

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

粒子法を用いた振動水柱型波力発電装置の波浪中性  
能解析法の開発に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-06-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 笹原, 裕太郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1447">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1447</a>

博士学位論文内容要旨  
Abstract

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	笹原 裕太郎
論文題目 Title	粒子法を用いた振動水柱型波力発電装置の波浪中性能解析法の開発に関する研究		

振動水柱（Oscillating water column: 以下 OWC）型波力発電装置は空気室および空気タービンから構成される波力発電装置の一形式である。OWC 波力発電装置は、没水部に駆動部が無く、構造が比較的簡素であるため、安全性および保守性に優れている波力発電装置であると世界的に認識されており各地で研究開発が進められている。近年では OWC 型波力発電装置の研究開発に対して数値シミュレーションを適用させることにより、多様な設計パラメータでの性能評価や実験にかかるコスト削減が行われている。

そこで本研究では、数値シミュレーション手法として粒子法的一种である MPS（Moving Particle Semi-implicit）法に着目した。MPS 法を OWC 型波力発電装置の波浪中性能解析へ適用させる利点としては大きく以下の3点があげられる。

（1）メッシュフリー法であるため、OWC 型波力発電装置を模擬した数値モデルを含む計算領域の作成において計算コストが小さくすむ。（2）MPS 法では簡素なアルゴリズムで大密度差の気液二相流を扱うことができ、格子法で見られる気液中間相を用いた特別な計算スキームや格子生成の工夫をせずに気液界面を精度良く表現できる。（3）MPS 法は碎波を伴う大波高波浪や衝撃力のような強非線形現象に対しても破綻なく計算できる。この利点は、装置形状のコンセプト設計において装置近傍の流体現象の事前予測が困難な場合であっても、良好な精度で流体挙動予測を行えることを示しており、設計の上流工程での高効率形状設計に貢献できる。

以上のことから、本研究では MPS 法を用いて OWC 型波力発電装置の基本性能から荒天化耐波性能までシミュレーション可能な広汎な波浪中性能解析手法を開発し、数値シミュレーション結果と各種実験結果との間で比較検討し、本手法の妥当性を明らかにすることを目的とする。本論文では大きく下記の3項目についての研究成果がまとめられている。

（1）気液二相流 MPS 法による解析コードの開発

本研究で使用する MPS 法プログラムコードでは半陰的なアルゴリズムを採用し、OWC 型波力発電装置の性能解析に適する改良が加えられている。本研究では、従来の気液二相流 MPS 法で用いられている気液界面の液相粒子への圧力のディリクレ境界条件の付与による気液相圧力計算分割を行わず、外気圧モデルとよばれる気液界面液相粒子近傍の空気粒子の影響を考慮したモデルを用いて気液二相流を表現する。同時に、著者のこれまでの研究で有効性が明らかになっている単層流 MPS 法での計算精度向上手法の気液二相流 MPS 法への拡張を行う。また、従来の気液二相流 MPS 法は空気室内上部で空気室内自由表面の低下に伴い、非物理的な自由表面が生じていたが、本研究では空気粒子に対してディリクレ境界条件および圧力計算の修正を行うことで当該問題を解決している。さらに、空気室外部への空気粒子配置に伴う計算コスト増加を抑えるために、OWC 型波力発電装置の水槽実験に一般的に用いられる空気タービン負荷を模擬したオリフィスをモデル化した流入流出境界を開発し、適用している。本オリフィスモデルは任意の圧力損失係数を制御パラメータとしており、空気室出口形状によって空気ダクトや空気タービンといったより実運用上に近い状態を再現することが可能である。

## (2) 解析コードの計算精度の検証

本研究で開発した気液二相流 MPS 法を用いて二次元ベンチュリ管の数値実験を行っている。ベンチュリ管を模擬した二次元数値モデルに対して片側の自由表面上に空気粒子を配置し上端にオリフィスモデルを設置した。計算結果より、片側の自由表面の付加圧力増加にともなう管内左右の水位差について過渡応答ならびに定常応答において解析解と良好な一致を示し、本手法は気液界面における気液相間の圧力を介した相互作用を適切に再現できていることが示されると同時に、オリフィスモデルの圧力制御による粒子流入処理も適切に行われていることが示された。また、従来手法では計算過程において空気粒子の非物理的な自由表面への混入による計算の発散が確認されており、そのような観点からも本手法による計算精度向上が示された。

## (3) OWC 型波力発電装置の波浪中性能解析への適用

本手法の適用性を明らかにするために、基本的な形状である直方形側面解放式の固定式 OWC 型波力発電装置の実験結果の再現を目的として、数値水槽の構築および数値シミュレーションを実施した。数値計算結果および実験結果について空気室内の水位変動、圧力変動、空気室内自由表面が空気室内空気に対してなした仕事と入射波の仕事との比である一次変換効率の比較を行った。各物理量に対して、計算結果と実験結果は良好な一致を示し、実験では計測困難な空気室開口部付近での渦放出に起因する渦度の上昇についても定性的な結果を示すことができた。なお、オリフィス部での圧力境界条件は実験と計算との間で等価としているものの、計算グリッドのノズル径は実験と異なるため、ノズル近傍での渦の様相の異なりが空気室内圧力の誤差要因になる可能性がある。ただし、本手法ではオリフィスモデルの圧力境界条件は任意の圧力損失モデルを設定することが可能であるため渦励起に伴う圧力損失モデルの検討により当該問題は解決できると考えられる。また、本手法の最大の利点は再現する現象の線形性、非線形性を問わずに合理性をもって統合的に解析できる点であり、本研究で開発した OWC 型波力発電装置の波浪中性能予測手法は再現現象に対する解析精度を十分に保証していると考えられる。

以上より、本研究で開発した気液二相流 MPS 法は、各種検証を実施した結果、固定式 OWC 型波力発電装置の OWC 型波力発電装置の波浪中性能推定を十分な精度で解析可能であることが示された。本研究成果は、今後の OWC 型波力発電装置の研究開発の促進のみならず、我が国における海洋空間利用および海洋開発事業の発展に大きくするものであると考えられる。