



Title	粒子法とその船舶耐航性分野における強非線形流体現象への適用
Author(s)	末吉, 誠
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44959">https://hdl.handle.net/11094/44959</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	末吉	誠
博士の専攻分野の名称	博士(工学)	
学位記番号	第 18773 号	
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科船舶海洋工学専攻	
学位論文名	粒子法とその船舶耐航性分野における強非線形流体現象への適用	
論文審査委員	(主査) 教授 内藤 林	
	(副査) 教授 加藤 直三 九州大学応用力学研究所教授 柏木 正 教授 長谷川和彦	

## 論文内容の要旨

本論文は流体の数値計算法の一種である粒子法により、船舶海洋工学において従来解析が困難であった強非線形自由表面問題を数値的に取り扱うことを目的としてなされた研究をまとめている。

第一章では現状で存在する強非線形自由表面現象の数値計算手法について概説している。

第二章では粒子法の一種である MPS 法について概説を行ない、以下の事項について記述している。

1. 粒子法による数値計算において実用上の問題となる粒子間距離計算について高速な計算を実現する手法のアルゴリズム上の問題を論じた上で、実際の計算結果も示し、その高速化効果を実証している。
2. 粒子法による非圧縮性流体の数値計算で問題となっていた数値的圧力振動に対し、解決策となる新しい圧力の計算方法を示し、構造物へ加わる衝撃圧力の推定手法を提案している。
3. MPS 法の分散記憶型並列計算機への適合性を、計算過程、データ構造の面から論じ、実際の並列化プログラムが PC クラスタ上で発揮する性能とそれに関する分析を示している。

第三章では粒子法による計算結果を中心に以下の事項について記述している。

1. 液体自由表面の極端な大変形を伴う問題について、粒子法による計算結果と物理実験結果の比較を示し、その妥当性を実証した。水柱崩壊問題と流体が構造物に及ぼす衝撃荷重についてそれぞれ比較検証結果が示されている。
2. 粒子法を用いた数値計算が、水面に現れる進行波の計算において流体運動の特性をよく再現可能などを、実際の孤立波や浅水波の計算例によって示している。
3. 格子を使用した計算手法では困難とされていた、船舶の転覆や沈没などの極端な大変位を扱う問題、碎波が発生し水粒子が飛び散る問題、損傷を受けた船舶に次々に浸水する問題などの、計算領域の大変形を伴う状態下での流体力学的な諸量を求めるための粒子法による簡潔な計算手法を示すとともに、実際の計算例を示している。
4. 第二章で提案した圧力の計算手法による具体的な計算を行い、この手法を用いることで圧力値の数値振動を大幅に低減可能などを確認している。
5. 従来、計算量の問題から実施例がなかった粒子法による十数万から百数十万自由度超の大規模 3 次元計算について実際の計算例を示している。実施している現象は平板上での 3 次元水柱崩壊、船舶の甲板への海水の打ち込みを想定した構造物と水柱崩壊流の衝突、半載状態の球形タンク内の大振幅スロッシングで、それについて從

来粒子法で計算されたことのない結果が示されている。

第四章では以上の結果をまとめるとともに将来の研究方向の展望を示し、結論としている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、流体の数値計算法の一種である粒子法により、船舶海洋工学において従来解析が困難であった強非線形自由表面問題を数値的に取り扱うことを目的としてなされた研究をまとめたもので、船舶海洋工学分野では国際的に先駆をなす研究であり、以下の成果をあげている。

1. 現在使われている強非線形自由表面現象の数値計算手法について概説するとともに、粒子法の一種で、本論文で研究対象とした MPS 法について概説を行い、その手法を発展させるに必要な事を示している。
2. 粒子法による数値計算において、粒子間距離の計算に長時間を要する事が実用上は問題になるが、この計算に関して高速な計算手法のアルゴリズムを提案して、実際の計算結果も示し、その高速化効果を実証している。
3. 粒子法を使用して、衝撃的な荷重が構造物に働く時の力を計算し、自作された実験装置による実験結果と比較し、力積は極めて良く一致することを示している。力の瞬時値の計算結果は、実験値には無い不自然な数値的振動が有り、解決されなければならない問題となっていたが、解決策となる新しい計算方法を示している。これは、今後、構造物の設計に大きく寄与するものとなる。
4. 粒子法による、計算領域の大変形を伴う状態下での流体力学的な諸量を求める簡潔な計算手法を示している。この手法を使って、格子を使用した計算手法では困難とされていた、孤立波や浅水波の計算、船舶の転覆や沈没などの極端な大変位を扱う問題、碎波が発生し水粒子が飛び散る問題、損傷を受けた船舶に次々に海水が浸入する問題などの計算が可能な事を示している。
5. 粒子法を使って、大規模 3 次元計算を行うためには膨大な計算時間を要するが、この問題を現状下で解決するものとして、分散記憶型並列計算機を設計している。これを粒子法に適したものにするため、計算過程、データ構造等を詳細に検討し、実際の並列化プログラムが PC クラスタ上で発揮する性能とそれに関する分析を示している。その計算機を使い、従来実施例がなかった十数万から百数十万自由度超の実際の計算例を示している。実施している現象は平板上での 3 次元水柱崩壊、船舶の甲板への海水の打ち込みを想定した構造物と水柱崩壊流の衝突、半載状態の球形タンク内の大振幅スロッシングで、今後の大規模 3 次元計算に道を開いたことになっている。
6. 以上の結果をまとめるとともに、この手法が一層発展するために必要な改良点を含め、将来の研究方向の展望を示している。

以上のように、本論文は工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。