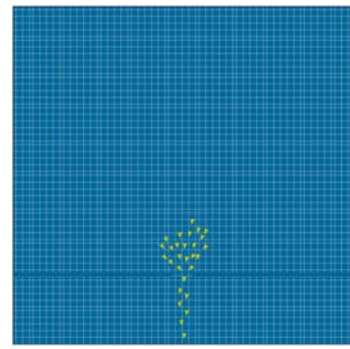


図-2 シミュレーション結果の一例

4. おわりに

漁港開口部の長さや漁船の初期配置が避難時間に及ぼす影響をマルチエージェントモデルによる数値計算により比較検討し、漁船避難における課題を抽出し、その対応策を提案する。

参考文献

- 1) 片田敏孝・村澤直樹・高柳省一・岩佐雅教・松下圭吾(2009): 津波襲来時における漁船の避難対応に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.1331-1335.
- 2) 河北新報(2013): わがこと防災減災, 第 9 部・職場の備え(1)沖出し／水の壁, 決死の正面突破, 2013 年 11 月 28 日 .<https://www.kahoku.co.jp/special/spe1114/20131128_01.html>
- 3) 農林水産省広報誌 aff(2011): 東日本大震災, 水産業の被害状況, 2011 年 5 月号 .<http://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1105/spe1_02.html>
- 4) 構造計画研究所: artisoc 4. < <http://mas.kke.co.jp/modules/tinyd0/index.php?id=17>>
- 5) 山本美穂(2016): MAS を用いた津波からの避難シミュレーションによる避難開始時間・乗用車利用率の影響, 立命館大学理工学部 2015 年卒業論文.
- 6) 近田洋輔・原山美知子(2015): コミュニケーションを考慮した津波災害避難シミュレーション, 地区防災計画学会誌 No.4, pp.35-46.
- 7) 佐藤飛鳥(2016): 細街路無信号交差点における道路形状等が出会い頭事故に与える危険性の算出モデルの構築, 豊橋技術科学大学大学院・都市・建築システム学専攻平成 27 年度修士論文.