

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4968926号
(P4968926)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int.Cl.

G 0 6 F 17/50 (2006.01)

F I

G O 6 F 17/50 6 1 2 J

G O 6 F 17/50 6 3 2

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-165524 (P2007-165524)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成19年6月22日 (2007.6.22)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-3800 (P2009-3800A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年1月8日 (2009.1.8)	(74) 代理人	100090273
審査請求日	平成22年6月22日 (2010.6.22)		弁理士 國分 孝悦
		(72) 発明者	影浦 勝
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		審査官	伊知地 和之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 解析用モデル作成方法及び解析用モデル作成プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

保持手段が、部品を表す第1の形状情報と、該第1の形状情報に関連して設定された、前記部品の解析用モデル作成のための設定情報とを関連付けて保持する保持ステップと、
比較手段が、前記設定情報に基づき、修正された前記部品を表す第2の形状情報と前記第1の形状情報とを比較する比較ステップと、
判定手段が、前記比較により前記第1及び第2の形状情報の間に差異があった場合、該差異が許容範囲内であるかを判定する判定ステップと、
適用手段が、前記判定により前記差異が前記許容範囲内であれば、前記設定情報を前記修正された部品に適用する適用ステップと、
を有することを特徴とする解析用モデル作成方法。

【請求項 2】

前記設定情報は、前記第1の形状情報における締結部の形状特徴情報に対して適用する締結種別を含むことを特徴とする請求項1記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 3】

前記判定ステップは、前記判定手段が、前記差異と閾値との比較により前記差異が許容範囲内であるかを判定することを特徴とする請求項1又は2記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 4】

前記形状特徴情報は、前記締結部の幾何情報を含むことを特徴とする請求項2記載の解

析用モデル作成方法。

【請求項 5】

前記形状特徴情報の幾何情報として、前記形状特徴情報を構成する形状要素を包含する図形情報を有することを特徴とする請求項 4 記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 6】

前記形状特徴情報は、該形状特徴情報を構成する形状要素の要素 ID を含むことを特徴とする請求項 4 記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 7】

前記比較ステップは、

検索手段が、前記第 1 の形状情報における締結部を構成する前記形状特徴情報と許容範囲内で同一とみなせる幾何情報を持つ形状特徴情報を前記第 2 の形状情報で検索する検索ステップと、

設定手段が、前記第 2 の形状情報で検索できなかった場合、前記形状特徴情報を持つ前記締結部の設定の解除を設定する設定ステップと、
を有することを特徴とする請求項 4 記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 8】

前記比較ステップは、検索手段が、前記第 2 の形状情報において、前記第 1 の形状情報における締結部を構成する形状要素と同一の要素 ID を持つ形状要素を検索する検索ステップを有し、

前記同一の要素 ID を持つ前記第 1 の形状情報の形状要素と、前記第 2 の形状情報の形状要素との幾何情報を比較することを特徴とする請求項 6 記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 9】

前記比較の結果、

ハイライト制御手段が、

前記第 1 の形状情報と許容範囲内で同一であると判定された前記第 2 の形状情報における締結部を構成する形状特徴情報を第 1 の方法でハイライトするステップと、

前記第 1 の形状情報と許容範囲内で同一でないと判定された、前記第 2 の形状情報における締結部を構成する形状特徴情報に対し、前記第 1 の形状情報における対応する前記形状特徴情報に設定されている締結種別が適用可能であると判定された場合、該締結部を構成するすべての形状要素を第 2 の方法でハイライトするステップと、

前記第 1 の形状情報と許容範囲内で同一でないと判定された前記第 2 の形状情報における締結部を構成する形状特徴情報に対し、前記第 1 の形状情報における対応する前記形状特徴情報に設定されている締結種別が適用不可能であると判定された場合、該締結部を構成するすべての形状要素を第 3 の方法でハイライトするステップと、
をさらに有することを特徴とする請求項 8 記載の解析用モデル作成方法。

【請求項 10】

部品を表す第 1 の形状情報と、該第 1 の形状情報に関連して設定された、前記部品の解析用モデル作成のための設定情報とを関連付けて保持する保持機能と、

前記設定情報に基づき、修正された前記部品を表す第 2 の形状情報と前記第 1 の形状情報とを比較する比較機能と、

前記比較により前記第 1 及び第 2 の形状情報の間に差異があった場合、該差異が許容範囲内であるかを判定する判定機能と、

前記判定により前記差異が前記許容範囲内であれば、前記設定情報を前記修正された部品に適用する適用機能と、
をコンピュータに実現させるための解析用モデル作成プログラム。

【請求項 11】

部品を表す第 1 の形状情報と、該第 1 の形状情報に関連して設定された、前記部品の解析用モデル作成のための設定情報とを関連付けて保持する保持手段と、

前記設定情報に基づき、修正された前記部品を表す第 2 の形状情報と前記第 1 の形状情報とを比較する比較手段と、

前記比較により前記第 1 及び第 2 の形状情報の間に差異があった場合、該差異が許容範囲内であるかを判定する判定手段と、

前記判定により前記差異が前記許容範囲内であれば、前記設定情報を前記修正された部品に適用する適用手段と、

を有することを特徴とする解析用モデル作成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、解析用モデル作成方法及び解析用モデル作成プログラムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

設計業務において、設計された製品に対して数値解析シミュレーションを行い、解析結果から設計内容を検討することが行われている。かかる解析では、ある基本形状を基に形状変更をした幾つかのパターンに対して数値解析シミュレーションを実行し、それぞれの形状に対する解析結果を確認している。

【0003】

例えば、組立品の強度解析や振動解析を行う場合を考えてみる。図 20 は設計者によって設計された組立品の一例を説明するための概略的斜視図である。図 20 に示されるように設計された組立品は、取り付け穴 201 を有する部品 200 と取り付け穴 203 を有する部品 202 とを取り付け穴を通してビスなどの締結部品（不図示）により結合するような構造である。板状の部品 200、202 のそれぞれ取り付け穴 201、203 が穿たれているような構造で、設計者はこの組立品に対して所望の解析を行う。

20

【0004】

図 21 は、図 20 に示される組立品を部品 200 と部品 202 との間の締結に関係のないリブ 216 を部品 200 の表面に設ける。そして、取り付け穴 201、203 を矢印 212 の方向に夫々取り付け穴 214、215 として移動するような設計変更を施した場合の図である。設計者はこのような設計変更を行うと、それに合わせて再度解析を行う。これによって、取り付けするビス穴位置の変更やリブの追加による応力の状態や振動状態の変化を確認している。

【0005】

30

従来、組立品の形状モデルから解析用モデルを作成する方法としては、次のような方法が提案されている。第 1 の方法は先ず、組立品形状モデルに対して、締結部の形状特徴を検索する。次に検索した各形状特徴に対して候補となる締結の種類を作業者に選択させることにより締結部の FEM モデル作成を自動化する。そして、締結の種類に応じた FEM モデルの作成は、データベースに蓄えられた作成手順を基に装置が自動的に行う方法である（特許文献 1 参照）。

【0006】

第 2 の方法は、部品ごとに予めメッシュを生成しておき、その後部品のレイアウトを行った後、部品間の各結合部に対して解析モデルを新に追加する。これにより部品の配置位置変更に対する解析モデルの再作成を自動化する方法である（特許文献 2 参照）。

40

【0007】

【特許文献 1】特開 2003 - 337836 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 250647 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、従来の解析モデル作成方法および解析用モデル作成装置には、次のような課題があった。図 20 に示される組立品を、図 21 に示される形状に組立品を設計変更した場合は、設計したそれぞれの組立品に対してそれぞれ解析モデルを作成し、解析を行う必要がある。また開発や設計の途上においては、純粋に強度解析や振動解析といった解

50

析のためだけでなく、他の部品との制約など様々な理由で製品の形状変更が頻繁に行われる。従って、形状の変更に合わせて解析モデルも新たに作り直し検証し直すことが行われている。

【 0 0 0 9 】

とは言え、C A D (Computer Aided-Design) システム等で作成した組立品の形状モデルから解析モデルを作成するのには、従来、膨大な時間がかかっていた。特に部品の締結部のモデル化を行う作業に大変な労力を必要とする。加えて、形状モデルを一部でも修正すると、修正した形状モデルを基に最初から解析モデルを作り直すか、作成した解析モデルを形状モデルの変更に対応するように修正する必要があった。

【 0 0 1 0 】

前者の作業は、解析モデル作成の作業を一から行うことに他ならない。つまり、変更前の解析モデルを捨て、すべてやり直すためその都度大変な労力がかかる。後者の作業は、作成された解析モデルのメッシュの形状を直接編集して行われる。しかしながら、この操作性は決して良いものとは言えず、大変な労力を必要とする。従って、前回の解析モデルを流用したとしてもそれ程メリットがあるわけではなかった。

【 0 0 1 1 】

既に作成された解析モデルを有効に使う方法の一つとして、モーフィングという隣接する関係を保ったままメッシュを変形する技術が知られている。ところが、締結部等の特定部位、特定機能部分のメッシュ形状を精密に制御することは難しく、解析結果が実際の現象と一致するようにするためには技術者によるメッシュの編集が不可欠であった。

【 0 0 1 2 】

より具体的には、第 1 の方法では、締結部を構成する形状特徴の検索及び締結部の解析モデル作成を、形状モデルから完全に自動化することは難しい。そのため、作業による形状特徴の検索、選択及び適用する解析モデル作成手順の選択指示等にかかる作業時間が膨大にかかってしまう。従って、形状の一部修正を行った場合でも、作業者が上記の作業を再度実行する必要があるので、やはり作業時間が膨大にかかってしまうという課題があった。

【 0 0 1 3 】

また、第 2 の方法では次のような問題がある。予め組立品を構成する各部品のメッシュ形状が作成されていたとしても、各部品の配置関係に応じて、締結部付近の各部品のメッシュ形状を再構成する必要がある。この処理において、配置に応じて締結部を認識し、適切な締結部の解析モデル作成手順を選択し、既に作成している各部品のメッシュ形状と締結部付近の再構成したメッシュ形状の整合性を取る処理を自動化することは難しい。従って、部品の配置を変えた時は、やはり作業者によって上記の処理を行う必要があり作業時間が膨大にかかってしまう。

【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、形状モデルの一部修正を行ったときの解析モデル作成にかかる作業時間を大幅に短縮することができる解析用モデル作成方法及び解析用モデル作成プログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

上記目的を達成するため、本出願に係る発明は、保持手段が、部品を表す第 1 の形状情報と、該第 1 の形状情報に関連して設定された、前記部品の解析用モデル作成のための設定情報とを関連付けて保持する保持ステップと、比較手段が、前記設定情報に基づき、修正された前記部品を表す第 2 の形状情報と前記第 1 の形状情報とを比較する比較ステップと、判定手段が、前記比較により前記第 1 及び第 2 の形状情報の間に差異があった場合、該差異が許容範囲内であるかを判定する判定ステップと、適用手段が、前記判定により前記差異が前記許容範囲内であれば、前記設定情報を前記修正された部品に適用する適用ステップと、を有することを特徴とする解析用モデル作成方法である。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決する本発明によれば、C A Dモデルの形状の修正を行ったときの解析モデル作成にかかる作業時間を大幅に短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明を必要に応じて図面を参照しつつ説明する。なお、本発明は以下に説明される実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨の範囲において適宜、変形組み合わせが可能であることは言うまでもない。

(第1の実施形態)

本実施形態では、第1のC A D形状情報(第1の形状情報)として、既に設定したC A DモデルのC A D形状情報から解析用モデル生成のための指示情報を利用する。そして、第2のC A D形状情報(第2の形状情報)として、形状を修正したC A Dモデルに対応する解析用モデルを再作成する処理について説明する。

【 0 0 1 8 】

図1及び図2はそれぞれ、本実施形態における解析モデル作成法による処理の流れの一例を説明するためのフローチャートである。図1は新規に解析モデルを作成するときの処理の流れを説明するフローチャート、図2は形状モデルを修正したとき、対応する解析モデルを作成するときの処理の流れを説明するフローチャートである。図3は本発明を実行するために用いられるコンピュータのような情報処理装置の好適な一例を説明するためのブロック図であり、後述するプログラムを実現する。

【 0 0 1 9 】

図示のように情報処理装置は、計算機内のデータ及びネットワーク上に繋がっている他の機器とのやりとりを行うデータバス1、本発明の演算処理を行うC P U 2、処理を行う手順が規定された処理プログラム3 aを格納する第1の記憶装置(R O M) 3を有する。また、処理の対象とするデータを格納する領域(例えば、図形要素格納領域4 a、属性情報格納領域4 b、検索条件格納領域4 cなど)を有する第2の記憶装置(R A M) 4、キーボード、マウス等の入力装置6、該入力装置6とのインタフェース5を有する。

【 0 0 2 0 】

また、C R Tや液晶ディスプレイ等の表示装置8 aやプリンタのような印刷機、プロッタ等の描画装置8 bを含む出力装置8及びそのインタフェース7を有する。また、処理の対象及び結果となるデータを格納・保存するハードディスクデバイス(H D D)、フレキシブルディスク装置(F D D)、コンパクトディスクR O M(C D R O M)、ミニディスク(M D)、光磁気記憶装置(M O)等の第3の記憶装置10を備える。また、記憶装置インタフェース9を備えている。

【 0 0 2 1 】

尚、第3の記憶装置は装置本体内に内蔵されても良いし、記憶装置インタフェース9を通して外部デバイスとして接続されても良い。必要なユーザの指示は、入力装置6を用いて行われ、途中の処理状況や最終的な結果は出力装置7を通じて行われる。処理上必要なデータはデータバス1を通して、ネットワーク上及び同一の装置上の入力装置6や第3の記憶装置10から入力インタフェース5や記憶装置インタフェース9を通じて、第2の記憶装置(R A M) 4に格納される。

【 0 0 2 2 】

そして、C P U 2が第1の記憶装置(R O M) 3に格納された処理プログラム3 aの手順に従って処理を行う。処理の段階に応じて、一時的に必要なデータは第2の記憶装置(R A M) 4に、出力されて保存の必要なデータは、例えば第3の記憶装置10に格納され、最終的な出力は、データバス1を通じてネットワーク上の必要なサーバ(不図示)に格納される。

【 0 0 2 3 】

以下、本実施形態の処理を説明する図1及び図2に示されるフローチャートに沿って、図3に示される装置によって実行される処理について説明する。本実施形態では解析用モ

10

20

30

40

50

デルとして、構造解析や振動解析等を行うことを目的とする有限要素法（F E M）モデルを例としてあげる。

【 0 0 2 4 】

最初に、図 1 のフローチャートに沿って、基となる解析用モデルを作成する手順について説明する。組立品の C A D モデルの情報は C A D システム等で作成されて、データベース 1 を通じて、第 2 の記憶装置 4 又は第 3 の記憶装置 1 0 に格納されるものとする。装置は、第 3 の記憶装置 1 0 又は第 2 の記憶装置 4 に格納されている C A D 情報を基に記憶装置インタフェース 9 及び出力インタフェース 7 を通して、ディスプレイ等の表示装置 8 a に作業者が分かり易いようにグラフィカルに表示する。

【 0 0 2 5 】

本装置が扱う C A D モデルの形状情報は、各部品の形状特徴情報よりなる。各部品の C A D 形状情報は、各部品形状を構成する形状要素である面、稜線、頂点等の幾何情報及び各形状要素間の隣接関係を表す位相情報よりなる。各形状要素は、全体の C A D 形状情報の中で、各形状要素を識別するための要素 I D によって管理されており、要素 I D を指定することによって、装置は、各形状要素の形状情報を抽出することができるものとする。面の幾何情報は、平面や円筒面、球面、円錐面、NURBS 曲面等の面の種別を表す情報及び面の種別に応じた幾何情報である。

【 0 0 2 6 】

面の幾何情報の例として、各面の種別ごとに以下のようなものがある。
形状要素が平面の場合、平面を通る任意の一点の座標値及び法線ベクトルの各成分。
形状要素が球面の場合、球面の中心の座標値及び半径。
形状要素が円筒面の場合、円筒面の軸の方向ベクトル。軸を通る任意の一点の座標値。

【 0 0 2 7 】

稜線の幾何情報は、線分や円、円弧、楕円弧、NURBUS 曲線等の稜線の種別を表す情報及び稜線の種類に応じた幾何情報である。

【 0 0 2 8 】

稜線の幾何情報の例として、各稜線の種別ごとに以下のようなものがある。
形状要素が線分の場合、始点、終点の座標値。
形状要素が円の場合、円の中心点の座標値、半径、円の存在する平面の法線ベクトル。
形状要素が円弧の場合、円と同様の情報及び始点、終点の座標値。円弧の中心点の座標値

【 0 0 2 9 】

形状要素が面である場合は、上記の面の幾何情報で表されるすべての領域のうち、どの部分領域を示すかを表す境界情報が、位相情報として表現される。境界を表す位相情報は、境界を構成する稜線の情報である。

【 0 0 3 0 】

各部品のレイアウト情報は、各部品の形状が定義されている局所座標系と、全体座標系の関係を示す情報である。具体的には 3 次元なら、局所座標系における X 軸、Y 軸、Z 軸の各方向が全体座標系で表現したときの方向ベクトルの各成分値によって表現できる。また、本装置により出力される解析用モデルである有限要素モデル（FEM）は、各部品を表現するメッシュデータ及び各部品の締結部を表現するメッシュデータにより構成される。メッシュデータは、ノードと呼ばれる頂点の情報とノードを頂点とするエレメントと呼ばれる要素により構成される。ノードの情報は、点の座標値及び各ノードの持つ自由度として表現される。各自由度は 3 次元の場合、並進の自由度が 3 つ、回転の自由度が 3 つの計 6 つあり、それぞれのノードに対して各自由度が有効かどうかの情報を持つ。

【 0 0 3 1 】

エレメントの情報は、エレメントの種別及び各種別に必要な情報により表現される。本装置で扱うエレメントは、エレメントの形状種別に応じて、物体の面を表現する場合、三角形や四辺形要素、立体を表現する場合、四面体要素や六面体要素、各部品間の締結部を表現する場合、線要素である RBE2 や M P C 等がある。また、エレメントの種別は、同一の

10

20

30

40

50

形状種別を持っていても、解析を行うときのモデル化の方法が違う１次要素、２次要素などの種別によっても分かれる。エレメントの各種別に必要な情報とは、形状種別、各エレメントの頂点に対応するノードがどれかを示す情報である。

【 0 0 3 2 】

第２の記憶装置４又は第３の記憶装置１０に格納されているＣＡＤモデルの情報から、装置が、表示装置８ａに部品形状の一覧を表示し、作業者が入力装置６により所望の部品形状を選択して、装置が基となる解析モデルを作成する。装置は、作業者が入力装置６により所望の部品を選択し、解析用モデルを作成するための指示情報として入力した解析用モデル作成条件を、第２の記憶装置４又は第３の記憶装置１０に格納する（ステップＳ１）。

10

【 0 0 3 3 】

装置は、ここで入力された指示情報に基づき、締結部及びその周辺以外の物体表面のメッシュデータを自動的に作成する（ステップＳ４）。作業者により入力される解析モデル作成条件としては、物体表面を表現するメッシュデータを構成するエレメントの形状、各エレメントのメッシュサイズ等である。作業者が、指示するエレメント形状の条件は、部品の表面に対するメッシュデータのエレメントの形状種別として例えば三角形にするか又は四辺形にするかを指定する。作業者が指示するメッシュサイズに関する条件は、メッシュを構成する各エレメントの平均的な大きさ及び最大、最小の大きさ等である。大きさを表す指標として、本実施形態では、エレメントの形状種別が三角形の場合、各三角形の外接円の直径、エレメントの形状種別が四辺形の場合、対角線の長さをとっている。

20

【 0 0 3 4 】

上記において作業者により設定されるメッシュの形状種別、メッシュサイズは、本実施形態で作成した解析モデルに対する解析の精度及び時間に影響する。一般にエレメント形状が三角形のときよりも四辺形のほうが解析の精度がよいが、メッシュ作成の時間がかかる。また、メッシュサイズが小さいほど、解析の精度がよいが、解析の時間がかかるので、作業者は、上記の特性を考えて適切に解析モデルの作成条件を設定するものとする。

【 0 0 3 5 】

次に、表示装置８ａに表示したＣＡＤモデルに対して、締結の基準となる各部品の稜線や面、穴などの形状特徴のペア（形状特徴情報ペア）及び締結部の締結種別を入力装置６で指示した情報を格納する。即ち、この情報は第２の記憶装置４又は第３の記憶装置１０に格納される（ステップＳ２）。

30

【 0 0 3 6 】

各部品の形状特徴の指示は、形状特徴が稜線や面など単一の形状要素から構成されている場合、その単一形状要素を作業者が指示することによって行われる。形状特徴が、２つの円弧から成り立っている穴のように複数の形状要素から構成されている場合、その形状特徴を構成するすべての形状要素を作業者が指示することによって行われる。あるいは作業者が、形状特徴を構成する形状要素の一つを指定することにより、装置が自動的に穴などの締結に必要な形状特徴を認識して、装置が認識した結果を作業者に確認、選択することによっても指示が可能である。

【 0 0 3 7 】

40

あるいは装置が、第２の記憶装置４又は第３の記憶装置１０に格納しているＣＡＤ情報を基に、近接する形状特徴のペアを自動的に検出する。検出した形状特徴を構成する形状要素をＣＡＤモデル上でハイライトする等の処理で表示装置８ａに表示する。作業者が、その中から締結部を構成する形状特徴対を入力装置６によって指示することによっても形状特徴対の指示が可能である。

【 0 0 3 8 】

以下、本実施形態の説明では簡単のため、締結部を構成する形状特徴が単一の形状要素のみから成り立っている場合について説明する。従って、以下の説明では作業者が締結部を指示するときは形状特徴ペアではなく形状要素ペアの指示で十分なものとする。

【 0 0 3 9 】

50

締結種別を指定することにより、指示した締結部の各形状要素のペアを構成する各形状要素をもとにどのようなメッシュデータが作成されるかが決まる。メッシュデータの構成が、組立品の解析結果の精度に影響するので、組立品の実機に対する実際の締結の方法に対応して、適切な締結種別を設定する必要がある。

【 0 0 4 0 】

締結種別の種類としては、実際の組立品の締結方法に応じてビス締結や、溶接、バネ締結などがある。また、同じビス締結でも、締結力の違いやビスの種類、締結ビス穴の形状の違いなどに応じて、更に細かく種類を分ける必要がある場合もある。組立品に対して、解析の結果と実際の現象を一致させるためには、このような締結の種類に応じて、適切に解析モデルを作成する必要がある。各締結種別に対応するメッシュデータの構成情報は、解析と実験の比較により、精度のよい解析結果を得るためのメッシュデータ構成法が予め求められている。これは、第 1 の記憶装置 3 又は第 2 の記憶装置 4、又は第 3 の記憶装置 1 0 に保存されているものとする。

10

【 0 0 4 1 】

装置は、作業者が指定した形状要素のペアに対して、適用可能な締結種別を判定して表示装置 8 a に表示する。作業者は、表示されている適用可能な締結種別のうちから一つを、入力装置 6 を使って選択するものとする。

【 0 0 4 2 】

ここで、装置は各形状要素ペアに対して適用可能な締結種別を、予め第 1 の記憶装置 3 又は第 2 の記憶装置 4、又は第 3 の記憶装置 1 0 に格納しているものとする。例えば図 4 に示すように部品 4 1 と部品 4 2 のビス穴締結部の締結種別を決定する場合を考える。装置は、表示装置 8 a に C A D モデルを表示する。

20

【 0 0 4 3 】

次に、表示装置 8 a の C A D モデルを参照しながら入力装置 6 を使って部品 4 1 と部品 4 2 の合わせ面上にある部品 4 1 のビス取り付け穴 C 4 3、部品 4 2 のビス取付け穴 C 4 4 をそれぞれ構成する円の形状要素ペアを指示する。こうしたときの指示情報を形状情報に関連付けて記憶装置に保存する。

【 0 0 4 4 】

次に装置は、上記の指示情報を基に、形状要素ペアが二つの円である場合に適用可能な締結種別としてビス締結、溶接、バネ締結を表示装置 8 a に表示する。装置は、作業者が入力装置 6 により、適用可能であると表示装置 8 a に表示された締結種別のうちから一つを選択した結果を、対応する形状要素ペアの要素 I D と一緒に第 2 の記憶装置 4、第 3 の記憶装置 1 0 に保存する。

30

【 0 0 4 5 】

図 4 の場合、作業者によりビス穴 C 4 3 及び C 4 4 を構成する円の形状要素ペアが締結部を構成することが指示されたとき、装置はこの指示情報を記憶装置に保存する。

次に装置は、図 5 に示すように二つの円からなる形状要素ペアに適用可能な締結種別として、予め記憶装置に保存しているデータの中からビス締結、溶接、バネ締結の 3 つの締結種別を表示装置 8 a に表示するものとする。

装置は、作業者が、上記の表示を参照して入力装置 6 により選択した締結種別情報を記憶装置に保存する。図 5 の場合、最初に装置は、二つの円からなる形状要素に対して適用可能な締結種別として、ビス穴締結、溶接、バネ締結の一覧を表示する。

40

【 0 0 4 6 】

次に入力装置 6 により、作業者が指示したビス穴締結の種別を記憶装置に保存する。次に装置は、作業者が指示した形状要素ペアの要素 I D 及び締結種別を新たな締結設定項目として、締結設定情報テーブルに追加して、第 2 の記憶装置 4 又は第 3 の記憶装置 1 0 に保存するものとする。

【 0 0 4 7 】

図 6 の場合、締結設定情報テーブルに項目として、既にビス穴 C 1 と C 2 に締結種別として溶接が設定されている締結設定の項目がテーブルに保存してある。そこに新たに装置

50

は、図4に示したようなビス穴C43とC44に対する締結種別としてビス締結を設定するという締結設定の項目をテーブルに追加している。

【0048】

次にステップS2の処理で保存した、締結部を構成する形状要素のCADモデル上における要素ID及び形状情報のすべて又は一部を第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存してあるCAD情報から検索する。その結果をステップS2で保存した各締結部を指定する情報とともに、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存するものとする(ステップS3)。

【0049】

本実施形態では、保存する各形状要素の形状情報として、幾何情報の一部及び包含矩形の情報を関連して保持するものとする。形状要素の包含矩形とは、各稜線が座標軸に平行な直方体で該形状要素を包含する最小のものである。各座標値が一番小さくなる点を左下点、一番大きくなる点を右上点と呼びこの2点の座標値により包含矩形を表現することができる。

【0050】

例えば図7で示すように、円で表現されている部品71上のビス穴C73、部品72上のビス穴C74が締結部を構成する形状要素ペアとして指定されていた場合について説明する。装置はビス穴C73に対して、図8に示すように各ビス穴の中心座標、半径、法線ベクトル、ビス穴C73の包含矩形B801の左下点、右上点の座標値をCAD情報から抽出、計算する。

【0051】

次に装置は、図7で示すような締結の設定に対して、締結部を構成する各形状要素に対して、図8に示すような値を抽出、計算した結果を図9に示すようにテーブル情報として、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存する。

【0052】

次に装置は、上記ステップS1及びS2で設定した情報を基にメッシュデータを生成する(ステップS4)。先ず、ステップS2で保存した締結部を構成する形状要素ペア及び締結種別の情報を基に、締結部および各部品上の締結部付近のメッシュデータを作成する。具体的には装置は、各締結部で設定された締結種別に対応するメッシュデータ構成法を参照して、締結部を構成する形状要素の形状情報を基にメッシュデータを作成する。

【0053】

メッシュデータ構成法は、締結部を構成する形状要素の形状情報をもとに、メッシュのノード及びエレメントをどのように作成、配置するか、エレメントの形状、サイズ、種別を何にするか、ノードの自由度をどのように設定するかの手順を示す情報である。装置はこの情報を参照して、各締結種別に応じたメッシュデータを作成するものとする。

【0054】

例えば図10に示すように、形状要素ペアとして部品101上のビス穴C103、部品102上のビス穴C104で示される円、締結種別としてビス締結が設定されているとする。装置はステップS2の処理の結果、図11で示すように図10に示す締結部に対する締結設定の項目を締結設定情報テーブルに追加する。図11の場合、既にビス穴C1とビス穴C2に締結種別として溶接が設定されている締結項目があるところに、ビス穴C103とビス穴C104に対して締結種別としてビス締結が設定されている締結項目が追加されている。次に装置は、保存してある締結種別に対応するメッシュデータ構成法を参照して、ステップS3で保存してあるビス穴C103、ビス穴C104の形状情報を基にして、図12に示すようなメッシュデータを作成する。

【0055】

この例の場合、ビス穴C103、ビス穴C104の円の幾何情報を参照して、ビス穴C103及びビス穴C104を表現する形状要素である円の周上に等間隔でノードを4つ作成して配置する。部品101、部品102の部品表面上において、ビス穴C103、ビス穴C104の周辺にビス穴C103、ビス穴C104の円周上にあるノードを二つ持つ三

10

20

30

40

50

角形エレメントを四つ作成している。このとき各三角形の大きさは、装置が各三角形の頂点を構成するビス穴C103、ビス穴C104上に配置されたノード間の距離とメッシュデータ構成法に設定されているエレメントの大きさに対する基準を基に自動的に決定する。

【0056】

また、装置は部品101と部品102を締結する要素として、ビス穴C103、ビス穴C104上に配置したノード間を結ぶ締結要素を作成する。各締結要素は、線要素として定義されるRBE2やMPCなどの、線要素の端点間の拘束条件を表現する要素であり、端点の一方はC103上のノード、端点の他方はC104上のノードである。

【0057】

また、各ノードの自由度、即ち許容範囲の設定も各締結種別に対応して、メッシュデータ構成法に情報として設定されており、その情報に従って装置が設定するものとする。

次に、締結部及び各部品上の締結部付近のメッシュデータを作成後、ステップS1で設定された解析モデル作成条件に従い、各部品上のメッシュデータを作成していない領域に、三角形や四辺形のエレメントから構成されるメッシュデータを自動的に作成する。

【0058】

ここで、装置は各部品上で、既に作成した締結部付近のメッシュデータと残りの領域に作成したメッシュデータが、整合性をとれるようにメッシュを作成するものとする。部品表面上のメッシュデータの整合性がとれている、即ち許容範囲内であるかとは、メッシュデータを構成するエレメントがノード以外で重ならず、しかも部品の表面全部を覆うようにメッシュが作成されることである。装置は、各部品上のメッシュデータを作成後、各部品表面のメッシュデータを基に、ステップS1で設定された解析モデル作成条件に従い、四面体等のエレメントから構成される各部品内部のメッシュを作成する。

【0059】

次に図2のフローチャートに沿って、本装置を利用して組立品のCADモデルの形状情報を修正したとき、対応する解析モデルの生成法について説明する。この処理は、図1のフローチャートに従って、基となる解析モデルが作成された後に行われるものとする。

【0060】

最初に装置は、作業者が、CADシステム等によって変更したCADモデル情報を装置に読み込む。装置はCADシステムとデータベース1を通じて繋がっており、データベース1を通じて、修正したCADモデル情報を第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に読み込む(ステップS5)。

次に装置10に保存した各締結設定について、着目している締結部を構成するすべての形状要素に対して、修正されたCADモデルで保存してあるCAD上の要素IDと同一の要素IDを持つ形状要素が存在するか判定する(ステップS6)。

【0061】

ステップS6の処理の結果、着目している締結部を構成する形状要素のうち、少なくとも一つが、修正されたCADモデルにおいて同一の要素IDを持つ要素が存在しないときを説明する。着目する締結部を定義する締結設定に対して、「形状削除」のフラグを設定して、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存する(ステップS8)。

【0062】

ステップS6の判定の結果、着目している締結部を構成する形状要素のすべてに対して、同一の要素IDを持つ形状要素が修正されたCADモデルに存在すると判定した場合を説明する。着目している締結部を構成する各形状要素について、ステップS3で第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存した形状情報と、修正されたCADモデル上で同一の要素IDを持つ形状要素の形状情報を比較する。そして、情報の修正が行われているかを検出する(ステップS7)。

【0063】

比較の具体的方法は、ステップS3で保存しておいた形状情報の各項目の値すべてについて、修正されたCADモデル上で同一の要素IDを持つ形状要素から、上記の各項目に

10

20

30

40

50

対する情報を取得して、同一の値であるかどうかを判定する。各項目の値が同一かどうかの判定は、単一の値の場合は、値の差が予め設定されていた閾値以内にはいつている場合は同一であると判定する。ベクトルで表されている座標値に関しては、座標値間の距離を計算して、その差が設定されている閾値にはいつている場合は同一であると判定する。面の法線方向を示す法線ベクトルや直線方向を示す方向ベクトルの場合は、ベクトル間のなす角度が設定されている閾値にはいつている場合は同一であると判定する。

【 0 0 6 4 】

上記の閾値は、形状に関する値の誤差を示す小さな値であり、上記でも示したように長さの誤差や角度の誤差を示す閾値がある。この閾値は、予め作業者によって設定されており、第 1 の記憶装置 3 又は第 2 の記憶装置 4 又は第 3 の記憶装置 1 0 に保存しているものとする。

【 0 0 6 5 】

例えば、図 1 3 は C A D 情報修正前のビス締結を説明する図である。それぞれ円で表現されている部品 1 3 1 上のビスの取り付け穴 C 1 3 3 及び部品 1 3 2 上の取り付け穴 C 1 3 4 が、C A D システムによる編集機能により、図 1 4 に示すようにそれぞれ C 1 4 3 , C 1 4 4 に移動されたものとする。このとき C 1 4 3 , C 1 4 4 の C A D 上の要素 I D は変更されず、それぞれ C 1 3 3 , C 1 3 4 と同一であったとする。取り付け穴の位置が変更される前に、ステップ S 2 で形状要素ペア、C 1 3 3 , C 1 3 4 に対して、ビス穴締結が締結種別として設定されている。ステップ S 3 の処理で説明したように、各円の中心座標、半径、法線ベクトル、包含直方体の左下点座標、右上点座標が抽出、計算されて第 2

【 0 0 6 6 】

次に装置は、修正された C A D モデルに対して、C 1 3 3 , C 1 3 4 に対応する要素 I D を用いて、形状情報を取り出すことによって、C 1 4 3 , C 1 4 4 に対応する形状情報を取得することができる。

【 0 0 6 7 】

図 1 5 に示すように、C A D モデルを修正する前に保存された C 1 3 3 , C 1 3 4 に対応する形状情報と、図 1 6 に示すような C A D モデルを修正した後取り出した C 1 4 3 , C 1 4 4 に対応する形状情報の各項目を比較する。これにより、装置は変更のあった締結部の形状要素を検出することができる。図 1 5 では、C A D モデルを修正する前のビス穴 C 1 3 3 , C 1 4 4 に対して、C A D 上の要素 I D 、中心座標、半径、法線ベクトル、包含直方体の左下点、包含直方体の右上点の書く項目に対して図示するような値がいつているものとする。

【 0 0 6 8 】

図 1 6 では、C A D モデルから中心座標、半径、法線ベクトル、包含直方体の左下点、包含直方体の右上点の座標を取り出してテーブル情報として保存したものである。図 1 5 及び図 1 6 のように C A D モデルの修正前後で C A D 上において同一の要素 I D を持つ要素の形状情報が取り出されたら各項目の比較は以下のように行う。例えば、C 1 3 3 と C 1 4 3 の半径のような単一の値が同一であるかどうかを調べるためには、半径の値の差を計算する。即ち、

$$d r = r 1 - r 1 '$$

この値の絶対値が既に設定されている閾値である距離に関する許容誤差の範囲に入っているかどうかで行われる。

【 0 0 6 9 】

あるいは、中心座標のような距離に関するベクトル値が一致しているかどうかは、C 1 3 3 と C 1 4 3 の場合、

$$d C = (c x 1 , c y 1 , c z 1) - (c x 1 ' , c y 1 ' , c z 1 ')$$

で計算されるベクトル d C の大きさが距離に関する許容誤差の範囲にはいつているかどうかで行われる。

【 0 0 7 0 】

あるいは、法線ベクトルのように角度に関するベクトル値が一致しているかどうかは、C 1 3 3 と C 1 4 4 の場合、それぞれの法線ベクトルなす角度の絶対値がすでに設定されている閾値である角度に関する許容誤差の範囲に入っているかどうかで判定できる。

【 0 0 7 1 】

次にステップ S 7 で装置は、各締結部を構成するすべての形状要素に対し、C A D モデル修正前後の形状情報の各項目を比較し、少なくとも1つの形状要素に対して修正が行われているかどうかを判定する（ステップS9）。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 9 で装置は、各締結部を構成する形状要素のうち少なくとも1つの形状要素に対して、C A D モデルの修正後、該形状要素の修正が行われていると判定する。その結果、着目する締結部を定義する締結設定に対して、「形状修正」のフラグを設定して、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に保存する（ステップS10）。

10

【 0 0 7 3 】

次に装置は、ステップ S 9 で締結部を構成する形状要素ペアのうち少なくとも1つが修正されたと判断した場合について説明する。各形状要素ペアを構成する形状要素のC A D 情報修正後の形状情報を参照して、着目している締結部に設定されている締結種別が、形状の変更が行われた後も適用可能かどうかを判定する（ステップS11）。指定した締結種別が適用可能かどうかの判定条件は、各形状要素ペアを構成する形状要素の形状情報に対して、各締結種別に対して、予め第1の記憶装置3又は第2の記憶装置4、又は第3の記憶装置10に保存されているものとする。各条件は、例えば各形状要素の形状情報を入力とするある関数の関数値が満たす等式あるいは不等式として表現されている。

20

【 0 0 7 4 】

例えば図17では図13のときと同様、部品171上のビス取り付け穴C 1 7 3、部品172上の取り付け穴C 1 7 4の形状要素ペアに対して締結種別としてビス締結が設定されているものとする。ここで、やはり図14と同様、C A D 情報の修正により図18に示すようにそれぞれC 1 8 3、C 1 8 4、又は図19に示すようにC 1 9 3、C 1 9 4に移動されたものとする。図18の場合は円C 1 7 3とC 1 7 4が同一の移動ベクトルを持つようなC A D 情報の変更が行われたが、図19の場合は違う移動ベクトルを持つようなC A D 情報の変更が行われたものとする。

【 0 0 7 5 】

30

ここで、移動ベクトルは、移動する前後の円の中心間のベクトルで定義できる。図18の場合ビス穴C 1 7 3からビス穴C 1 8 3への移動ベクトルはV 1 8 5、ビス穴C 1 7 4からビス穴C 1 8 4への移動ベクトルはV 1 8 6である。図19の場合ビス穴C 1 7 3からビス穴C 1 9 3への移動ベクトルはV 1 9 5、ビス穴C 1 7 4からビス穴C 1 9 4への移動ベクトルはV 1 9 6である。図18の場合移動ベクトルV 1 8 5とV 1 8 6が一致しており、図19の場合、移動ベクトルV 1 9 5とV 1 9 6が一致していない。この場合、装置は上記で説明したように、C A D 情報を修正する前のビスの取り付け穴の形状情報とC A D 情報を修正した後のビスの取り付け穴の形状情報を比較することにより、形状情報が修正されたことを検出する。

【 0 0 7 6 】

40

図18の場合も、図19の場合も形状の修正が行われているので、装置は形状情報が修正されたことを検知する。装置は形状情報が修正されたことを検知したら、装置は図18又は図19に示す移動後のビス穴形状を示す形状要素ペアに対して、ステップS2で設定されている締結種別が適用可能かを判別する。

【 0 0 7 7 】

図17の場合、設定されている締結種別はビス締結なので、装置はビス締結に対応して保存されている適用可能性の判定条件を第1の記憶装置3又は第2の記憶装置4、又は第3の記憶装置10から取り出す。そして、移動後のビス穴形状を示す形状要素ペアの形状情報が適用条件を満たしているかどうかの判定を行う。

【 0 0 7 8 】

50

ビス穴締結に対しては、ビス穴を構成する円のペアの中心間距離（移動ベクトルの大きさ）及び半径の差が閾値以下であることが適用条件として設定されているものとする。装置は、移動後のビス穴形状を示す形状要素ペアの形状情報がこの条件を成立しているかを判定する。図18の場合は、CADモデルの修正後も設定してある締結種別が適用可能であると判定され、図19の場合は適用不可能と判定する。

【0079】

ステップS12の判定の結果、CADモデルの修正後、既に設定されてある締結種別が適用不可能と判定されたら、着目する締結部を定義する締結設定に対して、「適用不可能」のフラグを設定する。そして、第2の記憶装置4または第3の記憶装置10に保存する（ステップS13）。

10

【0080】

次に装置は、上記の処理で各締結部を定義する締結設定に対して設定されたフラグを基に、その結果を作業者に認識しやすいようにCADモデル上で表示装置8aに示す（ステップS12）。本実施形態では、「適用不可能」のフラグが設定されていない締結設定に対して、第2の色、少なくとも一つの形状要素が変更され、「適用不可能」のフラグが設定されている締結設定に対して第3の色でハイライトして表示する。「形状削除」のフラグがついている締結設定に対しては表示しない。

【0081】

次にステップS12で表示装置8aに表示された結果を基に、入力装置6により締結部設定の追加やCADモデルの形状の修正後も適用が可能な締結部設定の解除の指示情報を基に第2の記憶装置4または第3の記憶装置10に格納する（ステップS14）。締結部の設定の追加はステップS2と同様に、表示装置8aに表示したCADモデルに対して、締結の基準となる各部品の稜線や面などの形状要素のペア及び締結種別を入力装置6で指示し、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に格納するものとする。締結部設定解除の指示は、既に設定されている締結部を構成する形状要素のうちのいずれか1つを入力装置6で指示することにより行われるものとする。

20

【0082】

次にステップS14で、作業者により追加の指示のあった締結部の設定情報を既に保存している締結部設定情報に追加する。また、上記で作業者により解除の指示のあった締結部及び「形状削除」又は「適用不可能」のフラグが設定された締結設定を、第2の記憶装置4又は第3の記憶装置10に格納されている締結部設定情報から削除する（ステップS15）。

30

【0083】

ここで、作業者は再度CADモデルの形状を修正して、ステップS5からステップS15の処理を繰り返してもよい。最後に装置は、ステップS4と同様の処理で、形状を修正したCADモデル及びステップS1で設定した解析用モデル作成条件及びステップS15で修正した締結部設定条件を基にメッシュデータを生成するものとする（ステップS16）。

【0084】

以上説明したように本実施形態によれば、一度解析モデルの生成手順を設定した組立品の形状モデルに対して、CADモデルの形状の修正を行ったとき、必要最小限の手間で、形状を修正したCADモデルに対応する解析用モデルを再作成することができる。

40

【0085】

（第2の実施形態）

本実施形態は、第1の実施形態のステップS6、S7における、状を修正したCADモデルから、締結部を構成する形状要素を抽出する方法として、形状要素の要素IDが同一のものを検出するのではなく、同一の幾何情報を持つものを検索する。例えば図13のように、C133、C134に対応するビス穴を検索する場合、CAD情報から同一の中心座標、半径、法線ベクトルを持つ円を検索する。

【0086】

50

従って、第１の実施形態のステップＳ６では、ＣＡＤ情報の修正前後で同一の要素ＩＤを持つ形状要素ペアに対して設定されている締結種別が適用可能かを判定しているが、本実施形態ではこの処理を行わない。本実施形態では装置は、ステップＳ２で設定された各締結部を構成する形状要素に対して、修正したＣＡＤモデルに対して、同一の形状情報を持つ形状要素を検出できないと、対応する締結設定は適用不能と判定する。そして、締結部の設定情報から削除する。また、本実施形態では、第１の実施形態のステップＳ１２においても、ステップＳ２で設定した締結情報がそのまま適用可能なところを第一の色でハイライトするのみとする。

【００８７】

本実施形態によると、ＣＡＤシステムにおいて、ＣＡＤ情報を修正したとき形状要素の要素ＩＤが保存されないときも、既に設定した締結情報を有効に利用することができる。

【００８８】

（第３の実施形態）

本実施形態では、本発明を用いて形状の簡略化を行う処理を行う装置について記す。形状の簡略化は、簡略化した解析モデルの作成により解析時間の短縮や、複雑な形状の表示処理を軽減することを目的としている。具体的には、微小なリブやビス穴等、形状特徴を変形して簡略化や削除を行う処理である。

【００８９】

処理の手順は、第１の実施形態と基本的に同様である。この場合、第１の実施形態のステップＳ１の代わりに、本実施形態では入力装置６を使い、特に指示の形状特徴に対する簡略化の適用条件を作業者が設定し、第２の記憶装置４又は第３の記憶装置１０に保存する。また、第１の実施形態のステップＳ２の代わりに、本実施形態では、作業者が各形状特徴に対する簡略化の設定を行う。また、本実施形態ではステップＳ１とステップＳ２で設定されたデータをもとに、簡略化モデルを自動で作成する。第１の実施形態のステップＳ５からステップＳ１５の処理も、本実施形態において簡略化の設定をした各形状特徴に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【００９０】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る処理の流れを説明するフローチャートであり、ＣＡＤ情報から基となるメッシュデータを作成する処理を説明する図である。

【図２】本発明の第１の実施形態に係る処理の流れを説明するフローチャートであり、修正したＣＡＤ情報と基となるメッシュデータから、修正したＣＡＤ情報に対するメッシュデータを作成する処理を説明する図である。

【図３】本発明の第１の実施形態を実行する装置を説明する図である。

【図４】締結部の形状要素ペアの設定を説明する図である。

【図５】締結部の締結種別の設定を説明する図である。

【図６】結部設定を保存するテーブルを説明する図である。

【図７】形状情報を取り出す形状要素ペアを説明する図である。

【図８】形状要素が円の場合、抽出する形状情報を説明する図である。

【図９】形状要素から抽出した形状情報形を格納するテーブルを説明する図である。

【図１０】メッシュデータを作成する締結部を説明する図である。

【図１１】メッシュデータを作成する締結部に設定されている設定データを保存したテーブルを説明する図である。

【図１２】締結部に対して作成されたメッシュデータを説明する図である。

【図１３】ＣＡＤモデルを修正する前の締結部を説明する図である。

【図１４】ＣＡＤモデルを修正した後の締結部を説明する図である。

【図１５】ＣＡＤモデルを修正する前に保存したビス締結を構成するビス穴の形状情報を説明する図である。

【図１６】ＣＡＤモデルを修正した後に保存したビス締結を構成するビス穴の形状情報を説明する図である。

【図17】CADモデルを修正する前の締結部を説明する図である。

【図18】CADモデルの修正による影響を受けており、CADモデル修正前に設定した締結種別が、CADモデル修正後も適用可能な例を説明する図である。

【図19】CADモデルの修正による影響を受けており、CADモデル修正前に設定した締結種別が、CADモデル修正後、適用不能になった例を説明する図である。

【図20】ビスによる締結を説明する図である。

【図21】CADモデルの修正が、締結部のモデル化に影響する場合と、影響しない場合を説明する図である。

【符号の説明】

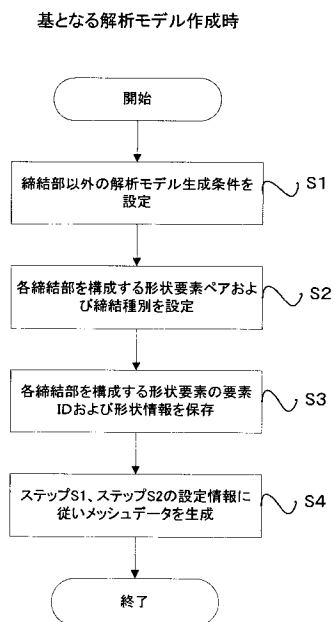
【0091】

- 1・・・データバス
- 2・・・CPU
- 3・・・ROM
- 4・・・RAM
- 5・・・入力装置用インタフェース
- 6・・・入力装置
- 7・・・出力装置用インタフェース
- 8・・・出力装置
- 9・・・外部記憶装置用インタフェース
- 10・・・外部記憶装置

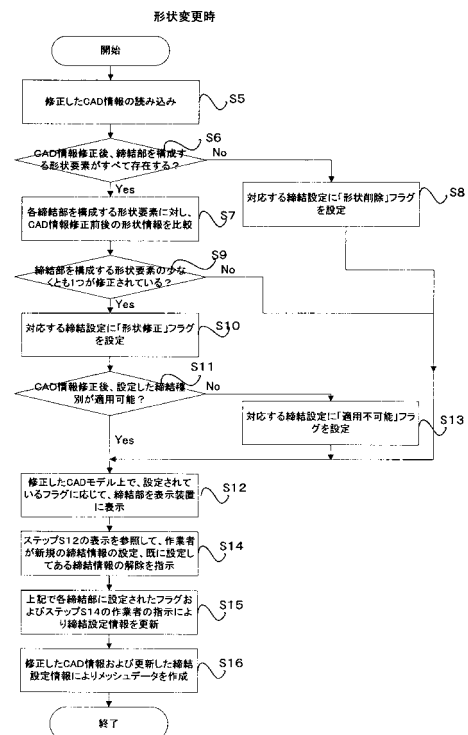
10

20

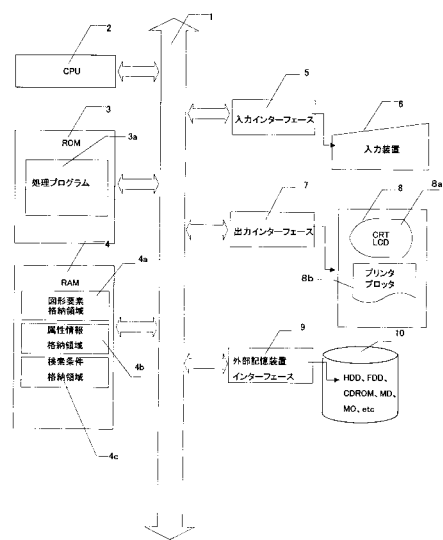
【図1】



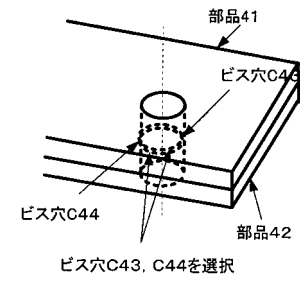
【図2】



【図 3】



【図 4】

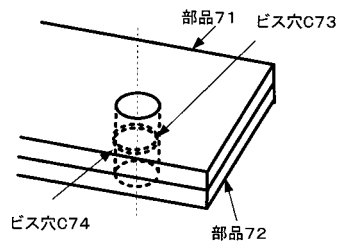


【図 6】

締結設定情報テーブル

	締結種別	要素ID1	要素ID2
(a)、(b)の操作で追加された締結設定	1 溶接	C1	C2
	2 ビス締結	C43	C44

【図 7】

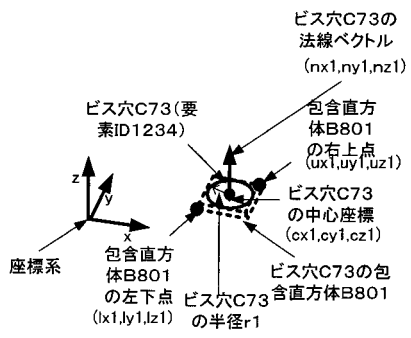


【図 9】

	要素ID	中心座標	半径	法線ベクトル	包含直方体 左下点	包含直方体 右上点
C73	1234	(cx1,cy1,cz1)	r1	(nx1,ny1,nz1)	(lx1,ly1,lz1)	(ux1,uy1,uz1)
C74	5678	(cx2,cy2,cz2)	r2	(nx2,ny2,nz2)	(lx2,ly2,lz2)	(ux2,uy2,uz2)

【図 10】

【図 8】

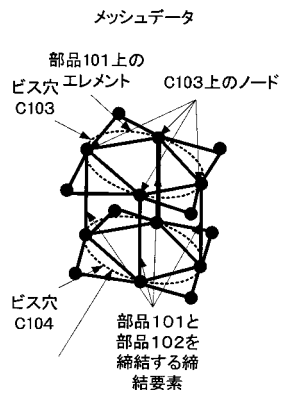


【図 11】

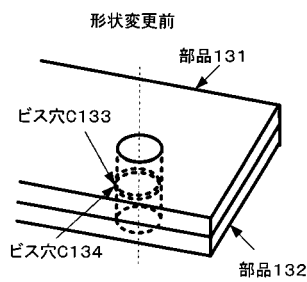
締結設定情報テーブル

	締結種別	要素ID1	要素ID2
	1 溶接	C1	C2
	2 ビス締結	C103	C104

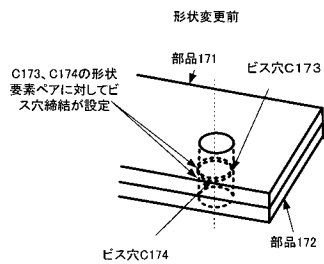
【図 12】



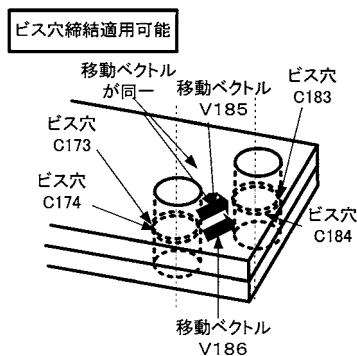
【図 13】



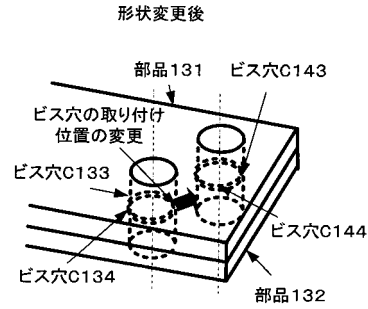
【図 17】



【図 18】



【図 14】



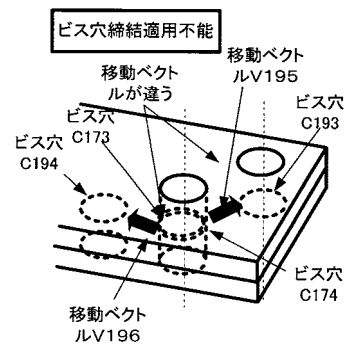
【図 15】

	要素ID	中心座標	半径	法線ベクトル	包含直方体 左下点	包含直方体 右上点
C133	1234	$\langle cx1, cy1, cz1 \rangle$	$r1$	$\langle nx1, ny1, nz1 \rangle$	$\langle lx1, ly1, lz1 \rangle$	$\langle ux1, uy1, uz1 \rangle$
C134	5678	$\langle cx2, cy2, cz2 \rangle$	$r2$	$\langle nx2, ny2, nz2 \rangle$	$\langle lx2, ly2, lz2 \rangle$	$\langle ux2, uy2, uz2 \rangle$

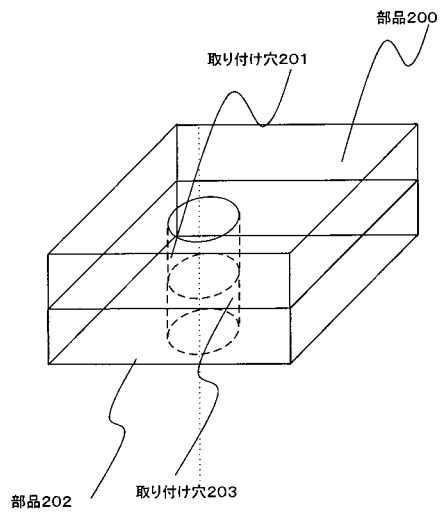
【図 16】

	要素ID	中心座標	半径	法線ベクトル	包含直方体 左下点	包含直方体 右上点
C143	1234	$\langle cx1, cy1, cz1 \rangle$	$r1$	$\langle nx1, ny1, nz1 \rangle$	$\langle lx1, ly1, lz1 \rangle$	$\langle ux1, uy1, uz1 \rangle$
C144	5678	$\langle cx2, cy2, cz2 \rangle$	$r2$	$\langle nx2, ny2, nz2 \rangle$	$\langle lx2, ly2, lz2 \rangle$	$\langle ux2, uy2, uz2 \rangle$

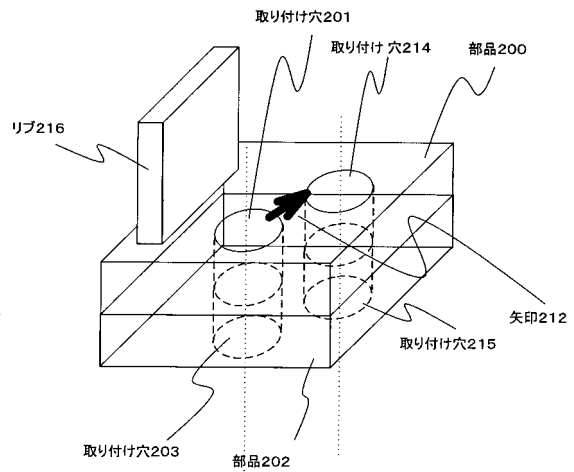
【図 19】



【図 20】



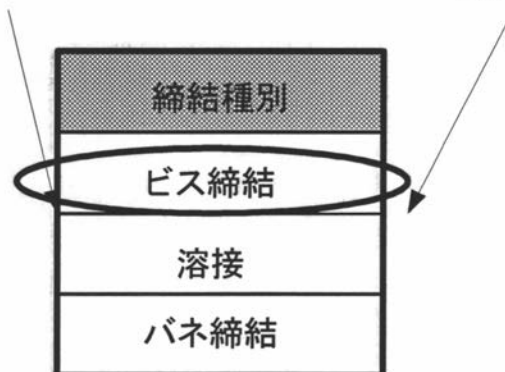
【図 21】



【図 5】

締結種別
の選択

ビス穴C43とビ
ス穴C44の形状
要素ペアに対し
て適用可能な
締結種別の一
覧を表示



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-265836(JP,A)
特開2006-318232(JP,A)
特開2002-279005(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 17/50