

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5383687号
(P5383687)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

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

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-528425 (P2010-528425)	(73) 特許権者	510102122
(86) (22) 出願日	平成20年10月10日(2008.10.10)		マテリアライズ・ナムローゼ・フエンノー トシャップ
(65) 公表番号	特表2011-501251 (P2011-501251A)		M A T E R I A L I S E N V
(43) 公表日	平成23年1月6日(2011.1.6)		ベルギー、ペー-3001 ルーベン、テ クノロジーラーン 15
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/063690		T e c h n o l o g i e l a a n 15,
(87) 国際公開番号	W02009/047355		B-3001 Leuven, Belg i um
(87) 国際公開日	平成21年4月16日(2009.4.16)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成23年8月2日(2011.8.2)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	0719747.8	(72) 発明者	エガーズ, ゲラルド
(32) 優先日	平成19年10月10日(2007.10.10)		ベルギー、ペー-3050 オウドーヘバ レー, ウェーバースバーン 38
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ラピッドプロトタイプ製造方法によって製造される物体のための支持材を自動生成するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセッサおよびメモリを備えた演算装置によって実行される、成形すべき3次元の物体用の支持材の構造を記述するデータを層ごとに生成する方法であって、

上記3次元の物体の各層を記述する、物体の層データを供給する供給工程と、

上記3次元の物体の上記各層について、支持領域、および、上記支持領域において上記支持材の構造に接続されるべき1以上の支持ポイントを決する第1決定工程と、

ラピッドプロトタイプングシステムの包絡面を埋める3次元の初期メッシュと上記物体との論理差として支持メッシュを決する第2決定工程と、

上記物体の上記1以上の支持ポイントを上記支持メッシュに接続する接続工程と、

上記支持メッシュを支持材の構造に変換することによって当該支持材の構造を記述する上記データを生成する生成工程と、を含んでおり、

上記支持領域を、さらに、粗度の高い支持領域と、粗度の低い支持領域とに分割し、

上記第1決定工程にて、上記粗度の高い支持領域における複数の支持ポイントを、内側のオフセット境界上に均一に分布し、かつ、隣接する支持ポイントの間の距離が所定の距離以下になるように、決定することを特徴とするデータ生成方法。

【請求項 2】

上記第1決定工程にて、上記3次元の物体の上記各層の上記支持領域を、上記層から上記層の下にある下層を論理減算することによって決定することを特徴とする請求項1に記載のデータ生成方法。

10

20

【請求項 3】

上記下層が自身を支える能力を考慮して、上記下層が外側にオフセットされることを特徴とする請求項 2 に記載のデータ生成方法。

【請求項 4】

上記隣接する支持ポイントの間の距離は、臨界オーバーハングの 2 倍であることを特徴とする請求項 1 に記載のデータ生成方法。

【請求項 5】

複数の円または多角形を論理減算することにより得られる領域が、上記粗度の高い領域と上記粗度の低い領域とに分割されるようになっており、

上記複数の円または多角形は、所定の長さの半径を有した上記内側のオフセット境界上にある複数の支持ポイントの各々について該支持ポイントを中心とする円または多角形を定めることにより得られるものであることを特徴とする請求項 1 または 4 に記載のデータ生成方法。

【請求項 6】

上記所定の長さは、上記粗度の高い領域からの臨界オーバーハングであることを特徴とする請求項 5 に記載のデータ生成方法。

【請求項 7】

上記粗度の低い支持領域における複数の支持ポイントを、上記粗度の低い支持領域の骨組上に均一に分布するように決定することを特徴とする請求項 1 または 4 に記載のデータ生成方法。

【請求項 8】

上記 3 次元の初期メッシュの少なくとも一部は規則メッシュであることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のデータ生成方法。

【請求項 9】

上記 3 次元の初期メッシュは、菱形のパターンの直立面であって上記菱形の垂直方向の対角線を含む直立面を構成するものであり、

平行な面は上記菱形の半分の幅で配置されており、直交する面は、いずれかの菱形の水平方向の対角線で交わることを特徴とする請求項 8 に記載のデータ生成方法。

【請求項 10】

上記初期メッシュから 3 次元の上記物体を論理減算する前に、上記 3 次元の物体の上記境界線を外側にオフセットすることにより、上記支持材を上記物体から分離することを容易にすることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のデータ生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステレオリソグラフィまたは他のラピッドプロトタイプ製造方法により製造される物体を製造するための方法に関し、特に、ステレオリソグラフィまたは他のラピッドプロトタイプ製造方法によって製造される物体の支持材を生成する、改良された方法に関する。本発明はまた、上記方法のいずれかによって生成される支持材、および上記方法のいずれかを実行するように適応されるソフトウェアに関する。本発明はまた、ラピッドプロトタイプ製造装置を制御するためのコントローラに関する。

【背景技術】

【0002】

ラピッドプロトタイピングおよびマニュファクチャリング (PR & M) は、一般的に、物体の 3 次元 (3D) コンピュータ支援設計 (CAD) データを用いて、物体のスケールモデルを素早く組み立てるための一連の技術として定義される。現在、多数のラピッドプロトタイピング技術が使用可能であり、その中にはステレオリソグラフィ (SLA)、セレクトィブレーザーシントリング (SLS)、フューズドデポジションモデリング (FDM)、フォイルベースの技術等が含まれる。

【0003】

これらの技術に共通する特徴は、一般的に、物体が一層毎に形成されることにある。現在最も一般的である P R & M 技術のステレオリソグラフィは、一度に一層の物体を形成するために大量の液体フォトリソグレーション “樹脂” を用いる。各層において、コンピュータ制御される 1 つまたはいくつかのレーザービーム等の電磁光線が、形成すべき物体の 2 次元断面によって規定される液体樹脂の表面上で特定のパターンをトレースする。電磁光線にさらされることにより、樹脂の上でトレースされたパターンは硬化または凝固して下層に接着する。コーティングが重合された後、プラットフォームが一層の厚さ分だけ下降し、次の層のパターンがトレースされ、前の層に接着される。最終的な 3 次元の物体は、この処理によって形成される。

【0004】

10

セレクトィブレーザーシンタリング (S L S) は、ハイパワーレーザーまたは他の集束熱源を用いて、プラスチック、金属、またはセラミックパウダーの小さな粒子を、形成される 3 次元の物体を示すような塊に焼結または結合する。

【0005】

フューズドデポジションモデリング (F D M) および関連する技術の多くは、加熱による固体物質から液体状態への一時的変移を利用する。物質は、制御された状態で押し出しノズルを通過し、特に特許文献 1 に記載されているように、必要な場所へ堆積される。

【0006】

フォイルベースの技術は、接着、光重合または他の技術によってコーティングを互いに固定し、物体をこれらコーティングから切断し、または物体を重合する。このような技術は、特許文献 2 に記載されている。

20

【0007】

多くの P R & M 技術では、製造処理の間に物体を一定の場所に保持するために、支持材によってプラットフォームに物体（すなわちそのパーツ）を固定する必要がある。また、これらの支持材は、物体が形成されている間に物体が変形してしまわないようにする。例えば、ステレオリソグラフィ樹脂は、湾曲の原因となる収縮によって発生する内側の応力により、組立て処理の間に変形する傾向がある。

【0008】

パーツの製造が完了すると、手動でパーツを仮支持材から分離する必要がある。この分離工程は、最小限の労力しか必要とせず、物体の表面特徴または微細特徴を損傷しないようになっているのが好ましい。支持材を容易に取り除くことを可能とするため、上面および／または底面に切り込みを設けて物体との接触をすることにより、支持材を取り除くことを容易にするということが知られている。

30

【0009】

さらに、一度物体が形成されて支持材が取り除かれると、その支持材は損失材であると見なされる。このため、支持材を組み立てるために必要な時間、エネルギー、材料の量を最小限にすることが好ましい。支持材の材料コストを下げるための技術は、例えば特許文献 3 に記載されている。一方、支持材は、パーツを組み立てている間に作用する力（重力、張力等）に耐えるために十分な構造強度を維持する必要がある。

【0010】

40

一般的には、P R & M 技術は、形成すべき 3 次元物体をデジタル表示することから始まる。一般的に、デジタル表示は、全体として物体を形成するために重ねあわせることが可能な一連の断面層にスライスされる。R P & M 装置は、物体を成形するために、このデータを層ごとに使用する。3 次元物体の層データを示す断面データは、コンピュータシステムと、コンピュータ支援設計・製造 (C A D / C A M) ソフトウェアを用いて生成することができる。この場合、支持材も、C A D システムによって同様に生成することができる。しかしながら、このタスクは、単調かつ労力を要するタスクになりがちなので、支持材の構造を自動的に設計し、S T L または特定の構造を記述する他の任意の表面フォーマットにそれらを書き換えるためのソフトウェアが開発されてきた。支持材を設計する前に 3 D C A D モデルを複数の層に変換することが好ましく、このアプローチにおける有利な点

50

の1つは、ビーム幅補償として当業者に周知の技術を、生成された複数のスライスに適用可能であることにある。この技術は、層を、製造システムによって形成された層により近い形状に変えるので、支持材は、概してより正確なものとなる。ベルギーのMaterialise N. V., Leuvenによって開発されたコンターサポートジェネレータ(Contour Support generator) (CSUP) という名のソフトウェアツールは、形成される物体の層データに基づいて支持材の構造を自動的に設計するツールの第1例である。

【0011】

支持材の自動生成のための他の方法は、特許文献4に開示されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】 米国特許第5141680号明細書

【特許文献2】 米国特許第5192539号明細書

【特許文献3】 米国特許第5595703号明細書

【特許文献4】 米国特許第5943235号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記のソフトウェアツールにおける欠点の1つは、しばしば、設計された支持材が、物体における少なくとも1つの領域を十分に支持できないことである。結果として、生成された支持材を点検し、必要であればさらに支持材を手で付け足す必要がしばしばある。先にも説明したように、これは単調で労力を要するタスクである。したがって、ラピッドプロトタイピング等の技術分野における当業者は、従来技術における課題を解決するために、より迅速で、信頼性があり、なおかつ、自動的な手段により、支持材の設計を容易にするような改良をさらに加えることが好ましいということをずっと認識してきた。

20

【0014】

本発明は、上記課題に鑑みて成されたものであり、その目的は、ステレオリソグラフィまたは任意の他のラピッドプロトタイプ製造方法によって製造される物体を支持するための、改良された方法および装置を提供することである。本発明の利点は、組み立てるべき支持材の設計がより自動化され、ユーザーによる分析が少なくなることである。

30

【0015】

本発明のいくつかの実施形態における他の利点は、支持材の材料コストと製造時間と、を低減することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、プロセッサおよびメモリを備えた演算装置を用いて、成形すべき3次元の物体用の支持材の構造を記述するデータを層ごとに生成する方法であって、上記物体の各層を記述する、物体の層データを供給する供給工程と、上記物体の上記各層について、支持材を必要とする領域である支持領域を上記支持領域において支持材に接続されるべき複数の支持ポイントとともに決定する第1決定工程と、ラピッドプロトタイピングシステムの包絡面を埋める3次元の初期メッシュと上記物体との論理差として支持メッシュを決定する第2決定工程と、上記物体の上記複数の支持ポイントを上記支持メッシュに接続する接続工程と、上記支持メッシュを支持用の構造に変換することによって支持材のデータを生成する生成工程と、を含むことを特徴とするデータ生成方法を開示する。

40

【0017】

好ましい実施形態では、上記物体の層の上記支持領域を、上記層から上記層の下にある下層を論理減算することによって決定する。上記層が自身を支える能力を考慮して、上記下層が外側にオフセットされる。上記支持領域は、さらに、粗度の高い支持領域と、粗度の低い支持領域とに分割される。上記粗度の高い支持領域における複数の支持ポイントを

50

、内側のオフセット境界上に均一に分布し、かつ、隣接する支持ポイントの間の距離が第1の所定の距離以下になるように決定する。上記距離は、臨界オーバーハングの2倍である。複数の円または多角形を論理減算することにより得られる領域が、粗度の高い領域と粗度の低い領域とに分割されるようになっており、上記複数の円または正多角形は、上記境界上にある複数の支持ポイントの各々について半径が所定の長さであって該支持ポイントを中心とする円または多角形を定めることにより得られるものである。これらの領域における支持ポイントは、さらに再帰的に決定される。上記粗度の低い支持領域における複数の支持ポイントを、上記粗度の低い支持領域の骨組上に均一に分布するように決定する。

【0018】

10

好ましい実施形態では、上記3次元の初期メッシュの少なくとも一部は規則メッシュである。また、上記3次元の初期メッシュは、菱形のパターンの直立面であって上記菱形の垂直方向の対角線を含む直立面を構成するものであり、平行な面は上記菱形の半分の幅で配置されており、直交する面は、いずれかの菱形の水平方向の対角線で交わることが、より好ましい。

【0019】

好ましい実施形態では、上記初期メッシュから3次元の上記物体を論理減算する前に、上記3次元の物体の上記境界線を外側にオフセットすることにより、上記支持材を上記物体から分離することを容易にする。

【0020】

20

本発明の一態様に、上記支持材の材料コストを最小化する方法を提供することがある。

【0021】

好ましい実施形態では、複数回の下方分岐処理または上方分岐処理によって上記支持メッシュにおける余分なエッジを取り除くとともに、上記支持メッシュにおける使用するエッジをマーキングする。さらに、ノードにランク付けを行い、上記支持メッシュを垂直円柱形メッシュまたは最短距離円柱形メッシュに変形することによりエッジを削減する。上記垂直円柱形メッシュおよび最短距離円柱形メッシュの両方のメッシュタイプを結合してもよく、いずれかの好ましいメッシュタイプを選択してもよい。さらに、上記支持メッシュの少なくとも一部をより粗度の高い構造に変換することにより、上記支持メッシュのエッジが削減されてもよい。

30

【0022】

好ましい実施形態では、上記支持メッシュと上記物体との接続部、および、上記支持メッシュのエッジを棒状にすることにより、上記支持材を生成する。

【0023】

また、本発明は、支持材を設計する装置であって、プロセッサおよびメモリを備えた演算装置と、物体の各層を記述する、物体の層データを受信する受信手段と、上記物体の上記各層について、支持材を必要とする領域である支持領域を上記支持領域において支持材に接続されるべき複数の支持ポイントとともに決定する第1決定手段と、ラピッドプロトタイピングシステムの包絡面を埋める3次元の初期メッシュと上記物体との論理差として支持メッシュを決定する第2決定手段と、上記物体の上記複数の支持ポイントを上記支持メッシュに接続する接続手段と、上記支持メッシュを支持用の構造に変換することによって支持材のデータを生成する生成手段と、上記支持材の構造をデジタル記述したものを出力する出力手段と、を備えている。

40

【0024】

この装置は、上記初期メッシュから3次元の上記物体を論理減算する前に、上記3次元の物体の境界線に外側へのオフセットを適用することにより、上記支持材を上記物体から分離することを容易にする手段を備えていてもよい。

【0025】

また、この装置は、上記支持材の材料コストを最小化する手段（すなわち、上記支持メッシュから余分なエッジを取り除く手段）を備えていてもよい。

50

【0026】

上記材料コストを最小化する手段は、下方分岐処理または上方分岐処理を用いて余分なエッジ取り除く手段、上記支持メッシュの少なくとも一部をより粗度が高い構造に変換する手段、または、上記支持メッシュを円柱状メッシュに変換する手段を含んでいてもよい。また、上記支持メッシュを円柱状の構造に変換する手段は、上記支持メッシュの各ノードについてランク付けをする手段と、上記支持メッシュの各ノードのランキングに基づいて、上記支持メッシュを、垂直円柱状の構造、最短距離円柱状の構造、またはこれらの構造を組み合わせた構造に変換する手段と、を含んでいてもよい。

【0027】

また、本発明は、コードセグメントを含むコンピュータプログラム製品であって、上記コードセグメントは、演算装置上で実行されるときに、物体の各層を記述する、物体の層データを受信する受信手段と、上記物体の上記各層について、支持材を必要とする領域である支持領域を上記支持領域において支持材に接続されるべき複数の支持ポイントとともに決定する第1決定手段と、ラピッドプロトタイピングシステムの包絡面を埋める3次元の初期メッシュと上記物体との論理差として支持メッシュを決定する第2決定手段と、上記物体の上記複数の支持ポイントを上記支持メッシュに接続する接続手段と、上記支持メッシュを支持用の構造に変換することによって支持材のデータを生成する生成手段と、を備えることを特徴とするコンピュータプログラム製品を提供するものである。

10

【0028】

コンピュータプログラム製品は、本発明の方法のいずれかを実行する手段を含み得る。また、本発明は、コンピュータプログラム製品を記憶している機械読み取り可能な媒体を含む。

20

【0029】

本発明のさらなる側面、目的、利点、および特徴は、発明を開示する以下の詳細な説明と図面とから明らかであろう。説明は単に例として挙げられるものであって、請求する権利範囲を制限しない。以下に示す参照番号は、添付の図面に関する。

【発明の効果】

【0030】

以上のように、本発明の方法および装置は、形成すべき支持材の設計をより自動化し、ユーザーによる分析を少なくすることができるという効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】好ましい実施形態を示すブロック図である。

【図2】物体、支持材、および支持材接続部を示す3DモデルのX-Z投射図である。

【図3a】非支持領域の内側における粗度の高い領域および粗度の低い領域を示す図である。

【図3b】非支持領域の内側における粗度の高い領域および粗度の低い領域を示す別の図である。

【図3c】非支持領域の内側における粗度の高い領域および粗度の低い領域を示すさらに別の図である。

40

【図4】粗度が高い領域の内側の支持ポイントを決定する処理を示す図である。

【図5】粗度が低い領域の内側の支持ポイントを決定する処理を示す図である。

【図6】長方形と、いくつかの内接ディスクを有するその骨組とを示す図である。

【図7a】好ましい初期メッシュを2D表示により示す図である。

【図7b】好ましい初期メッシュを3D表示により示す図である。

【図8】メッシュから取り除かれるべき余分なエッジを決定するための下方分岐処理を示す図である。

【図9】初期メッシュのノードを分類するための処理を示す図である。

【図10】垂直円柱状メッシュの場合における、物体の支持ポイントをプラットフォームに接続する好ましい経路を示す図である。

50

【図 1 1】最も短い円柱状メッシュの場合における、物体の支持ポイントをプラットフォームに接続する好ましい経路を示す図である。

【図 1 2】好ましい支持材の構造を 3 D 表示により示した図である。

【図 1 3】接続部の構造の好ましい実施形態を示す図である。

【図 1 4】接続部の好ましい構造を 3 D 表示により示した図である。

【図 1 5】任意のコンピュータ支援製造を含む、本発明の実施形態に係る方法を実行するコンピュータベースの装置の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

好ましい実施形態についての以下の詳細な説明では、添付の図面を参照する。この図面はこの説明の一部として機能し、この中で、本発明が実行され得る特定の実施形態が例示として示される。記載されている図面は模式的なものでしかなく、限定的なものではない。図面において、要素のうちのいくつかのサイズは誇張されている場合もあり、例示を目的とするので実際のスケールでは描かれていない。他の実施形態も用いられてもよく、本発明の範囲から逸脱しない程度に構造的変更を行ってもよいことを理解すべきである。

【0033】

さらに、詳細な説明と請求項における第 1、第 2、第 3 という用語は、同様の要素を区別するために用いられ、必ずしも連続的または経時的な順番を記載するものではない。そのように用いられる用語は適切な状況の下で置き換え可能であり、ここで説明する発明の実施形態は、ここで説明し、例示するものの他の順で動作し得ることを理解すべきである。

【0034】

さらに、詳細な説明と請求項における上面、底面、上、下等の用語は、説明の目的で用いられ、必ずしも相対的位置を説明するためのものではない。そのように用いられる用語は適切な状況の下で置き換え可能であり、ここで説明する発明の実施形態は、ここで説明される、または例示されるものの他の位置でも動作し得ることを理解すべきである。

【0035】

本発明は、ステレオリソグラフィまたは他のラピッドプロトタイプ製造方法によって製造される物体を形成する方法に関し、より具体的には、ステレオリソグラフィまたは他のラピッドプロトタイプ製造方法によって製造される物体のための支持材を生成するための改良された方法に関する。支持材を設計するための好ましい処理は、例えば、3 D システム装置によって用いられるような S L I または S L C、ストラタシス (S t r a t a s y s) 装置によって用いられるような S S L, またはイオス (E o s) 装置によって用いられるような、C L I 等、入力として物体の各層を記述する物体層データを用いる。好ましくは、ビーム幅補償として当該分野で知られる技術は、入力スライスデータに適用される。ビーム幅補償は、ビーム幅のサイズを明らかにするためにスライス層の境界を調節する技術である。ビーム幅が明らかでない場合、最終的に組み立てられる部分は、1 フルビーム幅の分だけ元のものから歪んでしまう。補償されたスライスデータは、組み立てられるべき 3 次元の物体の寸法により近くなるので、この技術を応用することで、設計される支持材の精度が向上することが期待される。

【0036】

また、標準の 3 D ファイルフォーマットは、入力ファイルフォーマットとすることができる。また、コンピュータシステムは、3 次元物体の画像を、市場で入手可能な C A D ソフトウェア (例えば、ベルギーの M a t e r i a l i s e N . V . , L e u v e n による M A G I C S R P) を用いる適切なフォーマットに変換することができる。一般的に用いられるフォーマットは、ステレオリソグラフィファイル (. S T L) である。この場合、好ましい処理は、3 D モデルを複数の水平層へスライスするためにスライシング処理を用いることによって開始する。ラピッドプロトタイピングの分野で知られる様々な技術は、この処理を行うために用いられ得る。ラピッドプロトタイピングソフトウェアのためのソフトウェアにおける有効な教科書として、“S o f t w a r e S o l u t i o n s

for Rapid Prototyping” (Ian Gibson, Professional Engineering Publishing Ltd., Cromwell Press, 2002) が挙げられる。

【0037】

ここで図面（特に図1）を参照すると、支持材のためのデータを生成するための好ましい実施形態を示すブロック図が示されている。図1に示すように、スライスデータ（どのような手段でも得られるが、必ずしも図1に示すようなものでなくてもよく、好ましくはビーム幅補償により得られたもの）が、モジュール3に入力される。モジュール3は、各個別層について、支持材を必要とする領域（支持領域と称する）と、物体が支持材に接続されるこの領域に配置される複数の支持ポイントの集合と、を決定する。支持領域は、論理演算を通して、下層によって支持されないのは層のどの部分かを検証することによって規定され得る、すなわち、支持材を必要としている層の領域は、当該層から当該層の下層を差し引くことによって得られる。第1層の支持領域は、第1層によって記述される領域と等しい。他の層について、上記支持領域は必ずしも上記部分における上記境界をトラックするものではない。

10

【0038】

上記層の自身を支える能力を考慮して、外側へのオフセットを下の層に適用することが望ましい。実際、図2に示すような、この層におけるオーバーハング10が、臨界オーバーハング（すなわち、層が自身を支える能力）を越えた場合に、層は一般的に支持材を必要とする。自身を支える能力は、例えば、層の厚さ、物性、動作温度等に依存する。また、この臨界オーバーハングは、オーバーハング角度の観点から規定することができる。オーバーハング角度（すなわち、図2における角度A）が臨界オーバーハング角度を越えて、例えば垂直軸から30度離れると、層は自立できなくなり、支持材が必要となる。臨界オーバーハング角度は、各個別層について、または複数の層の集合について、規定することができる。物体の各層のうち、より高い表面品質を必要とするが精度はあまり必要としないパーツに属する層は、一般的に、支持材との接続部がより少なくなる。これは、形成された物体から支持材を除いても、それほど微細特徴が損なわれないからである。臨界オーバーハング角度を増加することによって、支持領域が小さくなり、結果として支持部に対して必要な接続部の数が少なくなる。

20

【0039】

本発明の実施形態によると、物体の層における少なくとも1つの部分が支持材を必要とする場合、“支持”ポイントの集合は分散するように決定されるが、支持材に接続可能な支持領域の内側に均一に分布させることが望ましい。これらの支持ポイントを再帰的に決定するための本発明の実施形態に係る好ましい処理をここで説明する。図3aは、支持材接続部33によって支持材32に接続される3次元の物体31を示す。図3bは、図3aでも34として示されている任意の層34の（X-Y面における）断面図を示している。層34は、図3aでも310として示されている下層310によって支えられる領域35と、支持材を必要とする領域36と、を含んでいる。図3cに示される好ましい実施形態では、支持されていない領域36は、“粗度が高い”領域37および“粗度が低い”領域38とに分割される。粗度が高い領域は以下のように規定される。まず、支持されていない領域36の境界が内側にオフセットされ、オフセット境界39を形成する。そして、境界39は、同じ値によって外側にオフセットされ、境界30を形成する。この境界が、粗度が高い領域37を規定する。そして、粗度が低い領域38は、支持領域36および粗度が高い領域37との論理差として規定される。一度粗度が高い領域および粗度が低い領域が決定されると、支持ポイントの集合を決定することができる。

30

40

【0040】

ここで、粗度が高い領域のための支持ポイントを決定する本発明の実施形態に係る好ましい処理を、図4に基づいて説明する。まず、粗度が高い領域40の境界は、距離d1によって内側にオフセットされ、オフセット境界41を形成する。上記距離d1は、先に説明したような層の臨界オーバーハングよりも小さいことが好ましい。そして、支持ポイン

50

ト 4 2 が（好ましくは境界 4 1 上に均一に）分布する。境界 4 1 上の支持ポイント 4 2 の数は、2つの隣接するポイントの間の距離 d_3 が、最大距離 d_{MAX} によって限定されるように選択される。最大距離 d_{MAX} は、層の臨界オーバーハングの 2 倍より小さいことが好ましい。次の工程では、境界 4 1 上の各支持ポイント 4 2 について円 4 3（または、正多角形）を決定する。この円の半径は、臨界オーバーハングと等しく設定されることが好ましい。これら全ての円を粗度が高い領域 4 0 から論理減算することによって決定される領域は、先に説明したように、粗度が高い領域と粗度が低い領域とに分割される。ここで、または、次のセクションで説明するように、粗度が高い領域および粗度が低い領域における支持ポイントは、さらに再帰的に決定される。

【0041】

本発明の実施形態では、粗度が低い領域における支持ポイントを図 5 に示すように決定するために、以下の好ましい処理を用いることができる。まず、粗度が低い領域 5 0 の骨組 5 1 が決定される。骨組 5 1 の意味を明らかにするために、図 6 を参照して骨組の概要について説明する。図 6 に示すように、領域 6 0 における骨組 6 1 は、全ての最大内接超球 6 4（すなわち、2D の円盤および 3D の球体）の中央 6 3 の軌跡として決定される。他のいずれの内接超球にも覆われなければ内接超球は最大であるということに注意すべきである。骨組は、境界ポイントによって生成されるボロノイ図を計算することによって決定することができる。ポイントの離散集合のボロノイ図は、各セルが、ただ 1 つの境界ポイントと、他の境界ポイントよりもこの境界ポイントに近い全てのポイントの軌跡と、を含むように、任意の空間が複数のセルに分割されたものである。境界ポイントの密度が無

【0042】

この処理は、全ての層についての演算が完了するまで繰り返される。この処理の終了後、3次元の物体を形成するために支持材が必要とされる全てのポイントが決定される。そして、これらの支持ポイントの配置は、図 1 でモジュール 4 として示す、以下の 3 次元の支持メッシュを設計するモジュールに入力される。他の好ましい処理では、支持メッシュが設計されてから、その支持メッシュを入力として用いて支持ポイントの計算を微調整することにより、追加の支持ポイントを割り当てたり、あるいは、支持メッシュの微調整によって余分になった支持ポイントを取り除いたりしてもよい。ここで、本発明の実施形態に係る、支持メッシュを形成するための好ましい処理について説明する。

【0043】

まず、メッシュは、ラピッドプロトタイピングシステムの包絡面の内側に生成される。このメッシュは初期メッシュと呼ばれる。RP システムの包絡面は、3次元の物体が形成される領域として規定される。好ましい実施形態では、初期メッシュの少なくとも一部は、3次元の規則メッシュである。さらに、規則メッシュが複数用いられてもよく、各メッシュは上記初期メッシュの少なくとも一部を決定する。他の好ましい実施形態では、メッシュは菱形パターンで、グリッドによって互いに接続されるような直立する面の形状で組み立てられる。例えば、米国特許番号 5,595,703 に記載されているような他のパターンも用いられてもよい。どのパターンが用いられるかによらず、エッジが決定される。エッジは垂直エッジであってもよく、2つのエッジがノードによって接続されていてもよい。

【0044】

菱形が用いられる場合において、垂直エッジが 7 2 という数字で示される。2つの同じサイズのエッジからなる菱形の垂直方向の対角線が、物体に対する接続性を向上するために上記パターンに追加されてもよい。図 7 a に示されるように、垂直エッジ 7 2 に加えて

菱形 71 のエッジ 70 は、最も小さな有効構成要素と考えられる、すなわち、これらの構成要素はメッシュの一部にすることもでき、またはそこから取り除くことのできるものである。2 つ以上のエッジ 70 は、ノードによって接続される。ノードは、境界ノード 74 と隠れノード 73 とにさらに分類することができる。第 1 の壁の各菱形が、垂直な対角線を共有する第 2 の壁の菱形に交差するように、直交面を配置することができる。平行する壁の間の間隔は、菱形の水平方向の対角線の幅に合わせて設定されてもよい。さらに、結果として得られるメッシュは、複製されてもよく、また、X および Y 方向に沿う菱形における水平方向の対角線のサイズの半分にオフセットされてもよい。好ましいメッシュの 3 次元のイメージは、図 7 b に示される。

【0045】

10

初期メッシュが一度生成されると、3 次元モデルがそれに接続される。本発明の実施形態に係る好ましい処理では、3 次元の物体における全ての層は、まず初期メッシュから論理減算され、“支持”メッシュを形成する。必要に応じて、初期メッシュから物体の層を減算する前に、3 次元の物体の境界を層ごとに外側にオフセットし、支持メッシュと物体との間に空間を設けるようにしてもよい。この空間は、支持材を物体から分離するときにより有利となり得る。この処理の間、新しい境界ノードが作成されてもよい。

【0046】

次の工程では、“接続”エッジと称するものにより物体の各支持ポイントを支持メッシュにおける最も近いノードに接続することによって、物体を支持メッシュに取り付ける。支持ポイントは、最も近い境界ノードに接続されるだけであることが好ましい。ラピッドプロトタイピング形成処理の性質により、メッシュに対して下側を向いた接続部のみが考慮に入れられる。“下側を向いた”というのは地球の重力場を意味する。各メッシュノードについての複数の接続エッジを規定することができる。接続エッジを全く生成することができない場合、支持ポイントが物体自体に接続されてもよい。この場合、メッシュエッジの方向の 1 つに沿って接続が行われることが好ましい。また、垂直で下向きの接続エッジが形成されることがより好ましい。

20

【0047】

全ての支持ポイントが支持メッシュまたは物体自体に接続された後は、材料コストや物体の製造時間を低減するために、支持メッシュにおける余分なエッジを取り除いてもよい。余分なエッジを取り除くための複数の処理は、本発明の範囲内に含まれる。

30

【0048】

本発明の実施形態に係る第 1 の好ましい処理では、余分なエッジの除去を、図 8 に示されるような下向きの分岐処理によって行ってもよい。物体 80 の支持ポイント 81（ツリーの“ルート”ノード）から始まり、支持メッシュに対して下向きに移動する場合におけるツリーの一部となる各エッジ 83 が子エッジとしてマークされる。この処理は、各支持ポイントについて繰り返される。子エッジとしてマークされないエッジ 84 は、支持メッシュから取り除かれてもよい。同様に、上向きに分岐する処理、すなわち、下向きではなく上向きに移動する処理（例えば、支持メッシュをプロトタイピングシステムのプラットフォームに接続するノードから始める処理）を用いてもよい。

【0049】

40

本発明の実施形態に係る他の好ましい処理では、一般的に非常に密度が高いものが選択される支持メッシュは、より粗い、粒子状で、風通しのよい構造になるように変換してもよい。ここで参照として含める米国特許番号 5, 595, 703（特に図 12）に説明するような支持ポイントに接続されるノードから下方向に横移動するにつれメッシュの“粒度”が徐々に粗くなるようになっていることがより好ましい。

【0050】

本発明の実施形態に係るさらに他の好ましい処理では、支持メッシュにおける余分なエッジの除去を、図 9 に示されるように、ランキングメカニズムに基づいて行ってもよい。初期メッシュの各ノードはランク付けされる。物体 90 の内側に位置する“外側”ノード 91 のランク R、または、プラットフォーム上あるいは内部のノードのランクはランクゼ

50

ロとされる。ノードランクは、垂直エッジ上を上向きに移動すると増加するが、傾斜したエッジ上を上向きに移動するときには変化しない。特定のノードについて複数のランキングがあり得る場合（例えば、垂直エッジがそのランクをRからR+1へ増加し、同じノードに接続される傾斜したエッジがランクRのままにする場合）、最も高いランクが選択される。

【0051】

図10に係る1つの好ましい実施形態では、上記ランキングメカニズムを用いて、物体100の支持ポイント102をプラットフォーム103に接続する経路101を決定してもよいが、他のランキングメカニズムも適切なものとなり得る。円柱状メッシュは、この経路の周囲において決定され得る。これらの円柱状メッシュの一部を成さないエッジは、支持メッシュから取り除かれてもよい。このような円柱状メッシュを決定するための2つの好ましい実施形態をここで説明する。

【0052】

好ましい実施形態の一つが図10に示されており、これは、“垂直”円柱状メッシュと称される。規則メッシュの構造を使用する結果として、面105は、x方向およびy方向に沿って菱形の水平対角線の半分の長さに等しい間隔を有するノードからなるグリッドを規定する。エッジによってソースノード107に接続されるこのノード面における各ノードは、目標ノード、例えばノード108を規定する。これらのターゲットノードのそれぞれは、例えば正方形106等、複数のノードからなる正方形を規定することができる。目標ノード108によって規定される正方形106は、中心がその目標ノードになっていてもよい。複数のノードからなる正方形のサイズは、所定の設定となっており、例えば、菱形のサイズに関連した設定になっている正方形は、縦3ノード横3ノードの配置に規定することが好ましい。これらの正方形のそれぞれは、囲まれるノードのランキングの合計が正方形ランキングとして規定される。最も高い正方形ランキングを有する目標ノードに到達するエッジは、好ましい経路に加えられる。最も高い正方形ランキングを有する目標ノードは、新しいソースノードに設定される。複数のエッジが同一の最も高い正方形ランキングを有する目標ノードに到達する場合、最も高い正方形オーダーを有するエッジが優先される。正方形オーダーは、図10bのマーキングで示されるように規定することができる。さらに、複数のノードが同一の最も高いオーダーを有するような後続する層の正方形のオーダーについては、図10cで規定されるような正方形オーダーと交互に入れ替わるようにしてもよい。また、“最適”正方形と称される、最も高いランクと最も高いオーダーとを有する正方形は、円柱状構造を形成するエッジをマーキングするために用いられてもよい。この最適正方形のサイズは、形成すべき円柱状構造の幅と関係するので、この工程において変更されてもよい。さらに、最適正方形のサイズは、後続する層で変化させてもよく、下向きに移動すると正方形のサイズが増加することが好ましい。このようにして生じる円柱状の構造の広がり、所定の高さ／幅比によって規定され得る。支持メッシュの一部となるノードであって最適正方形によって囲まれるノードに接続されるエッジはマーキングされる。この処理は、正方形ランキングの値がゼロに達するまで（すなわち、プラットフォームに達するまで）、またはソースノードに接続される全てのエッジが物体と交差していることが分かるまで繰り返される。上記処理は、各支持ポイントについて繰り返され、該支持ポイントの後で、上記処理の間に円柱状構造の一部としてマークされたエッジのみが垂直円柱状メッシュ内に保持される。

【0053】

支持ポイントから開始する下向き分岐処理の前に行われる、プラットフォームノードから開始する上向き分岐処理は、メッシュ内の余分なエッジをさらに低減する。残っているメッシュは、物体自体との接続を行わず、支持ポイントをプラットフォームに接続する円柱状構造に類似し得る。垂直円柱状メッシュの欠点は、円柱状メッシュによって必ずしも全ての支持ポイントが支持メッシュに接続されるわけではないということである。

【0054】

他の好ましい実施形態であり、“最短距離”円柱状メッシュと称されるものは、この欠

10

20

30

40

50

点を解決する。図 1 1 に示されるこの好ましい実施形態は、ガセットとして当業者に知られている構造と類似し得る。上記処理とは反対に、最も高い正方形ランクの代わりに最も低い正方形ランクを辿ることによって、経路 1 1 1 を規定する。最適正方形 1 1 2 と、円柱状構造の一部となるエッジは、垂直円柱状メッシュと同一の方法で規定される。また、この処理は、プラットフォーム 1 1 5 に到達するまで、または、最適正方形の中央のノードに接続される少なくとも 1 つ以上のエッジが物体と交差していることが分かるまで繰り返される。垂直円柱状メッシュの処理とは反対に、最短経路メッシュの処理によると、追加の接続エッジ 1 1 3 を支持メッシュと物体との間に規定することができる。物体と交差する少なくとも 1 つ以上のエッジに接続される円柱状構造の各ノードは、“接続”ノードとして、すなわち、物体に接続されるべきノードとしてマークされる。下向き分岐処理は、余分なエッジを取り除くために、接続ノードから接続部を生成するのに先立って行われる。上記分岐処理の後に支持メッシュに残る接続ノードは、物体に接続される。接続ノードは、該接続ノードに接続される初期メッシュのエッジであって物体と交差する初期メッシュのエッジの 1 つを用いて接続されることが好ましい。複数の交差するエッジが上記接続ノードに取り付けられる場合、垂直エッジが第一に優先される。垂直エッジが接続ノードに接続されていない場合、接続の距離が最短となるエッジが選ばれる。接続エッジが物体と交差するポイントを、“接続”ポイントと称する。この処理は、各支持ポイントについて繰り返され、その後、この処理の間に円柱状構造の一部としてマークされたエッジのみが最短距離メッシュ内に保持される。プラットフォームノード 1 1 5 および接続ポイント 1 1 4 から開始する上向き分岐処理を用いて、最短距離メッシュから余分なエッジを取り除いてもよい。最短経路メッシュには、物体における各支持ポイントに対する支持材になるという有利な点がある。このアプローチの欠点は、物体に作られる接続部の数が増加することである。先にも説明したように、これは、支持材を物体から取り除くときに表面特徴または微細特徴を損なうリスクを増大する。余分なエッジを取り除くために、ランキングメカニズムに基づく他の方法を用いることが可能であり、必ずしも先に説明したランキングメカニズムに基づく必要はない。

【0055】

さらに他の好ましい実施形態では、垂直円柱状メッシュおよび最短経路メッシュが組み合わせられる。両方のメッシュタイプに接続される支持ポイントについて、1 つのメッシュタイプのみを継続することが好ましい。円柱状メッシュのメッシュタイプは物体に作られる接続部の数を削減するので、円柱状メッシュを継続することがより好ましい。先に説明したのと同様に、プラットフォームノードおよび接続ポイントから開始する上向き分岐処理の前に行われる、物体の支持ポイントから開始する下向き分岐処理は、結合されるメッシュ構造の余分なエッジを取り除くために開始され得る。

【0056】

他の好ましい実施形態は、全体の処理のスピードを向上し得る上記の処理の組み合わせを含む。例えば、最短経路処理において説明したように、追加の接続部を形成する前に粗度の低い構造から粗度の高い構造にメッシュを変換することが有利であり得る。それは、粗度を高くする処理は、物体に接続すべきであるとマークされたノードを取り除く可能性があるからである。接続部を作る前にこれらのノードを取り除くことによって、全体の処理のスピードが向上することは明らかである。

【0057】

最後に、支持メッシュが一旦完成すると、図 1 にモジュール 6 として示されているように、支持材の構造に変換することができる。1 つの好ましい実施形態では、メッシュのエッジが棒状の構造の対称軸に一致するような態様でメッシュのエッジが棒状の構造に変形される。図 1 2 に数字 1 3 2 で示されているように、棒の幅は支持材の内側で変化し得る。例えば、より長い棒は一般的により強い（したがってより幅が広い）必要があるので、幅は、エッジの長さに応じて増加し得る。好ましくは、図 1 2 の上面図に数字 1 3 1 として示されているように、棒の厚さは、ステレオリソグラフィまたは S L S を R P & M 技術とみなした場合のレーザービームの幅、または、F D M を R P & M 技術とみなした場合の

ノズルの幅と等しくなるように選択される。これは、各層の開始位置／終了位置を含む、S L I ファイルのサイズを制限するだけでなく、支持材を組み立てるために必要な時間を低減する。また、例えば円筒のような他の構造を用いてメッシュのエッジを置き換えることができる。

【0058】

他の好ましい実施形態では、支持メッシュを3次元の物体に接続する接続エッジが、図13aに基づいてここで説明するような接続用の構造に変換され得る。好ましくは、接続用の構造は、対称軸が物体と支持ポイントの位置において交差する棒状構造物126と、第2の棒状構造物125と、距離1213において構造物126を構造物125に接続する中間領域とからなる。棒状の構造物126、127、および125の断面は、図13cに示すように、等しい長さで構成される十字形を呈していることがより好ましい。構造物126の幅1210は、物体から支持材が容易に取り除けるように選択されていてもよい。構造物126は、物体121と支持材122とが適切に接続されるように、所定の距離1211だけ物体121を貫通するようにしてもよい。支持メッシュ122と支持ポイント123との間に作られる各接続部が同じような強度になるように、各接続部について距離1211、1213、1212および幅1210を一定にすることが好ましい。幅1214は、図12に数字132として示されているように、支持用の構造物の幅と等しくてもよい。S L I ファイルのサイズを限定し、組立て処理のスピードを向上するために、十字形における各線の厚さ1215および1216は、レーザービームの幅と等しく設定するようにしてもよい。接続用の構造物が支持用の構造物に取り付けられる場合、図13cにおける断面A-A'に示されるように、接続用の構造物を、支持用の構造物に揃えるようにしてもよい。接続用の構造物を3次元表示したものを図14に示すが、他の構造（例えば、円筒、角錐、円錐、またはこれは組み合わせたもの等）を用いて、支持メッシュと物体とを接続してもよい。

【0059】

支持メッシュと物体との間に追加された接続エッジ113（例えば図11に示されるような接続部113）を変換するための本発明の実施形態に係る好ましい処理は、以下の点で前に説明した処理と異なる。すなわち、構造物125は、接続エッジ113と一致する対称軸を有し、構造物127は、接続エッジ113に平行な（すなわち、メッシュの先端に平行な）対称軸を有する。また、接続ポイント114は再度決定されることが好ましい。これは以下のように行うことができる。構造物125は、物体と交わるまで、図13Bに数字129として示されているように、実質的に引き伸ばされる。支持用の構造物に最も近い交差ポイントを、新しい接続ポイントとして選択するようにしてもよい。

【0060】

支持メッシュの全てのエッジが変換されると、支持材はスライスデータのフォーマット、または支持用の構造記述するための任意の表面フォーマットに書き換えられる。

【0061】

[発明の実施]

図15は、本発明に係る方法およびシステムで用いることが可能な演算システムの模式図である。画像表示端末159、キーボード155のようなデータ入力手段、およびマウス156のようなグラフィックユーザーインターフェイス表示手段を含み得るコンピュータ150を示す。コンピュータ150は、汎用コンピュータとして、例えば、UNIX（登録商標）ワークステーションまたはパーソナルコンピュータとして実施することができる。

【0062】

コンピュータ150は、一例ではあるがIntel Corp. USAの販売するPentium（登録商標）IVといった従来のマイクロプロセッサ等の中央処理ユニット（“CPU”）151と、バスシステム154を介して相互接続される多数の他のユニットを含む。バスシステム154は、任意の適切なバスシステムであってもよく、図15は単に模式的なものに過ぎない。コンピュータ150は、少なくとも1つのメモリを含む。

メモリは、当業者に知られる様々なデータ記憶装置、例えばランダムアクセスメモリ（“RAM”）、リードオンリーメモリ（“ROM”）、当業者に知られているようなハードディスク等の不揮発性リード／ライトメモリを含み得る。例えば、コンピュータ150は、システムバス154を映像表示端末159に接続するための表示アダプタ、および周辺機器（例えば、ディスクおよびテープ装置158）をシステムバス154に接続する任意の入力／出力（I／O）アダプタ1511に加えて、ランダムアクセスメモリ（“RAM”）152およびリードオンリーメモリ（“ROM”）153をさらに含み得る。画像表示ターミナル259は、コンピュータ150の映像出力であり、それはコンピュータハードウェアの分野では周知のCRT型映像ディスプレイ等の任意の適切な表示装置であり得る。しかしながら、デスクトップコンピュータ、携帯型コンピュータ、またはノート型コンピュータでは、画像表示端末159は、LCD型またはガスプラズマ型フラットパネルディスプレイに置き換え可能である。コンピュータ150は、さらに、キーボード155、マウス156、任意のスピーカー157を接続するユーザーインターフェイスアダプタ1510を備えている。形成すべき3次元の物体の描写に関するデータは、キーボード155を用いて直接コンピュータに入力されても158等の記憶装置から入力されてもよく、入力後に、プロセッサが本発明に係る方法を実行する。この方法により得られた結果は、さらに近いまたは遠い場所（例えば、コンピュータ150によって提供される詳細に基づいてテンプレートを作成するCAD／CAM装置）へ送信されてもよい。

【0063】

また、CAD／CAM作成ユニット1516は通信アダプタ1517を介して、インターネット、イントラネット、ローカルまたはワイドエリアネットワーク（LANあるいはWAN）またはCANといったデータネットワークにコンピュータ150を接続するバス154に接続されてもよい。作成ユニット1516は、本発明に基づく支持材設計用のコンピュータプログラムを実行するコンピュータ150から出力値あるいは支持材を記述するファイルを直接受信するか、または、コンピュータ150のこのような出力から導き出される値あるいは記述子ファイルを受信する。あるいは、ユニット1516は、関連する設計データを適切な信号記憶媒体（例えば、ディスク、置き換え可能なハードディスク、CD-ROMまたはDVD-ROM等の光記憶装置、磁気テープ等）から間接的に受信してもよい。

【0064】

また、コンピュータ150は、コンピュータ150に演算を指示するためのグラフィカルユーザーインターフェイスを機械読み取り可能な媒体の中に備えている。グラフィカルユーザーインターフェイスを保持する機械読み取り可能な媒体は任意の適切な媒体であってよく、例えばランダムアクセスメモリ（RAM）152、リードオンリーメモリ（ROM）153、磁気ディスク、磁気テープ、または光ディスク（最後の3つはディスクおよびテープドライバ158に位置する）等が挙げられる。任意の適切なオペレーティングシステムおよび関連するグラフィカルユーザーインターフェイス（例えば、Microsoft Windows（登録商標）、Linux）がCPU151に指示を出してもよい。さらに、コンピュータ150は、コンピュータ用の記憶装置1516内に制御プログラム1517を備えている。制御プログラム1517は、CPU151において実行されるときに本発明の任意の方法のいずれかについて説明した演算をコンピュータ150に行わせる命令を含んでいる。当業者であれば、図8に示されるハードウェアが、特定のアプリケーションでは異なるものになり得ることを理解するであろう。例えば、光ディスク媒体、オーディオアダプタ等の他の周辺機器、または、コンピュータハードウェアの分野で周知のPALまたはEPROMプログラミング装置等のチッププログラミング装置等が、既に説明したハードウェアに加えて、またはその代わりに用いられ得る。

【0065】

図15に示される例では、本発明の方法を実行するためのコンピュータプログラム製品は、任意の適切なメモリに備わり得る。しかしながら、本発明がそうであったように、またはそうであり続けるであろうように、本発明のメカニズムは、コンピュータプログラム

製品として様々な形態で配布することが可能であり、本発明は、実際の配布に用いられる信号保持媒体の特定の種類に関わらず等しく適用されることを当業者であれば理解するであろう。コンピュータ読み取り可能な信号保持媒体の例としては、フロッピー（登録商標）ディスクおよびCD-ROM等の記録可能なタイプの媒体と、デジタルおよびアナログ通信リンク等の伝送するタイプの媒体が挙げられる。

【0066】

したがって、本発明はまた、適切な演算装置において実行されるときに本発明の方法のいずれかを実行するソフトウェア製品を含む。特に上記コードは、物体の各層を記述する物体の層データを受信する手段と、上記物体の各層について、支持材を必要とする領域を上記領域において支持材に接続されるべき多数の支持ポイントとともに決定する手段と、ラピッドプロトタイプングシステムの包絡面を埋める3次元の初期メッシュと物体との論理差として支持メッシュを決定する手段と、上記物体の上記支持ポイントを上記支持メッシュに接続する手段と、支持メッシュを支持用の構造に変換することによって支持データを生成する手段とを含む。上記コードは、支持材の設計におけるデジタル記述を出力するための手段を含み得る。

10

【0067】

好適なソフトウェアは、C等の好適な高水準言語でプログラミングし、対象とするコンピュータプロセッサのための好適なコンパイラにおいてコンパイルすることによって得ることができる。

【0068】

上記説明は、本発明のいくつかの方法および物質を開示しているが、この発明は、組立方法および組立装置における変更と同様に、方法および物質を変更してもよく、組立方法や組立装置を変更してもよい。ここで説明される発明の開示または実施を考慮することにより、このような変更は当業者には明らかであろう。したがって、この発明は、ここで開示される特定の実施形態に限定されることを意図されるべきでなく、において実施されるような発明の実質的な範囲および精神から逸脱しないような添付の特許請求の範囲を具体化する全ての変更および代替案を網羅するものである。

20

【0069】

本発明は以下の有利な点を提供し得る。

【0070】

1. 組み立てられるべき支持材のユーザによる分析を更なる自動化によって減らすことにより、支持材のデータを、より簡単に、より早く、時間を無駄にせずに生成することができる。2. 本発明は、少ない材料コストおよび製造時間で支持材を生成する方法を提供する。

30

【0071】

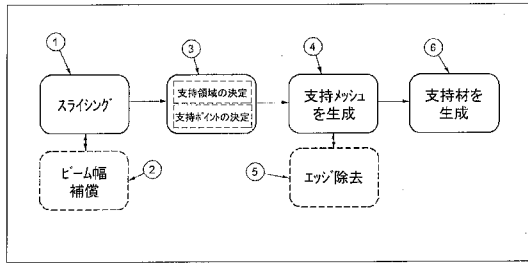
本発明は、物体の各層について層のどの部分が支持されるべきかを決定し、支え不足による不具合を低減するようなより優れた支持材を生成する方法を開示する。これにより、ステレオリソグラフィまたは他の任意のラピッドプロトタイプ製造方法によって成形される物体の利益向上につなげることができる。

【0072】

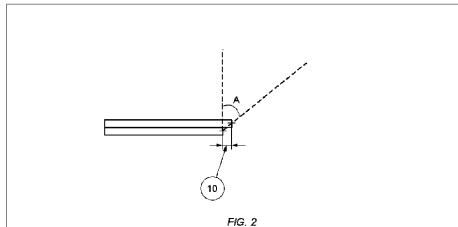
初期メッシュとして3次元の規則メッシュを用いることで、より簡潔な表現で記憶することが可能なので、一般的にメモリの使用量が低減する。本発明は、支持材を成形された物体から分離することにより、成形された物体の後処理を減らす、より簡単な方法を提供する。

40

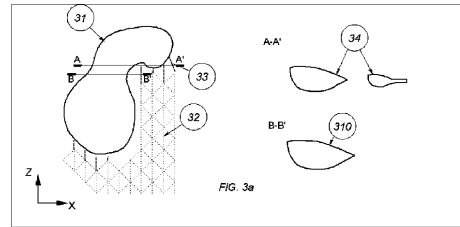
【図 1】



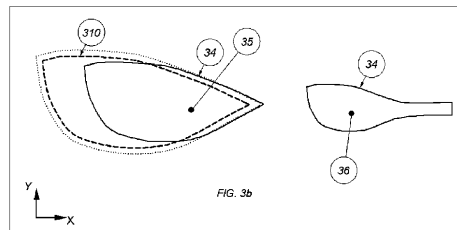
【図 2】



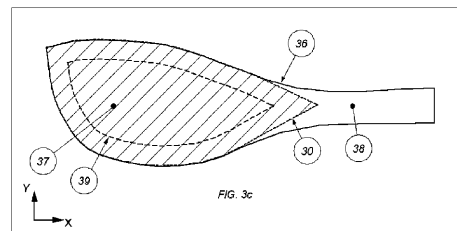
【図 3 a】



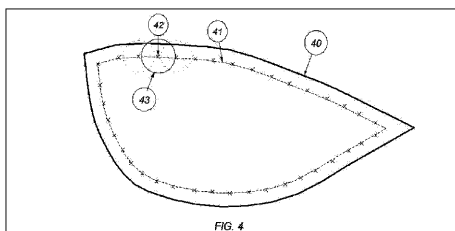
【図 3 b】



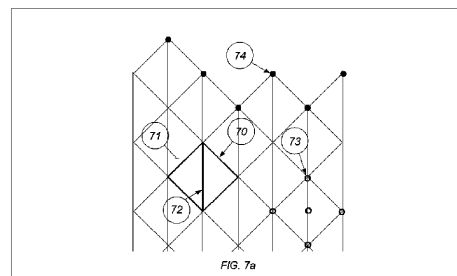
【図 3 c】



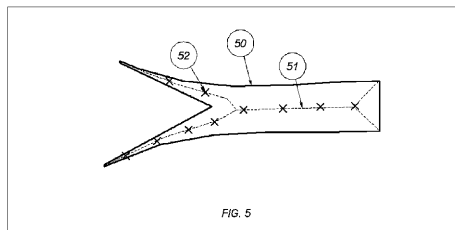
【図 4】



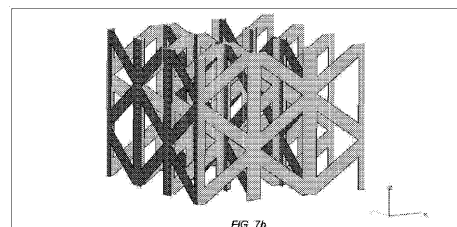
【図 7 a】



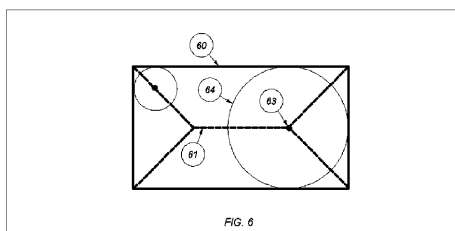
【図 5】



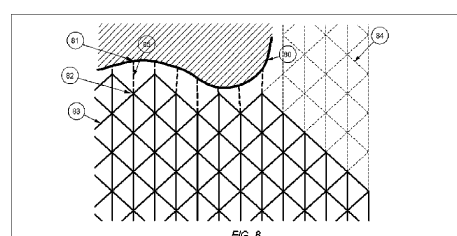
【図 7 b】



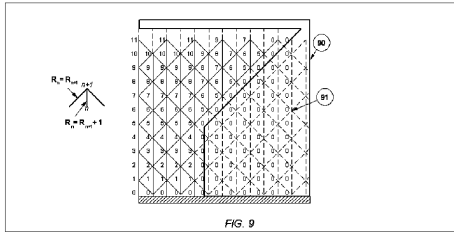
【図 6】



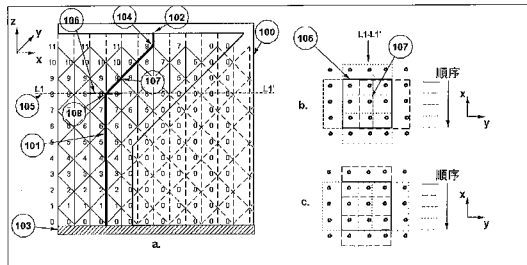
【図 8】



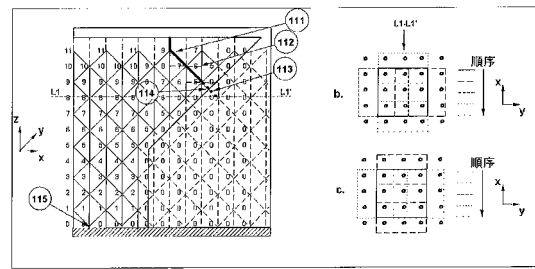
【図 9】



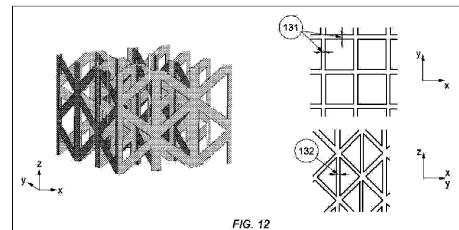
【図 10】



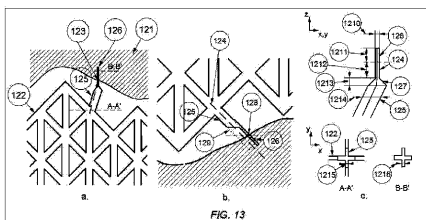
【図 11】



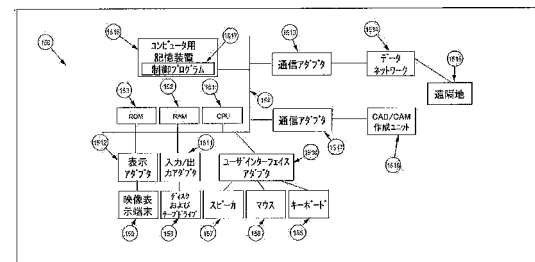
【図 12】



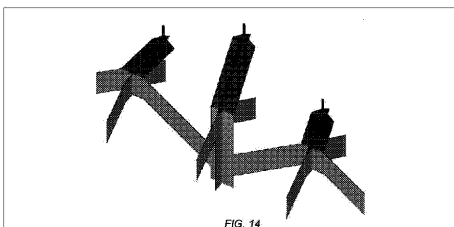
【図 13】



【図 15】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 レナップ, クルト
ベルギー, ベー-2270 ヘレンソート, ニジレンセテーンヴァーグ 106

審査官 松浦 功

(56)参考文献 特開平05-301293 (JP, A)
特開2007-062050 (JP, A)
特開2001-009920 (JP, A)
特表2004-508222 (JP, A)
特開2001-232690 (JP, A)
特開2004-130529 (JP, A)
特開平09-001675 (JP, A)
特開平09-169056 (JP, A)
特開平08-025487 (JP, A)
特開平06-008342 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 17/50
B29C 67/00