

Title	粒子法-格子法の連成による溶接プロセス解析と力学解析の統合化手法の開発
Author(s)	越智, 申久
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/34425
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (越智 申久)

論文題名

粒子法-格子法の連成による溶接プロセス解析と力学解析の統合化手法の開発

論文内容の要旨

本研究では、粒子法を用いた溶接プロセス解析および溶接力学解析を実用的な解析コストで、統一的行うことができる一連の数値解析手法を開発し、従来までの格子メッシュに基づく計算手法では困難であった、溶接中に生じる不連続場や自由表面、自由境界を伴う問題を柔軟かつ直接的に取り扱うことを可能とした。さらに、粒子法と有限要素法の連成による溶接プロセス-力学の統合化大規模3次元解析手法へと展開し、従来まで格子に基づく解析手法上の困難をメッシュに依存しない場として表現することで、溶接プロセスおよび溶接力学の数値解析の統一的な数値解析を達成した。

第1章では、これまでに溶接において用いられてきた数値解析のうち、溶接中の入熱過程を主な対象とする溶接プロセスの数値解析と、溶接中の力学的挙動を主な対象とする溶接力学の数値解析についてそれぞれ概説を述べた。また、溶接プロセス解析と溶接力学解析の統合化数値解析における課題点について言及し、その解決のための有力な手法として粒子法に着目し、溶接問題への適用時に考えられる課題点について整理することで、本研究の目的を明確にした。

第2章では、大規模計算への運用が期待できるMPS陽解法の溶接プロセス解析における適用性について基本的な検討を行った。併せて、粒子法と格子法の連成解析手法について検討を行い、温度解析における精度検証を行った。また、MPS陽解法と粒子法-格子法の連成による3次元大規模温度解析を行い、溶接中に滴下される熔融金属を伴う移流熱輸送現象を含む熔融池形成過程を考慮した溶接プロセス解析を可能とした。

第3章では、静的な力の釣り合い状態を求めるための陽的な求解手法として動的緩和法に着目し、陽解法に適用できるSOR陽解法を導出し、陽的な離散式における収束計算を加速させる一般的な手法を構築した。また、SOR陽解法の適用を想定した新たな動的緩和法を構築し、従来よりも利便性や安定性に優れた陽的な求解手法を新たに構築した。

第4章では、有限要素法と同様のマトリクス表記式に基づくMPS粒子法による静的構造解析手法を導出し、離散化モデルとして、高精度微分演算モデルを新たに適用した。また、粒子法を用いた非線形構造解析において従来から問題とされてきたzero energyの変形モードを抑制するための新たな安定化手法を構築し、従来までは困難であった溶接のような強い非線形性を有する構造解析を安定かつ精度良く解析できる解析手法を構築した。

第5章では、ビードオンプレートMAG溶接を対象として、粒子法と有限要素法の連成による溶接プロセス-力学の統合化大規模3次元解析について検討を行った。本計算は第2章から第4章までの検討で構築した粒子法を用いた溶接プロセスおよび溶接力学手法に基づき構成されており、このうち、プロセス解析に属する解析結果を同条件の実験結果と比較することで、プロセス解析における妥当性の検証を行った。

第6章では、前章に引き続き、溶接プロセス-力学統合化解析のうち力学解析について検討を行い、力学解析において得られる解析結果を実験結果との比較を通じて、溶接時の移流熱輸送を伴う入熱過程や、熔融・凝固に伴う材料剛性の強い非線形性を有する不連続場、溶接中の自由表面や自由境界などの、従来まで格子に基づく解析手法上の困難をメッシュに依存しない場として表現することで、溶接プロセスおよび溶接力学の数値解析を統一的に解析できる計算手法を構築した。

第7章では本研究の総括を示した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (越智 申久)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教授 望月 正人
	副 査 教授 平田 好則
	副 査 教授 村川 英一
	副 査 教授 田中 学
	副 査 准教授 宮坂 史和

論文審査の結果の要旨

本論文は、粒子法-格子法の連成による溶接プロセス解析と力学解析の統合化手法の開発に関する内容についてのものであり、次の7章で構成されている。以下に各章の概要を示す。

第1章では、これまでに溶接において用いられてきた数値解析についてそれぞれ概説を整理するとともに、溶接プロセス解析と溶接力学解析の統合化数値解析における課題点について言及し、その解決のための有力な手法として粒子法に着目し、溶接問題への適用時に考えられる課題点について整理することで、本研究の目的を明確にしている。

第2章では、大規模計算への運用が期待できる MPS 陽解法の溶接プロセス解析における適用性についての基本的な検討として、MPS 陽解法と粒子法-格子法の連成による3次元大規模温度解析において溶接中に滴下される熔融金属を伴う移流熱輸送現象を含む熔融池形成過程を考慮した溶接プロセス解析を可能としている。

第3章では、静的な力の釣り合い状態を求めるための陽的な求解手法として動的緩和法に着目し、SOR 陽解法を導出することによって陽的な離散式における収束計算を加速させる一般則を導くとともに、SOR 陽解法の適用を想定した新たな動的緩和法を構築し、従来よりも利便性や安定性に優れた陽的な求解手法を新たに構築している。

第4章では、有限要素法と同様のマトリクス表記式に基づく MPS 粒子法による静的構造解析手法を導出し、離散化モデルとして、高精度微分演算モデルを新たに適用するとともに、粒子法を用いた非線形構造解析において従来から問題とされてきた zero energy の変形モードを抑制するための新たな安定化手法を構築し、従来までは困難であった溶接のような強い非線形性を有する構造解析を安定かつ精度良く解析できる解析手法を構築している。

第5章では、ビードオンプレート MAG 溶接を対象として、粒子法と有限要素法の連成による溶接プロセス-力学の統合化大規模3次元解析について、プロセス解析に属する解析結果を同条件の実験結果と比較することで、プロセス解析における妥当性の検証を行っている。

第6章では、前章に引き続き、溶接プロセス-力学統合化解析のうち力学解析について妥当性の検証を行っている。その上で、溶接時の移流熱輸送を伴う入熱過程や、溶融・凝固に伴う材料剛性の強い非線形性を有する不連続場、溶接中の自由表面や自由境界などの、従来まで格子に基づく解析手法上の困難をメッシュに依存しない場として表現することで、溶接プロセスおよび溶接力学の数値解析を統一的に解析できる計算手法を構築したことを示している。

第7章では本研究の総括を示している。

以上のように、本論文は粒子法-格子法の連成による溶接プロセス解析と力学解析の統合化に関して独自の視点で数値計算手法を開発したものであり、学術的に重要な成果を有している。また、本研究で用いている溶接プロセス解析と力学解析の両面からの評価手法は広く生産科学分野への応用展開、並びに、さらなる工学的発展も期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。