

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5335521号
(P5335521)

(45) 発行日 平成25年11月6日(2013.11.6)

(24) 登録日 平成25年8月9日(2013.8.9)

(51) Int.Cl. F I
G 0 6 F 17/50 (2006.01) G O 6 F 17/50 6 1 2 L
 G O 6 F 17/50 6 8 O Z

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-82985 (P2009-82985)
 (22) 出願日 平成21年3月30日(2009.3.30)
 (65) 公開番号 特開2010-237817 (P2010-237817A)
 (43) 公開日 平成22年10月21日(2010.10.21)
 審査請求日 平成24年1月26日(2012.1.26)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100090273
 弁理士 園分 孝悦
 (72) 発明者 豊澤 栄嗣
 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
 (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 松浦 功

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 設計支援装置、設計支援方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被搬送物が搬送経路内を移動するときの挙動を演算する設計支援装置であって、
 前記被搬送物が搬送経路内を移動するとき前記被搬送物が搬送経路を構成する搬送部
 品に接触するか否かを判定する接触判定手段と、
 前記接触判定手段により前記被搬送物が搬送部品に接触したと判定された場合、前記被
 搬送物と前記搬送部品との間の接触力の変化を算出する接触力変化算出手段と、
 前記接触力変化算出手段により算出された接触力の変化が所定の値よりも大きい
 か否かを判定する変化判定手段と、
 前記変化判定手段により接触力の変化が所定の値よりも大きいと判定された場合、前記
 被搬送物と前記搬送部品との接触による前記搬送部品の変形を算出する弾性変形算出手段
 とを有することを特徴とする設計支援装置。

【請求項2】

前記接触判定手段により被搬送物が搬送部品に接触したと判定された場合、前記被搬送
 物と前記搬送部品との間の接触力を算出する接触力算出手段を更に有し、
 前記接触力算出手段は、前記搬送部品が前記被搬送物による接触により変形しないと仮
 定して、前記被搬送物の変形による復元力のみから接触力を算出することを特徴とする請
 求項1に記載の設計支援装置。

【請求項3】

前記搬送経路を構成する搬送部品のうち前記被搬送物による接触により変形する搬送部

10

20

品のユーザによる選択を検出する選択検出手段を更に有し、

前記接触判定手段は、前記被搬送物が前記選択検出手段により検出された搬送部品と接触するか否かを判定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の設計支援装置。

【請求項 4】

前記被搬送物を離散化したバネ - 質量系又は有限要素モデルに置換する被搬送物置換手段と、

前記搬送部品を有限要素モデルに置換する搬送部品置換手段とを更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の設計支援装置。

【請求項 5】

前記接触力算出手段は、前記被搬送物と前記搬送部品との間の接触力を数値時間積分上での離散単位時間毎に計算し、

前記接触力変化算出手段は、前記接触力算出手段により算出された、前後の離散単位時間における接触力の差を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の設計支援装置。

【請求項 6】

前記被搬送物が搬送経路内を移動するときの加速度、速度及び変位を算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された加速度、速度及び変位に基づいて、前記被搬送物の移動を動画で表示すると共に、前記弾性変形算出手段により算出された搬送部品の変形に基づいて、前記搬送部品の変形を動画で表示する表示処理手段とを更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の設計支援装置。

【請求項 7】

被搬送物が搬送経路内を移動するときの挙動を演算する設計支援装置による設計支援方法であって、

前記被搬送物が搬送経路内を移動するときに前記被搬送物が搬送経路を構成する搬送部品に接触するか否かを判定する接触判定ステップと、

前記接触判定ステップにより前記被搬送物が搬送部品に接触したと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との間の接触力の変化を算出する接触力変化算出ステップと、

前記接触力変化算出ステップにより算出された接触力の変化が所定の値よりも大きいかな否かを判定する変化判定ステップと、

前記変化判定ステップにより接触力の変化が所定の値よりも大きいと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との接触による前記搬送部品の変形を算出する弾性変形算出ステップとを有することを特徴とする設計支援方法。

【請求項 8】

被搬送物が搬送経路内を移動するときの挙動を演算するコンピュータに、

前記被搬送物が搬送経路内を移動するときに前記被搬送物が搬送経路を構成する搬送部品に接触するか否かを判定する接触判定ステップと、

前記接触判定ステップにより前記被搬送物が搬送部品に接触したと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との間の接触力の変化を算出する接触力変化算出ステップと、

前記接触力変化算出ステップにより算出された接触力の変化が所定の値よりも大きいかな否かを判定する変化判定ステップと、

前記変化判定ステップにより接触力の変化が所定の値よりも大きいと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との接触による前記搬送部品の変形を算出する弾性変形算出ステップとを実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被搬送物としての柔軟媒体を搬送するための搬送経路の設計に用いて好適な設計支援装置、設計支援方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来から、複写機やレーザービームプリンタ等の装置に設置され、紙等のシート状の柔軟媒体を搬送する搬送経路を設計する場合、搬送経路内を移動する柔軟媒体の挙動を計算機シミュレーションにより解析して、画面上で設計することが行われている。シミュレーションを行うことにより、開発期間の短縮化や費用の低減化を図ることができる。

【0003】

シミュレーションの技術としては、例えば、特許文献1や特許文献2等に開示された設計支援装置が知られている。これらの設計支援装置では、柔軟媒体を有限要素法による有限要素で表現し、搬送経路内の搬送ガイドや搬送ローラとの接触判断を行い、運動方程式を数値的に解くことにより、柔軟媒体の搬送ガイドとの搬送抵抗や当接角を評価している。また、柔軟媒体をより簡易的に質量とバネとで表現することで、計算速度を向上させる技術も知られている。

10

【0004】

また、柔軟媒体の運動を解くにあたり、ニューマークの法、ウィルソンの法、オイラー法、及びKutta-merson法等が広く知られている。これらの技術では、上述したように、有限要素又は質量 - バネ系で離散的に表現された柔軟媒体の運動方程式を立てる。そして、解析対象時間を有限の幅をもつ時間ステップに分割し、時間0から時間ステップ毎に未知数である加速度、速度、変位を順次求める(数値時間積分)ことにより解析する。

【0005】

ここで、柔軟媒体の挙動をより正確に表現することが要求される場合には、搬送ガイドや搬送ローラといった搬送経路を構成する構成部品についても、変形状態を考慮しなくてはならない場合がある。一般的なシミュレーションの技術としては、これらの搬送経路の構成部品についても、有限要素法による有限要素で表現して弾性体として扱うことで、柔軟媒体やその他の構成部品との接触変形計算を行って、変形を表現することが行われている。しかしながら、柔軟媒体の運動計算を行いながら、搬送ガイドや搬送ローラ等の搬送経路の構成部品についても、柔軟媒体やその他の部品との接触計算と変形計算を行うのには、膨大な計算負荷がかかる。

20

【0006】

そこで、計算負荷を軽減するために、変形計算を行っている弾性体に対して、ユーザが設定した方法に従って、弾性体から変形計算を行わない剛体に切り替えることができるようにすることも考えられる。すなわち、変形計算を行わなくてもよいところを剛体に切り替えることで、計算負荷を軽減することができる。例えば、設定方法の1つとして、切り替える対象の部品を選択し、解析対象とする現象時間に対する時間指定を行い、その時間に到達したら、対象部品を弾性体から剛体、もしくは剛体から弾性体に切り替える。また、別の設定方法として、接触する2つの部品を指定し、その内の片側の部品を、接触の有無に応じて、弾性体から剛体、もしくは剛体から弾性体に切り替える。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平11-195052号公報

【特許文献2】特開平11-116133号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上述した時間指定を行う設定方法では、柔軟媒体が搬送される状況を推測して、剛体と弾性体を切り替える時間を指定しなくてはならず、不必要な時間まで弾性体での変形計算を行ってしまい、計算負荷を要するという問題がある。

また、上述した接触部品を指定する設定方法でも、柔軟媒体と接触している間は、搬送経路の構成部品は弾性体として扱われる。従って、搬送中の柔軟媒体と搬送経路の構成部品との接触状態が安定していて、搬送経路の構成部品の変形計算を行わなくてもよい時間帯でも変形計算が行うことから、計算負荷を要してしまうという問題がある。

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の設計支援装置は、被搬送物が搬送経路内を移動するときの挙動を演算する設計支援装置であって、前記被搬送物が搬送経路内を移動するとき前記被搬送物が搬送経路を構成する搬送部品に接触するか否かを判定する接触判定手段と、前記接触判定手段により前記被搬送物が搬送部品に接触したと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との間の接触力の変化を算出する接触力変化算出手段と、前記接触力変化算出手段により算出された接触力の変化が所定の値よりも大きいか否かを判定する変化判定手段と、前記変化判定手段により接触力の変化が所定の値よりも大きいと判定された場合、前記被搬送物と前記搬送部品との接触による前記搬送部品の変形を算出する弾性変形算出手段とを有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、被搬送物が搬送経路内を移動するときの挙動を演算するとき、計算負荷を低減し、計算速度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】設計支援装置の構成を示すブロック図である。

【図2】搬送部品を設定するときの画面の一例を示す図である。

【図3】柔軟媒体を設定するときの画面の一例を示す図である。

20

【図4】搬送条件を設定するときの画面の一例を示す図である。

【図5】搬送条件としての摩擦係数を説明するための図である。

【図6】弾性部品を設定するときの画面の一例を示す図である。

【図7】弾性部品を設定するときの画面の一例を示す図である。

【図8】規定値を入力するときの画面の一例を示す図である。

【図9】設計支援装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図10】柔軟媒体の状態を示す図である。

【図11】離散単位時間前後での、簡易接触力の差を表示したときの図である。

【図12】結果表示処理のときの画面の一例を示す図である。

【図13】柔軟媒体の状態を表示した図である。

30

【図14】グラフ表示処理のときの画面の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明に係る設計支援装置について図面を参照して説明する。

図1は、本実施形態に係る設計支援装置（シミュレーション装置）の構成を示すブロック図である。設計支援装置10は、いわゆるコンピュータであり、VRAM11、ディスプレイ装置12、キーボード13、ポインティングデバイス（PD）14、CPU15、ROM17、RAM（メモリ）18、ハードディスク（HDD）19を含んで構成されている。また、これら各デバイスは、アドレスバス、データバス及び制御バスからなるI/Oバス16を介して接続されている。

40

【0013】

CPU15は、ROM17等に格納されているプログラム（ここでは、搬送経路の設計を支援するための設計支援プログラム）を実行することで、上述した各デバイス等を制御する。RAM18は、CPU15が設計支援プログラム等を実行するときのワークエリアやエラー処理時の一時退避エリアとして用いられる。ハードディスク19は、搬送経路設計支援用のデータベースやアプリケーションプログラム等の記録に用いられる。VRAM（ビデオRAM）11は、ディスプレイ装置12の画面に表示される文字やイメージを展開記憶するメモリである。キーボード13は、ユーザが設計支援装置10に対して指示するための各種キーを備えている。ポインティングデバイス14は、例えばマウスであり、ユーザがディスプレイ装置12の画面上に表示されているアイコン等を指し示すために用

50

いられる。

【0014】

ユーザが設計支援装置10の電源を投入すると、CPU15は、ROM17のブートプログラムに基づいて初期化し、ハードディスク19からOS（オペレーティング・システム）を読み込む。そして、CPU15は、以下で説明する本実施形態の処理を実現するために、設計支援プログラムを実行する。なお、設計支援プログラムは、ROM17に格納されているものとして説明したが、ハードディスク19等の他の記録媒体に格納されていてもよい。

【0015】

次に、柔軟媒体の搬送経路内における挙動のシミュレーションについて、説明する。なお、後述するシミュレーションは、CPU15がROM17に格納された設計支援プログラム（プログラム）を実行することにより実現される。設計支援装置10は、紙やフィルムを含むシート状の柔軟媒体が搬送ガイドや搬送ローラで構成される搬送経路内を移動する挙動を演算し、シミュレーションすることで、ユーザによる搬送経路の設計を支援する。

10

【0016】

以下、本実施形態に係るシミュレーション方法について、詳細に説明する。なお、以下では、搬送部品により搬送される紙やフィルム等のシート状の被搬送物を単に柔軟媒体という。

【0017】

< 搬送部品の設定 >

まず、柔軟媒体の搬送経路を決定する搬送ガイド、搬送ローラといった搬送部品を設定する手順について説明する。

図2は、搬送部品を設定するときに表示される表示画面の一例を示す図である。図2に示す表示画面は、CPU15がディスプレイ装置12に表示する。

表示画面は、主な処理の切り替えを行うメニューバー1、各手順のサブ構成メニュー2、設定した搬送経路や結果を表示するグラフィック画面3、プログラムメッセージの出力や必要に応じて数値入力を行うコマンド欄4で構成される。

20

【0018】

ユーザがメニューバー1中の「搬送経路」ボタン1Aを選択すると、CPU15は、図2に示すように搬送経路定義のサブ構成メニュー2を画面の左側に所望の範囲領域で表示する。サブ構成メニュー2には、ローラ対定義ボタン2A、ローラ定義ボタン2B、直線ガイド定義ボタン2C、円弧ガイド定義ボタン2D、スプラインガイド定義ボタン2E、フラップ定義ボタン2F、センサ定義ボタン2G等が配置される。ローラ対定義ボタン2Aは、2つローラで一对のローラを定義するためのボタンである。ローラ定義ボタン2Bは、1つのローラを単独で定義するボタンである。直線ガイド定義ボタン2Cは、直線のガイドを定義するボタンである。円弧ガイド定義ボタン2Dは、円弧のガイドを定義するボタンである。スプラインガイド定義ボタン2Eは、スプライン曲線でガイドを定義するボタンである。フラップ定義ボタン2Fは、柔軟媒体が搬送される経路の分岐を行うフラップ（ポイント）を定義するボタンである。センサ定義ボタン2Gは、柔軟媒体が搬送経路内の所定の位置にあるか否かを検出するセンサを定義するボタンである。

30

40

【0019】

これらの各ボタン2A～2Hは、実際の複写機やプリンタの搬送経路を構成する構成部品（搬送部品）をアイコンで示したものである。従って、柔軟媒体の搬送経路を構成するために必要な搬送部品の全てが揃っていることが望ましい。ここでは、ユーザがポインティングデバイス14等を介して搬送経路を決定する搬送部品を選択する。

ユーザが各搬送部品をサブ構成メニュー2から選択することにより、CPU15は、選択された搬送部品を検出し、検出した搬送部品をグラフィック画面3上に表示する。また、CPU15は、搬送部品の形状及び位置をRAM18に記憶することで、搬送部品を定義すなわち、設定する。なお、搬送部品の設定は、上述したような方法のみに限られない

50

。例えば、ユーザがCADシステムや解析用プリポストからの出力を指示することで、CPU15は、搬送部品の断面形状を読み込み、図2に示すようにグラフィック画面3に表示する。そして、ユーザが各ボタン2A~2Hを選択した後に、画面に表示されている円、線分、円弧等の搬送部品を選択し、必要に応じて各搬送部品の設定に必要な値を入力することで、CPU15が各搬送部品を設定してもよい。

【0020】

<柔軟媒体の設定>

次に、柔軟媒体を設定する手順について説明する。ここでは、搬送経路内に質量を有した複数の剛体要素と各剛体要素間を繋ぐパネとを用いて柔軟媒体を設定する。

搬送部品の設定後、ユーザがポインティングデバイス14等を介して、図3(A)に示すように表示画面のメニューバー1の「媒体定義」ボタン1Bを選択する。すると、CPU15は、柔軟媒体のモデル定義に移行すると共に、図3(A)に示すような表示画面を表示する。

10

【0021】

図3(A)は、柔軟媒体を設定するときに表示される表示画面の一例を示す図である。CPU15は、図3(A)に示すように、グラフィック画面3に上述したように予め定義した搬送経路内の搬送部品と、新たにサブ構成メニュー2とを表示する。サブ構成メニュー2には、描画形状選択画面2I、媒体種選択画面2J及び分割法選択画面2Kが配置される。描画形状選択画面2Iでは、柔軟媒体の形状として「直線」、「円弧」、「スプライン」等を選択することができる。媒体種選択画面2Jでは、予め登録されている代表的な柔軟媒体種名から何れかを選択することができる。分割法選択画面2Kでは、柔軟媒体を離散化するために分割方法として「等分割」、「不等分割」、「自動」等を選択することができる。

20

【0022】

まず、搬送経路内での柔軟媒体の形状及び初期位置を設定する。例えば、CPU15が、ユーザによる描画形状選択画面2I内の「直線」の選択を検出すると、柔軟媒体における両端部の座標値の入力を促すメッセージをコマンド欄4に表示する。ユーザは、キーボード13を介してコマンド欄4に数値入力したり、ポインティングデバイス14を介してグラフィック画面3に直接指示したりすることで、CPU15は、柔軟媒体の座標値を取得することができる。CPU15は、取得した座標値に基づいて、図3(A)に示すようにグラフィック画面3上に、柔軟媒体として両端部131を繋いだ直線(破線)132を表示する。従って、ユーザは柔軟媒体がどのように搬送経路内に配置されているかを確認することができる。

30

【0023】

次に、柔軟媒体を複数のパネ-質量系(パネ-マス系)に離散化する。CPU15は、柔軟媒体を配置した後、柔軟媒体を離散化する分割数、又は分割サイズの入力を促すメッセージをコマンド欄4に表示する。ここで、図3(B)には、直線で柔軟媒体を定義し、分割数を10とした場合に示される柔軟媒体の一例が示されている。

CPU15は、柔軟媒体を、入力された分割数に応じた質点とパネとに置換して定義する。この処理は、被搬送物置換手段による処理の一例に対応する。

40

具体的には、図3(B)に示すようにCPU15は、柔軟媒体40を質点41と回転パネ42と並進パネ43とに置換する。回転パネ42は、質点41間を結ぶパネであって、柔軟媒体40を弾性体と見なしたときの曲げ剛性を表現している。また、並進パネ43は、柔軟媒体40を弾性体と見なしたときの引張り剛性を表現している。ここで、並進パネ43及び回転パネ42のパネ定数は、弾性理論から導くことが可能である。すなわち、回転パネ定数 k_r 、並進パネ定数 k_s は、ヤング率 E 、幅 w 、紙厚 t 及び質点間の距離 L を用いて、次式によって与えられる。

【0024】

【数 1】

$$kr = \frac{Ewt^3}{12\Delta L}, ks = \frac{Ewt}{\Delta L},$$

$$\Delta L = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{n}$$

・・・式(1)

【0025】

また、質点の質量 m は、柔軟媒体の長さ L 、幅 w 、紙厚 t 、密度、分割数 n とすると、次式によって計算される。

$$m = Lwt / (n - 1) \text{ ・・・式(2)}$$

このように、柔軟媒体を曲げと引張りの力に反応する弾性体として定義することができる。なお、柔軟媒体をバネ - 質量系に置換する場合に限られず、有限要素モデルに置換してもよい。

【0026】

次に、柔軟媒体の媒体種を設定する。CPU15 が、ユーザによる媒体種選択画面 2 J 内で何れかの柔軟媒体の種類を選択を検出すると、CPU15 は、後述する運動計算処理に必要な柔軟媒体のパラメータを取得する。ここで、柔軟媒体のパラメータとは、柔軟媒体のヤング率、密度及び厚さの情報である。各柔軟媒体のパラメータは、予めデータベースとしてハードディスク 19 等に記録されている。

図 3 (B) では、ユーザが柔軟媒体の種類として再生紙 A を選択している。この場合、CPU15 は、再生紙 A のパラメータとして、例えばヤング率 5409 Mpa 、密度 $6.8 \times 10^{-7} \text{ kg/mm}^3$ 、紙厚 0.0951 mm をデータベースから取得する。

CPU15 は、柔軟媒体を離散化したデータや取得した柔軟媒体のパラメータを RAM 18 に記憶することで柔軟媒体を設定する。

【0027】

< 搬送条件の設定 >

次に、搬送部品の搬送条件を設定する。ここでは、搬送条件として搬送ローラの駆動条件、並びに搬送ローラ、搬送ガイド及び弾性シートと柔軟媒体との接触時の摩擦係数等を設定する。

上述した柔軟媒体の設定後、ユーザが図 4 (A) に示すように表示画面のメニュー 1 の「搬送条件」ボタン 1 C を選択することで、CPU15 は、図 4 (A) に示すような表示画面を表示する。

【0028】

図 4 (A) は、搬送条件を設定するときに表示される表示画面の一例を示す図である。CPU15 は、図 4 (A) に示すように、新たにサブ構成メニュー 2 を表示する。サブ構成メニュー 2 には、駆動制御選択画面 2 L 及び摩擦係数選択画面 2 M が配置される。駆動制御選択画面 2 L では、「搬送ローラ」、「フラップ」の何れかを選択することができる。摩擦係数選択画面 2 M では、「搬送ローラ」、「搬送ガイド」、「弾性シート」の何れかを選択することができる。

【0029】

ここで、例えば、ユーザが搬送ローラの駆動条件を設定したい場合、図 4 (A) に示すようにポインティングデバイス 14 等を介して駆動制御選択画面 2 L 内の「搬送ローラ」を選択する。更に、ユーザは「搬送ローラ」を選択した状態で、グラフィック画面 3 に表示してある搬送ローラのうち駆動条件を定義したい搬送ローラを選択する。CPU15 は、搬送ローラを選択を検出すると、図 4 (B) に示すように特徴点として時間と搬送ローラの回転数との入力を促すメッセージをコマンド欄 4 に表示する。ユーザは、コマンド欄 4 に数値入力することで、CPU15 が RAM 18 に記憶して、搬送ローラの駆動条件を

10

20

30

40

50

設定する。また、CPU15は、ユーザによる数値入力後、時間に対する搬送ローラの回転数を示すグラフを作成し、そのグラフを図4(B)に示すようにグラフィック画面3に表示する。

【0030】

図4(B)に示すグラフは、ユーザがコマンド欄4に時間と回転数との組からなる特徴点を随時入力したときに作成されたグラフの一例であり、横軸を時間にして、縦軸を搬送ローラの回転数にしたものである。このグラフにおいては、搬送ローラの特徴点として0~1秒まで直線的に回転数が0~120rpmまで上昇し、1~3秒までは120rpmを維持し、3~4秒の間に120rpm~0に減速するような特徴点の入力を、ユーザが行ったものである。

なお、フラップの駆動条件を設定したい場合も搬送ローラの駆動条件の設定と同様な処理を行うことにより、CPU15は、フラップの駆動条件を設定する。

【0031】

一方、例えば、ユーザが搬送ローラの摩擦係数を設定したい場合、図4(A)に示す摩擦係数選択画面2M内の「搬送ローラ」を選択した状態で、グラフィック画面3に表示してある搬送ローラのうち摩擦係数を設定したい搬送ローラを選択する。CPU15は、搬送ローラを選択を検出すると、搬送ローラの摩擦係数 μ の入力を促すメッセージをコマンド欄4に表示する。ユーザがコマンド欄4に摩擦係数 μ の数値入力することで、CPU15がRAM18に記憶して、搬送ローラの摩擦係数を設定する。なお、搬送ガイド及び弾性シートの摩擦係数を設定したい場合も搬送ローラの摩擦係数の設定と同様な処理を行うことにより、CPU15は、搬送ガイド及び搬送シートの摩擦係数を設定する。

【0032】

更に、CPU15は、柔軟媒体の質点と搬送ローラ、搬送ガイド及び弾性シート等の搬送部品との間の接触計算より垂直抗力Nを算出し、入力された摩擦係数 μ から、図5のように柔軟媒体40の搬送方向とは逆向き働く摩擦力 μN を算出する。CPU15は、それぞれ算出した摩擦力をRAM18に記憶して、搬送部品と柔軟媒体との摩擦力を設定する。

【0033】

<弾性部品の設定>

次に、弾性部品を設定する手順について説明する。ここでは、柔軟媒体の搬送径路を決定する搬送ガイド、搬送ローラ等の搬送部品のうち柔軟媒体との接触により弾性変形し、搬送径路を変化させる可能性のある搬送部品を選択することで弾性部品を設定する。

搬送条件の設定後、ユーザが図6(A)に示すように表示画面のメニューバー1の「弾性部品定義」ボタン1Dを選択することで、CPU15は、搬送部品における弾性部品の設定に移行すると共に、図6(A)に示すような表示画面を表示する。

【0034】

図6(A)は、弾性部品を設定するときに表示される表示画面の一例を示す図である。CPU15は、図6(A)に示すように、グラフィック画面3に予め定義した搬送経路を構成する搬送部品と、新たにサブ構成メニュー2を表示する。サブ構成メニュー2には、搬送ローラ材質選択画面2N、搬送ガイド材質選択画面2O及び弾性シート材質選択画面2Pが配置される。搬送ローラ材質選択画面2Nでは、搬送ローラの材質をして「シリコンゴム」、「スポンジゴム」、「バルーンゴム」等を選択することができる。搬送ガイド材質選択画面2Oでは、搬送ガイドの材質として「シリコンゴム」、「スポンジゴム」、「PC樹脂」等を選択することができる。弾性シート材質選択画面2Pでは、弾性シートの材質として「PI」、「PET」等を選択することができる。

【0035】

まず、弾性部品を設定する場合、弾性部品にあたる搬送部品の材質と厚みを設定する。ここで、例えば、ユーザが弾性部品として図6(A)に示すグラフィック画面3の搬送ローラ81を設定したいとする。この場合、ユーザは、ポインティングデバイス14を介してグラフィック画面3の搬送ローラ81を選択する。CPU15は、ユーザの指示に応じ

10

20

30

40

50

て搬送ローラ 8 1 を選択する。この処理は、選択検出手段による処理の一例に対応する。続いて、CPU 1 5 は、搬送ローラ 8 1 の材質の入力を促すメッセージをコマンド欄 4 に表示する。

ユーザが、サブ構成メニュー 2 の搬送ローラ材質選択画面 2 N から搬送ローラの材質を選択したり、コマンド欄 4 に直接、ヤング率、ポアソン比等の材質を入力したりすることで、CPU 1 5 は、選択された搬送ローラのヤング率、ポアソン比を取得できる。なお、搬送ローラ材質選択画面 2 N に列挙されている材質のヤング率、ポアソン比は、予めデータベースとしてハードディスク 1 9 等に記録されている。

なお、図 6 (A) では、ユーザが弾性部品として選択した搬送ローラ 8 1 の材質として搬送ローラ材質選択画面 2 N の「シリコンゴム」が選択されている。

10

【 0 0 3 6 】

次に、CPU 1 5 は、弾性部品の材質を検出した後、選択を検出している弾性部品の厚みの入力を促すメッセージを図 6 (B) に示すようにコマンド欄 4 に表示する。ユーザは、コマンド欄 4 に厚みを入力することで、CPU 1 5 は、選択を検出している搬送ローラの厚みを取得する。そして、CPU 1 5 は、検出した搬送部品を弾性部品として、取得したヤング率、ポアソン比及び厚み等の情報と関連付けて RAM 1 8 に記憶することで、弾性部品を設定する。

【 0 0 3 7 】

また、CPU 1 5 は、図 7 (A) に示すように、選択された搬送部品について、設定した材質及び厚みを割り当て、有限要素に置換してグラフィック画面 3 上に表示する。この処理は、搬送部品置換手段による処理の一例に対応する。

20

図 7 (A) のグラフィック画面 3 には、ユーザが選択した搬送ローラに対し、更にシリコンゴムを選択すると共に、厚み 5 . 0 mm を入力した場合に、CPU 1 5 が回転方向と厚さ方向にそれぞれ複数層に分割した有限要素 1 0 1 を作成し、表示している。

【 0 0 3 8 】

なお、上述する説明では、搬送部品として搬送ローラを弾性部品として設定する場合について説明したが、搬送ガイドや弾性シートについても同様に、設定することができる。すなわち、CPU 1 5 は、選択を検出した搬送ガイドや弾性シートを弾性部品として、取得したヤング率、ポアソン比及び厚み等の情報と関連付けて RAM 1 8 に記憶することで弾性部品を設定する。

30

例えば、ユーザが選択した弾性シートに対して、更に、材質（ヤング率 3 0 0 0 M P a 、ポアソン比 0 . 3 ）をコマンド欄 4 から直接入力する。すると、図 7 (B) のグラフィック画面 3 のように、CPU 1 5 が弾性シートの長さ方向に対してのみ分割した有限要素 1 1 1 を作成し表示する。

【 0 0 3 9 】

次に、CPU 1 5 は、後述する運動計算処理の中で、設定した弾性部品を形成する有限要素の変形計算を実施するか否かの判定を行うときに用いる規定値（規定接触力）の入力が促すメッセージを図 8 に示すようにコマンド欄 4 に表示する。図 8 は、コマンド欄 4 にユーザが規定値として規定接触力（N）に 0 . 0 1 を入力したときに表示したときの例である。CPU 1 5 は、後述する運動計算において、規定値に基づいて、弾性部品の変形計算の実施の判断を行う。なお、この規定値は、弾性部品の材質情報等とともに、予めハードディスク 1 9 のデータベースに格納しておいてもよい。

40

【 0 0 4 0 】

< 運動計算処理 >

次に、搬送経路内での柔軟媒体の挙動を計算する運動計算処理について図 9 を参照して説明する。ここでは、離散化されたバネ - マス系に置換された柔軟媒体の運動を、時々刻々柔軟媒体に働く接触力、復元力、減衰力、慣性力を基にして時間積分により求める。図 9 は、本実施形態に係る搬送計算処理を示すフローチャートである。この処理は、例えばユーザがキーボード 1 3 を介して、コマンド欄 4 に計算処理の実行の指示を入力することで、CPU 1 5 が実行を開始する。

50

まず、ステップS10では、ユーザがコマンド欄4に対して搬送計算の実時間Tと、柔軟媒体及び弾性部品の運動方程式の解を数値的に求める際に使用する数値時間積分上での離散単位時間 Δt とを入力する。CPU15は、入力された搬送計算の実時間Tと離散時間 Δt とをRAM18に記憶して設定する。

【0041】

以降のステップS11～ステップS21が数値時間積分のループである。CPU15は、柔軟媒体及び弾性部品の運動を初期時間から Δt 毎に計算し、RAM18に結果を記憶する。

まず、ステップS11では、CPU15は、 Δt 秒後の計算を行う際に必要な初期加速度、初期速度、初期変位を設定する。これらの値は1サイクル終わる毎にその計算結果（すなわち前回のサイクルの計算値を初期値とする）を投入する。

10

【0042】

次に、ステップS12では、CPU15は、1サイクル前に算出された柔軟媒体の各質点の変位を基に、柔軟媒体の位置が更新された状態で、柔軟媒体と搬送部品との接触の判定を行う。すなわち、CPU15は、更新された柔軟媒体の座標位置と、搬送部品の座標位置とが一致する場合、接触したと判定する。この処理は、接触判定手段による処理の一例に対応する。ここで、図10(A)は、矢印方向に移動する柔軟媒体の先端の質点141と、搬送部品として設定した搬送ガイド142とが、接触したと判断されたときの状態を示す図である。また、図10(B)は、柔軟媒体の先端の質点141と、弾性部品として設定を行い有限要素152で表現されている搬送ローラ153とが、接触したと判定されたときの状態を示す図である。

20

【0043】

続いて、ステップS13では、CPU15は、柔軟媒体を形成する各質点に働く力を定義する。柔軟媒体の各質点に働く力には、回転モーメント、引っ張り力で表される復元力、接触力、摩擦力、重力、空気抵抗力及びクーロン力がある。CPU15は、個々の質点に対し働く力を計算した後、その合力を最終的に柔軟媒体に加わる力としてRAM18に記憶することで、各質点の合力を定義する。

【0044】

ここで、本実施形態では、図10(B)に示すように、柔軟媒体と弾性部品として設定した搬送部品とが接触するまで、CPU15は、弾性部品は変形しないものと仮定して扱う。

30

柔軟媒体と、変形しないと仮定した弾性部品との接触が生じたときの、接触計算について、図10(C)を参照して説明する。柔軟媒体とCPU15とが接触した後、CPU15が、更に離散単位時間 Δt 進めると、図10(C)に示すように、柔軟媒体の先端の質点161が、有限要素162にめり込む。CPU15は、めり込み量を、 x 、 y 座標ごとに分解し、 x 軸方向のめり込み量 D_x 163、 y 軸方向のめり込み量 D_y 164を算出する。次に、CPU15は、 x 軸、 y 軸それぞれについて、剛性を持ったバネ k_x 165、 k_y 166を張る。ここで、CPU15は、バネの剛性を、柔軟媒体の剛性と弾性部品が変形しないと仮定したときの剛性とから算出する。そして、CPU15は、めり込み量 D と剛性 k とを持ったバネを用いて、 x 軸、 y 軸各々について、めり込んだ柔軟媒体先端の質点に対して、変形しないと仮定した弾性部品の表面に押し戻すための力 F を $F = k \times D$ の式から算出する。CPU15は、この押し戻すための力 F が柔軟部材の質点に負荷されていると判断する。なお、CPU15は、その他の作用する力も踏まえ、柔軟部材の質点に働く力を算出する。

40

【0045】

ステップS14では、CPU15は、ステップS13で算出した各質点に働く力から、柔軟媒体と、変形しないと仮定した弾性部品を形成する有限要素との接触部において、柔軟媒体の復元力によって、有限要素を構成する節点に作用する簡易接触力を算出する。この処理は、接触力算出手段による処理の一例に対応する。CPU15は、離散単位時間毎に算出した簡易接触力をRAM18に記憶する。

50

ここで、柔軟媒体と弾性部品との接触部において、柔軟媒体の質点に作用している接触力の、弾性部品を構成する節点への振り分け方法について、図10(D)を参照して説明する。図10(D)に示すように、柔軟媒体先端の質点161に、x軸方向の接触力 F_{x172} 、y軸方向の接触力 F_{y173} が作用している。そして、柔軟媒体先端の質点161の位置は、有限要素174の幅 L_{175} に対して、幅 L_{a177} ：幅 L_{b176} の割合の位置にある。

【0046】

ここで、CPU15は、柔軟媒体の先端の質点に作用する接触力と釣り合う逆向きの接触力 F を、力とモーメントの釣り合いの関係から、有限要素174を構成する表面の節点179には、 $F_1 = L_b / L_x \times F$ 、有限要素174を構成する表面の節点178には、 $F_2 = L_a / L_y \times F$ という式で、x軸、y軸それぞれについて簡易接触力として振り分ける。CPU15は、振り分けた簡易接触力をRAM18に記憶する。

10

【0047】

ステップS15では、CPU15は、ステップS13で算出した各質点に働く力の合力を質点の質量で除算し、更に初期加速度を加算することでt秒後の柔軟媒体の質点の加速度を計算する。

続いて、ステップS16では、CPU15は、柔軟媒体の質点の速度を計算する。すなわち、ステップS16では、CPU15は、加速度にtを乗算し、更に初期速度を加算することで速度を計算する。

更に、ステップS17では、CPU15は、柔軟媒体の質点の変位を計算する。すなわち、ステップS17では、速度にtを乗算し、更に初期変位を加算することでt秒後の変位を計算する。そして、CPU15は、これらのステップの処理によって算出された加速度、速度、変位の情報をRAM18、ハードディスク19に記憶する。

20

【0048】

次に、ステップS18では、弾性部品として設定した搬送部品において有限要素を構成する節点について、CPU15は、ステップS14で算出した簡易接触力と、1サイクル前に格納された簡易接触力の差と、その最大値Pを算出して、RAM18に記憶する。この処理は、接触力変化算出手段による処理の一例に対応する。

次に、ステップS19では、CPU15は、ステップS18で算出した簡易接触力の差の最大値Pと、弾性部品の選択の際に入力された規定値、もしくは予めハードディスク19のデータベースに格納されている規定値、との値の比較を行う。この処理は、変化判定手段による処理の一例に対応する。

30

$P > P_{183}$ の関係を満たさなかった場合には、CPU15は、弾性部品として設定し有限要素で表現されている弾性部品の変形計算を省略して、ステップS21に処理を進める。一方、 $P > P_{185}$ を満たした場合には、ステップS20に処理を進める。

【0049】

図11を参照して、柔軟媒体の先端が、弾性部品として設定した搬送ローラと接触開始した直後181と、その後若干時間が経過した時点182とで搬送ローラ表面の有限要素を構成する節点の離散単位時間t前後での接触力の差の一例について説明する。図11は、横軸にローラ表面の位置を示し、縦軸に離散単位時間t前後での接触力の差を示すグラフである。図11に示すように、搬送ローラとの接触開始直後では、接触力の差の最大値 P_{183} が、 P_{184} より大きくない。従って、この場合、CPU15は、ステップS21に処理を進める。その後若干時間が経過した時点では、図11に示すように、接触力の差の最大値 P_{185} が、規定値 P_{184} より大きくなる。この場合、CPU15は、ステップS20に処理を進める。

40

【0050】

ステップS20では、CPU15は、弾性部品を形成する有限要素を構成する節点に作用している簡易接触力に基づいて有限要素の変形計算を行い、弾性部品の変形形状を更新する。この処理は、弾性変形算出手段による処理の一例に対応する。CPU15は、RAM18、ハードディスク19に、更新された節点の変位の情報を記憶して、ステップS2

50

1 に処理を進める。

ステップ S 2 1 では、CPU 1 5 は、計算時刻がステップ S 1 0 で設定した実時間 T に到達したか否かを判断し、到達していれば当該搬送計算処理を終了する。到達していない場合、CPU 1 5 は、再度ステップ S 1 1 に処理を戻し、時間積分を繰り返す。

【 0 0 5 1 】

< 結果表示 >

次に、上述した搬送計算処理の結果表示について説明する。ここでは、柔軟媒体の挙動を数値シミュレーションによって時系列的に求め、得られた柔軟媒体の挙動をディスプレイ装置 1 2 に表示する。

上述した運動計算処理後、ユーザが図 1 2 に示すように表示画面のメニューバー 1 の「結果表示」ボタン 1 E を選択することで、CPU 1 5 は、結果表示用のサブ構成メニュー 2 を表示する。また、結果表示用のサブ構成メニュー 2 を表示すると共に、CPU 1 5 は、ハードディスク 1 9 に記憶している柔軟媒体の質点変位と、弾性部品を形成する有限要素を構成する節点変位の情報を読み込む。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 1 2 に示すサブ構成メニュー 2 には、動画メニュー 2 Q 及びプロットメニュー 2 R が配置される。ユーザは動画メニュー 2 Q 及びプロットメニュー 2 R 内のボタンを選択することで、動画及びプロットの内容を確認することができるようになっている。例えば、動画メニュー 2 Q には、再生ボタン 2 1 1、停止ボタン 2 1 2、ポーズボタン 2 1 3、早送りボタン 2 1 4 及び巻き戻しボタン 2 1 5 が含まれている。これらのボタンの操作に応じて、CPU 1 5 は、ハードディスク 1 9 から読み込んだ変位の情報に基づいて、グラフィック画面 3 に、柔軟媒体の挙動及び弾性部品の変形状態を表示する。この処理は、表示処理手段による処理の一例に対応する。従って、ユーザは柔軟媒体の挙動、弾性部品の変形状態を視認することができる。

【 0 0 5 3 】

ここで、図 1 3 (A) ~ 図 1 3 (C) 及び図 1 4 を参照して、ユーザが動画メニュー 2 Q から再生ボタン 2 1 1 を選択されたときに表示される柔軟媒体及び弾性部品として設定した搬送ローラの変形の遷移について説明する。

まず、図 1 3 (A) は、柔軟媒体が搬送され始めた時点の状態である。この時点では、CPU 1 5 は、搬送ローラの変形計算を省略している。

次に、図 1 3 (B) では、図 1 3 (A) に示す状態から柔軟媒体が搬送されて、柔軟媒体の先端が搬送ローラによって形成されたニップに突入された時点の状態である。この時点では、柔軟媒体の復元力によって搬送ローラに作用する接触力が時々刻々変化していき、CPU 1 5 は、搬送ローラの変形計算を行いながら、搬送ローラの変形及び柔軟媒体の搬送を表示している。

次に、図 1 3 (C) では、図 1 3 (B) に示す状態から柔軟媒体が搬送されて、柔軟媒体の先端がローラ対によって形成されたニップを抜けた時点の状態である。この時点では、柔軟媒体の姿勢は安定し、搬送ローラに作用する接触力の変化がなくっており、CPU 1 5 は、搬送ローラの変形計算を省略している。

【 0 0 5 4 】

また、例えば、プロットメニュー 2 R には、加速度、速度、変位及び抵抗のボタンが含まれている。ユーザが何れのボタンを選択することにより、CPU 1 5 は、選択された項目に応じてハードディスク 1 9 から読み込んだ各情報に基づき、選択された項目の時系列グラフを表示する。

ここで、図 1 4 は、グラフ表示処理が行われたときに表示される画面の一例を示す図である。図 1 4 は、抵抗 (ガイド抵抗) が選択された場合のグラフを示している。

【 0 0 5 5 】

このように本実施形態によれば、特に薄い柔軟媒体を搬送する場合において、従来の方法では、接触変形計算が不安定になることから、膨大な計算時間を要するのに対して、本実施形態での必要最低限の変形計算による、計算負荷の軽減の効果は大きい。また、搬送

10

20

30

40

50

範囲が広い場合でも、自動的に変形計算の省略を行うことができ、プリポスト等での設定作業を行う必要が無くなり、ユーザの負担を軽減できる。

【0056】

このように本実施形態によれば、柔軟媒体以外の、弾性部品として扱うべき搬送部品の変形計算を、柔軟媒体の挙動に影響を与える時間帯だけで行うことから、必要最低限の計算負荷により、計算速度を向上させ、正確な柔軟媒体の挙動の評価を行うことができる。

【0057】

上述した本発明の実施形態における設計支援装置を構成する各手段、並びに設計支援方法の各ステップは、コンピュータのRAMやROM等に記憶されたプログラムが動作することによって実現できる。このプログラム及びこのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は本発明に含まれる。

10

【0058】

また、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラムもしくは記録媒体等としての実施形態も可能であり、具体的には、複数の機器からなるシステムに適用してもよい。

【0059】

なお、本発明は、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムを、システム又は装置に直接、又は遠隔から供給する。そして、そのシステム又は装置のコンピュータが前記供給されたプログラムコードを読み出して実行することによっても達成される場合を含む。

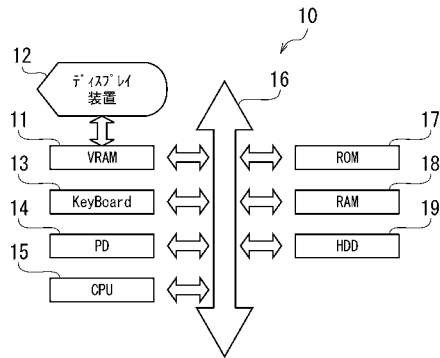
20

【符号の説明】

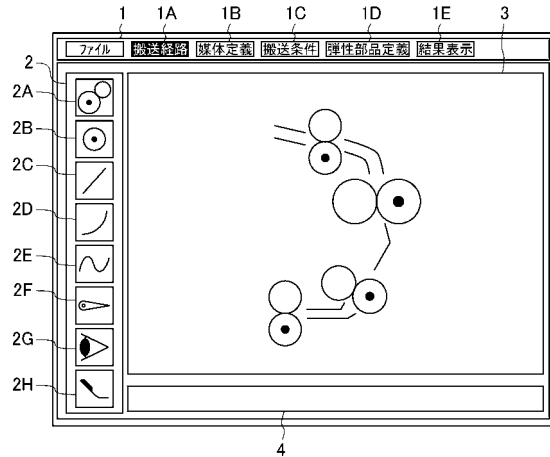
【0060】

- 12：ディスプレイ装置
- 13：VRAM
- 14：KeyBoard
- 15：PD
- 16：CPU
- 17：ROM
- 18：RAM
- 19：HDD

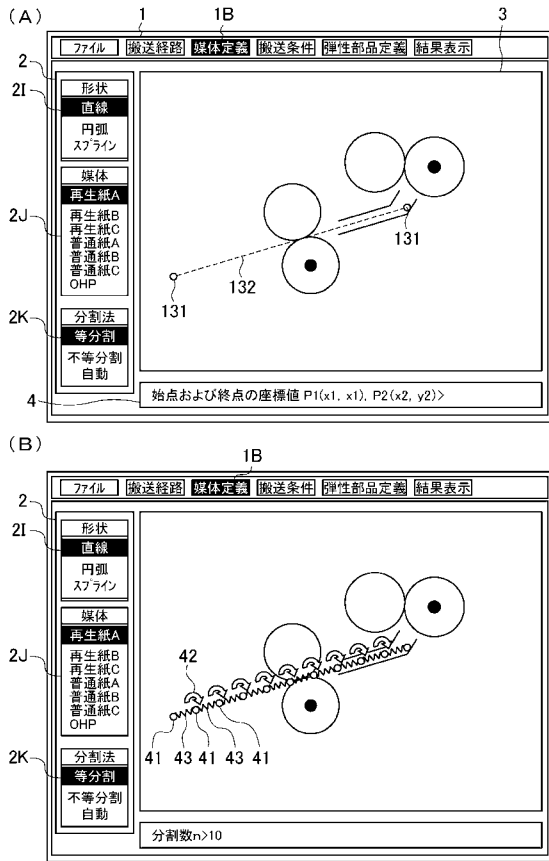
【図1】



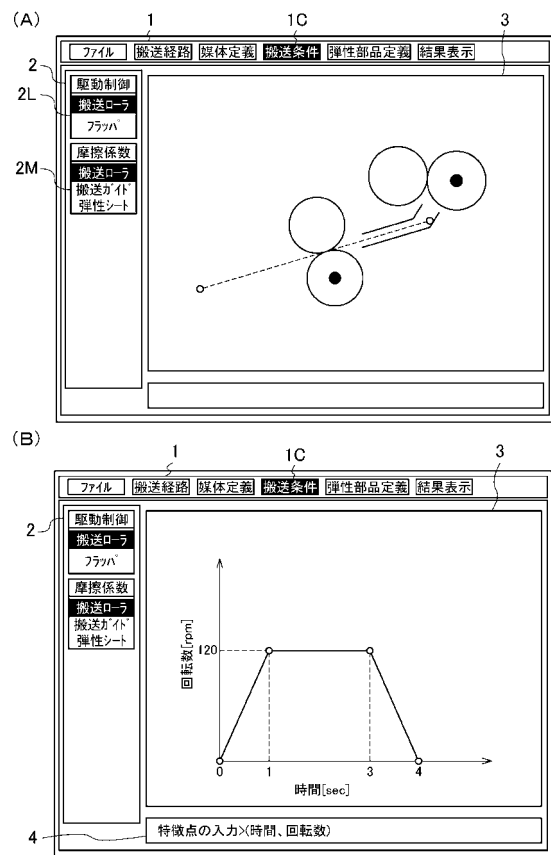
【図2】



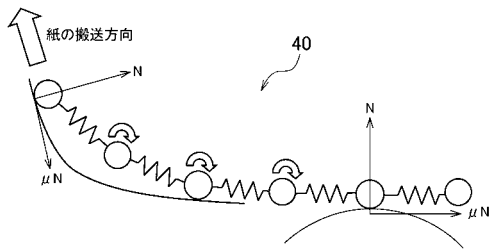
【図3】



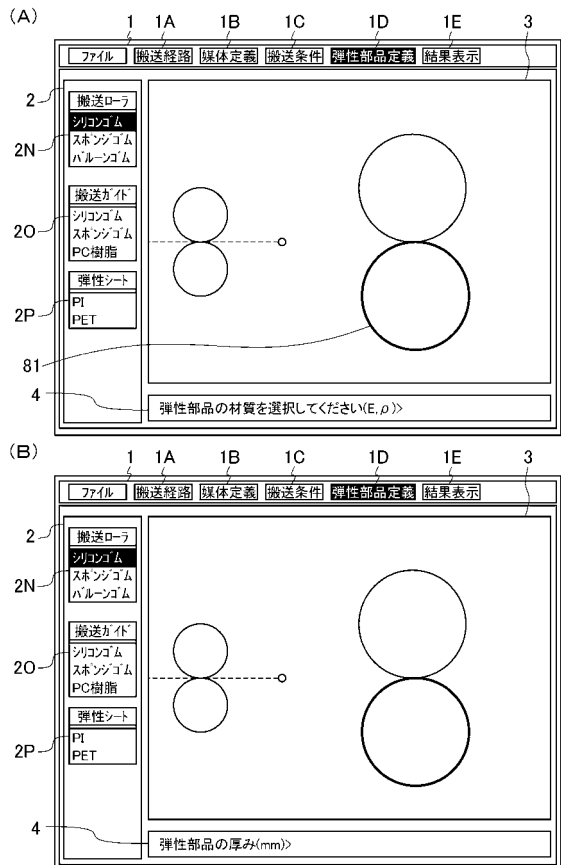
【図4】



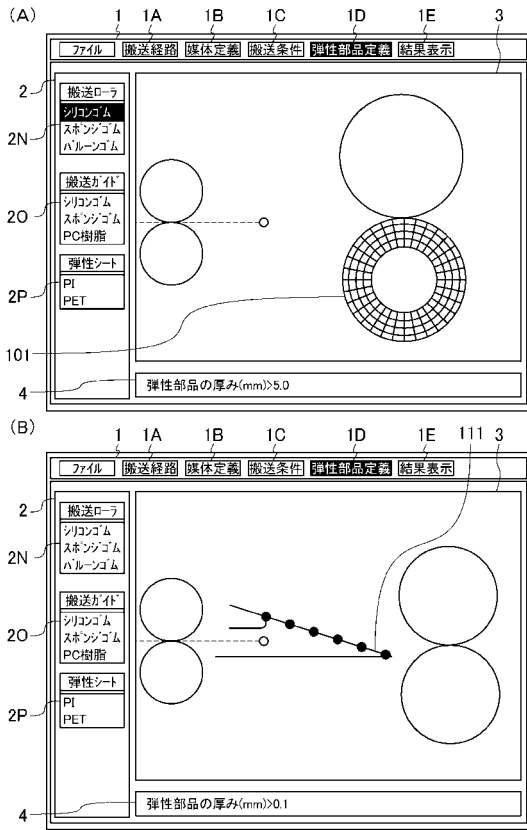
【図5】



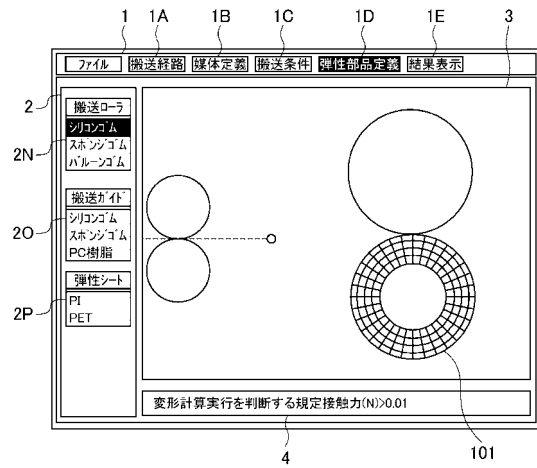
【図6】



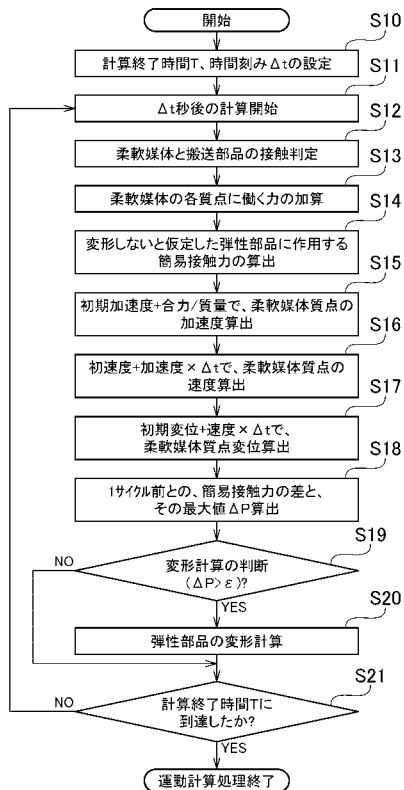
【図7】



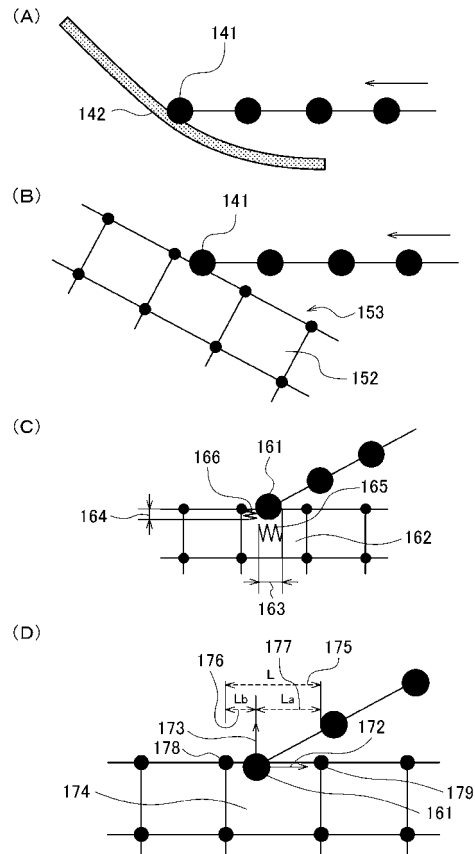
【図8】



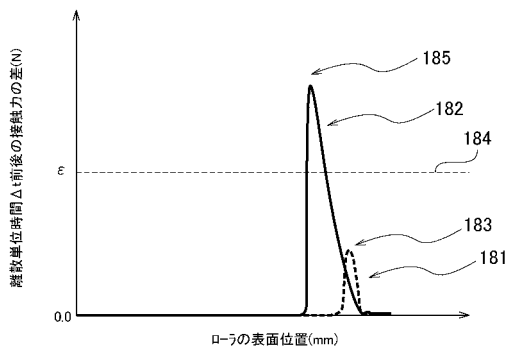
【図9】



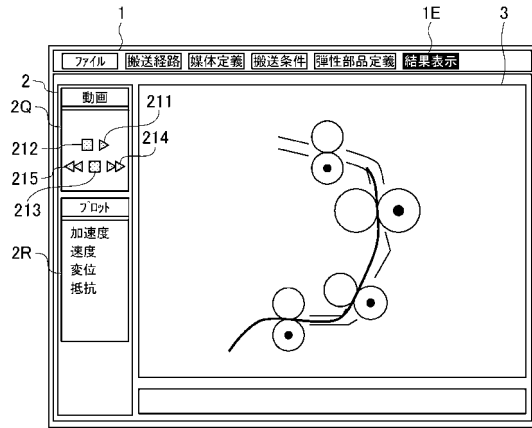
【図10】



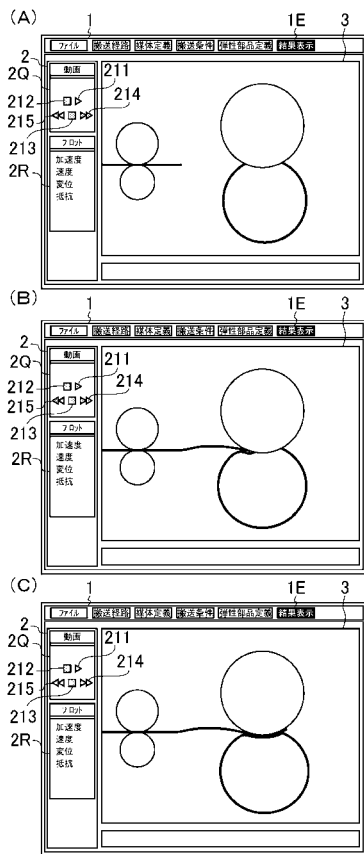
【図11】



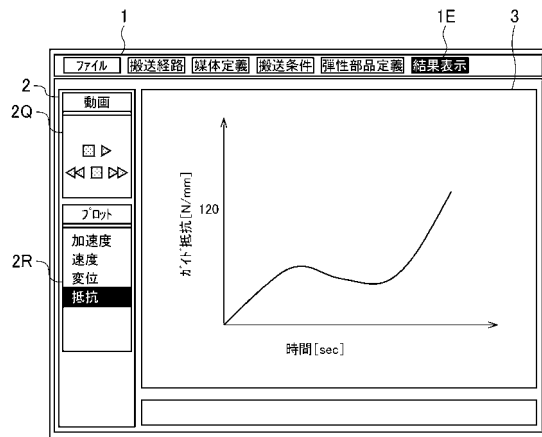
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-103878(JP,A)
特開2000-222454(JP,A)
特開平11-195052(JP,A)
特開2001-306633(JP,A)
奈良光紀外1名,変形を伴う物体の衝突アニメーション,電子情報通信学会技術研究報告,社団法人電子情報通信学会,2001年 4月20日,Vol.101, No.36, pp.7-14

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 17/50
G06F 19/00
G06Q 50/04
B65H 5/05
C i N i i