

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7051288号

(P7051288)

(45)発行日 令和4年4月11日(2022.4.11)

(24)登録日 令和4年4月1日(2022.4.1)

(51)国際特許分類

F I

B 2 9 C 64/386 (2017.01)

B 2 9 C 64/386

B 3 3 Y 30/00 (2015.01)

B 3 3 Y 30/00

B 3 3 Y 50/00 (2015.01)

B 3 3 Y 50/00

B 3 3 Y 10/00 (2015.01)

B 3 3 Y 10/00

請求項の数 10 (全23頁)

(21)出願番号 特願2016-237685(P2016-237685)

(22)出願日 平成28年12月7日(2016.12.7)

(65)公開番号 特開2017-114118(P2017-114118

A)

(43)公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

審査請求日 令和1年11月27日(2019.11.27)

(31)優先権主張番号 特願2015-249088(P2015-249088)

(32)優先日 平成27年12月21日(2015.12.21)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74)代理人 100126240

弁理士 阿部 琢磨

(74)代理人 100124442

弁理士 黒岩 創吾

(72)発明者 宇佐美 博一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ

ヤノン株式会社内

(72)発明者 多田 達也

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ

ヤノン株式会社内

(72)発明者 辛島 賢司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 造形装置、および造形用データを生成するためのデータ処理装置、および立体物の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元モデルの三次元形状データから生成された造形材料の種類およびその配置の情報を
含むスライスデータに対して処理をおこなうデータ処理装置であって、
前記スライスデータに含まれる i 層のデータと $(i + 1)$ 層のデータとを解析して第1の
造形材料とは異なる第2の造形材料の層が前記第1の造形材料の上に積層される領域を抽
出し、前記領域に所定の大きさ以上の領域が含まれている場合には、前記所定の大きさ以
上の領域内の第 i 層および第 $(i + 1)$ 層の少なくとも一方のスライスデータを、前記第
1の造形材料が配置される部分と前記第2の造形材料が配置される部分とが積層面に交互
に混在するパターンに配置されるデータに変更することを特徴とするデータ処理装置。

【請求項2】

前記領域において、前記第1の造形材料が配置される部分と前記第2の造形材料が配置さ
れる部分のピッチが、少なくとも一方向において2mm未満であることを特徴とする請求
項1に記載のデータ処理装置。

【請求項3】

前記領域において、前記第1の造形材料が占める部分の合計面積を S_1 、第2の造形材料
が占める部分の合計面積を S_2 としたとき、

$$0.2 \leq S_1 / (S_1 + S_2) \leq 0.8$$

を満たすことを特徴とする請求項1または2に記載のデータ処理装置。

【請求項4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のデータ処理装置と、前記スライスデータに基づいて造形材料を積層する積層部と、を備えることを特徴とする造形システム。

【請求項 5】

三次元モデルの三次元形状データから生成された造形材料の種類およびその配置の情報を
含むスライスデータに対しておこなうデータ処理方法であって、
前記スライスデータに含まれる i 層のデータと $(i + 1)$ 層のデータとを解析して第 1 の
造形材料とは異なる第 2 の造形材料の層が前記第 1 の造形材料の上に積層される領域を抽
出するステップと、
前記領域に所定の大きさ以上の領域が含まれている場合に、前記所定の大きさ以上の領域
内の第 i 層および第 $(i + 1)$ 層の少なくとも一方のスライスデータを、前記第 1 の造形
材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置される部分とが積層面に交互に混在す
るパターンに配置されるデータに変更するステップと、
を含むことを特徴とするデータ処理方法。

10

【請求項 6】

前記領域において前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置され
る部分のピッチが、少なくとも一方向において 2 mm 未満であることを特徴とする請求項
5 に記載のデータ処理方法。

【請求項 7】

前記領域において、前記第 1 の造形材料が占める部分の合計面積を S_1 、第 2 の造形材料
が占める部分の合計面積を S_2 としたとき、
 $0.2 \leq S_1 / (S_1 + S_2) \leq 0.8$
を満たすことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のデータ処理方法。

20

【請求項 8】

データ処理装置に、請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載のデータ処理方法を実行させる
ためのプログラム。

【請求項 9】

三次元モデルの三次元形状データから生成されるスライスデータに基づいて造形材料を積
層する立体物の製造方法であって、
前記スライスデータに従うと、第 1 の造形材料とは異なる第 2 の造形材料が前記第 1 の造
形材料の上に積層される領域に所定の大きさ以上の領域が含まれる場合に、前記所定の大
きさ以上の領域において前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配
置される部分とを積層面に交互に混在するパターンに配置して積層することを特徴とする
立体物の製造方法。

30

【請求項 10】

前記領域において、前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置さ
れる部分のピッチが、少なくとも一方向において 2 mm 未満であることを特徴とする請求
項 9 に記載の立体物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体物の造形技術に関し、特にシート積層タイプの造形技術に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、アディティブマニファクチャリング (AM) 技術と呼ばれる立体造形技術が注目を
集めている。AM 技術は、三次元モデルの三次元形状データをスライスして複数の断面デ
ータからなるスライスデータを生成し、スライスデータに基づいて造形材料からなる複数
の層を順次形成し、造形材料からなる層を積層し接合することで、立体物を造形する技術
である。主な造形方式として、液槽光重合方式、粉末焼結法、材料押出し方式などが知ら
れている。

【0003】

50

特許文献 1 や 2 には、一度に層単位で積層するタイプの立体造形装置が提案されている。具体的には、電子写真方式を用いて 1 層分の断面データに対応する造形材料からなる薄層を順次形成し、薄層単位で積層することで立体物を作製する装置が記載されている。

【 0 0 0 4 】

ところで、これらの AM 技術にて付加価値の高い物品を提供するために、要求に応じて部分的に物理的あるいは化学的性質を変えた造形物を作製することが求められている。特許文献 3 には、粉末焼結法において、異なる 2 種の金属粉末の混合比を変えながら積層することで、部位によって物性が異なる物品を作製する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【文献】米国特許第 5 0 8 8 0 4 7 号明細書

特表平 8 - 5 1 1 2 1 7 号公報

特開 2 0 1 4 - 2 2 7 5 8 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

部分的に物理的あるいは化学的性質を変えた造形物を作製するためには、異なる種類の材料を積層する必要があるが、材料の組み合わせによっては、材料同士の接合が難しい場合がある。特許文献 1 及び 2 には、そのような場合について何ら開示はない。また、特許文献 3 の技術では、1 層が混合比が一定の材料で形成されることになるため、層内に材料が異なる領域を有する造形物を作製することができない。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するため、本願にかかるデータ処理装置は、三次元モデルの三次元形状データから生成された造形材料の種類およびその配置の情報を含むスライスデータに対して処理をおこなうデータ処理装置であって、前記スライスデータに含まれる i 層のデータと $(i + 1)$ 層のデータとを解析して第 1 の造形材料とは異なる第 2 の造形材料の層が前記第 1 の造形材料の上に積層される領域を抽出し、前記領域の面積と所定値とを比較して、前記領域の面積が前記所定値以上の場合には、前記領域内の第 i 層および第 $(i + 1)$ 層の少なくとも一方のスライスデータを、前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置される部分とが積層面に交互に混在するパターンに配置されるデータに変更することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明にかかるデータ処理方法は、三次元モデルの三次元形状データから生成された造形材料の種類およびその配置の情報を含むスライスデータに対しておこなうデータ処理方法であって、前記スライスデータに含まれる i 層のデータと $(i + 1)$ 層のデータとを解析して第 1 の造形材料とは異なる第 2 の造形材料の層が前記第 1 の造形材料の上に積層される領域を抽出するステップと、前記領域の面積と所定値とを比較して、前記領域の面積が所定値以上の場合には、前記領域内の第 i 層および第 $(i + 1)$ 層の少なくとも一方のスライスデータを、前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置される部分とが積層面に交互に混在するパターンに配置されるデータに変更するステップと、を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明にかかる立体物の製造方法は、三次元モデルの三次元形状データから生成されるスライスデータに基づいて造形材料を積層する立体物の製造方法であって、前記スライスデータに従うと、第 1 の造形材料とは異なる第 2 の造形材料が前記第 1 の造形材料の上に積層される領域の面積が所定値以上の場合に、前記領域において前記第 1 の造形材料が配置される部分と前記第 2 の造形材料が配置される部分とを積層面に交互に混在するパターンに配置して積層することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0010】

三次元モデルから生成したままのスライスデータに従って造形すると接合が困難な材料同士を積層する領域が含まれる造形であっても、本発明を適用することにより積層が可能となり、強度の高い造形物を作製することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】AM技術を用いて立体物を作製する方法を説明する図。

【図2】互いに溶着される材料層のスライスデータを画像化して示す図。

【図3】本発明にかかる変更を行ったスライスデータを画像化して示す図。

10

【図4】異なる種類の造形材料が積層された部分を示す図。

【図5】本発明に係る造形システムの全体構成を示す模式図。

【図6】本発明に係る造形システムの材料像形成部の構成を示す図。

【図7】本発明に係る造形システムの動作シーケンスを示すフローチャート。

【図8】2種類の造形材料をパターン状に配置して混在させる場合のパターン例を示す図。

【図9】2種類の造形材料を異なるパターンで配置して積層する例を示す図。

【図10】2実施形態に係る造形装置の材料層形成部の一例を示す模式図。

【図11】2種類の造形材料のピッチの大きさと接着層の接着力の関係を表すグラフ。

【図12】図11の測定に用いたサンプルの断面構造を表す図。

【図13】図11の測定に用いたサンプルの2種類の造形材料の配置パターンを表す図。

20

【図14】引張せん断試験の測定例を示すグラフ。

【図15】2種類の造形材料の混在比と接着層の接着力の関係を表すグラフ。

【図16】2種類の造形材料の混合比と接着層の接着力の関係を表すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、この発明を実施するための形態を、図面を参照して例示的に説明する。ただし、以下の実施形態に記載されている各部材の寸法、材質、形状、その相対配置など、各種制御の手順、制御パラメータ、目標値などは、特に限定的な記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【0013】

30

まず、図1(a)の三次元モデル1を造形する例について簡単に説明する。

【0014】

三次元モデル1は、第1の造形材料Maからなる部分P1と、第1の造形材料Maとは異なる種類の第2の造形材料Mbからなる部分P2とで構成されるものとする。ここで、「種類」とは化学構造によって決まるものとし、化学構造が異なっている場合に種類が異なっていると表現する。

【0015】

造形材料をZ方向に積層して三次元モデル1を造形する場合、図1(b)に示すように三次元モデル1の3次元データをZ方向に一定のピッチでスライスしてスライスデータを生成し、スライスデータに従って造形材料を層状に積層していく。ここで、最初のスライス(第1層)をL1、最後に積層されるスライス(第n層)をLnとする。

40

【0016】

図1(b)から分かるように、三次元モデル1は、スライスLk(第k層)からスライスLm-1(第(m-1)層)までは、他のスライスよりも小さな断面を有している。このような構造の場合、スライスLm(第m層)を、スライスLm-1(第(m-1)層)の断面データのない領域、即ち、造形材料のない領域に造形材料を積層しなければならないという問題が生じる。

【0017】

このような問題を解決するため、三次元モデル1の断面データがない領域の上に造形物を積層する必要のある部分には、サポート部が追加される。サポート部は、造形対象物にと

50

っては不要な部分であるので、造形が完了した後に除去する必要がある。そのため、例えば、三次元モデル1を構成する材料が溶解しない溶媒に溶解する材料でサポート部を構成し、造形完了後にサポート部のみを選択的に除去する方法が好適に用いられる。

【0018】

以下、造形対象物である三次元モデル1を構成する材料を構造材料、サポート部を構成する材料をサポート材料と称する。また、構造材料とサポート材料を区別する必要のない場合には、これらをまとめて造形材料と呼ぶことにする。

【0019】

ここでは簡単のため、図1(c)に示したように、第1層から第n層までが同じ断面積となるように、サポート材料である第3の造形材料M_cからなるサポート部P₃を設けて造形する例を考える。ただし、サポート部の構造はこれに限定されるものではなく、梁や柱を組み合わせた構造を採用することもできる。

10

【0020】

図1(c)の造形物を得るため、三次元モデル1の断面データにサポート部の情報を付加してスライスデータが生成される。スライスデータに従って造形材料を配置して材料層を形成し、これらの材料層に熱や光エネルギーを与えて造形材料を溶融させながら加圧することで、造形材料を互いに溶着させて積層し、造形が行われる。

【0021】

図2(a)に、図1(c)の積層面Z₁で互いに接合される第(k-1)層と第k層それぞれのデータD(k-1)、D(k)で表される造形材料の配置を表す。第(k-1)層と第k層とを積層する際には、積層面Z₁の領域A₁では第1の造形材料M_aと第3の造形材料M_cとの溶着、領域A₂では第1の造形材料M_aと第2の造形材料M_bとの溶着が行われる。さらに、積層面Z₁の領域A₃では第2の造形材料M_b同士の溶着、領域A₄では第2の造形材料M_bと第3の造形材料M_cとの溶着が行われる。

20

【0022】

同様に、図2(b)に、図1(c)の積層面Z₂で互いに接合される、第(m-1)層と第m層それぞれのデータD(m-1)、データD(m)で表される造形材料の配置を表す。第(m-1)層と第m層とを積層する際には、積層面Z₂の領域A₅では第3の造形材料M_cと第2の造形材料M_bとの溶着、領域A₆では第2の造形材料M_b同士の溶着が行われる。さらに、積層面Z₂の領域A₇では第2の造形材料M_bと第1の造形材料M_aとの溶着、領域A₈では第3の造形材料M_cと第1の造形材料M_aとの溶着が行われる。

30

【0023】

一般に、同じ種類の材料(同種材料)同士は溶着に適合するが、異なる種類の材料(異種材料)同士は溶着に適合しない場合が多い。第1の造形材料M_a、第2の造形材料M_b、第3の造形材料M_cは互いに異なる種類の材料であるから、これらの材料はごく限られた組み合わせを除いてほとんど溶着に適合せず、溶着したとしても接合力が弱い。

【0024】

例として、第1の造形材料M_aとしてABS樹脂、第2の造形材料M_bとしてポリアセタール樹脂(POM)、第3の造形材料M_cとして水溶性の糖質であるマルトテトラオースを用いる場合を考える。POMは、耐摩耗性および摺動性がよく、機械的強度に優れており、構造材料として好適な材料の1つであるが、他の材料との溶着性が極めて悪い。従って、同じPOM同士を溶着する領域A₃およびA₆では良好な積層を行えるが、POMとマルトテトラオースとの溶着が行われる領域A₄およびA₅、POMとABSとの溶着が行われる領域A₂およびA₇では、積層ができなくなってしまう。ABSとマルトテトラオースとの溶着が行われる領域A₁およびA₈においても、同様に積層することが困難になる。

40

【0025】

そこで、本発明では、三次元モデルの三次元形状データから生成されるスライスデータに、異種材料を積層する積層困難な領域が含まれる場合に、積層困難な領域のデータを一部変更して積層を可能とするものである。具体的には、積層面Z₁に異種材料が積層される

50

、積層困難な領域に、同種材料同士を溶着する部分と異種材料同士を溶着する部分とが混在するように、第 $(k-1)$ 層と第 k 層の少なくとも一方のデータを変更する。

【0026】

図3に、スライスデータそのままのデータ $D(k-1)$ と、本発明を適用して変更したデータ $D'(k)$ の造形材料の配置例を示す。本発明を適用しないデータ $D(k)$ に基づけば、領域A1には図2(a)のように第3の造形材料 M_c だけが配置される。しかし本発明を適用することにより、領域A1は、データ $D(k)$ で領域A1に配置される第3の造形材料 M_c と、データ $D(k-1)$ で領域A1に配置される第1の造形材料 M_a とが混在する領域に変更される。同様に、データ $D(k)$ の領域A2は、第2の造形材料 M_b と第1の造形材料 M_a とが混在する領域に、データ $D(k)$ の領域A4は、第3の造形材料 M_c と第2の造形材料 M_b とが混在する領域に変更される。このような積層困難な領域のデータの変更により、従来は困難であった、異種材料同士を積層する領域を含む層の積層を行うことが可能となる。

10

【0027】

本発明の効果は、次の現象によって発現するものと考えられる。

【0028】

図4は、第 $(k-1)$ 層 L_1 、第 k 層 L_2 、第 $(k+1)$ 層 L_3 がこの順に溶着された造形物の、領域A2の第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b とが溶着積層される領域の拡大図である。図では各層の境界が分かるように示しているが、実際にはこのような境界が見えることは少ない。

20

【0029】

第 $(k-1)$ 層 L_1 の第1の造形材料 M_a で形成されている層の上に、第 k 層 L_2 の第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b とが混在する層が積層されると、同種の第1の造形材料 M_a 同士が溶着される領域は強固に接合する。一方、第1の造形材料 M_a とは異なる第2の造形材料 M_b が溶着される領域は溶着されないか、溶着されても接合力は弱い。

【0030】

しかし、これらの領域が同じ層内に設けられ同時に熔融され、その後固化されることにより、互いに異なる種類の第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b との境界は、図4(a)~(d)のいずれかの状態となっていると考えられる。従って、図3の領域A2における第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b との境界には図4(a)~(d)のいずれかの状態がランダムに発生し、第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b との凹凸が嵌り合って機械的に連結され、第 k 層 L_2 が形成される。その結果、第 $(k-1)$ 層 L_1 と第 k 層 L_2 とを全面で積層することが可能となる。

30

【0031】

第 k 層 L_2 の上に積層される、第 $(k+1)$ 層 L_3 の第2の造形材料 M_b からなる層は、同種の第2の造形材料 M_b が溶着される部分で強固に接合することができる。一方、第1の造形材料 M_b とは異なる第1の造形材料 M_a が積層される部分は溶着されないか、溶着されても接合力は弱い。

【0032】

しかし、本発明では、積層面に接合力の強い部分と接合力の弱い部分とが混在し、かつ、溶着力の強い部分と溶着力の弱い部分との境界に、機械的な連結状態による結合が導入される。その結果、第 k 層 L_2 と第 $(k+1)$ 層 L_3 とを強い接合力で積層することができる。さらに、第 $(k-1)$ 層 L_1 と第 $(k+1)$ 層 L_3 も、第 k 層 L_2 を介することにより強い接合力で積層することができる。以下、第 k 層 L_2 のように、第1の造形材料 M_a と第2の造形材料 M_b とを混在させる層を、接着層と呼ぶ。

40

【0033】

同種材料と異種材料とを混在させる方法は、図3のパターン状に配置する例に限定されるものではないが、層間の接合力を確保するためには、同種材料と異種材料が小さな間隔で混在しているのが好ましい。図11は、ピッチの大きさを変えて接着層の接合力を測定した結果を表すグラフである。接着層の接合力の評価に用いた試料片を図12に示す。試料

50

片は、ＡＢＳ樹脂（Ｍａ）からなる層を１００層積層した後、ＡＢＳ樹脂とＰＯＭ樹脂（Ｍｂ）とが混在する接着層を１層積層した。更に、ＰＯＭ樹脂からなる層を１層、接着層を１層積層し、再びＡＢＳ樹脂からなる層を１００層積層させて作製した。ＡＢＳ樹脂からなる層の大きさは幅２０ｍｍ、長さ６０ｍｍとした。接着層およびＰＯＭ樹脂からなる層は、幅・長さともに２０ｍｍとした。なお、オーバーハング部にはサポート材料（Ｍｃ）からなるサポート体を設け、積層終了後に除去した。サポート材料には、ＡＢＳ樹脂と弱く溶着するマルトテトラオースを用いたため、接合力は弱いものの接着層を設けなくても積層することができた。

【００３４】

接着層は、図１３に示すように、ＡＢＳ樹脂が配置される領域とＰＯＭ樹脂が配置される領域とを、一辺の長さ（ピッチ） a [mm] の正方形を交互に設けるパターン（市松模様）に形成した。ピッチ a を、０．５ｍｍ、１ｍｍ、１．５ｍｍ、２ｍｍ、３ｍｍと変更して５種類の試験片を作成し、テンシロンＲＴＣ－１２５（株式会社エー・アンド・デイ社製）を用いて引張せん断力を測定し、接着層を設けたことによる接合力を評価した。

【００３５】

図１４のグラフはテンシロンＲＴＣ－１２５による引張せん断試験の一例である。グラフの条件Ａは１辺の長さ（ピッチ）が０．５ｍｍであり、条件Ｂは２ｍｍである。グラフの応力が最大となる点が破断点応力を表しており、破断点応力を接合力として図１１のグラフにプロットした。図１１のグラフから分かるように、ピッチの小さい方が、接合力が大きくなり、特に１辺の長さが２ｍｍ未満の領域で接合力が高くなる。以上のことから、層間の接合力を確保するためには同種材料と異種材料が小さな間隔で混在している方が好ましく、２ｍｍ未満の間隔で混在しているのが特に好ましいと言える。

【００３６】

また、図３では、第 k 層のデータを変更する例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、第 $(k-1)$ 層の領域Ａ１、Ａ２、Ａ４のデータを、次に積層される第 k 層の領域Ａ１、Ａ２、Ａ４に配置される造形材料が混在するように変更しても良い。あるいは、第 $(k-1)$ 層、第 k 層の両方において、パターンを変えて、同種材料と異種材料とが混在するようデータを変更しても良い。ただし、図２（ｂ）の領域Ａ５やＡ８のように、サポート材料と構造材料とが積層される領域に接着層を設ける場合は、サポート材料側の（第 $(m-1)$ 層の領域Ａ５、Ａ８）を接着層とするようにデータを変更するのが好ましい。かかる方法により、スライスデータの変更によって造形対象物の表面に生じた凹凸を後加工により除去することが可能となる。

【００３７】

以下、本発明にかかる実施形態を詳細に説明する。

【００３８】

< 第１実施形態 >

[造形システムの全体構成]

まず、本発明の実施形態に係る造形システムの全体構成について説明する。図５は、造形システムの一例である造形装置の全体構成を模式的に示す図である。

【００３９】

本実施形態の造形装置は、材料を２次元に配置した材料層を積層することによって立体物を作製する方式のＡＭシステムである。

【００４０】

図５に示すように、造形装置は、制御部Ｕ１、像形成部Ｕ２、積層部Ｕ３を有している。制御部Ｕ１は、造形対象物の３次元形状データからのスライスデータを生成する処理、造形装置の各部の制御などを担っている。材料層形成部Ｕ２は、例えば電子写真プロセスを利用して造形材料からなる材料層を形成する。そして、積層部Ｕ３は、材料層形成部Ｕ２で形成された複数層の材料層を順に積層し固着することによって、立体物を形成する。

【００４１】

各部Ｕ１～Ｕ３は、互いに異なる筐体に収められていてもよいし、１つの筐体の中に収め

10

20

30

40

50

られていてもよいなお、図5のユニット構成はあくまでも一例であり、他の構成を採用しても構わない。

【0042】

[制御部]

制御部U1の構成を説明する。図5に示すように、制御部U1は、三次元形状データ取得部U10、スライスデータ生成部U11を有しており、造形用データを生成するためのデータ処理装置として機能する。さらに、材料層形成制御部U12、積層制御部U13などを有し、制御装置としても機能する。スライスデータ生成部U11は、さらにスライスデータ変更部U110を有する。

【0043】

三次元形状データ取得部U10は、外部から三次元モデル（造形対象物）の三次元形状データを受け付ける機能を有する。三次元形状データとして、三次元CAD、三次元モデラー、三次元スキャナなどで作成・出力されたデータを用いることができる。そのファイル形式は問わないが、例えば、STL（StereoLithography）ファイル形式を好ましく用いることができる。

【0044】

スライスデータ生成部U11は、三次元形状データで表現された三次元モデルを所定の方向に所定のピッチでスライスして各層の断面形状を計算し、得られた断面形状を基に材料層形成部U2で材料層を形成する際に必要となるスライス情報を生成する。スライス情報には、各スライスにおける造形材料の種類、色、配置などの情報が含まれる。さらに、スライスデータ生成部U11は、三次元形状データ又はスライス情報を解析して、オーバーハング部（積層面に材料がない部分）の有無を判断し、必要に応じてサポート材料を配置する情報を追加してスライスデータを生成する。ここで、スライスデータとは、各層の構造材料およびサポート材料の種類、色、配置などの情報を含むデータ群を指す。

【0045】

そして、スライスデータ生成部U11は、互いに接して積層される層のデータを解析して、異種材料が積層される領域を抽出する。そしてこの領域における積層が困難と判定される場合には、スライスデータ変更部U110が、互いに接して積層される層の少なくとも一方の層のデータを接着用データに変更する。ここでいう接着用データとは、三次元モデルの三次元形状データから生成したままのスライスデータによれば、異種材料が積層される領域のデータを、同種材料と異種材料とが混在する領域に変更したデータである。

【0046】

詳しくは後述するが、本実施形態の材料層形成部U2は複数種類の造形材料を用いて材料層を形成することが可能である。そのため、スライスデータには造形材料ごとの像（配置）に対応するデータが含まれる。スライスデータのファイル形式としては、例えば、多値の画像データ（各値が材料の種類を表す）やマルチプレーンの画像データ（各プレーンが材料の種類に対応する）を用いることができる。

【0047】

材料層形成制御部U12は、スライスデータ生成部U11で生成されたスライスデータあるいは接着用データを含むよう変更されたデータに基づいて、材料層形成部U2における材料層形成プロセスを制御する機能を有する。また、積層制御部U13は、積層部U3における積層プロセスを制御する機能を有する。各部での具体的な制御内容については後述する。

【0048】

また、図示しないが、制御部U1は、操作部、表示部、記憶部も備える。操作部は、ユーザからの指示を受け付ける機能である。例えば、電源のオン/オフ、装置の各種設定、動作指示などの入力が可能である。表示部は、ユーザへの情報提示を行う機能を有する。例えば、各種設定画面、エラーメッセージ、動作状況などの提示が可能である。記憶部は、三次元形状データ、スライスデータ、各種設定値などを記憶する機能を有する。

【0049】

10

20

30

40

50

制御部U1は、ハードウェア的には、CPU（中央演算処理装置）、メモリ、補助記憶装置（ハードディスク、フラッシュメモリなど）、入力デバイス、表示デバイス、各種I/Fを具備したコンピュータにより構成することができる。上述した各機能U10～U13及びU110は、補助記憶装置などに格納されたプログラムをCPUが読み込んで実行し、必要なデバイスを制御することで実現されるものである。ただし、上述した機能のうちの一部又は全部をASICやFPGAなどの回路で構成したり、あるいは、クラウドコンピューティングやグリッドコンピューティングなどの技術を利用して他のコンピュータに実行させてもよい。

【0050】

[材料層形成部]

次に、材料層形成部U2の構成を説明する。材料層形成部U2は、電子写真プロセスを利用して造形材料の粒子からなる材料層を形成するユニットである。電子写真プロセスとは、感光体を帯電し、露光によって潜像を形成し、現像剤粒子を付着させて現像剤像を形成するという一連のプロセスによって、所望の像を形成する手法である。電子写真プロセスの原理は複写機等の2Dプリンタで用いられているものと共通するが、立体造形装置では現像剤として材料の特性がトナー材料とは異なるものを用いるため、2Dプリンタにおけるプロセス制御や部材構造をそのまま利用できない場合も多い。

【0051】

図5に示すように、材料層形成部U2は、第1の材料像形成部10a、第2の材料像形成部10b、第3の材料像形成部10c、第1の搬送体11、搬送体クリーニング装置12、画像検知センサー13を備えている。第1の材料像形成部10aは、第1の材料Maを用いて材料像を形成するための像形成手段であり、像担持体100a、帯電装置101a、露光装置102a、現像装置103a、転写装置104a、クリーニング装置105aを有する。第2の材料像形成部10b、第3の材料像形成部10cも、それぞれ第1の材料像形成部10aと同様の構成を有している。

【0052】

本実施形態では、第1の造形材料Maとして一般の熱可塑性の樹脂、第2の造形材料Mbとして難接合性を示す熱可塑性の樹脂を用い、第3の造形材料Mcとして熱可塑性かつ水溶性の材料を用いる。ここで、第1の造形材料Ma、第2の造形材料Mbは構造材料であり、第3の造形材料Mcはサポート材料である。

【0053】

一般の熱可塑性の樹脂としては、ABS、PS（ポリスチレン）などが挙げられ、難接合性を示す熱可塑性樹脂としては、POM（ポリアセタール）、PE（ポリエチレン）、PP（ポリプロピレン）などが挙げられる。第1、第2の造形材料は、それぞれこれらの中から選択して用いることができる。サポート材料としては、糖質、ポリ乳酸（PLA）、PVA（ポリビニルアルコール）、PEG（ポリエチレングリコール）などが挙げられ、更に糖質の具体例としてはスクロース、ラクトース、マルトース、マルトテトラオースなどが挙げられる。各造形材料は平均粒径が5μm以上50μm以下の粒子からなる粉末が好適に用いられるが、造形精度や造形速度の観点から、平均粒径が15μm以上30μm以下の粒子からなる粉末がより好適である。

【0054】

これらの材料像形成部10a、10b、10cは第1の搬送体11の表面に沿って配置されている。なお、図5では、第1の造形材料の材料像形成部10aを搬送方向の最も上流側に配置しているが、材料像形成部の配置順は任意である。また、材料像形成部の数は3つより多くてもよく、用いる造形材料の種類に応じて適宜増やすことができる。材質、色、固さ、物性などの異なる複数種類の材料を組み合わせることで、作製する立体物のバリエーションが豊富になる。このような拡張性に優れる点も、電子写真プロセスを利用した造形装置の利点の一つといえる。

【0055】

以下、材料層形成部U2の各部の構成について詳しく説明する。ただし、材料像形成部1

10

20

30

40

50

0 a ~ 1 0 c に共通する説明の中では、構成部材の参照符号の添え字 a ~ c を省略し、材料像形成部 1 0、像担持体 1 0 0 などと記載する。

【 0 0 5 6 】

(像担持体)

図 6 (a) は、材料像形成部 1 0 の構成を示す図であり、図 6 (b) は、現像装置 1 0 3 の詳細構成を示す図である。

【 0 0 5 7 】

像担持体 1 0 0 は、静電潜像を担持するための部材である。ここでは、アルミニウムなどの金属製シリンダーの外周面に光導電性を有する感光体層が形成された感光体ドラムが用いられる。感光体としては、有機感光体 (O P C)、アモルファスシリコン感光体、セレン感光体などを用いることができ、立体造形装置の用途や要求性能に応じて感光体の種類を適宜選択すればよい。像担持体 1 0 0 は、不図示の枠体に回転自在に支持されており、像形成時には不図示のモーターによって図中の時計周りに一定速度で回転する。

10

【 0 0 5 8 】

(帯電装置)

帯電装置 1 0 1 は、像担持体 1 0 0 の表面を一様に帯電させるための帯電手段である。本実施形態ではコロナ放電による非接触帯電方式を用いるが、帯電ローラを像担持体 1 0 0 の表面に接触させるローラ帯電方式など他の帯電方式を用いても構わない。

【 0 0 5 9 】

(露光装置)

露光装置 1 0 2 は、画像情報 (スライスデータ) に従って像担持体 1 0 0 を露光し、像担持体 1 0 0 の表面上に静電潜像を形成する露光手段である。露光装置 1 0 2 は、例えば、半導体レーザーや発光ダイオードなどの光源と、高速回転するポリゴンミラーからなる走査機構と、結像レンズなどの光学部材とを有して構成される。

20

【 0 0 6 0 】

(現像装置)

現像装置 1 0 3 は、現像剤 (ここでは、第 1、第 2、第 3 の造形材料の粉末) を像担持体 1 0 0 に供給することで、静電潜像を可視化する現像手段である (本明細書では、現像剤によって可視化された像を材料像と称す。)。図 6 (b) に現像装置 1 0 3 の詳細構成を示す。現像装置 1 0 3 は、現像剤を収容する容器 1 0 3 0 と、容器 1 0 3 0 の内部に設けられる供給ローラ 1 0 3 1 と、現像剤を担持し像担持体 1 0 0 へ供給する現像ローラ 1 0 3 2 と、現像剤の厚みを規制する規制部材 1 0 3 3 とを有する。供給ローラ 1 0 3 1 及び現像ローラ 1 0 3 2 は容器 1 0 3 0 に回転自在に支持されており、像形成時には不図示のモーターによって図中の反時計周りに一定速度で回転する。供給ローラ 1 0 3 1 によって攪拌し帯電された現像剤の粉末が現像ローラ 1 0 3 2 に供給され、規制部材 1 0 3 3 によって略 1 粒子分の厚みとなるように層厚が規制された後、現像ローラ 1 0 3 2 と像担持体 1 0 0 の対向部において静電潜像の現像が行われる。現像方式としては、露光により電荷を除去した部分に現像剤を付着させる反転現像方式と、露光されなかった部分に現像剤を付着させる正規現像方式とがあるが、いずれの方式を用いてもよい。

30

【 0 0 6 1 】

現像装置 1 0 3 は、いわゆる現像カートリッジの構造をとり、材料層形成部 U 2 に対し着脱自在に設けられているとよい。カートリッジの交換により造形材料 (第 1、第 2、第 3 の造形材料) の補充・変更が容易にできるからである。あるいは、像担持体 1 0 0、現像装置 1 0 3、クリーニング装置 1 0 5 などとを一体のカートリッジとし (いわゆるプロセスカートリッジ)、像担持体自体の交換を可能にしてもよい。構造材料やサポート材料の種類、固さ、粒径により像担持体 1 0 0 の摩耗や寿命が特に問題となる場合には、プロセスカートリッジ構成の方が実用性・利便性に優れる。

40

【 0 0 6 2 】

(転写装置)

転写装置 1 0 4 は、像担持体 1 0 0 上の材料像を第 1 の搬送ベルト 1 1 の表面上へと転写

50

させる転写手段である。転写装置 104 は、第 1 の搬送ベルト 11 を挟んで像担持体 100 の反対側に配置されており、像担持体 100 上の材料像と逆極性の電圧を印加することで、静電的に材料像を第 1 の搬送ベルト 11 側へと転写させる。像担持体 100 から第 1 の搬送ベルト 11 への転写を 1 次転写とも称す。なお、本実施形態ではコロナ放電を利用した転写方式を用いるが、ローラ転写方式や、静電転写方式以外の転写方式を用いても構わない。

【0063】

(クリーニング装置)

クリーニング装置 105 は、転写されずに像担持体 100 上に残った現像剤を回収し、像担持体 100 の表面を清浄する手段である。本実施形態では、像担持体 100 に対しカウンタ方向に当接させたクリーニングブレードによって現像剤を掻き落とすブレード方式のクリーニング装置 105 を採用するが、ブラシ方式や静電吸着方式のクリーニング装置を用いてもよい。

10

【0064】

(第 1 の搬送ベルト)

第 1 の搬送ベルト 11 は、各材料像形成部 10 で形成された材料像が転写される担持搬送体である。第 1 の搬送ベルトの搬送方向に対して上流側の材料像形成部 10a から第 1 の造形材料の材料像が転写される。続いて、それより下流側の材料像形成部 10b から第 2 の造形材料の材料像が、材料像形成部 10c から第 3 の造形材料(サポート材料)の材料像が、第 1 の造形材料の材料像と位置を合わせて転写される。これにより、第 1 の搬送ベルト 11 の表面上に、第 1 から第 3 の造形材料からなる 1 枚の材料層が形成される。このとき、材料像同士が互いに重ならないようにスライスデータを生成する際に各材料像の位置及び大きさが調整しておく、材料像の重なりによる材料層の厚さのばらつきを可及的に抑えることができる。

20

【0065】

第 1 の搬送ベルト 11 は、ポリイミドなどの樹脂材料からなる無端ベルトであり、図 5 に示すように、複数のローラ 110、111 に張架されている。なお、ローラ 110、111 の他にテンションローラを設け、第 1 の搬送ベルト 11 のテンションを調整できるようにしてもよい。ローラ 110、111 のうち少なくとも一方は駆動ローラであり、像形成時には不図示のモーターの駆動力によって第 1 の搬送ベルト 11 を図中反時計周りに回転させる。また、ローラ 110 は、積層部 U3 の 2 次転写ローラ 31 との間で 2 次転写部を形成するローラである。

30

【0066】

なお、ここでは第 1 の搬送体として無端ベルトを採用しているがこの形態に限定されるものではなく、板状の搬送体を採用することもできる。

【0067】

(ベルトクリーニング装置)

ベルトクリーニング装置 12 は、第 1 の搬送ベルト 11 の表面に残った材料をクリーニングする手段である。本実施形態では、第 1 の搬送ベルト 11 に対しカウンタ方向に当接させたクリーニングブレードによって、第 1 の担持搬送ベルト 11 上の材料を掻き落とすブレード方式を採用するが、ブラシ方式や静電吸着方式のクリーニング装置を用いてもよい。

40

【0068】

(画像検知センサー)

画像検知センサー 13 は、第 1 の搬送ベルト 11 の表面に担持された材料層に関する情報を取得する検知手段である。画像検知センサー 13 の検知結果は、材料層の位置合わせや、後段の積層部 U3 とのタイミング制御や、材料層の形状、厚み、位置などに関する異常検知などに利用される。

【0069】

以上、電子写真プロセスを利用した材料層形成部について説明してきたが、複数の材料を

50

所定位置に配置できるものであれば、インクジェットプロセスなど他の方式を用いて材料層形成部を構成してもよい。

【 0 0 7 0 】

[積層部]

次に、積層部 U 3 の構成を説明する。積層部 U 3 は、材料層形成部 U 2 で形成された材料層を第 1 の搬送ベルト 1 1 から受け取り、これを順に積層し固着することによって、立体物を形成する部分である。

【 0 0 7 1 】

図 5 に示すように、積層部 U 3 は、第 2 の搬送体（ベルト）3 0、2 次転写ローラ 3 1、画像検知センサー 3 2、ヒーター 3 3、ステージ 3 4 を備えている。以下、積層部 U 3 の各部の構成について詳しく説明する。

10

【 0 0 7 2 】

（第 2 の搬送ベルト）

第 2 の搬送ベルト 3 0 は、材料層形成部 U 2 で形成された材料層を第 1 の搬送ベルト 1 1 から受け取り、その材料層を積層位置まで搬送する第 2 の担持搬送体である。積層位置とは、材料層をステージの上あるいは作製中の造形物の積層面へ積み上げるため、材料層と積層面との接触が行われる位置である。図 5 の構成では、第 2 の搬送ベルト 3 0 がヒーター 3 3 とステージ 3 4 とで挟まれる部分が積層位置に該当する。

【 0 0 7 3 】

第 2 の搬送ベルト 3 0 は、金属やポリイミドなどの耐熱性を有する材料からなる無端ベルトであり、図 5 に示すように、2 次転写ローラ 3 1、及び、複数のローラ 3 0 1、3 0 2、3 0 3、3 0 4 に張架されている。ローラ 3 1、3 0 1、3 0 2 のうち少なくともいずれかが駆動ローラであり、不図示のモーターの駆動力によって第 2 の搬送ベルト 3 0 を図中時計周りに回転させる。ローラ 3 0 3、3 0 4 は、第 2 の搬送ベルト 3 0 のテンションの調整と、積層位置を通過する第 2 の搬送ベルト 3 0（つまり積層時の材料層）を平らに保つ役割を担うローラ対である。

20

第 2 の搬送体 3 0 も無端ベルトに限定されるものではなく、板状の形態を採用することもできる。また、図 5 に示す装置例は複数の搬送体（第 1 及び第 2 の搬送体）を有しているが、第 2 の搬送体または第 1 の搬送体を省いた構成を採用してもかまわない。

【 0 0 7 4 】

30

（2 次転写ローラ）

2 次転写ローラ 3 1 は、材料層形成部 U 2 の第 1 の搬送ベルト 1 1 から、積層部 U 3 の第 2 の搬送ベルト 3 0 へと、材料層を転写させるための転写手段である。2 次転写ローラ 3 1 は、材料層形成部 U 2 の対向ローラ 1 1 0 との間で第 1 の搬送ベルト 1 1 及び第 2 の搬送ベルト 3 0 を挟み込むことで、両者のベルト間に 2 次転写ニップを形成する。そして、不図示の電源により 2 次転写ローラ 3 1 に材料層とは逆極性のバイアスを印加することで、材料層を第 2 の搬送ベルト 3 0 側へと転写させる。

【 0 0 7 5 】

（画像検知センサー）

画像検知センサー 3 2 は、第 2 の搬送ベルト 3 0 の表面に担持された材料層に関する情報を読み取る検知手段である。画像検知センサー 3 2 の検知結果は、材料層の位置合わせ、積層位置への搬送タイミング制御などに利用される。

40

【 0 0 7 6 】

（ヒーター）

ヒーター 3 3 は、積層位置に搬送された材料層の温度を制御する温度制御手段である。ヒーター 3 3 としては、例えば、セラミックヒーター、ハロゲンヒーターなどを用いることができる。また、加熱だけでなく、放熱ないし冷却により材料層の温度を積極的に低下させる構成を設けてもよい。なお、ヒーター 3 3 の下面（ベルト側の面）は平面となっており、積層位置を通過する第 2 の搬送ベルト 3 0 のガイドと、材料層に均等な圧力を加える押圧部材の役割も兼ねている。

50

【 0 0 7 7 】

(ステージ)

ステージ 3 4 は、造形物が形成される平面台である。ステージ 3 4 は、不図示のアクチュエータによって上下方向（積層位置のベルト面に垂直な方向）に移動可能である。積層位置まで搬送された材料層をヒーター 3 3 との間で挟み込み、加熱、加圧（必要に応じて放熱ないし冷却）を行うことで、第 2 の搬送ベルト 3 0 側からステージ 3 4 側へと材料層を転写させる。1 層目の材料層はステージ 3 4 の上に転写され、2 層目以降の材料層はステージ 3 4 上の作製中の造形物の上に積み上げられていく。このように本実施形態では、ヒーター 3 3 とステージ 3 4 によって、材料層を積層する積層手段が構成される。

【 0 0 7 8 】

[造形装置の動作]

次に、上記構成を有する造形装置の動作について説明する。ここでは既にスライスデータ生成部 U 1 1 による第 1 のスライスデータの生成処理は完了しているものとして、各層の材料層を形成するプロセスと、材料層を積層するプロセスを順に説明する。図 7 は、本実施形態の造形装置の動作シーケンス例を示すフローチャートである。

【 0 0 7 9 】

(材料層形成プロセス)

まず、制御部 U 1 は、各粒子像形成部 1 0 の像担持体 1 0 0、第 1 の搬送ベルト 1 1、及び、第 2 の搬送ベルト 3 0 が同じ外周速度（プロセス速度）で同期して回転するように、モーター等の駆動源を制御する。

【 0 0 8 0 】

回転速度が安定した後、最上流の材料像形成部 1 0 a の像形成を開始する（S 5 0 1）。すなわち、制御部 U 1 は、帯電装置 1 0 1 a を制御し、像担持体 1 0 0 a の表面全域を所定の極性でかつ所定の帯電電位でほぼ均一に帯電させる。続いて制御部 U 1 は、帯電した像担持体 1 0 0 a の表面を露光装置 1 0 2 a によって露光する。ここでは、露光によって電荷を除去することにより、露光部と非露光部との間に電位差を形成する。この電位差による像が静電潜像である。一方、制御部 U 1 は、現像装置 1 0 3 a を駆動して、像担持体 1 0 0 a 上の潜像に構造材料の粉末を付着させ、構造材料の像を形成する。この材料像は、転写装置 1 0 4 a によって第 1 の搬送ベルト 1 1 上へと 1 次転写される。

【 0 0 8 1 】

また、制御部 U 1 は、材料像形成部 1 0 a での像形成開始から所定の時間差で下流側の材料像形成部 1 0 b、1 0 c の像形成を開始する（S 5 0 2、S 5 0 3）。材料像形成部 1 0 b、1 0 c における像形成も材料像形成部 1 0 a における像形成と同様の手順で行われる。ここで、像形成開始の時間差は、上流側の像形成部 1 0 a における 1 次転写ニップから下流側の材料像形成部 1 0 b、1 0 c における 1 次転写ニップまでの距離をプロセス速度で割った値に設定される。これにより、それぞれの材料像形成部 1 0 a、1 0 b、1 0 c で形成された 2 つの材料像が第 1 の搬送ベルト 1 1 上で位置合わせして転写され、2 種類の構造材料とサポート材料からなる 1 層分の材料層が形成される（S 5 0 4）。ここで、形成される材料層を、第 i 層の材料層（i は正の整数）とする。なお、オーバーハング部がなくサポート部分が必要無い断面の場合には、材料像形成部 1 0 c の像形成は行われない。その場合、第 1 および第 2 の構造材料の材料像のみで材料層が形成される。

【 0 0 8 2 】

このようにして形成された材料層は、第 1 の搬送ベルト 1 1 によって積層部 U 3 へと搬送される。

【 0 0 8 3 】

(第 i 層の積層プロセス)

上記のように材料層の形成動作が行われている間、積層部 U 3 の第 2 の搬送ベルト 3 0 は第 1 の搬送ベルト 1 1 に接触した状態で、同じ外周速度（プロセス速度）で同期回転している。そして、第 1 の搬送ベルト 1 1 上の材料層の前端が 2 次転写ニップに到達するタイミングに合わせて、制御部 U 1 が 2 次転写ローラ 3 1 に所定の転写バイアスを印加し、第

10

20

30

40

50

i 層の材料層を第 2 の搬送ベルト 30 へ転写させる (S 5 0 5)。

【 0 0 8 4 】

第 2 の搬送ベルト 30 は同じプロセス速度のまま回転を続け、第 i 層の材料層を図 5 の矢印方向に搬送すると、画像検知センサー 32 によって第 2 の搬送ベルト上の材料層の位置が検知される。制御部 U 1 はその検知結果に基づいて材料層を搬送し (S 5 0 6)、第 i 層の材料層が積層位置に到達するタイミングで第 2 の担持搬送ベルト 30 を停止させる (S 5 0 7)。その後、制御部 U 1 はステージ 34 を上昇させて第 2 の搬送ベルト 30 に近づけ、積層面を第 2 の搬送ベルト 30 上の第 i 層の材料層と接触させる (S 5 0 8)。

【 0 0 8 5 】

この状態のまま、制御部 U 1 は、所定の温度制御シーケンスにしたがって、ヒーター 33 の温度を制御する。具体的には、最初に、第 1 の目標温度までヒーター 33 を加熱する第 1 のモードを所定時間行って、材料層の各造形材料を熱溶解させる (S 5 0 9)。これにより材料層が軟化し、軟化した材料層と積層面とが密着する。その後、第 1 の目標温度よりも低い第 2 の目標温度にヒーター 33 を制御する第 2 のモードを所定時間行い、軟化した材料層を積層面に固化させて第 2 の担持搬送ベルト 30 表面から剥がし (S 5 1 0)、ステージを下降させる (S 5 1 1)。

【 0 0 8 6 】

ここで、温度制御シーケンス、目標温度、加熱時間などは、材料層の形成に用いられる第 1 から第 3 の造形材料の特性に応じて設定される。例えば、第 1 のモードにおける第 1 の目標温度は、材料層の形成に用いられる各材料の融点もしくはガラス転移点のうち最も高い温度よりも高い値に設定される。一方、第 2 のモードにおける第 2 の目標温度は、材料層の形成に用いられる各材料の結晶化温度もしくは非晶質材料のガラス転移点のうち最も低い温度よりも低い値に設定される。このような温度制御を行うことにより、異なる熱溶解特性をもつ複数種類の粒子材料が混在した材料層全体を共通の溶解温度領域で軟化させた後、共通の固化温度領域で全体を固化させることができる。したがって、複数種類の造形材料が混在した材料層の溶解および固着を安定して行うことが可能になる。

【 0 0 8 7 】

(第 (i + 1) 層の形成プロセス)

続いて次に積層する第 (i + 1) 層の材料層の形成プロセスが開始されるが、このときスライスデータ生成部 U 1 1 にて先に積層した第 i 層と次に積層する第 (i + 1) 層の材料層のデータを解析する (S 5 1 2)。第 i 層の材料層と第 (i + 1) 層の材料層との積層面に、異種材料を積層する領域が含まれるかどうか、含まれる場合にはその領域の積層が困難かどうか判定し、積層が困難な領域と判定されればデータの変更が必要と判断する。積層が困難かどうかは、積層する異種材料についてあらかじめ取得した積層相性と積層が困難となる大きさに基づいて判定するとよい。データの変更が必要と判断されると、スライスデータ変更部 U 1 1 0 にて積層が困難な領域は接着用データに変更される。

【 0 0 8 8 】

例えば、第 i 層の第 1 の造形材料の上に、第 1 の造形材料とは異なる第 2 の造形材料を積層する領域を抽出し、その中に積層が困難となる大きさ以上の領域が含まれていれば、データの変更が必要と判断される。そして、データの変更が必要と判断された領域において、第 (i + 1) 層のデータを、第 2 の造形材料と第 i 層と同じ種類の第 1 の造形材料とが混在する接着用データに変更する (S 5 1 3)。

【 0 0 8 9 】

ここでは、データの変更を、第 i 層と第 (i + 1) 層のデータを解析して、第 (i + 1) 層の材料層について行う例を示しているが、この例に限定されるものではない。第 (i + 1) 層に加えて、第 (i + 1) 層の次に積層される第 (i + 2) 層目以降の材料層のデータを接着用データに変更しても良い。また、積層 (接着) 面の前後複数層のデータを解析し、それらの層の必要な領域についてデータを変更して接着用データを形成しても良い。

【 0 0 9 0 】

互いに異なる種類の造形材料が積層される領域は、第 (i + 1) 層と第 i 層それぞれのデ

10

20

30

40

50

ータの位置情報と材料情報をそれぞれ数値化し、差分をとることによって抽出することができる。例えば第 1 の構造材料をシアン、第 2 の構造材料をマゼンタ、サポート材料をイエローというように色情報をスライスデータに与えておき、各位置における色情報の数値の差分をとると良い。あるいは、第 1 の造形材料を“ 0 ”、第 2 の造形材料を“ 1 ”、第 3 の造形材料を“ 2 ”、と数字に置き換えて差分をとっても良い。

【 0 0 9 1 】

本実施例では、互いに接して積層される層のデータを解析して異種材料が積層される領域を抽出し、接着用データに変更しているが、これに限定されるものではない。例えば、三次元モデルのスライス情報からスライスデータを生成する際に、異なる種類の造形材料が積層される積層困難な領域を抽出してデータを変更し、あらかじめ接着用データを含むスライスデータに変更しておいても良い。接着用データへの変更は、互いに接して積層される第 i 層および第 $(i + 1)$ 層の少なくとも一方について行ってもよいし、積層面の前の複数層または後に積層する複数層に対して行ってもよい。

10

【 0 0 9 2 】

接着層となる第 $(i + 1)$ 層の材料層は、変更後のデータ（接着用データ）に基づいて、第 i 層の材料層と同様に形成される。形成された第 $(i + 1)$ 層の材料層は、第 1 の搬送ベルト 11 によって積層部 U3 へと搬送され、上述の積層プロセス同様に積層面の上に積層される。

【 0 0 9 3 】

第 i 層の第 1 の造形材料に対し、接着層である第 $(i + 1)$ 層に混在する第 1 の造形材料の割合が少なすぎると、第 1 と第 2 の造形材料が混在する領域を第 1 の造形材料の上に積層することができない。また、混在させる第 1 の造形材料の割合が多すぎると、第 2 の造形材料を接着することができず、第 i 層に第 $(i + 1)$ 層を積層することができない。

20

【 0 0 9 4 】

そこで、第 1 と第 2 の造形材料が混在する領域において、第 1 の造形材料が占める部分の合計面積を S_1 、第 2 の造形材料が占める部分の合計面積を S_2 とし、 S_1 と S_2 の比率と接着力の関係を測定した。具体的には、図 8 (a) のパターンにて、2 種類の造形材料のうち一方を $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ の正方形パターンに配置した。そしてパターンのピッチ（密度）を変えることによって S_1 と S_2 の関係を変化させて図 12 の試験片を作成し、上述と同様に引張せん断強度を測定した。なお、図 8 (a) の M a は A B S 樹脂、M b は P O M 樹脂である。結果を図 15 に示す。

30

【 0 0 9 5 】

第 1 と第 2 の造形材料が混在する領域において、 S_1 、 S_2 は (1) 式を満たすのが好ましい。(1) 式を満たさない割合で混在する場合（グラフの白抜きの点）は積層不良が生じ、2 種類の材料を混在させない場合は積層することができなかった。

$$0.2 \leq S_1 / (S_1 + S_2) \leq 0.8 \cdots (1)$$

【 0 0 9 6 】

S_1 、 S_2 が (2) 式を満たせば、より好ましい。

$$0.42 \leq S_1 / (S_1 + S_2) \leq 0.65 \cdots (2)$$

【 0 0 9 7 】

そして、最も接合力が強くなるのは、 S_1 、 S_2 が (3) 式を満たすときである。

$$S_1 / (S_1 + S_2) = 0.5 \cdots (3)$$

40

【 0 0 9 8 】

図 8 (a) ~ (c) に、2 種類の造形材料を混在させる場合の配置パターン例を示す。パターンは、特に限定されないが、均一に接着させるためには 2 種類の造形材料が細かく分散していることが好ましく、少なくとも一方向において 2 mm 未満の間隔で 2 種類の材料が交互に配置されているのが特に好ましい。

【 0 0 9 9 】

接着層が積層された後、次に積層される第 $(i + 2)$ 層の材料層の形成プロセスが開始される (S501 ~)。第 $(i + 2)$ 層のデータと、変更された第 $(i + 1)$ 層のデータと

50

を解析し、第 $(i + 1)$ 層の材料層および第 $(i + 2)$ 層の材料層の積層面に異種材料が融着される領域があるかどうかを判断する。そして、異種材料が融着される領域がある場合にデータの変更が必要かどうかを判定し、前述の第 $(i + 1)$ 層の積層の場合と同様の処理を行う。

【0100】

接着層を設けるためにデータ変更した第 $(i + 1)$ 層と、第 $(i + 2)$ 層との間に異種材料が融着され、かつ、接合が困難となる領域がない場合は、第 $(i + 2)$ 層のデータを変更する必要はない。ただし、第 i 層と第 $(i + 1)$ 層との接合力をより強固にするため、図9のように、接着層を複数層にわたって形成する場合は、第 $(i + 2)$ 層のデータも接着用データに変更必要がある。

10

【0101】

接着層を複数層形成する場合、第 $(i + 2)$ 層の接着層にデータ変更する領域に、第 $(i + 1)$ 層の材料層とは異なるパターンで材料を混在させるのも好ましい。ただし、図9の(a)や(b)に示すように、必ず同じ種類の材料同士が複数層にわたって連続して積層される領域を設けておく。

【0102】

接着層を複数層形成する際には、特に、図9(b)のように接着層の積層方向の断面において、異種材料が蟻継ぎ状に設けられているとより強い接合力を得ることができるため好ましい。この場合、あらかじめ接着層の層数を設定しておけば、第 $(i + 1)$ 層の材料層と第 $(i + 2)$ 層の材料層との積層面に異種材料同士が融着される領域がない場合でも、設定した層数分のデータを参照して、データを変更することができる。

20

【0103】

以上述べた材料層形成プロセスと積層プロセスを必要回数繰り返すことで、ステージ34上に所望の造形物が形成される。最後に、ステージ34から造形物を取り外し、温水など水を含む溶媒で水溶性のサポート部を除去することにより、造形対象物である立体物を製造することができる。なお、サポート部を除去した後、更に、例えば、クリーニング、研磨、組立等の所定の処理を立体物に施してもよい。

【0104】

本発明にかかる立体物の造形方法および造形装置によれば、互いに接して積層される第 i 層と第 $(i + 1)$ 層との間に異種材料が積層される領域が含まれている場合に、各領域が所定の面積を超えているかどうかを解析する。そして、所定の面積を超えた領域が含まれていると、スライスデータ変更部111にてその領域に接着層を形成するようにデータを変更する。具体的には、接着が困難な領域の第 i 層または第 $(i + 1)$ 層のデータを、同種材料が積層される領域と異種材料が積層される領域が混在するパターンを有する接着用データに変更する。これにより、接着が困難な領域を含む材料層の積層を可能にすることができる。その結果、要望に応じて部分的に物理的性質の異なる造形物を作製することが可能となる。

30

【0105】

<第2実施形態>

第2実施形態に係る造形装置について説明する。第1実施形態では接着層に2種類の造形材料をパターン状に配置して混在させたが、本実施形態では2種類の材料が予め混合された接着用造形材料を用いる。以下、第1実施形態と共通する部分の説明は割愛し、第2実施形態に特有のプロセスについてのみ説明を行う。

40

【0106】

本実施形態の造形装置も、図7のフローチャートに従って材料層形成プロセスと積層プロセスを行うことができる。

【0107】

第 $(i + 1)$ 層の材料層形成プロセスを開始する際、先に積層した第 i 層と第 $(i + 1)$ 層のデータから、異種材料が積層される領域が含まれるかどうかを解析する。異種材料が積層される領域が含まれると判断され、その領域における積層が困難と判定されると、第

50

($i + 1$) 層のデータの変更が必要と判断される。そして、第 i 層の第 1 の造形材料からなる領域に、第 1 の造形材料と第 2 の造形材料の混合材料からなる領域を積層するように、第 ($i + 1$) 層のデータを変更する。なお、本実施形態においても、第 i 層と第 ($i + 1$) 層の少なくとも一方が接着層となるようにデータを変更すればよい。また、接着層は 1 層でも複数層でも良い。

【0108】

図 10 は第 2 実施形態に係る立体造形装置の材料層形成部の一例を示す模式図である。図 10 における M_a は第 1 の造形材料、 M_b は第 2 の造形材料であり、 $M_a + M_b$ は第 1 の造形材料と第 2 の造形材料の混合材料（接着用造形材料）である。

【0109】

$M_a + M_b$ は、第 1 の造形材料と第 2 の造形材料の両方が混在する領域を形成する際に用いることができる。例えば、第 i 層の第 1 の造形材料で形成される領域の上に、第 ($i + 1$) 層の第 2 の造形材料で形成される領域が積層される場合の接着層の形成に用いることができる。また、第 i 層の第 2 の造形材料で形成される領域の上に、第 ($i + 1$) 層の第 1 の造形材料で形成される領域が積層される場合の接着層の形成に用いることができる。

【0110】

ここで、 M_a として ABS 樹脂の粉末と M_b として POM 樹脂の粉末の混合比を変えた接着用造形材料を用いて接着層を形成し、実施例 1 と同様の試験片を造形して、同様に引張せん断試験により接合力を評価した。結果を図 16 に示す。図 15 の結果と同様、POM の割合が 50% であるときに最も高い接合力が得られ、その一方で POM の混合比が 10% 以下もしくは 90% 以上であると積層不良を生じた。つまり、接着用造形材料に混合する第 1 の造形材料が少なすぎると、接着用造形材料と第 1 の造形材料とを固着できず、積層することができない。一方、第 1 の造形材料が多すぎると接着用造形材料と第 2 の造形材料とを固着できず、積層することができない。

【0111】

そこで、接着用造形材料に含まれる第 1 の造形材料の体積の合計を V_1 、第 2 の造形材料の体積の合計を V_2 としたとき、(4) 式を満たすのが好ましい。

$$0.2 \leq V_1 / (V_1 + V_2) \leq 0.8 \cdots (4)$$

【0112】

より好ましくは下記の (5) 式を満たす場合であり、

$$0.3 < V_1 / (V_1 + V_2) < 0.7 \cdots (5)$$

最も接着力が良好となるのは (6) 式を満たす場合である。

$$V_1 / (V_1 + V_2) = 0.5 \cdots (6)$$

【0113】

以上述べたように、本実施形態においても、互いに接して積層される層のデータを解析し、異なる種類の造形材料同士が積層される領域が存在する場合には、少なくとも 1 層以上の接着層を形成する。具体的には、積層が困難な領域のデータを、先に積層される層と同じ種類の造形材料と異なる種類の造形材料とが混在するよう、これらの材料が混合された接着用造形材料を配置する接着用データに変更する。これにより、異なる種類の造形材料同士の積層を実現することができる。その結果、要望に応じて部分的に物理的性質の異なる造形物を作製することが可能となる。

【0114】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

【0115】

U1 制御部

U2 材料層形成部

U3 積層部

U11 スライスデータ生成部

10

20

30

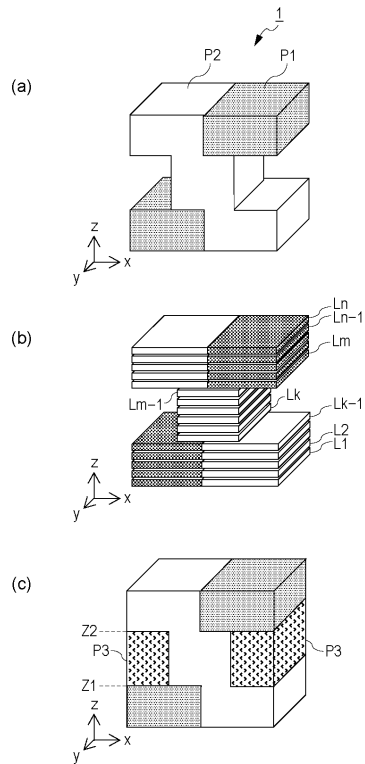
40

50

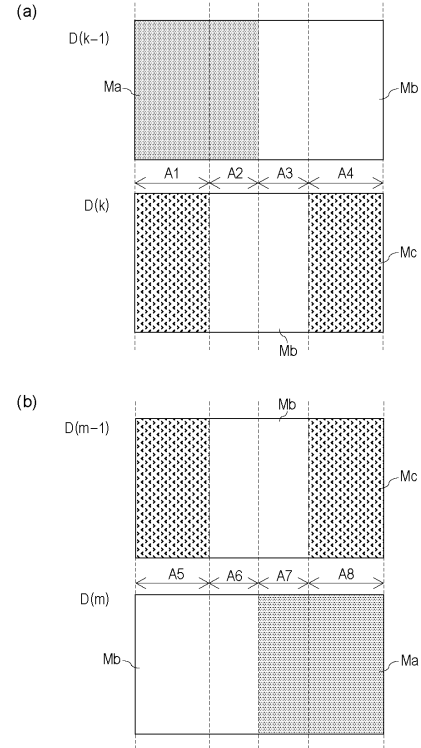
U 1 1 0 スライスデータ変更部 U 1 1 0
1 0、1 0 a、1 0 b、1 0 c、1 0 d 材料像形成部
1 1 第 1 の搬送ベルト（第 1 の搬送体）
3 0 第 2 の搬送ベルト（第 2 の搬送体）
3 3 ヒーター
3 4 ステージ

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

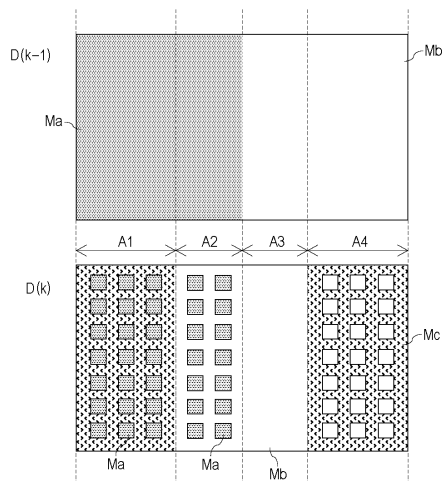
20

30

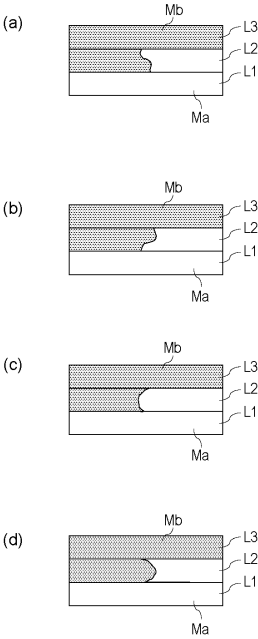
40

50

【図 3】



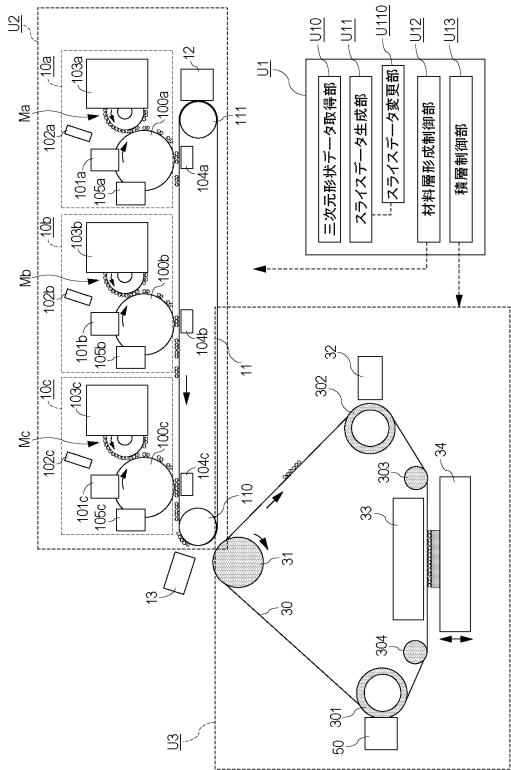
【図 4】



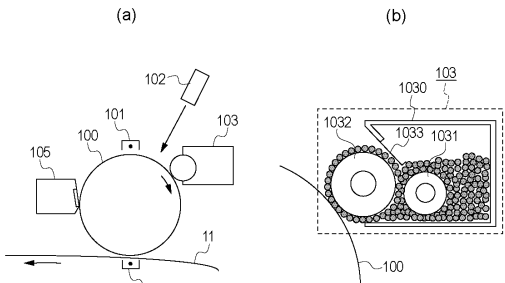
10

20

【図 5】



【図 6】

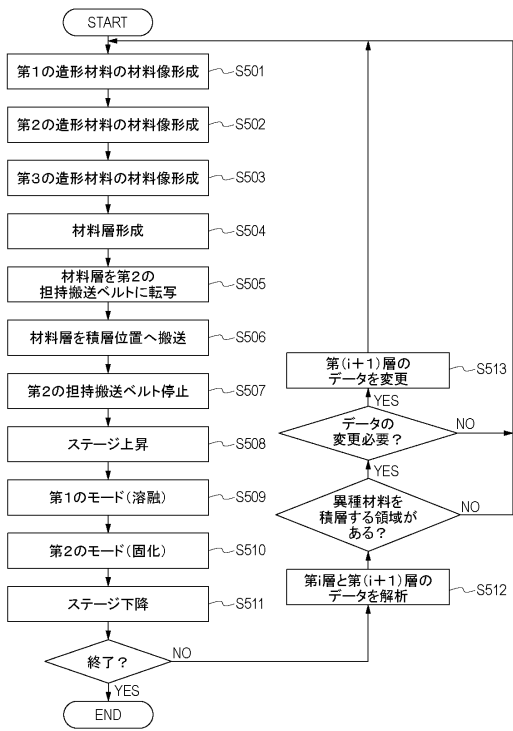


30

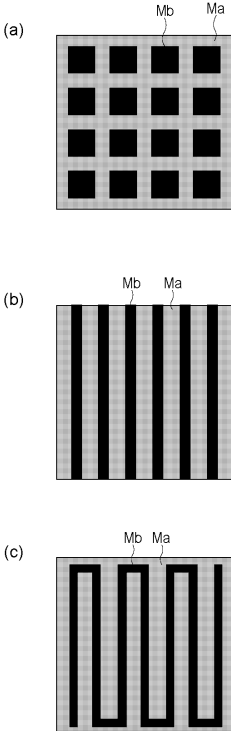
40

50

【図 7】



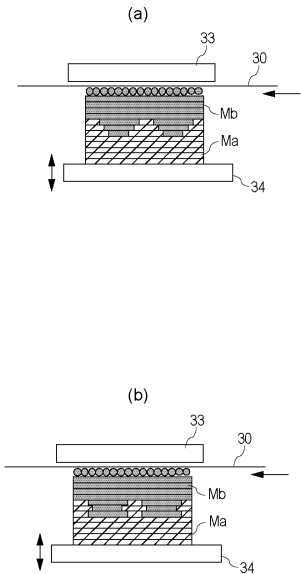
【図 8】



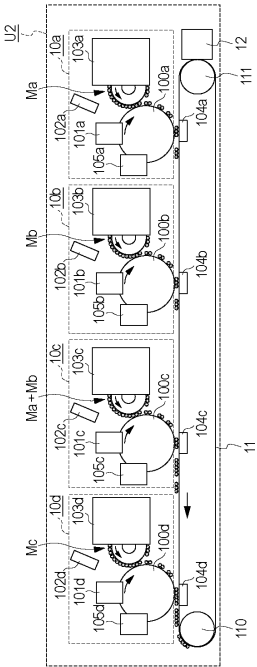
10

20

【図 9】



【図 10】

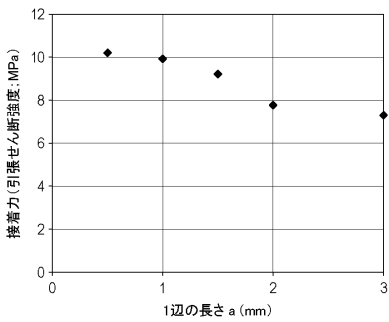


30

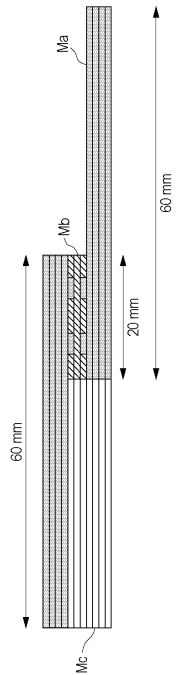
40

50

【図 1 1】



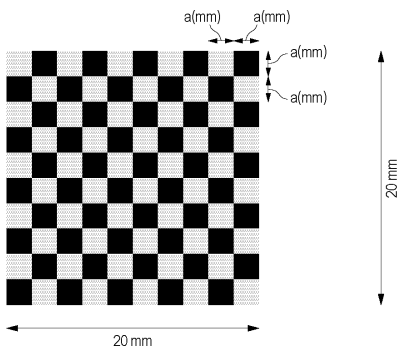
【図 1 2】



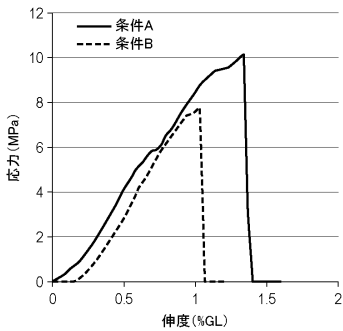
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

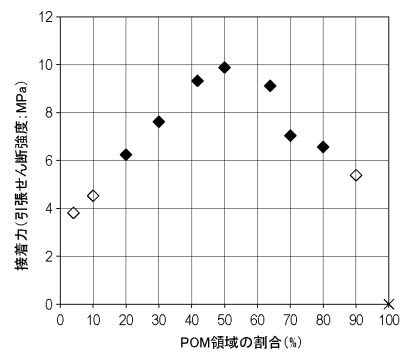


30

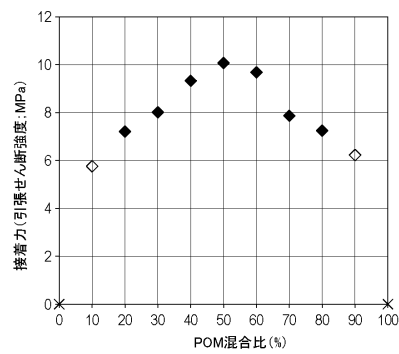
40

50

【図 1 5】



【図 1 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

(72)発明者 阿南 厳也

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 加瀬 崇

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 山中 理

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 若林 佑士

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 特開2015-183288(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B29C 64/00

B33Y 30/00

B33Y 50/00

B33Y 10/00