

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008～2009

課題番号：20860056

研究課題名（和文）高潮推算精度の向上化と避難行動に基づく避難シミュレーター構築に関する研究

研究課題名（英文）A development of integrated numerical simulator for storm surges and evacuations based on human behavior

研究代表者

金 洙 列 (Kim Soo Youl)

鳥取大学・工学研究科・助教

研究者番号：60508696

研究成果の概要（和文）：本研究は、先の研究において開発してきた「波と風の相互作用を考慮した潮汐・高潮・波浪結合モデル」に対して、波と流れの相互作用を考慮した修正結合モデルを開発することにより、もっと物理的かつ実現象に基づいた高潮推算精度の向上化を目指すと共に、この修正モデルによる海岸における高潮の評価に基づいて、高潮浸水を対象とする住民避難の所要時間の算出や避難経路上の脆弱性の把握などを目的に、地域防災対策の基礎になる高潮浸水の精度向上および避難シミュレーターの開発を目指すものである。

研究成果の概要（英文）：In the study, a coupled model of surge, wave and tide, which has been developed, is modified to include wave-current interactions in the surface and bottom layers. It allows to calculate the more accurate storm surge related to the complex physical phenomenon in the coast. Inundation simulations are carried out for evacuations with regard to human behavior by the improved coupled model. These results provide the time and direction required for the evacuation in the local areas.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 1,330,000 | 399,000 | 1,729,000 |
| 2009年度 | 1,190,000 | 357,000 | 1,547,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 2,520,000 | 756,000 | 3,276,000 |

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：(1) 高潮推算 (2) coupled model (3) 波・高潮・潮汐 (4) 避難行動  
(5) 気象モデル (6) 吹送流・海浜流

## 1. 研究開始当初の背景

従来から高潮推算モデルは広く普及し、実用化され、様々な場所において災害対策や災害解析に活用されている。近年では、多くの研究者の努力によって改良が加えられ、従来の方法に比して、精度と汎用性が格段に高い高潮推算法が提示され始めている。しかし、いずれのモデルも大潮汐変動が高潮に及ぼす影響を考慮しているものはない。そこで、申請者は以下に示すように、大潮汐変動が高潮に及ぼす影響を考慮できる高潮・波浪・潮汐結合モデル (coupled-nest-parallelized SURge WAve Tide (SuWAT) model) を開発・検討してきた。

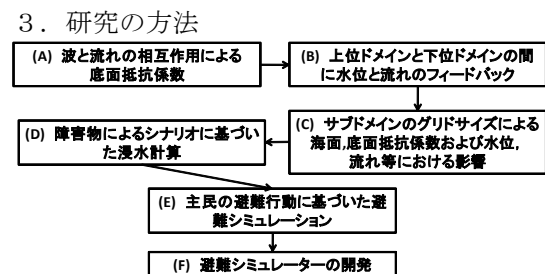
本モデルによる高潮推算の精度の向上化、並びに高潮発生に関する物理的な現象をより明確に解明するためには、本モデルに対して底面に発生する波と流れの相互作用による底面抵抗係数を考慮する必要がある。また、結合モデルの計算スキームとして、先のモデルでは上位ドメインから下位ドメインに対して一方向的にネスティングされているが、この計算スキームについても上位ドメインと下位ドメインの間に水位と流れのフィードバックを考慮する必要がある。さらには、先のモデルでは海洋から沿岸領域まで 4~5 個のサブドメインから構成されており、計算時間の長さの問題点がある。本研究で対象としているような避難シミュレーションとの統合化を行う場合、リアルタイム計算や防災対策上の浸水計算を行うためには計算時間を短縮する必要もある。

## 2. 研究の目的

本研究は、このような問題を克服するために、まずサブドメインのグリドサイズによる海面抵抗係数、底面抵抗係数および水位、流れ等における影響を調べると共に、高潮推算の精度の向上化を目指し、ついで、避難シミュレーションの外力とする高潮の評価を行うために防波堤等の障害物によるシナリオを作成し、潮汐・高潮・波浪結合モデルを用いて浸水計算を目指したものである。

一方に、これまでの地域防災は、行政サイドからトップダウン的な基盤整備といったハード的な政策がとられてきた。しかし、人口減少で高齢化が進む過疎地域では、財政縮小も伴ってトップダウン的なハード防災政策が期待できないであろう。そのため過疎地域での防災の方向性は住民がハザードマップに代表されるような地域の危険レベルを把握し、災害発生時に自主的に避難できる自助管理体制を、行政と住民の合意形成の上に創りあげていく必要がある。そこで、本研究のもう 1 つの目的は、沿岸陸域における高潮による浸水災害を対象に、各地区の避難時間の算出、避難経路上の問題点 (地域防災上の脆弱性) の把握等を目的に、避難シミュレーションの開発を行うものである。

3. 研究の方法



(1) 上の図の (A) から (B) のように波と流れの相互作用による底面抵抗係数の推定と、上位ドメインとネスティングされる下位ドメインの開境界で流れと水位をフィードバックして与える修正モデルの研究を行う。

(2) 経験式である台風モデルと物理式である気象モデルを用いて高潮計算に及ぼすそれぞれの気象場の影響を比較検討する。

(3) 修正した SuWAT モデルを陸上領域まで拡張して陸上地形の上で高潮と高波による浸水計算を目的として、防波堤や障害物等に関するシナリオのもとで計算を行う。

(4) 避難行動を左右する人間の意思決定、外部環境や周囲の人間とのやりとりを扱うことが可能なマルチエージェントシステムを用いて、地域で指定された避難場所へ避難するケースを対象に避難シミュレーションを開発する。

(5) 上記の各研究の集合体として統合モデル化することにより、専門知識を持っていない人々、例えば、自治会や町内会において高潮浸水を対象とするバーチャル避難訓練が可能な避難シミュレーターの構築を目指す。

#### 4. 研究成果

(1) 日本海に面している境港での高潮の特徴は、これまで観測されてきた水位変動記録から台風最接近時から約 15 時間後に潮位が最大値を表すことである。本研究では、このような異常な高潮発生の特性に関して、物理的に発生メカニズムを理解するために結合モデルを用いて数値実験を行った。高潮推算に最も重要なことは、正確な風と気圧に関する気象場を推算することである。この気象場を推算する手法として、従来よく使われるのは観測値に基づいた経験モデルである。一方、日本海に接している沿岸領域の場合、経験式による高潮推算の数値解は収敛しにくいことが予備計算よりわかった。この経験モデルの結果に対して、気象場を数値的に解く気象モデルを用いた場合、異常高潮の再現性が向上することがわかった。その理由として、台風通過後に発生する複雑な風向により、日本海沖合より上昇した水位が沿岸領域に伝わって来るメカニズムが明らかになった。

(2) 瀬戸内海に発生する高潮の場合も台風の気象場が地形の影響を受け、経験

モデルより気象モデルを用いた結果が高潮再現性を向上することがわかった。

(3) 気象モデルは、本研究における対象とした規模が大きい台風の場合、再現性に限界があることが明らかになったことから、巨大台風に伴う高潮再現が可能な経験モデルの開発も併せて進めた。

(4) 気象モデルを 4 次元データ同化し計算領域を 3 段階でネスティングを行って求めた気象場を用いて、境港における台風通過後の異常高潮の解析結果より、台風通過後約 15 時間後に発生する水位上昇に及ぼす影響として、風や気圧の気象場より Coriolis 力が最も大きいことが分かった。すなわち、日本海沿岸では Coriolis 力が高潮推算に及ぼす影響として重要であることが分かった。

(5) 土佐湾について台風などの強風時の強混合を対象に、波浪情報からラディエーション応力、海面粗度および TKE フラックスを与えた場合の鉛直混合の評価を行い、水位上昇、流速分布および鉛直拡散におよぼす影響について検討を行った。ラディエーション応力に関する改善モデルは高潮偏差の推算精度を大きく向上させた。鉛直乱流混合モデルは流速を大きく変化させることを免れずとも、TKE フラックスを砕波エネルギー散逸率から与えることにより沿岸流速を弱めに評価できることを明らかにした。

(6) 砕波帯沖合における沿岸流の発生には、沿岸域の風の影響が大きく寄与しており、風と波浪の両方を考慮したモデルによって流れ場の再現性が図れることから、本研究では開発した非定常な風と波による海浜流予測モデルの妥当性を観測結果と追算結果の比較・検討を通して確かめることができた。

(7) 浸水計算を行い、避難計算の基礎資料として提案することができた。

## 5. 主な発表論文等

本研究の成果は、以下の通り、雑誌論文 14 編、学会発表 3 編である。

〔雑誌論文〕(計 14 件)

- ① Kim, S.Y., Matsumi, Y., Yasuda, T., Mase, H., (2010) Analysis of anomalous storm surge around west coast of the Sea of Japan, Storm Surges Congress 2010, Hamburg, Germany (印刷中).
- ② 金 洙列, 松見吉晴, 安田誠宏, 間瀬 肇 (2010) 日本海沿岸における台風通過後の異常高潮の発生メカニズムに関する一考察 (印刷中).
- ③ 作中淳一郎, 間瀬 肇, 安田誠宏, 森 信人, 金 洙列, 馬場康之 (2010) 非定常な風と波によって生じる吹送流・海浜流の予測モデル (印刷中).
- ④ Kim, S.Y., Yasuda, T., Mase, H., (2010) Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita, *Coastal Engineering*, Vol. 57, 631-642.
- ⑤ 金 洙列, 松見吉晴, 安田誠宏, 間瀬 肇, 河合直樹 (2009) 日本海沿岸における台風通過後の異常高潮特性の解析, 海岸工学論文集, 第 56 巻, pp. 376-380.
- ⑥ Kim, S.Y., Matsumi, Y., Yasuda, T., Mase, H., (2009) Storm Surge Hindcast around West Coast of Japan Sea using a Coupled Model of Surge, Wave and Tide, *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. on Asian and Pacific coasts*, Singapore, pp.125-131.
- ⑦ Mori, N., Takada, R., Mase, H., Yasuda, T., Kim, S.Y., (2009) Effects of Wave Stress and Vertical Mixing on Storm Surge Simulation, *Coastal Dynamics 2009*, Tokyo, Japan, CD-ROM, No.20.
- ⑧ Kim, S.Y., Yasuda, T., Mase, H., Matsumi, Y., (2009) Storm Surge Hindcast in Tosa Bay of Japan using a Coupled Model of Surge, Wave and Tide, *Coastal Dynamics 2009*, Tokyo, Japan, CD-ROM, No.19.
- ⑨ Yasuda, T., Mase, H., Takada, R., Kim, S.Y., Mori, N., Oku, Y., (2009) Evaluation of Typhoons due to Global Warming and Storm Surge Simulations by Using the General Circulation Model outputs, *Proceedings of the 33rd Congress of IAHR*, Vancouver, British Columbia, Canada, pp.387-392.
- ⑩ Yasuda, T., Yamaguchi, T., Kim, S.Y., Shimada, H., Mase, H., (2009) Numerical Study of Storm surges in the Seto Inland Sea By Multi Physics Model, *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. on Asian and Pacific coasts*, Singapore, pp.170-176.
- ⑪ 森 信人, 高田理絵, 安田誠宏, 間瀬 肇,

金 洙列 (2009) 強風時の表層鉛直混合が高潮および物理環境へ及ぼす影響, 海岸工学論文集, 第 56 巻, pp. 241-245.

- ⑫ 安田誠宏, 山口達也, 金 洙列, 森 信人, 間瀬 肇 (2009) 気象モデルにおける 4 次元データ同化およびネスティングが高潮推算精度に及ぼす影響に関する研究, 海岸工学論文集, 第 56 巻, pp. 381-385.
- ⑬ 金 洙列・安田誠宏・間瀬 肇 (2008) : 潮汐・高潮・波浪結合モデルによる土佐湾異常高潮の追算, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 321-325.
- ⑭ 安田誠宏・山口達也・金 洙列・島田広昭・石垣泰輔・間瀬 肇 (2008) : 潮汐・高潮・波浪結合モデルとメソ気象モデル WRF を用いた瀬戸内海における高潮再現計算に関する研究, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 331-335.

〔学会発表〕(計 3 件)

- ① Kim, S.Y., Yoon, S.E., Matsumi, Y., (2009) A nested modeling of Typhoon Ewiniar Storm Surges using a Coupled model of surge, wave and tide, *Proc. Conference on Korea Society of Coastal and Ocean Engineering*, Changwon, Korea.
- ② Kim, S.Y., Yoon, S.E., Matsumi, Y., (2009) Numerical study of Storm Surge due to Typhoons influenced by Climate Change, *Proc. Conference on Korea Society of Hazard Mitigation*, Seoul, Korea.
- ③ Kim, S.Y., Yasuda, T., Mase, H., Matsumi, Y., (2009) Coupling effect of surge and wave on storm surge height -case study in Tosa Bay, Japan -, *Eleventh Int. Conf. on Estuarine and Coastal Modeling*, Seattle, USA.