

Title	大規模溶接シミュレーション手法の開発および実機への適用
Author(s)	西川, 弘泰
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48563
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="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

氏名	にし 西	かわ 川	ひろ 弘	やす 泰
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学位記番号	第 2 1 4 4 2 号			
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
学位論文名	大規模溶接シミュレーション手法の開発および実機への適用			
論文審査委員	(主査)			
	教授 村川 英一			
	(副査)			
	教授 矢尾 哲也	教授 大沢 直樹	助教授 中長 啓治	
	助教授 望月 正人	助教授 芹澤 久		

論 文 内 容 の 要 旨

溶接過程をすべて非線形過渡現象として、溶接の力学現象を標準的な熱弾塑性プログラムを用いてシミュレーションしようとする、現在の計算機環境でも計算時間が膨大となり実用は困難である。しかも、複雑な構造物の場合には大規模な 3 次元モデルを用いた溶接シミュレーションが必要となり、計算時間はさらに増大する。本論文は、生産技術者の問題解決ツールとしての活用を目的として、複雑な溶接構造物の大規模な 3 次元モデルの力学現象を高速に計算できる溶接シミュレーション手法に関する研究成果と、その実機適用性の検証結果について報告するものである。

第 1 章では、本研究の背景と目的について説明した。さらに、従来の溶接シミュレーションに関する研究および現状について示した後、本論文の構成を説明した。

第 2 章では、溶接シミュレーションの現状を把握するために、市販ソフトの溶接シミュレーションに関する機能調査と、市販ソフトを用いた多層溶接部の 2 次元溶接シミュレーション、およびエンジン部品の 3 次元溶接シミュレーションを実施した結果、市販ソフトでは取り扱えるモデルの規模の制限や計算時間が膨大になってしまうなどの理由により、大規模な 3 次元溶接シミュレーションは実施困難であることを指摘した。さらに、既往の 3 次元溶接シミュレーション高速化研究を調査した結果、実用化には解決すべき課題がまだ残されている段階であり、実用化に適した高速な 3 次元大規模溶接シミュレーションの研究の必要性を指摘した。

第 3 章では、標準的な熱弾塑性有限要素法プログラムの問題点抽出を行なった。その結果を元に、溶接の力学現象の特徴に注目して、高速な溶接シミュレーション手法である反復サブストラクチャー法を開発した。さらに、反復サブストラクチャー法を高速化するために、要素分割パターン、非線形領域の抽出条件、非線形領域と全体領域の収束判定のバランスおよび全体領域の剛性更新が計算速度に及ぼす影響について検討し、計算速度を向上させるためのこれらの因子の決定を行なった。

第 4 章では、本研究にて開発した反復サブストラクチャー法を用いた溶接シミュレーションプログラムの検証を行うために、円板モデルを用いた計算精度の検証を行い、市販ソフトと同等な精度の計算を 16.8 倍高速に実行できることを確認した。さらに、大規模平板モデルおよび大規模パイプモデルを用いた大規模問題における反復サブストラクチャー法の計算効率の検証を行い、市販ソフトでは実行困難な 67 万自由度の大規模な平板モデルの溶接シミュレーションが 4.4 日で、54 万自由度の大規模なパイプ円周溶接の溶接シミュレーションが 3.3 日で実行可能であることを確認した。

第5章では、反復サブストラクチャー法を用いた溶接シミュレーションプログラムの実機への適用例として、摩擦攪拌接合における回転変形およびエンジン部品の溶接変形の計測結果との比較による実機適用性の検証を行なった結果、計測結果と良く一致する計算結果が得られ、反復サブストラクチャー法による溶接シミュレーションが実機の溶接変形問題に適用可能であることが確認できた。さらに、これまでに実施した溶接シミュレーションの解析規模と計算時間をまとめた結果、大規模な実機の溶接シミュレーションにおいて、反復サブストラクチャー法の高速化のメリットが大きいことが確認できた。

第6章では、本論文で得られた研究成果を総括すると共に、今後の課題を示した。

論文審査の結果の要旨

船舶、建築物、橋梁などの建造において溶接は必須の技術であるが、溶接は金属をアークなどの集中的な熱源により局所的に加熱・溶融することにより接合する技術であるため、冷却時の収縮による変形が必然の結果として発生する。このような溶接変形は、製品の形状・寸法誤差の原因となるのみならず強度低下の原因ともなるので、これを予測し適切な手段を講じて許容値以下に抑える必要がある。従来は、経験に基づく予測が主流であったが、計算機が高度に発達した近年では、理論に基づく定量的な予測技術が求められており、そのひとつが熱弾塑性有限要素法を用いたシミュレーションである。しかし、既存の汎用プログラムを用いてシミュレーションしようとする、現在の計算機環境でも計算時間が膨大となり実製品への適用は困難である。そこで本研究では、生産技術者が抱える溶接変形に関する問題の解決手段として熱弾塑性有限要素法を活用することを目的として、従来法と比較して高速な計算が可能な溶接シミュレーション手法を開発し、大型あるいは形状が複雑な実製品を対象にその効果を検証している。

そのためにまず、従来の溶接シミュレーションに関する研究および現状について調査した結果、実用化に適した高速なシミュレーション技術の必要性を指摘している。つぎに、標準的な熱弾塑性有限要素法を分析し問題点抽出を行ない、これを解決する手法として反復サブストラクチャー法を開発している。この手法は、強い非線形性を示すのは、溶接トーチ周辺のごく狭い領域でありこれがトーチとともに移動するという溶接問題の特徴に注目し、大規模な非線形問題を、剛性が変化しない大規模な問題と小規模であるが領域が移動する非線形問題の組合せに変換し、高速化を図るものである。

開発された反復サブストラクチャー法の精度および高速化の効果について、既存の汎用ソフトと比較し、13,756自由度を有する溶接シミュレーションの例では、同等な精度の計算が16.8倍の速度で実行できることを確認している。さらに、実製品への適用例として、摩擦攪拌接合における回転変形およびエンジン部品の溶接変形を計算するとともに計測結果との比較を行い、開発手法の有効性を具体的に検証している。

以上のように、本論文は我国における製造業の生産現場が抱える溶接変形の予測と制御という問題を解決するための実用的な手段を提供するものであり、審査においても、この点が特に評価されており、研究の成果は今後の工学の発展に大いに貢献するものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。