

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7669878号
(P7669878)

(45)発行日 令和7年4月30日(2025.4.30)

(24)登録日 令和7年4月21日(2025.4.21)

(51)国際特許分類

B 2 5 J 9/22 (2006.01)
B 0 5 B 12/00 (2018.01)

F I

B 2 5 J 9/22
B 0 5 B 12/00A
A

請求項の数 3 (全24頁)

(21)出願番号 特願2021-137196(P2021-137196)
 (22)出願日 令和3年8月25日(2021.8.25)
 (65)公開番号 特開2023-31602(P2023-31602A)
 (43)公開日 令和5年3月9日(2023.3.9)
 審査請求日 令和6年7月3日(2024.7.3)

(73)特許権者 000002369
 セイコーホームズ株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74)代理人 110003177
 弁理士法人旺知国際特許事務所
 宇都宮 光平
 (72)発明者 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
 コーホームズ株式会社内
 奥山 正幸
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
 コーホームズ株式会社内
 (72)発明者 石井 裕樹
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
 コーホームズ株式会社内
 審査官 杉山 悟史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 立体物印刷方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体を吐出する複数のノズルが設けられた吐出面を有するヘッドと、
 立体的なワークに対する前記ヘッドの相対的な位置および姿勢を変化させるロボットと
 、を用いた立体物印刷方法であって、

前記ワークの表面は、平滑領域と、前記平滑領域に隣り合い、段差を含む段差領域と、
 を有しており、

前記ヘッドと前記ワークとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、前記ヘッド
 から前記平滑領域への液体の吐出を実行する第1印刷動作と、

前記第1印刷動作と同一の印刷バス中で前記第1印刷動作に先行または後続して、前記
 ヘッドと前記ワークとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、前記ヘッドから
 前記段差領域への液体の吐出を実行する第2印刷動作と、を含み、

前記吐出面の法線を第1法線とし、

前記ワークの表面の前記第1法線との交点における法線を第2法線とし、

前記第1法線と前記第2法線とのなす角度を吐出角度とする、

前記第2印刷動作の実行中での前記吐出角度の変化量は、前記第1印刷動作の実行中で
 の前記吐出角度の変化量よりも大きく、

前記第2印刷動作の実行中での前記吐出面と前記ワークの表面との相対的な移動速度は
 前記第1印刷動作の実行中での前記吐出面と前記ワークの表面との相対的な移動速度以
 下である、

ことを特徴とする立体物印刷方法。

【請求項 2】

前記第1法線に沿う方向での前記吐出面と前記ワークとの間の距離を吐出距離とすると、前記第2印刷動作の実行中での前記吐出距離の変化量は、前記第1印刷動作の実行中の前記吐出距離の変化量よりも大きい。

ことを特徴とする請求項1に記載の立体物印刷方法。

【請求項 3】

前記第2印刷動作の実行中での前記ヘッドの軌跡の長さは、前記第2印刷動作の実行中の前記ワークの表面に印刷される領域の長さよりも短い。

ことを特徴とする請求項1または2に記載の立体物印刷方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、立体物印刷方法およびロボットの教示方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットを用いて立体的なワークの表面にインクジェット方式により印刷を行う立体物印刷方法が知られている。例えば、特許文献1に記載のシステムは、ロボットと、ロボットに配置される印刷ヘッドと、を有し、物体の湾曲した表面に向けて印刷ヘッドからインク滴を噴射させる。

20

【0003】

特許文献1には、物体表面の領域を三次元で測定するステップと、当該領域に対応する空間ポイントの集合を作成するステップと、当該領域に対応する三次元のネットを作成するステップと、ロボットを運動させるための三次元経路を作成するステップと、を有する方法が開示される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特表2015-520011号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1には、三次元経路を作成するステップの具体的な方法について開示がない。ロボットを用いてワークの表面に高画質な印刷を行うには、ワークの形状に応じたロボットの適切な動作の実現が望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以上の課題を解決するために、本開示に係る立体物印刷方法の一態様は、液体を吐出する複数のノズルが設けられた吐出面を有するヘッドと、立体的なワークに対する前記ヘッドの相対的な位置および姿勢を変化させるロボットと、を用いた立体物印刷方法であって、前記ワークの表面は、平滑領域と、前記平滑領域に隣り合い、段差を含む段差領域と、を有しており、前記ヘッドと前記ワークとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、前記ヘッドから前記平滑領域への液体の吐出を実行する第1印刷動作と、前記第1印刷動作と同一の印刷バス中で前記第1印刷動作に先行または後続して、前記ヘッドと前記ワークとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、前記ヘッドから前記段差領域への液体の吐出を実行する第2印刷動作と、を含み、前記吐出面の法線を第1法線とし、前記ワークの表面の前記第1法線との交点における法線を第2法線とし、前記第1法線と前記第2法線とのなす角度を吐出角度とすると、前記第2印刷動作の実行中の前記吐出角度の変化量は、前記第1印刷動作の実行中の前記吐出角度の変化量よりも大きい。

40

【0007】

50

本開示に係るロボットの教示方法の一態様は、液体を吐出するヘッドと立体的なワークとの相対的な位置および姿勢を印刷経路情報に基づいて変化させるロボットの教示方法であって、前記ワークの表面は、平滑領域と、前記平滑領域に隣り合い、段差を含む段差領域と、を有しており、前記ワークの形状を複数のポリゴンによって表す3次元データを取得する第1ステップと、前記複数のポリゴンのうち、前記ヘッドの走査すべき領域に対応するポリゴンである複数の通過ポリゴンを指定する第2ステップと、前記複数の通過ポリゴンのうち前記平滑領域に対応するポリゴンである複数の平滑通過ポリゴンに基づいて、前記平滑領域上での教示点である複数の平滑教示点の示す位置および姿勢を設定する第3ステップと、前記複数の平滑通過ポリゴンまたは前記複数の平滑教示点に基づいて、前記段差領域上での教示点である複数の段差教示点の示す位置および姿勢のうちの一方または両方を設定する第4ステップと、前記複数の平滑教示点および前記複数の段差教示点に基づいて、前記印刷経路情報を生成する第5ステップと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態に係る立体物印刷方法に用いる立体物印刷装置の概略を示す斜視図である。

【図2】第1実施形態に係る立体物印刷方法に用いる立体物印刷装置の電気的な構成を示すブロック図である。

【図3】ヘッドユニットの概略構成を示す斜視図である。

【図4】ロボットの印刷動作の一例を説明するための図である。

【図5】ワークの平滑領域および段差領域を説明するための図である。

【図6】第1実施形態に係る立体物印刷方法を説明するための図である。

【図7】参考例でのヘッドの移動経路を説明するための図である。

【図8】第1実施形態でのヘッドの移動経路を説明するための図である。

【図9】第1実施形態に係るロボットの教示方法を示すフローチャートである。

【図10】第1ステップでの3次元データの取得を説明するための図である。

【図11】第2ステップでの通過ポリゴンの特定に用いる仮想平面を説明するための図である。

【図12】第2ステップでの通過ポリゴンの特定を説明するための図である。

【図13】複数の教示点の位置および姿勢の設定を説明するための図である。

【図14】第3ステップでの複数の平滑教示点の設定を説明するための図である。

【図15】第4ステップでの複数の段差教示点の設定を説明するための図である。

【図16】第2実施形態での第4ステップでの複数の段差教示点の設定を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照しながら本開示に係る好適な実施形態を説明する。なお、図面において各部の寸法および縮尺は実際と適宜に異なり、理解を容易にするために模式的に示している部分もある。また、本開示の範囲は、以下の説明において特に本開示を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られない。

【0010】

以下の説明は、便宜上、互いに交差するX軸、Y軸およびZ軸を適宜に用いて行う。また、以下の説明では、X軸に沿うー方向がX1方向であり、X1方向と反対の方向がX2方向である。同様に、Y軸に沿って互いに反対の方向がY1方向およびY2方向である。また、Z軸に沿って互いに反対の方向がZ1方向およびZ2方向である。

【0011】

ここで、X軸、Y軸およびZ軸は、後述のロボット2が設置される空間に設定されるワールド座標系の座標軸に相当する。典型的には、Z軸が鉛直な軸であり、Z2方向が鉛直方向での下方向に相当する。当該ワールド座標系には、ロボット2の後述の基部210の位置を基準とするベース座標系がキャリブレーションにより対応付けられる。以下では、

便宜上、ワールド座標系をロボット座標系として用いてロボット2の動作を制御する場合が例示される。

【0012】

なお、Z軸は、鉛直な軸でなくともよい。また、X軸、Y軸およびZ軸は、典型的には互いに直交するが、これに限定されず、直交しない場合もある。例えば、X軸、Y軸およびZ軸が80°以上100°以下の範囲内の角度で互いに交差すればよい。

【0013】

1. 第1実施形態

1-1. 立体物印刷装置の概略

図1は、第1実施形態に係る立体物印刷方法に用いる立体物印刷装置1の概略を示す斜視図である。立体物印刷装置1は、立体的なワークWの表面にインクジェット方式により印刷を行う装置である。

10

【0014】

ワークWは、印刷対象となる面WFを有する。図1に示す例では、面WFが曲率の異なる複数の部分を有する凸状の曲面である。図1では図示しないが、後に詳述するように、面WFは、段差を含む領域を有する。印刷時のワークWは、必要に応じて、例えば、所定の設置台、ロボットハンドまたはコンベア等の構造体により支持される。なお、印刷対象は、ワークWが有する複数の面のうち面WF以外の面でもよい。また、ワークWの大きさ、形状または設置姿勢は、図1に示す例に限定されず、任意である。

【0015】

図1に示すように、立体物印刷装置1は、ロボット2とヘッドユニット3とコントローラー5と配管部10と配線部11とを有する。以下、まず、これらを順に簡単に説明する。

20

【0016】

ロボット2は、ワールド座標系でのヘッドユニット3の位置および姿勢を変化させるロボットである。図1に示す例では、ロボット2は、いわゆる6軸の垂直多関節ロボットである。

【0017】

図1に示すように、ロボット2は、基部210と腕部220とを有する。

【0018】

基部210は、腕部220を支持する台である。図1に示す例では、基部210は、Z1方向を向く床面または基台等の設置面にネジ止め等により固定される。なお、基部210が固定される設置面は、いかなる方向を向く面でもよく、図1に示す例に限定されず、例えば、壁、天井、移動可能な台車等が有する面でもよい。

30

【0019】

腕部220は、基部210に取り付けられる基端と、当該基端に対して3次元的に位置および姿勢を変化させる先端と、を有する6軸のロボットアームである。具体的には、腕部220は、リンクとも称されるアーム221、222、223、224、225および226を有し、これらがこの順に連結される。

【0020】

アーム221は、基部210に対して回動軸O1まわりに回動可能に関節部230_1を介して連結される。アーム222は、アーム221に対して回動軸O2まわりに回動可能に関節部230_2を介して連結される。アーム223は、アーム222に対して回動軸O3まわりに回動可能に関節部230_3を介して連結される。アーム224は、アーム223に対して回動軸O4まわりに回動可能に関節部230_4を介して連結される。アーム225は、アーム224に対して回動軸O5まわりに回動可能に関節部230_5を介して連結される。アーム226は、アーム225に対して回動軸O6まわりに回動可能に関節部230_6を介して連結される。

40

【0021】

関節部230_1～230_6のそれぞれは、基部210およびアーム221～226のうち互いに隣り合う2つの部材の一方を他方に対して回動可能に連結する機構である。

50

なお、以下では、関節部 230_1 ~ 230_6 のそれぞれを「関節部 230」という場合がある。

【0022】

図1では図示しないが、関節部 230_1 ~ 230_6 のそれぞれには、対応する当該互いに隣り合う2つの部材の一方を他方に対して回動させる駆動機構が設けられる。当該駆動機構は、例えば、当該回動のための駆動力を発生させるモーターと、当該駆動力を減速して出力する減速機と、当該回動の角度等の動作量を検出するロータリーエンコーダー等のエンコーダーと、を有する。なお、関節部 230_1 ~ 230_6 の当該駆動機構の集合体は、後述の図2に示すアーム駆動機構2aに相当する。

【0023】

回動軸O1は、基部210が固定される図示しない設置面に対して垂直な軸である。回動軸O2は、回動軸O1に対して垂直な軸である。回動軸O3は、回動軸O2に対して平行な軸である。回動軸O4は、回動軸O3に対して垂直な軸である。回動軸O5は、回動軸O4に対して垂直な軸である。回動軸O6は、回動軸O5に対して垂直な軸である。

10

【0024】

なお、これらの回動軸について、「垂直」とは、2つの回動軸のなす角度が厳密に90°である場合のほか、2つの回動軸のなす角度が90°から±5°程度の範囲内である場合も含む。同様に、「平行」とは、2つの回動軸が厳密に平行である場合のほかに、2つの回動軸の一方が他方に対して±5°程度の範囲内で傾斜する場合も含む。

【0025】

以上のロボット2の腕部220の最も先端に位置するアーム226には、エンドエフェクターとして、ヘッドユニット3がネジ止め等により固定された状態で装着される。

20

【0026】

ヘッドユニット3は、「液体」の一例であるインクをワークWに向けて吐出するヘッド3aを有するアセンブリーである。本実施形態では、ヘッドユニット3は、ヘッド3aのほか、圧力調整弁3bとエネルギー出射部3cとを有する。なお、ヘッドユニット3の詳細については、後に図3に基づいて説明する。

【0027】

当該インクとしては、特に限定されず、例えば、水系溶媒に染料または顔料等の色材を溶解させた水系インク、紫外線硬化型等の硬化性樹脂を用いた硬化性インク、および、有機溶剤に染料または顔料等の色材を溶解させた溶剤系インク等が挙げられる。中でも、硬化性インクが好適に用いられる。硬化性インクは、特に限定されず、例えば、熱硬化型、光硬化型、放射線硬化型および電子線硬化型等のいずれでもよいが、紫外線硬化型等の光硬化型が好適である。なお、当該インクは、溶液に限定されず、分散媒に色材等を分散質として分散させたインクでもよい。また、当該インクは、色材を含むインクに限定されず、例えば、配線等を形成するための金属粒子等の導電性粒子を分散質として含むインクでもよいし、クリアインクでもよいし、ワークWの表面処理のための処理液でもよい。

30

【0028】

ヘッドユニット3には、配管部10および配線部11のそれぞれが接続される。配管部10は、図示しないインクタンクからのインクをヘッドユニット3に供給する配管または配管群である。配線部11は、ヘッド3aを駆動する電気信号を供給する配線または配線群である。

40

【0029】

コントローラー5は、ロボット2の駆動を制御するロボットコントローラーである。以下、図2に基づいて、立体物印刷装置1の電気的な構成について、コントローラー5の詳細な説明を含めて説明する。

【0030】

1 - 2 . 立体物印刷装置の電気的な構成

図2は、第1実施形態に係る立体物印刷方法に用いる立体物印刷装置1の電気的な構成を示すブロック図である。図2では、立体物印刷装置1の構成要素のうち、電気的な構成

50

要素が示される。図2に示すように、立体物印刷装置1は、前述の図1に示す構成要素のほか、コントローラー5に通信可能に接続される制御モジュール6と、コントローラー5および制御モジュール6に通信可能に接続されるコンピューター7と、を有する。

【0031】

なお、図2に示す電気的な各構成要素は、適宜に分割されてもよいし、一部が他の構成要素に含まれてもよいし、他の構成要素と一体で構成されてもよい。例えば、コントローラー5または制御モジュール6の機能の一部または全部は、コンピューター7により実現されてもよいし、LAN(Local Area Network)またはインターネット等のネットワークを介してコントローラー5に接続されるPC(personal computer)等の他の外部装置により実現されてもよい。

10

【0032】

コントローラー5は、ロボット2の駆動を制御する機能と、ヘッドユニット3でのインクの吐出動作をロボット2の動作に同期させるための信号D3を生成する機能と、を有する。

【0033】

コントローラー5は、記憶回路5aと処理回路5bとを有する。

【0034】

記憶回路5aは、処理回路5bが実行する各種プログラムと、処理回路5bが処理する各種データと、を記憶する。記憶回路5aは、例えば、RAM(Random Access Memory)等の揮発性のメモリーとROM(Read Only Memory)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)またはPROM(Programmable ROM)等の不揮発性メモリーとの一方または両方の半導体メモリーを含む。なお、記憶回路5aの一部または全部は、処理回路5bに含まれてもよい。

20

【0035】

記憶回路5aには、印刷経路情報Daが記憶される。印刷経路情報Daは、ロボット2の動作の制御に用いられ、ヘッド3aの移動すべき経路におけるヘッド3aの位置および姿勢を示す情報である。印刷経路情報Daは、例えば、ベース座標系またはワールド座標系の座標値を用いて表される。印刷経路情報Daは、後述のロボット2の教示方法において、ワークWの形状を示す3次元データDbに基づいて、コンピューター7により生成される。印刷経路情報Daは、コンピューター7から記憶回路5aに入力される。なお、印刷経路情報Daは、ワーク座標系の座標値を用いて表されてもよい。この場合、印刷経路情報Daは、ワーク座標系の座標値からベース座標系またはワールド座標系の座標値に変換した後にロボット2の動作の制御に用いられる。

30

【0036】

処理回路5bは、印刷経路情報Daに基づいてロボット2のアーム駆動機構2aの動作を制御するとともに、信号D3を生成する。処理回路5bは、例えば、1個以上のCPU(Central Processing Unit)等のプロセッサーを含む。なお、処理回路5bは、CPUに代えて、または、CPUに加えて、FPGA(field-programmable gate array)等のプログラマブルロジックデバイスを含んでもよい。

40

【0037】

ここで、アーム駆動機構2aは、前述の関節部230_1～230_6の駆動機構の集合体であり、関節部230ごとに、ロボット2の関節部を駆動するためのモーターと、ロボット2の関節部の回転角度を検出するエンコーダーと、を有する。

【0038】

処理回路5bは、印刷経路情報Daをロボット2の各関節部230の回転角度および回転速度等の動作量に変換する演算である逆運動学計算を行う。そして、処理回路5bは、各関節部230の実際の回転角度および回転速度等の動作量が印刷経路情報Daに基づく前述の演算結果となるように、アーム駆動機構2aの各エンコーダーからの出力D1に基づいて、制御信号Sk1を出力する。制御信号Sk1は、アーム駆動機構2aのモーターの駆動を制御するための信号である。ここで、制御信号Sk1は、必要に応じて、図示し

50

ない距離センサーからの出力に基づいて処理回路 5 b により補正される。

【 0 0 3 9 】

また、処理回路 5 b は、アーム駆動機構 2 a の複数のエンコーダーのうちの少なくとも 1 つからの出力 D 1 に基づいて、信号 D 3 を生成する。例えば、処理回路 5 b は、当該複数のエンコーダーのうちの 1 つからの出力 D 1 が所定値となるタイミングのパルスを含むトリガー信号を信号 D 3 として生成する。

【 0 0 4 0 】

制御モジュール 6 は、コントローラー 5 から出力される信号 D 3 とコンピューター 7 からの印刷データ I mg とに基づいて、ヘッドユニット 3 でのインクの吐出動作を制御する回路である。制御モジュール 6 は、タイミング信号生成回路 6 a と電源回路 6 b と制御回路 6 c と駆動信号生成回路 6 d とを有する。

10

【 0 0 4 1 】

タイミング信号生成回路 6 a は、信号 D 3 に基づいてタイミング信号 P T S を生成する。タイミング信号生成回路 6 a は、例えば、信号 D 3 の検出を契機としてタイミング信号 P T S の生成を開始するタイマーで構成される。

【 0 0 4 2 】

電源回路 6 b は、図示しない商用電源から電力の供給を受け、所定の各種電位を生成する。生成した各種電位は、制御モジュール 6 およびヘッドユニット 3 の各部に適宜に供給される。例えば、電源回路 6 b は、電源電位 V H V とオフセット電位 V B S とを生成する。オフセット電位 V B S は、ヘッドユニット 3 に供給される。また、電源電位 V H V は、駆動信号生成回路 6 d に供給される。

20

【 0 0 4 3 】

制御回路 6 c は、タイミング信号 P T S に基づいて、制御信号 S I と波形指定信号 d C o m とラッチ信号 L A T とクロック信号 C L K とチェンジ信号 C N G とを生成する。これらの信号は、タイミング信号 P T S に同期する。これらの信号のうち、波形指定信号 d C o m は、駆動信号生成回路 6 d に入力され、それ以外の信号は、ヘッドユニット 3 のスイッチ回路 3 e に入力される。

【 0 0 4 4 】

制御信号 S I は、ヘッドユニット 3 のヘッド 3 a が有する駆動素子の動作状態を指定するためのデジタルの信号である。具体的には、制御信号 S I は、印刷データ I mg に基づいて、当該駆動素子に対して後述の駆動信号 C o m を供給するか否かを指定するための信号である。この指定により、例えば、当該駆動素子に対応するノズルからインクを吐出するか否かを指定したり、当該ノズルから吐出されるインクの量を指定したりする。波形指定信号 d C o m は、駆動信号 C o m の波形を規定するためのデジタル信号である。ラッチ信号 L A T およびチェンジ信号 C N G は、制御信号 S I と併用され、当該駆動素子の駆動タイミングを規定することにより、当該ノズルからのインクの吐出タイミングを規定するための信号である。クロック信号 C L K は、タイミング信号 P T S に同期した基準となるクロック信号である。

30

【 0 0 4 5 】

以上の制御回路 6 c は、例えば、1 個以上の C P U 等のプロセッサーを含む。なお、制御回路 6 c は、C P U に代えて、または、C P U に加えて、F P G A 等のプログラマブルロジックデバイスを含んでもよい。

40

【 0 0 4 6 】

駆動信号生成回路 6 d は、ヘッドユニット 3 のヘッド 3 a の有する各駆動素子を駆動するための駆動信号 C o m を生成する回路である。具体的には、駆動信号生成回路 6 d は、例えば、D A 変換回路と増幅回路とを有する。駆動信号生成回路 6 d では、当該 D A 変換回路が制御回路 6 c からの波形指定信号 d C o m をデジタル信号からアナログ信号に変換し、当該増幅回路が電源回路 6 b からの電源電位 V H V を用いて当該アナログ信号を増幅することで駆動信号 C o m を生成する。ここで、駆動信号 C o m に含まれる波形のうち、当該駆動素子に実際に供給される波形の信号が駆動パルス P D である。駆動パルス P D は

50

、ヘッドユニット3のスイッチ回路3eを介して、駆動信号生成回路6dから当該駆動素子に供給される。

【0047】

ここで、スイッチ回路3eは、制御信号SIに基づいて、駆動信号Comに含まれる波形のうちの少なくとも一部を駆動パルスPDとして供給するか否かを切り替えるスイッチング素子を含む回路である。

【0048】

コンピューター7は、プログラムPG等のプログラムをインストールしたデスクトップ型またはノート型等のコンピューターである。コンピューター7は、印刷経路情報Daを生成する機能と、コントローラー5に印刷経路情報Da等の情報を供給する機能と、制御モジュール6に印刷データImg等の情報を供給する機能と、を有する。本実施形態のコンピューター7は、これらの機能のほか、エネルギー出射部3cの駆動を制御する機能を有する。

10

【0049】

コンピューター7は、記憶回路7aと処理回路7bとを有する。そのほか、図示しないが、コンピューター7は、ユーザーからの操作を受け付けるキーボードまたはマウス等の入力装置を有する。なお、コンピューター7は、印刷経路情報Daの生成に必要な情報を表示する液晶パネル等の表示装置を有してもよい。

【0050】

記憶回路7aは、処理回路7bが実行する各種プログラムと、処理回路7bが処理する各種データと、を記憶する。記憶回路7aは、例えば、RAM等の揮発性メモリーとROM、EEPROMまたはPROM等の不揮発性メモリーとの一方または両方の半導体メモリーを含む。なお、記憶回路7aの一部または全部は、処理回路7bに含まれてもよい。

20

【0051】

記憶回路7aには、印刷経路情報Daと3次元データDbとプログラムPGとが記憶される。プログラムPGは、3次元データDbに基づいて印刷経路情報Daを生成するためのプログラムである。3次元データDbは、ワークWの形状を複数のポリゴンによって表すSTL(Standard Triangulated Language)形式等のデータである。3次元データDbには、ポリゴンの各頂点の座標に関する情報である座標情報Db1とポリゴン面の表裏を示す法線ベクトルに関する情報であるベクトル情報Db2とが含まれる。3次元データDbは、ワークWの3次元形状を示すCAD(computer-aided design)データを必要に応じて変換処理することにより得られる。なお、3次元データDbは、ワーク座標系の座標値を用いて表されてもよいし、ベース座標系またはワールド座標系の座標値を用いて表されてもよい。

30

【0052】

処理回路7bは、プログラムPG等のプログラムの実行により前述の各機能を実現する。処理回路7bは、例えば、1個以上のCPU等のプロセッサーを含む。なお、処理回路7bは、CPUに代えて、または、CPUに加えて、FPGA等のプログラマブルロジックデバイスを含んでもよい。

40

【0053】

処理回路7bは、プログラムPGの実行により、生成部7b1として機能する。生成部7b1は、3次元データDbに基づいて印刷経路情報Daを生成する。生成部7b1による印刷経路情報Daの生成については、後に図5～図15に基づいて詳述する。

【0054】

1-3. ヘッドユニットの構成

図3は、ヘッドユニット3の概略構成を示す斜視図である。以下の説明は、便宜上、互いに交差するa軸、b軸およびc軸を適宜に用いて行う。また、以下の説明では、a軸に沿う一方向がa1方向であり、a1方向と反対の方向がa2方向である。同様に、b軸に沿って互いに反対の方向がb1方向およびb2方向である。また、c軸に沿って互いに反対の方向がc1方向およびc2方向である。

50

【0055】

ここで、a軸、b軸およびc軸は、ヘッドユニット3に設定されるツール座標系の座標軸に相当し、前述のロボット2の動作により前述のワールド座標系またはロボット座標系との相対的な位置および姿勢の関係が変化する。図3に示す例では、c軸が前述の回軸O6に平行な軸である。なお、a軸、b軸およびc軸は、典型的には互いに直交するが、これに限定されず、例えば、80°以上100°以下の範囲内の角度で交差すればよい。なお、ツール座標系とベース座標系またはロボット座標系とは、キャリブレーションにより対応付けされる。

【0056】

ツール座標系は、ツールセンターポイントTCPを基準として設定される。したがって、ヘッド3aの位置および姿勢は、ツールセンターポイントTCPを基準として規定される。例えば、ツールセンターポイントTCPは、吐出面FNの中心に配置されてもよいし、ヘッド3aからインクの吐出方向DEに間隔を隔てた空間に配置されてもよい。

10

【0057】

ヘッドユニット3は、前述のように、ヘッド3aと圧力調整弁3bとエネルギー出射部3cとを有する。これらは、図3中の二点鎖線で示される支持体3fに支持される。なお、図3に示す例では、ヘッドユニット3が有するヘッド3aおよび圧力調整弁3bのそれぞれの数が1個であるが、当該数は、図3に示す例に限定されず、2個以上でもよい。また、圧力調整弁3bの設置位置は、アーム226に限定されず、例えば、他のアーム等でもよいし、基部210に対して固定の位置でもよい。

20

【0058】

支持体3fは、例えば、金属材料等で構成されており、実質的な剛体である。なお、図3では、支持体3fが扁平な箱状をなすが、支持体3fの形状は、特に限定されず、任意である。

【0059】

以上の支持体3fは、前述のアーム226に装着される。したがって、ヘッド3a、圧力調整弁3bおよびエネルギー出射部3cが支持体3fにより一括してアーム226に支持される。このため、アーム226に対するヘッド3a、圧力調整弁3bおよびエネルギー出射部3cのそれぞれの相対的な位置が固定される。図3に示す例では、ヘッド3aに対してc1方向の位置には、圧力調整弁3bが配置される。ヘッド3aに対してa2方向の位置には、エネルギー出射部3cが配置される。

30

【0060】

ヘッド3aは、吐出面FNと、吐出面FNに開口する複数のノズルNと、を有する。吐出面FNは、ノズルNが開口するノズル面であり、例えば、シリコン(Si)または金属等の材料で構成される板状部材にノズルNが貫通孔として設けられるノズルプレートの面で構成される。図3に示す例では、吐出面FNの法線である第1法線LDEに沿う方向、すなわちノズルNからのインクの吐出方向DEがc2方向であり、当該複数のノズルNは、a軸に沿う方向に互いに間隔をあけて並ぶノズル列L1とノズル列L2とに区分される。ノズル列L1およびノズル列L2のそれぞれは、b軸に沿う方向に直線状に配列される複数のノズルNの集合である。ここで、ヘッド3aにおけるノズル列L1の各ノズルNに関連する要素とノズル列L2の各ノズルNに関連する要素とがa軸に沿う方向で互いに略対称な構成である。また、後述する配列方向DNはb軸に平行である。

40

【0061】

ただし、ノズル列L1における複数のノズルNとノズル列L2における複数のノズルNとのb軸に沿う方向での位置が互いに一致してもよいし異なってもよい。また、ノズル列L1およびノズル列L2のうちの一方の各ノズルNに関連する要素が省略されてもよい。以下では、ノズル列L1における複数のノズルNとノズル列L2における複数のノズルNとのb軸に沿う方向での位置が互いに一致する構成が例示される。

【0062】

図示しないが、ヘッド3aは、ノズルNごとに、駆動素子である圧電素子と、インクを

50

収容するキャビティと、有する。ここで、当該圧電素子は、当該圧電素子に対応するキャビティの圧力を変化させることにより、当該キャビティに対応するノズルからインクを吐出方向 D E に吐出させる。このようなヘッド 3 a は、例えば、エッチング等により適宜に加工したシリコン基板等の複数の基板を接着剤等により貼り合わせることにより得られる。なお、ノズルからインクを吐出させるための駆動素子として、当該圧電素子に代えて、キャビティ内のインクを加熱するヒーターを用いてもよい。

【 0 0 6 3 】

以上のヘッド 3 a には、配管部 1 0 の有する供給管 1 0 a を介して図示しないインクタンクからインクが供給される。ここで、供給管 1 0 a とヘッド 3 aとの間には、圧力調整弁 3 b が介在する。

10

【 0 0 6 4 】

圧力調整弁 3 b は、ヘッド 3 a 内のインクの圧力に応じて開閉する弁機構である。この開閉により、ヘッド 3 a と前述の図示しないインクタンクとの位置関係が変化しても、ヘッド 3 a 内のインクの圧力が所定範囲内の負圧に維持される。このため、ヘッド 3 a のノズル N に形成されるインクのメニスカスの安定化が図られる。この結果、ノズル N 内に気泡が入り込んだり、ノズル N からインクが溢れ出したりすることが防止される。また、圧力調整弁 3 b からのインクは、図示しない分岐流路を介してヘッド 3 a の複数箇所に適宜に分配される。ここで、図示しないインクタンクからのインクは、ポンプ等により所定の圧力で供給管 1 0 a 内に移送される。

【 0 0 6 5 】

エネルギー出射部 3 c は、ワーク W 上のインクを硬化または固化させるための光、熱、電子線または放射線等のエネルギーを出射する。例えば、インクが紫外線硬化性を有する場合、エネルギー出射部 3 c は、紫外線を出射する L E D (light emitting diode) 等の発光素子等で構成される。また、エネルギー出射部 3 c は、エネルギーの出射方向または出射範囲等を調整するためのレンズ等の光学部品等を適宜に有してもよい。

20

【 0 0 6 6 】

なお、エネルギー出射部 3 c は、ワーク W 上のインクを完全硬化または完全固化させなくてよい。この場合、例えば、ロボット 2 の基部 2 1 0 の設置面上に別途に設置される硬化用の光源からのエネルギーにより、エネルギー出射部 3 c からのエネルギー照射後のインクを完全硬化または完全固化させればよい。

30

【 0 0 6 7 】

1 - 4 . ロボット 2 の印刷動作

図 4 は、ロボット 2 の印刷動作の一例を説明するための図である。図 4 では、ロボット 2 よりも X 2 方向の位置に載置されるワーク W の面 W F に対して印刷する場合が例示される。

【 0 0 6 8 】

印刷動作では、ロボット 2 がヘッド 3 a の位置および姿勢を変化させながら、ヘッド 3 a がインクを吐出する。ヘッド 3 a の位置および姿勢の変化は、印刷経路情報 D a に基づいて行われる。これにより、ヘッド 3 a は、面 W F に対して所定の姿勢を保ちつつ移動経路 R U に沿って移動する。移動経路 R U は、位置 P S から位置 P E までの経路である。

40

【 0 0 6 9 】

図 4 に示す例では、移動経路 R U は、Z 2 方向にみて X 軸に沿って延びる直線状をなす。本実施形態では、ロボット 2 は、6 個の関節部 2 3 0 のうち 3 個の関節部 2 3 0 を動作させることにより印刷動作を行う。より具体的には、ロボット 2 は、印刷動作の実行中ににおいて、関節部 2 3 0 _ 2 と関節部 2 3 0 _ 3 と関節部 2 3 0 _ 5 とのそれぞれの回転軸を Y 軸に平行な状態とし、これらの関節部 2 3 0 を動作させる。このような 3 個の関節部 2 3 0 の動作により、ヘッド 3 a を移動経路 R U に沿って安定的に移動させることができる。なお、ロボット 2 は、6 個の関節部 2 3 0 のうち 4 個以上の関節部 2 3 0 を動作させることにより印刷動作を行ってもよい。この場合、ワーク W の設置位置および設置姿勢は、図 4 に示す例に限定されず、任意である。

50

【0070】

図5は、ワークWの平滑領域RP1、RP3および段差領域RP2を説明するための図である。図4では図示を省略したが、図5に示すように、ワークWの面WFは、平滑領域RP1、RP3および段差領域RP2を有する。これらの領域は、平滑領域RP1、段差領域RP2、平滑領域RP3の順で、印刷動作でのワークWおよびヘッド3aの相対的な移動方向に沿って並ぶ。

【0071】

図5に示す例では、X2方向に向けて、位置P_1～P_5が順に並んでおり、位置P_1から位置P_2にわたる領域が平滑領域RP1であり、位置P_2から位置P_4にわたる領域が段差領域RP2であり、位置P_4から位置P_5にわたる領域が平滑領域RP3である。

10

【0072】

平滑領域RP1、RP3のそれぞれは、実質的に段差のない滑らかな面である。なお、実質的に滑らかな面とは、例えば、300μm以上の段差が形成されていない面である。換言すれば、300μm未満の微小な段差が形成されてる面は実質的に滑らかな面と見做すことができる。段差領域RP2は、平滑領域RP1、RP3に隣り合う領域であって、段差SPを含む所定幅の面である。

【0073】

段差SPは、高さの異なる2つの面と、当該2つの面の間を接続する段差面と、当該2つの面と段差面との間の2つの角部で構成される。図5に示す例では、位置P_3が当該段差面上にある。ここで、当該2つの面のそれぞれに対する当該段差面の傾斜角度は、40°以上である。また、当該2つの面のうちの一方から当該段差面を介して他方に向かう方向に沿う当該段差面の幅は、吐出面FNのa軸に沿う方向での幅に対して2倍以下である。当該所定幅は、吐出面FNのa軸に沿う方向での幅に対して2倍以上5倍以下である。なお、本開示における段差はこれに限定されず、段差SPの段差面が凸状または凹状の曲面であってもよいし、段差SPの2つの角部のうちの一方または両方が丸みを帯びてもよい。また、段差SPは、局所的なV字状またはU字状等の断面形状の凹部またはそれを反転したような凸部であってもよい。つまり、段差SPは、溝のような形状や、バンプのような形状であってもよい。

20

【0074】

ここで、段差領域RP2は、平滑領域RP1、RP3に比べて曲率が大きい部分を含むといえる。これは、例えば、段差領域RP2に位置する前述の2つの角部を微視的に観察した場合において、当該角部の断面の曲率は、平滑領域RP1、RP3を構成する面の断面の曲率に比べて大きいためである。より詳細には、断面の各部を円で近似した場合において、段差領域RP2の特に当該角部は、平滑領域RP1、RP3に比べて小さな半径の円を用いて表わされ、また、平滑領域RP1、RP3は、段差領域RP2に比べて大きな半径の円を用いて表わされるためである。

30

【0075】

図5では、位置P_1～P_5のそれぞれにおける法線LN_1～LN_5および法線ベクトルV_1～V_5が示される。なお、以下では、位置P_1～P_5のそれぞれを位置Pという場合がある。同様に、法線LN_1～LN_5のそれぞれを第2法線LNという場合がある。法線ベクトルV_1～V_5のそれぞれを法線ベクトルVという場合がある。

40

【0076】

図6は、第1実施形態に係る立体物印刷方法を説明するための図である。図6では、印刷動作における位置P_1～P_5のそれぞれにおけるヘッドユニット3の位置および姿勢が示される。当該立体物印刷方法は、ワークWの平滑領域RP1に印刷を行う第1印刷動作MP1aと、ワークWの段差領域RP2に印刷を行う第2印刷動作MP2と、ワークWの平滑領域RP3に印刷を行う第1印刷動作MP1bと、を含む。

【0077】

50

本実施形態では、第1印刷動作M P 1 a、第2印刷動作M P 2、第1印刷動作M P 1 bの順で、これらの動作が同一の印刷バス中で行われる。したがって、第2印刷動作M P 2は、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bと同一の印刷バス中で第1印刷動作M P 1 aに後続して行われる。また、第2印刷動作M P 2は、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bと同一の印刷バス中で第1印刷動作M P 1 bに先行して行われる。

【0078】

第1印刷動作M P 1 aは、ヘッド3 aとワークWとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、ヘッド3 aから平滑領域R P 1へのインクの吐出を実行する。同様に、第1印刷動作M P 1 bは、ヘッド3 aとワークWとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、ヘッド3 aから平滑領域R P 3へのインクの吐出を実行する。

10

【0079】

ここで、画質を高める観点から、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出角度の変化量は、できる限り少ないことが好ましい。なお、吐出角度とは、吐出面F Nの法線である第1法線L D Eと、ワークWの表面の第1法線L D Eとの交点における法線である第2法線L Nとのなす角度である。つまり、吐出角度の変化量が小さい場合は、ヘッド3 aはワークWの表面の形状に対して比較的忠実に走査されているといえる。逆に、吐出角度の変化量が大きい場合は、ヘッド3 aはワークWの表面の形状に対して比較的不忠実に走査されているといえる。このため、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中におけるヘッド3 aの走査はワークWの表面の形状に対して比較的忠実であるといえる。

【0080】

第2印刷動作M P 2は、ヘッド3 aとワークWとの相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、ヘッド3 aから段差領域R P 2へのインクの吐出を実行する。

20

【0081】

ここで、第2印刷動作M P 2の実行中での吐出角度の変化量は、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出角度の変化量よりも大きい。このため、第1印刷動作M P 1 aと第1印刷動作M P 1 bとの間においてロボット2の動作によるヘッド3 aの急激な姿勢変化を低減することができる。つまり、第2印刷動作M P 2の実行中においては、ヘッド3 aはワークWの表面の形状に対して第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bほど忠実には走査されない。この結果、ヘッド3 aとワークWとの衝突を防止できる。また、ロボット2の振動を低減することにより、全体として画質を向上させることができる。

30

【0082】

図7は、参考例でのヘッド3 aの移動経路R Uを説明するための図である。なお、本参考例においては、ツールセンターポイントT C Pは、吐出面F Nの中心に配置されており、移動経路R Uが面W Fに対して距離を隔てた空間に配置されるように印刷経路情報D aが設定されている。図7は、吐出角度が一定である場合の移動経路R U上の位置P rにおけるヘッド3 aの姿勢を示すベクトルV rが示される。つまり、図7においては、平滑領域R P 1、段差領域R P 2、平滑領域R P 3にかけて、ヘッド3 aの姿勢がワークWの法線ベクトルVと略一致している。このため、ヘッド3 aはいずれの領域においてもワークWの表面の形状に対して比較的忠実に走査される。この場合、第2印刷動作M P 2の実行中にヘッド3 aの急激な姿勢変化が生じてしまう。この結果、ヘッド3 aとワークWとが衝突する恐れがある。また、急激な姿勢の変化に起因してロボット2が振動することにより、画質が低下する場合がある。

40

【0083】

図8は、第1実施形態でのヘッド3 aの移動経路R Uを説明するための図である。なお、本実施形態においては、ツールセンターポイントT C Pは、吐出面F Nの中心に配置されており、移動経路R Uが面W Fに対して距離を隔てた空間に配置されるように印刷経路情報D aが設定されている。図8は、第2印刷動作M P 2の実行中での吐出角度の変化量が第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出角度の変化量よりも大きい場合の移動経路R U上の位置P rにおけるヘッド3 aの姿勢を示すベクトルV rが示される。この場合、第2印刷動作M P 2の実行中の位置P rおよびベクトルV rのそれぞれは、図

50

7に示す場合に比べて、なだらかに変化する。つまり、ヘッド3aの急激な姿勢変化が生じにくい。

【0084】

したがって、前述のように、第2印刷動作MP2の実行中での吐出角度の変化量は、第1印刷動作MP1a、MP1bの実行中での吐出角度の変化量よりも大きい。また、第2印刷動作MP2の実行中での吐出距離LDの変化量は、第1印刷動作MP1a、MP1bの実行中での吐出距離LDの変化量よりも大きい。なお、吐出距離LDは、第1法線LDEに沿う方向での吐出面FNとワークWとの間の距離である。

【0085】

第2印刷動作MP2の実行中でのヘッド3aの軌跡の長さL2は、当該軌跡に沿う段差領域RP2の長さ、すなわち第2印刷動作MP2の実行中でのワークWの表面に印刷される領域の長さL1よりも短い。

【0086】

吐出面FNとワークWの表面との相対的な移動速度は、ロボット2の振動を低減する観点から、できるだけ一定であることが好ましいが、印刷に要する時間を短縮しつつ段差領域RP2での画質を向上させる観点から、第2印刷動作MP2の実行中での吐出面FNとワークWの表面との相対的な移動速度は、第1印刷動作MP1a、MP1bの実行中での吐出面FNとワークWの表面との相対的な移動速度以下であることが好ましい。

【0087】

1-5. ロボットの教示方法

図9は、第1実施形態に係るロボット2の教示方法を示すフローチャートである。以下、当該教示方法について、前述の立体物印刷装置1を用いた場合を例に説明する。当該教示方法は、コンピューター7を用いて行われる。コンピューター7、より具体的には、生成部7b1は、当該教示方法により印刷経路情報Daを生成する。

【0088】

図9に示すように、当該教示方法は、第1ステップS10と第2ステップS20と第3ステップS30と第4ステップS40と第5ステップS50とを含んでおり、この順で、これらのステップを実行する。

【0089】

第1ステップS10は、3次元データDbを取得する。第2ステップS20は、3次元データDbの表す複数のポリゴンPOLから複数の通過ポリゴンPOL_1を特定する。第3ステップS30は、複数の通過ポリゴンPOL_1を用いて複数の平滑教示点Pa1を設定する。第4ステップS40は、複数の平滑通過ポリゴンPOL_1aまたは複数の平滑教示点Pa1を用いて複数の段差教示点Pa2を設定する。第5ステップS50は、複数の平滑教示点Pa1および複数の段差教示点Pa2に基づいて印刷経路情報Daを生成する。ここで、第3ステップS30および第4ステップS40からなるステップS3は、ワークWの面WF上での複数の教示点Paとして複数の平滑教示点Pa1および複数の段差教示点Pa2を設定する。以下、各ステップを順に詳細に説明する。

【0090】

図10は、第1ステップS10での3次元データDbの取得を説明するための図である。第1ステップS10は、3次元データDbを取得する。図10では、3次元データDbの表す面WD_bの一部が代表的に示される。面WD_bは、ワークWの面WFに対応する。図10に示す例では、わかりやすさの観点から、説明の便宜上、ベース座標系またはロボット座標系で面WD_bが示される。なお、面WD_bは、ワーク座標系で表されてもよい。

【0091】

面WD_bは、複数のポリゴンPOLで構成される。図10に示す例では、各ポリゴンPOLは、3個の辺LEおよび3個の頂点PVを有する三角形をなす。ここで、各辺LEは、2個のポリゴンPOLに共有される。1個の辺LEを共有する2個のポリゴンPOLは、当該1個の辺LEを境界として互いに隣り合う。また、各頂点PVは、3個以上のポリゴンPOLに共有される。1個の頂点PVを共有する3個以上のポリゴンPOLは、当該

10

20

30

40

50

1個の頂点 P_V を接点として互いに接する。図 10 では、説明の便宜上、各ポリゴン POL の法線ベクトル V_p が図示される。法線ベクトル V_p は、ベクトル情報 D_b2 により表される。なお、各ポリゴン POL の形状は、三角形に限定されず、四角形等の他の多角形でもよい。

【0092】

図 11 は、第 2 ステップ $S20$ での通過ポリゴン POL_1 の特定に用いる仮想平面 FV を説明するための図である。通過ポリゴン POL_1 の特定方法としては、ヘッド $3a$ の走査すべき領域に対応するポリゴン POL を通過ポリゴン POL_1 として特定することができればよく、特に限定されないが、本実施形態では、仮想平面 FV を用いて通過ポリゴン POL_1 を特定する。

10

【0093】

具体的に説明すると、第 2 ステップ $S20$ は、まず、3 次元データ D_b と同一の座標系で表される仮想平面 FV を指定する。仮想平面 FV は、面 WD_b を横断する。仮想平面 FV および面 WD_b は、交線 LC で互いに交差する。

【0094】

仮想平面 FV の指定は、ユーザーにより設定される印刷位置情報に基づき、コンピューター 7 によって実行される。印刷位置情報は、ユーザーの希望する印刷時のワーク W の表面上の位置および姿勢のうちの一方または両方に関する情報であり、コンピューター 7 に対するユーザーによる入力により設定される。例えば、ユーザーがコンピューター 7 の入力装置を用いて印刷位置情報を入力することで、立体物印刷装置 1 による印刷画像のワーク W の表面上における位置および姿勢のうちの一方または両方を設定したり適宜に調整したりする。より具体的には、3 次元データ D_b に基づいて表示されたワーク W に対応する画像上において、ユーザーは、マウス操作によるカーソルの移動等に応じて当該位置を設定したり、いわゆるドラッグ・アンド・ドロップ等のマウス操作によって当該姿勢を調整したりすることで、印刷位置情報を入力できる。

20

【0095】

コンピューター 7 は、当該印刷位置情報に応じて仮想平面 FV を指定する。ここで、仮想平面 FV は、交差するポリゴン POL (後述する通過ポリゴン POL_1) の法線に対してできるだけ平行となるように指定されることが好ましい。例えば、図 9 に示すように、交差するポリゴン POL が 5 つある場合は、各ポリゴン POL と仮想平面 FV とがなす角と、 90° と、の差分の合計値または平均値等が最小になるように指定される。

30

【0096】

ここで、仮想平面 FV は、ヘッド $3a$ による理想的なインクの吐出方向とヘッド $3a$ の理想的な移動方向とを表す平面である。つまり、印刷の実行中において、ヘッド $3a$ は仮想平面 FV と平行にインクを吐出し、ヘッド $3a$ は仮想平面 FV と平行な方向に移動する。このように、仮想平面 FV は、印刷時のヘッド $3a$ の位置および姿勢を規定するための基準となる平面である。

【0097】

本実施形態では、前述のように、ロボット 2 は、印刷動作の実行中において、関節部 230_2 と関節部 230_3 と関節部 230_5 とのそれぞれの回転軸を Y 軸に平行な状態とし、これらの関節部を動作させる。このため、仮想平面 FV は、回転軸 O_2 、 O_3 、 O_5 のすべてに直交するように指定される。

40

【0098】

図 12 は、第 2 ステップ $S20$ での通過ポリゴン POL_1 の特定を説明するための図である。第 2 ステップ $S20$ は、仮想平面 FV の指定後、複数のポリゴン POL のうち、仮想平面 FV と交差するポリゴン POL である複数の通過ポリゴン POL_1 を特定する。前述のように仮想平面 FV が面 WD_b を横断するので、面 WD_b を構成する複数のポリゴン POL は、仮想平面 FV に交差する複数の通過ポリゴン POL_1 と、仮想平面 FV に交差しない複数のポリゴン POL_2 と、に区分される。図 12 では、説明の便宜上、通過ポリゴン POL_1 が網掛け表示される。

50

【0099】

図13は、複数の教示点P aの位置および姿勢の設定を説明するための図である。ステップS 3は、複数の通過ポリゴンP O L _ 1に基づいて、複数の教示点P aを設定する。具体的には、ステップS 3は、複数の通過ポリゴンP O L _ 1の辺L Eと仮想平面F Vとの複数の交点のそれぞれを教示点P aとして用いる。各教示点P aは、ヘッド3 aの位置および姿勢を示す。

【0100】

図13では、教示点P aの示す姿勢がベクトルV aで表される。ベクトルV aは、教示点P aでの法線ベクトルであり、ベクトル情報D b 2に基づいて特定される。例えば、前述の交点に対応する法線に沿う方向を示すベクトルV aは、第1頂点ベクトルV c _ 1および第2頂点ベクトルV c _ 2に基づいて規定される。ここで、複数の通過ポリゴンP O L _ 1の辺L Eのうち当該交点を含む辺L Eを第1辺L E _ 1とし、第1辺L E _ 1の一端を第1頂点P V _ 1とし、第1辺L E _ 1の他端の第2頂点P V _ 2とすると、第1頂点ベクトルV c _ 1は、第1頂点P V _ 1に対応する法線ベクトルであり、第2頂点ベクトルV c _ 2は、第2頂点P V _ 2に対応する法線ベクトルである。なお、これらの頂点ベクトルは、3次元データD bに含まれるベクトル情報D b 2に基づいて、あらかじめ求めておくことが好ましい。

10

【0101】

図13に示す例では、当該複数の交点のほか、当該複数の交点の間を補間した点である補間点が教示点P aとして用いられる。このため、ワークWの形状を表すポリゴンP O Lの数が少ない場合であっても、教示点P aの密度を高めることができる。なお、図13に示す例では、隣り合う2つの交点の間に配置される補間点の数が1つであるが、当該数は、2つ以上でもよい。また、本実施形態では、補間点を追加することにより補間を行う場合が例示されるが、当該補間は、これに限定されず、補間用の曲線または線分を追加することにより行ってもよい。また、ワークWの形状を表すポリゴンP O Lの数によっては、当該補間が省略されてもよい。また、当該補間を行う場合、必要に応じて、当該複数の交点のうちの一部を間引いた後に、当該補間を行ってもよい。

20

【0102】

ここで、当該補間点は、当該複数の交点を通過する滑らかな曲線上に配置されることが好ましい。こうした曲線は、例えばスプライン関数によって表される。つまり、当該補間点は、スプライン補間にに基づいて配置されることが好ましい。この場合、当該補間点は、交線L C上から外れる場合があるが、仮想平面F V上に位置することが好ましい。なお、当該補間点は、線形補間にに基づいて配置することもできる。ただし、ロボット2によるヘッド3 aの移動経路を滑らかにし、ロボット2の動作に伴う振動を抑制する観点から、スプライン補間等の曲線的な補間手法により当該補間点を配置することが好ましい。

30

【0103】

前述のように、ワークWの面W Fは、平滑領域R P 1、R P 3および段差領域R P 2を有する。このため、面W D bは、平滑領域R P 1、R P 3および段差領域R P 2に対応する領域を有する。面W D bのうち、平滑領域R P 1、R P 3に対応する領域では、前述のように複数の交点および複数の補間点を用いて複数の教示点P aが設定される。これに対し、面W D bのうち、段差領域R P 2に対応する領域では、前述の図8に示すような移動経路R Uが得られるように複数の教示点P aが設定される。以下、この点を詳述する。

40

【0104】

図14は、第3ステップS 3 0での複数の平滑教示点P a 1の設定を説明するための図である。面W D bは、段差S Pに対応する段差S P dを有する。前述の複数の通過ポリゴンP O L _ 1は、平滑領域R P 1、R P 3に対応するポリゴンP O Lである複数の平滑通過ポリゴンP O L _ 1 aと、段差領域P R 2に対応するポリゴンP O Lである複数の段差通過ポリゴンP O L _ 1 bと、に区分される。当該区分は、3次元データD bに含まれるベクトル情報D b 2に基づいて数的に実行することができる。また、当該区分は、面W F上におけるヘッド3 aの走査時において衝突するか否かをシミュレーションによって判定

50

することで実行してもよい。第3ステップS30では、複数の通過ポリゴンPOL_1のうち複数の平滑通過ポリゴンPOL_1aを特定するステップを含む。

【0105】

第3ステップS30は、複数の平滑通過ポリゴンPOL_1aに基づいて、複数の平滑教示点Pa1の位置および姿勢を設定する。当該複数の平滑教示点Pa1のそれぞれは、平滑領域RP1または平滑領域RP3上での教示点Paである。なお、図14では、平滑教示点Pa1の示す姿勢がベクトルVa1で表される。

【0106】

平滑教示点Pa1の位置および姿勢の設定は、前述のように複数の交点および複数の補間点を用いた教示点Paの位置および姿勢の設定と同様に行われる。本実施形態では、前述のようにツールセンター・ポイントTCPが吐出面FNの中心に位置するため、各平滑教示点Pa1は、図14に示すように、面WDbからZ1方向に離れた位置に配置される。ここで、複数の平滑教示点Pa1は、面WDbとの間の距離ができる限り一定となるよう配置される。また、各平滑教示点Pa1でのベクトルVa1は、対応する位置における面WDbの法線に沿うように設定される。ここで、各平滑教示点Pa1でのベクトルVa1の設定は、ベクトルVaに基づいてもよい。

10

【0107】

図15は、第4ステップS40での複数の段差教示点Pa2の設定を説明するための図である。第4ステップS40は、複数の平滑通過ポリゴンPOL_1aまたは複数の平滑教示点Pa1に基づいて、複数の段差教示点Pa2の位置および姿勢を設定する。各段差教示点Pa2は、段差領域RP2上での教示点Paである。なお、図15では、段差教示点Pa2の示す姿勢がベクトルVa2で表される。

20

【0108】

段差教示点Pa2の位置および姿勢の設定は、複数の平滑通過ポリゴンPOL_1aまたは複数の平滑教示点Pa1に基づいて、段差教示点Pa2の位置および姿勢の変化ができる限り小さくなるように行われる。より具体的には、平滑領域RP1に対応する平滑教示点Pa1と、平滑領域RP3に対応する平滑教示点Pa1との間を補間することにより、複数の段差教示点Pa2の位置および姿勢が設定される。例えば、段差教示点Pa2の示す位置および姿勢の設定には、平滑教示点Pa1の示す位置および姿勢の加重平均が用いられる。

30

【0109】

以上のように、複数の平滑教示点Pa1および複数の段差教示点Pa2が設定される。第5ステップS50は、ステップS3の後、複数の平滑教示点Pa1および複数の段差教示点Pa2に基づいて印刷経路情報Daを生成する。例えば、複数の平滑教示点Pa1および複数の段差教示点Pa2が前述の図8に示す位置Prとして設定される。また、必要に応じて、印刷経路情報Daの示す位置に沿うヘッド3aとワークWとの相対的な移動方向が指定される。本実施形態では、交線LCに沿う一方向とその反対方向とのうち、ロボット2から離れる方向が移動方向として設定される。

【0110】

以上のロボット2の教示方法は、前述のように、第1ステップS10と第2ステップS20と第3ステップS30と第5ステップS50とを含む。ここで、ロボット2は、「液体」の一例であるインクを吐出するヘッド3aと立体的なワークWとの相対的な位置および姿勢を印刷経路情報Daに基づいて変化させる。ワークWの表面は、平滑領域RP1、RP3と、前記平滑領域RP1、RP3に隣り合い、段差SPを含む段差領域RP2と、を有する。

40

【0111】

第1ステップS10は、ワークWの形状を複数のポリゴンPOLによって表す3次元データを取得する。第2ステップS20は、複数のポリゴンPOLのうち、ヘッド3aの走査すべき領域に対応するポリゴンPOLである複数の通過ポリゴンPOL_1を指定する。第3ステップS30は、複数の通過ポリゴンPOL_1のうち平滑領域RP1、RP3

50

に対応するポリゴン P O L である複数の平滑通過ポリゴン P O L _ 1 a に基づいて、平滑領域 R P 1、R P 3 上での教示点 P a である複数の平滑教示点 P a 1 の位置および姿勢を設定する。第 4 ステップ S 4 0 は、複数の平滑通過ポリゴン P O L _ 1 a または複数の平滑教示点 P a 1 に基づいて、段差領域 R P 2 上での教示点 P a である複数の段差教示点 P a 2 の位置および姿勢を設定する。第 5 ステップ S 5 0 は、複数の平滑教示点 P a 1 および複数の段差教示点 P a 2 に基づいて、印刷経路情報 D a を生成する。

【 0 1 1 2 】

以上のロボット 2 の教示方法では、ワーク W の表面に段差領域 R P 2 が存在しても、印刷動作の実行中におけるヘッド 3 a の位置および姿勢の急激な変化を低減した印刷経路情報 D a を生成することができる。このように、ワーク W の形状に応じたロボット 2 の適切な動作を実現することができる。

10

【 0 1 1 3 】

特に、第 4 ステップ S 4 0 は、複数の通過ポリゴン P O L _ 1 のうち段差領域 R P 2 に対応するポリゴンを用いずに、複数の段差教示点 P a 2 の示す位置および姿勢を設定する。このため、印刷経路情報 D a を用いた印刷動作の実行中におけるヘッド 3 a の位置および姿勢の急激な変化を好適に低減することができる。なお、第 4 ステップ S 4 0 は、複数の平滑通過ポリゴン P O L _ 1 a または複数の平滑教示点 P a 1 に基づいて、複数の段差教示点の示す位置および姿勢のうちの一方を設定してもよい。この点については、後に第 2 実施形態において詳述する。

【 0 1 1 4 】

前述のように、立体物印刷方法は、ヘッド 3 a とロボット 2 とを用いる。ここで、当該立体物印刷方法は、第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b と第 2 印刷動作 M P 2 とを含む。

20

【 0 1 1 5 】

第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b は、ヘッド 3 a とワーク W との相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、ヘッド 3 a から平滑領域 R P 1、R P 3 へのインクの吐出を実行する。第 2 印刷動作 M P 2 は、第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b と同一の印刷パス中で第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b に先行または後続して、ヘッド 3 a とワーク W との相対的な位置および姿勢を変化させる期間中に、ヘッド 3 a から段差領域 R P 2 へのインクの吐出を実行する。

【 0 1 1 6 】

そのうえで、第 2 印刷動作 M P 2 の実行中での吐出角度 の変化量は、第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b の実行中での吐出角度 の変化量よりも大きい。ここで、吐出面 F N の法線を第 1 法線 L D E とし、ワーク W の表面の第 1 法線 L D E との交点における法線を第 2 法線 L N としたとき、第 1 法線 L D E と第 2 法線 L N とのなす角度が吐出角度 である。

30

【 0 1 1 7 】

以上の立体物印刷方法では、第 2 印刷動作 M P 2 の実行中での吐出角度 の変化量が第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b の実行中での吐出角度 の変化量以下である場合に比べて、第 2 印刷動作 M P 2 でのワーク W に対するヘッド 3 a の急激な姿勢変化を低減することができる。この結果、ヘッド 3 a とワーク W との衝突を防止したりロボット 2 の振動を低減したりすることができる。このように、ワーク W の形状に応じたロボット 2 の適切な動作を実現することができる。

40

【 0 1 1 8 】

また、前述のように、第 2 印刷動作 M P 2 の実行中での吐出距離 L D の変化量は、第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b の実行中での吐出距離 L D の変化量よりも大きい。このため、第 2 印刷動作 M P 2 の実行中での吐出距離 L D の変化量が第 1 印刷動作 M P 1 a、M P 1 b の実行中での吐出距離 L D の変化量以下である場合に比べて、第 2 印刷動作 M P 2 でのヘッド 3 a とワーク W との急激な位置変化を低減しやすいという利点がある。なお、第 1 法線 L D E に沿う方向での吐出面 F N とワーク W との間の距離が吐出距離 L D である。

【 0 1 1 9 】

さらに、前述のように、第 2 印刷動作 M P 2 の実行中でのヘッド 3 a の軌跡の長さは、

50

第2印刷動作M P 2の実行中でのワークWの表面に印刷される領域の長さよりも短い。このため、第2印刷動作M P 2の実行中でのヘッド3 aの軌跡の長さが第2印刷動作M P 2の実行中でのワークWの表面に印刷される領域の長さに等しい場合に比べて、印刷速度を高めることができる。

【0120】

また、前述のように、第2印刷動作M P 2の実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度は、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度以下であることが好ましい。この場合、第2印刷動作M P 2の実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度が第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度より高い場合に比べて、印刷品質の低下を抑制することができる。なお、第2印刷動作M P 2の実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度は、第1印刷動作M P 1 a、M P 1 bの実行中での吐出面F NとワークWの表面との相対的な移動速度より高くてよい。

10

【0121】

2. 第2実施形態

以下、本発明の第2実施形態について説明する。以下に例示する形態において作用や機能が第1実施形態と同様である要素については、第1実施形態の説明で使用した符号を流用して各々の詳細な説明を適宜に省略する。

【0122】

図16は、第2実施形態での第4ステップS 4 0での複数の段差教示点P a 2の設定を説明するための図である。本実施形態は、第4ステップS 4 0での複数の段差教示点P a 2の位置の設定が異なる以外は、前述の第1実施形態と同様である。

20

【0123】

本実施形態の第4ステップS 4 0は、前述の第1実施形態と同様、複数の平滑通過ポリゴンP O L_1 aまたは複数の平滑教示点P a 1に基づいて、複数の段差教示点P a 2の姿勢を設定する。

【0124】

また、第4ステップS 4 0は、複数の段差通過ポリゴンP O L_1 bに基づいて、複数の段差教示点P a 2の位置を設定する。この設定は、平滑通過ポリゴンP O L_1 aに代えて段差通過ポリゴンP O L_1 bを用いる以外は、平滑教示点P a 1の位置の設定と同様に行われる。したがって、複数の段差教示点P a 2は、面W D bとの間の距離ができる限り一定となるよう配置される。

30

【0125】

以上の第2実施形態によても、ワークWの形状に応じたロボット2の適切な動作を実現することができる。本実施形態では、前述のように、第4ステップS 4 0は、複数の平滑通過ポリゴンP O L_1 aまたは複数の平滑教示点P a 1に基づいて、複数の段差教示点P a 2の示す姿勢を設定するとともに、複数の通過ポリゴンP O L_1のうち段差領域R P 2に対応するポリゴンP O Lに基づいて、複数の段差教示点P a 2の示す位置を設定する。このため、第1実施形態に比べて、段差教示点P 2 aの位置および姿勢の設定のための演算量を少なくすることができる。また、ヘッド3 aの急激な姿勢変化を防ぎつつ、面W Fとヘッド3 aとの距離を保つこともできるため、段差領域R P 2での画質を向上させることができる。

40

【0126】

3. 変形例

以上の例示における各形態は多様に変形され得る。前述の各形態に適用され得る具体的な変形の態様を以下に例示する。なお、以下の例示から任意に選択される2以上の態様は、互いに矛盾しない範囲で適宜に併合され得る。

【0127】

3 - 1. 変形例 1

50

前述の形態では、ロボットとして6軸の垂直多軸ロボットを用いる構成が例示されるが、当該構成に限定されない。ロボットは、例えば、6軸以外の垂直多軸ロボットでもよいし、水平多軸ロボットでもよい。また、ロボットの腕部は、回動機構で構成される関節部に加えて、伸縮機構または直動機構等を有してもよい。ただし、印刷動作での印刷品質と非印刷動作でのロボットの動作の自由度とのバランスの観点から、ロボットは、6軸以上の多軸ロボットであることが好ましい。

【0128】

3 - 2 . 変形例 2

前述の形態では、ロボットに対するヘッドの固定方法としてネジ止め等を用いる構成が例示されるが、当該構成に限定されない。例えば、ロボットのエンドエフェクターとして装着されるハンド等の把持機構によりヘッドを持することにより、ロボットに対してヘッドを固定してもよい。

10

【0129】

3 - 3 . 変形例 3

また、前述の形態では、ヘッドを移動させる構成のロボットが例示されるが、当該構成に限定されず、例えば、液体吐出ヘッドの位置が固定されており、ロボットがワークを移動させ、ヘッドに対してワークの位置および姿勢を3次元的に変化させる構成でもよい。この場合、例えば、ロボットアームの先端に装着されるハンド等の把持機構によりワークが把持される。

【0130】

20

3 - 4 . 変形例 4

前述の形態では、1種類のインクを用いて印刷を行う構成が例示されるが、当該構成に限定されず、2種以上のインクを用いて印刷を行う構成にも本開示を適用することができる。

【0131】

3 - 5 . 変形例 5

本開示の立体物印刷装置の用途は印刷に限定されない。例えば、色材の溶液を吐出する立体物印刷装置は、液晶表示装置のカラーフィルターを形成する製造装置として利用される。また、導電材料の溶液を吐出する立体物印刷装置は、配線基板の配線や電極を形成する製造装置として利用される。また、立体物印刷装置は、接着剤等の液体を媒体に塗布するジェットディスペンサーとしても利用できる。

30

【符号の説明】

【0132】

1 ... 立体物印刷装置、2 ... ロボット、2 a ... アーム駆動機構、3 ... ヘッドユニット、3 a ... ヘッド、3 b ... 圧力調整弁、3 c ... エネルギー出射部、3 e ... スイッチ回路、3 f ... 支持体、5 ... コントローラー、5 a ... 記憶回路、5 b ... 処理回路、6 ... 制御モジュール、6 a ... タイミング信号生成回路、6 b ... 電源回路、6 c ... 制御回路、6 d ... 駆動信号生成回路、7 ... コンピューター、7 a ... 記憶回路、7 b ... 処理回路、7 b 1 ... 生成部、10 ... 配管部、10 a ... 供給管、11 ... 配線部、210 ... 基部、220 ... 腕部、221 ... アーム、222 ... アーム、223 ... アーム、224 ... アーム、225 ... アーム、226 ... アーム、230 ... 関節部、230_1 ... 関節部、230_2 ... 関節部、230_3 ... 関節部、230_4 ... 関節部、230_5 ... 関節部、230_6 ... 関節部、C L K ... クロック信号、C N G ... チェンジ信号、C o m ... 駆動信号、D 1 ... 出力、D 3 ... 信号、D E ... 吐出方向、D N ... 配列方向、D a ... 印刷経路情報、D b ... 3次元データ、D b 1 ... 座標情報、D b 2 ... ベクトル情報、F N ... 吐出面、F V ... 仮想平面、I m g ... 印刷データ、L 1 ... ノズル列、L 2 ... ノズル列、L A T ... ラッチ信号、L C ... 交線、L D ... 吐出距離、L D E ... 第1法線、L E ... 迂、L E_1 ... 第1迂、L N ... 第2法線、L N_1 ... 法線、M P 1 a ... 第1印刷動作、M P 1 b ... 第1印刷動作、M P 2 ... 第2印刷動作、N ... ノズル、O 1 ... 回動軸、O 2 ... 回動軸、O 3 ... 回動軸、O 4 ... 回動軸、O 5 ... 回動軸、O 6 ... 回動軸、P 2 a ... 段差教示点、P D ... 駆動パルス、P G ... プログラム、P O L ... ポリゴン、P O L_1 ... 通過ポ

40

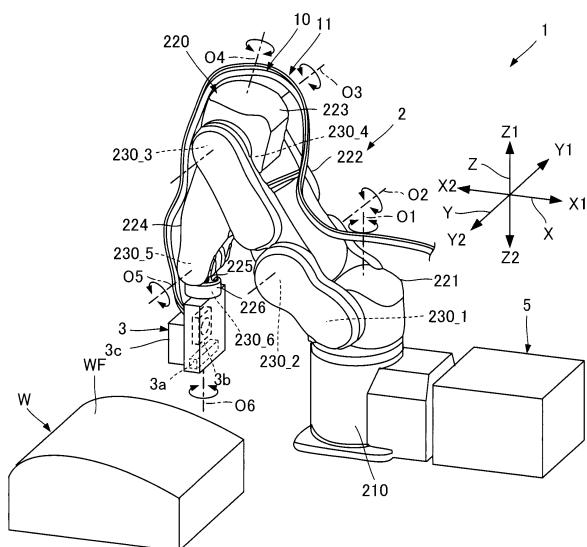
50

リゴン、P O L _ 1 a ... 平滑通過ポリゴン、P O L _ 1 b ... 段差通過ポリゴン、P O L _ 2 ... ポリゴン、P R 2 ... 段差領域、P T S ... タイミング信号、P V ... 頂点、P V _ 1 ... 第1頂点、P V _ 2 ... 第2頂点、P a ... 教示点、P a 1 ... 平滑教示点、P a 2 ... 段差教示点、R P 1 ... 平滑領域、R P 2 ... 段差領域、R P 3 ... 平滑領域、R U ... 移動経路、S 1 0 ... 第1ステップ、S 2 0 ... 第2ステップ、S 3 ... ステップ、S 3 0 ... 第3ステップ、S 4 0 ... 第4ステップ、S 5 0 ... 第5ステップ、S I ... 制御信号、S P ... 段差、S P d ... 段差、S k 1 ... 制御信号、T C P ... ツールセンターポイント、V ... 法線ベクトル、V B S ... オフセット電位、V H V ... 電源電位、V _ 1 ... 法線ベクトル、V a ... ベクトル、V a 1 ... ベクトル、V a 2 ... ベクトル、V c _ 1 ... 第1頂点ベクトル、V c _ 2 ... 第2頂点ベクトル、V p ... 法線ベクトル、V r ... ベクトル、W ... ワーク、W D b ... 面、W F ... 面、d C o m ... 波形指定信号、... 吐出角度。

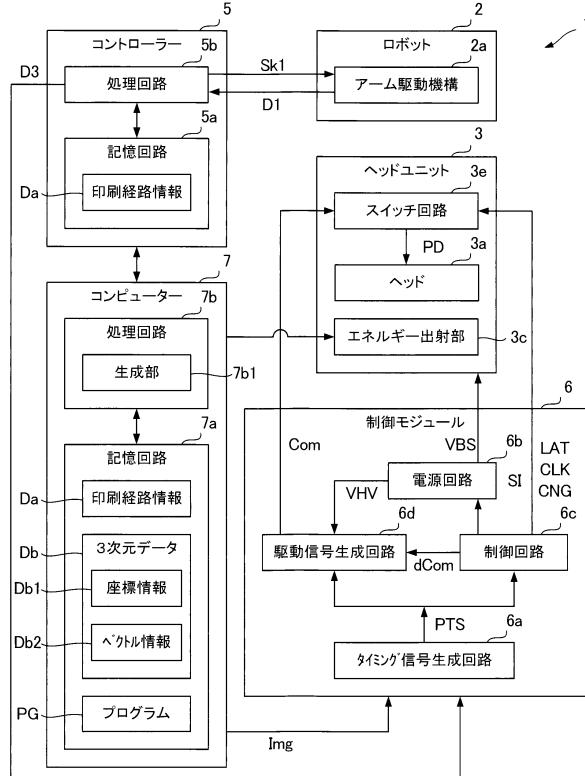
10

【 図 面 】

【図1】



【 义 2 】



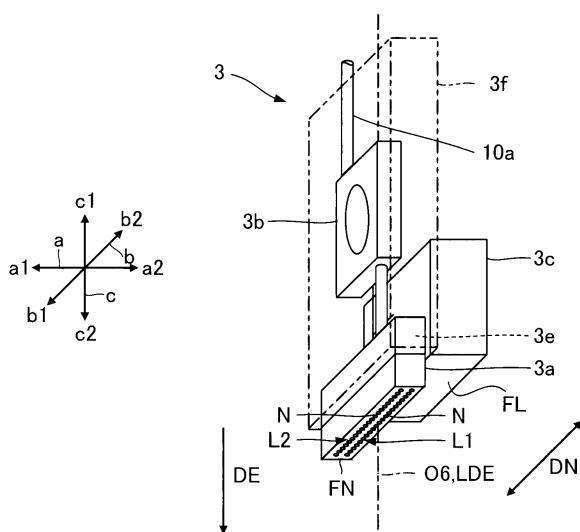
20

30

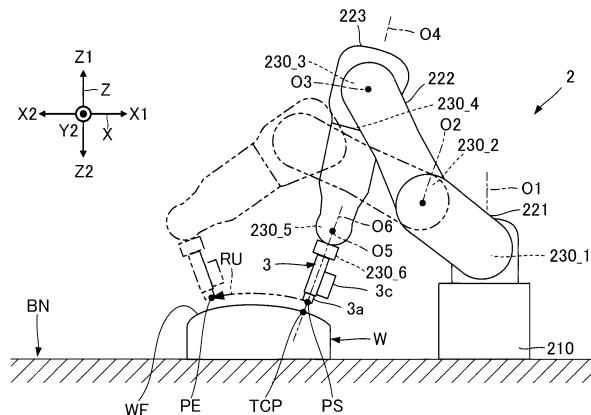
40

50

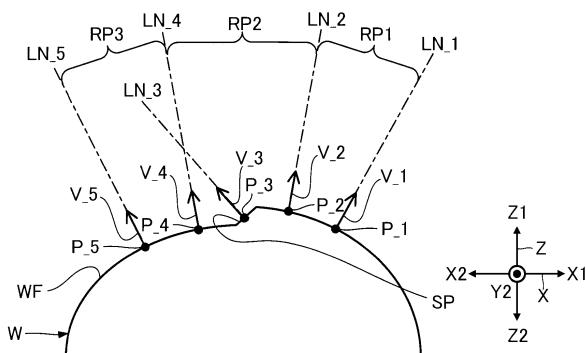
【図3】



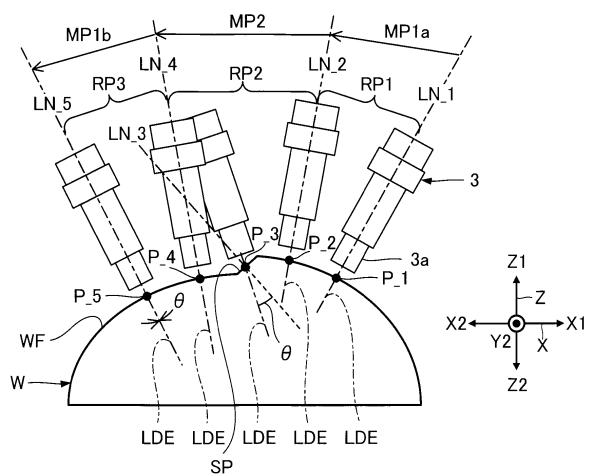
【 図 4 】



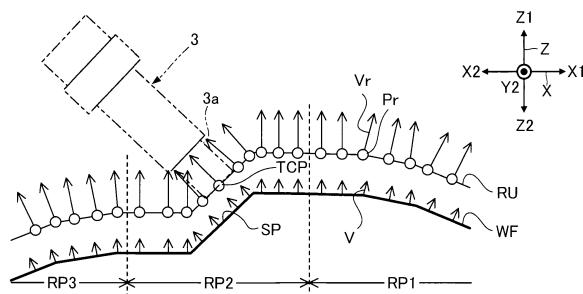
【図5】



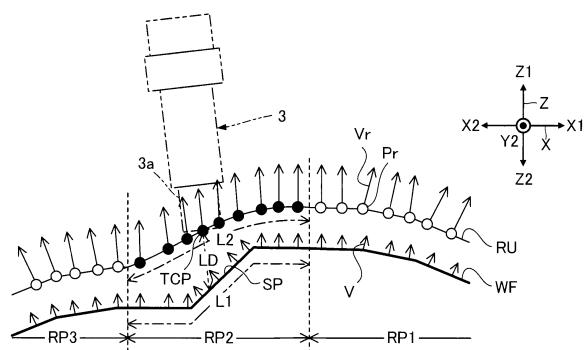
【図6】



【図 7】

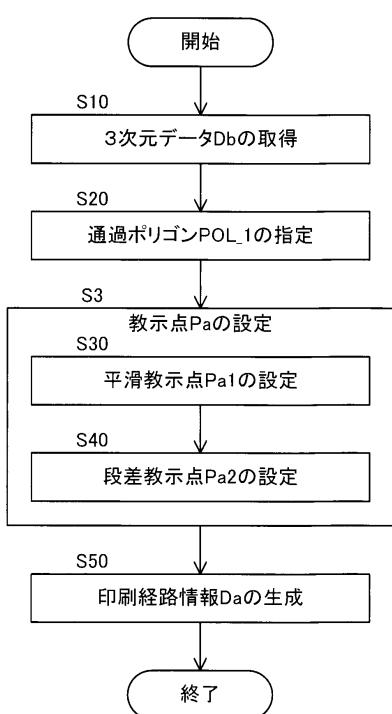


【図 8】

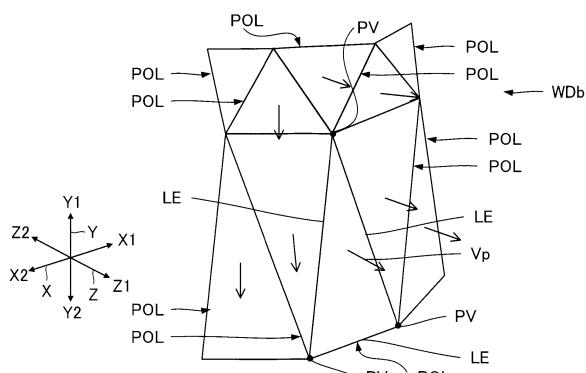


10

【図 9】



【図 10】



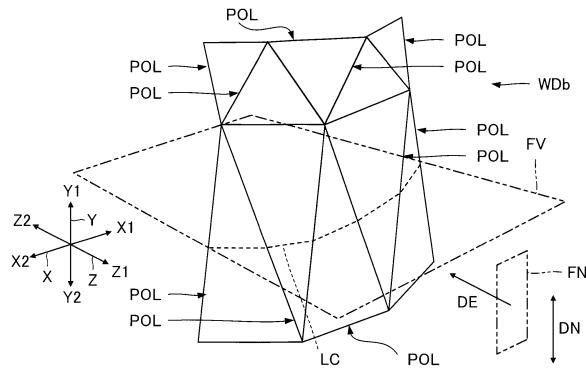
20

30

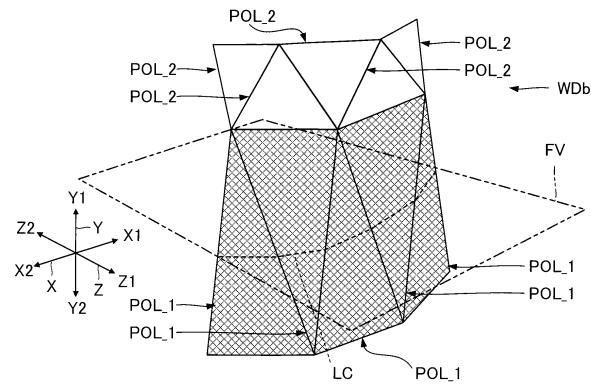
40

50

【図 1 1】

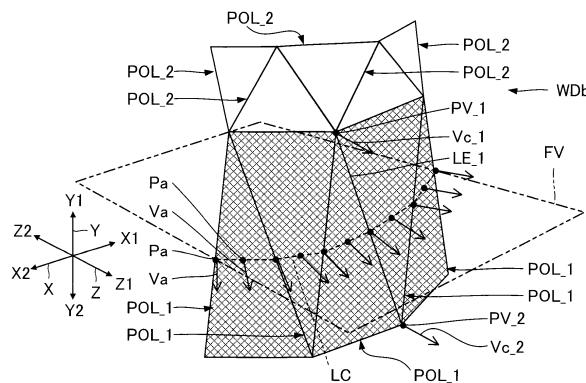


【図12】

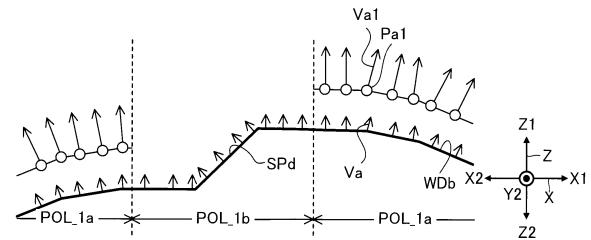


10

【図13】

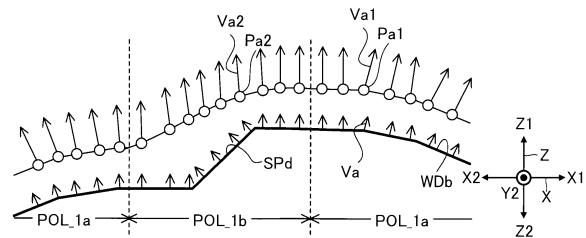


【図14】

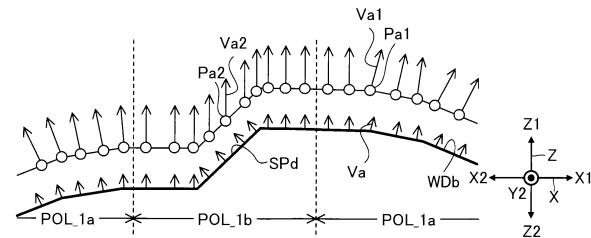


20

【図15】



【図16】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2011-514234 (JP, A)

特開平07-168617 (JP, A)

特表2015-520011 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 ~ 21/02

B05B 12/00