

(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.

G06F 17/50 (2006.01)

F 1

G06F 17/50 612H  
G06F 17/50 612C

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-112392 (P2013-112392)  
 (22) 出願日 平成25年5月28日 (2013.5.28)  
 (65) 公開番号 特開2014-232393 (P2014-232393A)  
 (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)

(73) 特許権者 000005223  
 富士通株式会社  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号  
 (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 富士通アドバンストテクノロジ株式  
 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 富士通アドバンストテクノロジ株式  
 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。

10

## 【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】

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弹性体の变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<sub>1</sub>に記載の变形シミュレーション装置。

#### 【請求項 5】

前記弹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<sub>1</sub>～<sub>4</sub>のいずれか一つに記載の变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<sub>5</sub>に記載の变形シミュレーション装置。

#### 【請求項 7】

弹性体の变形をシミュレーションし、前記弹性体の複数の断面において前記弹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弹性体の变形図を表示し、前記弹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变形シミュレーション方法。

#### 【請求項 8】

弹性体の变形をシミュレーションし、前記弹性体の複数の断面において前記弹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弹性体の变形図を表示し、前記弹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变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、变形シミュレーション装置、变形シミュレーション方法及び变形シミュレーションプログラムに関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

弹性体は外部から力を受けると变形し、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。

#### 【0005】

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18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18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10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。

#### 【0006】

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。

10

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0007】

【特許文献1】特開平9-145493号公報

【特許文献2】特開2002-73698号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

20

図18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が、拡大表示しないと分からず。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。

#### 【0009】

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】

#### 【0010】

30

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】

#### 【0011】

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。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【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6A】図6A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6B】図6Bは、パッキン周辺の拡大図である。

50

【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。 10

【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】 20

【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。 30

【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。 40

【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。 50

**【0019】**

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23が定義され、要素23の頂点が節点24である。

**【0020】**

面圧は、節点番号で識別される節点24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24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24のX座標、Y座標及びZ座標である。

10

**【0021】**

図1に戻って、部品受付部14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。

**【0022】**

垂直断面定義部15は、部品受付部14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。

**【0023】**

図5は、図2に示したパッキン8のパッキンルート22を示す図である。垂直断面定義部15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22に垂直な複数の断面を自動で求める。

20

**【0024】**

表示値算出部16は、垂直断面定義部15が求めた断面位置における節点24の情報を解析結果記憶部13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11は、表示値算出部16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22に垂直な断面位置に節点24を作成する。

**【0025】**

表示値算出部16は、垂直断面定義部15が求めた断面位置における複数の節点24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16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

**【0026】**

図6A及び図6Bは、潰し量を説明するための図である。図6A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6Bはパッキン周辺の拡大図を示す。図6Aに示すように、パッキン8は、携帯電話の上ケース32と下ケース33に挟まれる。また、拡大部分34は、断面図の左端を拡大したものである。

**【0027】**

図6Bは、パッキン周辺だけをさらに拡大したものである。図6B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

**【0028】**

図7は、パッキンルート22に垂直な断面位置に節点24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35及び36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35はプリ処理部11がパッキンルート22に垂直でない断面位置に節点24を作成する場合を示し、拡大部分36はプリ処理部11がパッキンルート22に垂直な断面位置に節点24を作成する場合を示す。

**【0029】**

パッキン8に傾斜のある部分において、プリ処理部11がパッキンルート22の垂直断面位置に節点24を作成することで、垂直断面定義部15が定義する断面上に節点24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16は、垂直断面定義部15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。10

#### 【 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。20

#### 【 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。30

#### 【 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。40

#### 【 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タ 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50

ラフ垂直バー 4 2 が表示されている。

#### 【0040】

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。

#### 【0041】

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

#### 【0042】

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。

#### 【0043】

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

#### 【0044】

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）。

#### 【0045】

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

#### 【0046】

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）。

#### 【0047】

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。

#### 【0048】

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。40

#### 【0049】

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。

#### 【0050】

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 11）。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S12）。

**【0051】**

そして、垂直断面定義部15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22の分割位置を求め、パッキンルート22に垂直な複数の断面を定義する（ステップS13）。

**【0052】**

そして、表示値算出部16は、垂直断面定義部15により定義された各垂直断面の節点24の情報を解析結果記憶部13から抽出し（ステップS14）、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S15）。

**【0053】**

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15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。

**【0054】**

次に、結果表示部17による連動表示の処理フローについて説明する。図15は、結果表示部17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15に示すように、結果表示部17は、設計者によるグラフ垂直バー42の移動あるいはパッキンルート上のポインタ41の移動を受け付ける（ステップS21）。

**【0055】**

そして、結果表示部17は、グラフ垂直バー42あるいはパッキンルート上のポインタ41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S22）。そして、結果表示部17は、グラフ垂直バー42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タ41を表示し、ポインタ41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42を表示する。また、結果表示部17は、認識した位置の変形断面図を表示する（ステップS23）。

**【0056】**

このように、結果表示部17がパッキンルート上のポインタ41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42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。

**【0057】**

上述してきたように、実施例では、計算実行部12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13に格納する。そして、垂直断面定義部15がパッキンルート22に垂直な断面を一定の間隔で定義し、垂直断面定義部15により定義された断面の位置の節点24の情報を表示値算出部16が解析結果記憶部13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17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。

**【0058】**

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。

**【0059】**

また、実施例では、結果表示部17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。

**【0060】**

また、実施例では、結果表示部17は、パッキンルート上のポインタ41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)インターフェース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I/O(Input Output)65と、DVI(Digital Visual Interface)66と、ODD(Optical Disk Drive)67とを有する。

10

#### 【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。

20

#### 【0064】

LANインターフェース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ーフェースである。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I/O65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ーフェースである。

#### 【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ーフェースであり、ODD67は、DVDの読み書きを行う装置である。

#### 【0066】

LANインターフェース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I/O65は、LPC(Low Pin Count)によりCPU62に接続される。

30

#### 【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インターフェース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。

40

#### 【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

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。

【0072】

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。

【0073】

また、実施例では、パッキンルート上にポインタ41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41を表示する場合にも同様に適用することができる。

10

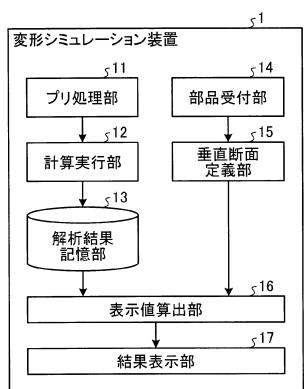
【符号の説明】

【0074】

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	20
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	30
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	CPU	
63	LANインターフェース	
64	HDD	40
65	スーパーI/O	
66	DVI	
67	ODD	

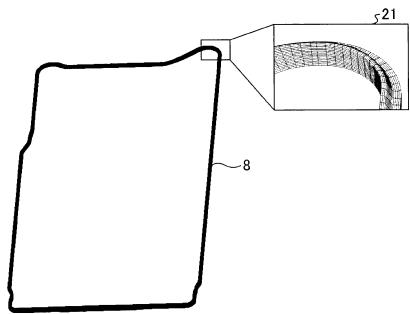
【図1】

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



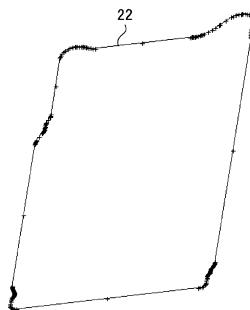
【図3】

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
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

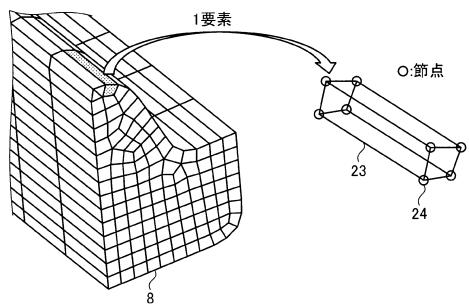
【図5】

図2に示したパッキンのパッキンルートを示す図

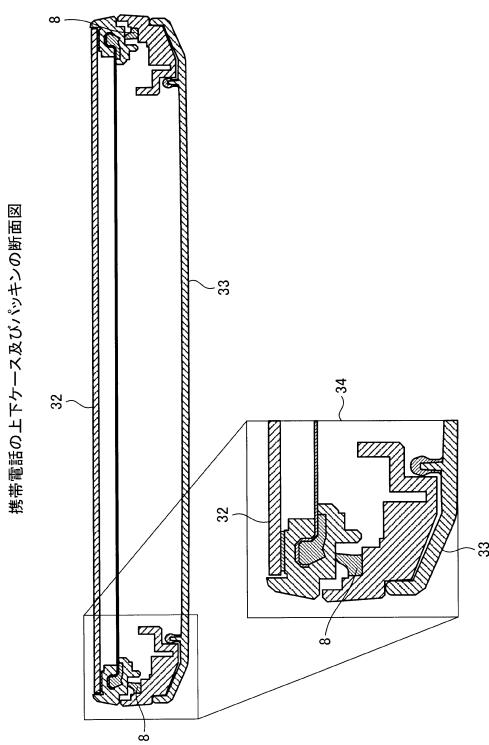


【図4】

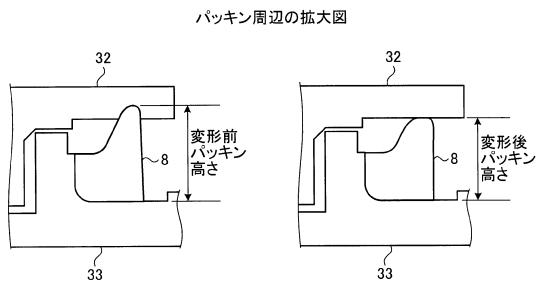
節点を説明するための図



【図 6 A】

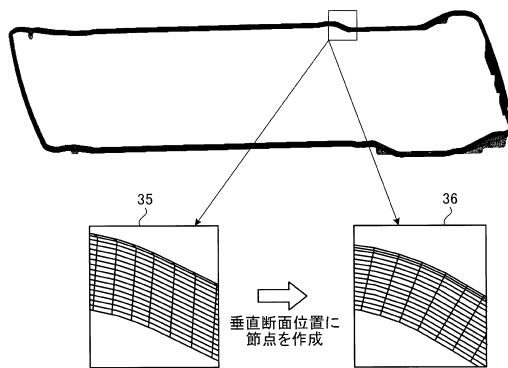


【図 6 B】



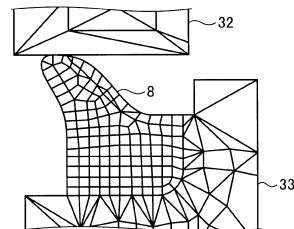
【図 7】

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



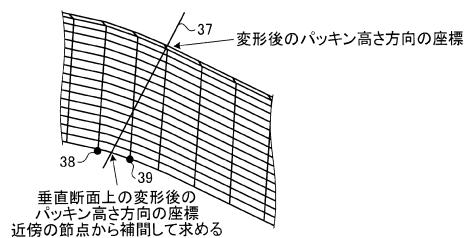
【図 9】

結果表示部が表示する変形断面図の一例を示す図

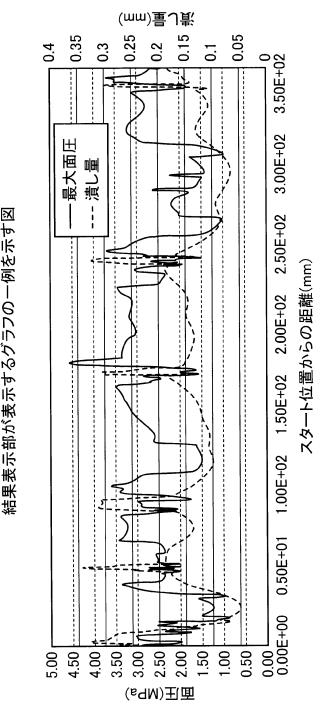


【図 8】

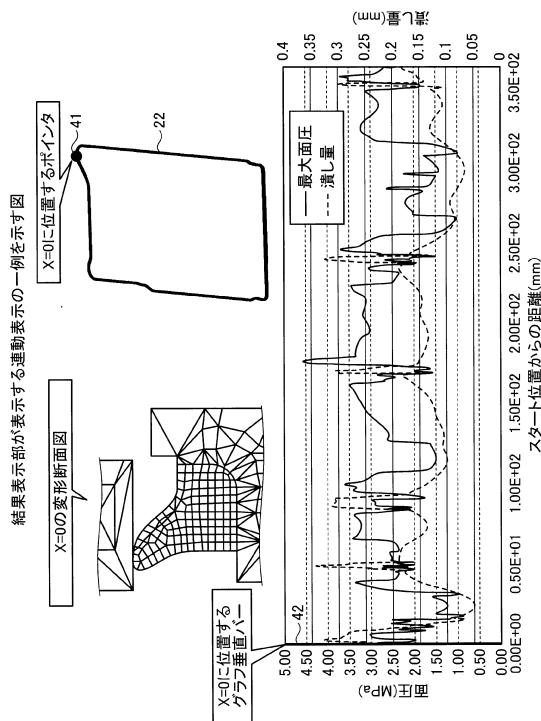
変形後のパッキン高さ方向の座標の計算方法を説明するための図



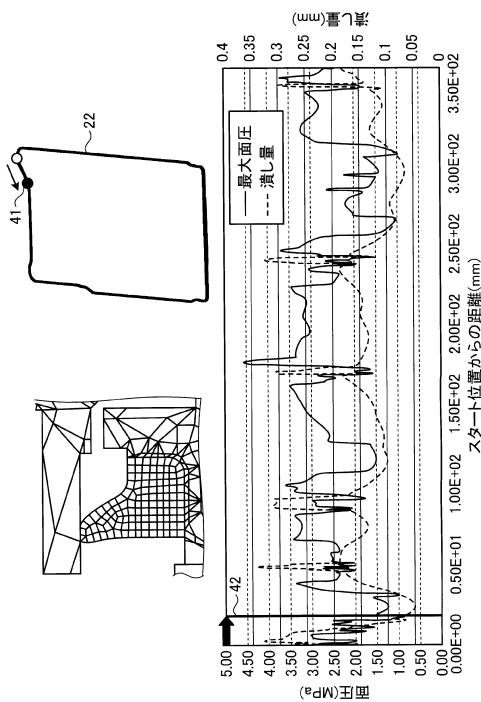
【図10】



【図11】

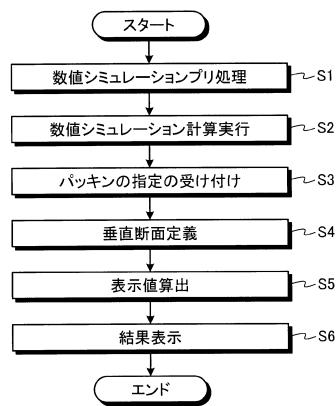


【図12】



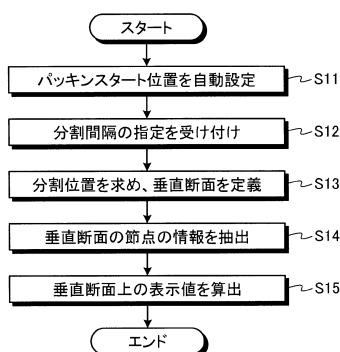
【図13】

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



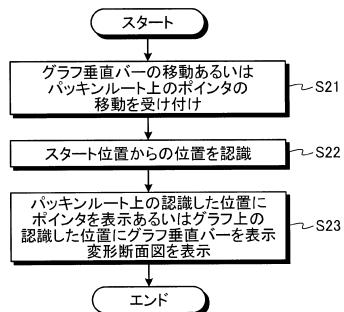
【図14】

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



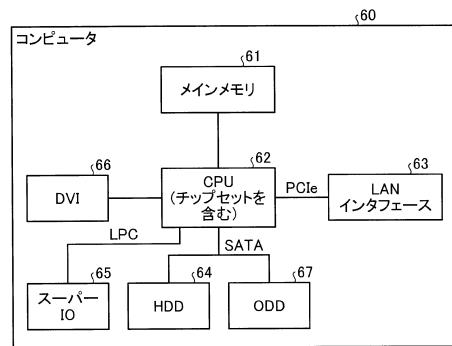
【図15】

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



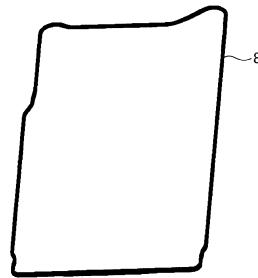
【図16】

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



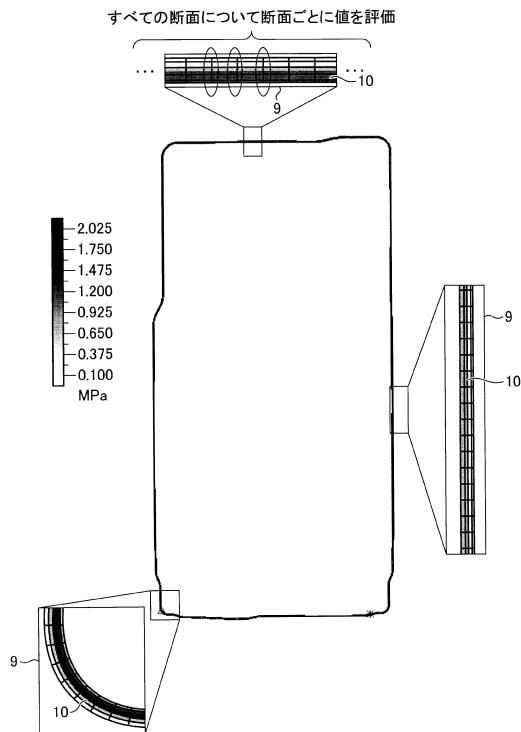
【図17】

パッキン形状の一例を示す図



【図18】

パッキン全体の面圧分布の表示例を示す図



---

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)

G 06 F 17 / 50  
I E E E X p l o r e  
J S T P l u s ( J D r e a m I I I )