

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 基盤研究(B)  
 研究期間： 2007 ～ 2009  
 課題番号： 19360222  
 研究課題名（和文） 津波漂流物対策のための漂流物の挙動特性の解明と衝突力算定モデルの構築  
 研究課題名（英文） STUDY ON BEHAVIOR OF DRIFTING BODIES DUE TO TSUNAMI AND ESTIMATION METHOD OF THEIR COLLISION FORCES FOR CONTERMEASURES  
 研究代表者  
 水谷 法美 (MIZUTANI NORIMI)  
 名古屋大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号： 10209760

研究成果の概要（和文）：津波来襲時にコンテナや船舶が漂流し、衝突することにより被害が甚大化することが懸念されている。本研究では船舶や小型船舶が津波来襲時にどのような挙動をするのか、さらに衝突時にどのような衝突力を生じさせるのかを明らかにするために、まず津波とコンテナの相互作用、および船舶挙動の数値解析手法の構築を行った。さらに数値解析と水理模型実験(大縮尺含む)の両面から漂流衝突力の算定式を提案した。

研究成果の概要（英文）：This study is intended to investigate the behaviors of containers and vessels in ports and harbors. Numerical simulation methods have been developed to simulate a container-tsunami dynamic interaction, simulation to track drifting vessels and containers. Also, estimation method of collision force due to drifted container to concrete or steel column has been proposed based on the numerical model and laboratory model experiment which includes large scale model tests.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2009 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：水理水工学，自然災害，津波，漂流物，コンテナ，船舶，防災，減災

## 1. 研究開始当初の背景

東海地震，南海・東南海地震などによる大津波が，エネルギー施設を含む産業利用だけでなく海洋リекреーションなど多様に利用されている港湾域に來襲した場合，そこに数多く存在する船舶，コンテナ，車などの大型物体が津波により流出・漂流し，港湾背後地

を含めた沿岸への津波浸入を防ぐ胸壁やテラス状の避難施設などを破壊し，二次災害を引き起こす可能性を中央防災会議では指摘している。実際，2004 年末のインド洋大津波では，船舶や車などの流出・漂流が，橋梁や建築物の被害を甚大化した。しかし，こういった被害の予測手法は確立しておらず，大

きな課題とされている。

## 2. 研究の目的

漂流による被害を予測し、防ぐことを目標とし、大型模型実験を含む水理模型実験によって大型物体の漂流現象と衝突力の発生機構を解明し、それらを推定するための数値解析手法を開発すること、さらに、最終的に津波による大型漂流物の漂流・散乱・衝突の現象と衝突力を予測する手法を提案することを目的とする。

## 3. 研究の方法

下記のように研究を実施する。

### (1)水理模型実験

コンテナの津波による漂流挙動と漂流衝突力の計測を二次元造波水槽にて実施する。実験は名古屋大学の造波水槽による小縮尺のものと港湾空港技術研究所の造波水槽による大縮尺のものを実施する。また、名古屋大学では小型船舶の岸壁への打上、岸壁上での漂流挙動に関しても実施し、コンテナとあわせて漂流挙動の実態を明らかにする。

### (2)数値解析

コンテナや船舶の漂流挙動を複数のアプローチによる数値解析手法により明らかにする。

①固気液混相流体解析により、コンテナや船舶、自動車など複数の任意形状の物体に適用可能な漂流挙動の解明を行う。特に水塊の衝突にともなう物体表面の圧力の時間変動を検討する。

②大型物体の流出・漂流モデルの開発を、重合格子法を適用して開発する。また、複数の船舶の漂流を建物や施設などの微地形や船舶同士の衝突なども考慮できるようにモデルを開発し、あわせて見せ方も工夫し、挙動の実態把握と社会への伝達方法を確立する。

③津波・剛体連成モデルによるコンテナの漂流シミュレーションとLS-DYNAによる弾塑性モデルに基づく流体・コンテナ連成解析による衝突変形挙動をシンクロさせて解くスキームを構築し、さらにそのモデルを実スケールに拡張し、コンテナの漂流衝突力の定式化を行う。

## 4. 研究成果

本研究により以下の成果が得られた。

(1)津波漂流物の剛体近似による漂流計算と漂流物の弾塑性変形を考慮したLS-DYNAによる流体・コンテナ連成解析を独立に確立するとともに、両者を効率的にシンクロさせる計算スキームを構築した。これにより制度を損なうことなく、経済的かつ効率的に複雑な計算が可能となり、実スケールのコンテナの衝突計算が可能となった(図-1参照)。

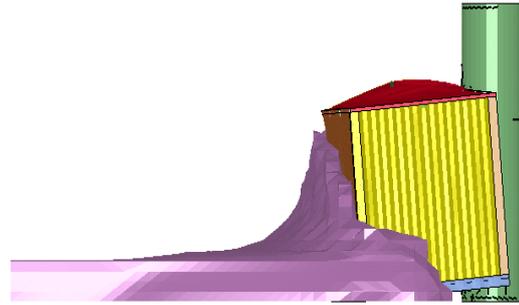


図-1 流体・弾塑性体連成解析に基づくコンテナの漂流衝突シミュレーション例

(2)上記の数値計算手法と大縮尺・小縮尺の水理模型実験に基づいたコンテナの衝突力の算定モデルを構築した。

(3)津波による船舶の漂流シミュレーションを海岸地形や陸上の建物・施設などの微地形まで考慮して実施できる手法を構築した。さらにその結果をCGによってビジュアルに見せることも可能とし、一般の住民にも理解しやすい見せ方を構築した(図-2参照)。

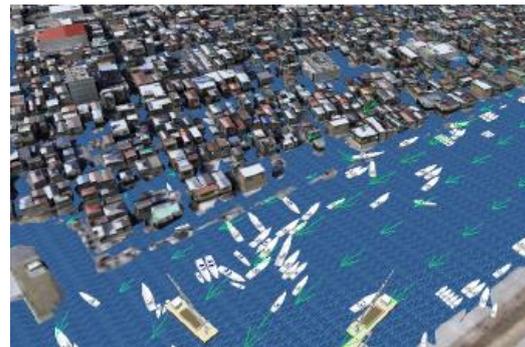


図-2 係留船舶群の漂流シミュレーションとその可視化の例

(4)固気液混相流体解析手法を構築し、複数のコンテナや船舶、自動車などの任意形状の物体の漂流計算を可能とするシミュレーションツールを開発した(図-3参照)。このツールにより、圧力の経時変化を詳細に解析できるようになった。

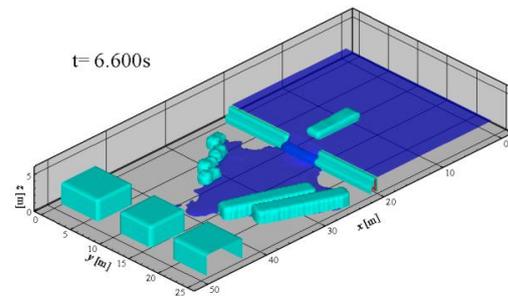


図-3 固気液混相流体解析による複数のコンテナや自動車の漂流シミュレーション例

このような本研究の成果は国際的にも先駆的なものであり、この成果をアメリカ合衆国における津波研究の拠点であるオレゴン州立大学の研究グループと2回にわたって議論してきた。そして、その研究グループからも高い評価を得ており、アメリカにおける NEES プロジェクトにおいても同様の研究課題が2010年度に申請され、その申請には研究代表者の水谷と分担者の富田が International Collaborator として参画することになっている。

#### 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 19 件)

- (1) 水谷法美, 小池竜, 中村友昭, 子安友加里: 岸壁に入射する津波の反射・遡上特性と小型船舶の打上げ・漂流挙動に関する研究, 海岸工学論文集, 第 56 巻, pp.486-490, 2009, 査読有.
- (2) 廉慶善, 荒木駿, 水谷法美: 実スケールの衝突シミュレーションに基づく漂流コンテナの衝突力算定式の適用性に関する研究, 海洋開発論文集, Vol.25, pp. 841-845, 2009, 査読有.
- (3) Yeom, G.-S., T. Nakamura, and N. Mizutani: Collision Analysis of Container Drifted by Runup Tsunami Using Drift Collision Coupled Model, J. of Disaster Research, Vol.4, pp. 441-449, 2009, 査読有.
- (4) Kawasaki, K. and Ogiso, K.: Development of 3-D Multiphase Flow Numerical Model "DOLPHIN-3D" and Its Application to Wave-Rigid Body Interaction Problems, Proc. of the 31st Int. Conf. on Coastal Eng., pp.3199-3211, 2009, 査読有.
- (5) 本多和彦, 富田孝史, 西村大司, 坂口章: 多数の津波漂流物を解析する数値モデルの開発, 海洋開発論文集, Vol.25, pp.39-44, 2009, 査読有.
- (6) Tomita, T. and K. Honda: Practical Model to Estimate Behavior of Tsunami-Drifted Bodies, Proc. of the 41st Joint Meeting of U.S.-Japan Panel on Wind and Seismic Effects, UJNR, pp.227-234, 2009, 査読有.
- (7) 廉慶善, 水谷法美, 中村友昭, 宇佐美淳浩: 流体・構造連成解析による漂流コンテナの衝突力の算定に関する研究, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp.281-285, 2008, 査読有.
- (8) 廉慶善, 宇佐美敦浩, 水谷法美: 構造物前面における津波漂流コンテナの挙動とその衝突力に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol.24, pp.51-56, 2008, 査読有.
- (9) 川崎浩司: 小木曾圭祐: Lagrange 剛体解析と Bingham 流体構成則の導入による 2 次元多相乱流数値モデルの高度化, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp.36-40, 2008, 査読有.
- (10) 富田孝史, 本多和彦: 津波被害のイメージ力を向上させる津波動的ハザードマップ, 海洋開発論文集, Vol.24, pp.165-170, 2008, 査読有.
- (11) 水谷法美, 宇佐美敦浩, 小池竜: 津波による小型船舶の漂流特性とその衝突力に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol.23, pp.63-68, 2007, 査読有.
- (12) 廉慶善, 水谷法美, 白石和陸, 宇佐美敦浩, 宮島正悟, 富田孝史: 陸上遡上津波によるコンテナの漂流挙動と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.791-795, 2007, 査読有.
- (13) 川崎浩司, 袴田充哉: 3 次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D の開発と波作用下での漂流物の動的解析, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.31-35, 2007, 査読有.
- (14) 東野洋司, 富田孝史, 有川太郎, 坂口秀: 移動境界を用いた流体と漂流物移動の連成計算手法, 日本流体力学学会年会 2007 講演アブストラクト集, web, 2007, 査読無.
- (15) 有川太郎, 大坪大輔, 中野史丈, 下迫健一郎, 石川信隆: 遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.846-850, 2007, 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

- (1) 水谷法美, 中村友昭, 子安友加里, 廉慶善: 岸壁に入射した津波の反射と遡上に関する研究, 平成 21 年度土木学会全国大会第 64 回年次学術講演会, 2009 年 9 月 2 日, 福岡大学
- (2) 荒木駿, 廉慶善, 水谷法美, 伊藤義人: 津波漂流コンテナの衝突力に関する数値解析的研究, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会, 2009 年 3 月 3 日, 名城大学
- (3) 小池竜, 水谷法美: 津波来襲時における小型船舶の漂流挙動に関する実験的研究, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会, 2009 年 3 月 3 日, 名城大学
- (4) 小木曾圭祐, 川崎浩司: 3 次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D の高度化に関する一検討, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会, 2009 年 3 月 3 日, 名

城大学

- (5)中村友昭, 水谷法美, 小池竜: 体積力型埋め込み境界法に基づく流体・構造連成数値シミュレーションに関する一考察, 平成 20 年度土木学会全国大会第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 12 日, 東北大学
- (6)Yeom,G.-S., N.Mizutani, K.Shiraishi, A.Usami, S.Miyajima, T.Tomita : Behavior of Drifting Containers due to Tsunami and Collision Forces, 31st Int. Coastal Eng. Conf., 2008 年 9 月 4 日, Hamburg.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

ホームページ等

<http://www.coast.civil.nagoya-u.ac.jp/~mizutani/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

水谷 法美 (MIZUTANI NORIMI)  
名古屋大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 10209760

### (2) 研究分担者

伊藤 義人 (ITO YOSHITO)  
名古屋大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 30111826  
川崎 浩司 (KAWASAKI KOJI)  
名古屋大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 20304024  
富田 孝史: (TOMITA TAKASHI)  
独立行政法人港湾空港技術研究所・津波防災研究センター・主任研究員  
研究者番号: 20242836  
下迫 健一郎 (SHIMOSAKO KENICHIRO)  
独立行政法人港湾空港技術研究所・海洋水工部・耐波研究室長  
研究者番号: 30392971 (H19 年度)  
水谷 雅裕 (MIZUTANI MASAHIRO)  
独立行政法人港湾空港技術研究所・海洋水工部・耐波研究室長  
研究者番号: 40463096 (H20, 21 年度)