

平成21年6月1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19510189
 研究課題名（和文） 巨大地震津波に伴う都市複合災害の危険度予測手法に関する研究
 研究課題名（英文） Risk analysis on compound damages caused by the seismic tsunami disaster
 研究代表者
 米山 望 (YONEYAMA NOZOMU)
 京都大学・防災研究所・准教授
 研究者番号：90371492

研究成果の概要：

巨大地震発生に伴う都市複合災害のうち、津波漂流物被害と河川遡上津波に伴う被害を対象に研究を行った。津波漂流物被害に関し、移動3方向と回転3方向の6自由度の動きが表現可能な三次元漂流物挙動解析法を開発するとともに、既往の漂流物水理実験結果と比較してその妥当性を検証した。また、河川遡上津波に伴う塩分挙動解析手法を構築して、巨大津波発生時の塩分被害が懸念されている、淀川大堰上流部の塩分挙動の予測を行い、隣接する浄水場施設の取水影響を評価した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：複合新領域

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：水災害，津波，漂流物，塩水，浄水場

1. 研究開始当初の背景

インド洋大津波は巨大地震がひとたび陸域に襲撃するとき極めて深刻な被害を与えることを再認識させた。津波は、海岸及び陸上の建造物の破壊や氾濫、流出などの津波本体が引き起こす災害の他に、津波漂流物による災害や地上氾濫により引き起こされる地下浸水、津波の河川遡上に伴う氾濫被害、遡上した塩分による浄水場の取水停止などの様々な被害を複合的に引き起こす。この巨大地震が発生して以降、日本では、東海・東南海・南海地震の発生に伴う津波災害に関する

関心が高まっており、その被害を最小にするための検討が行政機関を中心とした関係各方面で行われている。そこでは、被害の全体像の把握が最も重要であり、そのため、津波発生時にどのような災害が起こりうるかを予測する被害想定策定が検討のスタートとなる。しかし、海岸に到達するまでの津波挙動や氾濫範囲は予測できるものの、上で挙げた複合的な災害については、被害を予測評価するための検討手法が十分整備されていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、津波複合災害のうち、津波漂流物の被害および河川遡上津波に伴う塩水被害に焦点を当てて予測評価手法の開発整備を行う。

(1)津波漂流物挙動の予測評価手法の開発

津波は、海上や港湾に係留されている船舶、陸上のコンテナや自動車などを漂流させることにより、その被害を増大させる。津波漂流物は、衝突により海岸や地上の構造物に甚大な損傷を与え、防災構造物を破壊した場合には二次的な災害の原因となるだけでなく、海底に沈んだ場合には港湾の機能を低下させる。漂流により様々な被害が起こりうるが、被害想定の実務では、平面二次元解析により得られる流速ベクトルから漂流の軌跡の追跡や、津波水位からみたコンテナ、自動車などの漂流可能性検討など、漂流物被害の一部を評価しているに過ぎない。

そこで、本研究では、海上の船舶や陸上のコンテナが実際にどのような条件で漂流し運搬されて、衝突する場合にはどのような破壊力を持ちうるか、海底に沈む場合にはどのような範囲に沈むかなど、津波漂流物の漂流開始から衝突もしくは沈降までの一連の挙動を2次元および3次元の数値解析手法を用いて詳細に把握することを目的とする。

(2)河川遡上津波に伴う塩水被害の研究

津波が河川を遡上する場合、塩分も同時に遡上する。水道水の塩分濃度には基準があり、河川水を取水する浄水場は、取水口前面の塩分濃度が高い場合には取水することができない。通常、取水口は河口堰などより上流にあり、塩分濃度の増加を防いでいる。しかし、津波が河口堰を越えた場合には、取水口前面に大量の塩水が流入する。淀川では実際にそのような事態が想定されている。

このような現象に対し、平面二次元解析により計算された津波水位変化と、断面二次元モデルによる塩分挙動予測が行われた例がある。しかし、この検討において結果を左右する、河口堰を越える津波の水量や取水口前面での塩分拡散、上流からの河川水による希釈効果などを適切に評価することは難しい。そこで、本研究では、淀川を対象とし、津波が河口堰（淀川大堰）を越流してから取水口前面の塩分濃度が希釈により減少するまでの一連の事象を数値解析により詳細に予測することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)津波漂流物挙動の予測評価手法の開発

漂流物が三次元の複雑な水面変形を伴う津波に流されることを表現するため、三次元非圧縮性流体解析の基礎方程式を用いると

ともに、水面の挙動解析にVOF法を用いる。また、漂流物の位置および姿勢を流体解析に認識させる手法を新たに開発整備する。

開発した解析コードの妥当性を既往の津波漂流物実験結果と比較して検証する。

(2)河川遡上津波に伴う塩水被害の研究

本研究では、平面二次元解析によりあらかじめ求められた津波挙動解析結果を用いて、塩水の二・三次元挙動を予測できる解析モデルを開発する。

これを淀川大堰直上流部の塩分挙動に適用し、隣接する浄水場施設の取水影響を予測評価する。淀川大堰は淀川の河川流量に伴いゲートの開度を変化させるため、河川流量ごとに予測評価を行う必要がある。

4. 研究成果

(1)津波漂流物挙動の予測評価手法の開発

①漂流物挙動予測手法の開発

三次元流体解析をベースに、漂流物と流体との相互作用を考慮して、漂流物の複雑挙動を精度よく予測できる解析手法を開発した。

開発した手法では、漂流物はその自重と流体から受ける圧力、粘性力を受けて6自由度の剛体運動を行う（図1参照）。一方、漂流物は、計算セルごとに分割されたセグメントとして流体解析側に認識され（図2）、各セルの空隙率、開口率の変化が流体挙動に影響を与える。これにより、漂流物と流体の相互作用を考慮した解析が可能になった。

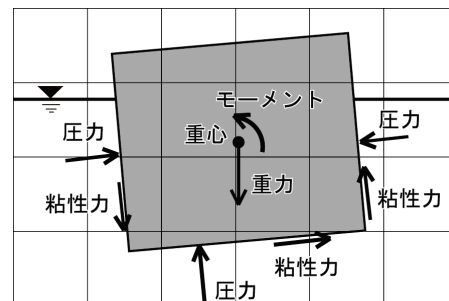


図1 漂流物が受ける力

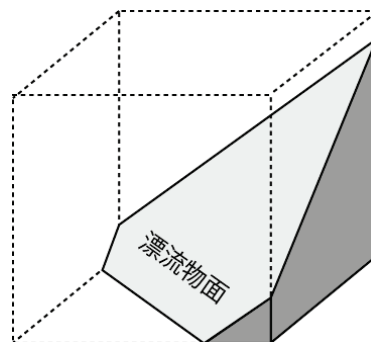


図2 計算セル内の漂流物セグメント

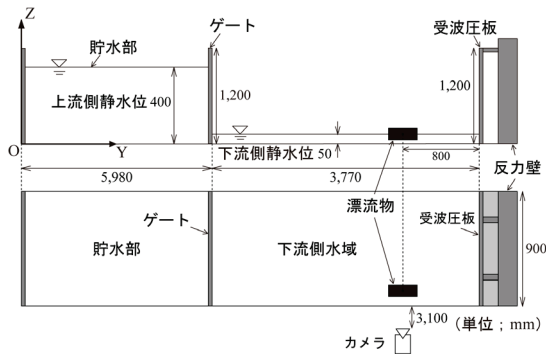


図 3 実験概要 (陸上部なし)

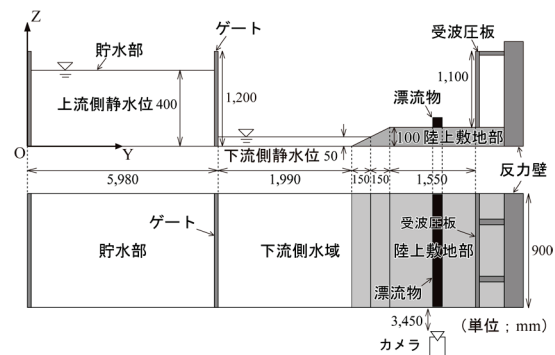


図 6 実験概要 (陸上部あり)

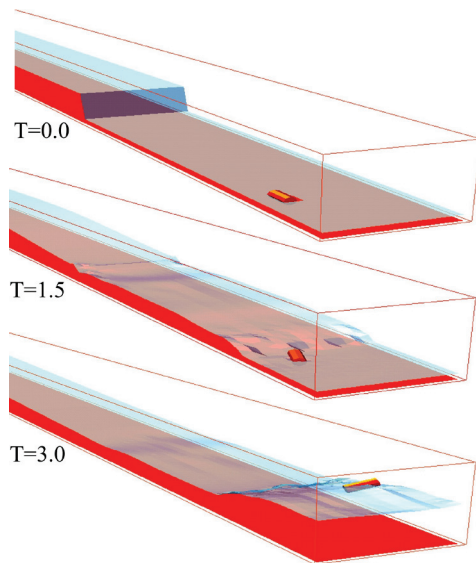


図 4 解析例 (陸上部なし)

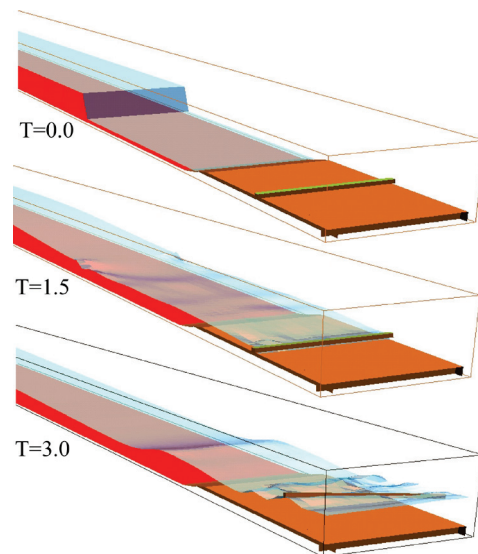


図 7 解析例 (陸上部あり)

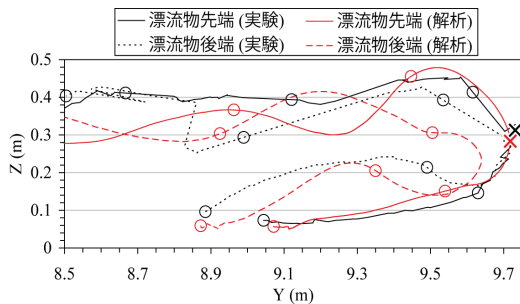


図 5 実験との比較 (陸上部なし)

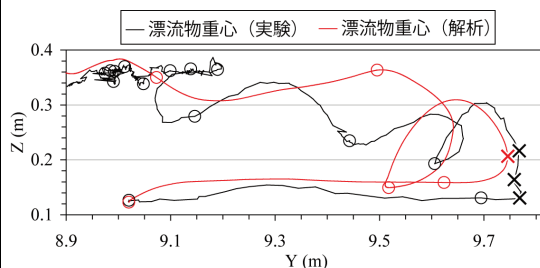


図 8 実験との比較 (陸上部あり)

②開発した手法の検証

開発した手法を既往の津波漂流物実験と比較した。図 3、図 6 に実験模型の概要を示す。この実験では、ゲートを開くと同時に津波が発生し、水上に浮かべた状態の漂流物（陸上部なしの場合）または陸上に設置された漂流物とともに、鉛直壁（受波圧板）に衝突する。

図 4、図 7 に開発した手法による解析結果の一例、図 5、図 8 に実験で計測された模型挙動との比較結果を示す。比較に用いた実験ケースでは、漂流物模型は、喫水深が漂流物

高さの半分程度となるような木材が使用され、実験装置の正面ガラスより手前に高解像度ビデオカメラを設置し、漂流物の動きが撮影された。これらの図より、開発した手法は津波漂流物の挙動を精度よく予測できることがわかる。

今後は、これを発展させ、本研究の目的である、より広い領域を対象とした、津波漂流物挙動の時系列的評価や、係留船舶の挙動解析などに適用していく予定である。

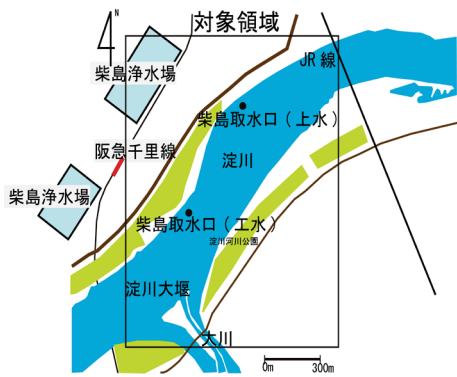


図 9 対象解析領域

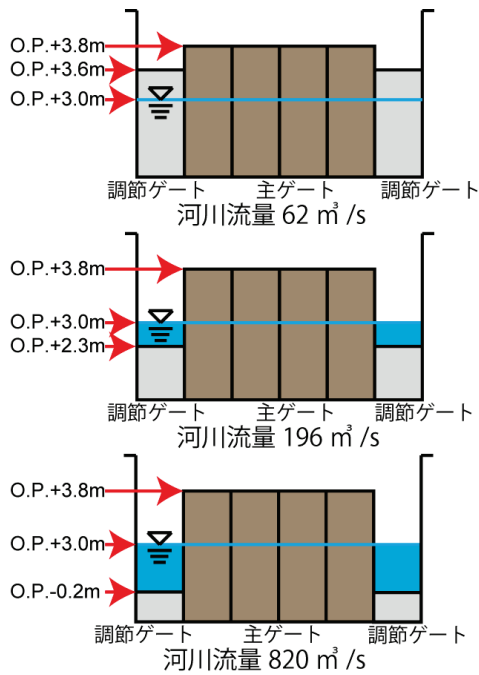


図 10 河川流量とゲート位置

(2) 河川遡上津波に伴う塩水被害の研究

平面二次元解析によりあらかじめ求められた津波挙動解析結果を用いて、塩水の二・三次元挙動を予測できる解析モデルを開発し、淀川大堰直上流部に適用した(図9)。

淀川大堰は河川流量により、ゲートの開度が異なり(図10)、これを考慮して解析を行った。塩水拡散挙動解析結果の一例を図11に示す。同図からわかるように塩水挙動は河川流量により大きく左右され、流量ごとの分析が必要であると言える。

図12に淀川大堰直上流の柴島取水口(工水)前面における、塩素イオン濃度の時間変化の平面二次元及び三次元の解析結果を示す。同図には別途実施された簡易的な手法(ボックスモデル)の結果も合わせて表示している。同図から、河川流量が少ない場合には、塩素イオン濃度の最大値は小さいものの、水質基準を超える時間は長くなること。その

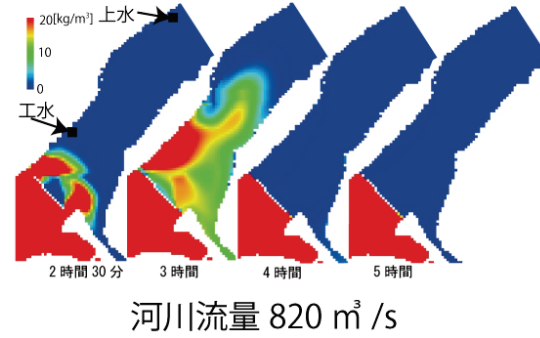
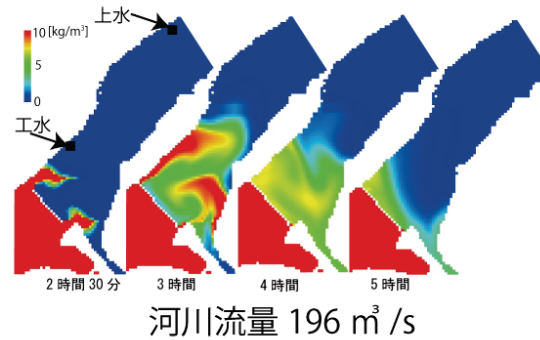
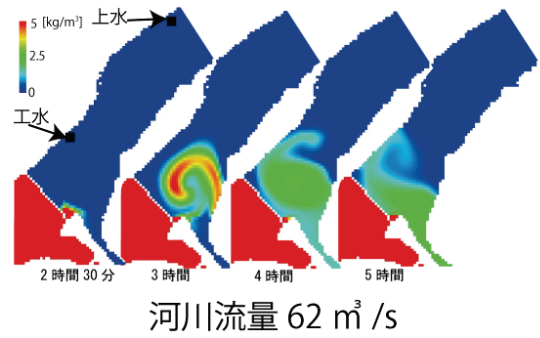


図 11 塩分拡散解析例

一方で、河川流量が多い場合には、最大値が大きい、水質基準を超える時間が短くなるがわかる。これらのことは本解析結果が定性的に妥当であることを示している。

なお、本研究では、平面二次元解析による流動場を用いて、塩分挙動解析を行ったが、より現実に即した解析を行うためには、塩分の拡散挙動に伴って、流動場も変化させる密度流解析が必要であるため、今後、実施する予定である。

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5件)

- ① 米山 望, 永島弘士, 戸田圭一, FAVOR法を用いた陸上遡上津波に伴う漂流物挙動の数値解析, 水工学論文集, 52巻, 1399-1404, 2008, 全文査読.
- ② 牛島 省, 吉川教正, 米山 望, 禰津家久, 自由水面流中の3次元複雑形状物体に作用する流体力の数値解析, 水工学論

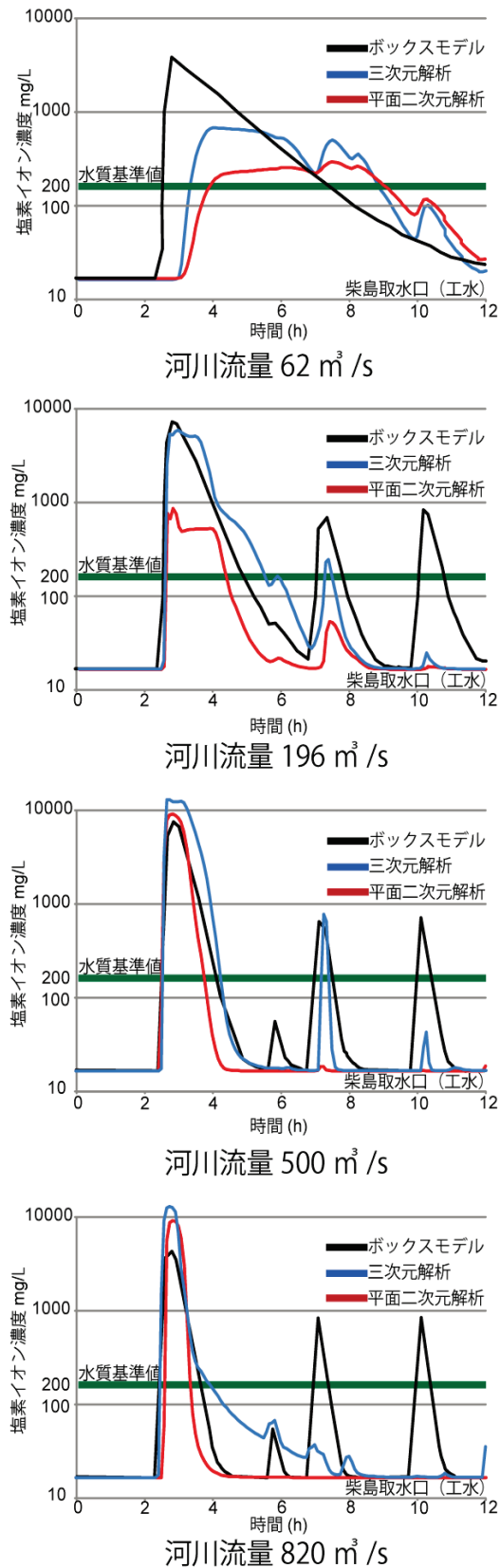


図 12 取水影響評価結果
(柴島浄水場 工水)

- 文集, 52 卷, 955-960, 2008, 全文査読.
- ③ 米山 望, 永島弘士, 戸田圭一, 津波来襲時の漂流物挙動解析手法の開発, 海岸工学論文集, 55 卷, 886-890, 2008, 全文査読.
 - ④ 牛島 省, 福谷 彰, 牧野 統師, 3 次元自由水面流中の接触を伴う任意形状物体運動に対する数値解法, 土木学会論文集, B, Vol. 64, No. 2, 128-138, 2008, 全文査読.
 - ⑤ H. Nagashima, N. Yoneyama, and K. Toda, Numerical analysis of the drift behavior in tsunami run-up using the favor method, Advances in Hydro-Science and Engineering, Vol. VIII, 2452-2460, 2008, 全文査読.
- [学会発表] (計 4 件)
- ① 米山 望, 永島弘士, 戸田圭一, 津波襲上に伴う漂流物挙動の数値解析, 第 21 回数値流体力学シンポジウム, 2007.12.19, 秋葉原コンベンションホール.
 - ② 黒田 望, 牛島 省, 多相場の解法を用いる自由水面流れと弾性体の連成解析, 第 21 回数値流体力学シンポジウム, 2007.12.19, 秋葉原コンベンションホール.
 - ③ 永島弘士, 米山 望, 戸田圭一, 津波災害時の漂流物挙動に関する研究, 第 26 回日本自然災害学会学術講演会, 2007.9.25, 北海道大学.
 - ④ 松宮弘信・米山 望・田中 尚他, 巨大津波発生時の淀川大堰上流部における塩水挙動解析, 日本流体力学年会 2008, 2008.9.6, 神戸大学六甲台キャンパス.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

米山 望 (YONEYAMA NOZOMU)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 90371492

(2) 研究分担者

戸田 圭一 (TODA KEIICHI)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 70273521
牛島 省 (USHIJIMA SATORU)
京都大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 70324655

(3) 連携研究者

森 信人 (MORI NOBUHITO)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 90371476
安田 誠宏 (YASUDA TOMOHIRO)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号: 60378916