The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	重み付最小二乗法に基づくメッシュフリー法による電磁流体現象の数値解析手法に関する研究
Author(s)	松澤, 周平
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61723
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　松澤　周平　）	
論文題名	重み付最小二乗法に基づくメッシュフリー法による電磁流体現象の数値解析手法に関する研究

論文内容の要旨

電磁流体現象は、流体と電磁場が相互作用しながら進行する複雑な現象である。従来、電磁流体現象の数値解析手法には差分法や有限要素法に代表されるメッシュを用いる計算手法が用いられてきた。しかし、大変形を伴う現象の数値解析においてメッシュを用いる場合流体表面の変形を精度よく追跡することが難しく、メッシュに起因する計算の不具合が起こり得る点が課題となっていた。これに対し、流体・電磁場ともにメッシュを用いることなく計算する手法を確立することができれば、前述の問題は解決されると考えられる。本論文では、流体と電磁場の両方を計算する手法として重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法を提案し、電磁流体現象の数値解析を通して提案手法の有効性や精度について検証を行う。

第1章では、研究の背景について述べた。電磁流体現象の数値解析の先行研究を示し、それらにおける問題点を挙げた。提案する重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法を利用すればそれらの問題が解決されることを示し、研究の目的及び方針を明確にした。

第2章では、解析手法について述べた。電磁流体現象を数値解析で取り扱う上での支配方程式について説明し、これらの式を離散化する際に用いる重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法について説明し、本手法において流体・電磁場の連成をどのように行っているかについて述べた。また、本論文における流体解析アルゴリズムについて述べ、大変形を伴う現象を取り扱う上で重要となる流体表面の取り扱い方法について述べた。また、電磁場解析アルゴリズムについても述べ、電磁場解析で必要となる空気計算点を生成する方法について述べた。

第3章では、提案手法による精度検証を行った。流体解析・静電場解析・動磁場解析それぞれについてベンチマーク問題を用い、提案手法の精度について理論解との比較による検証を行った。

第4章では、提案手法による解析結果を示した。まず、流体と電場の連成問題、すなわち電気流体現象の例として一様電場中の液滴振動現象の3次元数値解析を提案手法によって行い、得られた計算結果を示し解析手法の有効性を検証した。また、流体と磁場の連成問題、すなわち磁気流体現象の例として電磁浮遊現象の3次元数値解析を行い、得られた計算結果を示すとともに有限要素法で得られた計算結果との比較検証を行った。

第5章では、各章で得られた成果を要約し、全体のまとめとした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　松澤　周平　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	平田　勝弘
	副 査	教授	荒井　栄司
	副 査	教授	中谷　彰宏
	副 査	教授	南埜　宜俊
	副 査	教授	浅田　稔
	副 査	教授	菅沼　克昭
	副 査	准教授	宮坂　史和

論文審査の結果の要旨

電磁流体現象は流体と電磁場が相互作用しながら進行する複雑な現象であり、様々な工学的応用事例が存在している。従来、電磁流体現象の数値解析には差分法や有限要素法等のメッシュベースの離散化手法が用いられてきた。しかし、大変形を伴う電磁流体現象の数値解析においてメッシュを用いる場合、流体表面の変形を精度よく計算することが困難であることや、複雑形状のメッシュ生成時に計算の破綻が起こる恐れがある点が課題となっていた。これらを受け、本論文では大変形を伴う電磁流体現象の数値解析手法として、重み付最小二乗法に基づくメッシュフリー法を提案している。

第 1 章では、研究背景が述べられている。電磁流体現象に対する数値解析手法の先行研究及びそれらの課題点を示している。また、これらの課題点が提案手法ならば解決され得ることを述べ、研究の目的および研究方針を明示している。

第 2 章では、本論文で提案された数値解析手法について述べている。本論文で用いている離散化手法である重み付最小二乗法の詳細について述べ、提案手法における流体・電磁場の連成方法について示している。また、提案手法における流体解析及び電磁場解析それぞれのアルゴリズムについての詳細を述べている。

第 3 章では、提案手法の精度検証結果について述べている。流体解析、静電場解析、動磁場解析それぞれについて理論解が判明している検証モデルを用いた数値解析が行われ、提案手法の計算精度が十分であることを明らかにしている。

第 4 章では、提案手法による電磁流体現象の数値解析結果について述べている。流体と静電場の連成問題、流体と動磁場の連成問題の 2 例に対する数値解析が行われており、提案手法の有効性を確認している。また、従来手法である有限要素法と提案手法の比較検証が行われ、提案手法の計算時間及び計算精度が有限要素法と比較して優位であることを明らかにしている。

以上のように、本論文で提案された数値解析手法は、大変形を伴う電磁流体現象を解析する上で有効であり、今後様々な電磁流体現象の詳細の解明に貢献することが期待できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。