

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6454035号
(P6454035)

(45) 発行日 平成31年1月16日(2019.1.16)

(24) 登録日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 9 C 64/40 (2017.01)

B 2 9 C 64/40

B 2 9 C 64/386 (2017.01)

B 2 9 C 64/386

B 3 3 Y 10/00 (2015.01)

B 3 3 Y 10/00

B 2 9 C 64/112 (2017.01)

B 2 9 C 64/112

B 3 3 Y 30/00 (2015.01)

B 3 3 Y 30/00

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-563293 (P2017-563293)
 (86) (22) 出願日 平成28年6月7日(2016.6.7)
 (65) 公表番号 特表2018-516787 (P2018-516787A)
 (43) 公表日 平成30年6月28日(2018.6.28)
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2016/050587
 (87) 国際公開番号 W02016/199131
 (87) 国際公開日 平成28年12月15日(2016.12.15)
 審査請求日 平成30年3月16日(2018.3.16)
 (31) 優先権主張番号 62/172,096
 (32) 優先日 平成27年6月7日(2015.6.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 513156560
 ストラタシス リミテッド
 イスラエル国 7 6 1 2 4 レホヴォト
 キルヤット ウェイツマン サイエンス
 パーク ホルツマン ストリート 2 3
 階
 (74) 代理人 100106002
 弁理士 正林 真之
 (74) 代理人 100120891
 弁理士 林 一好
 (74) 代理人 100165157
 弁理士 芝 哲央
 (74) 代理人 100126000
 弁理士 岩池 満

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元 (3D) 物体を印刷する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3Dオブジェクト及び前記3Dオブジェクトの支持構造物を印刷する方法であって、
 水平スライスの組を含む3D断面デジタルデータを生成するステップであって、スライスの各々は、前記3Dオブジェクトの水平断面を表す1以上のボディ領域を含み、少なくとも、前記スライスの一部の各々は、前記ボディ領域に隣接し、かつ前記支持構造物の対応する水平断面を表す1以上の支持領域を更に含む、ステップと、

印刷デジタルデータを形成するために同一水平スライスの前記ボディ領域と前記支持領域との間で垂直シフトを行うことによってシフトスライスの組を形成するために前記3D断面デジタルデータを操作するステップであって、少なくとも、前記シフトスライスの一部の各々は、前記水平スライスの1つのボディ領域を前記水平スライスとは別の水平スライスの1つの支持領域と共に含む、ステップと、

前記印刷デジタルデータに基づいて、印刷ヘッドからボディ材料及び支持材料をレイヤで堆積するステップであって、同ースキャンにおいて、前記支持領域の液滴と前記ボディ材料の液滴とは異なる距離を進む、ステップと、
 を備える方法。

【請求項 2】

前記堆積するステップは、前記同ースキャンにおいて、特定の水平断面レイヤに関連する前記支持構造物の領域と共に、前記特定の水平断面レイヤとは異なる水平断面レイヤに関連する前記3Dオブジェクトの領域を形成することを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記 3D オブジェクトと前記支持構造物との幾何学的関係に基づいて前記ボディ領域と前記支持領域との間の垂直シフトのサイズを決定するステップを更に備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記幾何学的関係は、前記ボディ領域と前記支持領域と間の界面を表す表面と、水平線との間で形成される角度である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

より大きな角度は、より大きな垂直シフトを要求する、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記 3D 断面デジタルデータは、垂直カラムの組を更に備え、前記垂直カラムの各々は、前記 3D オブジェクトの垂直カラムを象るボディ領域の 1 以上のスライスを含み、少なくとも、前記垂直カラムの一部の各々は、前記ボディ領域の 1 以上のスライスに垂直に隣接し、かつ前記支持構造物の対応する垂直カラムを象る支持領域の 1 以上のスライスを更に含み、

前記 3D 断面デジタルデータを操作するステップは、各垂直に隣接する前記ボディ領域の 1 以上のスライスと前記支持領域の 1 以上のスライスとの間の印刷処理における遅延を各カラムに追加するステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記スキャンの少なくとも一部の後、堆積された前記ボディ領域及び堆積された前記支持領域を固化するステップを更に備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

各スライスは、2 以上の堆積レイヤを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 3D 断面デジタルデータを操作するステップは、全てのレイヤが堆積した後に前記 3D オブジェクト及び前記支持構造物の両方が同一高さになるように、前記スライスの少なくとも一部で空洞を形成するステップを備え、各空洞には支持材料又はボディ材料が滴下されない、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

3D オブジェクト及び前記 3D オブジェクトの支持構造物を印刷するシステムであって、

前記 3D オブジェクトを形成するボディ材料及び前記支持構造物を形成する支持材料を堆積するように構成された 1 以上の印刷ヘッドを含む印刷ユニットと、

前記ボディ材料及び前記支持材料を前記印刷ユニットへ供給する供給システムと、
コントローラであって、前記コントローラは、

水平スライスの組を含む 3D 断面デジタルデータを生成し、スライスの各々は、前記 3D オブジェクトの水平断面を表す 1 以上のボディ領域を含み、少なくとも、前記スライスの一部の各々は、前記ボディ領域に隣接し、かつ前記支持構造物の対応する水平断面を表す 1 以上の支持領域を更に含み、

印刷デジタルデータを形成するために同一水平スライスの前記ボディ領域と前記支持領域との間で垂直シフトを行うことによってシフトスライスの組を形成するために前記 3D 断面デジタルデータを操作し、少なくとも、前記シフトスライスの一部の各々は、前記水平スライスの 1 つのボディ領域を前記水平スライスとは別の水平スライスの 1 つの支持領域と共に含み、

前記印刷デジタルデータに基づいて、前記印刷ヘッドから前記ボディ材料及び前記支持材料をレイヤで堆積するために前記印刷ユニットを制御し、同ースキャンにおいて、前記支持領域の液滴と前記ボディ材料の液滴とは異なる距離を進む、

ように構成される、コントローラと、
を備えるシステム。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記コントローラは、特定の水平断面レイヤに関連する前記支持構造物の領域と共に、前記特定の水平断面レイヤとは異なる水平断面レイヤに関連する前記３Ｄオブジェクトの領域を同時に堆積するために、前記印刷ユニットを制御するように更に構成される、請求項１０に記載のシステム。

【請求項１２】

前記コントローラは、前記３Ｄオブジェクトと前記支持構造物との幾何学的関係に基づいて前記ボディ領域と前記支持領域との間の垂直シフトの高さを決定するように更に構成される、請求項１０に記載のシステム。

【請求項１３】

前記幾何学的関係は、前記ボディ領域と前記支持領域との間の界面を表す表面と、水平線との間で形成される角度である、請求項１２に記載のシステム。

10

【請求項１４】

より大きな角度は、より大きな垂直シフトを要求する、請求項１３に記載のシステム。

【請求項１５】

前記３Ｄ断面デジタルデータは、垂直カラムの組を更に備え、前記垂直カラムの各々は、前記３Ｄオブジェクトの垂直カラムを象るボディ領域の１以上のスライスを含み、少なくとも、前記垂直カラムの一部の各々は、前記ボディ領域の１以上のスライスに垂直に隣接し、かつ前記支持構造物の対応する垂直カラムを象る支持領域の１以上のスliceを更に含み、

前記３Ｄ断面デジタルデータを操作することは、各垂直に隣接する前記ボディ領域の１以上のスライスと前記支持領域の１以上のスライスとの間の印刷処理における遅延を各カラムに追加することを更に含む、請求項１０に記載のシステム。

20

【請求項１６】

前記印刷ユニットは、１以上の固化装置を更に含み、

前記コントローラは、各スキャン後に、堆積された前記ボディ材料及び堆積された前記支持材料を固化するために前記１以上の固化装置を制御するように更に構成される、請求項１０に記載のシステム。

【請求項１７】

各スライス、２以上の堆積レイヤを含む、請求項１０に記載のシステム。

【請求項１８】

プリントされた材料を運ぶ製造プラットフォームを更に備える、請求項１０に記載のシステム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

三次元（３Ｄ）印刷又は３Ｄ製作処理では、材料は、１以上の印刷ヘッドから選択的に噴射され、ソフトウェアファイルによって定義される所定の構成に従い、連続したレイヤで製作トレイ上に堆積される。一部の堆積処理は、単一オブジェクト又はモデルを形成するために、異なる材料を堆積することを含む。例えば、オブジェクトは、ボディ構造を堆積するための第１の材料、及びボディ構造の各種区域を支持するための支持構造、負の角度の表面及び突出部、を堆積するための第２の材料を用いて堆積される場合がある。例えば、支持材料は、最終的なオブジェクトを見せるために機械的、化学的又は他の手段により後に除去される。

40

【背景技術】

【０００２】

従来の堆積方法は、予め決定された構成に従い、支持材料及びボディ材料を同時に堆積することを含む。支持材料及びボディ材料の両方は、液体／液体界面が２つの材料間に形成されるように、同一レイヤにおいて液体又は半液体で堆積される。堆積後、堆積されたレイヤは、（例えば、紫外線（ＵＶ）硬化によって）固化される。ボディ材料及び支持材料の液滴は、混合レイヤを形成し、支持材料が除去されると、マイクロクラックが印刷さ

50

れた部位（つまり、ボディ材料）に残る。表面マイクロクラックは、負荷下での応力増大及び印刷部位の脆さの増大を招く。表面が粗くなると、印刷後のモデルの機械強度が低下する。

【発明の概要】

【0003】

本発明の一部の実施形態は3Dオブジェクト及び前記3Dオブジェクトの支持構造物を印刷するシステム及び方法に関する。前記システムは、前記3Dオブジェクトを形成するボディ材料及び前記支持構造を形成する支持材料を堆積するように構成された1以上の印刷ヘッドを含む印刷ユニットと、前記ボディ材料及び前記支持材料を前記印刷ユニットへ供給する供給システムと、を含んでもよい。前記システムは、本発明の一部の実施形態に係る方法を実行するコントローラを更に含んでもよい。

10

【0004】

前記コントローラは、水平スライスの組を含む3D断面デジタルデータを生成し、前記スライスの各々は、前記3Dオブジェクトの水平断面を表す1以上のボディ領域を含み、少なくとも、前記スライスの一部の各々は、前記ボディ領域に隣接し、かつ前記支持構造物の対応する水平断面を表す1以上の支持領域を更に含む、ように構成されてもよい。

【0005】

前記コントローラは、更に、印刷デジタルデータを形成するために同一水平スライスの前記ボディ領域と前記支持領域との間で水平シフトを行うことによってシフトスライスの組を形成するために前記3D断面デジタルデータを操作し、少なくとも、前記シフトスライスの一部の各々は、前記水平スライスの1つのボディ領域を前記水平スライスの別の1つの支持領域と共に含み、前記印刷デジタルデータに基づいて、印刷ヘッド、ボディ材料及び支持材料から、レイヤで堆積するために前記印刷ユニットを制御し、同ースキャンにおいて、前記支持領域の液滴と前記ボディ材料の液滴とは異なる距離で進む、ように構成されてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0006】

発明として見なされる主題は、本明細書の終盤部で具体的に指摘され別個に請求される。しかしながら本発明は、操作の組織化と方法の両方につき、その対象物、特徴、及び利点と共に、添付の図面と共に以下の詳細な説明を参照することによって最もよく理解され得る。

30

【0007】

【図1】図1は、本発明の一部の実施形態に係る印刷システムの概略図である。

【図2】図2は、本発明の一部の実施形態に係る3Dオブジェクトのための三次元（3D）オブジェクト及び支持構造物を印刷する方法のフローチャートである。

【図3】図3A 3Bは、本発明の一部の実施形態に係るオブジェクト及び支持構造物の例示的な断面デジタルデータのグラフィック表示である。

【図4】図4は、本発明の一部の実施形態に係るオブジェクト及び支持構造物の例示的な断面デジタルデータのグラフィック表示である。

【図5】図5は、本発明の一部の実施形態に係るオブジェクト及び支持構造物の例示的な断面デジタルデータのグラフィック表示である。

40

【図6】図6A - 6Cは、本発明の一部の実施形態に係るオブジェクト及び支持構造物の例示的な断面デジタルデータのグラフィック表示である。

【図7A】図7Aは、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトの画像である。

【図7B】図7Bは、図7Aの例示的な印刷オブジェクトの断面画像であり、本発明の一部の実施形態に係る印刷オブジェクトの表面湾曲と一致するグラフである。

【図8】図8A及び8Bは、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトである。

【図9】図9は、本発明の一部の実施形態に係る例示的な支持構造の画像である。

50

【図 1 0】図 1 0 は、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトの画像である。

【図 1 1】図 1 1 A 及び 1 1 B は、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトである。

【 0 0 0 8 】

説明の単純さと明確さのために、図面に示される要素は必ずしも縮尺通りに描かれていないことが理解される。例えば、一部の要素の寸法は、明確さのために、その他の要素と比較して誇張され得る。更に、適切と思われる箇所において、対応する、もしくは類似する要素を示すために、複数の図面にわたって参照番号が繰り返し用いられ得る。

【発明を実施するための形態】

10

【 0 0 0 9 】

以下の詳細な説明において、多数の具体的な細部が、本発明の網羅的な理解を提供するために記載される。しかしながら、本発明がこれらの具体的な細部がなくとも実施可能であることが、当業者によって理解されるだろう。その他の例では、周知の方法、手順、及び部品は、本発明を曖昧にしないために、詳細には記載されていない。

【 0 0 1 0 】

本発明の実施形態は、インクジェット印刷システムを用いて 3 D モデルを印刷することに関する。複雑な形状を印刷するために、支持材料は、モデルの構築中にボディ材料を支持するために所望の区域に堆積される。支持材料及びボディ材料が同一レイヤで共に印刷されるとき、支持材料液滴及びボディ材料液滴を含む混合界面が形成される。印刷レイヤの固化後に、支持材料とボディ材料との間に形成される界面は、粗い。したがって、支持材料を除去し、ボディ構造を見せると、ボディの表面も粗く、マイクロクラックだらけであり、これは、機械的な強度の低下及び機械的な特性の劣化を招く。

20

【 0 0 1 1 】

一般的なやり方では、単一スキャン中に共に堆積されるボディ材料及び支持材料の液滴は、混合界面を形成し、支持材料を除去すると、マイクロクラックが、印刷後のボディ部位に残される。表面マイクロクラックは、負荷下での微小な応力の増大及び印刷された部位の脆さの増大を招く。一般的なやり方の印刷方法の結果は、劣化した機械的特性及び細かい（例えば、平滑な）表面凹凸を有する。

【 0 0 1 2 】

30

脆さの課題に加えて、得られる光沢のない表面（つまり、光沢のある表面と反対の粗い表面）の不規則な形態は、以下の問題を生じる：部分歪み、低い正確度、低い寸法安定性、高い水分吸収性、クリープの増大、非均一な見た目及び他の望まれない追加効果。上記の課題の少なくとも一部は、サンディング、ポリッシング及びラッカー塗装のような費用及び時間の掛かる前処理によって解決される。

【 0 0 1 3 】

表面クラックは、ボディ材料液滴と支持材料液滴との間の重複及び／又は混合によって生じる。したがって、支持材料とモデル材料との間の直接接触の防止は、上述された課題を排除する。一部の実施形態において、3 D 印刷処理は、修正され、ボディ材料と支持材料との堆積間に遅延が導入される。このような処理は、最終的な印刷部位又はオブジェクトの性能及び見た目を非常に改善する。

40

【 0 0 1 4 】

別の材料との混合界面なしに堆積されたモデル又は支持材料の自由表面は、平滑であり、より良い機械的特性を有する。時折、レイヤごとに堆積された固体／固体界面及び固体／液体界面は、機械的特性の低い、粗い界面（混合界面）で生じる。

【 0 0 1 5 】

本発明の実施形態は、実質的に（3 D オブジェクトを形成する）ボディ材料と（支持構造物を形成する）支持材料との間に混合界面が形成されないように、支持構造物によって支持される 3 D オブジェクトを印刷するためのシステム及び方法に関する。本発明の実施形態に係る印刷された 3 D オブジェクトは、マイクロクラックが少なく、より良い機械的

50

特性を有し、より平滑な表面を有する。３Ｄオブジェクト及び支持構造物の３Ｄデジタルデータは、３Ｄオブジェクトの水平断面を表す１以上のボディ領域と、付加的に、ボディ領域に隣接し、かつ支持構造物の対応する水平断面を表す１以上の支持領域と、を含むように生成されてもよい。

【００１６】

３Ｄデジタルデータは、印刷中に支持領域からボディ領域を分離するために、ボディ領域と支持材料との間の垂直シフトを行うことによってシフトスライスの組を形成するように更に操作されてもよい。一部の実施形態において、単一スキャンにおいて、操作された３Ｄデジタルデータに従って３Ｄオブジェクト及び支持構造を印刷するとき、支持材料の液滴とボディ材料の液滴とは、異なる距離で進んでもよい。ボディ材料は、第１の高さの第１の水平スライスを形成するために堆積されてもよく、支持材料は、第２の高さで第２の水平スライスを形成するために堆積されてもよい。一部の実施形態において、第２の高さは、垂直シフトによって第１の高さよりも高くなってもよい。

【００１７】

本発明の一部の実施形態に係る３Ｄオブジェクトを堆積するシステムの概略図を表す図１を参照する。システム１０は、印刷ユニット２０、供給システム３０、コントローラ４０、ユーザインターフェース５０、及び製造プラットフォーム又はトレイ６０を含み得る。コントローラ４０は、システム１０の他の要素すべてを制御するように構成され得る。

【００１８】

印刷ユニット２０は１以上の印刷ヘッド２２、例えば印刷ヘッド１～ｎと、１以上の固化装置２４、１以上のレベリング装置２６とを含み得る。印刷ヘッド２２は、任意のインクジェット法を用いて材料を堆積させるように構成され得る。印刷ユニット２０は、Ｘ方向とＹ方向に平行に、及び／又はＺ方向に垂直に移動し得る。

【００１９】

印刷ヘッド２２は、例えば一列又は２次元アレイに配置された２以上のノズルの例を含み得る。異なる印刷ヘッド２２は、２以上の材料が、単一堆積スキャンで堆積されるように異なる材料を堆積する。例えば、印刷ヘッド１及び２は、支持材料を印刷するように構成され、印刷ヘッド３及び４は、ボディ材料を印刷するように構成される。印刷ヘッド２２は、供給システム３０から（堆積材料と共に）供給される。

【００２０】

固化装置２４は、堆積された材料を固化させ得る光、熱等を放出するように構成された任意の装置を含み得る。例えば、固化装置２４は、堆積された材料を硬化させるための１以上の紫外線（ＵＶ）ランプを含み得る。レベリング装置２６は、新しく形成されたレイヤ（層）を、レイヤの上を擦過して余分な材料を除去することで平滑化する及び／又は所望の厚さを確立するよう構成された任意の装置を含み得る。例えば、レベリング装置２６はローラーであり得る。レベリング装置２４は、レベリング中に発生した余剰の材料を収集するための廃材収集装置（図示せず）を含み得る。

【００２１】

供給システム３０は、複数のビルド材料を印刷ヘッド２２に提供するように構成される２以上の材料コンテナ又はカートリッジを含み得る。一部の実施形態において、ボディ材料は、印刷ヘッド２２からボディ材料の堆積前に２以上のベース材料を混合することによって形成されてもよい。ベース材料の各々は、供給システム３０に含まれる異なるコンテナで保持されてもよい。２以上のベース材料は、印刷ヘッド２２の供給前に追加コンテナで混合されてもよく、又は印刷ヘッド２２と共に供給され、堆積処理中に共に混合されてもよい。それに代えて、２以上のベース材料の各々は、単一空間で異なる印刷ヘッド２２から堆積され、堆積の後に共に混合されてもよい（例えば、異なるベース材料の複数の液滴は、同一のスポットで堆積されてもよい）。同様の処理は、支持材料が１以上のベース材料を混合することを含むとき、支持構造物を形成する材料について実施されてもよい。２以上のベース材料の混合処理及び供給システム３０から印刷ヘッド２２への材料供給の他の態様は、コントローラ４０によって制御されてもよい。

【 0 0 2 2 】

コントローラ 4 0 は、例えば中央処理装置 (C P U)、チップ又は適切な演算又は計算装置であり得るプロセッサ 4 2 を含んでもよい。コントローラ 4 0 は、メモリ 4 4、及びストレージユニット 4 6 を更にも含んでもよい。例えば、プロセッサ 4 2 は所望の方向に印刷ユニット 2 0 の移動を制御し得る。メモリ 4 4 は例えば、ランダムアクセスメモリ (R A M)、リードオンリーメモリ (R O M)、ダイナミック R A M (D R A M)、シンクロナス D R A M (S D R A M)、ダブルデータレート (D D R) メモリチップ、フラッシュメモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、キャッシュメモリ、バッファ、短期記憶メモリユニット、長期記憶メモリユニット、又はその他の適切なメモリユニット又はストレージユニットを含み得る。メモリ 4 4 は、複数の、場合によっては異なるメモリユニットで

10

【 0 0 2 3 】

メモリ 4 4 は、実行可能コード、例えばアプリケーション、プログラム、プロセス、タスク、又はスクリプト、を含み得る。実行可能コードは、本発明の実施形態に従って装置 1 0 を制御して 3 D オブジェクトを印刷するためのコード又は命令を含み得る。例えば、メモリ 4 4 は、例えば第 1 の組の印刷ヘッド 2 2 を用いて、3 D オブジェクトの第 1 の領域を形成し、例えば固化装置 2 4 を用いて、第 1 の領域に材料を固化するために、支持材料を堆積するコードを含んでもよい。コードは、第 1 の領域に材料が固化された後、第 1 の領域のみに水平に隣接する 3 D オブジェクトの第 2 の領域にボディ材料を堆積することを更にも含んでもよい。

20

【 0 0 2 4 】

一部の実施形態では、メモリ 4 4 は、水平スライスの組を含む 3 D 断面デジタルデータを生成するための命令を含んでもよい。命令は、スライスの少なくとも一部が、支持材料によって印刷されるべき支持領域及びボディ材料によって印刷されるべきボディ領域の両方を含むスライスを組み合わせるように、3 D デジタルデータに基づいてボディ及び支持材料を堆積することを含んでもよい。3 D オブジェクト及び支持構造物の断面スライスに対応する 3 D デジタルデータは、ストレージユニット 4 6 に格納されてもよい。

【 0 0 2 5 】

ストレージユニット 4 6 は、装置 1 0 によって印刷される 3 D オブジェクト及び対応する支持構造の設計パラメータを含むファイルを格納してもよい。例えば、3 D オブジェクトの設計を含む 3 D コンピュータ支援設計 (C A D) ファイルがストレージユニット 4 6 に格納され得る。ファイルは、3 D オブジェクト及び支持構造物の対応する領域の異なる領域の大きさ及び位置を含んでもよい。

30

【 0 0 2 6 】

装置 1 0 はユーザインターフェース 5 0 を更にも含み得る。ユーザインターフェース 5 0 は、マウス、キーボード、タッチスクリーン又はタッチパッド、又は任意の適切な入力装置等の入力装置であり得る、又は含み得る。適切な数の入力装置がユーザインターフェース 5 0 に含まれてもよいことが認識されるであろう。ユーザインターフェース 5 0 は、1 以上のディスプレイ、スピーカ及び / 又は任意の他の適切な出力装置等のような出力装置を更にも含んでもよい。任意の適切な数の出力装置がユーザインターフェース 5 0 に含まれ得ることが認識されるであろう。ブロック 5 0 に示されるように、任意の適用可能な入力 / 出力 (I / O) 装置がコントローラ 4 0 に接続され得る。例えば、有線又は無線ネットワークインターフェースカード (N I C)、モデム、プリンター、ファクシミリ機、ユニバーサルシリアルバス (U S B) 装置又は外付けハードドライブが、ユーザインターフェース 5 0 に含まれ得る。ユーザインターフェース 5 0 は、ユーザがストレージユニット 4 6 へ、本発明の一部の実施形態による型の堆積を制御するための命令をアップロードすること、及び / 又は、堆積させる型の設計を含むファイル (例えば `computer aided design` (C A D) ファイル) をアップロード及び更新することを可能にする。

40

【 0 0 2 7 】

50

トレイ 60 は、支持に適した、すなわち 3D オブジェクトのインクジェット印刷又はその他のアディティブマニファクチャリングに耐える、任意のトレイであり得る。トレイ 60 は X - Y テーブルに取り付け又は接続され得て、例えばコントローラ 40 によって、印刷プロセスの要件に従って X - Y 面に移動するよう制御され得る。加えて又はそれに代えて、トレイ 60 は、Z 方向に移動するように構成されてもよい。

【0028】

コントローラ 40 は、印刷ヘッド 22 の各々が、X - Y 面での所定の位置及び Z 方向における所定の高さで印刷材料（例えば、ボディ又は支持材料）の液滴を堆積するように、トレイと印刷ヘッドとの間の相対移動を生じるために印刷ユニット 20 及び/又はトレイ 60 を制御してもよい。

10

【0029】

本発明の一部の実施形態に係る 3D オブジェクトのための 3D オブジェクト及び支持構造物を印刷する方法のフローチャートである図 2 を参照する。図 2 の方法は、システム 10 又は他の適切なシステムによって実行されてもよい。水平スライスの組を含む 3D 断面デジタルデータは、例えば、コントローラ 40 によって、生成されてもよい（ボックス 210）。このような断面デジタルデータのグラフィック表示は、図 3A 及び 3B に示される。図 3A 及び 3B は、3D オブジェクト 300 及び支持構造物 305 の 3D デジタルデータにおける切断の図である。3D デジタルデータは、5 つの水平スライス 310 - 350 を含んでもよい。当業者によって理解されるべきなのは、図 3A - 3B に示される 5 つのスライスは、一例として与えられ、本発明は、任意の数のスライスに限定されないこと

20

【0030】

一部の実施形態において、スライス 310 - 350 の各々は、3D オブジェクト 300 の水平断面を表す 1 以上のボディ領域 314 - 354 を含み、少なくとも、スライスの一部の各々は、ボディ領域 314 - 354 に隣接し、かつ支持構造物 305 の対応する水平断面を表す 1 以上の支持領域 312 - 352 を更に含んでもよい。例えば、スライス 310 は、支持領域 312 と、ボディ領域 314 と、を含んでもよい。一部の実施形態において、各スライスは、1 以上の堆積レイヤ、例えば、2 以上の堆積レイヤを含む。

【0031】

図 2 に戻り、3D 断面デジタルデータは、一連のシフトスライス 310a - 350a（図 3B に示される）を形成するために、同一水平スライスのボディ領域 314 - 354 と支持領域 312 - 352 との間の垂直シフト 360 を実行することによって、例えば、コントローラ 40 によって操作されてもよい。シフトスライス 310a - 350a は、少なくとも、シフトスライスの一部の各々が、水平スライスの 1 つのボディ領域を水平スライスの別のものの支持領域と共に含むように、印刷デジタルデータを形成してもよい。例えば、シフトスライス 320a は、水平スライス 320 に本来含まれるボディ領域 324 と、水平スライス 330 に本来含まれる支持領域 332 と、を含んでもよい。

30

【0032】

一部の実施形態において、本方法は、3D オブジェクト 300 と支持構造物 305 との幾何学的関係に基づいてボディ領域 314 - 354 と支持領域 312 - 352 との間の垂直シフト 360（「Zギャップ」とも呼ばれる）のサイズを決定することを含む。例えば、幾何学的関係は、ボディ領域 314 - 354 と支持領域 312 - 352 との間の界面を表す表面 370 と水平面との間に形成される角度（図 3B に図示される）であってもよい。一部の実施形態において、隣接するボディ領域と支持領域との角度は 70° までである。角度が大きくなると、より大きな垂直シフト 360 を必要とする。別の例では、幾何学的関係は、ボディ領域と支持領域との間の曲率半径を含んでもよい。

40

【0033】

一部の実施形態において、3D 断面デジタルデータは、図 5 において詳細に図示及び説明される、一連の垂直カラム 661 - 671 を更に含んでもよい。一部の実施形態において、カラム 661 - 671 の各々は、3D オブジェクトの垂直カラムを象るボディ領域の

50

1以上のスライスを含んでもよく、少なくとも、カラム661-671の各々は、ボディ領域に垂直に隣接し、かつ支持構造物の対応する垂直カラムを象る支持領域の1以上のスライスを更に含んでもよい。一部の実施形態において、3Dデジタルデータを操作することは、全ての垂直隣接するボディ領域と支持領域との間ごとの印刷処理において各カラム661-671に遅延を追加することを更に含む。

【0034】

図2に戻り、コントローラ40は、ボディ材料及び支持材料を堆積するために印刷ユニット20の印刷ヘッド22を制御してもよい(ボックス230)。ボディ材料及び支持材料は、ボックス220の動作で形成された印刷デジタルデータに基づいて堆積されてもよい。一部の実施形態において、同一堆積スキャン中に、支持材料の液滴とボディ材料の液滴とは、異なる距離を進む。例えば、同一堆積スキャンにおいて、支持材料の液滴は、支持領域322を形成するために堆積され、ボディ材料の液滴は、ボディ領域314を形成するために堆積されてもよい。ボディ材料の液滴は、支持材料の液滴よりも印刷ヘッド22から長い距離を進んでもよい。ボディ材料の液滴は、それらの最終位置に到達するまで、「垂直シフト」360と等しい余剰距離を進んでもよい。

【0035】

一部の実施形態において、本方法は、スキャンの少なくともいくつかの後、堆積されたボディ材料及び堆積された支持材料を固化することを更に含む。例えば、1以上の固化装置24は、スライスが1より多い堆積レイヤを含むとき、各スキャンの後又はスライス全体の堆積後に、堆積された液滴を固化してもよい。一部の実施形態において、各スキャンは、単一レイヤを堆積することを含んでもよい。一部の実施形態において、追加スライスを堆積する前に、堆積された材料全体が固化され、支持材料とボディ材料との間の混合界面の形成を防いでもよい。

【0036】

本発明の一部の実施形態に係る印刷シーケンスは、図4の3D断面デジタルデータのグラフィック表示に従ってよりよく理解される。例示的な3D断面デジタルデータは、例えば「I」字形状3Dオブジェクトと共に形成する、対応する複数のボディ領域401-409及び「I」字形状3Dオブジェクト用の支持構造物を共に形成する複数の支持領域421-427を含む、水平スライスの組を含んでもよい。3D断面デジタルデータの各領域のサイズ、大きさ及び位置は、コンピュータシミュレーションによって求められ、シミュレーションの結果は、3Dオブジェクトを印刷する装置と関連付けられたストレージユニット、例えば、装置10に含まれるストレージユニット46、にCADファイルとして格納されてもよい。

【0037】

一部の実施形態において、オブジェクト400は、例えば、図2の方法に係る、本発明の一部の実施形態に従って印刷されてもよい。オブジェクト400は、レイヤごとに材料の堆積によって3Dオブジェクトを製造するように構成される装置、例えば、システム10、を用いて製造されてもよい。

【0038】

オブジェクト400は、支持材料の2以上のレイヤを含んでもよいベース領域420上に印刷されてもよい又は含んでもよい。2以上のレイヤは、印刷トレイ(例えば、トレイ60)に堆積され、「I」字形状3Dオブジェクトを印刷する前に固化されてもよい。

【0039】

一部の実施形態において、ボディ領域401は、固化領域420の上部に堆積されてもよい。ボディ領域401は、「I」字形状3Dオブジェクトを構築するためにボディ材料の1以上のレイヤを含んでもよい。領域401におけるレイヤは、液体状態で堆積されてもよく、例えば、支持領域421の堆積前に、固化装置24によって固化されてもよい。支持領域421は、支持材料の1以上のレイヤを含んでもよい。支持領域421のレイヤにおける材料は、ボディ材料と支持材料との間の混合界面が可能でないように、ボディ領域402の堆積前に固化されてもよい。領域402は、領域421に水平に隣接してもよ

い。

【0040】

一部の実施形態において、支持領域422を形成するための支持材料の同スキャン液滴は、ボディ領域402を形成するボディ材料の液滴の堆積と同時に支持材料421の上部に堆積されてもよい。領域421 - 427の厚さのサイズにおける垂直シフトは、ボディ材料402と支持領域421との間に形成されてもよい。領域の交互の堆積及び固化処理は、両方が液体状態のとき、又はボディ材料と支持材料との両方の重複が交互に生じるとき、ボディ材料と支持材料との間の界面が可能でない限り、継続してもよい。例えば、領域403は、領域423と同スキャンで堆積され、領域404は、領域424と同スキャンで堆積され、領域405は、領域425と同スキャンで堆積され、領域406は、領域426と同スキャンで堆積され、領域407は、領域427と同スキャンで堆積されてもよい。最後の2つの領域は、ボディ領域408及び409であってもよい。

10

【0041】

本発明の一部の実施形態に係る3D断面デジタルデータのグラフィック表示である図5を参照する。3D断面デジタルデータは、複数の堆積スライスを含む垂直カラムを含んでもよく、各カラムは、各スライスでの単一堆積スポットに関連してもよい。3Dデジタルデータについての情報は、特定のスライスで、特定のカラムでの場合に、堆積されるべきボディ材料又は支持材料を含んでもよい。各堆積スポット又はポイントは、インクの単一液滴であってもよく、又はインクの1より多い液滴を含んでもよい。例えば、モデル600は、(x方向に)11のカラム661 - 671に分割されてもよい。カラム661 - 671の各々は、ボディ材料スライス及び/又は支持材料スライスを含んでもよい。例えば、カラム661は、底部から上部へ、3つの支持スライス610と、6つのボディスライス620と、30の支持スライス630及び6つのボディスライス620を含んでもよい。一部の実施形態において、各スライスは、単一堆積レイヤを含んでもよい。

20

【0042】

一部の実施形態において、各カラムについて、支持材料とボディ材料との間の変位ポイントの数及び位置が決定されてもよい。変位ポイントは、印刷された材料が支持材料からボディ材料へ又はその逆に変化するポイントとして定義されてもよい。例えば、カラム661は、印刷された材料が支持材料からボディ材料へ又はその逆に変化する、3つの変位ポイント615、625及び635を有する。

30

【0043】

3Dデジタルデータは、3Dモデルを表すベクトルの2D行列を含んでもよく、各ベクトルは、単一カラムを予め設定する。ベクトルは、第1の材料での第1の変化までに第1の材料に属するスライスの数を底部から上部へカウントすること、その後、第2の変位ポイントまで第2の材料のレイヤの数をカウントすること、を含んでもよい。例えば、カラム661を表すベクトルは、以下の形態を有してもよい。

【0044】

{ 3 - 0 , 6 - 1 , 30 - 0 , 6 - 1 }

【0045】

数の各対での第1の数は、スライスの数を表し、第2の数は、スライスの材料、例えば、支持材料用の0、ボディ材料用の1、を表す。

40

【0046】

二次元モデル600のための例示的な行列は、以下のベクトルを含んでもよい：

【0047】

カラム 661 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 30 - 0 , 6 - 1 }

【0048】

カラム 662 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 30 - 0 , 6 - 1 }

【0049】

カラム 663 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 30 - 0 , 6 - 1 }

【0050】

50

カラム 6 6 4 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 3 0 - 0 , 6 - 1 }

【 0 0 5 1 】

カラム 6 6 5 : { 3 - 0 , 4 2 - 1 }

【 0 0 5 2 】

カラム 6 6 6 : { 3 - 0 , 4 2 - 1 }

【 0 0 5 3 】

カラム 6 6 7 : { 3 - 0 , 4 2 - 1 }

【 0 0 5 4 】

カラム 6 6 8 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 3 0 - 0 , 6 - 1 }

【 0 0 5 5 】

カラム 6 6 9 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 3 0 - 0 , 6 - 1 }

【 0 0 5 6 】

カラム 6 7 0 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 3 0 - 0 , 6 - 1 }

【 0 0 5 7 】

カラム 6 7 1 : { 3 - 0 , 6 - 1 , 3 0 - 0 , 6 - 1 }

【 0 0 5 8 】

一部の実施形態において、印刷処理における遅延は、各カラムの各変位ポイントでのN印刷スライスの堆積遅延として変位ポイントにおいて導入されてもよい。堆積遅延は、第1の材料の堆積完了後、N堆積スライスに対して、特定ポイントで堆積される材料がないように、各変位ポイントで適用されてもよい。例えば、カラム6 6 1の堆積シーケンスは、N = 7のとき、支持材料の3つのレイヤを堆積することを含み、以降の7堆積で堆積する材料がない。印刷ヘッドは、7スキャンに対してカラム6 6 1において材料を滴下せず、固化装置（例えば、装置2 4）のみが、7回堆積された支持材料を加熱又は放射し、支持材料を完全に固化又は硬化することを可能にすることを意味する。遅延の後、ボディ材料の6つのレイヤが堆積され、7レイヤの別の遅延が適用されてもよい。

【 0 0 5 9 】

各スキャンは、所望の場所で材料の堆積、及び各レイヤの固化を含んでもよいことが理解される。そのため、特定の場所（例えば、カラム）での材料堆積が回避されるとき、固化処理のみが、その特定の場所で適用される。例えば、領域6 1 0において支持材料の始めの3つのレイヤを堆積した後、カラムに堆積されるべき材料がなく、固化装置のみがモデル全体を7回スキャンしてもよい。

【 0 0 6 0 】

数値2によって表される7つのレイヤの遅延を含む、二次元モデル6 0 0についての例示的な行列は、カラム6 6 1 - 6 7 1に対応する以下のベクトルを含んでもよい：

【 0 0 6 1 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 6 2 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 6 3 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 6 4 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 6 5 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 4 2 - 1 }

【 0 0 6 6 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 4 2 - 1 }

【 0 0 6 7 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 4 2 - 1 }

【 0 0 6 8 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 6 9 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 7 0 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 7 1 】

{ 3 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 , 7 - 2 , 3 0 - 0 , 7 - 2 , 6 - 1 }

【 0 0 7 2 】

一部の実施形態において、求められたスライス及びカラムに応じてレイヤごとにオブジェクトを堆積することは、Nレイヤに対して材料を堆積しないことによって各変位ポイントでの遅延を適用することを含んでもよく、ここで各レイヤは単一スキャンで堆積される。例えば、変位ポイント625の後に堆積される次の7レイヤは、カラム661 - 664で材料を堆積しないことと、カラム665 - 667でボディ材料を堆積することと、カラム668 - 671で材料を堆積しないことと、各レイヤ後にボディ材料を固化することと、を含んでもよい。ポイント625の上の、8番目のレイヤの堆積は、カラム661 - 664で支持材料を堆積することと、カラム665 - 667でボディ材料を堆積することと、カラム668 - 671で再び支持材料を堆積することと、それに続いて、堆積された支持材料を完全に固化するために、更なる材料の堆積のない追加硬化スキャンと、を含んでもよい。カラム661 - 664及び668 - 671での支持材料は、カラム665 - 667でのボディ材料よりも短い7レイヤを滴下され、よって、一部の実施形態において、遅延は、垂直シフトと等しくてもよい。

【 0 0 7 3 】

本発明の一部の実施形態は、ローラレス堆積処理に関連してもよい。一部の実施形態において、材料は、図2 - 5に対して図示及び説明されるように、少なくとも2つの異なる高さで堆積される。2つの異なる高さで（例えば、垂直シフトで）2つの領域、例えば、領域322及び314、を共に堆積するとき、レベリング装置、例えばレベリング装置26を用いることによって、各堆積されたレイヤを平坦化することは困難な場合がある。一部の実施形態において、余剰材料の堆積及びレベリング装置の使用の必要性を回避するために、レイヤに含まれる全てが液滴ではないものが堆積される。例えば、装置10は、液滴が堆積される場所の80%のみでボディ材料又は支持材料の液滴を堆積してもよい。堆積されない「空洞」は、レイヤの80%で堆積された余剰材料からの材料で充填されてもよい。空洞の数及び位置は、余剰材料が実質的に堆積されないような数及び位置であってもよい。

【 0 0 7 4 】

本発明の一部の実施形態に係る例示的なオブジェクト及び支持構造物の断面データのグラフィック表示の図である図6A - 6Cを参照する。オブジェクト1110、1120及び1130は、レイヤごとに、少なくとも2つの材料（例えば、ボディ材料及び支持材料）を用いて堆積されてもよい。オブジェクト1110は、従来の方法を用いて堆積されてもよく、各堆積において第1の材料領域1111及び第2の材料領域1115の両方が、同一高さで同時に堆積され、各堆積スキャンの後（又はいくつかの堆積スキャンごとに）、レベリング装置は、各隣接する領域1111及び1115が同一高さを有するように、堆積レイヤを平坦化してもよい。

【 0 0 7 5 】

オブジェクト1120は、図2に開示される堆積方法を用いて堆積されてもよい。前記方法は、第1の材料から第1の底部領域1111を堆積することと、各レイヤを平坦化及び硬化することと、その後、同一スキャンにおいて、第2の材料から第1の領域1125を堆積し、第2の材料から第2の領域111を堆積することと、を含んでもよい。領域1125において第2の領域が第1の領域1111の下に堆積されるので、レベリング装置は、堆積された第2の材料を平坦化することができない。液滴が堆積されたとき、液滴は、液滴の直径よりも大きな面積を平らにし、かつ占有し、近傍の堆積した液滴は、互いに重複し、表面に亘っていくつかの区域で余剰材料を形成する。この余剰材料は、各区域の

10

20

30

40

50

制御された高さを維持するために除去されるべきである。余剰材料が除去されないとき、当該区域の高さは、制御されることができない。したがって、堆積シーケンスが、レベリング装置によって領域 1 1 2 5 における余剰材料を除去せずに継続する場合、各領域 1 1 2 5 は、余剰材料がレベリング装置によって除去された各領域 1 1 1 1 よりも多くの堆積材料を含み、領域 1 1 1 1 よりも高くなり、オブジェクト 1 1 2 0 の非均一な最終高さを生じる。

【 0 0 7 6 】

一部の実施形態において、この課題を解決するために、領域 1 1 2 5 を形成する各レイヤにおいて堆積されることが期待される第 2 の材料の少なくとも一部は、堆積されず、空洞（材料が堆積されない場所）が「堆積される」。空洞の量は、平坦化が必要なく、かつ第 2 の材料から堆積される領域の少なくとも一部の高さが、第 1 の材料を用いて堆積される領域の高さと実質的に同様であるように算出されてもよい。

10

【 0 0 7 7 】

空洞を用いて堆積されない材料の量は、レベリング装置によって除去される余剰材料の量と実質的に等しい。例えば、単一スキャンにおいて堆積される材料の 1 5 % をレベリング装置が除去した場合、材料の 8 5 % のみが、平坦化処理中に、（Zギャップにより）レベリング装置が直接接触しない領域に堆積される。すなわち、単一スキャンで滴下されると思われる第 2 の材料の液滴の 1 5 % は、空洞である。

【 0 0 7 8 】

図 6 C に示されるオブジェクト 1 1 3 0 は、2 つの異なる材料から堆積される 2 つの部位を含んでもよい。オブジェクト 1 1 3 0 は、図 2 に開示される方法を用いて堆積されてもよい。オブジェクト 1 1 3 0 の左部分は、第 1 の材料の液滴の滴下によって堆積される領域 1 1 1 1 を含んでもよく、右部分は、第 2 の材料の液滴の滴下によって堆積される領域 1 1 3 5 及び 1 1 2 5 を含んでもよい。領域 1 1 1 1 のいずれかの堆積に続いて、レベリング装置は、堆積された材料を平坦化してもよい。第 2 の材料の第 1 の領域 1 1 3 5 は、少なくとも 1 つの領域 1 1 1 1 の堆積後に堆積されてもよく、したがって、レベリング装置によって平坦化されることができない。最終領域 1 1 3 5 について領域 1 1 1 1 と同一高さとなるために、対応する隣接領域 1 1 1 1 と比べて領域 1 1 3 5 に堆積される材料を少なくする。

20

【 0 0 7 9 】

一部の実施形態において、領域 1 1 3 5 での所定数の印刷スポットにおいて液滴が配置されず、空洞が形成される。空洞は、堆積される近傍液滴からの材料で充填されてもよい。堆積される材料の量は、平坦化処理後に領域 1 1 1 1 に残された材料の量に比例してもよい。例えば、領域 1 1 1 1 に堆積された第 1 の材料の 8 0 % が平坦化処理後に残された場合、第 2 の材料の元の量の 8 0 % のみが領域 1 1 3 5 に堆積されてもよい。

30

【 0 0 8 0 】

一部の実施形態において、余剰材料を低減する代替のアプローチは、領域 1 1 2 5 のような領域で図示及び説明されるように取られてもよい。領域 1 1 2 5 では、全ての材料が堆積されてもよい（つまり、空洞は印刷命令に導入されない）。印刷方法は、第 2 の材料の堆積された全ての領域の全体高さが、（領域 1 1 1 1 を含む）第 1 の材料の堆積された全ての領域の全体高さを超えないように、低減された量の材料で所定数の領域（例えば、領域 1 1 3 5 ）及び完全な量の材料で追加所定数の領域（例えば、領域 1 1 2 5 ）を堆積するための命令を含んでもよい。堆積される第 2 の材料の最後のレイヤは、レベリング装置を用いて平坦化されてもよい。

40

【 0 0 8 1 】

一部の実施形態において、空洞又は堆積されるべき液滴がない場所は、印刷オブジェクトの表面に亘って所定の面積に配置される。全ての液滴が堆積され、かつレベリング装置が堆積された液滴を平坦化しないとき、その結果は、例えば、図 7 A に示されるように、堆積されたオブジェクト又は領域の非均一な高さとなる。図 7 A は、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトである。余剰材料の量は、堆積された領域の側部及

50

び中央部に形成されてもよい。レベリング装置が堆積された材料を平坦化するとき、側部及び中央部の余剰材料は、除去されてもよい。レベリング装置を用いないとき（例えば、図2の方法を適用するとき）にこのような非均一を防ぐために、図7Aの印刷領域の側部及び中央部のように、より多くの余剰材料が堆積されるときに空洞が導入されてもよい。

【0082】

一部の実施形態において、空洞は、図7Bに示されるような、予期される余剰堆積に続くプロファイルに従って配置されてもよい。図7Bは、図7Aの例示的な印刷オブジェクトの断面であり、かつ印刷オブジェクトの表面湾曲に一致する例示的なプロファイルのグラフ（グレイライン）である。式（1）は、断面のプロファイルに従うグラフの関数である：

【0083】

【数1】

$$(1) \quad Y = A_1 x^{n_1} * e^{-\frac{x}{L_1}} + \frac{A_2}{\left(1 + \frac{x-x_2}{L_2}\right)^{n_2}}$$

【0084】

ここで、 x はスキャン方向において印刷領域のエッジからの距離であり、 Y は x の関数としてのプロファイルであり、 A_1 、 A_2 、 L_1 、 L_2 、 n_1 、 n_2 及び x_2 は、既知の定数である。印刷命令に導入されるべき空洞の量は、式（1）の関数のような関数に従ってもよい。

【0085】

一部の実施形態において、角度（図3Bに示される）が 70° 、例えば、 80° から 90° 、を超えると、堆積された支持材料レイヤと堆積されたボディ材料レイヤとの接触がなされないことを更に確実にするために、支持材料で堆積された領域とモデル材料で堆積された領域との間にギャップが形成されてもよい。ギャップは、水平ギャップ又は角度ギャップであってもよい。一部の実施形態において、所定の数のレイヤ又は所定の高さの堆積材料をギャップと共に堆積した後、ギャップは、堆積されたレイヤの少なくする一部が、前に堆積されたレイヤを超えて延び、負の角度を形成するように、追加支持材料又は追加モデル材料の堆積によって閉じられてもよい。

【0086】

既知の方法に係るオブジェクト印刷を示す図8A及び本発明の一部の実施形態に係る3Dオブジェクトを示す図8Bを参照する。図8Aに示されるように、ボディ部分と支持部分の間にはギャップがない。オブジェクト700は、ベース部位702と、略垂直部位704と、上部708と、を含んでもよい。部位702、704及び708は、第1の材料、例えば、ボディ材料を含んでもよい。部位704は、垂直である必要はなく、角度のある、例えば、ベース部位702に対して $1-30^\circ$ の、少なくとも1つの壁を含んでもよい。オブジェクト700は、第2の材料、例えば、支持材料を含む部位706を更に含んでもよい。一部の実施形態において、部位702、704及び708は、支持材料を含んでもよく、部位706は、モデル材料を含んでもよい。

【0087】

部位704及び706は、部位間にギャップが形成されないようにレイヤごとに同時に印刷されてもよい。一部の実施形態において、第1の材料及び第2の材料の両方が単一レイヤで同時に堆積されて、混合界面を形成するので、部位704と部位706と間の界面の質は、低いものであってもよい。このような混合インターフェースを防ぐために、ギャップは、部位間に形成されてもよい。ギャップが支持材料とボディ材料との間に形成されるように印刷されたオブジェクトの一例は、図8Bで与えられる。

【0088】

オブジェクト720は、ベース部位722と、少なくとも1つの略垂直壁725を有する部位724と、を含んでもよい。一部の実施形態において、壁725は、ベース部位722の上面に対して、例えば $1-30^\circ$ の角度を有してもよい。オブジェクト720は、上部728を更に含んでもよい。部位722、724及び728は、第1の材料、例え

10

20

30

40

50

ば、モデル材料を含んでもよい。オブジェクト720は、少なくとも1つの略水平壁727を有する部位726と、部位726の上に堆積される部位736と、を更に含んでもよい。一部の実施形態において、壁727は、ベース部位722の上面に対して、例えば、 $1 - 30^\circ$ の角度を有してもよい。部位724及び726は、ギャップ730が壁725と壁727との間に形成されるようにレイヤごとに印刷又は堆積されてもよい。ギャップは、少なくとも $100\mu\text{m}$ 、例えば、 $200\mu\text{m} - 500\mu\text{m}$ 、の幅を有してもよい。表面品質上のギャップの幅の影響の例は、以下に説明される図10の画像に示される。部位736は部位726の上部に堆積され、負の角度737で第2の材料を堆積することによってギャップ730が次第に閉じられる。負の角度737は、少なくとも 1° 、例えば、 5° から 25° の角度であってもよい。

10

【0089】

本発明の一部の実施形態に係る、様々な負の角度で印刷された支持材料からなるオブジェクトの画像を示す図9を参照する。それぞれが略垂直部位及び負の角度を有する部位を有する8つの対が示される。8つの対は、ギャップが2つの部位間に形成され、負の角度を有する部位が堆積されたとき、対が閉じる可能性があるように、堆積された。各対に対して、負の角度は、各画像の下に記載されている。 12.5° までで見ることができるのは、ギャップは、固まった構造物によって良好に閉じられている。 25° を超える負の角度を有する部を堆積することは、ギャップが開いたままで、部位の部分的な破損を生じた。

【0090】

20

オブジェクト700及び720は、図1のシステム10のようなインクジェット印刷システムを用いて印刷又は堆積されてもよい。オブジェクト720は、少なくとも2つの異なる材料、例えば、ボディ材料及び支持材料を基板に堆積することによって印刷されてもよい。第1の部位、例えば、部位724、は、第1の材料からレイヤごとに堆積され、第2の部位、例えば、部位726、は、第2の材料からレイヤごとに堆積されて、ギャップ（例えば、ギャップ730）は、第1の部位の表面（例えば、壁725）と第2の部位の表面（例えば、壁727）に形成されてもよい。一部の実施形態において、第1の部位及び第2の部位のレイヤは、同時に堆積されて、第1の部位のレイヤ及び第2の部位のレイヤの両方の単一堆積スキャンは、略同一高さで堆積される。ギャップは、 $200\mu\text{m}$ よりも大きくてもよい。

30

【0091】

第1及び第2の部位の所定の数のレイヤの後、堆積されたレイヤの少なくとも一部が、第2の部位の表面を超えて延び、（第1の部位の表面（例えば、壁725）に向かって）第3の部位に負の角度を形成するように、第2の部位（例えば、部位726）の上に第2の材料から第3の部位（例えば、部位736）をレイヤごとに印刷することによってギャップが閉じられてもよい。負の角度は、 1° を超える、例えば、 5° を超えてもよい。一部の実施形態において、第1の部位は、少なくとも、ギャップが閉じるまで、第3の部位の堆積と同時にレイヤごとに更に堆積されてもよい。

【0092】

一部の実施形態において、負の角度のサイズは、堆積中の第2の材料の粘度に基づいて決定されてもよい。第2の材料の粘度が大きくなると、負の角度の大きさが大きくなる。一部の実施形態において、負の角度のサイズは、第2の材料の液滴の表面張力に基づいて決定されてもよい。表面張力が大きくなると、負の角度が大きくなる。一部の実施形態において、負の角度のサイズは、堆積中の第2の材料の液滴の速度に基づいて決定されてもよい。

40

【0093】

一部の実施形態において、第2及び第3の部位（例えば、部位726及び736）は、最終的なモデルを形成するオブジェクトから除去されてもよい。

【0094】

ギャップが支持材料とボディ材料との間に形成されるように支持材料及びボディ材料の

50

実験的な堆積の結果は、図 10 に表される。図 10 は、本発明の一部の実施形態に係る例示的な印刷オブジェクトの画像を含む。オブジェクト 910 - 960 は、内部バーを形成するためにボディ材料を用いて印刷され、各バーの垂直壁をカバーするために支持材料を用いて印刷された。オブジェクト 910 は、例えば、図 8 A に示されるように、ギャップが支持材料とモデル材料との間に形成されないように印刷された。オブジェクト 920 及び 930 は、オブジェクト 920 及び 930 の支持材料とボディ材料との間に、それぞれ、80 μm 及び 160 μm の狭いギャップで印刷された。オブジェクト 910 - 930 では、支持材料を除去することが不可能であり、スムーズで、光沢のある、高品質なボディバーの表面を有する。オブジェクト 940、950 及び 960 は、それぞれ、250 μm 、350 μm 及び 430 μm のギャップが、オブジェクトのボディ部位と支持部位との間に形成されるように、印刷された。見ることができるように、スムーズで、光沢のある、高品質な表面のボディ材料バーが得られた。

10

【0095】

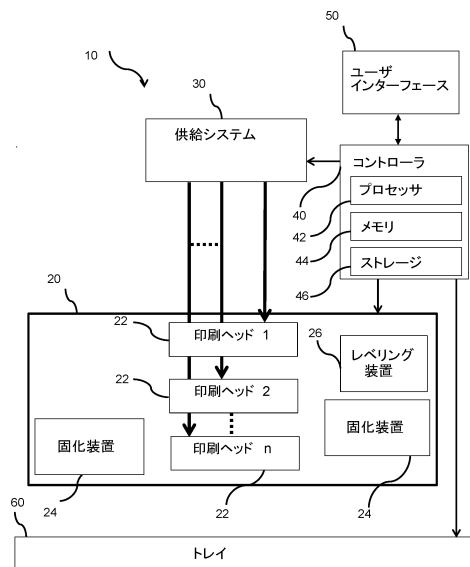
一部の実施形態において、負の角度を有するオブジェクトの第3の部位を完了した後、バッファゾーンを形成するために追加の材料が堆積されてもよい。図 11 A 及び 11 B は、本発明の一部の実施形態に係る2つの例示的な印刷オブジェクトを示す。オブジェクト 1010 及び 1020 は、それぞれ、ボディ部位 1012 及び 1022、ギャップ 1015 及び 1025、並びに支持部位 1017 及び 1027 を含んでもよい。ギャップ 1015 及び 1025 は、本発明の実施形態に係る負の角度を有してもよい。ギャップ 1015 及び 1025 は、ボディ部位と支持部位との間の接触においてバッファゾーンを印刷することによって閉じられてもよい。オブジェクト 1010 は、真っ直ぐなバッファゾーン 1013 を含んでもよく、オブジェクト 1020 は、角度のあるバッファゾーン 1023 を含んでもよい。バッファゾーン 1013 及び 1023 は、例としてのみ与えられる。本発明に係るバッファゾーンは、所望の形状を有してもよい。

20

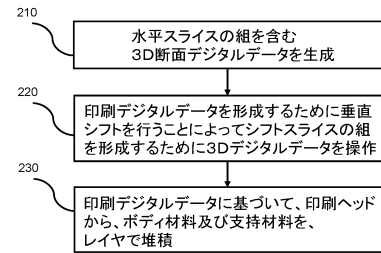
【0096】

本明細書において本発明の特定の特徴が図示及び記載されてきたが、数々の変形、置換、変更、及び等価物が、当業者によって想到されるだろう。したがって、添付の請求の範囲は、このような変形及び変更を、本発明の真の意図に含まれるものとして包含するよう意図されることが理解される。

【図 1】



【図 2】



【図 3 A】

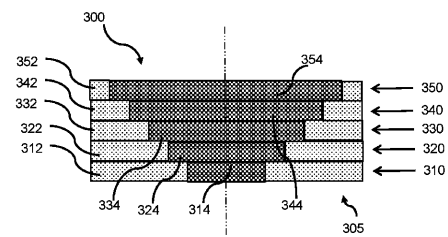


FIG. 3A

【図 3 B】

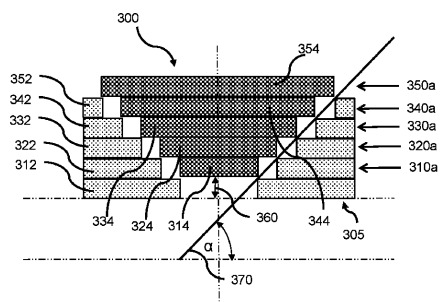


FIG. 3B

【図 4】

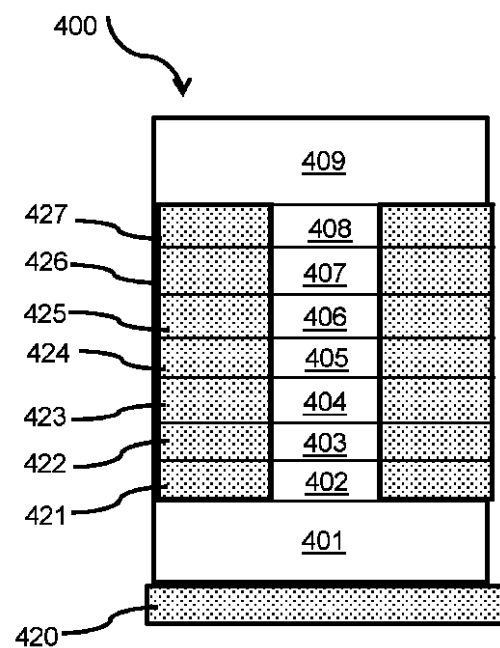


FIG. 4

【図 5】

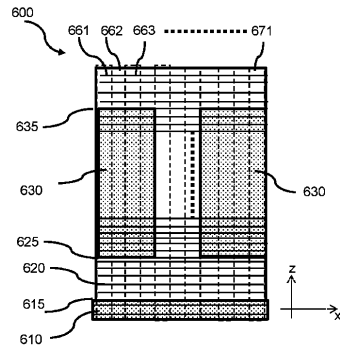


FIG. 5

【図 6 A】

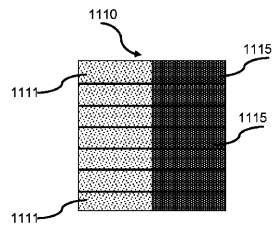


FIG. 6A

【図 6 B】

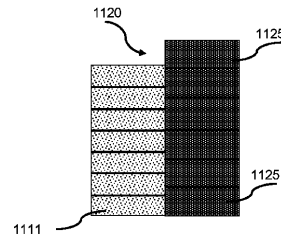


FIG. 6B

【図 6 C】

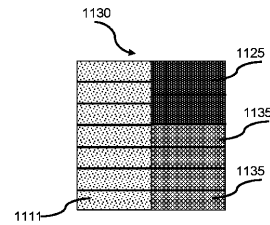
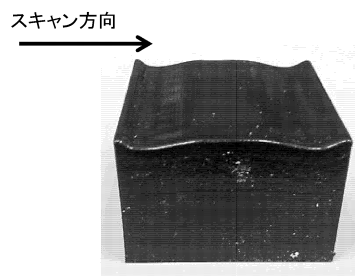


FIG. 6C

【図 7 A】



【図 7 B】

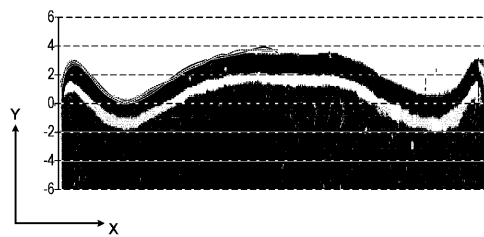


FIG. 7B

【図 8 A】

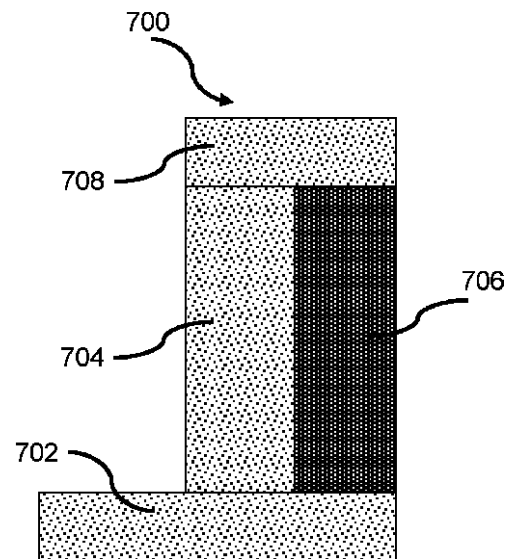


FIG. 8A

【図 8 B】

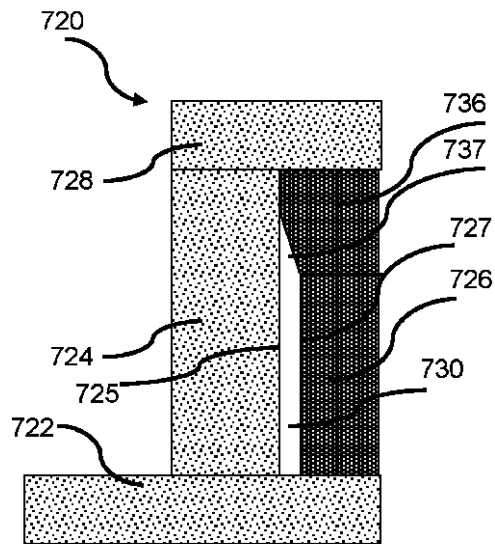


FIG. 8B

【図 9】

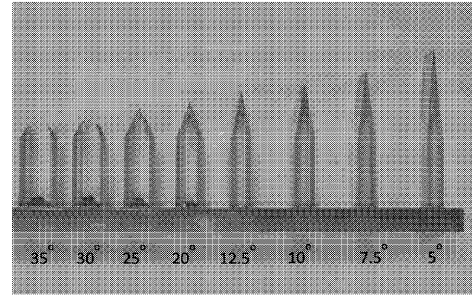


FIG. 9

【図 10】

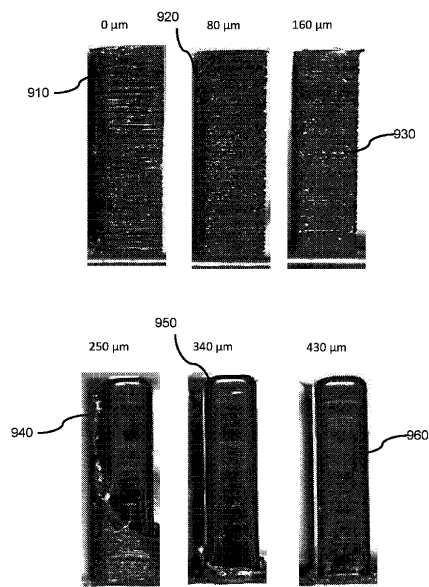


FIG. 10

【図 11 A】

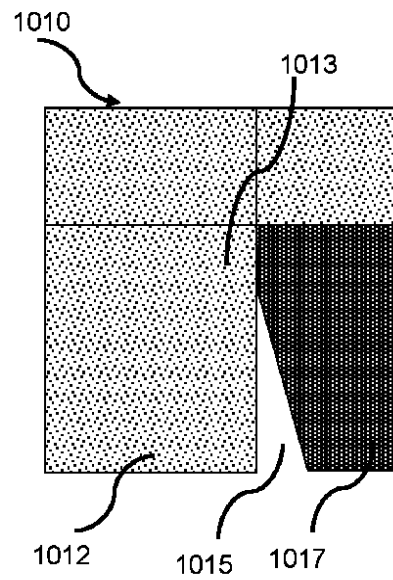
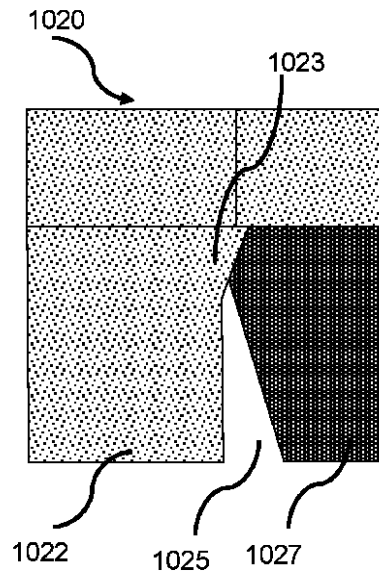


FIG. 11A

【図 11 B】

**FIG. 11B**

フロントページの続き

- (72)発明者 ディコフスキー ダニエル
イスラエル国 7 6 5 0 2 2 0 レホヴォト ウシシュキン ストリート 2 0
- (72)発明者 ナバデンスキー エドゥアルド
イスラエル国 4 2 3 2 5 4 7 ネタニヤ イェフダ ハレヴィ ストリート 8 6
- (72)発明者 ヒルシュ シャイ
イスラエル国 7 6 2 4 8 1 2 レホヴォト イェヒエル パルディ ストリート 1 2
- (72)発明者 レビン エヴゲニー
イスラエル国 7 6 3 5 0 2 9 レホヴォト レボナ ストリート 7
- (72)発明者 プレスラー ヨアフ
イスラエル国 6 9 9 8 2 4 3 テル - アビブ レフィディム ストリート 2 2

審査官 一宮 里枝

- (56)参考文献 特開2016 - 198897 (JP, A)
特開2004 - 090530 (JP, A)
欧州特許出願公開第03181338 (EP, A1)
欧州特許出願公開第01637307 (EP, A1)
国際公開第2011 / 144596 (WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0
B 2 9 C 6 7 / 0 0