

## 明 細 書

発明の名称：加工方法、加工システム及び情報取得方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、例えば、加工対象物を加工可能な加工方法及び加工システム、並びに、加工対象物を保持する保持具の位置に関する情報を取得可能な情報取得方法の技術分野に関する。

### 背景技術

[0002] 加工装置を用いて加工対象物を加工する加工方法の一例が、特許文献1に記載されている。このような加工方法の技術的課題の一つとして、加工対象物を精度よく加工することがあげられる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2015／0034266号明細書

### 発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、前記加工装置の基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位の、前記加工装置の加工座標系における位置に関する情報を含む保持具情報を取得することと、前記加工対象物を保持する前記保持具を、計測装置に設置することと、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む計測情報を取得することと、前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記計測装置から取り出すことと、前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を前記加工装置に設置する前に取得した前記保持具情報と、前記計測情報とに基づいて、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における加

工パス情報を生成することと、前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を、前記加工パス情報に基づいて加工することを含む加工方法が提供される。

[0005] 第2の態様によれば、保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、前記加工装置の基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位の、前記加工装置の加工座標系における位置に関する情報を含む保持具情報を取得することと、前記加工対象物を保持する前記保持具を計測装置に設置することと、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む計測情報を取得することと、前記加工対象物を保持する前記保持具を前記計測装置から取り出すことと、前記保持具情報と、前記計測情報とに基づいて、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における加工パス情報を生成することと、前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、前記生成した加工パス情報に基づいて、前記加工ビームとは異なる非加工ビームを前記加工対象物に照射することと、前記加工対象物に対する前記非加工ビームの照射状態を検出することと、前記生成した加工パス情報と前記検出結果とに基づいて、前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を加工することを含む加工方法が提供される。

[0006] 第3の態様によれば、保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置での前記加工対象物の加工に用いられる、前記保持具に関する保持具情報を取得する情報取得方法であって、前記保持具を、前記加工装置の基準載置位置に載置することと、前記

加工ビームを用いて、前記加工装置の加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位に対して所定の位置関係で前記保持具に配置された基準部材の表面に加工を行うことと、前記基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと、前記計測の結果に基づいて、前記基準載置位置に載置された前記保持具の前記基準部位の、前記加工座標系における位置に関する情報を含む前記保持具情報を取得することとを含む情報取得方法が提供される。

[0007] 第4の態様によれば、加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置の目標移動経路を示す加工パス情報を取得することと、前記取得した加工パス情報に基づいて、前記加工装置から前記加工対象物にビームを射出することと、前記加工対象物に前記ビームを照射した照射状態を検出することと、前記検出結果に基づいて、前記加工対象物とは異なる物体に前記加工ビームが照射されると判定された場合に、前記取得した加工パス情報を補正することと、前記補正した加工パス情報に基づいて、前記加工対象物に前記加工ビームを照射することで、前記加工対象物を加工することとを含む加工方法が提供される。

[0008] 第5の態様によれば、第1の態様、第2の態様又は第4の態様によって提供される加工方法を実行可能な加工システムが提供される。

[0009] 第6の態様によれば、保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、前記加工対象物を保持する前記保持具を計測装置に設置することと、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報を含む計測情報を取得することと、前記加工対象物を保持する前記保持具を前記計測装置から取り出すことと、前記計測情報に基づいて、前記加工対象物を加

工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工装置の加工座標系における加工パス情報を生成することと、前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の基準載置位置に載置することと、前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を、前記加工パス情報に基づいて加工することを含む加工方法が提供される。

[0010] 本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための形態から明らかにされる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本実施形態の加工システムの全体構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、本実施形態の加工装置のシステム構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、本実施形態の加工装置の構成を示す断面図である。

[図4]図4（a）は、ワークを保持していない保持具の構造を示す斜視図であり、図4（b）は、ワークを実際に保持している保持具の構造を示す斜視図である。

[図5]図5（a）は、プレート固定部材の上面図であり、図5（b）は、プレート固定部材の断面図（具体的には、図5（a）のA-A'断面図）である。

[図6]図6は、計測システムの構成を示すブロック図である。

[図7]図7は、形状計測装置の構成を示すブロック図である。

[図8]図8は、パス生成装置の構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、キャリブレーション情報DBのデータ構造を示す。

[図10]図10（a）から図10（e）のそれぞれは、ワーク上のある領域に加工光を照射し且つ造形材料を供給した場合の様子を示す断面図である。

[図11]図11（a）から図11（c）のそれぞれは、三次元構造物を造形する過程を示す断面図である。

[図12]図12(a)は、ワークの第1方向面に加工光を照射する加工ヘッドを示す断面図であり、図12(b)は、ワークの第2方向面に加工光を照射する加工ヘッドを示す断面図である。

[図13]図13は、キャリブレーション動作の流れを示すフローチャートである。

[図14]図14は、ベースプレートの一例を示す断面図である。

[図15]図15(a)は、加工装置によって加工されたベースプレートを示す断面図であり、図15(b)は、加工装置によって加工されたベースプレートを示す上面図である。

[図16]図16(a)は、ベースプレートの一例を示す上面図であり、図16(b)は、ベースプレートの一例を示す断面図である。

[図17]図17(a)及び図17(c)のそれぞれは、複数のガイド光が照射されているベースプレートを示す断面図であり、図17(b)及び図17(d)のそれぞれは、複数のガイド光が照射されているベースプレートを示す上面図である。

[図18]図18は、ベースプレートの加工跡と保持具の基準部位との位置関係を示す上面図である。

[図19]図19は、ベースプレートの加工跡と保持具の基準部位との位置関係を示す断面図である。

[図20]図20は、加工パス生成動作の流れを示すフローチャートである。

[図21]図21は、計測モデルと目標モデルと加工モデルとを示す。

[図22]図22は、計測モデルと目標モデルと加工モデルとを示す。

[図23]図23は、加工パス評価動作の流れを示すフローチャートである。

[図24]図24は、検証移動経路を示す。

[図25]図25(a)及び図25(b)のそれぞれは、図24に示す検証移動経路に沿ってワークに検証光が照射された場合の、検証光の照射位置の実際の移動経路を示す。

[図26]図26は、加工パスとワークとの位置関係を示す。

[図27]図27(a)は、検証移動経路から想定される検証光の移動経路と、検証光の照射位置の実際の移動経路との関係を示し、図27(b)は、補正された加工パスを示す。

[図28]図28(a)から図28(c)のそれぞれは、保持具に保持されたワークを示す断面図である。

[図29]図29は、検証移動経路を示す。

[図30]図30(a)及び図30(b)のそれぞれは、ワークW(具体的には、推定されたワークWの外縁)と加工パスとの位置関係を示す。

[図31]図31は、検証移動経路を示す。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照しながら、加工方法、加工システム及び情報取得方法の実施形態について説明する。以下では、加工対象物の一例であるワークWを加工可能な加工システムSYSを用いて、加工方法、加工システム及び情報取得方法の実施形態を説明する。

#### [0013] (1) 加工システムSYSの構成

はじめに、加工システムSYSの構成について説明する。

#### [0014] (1-1) 加工システムSYSの全体構成

はじめに、図1を参照しながら、加工システムSYSの全体構成について説明する。図1は、加工システムSYSの全体構成を示すブロック図である。

[0015] 図1に示すように、加工システムSYSは、複数の加工装置1と、加工跡計測装置2と、計測システム3と、搬送装置4とを備えている。尚、図1に示す例では、加工システムSYSは、複数の加工装置1を備えているが、単一の加工装置1を備えていてもよい。加工システムSYSは、単一の加工跡計測装置2を備えているが、複数の加工跡計測装置2を備えていてもよい。加工システムSYSは、単一の計測システム3を備えているが、複数の計測システム3を備えていてもよい。加工システムSYSは、単一の搬送装置4を備えているが、複数の搬送装置4を備えていてもよい。尚、加工システム

S Y S は、搬送装置 4 を備えていなくてもよい。

[0016] 複数の加工装置 1 のそれぞれは、ワーク W を加工可能である。本実施形態では、複数の加工装置 1 のそれぞれが、ワーク W に加工光 E L (つまり、光の形態を有するエネルギービーム) を照射することでワーク W を加工可能な加工装置である例について説明する。但し、複数の加工装置 1 のうちの少なくとも一つは、加工光 E L を用いることなく、ワーク W を加工してもよい。

[0017] 複数の加工装置 1 のうちの少なくとも一つは、ワーク W に対して付加加工を行うことが可能な付加加工装置であってもよい。つまり、複数の加工装置 1 のうちの少なくとも一つは、ワーク W に対して付加加工を行うことで、ワーク W 上に造形物を造形可能な造形装置であってもよい。具体的には、付加加工装置は、ワーク W に対して付加加工を行うことで、ワーク W と一体化された又は分離可能な造形物を造形可能である。付加加工装置が造形する造形物は、付加加工装置が造形する任意の物体を意味していてもよい。例えば、付加加工装置は、造形物の一例として、三次元構造物 S T (つまり、三次元方向のいずれの方向においても大きさを持つ三次元の構造物であり、立体物、言い換えると、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向において大きさを持つ構造物) を造形してもよい。

[0018] 付加加工装置は、造形物を造形可能な任意の付加加工方法 (つまり、造形方法) を用いて、付加加工を行ってもよい。付加加工方法の一例として、レーザ肉盛溶接法 (LMD : L a s e r M e t a l D e p o s i t i o n)、粉末焼結積層造形法 (SLS : S e l e c t i v e L a s e r S i n t e r i n g) 等の粉末床溶融結合法 (P o w d e r B e d F u s i o n)、結合材噴射法 (バインダージェットティング方式 : B i n d e r J e t t i n g)、材料噴射法 (マテリアルージェットティング方式 : M a t e r i a l J e t t i n g)、光造形法及びレーザメタルフュージョン法 (L M F : L a s e r M e t a l F u s i o n) のうちの少なくとも一つがあげられる。尚、レーザ肉盛溶接法は、指向性エネルギー堆積法 (DED : D i r e c t e d E n e r g y D e p o s i t i o n) と称されてもよい。

。

[0019] ワークWは、欠損箇所がある要修理品であってもよい。この場合、付加加工装置は、欠損箇所を補填するための造形物を造形する付加加工を行うことで、要修理品を補修する（言い換えれば、修復する）補修加工を行ってもよい。つまり、付加加工装置が行う付加加工は、欠損箇所を補填するための造形物をワークWに付加する付加加工を含んでいてもよい。

[0020] 欠損箇所がある要修理品の一例として、摩耗したタービンの少なくとも一部があげられる。例えば、欠損箇所がある要修理品の一例として、タービンを構成するタービンブレードがあげられる。タービンの一例として、発電用タービン及び航空機エンジン用タービン等の少なくとも一つがあげられる。この場合、付加加工装置は、摩耗したタービンを補修（言い換えれば、修復）してもよい。欠損箇所がある要修理品の他の一例として、摩耗したプロペラ形状部品があげられる。欠損箇所がある要修理品の他の一例として、自動車、自動二輪車、電気自動車及び鉄道車両等の車両の車体部品があげられる。欠損箇所がある要修理品の他の一例として、自動車用エンジン、自動二輪車用エンジン及び宇宙航空機用エンジン等のエンジンの部品があげられる。欠損箇所がある要修理品の他の一例として、電気自動車のバッテリーの部品があげられる。付加加工装置は、これら要修理品を補修してもよい。

[0021] ワークWは、三次元構造物S Tを造形するための土台であってもよい。この場合、付加加工装置は、ワークW上に三次元構造物S Tを造形する付加加工を行うことで、三次元構造物S Tを一から製造してもよい。一例として、付加加工装置は、ワークW上にタービンに相当する三次元構造物S Tを造形する付加加工を行うことで、タービンを一から製造してもよい。

[0022] ワークWは、三次元構造物S Tを造形する過程で製造される中間品であってもよい。この場合、付加加工装置は、三次元構造物S Tの中間品であるワークWに対して、三次元構造物S Tを完成させるための付加加工を行うことで、中間品から三次元構造物S Tを製造してもよい。一例として、付加加工装置は、タービンの中間品であるワークWに対してタービンを完成させるた

めの付加加工を行うことで、タービンの中間品からタービンの完成品を製造してもよい。

[0023] ワークWは、三次元構造物S Tを造形するための土台であってもよい。この場合、付加加工装置は、ワークW上に三次元構造物S Tを造形する付加加工を行うことで、三次元構造物S Tを一から製造してもよい。つまり、付加加工装置が行う付加加工は、欠損箇所を補填するための造形物をワークWに付加する付加加工を含んでいてもよい。

[0024] 複数の加工装置1のうちの少なくとも一つは、ワークWに対して除去加工を行うことが可能な除去加工装置であってもよい。つまり、複数の加工装置1のうちの少なくとも一つは、ワークWの一部を除去する除去加工を行うことが可能な除去加工装置であってもよい。尚、除去加工装置は、ワークWに対して除去加工を行うことに加えて又は代えて、付加加工装置によってワークWに造形された造形物に対して除去加工を行ってもよい。

[0025] 本実施形態では、複数の加工装置1のそれぞれは、後述する保持具5（図4（a）から図4（b）等参照）によって保持されたワークWを加工する。このため、ワークWは、保持具5によって保持された状態で加工装置1に載置される。尚、保持具5は、治具（j i g）、ホルダー（holder）、保持部材、取付部材、固定部材（holding member、mounting member）又はクランプと称されてもよい。保持具5の構造については、後に図面を参照しながら詳述する。

[0026] 保持具5には、後に詳述するように、「保持具情報」の一具体例であるキャリブレーション情報3 2 2 2（図9参照）を生成するために用いられるベースプレート5 0（図4（a）から図4（b）参照）が配置される。保持具5に配置されたベースプレート5 0は、保持具5の一部であるとみなしてもよい。尚、ベースプレート5 0は、基準部材と称されてもよい。キャリブレーション情報3 2 2 2は、加工装置1によるワークWの加工に用いられる情報である。このため、キャリブレーション情報3 2 2 2は、典型的には、加工装置1がワークWを実際に加工し始める前に予め生成されてもよい。

- [0027] キャリブレーション情報3222を生成するために、加工装置1は、後に詳述するように、保持具5に配置されたベースプレート50の位置を計測する。具体的には、加工装置1は、加工装置1の加工座標系でのベースプレート50の位置を計測する。加工装置1の加工座標系でのベースプレート50の位置の計測結果を示すプレート位置情報は、不図示の通信ネットワークを介して、加工装置1から計測システム3に送信される。
- [0028] キャリブレーション情報3222を生成するために、加工装置1は更に、後に詳述するように、保持具5に配置されたベースプレート50を加工する。加工装置1が加工したベースプレート50は、加工装置1から加工跡計測装置2に搬送される。例えば、ベースプレート50は、搬送装置4によって、加工装置1から加工跡計測装置2に搬送されてもよい。例えば、ベースプレート50は、搬送装置4とは異なる搬送装置によって、加工装置1から加工跡計測装置2に搬送されてもよい。例えば、ベースプレート50は、加工システムSYSのユーザによって、加工装置1から加工跡計測装置2に搬送されてもよい。
- [0029] 加工跡計測装置2は、加工装置1が加工したベースプレート50を計測する。より具体的には、加工跡計測装置2は、ベースプレート50のうちの加工装置1によって加工された部分（つまり、加工跡）の位置を計測する。加工跡の位置の計測結果を示す加工跡位置情報は、不図示の通信ネットワークを介して、加工跡計測装置2から計測システム3に送信される。
- [0030] 加工跡計測装置2は、ベースプレート50の加工跡の位置を計測可能である限りは、どのような計測装置であってもよい。例えば、加工跡計測装置2は、例えば、加工跡計測装置2は、ベースプレート50を撮像することで、加工跡の位置を計測可能な計測装置であってもよい。
- [0031] 計測システム3は、加工装置1から送信されるプレート位置情報を受信（つまり、取得）する。更に、計測システム3は、加工跡計測装置2から送信される加工跡位置情報を受信（つまり、取得）する。計測システム3は、プレート位置情報及び加工跡位置情報に基づいて、キャリブレーション情報3

２２２を生成する。キャリブレーション情報３２２２は、後に詳述するように、加工座標系での保持具５の位置に関する情報を含む。

[0032] 計測システム３は更に、加工装置１がワークＷを実際に加工し始める前に、ワークＷを実際に保持した保持具５を計測する。具体的には、計測システム３は、保持具５及び保持具５が実際に保持しているワークＷを計測する。このため、ワークＷを実際に保持した保持具５は、加工装置１がワークＷを実際に加工し始める前に、計測システム３に設置される（言い換えれば、載置される又は取り付けられる）。つまり、ワークＷを実際に保持した保持具５は、当該保持具５が加工装置１に設置される（言い換えれば、載置される又は取り付けられる）される前に、計測システム３に設置される。

[0033] 本実施形態では、計測システム３は、保持具５及びワークＷのそれぞれの三次元形状を計測する。尚、保持具５の三次元形状が判明すると、三次元空間内での保持具５の位置（例えば、保持具５の表面の位置）が判明する。このため、保持具５の三次元形状を計測することは、実質的には、計測システム３の計測座標系での保持具５の位置を計測することと等価であるとみなしてもよい。同様に、ワークＷの三次元形状を計測することは、実質的には、計測座標系でのワークＷの位置を計測することと等価であるとみなしてもよい。

[0034] その後、計測システム３は、保持具５及びワークＷのそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報と、キャリブレーション情報３２２２とに基づいて、加工装置１の加工座標系における加工パス情報を生成する。加工パス情報は、ワークＷを加工するために加工光ＥＬが照射されるべき目標照射位置を示す。具体的には、加工パス情報は、ワークＷを加工するために加工光ＥＬが照射されるべき目標照射位置の経路である目標移動経路を示す。計測システム３が生成した加工パス情報は、不図示の通信ネットワークを介して、計測システム３から加工装置１に送信される。

[0035] 加工装置１は、計測システム３から送信される加工パス情報を受信（つまり、取得）する。加工パス情報を受信した加工装置１は、受信した加工パス

情報に基づいて、保持具 5 が保持しているワーク W を加工する。このため、計測システム 3 が保持具 5 及びワーク W の三次元形状を計測した後は、ワーク W を保持した保持具 5 は、計測システム 3 から加工装置 1 に搬送される。具体的には、保持具 5 は、計測システム 3 から取り外され、取り外された保持具 5 が加工装置 1 に搬送される。例えば、保持具 5 は、搬送装置 4 によって、計測システム 3 から加工装置 1 に搬送されてもよい。例えば、保持具 5 は、搬送装置 4 とは異なる搬送装置によって、計測システム 3 から加工装置 1 に搬送されてもよい。例えば、保持具 5 は、加工システム S Y S のユーザによって、計測システム 3 から加工装置 1 に搬送されてもよい。加工装置 1 に搬送された保持具 5 は、加工装置 1 に設置される（言い換えれば、載置される又は取り付けられる）。その結果、加工装置 1 は、保持具 5 が保持しているワーク W を加工することができる。

[0036] 尚、図 1 に示す例では、加工システム S Y S は、それぞれ別々の装置である加工装置 1 と計測システム 3 とを備えている。しかしながら、加工システム S Y S は、加工装置 1 と計測システム 3 とが一体化された装置を備えていてもよい。つまり、加工装置 1 と計測システム 3 とが、一体化されていてもよい。同様に、加工システム S Y S は、加工装置 1 と加工跡計測装置 2 とが一体化された装置を備えていてもよい。つまり、加工装置 1 と加工跡計測装置 2 とが、一体化されていてもよい。同様に、加工システム S Y S は、加工跡計測装置 2 と計測システム 3 とが一体化された装置を備えていてもよい。つまり、加工跡計測装置 2 と計測システム 3 とが、一体化されていてもよい。また、複数の加工装置 1 と計測システム 3 とが別々の装置である場合は、複数の加工装置 1 及び計測システム 3 が一列に隣接するように配置されてもよい。この場合、一列に配置された複数の加工装置 1 及び計測システム 3 が、並行して動作してもよい。この場合、加工システム S Y S の生産性が向上する。つまり、加工システム S Y S のスループットが向上する。

[0037] 加工システム S Y S は更に、制御サーバ 6 を備えていてもよい。但し、加工システム S Y S は更に、制御サーバ 6 を備えていなくてもよい。

- [0038] 制御サーバ6は、加工システムS Y S全体の動作を制御してもよい。例えば、制御サーバ6は、複数の加工装置1のそれぞれの動作を制御してもよい。例えば、制御サーバ6は、加工跡計測装置2の動作を制御してもよい。例えば、制御サーバ6は、計測システム3の動作を制御してもよい。例えば、制御サーバ6は、搬送装置4の動作を制御してもよい。
- [0039] 制御サーバ6は、クラウドサーバとして機能してもよい。この場合、制御サーバ6は、複数の加工装置1、加工跡計測装置2、計測システム3及び搬送装置4のうちの少なくとも一つと、インターネットを含む通信ネットワークを介して通信可能であってもよい。或いは、制御サーバ6は、エッジサーバとして機能してもよい。この場合、制御サーバ6は、複数の加工装置1、加工跡計測装置2、計測システム3及び搬送装置4のうちの少なくとも一つと、イントラネット又はローカルエリアネットワークを含む通信ネットワークを介して通信可能であってもよい。
- [0040] 加工システムS Y Sは、加工装置1を制御する制御サーバ6に加えて又は代えて、加工装置1を制御する第1のコンピュータを、加工装置1の一部として備えていてもよい。つまり、加工装置1が第1のコンピュータを備えていてもよい。第1のコンピュータは、ノートパソコンであってもよいし、その他の種類のコンピュータであってもよい。第1のコンピュータは、後述する制御装置17（図2参照）として機能してもよい。加工システムS Y Sは、加工跡計測装置2を制御する制御サーバ6に加えて又は代えて、加工跡計測装置2を制御する第2のコンピュータを、加工跡計測装置2の一部として備えていてもよい。つまり、加工跡計測装置2が第2のコンピュータを備えていてもよい。第2のコンピュータは、ノートパソコンであってもよいし、その他の種類のコンピュータであってもよい。加工システムS Y Sは、計測システム3を制御する制御サーバ6に加えて又は代えて、計測システム3を制御する第3のコンピュータを、計測システム3の一部として備えていてもよい。つまり、計測システム3が第3のコンピュータを備えていてもよい。第3のコンピュータは、ノートパソコンであってもよいし、その他の種類の

コンピュータであってもよい。第3のコンピュータは、後述する加工パス生成装置32（図6参照）として機能してもよい。加工システムS Y Sは、搬送装置4を制御する制御サーバ6に加えて又は代えて、搬送装置4を制御する第4のコンピュータを、搬送装置4の一部として備えていてもよい。つまり、搬送装置4が第4のコンピュータを備えていてもよい。第4のコンピュータは、ノートパソコンであってもよいし、その他の種類のコンピュータであってもよい。

[0041] （１－２）加工装置１の構造

続いて、図2及び図3を参照しながら、加工装置1の構成について説明する。図2は、加工装置1のシステム構成を示すブロック図である。図3は、加工装置1の構成を示す断面図である。

[0042] 尚、以下の説明では、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸から定義されるXYZ直交座標系を加工座標系として用いて、加工装置1を構成する各種構成要素の位置関係について説明する。尚、以下の説明では、説明の便宜上、X軸方向及びY軸方向のそれぞれが水平方向（つまり、水平面内の所定方向）であり、Z軸方向が鉛直方向（つまり、水平面に直交する方向であり、実質的には上下方向）であるものとする。また、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転方向（言い換えれば、傾斜方向）を、それぞれ、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向と称する。ここで、Z軸方向を重力方向としてもよい。また、XY平面を水平方向としてもよい。

[0043] また、以下の説明では、説明の便宜上、加工装置1の構成の一例として、付加加工装置である加工装置1の構成について説明する。特に、以下の説明では、加工装置1の構成の一例として、レーザ肉盛溶接法を用いて付加加工を行う付加加工装置である加工装置1の構成について説明する。このため、複数の加工装置1の全てが、図2及び図3に示す加工装置1ではなくてもよい。複数の加工装置1の少なくとも一つが、図2及び図3に示す加工装置1と異なってもよい。

[0044] レーザ肉盛溶接法を用いて付加加工を行う加工装置1は、加工光E Lを用

いて造形材料Mを加工することで付加加工を行う。造形材料Mは、所定強度以上の加工光E Lの照射によって溶融可能な材料である。このような造形材料Mとして、例えば、金属性の材料及び樹脂性の材料の少なくとも一方が使用可能である。但し、造形材料Mとして、金属性の材料及び樹脂性の材料とは異なるその他の材料が用いられてもよい。造形材料Mは、粉状の又は粒状の材料である。つまり、造形材料Mは、粉粒体である。但し、造形材料Mは、粉粒体でなくてもよい。例えば、造形材料Mとして、ワイヤ状の造形材料及びガス状の造形材料の少なくとも一方が用いられてもよい。

[0045] レーザ肉盛溶接法を用いて付加加工を行う加工装置1は、複数の構造層S L（後述する図11参照）を順に形成することで、複数の構造層S Lが積層された三次元構造物S Tを造形する。この場合、加工装置1は、まず、ワークWの表面を、造形物を実際に造形する造形面M Sに設定し、当該造形面M S上に、1層目の構造層S Lを造形する。その後、加工装置1は、1層目の構造層S Lの表面を新たな造形面M Sに設定し、当該造形面M S上に、2層目の構造層S Lを造形する。以降、加工装置1は、同様の動作を繰り返すことで、複数の構造層S Lが積層された三次元構造物S Tを造形する。

[0046] 付加加工を行うために、加工装置1は、図2から図3に示すように、材料供給源11と、加工ユニット12と、ステージユニット13と、撮像装置14と、光源15と、気体供給源16と、制御装置17とを備える。加工ユニット12と、ステージユニット13と、撮像装置14とは、筐体18の内部のチャンバ空間183 I Nに収容されていてもよい。

[0047] 材料供給源11は、加工ユニット12に造形材料Mを供給する。材料供給源11は、付加加工を行うために単位時間あたりに必要とする分量の造形材料Mが加工ユニット12に供給されるように、当該必要な分量に応じた所望量の造形材料Mを供給する。

[0048] 加工ユニット12は、材料供給源11から供給される造形材料Mを加工して造形物を造形する。造形物を造形するために、加工ユニット12は、加工ヘッド121と、ヘッド駆動系122と、位置計測装置123と、複数の（

例えば、2つの) ガイド光照射装置124とを備える。更に、加工ヘッド121は、照射光学系1211と、材料ノズル1212とを備えている。尚、図2から図3に示す例では、加工ヘッド121が単一の照射光学系1211を備えているが、加工ヘッド121は、複数の照射光学系1211を備えていてもよい。また、図2から図3に示す例では、加工ヘッド121が複数の材料ノズル1212を備えているが、加工ヘッド121は、単一の材料ノズル1212を備えていてもよい。

[0049] 照射光学系1211は、加工光ELを射出するための光学系(例えば、集光光学系)である。具体的には、照射光学系1211は、加工光ELを発する光源15と、光ファイバやライトパイプ等の光伝送部材151を介して光学的に接続されている。照射光学系1211は、光伝送部材151を介して光源15から伝搬してくる加工光ELを射出する。照射光学系1211は、照射光学系1211から下方(つまり、-Z側)に向けて加工光ELを照射する。照射光学系1211の下方には、ステージ131が配置されている。ステージ131にワークWが載置されている場合には、照射光学系1211は、射出した加工光ELをワークWに照射する。この場合、照射光学系1211は、ワークWの上方からワークWに向けて加工光ELを照射する。具体的には、照射光学系1211は、加工光ELが照射される(典型的には、集光される)領域としてワークW上に又はワークWの近傍に設定される目標照射領域EAに加工光ELを照射可能である。更に、照射光学系1211の状態は、制御装置17の制御下で、目標照射領域EAに加工光ELを照射する状態と、目標照射領域EAに加工光ELを照射しない状態との間で切替可能である。

[0050] 材料ノズル1212は、造形材料Mを供給する(例えば、射出する、噴射する、噴出する、又は、吹き付ける)。材料ノズル1212は、供給管111及び混合装置112を介して造形材料Mの供給源である材料供給源11と物理的に接続されている。材料ノズル1212は、供給管111及び混合装置112を介して材料供給源11から供給される造形材料Mを供給する。材

料ノズル 1 2 1 2 は、供給管 1 1 1 を介して材料供給源 1 1 から供給される造形材料 M を圧送してもよい。即ち、材料供給源 1 1 からの造形材料 M と搬送用の気体（つまり、圧送ガスであり、例えば、窒素やアルゴン等の不活性ガス）とは、混合装置 1 1 2 で混合された後に供給管 1 1 1 を介して材料ノズル 1 2 1 2 に圧送されてもよい。その結果、材料ノズル 1 2 1 2 は、搬送用の気体と共に造形材料 M を供給する。搬送用の気体として、例えば、気体供給源 1 6 から供給されるパージガスが用いられる。但し、搬送用の気体として、気体供給源 1 6 とは異なる気体供給源から供給される気体を用いられてもよい。材料ノズル 1 2 1 2 は、材料ノズル 1 2 1 2 から下方（つまり、－Z 側）に向けて造形材料 M を供給する。材料ノズル 1 2 1 2 の下方には、ステージ 1 3 1 が配置されている。ステージ 1 3 1 にワーク W が搭載されている場合には、材料ノズル 1 2 1 2 は、ワーク W 又はワーク W の近傍に向けて造形材料 M を供給する。

[0051] 本実施形態では、材料ノズル 1 2 1 2 は、加工光 E L の照射位置（つまり、照射光学系 1 2 1 1 からの加工光 E L が照射される目標照射領域 E A）に造形材料 M を供給する。このため、材料ノズル 1 2 1 2 が造形材料 M を供給する領域としてワーク W 上に又はワーク W の近傍に設定される目標供給領域 M A が、目標照射領域 E A と一致する（或いは、少なくとも部分的に重複する）ように、材料ノズル 1 2 1 2 と照射光学系 1 2 1 1 とが位置合わせされている。この場合、材料ノズル 1 2 1 2 から供給された造形材料 M には、照射光学系 1 2 1 1 が射出した加工光 E L が照射される。その結果、造形材料 M が溶融する。つまり、溶融した造形材料 M を含む溶融池 M P がワーク W 上に形成される。

[0052] 尚、材料ノズル 1 2 1 2 は、照射光学系 1 2 1 1 から射出された加工光 E L によって形成される溶融池 M P に造形材料 M を供給してもよい。但し、材料ノズル 1 2 1 2 は、溶融池 M P に造形材料 M を供給しなくてもよい。例えば、加工装置 1 は、材料ノズル 1 2 1 2 からの造形材料 M がワーク W に到達する前に当該造形材料 M を照射光学系 1 2 1 1 によって溶融させ、溶融した

造形材料MをワークWに付着させてもよい。

- [0053] ヘッド駆動系122は、制御装置17の制御下で、加工ヘッド121を移動させる。つまり、ヘッド駆動系122は、制御装置17の制御下で、照射光学系1211及び材料ノズル1212を移動させる。ヘッド駆動系122は、例えば、加工装置1の加工座標系におけるX軸、Y軸、Z軸、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド121を移動させる。ヘッド駆動系122が加工ヘッド121を移動させると、加工ヘッド121とステージ131及びステージ131に載置されたワークWのそれぞれとの相対位置が変わる。その結果、目標照射領域EA及び目標供給領域MA（更には、溶融池MP）がワークWに対して相対的に移動する。
- [0054] 位置計測装置123は、加工ヘッド121の位置を計測可能である。位置計測装置123は、例えば、エンコーダ及びレーザ干渉計のうちの少なくとも一方を含んでいてもよい。
- [0055] ガイド光照射装置124は、加工ヘッド121に配置されている。ガイド光照射装置124は、ガイド光GLを射出する。ガイド光照射装置124は、ガイド光GLがチャンバ空間183INを進むようにガイド光GLを射出する。複数のガイド光照射装置124は、複数のガイド光照射装置124からそれぞれ射出される複数のガイド光GLが、加工ヘッド121の下方の所定の交差位置において互いに交差するように、位置合わせされている。例えば、複数のガイド光照射装置124は、複数のガイド光GLが加工光ELのフォーカス位置において互いに交差するように、位置合わせされていてもよい。加工装置1は主として加工光ELのフォーカス位置においてワークWを加工する（つまり、付加加工する）ことから、複数のガイド光照射装置124は、複数のガイド光GLが加工装置1による付加加工が行われる付加加工位置において互いに交差するように、互いに位置合わせされていてもよい。付加加工位置は、典型的には、目標照射領域EA及び目標供給領域MAのそれぞれの位置と少なくとも部分的に重複する。尚、このようなガイド光照射装置124の利用方法については、後に詳述する。

- [0056] ステージユニット 1 3 は、ステージ 1 3 1 と、ステージ駆動系 1 3 2 と、位置計測装置 1 3 3 とを備えている。
- [0057] ステージ 1 3 1 には、保持具 5 が載置される。このため、ステージ 1 3 1 は、物体載置装置と称されてもよい。ステージ 1 3 1 は、ステージ 1 3 1 に載置された保持具 5 を支持可能である。ステージ 1 3 1 は、ステージ 1 3 1 に載置された保持具 5 を保持可能であってもよい。この場合、ステージ 1 3 1 は、保持具 5 を保持するために、機械的なチャック、静電チャック及び真空吸着チャック等の少なくとも一つを備えていてもよい。或いは、ステージ 1 3 1 は、ステージ 1 3 1 に載置された保持具 5 を保持可能でなくてもよい。この場合、保持具 5 は、クランプレスでステージ 1 3 1 に載置されていてもよい。
- [0058] 上述したように、本実施形態では、保持具 5 がワーク W を保持する。このため、ステージ 1 3 1 には、保持具 5 を介してワーク W が載置されているとみなしてもよい。ステージ 1 3 1 は、保持具 5 を介してワーク W を支持しているとみなしてもよい。
- [0059] ステージ駆動系 1 3 2 は、制御装置 1 7 の制御下で、ステージ 1 3 1 を移動させる。ステージ駆動系 1 3 2 は、例えば、加工装置 1 の加工座標系における X 軸、Y 軸、Z 軸、 $\theta$  X 方向、 $\theta$  Y 方向及び  $\theta$  Z 方向の少なくとも一つに沿ってステージ 1 3 1 を移動させる。ステージ駆動系 1 3 2 がステージ 1 3 1 を移動させると、ステージ 1 3 1 及びステージ 1 3 1 に載置されたワーク W のそれぞれと加工ヘッド 1 2 1 との相対位置が変わる。その結果、目標照射領域 E A 及び目標供給領域 M A（更には、熔融池 M P）がワーク W に対して相対的に移動する。
- [0060] 位置計測装置 1 3 3 は、ステージ 1 3 1 の位置を計測可能である。位置計測装置 1 3 3 は、例えば、エンコーダ及びレーザ干渉計のうちの少なくとも一方を含んでもよい。
- [0061] 撮像装置 1 4 は、撮像対象物を撮像可能である。撮像装置 1 4 は、典型的には、カメラである。本実施形態では、撮像装置 1 4 は、上述した複数のガ

イド光照射装置 124 がそれぞれ射出した複数のガイド光 GL の状態を撮像する。尚、撮像装置 14 の利用方法については、上述したガイド光照射装置 124 の利用方法と同様に、後に詳述する。

[0062] 光源 15 は、例えば、赤外光、可視光及び紫外光のうちの少なくとも一つを、加工光 EL として射出する。但し、加工光 EL として、その他の種類の光が用いられてもよい。加工光 EL は、複数のパルス光（つまり、複数のパルスビーム）を含んでいてもよい。加工光 EL は、連続光（CW: Continuous Wave）を含んでいてもよい。加工光 EL は、レーザ光であってもよい。この場合、光源 15 は、レーザ光源（例えば、レーザダイオード（LD: Laser Diode）等の半導体レーザを含んでいてもよい。レーザ光源は、ファイバ・レーザ、CO<sub>2</sub>レーザ、YAGレーザ及びエキシマレーザ等のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。但し、加工光 EL は、レーザ光でなくてもよい。光源 15 は、任意の光源（例えば、LED（Light Emitting Diode）及び放電ランプ等の少なくとも一つ）を含んでいてもよい。

[0063] 気体供給源 16 は、筐体 18 の内部のチャンバ空間 183 IN をパージするためのパージガスの供給源である。パージガスは、不活性ガスを含む。不活性ガスの一例として、窒素ガス又はアルゴンガスがあげられる。気体供給源 16 は、筐体 18 の隔壁部材 181 に形成された供給口 182 及び気体供給源 16 と供給口 182 とを接続する供給管 161 を介して、チャンバ空間 183 IN に接続されている。気体供給源 16 は、供給管 161 及び供給口 182 を介して、チャンバ空間 183 IN にパージガスを供給する。その結果、チャンバ空間 183 IN は、パージガスによってパージされた空間となる。チャンバ空間 183 IN に供給されたパージガスは、隔壁部材 181 に形成された不図示の排出口から排出されてもよい。尚、気体供給源 16 は、不活性ガスが格納されたボンベであってもよい。不活性ガスが窒素ガスである場合には、気体供給源 16 は、大気を原料として窒素ガスを発生する窒素ガス発生装置であってもよい。

- [0064] 材料ノズル 1 2 1 2 がパージガスと共に造形材料 M を供給する場合には、気体供給源 1 6 は、材料供給源 1 1 からの造形材料 M が供給される混合装置 1 1 2 にパージガスを供給してもよい。具体的には、気体供給源 1 6 は、気体供給源 1 6 と混合装置 1 1 2 とを接続する供給管 1 6 2 を介して混合装置 1 1 2 と接続されていてもよい。その結果、気体供給源 1 6 は、供給管 1 6 2 を介して、混合装置 1 1 2 にパージガスを供給する。この場合、材料供給源 1 1 からの造形材料 M は、供給管 1 6 2 を介して気体供給源 1 6 から供給されたパージガスによって、供給管 1 1 1 内を通して材料ノズル 1 2 1 2 に向けて供給（具体的には、圧送）されてもよい。つまり、気体供給源 1 6 は、供給管 1 6 2、混合装置 1 1 2 及び供給管 1 1 1 を介して、材料ノズル 1 2 1 2 に接続されていてもよい。この場合、材料ノズル 1 2 1 2 は、造形材料 M を圧送するためのパージガスと共に造形材料 M を供給することになる。
- [0065] 制御装置 1 7 は、加工装置 1 の動作を制御する。例えば、制御装置 1 7 は、ワーク W を加工するように、加工装置 1 が備える加工ユニット 1 2（例えば、加工ヘッド 1 2 1 及びヘッド駆動系 1 2 2 の少なくとも一方）を制御してもよい。例えば、制御装置 1 7 は、ワーク W を加工するように、加工装置 1 が備えるステージユニット 1 3（例えば、ステージ駆動系 1 3 2）を制御してもよい。例えば、制御装置 1 7 は、上述したようにキャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成するために保持具 5 に配置されたベースプレート 5 0 を加工するように、加工ユニット 1 2 及びステージユニット 1 3 の少なくとも一つを制御してもよい。例えば、制御装置 1 7 は、上述したようにキャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成するために保持具 5 に配置されたベースプレート 5 0 の位置を計測するように、加工ユニット 1 2、ステージユニット 1 3 及び撮像装置 1 4 の少なくとも一つを制御してもよい。
- [0066] 制御装置 1 7 は、例えば、演算装置と、記憶装置とを備えていてもよい。演算装置は、例えば、CPU（Central Processing Unit）及びGPU（Graphics Processing Unit）の少なくとも一方を含んでいてもよい。記憶装置は、例えば、メモリを含

んでいてもよい。制御装置 17 は、演算装置がコンピュータプログラムを実行することで、加工装置 1 の動作を制御する装置として機能する。このコンピュータプログラムは、制御装置 17 が行うべき後述する動作を演算装置に行わせる（つまり、実行させる）ためのコンピュータプログラムである。つまり、このコンピュータプログラムは、加工装置 1 に後述する動作を行わせるように制御装置 17 を機能させるためのコンピュータプログラムである。演算装置が実行するコンピュータプログラムは、制御装置 17 が備える記憶装置（つまり、記録媒体）に記録されていてもよいし、制御装置 17 に内蔵された又は制御装置 17 に外付け可能な任意の記憶媒体（例えば、ハードディスクや半導体メモリ）に記録されていてもよい。或いは、演算装置は、実行すべきコンピュータプログラムを、ネットワークインタフェースを介して、制御装置 17 の外部の装置からダウンロードしてもよい。

[0067] 制御装置 17 は、照射光学系 1211 による加工光 E L の射出態様を制御してもよい。射出態様は、例えば、加工光 E L の強度及び加工光 E L の射出タイミングの少なくとも一方を含んでいてもよい。加工光 E L が複数のパルス光を含む場合には、射出態様は、例えば、パルス光の発光時間、パルス光の発光周期、及び、パルス光の発光時間の長さとはパルス光の発光周期との比（いわゆる、デューティ比）の少なくとも一つを含んでいてもよい。更に、制御装置 17 は、ヘッド駆動系 122 による加工ヘッド 121 の移動態様を制御してもよい。制御装置 17 は、ステージ駆動系 132 によるステージ 131 の移動態様を制御してもよい。移動態様は、例えば、移動量、移動速度、移動方向及び移動タイミング（移動時期）の少なくとも一つを含んでいてもよい。更に、制御装置 17 は、材料ノズル 1212 による造形材料 M の供給態様を制御してもよい。供給態様は、例えば、供給量（特に、単位時間当たりの供給量）及び供給タイミング（供給時期）の少なくとも一方を含んでいてもよい。

[0068] 制御装置 17 は、加工装置 1 の内部に設けられていなくてもよい。例えば、制御装置 17 は、加工装置 1 外にサーバ等として設けられていてもよい。

この場合、制御装置 17 と加工装置 1 とは、有線及び／又は無線のネットワーク（或いは、データバス及び／又は通信回線）で接続されていてもよい。有線のネットワークとして、例えば IEEE 1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485 及び USB の少なくとも一つに代表されるシリアルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、パラレルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、10BASE-T、100BASE-TX 及び 1000BASE-T の少なくとも一つに代表されるイーサネット（登録商標）に準拠したインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、電波を用いたネットワークが用いられてもよい。電波を用いたネットワークの一例として、IEEE 802.1x に準拠したネットワーク（例えば、無線 LAN 及び Bluetooth（登録商標）の少なくとも一方）があげられる。無線のネットワークとして、赤外線を用いたネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、光通信を用いたネットワークが用いられてもよい。この場合、制御装置 17 と加工装置 1 とはネットワークを介して各種の情報の送受信が可能となるように構成されていてもよい。また、制御装置 17 は、ネットワークを介して加工装置 1 にコマンドや制御パラメータ等の情報を送信可能であってもよい。加工装置 1 は、制御装置 17 からのコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して受信する受信装置を備えていてもよい。加工装置 1 は、制御装置 17 に対してコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して送信する送信装置（つまり、制御装置 17 に対して情報を出力する出力装置）を備えていてもよい。或いは、制御装置 17 が行う処理のうちの一部を行う第 1 制御装置が加工装置 1 の内部に設けられている一方で、制御装置 17 が行う処理のうち他の一部を行う第 2 制御装置が加工装置 1 の外部に設けられていてもよい。

[0069] 制御装置 17 内には、演算装置がコンピュータプログラムを実行すること

で、機械学習によって構築可能な演算モデルが実装されてもよい。機械学習によって構築可能な演算モデルの一例として、例えば、ニューラルネットワークを含む演算モデル（いわゆる、人工知能（*AI: Artificial Intelligence*））があげられる。この場合、演算モデルの学習は、ニューラルネットワークのパラメータ（例えば、重み及びバイアスの少なくとも一つ）の学習を含んでいてもよい。制御装置17は、演算モデルを用いて、加工装置1の動作を制御してもよい。つまり、加工装置1の動作を制御する動作は、演算モデルを用いて加工装置1の動作を制御する動作を含んでいてもよい。尚、制御装置17には、教師データを用いたオフラインでの機械学習により構築済みの演算モデルが実装されてもよい。また、制御装置17に実装された演算モデルは、制御装置17上においてオンラインでの機械学習によって更新されてもよい。或いは、制御装置17は、制御装置17に実装されている演算モデルに加えて又は代えて、制御装置17の外部の装置（つまり、加工装置1の外部に設けられる装置に実装された演算モデルを用いて、加工装置1の動作を制御してもよい。

[0070] 尚、制御装置17が実行するコンピュータプログラムを記録する記録媒体としては、CD-ROM、CD-R、CD-RWやフレキシブルディスク、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW及びBlu-ray（登録商標）等の光ディスク、磁気テープ等の磁気媒体、光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ、及び、その他プログラムを格納可能な任意の媒体の少なくとも一つが用いられてもよい。記録媒体には、コンピュータプログラムを記録可能な機器（例えば、コンピュータプログラムがソフトウェア及びファームウェア等の少なくとも一方の形態で実行可能な状態に実装された汎用機器又は専用機器）が含まれていてもよい。更に、コンピュータプログラムに含まれる各処理や機能は、制御装置17（つまり、コンピュータ）がコンピュータプログラムを実行することで制御装置17内に実現される論理的な処理ブロックによって実現されてもよいし、制御装置17が備える所定のゲートアレイ（FPGA

(Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)) 等のハードウェアによって実現されてもよいし、論理的な処理ブロックとハードウェアの一部の要素を実現する部分的ハードウェアモジュールとが混在する形式で実現してもよい。

[0071] (1-3) 保持具5の構造

続いて、図4 (a) 及び図4 (b) を参照しながら、ワークWを保持する保持具5の構造について説明する。図4 (a) は、ワークWを保持していない保持具5の構造を示す斜視図であり、図4 (b) は、ワークWを実際に保持している保持具5の構造を示す斜視図である。図4 (a) 及び図4 (b) は、加工装置1のステージ131に載置された保持具5を図示している。尚、図4 (a) 及び図4 (b) に示す保持具5の構造は一例であり、保持具5の構造が図4 (a) 及び図4 (b) に示す構造に限定されることはない。

[0072] 図4 (a) 及び図4 (b) に示すように、保持具5は、底部材51と、複数の支持部材52と、複数の連結部材53とを含む。図4 (a) 及び図4 (b) に示す例では、保持具5は、四つの支持部材52 (具体的には、支持部材52 # 1、52 # 2、52 # 3 及び 52 # 4) と、四つの連結部材53とを含んでいる。但し、保持具5は、単一の支持部材52を備えていてもよい。保持具5は、単一の連結部材53を備えていてもよい。保持具5は、連結部材53を備えていなくてもよい。

[0073] 底部材51は、板状の部材である。底部材51の上面 (図4 (a) 及び図4 (b) に示す例では、+Z側を向いた面) は、XY平面に沿った面であってもよい。底部材51の下面 (図4 (a) 及び図4 (b) に示す例では、-Z側を向いた面) は、XY平面に沿った面であってもよい。尚、底部材51の形状は矩形には限定されない。底部材51は、加工装置1のステージ131に載置される。具体的には、底部材51は、底部材51の下面がステージ131に対向する状態で、ステージ131に載置される。従って、保持具5は、底部材51を介してステージ131に載置される。ステージ131は、

底部材 5 1 を介して、保持具 5 を支持する。

[0074] 底部材 5 1 は、ステージ 1 3 1 上の決められた位置に載置（つまり、配置）されてもよい。つまり、保持具 5 は、底部材 5 1 を介して、ステージ 1 3 1 上の決められた位置に載置（つまり、配置）されてもよい。尚、保持具 5 が載置される位置として決められた位置を、“基準載置位置”と称してもよい。

[0075] 底部材 5 1 を基準載置位置に載置するために、底部材 5 1 及びステージ 1 3 1 の少なくとも一方に、位置合わせ用の目印が形成されていてもよい。図 4（a）及び図 4（b）に示す例では、底部材 5 1 及びステージ 1 3 1 の双方に、位置合わせ用の目印が形成されている。例えば、図 4（a）及び図 4（b）に示すように、ステージ 1 3 1 には、位置合わせ用の目印として、複数のピン 1 3 1 1 が形成されていてもよい。ピン 1 3 1 1 は、ステージ 1 3 1 から Z 軸方向に沿って突き出る部材である。尚、ステージ 1 3 1 上でのピン 1 3 1 1 の位置に関する情報は、加工システム S Y S において既知の情報であってもよい。更に、図 4（a）及び図 4（b）に示すように、底部材 5 1 には、位置合わせ用の目印として、複数の貫通孔 5 1 1 が形成されていてもよい。貫通孔 5 1 1 は、Z 軸方向に沿って底部材 5 1 を貫通する。この場合、図 4（a）及び図 4（b）に示すように、底部材 5 1 は、貫通孔 5 1 1 にピン 1 3 1 1 が挿入されるように、ステージ 1 3 1 上に載置されてもよい。底部材 5 1 は、貫通孔 5 1 1 にピン 1 3 1 1 が挿入された状態でステージ 1 3 1 上に載置されてもよい。このため、貫通孔 5 1 1 の配列態様は、ピン 1 3 1 1 の配列態様と同一である。更に、貫通孔 5 1 1 の数は、ピン 1 3 1 1 の数と同一である（或いは、多くてもよい）。その結果、底部材 5 1 は、ステージ 1 3 1 上において、ピン 1 3 1 1 及び貫通孔 5 1 1 によって定まる位置（つまり、基準載置位置）に載置される。従って、この場合には、ステージ 1 3 1 上における底部材 5 1 の載置位置（つまり、保持具 5 の載置位置）に関する情報は、加工システム S Y S において既知の情報となる。

[0076] 尚、位置合わせ用の目印としてのピン 1 3 1 1 は、保持具 5 の底部材 5 1

の貫通孔 5 1 1 を貫通しなくてもよい。例えば、底部材 5 1 の側面（例えば、図 4（a）及び図 4（b）に図示される状態において、X Z 平面に沿った側面及び Y Z 平面に沿った側面の一方又は双方がピン 1 3 1 1 に押し当てられていてもよい。また、位置合わせ用の目印は、ピン 1 3 1 1 には限定されない。ピン 1 3 1 1 に加えて又は代えて、底部材 5 1 に当接可能な面を持つ部材（例えば、後述するストッパ 5 2 3 と同様の部材）が、位置合わせ用の目印として用いられてもよい。

[0077] 底部材 5 1 の上面の少なくとも一部は、ワーク W が載置される載置面 5 1 0 として機能する。ワーク W は、載置面 5 1 0 に載置される。載置面 5 1 0 は、載置面 5 1 0 に載置されたワーク W を支持可能である。載置面 5 1 0 は、載置面 5 1 0 に載置されたワーク W を保持可能である。この場合、載置面 5 1 0 は、ワーク W を保持するために、機械的なチャック、静電チャック及び真空吸着チャック等の少なくとも一つを備えていてもよい。或いは、載置面 5 1 0 には、ワーク W を保持するためワーク保持部材 5 4（例えば、治具）が配置されていてもよい。或いは、載置面 5 1 0 は、載置面 5 1 0 に載置されたワーク W を保持可能でなくてもよい。この場合、ワーク W は、クランプレスで載置面 5 1 0 に載置されていてもよい。

[0078] 載置面 5 1 0 には、単一のワーク W が載置されてもよい。或いは、載置面 5 1 0 には、複数のワーク W が載置されてもよい。図 4（b）に示す例では、載置面 5 1 0 には、二つのワーク W が載置されている。

[0079] 複数の支持部材 5 2 のそれぞれは、底部材 5 1 の上面から上方（図 4（a）及び図 4（b）に示す例では、+ Z 側）に向かって延びる柱状の部材である。複数の支持部材 5 2 のそれぞれは、上述したベースプレート 5 0 を支持するための部材である。このため、複数の支持部材 5 2 は、それぞれ、複数のベースプレート 5 0 を支持する。図 4（a）及び図 4（b）に示す例では、複数の支持部材 5 2 # 1 から 5 2 # 4 は、それぞれ、複数のベースプレート 5 0 # 1 から 5 0 # 4 を支持する。従って、保持具 5 には、複数のベースプレート 5 0 が配置される。但し、保持具 5 が単一の支持部材 5 2 を備えて

いる場合には、保持具5には、単一のベースプレート50が配置されているもよい。

[0080] 尚、図4(a)及び図4(b)に示す例では、複数の支持部材52は、底部材51の上面における矩形領域の各頂点に配置されている。しかしながら、複数の支持部材52の配置態様が、図4(a)及び図4(b)に示す例に限定されることはない。また、図4(a)及び図4(b)に示す例では、四つの支持部材52が底部材51に配置されている。しかしながら、支持部材52の数が四つに限定されることはない。三つ以下又は五つ以上の支持部材52が底部材51に配置されていてもよい。

[0081] 各支持部材52は、ベースプレート50が固定されるプレート固定部材521を備えている。この場合、各支持部材52は、プレート固定部材521を介して、ベースプレート50を支持する。一例として、各支持部材52は、ベースプレート50の下方からベースプレート50を支持してもよい。つまり、各支持部材52は、各支持部材52の先端を介して、ベースプレート50を支持してもよい。この場合、各支持部材52は、その先端にプレート固定部材521を備えていてもよい。各支持部材52の先端が、プレート固定部材521として機能してもよい。尚、複数の支持部材52のうちの少なくとも一つは、プレート固定部材521を備えていなくてもよい。

[0082] ベースプレート50は、プレート固定部材521に対して取り外し可能に固定されてもよい。例えば、ベースプレート50は、固定ねじを用いて、プレート固定部材521に固定されてもよい。この場合、固定ねじを緩めることで、ベースプレート50は、プレート固定部材521から取り外されてもよい。

[0083] ベースプレート50は、保持具5の基準部位522(後述の図5(a)及び図5(b)参照)とベースプレート50との位置関係が所定の位置関係となるように、プレート固定部材521に取り付けられてもよい。ベースプレート50は、保持具5の基準部位522とベースプレート50との位置関係が所定の位置関係となるように、支持部材52によって支持されてもよい。

ベースプレート50は、保持具5の基準部位522とベースプレート50との位置関係が所定の位置関係となるように、保持具5に配置されてもよい。言い換えれば、保持具5には、保持具5の基準部位522に対して所定の位置関係でベースプレート50が配置されてもよい。この場合、保持具5の基準部位522とベースプレート50との位置関係に関する情報は、加工システムSYSにおいて既知の情報となってもよい。

[0084] 保持具5の基準部位522とベースプレート50との位置関係が所定の位置関係となる状態の一例として、プレート固定部材521の上面図である図5(a)及びプレート固定部材521の断面図(具体的には、図5(a)のA-A'断面図)である図5(b)に示すように、プレート固定部材521のストッパ523にベースプレート50が接触している状態があげられる。この場合、ベースプレート50に接触するストッパ523の一部が、保持具5の基準部位522として用いられてもよい。特に、ストッパ523のうちのベースプレート50に接触する部位が、保持具5の基準部位522として用いられてもよい。図5(a)及び図5(b)に示す例では、ストッパ523のうちのベースプレート50の基準部位509に接触する部位が、保持具5の基準部位522として用いられている。図5(a)及び図5(b)に示す例では、ベースプレート50の基準部位509として、ベースプレート50の頂点が用いられている。

[0085] 尚、図5(a)及び図5(b)は、ベースプレート50の基準部位509及び保持具5の基準部位522の一例を示しているに過ぎない。このため、図5(a)及び図5(b)に示す部位とは異なるベースプレート50の部位が、ベースプレート50の基準部位509として用いられてもよい。例えば、ベースプレート50の任意の頂点が、ベースプレート50の基準部位509として用いられてもよい。同様に、図5(a)及び図5(b)に示す部位とは異なる保持具5の部位が、保持具5の基準部位522として用いられてもよい。例えば、ベースプレート50の任意の頂点に接触する保持具5の部位が、保持具5の基準部位522として用いられてもよい。

- [0086] 尚、プレート固定部材521は、ストッパ523に加えて又は代えて、ピン状の部材を備えていてもよい。この場合、ベースプレート50は、ベースプレート50がピン状の部材に接触する状態で、プレート固定部材521に固定されてもよい。
- [0087] 再び図4(a)及び図4(b)において、複数の支持部材52は、X軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの支持部材52を含んでいてもよい。更に、複数の支持部材52は、Y軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの支持部材52を含んでいてもよい。より具体的には、複数の支持部材52のうちの少なくとも二つのプレート固定部材521は、X軸方向に沿って異なる位置に配置されてもよい。複数の支持部材52のうちの少なくとも二つのプレート固定部材521は、Y軸方向に沿って異なる位置に配置されてもよい。つまり、複数の支持部材52のうちの少なくとも二つのプレート固定部材521は、ベースプレート50を支持する横方向の位置が異なってもよい。複数の支持部材52のうちの少なくとも二つのプレート固定部材521は、奥行きが異なってもよい。尚、ここで言う「横」は、底部材51からのX軸方向における距離を意味していてもよく、ここで言う「奥行き」は、底部材51からのY軸方向における距離を意味していてもよい。その結果、保持具5に配置される複数のベースプレート50のうちの少なくとも二つは、横方向が互いに異なる位置に配置されていてもよい。保持具5に配置される複数のベースプレート50のうちの少なくとも二つは、奥行きが互いに異なる位置に配置されていてもよい。
- [0088] 複数の支持部材52は、ワークWが載置される載置面510の少なくとも一部を取り囲むように、底部材51に配置されていてもよい。つまり、複数の支持部材52は、載置面510の少なくとも一部の周囲に配置されていてもよい。この場合、複数の支持部材52がそれぞれ支持する複数のベースプレート50もまた、複数のベースプレート50が載置面510の少なくとも一部を取り囲むように、保持具5に配置されることになる。
- [0089] 複数の支持部材52のうちの少なくとも二つの高さが異なってもよい

。より具体的には、複数の支持部材 5 2 のうちの少なくとも二つのプレート固定部材 5 2 1 の高さが異なってもよい。つまり、複数の支持部材 5 2 のうちの少なくとも二つのプレート固定部材 5 2 1 がベースプレート 5 0 を支持する位置の高さが異なってもよい。尚、ここで言う「高さ」は、底部材 5 1 からの Z 軸方向における距離を意味していてもよい。その結果、保持具 5 に配置される複数のベースプレート 5 0 のうちの少なくとも二つは、高さが互いに異なる位置に配置されていてもよい。但し、複数の支持部材 5 2 の全ての高さが同一であってもよい。

[0090] 複数の支持部材 5 2 のうちの少なくとも一つの高さは、載置面 5 1 0 に載置されるワーク W の高さに合わせた高さに設定されていてもよい。例えば、複数の支持部材 5 2 のうちの少なくとも一つの高さは、載置面 5 1 0 に載置されるワーク W の高さと同じ高さに設定されていてもよい。例えば、複数の支持部材 5 2 のうちの少なくとも一つの高さは、載置面 5 1 0 に載置されるワーク W の高さとの差分が許容量以下になるように設定されていてもよい。

[0091] 尚、各支持部材 5 2 の少なくとも一部が、ベースプレート 5 0 として用いられてもよい。この場合、各支持部材 5 2 は、ベースプレート 5 0 を別途支持しなくてもよい。

[0092] 複数の連結部材 5 3 のそれぞれは、隣り合う二つの支持部材 5 2 を連結する。このため、各連結部材 5 3 は、隣り合う二つの支持部材 5 2 が並ぶ方向に沿って延びる部材であってもよい。各連結部材 5 3 は、支持部材 5 2 が延びる方向に交差する方向に沿って延びる部材であってもよい。図 4 (a) 及び図 4 (b) に示す例では、支持部材 5 2 が Z 軸方向に沿って延び且つ隣り合う二つの支持部材 5 2 が X 軸方向又は Y 軸方向に沿って並んでいるため、各連結部材 5 3 は、X 軸方向又は Y 軸方向に沿って延びていてもよい。この場合、各連結部材 5 3 の一方の端部が、隣り合う二つの支持部材 5 2 に連結され、各連結部材 5 3 の一方の端部が、隣り合う二つの支持部材 5 2 に連結されてもよい。

[0093] 尚、単一の連結部材 5 3 に加えて又は代えて、複数の連結部材 5 3 が、隣

り合う二つの支持部材 5 2 を連結していてもよい。

[0094] (1-4) 計測システム 3 の構成

続いて、図 6 を参照しながら、計測システム 3 の構成について説明する。

図 6 は、計測システム 3 の構成を示すブロック図である。図 6 に示すように、計測システム 3 は、形状計測装置 3 1 と、加工パス生成装置 3 2 とを備えている。

[0095] 形状計測装置 3 1 は、計測対象物の三次元形状を計測可能である。本実施形態では、上述したように、計測システム 3 は、加工装置 1 がワーク W を実際に加工し始める前に、ワーク W を実際に保持した保持具 5 を計測する。このため、形状計測装置 3 1 の計測対象物は、ワーク W を実際に保持した保持具 5 を含んでいてもよい。つまり、形状計測装置 3 1 の計測対象物は、ワーク W を実際に保持した保持具 5 と、保持具 5 によって保持されたワーク W とを含んでいてもよい。

[0096] 形状計測装置 3 1 の構成の一例が、図 7 に示されている。図 7 に示すように、形状計測装置 3 1 は、形状計測ヘッド 3 1 1 と、ヘッド駆動系 3 1 2 と、ステージ 3 1 3 と、ステージ駆動系 3 1 4 とを備えている。但し、形状計測装置 3 1 は、ヘッド駆動系 3 1 2 及びステージ駆動系 3 1 4 の少なくとも一つを備えていなくてもよい。

[0097] 形状計測ヘッド 3 1 1 は、計測対象物の三次元形状を計測可能な計測装置である。例えば、形状計測ヘッド 3 1 1 は、計測対象物の表面に計測光を照射することで当該表面に光パターンを投影し、投影されたパターンの形状を計測するパターン投影法又は光切断法を用いて、計測対象物の三次元形状を計測してもよい。例えば、形状計測ヘッド 3 1 1 は、計測対象物の表面に計測光を投射し、投射された計測光が計測対象物から形状計測ヘッド 3 1 1 に戻ってくるまでの時間を算出し、且つ、当該時間に基づいて計測対象物までの距離を測定する動作を、これを計測対象物上の複数の位置で行うタイム・オブ・フライト法を用いて、計測対象物の三次元形状を計測してもよい。例えば、形状計測ヘッド 3 1 1 は、モアレトポグラフィ法（具体的には、格子

照射法若しくは格子投影法)、ホログラフィック干渉法、オートコリメーション法、ステレオ法、非点収差法、臨界角法及びナイフエッジ法のうちの少なくとも一つを用いて、計測対象物の三次元形状を計測してもよい。

[0098] ヘッド駆動系 312 は、形状計測ヘッド 311 を移動させる。ヘッド駆動系 312 は、例えば、計測システム 3 の計測座標系における X 軸、Y 軸、Z 軸、 $\theta$  X 方向、 $\theta$  Y 方向及び  $\theta$  Z 方向の少なくとも一つに沿って、形状計測ヘッド 311 を移動させる。ヘッド駆動系 312 が形状計測ヘッド 311 を移動させると、形状計測ヘッド 311 の計測範囲と計測対象物（具体的には、保持具 5）との位置関係が変わる。その結果、形状計測ヘッド 311 は、形状計測ヘッド 311 が移動する前は三次元形状を計測できなかった計測対象物のある部位の三次元形状を計測できる可能性が高くなる。つまり、形状計測ヘッド 311 の死角が狭くなる又はなくなる。

[0099] ステージ 313 には、計測対象物（具体的には、保持具 5）が載置される。ステージ 313 は、ステージ 131 に載置された保持具 5 を支持可能である。ステージ 313 は、ステージ 313 に載置された保持具 5 を保持可能であってもよい。この場合、ステージ 313 は、保持具 5 を保持するために、機械的なチャック、静電チャック及び真空吸着チャック等の少なくとも一つを備えていてもよい。或いは、ステージ 313 は、ステージ 313 に載置された保持具 5 を保持可能でなくてもよい。この場合、保持具 5 は、クランプレスでステージ 313 に載置されていてもよい。

[0100] ステージ駆動系 314 は、ステージ 313 を移動させる。ステージ駆動系 314 は、例えば、計測システム 3 の計測座標系における X 軸、Y 軸、Z 軸、 $\theta$  X 方向、 $\theta$  Y 方向及び  $\theta$  Z 方向の少なくとも一つに沿って、ステージ 313 を移動させる。ステージ駆動系 314 がステージ 313 を移動させると、形状計測ヘッド 311 の計測範囲とステージ 313 に載置された計測対象物（具体的には、保持具 5）との位置関係が変わる。その結果、形状計測ヘッド 311 が移動する場合と同様に、形状計測ヘッド 311 の死角が狭くなる又はなくなる。

- [0101] 再び図6において、加工パス生成装置32は、プレート位置情報及び加工跡位置情報に基づいて、キャリブレーション情報3222を生成する。更に、加工パス生成装置32は、保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報と、キャリブレーション情報3222とに基づいて、加工パス情報を生成する。
- [0102] キャリブレーション情報3222及び加工パス情報を生成可能な加工パス生成装置32の構成の一例が、図8に示されている。図8に示すように、加工パス生成装置32は、演算装置321と、記憶装置322と、通信装置323とを備えている。更に、加工パス生成装置32は、入力装置324と、出力装置325とを備えていてもよい。但し、加工パス生成装置32は、入力装置324及び出力装置325の少なくとも一つを備えていなくてもよい。演算装置321と、記憶装置322と、通信装置323と、入力装置324と、出力装置325とは、データバス326を介して接続されていてもよい。
- [0103] 演算装置321は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 及びGPU (Graphics Processing Unit) の少なくとも一方を含む。演算装置321は、コンピュータプログラムを読み込む。例えば、演算装置321は、記憶装置322が記憶しているコンピュータプログラムを読み込んでよい。例えば、演算装置321は、コンピュータで読み取り可能であって且つ一時的でない記録媒体が記憶しているコンピュータプログラムを、図示しない記録媒体読み取り装置を用いて読み込んでよい。演算装置321は、通信装置323を介して、加工パス生成装置32の外部に配置される不図示の装置からコンピュータプログラムを取得してもよい（つまり、ダウンロードしてもよい又は読み込んでよい）。つまり、演算装置321は、通信装置323を介して、加工パス生成装置32の外部に配置される不図示の装置の記憶装置に記憶されているコンピュータプログラムを取得してもよい（つまり、ダウンロードしてもよい又は読み込んでよい）。演算装置321は、読み込んだコンピュータプログ

ラムを実行する。その結果、演算装置 3 2 1 内には、加工パス生成装置 3 2 が行うべき動作（例えば、キャリブレーション情報 3 2 2 2 及び加工パス情報を生成するための動作）を実行するための論理的な機能ブロックが実現される。つまり、演算装置 3 2 1 は、加工パス生成装置 3 2 が行うべき動作を実行するための論理的な機能ブロックを実現するためのコントローラとして機能可能である。この場合、コンピュータプログラムを実行した任意の装置（典型的には、コンピュータ）は、加工パス生成装置 3 2 として機能可能である。

[0104] 図 8 には、演算装置 3 2 1 内に実現される論理的な機能ブロックの一例が示されている。図 8 に示すように、演算装置 3 2 1 内には、キャリブレーション部 3 2 1 1 と、加工パス生成部 3 2 1 2 とが実現される。キャリブレーション部 3 2 1 1 は、キャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成する。加工パス生成部 3 2 1 2 は、加工パス情報を生成する。

[0105] 記憶装置 3 2 2 は、所望のデータを記憶可能である。例えば、記憶装置 3 2 2 は、演算装置 3 2 1 が実行するコンピュータプログラムを一時的に記憶していてもよい。記憶装置 3 2 2 は、演算装置 3 2 1 がコンピュータプログラムを実行している際に演算装置 3 2 1 が一時的に使用するデータを一時的に記憶していてもよい。記憶装置 3 2 2 は、加工パス生成装置 3 2 が長期的に保存するデータを記憶していてもよい。尚、記憶装置 3 2 2 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、ハードディスク装置、光磁気ディスク装置、SSD (Solid State Drive) 及びディスクアレイ装置のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。つまり、記憶装置 3 2 2 は、一時的でない記録媒体を含んでいてもよい。

[0106] 本実施形態では、記憶装置 3 2 2 は、加工パス情報を生成するために用いるキャリブレーション情報 3 2 2 2 が格納されたキャリブレーション情報 DB 3 2 2 0 を記憶する。キャリブレーション情報 DB 3 2 2 0 のデータ構造の一例が図 9 に示されている。図 9 に示すように、キャリブレーション情報

DB3220は、少なくとも一つの情報レコード3221を含む。各情報レコード3221は、加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンを示す組み合わせ情報3223と、組み合わせ情報3223が示す加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222を含む。

[0107] 具体的には、上述したように、キャリブレーション情報3222は、加工装置1の加工座標系における保持具5の位置を示す情報である。特に、キャリブレーション情報3222は、保持具5が加工装置1に設置されている（特に、基準載置位置に載置されている）状態での加工座標系における保持具5の位置を示す情報である。このため、第1の加工装置1の第1の加工座標系における第1の保持具5の位置は、第1の加工装置1とは異なる第2の加工装置1の第2の加工座標系における第1の保持具5の位置と異なる可能性がある。同様に、第1の加工装置1の第1の加工座標系における第1の保持具5の位置は、第1の加工装置1の第1の加工座標系における第1の保持具5とは異なる第2の保持具5（例えば、第1の保持具5とは形状が異なる第2の保持具5）の位置と異なる可能性がある。従って、加工座標系における保持具5の位置は、加工装置1と保持具5との組み合わせごとに変わる可能性がある。

[0108] そこで、本実施形態では、キャリブレーション情報DB3220は、加工装置1と保持具5との組み合わせごとにキャリブレーション情報3222を格納する。つまり、キャリブレーション情報DB3220は、複数の異なる加工装置1と複数の異なる保持具5との組み合わせ（つまり、複数の異なる組み合わせ）ごとにキャリブレーション情報3222を格納する。例えば、図9に示す例では、キャリブレーション情報DB3220は、（i）装置IDが「0001」である加工装置1の加工座標系における、保持具IDが「0001」である保持具5の位置を示すキャリブレーション情報3222と、（ii）装置IDが「0002」である加工装置1の加工座標系における、保持具IDが「0001」である保持具5の位置を示すキャリブレーション

ン情報３２２と、（ｉｉｉ）装置ＩＤが「０００１」である加工装置１の加工座標系における、保持具ＩＤが「０００２」である保持具５の位置を示すキャリブレーション情報３２２と、（ｉｖ）装置ＩＤが「０００２」である加工装置１の加工座標系における、保持具ＩＤが「０００２」である保持具５の位置を示すキャリブレーション情報３２２とを格納している。

[0109] 再び図８において、通信装置３２３は、不図示の通信ネットワークを介して、加工装置１及び加工跡計測装置２の少なくとも一方と通信可能である。本実施形態では、通信装置３２３は、加工装置１から、上述したプレート位置情報（つまり、加工装置１によるベースプレート５０の位置の計測結果）を受信可能である。更に、通信装置３２３は、加工跡計測装置２から、上述した加工跡位置情報（つまり、加工跡計測装置２によるベースプレート５０の加工跡の位置の計測結果）を受信可能である。更に、通信装置３２３は、加工パス生成装置３２が生成した加工パス情報を、加工装置１に送信可能である。

[0110] 入力装置３２４は、加工パス生成装置３２の外部からの加工パス生成装置３２に対する情報の入力を受け付ける装置である。例えば、入力装置３２４は、ユーザが操作可能な操作装置（例えば、キーボード、マウス及びタッチパネルのうちの少なくとも一つ）を含んでいてもよい。例えば、入力装置３２４は、加工パス生成装置３２に対して外付け可能な記録媒体にデータとして記録されている情報を読み取り可能な読取装置を含んでいてもよい。

[0111] 出力装置３２５は、加工パス生成装置３２の外部に対して情報を出力する装置である。例えば、出力装置３２５は、情報を画像として出力してもよい。つまり、出力装置３２５は、出力したい情報を示す画像を表示可能な表示装置（いわゆる、ディスプレイ）を含んでいてもよい。例えば、出力装置３２５は、情報を音声として出力してもよい。つまり、出力装置３２５は、音声を出力可能な音声装置（いわゆる、スピーカ）を含んでいてもよい。例えば、出力装置３２５は、紙面に情報を出力してもよい。つまり、出力装置３２５は、紙面に所望の情報を印刷可能な印刷装置（いわゆる、プリンタ）を

含んでいてもよい。

[0112] (2) 加工システム S Y S の動作

続いて、加工システム S Y S が行う動作について説明する。本実施形態では、加工システム S Y S は、主として加工装置 1 を用いて、ワーク W を加工するための加工動作を行ってもよい。更に、加工システム S Y S は、主として加工装置 1 及び加工跡計測装置 2 を用いて、キャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。更に、加工システム S Y S は、主として計測システム 3 を用いて、加工パス情報を生成するための加工パス生成動作を行ってもよい。更に、加工システム S Y S は、主として加工装置 1 を用いて、加工パス生成動作によって生成された加工パス情報が適切か否かを判定するための加工パス検証動作を行ってもよい。このため、以下では、加工動作、キャリブレーション動作、加工パス生成動作及び加工パス検証動作について、順に説明する。

[0113] (2-1) 加工動作

はじめに、図 1 0 から図 1 1 を参照しながら、加工動作について説明する。特に、加工動作の一例として、付加加工装置である加工装置 1 が行う付加加工動作について説明する。上述したように、加工装置 1 は、レーザ肉盛溶接法を用いて三次元構造物 S T を造形する。このため、加工装置 1 は、レーザ肉盛溶接法に準拠した既存の付加加工動作を行うことで、三次元構造物 S T を造形してもよい。以下、レーザ肉盛溶接法を用いて三次元構造物 S T を造形する加工動作の一例について簡単に説明する。

[0114] 加工装置 1 は、三次元構造物 S T を造形するために、例えば、Z 軸方向に沿って並ぶ複数の層状の部分構造物（以下、“構造層”と称する）S L を順に造形していく。例えば、加工装置 1 は、三次元構造物 S T を Z 軸方向に沿って輪切りにすることで得られる複数の構造層 S L を 1 層ずつ順に造形していく。その結果、複数の構造層 S L が積層された積層構造体である三次元構造物 S T が造形される。以下、複数の構造層 S L を 1 層ずつ順に造形していくことで三次元構造物 S T を造形する動作の流れについて説明する。

[0115] まず、各構造層SLを造形する動作について図10(a)から図10(e)を参照して説明する。加工装置1は、制御装置17の制御下で、ワークWの表面又は造形済みの構造層SLの表面に相当する造形面MS上の所望領域に目標照射領域EAが設定されるように、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一方を移動させる。その後、加工装置1は、目標照射領域EAに対して照射光学系1211から加工光ELを照射する。この際、Z軸方向において加工光ELが集光される集光面は、造形面MSに一致していてもよい。或いは、Z軸方向において集光面は、造形面MSから外れていてもよい。その結果、図10(a)に示すように、加工光ELが照射された造形面MS上に溶融池(つまり、加工光ELによって溶融した金属等のプール)MPが形成される。更に、加工装置1は、制御装置17の制御下で、材料ノズル1212から造形材料Mを供給する。その結果、溶融池MPに造形材料Mが供給される。溶融池MPに供給された造形材料Mは、溶融池MPに照射されている加工光ELによって溶融する。或いは、材料ノズル1212から供給された造形材料Mは、溶融池MPに到達する前に加工光ELによって溶融し、溶融した造形材料Mが溶融池MPに供給されてもよい。その後、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一方の移動に伴って溶融池MPに加工光ELが照射されなくなると、溶融池MPにおいて溶融した造形材料Mは、冷却されて固化(つまり、凝固)する。その結果、図10(c)に示すように、固化した造形材料Mから構成される造形物が造形面MS上に堆積される。

[0116] 加工装置1は、このような加工光ELの照射による溶融池MPの形成、溶融池MPへの造形材料Mの供給、供給された造形材料Mの溶融及び溶融した造形材料Mの固化を含む一連の造形処理を、図10(d)に示すように、造形面MSに対して加工ヘッド121を、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って移動させながら繰り返す。この際、加工装置1は、造形面MS上において造形物を造形したい領域に加工光ELを照射する一方で、造形面MS上において造形物を造形したくない領域に加工光ELを照射しない。つ

まり、加工装置 1 は、造形面 MS 上を所定の移動経路に沿って目標照射領域 E A を移動させながら、造形物を造形したい領域の分布の態様に応じたタイミングで加工光 E L を造形面 MS に照射する。

[0117] 造形面 MS 上での目標照射領域 E A の移動経路（特に、加工光 E L が照射される目標照射位置の移動経路）は、加工パス（言い換えれば、ツールパス）と称されてもよい。上述した加工パス情報は、この加工パスに関する情報を含む。言い換えれば、加工パス情報は、の加工パスを示す情報である。このため、加工パス生成装置 3 2 は、加工パスに関する情報を含む加工パス情報（つまり、加工パスを示す加工パス情報）を生成する。加工装置 1 は、加工パス情報に基づいて、造形面 MS 上を所定の移動経路に沿って目標照射領域 E A を移動させながら、造形物を造形したい領域の分布の態様に応じたタイミングで加工光 E L を造形面 MS に照射する。尚、加工装置 1 が付加加工を行うがゆえに、加工パスは、典型的には、加工装置 1 を基準とする造形面 MS 上での目標照射領域 E A の移動経路（特に、加工光 E L が照射される目標照射位置の移動経路）である。

[0118] その結果、熔融池 MP もまた、目標照射領域 E A の移動経路に応じた移動経路に沿って造形面 MS 上を移動することになる。具体的には、熔融池 MP は、造形面 MS 上において、目標照射領域 E A の移動経路に沿った領域のうち加工光 E L が照射された部分に順次形成される。その結果、図 10 (e) に示すように、造形面 MS 上に、熔融した後に固化した造形材料 M の集合体である造形物に相当する構造層 S L が造形される。つまり、熔融池 MP の移動経路に応じたパターンで造形面 MS 上に造形された造形物の集合体に相当する構造層 S L（つまり、平面視において、熔融池 MP の移動経路に応じた形状を有する構造層 S L）が造形される。尚、造形物を造形したくない領域に目標照射領域 E A が設定されている場合、加工装置 1 は、加工光 E L を目標照射領域 E A に照射すると共に、造形材料 M の供給を停止してもよい。また、造形物を造形したくない領域に目標照射領域 E A が設定されている場合に、加工装置 1 は、造形材料 M を目標照射領域 E A に供給すると共に、熔融

池MPができない強度の加工光ELを目標照射領域EAに照射してもよい。

[0119] 加工装置1は、このような構造層SLを造形するための動作を、制御装置17の制御下で、加工パス情報に基づいて繰り返し行う。具体的には、まず、加工装置1は、ワークWの表面に相当する造形面MS上に1層目の構造層SL#1を造形するための動作を、加工パス情報（特に、構造層SL#1を造形するための加工パスに関する情報）に基づいて行う。その結果、造形面MS上には、図11（a）に示すように、構造層SL#1が造形される。その後、加工装置1は、構造層SL#1の表面（つまり、上面）を新たな造形面MSに設定した上で、当該新たな造形面MS上に2層目の構造層SL#2を造形する。構造層SL#2を造形するために、制御装置17は、まず、ステージ131に対して加工ヘッド121がZ軸に沿って移動するように、ヘッド駆動系122及びステージ駆動系132の少なくとも一方を制御する。具体的には、制御装置17は、ヘッド駆動系122及びステージ駆動系132の少なくとも一方を制御して、目標照射領域EAが構造層SL#1の表面（つまり、新たな造形面MS）に設定されるように、+Z側に向かって加工ヘッド121を移動させる及び／又は-Z側に向かってステージ131を移動させる。その後、加工装置1は、制御装置17の制御下で、構造層SL#1を造形する動作と同様の動作で、加工パス情報（特に、構造層SL#2に対応する加工パスに関する情報）に基づいて、構造層SL#1上に構造層SL#2を造形する。その結果、図11（b）に示すように、構造層SL#2が造形される。以降、同様の動作が、ワークW上に造形すべき三次元構造物STを構成する全ての構造層SLが造形されるまで繰り返される。その結果、図11（c）に示すように、複数の構造層SLが積層された積層構造物によって、三次元構造物STが造形される。

[0120] 三次元構造物STを造形する過程で、加工装置1は、第1方向を向いているワークW（或いは、既に造形済みの造形物）の第1方向面に付加加工を行った後に、第1方向面とは異なる方向を向いている第2方向面に付加加工を行ってもよい。例えば、図12（a）に示すように、加工装置1は、ワーク

Wの第1方向面WS1に加工光ELを照射することで、第1方向面WS1に付加加工を行ってもよい。その後、図12(b)に示すように、加工装置1は、第1方向面WS1とは異なる方向を向いているワークWの第2方向面WS2に加工光ELを照射することで、第2方向面WS2に付加加工を行ってもよい。

[0121] この場合、加工装置1は、ワークWの第1方向面WS1に付加加工を行った後に、加工ヘッド121とステージ131との位置関係（特に、加工ヘッド121とワークWとの位置関係）を変更することで、ワークWの第2方向面WS2に付加加工を行ってもよい。例えば、加工装置1は、加工ヘッド121とステージ131との位置関係を、加工ヘッド121がワークWの第1方向面WS1に加工光ELを照射可能な位置関係から、加工ヘッド121がワークWの第2方向面WS2に加工光ELを照射可能な位置関係に変更してもよい。一例として、図12(b)に示すように、加工装置1は、加工ヘッド121とステージ131との相対姿勢を変更することで、加工ヘッド121とステージ131との位置関係を、加工ヘッド121がワークWの第1方向面WS1に加工光ELを照射可能な位置関係から、加工ヘッド121がワークWの第2方向面WS2に加工光ELを照射可能な位置関係に変更してもよい。尚、図12(b)に示す例では、加工装置1は、ステージ131の姿勢を変更している。

[0122] (2-2) キャリブレーション動作

続いて、図13を参照しながら、キャリブレーション動作について説明する。図13は、キャリブレーション動作の流れを示すフローチャートである。尚、キャリブレーション動作の説明で用いる「X軸、Y軸及びZ軸」は、特段の表記がない場合には、それぞれ、加工座標系におけるX軸、Y軸及びZ軸を意味するものとする。

[0123] 図13に示すように、まずは、ベースプレート50が保持具5に取り付けられる（ステップS101）。つまり、ベースプレート50が、保持具5の支持部材52のプレート固定部材521に固定される。保持具5が複数の支

持部材 52 を備えているがゆえに、ステップ S101 では、複数のベースプレート 50 が複数の支持部材 52 にそれぞれ取り付けられる。

[0124] 尚、ベースプレート 50 が保持具 5 に取り付けられてから後述するステップ S103 においてベースプレート 50 が加工されるまでの期間中にベースプレート 50 とプレート固定部材 521 との位置関係が変化しないのであれば、ベースプレート 50 はプレート固定部材 521 に固定されていなくてもよい。

[0125] 尚、本実施形態では、後に詳述するように、ステップ S101 で保持具 5 に取り付けられたベースプレート 50 に替えて、別のベースプレート 50 もまた保持具 5 に取り付けられる。このため、以下の説明では、ステップ S101 において保持具 5 に取り付けられるベースプレート 50 を、“ベースプレート 50A” と称する。ステップ S101 において保持具 5 に取り付けられるベースプレート 50A は、加工装置 1 によって加工されるベースプレート 50 として用いられる。このため、ベースプレート 50A は、加工用基準部材と称されてもよい。

[0126] ベースプレート 50A の一例が、図 14 に示されている。図 14 に示すように、ベースプレート 50A は、板状の部材（或いは、直方体形状の部材）であってもよい。ベースプレート 50A の上面は、加工装置 1 によって加工される基準面 501A として用いられる。基準面 501A は、典型的には平面である。基準面 501A は、保持具 5 が加工装置 1 に設置されている（特に、基準載置位置に載置されている）状況下で XY 平面に沿った平面となってもよい。但し、図 14 に示すベースプレート 50A は一例であり、図 14 に示すベースプレート 50A とは異なるベースプレート 50A が、図 13 のステップ S101 において保持具 5 に取り付けられてもよい。

[0127] 上述したように、複数の支持部材 52 は、X 軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの支持部材 52 を含んでいてもよい。このため、複数のベースプレート 50A もまた、X 軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つのベースプレート 50A を含んでいてもよい。つまり、

複数のベースプレート50Aは、X軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの基準面501Aをそれぞれ備える少なくとも二つのベースプレート50Aを含んでいてもよい。

[0128] 上述したように、複数の支持部材52は、Y軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの支持部材52を含んでいてもよい。このため、複数のベースプレート50Aもまた、Y軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つのベースプレート50Aを含んでいてもよい。つまり、複数のベースプレート50Aは、Y軸方向に沿って異なる位置に配置される少なくとも二つの基準面501Aをそれぞれ備える少なくとも二つのベースプレート50Aを含んでいてもよい。

[0129] 再び図13において、その後、ベースプレート50Aが取り付けられた保持具5が、加工装置1のステージ131に載置される（ステップS102）。つまり、保持具5が、ステージ131の基準載置位置に載置される（ステップS102）。尚、キャリブレーション動作が行われる場合には、保持具5には、ワークWが載置されていなくてもよい。或いは、キャリブレーション動作が行われる場合には、保持具5には、ワークWが載置されていてもよい。

[0130] その後、加工装置1は、保持具5に取り付けられたベースプレート50Aを加工する（ステップS103）。具体的には、加工装置1は、加工座標系内の所定の目標座標において加工を行うことで、ベースプレート50Aを加工する。例えば、加工装置1は、加工座標系内の所定の目標座標に加工光ELが照射可能となるように、ヘッド駆動系122を用いて、加工ヘッド121を移動させてもよい。その後、加工装置1は、所定の目標座標に加工光ELを照射することで、ベースプレート50Aを加工してもよい。つまり、加工装置1は、所定の目標座標に加工光ELを照射することで、所定の目標座標に、ベースプレート50Aの加工跡を形成してもよい。

[0131] 本実施形態では、図15（a）及び図15（b）に示すように、所定の目標座標が、少なくとも、X軸方向に沿った目標位置 $x\_target$ と、Y

軸方向に沿った目標位置  $y\_target$  とを含む例について説明する。但し、所定の目標座標は、Z 軸方向に沿った目標位置を含んでいてもよい。所定の目標座標 ( $x\_target$ 、 $y\_target$ ) は、ステージ 131 の基準載置位置に保持具 5 が載置された状態においてベースプレート 50A の基準面 501A が位置すると想定される座標であってもよい。ベースプレート 50A の基準部位 509 と所定の位置関係の目標座標 ( $x\_target$ 、 $y\_target$ ) を設定してもよい。例えば、ベースプレート 50A の角部 5091 は、基準部位 509 と X 軸方向及び Y 軸方向において同一位置とみなし、角部 5091 に対して所定の位置関係の目標座標 ( $x\_target$ 、 $y\_target$ ) を設定してもよい。あるいは、角部 5091 から X 軸方向に目標距離だけ離れた位置及び角部 5091 から Y 軸方向における目標距離だけ離れた位置を、目標座標 ( $x\_target$ 、 $y\_target$ ) として設定してもよい。

[0132] 図 15 (a) 及び図 15 (b) は更に、加工跡の一例を示している。図 15 (a) 及び図 15 (b) に示す例では、加工装置 1 は、互いに交差する二つの線状の加工跡を含む十字形状の加工跡を、ベースプレート 50A の基準面 501A (特に、所定の目標座標) に形成している。この場合、二つの線状の加工跡が交差する位置が、目標座標 ( $x\_target$ 、 $y\_target$ ) となるように、加工装置 1 は、ベースプレート 50A を加工してもよい。但し、加工装置 1 は、図 15 (a) 及び図 15 (b) に示す形状とは異なる形状を有する加工跡を形成してもよい。例えば、加工装置 1 は、点状の加工跡を形成してもよい。

[0133] 加工装置 1 がベースプレート 50A に形成すべき加工跡の特性は、予め定められていてもよいし、必要に応じて変更されてもよい。加工跡の特性は、加工跡の位置、形状及びサイズの少なくとも一つを含んでいてもよい。例えば、加工跡の特性は、キャリブレーション情報 3222 に要求される精度に応じて変更されてもよい。つまり、加工跡の特性は、キャリブレーション情報 3222 が示す保持具 5 の位置の精度として要求される精度に応じて変

更されてもよい。

[0134] 保持具5に複数のベースプレート50Aが取り付けられているがゆえに、加工装置1は、複数のベースプレート50Aを順に加工する。具体的には、加工装置1は、複数のベースプレート50Aにそれぞれ対応する複数の目標座標において順に加工を行うことで、複数のベースプレート50Aを順に加工する。

[0135] 再び図13において、ベースプレート50Aが加工された後に、加工されたベースプレート50Aが加工跡計測装置2に搬送される（ステップS104）。その後、加工されたベースプレート50Aが加工跡計測装置2に載置される（言い換えれば、設置される又は取り付けられる）される（ステップS104）。このため、まず、保持具5が加工装置1のステージ131から取り外され、且つ、保持具5からベースプレート50Aが取り外される。但し、保持具5が加工装置1のステージ131から取り外されることなく、保持具5からベースプレート50Aが取り外されてもよい。その後、ベースプレート50Aが加工跡計測装置2に搬送される。その後、ベースプレート50Aが加工跡計測装置2に載置される。或いは、ベースプレート50Aが保持具5から取り外されることなく、ベースプレート50Aが取り付けられたままの保持具5が、加工跡計測装置2に搬送され且つ載置されてもよい。保持具5に複数のベースプレート50Aが取り付けられている場合には、保持具5から取り外された複数のベースプレート50Aが、加工跡計測装置2に順に搬送され且つ載置されてもよい。

[0136] 尚、上述したように加工装置1と加工跡計測装置2とが一体化されている場合には、加工システムSYSは、ステップS104における動作を行わなくてもよい。この場合、加工装置1（加工跡計測装置2）は、ステージ131に載置された保持具5に取り付けられているベースプレート50Aの加工跡を計測してもよい。

[0137] その後、加工跡計測装置2は、ベースプレート50Aの加工跡の位置を計測する（ステップS105）。複数のベースプレート50Aが加工跡計測装

置 2 に順に載置される場合には、加工跡計測装置 2 は、複数のベースプレート 50A の加工跡の位置を順に計測する。本実施形態では、加工跡計測装置 2 が、少なくとも、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一つに沿った加工跡の位置を計測する例について説明する。但し、加工跡計測装置 2 は、Z 軸方向に沿った加工跡の位置を計測してもよい。

[0138] 加工跡計測装置 2 による加工跡の位置の計測は、加工跡の位置を直接的に又は間接的に示す情報の取得を意味していてもよい。例えば、上述したように加工跡計測装置 2 が、ベースプレート 50A を撮像することで加工跡の位置を計測可能な計測装置（典型的には、撮像装置）である場合には、加工跡の位置の計測は、ベースプレート 50A の撮像を意味していてもよい。この場合、加工跡の位置の計測結果を示す加工跡位置情報は、ベースプレート 50A を撮像することで生成される画像を含んでいてもよい。この場合、画像に加工跡が写り込んでいるがゆえに、加工跡が写り込んだ画像は、加工跡の位置を直接的に又は間接的に示す情報であると言える。加工跡計測装置 2 は、この画像を、加工跡位置情報として計測システム 3 に送信してもよい。

[0139] 加工跡が上述した十字形状の加工跡である（或いは、互いに交差する複数の加工跡を含む）場合には、加工跡計測装置 2 は、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として計測してもよい。一例として、加工跡計測装置 2 は、加工跡を取り囲む仮想的な外枠と一つの線状の加工跡とが交差する二つの点の位置を計測し、当該二つの点を結ぶ線の位置を、一つの線状の加工跡の位置として計測してもよい。その後、加工跡計測装置 2 は、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として計測してもよい。

[0140] 加工跡が上述した十字形状の加工跡である（或いは、互いに交差する複数の加工跡を含む）場合には、加工跡計測装置 2 は、複数の加工跡のうちの加工システム S Y S のユーザが指定した少なくとも二つの加工跡の位置を計測してもよい。その後、加工跡計測装置 2 は、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として計測してもよい。或いは、加工跡が任意の形状の加工跡である場合には、加工跡計測装置 2 は、加工跡のうちの加工システム

S Y S のユーザが指定した部位の位置を、加工跡の位置として計測してもよい。

[0141] ユーザは、加工跡計測装置 2 が備える不図示の表示装置に表示された加工跡計測装置 2 の計測結果に関する情報を参照しながら、加工跡計測装置 2 が計測する加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。例えば、加工跡計測装置 2 がベースプレート 50A を撮像することで加工跡が写り込んだ画像を生成する場合には、ユーザは、加工跡が写り込んだ画像を参照しながら、加工跡計測装置 2 が計測する加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。この場合、ユーザは、表示装置に表示された画像内において加工跡の位置を指定し、その後、表示装置は、指定された位置を中心に画像を拡大して加工跡を拡大表示し、ユーザは、拡大表示された画像を参照しながら、加工跡計測装置 2 が計測する加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。

[0142] 加工跡計測装置 2 は、加工跡の位置を計測することに加えて又は代えて、ベースプレート 50A の基準部位 509 の位置を計測してもよい。この場合、加工跡計測装置 2 は、ベースプレート 50A の基準部位 509 と加工跡の位置との間の位置関係に関する情報を、加工跡位置情報として出力してもよい。例えば、加工跡計測装置 2 は、ベースプレート 50A の基準部位 509 に対する加工跡の位置に関する情報を、加工跡位置情報として出力してもよい。

[0143] 加工跡計測装置 2 は、加工跡の位置を計測することに加えて又は代えて、ベースプレート 50A の基準部位 509 と既知の位置関係にあるベースプレート 50A の部位である準基準部位 508（図 15（a）及び図 15（b）参照）の位置を計測してもよい。ベースプレート 50A の準基準部位 508 の一例として、ベースプレート 50A の角部（例えば、頂点）があげられる。特に、ベースプレート 50A の準基準部位 508 は、加工跡計測装置 2 が直接的に計測可能な部位であってもよい。この場合、加工跡計測装置 2 は、ベースプレート 50A の準基準部位 508 の位置と加工跡の位置との間の関係に関する情報を、加工跡位置情報として出力してもよい。例えば、加工跡

計測装置 2 は、ベースプレート 5 0 A の準基準部位 5 0 8 の位置に対する加工跡の位置に関する情報を、加工跡位置情報として出力してもよい。

[0144] ベースプレート 5 0 A は、加工跡計測装置 2 内において機械的に予め定められた位置に載置されてもよい。特に、ベースプレート 5 0 A は、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 が加工跡計測装置 2 内において機械的に予め定められたい位置に位置するように、加工跡計測装置 2 に載置されてもよい。この場合、加工跡計測装置 2 にとって、ベースプレート 5 0 A の位置（特に、基準部位 5 0 9 の位置）に関する情報は、既知の情報となる。この場合、加工跡計測装置 2 は、加工跡の位置を計測することで、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 又は準基準部位 5 0 8 の位置に対する加工跡の位置に関する情報を、加工跡位置情報として出力することができる。

[0145] ベースプレート 5 0 A の頂点が基準部位 5 0 9 として用いられる場合には、加工跡計測装置 2 は、基準部位 5 0 9 に相当する頂点で交差するベースプレート 5 0 A の少なくとも二つの辺の位置を計測することで、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 又は準基準部位 5 0 8 の位置を計測してもよい。例えば、図 1 5 (b) に示す例では、加工跡計測装置 2 は、図 1 5 (b) 中のベースプレート 5 0 A の左の辺及び下の辺の位置を計測してもよい。この場合、少なくとも二つの辺が交差する位置が、基準部位 5 0 9 の位置となり、少なくとも二つの辺が交差する位置と既知の位置関係にあるベースプレート 5 0 A の部位の位置が、準基準部位 5 0 8 の位置となる。その結果、加工跡計測装置 2 は、加工跡の位置を計測することで、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 又は準基準部位 5 0 8 の位置に対する加工跡の位置に関する情報を、加工跡位置情報として出力することができる。

[0146] 加工システム S Y S のユーザが、加工跡計測装置 2 に対して、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 又は準基準部位 5 0 8 の位置に関する情報を入力してもよい。その結果、加工跡計測装置 2 は、加工跡の位置を計測することで、ベースプレート 5 0 A の基準部位 5 0 9 又は準基準部位 5 0 8 の位置に対する加工跡の位置に関する情報を、加工跡位置情報として出力すること

ができる。

[0147] 再び図13において、保持具5からベースプレート50Aが取り外された後、新たにベースプレート50（以降、“ベースプレート50B”と称する）が保持具5に取り付けられる（ステップS111）。つまり、ベースプレート50Aに替えて、ベースプレート50Bが保持具5に取り付けられる。具体的には、ベースプレート50Bが、保持具5の支持部材52のプレート固定部材521に固定される。保持具5が複数の支持部材52を備えているがゆえに、ステップS111では、複数のベースプレート50Bが複数の支持部材52にそれぞれ取り付けられる。ステップS111において保持具5に取り付けられるベースプレート50Bは、加工装置1によって計測されるベースプレート50として用いられる。このため、ベースプレート50Bは、計測用基準部材と称されてもよい。

[0148] 尚、保持具5からベースプレート50Aが取り外される場合には、加工装置1は、上述した加工跡計測装置2による加工跡の計測と並行して、ベースプレート50Bを計測してもよい。つまり、図13のステップS105の動作と、図13のステップS113の動作とが並行して行われてもよい。この場合、キャリブレーション動作のスループットが向上する。

[0149] また、保持具5からベースプレート50Aが取り外される場合には、後述する加工パス生成動作において、形状計測装置31は、上述した加工跡計測装置2による加工跡の計測と並行して、ワークWを実際に保持した保持具5を計測してもよい。つまり、図13のステップS105の動作と、後述する図20のステップS204の動作とが並行して行われてもよい。つまり、図13に示すキャリブレーション動作の一部と、後述する図20に示す加工パス生成動作の一部とが並行して行われてもよい。この場合、キャリブレーション情報3222は、加工パス生成動作が開始した後に生成されてもよい。つまり、キャリブレーション情報3222は、ワークWを実際に保持した保持具5が形状計測装置31に載置された後に生成されてもよい。

[0150] ベースプレート50Bの一例が、図16（a）及び図16（b）に示され

ている。図16(a)及び図16(b)に示すように、ベースプレート50Bの形状は、ベースプレート50Aの形状とは異なる。図16(a)及び図16(b)に示す例では、ベースプレート50Bは、第1プレート部501Bと、第1プレート部501Bから上方に突き出た第2プレート部502Bとを含む。第1プレート部501Bの上面は、加工装置1によって計測される基準面503Bとして用いられてもよい。第2プレート部502Bの上面は、加工装置1によって計測される基準面504Bとして用いられてもよい。基準面503Bの高さは、基準面504Bの高さと異なる。

[0151] このように凸部に相当する第2プレート部502Bをベースプレート50Bが備えている理由の一つとして、後述する加工パス生成動作において、形状計測装置31が、保持具5及びワークWの三次元形状を計測する（つまり、計測座標系における保持具5の表面の各点及びワークWの表面の各点の三次元位置を計測する）ことである。形状計測装置31が保持具5の三次元形状を測定することは、形状計測装置31がベースプレート50Bの三次元形状を計測する（つまり、計測座標系におけるベースプレート50Bの位置を計測する）ことを含む。この場合、ベースプレート50Bが第2プレート部502Bを備えていない場合と比較して、形状計測装置31は、ベースプレート50Bの三次元形状をより適切に計測することができる。

[0152] ベースプレート50Bが支持部材52に取り付けられた状態において、基準面503B及び504Bの少なくとも一つと支持部材52の基準部位522との位置関係に関する情報は、加工システムSYSにおいて既知の情報であってもよい。例えば、Z軸方向における基準面503Bと基準部位522との位置関係に関する情報は、加工システムSYSにおいて既知の情報であってもよい。例えば、Z軸方向における基準面504Bと基準部位522との位置関係に関する情報（例えば、図16(b)に示す、Z軸方向における基準面504Bと基準部位522との間の距離 $\Delta z$ に関する情報）は、加工システムSYSにおいて既知の情報であってもよい。尚、上述したように支持部材52の基準部位522がベースプレート50Bの基準部位509に接

触するがゆえに、基準面503B及び504Bの少なくとも一つとベースプレート50Bの基準部位509との位置関係に関する情報が、加工システムSYSにおいて既知の情報であるとみなしてもよい。

[0153] 第2プレート部502Bの平面視の形状は、非点対称となる形状であってもよい。特に、第2プレート部502Bの基準面504Bの平面視の形状は、非点対称となる形状であってもよい。図16(a)に示す例では、基準面504Bの平面視の形状は、四角形の一つの頂点を切り取ることで得られる形状（実質的には、五角形）となっている。つまり、基準面504Bの平面視の形状は、一部に切り欠きが形成された形状となっている。更に、ベースプレート50Bの基準部位509（つまり、保持具5の基準部位522）と第2プレート部502Bとは、所定の位置関係を有していてもよい。例えば、図16(a)に示す例では、切り欠きに対して基準面504Bの対角方向に沿って対向する基準面504Bの頂点が、ベースプレート50Bの基準部位509（つまり、保持具5の基準部位522）に設定されている。この場合、基準面504Bの平面視の形状が点対称となる形状である場合と比較して、後述する加工パス生成動作において、加工パス生成装置32は、ベースプレート50Bの基準部位509（つまり、保持具5の基準部位522）を適切に特定することができる。

[0154] ベースプレート50Bの特性（一例として、第2プレート部502Bの特性）は、予め定められていてもよいし、必要に応じて変更されてもよい。ベースプレート50Bの特性は、ベースプレート50Bの位置、形状及びサイズの少なくとも一つを含んでいてもよい。例えば、ベースプレート50Bの特性は、キャリブレーション情報3222に要求される精度に応じて変更されてもよい。つまり、ベースプレート50Bの特性は、キャリブレーション情報3222が示す保持具5の位置の精度として要求される精度に応じて変更されてもよい。ベースプレート50Aの特性についても同様である。

[0155] 但し、図16(a)及び図16(b)に示すベースプレート50Bは一例であり、図16(a)及び図16(b)に示すベースプレート50Bとは異

なるベースプレート50Bが、図13のステップS111において保持具5に取り付けられてもよい。或いは、ベースプレート50Aと同じ形状を有するベースプレート50Bが、ステップS111において保持具5に取り付けられてもよい。

[0156] 或いは、加工装置1によって加工されるベースプレート50Aが、ステップS111において保持具5に取り付けられてもよい。つまり、ベースプレート50Aが、ベースプレート50Bとして流用されてもよい。この場合、加工跡計測装置2によって加工跡の位置が計測されたベースプレート50Aが、ステップS111において再度保持具5に取り付けられてもよい。或いは、ステップS101においてベースプレート50Aが保持具5に取り付けられた後に、加工装置1がベースプレート50Aを加工する前に、加工装置1がベースプレート50Aの位置を計測してもよい。その後、加工装置1がベースプレート50Aを加工してもよい。この場合、ベースプレート50Aを保持具5から取り外した後に再度保持具5に取り付ける必要がなくなる。

[0157] 或いは、加工装置1によって計測されるベースプレート50Bが、ステップS101において保持具5に取り付けられてもよい。つまり、ベースプレート50Bが、ベースプレート50Aとして流用されてもよい。この場合、加工跡計測装置2によって加工跡の位置が計測されたベースプレート50Bが、ステップS111において再度保持具5に取り付けられてもよい。或いは、ステップS101においてベースプレート50Bが保持具5に取り付けられた後に、加工装置1がベースプレート50Bを加工する前に、加工装置1がベースプレート50Bの位置を計測してもよい。その後、加工装置1がベースプレート50Bを加工してもよい。この場合、ベースプレート50Bを保持具5から取り外した後に再度保持具5に取り付ける必要がなくなる。

[0158] 上述したように、複数の支持部材52のうちの少なくとも二つの高さが異なってもよい。このため、複数のベースプレート50Bのうちの少なくとも二つの高さもまた、異なってもよい。例えば、複数のベースプレート50Bのうちの少なくとも二つが備える少なくとも二つの基準面503B

の高さが、異なってもよい。つまり、少なくとも二つの基準面503Bは、それぞれ、Z軸方向において異なる位置に位置していてもよい。例えば、複数のベースプレート50Bのうちの少なくとも二つが備える少なくとも二つの基準面504Bの高さが、異なってもよい。つまり、少なくとも二つの基準面504Bは、それぞれ、Z軸方向において異なる位置に位置していてもよい。

[0159] 再び図13において、その後、ベースプレート50Bが取り付けられた保持具5が、加工装置1のステージ131に載置される（ステップS112）。つまり、保持具5が、ステージ131の基準載置位置に載置される（ステップS112）。

[0160] その後、加工装置1は、ベースプレート50Bの位置を計測する（ステップS113）。つまり、加工装置1は、加工装置1内において、ベースプレート50Bの位置に関する情報を取得する。具体的には、加工装置1は、加工座標系におけるベースプレート50Bの位置を計測する。例えば、加工装置1は、ベースプレート50Bの基準面503Bの位置を、ベースプレート50Bの位置として計測してもよい。例えば、加工装置1は、ベースプレート50Bの基準面504Bの位置を、ベースプレート50Bの位置として計測してもよい。以下の説明では、加工装置1が、ベースプレート50Bの基準面504Bの位置を、ベースプレート50Bの位置として計測する例について説明する。

[0161] 本実施形態では、加工装置1が、少なくともZ軸方向におけるベースプレート50Bの位置（つまり、ベースプレート50Bの高さであり、以下、Z軸方向における位置を、“Z位置”と称する）を計測する例について説明する。この場合、加工装置1は、Z軸方向における基準面504Bの位置（つまり、基準面504Bの高さ）を計測してもよい。

[0162] 加工装置1は、複数のガイド光照射装置124と撮像装置14とを用いて、基準面504BのZ位置を計測する。具体的には、上述したように、複数のガイド光照射装置124からそれぞれ射出される複数のガイド光GLは、

加工ヘッド121の下方の所定の交差位置において互いに交差する。このため、基準面504Bが交差位置に位置している場合には、図17(a)及び図17(b)に示すように、基準面504B上において、複数のガイド光GLが交差する。その結果、複数のガイド光GLは、基準面504B上において単一のビームスポットを形成する。一方で、基準面504Bが交差位置に位置していない場合には、図17(c)及び図17(d)に示すように、基準面504B上において、複数のガイド光GLが交差することはない。その結果、複数のガイド光GLは、基準面504B上において複数のビームスポットをそれぞれ形成する。このため、複数のガイド光GLが基準面504B上において単一のビームスポットを形成している場合には、基準面504Bは、Z軸方向において、加工ヘッド121を基準に定まる交差位置に位置していることになる。つまり、Z軸方向における基準面504BのZ位置が特定可能となる。

[0163] そこで、制御装置17は、撮像装置14が複数のガイド光GLの状態（特に、基準面504B上での複数のガイド光GLの状態）を撮像することで生成される画像に基づいて、複数のガイド光GLが基準面504B上において単一のビームスポットを形成するように、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一つをZ軸方向に沿って移動させる。その後、複数のガイド光GLが基準面504B上において単一のビームスポットを形成した場合には、制御装置17は、位置計測装置123から、加工座標系における加工ヘッド121の位置（特に、Z位置）に関する情報を取得する。加工座標系における加工ヘッド121のZ位置が決まると、加工座標系における交差位置が決まる。加工座標系における交差位置が決まると、加工座標系における基準面504BのZ位置が決まる。なぜならば、基準面504Bが交差位置に位置しているからである。加工座標系における基準面504BのZ位置が決まると、加工座標系における保持具5の基準部位522のZ位置が決まる。なぜならば、上述したように、Z軸方向における基準面504Bと基準部位522との位置関係に関する情報が、加工システムSYSにおいて既知の

情報であるからである。このため、複数のガイド光GLが基準面504B上において単一のビームスポットを形成している状態での加工座標系における加工ヘッド121の位置（特に、Z位置）に関する情報は、基準面504BのZ位置を間接的に示す情報であると言える。加工装置1は、この加工ヘッド121の位置（特に、Z位置）に関する情報を、ベースプレート50の位置の計測結果を示すプレート位置情報として計測システム3に送信してもよい。

[0164] 尚、加工装置1は、複数のガイド光照射装置124及び撮像装置14を用いる方法とは異なる方法で、基準面504Bの位置を計測してもよい。例えば、加工装置1は、基準面504Bに対して光を照射してから基準面504Bから光が戻ってくるまでに要する時間を計測するタイム・オブ・フライト法を用いて、基準面504Bの位置を計測してもよい。例えば、加工装置1は、基準面504Bを介した光と基準面504Bを介していない光とが干渉することで生成される干渉光を検出する光干渉法を用いて、基準面504Bの位置を計測してもよい。この場合、光干渉法で用いられる光は、光コム光源が生成した光であってもよい。例えば、加工装置1は、上述した形状計測ヘッド311による非接触計測方法を用いて、基準面504Bの位置を計測してもよい。例えば、加工装置1は、基準面504Bに接触するプローブを用いた接触計測方法を用いて、基準面504Bの位置を計測してもよい。

[0165] 保持具5に複数のベースプレート50Bが取り付けられているがゆえに、加工装置1は、複数のベースプレート50Bの位置を順に計測する。その結果、加工装置1は、複数のベースプレート50の位置の計測結果を示すプレート位置情報を、計測システム3に送信してもよい。尚、加工装置1は、複数のガイド光照射装置124及び撮像装置14を含むZ位置計測装置を複数備えていてもよい。この場合、加工装置1は、複数のZ位置計測装置を用いて、複数のベースプレート50Bの位置をそれぞれ同時に計測してもよい。

[0166] 再び図13において、その後、計測システム3（特に、加工パス生成装置32のキャリブレーション部3211）は、キャリブレーション情報322

2を生成する（ステップS 1 2 1）。具体的には、キャリブレーション部3 2 1 1は、ステップS 1 0 5において加工跡計測装置2が取得した加工跡位置情報を、加工跡計測装置2から取得する。更に、キャリブレーション部3 2 1 1は、ステップS 1 1 3において加工装置1が取得したプレート位置情報を、加工装置1から取得する。その後、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報及びプレート位置情報に基づいて、キャリブレーション情報3 2 2 2を生成する。

[0167] キャリブレーション情報3 2 2 2を生成するために、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報に基づいて、加工座標系における保持具5の基準部位5 2 2のX軸方向における位置を算出してもよい。以下、X軸方向における位置を、“X位置”と称する。更に、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報に基づいて、加工座標系における保持具5の基準部位5 2 2のY軸方向における位置を算出してもよい。以下、Y軸方向における位置を、“Y位置”と称する。

[0168] 具体的には、図1 8に示すように、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報に基づいて、ベースプレート5 0 Aの加工跡とベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9との位置関係を算出してもよい。加工跡計測装置2がベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9の位置を計測する場合には、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報に基づいて、ベースプレート5 0 Aの加工跡とベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9との位置関係を算出してもよい。加工跡計測装置2がベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9と既知の位置関係にあるベースプレート5 0 Aの部位である準基準部位5 0 8の位置を計測する場合には、キャリブレーション部3 2 1 1は、加工跡位置情報に基づいて、準基準部位5 0 8と既知の位置関係にあるベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9の位置を算出してもよい。その後、ベースプレート5 0 Aの加工跡とベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9との位置関係を算出してもよい。ベースプレート5 0 Aの加工跡とベースプレート5 0 Aの基準部位5 0 9との位置関係を算出する動作は、ベースプレート5 0 Aの加

工跡とベースプレート50Aの基準部位509とのX軸方向における距離 $\Delta x$ を算出する動作を含んでいてもよい。ベースプレート50Aの加工跡とベースプレート50Aの基準部位509との位置関係を算出する動作は、ベースプレート50Aの加工跡とベースプレート50Aの基準部位509とのY軸方向における距離 $\Delta y$ を算出する動作を含んでいてもよい。その後、キャリブレーション部3211は、加工座標系におけるベースプレート50Aの基準部位509のX位置及びY位置の少なくとも一つを算出してもよい。例えば、加工座標系内の所定の目標座標( $x\_target$ 、 $y\_target$ )にベースプレート50Aの加工跡が形成されているがゆえに、加工座標系における加工跡のX位置及びY位置は、それぞれ、X軸方向に沿った目標位置 $x\_target$ 及びY軸方向に沿った目標位置 $y\_target$ に相当する。この場合、キャリブレーション部3211は、加工跡のX位置 $x\_target$ に対して、加工跡情報に基づいて算出した距離 $\Delta x$ を加算する(或いは、場合によっては減算する)ことで、加工座標系におけるベースプレート50Aの基準部位509のX位置を算出してもよい。キャリブレーション部3211は、加工跡のY位置 $y\_target$ に対して、加工跡情報に基づいて算出した距離 $\Delta y$ を加算する(或いは、場合によっては減算する)ことで、加工座標系におけるベースプレート50Aの基準部位509のY位置を算出してもよい。更に、上述したようにベースプレート50Aの基準部位509が保持具5の基準部位522に接触するがゆえに、ベースプレート50Aの基準部位509のX位置及びY位置は、それぞれ、保持具5の基準部位522のX位置及びY位置と等価である。その結果、キャリブレーション部3211は、ベースプレート50Aの基準部位509のX位置及びY位置に関する情報を、保持具5の基準部位522のX位置及びY位置に関する情報として取得する。

[0169] 尚、キャリブレーション部3211が行う動作の少なくとも一部が、加工跡計測装置2によって行われてもよい。例えば、加工跡計測装置2は、ベースプレート50Aの加工跡とベースプレート50Aの基準部位509との位

置関係を算出してもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、加工跡計測装置2が算出した位置関係に基づいて、保持具5の基準部位522のX位置及びY位置を算出してもよい。

[0170] 逆に、加工跡計測装置2が行う動作の少なくとも一部が、キャリブレーション部3211によって行われてもよい。例えば、加工跡が上述した十字形状の加工跡である（或いは、互いに交差する複数の加工跡を含む）場合には、キャリブレーション部3211は、加工跡位置情報（例えば、加工跡を撮像することで生成される画像）に基づいて、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として算出してもよい。一例として、キャリブレーション部3211は、加工跡を取り囲む仮想的な外枠と一つの線状の加工跡とが交差する二つの点の位置を計算出、当該二つの点を結ぶ線の位置を、一つの線状の加工跡の位置として算出してもよい。その後、キャリブレーション部3211は、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として算出してもよい。その後、キャリブレーション部3211は、加工跡の位置に基づいて、保持具5の基準部位522のX位置及びY位置を算出してもよい。或いは、例えば、加工跡が上述した十字形状の加工跡である（或いは、互いに交差する複数の加工跡を含む）場合には、キャリブレーション部3211は、複数の加工跡のうちの加工システムS Y Sのユーザが指定した少なくとも二つの加工跡の位置を算出してもよい。その後、キャリブレーション部3211は、複数の線状の加工跡の交点の位置を、加工跡の位置として算出してもよい。或いは、例えば、加工跡が任意の形状の加工跡である場合には、キャリブレーション部3211は、加工跡のうちの加工システムS Y Sのユーザが指定した部位の位置を、加工跡の位置として算出してもよい。

[0171] ユーザは、加工パス生成装置32が備える出力装置325（特に、その一例である表示装置に表示された加工跡位置情報を参照しながら、加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。例えば、加工跡計測装置2がベースプレート50Aを撮像することで加工跡が写り込んだ画像を生成する場合には、ユーザは、加工跡が写り込んだ画像を参照しながら、加工跡計測装置2が

計測する加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。この場合、ユーザは、出力装置 3 2 5 に表示された画像内において加工跡の位置を指定し、その後、出力装置 3 2 5 は、指定された位置を中心に画像を拡大して加工跡を拡大表示し、ユーザは、拡大表示された画像を参照しながら、加工跡（或いは、その部位）を指定してもよい。

[0172] 尚、ステップ S 1 0 2 において、保持具 5 を加工装置 1 の基準載置位置に載置した場合に、載置誤差（取り付け誤差）などがなければ、算出される基準部位 5 2 2 の加工座標系における X 位置及び Y 位置は、設計通りの位置となる。実際には、そのような誤差により、算出される基準部位 5 2 2 の加工座標系における X 位置、Y 位置は、設計上の位置からずれることがある。キャリブレーション部 3 2 1 1 は、基準部位 5 2 2 の X 位置及び Y 位置の設計上の位置からのずれの情報を、保持具 5 の基準部位 5 2 2 の X 位置及び Y 位置に関する情報として取得してもよい。

[0173] 上述したように保持具 5 に複数のベースプレート 5 0 A が取り付けられるがゆえに、保持具 5 は、複数のベースプレート 5 0 A にそれぞれ対応する複数の基準部位 5 2 2 を備えている。この場合、キャリブレーション部 3 2 1 1 は、複数の基準部位 5 2 2 のそれぞれの X 位置及び Y 位置を算出してもよい。

[0174] キャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成するために、キャリブレーション部 3 2 1 1 は更に、プレート位置情報に基づいて、保持具 5 の基準部位 5 2 2 の Z 軸方向における位置（つまり、Z 位置）を算出してもよい。具体的には、上述したように、プレート位置情報は、複数のガイド光 G L が基準面 5 0 4 B 上において単一のビームスポットを形成している状態での加工座標系における加工ヘッド 1 2 1 の位置（特に、Z 位置）を示している。つまり、プレート位置情報は、複数のガイド光 G L が交差する交差位置に基準面 5 0 4 B が位置している状態での加工座標系における加工ヘッド 1 2 1 の位置（特に、Z 位置）を示している。このため、図 1 9 に示すように、キャリブレーション部 3 2 1 1 は、プレート位置情報が示す加工ヘッド 1 2 1 の位置に

対して、Z軸方向における加工ヘッド121と交差位置との間の距離 $\Delta z1$ を加算する（或いは、場合によっては減算する）ことで、加工座標系における基準面504BのZ位置を算出してもよい。この場合、Z軸方向における加工ヘッド121と交差位置との間の距離 $\Delta z1$ に関する情報は、加工システムSYSにおいて既知の情報であってもよい。尚、距離 $\Delta z1$ の情報を使わずに、複数のガイド光GLが交差する交差位置を、加工座標系における加工ヘッド121の位置としてもよい。また、図19に示すように、キャリブレーション部3211は、基準面504BのZ位置に対して、Z軸方向における基準面504Bと保持具5の基準部位522との間の距離 $\Delta z2$ を加算する（或いは、場合によっては減算する）ことで、加工座標系における基準部位522のZ位置を算出してもよい。この場合、Z軸方向における基準面504Bと基準部位522との間の距離 $\Delta z2$ に関する情報は、加工システムSYSにおいて既知の情報であってもよい。尚、距離 $\Delta z1$ の情報を使わずに、複数のガイド光GLが交差する交差位置を、加工座標系における加工ヘッド121の位置としてもよい。

[0175] 上述したように保持具5に複数のベースプレート50Bが取り付けられるがゆえに、保持具5は、複数のベースプレート50Bにそれぞれ対応する複数の基準部位522を備えている。この場合、キャリブレーション部3211は、複数の基準部位522のそれぞれのZ位置を算出してもよい。

[0176] その後、キャリブレーション部3211は、加工座標系における複数の基準部位522の位置（つまり、X位置、Y位置及びZ位置）に基づいて、加工座標系における保持具5の位置を算出してもよい。例えば、キャリブレーション部3211は、保持具5のX位置、Y位置及びZ位置の少なくとも一つを算出してもよい。例えば、キャリブレーション部3211は、X軸周りの回転方向である $\theta X$ 方向における保持具5の位置（ $\theta X$ 位置）を算出してもよい。例えば、キャリブレーション部3211は、Y軸周りの回転方向である $\theta Y$ 方向における保持具5の位置（ $\theta Y$ 位置）を算出してもよい。例えば、キャリブレーション部3211は、Z軸周りの回転方向である $\theta Z$ 方向

における保持具5の位置( $\theta$ Z位置)を算出してもよい。

[0177] 一例として、キャリブレーション部3211は、一つの基準部位522のX位置及びY位置に基づいて、保持具5のX位置、Y位置及び $\theta$ Z位置のいずれか一つを算出してもよい。キャリブレーション部3211は、二つの基準部位522のX位置及びY位置に基づいて、保持具5のX位置、Y位置及び $\theta$ Z位置のいずれか二つを算出してもよい。キャリブレーション部3211は、少なくとも三つの基準部位522のX位置及びY位置に基づいて、保持具5のX位置、Y位置及び $\theta$ Z位置を算出してもよい。

[0178] 但し、キャリブレーション部3211は、保持具5のX位置、Y位置及び $\theta$ Z位置を算出しなくてもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、基準部位522のX位置及びY位置を算出しなくてもよい。加工装置1は、ベースプレート50Aを加工しなくてもよい。加工跡計測装置2は、ベースプレート50Aの加工跡を計測しなくてもよい。加工システムSYSは、加工跡計測装置2を備えていなくてもよい。

[0179] 他の一例として、キャリブレーション部3211は、一つの基準部位522のZ位置に基づいて、保持具5のZ位置、 $\theta$ X位置及び $\theta$ Y位置のいずれか一つを算出してもよい。キャリブレーション部3211は、二つの基準部位522のZ位置に基づいて、保持具5のZ位置、 $\theta$ X位置及び $\theta$ Y位置のいずれか二つを算出してもよい。キャリブレーション部3211は、少なくとも三つの基準部位522のZ位置に基づいて、保持具5のZ位置、 $\theta$ X位置及び $\theta$ Y位置を算出してもよい。

[0180] 但し、キャリブレーション部3211は、保持具5のZ位置、 $\theta$ X位置及び $\theta$ Y位置を算出しなくてもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、基準部位522のZ位置を算出しなくてもよい。加工装置1は、ベースプレート50Bを計測しなくてもよい。加工装置1は、複数のガイド光照射装置124と、撮像装置14とを備えていなくてもよい。

[0181] その後、キャリブレーション部3211は、算出した保持具5の位置に関する保持具位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部

として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンを示す組み合わせ情報3223と共に、保持具位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。

[0182] キャリブレーション部3211は、複数の基準部位522のそれぞれの位置を示す基準位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンを示す組み合わせ情報3223と共に、基準位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。

[0183] キャリブレーション部3211は、加工跡計測装置2から取得した加工跡位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンを示す組み合わせ情報3223と共に、加工跡位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。

[0184] キャリブレーション部3211は、加工装置1から取得したプレート位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。この場合、キャリブレーション部3211は、加工装置1と保持具5との組み合わせのパターンを示す組み合わせ情報3223と共に、プレート位置情報を、キャリブレーション情報3222の少なくとも一部として、キャリブレーション情報DB3220に格納してもよい。

[0185] 加工システムSYSは、以上説明したキャリブレーション動作を、加工装置1と保持具5の組み合わせのパターン毎に行う。その結果、加工装置1

と保持具5との組み合わせのパターン毎のキャリブレーション情報3222が生成（つまり、取得）される。

[0186] 加工システムSYSは、一の加工装置1がワークWの加工を開始する前に、キャリブレーション動作を行う。ここで、ワークWを加工する一の加工装置1とワークWを保持する一の保持具5との組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222がキャリブレーション情報DB3220に格納されていない場合には、加工システムSYSは、一の加工装置1及び一の保持具5を用いてキャリブレーション動作を行う。一方で、一の加工装置1と一の保持具5との組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222がキャリブレーション情報DB3220に既に格納されている場合には、加工システムSYSは、一の加工装置1及び一の保持具5を用いてキャリブレーション動作を新たに行わなくてもよい。この場合、計測システム3（特に、加工パス生成装置32）は、キャリブレーション情報DB3220に既に格納されているキャリブレーション情報3222を用いて、一の保持具5に保持されたワークWを加工する一の加工装置1を制御するための加工パス情報を生成してもよい。

[0187] 但し、一の加工装置1と一の保持具5との組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222がキャリブレーション情報DB3220に既に格納されている場合であっても、加工システムSYSは、一の加工装置1及び一の保持具5を用いてキャリブレーション動作を新たに行って、キャリブレーション情報3222を更新してもよい。例えば、加工装置1が実際にワークWを加工する場合には、ワークWが保持具5に載置される。加工システムSYSは、ワークWが保持具5に載置された後に、上述したキャリブレーション動作を行ってもよい。或いは、ステージ131及び保持具5等の少なくとも一つが劣化（例えば、変形又は摩耗等）することもあるので、加工システムSYSは、使用回数及び前回のキャリブレーション動作からの経過時間等の少なくとも一つに基づいて、再度キャリブレーション動作を行ってもよい。

[0188] (2-3) 加工パス生成動作

続いて、図20を参照しながら、加工パス生成動作について説明する。図20は、加工パス生成動作の流れを示すフローチャートである。

[0189] 図20に示すように、まずは、ベースプレート50が保持具5に取り付けられる(ステップS201)。ステップS201では、上述したキャリブレーション動作において保持具5に取り付けられたベースプレート50Bが、保持具5に取り付けられる。但し、上述のステップS111の後など、保持具5にベースプレート50Bが付いている場合には、ステップS201を省略してもよい。尚、ベースプレート50Bとは異なるベースプレート50が、保持具5に取り付けられてもよい。ステップS201の動作と並行して又は相前後して、加工装置1が実際に加工すべきワークWが、保持具5に載置される(ステップS202)。つまり、ワークWが保持具5によって保持される。

[0190] その後、ベースプレート50Bが取り付けられ且つワークWを保持している保持具5が、形状計測装置31のステージ313に載置される(ステップS203)。このため、搬送装置4は、保持具5を計測システム3に搬送する。その後、搬送された保持具5は、ステージ313に載置される。

[0191] 尚、保持具5がステージ313に載置される前に、保持具5が保持するワークWの表面に表面処理が施されていてもよい。表面処理の一例として研磨があげられる。例えば、サンドブラストによって、ワークWの表面が研磨されてもよい。

[0192] その後、形状計測装置31は、ステージ313に載置された保持具5及び保持具5が保持するワークWのそれぞれの三次元形状を計測する(ステップS204)。特に、形状計測装置31は、保持具5の三次元形状として、保持具5に取り付けられたベースプレート50Bの三次元形状を計測してもよい。形状計測装置31は、保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報を、加工パス生成装置32(特に、加工パス生成部3212)に送信する。計測情報は、保持具5の表面の複数点及びワークW

の表面の複数点それぞれの、形状計測装置 3 1 の計測座標系における三次元位置を示す情報を含んでいてもよい。計測情報の一例として、点群データがあげられる。

[0193] 保持具 5 及びワーク W のそれぞれの三次元形状を計測する場合には、形状計測装置 3 1 は、ヘッド駆動系 3 1 2 を用いて形状計測ヘッド 3 1 1 を移動してもよい。形状計測装置 3 1 は、ステージ駆動系 3 1 4 を用いてステージ 3 1 3 を移動してもよい。つまり、形状計測装置 3 1 は、形状計測ヘッド 3 1 1 と保持具 5 及びワーク W のそれぞれとの位置関係を変更してもよい。例えば、形状計測装置 3 1 は、形状計測ヘッド 3 1 1 と保持具 5 及びワーク W のそれぞれとの位置関係が第 1 の位置関係となっている状態で、保持具 5 及びワーク W のそれぞれの三次元形状を計測してもよい。その後、形状計測装置 3 1 は、形状計測ヘッド 3 1 1 と保持具 5 及びワーク W のそれぞれとの位置関係が第 1 の位置関係とは異なる第 2 の位置関係となっている状態で、保持具 5 及びワーク W のそれぞれの三次元形状を計測してもよい。この場合、形状計測ヘッド 3 1 1 は、形状計測ヘッド 3 1 1 が移動する前は三次元形状を計測できなかった計測対象物のある部位の三次元形状を計測できる可能性が高くなる。つまり、形状計測ヘッド 3 1 1 の死角が狭くなる又はなくなる。

[0194] ここで、上述した図 4 (a) 及び図 4 (b) に示すように、複数の連結部材 5 3 のうちの少なくとも二つの高さが異なってもよいことは、上述したとおりである。この場合、複数の連結部材 5 3 のうちの全ての高さが同一である場合と比較して、ワーク W のある特定部位が、形状計測ヘッド 3 1 1 から見て連結部材 5 3 によって隠される可能性が低くなる。例えば、ワーク W のうち連結部材 5 3 と同じ高さに位置する特定部位が、形状計測ヘッド 3 1 1 から見て連結部材 5 3 によって常に隠される可能性が低くなる。その結果、形状計測ヘッド 3 1 1 の死角が狭くなる又はなくなる。

[0195] ステップ S 2 0 1 からステップ S 2 0 4 までの動作と並行して又は相前後して、加工パス生成装置 3 2 の加工パス生成部 3 2 1 2 は、加工装置 1 と保

持具5との組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（ステップS205）。つまり、加工パス生成部3212は、ワークWを加工するために実際に用いる加工装置1と、ワークWを実際に保持する保持具5との実際の組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222を取得する。

[0196] その後、加工パス生成部3212は、ステップS204において取得された計測情報と、ステップS205において取得されたキャリブレーション情報3222とに基づいて、加工パス情報を生成する（ステップS206からステップS207）。

[0197] 具体的には、加工パス生成部3212は、まず、加工モデルデータを生成する（ステップS206）。加工モデルデータは、加工装置1が加工すべき被加工部分の三次元形状を有する三次元モデル（加工モデル）を加工座標系で示したものである。加工装置1が付加加工を行う場合には、被加工部分は、加工装置1が付加加工によってワークWに造形すべき造形物を含んでもよい。加工装置1が除去加工を行う場合には、被加工部分は、加工装置1が除去加工によってワークWから除去すべき構造物を含んでもよい。

[0198] 加工モデルデータを生成するために、図21に示すように、加工パス生成部3212は、加工後のワークWの目標とする三次元形状を有する三次元モデル（目標モデル）を計測座標系で示す目標モデルデータを取得する。目標モデルデータは、例えば、記憶装置322に予め保存されていてもよい。

[0199] 更に、図21に示すように、加工パス生成部3212は、計測情報に基づいて、ワークWの現在の三次元形状（つまり、実際の三次元形状）を有する三次元モデル（計測モデル）を計測座標系で示す計測モデルデータを生成する。つまり、加工パス生成部3212は、計測情報に含まれる、ワークWの現在の三次元形状（つまり、実際の三次元形状）に関するワーク形状情報を取得し、取得したワーク形状情報から、計測モデルを示す計測モデルデータを生成する。或いは、ワーク形状情報そのものが、計測モデルデータとして

用いられてもよい。

[0200] ここで、上述したように保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状を計測するために形状計測ヘッド311及びステージ313の少なくとも一方が移動する場合には、加工パス生成部3212は、形状計測ヘッド311及びステージ313の少なくとも一方が移動する前における保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状を示す計測情報（移動前）と、形状計測ヘッド311及びステージ313の少なくとも一方が移動した後における保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状を示す計測情報（移動後）とを統合して、一つの計測情報を生成してもよい。つまり、加工パス生成部3212は、計測情報のステッチング（言い換えれば、貼り合わせ）を行ってもよい。この場合、加工パス生成部3212は、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）とを統合することで得られる単一の計測情報を用いて、計測モデルデータを生成してもよい。

[0201] 具体的には、加工パス生成部3212は、計測情報（移動前）が示す保持具5のある部位が、計測情報（移動後）が示す保持具5の同じ部位と同じ位置に位置するように、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）とを統合してもよい。加工パス生成部3212は、計測情報（移動前）が示すワークWのある部位が、計測情報（移動後）が示すワークWの同じ部位と同じ位置に位置するように、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）とを統合してもよい。

[0202] 加工パス生成部3212は、計測情報が示す複数のベースプレート50Bの位置に基づいて、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）とを統合してもよい。例えば、加工パス生成部3212は、計測情報（移動前）が示すあるベースプレート50Bの基準部位509の位置が、計測情報（移動後）が示す同じベースプレート50Bの基準部位509の位置と一致するように、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）とを統合してもよい。ここで、上述したように複数のベースプレート50BがワークWを取り囲んでいる場合には、計測情報（移動前）と計測情報（移動後）との統合精度が向上する。

- [0203] その後、図 2 1 に示すように、加工パス生成部 3 2 1 2 は、目標モデルデータが示す目標モデルと計測モデルデータが示す計測モデルとの差分に相当する三次元モデル（差分モデル）を、加工モデルとして算出する。つまり、加工パス生成部 3 2 1 2 は、目標モデルと計測モデルとの差分に相当する差分モデルを示す差分モデルデータを、加工モデルを示す加工モデルデータとして生成する。
- [0204] 但し、計測モデルデータは、計測座標系におけるワーク W の実際の三次元形状を示し、且つ、目標モデルデータは、計測座標系におけるワーク W の目標とする三次元形状を示している。このため、図 2 1 に示すように、単に計測モデルデータと目標モデルデータとをそのまま用いるだけでは、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測座標系における加工モデル（差分モデル）を示す加工モデルデータを生成するに過ぎない。そこで、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測モデルデータ及び目標モデルデータに加えて、計測情報とキャリブレーション情報 3 2 2 2 も用いて、加工座標系における加工モデル（差分モデル）を示す加工モデルデータを生成する。
- [0205] 第 1 の方法として、図 2 1 に示すように、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報とキャリブレーション情報 3 2 2 2 とに基づいて、上述した手順で算出された計測座標系における加工モデルを示す加工モデルデータを、加工座標系における加工モデルを示す加工モデルデータに変換することで、加工座標系における加工モデルを示す加工モデルデータを生成してもよい。
- [0206] 具体的には、上述した計測情報は、保持具 5 に取り付けられた複数のベースプレート 5 0 B の三次元形状に関する情報を含んでいる。この場合、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報（特に、複数のベースプレート 5 0 B の三次元形状に関する情報）に基づいて、計測座標系における複数のベースプレート 5 0 B のそれぞれの位置を算出してもよい。特に、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報に基づいて、計測座標系における複数のベースプレート 5 0 B のそれぞれの基準部位 5 0 9 の位置を算出してもよい。具体的には、図 1 6 (a) を参照しながら説明したように、加工パス生成部 3 2 1 2 は、第

2 プレート部 5 0 2 B の形状（特に、基準面 5 0 4 B の形状）に基づいて、ベースプレート 5 0 B の基準部位 5 0 9 を特定してもよい。例えば、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報に基づいて、第 2 プレート部 5 0 2 B の形状（特に、基準面 5 0 4 B の形状）を特定し、特定した第 2 プレート部 5 0 2 B の形状（特に、基準面 5 0 4 B の形状）に基づいて、ベースプレート 5 0 B の基準部位 5 0 9 を特定してもよい。その後、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報に基づいて、特定したベースプレート 5 0 B の基準部位 5 0 9 の計測座標系での位置を算出してもよい。

[0207] 一例として、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報に基づいて、第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面の位置を算出してもよい。第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面の位置の特徴点が予め定められており、加工パス生成部 3 2 1 2 は、計測情報（例えば、ベースプレート 5 0 B の点群データ）に対して特徴点を位置合わせするフィッティング処理を行うことで、第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面の位置を算出してもよい。その後、第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面の位置に基づいて、ベースプレート 5 0 B の基準部位 5 0 9 の位置（例えば、頂点の位置）を特定してもよい。例えば、加工パス生成部 3 2 1 2 は、第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面の位置に基づいて、第 2 プレート部 5 0 2 B の切り欠きの位置を算出し、切り欠きの位置に基づいて基準部位 5 0 9 の位置を算出してもよい。例えば、加工パス生成部 3 2 1 2 は、第 2 プレート部 5 0 2 B の少なくとも三つの側面が交差する位置を、基準部位 5 0 9 の位置として算出してもよい。

[0208] 他の一例として、ユーザは、加工パス生成装置 3 2 が備える出力装置 3 2 5（特に、表示装置）に表示された計測情報を参照しながら、ベースプレート 5 0 B の基準部位 5 0 9 を指定してもよい。例えば、出力装置 3 2 5 は、計測情報の一例である点群データ（或いは、三次元形状を示す任意の表示オブジェクト）を表示し、ユーザは、点群データ等の表示オブジェクト上で基準部位 5 0 9 を指定してもよい。この場合、加工パス生成部 3 2 1 2 は、ユ

ーザが指定した基準部位 509 の位置を算出してもよい。

[0209] 他の一例として、加工パス生成部 3212 は、ベースプレート 50B の基準部位 509 を自動的に認識することで、ベースプレート 50B の基準部位 509 の位置を算出してもよい。例えば、加工パス生成部 3212 は、ベースプレート 50B の形状を示すテンプレート情報に基づいてベースプレート 50B の形状を認識することで、ベースプレート 50B の基準部位 509 を自動的に認識してもよい。その後、加工パス生成部 3212 は、ベースプレート 50B の基準部位 509 の位置を算出してもよい。

[0210] 他の一例として、形状計測装置 31 が、ベースプレート 50B の基準部位 509 を自動的に認識することで、ベースプレート 50B の基準部位 509 を自動的に計測してもよい。例えば、形状計測装置 31 は、ベースプレート 50B の形状を示すテンプレート情報に基づいて、ベースプレート 50B の形状を認識することで、ベースプレート 50B の基準部位 509 を自動的に認識してもよい。その後、形状計測装置 31 は、ベースプレート 50B の基準部位 509 を計測してもよい。

[0211] 尚、複数のベースプレート 50B がそれぞれ備える複数の基準部位 509 の位置は、上述したように、保持具 5 の複数の基準部位 522 の位置と等価である。このため、加工パス生成部 3212 は、複数の基準部位 522 の位置を算出しているとみなしてもよい。つまり、計測情報は、複数の基準部位 522 の位置に関する情報を含んでおり、加工パス生成部 3212 は、計測情報に基づいて、複数の基準部位 522 の位置を算出しているとみなしてもよい。

[0212] その後、加工パス生成部 3212 は、必要に応じて、計測座標系における複数の基準部位 522 の位置に基づいて、計測座標系における保持具 5 の位置を算出してもよい。例えば、加工パス生成部 3212 は、計測座標系における保持具 5 の X 位置、Y 位置、Z 位置、 $\theta$  X 位置、 $\theta$  Y 方向及び  $\theta$  Z 位置の少なくとも一つを算出してもよい。

[0213] 一方で、キャリブレーション情報 3222 は、加工座標系における保持具

5の位置を示している。このため、加工パス生成部3212は、キャリブレーション情報3222が示す加工座標系における保持具5の位置と、計測情報から算出される計測座標系における保持具5の位置とに基づいて、加工座標系及び計測座標系のいずれか一方における位置を、加工座標系及び計測座標系のいずれか他方における位置に変換するための変換行列（例えば、剛体変換行列）を生成することができる。或いは、キャリブレーション情報3222は、加工座標系における保持具5の位置に加えて又は代えて、加工座標系における複数の基準部位522の位置を示している。このため、加工パス生成部3212は、キャリブレーション情報3222が示す加工座標系における複数の基準部位522の位置と、計測情報から算出される計測座標系における複数の基準部位522の位置とに基づいて、加工座標系及び計測座標系のいずれか一方における位置を、加工座標系及び計測座標系のいずれか他方における位置に変換するための変換行列（例えば、剛体変換行列）を生成することができる。

[0214] その結果、加工パス生成部3212は、生成した変換行列を用いて、計測座標系における加工モデルを示す加工モデルデータを、加工座標系における加工モデルを示す加工モデルデータに変換することができる。その結果、加工パス生成部3212は、加工座標系における加工モデルを示す加工モデルデータを生成することができる。

[0215] ここで、上述したように複数のベースプレート50BがワークWを取り囲んでいる（つまり、保持具5の複数の基準部位522がワークWを取り囲んでいる）場合には、複数のベースプレート50BがワークWを取り囲んでいない場合と比較して、変換行列による座標変換の誤差が小さくなる。このため、複数のベースプレート50BがワークWを取り囲んでいる場合には、加工パス生成部3212は、加工座標系における加工モデルをより精度よく示す加工モデルデータを生成することができる。

[0216] 第2の方法として、加工パス生成部3212は、図22に示すように、計測座標系における加工モデルを示す加工モデルデータを生成する前に、変換

行列を用いて、計測モデルデータ及び目標モデルデータを変換してもよい。具体的には、加工パス生成部3212は、変換行列に基づいて、計測座標系におけるワークWの実際の三次元形状を示す計測モデルデータを、加工座標系におけるワークWの実際の三次元形状を示す計測モデルデータに変換してもよい。更に、加工パス生成部3212は、変換行列に基づいて、計測座標系におけるワークWの目標とする三次元形状を示す計測モデルデータを、加工座標系におけるワークWの目標とする三次元形状を示す計測モデルデータに変換してもよい。その後、加工パス生成部3212は、変換された目標モデルデータが示す目標モデルと変換された計測モデルデータが示す計測モデルとの差分に相当する差分モデルを示す差分モデルデータを、加工座標系における加工モデルを示す加工モデルデータとして生成する。

[0217] 尚、上述した二つの方法は、いずれも、計測情報に基づいて、計測座標系におけるワークWとベースプレート50Bとの位置関係を特定し、特定した位置関係とキャリブレーション情報3222とに基づいて、加工モデルデータを生成する動作と等価であるとみなしてもよい。なぜならば、計測情報及びキャリブレーション情報3222の双方が、ベースプレート50Bの位置に関する情報を含んでいるがゆえに、加工パス生成部3212は、計測情報及びキャリブレーション情報3222の双方に含まれるベースプレート50Bの位置に関する情報に基づいて変換行列を生成し、生成した変換行列に基づいて、計測座標系におけるワークWの位置を加工座標系におけるワークWの位置に変換しているとみなせるからである。

[0218] 再び図20において、その後、加工パス生成部3212は、ステップS206において生成された加工モデルデータに基づいて、加工パス情報を生成する（ステップS207）。具体的には、加工パス生成部3212は、ステップS206において生成された加工モデルデータが示す三次元形状を有する被加工部分を加工するために加工光ELを照射すべき位置を示す加工パス情報を生成する。尚、加工対象となる三次元モデルから加工パス情報を生成する動作そのものは、既存の動作と同一であってもよい。このため、加工

モデルデータに基づいて加工パス情報を生成する動作の詳細については、省略する。

[0219] その後、加工パス生成部3212は、ステップS207において生成された加工パス情報を、加工装置1（特に、制御装置17）に送信（言い換えれば、入力）する（ステップS208）。その結果、加工パス生成動作が終了する。

[0220] その後、加工装置1は、加工パス生成部3212から送信された加工パス情報に基づいて、ワークWを加工する。具体的には、まず、形状計測装置31から、ワークWを保持している保持具5が取り出される。その後、ワークWを保持している保持具5は、形状計測装置31から加工装置1に搬送される。例えば、ワークWを保持している保持具5は、搬送装置4によって、形状計測装置31から加工装置1に搬送されてもよい。その後、ワークWを保持している保持具5は、加工装置1のステージ131に載置される。つまり、ステージ131の基準載置位置に保持具5が載置される。その後、加工装置1は、加工パス情報に基づいて、ワークWの加工を開始する。

[0221] 尚、上述したように加工パス情報は、加工装置1がワークWを加工する前に生成される。この場合、加工パス生成部3212は、形状計測装置31から取り出された保持具5が加工装置1に載置される前に、加工パス情報を生成してもよい。加工パス生成部3212は、形状計測装置31から取り出された保持具5が加工装置1に載置された後に、加工パス情報を生成してもよい。

[0222] （2－4）加工パス生成動作の具体例

続いて、加工パス生成動作の具体例について説明する。以下では、第1の加工動作を行うための第1の加工パス生成動作が行われた後に行われる、第2の加工動作を行うための第2の加工パス生成動作について説明する。第1の加工動作は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1を加工するために、第1の加工装置1#1が行う加工動作である。この場合、第1の加工パス生成動作では、加工パス生成部3212は、第1の加工装置1#

1と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第1のキャリブレーション情報3222#1と、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を示す第1の計測情報とに基づいて、第1の加工装置1#1の第1の加工座標系における加工モデルを示す第1の加工データを生成し、第1の加工データに基づいて第1の加工パス情報を生成する。尚、第1の保持具5#1に複数の第1のワークW#1が保持されてもよいが、この例では第1の保持具5#1に一つの第1のワークW#1が保持されている。

[0223] (2-4-1) 加工パス生成動作の第1具体例

はじめに、加工パス生成動作の第1具体例について説明する。第1具体例では、第2の加工動作は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1とは異なる第2のワークW#2を加工するために、第1の加工装置1#1が行う動作である。この場合、加工システムSYSは、以下に示す加工パス生成動作を、第2の加工パス生成動作として行う。

[0224] 具体的には、まず、第1の加工動作が終了した後に、第1の加工装置1#1から第1の保持具5#1が取り出される。その後、第1の保持具5#1から第1のワークW#1が取り外される。その後、第2のワークW#2が第1の保持具5#1に保持される(図20のステップS202)。その後、第2のワークW#2を保持する第1の保持具5#1が、搬送装置4によって(或いは、その他の手段で)、第1の加工装置1#1から計測システム3に搬送される。その後、第2のワークW#2を保持する第1の保持具5#1が、形状計測装置31のステージ313に載置される(図20のステップS203)。尚、第2の加工パス生成動作を行うために用いられる計測システム3は、第1の加工パス生成動作を行うために用いられた計測システム3と同じであってもよいし、異なってもよい。以下に説明する加工パス生成動作の第2具体例から第5具体例のそれぞれにおいても同様である。その後、形状計測装置31は、第1の保持具5#1及び第2のワークW#2のそれぞれの三次元形状を計測する(図20のステップS204)。更に、加工パス生成

部3212は、第1の加工装置1#1と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第1のキャリブレーション情報3222#1を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（図20のステップS205）。つまり、第1具体例では、加工パス生成部3212は、第1の加工動作を行うための加工パス生成動作で用いられた第1のキャリブレーション情報3222#1を流用して、第2の加工動作を行うための加工パス生成動作を行う。

[0225] 第1のキャリブレーション情報3222#1が流用可能である場合、加工システムSYSは、第2のワークW#2の加工するための第2の加工パス情報を生成するために、上述したキャリブレーション動作を改めて行わなくてもよい。言い換えれば、第1の保持具5#1を第1の加工装置1#1に載置することで第1のワークW#1が加工される場合において、加工システムSYSは、第1の保持具5#1と第1の加工装置1#1との組み合わせのパターンに対応する第1のキャリブレーション情報3222#1を生成するためのキャリブレーション動作は、加工の度に行う必要はない。このため、第1の保持具5#1保持するワークWを交換した場合であっても、加工システムSYSは、第1のキャリブレーション情報3222#1を共通して使用することができる。この場合、加工システムSYSは、第2のワークW#2を適切に加工することができ、加工システムSYS全体としての第2のワークW#2の加工に要するスループットが向上する。尚、第2のワークW#2の加工時に、第1の保持具5#1と第1の加工装置1#1の組み合わせのパターンに対応するキャリブレーション情報3222が再度生成されてもよい。つまり、第1のキャリブレーション情報3222#1が更新されてもよい。

[0226] その後、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1及び第2のワークW#2のそれぞれの三次元形状を示す第2の計測情報と、第1のキャリブレーション情報3222#1とに基づいて、第1の加工装置1#1の第1の加工座標系における加工モデルを示す第2の加工データを生成する（図20のステップS206）。その後、加工パス生成部3212は、第2の加工デ

ータに基づいて、第2の加工動作のための加工パス情報を生成する（図20のステップS207）。つまり、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1に保持された第2のワークW#2を第1の加工座標系において加工するように第1の加工装置1#1を制御するための第2の加工パス情報を生成する。

[0227] （2-4-2）加工パス生成動作の第2具体例

続いて、加工パス生成動作の第2具体例について説明する。第2具体例では、第2の加工動作は、第1の保持具5#1とは異なる第2の保持具5#2に保持された、第1のワークW#1とは異なる第3のワークW#3を加工するために、第1の加工装置1#1が行う動作である。この場合、加工システムS Y Sは、以下に示す加工パス生成動作を、第2の加工パス生成動作として行う。尚、第2の保持具5#2に複数の第3のワークW#3が保持されてもよいが、この例では第2の保持具5#2に一つの第3のワークW#3が保持されている。

[0228] 具体的には、まず、第1の加工動作が終了した後に、第1の加工装置1#1から第1の保持具5#1が取り出される。更に、第3のワークW#3が第2の保持具5#2に保持される（図20のステップS202）。その後、第3のワークW#3を保持する第2の保持具5#2が、搬送装置4によって（或いは、その他の手段で）計測システム3に搬送される。その後、第3のワークW#3を保持する第2の保持具5#2が、形状計測装置31のステージ313に載置される（図20のステップS203）。その後、形状計測装置31は、第2の保持具5#2及び第3のワークW#3のそれぞれの三次元形状を計測する（図20のステップS204）。更に、加工パス生成部3212は、第1の加工装置1#1と第2の保持具5#2との組み合わせのパターンに対応する第2のキャリブレーション情報3222#2を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（図20のステップS205）。尚、第1の加工装置1#1と第2の保持具5#2との組み合わせのパターンに対応する第2のキャリブレーション情報3222#2がキャリブレーション情

報DB3220に格納されていない場合には、加工システムSYSは、第2のキャリブレーション情報3222#2を生成するために、第1の加工装置1#1と第2の保持具5#2とを用いて、キャリブレーション動作を行ってもよい。その後、加工パス生成部3212は、第2の保持具5#2及び第3のワークW#3のそれぞれの三次元形状を示す第3の計測情報と、第2のキャリブレーション情報3222#2とに基づいて、第1の加工装置1#1の第1の加工座標系における加工モデルを示す第3の加工データを生成する(図20のステップS206)。その後、加工パス生成部3212は、第3の加工データに基づいて、第2の加工動作のための加工パス情報を生成する(図20のステップS207)。つまり、加工パス生成部3212は、第2の保持具5#2に保持された第3のワークW#3を第1の加工座標系において加工するように第1の加工装置1#1を制御するための第3の加工パス情報を生成する。

[0229] (2-4-3) 加工パス生成動作の第3具体例

続いて、加工パス生成動作の第3具体例について説明する。第3具体例では、第2の加工動作は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1とは異なる第4のワークW#4を加工するために、第1の加工装置1#1とは異なる第2の加工装置1#2が行う動作である。この場合、加工システムSYSは、以下に示す加工パス生成動作を、第2の加工パス生成動作として行う。尚、第1の保持具5#1に複数の第4のワークW#4が保持されてもよいが、この例では第1の保持具5#1に一つの第4のワークW#4が保持されている。

[0230] 具体的には、まず、第1の加工動作が終了した後に、第1の加工装置1#1から第1の保持具5#1が取り出される。その後、第1の保持具5#1から第1のワークW#1が取り外される。その後、第4のワークW#4が第1の保持具5#1に保持される(図20のステップS202)。その後、第4のワークW#4を保持する第1の保持具5#1が、搬送装置4によって(或いは、その他の手段で)第1の加工装置1#1から計測システム3に搬送さ

れる。その後、第4のワークW#4を保持する第1の保持具5#1が、形状計測装置31のステージ313に載置される（図20のステップS203）。その後、形状計測装置31は、第1の保持具5#1及び第4のワークW#4のそれぞれの三次元形状を計測する（図20のステップS204）。更に、加工パス生成部3212は、第2の加工装置1#2と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第3のキャリブレーション情報3222#3を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（図20のステップS205）。尚、第2の加工装置1#2と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第1のキャリブレーション情報3222#3がキャリブレーション情報DB3220に格納されていない場合には、加工システムSYSは、第3のキャリブレーション情報3222#3を生成するために、第2の加工装置1#2と第1の保持具5#1とを用いて、キャリブレーション動作を行ってもよい。その後、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1及び第4のワークW#4のそれぞれの三次元形状を示す第4の計測情報と、第3のキャリブレーション情報3222#3とに基づいて、第2の加工装置1#2の第2の加工座標系における加工モデルを示す第4の加工データを生成する（図20のステップS206）。その後、加工パス生成部3212は、第4の加工データに基づいて、第2の加工動作のための加工パス情報を生成する（図20のステップS207）。つまり、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1に保持された第4のワークW#4を第2の加工座標系において加工するように第2の加工装置1#2を制御するための第4の加工パス情報を生成する。

[0231] 第3具体例では、第1の加工装置1#1は、付加加工装置及び除去加工装置のいずれか一方であってもよい。一方で、第2の加工装置1#2は、付加加工装置及び除去加工装置のいずれか他方であってもよい。この場合、加工システムSYSは、付加加工及び除去加工の双方を行うことができる。

[0232] （2-4-4）加工パス生成動作の第4具体例

続いて、加工パス生成動作の第4具体例について説明する。第4具体例で

は、第2の加工動作は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1（つまり、第1の加工装置1#1が加工済みの第1のワークW#1）を加工するために、第1の加工装置1#1とは異なる第3の加工装置1#3が行う動作である。この場合、加工システムSYSは、以下に示す加工パス生成動作を、第2の加工パス生成動作として行う。

[0233] 具体的には、まず、第1の加工動作が終了した後に、第1の加工装置1#1から第1の保持具5#1が取り出される。この場合、保持具5#1は、第1のワークW#1を保持し続ける。その後、第1の加工装置1#1から取り出され且つ第1のワークW#1を保持したままの第1の保持具5#1が、搬送装置4によって（或いは、その他の手段で）第1の加工装置1#1から計測システム3に搬送される。その後、第1のワークW#1を保持する第1の保持具5#1が、形状計測装置31のステージ313に載置される（図20のステップS203）。その後、形状計測装置31は、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を計測する（図20のステップS204）。つまり、第4具体例では、第1の加工装置1#1が第1のワークW#1の加工を開始した後に、形状計測装置31は、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を示す計測情報を取得する。更に、加工パス生成部3212は、第3の加工装置1#3と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第4のキャリブレーション情報3222#4を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（図20のステップS205）。尚、第3の加工装置1#3と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第4のキャリブレーション情報3222#4がキャリブレーション情報DB3220に格納されていない場合には、加工システムSYSは、第4のキャリブレーション情報3222#4を生成するために、第3の加工装置1#3と第1の保持具5#1とを用いて、キャリブレーション動作を行ってもよい。その後、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を示す第5の計測情報と、第4のキャリブレーション情報3222#4とに

基づいて、第3の加工装置1#3の第3の加工座標系における加工モデルを示す第5の加工データを生成する（図20のステップS206）。その後、加工パス生成部3212は、第5の加工データに基づいて、第2の加工動作のための加工パス情報を生成する（図20のステップS207）。つまり、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1を第3の加工座標系において加工するように第3の加工装置1#3を制御するための第5の加工パス情報を生成する。

[0234] 第4具体例では、第1の加工装置1#1は、付加加工装置及び除去加工装置のいずれか一方であってもよい。一方で、第3の加工装置1#3は、付加加工装置及び除去加工装置のいずれか他方であってもよい。この場合、加工システムSYSは、付加加工及び除去加工の双方を行うことができる。

[0235] 第3の加工装置1#3は、第1の加工装置1#1によって加工された第1のワークW#1の仕上げ加工を行ってもよい。例えば、第1の加工装置1#1は、付加加工装置であってもよいし、第3の加工装置1#3は、除去加工装置であってもよい。この場合、第3の加工装置1#3は、第1の加工装置1#1によって付加加工された第1のワークW#1（特に、造形された造形物）の形状が所望の形状となるように、第1の加工装置1#1によって付加加工された第1のワークW#1（特に、造形された造形物）の一部を除去する仕上げ加工を行ってもよい。第3の加工装置1#3は、第1の加工装置1#1によって付加加工された第1のワークW#1（特に、造形された造形物）の表面が滑らかになるように、第1の加工装置1#1によって付加加工された第1のワークW#1（特に、造形された造形物）の表面を加工する仕上げ加工を行ってもよい。或いは、例えば、第1の加工装置1#1は、除去加工装置であってもよいし、第3の加工装置1#3は、付加加工装置であってもよい。この場合、第3の加工装置1#3は、第1の加工装置1#1によって除去加工された第1のワークW#1の形状が所望の形状となるように、第1の加工装置1#1によって除去加工された第1のワークW#1に造形物を造形する仕上げ加工を行ってもよい。第3の加工装置1#3は、第1の加工

装置 1 # 1 によって除去加工された第 1 のワーク W # 1 の表面が滑らかになるように、第 1 の加工装置 1 # 1 によって除去加工された第 1 のワーク W # 1 の表面を加工する仕上げ加工を行ってもよい。

[0236] 尚、第 3 の加工装置 1 # 3 が第 1 のワーク W # 1 の仕上げ加工を行う場合には、第 2 の加工パス生成動作は、第 1 の加工動作によって加工された第 1 のワーク W # 1 の実際の形状（つまり、計測情報）と、第 1 のワーク W # 1 の加工後の目標となる形状とのずれが小さくなるように第 3 の加工装置 1 # 3 に仕上げ加工を行わせる加工パス情報を生成する動作と等価であるとみなしてもよい。

[0237] （ 2 - 4 - 5 ） 加工パス生成動作の第 5 具体例

続いて、加工パス生成動作の第 5 具体例について説明する。第 5 具体例では、第 2 の加工動作は、第 1 の加工動作と同様に、第 1 の保持具 5 # 1 に保持された第 1 のワーク W # 1 を加工するために、第 1 の加工装置 1 # 1 が行う動作である。但し、第 2 の加工動作は、第 1 の加工装置 1 # 1 が第 1 の加工動作によって加工済みの第 1 のワーク W # 1 を加工するために、第 1 の加工装置 1 # 1 が行う動作であるという点で、第 1 の加工動作と異なっている。この場合、加工システム S Y S は、以下に示す加工パス生成動作を、第 2 の加工パス生成動作として行う。

[0238] 具体的には、まず、第 1 の加工動作が終了した後に、第 1 の加工装置 1 # 1 から第 1 の保持具 5 # 1 が取り出される。この場合、保持具 5 # 1 は、第 1 のワーク W # 1 を保持し続ける。その後、第 1 の加工装置 1 # 1 から取り出され且つ第 1 のワーク W # 1 を保持したままの第 1 の保持具 5 # 1 が、搬送装置 4 によって（或いは、その他の手段で）第 1 の加工装置 1 # 1 から計測システム 3 に搬送される。その後、第 1 のワーク W # 1 を保持する第 1 の保持具 5 # 1 が、形状計測装置 3 1 のステージ 3 1 3 に載置される（図 2 0 のステップ S 2 0 3）。その後、形状計測装置 3 1 は、第 1 の保持具 5 # 1 及び第 1 のワーク W # 1 のそれぞれの三次元形状を計測する（図 2 0 のステップ S 2 0 4）。つまり、第 5 具体例では、第 1 の加工装置 1 # 1 が第 1 の

ワークW#1の加工を開始した後に、形状計測装置31は、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を示す計測情報を取得する。更に、加工パス生成部3212は、第1の加工装置1#1と第1の保持具5#1との組み合わせのパターンに対応する第1のキャリブレーション情報3222#1を、キャリブレーション情報DB3220から取得する（図20のステップS205）。つまり、第5具体例では、加工パス生成部3212は、第1の加工動作を行うための加工パス生成動作で用いられた第1のキャリブレーション情報3222#1を流用して、第2の加工動作を行うための加工パス生成動作を行う。その後、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1及び第1のワークW#1のそれぞれの三次元形状を示す第6の計測情報と、第1のキャリブレーション情報3222#1とに基づいて、第1の加工装置1#1の第1の加工座標系における加工モデルを示す第6の加工データを生成する（図20のステップS206）。その後、加工パス生成部3212は、第6の加工データに基づいて、第2の加工動作のための加工パス情報を生成する（図20のステップS207）。つまり、加工パス生成部3212は、第1の保持具5#1に保持された第1のワークW#1を第1の加工座標系において加工するように第1の加工装置1#1を制御するための第6の加工パス情報を生成する。

[0239] 第5具体例では、第4具体例と同様に、第2の加工動作は、第1の加工動作によって加工されたワークWの仕上げ加工を含んでもよい。例えば、第1の加工装置1#1は、第2の加工動作として、第1の加工動作によって加工された第1のワークW#1の形状が所望の形状となるように、仕上げ加工を行ってもよい。例えば、第1の加工装置1#1は、第2の加工動作として、第1の加工動作によって加工された第1のワークW#1の表面が滑らかになるように、仕上げ加工を行ってもよい。

[0240] 尚、第2の加工動作が第1の加工動作によって加工済みのワークW#1を仕上げ加工する加工動作である場合には、第2の加工パス生成動作は、第1の加工動作によって加工された第1のワークW#1の実際の形状（つまり、

計測情報)と、第1のワークW#1の加工後の目標となる形状とのずれが小さくなるように第1の加工装置1#1に仕上げ加工を行わせる加工パス情報を生成する動作と等価であるとみなしてもよい。

[0241] また、加工装置1は、第1の加工動作を行っている途中で、第1の加工動作を一時的に中断してもよい。例えば、第1の加工動作が単一のワークWに対して付加加工を行うための加工動作である場合には、加工装置1は、ワークWに造形すべき三次元構造物STの一部を造形した段階で、第1の加工動作を一時的に中断してもよい。例えば、第1の加工動作が複数のワークWに対して付加加工を順に行うための加工動作である場合には、加工装置1は、一のワークWに造形すべき三次元構造物STの少なくとも一部を造形した後に、一のワークWとは異なる他のワークWに三次元構造物STを造形する前に、第1の加工動作を一時的に中断してもよい。例えば、加工装置1は、一のワークWに少なくとも一つの構造層SLを造形する付加加工が完了した後に、一のワークWとは異なる他のワークWに少なくとも一つの構造層SLを造形する付加加工を開始する前に、第1の加工動作を一時的に中断してもよい。この場合、形状計測装置31は、加工途中のワークWの三次元形状を計測してもよい。形状計測装置31は、加工途中のワークWと当該ワークWを保持する保持具5とのそれぞれの三次元形状を計測してもよい。その後、加工パス生成装置32は、加工途中のワークWの三次元形状の計測結果を示す(更には、場合によっては、保持具5の三次元形状の計測結果を示す)計測情報に基づいて、加工パス情報を新たに生成してもよい。或いは、加工パス生成装置32は、加工途中のワークWの三次元形状の計測結果を示す計測情報に基づいて、生成済みの加工パス情報を補正してもよい。いずれの場合においても、加工パス生成装置32は、第1のワークW#1の実際の形状(つまり、計測情報)と、第1のワークW#1の加工後の目標となる形状とのずれが小さくなるように、加工パス情報を生成又は補正してもよい。この場合、加工装置1は、新たに生成された又は補正された加工パス情報に基づいて、中断した第1の加工動作を再開してもよい。

[0242] （２－５）加工パス検証動作

続いて、図２３に基づいて、加工パス情報が適切か否かを判定するための加工パス検証動作について説明する。図２３は、加工パス検証動作の流れを示すフローチャートである。

[0243] 図２３に示すように、加工装置１が実際に加工すべきワークＷが、保持具５に載置される（ステップＳ３０１）。つまり、ワークＷが保持具５によって保持される。或いは、加工装置１が実際に加工すべきワークＷと同じサイズを有し且つ同じ形状を有するテストワークが、保持具５に載置されてもよい。その後、ワークＷを保持している保持具５は、加工装置１のステージ１３１に載置される（ステップＳ３０２）。つまり、ステージ１３１の基準載置位置に保持具５が載置される。

[0244] ステップＳ３０１からステップＳ３０２の動作と並行して又は相前後して、加工装置１は、検証対象となる加工パス情報を取得する（ステップＳ３０３）。つまり、加工装置１は、ステップＳ３０１において保持具５に載置されたワークＷを加工するように加工装置１を制御するための加工パス情報を取得する。

[0245] 例えば、加工装置１は、計測システム３から、計測システム３が生成した加工パス情報を取得する。この場合、加工装置１は、計測システム３が生成した加工パス情報が適切か否かを判定してもよい。或いは、加工装置１は、計測システム３が生成した加工パス情報とは異なる加工パス情報を、検証対象となる加工パス情報として取得してもよい。この場合、加工装置１は、計測システム３が生成した加工パス情報とは異なる加工パス情報が適切か否かを判定してもよい。例えば、加工装置１は、加工装置１が生成した加工パス情報が適切か否かを判定してもよい。例えば、加工装置１は、計測システム３及び加工装置１とは異なる加工パス生成装置が生成した加工パス情報が適切か否かを判定してもよい。

[0246] その後、加工装置１は、制御装置１７の制御下で、加工パス情報が適切か否かを判定するためのテスト照射動作を行う（ステップＳ３０４）。テスト

照射動作は、加工パス情報に基づいて検証光ⅠⅡをワークWに照射する動作を含む。

[0247] 加工装置1は、加工光EⅡを検証光ⅠⅡとして用いてもよい。つまり、加工装置1は、光源15から射出される光である加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。この場合、加工装置1は、ワークWを加工するための加工光EⅡとは特性が異なる加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。具体的には、加工装置1は、ワークWを加工するための加工光EⅡの強度よりも低い（言い換えれば、弱い）強度を有する加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。特に、加工装置1は、ワークWを溶融させる強度よりも低い強度を有する加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。つまり、加工装置1は、ワークWを溶融させるほどには強くない強度を有する加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。この場合、テスト照射動作によって検証光ⅠⅡがワークWに照射されたとしても、ワークWが加工されることはない。このため、検証光ⅠⅡは、非加工光と称されてもよい。尚、ワークWを加工するための加工光EⅡとは特性が異なる加工光EⅡ（つまり、検証光ⅠⅡ）は、加工光EⅡとは異なる光であるとみなしてもよい。

[0248] 但し、加工装置1は、ワークWを加工するための加工光EⅡと特性が同じになる加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。例えば、加工装置1は、ワークWを溶融させるほどに強い強度を有する加工光EⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。

[0249] 加工装置1は、光源15とは異なる光源から射出される光を検証光ⅠⅡとして用いてもよい。例えば、加工装置1は、少なくとも一つのガイド光照射装置124が射出するガイド光GⅡを、検証光ⅠⅡとして用いてもよい。この場合、検証光ⅠⅡの強度は、ワークWを加工するための加工光EⅡの強度よりも低い強度に設定されていてもよい。特に、検証光ⅠⅡの強度は、ワークWを溶融させる強度よりも低い強度に設定されていてもよい。つまり、検証光ⅠⅡの強度は、ワークWを溶融させるほどには強くない強度に設定されていてもよい。この場合、テスト照射動作によって検証光ⅠⅡがワークWに

照射されたとしても、ワークWが加工されることはない。このため、検証光I Lは、非加工光と称されてもよい。但し、検証光I Lの強度は、ワークWを溶融させるほどに強い強度に設定されていてもよい。

[0250] このような検証光I LをワークWに照射して加工パス情報が適切か否かを判定するために、制御装置17は、ステップS304において取得された加工パス情報に基づいて、検証光I Lを照射すべき目標照射位置の目標移動経路である検証移動経路TRを生成してもよい。その後、制御装置17は、生成した検証移動経路TRに沿って検証光I Lの目標照射位置が移動するように、加工ユニット12及びステージユニット13を制御してもよい。つまり、制御装置17は、生成した検証移動経路TRに沿って検証光I LがワークWに照射されるように、加工ユニット12及びステージユニット13を制御してもよい。

[0251] 検証移動経路TRは、加工パス情報が示す加工光ELの目標照射位置（目標照射領域EA）の目標移動経路の少なくとも一部を含んでいてもよい。つまり、検証移動経路TRは、加工パスの少なくとも一部を含んでいてもよい。例えば、図24に示すように、検証移動経路TRは、加工パス情報が示す加工パスのうちワークWの表面上で最も外側に位置する一部のパス部分（最外周パスPP）を含んでいてもよい。

[0252] 制御装置17は、三次元構造物STを造形するために造形される複数の構造層SLのうちの少なくとも一つの構造層SLを造形するための加工パス情報に基づいて、検証移動経路TRを生成してもよい。例えば、制御装置17は、一層目の構造層SLを造形するための加工パス情報に基づいて、検証移動経路TRを生成してもよい。つまり、制御装置17は、一層目の構造層SLを造形するための加工光ELの目標照射位置（目標照射領域EA）の目標移動経路の少なくとも一部を含む検証移動経路TRを生成してもよい。制御装置17は、一層目の構造層SLを造形するための加工光ELの目標照射位置（目標照射領域EA）の目標移動経路とは異なる経路を含む検証移動経路TRを生成してもよい。

- [0253] テスト照射動作によって検証光ⅠⅡがワークWに照射されている場合には、制御装置17は、ワークWに対する検証光ⅠⅡの照射状態を監視する（ステップS305）。具体的には、撮像装置14は、ワークWの表面での検証光ⅠⅡの状態を撮像する。制御装置17は、撮像装置14が生成した画像に基づいて、ワークWに対する検証光ⅠⅡの照射状態を監視する。
- [0254] 制御装置17は、ワークWに対する検証光ⅠⅡの照射状態を監視することで、検証光ⅠⅡがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい（ステップS305）。
- [0255] 例えば、ワークWの表面に検証光ⅠⅡが照射されると、検証光ⅠⅡは、ワークWの表面にビームスポットを形成する。同様に、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ⅠⅡが照射されると、検証光ⅠⅡは、ワークWとは異なる物体の表面にビームスポットを形成する。ここで、ワークWの表面に検証光ⅠⅡが形成するビームスポットの特性は、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ⅠⅡが形成するビームスポットの特性とは異なる可能性が高い。例えば、ワークWの表面に検証光ⅠⅡが形成するビームスポットのサイズは、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ⅠⅡが形成するビームスポットのサイズとは異なる可能性が高い。この場合、制御装置17は、撮像装置14が撮像した画像から、検証光ⅠⅡが形成するビームスポットのサイズを算出し、算出したビームスポットのサイズに基づいて、検証光ⅠⅡがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。尚、制御装置17は、画像中で輝度値が所定の輝度閾値以上となる画像部分のサイズ（例えば、画像中で輝度値が所定の輝度閾値以上となる画素の数）を、ビームスポットのサイズとして算出してもよい。
- [0256] 例えば、検証光ⅠⅡの状態が、検証光ⅠⅡがワークWに照射されている状態から、検証光ⅠⅡがワークWとは異なる物体に照射されている状態へと変化すると、ビームスポットがワークWの表面及びワークWとは異なる物体の表面の双方に形成され、その結果、ビームスポットのサイズは大きくなる可能性がある。このため、制御装置17は、ビームスポットのサイズが所定の

第1サイズより大きくなった場合に、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されていると判定してもよい。制御装置17は、ビームスポットのサイズが所定の第1サイズより小さくなった場合に、検証光I LがワークWに照射されていると判定してもよい。

[0257] 例えば、検証光I Lの状態が、検証光I LがワークWに照射されている状態から、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されている状態へと変化すると、画像に写り込むビームスポットが暗くなる可能性がある。このため、制御装置17は、画像のうちのビームスポットが写り込んでいる画像部分の輝度が所定の第1輝度値よりも低い場合に、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されていると判定してもよい。制御装置17は、画像のうちのビームスポットが写り込んでいる画像部分の輝度が所定の第1輝度値よりも高い場合に、検証光I LがワークWに照射されていると判定してもよい。

[0258] 例えば、ワークWの表面と撮像装置14との間の距離が、ワークWとは異なる物体の表面と撮像装置14との間の距離と異なる場合には、検証光I Lの状態が、検証光I LがワークWに照射されている状態から、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されている状態へと変化すると、撮像装置14がデフォーカス状態でビームスポットを撮像することに起因して、画像から算出されるビームスポットのサイズが大きくなる可能性がある。なぜならば、撮像装置14が生成した画像には、ピンボケ状態のビームスポットが写り込んでいるからである。このため、制御装置17は、ビームスポットのサイズが所定の第2サイズより大きくなった場合に、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されていると判定してもよい。制御装置17は、ビームスポットのサイズが所定の第2サイズより小さくなった場合に、検証光I LがワークWに照射されていると判定してもよい。

[0259] 例えば、ワークWの表面がワークWとは異なる物体の表面よりも撮像装置14に近い場合には、検証光I Lの状態が、検証光I LがワークWに照射されている状態から、検証光I LがワークWとは異なる物体に照射されている

状態へと変化すると、ビームスポットのサイズは小さくなる可能性がある。このため、制御装置 17 は、ビームスポットのサイズが所定の第 3 サイズより小さくなった場合に、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照射されていると判定してもよい。制御装置 17 は、ビームスポットのサイズが所定の第 3 サイズより大きくなった場合に、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照射されていると判定してもよい。

[0260] 例えば、検証光 1 L の状態が、検証光 1 L がワーク W に照射されている状態から、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照射されている状態へと変化すると、ビームスポットが、ワーク W の表面を撮像するようにワーク W に対して位置合わせされている撮像装置 14 の撮像範囲から外れる可能性がある。その結果、画像から算出されるビームスポットのサイズがゼロになる可能性がある。なぜならば、撮像装置 14 が生成した画像には、ビームスポットが写り込まなくなるからである。このため、制御装置 17 は、ビームスポットのサイズがゼロになった（つまり、画像からビームスポットが消えた）場合に、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照射されていると判定してもよい。

[0261] 撮像装置 14 は、ワーク W の表面での検証光 1 L の状態を連続的に撮像してもよい。その結果、撮像装置 14 は、時系列データとしての複数の画像を生成してもよい。制御装置 17 は、撮像装置 14 が生成した複数の画像に基づいて、ワーク W に対する検証光 1 L の照射状態を監視してもよい。例えば、制御装置 17 は、複数の画像のそれぞれのビームスポットのサイズを算出し、時間的に連続する二つの画像の間でのビームスポットのサイズの差分に基づいて、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。制御装置 17 は、時間的に連続する二つの画像の間でのビームスポットのサイズの差分が所定の差分閾値よりも小さい場合には、検証光 1 L がワーク W に照射されていると判定してもよい。制御装置 17 は、時間的に連続する二つの画像の間でのビームスポットのサイズの差分が所定の差分閾値よりも大きい場合には、検証光 1 L がワーク W とは異なる物体に照

射されていると判定してもよい。更に、制御装置 17 は、ビームスポットのサイズの時間変化を示すグラフ上でのビームスポットのサイズの極大値を特定し、特定した極大値に対応するワーク W の位置（つまり、極大値に対応する時刻に検証光 I L が照射されていた位置）を、検証光 I L の状態が、検証光 I L がワーク W に照射されていた状態から検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されていた状態へと変化した又は検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されていた状態から検証光 I L がワーク W に照射されていた状態へと変化した位置として特定してもよい。

[0262] 或いは、検証光 I L の強度が、ワーク W を溶融させるほどに強い強度に設定されている場合には、ワーク W の表面に検証光 I L が照射されると、検証光 I L は、ワーク W の表面に溶融池 M P を形成する。同様に、ワーク W とは異なる物体の表面に検証光 I L が照射されると、検証光 I L は、ワーク W とは異なる物体の表面に溶融池 M P を形成する。ここで、ワーク W の表面に検証光 I L が形成する溶融池 M P の特性は、ワーク W とは異なる物体の表面に検証光 I L が形成する溶融池 M P の特性とは異なる可能性が高い。例えば、ワーク W の表面に検証光 I L が形成する溶融池 M P のサイズは、ワーク W とは異なる物体の表面に検証光 I L が形成する溶融池 M P のサイズとは異なる可能性が高い。この場合、制御装置 17 は、撮像装置 14 が撮像した画像から、検証光 I L が形成する溶融池 M P のサイズを算出し、算出した溶融池 M P のサイズに基づいて、検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。尚、検証光 I L が形成するビームスポットのサイズが大きくなるほど、検証光 I L が形成する溶融池 M P のサイズが大きくなる。このため、制御装置 17 は、ビームスポットのサイズに基づいて検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されているか否かを判定する場合と同様に、溶融池 M P のサイズに基づいて検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。

[0263] 尚、溶融池 M P が形成される場合には、撮像装置 14 に加えて又は代えて、サーモカメラが、ワーク W の表面での検証光 I L の状態を撮像してもよい

。なぜならば、溶融池MPの温度は、溶融池MPの周囲のワークWの温度よりもずっと高いがゆえに、温度に基づいて溶融池MPを特定可能であるからである。制御装置17は、サーモカメラが生成したサーモ画像に基づいて、検証光ILが形成する溶融池MPのサイズを算出してもよい。

[0264] 或いは、検証光ILの強度が、ワークWを溶融させるほどに強い強度に設定されている場合には、ワークWの表面に検証光ILが照射されると、ワークWの表面に加工跡が形成される。同様に、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ILが照射されると、ワークWは異なる物体の表面に加工跡が形成される。ここで、ワークWの表面に検証光ILが形成する加工跡の特性は、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ILが形成する加工跡の特性とは異なる可能性が高い。例えば、ワークWの表面に検証光ILが形成する加工跡のサイズは、ワークWとは異なる物体の表面に検証光ILが形成する加工跡のサイズとは異なる可能性が高い。この場合、制御装置17は、撮像装置14が撮像した画像から、検証光ILが形成する加工跡のサイズを算出し、算出した加工跡のサイズに基づいて、検証光ILがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。尚、検証光ILが形成するビームスポットのサイズが大きくなるほど、検証光ILが形成する加工跡のサイズが大きくなる。このため、制御装置17は、ビームスポットのサイズに基づいて検証光ILがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定する場合と同様に、加工跡のサイズに基づいて検証光ILがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定してもよい。

[0265] ここで、検証光ILがワークWとは異なる物体に照射されているか否かを判定する技術的理由について、図25(a)及び図25(b)を参照しながら説明する。

[0266] 図25(a)は、図24に示す検証移動経路TRに沿ってワークWに検証光ILが照射された場合の、検証光ILの照射位置の実際の移動経路の第1の例を示している。図24に示す検証移動経路TRから想定される検証光ILの照射位置の移動経路は、常にワークWの表面に位置している一方で、図

25 (a) に示す検証光 I L の照射位置の実際の移動経路の一部は、ワーク W とは異なる物体の表面に位置している。この場合、検証移動経路 T R を生成するために用いた加工パス情報が適切ではない可能性が高い。このため、ステップ S 305 における判定の結果、検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されていると判定された場合には (ステップ S 305 : Y e s)、制御装置 17 は、ステップ S 303 において取得された加工パス情報が適切でないと判定してもよい。

[0267] 一方で、図 25 (b) は、図 24 に示す検証移動経路 T R に沿ってワーク W に検証光 I L が照射された場合の、検証光 I L の照射位置の実際の移動経路の第 2 の例を示している。図 24 に示す検証移動経路 T R から想定される検証光 I L の照射位置の移動経路は、常にワーク W の表面に位置しており、図 25 (b) に示す検証光 I L の照射位置の実際の移動経路もまた、ワーク W の表面に位置している。この場合、検証移動経路 T R を生成するために用いた加工パス情報が適切ではある可能性が高い。このため、ステップ S 305 における判定の結果、検証光 I L がワーク W に照射されていると判定された場合には (ステップ S 305 : N o)、制御装置 17 は、ステップ S 303 において取得された加工パス情報が適切であると判定してもよい。

[0268] ステップ S 305 における判定の結果、ステップ S 303 において取得された加工パス情報が適切でないと判定された場合には (ステップ S 305 : Y e s)、制御装置 17 は、ステップ S 303 において取得された加工パス情報を補正してもよい。

[0269] ここで、検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射された場合には、図 26 に示すように、補正前の加工パス情報が示す加工パスは、ワーク W の表面上の本来の位置から、ワーク W の表面に沿った方向に沿ってずれている可能性がある。例えば、検証光 I L が加工パスの最外周パス P P を含む検証移動経路 T R に照射された結果として検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射された場合には、検証移動経路 T R に相当する最外周パス P P が、ワーク W の表面上の本来の位置から、ワーク W の表面に沿った方向に沿ってずれ

ている可能性がある。その結果、最外周パス P P の内側の加工パスもまた、ワーク W の表面上の本来の位置から、ワーク W の表面に沿った方向に沿ってずれている可能性がある。この場合、ワーク W を加工するためにワーク W に照射される加工光 E L が、ワーク W とは異なる物体に照射される可能性がある。このため、制御装置 1 7 は、この加工パスのずれを補正するように、加工パス情報を補正してもよい。つまり、制御装置 1 7 は、補正された加工パスがワーク W の表面上の本来の位置を示すように、加工パス情報を補正してもよい。

[0270] 加工パス情報を補正するために、制御装置 1 7 は、ワーク W と検証光 I L の照射位置の実際の移動経路との間の位置関係に基づいて、加工パス情報を補正してもよい。例えば、制御装置 1 7 は、撮像装置 1 4 が撮像した画像から、検証光 I L の照射位置の実際の移動経路を特定してもよい。制御装置 1 7 は、検証光 I L の照射位置の実際の移動経路として、ビームスポット（或いは、熔融池 M P 又は加工跡）の移動軌跡を特定してもよい。その後、図 2 7 ( a ) に示すように、制御装置 1 7 は、ワーク W と検証光 I L の照射位置の実際の移動経路との間の位置関係から、検証光 I L の照射位置の実際の移動経路の、検証移動経路 T R から想定される検証光 I L の照射位置の移動経路に対するずれ量及びずれの方向の少なくとも一つを算出してもよい。図 2 7 ( a ) に示す例では、制御装置 1 7 は、X 軸方向のずれ量及び Y 軸方向のずれ量を算出することで、ずれ量及びずれの方向の双方を算出している。検証光 I L の照射位置の実際の移動経路と検証移動経路 T R から想定される検証光 I L の照射位置の移動経路とのずれ量は、加工パスのずれ量に相当する。このため、制御装置 1 7 は、図 2 7 ( b ) に示すように、加工パス情報が示す加工パスを、算出したずれ量だけ移動させることで、加工パス情報を補正してもよい。同様に、検証光 I L の照射位置の実際の移動経路と検証移動経路 T R から想定される検証光 I L の照射位置の移動経路とのずれの方向は、加工パスのずれの方向に相当する。このため、制御装置 1 7 は、図 2 7 ( b ) に示すように、加工パス情報が示す加工パスを、算出したずれの方向と

は逆の方向に向かって移動させることで、加工パス情報を補正してもよい。  
その結果、図27(b)に示すように、補正された加工パス情報は、適切な加工パス情報となる。

[0271] 加工パス情報が補正された場合には、加工装置1は、補正された加工パス情報に基づいて、ワークWを加工する。その結果、加工装置1は、補正されていない加工パス情報に基づいてワークWを加工する場合と比較して、ワークWを精度よく加工することができる。

[0272] 加工装置1は、上述した加工パス検証動作を、ワークWの加工を開始する前に行ってもよい。加工装置1は、上述した加工パス検証動作を、ワークWの加工を開始した後に行ってもよい。加工装置1は、上述した加工パス検証動作を、ワークWの加工を一時的に中断した後に行ってもよい。この場合、加工装置1は、ワークWの加工を開始する前に行った加工パス検証動作で生成された検証移動経路TRを用いて、テスト照射動作を行ってもよい。或いは、加工装置1は、ワークWの加工を開始する前に行った加工パス検証動作で生成された検証移動経路TRとは異なる新たな検証移動経路TRを生成し、生成した新たな検証移動経路TRを用いて、テスト照射動作を行ってもよい。また、ワークWの加工を一時的に中断した後に加工パス検証動作が行われる場合には、加工装置1は、加工中のワークWに検証光ILを照射することで、テスト照射動作を行ってもよい。例えば、加工装置1が付加加工装置である場合には、加工装置1は、付加加工によって造形された造形物に検証光ILを照射することで、テスト照射動作を行ってもよい。例えば、加工装置1が除去加工装置である場合には、加工装置1は、除去加工によって一部の構造物が除去されたワークWに検証光ILを照射することで、テスト照射動作を行ってもよい。その後、加工装置1は、加工パス検証動作を完了した後に、中断したワークWの加工を再開してもよい。

[0273] 尚、保持具5に複数のワークWが保持されている場合には、加工システムSYSは、加工パス検証動作を、全てのワークWを対象に行ってもよいし、一部のワークWのみを対象に行ってもよい。また、加工システムSYSは、

加工パス検証動作の実行を省略してもよい。例えば、高い加工精度を要求されないワークWを加工する場合には、加工システムS Y Sは、加工パス検証動作を行うことなく、ワークWの加工を開始してもよい。

[0274] (3) 技術的效果

以上説明したように、本実施形態の加工システムS Y Sは、保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報と、キャリブレーション情報3 2 2 2とに基づいて、加工パス情報を生成する。このため、加工システムS Y Sは、ワークWを精度よく加工するように加工装置1を制御する加工パス情報を生成することができる。以下、その理由について、図28(a)から図28(c)を参照しながら説明する。

[0275] まず、仮にキャリブレーション動作が行われなければ、加工装置1の基準載置位置に載置された保持具5の実際の位置を示すキャリブレーション情報3 2 2 2を用いることなく、計測システム3が計測したワークWの三次元形状に基づいて、加工パス情報が生成される。

[0276] この場合、図28(a)に示すように、保持具5が加工装置1の基準載置位置に理想的な状態で載置されている場合には、加工装置1は、キャリブレーション情報3 2 2 2を用いることなく生成された加工パス情報を用いて、ワークWを適切に加工することができる。図28(a)は、加工装置1が付加加工装置である例を示している。この場合、加工装置1は、ワークWに適切な形状の造形物を適切に造形することができる。

[0277] 一方で、保持具5が、加工装置1の基準載置位置に理想的な状態で載置されとは限らない。例えば、図28(a)に示すように基準載置位置に載置された保持具5が、図28(b)に示すように傾いている可能性がある。つまり、保持具5が、理想的な状態から、X軸、Y軸及びZ軸の少なくとも一つの回転軸周りに所定回転量だけ回転している可能性がある。例えば、基準載置位置に載置された保持具5が、位置ずれしている可能性がある。つまり、保持具5が、理想的な状態から、X軸、Y軸及びZ軸の少なくとも一つに沿って所定並進量だけ位置ずれしている可能性がある。また、保持具5が設

計通りに製造されていなかったり、保持具 5 の一部（例えば支持部材 5 2）が変形したりして、基準部位 5 2 2 が理想通り（設計通り）に配置されない可能性もある。この場合、加工装置 1 は、キャリブレーション情報 3 2 2 2 を用いることなく生成された加工パス情報を用いて、ワーク W を適切に加工することができない可能性がある。例えば、図 2 8（a）から図 2 8（c）は、加工装置 1 が付加加工装置である例を示している。この場合、加工装置 1 は、図 2 8（b）に示したようにワーク W に適切な形状とは異なる異常な形状の造形物を意図せずに造形してしまう可能性がある。

[0278] そこで、本実施形態では、加工装置 1 の基準載置位置に載置された保持具 5 の実際の位置を示すキャリブレーション情報 3 2 2 2 を用いて、加工パス情報が生成される。このため、加工パス情報には、上述した保持具 5 の回転及び位置ずれが反映されている。従って、図 2 8（c）に示すように、加工装置 1 は、キャリブレーション情報 3 2 2 2 を用いて生成された加工パス情報を用いて、ワーク W を適切に加工することができる。つまり、保持具 5 が加工装置 1 の基準載置位置に理想的な状態で載置されている場合のみならず、保持具 5 が加工装置 1 の基準載置位置に理想的な状態で載置されていない場合において、加工装置 1 は、ワーク W を適切に加工することができる。その結果、加工装置 1 の加工精度が向上する。また、キャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成するために、保持具 5 に取り付けられたベースプレート 5 0 を加工光 E L で加工して、その加工跡の位置を計測する場合には、加工装置 1 と保持具 5 の組み合わせにおける、より正確なキャリブレーション情報 3 2 2 2 を生成することができる。

[0279] 更に、本実施形態では、キャリブレーション情報 3 2 2 2 は、加工装置 1 と保持具 5 との組み合わせのパターン毎に生成される。この場合、加工装置 1 と保持具 5 との組み合わせのパターン毎に上述した保持具 5 の回転及び位置ずれの状態が異なっていたとしても、加工装置 1 は、保持具 5 に保持されたワーク W を適切に加工することができる。

[0280] 更に、加工システム S Y S では、加工装置 1 とは異なる計測システム 3 が

加工パス情報を生成する。このため、計測システム3は、複数の加工装置1のそれぞれを対象に、加工パス情報を生成することができる。例えば、計測システム3は、第1の加工装置1が用いる加工パス情報と、第1の加工装置1とは異なる第2の加工装置1が用いる加工パス情報とを生成することができる。この場合、加工装置1によるワークWの加工に長い時間がかかることを考慮すれば、複数の加工装置1のそれぞれが個別に加工パス情報を生成する場合として、加工システムSYS全体としてのワークWの加工に要するスループットが向上する。

[0281] 更に、加工システムSYSは、加工パス検証動作を行うことができる。その結果、加工パス情報が適切でないと判定された場合には、加工システムSYSは、加工パス情報を補正することができる。その結果、加工システムSYSは、補正されていない加工パス情報に基づいてワークWを加工する場合と比較して、ワークWを精度よく加工することができる。

[0282] 尚、本実施形態の加工システムSYSは、国連が主導する持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）の目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」及びターゲット9-4「2030年までに、資源をよりむだなく使えるようにし、環境にやさしい技術や生産の方法をより多く取り入れて、インフラや産業を持続可能なものにする。すべての国が、それぞれの能力に応じて、これに取り組む。」に貢献可能である。

[0283] （４）変形例

（４－１）キャリブレーション動作の変形例

上述した説明では、加工跡計測装置2が、加工装置1によって加工されたベースプレート50の加工跡の位置を計測している。しかしながら、加工跡計測装置2に加えて又は代えて、加工装置1が、ベースプレート50の加工跡の位置を計測してもよい。例えば、加工装置1は、加工跡計測装置2を備えていてもよく、加工装置1は、加工跡計測装置2を用いて、ベースプレート50の加工跡の位置を計測してもよい。例えば、加工装置1は、加工装置

1の撮像装置14を用いて、ベースプレート50の加工跡の位置を計測してもよい。この場合、加工システムSYSは、保持具5が基準載置位置に載置された状態で、加工装置1を用いてベースプレート50の加工を行い、保持具5が基準載置位置に載置したまま、加工跡計測装置2を用いて加工跡の位置を計測してもよい。或いは、計測システム3が、ベースプレート50の加工跡の位置を計測してもよい。この場合、計測システム3は、ベースプレート50の加工跡の位置を計測するための計測装置を備えていてもよい。或いは、計測システム3は、形状計測装置31を用いて、ベースプレート50の加工跡の位置を計測してもよい。

[0284] 上述した説明では、加工装置1がベースプレート50を加工し、ベースプレート50の加工跡の位置の計測結果を示す加工跡位置情報に基づいて、キャリブレーション情報3222が生成されている。しかしながら、加工装置1は、ベースプレート50を加工しなくてもよい。この場合、例えば、ベースプレート50の表面にマークが予め形成されていてもよい。キャリブレーション情報3222は、ベースプレート50のマークの位置の計測結果に基づいて生成されてもよい。但し、この場合には、加工装置1が、ベースプレート50のマークの位置を計測してもよい。具体的には、加工装置1は、加工装置1に設置されたベースプレート50に形成されたマークの位置を、加工装置1が備える計測装置（例えば、上述した加工跡計測装置2又は撮像装置14）を用いて計測してもよい。この場合であっても、計測システム3（特に、加工パス生成装置32）は、ベースプレート50に形成されたマークの位置の計測結果、及び、保持具5の基準部位522とベースプレート50との位置関係に関する情報に基づいて、加工座標系における保持具5の位置（例えば、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一つにおける基準部位522の位置）を算出可能である。このため、加工装置1がベースプレート50を加工しない場合であっても、加工システムSYSは、上述した効果が享受可能である。つまり、加工システムSYSは、加工装置1に対する保持具5の載置態様のばらつき（言い換えれば、加工装置1に対する保持具5の取り付け

け誤差)を考慮しながら、ワークWを高精度に加工することができる。

[0285] 但し、加工装置1がベースプレート50を加工する場合には、加工システムSYSは、加工装置1に対する保持具5の載置態様のばらつき(言い換えれば、加工装置1に対する保持具5の取り付け誤差)に加えて、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一つの取り付け誤差をも考慮しながら、ワークWを高精度に加工することができる。なぜならば、加工装置1がベースプレート50に形成する加工跡の位置は、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一つの取り付け誤差に応じて依存するがゆえに、加工跡の位置の計測は、加工ヘッド121及びステージ131の少なくとも一つの取り付け誤差が反映された加工跡の位置の計測に相当するからである。

[0286] 加工装置1は、ベースプレート50を加工することに加えて又は代えて、ベースプレート50とは異なる部材を加工してもよい。例えば、ベースプレート50上に、加工光ELに反応する材料で構成された部材(例えば、感熱紙及び感光紙等の少なくとも一つ)が配置されてもよい。感熱紙及び感光紙等の少なくとも一つの部材は、ベースプレート50上に貼り付けられていてもよい。この場合、加工装置1は、当該部材に加工光ELを照射してもよい。加工跡計測装置2は、加工光ELによって部材に形成された跡(例えば、感熱跡又は感光跡)を計測してもよい。

[0287] (4-2) 加工パス生成動作の変形例

上述した説明では、計測システム3が、生成した加工パス情報を加工装置1に送信している。しかしながら、計測システム3は、生成した加工パス情報を、中継サーバに送信し、中継サーバが、計測システム3から受信した加工パス情報を、加工装置1に送信してもよい。

[0288] 上述した説明では、計測システム3が、加工パス情報を生成している。しかしながら、計測システム3とは異なる装置が、加工パス情報を生成してもよい。例えば、加工装置1(特に、制御装置17)が、加工パス情報を生成してもよい。この場合、計測システム3は、計測システム3による保持具5及びワークWのそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報と、キャリ

ブレーション情報 3 2 2 2 とを、加工装置 1 に送信してもよい。加工装置 1 は、計測システム 3 から受信した計測情報及びキャリブレーション情報 3 2 2 2 に基づいて、加工パス情報を生成してもよい。或いは、例えば、加工装置 1 及び計測システム 3 とは異なるサーバが、加工パス情報を生成してもよい。この場合、計測システム 3 は、計測システム 3 による保持具 5 及びワーク W のそれぞれの三次元形状の計測結果を示す計測情報と、キャリブレーション情報 3 2 2 2 とを、サーバに送信してもよい。サーバは、計測システム 3 から受信した計測情報及びキャリブレーション情報 3 2 2 2 に基づいて、加工パス情報を生成してもよい。サーバは、生成した加工パス情報を、加工装置 1 に送信してもよい。

[0289] 加工装置 1 と保持具 5 との組み合わせのパターンごとに生成されるキャリブレーション情報 3 2 2 2 は、複数の情報と紐づけられたバッチ情報として、計測システム 3 の記憶装置 3 2 2 に記憶されていてもよい。例えば、キャリブレーション情報 3 2 2 2 は、加工パス情報（例えば、図 20 のステップ S 2 0 7 において生成された加工パス情報及び図 23 のステップ S 3 0 3 において補正された加工パス情報のうちの少なくとも一つ）とキャリブレーション情報 3 2 2 2 とが紐づけられたバッチ情報として記憶されていてもよい。例えば、キャリブレーション情報 3 2 2 2 は、加工パス情報に加えて又は代えて、ワーク W の固有情報、ワーク W の三次元モデル（例えば、計測モデル）、加工装置 1 が加工すべき被加工部分の三次元形状を有する三次元モデル（つまり、加工モデル）、補修後のワーク形状を想定した三次元モデル（例えば、目標モデルであり、補修後モデルと称されてもよい）及び加工装置 1 の加工履歴のうちの少なくとも一つとキャリブレーション情報 3 2 2 2 とが紐づけられたバッチ情報として記憶されていてもよい。また、バッチ情報には、複数の加工装置 1 のうちワーク W を実際に加工した加工装置 1 に関する情報が含まれていてもよい。また、バッチ情報には、ワーク W を実際に計測した計測システム 3 に関する情報が含まれていてもよい。バッチ情報は、加工装置 1 に記憶されていてもよいし、計測システム 3 に記憶されてい

もよいし、加工装置 1 及び計測システム 3 とは異なる装置に記憶されていてもよい。例えば、バッチ情報は、サーバ、顧客の端末のソフトウェア又はクラウドソフトウェアに格納されてもよい。また、バッチ情報は、ワーク W の加工及び計測の少なくとも一方が行われる予定の時間に関する情報を含んでもよい。また、バッチ情報は、ワーク W の加工及び計測の少なくとも一方が実際に行われた時間に関する情報を含んでもよい。例えば、バッチ情報は、計測時刻、加工時刻及び加工システム S Y S の各種動作における時系列情報を含んでもよい。この場合、バッチ情報は加工装置 1 と保持具 5 と加工日時との組み合わせのパターンごとに生成されてもよい。この場合、最新の情報がバッチ情報として用いられてもよいし、バッチ情報が適宜更新（言い換えれば、上書き）されてもよい。バッチ情報は表示装置によって表示され、作業者や管理者が閲覧できるようにしてもよい。

[0290] （４－３）加工パス検証動作の変形例

上述した説明では、検証光 I L の照射位置が移動する検証移動経路 T R は、加工パス情報が示す加工光 E L の目標照射位置（目標照射領域 E A）の目標移動経路（つまり、加工パス）の少なくとも一部を含んでいる。しかしながら、検証移動経路 T R は、加工パス情報が示す加工光 E L の目標照射位置（目標照射領域 E A）の目標移動経路とは異なる経路を含んでもよい。つまり、検証移動経路 T R は、加工パスとは異なる経路を含んでもよい。

[0291] 例えば、検証移動経路 T R は、加工パスの少なくとも一部に交差する経路を含んでもよい。一例として、図 29 に示すように、検証移動経路 T R は、加工パス情報が示す加工パスのうちの最外周パス P P に交差する交差経路を含んでもよい。特に、検証移動経路 T R は、加工パス情報が示す加工パスのうちの最外周パス P P に交差する複数の交差経路を含んでもよい。

[0292] 加工装置 1 は、図 29 に示すように、検証光 I L の照射位置が、最外周パス P P の内側から外側へ向かって移動するように、テスト照射動作を行って

もよい。但し、加工装置 1 は、検証光 I L の照射位置が、最外周パス P P の外側から内側へ向かって移動するように、テスト照射動作を行ってもよい。

[0293] ここで、加工パスに交差する交差経路を含む検証移動経路 T R が生成される場合には、テスト照射動作によって検証移動経路 T R に沿って検証光 I L の照射位置が移動する過程で、検証光 I L がワーク W に照射されるべきタイミングと、検証光 I L がワーク W に照射されるべきでないタイミングとが現れる可能性が高くなる。つまり、検証光 I L がワーク W に照射されるべきタイミングと、検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されるべきタイミングとが現れる可能性が高くなる。このため、制御装置 1 7 が検証光 I L の照射状態を監視している間に、検証光 I L の照射状態が変わる（例えば、ビームスポット、溶融池 M P 又は加工跡のサイズが所定量以上変わる）可能性が高くなる。つまり、制御装置 1 7 は、加工パスに交差する交差経路を含む検証移動経路 T R を生成することで、検証光 I L の状態を、検証光 I L がワーク W に照射されている状態と、検証光 I L がワーク W とは異なる物体に照射されている状態との間で、意図的に変化させることができる。

[0294] この場合、制御装置 1 7 は、検証光 I L の照射状態が変わるタイミングを検出することができる。その結果、制御装置 1 7 は、検証光 I L の照射状態を監視することで、ワーク W の外縁を推定することができる。具体的には、制御装置 1 7 は、複数の交差経路において検証光 I L の照射状態が変わる位置を結ぶことで、ワーク W の外縁を推定することができる。その結果、図 30 (a) 及び図 30 (b) に示すように、制御装置 1 7 は、ワーク W（具体的には、推定されたワーク W の外縁）と加工パスとの位置関係を推定することができる。この場合、図 30 (a) に示すように、加工パスが、推定されたワーク W の外縁の内側に位置している場合には、制御装置 1 7 は、加工パス情報が適切であると判定してもよい。他方で、図 30 (b) に示すように、加工パスの少なくとも一部が、推定されたワーク W の外縁の外側に位置している場合には、制御装置 1 7 は、加工パス情報が適切でないと判定してもよい。この場合、制御装置 1 7 は、ワーク W（具体的には、推定されたワー

クWの外縁)と加工パスとの位置関係に基づいて、加工パス情報を補正してもよい。

[0295] このように、加工パスに交差する交差経路を含む検証移動経路TRが生成される場合であっても、加工システムSYSは、加工パス情報が適切であるか否かを適切に判定することができる。このため、加工システムSYSは、ワークWを精度よく加工することができる。

[0296] 尚、図31に示すように、検証移動経路TRは、加工パスの少なくとも一部を所定距離だけシフトさせることで得られる経路を含んでいてもよい。一例として、図31に示すように、検証移動経路TRは、加工パス情報が示す加工パスのうちの最外周パスPPを所定距離だけシフトさせることで得られる経路を含んでいてもよい。この場合においても、制御装置17が検証光LLの照射状態を監視している間に、検証光LLの照射状態が変わる可能性が高くなる。このため、上述した効果が享受可能である。

[0297] (4-4) 保持具5の変形例

保持具5の連結部材53には、マークが形成されていてもよい。例えば、保持具5の連結部材53には、マークを示すシールが貼りつけられていてもよい。連結部材53に形成されたマークは、保持具5の計測のために用いられてもよい。例えば、加工パス生成部3212は、加工パス生成動作によって加工座標系及び計測座標系のいずれか一方における位置を加工座標系及び計測座標系のいずれか他方における位置に変換するための変換行列が生成された後に、変換行列に基づいて、連結部材53に形成されたマークの加工座標系における位置を算出してもよい。その後、加工パス生成部3212は、マークの加工座標系における位置に基づいて、加工パス情報を生成してもよい。

[0298] 保持具5には、所定の読取コードが形成されていてもよい。例えば、保持具5の底部材51、支持部材52及び連結部材53の少なくとも一つに、読取コードが形成されていてもよい。読取コードは、一次元コード(例えば、バーコード)を含んでいてもよい。読取コードは、二次元コード(例えば、

QRコード（登録商標））を含んでいてもよい。尚、保持具5に加えて又は代えて、ワークWに読取コードが形成されていてもよい。

[0299] 読取コードは、保持具5を識別するための情報を含んでいてもよい。例えば、読取コードは、保持具5の固有の識別情報を含んでいてもよい。加工装置1は、読取コードに含まれる情報を取得することで、加工装置1に載置されている保持具5を識別してもよい。計測システム3は、読取コードに含まれる情報を取得することで、計測システム3に載置されている保持具5を識別してもよい。加工装置1及び計測システム3とは異なる制御装置（例えば、制御サーバ6）は、読取コードに含まれる情報を取得することで、加工装置1又は計測システム3に載置されている保持具5を識別してもよい。尚、読取コードに含まれる情報は、加工装置1及び計測システム3の少なくとも一つが備える読取装置（例えば、コードスキャナ）を用いて取得されてもよい。読取コードに含まれる情報は、ユーザが備える読取装置（例えば、ハンディスキャナ）を用いて取得されてもよい。

[0300] 加工装置1、計測システム3及び制御装置の少なくとも一つは、読取コードに含まれる情報に基づいて識別した保持具5を用いてワークWを加工するために利用可能な情報を取得してもよい。一例として、読取コードに含まれる情報に基づいて、加工装置1又は計測システム3に載置されている保持具5が、「0001」という識別番号が付与された保持具5であると識別された場合には、加工装置1、計測システム3及び制御装置の少なくとも一つは、「0001」という識別番号が付与された保持具5に関する情報を用いてワークWを加工するために利用可能な情報を取得してもよい。他の一例として、読取コードに含まれる情報に基づいて、加工装置1又は計測システム3に載置されている保持具5が、「0002」という識別番号が付与された保持具5であると識別された場合には、加工装置1、計測システム3及び制御装置の少なくとも一つは、「0002」という識別番号が付与された保持具5に関する情報を用いてワークWを加工するために利用可能な情報を取得してもよい。この場合、加工装置1は、取得した情報を用いて、ワークWを加

工してもよい。計測システム3は、取得した情報を用いて、加工パス情報を生成してもよい。

[0301] 保持具5を用いてワークWを加工するために利用可能な情報の一例として、キャリブレーション情報、加工パス情報、ワークWの固有情報、ワークWの三次元モデル（例えば、計測モデル）、加工装置1が加工すべき被加工部分の三次元形状を有する三次元モデル（つまり、加工モデル）及び補修後のワーク形状を想定した三次元モデル（例えば、目標モデルであり、補修後モデルと称されてもよい）の少なくとも一つがあげられる。保持具5を用いてワークWを加工するために利用可能な情報の一例として、上述したバッチ情報があげられる。

[0302] このように、読取コードを用いてバッチ情報（或いは、バッチ情報に含まれる各情報、以下、この段落において同じ）が取得される場合には、バッチ情報の再利用が可能となる。このため、加工システムS Y Sは、バッチ情報を再利用することで、バッチ情報を改めて生成しなくてもよくなる。例えば、キャリブレーション情報3 2 2 2が再利用可能である場合には、計測システム3は、図20のステップS 2 0 5において、読取コードを用いて保持具5を特定し、特定した保持具5に対応するキャリブレーション情報3 2 2 2を取得してもよい。計測システム3は、図20のステップS 2 0 6において、読取コードを用いて保持具5を特定し、特定した保持具5に対応する加工モデルデータを取得してもよい。計測システム3は、図20のステップS 2 0 7において、読取コードを用いて保持具5を特定し、特定した保持具5に対応する加工パス情報を取得してもよい。このため、加工システムS Y Sのスループットが向上する。

[0303] 読取コードを用いて取得されたバッチ情報（或いは、バッチ情報に含まれる各情報、以下、この段落において同じ）は、表示装置によって表示されてもよい。例えば、加工装置1が備える上述した第1のコンピュータ、加工跡計測装置2が備える上述した第2のコンピュータ、計測システム3が備える上述した第3のコンピュータ及び制御サーバ6の少なくとも一つが備える表

示装置が、バッチ情報を表示してもよい。加工システムS Y Sのユーザが備える情報端末（例えば、ノートパソコン、スマートフォン又はタブレット端末）の表示装置が、バッチ情報を表示してもよい。その結果、ユーザは、バッチ情報の内容を確認することができる。

[0304] 尚、上述したようにバッチ情報が加工装置1、計測システム3及びその他の装置の少なくとも一つに記憶される場合には、バッチ情報は、読取コードに含まれる情報（つまり、保持具5を固有に識別する情報）がバッチ情報に関連付けられた状態で記憶されていてもよい。

[0305] （４－５）その他の変形例

上述した説明では、加工装置1は、加工光E Lを用いて、ワークWを加工している。しかしながら、加工装置1は、任意のエネルギービームを用いて、ワークWを加工してもよい。任意のエネルギービームの一例として、荷電粒子ビーム及び電磁波等の少なくとも一つがあげられる。荷電粒子ビームの一例として、電子ビーム及びイオンビーム等の少なくとも一つがあげられる。

[0306] 上述の各実施形態の構成要件の少なくとも一部は、上述の各実施形態の構成要件の少なくとも他の一部と適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の構成要件のうちの一部が用いられなくてもよい。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態で引用した全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0307] 本発明は、上述した実施例に限られるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う加工方法、加工システム及び情報取得方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

## 符号の説明

[0308] S Y S 加工システム

1 加工装置

1 2 加工ユニット

1 3 ステージユニット

- 1 4 撮像装置
- 1 7 制御装置
- 2 加工跡計測装置
- 3 計測システム
  - 3 1 形状計測装置
  - 3 2 加工パス生成装置
    - 3 2 1 演算装置
      - 3 2 1 1 キャリブレーション部
      - 3 2 1 2 加工パス生成部
    - 3 2 2 記憶装置
      - 3 2 2 0 キャリブレーション情報DB
      - 3 2 2 2 キャリブレーション情報
- 4 搬送装置
- 5 保持具
  - 5 0、5 0 A、5 0 B ベースプレート
  - 5 0 9 基準部位
  - 5 1 底部材
  - 5 2 支持部材
    - 5 2 1 プレート固定部材
    - 5 2 2 基準部位
    - 5 2 3 ストップ
- W ワーク
  - E L 加工光
  - I L 検証光
  - M P 溶融池

## 請求の範囲

- [請求項1]       保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、
- 前記加工装置の基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位の、前記加工装置の加工座標系における位置に関する情報を含む保持具情報を取得することと、
- 前記加工対象物を保持する前記保持具を、計測装置に設置することと、
- 前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む計測情報を取得することと、
- 前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記計測装置から取り出すことと、
- 前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を前記加工装置に設置する前に取得した前記保持具情報と、前記計測情報とに基づいて、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における加工パス情報を生成することと、
- 前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、
- 前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を、前記加工パス情報に基づいて加工することと
- を含む加工方法。
- [請求項2]       前記保持具には、前記基準部位に対して所定の位置関係で基準部材が配置され、
- 前記保持具情報を取得することは、

前記保持具を、前記基準載置位置に載置することと、

前記加工ビームを用いて、前記加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記保持具の、前記基準部材の表面に加工を行うことと、

前記基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと

を含む

請求項 1 に記載の加工方法。

[請求項3]

前記計測装置は、第 1 計測装置であり、

前記基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することは、前記第 1 計測装置とは異なる第 2 計測装置を用いて、前記基準部材の表面の前記加工された部分の位置を計測することを含む

請求項 2 に記載の加工方法。

[請求項4]

前記第 2 計測装置を用いた前記計測は、

前記保持具の前記基準部材の表面に加工を行った後、前記保持具から前記加工が行われた前記基準部材を取り外すことと、

前記保持具から取り外された前記基準部材を、前記第 2 計測装置に載置することと、

前記第 2 計測装置を用いて、前記基準部材上での前記加工された部分の位置を計測することと

を含む請求項 3 に記載の加工方法。

[請求項5]

前記保持具情報は、前記加工された部分の前記基準部材上での目標位置と、前記第 2 計測装置を用いて計測された、前記加工された部分の前記基準部材上での位置とに基づいて求められる

請求項 4 に記載の加工方法。

[請求項6]

前記基準部材の前記加工された部分の位置の計測は、前記保持具を前記加工装置から取り外した後に行われる

請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載の加工方法。

- [請求項7] 前記保持具情報を取得することは、前記加工装置の前記基準載置位置に前記保持具が載置された状態で、前記加工座標系における前記基準部材の位置情報を取得することを含む
- 請求項2から6のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項8] 前記加工対象物を第1加工対象物として、前記第1加工対象物の加工完了後に、前記保持具を前記加工装置から取り外すことと、
- 前記加工された前記第1加工対象物を、前記保持具から取り外すことと、
- 前記第1加工対象物とは異なる第2加工対象物に取り付けられた前記保持具を、計測装置に載置することと、
- 前記計測情報を第1計測情報として、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記第2加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む第2計測情報を取得することと、
- 前記第2加工対象物を保持する前記保持具を、前記計測装置から取り出すことと、
- 前記加工パス情報を第1加工パス情報として、前記保持具情報と、前記第2計測情報とに基づいて、前記第2加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における第2加工パス情報を生成することと、
- 前記計測装置から取り出された前記第2加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、
- 前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記第2加工対象物を、前記第2加工パス情報に基づいて加工することと
- を含む請求項1から7のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項9] 前記加工対象物を第1加工対象物とし且つ前記保持具を第1保持具として、前記第1加工対象物の加工完了後に、前記第1保持具を前記加工装置から取り外すことと、

前記第 1 加工対象物とは異なる第 3 加工対象物を保持する、前記第 1 保持具とは異なる第 2 保持具を、計測装置に載置することと、

前記計測情報を第 1 計測情報として、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記第 2 保持具上の前記第 3 加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記第 2 保持具の基準部位の位置に関する情報とを含む第 3 計測情報を取得することと、

前記第 3 加工対象物を保持する前記第 2 保持具を、前記計測装置から取り出すことと、

前記保持具情報を第 1 保持具情報とし且つ前記加工パス情報を第 1 加工パス情報として、前記第 2 保持具の前記基準部位の前記加工座標系における位置に関する情報を含む第 2 保持具情報と、前記第 3 計測情報とに基づいて、前記第 3 加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における第 3 加工パス情報を生成することと、

前記計測装置から取り出された前記第 3 加工対象物を保持する前記第 2 保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、

前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記第 2 保持具上の前記第 3 加工対象物を、前記第 3 加工パス情報に基づいて加工することと

を含む請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項10] 前記第 2 保持具情報は、前記計測装置から取り出された前記第 3 加工対象物を保持する前記第 2 保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置する前に取得される

請求項 9 に記載の加工方法。

[請求項11] 前記第 2 保持具情報は、前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記第 2 保持具の前記基準部位の、前記加工座標系における位置に関する情報を含む

請求項 9 又は 10 に記載の加工方法。

[請求項12] 第2保持具には、前記基準部位に対して所定の位置関係で第2基準部材が配置され、

前記第2保持具情報を取得することは、

前記第2保持具を、前記基準載置位置に載置することと、

前記加工ビームを用いて、前記加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記第2保持具の、前記第2基準部材の表面に加工を行うことと、

前記第2基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと

を含む請求項 9 から 11 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項13] 前記加工装置は、付加工装置又は除去加工装置である

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項14] 前記加工対象物を第1加工対象物とし、前記加工装置を第1加工装置とし且つ前記加工座標系を第1加工座標系として、前記加工方法は、前記保持具に取り付けられた、前記第1加工対象物と異なる第4加工対象物を、前記第1加工装置と異なる第2加工装置を用いて、前記第2加工装置の第2加工座標系の下で加工することを更に含み、

前記第2加工装置を用いて、前記保持具に取り付けられた前記第4加工対象物を加工することは、

前記第4加工対象物に取り付けられた前記保持具を、計測装置に載置することと、

前記計測情報を第1計測情報として、前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記第4加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む第4計測情報を取得することと、

前記第4加工対象物を保持する前記保持具を、前記計測装置から取り出すことと、

前記保持具情報を第1保持具情報とし且つ前記加工パス情報を第1加工パス情報として、前記基準部位の前記第2加工座標系における位置に関する情報を含む第3保持具情報と、前記第4計測情報とに基づいて、前記第4加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記第2加工座標系における第4加工パス情報を生成することと、

前記計測装置から取り出された前記第4加工対象物を保持する前記保持具を、前記第2加工装置の基準載置位置に載置することと、

前記第2加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記第4加工対象物を、前記第4加工パス情報に基づいて加工することと

を含む請求項1から13のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項15] 前記第3保持具情報は、前記第2加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具の前記基準部位の、前記第2加工座標系における位置に関する情報を含む

請求項14に記載の加工方法。

[請求項16] 前記第3保持具情報は、前記第4加工対象物を保持した前記保持具を、前記第2加工装置の前記基準載置位置に載置する前に取得される請求項14又は15に記載の加工方法。

[請求項17] 第2保持具には、前記基準部位に対して所定の位置関係で第3基準部材が配置され、

前記第3保持具情報を取得することは、

前記保持具を、前記第2加工装置の前記基準載置位置に載置することと、

前記加工ビームを用いて、前記第2加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記第2加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具の、前記第3基準部材の表面に加工を行うことと、

前記第3基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと

を含む請求項14から16のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項18]

前記第1加工装置及び前記第2加工装置の一方は、付加加工装置であり、

前記第1加工装置及び前記第2加工装置の他方は、除去加工装置である

請求項14から17のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項19]

前記加工方法は、

前記計測情報を第1計測情報とし且つ前記加工パス情報に基づいて前記加工が行われた前記加工対象物を第5加工対象物として、前記第5加工対象物を保持したまま前記加工装置から取り外された前記保持具を、計測装置内に載置し、前記第5加工対象物の三次元形状に関する情報を含む第5計測情報を取得することと、

前記加工装置を第1加工装置とし且つ前記加工座標系を第1加工座標系として、前記保持具に保持された前記第5加工対象物を、前記第5計測情報に基づいて、前記第1加工装置と異なる第3加工装置を用いて前記第3加工装置の第3加工座標系の下で加工することと

を更に含む請求項1から17のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項20]

前記第5計測情報は、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記第5加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含み、

前記第3加工装置を用いて、前記保持具に保持された前記第5加工対象物を加工することは、

前記加工パス情報を第1加工パス情報とし且つ前記保持具情報を第1保持具情報として、前記基準部位の前記第3加工座標系における位置に関する情報を含む第4保持具情報と、前記第5計測情報とに基づいて、前記第5加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射さ

れるべき目標照射位置を示す前記第3加工座標系における第5加工パス情報を生成することと

前記計測装置から取り出された前記第5加工対象物を保持する前記保持具を、前記第3加工装置の基準載置位置に載置することと、

前記第3加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記第5加工対象物を、前記第5加工パス情報に基づいて加工することと

を含む請求項19に記載の加工方法。

[請求項21] 前記第4保持具情報は、前記第3加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具の前記基準部位の、前記第3加工座標系における位置に関する情報を含む

請求項20記載の加工方法。

[請求項22] 前記第4保持具情報は、前記第5加工対象物を保持した前記保持具を、前記第3加工装置の前記基準載置位置に載置する前に取得される請求項20又は21に記載の加工方法。

[請求項23] 前記第1加工装置及び前記第3加工装置の一方は、付加加工装置であり、

前記第1加工装置及び前記第3加工装置の他方は、除去加工装置である

請求項19から21のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項24] 前記第1加工装置は、付加加工装置であり、

前記第3加工装置は、除去加工装置である

請求項23記載の加工方法。

[請求項25] 前記生成した加工パス情報に基づいて、前記加工対象物にビームを照射することと、

前記加工対象物に対する前記ビームの照射状態を検出することと、

前記照射状態の検出結果に基づいて、前記加工対象物とは異なる物体に前記加工ビームが照射されると判定された場合に、前記生成した

加工パス情報を補正することと、

前記補正した加工パス情報に基づいて、前記加工対象物に前記加工ビームを照射することで、前記加工対象物を加工することと

を含む請求項 1 から 24 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項26]

保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、

前記加工装置の基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位の、前記加工装置の加工座標系における位置に関する情報を含む保持具情報を取得することと、

前記加工対象物を保持する前記保持具を計測装置に設置することと、

前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報と、前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報とを含む計測情報を取得することと、

前記加工対象物を保持する前記保持具を前記計測装置から取り出すことと、

前記保持具情報と、前記計測情報とに基づいて、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工座標系における加工パス情報を生成することと、

前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、

前記生成した加工パス情報に基づいて、前記加工ビームとは異なる非加工ビームを前記加工対象物に照射することと、

前記加工対象物に対する前記非加工ビームの照射状態を検出することと、

前記生成した加工パス情報と前記照射状態の検出結果とに基づいて

、前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を加工することと  
を含む加工方法。

[請求項27] 前記加工方法は、前記検出結果に基づいて、前記生成した加工パス情報を補正することを更に含み、  
前記加工対象物の加工は、前記補正した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記加工ビームを照射することで行われる  
請求項26に記載の加工方法。

[請求項28] 前記加工パス情報は、前記目標照射位置の目標移動経路を示す  
請求項26又は27に記載の加工方法。

[請求項29] 前記生成した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記非加工ビームを照射することは、前記目標移動経路に沿って前記加工対象物に前記非加工ビームを照射することを含む  
請求項28に記載の加工方法。

[請求項30] 前記生成した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記非加工ビームを照射することは、前記目標移動経路と異なる経路を含む検証移動経路に沿って前記加工対象物に前記非加工ビームを照射することを含む  
請求項28に記載の加工方法。

[請求項31] 前記保持具には、前記基準部位に対して所定の位置関係で基準部材が配置され、  
前記保持具情報を取得することは、  
前記保持具を、前記基準載置位置に載置することと、  
前記加工ビームを用いて、前記加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記保持具の、前記基準部材の表面に加工を行うことと、  
前記基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと

を含む請求項 1 から 30 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項32] 前記基準部材を加工用基準部材として、前記保持具には、前記基準部位と所定の位置関係で計測用基準部材が配置され、

前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報は、前記計測装置を用いて取得される、前記計測座標系における前記計測用基準部材の少なくとも一部の三次元形状に関する情報に基づいて求められる

請求項 31 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項33] 前記計測用基準部材は、前記加工用基準部材に替えて、前記保持具に取り付けられる

請求項 32 に記載の加工方法。

[請求項34] 前記計測用基準部材の三次元形状は、前記加工用基準部材の三次元形状とは異なる

請求項 32 又は 33 に記載の加工方法。

[請求項35] 前記計測用基準部材は、第 1 基準面と、前記第 1 基準面と高さが異なる第 2 基準面を含む

請求項 32 から 34 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項36] 前記保持具情報を取得することは、

前記計測用基準部材が配置された前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することと、

前記加工装置において、前記加工座標系における前記計測用基準部材の位置情報を取得することと

を含む請求項 32 から 34 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項37] 前記計測用基準部材は、第 1 基準面と、前記第 1 基準面と高さが異なる第 2 基準面を含み、

前記計測用基準部材の位置情報を取得することは、前記第 2 基準面の位置を計測することを含む

請求項 36 に記載の加工方法。

- [請求項38] 前記第2基準面の位置を計測することは、前記加工装置から複数の計測ビームを前記第2基準面に照射することを含む  
請求項37に記載の加工方法。
- [請求項39] 前記第2基準面の平面視における形状は、非対称となる形状である  
請求項35、37又は38に記載の加工方法。
- [請求項40] 前記保持具には、前記計測用基準部材が複数配置されており、  
前記計測用基準部材の位置情報を取得することは、前記複数の計測用基準部材のそれぞれの位置情報を取得することを含み、  
前記保持具情報を生成することは、前記加工が行われた部分の位置の計測結果と前記複数の計測用基準部材のそれぞれの位置情報とに基づいて、前記保持具情報を生成することを含む  
請求項32から39のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項41] 前記保持具には、前記基準部位と所定の位置関係で基準部材が配置されている  
請求項1から30のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項42] 前記保持具情報を取得することは、前記保持具を、前記加工装置の前記基準載置位置に載置することを含む  
請求項41に記載の加工方法。
- [請求項43] 前記保持具情報を取得することは、前記保持具が前記基準載置位置に載置された状態で、前記加工座標系における前記基準部材の位置情報を取得することを含む  
請求項42に記載の加工方法。
- [請求項44] 前記保持具情報は、前記加工座標系における前記基準部材の目標位置情報と前記取得された位置情報とに基づいて求められる  
請求項43に記載の加工方法。
- [請求項45] 前記基準部材の表面には、マークが設けられ、  
前記基準部材の位置情報を取得することは、前記加工座標系におけ

る前記マークの位置情報を取得することを含む、

請求項 4 3 又は 4 4 に記載の加工方法。

[請求項46] 前記保持具には、前記基準部位と所定の位置関係で計測用基準部材が配置され、

前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報は、前記計測装置を用いて取得される、前記計測座標系における前記計測用基準部材の少なくとも一部の三次元形状に関する情報に基づいて求められる

請求項 4 5 に記載の加工方法。

[請求項47] 前記計測用基準部材は、前記マークが設けられた前記基準部材に替えて、前記保持具に取り付けられる

請求項 4 6 に記載の加工方法。

[請求項48] 前記計測用基準部材の三次元形状は、前記マークが設けられた前記基準部材の三次元形状とは異なる

請求項 4 6 又は 4 7 に記載の加工方法。

[請求項49] 前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置に関する情報は、前記計測装置を用いて取得される、前記計測座標系における前記基準部材の少なくとも一部の三次元形状に関する情報に基づいて求められる

請求項 4 1 から 4 8 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項50] 前記基準部材は、第 1 基準面と、前記第 1 基準面と高さが異なる第 2 基準面を含む

請求項 4 1 から 4 9 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項51] 前記加工方法は、前記加工パス情報に基づいて前記加工が行われた前記加工対象物を保持したまま前記加工装置から取り外された前記保持具を、前記計測装置内に設置し、前記加工が行われた前記加工対象物の三次元形状に関する情報を取得することを更に含む

請求項 1 から 5 0 のいずれか一項に記載の加工方法。

- [請求項52] 前記加工パス情報を生成することは、  
前記保持具情報と、前記計測情報と、前記加工対象物の加工後の目標形状に関する情報とに基づいて、前記加工座標系における加工モデルデータを生成することを含む  
請求項1から51のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項53] 前記加工モデルデータを生成することは、  
前記計測情報に含まれる前記加工対象物の三次元形状に関する情報と前記加工対象物の目標形状に関する情報とに基づいて、前記加工対象物の三次元形状と前記目標形状との差分に関する、前記計測座標系における差分モデルデータを生成することと、  
前記保持具情報と、前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置情報とに基づいて、前記差分モデルデータを、前記加工モデルデータとしての、前記加工座標系における差分モデルデータに変換することと  
を含む請求項52に記載の加工方法。
- [請求項54] 前記加工対象物の三次元形状に関する情報を取得することは、前記加工対象物の三次元形状の、前記計測座標系における第1計測モデルデータを生成することを含み、  
前記加工モデルデータを生成することは、  
前記保持具情報と、前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置情報とに基づいて、前記第1計測モデルデータを、前記加工座標系における第2計測モデルデータに変換することと、  
、  
前記保持具情報と、前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置情報とに基づいて、前記目標形状に関する前記計測座標系における第1目標モデルデータを、前記目標形状に関する前記加工座標系における第2目標モデルデータに変換することと  
を含み、

前記加工モデルデータは、前記第2計測モデルデータと、前記第2目標モデルデータとに基づいて、生成される

請求項52に記載の加工方法。

[請求項55] 前記加工パス情報を生成することは、前記計測情報に含まれる前記計測座標系における前記基準部位の位置情報に基づいて、前記計測座標系内での前記加工対象物と前記基準部位との位置関係を特定することを含み、

前記加工パス情報は、前記計測座標系内での前記加工対象物と前記基準部位との位置関係と、前記保持具情報とに基づいて生成される

請求項1から54のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項56] 前記保持具情報は、前記保持具を含む複数の保持具と前記加工装置を含む複数の加工装置との組み合わせごとに生成される

請求項1から55のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項57] 前記保持具情報を取得することは、対応する前記加工装置と前記保持具との組み合わせパターンが互いに異なる複数の保持具情報の中から、前記加工対象物を実際に加工するために用いる前記加工装置と前記保持具との実際の組み合わせパターンに対応する一の位置情報を取得することを含む

請求項1から56のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項58] 前記加工対象物を加工することは、

前記加工対象物の第1方向面に対する加工を行うことと、

前記第1方向面に対する加工を行った後に、前記第1方向面と方向が異なる第2方向面に対する加工を行うことと

を含む請求項1から57のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項59] 前記加工対象物を加工することは、前記第2方向面の加工前に、前記保持具が載置される物体載置装置の姿勢を変更することを含む

請求項58に記載の加工方法。

[請求項60] 前記保持具には、複数の基準部位と、前記複数の基準部位をそれぞれ

れ支持する複数の支持部材が配置されており、

前記複数の支持部材は、それぞれ連結部材で連結されている

請求項 1 から 59 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項61] 前記連結部材は、それぞれ高さが異なる

請求項 60 に記載の加工方法。

[請求項62] 前記保持具情報の少なくとも一部は、前記加工装置内で取得される

請求項 1 から 61 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項63] 前記加工方法は、前記加工パス情報を生成した後に、前記加工パス情報を前記加工装置に入力することを含む

請求項 1 から 62 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項64] 前記保持具には、前記基準部位に対して所定の位置関係で基準部材が配置され、

前記基準部材は、前記保持具に対して取り外し可能に固定される、

請求項 1 から 63 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項65] 前記加工装置による加工は、前記加工対象物に向けて前記加工ビームを照射した位置に造形材料を供給することで、前記加工対象物上に造形物を造形することを含む

請求項 1 から 64 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項66] 保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置での前記加工対象物の加工に用いられる、前記保持具に関する保持具情報を取得する情報取得方法であって、

前記保持具を、前記加工装置の基準載置位置に載置することと、

前記加工ビームを用いて、前記加工装置の加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記保持具の基準部位に対して所定の位置関係で前記保持具に配置された基準部材の表面に加工を行うことと、

前記基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測するこ

とと、

前記計測の結果に基づいて、前記基準載置位置に載置された前記保持具の前記基準部位の、前記加工座標系における位置に関する情報を含む前記保持具情報を取得することと  
を含む情報取得方法。

[請求項67] 前記加工が行われた部分の位置を計測することは、前記基準部材の表面に沿った第1方向及び前記表面に沿っており且つ前記第1方向に交差する第2方向のそれぞれにおいて、前記加工が行われた部分の位置を計測することを含む

請求項66に記載の情報取得方法。

[請求項68] 前記保持具には、複数の基準面が配置されており、  
前記複数の基準面の一つは、前記基準部材の表面であり、  
前記複数の基準面のそれぞれに前記加工ビームで加工を行い、  
前記複数の基準面のそれぞれの前記加工が行われた部分の、前記第1方向の位置を計測し、  
前記第1方向の位置の計測結果に基づいて、前記保持具情報を取得する

請求項67に記載の情報取得方法。

[請求項69] 前記複数の基準面のそれぞれの加工部分の、前記第2方向の位置を計測し、  
前記第2方向の位置の計測結果に基づいて、前記保持具情報を取得する

請求項68に記載の情報取得方法。

[請求項70] 前記複数の基準面のうちの少なくとも二つは、前記第1方向に沿って異なる位置にそれぞれ位置しており、  
前記複数の基準面のうちの少なくとも二つは、前記第2方向に沿って異なる位置にそれぞれ位置している

請求項68又は69に記載の情報取得方法。

- [請求項71] 前記複数の基準面のうちの少なくとも二つは、前記第1方向及び前記第2方向の両方と交差する第3方向に沿って異なる位置にそれぞれ位置している、  
請求項70に記載の情報取得方法。
- [請求項72] 前記基準部材は、前記保持具に対して取り外し可能に固定される  
請求項66から71のいずれか一項に記載の情報取得方法。
- [請求項73] 前記情報取得方法は、前記保持具を第1保持具とし且つ前記保持具情報を第1保持具情報として、前記第1保持具とは異なる第2保持具に保持された加工対象物の前記加工装置での加工に用いられる、前記第2保持具に関する第2保持具情報を取得することを更に含み、  
前記第2保持具情報を取得することは、  
前記第2保持具を、前記基準載置位置に載置することと、  
前記基準部材を第1基準部材として、前記加工ビームを用いて、前記加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記第2保持具の基準部位に対して所定の位置関係で前記保持具に配置された第2基準部材の表面に加工を行うことと、  
前記第2基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと、  
前記計測の結果に基づいて、前記基準載置位置に載置された前記第2保持具の前記基準部位の、前記加工座標系における位置に関する情報を含む第2保持具情報を取得することと  
を含む請求項66から72のいずれか一項に記載の情報取得方法。
- [請求項74] 前記第1基準部材と前記第2基準部材は、同じである  
請求項73に記載の情報取得方法。
- [請求項75] 前記加工装置を第1加工装置とし且つ前記保持具情報を第1保持具情報として、前記第1加工装置と異なる第2加工装置での前記保持具に保持された加工対象物の加工に用いられる、前記保持具に関する第

3 保持具情報を取得することを更に含み、

前記第3 保持具情報を取得することは、

前記保持具を、前記第2 加工装置の基準載置位置に載置することと

、

前記基準部材を第1 基準部材として、前記加工ビームを用いて、前記第2 加工装置の加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記第2 加工装置の基準載置位置に載置された前記保持具の前記基準部位に対して所定の位置関係で前記保持具に配置された第3 基準部材の表面に加工を行うことと、

前記第3 基準部材の表面の前記加工が行われた部分の位置を計測することと、

前記計測の結果に基づいて、前記基準部位の、前記加工装置の加工座標系における位置に関する情報を含む前記第3 保持具情報を取得することと

を含む請求項6 6 から7 4 のいずれか一項に記載の情報取得方法。

[請求項76]

前記第1 基準部材と前記第3 基準部材は、同じである

請求項7 5 に記載の情報取得方法。

[請求項77]

前記保持具情報は、前記保持具と前記加工装置との組み合わせで取得される

請求項6 6 から7 6 のいずれか一項に記載の情報取得方法。

[請求項78]

前記保持具情報は、前記保持具を含む複数の保持具と前記加工装置を含む複数の加工装置との組み合わせごとに取得される

請求項6 6 から7 7 のいずれか一項に記載の情報取得方法。

[請求項79]

加工対象物に加工ビームを照射することで前記加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって

、

前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置の目標移動経路を示す加工パス情報を取得することと、

前記取得した加工パス情報に基づいて、前記加工装置から前記加工対象物にビームを射出することと、

前記加工対象物に前記ビームを照射した照射状態を検出することと、

前記照射状態の検出結果に基づいて、前記加工対象物とは異なる物体に前記加工ビームが照射されると判定された場合に、前記取得した加工パス情報を補正することと、

前記補正した加工パス情報に基づいて、前記加工対象物に前記加工ビームを照射することで、前記加工対象物を加工することとを含む加工方法。

[請求項80] 前記取得した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記ビームを照射することは、前記目標移動経路に沿って前記加工対象物に前記ビームを照射することを含む  
請求項79に記載の加工方法。

[請求項81] 前記取得した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記ビームを照射することは、前記目標移動経路と異なる経路を含む検証移動経路に沿って前記加工対象物に前記ビームを照射することを含む  
請求項79に記載の加工方法。

[請求項82] 前記検証移動経路は、前記目標移動経路に交差する経路を含む  
請求項81に記載の加工方法。

[請求項83] 前記取得した加工パス情報を補正することは、前記ビームの照射期間の少なくとも一部における前記加工対象物と前記ビームが実際に照射された実照射位置の実移動経路との位置関係に基づいて、前記取得した加工パス情報を補正することを含む  
請求項79から82のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項84] 前記取得した加工パス情報を補正することは、  
前記ビームの照射期間の少なくとも一部における前記加工対象物と前記ビームが実際に照射された実照射位置の実移動経路との位置関係

に基づいて、前記目標移動経路と前記実移動経路とのずれ量を算出することと、

前記取得した加工パス情報が示す前記目標移動経路を、前記算出したずれ量だけ移動させることで、前記取得した加工パス情報を補正することと

を含む請求項 79 から 83 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項85]

前記取得した加工パス情報を補正することは、

前記ビームの照射期間の少なくとも一部における前記加工対象物と前記ビームが実際に照射された実照射位置の実移動経路との位置関係に基づいて、前記目標移動経路に対して前記実移動経路がずれた方向を算出することと、

前記取得した加工パス情報が示す前記目標移動経路を、前記算出した方向とは逆の方向に移動させることで、前記取得した加工パス情報を補正することと

を含む請求項 79 から 84 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項86]

前記取得した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記ビームを照射することは、前記目標移動経路のうちの前記加工対象物の表面上で最も外側に位置する一部の経路部分に沿って前記ビームの照射位置が移動するように前記加工対象物に前記ビームを照射することを含む

請求項 79 から 85 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項87]

前記取得した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記ビームを照射することは、前記目標移動経路のうちの前記加工対象物の表面上で最も外側に位置する一部の経路部分に交差する経路に沿って前記ビームの照射位置が移動するように前記加工対象物に前記ビームを照射することを含む

請求項 79 から 86 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項88]

前記取得した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に照射される

前記ビームの強度は、前記補正した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に照射される前記加工ビームの強度よりも弱い

請求項 79 から 87 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項89] 前記取得した加工パス情報に基づいて、前記加工ビームとは異なる非加工ビームを前記加工対象物に照射することと、

前記加工対象物に対する前記非加工ビームの照射状態を検出することと、

を更に含む請求項 79 から 88 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項90] 前記検出結果に基づいて、前記取得した加工パス情報を補正することと、

前記加工対象物の加工は、前記補正した加工パス情報に基づいて前記加工対象物に前記加工ビームを照射することで行われる

請求項 89 に記載の加工方法。

[請求項91] 前記加工対象物は、タービンを含み、

前記加工により、前記タービンを修復する

請求項 1 から 65 及び 79 から 90 のいずれか一項に記載の加工方法。

[請求項92] 請求項 1 から 65 及び 79 から 90 のいずれか一項に記載の加工方法を実行可能な加工システム。

[請求項93] 前記加工システムは、前記加工装置と、前記計測装置と、前記計測装置から取り外れた前記保持具を、前記加工装置へ搬送する搬送装置を含む

請求項 1 から 65 のいずれか一項に従属する請求項 92 に記載の加工システム。

[請求項94] 前記搬送装置は、前記加工装置によって加工された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記計測装置に搬送可能である

請求項 93 に記載の加工システム。

[請求項95] 保持具に保持された加工対象物に加工ビームを照射することで前記

加工対象物を加工可能な加工装置を用いて、前記加工対象物を加工する加工方法であって、

前記加工対象物を保持する前記保持具を計測装置に設置することと、

前記計測装置を用いて、前記計測装置の計測座標系における、前記保持具上の前記加工対象物の三次元形状に関する情報を含む計測情報を取得することと、

前記加工対象物を保持する前記保持具を前記計測装置から取り出すことと、

前記計測情報に基づいて、前記加工対象物を加工するために前記加工ビームが照射されるべき目標照射位置を示す前記加工装置の加工座標系における加工パス情報を生成することと、

前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を、前記加工装置の基準載置位置に載置することと、

前記加工装置の前記基準載置位置に載置された前記保持具上の前記加工対象物を、前記加工パス情報に基づいて加工することと

を含む加工方法。

[請求項96]

前記加工方法は、

前記保持具を、前記基準載置位置に載置することと、

前記加工ビームを用いて、前記加工座標系における特定の座標に前記加工ビームを照射することにより、前記基準載置位置に載置された前記保持具に配置された基準部材に加工を行うことと、

前記基準部材の前記加工が行われた部分の位置を計測することとを更に含み、

前記加工パス情報を生成することは、前記計測情報と、前記基準部材の前記加工された部分の位置の計測の結果に基づいて、前記加工パス情報を生成することを含む

請求項95に記載の加工方法。

- [請求項97] 前記加工装置は、前記加工ビームの照射により前記加工対象物に形成される溶融池に、材料を供給することにより、前記加工対象物に付加加工を行う
- 請求項95又は96のいずれか一項に記載の加工方法。
- [請求項98] 前記加工装置は、前記加工ビームの照射により前記加工対象物に形成される溶融池に材料を供給することにより、前記加工対象物に付加加工を行い、
- 前記付加加工を開始した後に、前記加工対象物の少なくとも一部と前記保持具の基準部材との少なくとも一方の前記加工座標系における位置情報を取得することを含む
- 請求項95に記載の加工方法。
- [請求項99] 前記付加加工を開始した後に取得した、前記加工対象物の少なくとも一部と前記保持具の基準部材との少なくとも一方の前記加工座標系における位置情報に基づいて、前記加工パス情報を補正することと、
- 前記補正された加工パス情報に基づいて前記加工対象物への付加加工を再開する
- 請求項97又は98に記載の加工方法。
- [請求項100] 前記保持具には、前記加工対象物を含む複数の加工対象物が保持され、
- 前記複数の加工対象物のそれぞれの、前記加工装置で付加加工された部分は、複数の層を含み、
- 前記複数の加工対象物のうちの一つの前記複数の層の付加加工が終了した後に、別の一つの加工対象物の前記複数の層の付加加工を開始する
- 請求項98又は99に記載の加工方法。
- [請求項101] 前記計測装置から取り出された前記加工対象物を保持する前記保持具を前記加工装置に設置する前に、前記加工装置と前記保持具との組み合わせ固有のキャリブレーション情報を取得することを更に含み、

前記加工パス情報は、前記計測情報と、前記キャリブレーション情報とに基づいて生成される

請求項 9 5 から 1 0 0 のいずれか一項に記載の加工方法。