

平成 22 年 6 月 28 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19310122

研究課題名（和文） 係留船の津波対策による港湾災害削減効果について

研究課題名（英文） Research on tsunami disaster reduction at ports by measures for mooring ships

研究代表者

久保雅義 (KUBO MASAYOSHI)

大島商船高等専門学校・校長

研究者番号：30031470

研究成果の概要（和文）：本研究は、津波が沿岸・港湾域に來襲したときの船舶の被害を最小限にとどめる対応方策を検討することを目的として実施した。

まず AIS(船舶自動識別装置)データの活用により、実際の航行および在港船舶の実態が把握でき、津波來襲時に船舶がとるべき行動解析のための基礎データが収集できた。次に今回開発した多数船舶が同時に避難行動をとる場合の挙動シミュレーション手法により、この AIS データをベースとして船舶避難シミュレーションを実施した結果、備讃瀬戸海域では今回想定した避難水域へ船舶が安全に避難できることが分かった。

また LNG 船について、津波來襲時の避難挙動の解析をシミュレーション計算により実施した結果、接岸場所よりある程度離れた場所で津波発生を認知した場合には、概ね安全に津波から逃れることができることが分かった。一方で入船係船状態からの港外避難では、途中で津波と遭遇する可能性も示唆されたが、出船係船とすることにより安全に避難できることを示した。

さらに津波來襲時に係留中の LNG がその係留状態のままやりすぞす状態について検討を行った。この計算を実施するに先立ち、係留状態の把握・検証用データ取得のため係留 LNG について現地実験を実施した。計測された係留張力や船体動揺のデータを計算結果と比較することにより、今回使用する係留シミュレーション手法の妥当性を検証するとともに、実係留状態での津波來襲時の挙動解析を行い安全性の検証を行った。

また今回複数船舶が相互に係留された状態で津波來襲を受ける場合の挙動解析コードを開発した。これを用いた解析ではシンカー係留では係留索張力が課題となり安全使用荷重を超える懸念があるものの、たとえばアンカー係留に変更することなどにより係留索破断を避けることができることも分かった。

今回開発した津波來襲時の船舶挙動解析手法群は、様々な状態での津波來襲時の挙動を解析でき、この結果を活用して津波対策指針策定につなげることができることが分かった。

研究成果の概要（英文）：This study has been carried out for the investigation of minimization of ship disasters when tsunamis attack bay and coastal areas. First, basic ship navigation and mooring data were obtained by AIS(Automatic Identification System) for the evacuation analysis from the tsunami attack.

Then we developed ship simulation programs for ship evacuation from tsunami attack. It is found that most ships in Bisanseto area can evacuate safely to the shelter areas by use of the program.

Moreover, evacuation guidelines for an LNG ship, which is representative of a hazardous cargo carrier, were considered for the case of the ship entering the port. It is possible that the ship may encounter the first tsunami event in the case that the ship begins to evacuate from an inbound mooring direction. However, in the case where the ship is moored in the outbound direction and is oriented toward the open ocean, it is likely to overcome the potential threat of the first tsunami event.

In addition above, we have developed ship motion analysis programs suitable for inter moored and/or connected ships under tsunami attack external forces. Using this system it

is possible to evaluate whether those moored ships can ensure the tsunami attack.

Above mentioned programs can evaluate several complex ship situations under tsunami attack

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2008年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	4,560,000	1,9760,000

研究分野：船体運動学、海事防災学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、自然災害科学

キーワード：津波、係留船舶、避難、船体動揺、減災、AIS

#### 1. 研究開始当初の背景

従来、船舶が津波を受けたときはさほど大きな影響が出ないであろうという通説であったが、この研究着手前の特別研究（大都市大震災軽減化プロジェクト）において、津波は緩やかなすなわち長周期の波でありこれにより係留船舶に少なからず影響が出ることが示唆された。すなわち、周期が長い緩やかな変化であるにもかかわらず大きな力が作用し、場合により係留索が破断する可能性がでてきた。さらに狭隘な海域では津波による強い流れにより操船が難しい可能性も示唆された。このような状況を受け、津波来襲時の安全評価が急務となってきた。

#### 2. 研究の目的

上述の背景を受け、本研究では、発生が懸念されている南海・東南海地震を例に係留船舶や沿岸・湾内航行船舶の安全性が評価できるツールを開発するとともに、既往の解析手法とも組み合わせ、津波来襲時の船舶の安全性評価に資するシステムを整備し、例示的な評価を行うことを目的とした。

#### 3. 研究の方法

具体的には、まず AIS（船舶自動識別装置）により湾内の航行実態を把握し様々な計算の境界条件データを整備する。

次に大阪湾を例として、想定南海・東南海地震対応の津波詳細計算を実施する。

このデータを用い、係留船舶の挙動解析評価を行うとともに、船舶の港外避難の実施の安全性を評価することとした。

#### 4. 研究成果

(1) AIS（船舶自動識別装置）データの活用により、実際の航行および在港船舶の実態が把握でき、津波来襲時に船舶がとるべき行動解析のための基礎データが収集できた。

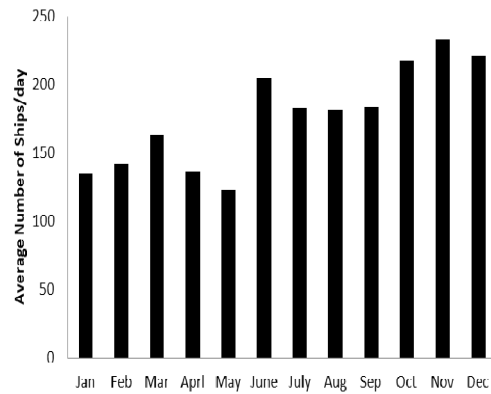


図1 平均在湾船舶数解析結果(2009年度)

(2) 今回、多数船舶が同時に避難行動をとる場合の挙動シミュレーション手法を開発した。このプログラムは個々の船舶の動的挙動を精密に模擬するもので、航路保持アルゴリズム、自動避航アルゴリズムなども組み込まれている。これによる計算により、この AIS データをベースとして船舶避難シミュレーションを実施した結果、備讃瀬戸海域では今回想定した避難水域へ船舶が安全に避難できることが分かった。

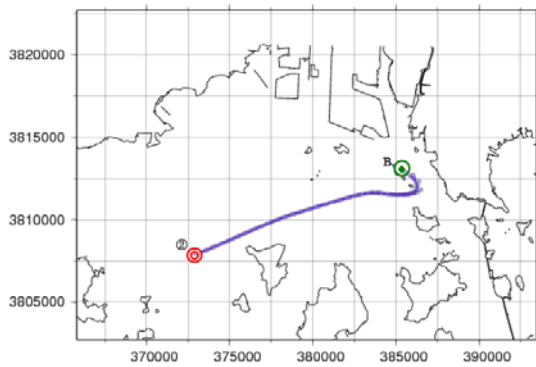


図2 避難シミュレーションによる船舶の航跡

(3) LNG 船について、津波来襲時の避難挙動の解析をシミュレーション計算により実施した結果、接岸場所よりある程度離れた場所で津波発生を認知した場合には、概ね安全に津波から逃れることができることが分かった。一方で入船係船状態からの港外避難では、途中で津波と遭遇する可能性も示唆されたが、出船係船とすることにより安全に避難できることを示した。今回複数船舶が相互に係留された状態で津波来襲を受ける場合の挙動解析コードを開発した。

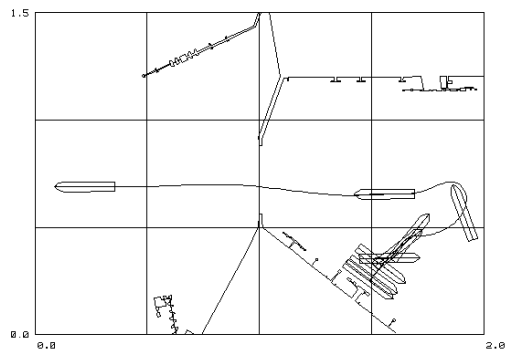


図3 津波来襲時の港外避難シミュレーション

(5) 今回複数船舶が相互に係留された状態で津波来襲を受ける場合の挙動解析コードを開発した。これを用いた解析ではシンカー係留では係留索張力が課題となり安全使用荷重を超える懸念があるものの、たとえばアンカー係留に変更することなどにより係留索破断を避けることができることも分かった。

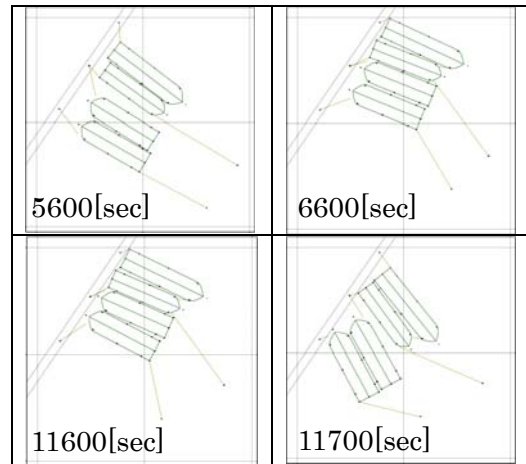


図4 小型係留船舶の挙動解析結果

(6) また地震津波による流れが船首尾方向に一樣でない場合の新たな船体の流圧力算定手法を示すと共に、当該動揺シミュレーションにより流圧力の評価方法による影響などについて検討した。この結果従来の船体形状および水深影響のみを考慮する算定方法に比べ、船体断面ごとに流圧力を算定することから船体周りの流速および流向の変化を容易に考慮できる手法であることがわかった。さらに地震津波による船体周りの流れを最大流速で一樣な流れと代表する場合、船体に作用する流圧力を過大評価する場合のあることがわかった。さらに流圧力による船体動揺への影響を評価する場合には係留索による初期張力も合わせて考慮すべきことがわかった。

#### 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10件)

- ① 榊原繁樹、久保雅義、小林英一、大竹佑一郎、原田賢治、津波来襲時の港内係留船の船体運動の違いについて、日本航海学会論文集、査読有、第118号、pp.159-168、2007
- ② 原田賢治、田村圭子、山崎栄一、林春男、河田恵昭、要援護者対策も含めた総合的な津波避難対策の戦略計画の検討、海岸工学論文集、査読有、第54巻、pp.1366-1370、2007
- ③ 原田賢治、船舶の津波危険度評価にもとづく海域津波減災対策の検討、日本自然災害学会学術講演会講演概要集、第26巻、pp89-90、2007
- ④ 久保雅義、竹田昇史、岩本雄二、榊原繁樹、津波による船体動揺シミュレーションの精度向上一流速評価の精度向上一、日本航海学会論文集、査読有、第119号、

- pp. 109-118, 2008.
- ⑤ 榊原繁樹、小林英一、大竹祐一郎、原田賢治、久保雅義、防舷材変更による津波来襲時のLNG船の動揺低減について、日本航海学会論文集、査読有、第120号、pp. 107-115, 2008
  - ⑥ 榊原繁樹、小林英一、大竹祐一郎、山口将人、久保雅義、地震津波による船体の流圧力算定方法について一流れが船長方向に一様でない場合、日本航海学会論文集、査読有、第121号、pp. 199-206, 2009
  - ⑦ Trika Pitana、Eiichi Kobayashi、Syunich Koshimura、Kosuke Onoda、Rusmanto、Evacuation Assessment of a Large Passenger Vessel due to Tsunami Attack、日本船舶海洋工学会論文集、査読有、第8号、pp. 205-217, 2008
  - ⑧ Trika Pitana、Eiichi Kobayashi、Optimization of ship evacuation procedures as part of tsunami preparation、Journal of simulation、査読有、Vol. 3、pp. 235-247, 2009
  - ⑨ Eiichi Kobayashi、Syunichi Koshimura、Takashi Mizunoe、Study on the Evacuation Maneuver from a Tsunami Attack、Proceedings of MARSIM09(International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability)、Panama City、Panama、17 - 20、C-115-C-122、August 2009
  - ⑩ S. Sakakibaral、E. Kobayashi、Y. Otake and M. Kubo、TSUNAMI EFFECTS ON SHIP MOTIONS AND MOORING LOADS、査読有、PIANC MMX Congress Liverpool UK 2010

[学会発表] (計 14 件)

- ① 小林英一、米田翔太、越村俊一：津波来襲時のLNG船の避難シナリオについて、日本船舶海洋工学会講演会論文集第4号、pp. 277-278(2007)【2007年5月24日(木)、25日(金)、東京都 池袋サンシャインシティ文化会館】
- ② Trika Pitana、Eiichi Kobayashi：Passenger evacuation simulation in a cruise ship due to tsunami attack as port safety management consideration、日本船舶海洋工学会講演会論文集第4号、pp. 275-276(2007)【2007年5月24日(木)、25日(金)、東京都 池袋サンシャインシティ文化会館】
- ③ 村山雅子、久保雅義、地震・津波による油送船の積載貨物への影響評価、日本航海学会秋季講演会、2007年10月11日、神戸市勤労会館

- ④ 原田賢治、要援護者対策も含めた総合的な津波避難対策の戦略計画の検討、2007年11月7日、宮崎観光ホテル、宮崎
- ⑤ 原田賢治、船舶の津波危険度評価にもとづく海域津波減災対策の検討、2007年9月25日、第26回 日本自然災害学会学術講演会、北海道大学、札幌
- ⑥ Kenji Harada、Aditya Riadi Gusman、Hamzah Latief、Yuichi Nishimura、Yoshiaki Kawata、Study on the effect of coastal forest against tsunami、Case study on 2006 JAVA Tsunami around Pnagandaran、Indonesia、2007年7月11日、International Union of Geodesy and Geophysics 2007、XXIV General Assembly、Perugia University、Perugia、Italia
- ⑦ Trika Pitana、Kosuke Onoda、Eiichi Kobayashi、Rusmanto：Implementation of Dynamic System Simulation and Geographic Information System for Large Passenger Vessel Evacuation、日本船舶海洋工学会講演会論文集第5K号、pp. 33-34(2007)【平成19年日本船舶海洋工学会秋季講演会、平成19年11月12日(月)、13日(火)吹田市 大阪大学コンベンションセンター】
- ⑧ 小林英一、斧田康祐、大澤輝夫、池上 隆、米田翔太、越村俊一：備讃瀬戸海域における津波来襲時の船舶避難に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第5K号、pp. 37-38、2007【平成19年日本船舶海洋工学会秋季講演会、平成19年11月12日(月)、13日(火)吹田市 大阪大学コンベンションセンター】
- ⑨ 小林英一、越村俊一、若林伸和、米田翔太、津波来襲時のLNG船の避難ガイドラインの検討、2008年3月19日、第20回海洋工学シンポジウム、日本大学
- ⑩ 小林英一、池上 隆、斧田康祐、大澤輝夫、米田翔太、水ノ江隆志：瀬戸内海における津波来襲時の船舶避難について、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第6号、pp. 37-38(2008)【日本船舶海洋工学会春季講演会、平成20年5月29日、30日、長崎市 ウェルシティ長崎】
- ⑪ 斧田康祐、小林英一、越村俊一、小型船舶の津波対策に関する研究一係留された複数船舶の運動モデル化、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第8号、pp. 233-234(2009)【日本船舶海洋工学会春季講演会、2009年5月28日、神戸市産業振興センター】
- ⑫ 村山雅子、小林英一、水ノ江隆志、近藤英昭、越村俊一：輻輳海域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8号、

pp. 235-236(2009) 【平成 21 年 5 月 28 日  
於：神戸市産業振興センター】

- ⑬ 村山雅子、小林英一、水ノ江隆志、近藤英昭、越村俊一、津波来襲時の海上交通流シミュレーションに関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 9K 号、pp. 83-84(2009) 、【2009 年 11 月 6 日於：大阪大学コンベンションセンター】
- ⑭ 伊井常泰、小林英一、斧田康佑、越村俊一、係留小型船舶の津波影響と対策、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 9K 号、pp. 85-88(2009) 、【2009 年 11 月 6 日 於：大阪大学コンベンションセンター】

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

本研究の成果の活用例：

- ①神戸海難防止研究会平成 21 年度事業 外力影響による大型船の係留張力及び船体挙動についての実践実験調査報告書 平成 21 年 3 月
- ②阪南港における地震津波による係留船舶への影響評価に関する調査報告書 平成 21 年 3 月

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

久保雅義 (クボマサヨシ)

大島商船高等専門学校・校長

研究者番号：30031470

### (2) 研究分担者

小林英一 (コバヤシエイイチ)

神戸大学・大学院海事科学研究科・教授

研究者番号：90346289

林 美鶴 (ハヤシミツル)

神戸大学・内海域環境教育研究センター・  
准教授

研究者番号：10294358

原田賢治 (ハラダケンジ)

埼玉大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：40378922

辻 啓介 (ツジケイスケ)

大島商船高等専門学校・商船学科・教授

研究者番号：555029920

### (3) 連携研究者

研究者番号：