

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7691218号
(P7691218)

(45)発行日 令和7年6月11日(2025.6.11)

(24)登録日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(51)国際特許分類

B 2 5 J	9/10 (2006.01)	B 2 5 J	9/10	A
B 2 3 K	11/11 (2006.01)	B 2 3 K	11/11	5 7 0 Z
B 2 3 K	26/04 (2014.01)	B 2 3 K	26/04	

F I

請求項の数 14 (全25頁)

(21)出願番号 特願2019-120255(P2019-120255)
 (22)出願日 令和1年6月27日(2019.6.27)
 (65)公開番号 特開2021-3794(P2021-3794A)
 (43)公開日 令和3年1月14日(2021.1.14)
 審査請求日 令和4年4月8日(2022.4.8)
 審判番号 不服2023-19457(P2023-19457/J
 1)
 審判請求日 令和5年11月16日(2023.11.16)

(73)特許権者 390008235
 ファナック株式会社
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35
 80番地
 (74)代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74)代理人 100123582
 弁理士 三橋 真二
 (74)代理人 100112357
 弁理士 廣瀬 繁樹
 (72)発明者 梶山 貴史
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35
 80番地 ファナック株式会社内
 (72)発明者 中川 浩
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場35
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ツールの作業位置のずれ量を取得する装置、及び方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

移動機械によってツールを移動させて該ツールでワークの目標位置に対して作業を行うときの該目標位置に対する該ツールの作業位置のずれ量を取得する装置であって、
プロセッサと、

前記ツールに対して所定の位置関係に配置されるカメラと、を備え、
前記プロセッサは、

前記ツールに前記作業のための動作を実行させるための指令を送信する時点、又は該送信する時点から所定時間が経過した時点、としての第1の時点で前記カメラに前記目標位置を撮像させる一方、前記ツールに実際の前記動作を実行せず、

前記目標位置の、前記カメラが撮像した画像データにおける位置と、前記作業位置の該画像データにおける位置を示す情報と、に基づいて、前記第1の時点での前記作業位置と前記目標位置との間のずれ量を取得する、装置。

【請求項2】

前記情報を予め記憶する記憶部をさらに備える、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記ツールに設けられ、前記カメラが前記画像データを撮像するときに、前記作業位置を示すための光を前記ワークに照射する光照射装置をさらに備え、

前記プロセッサは、前記画像データにおける前記光の位置を前記情報として用いて、前記ずれ量を取得する、請求項1に記載の装置。

【請求項 4】

前記ツールは、固定電極と、該固定電極に対して接近及び離反するように軸線に沿って移動する可動電極と、を有する溶接ガンであって、

前記可動電極は、前記作業を行うときに前記ワークと前記作業位置で当接し、
前記指令は、

前記可動電極を移動させるための指令、又は、

前記固定電極及び前記可動電極を通電するために電圧を供給するための指令、である
、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 5】

前記カメラは、該カメラの視線方向が前記軸線と平行となるように、配置される、請求
項 4 に記載の装置。 10

【請求項 6】

前記カメラは、前記視線方向が前記軸線と一致するように、前記可動電極の位置に配置
される、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記ツールは、光軸に沿ってレーザ光を出射するレーザ加工ヘッドであって、

前記指令は、前記レーザ光を生成するための指令である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項
に記載の装置。

【請求項 8】

前記カメラは、該カメラの視線方向が前記光軸と一致するように、配置される、請求項
7 に記載の装置。 20

【請求項 9】

前記ツールは、部品を把持し、該部品を前記目標位置に設けられた穴に嵌合させるロボ
ットハンドであって、

前記指令は、前記移動機械によって前記ツールを前記穴へ向かって移動させるための指
令である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 10】

前記カメラは、該カメラの視線方向が、前記ツールが把持する前記部品の軸線と平行と
なるように、配置される、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記プロセッサは、取得した前記ずれ量に基づいて、前記第 1 の時点での前記作業位置が
前記目標位置に配置されるように前記移動機械の位置を補正する、請求項 1 ~ 10 のい
ずれか 1 項に記載の装置。 30

【請求項 12】

前記カメラは、前記第 1 の時点の前又は後の第 2 の時点での前記目標位置をさらに撮像し、

前記プロセッサは、前記目標位置の、前記第 2 の時点での前記カメラが撮像した第 2 の画
像データにおける位置と、前記作業位置の該第 2 の画像データにおける位置を示す情報と
に基づいて、前記第 2 の時点での前記ツールと前記目標位置との間の第 2 のずれ量をさら
に取得する、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 13】

前記プロセッサは、

前記画像データの座標を規定するカメラ座標系における前記目標位置の座標と、前記
カメラ座標系における前記作業位置の座標と、を用いて、前記カメラ座標系における前記
目標位置と前記作業位置との差を求め、

前記ツール又は前記移動機械に対して設定される制御座標系と前記カメラ座標系との
既知の位置関係と前記差とを用いて、前記制御座標系における前記ずれ量を取得する、請
求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 14】

移動機械によってツールを移動させて該ツールでワークの目標位置に対して作業を行う
ときの該目標位置に対する該ツールの作業位置のずれ量を取得する方法であって、 50

プロセッサが、

前記ツールに前記作業のための動作を実行させるための指令を送信する時点、又は該送信する時点から所定時間が経過した時点、としての第1の時点で、前記ツールに対して所定の位置関係に配置されたカメラに前記目標位置を撮像させる一方、前記ツールに実際の前記動作を実行させず、

前記目標位置の、前記カメラが撮像した画像データにおける位置と、前記作業位置の該画像データにおける位置を示す情報と、に基づいて、前記第1の時点での前記作業位置と前記目標位置との間のずれ量を取得する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークの目標位置に対するツールの作業位置のずれ量を取得する装置、及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ワークの目標位置に対するツールの作業位置のずれを解消すべく、ワークの目標位置をカメラで撮像し、撮像した画像データからロボットの教示点を補正する技術が知られている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2009-125839号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ワークの目標位置に対するツールの作業位置のずれを、実際の作業に則してより高精度に取得する技術が求められている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様において、移動機械によってツールを移動させて該ツールでワークの目標位置に対して作業を行うときの該目標位置に対する該ツールの作業位置のずれ量を取得する装置は、ツールに対して所定の位置関係に配置され、ツールに作業のための動作を実行させる第1の時点で目標位置を撮像するカメラと、目標位置の、カメラが撮像した画像データにおける位置と、作業位置の該画像データにおける位置を示す情報と、に基づいて、第1の時点での作業位置と目標位置との間のずれ量を取得するずれ量取得部とを備える。

30

【0006】

本開示の他の態様において、移動機械によってツールを移動させて該ツールでワークの目標位置に対して作業を行うときの該目標位置に対する該ツールの作業位置のずれ量を取得する方法は、ツールに対して所定の位置関係に配置されたカメラで、ツールに作業のための動作を実行させる第1の時点で目標位置を撮像し、目標位置の、カメラが撮像した画像データにおける位置と、作業位置の該画像データにおける位置を示す情報と、に基づいて、第1の時点での作業位置と目標位置との間のずれ量を取得する。

40

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、画像データから、ワーク上の目標位置と、該ワークに対してツールが実際に作業すると推定される作業位置との間のずれ量を、オペレータが測定することなく、自動的且つ高精度に求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一実施形態に係る機械システムのブロック図である。

50

【図 2】図 1 に示す機械システムの概略図である。

【図 3】図 2 に示すツールの拡大図である。

【図 4】一実施形態に係るワークの概略図である。

【図 5】図 3 に示すカメラが撮像する画像データの一例を示す。

【図 6】ツール及びカメラの位置関係の他の例を示す。

【図 7】図 6 に示すカメラが撮像する画像データの一例を示す。

【図 8】ツール及びカメラの位置関係のさらに他の例を示す。

【図 9】図 8 に示すカメラが撮像する画像データの一例を示す。

【図 10】他の実施形態に係る機械システムのブロック図である。

【図 11】図 10 に示すツール、カメラ、及び光照射装置の拡大図である。

10

【図 12】図 11 に示すカメラが撮像する画像データの一例を示す。

【図 13】図 3 に示すカメラが撮像する画像データの他の例を示す。

【図 14】図 3 に示すカメラが撮像する画像データのさらに他の例を示す。

【図 15】他の実施形態に係るツールの拡大図である。

【図 16】さらに他の実施形態に係るツールの拡大図である。

【図 17】図 16 に示すツールが部品を穴に嵌合させる作業を行っている状態を示す。

【図 18】図 16 に示すツールにカメラを設置した状態を示す。

【図 19】図 18 に示すカメラが撮像する画像データの一例を示す。

【図 20】さらに他の実施形態に係る機械システムのブロック図である。

【図 21】さらに他の実施形態に係る機械システムのブロック図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する種々の実施形態において、同様の要素には同じ符号を付し、重複する説明を省略する。まず、図 1 ~ 図 3 を参照して、一実施形態に係る機械システム 10 について説明する。機械システム 10 は、制御装置 12、移動機械 14、ツール 16、及びカメラ 17 を備える。

【0010】

制御装置 12 は、プロセッサ (CPU、GPU 等) 18、及び記憶部 (ROM、RAM 等) 20 を有するコンピュータであって、移動機械 14、ツール 16、及びカメラ 17 を制御する。プロセッサ 18 は、記憶部 20 とバス 19 を介して互いに通信可能に接続され、記憶部 20 と通信しつつ、各種演算を実行する。

30

【0011】

図 2 に示すように、移動機械 14 は、垂直多関節型ロボットであって、ベース部 22、旋回胴 24、下腕部 26、上腕部 28、及び手首部 30 を有する。ベース部 22 は、作業セルの床の上に固定される。旋回胴 24 は、鉛直軸周りに回動可能となるようにベース部 22 に設けられている。下腕部 26 は、水平軸周りに回動可能となるように旋回胴 24 に設けられている。

【0012】

上腕部 28 は、下腕部 26 の先端部に回動可能に設けられている。手首部 30 は、上腕部 28 の前端部に回動可能に設けられている。ベース部 22、旋回胴 24、下腕部 26、上腕部 28、及び手首部 30 には、複数のサーボモータ 31 (図 1) がそれぞれ内蔵されている。プロセッサ 18 は、各サーボモータ 31 に指令を送り、該サーボモータ 31 によって移動機械 14 の各可動要素 (すなわち、旋回胴 24、下腕部 26、上腕部 28、手首部 30) を駆動する。

40

【0013】

ツール 16 は、手首部 30 に取り付けられている。本実施形態においては、ツール 16 は、スポット溶接ガンである。具体的には、図 3 に示すように、ツール 16 は、ベース部 32、固定アーム 34、可動アーム 36、サーボモータ 38、固定電極 44、及び可動電極 46 を有する。

【0014】

50

ベース部 3 2 は、手首部 3 0 に連結されている。固定アーム 3 4 は、その基端 4 0 がベース部 3 2 に固定されており、その先端 4 2 に固定電極 4 4 が固定されている。本実施形態においては、固定アーム 3 4 は、基端 4 0 から先端 4 2 まで略 L 字状に湾曲して延在する。

【 0 0 1 5 】

可動アーム 3 6 は、軸線 A (いわゆる、ガン軸) に沿って移動可能となるように、ベース部 3 2 に設けられている。本実施形態においては、可動アーム 3 6 は、直線状に延びる棒状部材であって、その上端部 (図示せず) が、運動変換機構 4 8 を介して、サーボモータ 3 8 の出力シャフト (図示せず) に機械的に接続され、その下端に可動電極 4 6 が固定されている。

10

【 0 0 1 6 】

運動変換機構 4 8 は、例えば、ボール螺子機構、又は、タイミングベルト及びブーリーからなる機構を含み、サーボモータ 3 8 の出力シャフトの回転運動を、軸線 A に沿った往復運動へ変換する。可動アーム 3 6 は、この運動変換機構 4 8 を介して、サーボモータ 3 8 によって軸線 A に沿って往復動される。

【 0 0 1 7 】

固定電極 4 4 及び可動電極 4 6 は、軸線 A 上に整列するように配置されている。サーボモータ 3 8 が可動アーム 3 6 を移動させるにつれて、可動電極 4 6 は、固定電極 4 4 に対して接近及び離反するように、軸線 A に沿って移動される。固定電極 4 4 及び可動電極 4 6 は、プロセッサ 1 8 からの指令に応じて通電する。これにより、固定電極 4 4 及び可動電極 4 6 の間に挟持したワークをスポット溶接することができる。

20

【 0 0 1 8 】

図 2 に示すように、移動機械 1 4 には、移動機械座標系 C_M が設定される。移動機械座標系 C_M は、移動機械 1 4 の各可動要素を自動制御するための制御座標系 (いわゆる、ロボット座標系) である。本実施形態においては、移動機械座標系 C_M の原点が、ベース部 2 2 の中心に配置され、移動機械座標系 C_M の z 軸が、実空間の鉛直方向に平行であり、旋回胴 2 4 が、移動機械座標系 C_M の z 軸周りに回動されるように、移動機械座標系 C_M が移動機械 1 4 に対して設定される。

【 0 0 1 9 】

一方、ツール 1 6 には、図 3 に示すようにツール座標系 C_T が設定される。このツール座標系 C_T は、3 次元空間内におけるツール 1 6 の位置を自動制御するための制御座標系である。なお、本稿において、「位置」とは、位置及び姿勢を意味することがある。本実施形態においては、ツール座標系 C_T の原点が固定電極 4 4 上 (例えば、上面の中心) に位置し、ツール座標系 C_T の z 軸が軸線 A と一致する (又は平行となる) ように、ツール座標系 C_T がツール 1 6 に対して設定されている。

30

【 0 0 2 0 】

プロセッサ 1 8 は、ツール 1 6 の位置を、ツール座標系 C_T によって規定される位置に一致させるように、移動機械 1 4 の各可動要素を移動機械座標系 C_M において動作させる。こうして、ツール 1 6 は、移動機械 1 4 によって移動され、移動機械座標系 C_M における任意の位置に配置される。

40

【 0 0 2 1 】

カメラ 1 7 は、CCD 又は CMOS 等の撮像センサと、フォーカスレンズ等の光学系とを有し、ツール 1 6 に対して所定の位置関係に配置される。本実施形態においては、カメラ 1 7 は、図 3 に示すように、その視線方向 D が軸線 A (すなわち、ツール座標系 C_T の z 軸) と一致するように、可動電極 4 6 上の位置に配置されている。図 3 に示す状態においては、可動アーム 3 6 は、軸線 A の方向における予め定めた位置 (例えば、固定電極 4 4 から最も離反した後退位置) に静止して配置されている。

【 0 0 2 2 】

カメラ 1 7 は、視線方向 D に沿って物体を撮像し、撮像した画像データを、制御装置 1 2 へ供給する。カメラ 1 7 に対しては、カメラ座標系 C_C が設定される。カメラ座標系 C_C

50

は、カメラ 17 が撮像する画像データの各画素の座標を規定する座標系であって、カメラ 17 によって撮像された画像データの各画素は、カメラ座標系 C_C で座標化される。

【0023】

次に、図 1 ~ 図 4 を参照してツール 16 が行う作業について説明する。ツール 16 は、図 4 に示すワーク W 上に設定された複数の目標位置 B_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) に対してスポット溶接作業を行う。ワーク W は、例えば、自動車の車体用板金である。プロセッサ 18 は、移動機械 14 を動作させて、ツール 16 を、第 n の目標位置 B_n に対するスポット溶接作業を実行するための第 n の教示点 C_n に配置させる。

【0024】

具体的には、プロセッサ 18 は、ツール座標系 C_T を、その原点が第 n の教示点 C_n に配置され、且つ、その z 軸が第 n の目標位置 B_n を通過するように、設定する。そして、プロセッサ 18 は、ツール 16 の位置を、設定したツール座標系 C_T によって規定される位置に一致させるように、移動機械 14 を動作させる。

10

【0025】

こうして、プロセッサ 18 は、ツール 16 を第 n の教示点 C_n に配置する。ツール 16 が第 n の教示点 C_n に配置されたとき、第 n の目標位置 B_n は、可動電極 46 と固定電極 44 との間に配置される。なお、第 n の教示点 C_n は、第 n の目標位置 B_n に一致してもよいし、該第 n の目標位置 B_n から所定の方向（例えば、ツール座標系 C_T の z 軸マイナス方向）へ離隔してもよい。

【0026】

ツール 16 を第 n の教示点 C_n に配置させるとともに、プロセッサ 18 は、ツール 16 のサーボモータ 38 を駆動して、可動電極 46 を固定電極 44 に接近するように移動させ、ワーク W の第 n の目標位置 B_n を、可動電極 46 と固定電極 44 との間で挟み込む。なお、プロセッサ 18 は、ツール 16 を第 n の教示点 C_n に配置させたときに可動電極 46 を固定電極 44 に接近させる動作を開始してもよい。

20

【0027】

代替的には、プロセッサ 18 は、ツール 16 を第 n の教示点 C_n へ移動させているときに可動電極 46 を固定電極 44 に接近させる動作を開始してもよい。可動電極 46 と固定電極 44 との間でワーク W の第 n の目標位置 B_n を挟み込んだとき、プロセッサ 18 は、可動電極 46 及び固定電極 44 を通電させ、該第 n の目標位置 B_n をスポット溶接する。プロセッサ 18 は、このようなスポット溶接作業を、全ての目標位置 B_n に対して繰り返し実行する。

30

【0028】

プロセッサ 18 は、このようなスポット溶接作業のための一連の動作を、作業プログラムに従って実行する。この作業プログラムは、ツール 16 を第 n の教示点 C_n へ位置決めする動作を移動機械 14 に教示すること等により構築され、記憶部 20 に予め記憶される。作業プログラムは、第 n の教示点 C_n の位置情報（移動機械座標系 C_M における座標）、ツール 16 を第 n の教示点 C_n へ位置決めするための位置決め指令、可動電極 46 及び固定電極 44 にスポット溶接を実行させるための溶接開始指令等を含む。

【0029】

ここで、プロセッサ 18 が作業プログラムに従って可動電極 46 と固定電極 44 との間で第 n の目標位置 B_n を挟み込む動作を行ったときに、可動電極 46 及び固定電極 44 が実際にワーク W と当接する作業位置が、第 n の目標位置 B_n からずれ得る。このようなずれは、例えば、移動機械 14 によってツール 16 を移動させるときの加減速等によって該ツール 16 に生じる微小振動に起因する。

40

【0030】

そこで、本実施形態においては、プロセッサ 18 は、第 n の目標位置 B_n に対するツール 16 の作業位置のずれ量を取得する。以下、機械システム 10 においてずれ量を取得する動作について説明する。ずれ量を取得する動作の準備段階として、オペレータは、ワーク W の第 n の目標位置 B_n の各々に、マークを付す。

50

【 0 0 3 1 】

このマークは、例えば、ワークWに設けられた刻印、シール、又は塗装であって、第nの目標位置B_nを、カメラ17が撮像する画像に視覚的に写るようにするためのものである。なお、第nの目標位置B_nに視認可能な特徴（角部、凹部等）がある場合は、マークを省略することもできる。

【 0 0 3 2 】

ワークWを移動機械14に対して所定位置にセットした後、プロセッサ18は、作業プログラムに従って移動機械14を動作させて、ツール16を第nの教示点C_nへ向かって移動させる。そして、プロセッサ18は、第nの目標位置B_nに対するスポット溶接作業のための動作をツール16に実行させる時点_nで、該第nの目標位置B_nをカメラ17に撮像させる。10

【 0 0 3 3 】

一例として、カメラ17で撮像する時点_nは、ツール16の可動電極46及び固定電極44をワークWと当接させる時点に設定される。可動電極46及び固定電極44がワークWと当接する時点は、予測可能である。具体的には、プロセッサ18は、作業プログラムから溶接開始指令を受け付け、可動電極46を固定電極44へ向かって移動させるための指令をサーボモータ38へ送信する。

【 0 0 3 4 】

プロセッサ18がサーボモータ38へ指令を送信してから、該サーボモータ38が可動電極46を移動させて固定電極44との間でワークWを挟み込むまでの時間_xは、サーボモータ38の加減速特性等から予測できる。したがって、可動電極46及び固定電極44がワークWと当接する時点_nは、プロセッサ18がサーボモータ38へ指令を送信した時点から時間_xだけ経過した時点として、定めることができる。20

【 0 0 3 5 】

他の例として、カメラ17で撮像する時点_nは、プロセッサ18が作業プログラムから溶接開始指令を受け付けて、可動電極46を移動させるための指令をサーボモータ38へ送信した時に設定され得る。さらに他の例として、カメラ17で撮像する時点_nは、ワークWを挟み込んだ可動電極46及び固定電極44に通電させる時に設定され得る。該通電させる時は、例えば、プロセッサ18が、可動電極46及び固定電極44に電圧を供給する電圧源（図示せず）へ電圧供給指令を送信した時点（又は、該時点から予め定めた時間経過後の時点）である。カメラ17で撮像する時点_nは、オペレータによって定められる。30

【 0 0 3 6 】

なお、本実施形態においては、プロセッサ18は、この時点_nにおいて、可動電極46を固定電極44へ向かって実際に移動させない。例えば、プロセッサ18は、可動電極46を移動させるための指令をサーボモータ38へ実際に送信せずに、該指令を送信するタイミングだけを認識するように構成されてもよい。又は、プロセッサ18は、サーボモータ38を実際に動作させない疑似指令を該サーボモータ38に送信してもよい。

【 0 0 3 7 】

時点_nでカメラ17が撮像した画像データを画像化した例を図5に示す。図5に示す画像データ60においては、ワークW上の第nの目標位置B_nが写っている。なお、図5においては、参考のために、ワークWの裏面側にある固定電極44を点線表示するとともに、ツール座標系C_Tを図示している。40

【 0 0 3 8 】

上述したように、本実施形態においては、カメラ17は、その視線方向Dが軸線Aと一致するように配置されている。この場合、画像データ60の中心に、固定電極44（又はツール座標系C_Tの原点）が配置される。したがって、画像データ60においては、その中心点（中心の画素）F_nが、実際のスポット溶接作業時に可動電極46を固定電極44へ移動させたときに可動電極46及び固定電極44がワークWと当接して挟み込む作業位置であると見做すことができる。50

【 0 0 3 9 】

記憶部 20 は、カメラ座標系 C_C における中心点 F_n の座標を、画像データ 60 における作業位置の位置を示す情報として、予め記憶する。画像データ 60 においては、第 n の目標位置 B_n は、中心点（すなわち、ツール 16 の作業位置） F_n から、カメラ座標系 C_C の x 軸プラス方向へ差 x_c 、 y 軸プラス方向へ差 y_c だけ、ずれている。換言すれば、画像データ 60 において第 n の目標位置 B_n は作業位置 F_n から、差 E_c ($|E_c| = (\sqrt{x_c^2 + y_c^2})^{1/2}$) だけ、ずれている。なお、これら差 x_c 、 y_c 、及び E_c は、ベクトルである。

【 0 0 4 0 】

プロセッサ 18 は、カメラ 17 から取得した画像データ 60 を解析し、第 n の目標位置 B_n を写す 1 つの画素（例えば、第 n の目標位置 B_n の画像領域の中心の画素）の、カメラ座標系 C_C における座標を取得する。そして、プロセッサ 18 は、カメラ座標系 C_C における第 n の目標位置 B_n の座標と、予め記憶された作業位置（中心点） F_n の座標とを用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c （又は E_c ）を求め、該差 x_c 及び y_c （又は E_c ）と、ツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との既知の位置関係とを用いて、ツール座標系 C_T における作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量を取得する。10

【 0 0 4 1 】

ここで、カメラ 17 とツール 16 とが、互いに既知の位置関係に配置されているので、ツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との位置関係を表す第 1 の変換行列（例えば同次変換行列）の各パラメータは、ツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C とを校正することにより、求めることができる。この校正により、ツール座標系 C_T の座標と、カメラ座標系 C_C の座標とは、第 1 の変換行列を介して、相互に変換できる。20

【 0 0 4 2 】

プロセッサ 18 は、第 1 の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c 、又は差 E_c を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T 、又はずれ量 E_T に変換する。これらずれ量 x_T 、 y_T 、及び E_T は、ベクトルである。こうして、プロセッサ 18 は、時点 n でのツール座標系 C_T における作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を取得できる。

【 0 0 4 3 】

以上のように、プロセッサ 18 は、第 n の目標位置 B_n の画像データ 60 における位置と、画像データ 60 に定められる作業位置 F_n の位置に基づいて、時点 n での作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を取得する。したがって、本実施形態においては、プロセッサ 18 は、ずれ量取得部 52 として機能する。30

【 0 0 4 4 】

このように取得されたずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）は、ツール 16 を第 n の教示点 C_n に配置した時点での目標位置 B_n と作業位置 F_n とのずれ量ではなく、ツール 16 にスポット溶接作業のための動作（例えば、サーボモータ 38 への指令、可動電極 46 のワーク W への当接、可動電極 46 及び固定電極 44 への通電）を実行させる時点 n での目標位置 B_n と作業位置 F_n とのずれ量を正確に表すデータとなる。

【 0 0 4 5 】

次いで、プロセッサ 18 は、取得したずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）に基づいて、時点 n で作業位置 F_n が第 n の目標位置 B_n に配置されるように、移動機械 14 の位置を補正する。例えば、図 5 に示す例の場合、プロセッサ 18 は、作業プログラムに規定されていた第 n の教示点 C_n を、ツール座標系 C_T の x 軸マイナス方向へずれ量 x_T 、ツール座標系 C_T の y 軸プラス方向へずれ量 y_T だけ移動させた位置に、自動で補正する。又は、プロセッサ 18 は、第 n の教示点 C_n を、ツール座標系 C_T においてずれ量 E_T だけ移動させた位置に、補正する。40

【 0 0 4 6 】

このようにして、プロセッサ 18 は、作業プログラムに含まれる第 n の教示点 C_n の位置情報を補正し、これにより、作業プログラムを更新する。したがって、プロセッサ 18

10

20

30

40

50

は、移動機械 14 の位置（第 n の教示点 C_n）を補正する位置補正部 54（図 1）として機能する。

【0047】

以上のように、本実施形態においては、時点 t_n で第 n の目標位置 B_n を撮像するカメラ 17 と、ずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を取得するずれ量取得部 52 とによって、第 n の目標位置 B_n に対するツール 16 の作業位置 F_n のずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を取得している。したがって、カメラ 17 及びずれ量取得部 52 は、第 n の目標位置 B_n に対するツール 16 の作業位置 F_n のずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を取得する装置 50（図 1）を構成する。

【0048】

この装置 50 によれば、画像データ 60 から、ワーク W 上の第 n の目標位置 B_n と、該ワーク W に対してツール 16 が実際に作業すると推定される作業位置 F_n との間のずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を、オペレータが測定することなく、自動的且つ高精度に求めることができる。

【0049】

また、本実施形態においては、記憶部 20 は、装置 50 を構成し、カメラ座標系 C_C における中心点 F_n の座標を、画像データ 60 における作業位置 F_n の位置を示す情報として予め記憶している。この構成によれば、作業位置 F_n の位置を都度設定したり、検出したりする必要がないので、ずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を、比較的簡単なアルゴリズムで迅速に取得できる。

【0050】

また、本実施形態においては、位置補正部 54 は、装置 50 を構成し、取得したずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）に基づいて移動機械 14 の位置（第 n の教示点 C_n）を補正している。この構成によれば、プロセッサ 18 が、更新後の作業プログラムに従ってスポット溶接作業の一連の動作を実行したときに、ツール 16 の作業位置 F_n（可動電極 46 及び固定電極 44 の挟持位置）を目標位置 B_n に、より高精度に配置させることができる。また、オペレータが手動で教示点 C_n の補正を行う作業を省くことができるので、移動機械 14 の教示に掛かる作業を軽減できる。

【0051】

また、本実施形態においては、プロセッサ 18 は、ずれ量取得部 52 として機能して、カメラ座標系 C_C における差 x_C 及び y_C （又は E_C ）を求め、該差 x_C 及び y_C （又は E_C ）と、ツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との既知の位置関係（具体的には、第 1 の変換行列）とを用いて、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を求めている。この構成によれば、画像データ 60 から、制御座標系におけるずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を、より高精度に求めることができる。

【0052】

また、本実施形態においては、カメラ 17 は、その視線方向 D が軸線 A（すなわち、ツール座標系の z 軸）と一致するように可動電極 46 上の位置に配置されている。この場合、カメラ 17 が撮像する画像データ 60 の中心点 F_n に、ツール 16 の作業位置 F_n が配置されることになる。

【0053】

この構成によれば、オペレータは、画像データ 60 を視認したときに、第 n の目標位置 B_n からの作業位置 F_n のずれの大きさ及び方向を、直感的に把握することができる。また、ツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C とを校正するときに、視線方向 D（ツール座標系の z 軸）のパラメータのみを考慮すればよいので、校正作業を簡易化できる。

【0054】

なお、カメラ 17 の設置位置は、図 3 に示す形態（すなわち、可動電極 46 の位置）に限定されない。以下、図 6 を参照して、ツール 16 に対するカメラ 17 の設置位置の他の例について説明する。図 6 に示す形態においては、カメラ 17 は、取り付け具 62 を介してベース部 32 に取り付けられて、ツール 16 に対して所定の位置関係に配置される。

【0055】

10

20

30

40

50

具体的には、カメラ 17 は、その視線方向 D が軸線 A と平行であり、視線方向 D が軸線 A から所定の距離だけオフセットされ、且つ、カメラ 17 の視野に固定電極 44 が含まれるように、ツール 16 に対して固定されている。図 6 に示すカメラ 17 で、スポット溶接作業のための動作をツール 16 に実行させる時点 n で第 n の目標位置 B_n を撮像した画像データを画像化した例を、図 7 に示す。

【0056】

図 7 に示す画像データ 64においては、実際のスポット溶接作業時に可動電極 46 を固定電極 44 へ移動させたときに可動電極 46 及び固定電極 44 がワーク W と当接して挟み込む作業位置 F_n （又は、ツール座標系 C_T の原点）は、画像データ 64 の中心（すなわち、視線方向 D）からずれることになる。

10

【0057】

このときの画像データ 64 における作業位置 F_n の位置は、カメラ 17（具体的には、視線方向 D）とツール 16（具体的には、固定電極 44、又はツール座標系 C_T の原点）との位置関係に応じて、定められる。記憶部 20 は、画像データ 64 における作業位置 F_n の位置を示す情報として、カメラ座標系 C_C における作業位置 F_n の座標を記憶部 20 に予め記憶する。

【0058】

プロセッサ 18 は、カメラ 17 が撮像した画像データ 64 を解析し、第 n の目標位置 B_n を写す 1 つの画素のカメラ座標系 C_C における座標を取得し、該座標と、予め記憶された作業位置 F_n の座標とを用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c （又は E_c ）を求める。

20

【0059】

ここで、図 6 に示すカメラ 17 とツール 16 とは、互いに既知の位置関係に配置されているので、図 6 中のツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との位置関係を表す第 2 の変換行列（例えば同次変換行列）の各パラメータは、ツール座標系 C_T とカメラ座標系とを校正することにより、求めることができる。この校正により、ツール座標系 C_T の座標と、カメラ座標系 C_C の座標とは、第 2 の変換行列を介して、相互に変換できる。

【0060】

プロセッサ 18 は、第 2 の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c 、又は差 E_c を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T 、又はずれ量 E_T に変換する。こうして、プロセッサ 18 は、時点 n での作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を取得できる。

30

【0061】

図 8 に、ツール 16 に対するカメラ 17 の設置位置のさらに他の例を示す。図 8 に示す形態においては、カメラ 17 は、ツール 16 に対して、その視線方向 D が軸線 A に対して所定の角度 θ で傾斜し、且つ、カメラ 17 の視野に固定電極 44 が含まれる位置関係に、固定されている。図 8 に示すカメラ 17 で、スポット溶接作業のための動作をツール 16 に実行させる時点 n で第 n の目標位置 B_n をカメラ 17 で撮像した画像データを画像化した例を、図 9 に示す。

【0062】

図 9 に示す画像データ 66 における作業位置 F_n （又は、ツール座標系 C_T の原点）の位置は、カメラ 17 とツール 16 との位置関係に応じて定められる。例えば、カメラ 17 がツール 16 に対して、その視線方向 D がツール座標系 C_T の原点を通過する位置関係に配置された場合、画像データ 66 の中心点 F_n を作業位置 F_n と見做すことができる。記憶部 20 は、画像データ 66 における作業位置 F_n の位置を示す情報として、カメラ座標系 C_C における作業位置 F_n の座標を記憶部 20 に予め記憶する。

40

【0063】

プロセッサ 18 は、カメラ 17 が撮像した画像データ 66 を解析し、第 n の目標位置 B_n を写す 1 つの画素のカメラ座標系 C_C における座標を取得し、該座標と、予め記憶された作業位置 F_n の座標とを用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c （又は E_c ）

50

を求める。

【 0 0 6 4 】

図 8 に示すカメラ 17 とツール 16 とは、互いに既知の位置関係に配置されているので、図 8 中のツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との位置関係を表す第 3 の変換行列（例えば同次変換行列）の各パラメータは、ツール座標系 C_T とカメラ座標系とを校正することにより、求めることができる。この校正により、ツール座標系 C_T の座標と、カメラ座標系 C_C の座標とは、第 3 の変換行列を介して、相互に変換できる。

【 0 0 6 5 】

プロセッサ 18 は、第 3 の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_C 及び y_C 、又は差 E_C を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T 、又はずれ量 E_T に変換する。こうして、プロセッサ 18 は、時点 n での作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）を取得できる。

10

【 0 0 6 6 】

次に、図 10 及び図 11 を参照して、他の実施形態に係る機械システム 70 について説明する。機械システム 70 は、上述の機械システム 10 と、光照射装置 72 をさらに備える点で相違する。なお、本実施形態におけるカメラ 17 とツール 16 との位置関係は、図 6 に示す形態と同じである。

【 0 0 6 7 】

光照射装置 72 は、例えばレーザポインタであって、光軸 O に沿って直進する光（例えば、レーザ光）を出力する。光照射装置 72 は、その光軸 O が軸線 A（又は、ツール座標系 C_T の z 軸）と一致するように、可動電極 46 上の位置に配置されている。図 11 に示す状態においては、可動アーム 36 は、軸線 A の方向における予め定めた位置（例えば、固定電極 44 から最も離反した後退位置）に静止して配置されている。

20

【 0 0 6 8 】

次に、機械システム 70 においてずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を取得する動作について説明する。プロセッサ 18 は、上述の実施形態と同様に、作業プログラムに従って移動機械 14 を動作させて、ツール 16 を第 n の教示点 C_n へ移動させ、スポット溶接作業のための動作をツール 16 に実行させる時点 n で、マーク等により視認可能とされている第 n の目標位置 B_n を、カメラ 17 で撮像する。

【 0 0 6 9 】

ここで、本実施形態においては、プロセッサ 18 は、第 n の目標位置 B_n をカメラ 17 で撮像する前に、光照射装置 72 を動作させて、光照射装置 72 に光を出力させる。時点 n でカメラ 17 が撮像した画像データを画像化した例を図 12 に示す。図 12 に示す画像データ 84 においては、ワーク W 上の第 n の目標位置 B_n とともに、光照射装置 72 からワーク W の表面に照射された光 86 が写っている。

30

【 0 0 7 0 】

光照射装置 72 は、その光軸 O が軸線 A（ツール座標系 C_T の z 軸）と一致するように配置されているので、画像データ 84 における光 86 の位置は、実際のスポット溶接作業時に可動電極 46 及び固定電極 44 がワーク W と当接して挟み込む作業位置 F_n を示すものと見做すことができる。

40

【 0 0 7 1 】

プロセッサ 18 は、画像データ 84 において光 86 を写す 1 つの画素（例えば、光 86 の画像領域の中心の画素）のカメラ座標系 C_C における座標を取得し、該座標を、画像データ 84 における作業位置 F_n の位置を示す情報として記憶部 20 に記憶する。また、プロセッサ 18 は、カメラ 17 が撮像した画像データ 84 を解析し、第 n の目標位置 B_n を写す 1 つの画素のカメラ座標系 C_C における座標を取得する。そして、プロセッサ 18 は、画像データ 84 に写る光 86 から求めた作業位置 F_n の座標と、第 n の目標位置 B_n の座標とを用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_C 及び y_C （又は E_C ）を求める。

【 0 0 7 2 】

そして、プロセッサ 18 は、図 11 中のツール座標系 C_T とカメラ座標系 C_C との位置

50

関係を表す第2の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c 、又は差 E_c を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T 、又はずれ量 E_T に変換する。こうして、プロセッサ18は、時点 n での作業位置 F_n と第nの目標位置 B_n との間のずれ量 x_T 及び y_T (又は E_T)を取得できる。

【0073】

本実施形態においては、カメラ17、記憶部20、ずれ量取得部52、位置補正部54、及び光照射装置72は、第nの目標位置 B_n に対するツール16の作業位置 F_n のずれ量 x_T 、 y_T 、 E_T を取得する装置80(図10)を構成する。そして、光照射装置72が、カメラ17が画像データ84を撮像するときに、作業位置 F_n を示すための光をワークWに照射している。

10

【0074】

本実施形態によれば、画像データ84における作業位置 F_n の位置を示す情報を予め準備する必要がなく、画像データ84に写る光86から、該画像データ84における作業位置 F_n の位置を示す情報(すなわち、画像データ84において光86を写す画素のカメラ座標系 C_C における座標)を自動で取得できる。

【0075】

なお、上述の実施形態において、カメラ17は、時点 n よりも時間 t だけ前の時点 $n - t$ 、又は、時点 n よりも時間 t だけ後の時点 $n + t$ で、第nの目標位置 B_n をさらに撮像してもよい。換言すれば、カメラ17は、時点 n を含む、時系列的に連続する複数の時点 $n - t$ 、 n 、 $n + t$ で、第nの目標位置 B_n を周期 t で連続的に撮像(すなわち、動画撮影)してもよい。連写の周期 t は、カメラ17の光学的仕様等に応じて定められ得る。

20

【0076】

以下、図3に示す実施形態においてカメラ17が時点 $n - t$ 、 n 、及び $n + t$ で第nの目標位置 B_n を連続的に撮像した場合について説明する。図13に、時点 $n - t$ で第nの目標位置 B_n を撮像した画像データを画像化した例を示す。また、図14に、時点 $n + t$ で第nの目標位置 B_n を撮像した画像データを画像化した例を示す。なお、図13及び図14においては、参考のために、図5に示す画像データ60中の第nの目標位置 B_n の位置を、白点Gで示している。

30

【0077】

図13に示すように、時点 $n - t$ でカメラ17が撮像した画像データ90においては、第nの目標位置 B_n は、画像データ90の中心点(すなわち、作業位置) F_n から、カメラ座標系 C_C のx軸プラス方向へ差 x_c' 、y軸プラス方向へ差 y_c' だけ、ずれている。換言すれば、第nの目標位置 B_n は作業位置 F_n から、差 E_c' ($|E_c'| = (\mathbf{x}_c'^2 + \mathbf{y}_c'^2)^{1/2}$)だけ、ずれている。

【0078】

プロセッサ18は、上述した方法によって、カメラ座標系 C_C における差 x_c' 及び y_c' 、又は差 E_c' を求め、第1の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c' 及び y_c' 、又は差 E_c' を、ツール座標系 G におけるずれ量 x_T' 及び y_T' 、又はずれ量 E_T' に変換し、時点 $n - t$ での作業位置 F_n と第nの目標位置 B_n との間のずれ量 x_T' 及び y_T' (又は E_T')を取得できる。

40

【0079】

一方、図14に示すように、時点 $n + t$ でカメラ17が撮像した画像データ92においては、第nの目標位置 B_n は、画像データ92の中心点(すなわち、作業位置) F_n から、カメラ座標系 C_C のx軸プラス方向へ差 x_c'' 、y軸プラス方向へ差 y_c'' だけ、ずれている。換言すれば、第nの目標位置 B_n は作業位置 F_n から、差 E_c'' ($|E_c''| = (\mathbf{x}_c''^2 + \mathbf{y}_c''^2)^{1/2}$)だけ、ずれている。

【0080】

プロセッサ18は、上述した方法によって、カメラ座標系 C_C における差 x_c'' 及び y_c'' 、又は差 E_c'' を求め、第1の変換行列を用いて、カメラ座標系 C_C における差 x_c'' 及び y

50

c'' 、又は差 E_c'' を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T'' 及び y_T'' 、又はずれ量 E_T'' に変換し、時点 $n + t$ での作業位置 F_n と第 n の目標位置 B_n との間のずれ量 x_T'' 及び y_T'' （又は E_T'' ）を取得できる。このように、異なる複数の時点 $n - t$ 、 n 、 $n + t$ で、ずれ量が異なり得る。本実施形態においては、プロセッサ 18 は、異なる複数の時点 $n - t$ 、 n 、 $n + t$ で、ずれ量をそれぞれ取得する。

【0081】

ここで、作業対象のワーク W の実際の寸法（例えば、厚み）には、バラツキが生じる可能性がある。ワーク W の寸法にバラツキが生じると、該寸法に応じて、実際のスポット溶接作業時に可動電極 46 及び固定電極 44 がワーク W と当接して挟み込む時点も変動することになる。

10

【0082】

例えば、ワーク W の厚みの公称寸法が a_0 であり、寸法公差が ± 0.1 であり、且つ、時点 n が、公称寸法 a_0 のワーク W に対して可動電極 46 及び固定電極 44 が当接する時点として設定されたと仮定する。この場合において、実際の寸法が $a_0 + 0.1$ である（つまり、公称厚み寸法 a_0 よりも厚い）ワーク W を可動電極 46 及び固定電極 44 で挟持させると、可動電極 46 及び固定電極 44 が該ワーク W に当接する時点は、時点 n よりも前の時点となる。

【0083】

反対に、実際の厚み寸法が $a_0 - 0.1$ である（つまり、公称厚み寸法 a_0 よりも薄い）ワーク W を可動電極 46 及び固定電極 44 で挟持させると、可動電極 46 及び固定電極 44 が該ワーク W に当接する時点は、時点 n よりも後の時点となる。したがって、ワーク W の実際の厚み寸法が、公称厚み寸法 a_0 よりも薄い又は厚い場合、時点 n で第 n の目標位置 B_n を撮像したとしても、このときの画像データ中の第 n の目標位置 B_n は、可動電極 46 及び固定電極 44 が該ワーク W に当接する時点の位置を示していないことになり得る。

20

【0084】

そこで、本実施形態においては、カメラ 17 は、異なる複数の時点 $n - t$ 、 n 、 $n + t$ で第 n の目標位置 B_n を連写（動画撮影）し、プロセッサ 18 は、取得した複数の画像データ 60、90、92 の各々に関して、ずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）、 x_T' 及び y_T' （又は E_T' ）、並びに、 x_T'' 及び y_T'' （又は E_T'' ）を取得する。

30

【0085】

例えば、時点 $n - t$ が、 $a_0 + 0.1$ の寸法のワーク W に対して可動電極 46 及び固定電極 44 が当接する時点に対応し、時点 $n + t$ が、 $a_0 - 0.1$ の寸法のワーク W に対して可動電極 46 及び固定電極 44 が当接する時点に対応しているとすると、プロセッサ 18 は、公称寸法 a_0 のワーク W に関するずれ量 x_T 及び y_T （又は E_T ）と、公称寸法 $a_0 \pm$ 寸法公差の寸法のワーク W に関するずれ量 x_T' 及び y_T' （又は E_T' ）、及び、ずれ量 x_T'' 及び y_T'' （又は E_T'' ）とを、それぞれ取得することになる。

【0086】

このように、複数の時点 $n - t$ 、 n 、 $n + t$ で撮像した画像データ 60、90、92 からずれ量を取得することによって、ワーク W の寸法のバラツキに対応したずれ量を取得することができ得る。一例として、プロセッサ 18 は、以下の表 1 の画像を生成し、制御装置 12 に設けられたディスプレイ（図示せず）に表示させててもよい。

40

厚さ	公称寸法-公差	公称寸法	公称寸法+公差
ずれ量	x_T', y_T' (E_T')	x_T, y_T (E_T)	x_T'', y_T'' (E_T'')

表 1

【0087】

50

オペレータは、表1を参照することにより、第nの目標位置B_nに対するツール16の作業位置F_nのずれ量を、寸法公差を考慮して統計的に分析することが可能となる。なお、本実施形態においては、一例として、3つの時点 n-t, n, n+tでカメラ17が第nの目標位置B_nを撮像した場合について述べたが、公称寸法a₀のワークWに対応する時点 nを含む、4以上の時点で第nの目標位置B_nを連写してもよい。これにより、ずれ量をより詳細に分析できる。

【0088】

なお、上述の実施形態においては、ツール16がスポット溶接ガンである場合について述べたが、ツールはスポット溶接ガンに限定されない。以下、図15を参照して、他の実施形態に係るツール96について説明する。ツール96は、光軸Pに沿ってレーザ光を出射し、作業位置F_nでワークWをレーザ加工するレーザ加工ヘッドである。ツール96は、上述のツール16の代わりに、移動機械14の手首部30に取り付けられる。

10

【0089】

プロセッサ18は、ツール96の外部に設けられたレーザ発振器（図示せず）にレーザ発振指令を送り、該レーザ発振器は、光ファイバ等の導光路を通してレーザ光をツール96に供給する。ツール96は、出射口96aからレーザ光を光軸Pに沿って出射し、該レーザ光によってワークWをレーザ加工（レーザ切断、レーザ溶接等）する。ツール96に対して、ツール座標系C_Tが設定されている。本実施形態においては、ツール座標系C_Tは、その原点が出射口96aの中心に位置し、ツール座標系C_Tのz軸が光軸Pと一致する（又は平行となる）ように、ツール96に対して設定されている。

20

【0090】

プロセッサ18は、例えば図4に示すワークW上の第nの目標位置B_n（n=1, 2, ..., ）の各々に対してレーザ加工作業を行う。具体的には、プロセッサ18は、移動機械14を動作させて、ツール96を、第nの目標位置B_nに対するレーザ加工作業を実行するための第nの教示点C_nに配置させる。このとき、プロセッサ18は、ツール座標系C_Tを、その原点が第nの教示点C_nに配置され、且つ、そのz軸（すなわち、光軸P）が第nの目標位置B_nを通過するように、設定する。

【0091】

そして、プロセッサ18は、レーザ発振器にレーザ発振指令を送り、ツール96からレーザ光を出射し、該レーザ光によって、ワークWを作業位置F_nでレーザ加工する。すなわち、本実施形態における作業位置F_nは、ツール96がワークW上にレーザ光を照射する位置（又は、光軸PとワークWの表面との交点）である。

30

【0092】

プロセッサ18は、このようなレーザ加工作業を、全ての目標位置B_nに対して繰り返し実行する。プロセッサ18は、このようなレーザ加工作業のための一連の動作を、作業プログラムに従って実行する。この作業プログラムは、記憶部20に予め記憶される。作業プログラムは、第nの教示点C_nの位置情報、ツール96を第nの教示点C_nへ位置決めするための位置決め指令、レーザ発振器へのレーザ発振指令等を含む。

【0093】

プロセッサ18が作業プログラムに従ってツール96を第nの教示点C_nに配置して、該ツール96からレーザ光を出力する動作を行ったときに、該レーザ光が実際にワークW上に照射される作業位置F_nが第nの目標位置B_nからずれ得る。そこで、装置50は、上述の実施形態と同様に、第nの目標位置B_nに対するツール96の作業位置F_nのずれ量を取得する。

40

【0094】

図15に示すように、装置50のカメラ17は、ツール96に対して所定の位置関係に配置される。具体的には、カメラ17は、その視線方向Dが光軸P（すなわち、ツール座標系C_Tのz軸）と一致するように、ツール96の出射口96aに配置されている。

【0095】

ずれ量を取得するとき、プロセッサ18は、作業プログラムに従って移動機械14を動

50

作させて、ツール 9 6 を第 n の教示点 C_nへ向かって移動させる。そして、プロセッサ 1 8 は、カメラ 1 7 に指令を送り、第 n の目標位置 B_nに対するレーザ加工作業のための動作をツール 9 6 に実行させる時点 t_nで、該第 n の目標位置 B_nをカメラ 1 7 で撮像する。

【 0 0 9 6 】

一例として、本実施形態における時点 t_nは、プロセッサ 1 8 がレーザ発振器ヘレーザ発振指令を送信した時点に設定され得る。他の例として、時点 t_nは、ツール 9 6 からレーザ光が実際に出射される時点に設定され得る。プロセッサ 1 8 がレーザ発振器ヘレーザ発振指令を送信した時点から、ツール 9 6 がレーザ光を実際に出射するまでの時間 t_yは、レーザ発振器の仕様等から予測可能である。したがって、ツール 9 6 からレーザ光が実際に出射される時点 t_nは、レーザ発振器ヘレーザ発振指令を送信した時点から時間 t_yだけ経過した時点として、定めることができる。

10

【 0 0 9 7 】

こうして、カメラ 1 7 は、時点 t_nで、図 5 に示すように第 n の目標位置 B_nが写る画像データ 6 0 を撮像する。本実施形態においては、カメラ 1 7 がツール 9 6 に対して、その視線方向 D が光軸 P と一致する位置関係に配置されているので、撮像した画像データ 6 0 においては、その中心点（中心の画素）F_nが、実際のレーザ加工作業時にレーザ光がワーク W 上に照射される作業位置 F_nであると見做すことができる。そして、プロセッサ 1 8 は、ずれ量取得部 5 2 として機能して、図 3 の実施形態と同様に、画像データ 6 0 からずれ量 x_T 及び y_T（又は E_T）を取得できる。そして、プロセッサ 1 8 は、図 3 の実施形態と同様に、位置補正部 5 4 として機能して、ずれ量 x_T 及び y_T（又は E_T）に基づいて第 n の教示点 C_nを補正する。

20

【 0 0 9 8 】

なお、図 1 5 に示す実施形態において、カメラ 1 7 は、ツール 9 6 に対して、その視線方向 D が光軸 P と平行であり、且つ、視線方向 D が光軸 P から所定の距離だけオフセットされる位置関係に配置されてもよい。この場合、プロセッサ 1 8 は、図 6 に示す実施形態と同様の方法を用いて、ずれ量 x_T 及び y_T（又は E_T）を取得できる。

20

【 0 0 9 9 】

代替的には、図 1 5 に示す実施形態において、カメラ 1 7 は、ツール 9 6 に対して、その視線方向 D が光軸 P に対して所定の角度 θ で傾斜する位置関係に配置されてもよい。この場合、プロセッサ 1 8 は、図 8 に示す実施形態と同様の方法を用いて、ずれ量 x_T 及び y_T（又は E_T）を取得できる。

30

【 0 1 0 0 】

次に、図 1 6 ~ 図 1 8 を参照して、さらに他の実施形態に係るツール 9 8 について説明する。ツール 9 8 は、第 n の部品 I_n（n = 1, 2, 3, …）を把持し、ワーク W に形成された第 n の穴 H_nに嵌合させるロボットハンドである。第 n の部品 I_nは、中心軸線 Q を有する棒状（例えば、円柱状）の部材である。また、第 n の穴 H_nは、ワーク W 上の第 n の目標位置 B_nに形成され、中心軸線 R_nを有する。例えば、第 n の目標位置 B_nは、ワーク W の表面上の第 n の穴 H_nの開口中心として定義され得る。この場合、軸線 R_nは、第 n の目標位置 B_nを通過する。

40

【 0 1 0 1 】

ツール 9 8 は、上述のツール 1 6 の代わりに、移動機械 1 4 の手首部 3 0 に取り付けられる。具体的には、ツール 9 8 は、手首部 3 0 に連結されたハンドベース 1 0 0 と、該ハンドベース 1 0 0 に開閉可能に設けられた複数の指部 1 0 2 と、該複数の指部 1 0 2 を開閉させる駆動部 1 0 4 とを有する。駆動部 1 0 4 は、例えばエアシリングダ又はモータであつて、指部 1 0 2 を開閉させることにより、物体を持続したり、解放したりできる。

【 0 1 0 2 】

ツール 9 8 に対して、ツール座標系 C_Tが設定されている。本実施形態においては、ツール座標系 C_Tは、その原点が、指部 1 0 2 の把持位置（又は、複数の指部 1 0 2 の間）に位置し、ツール座標系 C_Tの z 軸が、指部 1 0 2 の開閉方向と直交するように、ツール 9 8 に対して設定されている。

50

【0103】

次に、図16及び図17を参照して、ツール98が行う嵌合作業について、説明する。ワークWは、例えば、治具等により所定の位置に固定されてもよいし、又は、ベルトコンベア等で移動されてもよい。プロセッサ18は、移動機械14を動作させて、所定の保管場所に収容された第nの部品I_nをツール98で把持する。このとき、ツール98は、ツール座標系C_Tのz軸が軸線Qに一致するように、第nの部品I_nを把持する。

【0104】

次いで、プロセッサ18は、移動機械14を動作させて、ツール98を、第nの穴H_nに第nの部品I_nを嵌合する嵌合作業を実行するための第nの教示点C_nに、配置させる。具体的には、プロセッサ18は、ツール座標系C_Tを、その原点が第nの教示点C_nに配置され、且つ、そのz軸（すなわち、軸線Q）が、第nの穴H_nの軸線R_nに略一致するように、設定する。

10

【0105】

そして、プロセッサ18は、ツール98の位置を、設定したツール座標系C_Tによって規定される位置に一致させるように、移動機械14を動作させる。その結果、ツール98、及び該ツール98が把持する第nの部品I_nは、ワークWに対して図16に示すように配置される。次いで、プロセッサ18は、移動機械14に嵌合開始指令を送信する。そうすると、移動機械14は、ツール98を、ツール座標系C_Tのz軸マイナス方向へ移動させて、ツール98が把持する第nの部品I_nを第nの穴H_nに嵌合させる。その結果、図17に示すように、ツール98によって第nの部品I_nが第nの穴H_nに嵌合される。

20

【0106】

プロセッサ18は、このような嵌合作業を繰り返し実行し、複数の部品I_nを、複数の穴B_nにそれぞれ嵌合する。プロセッサ18は、このような嵌合作業のための一連の動作を、作業プログラムに従って実行する。この作業プログラムは、第nの教示点C_nの位置情報、ツール98を第nの教示点C_nへ位置決めするための位置決め指令、嵌合開始指令等を含む。

20

【0107】

ここで、プロセッサ18が作業プログラムに従って第nの部品I_nを第nの穴H_nに嵌合させる嵌合作業を行ったときに、第nの部品I_nがワークWと係合する作業位置が、第nの穴H_n（すなわち、第nの目標位置B_n）からずれ得る。そこで、本実施形態においては、装置50は、上述の実施形態と同様に、第nの目標位置B_nに対するツール98の作業位置のずれ量を取得する。

30

【0108】

図18に示すように、装置50のカメラ17は、ツール98に対して所定の位置関係に配置されるように、該ツール98によって把持される（又は、ツール98に固定される）。具体的には、カメラ17は、その視線方向Dが、ツール98によって把持される第nの部品I_nの軸線Q（又は、ツール座標系C_Tのz軸）と一致するように、配置されている。

【0109】

ずれ量を取得するとき、プロセッサ18は、作業プログラムに従って移動機械14を動作させて、ツール98を第nの教示点C_nへ向かって移動させる。そして、プロセッサ18は、カメラ17に指令を送り、第nの目標位置B_n（第nの穴H_n）に対する嵌合作業のための動作をツール98に実行させる時点_nで、該第nの目標位置B_nをカメラ17で撮像する。

40

【0110】

一例として、本実施形態における時点_nは、プロセッサ18が移動機械14へ嵌合開始指令を送信した時点に設定され得る。他の例として、時点_nは、ツール98が把持する第nの部品I_nがワークWと係合する（又は、第nの部品I_nの先端がワークWの表面に到達する）時点に設定され得る。

【0111】

プロセッサ18が嵌合開始指令を送信した時点から、ツール98が把持する第nの部品

50

I_n がワーク W と係合するまでの時間 z は、移動機械 14 のサーボモータ 31 の加減速特性等から予測可能である。したがって、ツール 98 が把持する第 n の部品 I_n がワーク W と係合する時点 n は、嵌合開始指令を送信した時点から時間 z だけ経過した時点として、定めることができる。

【0112】

こうして、カメラ 17 は、時点 n で、第 n の目標位置 B_n (第 n の穴 H_n) を撮像する。このときにカメラ 17 が撮像した画像データを画像化した例を、図 19 に示す。図 19 に示す画像データ 106においては、ワーク W に形成された第 n の穴 H_n が写っている。一例として、プロセッサ 18 は、画像データ 106 を解析して第 n の穴 H_n の中心点を検出し、検出した該中心点のカメラ座標系 C_C における座標を、第 n の目標位置 B_n のカメラ座標系 C_C における座標として取得する。10

【0113】

また、本実施形態においては、カメラ 17 がツール 98 に対して、その視線方向 D が軸線 Q (ツール座標系の z 軸) と一致する位置関係に配置されているので、撮像した画像データ 106 の中心点 (中心の画素) F_n が、実際の嵌合作業時に第 n の部品 I_n がワーク W と係合する作業位置 F_n であると見做すことができる。

【0114】

そして、プロセッサ 18 は、ずれ量取得部 52 として機能して、カメラ座標系 C_C における第 n の目標位置 B_n 及び作業位置 F_n の座標を用いて差 x_C 及び y_C (又は E_C) を求め、図 3 に示す実施形態と同様に、画像データ 106 からずれ量 x_T 及び y_T (又は E_T) を取得できる。そして、プロセッサ 18 は、図 3 の実施形態と同様に、位置補正部 54 として機能して、ずれ量 x_T 及び y_T (又は E_T) に基づいて第 n の教示点 C_n を補正する。20

【0115】

なお、図 18 に示す実施形態において、カメラ 17 は、ツール 98 に対して、その視線方向 D が軸線 Q (ツール座標系 C_C の z 軸) と平行であり、且つ、視線方向 D が軸線 Q から所定の距離だけオフセットされる位置関係に配置されてもよい。この場合、プロセッサ 18 は、図 6 に示す実施形態と同様の方法を用いて、ずれ量 x_T 及び y_T (又は E_T) を取得できる。

【0116】

代替的には、図 18 に示す実施形態において、カメラ 17 は、ツール 98 に対して、その視線方向 D が軸線 Q に対して所定の角度 θ で傾斜する位置関係に配置されてもよい。この場合、プロセッサ 18 は、図 8 に示す実施形態と同様の方法を用いて、ずれ量 x_T 及び y_T (又は E_T) を取得できる。30

【0117】

なお、上述の実施形態においては、制御装置 12 が、移動機械 14 及びツール 16、96 又は 98 を制御している。しかしながら、これに限らず、制御装置 12 が移動機械 14 を制御する一方、ツール 16、96 又は 98 は、制御装置 12 とは別の制御装置によって制御されてもよい。このような形態を図 20 に示す。40

【0118】

図 20 に示す機械システム 110 は、制御装置 12、移動機械 14、ツール 16、96 又は 98、カメラ 17、及び第 2 の制御装置 112 を備える。第 2 の制御装置 112 は、制御装置 12 と通信可能に接続されている。第 2 の制御装置 112 は、プロセッサ 114 と、該プロセッサ 114 とバス 116 を介して通信可能に接続された記憶部 20 とを有する。プロセッサ 114 は、ツール 16、96、又は 98 を制御する。プロセッサ 114 は、装置 50 のずれ量取得部 52 及び位置補正部 54 として機能する。また、プロセッサ 114 は、カメラ 17 に指令を送り、該カメラ 17 の撮像動作を制御する。

【0119】

なお、ずれ量取得部 52 は、制御装置 12 又は 112 とは別に設けられてもよい。このような形態を図 21 に示す。図 21 に示す機械システム 120 は、制御装置 12、移動機械 14、ツール 16、96、又は 98、及び装置 122 を備える。装置 122 は、上述の50

装置 5 0 と同様に、第 n の目標位置 B_n に対するツール 1 6、9 6、又は 9 8 の作業位置のずれ量を取得するものであって、ずれ量取得部 5 2 及びカメラ 1 7 を備える。カメラ 1 7 は、制御装置 1 2 に接続され、時点 t_n で第 n の目標位置 B_n を撮像する。ずれ量取得部 5 2 は、プロセッサ及び記憶部を有する 1 つのコンピュータから構成され得る。

【 0 1 2 0 】

なお、上述の実施形態においては、プロセッサ 1 8 が、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c 、又は差 E_c を、ツール座標系 C_T におけるずれ量 x_T 及び y_T 、又はずれ量 E_T に変換する場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ 1 8 は、カメラ座標系 C_C における差 x_c 及び y_c 、又は差 E_c を、移動機械座標系 C_M (又は、ワールド座標系) に変換してもよい。

10

【 0 1 2 1 】

例えば、プロセッサ 1 8 は、ツール座標系 C_T におけるずれ量を求めた後に、ツール座標系 C_T におけるずれ量を、移動機械座標系 C_M (又は、ワールド座標系) に変換してもよい。又は、オペレータは、カメラ座標系 C_C と移動機械座標系 C_M (又は、ワールド座標系) とを予め校正しておき、プロセッサ 1 8 は、カメラ座標系 C_C における差 x_c 、 y_c 、 E_c を移動機械座標系 C_M (又は、ワールド座標系) に変換することで、移動機械座標系 C_M (又は、ワールド座標系) におけるずれ量を取得してもよい。

【 0 1 2 2 】

また、ツール 1 6、9 6、又は 9 8 に対するツール座標系 C_T の位置は、上述した実施形態に限定されず、如何なる位置であってもよい。また、図 3、図 6、又は図 8 に示す実施形態において、プロセッサ 1 8 は、カメラ 1 7 で第 n の目標位置 B_n を撮像するときに可動アーム 3 6 を移動させてもよい。以上、実施形態を通じて本開示を説明したが、上述の実施形態は、特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 2 3 】

1 0 , 7 0 , 1 1 0 , 1 2 0 機械システム

1 2 , 1 1 2 制御装置

1 4 移動機械

1 6 , 9 6 , 9 8 ツール

1 7 カメラ

1 8 , 1 1 4 プロセッサ

2 0 記憶部

5 0 , 8 0 , 1 2 2 装置

30

5 2 ずれ量取得部

5 4 位置補正部

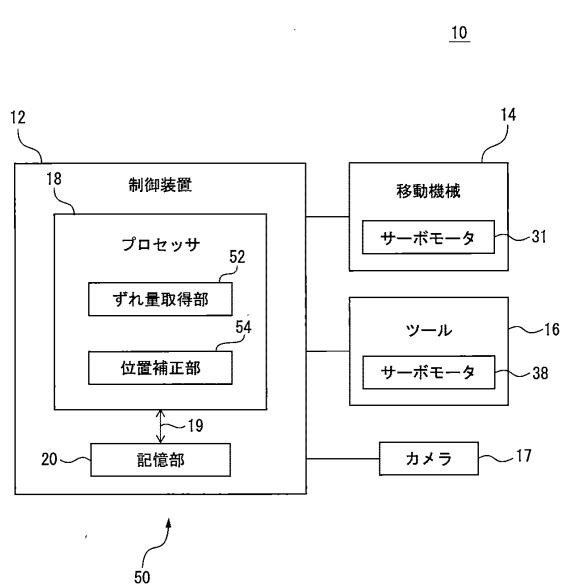
40

50

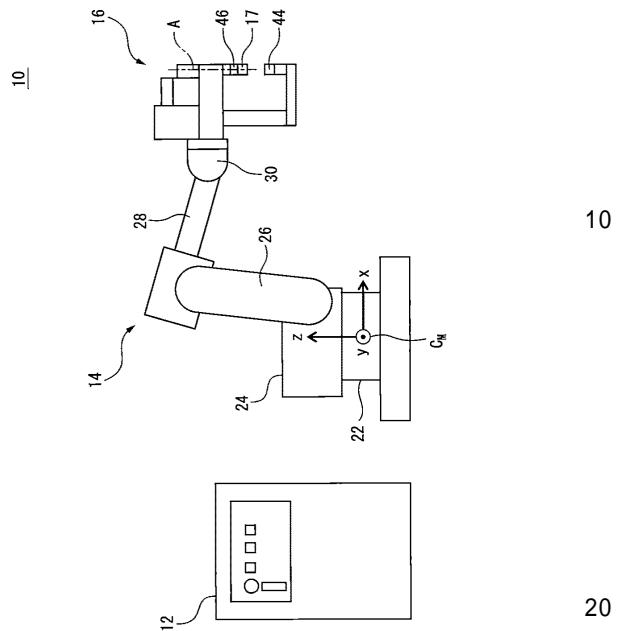
【四面】

【 四 1 】

図1



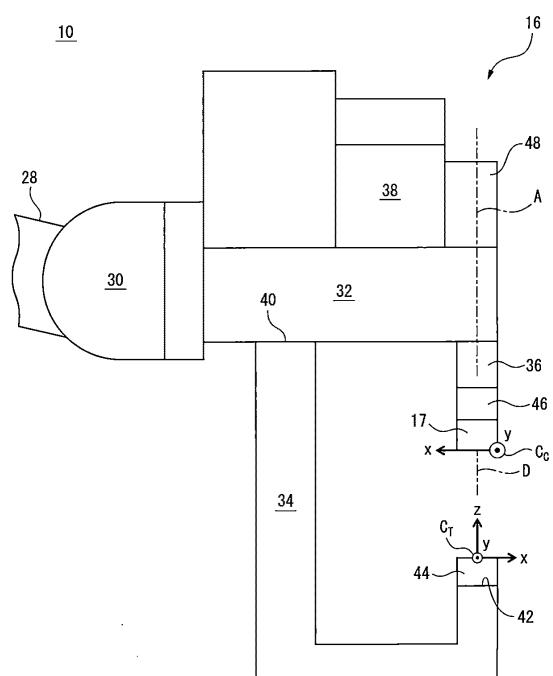
【図2】



2

【 3 】

図3



【図4】

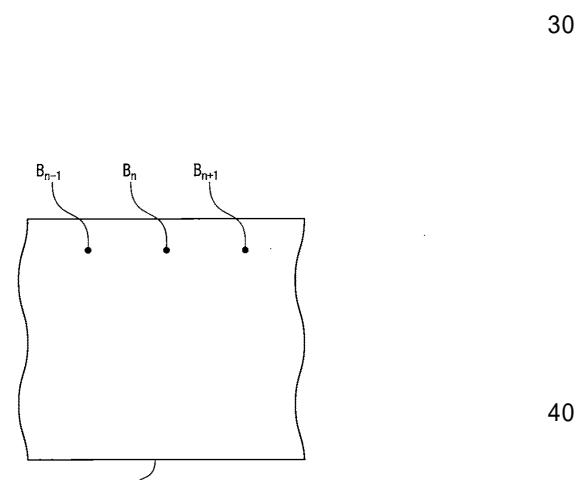
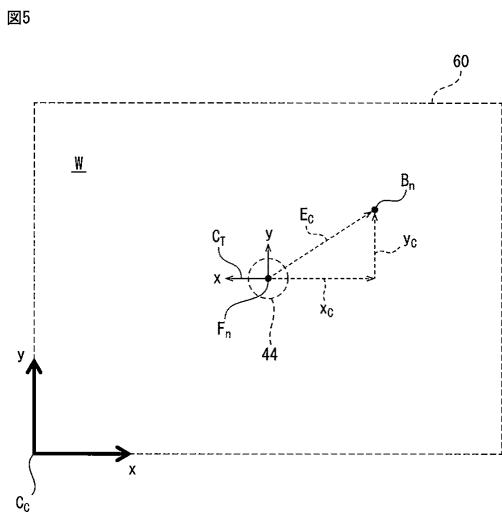


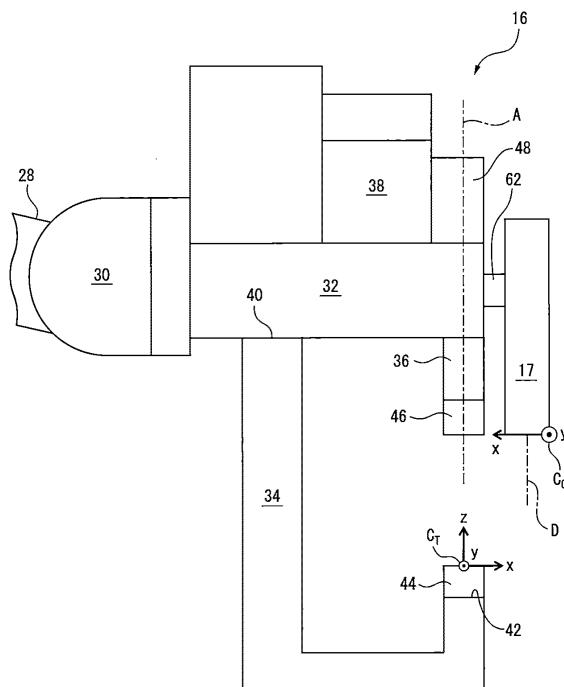
図4

【 四 5 】

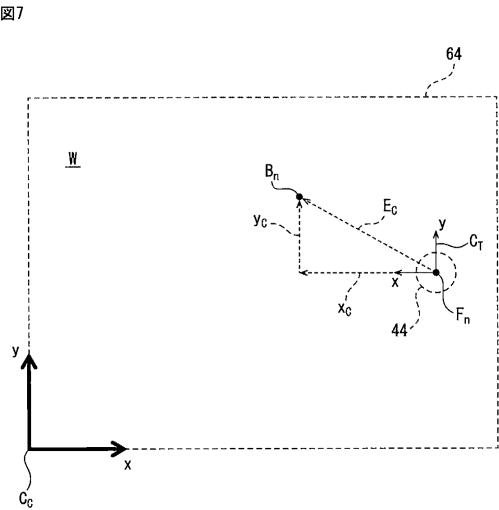


【図6】

图6

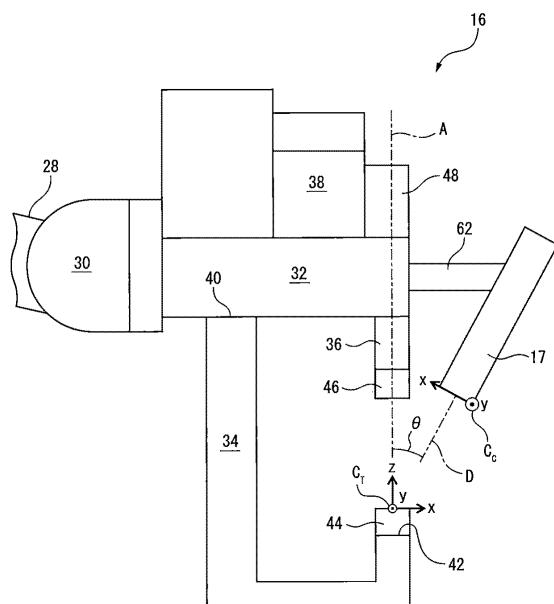


【図7】



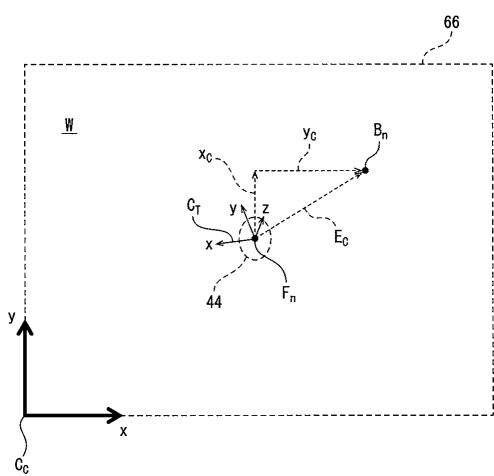
【 図 8 】

图8



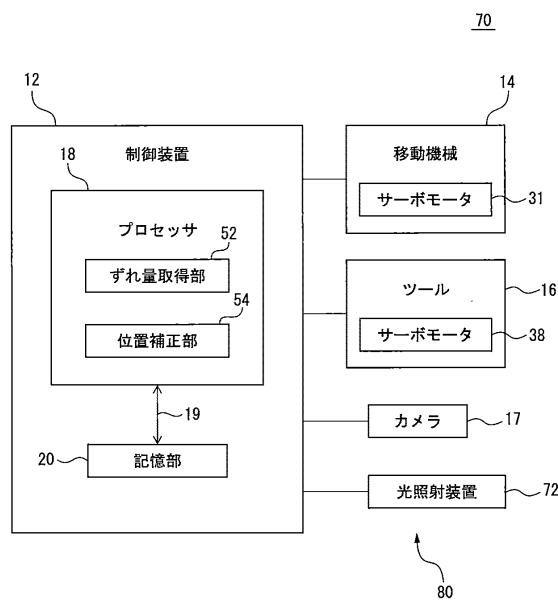
【図 9】

図9



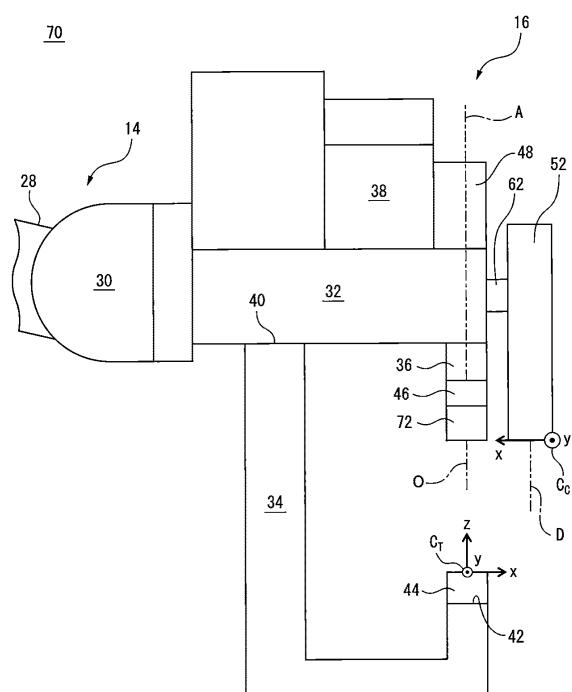
【図 10】

図10



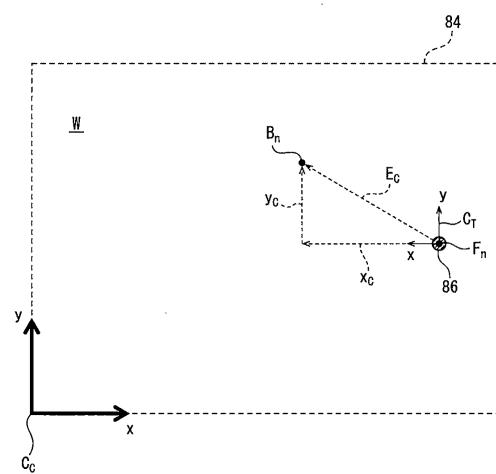
【図 11】

図11



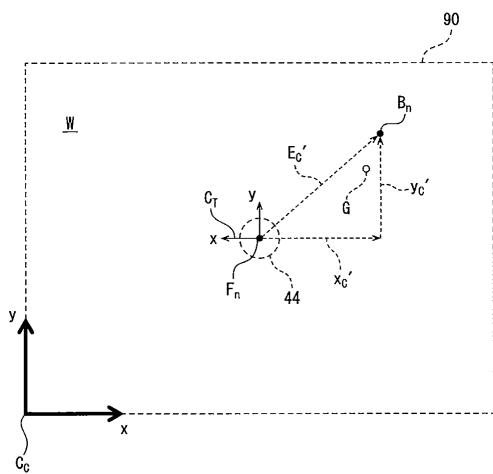
【図 12】

図12



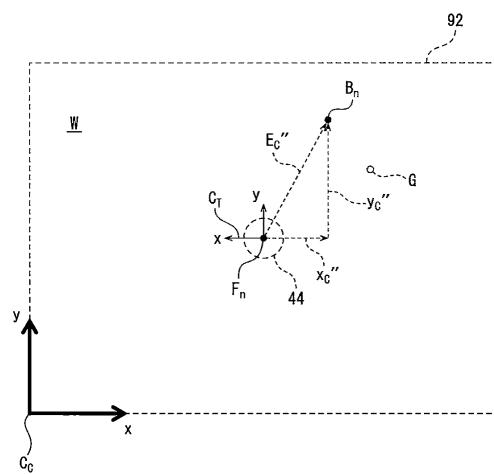
【図13】

図13



【図14】

図14

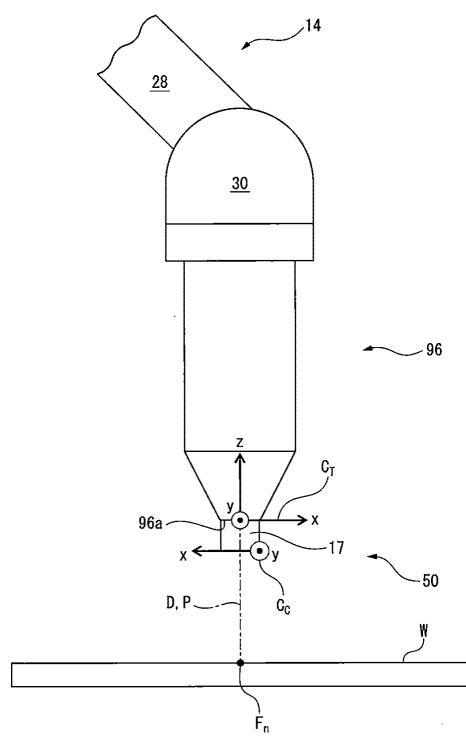


10

20

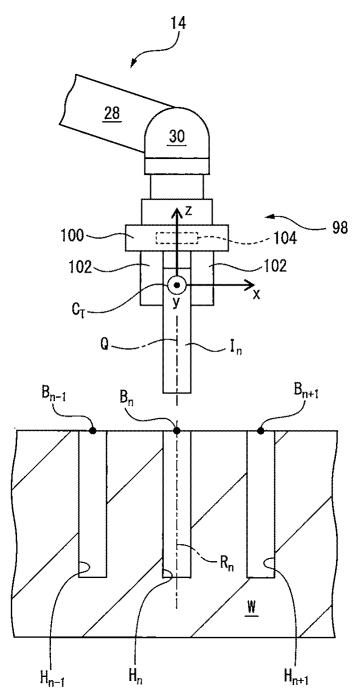
【図15】

図15



【図16】

図16



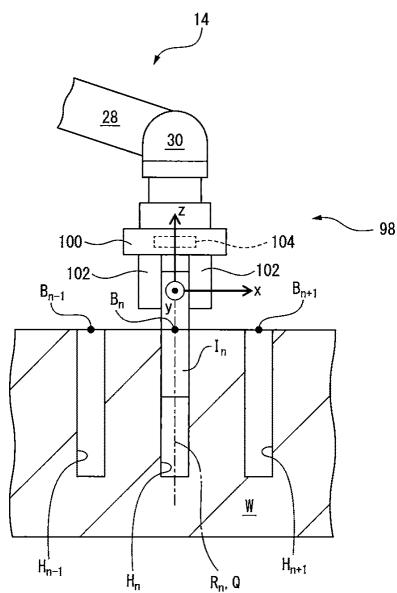
30

40

50

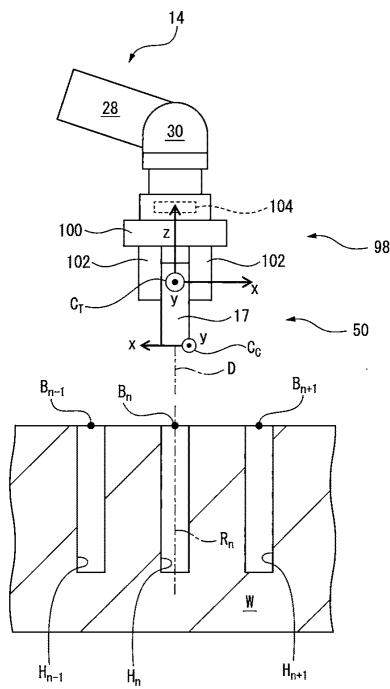
【図17】

図17



【図18】

図18



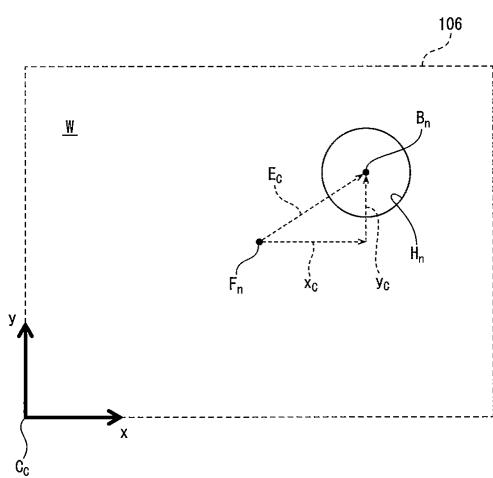
10

20

110

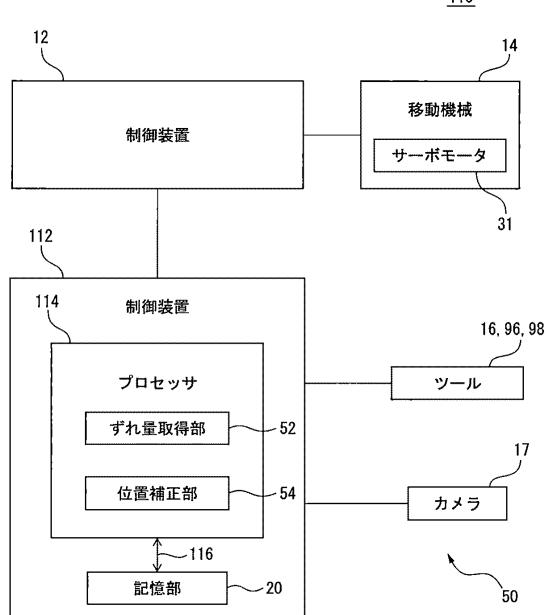
【図19】

図19



【図20】

図20



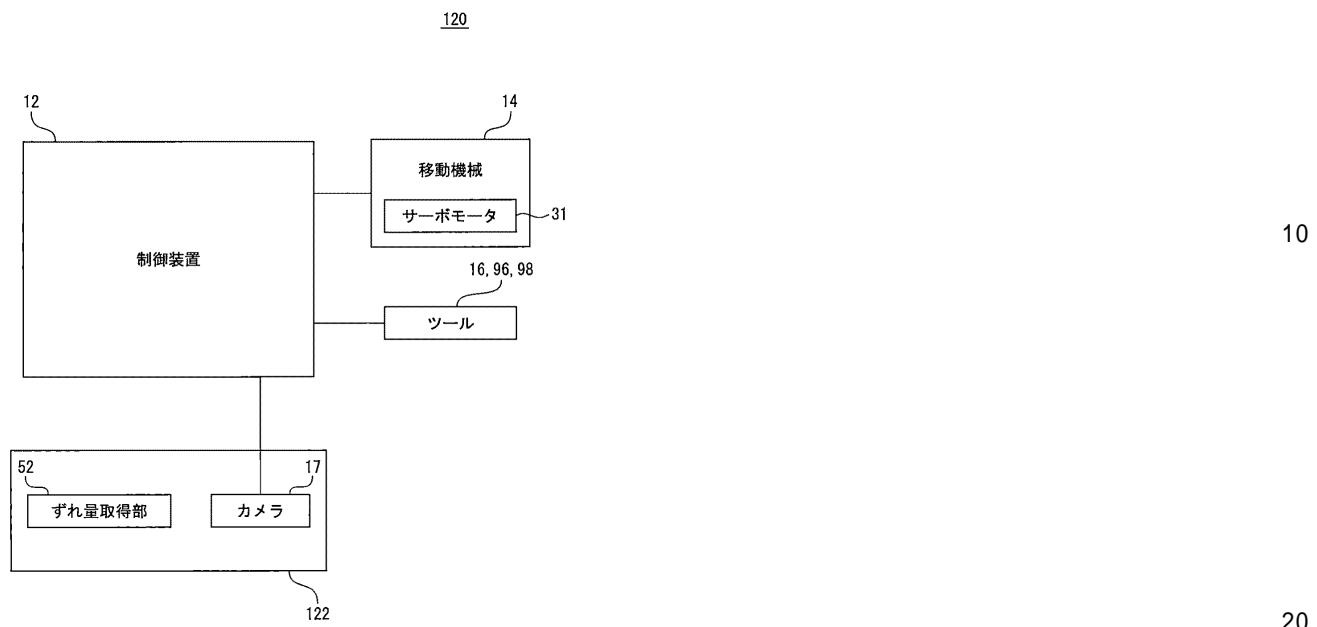
30

40

50

【図 2 1】

図21



40

50

フロントページの続き

80番地 ファナック株式会社内

合議体

審判長 鈴木 貴雄

審判官 堀内 亮吾

審判官 田々井 正吾

(56)参考文献 特開2018-176164号公報(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02

B23K 11/00 - 11/36

B23K 26/00 - 26/70