

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7206039号
(P7206039)

(45)発行日 令和5年1月17日(2023.1.17)

(24)登録日 令和5年1月6日(2023.1.6)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F 30/10 (2020.01)

G 0 6 F 30/10 1 0 0

請求項の数 9 外国語出願 (全21頁)

(21)出願番号	特願2017-245010(P2017-245010)	(73)特許権者	500102435
(22)出願日	平成29年12月21日(2017.12.21)		ダッソー システムズ
(65)公開番号	特開2018-106714(P2018-106714 A)		D A S S A U L T S Y S T E M E S
(43)公開日	平成30年7月5日(2018.7.5)		フランス国 7 8 1 4 0 ペリジー ピラ
審査請求日	令和2年12月21日(2020.12.21)	(74)代理人	クブレー リュ マルセル ダッソー 1 0
(31)優先権主張番号	16306790.3		110001243
(32)優先日	平成28年12月22日(2016.12.22)	(72)発明者	弁理士法人谷・阿部特許事務所
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		レミー ロラート
		(72)発明者	フランス 7 5 0 1 4 パリ リュ ドゥ
			コマンドン ルネ ムショット 8 エー 2
			0 3
			ローラン マリーニ
			フランス 7 5 0 1 6 パリ リュ ミシェ
			ル アンジュ 7 5 ビス
		審査官	合田 幸裕

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レプリカ選択

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

産業製品を表す C A D モデル化されたオブジェクトである 3 次元モデル化された物理的部品を設計するためのコンピュータ実装方法であって、

- 前記コンピュータによって、前記 3 次元モデル化された物理的部品の境界表現を取得し、かつ、提示するステップ (S 1 0) と、

- 第 1 のユーザアクション時に、幾何学的特徴を表す前記境界表現のサブセットを選択するステップ (S 2 0) であって、前記幾何学的特徴は、前記境界表現の 2 つ以上の接続された面を含むステップ (S 2 0) と、

と、

- 前記コンピュータによって、特徴相似関数を適用することによって、前記境界表現の前記第 1 のユーザアクションで選択された前記サブセットに類似する前記境界表現のすべてのサブセットを識別するステップ (S 3 0) と、

- 第 2 のユーザアクションに基づいて、前記第 1 のユーザアクションで事前に選択された前記境界表現の前記サブセットの少なくとも 1 つの面のジオメトリの修正を実施するステップ (S 4 0) と、

- 前記コンピュータによって、かつ、前記第 2 のユーザアクション時に、前記第 1 のユーザアクションで選択された前記サブセットに類似している前記境界表現の識別された各サブセットに対する修正を適用するステップ (S 5 0) とを含むコンピュータ実装方法。

【請求項 2】

- 前記境界表現の面を面のグループにグループ化するステップであって、グループの各面は前記グループの他の面と類似する、ステップをさらに含み、

前記すべてのサブセットを識別するステップは、

- 前記境界表現の前記選択されたサブセットの第 1 の面を選択するステップと、
- 前記選択された第 1 の面が属する面グループ中の面を選択するステップと、
- 前記境界表現の前記選択されたサブセットの前記第 1 の面と、前記選択された第 1 の面が属する前記面グループ中の面との間で相似変換 T を識別するステップと、
- 前記選択された第 1 の面とは異なる、前記境界表現の前記選択されたサブセットの第 2 の面を選択するステップと、
- 前記第 2 の面が属する面グループ中で、前記第 2 の面に適用される前記相似変換 T に等しい面を検索するステップと

を含む請求項 1 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 3】

前記第 2 の面を選択するステップおよび前記相似変換 T に等しい面を検索するステップは反復され、反復における前記検索の結果として識別された前記面のうちの 1 つまたは複数は、次の反復に向けて廃棄される請求項 2 に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 4】

- 前記境界表現の前記識別されたすべてのサブセットを強調表示するステップをさらに含む請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 5】

前記幾何学的特徴は、前記 3 次元モデル化された物理的部品における機能的特性を表す接続された面のセットである請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の方法を実施するための命令を含むコンピュータプログラム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のコンピュータプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能なデータ記憶媒体。

【請求項 8】

メモリに結合されたプロセッサを備えるコンピュータ援用設計 (C A D) システムであって、請求項 6 に記載のコンピュータプログラムが前記メモリに記録された、C A D システム。

【請求項 9】

履歴フリーの C A D システムである請求項 8 に記載の C A D システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータプログラムおよびシステムの分野に関し、より詳細には、3次元モデル化された (3D) モデル化されたオブジェクトを設計するための方法、システム、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

オブジェクトの設計、エンジニアリング、および製造のための、多くのシステムおよびプログラムが市販されている。C A D は、C o m p u t e r - A i d e d D e s i g n (コンピュータ援用設計) の頭字語であり、例えば、これは、オブジェクトを設計するためのソフトウェアソリューションに関係する。C A E は、C o m p u t e r - A i d e d E n g i n e e r i n g (コンピュータ援用エンジニアリング) の頭字語であり、例えば、これは、未来の製品の物理的挙動をシミュレートするためのソフトウェアソリューショ

10

20

30

40

50

ンに關係する。C A Mは、C o m p u t e r - A i d e d M a n u f a c t u r i n g（コンピュータ援用製造）の頭字語であり、例えば、これは、製造プロセスおよび動作を定義するためのソフトウェアソリューションに關係する。このようなC A Dシステムでは、グラフィカルユーザインタフェースが、これらの技法の効率に関して重要な役割を果たす。これらの技法は、製品ライフサイクル管理（P L M）システム内に組み込まれることがある。P L Mは、拡張された企業概念にわたって、製品の構想からその寿命の終わりまで、製品の開発のために会社が製品データを共有し、共通プロセスを適用し、法人知識を活用することを助けるビジネス戦略を指す。ダッソーシステムズ（D a s s a u l t S y s t e m e s）によって（商標C A T I A、E N O V I A、およびD E L M I Aの下で）提供されるP L Mソリューションは、製品エンジニアリングの知識を組織化するエンジニアリングハブと、製造エンジニアリング知識を管理する製造ハブと、企業統合、およびエンジニアリングハブと製造ハブの両方への接続を可能にする企業ハブと、を提供する。全部合わせて、システムは、製品、プロセス、リソースをリンクして動的な知識ベースの製品作成および決定サポートを可能にする、オープンオブジェクトモデルを送達し、これは、最適化された製品定義、製造準備、生産、およびサービスを推進する。

【 0 0 0 3 】

最近のC A Dシステムは、今や、ユーザが、3 Dモデル化されたオブジェクトの境界表現（B - R e p）に基づいて、3 Dモデル化されたオブジェクトを設計するのを可能にする。B - R e pは、面のセットを含むデータフォーマットであり、各面は、それぞれの支持表面の、境界付けられた部分として定義される。面は、頂点と、頂点を接続するエッジとで定義される。ユーザは、既存の面を修正すること、新しい面を作成すること、いくつかの面を削除すること、ならびに／または面上および／もしくは面間の制約を定義することによって、または、使用されるC A Dシステムにより提供される同種の任意のアクションによって、面のセットに作用することができる。このような場合、効率の目的で、立体の履歴は一般にユーザにとって利用可能でない。したがって、B - R e p C A Dシステムは、履歴フリーの（history-free）C A Dシステムである。すなわち、これらは、通常は履歴ベースである立体ベースのC A Dシステムの、手続き規則を克服しようとする。

モデルが暗黙的である（モデルが基本要素に対する演算のセットから計算される）立体ベースのモデル化と比較して、B - R e pモデル化は、面の明示的なモデルを含む。しかし、B - R e pモデルの特徴は暗黙的である。すなわち、B - R e pモデルの特徴は、モデルの幾何形状およびトポロジの解釈から認識される。

【 0 0 0 4 】

したがって、このようなB - R e p C A Dシステムの態様の1つは、「パターン」の識別であり、これは「パターン認識」とも呼ばれる。「パターン」という用語は、同じ幾何学的特徴のコピーの規則的なレイアウトを指す。幾何学的特徴は、B - R e pによってモデル化されたオブジェクトの機能的特徴を表す、B - R e pの接続された面のセットである。パターンを認識することは、設計中にそのようなパターンを単一の要素として扱うのを可能にし、それにより設計可能性の幅を広げる。パターン認識は、機械設計、消費財、建物建築、航空宇宙、または他の領域など、C A Dの種々の領域に關係する。

【 0 0 0 5 】

パターン認識は、特徴認識に關係付けられることが可能である。特徴認識は、所与の3 Dオブジェクト上の特徴的な形状を認識するのに有用であり、例えば、この3 Dオブジェクトは、機械製品の部品をモデル化する。機械設計の場合の、対象となる特徴的な形状は、例えば、穴、押出パッド（extruded pad）、押出ポケット（extruded pocket）、フィレット（fillet）もしくはラウンド（round）、外旋パッド（revolute pad）、および／または外旋ポケット（revolute pocket）を含む。特徴的な形状を認識することは、その仕様を、よりよい意味論的レベル、例えば、押出形状もしくは外旋形状の断面、外旋形状の回転軸、ラウンドおよびフィレットの半径値、押出方向、ならびに／または押出深度を通して識別することになる。この情報は、形状を修正する（例えば、押出しの断面を編集することによって）こと、または下流プロセス（例えば、機械加工プロセス）に供給す

10

20

30

40

50

ること、のいずれかのために使用される。

【 0 0 0 6 】

上で説明されたように、履歴フリーの C A D システムは、立体の形状の変更を、その B - R e p のみを使用することによってより容易にすることを目指す。編集をユーザの観点から単純化するには、「直接編集」技術は、立体の局所的な形状を認識すべきである。例えば、システムは、穴の円柱形状を維持し（また、円柱を自由形式表面に変えず）、ポケットの壁の垂直方向を維持し、かつ／または、形状の外旋性質もしくは押出性質を維持すべきである。したがって、「直接編集」分野においても、特徴認識は不可避である。

【 0 0 0 7 】

特徴認識能力は、商用 C A D システムにおいて、以下の手順を通して利用可能である。最初に、ユーザは、認識すべき特徴のタイプを選択する。次いで、任意選択で、ユーザは、検索を初期化するために、立体上の特徴の 1 つまたは複数の面を選択する。最後に、システムは、選択されたタイプの特徴の認識を立体上で実施し、認識された特徴の仕様をもたらす。

10

【 0 0 0 8 】

物理的部品を C A D システム上で設計するとき、通常のユーザのアクティビティは、画面に表示された幾何学的オブジェクトに対してアクションを実施するために、それを選択することを含む。アクションは、例えば、編集、剛体運動、削除、コピー、カット、色付けなどとして行うことができる。多くの状況で、所与のアクションが、複数の幾何学的オブジェクトに適用されなければならない。時間を節約するために、アクションは、複数の幾何学的オブジェクトに一発で適用されることが好ましい。このためには、一括アクションがトリガされる前にすべてのオブジェクトが選択されなければならない。典型的な例は、「半径 5 m m 未満のすべてのラウンドを選択し、これらを立体から除去する」である。複数のオブジェクトの選択は、専用にされたダイアログを通して行われるが、これは最初の設計意図に対話を追加する。

20

【 0 0 0 9 】

いくつかのオブジェクトを選択するための標準的な方式は、「 S h i f t 」キーを押し、ポインタを用いてオブジェクトを 1 つずつ選択し、すべてのオブジェクトが選択されたときに「 S h i f t 」キーを離すことである。別のキー、例えば「 C t r l 」キーを用いても、同様の操作が可能である。複数選択の別の方式は、専用にされたダイアログボックスを開き、選択基準（タイプ、プロパティ、値など）を定義し、検索を実行し、結果的なセットを収集することである。ボックス内部のまたはボックスと交差するグラフィックオブジェクトを選択するために、矩形ボックスが使用されることも可能である。

30

【 0 0 1 0 】

しかし、いくつかのオブジェクトを選択するためのこれらの標準的な方式は、欠点を有する。第 1 の問題は、これらが、現在のマンマシンダイアログに多くの対話を追加することである。これは、設計をより困難にする。というのは、ユーザは、複数選択を実施するために現在のアクションを一時的に離れ、次いで、戻って最初のアクションを続けなければならないからである。複数選択がエラーを伴って終了した場合、作業全体がゼロから再開され、これは脆弱な生産性につながる。第 2 の問題は、いくつかの幾何形状が、選択を実施するユーザの視界から隠されているため、忘れられる場合がある（すなわち選択されない）ことである。これは複雑な機械部品では常に起こり、設計エラーにつながる可能性がある。

40

【 0 0 1 1 】

したがって、既存のソリューションは、とりわけユーザ利用の観点および網羅性の観点から、効率性に欠ける。このコンテキスト内で、3 D モデル化されたオブジェクトを設計するための改善されたソリューションの必要性が依然としてある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 2 】

50

【文献】欧州特許出願第 1 2 3 0 6 7 2 0 . 9 号明細書

欧州特許出願第 1 5 3 0 5 8 0 8 . 6 号明細書

【発明の概要】

【 0 0 1 3 】

したがって、3次元モデル化された物理的部品を設計するためのコンピュータ実装方法が提供される。本方法は、

- モデル化された物理的部品の境界表現を提供すること、
- ユーザアクション時に、幾何学的特徴を表す境界表現のサブセットを選択すること、
- 特徴相似関数を適用することによって、境界表現の選択されたサブセットに類似する境界表現のすべてのサブセットを識別すること

10

を含む。

【 0 0 1 4 】

本方法は、次のうちの1つまたは複数を含むことができる。

- 境界表現の選択されたサブセットに対して修正を実施し、境界表現の識別された各サブセットに同様の修正を適用する。

- 境界表現の面を面のグループにグループ化する。グループの各面は、グループの他の面と類似する。すべてのサブセットを識別することは：境界表現の選択されたサブセットの第1の面を選択すること；選択された第1の面が属する面グループ中の面を選択すること；境界表現の選択されたサブセットの面と、選択された第1の面が属する面グループ中の面との間で相似変換Tを識別すること；選択された第1の面とは異なる、境界表現の選択されたサブセットの第2の面を選択すること；第2の面が属する面グループ中で、第2の面に適用される相似変換Tに等しい面を検索すること、を含む。

20

【 0 0 1 5 】

- 第2の面を選択するステップおよび面を検索するステップが反復される。反復における検索の結果として識別された面のうちの1つまたは複数は、次の反復に向けて廃棄される。

- 境界表現の識別されたすべてのサブセットを強調表示する。
- 幾何学的特徴は、3次元モデル化された物理的部品における機能的特性を表す接続された面のセットである。

【 0 0 1 6 】

さらに、本方法を実施するための命令を含むコンピュータプログラムが提供される。

30

【 0 0 1 7 】

さらに、コンピュータプログラムが記録されたコンピュータ可読記憶媒体が提供される。

【 0 0 1 8 】

さらに、メモリとグラフィカルユーザインタフェースとに結合されたプロセッサを備えるコンピュータ援用設計(CAD)システムが提供され、メモリにはコンピュータプログラムが記録されている。

【 0 0 1 9 】

CADシステムは、履歴フリーのCADシステムとすることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【 0 0 2 0 】

次に、本発明の実施形態が、非限定的な例として、添付の図面に関して記述される。

【図1】本方法の例のフローチャートである。

【図2】本方法の例のフローチャートである。

【図3】図2のフロー図である。

【図4】図2のフロー図である。

【図5】図2のフロー図である。

【図6】3Dモデル化された物理的部品のB-Repを示す図である。

【図7】3Dモデル化された物理的部品のB-Repを示す図である。

【図8】図1のフロー図である。

50

【図 9】図 1 のフロー図である。

【図 10】図 1 のフロー図である。

【図 11】有限状態機械のグラフを使用して本発明の例を示す図である。

【図 12】システムのグラフィカルユーザインタフェースの例を示す図である。

【図 13】システムの例を示す図である。

【図 14】有限状態機械のグラフを使用して本発明の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

図 1 のフローチャートに関して、3 次元 (3D) モデル化された物理的部品を設計するためのコンピュータ実装方法が提案される。本方法は、モデル化された物理的部品の境界表現を提供することを含む。境界表現は、B - R e p と呼ばれる。B - R e p は、面のセットを含む。各面は、それぞれの支持表面の、境界付けられた部分として識別されることが可能である。本方法はまた、ユーザアクション時に、幾何学的特徴を表す境界表現のサブセットを選択することを含む。幾何学的特徴は、B - R e p によってモデル化されたオブジェクトの機能的特徴を表す、B - R e p の接続された面のセットである。したがって、幾何学的特徴は、B - R e p の 2 つ以上の面を含む。「機能的特徴」という用語は、モデル化された物理的部品、例えば、機械部品についての、対象となる形状を意味する。機能的特徴は、例えば、穴、押出パッド、押出ポケット、フィレットもしくはラウンド、外旋パッド、および/または外旋ポケットを含む。機能的特徴は、とりわけ、特徴ベースの C A D において使用される。本方法はさらに、特徴相似関数を適用することによって、境界表現の選択されたサブセットに類似する境界表現のすべてのサブセットを識別することを含む。

【0022】

このような方法は、3D モデル化されたオブジェクトを設計するための改善されたソリューションを構成し、例えば、オブジェクトは、機械部品などの物理的部品である。特に、B - R e p の選択されたサブセットに類似する、モデルのすべての幾何学的特徴の大域的な識別を実施するために、B - R e p のサブセットの単一ユーザ選択が 1 つ必要とされる。ユーザは、オブジェクト上の類似する幾何学的特徴を手動で選択する必要はもはやない。複数選択は、固有のユーザ対話を通して実施される。明らかに、これは、従来の複数選択ダイアログよりも短い。したがって、より少ない対話で、よりよい結果が得られる。このように、ユーザは最初のアクションに集中したままであり、生産性の損失はない。加えて、隠れた類似する幾何形状も、どのみち取り込まれ、したがって設計エラーのリスクが低減される。さらに、特徴の識別は、類似するかまたは似ている特徴を識別するのを可能にする相似関数に基づく。

【0023】

本方法は、コンピュータによって実装される。このことは、本方法のステップ (または実質的にすべてのステップ) が少なくとも 1 つのコンピュータまたは任意のシステムによって同様に実行されることを意味する。したがって、本方法のステップは、おそらく自動的にまたは半自動的に、コンピュータによって実施される。例では、本方法のステップの少なくともいくつかをトリガすることは、ユーザとコンピュータとの対話を介して実施されてよい。必要とされるユーザとコンピュータとの対話のレベルは、予見される自動性のレベルに依存することがあり、ユーザの希望を実装する必要性とのバランスがとられることがある。例では、このレベルは、ユーザによって定義されてよく、かつ/または事前定義済みであってよい。

【0024】

本方法をコンピュータによって実装することの典型的な例は、この目的に適応されたシステムを用いて本方法を実施することである。システムは、メモリとグラフィカルユーザインタフェース (G U I) とに結合されたプロセッサを備えることができ、メモリには、本方法を実施するための命令を含むコンピュータプログラムが記録されている。メモリはデータベースを記憶することもできる。メモリは、このような記憶に適応された任意のハ

10

20

30

40

50

ードウェアであり、おそらくいくつかの別個の物理的部分（例えば、１つはプログラム用、おそらく１つはデータベース用）を含む。

【 0 0 2 5 】

本方法は一般に、モデル化されたオブジェクトを操作する。モデル化されたオブジェクトは、データベースに例えば、記憶されたデータによって定義される任意のオブジェクトである。その延長上で、「モデル化されたオブジェクト」という表現は、データ自体を示す。システムのタイプに従って、モデル化されたオブジェクトは、異なる種類のデータによって定義されることがある。システムは実際、ＣＡＤシステム、ＣＡＥシステム、ＣＡＭシステム、ＰＤＭシステム、および／またはＰＬＭシステムの任意の組合せであることがある。これらの種々のシステム中で、モデル化されたオブジェクトは、対応するデータによって定義される。それに応じて、ＣＡＤオブジェクト、ＰＬＭオブジェクト、ＰＤＭオブジェクト、ＣＡＥオブジェクト、ＣＡＭオブジェクト、ＣＡＤデータ、ＰＬＭデータ、ＰＤＭデータ、ＣＡＭデータ、ＣＡＥデータとすることができる。しかし、これらのシステムは、他のシステムを除外したシステムではない。というのは、モデル化されたオブジェクトは、これらのシステムの任意の組合せに対応するデータによって定義され得るからである。したがって、システムは、以下に提供されるこのようなシステムの定義から明らかになるように、ＣＡＤとＰＬＭの両方のシステムであることも十分にある。

10

【 0 0 2 6 】

ＣＡＤシステムによって追加的に意味されるのは、ＣＡＴＩＡなど、モデル化されたオブジェクトのグラフィカル表現に基づいて、モデル化されたオブジェクトを設計するのに少なくとも適応された任意のシステムである。この場合、モデル化されたオブジェクトを定義するデータは、モデル化されたオブジェクトの表現を可能にするデータを含む。ＣＡＤシステムは、例えば、エッジまたは線を使用して、場合によっては面または表面を用いて、ＣＡＤモデル化されたオブジェクトの表現を提供することができる。線、エッジ、または表面は、様々な方式で、例えば、非一様有理Ｂスプライン（ＮＵＲＢＳ）で表されることがある。具体的には、ＣＡＤファイルは仕様を含み、仕様から幾何形状が生成されてよく、そして幾何形状は生成されるべき表現を可能にする。モデル化されたオブジェクトの仕様は、単一のＣＡＤファイルまたは複数のＣＡＤファイルに記憶されてよい。ＣＡＤシステムにおけるモデル化されたオブジェクトを表すファイルの通常のサイズは、１つの部品につき１メガバイトの範囲である。モデル化されたオブジェクトは通常、何千個もの部品のアセンブリとすることができる。ＣＡＤシステムは、履歴フリーのＣＡＤシステムであることがあり、これは、立体の形状を、そのＢ－Ｒｅｐのみを使用して容易に変更するのを可能にする。

20

【 0 0 2 7 】

ＣＡＤのコンテキストでは、モデル化されたオブジェクトは通常、３Ｄモデル化されたオブジェクトとすることができ、これは例えば、部品もしくは部品のアセンブリなどの製品、またはおそらく製品のアセンブリを表す。「３Ｄモデル化されたオブジェクト」によって意味されるのは、その３Ｄ表現を可能にするデータによってモデル化される任意のオブジェクトである。３Ｄ表現は、部品をすべての角度から見るのを可能にする。例えば、３Ｄモデル化されたオブジェクトが３Ｄ表現されたとき、このオブジェクトは、動かされて、その軸の周りで、または表現が表示されている画面中の任意の軸の周りで回転されることが可能である。これはとりわけ、３Ｄモデル化されない２Ｄアイコンを排除する。３Ｄ表現の表示は、設計を容易にする（すなわち、設計者が自分のタスクを統計的に達成する速度を速める）。製品の設計は製造プロセスの一部なので、これは、産業における製造プロセスを加速する。

30

40

【 0 0 2 8 】

３Ｄモデル化されたオブジェクトは、ＣＡＤソフトウェアソリューションまたはＣＡＤシステムを例えば、用いた仮想設計の完了に続いて実世界で製造されることになる製品の幾何形状を表すことができ、この製品は、（例えば、機械的な）部品もしくは部品のアセンブリ（もしくは等価に、部品のアセンブリ。というのは、部品のアセンブリは、本方法

50

の観点からは部品自体と見なされ得るので、もしくは、本方法はアセンブリの各部品に独立して適用され得るので）などであり、またはより一般的には、任意の剛体アセンブリ（例えば、可動メカニズム）である。C A Dソフトウェアソリューションは、航空宇宙、建築、建設、消費財、ハイテクデバイス、産業機器、輸送、海洋、および／または海底石油／ガス生産もしくは輸送を含めた、様々な無限の産業分野における製品の設計を可能にする。したがって、本方法によって設計された3Dモデル化されたオブジェクトは、任意の機械部品である場合のある産業製品を表すことができ、これらは、地上車両の部品（例えば、自動車および軽トラック機器、レーシングカー、モータサイクル、トラックおよびモータ機器、トラックおよびバス、列車を含む）、航空機の部品（例えば、機体機器、航空宇宙機器、推進機器、防御製品、エアライン機器、宇宙機器を含む）、船隊車両の部品（例えば、船隊機器、商用船、沖合機器、ヨットおよび業務用小型船、海洋機器を含む）、一般的な機械部品（例えば、産業製造機械、重量可動機械または機器、設置機器、産業機器製品、組立金属製品、タイヤ製造製品を含む）、電気機械または電子部品（例えば、消費者電子機器、セキュリティおよび／または制御および／または計装製品、計算および通信機器、半導体、医療デバイスおよび機器を含む）、消費財（例えば、家具、ホームおよびガーデン製品、レジャー用品、ファッション製品、耐久消費財小売業者の製品、非耐久財小売業者の製品を含む）、包装（例えば、食品飲料およびタバコ、美容およびパーソナルケア、家庭用製品の包装を含む）などである。

【0029】

C A Dシステムは、履歴ベースであることがある。この場合、モデル化されたオブジェクトはさらに、幾何学的特徴の履歴を含むデータによって定義される。モデル化されたオブジェクトは、実際、標準的なモデル化特徴（例えば、押出し、外旋、カット、および／もしくはラウンド）ならびに／または標準的なサーフェシング特徴（例えば、スイープ（sweep）、ブレンド（blend）、ロフト（loft）、フィル（fill）、変形（deform）、および／もしくは平滑化（smoothing））を使用して、物理的な人（すなわち設計者／ユーザ）によって設計されることが可能である。このようなモデル化機能をサポートする多くのC A Dシステムは、履歴ベースのシステムである。このことは、設計特徴の作成履歴が通常、入力リンクおよび出力リンクを介して幾何学的特徴を共にリンクする非周期的データフローを通して、保存されることを意味する。履歴ベースのモデル化パラダイムは、80年代初頭からよく知られている。モデル化されたオブジェクトは、履歴およびB - r e p（すなわち境界表現）という、2つの持続的なデータ表現によって記述される。B - r e pは、履歴において定義される計算の結果である。モデル化されたオブジェクトが表現されるときにコンピュータの画面に表示される部品の形状が、B - r e p（例えば、そのテッセレーション）である。部品の履歴は、設計意図である。基本的に、履歴は、モデル化されたオブジェクトが受けた操作に関する情報を集める。複雑な部品を表示するのを容易にするために、B - r e pは履歴と共に保存されてよい。設計意図に従った部品の設計変更を可能にするために、履歴はB - r e pと共に保存されてよい。

【0030】

C A Dシステムは、履歴フリーのC A Dシステムであることがあり、これは、立体の形状を、そのB - R e pのみを使用して容易に変更するのを可能にする。履歴フリーベースのモデル化パラダイムは、2000年代半ばから知られている。したがって、履歴フリーベースのモデル化は、C A Dシステムの、新しい最近のカテゴリである。C A Dソフトウェア開発者は、履歴フリーベースのC A Dシステムの頑強性に焦点を合わせてきたが、ユーザのニーズおよびエルゴノミクスの改善には重点を置いてこなかった。モデル化されたオブジェクトは、B - r e p（すなわち境界表現）というデータ表現によって記述される。B - r e pは、B - R e pに対するユーザアクションの結果である。

【0031】

P L Mシステムによって追加的に意味されるのは、物理的な製造された製品（または製造されることになる製品）を表すモデル化されたオブジェクトの管理に適応された任意のシステムである。したがって、P L Mシステムでは、モデル化されたオブジェクトは、物

10

20

30

40

50

理的オブジェクトの製造に適したデータによって定義される。これらは通常、寸法値および/または公差値とすることができる。オブジェクトの正しい製造のためには、実際、このような値を有する方がよい。

【 0 0 3 2 】

C A Mソリューションによって追加的に意味されるのは、製品の製造データを管理するのに適応された任意のソリューション（ハードウェアのソフトウェア）である。製造データは一般に、製造する製品、製造プロセス、および必要とされるリソースに関係付けられるデータを含む。C A Mソリューションを使用して、製品の製造プロセス全体が計画され最適化される。例えば、これは、実行可能性、製造プロセスの継続時間、または、製造プロセスの特定のステップで使用される場合のあるリソース（特定のロボットなど）の数に関する情報を、C A Mユーザに提供することができ、したがって、管理または必要投資に関する決定を可能にすることができる。C A Mは、C A Dプロセスおよび潜在的なC A Eプロセスの後の、後続プロセスである。このようなC A Mソリューションは、ダッソーシステムズによって、商標D E L M I A（登録商標）の下で提供される。

10

【 0 0 3 3 】

C A Eソリューションによって追加的に意味されるのは、モデル化されたオブジェクトの物理的挙動の分析に適応された任意のソリューション（ハードウェアのソフトウェア）である。よく知られており広く使用されているC A E技法は、有限要素法（F E M）であり、F E Mは通常、モデル化されたオブジェクトを要素に分割することを含み、要素の物理的挙動が、式によって計算およびシミュレートされることが可能である。このようなC A Eソリューションは、ダッソーシステムズによって、商標S I M U L I A（登録商標）の下で提供される。別の成長しつつあるC A E技法は、種々の物理学分野からの複数のコンポーネントで構成される複雑なシステムを、C A D幾何学データなしでモデル化および分析することを含む。C A Eソリューションは、製造する製品のシミュレーション、したがって最適化、改善、および有効化を可能にする。このようなC A Eソリューションは、ダッソーシステムズによって、商標D Y M O L A（登録商標）の下で提供される。

20

【 0 0 3 4 】

P D Mは、P r o d u c t D a t a M a n a g e m e n t（製品データ管理）の略語である。P D Mソリューションによって意味されるのは、特定の製品に関係付けられるすべてのタイプのデータを管理するのに適応された任意のソリューション（ハードウェアのソフトウェア）である。P D Mソリューションは、製品のライフサイクルに関与するすべての関係者によって使用されることが可能であり、これらの関係者は、主要エンジニアだけでなくプロジェクトマネージャ、財務担当者、販売担当者、およびバイヤーも含む。P D Mソリューションは一般に、製品指向のデータベースに基づく。これは、関係者が自分の製品に関する一貫性のあるデータを共有できるようにし、したがって、互いに異なるデータを関係者が使用するのを防止する。このようなP D Mソリューションは、ダッソーシステムズによって、商標E N O V I A（登録商標）の下で提供される。

30

【 0 0 3 5 】

図 1 2 は、システムが履歴フリーのC A Dシステムである場合の、システムのG U Iの例を示す。

40

【 0 0 3 6 】

G U I 2 1 0 0 は、典型的な、C A Dのようなインタフェースとすることができ、標準的なメニューバー 2 1 1 0、2 1 2 0、ならびに下部および側部ツールバー 2 1 4 0、2 1 5 0を有する。このようなメニューバーおよびツールバーは、当技術分野で知られるように、ユーザ選択可能なアイコンのセットを含み、各アイコンは、1つまたは複数の操作または機能に関連付けられる。これらのアイコンのいくつかは、G U I 2 1 0 0中で表示された3 Dモデル化されたオブジェクト 2 0 0 0のB - R e pを編集および/または処理することに適応されたソフトウェアツールに関連付けられる。ソフトウェアツールは、ワークベンチにグループ化されてよい。各ワークベンチは、ソフトウェアツールのサブセットを含む。特に、ワークベンチの1つは、モデル化された製品 2 0 0 0の幾何学的特徴を

50

編集するのに適した編集ワークベンチである。動作時、設計者は、例えば、オブジェクト 2000 の部品を事前選択し、次いで操作を開始する（例えば、寸法や色などを変更する）ことができる。GUI はさらに、例えば、オブジェクトの 3D 配向を容易にするため、編集された製品の動作のシミュレーションをトリガするため、または表示された製品 2000 の様々な属性をレンダリングするための、様々なタイプのグラフィックツール 2130、2070、2080 を示すこともできる。ユーザがグラフィックツールと対話できるようにするために、カーソル 2060 が触覚ツールによって制御されることが可能である。

【0037】

図 13 は、システムがクライアントコンピュータシステム、例えば、ユーザのワークステーションである場合の、システムの例を示す。

【0038】

この例のクライアントコンピュータは、内部通信バス 1000 に接続された中央処理装置（CPU）1010 と、やはりバスに接続されたランダムアクセスメモリ（RAM）1070 とを備える。クライアントコンピュータにはグラフィカル処理ユニット（GPU）1110 がさらに設けられ、GPU 1110 は、バスに接続されたビデオランダムアクセスメモリ 1100 に関連付けられる。ビデオ RAM 1100 は、当技術分野ではフレームバッファとしても知られる。大容量記憶デバイスコントローラ 1020 が、ハードドライブ 1030 などの大容量メモリデバイスへのアクセスを管理する。コンピュータプログラム命令およびデータを有形に組み入れるのに適した大容量メモリデバイスは、すべての形の不揮発性メモリを含み、例としてこれらは、EPROM や EEPROM やフラッシュメモリデバイスなどの半導体メモリデバイス；内部ハードディスクや取外し可能ディスクなどの磁気ディスク；光磁気ディスク；および CD-ROM ディスク 1040 を含む。これらのいずれも、特別設計された ASIC（特定用途向け集積回路）によって補足されるかまたはその中に組み込まれることがある。ネットワークアダプタ 1050 が、ネットワーク 1060 へのアクセスを管理する。クライアントコンピュータはまた、カーソル制御デバイスやキーボードなど、触覚デバイス 1090 を備えることもできる。カーソル制御デバイスは、ユーザがカーソルをディスプレイ 1080 上の任意の所望の場所に選択的に位置決めできるようにするために、クライアントコンピュータ中で使用される。加えて、カーソル制御デバイスは、ユーザが様々なコマンドを選択することおよび制御信号を入力することができるようにもする。カーソル制御デバイスは、制御信号をシステムに入力するためのいくつかの信号生成デバイスを備える。通常、カーソル制御デバイスはマウスとすることができ、マウスのボタンを使用して信号が生成される。あるいはまたは追加で、クライアントコンピュータシステムは、感応性パッドおよび/または感応性画面を備えることもできる。

【0039】

コンピュータプログラムは、コンピュータによって実行可能な命令を含むことができ、命令は、上記のシステムに本方法を実施させる手段を含む。プログラムは、システムのメモリを含めた任意のデータ記憶媒体に記録可能とすることができる。プログラムは、例えば、デジタル電子回路において、またはコンピュータハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、もしくはこれらの組合せにおいて、実装されてよい。プログラムは、装置として、例えば、プログラム可能プロセッサによって実行されるように機械可読記憶デバイスに有形に組み入れられた製品として、実装されてよい。方法ステップは、入力データに作用して出力を生成することによって本方法の機能を実施するための命令のプログラムを、プログラム可能プロセッサが実行することによって、実施されてよい。したがって、プロセッサは、プログラム可能であってよく、データ記憶システム、少なくとも 1 つの入力デバイス、および少なくとも 1 つの出力デバイスとの間で、データおよび命令を送受信するように結合されてよい。アプリケーションプログラムは、高水準手続き型もしくはオブジェクト指向プログラミング言語で、または望まれるならアセンブリもしくは機械言語で、実装されてよい。いずれの場合も、言語は、コンパイルまたは解釈される言語とすることができる。プログラムは、フルインストールプログラムまたは更新プログラムとする

10

20

30

40

50

ことができる。プログラムがシステム上で適用される結果、いずれの場合も、本方法を実施するための命令となる。

【 0 0 4 0 】

「 3 Dモデル化されたオブジェクトを設計すること」は、 3 Dモデル化されたオブジェクトを入念に作るプロセスの少なくとも一部である任意のアクションまたは一連のアクションを示す。したがって、本方法は、 3 Dモデル化されたオブジェクトをゼロから作成することを含むことができる。あるいは、本方法は、前に作成された 3 Dモデル化されたオブジェクトを提供し、次いで 3 Dモデル化されたオブジェクトを修正することを含むことができる。

【 0 0 4 1 】

本方法は製造プロセスに含められることが可能であり、製造プロセスは、本方法の実施後、モデル化されたオブジェクトに対応する物理的製品を生み出すことを含むことができる。いずれの場合も、本方法によって設計されたモデル化されたオブジェクトは、製造オブジェクトを表すことができる。したがって、モデル化されたオブジェクトは、モデル化された立体（すなわち、立体を表すモデル化されたオブジェクト）とすることができる。製造オブジェクトは、部品や部品のアセンブリなど、製品とすることができる。本方法はモデル化されたオブジェクトの設計を改善するので、本方法はまた、製品の製造を改善し、したがって製造プロセスの生産性を高める。

【 0 0 4 2 】

再び図 1 を参照すると、モデル化された物理的部品の境界表現が提供される（ S 1 0 ）
。 B - R e pによって表されるモデル化されたオブジェクトは、部品、例えば、機械部品である。提供すること S 1 0 は、モデル化されたオブジェクトに（この場合はその境界表現に）設計者が作用することの結果としてもたらされてもよく、または、すでに存在する（例えば、既存のライブラリ中で取り出された） B - R e pに本方法が適用され得ることの結果としてもたらされてもよい。いずれの場合も、モデル化されたオブジェクトは、 B - R e pとして S 1 0 で提供される。境界表現は、 3 Dオブジェクトをその包絡線（すなわちその外表面）に関してモデル化するための、広く知られたフォーマットである。したがって、 B - R e pは、幾何学的データおよび位相的データを含む場合のある特定のフォーマットのデータを示す。幾何学的データは、幾何学的エンティティを提供するデータであり、幾何学的エンティティは、 3 D位置に関して記述されたエンティティである。位相的データは、位相的エンティティを提供するデータであり、位相的エンティティは、幾何学的エンティティへの参照、ならびに／または、他の位相的エンティティとの関係（例えば、相対的な位置決め）に関して記述されたエンティティである。通常、これらの関係は、位相的エンティティを、位相的に境界付けられる他の位相的エンティティに関連付ける、「境界付けられる（ is bounded by ）」関係を含むことができる。

【 0 0 4 3 】

提供すること S 1 0 は、好ましくはどんな履歴データも排除することができ、この場合、 S 1 0 で提供されるモデル化されたオブジェクトは、履歴フリーである。このことは、モデル化されたオブジェクトが、その設計の履歴を示すどんなデータにも関連付けられず、 B - R e pを含む宣言データのみによって関連付けられることを意味する。したがって、本方法は、モデル化されたオブジェクトの履歴を設計者が保有しないコンテキスト内で機能し、このことは、とりわけ、モデル化されたオブジェクト上で設計された幾何学的パターンが、 S 1 0 で提供されるモデル化されたオブジェクト上でそのように定義されないことを含意する。ここで、「幾何学的パターン」という表現は、「幾何学的特徴」に関係付けられ、この「幾何学的特徴」は、前に定義されたように、 B - R e pによってモデル化されたオブジェクトの機能的特徴を表す B - R e pの接続された面のセットである。

【 0 0 4 4 】

本方法の場合、（例えば、幾何学的）データは、いわゆる「支持表面」、例えば、パラメトリック曲面（すなわち、 2 D領域を定義するパラメータに関連付けられる 3 D位置に関してモデル化された 3 D表面）を少なくとも含む。支持表面は通常、 N U R B S表面で

10

20

30

40

50

あってよいが、平面状、カノニカル、または手続き型表面であってもよい。また、（例えば、位相的）データは、面のセットを少なくとも含み、各面は、それぞれの支持表面（幾何学的データ中で提供される）の境界付けられた部分として定義される。したがって、面は、トリミングされた表面に対応する。したがって、支持表面は、いずれかの方式でトリミング動作によって面がその上で定義される（それにより面を「支持」する）表面である。

【 0 0 4 5 】

B - R e p の概念は広く知られているが、次に、S 1 0 で提供され得るモデル化されたオブジェクトの例を通して、B - R e p の概念がさらに論じられる。しかし、B - R e p の他の例、例えば、少なくともいくつかの位相エンティティについて「境界付けられる」関係とは異なる関係を有する例も、本方法によって企図されることが可能である。

10

【 0 0 4 6 】

すでに言及されたように、モデル化されたオブジェクトの B - R e p は、位相的エンティティおよび幾何学的エンティティを含むことができる。幾何学的エンティティは、表面（例えば、平面）、曲線（例えば、線）、および/または点である 3 D オブジェクトを含むことができる。表面は、2 つのパラメータの関数として提供されてよい。曲線は、単純に、1 つのパラメータの関数として提供されてよい。点は、3 D 位置として提供されてよい。位相的エンティティは、面、エッジ、および/または頂点を含むことができる。面は、その定義上、支持表面と称されるそれぞれの表面の、境界付けられた部分に対応する。したがって、「面」という用語は、表面のそのような境界付けられた部分、または 2 D 領域の対応する境界付けられた部分を、差別なく示すことができる。同様に、エッジは、支持曲線と例えば称される曲線の、境界付けられた部分に対応する。したがって、「エッジ」という用語は、曲線のまたはその領域の、そのような境界付けられた部分を示すことができる。頂点は、3 D 空間における点へのリンクとして定義されることが可能である。これらのエンティティは、次のように相互に関係付けられる。曲線の境界付けられた部分は、曲線上にある 2 つの点（頂点）によって定義される。表面の境界付けられた部分は、その境界によって定義され、この境界は、表面上にあるエッジのセットである。面の境界のエッジは、頂点を共有することによって共に接続される。面は、エッジを共有することによって共に接続される。定義上、2 つの面がエッジを共有する場合、これらの面は隣接する。同様に、2 つのエッジが頂点を共有する場合、これらのエッジは隣接する。表面、曲線、および点は、それらのパラメータ化を介して共にリンクされることが可能である。例えば、曲線を定義するパラメトリック関数のパラメータの値が提供されて、境界付ける頂点が定義されることが可能である。同様に、曲線のパラメータを表面の 2 つのパラメータにリンクする関数が提供されて、境界付けるエッジが定義されることが可能である。しかし、B - R e p のこのような位相的データの非常に詳細な構造は、この説明の範囲外である。B - R e p の概念に関するこれ以上の考察は、文書において入手可能である（例えば、特許文献 1 参照。）。文書に開示されている B - R e p モデル定義が、本発明に適用される（例えば、特許文献 1 参照。）。

20

30

【 0 0 4 7 】

次に、ステップ S 2 0 で、ユーザ（例えば、設計者）は、幾何学的特徴を表す、B - R e p のサブセットを選択する。別の言い方をすれば、ユーザは、B - R e p の 2 つ以上の接続された面の選択をトリガするために、グラフィカルユーザインタフェースを通してアクションを実施する。幾何学的特徴は、B - R e p によって表される 3 D のモデル化された物理的部品における機能的特性を表す接続された面のセットである。例えば、機能的特性は、次のものに限定されないが、穴、フィレット、面取り部（chamfer）、ボス（boss）、カット（cut）などであることがある。機能的特性は、特に 3 D モデル化されたオブジェクトの製造動作に鑑みて、いくつかの興味深い幾何学的または位相的プロパティを有する、部品の B - R e p の領域を指す。

40

【 0 0 4 8 】

特徴認識は、当技術分野で知られているように実施される。例えば、ユーザは、認識すべき特徴の面を B - R e p 上で選択し、次いで、認識すべき形状のタイプ（ボス、カット

50

など)を選択し、システムシステムは特徴を認識する(識別するということもできる)。別の例として、ユーザは、認識すべき特徴のタイプを選択する。次いで、任意選択で、ユーザは、検索を初期化するために、立体上の特徴の1つまたは複数の面を選択する。システムは、認識を実施し、認識された特徴の仕様をもたらす。

【0049】

次に、ステップS30で、提供された境界表現の選択されたサブセットに類似する、境界表現のすべてのサブセットを識別することが、特徴相似関数を適用することによって実施される。別の言い方をすれば、ステップS20で選択された形状に類似する形状を見つけることが実施される。ステップS20で選択されたサブセットに類似するB-Repの1つまたは複数のサブセットを識別することは、当技術分野で知られているように行われる。例えば、特徴認識は、ステップS10で提供された物理的部品のB-Rep内の幾何学的特徴のすべてのコピーを見つけることに依拠することができ、このようにすべてのコピーを見つけることは、上で参照された文書に開示されているように実施されてよい(例えば、特許文献1参照。)。次いで、システムは、すべてのコピーのうちで、ステップS20の選択された幾何学的特徴に類似するものを検索する。B-Repの識別されたサブセットは、類似する。すなわち、これらは、相似変換を法として、選択されたサブセット(S20)に対して幾何学的に同一であるかまたは幾何学的レプリカである。相似変換は、それ自体で知られている所与のタイプの幾何学的変換である。相似変換は、特徴相似関数によって実装される。

【0050】

B-Repのサブセットは、類似するサブセットについての所定の形状記述子の値の軸システムのセットが、選択されたサブセット(S20)の第1のオブジェクトにつての所定の形状記述子の値の軸システムのセットと合致するとき、選択されたサブセット(S20)に類似するかまたは似ており、これは同じ相似変換を法とする。言い換えれば、相似変換は、類似するサブセットの形状記述子からのできるだけ多くの(ほぼまたはおよそ「すべての」)軸システムを、ステップS20で選択されたサブセットの形状記述子の軸システムと(幾何学的に)合致する(例えば、厳密に、または所定の公差を伴って)軸システムに変換する、所与のタイプの幾何学的変換である。形状記述子は、何らかの多次元のおよび数値的情報であり、これは、当技術分野で知られているように、立体モデルから計算され、比較のために集中的に使用される。相似変換および形状記述子の例が、例えば、文書において論じられており(例えば、特許文献2参照。)、本発明に適用されることが可能である。したがって、本発明の例では、特徴相似関数は、この文書の相似変換を実装する(例えば、特許文献2参照。)。特徴相似関数は、本発明を実行するシステムにロードされる(S10)B-Repに適用される。

【0051】

次に、図2に関して、選択されたサブセット(S20)に類似する境界表現のサブセットを識別することの例が論じられる。

【0052】

最初に、ステップS11で、境界表現の面が、面のグループにグループ化される。前に説明されたように、モデルの(例えば、位相的)データ(S10で提供された)は、面のセットを少なくとも含み、各面は、それぞれの支持表面(幾何学的データ中で提供される)の境界付けられた部分として定義される。したがって、1つまたは複数の面グループが作成される。所与のグループに属する面は、この所与のグループに属する他の面に類似する。したがって、面のグループは、提供されたB-Repの、類似する面のサブセットである。類似する面の識別は、当技術分野で知られているように実施されてよい。本発明の例では、類似する面の識別は、文書において論じられているように実施される(例えば、特許文献2参照。)

【0053】

図3は、ステップS11を示す。ステップS11は通常、ステップS20の後で実施される。これはまた、ステップS10が実施された後で実施されてもよい。部品30は、ス

テップ S 1 0 の結果としてシステムにロードされた 3 D のモデル化された物理的部品の B - R e p を表す。部品 3 0 は、同じサイズの 2 つの直円柱からなり、すなわち、両方の円柱は、半径 r および高さ h が同じである。2 つの円柱は、表面平面 3 3 上に固定されている。類似する特徴の 3 つのグループ 3 2、3 4、3 6 が得られる。第 1 のグループ 3 2 は、2 つの円柱の類似する底面、すなわち部品 3 0 の面 3 2 a、3 2 b を含み、この例では、この 2 つの面は、コピー（すなわち同一の幾何形状を有する）である。第 2 のグループ 3 4 は、2 つの重ね合わされる円柱の円筒形表面 3 4 a、3 4 b を含む。第 3 のグループ 3 6 は、板 3 3 を含む。この例では、グループ 3 2、3 4、3 6 の面が合致する程度は、例えば、各面につき、各面の軸のセットから計算された形状記述子の値を使用して決定されてよく、この場合、面の形状記述子の値は、所与の相似変換について単純に評価されてよい。

10

【 0 0 5 4 】

次いで、ユーザによる B - R e p のサブセットの選択（S 2 0）の後、境界表現の選択されたサブセットの第 1 の面が選択される（S 3 1）。この選択はシステムによって実施されることが好ましく、例えば、第 1 の面はランダムに選択される。選択されたサブセットの任意の面が最初に選択されてよく、このチョイスは、図 2 の例の効率に影響を有さない。

【 0 0 5 5 】

次に、ステップ S 3 3 で、選択された第 1 の面が属する面グループ中で、面が選択される。この場合もやはり、グループ中の任意の面が最初に選択されてよい。

20

【 0 0 5 6 】

次いで、ステップ S 3 5 で、境界表現の選択されたサブセットの第 1 の面（S 3 1）と、選択された第 1 の面が属する面グループ中の選択された面（S 3 3）との間で、相似変換（T と表記される）が識別される。相似変換は、それ自体で知られている所与のタイプの幾何学的変換であってよく、この幾何学的変換は、選択された第 1 の面（S 3 1）の形状記述子からのできるだけ多くの（ほぼまたはおよそ「すべての」）軸システムを、選択された第 1 の面が属する面グループ中の選択された面（S 3 3）の形状記述子の軸システムと（幾何学的に）合致する（例えば、厳密にまたは所定の公差を伴って）軸システムに変換する。実際には、変換は、知られている等長変換のいずれかであってよい。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、ステップ S 3 5 を示す。円柱 3 1 は、ユーザによって選択された B - R e p 3 0 のサブセットである。第 1 の面 3 2 a が、サブセット 3 1 上で選択される。この面は、グループ 3 2 に属する。第 2 の面 3 2 b（選択された第 2 の面とも呼ばれる）が、グループ 3 2 中で選択される。面 3 2 a と 3 2 b との間の相似変換 T が識別される。変換は、所与のタイプの幾何学的変換であってよい。この例では、変換は平行移動である。

30

【 0 0 5 8 】

次いで、ステップ S 3 7 で、境界表現の選択されたサブセット上で第 2 の面が選択される。この第 2 の面は、ステップ S 3 1 で選択された第 1 の面とは異なる。したがって、前に選択された面（図 4 の例では第 1 の面 3 2 a）は、廃棄される。

【 0 0 5 9 】

第 2 の面の選択（S 3 7）に続いて、第 2 の面が属する面グループ中で、第 2 の面に適用される相似変換 T に等しい面の検索が行われる（S 3 9）。ステップ 3 9 は、図 5 に示される。面 3 4 b が、第 2 の面 3 4 a に適用される相似に等しい場合は、第 2 の面 3 4 a は、ステップ 3 5 で識別された変換 T と合致するものとして識別される。

40

【 0 0 6 0 】

境界表現の選択されたサブセットのすべての面がテストされるまで、すなわち、第 1 の面のグループのすべての面がテストされるまで、ステップ S 3 3 および 3 9 が繰り返される。合致するものとして識別された面は、次の反復に向けて廃棄されることになることを理解する。というのは、2 つの面をリンクする変換はすでに識別されたからである。

【 0 0 6 1 】

50

B - R e p の選択されたサブセットの各面が、ステップ S 3 1 から S 3 9 に関して説明されたのと同じようにしてテストされる。したがって、ステップ S 3 1 から S 3 9 は、選択されたサブセットの各面につき繰り返される。したがって、選択されたサブセットのすべての面がテストされると、B - R e p の選択されたサブセットに類似する B - R e p のすべてのサブセットが識別される。

【 0 0 6 2 】

本方法のこのステップでは、選択されたサブセットに対してコピーであるかまたは類似する、B - R e p のすべてのサブセットが識別される。このことは、システムがこれらのすべてのサブセットを知っていることを意味する。

【 0 0 6 3 】

すべてのサブセットが識別されたとき、システムは、ステップ S 3 0 の識別の結果をユーザに通知することができる。これは、例えば、識別されたすべてのサブセットのレンダリングを修正することによって実施されてよい。このようにして、識別されたすべてのオブジェクトが強調表示される。これらのオブジェクトは、他のオブジェクト（識別されないオブジェクト）と比較して、強調される。他の

【 0 0 6 4 】

次いで、ステップ S 4 0 で、ステップ S 2 0 で選択されたサブセットに対する修正がユーザによって実施される。修正は、選択されたサブセットの 1 つまたは複数の面の幾何形状の修正を含むことができる。例えば、ユーザは、サブセットの面の、1 つまたは複数の頂点および / またはエッジを変位させる。別の例として、ユーザは、選択された幾何学的特徴を特徴付けた 1 つまたは複数の値を修正する。例えば、ユーザは、円柱 3 1 の底面のうちの一方の直径を修正する。許容される修正は、これらの例に限定されない。知られている任意の修正が、B - R e p の選択されたサブセットに対して行われてよい。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 5 0 で、B - R e p の識別された各サブセットに、同様の修正が適用される。同様の修正は、ユーザによって選択されたサブセットの修正された各面に対する特徴相似関数に適用することによって計算するものである。サブセットの修正された面（S 4 0）について識別された相似変換 T は、変換 T と合致する（S 3 5）ものとして識別されたすべてのサブセットの面に適用される。例えば、また図 5 を参照すると、円柱 3 1 のベース 3 4 a の変換 T が、面 3 4 b に適用される。ステップ S 5 0 の結果として、選択されたサブセットに類似するすべてのサブセットが同様に修正される。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 および 1 4 は、有限状態機械のグラフを使用して本発明の例を示す。有限状態機械は、言語理論科学の形式エンティティであり、これは有向グラフによって有利に表される。各ノードは、システムの状態であり、各弧は、ユーザ対話によってラベル付けされる。ユーザが対話を実施するたびに、システムは計算を開始し、その状態が変化する。

図 1 1 および 1 4 の左側は、オブジェクト / アクション可能性を取り込み、右側は、アクション / オブジェクト可能性を取り込む。

【 0 0 6 7 】

この例では、本発明の方法は、G U I、例えば、図 1 2 の G U I 上に表示されたグラフィカルツールに対してアクションを実施することによって、ユーザによってトリガされる。このグラフィカルツールは、標準的なメニューバー 2 1 1 0、2 1 2 0、ならびに下部および側部ツールバー 2 1 4 0、2 1 5 0 を通してアクセスされることが可能である。したがって、グラフィカルツールは、ユーザによって実行可能なアイコンとすることができ、好ましくは、このグラフィカルツールは G U I 2 1 0 0 に組み込まれており、このことは、グラフィカルツールと、3 D モデル化されたオブジェクトの表現との間で分散される、ユーザ（例えば、設計者）の対話を改善する。以下では、このグラフィカルツールはこれから、「レプリカ」ボタンまたは「レプリカ」と呼ばれる。

【 0 0 6 8 】

オブジェクトの B - R e p、例えば消費財産業からの部品の B - R e p が、G U I、例

10

20

30

40

50

えば図12のGUI上で表示される。本発明は、多くの類似する特徴を含む複雑な機械部品を扱うとき、特に効率的である。図6～10は、このような機械部品の例を示すが、これらの機械部品は通常、大まかなブロック（図6に示されるような）を機械加工することによって、または、図7～10に示されるような）成形された部品を機械加工することによって、製造されることが可能である。機械加工は、3D軸プロセスおよび/またはドリリングプロセスである。特別な構造（グリッド、線、クラウンなど）に従う類似の特徴の配置構成（もしあれば）は、重要でない。機械部品は、次の意味で複雑である。すなわち、その形状が、より小さい特徴を隠す穴およびポケットを含むという意味で、複雑である。

【0069】

初期状態では、何も選択されていない。幾何形状とアクションのどちらも選択されていない。幾何学的特徴を表すB-Repのサブセットをユーザが選択したとき、選択されたサブセットはシステムに対して識別される。すなわち、選択されたサブセットは、さらに処理されるためにシステムによって記録される。これは、図11では「選択された1つのオブジェクト」状態として表される。

【0070】

選択された幾何形状に類似するすべての幾何形状を収集する（S30）ために、ユーザは、「レプリカ」ボタンに対してユーザアクションを実施することができる。ユーザは、例えば、図12のカーソル2060を用いて、ボタンをクリックすることができる。システムは、検索を開始し、複数選択における結果的なオブジェクトを収集する。例えば、システムは、図2に関して論じられたステップを実施する。

【0071】

結果として、状態は、「類似するオブジェクトが選択された」に変化する。対象となるすべてのオブジェクトが収集され、すなわち、これらはシステムによって識別される。ユーザは、B-Repの選択されたサブセットに適用されるべきアクションを選択する（S40）。例えば、ユーザは、サブセットを編集し、剛体運動、選択されたサブセットの1つまたは複数またはすべての面の削除、コピー、カット、色付けなどを、サブセットに適用する。ここで、状態は「アクションおよびオブジェクトが選択された」であり、システムは、識別されたすべてのサブセット（S30）に対して同様のアクションを適用する準備ができています。アクションは、「レプリカ」ボタンに対するユーザアクションの結果として、適用されることが可能である。

【0072】

図11のグラフの右側は、アクション-オブジェクトシーケンスを記述する。すなわちこれは、ユーザがまずアクションを選択し、次いで、アクションが適用されるオブジェクトを選択するときである。ユーザは、適用されるべきアクションを選択する（S40）。状態は、「アクションが選択された」である。次いで、ユーザは、B-Repのサブセット、例えば、B-Repの幾何学的特徴を選択する。これは、「選択された1つのオブジェクト」状態として表される。次に、B-Repの、対象となるすべてのサブセットが収集され、すなわち、これらはシステムによって識別される（S30）。アクションは、「レプリカ」ボタンに対するユーザアクションの結果として、B-Repのすべてのサブセットに適用されることが可能である。

【0073】

図14に、本方法の別の例が示される。ユーザは、B-Repの第1のサブセット（例えば、幾何形状）を選択した後すぐに、類似するサブセットを強調表示することによって、類似するサブセットの複数選択を予期することができる。初期状態では、まだ何も選択されておらず、B-Repのサブセットとアクションのどちらも選択されていない。ユーザがB-Repのサブセットを選択したとき、これは、さらに処理されるためにシステムによって記録される。これは、「選択された1つのオブジェクト」状態である。システムはすぐに検索し、類似するサブセットを、ユーザに選択させることなく強調表示する。この時点で、ユーザは、第1の選択に類似するすべてのサブセットを見ることができる。言い換えれば、類似するサブセットがシステムによって事前選択される。次いで、ユーザは

10

20

30

40

50

「レプリカ」ボタンを押して離し、これは、事前選択された（かつ強調表示された）オブジェクトが複数選択の一部でなければならないことを確定する。状態は、「類似するオブジェクトが選択された」に切り替わる。対象となるすべてのサブセットが収集されるので、ユーザは、適用されるべきアクションを選択する。ここで、状態は、「アクションおよびオブジェクトが選択された」であり、システムは、計算の準備ができている。これは、ユーザが「適用する」ボタンを押したときに行われる。

【 0 0 7 4 】

図 1 4 の例では、「1つのオブジェクトが選択された」状態から「類似するオブジェクトが強調表示された」状態への遷移は、自動的である。このことは、これが追加のユーザ対話なしにシステムによって実施されることを意味する。

10

【 0 0 7 5 】

図 9 および 1 0 は、B - R e p がパワートレイン部品を表す場合の、本発明の例を示す。この例では、ユーザは、穴、例えば、図 9 の穴 9 0 の半径値を変更したいと望む。ユーザは、B - R e p によって表されるパワートレイン部品上で穴 9 0 の面を選択する。この選択は、幾何形状に容易にアクセス可能な所で行われる。次いで、ユーザは「レプリカ」ボタンを押し、システムは、図 1 0 に示されるように、同じ幾何形状を特色とするすべての穴を収集する。図 1 0 では、穴 9 0 に類似する各穴が、穴の方を指す矢印によって、ユーザに対して識別される。あるいは、穴は、例えば、それらの色を修正することによって、強調表示されてもよい。ここで、選択された穴 9 0 をユーザが修正した場合、修正は、「レプリカ」ボタンに対するユーザアクション時に、類似する穴に適用されることになる。

20

【 0 0 7 6 】

このように、知られているソリューションと比較して、特定の幾何学的特徴に類似する幾何学的特徴の複数選択は、固有の追加の対話を通して実施される。言い換えれば、複数選択および修正は、ユーザが幾何学的特徴を選択し、本発明による方法を実行するように適応されたグラフィカルツールに対するアクションをユーザが行ったとき、実施されることが可能である。明らかに、これは、従来の複数選択ダイアログよりも短く、より少ない対話で、少なくとも同じ結果が得られる。ユーザは最初のアクションに集中したままであり、生産性の損失はない。加えて、隠された類似する幾何形状も、どのみち取り込まれ、したがって設計エラーのリスクが低減される。

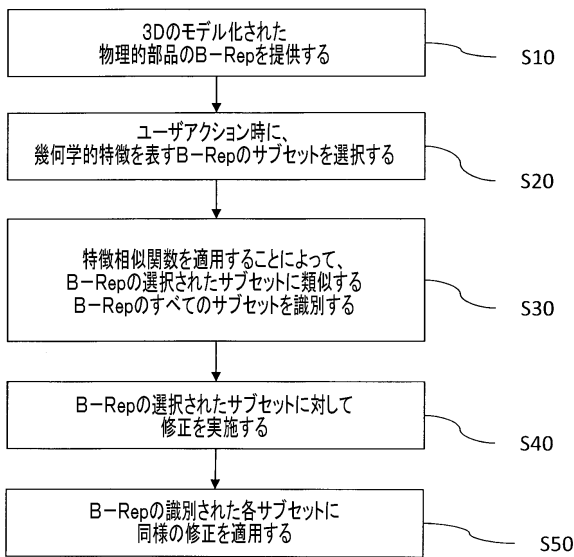
30

40

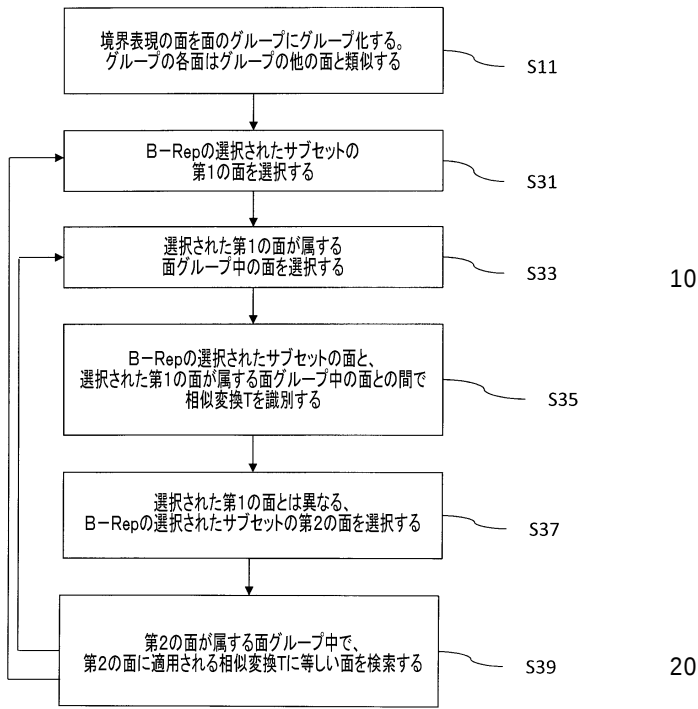
50

【 図 面 】

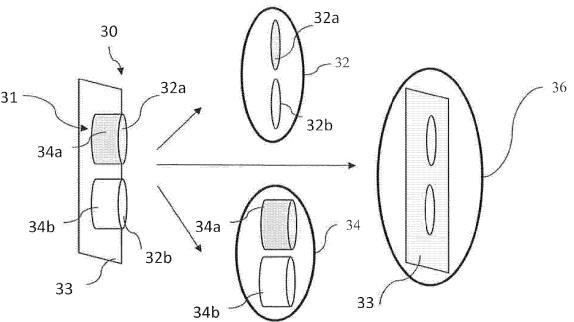
【 図 1 】



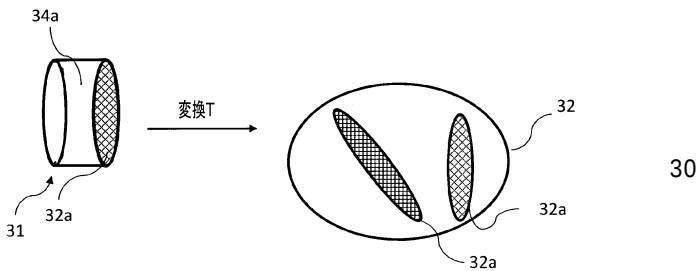
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



10

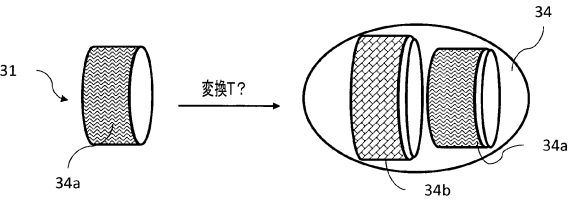
20

30

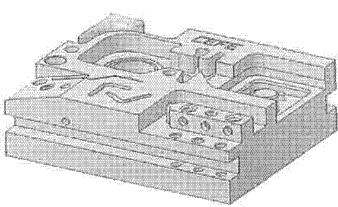
40

50

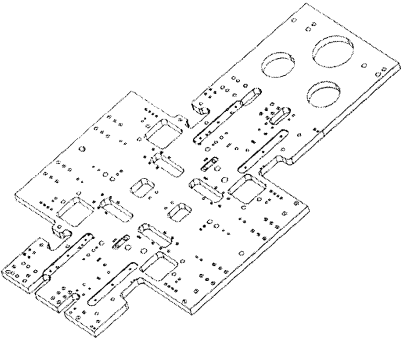
【図 5】



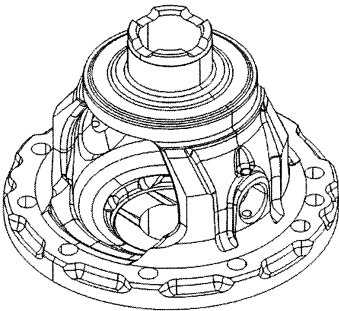
【図 6】



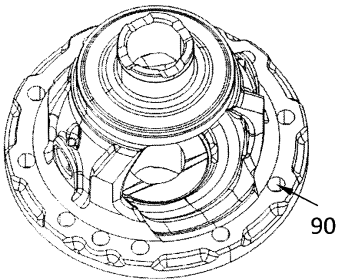
【図 7】



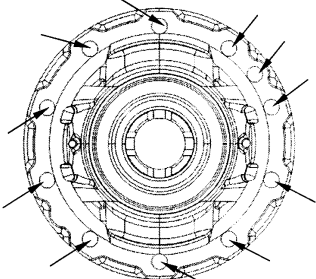
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

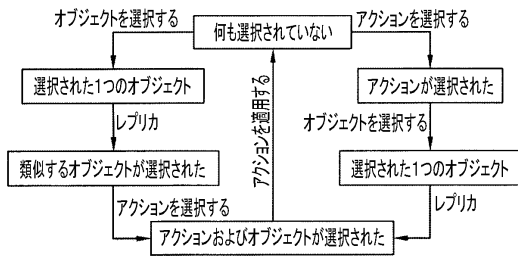
20

30

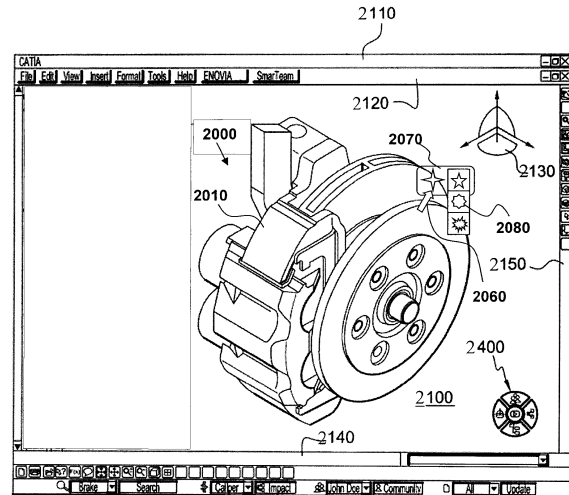
40

50

【 図 1 1 】

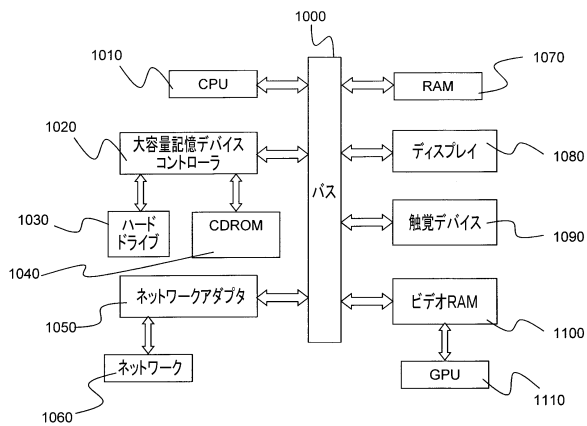


【 図 1 2 】

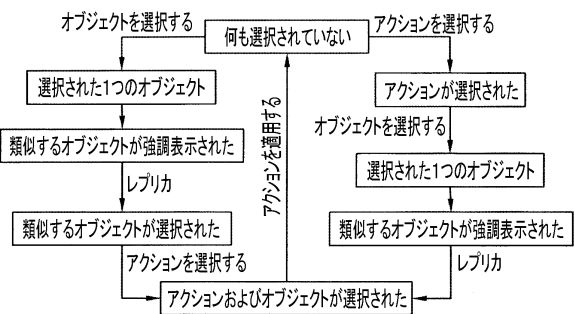


10

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 3 0 6 0 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 3 3 1 3 2 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 1 4 0 6 4 1 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB 名)
- G 0 6 F 3 0 / 1 0
 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)