

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6232748号
(P6232748)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 F 17/50 (2006.01)

G 0 6 F 17/50 6 1 2 H

G 0 6 F 17/50 6 1 2 C

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-112392 (P2013-112392)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成25年5月28日 (2013. 5. 28)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2014-232393 (P2014-232393A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年12月11日 (2014.12.11)		
審査請求日	平成28年2月26日 (2016. 2. 26)	(74) 代理人	100089118
			弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	今井 加奈子
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通アドバンステクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	石川 重雄
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通アドバンステクノロジー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変形シミュレーション装置、変形シミュレーション方法及び変形シミュレーションプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

弾性体の変形をシミュレーションし、前記弾性体の複数の断面において前記弾性体が他の物体と接触する接触面の面圧をシミュレーション結果として算出するシミュレーション部と、

前記シミュレーション部により各断面において算出された面圧のうち最大の面圧を各箇所の位置情報に対応させてグラフ表示するとともに、前記複数の断面のうちの一つの断面における前記弾性体の変形図を表示し、前記弾性体の全体を表示する全体表示上に前記一つの断面の位置を表示する表示部と

を有することを特徴とする変形シミュレーション装置。

【請求項 2】

前記シミュレーション部によりシミュレーションされた変形に基づいて前記弾性体の所定の方向の潰し量を算出する算出部をさらに有し、

前記表示部は、算出部により算出された潰し量を各潰し量の位置に対応させてグラフ表示することを特徴とする請求項 1 に記載の変形シミュレーション装置。

【請求項 3】

前記表示部は、前記全体表示上で断面の位置の指定を受け付けて該断面における前記弾性体の変形図を連動表示するとともに、該断面の位置をグラフ上に連動表示することを特徴とする請求項 1 に記載の変形シミュレーション装置。

【請求項 4】

10

20

前記表示部は、グラフ上で断面の位置の指定を受け付けて該断面における前記弾性体の変形図を連動表示するとともに、該断面の位置を全体表示上に連動表示することを特徴とする請求項 1 に記載の変形シミュレーション装置。

【請求項 5】

前記弾性体はパッキンであり、

前記シミュレーション部は、前記パッキンのパッキンルートに垂直な複数の断面において前記接触面の面圧を算出し、

前記表示部は、前記シミュレーション部により各断面において算出された面圧のうち最大の面圧を所定の開始位置からの距離に対応させてグラフ表示することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の変形シミュレーション装置。

10

【請求項 6】

前記パッキンの形状に沿ったルートを示すパッキンルートに垂直な複数の断面の位置に節点が位置するようにメッシュを作成する前処理部をさらに有し、

前記シミュレーション部は、前記前処理部が作成したメッシュに基づいて前記複数の断面において前記接触面の面圧を算出することを特徴とする請求項 5 に記載の変形シミュレーション装置。

【請求項 7】

弾性体の変形をシミュレーションし、前記弾性体の複数の断面において前記弾性体が他の物体と接触する接触面の面圧をシミュレーション結果として算出し、

各断面において算出した面圧のうち最大の面圧を各箇所的位置情報に対応させてグラフ表示するとともに、前記複数の断面のうちの一つの断面における前記弾性体の変形図を表示し、前記弾性体の全体を表示する全体表示上に前記一つの断面の位置を表示する

20

処理をコンピュータが実行することを特徴とする変形シミュレーション方法。

【請求項 8】

弾性体の変形をシミュレーションし、前記弾性体の複数の断面において前記弾性体が他の物体と接触する接触面の面圧をシミュレーション結果として算出し、

各断面において算出した面圧のうち最大の面圧を各箇所的位置情報に対応させてグラフ表示するとともに、前記複数の断面のうちの一つの断面における前記弾性体の変形図を表示し、前記弾性体の全体を表示する全体表示上に前記一つの断面の位置を表示する

処理をコンピュータに実行させることを特徴とする変形シミュレーションプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変形シミュレーション装置、変形シミュレーション方法及び変形シミュレーションプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

弾性体は外部から力を受けると変形し、内部に応力が発生する。例えば、部品間に挟んで使用されるパッキンにおいて、気密が確保されるためには、挟み込まれたパッキンの表面に一定以上の圧力が加わらなければならない。一定以上の圧力が加わらなければ内部や外部の液体又は気体による圧力に負けて、パッキンと部品との間に隙間が生じ、液漏れ又は気体漏れが生じる。そのため、数値シミュレーションによって、パッキンの面圧を評価することは大変重要である。

40

【0003】

図 17 は、パッキン形状の一例を示す図である。図 17 は、携帯電話の上下ケース部品間で使用されるパッキンを示す。図 17 に示すように、携帯電話の上下ケース部品間で使用されるパッキン 8 は、一様断面で細長い形状をしている。

【0004】

そして、ある断面で考えると、パッキン面圧の最大値が必要面圧を確保していれば気密は保持される。そのため、パッキン全体での気密性を確保するためには、細長いパッキン

50

形状に沿ったすべての任意断面位置で必要面圧を確保している必要がある。

【 0 0 0 5 】

任意断面における面圧の最大値を評価するためには、パッキン全体の面圧分布が必要となる。図 1 8 は、パッキン全体の面圧分布の表示例を示す図である。設計者は、図 1 8 に示す面圧分布表示において、一部を拡大しながら、最も面圧最大値が低い箇所を探す。なお、実際の面圧分布表示では、拡大部分 9 は、メッシュ 1 0 毎に面圧を示すカラー表示が行われ、設計者は、色と面圧の対応表示を用いて各箇所の面圧を把握する。

【 0 0 0 6 】

なお、離れている 2 つの物体が熱や荷重などの負荷により接触することによって発生する応力、変形を有限要素法を用いて求め、求めた応力、変形をグラフ化する従来技術がある。また、建物の各壁の耐力から求めたせん断力 - 変位量と地震のせん断力 - 変位曲線とを重ねてグラフで示す従来技術がある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開平 9 - 1 4 5 4 9 3 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 2 - 7 3 6 9 8 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

図 1 8 に示したパッキン全体の面圧分布では、設計者は、どの部分の断面における最大面圧が低いのか、拡大表示しないと分からない。そこで、設計者は、分布図の一部の拡大縮小および移動を繰り返しながら、最も面圧最大値が低い箇所を探す。このため、設計者は最大面圧が最も低い箇所を効率よく探すことができないという問題がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は、1 つの側面では、パッキンの最大面圧が最も低い箇所など弾性体に生じる応力が全体の中で所定の特徴を有する箇所を設計者が効率よく探すことができる面圧表示を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本願の開示する変形シミュレーション装置は、1 つの態様において、シミュレーション部と表示部とを有する。シミュレーション部は、弾性体の変形をシミュレーションし、前記弾性体の複数の断面において前記弾性体が他の物体と接触する接触面の面圧をシミュレーション結果として算出する。表示部は、前記シミュレーション部により各断面において算出された面圧のうち最大の面圧を各箇所の位置情報に対応させてグラフ表示するとともに、前記複数の断面のうちの一つの断面における前記弾性体の変形図を表示し、前記弾性体の全体を表示する全体表示上に前記一つの断面の位置を表示する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

1 実施態様によれば、設計者は弾性体に生じる応力が全体の中で所定の特徴を有する箇所を効率よく探すことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 図 1 は、実施例に係る変形シミュレーション装置の機能構成を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、パッキンに対して作成されるメッシュの一例を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、解析結果記憶部のデータ構造の一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、節点を説明するための図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 2 に示したパッキンのパッキンルートを示す図である。

【 図 6 A 】 図 6 A は、携帯電話の上下ケース及びパッキンの断面図である。

【 図 6 B 】 図 6 B は、パッキン周辺の拡大図である。

【図 7】図 7 は、パッキンルートに垂直な断面位置に節点を作成するメッシュ作成を説明する図である。

【図 8】図 8 は、変形後のパッキン高さ方向の座標の計算方法を説明するための図である。

【図 9】図 9 は、結果表示部が表示する変形断面図の一例を示す図である。

【図 10】図 10 は、結果表示部が表示するグラフの一例を示す図である。

【図 11】図 11 は、結果表示部が表示する連動表示の一例を示す図である。

【図 12】図 12 は、ポイント移動による変形断面図及びグラフの連動表示の一例を示す図である。

【図 13】図 13 は、変形シミュレーション装置による処理のフローを示すフローチャートである。

【図 14】図 14 は、垂直断面定義及び表示値算出の処理フローを示すフローチャートである。

【図 15】図 15 は、結果表示部による連動表示の処理フローを示すフローチャートである。

【図 16】図 16 は、変形シミュレーションプログラムを実行するコンピュータのハードウェア構成を示す図である。

【図 17】図 17 は、パッキン形状の一例を示す図である。

【図 18】図 18 は、パッキン全体の面圧分布の表示例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本願の開示する変形シミュレーション装置、変形シミュレーション方法及び変形シミュレーションプログラムの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施例では、携帯電話の上下ケースに挟まれるパッキン 8 を対象として変形をシミュレーションする場合について説明する。また、実施例は開示の技術を限定するものではない。

【実施例】

【0014】

まず、実施例に係る変形シミュレーション装置の機能構成について説明する。図 1 は、実施例に係る変形シミュレーション装置の機能構成を示すブロック図である。図 1 に示すように、変形シミュレーション装置 1 は、プリ処理部 11 と、計算実行部 12 と、解析結果記憶部 13 と、部品受付部 14 と、垂直断面定義部 15 と、表示値算出部 16 と、結果表示部 17 とを有する。

【0015】

プリ処理部 11 は、パッキンの変形を数値シミュレーションするために必要な前処理を行う。具体的には、プリ処理部 11 は、パッキン 8 やパッキン 8 を挟む部品に対するメッシュの作成、パッキン 8 とパッキン 8 を挟む部品の拘束部分の設定などを行う。

【0016】

図 2 は、パッキン 8 に対して作成されるメッシュの一例を示す図である。図 2 の拡大部分 21 に示すように、プリ処理部 11 は、パッキン 8、パッキン 8 を挟む携帯電話のケース部品に対してメッシュを作成する。

【0017】

計算実行部 12 は、プリ処理部 11 で作成されたメッシュやプリ処理部 11 で設定された境界条件を用いて、携帯電話の上下ケース部品に挟まれたパッキン 8 の変形の数値シミュレーション計算を実行する。そして、計算実行部 12 は、数値シミュレーションの計算結果を解析結果記憶部 13 に格納する。

【0018】

解析結果記憶部 13 は、計算実行部 12 による計算結果を解析結果として記憶する。図 3 は、解析結果記憶部 13 のデータ構造の一例を示す図である。図 3 に示すように、解析結果記憶部 13 は、節点番号と、面圧と、変形前 X 座標と、変形前 Y 座標と、変形前 Z 座標と、変形後 X 座標と、変形後 Y 座標と、変形後 Z 座標とを対応させて記憶する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

節点番号は、節点を識別する識別番号である。ここで、節点とは、パッキン 8 に対してメッシュにより定義される要素の頂点を示す。図 4 は、節点を説明するための図である。図 4 に示すように、パッキン 8 に対して要素 2 3 が定義され、要素 2 3 の頂点が節点 2 4 である。

【 0 0 2 0 】

面圧は、節点番号で識別される節点 2 4 の面圧である。変形前 X 座標、変形前 Y 座標及び変形前 Z 座標は、それぞれ、パッキン 8 が変形する前の節点 2 4 の X 座標、Y 座標及び Z 座標であり、変形後 X 座標、変形後 Y 座標及び変形後 Z 座標は、それぞれ、パッキン 8 が変形した後の節点 2 4 の X 座標、Y 座標及び Z 座標である。

10

【 0 0 2 1 】

図 1 に戻って、部品受付部 1 4 は、表示装置の画面に解析モデルを表示し、パッキン 8 の指定を設計者から受け付ける。

【 0 0 2 2 】

垂直断面定義部 1 5 は、部品受付部 1 4 が受け付けたパッキン 8 に対して、パッキンルートに垂直な複数の断面を自動で求める。ここで、パッキンルートとは、パッキン 8 の形状に沿って一周するルートを表す。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、図 2 に示したパッキン 8 のパッキンルート 2 2 を示す図である。垂直断面定義部 1 5 は、パッキン 8 に予め定められたスタート位置から設計者が指定した間隔でパッキンルート 2 2 に垂直な複数の断面を自動で求める。

20

【 0 0 2 4 】

表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 が求めた断面位置における節点 2 4 の情報を解析結果記憶部 1 3 から抽出し、抽出した情報を用いて断面位置における最大面圧及び潰し量を算出する。なお、プリ処理部 1 1 は、表示値算出部 1 6 が最大面圧や潰し量の抽出を容易にするため、メッシュを作成する際に、パッキンルート 2 2 に垂直な断面位置に節点 2 4 を作成する。

【 0 0 2 5 】

表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 が求めた断面位置における複数の節点 2 4 の面圧のうち最大の面圧を断面位置における最大面圧として算出する。また、表示値算出部 1 6 は、変形前後のパッキン 8 の高さに基づいて潰し量を算出する。

30

【 0 0 2 6 】

図 6 A 及び図 6 B は、潰し量を説明するための図である。図 6 A は携帯電話の上下ケース及びパッキンの断面図を示し、図 6 B はパッキン周辺の拡大図を示す。図 6 A に示すように、パッキン 8 は、携帯電話の上ケース 3 2 と下ケース 3 3 に挟まれる。また、拡大部分 3 4 は、断面図の左端を拡大したものである。

【 0 0 2 7 】

図 6 B は、パッキン周辺だけをさらに拡大したものである。図 6 B において、左側の図は変形前のパッキン 8 の高さを示し、右側の図は変形後のパッキン 8 の高さを示す。潰し量は、変形前のパッキン 8 の高さから変形後のパッキン 8 の高さを引いた値である。

40

【 0 0 2 8 】

図 7 は、パッキンルート 2 2 に垂直な断面位置に節点 2 4 を作成するメッシュ作成を説明する図である。図 7 の拡大部分 3 5 及び 3 6 はパッキン 8 に傾斜のある部分で作成されたメッシュを示す。図 7 の拡大部分 3 5 はプリ処理部 1 1 がパッキンルート 2 2 に垂直でない断面位置に節点 2 4 を作成する場合を示し、拡大部分 3 6 はプリ処理部 1 1 がパッキンルート 2 2 に垂直な断面位置に節点 2 4 を作成する場合を示す。

【 0 0 2 9 】

パッキン 8 に傾斜のある部分において、プリ処理部 1 1 がパッキンルート 2 2 の垂直断面位置に節点 2 4 を作成することで、垂直断面定義部 1 5 が定義する断面上に節点 2 4 があるようにすることができる。したがって、表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 が

50

定義する断面に位置する節点 2 4 を節点 2 4 の座標に基づいて解析結果記憶部 1 3 から抽出し、抽出した節点 2 4 の面圧のうち最大の面圧を垂直断面定義部 1 5 が求めた断面位置における最大面圧とすることができる。

【 0 0 3 0 】

また、表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 が定義する断面に位置する節点 2 4 を節点 2 4 の座標に基づいて解析結果記憶部 1 3 から抽出し、抽出した節点 2 4 の変形前後の座標を用いて潰し量を算出することができる。

【 0 0 3 1 】

なお、プリ処理部 1 1 がパッキンルート 2 2 に垂直でない断面位置に節点 2 4 を作成する場合には、表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 が定義する断面上の座標を近傍の節点 2 4 の情報から計算する必要がある。

【 0 0 3 2 】

図 8 は、変形後のパッキン高さ方向の座標の計算方法を説明するための図である。図 8 に示すように、パッキンルート 2 2 に垂直な断面位置に節点 2 4 がいない場合、表示値算出部 1 6 は、軸 3 7 に関して、パッキンルート 2 2 に垂直な断面上の変形後のパッキン高さ方向の座標を、2 つの近傍の節点 3 8 及び 3 9 の座標から補間して求める。

【 0 0 3 3 】

図 1 に戻って、結果表示部 1 7 は、表示値算出部 1 6 が解析結果記憶部 1 3 から抽出した各断面位置における情報に基づいて変形断面図を表示装置上に表示する。ここで、変形断面図とは、パッキン 8 が変形した状態の断面図である。

【 0 0 3 4 】

図 9 は、結果表示部 1 7 が表示する変形断面図の一例を示す図である。図 9 に示すように、結果表示部 1 7 は、各断面位置における上ケース 3 2 と下ケース 3 3 と変形したパッキン 8 を含む変形断面図を表示する。

【 0 0 3 5 】

なお、実際の画面では、上ケース 3 2 と下ケース 3 3 と変形したパッキン 8 の断面図は、異なる色で表示される。また、図 9 は、図 6 A に示した断面図の右側に対応する断面図を示す。

【 0 0 3 6 】

また、結果表示部 1 7 は、表示値算出部 1 6 が算出した各断面位置における最大面圧及び潰し量に基づいて最大面圧及び潰し量をパッキン全体についてグラフ表示する。図 1 0 は、結果表示部 1 7 が表示するグラフの一例を示す図である。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 において、横軸はスタート位置からの距離を示し、左側の縦軸は面圧を示し、右側の縦軸は潰し量を示す。ここで、スタート位置は、パッキン 8 に対して予め定められた位置である。また、距離の単位は mm であり、面圧の単位は MPa であり、潰し量の単位は mm である。

【 0 0 3 8 】

結果表示部 1 7 が、一定間隔の断面位置における最大面圧及び潰し量に基づいて最大面圧及び潰し量をパッキン全体についてグラフ表示することによって、設計者は最大面圧が最も低い箇所を効率よく探すことができる。また、設計者は最大面圧が最も低い箇所の潰し量を同時に把握することができる。なお、図 1 0 では、最大面圧のグラフは実線により示され、潰し量のグラフは破線で示されているが、実際の画面では 2 つのグラフは異なるカラーで表示される。

【 0 0 3 9 】

また、結果表示部 1 7 は、図 9 に示した変形断面図と図 1 0 に示したグラフをパッキンルート上での位置を示す図と連動させて表示装置に表示する。図 1 1 は、結果表示部 1 7 が表示する連動表示の一例を示す図である。図 1 1 には、スタート位置からの距離 $X = 0$ における変形断面図とパッキンルート 2 2 における $X = 0$ の位置を示すポイント 4 1 が表示されている。また、図 1 1 には、グラフ表示の左端に縦軸と重ねて $X = 0$ に位置するグ

10

20

30

40

50

ラフ垂直バー 4 2 が表示されている。

【 0 0 4 0 】

また、結果表示部 1 7 は、ポインタ 4 1 に対する設計者の移動操作を受け付けて、変形断面図及びグラフの連動表示を行う。図 1 2 は、ポインタ移動による変形断面図及びグラフの連動表示の一例を示す図である。図 1 2 に示すように、設計者がパッキンルート上に表示されたポインタ 4 1 を移動すると、結果表示部 1 7 は、移動先の断面位置における変形断面図を連動して表示する。また、結果表示部 1 7 は、グラフ上の断面位置を示すグラフ垂直バー 4 2 をポインタ 4 1 の移動先の位置に連動して移動する。

【 0 0 4 1 】

このように、結果表示部 1 7 がポインタ 4 1 の移動に対応させて変形断面図及びグラフを連動表示することによって、設計者はパッキン 8 における断面位置と断面位置における変形断面図、最大面圧及び潰し量を関連付けて容易に把握することができる。

10

【 0 0 4 2 】

なお、図 1 2 では、パッキンルート上に表示されたポインタ 4 1 の移動に変形断面図表示及びグラフ垂直バー 4 2 の移動を連動させる場合について説明したが、グラフ垂直バー 4 2 の移動に変形断面図表示及びポインタ 4 1 のパッキン上での移動を連動させることもできる。

【 0 0 4 3 】

次に、変形シミュレーション装置 1 による処理のフローについて説明する。図 1 3 は、変形シミュレーション装置 1 による処理のフローを示すフローチャートである。図 1 3 に示すように、プリ処理部 1 1 がパッキン 8 の変形の数値シミュレーションに必要なプリ処理を行う（ステップ S 1 ）。

20

【 0 0 4 4 】

そして、計算実行部 1 2 がパッキン 8 の変形の数値シミュレーション計算を実行し（ステップ S 2 ）、実行結果を解析結果記憶部 1 3 に格納する。そして、部品受付部 1 4 がパッキン 8 の指定を設計者から受け付け（ステップ S 3 ）、垂直断面定義部 1 5 が予め定められた点をスタート位置として一定の間隔でパッキンルート 2 2 に垂直な断面を定義する（ステップ S 4 ）。

【 0 0 4 5 】

そして、表示値算出部 1 6 が、表示値、すなわち全ての断面位置における最大面圧及び潰し量を解析結果記憶部 1 3 が記憶する節点情報に基づいて算出する（ステップ S 5 ）。

30

【 0 0 4 6 】

そして、結果表示部 1 7 が、表示値算出部 1 6 が解析結果記憶部 1 3 から抽出した情報及び算出した表示値を用いてパッキンルート上のスタート位置を示すポインタ 4 1 と変形断面図表示とパッキン全体の最大面圧及び潰し量のグラフ表示を行う（ステップ S 6 ）。

【 0 0 4 7 】

また、結果表示部 1 7 は、設計者からポインタ 4 1 又はグラフ垂直バー 4 2 の移動指示を受け付け、ポインタ 4 1 と変形断面図と最大面圧及び潰し量のグラフとの連動表示を行う。

【 0 0 4 8 】

40

このように、結果表示部 1 7 が、パッキン全体の最大面圧及び潰し量のグラフ表示を行うことによって、設計者は最大面圧が最も低い箇所を効率よく探すことができるとともに、最大面圧が最も低い箇所の潰し量を把握することができる。

【 0 0 4 9 】

次に、垂直断面定義及び表示値算出の処理フローの詳細について説明する。図 1 4 は、垂直断面定義及び表示値算出の処理フローを示すフローチャートである。なお、図 1 4 の処理フローは、図 1 3 のステップ S 4 及びステップ S 5 の処理に対応する。

【 0 0 5 0 】

図 1 4 に示すように、垂直断面定義部 1 5 は、パッキン 8 のスタート位置を自動設定する（ステップ S 1 1 ）。そして、垂直断面定義部 1 5 は、パッキンルート 2 2 の分割間隔

50

の指定を設計者から受け付ける（ステップ S 1 2）。

【 0 0 5 1 】

そして、垂直断面定義部 1 5 は、設計者から受け付けた分割間隔に基づいてパッキンルート 2 2 の分割位置を求め、パッキンルート 2 2 に垂直な複数の断面を定義する（ステップ S 1 3）。

【 0 0 5 2 】

そして、表示値算出部 1 6 は、垂直断面定義部 1 5 により定義された各垂直断面の節点 2 4 の情報を解析結果記憶部 1 3 から抽出し（ステップ S 1 4）、各垂直断面上の表示値すなわち最大面圧及び潰し量を算出する（ステップ S 1 5）。

【 0 0 5 3 】

このように、設計者により指定された分割間隔を用いて垂直断面定義部 1 5 が垂直断面を定義することによって、設計者は分割間隔を変えることによってパッキン全体に対する最大面圧及び潰し量のグラフ表示の点数を変化させることができる。

【 0 0 5 4 】

次に、結果表示部 1 7 による連動表示の処理フローについて説明する。図 1 5 は、結果表示部 1 7 による連動表示の処理フローを示すフローチャートである。図 1 5 に示すように、結果表示部 1 7 は、設計者によるグラフ垂直バー 4 2 の移動あるいはパッキンルート上のポイント 4 1 の移動を受け付ける（ステップ S 2 1）。

【 0 0 5 5 】

そして、結果表示部 1 7 は、グラフ垂直バー 4 2 あるいはパッキンルート上のポイント 4 1 の移動先についてスタート位置からの位置を認識する（ステップ S 2 2）。そして、結果表示部 1 7 は、グラフ垂直バー 4 2 が移動された場合はパッキンルート上の認識した位置にポイント 4 1 を表示し、ポイント 4 1 が移動された場合には、グラフ上の認識した位置にグラフ垂直バー 4 2 を表示する。また、結果表示部 1 7 は、認識した位置の変形断面図を表示する（ステップ S 2 3）。

【 0 0 5 6 】

このように、結果表示部 1 7 がパッキンルート上のポイント 4 1 と変形断面図と最大面圧及び潰し量のグラフ表示上のグラフ垂直バー 4 2 とを連動させて表示することによって、設計者は様々な垂直断面位置の関連情報を簡単な操作で表示することができる。

【 0 0 5 7 】

上述してきたように、実施例では、計算実行部 1 2 がパッキン 8 の変形のシミュレーションを行い、シミュレーション結果を解析結果記憶部 1 3 に格納する。そして、垂直断面定義部 1 5 がパッキンルート 2 2 に垂直な断面を一定の間隔で定義し、垂直断面定義部 1 5 により定義された断面の位置の節点 2 4 の情報を表示値算出部 1 6 が解析結果記憶部 1 3 から抽出して各断面位置における最大面圧及び潰し量を算出する。そして、結果表示部 1 7 が、各断面位置における最大面圧及び潰し量に基づいてパッキン全体を対象として最大面圧及び潰し量をグラフ表示する。

【 0 0 5 8 】

したがって、設計者は、最大面圧が最も低い箇所を効率よく探すことができるとともに、最大面圧が最も低い箇所の潰し量を同時に把握することができる。また、設計者は、パッキン全体を対象として最大面圧を一目で見ることができるので、最大面圧が最も低い箇所を見逃すことがなくなる。また、設計者は、パッキン全体で面圧がどのように変化するかを把握することができる。

【 0 0 5 9 】

また、実施例では、結果表示部 1 7 は、設計者に指定された断面位置の変形断面図を最大面圧及び潰し量のグラフ表示とともに表示する。したがって、設計者は、最大面圧が必要面圧に達しない場合、部分的な構造と最大面圧が必要面圧に達しない原因との因果関係を変形断面図をみながら考察することができる。

【 0 0 6 0 】

また、実施例では、結果表示部 1 7 は、パッキンルート上のポイント 4 1 と変形断面図

10

20

30

40

50

と最大面圧及び潰し量のグラフ表示上のグラフ垂直バー４２とを連動させて表示する。したがって、設計者は、様々な垂直断面位置の関連情報を簡単な操作で表示することができる。

【００６１】

なお、実施例では、変形シミュレーション装置について説明したが、変形シミュレーション装置が有する構成をソフトウェアによって実現することで、同様の機能を有する変形シミュレーションプログラムを得ることができる。そこで、変形シミュレーションプログラムを実行するコンピュータについて説明する。

【００６２】

図１６は、変形シミュレーションプログラムを実行するコンピュータのハードウェア構成を示す図である。図１６に示すように、コンピュータ６０は、メインメモリ６１と、ＣＰＵ（Central Processing Unit）６２と、ＬＡＮ（Local Area Network）インタフェース６３と、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）６４とを有する。また、コンピュータ６０は、スーパーＩＯ（Input Output）６５と、ＤＶＩ（Digital Visual Interface）６６と、ＯＤＤ（Optical Disk Drive）６７とを有する。

【００６３】

メインメモリ６１は、プログラムやプログラムの実行途中結果などを記憶するメモリである。ＣＰＵ６２は、メインメモリ６１からプログラムを読み出して実行する中央処理装置である。ＣＰＵ６２は、メモリコントローラを有するチップセットを含む。

【００６４】

ＬＡＮインタフェース６３は、コンピュータ６０をＬＡＮ経由で他のコンピュータに接続するためのインタフェースである。ＨＤＤ６４は、プログラムやデータを格納するディスク装置であり、スーパーＩＯ６５は、マウスやキーボードなどの入力装置を接続するためのインタフェースである。

【００６５】

ＤＶＩ６６は、変形断面図、最大面圧及び潰し量のグラフ、ポインタ４１を表示する液晶表示装置を接続するインタフェースであり、ＯＤＤ６７は、ＤＶＤの読み書きを行う装置である。

【００６６】

ＬＡＮインタフェース６３は、ＰＣＩエクスプレスによりＣＰＵ６２に接続され、ＨＤＤ６４及びＯＤＤ６７は、ＳＡＴＡ（Serial Advanced Technology Attachment）によりＣＰＵ６２に接続される。スーパーＩＯ６５は、ＬＰＣ（Low Pin Count）によりＣＰＵ６２に接続される。

【００６７】

そして、コンピュータ６０において実行される変形シミュレーションプログラムは、ＤＶＤに記憶され、ＯＤＤ６７によってＤＶＤから読み出されてコンピュータ６０にインストールされる。

【００６８】

あるいは、変形シミュレーションプログラムは、ＬＡＮインタフェース６３を介して接続された他のコンピュータシステムのデータベースなどに記憶され、これらのデータベースから読み出されてコンピュータ６０にインストールされる。

【００６９】

そして、インストールされた変形シミュレーションプログラムは、ＨＤＤ６４に記憶され、メインメモリ６１に読み出されてＣＰＵ６２によって実行される。

【００７０】

また、実施例では、パッキンの変形をシミュレーションする場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、パッキン以外の任意の弾性体の変形をシミュレーションする場合にも同様に適用することができる。

【００７１】

また、実施例では、最大面圧をグラフ表示する場合について説明したが、本発明はこれ

10

20

30

40

50

に限定されるものではなく、最小面圧など他の値をグラフ表示する場合にも同様に適用することができる。

【 0 0 7 2 】

また、実施例では、最大面圧及び潰し量の 2 つの値をグラフ表示する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、3 つ以上の値をグラフ表示する場合にも同様に適用することができる。

【 0 0 7 3 】

また、実施例では、パッキンルート上にポインタ 4 1 を表示する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、パッキン表示など他の表示上にポインタ 4 1 を表示する場合にも同様に適用することができる。

10

【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

- 1 変形シミュレーション装置
- 8 パッキン
- 9 拡大部分
- 10 メッシュ
- 11 ブリ処理部
- 12 計算実行部
- 13 解析結果記憶部
- 14 部品受付部
- 15 垂直断面定義部
- 16 表示値算出部
- 17 結果表示部
- 21 拡大部分
- 22 パッキンルート
- 23 直方体の要素
- 24 節点
- 32 上ケース
- 33 下ケース
- 34 拡大部分
- 35 , 36 拡大部分
- 37 Z 軸
- 38 , 39 節点
- 41 ポインタ
- 42 グラフ垂直バー
- 60 コンピュータ
- 61 メインメモリ
- 62 C P U
- 63 L A N インタフェース
- 64 H D D
- 65 スーパー I O
- 66 D V I
- 67 O D D

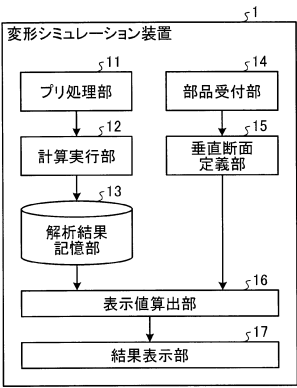
20

30

40

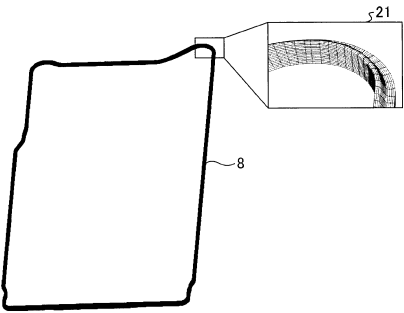
【図 1】

実施例に係る変形シミュレーション装置の機能構成を示す図



【図 2】

パッキンに対して作成されるメッシュの一例を示す図



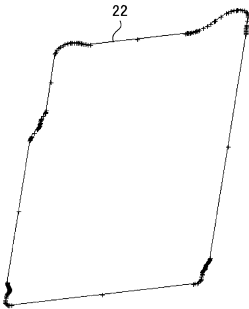
【図 3】

解析結果記憶部のデータ構造の一例を示す図

節点番号	面圧	変形前 X座標	変形前 Y座標	変形前 Z座標	変形後 X座標	変形後 Y座標	変形後 Z座標
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

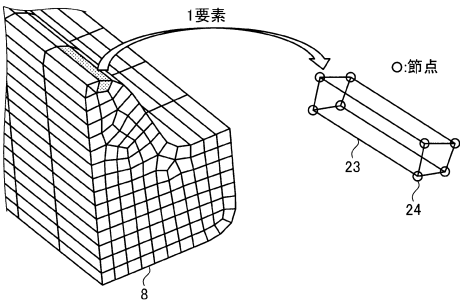
【図 5】

図2に示したパッキンのパッキンルートを示す図

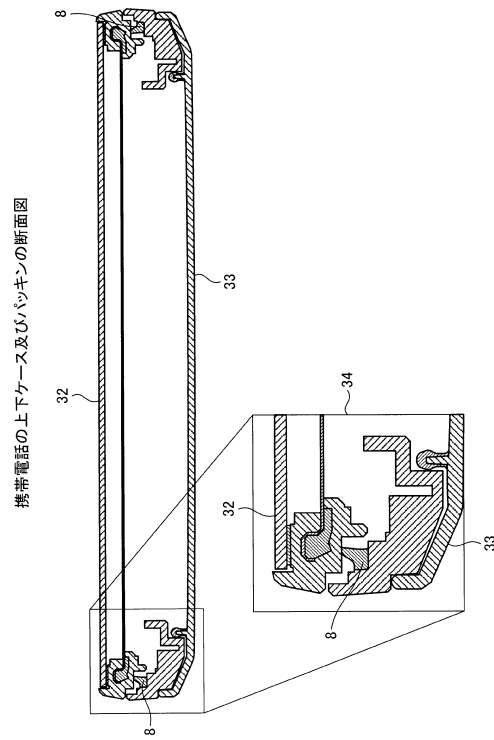


【図 4】

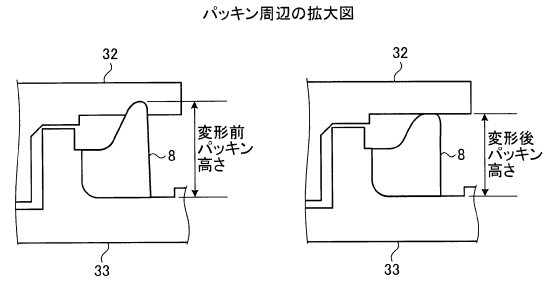
節点を説明するための図



【図 6 A】

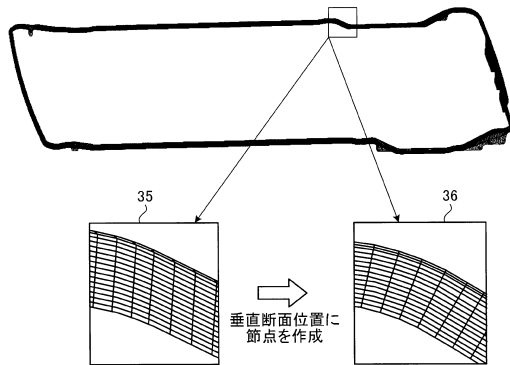


【図 6 B】



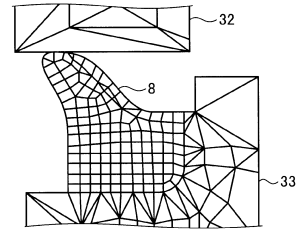
【図 7】

パッキンルートに垂直な断面位置に節点を作成するメッシュ作成を説明する図



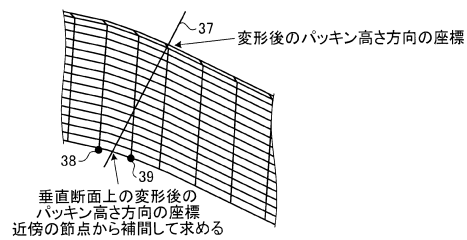
【図 9】

結果表示部が表示する変形断面図の一例を示す図

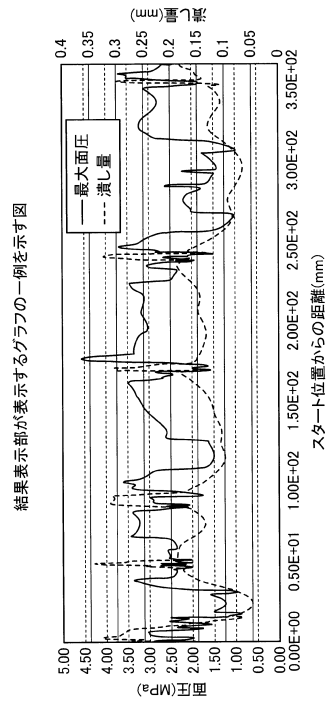


【図 8】

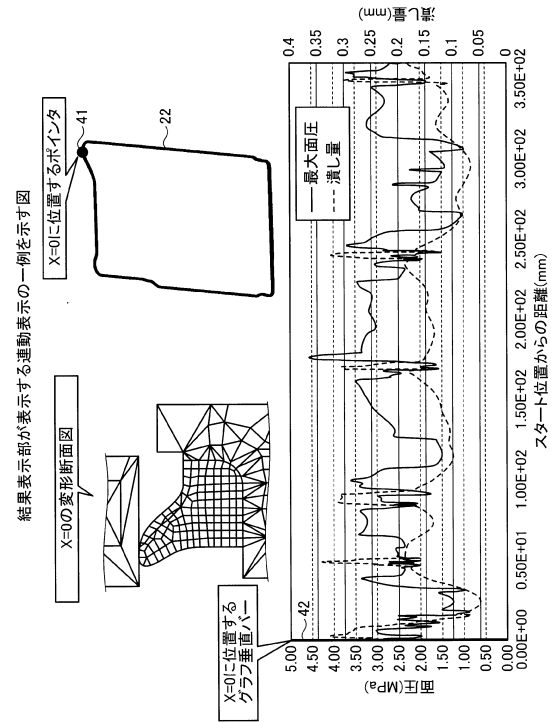
変形後のパッキン高さ方向の座標の計算方法を説明するための図



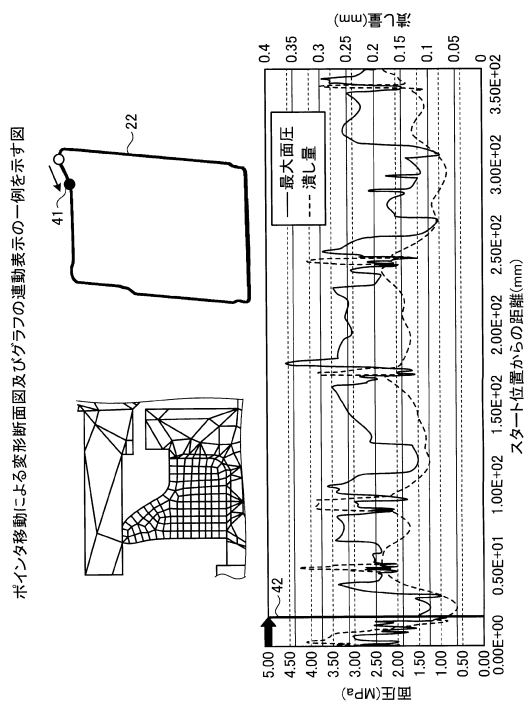
【図 10】



【図 11】

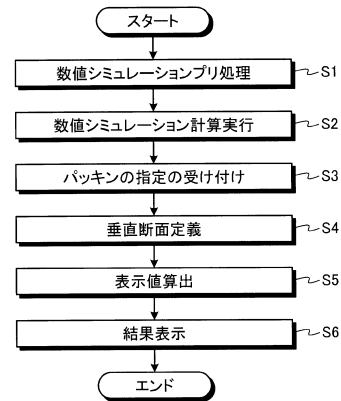


【図 12】



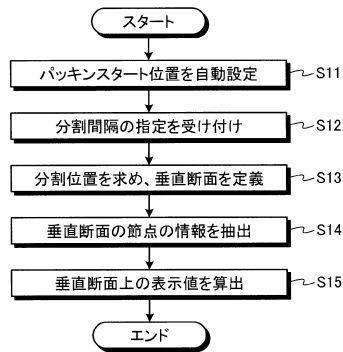
【図 13】

変形シミュレーション装置による処理のフローを示すフローチャート



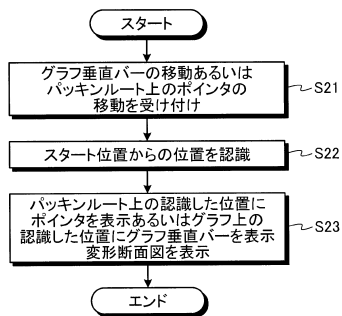
【図 14】

垂直断面定義及び表示値算出の処理のフローを示すフローチャート



【図 15】

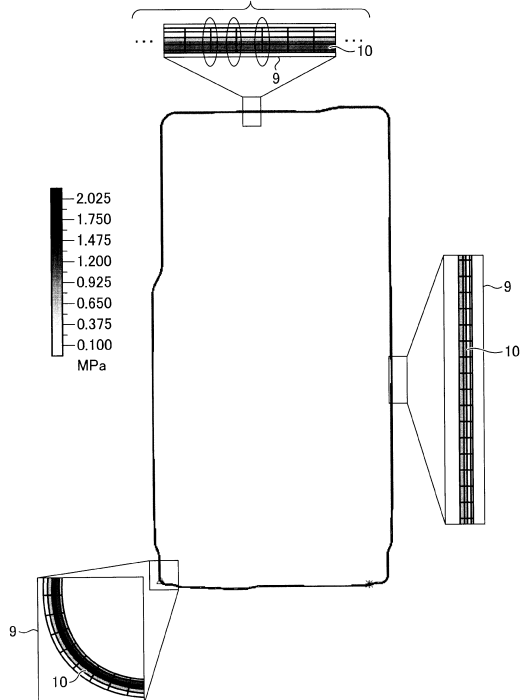
結果表示部による運動表示の処理のフローを示すフローチャート



【図 18】

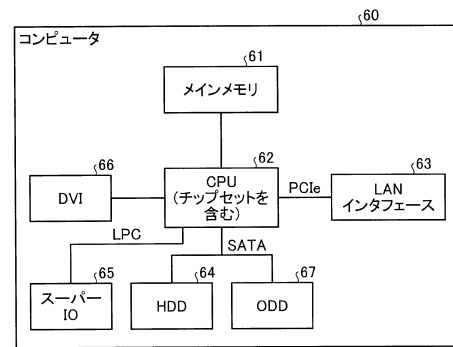
パッキン全体の面圧分布の表示例を示す図

すべての断面について断面ごとに値を評価



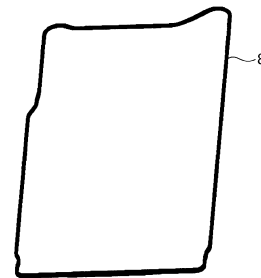
【図 16】

変形シミュレーションプログラムを実行するコンピュータのハードウェア構成を示す図



【図 17】

パッキン形状の一例を示す図



フロントページの続き

審査官 合田 幸裕

(56)参考文献 特開2011-008516(JP,A)
特開2011-054031(JP,A)
特開平09-145493(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 17/50
IEEE Xplore
JSTPlus(JDreamIII)