



Title	メッシュフリー法に基づく大変形する電磁流体现象の数値解析手法の開発
Author(s)	吉川, 岳
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34491
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (吉 川 岳)

論文題名

メッシュフリー法に基づく大変形する電磁流体现象の数値解析手法の開発

論文内容の要旨

大変形する電磁流体现象に対し、従来のメッシュに基づく手法を用いると、メッシュ情報を用意する段階で煩雑な処理が必要となる。また、差分法はメッシュ情報を用意するのは単純であるが、流体の自由界面を扱うとなるとVOF法やLevel Set法との併用が必要となる。しかしこれらの手法は自由界面を精度よく捉えることが難しい。静電応力や表面張力などは自由表面形状に強く依存するため、界面を精度よく捉えられる手法でなければ電磁流体现象を精度よく計算することは不可能である。

一方、メッシュフリー法は計算点のみで物理現象を計算する手法であり、これを用いるとメッシュ生成に起因するさまざまな処理から開放される。また自由表面の表現も正確である。

本研究では流体解析にこのメッシュフリー法を用い、電磁場解析には同じメッシュフリー法もしくは境界要素法を適応し、それぞれの連成解析の有効性や精度について確認する。

第1章では、研究の背景について述べた。自由表面が大変形する電磁流体现象に対し、従来の主だった手法の欠点についてまとめ、メッシュフリー法を使用すればそれらの問題が解決されることを指摘した。

第2章では、メッシュフリー法について述べた。ひとくちにメッシュフリー法といってもさまざまな手法が考案されており、本研究では重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法を用いている。本章にてその他のメッシュフリー法についても簡単に説明し、それぞれの手法の利点と欠点について述べた。また、重み付き最小二乗法を採用した理由についても説明した。

第3章では、重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法を用いて、流体解析を行う手順について説明した。その際、本手法を自由表面を含む問題に適応するにあたり、著者が導入したいいくつかの工夫点についても述べた。最後に、ベンチマーク問題を通して本手法の有効性や精度について報告した。

第4章では、重み付き最小二乗法に基づく流体解析に、同じく重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法にて電場計算を行うことで、電気流体现象を解く手法について述べた。空気計算点をメッシュを用いずどのように生成するかについても述べた。ベンチマーク問題を用いて、本手法の有効性や精度について確認した。

第5章では、重み付き最小二乗法に基づく流体解析に対し、電場計算は境界要素法を用いた連成解析手法について説明した。本手法は第4章で用いた手法に対し、空気計算点を必要としないという利点がある。この手法を用いて、クーロン分裂と呼ばれる帯電液滴の分裂挙動を計算した結果を示した。

第6章にて、全体のまとめとした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (吉 川 岳)			
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			
大変形する電磁流体现象に対し、従来のメッシュに基づく手法を用いると、メッシュ情報を用意する段階で煩雑な処理が必要となる。また、差分法はメッシュ情報を用意するのは単純であるが、流体の自由界面を扱うとなると VOF 法や Level Set 法との併用が必要となる。しかしこれらの手法は自由界面を精度よく捉えることが難しい。静電応力や表面張力などは自由表面形状に強く依存するため、界面を精度よく捉えられる手法でなければ電磁流体现象を精度よく計算することは不可能である。 一方、メッシュフリー法は計算点のみで物理現象を計算する手法であり、これを用いるとメッシュ生成に起因するさまざまな処理から開放される。また自由表面の表現も正確である。 そこで本論文では、大変形する電磁流体现象に対し、大きく 2 つの新しい数値解析手法を提案する。それは流体解析にメッシュフリー法を用い、電磁場解析には同じメッシュフリー法もしくは境界要素法を適応するものである。本論文を通して、それぞれの連成解析の有効性や精度が確認されている。 第 1 章にて研究背景を述べ、第 2 章ではメッシュフリー法について概説し、第 3 章にて、最小二乗法に基づくメッシュフリー法による流体解析手法について述べている。最小二乗法に基づくメッシュフリー法は、従来より流体の静解析には用いられてきたが、これを自由表面が大変形する流体問題に適応しようとすると、種々の問題が生じる。そこで第 3 章では、それらの問題を克服するため、著者が導入したいいくつかの工夫点についても述べられている。最後に、ベンチマーク問題の計算を通して本手法とそれに導入した種々の工夫が精度・有効性の両面において優れていることを確認している。 第 4 章では、重み付き最小二乗法に基づく流体解析に、同じく重み付き最小二乗法に基づくメッシュフリー法にて電場計算を行うことで、電気流体现象を解く手法について述べている。有限要素法だとメッシュ生成に起因するトラブルや煩雑な処理が必要となるのに対し、この手法ではそれらの問題が一切生じないという利点がある。ベンチマーク問題を用いて、この手法の有効性についても確認している。 第 5 章では、重み付き最小二乗法に基づく流体解析に対し、電場計算は境界要素法を用いた連成解析手法について述べられている。本手法は第 4 章で用いた手法に対し、空気計算点を必要としないという利点がある。この手法を用いて、クーロン分裂と呼ばれる帯電液滴の分裂挙動を計算した。この現象は静電スプレーやイオン発生装置などの原理に関係している重要な現象であるが、その現象の複雑さ故、従来は分裂する直前までの現象しか解析されていなかったが、本手法により、分裂後の現象も解析可能となった。それにより、分裂挙動と液滴の導電率との関係性を明らかにしている。 このように、本研究により考案された手法は、従来より困難とされてきた現象にも対応でき、今後、さまざまな現象の理解に役立つものと期待される。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。			