

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

代表形状のモデルから取得され、前記代表形状の形状に関する特徴を示す第 1 の形状特徴パラメータと、

前記代表形状に用いるメッシュに関する特徴を示す第 1 のメッシュ制御パラメータを最適化した最適メッシュ制御パラメータと、

前記第 1 の形状特徴パラメータおよび前記最適メッシュ制御パラメータに基づいて生成された応答曲面を構築する応答曲面構築パラメータと、を記憶する記憶部と、

メッシュ生成対象形状のモデルから、前記メッシュ生成対象形状の形状に関する特徴を示す第 2 の形状特徴パラメータを取得する制御と、

前記応答曲面構築パラメータから構築した前記応答曲面に、前記第 2 の形状特徴パラメータを入力することで、前記メッシュ生成対象形状に用いるメッシュに関する特徴を示す第 2 のメッシュ制御パラメータを決定する制御と、

前記第 2 のメッシュ制御パラメータに基づいて、前記メッシュ生成対象形状に用いるメッシュを生成する制御と、を実行する制御部と、を備える

ことを特徴とする解析用メッシュ生成装置。

【請求項 2】

前記最適メッシュ制御パラメータは、メッシュの粗密を定めるパラメータであることを特徴とする請求項 1 に記載の解析用メッシュ生成装置。

【請求項 3】

前記制御部は、

前記第 1 のメッシュ制御パラメータを変化させる制御と、

前記代表形状について、前記変化させた第 1 のメッシュ制御パラメータに基づいて生成したメッシュを用いて解析したときの解析結果を取得する制御と、

前記記憶部に記憶され、前記代表形状について所定の精度を示す参照結果と、前記取得した解析結果との差異を求める制御と、

前記差異を最小化する第 1 のメッシュ制御パラメータを前記最適メッシュ制御パラメータとする制御と、を実行する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の解析用メッシュ生成装置。

【請求項 4】

前記制御部は、

前記第 1 のメッシュ制御パラメータが複数ある場合、前記第 1 のメッシュ制御パラメータの組み合わせを入力すると、前記差異を出力する応答曲面を構築する制御と、

前記構築した応答曲面を用いて前記最適メッシュ制御パラメータを求める制御と、を実行する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の解析用メッシュ生成装置。

【請求項 5】

前記制御部は、

前記第 1 のメッシュ制御パラメータを変化させる制御と、

入力部からの入力により、前記代表形状について目的関数を設定する制御と、

前記設定された目標関数の値を最小化する第 1 のメッシュ制御パラメータを前記最適メッシュ制御パラメータとする制御と、を実行する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の解析用メッシュ生成装置。

【請求項 6】

前記制御部は、

前記第 1 のメッシュ制御パラメータが複数ある場合、前記第 1 のメッシュ制御パラメータの組み合わせを入力すると、前記目標関数の値を出力する応答曲面を構築する制御と、

前記構築した応答曲面を用いて前記最適メッシュ制御パラメータを求める制御と、を実行する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の解析用メッシュ生成装置。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

代表メッシュから取得され、前記代表メッシュの形状に関する特徴を示す第 1 の形状特徴パラメータと、

前記代表メッシュに関する特徴を示す第 1 のメッシュ制御パラメータを最適化した最適メッシュ制御パラメータと、

前記第 1 の形状特徴パラメータおよび前記最適メッシュ制御パラメータに基づいて生成された応答曲面を構築する応答曲面構築パラメータと、を記憶する記憶部と、

変形対象メッシュに対し、前記変形対象メッシュの形状の変形に関する特徴を示す第 2 の形状特徴パラメータを取得する制御と、

前記応答曲面構築パラメータから構築した前記応答曲面に、前記第 2 の形状特徴パラメータを入力することで、前記変形対象メッシュに関する特徴を示す第 2 のメッシュ制御パラメータを決定する制御と、

前記第 2 のメッシュ制御パラメータに基づいて、前記変形対象メッシュを変形する制御と、を実行する制御部と、を備える

ことを特徴とする解析用メッシュ生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有限要素法等の数値解析の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、実験結果や厳密な解析結果とモデル化された解析結果との間で大きな相違を生じさせず、かつ解析メッシュ数を可能な限り低減し解析時間を短縮するように、解析対象を適切にモデル化する解析モデル化最適制御装置を提供する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 134783 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献 1 に記載の従来技術は、実験結果や詳細な解析モデルを用いた解析結果と、何らかのモデル化が施された解析モデルを用いた解析結果との間での大きな差異が生じないよう、三次元形状モデルを構成する基本形状となるブロック、穴等に対し、最も解析結果の差異が小さくなるようなモデル化手法の組み合わせを、遺伝的アルゴリズムを用いて決定し、解析モデル作成支援を行う。しかしながら、上記従来技術での解析モデル化最適制御は、解析モデルごとに毎回行わなければならない、時間的コストを要する。

【0005】

そこで本発明の目的は、解析モデル化最適制御に必要な時間的コストを削減することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的を達成するため、本発明は、代表形状から形状特徴パラメータを取得する手段と、前記代表形状についてメッシュ制御パラメータを変化させてメッシュ生成を行い、これを用いて行った解析結果と前記代表形状の実験結果または詳細解析結果との差異、もしくは、装置利用者が定義する全体解析メッシュ数や解析時間といった目的関数を最適化した最適メッシュ制御パラメータを取得する手段と、上記代表形状の形状特徴パラメータと上記最適メッシュ制御パラメータの複数の組み合わせから、形状特徴パラメータとメッシュ制御パラメータに関する応答曲面を構築する手段と、上記構築された応答曲面の構築パ

10

20

30

40

50

ラメータを格納する応答曲面データベースと、入力されたメッシュ生成対象となる形状から形状特徴パラメータを取得する手段と、上記メッシュ生成対象となる形状の形状特徴パラメータを入力し、上記応答曲面データベースに格納されている応答曲面の構築パラメータから構築される応答曲面上でのメッシュ制御パラメータを決定する手段と、上記応答曲面上で決定されたメッシュ制御パラメータにより、上記入力されたメッシュ生成対象となる形状に対しメッシュを生成する手段、を備えることにより、新たにメッシュ生成対象となる形状に対して、解析精度の良いメッシュ制御パラメータを高速に決定することができる。

詳細は、後記する。

【発明の効果】

10

【0007】

本発明によれば、解析モデル化最適制御に必要な時間的コストを削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態の解析用メッシュ生成装置の構成例である。

【図2】代表形状特徴パラメータ取得部における画面構成例である。

【図3】代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部における誤差最小化対象設定の画面構成例である。

【図4】代表形状メッシュ制御パラメータ最適化の手順を示すフローチャートである。

20

【図5】代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部における最適化問題定義の画面構成例である。

【図6】複数代表形状に対する形状特徴パラメータ、最適メッシュ制御パラメータの取得例である。

【図7】応答曲面構築パラメータの具体例である。

【図8】メッシュ生成対象形状の形状モデルと形状特徴パラメータの具体例である。

【図9】メッシュ制御パラメータの具体例である。

【図10】対象形状メッシュの具体例である。

【図11】本装置をメッシュモーフィングによるメッシュ生成に適用した場合の具体例である。

30

【発明を実施するための形態】

【0009】

次に、本発明を実施するための形態（以下、「実施形態」という。）について、適宜図面を参照しながら説明する。

【0010】

図1は、本実施形態の解析用メッシュ生成装置の構成例である。本装置は、入出力装置101をハードウェア構成として備えている。また、本装置は、代表形状特徴パラメータ取得部102と、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部103と、応答曲面構築部104と、応答曲面データベース105と、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106と、メッシュ制御パラメータ決定部107と、メッシュ生成部108とをソフトウェア構成として備えている。以下、これらの構成の概要を説明する。

40

【0011】

入出力装置101は、装置利用者が、データを入力、表示するためのキーボード、マウス、ディスプレイ等の入力部、表示部を備えるとともに、制御部、記憶部を備える。

前記制御部は、例えば、CPU（Central Processing Unit）であり、メッシュ生成処理等の各種情報処理を実行する。

前記記憶部は、例えば、HDD（Hard Disk Drive）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）等であり、前記ソフトウェア構成による機能を実現し、前記CPUが情報処理を実行するために読み出すプログラムを記憶する。また、記憶部は、代表形状モデル109と、解析条件110と、参照結果111と、代表形状特徴パラメ

50

ータと代表形状最適メッシュ制御パラメータの組み合わせ112と、応答曲面構築パラメータ113と、メッシュ生成対象形状モデル114と、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ115と、対象形状メッシュ制御パラメータ116と、対象形状メッシュ117を記憶する。

【0012】

代表形状特徴パラメータ取得部102は、代表形状をCAD (Computer Aided Design) ソフトウェア等によりモデル化した代表形状モデル109を入力し、その代表形状の形状特徴パラメータを代表形状特徴パラメータ(第1の形状特徴パラメータ)として取得する。

【0013】

代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部103は、代表形状モデル109および解析条件110を入力するとともに、事前を取得した代表形状の実験結果または詳細解析結果を参照結果111として入力し、代表形状に用いるメッシュに関する特徴を示すメッシュ制御パラメータ(第1のメッシュ制御パラメータ)を変化させることで、上記解析条件110を満たす代表形状の解析結果と、参照結果111との差異が許容値以下となる最適なメッシュ制御パラメータを探索する。探索の結果、見つけたメッシュ制御パラメータを代表形状最適メッシュ制御パラメータ(最適メッシュ制御パラメータ)と称する。また、装置利用者が設定する目的関数を最適化する。

【0014】

応答曲面構築部104は、上記代表形状特徴パラメータと上記代表形状最適メッシュ制御パラメータの1以上の組み合わせから、形状特徴パラメータとメッシュ制御パラメータに関する応答曲面を構築する。「応答曲面」とは、サンプリング点のデータを元に作成した近似関数をいい、近似関数上で最適化を行う方法は応答曲面法と呼ばれる。本実施形態では、前記サンプリング点のデータとは、代表形状特徴パラメータおよび代表形状最適メッシュ制御パラメータである。

【0015】

応答曲面データベース105は、上記応答曲面構築部104で得られた応答曲面を規定する応答曲面構築パラメータを格納する。

【0016】

メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106は、装置利用者が解析したいと希望するメッシュ生成対象形状を、CAD (Computer Aided Design) ソフトウェア等によりモデル化したメッシュ生成対象形状モデル114を入力し、そのメッシュ生成対象形状の形状特徴パラメータをメッシュ生成対象特徴パラメータ115(第2の形状特徴パラメータ)として取得する。

【0017】

メッシュ制御パラメータ決定部107は、上記メッシュ生成対象特徴パラメータ115と上記応答曲面データベース105に格納されている応答曲面構築パラメータを入力し、上記メッシュ生成対象形状に適したメッシュ制御パラメータを対象形状メッシュ制御パラメータ116(第2のメッシュ制御パラメータ)として決定する。

【0018】

メッシュ生成部108は、上記メッシュ生成対象形状モデル114と上記決定された対象形状メッシュ制御パラメータ116を用いて、対象形状メッシュ117を生成する。

以下、図1および他の図も参照して、本装置の各部について詳細に説明する。

【0019】

(1) 代表形状特徴パラメータ取得部102

代表形状特徴パラメータ取得部102では、本装置利用者が入出力装置101を使用して入力した代表形状モデル109から、形状特徴パラメータを代表形状特徴パラメータとして取得する。入力する代表形状モデル109のデータは、形状を定義する点列形式、ベジェ曲線・曲面データ、B-Spline曲線・曲面データ、NURBS曲線・曲面データ等の関数形式、二次元・三次元CADデータ等の形式を持つ。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

また、「形状特徴パラメータ」とは、着目する製品または部品等の形状を定めるパラメータであり、本装置に入力する形状モデルから取得可能なものとする。代表形状モデル 1 0 9 は、代表形状の形状モデルである。形状特徴パラメータの具体例としては、例えば、形状モデル中部材の寸法や、円弧半径、曲線関数の定義パラメータ、曲率等がある。

【 0 0 2 1 】

図 2 は、代表形状特徴パラメータ取得部における画面構成例である。この図 2 には、代表形状特徴パラメータ取得部 1 0 2 に入力する代表形状モデル 1 0 9 を指定したときの入出力装置 1 0 1 の画面表示例が示されている。また、この際入力する代表形状モデルを 2 0 1 とし、それに対し取得した形状特徴パラメータが 2 0 2 であったとする。本例では、形状特徴パラメータ 2 0 2 として、「板厚」、「ベンド径」が採り上げられている。

10

【 0 0 2 2 】

(2) 代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部 1 0 3

代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部 1 0 3 では、本装置利用者が入出力装置 1 0 1 を使用して、上記代表形状特徴パラメータ取得部 1 0 2 で入力した代表形状モデル 1 0 9 と、解析条件 1 1 0 と、実験結果または詳細解析結果である参照結果 1 1 1 を入力し、上記代表形状の解析結果の誤差が許容値以下となるような代表形状最適メッシュ制御パラメータを探索する。

【 0 0 2 3 】

解析条件 1 1 0 とは、代表形状について、事前にメッシュを生成して、所定の計算機により有限要素法等の数値解析を行ったときに定めた条件であり、例えば、境界条件等である。

20

【 0 0 2 4 】

参照結果 1 1 1 の一つである「実験結果」は、代表形状を実際に測定したときの測定位置と、測定パラメータの組み合わせとして入力し、それらは複数あっても構わない。また、参照結果 1 1 1 の一つである「詳細解析結果」も同様であり、解析結果の位置と解析によって得られる何らかの値（物理量）とし、それらは複数あっても構わない。ただし、測定位置、解析結果の位置は各代表形状において等しいとする。なお、詳細解析結果は、一般的には、メッシュを用いた解析とは別の解析を行うことで求めるようにしてもよい。

【 0 0 2 5 】

また、参照結果 1 1 1 は、代表形状最適メッシュ制御パラメータを見つけるときの基準となるため、一般的には、高精度な結果であることが好ましい。しかし、実際にメッシュ生成対象形状についてメッシュを生成して数値解析を行う利用者の便宜を考慮して、必ずしも高精度でなくともよく、所定の精度を備えた結果であればよい。

30

【 0 0 2 6 】

なお、実験結果や詳細解析結果の使用不使用に関わらず、利用者が設定する目的関数を最適化することも可能とする。その際、扱う目的関数の例としては、全体の解析メッシュ数や解析時間、メッシュ品質を示すアスペクト比やスキューネス等とする。

【 0 0 2 7 】

図 3 は、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部における誤差最小化対象設定の画面構成例である。この図 3 には、図 2 の代表形状モデル 2 0 1 に対し、入力する参照結果 1 1 1 と、参照結果 1 1 1 に含まれる測定位置もしくは詳細解析結果の位置を指定する際の画面構成例が示されている。符号 3 0 1、3 0 2、3 0 3、3 0 4 は、代表形状の解析結果と参照結果 1 1 1 との差異を許容値以下としたい点を示している。この点は複数指定可能であり、参照結果 1 1 1 から自動で指定することも、画面上で代表形状モデル 2 0 1 の所望の箇所をピックアップして指定することも可能である。

40

【 0 0 2 8 】

誤差最小化対象設定 3 0 5 は、前記差異を許容値以下としたい点の情報を示す。その情報として、点 3 0 1、3 0 2、3 0 3、3 0 4 について、その座標値（例：「x 座標」、「y 座標」、「z 座標」）、誤差の最小化対象となる物理量の名称（例：「変位」）が指

50

定されている。ここで座標値、物理量の名称を直接指定することも可能である。

【0029】

ここで、図4を参照して、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部103による代表形状メッシュ制御パラメータ最適化の手順について説明する。

図4は、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化の手順を示すフローチャートである。

【0030】

まず、後記する応答曲面データベース105の構築に用いる代表形状モデル109を、入出力装置101に入力し、ステップS401において、例えば、実験計画法を利用してメッシュ制御パラメータを多種多様に変更して(変化させて)メッシュ生成を行う。生成したメッシュは、「代表形状メッシュ」と称する。

10

【0031】

ここで、「メッシュ制御パラメータ」とは、メッシュ分割数、メッシュ粗密、メッシュサイズ、メッシュトポロジー等の解析用メッシュを生成する際に必要なパラメータであり、実験計画法を用いる際にはそれらの値を変化させる範囲を設定する。また、実験計画法としてはラテン超方格法等を利用し、上記メッシュ制御パラメータの変化の範囲内で偏りの無いメッシュ制御パラメータの組み合わせを決定し、それらに基づいて、1以上の代表形状メッシュを生成する。

【0032】

次に、ステップS402において、上記実験計画法によりメッシュ制御パラメータを様々に変化させて生成した代表形状メッシュと、それらの解析に用いる解析条件110を用いて解析を実行し、それぞれのメッシュについての解析結果を取得する。取得した解析結果は、「代表形状解析結果」と称する。

20

【0033】

次に、ステップS403において、代表形状解析結果と参照結果111との差異の最小化、もしくは、その他装置利用者が設定する目的関数値の最小化を行う。参照結果111となる実験結果または詳細解析結果と、上記得られた各代表形状解析結果を入力し、単数もしくは複数の実験での測定位置や詳細解析結果の比較位置での結果と、各代表形状解析結果との差の絶対値をとり、目的関数値とする。また、装置利用者が入力部から入力して設定するその他の目的関数、例えば全体解析メッシュ数や解析時間等についても、所望する全体解析メッシュ数もしくは解析時間との差の絶対値等をとる。もし、所望する値が無く、どんな値でも構わないから単純に最小化したいという場合にも、そのような値を目的関数値として取得する。

30

【0034】

それら単数もしくは複数の目的関数値に対し、メッシュ分割数、メッシュ粗密、メッシュサイズ、メッシュトポロジー等のメッシュ制御パラメータを設計変数とし、目的関数値を最小化する最適化問題を解く。最適化問題を解くアルゴリズムには、例えば最急降下法、共役勾配法、焼きなまし法、遺伝的アルゴリズム(GA)、Particle Swarm Optimization法等を用いる。

【0035】

目的関数が単数の場合は最適なメッシュ制御パラメータの組み合わせが一意に求められるが、目的関数が複数の場合は、多目的最適化問題として解いてメッシュ制御パラメータのパレート解を求め、装置利用者の意志により最適なメッシュ制御パラメータを決定することも可能である。その一方、複数の目的関数を線形結合して単目的最適化問題として解き、目的関数が単数の場合と同様に最適なメッシュ制御パラメータの組み合わせを一意に求めることも可能である。

40

【0036】

また、設計変数としてのメッシュ制御パラメータが多数存在する場合、メッシュ制御パラメータの組み合わせを入力とし、上記単数もしくは複数の目的関数値を出力する応答曲面を構築することにより、代表形状の解析ケース数を減らすことも可能である。応答曲面の構築法としては、Kriging法、Radial Basis Function法、多項式近似、ニューラルネッ

50

トワーク等を用いる。なお、ここで述べた応答曲面の構築は、応答曲面構築部 1 0 4 で行われる応答曲面の構築とは別である。

【 0 0 3 7 】

以上の手順により得られたメッシュ制御パラメータの組み合わせを、「代表形状最適メッシュ制御パラメータ」として出力する。また、代表形状特徴パラメータと最適メッシュ制御パラメータとの組み合わせを 1 1 2 とし、応答曲面構築部 1 0 4 の入力とする。

【 0 0 3 8 】

ここで、図 5 を参照して、図 3 で指定した代表形状モデル 2 0 1、参照結果に対し、最適化問題を定義する方法について説明する。

図 5 は、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部における最適化問題定義の画面構成例である。この画面には、主に、目的関数定義 5 0 1、許容誤差 5 0 2、ユーザ定義目的関数 5 0 3、メッシュ制御パラメータ定義 5 0 4、最適化アルゴリズム 5 0 5、最適化個体数 5 0 6 が表示されている。

【 0 0 3 9 】

まず、目的関数定義 5 0 1 では、誤差最小化対象設定 3 0 5 で設定した誤差最小化対象について、それぞれの最適化を行うか否かを指定する。その際、最小化対象となる物理量の誤差の許容範囲を許容誤差 5 0 2 で指定する。

また、ユーザ定義目的関数 5 0 3 では、解析結果誤差以外に、装置利用者が設定するその他の目的関数を指定する。

【 0 0 4 0 】

また、メッシュ制御パラメータ定義 5 0 4 では、最適な組み合わせを探索したいメッシュ制御パラメータの種類と、その最小値および最大値を指定する。

また、最適化アルゴリズム 5 0 5 では最適メッシュ制御パラメータ探索に用いる最適化アルゴリズムの種類を指定し、最適化個体数 5 0 6 では最適化に用いる個体数を指定する。

【 0 0 4 1 】

メッシュ制御パラメータ定義 5 0 4、最適化アルゴリズム 5 0 5、最適化個体数 5 0 6 の情報に従って、メッシュ制御パラメータ定義 5 0 4 の組み合わせを様々に変化させた最適化個体を、最適化個体数 5 0 6 で指定した個数分作成し、最適化アルゴリズム 5 0 5 で指定した最適化アルゴリズムによって、入力された代表形状モデル 2 0 1 に対し、代表形状最適メッシュ制御パラメータを探索する。

【 0 0 4 2 】

(3) 応答曲面構築部 1 0 4

応答曲面構築部 1 0 4 では、1 以上の代表形状に対し、代表形状特徴パラメータ取得部 1 0 2 で得られた代表形状特徴パラメータと、代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部 1 0 3 で得られた代表形状最適メッシュ制御パラメータの情報の組み合わせ 1 1 2 から、形状特徴パラメータを入力することで、それに応じたメッシュ制御パラメータを出力する機能を備える応答曲面の構築を行う。この際、応答曲面の構築法として、Kriging法、Radial Basis Function法、多項式近似、ニューラルネットワーク等を用いる。応答曲面の構築の結果、応答曲面構築パラメータ 1 1 3 を得る。得られた応答曲面構築パラメータ 1 1 3 は、応答曲面データベース 1 0 5 に格納される。

【 0 0 4 3 】

図 6 は、複数代表形状に対する形状特徴パラメータ、最適メッシュ制御パラメータの取得例である。また、図 7 は、応答曲面構築パラメータの具体例である。

【 0 0 4 4 】

図 6 には、(a) 複数の代表形状 6 0 1、6 0 2、6 0 3、6 0 4、6 0 5、6 0 6 について、符号 6 0 8、6 0 9、6 1 0、6 1 1 で示した実験結果の測定位置と、(b) 実験結果 6 0 7 として示した実験結果の変位量と、(c) 代表形状特徴パラメータ 6 1 2 と、(d) 代表形状最適メッシュ生成パラメータ 6 1 3 とが、結果例として図示されている。

10

20

30

40

50

【0045】

また、図7には、代表形状特徴パラメータ612および代表形状最適メッシュ生成パラメータ613について、Kriging法を用いた際に得られた応答曲面構築パラメータ701が一例として示されている。

【0046】

(4) 応答曲面データベース105

応答曲面データベース105には、応答曲面構築部104で得られた応答曲面構築パラメータ113を格納する。ここで例として、図7の符号701で示した応答曲面構築パラメータ701を格納したとする。

【0047】

(5) メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106

メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106では、新たな解析対象となる形状モデル、つまり、メッシュ生成対象形状モデル114を入力し、代表形状特徴パラメータ取得部102と同じ仕組みにより、形状特徴パラメータとしてメッシュ生成対象形状特徴パラメータ115を取得する。取得したメッシュ生成対象形状特徴パラメータ115は、代表形状特徴パラメータ取得部102で取得した代表形状特徴パラメータと同じものとする。

【0048】

図8は、メッシュ生成対象形状モデルとメッシュ生成対象形状特徴パラメータの具体例である。図8(a)には、メッシュ生成対象形状モデル801と、図8(b)には、それに対し取得した形状特徴パラメータ802を示す。本例では、形状特徴パラメータ802として、「板厚」、「ベンド径」が採り上げられている。

【0049】

(6) メッシュ制御パラメータ決定部107

メッシュ制御パラメータ決定部107では、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106で取得した、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ115を、応答曲面データベース105に格納されている応答曲面構築パラメータ113から構築した応答曲面の入力とし、メッシュ生成対象形状に対する応答曲面上の対象形状メッシュ制御パラメータ116を出力する。

【0050】

図9は、対象形状メッシュ制御パラメータの具体例として、図8のメッシュ生成対象形状モデル801について応答曲面を利用して決定された対象形状メッシュ制御パラメータ901を示す。対象形状メッシュ制御パラメータ901の種類は、メッシュ制御パラメータ定義504に示した種類と同じになる。

【0051】

(7) メッシュ生成部108

メッシュ生成部108では、新たにメッシュ生成対象となる形状のモデル、つまりメッシュ生成対象形状モデル114について、メッシュ制御パラメータ決定部107で決定された対象形状メッシュ制御パラメータ116を用いてメッシュ生成を行う。生成されたメッシュは、対象形状メッシュ117として、その後に行われる有限要素法等の数値解析に用いられる。

【0052】

図10は、対象形状メッシュの具体例として、メッシュ生成対象形状モデル801について、対象形状メッシュ制御パラメータ901を用いてメッシュ生成を行った結果物である対象形状メッシュ1001を示す。

【0053】

以上のメッシュ生成装置により、メッシュ生成対象形状の高精度、またはその他装置利用者が設定した全体解析メッシュ数や、解析時間等といった目的関数値が良好なメッシュを生成するためのメッシュ制御パラメータの組み合わせを、高速に決定しメッシュ生成を自動的に行うことが可能となる。代表形状について、高精度に解析されたときの応答曲面

10

20

30

40

50

を事前に蓄えてあるため、メッシュの生成対象となる新たな形状について、その応答曲面を用いることで、高精度に解析できるメッシュを高速に生成することができる。よって、解析モデル化最適制御に必要な時間的コストを削減することができる。

【0054】

また、前記した特許文献1には、解析モデルの作成支援を行うとはいえ、個々のモデル化に対し、より精度の高い解析に必要なメッシュ粗密の制御を実行する技術は含まれていない。しかし、本実施形態のメッシュ生成装置によれば、代表形状に用いるメッシュ制御パラメータを変更すれば、相応の応答曲面ができあがるので、メッシュ生成対象形状に用いるメッシュの粗密を実現することができる。

【0055】

使用例

以下、その他の本装置の使用例について、メッシュモーフィングについて説明する。「メッシュモーフィング」とは、既存のメッシュを変形して新形状のメッシュを生成する方法をいい、本装置の一連の利用手順の1例である。

【0056】

図11は、本装置をメッシュモーフィングによるメッシュ生成に適用した場合の具体例である。図11(a)は、代表形状1101、1102、1103である。図11(b)は、代表形状特徴パラメータ1109である。図11(c)は、代表形状最適メッシュ制御パラメータ1104である。図11(d)は、メッシュ生成対象形状1105である。図11(e)は、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ1106である。図11(f)は、対象形状メッシュ制御パラメータ1107である。図11(g)は、対象形状メッシュ1108である。

【0057】

本使用例は、平板に開けられた穴の位置を上下左右それぞれに0.0~10mmの範囲で変更する場合のメッシュ制御パラメータを決定する例として説明する。この説明では、図11(a)に示す代表形状1101~1103およびメッシュ生成対象形状1105は、メッシュとして与えられたものとする(代表メッシュ、変形対象メッシュ)。

【0058】

本装置では、まず代表形状特徴パラメータ取得部102において代表形状特徴パラメータ(第1の形状特徴パラメータ)を取得する。本例では形状特徴パラメータとして、「穴径」を取得できるものとし、1101~1103に示すメッシュの代表形状に対して代表形状特徴パラメータ取得部102により取得した結果を、図11(b)の代表形状特徴パラメータ1109に示す。また、穴位置の「移動方向」および「移動量」も形状特徴パラメータとする。

【0059】

ここで穴位置を上下左右それぞれに0.0~10mmの範囲で変更する場合の代表形状最適メッシュ制御パラメータ(最適メッシュ制御パラメータ)を代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部103で探索する。メッシュ制御パラメータ(第1のメッシュ制御パラメータ)としては、移動端側テンション、固定端側テンションを用いることとする。

【0060】

「移動端側テンション」は、メッシュ変形時に移動端側に節点を寄せる割合であり、-1.0~1.0の範囲で指定する。移動端側テンションが示す値が大きいほど移動端側に節点が寄る。「移動端側」とは、メッシュ変形時に移動する節点が向かう側をいう。

「固定端側テンション」は、メッシュ変形時に固定端側に節点を寄せる割合であり、-1.0~1.0の範囲で指定する。固定端側テンションが大きい値ほど固定端側に節点がよる。「固定端側」とは、メッシュ変形時に移動する節点が、移動しない節点に向かう側をいう。

【0061】

また、メッシュ変形においては、節点可動範囲が定められている。「節点可動範囲」とは、穴中心点を中心とする正方形の1辺の長さをいう。

10

20

30

40

50

また、本例では、目的関数としては、メッシュ品質として要素アスペクト比を用いることとする。

【0062】

前記探索の結果、代表形状1101～1103の代表形状最適メッシュ制御パラメータ1104として、図11(c)に示す値が得られる。図11(c)には、移動方向、上下左右それぞれに5mm、10mmとした際の代表形状最適メッシュ制御パラメータが表として示されている。

【0063】

次に本装置は、応答曲面構築部104において、代表形状特徴パラメータと最適メッシュ制御パラメータに関する応答曲面を構築し、その応答曲面の応答曲面構築パラメータを応答曲面データベース105に登録する。

10

【0064】

次に本装置は、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106において、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ(第2の形状特徴パラメータ)を取得する。本例では図11(d)に示すメッシュ生成対象形状1105がメッシュとして入力されたものとする。また、移動方向は右、移動量は7mmといった具合に形状特徴パラメータを与えた場合、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部106により取得した結果を、図11(e)のメッシュ生成対象形状特徴パラメータ1106に表として示す。

【0065】

次に本装置は、メッシュ制御パラメータ決定部107において、メッシュ生成対象形状特徴パラメータ1106と応答曲面データベース105に格納されている応答曲面構築パラメータ113からメッシュ制御パラメータ(第2のメッシュ制御パラメータ)を決定する。その決定した結果を、図11(f)のメッシュ制御パラメータ1107に表として示す。

20

【0066】

最後に本装置は、メッシュ生成部108において、メッシュ制御パラメータ1107を用いて対象形状メッシュを生成(モーフィング)する。その結果、図11(f)に示す対象形状メッシュ1108が生成される。

【0067】

このように、本実施形態では、既存のメッシュを変形することで、新規のメッシュを高速に生成することができる。

30

【0068】

その他

前記実施形態は、本発明を実施するために好適のものであるが、その実施形式はこれらに限定されるものでなく、本発明の要旨を変更しない範囲内において種々変形することが可能である。

【0069】

例えば、本実施形態では、代表形状は、有形物(またはメッシュ)を取り扱ったが、これに限らず、例えば、流体解析や電磁場解析を行うために無形物を取り扱うこともできる。

40

【0070】

また、本実施形態で説明した種々の技術を適宜組み合わせた技術を実現することもできる。

【0071】

その他、ハードウェア、ソフトウェア、各フローチャート等の具体的な構成について、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。

【符号の説明】

【0072】

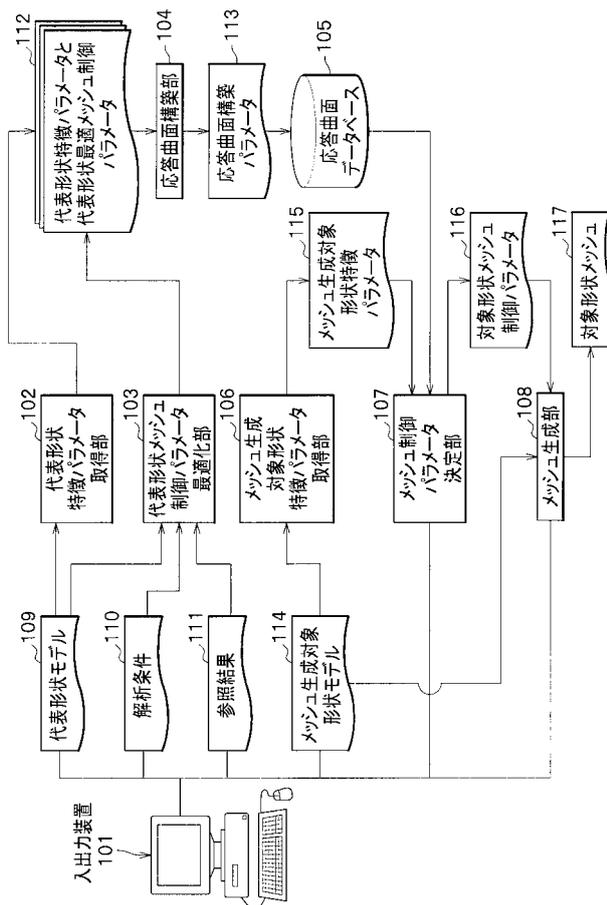
101 入出力装置(入力部、制御部、記憶部を備える)

102 代表形状特徴パラメータ取得部

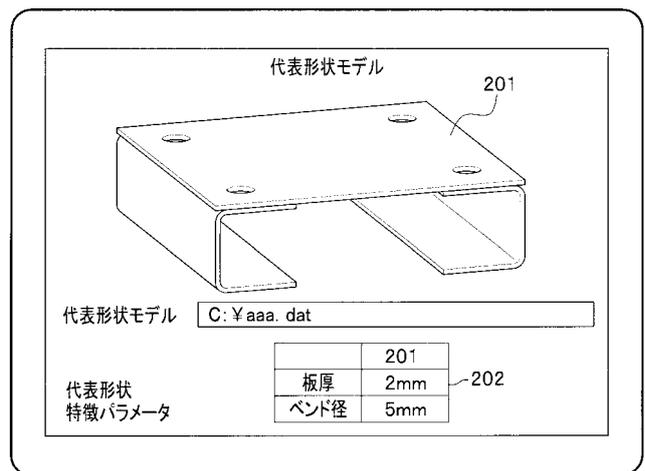
50

- 103 代表形状メッシュ制御パラメータ最適化部
- 104 応答曲面構築部
- 105 応答曲面データベース
- 106 メッシュ生成対象形状特徴パラメータ取得部
- 107 メッシュ制御パラメータ決定部
- 108 メッシュ生成部
- 109 代表形状モデル
- 110 解析条件
- 111 参照結果
- 112 代表形状特徴パラメータ(第1の形状特徴パラメータ)と代表形状最適メッシュ制御パラメータ(最適メッシュ制御パラメータ)の組み合わせ
- 113 応答曲面構築パラメータ
- 114 メッシュ生成対象形状モデル
- 115 メッシュ生成対象形状特徴パラメータ(第2の形状特徴パラメータ)
- 116 対象形状メッシュ制御パラメータ(第2のメッシュ制御パラメータ)
- 117 対象形状メッシュ

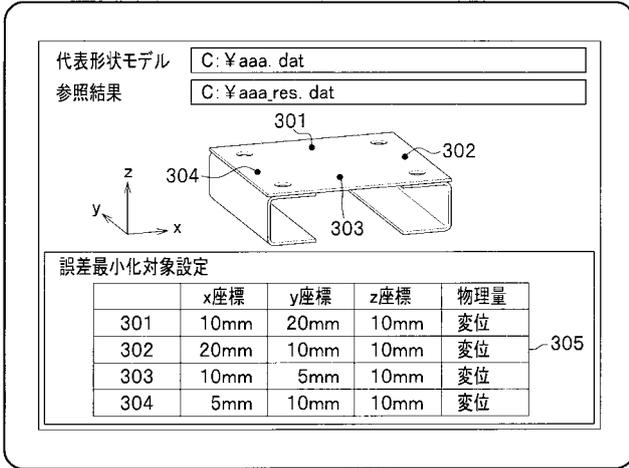
【図1】



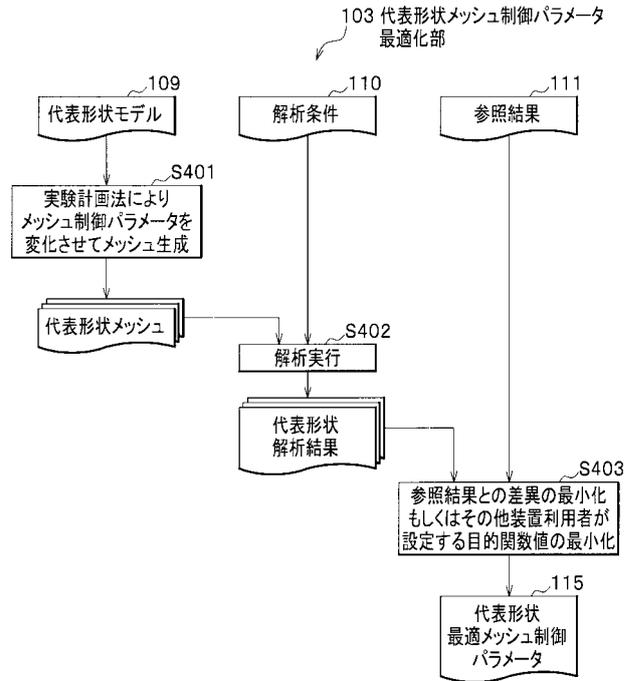
【図2】



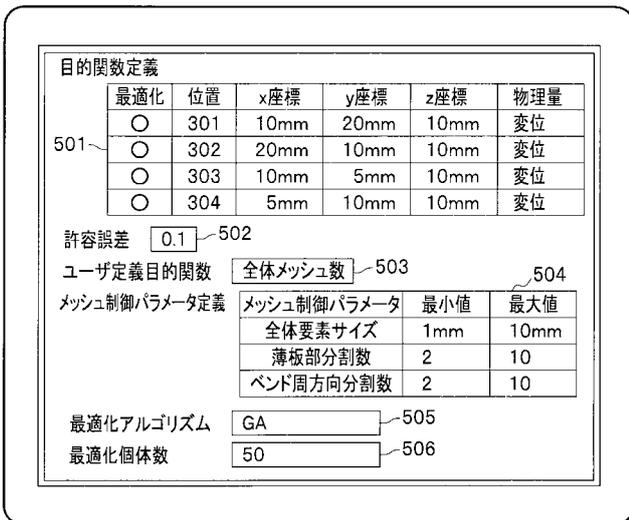
【 図 3 】



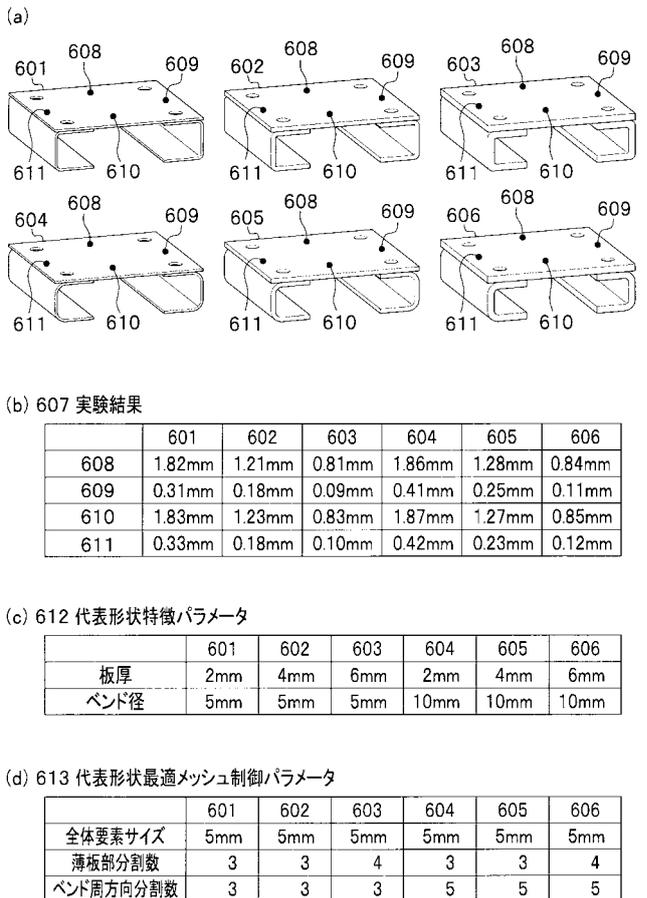
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

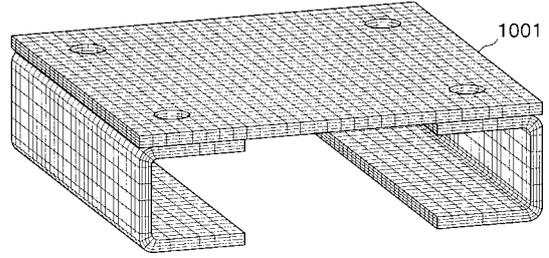


【 図 7 】

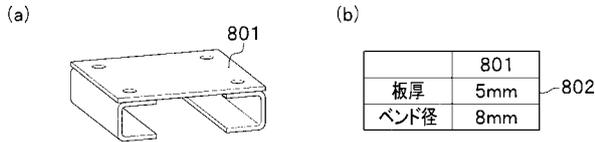
! 全体要素サイズ予測用係数	0.3
	0.5
! 薄板部分割数	1.5
	0.7
! ベンド周方向分割数	2.0
	0.4

701

【 図 1 0 】



【 図 8 】

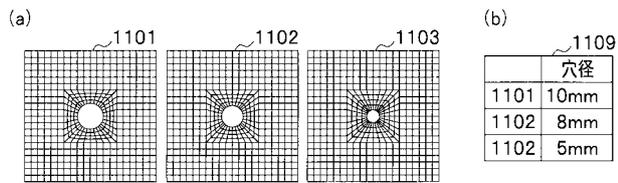


【 図 9 】

	801
全体要素サイズ	5mm
薄板部分割数	4
ベンド周方向分割数	4

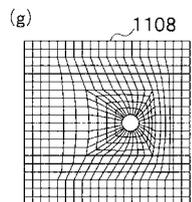
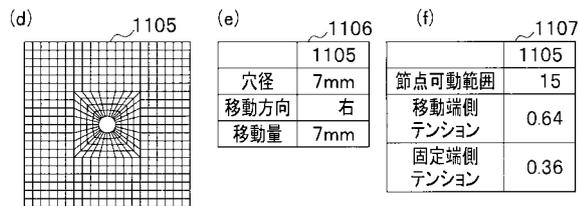
901

【 図 1 1 】



(c)

	1101				1102				1103			
	上	下	左	右	上	下	左	右	上	下	左	右
節点可動範囲	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
移動端側テンション	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
固定端側テンション	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4



フロントページの続き

(72)発明者 西垣 一朗

茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 小野寺 誠

茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内

Fターム(参考) 5B046 JA07 KA05