

(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  
2022年5月5日(05.05.2022)



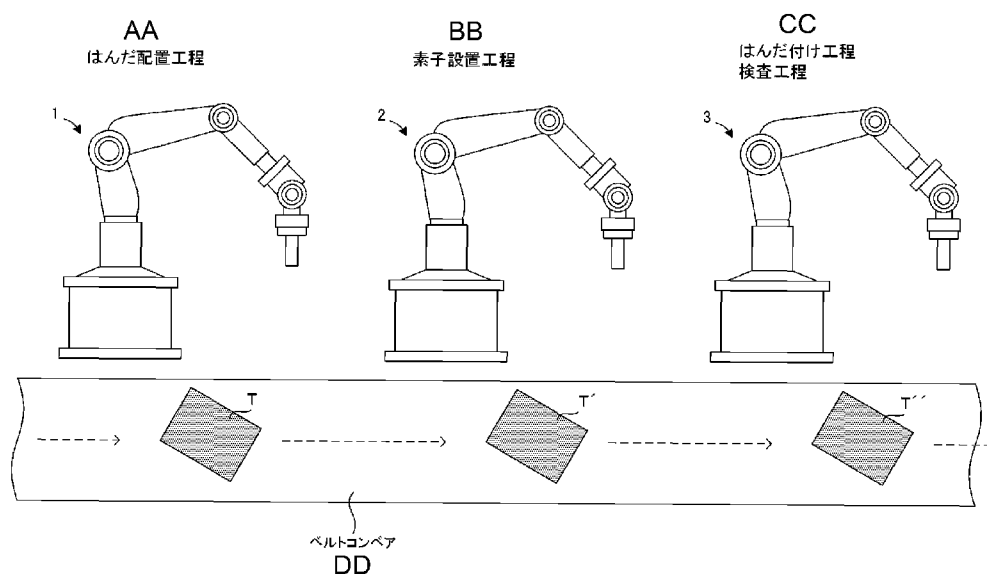
(10) 国際公開番号

WO 2022/092285 A1

- (51) 国際特許分類:  
B25J 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/040110
- (22) 国際出願日: 2021年10月29日(29.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
PCT/JP2020/040610 2020年10月29日(29.10.2020) JP
- (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: 細見 幸司 (HOSOMI, Koji); 〒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). 佐藤 真路 (SATO, Shinji); 〒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). 宮川 智樹 (MIYAKAWA, Tomoki); 〒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). 長谷川 智志 (HASEGAWA, Satoshi); 〒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). 三村 晃平 (MIMURA, Kohei); 〒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). 平田 純也 (HIRATA, Junya); 〒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). 清水 颯 (SHIMIZU,

(54) Title: SOLDERING DEVICE, SOLDERING SYSTEM, AND PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: はんだ付け装置及びはんだ付けシステム、並びに、加工装置



- AA Solder disposition step  
BB Element installation step  
CC Soldering step, inspection step  
DD Belt conveyor

(57) Abstract: This soldering device, which radiates processing light that melts solder disposed on a circuit substrate, comprises: a light radiation device which has a Galvano mirror and radiates processing light via the Galvano mirror; a detection device which detects light from the circuit substrate and generates at least one of image data and shape data; a robot arm which is provided with the light radiation device and the detection device, and which has a drive unit that moves the light radiation device and the detection device; and a control device which, on the basis of said at least one of



WO 2022/092285 A1

Hayate); 〒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, Tatsu); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

image data and shape data that changes in conjunction with displacement of the detection device, controls the orientation of the Galvano mirror such that the same position is irradiated with the processing light from the light radiation device, which is displaced together with the detection device.

(57) 要約: 回路基板に配置されたはんだを溶融する加工光を照射するはんだ付け装置は、ガルバノミラーを有し、該ガルバノミラーを介して加工光を照射する光照射装置と、回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、光照射装置と検出装置とが設けられ、光照射装置と検出装置とを移動させる駆動部を有するロボットアームと、検出装置の変位に伴って変化する少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置と共に変位する光照射装置からの加工光が同一位置に照射されるようにガルバノミラーの向きを制御する制御装置と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称：

はんだ付け装置及びはんだ付けシステム、並びに、加工装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、加工光を照射してはんだ付けを行うはんだ付け装置及びはんだ付けシステム、並びに、加工光を照射して対象物を加工する加工装置の技術分野に関する。

### 背景技術

[0002] この種の装置として、例えばロボットアームに取り付けられたレーザヘッドからはんだ付けすべき部分に向けてレーザ光を投射する装置が提案されている（特許文献1参照）。その他関連する技術として、特許文献2が挙げられる。この種の装置が有する技術的課題として、例えば立体的形状を有する基板（即ち、3D基板）に適切にはんだ付けを行うことが挙げられる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国公開2001/0054637号公報

特許文献2：米国公開2015/0158176号公報

### 発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、回路基板に配置されたはんだを溶融する加工光を照射するはんだ付け装置であって、ガルバノミラーを有し、前記ガルバノミラーを介して前記加工光を照射する光照射装置と、前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有するロボットアームと、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御する制御装置と、を備えるはんだ

付け装置が提供される。

[0005] 第2の態様によれば、対象物に加工光を照射する加工装置であって、走査部を有し、前記走査部を介して前記加工光を照射する光照射装置と、前記対象物からの光を検出する検出装置と、前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する移動装置と、前記検出装置の検出結果に基づいて前記走査部を制御する制御装置と、を備える加工装置が提供される。

[0006] 第3の態様によれば、回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、はんだを吐出するはんだ吐出装置が設けられ、前記はんだ吐出装置を移動させる駆動部を有する第1移動装置と、前記素子を保持可能な保持装置が設けられ、前記保持装置を移動させる駆動部を有する第2移動装置と、はんだを溶融する加工光を照射する光照射装置と前記回路基板からの光を検出する検出装置が設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する第3移動装置と、(i)前記回路基板の所定部分にはんだが配置されるように前記はんだ吐出装置を制御し、(ii)前記配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるように前記保持装置を制御し、(iii)前記検出装置の検出結果に基づいて、前記回路基板に前記光照射装置を近づけるように前記第3移動装置の前記駆動部を制御し、配置された前記はんだを溶融するように前記光照射装置を制御する制御装置と、を備えるはんだ付けシステムが提供される。

[0007] 第4の態様によれば、回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、はんだを吐出するはんだ吐出装置と、前記素子を保持可能な保持装置と、はんだを溶融する加工光を照射する光照射装置と、前記回路基板からの光を検出する検出装置と、前記はんだ吐出装置、前記保持装置、前記光照射装置及び前記検出装置を移動させる駆動部を有する移動装置と、(i)前記はんだ吐出装置、前記保持装置、前記光照射装置及び前記検出装置が前記回路基板に近づくように前記駆動部を制御し、(ii)前記回路基板の所定部分にはんだが配置されるように前記はんだ吐出装置を制御し、(iii)

i) 配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるように前記保持装置を制御し (iv) 配置された前記はんだを溶融するように前記光照射装置を制御する制御装置と、を備えるはんだ付けシステムが提供される。

[0008] 第5の態様によれば、対象物に加工光を照射する加工装置であって、前記加工光を照射する光照射装置と、前記対象物からの光を検出する検出装置と、前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する移動装置と、前記検出装置の検出結果に基づいて前記駆動部を制御する制御装置と、を備える加工装置が提供される。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、第1実施形態に係るはんだ付けシステムの全体構造を模式的に示す図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係るはんだ付けシステムの一部を構成するロボットの構成を示すシステム構成図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係るはんだ付けシステムの他の一部を構成するロボットの構成を示すシステム構成図である。

[図4]図4は、第1実施形態に係るはんだ付けシステムの他の一部を構成するロボットの構成を示すシステム構成図である。

[図5]図5は、第1実施形態に係る一の検出装置の構成を模式的に示す図である。

[図6]図6は、第1実施形態に係る他の検出装置の構成を模式的に示す図である。

[図7]図7は、第1実施形態に係る他の検出装置が有するプロジェクタにより投影される構造光の一例を示す図である。

[図8]図8、第1実施形態に係る光照射装置が有する光路の一部を示す図である。

[図9]図9は、第1実施形態に係る制御装置が有するマッチング処理部の構成

を模式的に示す図である。

[図10]図10は、第1実施形態に係るマッチング処理の概念を説明するための図である。

[図11]図11は、第1実施形態に係るマッチング処理のタイミングチャートの一例を示す図である。

[図12]図12は、第1実施形態に係る制御装置が有するトラッキング部の構成を模式的に示す図である。

[図13]図13は、第1実施形態に係るトラッキング処理のタイミングチャートの一例を示す図である。

[図14]図14は、第1実施形態に係るはんだ付けシステムの動作を示すフローチャートである。

[図15]図15は、加工光の照射方法の一例を示す図である。

[図16]図16は、エアブロー及び吸煙機を模式的に示す図である。

[図17]図17は、第2実施形態に係るはんだ付けシステムの構成を示すシステム構成図である。

[図18]図18は、第2実施形態に係るはんだ付けシステムの動作を示すフローチャートである。

[図19]図19は、変形例に係る光照射装置が有する光路の一部を示す図である。

[図20]図20は、変形例に係るトラッキング部の構成を模式的に示す図である。

[図21]図21は、第3実施形態に係るレーザ溶接システムの全体構成を模式的に示す図である。

[図22]図22は、第3実施形態に係るレーザ溶接システムの一部を構成するロボットの構成を示すシステム構成図である。

[図23]図23は、第3実施形態に係るレーザ溶接システムの他の一部を構成するロボットの構成を示すシステム構成図である。

[図24]図24は、第3実施形態に係るレーザ溶接システムの動作を示すフロ

ーチャートである。

[図25]図25は、第1実施形態に係るロボットの応用例の動作を示すフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0011] <第1実施形態>

第1実施形態について、図1乃至図14を参照して説明する。本実施形態では、はんだ付けを行うロボットを含むはんだ付けシステムを挙げる。

[0012] (概要)

第1実施形態に係るはんだ付けシステムの概要について図1乃至図4を参照して説明する。図1において、はんだ付けシステムは、回路基板Tに素子をはんだ付けするはんだ付けシステムである。はんだ付けシステムは、ロボット1、ロボット2及びロボット3を備える。

[0013] 加工装置又ははんだ塗布装置と称されてもよいロボット1は、はんだを吐出する、はんだ吐出装置と称されてもよいディスペンサ40(図2(a)及び図2(b)参照)が設けられ、該ディスペンサ40を移動させる駆動部111(図2(b)参照)を有する、第1移動手段と称されてもよいロボットアーム110を有する。

[0014] 加工装置又は素子設置装置と称されてもよいロボット2は、素子を保持可能な、把持装置と称されてもよい保持装置50(図3(a)及び図3(b)参照)が設けられ、該保持装置50を移動させる駆動部211(図3(b)参照)を有する、第2移動手段と称されてもよいロボットアーム210を有する。

[0015] 加工装置又ははんだ付け装置と称されてもよいロボット3は、はんだを溶融する加工光を照射する光照射装置60(図4(a)及び図4(b)参照)と、回路基板Tからの光を検出する検出装置320及び330(図4(a)及び図4(b)参照)とが設けられ、該光照射装置60並びに検出装置320及び330を移動させる駆動部311(図4(b)参照)を有する、第3

移動手手段と称されてもよいロボットアーム310を有する。

[0016] 「回路基板」は、回路が形成された回路フィルムと、基板とからなる立体的な形状を有する回路基板（即ち、3D回路基板）であってもよい。つまり、回路基板は、IMPC（登録商標）（In-Mold Printed Circuit）製法により製造された回路基板であってもよい。また、上記回路基板は、IMPC製法により製造された回路基板に限らず、例えば、他の製法により製造された、回路フィルムと基板からなる立体的な形状を有する回路基板であってもよい。また、上記回路基板は、回路フィルムと基板からなる回路基板に限らず、他の立体的な形状を有する回路基板であってもよい。また、上記回路基板は、立体的な形状を有する回路基板（3D回路基板）に限らず、回路が形成された回路フィルムと基板からなる平面形状を有する回路基板であってもよい。また、上記回路基板は、立体的な形状を有する回路基板（3D回路基板）でなくてもよく、回路が基板自体に形成された回路基板であってもよい。また、上記回路基板は、表面実装用の回路基板であってもよいし、挿入実装用の回路基板であってもよい。

[0017] 回路基板Tには、例えばロボット1、2及び3の少なくとも一つのエンドエフェクタ（つまりディスペンサ40、保持装置50、光照射装置60）や後述の検出装置の姿勢制御や位置制御等に利用可能なマーカ（例えば、AR（Augmented Reality）マーカ等の2次元コードや十字マーク等）や、はんだパッド（ランド）等が含まれていてもよい。ここで、上記のマーカやはんだパッド等は、ロボット1、2及び3の少なくとも一つのエンドエフェクタや後述の検出装置の姿勢制御や位置制御のために、後述の検出装置で検出可能（例えば、画像で認識可能）である。

[0018] 「素子」は、当該はんだ付けシステムによって回路基板Tにはんだ付けされる素子であり、例えば電子素子や電気素子等が一例として挙げられる。また、上記素子は、表面実装用の素子であってもよいし、挿入実装用の素子（つまり、リード素子）であってもよい。このような「素子」は、「部品」と言い換えられてもよい。一例として素子は、LED（Light Emit

ting Diode) (例えば、チップLEDなどの周知の素子)、抵抗 (例えば、チップ抵抗などの周知の素子)、コンデンサ (例えば、チップコンデンサなどの周知の素子)、トランジスタ (例えば、チップトランジスタなどの周知の素子)、コネクタなどである。

[0019] 「ロボットアーム」との文言を用いているが、ロボットアーム (即ち、垂直多関節ロボット) に限らず、例えばスカラロボット (即ち、水平多関節ロボット)、パラレルリンクロボット、直交ロボット等の既存の各種態様を適用可能である。また、光照射装置60等を移動させることができさえすれば、ロボットアーム312等に代えて、既存の移動機構が適用されてもよい。ロボットアーム110、210及び310は、産業ロボットであってもよいし、協働ロボットであってもよい。

[0020] はんだ付けシステムは、(i) 回路基板Tの所定部分にはんだが配置されるように、ロボット1のエンドエフェクタとしてのディスペンサ40を制御し、(ii) 配置されたはんだを介して回路基板Tに素子が配置されるように、ロボット2のエンドエフェクタとしての保持装置50を制御し、(iii) 検出装置320及び330の少なくとも一方の検出結果に基づいて、回路基板Tに、ロボット3のエンドエフェクタとしての光照射装置60を近づけるようにロボットアーム310の駆動部311を制御し、配置されたはんだを溶融するように光照射装置60を制御する制御装置1000 (図2(b)、図3(b)及び図4(b)参照) を備える。

[0021] 図1において、制御装置1000は、先ず、ベルトコンベアにより搬送される回路基板Tの所定部分にはんだが配置されるように (言い換えれば、はんだが塗布されるように) ロボット1のディスペンサ40を制御する (はんだ配置工程)。制御装置1000は、次に、はんだが配置された回路基板Tに、該配置されたはんだを介して素子が配置されるようにロボット2の保持装置50を制御する (素子設置工程)。制御装置1000は、次に、検出装置320及び330の少なくとも一方の検出結果に基づいて、素子が設置された回路基板Tに光照射装置60を近づけるようにロボットアーム3

10の駆動部311を制御し、配置されたはんだを溶融するように光照射装置60を制御する（はんだ付け工程）。その後、制御装置1000は、例えば検出装置330の検出結果から、はんだ付けされたはんだや素子の検査を行ってよい（検査工程）。

[0022] このように3台のロボット1、2及び3が協働しつつ、作業を分担することにより、回路基板Tへの素子のはんだ付けを効率化できるため、素子のはんだ付けのスループットを向上させることができる。

[0023] 図1では、はんだが配置された回路基板を「回路基板T<sup>1</sup>」、素子が設置された回路基板を「回路基板T<sup>2</sup>」と区別して示しているが、以下では、記述の煩雑さを避けるために全て「回路基板T」と表記する。

[0024] はんだは、例えばクリームはんだ（即ち、はんだペースト）、糸はんだ、棒はんだ等であってよい。つまり、ディスペンサ40は、回路基板Tに、例えばクリームはんだ、糸はんだ、棒はんだ等を配置してよい。

[0025] 光照射装置60について「配置されたはんだを溶融するように」とは、回路基板Tの所定部分に加工光を照射してはんだを溶融することを含む。例えば、この所定部分は、回路基板Tのはんだパッドに配置されたはんだを含む。この場合、光照射装置60からの加工光を直接はんだに照射して該はんだを溶融する。また、所定部分は、回路基板Tに設けられたはんだパッドの一部（例えば、はんだパッドのうちはんだが配置されていない部分）や、回路基板Tに配置された素子の一部（例えば、素子の電極）を含む。この場合、回路基板Tに配置されたはんだ以外の部分に加工光を照射することで、その部分から該はんだへの熱伝導により間接的に該はんだを溶融する。回路基板Tは、平面状基板であってもよいし、上述したように立体的な形状を有する3D回路基板であってもよい。回路基板Tが3D回路基板である場合、所定部分は、回路基板T上の傾斜面に設定されていてよい。この場合、ロボット1のディスペンサ40は、傾斜面の所定部分（例えば、はんだパッド）の少なくとも一部にはんだを配置してよい。そして、ロボット3の光照射装置60は、所定部分としての傾斜面の所定部分に配置されたはんだを溶融する

ように、所定部分（例えば、はんだパッドのうちはんだが配置されていない部分）に対して加工光を照射してよい。

[0026] ロボット1、2及び3各々について、図1乃至図4に加えて、図5乃至図8を参照して説明を加える。ここでは、主に、ロボット3について説明し、ロボット1及び2については、ロボット3と共通する説明を適宜省略する。

[0027] （ロボット3）

ロボット3は、上述したように、回路基板Tに配置されたはんだを溶融する加工光を照射するロボットである。ロボット3は、(i) ガルバノミラー61（図8参照）を有し、該ガルバノミラー61を介して加工光を照射する光照射装置60と、(ii) 回路基板Tからの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置320及び330と、(iii) 光照射装置60と検出装置320及び330とが設けられ、光照射装置60と検出装置320及び330とを移動させる駆動部311を有するロボットアーム310とを備える。

[0028] ロボットアーム310は、図4(a)に示すように、腕部310a及び310bと、手首部310cとを有する。駆動部311は、例えばロボットアーム310全体を旋回させるモータと、ロボットアーム310全体を前後動作させるモータと、腕部310a及び310b各々を上下動作させるモータと、腕部310b及び手首部310cを旋回させるモータと、手首部310cを回転動作させるモータと、手首部310cを曲げ動作させるモータとを有していてもよい（いずれも図示せず）。ロボットアーム310は、回転関節に加えて、直動関節を有していてもよい。

[0029] 駆動部311は、ロボットアーム310全体を旋回させたり、前後動作させたりするとともに、腕部310a及び310bの少なくとも一方を上下動作させることにより、手首部310cを、例えば回路基板Tの近傍の位置に移動させる。駆動部311は、更に、腕部310b及び手首部310cを旋回させるとともに、手首部310cを回転動作させたり、曲げ動作させたりすることにより、例えば回路基板Tに配置されたはんだを溶融する加工光が

所定部分（例えば、回路基板 T に配置されたはんだ、回路基板 T に設けられたはんだパッド、回路基板 T に配置された素子等）の少なくとも一部に照射可能なように、光照射装置 60 を移動させたり、光照射装置 60 の姿勢を変更したりする。

[0030] つまり、駆動部 311 が、例えば上記のようにロボットアーム 310 を動作させることにより、検出装置 320 及び 330 並びに光照射装置 60 が、例えば回路基板 T に向かって移動される。

[0031] なお、ロボットアーム 310 と検出装置 320（正確には検出装置 320 のカメラ 21 及び 22）とは、既存の方法によりキャリブレーションされているものとする。例えば、正確な形状が既知の物体（例えば、チェッカーボードなど）をロボットアーム 310 の 3次元座標系（所謂、ワールド座標系）における正確な位置に配置し、検出装置 320 でその物体を撮像し、周知の演算処理を行うことにより検出装置 320 の座標系（所謂、カメラ座標系）とロボットアームの座標系との対応関係を求める（つまり、キャリブレーションを行う）。同様に、ロボットアーム 310 と検出装置 330（正確には検出装置 330 のカメラ 31 及び 32）も、既存の方法によりキャリブレーションされているものとする。

[0032] なお、図 4（a）において、検出装置 320 は、ロボットアーム 310 の腕部 310b に配置されており、検出装置 330 は、ロボットアーム 310 の手首部 310c に配置されているが、検出装置 320 及び 330 の配置は、これに限定されるものではない。一例として、検出装置 320 及び検出装置 330 は共に、手首部 310c に配置されていてもよいし、腕部 310b に配置されていてもよいし、ロボットアーム 310 の、手首部 310c や腕部 310b とは異なる位置に配置されていてもよい。また、ロボット 3 は、検出装置 320 及び 330 のうち一方だけを備えていてもよいし、検出装置 320 及び 330 に加えて、他の検出装置を備えていてもよい（即ち、ロボット 3 が 3 以上の検出装置を備えていてもよい）。また、ロボット 3 は、検出装置 320 及び 330 以外の少なくとも 1 つの検出装置を備えていてもよ

い。つまり、回路基板 T に配置されたはんだを加工光で溶融可能なように、ロボットアーム 310 の駆動部 311 の駆動により回路基板 T や回路基板 T の所定部分（例えば、回路基板 T に設けられたはんだパッドや回路基板 T に配置された素子やはんだ等）に光照射装置 60 を近づけることができれば、検出装置 320 及び 330 の構成（例えば、検出装置におけるカメラの数や仕様、プロジェクタの有無等）や配置位置や数はいずれでもよい。

[0033] 検出装置 320

検出装置 320 について図 5 を参照して説明を加える。図 5 において、検出装置 320 は、撮像装置と称されてもよいカメラ 21 及び 22 を備えて構成されている。カメラ 21 及び 22 は、それぞれレンズ等の光学部材と、CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) や CCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子とを有する。一例として、検出装置 320 において、カメラ 21 及び 22 は、互いに所定の基線長を隔てて配置されたステレオカメラとして構成されていてもよい。

[0034] カメラ 21 及び 22 は、撮像素子により自身に入射する光を検出可能に構成されている。該入射する光としては、例えば、対象物（例えば回路基板 T の少なくとも一部）により反射された光、対象物により散乱された光、及び、対象物を透過した光等が挙げられる。言い換えれば、カメラ 21 及び 22 は、それぞれの画角内に存在する対象物からの光を検出し、その対象物の像を撮像する。つまり、カメラ 21 及び 22 各々は、自身に入射する光を検出して、その検出結果として画像データ（即ち、2次元画像を示すデータ）を生成可能に構成されている。言い換えれば、カメラ 21 及び 22 は、撮像した像を示す画像データを出力可能に構成されている。言い換えれば、カメラ 21 及び 22 各々は、対象物を検出可能に構成されている。ここで「画像データ」は、例えばカメラ 21 及び 22 それぞれの撮像素子の各画素と、各画素の、例えば輝度値等の画素値とが対応付けられた（言い換えれば、紐づけられた）データである。

[0035] 検出装置320は、対象物（例えば、回路基板Tの少なくとも一部）を同時期にカメラ21及び22により撮像し、カメラ21及び22から夫々出力された2つの画像データに基づいて、検出結果として形状データ（即ち、対象物の3次元形状を示す形状データ）を生成し、出力可能に構成されている。なお、検出装置320は、例えば、後述のマッチング処理やトラッキング処理などに用いる形状データとして、生成した形状データを出力可能に構成されている。ここで、一例として、形状データは3次元の点群データ（以下、単に点群データとも称する）である。この場合、検出装置320は、カメラ21で撮像された画像上における対象物の位置とカメラ22で撮像された画像上における対象物の位置との差（即ち、視差）と、カメラ21及び22の焦点距離と、カメラ21とカメラ22との間隔（即ち、基線長）に基づいて、周知の方法によりカメラ21及び22から対象物までの距離を算出して点群データを生成する。例えば、点群データは、カメラ21及び22の各画素に対応する点と3次元情報（X座標、Y座標、Z座標）が対応付けられたデータである。なお、形状データは点群データに限らず、対象物までの距離を各画素の輝度値として対応付けた深度画像データ等の既存の3次元情報を表すデータであってもよい。

[0036] なお、検出装置320は、対象物をカメラ21及びカメラ22により撮像し、カメラ21及び22の夫々から出力された2つの画像データに基づいて形状データを生成しなくてもよい。この場合、例えば、検出装置320は、検出結果として、カメラ21及び22から夫々出力された2つの画像データを出力可能に構成されていてもよい。カメラ21及び22の夫々から出力された2つの画像データは制御装置1000に入力されてもよい。制御装置1000は、この場合も上述と同様に周知の方法で、入力された2つの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置1000は、生成された形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0037] また、検出装置320は、例えば、後述のマッチング処理やトラッキング

処理などに用いる画像データとして、カメラ 21 及び 22 の少なくとも一方で生成した画像データを出力可能に構成されている。

[0038] 検出装置 320 は、対象物としての回路基板 T と、例えば光照射装置 60 とが比較的離れている場合に、回路基板 T に近づくために、広範囲の中から回路基板 T の少なくとも一部等を検出可能なように構成されている。言い換えれば、回路基板 T の少なくとも一部やその周辺を撮像し、広範囲の画像データと形状データの少なくとも一方のデータが生成可能なように構成されている。このため、カメラ 21 及び 22 には、後述する検出装置 330 のカメラ 31 及び 32 のそれぞれよりも視野が広いカメラが用いられる。例えば、カメラ 21 及び 22 は、後述するカメラ 31 及び 32 のそれぞれよりも画角の大きい（言い換えれば、焦点距離が短い）カメラが用いられる。つまり、例えば、カメラ 21 及び 22 は、後述するカメラ 31 及び 32 のそれぞれのレンズよりも画角の大きい（言い換えれば、焦点距離の短い）レンズが用いられる。

[0039] なお、検出装置 320 は、対象物としての回路基板 T と、例えば光照射装置 60 とが比較的離れている場合に限らず、対象物としての回路基板 T と、例えば光照射装置 60 とが比較的近づいた場合に、広範囲の中から回路基板 T の少なくとも一部を検出することもできる。

[0040] 検出装置 320 は、例えば、対象物としての回路基板 T の少なくとも一部の画像データと形状データの少なくとも一方を生成する。ここで、回路基板 T の少なくとも一部（つまり、対象物）とは、例えば、回路基板 T 自体の少なくとも一部や回路基板 T に形成されたマーカ（例えば、AR マーカなどの 2 次元コードや十字マーク）や回路基板 T に形成されたはんだパッド（ランド）である。また、検出装置 120 は、例えば、回路基板 T 上に配置されたマーカ（例えば、AR マーカなどの 2 次元コードや十字マーク）や回路基板 T 上に設けられた素子の画像データと形状データの少なくとも一方を生成してもよい。また、検出装置 120 は、例えば、回路基板 T の近傍に配置されたマーカ（例えば、AR マーカなどの 2 次元コードや十字マーク）の画像デ

ータと形状データの少なくとも一方を生成してもよい。

[0041] なお、検出装置320は、カメラ21及び22に代えて、単一のカメラから構成されてよい。この場合、単一のカメラは、対象物の画像データを生成する。また、検出装置320は、カメラ21及び22に加えて、更に別のカメラを備えていてもよい。この場合、例えば、カメラ21及び22（ステレオカメラ）で形状データを生成し、別のカメラで画像データを生成してもよい。また、検出装置320は、後述する検出装置330と同様に、カメラ21及び22に加えて、プロジェクタを備えてよい。この場合、検出装置320は、対象物の画像データ及び形状データの少なくとも一方を生成し、出力可能に構成されてよい。

[0042] なお、この場合、検出装置320は、後述する検出装置330と同様に、プロジェクタから構造光が投影された対象物をカメラ21及び22（ステレオカメラ）により撮像し、カメラ21及び22から夫々出力された2つの画像データに基づいて形状データを生成しなくてもよい。この場合、例えば、検出装置320は、検出結果として、カメラ21及び22（ステレオカメラ）から夫々出力された2つの画像データ（構造光が投影された対象物の2つの画像データ）を出力可能に構成されていてもよい。カメラ21及び22から夫々出力された2つの画像データは、制御装置1000に入力されてもよい。制御装置1000は、この場合も周知の方法で、入力された2つの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置1000は、生成された形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0043] また、検出装置320は、カメラ21及び22に代えて、単一のカメラとプロジェクタとを備えてよい。この場合、検出装置320は、対象物の画像データ及び形状データの少なくとも一方を生成し、出力可能に構成されてよい。

[0044] なお、検出装置320は、単一のカメラとプロジェクタを備える態様では、後述する検出装置330と同様に、プロジェクタから構造光が投影された

対象物を単一のカメラにより撮像し、単一のカメラから出力された画像データに基づいて形状データを生成しなくてもよい。この場合、例えば、検出装置320は、検出結果として、単一のカメラから出力された画像データを出力可能に構成されていてもよい。単一のカメラから出力された画像データは、制御装置1000に入力されてもよい。制御装置1000は、この場合も周知の方法で、入力された単一のカメラからの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置1000は、生成された形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0045] 検出装置320がプロジェクタを備える態様における具体的な形状データの生成方法については、後述する検出装置330の説明を参照されたい。

[0046] 検出装置330

検出装置330について図6を参照して説明を加える。図6において、検出装置130は、撮像装置と称されてもよいカメラ31及び32と、投影装置と称されてもよいプロジェクタ33とを備えて構成されている。例えば、カメラ31及び32は、それぞれレンズ等の光学部材とCMOCやCCD等の撮像素子を備える。一例として、カメラ31及び32は、互いに所定の基線長を隔てて配置されたステレオカメラとして構成されていてもよい。カメラ31及び32は、自身に入射する光を検出可能に構成されている。該入射する光としては、例えば、対象物（例えば、回路基板Tの少なくとも一部）により反射された光、対象物により散乱された光、及び、対象物を透過した光等が挙げられる。言い換えると、カメラ31及び32は、それぞれの画角内に存在する対象物からの光を検出し、その対象物の像を撮像する。言い換えれば、カメラ31及び32は、それぞれの画角内に存在する対象物からの光を検出し、その対象物の像を撮像する。つまり、カメラ31及び32各々は、自身に入射する光を検出して、その検出結果として画像データ（即ち、2次元画像を示すデータ）を生成可能に構成されている。言い換えれば、カメラ31及び32は、撮像した像を示す画像データを生成可能に構成されている。なお、検出装置330は、例えば、後述のマッチング処理やトラッキ

ング処理などに用いる画像データとして、カメラ31及び32の少なくとも一方で生成した画像データを出力可能に構成されている。

[0047] プロジェクタ33は、検出装置330の動作時に、例えば図7(a)～(c)に示すような所定の強度分布（言い換えれば、所定のパターン）を有する構造光を投影可能に構成されている。なお、プロジェクタ33には、例えばDLP（Digital Light Processing）方式のプロジェクタ等、既存の各種態様を適用可能である。

[0048] ここで、検出装置330は、プロジェクタ33から対象物に構造光を投影し、カメラ31及び32で構造光が投影された対象物の画像データを生成可能に構成されている。プロジェクタ33により、所定のパターンの構造光が投影されることにより、対象物の表面が暗い場合や対象物の表面に特徴点が少ない場合であっても、検出装置330は、外乱の影響の小さい高精度な形状データを生成することができる。

[0049] 検出装置330は、プロジェクタ33から構造光が投影された対象物を同時期にカメラ31及び32により撮像し、夫々出力された2つの画像データに基づいて形状データ（即ち、対象物の3次元形状を示す形状データ）を生成し、出力可能に構成されている。ここで、一例として、検出装置320は、カメラ31で撮像された画像上における構造光によるパターンの位置とカメラ32で撮像された画像上における構造光によるパターンの位置との差（即ち、視差）と、カメラ31及び32の焦点距離と、カメラ31とカメラ32との間隔（即ち、基線長）に基づいて、周知の方法によりカメラ31及び32から対象物までの距離を算出して3次元の点群データ（以下、単に点群データとも称する）を生成する。なお、検出装置330は、例えば、後述のマッチング処理やトラッキング処理などに用いる形状データとして、生成した形状データを出力可能に構成されている。

[0050] なお、検出装置330は、プロジェクタ33から構造光が投影された対象物をカメラ31及び32（ステレオカメラ）により撮像し、カメラ31及び32から夫々出力された2つの画像データに基づいて形状データを生成しな

くてもよい。この場合、例えば、検出装置330は、検出結果として、カメラ31及び32から夫々出力された2つの画像データ（構造光が投影された対象物の2つの画像データ）を出力可能に構成されていてもよい。カメラ31及び32から夫々出力された2つの画像データは、制御装置1000に入力されてもよい。制御装置1000は、上述と同様に周知の方法で、入力された2つの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置1000は、生成した形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0051] なお、形状データは点群データに限らず、対象物までの距離を各画素の輝度値として対応付けた深度画像データ等の既存の3次元情報を表すデータであってもよい。なお、形状データの生成方法には、例えば位相シフト法やランダムドット法、TOF（Time-of-Flight）法等の既存の各種態様を適用可能である。

[0052] また、検出装置330は、プロジェクタ33から構造光が投影されていない状態でカメラ31及び32の少なくとも一方により画像データを生成可能に構成されている。

[0053] 検出装置330は、対象物としての回路基板Tと、例えば光照射装置60とが比較的近づいた場合に、回路基板Tの一部（例えば、回路基板Tに配置されたはんだ、回路基板Tに設けられたはんだパッド、回路基板Tに配置された素子等）にさらに近づくため、回路基板Tの少なくとも一部を高精度に検出可能なように構成されている。言い換えれば、回路基板Tの少なくとも一部やその周辺を撮像し、高精度な画像データと形状データの少なくとも一方のデータが生成可能なように構成されている。このため、カメラ31及び32は、検出装置320が備えるカメラ21及び22よりも解像度が高い。この場合、例えば、カメラ31及び32は、カメラ21及び22よりも画角が狭い（言い換えると、焦点距離が長い）。例えば、カメラ31及び32それぞれのレンズは、カメラ21及び22それぞれのレンズよりも画角が狭い（言い換えると、焦点距離が長い）。また、カメラ31及び32それぞれ

のレンズは、カメラ 2 1 及び 2 2 それぞれのレンズよりも撮影倍率が高くて  
もよい。

[0054] カメラ 3 1 及び 3 2 で撮像される対象物の解像度が高いため、カメラ 3 1  
及び 3 2 を備える検出装置 2 3 0 で生成される画像データの解像度や形状デ  
ータの精度が、カメラ 2 1 及び 2 2 を備える検出装置 3 2 0 で生成される画  
像データの解像度や形状データの精度よりも高くなる。このため、検出装置  
3 3 0 は、検出装置 3 2 0 よりも高精度に回路基板 T の少なくとも一部を検  
出することができる。したがって、検出装置 3 3 0 で生成される画像デー  
タや形状データを制御装置 1 0 0 0 で使うことによって、後述するマッチング  
処理部 2 0 0 におけるマッチング処理による位置及び姿勢の推定精度やトラ  
ッキング部 3 0 0 におけるトラッキング処理による位置及び姿勢の推定精度  
が高くなる。

[0055] なお、検出装置 3 3 0 は、対象物としての回路基板 T と、例えば光照射装  
置 6 0 とが比較的近づいた場合に限らず、対象物としての回路基板 T と、例  
えば光照射装置 6 0 とが比較的離れている場合に、回路基板 T の少なくとも  
一部等を高精度に検出することもできる。つまり、対象物としての回路基板  
T と、例えば光照射装置 6 0 とが比較的離れている場合であっても、回路基  
板 T の少なくとも一部等を検出してもよい。

[0056] また、この結果、検出装置 3 3 0 のカメラ 3 1 及び 3 2 の視野は、検出装  
置 3 2 0 のカメラ 2 1 及び 2 2 の視野よりも狭くなる。なお、検出装置 3 2  
0 は第 1 撮像部と称されてもよく、検出装置 3 3 0 は第 2 撮像部と称されて  
もよい。

[0057] 検出装置 3 3 0 は、例えば、対象物としての回路基板 T の少なくとも一部  
の画像データと形状データの少なくとも一方を生成する。ここで、回路基板  
T の少なくとも一部（つまり、対象物）とは、例えば、回路基板 T 自体の少  
なくとも一部や回路基板 T に形成されたマーカ（例えば、AR マーカ等の 2  
次元コードや十字マーク）やはんだパッド（ランド）である。また、検出装  
置 3 3 0 は、例えば、回路基板 T 上に配置されたマーカ（例えば、AR マー

カ等の２次元コードや十字マーク）や回路基板Ｔ上に設けられた素子やはんだの画像データと形状データの少なくとも一方を生成してもよい。また、検出装置３３０は、例えば、回路基板Ｔの近傍に配置されたマーカ（例えば、ＡＲマーカ等の２次元コードや十字マーク）の画像データと形状データの少なくとも一方を生成してもよい。

[0058] なお、検出装置３３０は、カメラ３１及び３２に代えて、単一のカメラから構成されてよい。この場合、単一のカメラは、対象物の画像データを生成する。また、検出装置３３０は、カメラ３１及び３２に加えて、更に別のカメラを備えていてもよい。この場合、例えば、カメラ３１及び３２（ステレオカメラ）及びプロジェクタ３３で形状データを生成し、別のカメラで画像データを生成してもよい。また、検出装置３３０は、カメラ３１及び３２に代えて、単一のカメラとプロジェクタ３３とを備えていてよい。この場合、検出装置３３０は、対象物の画像データ及び形状データの少なくとも一方を生成し、出力可能に構成されてよい。

[0059] なお、検出装置３３０は、単一のカメラとプロジェクタを備える態様では、プロジェクタから構造光が投影された対象物を単一のカメラにより撮像し、単一のカメラから出力された画像データに基づいて形状データを生成しなくてもよい。この場合、例えば、検出装置３２０は、検出結果として、単一のカメラから出力された画像データを出力可能に構成されていてもよい。単一のカメラから出力された画像データは、制御装置１０００に入力されてもよい。制御装置１０００は、周知の方法により、入力された単一のカメラからの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置１０００は、生成した形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0060] なお、検出装置３３０は、プロジェクタ３３を備えていなくてもよい。この場合、検出装置３３０は、検出装置３２０と同様に、画像データ及び形状データの少なくとも一方を生成し、出力可能に構成されていてもよい。

[0061] なお、検出装置３３０は、対象物をカメラ３１及びカメラ３２（ステレオ

カメラ)により撮像し、カメラ31及び32の夫々から出力された2つの画像データに基づいて形状データを生成しなくてもよい。この場合、例えば、検出装置330は、検出結果として、カメラ31及び32から夫々出力された2つの画像データを出力可能に構成されていてもよい。カメラ31及び32の夫々から出力された2つの画像データは制御装置1000に入力されてもよい。制御装置1000は、この場合も上述と同様に周知の方法で、入力された2つの画像データに基づいて形状データを生成してもよい。制御装置1000は、生成された形状データに基づいて、後述のマッチング処理やトラッキング処理を行ってもよい。

[0062] なお、検出装置320のカメラ21及び22の視野は、検出装置330のカメラ31及び32の視野と同じであってもよいし、検出装置320のカメラ21及び22の視野よりも、検出装置330のカメラ31及び32の視野が大きいてもよい。なお、検出装置320のカメラ21及び22の解像度は、検出装置330のカメラ31及び32の解像度と同じであってもよいし、検出装置320のカメラ21及び22の解像度よりも、検出装置330のカメラ31及び32の解像度が低くてもよい。

[0063] 光照射装置60

光照射装置60について図8を参照して説明を加える。図8において、光照射装置60は、走査部とも言い換えられるガルバノミラー61及び $f\theta$ レンズ62を備えて構成されている。このため、光照射装置60は、対象物（例えば、回路基板Tの少なくとも一部）への加工光Lの照射位置を所望の方向に沿って移動させる（言い換えると、対象物への加工光Lの照射位置を走査させる）ことができる。ガルバノミラー61は、自身のミラーの向きを変化可能に構成されており、自身のミラーの向きを変化させることにより光源（図示せず）から入射した加工光Lの射出方向を変化させる。ガルバノミラー61から射出された加工光Lは $f\theta$ レンズ62に入射する。 $f\theta$ レンズ62は、ガルバノミラー61から入射した加工光Lを集光させる。つまり、光照射装置60は、ガルバノミラー61における自身のミラーの向き（言い換

えると、ガルバノミラー61からの加工光Lの射出方向の変化)に応じて、 $f\theta$ レンズ62を介して対象物としての回路基板Tに照射される加工光Lの照射位置を変化させることができる。

[0064] 例えば、ガルバノミラー61は、所定の軸周りに揺動又は回転可能なミラーを備える第1走査ミラー61Yと第2走査ミラー61Xとを含み、第1走査ミラー61Y及び第2走査ミラー61Xの揺動又は回転するそれぞれの軸同士が交差(例えば直交)するように配置されている。この場合、第1走査ミラー61Yに入射する加工光Lは、第1走査ミラー61Yで反射されて第2走査ミラー61Xに入射し、第2走査ミラー61Xで反射されて $f\theta$ レンズ62に入射する。 $f\theta$ レンズ62は、第2走査ミラー61Xから入射した加工光Lを集光させる。第1走査ミラー61Yの軸周りにおける向き、及び第2走査ミラー61Xの軸周りにおける向きによって、第2走査ミラー61Xからの加工光Lの射出方向が異なる(言い換えると、加工光Lの $f\theta$ レンズ62における入射位置が異なる)ため、第1走査ミラー61Y及び第2走査ミラー61Xの向きによって回路基板Tへの加工光の照射位置が変化する。

[0065] また、光照射装置60は、回路基板Tに配置されたはんだに加工光Lを照射することによってはんだを溶融することができる。また、はんだに直接、加工光Lを照射することに限らず、例えば、回路基板Tに設けられたはんだパッド(例えば、はんだパッドのうちはんだが配置されていない部分)に加工光を照射することによって間接的にはんだを溶融することや、回路基板Tに配置された素子(部品)の一部(例えば、電極)に加工光を照射することによって間接的にはんだを溶融することもできる。

[0066] なお、ガルバノミラー61は、走査ミラーが2つ(第1走査ミラー61Y及び第2走査ミラー61X)に限らず、単一の走査ミラーであっても良いし、3つ以上の走査ミラーで構成されていてもよい。なお、光照射装置60は、ガルバノミラー61に限られず、ポリゴンミラー、DMD(Digital Micromirror Device)、空間光変調器等、光の射出

方向を変化させる既存の他の装置を適用してもよい。なお、光照射装置60は、 $f\theta$ レンズ62を備える構成に限らず、 $f\theta$ レンズ62が無くても良いし、 $f\theta$ レンズ62の代わりに他の1以上のレンズを備えていてもよい。

[0067] なお、光照射装置60のガルバノミラー61に入射される加工光Lの光源（図示せず）は、はんだ付けシステムの外部に配置されていてもよいし、はんだ付けシステムに含まれていてもよいし、ロボット3に含まれていてもよいし、光照射装置60に含まれていてもよい。光源（図示せず）は、対象物に照射される加工光Lの強度を変化させることができる。なお、対象物に照射される加工光Lの強度を変化させる方法は、光源から射出する光の強度を変化させる方法に限らず、NDフィルタなどの既存の光強度変更部材を用いる方法を適用することもできる。なお、光源（図示せず）からの光は既存の方法で光照射装置60のガルバノミラー61に入射される。なお、光照射装置60は、フォーカスレンズを備えていてもよい。フォーカスレンズは、1以上のレンズで構成され、その少なくとも一部のレンズの光軸方向に沿った位置を変化させることで、光照射装置60の光軸方向における加工光Lの集光位置（即ち、光照射装置60の焦点位置）を変化させることができる。言い換えると、対象物に照射される加工光Lのスポットサイズを変化させることができる。例えば、フォーカスレンズは、ガルバノミラー61に入射する前の加工光Lの光路上に配置されてもよい。なお、光照射装置60は、対象物における加工光Lのスポットサイズを変化させる構成はフォーカスレンズに限らず、既存の構成を適用することもできる。

[0068] 制御装置1000は、上述の如く構成されたロボット3について、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが同一位置に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0069] 制御装置1000は、駆動部311の駆動を停止させるように該駆動部3

11を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後の検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが同一位置に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0070] 制御装置1000は、光照射装置60と検出装置320及び330とが移動されるように駆動部311を制御しつつ、ロボットアーム310により移動される検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、ロボットアーム310により移動される光照射装置60からの加工光Lが同一位置に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0071] 制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0072] 制御装置1000は、駆動部311の駆動を停止させるように駆動部311を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後の検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0073] 制御装置1000は、光照射装置60と検出装置320及び330とを移動させるように駆動部311を制御しつつ、ロボットアーム310により移動される検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する

る画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、ロボットアーム310により移動される光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0074] 制御装置1000は、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tに光照射装置60と検出装置320及び330とが近づくようにロボットアーム310の駆動部311を制御し、光照射装置60と検出装置320及び330とが回路基板Tに所定距離まで近づくと、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが同一位置に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0075] なお、光照射装置60は、ガルバノミラー61などの走査部を備えていなくてもよい。

[0076] ここで、制御装置1000は、はんだ付け装置とも言い換えることができるロボット3とは異なる装置であってもよいし、ロボット3の一部を構成していてもよい（言い換えれば、ロボット3が制御装置1000を備えていてもよい）。後者の場合、制御装置1000は、ロボット3が独自に備えていてもよいし、ロボット3とロボット1及び2の少なくとも一方とにより共有されていてもよい（即ち、ロボット3の一部を構成する制御装置1000が、ロボット3に加えて、ロボット2及び3の少なくとも一方も制御してもよい）。ロボット3が制御装置1000を独自に備える場合、ロボット1及び2は、夫々、ロボット3が備える制御装置1000とは異なる制御装置1000を独自に備えていてもよい。

[0077] （ロボット1）

ロボット1は、上述したように、回路基板Tの所定部分（例えば、はんだパッドや回路の一部等）にはんだを配置するロボットである。図2（a）及び図2（b）において、ロボット1は、（i）はんだを吐出するディスペン

サ40と、(i i) 回路基板Tからの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置120及び220と、(i i i) ディスペンサ40と検出装置120及び130とが設けられ、ディスペンサ40と検出装置120及び130とを移動させる駆動部111を有するロボットアーム110とを備える。

[0078] ロボットアーム110は、ロボットアーム310と同様に、腕部110a及び110bと、手首部110cとを有する。検出装置120及び130は、夫々、検出装置320及び330と同様に構成されていてよい。なお、ディスペンサ40はクリームはんだの吐出量を変更可能であり、制御装置1000は、ディスペンサ40から吐出するはんだの量を制御することができる。

[0079] なお、図2(a)において、検出装置120は、ロボットアーム110の腕部110bに配置されており、検出装置130は、ロボットアーム110の手首部110cに配置されているが、検出装置120及び130の配置は、これに限定されるものではない。また、ロボット1は、検出装置120及び130のうち一方だけを備えていてもよいし、検出装置120及び130に加えて、他の検出装置を備えていてもよい(即ち、ロボット1が3以上の検出装置を備えていてもよい)。つまり、回路基板Tの所定部分(例えば、はんだパッドや回路の一部等)にはんだを配置可能なように、ロボットアーム110の駆動部111の駆動により回路基板Tや回路基板Tの所定部分(例えば、はんだパッドや回路の一部等)にディスペンサ40を近づけることができれば、検出装置120及び130の構成(例えば、検出装置におけるカメラの数や仕様、プロジェクタの有無等)や配置位置や数はいずれでもよい。

[0080] なお、検出装置120及び130は、夫々、上述した検出装置320及び330と同様の構成であってもよい。ただし、検出装置120及び130は、夫々、上述した検出装置320及び330と同一の構成でなくもよい。検出装置120の構成や仕様は、上述した検出装置320についての説明等か

ら読み取れる要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能である。同様に、検出装置130の構成や仕様は、上述した検出装置330についての説明等から読み取れる要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能である。

[0081] 制御装置1000は、上述の如く構成されたロボット1について、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0082] 制御装置1000は、駆動部111の駆動を停止させるように該駆動部111を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部111の駆動が停止した後の検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0083] 制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの第1位置に配置された後に、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0084] 制御装置1000は、駆動部111の駆動を停止させるように駆動部111を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部111の駆動が停止した後の検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの第1位置に配置された後に、該第1位置

とは異なる第2位置に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0085] 制御装置1000は、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tにディスペンサ40と検出装置120及び130とが近づくようにロボットアーム110の駆動部111を制御し、ディスペンサ40と検出装置120及び130とが回路基板Tに所定距離まで近づくと、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0086] ここで、制御装置1000は、はんだ塗布装置とも言い換えることができるロボット1とは異なる装置であってもよいし、ロボット1の一部を構成していてもよい（言い換えれば、ロボット1が制御装置1000を備えていてもよい）。

[0087] （ロボット2）

ロボット2は、上述したように、回路基板Tに配置されたはんだを介して素子を配置するロボットである。図3（a）及び図3（b）において、ロボット2は、（i）素子を保持する保持装置50と、（ii）回路基板Tからの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置220及び230と、（iii）保持装置50と検出装置220及び230とが設けられ、保持装置50と検出装置220及び230とを移動させる駆動部211を有するロボットアーム210とを備える。

[0088] ロボットアーム210は、ロボットアーム310と同様に、腕部210a及び210bと、手首部210cとを有する。検出装置220及び230は、夫々、検出装置220及び230と同様に構成されていてよい。また、保持装置50は、例えば、ピンセットハンドや吸引装置など、素子を保持することができれば既存の装置を適用することができる。

[0089] なお、保持装置50における素子の保持力（把持力）は変更可能であり、制御装置1000は、保持装置50における素子の保持力を制御することが

できる。例えば、保持装置50がピンセットハンドの場合には、保持装置50は、ピンセットの先端部で素子を挟む力を制御することができる。なお、ロボット2は、素子を収納する収納部（図示せず）と、該収納部から所望の素子を保持装置50に供給する供給装置（図示せず）とを備えてもよい。収納部としては、例えばリール、トレイ、スティック等が挙げられる。なお、収納部及び供給装置には、既存の各種態様を適用可能であるので、その詳細についての説明は省略する。制御装置1000は、回路基板Tの一部（所定部分）に配置する所望の素子を収納部から保持装置50に供給するように供給装置を制御し、保持装置50でその素子を保持するように保持装置50を制御してもよい。この場合、ロボット2は、回路基板Tの一部（所定部分）に配置する素子を別に設けられた不図示の素子供給装置（所謂、パーツフィーダ）へ保持装置50を近づけて、所望の素子を保持装置50で保持する作業を省略できるため、回路基板Tへの素子の配置作業を効率化することができる。

[0090] なお、図3（a）において、検出装置220は、ロボットアーム210の腕部210bに配置されており、検出装置230は、ロボットアーム210の手首部210cに配置されているが、検出装置220及び230の配置は、これに限定されるものではない。また、ロボット2は、検出装置220及び230のうち一方だけを備えていてもよいし、検出装置220及び230に加えて、他の検出装置を備えていてもよい（即ち、ロボット2が3以上の検出装置を備えていてもよい）。つまり、回路基板Tの所定部分（はんだパッドや回路上に配置されたはんだ等）に素子を配置可能なように、ロボットアーム210の駆動部211の駆動により回路基板Tの所定部分（はんだパッドや回路上に配置されたはんだ等）に保持装置50を近づけることができれば、検出装置120及び130の構成（例えば、検出装置におけるカメラの数や仕様、プロジェクタの有無等）や配置位置や数はいずれでもよい。

[0091] なお、検出装置220及び230は、夫々、上述した検出装置320及び330と同様の構成であってもよい。ただし、検出装置220及び230は

、夫々、上述した検出装置 320 及び 330 と同一の構成でなくもよい。検出装置 220 の構成や仕様は、上述した検出装置 320 についての説明等から読み取れる要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能である。同様に、検出装置 230 の構成や仕様は、上述した検出装置 330 についての説明等から読み取れる要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能である。

[0092] 制御装置 1000 は、上述の如く構成されたロボット 2 について、検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置 50 により把持（保持）される素子が回路基板 T の所定部分に配置されるように駆動部 211 を制御してもよい。

[0093] 制御装置 1000 は、駆動部 211 の駆動を停止させるように該駆動部 211 を制御してもよい。制御装置 1000 は、駆動部 211 の駆動が停止した後の検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方と共に変位する保持装置 50 により把持される素子が回路基板 T の所定部分に配置されるように駆動部 211 を制御してもよい。

[0094] 制御装置 1000 は、検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置 50 により把持される一の素子が回路基板 T の第 1 位置に配置された後に、保持装置 50 により把持される他の素子が、該第 1 位置とは異なる第 2 位置に配置されるように駆動部 211 を制御してもよい。

[0095] 制御装置 1000 は、駆動部 211 の駆動を停止させるように駆動部 211 を制御してもよい。制御装置 1000 は、駆動部 211 の駆動が停止した後の検出装置 220 及び 230 の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 2

20及び230の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置50により把持される一の素子が回路基板Tの第1位置に配置された後に、保持装置50により把持される他の素子が、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部211を制御してもよい。

[0096] 制御装置1000は、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tに保持装置50と検出装置220及び230とが近づくようにロボットアーム210の駆動部211を制御し、保持装置50と検出装置220及び230とが回路基板Tに所定距離まで近づく、検出装置220及び230の少なくとも一方の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置220及び230の少なくとも一方と共に変位する保持装置50により把持される素子が回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部211を制御してもよい。

[0097] ここで、制御装置1000は、素子設置装置とも言い換えることができるロボット2とは異なる装置であってもよいし、ロボット2の一部を構成していてもよい（言い換えれば、ロボット2が制御装置1000を備えていてもよい）。

[0098] 図1において、制御装置1000は、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tと、例えばロボット3の光照射装置60との位置関係が所望の位置関係となるように、及び／又は、光照射装置60の姿勢が所望の姿勢となるように、駆動部311を制御する（例えば、ロボットアーム310全体を旋回させたり、前後動作させたり、腕部310a及び310bを上下動作させたり、腕部310b及び手首部310cを旋回させたり、手首部310cを回転動作させたり、曲げ動作させたりする）。言い換えれば、制御装置1000は、駆動部311を制御することによって、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tの所定部分に、光照射装置60からの加工光Lが照射されるように、光照射装置60の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する。このとき、ベルトコンベアは一時停止されている。つまり、ベルトコンベアは、例えばロボット3のロボットアーム310の駆動可能範囲内に、回路基板

Tを搬送した後、一時停止される。そして、停止している回路基板Tの所定部分に、光照射装置60からの加工光Lが照射された後、ベルトコンベアは回路基板Tを搬送するために駆動を再開する。

[0099] 同様に、制御装置1000は、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tと、例えばロボット1のディスペンサ40との位置関係が所望の位置関係となるように、及び／又は、ディスペンサ40の姿勢が所望の姿勢となるように、駆動部111を制御する。言い換えれば、制御装置1000は、駆動部111を制御することによって、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tの所定部分に、ディスペンサ40から吐出されるはんだが配置されるように、ディスペンサ40の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する。このとき、ベルトコンベアは一時停止されている。つまり、ベルトコンベアは、例えばロボット1のロボットアーム110の駆動可能範囲内に、回路基板Tを搬送した後、一時停止される。そして、停止している回路基板Tの所定部分に、ディスペンサ40から吐出されたはんだが配置された後、ベルトコンベアは回路基板Tを搬送するために駆動を再開する。

[0100] 同様に、制御装置1000は、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tと、例えばロボット2の保持装置50との位置関係が所望の位置関係となるように、及び／又は、保持装置50の姿勢が所望の姿勢となるように、駆動部211を制御する。言い換えれば、制御装置1000は、駆動部211を制御することによって、ベルトコンベアにより搬送された回路基板Tの所定部分に、保持装置50により保持されている素子が配置されるように、保持装置50の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する。このとき、ベルトコンベアは一時停止されている。つまり、ベルトコンベアは、例えばロボット2のロボットアーム210の駆動可能範囲内に、回路基板Tを搬送した後、一時停止される。そして、停止している回路基板Tの所定部分に、保持装置50により保持されている素子が配置された後、ベルトコンベアは回路基板Tを搬送するために駆動を再開する。

[0101] なお、ベルトコンベアは各ロボットアームの前で一時停止せずに常時駆動

していてもよい。つまり、制御装置1000は、ベルトコンベアによりまさに搬送されている（即ち、動いている）回路基板Tの所定部分に、光照射装置60からの加工光Lが照射されるように駆動部311を制御したり、ディスペンサ40から吐出されたはんだが配置されるように駆動部111を制御したり、保持装置50により保持されている素子が配置されるように駆動部211を制御したりしてよい。

[0102] 回路基板Tの搬送装置は、ベルトコンベアに限らず、回路基板Tを搬送可能な限りにおいて既存の各種態様を適用可能である。また、回路基板Tは、ベルトコンベア等により搬送されなくてもよい。例えば、回路基板Tが載置されたステージを取り囲むように、上述したロボット1、2及び3が配置されていてもよい。この場合、制御装置1000は、ステージ上に載置された回路基板Tの所定部分に、光照射装置60からの加工光Lが照射されるように駆動部311を制御したり、ディスペンサ40から吐出されたはんだが配置されるように駆動部111を制御したり、保持装置50により保持されている素子が配置されるように駆動部211を制御したりしてよい。このとき、ステージへの回路基板Tの搬入や該ステージからの回路基板Tの搬出は、ロボット1、2及び3とは異なる他のロボットが行ってもよい。

[0103] なお、ロボットアーム110、210及び310の少なくとも一つのロボットアームは、例えばAGV（Automatic Guided Vehicle）に搭載されていてもよい。この場合、制御装置1000は、後述のマッチング処理やトラッキング処理によって取得した対象物の位置及び姿勢の情報に基づいて、ロボットアーム110、210及び310の少なくとも一つのロボットアームの駆動部、ロボットアーム110、210及び310の少なくとも一つのロボットアームのエンドエフェクタ、及びAGVの駆動部の少なくとも一方を制御してもよい。

[0104] このような駆動部311等（言い換えれば、ロボットアーム310等）の制御を可能とするために、制御装置1000において行われる処理について、図9乃至図13を参照して説明する。ここでは、一例としてロボット3が

備える検出装置320及び330の出力を用いた処理について説明する。制御装置1000は、ロボット1が備える検出装置120及び130の出力、並びに、ロボット2が備える検出装置220及び230の出力を用いて同様の処理を行ってよい。

[0105] (マッチング処理による対象物の位置及び姿勢の算出)

制御装置1000において行われる対象物としての回路基板Tのマッチング処理について図9乃至図11を参照して説明する。ベルトコンベアで搬送された対象物の一部(例えば、回路基板Tの加工光Lを照射すべき箇所)に対するロボット3の光照射装置60の位置や姿勢が所望の位置や所望の姿勢となるように、ロボット3のロボットアーム310で光照射装置60を対象物に近づける必要がある。ロボットアーム310で光照射装置60を対象物に近づけるために、制御装置1000は、対象物の位置や姿勢を算出(推定)するマッチング処理を行うことができる。

[0106] 図9において、制御装置1000は、その内部に論理的に実現される処理ブロックとして又は物理的に実現される処理回路として、ロボット制御部100及びマッチング処理部200を有する。なお、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。例えば、ロボット制御部100は、制御装置1000とは異なる処理ブロック又は物理的に実現される処理回路であってもよい。

[0107] なお、マッチング処理部200は、回路基板Tから比較的離れた位置にある光照射装置60が、該回路基板Tに近づく過程において、検出装置320の出力(例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方)と検出装置330の出力(例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方)とのいずれを駆動部311の制御に用いるかを決定する。

[0108] マッチング処理部200は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202と、比較部203とを備えて構成されている。

[0109] 第1マッチング部201は、検出装置320の出力(例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方)と、CAD(Computer-Aide

d Design) データとのマッチングを行う。第1マッチング部201は、マッチングの結果として、対象物の位置や姿勢を(算出)推定した結果としての対象物の位置姿勢推定結果と、マッチング率とを出力する。なお、対象物の位置姿勢推定結果は、所謂6DoF(six degree of freedom)で表されてよい。この場合、位置姿勢推定結果は、例えばX軸、Y軸、Z軸のロボットアーム310の座標系(所謂、ワールド座標系)における、X座標、Y座標、Z座標、X軸周りの成分( $\theta X$ 成分)、Y軸周りの成分( $\theta Y$ 成分)、及びZ軸周りの成分( $\theta Z$ 成分)を表すデータとなる。これらのデータは、行列で表されてもよいし、それぞれの値がテーブルとして表されてもよく、その他の周知の形式のデータであってもよい。なお、X座標、Y座標、及びZ座標が対象物の位置を示す推定結果であり、X軸周りの成分、Y軸周りの成分、及びZ軸周りの成分が対象物の姿勢を示す推定結果である。なお、X軸周りの成分、Y軸周りの成分、及びZ軸周りの成分は、ヨー、ロール、及びピッチと言い換えられる。なお、第1マッチング部201において、対象物における特徴領域(後述)の位置や姿勢を算出(推定)することは、対象物の位置や姿勢を算出(推定)する概念に含まれる。

[0110] 第1マッチング部201は、マッチング処理として、例えば、検出装置320の出力としての画像データにおける対象物の特徴領域(例えば、画像データにおける対象物の輪郭の一部)と、該対象物のCADデータにおける該対象物の特徴領域(例えば、画像データにおける対象物の輪郭の一部に対応するCADデータ)とを比較することによって対象物の位置や姿勢を算出(推定)する。このとき、第1マッチング部201は、まず、検出装置320から出力された画像データにおける対象物の特徴領域と、該対象物のCADデータにおける該対象物の特徴領域とを抽出する。第1マッチング部201は、次に、例えばCADデータにおける該対象物の特徴領域の寸法を変化させたり、回転させたりすることにより、画像データにおける対象物の特徴領域とCADデータにおける該対象物の特徴領域との対応をとることでロボッ

トーム310の座標系（ワールド座標系）における対象物の位置や姿勢を算出する。より詳細には、まず、第1マッチング201は、CADデータにおける対象物の特徴領域が画像データにおける対象物の特徴領域に合うように、CADの座標系（所謂、ローカル座標系）と検出装置320の座標系（カメラ座標系）との対応関係を求める。なお、CADの座標系における対象物の特徴領域（つまり、CADデータにおける対象物の特徴領域）の位置や姿勢は既知であるため、CADの座標系を検出装置320の座標系に合わせることで検出装置320の座標系における対象物の特徴領域の位置や姿勢がわかる。次に、第1マッチング201は、CADの座標系と検出装置320の座標系との対応関係と、予めキャリブレーションで求めた検出装置320の座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム310の座標系における対象物の位置及び姿勢を算出する。

[0111] なお、第1マッチング部201による画像データのマッチング処理は、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) やSURF (Speed-Uped Robust Feature) などの既存の各種方法を用いることができる。なお、第1マッチング部201は、画像データにおける対象物の複数の特徴領域と、CADデータにおける該対象物の複数の特徴領域とをマッチング処理して、ロボットアーム310の座標系における複数の特徴領域の位置や姿勢を算出してもよい。この場合、第1マッチング部201は、算出した対象物における複数の特徴領域の位置や姿勢を出力してもよいし、複数の特徴領域の位置や姿勢に基づいて対象物の重心における位置や姿勢を算出（推定）して出力してもよい。

[0112] なお、位置や姿勢を算出する対象物の特徴領域は、対象物の輪郭の一部に限らず、対象物に設けられたマーカや対象物の表面における模様など、画像上において周囲との差が識別できる領域であればいずれの領域であってもよい。例えば、対象物としての回路基板Tの特徴領域は、例えば、回路基板Tの少なくとも一部としての回路基板Tに形成されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）やはんだパッドやはんだであっても

よいし、回路基板T上に配置されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）であってもよいし、回路基板T上に配置された素子であってもよいし、回路基板Tの近傍に配置されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）であってもよい。なお、第1マッチング部201が、検出装置320から出力された画像データにおける特徴領域とマッチング処理するデータはCADデータに限られず、他のデータを用いてもよい。例えば、第1マッチング部201は、予め基準対象物（例えば、基準回路基板）を撮像して生成した画像データの特徴領域と、検出装置320から出力された回路基板Tの画像データにおける特徴領域とをマッチング処理してもよい。この場合、基準対象物は、例えば、良品の対象物（例えば、良品の回路基板）であってもよい。

[0113] また、マッチング率は、画像データにおける対象物の特徴領域と、CADデータにおける該対象物の特徴領域との一致の程度を示す値である（ここでは、両者の一致の程度が高いほど、マッチング率は高くなるものとする）。

[0114] また、第1マッチング部201は、マッチング処理として、例えば検出装置320の出力としての形状データ（例えば、点群データ）における対象物の特徴領域（例えば、点群データにおける対象物の角の一部）の点群データと、該対象物のCADデータにおける該対象物の特徴領域の点群データ（例えば、形状データにおける対象物の角の一部に対応するCADデータにおける点群データ）とを比較することによって対象物の位置や姿勢を算出（推定）することもできる。

[0115] このとき、第1マッチング部201は、まず、検出装置320から出力された形状データ（例えば、点群データ）における対象物の特徴領域の点群データと、該対象物のCADデータにおける該対象物の特徴領域の点群データとを抽出する。第1マッチング部201は、次に、例えば、CADデータにおける該対象物の特徴領域の点群データにおける各点の座標や各点間の間隔を変化させたり、点群を回転させたりすることにより、形状データにおける対象物の特徴領域の点群データとCADデータにおける該対象物の特徴領域

の点群データとの対応をとることでロボット310の座標系における対象物の位置や姿勢を算出する。より詳細には、まず、第1マッチング部201は、CADデータにおける対象物の特徴領域の点群データが、形状データにおける対象物の特徴領域の点群データに合うように、CADの座標系と検出装置320の座標系との対応関係を求める。なお、CADの座標系における対象物における特徴領域の点群の位置や姿勢は既知であるため、CADの座標系を検出装置320の座標系に合わせることで検出装置320の座標系における対象物における特徴領域の点群の位置や姿勢がわかる。次に、第1マッチング部201は、CADの座標系と検出装置320の座標系との対応関係と、予めキャリブレーションで求めた検出装置320の座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム310の座標系における対象物の位置及び姿勢を算出する。

[0116] なお、第1マッチング部201による形状データのマッチング処理は、RANSAC (Random Sample Consensus)、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)、ICP (Iterative Closest Point) などの既存の各種方法を用いることができる。なお、第1マッチング部201は、算出した対象物の特徴領域の位置や姿勢を対象物の位置や姿勢として出力してもよい。また、第1マッチング部201は、形状データにおける対象物の複数の特徴領域の点群データと、CADデータにおける該対象物の複数の特徴領域の点群データとをマッチング処理して、ロボットアーム310の座標系における複数の特徴領域の位置や姿勢を算出してもよい。この場合、第1マッチング部201は、算出した対象物における複数の特徴領域の位置や姿勢を対象物の位置や姿勢として出力してもよいし、複数の特徴領域の位置や姿勢に基づいて対象物の重心の位置や姿勢を算出（推定）し、対象物の位置や姿勢として出力してもよい。

[0117] なお、第1マッチング部201は、点群データを用いたマッチング処理に限らず、検出装置320から出力された形状データとしての深度画像を用い

てマッチング処理してもよい。なお、位置や姿勢を算出する対象物の特徴領域は、対象物の角の一部に限らず、対象物のエッジや凹凸など、周囲と形状の差が識別できる領域であればいずれの領域であってもよい。例えば、対象物としての回路基板 T の特徴領域は、回路基板 T の少なくとも一部としての回路基板 T に形成されたマーカ（例えば、立体的な形状を有するコードや十字マーク）やはんだパッドやはんだであってもよいし、回路基板 T 上に配置されたマーカ（例えば、立体的な形状を有するコードや十字マーク）であってもよいし、回路基板 T 上に配置された素子であってもよい。なお、第 1 マッチング部 201 が、検出装置 320 から出力された画像データにおける特徴領域とマッチング処理するデータは CAD データに限られず、他のデータを用いてもよい。例えば、第 1 マッチング部 201 は、予め基準対象物（例えば、基準回路基板）を撮像して生成した形状データ（例えば、点群データ）における特徴領域の点群データと、検出装置 320 から出力された回路基板 T の形状データにおける特徴領域の点群データとをマッチング処理してもよい。この場合、基準対象物は、例えば、良品の対象物（例えば、良品の回路基板）であってもよい。なお、CAD データと、基準対象物を撮像して得られた画像データや形状データは共に、マッチング処理における基準のデータであることから基準データと言い換えることもできる。

[0118] なお、検出装置 320 は形状データを生成可能に構成されていなくてもよい。この場合、検出装置 320 は画像データ（一例として、対象物をカメラ 21 及びカメラ 22 により撮像して生成された 2 つの画像データ）を出力し、第 1 マッチング部 201 は、上述と同様に周知の方法で、検出装置 320 から出力された画像データに基づいて形状データを生成してもよい。第 1 マッチング部 201 は、生成された形状データに基づいて、上述と同様にマッチング処理を行い、対象物の位置及び姿勢を算出してもよい。

[0119] また、マッチング率は、形状データにおける対象物の特徴領域の点群データと、CAD データにおける該対象物の特徴領域の点群データとの一致の程度を示す値である（ここでは、両者の一致の程度が高いほど、マッチング率

は高くなるものとする)。

[0120] 同様に、第2マッチング部202は、検出装置330の出力(例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方)とCADデータとのマッチングを行う。第2マッチング部202は、マッチングの結果として、対象物の位置姿勢推定結果とマッチング率とを出力する。なお、第2マッチング部202におけるマッチング処理(つまり、対象物の位置や姿勢の推定とマッチング率の算出)については、上述の第1マッチング部201と同様であるためその説明を省略する。

[0121] なお、検出装置330は形状データを生成可能に構成されていなくてもよい。この場合、検出装置330は画像データ(一例として、プロジェクタ33から構造光が投影された対象物をカメラ31及びカメラ32により撮像して生成された2つの画像データ)を出力し、第2マッチング部202は、上述と同様に周知の方法で、検出装置330から出力された画像データに基づいて形状データを生成してもよい。第2マッチング部202は、生成された形状データに基づいて、上述と同様にマッチング処理を行い、対象物の位置及び姿勢を算出してもよい。

[0122] つまり、第1マッチング部201及び202各々は、対象物の位置及び姿勢を算出(推定)して、その算出結果を位置姿勢推定結果として出力する。ここで、例えば、回路基板Tにおける加工光Lを照射すべき箇所にロボット3の光照射装置60を近づけるために、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々で位置及び姿勢を算出する対象物は、加工光Lを照射すべき箇所自体であってもよく、例えば、回路基板Tの少なくとも一部(例えば、回路基板Tに形成されたはんだパッド)や、回路基板Tに配置された素子やはんだであってもよい。また、対象物は、上述の加工光Lを照射すべき箇所との相対的な位置が既知の箇所であってもよく、例えば、回路基板Tの少なくとも一部(例えば、回路基板Tに形成されたマーカとしてのARマーカ等の2次元コードや十字マーク)や、回路基板T上に配置されたマーカ(例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク)や、回路基板Tの

近傍に配置されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）であってもよい。また、対象物は、回路基板Tにおける上述の箇所以外の箇所であってもよい。つまり、第1マッチング部201及び202各々で位置及び姿勢を算出する対象物は、上述の特徴領域であってもよい。

[0123] なお、マッチングに用いられるCADデータや基準対象物のデータ（画像データや形状データ）は、制御装置1000の、例えばメモリ（図示せず）に予め格納されているものとする。第1マッチング部201及び第2マッチング部202は、対象物の位置及び姿勢の両方を算出（推定）してもよいし、対象物の位置及び姿勢の一方だけを算出（推定）してもよい。つまり、第1マッチング部201及び第2マッチング部202は、対象物の位置及び姿勢の少なくとも一方を算出（推定）してもよい。

[0124] 比較部203は、第1マッチング部201から出力されたマッチング率（以降、適宜“第1マッチング率”と称する）と、第2マッチング部202から出力されたマッチング率（以降、適宜“第2マッチング率”と称する）とを比較する。

[0125] 比較部203は、第1マッチング率が第2マッチング率より大きい場合、言い換えれば、第2マッチング率が第1マッチング率未満である場合（第1マッチング率 $>$ 第2マッチング率）、第1マッチング部201から出力された位置姿勢推定結果を出力する。他方、比較部203は、第2マッチング率が第1マッチング率以上である場合、言い換えれば、第1マッチング率が第2マッチング率以下である場合（第1マッチング率 $\leq$ 第2マッチング率）、第2マッチング部202から出力された位置姿勢推定結果を出力する。

[0126] 制御装置1000の一部としてのロボット制御部100は、マッチング処理部200から出力された位置姿勢推定結果に基づいて、例えばロボット3の駆動部311を制御する。

[0127] なお、比較部203は、所定時間の間隔で第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々から出力される全てのマッチング処理の結果（つまり、対象物の位置及び姿勢の算出結果）について上述のマッチング率の比較

を行ってもよい。また、比較部203は、所定時間の間隔で第1マッチング201及び第2マッチング部202各々から出力される全てのマッチング処理の結果について上述のマッチング率の比較を行わなくてもよい。この場合、比較部203は、所定の時点で上述のマッチング率の比較を行い、その所定の時点以降は、所定の時点で実行したマッチング率の比較結果に基づいて第1マッチング201又は第2マッチング部202から所定時間の間隔で出力されるマッチング処理の結果を出力するようにしてもよい。

[0128] なお、制御装置1000は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202の少なくとも一方から比較部203を介して画像データを用いたマッチング処理の結果及び形状データを用いたマッチング処理の結果の少なくとも一方を出力すればよい。

[0129] ところで、上述したように、ロボット3の検出装置320及び330各々は、画像データ及び形状データの少なくとも一方を出力可能である。このため、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、画像データ（即ち、2次元画像を示すデータ）を用いたマッチング処理（以降、適宜“2Dマッチング”と称する）と、形状データ（例えば3次元の点群データ）を用いたマッチング処理（以降、適宜“3Dマッチング”と称する）との少なくとも一方を行ってよい。2Dマッチングは、3Dマッチングよりも対象物の位置や姿勢を高速に算出することができる。一方、3Dマッチングは、2Dマッチングよりも対象物の位置や姿勢を高精度に算出（推定）することができる。したがって、目的に応じて、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、2Dマッチング又は3Dマッチングを行ってもよい。

[0130] 3Dマッチングを行う場合、形状データの全て（例えば、生成した全ての点群データ）を用いると、3Dマッチングに比較的長い時間を要する。そこで、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、次のような処理を行い、3Dマッチングに要する時間の短縮を図ってもよい。

[0131] 第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、先ず、2D

マッチングの結果から、例えば図10(a)に示す2次元画像における対象物objの位置を特定する。次に、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、特定された対象物objの位置に基づいて、3Dマッチングを行うべき範囲A(図10(b)参照)を決定する(言い換えれば、3Dマッチングを行うべき範囲を絞り込む)。なお、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々の2Dマッチングにより位置が特定される対象物objは、上述した対象物の特徴領域であってもよい。そして、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、決定された範囲Aに相当する形状データ(例えば、範囲Aに含まれる点群データ)を用いて3Dマッチングを行う。したがって、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、最低限必要な点群データで3Dマッチングを実行するため、特に特徴領域の点群データの抽出処理に要する時間を従来よりも短縮することができるため、3Dマッチングを高速化することができる。更に、3Dマッチングにより対象物(特徴領域)の位置や姿勢を高精度に算出(推定)することができる。

[0132] この処理について、一例として、図11のタイミングチャートを参照して説明を加える。図11において、黒い帯の時間軸方向の幅が、各処理に要した時間の長さを表している。

[0133] 図11において、 $T_{2-1}$ 回目の2Dマッチングの結果を用いて、3Dマッチングを行うべき範囲が決定され(図11の“Area crop”参照)、その後、 $T_{3-1}$ 回目の3Dマッチングが行われる。この $T_{3-1}$ 回目の3Dマッチングと並行して、 $T_{2-2}$ 回目及び $T_{2-3}$ 回目の2Dマッチングが行われる。 $T_{3-1}$ 回目の3Dマッチングが終了すると、 $T_{2-4}$ 回目の2Dマッチングの結果を用いて、3Dマッチングを行うべき範囲が決定され、その後、 $T_{3-2}$ 回目の3Dマッチングが行われる。この場合、上述した比較部203(図9参照)は、逐次、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々による3Dマッチングの結果同士を比較し、マッチング率の高い位置姿勢推定結果を所定時間の間隔でロボット制御部100に出力する。ロボット制御部1

00は、マッチング処理部200から所定時間の間隔で出力される位置姿勢推定結果に基づいて、例えばロボット3の駆動部311を制御する。

[0134] なお、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、3Dマッチングに使われない $T_{2-2}$ 回目及び $T_{2-3}$ 回目の2Dマッチングは実施しなくてもよい。なお、比較部203は、2Dマッチングの結果同士を比較して、マッチング率の高い位置姿勢推定結果をロボット制御部100に出力してもよい。なお、図11のタイミングチャートに限られず、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、所定のタイミング（例えば、後述のトラッキング処理を開始するタイミング等）で2Dマッチング及び3Dマッチングを行い、上述のように2Dマッチングの結果を用いて3Dマッチングを行うべき範囲を決定し、3Dマッチングを行うようにしてもよい。

[0135] なお、上述したマッチング処理は一例であり、これに限定されるものではない。制御装置1000は、例えば3Dマッチング（即ち、形状データを用いたマッチング）だけで対象物（特徴領域）の位置や姿勢を算出（推定）してもよいし、2Dマッチング（即ち、画像データを用いたマッチング）だけで対象物（特徴領域）の位置や姿勢を算出（推定）してもよい。2Dマッチングだけで対象物の位置や姿勢を算出（推定）する場合、検出装置320及び330は、単一のカメラのみ備えていてもよい。また、検出装置320及び330のどちらか一方をロボット3に設ける場合は、マッチング処理部200は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202のどちらか一方のみで構成されていればよい。

[0136] なお、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくともよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。例えば、ロボット制御部100は、制御装置1000とは異なる処理ブロック又は物理的に実現される処理回路であってもよい。この場合、制御装置1000は、マッチング処理部200（比較部203）から出力される対象物の位置及び姿勢（位置姿勢推定結果）に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成され

た制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力する出力部（不図示）を有していても良い。なお、上述のロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号は、制御装置1000のマッチング処理部200（比較部203）で生成されてもよい。マッチング処理部200（比較部203）は、算出（推定）された対象物の位置及び姿勢（位置姿勢推定結果）に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。マッチング処理部200（比較部203）は、マッチング処理部200（比較部203）は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。

[0137] （トラッキング処理による対象物の位置及び姿勢の算出）

ベルトコンベアによる回路基板Tの搬送に起因して、及び／又は、例えばロボット3のロボットアーム310による光照射装置60の移動に起因して、対象物と光照射装置60との相対位置は時間と共に変化する。

[0138] ベルトコンベアで搬送された対象物としての回路基板Tの一部（例えば、加工光Lを照射すべき箇所）に対するロボット3の光照射装置60の位置や姿勢が所望の位置や所望の姿勢となるように、ロボット3のロボットアーム310で光照射装置60を対象物としての回路基板Tの一部に近づける必要がある。、ロボットアーム310で光照射装置60を対象物に近づけるために、制御装置1000は、対象物の位置や姿勢の変化を算出（推定）するトラッキング処理を行うことができる。なお、位置や姿勢の変化を算出（推定）する対象物は、上述したように、加工光Lを照射すべき箇所自体であってもよく、例えば、回路基板Tの少なくとも一部（例えば、回路基板Tに形成されたはんだパッド）や、回路基板Tに配置された素子やはんだであってもよい。また、対象物は、上述の加工光Lを照射すべき箇所との相対的な位置

が既知の箇所であってもよく、例えば、回路基板 T の少なくとも一部（例えば、回路基板 T に形成されたマーカとしての A R マーカ等の 2 次元コードや十字マーク）や、回路基板 T 上に配置されたマーカ（例えば、A R マーカなどの 2 次元コードや十字マーク）や、回路基板 T の近傍に配置されたマーカ（例えば、A R マーカなどの 2 次元コードや十字マーク）であってもよい。また、対象物は、回路基板 T における上述の箇所以外の箇所であってもよい。

[0139] 制御装置 1000 において行われるトラッキング処理について図 12 及び図 13 を参照して説明する。

[0140] 図 12 において、制御装置 1000 は、その内部に論理的に実現される処理ブロックとして又は物理的に実現される処理回路として、トラッキング部 300 を有する。トラッキング部 300 は、マッチング部 301、2D トラッキング部 302 及び 3D トラッキング部 303 を備えて構成されている。

[0141] トラッキング部 300 には、所定時間の間隔で画像データ及び形状データが入力される。ここで、上述したマッチング処理部 200 の第 1 マッチング部 201 から出力された位置姿勢推定結果がロボット制御部 100 に出力される場合（つまり、第 1 マッチング率 > 第 2 マッチング率の場合）は、例えばロボット 3 の検出装置 320 から所定時間の間隔で出力される画像データ及び形状データが、トラッキング部 300 に入力される。

他方、上述したマッチング処理部 200 の第 2 マッチング部 202 から出力された位置姿勢推定結果がロボット制御部 100 に出力される場合（つまり、第 1 マッチング率 ≤ 第 2 マッチング率の場合）は、例えばロボット 3 の検出装置 330 から所定時間の間隔で出力される画像データ及び形状データが、トラッキング部 300 に入力される。

[0142] マッチング部 301 は、例えば、所定時間の間隔で入力された画像データ及び形状データ各々から、マッチング処理を行うことによって対象物の位置や姿勢を算出（推定）する。マッチング部 301 におけるマッチング処理については、上述の第 1 マッチング部 201 や第 2 マッチング部 202 と同様

であるためその説明を省略する。なお、マッチング部301は、上述のように、入力された画像データによる2Dマッチングの結果に基づいて、3Dマッチングを行うべき範囲を絞り込み、その範囲に相当する形状データを用いて3Dマッチングすることによって対象物の位置や姿勢を算出（推定）してもよい（図10参照）。

[0143] 2Dトラッキング部302には、所定時間の間隔で画像データが入力される。2Dトラッキング部302は、例えば、所定時間の間隔で入力された第1画像データと第2画像データの2つの画像データに基づいて、所定時間の間隔における対象物の変位を算出（推定）する。一方、少なくとも2Dトラッキング部302に入力される第1画像データがマッチング部301にも入力される。言い換えると、トラッキング部300に入力された画像データはほぼ同時刻に2Dトラッキング部302とマッチング部301に入力される。マッチング部301は、入力された第1画像データを用いて上述のようにマッチング処理することによって、対象物の位置及び姿勢を算出（推定）する。

[0144] 2Dトラッキング部302は、最初期にマッチング部301により算出（推定）された対象物の位置及び姿勢（以降、初期位置姿勢とも称する）に、算出（推定）した対象物の変位を加えることにより、所定時刻（つまり、第2画像データが生成された時刻）の対象物の位置や姿勢を算出（推定）する。2Dトラッキング部302は、その後、所定時間の間隔で入力されるそれぞれの画像データに基づいて、所定時間の間隔における対象物の変位を逐次、算出（推定）し、その都度、算出（推定）してある対象物の位置及び姿勢に算出（推定）した対象物の変位を加えていく処理を行うことによって、各時刻における対象物の位置及び姿勢を算出（推定）していく（つまり、トラッキング処理を行う）。なお、トラッキング処理により各時刻で算出（推定）される対象物の位置や姿勢も前述のマッチング処理で算出される位置や姿勢と同様に6D $\circ$ Fで表される値となる。より詳細には、2Dトラッキング部302は、まず、入力されたそれぞれのタイミングで上述の第1画像デー

タにおける対象物の特徴領域（例えば、第1画像データにおける対象物の輪郭の一部）と上述の第2画像データにおける該対象物の特徴領域（例えば、第2画像データにおける該対象物の輪郭の一部）を抽出する。2Dトラッキング部302は、次に、第1画像データにおける対象物の特徴領域と第2画像データにおける該対象物の特徴領域との対応付けを行い、第1画像データにおける対象物の特徴領域に対する第2画像データにおける該対象物の特徴領域のカメラ座標系における変位を求める。2Dトラッキング部302は、さらに、求めた第1画像データにおける対象物の特徴領域に対する第2画像データにおける該対象物の特徴領域のカメラ座標系における変位と、予め求めたカメラ座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、第1画像データが生成された時刻における該対象物と第2画像データが生成された時刻における該対象物とのロボットアーム310の座標系における変位を算出する。

[0145] そして、2Dトラッキング部302は、マッチング部301で算出された対象物の特徴領域の位置及び姿勢（初期位置姿勢）に上述の変位を加えることで所定時刻（つまり、第2画像データが生成された時刻）の対象物の位置や姿勢を算出する。2Dトラッキング部302による対象物の位置や姿勢の算出に要する時間は、後述する3Dトラッキング部303による対象物の位置や姿勢の算出に要する時間よりも短いため、高速に対象物の位置や姿勢をトラッキングすることができる。なお、第1画像データや第2画像データにおける対象物の特徴領域の抽出、第1画像データにおける対象物の特徴領域と第2画像データにおける該対象物の特徴領域との対応付け、ロボットアーム310の座標系における対象物の特徴領域の変位の算出には、既存の各種方法を用いることができる。

[0146] なお、第1画像データや第2画像データにおける対象物の特徴領域の抽出、第1画像データにおける対象物の特徴領域と第2画像データにおける該対象物の特徴領域との対応付け、グローバル座標系における第1画像データにおける対象物の特徴領域に対する第2画像データにおける該対象物の特徴領

域の変位を算出には、既存の各種方法を用いることができる。なお、2Dトラッキング部302は、第1画像データにおける対象物の特徴領域と、第2画像データにおける対象物の特徴領域とをそれぞれ複数抽出し、それぞれの特徴領域同士の対応付けを行い、第1画像データにおける対象物のそれぞれの特徴領域に対する第2画像データにおける対象物のそれぞれの特徴領域の変位を算出（推定）してもよい。なお、2Dトラッキング部302は、比較部203から出力された対象物の位置姿勢推定結果（つまり、図9及び図10で参照される、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々から出力された3Dマッチングの結果の内、マッチング率の高い位置姿勢推定結果）を初期位置姿勢として用いてもよい。なお、対象物としての回路基板Tの特徴領域は、例えば、回路基板Tの少なくとも一部としての回路基板Tに形成されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）やはんだパッドやはんだであってもよいし、回路基板T上に配置されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）であってもよいし、回路基板T上に配置された素子であってもよいし、回路基板Tの近傍に配置されたマーカ（例えば、ARマーカなどの2次元コードや十字マーク）であってもよい。

[0147] 3Dトラッキング部303には、所定時間の間隔で形状データが入力される。3Dトラッキング部303は、例えば、所定時刻の間隔で入力された第1形状データと第2形状データの2つの形状データに基づいて、所定時間の間隔における対象物の変位を算出（推定）する。一方、少なくとも3Dトラッキング部303に入力される第1形状データがマッチング部301にも入力される。言い換えると、トラッキング部300に入力された形状データはほぼ同時刻に3Dトラッキング部303とマッチング部301に入力される。マッチング部301は、入力された第1形状データを用いて上述のようにマッチング処理することによって、対象物の位置及び姿勢を算出（推定）する。

[0148] 微小時間の対象物の3次元での変位を求める。3Dトラッキング部303

は、マッチング部301により検出された初期姿勢及び位置に、上記求められた変位を加えることにより、対象物の現在の姿勢及び位置を推定する。

[0149] 3Dトラッキング部303は、最初期にマッチング部301により算出された対象物の位置及び姿勢（初期位置姿勢）に、算出した対象物の変位を加えることにより、所定時刻（つまり、第2形状データが生成された時刻）の対象物の位置や姿勢を算出する。3Dトラッキング部303は、その後、所定時間の間隔で入力されるそれぞれの形状データに基づいて、所定時間の間隔における対象物の変位を逐次、算出し、その都度、算出してある対象物の位置及び姿勢に算出した対象物の変位を加えていく処理を行うことにより、各時刻における対象物の位置及び姿勢を算出していく（つまり、トラッキング処理を行う）。より詳細には、例えば、形状データが点群データの場合、3Dトラッキング部303は、まず、入力されたそれぞれのタイミングで上述の第1形状データにおける対象物の特徴領域の点群データ（例えば、第1形状データにおける対象物の角の一部）と上述の第2形状データにおける該対象物の特徴領域の点群データ（例えば、第2形状データにおける該対象物の角の一部）を抽出する。3Dトラッキング部303は、次に、第1形状データにおける対象物の特徴領域の点群データと第2形状データにおける該対象物の特徴領域の点群データとの対応付けを行い、第1形状データにおける対象物の特徴領域の点群データに対する第2形状データにおける該対象物の特徴領域の点群データのカメラ座標系における変位を求める。3Dトラッキング部303は、さらに、求めた第1形状データにおける対象物の特徴領域の点群データに対する第2形状データにおける該対象物の特徴領域の点群データのカメラ座標系における変位と、予め求めたカメラ座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、第1形状データが生成された時刻における該対象物と第2形状データが生成された時刻における該対象物とのロボットアーム310の座標系における変位を算出する。

[0150] そして、3Dトラッキング部303は、マッチング部301で算出された対象物における特徴領域の点群データの位置及び姿勢（初期位置姿勢）に上

述の変位を加えることで所定時刻（つまり、第2形状データが生成された時刻）の対象物の位置や姿勢を算出する。なお、形状データが点群データの場合、3Dトラッキング部303によるトラッキング処理は、RANSAC（Random Sample Consensus）、SIFT（Scale-Invariant Feature Transform）、ICP（Iterative Closest Point）などの既存の各種方法を用いることができる。

[0151] また、例えば、形状データが深度画像データの場合、3Dトラッキング部303は、まず、入力されたそれぞれのタイミングで上述の第1形状データにおける対象物の特徴領域（例えば、第1形状データにおける対象物の角の一部）と上述の第2形状データにおける該対象物の特徴領域（例えば、第2形状データにおける該対象物の角の一部）を抽出する。3Dトラッキング部303は、次に、第1形状データにおける対象物の特徴領域と第2形状データにおける該対象物の特徴領域との対応付けを行い、第1形状データにおける対象物の特徴領域に対する第2形状データにおける該対象物の特徴領域のカメラ座標系における変位を算出する。3Dトラッキング部303は、さらに、求めた第1形状データにおける対象物の特徴領域に対する第2形状データにおける該対象物のカメラ座標系における変位と、予め求めたカメラ座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、第1形状データが生成された時刻における該対象物と第2形状データが生成された時刻における該対象物とのロボットアーム310の座標系における変位を算出する。そして、3Dトラッキング部303は、マッチング部301で算出された対象物における特徴領域の位置及び姿勢（初期位置姿勢）に上述の変位を加えることで所定時刻（つまり、第2形状データが生成された時刻）の対象物の位置や姿勢を算出する。なお、形状データが深度画像データの場合、3Dトラッキング部303によるトラッキング処理は、DSO（Direct Sparse Odometry）などの既存の各種方法を用いることができる。3Dトラッキング部303で算出された対象物の位置や姿勢の精度は

、上述の2Dトラッキング部302で算出された対象物の位置や姿勢の精度よりも高いため、高精度に対象物の位置や姿勢をトラッキングすることができる。

[0152] なお、2Dトラッキング部302により推定される対象物の位置や姿勢、3Dトラッキング部により推定される対象物の位置や姿勢、並びに、マッチング部301により検出される対象物の位置や姿勢の各々は、上述した第1マッチング部201及び第2マッチング部202から出力される位置姿勢推定結果に対応する形式（つまり、6DOFの形式）で出力されてよい。

[0153] なお、検出装置320は、形状データを生成可能に構成されていなくてもよい。上述したマッチング処理部200の第1マッチング部201から出力された位置姿勢推定結果がロボット制御部100に出力される場合（つまり、第1マッチング率>第2マッチング率の場合）、検出装置320は、画像データ（一例として、対象物をカメラ21及びカメラ22により撮像して生成された2つの画像データ）を所定時間の間隔で出力し、トラッキング部300（3Dトラッキング部303）は、上述と同様に周知の方法で、検出装置320から所定時間の間隔で出力される画像データに基づいて、所定時間の間隔で形状データを生成してもよい。トラッキング部300（3Dトラッキング部303）は、所定時間の間隔で生成された形状データ（例えば、第1形状データと第2形状データ）に基づいて、上述のトラッキング処理を行い、対象物の変位を算出してもよい。トラッキング部300（3Dトラッキング部303）は、マッチング部301で算出された対象物の位置及び姿勢に算出された対象物の変位を加えることで所定時刻（第2形状データの生成に用いられる画像データが生成された時刻）の対象物の位置及び姿勢を算出してもよい。上述したマッチング処理部200の第2マッチング部202から出力された位置姿勢推定結果がロボット制御部100に出力される場合（つまり、第1マッチング率 $\leq$ 第2マッチング率の場合）、検出装置330は、画像データ（一例として、構造光が投影された対象物をカメラ31及びカメラ32により撮像して生成された2つの画像データ）を所定時間の間隔で

出力し、トラッキング部300（後述の3Dトラッキング部303）は、上述と同様に周知の方法で、検出装置330から所定時間の間隔で出力される画像データに基づいて、所定時間の間隔で形状データを生成してもよい。トラッキング部300（3Dトラッキング部303）は、所定時間の間隔で生成された形状データ（例えば、第1形状データと第2形状データ）に基づいて、上述のトラッキング処理を行い、対象物の変位を算出してもよい。トラッキング部300（3Dトラッキング部303）は、マッチング部301で算出された対象物の位置及び姿勢に算出された対象物の変位を加えることで所定時刻（第2形状データの生成に用いられる画像データが生成された時刻）の対象物の位置及び姿勢を算出してもよい。

[0154] ここで、トラッキング処理について、一例として、図13のタイミングチャートを参照して説明を加える。図13において、黒い帯の時間軸方向の幅が、各処理に要した時間の長さを表している。

[0155] なお、図13では、対象物の最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）はマッチング部301により既に検出されており、該最初期の位置及び姿勢に、所定時間の間隔における対象物の変位が加えられることにより、対象物の現在の位置及び姿勢が推定されているものとする。また、2Dトラッキング部301による位置や姿勢の推定精度よりも、3Dトラッキング部303による位置や姿勢の推定精度やマッチング部301による位置や姿勢の推定精度の方が高いものとする。

[0156] 例えば、時刻 $t_1$ における対象物の位置及び姿勢（即ち、マッチング部301により推定された位置及び姿勢）を $x_1$ とする。例えば2Dトラッキング部302により求められた、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ までの対象物の変位を $\Delta x_{12}$ 、時刻 $t_2$ から時刻 $t_3$ までの対象物の変位を $\Delta x_{23}$ とする。この場合、2Dトラッキング部302により推定された時刻 $t_3$ の時点の対象物の位置及び姿勢は“ $x_1 + \Delta x_{12} + \Delta x_{23}$ ”と表される。

[0157] 変位“ $\Delta x_{12}$ ”及び“ $\Delta x_{23}$ ”にはそれぞれ推定誤差があるので、位置及び姿勢“ $x_1$ ”に、2Dトラッキング部302により検出された変位が累積加

算される度に、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢に係る誤差は大きくなる。他方で、2Dトラッキング部302における処理に要する時間は、マッチング部301及び3Dトラッキング部303における処理に要する時間よりも短い。

[0158] そこで、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢を、マッチング部301により推定された対象物の位置及び姿勢、並びに、3Dトラッキング部303により推定された対象物の位置及び姿勢の少なくとも一方を用いて補正することにより、トラッキング処理の高速化と推定精度の向上との両立を図ってよい。

[0159] 具体的には、2Dトラッキング部302の $T_{2-1}$ 回目の処理に用いられた画像データと同時期の形状データを用いた3Dトラッキング部303の $T_{3-1}$ 回目の処理により推定された対象物の位置及び姿勢と、上記 $T_{2-1}$ 回目の処理により推定された対象物の位置及び姿勢との差分を、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢の誤差とみなす。そして、 $T_{3-1}$ 回目の処理が終了した際に2Dトラッキング部302で進行している処理（例えば、 $T_{2-2}$ 回目の処理）又は該処理の次に行われる処理において、その誤差が補正されてよい。

[0160] 同様に、マッチング部301が $T_{i-1}$ 回目の処理において、2Dトラッキング部302の $T_{2-1}$ 回目の処理に用いられた画像データから対象物の位置及び姿勢を算出（推定）した場合、 $T_{i-1}$ 回目の処理により算出（推定）された位置及び姿勢と、上記 $T_{2-1}$ 回目の処理により推定された対象物の位置及び姿勢との差分を、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢の誤差とみなす。そして、 $T_{i-1}$ 回目の処理が終了した際に2Dトラッキング部302で進行している処理又は該処理の次に行われる処理（例えば、 $T_{2-9}$ 回目の処理）において、その誤差が補正されてよい。

[0161] また、マッチング部301が $T_{i-1}$ 回目の処理において、3Dトラッキング部303の $T_{3-1}$ 回目の処理に用いられた形状データから対象物の位置及び姿勢を算出（推定）した場合、 $T_{i-1}$ 回目の処理により検出された位置及び姿勢

と、上記 $T_{3-1}$ 回目の処理により推定された対象物の位置及び姿勢との差分を、3Dトラッキング部303により推定された対象物の位置及び姿勢の誤差とみなす。そして、 $T_{i-1}$ 回目の処理が終了した際に3Dトラッキング部303で進行している処理又は該処理の次に行われる処理において、その誤差が補正されてよい。

[0162] 2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢は、ロボット制御部100に出力される。制御装置1000の一部としてのロボット制御部100は、該推定された対象物の位置及び姿勢に基づいて、例えばロボット3の駆動部311を制御する。

[0163] なお、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。例えば、ロボット制御部100は、制御装置1000とは異なる処理ブロック又は物理的に実現される処理回路であってもよい。例えば、2Dトラッキング部302から、上述の処理によって2Dトラッキング部302で算出（推定）された対象物の位置及び姿勢を出力する場合、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から出力される対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力する出力部（不図示）を有していてもよい。制御装置1000は、上述のように2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を所定時間の間隔で生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号を所定時間の間隔でロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、

制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動するための駆動信号を所定時間の間隔で生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動してもよい。なお、上述のロボット3を制御するための制御信号は、制御装置1000のトラッキング部300（2Dトラッキング部302）で生成されてもよい。トラッキング部300は、算出（推定）された対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。トラッキング部300は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。

[0164] なお、トラッキング部300には、画像データ及び形状データのいずれか一方が入力される一方で、画像データ及び形状データのいずれか他方が入力されなくてもよい。トラッキング部300は、2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303のいずれか一方を備えている一方で、2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303のいずれか他方を備えていなくてもよい。この場合、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢並びに3Dトラッキング部303により推定された対象物の位置及び姿勢のいずれか一方が、ロボット制御部100に出力されてもよい。また、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢は、3Dトラッキング部303により推定された対象物の位置及び姿勢を用いて補正されなくてもよい。また、2Dトラッキング部302により推定された対象物の位置及び姿勢を用いて、3Dトラッキング部303により推定された対象物の位置及び姿勢が補正されてもよい。また、トラッキング部300は、マッチング処理部200によるマッチング率の比較結果に依らずに、トラッキング処理に用いるデータを選択してもよい。この場合、トラッキング部300のマッチング部301は、例えば検出装置320から出力される画像データ及び形状データを用いて対象物の位置及び姿勢を算出（推定）したときのマッチング率と、検出装置330から出力される画像データ及び形状データを用いて対象物の位置及び姿勢を算出（推定）したときのマッ

チング率とを比較し、比較の結果に基づいて、トラッキング処理に用いるデータを選択してもよい（言い換えれば、切り替えてもよい）。

[0165] 或いは、トラッキング部300は、検出装置330から出力される画像データ及び形状を用いて、常にトラッキング処理を行ってもよい。或いは、トラッキング部300は、検出装置320から出力される画像データ及び形状を用いて、常にトラッキング処理を行ってもよい。つまり、上述したトラッキング処理は、検出装置320及び330の一方のみから出力される画像データ及び形状データを用いて行うことが可能である。この場合、例えばロボット3が検出装置320及び330の一方の検出装置のみを有していてもよい。例えば、ロボット3が検出装置320及び330の一方の検出装置のみを有している場合、上述したトラッキング処理は、該一方の検出装置から出力される画像データのみを用いて行われてもよいし、該一方の検出装置から出力される形状データのみを用いて行われてもよい。

[0166] なお、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。例えば、ロボット制御部100は、制御装置1000とは異なる処理ブロック又は物理的に実現される処理回路であってもよい。例えば、3Dトラッキング部303から、上述の処理によって2Dトラッキング部303で算出（推定）された対象物の位置及び姿勢を出力する場合、制御装置1000は、3Dトラッキング部303から出力される対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力する出力部（不図示）を有していてもよい。制御装置1000は、上述のように3Dトラッキング部303から

所定時間の間隔で出力される対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を所定時間の間隔で生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号を所定時間の間隔でロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動するための駆動信号を所定時間の間隔で生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、ロボット3の駆動部311を駆動してもよい。なお、上述のロボット3を制御するための制御信号は、制御装置1000のトラッキング部300（3Dトラッキング部303）で生成されてもよい。トラッキング部300は、算出（推定）された対象物の位置及び姿勢に基づいて、ロボット3（ロボット3の駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。トラッキング部300は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。

[0167] なお、上述したトラッキング処理は一例であり、これに限定されるものではない。つまり、制御装置1000は、上述したトラッキング処理に代えて、周知のトラッキング処理を行ってもよい。また、制御装置1000は、上述したトラッキング処理を行わなくてもよい。この場合、制御装置1000は、上述のトラッキング部300を備えていなくてもよく、上述のマッチング処理部200を備えていればよい。制御装置1000は、画像データ及び形状データの少なくとも一方を用いたマッチング処理を所定時間の間隔で行い、算出（推定）した対象物の位置及び姿勢に基づいて、例えばロボット3の駆動部311を制御してもよい。

[0168] （各ロボットの動作）

ロボット1、2及び3各々の動作について図14のフローチャートを参照して説明する。ここでは、主に、ロボット3について説明し、ロボット1及び2については、ロボット3と共通する説明を適宜省略する。

[0169] ここで、ベルトコンベアは、例えばロボット1のロボットアーム110の駆動可能範囲内に、回路基板Tを搬送した後、一時停止される。そして、停

止している回路基板 T の所定部分に、ディスペンサ 40 から吐出されたはんだが配置された後、ベルトコンベアは回路基板 T を搬送するために駆動を再開する。また、ベルトコンベアは、例えばロボット 2 のロボットアーム 210 の駆動可能範囲内に、回路基板 T を搬送した後、一時停止される。そして、停止している回路基板 T の所定部分に、保持装置 50 により保持されている素子が配置された後、ベルトコンベアは回路基板 T を搬送するために駆動を再開する。また、ベルトコンベアは、例えばロボット 3 のロボットアーム 310 の駆動可能範囲内に、回路基板 T を搬送した後、一時停止される。そして、停止している回路基板 T の所定部分に、光照射装置 60 からの加工光 L が照射された後、ベルトコンベアは回路基板 T を搬送するために駆動を再開する。

[0170] ロボット 3

まず、制御装置 1000 は以下のステップ S131～S138 の処理を行う前に、光照射装置 60 のキャリブレーションを実行してもよい。

[0171] 前提として、検出装置 330 のカメラ 31 及び 32 各々の視野内に、光照射装置 60 の一部（例えば、先端部）が入るような位置関係で検出装置 330 及び光照射装置 60 がロボットアーム 310 に備えられているものとする。

[0172] 制御装置 1000 は、光照射装置 60 のキャリブレーションとして、検出装置 330 から出力された光照射装置 60 の一部を含む形状データと、光照射装置 60 の CAD データとを用いて上述のマッチング処理を行い、光照射装置 60 の位置及び姿勢（例えば、検出装置 330 のカメラ 31 及び 32 の視野内に含まれる光照射装置 60 の先端部の位置及び姿勢）を予め算出しておく。つまり、制御装置 1000 は、予め、光照射装置 60 の少なくとも一部の形状データに基づいて、ロボットアーム 310 の座標系における光照射装置 60 の位置及び姿勢を算出しておく。

[0173] なお、制御装置 1000 は、光照射装置 60 のキャリブレーションとして、光照射装置 60 の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置 33

0の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この検出装置330の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置330の座標系とロボットアーム310の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム310の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、光照射装置60のキャリブレーションとして、ロボットアーム310の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢まで算出しなくてもよく、検出装置330の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係を算出してもよい。なお、検出装置330の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係は、検出装置330の座標系と光照射装置60の座標系との間の変換行列であってもよい。なお、光照射装置60のキャリブレーションを実行した場合、制御装置1000は、例えば、後述のステップS131で算出された対象物（例えば、回路基板T）の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS132で、駆動部311を制御して、ロボットアーム310を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS134で算出された対象物（例えば、素子）の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS135で、駆動部311を制御して、ロボットアーム310を移動させてもよい。なお、光照射装置60のキャリブレーションの結果は、例えば、ロボットアーム310の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢でもよいし、検出装置330の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係でもよい。

[0174] なお、上述と同様、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置1000は、算出された対象物の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム310（駆動部311）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット

制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、駆動部311を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部311を駆動してもよい。

[0175] 検出装置330のカメラ31及び32各々の視野内に含まれる光照射装置60の一部にマーカを設けてもよい。この場合、制御装置1000は、例えば、検出装置330から出力されたマーカを含む形状データに基づいて、上述のキャリブレーションを実行してもよい。

[0176] なお、制御装置1000は、形状データに限らず、検出装置330から出力された画像データと、光照射装置60のCADデータとを用いてマッチング処理を実行することによって、光照射装置60のキャリブレーションを行ってもよい。なお、制御装置1000は、マッチング処理において、上述の通り、CADデータに限らず、予め取得した光照射装置60の形状データや画像データを用いてもよい。

[0177] なお、光照射装置60のキャリブレーションとして、検出装置330を用いることに限らず、制御装置1000は、検出装置320から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置320のカメラ21及び22各々の視野内に、光照射装置60の一部が入るような位置関係で検出装置320及び光照射装置60がロボットアーム310に備えられていることが前提となる。

[0178] なお、以下のステップS131～S138の処理において、光照射装置60が所定の物体に接触するなどして、検出装置330に対する光照射装置60の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置1000は、検出装置330から出力される画像データや形状データにおける光照射装置60の一部の変化（例えば、画像上における光照射装置60の一部の変化）に基づいて、検出装置330に対する光照射装置60の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置330に対する光照射装置60の位置や姿勢の変化を検出した場合、制御装置1000は、キャリブレーションを実行してもよい。

- [0179] ロボット3を制御する制御装置1000は、対象物の一例としての回路基板Tの位置及び姿勢を算出（推定）する（ステップS131）。ステップS131の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により回路基板Tの最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、回路基板Tに形成されたはんだパッド毎の位置を算出する。制御装置1000は、回路基板Tのガーバーデータ（つまり、回路基板Tの設計データ）に基づいて、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置及び姿勢を算出する。より詳細には、制御装置1000は、算出した回路基板Tの初期位置姿勢と、回路基板Tにおける各はんだパッドの位置関係から、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置及び姿勢を算出する。また、回路基板Tのガーバーデータには、各はんだパッドについて素子が実装される順番に関するデータが含まれており、制御装置1000は、ガーバーデータに基づいて、各はんだパッドに実装する順番を特定する。なお、制御装置1000は、回路基板Tの初期位置姿勢を算出しなくてもよく、回路基板Tに形成された十字マークや、回路基板T又は回路配置Tの近傍に配置されたARマーカなど、上述したマッチング処理に使用可能ないずれの対象物の位置姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、はんだパッド毎の位置及び姿勢や実装の順番をガーバーデータに基づいて特定しなくてもよく、回路基板Tの他の設計データ（例えば、CADデータ）を用いて特定してもよいし、不図示のインターフェースを介してユーザーにより入力された情報を用いて特定してもよい。なお、制御装置1000は、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置及び姿勢を算出しなくてもよく、例えば、素子自体や素子が配置される領域やはんだが配置される領域など、加工光Lを照射すべき箇所やその箇所の近傍の位置及び姿勢を算出してもよい。
- [0180] 次に、制御装置1000は、検出装置320及び330（更には光照射装置60）が、回路基板Tに近づくように駆動部311を制御して、ロボットアーム310を移動する（ステップ132）。ステップS132の処理では、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子

(例えば、2つの電極を有するチップLED)が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム310の駆動部311を制御する。より詳細には、制御装置1000は、ステップS131の処理によって算出(推定)した回路基板Tの初期位置姿勢と1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報を用いて、トラッキング部300の2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢に基づいて駆動部311を制御してロボットアーム310を移動する。

[0181] 次に、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する(ステップS133)。S133の処理では、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報と、ステップS131で算出した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置320及び検出装置330が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置320及び検出装置330が所望の位置及び姿勢になっている場合、該はんだパッドに配置された素子が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。なお、以上の判定方法に限られず、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される位置及び姿勢の情報に1番目のはんだパッドに配置された素子の位置及び姿勢の情報が含まれているか否かを判定してもよいし、検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方で生成される画像データ及び形状データの少なくとも一方に素子に関する情報が含まれているか否かを判定してもよい。

[0182] ステップS133の処理において、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合(ステップS133:No)、制御装置1

000は、ステップS131の処理によって算出（推定）した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報と、トラッキング部300の2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部311を制御してロボットアーム310を移動し続ける。つまり、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入ったと判定されるまでステップS132の処理が行われる。

[0183] 一方、ステップS133の処理において、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子が検出装置320及び検出装置330の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS133：Yes）、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子の位置及び姿勢を算出（推定）する（ステップS134）。ステップS134の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により1番目に実装されるはんだパッドに配置された素子の最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出（推定）する。なお、制御装置1000は、素子の初期位置姿勢を算出（推定）しなくてもよく、回路基板Tに形成されたはんだパッドや十字マーク、回路基板Tに配置されたARマーカやはんだなど、上述したマッチング処理に使用可能ないずれの対象物の位置姿勢を算出（推定）してもよい。

[0184] 次に、制御装置1000は、光照射装置60の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部311を制御して、ロボットアーム310を移動する（ステップS135）。ステップS135の処理では、制御装置1000は、ステップS134の処理によって算出（推定）した素子の初期位置姿勢の情報を用いて、トラッキング部300の2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該素子の位置及び姿勢に基づいて駆動部311を制御してロボットアーム310を移動する。言い換えると、制御装置1000は、光照射装置60（検出装置320及び330）が回路基板Tの1番

目のはんだパッドに配置された素子に近づくように駆動部 311 を制御して、ロボットアーム 310 を移動する。

[0185] 次に、制御装置 1000 は、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光 L により 1 番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップ S136）。ステップ S136 の処理では、制御装置 1000 は、例えば、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される素子の位置及び姿勢の情報に基づいて、該素子に対する光照射装置 60 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。このとき、制御装置 1000 は、素子に対する光照射装置 60 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢である場合、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光 L により 1 番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定する。

[0186] なお、ステップ S136 の処理において、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光 L により 1 番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップ S136 : No）、制御装置 1000 は、1 番目のはんだパッドに配置された素子に光照射装置 60 が近づくように、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される該素子の位置及び姿勢に基づいて、駆動部 311 を制御してロボットアーム 310 を移動し続ける。つまり、加工光 L により 1 番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定されるまでステップ S135 の処理が行われる。

[0187] 一方、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光 L により 1 番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップ S136 : Yes）、制御装置 1000 は、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだを溶融するように、該はんだパッドに配置された素子の電極、つまりチップ LED の 2 つの電極に対して加工光 L を照射するように光照射装置 60 を制御する（ステップ S137）。この結果、該はんだパッドに配置されたはんだが溶融し、素子が回路基板 T（

1番目に実装されるはんだパッド)にはんだ付けされる。ここで、ステップS137の処理の具体的な態様として、例えば次の2つの態様が挙げられる。

- [0188] 即ち、第1の態様は、例えば図15(a)及び(b)に示すように、駆動部311によりロボットアーム310が駆動されているとき、つまり、ロボットアーム310により照射装置60及び検出装置320及び330が移動されているときに、チップLEDの電極に加工光Lが照射される態様である。この態様では、制御装置1000は、照射装置60と検出装置320及び330とが移動されるように駆動部311を制御しつつ、ロボットアーム310により移動される照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極に維持されるように(例えば、照射装置60からの加工光Lが、チップLEDの一方の電極の同一位置に照射されるように)照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。例えば、制御装置1000は、照射装置60と検出装置320及び330とが移動されるように駆動部311を制御しつつ、ロボットアーム310により移動される照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極の同一位置に維持されるように(言い換えると、照射装置60からの加工光LがチップLEDの一方の電極の同一位置に所定時間照射され続けるように)照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。なお、同一位置は、加工光Lを照射すべき箇所において、はんだの溶融に影響を与えない程度に加工光Lの照射位置が極微小に変動することも含む概念である。
- [0189] 例えば図15(a)及び(b)に示すように、ロボットアーム310により照射装置60等が紙面の右から左に向かって移動されている場合に、制御装置1000は、該移動されている照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極に維持されるように、照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。
- [0190] 上記第1の態様では、例えば、制御装置1000は、ロボットアーム310により移動される検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴

って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、ロボットアーム310により移動される光照射装置60からの加工光Lが施工対象に対して照射されるように（例えば施工対象の同一位置に照射されるように）ガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0191] 第2の態様は、制御装置1000が、ステップS135の処理で駆動されていたロボットアーム310の駆動部311の駆動を停止させるように制御し、駆動部311の駆動が停止した後に、チップLEDの電極に加工光Lが照射される態様である。この態様では、制御装置1000は、駆動部311の駆動を停止させるように駆動部311を制御する。制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後、光照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極に維持されるように光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。例えば、制御装置1000は、駆動部311の駆動を停止させるように駆動部311を制御する。制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後、光照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極の同一位置に維持されるように（光照射装置60からの加工光LがチップLEDの一方の電極の同一位置に所定時間照射され続けるように）光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0192] 上記第2の態様では、例えば、制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後の検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが施工対象に対して照射されるように（例えば施工対象の同一位置に照射されるように）ガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0193] 第1の態様においては、例えば、回路基板T上の複数のはんだパッドにチップLEDを高速に実装する場合、制御装置1000が、1番目に実装されるはんだパッドから2番目に実装されるはんだパッドへ光照射装置60（検出装置320及び330）を移動させつつ、1番目に実装されるはんだパッ

トに配置されたチップLEDの電極（言い換えると第1位置）と2番目に実装されるはんだパッドに配置されたチップLEDの電極（言い換えると第2位置）へ順番に加工光Lを照射するように、ロボットアーム310の駆動部311と光照射装置60を制御する。なお、この場合、制御装置1000は、本ステップS137と並行して、ステップS131で算出（推定）した2番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、1番目に実装されるはんだパッドから2番目に実装されるはんだパッドへ光照射装置60（検出装置320及び330）を移動させる。

[0194] まず、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに配置されたチップLEDの電極に対して移動（変位）する光照射装置60（検出装置320及び330）から該チップLEDの電極へ所定時間加工光Lが照射されるように光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御する。より詳細には、制御装置1000は、ロボットアーム310による光照射装置60と検出装置320及び330の移動に伴い、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極（例えば、該チップLEDの一方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを徐々に変化させる。このとき、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する該チップLEDの一方の電極の位置及び姿勢の変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極（例えば、該チップLEDの一方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御できる。なお、検出装置320及び330の少なくとも一方から逐次出力される、画像データにより示される画像における該チップLEDの位置及び姿勢や形状データにより示される点群における該チップLEDの位置及び姿勢は、該チップLEDと光照射装置60（検出装置320及び330）との相対的な変位に起因して、時間と共に変化する。

- [0195] 制御装置1000は、該チップLEDの一方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、次に、ロボットアーム310による光照射装置60と検出装置320及び330の引き続きの移動に伴い、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの他方の電極（例えば、該チップLEDの他方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを徐々に変化させる。そして、制御装置1000は、該チップLEDの他方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、上述のステップS132～S137を繰り返すことで、同様に2番目に実装されるはんだパットに配置されたチップLEDの電極への加工光Lの照射を行う。
- [0196] 例えば、制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。
- [0197] 例えば、制御装置1000は、光照射装置60と検出装置320及び330とを移動させるように駆動部311を制御しつつ、ロボットアーム310により移動される検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、ロボットアーム310により移動される光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。
- [0198] 第2の態様においては、ロボットアーム310に設けられた光照射装置60と検出装置320及び330には慣性力や弾性力が作用するため、例えば、制御装置1000が、ステップS135の処理で駆動されていたロボットアーム310の駆動部311の駆動を停止させるように制御し、駆動部311の駆動を停止した後に、光照射装置60と検出装置320及び330が振

動などにより変位することに起因して、光照射装置60（検出装置320及び330）とチップLEDとの相対位置が時間と共に大なり小なり変動する。このため、制御装置1000は、光照射装置60（検出装置320及び330）が振動などにより変位していても、光照射装置60からの加工光Lの照射位置がチップLEDの一方の電極（言い換えると第1位置）に所定時間維持されるように、光照射装置60のガルバノミラー61を制御する。次に、制御装置1000は、光照射装置60（検出装置320及び330）が引き続き振動などにより変位していても、光照射装置60からの加工光Lの照射位置が該チップLEDの他方の電極（言い換えると第2位置）に所定時間維持されるように、光照射装置60のガルバノミラー61を制御する。

[0199] より詳細には、まず、制御装置1000は、（光照射装置60の振動などによる変位に伴い）2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極（例えば、該チップLEDの一方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを時間と共に変化させる。制御装置1000は、光照射装置60に対する該チップLEDの一方の電極の位置及び姿勢の変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極（例えば、該チップLEDの一方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御できる。なお、検出装置320及び330の少なくとも一方から逐次出力される、画像データにより示される画像における該チップLEDの位置及び姿勢や形状データにより示される点群における該チップLEDの位置及び姿勢は、該チップLEDと光照射装置60（検出装置320及び330）との相対的な変位に起因して、時間と共に変化する。

[0200] 制御装置1000は、該チップLEDの一方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、次に、制御装置1000は、（光照射装置60の振動などによる変位に伴い）2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チ

チップLEDの他方の電極（例えば、該チップLEDの他方の電極の同一位置）に維持されるようにガルバノミラー61の向きを時間と共に変化させる。

[0201] なお、該チップLEDの一方又は他方の電極へ加工光Lを照射していると、溶融したはんだの表面張力などに起因して該はんだパッドに対する該チップLEDの位置が時間的に変化する可能性がある。この場合、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方又は他方の電極に維持されるようにガルバノミラーの向きを徐々に変化させる。このとき、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する該チップLEDの一方又は他方の電極の位置及び姿勢の変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極に維持されるようにガルバノミラーの向きを制御できる。

[0202] なお、駆動されていたロボットアーム310の駆動部311を停止した場合に限らず、ロボットアーム310の加減速する時や加減速した後は、ロボットアーム310に設けられた光照射装置60と検出装置320及び330が振動などにより変位し、光照射装置60（検出装置320及び330）と加工光Lを照射すべき箇所（例えば、チップLEDの電極）との相対位置が時間と共に変動するが、この場合であっても、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する加工光Lを照射すべき箇所の位置及び姿勢の時間的な変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が加工光Lを照射すべき箇所に維持されるようにガルバノミラーの向きを制御することができる。

[0203] なお、制御装置1000は、本ステップS135において、加工光Lを照射すべき箇所（例えば、チップLEDの電極）へ加工光Lを照射する際、加工光Lのスポットサイズや強度を変化させるように光照射装置60を制御してもよい。なお、光源（不図示）から射出する光の強度を変化させることで

加工光Lの強度を変化させる場合であって、光源（不図示）が光照射装置60の外部に配置されている場合には、外部の光源（不図示）を制御すればよい。

[0204] 例えば、制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0205] 例えば、制御装置1000は、駆動部311の駆動を停止させるように駆動部311を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部311の駆動が停止した後の検出装置320及び330の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lの照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0206] なお、ロボットアーム310により光照射装置60等が移動されているときに、加工光Lが照射される場合、制御装置1000は、トラッキング処理の結果に加えて、ロボットアーム310の動作等を予測した予測結果に基づいて、光照射装置60の姿勢及び位置の少なくとも一方や、ガルバノミラー61の向き等を制御してよい。

[0207] 上述したステップS131～S137の処理において、制御装置1000は、例えば、検出装置320及び330の少なくとも一方により生成された画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tに光照射装置60と検出装置320及び330とが近づくようにロボットアーム310の駆動部311を制御し、光照射装置60と検出装置320及び330とが回路基板Tに所定距離まで近づくと、検出装置320及び33

0の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置320及び330の少なくとも一方と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが対象物の一部としての加工光Lを照射すべき箇所（例えば、回路基板Tに形成されたはんだパッド、回路基板Tに配置された素子やはんだ）に対して照射されるように（例えば、加工光Lを照射すべき箇所の同一位置に照射されるように）ガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0208] ステップS137の処理の後、制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、はんだ付けされた素子やはんだの品質検査を行う（ステップS138）。検査項目としては、例えば、はんだパッドに対する素子の位置ずれ、はんだパッドに対する素子の電極の浮き（はんだパッドから素子の電極が離れる所謂マンハッタン現象）等が挙げられる。例えば、はんだパッドに対する素子の位置ずれの品質検査を行う場合には、制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方から出力された画像データに基づいて、画像データで示される画像におけるはんだパッドと素子を認識し、該はんだパッドに対する素子の位置ずれを検出する。制御装置1000は、例えば、素子の電極の少なくとも一部がはんだパッドに重なっている場合には良品（品質が良い）と判断し、素子の電極の少なくとも一部がはんだパッドに重なっていない場合には、品質不良と判断してもよい。なお、制御装置1000は、画像データに限らず、検出装置320及び330の少なくとも一方から出力された形状データ、又は画像データ及び形状データに基づいて、はんだパッドに対する素子の位置ずれを検出してもよい。なお、制御装置1000が、はんだパッドに対する素子の位置ずれに関する品質不良を判断する条件は素子の電極の少なくとも一部がはんだパッドに重なっているか否かでなくてもよい。例えば、制御装置1000は、素子の電極がはんだパッドと重なっている面積に基づいて品質を判断してもよい。

[0209] なお、制御装置1000は、本ステップS138の処理におけるはんだ付けの品質検査に用いた画像データ、形状データ、及びはんだ付けの品質検査

の結果の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0210] なお、制御装置1000は、上述のステップS131～S137の処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のステップS138の処理で判定したはんだ付けの品質とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット3の各装置の制御（例えば、光照射装置60の位置及び姿勢制御や光照射装置60の制御）に利用してもよい。ここで、光照射装置60の制御には、光照射装置60から照射する加工光Lの条件（例えば、加工光Lの強度、加工光Lのスポットサイズ、加工光Lの照射時間、加工光Lの照射範囲の少なくとも一つ）の設定が含まれる。なお、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット1の各装置の制御とロボット2の各装置の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。

[0211] ステップS138の処理の後、制御装置1000は、ステップS137又はステップS136の処理において2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢と、ステップS131で算出した2番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、2番目に実装されるはんだパッドへの光照射装置60（検出装置320及び330）の移動を開始し、上述したステップS133～S138の処理を繰り返す。なお、制御装置1000は、2番目に実装されるはんだパッドへの光照射装置60（検出装置320及び330）の移動を開始する際、上述したステップS131の処理を行ってから、上述したステップS133～S138の処理を実行してもよい。制御装置1000は、回路基板Tの各はんだパッドに配置された全ての素子（例えば、チップLEDなど）の実装（つまり、はんだ付け）が終わるまで上述したステップを繰り返す。

[0212] なお、回路基板Tにはんだパッドに配置された素子が1つだけの場合、制御装置1000は、ステップS136の処理の後、ロボットアーム310等が予め定められた初期姿勢となるように駆動部311等を制御してよい。

[0213] 以上、上述の各ステップ（特にステップS137の第1の態様や第2の態

様)のように、制御装置1000は、トラッキング処理により所定時間の間隔で対象物の位置や姿勢を認識することができる。その結果、制御装置1000は、ロボットアーム310の駆動部311とガルバノミラー61の少なくとも一方の制御により、対象物と光照射装置60(光検出装置320及び330)との相対位置が時間的に変化(変位)したとしても対象物の所望の位置(言い換えると、加工光Lを照射すべき箇所)に加工光Lを照射することができる。

[0214] なお、ステップS137の第1の態様や第2の態様において、制御装置1000は、加工光Lの照射位置が、加工光Lを照射すべき箇所の広範囲(例えば、加工光Lを照射すべき箇所の全体)に時間的に変化するように、ロボットアーム310の駆動部311とガルバノミラー61の少なくとも一方を制御してもよい。例えば、制御装置1000は、加工光Lを照射すべき箇所として素子の電極に加工光Lを照射する場合、トラッキング処理により所定時間の間隔で素子(該電極)の位置や姿勢を認識しつつ、該電極の全体において加工光Lの照射位置が時間と共に変化するようにガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。言い換えると、該電極上で加工光Lを走査させるようにガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。このような制御により、該電極への局所的な入熱(言い換えると、はんだへの局所的な入熱)を抑制することができ、熱による素子の損傷、局所加熱に起因するはんだの溶融不良、局所加熱に起因する回路基板の損傷などを防止することができる。なお、この場合、ステップS137の第1の態様のように、ロボットアーム310により光照射装置60と検出装置320及び330を移動させつつ、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLED(該チップLEDの電極)の位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極の全体において時間的に変化するようにガルバノミラーの向き変化させてもよい。このとき、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する該チップLE

Dの一方の電極の位置及び姿勢の時間的な変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極の全体において時間的に変化するようにガルバノミラーの向きを制御できる。

[0215] なお、検出装置320及び330の少なくとも一方から逐次出力される、画像データにより示される画像における該チップLEDの位置及び姿勢や形状データにより示される点群又は深度画像における該チップLEDの位置及び姿勢は、該チップLEDと光照射装置60（検出装置320及び330）との相対的な変位に起因して、時間と共に変化する。制御装置1000は、該チップLEDの一方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、次に、ロボットアーム310による光照射装置60と検出装置320及び330の引き続きの移動に伴い、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの他方の電極の全体において時間的に変化するようにガルバノミラーの向きを変化させる。そして、制御装置1000は、該チップLEDの他方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、上述のステップS132～S137を繰り返すことで、同様に2番目に実装されるはんだパットに配置されたチップLEDの電極への加工光Lの照射を行う。

[0216] また、例えば、制御装置1000は、（光照射装置60の振動などによる変位に伴い）2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極の全体において時間的に変化するようにガルバノミラーの向きを時間と共に変化させる。制御装置1000は、光照射装置60に対する該チップLEDの一方の電極の位置及び姿勢の変化を認識できるため、加工光Lの照射位置が該チップLEDの一方の電極の全体において時間的に変化するようにガルバノミラーの向きを制御できる。なお、検出装置320及び330の少なくとも一方から逐次出力される、画像データにより示される画像における該チップLED（該チップLEDの電極）の位置及び姿勢や形状データにより示される点群における該チップLEDの位置及び姿勢は、該チ

チップLEDと光照射装置60（検出装置320及び330）との相対的な変位に起因して、時間と共に変化する。制御装置1000は、該チップLEDの一方の電極へ所定時間加工光Lの照射を終えたら、次に、制御装置1000は、（光照射装置60の振動などによる変位に伴い）2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該チップLEDの位置及び姿勢に基づいて、加工光Lの照射位置が該チップLEDの他方の電極の全体において時間的に変化するようガルバノミラーの向きを時間と共に変化させる。

[0217] したがって、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される加工光Lを照射すべき箇所（例えば、素子の電極）の位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する加工光Lを照射すべき箇所の位置及び姿勢の時間的な変化を認識ため、加工光Lを照射すべき箇所における所望の範囲（同一位置や全体）に加工光Lを照射することができる。

[0218] なお、上述の通り、対象物の一部としての加工光Lを照射すべき箇所は素子の電極に限らず、はんだパットやはんだでもよい。この場合であっても制御装置1000は、加工光Lを照射すべき箇所（はんだパッドやはんだ）の全体において加工光Lの照射位置が時間と共に変化するようガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。また、加工光Lを照射すべき箇所が広い場合には、制御装置1000は、ロボット310の駆動部311を駆動させつつ、ガルバノミラー61の向きを制御して加工光Lを照射すべき箇所において加工光Lを走査してもよい。

[0219] また、例えば、制御装置1000は、加工光Lを照射すべき箇所としての複数の電極を有する素子（例えば、2つの電極を有するチップLED）の一方の電極と他方の電極とへ時間的に交互に加工光Lを照射し、はんだを熔融するようにしてもよい。この場合、トラッキング処理により所定時間の間隔で素子（一方及び他方の電極）の位置や姿勢を認識しつつ、加工光Lの照射位置が一方の電極と他方の電極とで時間的に交互に変化するようガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。さらに、制御装置1000は、一方の電極に加工光Lを照射する時間帯において、一方の電極の全体にお

いて加工光Lの照射位置が時間と共に変化するようにガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。同様に、制御装置1000は、他方の電極に加工光Lを照射する時間帯において、他方の電極の全体において加工光Lの照射位置が時間と共に変化するようにガルバノミラー61のミラーの向きを制御してもよい。このような制御でもより、該電極への局所的な入熱（言い換えると、はんだへの局所的な入熱）を抑制することができる。

[0220] なお、上述の通り、加工光Lを照射すべき箇所は電極に限らず、はんだパッドやはんだでもよい。この場合であっても、制御装置1000は、加工光Lを照射すべき第1の箇所（一方のはんだパッドや一方のはんだ）と第2の箇所（他方のはんだパッドや他方のはんだ）とで加工光Lの照射位置が時間的に交互に変化するようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。また、加工光Lを照射すべき第1の箇所と第2の箇所が離れている場合には、制御装置1000は、ロボット310の駆動部311を駆動させつつ、ガルバノミラー61の向きの制御することによって加工光Lを走査してもよい。

[0221] なお、上述したステップS134の処理では、制御装置1000は、検出装置330から出力された形状データと、素子に係るCADデータとを用いたCADマッチングを行い、素子の位置及び姿勢を計測してもよい。このとき、制御装置1000は、形状データのうち、例えば回路基板Tの基板面に相当するデータを除去した上で、CADマッチングを行ってもよい。このように構成すれば、CADマッチングに要する時間（言い換えれば、ステップS134の処理に要する時間）を短縮することができる。なお、例えば基板面に相当する形状データを除去する手法には、既存の各種態様を適用可能であるので、その詳細についての説明は省略する。

[0222] なお、はんだパッドに配置されたはんだを溶融させて素子を実装できれば、制御装置1000は、上述のステップS131及びステップS133、又は上述のステップS135とステップS133の処理を実行しなくてもよい。

[0223] なお、制御装置1000は、上述のステップS131～S137の処理に

において用いた画像データ、形状データ、回路基板 T の位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドに実装される順番の情報、及び素子の位置及び姿勢の情報の少なくとも一つの情報を用いた表示装置に表示させてもよい。

[0224] なお、制御装置 1000 は、上述のステップ S131～S137 の処理において、検出装置 320 及び 330 から出力される画像データと形状データの少なくとも一方に基づいて、はんだの状態（はんだパッドとはんだとの距離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報）とはんだパッドの面積との少なくとも一方を検出してもよい。つまり、制御装置 1000 は、加工光 L を照射すべき箇所の状態に関する情報を検出してもよい。そして、制御装置 1000 は、上述のように検出した、加工光 L を照射すべき箇所の状態に関する情報を光照射装置 60 から照射する加工光 L の条件（例えば、加工光 L の強度、加工光 L のスポットサイズ、加工光 L の照射時間、加工光 L の照射範囲の少なくとも一つ）の制御に利用してもよい。つまり、制御装置 1000 は、検出した、加工光 L を照射すべき箇所の状態に関する情報に基づいて加工光 L の条件を決定してもよい。なお、加工光 L を照射すべき箇所の状態に関する情報には、上述の情報の他に、検出装置 320 及び 330 の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、検出できる加工光 L の照射すべき箇所としての素子、はんだ、はんだパッドに関する情報を含んでもよい。

[0225] なお、図 16 に示すように、ロボットアーム 310（図示せず）のエンドエフェクタとしての光照射装置 60 の近傍に、エアブロー及び吸煙機 70 が配置されていてもよい。なお、エアブロー及び吸煙機のいずれか一方が配置される一方で、エアブロー及び吸煙機のいずれか他方が配置されなくてもよい。

[0226] このように構成すれば、光照射装置 60 から出射される加工光 L によりはんだが熱せられるときに生じる煙が、光照射装置 60 の光学系に付着するこ

とを効果的に防止することができる。

[0227] ロボット 1

ロボット 1 を制御する制御装置 1000 は、上述したステップ S 131 及び S 132 の処理に夫々対応するステップ S 111 及び S 112 の処理を行う。ただし、制御装置 1000 は、ロボット 1 が備える検出装置 120 及び 130 の少なくとも一方の出力を用いて、ステップ S 111 及び S 112 の処理を行う。

[0228] なお、制御装置 1000 は以下のステップ S 111～S 117 の処理を行う前に、ディスペンサ 40 のキャリブレーションを実行してもよい。

[0229] 前提として、検出装置 330 と同様の構成を有する検出装置 130 のカメラ 31 及び 32 各々の視野内に、ディスペンサ 40 の一部（例えば、先端部）が入るような位置関係で検出装置 130 及びディスペンサ 40 がロボットアーム 110 に備えられているものとする。なお、説明の便宜上、検出装置 130 が検出装置 330 と同様のカメラ 31 及び 32 を有する例として、検出装置 130 のカメラ 31 及び 32 と称する。

[0230] 制御装置 1000 は、ディスペンサ 40 のキャリブレーションとして、検出装置 230 から出力されたディスペンサ 40 を含む形状データと、ディスペンサ 40 の CAD データとを用いて上述のマッチング処理を行い、ディスペンサ 40 の位置及び姿勢（例えば、検出装置 130 のカメラ 31 及び 32 の視野内に含まれるディスペンサ 40 の先端部の位置及び姿勢）を予め算出しておく。つまり、制御装置 1000 は、予め、ディスペンサ 40 の少なくとも一部の形状データに基づいて、ロボットアーム 110 の座標系におけるディスペンサ 40 の位置及び姿勢を算出しておく。

[0231] なお、制御装置 1000 は、ディスペンサ 40 のキャリブレーションとして、ディスペンサ 40 の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置 130 の座標系とディスペンサ 40 の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この検出装置 130 の座標系とディスペンサ 40 の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置 130 の座標系とロボットアーム 110 の

座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム110の座標系におけるディスペンサ40の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、ディスペンサ40のキャリブレーションとして、ロボットアーム110の座標系におけるディスペンサ40の位置及び姿勢までを算出しなくてもよく、検出装置130の座標系とディスペンサ40の座標系との対応関係を算出してもよい。なお、検出装置330の座標系とディスペンサ40の座標系との対応関係は、検出装置330の座標系とディスペンサ40の座標系との間の変換行列であってもよい。なお、ディスペンサ40のキャリブレーションを実行した場合、制御装置1000は、例えば、後述のステップS111で算出された対象物（例えば、回路基板T）の位置及び姿勢とディスペンサ40のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS112で、駆動部111を制御して、ロボットアーム110を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS114で算出された対象物（例えば、はんだパッド）の位置及び姿勢とディスペンサ40のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS115で、駆動部111を制御して、ロボットアーム110を移動させてもよい。なお、ディスペンサ40のキャリブレーションの結果は、例えば、ロボットアーム110の座標系におけるディスペンサ40の位置及び姿勢でもよいし、検出装置130の座標系とディスペンサ40の座標系との対応関係でもよい。

[0232] なお、上述と同様、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置1000は、算出された対象物の位置及び姿勢とディスペンサ40のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム110（駆動部111）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、駆動部111を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部111を駆動してもよい。

- 。
- [0233] なお、検出装置130のカメラ31及び32各々の視野内に含まれるディスペンサ40の一部にマーカを設けてもよい。この場合、制御装置1000は、例えば、検出装置130から出力されたマーカを含む形状データに基づいて、上述のキャリブレーションを実行してもよい。
- [0234] なお、制御装置1000は、形状データに限らず、検出装置130から出力された画像データと、ディスペンサ40のCADデータとを用いてマッチング処理を実行することによって、ディスペンサ40のキャリブレーションを行ってもよい。なお、制御装置1000は、マッチング処理において、上述の通り、CADデータに限らず予め取得したディスペンサ40の形状データや画像データを用いてもよい。
- [0235] なお、ディスペンサ40のキャリブレーションとして、検出装置130を用いることに限らず、制御装置1000は、検出装置120から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置320と同様の構成を有する検出装置120のカメラ21及び22各々の視野内に、ディスペンサ40の一部が入るような位置関係で検出装置120及びディスペンサ40がロボットアーム110に備えられていることが前提となる。
- [0236] なお、以下のステップS111～S117の処理において、ディスペンサ40が所定の物体に接触するなどして、検出装置130に対するディスペンサ40の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置1000は、検出装置130から出力される画像データや形状データにおけるディスペンサ40の一部の変化（例えば、画像上におけるディスペンサ40の一部の変化）に基づいて、検出装置130に対するディスペンサ40の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置130に対するディスペンサ40の位置や姿勢の変化を検出した場合、制御装置1000は、キャリブレーションを実行してもよい。
- [0237] ロボット1を制御する制御装置1000は、対象物の一例としての回路基板Tの位置及び姿勢を算出する（ステップS111）。上述のステップS1

31と同様にステップS111の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により回路基板Tの最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、回路基板Tに形成されたはんだパッド毎の位置を算出する。例えば、制御装置1000は、回路基板Tのガーバーデータ（つまり、回路基板Tの設計データ）に基づいて、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置及び姿勢を算出する。制御装置1000は、ガーバーデータに基づいて、各はんだパッドに実装（ここでは、はんだを配置）する順番を特定する。

[0238] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40（検出装置120及び130）が、回路基板Tに近づくように駆動部111を制御して、ロボットアーム110を移動する（ステップ112）。上述のステップS132と同様にステップS112の処理では、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドが検出装置120及び検出装置130の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム110の駆動部111を制御する。

[0239] 次に、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドが検出装置120及び検出装置130の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する（ステップS113）。上述のステップS133と同様にS113の処理では、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報と、ステップS111で算出した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置120及び検出装置130が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1000は、該はんだパッドに対して検出装置120及び検出装置130が所望の位置及び姿勢になっている場合、該はんだパッドが検出装置120及び検出装置130の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0240] ステップS113の処理において、該はんだパッドが検出装置120及び検出装置130の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（S113：No）、制御装置1000は、ステップS111の処理によって

算出した該はんだパッドの位置及び姿勢の情報と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部111を制御してロボットアーム110を移動し続ける。

[0241] 一方、ステップS113の処理において、該はんだパッドが検出装置120及び検出装置130の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS113：Yes）、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢を算出する（ステップS114）。上述のステップS134と同様にステップS114の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により該はんだパッドの最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出する。なお、上述のステップS111の処理において、ガーバーデータに基づいて該はんだパッドの位置及び姿勢が算出されているが、ガーバーデータは設計データであるため、実際の回路基板Tにおける該はんだパッドの位置及び姿勢とは誤差がある。したがって、制御装置1000は、本ステップS114の処理を実行する。

[0242] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、1番目に実装されるはんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部111を制御して、ロボットアーム110を移動する（ステップS115）。上述のステップS135と同様にステップS115の処理では、制御装置1000は、ステップS114の処理によって算出したはんだパッドの初期位置姿勢の情報を用いて、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの位置及び姿勢に基づいて駆動部111を制御してロボットアーム110を移動する。言い換えると、制御装置1000は、ディスペンサ40（検出装置120及び130）が回路基板Tの1番目に実装されるはんだパッドに近づくように駆動部111を制御して、ロボットアーム110を移動させる。

[0243] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、1番目に実装されるはんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップS116）。上述のステップS136と同様に

ステップS 1 1 6の処理では、制御装置1 0 0 0は、例えば、2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される1 番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、該はんだパッドに対するディスペンサ4 0の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。

[0244] ステップS 1 1 6の処理において、ディスペンサ4 0の位置及び姿勢が、該はんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップS 1 1 6 : N o）、制御装置1 0 0 0は、該はんだパッドにディスペンサ4 0が近づくように、2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、駆動部1 1 1を制御してロボットアーム1 1 0を移動し続ける。一方、ディスペンサ4 0の位置及び姿勢が、該はんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS 1 1 6 : Y e s）、制御装置1 0 0 0は、該はんだパッドの少なくとも一部にはんだが配置されるようにディスペンサ4 0を制御する（ステップS 1 1 7）。具体的には例えば、制御装置1 0 0 0は、はんだを吐出するようにディスペンサ4 0を制御する。ここで、制御装置1 0 0 0は、2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、該はんだパッドの面積を推定し、該はんだパッドの面積に応じてディスペンサ4 0から吐出するはんだの量を制御してもよい。この場合、制御装置1 0 0 0は、推定されたはんだパッドの面積が大きいほど、吐出するはんだの量が多くなるようにディスペンサ4 0を制御してもよい。これによって、はんだパッドに適切な量のはんだを配置させることができる。

[0245] なお、このとき、例えばロボットアーム1 1 0の振動等に起因して、ディスペンサ4 0と施工対象との相対位置が変動することがある。このため、検出装置1 3 0から逐次出力される、例えば画像データにより示される画像における対象物としてのはんだパッドの位置も、上記相対位置の変動に起因して、時間と共に変位することがある。

[0246] そこで、制御装置1 0 0 0は、ステップS 1 1 7の処理に対する上記相対

位置の変動の影響を抑制又はなくすために、上述したトラッキング処理の結果に基づいて、ディスペンサ40の姿勢及び位置の少なくとも一方を制御する。

[0247] 例えば、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが対象物としてのはんだパッドに配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0248] 例えば、制御装置1000は、駆動部111の駆動を停止させるように該駆動部111を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部111の駆動が停止した後の検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが対象物としてのはんだパッドに配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0249] 上述したステップS111～S117の処理において、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方により生成された画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tにディスペンサ40と検出装置120及び130とが近づくようにロボットアーム110の駆動部111を制御し、ディスペンサ40と検出装置120及び130とが回路基板Tに所定距離まで近づくと、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが対象物としてのはんだパッドに配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0250] ステップS117の処理の後、制御装置1000は、ステップS117又はステップS116の処理において2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢と、ス

ステップS 1 1 1で算出した2番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、2番目に実装されるはんだパッドへのディスペンサ40の移動を開始し、上述したステップS 1 1 3～S 1 1 7の処理を繰り返す。なお、制御装置1000は、2番目に実装されるはんだパッドへのディスペンサ40の移動を開始する際、上述したステップS 1 1 1の処理を行ってから、上述したステップS 1 1 3～S 1 1 7の処理を実行してもよい。制御装置1000は、回路基板Tの各はんだパッドへのはんだの配置が終わるまで上述したステップを繰り返す。

[0251] なお、回路基板Tにはんだパッドが1つだけの場合、制御装置1000は、ステップS 1 1 7の処理の後、ロボットアーム110等が予め定められた初期姿勢となるように駆動部111等を制御してよい。

[0252] なお、制御装置1000は、上述のステップS 1 1 1～S 1 1 7の処理において用いた画像データ、形状データ、回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、及び各はんだパッドに実装される順番の情報の少なくとも一つを不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0253] なお、はんだパッドにはんだを配置できれば、制御装置1000は、上述のステップS 1 1 1及びステップS 1 1 3又は、上述のステップS 1 1 5とステップS 1 1 6の処理を実行しなくてもよい。

[0254] なお、制御装置1000は、上述のステップS 1 1 5～S 1 1 7の処理において、検出装置120及び130から出力される画像データや形状データの少なくとも一方に基づいて、はんだパッドの面積を検出してもよい（算出してもよい）。

[0255] なお、ステップS 1 1 7の処理の後、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、はんだパッドに配置されたはんだの状態を検出してもよい。検出するはんだの状態としては、はんだパッドとはんだの距離、はんだの形状、はんだの体積、はんだの位置及び姿勢等が挙げられる。そして、制御装置1000は、検出したはんだの状態に基づ

いてはんだの品質を判定してもよい。

[0256] 例えば、はんだパッドとはんだの距離を検出する場合には、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方から出力された画像データに基づいて、画像データで示される画像におけるはんだパッドとはんだを認識し、該はんだパッドとはんだの距離を検出する。例えば、制御装置1000は、検出した該はんだパッドとはんだの距離に基づいて、はんだの配置位置に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出したはんだパッドとはんだとの距離が所定閾値以上（例えば、はんだパッドにはんだが配置されていない状態）の場合、はんだの配置位置が不良と判定してもよい。また、例えば、はんだの形状を検出する場合には、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方から出力された形状データに基づいて、形状データで示される点群におけるはんだを認識し、該はんだの形状を検出する。例えば、制御装置1000は、検出した該はんだの形状に基づいて、はんだの形状に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出したはんだの形状と所望の形状との差が閾値以上の場合、はんだの形状が不良と判定してもよい。また、例えば、はんだの体積を検出する場合には、制御装置1000は、上述の方法で検出したはんだの形状に基づいて、既存の方法によりはんだの体積を推定してもよい。例えば、制御装置1000は、推定した該はんだの体積に基づいて、はんだの体積に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出したはんだの体積が閾値外（例えば、はんだの体積が大きすぎる場合や小さすぎる状態）の場合、はんだの体積が不良と判定してもよい。また、例えば、はんだの位置及び姿勢を検出する場合には、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方から出力された形状データに基づいて、形状データで示される点群におけるはんだを認識し、該はんだの位置及び姿勢を検出する。例えば、制御装置1000は、検出したはんだの位置及び姿勢に基づいて、該はんだの形状に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出したはんだの位置と姿勢の少なくとも一方が閾値外の

場合、はんだの位置及び姿勢が不良と判定してもよい。

[0257] なお、制御装置1000は、上述のステップS111～S117の処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のように検出したはんだの品質とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット1の各装置の制御（例えば、ディスペンサ40の位置及び姿勢制御やディスペンサ40の吐出制御）に利用してもよい。なお、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット2の各装置の制御とロボット3の各装置の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。

[0258] また、制御装置1000は、上述のように検出した、はんだパッドの面積とはんだの状態に関する情報（はんだパッドとはんだとの距離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報）を、ロボット2のロボットアーム210での保持装置50の位置及び姿勢制御に利用してもよい。この場合、保持装置50で保持した素子を効率的にはんだ上に配置することができる。

[0259] また、制御装置1000は、上述のように検出した、はんだパッドの面積とはんだの状態に関する情報（はんだパッドとはんだとの距離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報）を、ロボット3のロボットアーム310による光照射装置60の位置及び姿勢制御、及びガルバノミラー61の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。この場合、光照射装置60で回路基板Tにおける加工光Lを照射すべき箇所（例えば、配置された素子、配置されたはんだ、はんだパッドなど）へ効率的に加工光Lを照射することができる。

[0260] また、制御装置1000は、上述のように検出した、はんだパッドの面積とはんだの状態に関する情報（はんだパッドとはんだとの距離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報）との少なくとも一方の情報をロボット3のロボットアーム310による光照射装置60から照射する加工光Lの条件（例えば、加工光Lの強度、加工光L

のスポットサイズ、加工光Lの照射時間、加工光Lの照射範囲の少なくとも一つ)の制御に利用してもよい。なお、加工光Lの照射範囲には、例えば、加工光Lを照射すべき箇所としての、素子、はんだ、はんだパッドなどの少なくとも一部が含まれる。ここで、はんだパッドの面積と、はんだの状態に関する情報(はんだパッドとはんだとの距離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報)との少なくとも一方の情報は、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報と言い換えることができる。例えば、制御装置1000は、検出した加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報に基づいて加工光Lの条件を決定してもよい。一例として、制御装置1000は、はんだパッドの面積に基づいて、加工光Lのスポットサイズを決定してもよい。なお、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報には、上述の情報の他に、検出装置120及び130の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、検出できる加工光Lの照射すべき箇所としての、素子、はんだ、はんだパッドに関する情報を含んでもよい。

[0261] また、制御装置1000は、上述のステップS111～S117の処理において算出した回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、及び各はんだパッド毎に実装する順番の情報の少なくとも一つの情報を、ロボット2のロボットアーム210による保持装置50の位置及び姿勢制御と保持装置50の保持力の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。この場合、保持装置50で保持した素子を効率的にはんだ上に配置することができる。例えば、上述の情報をロボット2のロボットアーム210での保持装置50の位置及び姿勢制御に利用する場合、制御装置1000による後述のステップS121の処理を省略することができるため、保持装置50で把持した素子を効率的にはんだパッド(はんだ)に配置することができる。

[0262] また、制御装置1000は、上述のステップS111～S117の処理において算出した回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及

び姿勢の情報、及び各はんだパッド毎に実装する順番の情報の少なくとも一つの情報を、ロボット3のロボットアーム310による光照射装置60の位置及び姿勢制御、及びガルバノミラー61の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。この場合、光照射装置60で回路基板Tにおける加工光Lを照射すべき箇所へ効率的に加工光Lを照射することができる。例えば、上述の情報をロボット3のロボットアーム310での光照射装置60の位置及び姿勢制御に利用する場合、制御装置1000による後述のステップS131の処理を省略することができるため、光照射装置60で効率的に加工光Lによるはんだの溶融を行うことができる。

[0263] なお、制御装置1000は、上述のはんだの状態の検出処理に用いた画像データ、形状データ、及びはんだの状態の検出結果の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0264] なお、例えば、制御装置1000は、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの第1位置に配置された後に、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0265] 例えば、制御装置1000は、駆動部111の駆動を停止させるように駆動部111を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部111の駆動が停止した後の検出装置120及び130の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置120及び130の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの第1位置に配置された後に、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部111を制御してもよい。

[0266] ロボット2

ロボット2を制御する制御装置1000は、上述したステップS131及

びS 1 3 2の処理に夫々対応するステップS 1 2 2及びS 1 2 3の処理を行う。ただし、制御装置1 0 0 0は、ロボット2が備える検出装置2 2 0及び2 3 0の少なくとも一方の出力を用いて、ステップS 1 2 1及びS 1 2 3の処理を行う。

[0267] 例えば、保持装置5 0は、ピンセットの先端同士を開閉可能なピンセットハンドを備えている。なお、保持装置5 0は、素子を吸引保持可能な吸着装置を備えていてもよい。

[0268] なお、制御装置1 0 0 0は以下のステップS 1 2 1～S 1 2 9の処理を行う前に、保持装置5 0のキャリブレーションを実行してもよい。

[0269] 前提として、検出装置3 3 0と同様の構成を有する検出装置2 3 0のカメラ3 1及び3 2各々の視野内に、保持装置5 0の先端部（即ち、ピンセットハンドの場合、素子を保持する際に素子と接触するピンセットの先端の部分）が入るような位置関係で検出装置2 3 0及び保持装置5 0がロボットアーム2 1 0に備えられているものとする。なお、説明の便宜上、検出装置2 3 0が検出装置3 3 0と同様のカメラ3 1及び3 2を有する例として、検出装置2 3 0のカメラ3 1及び3 2と称する。

[0270] 制御装置1 0 0 0は、保持装置5 0のキャリブレーションとして、保持装置5 0が素子を把持していないときに検出装置2 3 0から出力された形状データと、保持装置5 0のCADデータとを用いて上述のマッチング処理を行い、保持装置5 0の位置及び姿勢（例えば、検出装置2 3 0のカメラ3 1及び3 2の視野内に含まれるピンセットハンドの先端部の位置及び姿勢）を予め算出しておく。つまり、制御装置1 0 0 0は、予め、保持装置5 0の少なくとも一部（例えば、ピンセットハンドの先端部）の形状データに基づいて、ロボットアーム2 1 0の座標系における保持装置5 0の位置及び姿勢を算出しておく。

[0271] なお、制御装置1 0 0 0は、保持装置5 0のキャリブレーションとして、保持装置5 0の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置2 3 0の座標系と保持装置5 0の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この

検出装置230の座標系と保持装置50の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置230の座標系とロボットアーム210の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム110の座標系における保持装置50の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、保持装置50のキャリブレーションとして、ロボットアーム210の座標系における保持装置50の位置及び姿勢までを算出しなくてもよく、検出装置230の座標系と保持装置50の座標系との対応関係を算出してもよい。なお、検出装置330の座標系と保持装置50の座標系との対応関係は、検出装置330の座標系と保持装置50の座標系との間の変換行列であってもよい。なお、保持装置50のキャリブレーションを実行した場合、制御装置1000は、後述のステップS121で算出された対象物（例えば、素子）の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、駆動部211を制御してロボットアーム210を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS122で算出された対象物（例えば、回路基板T）の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS123で、駆動部211を制御して、ロボットアーム210を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS125で算出された対象物（例えば、はんだパッドやはんだ）の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS126で、駆動部211を制御して、ロボットアーム210を移動させてもよい。なお、保持装置50のキャリブレーションの結果は、例えば、ロボットアーム210の座標系における保持装置50の位置及び姿勢でもよいし、検出装置230の座標系と保持装置50の座標系との対応関係でもよい。

[0272] なお、上述と同様、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置1000は、算出された対象物の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム210（駆動部2

11) を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、駆動部211を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部211を駆動してもよい。

[0273] なお、検出装置230のカメラ31及び32各々の視野内に含まれる保持装置50の一部にマーカを設けてもよい。この場合、制御装置1000は、例えば、検出装置230から出力されたマーカを含む形状データに基づいて、上述のキャリブレーションを実行してもよい。

[0274] なお、制御装置1000は、形状データに限らず、検出装置230から出力された画像データと、保持装置50のCADデータとを用いてマッチング処理を実行することによって、保持装置50のキャリブレーションを行ってもよい。なお、制御装置1000は、マッチング処理において、上述の通り、CADデータに限らず予め取得した保持装置50の形状データや画像データを用いてもよい。

[0275] なお、保持装置50のキャリブレーションとして、検出装置230を用いることに限らず、制御装置1000は、検出装置220から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置320と同様の構成を有する検出装置220のカメラ21及び22各々の視野内に、保持装置50の先端部が入るような位置関係で検出装置220及び保持装置50がロボットアーム210に備えられていることが前提となる。

[0276] なお、以下のステップS121～S129の処理において、保持装置50が所定の物体に接触するなどして、検出装置230に対する保持装置50の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置1000は、検出装置230から出力される画像データや形状データにおける保持装置50の一部の変化（例えば、画像上における保持装置50の一部の変化）に基づいて、検出装置230に対する保持装置50の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置230に対する保持装置50の位置や姿勢の変化を検出

した場合、制御装置1000は、キャリブレーションを実行してもよい。

[0277] ロボット2を制御する制御装置1000は、素子を保持する（ステップS121）。制御装置1000は、所望の素子を保持可能なように、ロボット2の保持装置50を不図示の素子供給装置（所謂、パーツフィード）へ近づけて、所望の素子を保持装置50で保持するようにロボットアーム210の駆動部211と保持装置50を制御する。例えば、制御装置1000は、上述のマッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理を実行し、不図示の素子供給装置に配置された所望の素子の位置及び姿勢を算出した上で、素子を保持可能なように、保持装置50を不図示の素子供給装置に配置された所望の素子へ近づけて保持装置50で所望の素子を保持させる。ここで、制御装置1000は、マッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理で算出した素子の大きさに応じて、保持装置50における素子の保持力（把持力）を決定してもよい。これによって、保持装置50による素子の保持に起因する素子の損傷や保持装置50からの素子の脱落を防止できる。

[0278] ステップS121の処理の後、制御装置1000は、対象物の一例としての回路基板Tの位置及び姿勢を算出する（ステップS122）。上述のステップS111やステップS131と同様にステップS122の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により回路基板Tの最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、回路基板Tに形成されたはんだパッド毎の位置を算出する。制御装置1000は、回路基板Tのガーバーデータ（つまり、回路基板Tの設計データ）に基づいて、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置を算出する。制御装置1000は、ガーバーデータに基づいて、各はんだパッドに実装（ここでは、素子を配置）する順番を特定する。

[0279] 次に、制御装置1000は、保持装置50（検出装置220及び230）が、回路基板Tに近づくように駆動部211を制御して、ロボットアーム210を移動する（ステップ123）。上述のステップS112やステップS

132と同様にステップS123の処理では、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドが検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム210の駆動部211を制御する。

[0280] 次に、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドの近傍に設けられたマーカが検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する（ステップS124）。上述のステップS113やステップS133と同様にステップS124の処理では、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報と、ステップS121で算出した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置220及び検出装置230が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置220及び検出装置230が所望の位置及び姿勢になっている場合、該はんだパッドの近傍に設けられたマーカが検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0281] ステップS124の処理において、1番目に実装されるはんだパッドの近傍に設けられたマーカが検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（S124：No）、制御装置1000は、ステップS122の処理によって算出した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部211を制御してロボットアーム210を移動し続ける。

[0282] 一方、ステップS124の処理において、1番目に実装されるはんだパッドの近傍に設けられたマーカが検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS124：Yes）、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドの近傍に設けられた

マーカの位置及び姿勢を算出する（ステップS 1 2 5）。上述のステップS 1 1 4 やステップS 1 3 4 と同様にステップS 1 2 5 の処理では、制御装置 1 0 0 0 は、マッチング部 3 0 1 のマッチング処理により 1 番目に実装されるはんだパッドの近傍に設けられたマーカの最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出する。

[0283] 次に、制御装置 1 0 0 0 は、保持装置 5 0 の位置及び姿勢が、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部 2 1 1 を制御して、ロボットアーム 2 1 0 を移動する（ステップS 1 2 6）。上述のステップS 1 1 5 やステップS 1 3 5 と同様にステップS 1 2 6 の処理では、制御装置 1 0 0 0 は、ステップS 1 2 5 の処理によって算出したはんだパッドの近傍に設けられたマーカの初期位置姿勢の情報を用いて 2 D トラッキング部 3 0 2 から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの近傍に配置されたマーカの位置及び姿勢の情報と、該はんだパッドと該マーカとの位置関係に基づいて、駆動部 2 1 1 を制御してロボットアーム 2 1 0 を移動する。なお、該はんだパッドと該マーカとの位置関係は既知である。

[0284] 言い換えると、制御装置 1 0 0 0 は、保持装置 5 0（検出装置 2 2 0 及び 2 3 0）が回路基板 T の 1 番目に実装されるはんだパッド（はんだパッドに配置されたはんだ）に近づくように駆動部 2 1 1 を制御して、ロボットアーム 2 1 0 を移動させる。なお、制御装置 1 0 0 0 は、ロボット 1 のディスプレイ 4 0 で該はんだパッドへ該はんだを配置した後に検出した該はんだパッドと該はんだとの距離の情報に基づいて、駆動部 2 1 1 を制御してロボットアーム 2 1 0 を移動させてもよい。この場合、より正確に（より効率的に）保持装置 5 0 を該はんだパッド（該はんだパッドに配置されたはんだ）に近づけることができる。

[0285] 次に、制御装置 1 0 0 0 は、保持装置 5 0 の位置及び姿勢が、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップS 1 2 7）。上述のステップS 1

16やステップS136と同様にステップS127の処理では、制御装置1000は、例えば、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される1番目に実装されるはんだパッドの近傍に配置されたマーカの位置及び姿勢の情報と、該はんだパッドと該マーカとの位置関係に基づいて、該はんだパッド（該はんだパッドに配置されたはんだ）に対する保持装置50の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。

[0286] ステップS127の処理において、保持装置50の位置及び姿勢が、1番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップS127：No）、制御装置1000は、該はんだパッド（該はんだ）に保持装置50が近づくように、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだパッド（該はんだ）の位置及び姿勢に基づいて、駆動部211を制御してロボットアーム210を移動し続ける。

[0287] 一方、保持装置50の位置及び姿勢が、該はんだパッド（該はんだ）へ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS127：Yes）、制御装置1000は、保持装置50で保持された素子の位置及び姿勢を算出する（ステップS128）。

[0288] まず、前提として、上述のように、検出装置230のカメラ31及び32各々の視野内に、保持装置50の先端部（即ち、ピンセットハンドの場合、素子を保持する際に素子と接触するピンセットの先端の部分）が含まれる。さらに、検出装置230は、保持装置50で保持している素子の少なくとも一部も該カメラ31及び32各々の視野内に含まれるように、ロボットアーム210の所望の位置に設けられている。

[0289] 制御装置1000は、例えば、保持装置50が素子を保持した状態で検出装置230から出力された形状データ（つまり、保持装置50の先端部と素子の少なくとも一部の形状データが含まれるデータ）と、素子のCADデータとを用いて上述のCADマッチング処理を行い、素子の位置及び姿勢を算出する。保持装置50に保持された素子の位置や姿勢は、種類が同じ（つま

り、形状が同じ) 素子であっても、保持装置50で保持する度に変化する。このため、制御装置1000が、本ステップS125の処理を実行することにより、素子の位置及び姿勢を認識することができるため、後述のステップS129において、1番目に実装されるはんだパッド(はんだ)へ素子を高精度に配置することができる。

[0290] なお、制御装置1000は、例えば、保持装置50が素子を保持した状態で検出装置230から出力された形状データの内、CADマッチング処理などによって保持装置50の先端部の形状データを認識し、検出装置230から出力された形状データから保持装置50の先端部の形状データを除去する処理を行った後で、素子のCADデータを用いたCADマッチング処理を行い、素子の位置及び姿勢を算出してもよい。この場合、素子の位置及び姿勢を算出する処理において、保持装置50の先端部の形状データがノイズとなり、素子の位置及び姿勢の算出精度が低下することを抑制できる。

[0291] なお、制御装置1000は、例えば、上述した保持装置50のキャリブレーションにおけるマッチング処理で算出した保持装置50の先端部の形状データを、保持装置50が素子を保持した状態で検出装置230から出力された形状データから除去した後で、素子のCADデータを用いたCADマッチング処理を行い、素子の位置及び姿勢を算出してもよい。この場合も、素子の位置及び姿勢の算出精度が低下することを抑制できる。

[0292] なお、上述の保持装置50のキャリブレーションのために、検出装置230のカメラ31及び32各々の視野内に、保持装置50の先端部が含まれるように、検出装置230をロボットアーム210に備えるようにしたが、もし、保持装置50のキャリブレーションを行わない場合には、検出装置230のカメラ31及び32各々の視野内に、保持装置50が含まれず、かつ保持装置50に保持された素子の少なくとも一部が入るように、検出装置230をロボットアーム210に備えてもよい。

[0293] ステップS128の処理の後、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッド(はんだ)へ素子が配置されるように、保持装置50を制御す

る（ステップS 1 2 9）。制御装置 1 0 0 0 は、上述のステップS 1 2 8 の処理で算出した保持装置 5 0 に保持された素子の位置及び姿勢と、2 D トラッキング部 3 0 2 から所定時間の間隔で出力される該はんだパッド（該はんだ）の位置及び姿勢に基づいて、保持装置 5 0 に保持された素子の位置及び姿勢が、該はんだパッド（該はんだ）へ該素子を配置可能な所望の位置及び姿勢となるように、ロボットアーム 2 1 0 の駆動部 2 1 1 を制御する。そして、制御装置 1 0 0 0 は、素子の保持が解除させるように保持装置 5 0 を制御して、該はんだパッド（該はんだ）に素子を配置させる。

[0294] なお、このとき、上述したステップS 1 1 7 の処理と同様に、例えばロボットアーム 2 1 0 の振動等に起因して、保持装置 5 0 と対象物としてのはんだパッド（はんだ）との相対位置が変動することがある。そこで、制御装置 1 0 0 0 は、ステップS 1 2 9 の処理に対する上記相対位置の変動の影響を抑制又はなくすために、上述したトラッキング処理の結果に基づいて、保持装置 5 0 の姿勢及び位置の少なくとも一方を制御する。

[0295] 例えば、制御装置 1 0 0 0 は、検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置 5 0 により把持される素子がはんだパッド（はんだ）に配置されるように駆動部 2 1 1 を制御してもよい。

[0296] 例えば、制御装置 1 0 0 0 は、駆動部 2 1 1 の駆動を停止させるように該駆動部 2 1 1 を制御してもよい。制御装置 1 0 0 0 は、駆動部 2 1 1 の駆動が停止した後の検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方と共に変位する保持装置 5 0 により把持される素子がはんだパッド（はんだ）に配置されるように駆動部 2 1 1 を制御してもよい。

[0297] 上述したステップS 1 2 1 ~ S 1 2 9 の処理において、制御装置 1 0 0 0 は、検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方により生成された画像デー

タと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、回路基板Tに保持装置50と検出装置220及び230とが近づくようにロボットアーム210の駆動部211を制御し、保持装置50と検出装置220及び230とが回路基板Tに所定距離まで近づくと、検出装置220及び230の少なくとも一方の変位に伴って変化する上記少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置220及び230の少なくとも一方と共に変位する保持装置50により把持される素子が対象物としてのはんだパッド（はんだ）に配置されるように駆動部211を制御してもよい。

[0298] ステップS129の処理の後、制御装置1000は、保持装置50が不図示の素子供給装置へ近づくようにロボットアーム210の駆動部211を駆動し、2番目に実装されるはんだパッド（はんだ）へ配置させる素子をピックアップさせる。そして、制御装置1000は、上述したステップS122～S129の処理を繰り返す。制御装置1000は、回路基板Tの各はんだパッドのはんだへの素子の配置が終わるまで素子のピックアップと上述したステップを繰り返す。

[0299] なお、回路基板Tにはんだパッドが1つ（はんだに配置させる素子が一つ）だけの場合、制御装置1000は、ステップS129の処理の後、ロボットアーム210等が予め定められた初期姿勢となるように駆動部211等を制御してよい。

[0300] なお、制御装置1000は、上述のステップS128の処理を、ステップS127の処理より前に実行してもよい。なお、制御装置1000は、上述のステップS128の処理を実行しなくてもよい。この場合、制御装置1000は、上述のステップS127（正確にはステップS127：Yes）の処理の次に、1番目に実装されるはんだパッド（はんだ）へ素子が配置されるように、保持装置50を制御すればよい。

[0301] なお、制御装置1000は、上述のステップS122～S129の処理において用いた画像データ、形状データ、回路基板Tの位置及び姿勢の情報、マーカの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、及び

各はんだパッドに実装される順番の情報の少なくとも一つの情報在不図示の表示装置に表示させてもよい。

- [0302] なお、はんだパッド上のはんだに素子を配置できれば、制御装置1000は、上述のステップS122及びステップS124又は、上述のステップS126とステップS127の処理を実行しなくてもよい。
- [0303] なお、ステップS129の処理の後、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、はんだパッドのはんだに配置された素子の状態を検出してもよい。検出する素子の状態としては、素子の位置及び姿勢、素子とはんだとの距離、素子とはんだパッドとの距離などがある。そして、制御装置1000は、検出した素子の状態に基づいて、配置された素子の品質を判定してもよい。
- [0304] 例えば、素子の位置及び姿勢を検出する場合には、制御装置1000は、上述のマッチング処理に基づいて素子の位置及び姿勢を算出する。例えば、制御装置1000は、検出した素子の位置及び姿勢に基づいて、素子の配置位置に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出した該素子の位置及び姿勢の少なくとも一方が所定の閾値を外れていた場合、はんだの配置位置が不良と判定してもよい。
- [0305] 例えば、素子とはんだとの距離を検出する場合には、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力された形状データに基づいて、形状データで示される点群における素子とはんだを認識し、該素子と該はんだとの距離を算出する。例えば、制御装置1000は、検出した該素子と該はんだとの距離に基づいて、素子の配置位置に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出した該素子と該はんだとの距離が所定閾値以上（例えば、素子のはんだ上に配置されていない状態）の場合、はんだの配置位置が不良と判定してもよい。
- [0306] 例えば、素子とはんだパッドとの距離を検出する場合には、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力された画像デ

ータに基づいて、画像データで示される画像の素子とはんだパッドを認識し、該素子とはんだパッドとの距離を算出する。例えば、制御装置1000は、検出した該素子と該はんだパッドとの距離に基づいて、素子の配置位置に関する良否を判定しても良い。例えば、制御装置1000は、検出した素子とはんだパッドとの距離が所定閾値以上（例えば、素子とはんだパッド上に配置されていない状態）の場合、素子の配置位置が不良と判定してもよい。

[0307] なお、制御装置1000は、上述のステップS122～S128の処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のように判定した素子の品質とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット2の各装置の制御（例えば、保持装置50の位置及び姿勢制御や保持装置50の保持制御）に利用してもよい。なお、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット1の各装置の制御とロボット3の各装置の制御の少なくとも一方の制御に利用してもよい。

[0308] また、制御装置1000は、上述のように検出した、素子の位置及び姿勢、素子とはんだとの距離、素子とはんだパッドとの距離の少なくとも一つ的情報を、ロボット3のロボットアーム310による光照射装置60の位置及び姿勢制御、光照射装置60のガルバノミラー61の制御、及び加工光Lの強度やスポットサイズの変更の少なくとも一つの制御に利用してもよい。この場合、光照射装置60で回路基板Tにおける加工光Lを照射すべき箇所（例えば、配置された素子、配置されたはんだ、はんだパッドなど）へ効率的に加工光Lを照射することができる。なお、制御装置1000は、上述のように検出した、素子の位置及び姿勢、素子とはんだとの距離、素子とはんだパッドとの距離の少なくとも一つ的情報を、ロボット1のロボットアーム110によるディスペンサ40の位置及び姿勢制御に利用してもよい。

[0309] なお、制御装置1000は、上述のステップS122～S129の処理において、検出装置120及び130から出力される画像データと形状データの少なくとも一方に基づいて、はんだの状態（はんだパッドとはんだとの距

離、はんだの形状、はんだの体積、及びはんだの位置及び姿勢の少なくとも一つの情報)とはんだパッドの面積との少なくとも一方を検出してもよい。つまり、制御装置1000は、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報を検出してもよい。そして、制御装置1000は、上述のように検出した、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報をロボット3のロボットアーム310による光照射装置60から照射する加工光Lの条件(例えば、加工光Lの強度、加工光Lのスポットサイズ、加工光Lの照射時間、加工光Lの照射範囲の少なくとも一つ)の制御に利用してもよい。つまり、制御装置1000は、検出した、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報に基づいて加工光Lの条件を決定してもよい。なお、加工光Lを照射すべき箇所の状態に関する情報には、上述の情報の他に、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、検出できる加工光Lの照射すべき箇所としての素子、はんだ、はんだパッドに関する情報を含んでいてもよい。

[0310] また、制御装置1000は、上述のステップS122～S129の処理において算出した回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッド毎に実装する順番の情報、マーカの位置及び姿勢の情報、及びはんだパッド(はんだ)の位置及び姿勢の情報の少なくとも一方の情報を、ロボット3のロボットアーム310による光照射装置60の位置及び姿勢制御、ガルバノミラー61の制御、及び加工光Lの強度やスポットサイズの変更の少なくとも一つの制御に利用してもよい。この場合、光照射装置60で回路基板Tにおける加工光Lを照射すべき箇所へ効率的に加工光Lを照射することができる。なお、制御装置1000は、上述のように検出した、回路基板Tの位置及び姿勢の情報とはんだパッド(はんだ)の位置及び姿勢の情報の少なくとも一方の情報を、ロボット1のロボットアーム110によるディスペンサ40の位置及び姿勢制御に利用してもよい。

[0311] なお、制御装置1000は、上述の素子の状態の検出処理に用いた画像データ、形状データ、及び素子の状態の検出結果の少なくとも一つの情報を不

図示の表示装置に表示させてもよい。

[0312] 例えば、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置220及び230の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置50により把持される一の素子が回路基板Tの第1位置に配置された後に、保持装置50により把持される他の素子が、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部211を制御してもよい。

[0313] 例えば、制御装置1000は、駆動部211の駆動を停止させるように駆動部211を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部211の駆動が停止した後の検出装置220及び230の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置220及び230の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置50により把持される一の素子が回路基板Tの第1位置に配置された後に、保持装置50により把持される他の素子が、該第1位置とは異なる第2位置に配置されるように駆動部211を制御してもよい。

[0314] なお、上述したステップS111～S117の処理と、ステップS121～S129の処理と、ステップS131～S138の処理とは、同時並行で繰り返し行われる。

[0315] なお、制御装置1000は、上述のステップS131～S138の処理、上述のステップS111～S117の処理、及び上述のステップS121～S129の処理の少なくとも一つの処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のステップS138の処理で判定したはんだ付けの品質、上述のように判定したはんだの品質、及び上述のように判定した素子の品質の少なくとも一方の情報とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット1の各装置の制御、ロボット2の各装置の制御、口及びロボット3の各装置の制御の少なくとも一つの制御に利用してもよい。

## [0316] (技術的効果)

立体的形状を有する回路基板（即ち、3D回路基板）の表面に素子を実装する技術として、LDS（Lase Direct Structuring）やSMT（Surface Mount Technology）が知られている。しかしながら、LDSでは、耐熱性のある特殊な成形材料（樹脂）を用いる必要がある。また、実装機（チップマウンタ）やリフロー炉等の内部に3D回路基板を載置する必要がある。このため、LDS等は、比較的高単価且つ比較的小型な製品にしか適用することができない。

[0317] このため、比較的大型な製品については、例えば親基板に子基板をケーブルで接続するという手法が採られることが多い。このような手法では、例えばケーブルの重量により製品重量が比較的重くなったり、配線部品の組み立てに人手が必要であったりする。一方で、例えば自動車の分野では、スペース制約や重量制約等の観点から、比較的大型の3D回路基板に素子を実装する技術が求められている。

[0318] 比較的大型の3D回路基板については、コストを抑制する観点から、比較的安価な基板材料が用いられることが望ましい。比較的安価な基板材料は耐熱性が比較的低いので、ピンポイントに入熱可能なレーザはんだ付けが、素子を実装するための手法として挙げられる。ただし、レーザ光等の加工光Lの照射位置を精密に制御できなければ、3D回路基板が熱ダメージを受けてしまうという技術的問題点がある。

[0319] これに対して、上述したロボット3では、検出装置330から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、光照射装置60等と対象物（例えば、はんだパッド、素子、はんだ）との位置関係が変位したとしても、加工光Lの照射位置が同一位置を維持するようにガルバノミラー61の向き等が制御される。つまり、ロボット3によれば、加工光Lの照射位置を精密に制御することができる。

[0320] ロボット3によるはんだ付けでは、基板への熱ダメージを抑制することができるので、基板材料の選択肢を増やすことができる。つまり、ロボット3

によるはんだ付けでは、比較的安価な基板材料を用いることができる。

[0321] ロボット3によれば、ロボットアーム310により光照射装置60等を移動させながら（即ち、光照射装置60等の移動中に）、ガルバノミラー61により加工光Lの照射位置を変更して所望位置に加工光Lを照射することができる。このため、比較的大型の基板について、効率良く一又は複数の素子を実装することができる。

[0322] ロボット3によれば、ロボットアーム310により光照射装置60等を移動させた後（言い換えれば、駆動部311によりロボットアーム310が駆動されていないときに）、ガルバノミラー61により加工光Lの照射位置を調整して所望位置に加工光Lを照射することができる。このため、ロボットアーム310により移動された光照射装置60等の振動の収束を待つことなく、加工光Lを照射することができる。また、ロボットアーム310による光照射装置60等の移動に誤差が生じていたとしても、ガルバノミラー61の向きを制御することにより該誤差を修正して、所望位置に加工光Lを照射することができる。

[0323] ロボット3によれば、検出装置320及び330を有するが故に、はんだ付けをした後に（上述したステップS137の処理の後に）、はんだ付けに関する品質検査を行うことができる（上述したステップS138の処理参照）。つまり、ロボット3によれば、検出装置320及び330を有するが故に、はんだ付けをしたその場ではんだ付けに関する品質検査を行うことができる。言い換えれば、ロボット3によれば、はんだ付けに関する品質検査を効率的に行うことができる。

[0324] ロボット1では、制御装置1000によるトラッキング処理により所定時間の間隔で対象物（例えば、はんだパッド）の位置や姿勢を認識することができる。その結果、ロボットアーム110の駆動部111が制御されることにより、対象物とディスペンサ40（検出装置120及び130）との相対位置が時間的に変化（変位）したとしても対象物の所望の位置（言い換えると、はんだを配置すべき箇所）にはんだを配置することができる。

[0325] ロボット2では、制御装置1000によるトラッキング処理により所定時間の間隔で対象物（例えば、はんだパッドに配置されたはんだ）の位置や姿勢を認識することができる。その結果、ロボットアーム210の駆動部211が制御されることにより、対象物と保持装置50（検出装置220及び230）との相対位置が時間的に変化（変位）したとしても対象物の所望の位置（言い換えると、素子を配置すべき箇所）に素子を配置することができる。

[0326] なお、ロボット2は、上述のはんだ付けに限らず、他の用途に使用されてもよい。ロボット2は、上述のはんだ付けでは、はんだ付けする素子を対象物（例えば、回路基板T）に設置するために、保持装置50で素子を保持し、保持された素子を対象物に設置したが、はんだ付けする素子以外の物体を保持装置50で保持し、保持された物体を他の対象物に設置してもよい。例えば、ロボット2は、複数の物体の組み立てに使用されてもよい。ロボット2は、保持装置50で第1物体を保持し、保持された第1物体を対象物（第2物体）に設置することによって、第1物体と第2物体を組み立ててもよい。この場合であっても、上述のはんだ付けと同様、制御装置1000は、ロボット2の検出装置220及び230の少なくとも一方からの画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、第1物体を保持し、保持された第1物体が対象物（第2物体）に設置されるように、ロボット2（ロボットアーム210の駆動部211）を制御してもよい。なお、第1物体は、保持装置50で保持する対象であることから、対象物とも言える。

[0327] なお、第1物体と第2物体は互いに嵌合する物体であってもよい。例えば、第1物体及び第2物体の一方は凸部を有し、第1物体及び第2物体の他方はその凸部と嵌合する凹部を有していてもよい。第1物体及び第2物体の一方は第1の凹部と第1の凸部を有し、第1物体及び第2物体の他方はその第1の凹部と第1の凸部それぞれと嵌合する第2の凸部と第2の凹部を有していてもよい。例えば、第1物体は棒状物体で、第2物体は、その棒状物体と嵌合する穴部を有する物体であってもよい。例えば、第1物体は板状物体で

、第2物体は、その板状物体の少なくとも一部と嵌合するスリット部を有する物体であってもよい。例えば、第1物体と第2物体のそれぞれは、互いに嵌合するコネクタであってもよい。ロボット2は、保持装置50で第1物体を保持し、保持した第1物体を第2物体と嵌合させてもよい。なお、第1物体を第2物体と嵌合させることは、第1物体を第2物体へ設置するとも言える。

[0328] なお、第1物体と第2物体は互いに嵌合する物体でなくてもよい。第1物体と第2物体は接合される物体であってもよい。第1物体と第2物体の少なくとも一方に接着剤が塗布されており、第1物体と第2物体は接着剤を介して接着される物体であってもよい。ロボット2は、保持装置50で第1物体を保持し、保持した第1物体を第2物体に接合させてもよい。なお、第1物体を第2物体へ接合させることは、第1物体を第2物体へ設置するとも言える。

[0329] なお、第1物体を第2物体に嵌合させることや接合させることは、第1物体を第2物体へ組み付けるとも言える。なお、第1物体と第2物体は、第1物体が第2物体へ設置されることによって互いの位置関係が固定される物体でなくてもよい。第2物体は、第1物体を置くためのトレイや箱であってもよい。ロボット2は、保持装置50で第1物体を保持し、保持した第1物体を第2物体に置いてもよい。なお、第1物体を第2物体に置くことは、第1物体を第2物体へ設置するとも言える。ロボット2は、複数の第1物体がばら積みされたトレイや箱から任意の1つの第1物体を保持し、保持した第1物体を第2物体に設置してもよい。

[0330] 上述のはんだ付けする素子とは異なる物体を対象物に設置する一例として、凸部を有する第1物体と、その凸部と嵌合可能な凹部を有する第2物体とを嵌合させる場合のロボット2による第1物体の第2物体への設置動作について図25のフローチャートを参照して説明する。

[0331] まず、ロボット2を制御する制御装置1000は、保持装置50のキャリブレーションを実行する（ステップS171）

前提として、検出装置 330 と同様の構成を有する検出装置 230 のカメラ 31 及び 32 各々の視野内に、保持装置 50 の先端部（即ち、ピンセットハンドの場合、第 1 物体を保持する際に第 1 物体と接触するピンセットの先端の部分）が入るような位置関係で検出装置 230 及び保持装置 50 がロボットアーム 210 に備えられているものとする。なお、説明の便宜上、検出装置 230 が検出装置 330 と同様のカメラ 31 及び 32 を有する例として、検出装置 230 のカメラ 31 及び 32 と称する。

[0332] 制御装置 1000 は、保持装置 50 のキャリブレーションとして、保持装置 50 が第 1 物体を保持していないときに検出装置 230 から出力された形状データと、保持装置 50 の CAD データとを用いて上述のマッチング処理を行い、保持装置 50 の位置及び姿勢（例えば、検出装置 230 のカメラ 31 及び 32 の視野内に含まれるピンセットハンドの先端部の位置及び姿勢）を予め算出しておく。つまり、制御装置 1000 は、予め、保持装置 50 の少なくとも一部（例えば、ピンセットハンドの先端部）の形状データに基づいて、ロボットアーム 210 の座標系における保持装置 50 の位置及び姿勢を算出しておく。

[0333] なお、制御装置 1000 は、保持装置 50 のキャリブレーションとして、保持装置 50 の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置 230 の座標系と保持装置 50 の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この検出装置 230 の座標系と保持装置 50 の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置 230 の座標系とロボットアーム 210 の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム 110 の座標系における保持装置 50 の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置 1000 は、保持装置 50 のキャリブレーションとして、ロボットアーム 210 の座標系における保持装置 50 の位置及び姿勢を算出しなくてもよく、検出装置 230 の座標系と保持装置 50 の座標系との対応関係までを算出してもよい。

[0334] なお、検出装置 230 のカメラ 31 及び 32 各々の視野内に含まれる保持装置 50 の一部にマーカを設けてもよい。この場合、制御装置 1000 は、

例えば、検出装置 230 から出力されたマーカを含む形状データに基づいて、上述のキャリブレーションを実行してもよい。

[0335] なお、制御装置 1000 は、形状データに限らず、検出装置 230 から出力された画像データと、保持装置 50 の CAD データとを用いてマッチング処理を実行することによって、保持装置 50 のキャリブレーションを行ってもよい。なお、制御装置 1000 は、マッチング処理において、上述の通り、CAD データに限らず予め取得した保持装置 50 の形状データや画像データを用いてもよい。

[0336] なお、保持装置 50 のキャリブレーションとして、検出装置 230 を用いることに限らず、制御装置 1000 は、検出装置 220 から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置 320 と同様の構成を有する検出装置 220 のカメラ 21 及び 22 各々の視野内に、保持装置 50 の先端部が入るような位置関係で検出装置 220 及び保持装置 50 がロボットアーム 210 に備えられていることが前提となる。

[0337] 次に、制御装置 1000 は、保持装置 50 が第 1 物体を保持するようにロボットアーム 210 の駆動部 211 と保持装置 50 を制御する（ステップ S172）

制御装置 1000 は、少なくとも一つの第 1 物体が配置された不図示のトレイから所望の第 1 物体を保持可能なように、ロボット 2 の保持装置 50 を不図示のトレイへ近づけて、所望の第 1 物体を保持装置 50 で保持するようにロボットアーム 210 の駆動部 211 と保持装置 50 を制御する。例えば、制御装置 1000 は、上述のマッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理を実行することによって、不図示のトレイに配置された所望の第 1 物体の位置及び姿勢を算出する。制御装置 1000 は、算出された所望の第 1 物体の位置及び姿勢と、ステップ S171 で実行した保持装置 50 のキャリブレーションの結果に基づいて、所望の第 1 物体を保持可能なように、保持装置 50 を不図示のトレイに配置された所望の第 1 物体へ近づけて保持装置 50 で所望の第 1 物体を保持する。なお、本ステップ S172 で、

第1物体は、保持装置50で保持する対象であることから、第1物体は対象物とも言える。なお、保持装置50のキャリブレーションの結果は、上述のように、ロボットアーム210の座標系における保持装置50の位置及び姿勢でもよいし、検出装置230の座標系と保持装置50の座標系との対応関係でもよい。なお、制御装置1000は、マッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理で算出した所望の第1物体の大きさに応じて、保持装置50における第1物体の保持力（把持力）を決定してもよい。これによって、保持装置50による第1物体の保持に起因する第1物体の損傷や保持装置50からの第1物体の脱落を防止できる。

[0338] ステップS172の処理の後、制御装置1000は、対象物としての第2物体の位置及び姿勢を算出する（ステップS173）。制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により第2物体の最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。

[0339] 次に、制御装置1000は、保持装置50（検出装置220及び230）が、第2物体に近づくように駆動部211を制御して、ロボットアーム210を移動する（ステップS174）。制御装置1000は、ステップS173で算出された第2物体の位置及び姿勢と、第2物体における凹部の位置に関する情報（つまり、第2物体の設計データ）とに基づいて、保持装置50（検出装置220及び230）が第2物体に近づき、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム210の駆動部211を制御する。なお、制御装置1000は、ステップS174のロボットアーム210の駆動部211の制御にステップS171で実行した保持装置50のキャリブレーションの結果を用いてもよい。

[0340] 次に、制御装置1000は、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する（ステップS175）。制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される第2物体の位置及び姿勢の情報と、第2物体における凹部の

位置に関する情報とに基づいて、第2物体の凹部に対して検出装置220及び検出装置230が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1000は、第2物体の凹部に対して検出装置220及び検出装置230が所望の位置及び姿勢になっている場合、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0341] ステップS175の処理において、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（S175：No）、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される第2物体の位置及び姿勢の情報と、第2物体における凹部の位置に関する情報とに基づいて、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入るように、駆動部211を制御してロボットアーム210を移動し続ける。

[0342] 一方、ステップS175の処理において、第2物体の凹部が検出装置220及び検出装置230の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS175：Yes）、制御装置1000は、第2物体の凹部の位置及び姿勢を算出する（ステップS176）。制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により第2物体に設けられた凹の最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出する。

[0343] 次に、制御装置1000は、保持装置50の位置及び姿勢が、（保持装置50に保持された）第1物体の凸部が第2物体の凹部へ嵌合可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部211を制御して、ロボットアーム210を移動する（ステップS177）。制御装置1000は、ステップS176の処理によって算出した第2物体の凹部の初期位置姿勢の情報を用いて2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該凹部の位置及び姿勢の情報と、ステップS171で実行した保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、駆動部211を制御してロボットアーム210を移動する。言い換えると、制御装置1000は、保持装置50（第1物体）が第2

物体の凹部に近づくように駆動部 211 を制御して、ロボットアーム 210 を移動させる。

[0344] 次に、制御装置 1000 は、保持装置 50 の位置及び姿勢が、（保持装置 50 に保持された）第 1 物体の凸部が第 2 物体の凹部へ嵌合可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップ S178）。制御装置 1000 は、例えば、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される第 2 物体の凹部の位置及び姿勢の情報と、ステップ S171 で実行した保持装置 50 のキャリブレーションの結果に基づいて、該凹部に対する保持装置 50 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。

[0345] ステップ S178 の処理において、保持装置 50 の位置及び姿勢が、（保持装置 50 に保持された）第 1 物体の凸部が第 2 物体の凹部へ嵌合可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップ S178 : No）、制御装置 1000 は、該凹部に保持装置 50 が近づくように、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される該凹部の位置及び姿勢の情報と、ステップ S171 で実行した保持装置 50 のキャリブレーションの結果に基づいて、保持装置 50 の位置及び姿勢が、（保持装置 50 に保持された）第 1 物体の凸部が第 2 物体の凹部へ嵌合可能な所望の位置及び姿勢となるように、駆動部 211 を制御してロボットアーム 210 を移動し続ける。

[0346] 一方、保持装置 50 の位置及び姿勢が、第 2 物体の凹部へ第 1 物体の凸部を嵌合可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップ S178 : Yes）、制御装置 1000 は、保持装置 50 で保持された第 1 物体の位置及び姿勢を算出する（ステップ S179）。

[0347] 前提として、上述のように、検出装置 230 のカメラ 31 及び 32 各々の視野内に、保持装置 50 の先端部（即ち、ピンセットハンドの場合、第 1 物体を保持する際に第 1 物体と接触するピンセットの先端の部分）が含まれる。さらに、検出装置 230 は、保持装置 50 で保持している第 1 物体の少なくとも一部も該カメラ 31 及び 32 各々の視野内に含まれるように、ロボットアーム 210 の所望の位置に設けられている。制御装置 1000 は、例え

ば、保持装置50が第1物体を保持した状態で検出装置230から出力された形状データ（つまり、保持装置50の先端部と第1物体の少なくとも一部の形状データが含まれるデータ）と、第1物体のCADデータとを用いて上述のCADマッチング処理を行い、第1物体の位置及び姿勢を算出する。保持装置50に保持された第1物体の位置や姿勢は、種類が同じ（つまり、形状が同じ）物体であっても、保持装置50で保持する度に变化する。このため、制御装置1000が、本ステップS179の処理を実行することにより、第1物体の位置及び姿勢を認識することができるため、後述のステップS180において、第2物体の凹部へ第1物体の凸部を高精度に嵌合させることができる。なお、制御装置1000は、第1物体における凸部の位置の情報（つまり、第1物体の設計データ）と、算出された第1物体の位置及び姿勢の情報に基づいて、保持装置50に保持された第1物体の凸部の位置及び姿勢を算出してもよい。

[0348] なお、制御装置1000は、例えば、保持装置50が第1物体を保持した状態で検出装置230から出力された形状データの内、CADマッチング処理などによって保持装置50の先端部の形状データを認識し、検出装置230から出力された形状データから保持装置50の先端部の形状データを除去する処理を行った後で、第1物体のCADデータを用いたCADマッチング処理を行い、第1物体の位置及び姿勢を算出してもよい。この場合、第1物体の位置及び姿勢を算出する処理において、保持装置50の先端部の形状データがノイズとなり、第1物体の位置及び姿勢の算出精度が低下することを抑制できる。

[0349] なお、制御装置1000は、例えば、上述のステップS171において保持装置50のキャリブレーションにおけるマッチング処理で算出した保持装置50の先端部の形状データを、保持装置50が第1物体を保持した状態で検出装置230から出力された形状データから除去した後で、第1物体のCADデータを用いたCADマッチング処理を行い、第1物体の位置及び姿勢を算出してもよい。この場合も、第1物体の位置及び姿勢の算出精度が低下

することを抑制できる。

[0350] ステップS 179の処理の後、制御装置1000は、第2物体の凹部に第1物体の凸部が嵌合されるように、保持装置50を制御する（ステップS 180）。制御装置1000は、上述のステップS 179の処理で算出された保持装置50に保持された第1物体の位置及び姿勢と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される第2物体の凹部の位置及び姿勢と、ステップS 171で実行した保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、保持装置50に保持された第1物体（第1物体の凸部）の位置及び姿勢が、第2物体の凹部へ嵌合可能な所望の位置及び姿勢となるように、ロボットアーム210の駆動部211を制御する。そして、制御装置1000は、第2物体の凹部へ第1物体の凸部を嵌合させるようにロボットアーム210の駆動部211を制御し、第1物体の保持を解除させるように保持装置50を制御して、第2物体の凹部に第1物体の凸部を設置させる。

[0351] ステップS 180の処理の後、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査を行う（ステップS 181）。

[0352] 一例として、制御装置1000は、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査として、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定する。例えば、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される第1物体と第2物体の形状データに基づいて、第2物体に対する第1物体の姿勢を算出する。制御装置1000は、算出された第2物体に対する第1物体の姿勢に基づいて、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定する。例えば、制御装置1000は、第2物体に対する第1物体の姿勢が所定の姿勢から外れている場合、第1物体の第2物体への設置姿勢が不良と判定する。制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される第1物体と第2物体の画像データに基づいて、第2物体に対する第1物体の姿勢を算出してもよい。制御装置1000は、上述の

マッチング処理によって、第1物体及び第2物体のそれぞれの姿勢を算出することによって第2物体に対する第1物体の姿勢を算出してもよい。

[0353] なお、制御装置1000は、第2物体の凹部に第1物体の凸部を嵌合させる場合に限られず、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体と第2物体が互いに接合される物体の場合、上述のステップS171からS180の処理によって第2物体に第1物体が接合（つまり、設置）された後、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体を第2物体に置く場合、上述のステップS171からS180の処理によって第2物体に第1物体が配置（つまり、設置）された後、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定してもよい。

[0354] なお、制御装置1000は、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査として、第1物体の第2物体への設置位置の良否を判定してもよい。一例として、第2物体に第1物体の凸部が嵌合可能な複数の凹部が形成されている場合、第2物体に形成された凹部のうちの所望の凹部に第1物体の凸部が嵌合しているか検査してもよい。この場合、例えば、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される第1物体と第2物体の形状データに基づいて、第2物体における第1物体の位置を算出してもよい。制御装置1000は、算出された第2物体における第1物体の位置に基づいて、第1物体の第2物体への設置位置の良否を判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第2物体における第1物体の位置が所定の位置から外れている場合、第1物体の第2物体への設置位置が不良と判定してもよい。

[0355] なお、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される第1物体と第2物体の画像データに基づいて、第2物体における第1物体の位置を算出してもよい。なお、制御装置1000は、上述のマッチング処理によって、第1物体及び第2物体のそれぞれの位置を算出することによって第2物体における第1物体の位置を算出してもよい。なお、

制御装置1000は、第2物体に第1物体の凸部が嵌合可能な複数の凹部が形成されている場合に限らず、第1物体の第2物体への設置位置の良否を判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体と第2物体が互いに接合される物体の場合、上述のステップS171からS180の処理によって第2物体に第1物体が接合（つまり、設置）された後、第1物体の第2物体への設置位置の良否を判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体を第2物体に置く場合、上述のステップS171からS180の処理によって第2物体に第1物体が配置（つまり、設置）された後、第1物体の第2物体への設置姿勢の良否を判定してもよい。

[0356] なお、制御装置1000は、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査として、第2物体に第1物体が設置されたか否かを判定してもよい。例えば、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される形状データに基づいて、第1物体と第2物体との距離を算出してもよい。例えば、制御装置1000は、算出された第1物体と第2物体との距離が所定の距離以上の場合又は第1物体が存在しない場合、第1物体の第2物体への設置が不良と判定してもよい。なお、制御装置1000は、検出装置220及び230の少なくとも一方から出力される画像データに基づいて、第1物体と第2物体との距離を算出してもよい。なお、制御装置1000は、上述のマッチング処理によって、第1物体及び第2物体のそれぞれの位置及び姿勢を算出することによって第1物体と第2物体との距離を算出してもよい。

[0357] なお、制御装置1000は、第2物体の凹部に第1物体の凸部を嵌合させる場合に限らず、第2物体に第1物体が設置されたか否かを判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体と第2物体が互いに接合される物体の場合、上述のステップS171からS180の処理によって第2物体に第1物体が接合（つまり、設置）された後、第2物体に第1物体が設置されたか否かを判定してもよい。例えば、制御装置1000は、第1物体を第2物体に置く場合、上述のステップS171からS180の処理によって第

2物体に第1物体が配置（つまり、設置）された後、第2物体に第1物体が設置されたか否かを判定してもよい。

[0358] なお、制御装置1000は、上述のステップS181で実行した、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査の結果、当該検査に用いた形状データ、及び画像データの少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0359] なお、制御装置1000は、上述のステップS171からS180の処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のステップS181で実行した、第1物体の第2物体への設置の状態に関する検査の結果とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、機械学習の結果をロボット2の各装置の制御（例えば、保持装置50の位置及び姿勢制御や保持装置50の保持制御）に利用してもよい。

[0360] なお、制御装置1000は、上述のステップS179の処理を、ステップS178の処理より前に実行してもよい。なお、制御装置1000は、上述のステップS179の処理を実行しなくてもよい。なお、上述のステップS179の処理を行わない場合には、検出装置230のカメラ31及び32各々の視野内に、保持装置50で保持された第1物体が含まれないように、検出装置230をロボットアーム210に備えてもよい。

[0361] なお、制御装置1000は、上述のステップS171からS180の処理において用いた画像データ、形状データ、第2物体の位置及び姿勢の情報、保持装置50のキャリブレーション結果、保持装置50に保持された第1物体の位置及び姿勢の情報の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0362] なお、制御装置1000は、第2物体に第1物体を設置できれば、上述のステップS173及びステップS175又は、上述のステップS177とステップS178の処理を実行しなくてもよい。

[0363] なお、制御装置1000は、上述のステップS171の処理を、ステップ

S 1 7 1 に加えて上述のステップ S 1 7 2 から S 1 8 1 のステップ間に実行してもよい。制御装置 1 0 0 0 は、上述のステップ S 1 7 1 の処理をステップ S 1 7 2 の前に実行せず、上述のステップ S 1 7 2 から S 1 8 1 のステップ間に実行してもよい。

[0364] なお、制御装置 1 0 0 0 は、上述のステップ S 1 7 1 の処理を実行しなくてもよい。なお、上述のステップ S 1 7 1 の処理を行わない場合には、検出装置 2 3 0 のカメラ 3 1 及び 3 2 各々の視野内に、保持装置 5 0 が含まれないように、検出装置 2 3 0 をロボットアーム 2 1 0 に備えてもよい。

[0365] なお、上述のステップ S 1 7 2 から S 1 8 1 の処理において、保持装置 5 0 が所定の物体に接触するなどして、検出装置 2 3 0 に対する保持装置 5 0 の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置 1 0 0 0 は、検出装置 2 3 0 から出力される画像データや形状データにおける保持装置 5 0 の一部の変化（例えば、画像上における保持装置 5 0 の一部の変化）に基づいて、検出装置 2 3 0 に対する保持装置 5 0 の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置 2 3 0 に対する保持装置 5 0 の位置や姿勢の変化を検出した場合、制御装置 1 0 0 0 は、上述のキャリブレーションを実行してもよい。

[0366] なお、制御装置 1 0 0 0 は、上述のステップ S 1 8 1 の処理を実行しなくてもよい。なお、上述のステップ S 1 7 1 から S 1 8 1 の処理は、第 1 物体を保持装置 5 0 で保持し、対象物としての第 2 物体に第 1 物体を設置する動作の例として説明したが、第 2 物体を保持装置 5 0 で保持し、対象物としての第 1 物体に第 2 物体を設置してもよい。この倍、第 2 物体は、保持装置 5 0 で保持する対象であることから、対象物とも言える。

[0367] なお、上述のステップ S 1 7 1 から S 1 8 1 の処理では、ロボットアーム 2 1 0（駆動部 2 1 1）を制御するために用いられる画像データ及び形状データの少なくとも一方を出力する検出装置（検出装置 2 2 0 及び 2 3 0 の少なくとも一方）と、第 1 物体の第 2 物体への設置の状態に関する検査を行うための画像データ及び形状データの少なくとも一方を出力する検出装置（検

出装置 220 及び 230 の少なくとも一方) は同じであるが、ロボットアーム 210 (駆動部 211) を制御するために用いられる画像データ及び形状データの少なくとも一方を出力する検出装置と、第 1 物体の第 2 物体への設置の状態に関する検査を行うための画像データ及び形状データの少なくとも一方を出力する検出装置とは異なる検出装置であってもよい。

[0368] なお、上述と同様、ロボット制御部 100 は、制御装置 1000 の一部でなくてもよく、制御装置 1000 とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置 1000 は、算出された対象物 (例えば、第 2 物体) の位置及び姿勢と保持装置 50 のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム 210 (駆動部 211) を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置 1000 は、生成された制御信号をロボット制御部 100 に出力してもよい。ロボット制御部 100 は、制御装置 1000 から出力される制御信号に基づいて、駆動部 211 を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部 100 は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部 211 を駆動してもよい。

[0369] なお、上述のステップ S171 から S181 の処理に後述のロボット 5 を使用してもよい。

[0370] <第 2 実施形態>

第 2 実施形態について、図 17 及び図 18 を参照して説明する。本実施形態でも、上述した第 1 実施形態と同様に、はんだ付けを行うロボットを含むはんだ付けシステム挙げる。第 2 実施形態について、第 1 実施形態と重複する説明を省略するとともに、図面上における共通箇所には同一符号を付して示し、基本的に異なる点についてのみ、図 17 及び図 18 を参照して説明する。

[0371] (概要)

第 2 実施形態に係るはんだ付けシステムの概要について図 17 (a) 及び図 17 (b) を参照して説明する。図 17 において、はんだ付けシステムは、回路基板 T に素子をはんだ付けするシステムである。はんだ付けシステム

は、ロボット4を備える。加工装置、はんだ塗布装置、素子設置装置又ははんだ付け装置と称されてもよいロボット4は、はんだを吐出するディスペンサ40と、素子を保持可能な保持装置50と、はんだを溶融する加工光Lを照射する光照射装置60と、素子を収納する収納部（図示せず）と、該収納部から所望の素子を保持装置50に供給する供給装置（図示せず）と、回路基板Tからの光を検出する検出装置420及び430とが設けられ、ディスペンサ40、保持装置50、光照射装置60並びに検出装置420及び430を移動させる駆動部411を有するロボットアーム410を有する。

[0372] ここで、検出装置420及び430は、夫々、上述した検出装置320及び330に相当する。検出装置420は、上述した検出装置320と同様の構成を有していてもよい。検出装置430は、上述した検出装置330と同様の構成を有していてもよい。

[0373] はんだ付けシステムは、(i) ディスペンサ40、保持装置50、光照射装置60並びに検出装置420及び430が回路基板Tに近づくように駆動部411を制御し、(ii) 回路基板Tの所定部分にはんだが配置されるようにディスペンサ40を制御し、(iii) 配置されたはんだを介して回路基板Tに素子が配置されるように保持装置50を制御し(iv) 配置されたはんだを溶融するように光照射装置60を制御する制御装置1000を備える。

[0374] 図17(a)において、制御装置1000は、回路基板Tの所定部分にはんだが配置されるようにディスペンサ40等を制御する。制御装置1000は、続いて、該配置されたはんだを介して素子が配置するように保持装置50等を制御する。制御装置1000は、続いて、はんだを溶融するように光照射装置60を制御する。その後、制御装置1000は、例えば検出装置430の検出結果から、はんだ付けに関する品質検査を行ってよい。つまり、ロボット4は、上述した第1実施形態に係るロボット1、2及び3が分担していた作業を1台で行う。このように構成すれば、ロボット導入の初期投資を抑制しつつ、生産性の向上等を図ることができる。

[0375] (ロボット4)

図17(a)及び図17(b)において、ロボット4は、ディスペンサ40と、保持装置50と、光照射装置60と、素子を収納する収納部(図示せず)と、該収納部から所望の素子を保持装置50に供給する供給装置(図示せず)を備える。ロボット4は更に、(i)回路基板Tからの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置220及び230と、(ii)ディスペンサ40、保持装置50、光照射装置60並びに検出装置420及び430とが設けられ、保持装置50と検出装置420及び430とを移動させる駆動部411を有するロボットアーム410とを備える。なお、収納部としては、例えばリール、トレイ、スティック等が挙げられる。なお、収納部及び供給装置には、既存の各種態様を適用可能であるので、その詳細についての説明は省略する。

[0376] ロボットアーム410は、上述したロボットアーム310と同様に、腕部410a及び410bと、手首部410cとを有する。

[0377] なお、図17(a)において、検出装置420は、ロボットアーム410の腕部410bに配置されており、検出装置430は、ロボットアーム410の手首部410cに配置されているが、検出装置420及び430の配置は、これに限定されるものではない。また、ロボット4は、検出装置420及び430のうち一方だけを備えていてもよいし、検出装置420及び430に加えて、他の検出装置を備えていてもよい(即ち、ロボット4が3以上の検出装置を備えていてもよい)。また、ロボット4は、検出装置320及び330以外の少なくとも1つの検出装置を備えていてもよい。つまり、回路基板Tにはんだを配置可能で、配置されたはんだに素子を配置可能で、配置されたはんだを加工光で溶融可能なように、ロボットアーム410の駆動部411の駆動により回路基板Tや回路基板Tの所定部分(例えば、回路基板Tに設けられたはんだパッドや回路基板Tに配置された素子やはんだ等)にディスペンサ40及び保持装置50及び光照射装置60を近づけることができれば、検出装置420及び430の構成(例えば、検出装置における力

メラの数や仕様、プロジェクタの有無等) や配置位置や数はいずれでもよい。

[0378] 制御装置1000は、上述の如く構成されたロボット4について、検出装置420及び430の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、(i) 検出装置420及び430の少なくとも一方の変位と共に変位するディスペンサ40から吐出されるはんだが回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部411を制御してもよいし、(ii) 検出装置420及び430の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置50により把持(保持)される素子が回路基板Tの所定部分に配置されるように駆動部411を制御してもよいし、(iii) 検出装置420及び430の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが同一位置に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0379] ここで、制御装置1000は、ロボット4とは異なる装置であってもよいし、ロボット4の一部を構成していてもよい(言い換えれば、ロボット4が制御装置1000を備えていてもよい)。

[0380] なお、ロボットアーム410は、例えばAGV(Automatic Guided Vehicle)に搭載されていてもよい。この場合、制御装置1000は、上述及び後述のマッチング処理やトラッキング処理によって取得した対象物の位置及び姿勢の情報に基づいて、ロボットアーム410の駆動部、ロボットアーム410のエンドエフェクタ、及びAGVの駆動部の少なくとも一つを制御してもよい。

[0381] (ロボットの動作)

まず、制御装置1000は以下のステップの処理を行う前に、ディスペンサ40、保持装置50、及び光照射装置60のキャリブレーションを実行してもよい。

[0382] 前提として、検出装置430のカメラ31及び32各々の視野内に、ディスペンサ40の一部、保持装置50の一部、及び光照射装置60の一部が入

るような位置関係で検出装置430、ディスペンサ40、保持装置50、及び光照射装置60がロボットアーム410に備えられているものとする。

[0383] 上述のキャリブレーションの処理と同様の処理によって、ディスペンサ40、保持装置50、及び光照射装置60の位置及び姿勢を予め算出しておく。

[0384] 次に、ロボット4の動作について図18のフローチャートを参照して説明する。ただし、制御装置1000は、ロボット4が備える検出装置420及び430の少なくとも一方の出力を用いて、図18のフローチャートに記載の各処理を行う。

[0385] ロボット1を制御する制御装置1000は、対象物の一例としての回路基板Tの位置及び姿勢を算出する（ステップS111）。ステップS111の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により回路基板Tの最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、回路基板Tに形成されたはんだパッド毎の位置を算出する。例えば、制御装置1000は、回路基板Tのガーバーデータ（つまり、回路基板Tの設計データ）に基づいて、回路基板Tにおけるはんだパッド毎の位置及び姿勢を算出する。制御装置1000は、ガーバーデータに基づいて、各はんだパッドに実装（ここでは、はんだを配置）する順番を特定する。

[0386] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40（検出装置420及び430）が、回路基板Tに近づくように駆動部411を制御して、ロボットアーム410を移動する（ステップ112）。ステップS112の処理では、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドが検出装置420及び検出装置430の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム410の駆動部411を制御する。

[0387] 次に、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドが検出装置420及び検出装置430の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する（ステップS113）。ステップS113の処理では、制御装置1000

は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報と、ステップS111で算出した1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、1番目に実装されるはんだパッドに対して検出装置420及び検出装置430が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1000は、該はんだパッドに対して検出装置420及び検出装置430が所望の位置及び姿勢になっている場合、該はんだパッドが検出装置420及び検出装置430の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0388] ステップS113の処理において、該はんだパッドが検出装置420及び検出装置430の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（ステップS113：No）、制御装置1000は、ステップS111の処理によって算出した該はんだパッドの位置及び姿勢の情報と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される回路基板Tの位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部411を制御してロボットアーム410を移動し続ける。

[0389] 一方、ステップS113の処理において、該はんだパッドが検出装置420及び検出装置430の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS113：Yes）、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢を算出する（ステップS114）。ステップS114の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により該はんだパッドの最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出する。

[0390] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、1番目に実装されるはんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部411を制御して、ロボットアーム410を移動する（ステップS115）。ステップS115の処理では、制御装置1000は、ステップS114の処理によって算出したはんだパッドの初期位置姿勢の情報を用いて、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだ

パッドの位置及び姿勢に基づいて駆動部411を制御してロボットアーム410を移動する。言い換えると、制御装置1000は、ディスペンサ40（検出装置420及び430）が回路基板Tの1番目に実装されるはんだパッドに近づくように駆動部411を制御して、ロボットアーム410を移動させる。

[0391] 次に、制御装置1000は、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、1番目に実装されるはんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップS116）。ステップS116の処理では、制御装置1000は、例えば、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢の情報に基づいて、該はんだパッドに対するディスペンサ40の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。

[0392] ステップS116の処理において、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、該はんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップS116：No）、制御装置1000は、該はんだパッドにディスペンサ40が近づくように、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、駆動部411を制御してロボットアーム410を移動し続ける。一方、ディスペンサ40の位置及び姿勢が、該はんだパッドへはんだが吐出可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS116：Yes）、制御装置1000は、該はんだパッドの少なくとも一部にはんだが配置されるようにディスペンサ40を制御する（ステップS117）。具体的には例えば、制御装置1000は、はんだを吐出するようにディスペンサ40を制御する。ここで、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、該はんだパッドの面積を推定し、該はんだパッドの面積に応じてディスペンサ40から吐出するはんだの量を制御してもよい。この場合、制御装置1000は、推定されたはんだパッドの面積が大きいほど、吐出するはんだの量が多くなるよう

にディスペンサ40を制御してもよい。これによって、はんだパッドに適切な量のはんだを配置させることができる。

[0393] このとき、例えばロボットアーム410の振動等に起因して、ディスペンサ40と施工対象との相対位置が変動することがある。このため、検出装置430から逐次出力される、例えば画像データにより示される画像における施工対象の位置も、上記相対位置の変動に起因して、時間と共に変位することがある。

[0394] そこで、制御装置1000は、ステップS117の処理に対する上記相対位置の変動の影響を抑制又はなくすために、上述したトラッキング処理の結果に基づいて、ディスペンサ40の姿勢及び位置の少なくとも一方を制御する。

[0395] なお、制御装置1000は、上述のステップS111～S117の処理において用いた画像データ、形状データ、回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、及び各はんだパッドに実装される順番の情報の少なくとも一つの情報を用いた表示装置に表示させてもよい。

[0396] なお、はんだパッドにはんだを配置できれば、制御装置1000は、上述のステップS111及びステップS113又は、上述のステップS115とステップS116の処理を実行しなくてもよい。

[0397] なお、ステップS117の処理の後、制御装置1000は、検出装置420及び430の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、はんだパッドに配置されたはんだの状態を検出してもよい。検出するはんだの状態としては、はんだパッドとはんだの距離、はんだの形状、はんだの体積、はんだの位置及び姿勢等が挙げられる。そして、制御装置1000は、検出したはんだの状態に基づいてはんだの品質を判定してもよい。

[0398] 上述したステップS111～S117の処理と並行して、或いは、少なくとも後述するステップS128の処理より前に、制御装置1000は、ロボットアーム410に設けられた供給装置（図示せず）を制御して収納部（図

示せず) から所望の素子を保持装置 50 に供給し、供給された素子を保持装置 50 で保持するように保持装置 50 を制御する (ステップ S 141)。

[0399] ステップ S 117 (ステップ S 141) の処理の後、制御装置 1000 は、保持装置 50 の位置及び姿勢が、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部 211 を制御して、ロボットアーム 210 を移動する (ステップ S 126)。ステップ S 126 の処理では、制御装置 1000 は、例えばステップ S 114 の処理によって算出したはんだパッドの近傍に設けられたマーカの初期位置姿勢の情報を用いて 2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される該はんだパッドの近傍に配置されたマーカの位置及び姿勢の情報と、該はんだパッドと該マーカとの位置関係に基づいて、駆動部 411 を制御してロボットアーム 410 を移動する。

[0400] 次に、制御装置 1000 は、保持装置 50 の位置及び姿勢が、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する (ステップ S 127)。ステップ S 127 の処理では、制御装置 1000 は、例えば、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される 1 番目に実装されるはんだパッドの近傍に配置されたマーカの位置及び姿勢の情報と、該はんだパッドと該マーカとの位置関係に基づいて、該はんだパッド (該はんだパッドに配置されたはんだ) に対する保持装置 50 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。

[0401] ステップ S 127 の処理において、保持装置 50 の位置及び姿勢が、1 番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだへ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合 (ステップ S 127 : No)、制御装置 1000 は、該はんだパッド (該はんだ) に保持装置 50 が近づくように、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される該はんだパッド (該はんだ) の位置及び姿勢に基づいて、駆動部 411 を制御してロボットアーム 410 を移動し続ける。

- [0402] 一方、保持装置50の位置及び姿勢が、該はんだパッド（該はんだ）へ素子を配置可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS127：Yes）、制御装置1000は、保持装置50で保持された素子の位置及び姿勢を算出する（ステップS128）。
- [0403] ステップS128の処理の後、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッド（はんだ）へ素子が配置されるように、保持装置50を制御する（ステップS129）。制御装置1000は、上述のステップS128の処理で算出した保持装置50に保持された素子の位置及び姿勢と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該はんだパッド（該はんだ）の位置及び姿勢に基づいて、保持装置50に保持された素子の位置及び姿勢が、該はんだパッド（該はんだ）へ該素子を配置可能な所望の位置及び姿勢となるように、ロボットアーム210の駆動部211を制御する。そして、制御装置1000は、素子の保持が解除させるように保持装置50を制御して、該はんだパッド（該はんだ）に素子を配置させる。
- [0404] このとき、上述したステップS117の処理と同様に、例えばロボットアーム410の振動等に起因して、保持装置50と施工対象との相対位置が変動することがある。そこで、制御装置1000は、ステップS129の処理に対する上記相対位置の変動の影響を抑制又はなくすために、上述したトラッキング処理の結果に基づいて、保持装置50の姿勢及び位置の少なくとも一方を制御する。
- [0405] なお、制御装置1000は、上述のステップS126～S129の処理において用いた画像データ、形状データ、回路基板Tの位置及び姿勢の情報、マーカの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、及び各はんだパッドに実装される順番の情報の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。
- [0406] なお、はんだパッド上のはんだに素子を配置できれば、制御装置1000は、上述のステップS126とステップS127の処理を実行しなくてもよい。

- [0407] なお、ステップS 1 2 9の処理の後、制御装置1 0 0 0は、検出装置2 2 0及び2 3 0の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方やマッチング処理に基づいて、はんだパッドのはんだに配置された素子の状態を検出してもよい。検出する素子の状態としては、素子の位置及び姿勢、素子とはんだとの距離、素子とはんだパッドとの距離などがある。そして、制御装置1 0 0 0は、検出した素子の状態に基づいて、配置された素子の品質を判定してもよい。
- [0408] なお、制御装置1 0 0 0は、上述の素子の状態の検出処理に用いた画像データ、形状データ、及び素子の状態の検出結果の少なくとも一つの情報在不図示の表示装置に表示させてもよい。
- [0409] 次に、制御装置1 0 0 0は、光照射装置6 0の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部3 1 1を制御して、ロボットアーム3 1 0を移動する（ステップS 1 3 5）。ステップS 1 3 5の処理では、制御装置1 0 0 0は、ステップS 1 3 4の処理によって算出（推定）した素子の初期位置姿勢の情報を用いて、トラッキング部3 0 0の2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される該素子の位置及び姿勢に基づいて駆動部3 1 1を制御してロボットアーム3 1 0を移動する。言い換えると、制御装置1 0 0 0は、光照射装置6 0（検出装置3 2 0及び3 3 0）が回路基板Tの1番目のはんだパッドに配置された素子に近づくように駆動部3 1 1を制御して、ロボットアーム3 1 0を移動する。
- [0410] 次に、制御装置1 0 0 0は、光照射装置6 0の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップS 1 3 6）。ステップS 1 3 6の処理では、制御装置1 0 0 0は、例えば、2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される素子の位置及び姿勢の情報に基づいて、該素子に対する光照射装置6 0の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。このとき、制御装置1 0 0 0は、素子に対する光照射装置6 0の

位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢である場合、光照射装置60の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定する。

[0411] ステップS136の処理において、光照射装置60の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップS136：No）、制御装置1000は、1番目のはんだパッドに配置された素子に光照射装置60が近づくように、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該素子の位置及び姿勢に基づいて、駆動部411を制御してロボットアーム410を移動し続ける。つまり、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定されるまでステップS135の処理が行われる。

[0412] 一方、光照射装置60の位置及び姿勢が、加工光Lにより1番目のはんだパッドに配置されたはんだを溶融可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS136：Yes）、制御装置1000は、1番目に実装されるはんだパッドに配置されたはんだを溶融するように、該はんだパッドに配置された素子の電極、つまりチップLEDの2つの電極に対して加工光Lを照射するように光照射装置60を制御する（ステップS137）。この結果、該はんだパッドに配置されたはんだが溶融し、素子が回路基板T（1番目に実装されるはんだパッド）にはんだ付けされる。

[0413] ステップS137の処理の後、制御装置1000は、検出装置320及び330の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、はんだ付けされた素子やはんだの品質検査を行う（ステップS138）。検査項目としては、例えば、はんだパッドに対する素子の位置ずれ、はんだパッドに対する素子の電極の浮き（はんだパッドから素子の電極が離れる所謂マンハッタン現象）等が挙げられる。

[0414] なお、制御装置1000は、本ステップS138の処理におけるはんだ付けの品質検査に用いた画像データ、形状データ、及びはんだ付けの品質検査

の結果の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0415] なお、はんだパッドに配置されたはんだを溶融させて素子を実装できれば、制御装置1000は、上述のステップS135とステップS136の処理を実行しなくてもよい。

[0416] なお、制御装置1000は、上述のステップS128の処理を、ステップS127の処理より前に実行してもよい。なお、制御装置1000は、上述のステップS128の処理を実行しなくてもよい。この場合、制御装置1000は、上述のステップS127の処理の次に、1番目に実装されるはんだパッド（はんだ）へ素子が配置されるように、保持装置50を制御すればよい。

[0417] なお、制御装置1000は、上述のステップS135～S137の処理において用いた画像データ、形状データ、回路基板Tの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドの位置及び姿勢の情報、各はんだパッドに実装される順番の情報、及び素子の位置及び姿勢の情報の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0418] ステップS138の処理の後、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される1番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢と、ステップS111で算出した2番目に実装されるはんだパッドの位置及び姿勢に基づいて、2番目に実装されるはんだパッドへのディスペンサ40の移動を開始し、上述したステップS113以降の処理を繰り返す。なお、制御装置1000は、2番目に実装されるはんだパッドへのディスペンサ40の移動を開始する際、上述したステップS111の処理を行ってから、上述したステップS113以降の処理を実行してもよい。制御装置1000は、回路基板Tの各はんだパッドへのはんだの配置が終わるまで上述したステップを繰り返す。

[0419] （技術的効果）

上述したように、ロボット4は、1台のロボットアームで、はんだ配置工程、素子設置工程、はんだ付け工程及び検査工程を行う。このため、図17

のステップS 1 1 4以降の処理は、駆動部4 1 1によるロボットアーム4 1 0の駆動が停止した後に行われる。

[0420] ただし、ロボットアーム4 1 0の駆動が停止した直後は、ロボットアーム4 1 0の先端（例えば、エンドエフェクタとしての光照射装置6 0等）に振動が発生することがある。また、はんだ配置等のロボットアーム4 1 0の手首部4 1 0 cの動作に起因して振動が発生することがある。振動が発生する度に、振動が収束するまで、はんだ配置等の処理の開始を待たなければならないとすると、生産性が著しく低下してしまう。

[0421] これに対して、ロボット4では、上述した第1実施形態に係るトラッキング処理と同様のトラッキング処理等の結果に基づいて、例えば光照射装置6 0等の姿勢及び位置の少なくとも一方や、光照射装置6 0が有するガルバノミラー6 1の向き等が制御される。このため、ロボット4では、仮に振動が発生していたとしても、トラッキング処理等の結果に基づいて、施工対象に、はんだを適切に配置したり、素子を適切に配置したり、加工光Lを適切に照射したりすることができる。つまり、ロボット4によれば、振動の収束を待たずに、はんだ配置等の処理を開始することができる。

[0422] <変形例>

上述した第1及び第2実施形態に係る変形例について説明する。

[0423] （検出装置3 2 0の変形例）

ここでは、検出装置3 2 0の変形例について説明するが、検出装置1 2 0、2 2 0及び4 2 0についても同様の変形例を採ることが可能である。

[0424] （1）検出装置3 2 0は、カメラ2 1及び2 2に代えて、単一のカメラを備えていてよい。この場合、検出装置3 2 0は、画像データのみを生成し、出力する。この場合であっても、制御装置1 0 0 0は、2 Dトラッキング部3 0 2（図1 2参照）が画像データに基づいて行うトラッキング処理の結果に基づいて、例えば光照射装置6 0等を回路基板Tに適切に近づけることができる。

[0425] （2）検出装置3 2 0は、カメラ2 1及び2 2に加えて、プロジェクタを

備えていてもよい。この場合、検出装置320は、対象物の画像データ及び形状データの少なくとも一方を生成し、出力可能に構成されてよい。

[0426] (3) 検出装置320は、カメラ21及び22に代わりの単一のカメラと、プロジェクタとを備えていてよい。この場合、検出装置320は、プロジェクタから対象物に、例えば図7に示すような構造光を投影し、単一のカメラで構造光が投影された対象物の画像データを生成可能に構成されていてもよい。検出装置320は、画像データに加えて形状データを生成可能に構成されていてもよい。形状データの生成方法には、例えば位相シフト法やランダムドット法、TOF法等の既存の各種態様を適用可能である。

[0427] (検出装置330の変形例)

ここでは、検出装置330の変形例について説明するが、検出装置130、230及び430についても同様の変形例を採ることが可能である。

[0428] (1) 検出装置330は、カメラ31及び32並びにプロジェクタ33に代えて、単一のカメラを備えていてよい。この場合、検出装置330は、画像データのみを生成し、出力する。この場合であっても、制御装置1000は、2Dトラッキング部302(図12参照)が画像データに基づいて行うトラッキング処理の結果に基づいて、例えば加工光Lを施工対象に適切に照射することができる。

[0429] (2) 検出装置330は、プロジェクタ33を備えてなくてよい。この場合、検出装置330は、例えば対象物を同時期にカメラ31及び32により撮像し、カメラ31及び32から夫々出力された2つの画像データに基づいて検出結果として形状データを生成し、出力してよい。

[0430] (3) 検出装置330は、カメラ31及び32に代わりの単一のカメラと、プロジェクタ33とを備えていてよい。この場合、検出装置330は、プロジェクタ33から対象物に、例えば図7に示すような構造光を投影し、単一のカメラで構造光が投影された対象物の画像データを生成可能に構成されていてもよい。検出装置330は、画像データに加えて形状データを生成可能に構成されていてもよい。形状データの生成方法には、例えば位相シフト

法やランダムドット法、TOF法等の既存の各種態様を適用可能である。

[0431] (光照射装置60の変形例)

(1) 上述のロボット3及び4では、光照射装置60と、検出装置320、330、420、及び430とはそれぞれ個別にロボットアーム310又は410に設けられている。つまり、光照射装置60内における加工光Lの光路と、検出装置320、330、420、及び430それぞれの検出装置の光路(正確には、検出装置320、330、420、及び430それぞれのカメラの光路)とは互いに異なる。しかしながら、この構成に限らず、図19に示すように、光照射装置60内における加工光Lの光路の一部と、検出装置320、330、420、又は430の検出装置の光路の一部(正確には、検出装置320、330、420、又は430のカメラの光路)の一部とは共通の光路であってもよい。言い換えると、光照射装置60の最終光学要素63は、例えば検出装置330が備えるカメラの光学系の一部を構成してよい。つまり、光照射装置60は、所謂同軸レーザ加工ヘッドであってよい。なお、最終光学要素63は、ガルバノミラー61及びf $\theta$ レンズ62を有してよい。

[0432] (2) 光照射装置60は、ガルバノミラー61に代えて、MEMS(Micro Electro Mechanical System)ミラー、ポリゴンミラー、DMD等の光路を変更可能な機構を有してよい。この場合、光路を変更可能な機構は、対象物の表面を加工光Lで走査可能な走査部として機能してもよい。

[0433] (3) 光照射装置60は、ガルバノミラー61などの走査部を備えていなくてもよい。

[0434] (マッチング処理及びトラッキング処理の変形例)

第1の変形例

制御装置1000は、上述したマッチング処理部200及びトラッキング部300に代えて、例えば図20に示すトラッキング部300'を備えていてもよい。つまり、上述したトラッキング部300のマッチング部301が

、上述したマッチング処理部200と同様の処理ブロック又は処理回路を有していてもよい。

[0435]   トラッキング部300'のマッチング処理部200の比較部203において、第1マッチング率が第2マッチング率より大きいと判定された場合（つまり、第1マッチング率 $>$ 第2マッチング率の場合）、検出装置320から所定時間の間隔で出力される画像データ及び形状データのうち、画像データが2Dトラッキング部302に入力され、該画像データ及び形状データのうち、形状データが3Dトラッキング部303に入力される。

[0436]   また、比較部203は、第1マッチング部201が、検出装置320から所定時間の間隔で出力される画像データを用いた2Dマッチングにより算出した対象物の位置や姿勢（即ち、位置姿勢推定結果）を、2Dトラッキング部302に出力する。比較部203は、第1マッチング部201が、検出装置320から所定時間の間隔で出力される形状データを用いた3Dマッチングにより算出した対象物の位置や姿勢（即ち、位置姿勢推定結果）を、3Dトラッキング部303に出力する。

[0437]   比較部203において、第2マッチング率が第1マッチング率以上であると判定された場合（つまり、第1マッチング率 $\leq$ 第2マッチング率の場合）、検出装置330から所定時間の間隔で出力される画像データ及び形状データのうち、画像データが2Dトラッキング部302に入力され、該画像データ及び形状データのうち、形状データが3Dトラッキング部303に入力される。

[0438]   また、比較部203は、第2マッチング部202が、検出装置330から所定時間の間隔で出力される画像データを用いた2Dマッチングにより算出した対象物の位置や姿勢（即ち、位置姿勢推定結果）を、2Dトラッキング部302に出力する。比較部203は、第2マッチング部202が、検出装置330から所定時間の間隔で出力される形状データを用いた3Dマッチングにより算出した対象物の位置や姿勢（即ち、位置姿勢推定結果）を、3Dトラッキング部303に出力する。

[0439] なお、上述のように、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、2Dマッチングの結果に基づいて、3Dマッチングを行うべき範囲を絞り込み、その絞り込まれた範囲に相当する形状データを用いて3Dマッチングを行ってもよい（図10参照）。この方法により、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、3Dマッチングを高速に実行することができる。この場合、比較部203（図9参照）は、逐次、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々による3Dマッチングの結果同士を比較し、マッチング率の高い位置姿勢推定結果を2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303に所定時間の間隔で出力してもよい。

[0440] なお、制御装置1000は、比較部203における上述のマッチング率の比較結果に応じて、所定時間の間隔で第1マッチング部201又は第2マッチング部202でマッチング処理を行い、そのマッチング処理の結果（対象物の位置及び姿勢の算出結果）に基づいて、第1マッチング部201又は第2マッチング部202で生成されたマッチング処理の結果を用いて、2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303各々のトラッキング処理の結果（対象物の位置及び姿勢の算出結果）を補正してもよい。つまり、制御装置1000は、図13のタイミングチャートと同様に、所定時間の間隔で、マッチング処理の結果に基づいて、2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303各々のトラッキング処理の結果を補正してもよい。

[0441] なお、制御装置1000は、比較部203における上述のマッチング率の比較結果に応じて、所定時間の間隔で第1マッチング部201又は第2マッチング部202でマッチング処理を行い、そのマッチング処理の結果に基づいて、第1マッチング部201又は第2マッチング部202で生成されたマッチング処理の結果を用いて、2Dトラッキング部302又は3Dトラッキング部のトラッキング処理の結果を補正してもよい。この場合、制御装置1000は、上述のマッチング率の比較結果に基づいて、第1マッチング部201又は第2マッチング部202から比較部203を介してトラッキング処

理の結果を補正する2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303の少なくとも一方にマッチング処理の結果を出力するようにしてもよい。

[0442] なお、制御装置1000は、第1マッチング部201又は第2マッチング部202で生成されるマッチング処理の結果に基づいて、2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303各々のトラッキング処理の結果を補正しなくてもよい。

[0443] なお、制御装置1000は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々から所定時間の間隔で出力される全てのマッチング処理の結果について比較部203で上述のマッチング率の比較を行ってもよい。この場合、制御装置1000は、所定時間の間隔で比較部203において生成したマッチング率の比較結果に基づいて、比較部203から2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303に出力するマッチング処理の結果を、第1マッチング部201からのマッチング処理の結果と第2マッチング部202からのマッチング処理の結果とで切り替えてもよい。

[0444] なお、制御装置1000は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々から所定時間の間隔で出力される全てのマッチング処理の結果について比較部203で上述のマッチング率の比較を行わなくてもよい。例えば、制御装置1000は、対象物のトラッキング処理を開始するタイミングにおいて、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々から出力されるマッチング処理の結果に基づいて、比較部203で上述のマッチング率の比較を行ってもよい。なお、制御装置1000は、比較部203において所定の時点で上述のマッチング率の比較を行い、その所定の時点以降は、所定の時点で実行したマッチング率の比較結果に基づいて第1マッチング部201又は第2マッチング部202から所定時間の間隔で出力されるマッチング処理の結果を2Dトラッキング部302及び3Dトラッキング部303の少なくとも一方に出力するようにしてもよい。

[0445] なお、制御装置1000は、第1マッチング部201及び第2マッチング部202の少なくとも一方から（比較部203を介して）2Dトラッキング部

302及び3Dトラッキング部303の少なくとも一方に2Dマッチング処理の結果及び3Dマッチング処理の結果の少なくとも一方の結果を出力すればよい。

[0446] 第2の変形例

ここでは、検出装置として検出装置330を挙げるが、検出装置130、230及び430についても同様のことが言える。

[0447] 上述したトラッキング処理では、3Dトラッキング部303によるトラッキング処理（以降、適宜“3Dトラッキング処理”と称する）の結果により2Dトラッキング部302によるトラッキング処理（以降、適宜“2Dトラッキング処理”と称する）の結果が補正され、2Dトラッキング処理の結果が、ロボット制御部100に出力される（図12参照）。

[0448] しかしながら、トラッキング処理の方法は上述の方法（図12参照）に限られない。

[0449] 例えば、制御装置1000において、2Dトラッキング処理の結果と、3Dトラッキング部303によるトラッキング処理（以降、適宜“3Dトラッキング処理”と称する）の結果のうち、所定の判定条件に基づいて、ロボット制御部100に出力されるトラッキングの結果が選択されてもよい（切り替えられてもよい）。言い換えると、制御装置1000において、所定時間の間隔で生成される2Dトラッキング処理の結果と3Dトラッキング処理の結果について、順次、所定の判定条件に基づいて、ロボット制御部100に出力されるトラッキング処理の結果が選択され、ロボット制御部100に出力される。ここで、所定の判定条件は、例えば、2Dトラッキング処理で抽出した対象物の特徴領域の数、2Dトラッキング処理で算出した対象物の位置及び姿勢の時間的な変化、2Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢と3Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢の差などを含む。

[0450] 例えば、制御装置1000において、2Dトラッキング処理で抽出した特徴領域の数が検出され、検出された特徴領域の数が所定の数よりも少ない場合には、ロボット制御部100に3Dトラッキング処理の結果が出力される

。これは、特徴領域の数が少ない場合には、2Dトラッキング処理による対象物の位置及び姿勢の推定精度が低下するためであり、制御装置1000において、2Dトラッキング処理よりも対象物の位置及び姿勢の推定精度が高い3Dトラッキング処理の結果がロボット制御部100に出力される。

[0451] また、例えば、制御装置1000において、2Dトラッキング処理で算出した対象物の位置及び姿勢の時間的な変化が算出される。制御装置1000において、算出された対象物の位置及び姿勢の時間的な変化をロボットアームの座標系（X軸、Y軸、及びZ軸で規定される座標系）の各軸における時間的な変化に分離され、X軸での時間的な変位と、Y軸での時間的な変化と、Z軸での時間的な変化がいずれも所定の閾値よりも大きい場合には、ロボット制御部100に3Dトラッキング処理の結果が出力される。これは、対象物の位置及び姿勢が3次元的に大きく変化する場合、2Dトラッキング処理による対象物の位置及び姿勢の推定精度が低下するためであり、制御装置1000において、2Dトラッキング処理よりも対象物の位置及び姿勢の推定精度が高い3Dトラッキング処理の結果がロボット制御部100に出力される。

[0452] また、例えば、制御装置1000において、2Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢と3Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢の差が算出され、その差が所定の閾値よりも大きい場合、ロボット制御部100に3Dトラッキング処理の結果が出力される。これは、2Dトラッキング処理で算出された位置及び姿勢と3Dトラッキング処理で算出された位置及び姿勢の差が大きい場合には、3Dトラッキング処理による対象物の位置及び姿勢の推定精度が低い2Dトラッキング処理の結果に誤差が多く含まれることが考えられるためである。

[0453] なお、制御装置1000において、所定の判定条件としての、2Dトラッキング処理で抽出した対象物の特徴領域の数、2Dトラッキング処理で算出した対象物の位置及び姿勢の時間的な変化、及び2Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢と3Dトラッキング処理で算出した位置及び姿勢の差の

少なくとも一つの条件に基づいて、ロボット制御部100に出力される結果が選択されてもよい。また、所定の判定条件の内、複数の判定条件に基づいて、ロボット制御部100に出力される結果が選択される場合、制御装置1000において、例えば、その複数の判定条件の内、少なくとも一つの判定条件に基づく選択結果が、ロボット制御部100に3Dトラッキング処理の結果が出力される結果と判定された場合には、他の判定条件に基づく選択結果がいずれの選択結果であっても、ロボット制御部100に3Dトラッキング処理の結果が出力されるようにしてもよい。以上のように、制御装置1000によって、所定の判定条件に基づいてロボット制御部100に出力されるトラッキング処理の結果が選択されることにより、対象物の種類や位置及び姿勢の変化に応じて、処理速度を優先した処理（2Dトラッキング）と推定精度を優先した処理（3Dトラッキング）を切り替え、適切なトラッキング処理を実行することができる。

[0454] なお、制御装置1000による、所定の判定条件に基づく2Dトラッキング処理の結果と3Dトラッキング処理の結果の選定処理以外の処理は上述の処理と同様であるため、係る説明を省略する。

[0455] なお、上述した第2の変形例は、図20に示すトラッキング部300'にも適用可能である。言い換えれば、トラッキング部300'においても、上述した第2の変形例と同様の態様を採ることができる。なお、上述した第2の変形例を、図20に示すトラッキング部300'に適用する場合、上述のように、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、2Dマッチングの結果に基づいて、3Dマッチングを行うべき範囲を絞り込み、その絞り込まれた範囲に相当する形状データを用いて3Dマッチングを行ってもよい（図10参照）。この方法により、第1マッチング部201及び第2マッチング部202各々は、3Dマッチングを高速に実行することができる。

[0456] 第3の変形例

上述した第1及び第2実施形態では、マッチング処理部200（図9参照

)によるマッチング率の比較結果に応じて、例えば検出装置320の出力と検出装置330の出力とのいずれがトラッキング部300に入力されるかが決定される。しかしながら、制御装置1000は、マッチング処理部200を有していなくてもよい。この場合、制御装置1000は、次のようなトラッキング処理を行ってもよい。

[0457] 上述したように、ロボット3の検出装置320は、回路基板Tと光照射装置60とが比較的離れている場合に、広範囲の中から回路基板Tの少なくとも一部を検出可能なように構成されており、検出装置330は、回路基板Tと光照射装置60とが比較的近づいた場合に、回路基板Tの一部（例えば、上述した所定部分）に加工光Lを照射させるため、光照射装置60が上記一部により近づくように、回路基板Tの一部を高精度に検出可能に構成されている。

[0458] 例えば、制御装置1000は、第1撮像部とも言い換えられる検出装置320が回路基板Tからの光を検出することにより生成された画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、光照射装置60と検出装置320及び330とが回路基板Tに近づくように駆動部311を制御し、光照射装置60と検出装置320及び330とが回路基板Tに、例えば所定距離まで近づくと、第2撮像部とも言い換えられる検出装置330が回路基板Tからの光を検出することにより生成され、検出装置330の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置330と共に変位する光照射装置60からの加工光Lが回路基板T上の同一位置に照射されるようにガルバノミラー61を制御してもよい。

[0459] 言い換えれば、制御装置1000は、回路基板Tと光照射装置60とが比較的離れている場合に、検出装置320の出力（例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方）に基づいて、光照射装置60が回路基板Tに近づくようにロボットアーム310の駆動部311を制御し、回路基板Tと光照射装置60とが比較的近づいた場合に、検出装置330の出力（例えば画像データ及び形状データの少なくとも一方）に基づいて、光照射装置60が所

望の位置や姿勢となるように駆動部 311 を制御し、更に、光照射装置 60 から照射される加工光 L が回路基板 T 上の同一位置に照射されるようにガルバノミラー 61 の向きを制御してもよい。

[0460] 例えばロボット 3 における所望の位置や姿勢とは、光照射装置 60 から照射される加工光 L により回路基板 T 上のはんだを適切に溶融することが可能となる、回路基板 T に対する光照射装置 60 の相対的な位置や相対的な姿勢である。なお、制御装置 1000 は、検出装置 330 の出力に基づいて、光照射装置 60 が回路基板 T にさらに近づくように駆動部 311 を制御してよい。

[0461] 制御装置 1000 は、例えば、ロボット 3 の光照射装置 60 等と回路基板 T とが比較的離れている状態では、検出装置 320 から出力される画像データを用いた対象物の CAD マッチング（上述した 2D マッチングに相当）を行い、該画像データにより示される画像における対象物の位置を特定する。次に、制御装置 1000 は、該特定された対象物の位置に基づいて、検出装置 320 から出力される形状データを用いた対象物の CAD マッチング（上述した 3D マッチング）を行うべき範囲（例えば、図 10（b）の範囲 A に相当）を決定する。そして、制御装置 1000 は、該決定された範囲に相当する形状データを用いて対象物の CAD マッチングを行う。

[0462] このとき、制御装置 1000 は、画像データを用いた対象物の CAD マッチングに係るマッチング率、及び、形状データを用いた対象物の CAD マッチングに係るマッチング率を算出する。

[0463] 制御装置 1000 は、上記マッチングと並行して、検出装置 320 から出力される画像データ及び形状データを用いて、上述したトラッキング部 300 において行われるトラッキング処理と同様のトラッキング処理を行う。このため、制御装置 1000 は、検出装置 320 から出力される画像データ及び形状データに基づいて、光照射装置 60 等が回路基板 T に近づくように駆動部 311 を制御する。

[0464] 光照射装置 60 等が回路基板 T に近づくにつれて、検出装置 320 から出

力される画像データ及び形状データ各々を用いた対象物のCADマッチングに係るマッチング率は低下する。なぜなら、例えば検出装置320のカメラ21及び22により撮像された回路基板Tの像がぼけたり、回路基板T全体がカメラ21及び22の視野に収まらなくなり、マッチングの際の特徴領域の数が減ったりするからである。

[0465] 検出装置320から出力される画像データ及び形状データ各々を用いた対象物のCADマッチングに係るマッチング率が閾値以下となった場合、制御装置1000は、検出装置320から出力される画像データ及び形状データに代えて、検出装置330から出力される画像データ及び形状データ各々を用いた対象物のCADマッチングを行う。加えて、制御装置1000は、検出装置320から出力される画像データ及び形状データに代えて、検出装置330から出力される画像データ及び形状データを用いて、上述したトラッキング部300において行われるトラッキング処理と同様のトラッキング処理を行う。この結果、制御装置1000は、検出装置320から出力される画像データ及び形状データに代えて、検出装置330から出力される画像データ及び形状データに基づいて、光照射装置60等が回路基板Tにさらに近づくように駆動部311を制御する。

[0466] なお、制御装置1000は、画像データを用いた対象物のCADマッチングの結果を用いて、形状データを用いた対象物のCADマッチングを行うべき範囲を決定しなくてもよい。制御装置1000は、画像データ及び形状データの一方のみを用いて上記マッチング及びトラッキングを行ってもよい。制御装置1000が形状データのみを用いて上記マッチング及びトラッキングを行う場合、検出装置320及び330は、画像データを生成しなくてもよい（言い換えれば、形状データのみ生成してもよい）。制御装置1000が画像データのみを用いて上記マッチング及びトラッキングを行う場合、検出装置320及び330は、形状データを生成しなくてもよい（言い換えれば、画像データのみ生成してもよい）。この場合、検出装置320及び330は、単一のカメラのみ備えていてもよい。

[0467] 制御装置1000は、マッチング率を算出しなくてもよい。この場合、制御装置1000は、例えば検出装置320のカメラ21及び22により撮像された対象物の像のぼけの程度が閾値以上になったときに、検出装置320から出力される画像データ及び形状データに代えて、検出装置330から出力される画像データ及び形状データを用いてトラッキングを行ってもよい。或いは、制御装置1000は、例えば検出装置320から出力される画像データ及び形状データを用いてマッチングする際の特徴点の数が閾値以下になったときに、検出装置320から出力される画像データ及び形状データに代えて、検出装置330から出力される画像データ及び形状データを用いてトラッキングを行ってもよい。

[0468] <第3実施形態>

第3実施形態について、図21乃至図24を参照して説明する。本実施形態では、レーザ溶接を行うロボットを含む溶接システムを挙げる。第3実施形態について、第1実施形態と重複する説明を省略するとともに、図面上における共通箇所には同一符号を付して示し、基本的に異なる点についてのみ、図21乃至図24を参照して説明する。

[0469] 第3実施形態に係るレーザ溶接システムについて図21乃至図24を参照して説明する。図21において、レーザ溶接システムは、例えば部品T1と部品T2とを溶接するシステムである。レーザ溶接システムは、ロボット5とロボット6とを備える。

[0470] ここで「溶接」は、例えば融接、ろう接、肉盛り溶接等を含む概念である。融接の場合、例えば部品T1及びT2は、金属部材（即ち、母材）である。ろう接の場合、例えば部品T1と部品T2との間に、該部品T1及びT2よりも融点の低い金属（即ち、ろう材／融加材）が配置される（図示せず）。肉盛り溶接の場合、肉盛りのための金属が、例えばロボット5及び6とは異なるロボット（図示せず）から供給されてよい。

[0471] レーザ光の照射位置（言い換えれば、溶接個所）としては、例えば、部品T1の端部と部品T2の端部とを突き合せたときに生じる部品T1と部品T

2との境界、部品T1及びT2の一方を、部品T1及びT2の他方に立てて配置したときに生じる部品T1と部品T2との境界（図20参照）、部品T1及びT2の一方の少なくとも一部と、部品T1及びT2の他方の少なくとも一部とを重ね合わせたときに生じる境界、等が挙げられる。なお、これらの境界では、部品T1及びT2が接していなくてもよい（言い換えれば、部品T1と部品T2との間に空隙があってもよい）。

[0472] 加工装置と称されてもよいロボット5は、例えば部品T2を保持可能な保持装置50と、例えば部品T2からの光を検出する検出装置520及び530とが設けられ、保持装置50と検出装置520及び530とを移動させる駆動部511を有するロボットアーム510を有する。

[0473] 加工装置と称されてもよいロボット6は、対象（ここでは、溶接個所）に加工光としてのレーザ光を照射するロボットである。ロボット6は、加工光としてのレーザ光を照射する光照射装置60と、対象からの光を検出する検出装置620及び630と、光照射装置60と検出装置620及び630とが設けられ、光照射装置60と検出装置620及び630を移動させる駆動部611を有するロボットアーム610とを有する。

[0474] ここで、検出装置520及び630は、上述した検出装置320に相当する。検出装置520及び620は、検出装置320と同様の構成を有していてもよい。また、検出装置530及び630は、上述した検出装置330に相当する。検出装置530及び630は、検出装置330と同様の構成を有していてもよい。なお、光照射装置60は、ガルバノミラー61などの走査部を備えていなくてもよい。

[0475] 図21において、検出装置520は、ロボットアーム510の腕部に配置されており、検出装置530は、ロボットアーム510の手首部に配置されており、検出装置620は、ロボットアーム610の腕部に配置されており、検出装置630は、ロボットアーム610の手首部に配置されている。しかしながら、検出装置520、530、620及び630の配置は、これに限定されるものではない。また、ロボット5は、検出装置520及び530

に加えて、他の検出装置を備えていてもよい（即ち、ロボット5が3以上の検出装置を備えていてもよい）。ロボット5は、検出装置520及び530のうち一方のみを備えていてもよい。同様に、ロボット6は、検出装置620及び630に加えて、他の検出装置を備えていてもよい（即ち、ロボット6が3以上の検出装置を備えていてもよい）。ロボット6は、検出装置620及び630のうち一方のみを備えていてもよい。

[0476] レーザ溶接システムは、(i)例えば部品T2を部品T1上の所定位置で保持するように、ロボット5のエンドエフェクタとしての保持装置50を制御し、(ii)検出装置620及び630の少なくとも一方の検出結果に基づいて、部品T1及びT2に、ロボット6のエンドエフェクタとしての光照射装置60を近づけるようにロボットアーム610の駆動部611を制御し、部品T1及びT2を溶接するように光照射装置60を制御する制御装置1000（図22及び図23参照）を備える。

[0477] 制御装置1000は、ロボット5について、検出装置520及び530の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置520及び530の少なくとも一方の変位と共に変位する保持装置50により保持される、例えば部品T2が部品T1上の所定位置を維持するように駆動部511を制御してもよい。

[0478] 制御装置1000は、ロボット6について、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位に伴って変化する、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光としてのレーザ光が対象（ここでは、溶接個所）に照射されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0479] 制御装置1000は、ロボット5とは異なる装置であってもよいし、ロボット5の一部を構成していてもよい（言い換えれば、ロボット5が制御装置1000を備えていてもよい）。同様に、制御装置1000は、ロボット6とは異なる装置であってもよいし、ロボット6の一部を構成していてもよい。

(言い換えれば、ロボット6が制御装置1000を備えていてもよい)。

[0480] なお、ロボットアーム510及び610の少なくとも一つのロボットアームは、例えばAGV (Automatic Guided Vehicle) に搭載されていてもよい。この場合、制御装置1000は、上述及び後述のマッチング処理やトラッキング処理によって取得した対象物の位置及び姿勢の情報に基づいて、ロボットアーム510及び610の少なくとも一つのロボットアームの駆動部、ロボットアーム510及び610の少なくとも一つのロボットアームのエンドエフェクタ、及びAGVの駆動部の少なくとも一つを制御してもよい。

[0481] (各ロボットの動作)

ロボット5及び6各々の動作について図24のフローチャートを参照して説明する。以下の説明において、図21に示す部品T2は、紙面の奥行方向に向かって延びる平板形状であるものとする。光照射装置60からの加工光としてのレーザ光は、対象物としての、部品T1と部品T2との境界の少なくとも一部に照射されるものとする。

[0482] ロボット5

例えば、保持装置50は、先端同士を開閉可能なグリッパを備えている。なお、制御装置1000は以下のステップS151～S155の処理を行う前に、保持装置50のキャリブレーションを実行してもよい。

[0483] 前提として、検出装置330と同様の構成を有する検出装置530のカメラ31及び32各々の視野内に、保持装置50の先端部(即ち、グリッパの場合、部品T2を保持する際に部品T2と接触するグリッパの先端の部分)が入るような位置関係で検出装置530及び保持装置50がロボットアーム510に備えられているものとする。なお、説明の便宜上、検出装置530が検出装置530と同様のカメラ31及び32を有する例として、検出装置530のカメラ31及び32と称する。

[0484] 制御装置1000は、保持装置50のキャリブレーションとして、保持装置50が部品T2を保持していないときに検出装置530から出力された形

状データと、保持装置50のCADデータとを用いて上述のマッチング処理を行い、保持装置50の位置及び姿勢（例えば、検出装置530のカメラ31及び32の視野内に含まれるグリッパの先端部の位置及び姿勢）を予め算出しておく。つまり、制御装置1000は、予め、保持装置50の少なくとも一部（例えば、グリッパの先端部）の形状データに基づいて、ロボットアーム510の座標系における保持装置50の位置及び姿勢を算出しておく。

[0485] なお、制御装置1000は、保持装置50のキャリブレーションとして、保持装置50の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置530の座標系とロボットアーム510の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム510の座標系における保持装置50の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、保持装置50のキャリブレーションとして、ロボットアーム510の座標系における保持装置50の位置及び姿勢までを算出しなくてもよく、検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との対応関係を算出してもよい。なお、検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との対応関係は、検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との間の変換行列であってもよい。なお、保持装置50のキャリブレーションを実行した場合、制御装置1000は、後述のステップS151で算出された対象物（例えば、部品T2）の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、駆動部511を制御してロボットアーム510を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS152で算出された対象物（例えば、部品T1）の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS153で、駆動部511を制御して、ロボットアーム510を移動させてもよい。なお、保持装置50のキャリブレーションの結果は、例えば、ロボットアーム510の座標系における保持装置50の位置及び姿勢でもよいし、検出装置530の座標系と保持装置50の座標系との対

応関係でもよい。

- [0486] なお、上述と同様、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部でなくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置1000は、算出された対象物の位置及び姿勢と保持装置50のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム510（駆動部511）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、駆動部511を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部511を駆動してもよい。
- [0487] なお、保持装置50のキャリブレーションとして、検出装置530を用いることに限らず、制御装置1000は、検出装置520から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置320と同様の構成を有する検出装置520のカメラ21及び22各々の視野内に、保持装置50の先端部が入るような位置関係で検出装置520及び保持装置50がロボットアーム510に備えられていることが前提となる。
- [0488] なお、以下のステップS151～S155の処理において、保持装置50が所定の物体に接触するなどして、検出装置530に対する保持装置50の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置1000は、検出装置530から出力される画像データや形状データにおける保持装置50の一部の変化（例えば、画像上における保持装置50の一部の変化）に基づいて、検出装置530に対する保持装置50の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置530に対する保持装置50の位置や姿勢の変化を検出した場合、制御装置1000は、キャリブレーションを実行してもよい。
- [0489] 後述のステップS152の処理を行う前に、制御装置1000は、例えば部品T2を保持可能なように、ロボット5の保持装置50を不図示の部品収納部へ近づけて、例えば部品T2を保持装置50で保持するようにロボットアーム510の駆動部511と保持装置50を制御する。なお、制御装置1

000は、上述の部品T2のピッキング処理においても上述のマッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理を実行し、保持装置50で所望の部品T2を保持させてもよい。ここで、制御装置1000は、マッチング処理とトラッキング処理の少なくとも一方の処理で算出した部品T2の大きさに応じて、保持装置50における部品T2の保持力（把持力）を決定してもよい。これによって、保持装置50による部品T2の保持に起因する部品T2の損傷や保持装置50からの部品T2の脱落を防止できる。

[0490] ステップS151の処理の後、ロボット5を制御する制御装置1000は、部品T1の位置及び姿勢を算出する（ステップS152）。ステップS152の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により部品T1の最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、溶接された部品T1と部品T2の設計データに基づいて部品T1上の部品T2を配置すべき箇所の位置を算出する。

[0491] 次に、制御装置1000は、保持装置50（検出装置520及び530）が、部品T1に近づくように駆動部511を制御して、ロボットアーム510を移動する（ステップ153）。ステップS153の処理では、制御装置1000は、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所が検出装置520及び検出装置530の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム510の駆動部511を制御する。

[0492] 次に、制御装置1000は、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所が検出装置520及び検出装置530の少なくとも一方の視野に入ったか否かを判定する（ステップS154）。ステップS154の処理では、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される部品T1の位置及び姿勢の情報と、ステップS152で算出した部品T1上の部品T2を配置すべき箇所の位置及び姿勢の情報に基づいて、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所に対して検出装置520及び検出装置530が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置100

0は、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所に対して検出装置520及び検出装置530が所望の位置及び姿勢になっている場合、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所が検出装置520及び検出装置530の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0493] ステップS124の処理において、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所が検出装置520及び検出装置530の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（S154：No）、制御装置1000は、ステップS152の処理によって算出した部品T1上の部品T2を配置すべき箇所の位置及び姿勢の情報と、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される部品T1の位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部511を制御してロボットアーム510を移動し続ける。

[0494] 一方、ステップS154の処理において、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所が検出装置520及び検出装置530の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS154：Yes）、制御装置1000は、部品T1上の部品T2を配置すべき箇所へ部品T2が配置されるように、保持装置50を制御する（ステップS155）。

[0495] ロボット6

まず、制御装置1000は以下のステップS161～S168の処理を行う前に、光照射装置60のキャリブレーションを実行してもよい。

[0496] 前提として、検出装置630のカメラ31及び32各々の視野内に、光照射装置60の一部（例えば、先端部）が入るような位置関係で検出装置630及び光照射装置60がロボットアーム610に備えられているものとする。

[0497] 制御装置1000は、光照射装置60のキャリブレーションとして、検出装置630から出力された光照射装置60の一部を含む形状データと、光照射装置60のCADデータとを用いて上述のマッチング処理を行い、光照射装置60の位置及び姿勢（例えば、検出装置630のカメラ31及び32の視野内に含まれる光照射装置60の先端部の位置及び姿勢）を予め算出して

おく。つまり、制御装置1000は、予め、光照射装置60の少なくとも一部の形状データに基づいて、ロボットアーム610の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢を算出しておく。

[0498] なお、制御装置1000は、光照射装置60のキャリブレーションとして、光照射装置60の少なくとも一部の形状データに基づいて、検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係を求めてもよい。そして、この検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係と、予め求められた検出装置630の座標系とロボットアーム610の座標系との対応関係に基づいて、ロボットアーム610の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢を算出してもよい。なお、制御装置1000は、光照射装置60のキャリブレーションとして、ロボットアーム610の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢までを算出しなくてもよく、検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係を算出してもよい。なお、検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係は、検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との間の変換行列であってもよい。なお、光照射装置60のキャリブレーションを実行した場合、制御装置1000は、例えば、後述のステップS161で算出された対象物（例えば、部品T1）の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS162で、駆動部611を制御して、ロボットアーム610を移動させてもよい。また、制御装置1000は、例えば、後述のステップS164で算出された対象物（部品T1と部品T2の境界部分）の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、後述のステップS165で、駆動部611を制御して、ロボットアーム610を移動させてもよい。なお、光照射装置60のキャリブレーションの結果は、例えば、ロボットアーム610の座標系における光照射装置60の位置及び姿勢でもよいし、検出装置630の座標系と光照射装置60の座標系との対応関係でもよい。

[0499] なお、上述と同様、ロボット制御部100は、制御装置1000の一部で

なくてもよく、制御装置1000とは別体に構成されていてもよい。この場合、制御装置1000は、算出された対象物の位置及び姿勢と光照射装置60のキャリブレーションの結果に基づいて、ロボットアーム610（駆動部611）を制御するための制御信号を生成してもよい。制御装置1000は、生成された制御信号をロボット制御部100に出力してもよい。ロボット制御部100は、制御装置1000から出力される制御信号に基づいて、駆動部611を駆動するための駆動信号を生成してもよい。ロボット制御部100は、生成された駆動信号に基づいて、駆動部611を駆動してもよい。

[0500] 検出装置630のカメラ31及び32各々の視野内に含まれる光照射装置60の一部にマーカを設けてもよい。この場合、制御装置1000は、例えば、検出装置330から出力されたマーカを含む形状データに基づいて、上述のキャリブレーションを実行してもよい。

[0501] なお、制御装置1000は、形状データに限らず、検出装置630から出力された画像データと、光照射装置60のCADデータとを用いてマッチング処理を実行することによって、光照射装置60のキャリブレーションを行ってもよい。なお、制御装置1000は、マッチング処理において、上述の通り、CADデータに限らず、予め取得した光照射装置60の形状データや画像データを用いてもよい。

[0502] なお、光照射装置60のキャリブレーションとして、検出装置630を用いることに限らず、制御装置1000は、検出装置620から出力された形状データや画像データを用いてもよい。この場合、検出装置620のカメラ21及び22各々の視野内に、光照射装置60の一部が入るような位置関係で検出装置620及び光照射装置60がロボットアーム310に備えられていることが前提となる。

[0503] なお、以下のステップS161～S168の処理において、光照射装置60が所定の物体に接触するなどして、検出装置630に対する光照射装置60の位置や姿勢が変化する場合がある。この場合、制御装置1000は、検出装置630から出力される画像データや形状データにおける光照射装置6

0の一部の変化（例えば、画像上における光照射装置60の一部の変化）に基づいて、検出装置630に対する光照射装置60の位置や姿勢が変化を検出することができる。検出装置630に対する光照射装置60の位置や姿勢の変化を検出した場合、制御装置1000は、キャリブレーションを実行してもよい。

[0504] ロボット6を制御する制御装置1000は、対象物の一例としての部品T1の位置及び姿勢を算出（推定）する（ステップS161）。ステップS161の処理では、制御装置1000は、マッチング部301のマッチング処理により部品T1の最初期の位置及び姿勢（つまり、初期位置姿勢）を算出する。さらに、制御装置1000は、部品T1と部品T2との境界の位置を算出する。制御装置1000は、例えば、溶接された部品T1及びT2の設計データに基づいて、部品T1及びT2における溶接開始箇所の位置及び姿勢（言い換えると、加工光Lの照射開始箇所の位置及び姿勢）と溶接終了位置の位置及び姿勢を算出する。なお、制御装置1000は、部品T1の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出してなくてもよく、部品T2の位置及び姿勢を算出してもし、部品T1及びT2の位置及び姿勢を算出してもしよい。

[0505] 次に、制御装置1000は、検出装置620及び630（更には光照射装置60）が、部品T1に近づくように駆動部611を制御して、ロボットアーム610を移動する（ステップ162）。ステップS162の処理では、制御装置1000は、制御装置1000は、ステップS161で算出した部品T1の最初期の位置及び姿勢の情報と、部品T1及びT2における溶接開始箇所の位置及び姿勢の情報に基づいて、2Dトラッキング処理により部品T1と部品T2との境界の少なくとも一部（即ち、対象物）が検出装置620及び検出装置630の少なくとも一方の視野に入るようにロボットアーム610の駆動部611を制御する。

[0506] 次に、制御装置1000は、部品T1と部品T2との境界の少なくとも一部が検出装置620及び検出装置630の少なくとも一方の視野に入ったか

否かを判定する（ステップS 1 6 3）。S 1 6 3の処理では、制御装置1 0 0 0は、2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される部品T 1と部品T 2との境界の少なくとも一部の位置及び姿勢の情報と、ステップS 1 6 1で算出した部品T 1と部品T 2との境界の少なくとも一部の位置及び姿勢の情報と、ステップS 1 6 1で算出した部品T 1及びT 2における溶接開始箇所の位置及び姿勢の情報に基づいて、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所に対して検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0が所望の位置及び姿勢になっているか否かを判定する。このとき、制御装置1 0 0 0は、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所に対して検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0が所望の位置及び姿勢になっている場合、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所が検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0の少なくとも一方の視野に入っていると判定する。

[0507] ステップS 1 6 3の処理において、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所が検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0の少なくとも一方の視野に入っていないと判定された場合（ステップS 1 6 3：N o）、制御装置1 0 0 0は、ステップS 1 6 1で算出した部品T 1及びT 2における溶接開始箇所の位置及び姿勢の情報と、トラッキング部3 0 0の2 Dトラッキング部3 0 2から所定時間の間隔で出力される部品T 1の位置及び姿勢の情報に基づいて駆動部6 1 1を制御してロボットアーム6 1 0を移動し続ける。つまり、部品T 1と部品T 2との境界の少なくとも一部が検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0の少なくとも一方の視野に入ったと判定されるまでステップS 1 6 2の処理が行われる。

[0508] 一方、ステップS 1 6 3の処理において、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所が検出装置6 2 0及び検出装置6 3 0の少なくとも一方の視野に入ったと判定された場合（ステップS 1 6 3：Y e s）、制御装置1 0 0 0は、部品T 1と部品T 2との境界における溶接開始箇所の位置及び姿勢を算出（推定）する（ステップS 1 6 4）。ステップS 1 6 4の処理では、制御装置1 0 0 0は、マッチング部3 0 1のマッチング処理により部品

T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所の最初期の位置及び姿勢（初期位置姿勢）を算出（推定）する。

[0509] 次に、制御装置 1000 は、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光としてのレーザ光により部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢になるように駆動部 611 を制御して、ロボットアーム 610 を移動する（ステップ S 165）。ステップ S 165 の処理では、制御装置 1000 は、ステップ S 164 の処理によって算出（推定）した部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所の初期位置姿勢の情報を用いて、トラッキング部 300 の 2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所の位置及び姿勢に基づいて駆動部 611 を制御してロボットアーム 610 を移動する。言い換えると、制御装置 1000 は、光照射装置 60（検出装置 620 及び 630）が部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所に近づくように駆動部 611 を制御して、ロボットアーム 610 を移動する。

[0510] 次に、制御装置 1000 は、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光としてのレーザ光により部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する（ステップ S 166）。ステップ S 166 の処理では、制御装置 1000 は、例えば、2D トラッキング部 302 から所定時間の間隔で出力される部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所の位置及び姿勢の情報に基づいて、部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所に対する光照射装置 60 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢であるか否かを判定する。このとき、制御装置 1000 は、部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所に対する光照射装置 60 の位置及び姿勢が所望の位置及び姿勢である場合、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加工光としてのレーザ光により部品 T 1 と部品 T 2 との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢であると判定する。

[0511] ステップ S 166 の処理において、光照射装置 60 の位置及び姿勢が、加

工光としてのレーザ光により部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢ではないと判定された場合（ステップS166：No）、制御装置1000は、部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所に照射装置60が近づくように、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所の位置及び姿勢に基づいて、駆動部611を制御してロボットアーム610を移動し続ける。つまり、加工光としてのレーザ光により部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢であると判定されるまでステップS165の処理が行われる。

[0512] 一方、照射装置60の位置及び姿勢が、加工光としてのレーザ光により部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所を溶接可能な所望の位置及び姿勢であると判定された場合（ステップS166：Yes）、制御装置1000は、部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所を溶接するように、該境界における溶接開始箇所に対して加工光としてのレーザ光を照射するように照射装置60を制御する（ステップS167）。

[0513] ここで、ステップS167の処理の具体的な態様として、例えば次の2つの態様が挙げられる。

[0514] 即ち、第1の態様は、上述した図15（a）及び（b）と同様に、駆動部611によりロボットアーム610が駆動されているとき、つまり、ロボットアーム610により照射装置60及び検出装置620及び630が移動されているときに、部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所に加工光としてのレーザ光が照射される態様である。この態様では、制御装置1000は、照射装置60と検出装置620及び630とが移動されるように駆動部611を制御しつつ、ロボットアーム610により移動される照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所とその隣の溶接個所に維持されるように照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。例えば、制御装置1000は、照射装置60と検出装置620及び630とが移動される

ように駆動部611を制御しつつ、ロボットアーム610により移動される光照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所とその隣の溶接個所の同一位置に維持されるように光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0515] 第2の態様は、制御装置1000が、ステップS165の処理で駆動されていたロボットアーム610の駆動部611の駆動を停止させるように制御し、駆動部611の駆動が停止した後に、部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所に加工光としてのレーザ光が照射される態様である。この態様では、制御装置1000は、駆動部611の駆動を停止させるように駆動部611を制御する。制御装置1000は、駆動部611の駆動が停止した後、光照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所に維持されるように光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。例えば、制御装置1000は、駆動部611の駆動を停止させるように駆動部611を制御する。制御装置1000は、駆動部611の駆動が停止した後、光照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品T1と部品T2との境界における溶接開始箇所の同一位置に維持されるように光照射装置60のガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0516] 第1の態様においては、例えば、部品T1と部品T2との境界を高速に溶接する場合、制御装置1000が、部品T1と部品T2との境界の1番目の溶接個所（つまり、上述の溶接開始箇所であり第1位置と言い換えられる）から2番目の溶接個所（言い換えると第2位置）へ光照射装置60（検出装置620及び630）を移動させつつ、1番目の溶接個所と2番目の溶接個所とへ順番に加工光としてのレーザ光を照射するように、ロボットアーム610の駆動部611と光照射装置60を制御してもよい。

[0517] 例えば、制御装置1000は、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位と共に

変位する光照射装置 60 からの加工光としてのレーザ光の照射位置が、部品 T1 と部品 T2 との境界の第 1 位置に維持された後に、該第 1 位置とは異なる第 2 位置に維持されるようにガルバノミラー 61 の向きを制御してもよい。

[0518] 例えば、制御装置 1000 は、光照射装置 60 と検出装置 620 及び 630 とを移動させるように駆動部 611 を制御しつつ、ロボットアーム 610 により移動される検出装置 620 及び 630 の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、ロボットアーム 610 により移動される光照射装置 60 からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品 T1 と部品 T2 との境界の第 1 位置に維持された後に、該第 1 位置とは異なる第 2 位置に維持されるようにガルバノミラー 61 の向きを制御してもよい。

[0519] 第 2 の態様においては、ロボットアーム 610 に設けられた光照射装置 60 と検出装置 620 及び 630 には慣性力や弾性力が作用するため、例えば、制御装置 1000 が、ステップ S165 の処理で駆動されていたロボットアーム 610 の駆動部 611 の駆動を停止させるように制御し、駆動部 611 の駆動を停止した後に、光照射装置 60 と検出装置 620 及び 630 が振動などにより変位することに起因して、光照射装置 60 (検出装置 620 及び 630) と部品 T1 と部品 T2 との境界の少なくとも一部との相対位置が時間と共に大なり小なり変動する。このため、制御装置 1000 は、光照射装置 60 (検出装置 620 及び 630) が振動などにより変位していても、光照射装置 60 からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品 T1 と部品 T2 との境界の第 1 位置に所定時間維持されるように、光照射装置 60 のガルバノミラー 61 を制御する。次に、制御装置 1000 は、光照射装置 60 (検出装置 620 及び 630) が引き続き振動などにより変位していても、光照射装置 60 からの加工光としてのレーザ光の照射位置が部品 T1 と部品 T2 との境界の第 2 位置に所定時間維持されるように、光照射装置 60 のガルバノミラー 61 を制御する。

[0520] なお、駆動されていたロボットアーム610の駆動部611を停止した場合に限らず、ロボットアーム610の加減速する時や加減速した後は、ロボットアーム610に設けられた光照射装置60と検出装置620及び630が振動などにより変位し、光照射装置60（検出装置620及び630）と加工光としてのレーザ光を照射すべき箇所（即ち、溶接箇所）との相対位置が時間と共に変動するが、この場合であっても、制御装置1000は、2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される部品T1と部品T2との境界の少なくとも一部の位置及び姿勢に基づいて、光照射装置60に対する加工光としてのレーザ光を照射すべき箇所の位置及び姿勢の時間的な変化を認識できるため、加工光としてのレーザ光の照射位置が該レーザ光を照射すべき箇所に維持されるようにガルバノミラーの向きを制御することができる。

[0521] なお、制御装置1000は、本ステップS165において、加工光としてのレーザ光を照射すべき箇所へレーザ光を照射する際、該レーザ光のスポットサイズ、レーザ光強度、レーザ光の照射時間、レーザ光の照射範囲を変化させるように光照射装置60を制御してもよい。なお、光源（不図示）から射出する光の強度を変化させることで加工光としてのレーザ光の強度を変化させる場合であっても、光源（不図示）が光照射装置60の外部に配置されている場合には、外部の光源（不図示）を制御すればよい。

[0522] 例えば、制御装置1000は、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位に伴って変化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0523] 例えば、制御装置1000は、駆動部611の駆動を停止させるように駆動部611を制御してもよい。制御装置1000は、駆動部611の駆動が停止した後の検出装置620及び630の少なくとも一方の変位に伴って変

化する画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、検出装置620及び630の少なくとも一方の変位と共に変位する光照射装置60からの加工光としてのレーザ光の照射位置が第1位置に維持された後に、該第1位置とは異なる第2位置に維持されるようにガルバノミラー61の向きを制御してもよい。

[0524] なお、ロボットアーム610により光照射装置60等が移動されているときに、加工光としてのレーザ光が照射される場合、制御装置1000は、トラッキング処理の結果に加えて、ロボットアーム610の動作等を予測した予測結果に基づいて、光照射装置60の姿勢及び位置の少なくとも一方や、ガルバノミラー61の向き等を制御してよい。

[0525] ステップS167の処理の後、制御装置1000は、検出装置620及び630の少なくとも一方から出力される画像データ及び形状データの少なくとも一方に基づいて、溶接に関する品質検査を行う（ステップS138）。検査項目としては、例えば、溶接の状態（表面の亀裂や穴）等が挙げられる。溶接に関する品質検査を行う場合には、制御装置1000は、検出装置620及び630の少なくとも一方から出力された画像データに基づいて、画像データで示される画像の溶接箇所を認識して、溶接の状態を検出する。制御装置1000は、例えば、亀裂の長さや幅、穴の径や深さが所定閾値より小さい場合には良品（品質が良い）と判定し、亀裂の長さや幅、穴の径や深さが所定閾値より大きい場合には品質不良と判定する。

[0526] ステップS138の処理の後、制御装置1000は、ステップS167又はステップS166の処理において2Dトラッキング部302から所定時間の間隔で出力される該溶接開始箇所の位置及び姿勢と、ステップS131で算出した部品T1及びT2における溶接終了位置の位置及び姿勢に基づいて、部品T1と部品T2の境界における2番目の溶接箇所への光照射装置60（検出装置320及び330）の移動を開始し、上述したステップS163～S168の処理を繰り返す。なお、制御装置1000は、2番目の溶接箇所への光照射装置60（検出装置320及び330）の移動を開始する際、

上述したステップS 1 6 1の処理を行ってから、上述したステップS 1 6 3～S 1 6 8の処理を実行してもよい。制御装置1 0 0 0は、部品T 1と部品T 2の境界における溶接開始位置から溶接終了位置までの全ての溶接箇所素子の溶接が終わるまで上述したステップを繰り返す。

[0527] なお、制御装置1 0 0 0は、上述のステップS 1 6 8の処理において溶接に関する品質検査に用いた画像データ、形状データ、及びはんだ付けの品質検査の結果の少なくとも一つの情報を不図示の表示装置に表示させてもよい。

[0528] なお、制御装置1 0 0 0は、上述のステップS 1 6 8で検出した溶接の状態に基づいて、次の溶接箇所へ照射する加工光としてのレーザ光の条件（レーザ光の条件は、レーザ光の強度、レーザ光のスポットサイズ、レーザ光の照射時間、及びレーザ光の照射範囲の少なくとも一つの条件）を変更してもよい。

[0529] なお、制御装置1 0 0 0は、上述のステップS 1 6 1～S 1 6 7の処理において用いた画像データ及び形状データの少なくとも一つの情報と、上述のステップS 1 6 8の処理で判定した溶接に関する品質とを対応付けたデータを教師データとして、既存の方法で機械学習を行ってもよい。この場合、制御装置1 0 0 0は、機械学習の結果をロボット6の各装置の制御（例えば、光照射装置6 0の位置及び姿勢制御や光照射装置6 0の制御）に利用してもよい。ここで、光照射装置6 0の制御には、光照射装置6 0から照射する加工光としてのレーザ光の条件（例えば、レーザ光の強度、レーザ光のスポットサイズ、レーザ光の照射時間、レーザ光の照射範囲の少なくとも一つの）の設定が含まれる。

[0530] （技術的効果）

ロボット5により、例えば部品T 2が把持されるので、部品T 1と部品T 2との位置関係を固定するための治工具が不要となり、溶接前の準備に要する時間を著しく短縮することができる。

[0531] 制御装置1 0 0 0は、ロボット6の検出装置6 2 0及び6 3 0の少なくと

も一方の検出結果に基づいて、上述した第1実施形態に係るトラッキング処理と同様のトラッキング処理等を行ってよい。つまり、制御装置1000は、該トラッキング処理等の結果に基づいて、例えば光照射装置60等の姿勢及び位置の少なくとも一方や、光照射装置60が有するガルバノミラー61の向き等を制御してもよい。このため、制御装置1000は、仮にロボット6に振動が発生していたとしても、トラッキング処理等の結果に基づいて、光照射装置60から所望の照射位置（言い換えれば、溶接個所）に加工光としてのレーザ光を適切に照射させることができる。つまり、当該レーザ溶接システムによれば、高精度なレーザ溶接を実現することができる。

[0532] <付記>

以上に説明した実施形態に関して、更に以下の付記を開示する。

[0533] (付記1)

回路基板に配置されたはんだを溶融する加工光を照射するはんだ付け装置であって、ガルバノミラーを有し、前記ガルバノミラーを介して前記加工光を照射する光照射装置と、前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有するロボットアームと、を備え、前記光照射装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とするはんだ付け装置。

[0534] (付記2)

前記光照射装置は、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記1に記載のはんだ付け装置。

## [0535] (付記3)

前記駆動部は、前記光照射装置と前記検出装置とを移動し、前記光照射装置は、前記ロボットアームにより移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記ロボットアームにより移動される前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記1又は2に記載のはんだ付け装置。

## [0536] (付記4)

前記光照射装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が第1位置に維持された後に前記第1位置とは異なる第2位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記1乃至3のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

## [0537] (付記5)

前記光照射装置は、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記4に記載のはんだ付け装置。

## [0538] (付記6)

前記駆動部は、前記光照射装置と前記検出装置とを移動し、前記光照射装置は、前記ロボットアームにより移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記ロボットアームにより移動される前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記4又は5に記載のはんだ付け装置。

## [0539] (付記7)

前記駆動部は、前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記回路基板に

前記光照射装置と前記検出装置とが近づくように前記ロボットアームを駆動し、前記光照射装置は、前記光照射装置と前記検出装置とが前記回路基板に所定距離まで近づくと、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0540] (付記 8)

前記検出装置は、第 1 撮像部と、前記第 1 撮像部よりも視野の狭い第 2 撮像部とを有し、前記駆動部は、前記第 1 撮像部が前記回路基板からの光を検出することにより生成された前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記光照射装置と前記検出装置とが前記回路基板に近づくように前記ロボットアームを駆動し、前記光照射装置は、前記光照射装置と前記検出装置とが前記回路基板に所定距離まで近づくと、前記第 2 撮像部が前記回路基板からの光を検出することにより生成され、前記第 2 撮像部の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記第 2 撮像部と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0541] (付記 9)

回路基板に配置されたはんだを溶融する加工光を照射するはんだ付け装置であって、

ガルバノミラーを有し、前記ガルバノミラーを介して前記加工光を照射する光照射装置と、

前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、

前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有するロボットアームと、

前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御する制御装置と、  
を備えることを特徴とするはんだ付け装置。

[0542] (付記 10)

前記制御装置は、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、

前記制御装置は、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御する

ことを特徴とする付記 9 に記載のはんだ付け装置。

[0543] (付記 11)

前記制御装置は、前記光照射装置と前記検出装置とが移動されるように前記駆動部を制御しつつ、前記ロボットアームにより移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記ロボットアームにより移動される前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記 9 又は 10 に記載のはんだ付け装置。

[0544] (付記 12)

前記制御装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が第 1 位置に維持された後に前記第 1 位置とは異なる第 2 位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記 9 乃至 11 のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0545] (付記 13)

前記制御装置は、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、

前記制御装置は、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御する

ことを特徴とする付記12に記載のはんだ付け装置。

[0546] (付記14)

前記制御装置は、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させるように前記駆動部を制御しつつ、前記ロボットアームにより移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記ロボットアームにより移動される前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記12又は13に記載のはんだ付け装置。

[0547] (付記15)

前記制御装置は、前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記回路基板に前記光照射装置と前記検出装置とが近づくように前記ロボットアームの前記駆動部を制御し、前記光照射装置と前記検出装置とが前記回路基板に所定距離まで近づくと、前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記9乃至14のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0548] (付記16)

前記検出装置は、第1撮像部と、前記第1撮像部よりも視野の狭い第2撮像部とを有し、

前記制御装置は、前記第1撮像部が前記回路基板からの光を検出することにより生成された前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記光照射装置

と前記検出装置とが前記回路基板に近づくように前記駆動部を制御し、前記光照射装置と前記検出装置とが前記回路基板に所定距離まで近づくと、前記第2撮像部が前記回路基板からの光を検出することにより生成され、前記第2撮像部の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記第2撮像部と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が前記同一位置に照射されるように前記ガルバノミラーの向きを制御する

ことを特徴とする付記9乃至16のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0549] (付記17)

前記回路基板は、回路が形成された回路フィルムと基板とから成ることを特徴とする付記9乃至16のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0550] (付記18)

前記回路基板は、立体形状を有することを特徴とする付記9乃至17のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0551] (付記19)

前記制御装置は、前記検出装置で生成された画像データと形状データとの少なくとも一方のデータに基づいて、はんだ付けに関する検査を行うことを特徴とする付記9乃至18のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0552] (付記20)

前記制御装置は、前記はんだ付けに関する検査として、はんだ付けの品質の良否を判定することを特徴とする付記19に記載のはんだ付け装置。

[0553] (付記21)

前記制御装置は、前記はんだ付けに関する検査の結果を表示装置に表示する付記19に記載のはんだ付け装置。

[0554] (付記22)

前記制御装置は、前記はんだ付けに関する検査に用いた画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを表示装置に表示する付記19乃至21のいずれか一項に記載のはんだ付け装置。

[0555] (付記 2 3)

対象物に加工光を照射する加工装置であって、  
前記加工光を照射する光照射装置と、  
前記対象物からの光を検出する検出装置と、  
前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する移動装置と、

( i ) 前記検出装置の検出結果に基づいて前記駆動部を制御し、 ( i i )  
前記検出装置の検出結果に基づいて前記加工光の照射による加工に関する検査を行う制御装置と、

を備えることを特徴とする加工装置。

[0556] (付記 2 4)

前記制御装置は、前記加工光の照射による加工に関する検査として、前記加工の品質の良否を判定することを特徴とする付記 2 3 に記載の加工装置。

[0557] (付記 2 5)

前記制御装置は、前記加工光の照射による加工に関する検査の結果を表示装置に表示することを特徴とする付記 2 3 又は 2 4 に記載の加工装置。

[0558] (付記 2 6)

前記加工は、回路基板への素子のはんだ付けを含むことを特徴とする付記 2 3 乃至 2 5 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0559] (付記 2 7)

前記加工は、金属部材同士の溶接を含むことを特徴とする付記 2 3 乃至 2 5 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0560] (付記 2 8)

回路基板に配置されたはんだを溶融する加工光を照射するはんだ付け装置であって、

ガルバノミラーを有し、前記ガルバノミラーを介して前記加工光を照射する光照射装置と、

前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも

一方のデータを生成する検出装置と、

前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有するロボットアームと、

前記検出装置の変位に伴って変化する前記少なくとも一方のデータに基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が、加工光を照射すべき領域において時間的に変化するよう前記ガルバノミラーの向きを制御する制御装置と、

を備えることを特徴とするはんだ付け装置。

[0561] (付記29)

回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、

前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、はんだを吐出するはんだ吐出装置とが設けられ、前記検出装置と前記はんだ吐出装置を移動させる駆動部を有する第1ロボットアームと、

前記素子を保持可能な保持装置が設けられ、前記保持装置を移動させる駆動部を有する第2ロボットアームと、

はんだを溶融する加工光を照射可能な光照射装置が設けられた、前記光照射装置を移動させる駆動部を有する第3ロボットアームと、

(i) 前記検出装置で生成される前記データに基づいて、前記回路基板に前記はんだ吐出装置を近づけるよう前記第1ロボットアームの前記駆動部を制御し、前記回路基板にはんだが配置されるよう前記はんだ吐出装置を制御し、(ii) 前記検出装置で生成される前記データに基づいて、加工光を照射すべき箇所の状態を検出し、(iii) 前記配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるよう前記保持装置を制御し、

(iv) 検出した前記加工光を照射すべき箇所の状態に基づいて前記加工光の条件を決定し、前記配置されたはんだを溶融するよう前記光照射装置を制御する制御装置と、

を備えることを特徴とするはんだ付けシステム。

[0562] (付記 30)

前記加工光の条件は、前記加工光の強度、前記加工光のスポットサイズ、前記加工光の照射時間、前記加工光の照射範囲との少なくとも一方の条件を含むことを特徴とする付記 29 に記載のはんだ付けシステム。

[0563] (付記 31)

回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、  
はんだを吐出するはんだ吐出装置が設けられ、前記はんだ吐出装置を移動させる駆動部を有する第 1 ロボットアームと、  
前記回路基板からの光を検出し、画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成する検出装置と、前記素子を保持可能な保持装置とが設けられ、前記検出装置と、前記保持装置を移動させる駆動部を有する第 2 ロボットアームと、  
はんだを溶融する加工光を照射可能な光照射装置が設けられた、前記光照射装置を移動させる駆動部を有する第 3 ロボットアームと、

(i) 前記回路基板にはんだが配置されるように前記はんだ吐出装置を制御し、(ii)

前記検出装置で生成される前記データに基づいて、前記回路基板に前記保持装置を近づけるように前記第 2 ロボットアームの前記駆動部を制御し、(iii) 前記検出装置で生成される前記データに基づいて、加工光を照射すべき箇所の状態を検出し、(iv) 前記配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるように前記保持装置を制御し、(v) 検出した前記加工光を照射すべき箇所の状態に基づいて前記加工光の条件を決定し、前記配置されたはんだを溶融するように前記光照射装置を制御する制御装置と、

を備えることを特徴とするはんだ付けシステム。

[0564] (付記 32)

前記加工光の加工条件は、前記加工光の強度、前記加工光のスポット径、前記加工光を照射する対象物における前記加工光の照射位置との少なくとも

一方の条件を含むことを特徴とする付記 3 1 に記載のはんだ付けシステム。

[0565] (付記 3 3)

対象物に加工光を照射する加工装置であって、  
走査部を有し、前記走査部を介して前記加工光を照射する光照射装置と、  
前記対象物からの光を検出する検出装置と、  
前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する移動装置と、  
前記検出装置の検出結果に基づいて前記走査部を制御する制御装置と、  
を備えることを特徴とする加工装置。

[0566] (付記 3 4)

前記制御装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 に記載の加工装置。

[0567] (付記 3 5)

前記制御装置は、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 又は 3 4 に記載の加工装置。

[0568] (付記 3 6)

前記制御装置は、前記光照射装置と前記検出装置とが移動されるように前記駆動部を制御しつつ、前記移動装置により移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記移動装置により移動される前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 3 5 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0569] (付記 3 7)

前記制御装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が第1位置に維持された後に前記第1位置とは異なる第2位置に維持されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記33乃至36のいずれか一項に記載の加工装置。

[0570] (付記38)

前記制御装置は、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記37に記載の加工装置。

[0571] (付記39)

前記制御装置は、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させるように前記駆動部を駆動しつつ、前記移動装置により移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記移動装置により移動させる前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記第1位置に維持された後に前記第2位置に維持されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記37に記載の加工装置。

[0572] (付記40)

前記制御装置は、前記検出装置の検出結果に基づいて、前記加工光の照射位置が前記対象物上で時間的に変位するように前記走査部を制御することを特徴とする付記33に記載の加工装置。

[0573] (付記41)

前記制御装置は、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記対象物上で時間的に変位するように前記走査

部を制御することを特徴とする付記 4 0 に記載の加工装置。

[0574] (付記 4 2)

前記制御装置は、前記光照射装置と前記検出装置とが移動されるように前記駆動部を制御しつつ、前記移動装置により移動される前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記移動装置により移動される前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記対象物上で時間的に変位するように前記走査部を制御することを特徴とする付記 4 0 又は 4 1 に記載の加工装置。

[0575] (付記 4 3)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて前記対象物の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を算出し、前記位置及び前記姿勢の少なくとも一方に基づいて前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 4 2 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0576] (付記 4 4)

前記対象物の少なくとも一部は、前記対象物に設けられたマーカを含み、前記制御装置は、前記検出結果に基づいて前記マーカの位置及び姿勢の少なくとも一方を算出し、前記位置及び前記姿勢の少なくとも一方に基づいて前記走査部を制御する

ことを特徴とする付記 3 3 乃至 4 3 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0577] (付記 4 5)

前記検出装置は、少なくとも一つの撮像装置を含むことを特徴とする付記 3 3 乃至 4 4 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0578] (付記 4 6)

前記検出装置は、2つの撮像装置からなるステレオカメラを含むことを特徴とする付記 3 3 乃至 4 4 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0579] (付記 4 7)

前記検出装置は、互いに視野の広さが異なる複数の撮像装置を含むことを特徴とする付記 3 3 乃至 4 6 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0580] (付記 4 8)

前記検出装置は、前記撮像装置で前記対象物を撮像し、前記検出結果として画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成することを特徴とする付記 4 5 乃至 4 7 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0581] (付記 4 9)

前記検出装置は、所定の強度分布を有する構造光を投影する投影装置を含み、

前記検出装置は、前記構造光が投影された前記対象物を前記撮像装置で撮像し、前記形状データを生成する

ことを特徴とする付記 4 5 乃至 4 8 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0582] (付記 5 0)

前記光照射装置内の前記加工光の光路の少なくとも一部と前記撮像装置内の前記対象物からの光の光路の少なくとも一部とは共通の光路であることを特徴とする付記 4 5 乃至 4 9 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0583] (付記 5 1)

前記光照射装置内の前記加工光の光路と前記撮像装置内の前記対象物からの光の光路とは互いに異なる光路であることを特徴とする付記 4 5 乃至 4 9 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0584] (付記 5 2)

前記対象物は回路基板を含み、

前記加工光は、前記回路基板に配置されたはんだを溶融する

ことを特徴とする付記 3 3 乃至 5 1 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0585] (付記 5 3)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記回路基板の少なくとも一部と前記回路基板に配置された素子との少なくとも一方に係る位置及び姿勢の少なくとも一方を算出し、前記位置及び前記姿勢の少なくとも一方に基づいて前記走査部を制御することを特徴とする付記 5 1 に記載の加工装置。

[0586] (付記 5 4)

前記回路基板の少なくとも一部は、前記回路基板に設けられたマーカと前記回路基板に設けられたはんだパッドとの少なくとも一方を含むことを特徴とする付記 5 2 又は 5 3 に記載の加工装置。

[0587] (付記 5 5)

前記回路基板は、回路が形成された回路フィルムと基板とから成ることを特徴とする付記 5 2 乃至 5 4 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0588] (付記 5 6)

前記回路基板は、立体形状を有することを特徴とする付記 5 2 乃至 5 5 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0589] (付記 5 7)

前記制御装置は、前記回路基板上の傾斜面に配置されたはんだを溶融するように、前記検出装置の検出結果に基づいて前記走査部を制御することを特徴とする付記 5 2 乃至 5 6 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0590] (付記 5 8)

前記対象物は、溶接に用いる金属部材を含み、  
前記加工光は、前記金属部材に照射される  
ことを特徴とする付記 3 3 乃至 5 1 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0591] (付記 5 9)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記金属部材の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を算出し、前記位置及び前記姿勢の少なくとも一方に基づいて前記走査部を制御することを特徴とする付記 5 8 に記載の加工装置。

[0592] (付記 6 0)

前記金属部材は、接合される第 1 母材と第 2 母材とを含み、  
前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記第 1 母材と前記第 2 母材との境界の位置及び姿勢の少なくとも一方を算出し、前記位置及び前記姿勢の少なくとも一方に基づいて前記走査部を制御する  
ことを特徴とする付記 5 8 又は 5 9 に記載の加工装置。

[0593] (付記 6 1)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて前記駆動部を制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 0 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0594] (付記 6 2)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記対象物に前記光照射装置と前記検出装置とが近づくように前記駆動部を制御した後、前記検出結果に基づいて、前記対象物に前記加工光が照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 1 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0595] (付記 6 3)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記光照射装置と前記検出装置が前記対象物に所定距離まで近づくと、前記駆動部の駆動を停止させるように前記駆動部を制御し、前記駆動部の駆動が停止した後の前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光の照射位置が前記対象物の所定位置に維持されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 2 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0596] (付記 6 4)

前記検出装置は、第 1 撮像部と、前記第 1 撮像部よりも視野の狭い第 2 撮像部とを有し、

前記制御装置は、前記第 1 撮像部が前記対象物からの光を検出することにより得られた検出結果に基づいて、前記光照射装置と前記検出装置とが前記対象物に近づくように前記駆動部を制御し、前記第 2 撮像部が前記対象物からの光を検出することにより得られた検出結果に基づいて、前記対象物に前記加工光が照射されるように前記走査部を制御する

ことを特徴とする付記 3 3 乃至 6 3 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0597] (付記 6 5)

前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部の少なくとも一方は、2つの撮像装置からなるステレオカメラを含むことを特徴とする付記 6 4 に記載の加工装置

。

[0598] (付記 6 6)

前記検出装置は、所定の強度分布を有する構造光を投影する投影装置を有することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 5 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0599] (付記 6 7)

前記検出装置は、前記検出結果として画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 6 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0600] (付記 6 8)

前記走査部はガルバノミラーを含み、  
前記制御装置は、前記ガルバノミラーの向きを制御することを特徴とする付記 3 3 乃至 6 7 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0601] (付記 6 9)

前記光照射装置は、 $f \theta$  レンズを有し、  
前記光照射装置は、前記ガルバノミラーからの前記加工光を前記  $f \theta$  レンズを介して照射することを特徴とする付記 6 8 に記載の加工装置。

[0602] (付記 7 0)

前記移動手段は、ロボットアームであることを特徴とする付記 3 3 乃至 6 9 のいずれか一項に記載の加工装置。

[0603] (付記 7 1)

回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、  
はんだを吐出するはんだ吐出装置が設けられ、前記はんだ吐出装置を移動させる駆動部を有する第 1 移動装置と、  
前記素子を保持可能な保持装置が設けられ、前記保持装置を移動させる駆動部を有する第 2 移動装置と、  
はんだを溶融する加工光を照射する光照射装置と前記回路基板からの光を検出する検出装置が設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させ

る駆動部を有する第3移動装置と、

(i) 前記回路基板の所定部分にはんだが配置されるように前記はんだ吐出装置を制御し、(ii) 前記配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるように前記保持装置を制御し、(iii) 前記検出装置の検出結果に基づいて、前記回路基板に前記光照射装置を近づくように前記第3移動装置の前記駆動部を制御し、配置された前記はんだを溶融するように前記光照射装置を制御する制御装置と、

を備えることを特徴とするはんだ付けシステム。

[0604] (付記72)

前記第1移動装置は、前記回路基板からの光を検出する検出装置が設けられ、

前記制御装置は、前記第1移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記回路基板に前記はんだ吐出装置が近づくように前記第1移動装置の前記駆動部を制御する

ことを特徴とする付記71に記載のはんだ付けシステム。

[0605] (付記73)

前記制御装置は、前記第1移動装置に設けられた前記検出装置の検出結果に基づいて、加工光を照射すべき箇所の状態を検出することを特徴とする付記72に記載のはんだ付けシステム。

[0606] (付記74)

前記制御装置は、検出した前記加工光を照射すべき箇所の状態に基づいて前記加工光の条件を決定し、前記配置されたはんだを溶融するように前記光照射装置を制御することを特徴とする付記73に記載のはんだ付けシステム。

[0607] (付記75)

前記加工光の加工条件は、前記加工光の強度、前記加工光のスポット径、前記加工光の照射時間、前記加工光の照射範囲との少なくとも一方の条件を含むことを特徴とする付記74に記載のはんだ付けシステム。

## [0608] (付記 7 6)

前記第 1 移動装置の検出装置の視野に前記はんだ吐出装置の少なくとも一部が含まれるような位置関係で前記第 1 移動装置の前記検出装置と前記はんだ塗布装置が前記第 1 移動装置に設けられ、

前記制御装置は、前記第 1 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記はんだ吐出装置の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を推定する

ことを特徴とする付記 7 1 に記載のはんだ付けシステム。

## [0609] (付記 7 7)

前記第 2 移動装置は、前記回路基板からの光を検出する検出装置が設けられ、

前記制御装置は、前記第 2 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記回路基板に前記保持装置が近づくように前記第 2 移動装置の前記駆動部を制御する

ことを特徴とする付記 7 1 乃至 7 6 のいずれか一項に記載のはんだ付けシステム。

## [0610] (付記 7 8)

前記制御装置は、前記第 2 移動装置に設けられた前記検出装置の検出結果に基づいて、加工光を照射すべき箇所の状態を検出することを特徴とする付記 7 7 に記載のはんだ付けシステム。

## [0611] (付記 7 9)

前記制御装置は、検出した前記加工光を照射すべき箇所の状態に基づいて前記加工光の条件を決定し、前記配置されたはんだを溶融するように前記光照射装置を制御することを特徴とする付記 7 8 に記載のはんだ付けシステム。

## [0612] (付記 8 0)

前記加工光の加工条件は、前記加工光の強度、前記加工光のスポット径、前記加工光の照射時間、前記加工光の照射範囲との少なくとも一方の条件を

含むことを特徴とする付記 7 9 に記載のはんだ付けシステム。

[0613] (付記 8 1)

前記第 2 移動装置の前記検出装置の視野に前記保持装置の少なくとも一部が含まれるような位置関係で前記第 2 移動装置の前記検出装置と前記保持装置が前記第 2 移動装置に設けられ、

前記制御装置は、前記第 2 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記保持装置の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を推定する

ことを特徴とする付記 7 7 に記載のはんだ付けシステム。

[0614] (付記 8 2)

前記第 2 移動装置の前記検出装置の視野に前記保持装置に保持された前記素子の少なくとも一部が含まれるような位置関係で前記第 2 移動装置の前記検出装置と前記保持装置が前記第 2 移動装置に設けられ、

前記保持装置に前記素子が保持された状態において、前記制御装置は、前記第 2 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記保持装置の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を推定する

ことを特徴とする付記 7 7 又は 8 1 に記載のはんだ付けシステム。

[0615] (付記 8 3)

前記第 3 移動装置の検出装置の視野に前記光照射装置の少なくとも一部が含まれるような位置関係で前記第 3 移動装置の前記検出装置と前記光照射装置が前記第 3 移動装置に設けられ、

前記制御装置は、前記第 3 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて、前記光照射装置の少なくとも一部の位置及び姿勢の少なくとも一方を推定する

ことを特徴とする付記 7 1 に記載のはんだ付けシステム。

[0616] (付記 8 4)

前記光照射装置は走査部を有し、

前記光照射装置は、前記走査部を介して前記加工光を照射し、

前記制御装置は、前記第 3 移動装置の前記検出装置の検出結果に基づいて前記走査部を制御する

ことを特徴とする付記 7 1 乃至 8 3 のいずれか一項に記載のはんだ付けシステム。

[0617] (付記 8 5)

前記制御装置は、前記第 3 移動装置の前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 8 4 に記載のはんだ付けシステム。

[0618] (付記 8 6)

回路基板に素子をはんだ付けするはんだ付けシステムであって、  
はんだを吐出するはんだ吐出装置と、前記素子を保持可能な保持装置と、  
はんだを溶融する加工光を照射する光照射装置と、前記回路基板からの光を検出する検出装置とが設けられ、前記はんだ吐出装置、前記保持装置、前記光照射装置及び前記検出装置を移動させる駆動部を有する移動装置と、

( i ) 前記はんだ吐出装置、前記保持装置、前記光照射装置及び前記検出装置が前記回路基板に近づくように前記駆動部を制御し、( i i ) 前記回路基板の所定部分にはんだが配置されるように前記はんだ吐出装置を制御し、

( i i i ) 配置された前記はんだを介して前記回路基板に前記素子が配置されるように前記保持装置を制御し( i v ) 配置された前記はんだを溶融するように前記光照射装置を制御する制御装置と、

を備えることを特徴とするはんだ付けシステム。

[0619] (付記 8 7)

前記光照射装置は走査部を有し、

前記光照射装置は、前記走査部を介して前記加工光を照射し、

前記制御装置は、前記検出装置の検出結果に基づいて前記走査部を制御する

ことを特徴とする付記 8 6 に記載のはんだ付けシステム。

## [0620] (付記 88)

前記制御装置は、前記検出装置の変位に伴って変化する前記検出結果に基づいて、前記検出装置と共に変位する前記光照射装置からの前記加工光が同一位置に照射されるように前記走査部を制御することを特徴とする付記 87 に記載のはんだ付けシステム。

## [0621] (付記 89)

前記移動手段には、互いに異なる種類の素子を収納する収納部と、前記収納部から所定の素子を前記保持装置に供給する供給装置とが設けられていることを特徴とする付記 86 乃至 88 のいずれか一項に記載のはんだ付けシステム。

## [0622] (付記 90)

対象物に加工光を照射する加工装置であって、  
前記加工光を照射する光照射装置と、  
前記対象物からの光を検出する検出装置と、  
前記光照射装置と前記検出装置とが設けられ、前記光照射装置と前記検出装置とを移動させる駆動部を有する移動装置と、  
前記検出装置の検出結果に基づいて前記駆動部を制御する制御装置と、  
を備えることを特徴とする加工装置。

## [0623] (付記 91)

前記対象物は回路基板を含み、  
前記加工光は、前記回路基板に配置されたはんだを溶融することを特徴とする付記 90 に記載の加工装置。

## [0624] (付記 92)

前記光照射装置内の前記加工光の光路の少なくとも一部と、前記検出装置内の前記対象物からの光の光路の少なくとも一部とは共通の光路であることを特徴とする付記 90 又は 91 に記載の加工装置。

## [0625] (付記 93)

前記制御装置は、前記検出結果に基づいて、前記光照射装置と前記検出装

置が前記対象物に近づくように前記駆動部を制御し、前記光照射装置と前記検出装置が前記対象物に所定距離まで近づくと、前記対象物への前記加工光の照射が開始されるように前記光照射装置を制御することを特徴とする付記 90乃至92のいずれか一項に記載の加工装置。

[0626] (付記94)

前記検出装置は、第1撮像部と、前記第1撮像部よりも視野の狭い第2撮像部とを有し、

前記制御装置は、前記第1撮像部が前記対象物からの光を検出することにより得られた検出結果に基づいて、前記光照射装置と前記検出装置とが前記対象物に近づくように前記駆動部を制御し、前記第2撮像部が前記対象物からの光を検出することにより得られた検出結果に基づいて、前記光照射装置と前記検出装置とがさらに前記対象物に近づくように前記駆動部を制御し、前記光照射装置と前記検出装置とが前記対象物に所定距離まで近づくと、前記対象物への前記加工光の照射が開始されるように前記光照射装置を制御する

ことを特徴とする付記90乃至93のいずれか一項に記載の加工装置。

[0627] (付記95)

前記第1撮像部と前記第2撮像部の少なくとも一方は、2つの撮像装置からなるステレオカメラを含むことを特徴とする付記94に記載の加工装置。

[0628] (付記96)

前記検出装置は、所定の強度分布を有する構造光を投影する投影装置を有することを特徴とする付記90乃至95のいずれか一項に記載の加工装置。

[0629] (付記97)

前記検出装置は、前記検出結果として画像データと形状データとの少なくとも一方のデータを生成することを特徴とする付記90乃至96のいずれか一項に記載の加工装置。

[0630] 本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、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はんだ付け装置及びはんだ付けシステム、並びに、加工装置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

- [0631] 1、2、3、4、5、6 ロボット  
21、22、31、32 カメラ  
33 プロジェクタ  
40 ディスペンサ  
50 保持装置  
60 光照射装置  
61 ガルバノミラー  
62  $f\theta$ レンズ  
70 エアブロー及び吸煙機  
100 ロボット制御部  
110、210、310、410、510、610 ロボットアーム  
111、211、311、411、511、611 駆動部  
120、130、220、230、320、330、420、430、5  
20、530、620、630 検出装置  
200 マッチング処理部  
300 トラッキング部  
1000 制御装置

## 請求の範囲

### [請求項1]

対象物に対して処理を行うエンドエフェクタ、撮像装置、及びステレオカメラが設けられ且つ前記エンドエフェクタ、前記撮像装置、及び前記ステレオカメラを移動させるロボットアームの駆動部を制御するためのデータ処理を行う制御装置であって、

前記撮像装置と前記ステレオカメラが前記対象物に近づく、前記ロボットアームと前記対象物との相対移動中に前記撮像装置が前記対象物を撮像することで取得される画像データと、前記ステレオカメラで前記対象物を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記対象物の三次元形状を示す形状データと、に基づいて前記対象物の位置及び姿勢を算出し、

前記相対移動中であって互いに異なる時刻に前記撮像装置が前記対象物を撮像することで取得される2つの画像データと、前記互いに異なる時刻に前記ステレオカメラが前記対象物を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記互いに異なる時刻のそれぞれの前記対象物の三次元形状を示す2つの形状データと、に基づいて前記互いに異なる時刻の間の前記対象物の変位を算出し、

算出された前記対象物の前記位置及び姿勢に、算出された前記対象物の前記変位を加えて算出された前記対象物の位置及び姿勢の情報を出力する、

処理部を備えることを特徴とする制御装置。

### [請求項2]

当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報に基づいて、前記ロボットアームの駆動部を制御するための制御信号を生成し、生成された前記制御信号を前記ロボットアームの前記駆動部を制御するロボット制御部に出力する

ことを特徴とする請求項1に記載の制御装置。

### [請求項3]

前記エンドエフェクタは、加工光を照射可能な光照射装置、はんだを吐出可能な吐出装置、及び前記対象物を保持可能な保持装置の少な

くとも一つであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の制御装置。

[請求項4] 前記ステレオカメラは、前記撮像装置とは異なる 2 つの撮像装置からなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項5] 第 1 物体を、前記第 1 物体と離間した第 2 物体に設置するロボットシステムであって、  
前記第 1 物体を保持する保持装置と、  
撮像部と、  
前記保持装置及び前記撮像部が設けられ、且つ前記保持装置及び前記撮像部を移動させるロボットアームと、  
を備え、  
前記撮像装置が前記第 2 物体を撮像することで取得される画像データに基づいて前記第 2 物体の位置及び姿勢を算出し、算出された前記第 2 物体の位置及び姿勢に基づいて、前記ロボットアームを制御して、前記第 1 物体の前記第 2 物体への設置を行い、  
前記第 1 物体が前記第 2 物体に設置された後に、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記第 1 物体を撮像することで、前記第 1 物体の前記第 2 物体への設置の状態に関する画像データを取得することを特徴とするロボットシステム。

[請求項6] 当該ロボットシステムは、取得した前記画像データに基づいて前記設置の状態に関する検査を行うことを特徴とする請求項 5 に記載のロボットシステム。

[請求項7] 前記撮像部は、撮像装置とステレオカメラを含み、  
当該ロボットシステムは、前記撮像装置が前記第 2 物体を撮像することで取得される画像データと、前記ステレオカメラで前記第 2 物体を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記第 2 物体の三次元形状を示す形状データと、に基づいて算出した前記第 2 物

体の位置及び姿勢に、互いに異なる時刻に前記撮像装置が前記第2物体を撮像することで取得される2つの画像データと、前記互いに異なる時刻に前記ステレオカメラが前記第2物体を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記互いに異なる時刻のそれぞれの前記第2物体の三次元形状を示す2つの形状データと、に基づいて算出した前記互いに異なる時刻の間の前記第2物体の変位を加えて算出した前記第2物体の位置及び姿勢に基づいて前記ロボットアームを制御して、前記第1物体の前記第2物体への設置を行う

ことを特徴とする請求項5又は6に記載のロボットシステム。

[請求項8] 当該ロボットシステムは、前記第1物体が前記第2物体に設置された後に、前記撮像装置が前記第1物体を撮像することで取得される画像データに基づいて、前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査を行うことを特徴とする請求項7に記載のロボットシステム。

[請求項9] 当該ロボットシステムは、前記第1物体が前記第2物体に設置された後に、前記ステレオカメラが前記第1物体を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記第2物体の三次元形状を示す形状データに基づいて、前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査を行うことを特徴とする請求項7又は8に記載のロボットシステム。

[請求項10] 前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査は、前記第1物体の前記第2物体への設置位置の良否を判定することを含むことを特徴とする請求項6乃至9のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項11] 前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査は、前記第1物体の前記第2物体への設置姿勢の良否を判定することを含むことを特徴とする請求項6乃至10のいずれか一項に記載のロボットシステム。

- [請求項12] 前記第1物体は、素子を含み、  
前記第2物体は、回路基板の少なくとも一部を含む  
ことを特徴とする請求項5乃至11のいずれか一項に記載のロボットシステム。
- [請求項13] 前記回路基板の少なくとも一部は、前記回路基板に設けられたはんだパッドを含むことを特徴とする請求項12に記載のロボットシステム。
- [請求項14] 前記第1物体と前記第2物体とは互いに嵌合する物体を含むことを特徴とする請求項5乃至13のいずれか一項に記載のロボットシステム。
- [請求項15] 前記第1物体及び前記第2物体の一方は凸部を有する物体を含み、  
前記第1物体及び前記第2物体の他方は前記凸部と嵌合する凹部を有する物体を含むことを特徴とする請求項14に記載のロボットシステム。
- [請求項16] 第1物体を保持する保持装置及び撮像部が設けられ且つ前記保持装置及び前記撮像部を移動させるロボットアームの駆動部を制御するためのデータ処理を行う制御装置であって、  
前記第1物体を前記第1物体とは離間した第2物体に設置するために前記第1物体が前記第2物体に近づく、前記ロボットアームと前記第2物体との相対移動中に前記撮像部が前記第2物体を撮像することで取得される画像データに基づいて前記第2物体の位置及び姿勢を算出し、算出された前記第2物体の位置及び姿勢の情報を出力する処理部を備え、  
前記第1物体が前記第2物体に設置された後に、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記第1物体を撮像することで取得される画像データに基づいて、前記第1物体の前記第2物体への設置の状態に関する検査を行う  
ことを特徴とする制御装置。

- [請求項17] 前記撮像部は、撮像装置とステレオカメラを含み、  
前記処理部は、  
前記相対移動中に、前記撮像装置が前記第2物体を撮像することで取得される画像データと、前記ステレオカメラで前記第2物体を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記第2物体の三次元形状を示す形状データと、に基づいて算出した前記第2物体の位置及び姿勢に、前記相対移動中であって互いに異なる時刻に前記撮像装置が前記対象物を撮像することで取得される2つの画像データと、前記互いに異なる時刻に前記ステレオカメラが前記対象物を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記互いに異なる時刻のそれぞれの前記対象物の三次元形状を示す2つの形状データと、に基づいて算出した前記互いに異なる時刻の間の前記対象物の変位を加えて算出した情報を、前記出力する前記第2物体の位置及び姿勢の前記情報として出力することを特徴とする請求項16に記載の制御装置。
- [請求項18] 前記処理部は、前記第1物体が前記第2物体に設置された後に、前記撮像装置が前記第1物体を撮像することで取得される画像データに基づいて、前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査を行うことを特徴とする請求項17に記載の制御装置。
- [請求項19] 前記処理部は、前記第1物体が前記第2物体に設置された後に、前記ステレオカメラが前記第1物体を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記第2物体の三次元形状を示す形状データに基づいて、前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査を行うことを特徴とする請求項17又は18に記載の制御装置。
- [請求項20] 前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査は、前記第1物体の前記第2物体への設置位置の良否を判定することを含むことを特徴とする請求項16乃至20のいずれか一項に記載の制御装置。

- [請求項21] 前記第1物体の前記第2物体への前記設置の状態に関する検査は、前記第1物体の前記第2物体への設置姿勢の良否を判定することを含むことを特徴とする請求項16乃至21のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項22] 当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報に基づいて、前記ロボットアームの駆動部を制御するための制御信号を生成し、生成された前記制御信号を前記ロボットアームの前記駆動部を制御するロボット制御部へ出力することを特徴とする請求項16乃至21のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項23] 前記第1物体は、素子を含み、  
前記第2物体は、回路基板の少なくとも一部を含む  
ことを特徴とする請求項16乃至22のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項24] 前記回路基板の少なくとも一部は、前記回路基板に設けられたはんだパッドを含むことを特徴とする請求項23に記載の制御装置。
- [請求項25] 前記第1物体と前記第2物体とは互いに嵌合する物体を含むことを特徴とする請求項16乃至24のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項26] 前記第1物体及び前記第2物体の一方は凸部を有する物体を含み、前記第1物体及び前記第2物体の他方は前記凸部と嵌合する凹部を有する物体を含むことを特徴とする請求項25に記載の制御装置。
- [請求項27] 前記第1物体は、凹部を有する物体を含み、  
前記第2物体は、前記凹部と嵌合する凸部を有する物体を含む  
ことを特徴とする請求項25又は26に記載の制御装置。
- [請求項28] 対象物に対して処理を行うエンドエフェクタ及び撮像部が設けられ且つ前記エンドエフェクタ及び前記撮像部を移動させるロボットアームの駆動部を制御するためのデータ処理を行う制御装置であって、  
前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データに基づい

て前記エンドエフェクタのキャリブレーションを行い、

前記撮像部が前記対象物に近づく、前記ロボットアームと前記対象物との相対移動中に、前記撮像部が前記対象物を撮像することで取得される画像データに基づいて前記対象物の位置及び姿勢を算出し、

算出された前記対象物の前記位置及び姿勢の情報を出力する、  
処理部を備えることを特徴とする制御装置。

[請求項29]

前記エンドエフェクタの前記少なくとも一部は、前記エンドエフェクタの先端部であり、

前記処理部は、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記エンドエフェクタの前記先端部を撮像することで取得される画像データに基づいて前記キャリブレーションを行う

ことを特徴とする請求項28に記載の制御装置。

[請求項30]

前記エンドエフェクタの前記少なくとも一部は、前記エンドエフェクタに設けられたマーカを含む部分であり、

前記処理部は、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記エンドエフェクタに設けられた前記マーカを撮像することで取得される画像データに基づいて前記キャリブレーションを行う

ことを特徴とする請求項28又は29に記載の制御装置。

[請求項31]

前記処理部は、前記撮像部が前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データに基づいて前記エンドエフェクタの位置及び姿勢の少なくとも一方の変化を検出した場合に前記キャリブレーションを行うことを特徴とする請求項28乃至30のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項32]

前記処理部は、前記キャリブレーションを行った前記エンドエフェクタの少なくとも一部を前記撮像部が撮像することで取得される画像データに基づいて前記エンドエフェクタの位置及び姿勢の少なくとも一方の変化を検出した場合、再度、前記キャリブレーションを行うことを特徴とする請求項28乃至31のいずれか一項に記載の制御装置

。

- [請求項33] 前記撮像部は、撮像装置とステレオカメラを含み、  
前記処理部は、前記相対移動中に、前記撮像装置が前記対象物を撮像することで取得される画像データと、前記ステレオカメラで前記対象物を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記対象物の三次元形状を示す形状データと、に基づいて算出した前記対象物の位置及び姿勢に、前記相対移動中であって互いに異なる時刻に前記撮像装置が前記対象物を撮像することで取得される2つの画像データと、前記互いに異なる時刻に前記ステレオカメラが前記対象物を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記互いに異なる時刻のそれぞれの前記対象物の三次元形状を示す2つの形状データと、に基づいて算出した前記互いに異なる時刻の間の前記対象物の変位を加えて算出した情報を、前記出力する前記対象物の位置及び姿勢の前記情報として出力することを特徴とする請求項28乃至32のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項34] 前記処理部は、前記撮像装置が前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データに基づいて前記エンドエフェクタの前記キャリブレーションを行うことを特徴とする請求項33に記載の制御装置。
- [請求項35] 前記処理部は、前記ステレオカメラが前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データから生成され且つ前記エンドエフェクタの少なくとも一部の三次元形状を示す形状データに基づいて、前記エンドエフェクタの前記キャリブレーションを行うことを特徴とする請求項33又は34に記載の制御装置。
- [請求項36] 当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報に基づいて、前記ロボットアームの駆動部を制御するための制御信号を生成し、生成された前記制御信号を前記ロボットアームの前記駆動部を制御する

ロボット制御部に出力することを特徴とする請求項28乃至35のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項37] 当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報と前記エンドエフェクタの前記キャリブレーションの結果に基づいて前記制御信号を生成することを特徴とする請求項36に記載の制御装置。

[請求項38] 前記エンドエフェクタの前記キャリブレーションでは、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データに基づいて前記エンドエフェクタの位置及び姿勢が算出され、

当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報と、前記キャリブレーションで算出された前記エンドエフェクタの前記位置及び姿勢の情報とに基づいて前記制御信号を生成する

ことを特徴とする請求項36又は37に記載の制御装置。

[請求項39] 前記エンドエフェクタの前記キャリブレーションでは、前記ロボットアームに設けられた前記撮像部が前記エンドエフェクタの少なくとも一部を撮像することで取得される画像データに基づいて、前記撮像部の座標系と前記エンドエフェクタの座標系との対応関係が求められ、

当該制御装置は、前記処理部から出力された前記情報と、前記キャリブレーションで求められた前記対応関係とに基づいて前記制御信号を生成する

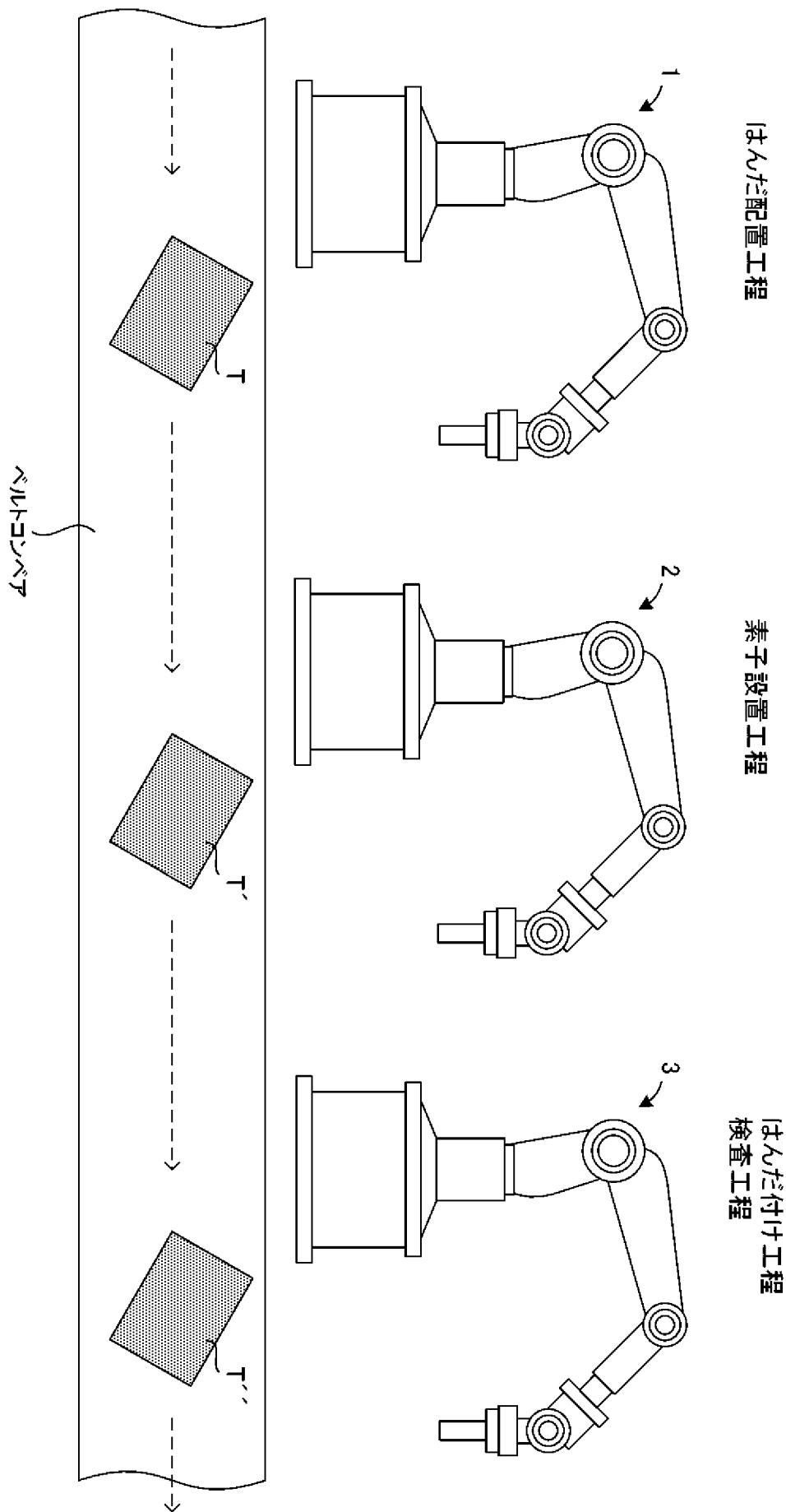
ことを特徴とする請求項36又は37に記載の制御装置。

[請求項40] 前記エンドエフェクタは、加工光を照射可能な光照射装置、はんだを吐出可能な吐出装置、及び前記対象物を保持可能な保持装置の少なくとも一つであることを特徴とする請求項28乃至39のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項41] 前記ステレオカメラは、前記撮像装置とは異なる2つの撮像装置からなることを特徴とする請求項28乃至40のいずれか一項に記載の

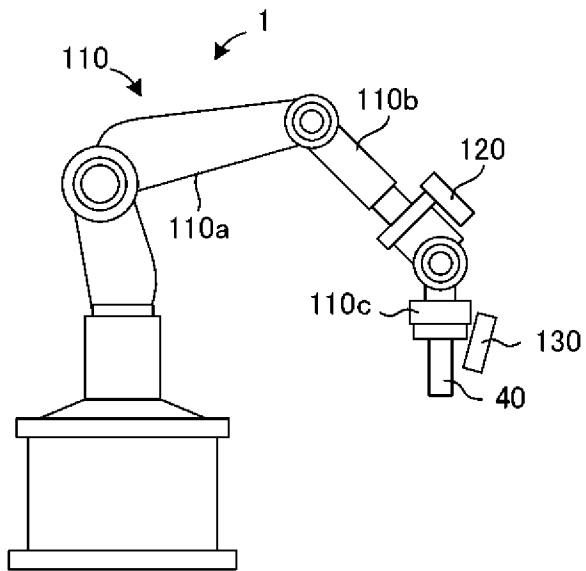
制御装置。

[図1]

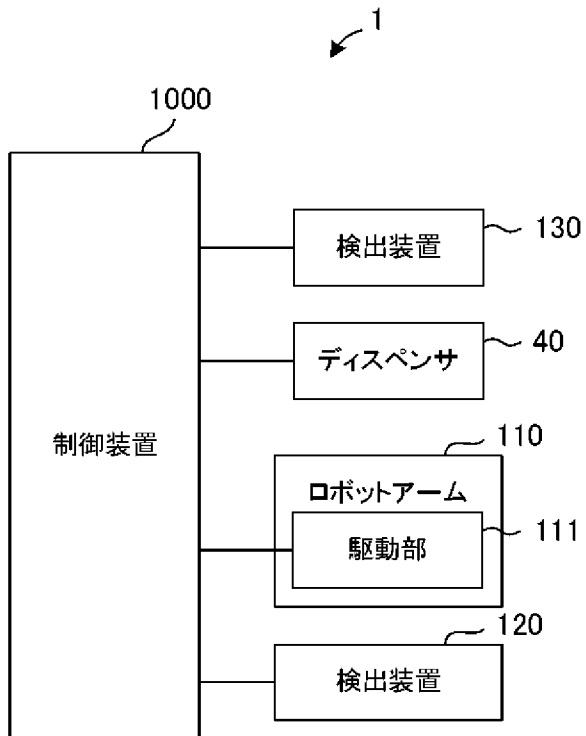


[図2]

(a)

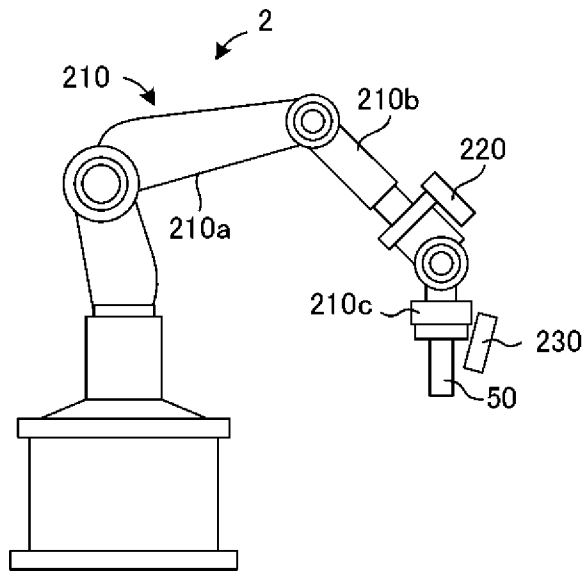


(b)

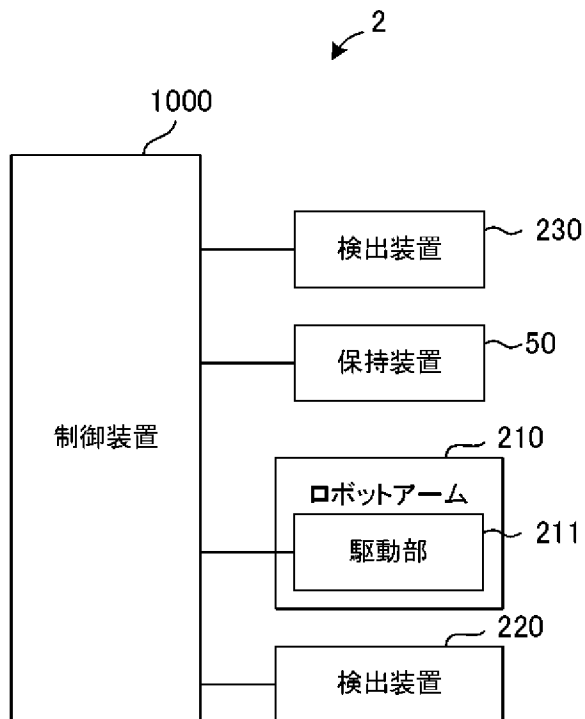


[図3]

(a)

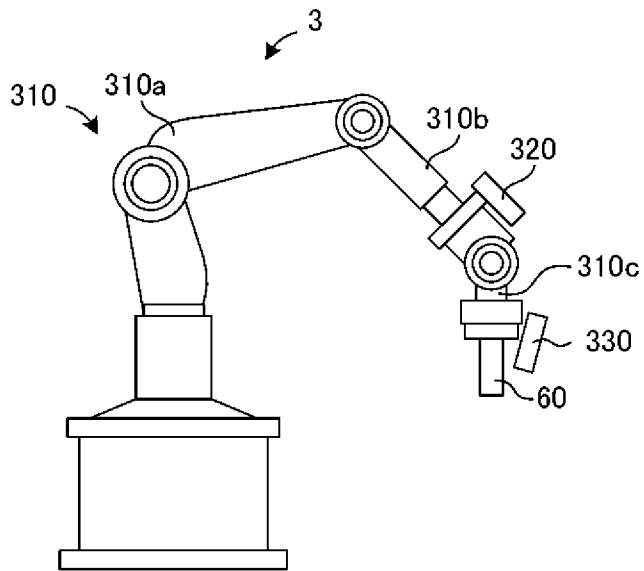


(b)

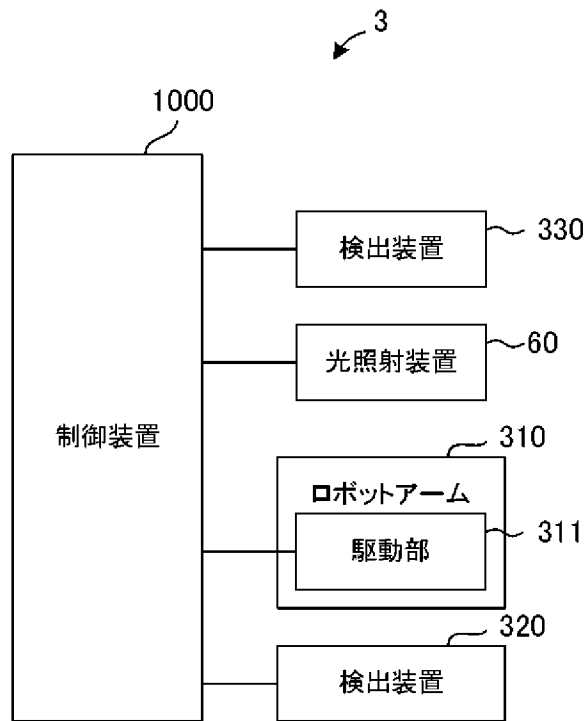


[図4]

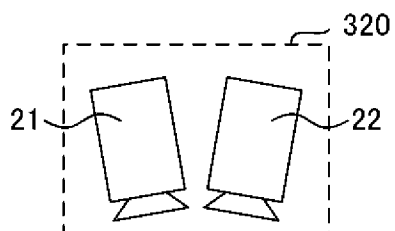
(a)



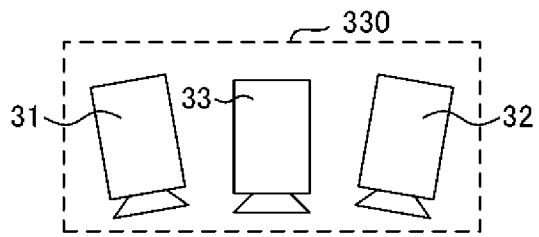
(b)



[図5]

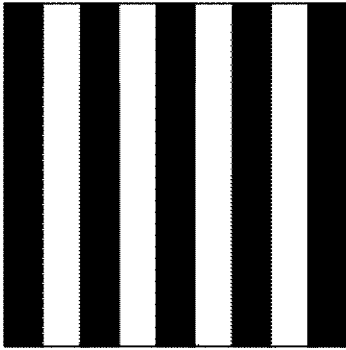


[図6]

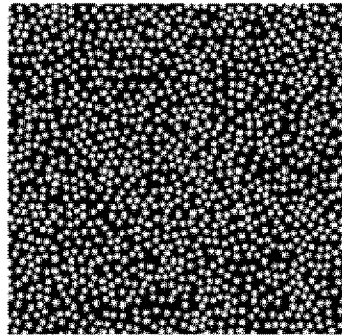


[図7]

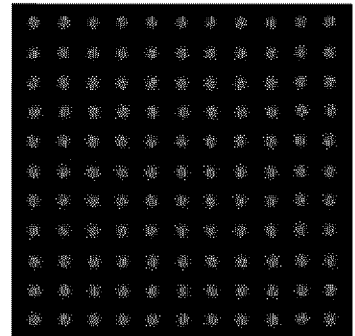
(a)



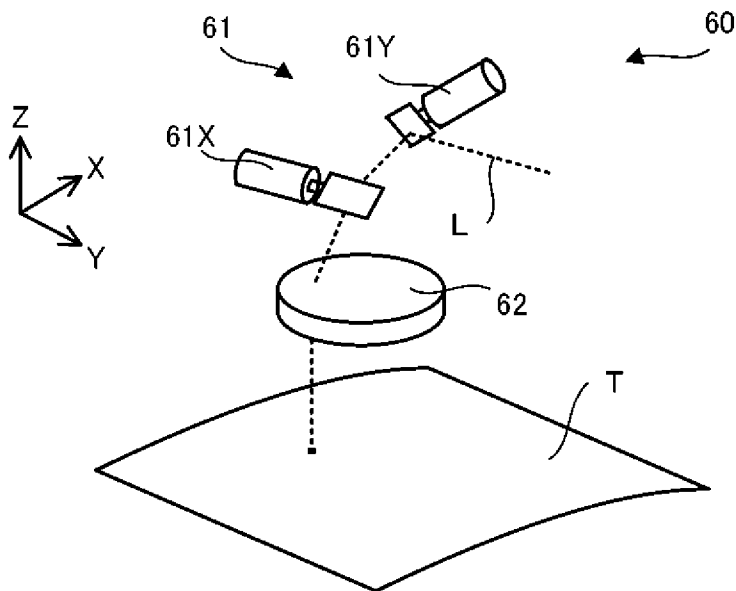
(b)



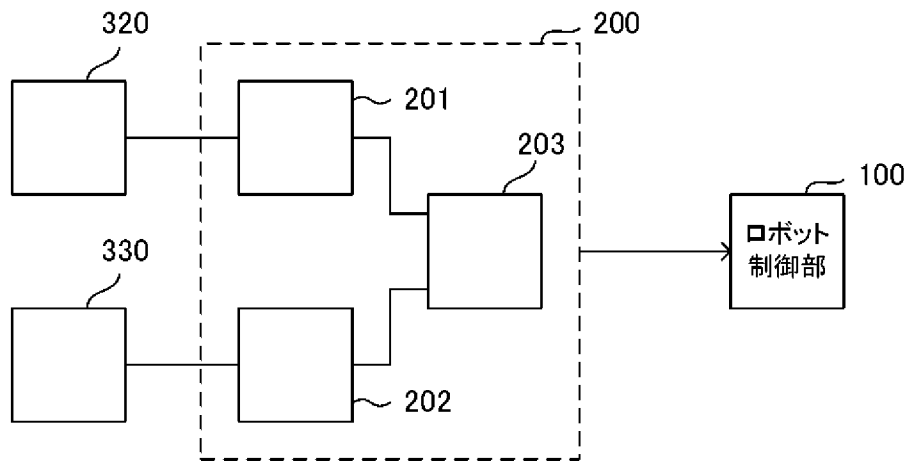
(c)



[図8]

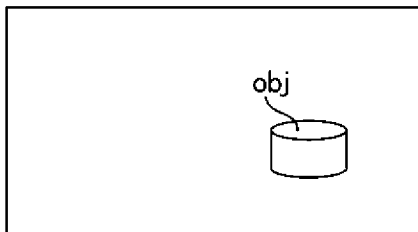


[図9]

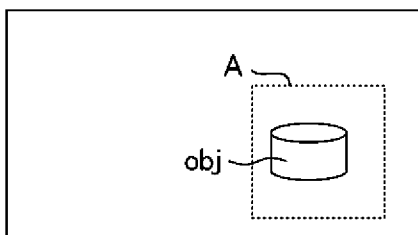


[図10]

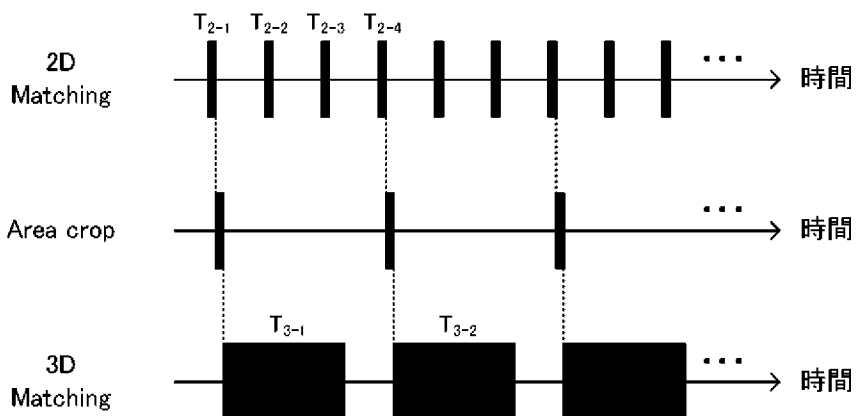
(a)



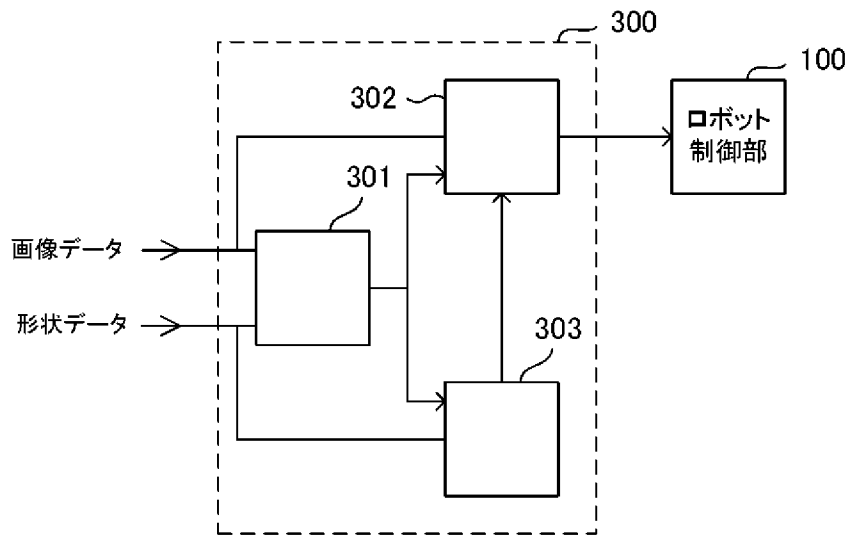
(b)



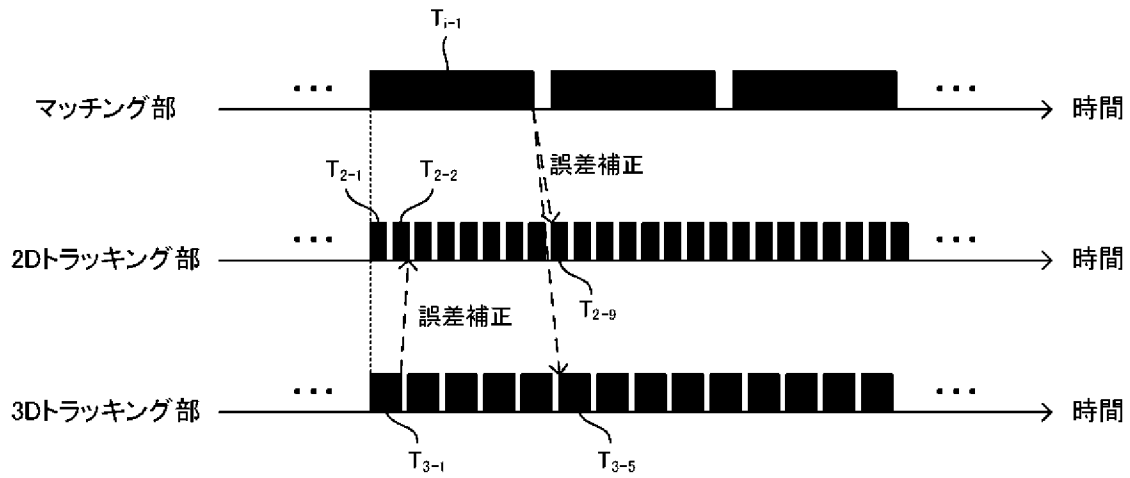
[図11]



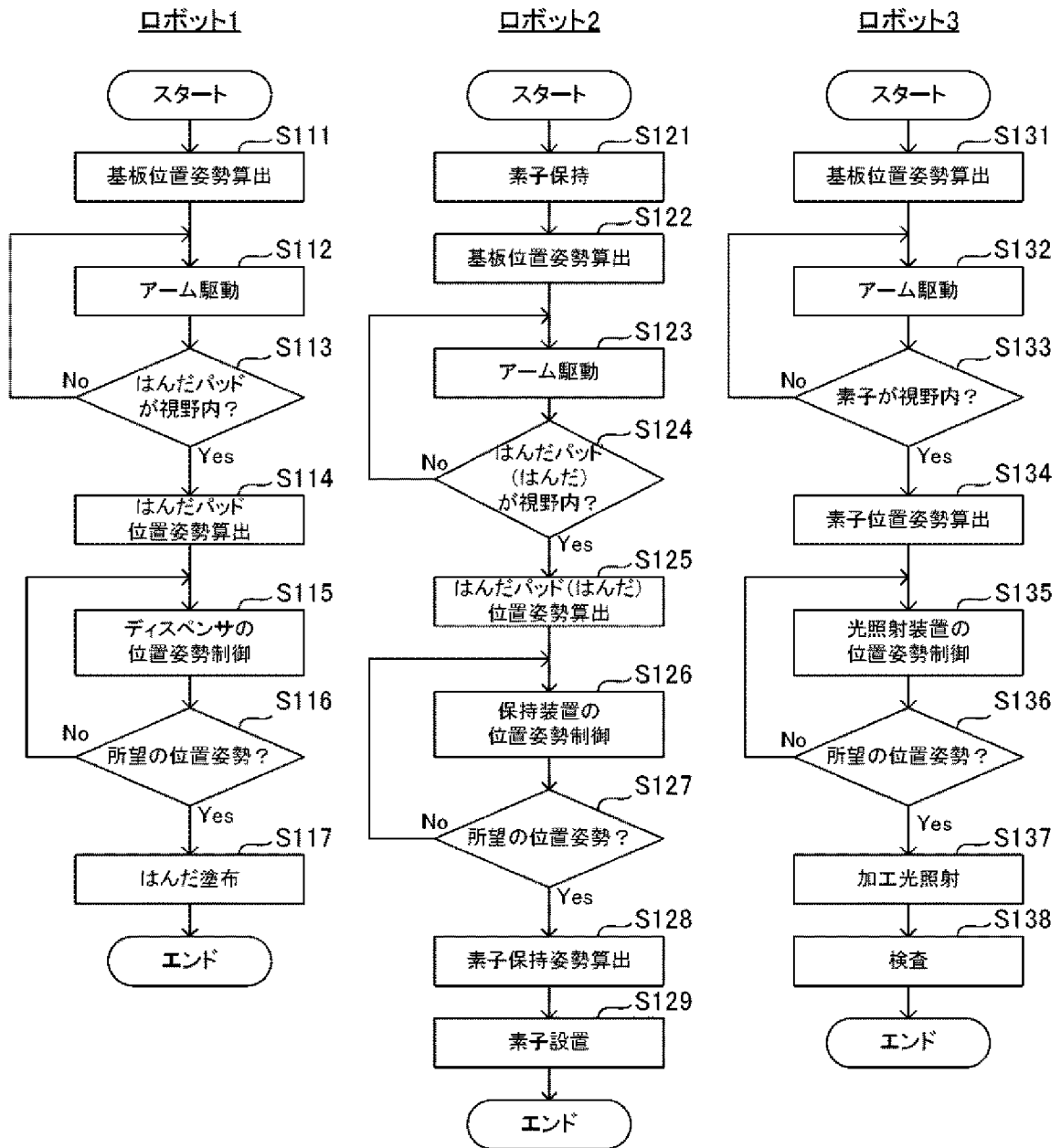
[図12]



[図13]

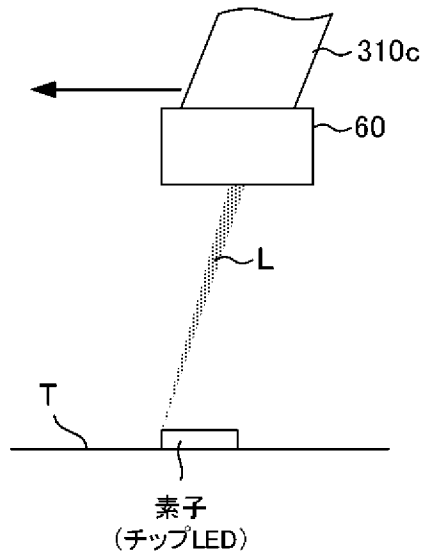


[図14]

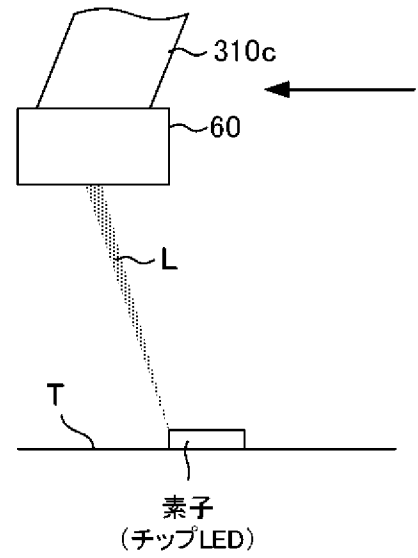


[図15]

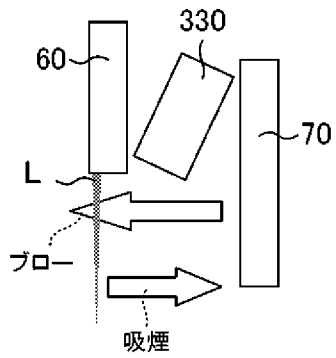
(a)



(b)

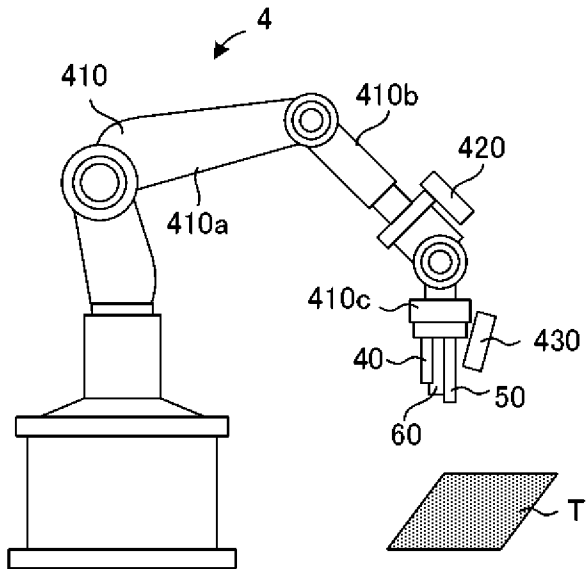


[図16]

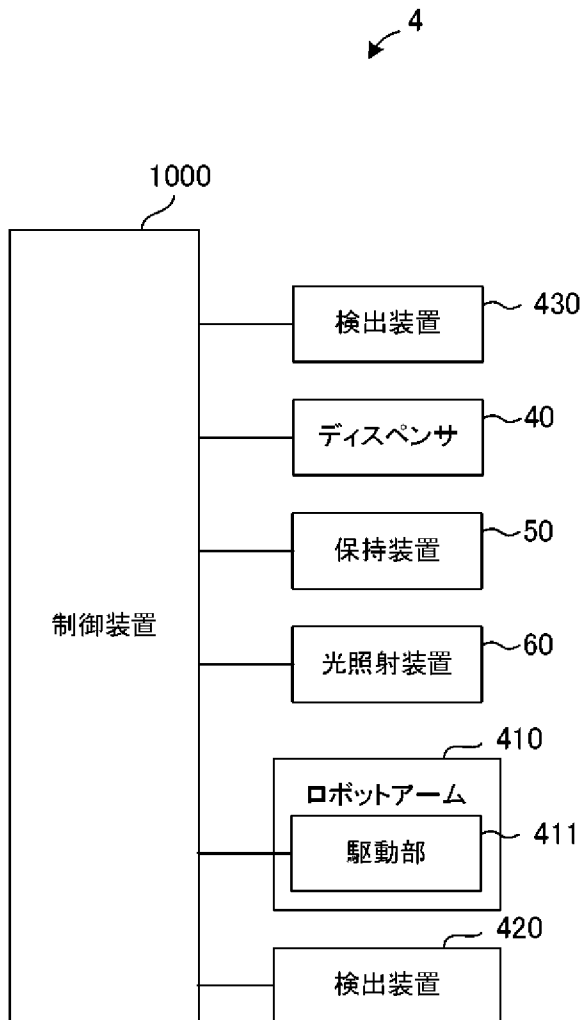


[図17]

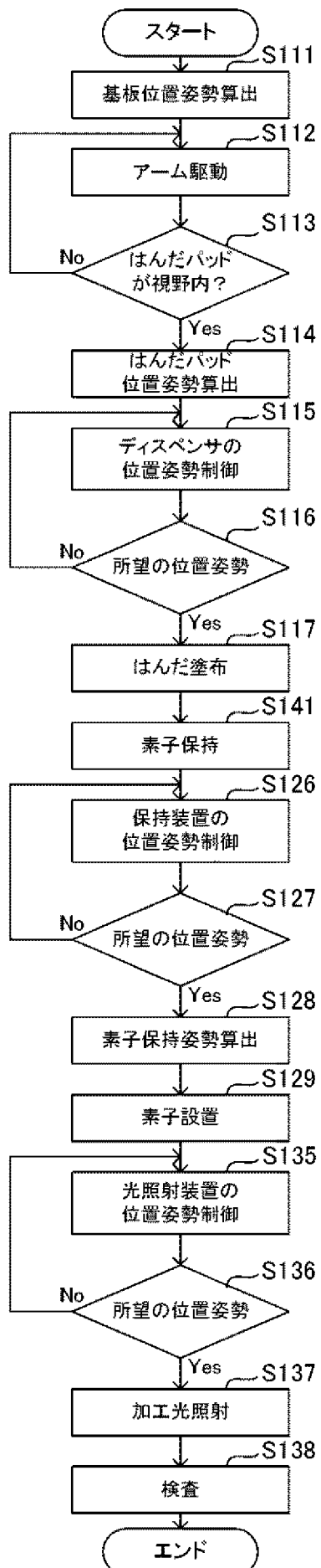
(a)



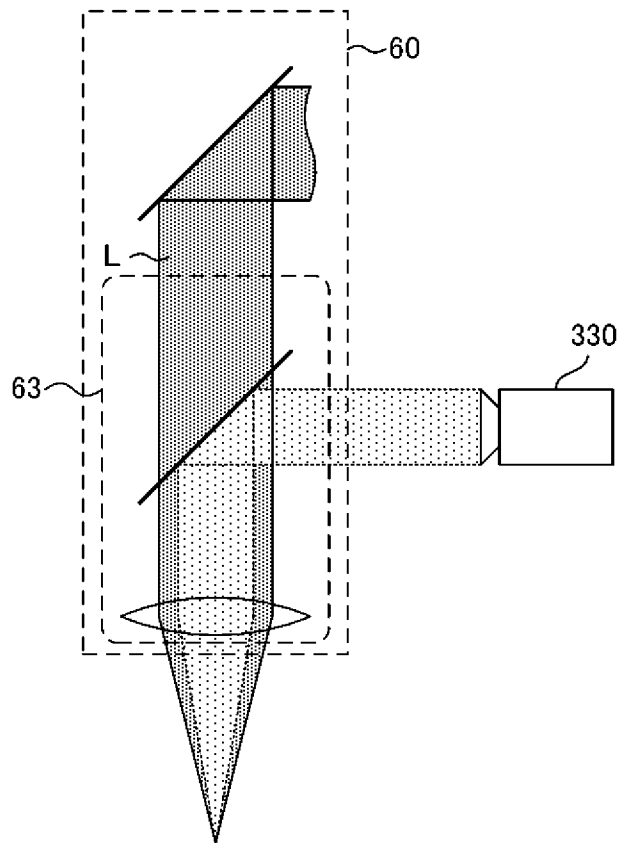
(b)



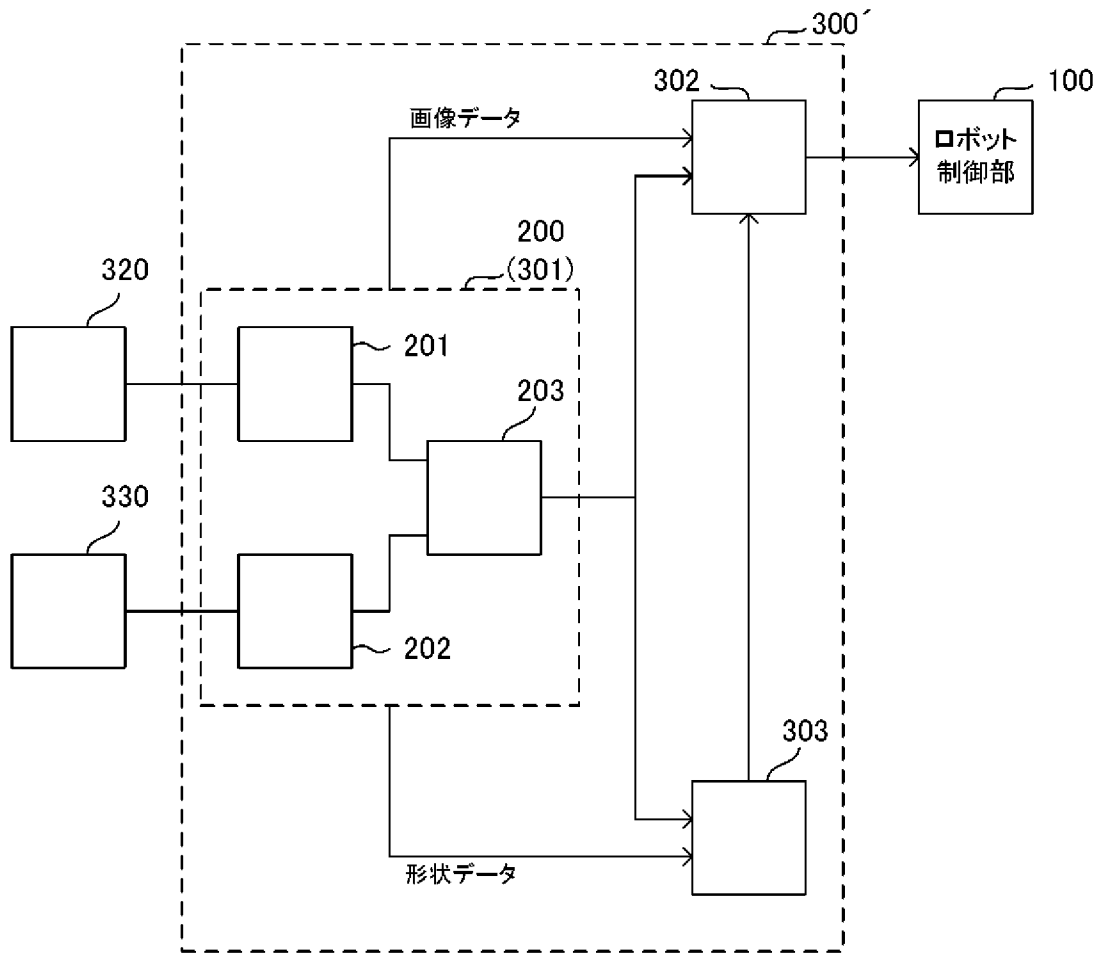
[図18]



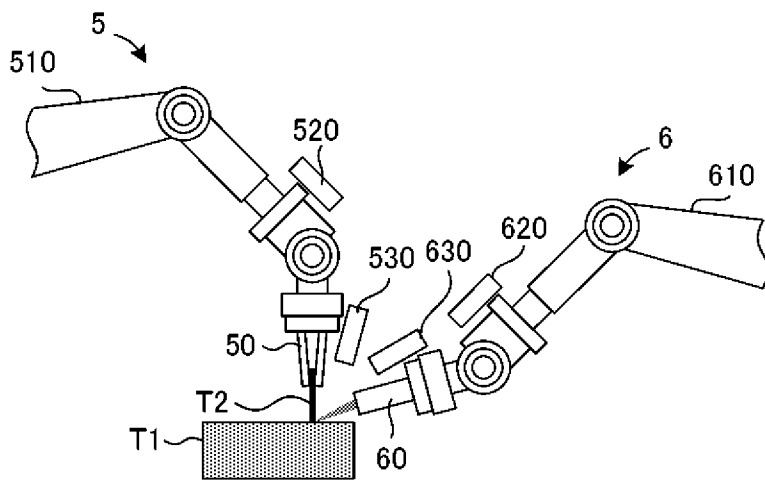
[図19]



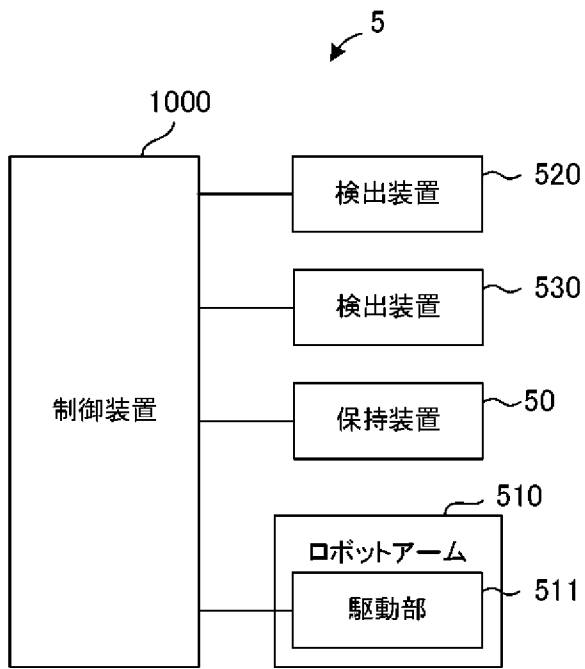
[図20]



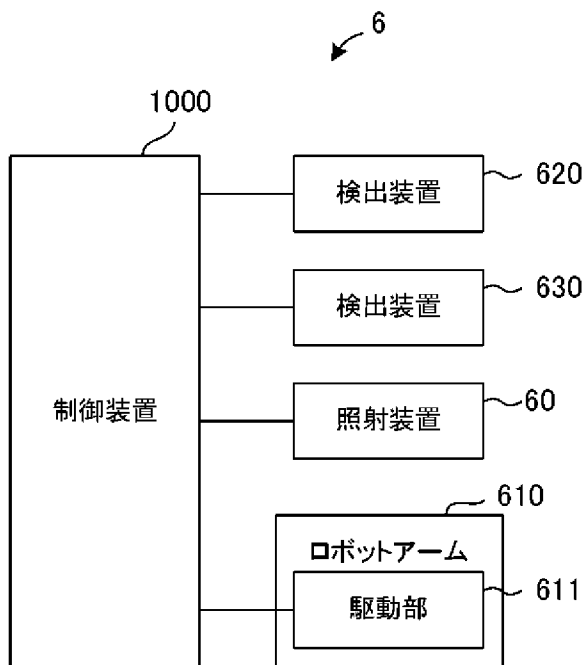
[図21]



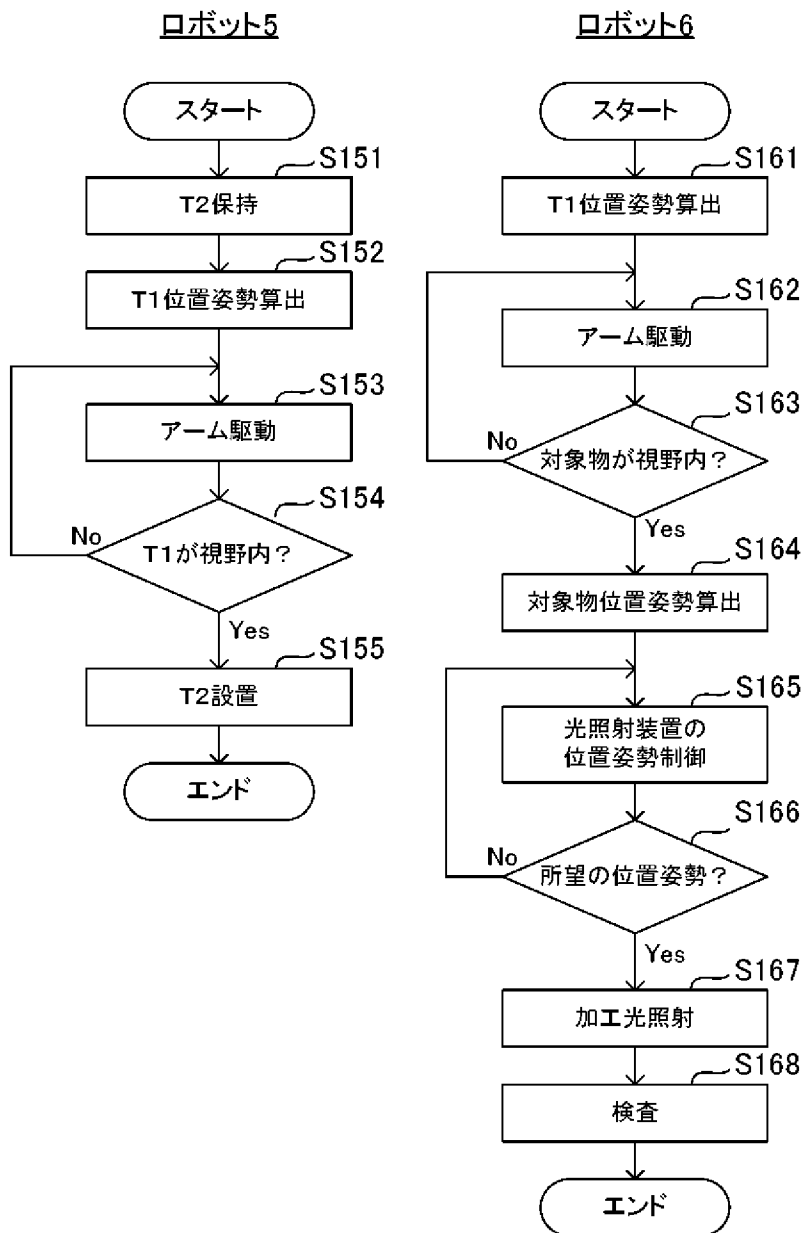
[図22]



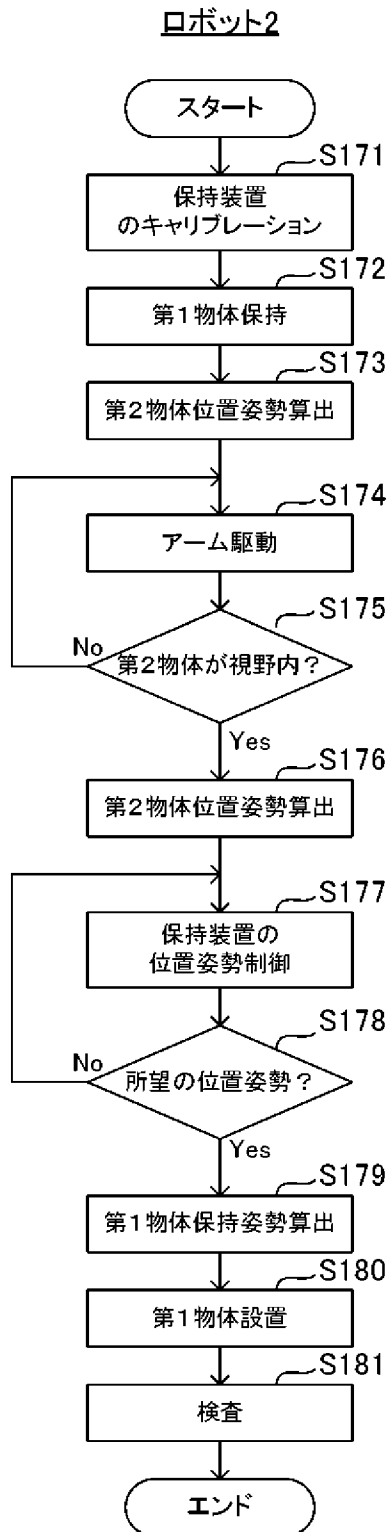
[図23]



[図24]



[図25]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2021/040110**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B25J 13/00</i> (2006.01)i FI: B25J13/00 Z		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B25J13/00		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6420404 B1 (FANUC LTD.) 07 November 2018 (2018-11-07) paragraphs [0013]-[0025], fig. 1-6	1-2, 4
Y		3, 7-15, 17-27, 33-41
X	JP 2020-163502 A (SEIKO EPSON CORP.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0009]-[0114], fig. 1-8	5-6, 16, 28-32
Y		3, 7-15, 17-27, 33-41
Y	JP 2012-161876 A (CANON INC.) 30 August 2012 (2012-08-30) fig. 1-3	12-15, 23-27
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>13 January 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>25 January 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/040110**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	6420404	B1	07 November 2018	US	2018/0315210	A1	
					paragraphs [0012]-[0041], fig. 1-6		
				DE	102018109309	A1	
				CN	108805927	A	
JP	2020-163502	A	08 October 2020	US	2020/0311854	A1	
					paragraphs [0015]-[0131], fig. 1-8		
				CN	111745640	A	
JP	2012-161876	A	30 August 2012	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/00(2006.01)i FI: B25J13/00 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）） B25J13/00		
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		
日本国実用新案公報	1922 - 1996年	
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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 6420404 B1（ファナック株式会社）07.11.2018（2018-11-07） 段落 [0013] - [0025] , 図1-6	1-2, 4
Y		3, 7-15, 17-27, 33-41
X	JP 2020-163502 A（セイコーエプソン株式会社）08.10.2020（2020-10-08） 段落 [0009] - [0114] , 図1-8	5-6, 16, 28-32
Y		3, 7-15, 17-27, 33-41
Y	JP 2012-161876 A（キヤノン株式会社）30.08.2012（2012-08-30） 第1-3図	12-15, 23-27
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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 “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 “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	13.01.2022	国際調査報告の発送日 25.01.2022
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）  杉山 悟史 3U 3322  電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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/JP2021/040110

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	6420404	B1	07.11.2018	US	2018/0315210	A1	
				段落 [0012] - [0041] , 図			
				1-6			
				DE	102018109309	A1	
				CN	108805927	A	
JP	2020-163502	A	08.10.2020	US	2020/0311854	A1	
				段落 [0015] - [0131] , 図			
				1-8			
				CN	111745640	A	
JP	2012-161876	A	30.08.2012	(ファミリーなし)			