

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年 6月19日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16308

研究課題名(和文) 津波襲来時の船舶避難対策のための海上交通分析の研究

研究課題名(英文) Study on Marine Traffic Analysis for Measures Against Tsunami

研究代表者

福田 厳 (Fukuda, Gen)

東海大学・海洋学部・講師

研究者番号：10734478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：船舶の津波被害を軽減することを目的とし、各船舶の特性を考慮した津波対策立案の補助を可能とする海上交通分析の研究を行った。ガスモデルを用いた衝突リスク分析を用いて、駿河湾において清水港周辺が高い値を示すことを明らかにした。また、レーダ観測およびヒアリング調査によるAIS非搭載船舶の駿河湾での分布状況について推定を行い、津波発生時の危険海域について考察した。さらに、ヒアリング調査の過程で船舶運航者より、実際に衝突する場所が知りたいという意見を得たことから、航行妨害ゾーンを用いた港外退避のための海上交通分析モデルを開発した。得られた結果を基に、本学の望星丸と北斗における津波対策について検討を行った。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of mitigating the damage caused by the tsunami attack, the development of marine traffic analysis is conducted for helping to make the tsunami countermeasures taking into consideration the characteristics of each ship. It is appeared that the around the Shimizu port area is most dangerous area in the Suruga-bay by using the collision risk analysis based on the gas model. In addition, the the distribution of non-AIS ships is estimated by radar observation and hearing survey. Then, the dangerous sea area is considered at the time of the tsunami occurrence. Furthermore, since we got an opinion that some of the ship operator wanted to know the place of actual collision in the process of interview survey, the new marine traffic analysis is developed by using the Obstacle Zone by Target (OZT). Finally, we examined tsunami countermeasures at our university's target stars (ton) and Hokuto (18 tons).

研究分野：複合領域

キーワード：津波対策 海上交通分析 OZT 航行妨害ゾーン 衝突リスク レーダ観測

1. 研究開始当初の背景

国土交通省海事局の「船舶運航事業者における津波避難マニュアルの手引き」（平成26年3月）には、『船長は本社の運航管理所とは連絡できないことを念頭に、事前に津波対応行動パターンを想定し、そのときの状況に応じた最善の措置を選択する準備をしなければならない』とある。釜石海上保安庁では、津波に遭遇するまでに水深200m以上の海域へ到達できるのであれば沖への避難が安全とし、到達できない場合は船舶を放棄し陸上への避難も選択肢に入れるよう指導している。安全海域への迅速な避難は、乗組員ならびに船舶を津波から守ることにつながる。これを可能にするには、海上交通状況を考慮した事前対策が必要である。しかし、津波対策を目的とした海上交通分析は少なく、特にAIS非搭載船舶などの小型船舶を含めた研究成果はまだない。南海トラフ・東海沖地震では、これらの小型船舶が陸路遮断時における孤立エリアへの物資搬入の手段として想定されており、これらの船舶も含めた津波対策のための海上交通分析が求められている。津波対策の海上交通分析では、針路変更などに伴う衝突の危険があるエリアを把握できることが重要である。このためには、船舶の「出会い頻度」と「避航限界」を分析する必要がある。「出会い」とはある針路・速力を持つ2隻の船が、そのままの針路・速力で直進したとき、一定の距離以下に近づく場合であり、「出会い」が一定時間以内に発生する頻度を「出会い頻度」という。また、自船と他船の形状や大きさ、運動性能により避航が不可能となる限界の距離を「避航限界」という。そこで申請者が発表した衝突リスクモデルが応用できると考えた。この計算モデルは「出会い頻度・避航限界」の分析を同時に行い、定めた時間内の衝突の危険レベルを表示できる。必要なパラメータは船舶の船種、全長、幅、船速および位置であり、AIS搭載船舶に対しては容易にシステム

の自動化が可能である。しかし、AIS搭載船舶のみではFig. 1に示すように、300総トン数未満の船舶の動向は把握できないため、津波対策として分析を行うためには、さらにAIS非搭載船の情報を含めて分析をする必要があると考えた。

2. 研究の目的

船舶の運航者が津波襲来時の船舶避難対策のための海上交通分析によって、操縦性能や積荷など各船舶の特性を考慮した津波対策の立案が可能となる研究を行い、船舶の津波被害を少しでも軽減することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 1ヶ月間のAISデータを用い、衝突リスク計算モデルにて分析を行う。この結果について本学所属航海士や漁業者から意見をもらい、分析方法について検討を行う。

(2) 港湾関係者ならびに漁業関係者へのヒヤリング調査を実施する。まず、本学所属船舶の航海士から、航海士が津波対策として必要とする情報、本研究の交通分析に対する意見などを調査する。そして、駿河湾に面した静岡漁連所属の11漁協に対しヒヤリング調査（船舶の全長および幅、操業時期、操業期間、操業時間、時間ごとの平均停泊隻数、平均操業隻数、出港にかかる時間、津波対策の有無、危険だと言われているエリア、etc.）を行い漁船（AIS非搭載船舶）の航行エリアを明らかにする。また、レーダを設置しレーダ画像からAIS非搭載船舶の航跡を抽出し、聞き取り調査との結果とも比較しながらAIS搭載船舶の駿河湾での分布について明らかにする。

(3) 津波対策のための海上交通分析の結果を踏まえ、本学の望星丸(2,174ton)および北斗(18ton)での津波襲来時の船舶避難対策を航海士とともに検討する。

4. 研究成果

(1) 駿河湾においてガスモデルを用いた衝突リスク計算モデルにより分析を行った結果、清水港周辺が高い値を示すことがわかった。本結果を船舶運航者との意見交換の中で示したところ、実際に船舶が衝突する場所が知りたいという要望を得た。そこで、自船と相手船が衝突する場所を示すことができる「相手船による航行妨害ゾーン：Obstacle Zone by Target」（以下、OZT）を用いる分析方法を開発しGasモデル分析との比較を行った。漁業関係者への聞き取り調査において、衝突する場所を示してもらえれば、津波発生時の避難の際は、大型船がその海域を避けて航行することが予測でき、OZTを用いた分析方法は漁船にとっても有益であるとの意見を得た。そこで、Gasモデルを基にした分析において駿河湾内で最も高い値が出ていた清水港周辺において、1週間のAISデータを用い航行妨害ゾーンを用いた衝突針路エリアの推定を行った（図1）。OZTを用いて衝突針路エリアが生を示し、異なるセルサイズを利用することにより、推定される衝突針路エリアに違いが出てくることを示した。また、船首方位と時間帯による推定を行い、各時間帯によって値が高くなるエリアが異なることを示した。

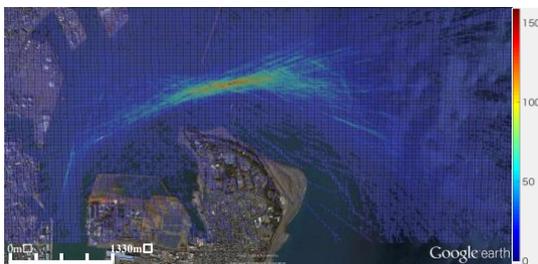


図1 1/100 マイル四方のセルによる清水港入り口付近のOZT総発生数推定結果（2016年）

さらにグリッドサイズを小さくしサンプリング期間をこれまでの1週間から1年間とすることにより、定期的に航行している船舶による衝突する場所

が推定結果からわかるようになることを示した（図2）。航行密度が高くなる港の入り口付近以外にも、OZTが多く発生していることが明らかとなり、避難の際には、この付近に進路を向ける際には注意が必要であることを示した。また、清水港の出口付近より外側のOZTが多く発生している付近は、清水港からのしらす漁船や由比漁港からの桜エビ漁船団が通過することがヒアリング調査で判明しており、これらの船団にも注意が必要であることを示した。

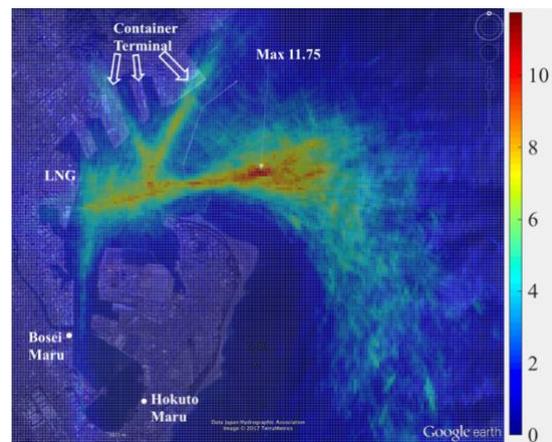


図2 1年間のOZT平均総発生数推定結果（2017年）

(2) 駿河湾内に面した静岡漁連所属の11漁協に対し、船舶の全長および幅、操業エリア（図3）、操業エリアまでの推測航路（図4）、操業時期、操業期間、操業時間、時間ごとの平均停泊隻数、平均操業隻数、出港にかかる時間、津波対策の現状、危険だと言われているエリアなどについてヒアリング調査を行った。静岡県では東日本大震災以前から地震・津波対策が行われてきている。そこで、現場の対策情報を活用すれば、漁船の避難行動が予測できるのではないかと想定していた。しかし、実際にマニュアル等による津波対策がされていたのは1漁協（ただし、漁協が作成しているわけではなく港全体としてのマニュアル）のみで避難行動の推定は難しいことがわかった（表1）。

表1 津波からの避難対策 (2017年)

質問・漁協	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1. 漁協職員の避難場所	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
2. 避難訓練を行っているか	○	○	○	×	○	×	○	×	×	○	×
3. 海上での避難方法	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4. 船員の陸上 or 海上避難の決まり	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×

訪れた漁協の多くで、津波対策について有益な情報があれば教えて欲しいとの声が聞かれたことから、津波の知識やマニュアル等の情報を周知する必要があることがわかった。さらに、レーダを東海大学に設置し、取得画像から画像処理を行い船舶の航跡を抽出した後、AIS データから得た船舶の航跡と比較しながら、AIS 非搭載船舶を抽出し、抽出した航跡の透過率を 20%とすることにより、駿河湾における AIS 非搭載船舶の分布を推定し (図5)、AIS 非搭載船舶が駿河湾全体に広く分布して航行していることを示した。駿河湾は沿岸近くから水深が 200m 以上の海域が広がっており、航行船舶については津波発生時には安全に避難ができる可能性が高い。比較的浅い沿岸近くで操業するシラス漁船や、聞き取り調査およびレーダ調査の両方で多数の操業船舶がいることが判明した日本平沖は、水深が浅い海域が広がっており、地震に伴う津波発生時には注意が必要となることを示した。

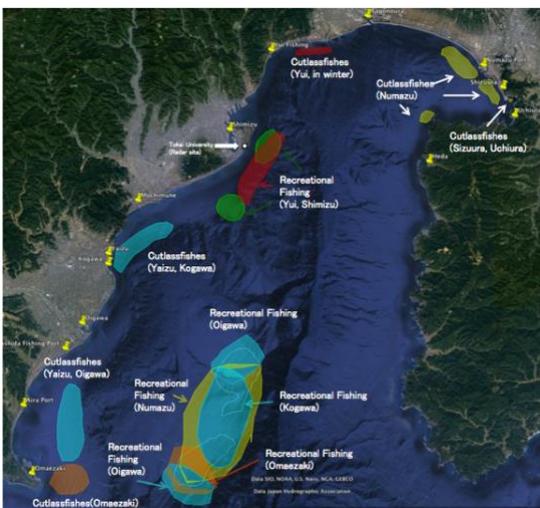


図3 漁船の操業エリア (2016年)

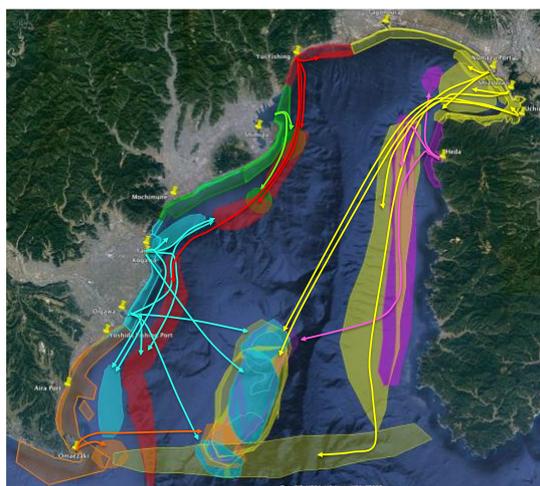


図4 漁船の推測航跡と操業エリア (2016年)

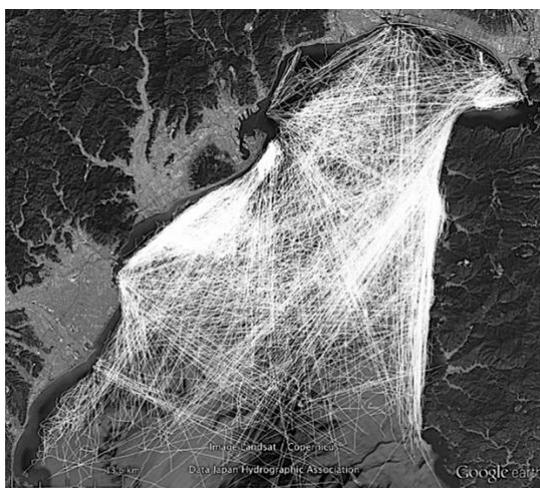


図5 航跡線の透過率を20%とした時の AIS 非搭載船舶航跡 (2017年)

(3) 本学の北斗(18ton) および望星丸(2,174ton)での津波襲来時の船舶避難対策についてヒアリング調査を行い、本海上交通分析の結果を踏まえ津波対策について検討した。現状として北斗の津波対策は特にマニュアルなどが無く、津波が起こった際には臨機応変に対応することとなっている。海上保安庁から陸揚げもしくは固縛による津波対策が通達されているが、係留中においては、北斗クラスの大きさの船では陸揚げは難しい。離岸直後、着岸直前また、港内航行中は、船長判断により臨機応変に対応する。また、港の入り口付近に船舶がいる際は、港内には引き返さず、沖の広い海域に避難し、

船舶が沖にいる際は、そのまま沖で待機する。

望星丸は岸壁に係留中は陸上電源を使用しており、エンジン始動に約15分かかるとことや、津波到達時間が非常に短時間であることが予想されており、沖出し避難は困難であると考えられる。このことから、船体保護や流出防止対策の後、そのときの状況に応じて陸上避難か船内避難を判断することになる。また、緊急地震速報を受信した際は、まず船橋へ集合し、船長判断により陸上避難か船内避難かを判断するというようになっていく。海上にいる場合には、基本的には安全な水深へ移動することとなる。

両船舶とも沖に避難する際には、清水港入口付近から1マイル程度は避難船舶による衝突ゾーンおよびそれを避ける船舶に注意する必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① Gen Fukuda, Study of marine traffic analysis for the ship evacuation measures against tsunami, Asia Navigation Conference 2017 Proceeding, 査読有、2017
- ② Gen Fukuda, Ruri Shoji, Development Of Analytical Method for Finding the High Risk Collision Areas, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 査読有、Vol. 11No. 3、2017、pp. 531-536、DOI:10.12716/1001.11.03.20
- ③ 福田 巖、八巻貴洋、野瀬和裕、駿河湾における漁協および漁船の津波対策の現状、日本航海学会論文集、査読有、Vol. 136、2017、pp. 44-49、DOI: <https://doi.org/10.9749/jin.136.44>
- ④ Gen Fukuda, The Study of the Non-SOLAS Vessel Movement in Suruga Bay, Asia Navigation Conference 2016 Proceeding, 査読有、2016、pp. 1-6
- ⑤ 福田 巖、庄司るり、OZTを用いた港外避泊のための衝突進路エリアの推定、日本航海学会論文集、査読有、Vol. 135、2016、pp. 129-134、DOI: <https://doi.org/10.9749/jin.135.129>
- ⑥ Gen Fukuda, Kyoko Takashima, Analyzing the marine traffic condition for estimating the high risk areas in the

emergency evacuation、2015 International Association of Institute of Navigation IEEEE Proceedings、査読有、pp. 1-6, DOI:10.1109/IAIN.2015.7352245

- ⑦ Gen Fukuda, Marine Traffic Condition Analysis for Developing Tsunami Countermeasure in Suruga Bay, Asia Navigation Conference 2015 Proceedings, 査読有、2015、pp. 314-318

[学会発表] (計7件)

- ① Gen Fukuda, Study of marine traffic analysis for the ship evacuation measures against tsunami, Asia Navigation Conference, 2017. 11. 23、Zhanjiang (China)
- ② Gen Fukuda, Development of Analytical Method for Finding the High Risk Collision Areas, International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2017. 6. 21、Gdynia (Poland)
- ③ 福田 巖、駿河湾における漁協および漁船の津波対策の現状、日本航海学会、2016年10月29日、呉市生涯学習センター(広島県呉市)
- ④ Gen Fukuda, The Study of the Non-SOLAS Vessel Movement in Suruga Bay, Asia Navigation Conference 2016、2016. 11. 10、Yeosu (Republic of Korea)
- ⑤ Gen Fukuda, Analyzing the marine traffic condition for estimating the high risk areas in the emergency evacuation, International Association of Institutes of Navigation 15th world Congress 2015、2015. 10. 22、Prague (Czech Republic)
- ⑥ 福田 巖、OZTを用いた海上交通分析の基礎研究、日本航海学会、2015年11月7日、東京海洋大学越中島会館(東京都江東区)
- ⑦ Gen Fukuda, Marine Traffic Condition Analysis for Developing Tsunami Countermeasure in Suruga Bay, Asia Navigation Conference 2015, 2015. 11. 20、Kitakyushu International Conference Center (Fukuoka, Kitakyushu)

[その他]

- ① 福田 巖、OZTを用いた衝突進路エリアの推定、航行妨害ゾーン(OZT)の利用と展望、東京海洋大学、2017年2月28日、東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館(東京都江東区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田 巖 (FUKUDA, Gen)

東海大学・海洋学部・講師

研究者番号: 10734478