

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4346021号
(P4346021)

(45) 発行日 平成21年10月14日(2009.10.14)

(24) 登録日 平成21年7月24日(2009.7.24)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 9 C 67/00 (2006.01)	B 2 9 C 67/00
B 2 2 F 3/16 (2006.01)	B 2 2 F 3/16
G O 6 F 17/50 (2006.01)	G O 6 F 17/50 6 2 4 E

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2003-520566 (P2003-520566)	(73) 特許権者	503359821
(86) (22) 出願日	平成14年8月14日(2002.8.14)		独立行政法人理化学研究所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2002/008268		埼玉県和光市広沢2番1号
(87) 国際公開番号	W02003/016031	(74) 代理人	100097515
(87) 国際公開日	平成15年2月27日(2003.2.27)		弁理士 堀田 実
審査請求日	平成17年7月22日(2005.7.22)	(72) 発明者	大森 整
(31) 優先権主張番号	特願2001-246950 (P2001-246950)		埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人
(32) 優先日	平成13年8月16日(2001.8.16)		理化学研究所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	安齋 正博
			埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人
			理化学研究所内
		(72) 発明者	加瀬 究
			埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人
			理化学研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 V-CADデータを用いたラビッドプロトタイピング方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物(1)の境界データからなる外部データ(12)を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル(13)に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル(13a)と境界面を含む境界セル(13b)とに区分したV-CADデータを準備し、

造形部の内部セル(13a)と境界セル(13b)の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料(7)の供給量を変化させる、ことを特徴とするV-CADデータを用いたラビッドプロトタイピング方法。

【請求項2】

前記プロトタイピング材料(7)は、樹脂、木材粉末、低融点金属、金属粉末、セラミックス粉末、もしくはこれらとバインダーとの混合物である、ことを特徴とする請求項1に記載のラビッドプロトタイピング方法。

【請求項3】

前記プロトタイピング材料(7)の造形単位量は、対応するセルの容積より少なく、セルの境界平面から出ないように設定される、ことを特徴とする請求項1に記載のラビッドプロトタイピング方法。

【請求項4】

対象物(1)の境界データからなる外部データ(12)を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル(13)に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内

10

20

部セル（１３ａ）と境界面を含む境界セル（１３ｂ）とに区分したＶ－ＣＡＤデータを記憶する記憶装置（２２）と、

前記Ｖ－ＣＡＤデータから対象物をラピッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成するデータ生成プログラム（２４）と、

造形部の内部セル（１３ａ）と境界セル（１３ｂ）の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料（７）の供給量を変化させて供給する材料供給装置（２６）と、

前記データ生成プログラムに基づき材料供給装置を制御するＮＣ制御装置（２８）とを備えたことを特徴とするＶ－ＣＡＤデータを用いたラピッドプロトタイピング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、形状と物性を統合した実体データを小さい記憶容量で記憶できるＶ－ＣＡＤデータを用いたラピッドプロトタイピング方法と装置に関する。

【背景技術】

ラピッドプロトタイピング（Rapid Prototyping）は、光固化造形法又はステレオリソグラフィ（Stereolithography）とも呼ばれ、一般的には光硬化性樹脂を光で硬化させて３次元物体を創成するものである。

図１Ａ～図１Ｄはラピッドプロトタイピングの原理図であり、（Ａ）まず３次元ＣＡＤやＸ線ＣＴなどにより作製した３次元モデル１のデータを、コンピュータ上で水平にスライスして断面形状データを作り、（Ｂ）次に、液状の光硬化性樹脂２の液面に、スライスデータに沿ってレーザ光３を走査しながら照射する。光硬化性樹脂は、レーザ光が照射された部分だけがある厚みをもって硬化し、断面形状データどおりの硬化層４が形成される。（Ｃ）次に、この硬化層４（造形物）を載せたテーブル５をモデル１をスライスしたピッチだけ移動させ、硬化した層の上面に未硬化の薄い樹脂層を形成する。その際、通常ブレードと呼ぶ部材でリコート（Rec coat）と呼ぶ平坦化操作を行い、未硬化樹脂液の表面を均一にならす。そして同様にレーザ光３を断面形状どおりに走査しながら照射し、硬化した層は直前の硬化層４と一体下する。（Ｄ）Ｂ及びＣの工程を繰り返すことにより、対象となる３次元モデルが造形される。

上述したラピッドプロトタイピングは、ＣＡＤデータから型を介さずに直接３次元物体が創成できる特徴を有し、精密鋳造などのマスタモデルの製作、地図や立体像の製作等の多くの分野で用いられている。

しかし、上述した従来のラピッドプロトタイピングは、モデルのスライスピッチを粗くすると、完成した３次元物体の表面の段差が大きくなるばかりか、硬化層の硬化に時間がかかり、製作日数が数日以上となる問題点があった。また、逆に、創成する物体の精度を高めるために、スライスピッチを細かくし、１回あたりの硬化層を薄くすると、ラピッドプロトタイピングのためのプログラムが複雑になるばかりでなく、表面張力によって未硬化液の導入が困難になり、リコート時間が長くなったり、リコートの残り面が発生する、等の問題点があった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

一方、本発明の発明者等は、形状と物性を統合した実体データを小さい記憶容量で記憶することができる「実体データの記憶方法」を創案し出願した（特願２００１－０２５０２３、未公開）。

この実体データの記憶方法は、対象物の境界データからなる外部データを八分木分割により境界平面が直交する直方体の内部セルと境界セルに分割し、各セル毎に種々の物性値を記憶するものである。この方法により、物体の形状・構造・物性情報・履歴を一元的に管理し、設計から加工、組立、試験、評価など一連の工程に関わるデータを同じデータで管理することができ、ＣＡＤとシミュレーションを一元化することができる特徴を有している。なお、以下この方法による形状と物性を統合した実体データを「Ｖ－ＣＡＤデータ」と呼ぶ。

本発明は、この方法を用いて上述した問題点を解決するために創案されたものである。

10

20

30

40

50

すなわち、本発明の目的は、V - C A Dデータを用いて、ラピッドプロトタイピングのためのプログラムを簡略化し、かつモデル製作時間を大幅に短縮することができるラピッドプロトタイピング方法と装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、対象物(1)の境界データからなる外部データ(12)を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル(13)に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル(13a)と境界面を含む境界セル(13b)とに区分したV - C A Dデータを準備し、造形部の内部セル(13a)と境界セル(13b)の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料(7)の供給量を変化させる、ことを特徴とするV - C A Dデータを用いたラピッドプロトタイピング方法が提供される。

10

本発明の好ましい実施形態によれば、前記プロトタイピング材料(7)は、樹脂、木材粉末、低融点金属、金属粉末、セラミックス粉末、もしくはこれらとバインダーとの混合物である。また、前記プロトタイピング材料(7)の造形単位量は、対応するセルの容積より少なく、セルの境界平面から出ないように設定される。

また、本発明によれば、対象物(1)の境界データからなる外部データ(12)を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル(13)に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル(13a)と境界面を含む境界セル(13b)とに区分したV - C A Dデータを記憶する記憶装置(22)と、前記V - C A Dデータから対象物をラピッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成するデータ生成プログラム(24)と、造形部の内部セル(13a)と境界セル(13b)の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料(7)の供給量を変化させて供給する材料供給装置(26)と、前記データ生成プログラムに基づき材料供給装置を制御するNC制御装置(28)とを備えたことを特徴とするV - C A Dデータを用いたラピッドプロトタイピング装置が提供される。

20

【発明の効果】

上述した本発明の方法及び装置によれば、対象物(1)の外部データ(12)を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル(13)に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル(13a)と境界面を含む境界セル(13b)とに区分したV - C A Dデータを記憶するので、セルの階層として小さい記憶容量で外部データ(12)を記憶することができる。

30

また、このV - C A Dデータを基に、対象物をラピッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成するので、プログラムを簡略化できる。更に、対象物(造形部)のセル(13a, 13b)の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料(7)の供給量を変化させるので、各セルの容積にほぼ相当する相対的に大きい塊の材料を造形単位として、これをセルの境界平面から出ないように積層するので、全体のセル数が少なく、積層個数とその分少ないのでモデル製作時間を大幅に短縮することができる。

本発明のその他の目的及び有利な特徴は、添付図面を参照した以下の説明から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【図1A】従来のラピッドプロトタイピングの原理図である。

40

【図1B】従来のラピッドプロトタイピングの原理図である。

【図1C】従来のラピッドプロトタイピングの原理図である。

【図1D】従来のラピッドプロトタイピングの原理図である。

【図2】本発明によるラピッドプロトタイピング装置の構成図である。

【図3】本発明のラピッドプロトタイピング方法におけるデータ構造の説明図である。

【図4】本発明による分割方法を二次元で示す模式図である。

【図5A】本発明のラピッドプロトタイピング方法の模式図である。

【図5B】本発明のラピッドプロトタイピング方法の模式図である。

【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。

50

図2は、本発明によるラピッドプロトタイピング装置の構成図である。この図に示すように、本発明のラピッドプロトタイピング装置20は、V-CADデータを記憶する記憶装置22と、V-CADデータから対象物をラピッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成するデータ生成プログラム24と、プロトタイピング材料7の造形単位量を変化させて供給する材料供給装置26と、材料供給装置26を制御するNC制御装置28とを備える。

記憶装置22は、V-CADデータ14を記憶する。このV-CADデータ14は、対象物1の境界データからなる外部データ12を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル13に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル13aと境界面を含む境界セル13bとに区分したものである。

10

データ生成プログラム24は、V-CADデータ14から対象物をラピッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成する。

材料供給装置26は、造形部の内部セル13aと境界セル13bの大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料7の供給量を変化させて供給する。プロトタイピング材料7は、従来の光硬化性樹脂、バインダを含む樹脂又は木材粉末、低融点金属（例えばハンダ材料）、バインダを含む金属粉末、バインダを含むセラミックス粉末等であり、所定の造形単位量で供給され、硬化する。

プロトタイピング材料7の所定の造形単位量（供給量）は、V-CADデータ14におけるセルの容積に対応して複数種類に設定される。この造形単位量は、図2のように積層した時に、対応するセルをほぼ充填し、かつセルの境界平面から出ないように、セルの容積より少なく設定されている。

20

また、供給されるプロトタイピング材料7の形状は、積層により所望の立体形状を形成しやすいように、球形又は立法体であるのがよく、かつ供給後の変形が少ないことが好ましい。

NC制御装置28は、データ生成プログラムに基づき材料供給装置26を例えばX、Y、ZのNC3軸制御を行い、プロトタイピング材料7を積層して対象物1をラピッドプロトタイピングで製造する。

図3は、本発明のプロトタイピング方法におけるデータ構造の説明図である。V-CADデータでは、修正された八分木（オクトリー、Octree）による空間分割を行う。オクトリー表現、すなわち八分木による空間分割とは、目的の立体（対象物）を含む、基準となる直方体13を8分割し（A）、それぞれの領域の中に立体が完全に含まれるか、含まれなくなるまで再帰的に8分割処理を（B）（C）（D）のように繰り返す。この八分木分割によりボクセル表現よりも大幅にデータ量を減らすことができる。

30

八分木による空間分割により分割された一つの空間領域をセル13とよぶ。セルは境界平面が直交する直方体である。セルによる階層構造、分割数もしくは分解能によって空間中に占める領域を表現する。これにより空間全体の中で対象は大きさの異なるセルを積み重ねたものとして表現される。

すなわち、八分木分割ステップ（B）では、外部データ12から境界と内部の物性を以下の実体データ14（V-CADデータ）に変換する。境界データは、厳密に（たとえば、平面であれば含まれる3点で厳密に再構成できる）、もしくは指定した許容差（位置、接線、法線、曲率およびそれらの隣接部分との接続性に対して指定された閾値）内に近似する。

40

補間曲面の特別な場合がMarching Cubeである。本発明では、必ず稜線上の切断点で表現できるまで、法線や主曲率および連続性を満たすまで再分割する。また、2次曲面までを厳密表現、自由曲面は平面もしくは2次曲面によるセル内曲面で近似、これにより幾何固有量のみを保存する。

図4は、本発明による分割方法を二次元で示す模式図である。本発明では、分割された各セル13を対象物の内側に位置する内部セル13aと、境界面を含む境界セル13bとに区分する。

すなわち本発明では境界セル13bを表現するために修正された八分木を使い、完全に

50

内部に含まれるものはその最大の大きさをもつ内部セル 13 a (直方体) により構成され、外部データ 12 からの境界情報を含むセルは境界セル 13 b として構成している。各境界セル 13 b は 3 次元では 12 本、2 次元では 4 本の稜線上の切断点 15 (図中に白丸で示す) により厳密に、もしくは近似的に置き換えられる。

外部データ 12 に含まれる境界を構成する境界形状要素 (平面、2 次曲面などの解析曲面に対しては厳密に、その他の自由曲面や離散点群で表現される境界形状要素については近似的に) が再構成できる十分な切断点 15 が得られるまで、境界セル 13 b は八分木分割される。

例えば一つの線分ならばその上にある 2 点がセルの稜線上の切断点 15 となるまで、平面であれば 3 点が切断点となるまで、2 次曲線であれば 3 点が、2 次曲面であれば 4 点、以下多項式曲面、有理式曲面のそれぞれに対し、外部データの表現式が既知の場合は必要十分の点とセルの稜線がその定義されている範囲の間で見つかるまで空間を階層的に八分割してゆく。

すなわち、再分割する箇所は、境界 (表面) 部分で指定分解能を満たす、或いは各セルが持つ解析結果の値 (応力、ひずみ、圧力、流速など) の変化率が指定閾値を超えなくなるまで行う。

また、複数の境界形状要素を含む境界セル 13 b の角点 16 (図中に黒丸で示す) についてはその内部の境界を、隣接する境界セル (再構成に十分な切断点を有し、完全に境界要素が横断するまで分割されている) が保有する切断点 15 で表現される境界の交線として間接的に表現できるので必要以上に分割しない。

従って、V - C A D データ 14 は、セル内部に蓄えられる形状に関する情報として、セルの位置を表す指標、階層における詳細度を表す分割数または分解能、隣接セルを表すポインタ、切断点の数と座標値など、および用途に応じて、法線や曲率等となる。

また、V - C A D としては最下層では E u l e r 的に節点情報や結果の値を保持する。再分割の際の最小分解能がなるべく大きくなるように、境界の位置、法線、接線の連続性および曲率のそれぞれ連続性に関する閾値 (許容差) の決め方を定義する。

図 5 A 及び図 5 B は、本発明のプロトタイピング方法を示す模式図である。上述したプロトタイピング装置を用い、本発明のプロトタイピング方法では、対象物 1 の境界データからなる外部データ 12 を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル 13 に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル 13 a と境界面を含む境界セル (13 b) とに区分した V - C A D データを作成する。

図 5 A は対象物 1 を V - C A D データで示した側面図であり、図 5 B はその平面図である。この図に示すように、対象物 1 の V - C A D データを、内部セル 13 a と境界セル 13 b とに区分することができる。

本発明の方法では、造形部の内部セル 13 a と境界セル 13 b の大きさに応じて、各セル毎に、プロトタイピング材料 7 の供給量を変化させ、対応するセルの境界平面からプロトタイピング材料 7 が出ないように設定する。

上述した本発明の方法及び装置によれば、対象物 1 の外部データ 12 を八分木分割により境界平面が直交する直方体のセル 13 に分割し、分割された各セルを対象物の内側に位置する内部セル 13 a と境界面を含む境界セル 13 b とに区分した V - C A D データを記憶するので、セルの階層として小さい記憶容量で外部データ 12 を記憶することができる。

また、この V - C A D データを基に、対象物をラビッドプロトタイピングで製造するためのプログラムを生成するので、プログラムを簡略化できる。更に、対象物 (造形部) のセル 13 a , 13 b の大きさに応じてプロトタイピング材料 7 の造形単位量を変化させるので、各セルの容積にほぼ相当する相対的に大きい塊の材料を造形単位として、これをセルの境界平面から出ないように積層するので、全体のセル数が少なく、積層個数とその少ないのでモデル製作時間を大幅に短縮することができる。

上述したように、本発明の V - C A D データを用いたラビッドプロトタイピング方法と装置は、ラビッドプロトタイピングのためのプログラムを簡略化し、かつモデル製作時間を

10

20

30

40

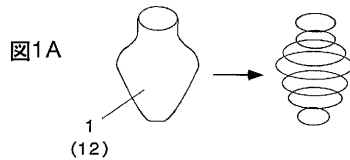
50

大幅に短縮することができる、等の優れた効果を有する。

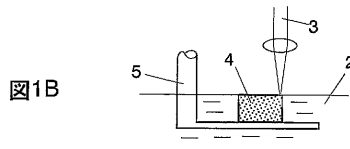
なお、造形のために付着する材料が、セルをはみ出さないようにするため、例えばインクジェット式に付着させてもよい。また比較的短時間で硬化する材料を選択することで、付着した後、流れてしまうことなく盛ることもできる。

なお、本発明をいくつかの好ましい実施例により説明したが、本発明に包含される権利範囲は、これらの実施例に限定されないことが理解されよう。反対に、本発明の権利範囲は、添付の請求の範囲に含まれるすべての改良、修正及び均等物を含むものである。

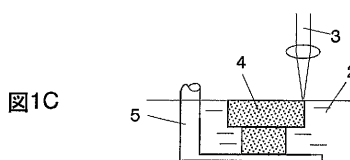
【図 1 A】



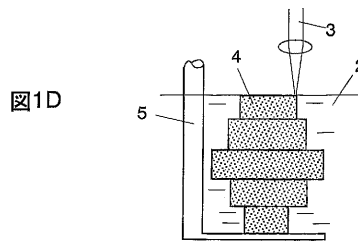
【図 1 B】



【図 1 C】

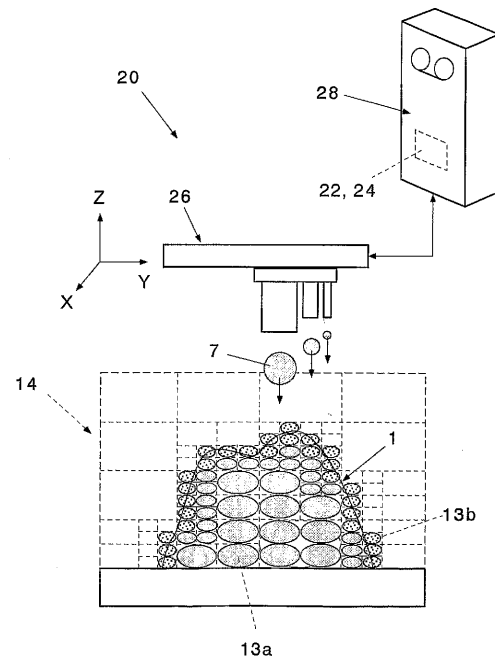


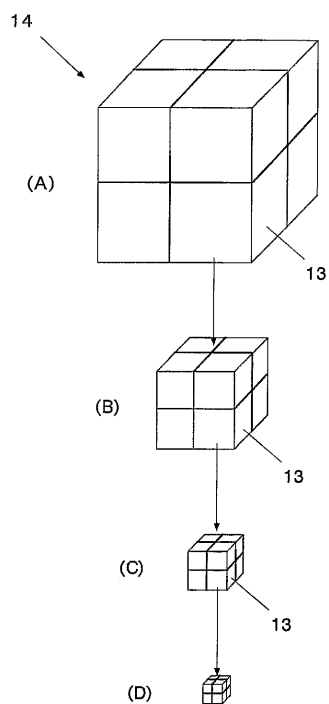
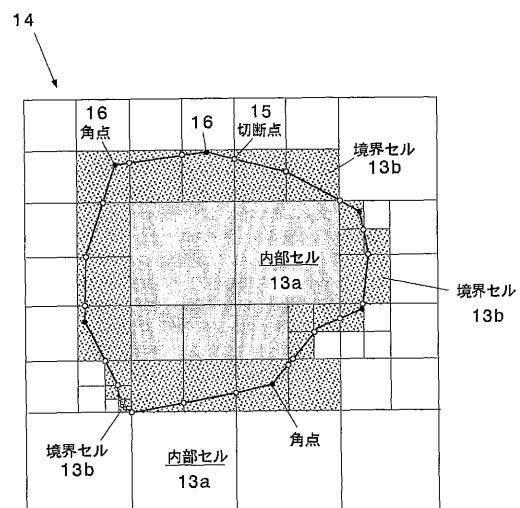
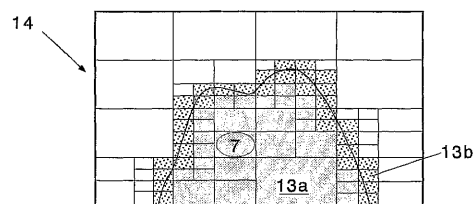
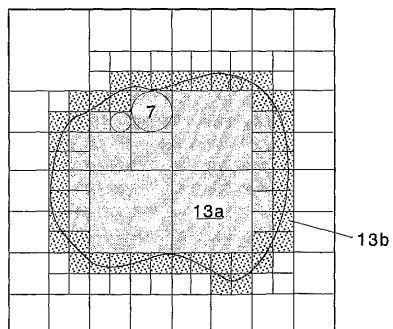
【図 1 D】



【図 2】

図2



【図 3】
図3【図 4】
図4【図 5 A】
図5A【図 5 B】
図5B

フロントページの続き

- (72)発明者 田代 英夫
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 独立行政法人理化学研究所内
- (72)発明者 牧野内 昭武
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 独立行政法人理化学研究所内

審査官 川端 康之

- (56)参考文献 特開平 0 4 - 1 0 3 3 3 9 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 8 6 0 5 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 6 3 8 7 3 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 3 6 6 7 7 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- B29C 67/00
B22F 3/16
G06F 17/50