



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Dimension-Driven Deformation and Adaptation of Finite Element Meshes for Efficient Computer Aided Engineering [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	前濱, 宏樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12654号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65923
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroki_Maehama_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学)

氏名 前濱 宏樹

審査担当者 主 査 准教授 伊達 宏昭

副 査 教 授 金井 理

副 査 教 授 小野里 雅彦

学位論文題名

Dimension-Driven Deformation and Adaptation of Finite Element Meshes for Efficient Computer Aided Engineering

(効率的 CAE のための有限要素解析用メッシュの寸法駆動変形とメッシュ適合)

近年、高性能な工業製品を短期間かつ低コストで開発するために、有限要素解析を用いた Computer Aided Engineering(CAE) は必要不可欠になっている。現在の製品形状設計における CAE では、製品の形状生成と寸法変更などの幾何操作をソリッドモデルで行い、有限要素解析ではソリッドモデルから生成された解析用メッシュが用いられる。最適な形状を見つけるためにソリッドモデルの幾何操作と解析用メッシュ生成は繰り返し行われるが、ソリッドモデルからのメッシュ生成は計算コストが高く、また、解析にとって十分な品質を持つメッシュを得ることが難しいという問題があり、CAE 効率化のために解析用メッシュ生成プロセスの改善が強く望まれている。

本研究では、解析用メッシュ上でソリッドモデルと同等の幾何操作を行うことによる、効率的な CAE の実現を目的としている。本論文は、四面体メッシュから寸法情報を抽出するためのセグメンテーション技術の開発、様々な種類の寸法を変更可能とするための四面体メッシュの寸法駆動変形手法の開発、メッシュ密度や形状近似誤差を考慮した変形メッシュの品質改善技術の開発、アセンブリモデルや空間内の物体運動を表現するメッシュを生成するためのメッシュ適合手法の開発、ならびに、これらの技術の六面体メッシュ変形への応用を含む、全 5 章で構成されている。

第 1 章では、現状の製品開発における CAE の課題、解析用メッシュ処理の関連研究とその問題点ならびに本研究の目的を述べている。

第 2 章では、四面体メッシュの寸法駆動変形のための、メッシュセグメンテーション、メッシュ変形ならびにメッシュ品質改善の各手法を、各関連研究の分析と問題点を示した後に提案している。まず、法線テンソルと Shape Operator 行列を用いた曲率算出と領域成長法によるメッシュセグメンテーション法を提案し、実験により、従来法では困難であった滑らかに接続している曲面を含むモデルからの正確な曲面領域の抽出およびトラス面の抽出が提案法により可能であることを示している。次に、形状変形の仕組みを領域分類の観点に基づいてモデル化し、それぞれの領域で適切な頂点移動規則を課すことによるメッシュ寸法駆動変形手法を提案し、従来法では扱えなかった寸法種類の変更や幾何制約の維持が可能であることを示している。最後に、裏返り要素や形状表現精度を考慮しながら、低次元要素から徐々に要素形状品質改善を行う段階的 ODT(Optimal Delaunay Triangulation) スムージング法を提案し、従来の ODT スムージングでは不可能であった、形状近似精度の管理および表面から内部にいたる全メッシュ要素の裏返り要素修正を含んだ品質改善が行えることを示している。以上の技術を用いることで、寸法の異なる製品形状の高品質な解析

用四面体メッシュを効率良く生成できることを示している。

第3章では、部品ごとに生成されたメッシュ集合からのアセンブリメッシュ生成や、空間内を運動する物体に対する空間・物体分割メッシュ生成に有用となるメッシュ適合手法を提案している。提案手法は、第2章で開発したセグメンテーション法、グリッド構造を利用した距離場表現、頂点移動と接続性操作による要素整合性の確保ならびに段階的 ODT スムージングから構成されており、本手法により、部品ごとに生成されたメッシュからのコンフォーマルな解析用アセンブリ四面体メッシュ生成と、空間内を運動する物体を表すコンフォーマルな空間・物体分割四面体メッシュの生成が効率よく行えることを実験を通して示している。

第4章では、第2章と第3章で開発した手法を六面体メッシュ変形へ応用している。従来不可能であった六面体メッシュの寸法駆動変形を、四面体メッシュと六面体メッシュ間のメッシュ変換技術ならびに開発した四面体メッシュ形状技術を用いて実現するための手法を述べている。本手法の出力は Hex-dominant メッシュであり、実験を通して、4面体メッシュ変形技術を応用した六面体メッシュ変形という新たなメッシュ処理手法の可能性が示されている。

第5章では、本研究で得られた成果ならびに今後の課題が要約されている。

これを要するに、著者は、有限要素解析用メッシュの認識、形状変形、品質改善と適合技術に関する新たな方法論、理論、アルゴリズムならびにそれらの有用性に関する新知見を得たものであり、形状処理工学、計算幾何学、デジタルエンジニアリングの発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。