

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14263

研究課題名(和文) 運航ナレッジマネジメントに基づく災害時の革新的船舶避難方法

研究課題名(英文) Advance ship evacuation at tsunami attack based on seamen experiences.

研究代表者

小林 英一 (Eiichi, Kobayashi)

神戸大学・海事科学研究科・名誉教授

研究者番号：90346289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、様々な想定津波に対して柔軟に対応できる船舶避難アルゴリズムを作成するとともにその適用性を検討することとした。
まず、津波来襲時の船舶の対処方法にかかる既往の資料調査などにより、津波来襲時の避難シナリオの要素条件を整理した。次に避難シナリオとして、避難時の混雑、心的ストレス、船舶の接触や衝突などの二次災害が津波による船舶への一時被害より大きくなることを避けるため、通常の船舶の航行状態をベースとしたシナリオをベースとした。さらに津波来襲時の自動避難シミュレーションを行った結果、総じて安全に避難できることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：Generally, all ships in the bay and/or harbors evacuate to outside of those areas. However the method of the evacuation is not proposed nor established. It is concerned that second disaster may happen on the ship evacuation. The aim of this study is to establish ship evacuation algorithm at the tsunami attack and to confirm the availability of it.
First, the elemental items of evaluation scenario at tsunami attack are listed after investigations of former research and hearing survey. Next, scenarios evacuations are considered based on normal harbor entering and outgoing maneuvers. Then, algorithms of ship evacuation in a bay and/or a harbor are established based on some experimental studies. Finally, many kinds of evaluation simulation were carried out to evaluate the applicability of the algorithm by use of normal computer runs and visual maneuvering real time simulator.

研究分野：浮体運動・制御

キーワード：津波 船舶 避難 自動航行 安全 操縦性

1. 研究開始当初の背景

今回とりあげる船舶の災害時の避難行動に関連して、そのための要素技術のひとつとなる津波が来襲した時の船舶の挙動解析技術についての研究は世界的に見て地震大国である日本が卓越しており、いくつかの要素解析手法が提示されている。提案者らはまず2007年から津波来襲時の船舶の挙動解析手法の開発研究については、既往の船舶操縦運動モデルをベースとし、これに津波による水平流れを考慮した数学モデルを開発し様々な場面についての解析・評価に取り組んできた。これらの技術を応用して近年、港から船舶が避難する解析も行われてきている。これはいわば避難のシナリオがあった場合にそれに従った船舶が安全に航行あるいは停留できるか否かを評価する手法開発であり、もっとも大事などのような船舶避難がなされるべきかについては仮定を積み上げただけのものがほとんどで船舶避難シナリオについては限定的・例示的なものにとどまっているのが実情である。また、津波来襲時の船舶避難の検討を行う上で、避難時の船舶航行状態については、船舶個々の運動性能を簡略化し最初から最後まで折れ線を一定速度で移動する点としてとらえる解析が主体であった。一方で、運航の安全性を運航者の知見をもとに具体的な数値としてあらわすことも試みられている。これはナレッジマネジメントの一種で、主観的な評価を積み上げて評価しそれを客観的指標としていくものである。加えて、個々の避難船舶の運動性能も考慮した実際の状況に近い動的モデル化を取り入れた解析も多く行われるようになった。先に述べた、船舶の避難にかかる動的解析技術開発とこの運航にかかるナレッジマネジメントにかかる研究を深化させていくなかで、より強固な災害に強い船舶港湾基盤社会の構築が求められている社会状況が当該研究の着想に至った経緯である。

2. 研究の目的

近年の大規模災害時の不適切な対応のときに「想定外」という逃げの表現が散見された。これは想定はしてみたが対策に様々な制約があったからである。本研究では、船舶運航や港湾管理に関係する人々が持つ危険事態とその解決方法にかかる知見を数値化したナレッジマネジメントを試みた。次にそれに基づく可能な行動をパターン化し、そのなかから最も適切な危険回避の行動指針が提示できるマリンハザードナレッジマネジメント手法の提案を行う。例として津波来襲など大規模災害が発生あるいは発生が間近なときに、船舶が安全確保のための避難行動をどのようにとればよいか、船舶避難分野にナレッジマネジメントを導入しその意思決定法の開発を行うものである。この手法によりどのような災害発生時にも最も安全な船舶避難方法が決定され、それに従って退避するこ

とにより、想定外の災害に対しても船舶被害を極小化することができる。

3. 研究の方法

本研究では、運航者や港湾管理者など実務従事者が持つ実際の船舶が遭遇する危険な事象の程度を定量化することをまず試みた。そのためにアンケートや聞き取り調査項目の設定、そのデータの解析・評価、それらに基づき海で起こる災害などマリンハザード事象のナレッジマネジメントに適したデータベース化を図る。次にある海での災害を想定し、船舶などがとるべき行動指針をそのデータベースから抜き出す手法を構築する。最後に様々な災害のパターンについて、その構築されたナレッジマネジメント手法により試行を繰り返し、適用性(レジリエント度)を検証・評価する。そして本手法を学会などで積極的に公表し、これを応用した発展的な研究の源流となるように努めた。

4. 研究成果

(1) 避難シナリオ調査：津波来襲時の船舶の対処方法にかかる既往の資料・文献、ヒアリングなどにより、津波来襲時に船舶が避難する際に考慮すべき項目を整理し、津波来襲時の避難シナリオの要素条件を整理した。この中で、操船者の中には、ある特定の船種の操縦経験は豊富ではあるが、他の種類の船舶の操船についてはあまり詳しくない場合もあり、避難シナリオを検討するに際しては、個々の聞き取り結果のみならず、既往研究で扱われてきた船舶の安全航行に係る知見も注視する必要がある。

(2) 避難シナリオの策定：避難シナリオとして、避難時の混雑、心的ストレス、船舶の接触や衝突などの二次災害が津波による船舶への一時被害より大きくなることを避けるため、通常の船舶の航行状態を倣ったシナリオをベースとした。これは、港湾内に来襲した津波は強い潮流影響と似る場合が多く、多くは実務者の持つ一般的な技量で対応できる範囲であることが、津波来襲時の船舶挙動の事前解析で明らかになっていることによる。そしてまず基本的な避難パターンを検討するに際し、実際の緊急時では想定される他船の追い越しや航路並走についてはこれをしないことを条件とした。これは事前の検討でこのような通常航行に倣った避難操船でも津波第一波到達までに多くの船舶が避難海域に到達できること、また第一波遭遇時であっても船舶への津波影響が比較的小さいことを検証したためである。加えて、操船者が津波来襲時においても避難時の航行安全性を確認して、追い越しや並走を行うことについては、全体の避難行動のゆとり(マージン)としてとらえることとした。また避難航路については、当該研究の対象海域である大阪湾の船舶の動態を AIS (船舶自動識別装

置)の一年間のデータを分析し、代表的な航路を抽出しモデル化した。また、現在の想定津波は南海トラフ上での海溝地震を想定しているので、大阪湾の南側、すなわち友ヶ島水道からの進入となるため、これから遠ざかる方向すなわち、明石海峡を西行して播磨灘に抜けるシナリオとした。次に避難船舶の初期位置の例を示す。

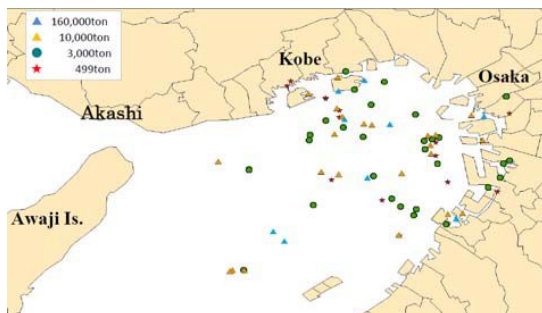


図1 避難開始位置の例

(3) 自動避難シナリオによる避難シミュレーション：在港船舶の種類や地震発生時の初期位置について実際に想定されるいくつかの条件で自動避難シミュレーションを行った結果、津波来襲時までに避難海域までに安全に到達できる目途が得られた。加えて、湾奥で出航が遅い船舶については津波第一波と遭遇する可能性も示されたが、比較的水深の大きい海域であり船舶への影響は小さいことも分かった。一方で航路の交差部では、初期船舶の位置によっては多少混雑がみられることもあり、船舶同士の衝突を回避するため減速操船を行う必要があることも分かった。シミュレーションで用いた津波計算例を次に示す。

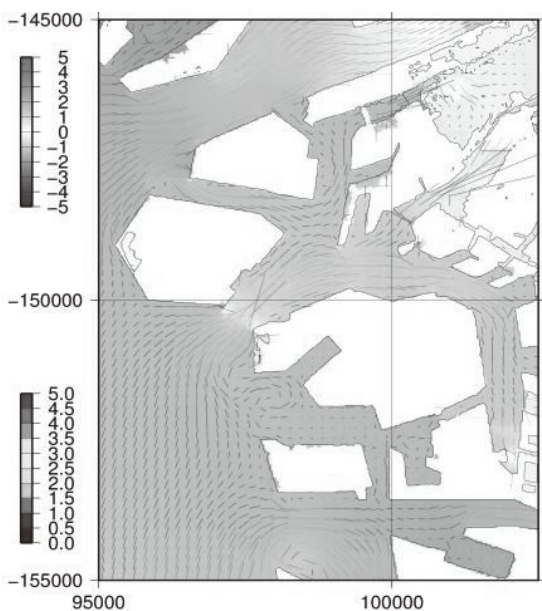


図2 津波シミュレーションの例

(4) 船舶運動モデルの検討：津波来襲時の船舶避難の状況解析・評価を行うために、本研究では沿岸域を航行する船舶の精緻な操縦

運動を表す数値モデルにより解析を行ってきた。これは船舶操縦運動解析で標準的に使われているMMGモデルを採用しているが、既往の数学モデルは基本的には深水域の開かれた海域を対象とするモデルであるがこれを浅水域や岸壁に近い特殊な状態にも適用できるものに拡張した。これに先立ち、浅水状態、側壁近くの状態など様々な状況下で、代表的な船型の模型船による水槽試験を実施した。この一例を次に示す。

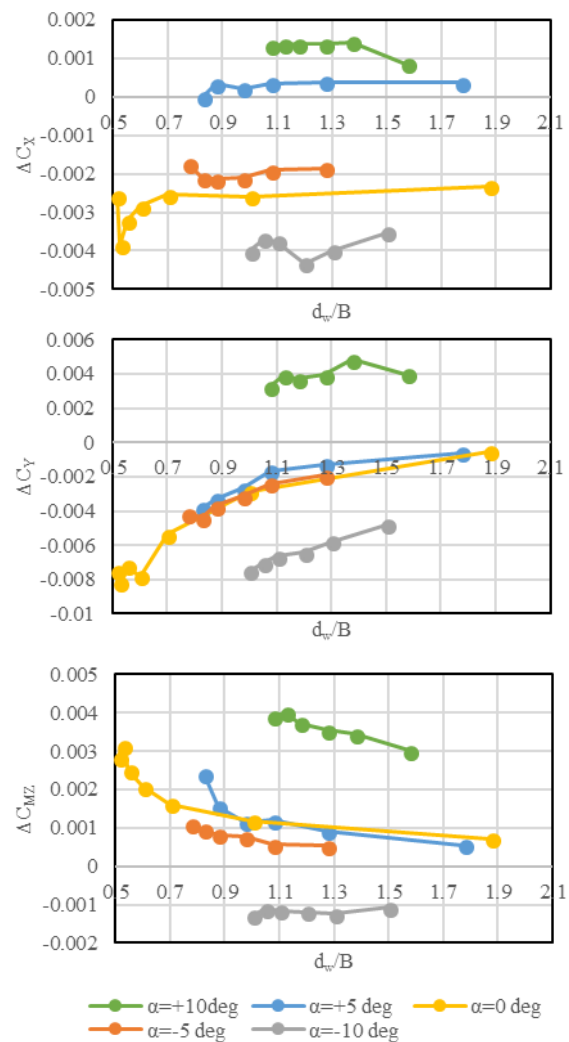


図3 船体作用流体力およびモーメントの斜航角度影響

これは岸壁に近づいた時の付加的に作用する流体力の特徴を示したもので、この特性を参考に、船舶が津波などの緊急時に離棧する状態を数値シミュレーションできる数学モデルを作成した。

(5) 総合評価：津波来襲時の船舶避難のシミュレーションを視界再現装置付きの操船シミュレータを使い、要素シミュレーション結果に基づく代表ケースについて、本研究成果による自動避難シミュレーションを行った。対象は大阪湾とし、神戸大学に設置されたAIS受信装置で取得された大阪湾における船

船の動態データに基づいて避難船舶の初期位置、避難経路などのシナリオを作成した。安全航行を優先するシナリオとしているが、航路交差点で減速によるいわゆる渋滞現象（混雑）が見られるケースもあるが、総じて安全に避難できることが実時間視界再現装置付き操船シミュレーターで確認できた。

視界再現装置付き操船シミュレーター：船橋（ブリッジ）からの視界をコンピュータグラフィックス技術を駆使して複数の大型ディスプレイに表示するとともに、船橋を模擬した操舵スタンドやエンジンテレグラフ装置がセットされている実験装置



図 4 津波来襲時の自動船舶避難状況

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 8 件）

Shota YONEDA, Hirotada HASHIMOTO, Ei-ichi KOBAYASHI, Experimental Study on the Wall Effect on Ships during Emergency Unberthing for Tsunami Evacuation, Vol1, No.3, Transaction of Navigation, 15-24, 2018.

米田 翔太, 橋本 博公, 小林 英一, 津波来襲時に岸壁係留船舶が受ける流体力に関する実験的研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 26 巻, pp.255-265, 2017.

村山 雅子, 小林 英一, 谷口 裕樹, 越村 俊一, 新想定津波下での大阪湾における船舶避難について, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 23 巻, 75-76, 2016.

米田 翔太, 橋本 博公, 谷口 裕樹, 小林 英一, 離岸時の岸壁影響に関する実験的研究, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 23 号, pp.69-74, 2016.

Shota Yoneda, Hirotada Hashimoto, Yusuke Tahara, Eiichi Kobayashi, Naoya Umeda, Fredrick Stern, CFD-based captive tests for the wave-exciting force acting on a ship running in stern quartering waves, Proceedings of 3rd International Conference on Violent Flows (VF-2016) 9-11,

March 2016, Osaka, Japan, 2016.

村山 雅子, 小林 英一, 谷口 裕樹, 越村 俊一, 世良 亘, 米田 翔太, 伊勢湾における津波来襲時の船舶避難に関する検討, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 22 巻, 355-356, 2016.

村山 雅子, 小林 英一, 谷口 裕樹, 越村 俊一, 明石海峡における津波来襲時の海上交通流について, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 21 号, pp.203-204, 2015.

米田 翔太, 小林 英一, 橋本 博公, 田原 祐介, 津波来襲時に考慮すべき岸壁影響, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 21 号, pp.185-189, 2015.

〔学会発表〕（計 2 件）

Chenchen PENG, Eiichi Kobayashi, Survey on the Frequency of Sea Viewings and their Psychological Effects, Future Coast & Europe, Berlin-Brandenburgische, 5th October, 2015

Yonggiang Zhuo, Eiichi Kobayashi, Study on the Safe Speed of Very Large Vessel in Complicated Waters, Asia Navigation Conference, 北九州国際会議場, 2015.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 英一 (KOBAYASHI, Eiichi)
神戸大学・海事科学研究科・名誉教授
研究者番号：90346289

(2) 研究分担者

世良 亘 (SERA, Wataru)
神戸大学・大学院海事科学研究科
研究者番号：20294259

(3) 連携研究者

橋本 博公 (HASHIMOTO, Hirotada)
神戸大学・大学院海事科学研究科
研究者番号：60369965

村山 雅子 (MURAYAMA, Masako)
富山高等工業専門学校
研究者番号：30397731

(4) 研究協力者

谷口 裕樹 (TANIGUCHI, Yuuki)
米田 翔太 (YONEDA, Shota)