

気液混相流同時解法スキームを用いた数値風洞水槽の開発

— 完全保存型アルゴリズムの構築 —

水谷 夏樹*・佐藤 裕司**・鈴木 武***

要 旨

本研究は、数値風洞水槽の開発を目指し、気液混相流体場の解析を行うことが可能な数値スキームを開発することにある。港湾構造物の合理的設計に資するために、外力である波浪を高精度に推定する必要があるが、日本の全ての港湾において波浪を長期観測することは現実的ではなく、そのような場所においては波浪推算モデルを用いなければならない。このことから実際に港湾が存在する沿岸域のような浅海域において外力波浪を精度良く推算するためには、WAMなど現在の波浪推算モデルをさらに高分解能・高精度化する必要がある。しかしWAMを代表とする第3世代の波浪推算モデルは、異なる成分波間における非線形相互作用の計算方法のみが突出して進歩しているものの、風から波へのエネルギーの入力及び、砕波による波のエネルギーの散逸過程については第1世代より何ら改善されていない。沿岸域のような浅海域においては強風による白波砕波はもちろんだが、水深の浅水化による砕波もスペクトル空間上で取り扱わなければならない。実際にWAMの浅海版であるSWANが開発され実用化されつつあるが、複雑な地形を考慮した波浪変形を精度良く推算する段階には至っていないのが現状である。今後、益々実務に伴う要請が細分化し、局地波浪予測の必要性が増すにつれて、現状のモデルでは不十分な点が多く、ここで再度現象を捉え直すことで風からのエネルギー入力及び砕波によるエネルギー散逸過程を合理的にモデル化する必要がある。

そこで本研究では、風による波の発達過程及び砕波によるエネルギー散逸過程を詳細に検討するため、風（気相）と波（液相）を同時に解法する数値スキームの開発を行った。その第一段階として計算アルゴリズムの検証と基礎的な自由水面の変動問題、特にダムブレイク問題や気泡の上昇問題について検討を行った。本研究ではC-CUP法をベースとしたが、表面張力モデルの導入と数値拡散によって気相と液相の密度が混和する問題を回避する完全保存型のアルゴリズムを導入した。

その結果、オリジナルのC-CUP法では、中間的な密度層が生成されてしまうことによる非物理的な現象の回避に成功し、最終的な目的である数値風洞水槽の開発へつながる結果を得た。ここでは、その第一報として本スキームの概要を説明し、各計算例を示すとともにスキームの検証結果を示す。

キーワード：気液混相流，完全保存，風波，数値風洞水槽

* 沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室研究官

** 沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室研究員

*** 沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：0468-44-5071 Fax：0468-44-5074 e-mail:mizutani-n92y2@ysk.nilim.go.jp

**Development of Numerical Wind Wave Tank using Scheme
to Solve Gas and Liquid Mixing Flow Field
- Construction of Completely Conservation Algorithm -**

Natsuki MIZUTANI*
Yuji SATOH**
Takeshi SUZUKI***

Synopsis

It is very important to forecast the wind-induced waves in shallow water area, which has complex geographical features like the place in the bay or around the peninsula. Various phenomena such as the white caps and the depth-induced wave breaking are generated in that area. We still can't understand fully and can't treat all of them theoretically and numerically. We have to make some estimation models of the white caps or the depth-induced wave breaking for more accurate wave forecasting. We should not only use physical wind wave tanks, but also develop numerical tanks to understand the dynamics at the air-sea interface.

In this work, we develop a numerical scheme to solve gas and liquid mixing flow-field such as that between wind and wind waves. It is based on C-CUP method, in which the liquid phase and the gas phase are treated as compressible fluids, and the surface tension is properly included. We applied this scheme to the dam break problem and the bubble rising phenomena to verify its accuracy.

As the result, it was found that the conventional C-CUP method has such a problem that numerical diffusion is generated at the air-water interface. We adapted a completely conservation algorithm to solve its problem.

Next, we explain outlines of our numerical scheme and show some results. Finally, we evaluate the validity of those results, and summarize the conclusions and the left problems.

Key Words: gas and liquid mixing flow, completely conservation algorithm, wind waves, numerical wind wave tank

* Researcher of Coastal Zone Systems Division, Coastal and Marine Department
** Researcher of Coastal Zone Systems Division, Coastal and Marine Department
*** Head of Coastal Zone System Division, Coastal and Marine Department
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-468-445071 Fax : +81-468-445074 e-mail:mizutani-n92y2@ysk.nilim.go.jp