

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7687016号
(P7687016)

(45)発行日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(24)登録日 令和7年5月26日(2025.5.26)

(51)国際特許分類

B 4 1 J	2/01 (2006.01)	F I	B 4 1 J	2/01	1 0 9
B 2 5 J	13/00 (2006.01)		B 2 5 J	13/00	Z
B 2 5 J	13/08 (2006.01)		B 2 5 J	13/08	A
			B 4 1 J	2/01	4 0 1

請求項の数 13 (全28頁)

(21)出願番号 特願2021-51072(P2021-51072)
(22)出願日 令和3年3月25日(2021.3.25)
(65)公開番号 特開2022-149092(P2022-149092)
A)
(43)公開日 令和4年10月6日(2022.10.6)
審査請求日 令和6年3月7日(2024.3.7)

(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
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 高松 大治

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】**

ワークに対して液体を吐出するヘッドと、前記ヘッドの位置および姿勢を変化させる第1口ボットと、前記ワークの位置および姿勢を変化させる第2口ボットと、を用いた立体物印刷方法であって、

前記ヘッドの移動すべき経路をワーク座標系で示す第1初期経路データを取得する第1データ処理ステップと、

前記ヘッドの位置および姿勢を口ボット座標系で示す第1ヘッド基準点データを取得する第2データ処理ステップと、

前記第1初期経路データおよび前記第1ヘッド基準点データに基づいて、前記ヘッドの移動すべき経路を前記口ボット座標系で示す第1印刷経路データを生成する第3データ処理ステップと、

前記第1印刷経路データに基づいて前記第1口ボットが前記ヘッドを移動させつつ、前記ワークに対して前記ヘッドから液体を吐出させる第1印刷ステップと、を含む、

ことを特徴とする立体物印刷方法。

【請求項2】

前記第1初期経路データは、前記ヘッドの位置および姿勢を前記ワーク座標系で示す複数の経路点データを含んでおり、

前記第1データ処理ステップと前記第3データ処理ステップとの間には、前記第1初期経路データに含まれる複数の経路点データのうちの特定の経路点データを第1基準経路点

データとして取得する第4データ処理ステップを含み、

前記第3データ処理ステップは、前記第1基準経路点データおよび前記第1ヘッド基準点データに基づいて、前記第1印刷経路データを生成する、

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3データ処理ステップは、

前記第1基準経路点データの示す座標値と前記第1ヘッド基準点データの示す座標値とを比較することにより、前記第1基準経路点データと前記第1ヘッド基準点データとの対応関係を示す変換パラメーターを算出し、

前記第1初期経路データに含まれる複数の経路点データに対して前記変換パラメーターを適用することにより、前記第1印刷経路データを生成する、

ことを特徴とする請求項2に記載の立体物印刷方法。

【請求項4】

前記第1初期経路データは、前記ワークの位置および姿勢を前記ワーク座標系で示すワーク中心点データをさらに含み、

前記第2データ処理ステップと前記第1印刷ステップとの間には、前記第1初期経路データと前記ワーク中心点データと前記第1ヘッド基準点データとに基づいて、前記ワークの配置されるべき位置および姿勢を前記ロボット座標系で示す第1ワーク配置点データを生成する第5データ処理ステップを含む、

ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の立体物印刷方法。

【請求項5】

前記第1印刷ステップにおいて、前記第2ロボットは、前記第1ワーク配置点データに基づいて前記ワークを配置する、

ことを特徴とする請求項4に記載の立体物印刷方法。

【請求項6】

前記ヘッドの移動すべき経路を前記ワーク座標系で示す第2初期経路データを取得する第6データ処理ステップと、

前記ヘッドの位置および姿勢を前記ロボット座標系で示す第2ヘッド基準点データを取得する第7データ処理ステップと、

前記第2初期経路データおよび前記第2ヘッド基準点データに基づいて、前記ヘッドの移動すべき経路を前記ロボット座標系で示す第2印刷経路データを生成する第8データ処理ステップと、

前記第2印刷経路データに基づいて前記第1ロボットを動作させつつ、前記ワークに対して前記ヘッドから液体を吐出させる第2印刷ステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項2に記載の立体物印刷方法。

【請求項7】

前記第2初期経路データは、前記ヘッドの位置および姿勢を前記ワーク座標系で示す複数の経路点データを含み、

前記第6データ処理ステップと前記第8データ処理ステップとの間には、前記第2初期経路データに含まれる複数の経路点データのうちの特定の経路点データを第2基準経路点データとして取得する第9データ処理ステップを含み、

前記第8データ処理ステップは、前記第2基準経路点データおよび前記第2ヘッド基準点データに基づいて、前記第2印刷経路データを生成する、

ことを特徴とする請求項6に記載の立体物印刷方法。

【請求項8】

前記第1ヘッド基準点データの示す姿勢と前記第2ヘッド基準点データの示す姿勢との差は、前記第1基準経路点データの示す姿勢と前記第2基準経路点データの示す姿勢との差に比べて小さい、

ことを特徴とする請求項7に記載の立体物印刷方法。

【請求項9】

10

20

30

40

50

前記第1基準経路点データの示す姿勢と前記第2基準経路点データの示す姿勢とは、互いに等しい、

ことを特徴とする請求項8に記載の立体物印刷方法。

【請求項10】

前記第1ヘッド基準点データの示す位置と前記第2ヘッド基準点データの示す位置との差は、前記第1基準経路点データの示す位置と前記第2基準経路点データの示す位置との差に比べて小さい、

ことを特徴とする請求項7から9のいずれか1項に記載の立体物印刷方法。

【請求項11】

前記第1基準経路点データの示す位置と前記第2基準経路点データの示す位置とは、互いに等しい、

ことを特徴とする請求項10に記載の立体物印刷方法。

【請求項12】

前記第3データ処理ステップと前記第1印刷ステップとの間には、実際に配置された前記ワークの位置を検出した結果と前記第1印刷経路データとに基づいて、補正第1印刷経路データを生成する第10データ処理ステップを含む、

ことを特徴とする請求項1から11のいずれか1項に記載の立体物印刷方法。

【請求項13】

前記第1データ処理ステップよりも前には、

前記ワークの形状を前記ワーク座標系で示すワーク形状データに基づいて、

前記ヘッドの位置および姿勢を前記ワーク座標系で示す複数の経路点データと、

前記ワークの位置および姿勢を前記ワーク座標系で示すワーク中心点データと、を生成する第11データ処理ステップを含む、

ことを特徴とする請求項1から12のいずれか1項に記載の立体物印刷方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体物印刷方法およびデータ生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

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に記載の方法は、インクジェットヘッドを成形部に対して相対的に移動させながら、インクジェットヘッドから光学材料を吐出することにより成形部に対して光学材料を塗布することにより、コンタクトレンズを形成する。ここで、インクジェットヘッドに対する成形部の相対的な移動は、コンタクトレンズの形状を表すデータに基づいて制御される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2005-001131号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、インクジェットヘッドの移動すべき経路を示すデータの生成について具体的な方法が開示されていない。ここで、様々な形状のワークに対して印刷を行う場合、ワークの形状や大きさなどに応じて、ヘッドの移動すべき経路の生成や、経路の変更などを容易に行うことができる方法の実現が望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するために、本発明に係る立体物印刷方法の一態様は、ワークに対し

10

20

30

40

50

て液体を吐出するヘッドと、前記ワークと前記ヘッドと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、前記ヘッドの移動すべき経路をワーク座標系で示す第1初期経路データを取得する第1データ処理ステップと、前記ヘッドの位置および姿勢をロボット座標系で示す第1ヘッド基準点データを取得する第2データ処理ステップと、前記第1初期経路データおよび前記第1ヘッド基準点データに基づいて、前記ヘッドの移動すべき経路を前記ロボット座標系で示す第1印刷経路データを生成する第3データ処理ステップと、前記第1印刷経路データに基づいて前記ロボットを動作させつつ、前記ワークに対して前記ヘッドから液体を吐出させる第1印刷ステップと、を含む。

【0006】

10

また、本発明に係るデータ生成方法の一態様は、ワーク座標系のデータからロボット座標系のデータを生成するデータ生成方法であって、エンドエフェクターの移動すべき経路を前記ワーク座標系で示す初期経路データを取得する第1ステップと、前記エンドエフェクターの位置および姿勢を前記ロボット座標系で示す基準教示点データを取得する第2ステップと、前記初期経路データおよび前記基準教示点データに基づいて、前記エンドエフェクターの移動すべき経路を前記ロボット座標系で示す教示データを生成する第3ステップと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

20

【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】第1ロボットの斜視図である。

【図4】ヘッドユニットの概略構成を示す斜視図である。

【図5】第1実施形態に係るデータ生成方法に用いるコンピューターを示す図である。

【図6】第1初期経路データおよび第1印刷経路データを説明するための図である。

【図7】第1実施形態に係る立体物印刷方法を示すフローチャートである。

【図8】第1初期経路データの取得を説明するための図である。

【図9】第1ヘッド基準点データの取得を説明するための図である。

30

【図10】第1印刷経路データの生成を説明するための図である。

【図11】第1印刷ステップでの第1ロボットの動作を説明するための図である。

【図12】第2実施形態に係るデータ生成方法に用いるコンピューターを示す図である。

【図13】第2実施形態に係る立体物印刷方法を示すフローチャートである。

【図14】第2初期経路データの取得を説明するための図である。

【図15】第2ヘッド基準点データの取得を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、添付図面を参照しながら本発明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、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明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。

40

【0009】

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、以下では、X軸に沿う一方向が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。

【0010】

ここで、X軸、Y軸およびZ軸は、後述の第1ロボット3および第2ロボット4を含むロボット10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である。典型的には

50

、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。第1ロボット3および第2ロボット4のそれぞれの基部を基準とするベース座標系は、キャリブレーションにより当該ワールド座標系に対応付けられる。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第1ロボット3および第2ロボット4のそれぞれの動作を制御する場合が例示される。

【0011】

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。

【0012】

1. 第1実施形態

1-1. 立体物印刷方法に用いる装置の概略

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、第1ロボット3および第2ロボット4を含むロボット10を用いて立体的なワーク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。

【0013】

図1に示す例では、ワークWは、長球状をなすラグビーボールである。なお、ワークWの形状または大きさ等の様子は、図1に示す例に限定されず、任意である。

【0014】

図1に示すように、立体物印刷装置1は、基台2と、第1ロボット3と、第2ロボット4と、ヘッドユニット5と、撮像ユニット7と、コントローラー11と、制御モジュール12と、コンピューター13と、を有する。以下、まず、図1に示す立体物印刷装置1の各部を順次簡単に説明する。

【0015】

基台2は、第1ロボット3および第2ロボット4を支持する面2aを有する台である。面2aは、Z1方向を向く面である。本実施形態では、面2aは、第1ロボット3および第2ロボット4のほか、撮像ユニット7を支持する。ここで、第1ロボット3、第2ロボット4および撮像ユニット7のそれぞれは、基台2に対して、ネジ止め等により直接的または他の部材を介して間接的に固定される。

【0016】

図1に示す例では、基台2は、箱状をなしており、基台2の内部には、コントローラー11および制御モジュール12が収容される。

【0017】

なお、基台2の構成は、図1に示す例に限定されず、任意である。また、基台2は、必要に応じて設ければよく、省略されてもよい。この場合、立体物印刷装置1の各構成要素は、例えば、建物の床、壁または天井等に設置される。本実施形態では、立体物印刷装置1の基台2を除く各構成要素が同一平面である面2aに支持されるが、当該各構成要素が互いに異なる方向を向く面に支持されてもよい。例えば、床、壁および天井のうち、1つに、第1ロボット3が設置され、他の1つに、第2ロボット4が設置されてもよい。また、互いに異なる方向を向く複数の壁のうち、1つに、第1ロボット3が設置され、他の1つに、第2ロボット4が設置されてもよい。

【0018】

第1ロボット3は、ワールド座標系でのヘッドユニット5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、第1ロボット3は、いわゆる6軸の垂直多関節ロボットであり、第1ロボット3のアームの先端には、エンドエフェクターとしてヘッドユニット5がネジ止め等により固定された状態で装着される。なお、第1ロボット3の構成については、図3に基づいて後述する。

【0019】

ヘッドユニット5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5a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5は、ヘッド5aの

10

20

30

40

50

ほか、圧力調整弁 5 b と硬化用光源 5 c とを有する。なお、ヘッドユニット 5 の構成については、図 4 に基づいて後述する。

【 0 0 2 0 】

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。

10

【 0 0 2 1 】

一方、第 2 口ボット 4 は、ワールド座標系でのワーク W 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、第 2 口ボット 4 は、6 軸の垂直多関節ロボットであり、第 2 口ボット 4 のアームの先端には、エンドエフェクターとしてハンド機構 4 0 がネジ止め等により固定された状態で装着される。

【 0 0 2 2 】

なお、第 2 口ボット 4 は、装着されるエンドエフェクターが異なる以外は、第 1 口ボット 3 と同様に構成される。ただし、第 1 口ボット 3 および第 2 口ボット 4 は、互いに異なる構成であってもよく、本実施形態では、アーム長または可搬重量等の構成が必要に応じて互いに異なる。また、第 1 口ボット 3 および第 2 口ボット 4 の関節数が互いに異なってもよい。

20

【 0 0 2 3 】

ハンド機構 4 0 は、ワーク W を着脱可能に保持するロボットハンドである。ここで、「保持」とは、吸着および把持の双方を含む概念である。図 1 に示す例では、ハンド機構 4 0 は、ワーク W を負圧により吸着する機構である。なお、ハンド機構 4 0 の構成は、ワーク W の形状、大きさまたは材質等に応じて適宜に決められる。ハンド機構 4 0 は、負圧による吸着機構に限定されず、例えば、磁力による吸着機構であってもよいし、複数本の指または爪等を有する把持ハンド機構であってもよい。

30

【 0 0 2 4 】

撮像ユニット 7 は、ワーク W の位置および姿勢を検出するための装置である。撮像ユニット 7 は、撮像装置 7 a と照明部 7 b とを有する。撮像装置 7 a は、一般にビジョンセンサーとも呼ばれ、撮像光学系および撮像素子を含むカメラであり、撮像範囲の内側に位置する物体を撮像する。撮像光学系は、少なくとも 1 つの撮像レンズを含む光学系であり、プリズム等の各種の光学素子を含んでもよいし、ズームレンズまたはフォーカスレンズ等を含んでもよい。撮像素子は、例えば、C C D (Charge Coupled Device) イメージセンサーまたはC M O S (Complementary MOS) イメージセンサー等である。なお、撮像装置 7 a は、被写体と撮像装置 7 a との距離を検出する機能を有した深度カメラであってもよい。

40

【 0 0 2 5 】

撮像装置 7 a には、撮像画像の任意の点を基準とする 2 軸または 3 軸の撮像座標系が設定される。この撮像座標系は、前述のベース座標系またはワールド座標系とキャリブレーションにより対応付けされる。照明部 7 b は、L E D (light emitting diode) 等の発光素子を含む光源であり、撮像装置 7 a の撮像範囲に向けて光を出射する。このような照明部 7 b の照明により、当該物体としてワーク W を撮像した場合、撮像装置 7 a の撮像画像のコントラストを高めることができる。この結果、撮像装置 7 a の撮像結果に基づくワーク W の位置および姿勢の検出精度を向上させることができる。なお、照明部 7 b には、光の出射方向または出射範囲等を調整するためのレンズまたは反射板等の光学部品が適宜に設けられる。

50

【 0 0 2 6 】

コントローラー 1 1 は、第 1 ポット 3 および第 2 ポット 4 の駆動を制御するポットコントローラーである。制御モジュール 1 2 は、コントローラー 1 1 に通信可能に接続され、ヘッドユニット 5 を制御する回路モジュールである。コントローラー 1 1 および制御モジュール 1 2 には、コンピューター 1 3 が通信可能に接続される。図 1 に示す例では、コンピューター 1 3 がノート型であるが、これに限定されず、例えば、コンピューター 1 3 がデスクトップ型等であってもよい。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説明する。

【 0 0 2 7 】**1 - 2 . 立体物印刷装置の電気的な構成**

10

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、電気的な構成要素が示される。なお、図 1 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 1 1 または制御モジュール 1 2 の機能の一部または全部は、コンピューター 1 3 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 1 1 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。

【 0 0 2 8 】

コントローラー 1 1 は、第 1 ポット 3 および第 2 ポット 4 の駆動を制御する機能と、ヘッドユニット 5 でのインクの吐出動作を第 1 ポット 3 の動作に同期させるための信号 D 3 を生成する機能と、を有する。コントローラー 1 1 は、記憶回路 1 1 a と処理回路 1 1 b とを有する。

20

【 0 0 2 9 】

記憶回路 1 1 a は、処理回路 1 1 b が実行する各種プログラムと、処理回路 1 1 b が処理する各種データと、を記憶する。記憶回路 1 1 a は、例えば、RAM (Random Access Memory) 等の揮発性メモリーと 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 1 1 a の一部または全部は、処理回路 1 1 b に含まれてもよい。

30

【 0 0 3 0 】

記憶回路 1 1 a には、第 1 印刷経路データ D b 1 が記憶される。第 1 印刷経路データ D b 1 は、ヘッドユニット 5 の移動すべき経路に関する経路情報と、ワーク W の配置すべき位置および姿勢に関する配置情報と、を含む。第 1 印刷経路データ D b 1 は、コンピューター 1 3 で生成される。当該経路情報は、後述の図 5 に示す複数の教示点データ P b _ 1 ~ P b _ N に相当する。当該配置情報は、後述の図 5 に示すワーク配置点データ D b C に相当する。これらの情報およびその生成の詳細については、後述する。

【 0 0 3 1 】

処理回路 1 1 b は、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれる経路情報に基づいて第 1 ポット 3 のアーム駆動機構 3 a の動作を制御するとともに、信号 D 3 を生成する。また、処理回路 1 1 b は、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれる配置情報に基づいて第 2 ポット 4 のアーム駆動機構 4 a の動作を制御する。ここで、処理回路 1 1 b は、必要に応じて、撮像ユニット 7 の撮像結果に基づいて、印刷時におけるアーム駆動機構 3 a およびアーム駆動機構 4 a のうちの少なくとも一方の動作を補正する。処理回路 1 1 b 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 1 1 b 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

【 0 0 3 2 】

アーム駆動機構 3 a は、第 1 ポット 3 の各関節を駆動するためのモーターと、第 1 ポット 3 の各関節の回転角度を検出するエンコーダーと、を有する。同様に、アーム駆動

50

機構 4 a は、第 2 ポット 4 の各関節を駆動するためのモーターと、第 2 ポット 4 の各関節の回転角度を検出するエンコーダーと、を有する。

【 0 0 3 3 】

処理回路 1 1 b は、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれる経路情報を第 1 ポット 3 の各関節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 1 1 b は、当該各関節の実際の回転角度および回転速度等の動作量が前述の演算結果となるように、アーム駆動機構 3 a の各エンコーダーからの出力 D 1 に基づいて、制御信号 S k 1 を出力する。制御信号 S k 1 は、アーム駆動機構 3 a のモーターの駆動を制御する。

【 0 0 3 4 】

同様に、処理回路 1 1 b は、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれる配置情報を第 2 ポット 4 の各関節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 1 1 b は、当該各関節の実際の回転角度および回転速度等の動作量が前述の演算結果となるように、アーム駆動機構 4 a の各エンコーダーからの出力 D 2 に基づいて、制御信号 S k 2 を出力する。制御信号 S k 2 は、アーム駆動機構 4 a のモーターの駆動を制御する。

【 0 0 3 5 】

ここで、処理回路 1 1 b は、撮像ユニット 7 の撮像装置 7 a の撮像結果に基づいて、印刷時におけるワーク W の位置および姿勢を検出する。そして、処理回路 1 1 b は、その検出結果および配置情報に基づいて、その検出結果と配置情報の示す位置および姿勢との差が低減されるよう、印刷時の制御信号 S k 2 を補正する。ワーク W の位置および姿勢は、例えば、撮像装置 7 a の撮像画像内のワーク W の位置および姿勢を撮像座標系からワールド座標系に変換することにより得られる。また、撮像座標系でのワーク W の位置および姿勢は、例えば、当該撮像画像内のワーク W の特徴点の位置とワーク W の形状情報に基づいて算出される。なお、撮像装置 7 a の撮像結果に基づくワーク W の位置および姿勢の検出は、撮像装置 7 a に含まれる画像処理回路で行ってもよいし、コンピューター 1 3 で行ってもよい。

【 0 0 3 6 】

また、処理回路 1 1 b は、アーム駆動機構 3 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 1 1 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 3 7 】

制御モジュール 1 2 は、コントローラー 1 1 から出力される信号 D 3 とコンピューター 1 3 からの印刷データとに基づいて、ヘッドユニット 5 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 1 2 は、タイミング信号生成回路 1 2 a と電源回路 1 2 b と制御回路 1 2 c と駆動信号生成回路 1 2 d とを有する。

【 0 0 3 8 】

タイミング信号生成回路 1 2 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 1 2 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 3 9 】

電源回路 1 2 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 1 2 およびヘッドユニット 5 の各部に適宜に供給される。例えば、電源回路 1 2 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 5 に供給される。また、電源電位 V H V は、駆動信号生成回路 1 2 d に供給される。

【 0 0 4 0 】

制御回路 1 2 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

10

20

30

40

50

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 1 2 d に入力され、それ以外の信号は、ヘッドユニット 5 のスイッチ回路 5 d に入力される。

【 0 0 4 1 】

制御信号 S I は、ヘッドユニット 5 のヘッド 5 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、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。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。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。

【 0 0 4 2 】

以上の制御回路 1 2 c は、例えば、1 個以上の C P U (Central Processing Unit) 等のプロセッサーを含む。なお、制御回路 1 2 c は、C P U に代えて、または、C P U に加えて、F P G A (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。

【 0 0 4 3 】

駆動信号生成回路 1 2 d は、ヘッドユニット 5 のヘッド 5 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 1 2 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 1 2 d では、当該 D A 変換回路が制御回路 1 2 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 1 2 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、ヘッドユニット 5 のスイッチ回路 5 d を介して、駆動信号生成回路 1 2 d から当該駆動素子に供給される。スイッチ回路 5 d は、制御信号 S I に基づいて、駆動信号 C o m に含まれる波形のうちの少なくとも一部を駆動パルス P D として供給するか否かを切り替える。

【 0 0 4 4 】

コンピューター 1 3 は、コントローラー 1 1 に第 1 印刷経路データ D b 1 等の情報を供給する機能と、制御モジュール 1 2 に印刷データ等の情報を供給する機能と、を有する。コンピューター 1 3 の詳細については、後述の図 5 に基づいて後述する。なお、前述の撮像装置 7 a は、コンピューター 1 3 を介してコントローラー 1 1 に接続されてもよい。この場合、コンピューター 1 3 は、撮像装置 7 a の撮像結果をそのままコントローラー 1 1 に入力してもよいし、撮像装置 7 a の撮像結果に基づいてワーク W の位置および姿勢を算出し、その算出結果を示す情報をコントローラー 1 1 に入力してもよい。また、この算出結果は、後述の図 5 に示す補正用データ D C として用いてもよい。

【 0 0 4 5 】

1 - 3 . 第 1 口ボットの構成

図 3 は、第 1 口ボット 3 の斜視図である。以下、第 1 口ボット 3 の構成を説明する。なお、第 2 口ボット 4 の構成については、装着されるエンドエフェクターが異なる以外は、第 1 口ボット 3 と同様であるため、その説明を省略する。ただし、既述のように、第 1 口ボット 3 および第 2 口ボット 4 の構成が互いに異なってもよい。

【 0 0 4 6 】

図 3 に示すように、第 1 口ボット 3 は、基部 3 1 0 と、アーム 3 2 0 と、を有する。

【 0 0 4 7 】

基部 3 1 0 は、アーム 3 2 0 を支持する台である。図 3 に示す例では、基部 3 1 0 は、前述の基台 2 の面 2 a に対しては Z 方向に取り付けられ、ネジ止め等により固定される。

10

20

30

40

50

【0048】

アーム320は、基部310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、アーム320は、アーム321、322、323、324、325および326を有し、これらがこの順に連結される。

【0049】

アーム321は、基部310に対して回動軸O1まわりに回動可能に關節部330_1を介して連結される。アーム322は、アーム321に対して回動軸O2まわりに回動可能に關節部330_2を介して連結される。アーム323は、アーム322に対して回動軸O3まわりに回動可能に關節部330_3を介して連結される。アーム324は、アーム323に対して回動軸O4まわりに回動可能に關節部330_4を介して連結される。アーム325は、アーム324に対して回動軸O5まわりに回動可能に關節部330_5を介して連結される。アーム326は、アーム325に対して回動軸O6まわりに回動可能に關節部330_6を介して連結される。

10

【0050】

關節部330_1～330_6のそれぞれは、基部310およびアーム321～326のうち隣り合う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。図3では図示しないが、關節部330_1～330_6のそれぞれには、当該隣り合う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、關節部330_1～330_6の当該駆動機構の集合体は、前述の図2に示すアーム駆動機構3aに相当する。

20

【0051】

回動軸O1は、基部310が固定される面2a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。

【0052】

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。

30

【0053】

以上のアーム320の最も先端に位置するアーム、すなわち、アーム326には、エンドエフェクターとして、ヘッドユニット5が装着される。

【0054】**1 - 4 . ヘッドユニットの構成**

図4は、ヘッドユニット5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軸を適宜用いて行う。また、以下では、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。

40

【0055】

ここで、a軸、b軸およびc軸は、ヘッドユニット5に設定されるツール座標系の座標軸であり、前述の第1ロボット3の動作により前述のX軸、Y軸およびZ軸との相対的な位置および姿勢の関係が変化する。図4に示す例では、c軸が前述の回動軸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、ツール座標系と前述のベース座標系とは、キャリブレーションにより対応付けられる。また、ツ

50

ール座標系は、例えば、後述のノズル面Fの中心が基準（ツールセンターポイント）となるように設定される。

【0056】

ヘッドユニット5は、前述のように、ヘッド5aと圧力調整弁5bと硬化用光源5cとを有する。これらは、図4中の二点鎖線で示される支持体5eに支持される。なお、図4に示す例では、ヘッドユニット5が有するヘッド5aおよび圧力調整弁5bのそれぞれの数が1個であるが、当該数は、図4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5bの設置位置は、アーム326に限定されず、例えば、他のアーム等でもよいし、基部310に対して固定の位置でもよい。

【0057】

支持体5e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4では、支持体5eが扁平な箱状をなすが、支持体5eの形状は、特に限定されず、任意である。

【0058】

以上の支持体5eは、前述のアーム326に装着される。このように、ヘッド5a、圧力調整弁5bおよび硬化用光源5cが支持体5eにより一括してアーム326に支持される。このため、アーム326に対するヘッド5a、圧力調整弁5bおよび硬化用光源5cのそれぞれの相対的な位置が固定される。

【0059】

ヘッド5aは、ノズル面Fと、ノズル面Fに開口する複数のノズルNと、を有する。図4に示す例では、ノズル面Fの法線方向が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第1ノズル列L_aと第2ノズル列L_bとに区分される。第1ノズル列L_aおよび第2ノズル列L_b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5aにおける第1ノズル列L_aの各ノズルNに関連する要素と第2ノズル列L_b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。なお、理想的な条件において、各ノズルNから吐出されるインク滴はc2方向に飛翔する。つまり、c2方向はインクの吐出方向である。

【0060】

ただし、第1ノズル列L_aにおける複数のノズルNと第2ノズル列L_b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、第1ノズル列L_aおよび第2ノズル列L_b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、第1ノズル列L_aにおける複数のノズルNと第2ノズル列L_b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。

【0061】

図示しないが、ヘッド5aは、ノズルNごとに、駆動素子である圧電素子と、インクを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させる。このようなヘッド5aは、例えば、エッティ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。

【0062】

図4に示す例では、圧力調整弁5bは、ヘッド5aに対してc1方向に位置する。硬化用光源5cは、ヘッド5aに対してa2方向に位置する。

【0063】

圧力調整弁5bは、供給管6dを介して、図示しないインクタンクに接続される。圧力調整弁5bは、ヘッド5a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5aと当該インクタンクとの位置関係が変化しても、ヘッド5a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5aのノズルNに形成される

10

20

30

40

50

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。なお、圧力調整弁5 bからのインクは、図示しない分岐流路を介してヘッド5 aの複数箇所に適宜に分配される。

【0064】

硬化用光源5 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。硬化用光源5 cは、例えば、紫外線を出射するLED (light emitting diode) 等の発光素子等で構成される。なお、硬化用光源5 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有してもよい。また、硬化用光源5 cは、必要に応じて設ければよく、省略されてもよい。また、硬化用光源5 cは、ワークW上のインクを完全硬化させずに半固化または半硬化させてもよい。この場合、例えば、別途に設置される硬化用光源等により、ワークW上のインクが完全硬化される。

10

【0065】

1 - 5 . 印刷経路データ

図5は、第1実施形態に係るデータ生成方法に用いるコンピューター13を示す図である。本実施形態では、前述の第1印刷経路データD b 1がコンピューター13により生成される。図5に示すように、コンピューター13は、表示装置13 dと、入力装置13 cと、記憶回路13 aと、処理回路13 bと、を有する。これらは、互いに通信可能に接続される。

20

【0066】

表示装置13 dは、処理回路13 bによる制御のもとで各種の画像を表示する。ここで、表示装置13 dは、例えば、液晶表示パネルまたは有機EL (electro-luminescence) 表示パネル等の各種の表示パネルを有する。なお、表示装置13 dは、コンピューター13の外部に設けられてもよい。また、表示装置13 dは、必要に応じて設ければよく、省略されてもよい。

30

【0067】

入力装置13 cは、ユーザーからの操作を受け付ける機器である。例えば、入力装置13 cは、タッチパッド、タッチパネルまたはマウス等のポインティングデバイスを有する。ここで、入力装置13 cは、タッチパネルを有する場合、表示装置13 dを兼ねてもよい。なお、入力装置13 cは、コンピューター13の外部に設けられてもよい。また、入力装置13 cは、必要に応じて設ければよく、省略されてもよい。

30

【0068】

記憶回路13 aは、処理回路13 bが実行する各種プログラム、および処理回路13 bが処理する各種データを記憶する装置である。記憶回路13 aは、例えば、ハードディスクドライブまたは半導体メモリーを有する。なお、記憶回路13 aの一部または全部は、コンピューター13の外部の記憶装置またはサーバー等に設けてもよい。

【0069】

記憶回路13 aには、ワーク座標系データD aとロボット座標系データD bと変換パラメーターCPと補正用データDCとが記憶される。

40

【0070】

ワーク座標系データD aは、ワークWを基準に設定される座標系であるワーク座標系で示されるデータ群である。ワーク座標系データD aは、ワーク形状データDWと第1初期経路データDa 1と第1基準経路点データRa 1とを含む。

【0071】

ワーク形状データDWは、ワークWの形状をワーク座標系で示すデータである。ワーク形状データDWは、例えば、ワークWの3次元形状を示すCAD (computer-aided design) データである。第1初期経路データDa 1は、ヘッド5 aの移動すべき経路をワーク座標系で示すデータである。第1初期経路データDa 1は、後述するように、ワーク形状データDWに基づいて生成される。第1基準経路点データRa 1は、ヘッド5 aの移動すべき経路上の特定点でのヘッド5 aの位置および姿勢をワーク座標系で示すデータである

50

。第1基準経路点データR a 1は、後述するように、第1初期経路データD a 1に含まれるデータのうちから選択される。なお、第1初期経路データD a 1の詳細については、後述の図6に基づいて説明する。

【0072】

ロボット座標系データD bは、ロボット10を基準に設定される座標系であるロボット座標系で示されるデータ群である。ロボット座標系データD bは、第1印刷経路データD b 1と第1ヘッド基準点データR b 1とロボット空間データD Rとを含む。

【0073】

第1印刷経路データD b 1は、ヘッド5aの移動すべき経路をロボット座標系で示すデータである。第1印刷経路データD b 1は、後述するように、変換パラメーターC Pを用いて第1初期経路データD a 1を変換することにより生成される。第1ヘッド基準点データR b 1は、ヘッド5aの位置および姿勢をロボット座標系で示すデータである。第1ヘッド基準点データR b 1は、例えば、ロボット空間データD Rに基づいて生成される。ロボット空間データD Rは、ヘッド5aのとり得る位置および姿勢をロボット座標系で示すデータである。ロボット空間データD Rは、例えば、ヘッドユニット5の大きさおよび形状、第1ロボット3の動作可能範囲、および、当該動作可能範囲内に存在する障害物の位置および大きさ等に基づいて生成される。なお、第1印刷経路データD b 1の詳細については、後述の図6に基づいて説明する。

10

【0074】

変換パラメーターC Pは、ワーク座標系の座標値をロボット座標系の座標値に変換するためのパラメーターであり、第1基準経路点データR a 1と第1ヘッド基準点データR b 1との対応関係を示す。変換パラメーターC Pは、後述するように、第1基準経路点データR a 1の示す座標値と第1ヘッド基準点データR b 1の示す座標値とを比較した結果を用いて算出される。

20

【0075】

補正用データD Cは、第1印刷経路データD b 1を補正するためのキャリブレーション用データであり、ワークWまたはヘッド5aの位置および姿勢をロボット座標系で示す。補正用データD Cは、例えば、撮像ユニット7の撮像結果に基づいて生成される。

【0076】

処理回路13bは、コンピューター13の各部等を制御する機能、および各種データを処理する機能を有する装置である。処理回路13bは、例えば、C P U等のプロセッサーを有する。なお、処理回路13bは、単一のプロセッサーで構成されてもよいし、複数のプロセッサーで構成されてもよい。また、処理回路13bの機能の一部または全部を、D S P、A S I C、P L D、F P G A等のハードウェアで実現してもよい。

30

【0077】

処理回路13bは、記憶回路13aからプログラムを読み込んで実行することにより、各種機能を実現する。具体的には、処理回路13bは、ワーク形状データD Wに基づいて、前述の各データ等を取得または生成する。

【0078】

図6は、第1初期経路データD a 1および第1印刷経路データD b 1を説明するための図である。本実施形態において、第1初期経路データD a 1は、N個の経路点データP a _ 1 ~ P a _ Nとワーク中心点データD a Cとを含む。以下では、N個の経路点データP a _ 1 ~ P a _ Nを区別しない場合、これらのそれぞれを経路点データP aという場合がある。なお、第1初期経路データD a 1がワーク中心点データD a Cを含むことは必須でなく、ワーク中心点データD a Cは第1初期経路データD a 1とは別のデータとして扱うこともできる。

40

【0079】

N個の経路点データP a _ 1 ~ P a _ Nは、ヘッド5aの移動すべき経路上の互いに異なる位置でのヘッド5aの位置および姿勢をワーク座標系で示すデータである。ただし、Nは、2以上の自然数である。ここで、前述の第1基準経路点データR a 1は、N個の経

50

路点データ $P_a_1 \sim P_a_N$ のうちの 1 つの経路点データ P_a である。当該 1 つの経路点データ P_a は、例えば、 N 個の経路点データ $P_a_1 \sim P_a_N$ からユーザーにより任意に選択される。

【 0 0 8 0 】

ワーク中心点データ D_{aC} は、ワーク W の位置および姿勢をワーク座標系で示すデータである。ワーク中心点データ D_{aC} は、例えば、ワーク形状データ D_W に含まれる中心点データである。

【 0 0 8 1 】

一方、本実施形態において、第 1 印刷経路データ D_{b1} は、 N 個の教示点データ $P_{b1} \sim P_{bN}$ とワーク配置点データ D_{bC} とを含む。以下では、 N 個の教示点データ $P_{b1} \sim P_{bN}$ を区別しない場合、これらのそれぞれを教示点データ P_b という場合がある。なお、第 1 印刷経路データ D_{b1} がワーク配置点データ D_{bC} を含むことは必須でなく、ワーク配置点データ D_{bC} は第 1 印刷経路データ D_{b1} とは別のデータとして扱うこともできる。10

【 0 0 8 2 】

N 個の教示点データ $P_{b1} \sim P_{bN}$ は、ヘッド $5a$ の移動すべき絶路上の互いに異なる位置でのヘッド $5a$ の位置および姿勢をロボット座標系で示すデータである。ただし、 N は、2 以上の自然数である。 N 個の教示点データ $P_{b1} \sim P_{bN}$ は、変換パラメータ C_P を用いて前述の N 個の経路点データ $P_a_1 \sim P_a_N$ をワーク座標系の座標値からロボット座標系の座標値に変換することにより得られるデータであり、 N 個の経路点データ $P_a_1 \sim P_a_N$ に一対一で対応する。20

【 0 0 8 3 】

ワーク配置点データ D_{bC} は、変換パラメータ C_P を用いて前述のワーク中心点データ D_{aC} をワーク座標系の座標値からロボット座標系の座標値に変換することにより得られるデータである。ここで、第 1 印刷経路データ D_{b1} に含まれるワーク配置点データ D_{bC} は、「第 1 ワーク配置点データ」の一例である。

【 0 0 8 4 】

1 - 6 . 立体物印刷装置の動作

図 7 は、第 1 実施形態に係る立体物印刷方法を示すフローチャートである。前述の立体物印刷装置 1 は、前述のヘッド $5a$ およびロボット 10 を用いてワーク W に対して印刷を行う立体物印刷方法を実行する。当該立体物印刷方法は、図 7 に示すように、第 1 1 データ処理ステップ S_1 と第 1 データ処理ステップ S_2 と第 4 データ処理ステップ S_3 と第 2 データ処理ステップ S_4 と第 3 データ処理ステップ S_5 と第 1 印刷ステップ S_7 とを含む。本実施形態では、第 3 データ処理ステップ S_5 は、第 5 データ処理ステップ S_{5a} を含む。30

【 0 0 8 5 】

第 1 1 データ処理ステップ S_1 は、前述の複数の経路点データ P_a およびワーク中心点データ D_{aC} を生成する。つまり、第 1 1 データ処理ステップ S_1 は、第 1 初期経路データ D_{a1} を生成する。第 1 データ処理ステップ S_2 は、第 1 初期経路データ D_{a1} を取得する。第 2 データ処理ステップ S_4 は、第 1 ヘッド基準点データ R_{b1} を取得する。第 4 データ処理ステップ S_3 は、第 1 基準経路点データ R_{a1} を取得する。第 3 データ処理ステップ S_5 は、第 1 印刷経路データ D_{b1} を生成する。第 5 データ処理ステップ S_{5a} は、ワーク配置点データ D_{bC} を生成する。第 1 印刷ステップ S_7 は、第 1 印刷経路データ D_{b1} に基づいて印刷を行う。40

【 0 0 8 6 】

図 7 に示す例では、第 1 1 データ処理ステップ S_1 、第 1 データ処理ステップ S_2 、第 2 データ処理ステップ S_4 、第 4 データ処理ステップ S_3 、第 3 データ処理ステップ S_5 、第 5 データ処理ステップ S_{5a} 、第 1 印刷ステップ S_7 がこの順で行われる。以下、これらのステップを順に詳細に説明する。

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

50

図 8 は、第 1 1 データ処理ステップ S 1 における第 1 初期経路データ D a 1 の生成と、第 1 データ処理ステップ S 2 における第 1 初期経路データ D a 1 の取得と、第 4 データ処理ステップ S 3 における第 1 基準経路点データ R a 1 の取得と、を説明するための図である。図 8 では、互いに直交する x 軸、y 軸および z 軸を座標軸とするワーク座標系の空間でのワーク W の第 1 領域 R P 1 に対して印刷する場合のヘッド 5 a の移動すべき経路 R U 1 a が示される。

【 0 0 8 8 】

前述のワーク形状データ D W には、図 8 に示すように、ワーク W の形状および中心点 C 0 a がワーク座標系の座標値として含まれる。前述の第 1 1 データ処理ステップ S 1 では、ワーク形状データ D W の形状を示す座標値に基づいて前述の複数の経路点データ P a を生成するとともに、ワーク形状データ D W の中心点 C 0 a を示す座標値に基づいてワーク中心点データ D a C を生成する。

10

【 0 0 8 9 】

ここで、複数の経路点データ P a の生成は、例えば、自動経路生成アルゴリズムを用いて行われる。例えば、ヘッド 5 a と第 1 領域 R P 1 との距離が一定となるように、Z 軸または X 軸に沿う方向にみて直線状に延びる経路 R U 1 a が設定される。

【 0 0 9 0 】

図 8 に示す例では、経路 R U 1 a が 5 個の経路点 A a 1_1 ~ A a 1_5 をこの順に通過する経路である。以下では、経路点 A a 1_1 ~ A a 1_5 を区別しない場合、これらのそれぞれを経路点 A a 1 という場合がある。

20

【 0 0 9 1 】

経路点 A a 1 は、前述の第 1 初期経路データ D a 1 に含まれる経路点データ P a の示す点である。ヘッド 5 a の位置は、ワーク座標系での経路点 A a 1 の座標値で表される。ヘッド 5 a の姿勢は、ワーク座標系での各座標軸まわりの回転角度で表される。

【 0 0 9 2 】

このような経路点 A a 1_1 ~ A a 1_5 から選択される 1 つの経路点 A a 1 は、前述の第 1 基準経路点データ R a 1 の示す点である。図 5 に示す例では、経路点 A a 1_2 が第 1 基準経路点データ R a 1 の示す点である。なお、図 5 では、経路点 A a 1_2 に対応するヘッド 5 a およびヘッドユニット 5 が実線で示され、他の経路点 A a 1_1 および経路点 A a 1_3 ~ A a 1_5 に対応するヘッド 5 a およびヘッドユニット 5 が二点鎖線で示される。

30

【 0 0 9 3 】

以上から理解されるように、前述の第 1 データ処理ステップ S 2 では、第 1 1 データ処理ステップ S 1 で生成した複数の経路点データ P a およびワーク中心点データ D a C を第 1 初期経路データ D a 1 として取得する。

【 0 0 9 4 】

そして、第 4 データ処理ステップ S 3 では、複数の経路点データ P a から任意の 1 個の経路点データ P a を選択することにより、当該 1 個の経路点データ P a を第 1 基準経路点データ R a 1 として取得する。

【 0 0 9 5 】

図 9 は、第 2 データ処理ステップ S 4 における第 1 ヘッド基準点データ R b 1 の取得を説明するための図である。図 9 では、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 に基づいたロボット座標系の空間でのヘッド 5 a の位置および姿勢が示される。当該位置および当該姿勢は、ロボット空間データ D R 等を用いてヘッド 5 a が取り得る位置および姿勢のうちから適宜に決められる。例えば、ユーザーがロボット空間データ D R のうちから、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 を適宜に選択したり調整したりすることもできる。これにより、第 2 データ処理ステップ S 4 は、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 を取得する。

40

【 0 0 9 6 】

ここで、図 8 から図 10 を用いて、変換パラメーター C P の取得方法の例と、第 3 データ処理ステップ S 5 における第 1 印刷経路データ D b 1 の生成と、を説明する。

50

【 0 0 9 7 】

本実施形態においては、第1基準経路点データR a 1として選択された経路点A a 1のワーク座標系の座標値を(x_a, y_a, z_a)とすると、これに付随して、点B a 1と点C a 1とのさらに2個の経路点A a 1のワーク座標系の点の座標値が取得される。経路点A a 1と、点B a 1と、点C a 1と、の当該3個の点は、同一直線上にない互いに位置の異なる点である。

【 0 0 9 8 】

例えば、図8中の破線で囲まれる部分に示すように、点B a 1は、第1基準経路点データR a 1として選択された経路点A a 1からヘッド5 aの進行方向に位置する点であり、点B a 1の座標値(x_b, y_b, z_b)は、第1基準経路点データR a 1として選択された経路点A a 1の座標値(x_a, y_a, z_a)に当該進行方向のベクトルV 1 aを足すことにより得られる座標値である。また、点C a 1は、経路点A a 1からヘッド5 aのインクの吐出方向に位置する点であり、点B a 1の座標値(x_c, y_c, z_c)は、経路点A a 1の座標値に当該吐出方向のベクトルV 1 aを足すことにより得られる座標値である。

10

【 0 0 9 9 】

本実施形態においては、第1ヘッド基準点データR b 1として選択された点A b 1のロボット座標系の座標値(X_a, Y_a, Z_a)とすると、これに付随して、点B b 1と点C b 1とのさらに2個のロボット座標系の点の座標値が取得される。経路点A b 1と、点B b 1と、点C b 1と、の当該3個の点は、同一直線上にない互いに位置の異なる点であり、前述のワーク座標系のA a 1と点B a 1と点C a 1と当該3個の点に対応する。

20

【 0 1 0 0 】

例えば、図9に示すように、点B b 1は、点A b 1からヘッド5 aの進行方向に位置する点であり、点B b 1の座標値(X_b, Y_b, Z_b)は、点A b 1の座標値(X_a, Y_a, Z_a)に当該進行方向のベクトルV 1 bを足すことにより得られる座標値である。点C b 1は、点A b 1からヘッド5 aのインクの吐出方向に位置する点であり、点B b 1の座標値(X_c, Y_c, Z_c)は、点A b 1の座標値に当該進行方向のベクトルV 1 bを足すことにより得られる座標値である。なお、ベクトルV 1 aとV 1 bとは、ヘッド5 aに対しての方向や大きさがそれぞれ等しく、ベクトルV 1 aとV 1 bとは、ヘッド5 aに対しての方向や大きさがそれぞれ等しい。また、ベクトルV 1 aとベクトルV 1 aとベクトルV 1 bとベクトルV 1 bとは、こうした条件を満たすようにあらかじめ任意に設定されていることが好ましい。

30

【 0 1 0 1 】

図10は、第1印刷経路データD b 1の生成を説明するための図である。図10では、ロボット座標系の空間でのワークWの第1領域R P 1に対して印刷する場合のヘッド5 aの移動すべき経路R U 1 bが示される。

【 0 1 0 2 】

第3データ処理ステップS 5では、まず、第1基準経路点データR a 1に基づく3個の座標値である経路点A a 1と点B a 1と点C a 1と、に対して、と第1ヘッド基準点データR b 1に基づく座標値である点A b 1と点B b 1と点C b 1と、がそれぞれ比較される。そして、これらが一致するか誤差が最小となるように変換パラメーターC Pを推定する演算が行われる。この演算により、変換パラメーターC Pが得られる。この推定演算には、最小二乗法等の既知の手法を適宜用いることができる。

40

【 0 1 0 3 】

変換パラメーターC Pを得た後、第1初期経路データD a 1に含まれる複数の経路点データP aに対して変換パラメーターC Pを適用することにより、第1印刷経路データD b 1が生成される。

【 0 1 0 4 】

本実施形態では、第3データ処理ステップS 5は、第5データ処理ステップS 5 aを含んでおり、第5データ処理ステップS 5 aは、ワーク中心点データD a Cに変換パラメー

50

ター C P を適用することにより、ワーク配置点データ D b C を生成する。

【 0 1 0 5 】

以上の第 3 データ処理ステップ S 5 の後、第 10 データ処理ステップ S 6 では、撮像ユニット 7 の撮像結果等に基づいて実際に配置されたワーク W の位置を検出した結果に基づいて、第 1 印刷経路データ D b 1 を補正する。これにより、補正された第 1 印刷経路データ D b 1 が補正第 1 印刷経路データとして得られる。

【 0 1 0 6 】

図 1 1 は、第 1 印刷ステップ S 7 での第 1 ポット 3 の動作を説明するための図である。第 1 印刷ステップ S 7 では、図 1 1 に示すように、第 2 ポット 4 がワーク W の位置および姿勢を支持した状態で、第 1 ポット 3 がヘッド 5 a を移動させつつ、ヘッド 5 a がワーク W に対してインクを吐出する。10

【 0 1 0 7 】

ここで、第 1 ポット 3 は、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれる複数の教示点データ P b に基づいてヘッド 5 a を移動させる。また、第 2 ポット 4 は、第 1 印刷ステップ S 7 よりも前に、第 1 印刷経路データ D b 1 に含まれるワーク配置点データ D b C に基づいてワーク W を配置する。

【 0 1 0 8 】

このように、本ステップでは、第 2 ポット 4 が動作せずに、第 1 ポット 3 が動作する。このため、ワーク W の振動を防止することができる。ここで、ヘッド 5 a の移動経路の蛇行を低減する観点から、本ステップでの第 1 ポット 3 の動作させる関節の数ができる限り少ないほうがよく、また、互いに平行な 3 つの回転軸の関節の動作により第 1 ポット 3 を動作させることが好ましい。図 1 1 に示す例では、当該 3 つの回転軸は、回転軸 O 2 、回転軸 O 3 および回転軸 O 5 である。20

【 0 1 0 9 】

以上の立体物印刷方法は、「液体」の一例であるインクをワーク W に対して吐出するヘッド 5 a と、ワーク W とヘッド 5 a との相対的な位置および姿勢を変化させるロボット 1 0 と、を用いる。当該立体物印刷方法は、前述のように、第 1 データ処理ステップ S 2 と第 2 データ処理ステップ S 4 と第 3 データ処理ステップ S 5 と第 1 印刷ステップ S 7 とを含む。

【 0 1 1 0 】

第 1 データ処理ステップ S 2 は、ヘッド 5 a の移動すべき経路をワーク座標系で示す第 1 初期経路データ D a 1 を取得する。第 2 データ処理ステップ S 4 は、ヘッド 5 a の位置および姿勢をロボット座標系で示す第 1 ヘッド基準点データ R b 1 を取得する。第 3 データ処理ステップ S 5 は、第 1 初期経路データ D a 1 および第 1 ヘッド基準点データ R b 1 に基づいて、ヘッド 5 a の移動すべき経路をロボット座標系で示す第 1 印刷経路データ D b 1 を生成する。第 1 印刷ステップ S 7 は、第 1 印刷経路データ D b 1 に基づいてロボット 1 0 を動作させつつ、ワーク W に対してヘッド 5 a からインクを吐出させる。30

【 0 1 1 1 】

なお、このようなワーク座標系のデータからロボット座標系のデータを生成するデータ生成方法は、「第 1 ステップ」の一例である第 1 データ処理ステップ S 2 と、「第 2 ステップ」の一例である第 2 データ処理ステップ S 4 と、「第 3 ステップ」の一例である第 3 データ処理ステップ S 5 と、を含む。第 1 データ処理ステップ S 2 は、ヘッド 5 a を含むエンドエフェクターの移動すべき経路をワーク座標系で示す「初期経路データ」の一例として第 1 初期経路データ D a 1 を取得する。第 2 データ処理ステップ S 4 は、当該エンドエフェクターの位置および姿勢をロボット座標系で示す「基準教示点データ」の一例として第 1 ヘッド基準点データ R b 1 を取得する。第 3 データ処理ステップ S 5 は、当該初期経路データおよび当該基準教示点データに基づいて、当該エンドエフェクターの移動すべき経路をロボット座標系で示す「教示データ」の一例として第 1 印刷経路データ D b 1 を生成する。40

【 0 1 1 2 】

10

20

30

40

50

以上の立体物印刷方法では、第1初期経路データD a 1および第1ヘッド基準点データR b 1に基づいて第1印刷経路データD b 1を生成するので、ワークWの配置等の変更に伴って実空間でのヘッド5 aの移動すべき経路を変更する場合、第1ヘッド基準点データR b 1を変更するだけで済むので、第1印刷経路データD b 1を容易に再生成することができる。例えば、経路R U 1 bの位置を全体としてZ 1方向に移動する調整が必要である場合、第1ヘッド基準点データR b 1の座標をZ 1方向に移動するだけでよい。同様に、経路R U 1 bの姿勢を全体として変更する調整が必要である場合、第1ヘッド基準点データR b 1の姿勢を変更するだけでよい。

【0113】

これに対し、第1初期経路データD a 1を用いずに第1印刷経路データD b 1を生成する従来の方法では、ワークWの配置等の変更に伴ってヘッド5 aの移動すべき経路を変更する場合、その都度、実際にロボット1 0を動かして変更後の経路上の3点以上の目標点をロボット座標系での座標値として指定しなければならない。このため、従来の方法では、第1印刷経路データD b 1の再生成に手間がかかるという課題がある。

10

【0114】

ワークWの形状が立体形状である場合、ワークWの形状が多種多様であるため、ワークWの配置等の変更に伴ってヘッド5 aの移動すべき経路を変更する頻度が高い。したがって、前述のように、第1ヘッド基準点データR b 1を変更するだけでヘッド5 aの移動すべき経路を変更できることは、特に有効である。ここで、ヘッド5 aの移動すべき経路の変更を要する場合としては、例えば、ロボット1 0の動作時に想定される障害物との接触を避ける場合、ロボット1 0の無理な姿勢を避ける場合等が挙げられる。

20

【0115】

前述のように、ロボット1 0は、ヘッド5 aの位置および姿勢を変化させる第1ロボット3と、ワークWの位置および姿勢を変化させる第2ロボット4と、を含む。そして、第1印刷ステップS 7において、第1ロボット3は、第1印刷経路データD b 1に基づいてヘッド5 aを移動させる。このように2台のロボットを用いる構成では、第2ロボット4の動作によりワークWの配置を容易に変更可能である。また、第1ロボット3の動作によりヘッド5 aを第1印刷経路データD b 1に基づく経路に沿って移動させることができる。

【0116】

また、前述のように、第1初期経路データD a 1は、ヘッド5 aの位置および姿勢をワーク座標系で示す複数の経路点データP aを含む。ここで、第1データ処理ステップS 2と第3データ処理ステップS 5との間には、第4データ処理ステップS 3を含む。第4データ処理ステップS 3は、第1初期経路データD a 1に含まれる複数の経路点データP aのうちの特定の経路点データP aを第1基準経路点データR a 1として取得する。そして、第3データ処理ステップS 5は、第1基準経路点データR a 1および第1ヘッド基準点データR b 1に基づいて、第1印刷経路データD b 1を生成する。このように、第1基準経路点データR a 1を用いることにより、ワーク座標系の座標値とロボット座標系の座標値とを対応付けることができる。また、この対応付けを用いることにより、第1初期経路データD a 1に含まれる複数の経路点データP aに基づいて、第1印刷経路データD b 1を生成することができる。

30

【0117】

具体的には、前述のように、第3データ処理ステップS 5は、変換パラメーターC Pを算出したうえで、第1初期経路データD a 1に含まれる複数の経路点データP aに対して変換パラメーターC Pを適用することにより、第1印刷経路データD b 1を生成する。ここで、変換パラメーターC Pは、第1基準経路点データR a 1と第1ヘッド基準点データR b 1との対応関係を示すパラメーターであり、第1基準経路点データR a 1の示す座標値と第1ヘッド基準点データR b 1の示す座標値とを比較することにより算出される。

40

【0118】

また、前述のように、第1初期経路データD a 1は、ワークWの位置および姿勢をワーク座標系で示すワーク中心点データD a Cをさらに含む。ここで、第2データ処理ステッ

50

プ S 4 と第 1 印刷ステップ S 7との間には、第 5 データ処理ステップ S 5 a を含む。第 5 データ処理ステップ S 5 a は、第 1 初期経路データ D a 1 とワーク中心点データ D a C と第 1 ヘッド基準点データ R b 1 とに基づいて、ワーク W の配置されるべき位置および姿勢をロボット座標系で示すワーク配置点データ D b C 第 1 ワーク配置点データとして生成する。このため、前述のように、第 1 印刷ステップ S 7 において、第 2 ロボット 4 は、ワーク配置点データ D b C に基づいてワーク W を配置する。

【 0 1 1 9 】

さらに、前述のように、第 3 データ処理ステップ S 5 と第 1 印刷ステップ S 7 との間には、第 10 データ処理ステップ S 6 を含む。第 10 データ処理ステップ S 6 は、実際に配置されたワーク W の位置を検出した結果と第 1 印刷経路データ D b 1 とに基づいて、補正第 1 印刷経路データとして、補正した第 1 印刷経路データ D b 1 を生成する。このため、第 1 印刷経路データ D b 1 の精度を高めることができる。

10

【 0 1 2 0 】

また、前述のように、第 1 データ処理ステップ S 2 よりも前には、第 11 データ処理ステップ S 1 を含む。第 11 データ処理ステップ S 1 は、ワーク W の形状をワーク座標系で示すワーク形状データ D W に基づいて、複数の経路点データ P a とワーク中心点データ D a C とを生成する。

【 0 1 2 1 】

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。

20

【 0 1 2 2 】

図 1 2 は、第 2 実施形態に係るデータ生成方法に用いるコンピューター 1 3 A を示す図である。コンピューター 1 3 A は、第 1 印刷経路データ D b 1 のほか、第 2 印刷経路データ D b 2 を生成する。コンピューター 1 3 A は、記憶回路 1 3 a に記憶されるデータおよびプログラムが異なる以外は、前述の第 1 実施形態のコンピューター 1 3 と同様である。

【 0 1 2 3 】

本実施形態のワーク座標系データ D a は、第 1 実施形態で述べたデータのほか、第 2 初期経路データ D a 2 と第 2 基準経路点データ R a 2 とを含む。

30

【 0 1 2 4 】

第 2 初期経路データ D a 2 は、ヘッド 5 a の移動すべき経路として第 1 初期経路データ D a 1 とは異なる経路をワーク座標系で示すデータである。第 2 初期経路データ D a 2 は、第 1 初期経路データ D a 1 と同様、ワーク形状データ D W に基づいて生成される。第 2 基準経路点データ R a 2 は、ヘッド 5 a の移動すべき経路上の特定点でのヘッド 5 a の位置および姿勢をワーク座標系で示すデータである。第 2 基準経路点データ R a 2 は、第 2 初期経路データ D a 2 に基づいて生成される。

【 0 1 2 5 】

本実施形態のロボット座標系データ D b は、第 1 実施形態で述べたデータのほか、第 2 印刷経路データ D b 2 と第 2 ヘッド基準点データ R b 2 とを含む。

40

【 0 1 2 6 】

第 2 印刷経路データ D b 2 は、ヘッド 5 a の移動すべき経路として第 1 印刷経路データ D b 1 とは異なる経路をロボット座標系で示すデータである。第 2 印刷経路データ D b 2 は、変換パラメーター C P を用いて第 2 初期経路データ D a 2 を変換することにより生成される。第 2 ヘッド基準点データ R b 2 は、ヘッド 5 a の位置および姿勢をロボット座標系で示すデータである。第 2 ヘッド基準点データ R b 2 は、例えば、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 と同様、ロボット空間データ D R に基づいて生成される。

【 0 1 2 7 】

図 1 3 は、第 2 実施形態に係る立体物印刷方法を示すフローチャートである。当該立体物印刷方法は、図 1 3 に示すように、前述の第 1 実施形態で述べたステップのほか、第 6

50

データ処理ステップ S 8 と第 7 データ処理ステップ S 10 と第 9 データ処理ステップ S 9 と第 8 データ処理ステップ S 11 と第 2 印刷ステップ S 12 とを含む。

【 0 1 2 8 】

第 6 データ処理ステップ S 8 は、第 2 初期経路データ D a 2 を取得する。第 7 データ処理ステップ S 10 は、第 2 ヘッド基準点データ R b 2 を取得する。第 9 データ処理ステップ S 9 は、第 2 基準経路点データ R a 2 を取得する。第 8 データ処理ステップ S 11 は、第 2 印刷経路データ D b 2 を生成する。第 2 印刷ステップ S 12 は、第 2 印刷経路データ D b 2 に基づいて印刷を行う。

【 0 1 2 9 】

図 1 3 に示す例では、第 6 データ処理ステップ S 8 、第 7 データ処理ステップ S 10 、第 9 データ処理ステップ S 9 、第 8 データ処理ステップ S 11 、第 2 印刷ステップ S 12 がこの順で行われる。なお、他の例として、第 10 データ処理ステップ S 6 と、第 8 データ処理ステップ S 11 とを完了してから、第 1 印刷ステップ S 7 と、第 2 印刷ステップ S 12 と、を実行することもできる。

10

【 0 1 3 0 】

図 1 4 は、第 2 初期経路データ D a 2 の取得を説明するための図である。図 1 4 では、第 1 領域 R P 1 に加えて、ワーク座標系の空間でのワーク W の第 1 領域 R P 1 とは異なる第 2 領域 R P 2 に対して印刷する場合のヘッド 5 a の移動すべき経路 R U 2 a が示される。

【 0 1 3 1 】

第 6 データ処理ステップ S 8 は、第 2 領域 R P 2 に対応するよう複数の経路点データ P a を抽出する以外は、第 1 データ処理ステップ S 2 と同様である。これにより、第 2 初期経路データ D a 2 が得られる。

20

【 0 1 3 2 】

また、第 9 データ処理ステップ S 9 は、第 1 初期経路データ D a 1 に代えて第 2 初期経路データ D a 2 を用いる以外は、第 4 データ処理ステップ S 3 と同様である。これにより、第 2 基準経路点データ R a 2 が得られる。

【 0 1 3 3 】

図 1 5 は、第 2 ヘッド基準点データ R b 2 の取得を説明するための図である。図 1 5 では、ロボット座標系の空間でのヘッド 5 a の位置および姿勢が示される。

【 0 1 3 4 】

30

第 7 データ処理ステップ S 10 は、第 2 データ処理ステップ S 4 と同様に行われる。これにより、第 2 ヘッド基準点データ R b 2 が得られる。ここで、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 および第 2 ヘッド基準点データ R b 2 の示す位置および姿勢の少なくとも一方は、互いに近いことが好ましく、互いに等しいことがより好ましい。なお、図 1 5 では、第 1 ヘッド基準点データ R b 1 および第 2 ヘッド基準点データ R b 2 の示す位置および姿勢が互いに等しい場合が例示される。また、図 1 5 では、第 1 印刷ステップ S 7 でのワーク W の姿勢が実線で示され、第 2 印刷ステップ S 12 でのワーク W の姿勢が二点鎖線で示される。

【 0 1 3 5 】

第 8 データ処理ステップ S 11 は、第 1 初期経路データ R 1 a および第 1 ヘッド基準点データ R b 1 に代えて第 2 初期経路データ R 2 a および第 2 ヘッド基準点データ R b 2 を用いる以外は、第 3 データ処理ステップ S 5 と同様である。これにより、第 2 印刷経路データ D b 2 が得られる。

40

【 0 1 3 6 】

第 2 印刷ステップ S 12 は、第 1 印刷経路データ D b 1 に代えて第 2 印刷経路データ D b 2 を用いる以外は、第 1 印刷ステップ S 7 と同様である。これにより、第 2 領域 R P 2 に印刷が行われる。

【 0 1 3 7 】

以上の第 2 実施形態によっても、前述の第 1 実施形態と同様、ヘッド 5 a の移動経路の生成に生じる手間を低減することができる本実施形態の立体物印刷方法は、前述のように

50

、前述の第1実施形態の各ステップに加えて、第6データ処理ステップS8と第7データ処理ステップS10と第8データ処理ステップS11と第2印刷ステップS12とを含む。

【0138】

第6データ処理ステップS8は、ヘッド5aの移動すべき経路をワーク座標系で示す第2初期経路データDa2を取得する。第7データ処理ステップS10は、ヘッド5aの位置および姿勢をロボット座標系で示す第2ヘッド基準点データRb2を取得する。第8データ処理ステップS11は、第2初期経路データDa2および第2ヘッド基準点データRb2に基づいて、ヘッド5aの移動すべき経路をロボット座標系で示す第2印刷経路データDb2を生成する。第2印刷ステップS12は、第2印刷経路データDb2に基づいてロボット10を動作させつつ、ワークWに対してヘッド5aからインクを吐出させる。

10

【0139】

本実施形態では、第2初期経路データDa2および第2ヘッド基準点データRb2に基づいて第2印刷経路データDb2を生成するので、実空間でのヘッド5aの移動すべき経路を変更する場合、第2ヘッド基準点データRb2を変更するだけで済むという利点がある。

【0140】

また、前述のように、第2初期経路データDa2は、ヘッド5aの位置および姿勢をワーク座標系で示す複数の経路点データPaを含む。そして、第6データ処理ステップS8と第8データ処理ステップS11との間には、第9データ処理ステップS9を含む。第9データ処理ステップS9は、第2初期経路データDa2に含まれる複数の経路点データPaのうちの特定の経路点データPaを第2基準経路点データRa2として取得する。ここで、第9データ処理ステップS9は、第2基準経路点データRa2および第2ヘッド基準点データRb2に基づいて、第2印刷経路データDb2を生成する。このため、第2基準経路点データRa2を用いることにより、ワーク座標系の座標値とロボット座標系の座標値とを対応付けることができる。また、この対応付けを用いることにより、第2初期経路データDa2に含まれる複数の経路点データPaに基づいて、第2印刷経路データDb2を生成することができる。

20

【0141】

ここで、第1ヘッド基準点データRb1の示す姿勢と第2ヘッド基準点データRb2の示す姿勢との差は、第1基準経路点データRa1の示す姿勢と第2基準経路点データRa2の示す姿勢との差に比べて小さいことが好ましい。この場合、ヘッド5aの基準となる姿勢が第1印刷ステップと、第2印刷ステップとの間で近いため、第1印刷ステップと、第2印刷ステップとの間での姿勢の変化が小さくなり、印刷品質の差を低減することができる。つまり、第1印刷ステップを第1パス、第2印刷ステップを第2パスとすると、パス間の印刷品質の差を低減できる。また、例えば、第1パスでのインクの吐出方向が鉛直下向きであるのに対し、第2パスでのインクの吐出方向が水平方向である場合のようにパス間でヘッド5aの大きな姿勢変化が生じ難い。なお、パス間でのヘッド5aの基準姿勢の差は、第1初期経路データDa1および第2初期経路データDa2のそれぞれの曲率、第1基準経路点データRa1および第2基準経路点データRa2の選択によっても異なる。

30

【0142】

このような観点から、第1基準経路点データRa1の示す姿勢と第2基準経路点データRa2の示す姿勢とは、互いに等しいことが好ましい。

40

【0143】

また、第1ヘッド基準点データRb1の示す位置と第2ヘッド基準点データRb2の示す位置との差は、第1基準経路点データRa1の示す位置と第2基準経路点データRa2の示す位置との差に比べて小さいことが好ましい。この場合、ヘッド5aの基準となる位置が第1印刷ステップと、第2印刷ステップとの間で近いため、第1印刷ステップと、第2印刷ステップとの間での位置の変化が小さくなり、印刷品質の差を低減することができる。つまり、第1印刷ステップを第1パス、第2印刷ステップを第2パスとすると、パス間の印刷品質の差を低減できる。また、第1パスと第2パスとにおけるロボット10の動

50

作領域が無駄に大きくなることが防止される。このため、他の構造物等との衝突の可能性を低減することができる。なお、パス間でのヘッド 5 a の基準位置の差は、第 1 初期経路データ D a 1 および第 2 初期経路データ D a 2 のそれぞれの曲率、第 1 基準経路点データ R a 1 および第 2 基準経路点データ R a 2 の選択によっても異なる。

【0144】

このような観点から、第 1 基準経路点データ R a 1 の示す位置と第 2 基準経路点データ R a 2 の示す位置とは、互いに等しいことが好ましい。

【0145】

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。

【0146】

3 - 1 . 変形例 1

前述の実施形態では、コンピューター 1 3 を用いて第 1 印刷経路データ D b 1 および第 2 印刷経路データ D b 2 が生成されるが、これに限定されず、例えば、第 1 印刷経路データ D b 1 および第 2 印刷経路データ D b 2 を生成する機能の一部または全部がコントローラー 1 1 に実装されてもよい。

【0147】

3 - 2 . 変形例 2

前述の実施形態では、第 3 データ処理ステップが第 5 データ処理ステップを含むが、これに限定されず、第 5 データ処理ステップと第 3 データ処理ステップとが別々に行われてもよい。この場合、ワーク配置点データは、第 1 印刷経路データとは別のデータでもよい。

【0148】

3 - 3 . 変形例 3

前述の形態では、移動機構として 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。移動機構は、ワークに対して液体吐出ヘッドの相対的な位置および姿勢を 3 次元的に変化させることができればよい。したがって、移動機構は、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、ロボットアームは、回動機構で構成される関節部に加えて、伸縮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移動機構の動作の自由度とのバランスの観点から、移動機構は、6 軸以上の多軸ロボットであることが好ましい。また、双腕ロボットを用いてもよく、この場合、一方の腕を第 1 ロボットとし、他方の腕を第 2 ロボットとして用いることができる。

【0149】

3 - 4 . 変形例 4

前述の形態では、第 1 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、第 1 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把持することにより、第 1 ロボットに対してヘッドを固定してもよい。

【0150】

3 - 5 . 変形例 5

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発明を適用することができる。

【0151】

3 - 6 . 変形例 6

本発明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

10

20

30

40

50

る製造装置として利用される。また、立体物印刷装置は、接着剤等の液体をワーク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。

【符号の説明】

【0152】

1 ... 立体物印刷装置、2 ... 基台、2 a ... 面、3 ... 第1口ボット、3 a ... アーム駆動機構、
 4 ... 第2口ボット、4 a ... アーム駆動機構、5 ... ヘッドユニット、5 a ... ヘッド、5 b ...
 圧力調整弁、5 c ... 硬化用光源、5 d ... スイッチ回路、5 e ... 支持体、6 d ... 供給管、7
 ... 撮像ユニット、7 a ... 撮像装置、7 b ... 照明部、10 ... 口ボット、11 ... コントローラー、
 11 a ... 記憶回路、11 b ... 処理回路、12 ... 制御モジュール、12 a ... タイミング
 信号生成回路、12 b ... 電源回路、12 c ... 制御回路、12 d ... 駆動信号生成回路、13
 ... コンピューター、13 A ... コンピューター、13 a ... 記憶回路、13 b ... 処理回路、1
 3 c ... 入力装置、13 d ... 表示装置、40 ... ハンド機構、310 ... 基部、320 ... アーム
 、321 ... アーム、322 ... アーム、323 ... アーム、324 ... アーム、325 ... アーム
 、326 ... アーム、330_1 ... 関節部、330_2 ... 関節部、330_3 ... 関節部、3
 30_4 ... 関節部、330_5 ... 関節部、330_6 ... 関節部、Aa1 ... 経路点、Aa1
 _... 経路点、Aa1_1 ... 経路点、Aa1_2 ... 経路点、C0a ... 中心点、CLK ... クロ
 ック信号、CNG ... チェンジ信号、CP ... 変換パラメーター、Com ... 駆動信号、D1 ...
 出力、D2 ... 出力、D3 ... 信号、DC ... 補正用データ、DR ... 口ボット空間データ、DW
 ... ワーク形状データ、Da ... ワーク座標系データ、Da1 ... 第1初期経路データ、Da2
 ... 第2初期経路データ、DaC ... ワーク中心点データ、Db ... 口ボット座標系データ、D
 b1 ... 第1印刷経路データ、Db2 ... 第2印刷経路データ、DbC ... ワーク配置点データ
 、F ... ノズル面、LAT ... ラッチ信号、La ... 第1ノズル列、Lb ... 第2ノズル列、N ...
 ノズル、O1 ... 回転軸、O2 ... 回転軸、O3 ... 回転軸、O4 ... 回転軸、O5 ... 回転軸、O
 6 ... 回転軸、PD ... 駆動パルス、PTS ... タイミング信号、Pa ... 経路点データ、Pa_
 1 ... 経路点データ、Pb ... 教示点データ、Pb_1 ... 教示点データ、R1a ... 第1初期経
 路データ、R2a ... 第2初期経路データ、RP1 ... 第1領域、RP2 ... 第2領域、RU1
 a ... 経路、RU1b ... 経路、RU2a ... 経路、Ra1 ... 第1基準経路点データ、Ra2 ...
 第2基準経路点データ、Rb1 ... 第1ヘッド基準点データ、Rb2 ... 第2ヘッド基準点
 データ、S1 ... 第11データ処理ステップ、S2 ... 第1データ処理ステップ、S3 ... 第4デ
 ータ処理ステップ、S4 ... 第2データ処理ステップ、S5 ... 第3データ処理ステップ、S
 5a ... 第5データ処理ステップ、S6 ... 第10データ処理ステップ、S7 ... 第1印刷ステ
 ップ、S8 ... 第6データ処理ステップ、S9 ... 第9データ処理ステップ、S10 ... 第7デ
 ータ処理ステップ、S11 ... 第8データ処理ステップ、S12 ... 第2印刷ステップ、SI ...
 制御信号、Sk1 ... 制御信号、Sk2 ... 制御信号、VBS ... オフセット電位、VHV ...
 電源電位、V1a ... ベクトル、V1b ... ベクトル、W ... ワーク、dCom ... 波形指定
 信号。

10

20

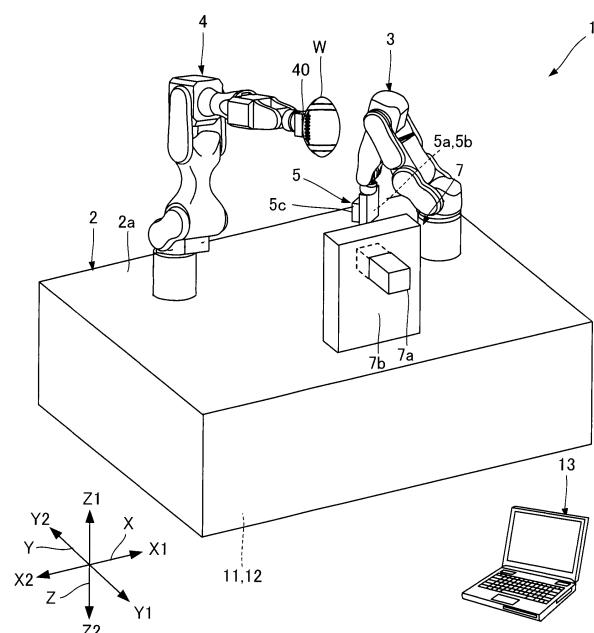
30

40

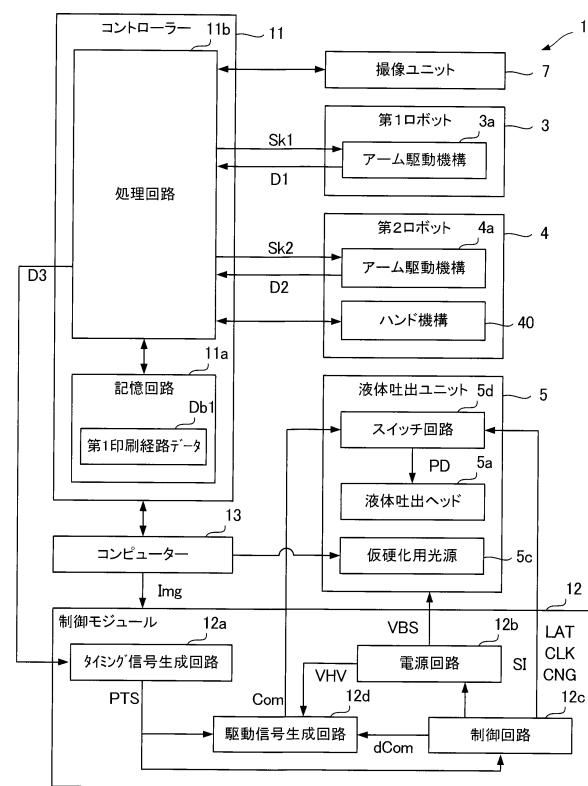
50

【図面】

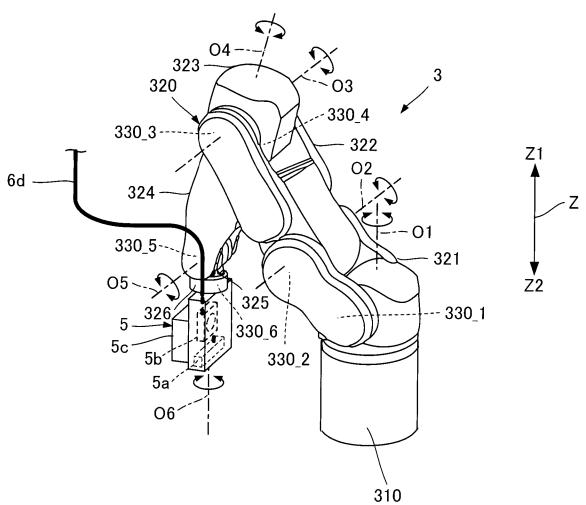
【図 1】



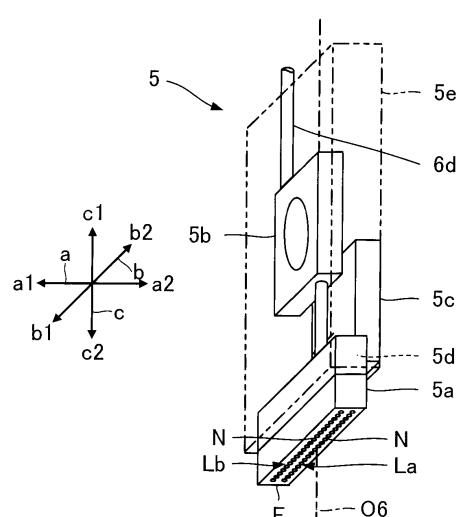
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

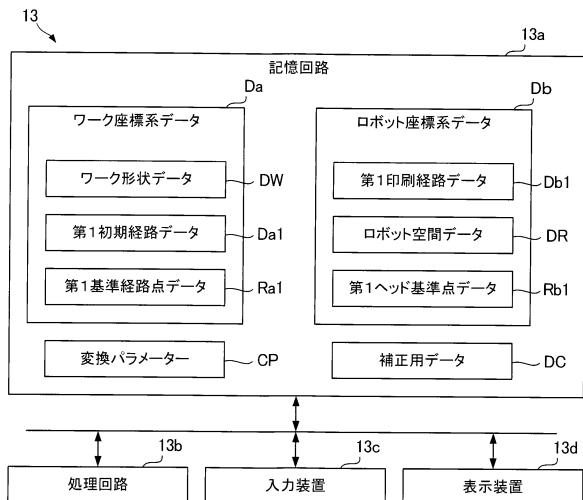
20

30

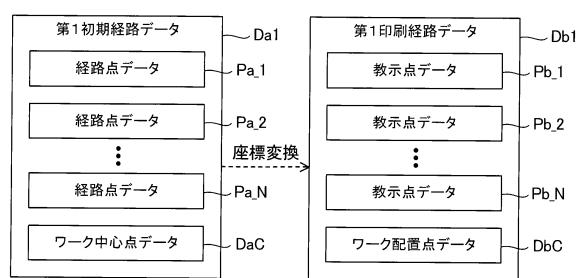
40

50

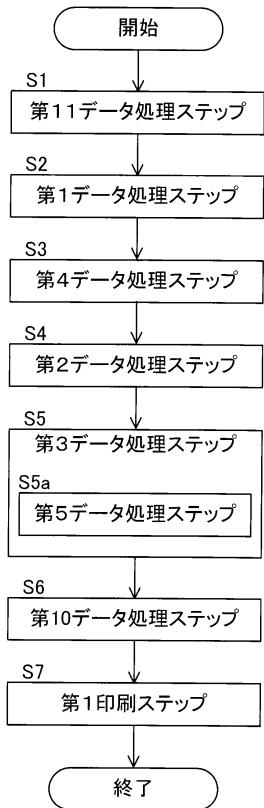
【図 5】



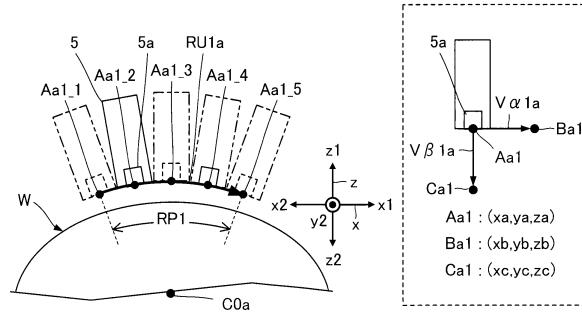
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

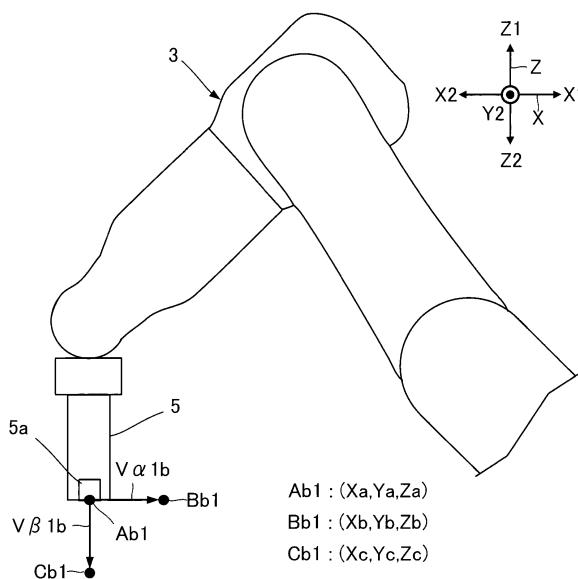
20

30

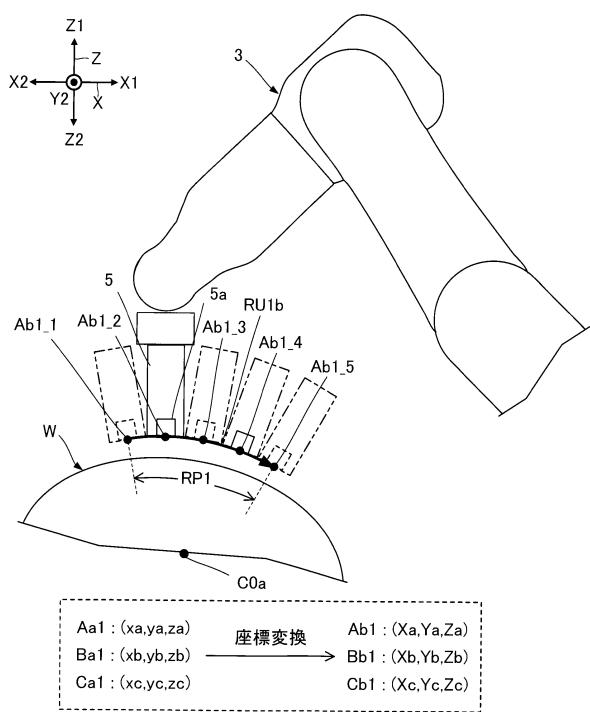
40

50

【図 9】



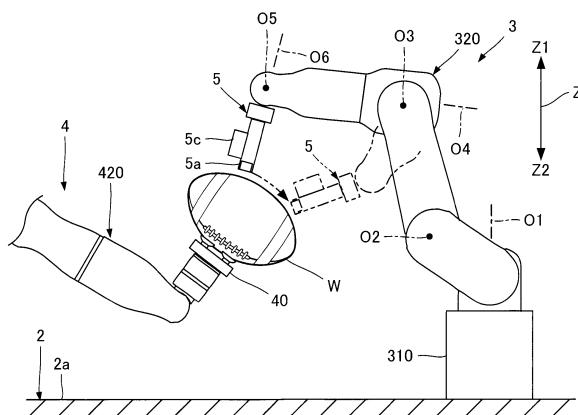
【図 10】



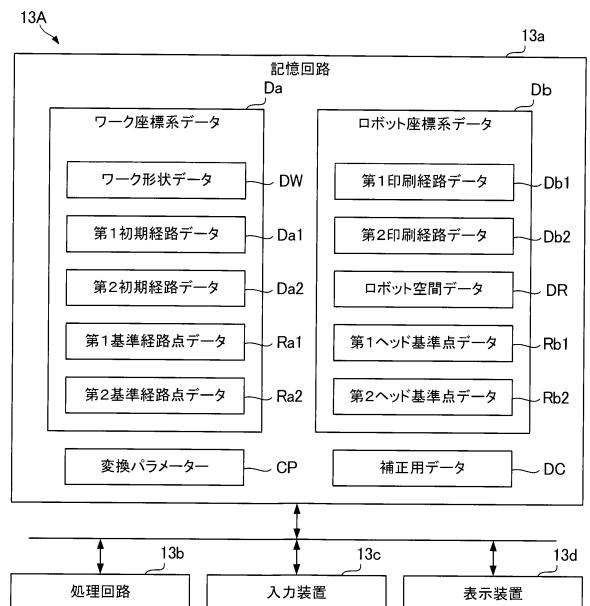
10

20

【図 11】



【図 12】

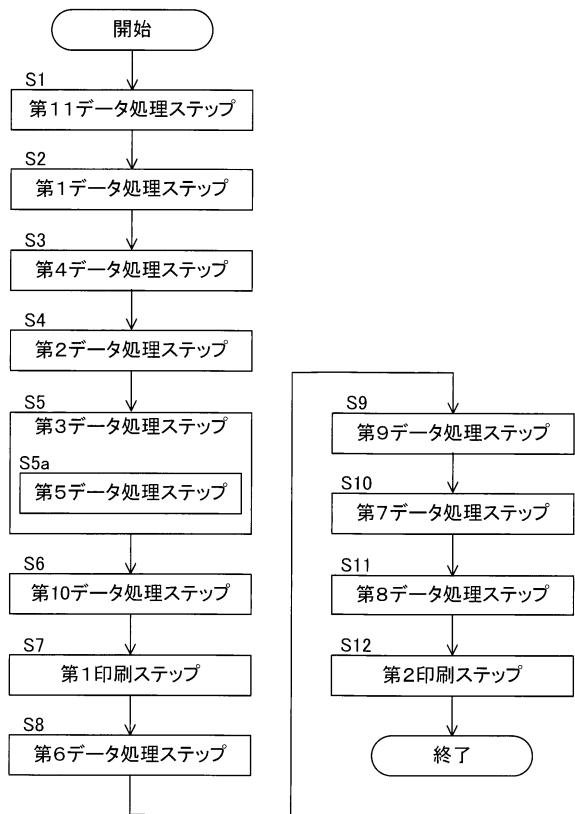


30

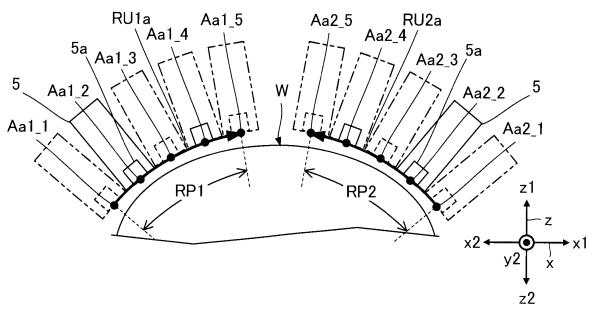
40

50

【図 1 3】



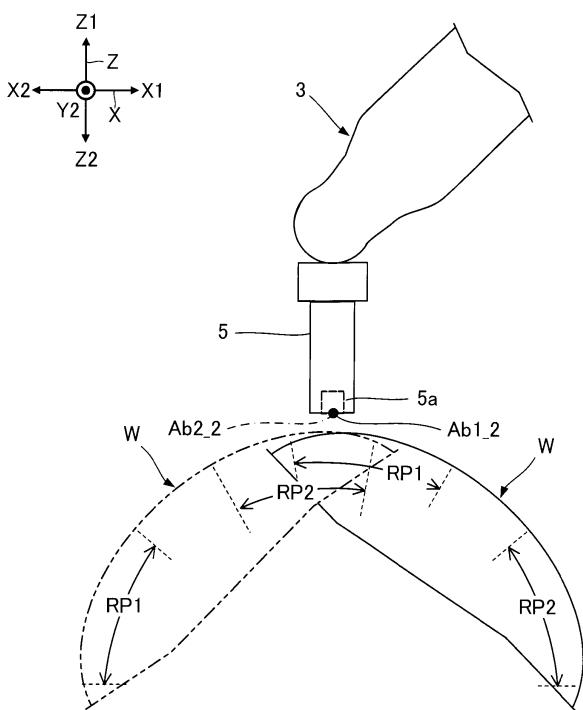
【図 1 4】



10

20

【図 1 5】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献

特開2018-001571(JP,A)
特開2011-177931(JP,A)
特開2016-215438(JP,A)
国際公開第2020/162171(WO,A1)
特開2012-144264(JP,A)
特開2000-238254(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0138275(US,A1)
中国実用新案第212098028(CN,U)
独国特許出願公開第102010004496(DE,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 41 J 2 / 01 - 2 / 215
B 25 J 13 / 00
B 25 J 13 / 08