

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

加工物の表面欠陥を検出する検出器と、  
前記検出器の位置を操作するロボットと、  
前記加工物を前記ロボットの動作範囲内に置いた状態で前記検出器が前記加工物の表面を  
スキャンするために前記ロボットを操作するロボットコントローラと、  
前記検出器が前記加工物の表面欠陥を検出したときの前記表面欠陥の位置情報または表面  
欠陥を検出したときの前記ロボットの姿勢情報を記憶する記憶装置と、  
前記加工物を前記ロボットの動作範囲外に置いた状態で前記加工物の表面を指し示す光を  
照射する指示器と、  
記憶された前記表面欠陥の位置情報または前記ロボットの姿勢情報に対応する前記表面欠  
陥の位置に光を照射するように前記指示器が照射する光の角度を操作する指示器コント  
ローラと、  
を備える表面欠陥検出・指示システム。

10

**【請求項 2】**

前記記憶装置または別の記憶装置に前記加工物の表面をスキャンするための前記ロボットの  
軌道を教示データとして記憶させ、  
前記教示データは前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度を一定に保つように  
作成され、  
前記ロボットコントローラは記憶された前記教示データに従って前記ロボットを操作し、  
前記表面欠陥の位置は前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度の情報と記憶さ  
れた前記ロボットの姿勢情報に基づいて特定される  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検出・指示システム。

20

**【請求項 3】**

前記検出器の受光部は画像データを取得するカメラであって、  
前記記憶装置または別の記憶装置に前記検出器で表面欠陥が検出されたときの画像データ  
を記憶させ、  
前記記憶装置または別の記憶装置に前記加工物の表面をスキャンするための前記ロボットの  
軌道を教示データとして記憶させ、  
前記教示データは前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度を一定に保つように  
作成され、  
前記ロボットコントローラは記憶された前記教示データに従って前記ロボットを操作し、  
前記表面欠陥の位置は前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度の情報と記憶さ  
れた前記ロボットの姿勢情報と記憶された前記画像データ中に占める表面欠陥の位置に基  
づいて特定される  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検出・指示システム。

30

**【請求項 4】**

前記検出器の受光部は画像データを取得するカメラであって、  
前記記憶装置または別の記憶装置に前記検出器で表面欠陥が検出されたときの画像データ  
を記憶させ、  
前記画像データを画面表示させるディスプレイを更に備え、  
前記ディスプレイが記憶された前記画像データを画面表示させるのと合わせて前記指示器  
コントローラが前記画像データに対応する表面欠陥に向けて光を照射する  
ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の表面欠陥検出・指示システ  
ム。

40

**【請求項 5】**

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の表面欠陥検出・指示システムを備えた加工物  
の製造設備において、  
前記加工物に対して、塗装、研磨、あるいは、薬品処理などといった表面処理を行う表面  
処理工程と、

50

前記加工物を前記ロボットの動作範囲内に置いて、前記検出器が前記加工物の表面をスキャンするように前記ロボットコントローラが前記ロボットを操作し、前記検出器が前記加工物の表面欠陥を検出したときには、前記表面欠陥の位置情報または表面欠陥を検出したときの前記ロボットの姿勢情報を前記記憶装置に記憶する検査工程と、

前記加工物を前記ロボットの動作範囲外に置いて、記憶された前記表面欠陥の位置情報または前記ロボットの姿勢情報に対応する前記表面欠陥の位置に光を照射するように、前記指示器コントローラが前記指示器の照射する光の角度を操作するとともに、その照射した光が指し示す前記加工物の表面部位に対して、再塗装、再研磨、あるいは、再薬品処理などといった再表面処理を行う再表面処理工程と、

によって加工物の表面処理を行うことを特徴とする表面処理の伴う加工物の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、加工物の表面欠陥を検出して、その検出された表面欠陥の位置を作業等に明示して表面欠陥を再加工させるための表面欠陥検出・指示システムおよび表面処理の伴う加工物の製造方法に関する技術である。

【背景技術】

【0002】

自動車などといった比較的大型の加工物に対して塗装を行うとき、車体表面に付着した塵／埃／塗料ミスト等の影響で、色ムラ／ブツ等の塗装欠陥を誘発する場合がある。塗装欠陥が発見されたときには、部分的に表面を削ぎ落とし、研磨するなどして手直しが行われ、その後、必要に応じて再塗装が行われる。

20

【0003】

大型の加工物で塗装欠陥を探す方法としては、表面光沢の変化などを捉える人間の官能的検査が主流となっているが、塗装欠陥が比較的小さいため、検査のノウハウが求められるほか、作業効率が悪く、ときには見落としもある。こういった課題は、塗装された加工物のほか、薬品等で表面処理された加工物や、研磨や成型加工された加工物についても同様のことが言える。

そこで、画像処理技術等により、そういった塗装欠陥を自動的に検出するため技術が開示されている。

30

【0004】

たとえば、特許文献1にて開示されている表面欠陥検出装置は、ボディ表面に対して所定の角度で光を照射する照明装置と、この照明装置によって照射され、ボディ表面で鏡面反射して入射される位置に配置されたCCDカメラとを備え、撮影された画像の中で欠陥の位置が特定されると、再塗装などの処理を行うために、孤立点の位置座標を外部出力する。

【0005】

また、特許文献2にて開示されている表面欠陥検査方法は、明暗パターンを有した光源を車の塗装面等に写し出して、カメラを介してコンピュータに画像を取り込ませ、取り込んだ画像の濃度ヒストグラムを作成し、その濃度ヒストグラムから欠陥を抽出する工程を有し、欠陥が抽出されたときには、コンピュータに予め入力した検査表面の図に欠陥とその位置をマーキングし、プリントアウトして塗装の手直し工程に送り、欠陥を手直しさせる。

40

【0006】

また、特許文献3にて開示されている表面欠陥認識のための方法は、光学的な測定手段の後にマーキング装置が後置されており、そのマーキング装置は、コンピュータ装置を介して制御されて可動かつ解発可能なマーキングノズルを有し、認識された重要な表面欠陥のある箇所を水溶性のインクでマーキングするものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

## 【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 1 3 2 9 5 7 ( 段落番号 0 0 1 2、0 0 1 3 の記載ほか )

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 0 5 9 7 1 7 ( 段落番号 0 0 1 1、0 0 2 4 の記載ほか )

【特許文献 3】特表 2 0 0 2 - 5 0 8 0 7 1 ( 請求の範囲 1 8 の記載ほか )

## 【 発 明 の 概 要 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 0 8 】

ロボットで加工物の表面欠陥を検出した後で、その欠陥の修復を行うときには、ロボットの動作範囲内に作業者を立ち入らせることが危険なため、ロボットを完全に停止させるか、加工物をロボットの動作範囲外に置く必要がある。この場合、外部出力された位置情報 ( 特許文献 1 ) や、コンピュータに入力された検査表面の図 ( 特許文献 2 ) により、表面欠陥の位置をある程度把握できるものの、その情報を元に作業者が加工物の表面を見ながら、表面欠陥を再度探さなければならないこととなる。

10

## 【 0 0 0 9 】

また、インクで表面欠陥をマーキングしていれば ( 特許文献 3 )、その表面欠陥を再度探す手間が省けるものの、そのインクを落とすという作業が必要となるほか、インクを落とすにくい箇所や、インクがついてはならない箇所にマーキングされてしまうという問題が残る。

## 【 0 0 1 0 】

そこで、本発明では、加工物の表面欠陥を自動的に検出するとともに、作業者に対して安全な環境を維持しつつ、その表面欠陥の位置を正確かつすばやく明示し、その後の表面欠陥の再加工を円滑に行わせることのできる表面欠陥検出・指示システムおよび表面処理の伴う加工物の製造方法を提供する。

20

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明第 1 の形態による表面欠陥検出・指示システムは、加工物の表面欠陥を検出する検出器と、前記検出器の位置を操作するロボットと、前記加工物を前記ロボットの動作範囲内に置いた状態で前記検出器が前記加工物の表面をスキャンするために前記ロボットを操作するロボットコントローラと、前記検出器が前記加工物の表面欠陥を検出したときの前記表面欠陥の位置情報または表面欠陥を検出したときの前記ロボットの姿勢情報を記憶する記憶装置と、前記加工物を前記ロボットの動作範囲外に置いた状態で前記加工物の表面を指し示す光を照射する指示器と、記憶された前記表面欠陥の位置情報または前記ロボットの姿勢情報に対応する前記表面欠陥の位置に光を照射するように前記指示器が照射する光の角度を操作する指示器コントローラと、を備えることを特徴とする。

30

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明第 2 の形態による表面欠陥検出・指示システムは、第 1 の形態に加え、前記記憶装置または別の記憶装置に前記加工物の表面をスキャンするための前記ロボットの軌道を教示データとして記憶させ、前記教示データは前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度を一定に保つように作成され、前記ロボットコントローラは記憶された前記教示データに従って前記ロボットを操作し、前記表面欠陥の位置は前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度の情報と記憶された前記ロボットの姿勢情報に基づいて特定されることを特徴とする。

40

## 【 0 0 1 3 】

また、本発明第 3 の形態による表面欠陥検出・指示システムは、第 1 の形態に加え、前記検出器の受光部は画像データを取得するカメラであって、前記記憶装置または別の記憶装置に前記検出器で表面欠陥が検出されたときの画像データを記憶させ、前記記憶装置または別の記憶装置に前記加工物の表面をスキャンするための前記ロボットの軌道を教示データとして記憶させ、前記教示データは前記加工物の表面と前記検出器との間の距離と角度を一定に保つように作成され、前記ロボットコントローラは記憶された前記教示データに従って前記ロボットを操作し、前記表面欠陥の位置は前記加工物の表面と前記検出器と

50

の間の距離と角度の情報と記憶された前記ロボットの姿勢情報と記憶された前記画像データ中に占める表面欠陥の位置に基づいて特定されることを特徴とする。

【0014】

また、本発明第4の形態による表面欠陥検出・指示システムは、第1ないし第3の形態に加え、前記検出器の受光部は画像データを取得するカメラであって、前記記憶装置または別の記憶装置に前記検出器で表面欠陥が検出されたときの画像データを記憶させ、前記画像データを画面表示させるディスプレイを更に備え、前記ディスプレイが記憶された前記画像データを画面表示させるのと合わせて前記指示器コントローラが前記画像データに対応する表面欠陥に向けて光を照射することを特徴とする。

【0015】

また、本発明第5の形態による表面処理の伴う加工物の製造方法は、第1ないし第4の形態による表面欠陥検出・指示システムを備えた加工物の製造設備において、前記加工物に対して、塗装、研磨、あるいは、薬品処理などといった表面処理を行う表面処理工程と、前記加工物を前記ロボットの動作範囲内に置いて、前記検出器が前記加工物の表面をスキャンするように前記ロボットコントローラが前記ロボットを操作し、前記検出器が前記加工物の表面欠陥を検出したときには、前記表面欠陥の位置情報または表面欠陥を検出したときの前記ロボットの姿勢情報を前記記憶装置に記憶する検査工程と、前記加工物を前記ロボットの動作範囲外に置いて、記憶された前記表面欠陥の位置情報または前記ロボットの姿勢情報に対応する前記表面欠陥の位置に光を照射するように、前記指示器コントローラが前記指示器の照射する光の角度を操作するとともに、その照射した光が指し示す前記加工物の表面部位に対して、再塗装、再研磨、あるいは、再薬品処理などといった再表面処理を行う再表面処理工程と、によって加工物の表面処理を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明第1の形態による表面欠陥検出・指示システムおよび本発明第5の形態による表面処理の伴う加工物の製造方法によれば、ロボットの動作範囲内に表面処理された加工物を置いて、その加工物の表面をスキャンさせ、表面欠陥があったときには、その欠陥位置を特定する情報を記憶させておき、そのスキャン後に、加工物をロボットの動作範囲外におき、欠陥位置情報をもとに指示器がその表面欠陥の位置を光で照射することのほか、その照射した光が指し示す加工物の表面部位に対して再表面処理を行うため、作業者はその光をもとにして表面欠陥を容易に認識できて表面欠陥を取り除くための再表面処理がスムーズに行えるほか、加工物に対する再表面処理を、ロボットの動きなどを気にすることなく安全に行うことができる。

【0017】

また、本発明第2の形態による表面欠陥検出・指示システムによれば、加工物の表面と検出器との間の距離と角度を一定に保つようにロボットの教示データが作成され、表面欠陥の位置が、加工物の表面と検出器との間の距離と角度の情報と、欠陥を発見したときのロボットの姿勢情報に基づいて特定されるので、表面欠陥の位置をより高い精度で指し示すことができる。

【0018】

また、本発明第3の形態による表面欠陥検出・指示システムによれば、画像データを取得するカメラを検出器の受光部とし、表面欠陥が検出されたときの画像データを取得し、表面欠陥の位置が、加工物の表面と検出器との間の距離と角度の情報と、欠陥を発見したときのロボットの姿勢情報と、画像データ中に占める表面欠陥の位置に基づいて特定されるので、表面欠陥の位置を更に高い精度で指し示すことができる。

【0019】

また、本発明第4の形態による表面欠陥検出・指示システムによれば、画像データを画面表示させるディスプレイを更に備え、ディスプレイが表面欠陥に対応する画像データを画面表示させるのと合わせて、指示器が表面欠陥に光を照射するので、作業者が表面欠陥を容易に認識できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】実施例1による表面欠陥検出・指示システムの全体構成を示す説明図

【図2】工場内ネットワークの構成を示す説明図

【図3】検出器をロボットに取り付けたときの状態を示す説明図

【図4】検出器にて加工物の表面をスキャンしているときの状態を示す説明図

【図5】指示器の具体的構成を示す説明図

【図6】ロボットの軌道パターンの一例を示す説明図

【図7】検出器と加工物表面の位置関係を示す説明図

## 【発明を実施するための形態】

## 【実施例1】

## 【0021】

本発明の実施例1にかかる表面欠陥検出・指示システムについて説明する。図1は、実施例1による表面欠陥検出・指示システムの全体構成を示す説明図であり、自動車の製造ラインの中に表面欠陥検出・指示システムを配置したケースを想定している。

## 【0022】

自動車製造ライン11には、工程の一部として、加工物(車体)12の塗装工程13A、検査工程13B、研磨工程13C、再塗装工程13Dなどがある。

## 【0023】

塗装工程13Aは、塗装ロボット101および塗装ロボットコントローラ102によって加工物12へ塗装を施す工程であり、表面に研磨を必要とする製造ラインでは研磨工程、表面に薬品処理を必要とする製造ラインでは薬品処理工程、というように、加工物に対する表面処理を行うための工程に相当する。

## 【0024】

また、研磨工程13Cや再塗装工程13Dは、加工物12に塗装欠陥があるときに、その欠陥部分を除去して再塗装を施す工程であり、表面に薬品処理を必要とする製造ラインでは再薬品処理工程、というように、加工物の表面の一部に再表面処理を行うための工程に相当する。

## 【0025】

検査工程13Bには、加工物12の表面欠陥を検出する検出器14A～14D(検出器14と表す場合がある)と、検出器14の位置を操作するロボット15A～15D(ロボット15と表す場合がある)と、ロボット15を操作するロボットコントローラ16を備える。加工物12がロボット15の動作範囲内に入ったときには、検出器14が加工物12の表面をスキャンするように、ロボットコントローラ16がロボット15を動作させるようになっている。

## 【0026】

安全衛生の観点から、検査工程13Bのエリア内には、作業者が立ち入れないような安全防護柵のほか、作業者がみだりに立ち入ったときにロボット15を非常停止させる停止機構(インターロックガード)などが設けられる。検出器14の位置操作を多関節ロボット(たとえば、姿勢を含めた位置制御を行わせようとする場合には6軸、あるいは、さらに冗長性を持たせるために7軸以上のロボットを用いると好適である)に行わせることで、加工物12の表面が曲面などになっていたとしても、加工物12の表面と垂直で、かつ一定距離を保ちつつ検出器14を走査させることができる。また、図1のように検出器14を取り付けたロボット15を複数台設置することで、検査時間の短縮化やロボットの小型化も実現される。

## 【0027】

研磨工程13Cには、加工物12の表面を指し示す光を照射する指示器17A～17D(検出器17と表す場合がある)と、表面欠陥の位置に光を照射するように、指示器17が照射する光の角度を操作する指示器コントローラ18を備える。研磨工程13Cは、ロボット15の動作範囲外に設置し、作業者が立ち入っても、ロボットと接触しないように

10

20

30

40

50

なっている。なお、図 1 のように指示器 17 A ~ 17 D を複数台設置することで、光を照射するために最適な指示器を選択することができる。

【0028】

図 2 は、工場内ネットワークの構成を示す説明図である。これらの各工程間の処理(または、その一部の処理)は、工場内ネットワーク 103 と接続された計算機 19 にて管理する。計算機 19 には記憶装置 21、CPU 22、メモリ 23、クロック 24、通信 I/F 25 をなど備え、記憶装置 21 には、各種記憶領域 21 A, 21 B, 21 C, ... が確保されている。また、工場内ネットワーク 103 は、各工程のコントローラ 16, 18, 102 とも接続され、計算機 19 や各コントローラとの間で必要な情報の送受信が行われる。

10

【0029】

検査工程 13 B にて、検出器 14 が加工物 12 の表面欠陥を検出したときには、ロボットコントローラ 16 がロボット 15 の姿勢情報を計算機 19 へ送信するようになっており、その姿勢情報が欠陥位置記憶領域 21 A に記憶される。

表面欠陥の位置と検出器の向きは、一定値とした加工物 12 の表面と検出器との間の距離と角度のほか、ロボットの姿勢情報に基づいて特定されるので、そういった座標変換の処理を指示器コントローラ 18 などに行わせるとよい。

【0030】

また、検出器 14 が加工物 12 の表面欠陥を検出したときには、ロボットコントローラ 16 にて、表面欠陥の位置や検出器の向きを算出して、その算出された情報を計算機 19 へ送信して欠陥位置記憶領域 21 A に記憶させるようにしてもよい。

20

【0031】

検査工程 13 B における加工物 12 の表面のスキャンが終わると、加工物 12 は研磨工程 13 C に送られる。研磨工程 13 C に加工物 12 が入ったときには、作業者の指示により、いずれかの指示器 17 A ~ 17 D が加工物 12 の表面欠陥の位置を指し示すようになっており、指示器コントローラ 18 が計算機 19 にある欠陥位置記憶領域 21 A の情報を読み込んで、指示器コントローラ 18 により指示器 17 の角度を調整することで、表面欠陥の位置に光を照射する。指示器 17 にて光を照射する範囲内には、作業者が立ち入ることになるので、指示器 17 が照射する光は人体への影響が少ない(JIS C 6802:2005(IEC60825-1:2001)で定める)クラス 1、クラス 2 などのレーザポインタ等を用いるとよい。

30

【0032】

欠陥位置記憶領域 21 A に記憶された情報が、加工物 12 の表面欠陥の位置をあらわすものである場合には、その位置を光が通過するように指示器 17 の向きを制御し、一方、欠陥位置記憶領域 21 A に記憶された情報が、加工物 12 の表面欠陥を発見したときのロボット 15 の姿勢を表すものである場合には、ロボット 15 の姿勢情報から、表面欠陥の位置や検出器の向きを算出した後で、前述した処理を行うようにしておけばよい。

【0033】

次いで、検査工程 13 B 内にある検出器 14 およびロボット 15 等の構成をより具体的に説明する。図 3 は、検出器をロボットに取り付けたときの状態を示す説明図であり、図 4 は、検出器にて加工物の表面をスキャンしているときの状態を示す説明図である。

40

検出器 14 は、ブラケット 31、照明ユニット 32、カメラ 33 などにて構成され、照明ユニット 32、カメラ 33 がブラケット 31 にて固定され、ブラケット 31 がロボットアーム 34 の先端に取り付けられる。

【0034】

照明ユニット 32 は紫外線を出力し、レンズ拡散板 35 を通って加工物 12 の表面を照射する。なお、加工物 12 の表面の状態によっては、肉眼でも検出器 14 の鏡像 36 を視認できる場合がある。

カメラ 33 は、検出器 14 の受光部の役割を果たし、画像データを取得する。また、そのレンズに紫外線通過フィルタ(図示省略)が取り付けられており、可視光線等の余分な光をフィルタリングして紫外線の像(鏡像 36 のうち、紫外線以外の光をカットした像)を取

50

得するようにしてもよい。

【0035】

レンズ拡散板 35 が、一定間隔でスリットパターンを形成するようレンズ加工されており、カメラ 33 にて撮影される像は、図 4 (a) に示すような縞模様となる。ここで、表面欠陥がない箇所では撮影された像は、レンズ拡散板 35 のレンズ形状に応じた縞模様 41a のみが映り、図 4 (b) (c) に示すように、表面欠陥がある箇所では撮影された像には、縞模様 41b のほかに、反射ムラ 42b、42c が映りこむこととなる。

【0036】

なお、表面欠陥を検出する方法として、次の 2 例を示しておく。

(例 1) 取得した画像と、その 1 フレーム前の画像とのフレーム間差分をとり、その差分画像を所定の閾値を境として二値化処理する。そうすると、表面欠陥の部分が反転されるので、二値化画像の中である程度の一定以上の大きさとなる領域の有無を(プロブ解析などによって)調べ、そういった領域があれば、その領域を表面欠陥として識別する。

(例 2) 取得した画像に対して、図 4 の縞模様 41 に相当する部分をマスキングする。そうすると、表面欠陥の部分だけが明るく表示されるので、マスキングされた画像の各画素について、周囲と比べれば輝度が高ければ白、そうでなければ黒というような、動的二値化画像を生成する。そして、二値化画像の中である程度の一定以上の大きさとなる領域の有無を(プロブ解析などによって)調べ、そういった領域があれば、その領域を表面欠陥として識別する。

【0037】

検出器 14 とロボット 15 が一体となっているので、こういった画像処理はロボットコントローラ 16 に行わせるとよい。また、ロボットコントローラ 16 の代わりに、計算機 19 や図示しない他の計算機でこういった画像処理をさせても差し支えない。

【0038】

ロボット 15 により検出器 14 を操作しながら加工物 12 の表面をスキャンしている途中で、表面欠陥が検出された場合には、ロボットコントローラ 16 が欠陥を検出した検出器(14a ~ 14d のいずれか)を操作しているロボット(15a ~ 15d のいずれか)の各軸の関節角度の情報を取得して、欠陥位置記憶領域 21A などといった工場内ネットワーク 103 内にある記憶装置(あるいは工場内ネットワーク 103 を経由してアクセスできる別の記憶装置でもよい)にその情報を記憶させる。ここで、ロボット 15 が複数台設置されている場合には、記憶させる情報に、欠陥を検出した検出器が取り付けられたロボット(15a ~ 15d のいずれか)を特定するための情報が含まれることはいうまでもない。

【0039】

あるいは、表面欠陥が検出された場合には、ロボットコントローラ 16 に、表面欠陥の位置(3次元空間における位置(x,y,z)および姿勢( , , ))を算出させ、その位置情報を欠陥位置記憶領域 21A などに記憶させるようにしてもよい。

【0040】

このように、表面欠陥の位置の算出は、必ずしもロボットコントローラ 16 に行わせる必要はなく、同じような位置算出の演算を計算機 19 などにて処理させるようにしてもよい。この場合、計算機 19 はロボットコントローラ 16 から、カメラ 33 と加工物 12 の表面との間でなす角度と距離、ロボット 15 の各軸の位置(角度)を受け取り、所要の計算により欠陥位置を求めてもよいし、計算機 19 はロボットコントローラ 16 から送られた情報を単に記憶しておくにとどめ、後述する指示器コントローラ 18 等に所要の計算をさせるようにしてもよい。

【0041】

こういった形態のほか、処理の分散化を図るため、図 2 の記憶装置 21 には、ロボットの姿勢情報を記憶するための現在姿勢情報記憶領域 21C を設けておき、ロボットコントローラ 16 が、各ロボット 15a ~ 15d の姿勢情報を現在姿勢情報記憶領域 21C に逐一記録するようにしておくと共に、いずれかの検出器 14 が表面欠陥を検出したときには、ロボットコントローラ 16 が欠陥検出信号を計算機 19 に送信するようにしておき、計



算機 19 がその欠陥検出信号を受けて、現在姿勢情報記憶領域 21C に記憶された情報を元に、表面欠陥の位置(3次元空間における位置(x,y,z)および姿勢( , , ))を算出させ、その位置情報を欠陥位置記憶領域 21A などに記憶させるようにしてもよい。

#### 【0042】

いずれにしても、表面欠陥の位置と検出器の向きは、一定値とした加工物 12 の表面と検出器との間の距離と角度のほか、ロボットの姿勢情報に基づいて特定される。各ロボットの設置場所と初期姿勢、各アーム(ロボットのワーク部分となる検出器を含む)の長さ、欠陥検出時のロボットの各関節の角度、欠陥検出時の検出器と表面との間でなす角度と距離がわかれば、順運動学等により、検出器が向いた先にある加工物 12 の表面位置(および検出器の向き)を一意に特定することができる。従って、ロボットコントローラ 16、指示器コントローラ 18 あるいは計算機 19 などのいずれかの記憶装置に、こういった物理状態量に関する情報(表面欠陥を検出したときの情報であれば、座標変換する前の情報であっても、変換した後の情報であっても構わない)を記憶させておけばよい。

#### 【0043】

続いて、研磨工程 13C 内にある指示器 17 の構成をより具体的に説明する。指示器 17 は、研磨工程 13C 内にある柱、壁、天井などに固定される。図 5 は、指示器の具体的な構成を示す説明図であり、図 5 に示される x y z 座標系にて、指示器 17 を天井に取り付けた場合を考えると、指示器 17 が、台座 51 と z 軸ユニット 52 との間は z 方向に回転し、z 軸ユニット 52 と光源 53 を搭載した y 軸ユニット 54 との間は y 方向に回転する構造としたとき、指示器 17 の中心から (x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>) だけ離れた位置に光を照射させるためには、

$$\begin{aligned} \theta_y &= \tan^{-1} (z_0 \div (x_0^2 + y_0^2)) , \\ \theta_z &= \tan^{-1} (y_0 \div x_0) \end{aligned}$$

となるように、指示器コントローラ 18 が指示器 17 を制御すればよいことになる。

#### 【0044】

なお、図 1 のように指示器 17 が複数ある場合には、すべての指示器 17a ~ 17d に表面欠陥を指示させるといった方法も考えられるが、照射しようとする表面欠陥の位置によっては、影になり、あるいは、裏側から光を照射してしまうなど、表面欠陥に所望の光を照射できない指示器も存在しうる。

#### 【0045】

このため、指示器 17 が表面欠陥の位置を指し示すときには、表面欠陥を検出したときの検出器 14 の向き(方向ベクトル a)と、各指示器 17a ~ 17d の向き(方向ベクトル b)との内積値(= a · b ÷ (|a| |b|))を各指示器についてそれぞれ演算し、内積値が一番大きな値となる指示器(あるいは内積値が一定値以上となる指示器)に光を照射させるようにすればよい。

#### 【0046】

(内積値) = a · b ÷ (|a| |b|) にて内積を定義すれば、その値は -1 から 1 までの実数値をとりうる。内積値が大きければ(1に近い値となっていれば)、検出器と指示器が近い向き(加工物 12 の表面に対して垂直に近い状態)にあるということがいえるので、表面欠陥に光を照射しやすいばかりでなく、照射される位置の誤差も抑えやすい。また、内積値が小さければ(0に近い値または負の値となっていれば)、表面欠陥に光を当てにくい位置関係にあるといえるので、そういった指示器 17a ~ 17d については、光を照射しないように、指示器コントローラ 18 がレーザ光を OFF とする制御をしてもよい。

こういった状況の下で作業者は、指示器 17 によって照射された光が指し示す加工物 12 の表面部位に対して、再塗装、再研磨、あるいは、再薬品処理などといった再表面処理を行う。

#### 【0047】

このように、本発明の実施例 1 にかかる表面欠陥検出・指示システムによれば、ロボットの動作範囲内に表面処理された加工物を置いて、その加工物の表面をスキャンさせ、表面欠陥があったときには、その欠陥位置を特定する情報を記憶させておき、そのスキャン

10

20

30

40

50

後に、加工物をロボットの動作範囲外におき、欠陥位置情報をもとに指示器がその表面欠陥の位置を光で照射することのほか、その照射した光が指し示す加工物の表面部位に対して再表面処理を行うため、作業者はその光をもとにして表面欠陥を容易に認識できて表面欠陥を取り除くための再表面処理がスムーズに行えるほか、加工物に対する再表面処理を、ロボットの動きなどを気にすることなく安全に行うことができる。

【実施例 2】

【0048】

続いて、本発明の実施例 2 にかかる表面欠陥検出・指示システムについて説明する。実施例 2 では、加工物(車体)の形状(車種)に応じた、ロボットのスキャンデータの教示(ティーチング)について詳しく説明するほか、表面欠陥の位置を作業者に教示する別の形態

10

【0049】

加工物(車体) 1 2 を自動車製造ライン 1 1 に流すに先立って、検査工程 1 3 B に加工物 1 2 (あるいはその試作品等)を置き、検出器 1 4 が加工物 1 2 の表面をスキャンするためのロボット 1 5 の動作パターン(軌道)を生成する。

図 6 はロボットの軌道パターンの一例を示す説明図であり、図 7 は検出器と加工物表面の位置関係を示す説明図である。

図 6 において、加工物 1 2 のうち、右後部ドア 6 1 の表面を  $P_1, P_2, \dots, P_j$  というように  $j$  箇所のティーチングポイントで定義し、ロボットコントローラ 1 6 によって位置決めする。

20

【0050】

このとき、図 7 で示すように照明ユニット 3 2 にて参照光を照射して、カメラ 3 3 の映像をディスプレイ(図示省略)に表示させるようにする。なお、図 7 (a) に示すように、検出器(照明ユニット 3 2、カメラ 3 3)が、加工物表面 7 1 との間で一定の距離と角度を保つようにするため、照明ユニット 3 2 によって照射された光は、加工物表面 7 1 で鏡面反射してカメラ 3 3 に入射されるように配置されている。そして、図 7 (b) の撮影領域 7 2 の中で検査領域 7 3 を指定し、その検査領域 7 3 の中で縞模様 4 1 が所定の位置・大きさとなるように、ティーチングポイント  $P_1, P_2, \dots, P_j$  を順次決めてゆく。

【0051】

30

加工物表面 7 1 が曲面であったとしても、検出器 1 4 と加工物表面 7 1 の角度をほぼ垂直となるようにティーチングポイントを定めておけば、縞模様 4 1 の形状の変化も小さく、表面欠陥の検出精度が高まるほか、検出器 1 4 と加工物表面 7 1 の距離をほぼ一定となるようにしておけば、カメラ 3 3 の焦点距離も固定できる。

【0052】

このようにして作成されたティーチングポイント  $P_1, P_2, \dots, P_j$  の情報は、教示データとしてロボットコントローラ 1 6 内部にある記憶装置(図示省略)に記憶させる。この教示データには、車種を識別するためのインデックス(たとえばファイル名などで区別できるようにする)が付され、車種ごとに記憶される。なお、ティーチングポイント  $P_1, P_2, \dots, P_j$  の情報は、計算機 1 9 の記憶装置 2 1 など、工場内ネットワーク 1 0 3

40

【0053】

なお、教示データの作成は、検査工程 1 3 B に加工物 1 2 を置いた上で実測するといった方法に限られるわけではなく、加工物 1 2 の形状データをロボットシミュレータに読み込ませ、シミュレーション上で教示データを作成するようにしてもよい。この場合、ロボットシミュレータにて作成された教示データを、工場内ネットワーク 1 0 3 にある何らかの記憶媒体に記憶させることとなる。

【0054】

自動車製造ライン 1 1 における実際の製造の局面にあっては、加工物 1 2 が塗装された

50

あと、塗装工程 1 3 A から検査工程 1 3 B におくられ、ロボットコントローラ 1 6 が、加工物 1 2 の形状(車種)に応じた、ロボット 1 5 の教示データを読み込んでロボット 1 5 を操作しながら、加工物 1 2 の表面をスキャンしてゆく。

なお、ロボットコントローラ 1 6 は、ティーチングポイント  $P_1, P_2, \dots, P_j$  の各ポイント間におけるカメラ 3 3 の撮影領域 7 2 を監視し、その検査領域 7 3 の中で縞模様 4 1 が所定の位置・大きさを占めるように、検出器 1 4 と加工物表面 7 1 との間の距離と角度(すなわち、ロボットの各軸の角度)が微調整されるような機能を搭載しておくにより好適である。

#### 【0055】

ロボット 1 5 により検出器 1 4 を操作しながら加工物 1 2 の表面をスキャンしている途中で、表面欠陥が検出された場合には、ロボットコントローラ 1 6 が欠陥を検出した検出器(1 4 a ~ 1 4 d のいずれか)を操作しているロボット(1 5 a ~ 1 5 d のいずれか)の各軸の関節角度の情報を取得して、欠陥位置記憶領域 2 1 A などといった工場内ネットワーク 1 0 3 内にある記憶装置にその情報を記憶させる。

また同時に、そのときに取得したカメラ 3 3 の画像データを、工場内ネットワーク 1 0 3 内にある記憶装置(たとえば、記憶装置 2 1 内にある検出画像記憶領域 2 1 B など)に記憶させる。

#### 【0056】

あるいは、表面欠陥が検出された場合には、ロボットコントローラ 1 6 に、各軸の関節角度と画像データに基づいて、画像データ中に占める表面欠陥位置を加味した表面欠陥の位置(3次元空間における位置(x,y,z)および姿勢( , , ))を算出させ、その位置情報を欠陥位置記憶領域 2 1 A などに記憶させるようにしてもよい。

#### 【0057】

このように、表面欠陥の位置の算出は、必ずしもロボットコントローラ 1 6 に行わせる必要はなく、同じような位置算出の演算を計算機 1 9 などにて処理させるようにしてもよい。この場合、計算機 1 9 はロボットコントローラ 1 6 から、カメラ 3 3 と加工物 1 2 の表面との間でなす角度と距離、ロボット 1 5 の各軸の位置(角度)のほか、画像データを受け取り、所要の計算により欠陥位置を求めてもよいし、計算機 1 9 はロボットコントローラ 1 6 から送られた情報(画像データを含む)を単に記憶しておくにとどめ、指示器コントローラ 1 8 等に所要の計算をさせるようにしてもよい。

#### 【0058】

いずれにしても、表面欠陥の位置と検出器の向きは、一定値とした加工物 1 2 の表面と検出器との間の距離と角度のほか、ロボットの姿勢情報と画像データ中に占める表面欠陥の位置に基づいて特定される。各ロボットの設置場所と初期姿勢、各アーム(ロボットのワーク部分となる検出器を含む)の長さ、欠陥検出時のロボットの各関節の角度、欠陥検出時の検出器と加工物 1 2 の表面との間でなす角度と距離、画像データ中に占める表面欠陥の位置がわかれば、順運動学等により、検出器が向いた先にある加工物 1 2 の表面位置(および検出器の向き)と画像データ中に占める表面欠陥の位置を一意に特定することができる。従って、ロボットコントローラ 1 6、指示器コントローラ 1 8 あるいは計算機 1 9 などのいずれかの記憶装置に、こういった物理状態量に関する情報(表面欠陥を検出したときの情報であれば、座標変換する前の情報であっても、変換した後の情報であっても構わない)と画像データを記憶させておけばよい。

#### 【0059】

また、研磨工程 1 3 C にはディスプレイを備えた計算機 1 9 が設置され、検出画像記憶領域 2 1 B に記憶された画像データまたは工場内ネットワーク 1 0 3 を経由して入手できる画像データを画面上に表示させる。ひとつの加工物 1 2 に複数の表面欠陥がある場合には、そのディスプレイにて、画像データを含んだ表面欠陥をリスト表示させておき、作業者が確認したい画像データ(表面欠陥)を指定(選択)すると、その選択した情報が指示器コントローラ 1 8 に送られ、指示器コントローラ 1 8 が選択した画像データに対応する表面欠陥に向けて光を照射するように指示器 1 7 を制御すると、作業者が表面欠陥を容易に認

10

20

30

40

50

識できる。

【 0 0 6 0 】

このように、本発明の実施例 2 にかかる表面欠陥検出・指示システムによれば、加工物の表面と検出器との間の距離と角度を一定に保つようにロボットの教示データが作成され、表面欠陥の位置が、加工物の表面と検出器との間の距離と角度の情報と、欠陥を発見したときのロボットの姿勢情報に基づいて特定されるので、表面欠陥の位置をより高い精度で指し示すことができる。

【 0 0 6 1 】

また、画像データを取得するカメラを検出器の受光部とし、表面欠陥が検出されたときの画像データを取得し、表面欠陥の位置が、加工物の表面と検出器との間の距離と角度の情報と、欠陥を発見したときのロボットの姿勢情報と、画像データ中に占める表面欠陥の位置に基づいて特定されるので、表面欠陥の位置を更に高い精度で指し示すことができる。

10

【 0 0 6 2 】

また、画像データを画面表示させるディスプレイを更に備え、ディスプレイが表面欠陥に対応する画像データを画面表示させるのと合わせて、指示器が表面欠陥に光を照射するので、作業者が表面欠陥を容易に認識できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 3 】

この発明は、大型加工物の塗装結果に対する良否判定のほか、表面欠陥の検出方法を適宜変えることで、薬品等で表面処理された加工物の表面検査や、研磨や成型加工された加工物の表面検査などにも適用できる。

20

【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

- 1 1 自動車製造ライン
- 1 2 加工物(車体)
- 1 3 A 塗装工程
- 1 3 B 検査工程
- 1 3 C 研磨工程
- 1 3 D 再塗装工程
- 1 4 , 1 4 A ~ 1 4 D 検出器
- 1 5 , 1 5 A ~ 1 5 D ロボット
- 1 6 ロボットコントローラ
- 1 7 , 1 7 A ~ 1 7 D 指示器
- 1 8 指示器コントローラ
- 1 9 計算機
- 1 0 1 塗装ロボット
- 1 0 2 塗装ロボットコントローラ
- 1 0 3 工場内ネットワーク
- 2 1 記憶装置
- 2 1 A 欠陥位置記憶領域
- 2 1 B 検出画像記憶領域
- 2 1 C 現在姿勢情報記憶領域
- 2 2 C P U
- 2 3 メモリ
- 2 4 クロック
- 2 5 通信 I / F
- 3 1 ブラケット
- 3 2 照明ユニット
- 3 3 カメラ

30

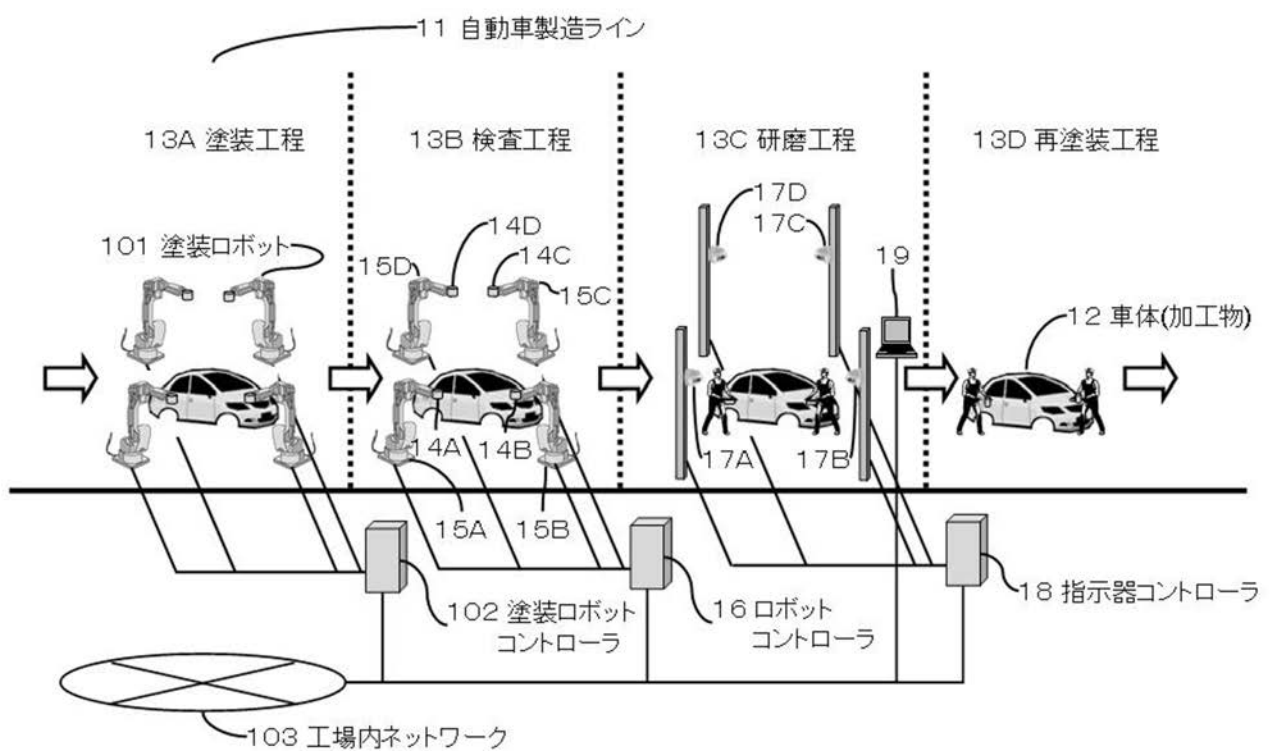
40

50

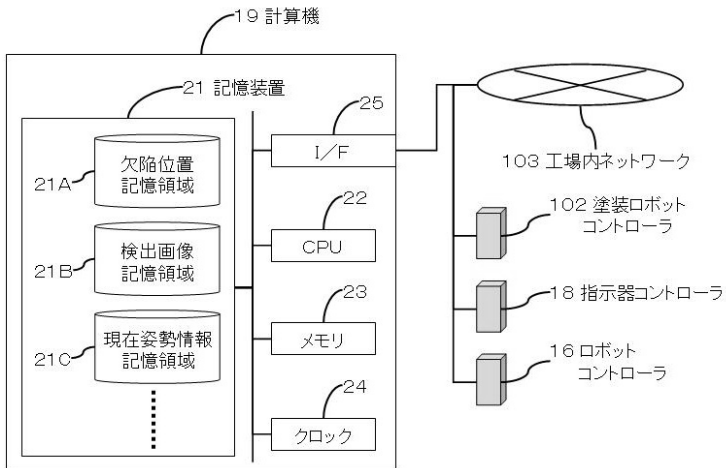
- 3 4      ロボットアーム
- 3 5      レンズ拡散板
- 3 6      鏡像
- 4 1 a , 4 1 b      縞模様
- 4 2 b、4 2 c      反射ムラ
- 5 1      台座
- 5 2      z 軸ユニット
- 5 3      光源
- 5 4      y 軸ユニット
- 6 1      右後部ドア
- 7 1      加工物表面
- 7 2      撮影領域
- 7 3      検査領域

10

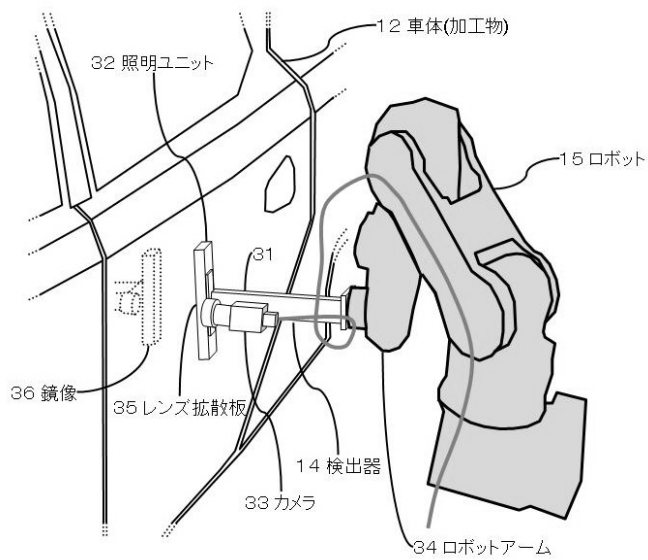
【 図 1 】



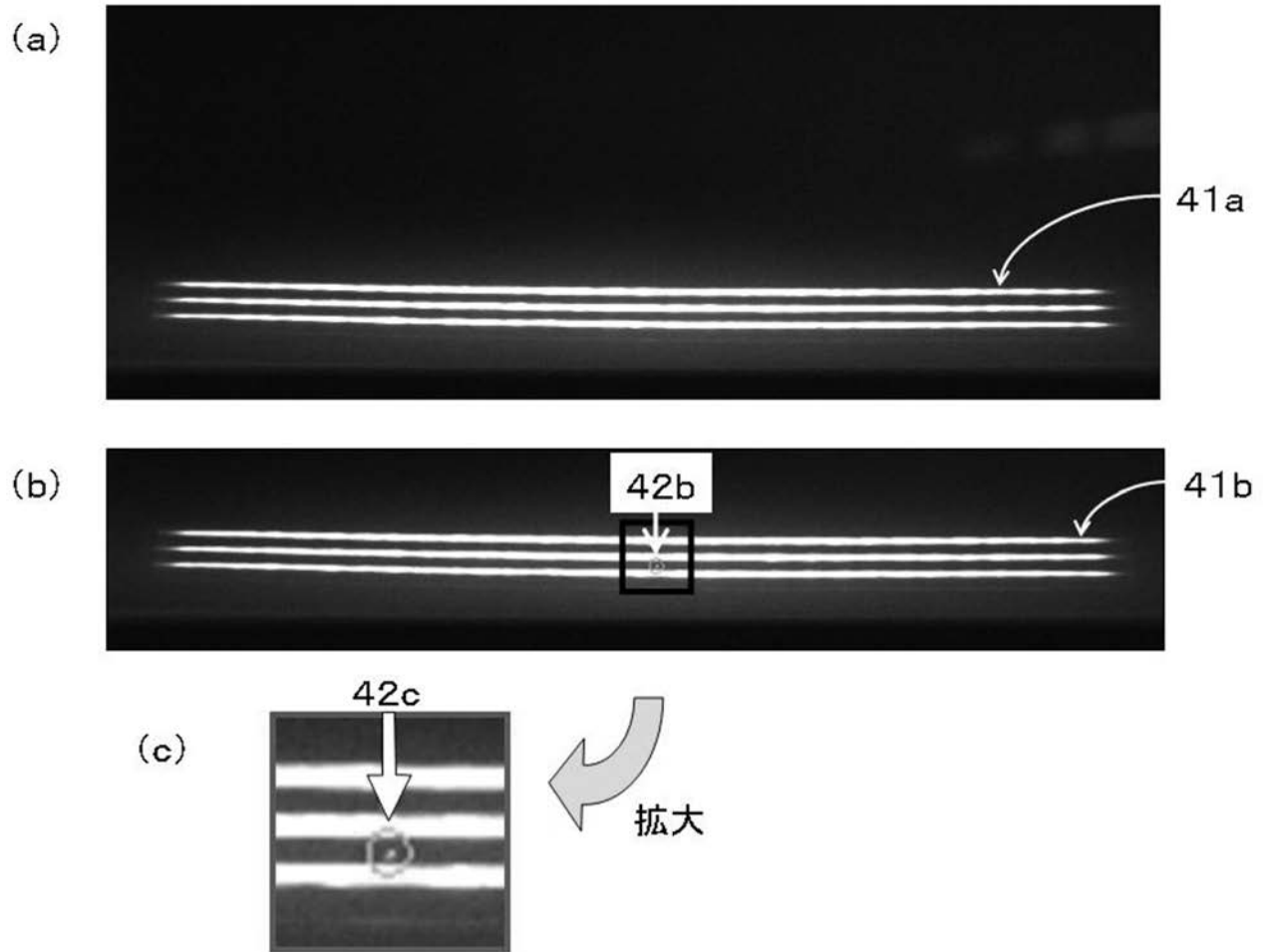
【図2】



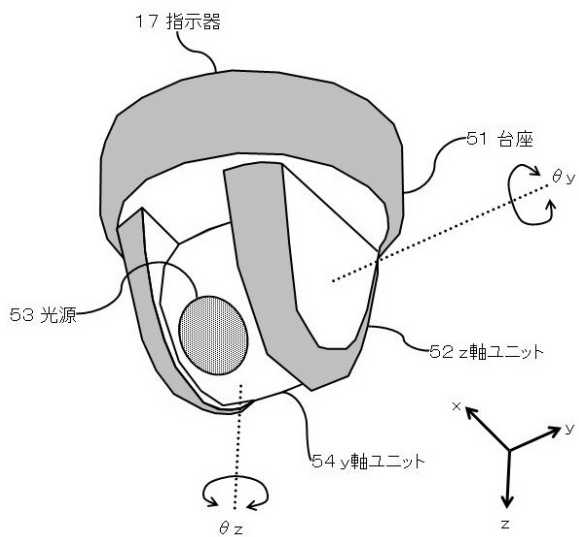
【図3】



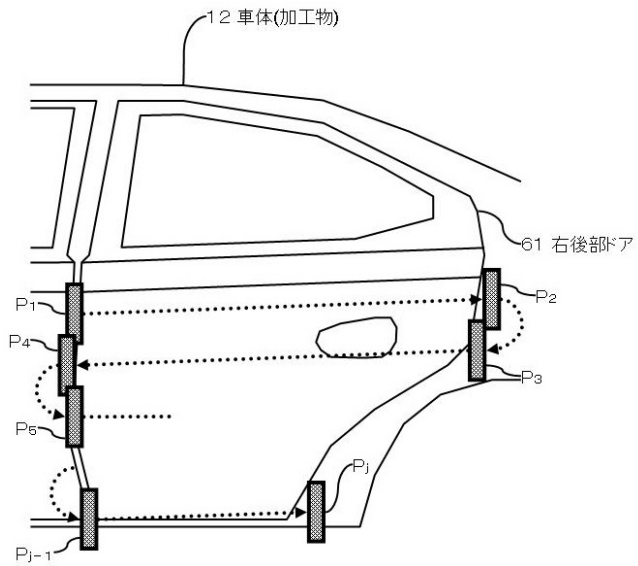
【 図 4 】



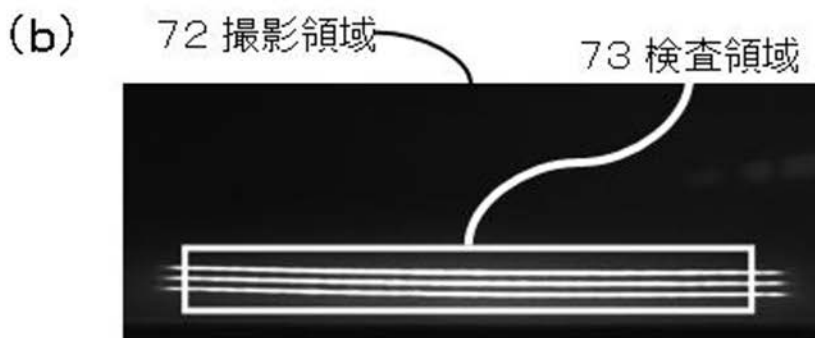
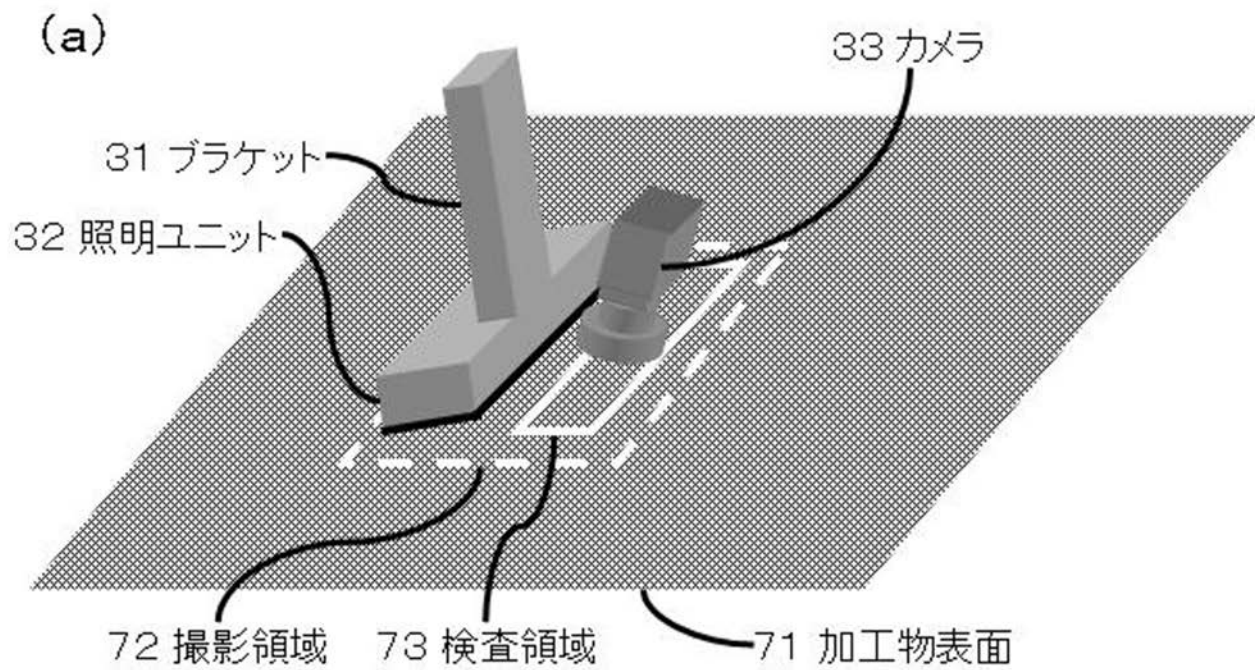
【 図 5 】



【図 6】



【図 7】





---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA01 AA06 AA31 AA49 FF04 JJ19 JJ26 MM13 MM21 QQ23  
QQ24 QQ31 SS02 TT08  
2G051 AA89 AB01 AB07 AB12 BA05 CA04 CB01 DA06 DA15 DA17  
EA08 EA11