

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6765418号
(P6765418)

(45) 発行日 令和2年10月7日 (2020. 10. 7)

(24) 登録日 令和2年9月17日 (2020. 9. 17)

(51) Int. Cl.	F I		
G 0 6 F 30/10 (2020. 01)	G O 6 F 17/50	6 O 8 A	
B 2 9 C 64/386 (2017. 01)	G O 6 F 17/50	6 O 1 D	
B 3 3 Y 50/00 (2015. 01)	G O 6 F 17/50	6 O 4 H	
	G O 6 F 17/50	6 2 8 Z	
	G O 6 F 17/50	6 2 2 Z	
請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2018-510839 (P2018-510839)	(73) 特許権者	510102122
(86) (22) 出願日	平成28年8月26日 (2016. 8. 26)		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2018-533115 (P2018-533115A)		M A T E R I A L I S E N V
(43) 公表日	平成30年11月8日 (2018. 11. 8)		ベルギー、ベー-3001 ルーベン、テ クノロジーラール 15
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/048893		T e c h n o l o g i e l a a n 15,
(87) 国際公開番号	W02017/040248		B-3001 Leuven, Belg i um
(87) 国際公開日	平成29年3月9日 (2017. 3. 9)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	令和1年6月19日 (2019. 6. 19)		特許業務法人HARAKENZO WOR LD PATENT & TRADEMA RK
(31) 優先権主張番号	62/211, 546		
(32) 優先日	平成27年8月28日 (2015. 8. 28)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 積層造形における自立

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オブジェクトのデザインファイルを変更する、積層造形用システムであって、
記憶装置およびプロセッサを有する1つ以上のコンピュータからなるコンピュータ制御
システムを備え、

上記コンピュータ制御システムは、

オブジェクトの1つ以上の面が、閾値角度を下回る面角度を有しているかどうかを判定
することにより、上記オブジェクトの1つ以上の面が自立する面であるかどうかを判定し
、上記面角度は、上記面の平面からの法線と、上記オブジェクトが造形される造形面から
の法線との間の角度として算出され、

上記1つ以上の面のうちの第1の面が上記閾値角度を下回る面角度を有し、上記1つ以
上の面のうちの第2の面が上記閾値角度以上の面角度を有し、上記第1の面と上記第2の
面との間にある第1のエッジを含む1つ以上のエッジを追加し、

上記デザインファイルにおいて、上記1つ以上のエッジに沿って、1つ以上の追加の面
を生成し、上記一つ以上の追加の面を自立させることにより、上記オブジェクトのデザイ
ンを自立するように変更されることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

上記コンピュータ制御システムが、上記デザインファイルにおいて、さらに、最低肉厚
閾値に基づいて上記オブジェクトの1つ以上の部分の肉厚を変更するように構成されてい
ることを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

上記第 1 のエッジの指定には、基準と上記第 1 の面の位置とに基づいて上記第 2 の面を選択することが含まれることを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

上記基準には、上記第 1 のエッジに沿って作成される上記面が上記オブジェクトに追加する体積の最小化が含まれることを特徴とする、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

上記 1 つ以上の追加の面が、マーチングキューブアルゴリズムを用いて生成されることを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

上記コンピュータ制御システムが、さらに、上記第 1 のエッジが上記オブジェクトに収まるかどうかを判定し、上記第 1 のエッジが上記オブジェクトに収まらない場合、上記第 1 のエッジを除去するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

上記コンピュータ制御システムが、さらに、上記第 1 のエッジが別のエッジの閾値距離内に存在しているかどうかを判定し、上記第 1 のエッジが上記別のエッジの上記閾値距離内に存在していない場合、上記第 1 のエッジを除去するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

上記コンピュータ制御システムが、さらに、上記第 1 のエッジが複数の隣接するエッジと反対の方向を向いているかどうかを判定し、上記第 1 のエッジが上記複数の隣接するエッジと反対の方向を向いている場合、上記第 1 のエッジが上記複数の隣接するエッジと同じ方向を向くように変えるように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

積層造形において、オブジェクトのデザインを自立するように変更する方法であって、前記方法は、
デザインファイルを受信し、該受信したデザインファイルをコンピュータの記憶装置に保存する工程と、

前記デザインファイルの面が、閾値角度を下回る面角度を有していることを判定することにより、自立しないデザインファイルの面を特定する工程であって、上記面角度は、上記面の平面からの法線と、上記オブジェクトが造形される造形面からの法線との間の角度として算出される工程と、

1 つ以上の面のうちの第 1 の面が上記閾値角度を下回る面角度を有し、上記オブジェクトの第 2 の面が上記閾値角度以上の面角度を有し、上記第 1 の面と上記第 2 の面との間にある第 1 のエッジを含む 1 つ以上のエッジを追加する工程と、

上記デザインファイルにおいて、上記 1 つ以上の追加されたエッジに沿って、1 つ以上の追加の面を生成する工程であって、上記一つ以上の追加の面を自立させることにより、上記オブジェクトのデザインを自立するように変更される工程と、

上記変更されたデザインファイルを、上記コンピュータの記憶装置に保存する工程とを含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

上記保存されたデザインファイルにおける、自立しないフィーチャを特定する工程と、
上記特定したフィーチャを、予め規定された自立するフィーチャで置き換えることにより、上記デザインファイルを変更する工程と、を更に含むことを特徴とする、請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、米国仮出願第 62 / 211, 546 号の利益および優先権を主張する。上記仮出願の全ての開示内容は、参照によって本願明細書に組み込まれる。

【0002】

(本発明の背景)

本発明は、概して積層造形（例えば、3次元印刷）技術に関連し、具体的には、自立するオブジェクトの積層造形用自動設計に関連する。

【0003】

造形原材料を加工するのにエネルギー源を用いる積層造形技術は、その製造工程において、熱的応力および機械的応力そして、さらにひずみを生じやすい。これらの応力及びひずみは、例えば造形原材料の加熱および冷却によって生じた、該材料の膨張および収縮によって引き起こされる場合がある。製造中または製造後のオブジェクトに対するこれらの応力およびひずみは、該オブジェクトを変形させる可能性があり、製造中のオブジェクトに対するこれらの応力は、造形工程の継続を妨げてしまう可能性がある。

【0004】

場合によっては、製造中のオブジェクトを支持するための支持体が、製造工程中に用いられることがある。これらの支持体は、オブジェクトに直接接触してもよい。そして、これらの支持体は、応力およびひずみによる該オブジェクトの変形または歪みを防いだり、放熱板として機能したり、かつ／または該オブジェクトを特定の位置に保つように（例えば、重力に対抗して）垂直方向に支持したりする。しかしながら、このような支持体の追加は、該支持体に必要な追加材料、該支持体をオブジェクトのデザインに設けるために必要な追加時間、および該支持体を除去するのに必要な追加の後工程により、製造時間および製造コストを増加させる恐れがある。

【0005】

従って、積層造形中にオブジェクトを支持するための改良技術が求められている。

【0006】

(発明の概要)

ある実施形態において、積層造形用のシステムが提供される。上記システムは、記憶装置およびプロセッサを有する1つ以上のコンピュータからなるコンピュータ制御システムを備える。上記コンピュータ制御システムは、オブジェクトの1つ以上の面が、閾値角度を下回る面角度を有しているかどうかを判定するように構成されている。上記コンピュータ制御システムは、さらに、上記1つ以上の面のうちの第1の面が上記閾値角度を下回る面角度を有し、上記1つ以上の面のうちの第2の面が上記閾値角度以上の面角度を有する場合、上記第1の面と上記第2の面との間にある第1のエッジを含む1つ以上のエッジを指定するように構成されている。そして、上記デザインファイルにおいて、1つ以上の追加の面が上記1つ以上のエッジに沿って生成される。

【0007】

(図面の簡単な説明)

図1は、3Dオブジェクトを設計および製造するためのシステムの例を示す図である。

【0008】

図2は、図1に示すコンピュータの一例を示す機能ブロック図である。

【0009】

図3は、図1に示すシステムを用いて3Dオブジェクトを製造するための高水準工程を示す図である。

【0010】

図4は、積層造形を用いて製造されるオブジェクトのデザインをコンピュータが変更しうる工程を示すフローチャートである。

【0011】

図5Aは、オブジェクトの例を示す図である。

【0012】

図5Bは、エッジが追加された、図5Aに示すオブジェクトの例を示す図である。

【0013】

図5Cは、上記エッジに沿って面が追加された、図5Bに示すオブジェクトの例を示す図である。

【0014】

図6は、オブジェクトにおける異なるエッジに沿って造形された支持体間の体積差の例を示す図である。

【0015】

図7は、積層造形を用いて製造されるオブジェクトのデザインを、コンピュータが変更しうる別の工程を示すフローチャートである。

【0016】

〔本発明の実施形態の詳細な説明〕

以下の説明および付随する図面は特定の実施形態を対象としたものである。いかなる特定のコンテキストにおいて説明される実施形態も、本開示を特定の実施形態または特定の用途に限定するものではない。また、開示される実施形態、態様、および／または特徴が、いかなる特定の実施形態にも限定されないことは、当業者によって認識されるところである。

【0017】

本明細書に記載のシステムおよび方法は、様々な積層造形システムおよび技術、および／または、3次元(3D)印刷システムおよび技術を用いて実施しうる。一般的に、積層造形技術は、形成される3Dオブジェクトのデジタル表現から始まる。上記デジタル表現は、通常、一続きの断面層、すなわち、「スライス」に分割され、これらが全体として上記オブジェクトを形成するように重畳される。これらの層は3Dオブジェクトを表し、計算装置によって実行される積層造形用モデリングソフトウェアを用いて生成してもよい。上記ソフトウェアは、例えば、コンピュータ支援設計および製造(CAD/CAM)ソフトウェアを含んでもよい。3Dオブジェクトの断面層についての情報は、断面データとして保存されてもよい。積層造形(例えば、3D印刷)装置またはシステムは、3Dオブジェクトを層ごとに造形するために、上記断面データを用いてもよい。従って、積層造形では、コンピュータ支援設計(CAD)ファイル、具体的には、STLファイル等の、コンピュータによって生成されたオブジェクトのデータから、3Dオブジェクトを直接製造することができる。積層造形は、治工具無しに、また、別々の部品を組み立てる必要無しに、単純な部品も複雑な部品も素早く製造する能力を提供する。

【0018】

ステレオリソグラフィ法(SLA)は、3Dオブジェクトを1層ずつ「印刷」するために用いられる積層造形技術である。SLA装置は、例えば、放射光線によって光反応性物質を硬化させるために、レーザーを使用してもよい。いくつかの実施形態においては、オブジェクトを1層ずつ造形するために、上記SLA装置は、例えば硬化性フォトリソマー(「樹脂」)等の光反応性物質の表面全体にレーザを向ける。レーザ光は、各層ごとに液体樹脂の表面上で上記オブジェクトの断面を描き、それによって該断面を硬化および凝固させ、下の層に結合させる。層が1つ完成すると、SLA装置は、1層の厚みと等しい距離分だけ製造プラットフォームを下降させ、前の層の上に未硬化の樹脂(または光反応性材料等)からなる新たな面を堆積させる。この面の上に新たなパターンを描くことで、新しい層を形成する。この工程を1層ずつ繰り返すことにより、完全な3D部品が形成される。

【0019】

選択的レーザ焼結法(LS)は、オブジェクトの3D印刷に用いられるもう1つの積層造形技術である。多くのLS装置は、プラスチック、金属、セラミック、またはガラス粉末からなる小さな粒子を、3Dオブジェクトへと「焼結」(つまり、融着)させるのに高出力レーザ(例えば、炭酸ガスレーザ)を用いる。SLAと同様、LS装置は、CAD設計に基づいて、オブジェクトの断面を粉末床の表面上で走査するのにレーザを用いてもよ

10

20

30

40

50

い。また、SLAと同様、層が1つ完成すると、LS装置は、1層の厚み分だけ製造プラットフォームを下降させ、新しい層が形成できるように新たな材料層を追加してもよい。いくつかの実施形態において、LS装置は、焼結工程においてレーザが温度を上昇させるのを容易にするために、上記粉末を予熱してもよい。

【0020】

選択的レーザ溶融法(LM)は、オブジェクトの3D印刷に用いられるさらに別の積層造形技術である。LSと同様、LM装置は、一般的に、固体の金属オブジェクトを形成する目的で金属粉末からなる薄い層を選択的に溶融するのに高出力レーザを用いる。LSに類似してはいるが、LMは一般的にLSの場合よりも遥かに高い融点を有する材料を用いるという点で、LSとは異なっている。LMを用いてオブジェクトを作成する際は、金属粉末からなる薄い層を、様々な塗工機構を用いて分布させてもよい。SLAおよびLSと同様、製造面が上下に移動することで、各層が個別に形成される。

10

【0021】

熱溶解積層法(FDM)は、例えば、各層を形成するのに熱可塑性材料からなる小さなビーズを押出ノズルから押出すことによって3Dオブジェクトを製造する、別の積層造形技術である。一般的な構成では、原材料を押出す際に、該原材料が溶解されるように押出ノズルが加熱される。ノズルから押出された後、上記原材料はすぐに硬化する。上記押出ノズルは、適当な機械装置によって1次元以上の次元で移動されてもよい。上述の積層造形技術と同様、上記押出ノズルは、CADまたはCAMソフトウェアにより制御された経路をたどる。また、上述の積層造形技術と同様に、部品は下から上に向かって1層ずつ造形される。

20

【0022】

電子ビーム溶融法(EBM)および直接金属レーザ焼結法(DMLS)は、オブジェクトの3D印刷に用いられる積層造形技術のその他の例である。

【0023】

積層造形装置によるオブジェクトの形成には、様々な材料を用いることができる。これら材料の例としては、ポリプロピレン、熱可塑性ポリウレタン、ポリウレタン、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン(ABS)、ポリカーボネート(PC)、PC-ABS、PLA、ポリスチレン、リグニン、ポリアミド、ガラス粒子または金属粒子のような添加剤が添加されたポリアミド、メチルメタクリレート-アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン共重合体、ポリマーセラミック合成物等の再吸収性材料、およびその他の好適な類似する材料等を挙げることができるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態においては、市販の材料を用いてもよい。市販の材料としては、DSM Somos(登録商標)シリーズの材料である7100、8100、9100、9420、10100、11100、12110、14120、および15100(DSM Somos社製)；ABSplus-P430、ABSi、ABS-ESD7、ABS-M30、ABS-M30i、PC-ABS、PC-ISO、PC、ULTEM 9085、PPSF、およびPPSU材料(Stratasys社製)；Accura Plastic、DuraForm、CastForm、Laserform、およびVisiJetラインの材料(3-Systems社製)；アルミニウム、コバルトクロム、およびステンレススチール材料：マレージング鋼；ニッケル合金；チタン：PAラインの材料、PrimeCastおよびPrimePartといった材料、およびAlumideおよびCarbonMide(EOS GmbH社製)が挙げられる。

30

40

【0024】

上述の積層造形技術を用いて形成されたオブジェクトは、例えば、3Dオブジェクトの製造中に発生する高応力および／またはひずみを原因として、その設計寸法から歪む傾向がある。例えば、LM法の工程においては、3Dオブジェクトの生成に用いられるレーザ等のエネルギー源による高温を原因として、熱的および／または機械的な応力および／またはひずみが発生する場合がある。より詳細には、LM法の工程で用いられる粉末の溶解に起因して、高い温度勾配が存在することがある。これらの高勾配が製造中のオブジェク

50

トに対する熱的応力および／またはひずみを発生させる恐れがある。さらに、用いられている特定の材料の性質によって、内部の機械的応力および／またはひずみが生じる恐れがある。これらの機械的応力および／またはひずみは、例えば、オブジェクトの形成に用いられる材料がエネルギー源によって走査される際に起こる、該材料の収縮または膨張を含むこともある。

【0025】

オブジェクトにかかる高い応力および／またはひずみにより、該オブジェクトの特定の部分がその造形中に変形されて、出来損ないもしくは「破損した」構造、または、不精密であり、かつ／または欠陥があるオブジェクトができてしまう恐れがある。例えば、製造中のオブジェクトの下層のうちの变形した部分がいずれかの層の加工中に曲がったり、または巻き上がったりとすると、LM装置の粉体塗工装置が該変形した部分に当たる恐れがある。

10

【0026】

オブジェクトまたはオブジェクトの一部を所定の位置に保ち、造形工程中のオブジェクトの変形を防ぐために、オブジェクト支持体（以下、「支持体」とも称する）を用いてもよい。「オブジェクト支持体」は、通常、例えば、基板、内部オブジェクト構造（例えば、オブジェクトの別の部分）、または外部オブジェクト構造（例えば、該オブジェクトと同じ造形工程中に製造される別のオブジェクト）と、製造中の該オブジェクトとの接続部を形成する構造のことを指す。オブジェクト支持体は、該オブジェクトと共に製造できるものであれば、実質的にいかなる形状および大きさを有していてもよい。そして、所定のオブジェクトは、その積層造形中、該オブジェクトのデザインおよび選択された積層造形工程に基づいて、様々に異なる形状および大きさのオブジェクト支持体により支持されていてもよい。例えば、参照により本明細書にその全てが組み込まれる米国仮出願第61/816,313号およびPCT特許出願番号PCT/EP2014/058484には、積層造形工程中使用可能な「ハイブリッド支持体」の使用が記載されている。

20

【0027】

オブジェクト支持体は、各層をその設計寸法に抑制することによって、積層造形後に結果として得られるオブジェクトの精度を向上させる。さらに、オブジェクト支持体は、積層造形工程により発生する熱的応力およびひずみを減少させるために、オブジェクトの層から支持構造物および／または基板に熱を逃がすものであってもよい。

30

【0028】

しかしながら、オブジェクトの製造時にそのような支持体を追加すると、該支持体を造形するための追加材料の使用と、該支持体の該オブジェクトからの除去とが必要になる。支持体の除去工程は、時間を要し、かつ、難しいものである可能性がある。具体的には、本明細書に記載される、支持体を除去する比較工程では、やっところ、金槌、および、のみがオブジェクトから支持体を壊し取るのに用いられる。そのような支持体の破壊には、やっところ、金槌、および、のみから該支持体に対して大きな力をかけることを必要とし得、かつ、正確性も必要となりうる。

【0029】

従って、本明細書に記載のシステムおよび方法では、積層造形技術および装置を用いて製造されるオブジェクトのデザインを変更することにより、該オブジェクトの製造に必要な支持体のうちの一部または全てを省きうる。具体的には、オブジェクトのデザインを、自立するものにし、かつ、支持体の追加を必要としないものに変更してもよい。いくつかの実施形態においては、設計においてオブジェクトの一部の肉厚は、該オブジェクトが確実に自立するよう、選択的に変更されてもよい。例えば、本明細書に記載のシステムおよび方法では、デザインファイル（例えば、STLファイル）におけるオブジェクトの各面の肉厚が最低肉厚閾値を確実に上回るようにしてもよい。上記閾値を下回ると判定された面については、上記閾値を下回る該面が最低肉厚閾値に設定されるよう、上記デザインファイルを変更してもよい。

40

【0030】

50

また、本明細書に記載のシステムおよび方法では、オブジェクトを表すそれぞれの面（例えば、STLファイルにおける三角形）ごとに、該面の面角度が、その時点において該面が自立していることを示すかどうか（例えば、自立するために最低面角度閾値を該面角度が上回っているかどうか）を判定してもよい。本技術分野において知られている通り、該面の平面からの法線とオブジェクトが造形される造形面からの法線との間の角度として、ある面の面角度を算出してもよい。最低面角度閾値を下回る面角度を有し、それにより自立しないと判定された面については、該自立しない面が自立する面に接続するようにデザインファイルを変更してもよい。この接続部は、オブジェクトにおける自立しない面と自立する面との間でエッジ（例えば、線）を接続し、該エッジに沿って面を造形することによって造形されてもよい。エッジに沿った面は、いくつかの実施形態においては、マーチングキューブアルゴリズムを用いて造形してもよく、その他の好適な方法を用いて造形しもよい。また、自立する面の選択は、自立しない面と該自立する面との間のエッジが、該エッジに沿って造形される面によって追加されるであろう体積を最小化する等の何らかの基準に基づいて行ってもよい。

【0031】

各自立しない面のために自立する面に所定の基準に従って追加されるエッジは、オブジェクト用に面を造形するエッジのうち、準最適に選択されたものであってもよい。従って、本明細書に記載のシステムおよび方法では、さらに、オブジェクト用にエッジに沿って面を造形する前に、該選択されたエッジの調節を行ってもよい。例えば、オブジェクトの所定の領域において、ほとんどのエッジが一方向に向いている中、反対方向に向いている1つ以上のエッジが存在する場合、該反対方向に向いている1つ以上のエッジの向きをその他のエッジと同じ方向に向くように変更し、それにより、別の自立する面に接続させてもよい。例えば、所定の領域における一定の割合（例えば、ある割合閾値以上）の全てのエッジが一方向に向いている場合、反対方向に向いているエッジの向きを、該一方向に変更してもよい。さらに、面内に収まらないエッジ、または、閾値距離内に他のエッジ（または最低数の追加エッジ）を有さないエッジについては、除去してもよい。

【0032】

デザインを自立させる、本明細書に記載のシステムおよび方法が利用される、設計工程内の段階の数は限定されないことは、当業者によって理解されることである。上記システムおよび方法は、例えば、オブジェクトの設計における空洞化工程中、該オブジェクトの穿孔中、またはその他の好適な工程または作業中に実現してもよい。

【0033】

本明細書に記載のいくつかの実施形態は、造形材料として樹脂を用いるステレオリソグラフィ技術についての記載であるが、本明細書に記載のシステムおよび方法は、その他の特定の積層造形技術および／またはその他の特定の造形材料に関連して用いられてもよく、これは、当業者によって理解されることである。

【0034】

本発明の実施形態は、3Dオブジェクトを設計および製造するためのシステムにおいて実施されてもよい。図1は、3Dオブジェクトの設計および製造の実現に好適なコンピュータ環境の例を示す図である。上記環境はシステム100を備えている。このシステム100は、1つ以上のコンピュータ102a~102dを備えており、これらは、例えば、任意のワークステーション、サーバ、または情報処理が可能なその他の計算機であってもよい。いくつかの態様において、各コンピュータ102a~102dは、任意の好適な通信技術（例えば、インターネットプロトコル）によってネットワーク105（例えば、インターネット）に接続できる。従って、上記コンピュータ102a~102dは、ネットワーク105を介して相互に情報（例えば、ソフトウェア、3Dオブジェクトのデジタル表現、コマンド、または積層造形装置を動作させるための指示等）を送受信しうる。

【0035】

上記システム100は、さらに、1つ以上の積層造形装置（例えば、3Dプリンタ）106aおよび106bを備えている。図示の通り、積層造形装置106aはコンピュータ

102dに直接接続されており（かつ、コンピュータ102dを経由し、ネットワーク105を介してコンピュータ102a～102cに接続されており）、積層造形装置106はネットワーク105を介してコンピュータ102a～102dに接続されている。従って、積層造形装置106はコンピュータ102に直接接続されてもよく、ネットワーク105を介してコンピュータ102に接続されてもよく、かつ／または他のコンピュータ102およびネットワーク105を介してコンピュータ102に接続されてもよいことは、当事者に理解されるところである。

【0036】

なお、ネットワークおよび1つ以上のコンピュータに関連してシステム100を説明したが、本明細書に記載の技術は、単体のコンピュータ102に対しても適用可能であることにも留意すべきである。そして、該コンピュータ102は積層造形装置106に直接接続されてもよい。

【0037】

図2は、図1に示すコンピュータの一例を示す機能ブロック図である。コンピュータ102aは、プロセッサ210、これとデータ通信を行う記憶装置220、入力装置230、および出力装置240を備えている。いくつかの実施形態において、上記プロセッサは、さらに、光ネットワークインターフェイスカード260とデータ通信していてもよい。別途説明するが、コンピュータ102aに関して説明される各機能ブロックは、別々の構造要素でなくてもよいと理解すべきである。例えば、プロセッサ210および記憶装置220は、1つのチップに組み込まれていてもよい。

【0038】

上記プロセッサ210は、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA）またはその他のプログラマブル論理装置、ディスクリートゲートまたはトランジスタ論理回路、ディスクリートハードウェア構成要素、または本明細書に記載の機能を果たすように設計された、これらの任意の好適な組み合わせであってもよい。また、プロセッサは、計算機の組み合わせとして実現されてもよい。このような組み合わせの例としては、DSPとマイクロプロセッサとの組み合わせ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連結した1つ以上のマイクロプロセッサ、またはその他の類似する構成が挙げられる。

【0039】

上記プロセッサ210は、記憶装置220からの情報の読み取りまたは記憶装置220への情報の書き込みのため、1つ以上のバスを介して該記憶装置220に接続されていてもよい。上記プロセッサは、プロセッサレジスタ等の記憶装置を、追加的にもしくは選択的に備えていてもよい。上記記憶装置220は、各階層が異なる容量および異なるアクセススピードを有する多階層キャッシュを含むプロセッサキャッシュを備えていてもよい。また、上記記憶装置220は、ランダム・アクセス・メモリ（RAM）、その他の揮発性記憶装置、または不揮発性記憶装置を備えていてもよい。上記記憶装置は、ハードドライブ、コンパクトディスク（CD）またはデジタルビデオディスク（DVD）等の光ディスク、フラッシュメモリ、フロッピーディスク（登録商標）、磁器テープ、およびZipドライブを備えていてもよい。

【0040】

また、上記プロセッサ210は、コンピュータ102aのユーザからの入力を受信するための入力装置230および該ユーザに対する出力を行うための出力装置240に接続されていてもよい。好適な入力装置としては、キーボード、ボタン、キー、スイッチ、ポインティングデバイス、マウス、ジョイスティック、リモコン、赤外線検知器、バーコードリーダー、スキャナ、（場合により、例えば、手ぶりまたは顔のしぐさを検知する映像処理ソフトウェアに接続された）ビデオカメラ、モーション検知器、または（場合により、音声コマンドを検知するために音声処理ソフトウェアに接続された）マイクが挙げられるが、これらに限定されない。好適な出力装置としては、ディスプレイおよびプリンタを含む視覚的出力装置、スピーカ、ヘッドフォン、イヤフォン、およびアラームを含む音声出力

10

20

30

40

50

装置、積層造形装置、および触覚的出力装置が挙げられるが、これらに限定されない。

【0041】

上記プロセッサ210は、さらに、ネットワークインターフェイスカード260に接続されていてもよい。上記ネットワークインターフェイスカード260は、ネットワークを介する、1つ以上のデータ伝送プロトコルに基づく送信のためにプロセッサ210により生成されたデータを下処理する。また、上記ネットワークインターフェイスカード260は、1つ以上のデータ伝送プロトコルに基づいてネットワークを介して受信したデータの復号を行う。上記ネットワークインターフェイスカード260は、送信機、受信器、またはその両方を備えていてもよい。他の実施形態において、上記送信機および受信器は2つの別個の構成要素であってもよい。上記ネットワークインターフェイスカード260は、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ(FPGA)またはその他のプログラマブル論理装置、ディスクリートゲートまたはトランジスタ論理回路、ディスクリートハードウェア構成要素、または本明細書に記載の機能を果たすように設計された、これらの任意の好適な組み合わせとして具体化されていてもよい。

10

【0042】

図3は、3Dオブジェクトを製造するための工程300または装置を示す図である。図示の通り、ステップ305では、コンピュータ102a等のコンピュータを用いてオブジェクトのデジタル表現が設計される。3Dオブジェクトのデジタル表現の設計支援のため、例えば、2Dデータまたは3Dデータがコンピュータ102aに入力されてもよい。続いて、ステップ310では、コンピュータ102aから積層造形装置106等の積層造形装置に情報が送信され、該装置106は受信した情報に従って製造工程を開始する。ステップ315では、積層造形装置106が、ポリマー粉末または金属粉末等の好適な材料を用いて、3Dオブジェクトの製造を継続する。さらに、ステップ320では、3Dオブジェクトが生成される。

20

【0043】

図4は、積層造形を用いて製造されるオブジェクトのデザインを、図1に示すコンピュータ102等のコンピュータが変更しうる工程を示している。コンピュータ102は、該コンピュータのプロセッサに工程400の各ステップを行わせるソフトウェアを実行していてもよい。工程400は、積層造形されるオブジェクトのデザインファイルをコンピュータ102が受信するブロック405から始まる。上記デザインファイルは、積層造形の分野で用いられているようなSTLファイル形式(または他の適切なファイル形式)であってもよい。上記デザインファイルが適切なファイル形式でない場合、コンピュータ102は、標準ソフトウェアを用いて該デザインファイルを異なる形式に変換するように構成されていてもよい。例えば、コンピュータは、CADファイルをSTLファイルに変換する変換ソフトウェアを含んでいてもよい。

30

【0044】

続いて、ブロック410で、コンピュータ102は、閾値面角度を下回る面角度を有する面があるかどうか、上記デザインファイルを(例えば、面毎または三角形毎に)確認するように構成されていてもよい。ブロック410において閾値面角度を下回る面角度を有する面が存在しない場合、上記工程を終了してもよい。ブロック410において1つ以上の面が上記閾値を下回る面角度を有している場合、上記工程はブロック415に進んでもよい。例えば、図5Aに示す通り、枠510内でオブジェクト500の面は閾値を下回る面角度を有している。また、オブジェクト500の残りの面は、自立していると判定される。

40

【0045】

さらに、ブロック415で、コンピュータ102は、上記閾値を下回る面角度を有する面(そして、そのために自立しない面であると判定された面)について、該自立しない面と自立すると判定された面とを接続するため、該自立しない面と該自立する面との間にエッジを指定する。いくつかの実施形態において、特定の自立しない面と接続するための自

50

立する面は、ある基準に基づいて選択される。いくつかの実施形態において、上記基準は、上記自立しない面と、複数の自立する面から選択された上記自立する面との間にエッジが追加する体積を最小化する要素を含んでいてもよい。例えば、上記自立しない面からの距離が最も近い自立する面を選択してもよい。例えば、図5Bに示す通り、自立しない面と自立する面との間に、複数のエッジ515が描かれる。

【0046】

図6は、支持体を沿わせて造形するために選択されたエッジによって、該エッジが追加する体積がどう異なるかを示す図である。図示の通り、線605はオブジェクトの自立しない面を示している。線610および615は、その線に沿って支持体が造形されうるエッジの候補を示している。図示の通り、エッジ615の概略方向よりもエッジ610の概略方向の方が面605の概略方向に近い（言い換えれば、面605とエッジ610との間の角度は、面605とエッジ615との間の角度よりも小さい）。また、エッジに沿って支持体を造形する際、該支持体は、固定の面領域または選択された面領域に沿って上記面と接触しうる。従って、上記支持体が面605と接触する面領域が、エッジ610および615のそれぞれに沿った支持体の造形に共通して用いられる場合、図示の角度差により、エッジ610に沿って造形される支持体612の体積が、エッジ615に沿って造形される支持体617の体積よりも小さくなる。従って、いくつかの実施形態において、自立しない面と同じ概略方向にあるエッジを選択する、または、自立しない面に対する角度が最小であるエッジを選択することによって、エッジが追加する体積を最小化してもよい。

【0047】

図4に戻って説明する。選択ブロック420では、選択されたエッジの調節が行われる。コンピュータ102は、各エッジについて、例えば、該エッジを囲んでいるオブジェクトの所定の体積において複数のエッジのうちのある割合のエッジが1つの概略方向に向かうかどうか、および、該割合が閾値を上回っているかどうかを判定する。上記割合が閾値を上回っている場合、および、所定のエッジが、上記1つの概略方向に向かっているエッジとは概して反対の方向に向かっている場合、該所定のエッジの向きをその他のエッジと同じ方向にいくように指定し、それに伴い、別の自立する面に接続してもよい。追加的にもしくは代わりに、上記面に収まらないエッジを除去してもよい。追加でもしくは代わりに、コンピュータ102は、各エッジについて、該エッジを囲んでいるオブジェクトの所定の体積において最低数の追加エッジが存在するかどうかを判定してもよい。そして、最低数の追加エッジが存在しない場合、該所定のエッジを除去してもよい。

【0048】

さらに、ブロック425では、各エッジ上に面が作成される。上記面の作成には、例えば、マーチングキューブアルゴリズムを用いてもよい。他の実施形態においては、エッジ上に面を作成する他の技術を用いてもよい。例えば、解析的円柱または解析的円錐をエッジに沿って作成し、ブール演算を用いてそれらを三角モデルに変換し、結合してもよい。さらに他の実施形態においては、非一様有理Bスプライン（NURBS）面を用いてもよい。その結果、オブジェクトのデザインが自立したものになり得、追加の支持体が必要なくなる。例えば、図5Cは、追加の面520によって自立するように変更されたオブジェクト500を示している。

【0049】

上記工程を終えた後、本明細書に記載の技術等の積層造形技術を用いて上記デザインの製造が行われてもよい。

【0050】

図7は、積層造形によって製造されるオブジェクトのデザインを、図1に示すコンピュータ102等のコンピュータが変更しうる別の工程を示している。工程700は、工程400への追加として行っても、工程400の代わりに行ってもよく、これは、当業者によって理解されるところである。例えば、オブジェクトのデザインを変更するためにまず工程700を行い、その後、更なる変更のために工程400を行ってもよい。

【0051】

工程700はブロック705から始まる。ブロック705では、積層造形されるオブジェクトのデザインファイルをコンピュータ102が受信する。上記デザインファイルは、積層造形の分野で用いられているようなSTLファイル形式（または他の適切なファイル形式）でありうる。上記デザインファイルが適切なファイル形式でない場合、コンピュータ102は、標準ソフトウェアを用いて該デザインファイルを異なる形式に（例えば、CADファイルからSTLファイルに）変換するように構成されていてもよい。

【0052】

続いて、ブロック710では、コンピュータ102が、自立しないと判明している／予め規定された、オブジェクトフィーチャ（例えば、概ね閾値のサイズ／直径を有している、または、該閾値を上回るサイズ／直径を有している円穴等）があるかどうか、上記デザインファイルを（例えば、既知の画像技術または既知のフィーチャ認識技術を用いて）確認するように構成されていてもよい。ブロック710において、自立しないと判明している、上記オブジェクトのフィーチャが存在しないと判定された場合、上記工程は終了する。ブロック710において、1つ以上のフィーチャが自立しないと分かっている場合、上記工程はブロック715に進みうる。例えば、オブジェクトにおける（例えば、閾値サイズを上回る）円穴を、自立しないフィーチャであると判定してもよい。

【0053】

ブロック715では、自立しないと判定されたフィーチャが、対応する予め規定された自立するフィーチャに置き換えられる。例えば、図5Aに示す円穴を、図5Cに示す液滴形状の穴に置き換えてもよい。コンピュータ102は、自立しないと判明しているフィーチャと、該自立しないフィーチャに対応し、該自立しないフィーチャを置き換える自立するフィーチャとのライブラリおよび／またはデータベースを含んでいてもよい。上記ライブラリは上記フィーチャおよび代替物の概略形状情報を含んでいてもよく、また、コンピュータ102は、デザインファイルのオブジェクトに適合するように保存された該フィーチャおよび代替物の情報の縮尺変更または変形を行うことが可能であってもよい。上記工程が終わった後、本明細書に記載の技術等の積層造形技術を用いて上記デザインの製造が行われてもよい。

【0054】

本明細書に記載の様々な実施形態は、コンピュータ制御システムの用途を規定するものである。これらの実施形態は、汎用および／または特殊用途向けの計算システム環境または構成を含む、多数の異なる種類の計算機によって実現されてもよく、これは、当業者によって容易に理解されるところである。上述の実施形態に関連する用途に好適でありえる公知の計算システム、環境、および／または構成の例としては、パーソナルコンピュータ、サーバコンピュータ、携帯用装置またはラップトップ型装置、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサ系システム、プログラマブル家庭用電子機器、ネットワークPC、ミニコンピュータ、大型汎用コンピュータ、上記システムまたは装置のうちのいずれかを含む分散計算環境等が挙げられるが、これらに限定されない。これらの装置は、記憶された指示を含んでいてもよく、該指示が該計算機のマイクロプロセッサによって実行された場合に、該計算機に該指示を遂行するように特定の動作を行わせてもよい。本明細書に記載の通り、指示は、上記システムにおいて情報を処理するためにコンピュータにより実現されるステップを指す。指示は、ソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェアにおいて実現可能であり、上記システムの構成要素により実施されるプログラムされた任意の種類のステップを含んでいてもよい。

【0055】

マイクロプロセッサは、Pentium（登録商標）プロセッサ、Pentium（登録商標）プロ・プロセッサ、8051プロセッサ、MIPS（登録商標）プロセッサ、Power PC（登録商標）プロセッサ、またはAlpha（登録商標）プロセッサ等の、任意の従来の単一／マルチチップ汎用マイクロプロセッサであってもよい。さらに、上記マイクロプロセッサは、デジタル信号プロセッサまたはグラフィックプロセッサ等の、任意の従来の特殊用途向けマイクロプロセッサであってもよい。通常、上記マイクロプロ

10

20

30

40

50

セッサは、従来のアドレスライン、従来のデータライン、および1つ以上の従来の制御ラインを備えている。

【0056】

本明細書に記載の本発明の態様および実施形態は、ソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、またはこれらの組み合わせのうちのいずれかを作るための標準のプログラミングまたはエンジニアリング技術を用いる方法、装置、または製造物として実現されてもよい。本明細書における「製造物」は、ハードウェアにおいて実現されるコードまたはロジック、コンピュータが読み取り可能な、光学記憶装置および揮発性または不揮発性の記憶装置等の一時的でない媒体において実現されるコードまたはロジック、または、信号、搬送波等のコンピュータ読み取り可能な一時的な媒体において実現されるコードまたはロジックのことを指す。上記ハードウェアとしては、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA）、特定用途向け集積回路（ASIC）、結合プログラマブル論理装置（CPLD）、プログラマブル論理アレイ（PLA）、マイクロプロセッサ、またはその他の類似の処理装置が挙げられるが、これらに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】3Dオブジェクトを設計および製造するためのシステムの例を示す図である。

【図2】図1に示すコンピュータの一例を示す機能ブロック図である。

【図3】図1に示すシステムを用いて3Dオブジェクトを製造するための高水準工程を示す図である。

【図4】積層造形を用いて製造されるオブジェクトのデザインをコンピュータが変更する工程を示すフローチャートである。

【図5A】オブジェクトの例を示す図である。

【図5B】エッジが追加された、図5Aに示すオブジェクトの例を示す図である。

【図5C】上記エッジに沿って面が追加された、図5Bに示すオブジェクトの例を示す図である。

【図6】オブジェクトにおける異なるエッジに沿って造形された支持体間の体積差の例を示す図である。

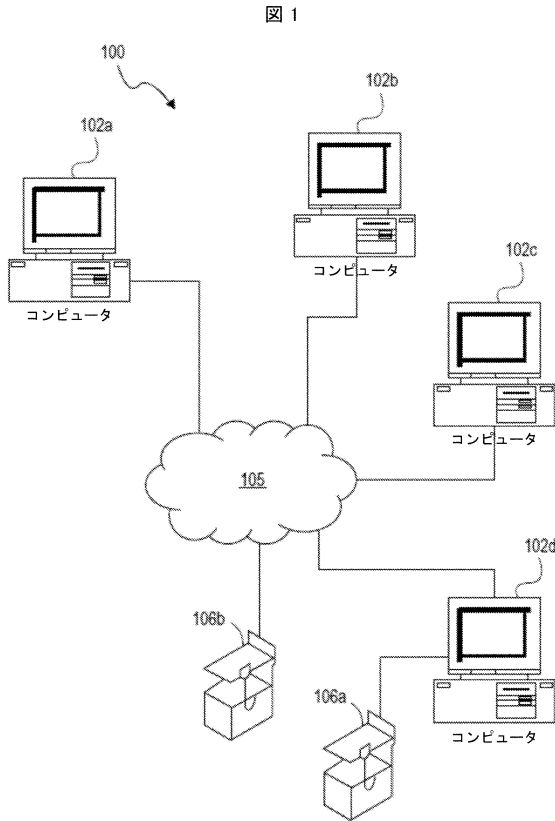
【図7】積層造形を用いて製造されるオブジェクトのデザインを、コンピュータが変更する別の工程を示すフローチャートである。

10

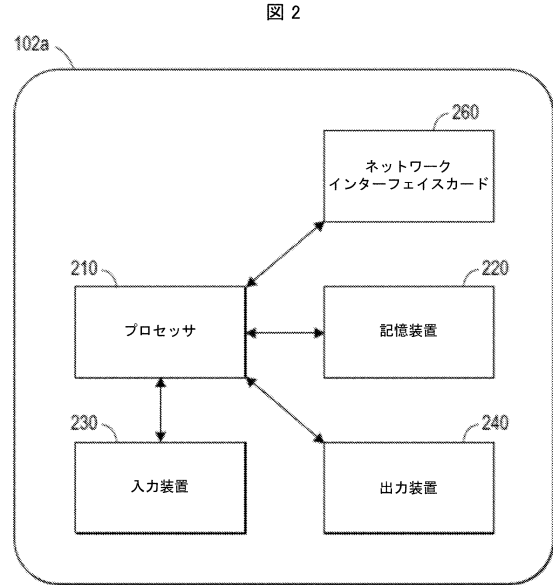
20

30

【図 1】



【図 2】



【図 3】

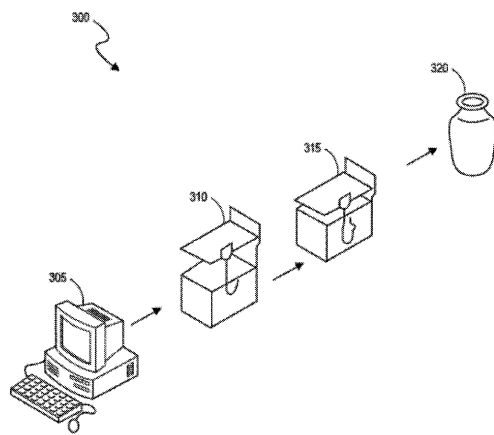
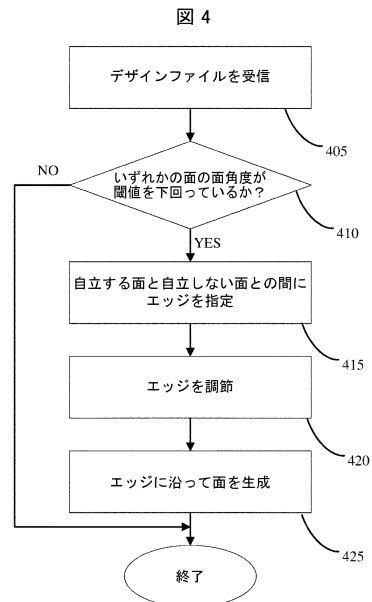


FIG. 3

【図 4】



【図 5 A】

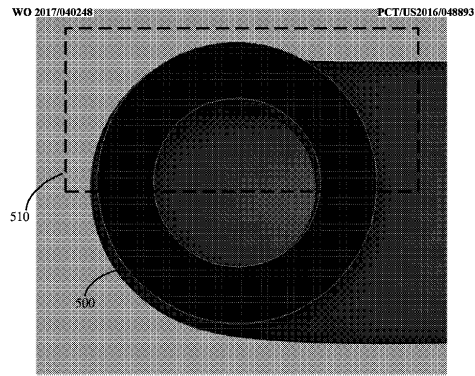


FIG. 5A

【図 5 B】

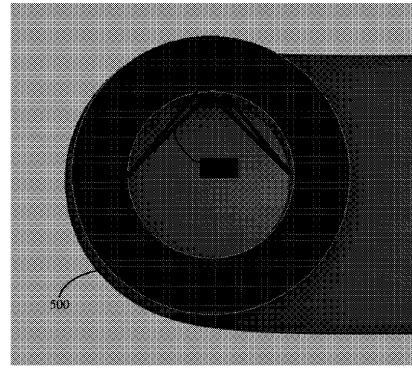


FIG. 5B

【図 5 C】

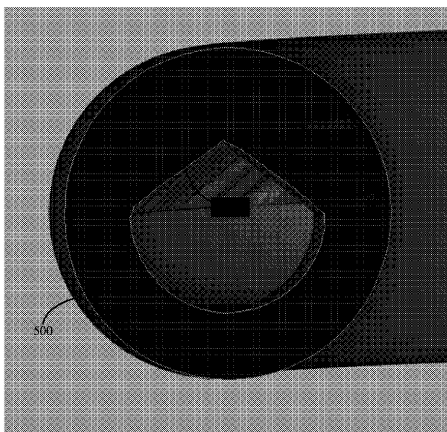


FIG. 5C

【図 6】

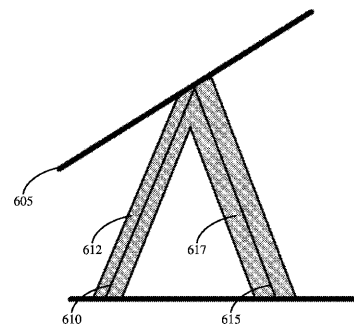
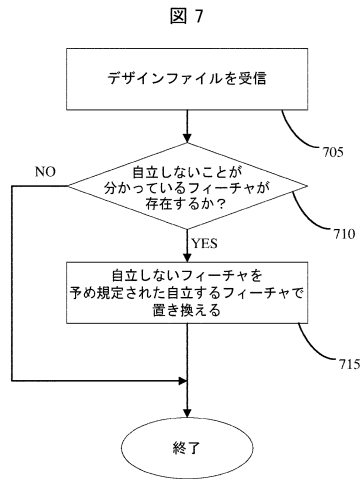


FIG. 6

【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 9 C 64/386
B 3 3 Y 50/00

(72)発明者 ミッシェル, マヌエル
ベルギー, ベー-3001 ルーベン, テクノロジーラーン 15
(72)発明者 クラス, ヘルト
ベルギー, ベー-3001 ルーベン, テクノロジーラーン 15

審査官 松浦 功

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0151492 (US, A1)
特開2012-101445 (JP, A)
国際公開第2014/174090 (WO, A2)
国際公開第2015/040410 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 6 F 3 0 / 0 0 - 3 0 / 2 8
B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0
B 3 3 Y 5 0 / 0 0