

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/166291 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 19/4093 (2006.01) B23Q 17/20 (2006.01)
B23Q 15/00 (2006.01) G05B 19/4061 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004360

(22) 国際出願日: 2023年2月9日(09.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 松田 壮史 (MATSUDA, Takeshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

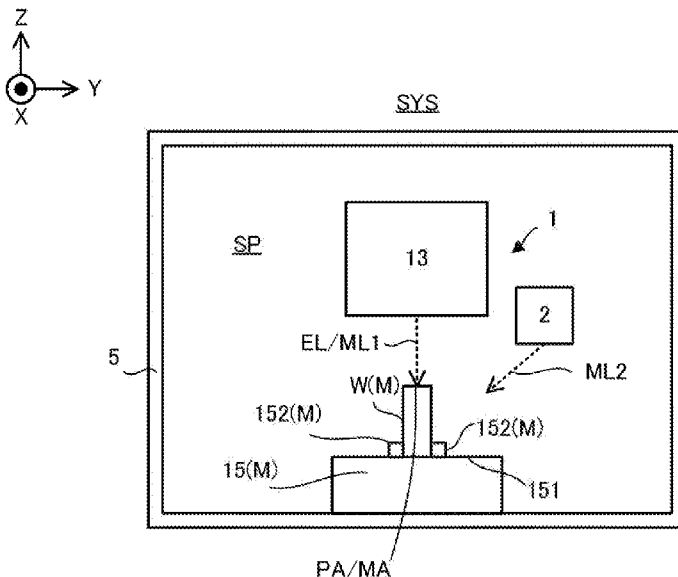
(74) 代理人: 江上 達夫 (EGAMI, Tatsuo); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 V P O 京橋3階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: INFORMATION PROCESSING METHOD, INFORMATION PROCESSING DEVICE, MACHINING DEVICE, AND MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: 情報処理方法、情報処理装置、加工装置及び加工方法

【図1】



(57) Abstract: An information processing method for machining, using a machining head, a machining object that is mounted on a mounting device, the information processing method comprising: generating a measurement model by measuring a three-dimensional shape of a measuring object that includes the machining object, said measurement model indicating the three-dimensional shape of the measuring object that has been measured; and determining, on the basis of a machining head model that indicates a three-dimensional shape of the machining head and detection information regarding a movement of at least one of the machining head and the mounting device that is detected during a machining period, whether the machining head and the measuring object interfere with each other during the machining period.

〔続葉有〕

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約：情報処理方法は、加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、計測モデルと、加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、加工期間において検出される加工ヘッド及び載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、加工期間において加工ヘッドと被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む。

明 細 書

発明の名称：

情報処理方法、情報処理装置、加工装置及び加工方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えば、加工対象物を加工するため情報処理方法、情報処理装置、加工装置及び加工方法の技術分野に関する。

背景技術

[0002] 物体を加工可能な加工装置の一例が、特許文献1に記載されている。このような加工装置の技術的課題の一つとして、加工対象物を加工する際に加工装置に異常が生ずるか否かを適切に判定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2002／0017509号明細書

発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む情報処理方法が提供される。

[0005] 第2の態様によれば、加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、前記計測モデルと、前記加工ヘッドの

三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む情報処理方法が提供される。

[0006] 第3の態様によれば、加工装置内の載置装置に載置された前記加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための情報処理方法であって、前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、前記計測モデルと、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルとを比較することで、前記加工装置内に異常が生じているか否かを判定することを含む情報処理方法が提供される。

[0007] 第4の態様によれば、第1から第3の態様のいずれか一つによって提供される前記情報処理方法を用いる情報処理装置が提供される。

[0008] 第5の態様によれば、前記加工ヘッドと、前記載置装置と、第4の態様によって提供される情報処理装置とを備える加工装置が提供される。

[0009] 第6の態様によれば、第1から第3の態様のいずれか一つによって提供される情報処理方法を用いて、前記加工ヘッドと前記載置装置を備えた加工装置を用いて前記加工対象物を加工する加工方法が提供される。

[0010] 第7の態様によれば、加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、前記計測モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む情報処理方法が提供される。

[0011] 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

[0012] [図1]図1は、本実施形態における加工システムの構成の一例を模式的に示す断面図である。

[図2]図2は、本実施形態における加工システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図3]図3は、本実施形態における加工ヘッドの構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、本実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

[図5]図5（a）から図5（d）のそれぞれは、ワークに対して行われる除去加工の様子を示す断面図である。

[図6]図6（a）及び図6（b）のそれぞれは、ステージ、治具及びワークWの少なくとも一つと干渉している加工ヘッドを示す断面図である。

[図7]図7は、第1干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[図8]図8は、計測モデルを示す断面図である。

[図9]図9は、ヘッドモデルを示す断面図である。

[図10]図10は、シミュレーション空間に配置された計測モデルとヘッドモデルとを示す断面図である。

[図11]図11は、現実空間において移動すると加工ヘッドと、シミュレーション空間において移動するヘッドモデルとを示す断面図である。

[図12]図12は、現実空間において移動すると被計測物体と、シミュレーション空間において移動する計測モデルとを示す断面図である。

[図13]図13（a）は、計測モデルとヘッドモデルとを示す断面図であり、図13（b）は、物体モデルとヘッドモデルとを示す断面図である。

[図14]図14（a）は、計測モデルとヘッドモデルとを示す断面図であり、図14（b）は、物体モデルとヘッドモデルとを示す断面図である。

[図15]図15は、第2干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[図16]図16は、第3干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[図17]図17（a）は、計測モデルを示し、図17（b）は、物体モデルを示し、図17（c）は、差分モデルを示す。

[図18]図18(a)は、計測モデルを示し、図18(b)は、物体モデルを示し、図18(c)は、差分モデルを示す。

[図19]図19は、第4干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[図20]図20(a)は、計測モデルを示し、図20(b)は、物体モデルを示し、図20(c)は、差分モデルを示し、図20(d)は、差分モデルが付加された物体モデルを示す。

[図21]図21は、異物判定動作の流れを示すフローチャートである。

[図22]図22(a)は、被計測物体に異物が含まれている場合に生成される計測モデルを示し、図22(b)は、被計測物体に異物が含まれていない場合に生成される計測モデルを示し、図22(c)は、物体モデルを示す。

[図23]図23(a)は、被計測物体が意図せず変形している場合に生成される計測モデルを示し、図23(b)は、被計測物体が変形していない場合に生成される計測モデルを示し、図23(c)は、物体モデルを示す。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら、情報処理方法、情報処理装置、加工装置、加工方法、表示方法、情報プログラム及びプログラム記憶媒体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、情報処理方法、情報処理装置、加工装置、加工方法、表示方法、情報プログラム及びプログラム記憶媒体の実施形態を説明する。加工システムSYSは、加工装置と称されてもよい。但し、本発明が以下に説明する実施形態に限定されることはない。

[0014] また、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直交座標系を用いて、加工システムSYS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、 θ X方向、 θ Y方向及び θ 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。

[0015] (1) 加工システムS Y Sの構成

初めに、本実施形態における加工システムS Y Sの構成について説明する。

[0016] (1-1) 加工システムS Y S aの全体構成

初めに、図1及び図2を参照しながら、本実施形態における加工システムS Y Sの構成について説明する。図1は、本実施形態における加工システムS Y Sの構成の一例を模式的に示す断面図である。図2は、本実施形態における加工システムS Y Sの構成の一例を示すブロック図である。

[0017] 図1及び図2に示すように、加工システムS Y Sは、加工ユニット1と、計測ユニット2と、制御ユニット3と、出力ユニット4とを備えている。但し、加工システムS Y Sは、出力ユニット4を備えていなくてもよい。尚、加工ユニット1は、加工装置と称されてもよいし、計測ユニット2は、計測装置と称されてもよいし、制御ユニット3は、制御装置と称されてもよいし、出力ユニット4は、表示装置と称されてもよい。

[0018] 加工ユニット1及び計測ユニット2の少なくとも一部は、筐体5の内部空間S Pに收容されていてもよい。筐体5の内部空間S Pは、窒素ガス等のパージガス（つまり、気体）でパージされていてもよいし、パージガスでパージされていなくてもよい。筐体5の内部空間S Pは、真空引きされてもよいし、真空引きされていなくてもよい。但し、加工ユニット1及び計測ユニット2の少なくとも一部は、筐体5の内部空間S Pに收容されていなくてもよい。加工ユニット1及び計測ユニット2の少なくとも一部のみを囲う局所空間が、パージガスでパージされていてもよいし、真空引きされていてもよい。

[0019] 但し、加工ユニット1及び計測ユニット2は、筐体5の外部に配置されていてもよい。加工ユニット1が筐体5の外部に配置されている場合には、加工ユニット1がワークWを加工するタイミングで、加工ユニット1の少なく

とも一部が内部空間S Pに收容されてもよい。この場合、加工ユニット1は、筐体5に形成された一つ以上の開口に挿入されてもよい。例えば、加工ユニット1がワークWを加工するタイミングで、加工ユニット1が筐体5に形成された一つ以上の開口に挿入され、その結果、加工ユニット1の少なくとも一部が内部空間S Pに收容されてもよい。計測ユニット2が筐体5の外部に配置されている場合には、計測ユニット2がワークWを計測するタイミングで、計測ユニット2の少なくとも一部が内部空間S Pに收容されてもよい。例えば、計測ユニット2がワークWを計測するタイミングで、計測ユニット2が筐体5に形成された一つ以上の開口に挿入され、その結果、計測ユニット2の少なくとも一部が内部空間S Pに收容されてもよい。

[0020] 計測ユニット2は、加工ユニット1に取り付けられていてもよい。計測ユニット2は、加工ユニット1に取り付け可能であり、且つ、取り外し可能であってもよい。計測ユニット2は、加工ユニット1の内部に配置されていてもよい。つまり、計測ユニット2は、加工ユニット1に内蔵されていてもよい。計測ユニット2が加工ユニット1の内部に配置されている場合には、筐体5に形成された一つ以上の開口を介して加工ユニット1及び計測ユニット2の双方を筐体5の内部に挿入する（つまり、内部空間S Pに收容する）ための構造が簡略化される。例えば、筐体5には、加工ユニット1及び計測ユニット2がそれぞれ挿入される二つの開口に代えて、計測ユニット2が内蔵された加工ユニット1が挿入される単一の開口が形成されていてもよい。その結果、二つの開口が筐体5に形成される場合と比較して、単一の開口が筐体5に形成される場合には、筐体5の構造が簡略化される。

[0021] 内部空間S Pには、ワークWの加工に起因して発生する不要物質（例えば、ヒューム）を回収するための気体が循環していてもよい。例えば、加工システムS Y Sは、筐体5に形成された気体供給口から、内部空間に気体を供給し、筐体5に形成された気体回収口から、内部空間に供給された気体を、不要物質と共に回収してもよい。尚、ワークWが加工される場合には、加工システムS Y Sは、内部空間S Pにおける気体の循環を停止することで、内

部空間S Pの気密性を確保してもよい。例えば、ワークWが加工される場合には、加工システムS Y Sは、気体供給口を介して内部空間S Pへの気体の供給及び気体回収口を介して内部空間S Pからの気体の回収を停止することで、内部空間S Pの気密性を確保してもよい。

[0022] 加工ユニット1は、制御ユニット3の制御下で、加工対象物（母材と称されてもよい）であるワークWを加工可能である。ワークWは、例えば、金属であってもよいし、合金（例えば、ジュラルミン等）であってもよいし、半導体（例えば、シリコン）であってもよいし、樹脂であってもよいし、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）等の複合材料であってもよいし、塗料（一例として基材に塗布された塗料層）であってもよいし、ガラスであってもよいし、それ以外の任意の材料から構成される物体であってもよい。

[0023] 加工ユニット1は、ワークWを加工するために、ワークWに対して加工光E Lを照射する。加工光E Lは、ワークWに照射されることでワークWを加工可能である限りは、どのような種類の光であってもよい。本実施形態では、加工光E Lがレーザ光である例を用いて説明を進めるが、加工光E Lは、レーザ光とは異なる種類の光であってもよい。更に、加工光E Lの波長は、ワークWに照射されることでワークWを加工可能である限りは、どのような波長であってもよい。例えば、加工光E Lは、可視光であってもよいし、不可視光（例えば、赤外光、紫外光及び極端紫外光等の少なくとも一つ）であってもよい。加工光E Lは、パルス光を含んでいてもよい。或いは、加工光E Lは、パルス光を含んでいなくてもよい。言い換えると、加工光E Lは、連続光であってもよい。尚、光は、エネルギービームの一例であるがゆえに、加工光E Lは、加工ビームと称されてもよい。

[0024] ワークWの表面での加工光E Lの強度分布は、所望の分布であってもよい。例えば、ワークWの表面での加工光E Lの強度分布は、ガウシアン分布であってもよい。例えば、ワークWの表面での加工光E Lの強度分布は、トップハット分布であってもよい。

- [0025] 加工ユニット1は、ワークWの表面での加工光E_Lの強度分布を制御可能であってもよい。加工ユニット1は、ワークWの表面での加工光E_Lの強度分布を変更可能であってもよい。例えば、加工ユニット1は、ワークWの表面での加工光E_Lの強度分布を、第1の分布から、第2の分布へと変更可能であってもよい。例えば、加工ユニット1は、ワークWの表面での加工光E_Lの強度分布を、ガウシアン分布及びトップハット分布のいずれか一方から、ガウシアン分布及びトップハット分布のいずれか他方へと変更可能であってもよい。
- [0026] 加工ユニット1は、ワークWに対して除去加工を行う。つまり、加工ユニット1は、ワークWの一部を除去する除去加工を行う。但し、後に詳述するように、加工ユニット1は、ワークWに対して除去加工とは異なる他の加工を行ってもよい。
- [0027] 加工ユニット1は、ワークWを加工することで、ワークWの表面に所望構造を形成してもよい。但し、加工ユニット1は、ワークWの表面に所望構造を形成するための加工とは異なる加工を行ってもよい。ワークWの表面に所望構造を形成するための加工とは異なる加工の一例としては、ワークWの平面出し加工であってもよい。ワークWの平面出し加工は、ワークWの表面を研削して平らにする加工を含んでいてもよい。
- [0028] 所望構造の一例として、リブレット構造があげられる。リブレット構造は、ワークWの表面の流体に対する抵抗（特に、摩擦抵抗及び乱流摩擦抵抗の少なくとも一方）を低減可能な構造を含んでいてもよい。このため、リブレット構造は、流体中に設置される（言い換えれば、位置する）部材を有するワークWに形成されてもよい。尚、ここでいう「流体」とは、ワークWの表面に対して流れている媒質（例えば、気体及び液体の少なくとも一方）を意味する。例えば、媒質自体が静止している状況下でワークWの表面が媒質に対して移動する場合には、この媒質を流体と称してもよい。尚、媒質が静止している状態は、所定の基準物（例えば、地表面）に対して媒質が移動していない状態を意味していてもよい。

[0029] リブレット構造が形成されるワークWの一例として、自動車、自動二輪車、自転車、レースカー、鉄道車両、航空機、ドローン、船舶、風車、エンジン用タービン、及び、発電用タービンのうちの少なくとも一つがあげられる。このようなリブレット構造がワークWに形成される場合には、ワークWは、流体に対して相対的に移動しやすくなる。このため、流体に対するワークWの移動を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、省エネルギー化につながる。つまり、環境にやさしいワークWの製造が可能となる。例えば、ワークWが、航空機の機体表面に露出する部材である（例えば、航空機の少なくとも一部である）場合には、航空機の移動を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、航空機の省燃費化につながる。例えば、ワークWが風車である（例えば、風車の少なくとも一部である）場合には、風車の移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、風車の高効率化につながる。例えば、ワークWがエンジン用タービンである（例えば、エンジン用タービンの少なくとも一部である）場合には、エンジン用タービンの移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、エンジン用タービンの高効率化又は省エネルギー化につながる。例えば、ワークWが発電用タービンである（例えば、発電用タービンの少なくとも一部である）場合には、発電用タービンの移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、発電用タービンの高効率化（つまり、発電効率の向上）につながる。このため、加工ユニット1は、国連が主導する持続可能な開発目標（SDGs）の目標13（Goal 13）「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる（Take urgent action to combat climate change and its impact）」に掲げられている目標の中の「13.2.2 年間温室効果ガス総排出量（Total Greenhouse gas emissions per year）の削減」に貢献できる可能性がある。

[0030] 加工ユニット1は更に、制御ユニット3の制御下で、ワークWを計測可能である。加工ユニット1は、ワークWを計測するために、ワークWに対して

、ワークWを計測するための計測光ML 1を照射する。つまり、加工ユニット1は、計測光ML 1を用いる計測方法を用いて、ワークWを計測する。具体的には、加工ユニット1は、計測光ML 1をワークWに照射し、且つ、計測光ML 1が照射されたワークWから戻ってくる戻り光RLの少なくとも一部を検出する（つまり、受光する）ことで、ワークWを計測する。計測光ML 1が照射されたワークWから戻ってくる戻り光RLは、計測光ML 1の照射によって生じるワークWからの光である。但し、加工ユニット1は、計測光ML 1を用いる計測方法とは異なる計測方法を用いて、ワークWを計測してもよい。

[0031] 計測光ML 1は、ワークWに照射されることでワークWを計測可能である限りは、どのような種類の光であってもよい。本実施形態では、計測光ML 1がレーザ光である例を用いて説明を進める。但し、計測光ML 1は、レーザ光とは異なる種類の光であってもよい。更に、計測光ML 1の波長は、ワークWに照射されることでワークWを計測可能である限りは、どのような波長であってもよい。例えば、計測光ML 1は、可視光であってもよいし、不可視光（例えば、赤外光、紫外光及び極端紫外光等の少なくとも一つ）であってもよい。計測光ML 1は、パルス光（例えば、発光時間がピコ秒以下のパルス光）を含んでいてもよい。或いは、計測光ML 1は、パルス光を含んでいなくてもよい。言い換えると、計測光ML 1は、連続光であってもよい。尚、光は、エネルギービームの一例であるがゆえに、計測光ML 1は、計測ビームと称されてもよい。

[0032] 加工ユニット1は、計測光ML 1を用いて、ワークWの特性を計測可能であってもよい。ワークWの特性は、例えば、ワークWの位置、ワークWの形状、ワークWの反射率、ワークWの透過率、ワークWの温度、及び、ワークWの表面粗さの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0033] ワークWを加工し且つワークWを計測するために、加工ユニット1は、加工光源11と、計測光源12と、加工ヘッド13と、ヘッド駆動系141と、ヘッド位置計測装置142と、ステージ15と、ステージ駆動系161と

、ステージ位置計測装置 162 とを備える。

[0034] 加工光源 11 は、加工光 E L を生成する。加工光 E L がレーザ光である場合には、加工光源 11 は、例えば、レーザダイオードを含んでいてもよい。更に、加工光源 11 は、パルス発振可能な光源であってもよい。この場合、加工光源 11 は、パルス光を加工光 E L として生成可能である。尚、加工光源 11 は、CW（連続波）を生成する CW 光源であってもよい。

[0035] 計測光源 12 は、計測光 M L 1 を生成する。計測光 M L 1 がレーザ光である場合には、計測光源 12 は、例えば、レーザダイオードを含んでいてもよい。更に、計測光源 12 は、パルス発振可能な光源であってもよい。この場合、計測光源 12 は、パルス光を加工光 E L として生成可能である。尚、計測光源 12 は、CW（連続波）を生成する CW 光源であってもよい。

[0036] 加工ヘッド 13 は、加工光源 11 が生成した加工光 E L をワーク W に照射し且つ計測光源 12 が生成した計測光 M L 1 をワーク W に照射する。加工光 E L をワーク W に照射し且つ計測光 M L 1 をワーク W に照射するために、加工ヘッド 13 は、加工ヘッド 13 の構成を示すブロック図である図 3 に示すように、射出光学系 130 と、照射光学系 135 と、フード 136 とを備える。但し、加工ヘッド 13 は、フード 136 を備えていなくてもよい。

[0037] 射出光学系 130 は、加工光源 11 が生成した加工光 E L 及び計測光源 12 が生成した計測光 M L 1 が入射する光学系である。射出光学系 130 は、加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれを射出可能な光学系である。加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれを射出するために、射出光学系 130 は、図 3 に示すように、加工光学系 131 と、計測光学系 132 と、合成光学系 133 と、偏向光学系 134 とを備えていてもよい。但し、射出光学系 130 は、加工光学系 131、計測光学系 132、合成光学系 133 及び偏向光学系 134 の少なくとも一つを備えていなくてもよい。尚、加工光学系 131、計測光学系 132、合成光学系 133 及び偏向光学系 134 については、図 4 等を参照しながら後に詳述する。

[0038] 射出光学系 130 が射出した加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれは、

照射光学系 135 に入射する。このため、射出光学系 130 は、加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれを、照射光学系 135 に向けて射出する。照射光学系 135 は、加工光 E L をワーク W に照射可能な光学系である。照射光学系 135 は、計測光 M L 1 をワーク W に照射可能な光学系である。尚、照射光学系 135 は、対物光学系と称されてもよい。

[0039] フード 136 は、加工ヘッド 13 の少なくとも一部を保護するための保護部材（言い換えれば、カバー部材）として機能してもよい。例えば、フード 136 は、加工ヘッド 13 が備える照射光学系 135 を保護するための保護部材（言い換えれば、カバー部材）として機能してもよい。フード 136 は、保護部材として機能することに加えて又は代えて、気体供給対象に対して気体（例えば、パージガス）を供給するための気体供給部材として機能してもよい。尚、フード 136 がパージガスを供給する気体供給部材として機能する場合には、気体供給対象の周辺の空間の少なくとも一部が局所的にパージガスでパージされてもよい。つまり、フード 136 は、気体供給対象の周辺に、パージガスでパージされた局所的なパージ空間を形成してもよい。

[0040] ヘッド駆動系 141 は、加工ヘッド 13 を移動させる。このため、加工ヘッド 13 は、移動可能（つまり、可動）である。尚、ヘッド駆動系 141 は、移動装置と称されてもよい。

[0041] ヘッド駆動系 141 は、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向のうちの少なくとも一つに沿って加工ヘッド 13 を移動（つまり、直線移動）させてもよい。つまり、ヘッド駆動系 141 は、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向のうちの少なくとも一つに沿った加工ヘッド 13 の位置を変更するように、加工ヘッド 13 を移動（つまり、直線移動）させてもよい。この場合、加工ヘッド 13 の位置は、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向のうちの少なくとも一つに沿って変更可能である。

[0042] ヘッド駆動系 141 は、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド 13 を移動させてもよい。つまり、ヘッド駆動系 141 は、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向に沿った加工ヘッド 13 の位置を変

更するように、加工ヘッド13を移動（つまり、回転移動）させてもよい。この場合、加工ヘッド13の位置は、 θX 方向、 θY 方向及び θZ 方向のうちの少なくとも一つに沿って変更可能である。尚、 θX 方向、 θY 方向及び θZ 方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド13を移動させる動作は、 X 軸方向に沿った回転軸（つまり、 A 軸）、 Y 軸方向に沿った回転軸（つまり、 B 軸）及び Z 軸方向に沿った回転軸（つまり、 C 軸）のうちの少なくとも一つの周りに加工ヘッド13を回転（つまり、回転移動）させる動作と等価であるとみなしてもよい。 θX 方向、 θY 方向及び θZ 方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド13を移動させる動作は、加工ヘッド13の姿勢（言い換えれば、傾き）を変更する動作と等価であるとみなしてもよい。

[0043] ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させると、加工ヘッド13とステージ15（更には、ステージ15に載置されるワークW）との相対的な位置関係が変わる。このため、加工ヘッド13が加工光ELを照射する目標照射領域PAとワークWとの相対的な位置関係が変わる。つまり、ワークWに対して、加工ヘッド13が加工光ELを照射する目標照射領域PAが移動する。加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させつつワークWを加工してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ワークWの所望位置に加工光ELが照射されるように加工ヘッド13を移動させることで、ワークWの所望位置を加工してもよい。

[0044] 更に、ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させると、加工ヘッド13が計測光ML1を照射する目標照射領域MAとワークWとの相対的な位置関係が変わる。つまり、ワークWに対して、加工ヘッド13が計測光ML1を照射する目標照射領域MAが移動する。加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させつつワークWを計測してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ワークWの所望位置に計測光ML1が照射されるように加工ヘッド13を移動させることで、ワークWの所望位置を計測してもよい。

[0045] ヘッド位置計測装置142は、加工ヘッド13の位置を計測可能である。ヘッド位置計測装置142は、 X 軸方向、 Y 軸方向、 Z 軸方向、 θX 方向、

θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13の位置を計測してもよい。尚、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13の位置は、A軸、B軸及びC軸のうちの少なくとも一つの回転軸の周りにおける加工ヘッド13の姿勢（例えば、傾き）と等価であるとみなしてもよい。 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13の位置は、A軸、B軸及びC軸のうちの少なくとも一つの回転軸の周りにおける加工ヘッド13の回転量（言い換えれば、回転角度）と等価であるとみなしてもよい。ヘッド位置計測装置142の計測結果は、加工ヘッド13の位置を示すヘッド位置情報として、制御ユニット3に入力されてもよい。

[0046] ヘッド位置計測装置142は、例えば、干渉計（例えば、レーザ干渉計）を含んでいてもよい。ヘッド位置計測装置142は、例えば、エンコーダを含んでいてもよい。エンコーダの一例として、リニアエンコーダ及びロータリエンコーダの少なくとも一つがあげられる。ヘッド位置計測装置142は、例えば、ポテンショメータを含んでいてもよい。ヘッド駆動系141がステッピングモータを駆動源として用いている場合には、ヘッド位置計測装置142は、例えば、オープンループ制御方式の位置検出装置を含んでいてもよい。オープンループ制御方式の位置検出装置は、ステッピングモータを駆動するためのパルス数の積算値から、加工ヘッド13の移動量を推定することで、加工ヘッド13の位置を計測する位置検出装置である。

[0047] 加工ヘッド13が照射光学系135を備えているがゆえに、加工ヘッド13の位置を計測する動作は、加工ヘッド13が備える照射光学系135の位置を計測する動作と等価であるとみなしてもよい。つまり、ヘッド位置計測装置142は、加工ヘッド13が備える照射光学系135の位置を計測しているとみなしてもよい。

[0048] ヘッド駆動系141によって加工ヘッド13が移動可能であるがゆえに、ヘッド位置計測装置142は、加工ヘッド13の移動を検出しているとみなしてもよい。言い換えれば、ヘッド位置計測装置142は、加工ヘッド13

の動きを検出しているとみなしてもよい。加工ヘッド13の動きは、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13の動きを意味していてもよい。例えば、加工ヘッド13の動きは、加工ヘッド13の位置の変化を含んでいてもよい。例えば、加工ヘッド13の動きは、加工ヘッド13の姿勢（言い換えれば、傾き）の変化を含んでいてもよい。但し、ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を静止させている場合には、加工ヘッド13の動きは、加工ヘッド13が静止しているという状態（つまり、加工ヘッド13の動きに関する状態）を含んでいてもよい。

[0049] ステージ15には、ワークWが載置される。このため、ステージ15は、載置装置と称されてもよい。具体的には、ステージ15の上面の少なくとも一部である載置面151に、ワークWが載置される。ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを支持可能である。ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを保持可能であってもよい。この場合、ステージ15は、ワークWを保持するために、機械的なチャック、磁気チャック、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、ワークWを保持するための治具152がワークWを保持し、ステージ15は、ワークWを保持した治具152を保持してもよい。以下の説明では、治具152がワークWを保持し、ステージ15は、ワークWを保持した治具152を保持する例について説明する。或いは、ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを保持しなくてもよい。この場合、ワークWは、クランプレスでステージ15に載置されていてもよい。

[0050] ステージ駆動系161は、ステージ15を移動させる。このため、ステージ15は、移動可能（つまり、可動）である。尚、ステージ駆動系161は、移動装置と称されてもよい。

[0051] ステージ駆動系161は、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの少なくとも一つに沿ってステージ15を移動（つまり、直線移動）させてもよい。つまり、ステージ駆動系161は、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの

少なくとも一つに沿ったステージ15の位置を変更するように、ステージ15を移動（つまり、直線移動）させてもよい。この場合、ステージ15の位置は、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの少なくとも一つに沿って変更可能である。

[0052] ステージ駆動系161は、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ってステージ15を移動させてもよい。つまり、ステージ駆動系161は、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向に沿ったステージ15の位置を変更するように、ステージ15を移動（つまり、回転移動）させてもよい。この場合、ステージ15の位置は、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向のうちの少なくとも一つに沿って変更可能である。尚、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ってステージ15を移動させる動作は、X軸方向に沿った回転軸（つまり、A軸）、Y軸方向に沿った回転軸（つまり、B軸）及びZ軸方向に沿った回転軸（つまり、C軸）のうちの少なくとも一つの周りにステージ15を回転（つまり、回転移動）させる動作と等価であるとみなしてもよい。 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ってステージ15を移動させる動作は、ステージ15の姿勢（言い換えれば、傾き）を変更する動作と等価であるとみなしてもよい。

[0053] ステージ駆動系161がステージ15を移動させると、加工ヘッド13とステージ15（更には、ステージ15に載置されるワークW）との相対的な位置関係が変わる。このため、加工ヘッド13が加工光ELを照射する照射領域とワークWとの相対的な位置関係が変わる。つまり、ワークWに対して、加工ヘッド13が加工光ELを照射する照射領域が移動する。加工ユニット1は、ステージ15を移動させつつワークWを加工してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ワークWの所望位置に加工光ELが照射されるようにステージ15を移動させることで、ワークWの所望位置を加工してもよい。

[0054] 更に、ステージ駆動系161がステージ15を移動させると、加工ヘッド13が計測光ML1を照射する目標照射領域MAとワークWとの相対的な位

置関係が変わる。つまり、ワークWに対して、加工ヘッド13が計測光ML1を照射する目標照射領域MAが移動する。加工ユニット1は、ステージ15を移動させつつワークWを計測してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ワークWの所望位置に計測光ML1が照射されるようにステージ15を移動させることで、ワークWの所望位置を計測してもよい。

[0055] ステージ位置計測装置162は、ステージ15の位置を計測可能である。ステージ位置計測装置162は、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ったステージ15の位置を計測してもよい。尚、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ったステージ15の位置は、A軸、B軸及びC軸のうちの少なくとも一つの回転軸の周りにおけるステージ15の姿勢（言い換えれば、傾き）と等価であるとみなしてもよい。 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿ったステージ15の位置は、A軸、B軸及びC軸のうちの少なくとも一つの回転軸の周りにおけるステージ15の回転量（言い換えれば、回転角度）と等価であるとみなしてもよい。ヘッド位置計測装置142の計測結果は、ステージ15の位置を示すステージ位置情報として、制御ユニット3に入力されてもよい。

[0056] ステージ位置計測装置162は、例えば、干渉計（例えば、レーザ干渉計）を含んでいてもよい。ステージ位置計測装置162は、例えば、エンコーダを含んでいてもよい。エンコーダの一例として、リニアエンコーダ及びロータリエンコーダの少なくとも一つがあげられる。ステージ位置計測装置162は、例えば、ポテンショメータを含んでいてもよい。ステージ駆動系161がステッピングモータを駆動源として用いている場合には、ステージ位置計測装置162は、例えば、オープンループ制御方式の位置検出装置を含んでいてもよい。オープンループ制御方式の位置検出装置は、ステッピングモータを駆動するためのパルス数の積算値から、ステージ15の移動量を推定することで、ステージ15の位置を計測する位置検出装置である。

[0057] ステージ駆動系161によってステージ15が移動可能であるがゆえに、

ヘッド位置計測装置 142 は、ステージ 15 の移動を検出しているとみなしてもよい。言い換えれば、ヘッド位置計測装置 142 は、ステージ 15 の動きを検出しているとみなしてもよい。ステージ 15 の動きは、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向の少なくとも一つに沿ったステージ 15 の動きを意味していてもよい。例えば、ステージ 15 の動きは、ステージ 15 の位置の変化を含んでいてもよい。例えば、ステージ 15 の動きは、ステージ 15 の姿勢（言い換えれば、傾き）の変化を含んでいてもよい。但し、ステージ駆動系 161 がステージ 15 を静止させている場合には、ステージ 15 の動きは、ステージ 15 が静止しているという状態（つまり、動きに関するステージ 15 の状態）を含んでいてもよい。

[0058] 計測ユニット 2 は、制御ユニット 3 の制御下で、被計測物体 M を計測可能である。被計測物体 M は、ワーク W を含んでいてもよい。具体的には、被計測物体 M は、加工ユニット 1 が未だ除去加工を行っていないワーク W、加工ユニット 1 が除去加工を行っている途中のワーク W、及び、加工ユニット 1 が除去加工を終えたワーク W の少なくとも一つを含んでいてもよい。被計測物体 M は、ワーク W を載置可能なステージ 15 を含んでいてもよい。被計測物体 M は、ワーク W を保持する治具 152 を含んでいてもよい。被計測物体 M は、ステージ 15 に載置される任意の物体を含んでいてもよい。被計測物体 M は、筐体 5 の内壁を含んでいてもよい。

[0059] 計測ユニット 2 は、被計測物体 M の任意の特性を計測可能である。被計測物体 M の特性の一例として、被計測物体 M の位置があげられる。被計測物体 M の特性の他の一例として、被計測物体 M の形状（例えば、二次元形状又は三次元形状）があげられる。被計測物体 M の特性の他の一例として、デカルト座標系における被計測物体 M の表面上の点群があげられる。つまり、被計測物体 M の計測は、被計測物体 M の表面上の点群を示す点群データの取得を含んでいてもよい。被計測物体 M の特性の他の一例として、デカルト座標系における被計測物体 M の周辺に位置する構造物の表面上の点群があげられる。つまり、被計測物体 M の計測は、被計測物体 M の周辺に位置する構造物の

表面上の点群を示す点群データの取得を含んでいてもよい。被計測物体Mの特性の他の一例として、被計測物体Mの反射率、被計測物体Mの透過率及び被計測物体Mの表面粗さ等のうちの少なくとも一つがあげられる。以下の説明では、計測ユニット2が被計測物体Mの三次元形状を計測可能である例について説明する。

[0060] 計測ユニット2は、任意の計測方法を用いて被計測物体Mを計測してもよい。例えば、計測ユニット2は、光学的に、電氣的に、磁氣的に、物理的に、化学的に又は熱的に被計測物体Mを計測してもよい。計測ユニット2は、被計測物体Mに接触することなく被計測物体Mを計測してもよい。計測ユニット2は、被計測物体Mに接触することで被計測物体Mを計測してもよい。

[0061] 本実施形態では、計測ユニット2が、被計測物体Mに接触することなく、被計測物体Mに計測光ML2を照射することで光学的に被計測物体Mを計測する例について説明する。例えば、計測ユニット2は、被計測物体Mの表面にスリット光である計測光ML2を投影すると共に投影されたスリット光の形状を計測する光切断法を用いて、被計測物体Mを計測してもよい。例えば、計測ユニット2は、被計測物体Mを介した白色光である計測光ML2と被計測物体Mを介していない白色光との干渉パターンを計測する白色干渉法を用いて、被計測物体Mを計測してもよい。例えば、計測ユニット2は、被計測物体Mの表面に光パターンを描く計測光ML2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を用いて、被計測物体Mを計測してもよい。例えば、計測ユニット2は、被計測物体Mの表面に計測光ML2を投射し且つ投射された計測光ML2が戻ってくるまでの時間から被計測物体Mまでの距離を測定する動作を、被計測物体M上の複数の位置で行うタイム・オブ・フライト法を用いて、被計測物体Mを計測してもよい。尚、タイム・オブ・フライト法を用いる計測ユニット2は、深度センサと称されてもよい。計測ユニット2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、ナイフエッジ法、干渉計測法、及び、共

焦点法の少なくとも一つを用いて、被計測物体Mを計測してもよい。

[0062] 制御ユニット3は、加工システムS Y Sの動作を制御可能な情報処理装置である。例えば、制御ユニット3は、加工システムS Y SによるワークWの加工（特に、加工ユニット1によるワークWの加工）を制御可能な情報処理装置であってもよい。例えば、制御ユニット3は、加工システムS Y SによるワークWの計測（特に、加工ユニット1によるワークWの計測）を制御可能な情報処理装置であってもよい。例えば、制御ユニット3は、加工システムS Y Sによる被計測物体Mの計測（特に、計測ユニット2による被計測物体Mの計測）を制御可能な情報処理装置であってもよい。尚、制御ユニット3は、加工ユニット1の動作を指示するためのデバイスであるコンピュータであるとみなしてもよい。例えば、制御ユニット3は、ワークWの加工を加工システムS Y S（特に、加工ユニット1）に指示するためのデバイスであるコンピュータであるとみなしてもよい。例えば、制御ユニット3は、ワークWの計測を加工システムS Y S（特に、加工ユニット1）に指示するためのデバイスであるコンピュータであるとみなしてもよい。例えば、制御ユニット3は、被計測物体Mの計測を加工システムS Y S（特に、計測ユニット2）に指示するためのデバイスであるコンピュータであるとみなしてもよい。

[0063] 例えば、制御ユニット3は、加工ユニット1が備える加工ヘッド13の動作を制御してもよい。例えば、制御ユニット3は、加工ヘッド13が備える加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135の少なくとも一つの動作を制御してもよい。例えば、制御ユニット3は、加工ユニット1が備えるヘッド駆動系141の動作（例えば、加工ヘッド13の移動）を制御してもよい。例えば、制御ユニット3は、加工ユニット1が備えるステージ駆動系161の動作（例えば、ステージ15の移動）を制御してもよい。制御ユニット3は、加工ユニット1の動作を制御することに加えて又は代えて、計測ユニット2の動作を制御してもよい。

[0064] 一例として、制御ユニット3は、ワークWを加工するように加工システムS Y Sを制御するための加工制御情報に基づいて、加工ユニット1及び計測ユニット2の少なくとも一つを制御してもよい。加工制御情報は、加工パス情報を含んでいてもよい。加工パス情報は、ワークWの表面上での加工光E Lの目標照射領域P AのワークWの表面に対する相対的な移動軌跡を示していてもよい。つまり、加工パス情報は、ワークWの表面上での加工光E Lの照射位置のワークWの表面に対する相対的な移動軌跡（いわゆる、加工パス）を示していてもよい。

[0065] 他の一例として、制御ユニット3は、被計測物体Mを計測するように加工システムS Y Sを制御するための計測制御情報に基づいて、加工ユニット1及び計測ユニット2の少なくとも一つを制御してもよい。計測制御情報は、計測パス情報を含んでいてもよい。計測パス情報は、ワークWの表面上での計測光M L 1の目標照射領域M AのワークWの表面に対する相対的な移動軌跡を示していてもよい。つまり、計測パス情報は、ワークWの表面上での計測光M L 1の照射位置のワークWの表面に対する相対的な移動軌跡（いわゆる、計測パス）を示していてもよい。

[0066] 制御ユニット3は、例えば、演算装置31と、記憶装置32とを備えていてもよい。演算装置31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32は、例えば、メモリを含んでいてもよい。制御ユニット3は、演算装置31がコンピュータプログラムを実行することで、加工ユニット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、制御ユニット3が行うべき後述する動作を演算装置31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、加工ユニット1に後述する動作を行わせるように制御ユニット3を機能させるためのコンピュータプログラムである。言い換えれば、このコンピュータプログラムは、制御ユニット3が行うべき後述する動作に相当する情報処

理方法を演算装置 31 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。演算装置 31 が実行するコンピュータプログラムは、制御ユニット 3 が備える記憶装置 32（つまり、記録媒体）に記録されていてもよいし、制御ユニット 3 に内蔵された又は制御ユニット 3 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 31 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、制御ユニット 3 の外部の装置からダウンロードしてもよい。

- [0067] 制御ユニット 3 は、加工ユニット 1 の内部に設けられていなくてもよい。例えば、制御ユニット 3 は、加工ユニット 1 外にサーバ等として設けられていてもよい。この場合、制御ユニット 3 と加工ユニット 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、制御ユニット 3 と加工ユニット 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、制御ユニット 3 は、ネットワークを介して加工ユ

ニット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。加工ユニット1は、制御ユニット3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。加工ユニット1は、制御ユニット3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、制御ユニット3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、制御ユニット3が行う処理のうちの一部を行う第1制御装置が加工ユニット1の内部に設けられている一方で、制御ユニット3が行う処理のうち他の一部を行う第2制御装置が加工ユニット1の外部に設けられていてもよい。

[0068] 制御ユニット3内には、演算装置31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（*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。制御ユニット3は、演算モデルを用いて、加工ユニット1の動作を制御してもよい。つまり、加工ユニット1の動作を制御する動作は、演算モデルを用いて加工ユニット1の動作を制御する動作を含んでいてもよい。尚、制御ユニット3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、制御ユニット3に実装された演算モデルは、制御ユニット3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、制御ユニット3は、制御ユニット3に実装されている演算モデルに加えて又は代えて、制御ユニット3の外部の装置（つまり、加工ユニット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、加工ユニット1の動作を制御してもよい。

[0069] 尚、制御ユニット3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、制御ユニット3（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ユニット3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、制御ユニット3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。

[0070] 出力ユニット4は、情報を出力する装置である。例えば、出力ユニット4は、情報を画像として出力してもよい。つまり、出力ユニット4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、出力ユニット4は、情報を音声として出力してもよい。つまり、出力ユニット4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、出力ユニット4は、紙面に情報を出力してもよい。つまり、出力ユニット4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。出力ユニット4は、加工システムSYSの外部の情報出力機器に対して情報を出力するための出力インタフェースを含んでいてもよい。

[0071] （1-2）加工ヘッド13の構成

続いて、図4を参照しながら、加工ヘッド13の構成の一例について説明

する。図4は、加工ヘッド13の構成の一例を示す断面図である。

[0072] 図4に示すように、加工ヘッド13には、光ファイバ等の光伝送部材111を介して、加工光源11が生成した加工光ELが入射する。但し、加工ヘッド13には、ミラーを用いた空間伝送によって、加工光ELが入射してもよい。加工光源11は、加工ヘッド13の外部に配置されていてもよい。加工光源11は、加工ヘッド13の内部に配置されていてもよい。

[0073] 加工ヘッド13には、複数の加工光ELが入射してもよい。この場合、加工ユニット1は、複数の加工光ELをそれぞれ生成可能な複数の加工光源11を備えていてもよい。複数の加工光源11の全てが、加工ヘッド13の内部に配置されていてもよい。複数の加工光源11の全てが、加工ヘッド13の外部に配置されていてもよい。複数の加工光源11のうちの少なくとも一つが、加工ヘッド13の内部に配置され、複数の加工光源11のうちの少なくとも他の一つが、加工ヘッド13の外部に配置されていてもよい。

[0074] 加工ヘッド13は、上述したように、加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134を含む射出光学系130を備える。更に、加工ヘッド13は、上述したように、照射光学系135を備える。また、加工ヘッド13は、排水を行うためのドレインパンと漏水センサとを備えていてもよい。

[0075] 加工光学系131は、加工光源11からの加工光ELが入射する光学系である。加工光学系131は、加工光学系131に入射した加工光ELを、合成光学系133に向けて射出する光学系である。加工光学系131が射出した加工光ELは、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135を介してワークWに照射される。

[0076] 加工光学系131は、例えば、位置調整光学系1311と、角度調整光学系1312と、ガルバノミラー1313とを含んでいてもよい。但し、加工光学系131は、位置調整光学系1311、角度調整光学系1312及びガルバノミラー1313の少なくとも一つを含んでいなくてもよい。

[0077] 位置調整光学系1311は、加工光学系131からの加工光ELの射出位

置を調整可能である。位置調整光学系 1311 は、例えば、加工光 E L の進行方向に対して傾斜可能な平行平板を備え、平行平板の傾斜角を変えることで加工光 E L の射出位置を変更してもよい。

[0078] 角度調整光学系 1312 は、加工光学系 131 からの加工光 E L の射出角度（つまり、射出方向）を調整可能である。角度調整光学系 1312 は、例えば、加工光 E L の進行方向に対して傾斜可能なミラーを備え、このミラーの傾斜角を変えることで加工光 E L の射出角度を変更してもよい。

[0079] ガルバノミラー 1313 は、加工光 E L を偏向する（つまり、加工光 E L の射出角度を変更する）偏向光学系である。ガルバノミラー 1313 は、加工光 E L を偏向することで、照射光学系 135 の光軸 E X に交差する面内（つまり、X Y 平面に沿った面内）における加工光 E L の集光位置を変更する。通常、図 4 に示すように、加工ヘッド 13 は、光軸 E X とワーク W の表面とが交差する状態で、ワーク W に加工光 E L を照射する。このため、光軸 E X に交差する面内における加工光 E L の集光位置が変更されると、ワーク W の表面における加工光 E L の目標照射領域 P A が、ワーク W の表面に沿った方向において移動する。つまり、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方に沿って、加工光 E L の目標照射領域 P A が移動する。

[0080] ガルバノミラー 1313 は、X 走査ミラー 1313 X と、Y 走査ミラー 1313 Y とを含む。X 走査ミラー 1313 X 及び Y 走査ミラー 1313 Y のそれぞれは、ガルバノミラー 1313 に入射する加工光 E L の光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X 走査ミラー 1313 X は、ワーク W 上で加工光 E L の目標照射領域 P A を X 軸方向に沿って移動させるよう、加工光 E L を偏向する。この場合、X 走査ミラー 1313 X は、Y 軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。Y 走査ミラー 1313 Y は、ワーク W 上で加工光 E L の目標照射領域 P A を Y 軸方向に沿って移動させるよう、加工光 E L を偏向する。この場合、Y 走査ミラー 1313 Y は、X 軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。

[0081] 加工光学系 131 から射出された加工光 E L（この場合、ガルバノミラー

1 3 1 3 から射出された加工光 E L) は、合成光学系 1 3 3 に入射する。合成光学系 1 3 3 は、ビームスプリッタ (例えば、偏光ビームスプリッタ) 1 3 3 1 を含む。ビームスプリッタ 1 3 3 1 は、ビームスプリッタ 1 3 3 1 に入射した加工光 E L を、偏向光学系 1 3 4 に向けて射出する。図 4 に示す例では、ビームスプリッタ 1 3 3 1 に入射した加工光 E L は、ビームスプリッタ 1 3 3 1 の偏光分離面を通過することで偏向光学系 1 3 4 に向けて射出される。このため、図 4 に示す例では、加工光 E L は、偏光分離面を通過可能な偏光方向 (例えば、偏光分離面に対して p 偏光となる偏光方向) を有する状態でビームスプリッタ 1 3 3 1 の偏光分離面に入射する。

[0082] 合成光学系 1 3 3 から射出された加工光 E L は、偏向光学系 1 3 4 に入射する。偏向光学系 1 3 4 は、偏向光学系 1 3 4 に入射した加工光 E L を、照射光学系 1 3 5 に向けて射出する。

[0083] 偏向光学系 1 3 4 は、ガルバノミラー 1 3 4 1 を備える。偏向光学系 1 3 4 に入射した加工光 E L は、ガルバノミラー 1 3 4 1 に入射する。ガルバノミラー 1 3 4 1 は、加工光 E L を偏向する (つまり、加工光 E L の射出角度を変更する)。ガルバノミラー 1 3 4 1 は、加工光 E L を偏向することで、照射光学系 1 3 5 の光軸 E X に交差する面内 (つまり、X Y 平面に沿った面内) における加工光 E L の集光位置を変更する。通常、図 4 に示すように、加工ヘッド 1 3 は、光軸 E X とワーク W の表面とが交差する状態で、ワーク W に加工光 E L を照射する。このため、光軸 E X に交差する面内における加工光 E L の集光位置が変更されると、ワーク W の表面における加工光 E L の目標照射領域 P A が、ワーク W の表面に沿った方向において移動する。つまり、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方に沿って、加工光 E L の目標照射領域 P A が移動する。

[0084] ガルバノミラー 1 3 4 1 は、X 走査ミラー 1 3 4 1 X と、Y 走査ミラー 1 3 4 1 Y とを含む。X 走査ミラー 1 3 4 1 X 及び Y 走査ミラー 1 3 4 1 Y のそれぞれは、ガルバノミラー 1 3 4 1 に入射する加工光 E L の光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X 走査ミラー 1 3 4 1 X は、ワ

ークW上で加工光E Lの目標照射領域P AをX軸方向に沿って移動させるように、加工光E Lを偏向する。この場合、X走査ミラー1341Xは、Y軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。Y走査ミラー1341Yは、ワークW上で加工光E Lの目標照射領域P AをY軸方向に沿って移動させるように、加工光E Lを偏向する。この場合、Y走査ミラー1341Yは、X軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。

[0085] 偏向光学系134から射出された加工光E Lは、照射光学系135に入射する。照射光学系135は、加工光E LをワークWに照射可能な光学系である。加工光E LをワークWに照射するために、照射光学系135は、対物光学系として機能可能な $f\theta$ レンズ1351を備えている。 $f\theta$ レンズ1351には、偏向光学系134から射出された加工光E Lが入射する。 $f\theta$ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された加工光E Lを、ワークWに照射する。具体的には、 $f\theta$ レンズ1351は、照射光学系135の光軸EXに沿った方向に向けて加工光E Lを射出する。その結果、 $f\theta$ レンズ1351が射出した加工光E Lは、光軸EXに沿った方向に沿って進行することでワークWに入射する。尚、照射光学系135の光軸EXは、 $f\theta$ レンズ1351の光軸であってもよい。

[0086] $f\theta$ レンズ1351は、ガルバノミラー1341からの加工光E Lを、ワークW上に集光してもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ1351から射出された加工光E Lは、パワーを有する他の光学要素（言い換えれば、光学部材であって、例えばレンズ等）を介することなく、ワークWに照射されてもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ1351は、加工光E Lの光路上に配置される複数の光学要素のうちの最終段のパワーを有する光学要素（つまり、最もワークWに近い光学要素）であるため、最終光学要素と称されてもよい。尚、光学要素のパワーは、光学要素の焦点距離の逆数であってもよい。また、この場合、ガルバノミラー1341からの加工光E Lは、平行光束であってもよい。

[0087] 尚、照射光学系135は、 $f\theta$ とは異なる射影特性を有する対物光学系を備えていてもよい。例えば、照射光学系135は、 $f\sin\theta$ や $f\tan\theta$

の射影特性を有する対物光学系を備えていてもよい。例えば、照射光学系 135 は、 $f \tan \theta$ の射影特性を有する対物光学系を備えていてもよい。

[0088] 尚、ガルバノミラー 1341 を構成する X 走査ミラー 1341 X 及び Y 走査ミラー 1341 Y、並びに、ガルバノミラー 1313 を構成する X 走査ミラー 1313 X 及び Y 走査ミラー 1313 Y のうちの少なくとも一つは、照射光学系としての $f \theta$ レンズ 1351 の入射瞳位置及び／又はその共役位置に配置されていてもよい。X 走査ミラー 1341 X 及び Y 走査ミラー 1341 Y、並びに、X 走査ミラー 1313 X 及び Y 走査ミラー 1313 Y のうちの少なくとも一つは、 $f \theta$ レンズ 1351 の入射瞳位置と光学的に共役な位置に配置されていてもよい。ガルバノミラー 1341 及び 1313 を構成する走査ミラーが複数存在する場合、各走査ミラーを互いに光学的に共役にするためのリレー光学系が走査ミラー間に配置されていてもよい。

[0089] 加工ヘッド 13 には更に、光ファイバ等の光伝送部材 121 を介して、計測光源 12 が生成した計測光 ML1 が入射する。但し、加工ヘッド 13 には、ミラーを用いた空間伝送によって、計測光 ML1 が入射してもよい。計測光源 12 は、加工ヘッド 13 の外部に配置されていてもよい。計測光源 12 は、加工ヘッド 13 の内部に配置されていてもよい。

[0090] 計測光源 12 は、光コム光源を含んでいてもよい。光コム光源は、周波数軸上で等間隔に並んだ周波数成分を含む光（以降、“光周波数コム”と称する）をパルス光として生成可能な光源である。この場合、計測光源 12 は、周波数軸上で等間隔に並んだ周波数成分を含むパルス光を、計測光 ML1 として射出する。但し、計測光源 12 は、光コム光源とは異なる光源を含んでいてもよい。

[0091] 図 4 に示す例では、加工システム SYS は、複数の計測光源 12 を備えている。例えば、加工システム SYS は、計測光源 12 #1 と、計測光源 12 #2 とを備えていてもよい。複数の計測光源 12 は、互いに位相同期され且つ干渉性のある複数の計測光 ML1 をそれぞれ射出してもよい。例えば、複数の計測光源 12 は、発振周波数が異なってもよい。このため、複数の

計測光源 1 2 がそれぞれ射出する複数の計測光 M L 1 は、パルス周波数（例えば、単位時間当たりのパルス光の数であり、パルス光の発光周期の逆数）が異なる複数の計測光 M L 1 となっていてよい。但し、加工システム S Y S は、単一の計測光源 1 2 を備えていてもよい。

[0092] 計測光源 1 2 から射出された計測光 M L 1 は、計測光学系 1 3 2 に入射する。計測光学系 1 3 2 は、計測光学系 1 3 2 に入射した計測光 M L 1 を、合成光学系 1 3 3 に向けて射出する光学系である。計測光学系 1 3 2 が射出した計測光 M L 1 は、合成光学系 1 3 3、偏向光学系 1 3 4 及び照射光学系 1 3 5 を介してワーク W に照射される。

[0093] 計測光学系 1 3 2 は、例えば、ミラー 1 3 2 0 と、ビームスプリッタ 1 3 2 1 と、ビームスプリッタ 1 3 2 2 と、検出器 1 3 2 3 と、ビームスプリッタ 1 3 2 4 と、ミラー 1 3 2 5 と、検出器 1 3 2 6 と、ミラー 1 3 2 7 と、ガルバノミラー 1 3 2 8 とを備える。

[0094] 計測光源 1 2 から射出された計測光 M L 1 は、ビームスプリッタ 1 3 2 1 に入射する。具体的には、計測光源 1 2 # 1 から射出された計測光 M L 1 （以降、“計測光 M L 1 # 1”と称する）は、ビームスプリッタ 1 3 2 1 に入射する。計測光源 1 2 # 2 から射出された計測光 M L 1 （以降、“計測光 M L 1 # 2”と称する）は、ミラー 1 3 2 0 を介して、ビームスプリッタ 1 3 2 1 に入射する。ビームスプリッタ 1 3 2 1 は、ビームスプリッタ 1 3 2 1 に入射した計測光 M L 1 # 1 及び M L 1 # 2 を、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に向けて射出する。つまり、ビームスプリッタ 1 3 2 1 は、それぞれ異なる方向からビームスプリッタ 1 3 2 1 に入射した計測光 M L 1 # 1 及び M L 1 # 2 を、同じ方向（つまり、ビームスプリッタ 1 3 2 2 が配置されている方向）に向けて射出する。

[0095] ビームスプリッタ 1 3 2 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に入射した計測光 M L 1 # 1 の一部である計測光 M L 1 # 1 - 1 を、検出器 1 3 2 3 に向けて反射する。ビームスプリッタ 1 3 2 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に入射した計測光 M L 1 # 1 の他の一部である計測光 M L 1 # 1 - 2 を、ビーム

スプリッタ 1 3 2 4 に向けて射出する。ビームスプリッタ 1 3 2 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に入射した計測光 ML 1 # 2 の一部である計測光 ML 1 # 2 - 1 を、検出器 1 3 2 3 に向けて反射する。ビームスプリッタ 1 3 2 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に入射した計測光 ML 1 # 2 の他の一部である計測光 ML 1 # 2 - 2 を、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて射出する。

[0096] ビームスプリッタ 1 3 2 2 から射出された計測光 ML 1 # 1 - 1 及び ML 1 # 2 - 1 は、検出器 1 3 2 3 に入射する。検出器 1 3 2 3 は、計測光 ML 1 # 1 - 1 と計測光 ML 1 # 2 - 1 とを受光する（つまり、検出する）。特に、検出器 1 3 2 3 は、計測光 ML 1 # 1 - 1 と計測光 ML 1 # 2 - 1 とが干渉することで生成される干渉光を受光する。尚、計測光 ML 1 # 1 - 1 と計測光 ML 1 # 2 - 1 とが干渉することで生成される干渉光を受光する動作は、計測光 ML 1 # 1 - 1 と計測光 ML 1 # 2 - 1 とを受光する動作と等価であるとみなしてもよい。検出器 1 3 2 3 の検出結果は、制御ユニット 3 に出力される。

[0097] ビームスプリッタ 1 3 2 2 から射出された計測光 ML 1 # 1 - 2 及び ML 1 # 2 - 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した計測光 ML 1 # 1 - 2 の少なくとも一部を、ミラー 1 3 2 5 に向けて射出する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した計測光 ML 1 # 2 - 2 の少なくとも一部を、ミラー 1 3 2 7 に向けて射出する。

[0098] ビームスプリッタ 1 3 2 4 から射出された計測光 ML 1 # 1 - 2 は、ミラー 1 3 2 5 に入射する。ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML 1 # 1 - 2 は、ミラー 1 3 2 5 の反射面（反射面は、参照面と称されてもよい）によって反射される。具体的には、ミラー 1 3 2 5 は、ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML 1 # 1 - 2 をビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて反射する。つまり、ミラー 1 3 2 5 は、ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML 1 # 1 - 2 を、その反射光である計測光 ML 1 # 1 - 3 としてビームスプリッタ 1 3 2 4 に

向けて射出する。この場合、計測光ML 1 # 1 - 3は、参照光と称されてもよい。ミラー1 3 2 5から射出された計測光ML 1 # 1 - 3は、ビームスプリッタ1 3 2 4に入射する。ビームスプリッタ1 3 2 4は、ビームスプリッタ1 3 2 4に入射した計測光ML 1 # 1 - 3をビームスプリッタ1 3 2 2に向けて射出する。ビームスプリッタ1 3 2 4から射出された計測光ML 1 # 1 - 3は、ビームスプリッタ1 3 2 2に入射する。ビームスプリッタ1 3 2 2は、ビームスプリッタ1 3 2 2に入射した計測光ML 1 # 1 - 3を、検出器1 3 2 6に向けて射出する。

[0099] 一方で、ビームスプリッタ1 3 2 4から射出された計測光ML 1 # 2 - 2は、ミラー1 3 2 7に入射する。ミラー1 3 2 7は、ミラー1 3 2 7に入射した計測光ML 1 # 2 - 2をガルバノミラー1 3 2 8に向けて反射する。つまり、ミラー1 3 2 7は、ミラー1 3 2 7に入射した計測光ML 1 # 2 - 2をガルバノミラー1 3 2 8に向けて射出する。

[0100] ガルバノミラー1 3 2 8は、計測光ML 1 # 2 - 2を偏向する（つまり、計測光ML 1 # 2 - 2の射出角度を変更する）。ガルバノミラー1 3 2 8は、計測光ML 1 # 2 - 2を偏向することで、照射光学系1 3 5の光軸EXに交差する面内（つまり、XY平面に沿った面内）における計測光ML 1 # 2 - 2の集光位置を変更する。通常、図4に示すように、加工ヘッド1 3は、光軸EXとワークWの表面とが交差する状態で、ワークWに計測光ML 1 # 2 - 2を照射する。このため、光軸EXに交差する面内における計測光ML 1 # 2 - 2の集光位置が変更されると、ワークWの表面における計測光ML 1 # 2 - 2の目標照射領域MAが、ワークWの表面に沿った方向において移動する。つまり、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って、計測光ML 1 # 2 - 2の目標照射領域MAが移動する。

[0101] ガルバノミラー1 3 2 8は、X走査ミラー1 3 2 8 Xと、Y走査ミラー1 3 2 8 Yとを含む。X走査ミラー1 3 2 8 X及びY走査ミラー1 3 2 8 Yのそれぞれは、ガルバノミラー1 3 2 8に入射する計測光ML 1 # 2 - 2の光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X走査ミラー1 3 2

8 Xは、ワークW上で計測光ML 1 # 2 - 2の目標照射領域MAをX軸方向に沿って移動させるよう、計測光ML 1 # 2 - 2を偏向する。この場合、X走査ミラー1 3 2 8 Xは、Y軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。Y走査ミラー1 3 2 8 Yは、ワークW上で計測光ML 1 # 2 - 2の目標照射領域MAをY軸方向に沿って移動させるよう、計測光ML 1 # 2 - 2を偏向する。この場合、Y走査ミラー1 3 2 8 Yは、X軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。

[0102] 計測光学系1 3 2から射出された計測光ML 1 # 2 - 2（この場合、ガルバノミラー1 3 2 8から射出された計測光ML 1 # 2 - 2）は、合成光学系1 3 3に入射する。合成光学系1 3 3のビームスプリッタ1 3 3 1は、ビームスプリッタ1 3 3 1に入射した計測光ML 1 # 2 - 2を、偏向光学系1 3 4に向けて射出する。図4に示す例では、合成光学系1 3 3に入射した計測光ML 1 # 2 - 2は、偏光分離面において反射されることで偏向光学系1 3 4に向けて射出される。このため、図4に示す例では、計測光ML 1 # 2 - 2は、偏光分離面で反射可能な偏光方向（例えば、偏光分離面に対してs偏光となる偏光方向）を有する状態でビームスプリッタ1 3 3 1の偏光分離面に入射する。

[0103] ここで、上述したように、ビームスプリッタ1 3 3 1には、計測光ML 1 # 2 - 2に加えて加工光ELが入射する。つまり、計測光ML 1 # 2 - 2及び加工光ELの双方がビームスプリッタ1 3 3 1を通過する。ビームスプリッタ1 3 3 1は、ビームスプリッタ1 3 3 1に異なる方向からそれぞれ入射してきた加工光EL及び計測光ML 1 # 2 - 2を、同じ方向に向けて（つまり、同じ偏向光学系1 3 4に向けて）射出する。従って、ビームスプリッタ1 3 3 1は、実質的には、加工光EL及び計測光ML 1 # 2 - 2を合成する合成光学部材として機能する。

[0104] 尚、加工光ELの波長と計測光ML 1の波長とが異なる場合には、合成光学系1 3 3は、合成光学部材として、ビームスプリッタ1 3 3 1に代えて、ダイクロイックミラーを備えていてもよい。この場合であっても、合成光学

系 1 3 3 は、ダイクロイックミラーを用いて、加工光 E L 及び計測光 M L 1 # 2 - 2 を合成する（つまり、加工光 E L の光路と計測光 M L 1 # 2 - 2 の光路とを合成する）ことができる。

[0105] 合成光学系 1 3 3 から射出された計測光 M L 1 # 2 - 2 は、偏向光学系 1 3 4 に入射する。偏向光学系 1 3 4 は、偏向光学系 1 3 4 に入射した計測光 M L 1 # 2 - 2 を、照射光学系 1 3 5 に向けて射出する。

[0106] 偏向光学系 1 3 4 に入射した計測光 M L 1 # 2 - 2 は、ガルバノミラー 1 3 4 1 に入射する。ガルバノミラー 1 3 4 1 は、加工光 E L を偏向する場合と同様に、計測光 M L 1 # 2 - 2 を偏向する。このため、ガルバノミラー 1 3 4 1 は、ワーク W の表面における計測光 M L 1 # 2 - 2 の目標照射領域 M A を、ワーク W の表面に沿った方向において移動させることが可能である。

[0107] 上述したように、ガルバノミラー 1 3 4 1 には、計測光 M L 1 # 2 - 2 に加えて加工光 E L が入射する。つまり、ガルバノミラー 1 3 4 1 には、ビームスプリッタ 1 3 3 1 が合成した加工光 E L 及び計測光 M L 1 # 2 - 2 が入射する。従って、計測光 M L 1 # 2 - 2 及び加工光 E L の双方が同じガルバノミラー 1 3 4 1 を通過する。このため、ガルバノミラー 1 3 4 1 は、加工光 E L の目標照射領域 P A と計測光 M L 1 # 2 - 2 の目標照射領域 M A とを同期して移動させることができる。つまり、ガルバノミラー 1 3 4 1 は、加工光 E L の目標照射領域 P A と計測光 M L 1 # 2 - 2 の目標照射領域 M A とを連動して移動させることができる。

[0108] 一方で、上述したように、計測光 M L 1 # 2 - 2 は、ガルバノミラー 1 3 2 8 を介してワーク W に照射される一方で、加工光 E L は、ガルバノミラー 1 3 2 8 を介することなくワーク W に照射される。このため、加工システム S Y S は、ガルバノミラー 1 3 2 8 を用いて、加工光 E L の目標照射領域 P A に対して、計測光 M L 1 # 2 - 2 の目標照射領域 M A を独立して移動させることができる。つまり、加工システム S Y S は、ガルバノミラー 1 3 2 8 を用いて、加工光 E L の目標照射領域 P A と計測光 M L 1 # 2 - 2 の目標照射領域 M A との相対的な位置関係を変更することができる。特に、加工シス

テムシステムは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの目標照射領域PAと計測光ML1#2-2の目標照射領域MAとの相対的な位置関係を、計測光ML1#2-2の照射方向と交差する方向（図4に示す例では、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方）に沿って変更することができる。

[0109] 同様に、上述したように、加工光ELは、ガルバノミラー1313を介してワークWに照射される一方で、計測光ML1#2-2は、ガルバノミラー1313を介することなくワークWに照射される。このため、加工システムシステムは、ガルバノミラー1313を用いて、計測光ML1#2-2の目標照射領域MAに対して、加工光ELの目標照射領域PAを独立して移動させることができる。つまり、加工システムシステムは、ガルバノミラー1313を用いて、加工光ELの目標照射領域PAと計測光ML1#2-2の目標照射領域MAとの相対的な位置関係を変更することができる。特に、加工システムシステムは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの目標照射領域PAと計測光ML1#2-2の目標照射領域MAとの相対的な位置関係を、加工光ELの照射方向と交差する方向（図4に示す例では、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方）に沿って変更することができる。

[0110] 偏向光学系134から射出された計測光ML1#2-2は、照射光学系135に入射する。照射光学系135は、計測光ML1#2-2をワークWに照射可能な光学系である。具体的には、f θ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された計測光ML1#2-2を、ワークWに照射する。具体的には、f θ レンズ1351は、照射光学系135の光軸EXに沿った方向に向けて計測光ML1#2-2を射出する。その結果、f θ レンズ1351が射出した計測光ML1#2-2は、光軸EXに沿った方向に沿って進行することでワークWに入射する。

[0111] f θ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された計測光ML1#2-2を、ワークW上に集光してもよい。この場合、f θ レンズ1351から射出された計測光ML1#2-2は、パワーを有する他の光学要素（言い換えれば、光学部材であって、例えばレンズ等）を介することなく、ワーク

Wに照射されてもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ1351は、計測光ML1#2-2の光路上に配置される複数の光学要素のうちの最終段のパワーを有する光学要素（つまり、最もワークWに近い光学要素）であるため、最終光学要素と称されてもよい。この場合、偏向光学系134から射出されて $f\theta$ レンズ1351に入射する計測光ML1#2-2は、平行光束であってもよい。

[0112] ワークWに計測光ML1#2-2が照射されると、計測光ML1#2-2の照射に起因した光がワークWから発生する。つまり、ワークWに計測光ML1#2-2が照射されると、計測光ML1#2-2の照射に起因した光がワークWから射出される。計測光ML1#2-2の照射に起因した光（言い換えれば、計測光ML1#2-2の照射に起因してワークWから射出される光）は、ワークWで反射された計測光ML1#2-2（つまり、反射光）、ワークWで散乱された計測光ML1#2-2（つまり、散乱光）、ワークWで回折された計測光ML1#2-2（つまり、回折光）、及びワークWを透過した計測光ML1#2-2（つまり、透過光）のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0113] 計測光ML1#2-2の照射に起因してワークWから射出される光の少なくとも一部は、戻り光RLとして照射光学系135に入射する。具体的には、計測光ML1#2-2の照射に起因してワークWから射出される光のうちの、ワークWに入射する計測光ML1#2-2の光路に沿って進行する光が、戻り光RLとして照射光学系135に入射する。この場合、照射光学系135から射出されてワークWに入射する計測光ML1#2-2の光路と、ワークWから射出されて照射光学系135に入射する戻り光RLの光路とは同じであってもよい。照射光学系135に入射した戻り光RLは、 $f\theta$ レンズ1351を介して、偏向光学系134に入射する。偏向光学系134に入射した戻り光RLは、ガルバノミラー1341を介して、合成光学系133に入射する。合成光学系133のビームスプリッタ1331は、ビームスプリッタ1331に入射した戻り光RLを、計測光学系132に向けて射出する。

。図4に示す例では、ビームスプリッタ1331に入射した戻り光RLは、偏光分離面において反射されることで計測光学系132に向けて射出される。このため、図4に示す例では、戻り光RLは、偏光分離面で反射可能な偏光方向を有する状態でビームスプリッタ1331の偏光分離面に入射する。

[0114] ビームスプリッタ1331から射出された戻り光RLは、計測光学系132のガルバノミラー1328に入射する。ガルバノミラー1328は、ガルバノミラー1328に入射した戻り光RLをミラー1327に向けて射出する。ミラー1327は、ミラー1327に入射した戻り光RLをビームスプリッタ1324に向けて反射する。ビームスプリッタ1324は、ビームスプリッタ1324に入射した戻り光RLの少なくとも一部をビームスプリッタ1322に向けて射出する。ビームスプリッタ1322は、ビームスプリッタ1322に入射した戻り光RLの少なくとも一部を検出器1326に向けて射出する。

[0115] 上述したように、検出器1326には、戻り光RLに加えて、計測光ML1#1-3が入射する。つまり、検出器1326には、ワークWを介して検出器1326に向かう戻り光RLと、ワークWを介することなく検出器1326に向かう計測光ML1#1-3とが入射する。検出器1326は、計測光ML1#1-3と戻り光RLとを受光する（つまり、検出する）。特に、検出器1326は、計測光ML1#1-3と戻り光RLとが干渉することで生成される干渉光を受光する。尚、計測光ML1#1-3と戻り光RLとが干渉することで生成される干渉光を受光する動作は、計測光ML1#1-3と戻り光RLとを受光する動作と等価であるとみなしてもよい。検出器1326の検出結果は、制御ユニット3に出力される。

[0116] 制御ユニット3は、検出器1323の検出結果及び検出器1326の検出結果を取得する。制御ユニット3は、検出器1323の検出結果及び検出器1326の検出結果に基づいて、ワークWの計測データ（例えば、ワークWの位置及び形状の少なくとも一方に関する計測データ）を生成してもよい。

[0117] 具体的には、計測光ML1#1のパルス周波数と計測光ML1#2のパル

ス周波数とが異なるため、計測光ML 1 # 1 - 1 のパルス周波数と計測光ML 1 # 2 - 1 のパルス周波数とが異なる。従って、計測光ML 1 # 1 - 1 と計測光ML 1 # 2 - 1 との干渉光は、計測光ML 1 # 1 - 1 を構成するパルス光と計測光ML 1 # 2 - 1 を構成するパルス光とが同時に検出器 1 3 2 3 に入射したタイミングに同期してパルス光が現れる干渉光となる。同様に、計測光ML 1 # 1 - 3 のパルス周波数と戻り光RL のパルス周波数とが異なる。従って、計測光ML 1 # 1 - 3 と戻り光RL との干渉光は、計測光ML 1 # 1 - 3 を構成するパルス光と戻り光RL を構成するパルス光とが同時に検出器 1 3 2 6 に入射したタイミングに同期してパルス光が現れる干渉光となる。ここで、検出器 1 3 2 6 が検出する干渉光のパルス光の位置（時間軸上の位置）は、加工ヘッド 1 3 とワークWとの位置関係に応じて変動する。なぜならば、検出器 1 3 2 6 が検出する干渉光は、ワークWを介して検出器 1 3 2 6 に向かう戻り光RL と、ワークWを介することなく検出器 1 3 2 6 に向かう計測光ML 1 # 1 - 3 との干渉光であるからである。一方で、検出器 1 3 2 3 が検出する干渉光のパルス光の位置（時間軸上の位置）は、加工ヘッド 1 3 とワークWとの位置関係（つまり、実質的には、加工ヘッド 1 3 とワークWとの位置関係）に応じて変動することはない。このため、検出器 1 3 2 6 が検出する干渉光のパルス光と検出器 1 3 2 3 が検出する干渉光のパルス光との時間差は、加工ヘッド 1 3 とワークWとの位置関係を間接的に示していると言える。具体的には、検出器 1 3 2 6 が検出する干渉光のパルス光と検出器 1 3 2 3 が検出する干渉光のパルス光との時間差は、計測光ML 1 の光路に沿った方向（つまり、計測光ML 1 の進行方向に沿った方向）における加工ヘッド 1 3 とワークWとの間の距離を間接的に示していると言える。このため、制御ユニット 3 は、検出器 1 3 2 6 が検出する干渉光のパルス光と検出器 1 3 2 3 が検出する干渉光のパルス光との時間差に基づいて、計測光ML 1 の光路に沿った方向（例えば、Z 軸方向）における加工ヘッド 1 3 とワークWとの間の距離を算出することができる。言い換えれば、制御ユニット 3 は、計測光ML 1 の光路に沿った方向（例えば、Z 軸方向）に

おけるワークWの位置を算出することができる。より具体的には、制御ユニット3は、ワークWのうち計測光ML1#2-2が照射された被照射部分と加工ヘッド13との間の距離を算出することができる。制御ユニット3は、計測光ML1の光路に沿った方向（例えば、Z軸方向）における被照射部分の位置を算出することができる。更には、ワークW上での計測光ML1#2-2の照射位置がガルバノミラー1341及び1328の駆動状態によって決定されるがゆえに、制御ユニット3は、ガルバノミラー1341及び1328の駆動状態に基づいて、計測光ML1の光路に交差する方向（例えば、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一つ）における被照射部分の位置を算出することができる。その結果、制御ユニット3は、加工ヘッド13を基準とする計測座標系における被照射部分の位置（例えば、三次元座標空間内での位置）を示す計測データを生成することができる。

[0118] 加工ヘッド13は、ワークWの複数の部位に計測光ML1#2-2を照射してもよい。例えば、加工ヘッド13がワークWの複数の部位に計測光ML1#2-2を照射するように、ガルバノミラー1341及び1328の少なくとも一方は、ワークW上での計測光ML1#2-2の照射位置を変更してもよい。例えば、加工ヘッド13がワークWの複数の部位に計測光ML1#2-2を照射するように、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方が移動してもよい。計測光ML1#2-2がワークWの複数の部位に照射されると、制御ユニット3は、ワークWの複数の部位の位置を示す計測データを生成することができる。その結果、制御ユニット3は、複数の部位の位置を示す計測データに基づいて、ワークWの形状を示す計測データを生成することができる。例えば、制御ユニット3は、位置が特定された複数の部位を結ぶ仮想的な平面（或いは、曲面）から構成される三次元形状を、ワークWの形状として算出することで、ワークWの形状を示す計測データを生成することができる。

[0119] 尚、加工ヘッド13は、ビームエキスパンダを備えていてもよい。ビームエキスパンダは、光のビーム径を変更可能な光学部材であってもよい。光の

ビーム径は、光の進行方向に交差する面内での光のサイズを意味していてもよい。ビームエキスパンダは、光のスポット径を変更可能な光学部材であってもよい。光のスポット径は、物体（例えば、ワークW又は被計測物体M）の表面上での光のサイズを意味していてもよい。ビームエキスパンダは、光のフォーカス位置を光の進行方向に沿って変更可能な光学部材であってもよい。光のフォーカス位置は、光が最も収斂している収斂位置を意味していてもよい。一例として、加工ヘッド13は、加工光ELの光路上に配置された第1のビームエキスパンダを備えていてもよい。第1のビームエキスパンダは、加工光ELのビーム径、スポット径及びフォーカス位置の少なくとも一つを変更可能であってもよい。他の一例として、加工ヘッド13は、計測光MLの光路上に配置された第2のビームエキスパンダを備えていてもよい。第2のビームエキスパンダは、計測光MLのビーム径、スポット径及びフォーカス位置の少なくとも一つを変更可能であってもよい。加工ヘッド13が第1及び第2のビームエキスパンダを備えている場合には、加工ヘッド13は、加工光ELのフォーカス位置と計測光MLのフォーカス位置とが異なるものとなるように、加工光ELのフォーカス位置及び計測光MLのフォーカス位置の少なくとも一つを変更してもよい。或いは、加工ヘッド13は、加工光ELの光路であって且つ計測光MLの光路上に配置された第3のビームエキスパンダを備えていてもよい。第3のビームエキスパンダは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方のビーム径、スポット径及びフォーカス位置の少なくとも一つを変更可能であってもよい。

[0120] 制御ユニット3は、計測光MLを用いた計測で用いられる第1の計測座標系と、計測ユニット2による計測で用いられる第2の計測座標系との位置合わせを行ってもよい。例えば、制御ユニット3は、ステージ15に載置されたキャリブレーションプレートを計測光MLで計測するように加工ユニット1を制御し、ステージ15に載置されたキャリブレーションプレートを計測するように計測ユニット2を制御し、計測光MLを用いたキャリブレーションプレートの計測結果と、計測ユニット2を用いたキャリブレーションプレ

ートの計測結果とに基づいて、第1の計測座標系と第2の計測座標系との位置合わせを行ってもよい。

[0121] 加工ヘッド13は更に、ヘッド筐体137とヘッド筐体138とを備えていてもよい。射出光学系130は、加工ヘッド13のヘッド筐体137に收容されていてもよい。一方で、照射光学系135は、ヘッド筐体137とは異なるヘッド筐体138に收容されていてもよい。但し、加工ヘッド13は、射出光学系130及び照射光学系135の双方が收容されるヘッド筐体を備えていてもよい。尚、ヘッド筐体137及び138の少なくとも一方は、鏡筒と称されてもよい。

[0122] ヘッド筐体138は、ヘッド筐体137に取り付け可能であってもよい。ヘッド筐体137に取り付けられたヘッド筐体138は、ヘッド筐体137から取り外し可能であってもよい。但し、ヘッド筐体138は、ヘッド筐体137に固定されていてもよい。更に、ヘッド筐体138には、フード136が取り付け可能であってもよい。ヘッド筐体138に取り付けられたフード136は、ヘッド筐体138から取り外し可能であってもよい。但し、フード136は、ヘッド筐体138に固定されていてもよい。

[0123] ヘッド筐体138がヘッド筐体137から取り外し可能である場合には、加工ユニット1は、ヘッド筐体137に取り付けられるヘッド筐体138を交換してもよい。つまり、ヘッド筐体137に取り付けられるヘッド筐体138が交換可能であってもよい。この場合、加工ユニット1は、ヘッド筐体137に取り付けられるヘッド筐体138を交換可能な筐体交換装置を備えていてもよい。筐体交換装置として、工作機械で用いられる自動工具交換器（ATC：Auto Tool Changer）が用いられてもよい。筐体交換装置は、ヘッド筐体137に取り付けられるヘッド筐体138を、第1の照射光学系135が收容されている第1のヘッド筐体138から、第1の照射光学系135とは異なる第2の照射光学系135が收容されている第2のヘッド筐体138に交換してもよい。制御ユニット3は、選択した一つの照射光学系135を、加工ヘッド13に取り付けられている他の照射光学

系 1 3 5 と交換するように、加工ユニット 1 及び筐体交換装置の少なくとも一方を制御してもよい。

[0124] フード 1 3 6 がヘッド筐体 1 3 8 から取り外し可能である場合には、加工ユニット 1 は、ヘッド筐体 1 3 8 に取り付けられるフード 1 3 6 を交換してもよい。つまり、ヘッド筐体 1 3 8 に取り付けられるフード 1 3 6 が交換可能であってもよい。この場合、加工ユニット 1 は、ヘッド筐体 1 3 8 に取り付けられるフード 1 3 6 を交換可能なフード交換装置を備えていてもよい。フード交換装置として、工作機械で用いられる自動工具交換器（A T C : A u t o T o o l C h a n g e r）が用いられてもよい。尚、上述した筐体交換装置がフード交換装置として用いられてもよい。フード交換装置が、上述した筐体交換装置として用いられてもよい。フード交換装置は、ヘッド筐体 1 3 8 に取り付けられるフード 1 3 6 を、第 1 のフード 1 3 6 から、第 1 のフード 1 3 6 とは異なる第 2 のフード 1 3 6 に交換してもよい。制御ユニット 3 は、選択した一つのフード 1 3 6 を、加工ヘッド 1 3 に取り付けられている他のフード 1 3 6 と交換するように、加工ユニット 1 及びフード交換装置の少なくとも一方を制御してもよい。

[0125] ヘッド筐体 1 3 7 には、射出光学系 1 3 0 から射出される加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれが通過可能な射出口 1 3 7 A P が形成されていてもよい。更に、ヘッド筐体 1 3 8 には、射出光学系 1 3 0 から射出される加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれが通過可能な入射口 1 3 8 A P 1 が形成されていてもよい。ヘッド筐体 1 3 8 は、射出口 1 3 7 A P と入射口 1 3 8 A P 1 とがつながるように、ヘッド筐体 1 3 7 に取り付け可能であってもよい。その結果、射出光学系 1 3 0 から射出される加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれは、射出口 1 3 7 A P 及び入射口 1 3 8 A P 1 を介して、ヘッド筐体 1 3 8 に收容されている照射光学系 1 3 5 に入射する。

[0126] フード 1 3 6 によって取り囲まれている内部空間 1 3 6 S P の少なくとも一部は、加工光 E L 及び計測光 M L 1 のそれぞれが通過可能な空間として用いられてもよい。この場合、ヘッド筐体 1 3 8 には、照射光学系 1 3 5 から

射出される加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれが通過可能な射出口1 3 8 A P 2が形成されていてもよい。更に、フード1 3 6には、照射光学系1 3 5から射出される加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれが内部空間1 3 6 S Pに進入するために通過可能な入射口1 3 6 A P 1が形成されていてもよい。フード1 3 6は、射出口1 3 8 A P 2と入射口1 3 6 A P 1とがつながるように、ヘッド筐体1 3 8に取り付け可能であってもよい。その結果、照射光学系1 3 5から射出される加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれは、射出口1 3 8 A P 2及び入射口1 3 6 A P 1を介して、フード1 3 6の内部空間1 3 6 S Pに入射する。

[0127] 更に、フード1 3 6には、フード1 3 6の内部空間1 3 6 S Pに入射した加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれが通過可能な射出口1 3 6 A P 2が形成されていてもよい。フード1 3 6の内部空間1 3 6 S Pに入射した加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれは、内部空間1 3 6 S Pを通過して、射出口1 3 6 A P 2を介してフード1 3 6の外部に射出されてもよい。つまり、フード1 3 6は、射出口1 3 6 A P 2を介して、加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれを射出してもよい。フード1 3 6から射出された加工光E L及び計測光M L 1のそれぞれは、ワークWに照射されてもよい。

[0128] (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。

[0129] (2-1) 加工動作

加工システムS Y Sは、ワークWを加工するための加工動作を行ってもよい。具体的には、上述したように、加工システムS Y Sは、ワークWに加工光E Lを照射することで、ワークWの一部を除去する除去加工を行ってもよい。このため、まずは、図5 (a) から図5 (c) を参照しながら、加工光E Lを用いた除去加工の概要について説明する。図5 (a) から図5 (c) のそれぞれは、ワークWに対して行われる除去加工の様子を示す断面図である。

[0130] 図5 (a) に示すように、加工システムS Y Sは、ワークWの表面に設定

(或いは形成)される目標照射領域PAに対して加工光ELを照射する。目標照射領域PAに加工光ELが照射されると、ワークWのうち目標照射領域PAと重なる部分及びワークWのうちの目標照射領域PAと近接する部分を含むエネルギー伝達部分に、加工光ELのエネルギーが伝達される。本実施形態では、加工システムSYSは、非熱加工（例えば、アブレーション加工）の原理を利用して、ワークWを加工してもよい。つまり、加工システムSYSは、ワークWに対して非熱加工（例えば、アブレーション加工）を行ってもよい。例えば、光子密度（言い換えれば、フルエンス）が高い光が加工光ELとして用いられると、ワークWのうちエネルギー伝達部分を構成する材料は、瞬時に蒸発及び飛散する。つまり、ワークWのうちエネルギー伝達部分を構成する材料は、ワークWの熱拡散時間よりも十分に短い時間内に蒸発及び飛散する。この場合、ワークWのエネルギー伝達部分を構成する材料は、イオン、原子、ラジカル、分子、クラスタ及び固体片のうちの少なくとも一つとして、ワークWから放出されてもよい。

[0131] 非熱加工が行われる場合には、加工光ELは、発光時間がピコ秒以下又はフェムト秒以下のパルス光を含んでいてもよい。つまり、加工光ELは、パルス幅がピコ秒以下又はフェムト秒以下のパルス光を含んでいてもよい。発光時間がピコ秒以下又はフェムト秒以下のパルス光が加工光ELとして用いられる場合、ワークWのエネルギー伝達部分を構成する材料は、熔融状態を経ずに昇華することもある。

[0132] その結果、ワークWのうち目標照射領域PA及び目標照射領域PAと近接する部分が除去される。つまり、図5（b）に示すように、ワークWの表面に、加工光ELに起因した単位加工量 Δz に相当する深さの凹部（言い換えれば、溝部）が形成される。このように非熱加工の原理を利用してワークWが加工される場合には、加工システムSYSは、加工光ELのエネルギーに起因した熱によるワークWへの影響を極力抑制しながら、ワークWを加工可能となる。

[0133] ここで、単位加工量 Δz は、加工光ELがパルス光である場合には、加工

光E LがワークWに単位パルス数だけ照射される際にワークWが除去される深さであってもよい。単位パルス数は、1であってもよいし、1以上の数であってもよい。加工光E Lが連続光である場合、単位加工量 Δz は、単位エネルギーの加工光E Lが単位時間だけワークWに照射されるときに、ワークWが加工される量（除去される深さ）であってもよい。

[0134] 或いは、加工システムS Y Sは、非熱加工の原理に加えて又は代えて、いわゆる熱加工の原理を利用して、ワークWの除去加工を行ってもよい。熱加工の原理を利用してワークWの除去加工が行われる場合には、加工光E Lは、発光時間がミリ秒以上又はナノ秒以上のパルス光又は連続光を含んでいてもよい。つまり、加工光E Lは、パルス幅がミリ秒以上又はナノ秒以上のパルス光又は連続光を含んでいてもよい。この場合、加工光E Lのエネルギーに起因した熱がエネルギー伝達部分に伝達されると、加工光E Lのエネルギーに起因した熱によって、ワークWのエネルギー伝達部分を構成する材料が溶融する。溶融した材料は、液滴となって飛散する。或いは、溶融した材料は、加工光E Lのエネルギーに起因した熱によって蒸発する。その結果、ワークWのうち目標照射領域P A及び目標照射領域P Aと近接する部分が除去される。つまり、図5（b）に示すように、ワークWの表面に、加工光E Lに起因した単位加工量 Δz に相当する深さの凹部（言い換えれば、溝部）が形成される。

[0135] 加工システムS Y Sは、上述したガルバノミラー1 2 1 2を用いて、ワークWの表面上で、加工パス情報が示す加工パスに沿って目標照射領域P Aを移動させる。つまり、加工システムS Y Sは、加工光E LでワークWの表面を走査する。更に、必要に応じて、加工システムS Y Sは、上述したヘッド駆動系1 4 1を用いて加工ヘッド1 3を移動させる及び／又は上述したステージ駆動系1 6 1を用いてステージ1 5を移動させることで、ワークWの表面上で、加工パス情報が示す加工パスに沿って目標照射領域P Aを移動させてもよい。その結果、図5（c）に示すように、加工光E Lの走査軌跡（つまり、目標照射領域P Aの移動軌跡）に沿って、ワークWの表面が少なくと

も部分的に除去される。このため、加工システム S Y S は、除去加工したい領域に対応する所望の走査軌跡に沿って加工光 E L にワーク W の表面上を走査させることで、ワーク W のうち除去加工したい部分を適切に除去することができる。加工システム S Y S は、除去加工したい領域に対応する所望の走査軌跡（つまり、加工パス情報が示す加工パス）に沿って加工光 E L にワーク W の表面上を走査させることで、ワーク W のうち除去加工したい部分を適切に除去することができる。加工システム S Y S は、除去加工したい領域に対応する所望の走査軌跡に沿って加工光 E L にワーク W の表面上を走査させることで、ワーク W から、単位加工量 Δz に相当する厚みを有し且つ除去加工したい部分である除去層 S L を除去することができる。

[0136] 加工システム S Y S は、必要に応じて、単位加工量 Δz に相当する厚みを有する除去層 S L を除去する動作を繰り返すことで、ワーク W の形状が所望形状となるように、ワーク W を加工してもよい。つまり、加工システム S Y S は、複数の除去層 S L を除去することで、ワーク W の形状が所望形状となるように、ワーク W を加工してもよい。具体的には、図 5（d）に示すように、加工システム S Y S は、制御ユニット 3 の制御下で、ワーク W のうちの除去加工によって除去されるべき目標加工部分 T P を除去するように、ワーク W を加工する。一方で、加工システム S Y S は、制御ユニット 3 の制御下で、ワーク W のうちの除去加工によって除去されるべきではない非目標加工部分 N P を除去しないように、ワーク W を加工する。

[0137] その結果、図 5（d）に示すように、ワーク W から目標加工部分 T P が除去されると共に、ワーク W のうちの非目標加工部分 N P が残存する。この場合、加工システム S Y S は、制御ユニット 3 の制御下で、残存した非目標加工部分 N P の形状（例えば、三次元形状）が目標形状となるように、ワーク W を加工してもよい。

[0138] （2－2）異常判定動作

加工システム S Y S は、上述した加工動作に加えて、異常判定動作を行ってもよい。異常判定動作は、加工期間の少なくとも一部において異常が発生

するか否かを判定する動作を含んでいてもよい。特に、異常判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工システム S Y S に異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいてもよい。異常判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工システム S Y S 内に異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいてもよい。異常判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工ユニット 1 に異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいてもよい。異常判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工ユニット 1 内に異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいてもよい。

[0139] 尚、加工期間は、加工システム S Y S（特に、加工ユニット 1）がワーク W を加工する期間を意味していてもよい。つまり、加工期間は、上述した加工動作が行われる期間を意味していてもよい。加工期間は、上述した加工動作が開始されてから上述した加工動作が終了するまでの期間を意味していてもよい。加工期間は、加工システム S Y S がワーク W の加工を開始してから、加工システム S Y S がワーク W の加工を終了するまでの期間を意味していてもよい。加工期間は、加工システム S Y S が加工すべきワーク W をステージ 1 5 に載置するために期間の少なくとも一部を含んでいてもよい。つまり、加工期間は、加工システム S Y S が加工すべきワーク W をステージ 1 5 に載置するためにワーク W を搬送し始めてから及び／又はステージ 1 5 を移動させ始めてから、ワーク W を実際に加工するためにステージ 1 5 に載置されたワーク W に加工光 E L を実際に照射し始めるまでの期間の少なくとも一部を含んでいてもよい。ワーク W がステージ 1 5 に載置された後に、ワーク W の事前計測が行われる場合には、加工期間は、ワーク W の事前計測が行われる期間の少なくとも一部を含んでいてもよい。ワーク W がステージ 1 5 に載置された後に、ワーク W の位置合わせ（例えば、アライメント）が行われる場合には、加工期間は、ワーク W の位置合わせ（例えば、アライメント）が行われる期間の少なくとも一部を含んでいてもよい。

[0140] 尚、ワーク W が加工される期間、ワーク W がステージ 1 5 に載置される期間、ワーク W の事前計測が行われる期間、及び、ワーク W の位置合わせが行

われる期間のそれぞれは、ワークWが載置されたステージ15及びワークWを加工する加工ヘッド13の少なくとも一方が移動する期間と等価であるとみなしてもよい。このため、異常判定動作は、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方が移動する期間の少なくとも一部において加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいるとみなしてもよい。後述するように、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方が移動する期間には、干渉物体と被計測物体Mとの干渉が発生する可能性がある。このため、異常判定動作は、干渉物体と被計測物体Mとの干渉が発生する可能性がある期間の少なくとも一部において加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作を含んでいるとみなしてもよい。

[0141] 加工システムS Y Sは、ワークWの加工を開始した後に、異常判定動作を行ってもよい。つまり、加工システムS Y Sは、加工動作を開始した後に、異常判定動作を行ってもよい。加工システムS Y Sは、加工動作と並行して、異常判定動作を行ってもよい。この場合、加工システムS Y Sは、異常判定動作と加工動作とを同じタイミングで行うことができる。このため、加工システムS Y Sは、加工期間の少なくとも一部を、異常判定動作を行う期間として利用することができる。このため、加工システムS Y Sは、異常判定動作と加工動作とを別々のタイミングで行う場合と比較して、異常判定動作と加工動作とを完了させるまでに必要な時間を短縮することができる。

[0142] 加工システムS Y Sは、ワークWの加工を開始する前に、異常判定動作を行ってもよい。つまり、加工システムS Y Sは、加工動作を開始する前に、異常判定動作を行ってもよい。加工システムS Y Sは、異常判定動作を先に行い、異常判定動作を終了した後に、加工動作を開始してもよい。この場合、加工システムS Y Sは、加工動作を実際に開始する前に、加工動作によって異常が発生するか否かを前もって判定することができる。このため、加工システムS Y S（或いは、加工システムS Y Sのオペレータ）は、加工動作を実際に開始する前に、加工動作によって発生する異常に対処することができる。その結果、加工動作が開始された後に異常が実際に発生する可能性が

低くなる。

[0143] 加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作は、加工システムS Y Sに将来異常が発生する可能性があるか否かを判定する動作を含んでいてもよい。具体的には、加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作は、加工システムS Y Sに実際に異常が発生する前に、加工システムS Y Sに将来異常が発生する可能性があるか否かを判定する動作を含んでいてもよい。この場合、加工システムS Y Sは、異常が実際に発生する前に、異常が発生する可能性があるか否かを前もって判定することができる。このため、加工システムS Y S（或いは、加工システムS Y Sのオペレータ）は、異常が実際に発生する前に、将来発生する可能性がある異常に対処することができる。その結果、加工動作が開始された後に異常が実際に発生する可能性が低くなる。尚、加工システムS Y Sに将来異常が発生する可能性があるか否かを判定する動作は、加工システムS Y Sに将来異常が発生する可能性があるか否かを予測する動作と称されてもよい。

[0144] 加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作は、加工システムS Y Sに既に異常が発生しているか否かを判定する動作を含んでいてもよい。つまり、加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定する動作は、加工システムS Y Sに実際に発生している異常を検出する動作を含んでいてもよい。この場合であっても、加工システムS Y S（或いは、加工システムS Y Sのオペレータ）は、実際に発生した異常に対処することができる。その結果、発生した異常に起因して加工動作が悪影響を受ける可能性が低減される。

[0145] 本実施形態では特に、加工システムS Y Sは、計測ユニット2による被計測物体Mの三次元形状の計測結果に基づいて、加工システムS Y Sに異常が発生するか否かを判定してもよい。この場合、加工システムS Y Sは、典型的には、計測ユニット2による被計測物体Mの三次元形状の計測結果に基づいて、被計測物体Mに関連する異常が加工システムS Y Sに発生するか否かを判定してもよい。

[0146] 被計測物体Mに関連する異常の第1の例として、被計測物体Mと、被計測物体Mと干渉する可能性がある干渉物体との干渉があげられる。例えば、被計測物体Mが、ステージ15、筐体5、治具152及びワークWの少なくとも一つを含んでいてもよいことは、上述したとおりである。この場合、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと干渉物体との干渉を含んでいてもよい。

[0147] 干渉物体の一例として、加工ヘッド13があげられる。この場合、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、図6(a)に示すように、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと加工ヘッド13との干渉を含んでいてもよい。例えば、ヘッド筐体137及び138の外表面が加工ヘッド13の外表面となるがゆえに、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、図6に示すように、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと、ヘッド筐体137及び138の少なくとも一つとの干渉を含んでいてもよい。例えば、加工ヘッド13が、加工ヘッド13の外部に露出している付属品を備えている場合には、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと、付属品との干渉が発生する可能性がある。付属品の一例として、フード136、ヘッド筐体138、ヘッド筐体137及び計測ユニット2の少なくとも一つがあげられる。この場合、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、図6(b)に示すように、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと、付属品との干渉を含んでいてもよい。干渉物体の他の一例として、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つが収容されている筐体5があげられる。この場合、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと筐体5との干渉を含んでいてもよい。干渉物体の他の一例として、計測ユニット2があげられる。この場合、干渉物体と被計測物体Mとの干渉は、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つと計測ユニット2との干渉を含んでいてもよい。尚、以下の説明では、説明の便宜上、干渉物体が加工ヘッド13である例について説明する。

- [0148] 干渉物体が加工ヘッド13である場合には、被計測物体Mは、加工ヘッド13と干渉する可能性がある物体を含んでいてもよい。つまり、加工ヘッド13と干渉する可能性がある物体が、本実施形態における被計測物体Mとして用いられてもよい。尚、被計測物体Mの一例として例示したステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つは、加工ヘッド13と干渉する可能性がある物体に相当する。尚、干渉物体が加工ヘッド13とは異なる物体である場合には、被計測物体Mは、干渉物体と干渉する可能性がある物体を含んでいてもよい。つまり、干渉物体と干渉する可能性がある物体が、本実施形態における被計測物体Mとして用いられてもよい。
- [0149] 加工ヘッド13（つまり、干渉物体、以下同じ）と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触している（言い換えれば、衝突している）状態を含んでいてもよい。加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触していないものの、加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の距離Dが許容下限距離D_{TH}未満になっている状態を含んでいてもよい。
- [0150] 被計測物体Mに関連する異常の第2の例として、計測ユニット2が計測した被計測物体Mに異物が含まれるという異常があげられる。例えば、被計測物体Mが、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つを含んでいてもよいことは、上述したとおりである。この場合、異物は、ステージ15、治具152及びワークWとは異なる物体を含んでいてもよい。つまり、被計測物体Mに異物が含まれるという異常は、ステージ15、治具152及びワークWとは異なる異物が、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つの周辺に存在するという異常を含んでいてもよい。
- [0151] より具体的には、被計測物体Mの一例であるステージ15、治具152及びワークWは、ワークWを加工するために必要な物体である。この場合、被計測物体Mに含まれる異物は、ワークWを加工するために必要な物体とは異なる物体を含んでいてもよい。被計測物体Mに含まれる異物は、ワークWを加工するために不必要な物体を含んでいてもよい。被計測物体Mに異物が含

まれている場合には、計測ユニット2は、典型的には、ワークWを加工するために必要な物体であるステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つの三次元形状に加えて、ワークWを加工するために不必要な物体である異物の三次元形状を、被計測物体Mの三次元形状として計測する。その結果、加工システムSYSは、異物を含む被計測物体Mの三次元形状の計測結果に基づいて、被計測物体Mに異物が含まれるという異常が発生しているか否かを判定することができる。つまり、加工システムSYSは、異物を含む被計測物体Mの三次元形状の計測結果に基づいて、ステージ15、治具152及びワークWの少なくとも一つの周辺に存在する異物を検出することができる。

[0152] ワークWを加工するために不必要な物体の第1の例として、ステージ15上に置き忘れられた残置物があげられる。ステージ15上に置き忘れられた残置物の一例として、加工システムSYSの前準備で用いられた工具があげられる。第1の治具152を用いてワークWを保持すべきであるにも関わらず第1の治具152とは異なる第2の治具152を用いてワークWが誤って保持されている場合には、ワークWを加工するために不必要な物体の第2の例として、ワークWを誤って保持している第2の治具152があげられる。

[0153] 被計測物体Mに関連する異常が、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を含む場合には、異常判定動作は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する干渉判定動作と称されてもよい。つまり、異常判定動作は、加工ヘッド13と被計測物体Mとが干渉するか否かを判定する干渉判定動作と称されてもよい。被計測物体Mに関連する異常が、被計測物体Mに異物が含まれるという異常を含む場合には、異常判定動作は、被計測物体Mに異物が含まれるか否かを判定する異物判定動作と称されてもよい。つまり、異常判定動作は、異物を検出する異物判定動作と称されてもよい。以下、異常判定動作の一例として、干渉判定動作と異物判定動作について順に説明する。

[0154] (2-2-1) 干渉判定動作

はじめに、干渉判定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、干渉判定動作として、第1干渉判定動作、第2干渉判定動作、第3干渉判定動作及び第4干渉判定動作のうちの少なくとも一つを行ってもよい。このため、以下の説明では、第1から第4干渉判定動作について順に説明する。

[0155] (2-2-1-1) 第1干渉判定動作

はじめに、第1干渉判定動作について説明する。第1干渉判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、加工期間の少なくとも一部において判定する動作である。つまり、第1干渉判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始した後に判定する動作である。以下、図7を参照しながら、第1干渉判定動作について説明する。図7は、第1干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[0156] 図7に示すように、制御ユニット3は、計測モデルMMを生成する（ステップS110）。計測モデルMMは、被計測物体Mの三次元形状を示す三次元モデルである。特に、計測モデルMMは、被計測物体Mの表面の三次元形状を示す三次元モデルである。計測モデルMMは、被計測物体Mの全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、計測モデルMMは、被計測物体Mの表面の全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。計測モデルMMは、被計測物体Mの一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、計測モデルMMは、被計測物体Mの表面の一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。尚、被計測物体MがワークWである場合には、計測モデルMMは、ワークモデルと称されてもよい。

[0157] 計測モデルMMを生成するために、制御ユニット3は、計測ユニット2による被計測物体Mの三次元形状の計測結果を示す計測情報を、計測ユニット2から取得する。つまり、制御ユニット3は、計測ユニット2によって計測

された被計測物体Mの三次元形状に関する情報を含む計測結果（計測情報）を、計測ユニット2から取得する。このため、第1干渉判定動作が開始された後に、計測ユニット2は、被計測物体Mの三次元形状を計測する。このときの計測結果には被計測物体Mの点群データが含まれていてもよい。その後、制御ユニット3は、計測情報に基づいて、計測モデルMMを生成する。例えば、制御ユニット3は、計測情報が示す三次元形状を有する三次元モデルを、計測モデルMMとして生成してもよい。このように被計測物体Mの実際の三次元形状の計測結果を示す計測情報に基づいて計測モデルMMが生成されるため、計測モデルMMは、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す三次元モデルと等価であるとみなしてもよい。

[0158] 計測モデルMMの一例が、図8に示されている。上述したように被計測物体MがワークWを含んでいる場合には、図8に示すように、計測モデルMMは、ワークWの少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分MM1を含んでいてもよい。上述したように被計測物体Mがステージ15を含んでいる場合には、図8に示すように、計測モデルMMは、ステージ15の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分MM2を含んでいてもよい。上述したように被計測物体Mが治具152を含んでいる場合には、図8に示すように、計測モデルMMは、治具152の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分MM3を含んでいてもよい。上述したように被計測物体Mが異物を含んでいる場合には、図示しないものの、計測モデルMMは、異物の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分を含んでいてもよい。

[0159] 制御ユニット3は、被計測物体Mの三次元形状を示す任意の種類の三次元モデルを、計測モデルMMとして生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の点を含む点群を用いて被計測物体Mの三次元形状を示す点群モデルを、計測モデルMMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の面を用いて被計測物体Mの三次元形状を示すサーフェスモデル、ポリゴンモデル又はメッシュモデルを、計測モデルMMとして生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、被計測物体Mの表面の三次元形状に関する情報

に加えて被計測物体Mの内部の情報を有するソリッドモデルを、計測モデルMMとして生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の線を用いて被計測物体Mの三次元形状を示すワイヤフレームモデルを、計測モデルMMとして生成してもよい。

[0160] 再び図7において、ステップS110の動作と並行して又は相前後して、制御ユニット3は、干渉モデルを取得する（ステップS111）。干渉モデルは、被計測物体Mと干渉する可能性がある干渉物体の三次元形状を示す三次元モデルである。特に、干渉モデルは、干渉物体の表面の三次元形状を示す三次元モデルである。

[0161] 上述したように、本実施形態では、加工ヘッド13が干渉物体として用いられる。このため、以下の説明では、ステップS111において、制御ユニット3が、加工ヘッド13の三次元形状を示す三次元モデルであるヘッドモデルHMを取得する例について説明する。この場合、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の表面の三次元形状を示す三次元モデルである。ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の表面の全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の表面の一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。また、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の内側の形状を示すモデルを含む三次元モデルであってもよい。また、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の表面のみの三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。尚、ヘッドモデルHMは、加工ヘッドモデルと称されてもよい。

[0162] 尚、場合によっては、ステージ15が干渉物体となる可能性がある。この場合には、制御ユニット3は、ステップS111において、ステージ15の三次元形状を示す三次元モデルである干渉モデルを取得してもよい。

[0163] 制御ユニット3は、加工ヘッド13の設計上の又は理想的な三次元形状を

示す三次元モデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。加工ヘッド13の設計上の又は理想的な三次元形状を示す三次元モデルの一例として、加工ヘッド13のCAD (Computer Aided Design) モデルがあげられる。この場合、制御ユニット3は、CADモデルを示すCADファイルを取得することで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。CADモデルを示すCADファイルの一例として、DWFという拡張子を有するファイル、DXFという拡張子を有するファイル、DWGという拡張子を有するファイル及びSTPという拡張子を有するファイルの少なくとも一つがあげられる。但し、ヘッドモデルHMを示すファイルとして、ここで例示したファイルの形式とは異なる形式のファイルが用いられてもよい。例えば、制御ユニット3は、STL (Standard Triangulated Language) ファイル、IGES (Initial Graphics Exchange Specification) ファイル及びParasolidファイルの少なくとも一つを取得することで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。

[0164] CADファイル（或いは、ヘッドモデルHMを示すファイル、以下同じ）は、制御ユニット3が備える記憶装置32（つまり、記録媒体）に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、記憶装置32からCADファイルを読み出すことで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。CADファイルは、制御ユニット3に内蔵された又は制御ユニット3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。この場合、制御ユニット3は、任意の記録媒体からCADファイルを読み出すことで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。CADファイルは、制御ユニット3の外部の装置に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、ネットワークインタフェースを介して、制御ユニット3の外部の装置からCADファイルをダウンロードすることで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。

[0165] 制御ユニット3は、計測ユニット2による加工ヘッド13の三次元形状の

計測結果を示す計測情報に基づいてヘッドモデルHMを生成することで、ヘッドモデルHMを取得してもよい。この場合、計測ユニット2は、被計測物体Mの三次元形状に加えて、加工ヘッド13の三次元形状を計測してもよい。制御ユニット3は、計測ユニット2による加工ヘッド13の三次元形状の計測結果を示す計測情報を、計測ユニット2から取得してもよい。つまり、制御ユニット3は、計測ユニット2によって計測された加工ヘッド13の三次元形状に関する情報を含む計測結果（計測情報）を、計測ユニット2から取得してもよい。その後、制御ユニット3は、計測情報に基づいて、ヘッドモデルHMを生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、計測情報が示す三次元形状を有する三次元モデルを、ヘッドモデルHMとして生成してもよい。この場合、ヘッドモデルHMは、加工ヘッド13の実際の三次元形状を示す三次元モデルと等価であるとみなしてもよい。

[0166] 尚、場合によっては、ステージ15が干渉物体となる可能性がある。この場合には、制御ユニット3は、ステップS111において、計測ユニット2によるステージ15の三次元形状の計測結果を示す計測情報に基づいて干渉モデルを生成することで、干渉モデルを取得してもよい。

[0167] ヘッドモデルHMの一例が、図9に示されている。上述したように加工ヘッド13がヘッド筐体137を含んでいる場合には、図9に示すように、ヘッドモデルHMは、ヘッド筐体137の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分HM1を含んでいてもよい。上述したように加工ヘッド13がヘッド筐体138を含んでいる場合には、図9に示すように、ヘッドモデルHMは、ヘッド筐体138の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分HM2を含んでいてもよい。上述したように加工ヘッド13がフード136を含んでいる場合には、図9に示すように、ヘッドモデルHMは、フード136の少なくとも一部の三次元形状を示すモデル部分HM3を含んでいてもよい。

[0168] 制御ユニット3は、加工ヘッド13の三次元形状を示す任意の種類の三次元モデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。例えば、制御ユニッ

ト3は、複数の点を含む点群を用いて加工ヘッド13の三次元形状を示す点群モデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の面を用いて加工ヘッド13の三次元形状を示すサーフェスモデル、ポリゴンモデル又はメッシュモデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、加工ヘッド13の表面の三次元形状に関する情報に加えて加工ヘッド13の内部の情報を有するソリッドモデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の線を用いて加工ヘッド13の三次元形状を示すワイヤフレームモデルを、ヘッドモデルHMとして取得してもよい。

[0169] 上述したように、ヘッド筐体137に取り付けられるヘッド筐体138が交換可能である場合には、制御ユニット3は、ヘッド筐体137に実際に取り付けられている一のヘッド筐体138に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、ヘッド筐体137に取り付け可能な複数の異なるヘッド筐体138にそれぞれ対応する複数のヘッドモデルHMの中から、ヘッド筐体137に実際に取り付けられている一のヘッド筐体138に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。

[0170] ヘッド筐体138は、ヘッド筐体138の種類を特定可能な情報を、ヘッド筐体138に形成される信号接点を介して、制御ユニット3に出力してもよい。具体的には、ヘッド筐体138は、ヘッド筐体138の種類を特定可能な情報を、ヘッド筐体138に形成される第1の信号接点と、ヘッド筐体137に形成され且つ当該第1の信号接点と電氣的に接触する第2の信号接点とによって形成される出力信号ラインを介して、制御ユニット3に出力してもよい。この場合、制御ユニット3は、ヘッド筐体138から出力される情報に基づいて、ヘッド筐体137に実際に取り付けられている一のヘッド筐体138の種類を特定し、特定した一のヘッド筐体138に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。

[0171] 例えば、第1の照射光学系135が収容されている第1のヘッド筐体138のサイズと、第1の照射光学系135とは異なる第2の照射光学系135

が収容されている第2のヘッド筐体138のサイズとが異なる場合は、制御ユニット3は、第1のヘッド筐体138に対応するヘッドモデルHMと、第2のヘッド筐体138に対応するヘッドモデルHMとを取得してもよい。

[0172] 尚、加工ユニット1は、加工ヘッド13を撮像可能なカメラを備えていてもよい。この場合には、制御ユニット3は、カメラが生成した加工ヘッド13の画像に基づいて、ヘッド筐体137に実際に取り付けられている一のヘッド筐体138の種類を特定し、特定した一のヘッド筐体138に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。ここで、加工ヘッド13を撮像可能なカメラは、ステレオカメラであってもよい。

[0173] 上述したように、ヘッド筐体138に取り付けられるフード136が交換可能である場合には、制御ユニット3は、ヘッド筐体138に実際に取り付けられている一のフード136に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、ヘッド筐体138に取り付け可能な複数の異なるフード136にそれぞれ対応する複数のヘッドモデルHMの中から、ヘッド筐体138に実際に取り付けられている一のフード136に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。

[0174] フード136は、フード136の種類を特定可能な情報を、フード136に形成される信号接点を介して、制御ユニット3に出力してもよい。具体的には、フード136は、フード136の種類を特定可能な情報を、フード136に形成される第3の信号接点と、ヘッド筐体138に形成され且つ当該第3の信号接点と電氣的に接触する第4の信号接点と、ヘッド筐体138に形成され且つ当該第4の信号接点と電氣的に接触する第5の信号接点と、ヘッド筐体137に形成され且つ当該第5の信号接点と電氣的に接触する第6の信号接点とによって形成される出力信号ラインを介して、制御ユニット3に出力してもよい。この場合、制御ユニット3は、フード136から出力される情報に基づいて、ヘッド筐体138に実際に取り付けられている一のフード136の種類を特定し、特定した一のフード136に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。

- [0175] 上述したように、加工ユニット1が加工ヘッド13を撮像可能なカメラを備えている場合には、制御ユニット3は、カメラが生成した加工ヘッド13の画像に基づいて、ヘッド筐体138に実際に取り付けられている一のフード136の種類を特定し、特定した一のフード136に対応する一のヘッドモデルHMを取得してもよい。
- [0176] 尚、ステップS111において、制御ユニット3は、ヘッドモデルHMを取得することに加えて又は代えて、加工制御情報を取得してもよい。例えば、ステップS111において、制御ユニット3は、ヘッドモデルHMを取得することに加えて又は代えて、加工制御情報の少なくとも一部として、加工パス情報を取得してもよい。
- [0177] 再び図7において、その後、制御ユニット3は、仮想的な三次元空間であるシミュレーション空間に、ステップS110において生成された計測モデルMMと、ステップS111において取得されたヘッドモデルHMとを配置する（ステップS112）。シミュレーション空間に配置された計測モデルMM及びヘッドモデルHMの一例が、図10に示されている。
- [0178] 制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間に計測モデルMMとヘッドモデルHMとを配置する。つまり、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間において計測モデルMMとヘッドモデルHMとの位置合わせを行う。
- [0179] ここで、「シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになる」状態は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と完全に同

じになる状態を含んでいてもよい。「シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになる」状態は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と完全に同じではないものの、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係に対するシミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係のずれ量が許容上限値以下になる状態を含んでいてもよい。

[0180] シミュレーション空間に計測モデルMMとヘッドモデルHMとを配置するために、制御ユニット3は、ヘッド位置計測装置142から加工ヘッド13の位置を示すヘッド位置情報を取得し、ステージ位置計測装置162からステージ15の位置を示すステージ位置情報を取得してもよい。その後、制御ユニット3は、ヘッド位置情報に基づいて、現実空間での加工ヘッド13の位置を特定してもよい。更に、制御ユニット3は、ステージ位置情報に基づいて、現実空間でのステージ15の位置を特定してもよい。ここで、被計測物体Mの一例であるワークWが、被計測物体Mの一例である治具152によって保持され、且つ、被計測物体Mの一例である治具152が、被計測物体Mの一例であるステージ15に載置されているがゆえに、ステージ15と治具152及びワークWのそれぞれとの間の相対的な位置関係は固定されている。このため、制御ユニット3は、ステージ位置情報に基づいて、現実空間でのステージ15の位置を特定し、現実空間でのステージ15の位置に基づいて、現実空間での治具152及びワークWのそれぞれの位置を特定することができる。つまり、制御ユニット3は、被計測物体Mの位置を実質的に示しているステージ位置情報に基づいて、現実空間における被計測物体Mの位置を特定することができる。その結果、制御ユニット3は、加工ユニット1がワークWの加工を開始する前における加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の相対的な位置関係を特定することができる。その後、制御ユニット3は

、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、ヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて特定された相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間に計測モデルMMとヘッドモデルHMとを配置してもよい。

[0181] 尚、制御ユニット3は、ステージ位置情報を用いることに加えて又は代えて、計測ユニット2による被計測物体Mの計測結果に基づいて、現実空間での被計測物体Mの位置を特定してもよい。例えば、制御ユニット3は、ステップS110における計測ユニット2による被計測物体Mの計測結果に基づいて、現実空間での被計測物体Mの位置を特定してもよい。或いは、制御ユニット3は、ステップS110において計測ユニット2が被計測物体Mを計測する前に、計測ユニット2のキャリブレーションを行い、キャリブレーションにおいて得られた情報に基づいて、現実空間での被計測物体Mの位置を特定してもよい。尚、計測ユニット2のキャリブレーションは、計測ユニット2の計測精度を向上させるための初期動作を意味していてもよい。例えば、制御ユニット3は、ステージ15に載置されたキャリブレーションプレートを計測するように計測ユニット2を制御し、キャリブレーションプレートの計測結果に基づいて計測ユニット2のキャリブレーションを行い、キャリブレーションにおいてキャリブレーションプレートと共に計測されたステージ15の計測結果に基づいて、現実空間でのステージ15の位置を特定し、現実空間でのステージ15の位置に基づいて、現実空間での被計測物体Mの位置を特定してもよい。キャリブレーションプレートが載置されたステージ15にワークWが載置されている場合には、制御ユニット3は、キャリブレーションにおいてキャリブレーションプレートと共に計測されたワークWの計測結果に基づいて、現実空間でのワークWの位置を特定し、現実空間でのワークWの位置に基づいて、現実空間でのステージ15とワークWとの間の相対的な位置関係（つまり、異なる複数の被計測物体Mの間の相対的な位置関係）を特定してもよい。

[0182] その後、制御ユニット3は、ワークWの加工を開始するように、加工ユニ

ット1を制御する（ステップS113）。その結果、加工ユニット1は、ワークWの加工を開始する（ステップS113）。

[0183] 加工ユニット1がワークWの加工を開始した後の加工期間の少なくとも一部において、制御ユニット3は、ヘッド位置計測装置142から、加工期間の少なくとも一部においてヘッド位置計測装置142によって検出された加工ヘッド13の位置を示すヘッド位置情報を取得する（ステップS114）。上述したように、加工ユニット1がワークWの加工を開始すると、ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させる。このため、制御ユニット3は、ヘッド位置計測装置142から、加工期間の少なくとも一部においてヘッド位置計測装置142によって検出された加工ヘッド13の動きに関するヘッド位置情報を取得しているとみなしてもよい。

[0184] 更に、加工ユニット1がワークWの加工を開始した後の加工期間の少なくとも一部において、制御ユニット3は、ステージ位置計測装置162から、加工期間の少なくとも一部においてステージ位置計測装置162によって検出されたステージ15の位置を示すステージ位置情報を取得する（ステップS114）。上述したように、加工ユニット1がワークWの加工を開始すると、ステージ駆動系161がステージ15を移動させる。このため、制御ユニット3は、ステージ位置計測装置162から、加工期間の少なくとも一部においてステージ位置計測装置162によって検出されたステージ15の動きに関するステージ位置情報を取得しているとみなしてもよい。

[0185] その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間に配置された計測モデルMM及びヘッドモデルHMと、ステップS114において取得されたヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する（ステップS115からステップS116）。

[0186] 具体的には、制御ユニット3は、まず、ステップS114において取得されたヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動さ

せる（ステップS 1 1 5）。

[0187] シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させるために、制御ユニット3は、ステップS 1 1 4において取得されたヘッド位置情報に基づいて、現実空間での加工ヘッド13の位置を特定する。更に、制御ユニット3は、ステップS 1 1 4において取得されたステージ位置情報に基づいて、現実空間での被計測物体Mの位置を特定する。尚、ステップS 1 1 5においてステージ位置情報に基づいて現実空間での被計測物体Mの位置を特定する動作は、ステップS 1 1 2においてステージ位置情報に基づいて現実空間での被計測物体Mの位置を特定する動作と同一であってもよい。その結果、制御ユニット3は、加工期間の少なくとも一部における加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の相対的な位置関係を特定することができる。

[0188] 尚、加工期間の少なくとも一部において計測ユニット2が加工ヘッド13（特に、加工ヘッド13の位置）を計測可能である場合には、制御ユニット3は、ヘッド位置計測装置142から出力されるヘッド位置情報に加えて又は代えて、計測ユニット2による加工ヘッド13の計測結果に基づいて、現実空間での加工ヘッド13の位置を特定してもよい。同様に、加工期間の少なくとも一部において計測ユニット2がステージ15（特に、ステージ15の位置）を計測可能である場合には、制御ユニット3は、ステージ位置計測装置162から出力されるステージ位置情報に加えて又は代えて、計測ユニット2によるステージ15の計測結果に基づいて、現実空間でのステージ15の位置を特定してもよい。

[0189] その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、ステップS 1 1 4において取得されたヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて特定された相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる。

[0190] 例えば、図11に示すように、制御ユニット3は、現実空間での加工ヘッ

ド13の移動態様と同じ移動態様で、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMを移動させてもよい。つまり、制御ユニット3は、現実空間における加工ヘッド13の動きに合わせて、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMを移動させてもよい。言い換えれば、制御ユニット3は、現実空間において移動する加工ヘッド13を、ヘッドモデルHMがシミュレーション空間において追従するように、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMを移動させてもよい。その結果、現実空間において加工ヘッド13が移動した場合であっても、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係は、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになる。

[0191] 例えば、図12に示すように、制御ユニット3は、現実空間での被計測物体Mの移動態様と同じ移動態様で、シミュレーション空間において計測モデルMMを移動させてもよい。つまり、制御ユニット3は、現実空間における被計測物体Mの動きに合わせて、シミュレーション空間において計測モデルMMを移動させてもよい。言い換えれば、制御ユニット3は、現実空間において移動する被計測物体Mを、計測モデルMMがシミュレーション空間において追従するように、シミュレーション空間において計測モデルMMを移動させてもよい。その結果、現実空間において被計測物体Mが移動した場合であっても、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係は、現実空間における被計測物体Mと加工ヘッド13との相対的な位置関係と同じになる。

[0192] 但し、加工期間の少なくとも一部である一の期間中に加工ヘッド13が移動していない場合には、制御ユニット3は、一の期間中における加工ヘッド13の動きに合わせてヘッドモデルHMを移動させなくてもよい。この場合、制御ユニット3は、ヘッド位置情報を用いることなく、一の期間において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。同様に、加工期間の少なくとも一部である一の期間中にステージ15が移動していない場合には、制御ユニット3は、一の期間中におけるステージ1

5の動き（つまり、被計測物体Mの動き）に合わせて計測モデルMMを移動させなくてもよい。この場合、制御ユニット3は、ステージ位置情報を用いることなく、一の期間において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。つまり、制御ユニット3は、計測モデルMMと、ヘッドモデルHMと、ヘッド位置情報及びステージ位置情報のうちの少なくとも一方とに基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。

[0193] 出力ユニット4が表示装置を含む場合には、制御ユニット3は、ヘッドモデルHM及び計測モデルMMを表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。例えば、制御ユニット3は、ヘッドモデルHM及び計測モデルMMを表示するための表示データを生成し、生成した表示データを出力ユニット4に出力してもよい。出力ユニット4は、制御ユニット3から出力ユニット4に入力された表示データに基づいて、ヘッドモデルHM及び計測モデルMMを表示してもよい。

[0194] 一例として、制御ユニット3は、ステップS115において移動するヘッドモデルHMの動きを表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。具体的には、制御ユニット3は、移動するヘッドモデルHMを表示することでヘッドモデルHMの動きを表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。更に、制御ユニット3は、ステップS115において移動する計測モデルMMの動きを表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。具体的には、制御ユニット3は、移動する計測モデルMMを表示することで計測モデルMMの動きを表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。

[0195] 再び図7において、その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する（ステップS116）。つまり、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係に基づいて、加工ヘッド13と被計測物体Mとが干渉

するか否かを判定する（ステップ116）。特に、第1干渉判定動作は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始した後に判定する動作であるがゆえに、ステップS116において、制御ユニット3は、典型的には、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が実際に発生しているか否かを判定してもよい。但し、ステップS116において、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が将来発生する可能性があるか否かを判定してもよい。

[0196] 例えば、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生している状態が、加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触している状態を含んでいてもよいことは、上述したとおりである。ここで、シミュレーション空間におけるヘッドモデルHMと計測モデルMMとの相対的な位置関係が、現実空間における加工ヘッド13と被計測物体Mとの相対的な位置関係と同じである。その結果、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMと計測モデルMMとが接触している場合には、現実空間における加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触する可能性が高い。このため、制御ユニット3は、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMと計測モデルMMとが接触している場合に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定してもよい。

[0197] 例えば、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生している状態が、加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触していないものの、加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の距離Dが許容下限距離D_{TH}未満になっている状態を含んでいてもよいことは、上述したとおりである。ここで、シミュレーション空間におけるヘッドモデルHMと計測モデルMMとの相対的な位置関係が、現実空間における加工ヘッド13と被計測物体Mとの相対的な位置関係と同じである。その結果、図11及び図12に示すように、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMと計測モデルMMとの間の距離D'が許容下限距離D_{TH}未満になっている場合には、現実空間における加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の距離Dが許容下限距離D_{TH}未満になっている可能性が高い。このため、制御ユニット3は、シミュレーション空間において

ヘッドモデルHMと計測モデルMMとの間の距離 D' が許容下限距離 D_{TH} 未満になっている場合に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定してもよい。尚、許容下限距離 D_{TH} は、オペレータによって変更可能であってもよい。

[0198] 許容下限距離 D_{TH} は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生する可能性を考慮して設定されてもよい。典型的には、許容下限距離 D_{TH} は、加工ヘッド13と被計測物体Mとが実際に衝突する可能性を考慮して設定されてもよい。このような許容下限距離 D_{TH} は、典型的には、0よりも大きい値である。その結果、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとが実際に衝突する前に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定することができる。このため、制御ユニット3は、後述するように、加工ヘッド13と被計測物体Mとが実際に衝突する前に、加工ユニット1を停止することができる。

[0199] 尚、上述したヘッドモデルHMと計測モデルMMとが接触している状態は、ヘッドモデルHMと計測モデルMMとの間の距離 D' がゼロになっている状態と等価であるとみなしてもよい。加工ヘッド13と被計測物体Mとが接触している状態は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの間の距離 D がゼロになっている状態と等価であるとみなしてもよい。

[0200] 再び図7において、ステップS116における判定の結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には（ステップS116：Yes）、制御ユニット3は、ワークWの加工を中止するように、加工ユニット1を制御する（ステップS118）。その結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉に起因した悪影響が実際に生ずる可能性が低減される。加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉に起因した悪影響の一例として、加工ヘッド13と被計測物体Mとの接触に起因した加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一つの損傷があげられる。但し、制御ユニット3は、ワークWの加工を中止するように、加工ユニット1を制御しなくてもよい。

[0201] 加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には（ステップS116：Yes）、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように、出力ユニット4を制御してもよい（ステップS119）。但し、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように、出力ユニット4を制御しなくてもよい

一例として、上述したように、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。つまり、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示するための表示データを生成し、生成した表示データを出力ユニット4に出力してもよい。出力ユニット4は、制御ユニット3から出力ユニット4に入力された表示データに基づいて、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。表示オブジェクトの一例として、テキストメッセージ及びアイコンの少なくとも一つがあげられる。

[0202] 他の一例として、上述したように、制御ユニット3がヘッドモデルHMを表示するように出力ユニット4を制御する場合には、制御ユニット3は、ヘッドモデルHMのうち干渉が発生していると判定された干渉モデル部分を表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。つまり、制御ユニット3は、ヘッドモデルHMの干渉モデル部分を表示するための表示データを生成し、生成した表示データを出力ユニット4に出力してもよい。出力ユニット4は、制御ユニット3から出力ユニット4に入力された表示データに基づいて、ヘッドモデルHMの干渉モデル部分を表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。この場合、制御ユニット3は、ヘッドモデ

ルHMのうち干渉が発生していると判定された干渉モデル部分の表示態様と、ヘッドモデルHMのうち干渉が発生していないと判定された非干渉モデル部分の表示態様とが異なるものとなるように、出力ユニット4を制御してもよい。表示態様の一例として、表示色があげられる。

[0203] 他の一例として、制御ユニット3が計測モデルMMを表示するように出力ユニット4を制御する場合には、計測モデルMMのうち干渉が発生していると判定された干渉モデル部分を表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。つまり、制御ユニット3は、計測モデルMMの干渉モデル部分を表示するための表示データを生成し、生成した表示データを出力ユニット4に出力してもよい。出力ユニット4は、制御ユニット3から出力ユニット4に入力された表示データに基づいて、計測モデルMMの干渉モデル部分を表示することで、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知してもよい。この場合、制御ユニット3は、計測モデルMMのうち干渉が発生していると判定された干渉モデル部分の表示態様と、計測モデルMMのうち干渉が発生していないと判定された非干渉モデル部分の表示態様とが異なるものとなるように、出力ユニット4を制御してもよい。表示態様の一例として、表示色があげられる。

[0204] 制御ユニット3は、ヘッドモデルHMのうち干渉が発生していると判定された干渉モデル部分の表示態様を、発生する干渉の大きさを示す干渉度合いに基づいて変更してもよい。例えば、制御ユニット3は、干渉モデル部分の干渉度合いが第1の大きさである場合には、干渉モデル部分を第1の表示態様で表示し、干渉モデル部分の干渉度合いが第1の大きさとは異なる第2の大きさである場合には、干渉モデル部分を第1の表示態様とは異なる第2の表示態様で表示するように、出力ユニット4を制御してもよい。表示態様の一例として、表示色があげられる。表示態様の一例として、干渉が発生していることを通知するテキストメッセージの種類があげられる。表示態様の一例として、干渉が発生していることを通知するテキストメッセージのサイズ

があげられる。表示態様の一例として、干渉が発生していることを通知するアイコンの種類があげられる。表示態様の一例として、干渉が発生していることを通知するアイコンのサイズがあげられる。

[0205] 他の一例として、出力ユニット4がスピーカを備えている場合には、制御ユニット3は、干渉が発生していることをオペレータに通知するための音声を出力するように出力ユニット4を制御することで、干渉が発生していることを加工システムS Y Sのオペレータに通知してもよい。この場合、制御ユニット3は、音声の出力態様を、発生する干渉の大きさを示す干渉度合いに基づいて変更してもよい。例えば、制御ユニット3は、干渉モデル部分の干渉度合いが第1の大きさである場合には、音声を第1の出力態様で出力し、干渉モデル部分の干渉度合いが第1の大きさとは異なる第2の大きさである場合には、音声を第1の出力態様とは異なる第2の出力態様で出力するように、出力ユニット4を制御してもよい。音声の出力態様の一例として、音量があげられる。音声の出力態様の一例として、音声の内容があげられる。

[0206] 加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には（ステップS116：Y e s）、制御ユニット3は、加工制御情報を修正してもよい（ステップS120）。但し、例えば発生した干渉がごくわずかであったり、干渉発生の通知がエラーで誤っていたり、オペレータが不要と判断した場合には、制御ユニット3は、加工制御情報を修正しなくてもよい。この場合には、制御ユニット3は、ワークWの加工を再開するように加工ユニット1を制御してもよいし、加工ユニット1を停止してもよい。

[0207] 例えば、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しなくなるように、加工制御情報を修正してもよい。例えば、制御ユニット3は、ワークWを加工するように移動する加工ヘッド13の動きが、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を引き起こさない適切な動きになるように、加工制御情報を修正してもよい。例えば、制御ユニット3は、ワークWを加工するように移動するステージ15の動き（つまり、治具152及びワークWの動きであり、被計測物体Mの動き）が、加工ヘッド13と被計測物

体Mとの干渉を引き起こさない適切な動きになるように、加工制御情報を修正してもよい。

[0208] 加工制御情報が修正された場合には、図7に示すように、制御ユニット3は、修正された加工制御情報を用いてワークWを加工するように、加工ユニット1を制御してもよい。つまり、加工制御情報が修正された場合には、図7に示すように、制御ユニット3は、修正された加工制御情報を用いてワークWを加工するように、ステップS114以降の動作を再度行ってもよい。つまり、修正された加工制御情報を用いて加工ユニット1がワークWの加工を開始した後においても、制御ユニット3は、ヘッド位置情報及びステージ位置情報を取得し（ステップS114）、取得したヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定し続けてもよい（ステップS115からステップS116）。

[0209] 加工制御情報に含まれる加工パス情報は、加工光ELが照射される目標照射領域PAの移動軌跡を示している。目標照射領域PAは、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の移動に起因して移動する。このため、加工パス情報は、実質的には、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の移動（つまり、加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一方の移動）を制御する情報であるとみなしてもよい。つまり、加工パス情報は、実質的には、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の動き（つまり、加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一方の動き）を制御する情報であるとみなしてもよい。この場合、制御ユニット3は、ステップS116において、加工制御情報の少なくとも一部である加工パス情報を修正してもよい。例えば、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しなくなるように、加工パス情報を修正してもよい。

[0210] 制御ユニット3は、加工制御情報の全体（例えば、加工パス情報の全体）を修正してもよい。或いは、制御ユニット3は、加工制御情報の一部（例えば、加工パス情報の一部）を修正してもよい。具体的には、制御ユニット3

は、加工制御情報の第1制御情報部分を修正すると共に、第1制御情報部分とは異なる加工制御情報の第2制御情報部分を修正しなくてもよい。この場合、修正された第1制御情報部分と修正されていない第2制御情報部分とを含む加工制御情報が、修正された加工制御情報として用いられてよい。このように加工制御情報の一部が選択的に修正される場合には、加工制御情報の全体が修正される場合と比較して、加工制御情報の修正に必要な演算負荷が低減可能となる。

[0211] 一例として、加工制御情報の第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工する第1期間中に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、第1制御情報部分を選択的に修正してもよい。例えば、制御ユニット3は、第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工するように移動する加工ヘッド13の動きが、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を引き起こさない適切な動きになるように、第1制御情報部分を選択的に修正してもよい。干渉を引き起こさない加工ヘッド13の動きは、典型的には、干渉を引き起こさない移動経路に沿って移動する加工ヘッド13の動きである。この場合、第1制御情報部分の修正は、第1制御情報部分に沿って移動する加工ヘッド13の移動経路の修正を含んでいてもよい。或いは、例えば、制御ユニット3は、第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工する期間中において、加工ヘッド13を静止させることで加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を引き起こさないように、第1制御情報部分を選択的に修正してもよい。同様に、制御ユニット3は、第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工するように移動するステージ15の動き（つまり、治具152及びワークWの動きであり、被計測物体Mの動き）が、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を引き起こさない適切な動きになるように、第1制御情報部分を選択的に修正してもよい。干渉を引き起こさないステージ15の動きは、典型的には、干渉を引き起こさない移動経路に沿って移動するステージ15の動きである。この場合、第1制御情報部分の修正は、第1制御情報部分に沿って移

動するステージ15の移動経路の修正を含んでもよい。或いは、例えば、制御ユニット3は、第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工する期間中において、ステージ15を静止させることで加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉を引き起こさないように、第1制御情報部分を選択的に修正してもよい。

[0212] 一方で、例えば、加工制御情報の第2制御情報部分に基づいてワークWの第2部分を加工する第2期間中に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと判定された場合には、制御ユニット3は、第2制御情報部分を修正しなくてもよい。但し、制御ユニット3は、第2制御情報部分の一部を修正してもよい。例えば、制御ユニット3は、第2期間のうち上述した干渉が発生すると判定された第1期間に近い第3期間中にワークWの第3部分を加工するために用いられる加工制御情報の第3制御情報部分（つまり、第3期間中にワークWの第3部分を加工するために用いられる第2制御情報の一部である第3制御情報部分）を修正してもよい。つまり、制御ユニット3は、干渉が発生させると判定された第1制御情報部分を用いてワークWの第1部分を加工する第1期間の前後でワークWの第3部分を加工するために用いられる第3制御情報部分を修正してもよい。

[0213] 加工制御情報の第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工する第1期間中に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、ステップS118において、制御ユニット3は、ワークWの第1部分の加工を中止するように、加工ユニット1を制御してもよい。一方で、加工制御情報の第2制御情報部分に基づいてワークWの第2部分を加工する第2期間中に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、ステップS118において、制御ユニット3は、ワークWの第2部分の加工を中止するように、加工ユニット1を制御しなくてもよい。この場合、制御ユニット3は、ワークWの第2部分の加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。一例として、制御ユニット3は、ワークWの第1部分の加工を中止するように加工ユニット1を制御した後に、

ワークWの第2部分の加工を開始するように、加工ユニット1を制御してもよい。つまり、加工ユニット1は、干渉を発生させるワークWの第1部分の加工を中止する一方で、干渉を発生させないワークWの第2部分の加工を進行してもよい。言い換えれば、加工ユニット1は、干渉を発生させるワークWの第1部分の加工をスキップする一方で、干渉を発生させないワークWの第2部分の加工を進行してもよい。その結果、ワークWの全体の加工が中止される場合と比較して、加工ユニット1は、干渉が発生する可能性を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0214] 尚、発生する干渉が比較的小さい場合には、ワークWの加工を継続したとしても、干渉に起因した悪影響（例えば、上述した加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一つの破損）が実際には発生しない可能性がある。このため、発生する干渉が比較的小さい場合には、制御ユニット3は、ワークWの加工を中止するなく及び／又は加工制御情報を修正することなく、ワークWの加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。例えば、ヘッドモデルHMと計測モデルMMとの間の距離 D' が許容下限距離 D_{TH} 未満である状況下においてワークWの加工を継続した場合には、距離 D' と許容下限距離 D_{TH} との差分が小さくなるほど、干渉に起因した悪影響（例えば、上述した加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一つの破損）が実際には発生しない可能性が高くなる。そこで、制御ユニット3は、距離 D' と許容下限距離 D_{TH} との差分が許容閾値よりも小さい場合には、発生する干渉が比較的小さいと判定してもよい。その結果、ワークWの加工が無条件に中止される場合と比較して、加工ユニット1は、干渉に起因した悪影響が発生する可能性を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0215] 或いは、発生する干渉に関わらずに、制御ユニット3は、ワークWの加工を中止するなく及び／又は加工制御情報を修正することなく、ワークWの加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。具体的には、加工制御情報の第1制御情報部分に基づいてワークWの第1部分を加工する第1

期間中に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の動きを遅延させた上でワークWの第1部分の加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。具体的には、制御ユニット3は、第1期間中の加工ヘッド13の移動速度を、第1期間中に干渉が発生しないと判定された場合の加工ヘッド13の移動速度よりも遅くした上で、ワークWの第1部分の加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。同様に、制御ユニット3は、第1期間中のステージ15の移動速度（つまり、被計測物体Mの移動速度）を、第1期間中に干渉が発生しないと判定された場合のステージ15の移動速度よりも遅くした上で、ワークWの第1部分の加工を進行するように、加工ユニット1を制御してもよい。この場合、加工ヘッド13及びステージ15の移動速度が遅くならない場合と比較して、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉に起因した悪影響（例えば、加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一つの損傷）が実際に発生する前に、加工システムS Y Sのオペレータが加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉に対処するために確保できる時間が長くなる。従って、加工システムS Y Sのオペレータは、干渉に起因した悪影響が発生しなくなるように、干渉に対処することができる。その結果、ワークWの加工が中止される場合と比較して、加工ユニット1は、干渉に起因した悪影響が発生する可能性を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。或いは、加工ヘッド13及びステージ15のそれぞれの移動速度が遅くなるほど加工ヘッド13及びステージ15が停止する場合の反動が小さくなるがゆえに、反動に起因して加工ヘッド13と被計測物体Mとが衝突する可能性が低くなる。この点からも、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの移動速度が遅くなる場合には、ワークWの加工が中止される場合と比較して、加工ユニット1は、干渉に起因した悪影響が発生する可能性を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0216] 尚、制御ユニット3は、許容下限距離D T Hを変更してもよい。このとき

、制御ユニット3は、許容下限距離DTHの変更の可否をオペレータに問い合わせる通知を、出力ユニット4を介して出力してもよい。

[0217] 他方で、ステップS116における判定の結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと判定された場合には（ステップS116：No）、制御ユニット3は、ワークWの加工を中止するように、加工ユニット1を制御しなくてもよい。この場合、制御ユニット3は、ワークWの加工を継続する（つまり、進行する）ように、加工ユニット1を制御してもよい。その後、制御ユニット3は、ワークWの加工が完了したか否かを判定する（ステップS117）。

[0218] ステップS117における判定の結果、ワークWの加工が完了していないと判定された場合には（ステップS117：No）、制御ユニット3は、ワークWの加工を継続するように、加工ユニット1を制御する。この場合、制御ユニット3は、ヘッド位置情報及びステージ位置情報を取得し（ステップS114）、取得したヘッド位置情報及びステージ位置情報に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定し続けてもよい（ステップS115からステップS116）。

[0219] 他方で、ステップS117における判定の結果、ワークWの加工が完了したと判定された場合には（ステップS117：Yes）、加工システムSYSは、第1干渉判定動作を終了してもよい。

[0220] 以上説明したように、制御ユニット3は、第1干渉判定動作を行うことで、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始した後に判定することができる。このため、上述したように、加工システムSYSは、加工期間の少なくとも一部を、第1干渉判定動作を行う期間として利用することができる。このため、加工システムSYSは、第1干渉判定動作と加工動作とを別々のタイミングで行う場合と比較して、第1干渉判定動作と加工動作とを完了させるまでに必要な時間を短縮することができる。

[0221] 更に、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定するために、被計測物体Mの三次元形状を実際に計測することで生成される計測モデルMMを用いる。このため、制御ユニット3は、被計測物体Mが意図せずに変形して被計測物体Mの三次元形状が理想的な又は設計上の三次元形状とは異なるものとなっている場合においても、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。以下、図13(a)及び図13(b)を参照しながら、その理由について説明する。

[0222] 図13(a)は、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係を示している。図13(a)に示すように、被計測物体Mが意図せずに変形している場合においても、計測モデルMMは、意図せずに変形してしまった被計測物体Mの三次元形状を示す。なぜならば、計測モデルMMは、意図せずに変形してしまった被計測物体Mの三次元形状を計測ユニット2が実際に計測することで得られる計測情報に基づいて生成されるからである。このため、制御ユニット3は、被計測物体Mの意図しない変形が適切に反映された計測モデルMMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する。その結果、制御ユニット3は、被計測物体Mが意図せずに変形している場合においても、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。特に、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mのうちの変形した変形部分MPとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。例えば、図13(a)に示す例では、計測モデルMMのうちの変形部分MPに対応する変形モデル部分MM_{deform}とヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離D_{TH}未満であるがゆえに、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定する。尚、図13(a)は、治具152が変形している場合の計測モデルMMを示しているが、ワークW及びステージ15の少なくとも一方が変形している場合においても同様のことが言える。

[0223] 一方で、図13(b)は、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMに代えて被計測物体Mの理想的な又は設計上の三次元形状を示す物体モデルOMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するかどうかを判定する場合の物体モデルOMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係を示している。図13(b)に示すように、被計測物体Mが意図せずに変形している場合には、物体モデルOMは、意図せずに変形してしまった被計測物体Mの三次元形状を示すことはない。なぜならば、物体モデルOMには、被計測物体Mの意図しない変形が反映されていないからである。このため、制御ユニット3は、物体モデルOMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するかどうかを適切に判定することができない可能性がある。特に、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mのうちの変形した変形部分MPとの干渉が発生するかどうかを適切に判定することができない可能性がある。例えば、図13(b)は、計測モデルMMのうちの変形部分MPに対応する変形モデル部分MM_{deform}とヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離D_{TH}未満であるにも関わらず、物体モデルOMとヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離D_{TH}未満であるがゆえに、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと誤って判定してしまう。第1干渉判定動作では、このような誤判定が発生する可能性が低くなるという利点がある。

[0224] 更に、制御ユニット3は、計測モデルMMを用いることで、被計測物体Mに異物が含まれている場合においても、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するかどうかを適切に判定することができる。以下、図14(a)及び図14(b)を参照しながら、その理由について説明する。

[0225] 図14(a)は、異物の一例である工具を含む被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係を示している。図14(a)に示すように、被計測物体Mが異物を含んでいる場合においても、計測モデルMMは、異物を含む被計測物体Mの三次元形状を示す。つまり、計測モデルMMは、異物の三次元形状を示す異物モデル部分

MM__e x tを含む。なぜならば、計測モデルMMは、異物を含む被計測物体Mの三次元形状を計測ユニット2が実際に計測することで得られる計測情報に基づいて生成されるからである。このため、制御ユニット3は、被計測物体Mに含まれる異物が適切に反映された計測モデルMMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する。その結果、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれている場合においても、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。特に、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mに含まれる異物との干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。例えば、図14(a)は、計測モデルMMのうちの異物に対応する異物モデル部分MM__e x tとヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離DTH未満であるがゆえに、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定する。

[0226] 一方で、図14(b)は、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMに代えて被計測物体Mの理想的な又は設計上の三次元形状を示す物体モデルOMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する場合の物体モデルOMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係を示している。図14(b)に示すように、被計測物体Mが異物を含んでいる場合には、物体モデルOMは、異物の三次元形状を示すことはない。なぜならば、物体モデルOMには、被計測物体Mに意図せず含まれている異物が反映されていないからである。このため、制御ユニット3は、物体モデルOMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができない可能性がある。特に、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mに含まれる異物との干渉が発生するか否かを適切に判定することができない可能性がある。例えば、図14(b)は、計測モデルMMのうちの異物に対応する異物モデル部分MM__e x tとヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離DTH未満であるにも関わらず、物体モデルOMとヘッドモデルHMとの間の距離D'が許容下限距離DTH

H未満であるがゆえに、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと誤って判定してしまう。第1干渉判定動作では、このような誤判定が発生する可能性が低くなるという利点がある。

[0227] 尚、制御ユニット3は、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定すると共に、被計測物体Mの理想的な又は設計上の三次元形状を示す物体モデルOMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。この場合、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、より精度よく判定することができる。その結果、制御ユニット3は、干渉に起因した悪影響が発生する可能性をより一層低減することができる。後述する第2干渉動作から第4干渉動作が行われる場合においても、制御ユニット3は、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す計測モデルMMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定すると共に、被計測物体Mの理想的な又は設計上の三次元形状を示す物体モデルOMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。

[0228] また、制御ユニット3は、図7に示す第1干渉判定動作の一部を行い、制御ユニット3とは異なる他の制御ユニットが、図7に示す第1干渉判定動作の他の一部を行ってもよい。一例として、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか一方が、第1干渉判定動作の一部として、ステップS110からステップS111までの動作を行い、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか他方が、第1干渉判定動作の他の一部として、ステップS112からステップS120までの動作を行ってもよい。制御ユニット3とは異なる制御ユニットは、制御ユニット3とネットワークを介して通信可能なクラウドサーバであってもよい。

[0229] (2-2-1-2) 第2干渉判定動作

続いて、第2干渉判定動作について説明する。第2干渉判定動作は、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発

生するか否かを、ワークWの加工を開始する前に判定する動作である。以下、図15を参照しながら、第2干渉判定動作について説明する。図15は、第2干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。尚、以下の説明では、既に説明済みの動作については、同一のステップ番号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0230] 図15に示すように、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、計測モデルMMを生成し（ステップS110）、ヘッドモデルHM（つまり、干渉モデル）を取得する（ステップS111）。尚、ステップS111において、制御ユニット3は、ヘッドモデルHMを取得することに加えて又は代えて、加工ヘッド13の動きに関するヘッド位置情報及びステージ15の動きに関するステージ位置情報の少なくとも一つを取得してもよい。

[0231] 第2干渉判定動作では、ステップS110からステップS111の動作と並行して又は相前後して、制御ユニット3は、加工制御情報（例えば、加工パス情報を含む加工制御情報）を取得する（ステップS211）。具体的には、制御ユニット3は、第2干渉判定動作が行われた後に行われる加工動作で用いられる加工制御情報を取得する。

[0232] 制御ユニット3は、加工制御情報を生成する制御情報生成装置から、加工制御情報を取得してもよい。加工制御情報は、制御ユニット3が備える記憶装置32（つまり、記録媒体）に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、記憶装置32から加工制御情報を読み出すことで、加工制御情報を取得してもよい。加工制御情報は、制御ユニット3に内蔵された又は制御ユニット3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。この場合、制御ユニット3は、任意の記録媒体から加工制御情報を読み出すことで、加工制御情報を取得してもよい。加工制御情報は、制御ユニット3の外部の装置に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、ネットワークインタフェースを介して、制御ユニット3の外部の装置から加工制御情報をダウンロードすることで、

加工制御情報を取得してもよい。或いは、制御ユニット3は、加工制御情報を生成することで、加工制御情報を取得してもよい。

[0233] その後、制御ユニット3は、ステップS211において取得された加工制御情報に基づいて、シミュレーション空間に計測モデルMM及びヘッドモデルHMを配置する（ステップS212）。具体的には、加工制御情報（特に、加工パス情報）が、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の移動（つまり、加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一方の移動）を制御する情報であるとみなしてもよいことは、上述したとおりである。この場合、制御ユニット3は、加工制御情報に基づいて、ワークWの加工を開始する時点での加工ヘッド13とステージ15との相対的な位置関係を推定（言い換えれば、算出）してもよい。その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、加工制御情報に基づいて推定された相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間に計測モデルMM及びヘッドモデルHMを配置してもよい。

[0234] その後、制御ユニット3は、ステップS211において取得された加工制御情報に基づいて、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる（ステップS213）。具体的には、上述したように、加工制御情報（特に、加工パス情報）が、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方の移動（つまり、加工ヘッド13及び被計測物体Mの少なくとも一方の移動）を制御する情報であるとみなしてもよいことは、上述したとおりである。この場合、制御ユニット3は、加工制御情報に基づいて、加工期間中の加工ヘッド13とステージ15との相対的な位置関係を推定（言い換えれば、算出）してもよい。特に、制御ユニット3は、加工制御情報に基づいて、加工期間中の加工ヘッド13とステージ15との相対的な位置関係の変化を推定（言い換えれば、算出）してもよい。その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係が、加工制御情報に基づいて

推定された相対的な位置関係と同じになるように、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる。その結果、加工期間中に干渉が発生するか否かがワークWの加工が開始される前に判定される第2干渉判定動作においても、加工期間中に干渉が発生するか否かがワークWの加工が開始された後に判定される第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、現実空間での加工ヘッド13の移動態様と同じ移動態様で、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMを移動させ、且つ、現実空間での被計測物体Mの移動態様と同じ移動態様で、シミュレーション空間において計測モデルMMを移動させることができる。このため、図15のステップS213の動作は、計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させるために加工制御情報を用いるという点を除いて、計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる図7のステップS115の動作と同一であってもよい。このため、図15のステップS213の動作の詳細な説明は省略する。

[0235] その後、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、シミュレーション空間における計測モデルMMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する（ステップS116）。

[0236] ステップS116における判定の結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には（ステップS116：Yes）、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように出力ユニット4を制御し（ステップS119）、加工制御情報を修正してもよい（ステップS120）。他方で、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと判定された場合には（ステップS116：No）、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように出力ユニット4を制御しなくてもよいし、加工制御情報

を修正しなくてもよい。

[0237] 尚、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、加工制御情報を修正することに加えて又は代えて、今から開始しようとしているワークWの加工を中止するように、加工ユニット1を制御してもよい。つまり、制御ユニット3は、未だ開始していないワークWの加工を中止するように、加工ユニット1を制御してもよい。言い換えれば、制御ユニット3は、未だ開始していないワークWの加工を開始しないように、加工ユニット1を制御してもよい。

[0238] その後、制御ユニット3は、加工制御情報に基づく計測モデルMM及びヘッドモデルHMの移動が完了するまで（ステップS214）、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS213）と、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS116）とを繰り返す。

[0239] 尚、制御ユニット3は、加工制御情報に基づく計測モデルMM及びヘッドモデルHMの移動が完了する前に、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS213）と、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS116）とを終了してもよい。例えば、一例として、制御ユニット3は、オペレータが加工期間の全体に渡って干渉が発生するか否かを把握することを希望している場合には、加工制御情報に基づく計測モデルMM及びヘッドモデルHMの移動が完了するまで（ステップS214）、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS213）と、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS116）とを繰り返してもよい。他の一例として、制御ユニット3は、オペレータが加工期間の一部においてのみ干渉が発生するか否かを把握することを希望している場合には、加工制御情報に基づく計測モデルMM及びヘッドモ

デルHMの移動が完了する前に、シミュレーション空間において計測モデルMM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS 2 1 3）と、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS 1 1 6）とを終了してもよい。その結果、制御ユニット3は、第2干渉判定動作を必要以上に行わなくてもよくなる。

[0240] その後、加工制御情報に基づく計測モデルMM及びヘッドモデルHMの移動が完了した後に、制御ユニット3は、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御する（ステップS 1 1 3）。

[0241] 以上説明したように、制御ユニット3は、第2干渉判定動作を行うことで、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始する前に判定することができる。このため、上述したように、加工システムSYS（或いは、加工システムSYSのオペレータ）は、加工動作を実際に開始する前に、加工動作によって発生する干渉に対処することができる。その結果、加工動作が開始された後に干渉が実際に発生する可能性が低くなる。つまり、加工動作が開始された後に加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉に起因した悪影響が実際に生ずる可能性が低くなる。

[0242] 更に、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定するために、被計測物体Mの三次元形状を実際に計測することで生成される計測モデルMMを用いる。このため、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、被計測物体Mが意図せずに変形している場合においても、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。更に、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれている場合においても、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。

[0243] 尚、発生する干渉が比較的小さい場合には、ワークWの加工を継続したとしても、干渉に起因した悪影響が実際には発生しない可能性があることは、

第1干渉判定動作において説明したとおりである。このため、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、ステップS120において加工制御情報を修正することなく、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御してもよい。或いは、第2干渉判定動作においても、第1干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、ステップS120において加工制御情報を修正することなく、干渉が発生すると判定された期間中の加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの移動速度を遅くした上で、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御してもよい。

[0244] 尚、制御ユニット3は、複数の異なる許容下限距離DTHを用いて、第2干渉判定動作を複数回行ってもよい。例えば、制御ユニット3は、第1の許容下限距離DTHを用いて、第2干渉判定動作を行い、その後、第1の許容下限距離DTHとは異なる第2の許容下限距離DTHを用いて、第2干渉判定動作を行ってもよい。

[0245] また、制御ユニット3は、図15に示す第2干渉判定動作の一部を行い、制御ユニット3とは異なる他の制御ユニットが、図15に示す第2干渉判定動作の他の一部を行ってもよい。一例として、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか一方が、第2干渉判定動作の一部として、ステップS110からステップS111までの動作を行い、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか他方が、第2干渉判定動作の他の一部として、ステップS211からステップS113までの動作を行ってもよい。制御ユニット3とは異なる制御ユニットは、制御ユニット3とネットワークを介して通信可能なクラウドサーバであってもよい。

[0246] (2-2-1-3) 第3干渉判定動作

続いて、第3干渉判定動作について説明する。第3干渉判定動作は、第2干渉判定動作と同様に、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始する前に判定する動作である。第3干渉判定動作は、第2干渉判定動作と比較して

、計測モデルMMに代えて、物体モデルOMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定するという点で異なる。以下、図16を参照しながら、第3干渉判定動作について説明する。図16は、第3干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[0247] 図16に示すように、制御ユニット3は、物体モデルOMを取得する（ステップS310）。物体モデルOMは、被計測物体Mの三次元形状を示す三次元モデルである。特に、物体モデルOMは、被計測物体Mの表面の三次元形状を示す三次元モデルである。物体モデルOMは、被計測物体Mの全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、物体モデルOMは、被計測物体Mの表面の全体の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。物体モデルOMは、被計測物体Mの一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。つまり、物体モデルOMは、被計測物体Mの表面の一部の三次元形状を示す三次元モデルであってもよい。

[0248] 特に、物体モデルOMは、計測ユニット2が本来計測すべき被計測物体Mの三次元形状を示す三次元モデルである。このため、現実空間において、計測ユニット2が本来計測すべき被計測物体Mの一例であるステージ15、ワークW及び治具152の少なくとも一つの周辺に異物が存在していたとしても、物体モデルOMは、異物の三次元形状を示すことはない。つまり、物体モデルOMには、異物が反映されていない。

[0249] 制御ユニット3は、被計測物体Mの設計上の又は理想的な三次元形状を示す三次元モデルを、物体モデルOMとして取得する。このため、物体モデルOMは、被計測物体Mの設計上の又は理想的な三次元形状を示す三次元モデルとなる。この場合、被計測物体Mの三次元形状が理想的な又は設計上の三次元形状とは異なるものとなるように被計測物体Mが意図せずに変形していたとしても、物体モデルOMは、被計測物体Mの実際の三次元形状（つまり、変形した三次元形状）ではなく、被計測物体Mの設計上の又は理想的な三次元形状を示す。

[0250] 被計測物体Mの設計上の又は理想的な三次元形状を示す三次元モデルの一

例として、被計測物体MのCAD (Computer Aided Design) モデルがあげられる。この場合、制御ユニット3は、CADモデルを示すCADファイルを取得することで、物体モデルOMを取得してもよい。CADモデルを示すCADファイルの一例として、DWFという拡張子を有するファイル、DXFという拡張子を有するファイル、DWGという拡張子を有するファイル及びSTPという拡張子を有するファイルの少なくとも一つがあげられる。但し、物体モデルOMを示すファイルとして、ここで例示したファイルの形式とは異なる形式のファイルが用いられてもよい。例えば、制御ユニット3は、STL (Standard Triangulated Language) ファイル、IGES (Initial Graphics Exchange Specification) ファイル及びParasolidファイルの少なくとも一つを取得することで、物体モデルOMを取得してもよい。

[0251] CADファイルは、制御ユニット3が備える記憶装置32 (つまり、記録媒体) に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、記憶装置32からCADファイルを読み出すことで、物体モデルOMを取得してもよい。CADファイルは、制御ユニット3に内蔵された又は制御ユニット3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。この場合、制御ユニット3は、任意の記録媒体からCADファイルを読み出すことで、物体モデルOMを取得してもよい。CADファイルは、制御ユニット3の外部の装置に記録されていてもよい。この場合、制御ユニット3は、ネットワークインタフェースを介して、制御ユニット3の外部の装置からCADファイルをダウンロードすることで、物体モデルOMを取得してもよい。

[0252] 制御ユニット3は、被計測物体Mの三次元形状を示す任意の種類の三次元モデルを、物体モデルOMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の点を含む点群を用いて被計測物体Mの三次元形状を示す点群モデルを、物体モデルOMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、

複数の面を用いて被計測物体Mの三次元形状を示すサーフェスモデル、ポリゴンモデル又はメッシュモデルを、物体モデルOMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、被計測物体Mの表面の三次元形状に関する情報に加えて被計測物体Mの内部の情報を有するソリッドモデルを、物体モデルOMとして取得してもよい。例えば、制御ユニット3は、複数の線を用いて被計測物体Mの三次元形状を示すワイヤフレームモデルを、物体モデルOMとして取得してもよい。

[0253] ステップS310の動作と並行して又は相前後して、第3干渉判定動作においても、第2干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、ヘッドモデルHM（つまり、干渉モデル）を取得し（ステップS111）、加工制御情報（例えば、加工パス情報を含む加工制御情報）を取得する（ステップS211）。

[0254] その後、制御ユニット3は、ステップS211において取得された加工制御情報に基づいて、シミュレーション空間に物体モデルOM及びヘッドモデルHMを配置する（ステップS312）。尚、ステップS312の動作は、計測モデルMMに代えて物体モデルOMが用いられるという点を除いて、第2干渉動作のステップS212（図15）の動作と同一であってもよい。このため、ステップS312の詳細な説明は、省略する。

[0255] その後、制御ユニット3は、ステップS211において取得された加工制御情報に基づいて、シミュレーション空間において物体モデルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる（ステップS313）。尚、ステップS313の動作は、計測モデルMMに代えて物体モデルOMが用いられるという点を除いて、第2干渉動作のステップS213（図15）の動作と同一であってもよい。このため、ステップS313の詳細な説明は、省略する。

[0256] その後、制御ユニット3は、シミュレーション空間における物体モデルOMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否か

を判定する（ステップS 3 1 6）。尚、ステップS 3 1 6の動作は、計測モデルMMに代えて物体モデルOMが用いられるという点を除いて、第1又は第2干渉動作のステップS 1 1 6（図7又は図15）の動作と同一であってもよい。例えば、制御ユニット3は、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMと物体モデルOMとが接触している場合に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定してもよい。例えば、制御ユニット3は、シミュレーション空間においてヘッドモデルHMと物体モデルOMとの間の距離が許容下限距離DTH未満になっている場合に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定してもよい。このため、ステップS 3 1 6の詳細な説明は、省略する。

[0257] ステップS 3 1 6における判定の結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には（ステップS 3 1 6：Yes）、第3干渉判定動作においても、第2干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように出力ユニット4を制御し（ステップS 1 1 9）、加工制御情報を修正してもよい（ステップS 1 2 0）。他方で、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと判定された場合には（ステップS 3 1 6：No）、制御ユニット3は、干渉が発生していることを加工システムSYSのオペレータに通知するように出力ユニット4を制御しなくてもよいし、加工制御情報を修正しなくてもよい。

[0258] その後、制御ユニット3は、加工制御情報に基づくヘッドモデルHM及び物体モデルOMの移動が完了するまで（ステップS 3 1 4）、シミュレーション空間において物体モデルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS 3 1 3）と、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS 1 1 6）とを繰り返す。

[0259] 尚、制御ユニット3は、加工制御情報に基づく物体モデルOM及びヘッドモデルHMの移動が完了する前に、シミュレーション空間において物体モデ

ルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS 3 1 3）と、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS 1 1 6）とを終了してもよい。例えば、一例として、制御ユニット3は、オペレータが加工期間の全体に渡って干渉が発生するか否かを把握することを希望している場合には、加工制御情報に基づく物体モデルOM及びヘッドモデルHMの移動が完了するまで（ステップS 3 1 4）、シミュレーション空間において物体モデルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップ3 2 1 3）と、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS 1 1 6）とを繰り返してもよい。他の一例として、制御ユニット3は、オペレータが加工期間の一部においてのみ干渉が発生するか否かを把握することを希望している場合には、加工制御情報に基づく物体モデルOM及びヘッドモデルHMの移動が完了する前に、シミュレーション空間において物体モデルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させる動作（ステップS 3 1 3）と、加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する動作（ステップS 1 1 6）とを終了してもよい。その結果、制御ユニット3は、第3干渉判定動作を必要以上に行わなくてもよくなる。

[0260] その後、加工制御情報に基づくヘッドモデルHM及び物体モデルOMの移動が完了した後に、制御ユニット3は、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御する（ステップS 1 1 3）。例えば、ステップS 1 2 0において加工制御情報が修正された場合には、制御ユニット3は、修正された加工制御情報に基づいて、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御してもよい。例えば、ステップS 1 2 0において加工制御情報が修正されていない場合には、制御ユニット3は、修正されていない加工制御情報に基づいて、ワークWの加工を開始するように、加工ユニット1を制御してもよい。

[0261] 以上説明したように、制御ユニット3は、第3干渉判定動作を行うことで、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド1 3と被計測物体Mとの干

渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始する前に判定することができる。このため、加工システムSYS（或いは、加工システムSYSのオペレータ）は、加工動作を実際に開始する前に、加工動作によって発生する干渉に対処することができる。その結果、加工動作が開始された後に干渉が実際に発生する可能性が低くなる。つまり、加工動作が開始された後に加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉に起因した悪影響が実際に生ずる可能性が低くなる。

[0262] 更に、制御ユニット3は、計測モデルMMよりもデータサイズが小さくなる物体モデルOMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定することができる。このため、第3干渉動作が行われる場合には、計測モデルMMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する第1又は第2干渉判定動作が行われる場合と比較して、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定するために必要な演算負荷が低減可能となる。

[0263] 更に、制御ユニット3は、加工ユニット1が実際に加工すべきワークWが用意されていない状況下において、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定することができる。例えば、制御ユニット3は、CAM（Computer Aided Manufacturing）ソフトを用いて加工制御情報を生成する前工程中において、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定することができる。

[0264] 但し、第3干渉判定動作では被計測物体Mの変形及び異物が反映されていない物体モデルOMが用いられるがゆえに、制御ユニット3は、被計測物体Mが意図せず変形している及び／又は被計測物体Mに異物が含まれている場合に、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができない可能性がある。そこで、制御ユニット3は、第3干渉判定動作を行った後に、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行ってもよい。その結果、制御ユニット3は、被計測物体Mが意図せず変形している及び／又は被計測物体Mに異物が含まれている場合であっても、加工ヘ

ッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。

[0265] 第3干渉判定動作を行った後に第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行う場合には、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生した原因を特定してもよい。例えば、第3干渉判定動作によって加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が、加工制御情報に基づく加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの動きに起因して発生したと判定してもよい。つまり、制御ユニット3は、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの動きが、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉の原因であると判定してもよい。例えば、第3干渉判定動作によって加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生しないと判定されたにも関わらず、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方によって加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が、被計測物体Mの意図しない変形及び異物の少なくとも一つによって発生したと判定してもよい。つまり、制御ユニット3は、被計測物体Mの意図しない変形及び異物の少なくとも一つが、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉の原因であると判定してもよい。その結果、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生した原因が特定されない場合と比較して、加工システムSYSのオペレータは、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉により適切に対処することができる。

[0266] 第3干渉判定動作を行った後に第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行う場合には、制御ユニット3は、計測モデルMMに代えて、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分に相当する差分モデルDMを用いて、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行ってもよい。この場合、差分モデルDMのデータサイズが通常は計測モデルMMのデータサイズよりも小さくなる。その結果、制御ユニット3は、計測モデルMMを用いて第1及び第

2 干渉判定動作の少なくとも一方を行う場合と比較して、第 1 及び第 2 干渉判定動作の少なくとも一方を行うために必要な演算負荷を低減させつつ、加工ヘッド 1 3 と被計測物体 M との干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。以下、その理由について、図 1 7 (a) から図 1 7 (c) 及び図 1 8 (a) から図 1 8 (c) を参照しながら説明する。

[0267] 図 1 7 (a) は、被計測物体 M が意図せず変形している場合に生成される計測モデル MM を示している。被計測物体 M が意図せず変形している場合には、図 1 7 (a) に示すように、計測モデル MM は、被計測物体 M のうち意図せず変形した変形部分 MP に対応する変形モデル部分 MM__d e f o r m と、被計測物体 M のうちの変形していない（つまり、理想的な又は設計上の三次元形状を有している）非変形部分に対応する非変形モデル部分 MM__n o n d e f o r m とを含んでいる。図 1 7 (b) は、被計測物体 M が意図せず変形している場合に取得される物体モデル OM を示している。図 1 7 (b) に示すように、被計測物体 M が意図せず変形している場合であっても、物体モデル OM は、変形していない被計測物体 M の三次元形状（つまり、被計測物体 M の理想的な又は設計上の三次元形状）を示している。このため、物体モデル OM は、計測モデル MM の非変形モデル部分 MM__n o n d e f o r m を含む一方で、計測モデル MM の変形モデル部分 MM__d e f o r m を含まない三次元モデルと等価となる。図 1 7 (c) は、図 1 7 (a) に示す計測モデル MM と図 1 7 (b) に示す物体モデル OM との差分に相当する差分モデル DM を示している。図 1 7 (c) に示すように、差分モデル DM は、計測モデル MM の変形モデル部分 MM__d e f o r m と等価である。この場合、制御ユニット 3 は、まず、図 1 7 (b) に示す物体モデル OM を用いて、第 3 干渉判定動作を行う。その結果、制御ユニット 3 は、被計測物体 M のうちの変形していない非変形部分と加工ヘッド 1 3 との干渉が発生するか否かを判定することができる。その後、制御ユニット 3 は、図 1 7 (c) に示す差分モデル DM を用いて、第 1 及び第 2 干渉判定動作の少なくとも一方を行う。その結果、制御ユニット 3 は、被計測物体 M のうち意図せず変形し

た変形部分MPと加工ヘッド13との干渉が発生するか否かを判定することができる。このため、結果的に、制御ユニット3は、計測ユニット2が計測した被計測物体Mの全体（つまり、変形部分MP及び非変形部分の双方）と加工ヘッド13との干渉が発生するか否かを判定することができる。更には、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行うために、計測モデルMMよりもデータサイズが小さい差分モデルDMが用いられるがゆえに、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行うために必要な演算負荷が低減される。

[0268] 続いて、図18（a）は、被計測物体Mが異物を含む場合に生成される計測モデルMMを示している。被計測物体Mが異物を含む場合には、図18（a）に示すように、計測モデルMMは、異物ではない本来の被計測物体Mの三次元形状を示す非異物モデル部分MM__nonextと、異物に対応する異物モデル部分MM__extとを含んでいる。図18（b）は、被計測物体Mが異物を含む場合に取得される物体モデルOMを示している。図18（b）に示すように、被計測物体Mが異物を含む場合であっても、物体モデルOMは、異物ではない本来の被計測物体Mの三次元形状を示している。このため、物体モデルOMは、計測モデルMMの非異物モデル部分MM__nonextを含む一方で、計測モデルMMの異物モデル部分MM__extを含まない三次元モデルと等価となる。図18（c）は、図18（a）に示す計測モデルMMと図18（b）に示す物体モデルOMとの差分に相当する差分モデルDMを示している。図18（c）に示すように、差分モデルDMは、計測モデルMMの異物モデル部分MM__extと等価である。この場合、制御ユニット3は、まず、図18（b）に示す物体モデルOMを用いて、第3干渉判定動作を行う。その結果、制御ユニット3は、異物ではない本来の被計測物体Mと加工ヘッド13との干渉が発生するか否かを判定することができる。その後、制御ユニット3は、図18（c）に示す差分モデルDMを用いて、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行う。その結果、制御ユニット3は、異物と加工ヘッド13との干渉が発生するか否かを判定すること

ができる。このため、結果的に、制御ユニット3は、計測ユニット2が計測した被計測物体Mの全体（つまり、異物ではない本来の被計測物体M及び異物の双方）と加工ヘッド13との干渉が発生するか否かを判定することができる。更に、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行うために、計測モデルMMよりもデータサイズが小さい差分モデルDMが用いられるがゆえに、第1及び第2干渉判定動作の少なくとも一方を行うために必要な演算負荷が低減される。

[0269] 尚、制御ユニット3は、複数の異なる許容下限距離DTHを用いて、第3干渉判定動作を複数回行ってもよい。例えば、制御ユニット3は、第1の許容下限距離DTHを用いて、第3干渉判定動作を行い、その後、第1の許容下限距離DTHとは異なる第2の許容下限距離DTHを用いて、第3干渉判定動作を行ってもよい。

[0270] また、制御ユニット3は、図16に示す第3干渉判定動作の一部を行い、制御ユニット3とは異なる他の制御ユニットが、図16に示す第3干渉判定動作の他の一部を行ってもよい。一例として、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか一方が、第3干渉判定動作の一部として、ステップS310からステップS111までの動作を行い、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか他方が、第3干渉判定動作の他の一部として、ステップS211からステップS113までの動作を行ってもよい。制御ユニット3とは異なる制御ユニットは、制御ユニット3とネットワークを介して通信可能なクラウドサーバであってもよい。

[0271] (2-2-1-4) 第4干渉判定動作

続いて、第4干渉判定動作について説明する。第4干渉判定動作は、第3干渉判定動作と同様に、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを、ワークWの加工を開始する前に物体モデルOMを用いて判定する動作である。第4干渉判定動作は、第3干渉判定動作と比較して、計測モデルMMと物体モデルOMとの双方を用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定すると

いう点で異なる。以下、図19を参照しながら、第4干渉判定動作について説明する。図19は、第4干渉判定動作の流れを示すフローチャートである。

[0272] 図19に示すように、第4干渉判定動作においても、第1又は第2干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、計測モデルMMを生成する（ステップS110）。更に、ステップS110の動作と並行して又は相前後して、第4干渉判定動作においても、第3干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、物体モデルOMを取得する（ステップS310）。

[0273] その後、制御ユニット3は、ステップS310において取得した物体モデルOMに対して、ステップS110において取得した計測モデルMMとステップS310において取得した物体モデルOMとの差分に相当する差分モデルDMを付加する（ステップS411）。

[0274] 具体的には、制御ユニット3は、ステップS110において取得した計測モデルMMとステップS310において取得した物体モデルOMとの差分に相当する差分モデルDMを生成する。例えば、図20（a）は、ステップS110において生成される計測モデルMMの一例を示し、図20（b）は、ステップS310において取得される物体モデルOMの一例を示している。尚、図20（a）は、被計測物体Mが異物を含む場合に生成される計測モデルMM（つまり、異物モデル部分MM_{ext}を含む計測モデルMM）を示している。この場合、制御ユニット3は、図20（a）に示す計測モデルMMと図20（b）に示す物体モデルOMとの差分を算出することで、図20（c）に示す差分モデルDMを生成する。その後、制御ユニット3は、生成した差分モデルDMを、ステップS310において取得した物体モデルOMに対して付加する。その結果、制御ユニット3は、生成した差分モデルDMとステップS310において取得した物体モデルOMとが一体化された三次元モデルを、新たな物体モデルOMとして生成する。例えば、制御ユニット3は、図20（d）に示すように、図20（c）に示す差分モデルDMと図20（b）に示す物体モデルOMとが一体化された三次元モデルを、新たな

物体モデルOMとして生成する。

[0275] 図20(a)及び図20(d)に示すように、差分モデルDMが付加された物体モデルOMは、実質的には、計測モデルMMと等価である。つまり、差分モデルDMが付加された物体モデルOMは、実質的には、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す三次元モデルと等価である。但し、上述したように物体モデルOMのデータサイズが計測モデルMMのデータサイズよりも小さいがゆえに、差分モデルDMが付加された物体モデルOMのデータサイズもまた、計測モデルMMのデータサイズよりも小さくなる。以降の動作では、物体モデルOMとして、差分モデルDMが付加されていない物体モデルOMに代えて、差分モデルDMが付加された物体モデルOMが用いられる。

[0276] 再び図19において、ステップS110、ステップS310及びステップS411の動作と並行して又は相前後して、第4干渉判定動作においても、第3干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、ヘッドモデルHM（つまり、干渉モデル）を取得し（ステップS111）、加工制御情報（例えば、加工パス情報を含む加工制御情報）を取得する（ステップS211）し、シミュレーション空間に物体モデルOM及びヘッドモデルHMを配置する（ステップS312）。

[0277] その後、第4干渉判定動作においても、第3干渉判定動作と同様に、制御ユニット3は、加工制御情報に基づいて、シミュレーション空間において物体モデルOM及びヘッドモデルHMの少なくとも一方を移動させ（ステップS313）、シミュレーション空間における物体モデルOMとヘッドモデルHMとの相対的な位置関係に基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する（ステップS316）。

[0278] 以降は、第4干渉判定動作においても、第3干渉判定動作と動作が行われる。

[0279] 以上説明したように、第4干渉判定動作を行う加工システムSYSは、上述した第3干渉判定動作を行う加工システムSYSが享受可能な効果と同様

の効果を享受することができる。

[0280] 更に、制御ユニット3は、差分モデルDMが付加された物体モデルOMを用いて、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する。ここで、上述したように、差分モデルDMが付加された物体モデルOMは、被計測物体Mの実際の三次元形状を示す。このため、制御ユニット3は、計測モデルMMを用いて加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する場合と同様に、被計測物体Mが意図せず変形している及び／又は被計測物体Mに異物が含まれている場合であっても、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを適切に判定することができる。更に、上述したように差分モデルDMが付加された物体モデルOMのデータサイズが計測モデルMMのデータサイズよりも小さくなるがゆえに、加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定するために必要な演算負荷が低減される。

[0281] 尚、制御ユニット3は、複数の異なる許容下限距離DTHを用いて、第4干渉判定動作を複数回行ってもよい。例えば、制御ユニット3は、第1の許容下限距離DTHを用いて、第4干渉判定動作を行い、その後、第1の許容下限距離DTHとは異なる第2の許容下限距離DTHを用いて、第4干渉判定動作を行ってもよい。

[0282] また、制御ユニット3は、図19に示す第4干渉判定動作の一部を行い、制御ユニット3とは異なる他の制御ユニットが、図19に示す第4干渉判定動作の他の一部を行ってもよい。一例として、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか一方が、第4干渉判定動作の一部として、ステップS110からステップS111までの動作を行い、制御ユニット3及び他の制御ユニットのいずれか他方が、第4干渉判定動作の他の一部として、ステップS211からステップS113までの動作を行ってもよい。制御ユニット3とは異なる制御ユニットは、制御ユニット3とネットワークを介して通信可能なクラウドサーバであってもよい。

[0283] (2-2-2) 異物判定動作

続いて、図 2 1 を参照しながら、計測ユニット 2 が計測した被計測物体 M に異物が含まれるか否かを判定する異物判定動作について説明する。図 2 1 は、異物判定動作の流れを示すフローチャートである。

[0284] 図 2 1 に示すように、異物判定動作においても、第 4 干渉判定動作と同様に、制御ユニット 3 は、計測モデル MM を生成し（ステップ S 1 1 0）、物体モデル OM を取得する（ステップ S 3 1 0）。

[0285] その後、制御ユニット 3 は、ステップ S 1 1 0 において生成された計測モデル MM と、ステップ S 3 1 0 において取得された物体モデル OM とを比較することで、計測ユニット 2 が計測した被計測物体 M に異物が含まれるか否かを判定する（ステップ S 5 1 3）。つまり、制御ユニット 3 は、ステップ S 1 1 0 において生成された計測モデル MM と、ステップ S 3 1 0 において取得された物体モデル OM とを比較することで、計測ユニット 2 が計測した被計測物体 M に異物が含まれるという異常が生じているか否かを判定する（ステップ S 5 1 3）。

[0286] 具体的には、図 2 2（a）は、被計測物体 M に異物が含まれている場合に生成される計測モデル MM を示し、図 2 2（b）は、被計測物体 M に異物が含まれていない場合に生成される計測モデル MM を示し、図 2 2（c）は、被計測物体 M に異物が含まれている場合及び被計測物体 M に異物が含まれていない場合の双方において取得される物体モデル OM を示している。図 2 2（a）及び図 2 2（c）に示すように、被計測物体 M に異物が含まれている場合には、計測モデル MM と物体モデル OM との差分（例えば、差分モデル DM）は、相対的に大きくなる。一方で、図 2 2（b）及び図 2 2（c）に示すように、被計測物体 M に異物が含まれていない場合には、計測モデル MM と物体モデル OM との差分（例えば、差分モデル DM）は、相対的に小さくなる。場合によっては、被計測物体 M に異物が含まれていない場合には、計測モデル MM と物体モデル OM とは一致する。

[0287] このため、制御ユニット 3 は、ステップ S 5 1 3 において、計測モデル MM と物体モデル OM との差分に基づいて、被計測物体 M に異物が含まれるか

否かを判定してもよい。例えば、制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が許容量を超える場合には（ステップS513：Yes）、被計測物体Mに異物が含まれると判定してもよい（ステップS514）。例えば、制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が許容量を下回る場合には（ステップS513：No）、被計測物体Mに異物が含まれないと判定してもよい。

[0288] 計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が許容量を超える状態は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分を示す差分モデルDMのサイズが許容量を超える状態を意味していてもよい。差分モデルDMのサイズは、差分モデルDMの一次元サイズを含んでいてもよい。差分モデルDMの一次元サイズは、X軸方向における差分モデルDMのサイズ、Y軸方向における差分モデルDMのサイズ、及び、Z軸方向における差分モデルDMのサイズのうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。差分モデルDMのサイズは、差分モデルDMの二次元サイズを含んでいてもよい。差分モデルDMの二次元サイズは、差分モデルDMの表面のサイズ（面積）を含んでいてもよい。差分モデルDMのサイズは、差分モデルDMの三次元サイズを含んでいてもよい。差分モデルDMの三次元サイズは、差分モデルDMの体積を含んでいてもよい。

[0289] 再び図21において、ステップS513における判定の結果、被計測物体Mに異物が含まれると判定された場合には（ステップS513：Yes）、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムSYSのオペレータに通知するように、出力ユニット4を制御してもよい（ステップS515）。但し、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムSYSのオペレータに通知するように、出力ユニット4を制御しなくてもよい。

一例として、出力ユニット4が表示装置を備えている場合には、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムSYSのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示することで、被計測物体M

に異物が含まれることを加工システムS Y Sのオペレータに通知してもよい。つまり、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムS Y Sのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示するための表示データを生成し、生成した表示データを出力ユニット4に出力してもよい。出力ユニット4は、制御ユニット3から出力ユニット4に入力された表示データに基づいて、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムS Y Sのオペレータに通知するための表示オブジェクトを表示することで、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムS Y Sのオペレータに通知してもよい。表示オブジェクトの一例として、テキストメッセージ及びアイコンの少なくとも一つがあげられる。

[0290] 制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることをオペレータに通知するための表示オブジェクトとして、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分を表示するための表示オブジェクトを表示してもよい。計測モデルMMと物体モデルOMとの差分を表示するための表示オブジェクトの一例として、差分モデルDMがあげられる。

[0291] 他の一例として、出力ユニット4がスピーカを備えている場合には、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれることをオペレータに通知するための音声を出力するように出力ユニット4を制御することで、被計測物体Mに異物が含まれることを加工システムS Y Sのオペレータに通知してもよい。

[0292] その結果、加工システムS Y Sのオペレータは、被計測物体Mに異物が含まれることを認識することができる。この場合、オペレータは、被計測物体Mに異物が含まれている状況下でワークWの加工を開始するか否かを判定してもよい。或いは、オペレータは、異物を排除してもよい。

[0293] 仮に被計測物体Mに異物が含まれることがオペレータに通知されなければ、加工システムS Y Sは、オペレータは、被計測物体Mに異物が含まれている状況下で、ワークWの加工を開始してしまう可能性がある。この場合、オペレータは、ワークWの加工が完了するまで、被計測物体Mに異物が含まれ

ることを認識することができない。典型的には、オペレータは、ワークWの加工が完了した後に異物に起因してワークWの加工が失敗していることを把握しなければ、被計測物体Mに異物が含まれることを認識することができない。或いは、オペレータは、異物に起因してワークWの加工が途中で異常終了しなければ、被計測物体Mに異物が含まれることを認識することができない。しかるに、本実施形態では、オペレータは、ワークWの加工を開始する前に、被計測物体Mに異物が含まれることを認識することができる。このため、オペレータは、ワークWの加工が正常に完了しないことに起因したワークWの加工時間の損失の発生を低減することができる。

[0294] 或いは、制御ユニット3が、被計測物体Mに異物が含まれている状況下でワークWの加工を開始するか否かを判定してもよい。例えば、差分モデルDMのサイズが小さくなるほど、異物のサイズは小さくなる。異物のサイズが小さくなるほど、異物がワークWの加工に与える悪影響が小さくなる。このため、制御ユニット3は、差分モデルDMのサイズが許容量を上回ると判定されたことに起因して被計測物体Mに異物が含まれていると判定された場合であっても、差分モデルDMのサイズが、許容量よりも大きい所定の上限サイズを下回る場合には、ワークWの加工を開始すると判定してもよい。一方で、制御ユニット3は、差分モデルDMのサイズが許容量を上回ると判定されたことに起因して被計測物体Mに異物が含まれていると判定され、且つ、差分モデルDMのサイズが所定の上限サイズを上回る場合には、ワークWの加工を開始しないと判定してもよい。その結果、被計測物体Mに異物が含まれると判定された場合にワークWの加工が無条件に開始されない場合と比較して、加工ユニット1は、異物がワークWの加工に与える悪影響を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0295] 或いは、制御ユニット3は、ワークWのうち異物が近傍に存在する第1部分の加工を行わないように加工ユニット1を制御すると共に、ワークWのうち異物が近傍に存在しない第2部分の加工を行うように加工ユニット1を制御してもよい。つまり、制御ユニット3は、ワークWのうち異物が近傍に存

在する第1部分の加工をスキップするように加工ユニット1を制御すると共に、ワークWのうち異物が近傍に存在しない第2部分の加工を行うように加工ユニット1を制御してもよい。この場合においても、被計測物体Mに異物が含まれると判定された場合にワークWの加工が無条件に開始されない場合と比較して、加工ユニット1は、異物がワークWの加工に与える悪影響を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0296] 或いは、制御ユニット3は、ワークWのうち異物が近傍に存在する第1部分を加工する場合の加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの動きを遅延させた上で、ワークWの第1部分の加工を行うように加工ユニット1を制御してもよい。具体的には、制御ユニット3は、ワークWの第1部分を加工する期間中の加工ヘッド13の移動速度を、異物が存在しないと判定された場合の加工ヘッド13の移動速度よりも遅くした上で、ワークWの第1部分の加工を行うように、加工ユニット1を制御してもよい。同様に、制御ユニット3は、ワークWの第1部分を加工する期間中のステージ15の移動速度を、異物が存在しないと判定された場合のステージ15の移動速度よりも遅くした上で、ワークWの第1部分の加工を行うように、加工ユニット1を制御してもよい。この場合、加工ヘッド13及びステージ15の移動速度が遅くならない場合と比較して、加工ヘッド13と異物とが実際に衝突する前に、加工システムSYSのオペレータが加工ヘッド13と異物との衝突を防ぐ対策をとるために確保できる時間が長くなる。従って、加工システムSYSのオペレータは、加工ヘッド13と異物との衝突を防ぐ対策を適切にとることができる。その結果、ワークWの加工が中止される場合と比較して、加工ユニット1は、異物がワークWの加工に与える悪影響を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。或いは、加工ヘッド13及びステージ15のそれぞれの移動速度が遅くなるほど加工ヘッド13及びステージ15が停止する場合の反動が小さくなるがゆえに、反動に起因して加工ヘッド13と異物とが衝突する可能性が低くなる。この点からも、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一つの移動速度が遅くなる

場合には、ワークWの加工が中止される場合と比較して、加工ユニット1は、異物がワークWの加工に与える悪影響を低減させつつも、ワークWの加工を可能な限り継続することができる。

[0297] 尚、制御ユニット3は、図21に示す異物判定動作を行うことで、計測ユニット2が計測した被計測物体Mに異物が含まれるか否かを判定することに加えて又は代えて、計測ユニット2が計測した被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを判定してもよい。つまり、制御ユニット3は、図21に示す異物判定動作を行うことで、被計測物体Mが意図せずに変形しているという異常が生じているか否かを判定してもよい。

[0298] 具体的には、図23(a)は、被計測物体Mが意図せずに変形している場合に生成される計測モデルMMを示し、図23(b)は、被計測物体Mが変形していない場合に生成される計測モデルMMを示し、図23(c)は、被計測物体Mが意図せずに変形している場合及び被計測物体Mが変形していない場合の双方において取得される物体モデルOMを示している。図23(a)及び図23(c)に示すように、被計測物体Mが意図せずに変形している場合には、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分（例えば、差分モデルDM）は、相対的に大きくなる。一方で、図23(b)及び図23(c)に示すように、被計測物体Mが変形していない場合には、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分（例えば、差分モデルDM）は、相対的に小さくなる。場合によっては、被計測物体Mが変形していない場合には、計測モデルMと物体モデルOMとは一致する。

[0299] このため、制御ユニット3は、ステップS513において、計測モデルMと物体モデルOMとの差分に基づいて、被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを判定してもよい。例えば、制御ユニット3は、計測モデルMと物体モデルOMとの差分が許容量を上回る場合には、被計測物体Mが意図せずに変形していると判定してもよい。例えば、制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が許容量を下回る場合には、被計測物体Mが変形していないと判定してもよい。

[0300] 被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを判定するために用いられる許容量は、被計測物体Mに異物が含まれるか否かを判定するために用いられる許容量と異なってもよい。典型的には、被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを判定するために用いられる許容量は、被計測物体Mに異物が含まれるか否かを判定するために用いられる許容量よりも小さくてもよい。以下、その理由について説明する。被計測物体Mに異物が含まれる場合には、差分モデルDM（つまり、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分）のサイズは、異物のサイズが大きくなるほど大きくなる。一方で、被計測物体Mが意図せずに変形している場合には、差分モデルDM（つまり、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分）のサイズは、被計測物体Mの変形量が大きくなるほど大きくなる。ここで、通常、異物のサイズは、被計測物体Mの変形量の大きさよりも小さい。なぜならば、被計測物体Mの変形が意図しない変形であるがゆえに、被計測物体Mの変形によって被計測物体Mのサイズが大きく変化する可能性は低いからである。このため、被計測物体Mに異物が含まれる場合の計測モデルMMと物体モデルOMとの差分は、被計測物体Mが意図せずに変形している場合の計測モデルMMと物体モデルOMとの差分よりも大きくなる可能性が高い。そこで、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれるか否かを判定するために用いられる許容量として、第2の許容量よりも大きい第1の許容量を用い、被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを判定するために用いられる許容量として、第1の許容量よりも小さい第2の許容量を用いてもよい。この場合、制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が第1許容量を上回っている場合に、被計測物体Mに異物が含まれると判定してもよい。制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が第1許容量を下回っており且つ第2許容量を上回っている場合に、被計測物体Mが意図せずに変形していると判定してもよい。制御ユニット3は、計測モデルMMと物体モデルOMとの差分が第2許容量を下回っている場合に、被計測物体Mに異物が含まれておらず、且つ、被計測物体Mが変形していないと判定してもよい。その

結果、制御ユニット3は、被計測物体Mに異物が含まれるか否か、及び、被計測物体Mが意図せずに変形しているか否かを、個別に（言い換えれば、切り分けて）判定することができる。尚、第1許容量及び第2許容量のうち少なくとも一方は、オペレータが変更可能であってもよい。

[0301] （3）変形例

（3-1）第1変形例

上述した説明では、被計測物体Mに関連する異常の第1の例として、被計測物体Mと、被計測物体Mと干渉する可能性がある干渉物体との干渉があげられ、且つ、被計測物体Mに関連する異常の第2の例として、計測ユニット2が計測した被計測物体Mに異物が含まれるという異常があげられている。

[0302] 第1変形例では、被計測物体Mに関連する異常の第3の例として、加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられるという異常があげられる。例えば、加工光ELの光路上にワークWとは異なる被計測物体Mが存在する場合には、ワークWに照射されるべき加工光ELが被計測物体Mによって遮光されてしまう。その結果、ワークWに加工光ELが照射されなくなるがゆえに、加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられてしまう。

[0303] 加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられる場合には、典型的には、加工光ELの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している。このため、加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられるという異常は、加工光ELの光路と被計測物体Mとの干渉が発生しているという異常を含んでいてもよい。

[0304] 加工光ELの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、加工光ELの光路上に被計測物体Mが位置する状態を含んでいてもよい。加工光ELの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、加工光ELの光路上に被計測物体Mが位置していないものの、加工光ELの光路と被計測物体Mとの間の距離Dが許容下限距離DTH未満になっている状態を含んでいて

もよい。

[0305] 加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられる場合には、典型的には、加工ヘッド13が加工光ELを照射することができない死角が生じている。このため、加工ユニット1による加工光ELを用いたワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられるという異常は、加工ヘッド13が加工光ELを照射することができない死角が生じているという異常を含んでいてもよい。

[0306] 被計測物体Mに関連する異常が、ワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられるという異常を含む場合には、異常判定動作は、ワークWの加工が被計測物体Mによって妨げられるか否かを判定する加工異常判定動作と称されてもよい。この場合、制御ユニット3は、加工光ELの光路に関する情報を取得し、加工光ELの光路に関する情報に基づいて、加工異常判定動作を行ってもよい。加工光ELの光路に関する情報は、加工光ELの光路を模した三次元モデルである加工光モデルに関する情報であってもよい。この場合、制御ユニット3は、加工光モデルを上述したヘッドモデルHMとして用いる上述した干渉判定動作を行うことで、加工異常判定動作を行ってもよい。

[0307] (3-2) 第2変形例

第2変形例では、被計測物体Mに関連する異常の第4の例として、加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられるという異常があげられる。例えば、計測光MLの光路上にワークWとは異なる被計測物体Mが存在する場合には、ワークWに照射されるべき計測光MLが被計測物体Mによって遮光されてしまう。その結果、ワークWに計測光MLが照射されなくなるがゆえに、加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられてしまう。

[0308] 加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられる場合には、典型的には、計測光MLの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している。このため、加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられるという異常は、計

測光MLの光路と被計測物体Mとの干渉が発生しているという異常を含んでいてもよい。

[0309] 計測光MLの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、計測光MLの光路上に被計測物体Mが位置する状態を含んでいてもよい。計測光MLの光路と被計測物体Mとの干渉が発生している状態は、計測光MLの光路上に被計測物体Mが位置していないものの、計測光MLの光路と被計測物体Mとの間の距離Dが許容下限距離DTH未満になっている状態を含んでいてもよい。

[0310] 加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられる場合には、典型的には、加工ヘッド13が計測光MLを照射することができない死角が生じている。このため、加工ユニット1による計測光MLを用いたワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられるという異常は、加工ヘッド13が計測光MLを照射することができない死角が生じているという異常を含んでいてもよい。

[0311] 被計測物体Mに関連する異常が、ワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられるという異常を含む場合には、異常判定動作は、ワークWの計測が被計測物体Mによって妨げられるか否かを判定する計測異常判定動作と称されてもよい。この場合、制御ユニット3は、計測光MLの光路に関する情報を取得し、計測光MLの光路に関する情報に基づいて、計測異常判定動作を行ってもよい。計測光MLの光路に関する情報は、計測光MLの光路を模した三次元モデルである計測光モデルに関する情報であってもよい。この場合、制御ユニット3は、計測光モデルを上述したヘッドモデルHMとして用いる上述した干渉判定動作を行うことで、加工異常判定動作を行ってもよい。

[0312] (3-3) その他の変形例

上述した説明では、制御ユニット3は、計測ユニット2による被計測物体Mの計測結果に基づいて、計測モデルMMを生成している。しかしながら、制御ユニット3は、計測ユニット2による被計測物体Mの計測結果を用いることなく、計測モデルMMを生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、

被計測物体Mを撮像するカメラが生成する画像を解析することで、被計測物体Mの三次元形状を算出し、算出した被計測物体Mの三次元形状に基づいて、被計測物体Mの三次元形状を示す計測モデルMMを生成してもよい。例えば、制御ユニット3は、被計測物体Mの深度を検出可能な深度センサの検出結果を解析することで、被計測物体Mの三次元形状を算出し、算出した被計測物体Mの三次元形状に基づいて、被計測物体Mの三次元形状を示す計測モデルMMを生成してもよい。

[0313] 上述した説明では、制御ユニット3は、干渉判定動作を行うことで、加工ユニット1がワークWを加工する加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定している。しかしながら、制御ユニット3は、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する場合と同様に、加工ユニット1がワークWを計測する計測期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定してもよい。計測期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生すると判定された場合には、制御ユニット3は、計測制御情報（例えば、計測パス情報）を修正してもよい。この場合、上述した加工期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する干渉判定動作の説明は、「ワークWの加工」、「加工期間」、「加工制御情報」及び「加工パス情報」という文言を、それぞれ、「ワークWの計測」、「計測期間」、「計測制御情報」及び「計測パス情報」という文言に置き換えることで、計測期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する干渉判定動作の説明として流用可能である。このため、計測期間の少なくとも一部において加工ヘッド13と被計測物体Mとの干渉が発生するか否かを判定する干渉判定動作の説明は省略する。

[0314] 上述した説明では、加工システムSYSが備える制御ユニット3が、異常判定動作を行っている。しかしながら、加工システムSYSの外部に配置さ

れる制御ユニットが、異常判定動作を行ってもよい。つまり、加工システム S Y S から独立した外部の制御ユニットが、異常判定動作を行ってもよい。外部の制御ユニットの一例として、上述した加工制御情報を生成する制御情報生成装置があげられる。制御情報生成装置は、C A M (C o m p u t e r A i d e d M a n u f a c t u r i n g) ソフトウェア（言い換えれば、コンピュータプログラム）を実行することで加工制御情報を生成する装置であってもよい。制御情報生成装置は、スライサと称されるソフトウェア（言い換えれば、コンピュータプログラム）を実行することで加工制御情報を生成する装置であってもよい。

[0315] 上述した説明では、加工ユニット 1 は、ワーク W に対して除去加工を行っている。しかしながら、加工ユニット 1 は、除去加工とは異なる加工をワーク W に対して行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W に対して付加加工を行ってもよい。つまり、加工ユニット 1 は、ワーク W に造形物を造形する付加加工を行ってもよい。この場合、加工ユニット 1 は付加加工ユニットと称されてもよいし、加工ヘッド 1 3 は付加加工ヘッドと称されてもよい。この場合、加工ユニット 1 は、3 D プリンタとして機能可能であるとみなしてもよい。この場合、付加加工ユニットは、粉体供給装置及び溶融池観察装置の少なくとも一つを更に備えていてもよい。溶融池観察装置は、例えば、撮像装置及び温度センサ等の少なくとも一つを含んでいてもよい。粉体供給装置及び融池観察装置の少なくとも一つは、装備品として付加加工ヘッドに装備されていてもよい。加工システム S Y S は、溶融池観察装置で溶融池を観察する（例えば、撮像する）際に、干渉や障害となる物体があるかどうかを判定してもよい。また、加工システム S Y S は加工ユニット 1 と付加加工ユニットをそれぞれ備えてもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W の表面を溶融すると共に溶融させた表面を固化させる溶融加工を行ってもよい。尚、溶融加工は、リメルト加工と称されてもよい。例えば、加工ユニット 1 は、溶融加工を行うことで、溶融加工が行われる前と比較してワーク W の表面を平面に近づけるための平面加工を行ってもよい。例えば、加工

ユニット 1 は、ワーク W の表面に所望のマークを形成するマーキング加工を行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W の表面の特性を変化させる表面改質加工を行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W の表面の特性を変更するピーニング加工を行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W の表面を剥離する剥離加工を行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、一のワーク W と他のワーク W とを接合する溶接加工を行ってもよい。例えば、加工ユニット 1 は、ワーク W を切断する切断加工を行ってもよい。

[0316] 上述した説明では、加工ユニット 1 は、ワーク W に加工光 E L を照射することで、ワーク W を加工している。つまり、加工ユニット 1 は、光という形態のエネルギービームをワーク W に照射することで、ワーク W を加工している。しかしながら、加工システム S Y S は、光とは異なる任意のエネルギービームをワーク W に照射して、ワーク W を加工させてもよい。この場合、加工システム S Y S は、加工光源 1 1 に加えて又は代えて、任意のエネルギービームを生成可能なビーム源を備えていてもよい。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の少なくとも一方があげられる。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の少なくとも一方があげられる。

[0317] 加工ユニット 1 は、工具を用いてワーク W を加工してもよい。例えば、加工ユニット 1 は、回転する工具をワーク W に接触させることで、ワーク W を加工してもよい。この場合、加工ヘッド 1 3 は、射出光学系 1 3 0 及び照射光学系 1 3 5 に代えて、工具を備えていてもよい。加工ユニット 1 が工具を用いてワーク W を加工する場合においても、加工システム S Y S は、上述した異常判定動作を行ってもよい。

[0318] 或いは、加工ユニット 1 は、ワーク W を加工することに加えて又は代えて、ワーク W に対して所定の処理を行ってもよい。つまり、加工ユニット 1 は、ワーク W を加工しなくてもよい。尚、加工ユニット 1 がワーク W に対して所定の処理を行う場合には、加工ユニット 1 及び加工ヘッド 1 3 は、それぞ

れ、処理ユニット及び処理ヘッドと称されてもよい。一例として、加工ユニット1は、ワークWを計測する計測処理を、所定の処理として行ってもよい。他の一例として、加工ユニット1は、ハンドグリッパーを備え、ハンドグリッパーを用いてワークWを把持する把持処理を、所定の処理として行ってもよい。加工ユニット1がワークWに対して所定の処理を行う場合においても、制御ユニット3は、上述した異常判定動作を行ってもよい。

[0319] 上述した説明では、加工ユニット1は、ヘッド駆動系141を備えている。しかしながら、加工ユニット1は、ヘッド駆動系141を備えていなくてもよい。つまり、加工ヘッド13は、移動可能でなくてもよい。また、上述した説明では、加工ユニット1は、ステージ駆動系161を備えている。しかしながら、加工ユニット1は、ステージ駆動系161を備えていなくてもよい。つまり、ステージ15は、移動可能でなくてもよい。

[0320] 上述した説明では、加工ユニット1は、ワークWを計測可能である。しかしながら、加工ユニット1は、ワークWを計測可能でなくてもよい。この場合、加工ユニット1は、ワークWを計測するための構成要素を備えていなくてもよい。例えば、加工ユニット1は、計測光源12と、計測光学系132と、合成光学系133とを備えていなくてもよい。

[0321] (4) 付記

以上説明した実施形態に関して、更に以下の付記を開示する。

[付記1]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッド

と前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することと
を含む情報処理方法。

[付記 2]

前記加工ヘッドの動きに関する前記検出情報は、前記加工ヘッドの動きを検出する検出装置を用いて取得される

付記 1 に記載の情報処理方法。

[付記 3]

前記載置装置の動きに関する前記検出情報は、前記載置装置の動きを検出する検出装置を用いて取得される

付記 1 又は 2 に記載の情報処理方法。

[付記 4]

前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記検出情報に基づく前記加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッドモデルと前記計測モデルとの相対的な位置関係に基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

付記 1 から 3 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 5]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[付記 6]

前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記加工対象物の加工が開始される前に、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

付記 5 に記載の情報処理方法。

[付記 7]

前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記制御情報に基づく前記加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッドモデルと前記計測モデルとの相対的な位置関係に基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

付記 5 又は 6 に記載の情報処理方法。

[付記 8]

前記動きは、位置の変化及び傾きの変化の少なくとも一方を含む

付記 1 から 7 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 9]

前記加工ヘッドは、可動であり、位置及び傾きの少なくとも一方を変更可能である

付記 1 から 8 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 10]

前記載置装置は、可動であり、位置及び傾きの少なくとも一方を変更可能である、

付記 1 から 9 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 11]

前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

付記 1 から 10 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 12]

前記物体モデルに基づいて前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉する

か否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分に相当する計測差分モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

付記 1 1 に記載の情報処理方法。

[付記 1 3]

前記情報処理方法は、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定結果に基づいて、前記加工対象物の加工を進行又は中止することを更に含む

付記 1 から 1 2 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 1 4]

前記情報処理方法は、

前記加工対象物の第 1 部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定された場合に、前記第 1 部分の加工を中止することと、

前記第 1 部分の加工を中止した後に、前記第 1 部分とは異なる前記加工対象物の第 2 部分を加工することと

を更に含む付記 1 3 に記載の情報処理方法。

[付記 1 5]

前記情報処理方法は、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定結果に基づいて、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報を修正することを更に含む

付記 1 から 1 4 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 1 6]

前記制御情報を修正することは、前記加工対象物の加工を開始した後に、前記制御情報を修正することを含む

付記 1 5 に記載の情報処理方法。

[付記 1 7]

前記加工対象物の第3部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定された場合に、第3部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定されない場合と比較して、前記第3部分を加工するタイミングでの前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを遅延させることを更に含む

付記1から16のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記18]

前記被計測物体は、前記加工対象物を支持する支持部材を含む

付記1から17のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記19]

前記被計測物体は、前記載置装置の少なくとも一部を含む

付記1から18のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記20]

前記加工ヘッドモデルは、前記加工ヘッドの三次元形状を計測することで生成される

付記1から19のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記21]

前記情報処理方法は、前記加工ヘッドモデルと、前記計測モデルの動きを表示装置に表示する表示データを生成することを更に含む

付記1から20のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記22]

加工装置内の載置装置に載置された前記加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための情報処理方法であって、

前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルとを比較することで、前記加工装置内に異常が生じているか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[付記 2 3]

前記被計測物体は、前記加工対象物を支持する支持部材を含む

付記 2 2 に記載の情報処理方法。

[付記 2 4]

前記異常は、前記載置装置及び前記支持部材とは異なる物体が前記加工対象物の周辺に存在するという異常を含む

付記 2 3 に記載の情報処理方法。

[付記 2 5]

前記異常が生じているか否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分が許容量を超える場合に、前記載置装置に異常が生じていると判定することを含む

付記 2 2 から 2 4 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 2 6]

前記異常が生じているか否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分が前記許容量を下回る場合に、前記載置装置に異常が生じていないと判定することを含む

付記 2 2 から 2 5 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 2 7]

前記異常が生じていると判定された場合に、前記異常が生じている状況下で前記加工対象物の加工を開始するか否かを判定することを更に含む

付記 2 6 に記載の情報処理方法。

[付記 2 8]

前記情報処理方法は、前記異常を表示装置に表示するための表示データを生成することを更に含む

付記 2 2 から 2 7 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[付記 2 9]

付記 1 から 2 8 のいずれか一項に記載の前記情報処理方法を用いる情報処

理装置。

[付記 30]

前記加工ヘッドと、
前記載置装置と、
付記 29 に記載の情報処理装置と
を備える加工装置。

[付記 31]

付記 1 から 28 のいずれか一項に記載の情報処理方法を用いて、前記加工ヘッドと前記載置装置を備えた加工装置を用いて前記加工対象物を加工する加工方法。

[付記 32]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された前記加工対象物の加工を指示するためのデバイスを備えるコンピュータに、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成する計測モデル生成ステップと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定する干渉判定ステップと

を実行させる情報プログラム。

[付記 33]

付記 32 に記載の情報プログラムを記憶するプログラム記憶媒体。

[付記 34]

処理ヘッドを用いて載置装置に載置された前記処理対象物を処理するための情報処理方法であって、

前記処理対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測さ

れた前記被計測物体の三次元形状に関する情報を含む計測結果を取得することと、

前記計測結果と、前記処理ヘッドの三次元形状に関する情報を含む処理ヘッド情報と、前記処理対象物が処理される処理期間の少なくとも一部において検出される前記処理ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記処理期間の少なくとも一部において異常が発生するか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[付記 3 5]

処理ヘッドを用いて載置装置に載置された前記処理対象物を処理するための情報処理方法であって、

前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状に関する情報を含む計測結果を取得することと、

前記計測結果に基づいて前記被計測物体に異常が発生するか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[付記 3 6]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[付記 3 7]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための表示方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定に関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと

を含む表示方法。

[付記 38]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための表示方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定に関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと

を含む表示方法。

[付記 39]

加工装置内の載置装置に載置された前記加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための表示方法であって、

前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルとを比較することで、前記加工装置内に異常が生じているか否かの判定に

関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと
を含む表示方法。

[付記 4 0]

処理ヘッドを用いて載置装置に載置された前記処理対象物を処理するための表示方法であって、

前記処理対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状に関する情報を含む計測結果を取得することと、

前記計測結果と、前記処理ヘッドの三次元形状に関する情報を含む処理ヘッド情報と、前記処理対象物が処理される処理期間の少なくとも一部において検出される前記処理ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記処理期間の少なくとも一部において異常が発生するか否かの判定に関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと

を含む表示方法。

[付記 4 1]

処理ヘッドを用いて載置装置に載置された前記処理対象物を処理するための表示方法であって、

前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状に関する情報を含む計測結果を取得することと、

前記計測結果に基づいて前記被計測物体に異常が発生するか否かの判定に関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと

を含む表示方法。

[付記 4 2]

加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための表示方法であって、

前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測さ

れた前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定に関する情報を表示装置に表示する表示データを生成することと

を含む表示方法。

[0322] 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。

[0323] 本発明は、上述した実施形態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情報処理方法、情報処理装置、加工装置、加工方法、表示方法、情報プログラム及びプログラム記憶媒体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

[0324] S Y S 加工システム

1 加工ユニット

1 3 加工ヘッド

1 4 1 ヘッド駆動系

1 4 2 位置計測装置

1 5 ステージ

1 6 1 ステージ駆動系

1 6 2 位置計測装置

2 計測ユニット

3 制御ユニット

4 出力ユニット

W ワーク

M 被計測物体

E L 加工光

MM 計測モデル

HM ヘッドモデル

OM 物体モデル

DM 差分モデル

請求の範囲

- [請求項1] 加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、
- 前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、
- 前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することと
- を含む情報処理方法。
- [請求項2] 前記加工ヘッドの動きに関する前記検出情報は、前記加工ヘッドの動きを検出する検出装置を用いて取得される
- 請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項3] 前記載置装置の動きに関する前記検出情報は、前記載置装置の動きを検出する検出装置を用いて取得される
- 請求項1又は2に記載の情報処理方法。
- [請求項4] 前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記検出情報に基づく前記加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッドモデルと前記計測モデルとの相対的な位置関係に基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む
- 請求項1から3のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項5] 加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、
- 前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、

計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルと、前記加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報とに基づいて、前記加工期間の少なくとも一部において前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することと

を含む情報処理方法。

[請求項6] 前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記加工対象物の加工が開始される前に、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

請求項5に記載の情報処理方法。

[請求項7] 前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記制御情報に基づく前記加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッドモデルと前記計測モデルとの相対的な位置関係に基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

請求項5又は6に記載の情報処理方法。

[請求項8] 前記動きは、位置の変化及び傾きの変化の少なくとも一方を含む
請求項1から7のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項9] 前記加工ヘッドは、可動であり、位置及び傾きの少なくとも一方を変更可能である

請求項1から8のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項10] 前記載置装置は、可動であり、位置及び傾きの少なくとも一方を変更可能である、

請求項1から9のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項11] 前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定するこ

とは、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項12] 前記物体モデルに基づいて前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分に相当する計測差分モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かを判定することを含む

請求項 11 に記載の情報処理方法。

[請求項13] 前記情報処理方法は、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定結果に基づいて、前記加工対象物の加工を進行又は中止することを更に含む

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項14] 前記情報処理方法は、
前記加工対象物の第 1 部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定された場合に、前記第 1 部分の加工を中止することと、

前記第 1 部分の加工を中止した後に、前記第 1 部分とは異なる前記加工対象物の第 2 部分を加工することと

を更に含む請求項 13 に記載の情報処理方法。

[請求項15] 前記情報処理方法は、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉するか否かの判定結果に基づいて、前記加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部における前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを制御する制御情報を修正することを更に含む

請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の情報処理方法。

[請求項16] 前記制御情報を修正することは、前記加工対象物の加工を開始した後に、前記制御情報を修正することを含む

請求項 15 に記載の情報処理方法。

- [請求項17] 前記加工対象物の第3部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定された場合に、第3部分を加工するタイミングで前記加工ヘッドと前記被計測物体とが干渉すると判定されない場合と比較して、前記第3部分を加工するタイミングでの前記加工ヘッド及び前記載置装置の少なくとも一方の動きを遅延させることを更に含む
- 請求項1から16のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項18] 前記被計測物体は、前記加工対象物を支持する支持部材を含む
- 請求項1から17のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項19] 前記被計測物体は、前記載置装置の少なくとも一部を含む
- 請求項1から18のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項20] 前記加工ヘッドモデルは、前記加工ヘッドの三次元形状を計測することで生成される
- 請求項1から19のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項21] 前記情報処理方法は、前記加工ヘッドモデルと、前記計測モデルの動きを表示装置に表示する表示データを生成することを更に含む
- 請求項1から20のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項22] 加工装置内の載置装置に載置された前記加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための情報処理方法であって、
- 前記載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、
- 前記計測モデルと、前記被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルとを比較することで、前記加工装置内に異常が生じているか否かを判定することと
- を含む情報処理方法。
- [請求項23] 前記被計測物体は、前記加工対象物を支持する支持部材を含む
- 請求項22に記載の情報処理方法。

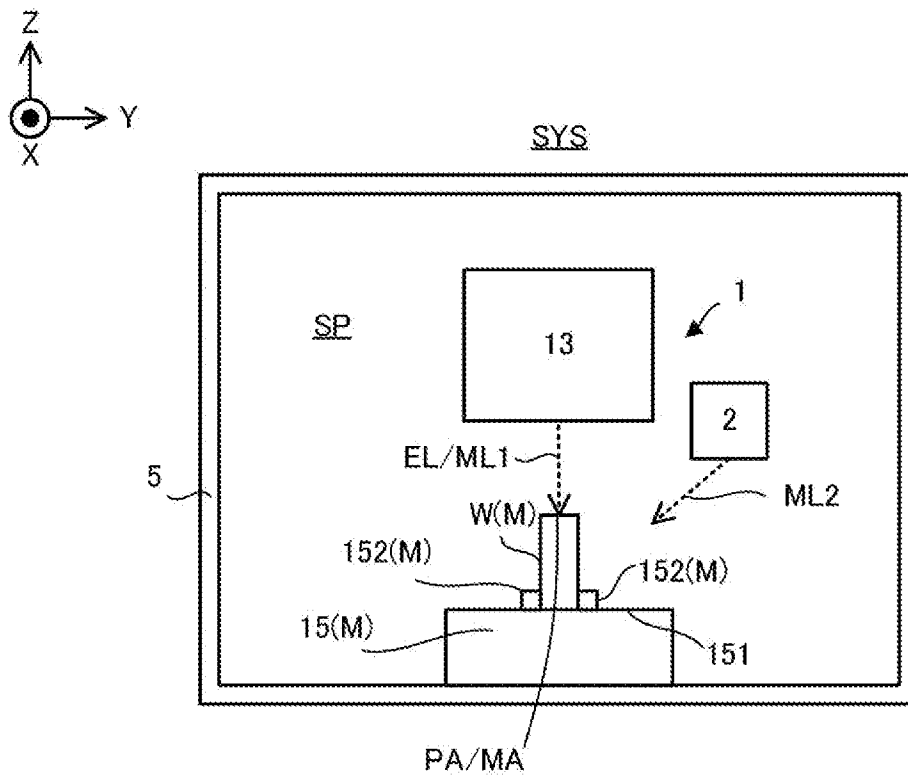
- [請求項24] 前記異常は、前記載置装置及び前記支持部材とは異なる物体が前記加工対象物の周辺に存在するという異常を含む
請求項23に記載の情報処理方法。
- [請求項25] 前記異常が生じているか否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分が許容量を超える場合に、前記載置装置に異常が生じていると判定することを含む
請求項22から24のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項26] 前記異常が生じているか否かを判定することは、前記計測モデルと前記物体モデルとの差分が前記許容量を下回る場合に、前記載置装置に異常が生じていないと判定することを含む
請求項22から25のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項27] 前記異常が生じていると判定された場合に、前記異常が生じている状況下で前記加工対象物の加工を開始するか否かを判定することを更に含む
請求項26に記載の情報処理方法。
- [請求項28] 前記情報処理方法は、前記異常を表示装置に表示するための表示データを生成することを更に含む
請求項22から27のいずれか一項に記載の情報処理方法。
- [請求項29] 請求項1から28のいずれか一項に記載の前記情報処理方法を用いる情報処理装置。
- [請求項30] 前記加工ヘッドと、
前記載置装置と、
請求項29に記載の情報処理装置と
を備える加工装置。
- [請求項31] 請求項1から28のいずれか一項に記載の情報処理方法を用いて、前記加工ヘッドと前記載置装置を備えた加工装置を用いて前記加工対象物を加工する加工方法。
- [請求項32] 加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するた

めの情報処理方法であって、

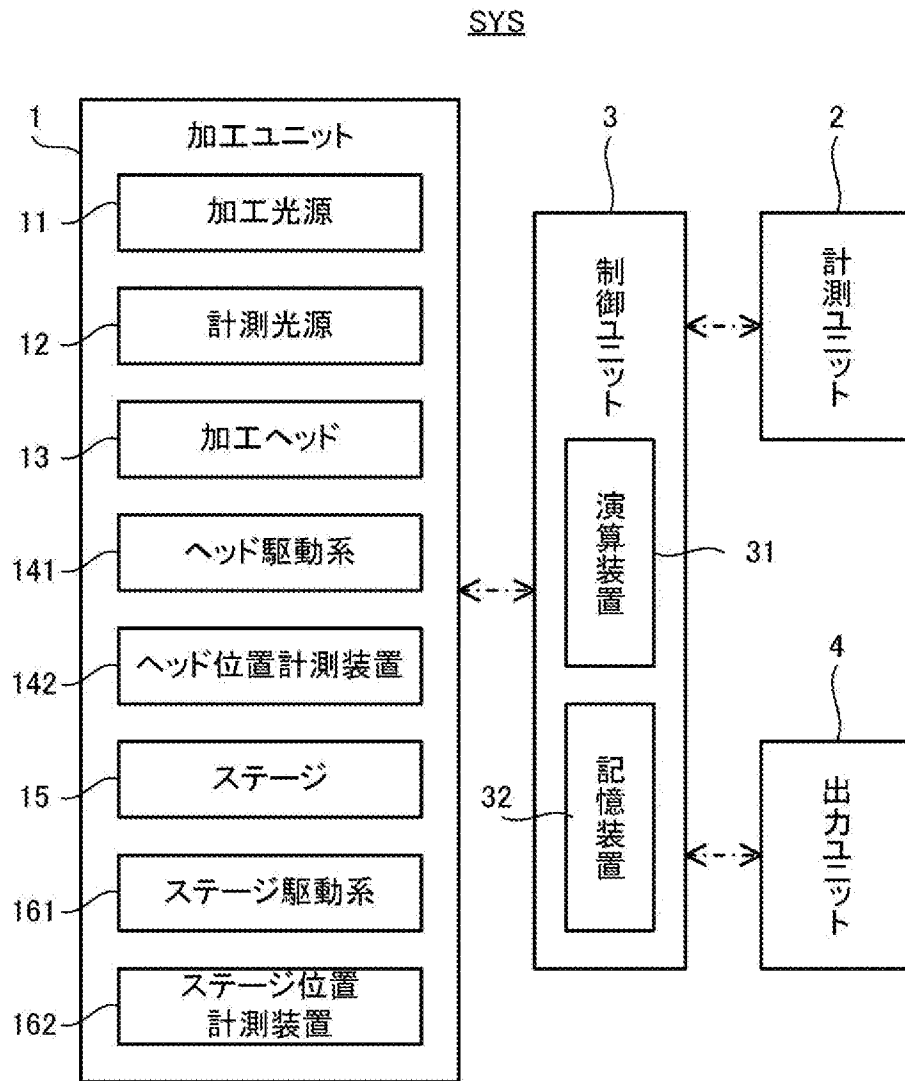
前記加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、
計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成することと、

前記計測モデルに基づいて、前記加工ヘッドと前記被計測物体とが
干渉するか否かを判定することと
を含む情報処理方法。

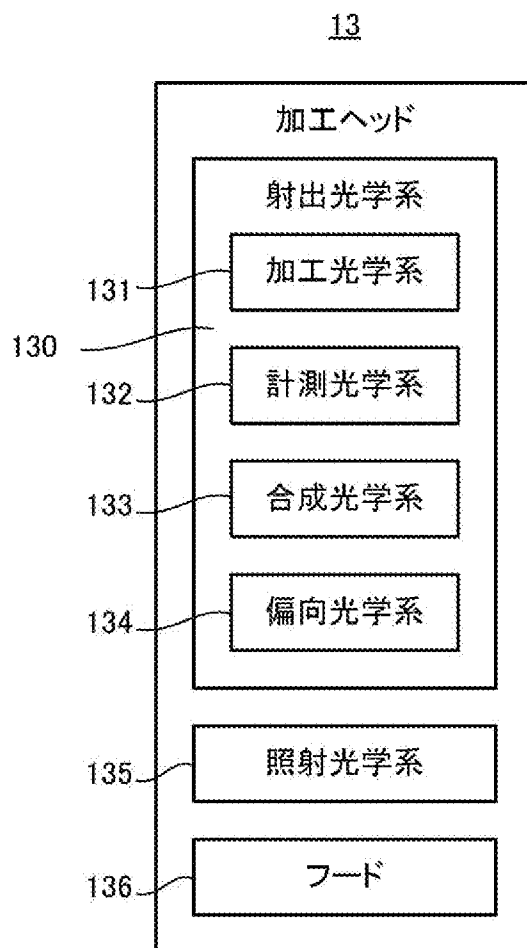
[図1]



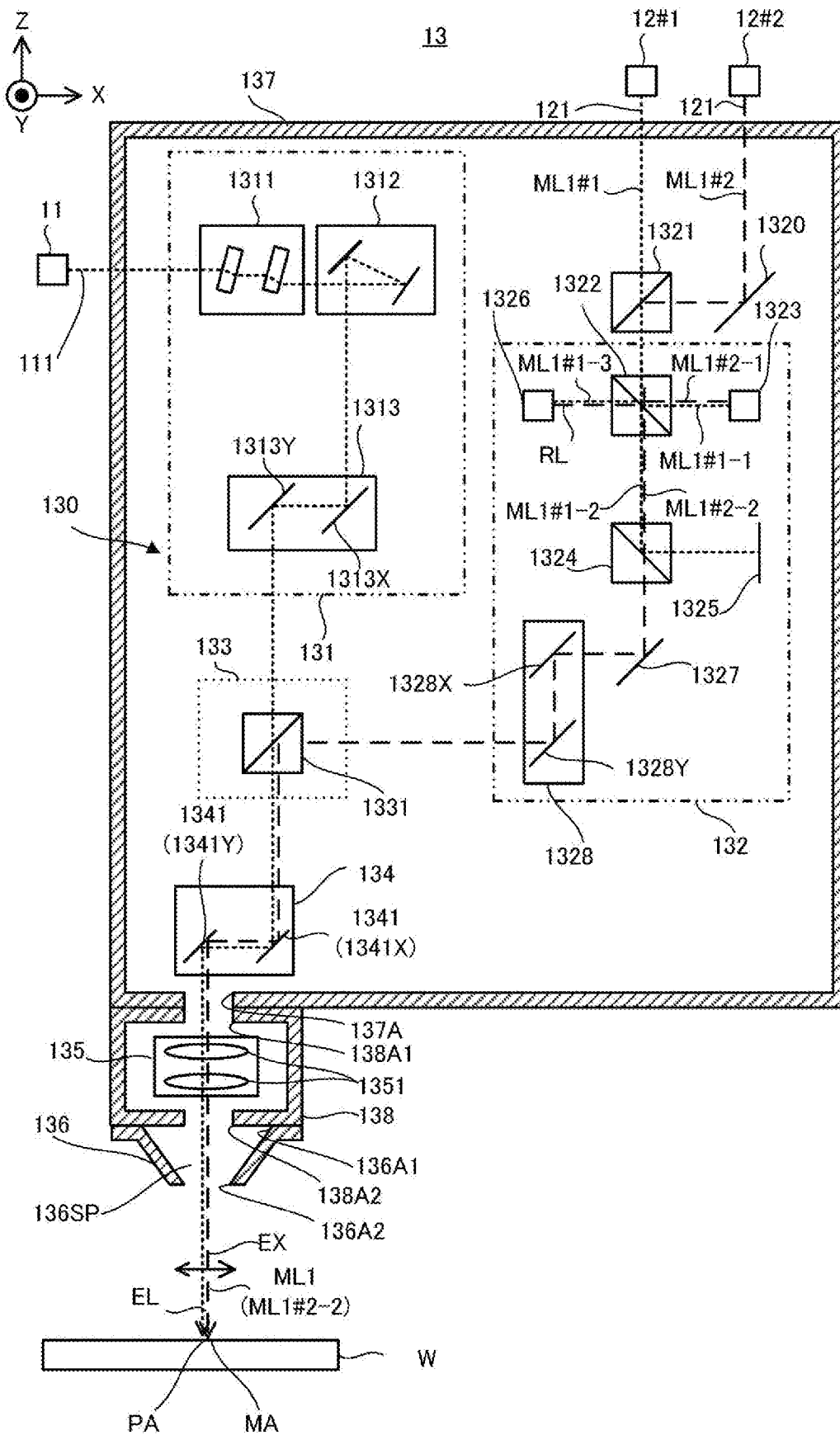
[図2]



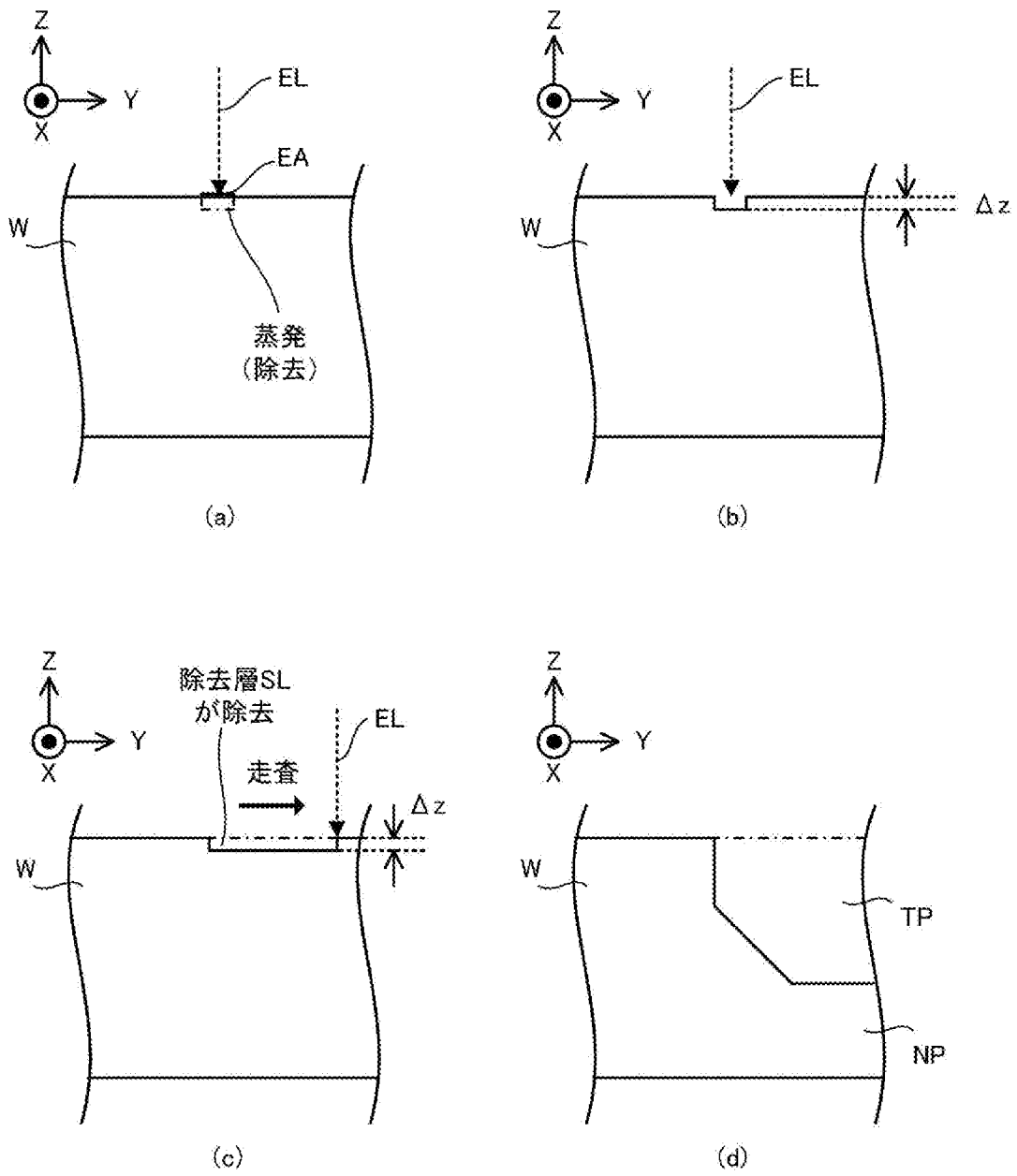
[図3]



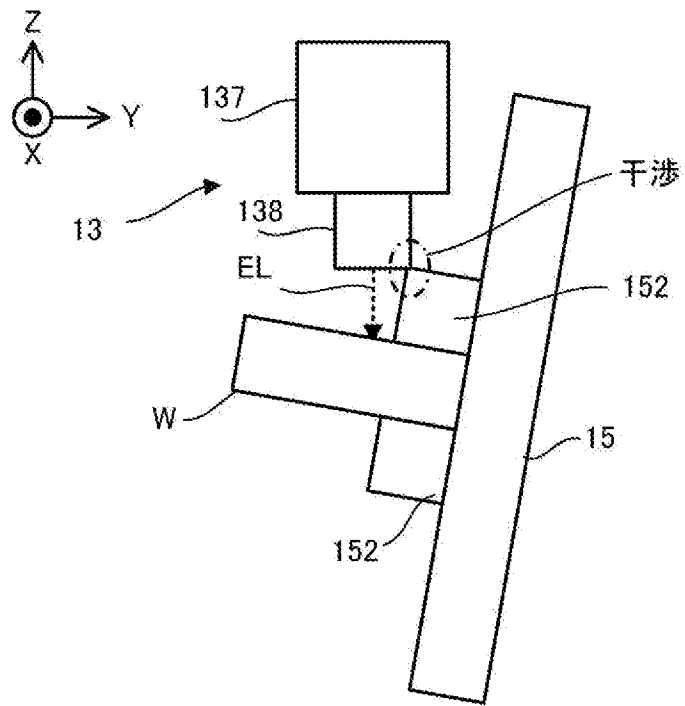
[図4]



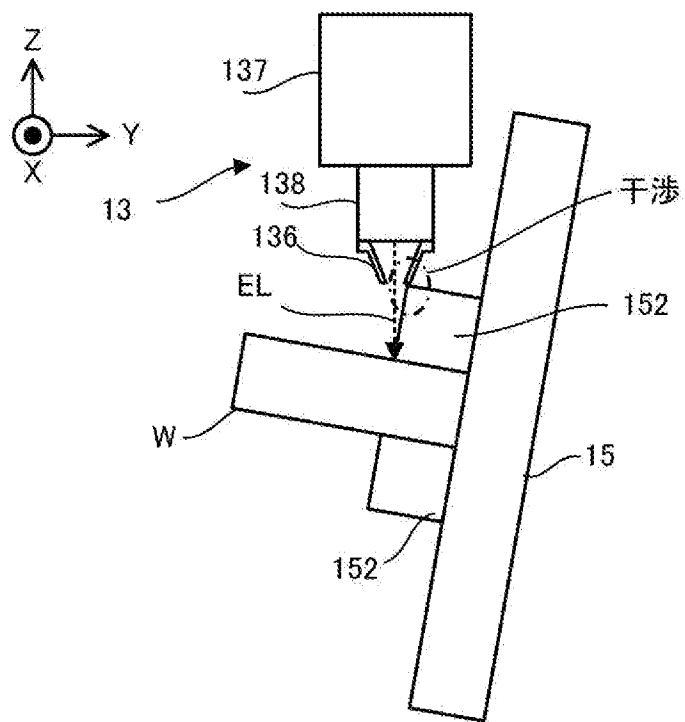
[図5]



[図6]

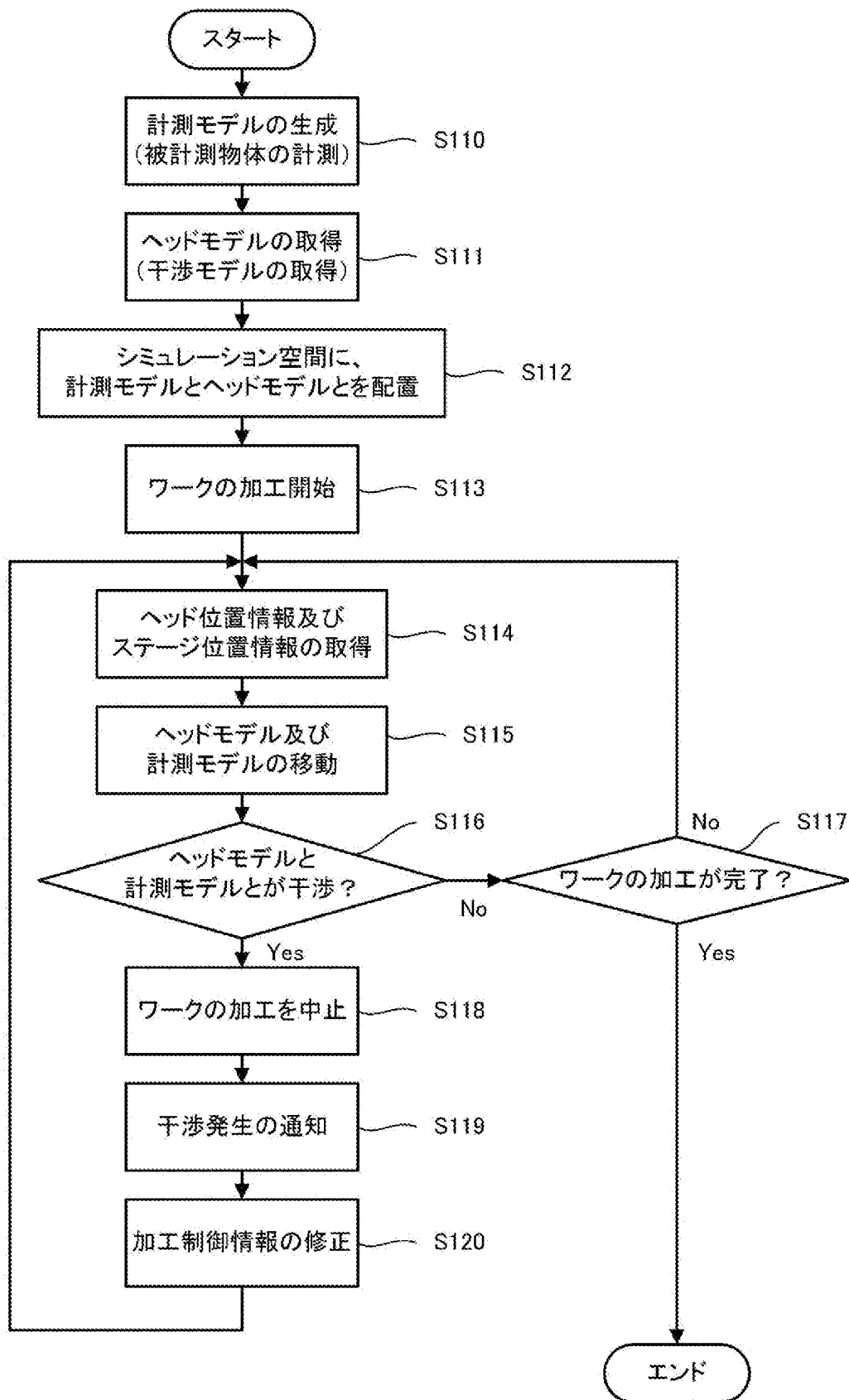


(a)

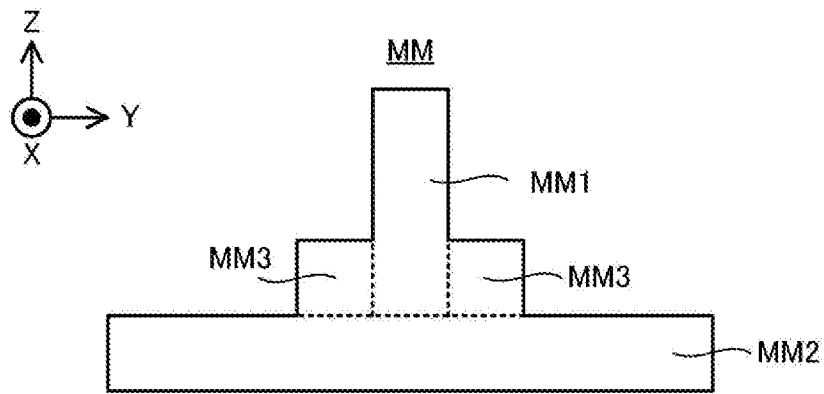


(b)

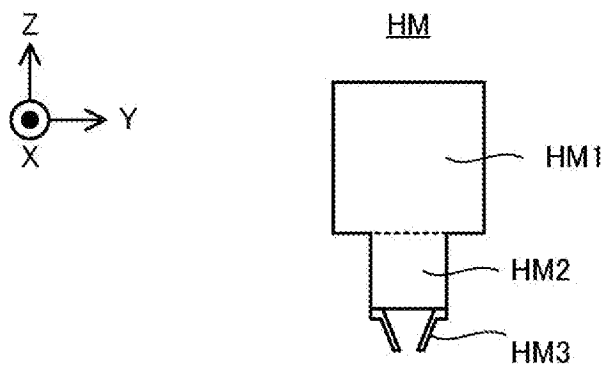
[図7]



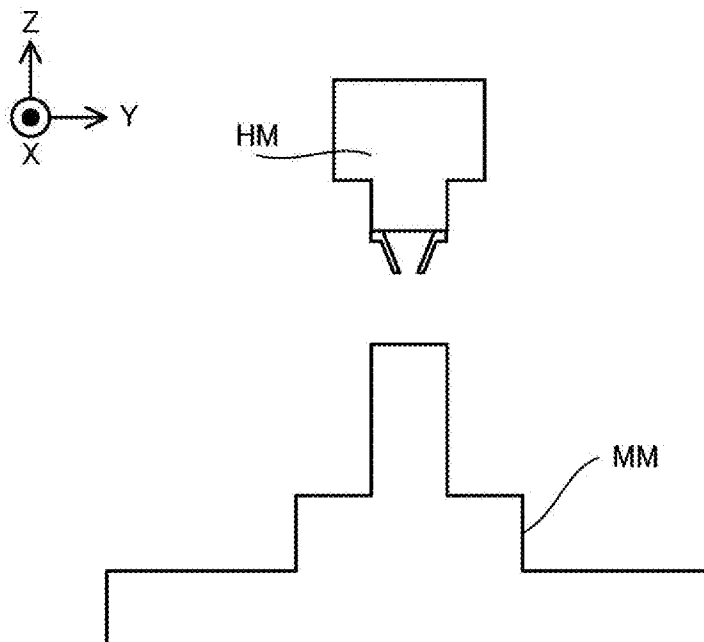
[図8]



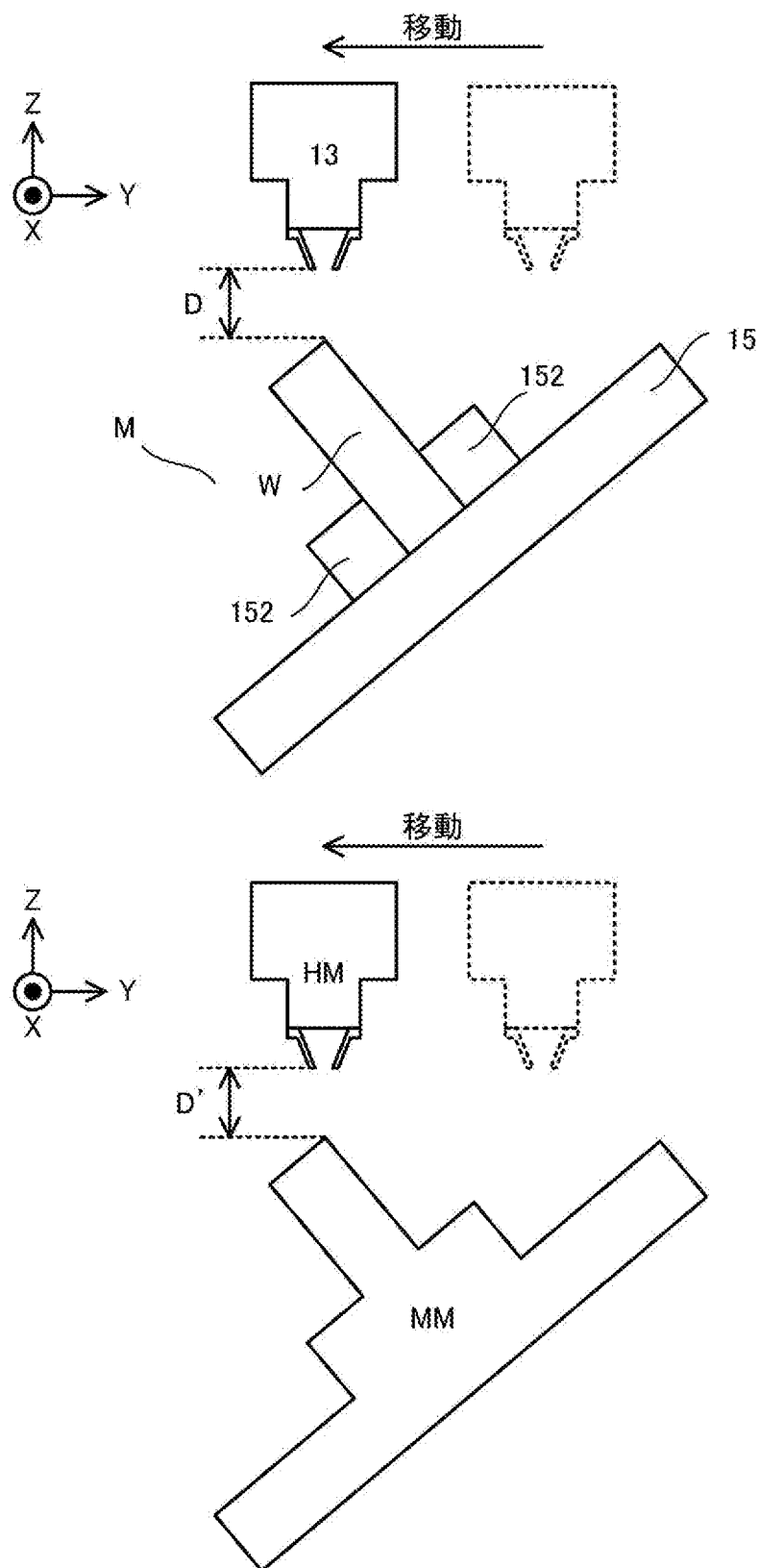
[図9]



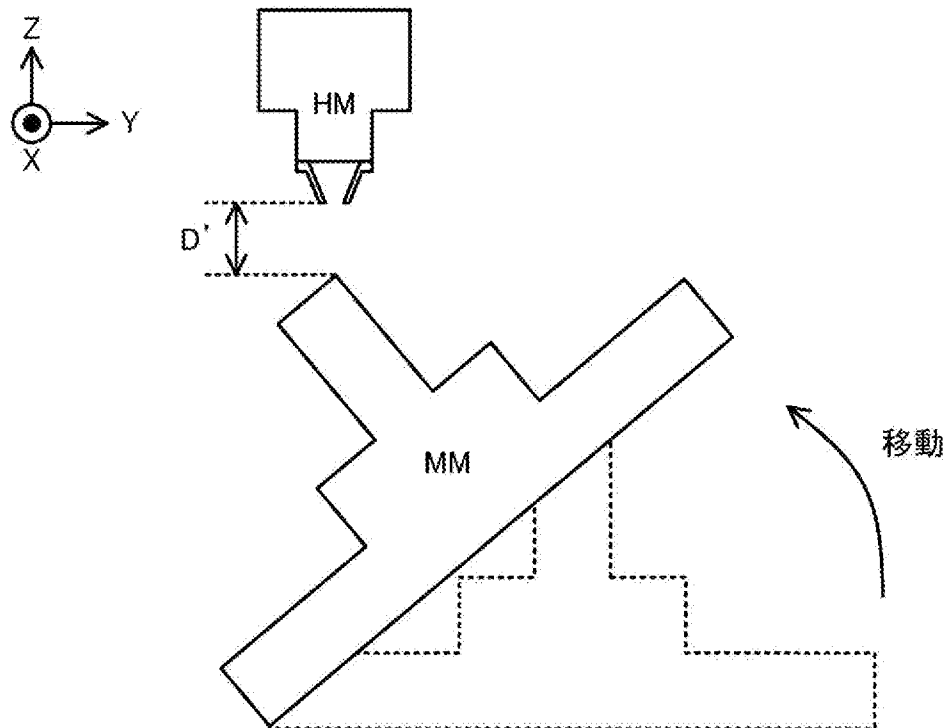
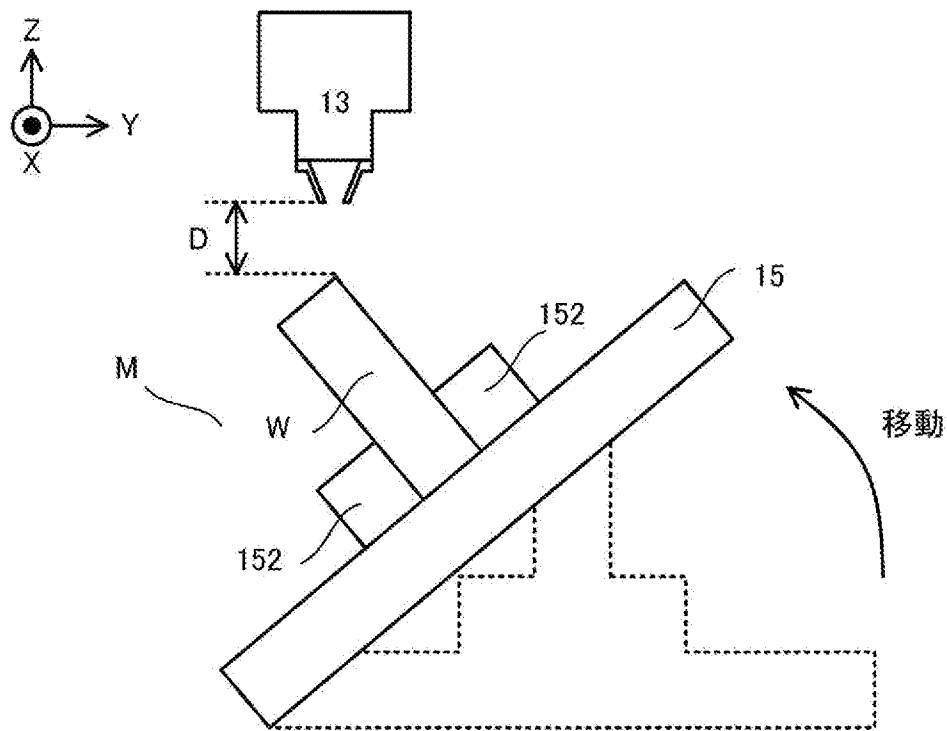
[図10]



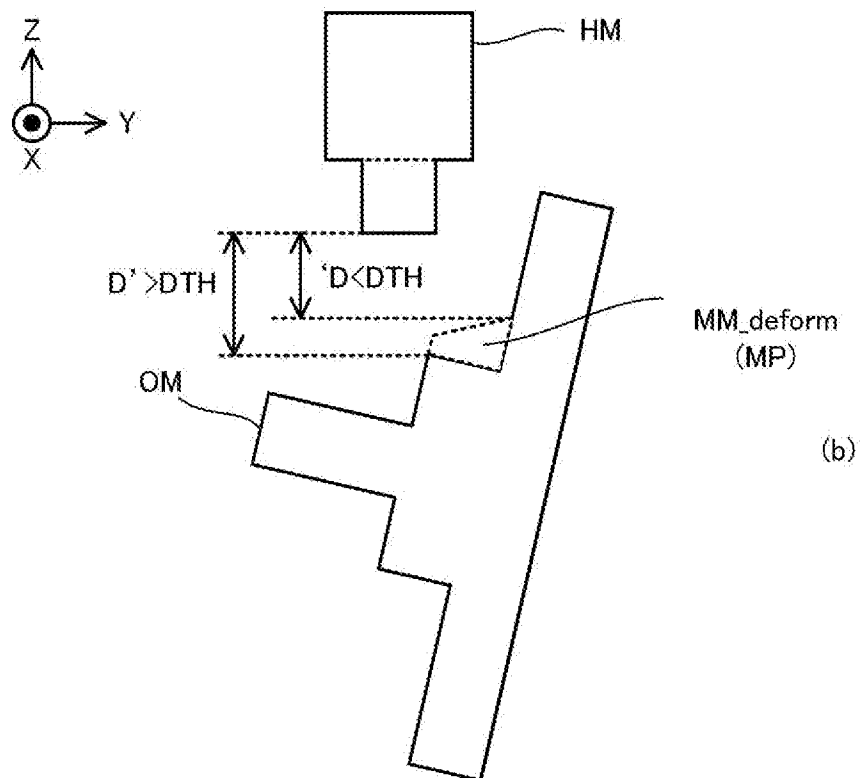
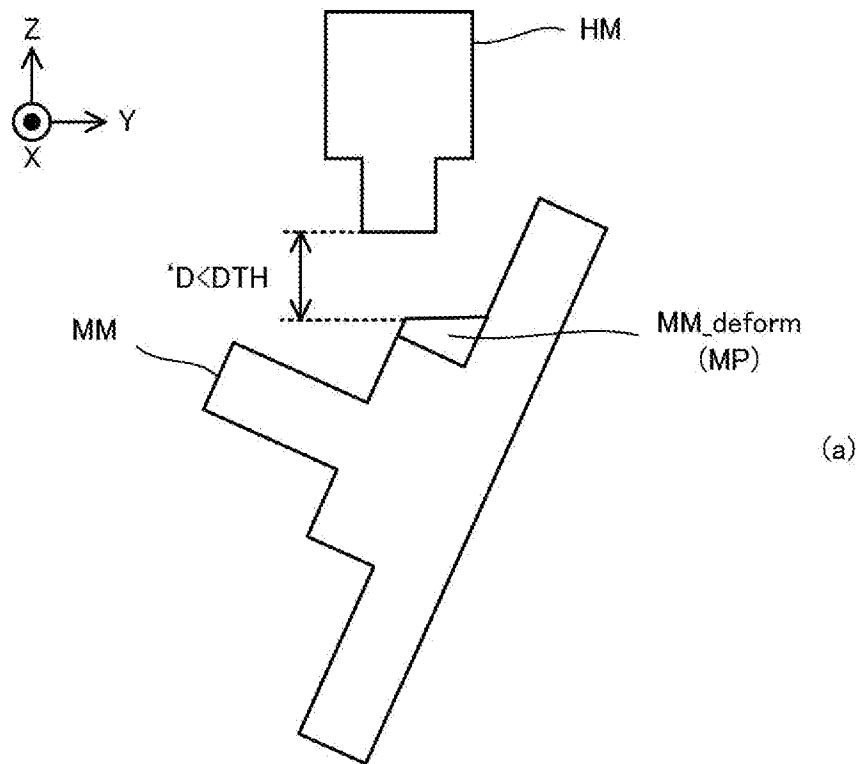
[図11]



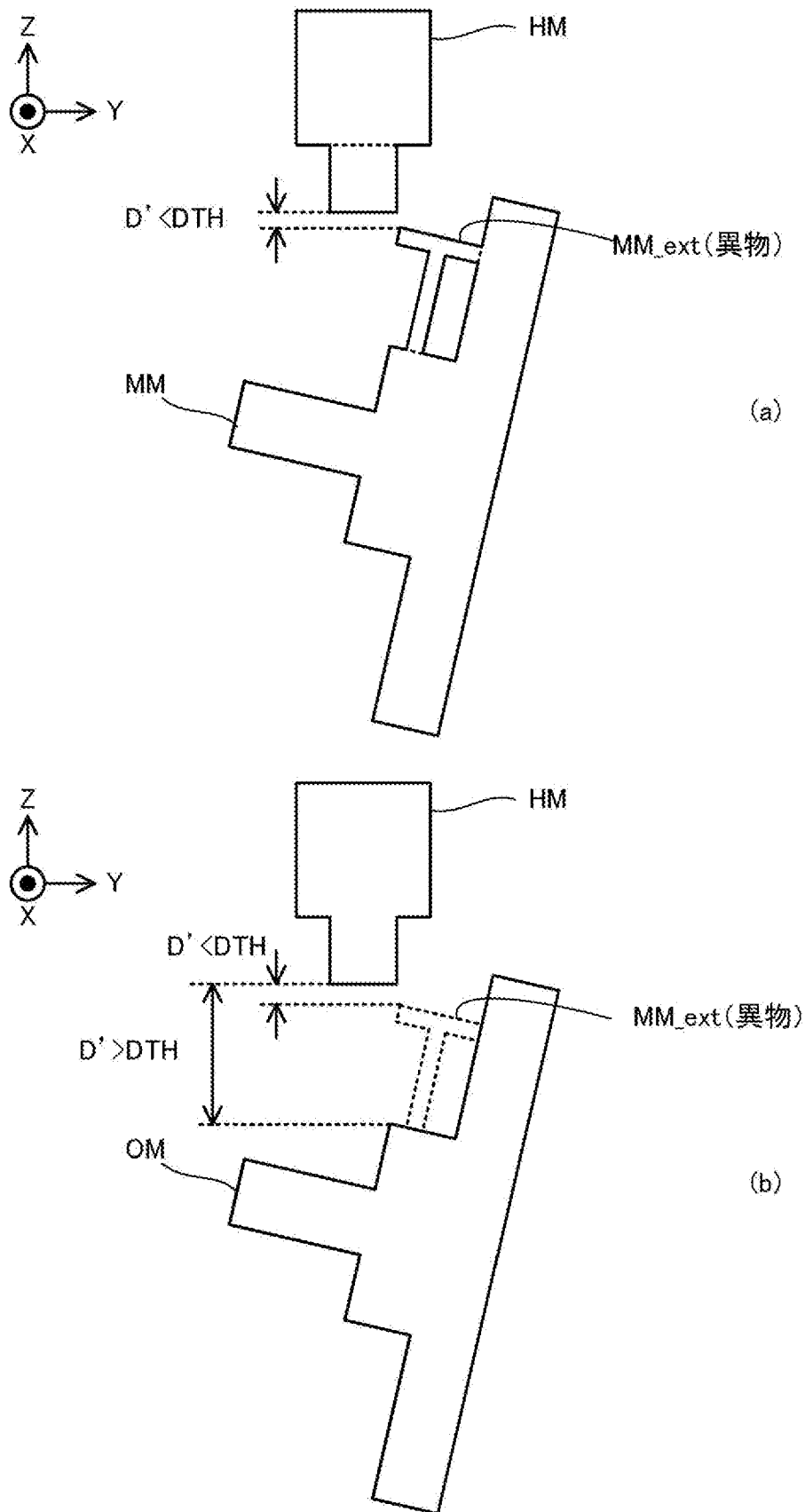
[図12]



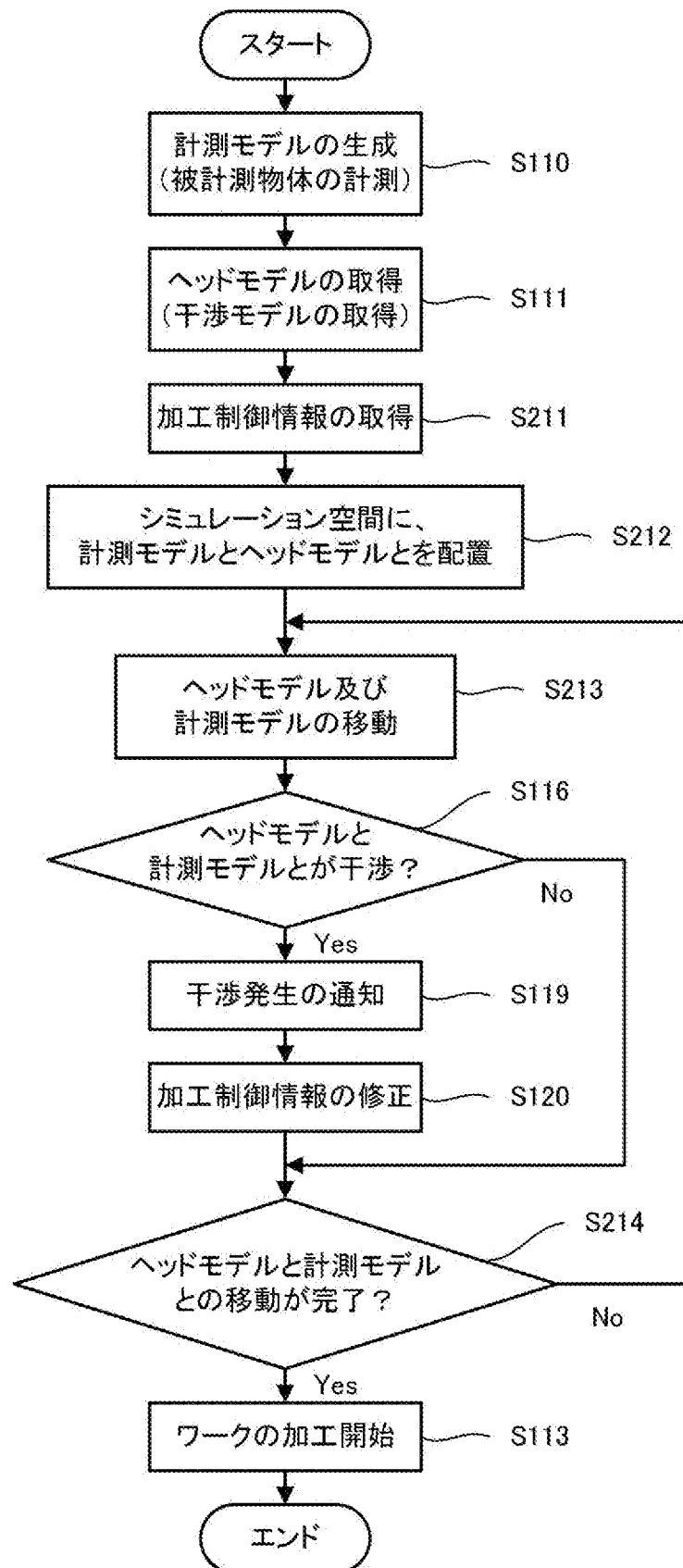
[図13]



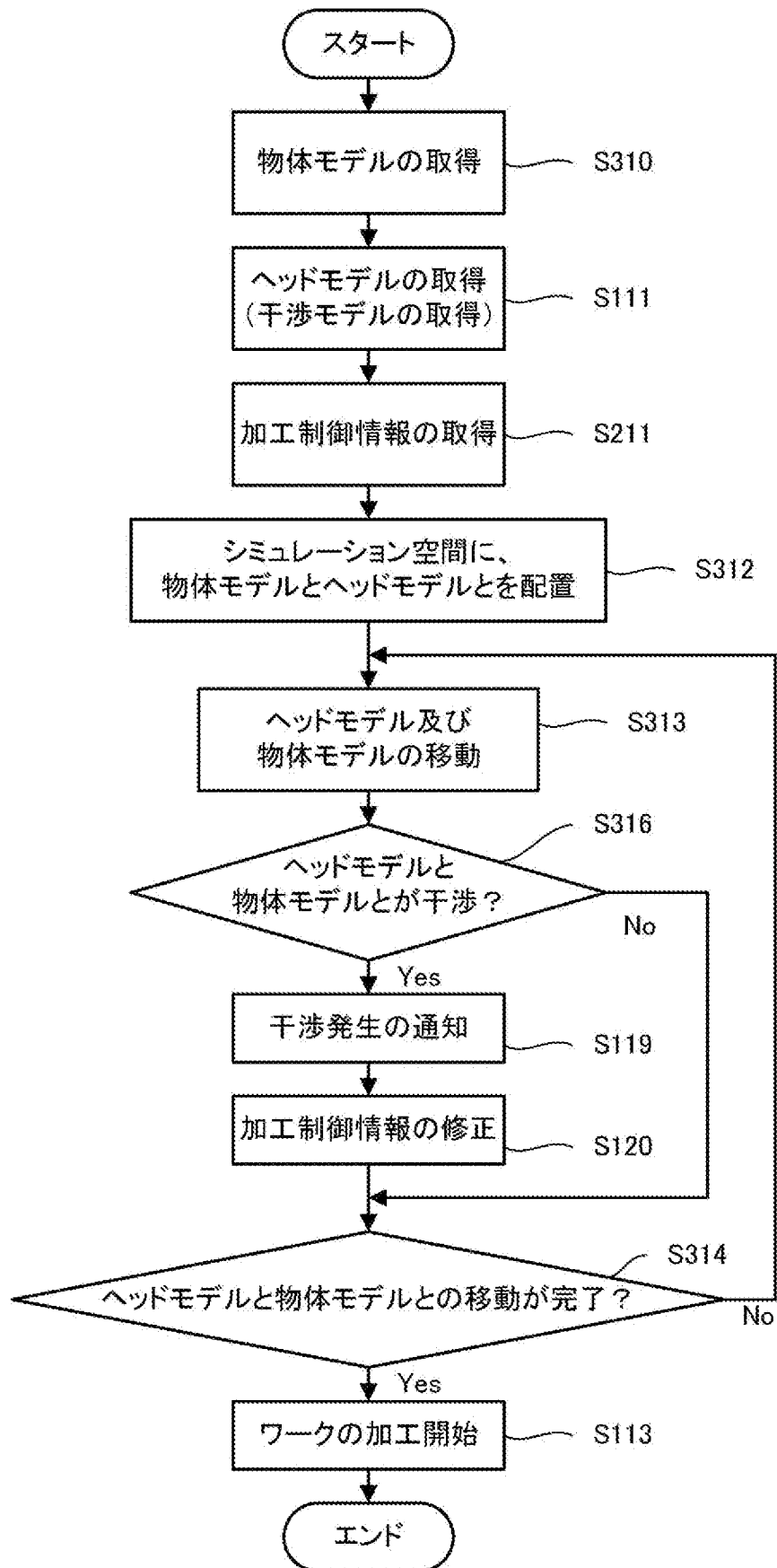
[図14]



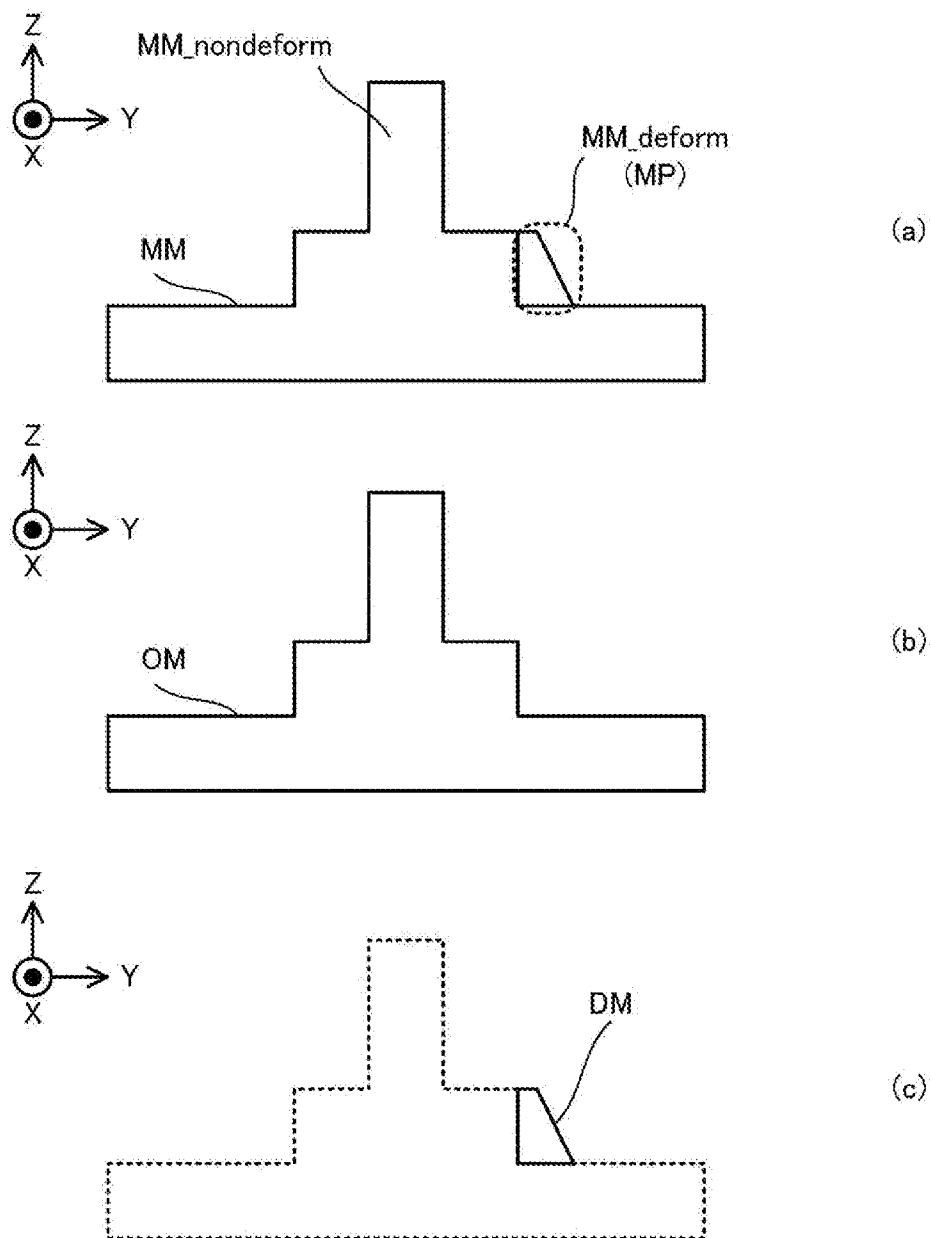
[図15]



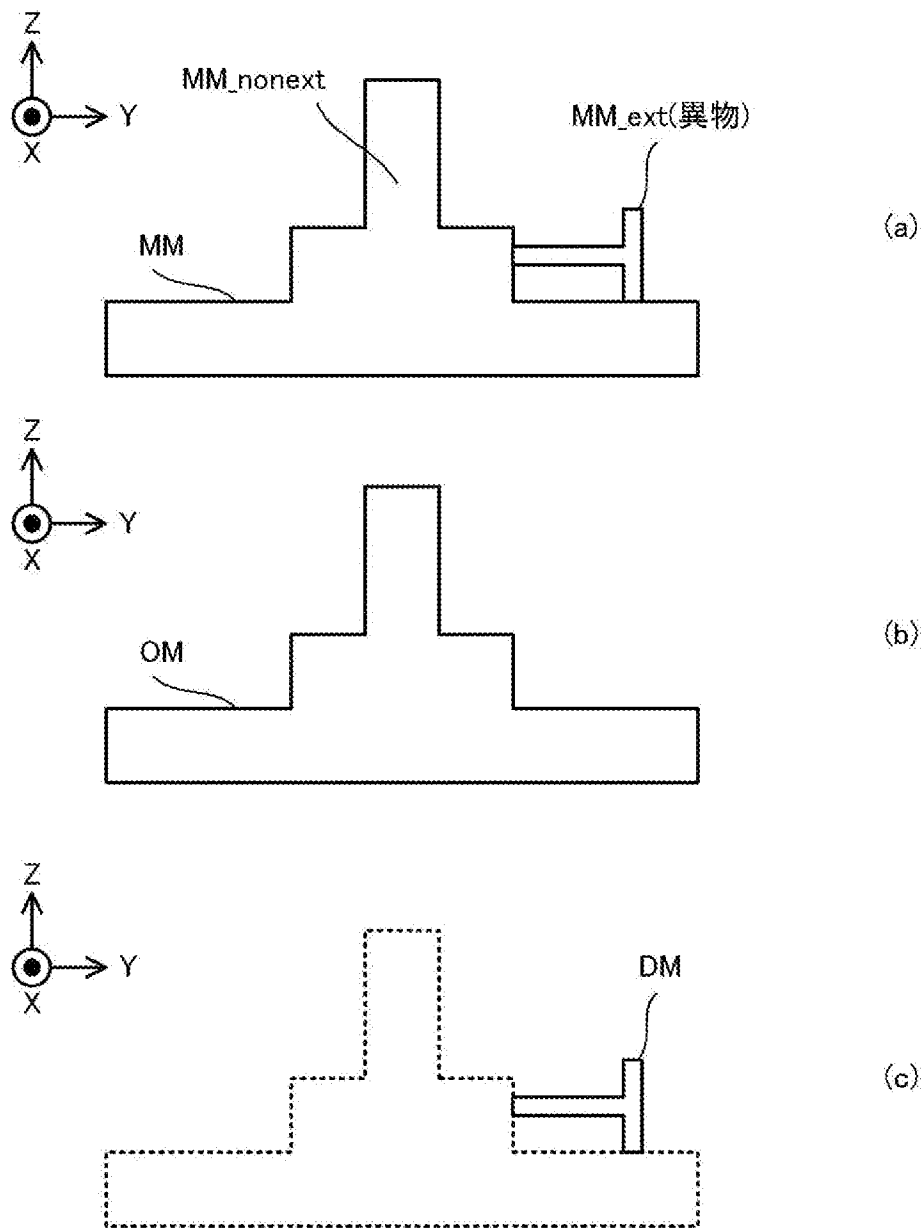
[図16]



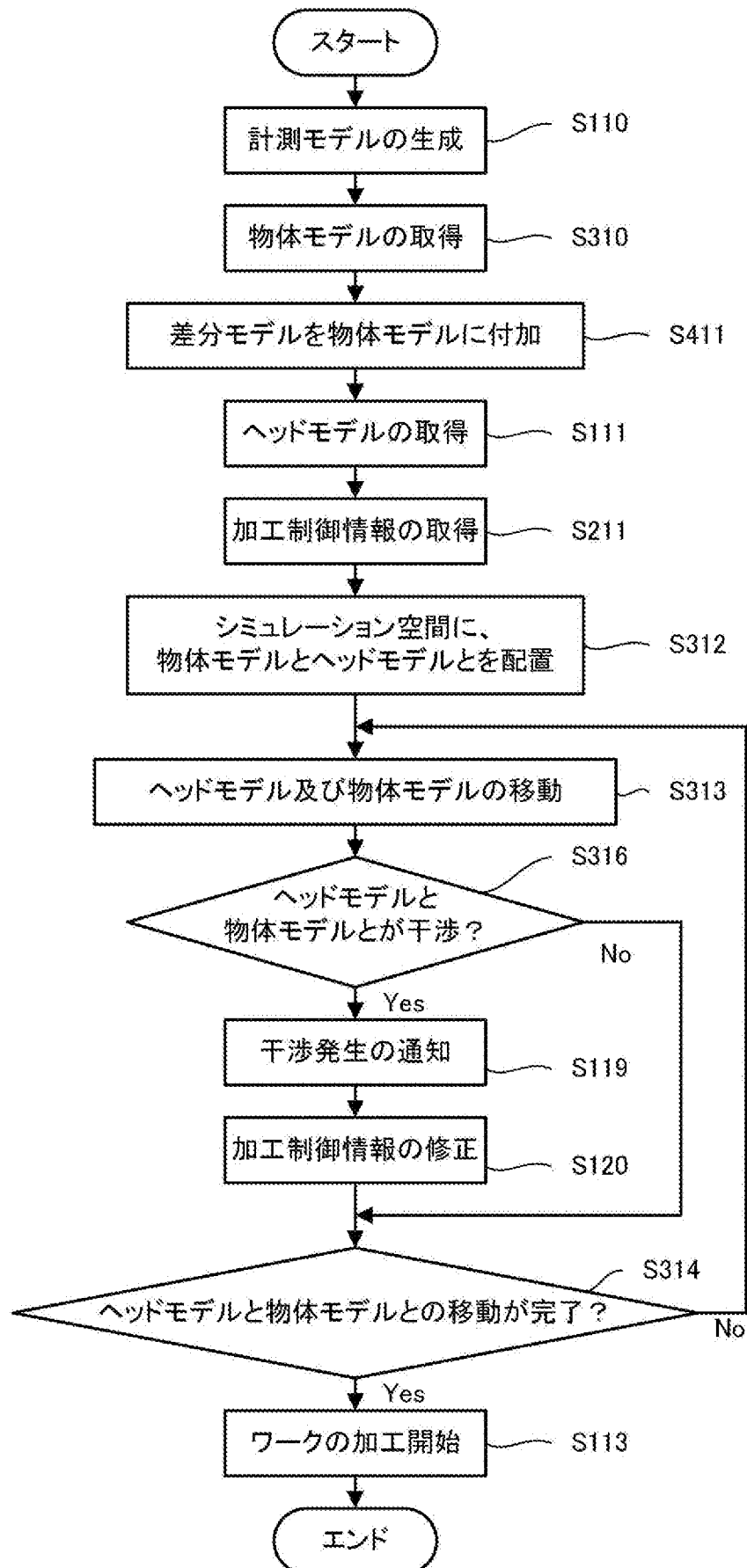
[図17]



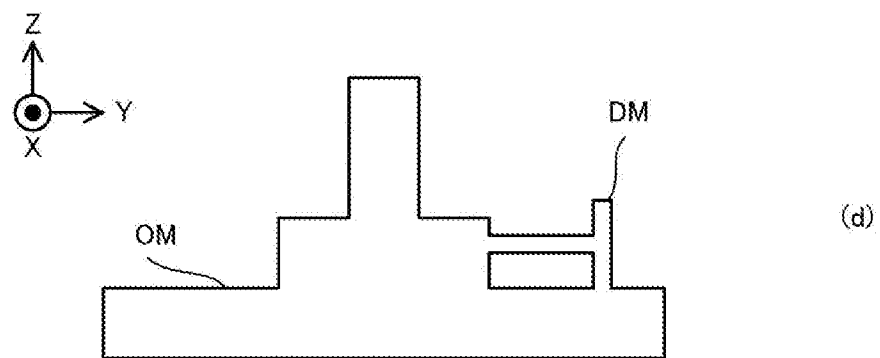
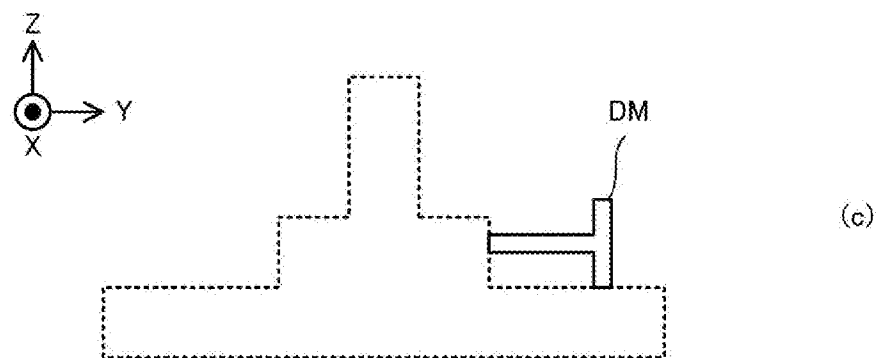
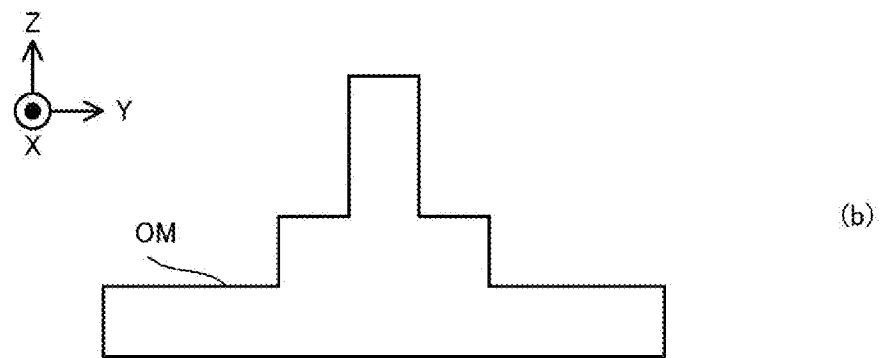
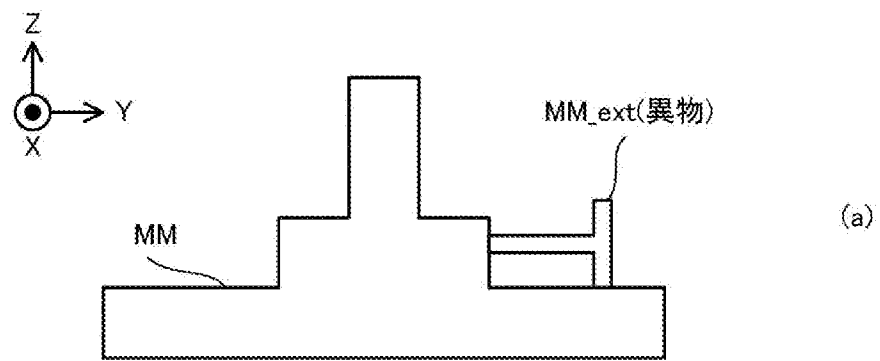
[図18]



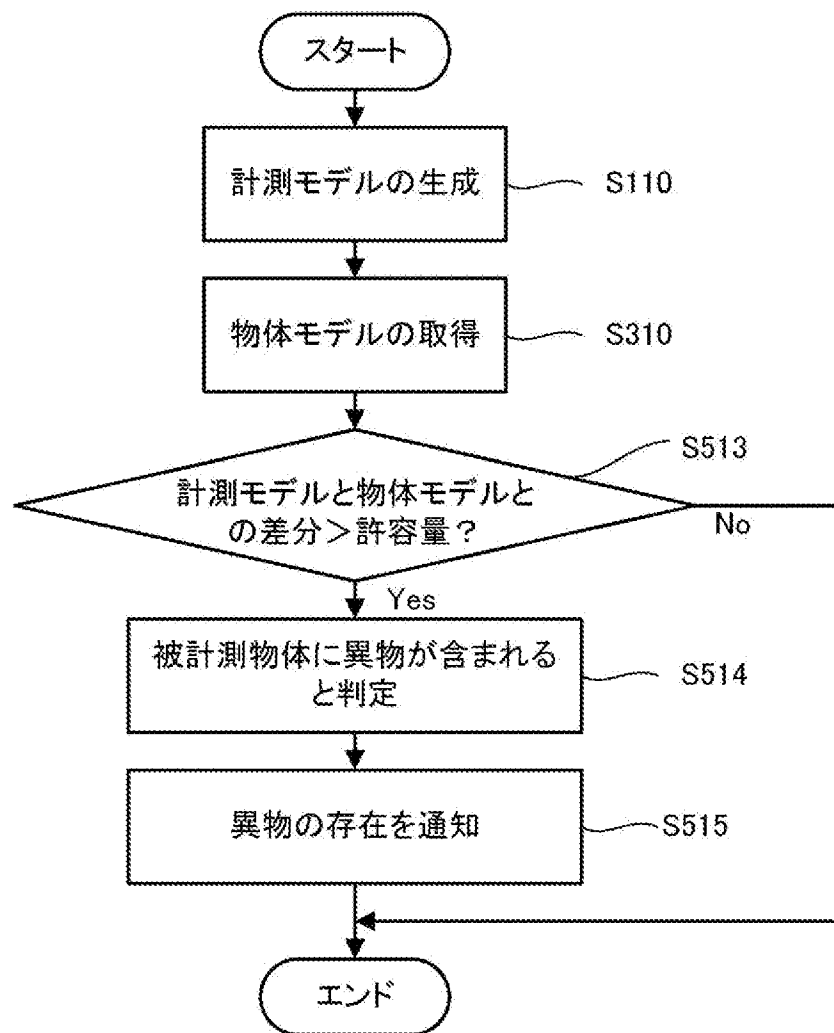
[図19]



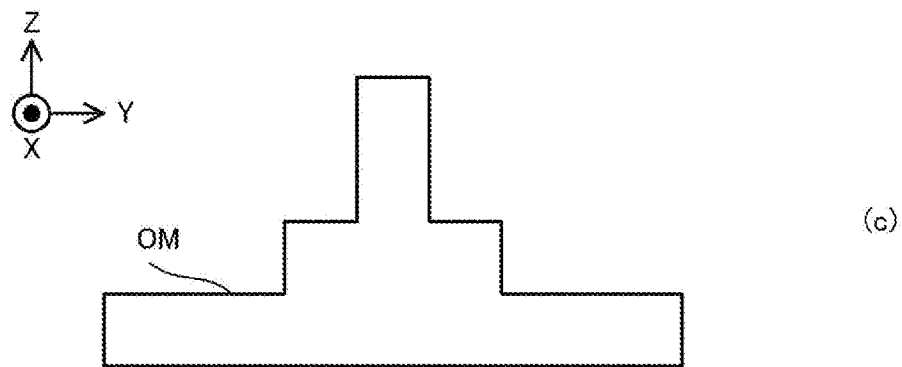
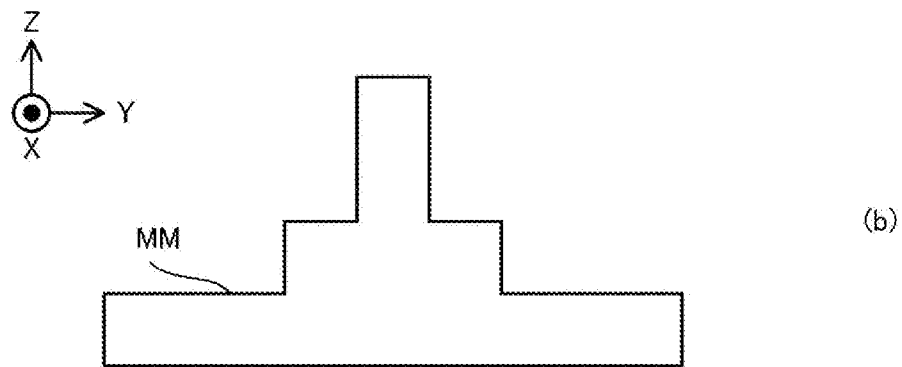
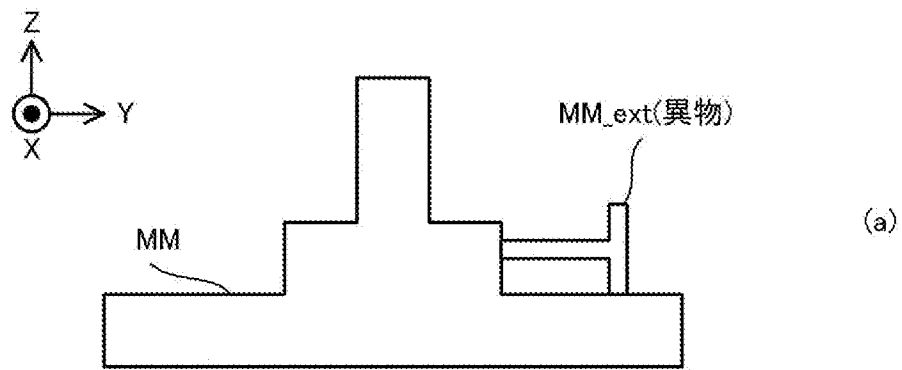
[図20]



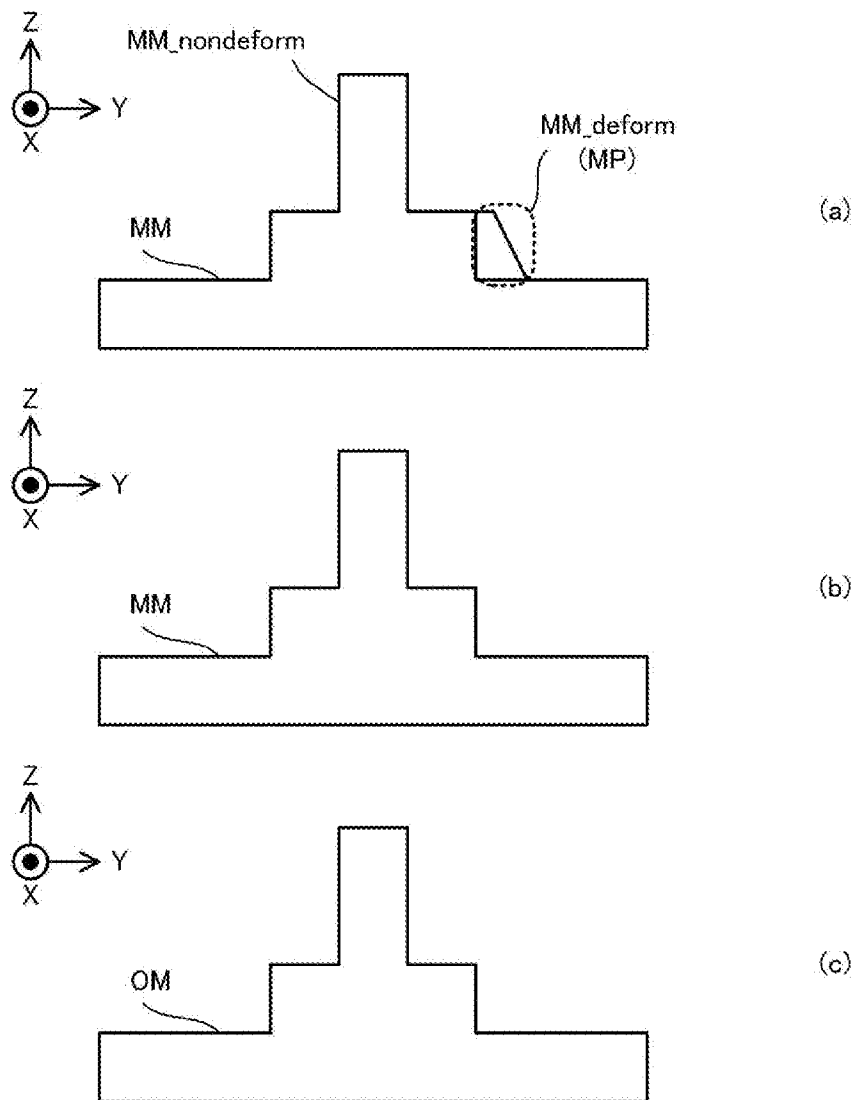
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 19/4093**(2006.01)i; **B23Q 15/00**(2006.01)i; **B23Q 17/20**(2006.01)i; **G05B 19/4061**(2006.01)i

FI: G05B19/4093 E; B23Q15/00 B; B23Q17/20 A; G05B19/4061 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B19/4093; B23Q15/00; B23Q17/20; G05B19/4061

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-52638 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 27 February 1996 (1996-02-27) paragraphs [0019]-[0026], fig. 1-3	1-10, 13, 15, 18, 20, 29-32
Y		11-12, 14, 16-17, 19, 21
Y	JP 2019-101590 A (FANUC CORPORATION) 24 June 2019 (2019-06-24) paragraph [0003]	11-12
Y	JP 2015-22391 A (AMADA CO., LTD.) 02 February 2015 (2015-02-02) paragraphs [0046]-[0052], fig. 6	14
Y	WO 98/41357 A1 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) 24 September 1998 (1998-09-24) p. 13, lines 16-21	16
Y	JP 8-152908 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 11 June 1996 (1996-06-11) paragraph [0014], fig. 1-2	17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2023

Date of mailing of the international search report

25 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004360**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2021-163107 A (BROTHER INDUSTRIES, LTD.) 11 October 2021 (2021-10-11) paragraphs [0017]-[0049], fig. 3-4	22-31
Y		19
Y	JP 2021-39657 A (KITAMURA MACHINERY CO., LTD.) 11 March 2021 (2021-03-11) paragraphs [0030]-[0031]	21

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 8-52638 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 27 February 1996 (1996-02-27) paragraphs [0019]-[0026], fig. 1-3

& US 5751584 A, column 4, line 1 to column 4, line 61, fig. 1-3 & EP 697639 A1

The claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) Claims 1-21 and 29-32

The inventions in claims 1-21 and 29-32 are classified as invention 1 as a result of having the special technical feature of "an information processing method for machining, using a machining head, an object to be machined placed on a placement device, the method including measuring the three-dimensional shape of an object to be measured including the object to be machined, thereby generating a measurement model showing the three-dimensional shape of the measured object to be measured, and determining whether the machining head and the object to be measured interfere with each other in at least a portion of a machining period which is the period in which the object to be machined is machined, on the basis of the measurement model, a machining head model showing the three-dimensional shape of the machining head, and detection information relating to the movement of the placement device and/or the machining head detected during at least a portion of the machining period".

(Invention 2) Claims 22-28

The invention as in claims 22-28 share, with claim 1 classified as invention 1, the feature of "an information processing method for machining, using a machining head, an object to be machined placed on a placement device inside a machining device, the method including measuring the three-dimensional shape of an object to be measured including the placement device, thereby generating a measurement model showing the three-dimensional shape of the measured object to be measured".

However, this feature does not make a contribution over the prior art in the light of the content disclosed in document 1 (see paragraphs [0019]-[0026], fig. 1-3), and thus cannot be said to be a special technical feature.

Furthermore, there are no other identical or corresponding special technical features between claims 22-28 and claim 1.

Additionally, claims 22-28 do not depend from claim 1.

Moreover, claims 22-28 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 22-28 cannot be classified as invention 1.

Claims 22-28 are classified as invention 2 as a result of having the special technical feature of "an information processing method for machining, using a machining head, an object to be machined placed on a placement device inside a machining device, the method including measuring the three-dimensional shape of an object to be measured including the placement device, thereby generating a measurement model showing the three-dimensional shape of the measured object to be measured, and determining whether an abnormality has occurred inside the machining device by comparing the measurement model with an object model showing the design three-dimensional shape of the object to be measured".

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004360**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004360

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	8-52638	A	27 February 1996	US 5751584 A column 4, line 1 to column 4, line 61, fig. 1-3 EP 697639 A1	
JP	2019-101590	A	24 June 2019	US 2019/0163166 A1 paragraph [0003] DE 102018009222 A1 CN 109857064 A	
JP	2015-22391	A	02 February 2015	(Family: none)	
WO	98/41357	A1	24 September 1998	US 6438445 B1 column 8, lines 37-44 EP 913229 A1 KR 10-2000-0010931 A CA 2255915 A	
JP	8-152908	A	11 June 1996	(Family: none)	
JP	2021-163107	A	11 October 2021	(Family: none)	
JP	2021-39657	A	11 March 2021	US 2022/0317656 A1 paragraphs [0045]-[0046] WO 2021/044641 A1 EP 3816745 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/4093(2006.01)i; B23Q 15/00(2006.01)i; B23Q 17/20(2006.01)i; G05B 19/4061(2006.01)i FI: G05B19/4093 E; B23Q15/00 B; B23Q17/20 A; G05B19/4061 Z										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G05B19/4093; B23Q15/00; B23Q17/20; G05B19/4061										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2023年									
日本国実用新案登録公報	1996-2023年									
日本国登録実用新案公報	1994-2023年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	JP 8-52638 A（東芝機械株式会社）27.02.1996（1996-02-27） 段落[0019]-[0026], 図1-3	1-10, 13, 15, 18, 20, 29-32								
Y		11-12, 14, 16-17, 19, 21								
Y	JP 2019-101590 A（ファナック株式会社）24.06.2019（2019-06-24） 段落[0003]	11-12								
Y	JP 2015-22391 A（株式会社アマダ）02.02.2015（2015-02-02） 段落[0046]-[0052], 図6	14								
Y	WO 98/41357 A1（株式会社 牧野フライス製作所）24.09.1998（1998-09-24） 第13ページ第16-21行	16								
Y	JP 8-152908 A（三菱重工業株式会社）11.06.1996（1996-06-11） 段落[0014], 図1-2	17								
X	JP 2021-163107 A（ブラザー工業株式会社）11.10.2021（2021-10-11） 段落[0017]-[0049], 図3-4	22-31								
Y		19								
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 11.04.2023		国際調査報告の発送日 25.04.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 小川 真 3C 3934 電話番号 03-3581-1101 内線 3324								

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2021-39657 A (キタムラ機械株式会社) 11.03.2021 (2021 - 03 - 11) 段落[0030]-[0031]	21

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 8-52638 A（東芝機械株式会社）27.02.1996(1996-02-27) 段落[0019]-[0026], 図1-3
& US 5751584 A, 第4欄第1行-第4欄第61行, 図1-3 & EP 697639 A1

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1-21、29-32

請求項1-21、29-32に係る発明は、「加工ヘッドを用いて載置装置に載置された加工対象物を加工するための情報処理方法であって、加工対象物を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成し、当該計測モデルと、加工ヘッドの三次元形状を示す加工ヘッドモデルと、加工対象物が加工される加工期間の少なくとも一部において検出される加工ヘッド及び載置装置の少なくとも一方の動きに関する検出情報とに基づいて、加工期間の少なくとも一部において加工ヘッドと被計測物体とが干渉するか否かを判定する」という特別な技術的特徴を有しているため、発明1に区分する。

（発明2）請求項22-28

請求項22-28に係る発明は、請求項1に係る発明と、「加工装置内の載置装置に載置された加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための情報処理方法であって、載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成する」という共通の技術的特徴を有する。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献1（段落[0019]-[0026], 図1-3を参照。）の開示内容に照らし、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。

また、請求項22-28と請求項1との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項22-28は請求項1の従属請求項ではない。

また、請求項22-28は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項22-28は発明1に区分できない。

そして、請求項22-28は、「加工装置内の載置装置に載置された加工対象物を、加工ヘッドを用いて加工するための情報処理方法であって、載置装置を含む被計測物体の三次元形状を計測することで、計測された前記被計測物体の三次元形状を示す計測モデルを生成し、当該計測モデルと、被計測物体の設計上の三次元形状を示す物体モデルとを比較することで、加工装置内に異常が生じているか否かを判定する」という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004360

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	8-52638	A	27.02.1996	US 5751584 A 第4欄第1行-第4欄第61行, 図 1-3 EP 697639 A1	
JP	2019-101590	A	24.06.2019	US 2019/0163166 A1 段落[0003] DE 102018009222 A1 CN 109857064 A	
JP	2015-22391	A	02.02.2015	(ファミリーなし)	
WO	98/41357	A1	24.09.1998	US 6438445 B1 第8欄第37-44行 EP 913229 A1 KR 10-2000-0010931 A CA 2255915 A	
JP	8-152908	A	11.06.1996	(ファミリーなし)	
JP	2021-163107	A	11.10.2021	(ファミリーなし)	
JP	2021-39657	A	11.03.2021	US 2022/0317656 A1 段落[0045]-[0046] WO 2021/044641 A1 EP 3816745 A1	