

論文要旨

論文題目

新たな勾配計算手法に基づく MPS 法の精度向上及び並列計算手法の開発に関する研究

海岸工学分野において、粒子法は局所的な碎波現象を伴う波の3次元計算や構造物と波との連成問題解析など複雑な波浪場の計算への応用が期待されている。粒子法の持つ利点からその利用機会が増える一方、精度の検討や向上は有限要素法や差分計算法に比較して遅れている。また、実用的な解析を行う際においても他の手法と比較して多くの問題点が指摘されている。例えば、構造物あるいは地形形状の複雑化などによる解像度の不足や、計算領域の広域化による粒子数の増大という問題などである。

本研究では、粒子法の1つである MPS 法に対し、従来の手法では勾配微分量の計算に簡易式が用いられていることの問題点を見出し、簡易式を用いない厳密な方法の提案を行う。さらに、実際的な問題の解析を対象として、MPS 法における分散メモリ型の並列高速計算手法の開発を行い、大規模・大容量計算を現実的なものとすることを目指す。

本論文の第3章では、従来の MPS 法に取り入れられている勾配微分量の計算に内在する根源的な問題が、これまで暗黙の条件として導入されてきた“均等に配置された粒子間の勾配計算法”にあることを見出し、粒子配置に依存しない新たな勾配微分量の計算手法を提案する。この提案手法の精度検証は、線形関数や非線形関数に対する勾配計算の理論値に対する誤差を評価することで行われる。

第4章では、MPS 法の計算に使用されるメモリ量の見積りや計算負荷の測定を行い、それらの結果を基に最適な並列計算手法を提案する。計算負荷の分散方法としては、時間履歴に対し動的な粒子数の分割を行う。さらに通信量の低減方法として、粒子番号のリナンバリングや、通信に最適な通信リストの作成方法を提案する。そして、実用的な解析への適用として、約300万粒子を使用した消波ブロックに対する波浪解析を行い、その有用性を示す。

第5章では、第3章で高精度化された MPS 法の応用として、提案手法が MPS 法に具体的に取り入れられ、2次元および3次元流体運動の解析を通して、精度の検討を行う。2次元流体運動の解析では、静水場や波の場の圧力分布に対する理論値と計算値との比較を通じて精度検証を行う。進行波の問題解析では、伝播に伴う波高減衰が抑制されていることや、流速ベクトルの分布が浅海波および深海波の特徴をよく捉えられるようになったことなどの比較を通じて精度の検証を行う。さらに碎波現象や液面振動の解析に対する検証を行う。3次元流体運動の解析では、従来の手法では解析が困難であった局所的な碎波現象の解析が可能であることなどを示す。

第6章は得られた研究成果を総括すると共に、今後の研究課題について述べる。本論では MPS 法の高精度化という基礎的研究から、実用化に向けた大規模並列計算という応用的研究までの成果について述べられている。以上のように、本研究の成果は、MPS 法の精度向上と並列計算化を通して数値流体計算の発展に大きく寄与するものとなっている。

氏名 入部 綱清



24年 1月31日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員
主査 氏 名 仲座栄三
副査 氏 名 伊良波繁雄
副査 氏 名 屋我 実



学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	氏名 入部綱清	
現住所		
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	学力確認 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	新たな勾配計算手法に基づくMPS法の精度向上及び並列計算手法の開発に関する研究	
審査要旨（2000字以内）		
<p>海岸工学分野においては、様々な数値計算手法が応用されている。中でも粒子法は水粒子の飛び跳ねなど砕波現象を伴う波の場や構造物と波との連成問題解析など、複雑な波浪場の3次元計算への応用が期待されている。しかしながら、粒子法は、有限要素法や差分計算法に比較し、一般に計算精度の面で劣ると言われている。さらに、粒子法は、複雑な構造物あるいは地形形状を対象とした場合、解像度の不足、粒子数の増大による計算容量の巨大化という点で問題があると言われている。</p>		

(次頁へ続く)

審査要旨

本研究は、粒子法の1つであるMPS法に対し、従来の手法で空間勾配微分量の計算に簡易式が用いられていることの問題点を見出し、厳密な微分量計算手法の提案を行っている。さらに、実際的な問題の解析を対象として、MPS法における分散メモリ型の並列高速計算手法の開発を行い、大規模・大容量計算を現実的なものとするのが可能であることを示している。

厳密な空間微分量計算手法に関しては、これまで暗黙の条件として導入されてきた“均等に配置された粒子間の勾配計算法”に、従来のMPS法の空間勾配微分量の根源的な問題があることを見出し、粒子配置に依存しない新たな勾配微分量の計算手法が提案されている。提案手法の精度検証は、まず線形関数や非線形関数に対する勾配計算の理論値に対する誤差を評価することで行われている。

流体運動に本勾配計算手法を適用した際の計算精度については、静水場及び波の場の圧力分布に対して理論値と計算値との比較を通じて行われている。進行波解析例では、伝播に伴う波高減衰が抑制されていることや、流速ベクトルの分布が浅海波および深海波の特徴をよく捉えていることなどの精度の検証が行われている。さらにタンク内の液面振動や砕波現象の3次元解析に対する検証が行われている。その中で、従来の手法では解析が困難であった局所的な砕波現象の解析も可能であることが示されている。

計算手法の大規模化及び高速化については、MPS法の計算に使用されるメモリ量の見積りや計算負荷の測定を行い、それらの結果を基にした最適な並列計算手法が提案されている。計算負荷の分散方法に、時間履歴に対する動的な粒子数の分割手法が取り入れられている。通信量の低減には、粒子番号のリナンバリングや、通信に最適な通信リストの作成を行うことで対処している。本手法の、実際問題へ適用として、約300万粒子数でモデル化した消波ブロックに対する波浪解析が示され、その有用性が明らかにされている。最後に、本論文では研究成果が総括された上で研究課題が言及されている。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。そして、学力確認のための外国語の試験では優秀な成績を収めており、学力試験を合格とする。